

国家级高等教育（研究生）教学成果奖培育

成果名称：锚定战略 三链协同：西部高校新能源研究生“科产创”融合培养模式构建与实践

目录

第一部分、教学成果报告

第二部分、教学成果应用证明

第三部分、用人单位人才培养效果评价

第四部分、成果支撑材料

第一部分、教学成果报告

成果名称：锚定战略 三链协同：西部高校新能源研究生“科产创”融合培养模式构建与实践

成果科类：工学

成果完成人：李德顺，王清，李银然，李寿图，韩伟，张学民，张东，李金平，王燕，王英梅

成果完成单位：兰州理工大学

联系方式：15002510771

推荐单位名称：兰州理工大学

推荐时间：2026年3月22日

一、成果背景与意义

（一）响应国家能源战略的时代需求

2020年，习近平主席在第七十五届联合国大会上庄严宣布“双碳”目标，为新能源发展指明了前进方向。党的二十大明确提出加快规划建设新型能源体系，2026年作为“十五五”规划开局之年，国家将全面实施新型能源体系建设规划，深入推进能源强国建设。国家能源战略明确布局“三北”风电光伏基地、西南水风光一体化基地，加快“沙戈荒”新能源基地开发，完善新能源发电就近消纳机制。这一战略布局与西部地区的资源禀赋高度契合，西部是我国重要的能源基地，肩负着保障国家能源安全与推动绿色低碳转型的双重使命。

甘肃省作为国家新能源大省，在能源发展战略中占有重要地位。早在2006年，甘肃就前瞻性地提出“建设河西风电走廊，再造西部陆上三峡”的战略规划，依托独特的资源禀赋和区位优势，持续打造国家重要的新能源生产基地、外送基地和战略通道。2006年4月8日甘肃省省长陆浩在兰州会面胡文瑞院士一行时特别指出，胡院士对甘肃省的风力资源开发投入了大量精力，在推动甘肃省风力机制造业产业化进程方面发挥了积极作用，同时就合作发展风能发电及成套设备制造，大力开发利用风能资源达成了共识。面对新能源产业从“资源依赖”向“技术驱动”的深刻变革，西部高校必须主动担当、积极作为，培养能够扎根西部、服务国家战略的高层次新能源创新人才。



图 1 甘肃省省长陆浩会面胡文瑞院士一行

（二）立足办学积淀的使命传承

兰州理工大学在新能源领域的研究与人才培养源远流长，可追溯至 20 世纪 80 年代。学校先后承担了国家部委下达的多项科研攻关任务，积累了扎实的研究基础。2004 年 10 月，中国科学院胡文瑞院士到校工作，亲自指导确立了学校在风能领域的研究方向和发展目标，为学科发展指明了前进方向。2007 年获批“甘肃省风力机工程技术研究中心”，2008 年获批风能与动力工程专业（2013 年调整为新能源科学与工程），成为全国最早开设该专业的高校之一。经过十余年建设，逐步形成了本硕博完整的人才培养体系，2017 年入选“甘肃省特色专业”，2020 年入选“国家级一流本科专业建设点”，为高层次人才培养奠定了坚实基础。

新能源科学与工程专业始终立足国家能源战略需求，面向产业前沿和学科发展前沿，在风能、太阳能等领域持续开展科学研究和人才

培养，产出了一批重要的教学科研成果。新能源产业的快速发展对高素质创新型人才提出更高要求，而传统研究生培养模式存在重理论、轻实践、缺创新的短板，难以满足国家战略与区域产业对“懂科研、善转化、能创业”的复合型新能源人才的迫切需求。

（三）“三链协同”培养模式的创新价值

本成果以“锚定战略”为方向，将国家新能源战略需求转化为人才培养的核心目标；以“三链协同”为路径，推动科研链、产业链、创新链的深度耦合；以“科产创融合”为内核，实现科学研究、产业实践、创新创业在人才培养中的有机统一，推动学科高水平发展。所谓“三链协同”，即科研链围绕产业链布局，面向西部新能源基地建设需求优化科研方向；创新链嵌入产业链，以产业真问题驱动科研创新与人才培养；创业链服务产业链，在解决产业实际问题中培育学生的创新精神和创业能力。这一模式立足甘肃、服务西部、面向全国，探索形成具有西部高校特色的新能源高层次人才培养新范式，为服务国家能源战略、支撑西部能源产业发展提供坚实的人才支撑和智力支持。

二、成果简介及主要解决的教学问题

2004年胡文瑞院士来兰州理工大学工作，向甘肃省委、省政府建议我省大力发展风能、太阳能产业，2006年甘肃省提出“建设河西风电走廊，再造西部陆上三峡”的战略规划。在胡院士的带领下，兰州理工大学于2004年成立风能、太阳能新能源研究团队，并于2005年起开始新能源博/硕士研究生培养，于2007年成立甘肃省风力机工程技术研究中心，为甘肃省新能源产业发展提供了科学技术支撑，并培养了一批高水平新能源产业人才。

近二十年来,兰州理工大学新能源类研究生培养紧密围绕国家能源发展、“双碳”、绿色发展等战略规划,聚焦西部新能源资源优势和风光基地产业规划布局,突出区域特色凝炼研究生培养方向,围绕“科学研究-产业支撑-创新能力”三大培养的核心要素,针对研究生培养四大痛点:科研与教学知识体系融合之难、人才培养体系与产业高素质人才需求适配之痛、人才培养模式与创新能力培养契合之困、课程体系对产业技术快速更迭响应之慢,通过打造“金课”夯实理论基础固根本、基于“项目”突出科技创新促能力、加强“实践”深化产教协同融产业、融合“科研”推进科教融汇瞄前沿的思路深化研究生培养模式改革,构建了“理念-知识-能力-创新”多维联动人才培养体系,建立了“三位一体+校企协同”产教融合培育体系,纵横科研项目有机衔接共促创新,形成了“科产创”三链融合的创新能力的培养模式。累计培养研究生700余人,毕业生约80%入职“五大六小”发电集团、中电建等央国企及金风、明阳等龙头企业,获用人单位高度评价“思想素质过硬、专业基础扎实、创新能力突出”,一批研究生已成长为单位技术骨干和高层管理干部,如巫发明担任中车株洲所风电事业部产品管理中心主任,张玉良获评教授、浙江省高校创新领军人才,吴俊辉担任华锐风电科技集团总工/设计院副院长。新能源科学与工程学科专业入选“国家级一流本科专业建设点”“甘肃省特色专业”,2025年校友会大学专业排名中与华北电力大学等高校获评A+。研究生获甘肃省及校级优秀博/硕士学位论文32篇,获省部级以上奖励120余项。

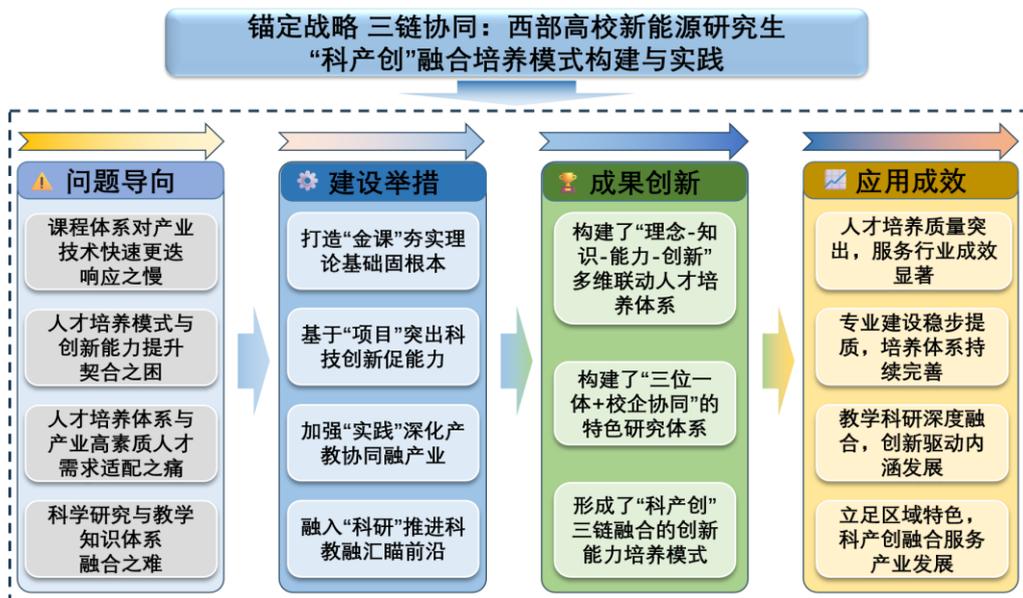


图 2 西部地方高校新能源研究生人才培养路径

主要解决的教学问题：

(1) 课程体系对产业技术快速更迭响应之慢

新能源专业课程体系在应对产业技术日新月异的变革时，表现出明显的滞后性与迟延性，其响应机制难以及时匹配技术迭代的高速节奏，亟需建立课程体系快速响应产业技术快速更迭的动态调整机制。

(2) 人才培养体系与产业高素质人才需求适配之痛

新能源作为新兴产业，涉及多学科交叉，行业需求具备精深专业技能、宽广知识面、系统思维和产业视野的“T型”人才，研究生人才培养体系与产业高素质人才需求精准对接是学科高质量持续发展的关键，亟需解决人才培养体系高度适配产业人才需求的问题。

(3) 人才培养模式与创新能力提升契合之困

近 20 年新能源产业历经技术引进到自主创新的快速发展，研究生创新能力培养是推动产业高质量发展、提升企业国际竞争力的首要任务，亟需解决研究生人才培养模式高度契合产业技术创新需求的问题。

题。

(4) 科学研究与教学知识体系融合之难

科学研究是高校知识创新和赋能高质量人才培养的重要途径。新能源专业科学研究与教学知识体系融合深度不够，亟需通过更新知识体系、构建联动机制、科研反哺教学，推动科学研究与教学知识体系深度融合。

三、解决教学问题的方法

(1) 打造“金课”夯实理论基础固根本

课程是人才培养的核心要素，是连接国家战略需求与学生知识能力的关键载体。本成果紧扣西部新能源产业对高层次人才的特定需求，以“金课”建设为抓手，系统重构课程体系，实现从知识传授到能力达成的根本转变。

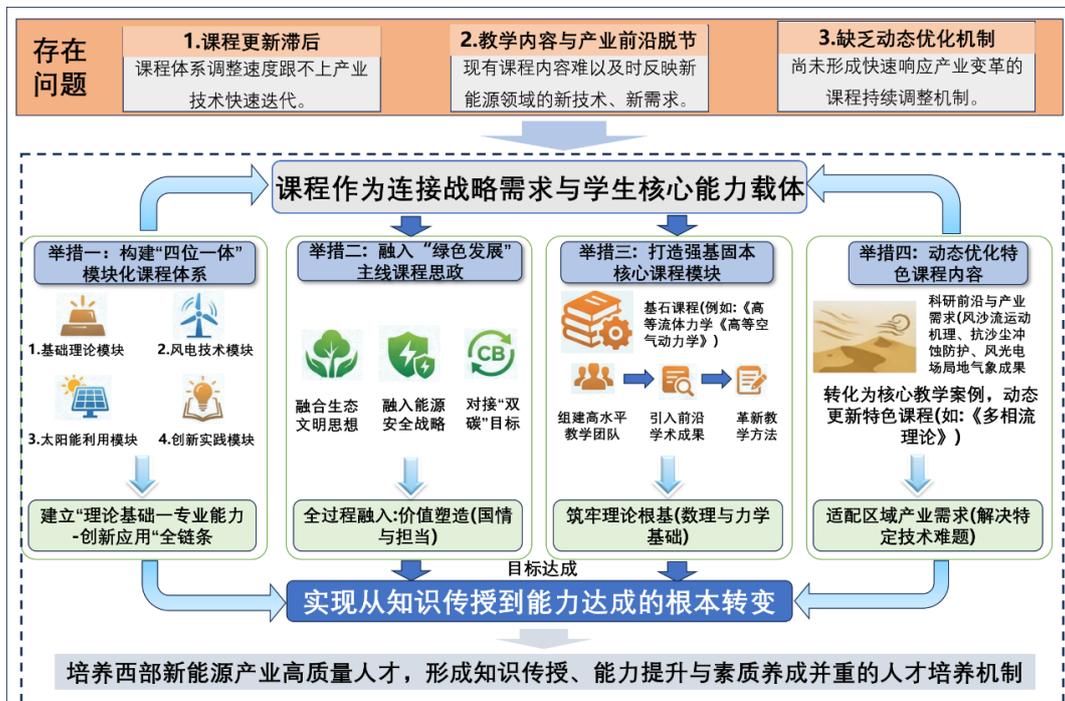


图3 金课打造

一是构建“四位一体”模块化课程体系，打通从理论到创新的培养链路。打破传统学科壁垒，以能力培养为导向，将课程体系重构为基础理论模块、风电技术模块、太阳能利用模块及创新实践模块等“四位一体”的有机整体。基础模块夯实数理与学科根基，风电与太阳能模块精准对接西部两大优势产业领域，创新模块则以前沿讲座、项目式学习等方式，培养学生跨界整合与解决复杂工程问题的能力。由此建立起“理论基础—专业能力—创新应用”的全链条培养路径，形成知识传授、能力提升与素质养成并重的高质量人才培养机制。

二是推进“绿色发展”为主线的课程思政体系。深刻把握新能源产业的绿色属性，系统推进“绿色发展”为主线的课程思政体系建设。将生态文明思想、能源安全战略、“双碳”目标等国家意志，与《学科前沿》等课程内容深度融合，引导学生深刻理解新能源事业的时代价值，增强扎根西部、服务能源革命的家国情怀与使命担当，实现价值塑造、知识传授与能力培养的有机统一。

三是打造强基固本的核心课程模块，筑牢学生理论根基。聚焦研究生培养的核心能力，以《流体力学》《高等空气动力学》《热工基础》等核心课程为基石，持续强化基础理论的深度与广度。通过组建高水平教学团队、引入前沿学术成果、革新教学方法，发挥核心课程的示范辐射作用，构建起层次分明、梯度合理的知识理论与基础能力强化模块，为学生长远发展和原始创新能力的迸发奠定坚实的数理与力学基础。



图 4 课程建设

四是动态优化特色课程内容,将前沿科研成果转化为教学“活案例”。坚持以科技前沿和产业需求为牵引,将服务国家战略与立足西部特色紧密结合。面向国家“沙戈荒”大型风光电基地建设,将团队在风沙流运动机理、叶片抗沙尘冲蚀防护、风光电场局地气象与生态影响等领域的领先科研成果,转化为研究生培养的核心教学案例,动态更新《多相流理论》《现代风力机设计理论与方法》等课程内容。由此构建起“基础理论—数值模拟—实验验证—工程应用”的科产创全链条教学模式,让学生在在学习中直面西部新能源产业特有的技术难题,如风沙环境下风电机组的可靠性与效率问题,确保教学内容始终与产业技术发展同频共振,显著提升了人才培养与西部区域产业需求的适配度,真正实现了“把论文写在祖国大地上”的育人导向。

(2) 基于“项目”突出科技创新促能力

坚持“科学-技术问题融合为导向”“创新能力培养为核心”的理念,多措并举激发学生创新活力。



存在问题：研究生人才培养模式高度契合产业技术创新需求的问题

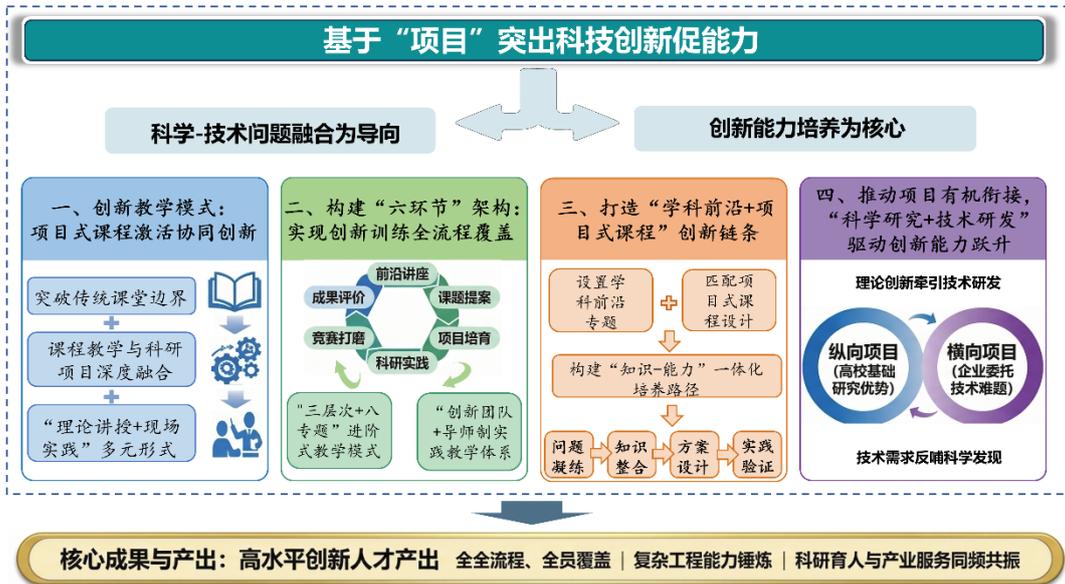


图5 基于项目突出科技创新促能力

一是创新教学模式，以“项目式课程”激活师生协同创新。突破传统课堂边界，将课程教学与科研项目深度融合，深入推进“项目式”课程教学改革。采用“理论讲授+现场实践”“前沿讲座+互动研讨”等多元形式，引导学生以科研项目为牵引，在解决具体技术难题的过程中深化理论理解、掌握研究方法。例如，将风沙环境下的风力机气动性能分析等真实科研课题引入课堂，由导师团队与学生共同攻关，在“做中学、研中创”的过程中，实现了从知识传授向创新训练的根本转变。



图 6 专题讲座

二是系统构建“六环节”创新能力培养构架,实现创新训练全流程覆盖。围绕创新人才成长规律,精心设计了“前沿讲座—课题提案—项目培育—科研实践—竞赛打磨—成果评价”六环节闭环培养路径。在此基础上,形成“三层次+八专题”的进阶式教学模式,配套构建“创新团队+导师制”的实践教学体系,使学生从入学开始便进入创新团队,在导师指导下历经科研全流程训练,真正实现了“从创新思想到学术作品”的全周期创新人才培养新模式。



图 7 竞赛促学

三是打造“学科前沿+项目式课程”创新链条，贯通知识习得与能力生成。将国际学术前沿和行业技术热点及时转化为课堂教学内容，通过设置学科前沿专题，引导学生关注风沙两相流理论、大型风电叶片智能设计等学术前沿，并同步匹配项目式课程设计，构建“知识-能力”一体化培养路径。学生在“问题凝练—知识整合—方案设计—实践验证”的完整链条中，逐步形成基于问题导向的科研思维，实现了知识向能力的高效转化。

四是推动纵横向项目有机衔接，以“科学研究+技术研发”双轮驱动创新能力跃升。充分发挥高校基础研究优势，将国家自然科学基金等纵向课题的理论成果，与西部新能源企业委托的横向技术难题深度融合。鼓励学生在纵向项目中探寻机理突破，在横向项目中验证技术方案，形成“理论创新牵引技术研发，技术需求反哺科学发现”的良性循环。特别是在服务“沙戈荒”风光电基地建设中，学生在参与解决叶片抗冲蚀涂层研发、风电场功率预测等具体工程问题中，不仅锤炼了解决复杂工程问题的能力，更在真实产业场景中培育了技术创新意识和跨学科协同能力，实现了科研育人与产业服务的同频共振。

纵向课题（国家级项目）

横向课题（企业合作）

<p>国家重点研发计划子课题任务书</p> <p>子课题名称：风能系统对滇北地区生态环境的影响研究</p> <p>所属课题：晋陕高原大型风电场对电网系统对生态环境影响的跟踪技术</p> <p>所属项目：大型风电场对生态环境影响跟踪技术</p> <p>课题牵头承担单位：中国科学院成都山地研究所</p> <p>子课题承担单位：兰州理工大学</p> <p>子课题负责人：李德顺</p> <p>执行期限：2022年12月至2026年11月</p>	<p>国家自然科学基金资助项目批准通知（预算制项目）</p> <p>李德顺 先生/女士：</p> <p>根据《国家自然科学基金条例》、相关项目管理办法规定和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定资助您申请的项目。项目批准号：025820170，项目名称：大型风电叶片风沙冲蚀预测模型及风沙设计方法研究，直接费用：258.00万元，项目起止年月：2026年01月至2029年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。</p>	<p>国家科技计划课题预算书</p> <p>计划名称：国家重点研发计划</p> <p>项目编号：2014CB945200</p> <p>课题名称：大型风力发电场对生态环境影响跟踪技术</p> <p>课题编号：2014CB945201</p> <p>课题名称：大型风电叶片风沙冲蚀预测模型及风沙设计方法研究</p> <p>课题承担单位：南京航空航天大学</p> <p>课题承担单位法定代表人：葛军</p> <p>课题负责人：赵宇</p>
<p>国家高技术研究发展计划（863计划）课题任务书</p> <p>课题名称：前馈预测控制算法</p> <p>所属项目：前馈预测控制算法在风电场中的应用研究</p> <p>所属技术领域：先进能源技术领域</p> <p>课题管理单位：科技部高技术研究中心</p> <p>课题承担单位：兰州理工大学</p> <p>起止年限：2012年至2014年</p>	<p>国家自然科学基金资助项目批准通知（预算制项目）</p> <p>李德顺 先生/女士：</p> <p>根据《国家自然科学基金条例》、相关项目管理办法规定和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定资助您申请的项目。项目批准号：32166114，项目名称：近地大气层中风力场预测模型构建与性能验证研究，直接费用：35.10万元，项目起止年月：2022年01月至2025年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。</p>	<p>国家自然科学基金资助项目批准通知</p> <p>王燕 先生/女士：</p> <p>根据《国家自然科学基金条例》和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定批准资助您的申请项目。项目批准号：L1101131，项目名称：大气边界层不同尺度湍流相互作用对风孔非定常气态性能的影响，直接费用：37.00万元，项目起止年月：2022年11月至2022年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。</p>
<p>管理咨询项目委托合同（两方）</p> <p>合同编号（甲方）： 合同编号（乙方）： 项目名称：“双碳”目标驱动甘肃沙漠风光基地“发输储用造消”全产业链体系和发展格局研究 委托方（甲方）：国网甘肃省电力公司武威供电公司 受托方（乙方）：兰州理工大学</p>	<p>技术服务合同</p> <p>合同名称：2019-05-012-KY-F 甲方：国网甘肃省电力公司武威供电公司 乙方：兰州理工大学 服务内容：风电场运行维护 第一条 本合同为甲方委托乙方进行风电场运行维护服务，乙方负责提供风电场运行维护所需的技术服务，并负责风电场运行维护的日常管理工作。 第二条 本合同的组成 以下文件是本合同不可分割的组成部分，具有同等法律效力： 1. 本合同附件 2. 本合同附件</p>	<p>技术服务合同</p> <p>项目名称：风能系统对生态环境影响跟踪技术 甲方：中国科学院成都山地研究所 乙方：兰州理工大学 签订时间：2012年12月 签订地点：兰州理工大学</p>
<p>合同</p> <p>委托方（甲方）：国网甘肃省电力公司武威供电公司 受托方（乙方）：兰州理工大学 服务内容：风电场运行维护 第一条 本合同为甲方委托乙方进行风电场运行维护服务，乙方负责提供风电场运行维护所需的技术服务，并负责风电场运行维护的日常管理工作。 第二条 本合同的组成 以下文件是本合同不可分割的组成部分，具有同等法律效力： 1. 本合同附件 2. 本合同附件</p>	<p>技术服务合同</p> <p>甲方（委托方）：南方电网电力科技股份有限公司 法定代表人（负责人）：吴金明 住所：广东省广州市天河区珠江新城华夏路11号华南国际经贸大厦501-503室 乙方（受托方）：兰州理工大学 法定代表人（负责人）：李德顺 住所：甘肃省兰州市城关区南滨河东路287号 甲方委托乙方为“智慧能源管理平台”提供技术服务，乙方负责提供智慧能源管理平台所需的技术服务，并负责智慧能源管理平台的日常管理工作。 第一条 项目名称：“智慧能源管理平台”技术服务项目。</p>	<p>技术服务合同</p> <p>项目名称：风电叶片缺陷检测及修复系统一体化技术研究 委托方（甲方）：四川林投（集团）股份有限公司 受托方（乙方）：兰州理工大学 签订时间：2026年1月12日 签订地点：北京海淀区</p>

图 8 纵横项目支撑

(3) 加强“实践”深化产教协同融产业

团队深入实施“2060”产教融合专项行动——面向西部新能源产业主战场，建设 20 个以上高水平产教融合实践基地，遴选 60 名以上具有深厚工程背景的企业导师，推动人才培养从“实验室小循环”走向“产业大循环”，在服务西部能源转型的生动实践中锤炼学生的真本领、硬功夫。

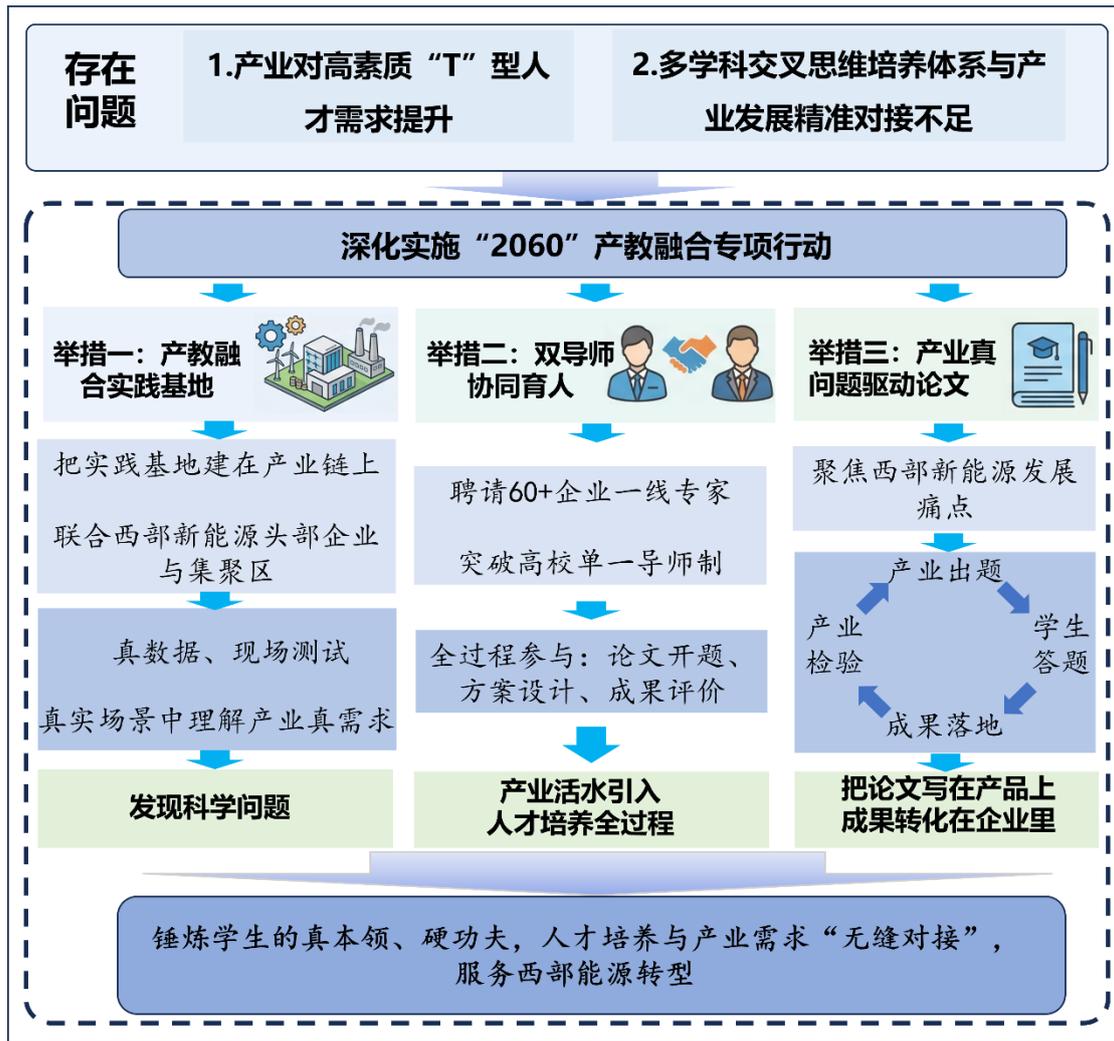


图 9 加强实践深化产教协同融产业

一是校企共建产教融合实践基地，实现校企资源互通共享，坚持“把实践基地建在产业链上”，联合酒泉风电基地、兰州新区新材料产业园等西部新能源头部企业与产业集聚区，共建集实习实训、技术研发、成果孵化于一体的产教融合实践基地。通过设立研究生工作站、校企联合实验室等“前哨”阵地，推动学校的智力资源与企业的设备资源、数据资源、场景资源双向流动。学生在基地中不仅是“参观者”，更是“参与者”——直接接触真实的机组运行数据、参与风电场技改方案论证、体验沙戈荒环境的现场测试，在真场景中理解产业真需求，

在实践中发现科学真问题，有效强化了应对复杂工程挑战的实践创新能力。



图 10 基地建设

二是推行“双导师”协同育人机制，将产业活水引入人才培养全过程。突破高校单一导师制局限，从新能源龙头企业、设计院、工程公司等聘请 60 余名总工程师、技术总监等一线专家担任企业导师，与校内导师组成“双导师组”，全程参与研究生培养。企业导师不仅承担实践环节指导，更深度介入论文选题、研究方案设计、成果评价等关键环节，将企业的真实技术需求(如沙尘环境下机组可靠性优化)

提炼为研究生课题，将生产一线的工程案例转化为课堂教学内容，将行业最新技术标准引入科研评价体系。通过这种“命题作文”式训练，使学生接触产业前沿技术、熟悉工程研发规范、培育解决实际问题的能力，真正实现了人才培养与产业需求的“无缝对接”。

三是以产业真问题驱动科学研究，实现“真题真做、成果落地”。依托“2060”计划搭建的校企合作平台，引导研究生聚焦西部新能源产业发展的痛点难点开展研究。近年来，一批研究生直接参与到“沙戈荒”风电基地抗沙尘技术、高海拔山地风电场增功技术、风光功率预测系统开发等企业委托项目中，论文选题来自产业、研究过程依托产业、成果转化服务产业，形成了“从产业中来、到产业中去”的良性循环。学生在服务企业技术攻关中，不仅产出了一批高水平学术论文，更形成了多项被企业采纳的技术方案和专利成果，真正实现了“把论文写在产品上、研究做在工程中、成果转化在企业里”。



图 11 产业促研

(4) 融合“科研”推进科教融汇瞄前沿

面向国家新能源战略，立足学科前沿和产业需求，结合西部高寒、高海拔、多沙尘等地域特色，打造特色科研高地，服务人才培养。



图 12 融合科研推进科教融汇瞄前沿

一是建立科研资源向教学转化机制，将所承担的国家 973、863、国家自然科学基金等科研项目积累的原创成果，系统解构、深度融入教学体系。在课程内容上，将风沙两相流理论、风电场多尺度耦合模拟等前沿突破，转化为《高等流体力学》的典型案例；在实验环节上，将叶片冲蚀机理研究中的测试方法，设计为创新性实验项目；在综合设计上，将“沙戈荒”基地规划中的科学问题，提炼为跨学科综合设计题目。由此构建起“科研项目—课程案例—实验项目—创新设计”的梯度转化链条，确保教学内容始终与学科前沿同频、与产业技术同步。

二是推行“项目贯穿、全程浸润”的科研育人模式，重点实验室、协同创新中心等平台全面向研究生开放。实施“早进课题、真做科研、深融团队”的育人机制，研究生从入学即融入科研团队，在导师指导下承担具体研究任务，在承担国家重大科研项目中接受系统的科研训练。实验室实行“24 小时开放”制度，大型仪器设备向研究生全面开

放，让学生在“真装置上做真研究”，在攻克科学难题的过程中，潜移默化地培育科学精神、锤炼创新思维、掌握研究方法。



图 13 研究设备

三是打造“空天地一体化”特色野外平台，让科研高地同时成为育人高地。立足西部独特环境条件，联合中电建、青高所等优势单位，在海拔 3000 米以上的青海共和共建“新能源空天地一体化外场监测及实验协同创新基地”。该基地集卫星遥感校验、无人机观测、地面塔群监测于一体，是国内少有、世界海拔最高的新能源野外科学观测研究站。同时，依托西北地区规模最大的风沙环境风洞，构建“室内精准模拟—野外原位观测—数值仿真验证”三位一体的研究平台。这些特色平台不仅是攻克“沙戈荒”环境风电关键技术难题的利器，更是培养高层次人才的“练兵场”，学生在高原野外站经受高寒缺氧的考验，在风沙风洞中直面两相流复杂问题，在服务国家重大战略需求中，真正成长为能够扎根西部、担当重任的新能源拔尖创新人才。

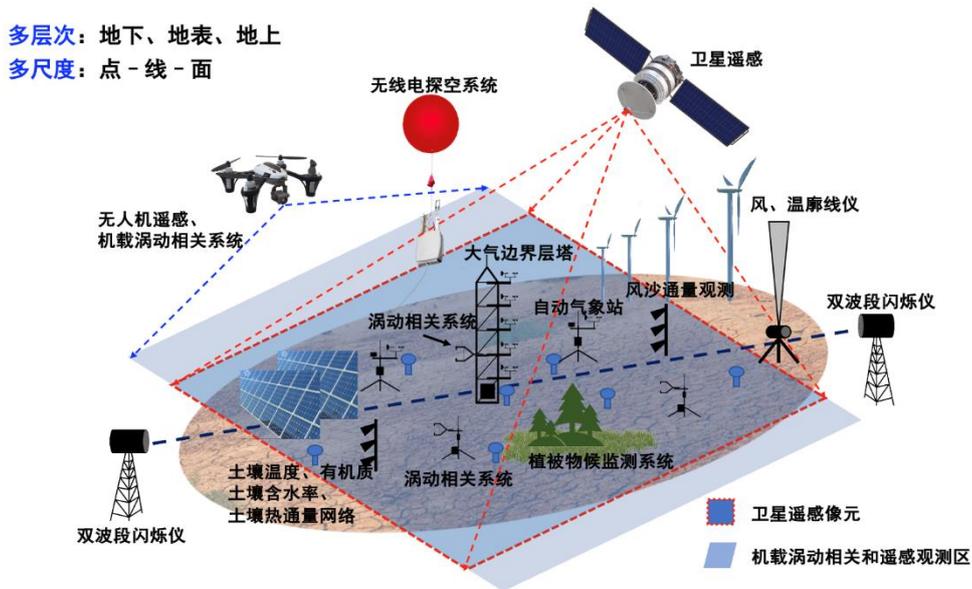


图 14 新能源空天地一体化外场监测及实验协同创新基地示意图

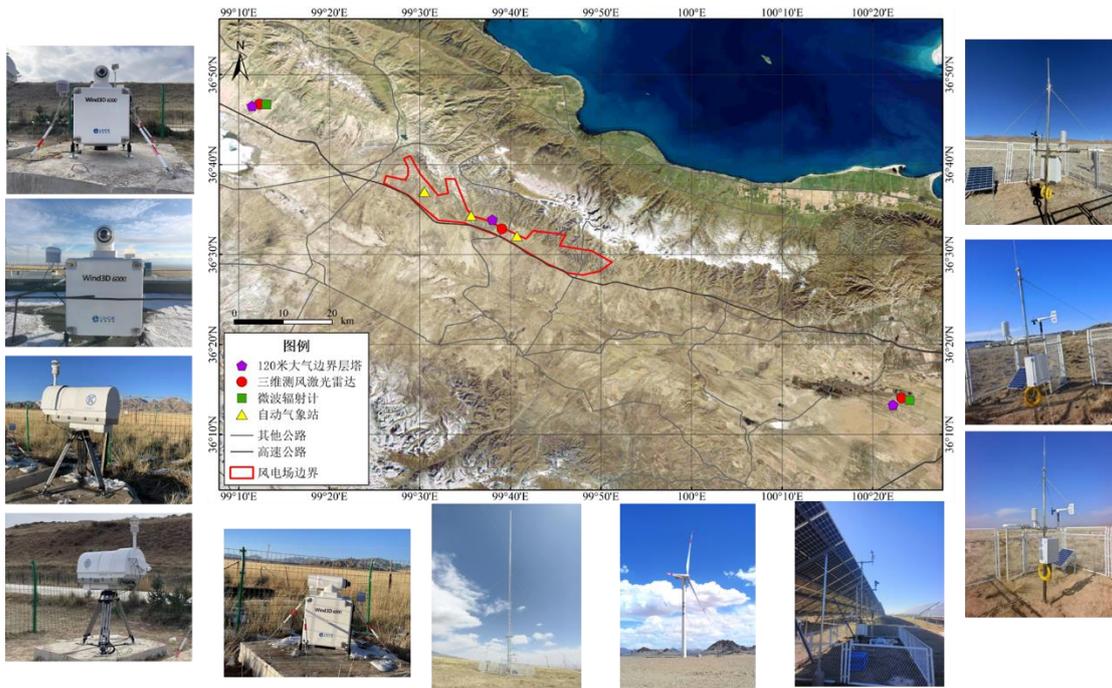


图 15 新能源空天地一体化外场监测及实验协同创新基地实景平台

四、创新点

(1) 构建了“理念-知识-能力-创新”多维联动人才培养体系

突破传统分段式培养模式，系统构建了融合理念引领、知识传授、能力培养与创新激发的育人新主线。一是理念铸魂：聚焦绿色发展国

家战略，将思政教育与专业使命深度融合，引导学生树立投身新能源事业的坚定信念与家国情怀；二是**知识固本**：打造精品化、模块化课程体系，动态更新新能源前沿知识图谱，夯实交叉学科理论基础；三是**能力筑基**：深化产教融合协同育人，将企业真实需求引入培养全过程，实现“真题真做”，全面提升学生解决复杂工程问题的实践能力；四是**创新引领**：实施项目式教学，依托双导师制科创团队，以高水平论文、竞赛及项目为载体激发学生创新潜能，构建递进式创新能力培养链条。

（2）构建了“三位一体+校企协同”的特色研究体系

紧扣西部新能源资源禀赋与产业发展战略，将地域优势深度转化为育人特色与科研方向。一是构建“理论-应用-创新”三位一体知识能力培养矩阵：以能力培养为导向，系统整合理论模块、应用模块与创新模块，强化理论深度、工程广度与创新高度，形成递进式的研究生知识能力培养链条。二是凝练西部特色研究方向：突出新能源高效利用与生态环境协同发展主线，动态优化知识图谱，将“多能互补”“风光基地与环境协同”等地域特色内容深度融入研究项目，形成具有辨识度的西部特色研究项目群。三是构建校企协同育人机制：深化产教融合，通过共建实践基地、共设企业课题、共组双导师团队，构建“理论牵引—实践锤炼—创新驱动”的培养路径。

（3）形成了“科产创”三链融合的创新能力的培养模式

面向国家重大战略需求，立足学科发展前沿，形成了以高水平科研为引领、“科产创”三链深度融合的研究生创新能力培养新模式。

一是**科创联动，以高水平科研反哺创新人才培养**：结合西部高海拔、多风沙、大温差的地域特色，以国家级科研平台和重点项目为依托，凝练出风沙冲蚀磨损等特色研究方向，将课题前沿技术、创新方法及工程案例系统转化为研究生培养的优质资源，确保科研方向始终锚定学科前沿，实现科研优势向人才培养优势的高效迁移。二是**科产协同，以创新成果服务产业转型升级**：紧密对接新能源产业发展需求，深化产教融合协同育人，将科研成果快速转化为产业急需的关键技术。通过共设企业攻关课题、共组技术研发团队，纵横向科研项目有机衔接，推动创新成果从“实验室”走向“生产线”，实现技术孵化—成果转化—产业应用的贯通。

五、成果推广应用效果

成果围绕国家“双碳”战略及“沙戈荒”风电光伏基地建设需求，立足西部独特的风沙环境与地理特征，深度融合科研创新与人才培养，形成了具有地域特色和行业影响力的教学成果，在科研转化、产业服务及人才培养方面取得了显著成效，并在省内外高校及新能源企业推广实践。

（1）人才培养质量突出，服务行业成效显著

累计培养新能源研究生 700 余人，获得国家奖学金和校级一等奖学金 36 项，省优秀博士/硕士论文 11 篇，校级优秀博士/硕士论文 21 篇。毕业生约 80% 入职“五大六小”发电集团、中电建、中材等大型央企国企，及金风、明阳等行业龙头企业，用人单位普遍评价毕业生“思想素质过硬、专业基础扎实、创新能力突出”。尤为突出的是，近 70%

的毕业生选择扎根西部，有效缓解了西部地区新能源领域研究型人才紧缺问题。涌现出一批优秀毕业生，如巫发明担任中车株洲所风电事业部产品管理中心主任，张玉良获评教授、浙江省高校创新领军人才，吴俊辉担任华锐风电科技集团总工/设计院副院长，为“西部大开发”“一带一路”建设培养了高水平人才。

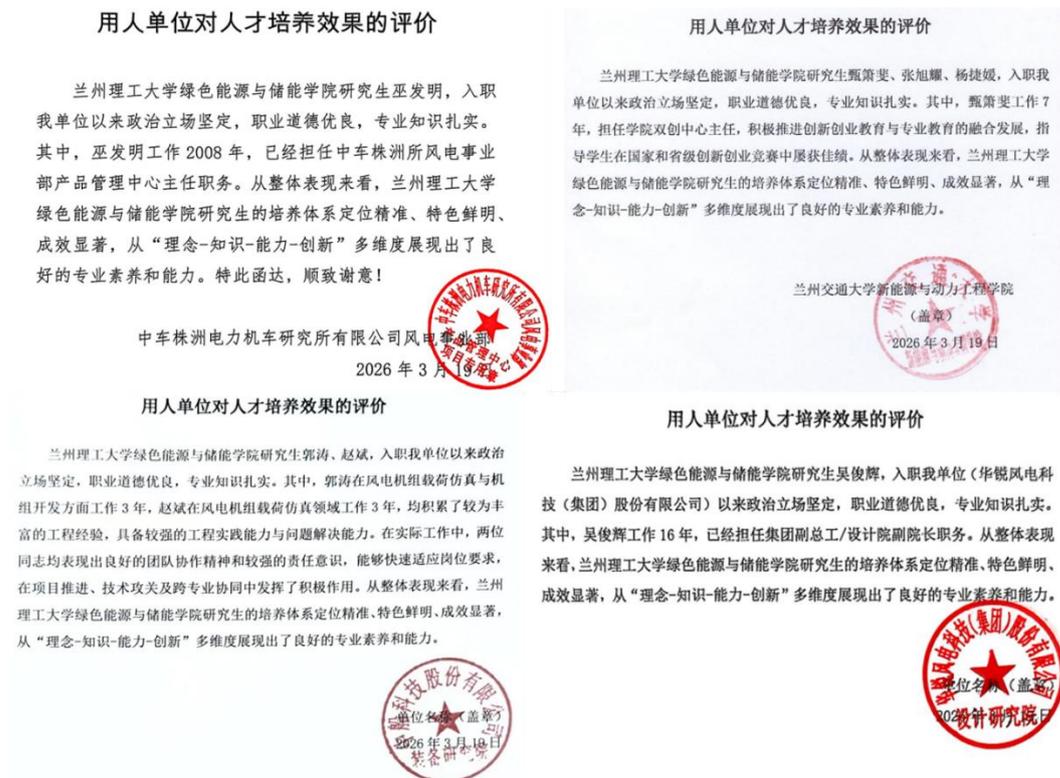


图 16 用人单位对人才培养效果的评价

(2) 学科建设稳步提质，培养体系持续完善

面向国家重大战略和学科发展前沿，新能源方向研究生培养不断优化建设路径，构建了完备的本、硕、博一体化人才培养体系。建设成果显著：我校新能源专业与上海交通大学等 985/211 高校同步入选“4 星级专业”；2020 年获批“国家级一流本科专业建设点”；2025 年校友会中国大学新能源科学与工程专业排名（研究型）与华北电力大学等高校并列 A+ 档次。

(3) 教学科研深度融合，创新驱动内涵发展

教研深度融合支撑专业高质量发展，依托“西北低碳城镇支撑技术省部共建协同创新中心”“甘肃省风力发电工程技术创新中心”“甘肃省实验教学示范中心”“新能源技术国际共享服务中心”等教学科研平台，建成了甘肃最大环境风洞及国内首个风力机外场实践教学基地；紧扣产业需求和学术前沿，承担了国家 973、863、科技支撑、重点研发、国家自然科学基金等国家级科研项目，紧扣产业需求和学术前沿，取得多项重大成果。通过科研反哺教学，在教学和人才培养取得显著成效，获批教学研究改革项目 10 余项，发表教研论文 30 余篇，高水平科研论文 300 余篇，其中一、二区论文 63 篇，获得省级以上教学成果奖励 5 人次，省级科技奖励 8 项，研究生获国家及省级科创竞赛等奖励 120 余项。

(4) 立足区域特色，“科产创”融合服务产业发展

依托甘肃省风光资源禀赋及装备制造产业优势，围绕区域特色，在风沙输移及促沉降效应、新型抗冲蚀涂层防护方案、风电场布局优化等方面取得了原创性突破，相关成果荣获“甘肃省科技进步奖”2 项。校企融合推动理论成果转化应用，主动对接金风、海装等国内风电龙头企业，解决了沙尘环境下机组发电效率衰减快、叶片磨损严重等行业痛点。通过与企业的联合攻关与技术共享，形成一体联动研究生创新能力培养模式和实践体系，建立了常态化“校企协同育人”机制。通过纵横向科研项目有机衔接，理论成果驱动技术创新，“科学研究+技术研发”融合推动研究生科技创新能力提升。

教学成果应用证明

我院借鉴兰州理工大学绿色能源与储能学院“锚定战略 三链协同：西部高校新能源研究生产教融合培养模式构建与实践”研究生教学成果经验，联合中国长江三峡集团、江苏海上龙源新能源有限公司、华能江苏等单位，共建研究生工作站和实训基地；创立项目共担机制，将企业重大工程项目转化为研究生培养载体，我校研究生深度参与三峡集团阳江沙扒、江苏如东等海上风电项目的子课题研究，学位论文选题来源于国家科技重大专项、国家重点研发计划等纵向项目及企业横向课题的比例达78%；建立双导师协同机制，建立企业导师遴选标准（须具备正高级工程师职称或10年以上工程经验），企业导师参与研究生培养全过程，包括课程教学、实践指导、论文评阅等环节，年均聘请企业导师5人。

应用数据显示，兰州理工大学绿色能源与储能学院“锚定战略 三链协同：西部高校新能源研究生产教融合培养模式构建与实践”研究生教育体系显著提升了我校研究生的工程实践能力与产业适配度。我院海上风电方向研究生获省级以上创新竞赛奖项16项，参与申请发明专利30余项。毕业生入职三峡集团、华能江苏公司、华东勘测设计研究院等单位后，首年独立承担项目任务的比例达40%。

该教学成果为我院破解“人才培养体系与产业高素质人才需求适配性不足”提供了系统性解决方案，形成了可复制推广的产教融合模式。

特此证明。



证明

缓慢的问题，借鉴兰州理工大学绿色能源与储能学院西部高校新能源研究生产教融合培养模式构建与实践”研究生教学成果经验，联合中国长江三峡集团、江苏海上龙源新能源有限公司、华能江苏等单位，共建研究生工作站和实训基地；创立项目共担机制，将企业重大工程项目转化为研究生培养载体，我校研究生深度参与三峡集团阳江沙扒、江苏如东等海上风电项目的子课题研究，学位论文选题来源于国家科技重大专项、国家重点研发计划等纵向项目及企业横向课题的比例达78%；建立双导师协同机制，建立企业导师遴选标准（须具备正高级工程师职称或10年以上工程经验），企业导师参与研究生培养全过程，包括课程教学、实践指导、论文评阅等环节，年均聘请企业导师5人。

应用数据显示，兰州理工大学绿色能源与储能学院“锚定战略 三链协同：西部高校新能源研究生产教融合培养模式构建与实践”研究生教育体系显著提升了我校研究生的工程实践能力与产业适配度。我院海上风电方向研究生获省级以上创新竞赛奖项16项，参与申请发明专利30余项。毕业生入职三峡集团、华能江苏公司、华东勘测设计研究院等单位后，首年独立承担项目任务的比例达40%。



应用证明

色能源与储能学院西部高校新能源研究生产教融合培养模式构建与实践经验，联合新疆金风科技股份有限公司等单位，建立覆盖风电、光伏、储能等全产业链的实践教学体系，在西部本土企业建立实践教学基地，引导毕业生服务西部能源建设，提升西部能源行业人才素质。

西北地区培养新能源高层次人才，甘肃、青海等西部省区工作，成为西部能源行业的技术骨干。我校与兰州理工大学、西安理工大学等西部高校，互派研究生参与西部能源建设，为国家能源战略、破解人才流失难题提供了西部人才支撑。

国家能源战略、破解人才流失难题，为国家能源战略、破解人才流失难题提供了西部人才支撑。

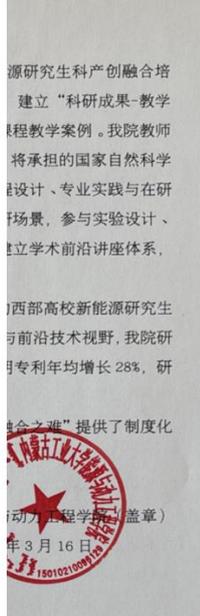


图 17 成果应用证明

第二部分、教学成果应用证明

教学成果应用证明

我院借鉴兰州理工大学绿色能源与储能学院“锚定战略 三链协同：西部高校新能源研究生科产教融合培养模式构建与实践”研究生教学成果经验，联合中国长江三峡集团、江苏海上龙源新能源有限公司、华能江苏等单位，共建研究生工作站和实训基地；创立项目共担机制，将企业重大工程项目转化为研究生培养载体，我校研究生深度参与三峡集团阳江沙扒、江苏如东等海上风电项目的子课题研究，学位论文选题来源于国家科技重大专项、国家重点研发计划等纵向项目及企业横向课题的比例达78%；建立双导师协同机制，建立企业导师遴选标准（须具备正高级工程师职称或10年以上工程经验），企业导师参与研究生培养全过程，包括课程教学、实践指导、论文评阅等环节，年均聘请企业导师5人。

应用数据显示，兰州理工大学绿色能源与储能学院“锚定战略 三链协同：西部高校新能源研究生科产教融合培养模式构建与实践”研究生教学育人体系显著提升了我院研究生的工程实践能力与产业适配度。我院海上风电方向研究生获省级以上创新竞赛奖项16项，参与申请发明专利30余项。毕业生入职三峡集团、华能江苏公司、华东勘测设计研究院等单位后，首年独立承担项目任务的比例达40%。

该教学成果为我院破解“人才培养体系与产业高素质人才需求适配性不足”提供了系统性解决方案，形成了可复制推广的产教融合范式。

特此证明。

河海大学新能源学院（盖章）

2026年3月16日

新能源学院

教学成果应用证明

兰州理工大学绿色能源与储能学院的西部高校新能源研究生科产教融合培养模式成果的关键创新应用包括：科研资源课程化机制，建立“科研成果-教学案例”转化标准流程，要求导师将最新科研成果转化为课程教学案例。我院教师借鉴兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生教学成果，将承担的国家自然科学基金项目成果，转化为研究生课程案例库，将研究生课程设计、专业实践与在研科研项目深度绑定，学生在课程学习阶段即进入真实科研场景，参与实验设计、数据采集、论文撰写等全过程；学术前沿讲座化机制，建立学术前沿讲座体系，年均举办学术报告 20 余场。

应用效果表明，兰州理工大学绿色能源与储能学院的西部高校新能源研究生科产教融合培养模式显著提升了我院研究生的学术素养与前沿技术视野，我院研究生参与发表高水平论文数量年均增长 15%，获授权发明专利年均增长 28%，研究生对课程前沿性的满意度由 82% 提升至 95%。。

该教学成果为我院破解“科学研究与教学知识体系融合之难”提供了制度化的解决方案。

特此证明。

内蒙古工业大学能源与动力工程学院（盖章）

2026年3月16日



教学成果应用证明

我院针对课程体系对产业技术快速更迭响应慢的问题，借鉴兰州理工大学绿色能源与储能学院经验，建立了由本校教授、企业专家、毕业生代表组成的专题讨论会，每学期召开技术趋势与课程更新研讨会。具体应用包括：一是建立课程更新触发机制，当产业技术出现重大突破或企业需求发生变化时，启动课程修订快速通道，调整研究培养体系；二是构建模块化课程体系，将研究生课程分解为基础理论、前沿技术、工程实践三大模块，其中前沿技术模块占比不低于30%，并建立年度更新机制；三是引入企业深度参与，邀请国家能源集团、远景能源等企业技术高管担任课程共建负责人，将风电前沿技术、钙钛矿光伏组件、氢能储能系统集成等最新技术进展转化为教学案例。

应用成效显著。借鉴兰州理工大学绿色能源与储能学院经验研究生教学成果经验，我院累计更新研究生课程6门，新增新型储能等相关前沿课程2门，课程更新响应速度提升60%。研究生课程满意度明显提升，用人单位反馈毕业生知识结构与技术前沿匹配度有了很大的改进。该机制有效解决了新能源研究生课程体系滞后于产业技术变革的普遍难题。

该教学成果为能源特色高校应对技术快速迭代提供了可复制的制度方案。我院计划与兰州理工大学绿色能源与储能学院建立课程共建共享机制，形成了跨校协同的课程动态更新联盟。

特此证明。

兰州交通大学新能源与动力工程学院

(盖章)

2026年3月15日



教学成果应用证明

我院借鉴兰州理工大学绿色能源与储能学院西部高校新能源研究生科产教融合培养模式构建与实践经验，联合新疆金风科技、华电新疆发电有限公司、新疆电力设计院等单位，建立覆盖沙戈荒等多场景的实习基地网络，研究生实践教学在西部本土企业完成的比列达 85%；就业引导战略化，引导毕业生服务西部能源基地建设，毕业生留甘率有所提升。

应用成效显著。我院累计为西北地区培养新能源高层次人才 800 余人，其中 68%留在新疆及甘肃、青海等西部省区工作，成为金风科技、特变电工、新疆电网等企业的技术骨干。我校与兰州理工大学同为西部新能源人才培养高校，互派研究生参与西部能源基地实践，年交流规模 20 人。

该教学成果为西部高校服务国家能源战略、破解人才流失难题提供了示范路径，形成了“培养在西部、成才在西部、奉献在西部”的育人品牌。

特此证明。

河西学院物理与机电工程学院（盖章）

2026年3月16日



第三部分、用人单位人才培养效果评价

中车株洲电力机车研究所 有限公司风电事业部

用人单位对人才培养效果的评价

兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生巫发明，入职我单位以来政治立场坚定，职业道德优良，专业知识扎实。其中，巫发明工作 2008 年，已经担任中车株洲所风电事业部产品管理中心主任职务。从整体表现来看，兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生的培养体系定位精准、特色鲜明、成效显著，从“理念-知识-能力-创新”多维度展现出了良好的专业素养和能力。特此函达，顺致谢意！

中车株洲电力机车研究所有限公司风电事业部

2026 年 3 月 19 日



用人单位对人才培养效果的评价

兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生郭涛、赵斌，入职我单位以来政治立场坚定，职业道德优良，专业知识扎实。其中，郭涛在风电机组载荷仿真与机组开发方面工作3年，赵斌在风电机组载荷仿真领域工作3年，均积累了较为丰富的工程经验，具备较强的工程实践能力与问题解决能力。在实际工作中，两位同志均表现出良好的团队协作精神和较强的责任意识，能够快速适应岗位要求，在项目推进、技术攻关及跨专业协同中发挥了积极作用。从整体表现来看，兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生的培养体系定位精准、特色鲜明、成效显著，从“理念-知识-能力-创新”多维度展现出了良好的专业素养和能力。



用人单位对人才培养效果的评价

兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生吴俊辉，入职我单位（华锐风电科技（集团）股份有限公司）以来政治立场坚定，职业道德优良，专业知识扎实。其中，吴俊辉工作 16 年，已经担任集团副总工/设计院副院长职务。从整体表现来看，兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生的培养体系定位精准、特色鲜明、成效显著，从“理念-知识-能力-创新”多维度展现出了良好的专业素养和能力。



用人单位对人才培养效果的评价

兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生甄箫斐、张旭耀、杨捷媛，入职我单位以来政治立场坚定，职业道德优良，专业知识扎实。其中，甄箫斐工作7年，担任学院双创中心主任，积极推进创新创业教育与专业教育的融合发展，指导学生在国家和省级创新创业竞赛中屡获佳绩。从整体表现来看，兰州理工大学绿色能源与储能学院研究生的培养体系定位精准、特色鲜明、成效显著，从“理念-知识-能力-创新”多维度展现出了良好的专业素养和能力。

兰州交通大学新能源与动力工程学院

(盖章)

2026年3月19日



第四部分、成果支撑材料

目录

1、成果奖励.....	1
1.1 团队科研成果奖.....	1
1.2 团队教学成果奖.....	10
1.3 教师个人荣誉.....	17
1.4 优秀学位论文.....	45
1.5 人才培养奖励.....	55
2、研究立项.....	180
2.1 科研项目.....	180
2.2 教研项目.....	225
3、成果研究报告.....	254
4、学科建设.....	275
4.1 专业建设.....	275
4.2 学科平台.....	285
5、高水平论文.....	294
5.1 科研论文.....	294
5.2 教研论文.....	342

1、成果奖励

1.1 团队科研成果奖





甘肃省科技进步奖 证书

为表彰甘肃省科技进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：大型水平轴风力机空气动力学关键技术研究

奖励等级：二等

获奖者：李德顺



证书号：2017-J2-021-R2



国防科学技术进步奖 证书

为鼓励自主创新，表彰国防科学技术进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称： 直升机旋翼先进三维设计技术及应用
(公布名)

获奖者： 王 清

获奖等级： 一等奖



No. 2024GFJBJ1062-R06



甘肃省科技进步奖 证书

为表彰甘肃省科技进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：面向风电场集群的大型风力机效率和可靠性提升关键技术及应用

奖励等级：二等

获奖者：李寿围



证书号：2025-J2-026-R1



青海省科学技术奖励 证书

为表彰青海省科学技术进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：青藏高原重大冻土工程安全监测网络
建设与应用

获奖等级：二等奖

获奖者：王英梅



获奖编号：2023-KJJB-2-03-R11



甘肃省自然科学奖 证书

为表彰甘肃省自然科学奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：面向二氧化碳捕获封存的水合物相变动力学及调控机制

奖励等级：三等

获奖者：张学民



证书号：2025-Z3-003-R1



甘肃省技术发明奖 证书

为表彰甘肃省技术发明奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：太阳能温控型恒温沼气池技术研发与示范推广

奖励等级：三等

获奖者：李金平



证书号：2016-F3-004-R1



甘肃省科技进步奖 证书

为表彰甘肃省科技进步奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：农业废弃物高效能源化利用技术研发与应用

奖励等级：二等

获奖者：王燕



证书号：2020-J2-003-R8

ANSUSHENGJIXIEGONGCHENXUEHUIGANSUSHENGJIXIEGONGCHENXUEHUIGANSUSHENGJIXIEGONGCHENXUEHUIGANSUSHENGJIXIEGONGCHENXUEHUI



甘肃省机械工程学 科学技术奖 证书

为表彰甘肃省机械工程学科学技术
奖获得者，特颁发此证书。

项目名称：智能节能大流量低汽蚀HDM1000-400/5型
重型石油（煤）化工流程泵研制

奖励等级：一等

获奖者：韩伟



证书号： 2017-1-12-R7

1.2 团队教学成果奖





甘肃省教学成果奖 获奖证书

证书编号： 20131016

获奖成果：以产品设计能力培养为核心的
国家级特色专业建设-以流
体机械为例

获奖者：李仁年 冀宏 韩伟
程效锐

获奖等级：省级一等奖



甘肃省高等学校省级线上线下
混合式一流课程

获奖证书

证书编号：SJYLKC2022573

课程名称：热工基础

建设单位：兰州理工大学

团队成员：杜小泽 吴江波 安周建

张学民 王英梅





甘肃省高等教育教学成果奖

获奖证书

证书编号：ED-2021038

获奖成果名称：国家级一流本科课程建设及混合式
教学实践—以兰州理工大学流体力
学课程为例

成果主要完成人：南军虎 张 东 王晓晖 李金平
王 燕 赵伟国 张人会 王秀勇
马高生 钱 晨

成果完成单位：兰州理工大学

获 奖 等 级：省级二等

甘肃省教学成果奖评审委员会

2021年12月30日

甘肃省高等学校省级线上一流课程

获奖证书

证书编号: SJYKLC2022346

课程名称: 流体力学

建设单位: 兰州理工大学

团队成员: 南军虎 李仁年 李金平

张东 王燕



甘肃省高等学校科学研究优秀成果

(科学技术)

奖励证书

成果名称：太阳能恒温沼气池建造技术研发与推广应用

成果类别：技术发明类

获奖等级：一等奖

完成单位：兰州理工大学

获奖者：李金平、郑健、黄娟娟、张东、任海伟、
王昱

证书编号：2015KJ-001

甘肃省教育厅

2015年10月





甘肃省教学成果奖
获奖证书

证书编号: 20170056

成果名称: 流体力学形象化教学及学
生工程应用能力培养

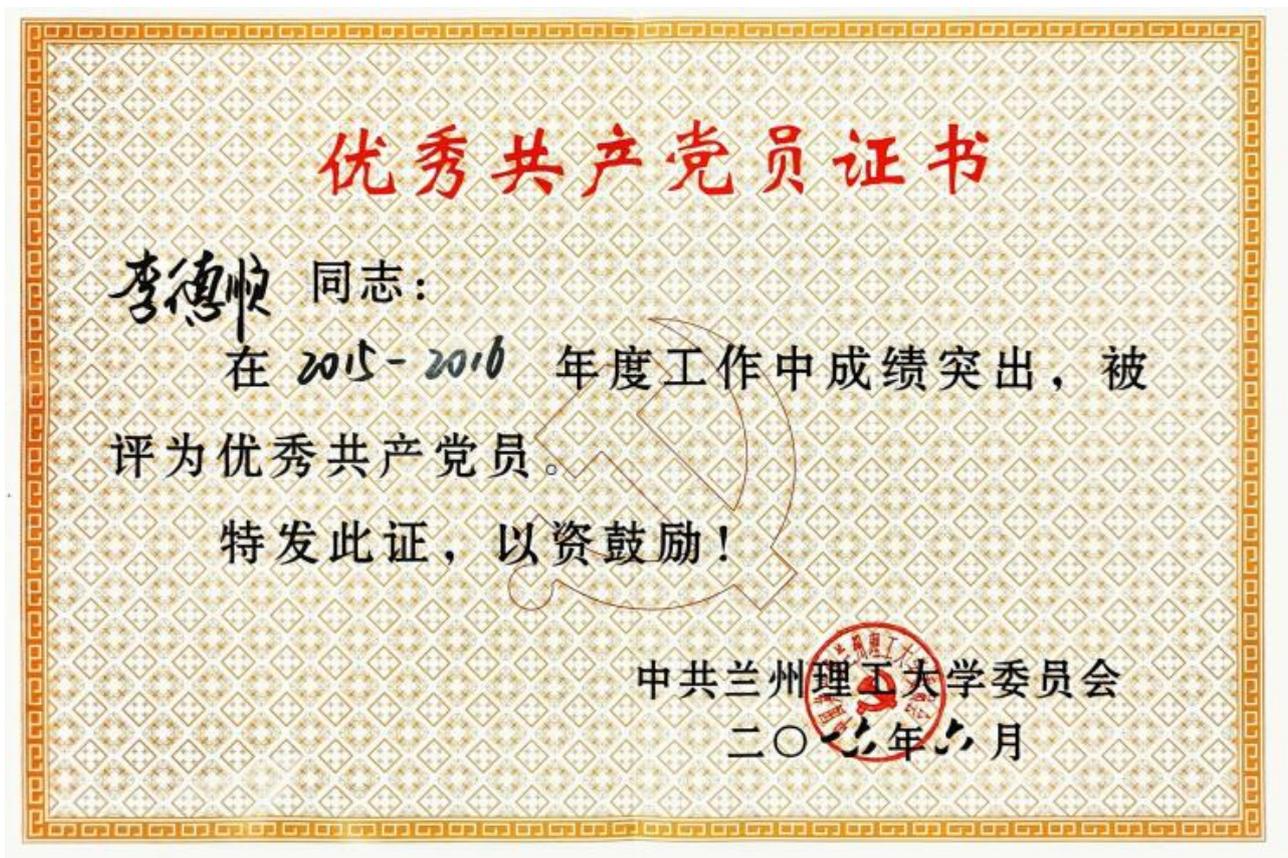
获奖等级: 教育厅级

主要完成单位: 兰州理工大学

主要参加人: 南军虎 张 东 冀 宏
王秀勇 王 燕 李金平
郑 直 钱 晨 马高生

2017年4月

1.3 教师个人荣誉



聘书

LETTER OF APPOINTMENT

兹聘请

李德顺 同志

为兰州理工大学

学科首席教授

聘期：2025年01月至2027年12月





聘 书

李德顺 同志：

兹聘请您担任中国空气动力学会第八届风能空气动力学专业委员会副主任委员，聘期五年。特颁此证。

中国空气动力学会
2022年6月

聘 书

兹聘请李德顺同志为中国空气动力学会风能空气动力学专业委员会第七届委员会委员。

中国空气动力学会
风能空气动力学专业委员会
二〇一七年八月二十日



荣誉证书

李德顺同志：

在二〇一二年工作中成绩显著，被评为
“三育人奖”，特发此证，以资鼓励。



荣誉证书

李德顺同志：

被评为兰州理工大学 2017 届本
科生毕业设计（论文）优秀指导教师。

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇一七年十月

荣誉证书

李德顺同志：

被评为兰州理工大学 2014 届本科生
毕业设计（论文）优秀指导教师。

特颁此证，以资鼓励。


兰州理工大学
二〇一四年九月

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

王清同志：

被评为兰州理工大学 2025 届本科生
毕业设计（论文）优秀指导教师。

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二五年十一月


荣誉证书

编号：2020年BZR023号

王清同志：

荣获 2019-2020 学年优秀班主任
称号，特发此证，以资鼓励！

兰州理工大学
二〇二〇年十二月

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

李银然同志：

在二〇二〇年工作中成绩突出，荣获学校“三育人奖”，特
发此证，以资鼓励。

中共兰州理工大学委员会
兰州理工大学
二〇二〇年九月





荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

李寿图同志：

被评为兰州理工大学 2020 届本科生
毕业设计（论文）优秀指导教师。

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二〇年九月

荣誉证书

李寿图同志：

被评为兰州理工大学 2018 届本
科生毕业设计（论文）优秀指导教师。

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇一八年十一月



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

李寿图同志：

荣获2023年兰州理工大学“教学优秀奖”。特发此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二三年十二月



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

李寿图同志：

被评为兰州理工大学2024届本科生毕业设计（论文）优秀指导教师。
特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二四年十月

聘 书

兹聘任 张东 同志为第五批飞天学者特聘计划
青年学者，聘期为三年（2025年1月至2027年12月）。

 
甘肃省学位委员会 甘肃省教育厅
2025年1月25日

证书

张东同志已完成相关培训，成为全国普通高等学校本科教育教学评
估专家，特发此证。

感谢您对教育质量评估工作的支持。

教育部教育质量评估中心

教育部全国高校教师网络培训中心

二零二四年五月

编号：PG24-220345489

有效期至2025年5月



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

张东 同志：

荣获二〇二五年兰州理工大学“三育人奖”。

中共兰州理工大学委员会 兰州理工大学
二〇二五年九月



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

张 东同志：

荣获兰州理工大学第三届微课教
学竞赛二等奖。特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇一九年九月





荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

张东、南军虎、王秀勇、安周建同志：

荣获兰州理工大学2022年“教师教学创新竞赛”二等奖。特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二二年六月

荣誉证书

张东同志：

荣获兰州理工大学2015年中青年教师讲课竞赛三等奖。特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇一六年三月

获奖证书

张东同志：

荣获2020年度甘肃省普通高等学校
青年教师成才奖。

特发此证，以资鼓励。

证书编号：2020011

甘肃省教育厅
2020年6月28日

荣誉证书

张东同志：

荣获兰州理工大学2018年青年教师教学基
本功竞赛综合奖二等奖。特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇一八年六月



教育部学位与研究生教育发展中心
China Academic Degrees and Graduate Education Development Center (CDGDC)

聘书

聘书编号: XWZXBK2210731037928

尊敬的张东老师:

兹聘请您为全国本科毕业论文(设计)抽检评审专家库专家,通过全国本科毕业论文(设计)抽检信息平台进行本科毕业论文(设计)评审评议,聘期壹年,自2022年01月01日至2022年12月31日止。

感谢您对教育部学位与研究生教育发展中心评估评审工作的大力支持。

所在单位: 兰州理工大学

身份证号: 620422198508047136

教育部学位与研究生教育发展中心

2022年12月23日



www.cdgdc.edu.cn

兰州理工大学文件

兰理工发〔2022〕204号

关于表彰2022年兰州理工大学高等教育教学成果奖的决定

校属各单位、部门：

根据《兰州理工大学教育教学成果奖评选奖励办法》（兰理工〔2021〕248号）文件精神，学校开展了2022年校级教育教学成果奖评选工作。由成果完成人申请、学院推荐、专家评审、学校学术委员会本科生教学指导专门委员会审议，经2022年12月8日学校校长办公会审定，决定授予《基于一流课程引领的多维度递进式钢结构创新人才培养模式重构与实践》等30项成果为兰州理工大学高等教育教学成果奖（附件），予以表彰奖励。

开展高等教育教学成果评选表彰，是对学校人才培养工作和教育教学改革成果的进一步凝练和推广。本次获奖成果，是我校广大教师经过多年努力、不懈钻研形成的优秀成果，充分体现了

- 1 -

附件：

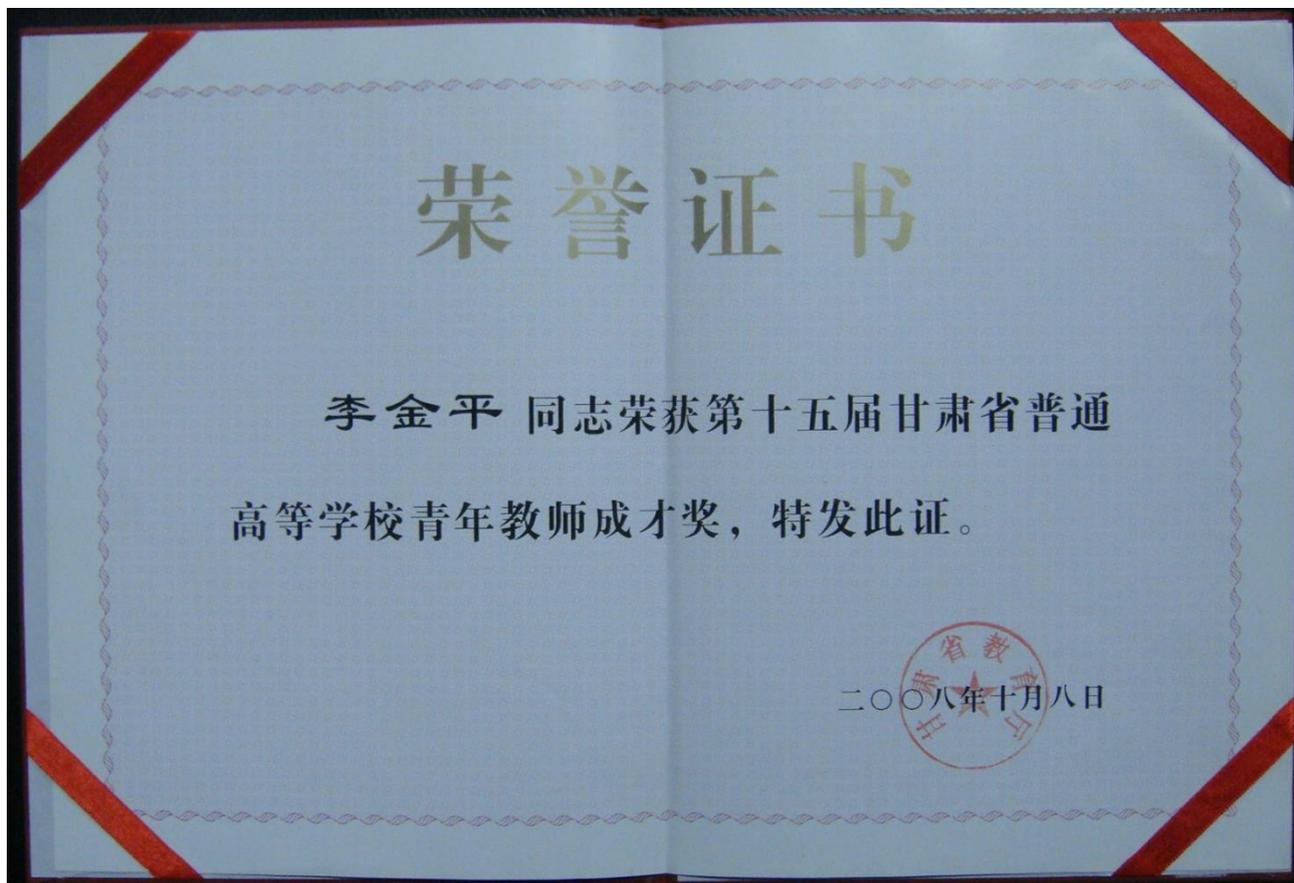
2022 年兰州理工大学高等教育教学成果获奖名单

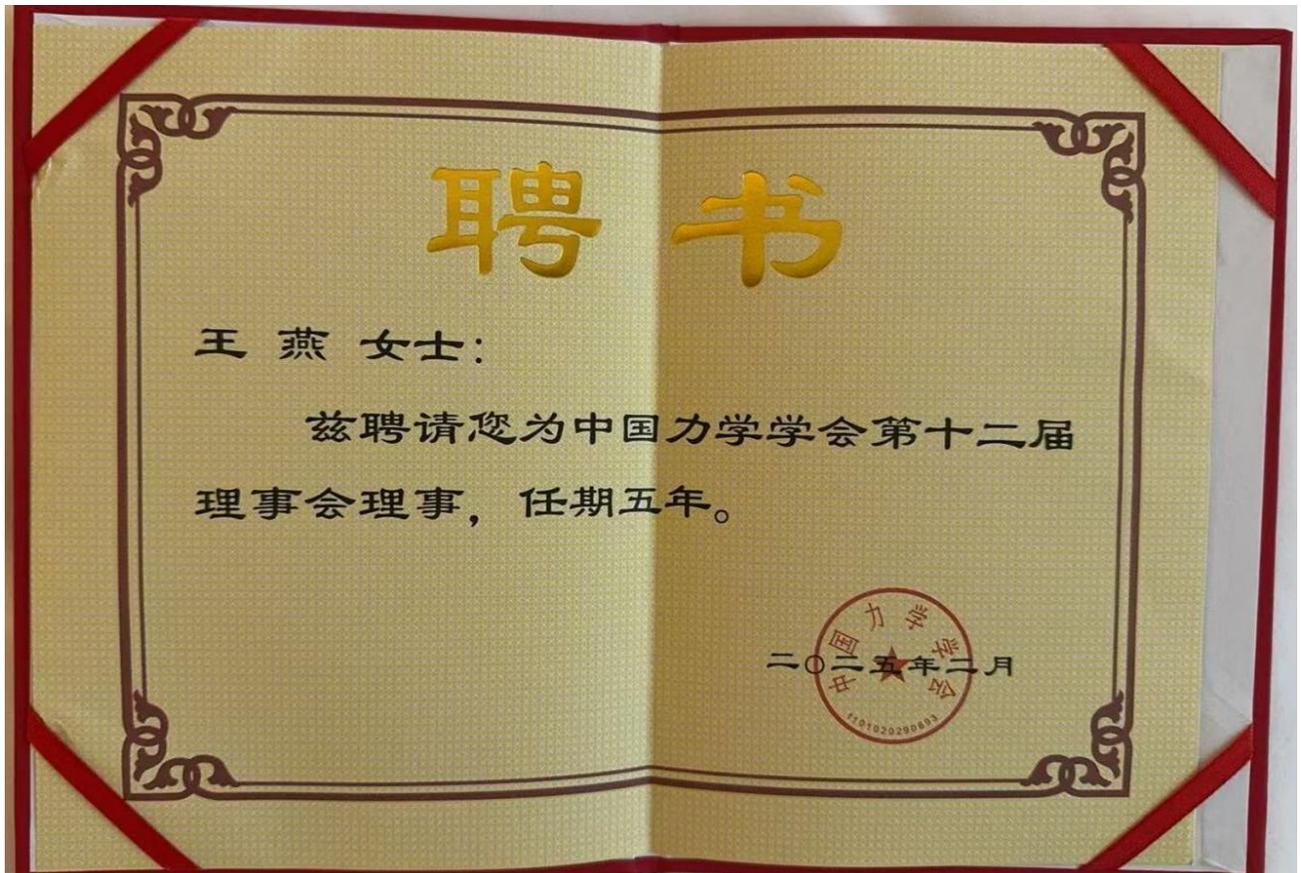
特等奖

序号	成果名称	成果负责人	学院
1	基于一流课程引领的多维度递进式钢结构创新人才培养模式重构与实践	王秀丽	土木工程学院
2	新工科背景下的电工电子实验教学新形态	丁守成	电气工程与信息工程学院
3	“123 多”—基于有效互动的工科专业基础课混合式教学模式实践	张 东	能源与动力工程学院
4	新工科背景下具有流体机械行业特色的卓越工程师培养模式	王晓晖	能源与动力工程学院
5	《机械制图》系列课程立体化教学资源的研究与开发	郑 敏	机电工程学院

一等奖

序号	成果名称	成果负责人	学院
1	面向地方发展战略创新驱动的城乡水工程人才培养模式探索与实践	王亚军	土木工程学院
2	新工科背景下计算机类“一流”专业创新人才培养模式改革的探索与实践	冯 涛	计算机与通信学院
3	以学生获得感为驱动的桥梁工程课程群全过程教育教学方法改革与实践	项长生	土木工程学院







聘书

王燕 同志：

兹聘请您担任中国空气动力学会第八届低跨超声速专业委员会委员，聘期五年。特颁此证。

中国空气动力学会
2022年7月



会员证

姓名：王燕

性别：女

单位名称：兰州理工大学

会员等级：高级会员



**本卡为中国力学学会实名认证卡，不得转借。
本卡最终解释权归中国力学学会所有。

会员编号：S030031350S

有效期：2023年11月14日至2027年11月14日

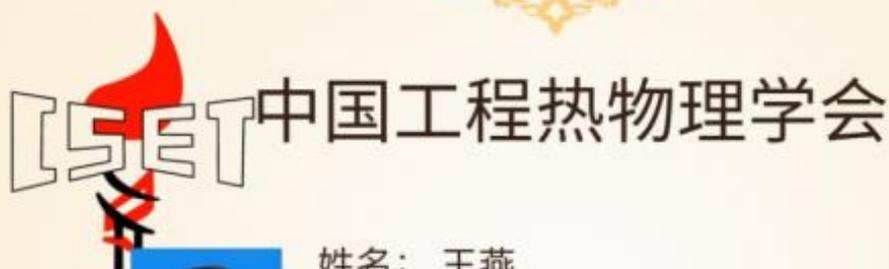


2021年甘肃省高校教师教学创新大赛

荣誉证书

南军虎 老师在首届甘肃省高校教师教学创新大赛荣获
理工科副高组 二等奖。

团队成员：张东, 马高生, 王燕
特发此证，以资鼓励。



中国工程热物理学会



姓名：王燕

性别：女

会员类型：个人会员

会员编号：E100606017M

有效期至：2024-12-31



会员信息码

中国工程热物理学会

附件 2:

全校 2024 年教学质量优秀教师名单

序号	学院	教师姓名	教师教学质量评价等级
1	电气工程与信息工程学院	陈 辉	优秀
2	电气工程与信息工程学院	陈晓雷	优秀
3	电气工程与信息工程学院	党存禄	优秀
4	电气工程与信息工程学院	丁守成	优秀
5	电气工程与信息工程学院	冯小林	优秀
6	电气工程与信息工程学院	黄 玲	优秀
7	电气工程与信息工程学院	黄 瑞	优秀
8	电气工程与信息工程学院	惠永永	优秀
9	电气工程与信息工程学院	金 海	优秀
10	电气工程与信息工程学院	李二超	优秀
11	电气工程与信息工程学院	李建海	优秀
12	电气工程与信息工程学院	林冬梅	优秀
13	电气工程与信息工程学院	林 洁	优秀
14	电气工程与信息工程学院	刘朝荣	优秀
15	电气工程与信息工程学院	刘 梅	优秀
16	电气工程与信息工程学院	刘徽容	优秀
17	电气工程与信息工程学院	鲁春燕	优秀
18	电气工程与信息工程学院	马永强	优秀
19	电气工程与信息工程学院	毛海杰	优秀
20	电气工程与信息工程学院	王进花	优秀
21	电气工程与信息工程学院	王晓兰	优秀
22	电气工程与信息工程学院	王兴贵	优秀
23	电气工程与信息工程学院	王志文	优秀
24	电气工程与信息工程学院	王琢玲	优秀
25	电气工程与信息工程学院	魏占宏	优秀
26	电气工程与信息工程学院	吴廷明	优秀
27	电气工程与信息工程学院	肖利梅	优秀
28	电气工程与信息工程学院	余 萍	优秀
29	电气工程与信息工程学院	张爱华	优秀
30	电气工程与信息工程学院	张浩琛	优秀
31	电气工程与信息工程学院	张宏亮	优秀
32	电气工程与信息工程学院	张 萍	优秀
33	电气工程与信息工程学院	张晓英	优秀
34	电气工程与信息工程学院	周红莉	优秀



Best Oral Presentation Award

This certificate is presented to

Yan Wang

Lanzhou University of Technology

Effects of tip speed ratios on the wake meandering
and structures of wind turbine

2023 International Conference on Aerodynamics of Offshore
Wind Energy Systems and Wakes
26-28 November, 2023 | Yangzhou, China

Organizing Committee
ICOWES2023


Chairman of the Conference
Prof. Wen Zhong Shen

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

王燕：

在工作中成绩突出，荣获二〇二三年兰州理工大学
“三育人奖”。

中共兰州理工大学委员会 兰州理工大学
二〇二三年九月

聘书

兹聘请 王 燕 为：

宿迁招才引智大使

(聘期： 年 月— 年 月)

中共宿迁市委



工作领导小组



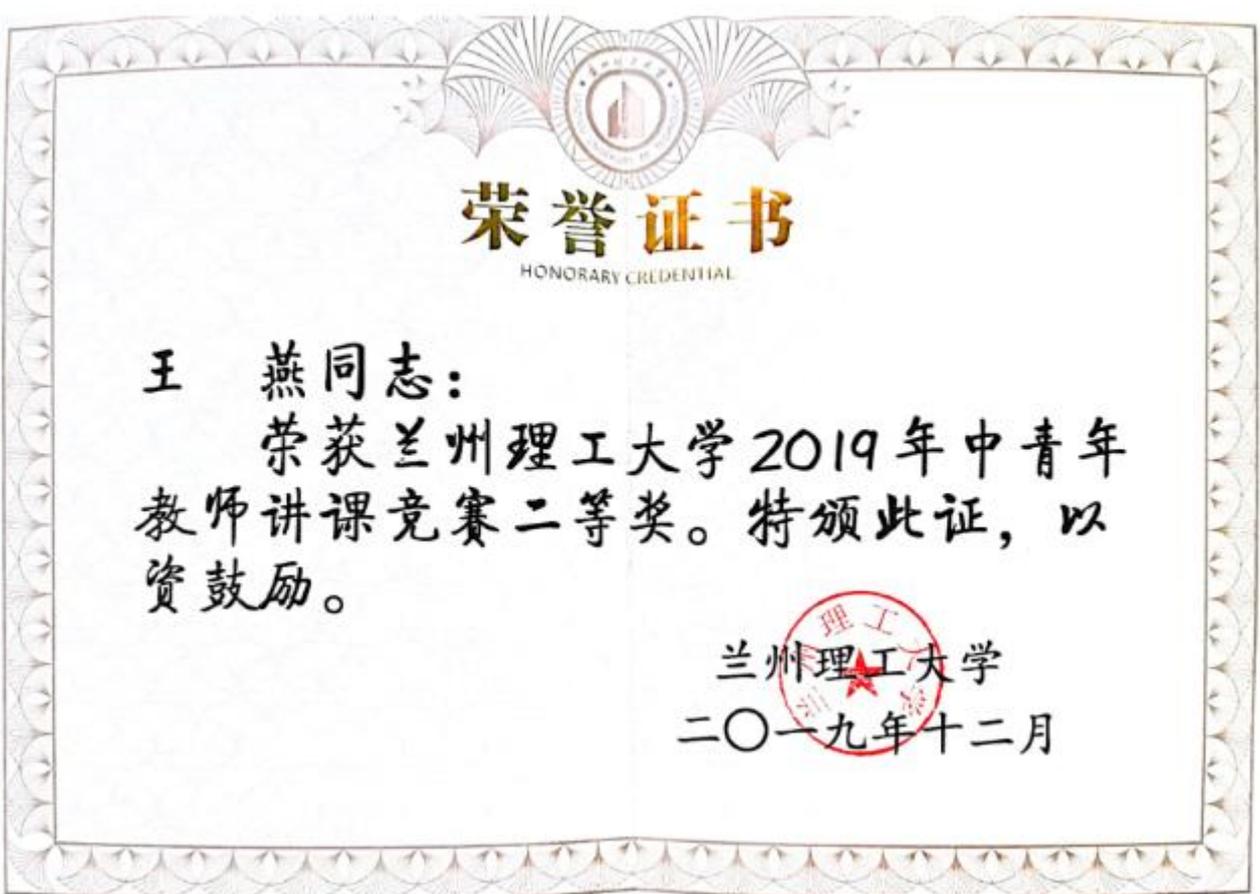
荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

王燕同志：

被评为2022-2023年度兰州理工大学“文明校园创建先进个人”，特发此证，予以表彰。

中共兰州理工大学委员会
二〇二三年十一月十日



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

王燕同志：

荣获兰州理工大学2019年中青年教师讲课竞赛二等奖。特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇一九年十二月

青 | 春 | 新 | 动 | 能 挑 | 战 | 创 | 未 | 来



第十五届全国三维数字化创新设计大赛甘肃赛区选拔赛
暨第四届甘肃省三维数字化创新设计大赛

证书编号:2022X1103LL

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

优秀指导老师

参赛方向: 数字工业设计大赛
作品名称: “沙漠绿洲”草方格治沙智能种植车
团队名称: 卷心菜
团队成员: 陈志辉、孔祥森、李小燕、孟克宇、侯斌
指导教师: 王燕
参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励。



青 | 春 | 新 | 动 | 能 挑 | 战 | 创 | 未 | 来



第一届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号:2023X0249LL

获奖证书

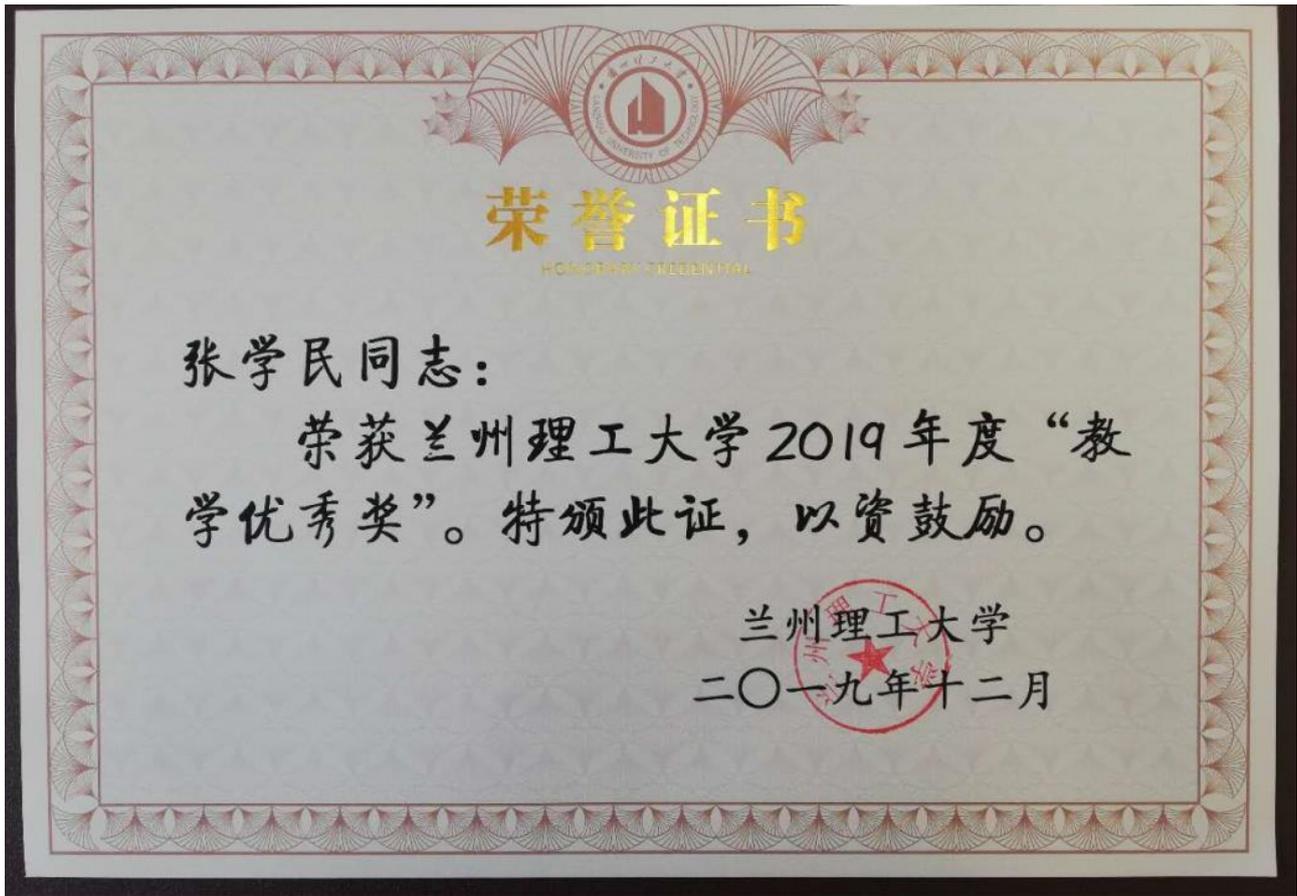
CERTIFICATE OF AWARD

优秀指导教师

获奖老师
王 燕

特发此证, 以资鼓励。







荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

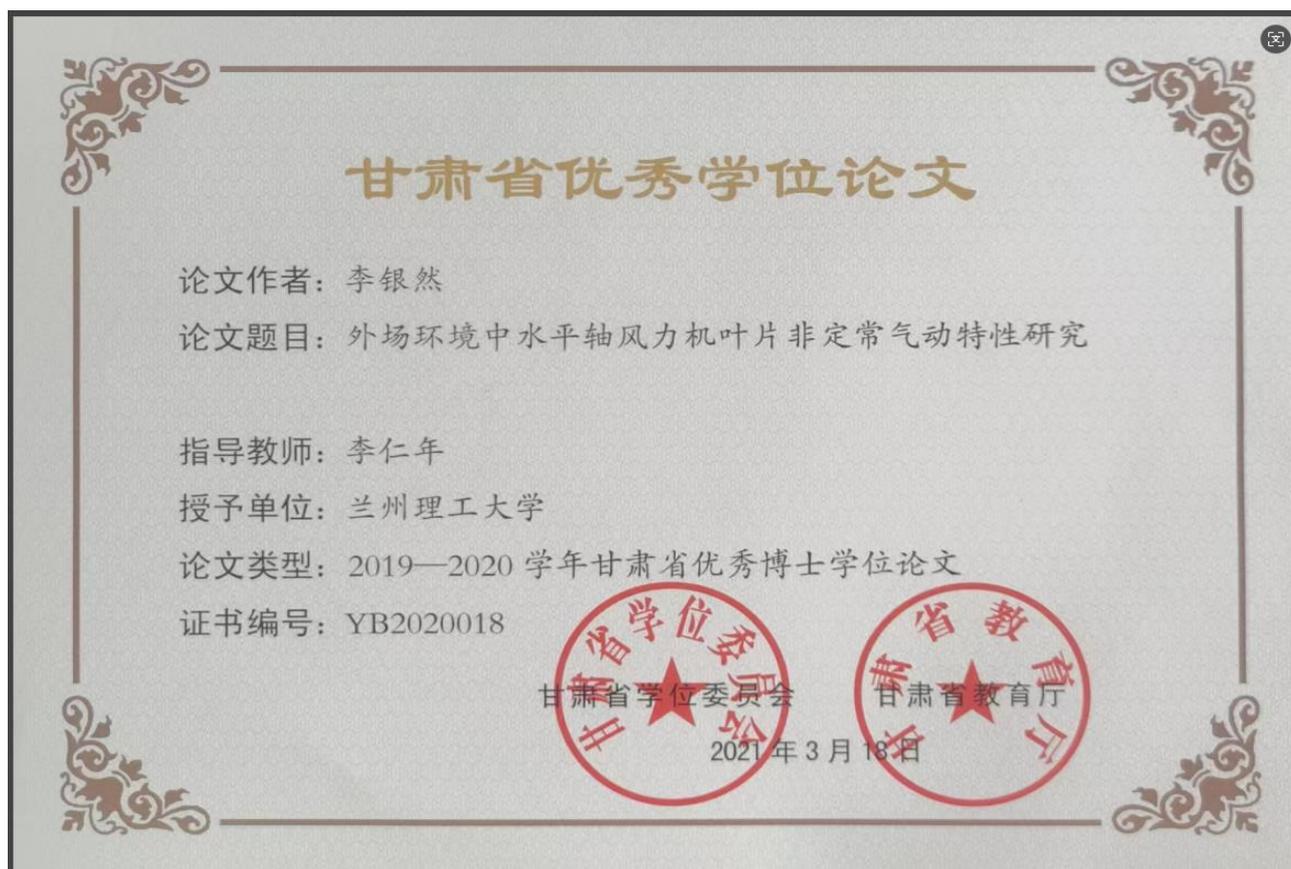
王英梅：

您在二〇二二年工作中成绩突出，荣获学校“三育人奖”。

特发此证，以资鼓励。

中共兰州理工大学委员会
兰州理工大学
二〇二二年九月

1.4 优秀学位论文



甘肃省优秀学位论文

论文作者：王亮

论文题目：大气边界层湍流相干结构对风力机气动性能及尾流特性的影响

指导教师：王燕

授予单位：兰州理工大学

论文类型：2021—2022学年甘肃省优秀硕士学位论文

证书编号：YS2021008



2022年12月30日

甘肃省优秀学位论文

论文作者：张菁婧

论文题目：风沙环境下不同尺度湍流相干结构对风力机气动载荷的影响研究

指导教师：王燕

授予单位：兰州理工大学

论文类型：2024—2025学年甘肃省优秀硕士学位论文

证书编号：YS2024050



2025年12月1日

甘肃省优秀学位论文

论文作者：牛爱丽

论文题目：二氧化碳水合物快速生成的实验研究

指导教师：王英梅

授予单位：兰州理工大学

论文类型：2021—2022学年甘肃省优秀硕士学位论文

证书编号：YS2021070



2022年12月30日

甘肃省优秀学位论文

论文作者：张山岭

论文题目：冰点以下多孔介质中CO₂-CH₄水合物的置换特性及强化机制研究

指导教师：张学民

授予单位：兰州理工大学

论文类型：2022—2023学年甘肃省优秀硕士学位论文

证书编号：YS2023059



2023年12月30日

甘肃省优秀学位论文

论文作者：董一帆

论文题目：均质/阻抗梯度介质气泡的载荷特性与动边界下
近场动力学行为

指导教师：李仁年 韩伟

授予单位：兰州理工大学

论文类型：2024—2025学年甘肃省优秀硕士学位论文

证书编号：YS2024048



2025年12月1日

甘肃省优秀学位论文

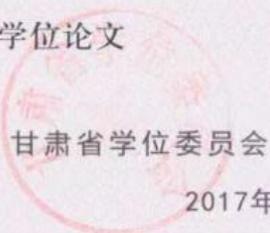
论文作者：郜志腾

论文题目：中性风场中风速脉动对水平轴风力机气动特性的
影响

指导教师：杨从新

授予单位：兰州理工大学

论文类型：2017年硕士学位论文



2017年11月2日

荣誉证书

杨惠结 同学：

荣获“2023届甘肃省普通高校优秀毕业生”称号。



兰州理工大学 优秀学位论文证书

论文作者：关荣湖

论文题目：浮尘天气下粉尘颗粒与风力机尾流的相互作用

指导教师：王 燕

论文类型：2023-2024 学年兰州理工大学优秀硕士学位论文

证书编号：YS2024044











兰州理工大学

优秀学位论文证书

论文作者：屈博艺

论文题目：基于热舒适度的空气源热泵供暖系统节能评价与控制优化

指导教师：张 东

论文类型：2019-2020 学年兰州理工大学优秀硕士学位论文

证书编号：YS2020016



兰州理工大学

优秀学位论文证书

论文作者：李秉阳

论文题目：PV/T 太阳能热泵联合干燥系统热力循环与能量特性研究

指导教师：张 东

论文类型：2020-2021 学年兰州理工大学优秀硕士学位论文

证书编号：YS2021032





兰州理工大学

优秀学位论文证书

论文作者：郑 瑜

论文题目：生物质驱动的多能互补热电气联供系统多目标优化理论与应用

指导教师：张 东

论文类型：2020-2021 学年兰州理工大学优秀硕士学位论文

证书编号：YS2021031



兰州理工大学

优秀学位论文证书

论文作者：张彬

论文题目：基于可再生能源的综合能源系统环境主导评价建模及多目标优化

指导教师：张东

论文类型：2021-2022 学年兰州理工大学优秀硕士学位论文

证书编号：YS2022029



1.5 人才培养奖励





国家奖学金荣誉证书

编号:BSY202419581

李望旭同学荣获 2024 年博士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2024 年 12 月



国家奖学金荣誉证书

编号:BSY202419595

杨士祺同学荣获 2024 年博士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2024 年 12 月



国家奖学金荣誉证书

编号:BSY202519756

路攀同学荣获2025年博士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2025年12月



国家奖学金荣誉证书

编号:SSY202467383

卜宇兰同学荣获2024年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2024年12月



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202467466

董一帆同学荣获 2024 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2024 年 12 月



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202467468

行怡帆同学荣获 2024 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2024 年 12 月



国家奖学金荣誉证书

编号:SSY202568508

赵桂花同学荣获2025年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2025年12月



国家奖学金荣誉证书

编号:SSY202568509

景倩同学荣获2025年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2025年12月



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202134200

王亮 同学荣获 2021 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



2021年12月31日



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202568507

张福强 同学荣获 2025 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



2025 年 12 月



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202234063

杨惠结 同学荣获 2022 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2022年12月



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202234066

张山岭 同学荣获 2022 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2022年12月



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY201933503

郑瑜 同学荣获 2019 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2019年12月12日



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202034235

李秉阳 同学荣获 2020 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2020年12月31日



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202034241

刘鹏飞 同学荣获 2020 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2020年12月31日



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202034240

张彬 同学荣获 2020 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2020年12月31日



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202034233

郑瑜 同学荣获 2020 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2020年12月31日



国家奖学金荣誉证书

编号: SSY202334052

张景瑞同学荣获 2023 年硕士研究生国家奖学金，特颁此证。



中华人民共和国教育部

2023年12月



荣誉证书

曾凡启 同学：

荣获兰州理工大学2024—2025学年研究生

一等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二五年十二月

编号：lut-2025-12-3129

荣誉证书

张敏 同学：

被评为兰州理工大学2020-2021学年研究生
学业奖学金“一等奖”。

特发此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二一年十二月

荣誉证书

曾凡启 同学：

荣获兰州理工大学2023—2024学年研究生

一等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二四年十二月

荣誉证书

赵丽 同学：

被评为兰州理工大学2018—2019学年研究生
学业奖学金“一等奖”。

特发此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇一九年十二月

荣誉证书

季金超 同学：

荣获兰州理工大学2022—2023学年研究生

一等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二三年十二月

荣誉证书

王丽 同学：

荣获兰州理工大学2022—2023学年研究生

一等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二三年十二月

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

郭兴铎同学：

荣获 2017-2018 学年研究生学业奖学金
“二等奖”，特发此证，以资鼓励。

中共兰州理工大学委员会
二〇一八年十二月

荣誉证书

郭兴铎 同学：

被评为兰州理工大学2020-2021学年研究生
学业奖学金“二等奖”。

特发此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二一年十二月

荣誉证书

胡州 同学：

被评为兰州理工大学2021—2022学年研究生
学业奖学金“二等奖”。

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二二年十二月

荣誉证书

李泽昊 同学：

荣获兰州理工大学2023—2024学年研究生
二等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二四年十二月

荣誉证书

王丽 同学：

荣获兰州理工大学2023—2024学年研究生

二等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学

二〇二四年十二月

荣誉证书

李佳宁 同学：

荣获兰州理工大学2024—2025学年研究生

二等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学

二〇二五年十二月

编号：lut-2025-12-3154

荣誉证书

谢驰 同学：

荣获兰州理工大学2024—2025学年研究生
二等学业奖学金

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二五年十二月

编号：lut-2025-12-3142

荣誉证书

臧志昭 同学：

被评为兰州理工大学2021—2022学年研究生
学业奖学金“二等奖”。

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二二年十二月

荣誉证书

赵珂 同学：

被评为兰州理工大学2019-2020学年研究生学业奖学金“三等奖”。

特发此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二〇年十二月

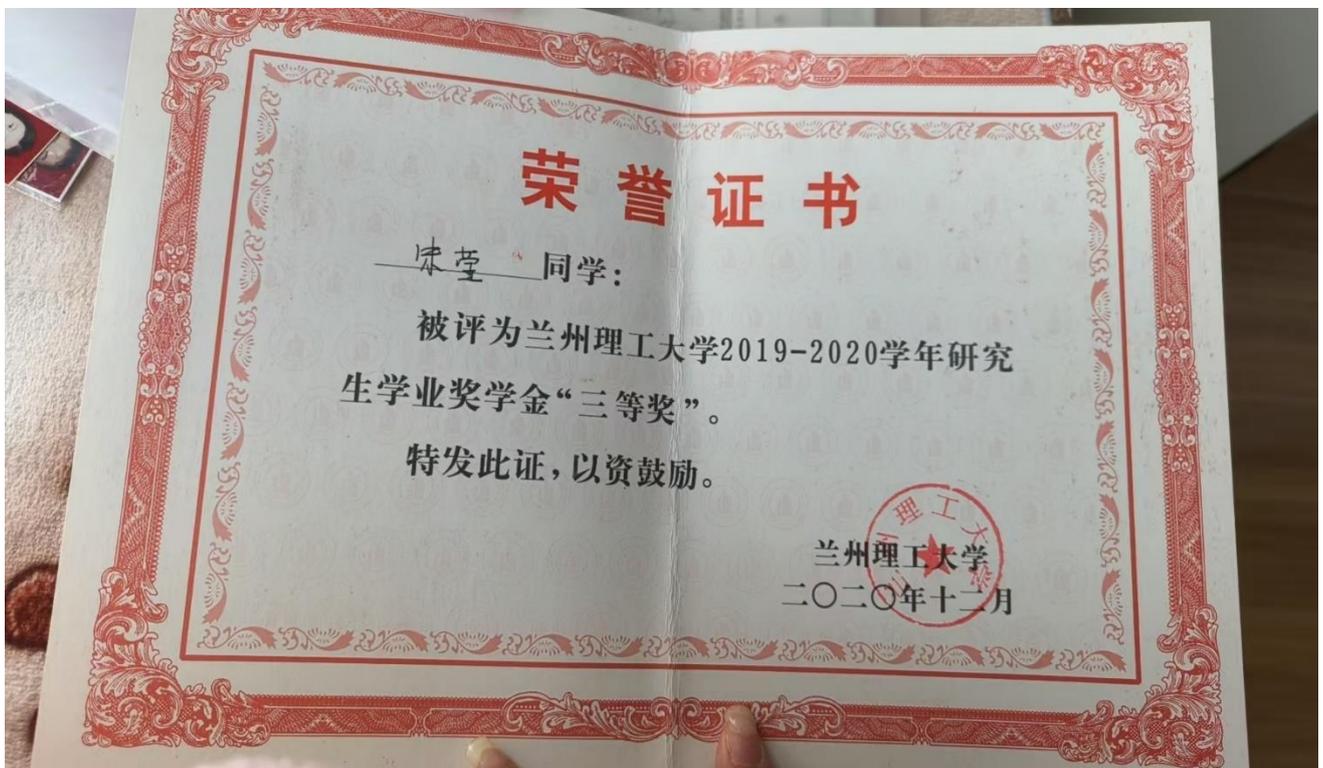
荣誉证书

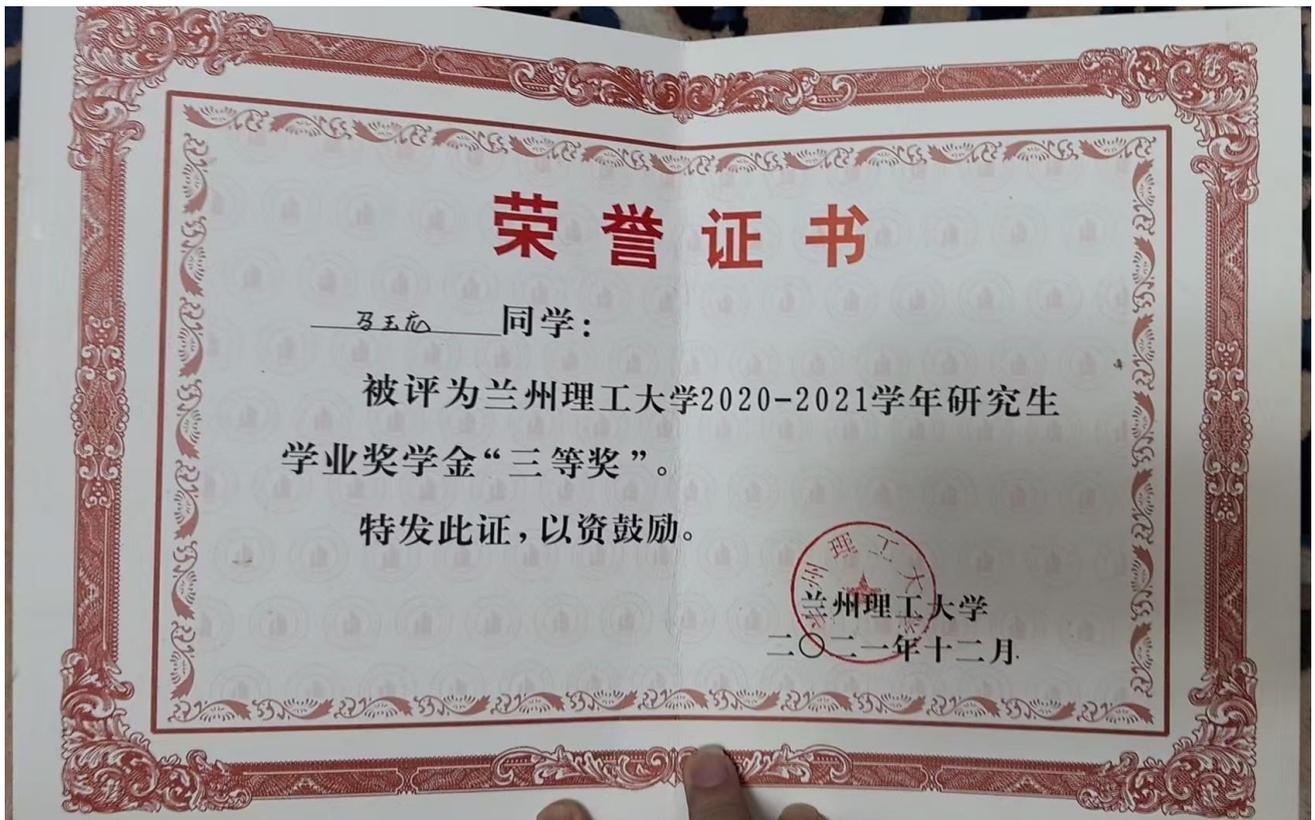
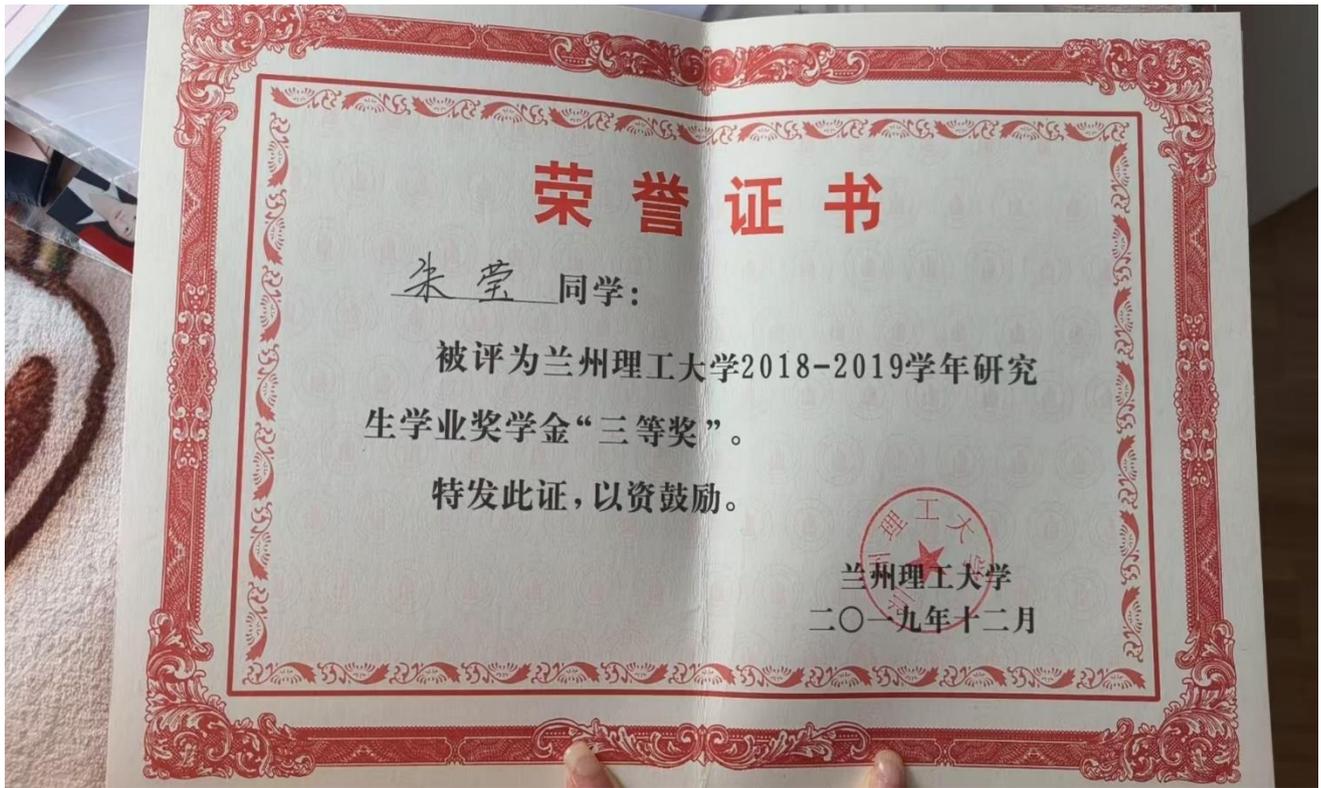
董彦斌 同学：

被评为兰州理工大学2021—2022学年研究生学业奖学金“三等奖”。

特颁此证，以资鼓励。

兰州理工大学
二〇二二年十二月





项目编号： 22JR5RA231



项目类别： 甘肃省优秀博士生项目

甘肃省科技计划项目任务书
(自然科学基金)
(2022年度)

项目名称： 湍流与风力机翼型及叶片的动态交互作用机理研究

项目负责人： 郭兴铎

主管处室： 基础研究处

组织部门： (甲方) 甘肃省科学技术厅

承担单位： (乙方) 兰州理工大学 (盖章)

推荐单位： (丙方) 兰州理工大学 (盖章)

起止年限： 2022年10月01日 至 2023年09月30日

(乙方丙方为同一单位的，只在承担单位一栏盖章)

甘肃省科学技术厅 制

甘肃省科技计划项目 准予总结结题表

项目名称：湍流与风力机翼型及叶片的动态交互作用机理研究

项目编号：22JR5RA231

项目负责人：郭兴铎

完成单位：兰州理工大学 (盖章)

推荐单位：兰州理工大学

组织单位：甘肃省科学技术厅

甘肃省科学技术厅

附件 2

甘肃省教育科技创新项目任务书

项目类别：优秀研究生“创新之星”项目

项目编号及名称：2022CXZX-433 风电场运行对沙尘输运和沉降的影响研究

项目承担单位（盖章）：兰州理工大学

项目主持人：臧志昭

项目起止年限：2022 年 05 月至 2023 年 05 月

甘肃省教育厅

二〇二二年制

附件 2

甘肃省教育科技创新项目任务书

项目类别：优秀研究生“创新之星”项目

项目编号及名称：2021CXZX-473 基于湍流度的风电场布局优化方法研究

项目承担单位（盖章）：兰州理工大学

项目主持人：胡渊

项目起止年限：2021年9月至2022年9月

甘肃省教育厅

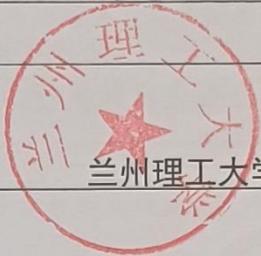
二〇二一年制

附件 2

甘肃省教育科技创新项目任务书

项目类别：优秀研究生“创新之星”项目

项目编号及名称：2022CXZX-435 海上风电场对海气边界层的影
响研究

项目承担单位（盖章）： 兰州理工大学

项目主持人：董彦斌

项目起止年限：2022 年 10 月至 2023 年 10 月

甘肃省教育厅

二〇二二年制

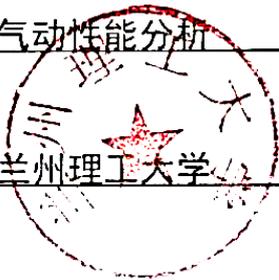
附件 2

甘肃省教育科技创新项目任务书

项目类别：研究生“创新之星”项目

项目编号及名称：2025CXZX-595 含沙环境下风力机尾流中沙
尘行为与气动性能分析

项目承担单位（盖章）：

兰州理工大学

项目主持人：

张福强

项目起止年限：2025 年 1 月至 2025 年 12 月

甘肃省教育厅

二〇二五年制

附件 1:

甘肃省优秀研究生“创新之星”项目

申报书

(2021 年度)

所在学校： 兰州理工大学

申请项目名称： 风力机阻沙促沉作用的试验研究

申请人： 刘念爽

研究生层次及年级： 硕士二年级

指导教师： 李德顺 马高生

一级学科（专业学位类别）

代码及名称： 0807 动力工程及工程热物理

甘肃省教育厅 制表

兰州理工大学研究生院文件

兰理工研发〔2021〕9号

关于公布 2021 年研究生科研探索项目的通知

校属各相关单位：

根据《兰州理工大学研究生科研创新项目管理办法》（兰理工发〔2018〕236号）文件精神，经研究生个人申请，导师与所在学院推荐，研究生院组织答辩，校第七届学术委员会研究生教学指导专门委员会评审，同意梁秋悦等 15 名研究生申请的项目入选我校 2021 年研究生科研探索项目，现予公布。

附件： 2021 年研究生科研探索项目立项名单

兰州理工大学研究生院

2021 年 5 月 13 日

附件：

2021 年研究生科研探索项目立项名单

学号	姓名	专业	项目 导师	项目名称	资助 经费
202086000009	徐志航	生物与医药	任海伟	一种生物可降解“绿色”抗菌薄膜的研发制备	1 万元
192085206040	刘畅	动力工程	张东	疏水性光伏组件清洁装备的研究与设计	1 万元
202080502024	张利超	材料学	孔令斌	多孔芳香框架调节碳材料超微孔结构及电化学性能研究	1 万元
192085216030	田卓越	化学工程	李安	芳基砌块共轭微孔聚合物在颗粒物去除中的应用	1 万元
192085204011	代悦	材料工程	顾玉芬	脉冲熔化极气体保护焊熔池振荡特征检测及分析	1 万元
202080201013	华飞龙	机械制造及其自动化	刘俭辉	应力梯度效应对弹塑性材料多轴疲劳行为的影响研究	1 万元
192085213013	崔德鹏	建筑与土木工程	朱前坤	基于树莓派-网络镜头视觉系统的桥梁群智慧监测云平台开发与应用研究	1 万元
192085213095	杨熙	建筑与土木工程	王英	西北强蒸发条件下盐渍土路基水盐迁移规律与模拟研究	1 万元
192081203019	武继杰	计算机应用技术	李晓旭	少量关键词条件下跨域图像描述的元学习方法研究	1 万元
202085600155	伍淑敏	材料与化工	李世友	一种普适型电极/电解液界面膜亚纳克级称量系统的开发与应用	1 万元
192081101007	毛玉燕	控制理论与控制工程	李二超	基于智能优化算法的机器人路径规划研究	1 万元
202085400045	王莉	控制工程	陈辉	星凸形不规则形状多扩展目标多伯努利滤波及其优化方法研究	1 万元
202030100014	张鹏	法学	贾小龙	促进地方特色产业发展之地理标志管理政策研究	1 万元
192070105003	钱欢	运筹学与控制论	周永强	无线通信系统中 BASuR-T-CARQ 协议性能建模分析	1 万元
192080503006	丁彬	材料加工工程	顾玉芬	GMAW 焊接烟尘信息采集及其特征分析	1 万元

兰州理工大学研究生院

2021 年 5 月 8 日印发



获奖证书

甄箫斐、杨捷媛、叶何立、王兆福、王航、
YASSIR IDRIS ABDALLA OSMAN HAKIZABE RA OLIVIER:

你们的作品《村镇热电沼气联供助力精准扶贫和乡村振兴》，在第四届中国“互联网+”大学生创新创业大赛中荣获 **铜奖**

指导教师：李金平、徐阳、任海伟、黄娟娟、张东

特发此证，以资鼓励。

主办单位：

教育部、中共中央统一战线工作部、
中共中央网络安全和信息化委员会办公室、
国家发展和改革委员会、工业和信息化部、
人力资源和社会保障部、农业农村部、
国家知识产权局、中国科学院、中国工程院、
国务院扶贫开发领导小组办公室、
共青团中央、福建省人民政府

中国“互联网+”大学生创新创业大赛

组织委员会
2018年10月

证书编号：201810133



“哈希”第十五届全国环境友好科技竞赛获奖证书

Certificate of the “HACH” 15th National Environmental-friendly Science & Technology Competition

No. 2020082821

兹证明，李秉阳，刘鹏飞，刘畅，景金龙，王佳贤，胡云，张彬，郑瑜，邬江昊，侯宏艺，雷彻获得第十五届全国环境友好科技竞赛一等奖，作品名称为《智能化PV/T光伏光热太阳能热泵联合干燥系统》。指导老师：张东 副教授，南军虎 副教授

特发此证，以资鼓励！

This is to certify that Bingyang Li, Pengfei Liu, Chang Liu, Jinlong Jing, Jiaxian Wang, Yun Hu, Bin Zhang, Yu Zheng, Jianghao Wu, Hongyi Hou and Che Lei are awarded the first prize of the 15th National Environmental-friendly Science & Technology Competition. The project title is “Intelligent photovoltaic thermal solar heat pump combined drying system”. Adviser: Associate Prof. Dong Zhang and Junhu Nan.



张东
学院院长



丹纳赫水质分析集团大中国区副总裁
兼哈希总经理



全国环境友好科技竞赛组织委员会
2020年8月
Organizing Committee of
the National Environmental-friendly Science & Technology Competition
August, 2020



获奖证书

Certificate of Award

刘俊扬、刘嘉乐、贾世茂、吕元元、刘涵、付瑞雪、武文博、张雨暄、吴宗翰、马桓、康家焯、侯青爽、李浩森、路康雄、吴怡：

你们的作品《风能直驱热泵供暖——助力乡村振兴的碳中和守护者》，在第八届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛中荣获 **银奖**

指导教师：张东、张学翠、徐阳、冀宏、郭长青
特发此证，以资鼓励。

主办单位：

教育部、中央统战部、中央网络安全和信息化委员会办公室、
国家发展和改革委员会、工业和信息化部、人力资源和社会保障部、
农业农村部、中国科学院、中国工程院、国家知识产权局、
国家乡村振兴局、共青团中央、重庆市人民政府

中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛组委会



证书编号：202310573



中国研究生
能源装备创新设计大赛
Energy Equipment Innovative Design Competition
For China Postgraduate



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

荣誉证书

CERTIFICATE OF HONOR

中国研究生创新实践系列大赛

2024“秦创原-中石协·宝石机械杯”
第十一届中国研究生能源装备创新设计大赛

三等奖

参赛单位：兰州理工大学

参赛作品：除尘“超”能，“疏”水先锋——光伏电站超疏水表面雾滴智能清洗系统

参赛队伍：张利强、季金超、张景瑞、王丽

指导教师：张东



二〇二四年十月

获奖证书

Certificate of Award

王鹏翔、杨庆成、刘雨昕、仇冠霖、张浩然、贾子暘、张广伟、
吴生鑫、魏文琦、方含雪、李蕊蕊、谢萍、李含月、霍肖彤

你们的作品《绿能卫士—光伏电板智能体检开拓者》，在第七届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛中荣获**铜奖**

指导老师：郑海霞、张东、张轶、徐阳、白学宗

特发此证，以资鼓励。

主办单位：教育部、中央统战部、中央网络安全和信息化委员会办公室、国家发展和改革委员会、工业和信息化部、人力资源和社会保障部、农业农村部、中国科学院、中国工程院、国家知识产权局、国家乡村振兴局、共青团中央、江西省人民政府
承办单位：南昌大学、南昌市人民政府



中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛组织委员会
二〇二一年十月



编号：2021101673

获奖证书

在2018年首届全国大学生可再生能源科技
竞赛中，经评审，您的作品获得：

三等奖

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：一种基于风能的高速公路自动精准除雪及路标供能装置

指导教师：张 东

参赛学生：黄杰杰 汪阳阳 侯佳明 黄金聪
朱孝聪

证书编号：2018-KZS-104





全国大学生可再生
能源优秀科技作品竞赛

National Competition in Science &
Technology on Renewable Energy for College Students

荣誉证书

您的作品在第五届全国大学生
可再生能源优秀科技作品竞赛中
荣 获

二 等 奖

作品名称：助力“双碳”——绿色风能直驱喷气增焓热泵供暖设备

参赛院校：兰州理工大学

参赛学生：祁长江 刘俊扬 贾世茂 刘涵 付瑞雪 武文博 火振宇

指导教师：张东 刘玉兰



证书编号：2023-2-1-1-026



荣获“中国中车杯”第六届
全国大学生可再生能源优秀科技作品竞赛
 National Competition in Science & Technology on Renewable Energy for College Students

荣誉证书

二等奖

作品名称：“超”越壁垒，“疏”尽尘埃—光伏电站超疏水表面
 雾滴智能清洗系统

作品类型：科技类

参赛院校：兰州理工大学

参赛学生：张利强 季金超 张景瑞 李泽昊 李悦怡

指导教师：张东



证书编号：2024-2-2-1-011



荣获“中国中车杯”第六届
全国大学生可再生能源优秀科技作品竞赛
National Competition in Science & Technology on Renewable Energy for College Students

荣誉证书

三等奖

作品名称：一种基于太阳能板辅助护栏清洗小车

作品类型：科技类

参赛院校：兰州理工大学

参赛学生：卢昌盛 尹娜 马瑞 李康 李永杰

指导教师：王英梅 杜文涛

中国可再生能源学会

2024年05月

证书编号：2024-3-2-1-069



“中国中车杯” 第七届
全国大学生可再生能源优秀科技作品竞赛
 National Competition in Science & Technology on Renewable Energy for College Students

荣誉证书

三等奖

作品名称：“风光智润”基于stm32的智能化节水灌溉装置
 作品类型：科技作品类
 参赛院校：兰州理工大学
 参赛学生：陈子翰 张亦弛 车雨羲 史一晗 刘伟杰 杨翱翔
 指导教师：孔令轩



证书编号：2025-3-1-1-268



全国大学生可再生
能源优秀科技作品竞赛

National Competition in Science &
Technology on Renewable Energy for College Students

荣誉证书

您的作品在第五届全国大学生
可再生能源优秀科技作品竞赛中
荣获

三等奖

作品名称：汽化能量再利用制冰机

参赛院校：兰州理工大学

参赛学生：余鹏飞 付义涵 王潇华 孙晓梅 邓陶

指导教师：张东



证书编号：2023-3-1-1-042





荣誉证书

CERTIFICATE OF HONOR

中国研究生创新实践系列大赛
2023“中石协·石化机械杯”
第十届中国研究生能源装备创新设计大赛
THE 10TH ENERGY EQUIPMENT INNOVATIVE DESIGN COMPETITION FOR CHINA POSTGRADUATE

二等奖

参赛单位: 兰州理工大学

参赛作品: 太阳能PV/T光储直驱热泵热水器系统

参赛队伍: 苏昕玥、侯刚、江美娇、王丽、季金超

指导教师: 张东



中国学位与研究生教育学会



中国科协青少年科技中心



中国石油和石油化工设备工业协会



中国石油教育学会



荣誉证书

CERTIFICATE OF HONOR

中国研究生创新实践系列大赛
2023“中石协·石化机械杯”
第十届中国研究生能源装备创新设计大赛
THE 10TH ENERGY EQUIPMENT INNOVATIVE DESIGN COMPETITION FOR CHINA POSTGRADUATE

三等奖

参赛单位: 兰州理工大学

参赛作品: “滴亮光伏”——光伏组件超疏水表面雾滴清洁与智能调控系统

参赛队伍: 季金超、张景瑞、闫承涛、苏昕玥、王丽

指导教师: 张东



中国学位与研究生教育学会



中国科协青少年科技中心



中国石油和石油化工设备工业协会



中国石油教育学会



第二届中国可再生能源学会
大学生优秀科技作品竞赛

获奖证书

在2019年第二届中国可再生能源学会大学生
优秀科技作品竞赛中，经评审，您的作品获得：

二等奖

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：多介质太阳能集热辅助热泵系统

指导老师：张东

参赛学生：屈博艺 何佩佩 黄婷婷 方洋 李博雅 范忆儒 谭亚辉

中国可再生能源学会
二〇一九年八月

证书编号：2019-KZS-001



第二届中国可再生能源学会
大学生优秀科技作品竞赛

获奖证书

在2019年第二届中国可再生能源学会大学生
优秀科技作品竞赛中，经评审，您的作品获得：

二等奖

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：近海水质监测船可变量矩浮子式波浪压气储能动力装置

指导老师：张东 南军虎

参赛学生：袁静泊 李青翰 郭金环 张旭杰 樊夫 黄婷婷 叶文海

中国可再生能源学会
二〇一九年九月

证书编号：2019-KZS-003



第四届中国可再生能源学会
大学生优秀科技作品竞赛

获奖证书

在2021年第四届中国可再生能源学会大学生
优秀科技作品竞赛中，经评审，您的作品获得：

二等奖

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：一种风能直驱式喷气增焓热泵供暖系统

指导老师：张东、史风霞

参赛学生：王慧斌、兰世纪、姚同傲、王昀煜、
田慧龙、李胥文、徐世潮



证书编号：2021-KZS-075



第二届中国可再生能源学会
大学生优秀科技作品竞赛

获奖证书

在2019年第二届中国可再生能源学会大学生
优秀科技作品竞赛中，经评审，您的作品获得：

三等奖

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：一种由汽车侧向风驱动的压力储能式全自动公路除雪机

指导老师：张东 汤富领

参赛学生：叶文海 白婷蓉 蒋璇 李青翰 张旭杰 孙世英 储亚波



证书编号：2019-KZS-200



第四届中国可再生能源学会
大学生优秀科技作品竞赛

获奖证书

在2021年第四届中国可再生能源学会大学生
优秀科技作品竞赛中，经评审，您的作品获得：

三等奖

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：“基于多能流与多物质流的供-蓄-用-控高效协同的
冷热电联供系统”

指导老师：张东

参赛学生：张瑞、张彬、刘春阳、刘鹏飞、
侯宏艺、俞凯、雷彻



证书编号：2021-KZS-201



获奖证书



在2020年“赛迪环保杯”第十三届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛中，经评审，获二等奖。

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：基于生物质原料的多能互补冷热电联供系统

作品类型：科技作品

指导教师：张 东 安周建

参赛学生：郑 瑜 张 彬 侯宏艺 雷 彻 罗 庚

王慧斌 刘 畅

证书编号：20201304201



证书编号：2021A-03-1010



**“力诺瑞特杯”第十四届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**

获奖证书

在2021年“力诺瑞特杯”第十四届全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛中，经评审，获得全国 三等奖。

特发此证，以资鼓励。

作品名称：“向阳树”——新型碟式太阳能树聚光光热系统

参赛高校：兰州理工大学

作品类型：科技作品

参赛学生：程梦凡 张陈敏 李锦成 陈志辉 楼为府 李杨
申敖凡

指导教师：张东 权辉



全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛委员会

2021年8月





**“六百光年杯”第十五届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**
“600 LIGHT YEAR” the 15th National University Student Social Practice and
Science Contest on Energy Saving & Emission Reduction

获奖证书

在2022年“六百光年杯”第十五届全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛中，经评审，获三等奖。

特发此证，以资鼓励。

参赛院校： 兰州理工大学

作品名称： 超疏水表面雾滴节水清洁与调控系统

作品类型： 科技作品

参赛学生： 闫承涛、俞凯、侯刚、李浩然、张瑞、李海霞、
姜钰湛

指导教师： 张东、安周建、张国维

证书编号： 2022-03-0869

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二二年八月





**“六百光年杯”第十五届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**
“600 LIGHT YEAR” the 15th National University Student Social Practice and
Science Contest on Energy Saving & Emission Reduction

获奖证书

在2022年“六百光年杯”第十五届全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛中，经评审，获三等奖。

特发此证，以资鼓励。

参赛院校：兰州理工大学

作品名称：助你看世界——自主学习导盲眼镜

作品类型：科技作品

参赛学生：李浩森、靳晓东、吴蓉、石疆涛、王志邦、
陈君铭、冯皓轩

指导教师：张东、黎映川

证书编号：2022-03-0867

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二二年八月





**“六百光年杯”第十五届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**
“600 LIGHT YEAR” the 15th National University Student Social Practice and
Science Contest on Energy Saving & Emission Reduction

获奖证书

在2022年“六百光年杯”第十五届全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛中，经评审，获一等奖。

特发此证，以资鼓励。

参赛院校： 兰州理工大学

作品名称： “双高”汽化能量回收制冰机

作品类型： 科技作品

参赛学生： 付义涵、王文轩、王潇华、余鹏飞、贾世茂、
吴宗翰、孙晓梅

指导教师： 张东、李金平、惠博

证书编号： 2022-01-0106

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二二年八月





**“建行杯”第十六届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**

The 16th National University Student Social Practice and Science Contest on
Energy Saving & Emission Reduction

获奖证书

在2023年“建行杯”第十六届全国大学生节能减排社会实践与
科技竞赛中，经评审，获得

二等奖

参赛院校：**兰州理工大学**

作品名称：**一种风能直驱式高效喷气增焐热泵供暖系统**

作品类型：**科技作品**

参赛学生：**刘俊扬、贾世茂、刘涵、崔文爽、袁江堰、张富强、
裴元泰**

指导教师：**张东、曹文斌、马力群**



证书编号：20231683202



**“建行杯”第十六届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**

The 16th National University Student Social Practice and Science Contest on
Energy Saving & Emission Reduction

获奖证书

在2023年“建行杯”第十六届全国大学生节能减排社会实践与
科技竞赛中，经评审，获得

二等奖

参赛院校：**兰州理工大学**

作品名称：**点亮光伏——光伏组件超疏水表面雾滴节水清洁与智
能调控系统**

作品类型：**科技作品**

参赛学生：**张景瑞、季金超、闫承涛、王丽、李海霞、刘孝敏、
江美娇**

指导教师：**张东、李金平、张延彬**

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二三年八月

证书编号：20231683201



**“建行杯”第十六届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**

The 16th National University Student Social Practice and Science Contest on
Energy Saving & Emission Reduction

获奖证书

在2023年“建行杯”第十六届全国大学生节能减排社会实践与
科技竞赛中，经评审，获得

三等奖

参赛院校：**兰州理工大学**

作品名称：“树满阳光”——一款可实现追光及自动避风的多镜面
式碟式太阳能聚光系统

作品类型：**科技作品**

参赛学生：**古超卓、姚炎孜、常瑞、吴天宇、王源、冯睿婕**

指导教师：**张东、念腾飞、李晓霞**

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二三年八月

证书编号：20231683206



**“建行杯”第十六届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛**

The 16th National University Student Social Practice and Science Contest on
Energy Saving & Emission Reduction

获奖证书

在2023年“建行杯”第十六届全国大学生节能减排社会实践与
科技竞赛中，经评审，获得

三等奖

参赛院校：**兰州理工大学**

作品名称：**减排先锋—基于单片机技术实现 EV 电池包热失
控预警及紧急灭火系统装置**

作品类型：**科技作品**

参赛学生：**贾瑞昕、李文达、安娴、李璐、姚敏超、余朵、
李蕊玲**

指导教师：**安周建、张东**



证书编号：20231683207

证书编号: 202417120129

获奖证书



第十七届全国大学生 节能减排社会实践与科技竞赛

在2024年第17届大学生节能减排社会实践与科技竞赛

中, 经评审, 获得 **二等奖** 特发此证。

参赛院校: 兰州理工大学

作品名称: “携风随行”——多源复合式高压电离多场景油烟
减排净化设备

作品类别: 科技类作品

参赛学生: 康杰、张富旺、王晨曦、谌鲁华、汪家旭、
王澳洋、豆雨泽

指导教师: 张东、党存禄

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二四年八月

证书编号: 202417131144

获奖证书



第十七届全国大学生 节能减排社会实践与科技竞赛

在2024年第17届大学生节能减排社会实践与科技竞赛

中, 经评审, 获得 **三等奖** 特发此证。

参赛院校: 兰州理工大学

作品名称: 以振判“断”-基于太阳能光伏与大数据融合算法
的轨道安全监测行业领跑者

作品类别: 科技类作品

参赛学生: 白雨鑫、孙文迪、何允康、代高峰、张雯、
李龙龙、林宇暄

指导教师: 张东、贾景、柏建华

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二四年八月

证书编号: 202417130658

获奖证书



第十七届全国大学生 节能减排社会实践与科技竞赛

在2024年第17届大学生节能减排社会实践与科技竞赛

中, 经评审, 获得 **三等奖** 特发此证。

参赛院校: 兰州理工大学

作品名称: 追光者—寒旱地区微热管太阳能 PV/T 强化传
热系统

作品类别: 科技类作品

参赛学生: 李睿、贾子娇、翟盼盼、袁汝玲、邱文、
王红阳

指导教师: 李金平、张东、李庆亮

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二四年八月



“招行杯”第十八届
全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛

获奖证书

在2025年第18届全国大学生节能减排社会实践与科技

竞赛中，经审评，获得 **三等奖** 特发此证。

参赛院校:兰州理工大学

作品类型:研究生科技类

作品名称:基于蛇形流道PV/T技术的太阳能光储直驱热泵节能减
排技术

参赛学生:赵泽远、张田震、贾婧怡、李龙凯、张惠婷、谢明
轩、李泽昊

指导教师:张东

全国大学生节能减排
社会实践与科技竞赛委员会
二〇二五年八月

证书编号: 20251869101



3S 杯

第八届全国大学生物联网技术与应用“三创”大赛

获奖证书

获奖项目：风能直驱热泵供暖-助力乡村振兴的碳中和守护者

项目类别：创业方案

获奖等级：三等奖

获奖者：刘俊扬、兰世纪、贾世茂、武文博、郭佳飞

获奖单位：兰州理工大学

指导老师：张东



证书号：2022C068

获奖证书

兰州理工大学

付义涵、吴宗翰、孙晓梅、贾世茂、王潇华、邓陶、余鹏飞 同学：

你（们）的作品《“零耗制冷”——气化冷量回收式成冰系统》在第十八届“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛中荣获

三等奖

指导教师：张东、徐阳

编号：2023-TZB18-MA31138H-A630B6

特颁此证，以兹鼓励



二〇二三年十二月



第十五届中国大学生服务外包创新创业大赛
全国赛

创业实践类
二等奖

参赛院校

兰州理工大学

参赛学生

路泽源	兰州理工大学
邢 杨	兰州理工大学
柳建国	兰州理工大学
朱佳妮	兰州理工大学
付义涵	兰州理工大学

指导老师

张 东	兰州理工大学
宋 博	兰州理工大学

中国大学生服务外包创新创业大赛组委会

二〇二四年八月



证书编号：F2407487B2033





中国大学生机械工程创新创业大赛

——第10届过程装备实践与创新大赛

获奖证书

作品名称：一种新型碟式太阳能发电系统的研究

获奖等级：二等奖

团队成员：黄婷婷，屈博艺，万喆，袁静泊

指导教师：张东，南军虎

所在学校：兰州理工大学

证书编号：PECE-2019-LUT-1412305-5

中国机械工程学会
2019年7月



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

第十届中国大学生数字媒体科技作品及创意竞赛全国总决赛

参赛学校：兰州理工大学

参赛作品：XTL-V型风力驱动增焓热泵的暖气供应系统

指导教师：张东/张学翠

团队成员：祁长江/刘俊扬/贾世茂/刘涵/庞小云

荣获第十届中国大学生数字媒体科技作品及创意竞赛 **二等奖**，特发此证。



证书编号：2022100023

中国人工智能学会
第十届中国大学生数字媒体科技作品及创意竞赛组委会
2022年11月

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL



兰州理工大学 祁长江
兰州理工大学 刘涵

兰州理工大学 刘俊扬

参加“2022年全国大学生创新能力大赛”，成绩优异，荣获决赛产品创新赛道

一等奖

指导老师：张东
特发此证，以资鼓励！



证书编号：CXNL-F20220001151



荣誉证书

CERTIFICATION

iCAN

第十八届iCAN大学生创新创业大赛总决赛
iCAN Innovation Contest Final

三等奖

参赛作品：“凝水成冰”——汽化冷量制冰装置

参赛单位：兰州理工大学

团队成员：路泽源 秦可豪 张铭航 陈瑞东

指导老师：张东 胡广阔



证书编号：iCAN20241208CX-P04



证书编号:GS2025202506100700934781



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

能动小分队:

贵团队的作品荣获第十五届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛
全国总决赛

二等奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长: 路泽源 兰州理工大学

参赛队员: 姚玉坤 兰州理工大学

张金安 兰州理工大学

王美 兰州理工大学

陈旭龙 兰州理工大学

指导老师: 张东 兰州理工大学

赵伟国 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”
挑战赛竞赛组织委员会

2025年8月26日

竞赛组织委员会

证书编号:GS202220250608366749



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

晨旭战队:

贵团队的作品荣获第十二届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛全国总决赛

三等奖

特发此证，以资鼓励。

所在学校: 兰州理工大学

团队组长: 李浩森 兰州理工大学

参赛队员: 张书童 兰州理工大学

张钰 兰州理工大学

沈峰毅 兰州理工大学

张兴东 兰州理工大学

指导老师: 张东 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”
挑战赛竞赛组织委员会

2022年08月24日

竞赛组织委员会



2025 (第十三届)

China College Student Digital Media Technology Works and Creativity Competition



全国总决赛:

三等奖

参赛学校: 兰州理工大学

参赛作品: 光氢制造——零碳时代的绿色答案

作品分类: 其他

指导老师: 张东、史凤霞

团队成员: 张月怡、曹钰泽、李蓉、李超、李柯漾

作品赛道: 本科及以上学历



证书编号:

2025188621

关注微信公众号



2025 (第十三届)

China College Student Digital Media Technology Works and Creativity Competition



全国总决赛:

三等奖

参赛学校: 兰州理工大学

参赛作品: 净能相生--光伏震动能量协同汽车尾气除尘净化系统

作品分类: 其他

指导老师: 张东、史凤霞

团队成员: 张月怡、曹钰泽、李蓉、刘禹希、李柯漾

作品赛道: 本科及以上学历



证书编号:

2025188625

关注微信公众号



2024年第十二届

数字未来·创意无限



全国总决赛： 一等奖

参赛学校：兰州理工大学

参赛作品：智蛛救援：仿生蜘蛛在复杂环境中的搜救应用

作品分类：智能产品设计

指导老师：张学民、孙强

团队成员：宋宇涵、许永宁、李恒宇、杨力岩、柴景淇

作品赛道：本科及以上学历



证书编号：20241195493



二〇二四年十一月



CULSC 第八届全国大学生生命科学竞赛（创新创业类）

获奖证书

获奖项目：温暖生命—一款风力直驱喷气增焐式暖气供应系统

获奖学生：袁江堰、刘俊扬、刘涵、祁长江、裴元泰、唐道埔

指导老师：张东、张学翠

获奖单位：兰州理工大学

获奖类型：三等奖（创业组）

证书号：CULSC2023CXCY1060





全国三维数字化创新设计大赛16周年精英联赛 (2023-2024)

龙鼎奖

(全国总决赛)

获得奖项：三等奖

参赛院校：兰州理工大学

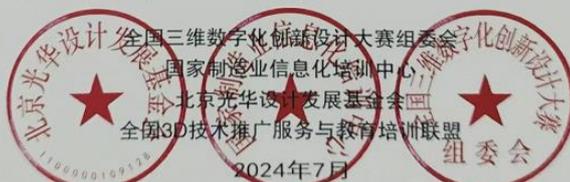
参赛团队：单车变摩托队

指导教师：王英梅

团队成员：车旭东 姜雪晨 鄢超 李永杰 马瑞

参赛作品：“生态乐活、绿色智享”——健身休闲综合一体化 BIM 建筑设计

参赛方向：数字人居设计大赛



2024年7月

科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导
大赛官网：<https://DS.3DDL.net>



全国三维数字化创新设计大赛14周年精英联赛 (2021-2022)

龙鼎奖

(全国总决赛)

获得奖项：二等奖

参赛院校：兰州理工大学

参赛团队：卷心菜

指导教师：王燕 王英梅

团队成员：陈志辉 孔祥森 李小燕 孟克宇 齐燕枫

参赛作品：“沙漠绿洲”草方格治沙智能种植车

参赛方向：数字工业设计大赛



2022年7月

科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导
大赛官网：<https://DS.3DDL.net>

证书编号：2024GCS2121

组别：大学生组



2024

中国创新方法大赛（甘肃赛区）

China Innovation Methods Competition

作品名称：基于 TRIZ 理论优化垂直轴风力机和洋流机的方案 作品类别：创新设计类

参赛院校：兰州理工大学 团队成员：安峰、宋宇涵、李龙龙、李涛、王健森

TRIZ 指导老师：龚成勇 专业指导老师：李寿图

二等奖

甘肃省科学技术协会 甘肃省科学技术厅
二〇二五年一月

证书编号：2024GCS3003

组别：大学生组



2024

中国创新方法大赛（甘肃赛区）

China Innovation Methods Competition

作品名称：一种基于 TRIZ 理论的改良伞形变桨机构风力发电装置 作品类别：工艺改进类

参赛院校：兰州理工大学 团队成员：齐木兰、孟德意、张福强、朱新毅、韦雪倩

TRIZ 指导老师：龚成勇 专业指导老师：龚成勇

三等奖

甘肃省科学技术协会 甘肃省科学技术厅
二〇二五年一月

证书编号：2024GCS3188

组别：大学生组



2024

中国创新方法大赛（甘肃赛区）

China Innovation Methods Competition

作品名称：基于 TRIZ 理论的二氧化碳水合物灭火器 作品类别：创新设计类

参赛院校：兰州理工大学 团队成员：马瑞、李康、卢昌盛、尹娜

TRIZ 指导老师：龚成勇 专业指导老师：王英梅

三等奖



证书编号：2024GCS3076

组别：大学生组



2024

中国创新方法大赛（甘肃赛区）

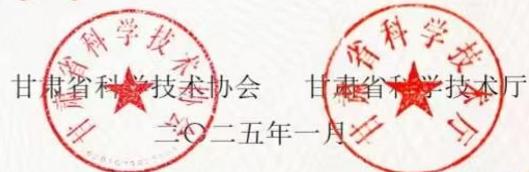
China Innovation Methods Competition

作品名称：基于 TRIZ 理论的智控节水伞状喷灌装置 作品类别：创新设计类

参赛院校：兰州理工大学 团队成员：陈子翰、张亦弛、车雨羲、高珑科、王子杭

TRIZ 指导老师：孔令轩 专业指导老师：李寿图

三等奖





全国三维数字化创新设计大赛16周年精英联赛 (2023-2024) 龙鼎奖

赛区：甘肃赛区

获得奖项：二等奖

参赛院校：兰州理工大学

参赛团队：小车跑得快队

指导教师：王英梅

团队成员：车旭东 姜雪晨 陈佛平 翟雪莉 尹娜

参赛作品：基于BIM的建筑优化设计——上岸大学研究生宿舍楼设计

参赛方向：数字人居设计大赛



2024年6月

科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导
大赛官网：<https://DS.3DDL.net>



全国三维数字化创新设计大赛15周年精英联赛 (2022-2023) 龙鼎奖

赛区：甘肃赛区

获得奖项：三等奖

参赛院校：兰州理工大学

参赛团队：星辰大海-逐梦者

指导教师：王英梅 赵静

团队成员：鄢超 刘杰 姜雪晨 车旭东 李永杰

参赛作品：一种小球藻新型二氧化碳吸收装置

参赛方向：数字工业设计大赛



2023年6月

科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导
大赛官网：<https://DS.3DDL.net>



预览版

全国三维数字化创新设计大赛15周年精英联赛(2022-2023)

龙鼎奖

赛区：甘肃赛区

获得奖项：三等奖

参赛院校：兰州理工大学

参赛团队：星辰大海-追梦人

指导教师：王英梅 赵静

团队成员：刘杰 滕亚栋 秦浩森 王立瑾 汪尚华

参赛作品：一种甲烷气体回收装置

参赛方向：数字工业设计大赛



科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导
大赛官网: <https://DS.3DDL.net>



No. 20246809106801

全国三维数字化创新设计大赛

Digital Design Dimensions

龙鼎奖

赛区：甘肃赛区

获得奖项：一等奖

参赛院校：兰州理工大学

参赛团队：浮梦敦煌

指导教师：李德顺

团队成员：曾凡启 李秀琴 姚腾飞

参赛作品：浮空环——元宇宙空间设计

参赛板块：开放赛项

参赛方向：元宇宙创建大赛



科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导

大赛官网：<https://3DDS.3DDL.net>



预览版

全国三维数字化创新设计大赛

Digital Design Dimensions

龙鼎奖

赛区：甘肃赛区

获得奖项：二等奖

参赛院校：兰州理工大学

参赛团队：G-G-K

指导教师：王英梅

团队成员：尹娜 卢昌盛 李康 马瑞

参赛作品：绿色智能——健身休闲娱乐一体化的BIM建筑设计

参赛板块：开放赛项

参赛方向：数字人居设计大赛



科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导
大赛官网：<https://3DDS.3DDL.net>



全国三维数字化创新设计大赛

National 3D Innovative Design Competition

龙鼎奖

赛区：甘肃赛区

获得奖项：二等奖

参赛院校：兰州理工大学

参赛团队：沙漠精灵

指导教师：王燕 王林军

团队成员：陈志辉 孔祥森 张宇康 孟克宇 敖纪鹏

参赛作品：“绿洲号”草方格治沙智能种植车

参赛板块：开放自主命题

参赛方向：数字工业设计大赛



科学技术部 教育部 工业和信息化部 中国科学技术协会 指导
大赛官网：<https://3DOS.3ODL.net>

证书编号:SS2025202506100500934781



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

能动小分队:

贵团队的作品荣获第十五届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛
甘肃赛区

省级选拔赛

特等奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长: 路泽源 兰州理工大学

参赛队员: 姚玉坤 兰州理工大学

张金安 兰州理工大学

王美 兰州理工大学

陈旭龙 兰州理工大学

指导老师: 张东 兰州理工大学

赵伟国 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”
挑战赛竞赛组织委员会

2025年6月30日

竞赛组织委员会

证书编号:SS2025202506100100934781



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

能动小分队:

贵团队的作品荣获第十五届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛
甘肃赛区

省级选拔赛

最佳创新奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长: 路泽源 兰州理工大学

参赛队员: 姚玉坤 兰州理工大学

张金安 兰州理工大学

王美 兰州理工大学

陈旭龙 兰州理工大学

指导老师: 张东 兰州理工大学

赵伟国 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”
挑战赛竞赛组织委员会

2025年6月30日

竞赛组织委员会

证书编号:SS202220250606366749



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

晨旭战队:

贵团队的作品荣获第十二届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛甘肃赛区省级选拔赛

一等奖

特发此证，以资鼓励。

学校名称: 兰州理工大学

团队组长: 李浩森 兰州理工大学

参赛队员: 张书童 兰州理工大学

张钰 兰州理工大学

沈峰毅 兰州理工大学

张兴东 兰州理工大学

指导老师: 张东 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”

挑战赛竞赛组织委员会

2022年07月23日

竞赛组织委员会

证书编号:SS202320250610060416124



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

融创瑞兴能源科技团队:

贵团队的作品荣获第十三届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛甘肃赛区省级选拔赛

一等奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长: 刘俊扬 兰州理工大学

参赛队员: 贾世茂 兰州理工大学

刘涵 兰州理工大学

祁长江 兰州理工大学

吕元元 兰州理工大学

指导老师: 张东 兰州理工大学

张学翠 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”

挑战赛竞赛组织委员会

2023年8月24日

竞赛组织委员会

作品编号: ECC-2024-12108



第十届全国大学生能源经济学术创意大赛

The 10th Chinese College Student Competition on Energy Economics

三等奖

竞赛级别: 甘肃赛区

作品名称: 注入TPA-让钙钛矿太阳能电池大放异彩

获奖作者: 赵贺彤、马淑琪、白雨鑫、王世茂

指导教师: 侯显、张东

获奖单位: 兰州理工大学

中国优选法统筹法与经济数学研究会





证书编号: ICAN2024XB366



2024年第十八届iCAN大学生创新创业大赛西北赛区选拔赛
The 18th iCAN Innovation Contest (XI BEI)

三等奖

参赛作品: 慧聚潮汐——基于低速涡流无叶片发电机的分布式潮汐能开发装置

参赛单位: 兰州理工大学

团队成员: 刘正洋 张红蕊 张福强

指导老师: 杨贵荣



证书编号: ICAN2024XB296



2024年第十八届iCAN大学生创新创业大赛西北赛区选拔赛
The 18th iCAN Innovation Contest (XI BEI)

三等奖

参赛作品: “蛛步先锋”——基于树莓派的搜索机器人

参赛单位: 兰州理工大学

团队成员: 宋宇涵 李龙龙 车雨羲 张越 王正烨

指导老师: 张学民



甘肃省大学生学科专业竞赛
GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUANYEJINGSAI

2021年第十七届“博创杯”全国大学生嵌入式
人工智能设计大赛西北赛区选拔赛暨甘肃省
大学生嵌入式设计大赛

证书编号: 2021X106LJ

获奖证书
CERTIFICATE OF AWARD

二等奖

作品名称: “沙漠绿洲”旱方格治沙智能种植车

作者姓名: 陈志辉 孔祥森 张宇康

指导教师: 王燕

参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励。



甘肃省大学生学科专业竞赛
GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUANYEJINGSAI

甘肃省大学生创新方法大赛

证书编号: 2023X1718LL

获奖证书
CERTIFICATE OF AWARD

一等奖

学生组

作品名称: 基于TRIZ理论的一种水合物法二氧化碳
处理封存装置

作品类别: 工艺改进类

参赛院校: 兰州理工大学

团队成员: 姜雪晨 车旭东 翟雪莉 陈佛平 刘杰

TRIZ指导教师: 王英梅

专业指导教师: 赵静

特发此证, 以资鼓励。



节 | 能 | 减 | 排 绿 | 色 | 能 | 源

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

甘肃省大学生学科专业竞赛

GANSUSHENG DAXUESHENG XUEKEZHUYANYEJINGSAI

第二届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号:2024X0103LJ

特等奖

作品名称: 以振判“断”——基于光伏并网发电与大数据融合算法的智能轨道安全监测行业领跑者

参赛学生: 白雨鑫、孙文迪、代高峰、何允康、张雯林宇暄、赖新鹏

指导教师: 张东、张明虎

参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励

甘肃省教育厅

二〇二四年九月

青 | 春 | 新 | 动 | 能 挑 | 战 | 创 | 未 | 来

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

甘肃省大学生学科专业竞赛

GANSUSHENG DAXUESHENG XUEKEZHUYANYEJINGSAI

第一届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号:2023X0003LL

特等奖

作品名称: 护卫双碳一种风能直驱式高效喷气增焐热泵供暖系统

参赛学生: 刘俊扬, 贾世茂, 刘涵, 崔文爽, 武文博, 祁长江, 袁江堰

指导教师: 张东, 曹文斌

参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励。

甘肃省教育厅

二〇二三年八月

青 | 春 | 新 | 动 | 能 挑 | 战 | 创 | 未 | 来

甘肃省大学生学科专业竞赛

GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUYANJINGSAI

第一届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号: 2023X0002LL

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

特等奖

作品名称: 光伏组件超疏水表面雾滴节水清洁与调控系统
参赛学生: 张景瑞, 季金超, 闫承涛, 李海霞,
王丽, 刘孝敏, 常瑞
指导教师: 张东, 柏建华
参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励。

甘肃省教育厅
二〇二三年八月

证书编号: 2025X075LU

荣誉证书

兰州理工大学冯睿婕、夏子淳、张宇婷、朱睿年、王美、王统
疆、陈鸿林在**第三届甘肃省大学生节能减排社会实践与科技竞赛**本科
生组-科技类中获得

特等奖

指导教师: 张东、安周建、史有程



根据甘肃省教育厅甘教高函〔2025〕5号文件,
此证书打印有效, 可扫描二维码验证。

甘肃省教育厅
二〇二五年九月

节 | 能 | 减 | 排 绿 | 色 | 能 | 源

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

甘肃省大学生学科专业竞赛

GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUANYEJINGSAI

第二届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

一等奖

作品名称： 减排先锋——基于 Bricard 连杆机构的高效
越障搜救机器人

参赛学生： 路泽源、李蕊、刘凯通、王子衿、陈子翰
赵应斌、俄博胜

指导教师： 张 东、王建森

参赛院校： 兰州理工大学

特发此证，以资鼓励

证书编号:2024X0116LJ

甘肃省教育厅

二〇二四年九月

证书编号：2025X110LU

荣誉证书

兰州理工大学孟德意、祁云、郑一丁、林志勋、刘洋、马嘉鑫在
第三届甘肃省大学生节能减排社会实践与科技竞赛本科生组-科技类中
获得

一等奖

指导教师：张东、王建森



根据甘肃省教育厅甘教高函〔2025〕5号文件，
此证书打印有效，可扫描二维码验证。

甘肃省教育厅
二〇二五年九月

证书编号：2025X126LU

荣誉证书

兰州理工大学张金安、毛龙龙、李娜、张瑞婷、王浩波、洪伟刚、柴韶瑜在**第三届甘肃省大学生节能减排社会实践与科技竞赛**本科生组-科技类中获得

一等奖

指导教师：张东、祁炳、史有程



根据甘肃省教育厅甘教高函〔2025〕5号文件，此证书打印有效，可扫描二维码验证。



节 | 能 | 减 | 排 绿 | 色 | 能 | 源

甘肃省大学生学科专业竞赛
GANSUSHENG DAXUESHENG XUEKEZHUYANYEJINGSAI

第二届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号：2024X0279LJ

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

二等奖

作品名称：灯控节能——一种基于 yolov4 神经网络的感应灯光控制系统
参赛学生：曾凡启、鲁恒瑞、豆文龙、卢昌盛、潘家新、姚腾飞、邢悦欣
指导教师：李德顺
参赛院校：兰州理工大学

特发此证，以资鼓励



青 | 春 | 新 | 动 | 能 挑 | 战 | 创 | 未 | 来



甘肃省大学生学科专业竞赛
GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUANYEJINGSAI

第一届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号:2023X0068LL

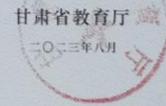
获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

二等奖

作品名称: 自适应于矩形管道的变径清洁机器人
参赛学生: 马彦平, 宋佳敏, 陆波, 陈璐瑶, 石婵玉,
张明霞, 郭海霞
指导教师: 王清, 王英梅
参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励。



青 | 春 | 新 | 动 | 能 挑 | 战 | 创 | 未 | 来



甘肃省大学生学科专业竞赛
GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUANYEJINGSAI

第一届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号:2023X0103LL

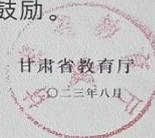
获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

二等奖

作品名称: 基于高功率密度芯片应用的平板脉动热管
参赛学生: 李海霞, 王丽, 张景瑞, 闫承涛, 侯刚,
季金超, 江美娇
指导教师: 张东, 马力群
参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励。



节 | 能 | 减 | 排 绿 | 色 | 能 | 源

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

甘肃省大学生学科专业竞赛

GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUYANYEJINGSAI

第二届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号: 2024X0277LJ

二等奖

作品名称: 除尘“超”能, “疏”水先锋
——超疏水表面光伏电站雾滴智能清洗系统
参赛学生: 张利强、张景瑞、季金超、刘鑫、张桂彬
李泽昊
指导教师: 张东
参赛院校: 兰州理工大学

特发此证, 以资鼓励

甘肃省教育厅
二〇二四年九月

证书编号: 2025X158LU

荣誉证书

兰州理工大学张军泽、薛宝瑞、刘文博、王旭博、聂畅、聂兴
新、李竞航在**第三届甘肃省大学生节能减排社会实践与科技竞赛本科
生组-科技类**中获得

二等奖

指导教师: 张东、张志坚



根据甘肃省教育厅甘教高函〔2025〕5号文件,
此证书打印有效, 可扫描二维码验证。

甘肃省教育厅
二〇二五年九月

证书编号：2025X161LU

荣誉证书

兰州理工大学张月怡、宋宇涵、王浩波、李蓉、李子悦、曹钰泽、刘天奇在**第三届甘肃省大学生节能减排社会实践与科技竞赛**本科生组-科技类中获得

二等奖

指导教师：张东、史有程



根据甘肃省教育厅甘教高函〔2025〕5号文件，此证书打印有效，可扫描二维码验证。



证书编号：2025X200LU

荣誉证书

兰州理工大学曹钰泽、吴保熠、宋宇涵、艾志鹏、张煜林、何松鸿、党文霞在**第三届甘肃省大学生节能减排社会实践与科技竞赛**本科生组-科技类中获得

二等奖

指导教师：张东、张志坚



根据甘肃省教育厅甘教高函〔2025〕5号文件，此证书打印有效，可扫描二维码验证。



证书编号：2025X196LU

荣誉证书

兰州理工大学王鑫、张福强、吴建林、陶陇宇在**第三届甘肃省大学生节能减排社会实践与科技竞赛**研究生组-科技类中获得

二等奖

指导教师：王燕、付建



根据甘肃省教育厅甘教高函〔2025〕5号文件，此证书打印有效，可扫描二维码验证。



青 | 春 | 新 | 动 | 能 挑 | 战 | 创 | 未 | 来

甘肃省大学生学科专业竞赛
GANSUSHENG DAXUESHENGXUEKEZHUANYEJINGSAI

第一届甘肃省大学生节能减排
社会实践与科技竞赛

证书编号：2023X0144LL

获奖证书

CERTIFICATE OF AWARD

三等奖

作品名称：冻土区天然气水合物开采与集输过程管道堵塞监测技术研究
参赛学生：刘清清，尹绍奇，单涛，袁庆，何家劲
指导教师：张学民
参赛院校：兰州理工大学

特发此证，以资鼓励。



2024年第十二届

数字未来·创意无限



甘肃省赛区： 三等奖

参赛学校：兰州理工大学

参赛作品：“冰雪精灵”——数字化交互气化成冰装置

作品分类：智能产品设计

指导老师：张东、马高生

团队成员：路泽源、李娜、秦可豪、李钦元、吴立炜

作品赛道：本科及以上学历



证书编号：20241541773



二〇二四年十一月



获奖证书

李博雅、罗娅雯、康敏、李京京、张鑫、薛佳兴、张向远、王小龙、李锦成、陈科、陈梦柯、申教凡、张陈敏、柳莹珠、马冰阳：

你们的作品《碟式阳光——国内领先的新型高效碟式太阳能热发电设备制造商》

获第六届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃省分赛高教主赛道

金奖

指导教师：张东、邓晰隆

特颁此证，以资鼓励。

证书编号：GS2020G-018





中国国际大学生创新大赛(2024)甘肃省分赛

“气化凝冰”——汽化冷量回收制冰装置

项目获得:

银 奖

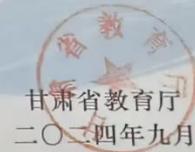
团队成员: 路泽源 邢 杨 陈其阳 柳建国 陈小康 付义涵 李钦元

秦可豪 张红蕊 赵应斌 霍康娇 王永路 朱佳妮 吴立炜

指导老师: 张 东 赵伟国 胡广阔 王晓云

选送学校: 兰州理工大学

证书编号: 2024X1024LL



美丽甘肃



青春行动

第三届甘肃省青年生态文明创新创业大赛

三等奖

项目名称: “扶壁算清”——西部立式油罐清洗探伤机器人

团队成员: 路泽源、龚莹、柳建国、秦可豪、王燕、张康琪

指导老师: 张东、姜静

单位名称: 兰州理工大学



二〇二五年三月

美丽甘肃



青春行动

第三届甘肃省青年生态文明创新创业大赛

一等奖

项目名称：“绿色制冰”—回收汽化冷量的新型制冰装置

团队成员：路泽源、姚玉坤、柳建国、刘渊、姚文朔

指导教师：张东、姜静

单位名称：兰州理工大学



二〇二五年三月



第十届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛甘肃赛区省级选拔赛

获奖证书

李博雅、罗娅雯、薛佳兴、张鑫、马冰阳 同学：

《碟式阳光——国内领先的新型高效碟式太阳能热发电设备制造商》项目在第十届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛甘肃赛区省级选拔赛中荣获：

二等奖

指导教师：张东、邓晰隆

特颁此证，以资鼓励。





获奖证书

张景瑞、季金超、闫承涛、李海霞、刘鑫、王丽、江美娇、苏昕玥、侯刚、李浩然、姜钰湛：

你们的作品《太阳能光伏板超疏水表面雾滴节水清洁与智能调控系统》获得
第九届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃省分赛 高教主赛道

铜 奖

指导教师：张东

参赛学校：兰州理工大学

特颁此证 以资鼓励

证书编号：2023-09GJ328

甘肃省教育厅
二〇二三年九月



获奖证书

魏雅青、王志雯、陈科、卢熠杰、王晶晶、康敏、马鑫怡、李青翰、陈晓航、
柳莹珠、胡一娟、张向远、董江燕、段菊芳、刘经纬：

你们的作品《“海渔智养”长续航智能化自航性养殖网箱》

获第六届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃省分赛高教主赛道

银 奖

指导教师：张东、南军虎

特颁此证，以资鼓励。

证书编号：GS2020G-049

甘肃省教育厅
二〇二〇年九月



晋级证书

多源互补环保供能 公司
多源互补的冷热电联供系统 项目，在
“创响新时代、共圆中国梦”第四届中国
创翼创业创新大赛兰州银行杯兰州选拔赛
决赛中，表现突出，晋级甘肃省选拔赛，
特此颁证，以资鼓励！

第四届中国创翼创业创新大赛
兰州银行杯兰州选拔赛组委会（代）
二〇二〇年七月



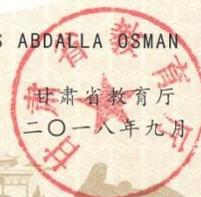


第四届中国“互联网+”大学生创新创业大赛 甘肃赛区决赛

村镇热电沼气联供系统助力精准扶贫和乡村振兴 项目获得：

金奖

团队成员：甄箫斐；杨捷媛；叶何立；王航；王兆福；YASSIR IDRIS ABDALLA OSMAN
OLVIER HAKIZABERA；徐奥博；张明敏
指导老师：李金平；徐阳；任海伟；黄娟娟；张东
选送学校：兰州理工大学



获奖证书

李青翰、李可欣、张梦吟、樊夫、张旭杰、王晶晶、段晓蓉、黄婷婷、刘薇、周宇轩、
叶文海、王传成、柳莹珠、白婷蓉、王凯、石旭、李永杰：

你们的作品《“乘风破浪”长续航渔用/水质智能监测船》，在

第五届中国“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃赛区中荣获 **金奖**

指导老师：张东、南军虎、冯文芳

特发此证，以资鼓励。

证书编号：201901022





获奖证书

屈博艺、张梦吟、张菁雯、韩艳、李博雅、黄婷婷、谭亚辉、方洋、范忆儒、吕柯佳、王彬林、刘莉、史宝周、杨芳梅、蒋璇、储亚波、蔡婷、任璇、强潇、韩宏、刘薇、叶文海、张旭杰、周宇轩：

你们的作品《多介质太阳能集热辅助热泵系统》，在第五届中国“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃赛区中荣获**金奖**

指导老师：张东、陈东

特发此证，以资鼓励。

证书编号：201902010

甘肃省教育厅
二〇一九年九月



获奖证书

叶文海、白婷蓉、郭金环、樊夫、汪阳阳、陈春曦、侯佳明、刘杰、王晶晶、柳莹珠、李青翰、韩荣荣、叶澄、李永杰、韩宏：

你们的作品《高速公路全自动除雪机》，在第五届中国“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃赛区中荣获**银奖**

指导老师：张东、裴沛、周雨萌、杨朵儿

特发此证，以资鼓励。

证书编号：201901072

甘肃省教育厅
二〇一九年九月





获奖证书

黄婷婷、罗婍雯、张菁雯、张鑫、夏薇、张旭杰、李博雅、王志雯、李可欣、李青翰、
储亚波、柳莹珠、王传成、周宇轩、袁静泊、王晶晶、范忆儒、高志国、殷泉鹏、李洁、
李永杰、董银亮、邓康康、黄磊、侯睿斐、吕高：

你们的作品《一种新型碟式太阳能高效发电系统》，在第五届中国

“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃赛区中荣获 **银奖**

指导老师：张东、王亚军、郭永吉、杨朵儿、王春波

特发此证，以资鼓励。

证书编号：201901031

甘肃省教育厅
二〇一九年九月



获奖证书

刘俊扬、兰世纪、贾世茂、吕元元、刘涵、付瑞雪、武文博、张雨暄、吴宗翰、
李浩森、马桓、康家煊、路康雄、曹文博、薛欢

你们的作品《风能直驱热泵供暖—助力乡村振兴的碳中和守护者》获得第八届
中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃省分赛 高教主赛道

金奖

指导教师：张东、张学翠、冀宏、郭长青、徐阳

参赛学校：兰州理工大学

特颁此证，以资鼓励。

证书编号：2022-08GJ036

甘肃省教育厅
二〇二二年九月

美丽甘肃



青春行动

第三届甘肃省青年生态文明创新创业大赛

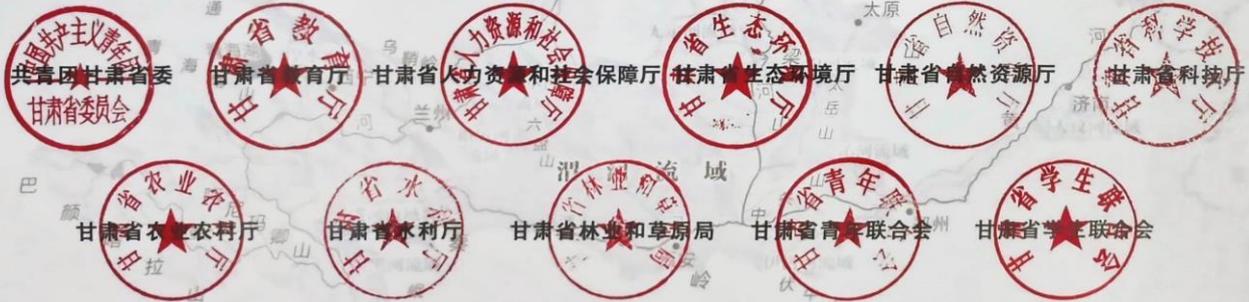
二等奖

项目名称：“绿源智灌”——基于清洁能源的智能节水型灌溉装置

团队成员：陈子翰、车雨羲、张亦弛、高珑科、王子杭

指导教师：李寿国、孔令轩

单位名称：兰州理工大学



二〇二五年三月

2024年第十二届

数字未来·创意无限



教育部中国高等教育学会学科竞赛排行榜赛项

全国大学生数字媒体科技作品及创意竞赛

www.cmit.cn

甘肃省赛区：三等奖

参赛学校：兰州理工大学、上海财经大学

参赛作品：基于低速涡流无叶片发电机的潮汐能开发装置

作品分类：智能产品设计

团队成员：陈雨欣、陈杰、张福强、陈天逸、阿尔斯兰·阿力木

作品赛道：本科及以上学历



证书编号：20241741613



二〇二四年十一月



证书编号：55



2022年第十六届iCAN大学生创新创业大赛西北赛区选拔赛
The 16th iCAN Innovation Contest (XIBEI)

三等奖

参赛作品： 风兴水暖-风能直驱热泵供暖领域领跑者

参赛单位： 兰州理工大学

团队成员： 刘俊扬 吕元元 刘涵 马桓 康家焯

指导老师： 张东 徐阳

iCAN大学生创新创业大赛组织委员会



证书编号： 2022-GS-TRIZ-01-R0057

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

2022年度中国创新方法大赛甘肃区域赛
TRIZ杯大学生创新方法大赛

二等奖

项目单位：兰州理工大学

项目名称：基于TRIZ理论的XTL-V型风力增焓式热泵的暖气供应装置

团队名称：融创瑞兴能源科技团队

团队成员：祁长江 刘俊扬 刘涵 贾世茂 侯青爽

TRIZ 创新方法指导教师：张东 专业指导教师：张学翠

中国创新方法大赛甘肃赛区组委会
二零二二年十二月





获奖证书

王鹏翔、厉强、赵肖、贾子阳、曹富齐、张广伟、吴生鑫、李浩浩、张元圆、方含雪、
印宇杰、滕飞龙、马小雯、魏雪琴、温美玲：

你们的作品《绿能卫士—光伏电板智能体检开拓者》获第七届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛甘肃省分赛高教主赛道

金奖

指导教师：郑海霞、张东、张轶、徐阳、白学宗

参赛学校：兰州理工大学

特颁此证，以资鼓励。

证书编号：2021-07GJ026



证书编号：W2407487B1007



第十五届中国大学生服务外包创新创业大赛
西部区域赛

创业实践类
一等奖

参赛院校

兰州理工大学

参赛学生

路泽源	兰州理工大学
邢 杨	兰州理工大学
柳建国	兰州理工大学
朱佳妮	兰州理工大学
付义涵	兰州理工大学

指导老师

张 东	兰州理工大学
宋 博	兰州理工大学



中国大学生服务外包创新创业大赛
西部区域赛组委会
二〇二四年五月



获奖证书

-----2023-----

团队成员：祁长江 刘俊扬 刘 涵 袁江堰
指导教师：张 东 张学翠
学 校：兰州理工大学

在第九届全国青年科普创新实验暨作品大赛甘肃赛区中，
荣获 **创意作品** 项目 **智慧社区（大学）** 组 **一等奖**。
特颁此证，以资鼓励。



创新驱动时代 共圆中国梦
第四届“中国创翼”创业创新大赛
甘 肃 省 选 拔 赛

获奖证书

AWARD CERTIFICATE

多能互补的冷热电沼气联供系统 项目荣获第四届“中国创翼”
创业创新大赛甘肃省选拔赛创新组项目优秀奖。

特发此证，以资鼓励。

甘肃省人力资源和社会保障厅
二〇二〇年九月



第十一届全国大学生能源经济学术创意大赛

The 11th China National College Student Competition on Energy Economics

三等奖

竞赛级别：内蒙古-青海-宁夏-甘肃赛区

作品编号：ECC-2025-21537

作品名称：生态智联——村镇废弃物与生活污水协同资源化系统

获奖作者：安峰、李钦元、王正焯、李蓉

指导教师：李金平、孙强

获奖单位：兰州理工大学

中国优选法统筹法与经济数学研究会





2025 SGADC

SINGAPORE ART DESIGN COMPETITION

CERTIFICATE OF HONOR

Dear

孔维伟 景倩 李世杰
兰州理工大学

After thorough assessment and deliberation, we are extremely honored to announce that your proactive efforts and exceptional performance in the 2025 SGADC competition have earned our highest recognition. Therefore, it is with unanimous decision of the organizing committee that we confer upon you...

Bronze Award

With

新国潮标志 - 彩陶纹样再生

Instructor of the work 叶泽国

August 15, 2025



Singapore Fine Art Research Association(SGFARA)



SGFARA - International Art Development Center

Certified true signature

Marlies
.....
MARLIES



CODE. SGV2518666



2025

组别:学生组

中国创新方法大赛甘肃区域赛

证书编号: 2025GSS2066

作品名称: 闸御安护-基于TRIZ理论解决闸门受损问题

作品类别: 工艺改进类

参赛院校: 兰州理工大学

团队成员: 胡依荣、沈峰毅、王浩波、景倩、孔维伟

TRIZ指导教师: 龚成勇 专业指导老师: 龚成勇

一等奖

甘肃省科学技术协会

甘肃省科学技术厅

二〇二五年十一月

第一届全国大学生“山水林田湖草沙”生态保护与修复创新设计大赛

获奖证书

为表彰第一届全国大学生“山水林田湖草沙”生态保护与修复创新设计大赛获奖者，特颁发此证书。

作品名称: 沙漠绿洲-草方格治沙智能种植车

获奖等级: 优秀奖

获奖者: 陈志辉 孔祥森 李小燕 孟克宇 侯斌

指导老师: 王燕 郑建

参赛学校: 兰州理工大学



证书编号:XS2025202506260700874428



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

如梦令:

贵团队的作品荣获第十五届全国大学生
电子商务“创新、创意及创业”挑战赛
兰州理工大学

校级赛[乡村振兴]

二等奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长: 崔雪瑶 兰州理工大学

参赛队员: 孙恺临 兰州理工大学

胡斌 兰州理工大学

滕龙飞 兰州理工大学

景倩 兰州理工大学

指导老师: 祁炳 兰州理工大学

刘明杰 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”
挑战赛竞赛组织委员会
2025年5月22日
竞赛组织委员会

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

兰州理工大学 景倩

学号：242085802139

参加“2025年第九届全国大学生环保知识竞赛”活动，成绩优异，荣获

一等奖

特发此证，以资鼓励！

编号：HB9452933233203

全国大学生环保知识竞赛组委会

2025年4月

组委会



中国国土经济学会科普与创新专业委员会



四川省生态文明促进会



中国绿发会



中国技术创业协会
校企融合专业委员会



广东省智慧科普技术研究院

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

兰州理工大学 李晔

学号：232085802126

参加“2025年第九届全国大学生环保知识竞赛”活动，成绩优异，荣获

一等奖

特发此证，以资鼓励！

编号：HB9034406160206

全国大学生环保知识竞赛组委会

2025年6月

组委会



中国国土经济学会科普与创新专业委员会



四川省生态文明促进会



中国绿发会



中国技术创业协会
校企融合专业委员会



广东省智慧科普技术研究院



荣誉证书

CERTIFICATE OF HONOR



单位： 兰州理工大学
作者： 沈峰毅 王浩波 胡依荣 景倩 孔维伟
指导老师： 富友 刘明杰
作品名称： 八宝油糕

证书编号
gshcj20250174

在2025年第十届“两岸新锐设计竞赛·华灿奖”赛区赛中荣获

一等奖

特发此证，以资鼓励！



荣誉证书

CERTIFICATE OF HONOR



单位： 兰州理工大学
作者： 景倩 沈峰毅 孔维伟 周开禹 康龙刚
指导老师： 叶泽国 刘明杰
作品名称： 《陶纹潮韵》

证书编号
gshcj20250188

在2025年第十届“两岸新锐设计竞赛·华灿奖”赛区赛中荣获

三等奖

特发此证，以资鼓励！





AWA 2020

第二十二届中国机器人及人工智能大赛

荣誉证书

HONORARY CERTIFICATE

兰州理工大学:

在 2020 年第二十二届中国机器人及人工智能大赛中，表现优秀，荣获人工智能类创新赛

三等奖

参赛学生：姚河微、石星、李政霖

指导教师：郑健、王燕

特发此证，以资鼓励。



二零二零年十二月



第十一届全国大学生能源经济学术创意大赛

The 11th China National College Student Competition on Energy Economics

一等奖

竞赛级别：内蒙古-青海-宁夏-甘肃赛区

作品编号：ECC-2025-29419

作品名称：充能智行，减碳先锋——基于SLAM 算法的C-Bot
家用智能可移动充电机器人

获奖作者：祖澳雪、曾凡启、甘露滢、楚世通

指导教师：魏丽华、孙蕊

获奖单位：兰州理工大学

中国优选法统筹法与经济数学研究会



证书

学校名称：兰州理工大学

贵校作品荣获第十七届“博创杯”全国大学生嵌入式人工智能设计大赛西北赛区分赛区标准赛

二等奖

作品名称：“沙漠绿洲”草方格治沙智能种植车

指导教师：王燕

参赛队员：陈志辉、孔祥森、张宇康

教育部高等学校计算机类专业教学指导委员会

中国电子学会

“博创杯”全国大学生嵌入式人工智能设计大赛组委会

二零二一年十二月

荣誉证书

证书编号：202002-2-22

王燕：

在第八届全国大学生农业建筑环境与能源工程相关学科专业创新创业竞赛中指导的作品获本科生创新类自选项目组 **二等** 奖。

特颁此证，以资鼓励。

作品名称：智能灌溉机器人

参赛学生：李政霖、王燕妮、韩子健、齐兴隆

参赛学校：兰州理工大学

中国农业工程学会

全国农业科技创新联盟

中国农业大学

二〇二〇年十二月三十日

证书

兰州理工大学的参赛作品《“樱有尽有”天水樱桃—科技赋能绿色农业品牌策划书》荣获 2025 年全国高校商业精英挑战赛品牌策划竞赛全国总决赛暨（新加坡）全球品牌策划大赛中国地区选拔赛

二等奖

团队学生成员：祖澳雪、曾凡启、高倩、纪开文、孙宇晴
最佳指导教师：牛晶、孙蕊



优秀项目证书

多源互补环保供能 企业（团队）：
你们的 多源互补的冷热电联供系统 项目，在“创响新时代、共圆中国梦”第四届中国创翼创业创新大赛兰州银行杯兰州选拔赛决赛中，表现突出，经专家评审，被评定为 **优秀项目**。

特发此证，以资鼓励。

第四届中国创翼创业创新大赛
兰州银行杯兰州选拔赛组委会（代）
二〇二〇年七月

证书编号:XS2025202506100600951364



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

洁净智造:

贵团队的作品荣获第十五届全国大学生
电子商务“创新、创意及创业”挑战赛
兰州理工大学

校级赛

一等奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长: 孟德意 兰州理工大学

参赛队员: 谢宝丽 兰州理工大学

张福强 兰州理工大学

赵佳玉 兰州理工大学

张成 兰州理工大学

指导老师: 曹文斌 兰州理工大学

徐阳 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”

挑战赛竞赛组织委员会

2025年5月22日

竞赛组织委员会

证书编号:XS2024202506100600704645



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

蓝色能源科技:

贵团队的作品荣获第十四届全国大学生
电子商务“创新、创意及创业”挑战赛

兰州理工大学

校级赛

一等奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长: 张红蕊 兰州理工大学

参赛队员: 李存龙 兰州理工大学

张福强 兰州理工大学

倪超荣 兰州理工大学

指导老师: 刘新强 兰州理工大学

徐阳 兰州理工大学

全国大学生电子商务“创新、创意及创业”
挑战赛竞赛组织委员会

2024年5月22日

竞赛组织委员会



获奖证书

AWARD CERTIFICATE

贵团队的作品荣获第十二届全国大学生电子商务“创新、创意及创业”挑战赛校级赛

二等奖

特发此证，以资鼓励。

团队组长：陈志辉

参赛队员：孔祥森 孟竞宇

吉琴

侯燧

指导老师：王燕

冯文芳





荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

曾凡启 同学 张菁婧 同学：

在第十一届“大唐杯”全国大学生新一代
信息技术大赛校级赛荣获一等奖。

特发此证，以资鼓励！



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

刘正洋 张福强 朱文斌 李甲亦 杜思俊 同学：

在2024年全国大学生生命科学竞赛兰州理工
大学校赛（创业组）中获得“二等项目”

特发此证，以资鼓励。

兰州理工大学·创新创业学院
二〇二四年十一月





荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

2024年中国大学生机械工程创新创业大赛

“卓然-笃舜-宏图杯”第十五届全国大学生过程装备实践与创新赛

兰州理工大学第十三届校赛

二等奖

作品名称：双碳背景下新型潮汐能分布式开发—基于海尔贝克阵列的涡流无叶片发电设备

指导老师：李勇铜、张东

参赛队员：赵锴楨、张福强、王子衿、霍康娇



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

张福强 杨雅琪 覃倩 同学：

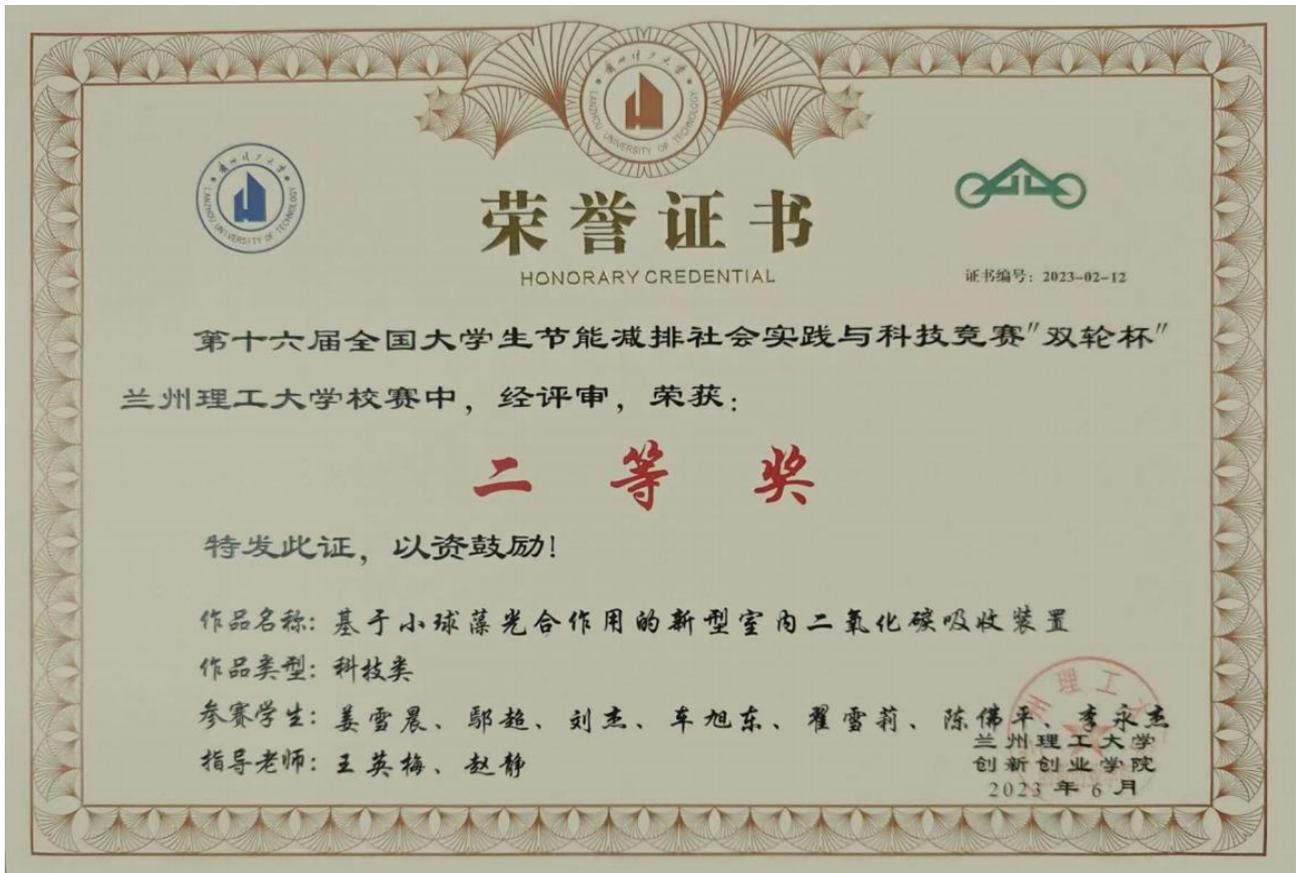
你们的项目《慧聚潮汐——基于低速涡流无叶片发电机的分布式潮汐能开发》在第七届中国高校智能机器人创意大赛兰州理工大学选拔赛中，荣获：

三等奖

特发此证，以资鼓励。









证书编号: 20240527041

荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL



第十七届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛“双轮杯”
兰州理工大学校赛中，经评审，荣获：

一等奖

特发此证，以资鼓励！

作品名称：一种基于太阳能板辅助的护栏清洗小车

作品类型：科技类

参赛学生：卢昌盛 马瑞 尹娜 李康 车旭东 姜雪晨 李永杰

指导老师：王英梅

兰州理工大学
创新创业学院
2024年 月 日



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL



证书编号: 2023-01-24

第十六届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛“双轮杯”
兰州理工大学校赛中，经评审，荣获：

一等奖

特发此证，以资鼓励！

作品名称：甲烷气体回收装置

作品类型：科技类

参赛学生：滕亚栋、刘杰、王立瑾、秦浩森、汪尚华、李永杰、鄢超

指导老师：王英梅、赵静

兰州理工大学
创新创业学院
2023年 6月



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

2024年中国大学生机械工程创新创业大赛

“卓然-笃舜-宏图杯”第十五届全国大学生过程装备实践与创新赛

兰州理工大学第十三届校赛

二等奖

作品名称：烟气碳捕获——基于水合物法 CO₂ 分离装置

指导老师：王英梅、

参赛队员：车旭东、尹娜、李永杰、姜雪晨



荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

证书编号：2024052232

第十七届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛“双轮杯”

兰州理工大学校赛中，经评审，荣获：

三等奖

特发此证，以资鼓励！

作品名称：一种新型二氧化碳水合物灭火器设计说明书

作品类型：科技类

参赛学生：李永杰 鄢超 车旭东 姜雪晨 李康 滕亚栋 刘志

指导老师：王英梅

兰州理工大学
创新创业学院
2024年5月

 中国国际大学生创新大赛 (2025) 兰州理工大学校赛

获奖证书

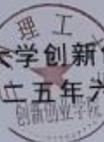
卢昌盛、马瑞、尹娜、李康、王虎成、王京、杨秦同学：

你们的作品《“智能清洁工”基于太阳能辅助的护栏清洗装置》，在中国国际大学生创新大赛(2025)兰州理工大学校赛中荣获

铜奖

指导教师：王英梅
特发此证，以资鼓励。

兰州理工大学创新创业学院
二〇二五年六月



获奖证书

项目编号：202001087

在兰州理工大学第六届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛中，项目
《基于STM32的家庭安全用药系统》荣获**银奖**

项目成员：吴冠华 沈万家 张艳阁 杨蕴琪 张荣梅 王蒙 张博诚
王千顺 王静 杨硕 刘思颖 付咏琪 刘静平 陈吉庆 胡建龙

指导老师：王燕 郑健

特发此证，以资鼓励

兰州理工大学
二零二五年七月





荣誉证书

HONORARY CREDENTIAL

证书编号: 2023-04-34

第十六届全国大学生节能减排社会实践与科技竞赛“双轮杯”
兰州理工大学校赛中，经评审，荣获：

优秀奖

特发此证，以资鼓励！

作品名称：自适应于矩形管道的变径清洁机器人

作品类型：科技类

参赛学生：马彦平、石禅玉、陆波、谢江平、张雨佳、陈波、陈瑞培

指导老师：王清、李寿园

兰州理工大学
创新创业学院
2023年6月

荣誉证书

兰州理工大学：

恭喜你校的S-RE团队的一种高速公路自动精准除雪及路标供能装置项目在第四届
“协鑫杯”国际大学生绿色能源科技创新创业大赛中荣获

二等奖

指导老师：张东

项目成员：万喆、汪阳阳、侯佳明、周宇轩、杨芳梅、段晓蓉、孙强

苏州大学学生创新创业教育中心



协鑫大学



苏州独墅湖创业发展中心



2、研究立项

2.1 科研项目

国家自然科学基金资助项目批准通知 (预算制项目)

李德顺先生/女士:

根据《国家自然科学基金条例》、相关项目管理办法规定和专家评审意见,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)决定资助您申请的项目。项目批准号:U25B20170,项目名称:大型风电叶片风沙冲蚀预测模型及低沙敏设计方法研究,直接费用:258.00万元,项目起止年月:2026年01月至2029年12月,有关项目的评审意见及修改意见附后。

请您尽快登录科学基金网络信息系统(<https://grants.nsf.gov.cn>),认真阅读《国家自然科学基金资助项目计划书填报说明》并按要求填写《国家自然科学基金资助项目计划书》(以下简称计划书)。对于有修改意见的项目,请您按修改意见及时调整计划书相关内容;如您对修改意见有异议,须在电子版计划书报送截止日期前向相关科学处提出。

请您将电子版计划书通过科学基金网络信息系统(<https://grants.nsf.gov.cn>)提交,由依托单位审核后提交至自然科学基金委。自然科学基金委审核未通过者,将退回的电子版计划书修改后再行提交;审核通过者,打印纸质版计划书(一式两份,双面打印)并在项目负责人承诺栏签字,由依托单位科研、财务管理等部门审核、签章并在承诺栏加盖依托单位公章,且将申请书纸质签字

盖章页订在其中一份计划书之后，一并报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。纸质版计划书应当保证与审核通过的电子版计划书内容一致。自然科学基金委将对申请书纸质签字盖章页进行审核，对存在问题的，允许依托单位进行一次修改或补齐。

向自然科学基金委提交电子版计划书、报送纸质版计划书并补交申请书纸质签字盖章页截止时间节点如下：

1. 年 月 日 16 点：提交电子版计划书的截止时间；
2. 年 月 日 16 点：提交修改后电子版计划书的截止时间；
3. 年 月 日：报送纸质版计划书（一式两份，其中一份包含申请书纸质签字盖章页）的截止时间。

请按照以上规定及时提交电子版计划书，并报送纸质版计划书和申请书纸质签字盖章页，逾期不报计划书或申请书纸质签字盖章页且未说明理由的，视为自动放弃接受资助；未按要求修改或逾期提交申请书纸质签字盖章页者，将视情况给予暂缓拨付经费等处理。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会

2025 年 11 月 20 日

国家自然科学基金资助项目批准通知

(预算制项目)

李德顺 先生/女士:

根据《国家自然科学基金条例》、相关项目管理办法规定和专家评审意见,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)决定资助您申请的项目。项目批准号: 52166014, 项目名称: 近地大气边界层中风力机湍流场时空演化特性的外场实验研究, 直接费用: 35.00万元, 项目起止年月: 2022年01月至 2025年12月, 有关项目的评审意见及修改意见附后。

请您尽快登录科学基金网络信息系统(<https://isisn.nsf.gov.cn>), **认真阅读《国家自然科学基金资助项目计划书填报说明》**并按要求填写《**国家自然科学基金资助项目计划书**》(以下简称计划书)。对于有修改意见的项目,请您按修改意见及时调整计划书相关内容;如您对修改意见有异议,须在电子版计划书报送截止日期前向相关科学处提出。

请您将电子版计划书通过科学基金网络信息系统(<https://isisn.nsf.gov.cn>)提交,由依托单位审核后提交至自然科学基金委。自然科学基金委审核未通过者,将退回的电子版计划书修改后再行提交;审核通过者,打印纸质版计划书(一式两份,双面打印)并在项目负责人承诺栏签字,由依托单位科研、财务管理等部门审核、签章并在承诺栏加盖依托单位公章,且将申请书纸质签字盖章页订在其中一份计划书之后,一并报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。纸质版计划书应当保证与审核通过的电子版计划书内容一致。**自然科学基金委将对申请书纸质签字盖章页进行审核,对存在问题的,允许依托单位进行一次修改或补齐。**

向自然科学基金委提交电子版计划书、报送纸质版计划书并补交申请书纸质签字盖章页截止时间节点如下:

1. **2021年10月22日16点:** 提交电子版计划书的截止时间(视为计划书正式提交时间);
2. **2021年10月29日16点:** 提交修改后电子版计划书的截止时间;
3. **2021年11月5日16点:** 报送纸质版计划书(其中一份包含申请书纸质签字盖章页)的截止时间。

4. 2021年11月25日16点：报送修改后的申请书纸质签字盖章页的截止时间。

请按照以上规定及时提交电子版计划书，并报送纸质版计划书和申请书纸质签字盖章页，未说明理由且逾期不报计划书或申请书纸质签字盖章页者，视为自动放弃接受资助；未按要求修改或逾期提交申请书纸质签字盖章页者，将视情况给予暂缓拨付经费等处理。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
2021年10月12日

关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知

李德顺 先生/女士：

根据《国家自然科学基金条例》的规定和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定批准资助您的申请项目。项目批准号：

51766009，项目名称：基于Stokes数的风力机叶片风沙冲蚀磨损研究，直接费用：40.00万元，项目起止年月：2018年01月至2021年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsf.gov.cn>），获取《国家自然科学基金资助项目计划书》（以下简称计划书）并按要求填写。对于有修改意见的项目，请按修改意见及时调整计划书相关内容；如对修改意见有异议，须在计划书电子版报送截止日期前提出。**注意：请严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》填写计划书的资金预算表，其中，劳务费、专家咨询费科目所列金额与申请书相比不得调增。**

计划书电子版通过科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsf.gov.cn>）上传，由依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者，返回修改后再行提交；审核通过者，打印为计划书纸质版（一式两份，双面打印），由依托单位审核并加盖单位公章后报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。计划书电子版和纸质版内容应当保证一致。

向自然科学基金委提交和报送计划书截止时间节点如下：

- 1、提交计划书电子版截止时间为**2017年9月11日16点**（视为计划书正式提交时间）；
- 2、提交计划书电子修改版截止时间为**2017年9月18日16点**；
- 3、报送计划书纸质版截止时间为**2017年9月26日16点**。

请按照以上规定及时提交计划书电子版，并报送计划书纸质版，未说明理由且逾期不报计划书者，视为自动放弃接受资助。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
工程与材料科学部
2017年8月17日

国家自然科学基金资助项目批准通知

兰州理工大学 李德顺同志：

根据《国家自然科学基金条例》的规定和专家评审意见，国家自然科学基金委员会决定资助您的申请项目。请您登录科学基金项目管理 ISIS 网络信息系统 (<https://isis.nsf.gov.cn>)，获取《国家自然科学基金资助项目研究计划书》(以下简称计划书)。您登录该系统的用户名和密码已通过电子邮件方式发送至您在申请书中填写的电子邮箱。

请您按照本通知的研究期限、资助金额和修改意见填写计划书，要求纸质原件(一式两份)和电子文档同时报送(请保证电子文档和纸质文件内容一致)。电子文档由申请人上传到科学基金网络信息系统 (<https://isis.nsf.gov.cn>)，或用电子邮件发送到：report@pro.nsf.gov.cn 信箱，电子文档报送截止日期为9月12日；纸质原件送所在单位审核盖章后，由依托单位在9月12日前统一报送。

如对批准意见有异议，须在上述电子文档报关截止日期前提出；未说明理由逾期不报计划书者，视为自动放弃接受资助。

国家自然科学基金委员会

工程与材料科学部

2011 年 8 月 16 日

附：批准意见表(见背面)

2

课题编号：

密 级：

国家重点研发计划 子课题任务书

子课题名称： 风能系统对典型场址生态环境的影响研究

所属课题： 青藏高原大规模太阳能风能发电系统对生态环境影响的监测技术

所属项目： 大规模太阳能风能系统与青藏高原生态环境协同发展技术

课题牵头承担单位： 中国科学院青藏高原研究所

子课题承担单位： 兰州理工大学

子课题负责人： 李仁年

执行期限： 2022年12月至2026年11月

中华人民共和国科学技术部制

2022年11月1日

中国工程院院地合作项目

项目编号：2023-DFZD-04

中国工程院战略研究与咨询项目 任务书

(项目总体部分)

项目名称： “双碳”目标驱动甘肃沙戈荒风光基地与环境
协同发展战略研究

项目类型： 地方院重大

项目第一负责人： 王金南

项目联系部门： 中国工程科技发展战略甘肃研究院

项目研究助理： 张立 联系电话：18602587799

电子信箱：zhangli@caep.org.cn

项目财务助理： 哈艳梅 联系电话：13810489386

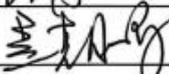
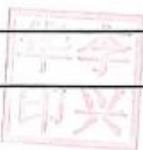
电子信箱：haym@caep.org.cn

起止时间： 2023.04—2024.03

中国工程院制

六、项目任务与经费分配信息汇总表

专项名称	专项负责人	课题名称	课题负责人	总经费(万元)	依托单位(户名)	开户行	账号
-	-	“双碳”目标下甘肃沙戈荒风光基地发展战略和政策建议研究	王金南	50.00	生态环境部环境规划院	上海浦东发展银行北京市亚运村支行	8864291001865
-	-	“双碳”目标驱动甘肃沙戈荒风光基地“发输储用造治”全产业链体系和发展格局研究	马彦宏	20.00	国网甘肃省电力公司	中国工商银行甘肃省兰州市西津东路支行	2703001709022116822
-	-	甘肃沙戈荒大型风光基地建设 with 区域环境协同发展模式及策略研究	李德顺	90.00	兰州理工大学	中国工商银行甘肃省兰州市兰工坪支行	2703001709200003533
项目经费合计				160.00			

3. 依托单位	
我单位： <u>生态环境部环境规划院</u>	
同意作为项目依托单位，并承诺将项目严格按国家级或省部级项目进行实施、管理和考评，包括严格按照咨询项目管理有关规定加强研究经费高效使用和监管。	
项目依托单位(户名)：	生态环境部环境规划院
依托单位负责人(手签)：	
依托单位财务负责人(手签)：	
依托单位开户行：	上海浦东发展银行北京市亚运村支行
依托单位账号：	8864291001865
依托单位联行号：	310100000116
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>(单位财务信息印章)</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>单位盖章：</p>  <p>2023年4月19日</p> </div> </div>	
4. 管理单位	
管理单位名称：	
管理单位负责人：	
<div style="text-align: center;"> <p>单位盖章：</p>  <p>2023年4月19日</p> </div>	

C066673002

国家科技计划课题 预算书

计划名称： 国家重点基础研究发展计划

项目编号： 2014CB046200

项目名称： 大型风力机的关键力学问题研究及设计实现

课题编号： 2014CB046201

课题名称： 风力机非定常空气动力学机理和高精度数值模拟研究

课题承担单位： 南京航空航天大学

课题承担单位法定代表人： 聂宏

课题负责人： 赵宁

编制日期： 2016年3月24日

中华人民共和国科学技术部制

课题参加人员基本情况表

表B2

课题编号: 2014CB046201 课题名称: 风力机非定常空气动力学机理和高精度数值模拟研究

填表说明: 1. 职称分类: A、正高级 B、副高级 C、中级 D、初级 E、其他;
 2. 人员分类: A、课题负责人 B、课题骨干 C、其他研究人员;
 3. 是否有工资性收入: Y、是 N、否;
 4. 课题固定研究人员需填写人员明细。

序号	姓名	身份证号码 (士官证, 护照)	工作单位	技术职称	投入本课题的全时 工作时间 (人月)	是否有 工资性 收入	人员 分类
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
1	赵宁	372501196308241131	南京航空航天大学	A	20	Y	A
2	覃宁	456092739	南京航空航天大学	A	10	Y	B
3	钟伟	511127198111095114	南京航空航天大学	C	25	Y	B
4	李仁年	620103196301071011	兰州理工大学	A	18	Y	B
5	李德顺	620523198005100013	兰州理工大学	B	30	Y	B
固定研究人员合计					103	/	/
流动人员或临时聘用人员合计					400	/	/
累计					503	/	/

预算书签订各方签章

科学技术部条件财务司（甲方）：

负责人（签字）：

原张印晓



（公章）

2016年4月26日

项目第一承担单位（乙方）：

项目第一承担单位法定代表人（签字）：

夏伟



2016年4月26日

项目首席科学家/项目协调人（签字）：

石同光

课题第一承担单位（乙方）：

课题第一承担单位法定代表人（签字）：

夏伟



2016年4月10日

课题负责人（签字）：

石同光

课题编号：2012AA052902

密 级：公开级

国家高技术研究发展计划(863 计划) 课题任务书

课题名称：	前端调速设计制造技术
所属项目：	前端调速式风电机组设计制造关键技术研究
所属技术领域：	先进能源技术领域
课题管理单位：	科技部高技术研究发展中心
课题承担单位：	兰州电机股份有限公司
起止年限：	2012 年至 2014 年

中华人民共和国科学技术部

2012 年 02 月 29 日

003 2012AA052902



六、课题参加人员基本情况表

填表说明：1、职称分类：A、正高级 B、副高级 C、中级 D、初级 E、其他；
 2、投入本课题的全时工作时间（人月）是指在课题实施期间该人总共为课题工作的满月度工作量；累计是指课题组所有人员投入人月之合。
 3、课题固定研究人员需填写人员明细；
 4、是否有工资性收入：Y、是 N、否；
 5、人员分类代码：A、课题负责人 B、课题骨干 C、其他研究人员；

序号	姓名	性别	出生日期	证件类型	证件号码	技术职称	职务	专业	投入本课题的全时工作时间(人月)	人员分类	在课题中分担的任务	是否有工资性收入	工作单位
1	曹立新	男	1967-06-12	身份证	330106196706120491	副高级	副总工程师	电子与信息类	18	课题负责人	总体策划	是	兰州电机股份有限公司
2	马永和	男	1954-09-17	身份证	62010319540917101X	副高级	董事长兼总经理	电工类	9	课题骨干	方案策划	是	兰州电机股份有限公司
3	张广垣	男	1941-08-10	身份证	620103194108102615	正高级	技术顾问	电工类	9	课题骨干	技术方案	是	兰州电机股份有限公司
4	马维林	男	1968-01-24	身份证	430104196801244135	副高级	副总工程师	电工类	9	课题骨干	试验检验	是	兰州电机股份有限公司
5	杨建秋	男	1964-09-09	身份证	620103196409091615	中级	主任设计	机械类	15	课题骨干	机械设计	是	兰州电机股份有限公司
6	崔秀福	男	1972-10-27	身份证	62010319721027271X	中级	主任设计	机械类	18	课题骨干	工艺设计	是	兰州电机股份有限公司
7	栗俊	男	1979-02-24	身份证	612323197902242112	中级	设计员	电工类	24	课题骨干	控制设计	是	兰州电机股份有限公司
8	王健	男	1968-05-28	身份证	610103196805282531	副高级	主任设计	机械类	15	课题骨干	工装设计	是	兰州电机股份有限公司
9	高勇智	男	1965-10-31	身份证	620102196510310035	中级	处长	电工类	18	课题骨干	流程控制	是	兰州电机股份有限公司
10	高晓辉	男	1972-05-01	身份证	62010219720501113X	副高级	付主任设计师	电工类	20	课题骨干	发电机方案设计	是	兰州电机股份有限公司

11	李仁年	男	1963-01-07	身份证	620103196301071011	正高级	院长	力学类	12	课题骨干	传动链匹配	是	兰州理工大学
12	董海鹰	男	1966-04-08	身份证	110108196604082270	正高级	院长	电子与信息类	15	课题骨干	传动链控制	是	兰州交通大学
13	李德顺	男	1980-05-10	身份证	620523198005100013	中级	讲师	力学类	18	课题骨干	数值仿真分析	是	兰州理工大学
14	杨瑞	男	1970-03-14	身份证	340503197003140313	副高级	副教授	力学类	15	课题骨干	动态仿真	是	兰州理工大学
15	苏宏升	男	1969-11-01	身份证	620421196911010418	正高级	教授	电工类	15	课题骨干	协调控制	是	兰州交通大学
16	程兆雪	男	1935-12-01	身份证	620103193512011015	正高级	教授	力学类	9	课题骨干	性能仿真	是	兰州理工大学
17	李震	女	1972-08-21	身份证	62010319720821262X	中级	设计员	电工类	20	课题骨干	发电机设计	是	兰州电机股份有限公司
18	邓红军	男	1971-06-11	身份证	620102197106111514	中级	设计员	电工类	20	课题骨干	发电机设计	是	兰州电机股份有限公司
19	李茂青	男	1973-09-06	身份证	130302197309063537	副高级	副教授	电子与信息类	15	课题骨干	控制技术	是	兰州交通大学
固定研究人员合计									294	/	/	/	/
流动人员或临时聘用人员合计									90	/	/	/	/
累计									384	/	/	/	/

项目编号： 21JR7RA277



项目类别： 基础研究创新群体

甘肃省科技计划项目任务书
(创新基地和人才计划)
(2021年度)

项目名称： 强沙尘天气下风电场集群能量捕获及阻沙促降机理研究

项目负责人： 李德顺

主管处室： 基础研究处(科技人才处)

组织部门： (甲方) 甘肃省科学技术厅

承担单位： (乙方) 兰州理工大学 (盖章)

推荐单位： (丙方) 兰州理工大学 (盖章)

起止年限： 2021年11月01日 至 2024年10月31日

(乙方丙方为同一单位的，只在承担单位一栏盖章)

甘肃省科学技术厅 制

一、项目基本信息表

项目承担单位	兰州理工大学									
组织机构代码/统一社会信用代码	12620000438002561J									
单位通讯地址	兰工坪287号					邮编		730050		
单位性质	全额事业单位（如高等院校等）									
推荐部门	兰州理工大学									
其他主要参加单位	序号	单位名称				组织机构代码/统一社会信用代码				
参加单位总数（个）	0									
项目负责人	姓名	李德顺				性别	男			
	学位	博士				专业	风能与动力工程			
	职称	教授				职务	国际合作处处长			
	联系电话	0391-2976038				手机	15002510771			
	证件类型	身份证				证件号码	620523198005100013			
	年龄	41				政治面貌	中共党员			
	传真					E-mail	lideshun_8510@sina.com			
	所在单位	兰州理工大学								
参加项目总人数（人）	47	其中	高级	12	中级	4	初级	0	其他	31
			博士	10	硕士	11	学士	26	其他	0
所属技术领域	能源									
创新类型	<input checked="" type="checkbox"/> 原始创新 <input type="checkbox"/> 集成创新 <input type="checkbox"/> 引进消化吸收再创新									
项目概要	围绕风电场集群空气动力学，融合风力机风沙两相流及其磨损、风力机/风电场高精度CFD方法、大气边界层与风力机/风电场集群的非定常作用机理、强风沙流动与风力机/风电场集群的相互作用机理、风电场集群对强沙尘输运的促沉降机理研究，重点解决强沙尘天气下风电场集群能量捕获及阻沙促降机理问题，为我国强沙尘地区的风能利用（风力机的增功抗磨）和防风阻沙（风电场集群阻沙促降）的有机交叉融合研究提供新思路 and 理论支撑。									
项目完成考核指标简述	研究工作预期成果产出：形成风洞试验及外场试验数据库，提出一种风力机叶片的全生命周期内磨损演化数学模型及风力机功率预测模型，建立全生命周期内强沙尘天气下风电场集群能量捕获的预测模型，建立强沙尘天气下风电场集群的沙尘输运力学模型，提出风电场集群“提功阻沙”的一体化场群优化控制策略，撰写强沙尘天气下风电场集群能量捕获及阻沙促降机理研究报告。申报专利5-8项，发表论文15-20篇，其中SCI/EI检索12-15篇。 人才培养：2-3名团队成员获得博士学位，1名团队成员晋升教授职称，2-3名晋升副教授职称，团队引进博士学位人才1-2人，培养博士研究生2-3人，培养硕士研究生30人以上。 项目申报：本创新群体将积极组织国家级项目申报，力争获得国家重点研发计划课题1-2项、国家自然科学基金3-4项、国际合作项目1项。争取获得省科技进步奖/自然科学奖1项。									
课题设置（无课题设置的项目无需填写）	无									

十、本任务书签约各方

甲方：甘肃省科学技术厅（盖章）：

单位负责人（签章）：



主管处室负责人（签章）：



乙方：项目承担单位（盖章）：



年 月 日

单位负责人（签章）：



年 月 日

项目负责人（签章）：

李俊川



2021年10月21日

丙方：推荐单位（盖章）：

单位负责人（签章）：



主管部门负责人（签章）：



年 月 日

中国工程院院地合作项目

项目编号：2025-DFZD-44

中国工程院科技战略咨询项目 任务书

(项目总体部分)

项目名称：电碳协同推动区域经济高质量发展战略研究

项目类型：地方院重大

项目第一负责人：杨勇平

项目管理部门：中国工程科技发展战略甘肃研究院

项目研究助理：代金鹏 联系电话：13919495834

电子信箱：daijp@lzjtu.edu.cn

项目财务助理：方登甲 联系电话：17381551363

电子信箱：fdj@lzjtu.edu.cn

起止时间：2025.06—2026.05

中国工程院制

九、项目主要成员基本情况

(请列入项目主要参与人员,项目负责人、顾问、核心或主要研究成员、研究助理、财务助理等,所有列入人员须征得本人同意。)

序号	姓名	技术职称/职务	工作单位	实际投入/人天	成员类型
1	杨勇平	中国工程院院士/校长	兰州大学	60	项目负责人
2	狄生奎	教授/党委书记	兰州交通大学	120	项目负责人
3	李德顺	教授	兰州理工大学	180	项目负责人
4	胡文瑞	研究员/中国科学院院士	中国科学院力学所/兰州理工大学	30	顾问
5	高翔	中国工程院院士/校长	浙江工业大学	30	顾问
6	冯起	研究员/中国工程院院士	中国科学院西北生态环境资源研究院	30	顾问
7	黄建平	教授/中国科学院院士	兰州大学	30	顾问
8	李萌	副教授	上海交通大学	180	核心或主要研究成员
9	马彦宏	正高级工程师	国网甘肃省电力公司	120	核心或主要研究成员
10	曹靖	教授	兰州大学	180	核心或主要研究成员
11	肖国斌	博士后	兰州大学	120	核心或主要研究成员
12	郝俊红	副教授	华北电力大学	60	核心或主要研究成员
13	杜小泽	教授(长江学者)/院长	华北电力大学/兰州理工大学	60	顾问
14	李仁年	教授	兰州理工大学	60	顾问
15	陈伟	副校长/教授	兰州理工大学	30	顾问
16	李晔	教授(海洋技术实验室主任)	南方科技大学	180	核心或主要研究成员
17	肖强	教授	兰州交通大学	180	核心或主要研究成员

国家自然科学基金资助项目批准通知

(预算制项目)

王清 先生/女士:

根据《国家自然科学基金条例》、相关项目管理办法规定和专家评审意见,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)决定资助您申请的项目。项目批准号: 52466016, 项目名称: 风沙两相流下边界层转捩模型构建及风力机动态失速机理研究, 直接费用: 32.00万元, 项目起止年月: 2025年01月至 2028年12月, 有关项目的评审意见及修改意见附后。

请您尽快登录科学基金网络信息系统(<https://grants.nsf.gov.cn>), **认真阅读《国家自然科学基金资助项目计划书填报说明》**并按要求填写**《国家自然科学基金资助项目计划书》**(以下简称**计划书**)。对于有修改意见的项目,请您按修改意见及时调整计划书相关内容;如您对修改意见有异议,须在电子版计划书报送截止日期前向相关科学处提出。

请您将电子版计划书通过科学基金网络信息系统(<https://grants.nsf.gov.cn>)提交,由依托单位审核后提交至自然科学基金委。自然科学基金委审核未通过者,将退回的电子版计划书修改后再行提交;审核通过者,打印纸质版计划书(一式两份,双面打印)并在项目负责人承诺栏签字,由依托单位科研、财务管理等部门审核、签章并在承诺栏加盖依托单位公章,且将申请书纸质签字盖章页订在其中一份计划书之后,一并报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。纸质版计划书应当保证与审核通过的电子版计划书内容一致。**自然科学基金委将对申请书纸质签字盖章页进行审核,对存在问题的,允许依托单位进行一次修改或补齐。**

向自然科学基金委提交电子版计划书、报送纸质版计划书并补交申请书纸质签字盖章页截止时间节点如下:

1. **2024年9月9日16点:** 提交电子版计划书的截止时间;
2. **2024年9月16日16点:** 提交修改后电子版计划书的截止时间;
3. **2024年9月23日:** 报送纸质版计划书(一式两份,其中一份包含申请书纸质签字盖章页)的截止时间。
4. **2024年10月8日:** 报送修改后的申请书纸质签字盖章页的截止时间。

请按照以上规定及时提交电子版计划书，并报送纸质版计划书和申请书纸质签字盖章页，逾期不报计划书或申请书纸质签字盖章页且未说明理由的，视为自动放弃接受资助；未按要求修改或逾期提交申请书纸质签字盖章页者，将视情况给予暂缓拨付经费等处理。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
2024年8月23日

密级：内部

国防科技重点实验室基金任务书 (2019 年度)

重点实验室编号：6142220

重点实验室名称：直升机旋翼动力学重点实验室

任务书编号：JZX7Y201911SY004001

总经费：300 万元 执行年限：2019 年

联系人：孔卫红 联系电话：025-84892110 手机：13913804833

填报日期：2019 年 11 月

中央军委装备发展部装备项目管理中心

课题五：基于湍流风状态下的旋翼/舰船尾流场特性研究

承研单位：兰州理工大学 负责人：王清

总经费：20 万元 研究周期：2020 年 1 月至 2021 年 12 月

(一) 项目总目标

针对复杂的直升机舰船起降流场特性，耦合 LES 方法、动量源方法及 AR 法，建立适合于模拟湍流风状态下的旋翼/舰船尾流干扰模拟方法，分析直升机在舰船甲板起降过程中的流场特性。结合风洞试验方法，采用 PIV 及热线方法，测量在不同湍流风状态下的旋翼/舰船尾流场的速度、湍流度特性，为提高旋翼气动性能预估的准确度提供数据支撑，为改善直升机性能、飞行品质和降低振动载荷的旋翼优化设计奠定基础。

(二) 主要研究内容

- 1、均匀来流状态下的旋翼/舰船非定常干扰流场特性数值模拟研究；
- 2、湍流风状态下的旋翼/舰船非定常干扰流场特性数值模拟研究；
- 3、不同湍流度下的旋翼/舰船流场特性风洞实验研究。

(三) 技术指标

- 1、湍流风廓线构建精度与理论值对比偏差小于 3%。
- 2、旋翼舰船尾流数值模拟精度与试验值对比偏差小于 5%。

(四) 成果形式

- 1、建立适合于湍流风状态下的旋翼/舰船尾流模拟数值方法。
- 2、发表学术论文 3 篇，其中 SCI/EI 收录两篇以上。
- 3、项目结题提交“基于湍流风状态下的旋翼/舰船尾流场特性研究”国防报告一项。

3. 实行装备预研基金项目报告制度。在重点实验室学术委员会完成项目验收后，及
 3. 实行装备项目管理中心上报该批项目的执行情况总结，并接受项目管理中心督促
 检查。
 3. 实行项目组织开展成本核算，做好验收决算，接受军队有关部门和单位的检查与审
 核。

四、成果归属及分享

本项目研究成果所有权归国家所有，装备项目管理中心有权决定在指定单位实
 施，重点实验室和承研单位享有专利申请、使用、转让等权利。

研究成果服务于武器装备建设时，重点实验室和承研单位不得收取转让费，可
 收取一定的技术服务费。

研究成果向其它方面转化时乙方可收取转让费，但必须经过降密处理并得到装
 备项目管理中心同意后方可实施。

五、技术保密

按照《保守国家秘密法》（1988年9月5日第七届全国人民代表大会常务委员
 会第三次会议通过），《科学技术保密规定》（国家科委、国家保密局1995年1
 月6日颁布），《国防科技工业中国家秘密及其密级具体范围的规定》（原国防科
 工委、国家保密局1991年11月6日印发）等有关条款执行。

未经允许不得将成果及研究试验情况公开发表和发布，不得向与执行该《任务
 书》无关的人员泄漏协议内容。

六、重点实验室审查意见

同意



2019年11月19日

七、装备项目管理中心意见



2019年12月6日

项目类别：联合科研基金一般项目

项目编号：25JRRA1149

甘肃省科技计划项目任务书

(联合科研基金)

(2025年度)

项目名称：沙戈荒大型风电机组长柔叶片与沙尘暴作用机理和增功抗磨关键技术

项目负责人：王清

主管处室：基础研究处

组织部门：(甲方)甘肃省科学技术厅

承担单位：(乙方)兰州理工大学 (盖章)

推荐单位：(丙方)兰州理工大学 (盖章)

起止年限：2025-07-01至2028-06-30

(乙方丙方为同一单位的，只在承担单位一栏盖章)

甘肃省科学技术厅 制

十、本任务书签约各方

甲方：甘肃省科学技术厅（盖章）：



单位负责人（签章）：



主管处室负责人（签章）：



主管处室审核人（签章）：



2025年 7 月 16 日

乙方：项目承担单位（盖章）：



单位负责人（签章）：



2025 年 7 月 14 日

项目负责人（签章）：



2025年 6 月 30 日

丙方：推荐单位（盖章）



单位负责人（签章）：



主管部门负责人（签章）：



2025年 7 月 14 日

项目编号： 20JR5RA445

项目类别： 自然科学基金



甘肃省科技计划项目任务书
(创新基地和人才计划)
(2019年度)

项目名称： 基于边界层涡输理论的风力机翼型动态失速模型研究

项目负责人： 王清

主管处室： 基础研究处

组织部门： (甲方) 甘肃省科学技术厅

承担单位： (乙方) 兰州理工大学 (盖章)

推荐单位： (丙方) 兰州理工大学 (盖章)

起止年限： 2020年11月01日 至 2022年10月31日

(乙方丙方为同一单位的，只在承担单位一栏盖章)

甘肃省科学技术厅 制

十、本任务书签约各方

甲方：甘肃省科学技术厅（盖章）：

单位负责人（签章）：

主管处室负责人（签章）：



年 月 日

乙方：项目承担单位（盖章）：

单位负责人（签章）：

项目负责人（签章）：



王清

年 月 日

2020年11月3日

丙方：推荐单位（盖章）：

单位负责人（签章）：

主管部门负责人（签章）：



年 月 日

编号: _____

兰 州 理 工 大 学
红柳优秀青年人才支持计划
任务书

申请人姓名: 王清
所在院(部): 能源与动力工程学院
申请资助起止年度: 2022.6—2025.5
联系电话: 18298340013
电子邮件(E-mail): mingqing_lut@foxmail.com
填表日期: 2022.5.18

兰州理工大学

二〇一八年七月制

四、个人意见及承诺

本人承诺在项目（课题）实施（包括项目（课题）申请、评估评审、检查、项目（课题）执行、验收等）过程中，遵守科学道德和诚信要求，严格执行有关国家和学校的相关管理规定和《任务书》中的约定，不发生不端科研行为。如本人被举报在项目（课题）实施过程中存在不端科研行为，将积极配合相关调查机构组织开展的调查。

本人承诺依据本任务书的研究目标开展具体研究工作，遵守《兰州理工大学红柳优秀青年人才资助计划管理办法(试行)》（兰理工党发[2018]63号）的各项规定，并按按时完成各阶段的考核任务。若未能正常履行工作职责或从学校离岗，本人承诺按学校相关规定承担违约责任。

申请人（签名）

王倩

2022年5月19日

五、院（部）推荐意见

（对申请人任务书中研究内容的水平和预期目标的合理性进行评价）

预期目标合理，同意推荐。

院（部）学术委员会主任（签名）

杨毅



2022年5月19日

六、人事处审核意见

同意

负责人(签章)  人事处(盖章) 

2022年6月22日

七、校师资聘任与学术道德专门委员会评审意见

同意

主任(签章)  校师资聘任与学术道德专门委员会(签章)

2022年6月23日

八、学校审批意见

同意

校(签章)  元丙印执 

2022年6月23日



国家自然科学基金资助项目批准通知

(预算制项目)

王燕 先生/女士:

根据《国家自然科学基金条例》、相关项目管理办法规定和专家评审意见,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)决定资助您申请的项目。项目批准号: 52276197, 项目名称: 沙尘环境下大/超大尺度湍流结构对风力机气动性能及尾流演化的影响, 直接费用: 54.00万元, 项目起止年月: 2023年01月至 2026年 12月, 有关项目的评审意见及修改意见附后。

请您尽快登录科学基金网络信息系统 (<https://isisn.nsf.gov.cn>), **认真阅读《国家自然科学基金资助项目计划书填报说明》并按要求填写《国家自然科学基金资助项目计划书》(以下简称计划书)**。对于有修改意见的项目,请您按修改意见及时调整计划书相关内容;如您对修改意见有异议,须在电子版计划书报送截止日期前向相关科学处提出。

请您将电子版计划书通过科学基金网络信息系统 (<https://isisn.nsf.gov.cn>) 提交,由依托单位审核后提交至自然科学基金委。自然科学基金委审核未通过者,将退回的电子版计划书修改后再行提交;审核通过者,打印纸质版计划书(一式两份,双面打印)并在项目负责人承诺栏签字,由依托单位科研、财务管理等部门审核、签章并在承诺栏加盖依托单位公章,且将申请书纸质签字盖章页订在其中一份计划书之后,一并报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。纸质版计划书应当保证与审核通过的电子版计划书内容一致。**自然科学基金委将对申请书纸质签字盖章页进行审核,对存在问题的,允许依托单位进行一次修改或补齐。**

向自然科学基金委提交电子版计划书、报送纸质版计划书并补交申请书纸质签字盖章页截止时间节点如下:

1. **2022年10月8日16点:** 提交电子版计划书的截止时间;
2. **2022年10月14日16点:** 提交修改后电子版计划书的截止时间;
3. **2022年10月19日:** 报送纸质版计划书(一式两份,其中一份包含申请书纸质签字盖章页)的截止时间。
4. **2022年10月28日:** 报送修改后的申请书纸质签字盖章页的截止时间。

请按照以上规定及时提交电子版计划书，并报送纸质版计划书和申请书纸质签字盖章页，逾期不报计划书或申请书纸质签字盖章页且未说明理由的，视为自动放弃接受资助；未按要求修改或逾期提交申请书纸质签字盖章页者，将视情况给予暂缓拨付经费等处理。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
2022年9月7日

国家自然科学基金资助项目批准通知

王燕 先生/女士：

根据《国家自然科学基金条例》和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定批准资助您的申请项目。项目批准号：11902131，项目名称：大气边界层不同尺度湍流相干结构对风力机非定常气动性能的影响，直接费用：27.00万元，项目起止年月：2020年01月至2022年 12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统 (<https://isisn.nsf.gov.cn>)，获取《国家自然科学基金资助项目计划书》（以下简称计划书）并按要求填写。对于有修改意见的项目，请按修改意见及时调整计划书相关内容；如对修改意见有异议，须在电子版计划书报送截止日期前向相关科学处提出。

电子版计划书通过科学基金网络信息系统 (<https://isisn.nsf.gov.cn>) 上传，依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者，返回修改后再行提交；审核通过者，打印纸质版计划书（一式两份，双面打印），依托单位审核并加盖单位公章，将申请书纸质签字盖章页订在其中一份计划书之后，一并将上述材料报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。电子版和纸质版计划书内容应当保证一致。

请注意：依托单位应在邮寄纸质版计划书时，补交获资助的青年科学基金项目、优秀青年科学基金项目和重点项目申请书的纸质签字盖章页（A4纸），其签字盖章的信息应与电子申请书保持一致。自然科学基金委将对申请书纸质签字盖章页进行审核，对存在问题的，允许依托单位进行一次修改或补齐。

向自然科学基金委补交申请书纸质签字盖章页、提交和报送计划书截止时间节点如下：

1. **2019年9月11日16点：**提交电子版计划书的截止时间（视为计划书正式提交时间）；
2. **2019年9月18日16点：**提交电子修改版计划书的截止时间；
3. **2019年9月26日16点：**报送纸质版计划书（其中一份包含申请书纸质签字盖章页）的截止时间。
4. **2019年10月18日16点：**报送修改后的申请书纸质签字盖章页的截止时间。

请按照以上规定及时提交电子版计划书，并报送纸质版计划书和申请书纸质签字盖章页，未说明理由且逾期不报计划书或申请书纸质签字盖章页者，视为自动放弃接受资助；未按要求修改或逾期提交申请书纸质签字盖章页者，将视情况给予暂缓拨付经费等处理。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
2019年8月16日

国家自然科学基金资助项目批准通知

(预算制项目)

李银然 先生/女士:

根据《国家自然科学基金条例》、相关项目管理办法规定和专家评审意见,国家自然科学基金委员会(以下简称自然科学基金委)决定资助您申请的项目。项目批准号: 52466015, 项目名称: 风力机对河西走廊非定常脉动源的气动敏感性及功率光顺流动控制研究, 直接费用: 32.00万元, 项目起止年月: 2025年01月至 2028年12月, 有关项目的评审意见及修改意见附后。

请您尽快登录科学基金网络信息系统(<https://grants.nsf.gov.cn>), **认真阅读《国家自然科学基金资助项目计划书填报说明》**并**按要求填写《国家自然科学基金资助项目计划书》**(以下简称计划书)。对于有修改意见的项目,请您按修改意见及时调整计划书相关内容;如您对修改意见有异议,须在电子版计划书报送截止日期前向相关科学处提出。

请您将电子版计划书通过科学基金网络信息系统(<https://grants.nsf.gov.cn>)提交,由依托单位审核后提交至自然科学基金委。自然科学基金委审核未通过者,将退回的电子版计划书修改后再行提交;审核通过者,打印纸质版计划书(一式两份,双面打印)并在项目负责人承诺栏签字,由依托单位科研、财务管理等部门审核、签章并在承诺栏加盖依托单位公章,且将申请书纸质签字盖章页订在其中一份计划书之后,一并报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。纸质版计划书应当保证与审核通过的电子版计划书内容一致。**自然科学基金委将对申请书纸质签字盖章页进行审核,对存在问题的,允许依托单位进行一次修改或补齐。**

向自然科学基金委提交电子版计划书、报送纸质版计划书并补交申请书纸质签字盖章页截止时间节点如下:

1. **2024年9月9日16点:** 提交电子版计划书的截止时间;
2. **2024年9月16日16点:** 提交修改后电子版计划书的截止时间;
3. **2024年9月23日:** 报送纸质版计划书(一式两份,其中一份包含申请书纸质签字盖章页)的截止时间。
4. **2024年10月8日:** 报送修改后的申请书纸质签字盖章页的截止时间。

请按照以上规定及时提交电子版计划书，并报送纸质版计划书和申请书纸质签字盖章页，逾期不报计划书或申请书纸质签字盖章页且未说明理由的，视为自动放弃资助；未按要求修改或逾期提交申请书纸质签字盖章页者，将视情况给予暂缓拨付经费等处理。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
2024年8月23日

原件

国家重点研发计划“典型脆弱生态系统保护与修复”重点专项
“高寒矿区冻土—水文耦合作用与生态调控技术及集成示范”
课题合作协议书

由青海大学牵头承担的“典型脆弱生态系统保护与修复”重点专项“高寒矿区冻土—水文耦合作用与生态调控技术及集成示范”项目（项目编号：2022YFF1302600）已批准立项。青海大学和兰州理工大学经平等协商，根据《国家重点研发计划资金管理办法》（财教〔2021〕178号）要求，就项目合作事宜签订如下合作协议，由各方共同遵守：

1、同意青海大学为课题高寒矿区微地形沉降与裂隙岩层改造技术研发（课题编号：2022YFF1302603）的牵头单位，兰州理工大学为该课题参与单位。

2、根据项目申报书、正式批复的项目任务书和课题任务书，各自任务分工、成果归属及收益分配按照任务书约定执行，青海大学在项目实施期间，依据项目拨款进度为兰州理工大学拨付专项经费：80万元，用于完成专题高寒矿区裂隙岩层改造技术研发与应用及相关任务。

3、课题参与单位全力配合、支持课题牵头承担单位开展相关研究工作，接受和配合课题牵头承担单位对相关工作的监督和管理，及时提交相关技术和财务资料、成果。

4、双方对项目及课题研究涉及的各项资料和信息按照相关规定保管。

5、其它未尽事宜由双方友好协商解决。

本协议书一式六份，自签订之日起生效，至项目结题之日后失效。

课题承担单位（甲方）：青海大学（签章）

法人或委托代理人（签字）：李强

课题负责人（签字）：李强

日期：2022年9月30日

课题参与单位（乙方）：兰州理工大学（签章）

法人或委托代理人（签字）：王英梅

专题负责人（签字）：王英梅

日期：2022年9月17日

关于国家自然科学基金资助项目批准及有关事项的通知

王英梅 先生/女士：

根据《国家自然科学基金条例》的规定和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定批准资助您的申请项目。项目批准号：

41661103，项目名称：温度梯度对不同颗粒级配砂土中甲烷水合物分布的控制作用研究，直接费用：39.00万元，项目起止年月：2017年01月至2020年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsf.gov.cn>），获取《国家自然科学基金资助项目计划书》（以下简称计划书）并按要求填写。对于有修改意见的项目，请按修改意见及时调整计划书相关内容；如对修改意见有异议，须在计划书电子版报送截止日期前提出。**注意：请严格按照《国家自然科学基金资助项目资金管理办法》填写计划书的资金预算表，其中，劳务费、专家咨询费科目所列金额与申请书相比不得调增。**

计划书电子版通过科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsf.gov.cn>）上传，由依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者，返回修改后再行提交；审核通过者，打印为计划书纸质版（一式两份，双面打印），由依托单位审核并加盖单位公章后报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。计划书电子版和纸质版内容应当保证一致。

向自然科学基金委提交和报送计划书截止时间节点如下：

- 1、提交计划书电子版截止时间为**2016年9月11日16点**（视为计划书正式提交时间）；
- 2、提交计划书电子修改版截止时间为**2016年9月18日16点**；
- 3、报送计划书纸质版截止时间为**2016年9月26日16点**。

请按照以上规定及时提交计划书电子版，并报送计划书纸质版，未说明理由且逾期不报计划书者，视为自动放弃接受资助。

附件：项目评审意见及修改意见

国家自然科学基金委员会
地球科学部
2016年8月17日

国家自然科学基金资助项目批准通知

张学民 先生/女士：

根据《国家自然科学基金条例》和专家评审意见，国家自然科学基金委员会（以下简称自然科学基金委）决定批准资助您的申请项目。项目批准号：51906093，项目名称：冰点以下多孔介质中CO₂-CH₄水合物的相平衡及置换特性研究，直接费用：25.00万元，项目起止年月：2020年01月至2022年12月，有关项目的评审意见及修改意见附后。

请尽早登录科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsf.gov.cn>），获取《国家自然科学基金资助项目计划书》（以下简称计划书）并按要求填写。对于有修改意见的项目，请按修改意见及时调整计划书相关内容；如对修改意见有异议，须在电子版计划书报送截止日期前向相关科学处提出。

电子版计划书通过科学基金网络信息系统（<https://isisn.nsf.gov.cn>）上传，依托单位审核后提交至自然科学基金委进行审核。审核未通过者，返回修改后再行提交；审核通过者，打印纸质版计划书（一式两份，双面打印），依托单位审核并加盖单位公章，将申请书纸质签字盖章页订在其中一份计划书之后，一并将上述材料报送至自然科学基金委项目材料接收工作组。电子版和纸质版计划书内容应当保证一致。

请注意：依托单位应在邮寄纸质版计划书时，补交获资助的青年科学基金项目、优秀青年科学基金项目和重点项目申请书的纸质签字盖章页（A4纸），其签字盖章的信息应与电子申请书保持一致。自然科学基金委将对申请书纸质签字盖章页进行审核，对存在问题的，允许依托单位进行一次修改或补齐。

向自然科学基金委补交申请书纸质签字盖章页、提交和报送计划书截止时间节点如下：

1. **2019年9月11日16点：**提交电子版计划书的截止时间（视为计划书正式提交时间）；
2. **2019年9月18日16点：**提交电子修改版计划书的截止时间；
3. **2019年9月26日16点：**报送纸质版计划书（其中一份包含申请书纸质签字盖章页）的截止时间。
4. **2019年10月18日16点：**报送修改后的申请书纸质签字盖章页的截止时间。

请按照以上规定及时提交电子版计划书，并报送纸质版计划书和申请书纸质签字盖章页，未说明理由且逾期不报计划书或申请书纸质签字盖章页者，视为自动放弃接受资助；未按要求修改或逾期提交申请书纸质签字盖章页者，将视情况给予暂缓拨付经费等处理。

附件：项目评审意见及修改意见表

国家自然科学基金委员会
2019年8月16日

甘肃省科学技术厅文件

甘科计〔2023〕17号

关于下达 2023 年度第七批省级科技计划 (重点研发计划-工业领域、社会发展领域) 项目的通知

各有关单位:

2023 年度第七批省级科技计划(重点研发计划-工业领域、社会发展领域)项目已与省财政厅会商,本批计划安排项目 183 项、下达资金 2744 万元。现将计划下达,并就有关事项通知如下。

一、经费办理

省级单位项目经费按照国库集中支付的有关规定拨付。归口市(州)科技局组织的项目,项目经费由市(州)、财政直管县财政

书中作出书面承诺，与省级财政科技投入经费同步使用，确保经费使用规范有效。

（三）加强绩效评估。项目承担单位研究建立定量和定性相结合的指标体系，认真填写《省级部门预算项目支出绩效目标表（2023年度）》（表中三级指标可根据本单位实际增加填写），确保绩效目标及指标符合实际、指向明确、细化量化、可比可测。对项目的最终成果和经济社会效益要进行全方位的评价和判断。项目绩效评估将作为各单位后续申报科技计划项目的前置条件和重要依据。要对项目的目标实现情况和预算执行进度跟踪服务，一旦发现问题和漏洞，要及时采取措施予以纠正。

- 附件：1.2023年度第七批省级科技计划（重点研发计划-工业领域、社会发展领域）项目表
2.省级部门预算项目支出绩效目标表（2023年度）



项目编号	计划类别	项目名称	主持人	承担单位	推荐单位	2023年支持 资金 (万元)	备注
23YFFA0061	重点研发计划-社会发展领域	工业过程尾气中CO2水合物法高效捕集与分离关键技术研究与应用	张学民	兰州理工大学	兰州理工大学	15	
23YFFA0062	重点研发计划-社会发展领域	基于定位监测和稳定同位素示踪的祁连山高寒草甸土壤水分动态研究	李宗杰	兰州理工大学	兰州理工大学	15	
23YFFA0063	重点研发计划-社会发展领域	气候变化背景下河西地区硫酸盐渍土环境响应及测试系统研发	周凤玺	兰州理工大学	兰州理工大学	15	
23YFFA0064	重点研发计划-社会发展领域	混合增强智能下多模态睡眠分析与诊疗的数字孪生系统	李策	兰州理工大学	兰州理工大学	15	
甘肃农业大学小计						45	
23YFGA0070	重点研发计划-工业领域	纳米凹凸棒土负载秸秆纤维/聚氯乙烯复合材料制备及性能提升	张克平	甘肃农业大学	甘肃农业大学	15	
23YFFA0065	重点研发计划-社会发展领域	典型荒漠灌木根际固碳及高效微生物肥料资源挖掘与利用	种培芳	甘肃农业大学	甘肃农业大学	15	
23YFFA0066	重点研发计划-社会发展领域	干旱荒漠区生态修复过程中林木对“水-温”协同胁迫的响应机制与试验示范研究	苏世平	甘肃农业大学	甘肃农业大学	15	
甘肃中医药大学小计						45	
23YFFA0067	重点研发计划-社会发展领域	天然植物骆驼蓬草单体化合物去氢骆驼蓬碱抗恶性黑色素瘤作用的分子机制研究及应用研发	呼永华	甘肃中医药大学	甘肃中医药大学	15	
23YFFA0068	重点研发计划-社会发展领域	药食同源芙蓉壮骨膏制备工艺及转化开发研究	郭超	甘肃中医药大学	甘肃中医药大学	15	

2.2 教研项目

甘肃省高等教育教学成果培育项目 申报书

项 目 名 称 课赛融合大学生创新能力的混
合式培养模式及实践

项 目 负 责 人 李德顺

联 系 方 式 15002510771

学 校 名 称 (盖 章) 兰州理工大学

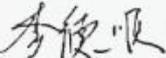
学 校 管 理 部 门 甘肃省教育厅

申 报 日 期 2022-03-24

甘肃省教育厅制

七、项目负责人诚信承诺

本人已认真填写并检查以上材料，保证内容真实有效。

申报人（签字）：

2022 年 3 月 25 日

八、推荐、评审意见

<p>申报学校教学 指导委员会或 学术委员会 意见</p>	<p>该项目注重实用性和创新性，研究思路、 实施策略科学合理，解决问题的方法有效，通 过实施能够取得显著效果和应用推广价值。</p> <p>同意推荐。</p> <p> 负责人（签字）</p> <p>2022 年 3 月 25 日</p>
<p>申报 学校 意见</p>	<p>同意推荐。</p> <p> 校长（签字）</p> <p> (公章)</p> <p>2022 年 3 月 25 日</p>

兰州理工大学创新创业学院文件

兰理工创字（2018）第 41 号

关于对 2017 年、2018 年省级创新创业教育改革项目进行资助建设的通知

各学院（部）：

根据省教育厅相关文件精神，为继续做好创新创业教育改革项目建设工作，学校决定对 2017 年、2018 年获批立项的省级创新创业教育改革项目予以资助建设，建设期二年（名单及资助金额见附件 1）。

各建设项目要紧紧围绕把创新创业教育贯穿于人才培养的全过程、渗透到教育教学各环节，促进人才培养模式创新，加快培养更多知识、能力、素质协调发展、富有创新精神、勇于投身实践的创新创业人才，全面提高人才培养质量的指导思想，归口学院要进一步加强项目建设的执行和监督力度，确保项目建设进度、建设投资和预期目标的实现，切实发挥好各项目在创新创业教育教学改革中的示范引领和辐射带动作用。

受资助项目须填写《创新创业教育改革项目建设任务书》。

(附件2),并于10月24日前报送至创新创业学院(8号楼217室)。联系人:徐阳 15193131618。

附件1:2017年、2018年省级创新创业教育改革项目名单

附件2:兰州理工大学创新创业教育改革项目建设任务书

兰州理工大学创新创业学院

2018年10月8日

兰州理工大学创新创业学院

2018年10月8日印发

附件1:

2017年、2018年省级教学质量与教学改革工程项目资助名单

项目类别	项目名称	项目负责人	所在部门	立项时间	资助经费(万元)
省级教学团队	钢结构课程群教学团队	王秀丽	土木学院	2017年	5
	化学工程与工艺教学团队	李贵贤	石化学院	2018年	5
省级实验教学示范中心	土木工程防灾减灾实验教学中心	罗维刚	土木学院	2017年	5
	新能源科学与工程实验教学示范中心	李银然	能动学院	2018年	5
省级特色专业	通信工程	王惠琴	计通学院	2017年	5
	新能源科学与工程	李德顺	能动学院	2017年	5
	城乡规划	刘奔腾	设艺学院	2018年	5
	工程管理	樊技飞	土木学院	2018年	5
	国际经济与贸易	魏琦	经管学院	2018年	5
省级精品资源共享课	CAD/CAM技术及综合训练	杨 萍	机电学院	2017年	2
	结构力学	杜永峰	土木学院	2017年	2
	水污染控制工程	赵 霞	石化学院	2017年	2
	产品系统设计	李奋强	设艺学院	2017年	2
	机械工程综合测绘	吴 卓	机电学院	2017年	2
	金属材料学	张建斌	材料学院	2017年	2
	马克思主义基本原理	杨 莉	马克思主义学院	2017年	2

2017/2018年省级创新创业教育改革项目名单

项目类别	项目名称	负责人（获得者）	所在学院	立项时间	资助金额（万元）
创新创业教学改革研究项目	本科生科研训练计划（USRTP）培养模式及管理机制探索	李万润	土木学院	2017年	2
	以学科竞赛为载体的分层次创新人才培养模式研究	宋鸣	机电学院	2017年	2
	创新创业教育新形势下的桥梁工程课程群组系统化建设与教学模式研究	项长生	土木学院	2017年	2
	基于数学建模竞赛的创新型人才培养模式的研究	孟新友	理学院	2017年	2
	基于新能源利用技术系列课程的大学生创新能力持续培养模式研究	李德顺	能动学院	2018年	2
	“3J” 科技创新教育平台研究与实践	谢小正	机电学院	2018年	2
	“互联网+”背景下物联网专业创新创业教学方法改革研究	张玺君	计通学院	2018年	2
创新创业教育慕课	机械制造技术基础	吴沁	机电学院	2017年	20
	绿色化学与创新思维方法	冯辉霞	石化学院	2018年	20
创新创业教学团队	智能机器人与嵌入式系统设计创新创业教育教学团队	李策	电信学院	2017年	5
	3J科创教学团队	刘永平	机电学院	2018年	5
创新创业教学改革试点专业	视觉传达设计	朱守会	设艺学院	2017年	10
	物联网工程	谢鹏寿	计通学院	2018年	10

甘肃省教育科学规划领导小组办公室

甘教规划办（2023）6号

关于公布甘肃省“十四五”教育科学规划 2022年宣传思想文化领域重点课题 鉴定结果的通知

各有关高校(单位)、厅机关有关处室、厅直属有关单位：

省教育规划办组织专家对甘肃省“十四五”教育科学规划2022年宣传思想文化领域重点课题进行了结项评审，现将评审结果印发（名单见附件）。

各相关单位要切实加强课题研究的指导管理，注重对鉴定成果的转化、应用和推广，切实为促进教师专业化发展和全面提高教育教学质量发挥积极的作用。

附件：1.甘肃省“十四五”教育科学规划2022年宣传思想文化领域厅领导牵头重点课题鉴定结果通过名单

2.甘肃省“十四五”教育科学规划2022年宣传思想文化领域重点课题通过名单

甘肃省教育科学规划领导小组办公室

2023年4月24日

甘肃省“十四五”教育科学规划2022年宣传思想文化领域厅领导牵头重点课题鉴定结果通过名单

序号	课题类别	鉴定号	课题名称	牵头厅领导	牵头处室	负责人	依托单位	课题参与成员
1	重点课题	GSGB[2023]J0001	红色基因融入学生思想政治教育的时代内涵与实践路径研究	王海燕	思政处	阎晓辉	兰州文理学院	叶文超 张哲 蒋海蛟 马陇平 唐小梅 任玥
2	重点课题	GSGB[2023]J0002	我省高校党委落实全面从严治党工作情况分析及对策研究	张国珍	学生处	郭伟	兰州交通大学	王永斌 王国华 刘雄旺 栾娜 安姮莉 朱正山
3	重点课题	GSGB[2023]J0003	甘肃省省属本科高校分类考核评价体系的构建与应用	张国珍	高教处	何文盛	兰州大学	张国兴 郎玖 保海旭 孙斐 戴巍 李雅青 杨丽 何忍星 申珊 卢雅灵
4	重点课题	GSGB[2023]J0004	抢抓“一带一路”机遇，努力开拓后疫情时期全省教育对外开放新局面	曾华辉	国际合作与交流处	李德顺	兰州理工大学	王亚兵 刘永平 赵付青 唐念尧 张毅 张磊 曹超 马丽花 段颖
5	重点课题	GSGB[2023]J0005	甘肃省高校纪检监察审调工作规范化建设研究	雷江红	驻厅纪检监察组	马庆	西北师范大学	陈扶汉 张理 刘成义 符得团 高赞 王小燕 李亚琴 王招祥 李富彦 张国源 王舒 赵小培
6	重点课题	GSGB[2023]J0006	新时代人才工作调查研究	王光亚	人事处	陈小强	兰州交通大学	赵振文 杨嘉磊 张慧 李国芳 马瑛 杨民安 夏文卿
7	重点课题	GSGB[2023]J0007	中小学教师队伍素质能力提升研究	王光亚	教师处	李丽娟	甘肃省教科院	秦志功 张彬 马晓红 刘裕强 王孝军 徐好好
8	重点课题	GSGB[2023]J0008	基础教育国家级优秀教学成果推广应用现状调研	陈继宗	基教一处	闫婧华	甘肃省教科院	岳磊 时霞 漆治文 冯继 俞雪山 王芳 马鹏花
9	重点课题	GSGB[2023]J0009	中小学党组织领导下的校长负责制现状调研	张晓东	党建处	刘国材	西北师大附中	蒋大年 袁鹏
10	重点课题	GSGB[2023]J0010	新时代推进大中小学思政课一体化建设的几个难点问题研究	余晓东	思政处	余晓东	甘肃财贸职业学院	齐莹 成光华 孙祥宁 刘华荣 王振杰 杨丽
11	重点课题	GSGB[2023]J0011	职业教育混合所有制二级学院办学模式的探索	时宁国	职成处	宋元文	兰州资源环境职业技术大学	冯永斌 王蓉 王德方 金志刚 魏松峰 袁小璇 张智瀚 周红军 吴雨辰 李源

甘肃省教育厅

甘教高函〔2023〕14号

甘肃省教育厅关于公布2023年高等学校 人才培养质量提升和创新创业教育改革 项目的通知

各普通高校：

根据《甘肃省教育厅关于做好2023年高等学校人才培养质量提升项目申报工作的通知》和《甘肃省教育厅关于开展2023年高等学校创新创业教育改革项目申报工作的通知》安排，经各高校遴选推荐、省教育厅初审、专家网络评审、答辩评审、网上公示和厅党组会议研究审议，共评选出2023年省级教学名师28人，教学团队30个，优秀基层教学组织38个，教学成果培育项目202项，青年教师成才奖34人；创新创业教育示范学院6个，创新创业实践教育示范中心7个，创新创业教育示范专业14个，创新创业教育示范课程19门，创新创业教育教学名师13人，创新创业教育教学团队15个，创新创业教育教学改革研究项目76项。现将名单予以公布。

各高校要紧紧围绕全面提升人才培养质量这个核心，以教学为根本，坚持学生中心、结果导向、持续改进理念，深化教育教学改革，发挥人才培养质量提升项目的牵引带动作用，形成高水平人才培养体系，加快建设一流本科教育。要持续深化创新创业教育改革，坚持创新引领创业、创业带动就业，强化校、省、国家三级创新创业教育项目体系建设，完善高校创新创业教育体制机制，加大创新创业人才培养力度，增强学生的创新精神、创业意识和创新创业能力。

附件：1.2023年甘肃省高等学校人才培养质量提升项目立项名单

2.2023年甘肃省高等学校创新创业教育改革项目立项名单



2023年5月11日

(主动公开)

二、教学团队

序号	团队名称	带头人姓名	团队成员（不含带头人）	申报学校
1	地貌学系列课程教学团队	潘保田	高红山、胡小飞、耿豪鹏、李琼、曹泊、聂军胜、胡振波、李育、程弘毅、杨胜利、王杰	兰州大学
2	中华诗教传承与普及课程思政教学团队	韩高年	王浩、马晓舟、王晏桦、冉耀斌、丁宏武、李生滨、马世年、许琰、周小娟、赵逵夫	西北师范大学
3	《配位化学慕课》教学团队	刘伟生	覃文武、唐瑜、鄢金才、唐晓亮、卜伟锋、汪宝堆	兰州大学
4	病原生物学教学团队	韩俭	郭璐、谢俊秋、安蓓、祝秉东、辛奇、包根书、周海霞、窦建琳、苗小康、李菲	兰州大学
5	土力学课程教学团队	周凤奎	杨校辉、王立宪、丑亚玲、侯彦东、张明礼、曹小林、胡燕妮、乔雄、来春景、胡晓坤、袁华智	兰州理工大学
6	流体力学教学团队	南军虎	李仁年、李金平、王燕、闵为、权辉、郑健、赵廷红、王秀勇、张东、郑直、马高生、钱晨、安周建、富友	兰州理工大学

甘肃省教育厅

甘教高函〔2024〕18号

甘肃省教育厅关于公布 2024 年高等学校 人才培养质量提升和创新创业教育改革 项目的通知

各普通高校：

根据《甘肃省教育厅关于做好 2024 年高等学校人才培养质量提升项目申报工作的通知》和《甘肃省教育厅关于开展 2024 年高等学校创新创业教育改革项目申报工作的通知》安排，经各高校遴选推荐、省教育厅初审、专家网络评审、答辩评审、厅常务会议审议和网上公示，共评选出 2024 年教学名师 23 个，教学团队 28 个，优秀基层教学组织 42 个，教学成果培育项目 205 项，青年教师成才奖 34 项；创新创业教育示范学院 4 个、创新创业实践教育示范中心 8 个、创新创业教育示范专业 22 个、创新创业教育示范课程 22 个、创新创业教育教学名师 23 个、创新创业教育教学团队 24 个。现将名单予以公布。

各高校要紧紧围绕全面提升人才培养质量这个核心，以教

学为根本，坚持学生中心、结果导向、持续改进理念，深化教育教学改革，发挥人才培养质量提升项目的牵引带动作用，形成高水平人才培养体系。要持续深化创新创业教育改革，强化校、省、国家三级创新创业教育项目体系建设，完善高校创新创业教育体制机制，加大创新人才培养力度，增强学生的创新精神、创业意识和创新创业能力。

- 附件:1. 2024 年甘肃省高等学校人才培养质量提升项目立项名单
2. 2024 年甘肃省高等学校创新创业教育改革项目立项名单



(主动公开)

序号	基层教学组织名称	负责人	团队成员	申报学校
8	流体机械及工程系	王晓晖	杜小泽、李仁年、杨军虎、韩伟、张入会、赵伟国、黎义斌、权辉、张东、南军虎、敏政、申正精、王秀勇、史凤霞、金洁、苗森春、吴江波、钱晨、郭荣、富友、安周建、李吉成、郭广强、冶文莲、王东伟、齐翠霞、郭艳磊、符丽、陈学炳、祁炳、蒋利杰、曾继来、王鹏飞、安策	兰州理工大学
9	网络工程系	张怡	王军弟、郑刚、李向伟、邢敬宏、吕林霞、卢霞、赵双萍、唐占红、朱亚玲、徐延强、张睿敏、孔昊、曹建文、王娟、徐瑾、柴世红、岐艳芳、刘瑞玲、李晓斌、杜叔强、贾桂霞、孙丽娟、曹博、海建军、杨景涛、李媛媛	兰州工业学院
10	工程图学系	杜骞	张丽萍、马驰、鲁锦华、王力、孙寿榜、李兴田、金栋、王堃、马莉、黄佼佼	兰州交通大学
11	武术与民族传统体育专业教研室	温兵	王宏伟、汪冲、段晚霞、郑丽梅、马涛、张扬、湛彬茸、孟峰年、钟全宏、李斌、赵薇	西北师范大学
12	基础医学整合课程组	景玉宏	石学睿、王晨昱、王敏、谢坤、蔺美玲、雒戛、雒艳萍、刘伟、刘飒、张李峰、郭璐、尹洁、张楠、龙瑶、洪建平、王晶宇	兰州大学
13	电气工程系	王峰	刘文莉、高迪、何爱欢、苏芳、王小会、党媛、赵丹阳、魏建升、赵娟娟、李彩娟、马慧霞、李晓青、郭志成、张文有、蔡卓思、林娟、边玉国、程航、周德东、杨尚梅	兰州工业学院
14	《计量经济学》课程组	孙景云	王永瑜、刘明、韩海波、肖强、王连、马蓉、杨盛菁、王海东、司颖华、徐信元、陈亮、邓光耀、何亚莉、张修栋	兰州财经大学

序号	项目名称	课程类型	负责人	所在学校
17	Android 移动应用开发基础	线上线下混合式课程	蒲晓妮	兰州石化职业技术大学
18	动物药理与毒理	线上线下混合式课程	冯志华	甘肃畜牧工程职业技术学院
19	创新创业基础	线下课程	夏礼斌	兰州交通大学
20	护理学基础	线上线下混合式课程	杨银玉	培黎职业学院
21	网络营销	线上线下混合式课程	程青玥	甘肃钢铁职业技术学院
22	手工制作与环境创设	线上线下混合式课程	杨岚	兰州职业技术学院

五、创新创业教育教学名师

序号	项目名称	负责人	所在学校
1	大学生的性与“艾”	罗小峰	兰州大学
2	农作学	殷文	甘肃农业大学
3	普通化学、材料科学基础实验、材料科学综合实验	关晓琳	西北师范大学
4	化学反应工程	苏琼	西北民族大学
5	节能减排创新实践	张东	兰州理工大学
6	精细化工新产品新工艺开发（创新创业基础）	胡浩斌	陇东学院
7	创业基础与创新实践、熔焊方法及设备	贾金龙	兰州工业学院
8	电子技术实验	张华卫	兰州交通大学
9	创新创业教育	梁斌	兰州职业技术学院

兰州理工大学高教研究

项目责任书

项目名称：工程认证背景下热工基础课程的教学模式、评价机制的研究与实践

项目负责人：张学民

项目编号：GJ2020C-35

所在学院（部门）：能源与动力工程学院

2020年7月制

研究工作进度和阶段性成果

研究时间	研究内容	阶段性成果
2018.8~2018.12, 调研准备阶段	基于我校实际,深入分析工程教育认证背景下热工基础课程教学的现状及教学过程中存在的问题。	整理材料,并撰写调研报告;提出相应的对策及解决思路。
2019.1~2019.6, 课题实施阶段	转换教育理念,创新教学方法,深化热工基础课程的教育教学改革,提高新形势下人才的培养质量和大学生的创新能力;整理并汇总研究结果。	在前期调研的基础上,构建合理的热工基础教学模式和课程体系,进一步探索合理的评价机制。
2019.7~2019.8, 课题总结阶段	整理并汇总研究成果,撰写项目研究材料,准备项目结题。	撰写研究报告1份;发表研究论文1~2篇。
最终成果形式(论文、专著、专利、报告等)		
论文(公开发表)	<input type="checkbox"/> 2篇(重点项目) <input checked="" type="checkbox"/> 1篇(一般项目)	
研究报告	2万字研究报告	
完成时间	<input checked="" type="checkbox"/> 2020年7月-2021年7月(1年) <input type="checkbox"/> 2020年7月-2020年12月(1.5年) <input type="checkbox"/> 2020年7月-2022年7月(2年)	

经费概算

序号	经费开支科目	金额(元)	序号	经费开支科目	金额(元)
1	办公费(含办公易耗品、图书、资料等)	3000.00	5	咨询费	
2	印刷费	3000.00	6	会议费、差旅费	
3	材料费		7	其他	1000.00
4	论文版面费	3000.00	8	合计	10000.00

项目负责人(签名):

学院/部门(盖章)

高教所(盖章)

教学院长/部门负责人(签名)

所长(签名)

年 月 日

兰州理工大学高教研究 项目责任书

项目名称：新工科背景下地方高校新能源科学与工程
专业改造升级路径与人才培养模式探索

项目负责人：张学民

项目编号：GJ2022B-28

所在学院（部门）：能源与动力工程学院

2022年3月制

研究工作进度和阶段性成果

主要研究阶段(时间、内容)		阶段性成果形式
1	2022.9~2022.12, 调研准备阶段	结合地区优势和专业特色, 提出新工科背景下新能源科学与工程专业的创新发展路径。
2	2023.1~2024.6, 课题实施阶段	在前期调研的基础上, 提出新能源科学与工程专业的改造升级方案, 构建合理的人才培养模式, 进一步探索专业改造升级的新思路。
3	2024.7~2024.9, 课题总结阶段	撰写研究报告 1 份; 发表研究论文 1~2 篇。
最终成果形式 (论文、专著、专利、报告等)		
论文 (公开发表)		1. 重点项目要求发表论文 2 篇, 其中 1 篇必须在核心期刊发表。 2. 一般项目要求在省级期刊发表论文 2 篇或在核心期刊发表论文 1 篇。 3. 发表论文必须与项目内容相关。
研究报告		2 万字研究报告
完成时间		2022 年 9 月-2024 年 9 月 (2 年)

经费概算

序号	经费开支科目	金额 (元)	序号	经费开支科目	金额 (元)
1	办公费 (含办公易耗品、图书、资料等)	3000.00	5	咨询费	0
2	印刷费	3000.00	6	会议费、差旅费	0
3	材料费	0	7	其他	0
4	论文版面费	4000.00	8	合计	10000.00

项目负责人 (签名):

张学民

学院 (盖章)

二级单位负责人 (签名)



高教所 (盖章)

所长 (签名)

年 月 日



兰州理工大学 高教研究项目 责任书

项目名称：新工科背景下大学生的创新能力培养模式研究

项目负责人：张学民

所在学院(部门)：能源与动力工程学院

2018年6月制

为切实增强项目研究工作的责任感和紧迫感，保证高教研究项目按期高质量完成并发挥实效，学校与各项目负责人签订本责任书。

一、目标责任

本次立项的高教研究项目研究周期为1年，项目严格按照《兰州理工大学高等教育研究项目管理办法（试行）》进行管理，各项目应在建设期内按项目目标完成研究任务。

二、目标考核

1. 项目归属学院、部门组织专家对研究项目质量、进度等情况进行跟踪检查并进行中期考核，报学校备案，学校进行督查。

2. 对中期考核不合格和整改验收不合格的项目，学校将撤销立项资格，并追回相应资助经费。

3. 研究成果原则要求有公开发表的研究论文。

4. 项目研究期满后，统一进行结题验收，未能通过的项目将要求整改并限期验收。

三、其它事项

1. 各相关学院、部门和项目负责人要本着务实的态度与精神，努力做好项目的研究，力求取得实效。

2. 本责任书一式三份，高教所、项目部门、项目负责人各执一份。

高教所 (盖章) 所长 (签名)

学院 (盖章) 教学院长 (签名)

项目负责人 (签名)

项目团队成员 (签名):



杨瑞 李俊 魏刚 王英梅 赵静 李屹霞

2018年8月31日

兰州理工大学高教研究 项目责任书

项目名称：工程认证背景下热工基础课程的教学模式、评价机制的研究与实践

项目负责人：张学民

项目编号：GJ2020C-35

所在学院（部门）：能源与动力工程学院

2020年7月制

研究工作进度和阶段性成果

研究时间	研究内容	阶段性成果
2018.8~2018.12, 调研准备阶段	基于我校实际, 深入分析工程教育认证背景下热工基础课程教学的现状及教学过程中存在的问题。	整理材料, 并撰写调研报告; 提出相应的对策及解决思路。
2019.1~2019.6, 课题实施阶段	转换教育理念, 创新教学方法, 深化热工基础课程的教育教学改革, 提高新形势下人才的培养质量和大学生的创新能力; 整理并汇总研究结果。	在前期调研的基础上, 构建合理的热工基础教学模式和课程体系, 进一步探索合理的评价机制。
2019.7~2019.8, 课题总结阶段	整理并汇总研究成果, 撰写项目研究材料, 准备项目结题。	撰写研究报告 1 份; 发表研究论文 1~2 篇。
最终成果形式 (论文、专著、专利、报告等)		
论 文 (公开发表)	<input type="checkbox"/> 2 篇 (重点项目) <input checked="" type="checkbox"/> 1 篇 (一般项目)	
研究报告	2 万字研究报告	
完成时间	<input checked="" type="checkbox"/> 2020 年 7 月-2021 年 7 月 (1 年) <input type="checkbox"/> 2020 年 7 月-2020 年 12 月 (1.5 年) <input type="checkbox"/> 2020 年 7 月-2022 年 7 月 (2 年)	

经费概算

序号	经费开支科目	金额 (元)	序号	经费开支科目	金额 (元)
1	办公费 (含办公易耗品、图书、资料等)	3000.00	5	咨询费	
2	印刷费	3000.00	6	会议费、差旅费	
3	材料费		7	其他	1000.00
4	论文版面费	3000.00	8	合计	10000.00

项目负责人 (签名):

学 院/部门 (盖章)

高教所 (盖章)

教学院长/部门负责人 (签名)

所 长 (签名)

年 月 日

兰州理工大学高教研究

项目责任书

项目名称：新工科背景下地方高校新能源科学与工程
专业改造升级路径与人才培养模式探索

项目负责人：张学民

项目编号：GJ2022B-28

所在学院（部门）：能源与动力工程学院

2022年3月制

研究工作进度和阶段性成果

主要研究阶段(时间、内容)		阶段性成果形式
1	2022.9~2022.12, 调研准备阶段	结合地区优势和专业特色, 提出新工科背景下新能源科学与工程专业的创新发展路径。
2	2023.1~2024.6, 课题实施阶段	在前期调研的基础上, 提出新能源科学与工程专业的改造升级方案, 构建合理的人才培养模式, 进一步探索专业改造升级的新思路。
3	2024.7~2024.9, 课题总结阶段	撰写研究报告 1 份; 发表研究论文 1~2 篇。
最终成果形式(论文、专著、专利、报告等)		
论文(公开发表)		1. 重点项目要求发表论文 2 篇, 其中 1 篇必须在核心期刊发表。 2. 一般项目要求在省级期刊发表论文 2 篇或在核心期刊发表论文 1 篇。 3. 发表论文必须与项目内容相关。
研究报告		2 万字研究报告
完成时间		2022 年 9 月-2024 年 9 月(2 年)

经费概算

序号	经费开支科目	金额(元)	序号	经费开支科目	金额(元)
1	办公费(含办公用品、图书、资料等)	3000.00	5	咨询费	0
2	印刷费	3000.00	6	会议费、差旅费	0
3	材料费	0	7	其他	0
4	论文版面费	4000.00	8	合计	10000.00

项目负责人(签名):

张学瓦

学院(盖章)

二级单位负责人(签名)



高教所(盖章)

所长(签名)

年 月 日



兰州理工大学研究生院文件

兰理工研发〔2022〕3号

关于公布2020年度兰州理工大学 研究生课程思政建设项目同意结题名单的通知

各研究生培养单位：

经研究生院组织专家评审，并经2022年1月5日研究生院院务会研究决定，同意《马克思主义意识形态研究》等79项研究生课程思政建设项目期满结题，现将同意结题项目名单公布如下。

序号	项目名称	课程负责人	所在单位	立项年度	验收结果
1	《马克思主义意识形态研究》课程思政建设	饶旭鹏	马克思主义学院	2020	同意结题
2	基于我校马院研究生知识结构的马克思主义哲学前沿专题课教学研究	史俊杰	马克思主义学院	2020	同意结题
3	《冶金传输原理》课程思政课堂教学与实践	朱福良	材料科学与工程学院	2020	同意结题
4	《聚合物结构与性能》课程思政建设	李慧	材料科学与工程学院	2020	同意结题
5	《湿法冶金学》融入思政元素的教研与实践	王胜	材料科学与工程学院	2020	同意结题
6	《纳米材料及其制备技术》思政教学探索	卢学峰	材料科学与工程学院	2020	同意结题

28	高等工程流体力学	余龙	石油化工学院	2020	同意结题
29	环境工程前沿专题课程思政建设项目	景凌云	石油化工学院	2020	同意结题
30	“工程伦理”课程思政教学改革实践与探索	李吉焱	石油化工学院	2020	同意结题
31	先进材料及其制备技术	冯辉霞	石油化工学院	2020	同意结题
32	《固体废物资源化》课程思政建设	谢刚	石油化工学院	2020	同意结题
33	石化企业灾害防治案例与分析课程思政建设	陈金林	石油化工学院	2020	同意结题
34	研究生课程思政建设	周文海	石油化工学院	2020	同意结题
35	《高等工程热力学》课程思政教育的探索与实践	张东	能源与动力工程学院	2020	同意结题
36	“工程机械液压系统”课程教学中思政建设探索	王建森	能源与动力工程学院	2020	同意结题
37	《城市防洪与供水保障》课程思政协同育人模式的构建与实践	王之君	能源与动力工程学院	2020	同意结题
38	以思政为导向的研究生课程“湍流理论”教学改革探索	马高生	能源与动力工程学院	2020	同意结题
39	《水科学与工程》课程思政教育的探索实践	赵文举	能源与动力工程学院	2020	同意结题
40	《流体机械建模及 CFD》课程思政教育的探索实践	苗森春	能源与动力工程学院	2020	同意结题
41	《传热传质学》课程思政教育研究	王英梅	能源与动力工程学院	2020	同意结题
42	《液压建模与仿真》课程的思政体系建设	张静	能源与动力工程学院	2020	同意结题
43	《电气工程新技术专题与典型工程案例》课程思政建设	李恒杰	电气工程与信息工程学院	2020	同意结题
44	电机的数学模型“课程思政”建设	王晓兰	电气工程与信息工程学院	2020	同意结题
45	现代电力系统分析课程思政建设	张明光	电气工程与信息工程学院	2020	同意结题
46	线性系统理论课程思政建设	王志文	电气工程与信息工程学院	2020	同意结题
47	最优控制与最优估计课程思政建设	赵小强	电气工程与信息工程学院	2020	同意结题

兰州理工大学研究生院文件

兰理工研发〔2025〕35号

关于公布2025年度兰州理工大学研究生 课程思政示范项目立项建设名单的通知

校属各相关单位:

根据《兰州理工大学研究生课程思政示范项目实施办法》(兰理工发[2022]99号)文件精神,经个人申请、学院推荐、学校第八届学术委员会研究生教学指导专门委员会评审,并经10月22日研究生院院务会议讨论,报主管校领导审定,公示三天无异议后决定《量子统计物理》等13门课程思政入选2025年度研究生课程思政示范项目,现将立项建设名单予以公布。

附件:2025年度兰州理工大学研究生课程思政示范项目立项建设名单

兰州理工大学研究生院

2025年10月28日

附件:

2025年度研究生课程思政示范项目立项建设名单

编号	项目名称	学时	负责人	学院
KCSZ-SF202502001	《量子统计物理》课程思政示范项目	48	张莉	理学院
KCSZ-SF202502002	《位错理论与材料强化》课程思政示范项目	32	李亚敏	材料科学与工程学院
KCSZ-SF202502003	《现代数字信号处理》课程思政示范项目	32	马玉润	微电子现代产业学院
KCSZ-SF202502004	《高级临床药学实践教程》融入思政元素的探索及其示范	16	孙伯禄	生命科学与工程学院
KCSZ-SF202502005	《材料科学与工程导论》课程思政示范项目	32	姜静	材料科学与工程学院
KCSZ-SF202502006	《流体机械原理》课程思政示范项目	32	郭荣	能源与动力工程学院
KCSZ-SF202502007	《高等钢结构》课程思政示范项目	32	殷占忠	土木与水利工程学院
KCSZ-SF202502008	“习近平法治思想专题”课程思政数字化教学方法创新研究	16	马小娟	法学院
KCSZ-SF202502009	“传导热忱，质胜增效”——传热传质学课程思政探索	48	孔令轩	绿色能源与储能学院
KCSZ-SF202502010	《论文写作指导》课程思政示范项目	16	唐建新	计算机与人工智能学院
KCSZ-SF202502011	《智能控制》课程思政示范项目	32	申富媛	自动化与电气工程学院
KCSZ-SF202502012	《高等基础工程学》课程思政示范项目	48	崔凯	土木与水利工程学院
KCSZ-SF202502013	中级微观经济学课程中学生金融职业伦理和价值观塑造研究	40	冯文芳	经济管理学院 (MBA教育中心)

兰州理工大学研究生院

2025年10月28日印发

3、成果研究报告

项目结题证书

李德顺同志：

您所承担的 2016 年高等学校能源动力类专业教育教学改革项目“基于课程化的大学生创新能力培养模式研究”通过专家评审，准予结题。

特此证明。

项目编号: NDJZW2016Z-20

教育部高等学校能源动力类专业
教学指导委员会
二〇一六年十一月

附件：

教育部高等学校能源动力类专业 教育教学改革项目结题验收报告

项目名称： 基于课程化的大学生创新能力培养模式研究

项目主持人： 李德顺

项目参与人： 李仁年、冀宏、李银然、韩伟、杨从新、李金平

所在单位： 兰州理工大学

项目批准号： NDJZW2016Z-20

联系电话： 15002510771

E - mail： lideshun 8510@sina.com

填表时间： 2019年5月6日

项目成果类型	<input checked="" type="checkbox"/> 项目研究报告 <input checked="" type="checkbox"/> 实验实践教学基地 <input type="checkbox"/> 教学管理制度 <input type="checkbox"/> 人才培养方案 <input type="checkbox"/> 项目阶段性报告 <input type="checkbox"/> 教学软件 <input checked="" type="checkbox"/> 论文 <input type="checkbox"/> 专著 <input type="checkbox"/> 其它_____ <p>(注:请在相应成果复选框内打“√”,其它请具体说明)</p>
项目名称	基于课程化的大学生创新能力培养模式研究
项目成果的具体内容及主要特色	<p>(成果的基本观点、主要内容及结论,特色与创新之处及本项目研究的突破性进展:理论上的新观点、实践中的新举措)</p> <p>1、成果的基本观点</p> <p>以《可再生能源利用技术》校级选修课和《新能源概论》专业必修、选修课组成的新能源利用技术系列课程为课程平台,以节能减排基地为优秀作品培育提升平台,节能减排大赛和其它科技竞赛为创新能力提升平台,创新教学模式和方法,采用“理论+实践”、“讲座+互动”的形式,充分利用在线课程平台和第二课堂与学生交流,积极引导学生和教师参与科创项目,严控“讲座、提案、培育、实践、组织参赛、评价”六个环节,建立专题讲座视频库、作品库、展示和推广平台,构建了“多层次+八专题”理论教学体系、“创新团队+导师制”实践教学体系和三级教学评价体系,注重组织参赛,保证培养的持续性,形成一种“基于课程化的大学生创新能力培养模式”。</p> <p>2、主要研究内容及结论</p> <p>1) 以创新能力培养为核心的“理论+实践”人才培养模式</p> <p>以“理论+实践”为灵魂,突出理论与实践的结合,引导“天马行空”的想象,突出基础性、前沿性、实践性和综合性的知识架构体系,结合基础研究与应用研究,完善创新人才培养模式。</p> <p>理论教学环节采用专题讲座的形式,以创新形式和方法,风能、太阳能、生物质能、氢能、海洋能、潮汐能、水能、核能的利用为基本内容,掌握新能源利用的基本原理和方法,了解学科前沿,讲解创新案例,提出问题,加强互动交流,启发学生的创新意识。实践教学环节围绕新能源的高效综合利用和节能减排技术,以作品创作为主线,强调创新能力培养,提高学生的动手能力。实践环节由学生提出想法和题目,开展文献调研,初步方案,并采用PPT进行方案讲解,同学质疑和讨论,教师点评,充分利用第二课堂完善方案,提交作品说明书,通过导师团评定、遴选优秀作品,优化方案,制作作品,推荐参加节能减排大赛(校级、国家级)和其它科技竞赛。</p> <p>结合“以问题为中心的学习”和“以实践为中心的学习”的成功经验,采用“创新性学习”的方式,提高学生的自主学习能力、团队合作能力、自主决策能力、收集处理信息能力、解决实际问题能力。</p> <p>该模式已经依托校级选修课《清洁能源利用技术》、《新能源概论》新能源科学与工程专业必修课和能动学院其他专业的选修课进行实施。</p> <p>2) 构建“多层次+八专题”、“创新团队+导师制”的创新教学体系和“两个提升”平台</p> <p>建成以新能源利用技术创新为核心的“多层次+八专题”理论教学体系,“创新团队+导师制”实践教学体系和“两个提升”平台。</p> <p>基于新能源利用的多学科交叉特点,面向的学生专业较多,建成了校级选修、专业选修及专业必修三个层次的理论教学体系。根据新能源内容覆盖面广的特点,设置了创新形式和方法、风能利用技术、太阳能利用技术、生物质能利用技术、氢能和核能利用技术、海洋能和潮汐能利用技术、水能利用技术、流控技术在新能源利用中的应用八个专题系列讲座,由各领域资深教授/博士担任主讲教师,结合具体案例,重点讲解各领域:</p>

的前沿研究成果及应用技术,引导学生找到技术创新的切入点,组建创新团队。教学团队包括专题系列讲座导师团队和创新实践导师团队,并根据各创新团队的研究内容,配备专业导师,指导相关课题的启动、论证及制作模型等工作,定期向导师团汇报工作进展,形成改进建议,完善方案。

以节能减排基地为优秀作品培育提升平台,以全国大学生节能减排与社会实践大赛等科技竞赛为创新能力提升平台,提升学生的创新和实践能力。

建立和完善了专题讲座视频库、作品库,使其成为了展示和推广平台。

3) 以创新为根本的“讲座+互动”式教学方法改革

开展创新形式和方法、风能利用技术、太阳能利用技术、生物质能利用技术、氢能和核能利用技术、海洋能和潮汐能利用技术、水能利用技术、流控技术在新能源利用中的应用八个专题系列讲座,创新理论教学方式,结合“以问题为中心的学习”和“以实践为中心的学习”的成功经验,开展老师和学生交流与互动。

实践环节由学生提出题目和初步方案,并采用PPT进行方案介绍,同学质疑和讨论,教师点评。利用在线课程平台(<http://202.201.34.46/eol/homepage/common/>)、QQ课程群和第二课堂与学生交流,充分发挥学生的主观能动性,加强教师和学生的沟通和互动,积极引导学生和教师参与科创项目。

八个专题系列讲座+互动式教学方法,有利于开展跨学科研究,如风光互补系统、冷热电联供系统等,活跃的讲座气氛,促使学生了解新能源各学科的前沿知识,掌握最新的研究动态,发掘学术兴趣和增强学术功底,提高创新意识,并能广泛涉猎多个学科领域,优化学生的知识结构,提升他们的综合素质,将兴趣培养和创新意识培养贯穿整个过程。

4) 过程管理

过程管理严控“讲座、提案、培育、实践、参赛、评价”六个环节。保证了理论教学、创新方案提交、作品培育、组织参赛和课程的阶段性评价的监管,保证了课堂教学结束后创新实践的延续性。

讲座环节专题设置提交导师团队审定,主讲教师须为教授/博士担任,且全程录像,强调前沿性引导、互动式教学。

提案环节由学生提出题目和方案,导师团队审核其创新性、可行性,反馈审核意见和建议。

培育环节结合方案内容组建创新团队,配备指导教师,实行专人专项负责制,并通过答辩筛选优秀方案,进入实践环节。

实践环节借助节能减排科创基地,进一步完善方案,并进行作品制作,由导师控制进度和作品质量。

参赛环节依托校级科创竞赛,选拔优秀作品,进一步修改和完善作品,推荐参加更高级别的科创竞赛。

评价环节包括课程评价、参赛作品评价及后评价,总结经验。

5) 三级评价体系建设

建立三级评价体系,包括:课程评价、参赛作品评价及后评价。课程评价体系主要以学生评教和教师评学的方式,对讲座和实践的实施效果进行评价;参赛作品评价包括创新点凝练、作品制作、专利申报、参赛成绩及延展性等;后评价包括实施过程、学生意见、经验教训、教师反馈意见等,目的为改进创新培养模式。

6) 建设创新能力培养为导向的科研体系,促进新能源学科科研水平的提高

以创新能力培养为导向,依托风能、太阳能、生物质能、水能、核能等科研团队,使学生积极参与以风力机空气动力学、新型风力发电系统、太阳能光伏/热发电系统、生物质能利用系统、多种可再生能源互补的冷热电联产供能系统、太阳能建筑等为代表的科学研究项目,开展新能源领域的基础研究及技术研发。

3、特色与创新之处及本项目研究的突破性进展

1、提出“以创新能力培养为核心”的特色课程体系建设思想,解决了新能源利用技术系列课程内容涉及面广,校选课学生专业多,学科综合性强等问题。

2、构建了“多层次+八专题”理论教学体系和“创新团队+导师制”实践教学体系相结合的教学模式。

	<p>3、建立了“理论+实践”的教学模式，提出了“讲座+互动”的教学方法，充分利用第二课堂，结合校级和国家级“节能减排大赛”、“挑战杯”等科创活动，将创新实践贯穿于课堂、课外，保证了创新能力培养的延展性。</p> <p>4、严控“讲座、提案、培育、实践、参赛、评价”六个环节，保证课程各阶段的监管，并通过作品培育和组织参赛，保证课堂教学结束后创新实践的延续性。</p> <p>5、建立了三级教学评价体系。</p> <p>6、建立了专题讲座视频库、作品库、作品展示和推广平台。</p>			
项目成果目录	<p>(列出结题成果主件、附件目录)</p> <p>虚拟现实技术在风力机教学创新中的应用研究[J]. 时代教育, 2016(11). (教研论文)</p> <p>基于课程化的大学生创新能力培养模式研究——以新能源利用技术系列课程实施为例[J]. 教育现代化, 2019(21). (教研论文)</p> <p>新能源科学与工程专业 2017 年成功获批“甘肃省特色专业”; (主要支撑材料之一)</p> <p>新能源科学与工程专业 2018 年获批“甘肃省高校实验教学示范中心”; (主要支撑材料之一)</p> <p>获批甘肃省 2018 年全省高校创新创业教育教学改革研究项目(重点) 1 项——基于新能源利用技术系列课程的大学生创新能力持续培养模式研究;</p>			
实践运用情况及效果评价	<p>该模式已经依托校级选修课《清洁能源利用技术》、《新能源概论》新能源科学与工程专业必修课和能动学院其它专业的选修课进行实施。</p> <p>该模式作为兰州理工大学新能源科学与工程专业教育教学改革创新措施，有力地支撑了专业本科教育的发展，新能源科学与工程专业 2017 年成功获批“甘肃省特色专业”，2018 年获批“甘肃省高校实验教学示范中心”。通过进一步凝练成果、创新教育教学模式，推进课程的内涵建设，成功申报甘肃省 2018 年全省高校创新创业教育教学改革研究项目(重点) 1 项。</p> <p>课程实践环节提出的创新作品的初步设计题目及方案，在课程结束后，在指导老师的进一步精心指导下，学生利用第二课堂和业余时间，经过进一步优化方案、制作模型、开展试验，并积极参加校级和国家级“节能减排大赛”，校级、省级和国家级“挑战杯”等科创竞赛，取得了较好的成绩。2017-2018 年，获“节能减排大赛”校级奖励 30 余项，获各类大学生科技竞赛国家级奖励 8 项，申请专利 6 项，有效地调动了学生参加创新活动的积极性和主动性，取得了很好的实施效果。</p>			
项目成果应用专业及学生人数				
	专业名称	人数	专业名称	人数
	新能源科学与工程专业 17 级	57	新能源科学与工程专业 16 级	58
	新能源科学与工程专业 15 级	58	新能源科学与工程专业 14 级	56
	清洁能源利用技术(校级选修课) 19 春	153	清洁能源利用技术(校级选修课) 18 春	149
	清洁能源利用技术(校级选修课) 18 秋	158	清洁能源利用技术(校级选修课) 17 春	154
	清洁能源利用技术(校级选修课) 17 秋	156	清洁能源利用技术(校级选修课) 16 秋	153
项目完成	姓名	职务/职称	学科领域	所在单位
	李德顺	副院长/副教授	新能源科学与工程	兰州理工大学

学院 及 参加 项目 人员 名单	李银然	新能源系主任/讲师	新能源科学与工程	兰州理工大学
	韩伟	副院长/副教授	流体机械及工程	兰州理工大学
	张学民	副教授	新能源科学与工程	兰州理工大学
	李仁年	副院长/教授	新能源科学与工程	兰州理工大学
	杨从新	教授	新能源科学与工程	兰州理工大学
	冀宏	科技处处长/教授	流体传动及控制	兰州理工大学
	李金平	教授	新能源科学与工程	兰州理工大学
	王清	副教授	新能源科学与工程	兰州理工大学
	张东	副教授	新能源科学与工程	兰州理工大学

高校
结题
意见

经院办与院办商讨后，同意结题

(教学处或学院盖章)

负责人(签字)



教
协
委
专
家
组
结
题
意
见

(签字):

年 月 日

甘肃省教育厅

甘教高函〔2025〕10号

甘肃省教育厅关于公布2022年高等教育 教学成果培育项目结项验收结果的通知

各高校：

根据《甘肃省教育厅关于公布2022年高等学校教学质量提高和创新创业教育改革项目的通知》（甘教高〔2022〕11号）和《甘肃省教育厅关于组织开展2022年高等教育教学成果培育项目结项验收工作的通知》要求，省教育厅组织各高校开展了2022年高等教育教学成果培育项目结项验收工作，并对学校验收结果进行了审查。现将结项结果予以公布，2022年甘肃省高等教育教学成果培育项目同意结项190项，允许延期一年结项10项，2021年甘肃省高等教育教学成果培育项目延期后同意结项9项、撤项1项。

希望各高校进一步加大教育教学研究和改革力度，力争取得更多具有示范带动作用和推广价值的高水平教学成果，努力提升我省本科教学质量和水平。

- 附件：1. 2022年甘肃省高等教育教学成果培育项目结项
项目名单
2. 2021年甘肃省高等教育教学成果培育项目延
-

期结项项目名单
3. 2022 年甘肃省高等教育教学成果培育项目申
请延期项目名单



(主动公开)

附件 1

2022 年甘肃省高等教育教学成果培育项目结项项目名单

序号	学校名称	项目名称	负责人	参与人	验收结论
1	兰州大学	双师型临床教师队伍建设的实践研究	张勇	王晶宇、张滢之、陈雁茹、韩伟、万江厚、阎立新、吴琪、鲁立、白清丽	同意结项
2	兰州大学	面向国家一流课程建设的混合式教学方法 SV2QR 研究	王澄海	杨毅、张飞民、杨凯、隆霄、陈思宇	同意结项
3	兰州大学	基于“AI 双师模式”融合思政《磁共振成像诊断学》建设实践与推广	雷军强	殷亮、翟亚楠、郭吉刚、张皓、王刚、卢星如、叶荣、陈梓娴、郭顺林	同意结项
4	兰州大学	《大学生的性与“艾”》课程“教学-科研-创新-服务”模式的探索与实践	罗小峰	张娟、陈继军、王建云、周莹荃、刘兴荣、张本忠、田金徽、张亚南	同意结项
5	兰州大学	线上线下混合式物理化学实验教学改革探索	牛芳	周霞、吴莉、张巧兰、李茸、王强	同意结项
6	兰州大学	半导体器件物理课程建设与教学改革研究及实践	杨建红	刘贵鹏、王妍蓉	同意结项
7	兰州大学	“双创”教育背景下化学类专业人才培养模式教学改革的实践与探索	汪宝堆	赵永青、胡国文、郭文婷、席聘贤、海军、汪宝龙、李天荣、潘效波	同意结项
8	兰州大学	核学科产教融合校企合作育人机制探索与实践	陈熙萌	刘作业、吴王锁、史克亮、张世旭、李公平、袁小华、张宇、梁勇、廖旭	同意结项

序号	学校名称	项目名称	负责人	参与人	验收结论
60	兰州理工大学	课赛融合大学生创新能力的混合式培养模式及实践	李德顺	李寿图、李银然、王清、李晓霞、韩伟、王英梅、张学民、赵伟国、杨从新	同意结项
61	兰州交通大学	新文科视域下影视艺术类一流课程教学新范式的研究与实践	郑向阳	车建修、陈鸿雁、金艳霞、张哲、张茜、吕少华、卢菲、夏艳萍	同意结项
62	兰州交通大学	以需求为导向、价值为引领、未来为奠基的工科高校公共体育课程教学改革与实践	乔梁	李永刚、王娟、杨建军、朱红燕、贾炜、施烜、曹明、曾欣、胡永泽	同意结项
63	兰州交通大学	挖掘应用物理源头创新元素、助推创新创业教育高质量发展的探索与实践	孙小伟	温晓东、刘禧萱、宋婷、王羿文、田俊红、李云霞、万桂新、薛思敏、刘子江	同意结项
64	兰州交通大学	“三全育人”背景下轨道交通信号与控制专业课程思政设计与实施路径研究	张雁鹏	杨妮、陈永刚、林俊亭、武晓春、岳丽丽、左静、张振海、吴艾玲、张宏雁	同意结项
65	兰州交通大学	对标国家级一流课程建设标准，着眼于“费曼输出”的通信工程专业核心课程群教学改革与实践	刘玉红	杨桂芹、申东、周冬梅、邸敬、许琼、廉敬、刘英挺、王帆、王耀琦	同意结项
66	兰州交通大学	适应智能建造的铁道工程专业新工科改造与实践	韩峰	虞庐松、黄志军、王保成、段晓峰、何菲、牟航、赵文辉、马学宁、刘洋	同意结项
67	兰州交通大学	“退耕还读，运筹帷幄”——《动车组装备》系列课程教学创新探索与实践	邱建东	吕小红、张小安、和振兴、曹兴潇、卢永杰、兰宏伟	同意结项
68	兰州交通大学	以“课程思政”为抓手，“产教融合”为依托的艺术设计类专业创新人才培养模式研究与实践	王志荣	蓝充、张国龙、吴晶、刘鑫、王鑫、张建、丁常青、刘津颖、钱媛园	同意结项

甘肃省高等教育教学成果培育项目 成果报告

项目名称：课赛融合大学生创新能力的
混合式培养模式及实践

项目类别：教学改革

项目负责人：李德顺

联系方式：15002510771

学校名称：兰州理工大学

填表日期：2025.6.20

摘要

摘要：以《可再生能源利用技术》校级选修课和《新能源概论》专业必修、选修课组成的新能源利用技术系列课程为课程平台，以节能减排基地为优秀作品培育提升平台，节能减排大赛和其它科技竞赛为创新能力提升平台，创新教学模式和方法，采用“理论+实践”、“讲座+互动”的形式，充分利用在线课程平台和第二课堂与学生交流，积极引导学生和教师参与科创项目，严控“讲座、提案、培育、实践、组织参赛、评价”六个环节，建立专题讲座视频库、作品库、展示和推广平台，构建了“多层次+八专题”理论教学体系、“创新团队+导师制”实践教学体系和三级教学评价体系，注重组织参赛，保证培养的延续性，形成一种“基于新能源利用技术系列课程的大学生创新能力持续培养模式”。

关键词：新能源，教学改革，创新能力，培养模式

成果报告正文

一、项目研究意义

1、大学生创新能力培养方面存在的问题

大学生的创新能力指大学生根据一定的目标任务，提出新理论、新构想或发明新技术、新产品，从而养成一种提出问题、解决问题的综合能力。创新能力包含创新意识、创新思维、创新技能、创新精神等几个方面的内容。目前大学生创新能力培养存在以下不足：

（1）在理论知识和创新行为上反差明显

①缺乏创新竞赛和天马行空的创新思想，多数同学局限于书本知识，缺乏深层的探索和思考，限制了创新能力的提升。

②缺乏积极主动的创新意识和行动实践，多数学生主动创新的意思不强，存在很强的惰性，有些同学虽然意识到创新能力的重要性，具有主动培养创新的倾向和想法，但在贯彻实施上做得尚不尽如人意。

（2）创新基础薄弱和创新成果不足

①创新知识基础体系薄弱：存在知识面窄、知识陈旧、学科交叉知识不够、创新知识不足的情况，学生主动学习意识薄弱等。

②创新成果贫乏：创新环境不完善，实践教学环境少，学生存在创新技能不强，设计能力不足，操作能力差，表达能力不强，不重视社会生活环境等情况。

（3）创新评价指标体系不完善

①评价指标体系导向不明确，过程不规范。

②评价的方式比较单一。仅仅通过开设课程，然后学生选课，接着传统课堂教学，最后考试，学生获得学分。

③缺乏阶段性评价。学生创新能力的评价跟随统一的“期末考试”进行，针对不同类型、能力各异的学生采取统一的评判模式，不能体现“创新能力”是在过程中浮动变化的，不利于个体及时发现、改善自身缺点，进一步成长。

（4）缺乏创新型教师队伍

教学方式相对单一，不太注重知识的扩散性和延展性，使得我国学生在后天的知识学习上缺乏“创新意识”的培养。

2、新能源利用的必然趋势

在全球能源短缺、环境不断恶化的大背景下，新能源产业发展受到各国政府的普遍关注，由此驱动了整个新能源产业的快速发展，并成为全球经济新的增长点。我国的新能源产业也进入了快速发展阶段，产业规模迅速扩大，新能源装备制造水平和产业化技术研发水平提升迅速。然而，产业的规模化仍然面临着成本、技术、装备、人才、政策等一系列问题，因此，必须通过科技创新为新能源产业发展注入活力。

经过数十年积累，我校在新能源研究的多个领域（风能、太阳能、生物质能等）取得了显著成效，开办新能源科学与工程专业，并先后开设了《新能源概论》、《可再生能源利用技术》课程，形成了新能源利用技术系列课程创新模式，学生选课积极、关注度高、兴趣浓郁，广受学生欢迎。

3、项目改革思想

以《可再生能源利用技术》校级选修课和《新能源概论》专业必修、选修课组成的新能源利用技术系列课程为课程平台，以节能减排基地为优秀作品培育提升平台，节能减排大赛和其它科技竞赛（校级、国家级）为创新能力提升平台，创新教学模式和方法，采用“理论+实践”、“讲座+互动”的形式，充分利用在线课程平台和第二课堂与学生交流，积极引导学生和教师参与科创项目，严控“讲座、提案、培育、实践、组织参赛、评价”六个环节，建立了专题讲座视频库、作品库、展示和推广平台，构建了“三层次+八专题”理论教学体系、“创新团队+导师制”实践教学体系和三级教学评价体系，形成了一种“基于课程化的大学生创新能力培养模式”。

二、教学改革目标

以学生创新能力培养为核心，以新能源利用技术系列课程为平台，打造理论和实践教学团队，形成一种在教学、科研、创新能力培养等方面特色鲜明、优势突出、理念先进的培养模式。

三、教学改革内容

1、构建以创新能力培养为核心的“理论+实践”人才培养模式

以“理论+实践”为灵魂，突出理论与实践的结合，引导“天马行空”的想象，突出基础性、前沿性、实践性和综合性的知识架构体系，结合基础研究与应用研究，完善创新人才培养模式。

理论教学环节采用专题讲座的形式，以创新形式和方法，风能、太阳能、生物质能、氢能、海洋能、潮汐能、水能、核能的利用为基本内容，掌握新能源利用的基本原理和方法，了解学科前沿，讲解创新案例，提出问题，加强互动交流，启发学生的创新意识。

实践教学环节围绕新能源的高效综合利用和节能减排技术，以作品创作为主线，强调创新能力培养，提高学生的动手能力。实践环节由学生提出想法和题目，开展文献调研，初步方案，并采用 PPT 进行方案讲解，同学质疑和讨论，教师点评，充分利用第二课堂完善方案，提交作品说明书，通过导师团评定、遴选优秀作品，优化方案，制作作品，推荐参加节能减排大赛（校级、国家级）和其它科技竞赛。

结合“以问题为中心的学习”和“以实践为中心的学习”的成功经验，采用“创新性学习”的方式，提高学生的自主学习能力、团队合作能力、自主决策能力、收集处理信息能力、解决实际问题能力。

该模式已经依托校级选修课《清洁能源利用技术》、《新能源概论》新能源科学与工程专业必修课和能动学院其他专业的选修课进行实施。



图 1 方案讲解及质疑

2、构建“三层次+八专题”、“创新团队+导师制”的创新教学体系和“两个提升”平台

建成以新能源利用技术创新为核心的“三层次+八专题”理论教学体系，“创新团队+导师制”实践教学体系和“两个提升”平台。

基于新能源利用的多学科交叉特点，面向的学生专业较多，建成了校级选修、专业选修及专业必修三个层次的理论教学体系。根据新能源内容覆盖面广的特点，设置了创新形式和方法、风能利用技术、太阳能利用技术、生物质能利用技术、

氢能和核能利用技术、海洋能和潮汐能利用技术、水能利用技术、流控技术在新能源利用中的应用八个专题系列讲座，由各领域资深教授/博士担任主讲教师，结合具体案例，重点讲解各领域的前沿研究成果及应用技术，引导学生找到技术创新的切入点，组建创新团队。

教学团队包括专题系列讲座导师团队和创新实践导师团队，并根据各创新团队的研究内容，配备专业导师，指导相关课题的启动、论证及制作模型等工作，定期向导师团汇报工作进展，形成改进建议，完善方案。

以节能减排基地为优秀作品培育提升平台，以全国大学生节能减排与社会实践大赛等科技竞赛为创新能力提升平台，提升学生的创新和实践能力。

建立和完善了专题讲座视频库、作品库，使其成为了展示和推广平台。



图 2. 两个提升平台



图 3. 作品库

3、以创新为根本的“讲座+互动”式教学方法改革

开展创新形式和方法、风能利用技术、太阳能利用技术、生物质能利用技术、氢能和核能利用技术、海洋能和潮汐能利用技术、水能利用技术、流控技术在新能源利用中的应用八个专题系列讲座，创新理论教学方式，结合“以问题为中心的学习”和“以实践为中心的学习”的成功经验，开展老师和学生交流与互动。

实践环节由学生提出题目和初步方案，并采用 PPT 进行方案介绍，同学质疑和讨论，教师点评。利用在线课程平台 (<http://202.201.34.46/eol/homepage/common/>)、QQ 课程群和第二课堂与学生交流，充分发挥学生的主观能动性，加强教师 and 学生的沟通和互动，积极引导学生和教师参与科创项目。



图 4 在线课程平台

八个专题系列讲座+互动式教学方法，有利于开展跨学科研究，如风光互补

系统、冷热电联供系统等，活跃的讲座气氛，促使学生了解新能源各学科的前沿知识，掌握最新的研究动态，发掘学术兴趣和增强学术功底，提高创新意识，并能广泛涉猎多个学科领域，优化学生的知识结构，提升他们的综合素质，将兴趣培养和创新意识培养贯穿整个过程。



图 5 专题讲座

4、过程管理

过程管理严控“讲座、提案、培育、实践、参赛、评价”六个环节。保证了理论教学、创新方案提交、作品培育、组织参赛和课程的阶段性评价的监管，保证了课堂教学结束后创新实践的延续性。

讲座环节专题设置提交导师团队审定，主讲教师须为教授/博士担任，且全程录像，强调前沿性引导、互动式教学。

提案环节由学生提出题目和方案，导师团队审核其创新性、可行性，反馈审核意见和建议。

培育环节结合方案内容组建创新团队，配备指导教师，实行专人专项负责制，并通过答辩筛选优秀方案，进入实践环节。

实践环节借助节能减排科创基地，进一步完善方案，并进行作品制作，由导师控制进度和作品质量。

参赛环节依托校级科创竞赛，选拔优秀作品，进一步修改和完善作品，推荐参加更高级别的科创竞赛。

评价环节包括课程评价、参赛作品评价及后评价，总结经验。

过程管理流程



5、三级评价体系建设

建立三级评价体系，包括：课程评价、参赛作品评价及后评价。课程评价体系主要以学生评教和教师评学的方式，对讲座和实践的实施效果进行评价；参赛作品评价包括创新点凝练、作品制作、专利申报、参赛成绩及延展性等；后评价包括实施过程、学生意见、经验教训、教师反馈意见等，目的为改进创新培养模式。



图 6 评价体系

四、教学改革主要方法

1、加强以新能源利用技术创新能力培养为目标的教學理论与实践研究

成立了“基于课程化的大学生创新能力培养模式”的教学理论研究课题组，开展以创新能力培养为核心的“理论+实践”人才培养模式，“创新团队+导师制”实践教学体系研究。

2、强化创新能力培养理念，推动理论教学内容与方法、课程体系的改革

建成了“三层次+八专题”的理论教学课程体系；改革传统授课形式为“讲座+互动”形式，其中讲座针对理论教学，互动侧重创新点探讨与启发。

3、完善实践教学体系与创新平台，为创新能力培养奠定实践基础。

形成了“创新团队+导师制”的实践教学体系，以节能减排实践教学基地为优秀作品培育提升平台，以全国大学生节能减排与社会实践大赛等科技竞赛为创新能力提升平台，共享甘肃省风力机工程技术研究中心、甘肃省流体机械及系统重点实验室、甘肃省太阳能、生物质能重点实验室、甘肃省实验教学示范中心等基地的科研仪器和设备，为学生的创新能力培养提供了实验和实践保障。

4、过程管理

建立了“讲座、提案、培育、实践、参赛、评价”六个环节的过程管理体系，有效解决了过程难于控制，质量不好把握、过程不规范等问题。

5、大学生创新能力培养的综合评价体系

针对评价指标体系导向不明确、评价的方式单一、缺乏阶段性评价、没有后评价等问题，建立了包括课程评价、参赛作品评价及后评价的三级评价体系。

五、创新点

1、提出“以创新能力培养为核心”的特色课程体系建设思想”，解决了新能源利用技术等课程内容涉及面广，学生专业多，学科综合性强等问题。

2、构建了“三层次+八专题”理论教学体系和“创新团队+导师制”实践教学体系。

3、建立了“理论+实践”的教学模式，提出了“讲座+互动”的教学方法，充分利用第二课堂，将创新实践贯穿于课堂、课外，保证了创新能力培养的延展性。

4、严控“讲座、提案、培育、实践、参赛、评价”六个环节，保证了课程各阶段的监管，课程结束后由实践指导教师持续跟进，以节能减排大赛为主要平台，组织学生参加全国大学生节能减排大赛等（校级、省级、国家级科技竞赛），并有部分作品持续进入学生的课程设计、毕业设计等环节，将大学生创新能力培养贯彻于整个本科学习阶段，保证课堂教学结束后创新实践的延续性。

5、形成了三级教学评价体系。

6、建立了专题讲座视频库、作品库、展示和推广平台。

六、成果的推广应用效果

1、教研成果丰硕

项目负责人作为专业负责人获批《新能源科学与工程》国家级一流本科专业建设点；成果主要完成人发表教学教研论文 3 篇，获批教研项目 1 项。

2、学生科创能力显著提升

课程实践环节提出的创新作品的初步设计题目及方案，在课程结束后，在指导老师的进一步精心指导下，学生利用第二课堂和业余时间，经过进一步优化方案、制作模型、开展试验，并积极参加校级和国家级“节能减排大赛”，校级、省级和国家级“挑战杯”等科创竞赛，取得了较好的成绩，获各类大学生科技竞赛厅局级以上奖励 15 项。

七、结论

甘肃省高等教育教学成果培育项目“课赛融合大学生创新能力的混合式培养模式及实践”以新能源利用技术系列课程为平台，以节能减排基地为优秀作品培育提升平台，节能减排大赛和其它科技竞赛为创新能力提升平台，创新教学模式和方法，采用“理论+实践”、“讲座+互动”的形式，充分利用在线课程平台和第二课堂与学生交流，积极引导学生和教师参与科创项目，构建了“三层次+八专题”理论教学体系、“创新团队+导师制”实践教学体系和三级教学评价体系，注重参赛，保证培养的延续性，形成了一种基于课程化的大学生创新能力培养模式，教学形式新颖，有效调动了学生的积极性和参与性，取得了良好的实践效果，受到了师生的一致好评，形成了一项优秀的教学成果，可在其它学校、专业和类似课程进行推广应用。

4、学科建设

4.1 专业建设

校友会2025中国大学新能源科学与工程专业排名（研究型）

档次	全国排名	学校名称	星级	办学层次
A++	1	西安交通大学	7★	世界知名高水平、中国顶尖研究型专业
A+	2	华中科技大学	5★	中国一流研究型专业
A+	3	北京工业大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	长沙理工大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	河海大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	华北电力大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	江苏大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	昆明理工大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	兰州理工大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	内蒙古工业大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	青岛科技大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	沈阳航空航天大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	厦门大学	4★	中国高水平研究型专业
A+	3	中南大学	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	东北大学	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	东北电力大学	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	南京大学	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	南京理工大学	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	上海交通大学	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	香港中文大学（深圳）	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	浙江大学	4★	中国高水平研究型专业
B++	15	重庆大学	4★	中国高水平研究型专业
B+	23	福建师范大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	23	哈尔滨工业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	23	吉林农业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	23	沈阳工业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	北京科技大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	北京信息科技大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	长江大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	东北农业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	东南大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	福建农林大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	贵州大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	河北工程大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	河北工业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	河南农业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	吉林大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	济南大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	暨南大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	江苏海洋大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	兰州交通大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	内蒙古农业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	南京林业大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	南开大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	青岛大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	山东大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	上海理工大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	深圳大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	西安理工大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	西南交通大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	西南石油大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	新疆大学	3★	中国区域一流研究型专业
B+	27	云南师范大学	3★	中国区域一流研究型专业

教育部办公厅

教高厅函（2021）7号

教育部办公厅关于公布 2020 年度国家级和 省级一流本科专业建设点名单的通知

各省、自治区、直辖市教育厅（教委），新疆生产建设兵团教育局，有关部门（单位）教育司（局），部属各高等学校、部省合建各高等学校：

根据《教育部办公厅关于实施一流本科专业建设“双万计划”的通知》（教高厅函〔2019〕18号），我部组织开展了2020年度国家级和省级一流本科专业建设点报送工作。经各高校网上申报、高校主管部门审核，教育部高等学校教学指导委员会评议、投票推荐，我部认定了3977个国家级一流本科专业建设点，其中中央赛道1387个、地方赛道2590个。同时，经各省级教育行政部门审核、推荐，确定了4448个省级一流本科专业建设点。现将名单予以公布（见附件1、2）。请各地各高校继续加强专业建设，不断提高人才培养质量。

- 附件：1. 2020 年度国家级一流本科专业建设点名单（分送）
2. 2020 年度省级一流本科专业建设点名单（分送）

教育部办公厅

2021 年 2 月 10 日

（此件依申请公开）

部内发送：有关部领导，办公厅

教育部办公厅

2021 年 2 月 22 日印发

附件 1

2020 年度国家级一流本科专业建设点名单

序号	高校名称	专业名称	备注
1	兰州理工大学	应用物理学	
2	兰州理工大学	应用化学	
3	兰州理工大学	材料成型及控制工程	
4	兰州理工大学	过程装备与控制工程	
5	兰州理工大学	金属材料工程	
6	兰州理工大学	高分子材料与工程	
7	兰州理工大学	新能源科学与工程	
8	兰州理工大学	通信工程	
9	兰州理工大学	建筑学	
10	兰州理工大学	市场营销	

甘肃省教育厅文件

甘教高〔2017〕44号

省教育厅关于公布 2017 年甘肃高等学校 质量工程及创新创业教育改革项目 获奖名单的通知

各高等学校：

根据《教育部、财政部关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》精神和我厅 2017 年度工作安排，经各高校积极推荐、评委会专家严格评选和公示，共评出 2017 年度高校教学名师 20 名，教学团队 20 个，精品资源共享课 60 门、实验教学示范中心 15 个、特色专业 30 个，决定对甘肃农业大学“安宁五校战略联盟”共享实践基地建设模式研究”等 87 个高等学校创新创业教育改革项目予以立项支持（名单及经费支持情况见附件）。

根据省财政厅相关经费管理规定，以上项目中，各省属、市（州）高校项目经费由省财政厅统一拨付，各部属院校项目经费自筹。

各高校要加强对高等学校质量工程和创新创业教育改革项目的管理、指导和建设工作，对近年来建设的校级、省级和国家级项目进行全面梳理，继续加大经费投入，给予政策支持，发挥好各项目在教学改革中的带动和示范作用。希望全省高校广大教师以获奖团队和获奖教师为榜样，积极投身教育教学改革实践，落实立德树人根本任务，以服务甘肃发展为宗旨，以推进素质教育为主题，以提高人才培养质量为核心，为我省高等教育事业发展做出更大贡献。

- 附件：1. 2017年甘肃省高校教学名师名单
2. 2017年甘肃省高校教学团队名单
3. 2017年甘肃省高校精品资源共享课名单
4. 2017年甘肃省高校实验教学示范中心名单
5. 2017年甘肃省高校特色专业名单
6. 2017年甘肃省高校创新创业教育改革项目评审结果



甘肃省教育厅办公室

2017年12月14日印发

附件5

2017年甘肃省高等学校特色专业名单

序号	学校	专业名称	专业代码	学制	专业负责人	支持经费 (万元)
1	兰州大学	化学工程与工艺	081301	四年	严世强	自筹
2	兰州理工大学	通信工程	080703	四年	王惠琴	5
3	兰州大学	预防医学	100401K	五年	刘兴荣	自筹
4	兰州交通大学	应用化学	070302	四年	董文魁	5
5	甘肃农业大学	园林	090502	四年	田青	5
6	甘肃农业大学	食品质量与安全	082702	四年	梁琪	5
7	西北师范大学	地理信息科学	070504	四年	赵军	5
8	西北师范大学	广播电视编导	130305	四年	徐兆寿	5
9	兰州理工大学	新能源科学与工程	080503T	四年	李德顺	5
10	西北民族大学	民族学	030401	四年	满珂	自筹
11	兰州财经大学	金融工程	020302	四年	杨世峰	5
12	甘肃中医药大学	医学影像学	100203TK	五年	周晟	5
13	甘肃政法学院	政治学与行政学	030201	四年	张映文	5
14	甘肃政法学院	信息安全	080904K	四年	安德智	5
15	兰州财经大学	经济统计学	020102	四年	庞智强	5
16	河西学院	应用化学	070302	四年	岳国仁	5
17	天水师范学院	戏剧影视文学	130304	四年	郭文元	5
18	甘肃建筑职业技术学院	建筑室内设计	540104	三年	马江	5
19	西北民族大学	舞蹈表演	130204	四年	李琦	自筹
20	甘肃畜牧工程职业技术学院	畜牧兽医	510301	三年	李和国	5
21	甘肃交通职业技术学院	工程造价	540502	三年	王国强	5

兰州理工大学文件

兰理工发〔2020〕189号

关于公布 2020 年度兰州理工大学红柳一流专业 建设项目入选专业及经费资助的通知

校属各单位、部门：

根据《兰州理工大学红柳一流专业建设实施与管理办法》（兰理工党发〔2018〕93号）文件精神，结合学校学术委员会本科生教学指导专门委员会会议答辩评审及外审专家材料评审结果，经2020年7月16日校长办公会会议研究审定，同意材料成型及控制工程等5个专业入选2020年度学校红柳重点专业建设项目。现将入选专业及资助经费予以公布（附件1）。

请入选专业所在学院及专业教学基层组织，结合校内外专家评审意见和建议，认真研究讨论，进一步调整细化专业建设内容、措施及经费预算，确保项目顺利实施；并于2020年9月30日前将2020年度红柳一流专业建设项目预算申报表（附件2）电子版发送至教务处张轶OA邮箱。

联系人：张轶 联系电话：2973740

附件：1. 2020 年入选红柳重点专业及经费资助额度
2. 2020 年度红柳一流专业建设项目预算申报表



兰州理工大学办公室

2020 年 8 月 27 日 印发

附件 1:

2020 年度入选红柳重点专业及经费资助额度

序号	专业	专业负责人	学院	资助经费 (万元)
1	材料成型及控制工程	阎峰云	材料学院	80
2	新能源科学与工程	李银然	能动学院	80
3	工商管理	孙金岭	经管学院	50
4	建筑学	安玉源	设艺学院	80
5	食品科学与工程	任海伟	生命学院	80

甘肃省教育厅

甘教高函〔2022〕11号

甘肃省教育厅关于公布 2022 年高等学校人才培养质量提高和创新创业教育改革项目的通知

各普通高校：

根据《甘肃省教育厅关于做好 2022 年高等学校人才培养质量提高项目申报工作的通知》和《甘肃省教育厅关于开展 2022 年高等学校创新创业教育改革项目申报工作的通知》安排，经各高校遴选推荐、省教育厅初审、专家网络评审、线上答辩评审、厅党组会议研究审议和网上公示，共评选出 2022 年省级教学名师 26 人，教学团队 30 个，实验教学示范中心 14 个，教学成果培育项目 200 项，青年教师成才奖 34 人；创新创业教育示范学院 5 个，创新创业实践教育示范中心 9 个，创新创业教育示范专业 18 个，创新创业教育示范课程 20 门，创新创业教育教学名师 15 人，创新创业教育教学团队 16 个，创新创业教育教学改革研究项目 85 项。现将名单予以公布。

各高校要紧紧围绕全面提高人才培养质量这个核心，以

教学为根本，坚持学生中心、结果导向、持续改进理念，深化教育教学改革，发挥人才培养质量提高项目的牵引带动作用，形成高水平人才培养体系，加快建设一流本科教育。要持续深化创新创业教育改革，坚持创新引领创业、创业带动就业，强化校、省、国家三级创新创业教育项目体系建设，完善高校创新创业教育体制机制，加大创新创业人才培养力度，增强学生的创新精神、创业意识和创新创业能力。

- 附件：1. 2022 年甘肃省高等学校人才培养质量提高项目
立项名单
2. 2022 年甘肃省高等学校创新创业教育改革项目
立项名单



三、实验教学示范中心

序号	中心名称	中心负责人	所在学校
1	过程工程通用实验教学示范中心	常彦龙	兰州大学
2	新能源电力变换与控制实验教学示范中心	陈伟	兰州理工大学
3	生物技术实验教学示范中心	司怀军	甘肃农业大学
4	地理学实验教学示范中心	焦亮	西北师范大学
5	计算机实验教学示范中心	赵柱	河西学院
6	临床兽医实验教学示范中心	霍生东	西北民族大学
7	汽车服务工程实验教学示范中心	刘广桥	兰州城市学院
8	教师教育实验实训教学示范中心	杨学良	天水师范学院
9	土木与环境工程实验教学示范中心	袁尚科	兰州工业学院
10	商科实验教学示范中心	马永祥	陇东学院
11	电工电子实验教学示范中心	闫璞	兰州信息科技学院
12	法庭科学实验教学示范中心	郑永红	甘肃政法大学
13	康复医学实验教学示范中心	刘君奇	甘肃医学院
14	农村电商运营实验教学示范中心	杜理明	陇南师范高等专科学校

兰州理工大学教务处文件

兰理工教学[2018]第 056 号

关于对 2017 年、2018 年省级教学质量与教学改革工程项目进行资助建设的通知

各学院（部）：

根据省教育厅相关文件精神，为继续做好本科教学质量与改革项目建设工作，学校决定对 2017 年、2018 年获批立项的省级教学质量与教学改革工程项目予以资助建设，建设期二年（名单及资助金额见附件 1）。

各建设项目要紧紧围绕科学定位、特色发展、提高质量的总体目标，进一步完善并积极实施教学改革和教学质量建设方案，归口学院要进一步加强项目建设的执行和监督力度，确保项目建设进度、建设投资和预期目标的实现，切实发挥好各项目在教学改革中的示范引领和辐射带动作用。

除引进和使用优质在线课程项目外，其余受资助项目须填写《本科教学质量与教学改革工程项目建设任务书》（附件 2），并于 10 月 14 日前报送至教务处教研科（8 号楼 204 室）。

附件 1：2017 年、2018 年省级教学质量与教学改革工程项目
目名单

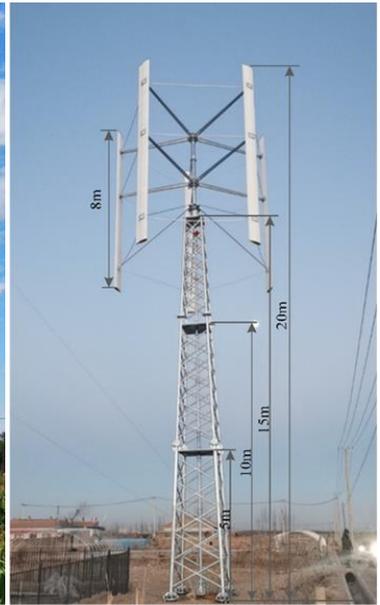
附件 2：本科教学质量与教学改革工程项目建设任务书

兰州理工大学教务处

2018 年 9 月 17 日

附件1: 2017年、2018年省级教学质量与教学改革工程项目资助名单

项目类别	项目名称	项目负责人	所在部门	立项时间	资助经费(万元)
省级教学团队	钢结构课程群教学团队	王秀丽	土木学院	2017年	5
	化学工程与工艺教学团队	李贵贤	石化学院	2018年	5
省级实验教学示范中心	土木工程防灾减灾实验教学中心	罗维刚	土木学院	2017年	5
	新能源科学与工程实验教学示范中心	李银然	能动学院	2018年	5
省级特色专业	通信工程	王惠琴	计通学院	2017年	5
	新能源科学与工程	李德顺	能动学院	2017年	5
	城乡规划	刘奔腾	设艺学院	2018年	5
	工程管理	樊技飞	土木学院	2018年	5
	国际经济与贸易	魏琦	经管学院	2018年	5
省级精品资源共享课	CAD/CAM技术及综合训练	杨 萍	机电学院	2017年	2
	结构力学	杜永峰	土木学院	2017年	2
	水污染控制工程	赵 霞	石化学院	2017年	2
	产品系统设计	李奋强	设艺学院	2017年	2
	机械工程综合测绘	吴 卓	机电学院	2017年	2
	金属材料学	张建斌	材料学院	2017年	2
	马克思主义基本原理	杨 莉	马克思主义学院	2017年	2
	大学物理	戴剑锋	理学院	2018年	2
	高级会计学	张巧良	经管学院	2018年	2
	化工流体力学	余龙	石化学院	2018年	2
	传统养生体育	姚剑文	体育部	2018年	2
	线性代数	马成业	理学院	2018年	0.3
	Visual Basic 6.0 程序设计	王春霞	计通学院	2018年	0.3
	电路	林洁	电信学院	2018年	0.3



景泰风力机外场实验基地

风洞实验平台



风沙风洞平台





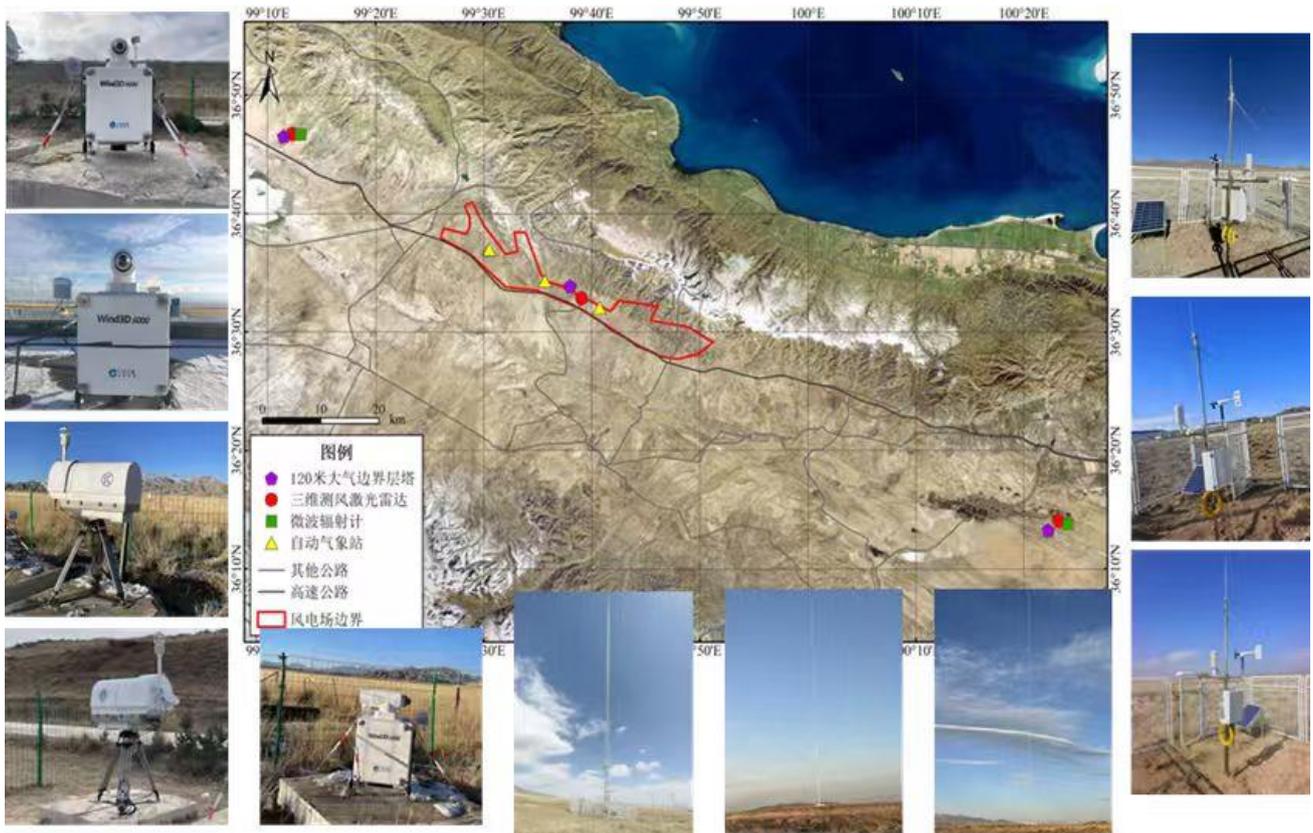
直流式低速风洞 (2m x 2m)



回流式风洞

兰州理工大学风沙两相流风洞实验平台

291

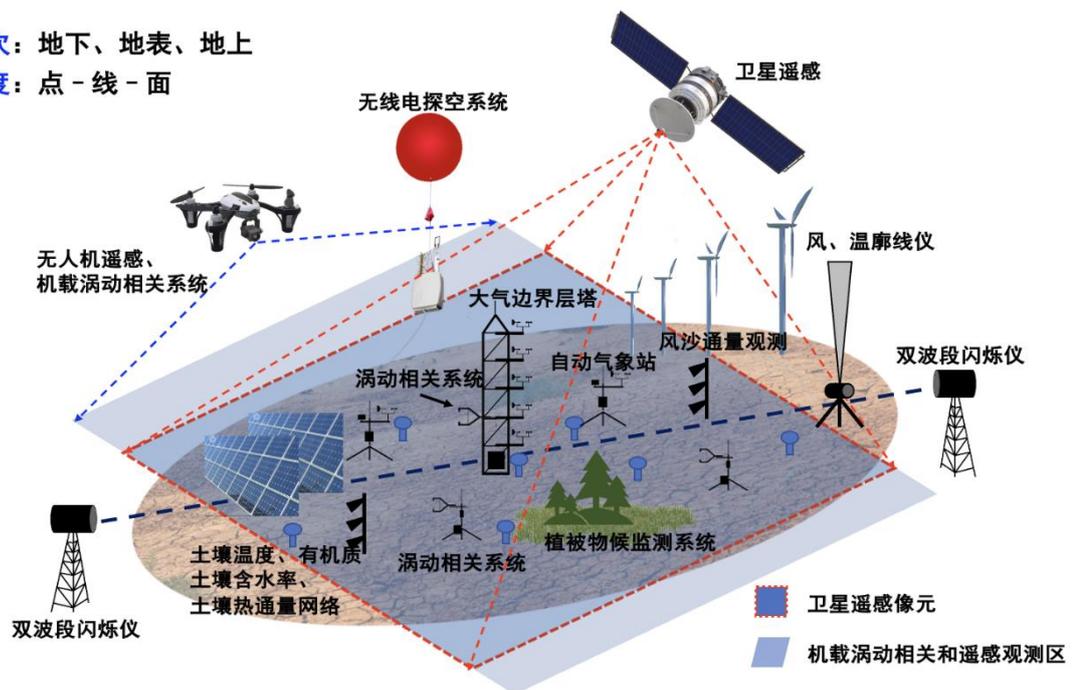


新能源空天地一体化外场监测及实验协同创新基地实景平台

多层次、多尺度综合监测系统

多层次：地下、地表、地上

多尺度：点 - 线 - 面



新能源空天地一体化外场监测及实验协同创新基地示意图



新能源教学与实验基地建设



并行计算平台

5、高水平论文

5.1 科研论文

Renewable Energy 256 (2026) 124531



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene



Interaction between wind turbine wakes and sand transport in a wind-sand environment

Gaosheng Ma, Quan Zheng , Deshun Li , Pengqi Wang, Lingduo Kong

School of Green Energy and Storage, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu, 730050, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Wind turbine wake
Particle transport
Actuator line method
Large eddy simulations
Particle trajectory

ABSTRACT

The siting of onshore wind farms has shifted from populated areas to desert and Gobi regions, where land costs are lower and noise pollution is minimal. As a result, turbines operate in wind-sand environments for extended periods. This study uses the Actuator Line Method (ALM) and Large Eddy Simulations (LES) to model wind turbine operations and flow fields, while the Multiphase Particle-in-Cell model simulates sand particle behavior. We investigate the effects of sand particles on turbine wake structure, energy distribution, and particle dispersion in a uniform incoming flow with mixed particle sizes. Snapshot Proper Orthogonal Decomposition (SPOD) analysis reveals that sand particles diminish the scale of the wind turbine wake structures. The lower-order modes exhibit a reduced contribution of energy to the flow field under sand-laden conditions compared to clean incoming flow. The particles reduce the wake flow velocity, the magnitude of the Reynolds principal stress, and the fluctuation amplitude of the Reynolds shear stress within the wake region. Particles passing near the blade tip travel along the wake periphery, exhibiting an initial expansion followed by a contraction in the near-wake region. Within the wind turbine wake, sand particles exhibit intricate winding motions, with smaller particles displaying more complex trajectories. A triangular region of reduced sedimentation forms on the ground approximately 10D downstream of the turbine, compared to the case without a turbine.

1. Introduction

With an increasing demand for renewable energy sources, wind power has gained considerable attention due to its environmentally friendly nature and sustainability. The International Energy Agency (IEA) highlights that onshore wind energy possesses immense potential for expansion worldwide and will significantly contribute towards augmenting global installed capacity of renewable energies [1]. It is noteworthy that there has been a gradual shift in locating onshore wind farms from densely populated regions towards less inhabited areas such as deserts or the Gobi region, which are susceptible to dust storms. This transition reduces land costs and minimizes concerns related to noise pollution. As illustrated in Fig. 1, which shows the global distribution of wind resources and deserts, many high-wind-potential regions coincide with arid and desert areas (e.g., the Gobi Desert, Sahara Desert). Consequently, turbines in these locations consistently endure challenging weather conditions characterized by strong winds and sand exposure.

When a wind turbine is subjected to a two-phase wind-sand flow, the

wake of the turbine, as complex turbulent structures, can exert significant influence on the distribution and movement of sand particles within it. In the study of particle-turbulence interaction, as early as the late 20th century, Maxey [2] theoretically derived and numerically demonstrated that particles tend to accumulate in regions characterized by high strain rates and low vorticity. He was the first to demonstrate that particle inertia can significantly enhance sedimentation velocity. Subsequently, Elghobashi et al. [3] employed high-resolution direct numerical simulations (DNS) to quantify the competitive interplay between gravity and inertia in turbulent particle dispersion. Squires [4] and Eaton et al. [5] proposed that turbulence can selectively concentrate heavy particles, challenging the prevailing notion that "turbulence enhances mixing". Eaton and Fessler further identified a universal mechanism underlying preferential particle concentration in turbulent flows and established the Stokes number (St) as a critical parameter governing this behavior. Subsequent research in combustion revealed that high compressibility can entirely suppress selective diffusion [6], highlighting the significant influence of particle residence time [7]. Lazaro et al. [8] experimentally observed for the first time that the droplet

* Corresponding author.

E-mail address: lideshun_8510@sina.com (D. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124531>

Received 8 May 2025; Received in revised form 25 September 2025; Accepted 25 September 2025

Available online 26 September 2025

0960-1481/© 2025 Published by Elsevier Ltd.



Aerodynamic optimization of wind turbine airfoil under dynamic stall condition

Qing Wang^{*}, Ping Ma, Xiang Zhang, Shoutu Li

School of Green Energy and Storage, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

ARTICLE INFO

Keywords:
Dynamic stall
Airfoil
Wind turbine
Optimization

ABSTRACT

To alleviate the effects of dynamic stall on wind turbines, this study uses the Kriging model coupled with computational fluid dynamics to optimize the geometric profile of a wind turbine airfoil under dynamic stall conditions based on the classic S809 airfoil. The implicit LU-SGS method is coupled with the dual time-stepping method to calculate the unsteady flowfield. The SST $k-\omega$ turbulence and $\gamma-Re_{\theta}$ transition models are employed to solve the N-S equations. With the S809 airfoil as the baseline, the optimization yields an airfoil with a weaker LEV. Simulation results reveal that the maximum drag coefficient of the optimized airfoil decreases by approximately 82.3 % at the design point, and the lift coefficient hysteresis loop decreases significantly. Additionally, applying the optimized airfoil to a wind turbine improves the aerodynamic characteristics under yaw conditions, indicating that the optimization technique is suitable for designing airfoil profiles under dynamic stall conditions.

1. Introduction

Due to the influence of atmospheric turbulence, wind shear, yaw misalignment, and other factors, the incoming wind of a horizontal-axis wind turbine (HAWT) airfoil, particularly one in complex terrain, is not under an ideal inflow. Therefore, the angle of attack (AoA) of an airfoil varies with the azimuth of the wind rotor, inevitably causing a dynamic stall phenomenon [1,2] (Fig. 1). To increase the power production of wind farms, some researchers [3,4] have explored cooperative yaw control. However, the freestream velocity (V_{∞}) induces a velocity component within the rotor plane under yawed conditions. This component combines with the rotational velocity of the rotor, resulting in periodic variations of the inflow angle at different blade azimuth angles. Consequently, the airfoil's AoA undergoes periodic variations, which inevitably induce dynamic stall. A wind turbine operating under dynamic stall conditions can cause many problems, such as power fluctuations, blade fatigue damage, and stall flutter, because the actual operating conditions of a blade differ from the design conditions [5,6]. With the large-scale application of HAWTs [7], the effects of dynamic stall have become increasingly severe. Therefore, research into dynamic stall is important for engineering applications as controlling it would benefit wind turbine design and wind farm maintenance, particularly for wind farms on complex terrains.

Early research on the dynamic stall phenomenon focused on helicopter aerodynamics [8,9]. The mechanisms of dynamic stall have been investigated using experiments and computational fluid dynamics (CFD), such as the compressibility effects [10], boundary layer transition [11], and the effect of reduced frequency on the dynamic stall delay [12]. Recently, dynamic stall of wind turbines has been of interest to researchers, particularly for vertical-axis wind turbines. Studies reveal that the dynamic stall of a VAWT typically occurs at a lower tip speed ratio [13], while increased tip speed ratios will delay the formation of the leading-edge vortex due to diminished AoA variations at a higher tip speed ratio. This reduction attenuates total circulation feeding into the leading-edge vortex [14]. Consequently, the dynamic stall control can be effectively achieved through AoA variation or velocity circulation adjustment at different azimuth angles [15,16]. In contrast to vertical-axis wind turbines, the dynamic stall of a HAWT is mainly attributed to factors such as wind shear, yaw misalignment, and blade vibration [17], resulting different load characteristics. For instance, the drag coefficient (C_d) during pure-heaving motions exceeds this in pure-pitching motions [18]. Studies further demonstrates that a high reduced frequency can delay the boundary layer reattachment [19], and the generation of dynamic stall vortices occurs earlier as the AoA increases [20]. In addition, the turbulence also has a significant impact on the dynamic stall characteristics of an airfoil [21], i.e., a higher

^{*} Corresponding author.

E-mail address: wangqing_lut@foxmail.com (Q. Wang).

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.137588>

Received 12 January 2025; Received in revised form 11 July 2025; Accepted 15 July 2025

Available online 19 July 2025

0360-5442/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Dynamic stall characteristics of wind turbine airfoil in sand-wind environment

Qing Wang, Muyao Yu, Deshun Li^{*}, Rennian Li

College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

ARTICLE INFO

Handling Editor: Prof. A.I. Incecik

Keywords:

Wind turbine
Airfoil
Dynamic stall
Sand-wind environment
CFD

ABSTRACT

Although the traditional dynamic stall has been well studied, the effect of sand particle on dynamic stall characteristics is seldom considered in the previous studies. Therefore, a research about dynamic stall of the S809 airfoil is accomplished under a sand-wind environment. The unsteady CFD method and the discrete phase model (DPM) are adopted in this research to simulate the dynamic stall characteristic of the S809 airfoil. The influence of different sand particle diameters and different particle concentrations on airfoil dynamic stall characteristics is studied respectively. The simulated results indicate that the maximum lift coefficient and drag coefficient with particle diameter of 10 μm decrease about 2.18% and 2.52% respectively compared with that of the clear air. Meanwhile, the maximum lift coefficient decreases about 6.93% for the case of particle concentration with 62.6 g/m^3 . The simulated results also indicate that the lift coefficient and drag coefficient decreasing are enlarged with particle concentration increasing. This tendency indicated that the efficiency of a wind turbine would be reduced in sand storm weather.

1. Introduction

The wind power has become one of the important clean energy sources. However, many wind turbines are located in desert or arid region, where sandstorm weather is often happened. As a result, the power characteristic and service life of wind turbines would be decreased due to the effect of shape erosion (Mohammed and Aboelyazied, 2007). Few studies indicated that the blade erosion could reduce the annual power generation about 25% (Sareen et al., 2014). Due to the influence of atmospheric turbulence, boundary layer effect, tower shadow effect and yaw condition, wind turbines usually work under unsteady flow condition, which could cause dynamic stall phenomenon (Zhang et al., 2022). By the effect of dynamic stall, the unsteady aerodynamic loads are much larger than the steady aerodynamic loads (Lynette, 1989). Although the dynamic stall characteristics have been well studied in the past years, the effect of sand particle on dynamic stall is seldom considered in the previous studies. However, the aerodynamic characteristics of wind turbine are easily changed by particle, because the boundary layer transition is sensitive for external disturbance. Therefore, the study of the dynamic stall characteristics under sand-wind environment is important for engineering application, especially for the wind turbine in an arid or desert region.

The dynamic stall research was concentrated in the field of a helicopter at the earliest time, while the research on dynamic stall of a wind turbine is relatively lagging behind. At the end of 1980s, Bitterfield, 1988 conducted quantitative research on the dynamic stall phenomenon of wind turbine blades through experiments. In the early 1990s, the National Renewable Energy Laboratory of the United States began to conduct a series of experimental studies on full-scale wind turbines (Snel, 1998), and these experimental data could help researchers to understand the dynamic stall phenomenon deeply. Some dynamic stall studies (Yu et al., 2010; Pereira et al., 2013; Liu et al., 2020; Mamouri et al., 2020) about wind turbine airfoils were accomplished to explore the physical mechanism of dynamic stall. To explain the difference of dynamic stall between the two-dimension and three-dimension condition, Zhu et al. (2021) compared the dynamic stall characteristics of airfoil and non-rotating blade under pitching oscillation. Samara and Johnson, 2020 studied the dynamic stall of a pitch arc airfoil with phase offset trailing edge flaps. Since the dynamic stall is an inevitable phenomenon for vertical axis wind turbine (VAWT), Rezaeiha et al. (2019) performed CFD analysis of a dynamic stall process of vertical axis wind turbine based on Scale-Adaptive simulation. Jain and Saha, 2020 studied the influence of blade thickness aspect ratio on the dynamic stall phenomenon of a H-Darrieus wind rotor. Tirandaz and Rezaeiha, 2021

^{*} Corresponding author. College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, China.
E-mail address: lideshun_8510@sina.com (D. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.114080>

Received 31 December 2022; Received in revised form 8 February 2023; Accepted 26 February 2023

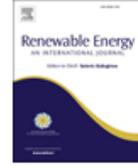
Available online 4 March 2023

0029-8018/© 2023 Published by Elsevier Ltd.



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Effects of fluctuating velocity on dynamic stall of vertical axis wind turbine airfoil

Qing Wang^a, Ping Ma^a, Zhenzhou Zhao^b, Deshun Li^{a,*}

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^b College of Energy and Electrical Engineering, Hohai University, Nanjing, 211100, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Vertical axis wind turbine
Dynamic stall
Airfoil
Fluctuating velocity

ABSTRACT

In contrast to the classical dynamic stall with steady velocity, the dynamic stall phenomenon observed in vertical axis wind turbines encompasses not only periodic variations in the angle of attack but also periodic fluctuation in velocity. Therefore, this study performs a research to deepen understanding of the dynamic stall characteristics of an airfoil used in a vertical axis wind turbine when subjected to fluctuating velocities. The formation of the leading-edge vortex is brought forward for a larger resultant velocity and postponed for a smaller one, according to the comparing the dynamic stall characteristics under different fluctuating velocities and phase angles. Meanwhile, the convection and dissipation of the leading-edge vortex is also diminished as a result of the smaller resultant velocity. As a result, the aerodynamic loads, particularly the drag coefficient, present a nonsymmetrical form. Finally, the tangential force coefficient of an airfoil under fluctuating velocity is shown to have a larger peak in the upwind region and smaller peak in the downwind region, indicating that the blade of a vertical axis wind turbine would suffer more obviously aerodynamic imbalance under a lower tip speed ratio condition.

Nomenclature

c	= chord length of an airfoil	V_{res}	= resultant velocity
C_l	= lift coefficient	V_f	= fluctuating velocity
C_d	= drag coefficient	V_w	= average velocity
C_t	= tangential force coefficient	V_{∞}	= far-field freestream velocity
C_n	= thrust coefficient	\mathbf{W}	= conserved variables
C_p	= pressure coefficient	α	= instantaneous angle of attack
F_c	= convective fluxes	α_m	= mean angle of attack
F_v	= viscous fluxes	α_v	= variable angle of attack
k	= $\frac{c}{2R}$, reduced frequency	β	= installation angle
\mathbf{M}	= transformation matrix	ρ	= airflow density
p	= local pressure	φ	= phase angle
R	= wind turbine radius	ψ	= azimuth angle
Re	= $\frac{\rho V_w c}{\mu}$, Reynolds number	λ	= blade tip speed ratio
t^*	= $\frac{tV_w}{c}$, dimensionless time	ω	= angular velocity
\mathbf{V}	= absolute velocity	Γ	= the Weiss-Smith preconditioning matrix

(continued on next column)

(continued)

c	= chord length of an airfoil	V_{res}	= resultant velocity
V_r	= relative velocity	Ω	= the volume of the computational mesh
V_i	= grid velocity		

1. Introduction

Compared with horizontal axis wind turbines, vertical axis wind turbines (VAWTs) can operate in any wind direction, and there is no need to yaw operation when the wind direction changes [1], which could reduce manufacturing costs and enhance system reliability. Furthermore, the gearboxes and generators can be located on the ground, which significantly reduces installation and maintenance costs [2]. The smaller blade tip speed ratio (TSR) of a VAWT can effectively reduce the aerodynamic noise of wind turbines [3]. In addition, VAWTs have a narrower range of wake influence, allowing for more wind turbines to be positioned in the same spatial position. As a result of the ongoing development of wind energy utilization technology, the VAWTs have progressively gained widespread attention and stand out in the

* Corresponding author.

E-mail addresses: wangqing_lut@foxmail.com (Q. Wang), 2441600863@qq.com (P. Ma), joephy@163.com (Z. Zhao), lideshun_8510@sina.com (D. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.120787>

Received 22 November 2023; Received in revised form 31 May 2024; Accepted 7 June 2024

Available online 7 June 2024

0960-1481/© 2024 Published by Elsevier Ltd.

Article

Experimental Research on the Effect of Particle Parameters on Dynamic Stall Characteristics of the Wind Turbine Airfoil

Deshun Li *, Ting He * and Qing Wang 

College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China
* Correspondence: lideshun@lut.edu.cn (D.L.); h1229785561@163.com (T.H.)

Abstract: The frequent appearance of sandy and dusty weather in Northwest China impacts the wind turbine. Meanwhile, the non-constant phenomena, dynamic stall speed during the wind turbine operation, will lead to large load fluctuations and unsafe operation. However, few studies have been conducted at home and abroad on the effect of particle parameters on the dynamic stall of airfoils. This paper investigates the impact of particle parameters on the airfoil dynamic stall through numerical simulation of the coupling between the continuous phase and discrete phase by using the SST $k-\omega$ turbulence model for a two-dimensional NACA 0012 airfoil. The effect of particle parameters on the airfoil dynamic stall aerodynamic performance, the impact of the flow field around the airfoil, and the particles motion were studied, respectively. The investigation shows a reduction in the aerodynamic performance of the airfoil, due to the addition of particles. The effect is more prominent under a large angle of attack and less under a small angle of attack. When the angle of attack increases, the loss rate of lift coefficient in the windy and sandy environment gradually decreases, while irregular fluctuations emerge when the angle of attack decreases, and the overall rate of change increases more significantly, compared to the stage of the increasing angle of attack. For the particle diameter under $50\ \mu\text{m}$, the larger the particle diameter, the more significant the change of lift coefficient becomes, as well as the larger the vortex volume near the airfoil's leading edge, and a large number of particles gather at the suction surface of the airfoil. For the particle diameter of $50\ \mu\text{m}$, the lift coefficient decreases at any angle of attack of the airfoil movement to the oscillation cycle, the vortex volume decreases, and a large number of particles gather at the pressure surface of the airfoil. However, for particle diameters above $50\ \mu\text{m}$, the lift coefficient gets reduced, followed by a decrease in the vortex volume near the airfoil leading edge with the increase of particle diameter, so that plenty of particles gather on the pressure surface of that airfoil. At the stage of increasing the airfoil angle of attack, with the increase of particle concentration, there is a gradual decrease of the peak lift coefficient and stall angle of attack of the airfoil, as well as a corresponding decrease of the drag coefficient divergence angle of attack and peak value. In contrast, when the airfoil angle of attack is decreased, the airflow reattachment process obviously lags behind that of the clean air. As the particle concentration increases, the airfoil separation point occurs earlier, and the higher the concentration, the earlier the separation point. The erosion maximum airfoil erosion rate increases with the particle concentration.

Keywords: wind turbine; airfoil; dynamic stall; particles; aerodynamic performance



Citation: Li, D.; He, T.; Wang, Q. Experimental Research on the Effect of Particle Parameters on Dynamic Stall Characteristics of the Wind Turbine Airfoil. *Energies* **2023**, *16*, 1849. <https://doi.org/10.3390/en16041849>

Academic Editor: Davide Astolfi

Received: 26 December 2022

Revised: 19 January 2023

Accepted: 9 February 2023

Published: 13 February 2023



Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The Northwest of China is rich in wind resources, yet there are frequent sandstorms, and sometimes strong ones, which makes it really easy for the wind turbines to operate in this environment and to develop certain erosions and tears on their blades, sometimes seriously affecting their aerodynamic performance. During the operation of the wind turbine, there is a more dramatic non-stationarity in the flow field, which leads to dynamic stall and high load fluctuations during most of the wind turbine operating time, resulting in instability phenomenon. Due to the complex working environment of wind turbines,



OPEN Optimized wake-superposition approach for multiturbine wind farms

Deshun Li^{1,2,3}, Jixiang Chang¹, Gaosheng Ma^{1,2,3}✉, Chunyu Huo¹ & Rennian Li^{1,2}

Optimizing the wind farm layout requires accurately quantifying the wind-turbine wake distribution to minimize interference between wakes. Thus, the accuracy of wind turbine wake superposition models is critical. The sum of squares (SS) model is currently touted as the most accurate, but its application in engineering is hampered by its overestimation of the velocity deficit of the mixed wake. Therefore, previous work relied on approximate power calculations for performing optimization. The physical meaning of the SS model is unclear, which makes optimization difficult. In this study, a univariate linear correction idea is proposed based on the linear increase phenomenon of the SS method error. The unknown coefficients are obtained by fitting experimental data. The results demonstrate that the proposed method can accurately quantify the full-wake two-dimensional distribution of the mixed wake.

Many countries are actively developing wind energy, which, as a renewable energy source, is expected to solve the energy crisis. Wind turbines convert wind energy into electrical energy through the interaction between the wind and blades. Incoming flow passing through the wind turbine creates a wake area with reduced wind velocity, which exchanges energy with the surrounding air and gradually returns to calm conditions as the wake develops. When the downstream wind turbine is in the wake region of the upstream wind turbine, its production capacity will be reduced, which can reduce annual power generation by as much as 10–20%¹. Therefore, studying wake interference between wind turbines is of great significance in site selection, arranging wind turbines, and predicting power from wind farms. The CFD method of solving the N-S equation can accurately simulate the wake effect. However, it requires numerous costly computations and is difficult to apply in complex environments. Therefore, convenient and concise analytical wake models are popular in the wind industry. Therefore, this study proposes an optimized superposition model for wind Turbines, which can better meet the urgent needs of the industry.

In 1986, Jensen² derived the Park one-dimensional (1D) model based on the conservation of momentum. Building upon it, Tian³ and Zhang⁴ both used a cosine-shape function to redistribute the wake deficit in the lateral direction and an extended two-dimensional (2D) model. Yang^{5,6} then proposed the wake model of Gaussian distribution and quadratic polynomial distribution (Park-Gauss model and Park-polynomial model), which can accurately simulate the far wake. The above models utilize the Park model to solve the 1D wake and then apply a specified equation to redistribute the wake. Ge⁷ argued that this violated the local mass conservation and proposed a 2D wake model that directly extends the Jensen model. Due to the complete obstruction of free flow in the center of the rotor, the near wake has a "W" shape⁸. To solve this problem, Keane^{9,10} proposed a full wake model based on the double Gaussian assumption of the wake distribution, but it had the worst agreement with the LES data compared to other models¹¹. Later, some scholars^{12–14} proposed a wake model for the yaw condition.

The above research involves the wake model of a single wind turbine. In practical engineering, the wake interference between multiple wind turbines needs to be considered, and the superposition of wake models often simulates the actual wake situation. The commonly used wake superposition methods¹⁵ are the geometric sum (GS), linear superposition (LS), energy balance (EB), and the sum of squares of velocity deficits (SS). LS, proposed by Lissaman¹⁶, assumes that the velocity deficit of a mixed wake is equal to the sum of the velocity deficits of each upstream unit. Crespo¹⁷ found that the LS method overestimated the velocity deficit of the mixed wake and even had a negative velocity value. ES is an energy conservation model based on a simplified energy equation, which assumes that the sum of the kinetic energy losses of the incoming flow after passing through each upstream unit is equal to the kinetic energy loss in the mixed-wake region. In contrast, SS, which is currently the most widely

¹College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, 287 LanGongPing Road, Qilihe District, Lanzhou 730050, China. ²Gansu Provincial Technology Centre for Wind Turbines, Lanzhou 730050, China. ³Gansu Provincial Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems, Lanzhou 730050, China. ✉email: magsh@lzu.edu.cn

Numerical and experimental study of the effects of wind turbine operation on sand-dust transport characteristics

Gaosheng Ma^{1,2,3}, Hong Han¹, Ye Li^{2,4*}, Deshun Li^{1,2,3*}, Yan Wang^{1,2,3}, Ning Fu¹,
Quan Zheng¹, and Rennian Li^{1,2,3}

¹ School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

² Gansu Provincial Technology Center for Wind Turbines, Lanzhou 730050, China;

³ Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems, Lanzhou 730050, China;

⁴ Multiple Function Towing Tank Laboratory, State Key Laboratory of Ocean Engineering, School of Naval Architecture, Ocean and Civil Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

Received August 13, 2023; accepted November 21, 2023; published online March 11, 2024

Given factors such as reduced land availability for onshore wind farms, wind resource enrichment levels, and costs, there is a growing trend of establishing wind farms in deserts, the Gobi, and other arid regions. Therefore, the relationship between sand-dust weather environments and wind turbine operations has garnered significant attention. To investigate the impact of wind turbine wakes on sand-dust transportation, this study employs large eddy simulation to model flow fields, coupled with an actuator line model for simulating rotating blades and a multiphase particle in cell model for simulating sand particles. The research focuses on a horizontal axis wind turbine model and examines the motion and spatiotemporal distribution characteristics of four typical sizes of sand particles in the turbine wake. The findings reveal that sand particles of varying sizes exhibit a spiral settling pattern after traversing the rotating plane of wind turbine blades, influenced by blade shedding vortex and gravity. Sand particles tend to cluster in the peripheries of the vortex cores of low vorticity in the wind turbine wake. The rotation of wind turbines generates a wake vortex structure that causes a significant clustering of sand particles at the tip vortex. As the wake distance increases, the particles that cluster at the turbine's tip gradually spread outward to approximately twice the rotor diameter and then begin to mix with the incoming flow environment. Wind turbines have a noticeable impact on sand-dust transportation, hindering their movement to a significant extent. The average sand-blocking rate exhibits a trend of initially increasing and then decreasing as the wake distance increases. At its peak, the sand-blocking rate reaches an impressive 67.55%. The presence of wind turbines induces the advanced settling of sand particles, resulting in a "triangular" distribution of the deposition within the ground projection area of the wake.

wind turbine, particle transportation, actuator line model, dry deposition, particle clustering

PACS number(s): 47.55.Kf, 47.27.wb, 89.30.Ee, 92.40.Gc, 47.85.Gj

Citation: G. Ma, H. Han, Y. Li, D. Li, Y. Wang, N. Fu, Q. Zheng, and R. Li, Numerical and experimental study of the effects of wind turbine operation on sand-dust transport characteristics, *Sci. China-Phys. Mech. Astron.* 67, 244711 (2024), <https://doi.org/10.1007/s11433-023-2284-1>

1 Introduction

As a renewable energy source with clean and widely dis-

tributed resources, wind power has garnered the attention and investment of numerous countries committed to developing low-carbon economies, leading to rapid growth in the wind power industry. However, after years of development, the site selection for onshore wind power has expanded from

*Corresponding authors (Ye Li, email: ye.li@sjtu.edu.cn; Deshun Li, email: lideshun_8510@sina.com)



Contents lists available at ScienceDirect

Chemical Engineering Science

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ces

Effect of rigid wall geometry on the jet impact characteristics generated by cavitation bubble collapse

Xiaobo Shen^a, Wei Han^{a,b,c,*}, Rennian Li^{a,d,**}, Shiqi Yang^a, Qingduo Meng^a, Haozhi Nan^a, Lu Bai^a, Yifan Dong^a

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China

^b Key Laboratory of Advanced Pumps Valves and Fluid Control System of the Ministry of Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China

^c Jiuquan Institute of Advanced Technology, Lanzhou University of Science and Technology, Jiuquan, Gansu 735000, China

^d Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems, Lanzhou, Gansu 730050, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Cavitation bubble
Jet
Rigid wall
Kinetic energy
Impact Characteristics

ABSTRACT

This study addresses utilizing the jet impact effects of cavitation. Near three types of rigid walls, λ (bubble position) and γ (wall geometry), were used to define jet characteristics. Results show that jet velocity (v_{jet}) decreases with λ near flat walls, increases near convex walls, and peaks at $\lambda \approx 1$. Near concave walls, for λ and $\gamma \approx 1$, an acceleration effect is observed. For $0 < \lambda < 1$, convex walls with $\lambda < 0.3$ and concave walls with $\gamma > 1.2$ lead to larger jet head angles (α), with a more rounded morphology and lower velocity. Concave walls with $\gamma > 1.2$ reduce jet intensity and cavitation damage, while convex walls with $\lambda < 0.3$ and $\gamma < 3$ lower cavitation risk and increase jet kinetic energy (E_{jet}), provide a theoretical foundation for the protection and utilization of jet impact effects in the field of chemical engineering.

1. Introduction

Cavitation phenomena are prevalent in flow media, and in recent years, the diverse physical effects accompanying cavitation have attracted considerable attention in chemical process applications. Near the wall, the energy released by bubble collapse is predominantly manifested as shock waves and jets that directly impact the surface. In comparison to shock waves, the impact intensity of jets is considerably greater. The direct effect of jets can lead to more significant damage to the wall surfaces of industrial equipment, thereby impacting the operational efficiency of the system (Krella, 2023; El Hassan et al., 2021; Peng et al., 2018; Du and Chen, 2021; Wu et al., 2022). To mitigate this issue, numerous researchers have proposed methods for preventing and controlling cavitation, including flow optimization (Gao et al., 2022), selection of wall materials (Sreedhar et al., 2017; Galinovskii, 2024), and improvements in manufacturing processes (Kwok et al., 2016; Zhang et al., 2023). In contrast, the impact of jets generated by cavitation has been widely applied in various other fields, such as metal surface cleaning (Soyama, 2020), surface strengthening treatments (Hsiao et al., 2014), tissue damage studies in the biomedical field (Kiyama

et al., 2021; Canchi et al., 2017), and stone removal (Brujan, 2004; Brennen, 2015). Particularly in the field of chemical engineering, the cavitation jet impact effect has found extensive applications in the production of nano-emulsions (Carpenter et al., 2017), sludge treatment (Kim et al., 2019), degradation of organic compounds (Pradhan and Gogate, 2010; Prajapat and Gogate, 2016), wastewater treatment (Wang et al., 2021; Zhao et al., 2021), and chip manufacturing (Talabazar et al., 2022).

Studying jet characteristics and their impact effects is of considerable engineering significance, as it facilitates the rational prevention, control, and enhancement of these effects in various application scenarios. The commonly used research methods include experimental and numerical simulations. Reuter (Reuter and Ohl, 2021; Nguyen et al., 2024) through experimental investigations, generated bubbles near solid surfaces and observed that the "needle-like jets" formed by bubble collapse struck the wall at high velocities, inducing water hammer pressure on the surface. Li (Li et al., 2015) observed that the velocity of the jet generated by cavitation is primarily determined by the initial bubble radius and the initial distance between the bubble center and the rigid wall. Lechner (Lechner et al., 2020) employing numerical simulations, examined the evolution of bubble shape near a rigid wall, as well as the

* Corresponding authors at: School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China.

** Corresponding author at: School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China.

E-mail addresses: hanwei@lut.edu.cn (W. Han), lrn@lut.cn (R. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.ces.2025.122165>

Received 25 January 2025; Received in revised form 2 April 2025; Accepted 2 July 2025

Available online 3 July 2025

0009-2509/© 2025 Elsevier Ltd. All rights reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Experimental study on the dynamics of single suspended particles under double and three cavitation bubbles placed horizontally in a free field

Shiqi Yang^a, Wei Han^{a,b,c,*}, Rennian Li^{a,d}, Xiaobo Shen^a, Qingduo Meng^a

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^b Jiuquan Institute of Advanced Technology, Lanzhou University of Technology, Jiuquan 735001, China

^c Key Laboratory of Advanced Pumps Valves and Fluid Control System of the Ministry of Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^d Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems, Lanzhou 730050, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Cavitation bubbles
Particle dynamics
Double cavitation bubbles
Three cavitation bubbles

ABSTRACT

The coupling between cavitation bubbles and particles is a common phenomenon across various fields. However, due to limitations in experimental techniques, most current studies focus on qualitative analyses of the interaction between cavitation bubbles and individual particles. At the same time, the interaction among multiple cavitation bubbles has emerged as a key factor influencing the cavitation bubble-particle dynamics. In this study, by improving the experimental approach and combining theoretical analysis, a quantitative description of the interaction between horizontally arranged double cavitation bubbles and individual suspended particles was achieved. Additionally, it was found that the symmetry of the three horizontally arranged cavitation bubbles is a critical factor influencing the behavior of single suspended particles. This research not only expands the theoretical framework for the kinetics of particles under the influence of cavitation bubbles, but also provides valuable insights for the application of technologies in fields such as chemical engineering.

1. Introduction

The coupling between cavitation bubbles and particles is a pervasive and recurrent issue in various industrial production and application domains. In the field of biomedicine, this phenomenon can be applied to the fragmentation of kidney stones (Lingeman et al., 2009), the delivery and absorption of biomedical agents (Coussios and Roy, 2008; Choi and Coussios, 2012; Thomas et al., 2019), as well as in ultrasonic cleaning processes aimed at removing particulate contaminants from material surfaces (Kuehn et al., 1996; Lamminen et al., 2004). In recent years, hydraulic cavitation (HC) has emerged as a key technology for enhancing the chemical processing industry (Carpenter et al., 2017; Wu et al., 2019), with notable applications in wastewater treatment (Wang et al., 2021; Thanekar and Gogate, 2019), organic compound degradation (Pradhan and Gogate, 2010), nanoemulsion preparation (Carpenter et al., 2017; Ramisetty et al., 2014), biodiesel synthesis (Bargole et al., 2021), water disinfection (E. Burzio, F. Bersani, G. C. A. Caridi, R. Vesipa, L. Ridolfi, C. Manes, Water disinfection by orifice-induced hydrodynamic cavitation, *Ultrason Sonochem.* 60, 2020), among others. Furthermore, cavitation often occurs in fluid media containing solid particles, where a synergistic effect between cavitation and particles can

significantly intensify cavitation erosion, leading to fatigue or even failure of fluid machinery components. Wang (Wang et al., 2008) et al. demonstrated that particles play a critical role in the cavitation erosion process. Madadnia (Madadnia and Owen, 1993) further found that when cavitation and sand particles coexist, the resulting wall erosion is substantially greater than the sum of their individual effects. Predicting particle-wall impact behavior under this synergistic effect has thus become a key focus of both fundamental research and engineering applications. To elucidate the underlying mechanisms, researchers (Shen et al., 2024) have identified two primary contributions to this phenomenon. On one hand, particle acceleration induced by microjet impacts enhances erosion damage. On the other hand, cavitation bubbles generate radiative forces that can displace particles away from the wall, thereby mitigating erosion to some extent. Addressing the microjet impact, Shen (Shen et al., 2025) et al. proposed a novel method for quantifying impact intensity through experiments and numerical simulations, achieving a detailed characterization of microjet-induced erosion. However, a quantitative understanding of particle behavior under the influence of radiative forces remains limited and requires further investigation.

Previous studies on this topic have predominantly focused on the theoretical analysis of cavitation bubble dynamics (Besant, 1859;

* Corresponding author at: School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China.
E-mail address: hanwei@lut.edu.cn (W. Han).

<https://doi.org/10.1016/j.ces.2025.122152>

Received 25 January 2025; Received in revised form 16 May 2025; Accepted 1 July 2025

Available online 4 July 2025

0009-2509/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Mechanism of gas blockage suppression and parametric optimization in tandem cascades for oil-gas multiphase pumps

Cite as: Phys. Fluids 37, 083315 (2025); doi: 10.1063/5.0280388

Submitted: 12 May 2025 · Accepted: 24 June 2025 ·

Published Online: 4 August 2025



Pan Qiang (潘强)^{1,4}  Wei Han (韩伟)^{1,2,4}  RENNIAN LI (李仁年)^{1,5} and YOU FU (富友)^{1,5} 

AFFILIATIONS

¹School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China

²Jiuguan Advanced Technology Research Institute, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China

³Key Laboratory of Advanced Pumps, Valves and Fluid Control System of the Ministry of Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China

⁴Authors to whom correspondence should be addressed: qiang_pan457@163.com and hanwei@lut.edu.cn

ABSTRACT

Mitigating intermittent gas blockage in helical axial-flow multiphase pumps under high gas void fraction conditions is crucial for improving pump efficiency and ensuring pipeline safety. This study applies the jet flow field control concept, using a tandem cascade structure to suppress the gas-blocking phenomenon and enhance pump performance. Employing a Latin hypercube sampling-based experimental design methodology, the research investigates the influence of tandem cascade configuration and geometric parameters on pump performance. Special emphasis is placed on three critical factors: the front blade camber angle, the rear blade camber angle, and the approximate attack angle of the rear blade. A mathematical model for the pump head under tandem cascade jet flow is established, along with a newly defined parameter that characterizes the gas aggregation scale at the trailing edge. Results show that pump efficiency exhibits higher sensitivity to front blade camber angle, whereas changes in rear blade angle predominantly affect head characteristics. The tandem cascade configuration demonstrates particularly pronounced efficiency improvements under high gas volume fraction conditions. Increasing front blade camber angle reduces pressure gradient in the rear impeller section, thus alleviating gas-phase aggregation; however, the enlarged front blade wake region introduces additional flow losses downstream. The rear blade's approximate attack angle significantly influences flow impingement on both pressure and suction surfaces of the rear blade by altering inflow conditions. When the rear blade's approximate attack angle is negative and its value is smaller, the loss of work performed by the front blade increases, with the optimal pump efficiency occurring when the value is zero.

Published under an exclusive license by AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0280388>

I. INTRODUCTION

Multiphase oil-gas boosting and transportation technology significantly improves economic efficiency in deep-water subsea oil and gas resource development. Among the associated equipment, multiphase pumps, acting as key dynamic devices in wet oil-gas development systems, directly affect the stability and economic performance of entire oilfield operations. With the ongoing global shift toward extensive deep-sea oil and gas extraction,¹ the development of high-performance and reliably operated multiphase pumps has become increasingly essential.

Researchers favor the helical axial-flow multiphase pump due to its simple structure, strong flow-handling capacity of the vane-type impeller, excellent sand-resistance, and low maintenance costs during

operation. Notably, this pump retains its boosting capability even under conditions of extremely high gas volume fractions. However, the critical technical challenge lies in managing phase separation caused by centrifugal forces acting on the significantly different densities of gas and liquid within the impeller. At higher gas fractions, gas separation leads to agglomeration at the trailing edge of the rotor blades, resulting in intermittent flow-path blockages. This phenomenon triggers severe periodic fluctuations in pump flow rate and outlet pressure, which adversely affect pump unit stability and potentially compromise the safety of deep-sea riser transportation systems.

The gas-liquid separation within pumps essentially involves continuous growth, collision, and coalescence of dispersed gas bubbles under flowing liquid conditions.² Zhang *et al.*³ utilized visual

Weakening the synergistic strength of cavitation bubbles and wall particles

Cite as: Phys. Fluids **37**, 083377 (2025); doi: 10.1063/5.0278047

Submitted: 27 April 2025 · Accepted: 21 July 2025 ·

Published Online: 18 August 2025



Shiqi Yang (杨士祺),^{1,4}  Wei Han (韩伟),^{1,2,5}  Rennian Li (李仁年),^{1,4}  Xiaobo Shen (沈小波),¹ 
Haozhi Nan (南昊志),¹  and Lingrui Zhu (朱凌锐)¹

AFFILIATIONS

¹School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

²Jiuquan Institute of Advanced Technology, Lanzhou University of Technology, Jiuquan 735001, China

³Key Laboratory of Advanced Pumps Valves and Fluid Control System of the Ministry of Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

⁴Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems, Lanzhou 730050, China

⁵Author to whom correspondence should be addressed: 231080704004@lut.edu.cn

ABSTRACT

The synergistic effect between cavitation bubbles and particles involves various fields. Investigating this mechanism not only aids in the prevention of wall erosion but also enhances its applicability in areas such as surface cleaning and chemical engineering. The current research mainly focuses on the study of single cavitation bubbles and single particles. However, these research results have limitations when explaining the particle issues under the influence of multiple cavitation bubbles. Therefore, this study conducted experimental research on the particle behavior under the action of double cavitation bubbles and three cavitation bubbles and found that cavitation bubbles and particles exhibit three dynamic behaviors. Based on the energy differences produced by each behavior on the wall surface and the transformation rules of dynamic behaviors, the weakening mechanism of the wall impact energy under each particle size was proposed. For large particles, the weakening mechanism is triggered only when the combined values of the parameters between cavitation bubbles and those between cavitation bubbles and particles exceed 1. All three cavitation bubbles exhibit mode 3 and the weakening mechanism is influenced by the relative magnitudes of the inter-bubble parameters. For medium particles, when the parameters between cavitation bubbles and particles are less than 1, the presence of three cavitation bubbles is a necessary condition for weakening the wall impact energy. When the parameters exceed 1, a single cavitation bubble produces the weakest impact energy. For small particles, neither the number of cavitation bubbles nor the characteristic parameters significantly weaken the wall impact energy.

Published under an exclusive license by AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0278047>

I. INTRODUCTION

Since cavitation was first recognized as a cause of propeller damage, a series of related studies have been conducted by researchers. Today, cavitation is recognized as a hydrodynamic phenomenon widely present in various fields, including hydraulic machinery,^{1,2} chemical engineering,^{3,4} marine engineering,^{5,6} and biomedicine.^{7,8} Its primary characteristic is that when the local fluid pressure drops to the saturation vapor pressure, the fluid undergoes vaporization, and the subsequent cavitation effect releases a substantial amount of energy. When this energy interacts with a solid surface, it can lead to cavitation erosion. Researchers have increasingly focused on the complex coupling mechanisms that arise when cavitation and solid particles coexist in a fluid. To investigate this synergistic enhancement effect, Zhang *et al.*^{9,10} conducted erosion and wear experiments in sediment-laden

flows. They found that the degree of erosion under the combined action of particles and cavitation was significantly greater than that under either factor alone and identified particle acceleration by micro-jets and pressure waves as the main enhancement mechanism. To verify the universality of this synergistic effect, Madadnia and Owen¹¹ observed in erosion tests of fluid valves that the damage to wall materials caused by the simultaneous presence of cavitation and sand particles was significantly greater than the sum of the two individual effects. Huang *et al.*¹² conducted erosion tests and proved that the presence of solid particles would exacerbate the damage to the material. They also discovered that this damage could be mitigated by altering the physical properties. These studies collectively suggest that the severity of erosion under synergistic conditions not only increases but can also be reduced by adjusting physical parameters. This discovery

Mechanism of tip clearance leakage vortex evolution and energy loss characteristics in gas-liquid multiphase pumps based on vortex dynamics theory

Cite as: Phys. Fluids 37, 093334 (2025); doi: 10.1063/5.0287495

Submitted: 25 June 2025 · Accepted: 25 August 2025 ·

Published Online: 11 September 2025



Juping Zhou (周菊萍)¹  Wei Han (韩伟)^{1,2,3,a)} and Rennian Li (李仁年)^{1,2} 

AFFILIATIONS

¹School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China

²Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems in Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730050, China

³Jiuquan Institute of Advanced Technology, Lanzhou University of Technology, Jiuquan, Gansu 735000, China

^{a)}Author to whom correspondence should be addressed: 221080703001@lut.edu.cn

ABSTRACT

In the extremely complex environment of offshore extraction, the stability and reliability of the helical-axial multiphase pump have become a critical focus in both practical engineering and theoretical research. The tip clearance leakage flow induced by the tip clearance between the impeller blades and the pump casing is one of the key factors constraining the performance of multiphase pumps. Building upon existing research, this paper proposes the Reynolds-averaged transport equation for the enstrophy of the rigid vorticity based on gas-liquid two-phase flow. This equation is coupled with the mean kinetic energy transport equation to systematically analyze the energy loss mechanisms and vortex dynamics characteristics caused by the generation and dissipation processes of the tip clearance leakage vortex. The study found that the tip clearance region exhibits a high turbulence kinetic energy generation rate, accounting for 34% to 44% of the total flow loss within the impeller, due to the strong shear interaction between the leakage flow and the main flow. Vorticity diagnostics revealed that the liquid phase continuously dominates the flow in this region due to centrifugal gas-liquid separation, intensifying viscous dissipation. Analysis based on the Reynolds-averaged transport equation for the enstrophy of the rigid vorticity indicates that the evolution of rigid vorticity in the main flow passage is dominated by the Coriolis Force Term; the generation of shear vorticity is controlled by the Vorticity Stretching Term; and the Baroclinic Torque Term couples with the gas-liquid density gradient to synergistically influence the vortex structure. The application of this equation effectively elucidates the gas-liquid two-phase regulation laws governing Tip clearance flow within multiphase pumps. The research results provide an important theoretical basis for optimizing the structural design of the tip clearance in multiphase pumps and enhancing their hydraulic performance and operational stability.

Published under an exclusive license by AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0287495>

I. INTRODUCTION

In deep-sea environments, the characteristics of high pressure, low temperature, and corrosive conditions impose extremely stringent requirements on extraction equipment. The application of traditional equipment in deep-sea environments is often accompanied by issues of efficiency degradation and high failure rates, making it difficult to meet the high standards of modern deep-sea oil and gas extraction.¹⁻⁴ Concurrently, the development of deep-sea oil and gas fields faces technical challenges such as insufficient reservoir energy and long transportation distances.⁵⁻⁷ The helical-axial multiphase pump, combining the characteristics of both turbomachinery (like pumps) and

compressors, can boost the pressure of gas-liquid mixtures produced from the reservoir and transport them to central processing facilities. This thus effectively addresses the problems of insufficient reservoir energy and excessively long transport pipelines. However, equipment degradation problems caused by the synergistic effects of complex multiphase flow media in ultradeep water and the extreme environment severely constrain the reliability of ultradeep-water oil and gas multiphase transportation systems.⁸⁻¹¹

Within the flow field structure of multiphase pumps, the tip clearance leakage vortex is a primary cause of inducing cavitation effects, fluid noise, and mechanical vibration. Its formation

Article

Optimization of Inlet Flow Pattern and Performance Enhancement in Oil-Gas Multiphase Pumps Using Helical Static Mixer

Wei Han ^{1,2}, Lingrui Zhu ^{1,*}, Longlong Zhao ¹, Huiyu Chen ³, Hongfa Huang ³, Wanquan Deng ⁴ and Lei Ji ⁴¹ School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China² School of Green Energy and Energy Storage, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China³ Natural Gas Research Institute, Petro China Southwest Oil & Gas Field Company, Chengdu 610213, China⁴ Key Laboratory of Fluid Machinery and Engineering, Xihua University, Chengdu 610039, China

* Correspondence: 232085802159@lut.edu.cn

Abstract

With increasing global energy demand and depletion of onshore oil–gas resources, deep-sea hydrocarbon exploration and development have become strategically vital. As core subsea transportation equipment, the performance of helico-axial multiphase pumps directly determines the efficiency and economic feasibility of deep-sea extraction. However, non-uniform inflow patterns caused by uneven gas–liquid distribution in pipelines degrade pressure-boosting capability and reduce pump efficiency under actual operating conditions. To address this, an optimization method employing helical static mixers was developed. A mixer with a 180° helical angle was designed and installed upstream of the pump inlet. Numerical simulations demonstrate that the mixer enhances gas-phase distribution uniformity in stratified flow, improving efficiency and head across varying gas void fractions (GVFs). At a stratification height ratio (Ψ) of 0.32, efficiency increased by 15.41% and head rose by 15.64 m, while turbulent kinetic energy (TKE) at the impeller outlet decreased by up to 50%. For slug flow conditions, the mixer effectively suppressed gas volume fraction fluctuations, consistently improving efficiency under different slug flow coefficients (φ) with a maximum head increase of 9.82%. The optimized flow field exhibits uniform gas–liquid velocity distribution, stable pressure boosting, and significantly reduced TKE intensity within impeller passages.

Keywords: helical mixed-flow pumps; numerical simulation; helical static mixers; performance optimization



Academic Editor: Luigi de Luca

Received: 13 August 2025

Revised: 10 September 2025

Accepted: 24 September 2025

Published: 26 September 2025

Citation: Han, W.; Zhu, L.; Zhao, L.; Chen, H.; Huang, H.; Deng, W.; Ji, L. Optimization of Inlet Flow Pattern and Performance Enhancement in Oil-Gas Multiphase Pumps Using Helical Static Mixer. *Actuators* **2025**, *14*, 469. <https://doi.org/10.3390/act14100469>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

In actual operating conditions, the inlet of the helical-axial multiphase pump often experiences non-uniform inflow due to factors such as pipeline layout, flow pattern evolution, and interphase interactions. Among these, stratified flow and slug flow, which are most common in actual operating conditions, can lead to phase distribution imbalance in the impeller region, aggravate the gas blockage phenomenon, induce hydraulic pulsation, efficiency degradation, and head fluctuation, and even cause cavitation and mechanical vibration in severe cases, thereby affecting the efficient and safe operation of the multiphase transport system [1–4]. Studies have shown that flow pattern change and non-uniform phase distribution of the flow medium at the inlet are among the main factors affecting the multiphase pump. The internal flow resistance caused by turbulent dissipation in the



Contents lists available at ScienceDirect

Chemical Engineering Journal

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cej

Research on the flow rate characteristics and velocity pulsation behavior of ferrofluid micro pumps

Wangxu Li^a, Wei Han^{a,b}, Zhenggui Li^{a,c,*}, Rennian Li^a, Yue Zhang^a

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu, 730050, China

^b School of Green Energy and Energy Storage, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu, 730050, China

^c School of Engineering, Qinghai Institute of Technology, Xining, Qinghai, 810016, China

ARTICLE INFO

Keywords:
Micro-pump
Ferrofluid
LDV
Velocity pulsation

ABSTRACT

The average flow characteristics and pulsation characteristics of ferrofluid micro-pumps are important reference indicators for their application in the field of chemical engineering. However, there is still a lack of comprehensive understanding regarding the potential mechanisms by which channel dimensions affect micro pump flow characteristics, as well as a shortage of extensive experimental data to provide references for micro pump applications. Additionally, the phenomenon of velocity pulsation induced during ferrofluid-driven processes has not received adequate attention, despite its relevance to the reliable application of micro pumps in fields such as biochemistry, life sciences, and aerospace. This study conducts experimental research on the influence of channel dimensions on flow characteristics in micro pumps, and utilizes Doppler measurement technology for pointwise monitoring of the velocity pulsation behavior of the transported liquid, obtaining a series of valuable experimental data that reveals the impact mechanisms of the micro pump system parameters on average flow rates and velocity pulsations. Relevant results indicate that when the width of the micro pump channel is less than 2 mm, serious wall adhesion phenomena occur with the ferrofluid. When the channel height exceeds 2 mm, the magnetic field force struggles to penetrate the ferrofluid, making it difficult to form a tight sealing structure. These undesirable flow phenomena can affect the predictive capability of the micro pump's flow rate. Upon adjusting the mass fraction of the ferrofluid, it was found that at a mass fraction of 5 %, the peak velocity pulsation of the transported liquid reaches 0.06 m/s, which is 12 times greater than the average velocity of 0.005 m/s. Increasing the mass fraction of the ferrofluid can effectively suppress high-velocity pulsation peaks; however, when the mass fraction exceeds 10 %, the suppression effect becomes less significant, and higher mass fractions may induce adverse flow issues due to viscous forces. Therefore, it is recommended that the channel height of the ferrofluid micro pump be less than 2 mm, the width be greater than 2 mm, and the mass fraction be maintained between 10 % and 15 %.

1. Introduction

Ferrofluids are prone to the alignment of magnetic moments in response to passive magnetic fields, interacting with the magnetic field to generate a magnetic dipole interaction force $\mu_0 M \nabla H$. Under the constraints of annular solid boundaries and the driving effect of periodically rotating magnetic fields, directional flow can be achieved, allowing continuous propulsion of other immiscible liquids [1]. Micro pumps developed based on this principle have been applied in various fields, including correcting the liquid flow direction in microfluidic transport networks [2], controlling the flow behavior in microreactors

and micromixers [3], facilitating the periodic circulation of liquids in polymerase chain reactions [4], and enhancing the performance limits of microchannel heat exchangers [5], achieving desirable results. Fig. 1 illustrates the structure and driving process of the ferrofluid micro pump.

In early experimental research on ferrofluid micro pumps, Hatch [6] proposed a circular ferrofluid micro pump structure capable of continuously driving liquids. He studied the time-averaged flow characteristics of the micro pump using temporal averaging methods, paving the way for research in the field of continuous pumping with ferrofluids. Subsequently, numerous research results related to ferrofluid micro pumps

* Corresponding author at: School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu, 730050, China.

E-mail address: lzhgui@mail.lzu.edu.cn (Z. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.cej.2025.171211>

Received 13 July 2025; Received in revised form 20 November 2025; Accepted 23 November 2025

Available online 24 November 2025

1385-8947/© 2025 Elsevier B.V. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Effect of pre-swirl on gas-liquid two-phase flow characteristics in a helical axial-flow pump

Cite as: AIP Advances 15, 125103 (2025); doi: 10.1063/5.0295466

Submitted: 8 August 2025 • Accepted: 8 November 2025 •

Published Online: 2 December 2025



Wei Han,^{1,2,3,4} Xuanchen Guo,^{1,2,4} Rennian Li,^{1,3,4} Chunpei He,¹ Yuyan Hou,^{1,2} Yifan Dong,^{1,2}
Wenqi Xie,¹ and Qingduo Meng,^{1,2}

AFFILIATIONS

¹School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China

²Jiuquan Institute of Advanced Technology, Lanzhou University of Technology, Jiuquan, Gansu 735000, China

³Key Laboratory of Advanced Pumps, Valves and Fluid Control System Ministry of Education, Lanzhou, Gansu 730050, China

⁴Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems of Gansu Province, Lanzhou, Gansu Province 730050, China

[✉]Author to whom correspondence should be addressed: 232085802097@lut.edu.com

ABSTRACT

In helical axial-flow pumps for gas-liquid multiphase transport, unsteady flow induced by the interaction between the trailing edge of the guide vanes and the impeller inlet often deteriorates the hydraulic performance. In this study, pre-swirl regulation is implemented by adjusting the outlet angle of the front guide vanes. Using the Eulerian multiphase model and the SST $k-\omega$ turbulence model, the influence of pre-swirl on internal flow characteristics and hydraulic performance under various gas volume fractions (GVFs) is investigated. The results show that negative pre-swirl increases the inlet incidence angle, intensifies impingement at the impeller leading edge, and leads to a decrease in both head and efficiency. Conversely, positive pre-swirl alleviates inlet flow separation, enhances flow uniformity, and improves pump performance. At a GVF of 0.3, a pre-swirl angle of 80° increases the head by 36.0% compared to the non-swirl case, while the efficiency improves by 1.06% in the 30° – 50° range. Furthermore, appropriate pre-swirl angles reduce recirculation zones and suppress gas accumulation near the impeller tip, resulting in improved two-phase flow stability. These findings provide theoretical guidance for hydraulic optimization of gas-liquid multiphase axial-flow pumps.

© 2025 Author(s). All article content, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). <https://doi.org/10.1063/5.0295466>

I. INTRODUCTION

With the continuous advancement of global deep-water oil and gas exploration, operational water depths are progressively approaching the 3000 m level. The successful commissioning of the "Shenhai-1" platform marks a critical leap in marine oil and gas equipment and ultra-deepwater exploration capability—from 300 to 1500 m.^{1,2} As the core power equipment in deep-sea oil and gas extraction systems, the helical axial-flow multiphase pump offers excellent self-priming performance and a wide operating range. It demonstrates superior performance under high gas content conditions and its operational stability and efficiency are directly tied to the overall productivity and economic viability of offshore oil and gas fields.^{3,4}

Under gas-liquid two-phase pumping conditions, helical axial-flow pumps face numerous operational challenges, particularly under high gas volume fraction (GVF) scenarios. Common issues include flow instability, gas-liquid separation, and diminished energy conversion efficiency. Dynamic mode decomposition (DMD) analysis has revealed the presence of prominent unsteady flow structures within the pump, such as leading-edge vortices, trailing-edge vortices, and separation vortices in the compression unit.^{5,6} These vortical structures intensify with increasing GVF, inducing increasingly complex internal flow phenomena.^{7–10} To investigate the underlying mechanisms, several researchers have conducted systematic studies on gas accumulation and flow fluctuation. Shi *et al.*¹¹ observed that high GVF significantly enhances backflow at the impeller inlet, disturbing the mainstream flow path.

Coupled interaction between a cavitation bubble and an elastoplastic wall

Cite as: Phys. Fluids 38, 023301 (2026); doi: 10.1063/5.0314174

Submitted: 27 November 2025 · Accepted: 13 January 2026 ·

Published Online: 2 February 2026



Wei Han (韩伟),^{1,2,3} Qingduo Meng (孟庆铎),^{1,4} Rennian Li (李仁年),^{1,2,3} Yiheng Xie (谢沂恒),¹ Lu Bai (白露),^{1,4} Xiaobo Shen (沈小波),¹ and Xuanchen Guo (郭焱辰)¹

AFFILIATIONS

¹School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, Gansu 730050, China

²Key Laboratory of Advanced Pumps, Valves and Fluid Control System Ministry of Education, Lanzhou, Gansu 730050, China

³Key Laboratory of Fluid Machinery and Systems of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730050, China

⁴Wuhai Pumped Storage Power Co., Ltd., Wuhai, Inner Mongolia 016000, China

*Author to whom correspondence should be addressed: mengqd990924@163.com

ABSTRACT

This study examines the evolution of a cavitation bubble near an elastoplastic wall and the resulting wall response. A tightly coupled fluid-structure interaction framework is developed by integrating a volume-of-fluid multiphase flow model with a bilinear elastoplastic constitutive formulation. This approach enables the simulation of cavitation bubble expansion, contraction, jet formation, and wall deformation across a range of stand-off distances λ . Experimental comparisons confirm the accuracy and reliability of the numerical model. The results show that an increase in λ causes the cavitation bubble jet to switch from a wall-oriented direction to one pointing away from the wall. Correspondingly, the dominant wall deformation mechanism shifts from jet-impact loading at small λ to pressure difference-driven deformation at larger λ . Under strong near-wall confinement, the wall exhibits pronounced stress concentration and plastic strain near its center, whereas at larger λ , the applied load becomes more spatially distributed, and the peak stress appears later in time. Clear timing differences in pressure and velocity peaks during cavitation bubble collapse are observed across the tested λ values. Furthermore, the equivalent plastic deformation decreases with increasing λ , highlighting the intrinsic buffering capability of elastoplastic materials against cavitation bubble-induced loading. Overall, the study provides insight into the coupled dynamics between cavitation bubbles and elastoplastic boundaries and offers guidance for improving the reliability of engineering systems, as well as the precision of biomedical applications.

Published under an exclusive license by AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0314174>

I. INTRODUCTION

The interaction between a cavitation bubble and a bounding surface plays a significant role in various engineering applications and life-science fields, including chemical engineering, bioengineering, and medicine.^{1–4} In chemical systems, research efforts primarily focus on evaluating cavitation-induced damage to nearby structures and developing corresponding protective strategies.^{5–8} Notably, wall materials with elastoplastic properties may serve as an effective means of mitigating cavitation erosion; such liners or coatings can absorb part of the jet impact and pressure-wave energy, thereby reducing damage more effectively than rigid boundaries. This underscores the importance of elucidating the coupled mechanisms between cavitation bubble collapse and elastoplastic wall behavior. In biomedical and clinical contexts, attention shifts toward the dynamic behavior of cavitation bubbles near compliant boundaries, as encountered in cavitation-assisted surface treatments,^{9–11} shock-wave lithotripsy, cavitation-induced tumor

ablation, and targeted drug delivery.^{12–14} Compared with rigid walls, biological tissues generally exhibit considerable elasticity, and their mechanical properties can significantly influence the cavitation bubble collapse process and the associated jet formation, ultimately altering the overall interaction dynamics.

Given the widespread relevance of cavitation bubble-wall interaction across multiple disciplines, extensive studies have been conducted by numerous researchers. Zhang¹⁵ employed combined experimental and numerical approaches to analyze in detail the collapse process and motion characteristics of cavitation bubbles near a rigid wall. Their findings indicate that a cavitation bubble close to a rigid boundary collapses symmetrically. The study also examined the dynamics of the micro-jet formed during collapse, revealing that the jet is directed toward the wall and simultaneously pulls the cavitation bubble closer to the surface. Both simulations and experiments confirmed that the jet velocity during collapse can reach up to 100 m/s. Wu¹⁶ conducted

Experimental Analysis of Particle Dynamics Influenced by Cavitation Bubbles Near a Rigid Wall

Xiaobo Shen(沈小波),¹ Wei Han*(韩伟),^{1,2} RENNIAN Li*(李仁年),^{1,2} Shiqi Yang(杨士祺),¹ Haozhi Nan(南昊志),¹ Lu Bai(白璐),¹ Yifan Dong(董一帆),¹ and Qingduo Meng(孟庆锋)¹

¹College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

²Key Laboratory of Advanced Pumps, Valves and Fluid Control System of the Ministry of Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

(*Electronic mail: hanwei@lut.edu.cn)

(*Electronic mail: lirn@lut.cn)

(Dated: 2 September 2024)

This study utilized experimental methods involving high-speed cameras to observe the interaction between cavitation bubbles, generated by a low-voltage electric spark device, and particles near a rigid wall. The dynamic characteristics of the particles were analyzed under varying conditions, including different cavitation bubble sizes, particle sizes, and distances between the cavitation bubble and the wall. Two characteristic parameters were introduced: χ for the particle and cavitation bubble sizes, and λ for the cavitation bubble-wall distance. Qualitative distinctions were made among types of particle-bubble interactions, and force analysis was conducted under conditions where χ exceeded the threshold χ_c . The findings reveal that when $\chi < \chi_c$, particle motion is primarily influenced by the jet effects produced by the cavitation bubble. Conversely, when $\chi > \chi_c$, particle motion is dominated by the radiation forces exerted by the cavitation bubble. Under jet-dominated conditions, particle trajectories were observed to be erratic and unpredictable. For cases where $\lambda < 0$, the high-speed jet directly impacts the particle. Conversely, for $\lambda > 0$, the jet's velocity decays rapidly upon reaching the particle. In scenarios dominated by radiation forces, the cavitation bubble drew particles away from the wall, followed by their free fall back towards it. The influence of gravity, buoyancy, bubble radiation force, fluid resistance, and virtual mass force on particles was studied when radiation forces prevailed. The acceleration formula for particles was derived through the application of the bubble dynamics equation and was refined based on experimental observations.

I. INTRODUCTION

The interaction between bubbles and particles finds applications across various technological fields, including fluid mechanics, chemical engineering, and medicine^{1,2}. In fluid mechanics, significant attention is placed on predicting and mitigating damage to surfaces from cavitation erosion and particle impact abrasion³⁻⁵. In chemical engineering and medicine, the focus shifts to understanding the dynamic behavior of particles under bubble influence, such as in ultrasound cavitation surface treatments⁶⁻⁹, stone removal, targeted drug delivery, and other applications¹⁰⁻¹². These applications require insights into the dynamic mechanisms of particles under the influence of bubbles, with researchers employing experimental studies, numerical simulations, and theoretical calculations. Wu et al.¹³ investigated the impact mechanism of single bubble collapse near a rigid wall and its interaction with liquid surface tension using experimental methods. It was found that lower surface tension reduces the stability of gas bubbles in the liquid medium, leading to faster bubble collapse further away from the rigid wall. Li et al.¹⁴ utilizing experimental and numerical methods, studied the interaction between bubbles near a rigid wall and similarly sized movable spheres, analyzing the strength of interactions under varying bubble sizes and distances from the wall. Yan et al.¹⁵⁻¹⁹ utilized experimental, numerical simulation, and theoretical calculation methods to explore the dynamic characteristics of wall-bubbles. They categorized bubble motion modes based on distance from the

wall, analyzed forces acting on bubbles, described changes in bubble morphology near the wall, and noted increased repulsive forces exerted by the wall on bubbles as the distance decreased. This highlights differences in bubble dynamics under wall influence compared to free domains. Li et al.²⁰ conducted experimental research combined with boundary element methods to study bubbles near two adjacent walls—one horizontal and the other forming an obtuse angle with it. They observed differences in bubble jet direction under varying buoyancies and distances from the walls, distinct from those observed near a single wall.

In the study of particle-bubble interactions on wall surfaces, Yin et al.²¹ considered the viscosity and compressibility of gas and liquid phases, alongside surface tension. They utilized coupled liquid level sets and fluid volume tracking to trace the gas-liquid interface, introducing characteristic parameters related to the distance from the bubble center to the solid wall. Their findings showed that within different ranges of this characteristic parameter, the peak pressure on the solid wall was predominantly influenced by either jet formation or shock wave generation. Zhang et al.²² conducted experimental research employing a high-speed camera to explore the dynamic behavior of single bubbles interacting between spherical particles and a rigid wall. It was observed that the presence of particles influenced the bubble's shape during collapse and accelerated the collapse rate. Hu et al.²³ employed a compressible two-phase flow solver to simulate the mechanism of collapsing bubble generation and the evolution of jets and shock

Featured

Multi-objective optimization and performance analysis of the splitter blades in a multiphase pump

Cite as: *Int. J. Fluid Eng.* **2**, 013501 (2025); doi: 10.1063/5.0229988

Submitted: 21 July 2024 • Accepted: 22 November 2024 •

Published Online: 24 December 2024



View Online



Export Citation



CrossMark

Chunpei He,^{1,a)} Wei Han,^{1,2} Rennian Li,^{1,2} Yifan Dong,¹ and Yukun Zhang¹

AFFILIATIONS

¹ College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China² Key Laboratory of Advanced Pumps, Valves and Fluid Control System of the Ministry of Education, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China^{a)} Author to whom correspondence should be addressed: 19119395577@163.com

ABSTRACT

Helical axial-flow multiphase pumps are core devices for developing deep-sea oil and gas, but the complex two-phase flow inside such pumps affects their transport stability. As reported here, for enhanced flow characteristics, splitter blades were added at the noncoincidence area of the impeller tail by using a multi-objective optimization method, and their impact on the pump performance was explored in comparison with the original model. The results indicate that Gaussian process regression combined with particle swarm optimization accurately predicts the pump external characteristics. Under an inlet gas volume fraction of 30%, the optimized model increases the head coefficient by 22.2% without reducing efficiency. Although splitter blades enhance the impeller tail, they intensify gas-phase accumulation at the tail. The optimized model promotes more-uniform two-phase flow in the channels, with the axial velocity uniformity of the gas phase and liquid phase improving by 15.1% and 9.5% and the average velocity angle increasing by 12.3° and 8.3° under an inlet gas volume fraction of 30%.

© 2024 Author(s). All article content, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>). <https://doi.org/10.1063/5.0229988>

I. INTRODUCTION

With rapid socioeconomic development, the average annual consumption rate of oil and gas resources has reached 3% of the total resource consumption.¹ The extraction rate of onshore oil and gas resources cannot keep up with consumption, prompting attention to submarine reserves as vital future sources. As crucial devices for developing deep-sea oil and gas fields, helical axial-flow multiphase pumps can adapt to complex conditions in oil fields.² However, the intricate interactions among different phases inside such pumps result in complex and variable internal flows that impact the transport performance. Therefore, further research is necessary to ensure the efficient and stable operation of multiphase pumps.

Research on helical axial-flow multiphase pumps has spanned many years. Among the earliest initiatives, the Poseidon Project investigated blade operation principles in transporting mixed media and the impacts of different operational conditions on internal flow states.³ Over years of study, scholars have summarized design

methods for multiphase pumps and developed pumps with significantly improved efficiency, nearly doubling oil and gas production.⁴ Subsequently, researchers proposed new designs. Zhang *et al.*⁵ suggested a scheme based on the velocity gradient equation and conducted experimental research, developing an impeller suitable for high-flow conditions. Cao *et al.*⁶ proposed a combined forward and reverse problem approach, validating its effectiveness through comparative experiments. Because of the complexity of two-phase flow, scholars have applied optimization methods such as orthogonal experimental design,⁷ response surface methodology,⁸ and intelligent algorithms⁹ to enhance existing pump performance and verify reliability. Zhang *et al.*¹⁰ proposed three modification schemes to improve gas entrapment within blade-type multiphase pumps, i.e., adding splitter blades, blade perforation, and T-shaped blades, and numerical calculations confirmed that each method enhances the pressure boosting capabilities compared to the original impeller. Xu *et al.*¹¹ added splitter blades to the impeller tail of multiphase pumps, monitoring the internal pressures to reveal the transient

22 March 2028 03:18:01

Aerodynamic performance of small wind turbines in sand-laden atmospheric flows

Yan Wang¹, Jingjing Zhang¹, Yongfen Chai¹, Haojie Huang², and Hongyou Liu^{3*}

¹ School of Energy & Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

² School of Energy & Power Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200240, China;

³ Center for Particle-Laden Turbulence, College of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

Received March 18, 2024; accepted May 14, 2024; published online August 21, 2024

Within the context of global energy transitions, many wind turbines have been installed in desert and Gobi regions. Nevertheless, the impact of turbulence characteristics in actual sand-laden atmospheric flows on the aerodynamic performance of wind turbines has not been evaluated. The current study employs the high-quality wind velocity data measured in the Qingtu Lake Observation Array station of Min Qin to reveal the effects of turbulence characteristics in sand-laden atmospheric flows on the power and loads of a small wind turbine. The results demonstrate that turbulent coherent structures under sand-laden conditions occur more frequently and with shorter durations than that under the unladen conditions, leading to frequent and large fluctuations of wind turbine loads, specifically, the power, thrust, and blade root flapwise moment increased by 238%, 167%, and 194%, respectively. The predictions by applying the extreme turbulence model suggested that the maximum extreme thrust, blade root flapwise moment, and blade root edgewise moment of wind turbine under sand-laden conditions are 23%, 19%, and 7% higher than that under unladen conditions. This study is expected to provide a basic supply for wind turbine design and siting decisions in sand-laden environment.

Wind turbine, Sand-laden environment, Aerodynamic performance, Extreme loads

Citation: Y. Wang, J. Zhang, Y. Chai, H. Huang, and H. Liu, Aerodynamic performance of small wind turbines in sand-laden atmospheric flows, Acta Mech. Sin. 41, 324151 (2025), <https://doi.org/10.1007/s10409-024-24151-x>

1. Introduction

Due to the environmental problems caused by the utilization of traditional fossil energy, the world is paying increasing attention to renewable energy, in which wind energy plays a crucial role as a kind of clean and sustainable source [1]. As described by the Global Wind Report 2023 [2], the global installed wind power capacity has reached 906 GW by the end of 2022, with an additional 1221 GW expected to be installed between 2023 and 2030. Wind power installation in China has been growing by an annual rate of 10% in recent years [3]. To accommodate constraints of land planning and national policies, many wind farms are located and will be located in the desert and Gobi regions, which have abundant

wind resources and relatively cheap and vast land [4]. Small wind turbines have advantages in “off-grid” applications and can form part of distributed generation systems along with solar photovoltaic in desert and Gobi regions, occupying a unique niche in the distributed energy market. However, the dusty weather also prevails in these regions, statistics showed that the average annual dust weather exceeds 60 days [5], in some parts of region can reach 157 days [6]. Wind turbines always encounter sand storms during operation, therefore, the influence of sand-laden atmospheric flows on wind turbines is a serious engineering problem facing by many wind power enterprises. The sand and dust particles will influence the turbulence characteristics and momentum transport in the atmospheric boundary layer (ABL), and finally influence the energy absorption and load response of wind turbine. Therefore, any improvement in the understanding of the sand-laden ABL and their in-

*Corresponding author. E-mail address: liuhongyou@lzu.edu.cn (Hongyou Liu)
Executive Editor: Lihao Zhao

Response of wind turbine loads to multi-scale turbulent structures: a study based on turbulence signals observed in the field

Yongfen Chai^{1,2}, Yan Wang^{1,2*}, Haolin Li³, Jingjing Zhang^{1,2}, and Jian Zheng^{1,2}

¹ School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

² Gansu Provincial Technology Centre for Wind Turbines, Lanzhou 730050, China;

³ Beijing University of Technology, Beijing 100124, China

Received November 20, 2024; accepted December 10, 2024; published online May 7, 2025

Accurately assessing the impact of turbulence structures on load fluctuation is crucial for the long-term stable operation of wind turbines. Based on turbulence signals observed at the Qingtu Lake Observed Array in China, the aerodynamic load responses of the wind turbine to different turbulence scales are quantitatively analyzed in this study. The results indicate that very large-scale motions (VLSMs) are associated with significant load fluctuations due to its low frequency and high energy characteristics, increasing the risk of extreme loads. Large-scale motions coupled with the natural frequency of wind turbines in the medium frequency range, result in resonance phenomena. Small-scale motions, due to their high-frequency rapid vibration characteristics, cause instantaneous oscillations in wind turbine loads. Furthermore, correlation analysis indicates that the flapwise moment and thrust are most sensitive to VLSMs, while the edgewise moment is less affected by the scale characteristics. It is worth noting that this study is the first to explore the modulation effects of different scales of turbulent structures on the amplitude of wind turbine load fluctuation. It was found that turbulent structures exceeding a scale of 3δ have the most significant impact on modulating the load amplitudes, where δ is the boundary layer thickness, which is 99% of the flow velocity outside the boundary layer. These findings contribute to the enhancement of understanding regarding the load response of wind turbines in multi-scale turbulent environments and provide important references for the optimization of wind turbine design and load control.

Multi-scale turbulent structures, Wind turbine load response, Field observation experiment, Wavelet analyze

Citation: Y. Chai, Y. Wang, H. Li, J. Zhang, and J. Zheng, Response of wind turbine loads to multi-scale turbulent structures: a study based on turbulence signals observed in the field, Acta Mech. Sin. 42, 324721 (2026), <https://doi.org/10.1007/s10409-024-24721-x>

1. Introduction

Within the context of the increasing depletion of global fossil energy sources and worsening environmental pollution, the development and utilization of renewable energy has become a critical direction for the global energy structural transformation. Wind energy, with its characteristics of being non-polluting and renewable, has garnered widespread attention from countries around the world [1]. According to the Global Wind Energy Council (GWEC) *Global Wind Report 2024*, the newly installed wind power capacity worldwide reached a staggering 117 GW in 2023,

setting a historical record with a 50% increase from the previous year [2]. The global installed wind power capacity has now exceeded 1,000,000 MW [3], occupying a crucial position in global energy supply.

However, with the rapid development of the global wind power industry, issues related to the safety and stability of wind turbines have become increasingly prominent [3]. Wind turbines typically operate at the bottom of the atmospheric boundary layer (ABL), where the internal turbulence consists of a series of coherent structures with various time and spatial scales [4,5]. These turbulent structures range from the microscopic Kolmogorov scale (approximately 1 mm/1 ms) to the integral scale (approximately 1 km/100 s) [6]. The dynamic characteristics of multi-scale turbulence

*Corresponding author. E-mail address: Wangyan2008@lut.edu.cn (Yan Wang)
Executive Editor: Junjun Wang

Effects of multi-scale turbulent motions on aerodynamic performance of wind turbine under sand-laden conditions

Cite as: Phys. Fluids 36, 105181 (2024); doi: 10.1063/5.0228327

Submitted: 12 July 2024 · Accepted: 3 October 2024 ·

Published Online: 22 October 2024



Yan Wang (王燕),¹ Jingjing Zhang (张菁婧),¹ Pan Lu (路攀),¹ and Hongyou Liu (刘洪佑)^{2,a)}

AFFILIATIONS

¹School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

²Center for Particle-Laden Turbulence, Key Laboratory of Mechanics on Disaster and Environment in Western China, Ministry of Education, College of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

^{a)}Author to whom correspondence should be addressed: liuhongyou@lzu.edu.cn

ABSTRACT

Wind turbine installation in the desert and Gobi regions offers a promising approach for meeting long term energy demands. However, the effect of multi-scale characteristics in sand laden atmosphere flows on wind turbine aerodynamic performance has not been evaluated. In this study, wind velocity data collected from the Qingtu Lake Observation Array (QLOA) were employed to address this gap. Results show that up to 58% of the total turbulent kinetic energy (TKE) is accounted for by very large-scale motions (VLSMs), which make up a considerable portion of the TKE. The contributions of the large-scale motions (LSMs) and the small-scale motions (SSMs) to TKE are 36% and 6%, respectively. The contribution of multi-scale turbulent motions to the aerodynamic loads of wind turbine under sand-laden conditions has been quantified for the first time. The comparison demonstrates that while LSMs and SSMs exhibit a rapid drop in their contributions to wind turbine loads with height, VLSMs show a rapid increase. Wavelet analysis revealed a strong correlation between VLSMs and power, thrust, and blade root flapwise moment at periods ranging from 256 to 1024 s. This correlation weakens as the streamwise length scale of the turbulent coherent structure decreases. This study provides essential insights for optimizing wind turbine design and site selection in sand-laden environments.

Published under an exclusive license by AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0228327>

1. INTRODUCTION

Wind energy has emerged as a top driver in addressing the global energy and climate crisis due to its clean and sustainable nature. According to the International Energy Agency (IEA),¹ 2023 marks a significant milestone for over 100 GW of new onshore wind capacity was installed worldwide in a single year. The Global Wind Energy Council (GWEC) forecasts that the global installed wind power capacity will reach 2 TW before 2030, with onshore wind installations accounting for over 80% of the total capacity.² The global desert and Gobi regions contain abundant onshore wind energy resources, which have been developed by various countries to accelerate the energy transition.³ Specifically, the installed wind power in the desert regions of North America, South America, and Australia account for 4.8%,⁴ 18%,⁵ and 7.1%⁶ of the total installed capacity, respectively. Africa's desert regions are mainly located in Libya and Egypt, where 7600 km² of wind farms were constructed in 2022.⁷ Wind turbine installations in the desert and Gobi regions of Asia are mainly located in Mongolia,⁸

India,⁹ and China.¹⁰ The onshore wind resources of China account for 70% of the country's resources and 4 large-scale wind bases have been installed in desert and Gobi regions.³

However, there are still numerous scientific and technological challenges behind the large-scale utilization of wind resources in desert and Gobi regions. Wind turbines operate at the bottom of the Atmospheric Boundary Layer (ABL) and the aerodynamic performance of wind turbine is significantly influenced by characteristics of turbulence in the incoming flow. The ABL is composed of a series of turbulent coherent structures that persist in time and space, spanning various temporal and spatial scales, ranging from the integral scale (1 km) to the Kolmogorov scale (1 mm).^{11,12} The coherent structures can be classified into VLSMs, LSMs, and SSMs based on the streamwise length scale L_x , as shown in Fig. 1. L_x of VLSMs is larger than 3δ , corresponding to the low-wavenumber peak of the pre-multiplied spectra, where δ is the boundary layer thickness. L_x of LSMs is $(0.3-3)\delta$ and that of SSMs is less than 0.3δ .¹³ Robinson¹⁴ emphasized

Large-eddy simulation of dust transport and coherent structures in a wind turbine wake

Cite as: Phys. Fluids 37, 095203 (2025); doi: 10.1063/5.0289853

Submitted: 9 July 2025 · Accepted: 10 September 2025 ·

Published Online: 29 September 2025



Yan Wang (王燕),^{1,2,*} Ronghu Guan (关荣湖),¹ Pan Lu (路攀),¹ Jian Zheng (郑健),¹ Gaosheng Ma (马高生),^{1,2} and Fan Yang (杨帆)¹

AFFILIATIONS

¹School of Green Energy and Storage, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China

²Gansu Provincial Technology Center for Wind Turbines, Lanzhou, China

*Author to whom correspondence should be addressed: wangyan2008@lut.edu.cn

ABSTRACT

This study utilizes large eddy simulation (LES) with an actuator line model (ALM) to quantify, for the first time, the influence of an operational 5 MW wind turbine wake on the structural characteristics and transport dynamics of suspended dust. The results indicate that turbine wake induced turbulence significantly weakens the correlation between dust concentration and flow velocity, with the correlation coefficient decreasing by up to 16.6%. Rotor induced flow alters the structural characteristics of dust concentration, leading to decreased characteristic length scales in both the spanwise and streamwise directions, as well as an increased structural inclination angle. These effects become more pronounced with larger particle diameters and higher threshold of correlation. Additionally, the wake also affects dust distribution and transport, inducing significant concentration fluctuations in the near-wake region (-6.7% to $+3.67\%$), with these fluctuations gradually diminishing downstream and stabilizing beyond seven rotor diameters. Quadrant analysis further reveals that wake turbulence enhances the vertical turbulent diffusion of dust, with the effect being more pronounced for larger particles. These findings provide novel insights into how wind turbines affect dust structural characteristics and redistribution, offering valuable theoretical support for optimizing desert wind farm designs and wind-powered dust control strategies.

Published under an exclusive license by AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0289853>

I. INTRODUCTION

Accelerating environmental concerns and growing energy demands, renewable resources have become major contributors to global energy transition.¹ Wind energy, as one of the fastest growing sources of electricity, has fueled the expansion of wind farms in both scale and number due to its unique advantages.² With ideal onshore wind sites becoming increasingly limited, desert regions are emerging as critical key areas for wind power development, given their vast land and considerable wind energy potential. However, the surface vegetation in desert areas is sparse, and the presence of loose material and frequent sand and dust storms results in wind turbines operating under these conditions for extended periods, potentially accounting for up to one fifth of the total operating time.³ The interaction between the sand-dust environment and wind power infrastructure presents a critical challenge for wind power development. Understanding the transport mechanisms of sand and dust within the atmospheric boundary layer (ABL) is essential for evaluating the performance and sustained dependability of wind turbines. Dust-particle movement in the ABL primarily occurs via suspension,

salutation, and creep. Currently, the tower height of large onshore wind turbines exceeds 80 m,⁴ with the particles at this height primarily being suspended. These suspended dust particles are highly susceptible to turbulence, which alters their trajectories and transport characteristics.^{5,6} Wind turbines capture kinetic energy from the ABL, generating a wake structure with low wind speeds and high turbulence, which further disrupts and modifies the transport of suspended dust. Although suspended dust particles contribute to less than 5% of total sand transport,⁷ they can remain suspended in the upper troposphere and stratosphere for extended periods, transported over distances ranging from hundreds to thousands of kilometers.^{5,6} This transport process not only influences aerosol formation but may also have significant implications for the radiation cycle and global climate. A comprehensive understanding of the influence of wind turbines on the formation and evolution of wind-sand hazards provides deeper insights into the physical mechanisms of wind-sand. This is essential for the sustainable development of wind energy and the protection of the environment in the Shagou wilderness area.



Impact of atmospheric stability on wind farm performance: Insights from internal boundary layer dynamics

Yan Wang ^{a,b}, Pan Lu ^a, Yongze Zhou ^c, Mingwei Ge ^d, Rennian Li ^{a,b,*}

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China

^b Gansu Provincial Technology Centre for Wind Turbines, Lanzhou, 730050, Gansu, China

^c College of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, Gansu, China

^d State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources, North China Electric Power University, Beijing, 102206, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Atmospheric stability
Wind turbine wake
Power output
Internal boundary layer

ABSTRACT

The flow characteristics of the atmospheric boundary layer (ABL) and its interactions with wind farms are critical to assessing the aerodynamic performance of wind turbines. In this study, large eddy simulation (LES) was employed to investigate these interactions across different atmospheric stratifications, with a particular focus on the evolution of the internal boundary layer (IBL) and its effects on turbine wake characteristics and overall wind farm performance. The results indicate that the IBL evolves into distinct scenarios depending on the flow field characteristics, which substantially influence the mixing of turbine wakes with background turbulence, ultimately leading to significant sensitivity of wind farm performance to scale variations across different atmospheric stratifications. For wind farms with fewer than nine rows of turbines, power output progressively decreases as atmospheric stratification intensifies. However, once the number of turbine rows reaches ten, power output under stable stratification increases unexpectedly by 1.4% compared to neutral stratification. As the wind farm scale “expands” beyond ten rows, the difference in power output between stable and convective stratification diminishes and may even reverse, until the IBL reaches a fully-developed regime. These findings contribute to resolving the ongoing controversy regarding the effects of atmospheric stability on wind farm power generation.

1. Introduction

Renewable energy is anticipated to play a pivotal role in addressing global challenges such as meeting future energy demands, mitigating climate change, and reducing pollution. Among renewable sources, wind energy has become one of the fastest-growing contributors to electricity generation, exhibiting distinct advantages that fuel the ongoing expansion of wind farms in both the scale and number [1]. Wind farms operate within the Atmospheric Boundary Layer (ABL), where statistical characteristics such as mean flow, turbulence intensity, and wind shear significantly influence wind turbine wake recovery, aerodynamic performance, and overall wind farms power output [2]. Furthermore, the ABL, characterized by high Reynolds number turbulence and influenced by thermal stability, often exhibits non-neutral atmospheric stratification. Based on turbulence generation mechanisms, the ABL is classified into three stratification regimes: the convective boundary layer (CBL), neutral boundary layer (NBL), and stable boundary layer (SBL) [3]. Research demonstrates significant variations in ABL statistical characteristics across different atmospheric

stratifications, which in turn influence turbine wake length and meandering behavior [4]. Notably, as turbine sizes increases, overlapping wakes from adjacent turbines create more complex flow patterns and intensified interactions with the ABL [5]. These interactions produce an internal boundary layer (IBL) above wind farms, altering the vertical structure and characteristics of the ABL [6]. The flow field is typically divided into several regions, including the induction region, entrance and development region, fully-developed region, exit region, and wind farm wake region, depending on the degree of interaction with the ABL [7], as illustrated in Fig. 1.

Extensive research has been conducted on the interaction between the ABL and very large-scale wind farms, often termed infinite-size wind farms. Under neutral stratification, Calaf et al. [8] used LES to quantify the vertical transport of kinetic energy and momentum within the boundary layer. Their findings indicate that, in the fully-developed regime, turbines primarily extract kinetic energy from the fast-moving flow above, transported into the turbine region through vertical fluxes. Meyers et al. [9] examined the influence of turbine spacing on wind

* Corresponding authors at: School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China.
E-mail addresses: wangyan2008@lut.edu.cn (Y. Wang), lirn@lut.edu.cn (R. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.135157>

Received 25 September 2024; Received in revised form 14 February 2025; Accepted 19 February 2025

Available online 18 March 2025

0360-5442/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION OF LIQUID COLD PLATE WITH V-SHAPED RIBS FOR LITHIUM-ION BATTERIES

by

**Yan WANG^a, Shaozhong LIANG^a, Jian FU^a,
Jian ZHENG^a, and Ya WANG^b**

^aSchool of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China

^bSinohydro Engineering Bureau 4 Co., Ltd, Power China, Xining, China

Original scientific paper

<https://doi.org/10.2298/TSC1240723230W>

The performance of lithium-ion batteries is affected by the operational temperature significantly for the new energy vehicles, and should be below 338 K and 5 K, respectively, in the actual project. An efficient thermal management system is essential for the battery, as it would ensure the safe operation and increase the battery life. In this study, the liquid cold plate with V-shaped ribs is applied to improve the heat transfer characteristics for guaranteeing the safe operational temperature of the battery. Based on the battery thermal models, the accuracy of numerical simulation through classical experimental correlation is verified, and is adopted to investigate the effects of different design factors on the heat dissipation of the battery, including the ribbed shape, the distance between adjacent ribs and the inlet velocity of the coolant. The maximum temperature and the temperature difference of the battery and the pressure drop of the channel are taken as the design objectives. An orthogonal test and an entropy weighted-TOPSIS method are used to optimize the results with multi-objective analysis, then the optimal case of design parameters is obtained. The optimal case for the liquid cold plate is the ribbed shape of Model 2, the distance between the adjacent ribs of 30 mm and the inlet velocity of 0.3 m/s. A good balance is achieved between the heat dissipation of the battery pack and the pressure drop of the channel. The optimal case can reduce the maximum temperature and the temperature difference of the battery by 7.41 K and 4.94 K compared with the unoptimized cases, meanwhile the pressure drop is also effectively controlled.

Key words: *lithium-ion batteries, liquid cold plate, V-shaped ribs, heat dissipation, multi-objective optimization*

Introduction

The exhaust emitted from the internal combustion engine vehicles has become a problem that cannot be ignored with the growing severity of the global energy crisis and environmental pollution [1]. In this situation, the new energy vehicles (NEV) are rapidly developing due to their advantages, such as environmental protection and energy saving, low noise, simple and compact structure [2]. It has received wide attention from governments around the world. The endurance and power performance, reliability and safety of the NEV are directly affected

^{*}Corresponding author, e-mail: zhj16822@lut.edu.cn



Accuracy of Kaimal spectrum model for wind turbine load prediction in the Hexi Corridor: The impact of turbulence structure on wind turbine load

Yongfen Chai ^{a,b}, Yan Wang ^{a,b,*}, Jian Zheng ^{a,b}, Jingjing Zhang ^{a,b}, Mingwei Ge ^c

^a School of Energy & Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^b Gansu Provincial Technology Centre for Wind Turbines, Lanzhou, 730050, China

^c School of Renewable Energy, North China Electric Power University, Beijing, 102206, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Field measured turbulence
Kaimal spectrum
Coherent structure
Wind turbine
Loads fluctuation

ABSTRACT

Accurate load predictions are crucial for the safe operation of wind turbines, relying on precise characterization of turbulent wind fields. The Kaimal spectrum model, used in IEC 61,400–2, accurately describes the characteristics of turbulence in flat terrain but struggles in Hexi Corridor. A better understanding of the accuracy issues of the standard turbulence model in predicting turbine loading in corridor terrain is needed. In this study, turbulence characteristics from field measurements and the Kaimal spectrum were compared, and their effects on wind turbine loads were evaluated. Results show that the Kaimal model fails to fully capture the large-scale turbulence structures in Hexi Corridor. The turbulence in the Hexi region is characterized by low-frequency, large-amplitude fluctuations, with a dominant period of 360 s, and exhibits more coherent structural events over a longer time scale (up to 85 s), whereas the turbulence simulated by the IEC Kaimal spectrum displays high-frequency, small-amplitude fluctuations. These discrepancies lead to significant underestimations in load fluctuations—7.5737 % for the flapwise moment and 2.3829 % for thrust. Furthermore, the energy of thrust and flapwise moment fluctuations under Hexi wind conditions is 1.32 and 1.816 times higher, respectively, than under IEC Kaimal conditions. The fatigue cycle amplitude under Hexi wind conditions is larger (0–6 kN·m) with more cycles (up to 1500), indicating a higher risk of fatigue damage compared to the IECKAI wind condition (0–4 kN·m, approximately 500 cycles). This study provides insights for improving wind spectrum models in the Hexi Corridor.

1. Introduction

With the transformation of the global energy structure, wind power, recognized for its cleanliness and renewability, has garnered widespread attention. According to the Global Wind Report 2024, the total global installed capacity reached 1021 GW in 2023, reflecting a year-on-year growth of 13 % [1]. However, in order to achieve the target of controlling temperature rise of 1.5 °C, the annual installed capacity of the wind energy industry must be increased from 117 GW in 2023 to at least 320 GW in 2030 [1]. With the swift advancement of the wind energy sector, the construction of wind farms has been gradually shifted to complex terrains, such as corridor region, mountainous areas and alpine regions [2]. In these areas, the non-uniformity and instability of turbulence increase significantly, and as a result, wind turbines endure more complex loads [3]. This not only impacts the efficiency of power generation in wind turbines, but also affects the dynamic response and overall stability

of its structure, posing new challenges for load prediction and performance assessment [4,5].

Inflow wind speed significantly influences the design, load prediction, and the efficacy assessment of wind turbines. To ensure the power output and stable operation of a wind turbine, it is important to accurately predict the inflow wind speed [6]. Wind spectrum models based on simplified assumptions are usually used to predict wind speed and its turbulence characteristics. Different wind spectrum models describe turbulence characteristics (such as turbulence scale and intensity) differently. The IEC 61,400–1 [7] recommends using Mann's uniform shear model [8] or Kaimal model [9] for simulating turbulence. The spectral characteristics of the turbulent wind farms generated by the two models at a specific height are similar. However, there are significant differences in the spatial distribution. Taking into account different turbulence scales and turbulence anisotropy, the Mann spectrum is more advantageous in more complex wind farms and high turbulence

* Corresponding author at: School of Energy & Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China.
E-mail address: wangyan2008@lut.edu.cn (Y. Wang).

<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105597>

Received 12 February 2025; Received in revised form 3 April 2025; Accepted 2 June 2025

Available online 3 June 2025

2590-1230/© 2025 The Authors. Published by Elsevier B.V. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Research Paper

Particle transport and clustering in wind turbine wake under sand-laden environment

Yan Wang^{a,b}, Fuqiang Zhang^a, Gaosheng Ma^{a,b}, Ye Li^{c,d}, Ruifeng Hu^{e (ID),*}^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China^b Gansu Provincial Technology Center for Wind Turbines, Lanzhou, 730050, Gansu, China^c Department of Ocean Science and Engineering, Southern University of Science and Technology, Shenzhen, 518000, Guangdong, China^d School of Engineering, The University of Edinburgh, Edinburgh EH9 3JL, United Kingdom^e Center for Particle-Laden Turbulence, Key Laboratory of Mechanics on Disaster and Environment in Western China, Ministry of Education, College of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, Gansu, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Wind turbine wake
Particle transport
Particle clustering
Large-eddy simulation

ABSTRACT

The potential for wind farms installed in arid and semi-arid regions (like deserts and gobi) has gained increasing attention, making the study of particle transport in wind turbine wake particularly relevant. In this work, we investigate the transport and distribution of sand-grain particles with different Stokes numbers (St) in a wind turbine wake by large-eddy simulation for the gas phase and the Eulerian-Lagrangian method for the solid phase. The simulation results reveal a strong correlation between particle transport and particle inertia characterized by St . As St increases, the particle transport transits from a tracer-like state dominated by the flow to ballistic motions. A nonmonotonic relationship between local particle clustering and St is discovered using the box-counting method. The local particle clustering is found to be strongest at $St = 1$, which is independent of cell box size. A threshold for the clustering of particles in the turbine wake is proposed based on flow parameters and Voronoi cell area. Furthermore, we found that gravity enhances clustering for low-inertia particles, while weakening it for high-inertia particles, and it reduces particle clustering in straining regions. This study is expected to provide essential insights for the evaluation and prediction of sand-grain particle transport in wind turbine wake.

1. Introduction

Wind energy is a crucial component of the future energy system to achieve the climate goals outlined in the Paris Agreement and future demands for clean energy (IEA, 2023). The International Renewable Energy Agency (IRENA) targets 3040 GW of cumulative onshore wind capacity by 2030, with 130 GW added annually over the next five years (IRENA, 2023; GWEC, 2024). Considering abundant wind energy resources and low land costs, inner land regions have been extensively utilized, while some of these regions are characterized by sparse vegetation, loose soil, and frequent dust weather (Liang et al., 2023; Lancaster, 2013). Dust weather occurs more than 60 days per year in Asia, and in some places, this number can reach 157 days or more (Kong, 2020). As wind speeds during such events remain below the limits of the turbine cutout (Wang, 2015; Tian et al., 2022), wind turbines frequently operate in sand-laden environments. Therefore, understanding and evaluating the interaction of wind turbine wake and sand-grain particles is necessary and can be instructive for wind turbines operating in such regions. In the literature, several preliminary

studies, such as (Zheng et al., 2018; Guo et al., 2021; Ma et al., 2024) have been reported. However, more detailed investigations are needed on the characteristics of sand-grain particle transport in the wake of wind turbines.

In particle-laden turbulent flows, the motion of particles has long been a key research focus (Wang and Zheng, 2014). Earlier studies used discrete vortex methods (DVMs) to investigate the dispersion of inertial particles in free shear flow (Wen et al., 1992; Tang et al., 1992). They found that particle motion was significantly regulated by large-scale flow structures. Subsequent work by Wang et al. (2005) in a backward-facing-step flow demonstrated that while small particles ($d_p = 2 \mu\text{m}$, where d_p is particle diameter) closely followed the flow structures, large particles ($d_p = 200 \mu\text{m}$) exhibited transport dominated by inertia, which was largely decoupled from the flow. The above studies underscore the crucial role of particle size in particle motion. The spatial distribution of particles with different sizes in turbulent flows is also widely investigated (Monchaux et al., 2012, 2010). It was

* Corresponding author.

E-mail address: hurf@lzu.edu.cn (R. Hu).<https://doi.org/10.1016/j.ijmflow.2025.105411>

Received 11 April 2025; Received in revised form 3 July 2025; Accepted 4 August 2025

Available online 16 September 2025

0301-9322/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Banner appropriate to article type will appear here in typeset article

1 **Effects of tip speed ratio on wind turbine wake** 2 **meandering**

3 **Yan Wang¹, Guihua Zhao¹, Guoliang Liu¹, Yongze Zhou², Mingwei Ge³, Zhen**
4 **Ouyang⁴, Zijing Ding⁴, and Ruifeng Hu^{2†}**

5 ¹School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

6 ²Center for Particle-Laden Turbulence, Key Laboratory of Mechanics on Disaster and Environment in
7 Western China, Ministry of Education, and College of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou
8 University, Lanzhou 730000, China

9 ³State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources, North China
10 Electric Power University, Beijing 102206, China

11 ⁴School of Energy Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China

12 (Received xx; revised xx; accepted xx)

13 This study utilises large-eddy simulation (LES) with the actuator line model (ALM) to
14 examine the effects of the tip speed ratio (TSR) on the wake-meandering characteristics
15 of a wind turbine in uniform and turbulent inflows. It is shown that as the TSR grows,
16 the onset position of the wake meandering moves closer to the rotor, and the magnitude
17 of wake oscillation is stronger. This aligns with previous work showing that a higher TSR
18 can accelerate the instability and breakdown of tip vortices. Without a nacelle, the Strouhal
19 number of the wake meandering is found to be independent of the TSR under both the
20 uniform and turbulent inflows. However, with a relatively large nacelle, the Strouhal number
21 first increases and then decreases with TSR. Therefore, the current discovery elucidates the
22 crucial role of the nacelle and clarifies the origin of the TSR dependence of the Strouhal
23 number in wake meandering. In addition, the characteristic frequency of the wake meandering
24 under the turbulent inflow is much smaller than that under the uniform inflow, because of
25 the significant influence of the freestream turbulence. Furthermore, the proper orthogonal
26 decomposition (POD) and spectral proper orthogonal decomposition (SPOD) methods are
27 employed to study the spatio-temporal characteristics of the meandering wake and its TSR
28 dependence. It is found that the tip and root vortices are the prominent wake structures
29 under the uniform inflow, whereas more complex multiscale structures from the interaction
30 between the freestream turbulence and tip/root vortices exist under the turbulent inflow.
31 Moreover, an amplitude modulation phenomenon of the POD time coefficients at the optimal
32 TSR is observed in the uniform inflow case. Finally, a reduced-order model is constructed
33 for predicting the wake dynamics by combining the SPOD and the sparse identification of
34 nonlinear dynamics (SINDy) algorithm with high accuracy and interpretability.

35 **Key words:** Wind turbine; wake meandering; POD; SPOD; reduced-order model



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Insight into the impact of turbine-array configurations on the power output and wake effects of a finite-size wind farm

Yan Wang^{a,b}, Pan Lu^a, Yongze Zhou^c, Ronghu Guan^a, Rennian Li^{a,b,*}

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China

^b Gansu Provincial Technology Centre for Wind Turbines, Lanzhou, 730050, Gansu, China

^c Center for Particle-Laden Turbulence, College of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, Gansu, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Large eddy simulation
Aligned wind farm
Staggered wind farm
Power production
Wake effect

ABSTRACT

Large eddy simulation (LES) is adopted to investigate the turbine-array layout on flow characteristics, power output and wake effects of a finite-size wind farm. Consider 40 turbines installed in 10 rows, with aligned (AL), lateral staggered (LS) and vertical staggered (VS) configurations. A 260D-length computational domain is used to evaluate the wake effects of wind farm. Results showed that both LS and VS wind farm configurations can significantly reduce turbulence-induced instability and improve power generation compared to the AL wind farm configuration, however, their wake effects show different scenarios. The LS configuration can reduce turbulence intensity inside the wind farm by 14.3% and improve power generation by 40%, but prolongs the wake effects to about 17 km downwind of the wind farm. For the VS configuration, a larger relative hub height difference between the front and back turbines improves power generation (up to 16%) and reduces turbulence intensity (up to 5.7%) inside the wind farm. Most importantly, it also significantly reduces the persistence of wake effects, by up to 4 km compared to the LS configuration. Furthermore, employing a 7-row turbine array is recommended to effectively optimize the balance between power generation and turbulence intensity in VS configurations.

1. Introduction

Renewable energy is expected to play a crucial role in addressing key imperatives such as meeting future global energy needs, mitigating climate change, and reducing environmental pollution [1]. Wind energy, one of the fastest-growing electricity sources, increasingly demonstrates its advantages in the field of renewable energy, driving the persistent expansion of both the scale and quantity of wind farms [2]. However, wakes generated by upstream turbines can significantly influence the operation of downstream turbines, substantially decreasing their power outputs and, consequently, affecting the power generation performance of the entire wind farm [3,4]. In conventional aligned wind farm configurations, for instance, downstream turbines are fully exposed to the wake region of upstream turbines, resulting in a substantial decrease in their power extraction efficiency [5]. Studies indicate that, compared to the first-row turbines, wind farm power deficits can reach up to 40% [6], while fatigue loads increase by about 20% [7]. To improve the energy conversion efficiency of turbines and mitigate the impact of wakes, different configuration strategies, such as laterally-staggered and vertically-staggered configurations, are commonly employed to optimize wind farms. These strategies derive two

important spatial design parameters: the spacing of the turbine array and the hub height, which significantly influence the overall power generation efficiency and the characteristics of wake accumulation inside the farms [8]. For example, inside the laterally-staggered farms, the relatively longer separation between consecutive downstream turbines allows the wakes to recover more fully, exposing the turbines to higher local wind velocities (leading to higher turbine efficiency) and low turbulence intensity levels (leading to lower fatigue loads), compared with aligned farms [8]. Vertically-staggered farms, on the other hand, aim to place the downstream turbines partially outside the wake of upstream turbines, minimizing the negative impact of wakes on the downstream turbines. Additionally, taller turbines in this arrangement capture higher wind velocities within the atmospheric boundary layer (ABL), further improving the overall power generation capacity of the wind farm [9].

Archer et al. [10] employed Large Eddy Simulation (LES) methods to investigate the impact of Lillgrund wind farm configuration on wind power production. The results indicate that, compared to aligned configurations, laterally-staggered configuration could improve wind farm's capacity from 0.3 to 0.34, while reducing array losses from

* Corresponding authors at: School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China.
E-mail addresses: wangyan2008@lut.edu.cn (Y. Wang), lirn@lut.edu.cn (R. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123745>

Received 12 July 2024; Received in revised form 9 June 2025; Accepted 10 June 2025

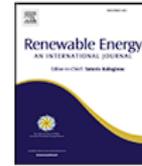
Available online 25 June 2025

0960-1481/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Large-eddy simulation of wind farm wake behavior and power efficiency: Effects of atmospheric stratification and staggered configurations

Pan Lu^a, Yan Wang^{a,b} , Yongze Zhou^c, Mingwei Ge^d, Rennian Li^{a,b}^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China^b Gansu Provincial Technology Centre for Wind Turbines, Lanzhou, 730050, Gansu, China^c Center for Particle-Laden Turbulence, College of Civil Engineering and Mechanics, Lanzhou University, Lanzhou, 730000, Gansu, China^d State Key Laboratory of Alternate Electrical Power System with Renewable Energy Sources, North China Electric Power University, Beijing, 102206, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Large eddy simulation
 Atmospheric stratification
 Aligned wind farm
 Staggered wind farm
 Power generation

ABSTRACT

Wake interference between wind turbine arrays significantly affects wind farm performance. While staggered configurations, both laterally and vertically, have shown potential in mitigating this interference, their performance under different atmospheric stratifications remains ambiguous. This study uses large eddy simulation (LES) to evaluate the advantages of staggered configurations over the conventional aligned configuration, focusing on their ability to reduce turbulence-induced instability and improve energy efficiency, underscoring their potential applicability in real-world scenarios. Simulation results indicate that the laterally-staggered configuration, which increases the effective distance between consecutive turbines, allows turbine wakes to experience lower velocity deficits and turbulence intensity when interacting with downstream turbines, thereby improving aerodynamic performance. However, the performance of the laterally-staggered configuration is highly sensitive to changes in stratification regimes due to the modulating effects of atmospheric stratification on the internal flow within the wind farm, altering the inherent power generation patterns under different stratification regimes. Nonetheless, the laterally-staggered configuration improved power generation by 36% and reduced turbulence intensity inside the wind farm by 11.5%. In contrast, the vertically-staggered configurations demonstrate minimal sensitivity to stratification changes, with a relatively larger hub height difference ($2H_d$) between turbines improving power generation (up to 18.4%) and reducing turbulence intensity (up to 5.7%).

1. Introduction

Rising global energy demands and growing environmental concerns underscore the urgent shift toward renewable energy solutions [1]. Among these, wind energy has emerged as one of the fastest-growing contributors to electricity generation, with unique advantages that propel the expansion of wind farms in both scale and number [2]. However, despite the increasing number of wind turbines, the overall power output of wind farms has not increased proportionally [3]. This discrepancy is primarily attributed to wake effects generated by upstream turbines, such as wake deficits, wake meanders, and wake-induced turbulence, which significantly affect the power extraction and dynamic loading of the downstream turbines, ultimately reducing the overall efficiency of the wind farm [4]. For instance, in conventional aligned wind farm configuration, downstream turbines are fully immersed in the wake regions of upstream turbines, exposing them to unsteady wake flows with larger velocity deficits and higher turbulence levels,

leading to demonstrable reductions in power extraction efficiency [5]. Research has shown that under prevailing wind directions, downstream turbines can experience power deficits of up to 10%–20%, along with an approximate 5%–15% increase in fatigue loads [6,7]. More compact wind farms, such as Lillgrund, may experience even more pronounced effects [8]. Consequently, optimizing the design and operation of wind farms is crucial for maximizing their performance. To this end, several scholars have proposed staggered turbine-array arrangements strategies to enhance the energy conversion efficiency of turbines and mitigate the negative effects of wake interference [9–11]. Two key spatial design parameters have been identified: turbine-array spacing and hub height, both of which significantly influence the cumulative wake effects inside the wind farm [12]. Staggered arrangements are typically classified into two configurations: laterally and vertically. Laterally-staggered configurations are a conventional strategy for mitigating wake interference, as the relatively longer separation between consecutive downstream

* Corresponding author at: School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China.
 E-mail address: wangyan2008@lut.edu.cn (Y. Wang).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.123075>

Received 23 December 2024; Received in revised form 11 March 2025; Accepted 7 April 2025

Available online 22 April 2025

0960-1481/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Thermal Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apthermeng

Research Paper

Performance analysis of different flow rates and dust accumulation in rectangular micro heat pipe Photovoltaic/Thermal parallel system

Rui Li^{a,b,c}, Zijiao Jia^{a,b,c}, Xiaohua Sun^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c,*},
Panpan Zhai^{a,b,c}, Fada Li^{a,b,c,d}, Vojislav Novakovic^e

^a School of Energy and Power Engineering Lanzhou University of Technology Lanzhou China

^b Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns Lanzhou China

^c Gansu Key Laboratory of Complementary Energy System of Biomass and Solar Energy Lanzhou China

^d Key Laboratory of Solar Power System Engineering in Gansu Province, Jiuquan Vocational and Technical College, Jiuquan 735000 China

^e Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim NO-7491 Norway



ARTICLE INFO

Keywords:

Solar radiation
Rectangular micro heat pipe parallel PV/T system
Flow rate
Dust accumulation
Thermal conversion efficiency
Photovoltaic conversion efficiency

ABSTRACT

Photovoltaic/thermal (PV/T) systems offer substantial potential for application in the northwest regions of China, thanks to their abundant solar resources. While previous studies have typically aimed to enhance system performance through increased financial investment, this manuscript adopted a different approach. It focused on identifying and addressing the primary thermal resistance within the system, specifically the resistance between the heat exchanger (HE) and water, without additional financial input. To explore this aspect, the impact of varying water flow rates on the performance of a rectangular micro heat pipe (R-M-HP) PV/T parallel system was investigated. Given the cold and arid conditions with infrequent rain and snow in northwestern China, a 10-day dust accumulation test was conducted in Lanzhou under dry conditions to better simulate actual weather scenarios. Research revealed that after one day of dust accumulation, the average PCE, TCE, and total efficiency were higher by 0.3 %, 1.1 %, and 1.4 %, respectively, compared to ten days of dust accumulation under similar weather conditions. Additionally, at a flow rate of 0.36 L/s, the thermal conversion efficiency (TCE) and photovoltaic conversion efficiency (PCE) reached maximum average values of 39.4 % and 16.3 %, respectively, resulting in a total efficiency of 55.7 %. This represented an increase in total efficiency by 6.0 % and 13.6 % compared to flow rates of 0.26 L/s and 0.16 L/s, respectively.

1. Introduction

Energy is a fundamental resource for human survival and social development. It is essential for economic growth, quality of life improvement, and national security. However, the extensive use of traditional fossil fuels has resulted in several issues, such as resource depletion, environmental pollution, and climate change. Therefore, developing and utilizing low-carbon energy is crucial for addressing the energy crisis and achieving sustainable development, ensuring future well-being for human society [1]. Optimizing the energy structure is now a global consensus, primarily achieved by increasing the share of clean energy in total consumption [2]. Solar energy, due to its clean, environmentally friendly, accessible, and renewable characteristics, is regarded as the most promising renewable source for optimizing the energy structure [3]. PV/Ts fully harness solar energy to simultaneously

produce thermal and electrical energy. These systems offer significant advantages in energy conversion efficiency, resource utilization, and environmental benefits, making them valuable for research and offering broad application prospects [4]. In-depth research and development of PV/T technology can offer solutions to the global energy crisis and positively impact climate change mitigation and environmental protection.

1.1. Related works and research gap

Among the various design schemes of PV/Ts, HP-PV/Ts have garnered extensive attention and research due to their unique structural design and superior performance [5]. HPs are installed on the back of the PV/T panels to utilize their thermal conductivity, collecting and dissipating excess heat for efficient energy use. This design boosts

* Corresponding author.

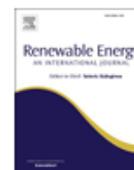
E-mail address: li202377@126.com (J. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2025.125550>

Received 13 October 2024; Received in revised form 26 December 2024; Accepted 11 January 2025

Available online 13 January 2025

1359-4311/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Comparative study on heating performance and economy of air source heat pump coupled with evacuated tube and flat plate collector respectively

Zijiao Jia^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c,*}, Panpan Zhai^{a,b,c}, Vojislav Novakovic^d,
Yadong Cao^{a,b,c}

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, PR China

^b Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou, 730050, PR China

^c Gansu Key Laboratory of Complementary Energy System of Biomass and Solar Energy, Lanzhou, 730050, PR China

^d Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, NO-7491, Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

Solar collector
ASHP
SAHP
Heating performance
Dynamic payback period

ABSTRACT

Solar evacuated tube collector (ETC) and flat plate collector (FPC), as cost-effective technology for solar utilization, their integration with air source heat pump (ASHP) has shown potential for reducing heating cost. However, a comprehensive comparative study of performance and economy of ETC coupled with ASHP (ETC-ASHP) and FPC coupled with ASHP (FPC-ASHP) heating system is lacking. This study utilized experiment and TRNSYS simulation to compare the performance of ETC-ASHP and FPC-ASHP systems in a 120 m² building. The results indicate that ETC-ASHP demonstrated better performance and stability. In contrast, FPC-ASHP responded more quickly to changes in solar radiation and ambient temperature enabling faster mode switch. In heating season, ETC-ASHP performed better than FPC-ASHP, with a 15.5 % higher heat collection efficiency, a 7.0 % higher energy efficiency ratio, saved 377 kW h of electricity, reduced dynamic payback period by 0.95 years, and additional reduction of 407 kg in CO₂ emissions. ETC-ASHP and FPC-ASHP operated in ASHP, solar assisted heat pump (SAHP), and solar direct supply (SD) three heating modes with respective proportions of heating duration being 25.7 %, 46.5 %, 27.8 %, and 36.5 %, 47.7 %, 15.8 %. Based on the experiment and simulation results, the ETC-ASHP was more suitable for rural winter heating application in cold regions.

Nomenclature

$Q_{e,1}$	effective heat collection of ETC-ASHP system, W	NPV	net present value
c_{p1}	specific heat capacity of water, J/(kg·°C)	$DPBP$	dynamic payback period
m_{p1}	mass of water, kg	$PESR$	primary energy saving rate
m	water mass in the tank of ETC-ASHP system, kg	I	initial investment cost
c_f	specific heat capacity of the heat transfer fluid, J/(kg·°C)	t^*	year in which the net present value of cumulative benefits appears positive
Δt_{tank}	temperature difference between inlet and outlet water of water tank, °C	M_t	discounted value for the year when the cumulative discount becomes positive

(continued on next column)

(continued)

m_f	mass of the heat transfer fluid, kg	C_t	annual cash flow
$t_{c,out}$	outlet temperature of ETC or FPC, °C	t	represents the year
$t_{c,in}$	inlet temperature of ETC or FPC, °C	Abbreviations	
$Q_{e,2}$	effective heat collection of FPC-ASHP system, W	ETC	evacuated tube collector
c_{p2}	specific heat capacity of water, J/(kg·°C)	FPC	flat plate collector
m_{g2}	mass of ethylene glycol, kg	ASHP	air source heat pump
η_c	average heat collection efficiency of the ETC or FPC	SAHP	solar assisted heat pump
G	instantaneous solar radiation intensity, W/m ²	ETC-ASHP	ETC coupled with ASHP

(continued on next page)

* Corresponding author. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, PR China.
E-mail address: lijinping77@163.com (J. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.122759>

Received 1 November 2024; Received in revised form 26 January 2025; Accepted 24 February 2025

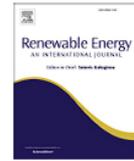
Available online 24 February 2025

0960-1481/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Research of innovative distributed polygeneration system in a low-carbon community in Northwest China

Xiaomin Liu^{a,b,c,d}, Qingbai Wu^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c,*},
Fada Li^{a,b,c,e}, Rui Li^{a,b,c,**}, Vojislav Novakovic^f

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^b Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou, 730050, China

^c Gansu Key Laboratory of Complementary Energy System of Biomass and Solar Energy, Lanzhou, 730050, China

^d Gansu Natural Energy Research Institute, Lanzhou, 730050, China

^e Key Laboratory of Solar Power System Engineering in Gansu Province, Jiuquan Vocational and Technical College, Jiuquan, 735000, China

^f Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, NO-7491, Trondheim, Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

Distributed polygeneration energy system
Collaborative sustainable development
Zero energy consumption
Energy economy

ABSTRACT

By utilizing the abundant solar and biomass energy resources in the local area, the research has innovatively designed a new type of distributed multi generation system: combined heating, power, biogas, and fertilizer (CHPBF). This system combines sustainable energy with circular agriculture, while solving the problem of clean energy supply for local users, achieving harmonious coexistence between energy production and circular agriculture. A theoretical dynamic model of the CHPBF system was built for 26 buildings in Wuwei City, Gansu Province. Annual techno-economic analysis and comprehensive environmental benefits were investigated using Python programming language with accurate model. The annual biomass input for the optimal system was 14,283,100 kWh, with 32.20 % used for heating and 67.80 % for the anaerobic fermentation process at the biogas station. Methane produced through anaerobic fermentation accounts for 5,950,000 kWh, or 41.66 % of the total biomass input. The system's annual solar energy input was 9,619,300 kWh. Annual analysis revealed that the system generates ample energy for 582 households, with a surplus of 1,630,000 kWh of electricity for the grid. It can process biomass waste, reducing annual CO₂ emissions to 0.95 tons per person.

1. Introduction

The Chinese government has pledged to achieve carbon neutrality by 2060 and peak carbon emissions by 2030, underscoring the urgent need to reduce fossil fuel consumption. Nonetheless, a considerable challenge persists in the rural communities of Northwest China, where access to and affordability of commercial energy are frequently constrained. [1]. In many rural households in Northwest China, traditional biomass energy sources such as wood, crop residues, and animal dung remain the primary sources for heating and cooking [2]. Despite the rapid urbanization occurring nationwide, these rural communities maintain a strong connection to agricultural production, which is central to their livelihoods. Therefore, ensuring that millions of rural residents in Northwest China have access to clean and affordable energy services is crucial [3]. This is not only vital for improving their quality of life but also essential

for promoting the overall modernization of rural areas, supporting sustainable development goals, and contributing to the national goal of reducing carbon emissions.

Distributed Energy Systems (DES) have emerged as a key approach, emphasizing clean energy and low emissions located close to end users [4]. Advancements in residential net-zero energy buildings (NZEBS) offer substantial potential to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions. Biomass energy, being weather-independent, becomes extremely attractive when the resource is available [5]. The integration of solar and biomass energy not only yields clean thermal energy but also reduces the disposal of organic wastes, producing valuable agricultural by-products. The DES based on renewable energy have proven effective in ensuring a sustainable energy supply [6].

Prior research by Demirci et al. [7] emphasizes optimizing biomass-based hybrid power systems for rural areas with a focus on

* Corresponding author. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

** Corresponding author. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China
E-mail addresses: li202377@126.com (J. Li), 13893349839@163.com (R. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.122780>

Received 31 October 2024; Received in revised form 16 February 2025; Accepted 27 February 2025

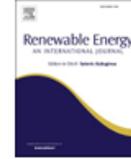
Available online 28 February 2025

0960-1481/© 2025 Published by Elsevier Ltd.



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Performance analysis of different flow rates and dust accumulation in micro heat pipe PV/T series system

Rui Li^{a,b,c}, Zijiao Jia^{a,b,c}, Xiaohua Sun^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c,*},
Panpan Zhai^{a,b,c}, Vojislav Novakovic^d

^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China

^b Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou, China

^c Gansu Key Laboratory of Complementary Energy System of Biomass and Solar Energy, Lanzhou, China

^d Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, NO-7491, Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

Solar radiation
Rectangular micro heat pipe series PV/T system
Flow rate
Dust accumulation

ABSTRACT

Photovoltaic/thermal (PV/T) systems have considerable potential in China's northwest regions due to their abundant solar resources. Previous studies have generally improved system performance through increased investment. In contrast, this manuscript focuses on identifying and addressing the primary thermal resistance within the system, which lies between the heat exchanger (HE) and water, without additional financial input. To explore this, we examined how different water flow rates affect the performance of micro heat pipe (M-HP) PV/T systems. Furthermore, since northwestern China is cold and arid with scarce precipitation, we conducted a 10-day dust accumulation test in Lanzhou under dry conditions to mimic real-world weather conditions. Our research revealed that at a flow rate of 0.36 L/s, the thermal conversion efficiency (TCE) and photovoltaic conversion efficiency (PCE) achieved maximum average values of 38.0 % and 15.9 %, respectively, resulting in a total efficiency of 53.9 %. This represents an increase in total efficiency by 7.4 % and 13.5 % compared to flow rates of 0.26 L/s and 0.16 L/s, respectively. Additionally, the average TCE and total efficiency were 0.5 % and 0.7 % higher, respectively, for one day of dust accumulation compared to ten days.

1. Introduction

Energy is essential for human survival and development, and low-carbon energy is vital for our future [1,2]. Consequently, optimizing the energy structure is a globally recognized priority, focusing on increasing the share of clean energy in total consumption. Among renewable energies, solar energy is poised to significantly optimize the energy structure, attributed to its clean, eco-friendly, accessible, and renewable nature [3,4]. PV/T systems harness solar energy for simultaneous heat and power generation, offering substantial research value and promising application prospects [5].

1.1. Related works and research gap

Among PV/T design schemes, heat pipe (HP) PV/T systems have attracted significant attention because of their distinctive design and enhanced performance [6,7]. The system places HPs behind PV/T panels, efficiently capturing and dispersing the excess heat they produce

through the HPs' high thermal conductivity, leading to effective heat utilization. Based on HP configurations, HP-PV/T systems are categorized into three types: integral, loop, and pulsating HP-PV/Ts [8]. For integral HP-PV/Ts, the coolant exchanges heat with the condenser section through forced or natural convection [9]. The evaporator and condenser sections of loop HPs are connected in series or parallel by several heat exchange tubes, offering advantages such as flexible heat exchange area and height difference between the evaporator and condenser, as well as long-distance heat exchange. Pulsating HPs consist of a long capillary tube bent into many loops with an inner diameter small enough to allow liquid and vapor plugs to form within them. When heated at the evaporator section of pulsating HPs, pressure and temperature differences between the evaporator and condenser sections cause oscillatory movement of liquid-vapor plugs within the pipes, transferring thermal energy from the evaporator section to the condenser section [10–12]. Zhang et al. [13] compared traditional PV/Ts with HP-PV/Ts based on meteorological parameters in Shanghai. They found that nighttime thermal losses were lower in HP-PV/Ts,

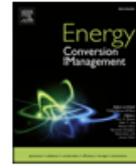
* Corresponding author. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, China.
E-mail address: lj202377@126.com (J. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.122309>

Received 20 September 2024; Received in revised form 26 December 2024; Accepted 27 December 2024

Available online 29 December 2024

0960-1481/© 2024 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Research Paper

Feasibility and annual performance of zero-energy ecological toilet in cold regions



Jinping Li^{a,b,c,*}, An Xu^{a,b,c}, Juanjuan Huang^{a,b,c}, Vojislav Novakovic^d,
Ehsan Gholamian Karkon^d, Junjie Zhu^e

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050 China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou 730050 China

^c China Northwest Collaborative Innovation Center of Low-carbon Urbanization Technologies, Lanzhou 730050 China

^d Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim NO-7491 Norway

^e Solar Energy Department, Institute for Energy Technology, Kjeller 2007 Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

Zero-energy ecological toilet
Antifreezing
Harmless treatment of fecal matter

ABSTRACT

Toilet Revolution has been implemented and many kinds of sanitary toilets, such as three-boxed, water flushing and anaerobic fermentation, have been spread to achieve on-site harmless treatment of feces and improve living standard of farmers in Chinese rural areas. However, in northwestern of China, the ambient temperature is often below 0°C and pipes are easily broken by frozen in winter, which leads to the inability of on-site harmless feces treatment. Furthermore, with the improvement of living standard of farmers, the toilet has become an important place for bathing and above prevalent toilets are out of date. Therefore, a zero-energy ecological toilet was designed to meet various users' needs, integrating photovoltaic, solar heater and thermostatic anaerobic digester into a unit. Subsequently, theoretical model was built to simulate the winter performances of the zero-energy ecological toilet and an experimental prototype was developed to discover practical performances throughout the year in Lanzhou City, Gansu Province. The novel zero-energy ecological toilet runs independently and reliably with the energy yields by itself, even encountering the lowest ambient temperature of -14.5 °C, the indoor temperature is still 6.1 °C above the frozen point. It can provide users with 240.8 kW-h of electricity and 1853.8 kW-h of heat throughout the year, and can generate 305.3 m³ of biogas. Its annual income is 2603.3 yuan, with an investment payback period of 4.1 years. It can save 1266.5 kg of standard coal and reduce carbon dioxide emissions by 3320.8 kg throughout the year, which can provide new ways and ideas for rural Toilet Revolution.

1. Introductory

Toilet Revolution is gradually promoted, but the existing traditional sanitary latrines in cold rural areas can not be used normally due to factors such as frozen pipes and frozen fecal liquid and can not be harmless treatment of fecal sludge, which leads to a reduction in the standard of living of the people and also causes a certain degree of environmental pollution, and the people in rural areas on the demand for modern toilets with the same as the city at any time with hot water and bathing, so to speed up the construction of sanitary toilets suitable for cold rural areas is an urgent and realistic need. Therefore, the construction of sanitary toilets suitable for cold rural areas is an urgent practical need.

In recent years, scholars at home and abroad have also conducted

research on the design of ecological toilets, the combined use of solar energy and biomass energy for the treatment of manure, and how to achieve harmless and efficient resource utilization of manure.

Marroquin A F et al [1] designed a user-friendly and sustainable toilet based on vermicomposting, where the composting temperature in the vermicomposting system is on average 2 °C higher than that in the traditional aerobic composting system, and the microbial decomposition of vermicomposting is much faster when dealing with human feces. Lin [2] designed a new environmentally friendly and water-saving toilet, which was able to achieve 96.20 % removal of metal ions in urine and 93.10 % removal of total nitrogen by optimizing RO membrane treatment and aerobic composting technology. The study by Dileep Kumar et al [3] demonstrated an effective method of building insulation by using 4–8 cm thick polystyrene boards, achieving a total cumulative temperature increase of 207.63–272.25 % and a reduction in frost heave of

* Corresponding author.

E-mail address: lijinping77@163.com (J. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.119593>

Received 26 November 2024; Received in revised form 15 January 2025; Accepted 28 January 2025

Available online 31 January 2025

0196-8904/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Thermal Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/apthermeng

Research Paper

Experimental analysis of a solar heating system with seasonal storage operated in first year

Xiaoxia Li^{a,b,c,d}, lifeng Jin^{a,b,c}, Guobing Yuan^{a,b,c}, Zhifeng Wang^{a,e,*},
Jinping Li^{a,b,c,d}, Xiao Guo^{a,b,c}, Jing Zhao^{a,b,c}^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China^b Gansu Key Laboratory of Complementary Energy System of Biomass and Solar Energy, Lanzhou 730050, China^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou 730050, China^d Joint Lab of Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou 730050, China^e Key Laboratory of Solar Thermal Energy and Photovoltaic System, Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences, No. 6 Beiertiao, Zhongguancun, Beijing 100190, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Solar heating system

Experimental study

Underground seasonal thermal energy storage

Concentrated solar system

ABSTRACT

Seasonal thermal energy storage technology has attracted widespread attention due to its ability to successfully solve the intermittent and seasonal fluctuations of solar energy, as well as the seasonal mismatch between solar energy and heating loads. Due to the significant differences in climatic conditions and heating characteristics between China and European countries, there are also significant differences in the operational characteristics of seasonal heat storage systems in China, with relatively few relevant cases. This paper presents experimental investigations on a solar heating system with seasonal thermal energy storage built in North China. The focuses of the investigation are performance assessment on the system during the first year and the dynamic operating characteristics of the main components. The experimental results showed that the charging efficiency of the seasonal thermal energy storage can reach about 72.0 % in heat storage season. The maximum daily average heat collection per aperture area of the concentrated solar thermal system can reach 2.5 kWh/m²/d in October with the highest solar radiation and running days. The solar fraction of the system reached 41.9 % in the first year. This experimental study serves as a reference for future research on solar heating system with STES, including system optimization design and control.

1. Introduction

Depending on the “2024 Annual Development Research Report on Building Energy Efficiency in China” [1], in 2022, 1.15 billion tons of standard coal, accounting for 21.9 % of the total national energy consumption, were consumed during the operation phase of buildings. The main space heating method for cities and towns in northern China is cogeneration coal-fired boiler heating currently. This approach will bring many problems such as fossil energy consumption, air pollution and ecological damage. Solar energy resources in China are very abundant and distributed similarly to traditional centralized heating regions are in terms of space. In addition, China has also formulated policies to support the use of solar energy.

Solar energy, as a promising renewable energy source, has significant energy-saving effects and is widely utilized in various fields. It is now

internationally recognized as one of the most competitive energy sources in the future. Solar thermal utilization refers to the conversion of solar radiation energy into thermal energy, which is the most widely used in solar energy utilization. Solar thermal utilization is applied in various fields such as domestic hot water [2], heating [3], refrigeration and air conditioning [4], drying [5], solar houses, greenhouses [6–11], seawater desalination [12], industrial heating [13], and solar thermal power [14]. However, solar energy is relatively affected by many factors such as season, weather, day and night. Thus, the stability and reliability of the solar heating system are poor, and the heating demand is small when the total radiation of solar energy is maximum in summer. When solar energy is needed for heating in winter, the amount of solar radiation is smaller than that in summer, so the direct use of solar heating system is restricted. And the conventional solar heating system can only meet 10–20 % of the total heat demand (space heating and domestic hot water) [15]. Thus, STES is needed to solve this problem to achieve clean

* Corresponding author.

E-mail address: lixix@lut.edu.cn (Z. Wang).<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2025.126033>

Received 26 September 2024; Received in revised form 8 February 2025; Accepted 20 February 2025

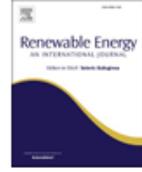
Available online 21 February 2025

1359-4311/© 2025 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Contents lists available at ScienceDirect

Renewable Energy

journal homepage: www.elsevier.com/locate/renene

Conception and verification of flexible space partition heating with solar energy

Jinping Li^{a,b,c,*}, Kun Wu^{a,b,c}, Ming Ma^d, Junjie Zhu^e, Vojislav Novakovic^f

^a Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou, 730050, China

^b Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou, 730050, China

^c School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^d Energy Research Institute of Gannan Tibetan Autonomous Prefecture, Hezuo, 747099, China

^e Solar Energy Department, Institute for Energy Technology, Kjeller, 2007, Norway

^f Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, NO-7491, Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

Energy poverty
Solar energy
Low-income groups
CFD
Flexible space partition
Thermal environment

ABSTRACT

Under the tremendous pressure of carbon neutrality, solar energy is increasingly being widely used for winter heating. However, the drawbacks of solar energy, such as low intensity and instability, often result in high initial investment, high maintenance costs, and poor indoor thermal comfort, especially in uninsulated buildings. Ensuring indoor thermal comfort under limited solar energy is of significant importance. Therefore, the concept of Flexible Space Partition Heating (FSPH) was first proposed, and numerical simulations and experimental studies were conducted to validate the feasibility of utilizing solar energy in winter through FSPH. We installed a solar vacuum tube collector system in a 10.8 m² uninsulated structure in cold regions. Initially, we simulated thermal environments for Full Space Heating (FSH) and FSPH schemes, followed by real-world comparisons using solar energy for both. Results showed FSPH, maintaining 16 °C in −8 °C conditions, saves 34.71 % energy over FSH. Main heating space PMV ranged from −0.9 to 0.9, with PPD from 10 % to 30 %. At 1.9 °C outdoor temperature, FSH supplied 27.98 MJ for 12 °C indoors. With a 6.3 °C outdoor drop, FSPH cut supply by 50.3 %, achieving 16 °C and superior comfort. FSPH's conceptualization and validation provide an effective, low-cost solution for indoor thermal comfort using limited solar energy, promising for low-income populations with minimal investment and upkeep expenses.

Nomenclature

FSPH	Flexible Space Partition Heating
FSH	Full Space Heating
CFD	Computational Fluid Dynamics
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
UDF	User Defined Function
ρ	Air Density (kg/m ³)
β	Coefficient of Thermal Expansion
c	After heating temperature (°C)
T	Initial Temperature (°C)
g	Gravitational Acceleration (m/s ²)
S_T	Viscous dissipation term
C_p	Specific Heat Capacity (J/(kg·°C))
T_{in}	Inlet Temperature (°C)
T_{out}	Outlet Temperature (°C)
q_{hw}	Heat flux of heating surface (W/m ²)
Temp	Temperature

1. Introduction

In the current global energy landscape, energy poverty is a common phenomenon in many regions, leading to a decrease in the quality of life for users, increased health hazards [1], and a sluggish world economic growth rate [2]. The essence of energy poverty lies in the lack of uninterrupted and reliable affordable energy supply to users, mainly caused by energy scarcity, high energy prices, and low user incomes. Heating energy consumption constitutes a significant proportion of societal energy consumption, and inefficient buildings where low-income families reside lead to a continuous increase in heating energy consumption during the heating season. This exacerbates the severity of energy poverty faced by low-income users in cold and frigid regions during the heating period, directly impacting their quality of life. In the case of Northwestern China, there are numerous rural buildings made of adobe

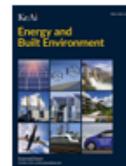
* Corresponding author. Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou, 730050, China.
E-mail address: lijinping77@163.com (J. Li).

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2024.122179>

Received 2 July 2024; Received in revised form 11 December 2024; Accepted 14 December 2024

Available online 16 December 2024

0960-1481/© 2024 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Full Length Article

Indoor thermal comfort comparison between passive solar house with active solar heating and without active solar heating in Tibetan

Panpan Zhai^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c,*}, Tingzhou Lei^{a,b,c}, Junjie Zhu^d, Vojislav Novakovic^e^a School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China^b Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou 730050, China^c Gansu Key Laboratory of Complementary Energy System of Biomass and Solar Energy, Lanzhou 730050, China^d Solar Energy Department, Institute for Energy Technology, Kjeller 2007, Norway^e Department of Energy and Process Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim NO-7491, Norway

ARTICLE INFO

Keywords:

 Passive solar house
 Active solar heating system
 Indoor thermal environment
 PMV-PPD
 LPD

ABSTRACT

Passive solar house technology has been spread for many farmers and herdsmen to improve the indoor thermal environment in Tibetan. However, due to lackage of fuels and arid cold in winter, dry cow dung and coal are popularly fired in stove in passive solar houses, which leads to indoor air pollution and poor indoor comfort. For improving indoor thermal comfort of Tibetan, an active solar heating system which consists of 7 sets of tandem solar water heaters with 30 glass evacuated solar tubes, low temperature floor heating and circulation controller was developed and tested for a common house without insulation in Gan-nan Tibetan area. Its indoor environment was compared and evaluated by PMV-PPD and LPD method to that of the same passive solar house heated by coal stove. On sunny, cloudy and snow days, the active solar heating system provided 113.1, 46.4 and 26.3 kWh of heat to room. The indoor humidity and wind speed of the experimental building were better. The indoor temperatures were 17.2–20.7, 14.9–20.5 and 11.0–14.8°C, while the compared building were 8.9–14.8, 10.1–12.1 and 7.2–10.5°C. The maximum temperature difference between head and ankle were 1.7, 1.6 and 0.9°C, and the compared building were 4, 4 and 4.7°C. The PMV-PPD on sunny day were class I and II; on cloudy day were class I, II and III; on snow day was class III. On sunny and cloudy days, the LPD were class I, on snow day was class I, II and III. The PMV-PPD and LPD for typical days of the compared building were class III. During the 179 days, the mean indoor temperature exceeded 14 °C for 81 days, the solar active heating system provided 12471 kWh of heat to room. The CO₂ emission reduction was 12905 kg. The system's dynamic payback period were 2.57 years.

1. Introduction

Today, over 50% of the world's energy is used for heating, resulting in 40% of energy-related greenhouse gas emissions and substantial air pollution that endangers the environment and human health. Heating accounts for approximately 55% of building energy consumption [1]. In rural areas of China's Tibetan Plateau, farmers and herders choose coal, firewood and animal dung for heating and cooking, sacrificing thermal comfort and health [2,3]. Unreasonable ways of obtaining energy have made environmental issues and poverty more common [4]. Maximizing the use of renewable energy is a potential way to alleviate poverty caused by energy shortages [5,6], and is of great relevance in Chinese carbon neutral, carbon peaking approach.

Solar heating offers the considerable advantage of improving the indoor thermal environment while being environmentally friendly [7,8]. With low dust content in the sky and extended sunlight hours, the high-

altitude Qinghai-Tibet Plateau area is rich in solar energy resources. It also has good natural conditions for using solar energy for heating. Passive solar houses use solar energy to improve indoor temperature and thermal comfort [9–12], effectively improving the indoor thermal environment without energy consumption [13], and have been effectively promoted in the Qinghai-Tibet Plateau region. Liu et al. [9] turned a rural building in a hamlet in Hai-dong City, Qinghai Province, into a passive solar heating building and compared the coal consumption and indoor air quality of the building before and after the conversion during the heating period. The results revealed that the retrofit decreased coal use by 97 kg/week throughout the heating season, while the average indoor temperatures in the two bedrooms increased by 4.8°C and 1.7°C, respectively. The coal stove, as an auxiliary heating device, could alleviate the shortcomings of insufficient heating by passive solar technology and further increase the indoor temperature, but it was also a major source of indoor air pollution. Zhang et al. [11] used the Tibetan

* Corresponding author.

E-mail address: lijinping77@163.com (J. Li).<https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2023.11.004>

Received 21 June 2023; Received in revised form 13 November 2023; Accepted 14 November 2023

Available online 17 November 2023

2666-1233/Copyright © 2023 Southwest Jiatong University. Publishing services by Elsevier B.V. on behalf of KeAi Communication Co. Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



Effects of Composite Accelerators on the Formation of Carbon Dioxide Hydrates

Yingmei Wang,* Aili Niu, Shenghao Liu, Ji Chen, Xuemin Zhang, and Jing Zhan

Cite This: *ACS Omega* 2022, 7, 15359–15368

Read Online

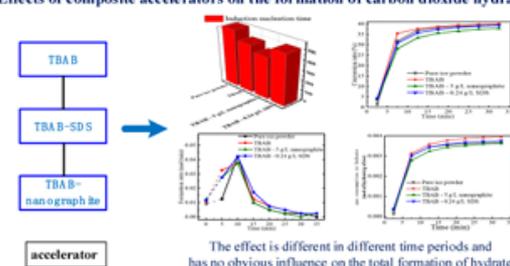
ACCESS |

Metrics & More

Article Recommendations

ABSTRACT: To improve the rate of formation of carbon dioxide hydrates, tetra-*n*-butylammonium bromide (TBAB) was compounded with different concentrations of sodium dodecyl sulfate (SDS) and nanographite, and the effects of these mixtures on carbon dioxide hydrate formation were studied. The addition of TBAB alone, as well as mixtures of TBAB and SDS or nanographite, shortened the induced nucleation time, and the induction times of the TBAB–2.5 g/L nanographite and TBAB–0.24 g/L SDS systems were the shortest and longest, respectively. Further, on mixing TBAB and SDS, the induced nucleation time first increased and then decreased with the increase in the SDS concentration. When TBAB and nanographite were mixed together, the induced nucleation time first decreased, then increased, and again decreased with the increase in the nanographite concentration. In addition, the hydrate formation rate and conversion were highest for the TBAB–0.48 g/L SDS system and lowest for the TBAB–0.06 g/L SDS system; in the first 35 min, from the end of gas charging, the TBAB–10 g/L nanographite and TBAB–5 g/L nanographite systems yielded the highest and lowest hydrate formation rates and conversions, respectively. For the composite systems, obvious effects were observed in the initial stages of reaction, but the effects varied over the course of the reaction. Overall, the use of different accelerators resulted in little differences in the total production, conversion, and formation rate of carbon dioxide hydrates over the course of the reaction.

Effects of composite accelerators on the formation of carbon dioxide hydrates



1. INTRODUCTION

Natural gas hydrate technology has been widely used in gas storage and transportation,¹ seawater desalination,² CO₂ storage,³ cold-storage technology,⁴ and transportation; however, owing to the slow hydrate formation rate and low gas storage capacity, its large-scale industrial utilization has been limited.^{5,6} Therefore, researchers have focused on increasing the rate of hydrate generation.^{6–9} Physical and chemical methods can be used to increase this rate. Physical methods involve expanding the gas–liquid contact area and enhancing the heat and mass-transfer capacity¹⁰ by bubbling,¹¹ stirring,¹² or spraying.¹³ In contrast, in the chemical method, the formation of hydrates is enhanced by adding accelerators, which allow the use of milder reaction conditions and increase the amount of dissolved gas.^{14–16} Concerning energy consumption and cost, physical methods are less favorable than chemical methods, so chemical methods have proven to be popular. Common accelerators include thermodynamic accelerators,¹⁷ kinetic accelerators,¹⁸ nanofluids,¹⁹ ionic accelerators,²⁰ biosurfactants, and others.^{21,22} Among them, surfactants and kinetic accelerators have attracted the most attention because they show the best enhancement of hydrate formation.^{23–25}

For example, Ye et al.²⁶ found that the addition of tetra-*n*-butylammonium bromide (TBAB) in mass fractions of 0.1 and

0.05 accelerates the rate of formation of carbon dioxide hydrates, and the addition of 0.05 wt % TBAB was optimal. Babu et al.²⁷ tested the effect of the addition of 0.3, 1, 1.5, 2, and 3 mol % TBAB and found that the 1 mol % TBAB solution resulted in the highest rate of carbon dioxide hydrate formation. Further, the induction time when using the 0.3 mol % TBAB solution was the longest, and the overall gas consumption was the largest because this solution had high gas solubility before nucleation. Nguyen et al.²⁸ found that the use of a solution containing 0.125% TBAB reduced the carbon dioxide hydrate formation rate, thus acting as an inhibitor. Therefore, accelerators can show different effects on the hydrate formation rate at different concentrations. Further, for a single accelerator, there is an optimal concentration, but this concentration changes with temperature, pressure, and other factors.

Received: December 3, 2021

Accepted: March 30, 2022

Published: April 29, 2022





Research progress on the formation characteristics and enhanced storage mechanism of methane hydrate with containing porous framework system: Current progress, challenges and perspectives

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Wenxin Dong^{a,b,c}, Yuyan Guo^{a,b,c}, Lulu Li^{a,b,c},
Jinping Li^{a,b,c}, Hongbin Song^{a,b,c}, Qingbai Wu^{a,d}, Peng Zhang^d

^a School of Green Energy and Storage, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou, 730050, China

^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwestern Low-carbon Towns, Lanzhou, 730050, China

^d State Key Laboratory of Permafrost Engineering, Northwest Institute of Ecological and Environmental Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Methane hydrate
Porous framework system
Gas storage
Formation kinetics
Enhancement mechanism

ABSTRACT

The hydrate-based method for gas storage technology is considered to be a very promising energy storage strategy. Methane hydrates have the advantages of high gas storage density, low safety risk and environmental friendliness and have attracted worldwide attention as an emerging storage and transportation solution. However, there have become major challenges and obstacles for this technology due to the prolonged induction time and slow formation rate. The rapid formation and enhanced storage of methane hydrate have become the key issues and challenges in this field. This paper systematically reviews the cross-scale enhancement effects of porous framework systems in methane hydrate storage and transport. Porous framework materials are categorized into inorganic, carbon-based, organic and metal-based frameworks. Key parameters such as pore size, particle size, stacking arrangement and hydrophilicity/hydrophobicity are thoroughly analyzed for their influence on methane hydrate formation mechanisms. Building on this foundation, a comprehensive analysis is conducted on the enhanced methane hydrate storage characteristics and mechanisms of porous framework systems, covering thermodynamics, quantitative comparisons of storage performance and storage behavior. Finally, the challenges of development prospects of porous framework systems for methane storage based hydrate technology are discussed and the future directions are pointed out.

1. Introduction

As modern society continues to progress and industrialization deepens, the global demand for energy continues to rise. Addressing climate change has therefore become an urgent priority. Countries are urgently seeking clean, abundant alternative energy sources. Natural gas (NG) [1], a fossil fuel characterized by high energy density, high combustion efficiency and low carbon dioxide emissions, is projected to be the fastest-growing primary energy source in the coming decades. NG has already become one of the world's most important energy sources [2]. However, its extremely low volumetric energy density (VED) of approximately 0.036 MJ/L at standard temperature and pressure (STP) limits its large-scale application. Therefore, developing safe, cost-effective, and high-density NG storage and transportation

technologies is crucial. Current mainstream technologies primarily include pipeline natural gas (PNG) [3], compressed natural gas (CNG) [4,5], and liquefied natural gas (LNG) [6]. While PNG is the most prevalent method of transportation, it is constrained by distance and cost limitations. CNG is suitable for short-distance transportation on a small-to-medium scale, but the compression process incurs high costs and significant energy consumption. It also requires bulky storage tanks and has an energy density of only 27 % that of gasoline. LNG possesses a high storage density (approximately 600 v/v at STP), but it requires ultra-low temperatures of $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ to be maintained and faces persistent evaporation issues, which limit its applicability for large-scale, long-term storage and transportation. In contrast, solidified natural gas (SNG) [8], which targets the formation of natural gas hydrates [7] -particularly methane hydrate (MH)-is regarded as a highly promising future clean

* Corresponding author. School of Green Energy and Storage, Lanzhou University of Technology, 730050, Lanzhou, China.
E-mail address: xzm2010lut@163.com (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116656>

Received 9 October 2025; Received in revised form 11 December 2025; Accepted 19 December 2025

Available online 23 December 2025



Research progress of incremental synthesis and enhancement mechanism of natural gas hydrates: A review

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Qingqing Liu^{a,b,c}, Jiajin He^{a,b,c}, Qing Yuan^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c},
Qingbai Wu^{a,d}, Yingmei Wang^{a,b,c}, Peng Zhang^d

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou, 730050, China

^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwestern Low-carbon Towns, Lanzhou, 730050, China

^d State Key Laboratory of Permafrost Engineering, Northwest Institute of Ecological and Environmental Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Natural gas hydrate
Gas storage technology
Additives compounding
Incremental synthesis
Enhancement mechanism

ABSTRACT

As a new type of energy storage technology, the gas storage technology of hydrate-based method has been paid more attention. Achieving the rapid formation and efficient gas storage is the major objective of the gas storage technique. However, the technique of hydrate-based transportation and natural gas storage suffers from issues related to lengthy induction time (IT), sluggish formation rate, and low storage density. The rapid formation and incremental synthesis of hydrates have become the key issues and important challenges in this field, considering as an important direction in the future. In this work, a comprehensive review was conducted on the formation properties of CH₄ hydrate in various systems and the associated kinetic principles. The quantitative effects of various factors about the formation and storage process of CH₄ hydrate and the kinetic mechanism are analyzed deeply. On this basis, the influence mechanism of additives, porous media, reaction system, driving force and other factors on the CH₄ hydrate formation are described comprehensively. The quantitative influences of different factors on the gas uptake, IT, gas storage capacity (SC) of hydrate and gas consumption are revealed, so as to systematically analyze the enhancement mechanism of the natural gas hydrates formation process. Finally, the shortcomings and future development direction of natural gas storage and transportation technology by the hydrate method are pointed out. It is necessary to do further in-depth research on the promotion mechanism and kinetic of CH₄ hydrate by various additives and additional research of the compound additive is warranted.

1. Introduction

In recent years, with economic and social development and rapid growing population, global energy demand has been increasing. At present, coal and oil as main sources of power generation in most countries. However, they are limited and can cause irreversible damage to the environment. Yilanci et al. [1] perceived to be that CO₂ emissions account for 70 % of total global greenhouse gas (GHG) emissions. There is a growing body of scholars that recognizes the importance of developing and using clean energy to alleviate environmental problems and promote sustainable economic development [2]. Natural gas, as a very promising clean energy source, not only has high a calorific value but also clean. Compared with coal and oil, generating electricity by using natural gas can reduce about 33–50 percent carbon dioxide emissions [3] and it has the advantages of renewable, high conversion rate [4], low

price and so on.

The most prevalent mode of transporting natural gas is through pipelines. Pipeline transportation refers to the method by which natural gas is conveyed from its point of production to distribution centers situated in diverse cities or regions via pipelines. Extremely specialization is a major problem in pipeline transportation. The range between the min and max transport volume of the pipeline is little different, which makes it difficult for the transport process. Lack of mobility and flexibility has existed as a transportation problem for many years. Therefore, it is not convenient to put it into use on a large scale. Compressed natural gas (CNG) plays a crucial role in natural gas transportation. The natural gas is pressurized and the gas is stored in a container in a gaseous state. This mode of transportation has limited its application due to its safety and poor gas storage density. Liquefied natural gas (LNG) is a gas transportation method that condenses gaseous natural gas into a liquid form. Liquid natural gas is utilized for storage and transportation.

* Corresponding author. College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, 730050, Lanzhou, China.
E-mail address: xzm2010lut@163.com (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114695>

Received 4 January 2024; Received in revised form 14 May 2024; Accepted 17 June 2024

Available online 20 June 2024

1364-0321/© 2024 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Experimental study on the influence of particle size and grain grading on the CO₂ hydrate formation and storage process in porous media

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Pengyu Li^{a,b,c}, Tao Shan^{a,b,c}, Qingqing Liu^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c}, Tingting Huang^{a,b,c}, Qingbai Wu^{a,d}, Peng Zhang^d

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou, 730050, China

^c Western China Energy & Environment Research Center, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^d State Key Laboratory of Permafrost Engineering, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000, China

ARTICLE INFO

Keywords:

CO₂ hydrate
Porous media
Grain gradation
Gas consumption rate
Gas storage capacity

ABSTRACT

CO₂ sequestration in sediments as hydrate form is considered to be a promising way to achieve CO₂ emission reduction in the atmosphere. The key problem with hydrate-based technology for CO₂ geological storage is the evaluation of the formation process and gas storage capability of hydrate. In this study, the fundamental issue of different particle size and grain grading affected CO₂ hydrate formation and storage characteristics in porous media was deeply analyzed. The effect of various particle sizes and grain grading on the gas consumption rate and gas storage capacity of CO₂ hydrate were quantitatively illustrated. The results indicated that the hydrate formation is more difficult in porous media with tiny particle sizes. The gas storage capacity and gas consumption rate of CO₂ hydrate increased as the particle size increased within a range of 10–63 μm. The maximum gas storage capacity attains 25.65 L/L when the particle size is 63 μm. Besides, compared with single particle size, porous media with grain gradation is adverse to hydrate formation. The results also show that, the obstruction effect on the gas consumption rate and gas storage capacity is more obvious with the increase of the differences in grain gradation. The cooperative impact of particle size and gradation on hydrate formation was studied. The closer the size of the mixed particles is, the more favorable to hydrate formation. The relevant results will aid in comprehending the hydrate formation properties in submarine sediments and will serve as an essential theoretical reference and guide for CO₂ capture and sequestration hydrate-based method.

1. Introduction

Global warming resulting from the excessive CO₂ emission has become one of the most emergent problems facing humanity. Since the beginning of the Industrial Revolution, there has been around a 30 % rise in the amount of CO₂ present in the air [1]. The reports suggest that the amount of CO₂ in the atmosphere is presently 414.7 ppm, which is on the verge of reaching a record high for the past ten years [2]. And economic and social progress and human activities rely on fossil fuels continuously, which will result in significant emissions of CO₂ inevitably. Therefore, it needs to change energy consumption patterns while developing new energy. One of modern society's most pressing goals is to cut down on carbon dioxide emissions [3,4]. Up to now, there are several main methods to achieve CO₂ capture and storage: biotic carbon sequestration, oceanic carbon sequestration, geologic carbon

sequestration and sequestration as hydrate [5]. Finding efficient means of decarbonization is the goal of the subject known as Carbon Capture, Utilization, and Storage (CCUS). Hydrated method of CO₂ capture and sequestration, which is thought to be a hopeful pathway, is one of the hotspots in CCUS [5–7]. Under some circumstances, it is believed that sediments could be used to store CO₂ by hydrate [5,8,9]. Carbon capture, storage, and recycling utilization technology have promising future applications and scientific significance as a means of reducing carbon emissions [10,11].

When it comes to a condition of low temperature and high pressure, water and additional gas molecules combine to form gas hydrate, which has the appearance of ice but is a crystalline, non-stoichiometric solid substance [12]. Gas hydrate is found in the permafrost layers in plateau areas and the submarine slope of the continental shelf edge. Future CO₂ sequestration sites will ideally be located in depleted CH₄ hydrate

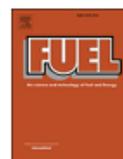
* Corresponding author. College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China.
E-mail address: zxm2010lut@163.com (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2024.132328>

Received 10 January 2024; Received in revised form 21 June 2024; Accepted 4 July 2024

Available online 5 July 2024

0360-5442/© 2024 Elsevier Ltd. All rights reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Full Length Article

Molecular insight into the formation mechanism of CO₂ hydrate in a confined space of surface oxidized porous media system

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Tao Shan^{a,b,c}, Yetao Zhang^{a,b,c}, Hongbin Song^{a,b,c},
Jinping Li^{a,b,c}, Qingbai Wu^{a,d}, Peng Zhang^d

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou 730050, China

^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwest Low-Carbon Towns, Lanzhou 730050, China

^d State Key Laboratory of Permafrost Engineering, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China



ARTICLE INFO

Keywords:

CO₂ hydrate
Porous media
Hydrate formation
Confined space
Molecular Dynamic simulation

ABSTRACT

The geological storage of CO₂ using a hydrate-based method offers a promising solution for reducing CO₂ emissions. Understanding the formation mechanism of CO₂ hydrate in surface oxidized porous media is crucial for optimizing this method. This study utilizes Molecular Dynamics (MD) simulations to investigate the formation mechanism of CO₂ hydrate in the confined space of surface oxidized graphene porous media system. The results show that although graphene promotes the escape of CO₂ molecules from hydrate cages and evolution of CO₂ molecular “bubble”, which can regulate hydrate formation, surface oxidized graphene significantly hinders this process owing to its adsorption ability on CO₂, and also makes hydrate lack sufficient driving force to maintain stable formation. Surface oxidized system does not damages the hydrate stability as unoxidized system does: less hydrogen bonds (6525, 98.2 % of the unoxidized system), poorer thermal conductivity (9.046 W/(m·K), 74.1 % of the unoxidized system), yet better F_3 value (0.0136, 164.7 % of the hydrate stability of the unoxidized system). The study also highlights the “formation conflict” phenomenon, where conflict in the same hydrate cell delays hydrate growth. These findings underscore the impact of surface oxidized porous media on CO₂ hydrate formation and stability, also offer a deeper understanding of how surface modifications impact hydrate in nanoporous environments, contributing knowledge for the design of CO₂ storage.

1. Introduction

In recent years, the excessive emissions of carbon dioxide (CO₂) have led to global warming, which has emerged as one of the most critical challenges confronting humanity. Since the onset of the Industrial Revolution, there has been a 30 % increase in atmospheric CO₂ levels [1]. Currently, the concentration of CO₂ stands is up to 417 ppm, approaching the highest recorded in the past decades [2]. The persistent reliance on fossil fuels for economic and social development as well as human activities will inevitably result in substantial emissions of CO₂. The primary objective of CO₂ Capture, Utilization, and Storage (CCUS) is to revolutionize energy consumption patterns while fostering the development of alternative energy sources, thereby mitigating CO₂ emissions and identifying effective strategies for carbon reduction [3]. The CO₂ capture and storage method employed in the hydrate technique represents a focal point of CCUS research [4,5], offering viable technical

solutions for the realization of CCUS. This approach introduces a novel and sustainable mindset to address the prevailing global energy crisis and greenhouse effect [6,7].

The hydrate structures are typically classified into sI, sII and sH types, as shown in Fig. 1. The formation process of hydrate entails the coupling interplay of various factors, including temperature and pressure conditions, concentration of guest molecules, types of porous media, among others. Essentially, it exhibits a complex phase transition process involving each component. In past decades, extensive investigations have been conducted by scholars on the formation process of hydrate. Various surface substances, including quartz sand, clay, and metal particles, have been employed as accelerators or introduced into porous media materials to facilitate the rapid formation of hydrate. The incorporation of porous media can significantly enhance the heat and mass transfer during the hydrate formation process and provide additional nucleation sites for hydrate formation [8,9]. Numerous

* Corresponding authorat: College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China.
E-mail address: xzm2010lut@163.com (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2025.136254>

Received 20 November 2024; Received in revised form 14 June 2025; Accepted 10 July 2025

Available online 17 July 2025

0016-2361/© 2025 Published by Elsevier Ltd.



Review article

Research progress on the kinetics properties of different occurrence morphology and saturation on the replacement of CO₂-CH₄ hydrate in porous media: A review

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Qing Yuan^{a,b,c}, Jiajing He^{a,b,c}, Tingting Huang^{a,b,c},
Jinping Li^{a,b,c}, Qingbai Wu^{a,b,d}, Peng Zhang^d

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050 China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou 730050 China

^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwestern Low-carbon Towns, Lanzhou 730050 China

^d Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000 China



ARTICLE INFO

Keywords:

CH₄ hydrate
Occurrence morphology
Hydrate saturation
CO₂ replacement
Porous media

ABSTRACT

Natural gas hydrate (NGH) possesses a potential to be as an environmentally sustainable source of energy. However, it is a significant challenge to achieve the secure and effective utilization of NGH. The CO₂ replacement method is a promising solution among the optional technologies, which allows for the extraction of CH₄ while enabling the geological storage of CO₂. The stability of geological structure of NGH reservoirs is ensured by using this method. Furthermore, the replacement process of CO₂-CH₄ hydrate is significantly affected by the occurrence morphology and saturation of NGH. A comprehensive analysis of the replacement characteristics and kinetic mechanism of CO₂-CH₄ hydrate in porous media is presented in the review. An in-depth analysis is conducted regarding the impact of occurrence morphologies and saturation on the decomposition of CH₄ hydrate, the formation of CO₂ hydrate and the entire replacement process of CO₂-CH₄ hydrate. On this basis, the influence mechanism of saturation and occurrence morphology on the replacement process of CO₂-CH₄ hydrate is elucidated, with a particular focus on the kinetic law governing the replacement of CO₂-CH₄ hydrate in response to various factors. Furthermore, the deficiencies and limitations of the CO₂ replacement method in the utilization of NGH are highlighted in light of current research and prospective developments in these domains. The underlying mechanism of difference in occurrence morphology and saturation affecting the replacement process of CO₂-CH₄ hydrate requires further study.

1. Introduction

At present, energy demand is on the rise due to the accelerated expansion of global economy and society. It is projected that primary energy demand will increase by 40.2 % between 2016 and 2040 [1]. However, there are obstacles facing the production of traditional fossil fuels, and the extensive combustion of these fuels exacerbates the global "greenhouse effect" [2]. Therefore, it is a pressing need to decrease the use of fossil fuels while advancing clean energy technologies. The efficient development of clean energy plays a crucial role in avoiding future crises and reducing emissions [3]. NGH, primarily composed of CH₄, is anticipated to provide an ideal prospective source of renewable energy in the twenty-first century on account of its abundant resources, high

energy density, and environmental friendliness [4]. The research, advancement, and application of CH₄ resources contained within hydrate have emerged as a pivotal issue in the energy sector for numerous nations [5–10].

NGH is an unconventional form of natural gas that is present in nature. It is a non-stoichiometric inclusion compound in which water molecules, through hydrogen bonding, enclose foreign molecules in cages to create a cage structure [11]. Depending on the cage structures formed by water molecules, NGH can be classified into three distinct structural types: structural type I (SI), structural type II (SII), and structural type H (SH) [12–14]. A schematic diagram, shown in Fig. 1, provides an overview of the three main crystal structures and compositions of NGH. The temperature, pressure, and molecular size of the gas

* Corresponding author at: College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China.
E-mail address: 20150015@lut.edu.cn (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2025.134632>

Received 10 June 2024; Received in revised form 18 January 2025; Accepted 6 February 2025



Review article



Research progress on hydration-mass transfer characteristics and selective regulation mechanism of CH₄/CO₂ hydrate formation

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Xinying Lan^{a,b,c}, Xuemei Hu^{a,b,c}, Yang Cao^{a,b,c},
Jinping Li^{a,b,c}, Huan Sun^{a,b,c}, Qingbai Wu^{a,d}, Peng Zhang^d

^a School of Green Energy and Storage, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou 730050, China

^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwestern Low-carbon Towns, Lanzhou 730050, China

^d Key Laboratory of Cryospheric Science and Frozen Soil Engineering, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Gas hydrates
Mixed gas separation
Hydration mass transfer characteristics
Selective formation
Regulatory mechanism

ABSTRACT

Hydrate-based mixed gas separation serves as an effective approach for achieving efficient purification and upgrading of biogas. The purification and separation of biogas play a crucial role in enhancing its utilization efficiency. After purification, biogas can serve as a high-quality fuel and a supplementary energy source to conventional natural gas. This paper reviews the formation characteristics and kinetic patterns of CH₄/CO₂ hydrates under multi-factor coupling effects, focusing on the hydration-mass transfer properties and the regulatory mechanisms for the selective formation of hydrates. Building upon this foundation, this work elaborates on the influence mechanisms of additives, porous media and other factors on the gas-liquid interface properties and mass transfer pathways within hydration reaction systems. It analyzes the interactions among these factors and their quantitative impact on the formation process of CH₄/CO₂ mixed hydrates. Surface tension exerts a significant influence in promoting gas mass transfer within hydration reaction systems, thereby enhancing hydrate formation rates and selectivity. Finally, this study identifies existing challenges and future research directions concerning the targeted regulation and selective formation mechanisms of CH₄/CO₂ hydrate formation. Further investigation is required into the selective regulation mechanisms of CH₄/CO₂ hydrates and the synergistic interactions among various influencing factors.

1. Introduction

With the rapid development of global industry, humanity's demand for energy continues to grow [1]. In the field of energy utilization, supporting clean transformation and efficient resource use are key indicators of human societal progress. Clean production and clean utilization have become critical challenges requiring urgent solutions, while the rational disposal and utilization of gaseous resources occupy a central position in socioeconomic development [2,3]. Numerous issues arise during utilization, such as the purification of energy-type gaseous fuels like natural gas, integrated gasification combined cycle (IGCC) gas, and coalbed methane, as well as the disposal of resource-type gases like CO₂ [4–6]. Unrefined energy-bearing gases containing impurities such as CO₂ and SO₂ reduce fuel calorific value and utilization efficiency, while their emissions exacerbate the greenhouse effect and

environmental pollution [7,8]. The high economic value of CH₄ in unconventional natural gas underscores the necessity of separating mixed gases [9]. Simultaneously, efficient capture and separation of CO₂ from flue gases represent a critical pathway for carbon reduction and resource utilization [10]. Consequently, gas separation technologies hold irreplaceable strategic value across energy, environmental, and economic domains, making research into mixed gas separation techniques of paramount importance.

Existing methods for separating mixed gases have various limitations [11]. Although absorption, adsorption, cryogenic separation, and membrane separation are relatively mature techniques, chemical absorbents used in absorption processes incur high regeneration costs. When feedstocks possess high CO₂ partial pressures, solvents readily absorb hydrocarbon gases, hindering the achievement of high-selectivity purification. Furthermore, certain absorbents (e.g.,

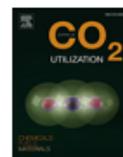
* Corresponding author at: School of Green Energy and Storage, Lanzhou University of Technology, 730050, Lanzhou, China.
E-mail address: zxm2010lut@163.com (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2026.138256>

Received 16 October 2025; Received in revised form 29 December 2025; Accepted 1 January 2026

Available online 9 January 2026

0016-2361/© 2026 Elsevier Ltd. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Adaptabilities of promoters in hydrate-based CO₂ capture from simulated flue gases with high-temperature water vapor

Peng Zhang^{a,*}, Xu Ma^{a,d}, Xudong Che^c, Na Yin^c, Yulu Wang^{a,d}, Lianhai Zhang^a, Yingmei Wang^c, Xuemin Zhang^c, Jing Zhan^a, Qingbai Wu^a, Shuanshi Fan^b

^a State Key Laboratory of Cryospheric Science and Frozen Soil Engineering, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

^b Key Laboratory of Heat Transfer Enhancement and Energy Conservation of Education Ministry, School of Chemistry and Chemical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

^c Western Energy & Environment Research Center of China, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^d University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

ARTICLE INFO

Keywords:

Hydrate
CO₂ capture
Promoter
High-temperature water vapor
Flue gas

ABSTRACT

Besides CO₂/N₂ mixed gases, actual flue gases also contain high-temperature water vapor exceeding 100 °C. For the hydrate-based CO₂ capture technology from flue gases, except for conventional hydrate formation promoter sodium dodecyl sulfate (SDS), another eco-friendly and high-efficient L-methionine (L-Met) recently emerges, both with great application potential. By using two liquid-injecting modes, three liquids with both 640 and 160 ml volumes of pure water and solutions of two promoters were heated to 110 °C and then injected inside a reactor containing mixed gases to form CO₂ hydrates. Specific adaptabilities and accelerating mechanisms of two promoters were then investigated under high-temperature water vapor scenario. The results indicate that both 0.1 and 1.0 wt% concentrations of promoters embody more significant accelerating effects on hydrate formation than pure water, and the promoter with a concentration of 0.1 wt% has a better effect. Considering the nozzle blockage and promotion efficiency, SDS is more suitable for 0.8 mm nozzles, and L-Met is more suitable for 0.1 mm nozzles. In terms of final averaged water conversion ratios to hydrate, 1.0 wt% SDS appears higher adaptability to 640 ml liquids and 0.1 wt% L-Met to 160 ml ones. The specific acting extent of SDS appears deeper than that of L-Met and the hydrate formed using SDS has coarse-grained morphology and that using L-Met the spherical one. This implies during hydrate formations by using SDS, some liquid water might be conserved inside the capillary pores acting as the water-source to foster continuous hydrate growth; for using L-Met, hydrate formation can absorb some liquid water from a relatively large distance through mobilization behavior of liquid water. This study provides some reference for future industrial-scale application of hydrate-based decarbonization technology from flue gases, especially under high-temperature water vapor scenario.

1. Introduction

Facing the challenge of excessive carbon dioxide (CO₂) emissions in causing greenhouse effect and then climate change [1–4], the CO₂ capture, utilization, and storage (CCUS) technology from large point sources, such as power plants, is regarded as a potential option to lower anthropogenic CO₂ emissions, without significantly affecting current energy and economic infrastructures [5]. In thermal power plants, CO₂ is primary byproduct of combustion and generally emitted out as main component of flue gases, after removing mixed particulates and SO_x inside [6]. Existing methods to capture CO₂ from flue gases mainly

appear as post-combustion removing technologies, e.g. absorption [7,8], adsorption [9–11], membrane separation [12,13] and cryogenic separation [14]. Of course, each of them possesses respective shortcomings, such as the problems in solvent regeneration efficiency, solvent degradation and equipment corrosion, etc [15]. Recently, another CO₂ capture and separation method from flue gas mixtures used clathrate hydrate formation has attracted considerable attentions [6], owing to its significant advantages of the efficient applicability over a wide range of CO₂ concentrations but without adverse effect of the presence of fly ash [16] and small amounts of SO₂ [17]. Moreover, the superiority of this hydrate-based gas separation (HBGS) also includes high gas storage

* Corresponding author.

E-mail address: zhangpeng@lzb.ac.cn (P. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.jcou.2025.103231>

Received 3 December 2024; Received in revised form 2 August 2025; Accepted 25 September 2025

Available online 29 September 2025

2212-9820/© 2025 The Author(s). Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



Experimental study of the selective formation of CH₄/CO₂ mixture gas hydrate: Implications for bio-natural gas purification and separation

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Jiajing He^{a,b,c}, Huan Sun^{a,b,c}, Xinying Lan^{a,b,c},
Wenxin Dong^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c}, Qingqing Liu^{a,b,c}, Qingbai Wu^{a,d}

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^b Key Laboratory of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou 730050, China

^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwestern Low-carbon Towns, Lanzhou 730050, China

^d State Key Laboratory of Permafrost Engineering, Northwest Institute of Ecological and Environmental Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China

ARTICLE INFO

Editor: Dr. S Yi

Keywords:

Gas hydrate
Additive compounding
Formation properties
Selective formation
Separation properties

ABSTRACT

Gas hydrate technology is widely used in industrial fields such as gas mixture separation and wastewater treatment, providing an effective way to realize efficient purification and purification of bio-natural gas. Enhanced and selective formation of gas hydrate formation process is the key to the efficient separation process of mixtures gas by hydrate method. The construction of highly efficient and selective hydrate reaction systems and the promotion of gas hydrate formation processes are the prerequisites and foundations for the large-scale application of hydrate technology in the gas separation field. In this work, the selective CH₄/CO₂ gas mixture hydrate formation characteristics and its kinetic law in the DIOX system are investigated in this paper, and the quantitative influences of concentration, gas-liquid ratio and components on the formation process of the gas mixture hydrate are deeply probed. There is a significant difference in the selectivity for CH₄ and CO₂ gases at 1 mol% and 5.56 mol% DIOX concentrations, while the concentration interval for selectivity transitions is around 3 mol% DIOX. The temperature and pressure conditions that are most favorable for the reaction varied greatly at different concentrations. Further results show that low gas-liquid ratios are more suitable for systems with high selectivity for CO₂, while high gas-liquid ratios are more favorable for gas consumption for systems with high selectivity for CH₄. In addition, systems with high selectivity for CO₂ can maintain high selectivity for different gas component. Systems with high selectivity for CH₄ are more suitable for the purification of gases with higher CH₄ concentrations. On this basis, the formation process of CH₄/CO₂ gas mixture hydrate under the selectivity-enhanced system was further elaborated by the synergistic system of Inconel 718, activated carbon, and THF, and the future research direction for improving the selectivity of CH₄ and CO₂ was proposed.

1. Introduction

With the development and utilization of energy resources globally, low-carbon energy sources are highly preferred [1]. The extensive use of fossil fuels (heavy hydrocarbons) over the last three decades has been a major contributor to the greenhouse effect [2]. Because heavy hydrocarbons have a high carbon content, large amounts of CO₂ are formed and released into the atmosphere during combustion [3]. However, fossil fuels still dominate the current energy mix [4]. To address this situation, we need to reduce the use of heavy hydrocarbon fuels and increase the use of light hydrocarbon fuels as much as possible [5]. In this way, the impact of the greenhouse effect can be mitigated. In recent

years, the use of unconventional natural gas has been rising year by year [6]. And the proven unconventional natural gas resource reserves amount to $921.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$, and its recoverable resources are more than five times of conventional natural gas [7,8]. And CH₄ gas in unconventional natural gas is a typical low-carbon fuel, which is the key to starting the clean energy era [9]. Therefore, CH₄ can replace conventional coal and oil, thereby mitigating air pollution.

Among the unconventional natural gas resources, coalbed methane, shale gas, gas hydrates, biogas, and tight sandstone gas are among the many forms of natural gas endowment [10]. CH₄ gas is the main component of these resource gases, along with impurity gases such as CO₂ and N₂ [10,11]. Although natural gas hydrates are the resources

* Corresponding author at: College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China.
E-mail address: zxm2010lut@163.com (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.132964>

Received 8 December 2024; Received in revised form 14 February 2025; Accepted 8 April 2025

Available online 11 April 2025

1383-5866/© 2025 Elsevier B.V. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Experimental study on the formation and storage characteristics of CO₂ hydrate under condition of grain gradating: Influence of different particle sizes and ratios

Xuemin Zhang^{a,b,c,*}, Pengyu Li^{a,b,c}, Hongbin Song^{a,b,c}, Huan Sun^{a,b,c},
Wenqiang Cui^{a,b,c}, Jinping Li^{a,b,c,**}, Qingbai Wu^{a,d}, Peng Zhang^d

^a College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

^b Key Lab of Multi-supply System with Solar Energy and Biomass, Gansu Province, Lanzhou, 730050, China

^c Collaborative Innovation Center for Supporting Technology of Northwestern Low-carbon Towns, Lanzhou, 730050, China

^d State Key Laboratory of Permafrost Engineering, Northwest Institute of Eco-Environment and Resources, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, 730000, China

ARTICLE INFO

Keywords:

CO₂ hydrate
Porous media
Grain gradating
Formation
Gas storage capacity

ABSTRACT

CO₂ sequestration in seabed sediments is considered to be a promising way to reduce CO₂ emissions in atmosphere. The formation characteristics and gas storage capacity of hydrate are the critical indicators for measuring the effectiveness of geological sequestration of CO₂ by hydrate method. In this work, the formation processes and storage characteristics of CO₂ hydrate were studied in porous media composed of two single grain sizes (10 and 63 μm), porous media with grain gradatings (10–90 μm and 63–90 μm) of different mass ratios (30%, 50% and 70%) were further investigated. The influence of different gradation ratios on gas consumption rate and gas storage capacities of hydrate was discussed. The results showed that whether the difference in grain gradating between two mixtures was large or small, the larger the ratios of large grains in porous was, the more favorable for the formation of hydrate. The gas storage capacity is far from the gas storage theoretical upper limit of hydrate in the experiment. And geological transformation is necessary in order to increase the gas storage capacity. The gas storage capacity of hydrate decreased in porous media with grain gradating of 63–90 μm as the ratios of large grains increased. The variation of gas storage capacity was non-linear in porous media with grain gradating of 10–90 μm to a certain degree. Compared to the porous media composed of a single grain size (10 μm and 63 μm), the porous media system with 63–90 μm has an inhibitory effect on hydrate formation. However, the porous media system with 10–90 μm can promote the formation process of hydrate. The relevant results will provide essential theoretical support and guidance for CO₂ geological storage in seabed sediments by hydrate method.

1. Introduction

With the rapid development of economy and society and the burning of fossil fuels, a large amount of CO₂ has been emitted into the atmosphere. It is believed that more and more extreme weather conditions are related to global warming caused by excessive CO₂ (Krótki et al., 2020; Kweku et al., 2018). It is reported that the average concentration of CO₂ has increased from 277 ppm to 413 ppm (Zhang, 2021). Therefore, people began to seek other energy sources like wind, hydro, nuclear and others to replace fossil energy. But this is not a perfect carbon

reduction solution for the huge CO₂ emissions of human society. Under the circumstances, the Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) arise at the historic moment. Among them, CO₂ capture and storage as an important part of reducing carbon emissions has been widely discussed by scholars. Various CO₂ capture and sequestration methods have been developed, such as biotic-based, oceanic-based, geologic-based and hydrate-based (Jiang et al., 2020; Wang et al., 2020a). Because of its efficiency and stability, the hydrate-based method of CO₂ capture and storage has become a hot topic in the CCUS field (Zheng et al., 2020; Wang et al., 2020b; Babu et al., 2018).

* Corresponding author. College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, 730050, Lanzhou, China.

** Corresponding author. College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, China

E-mail address: zxm2010lut@163.com (X. Zhang).

<https://doi.org/10.1016/j.geoen.2025.213794>

Received 6 January 2024; Received in revised form 22 February 2025; Accepted 23 February 2025

Available online 24 February 2025

2949-8910/© 2025 Elsevier B.V. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.



Fast fault detection method for photovoltaic arrays with adaptive deep multiscale feature enhancement

Bin Gong^a, Aimin An^{a,c,*}, Yaoke Shi^b, Xuemin Zhang^d

^a College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^b School of Computer and Communication, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^c Key Laboratory of Gansu Advanced Control for Industrial Processes, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

^d College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China

HIGHLIGHTS

- Correlation and superiority of multi-scale features between channels.
- The ANMSSA algorithm has a faster convergence speed and the best convergence accuracy.
- I-V and P-V curves were obtained by conducting different types of failure experiments.
- ANMSSA-MIFNet diagnostic model has the best comprehensive performance.

ARTICLE INFO

Keywords:

Photovoltaic arrays
Fault diagnosis
Multi-scale feature fusion
Three-dimensional feature attention enhancement module
Improved sparrow optimization algorithm

ABSTRACT

Photovoltaic (PV) arrays have output characteristics such as randomness and intermittency, and faults can seriously affect the safe operation of the power system. In order to improve the comprehensive performance of the PV array fault diagnosis model, a new intelligent online fault monitoring method for PV arrays is proposed in this paper. (1) A three-dimensional channel feature map based on I, V, and P features is constructed because the I-V and P curves of the PV array have significantly different effects under different fault conditions. (2) The PV array fault diagnosis model based on a multi-source information fusion network (MIFNet) is proposed, and Channel Mixing Convolution (CMC) module, three-dimensional feature attention enhancement (TDFAE) module, and Channel normalized scaling (CNS) module are designed to improve the comprehensive performance of the model. (3) An adaptive nonlinear mutual sparrow search algorithm (ANMSSA) is proposed to optimize the hyperparameter configuration of the MIFNet network. The experimental results show that the average recognition accuracy, prediction accuracy, and sensitivity of the ANMSSA-MIFNet network proposed in this paper are 99.64%, 99.64%, and 99.71% respectively. When facing single-component faults and multi-component faults, the model has stronger diagnostic accuracy, robustness, anti-noise ability, and stability, and can efficiently diagnose different faults of PV arrays, providing the scientific basis and theoretical support for the operation of PV systems.

1. Introduction

The extensive use of fossil fuels has led to increasingly severe environmental pollution problems, thus there is an urgent need for sustainable and clean energy to meet the growing energy consumption and environmental protection demands [1]. As a pollution-free and renewable energy utilization technology, PV power generation has been

widely applied in various fields. As the core component of the PV power generation system, the PV array directly affects the system's power generation efficiency [2,3]. Due to the long-term operation of the PV array in harsh environments, faults such as short circuits, open circuits, partial shading, and degradation are prone to occur, which can affect the safe operation of the system and the healthy development of the PV industry. Therefore, an accurate and efficient method for diagnosing and

* Corresponding author at: College of Electrical and Information Engineering, Lanzhou University of Technology, 36 Pengjiaping Road, Qilihe District, Lanzhou 730050, China.

E-mail address: anaiminll@163.com (A. An).

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122071>

Received 7 June 2023; Received in revised form 26 August 2023; Accepted 2 October 2023

Available online 17 October 2023

0306-2619/© 2023 Elsevier Ltd. All rights reserved.

5.2 教研论文

DOI:10.19980/j.cn23-1593/g4.2020.07.043

2020年7期

高教学刊
Journal of Higher Education

教改新论

新能源专业风电方向一年制毕业设计改革及实践*

李银然,张学民,李德顺,李寿图,王清

(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:从行业特色、学生实践、教师指导和管理等方面,简要分析新能源专业风电方向毕业设计存在的问题,指出导致毕业设计质量不高的关键因素是传统的培养模式不能适应新时期、新专业的教学需求。故文章从拓宽设计周期入手,提出了一年制毕业设计改革的总体思想和实施过程。从设计指导队伍,软硬件条件的全面开放及定期讨论等方面建立了质量保障体系,建立三次答辩与两次检查相结合的质量监控体系。融入持续改进思想,从学生、指导教师和企业导师三方面开展毕业设计评价体系建设。

关键词: 毕业设计;质量保障;质量监控;评价体系

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:2096-000X(2020)07-0133-03

Abstract: From the aspects of industry characteristics, student, teacher and management, this paper briefly analyzes the problems existing in the graduation project of new energy major. It points out that the key factor leading to the low quality of graduation project is that the traditional training mode cannot meet the teaching requirements of new major in the new era. Therefore, starting with widening the design cycle, this paper puts forward the overall idea and implementation process of the one-year graduation design reform. A quality assurance system is established from the design guidance team, the comprehensive opening of software and hardware conditions and regular discussions. A quality control system consisting of three defense and two inspections is established. Integrating the idea of continuous improvement, the construction of graduation design evaluation system is carried out from three aspects: students, instructors and business mentors.

Keywords: graduation project; quality assurance; quality control; evaluation system

毕业设计是本科培养计划中的最后一门实践课,是学生四年所学知识的综合应用和成果总结,是培养大学生创新能力、实践能力和综合应用知识能力的重要实践环节^[1]。高质量的毕业设计将有利于提高学生分析和解决复杂工程问题的能力。因此,提高毕业论文的质量是高等学校中的一项重要工作。

从2011年的11所高校开设风能与动力工程到2018年的83所高校开设新能源科学与工程可以看出,新能源专业已经成为支持新能源行业发展的动力之一,根据风电行业发展现状及趋势,结合工程教育专业认证的三大理念来修订和构建顺应社会发展趋势的风电方向毕业设计体系尤为重要。综合分析兰州理工大学新能源科学与工程专业(风电方向)5年(2013-2017)的毕业设计,结果表明几乎所有的题目都是工程设计,设计内容主要聚焦于风电机组设计,对风资源、风电场涉及较少,设计题目单一,不利于学生综合能力的提升,因此要提高设计质量充实设计内容必须加强教学改革。

一、风电方向毕业设计存在的问题

(一) 优质教学资源相对匮乏

由于风电行业的快速发展,技术更新速度快,而高校相对落后,没有完整的成体系的设计参考资料,教材建设

略有滞后,导致学生们可借鉴的资料有限,严重影响了毕业设计质量。

(二) 学生在毕业设计投入不足^[2]

进入大四以后,就业、考研开始实际操作,已无法安心学习。特别是毕业设计环节不能安心去做,没有发挥应有的作用,使毕业生的质量降低,更增加了学生就业的难度,形成恶性循环。另一方面,企业所需要的是专业对口、动手能力强、理论与实践结合好的专业人才,有些学生专业理论知识薄弱,对整个风电知识理解不深,不能做到知识间的连接和贯通,更不用说理论联系实际创新精神。

(三) 指导教师投入精力严重不足^[3]

近年高校招生规模的扩大,高校资源出现一定程度的短缺,教师的指导工作量过大,无暇给予学生及时的指导和检查,从而导致毕业设计质量下滑。

(四) 答辩效果不理想^[4]

由于学生只是囫囵吞枣地通过模仿设计,一味地照猫画虎,不能理解样图的做法和理论背景,答辩时往往不能回答为什么。

(五) 设计题目综合性不够

设计虽然做到了一人一题,但实质区别并不大,风电方向的毕业设计题目基本都是某某型风电机组设计,设计

*基金项目:2018年甘肃省高等学校教学质量与教学改革工程项目“新能源科学与工程实验教学示范中心”(甘教高[2018]13号);兰州理工大学高等教育研究项目(学院资助一般项目)“一年制毕业设计教学改革——以新能源科学与工程专业为例”(编号:9)作者简介:李银然(1983-),男,汉族,甘肃古浪人,硕士,讲师,新能源科学与工程专业主任,研究方向:风能利用。

基于课程化的大学生创新能力培养模式研究 ——以新能源利用技术系列课程实施为例

李德顺, 李银然, 王燕美, 李寿图, 刘志强, 史凤霞

(兰州理工大学 能源与动力工程学院, 甘肃 兰州)

摘要: 针对新工科背景下高校大学生创新能力培养, 指出了一种基于课程化的大学生创新能力培养模式, 并通过新能源利用技术系列课程进行了实践, 实施效果显著。本培养模式以《可再生能源利用技术》校级选修课和《新能源利用技术》专业必修、选修课组成的新能源利用技术系列课程为课程平台, 以节能减排基地为优秀作品培育提升平台, 节能减排大赛和其它科技竞赛为创新能力提升平台, 创新教学模式和方法, 采用“理论+实践”“讲座+互动”的形式, 充分利用在线课程平台和第二课堂与学生交流, 积极引导学生和教师参与科创项目, 严控“讲座、提案、培育、实践、组织参赛、评价”六个环节, 建立专题讲座视频库、作品库、展示和推广平台, 构建了“多层次+八专题”理论教学体系、“创新团队+导师制”实践教学体系和三级教学评价体系, 注重组织参赛, 保证培养的延续性, 形成了一种“基于课程化的大学生创新能力培养模式”。

关键词: 课程化; 大学生; 创新能力; 培养模式

本文引用格式: 李德顺, 等. 基于课程化的大学生创新能力培养模式研究——以新能源利用技术系列课程实施为例[J]. 教育现代化, 2019, 6(21):25-26, 34.

我国打造大众创业、万众创新和增加公共产品、公共服务“双引擎”, 要在全国掀起“大众创业”、“草根创业”的新浪潮, 形成“万众创新”“人人创新”的新态势^[1]。大学生作为主要创新群体, 将更多地承担这一历史使命, 提出新理论、新构想或发明新技术、新产品, 从而养成一种提出问题、解决问题的综合能力。

在全球能源短缺、环境不断恶化的大背景下, 新能源产业发展受到各国政府的普遍关注, 由此驱动了整个新能源产业的快速发展^[2]。我国的新能源产业规模迅速扩大, 新能源装备制造水平和产业化技术研发水平提升迅速。然而, 产业的规模化仍然面临着成本、技术、装备、人才、政策等一系列问题, 因此, 必须通过科技创新为新能源产业发展注入活力^[3,4]。

兰州理工大学能源与动力工程学院于 2008 年成功申请风能动力工程本科专业, 2009 年开始招生, 2013 年更名为新能源科学与工程。经过数十年积累, 我校在新能源研究的多个领域(风能、太阳能、生物质能等)取得了显著成效, 专业先后开设了《新能源概论》(专业必修、选修课)、《可再生能源利用技术》(校级选修课)课程, 形成了新能源利用技

术系列课程, 学生选课积极、关注度高、兴趣浓郁, 广受学生欢迎。专业以工科类院校学生创新能力培养为核心, 以新能源利用技术系列课程为平台, 打造理论和实践教学团队, 逐渐形成一种在培养模式、教学方法、评价体系等方面特色鲜明、系统性强、理念先进、延续性好的大学生创新能力培养模式。

一 目前在大学生创新能力培养方面存在的主要问题

(一) 缺乏创新意识和积极主动实施

大胆创新的精神较缺乏, 同学大多局限于书本知识, 缺乏主动深层次探索创新的动力, 极大地限制了创新能力的培养和提升。缺乏主动创新的意识和具体行动, 多数学生主动创新的意识不够, 惰性较强, 部分同学虽然意识到创新能力提升的重要性, 但不能积极主动地参与相关创新活动, 在贯彻实施上缺乏主动性。

(二) 创新知识薄弱和创新成果匮乏

创新知识比较薄弱, 知识面窄、学科前沿了解不足、知识结构不系统、主动学习意识不强等问题存在。创新成果匮乏, 创新环境和氛围不足, 创新活动的参与面小, 大面积的创新实践教学环节较少,

基金项目: 本文系教育部高等学校能源动力类专业教育教学改革项目(重点)(项目编号: NDJZW2016Z-20)、甘肃省 2018 年全省高校创新创业教育教学改革研究项目的研究成果。

作者简介: 李德顺, 男, 甘肃甘谷人, 兰州理工大学能源与动力工程学院, 副教授。

新工科背景下大学生的创新能力培养模式研究

张学民 李银然 王英梅 李德顺

(兰州理工大学能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

【摘要】当前大学生创新能力培养存在的问题有:大学生创新意识缺乏,主动性不强,不善于把握机会和创造条件;大学生的创新知识基础相对薄弱,高校在培养中忽视了学生的个性化发展;教学方法单一,思维缺乏创新;创新成果缺乏,创新技能不强。针对这些问题,以培养大学生的创新能力为目标,结合新形势下学校“以研促教,以教促改”的发展思路,构建“四位一体”的大学生创新能力培养的新模式,即以专业导论为引导、以专业知识为主体、以自主研究为牵引、以科研创新训练为平台,进一步强化质量监督和过程控制,全面促进大学生的创新能力培养。

【关键词】大学生;新工科;创新能力;培养模式

【中图分类号】 TK121 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2095-3437(2019)12-0077-03

创新型人才的培养已成为一个国家国际竞争力和国际地位提升的重要决定因素^[1]。“创新是促进发展的动力,是人类社会进步的阶梯。”高等教育的目的在于传授知识、传播思想和培养高级专门人才,高校在大学生创新意识和创新精神的培养中起着非常重要的作用。培养大学生的创新能力是新工科背景下高等教育的核心内容,同时也是时代发展所赋予的神圣使命^[2]。高校作为创新精神和创新型人才培养的重要基地,在国家创新发展中发挥着独特的作用^[3-4]。探索新工科背景下大学生的创新能力培养模式,构建大学生的创新能力培养体系,对提高大学生的创新能力、建设创新型国家和促进经济社会发展具有重要的意义。

创新是新时代背景下社会发展的不竭动力,也是新工科的属性特征、价值所在和根本要求^[5-7]。习近平总书记多次强调:“创新是引领发展的第一动力,必须摆在国家发展全局的核心位置以创新点燃改革引擎。”创新能力是促进大学生全面发展的重要因素,创新活动是提高大学生创新能力的重要途径,新工科理念对新形势下大学生的创新能力培养提出了新的更高要求。高校作为创新型高级专门人才培养的摇篮,必须注重创新能力的培养,实施全面的创新型教育。构建合理有效的大学生创新能力培养模式和培养体系,是提高大学生创新能力的重要保障。

一、当前大学生创新能力培养的现状存在的问题

在当前形势下,大学生的创新能力培养已成为高校教育教学改革的重要内容和核心指标。然而现阶段的

高等教育在很大程度上无法满足时代发展的要求,其仍然采用传统的教学模式,对大学生的创新能力培养存在认识不足的问题,这导致我国高校大学生的创新能力相对较弱。现阶段大学生创新能力培养存在的问题主要包括以下几个方面。

(一)创新意识缺乏,主动性不强,不善于把握机会和创造条件

创新意识是创新活动的前提基础和内在动力。大学生的创新意识表现为高度的创新自觉性,其主要包括是否总能自觉、有意识地支配创新实践活动^[8]。大学生思维灵活,有较高的创新热情和创新动机,他们希望参与创新活动。但在大学生的培养中,我们常常不善于抓住有利条件,这导致大学生缺乏团队协作精神和学科知识间的迁移能力。另外,大学生普遍存在创新启蒙教育缺乏的问题。传统的应试教育往往忽略了对大学生创新意识的启发和引导,致使大学生缺乏自信、探索意识和冒险精神。高校在大学生创新能力培养中缺乏主动性,创新意识淡薄,这严重制约了大学生创新能力的培养。

(二)创新的知识基础相对薄弱,培养过程忽视学生的个性化发展

新时代背景下大学生的思想比较活跃,其获取信息的渠道比较广泛;同时外界环境是个“大熔炉”,每个大学生所处的环境不同,其创新思维的发展也就不同。随着高校办学规模的不断扩大,学生群体呈现出多元化趋势,其在智力、思维、情感、生理等方面均存在差异,这导

【收稿时间】2019-01-30

【基金项目】兰州理工大学2018年度学校高等教育研究项目。

【作者简介】张学民(1987-),男,甘肃康乐人,博士,副教授,主要从事可再生能源利用方面的研究。

基于 TRIZ 创新理论的专创融合课程重构

——以水电站课程为例

龚成勇 李仁年 何香如 韩伟 冯辉霞

(兰州理工大学能源与动力工程学院,兰州现代职业学院财经商贸学院,兰州理工大学石油化工学院)

【摘要】专创融合教学是创新创业教育的重要组成部分,具有成效的专创融合教学需要探索研究。为提高课程教学质量,引入 TRIZ 创新理论分析及解题思想,实现专创融合重构建设。分解教学过程,聚焦工程设计能力培养,将课程教学过程定义为技术系统,建立技术系统功能分析模型;借助 TRIZ 理论的因果链分析、资源分析、发明原理和物-场模型等工具,针对技术系统缺陷,提出专创融合重构建设方案;利用 TRIZ 创新理论,对工程设计能力层级分析,获得 7 个基本能力,构建基本能力构成关系模型,分析基本能力融合形成核心能力机理,建立 7 维专创融合能力培养模型(7D-OPERATE);以水电站课程为例,分析建立基本能力转化基本模型,对其简化,确定系数、核心能力融合关系模型,利用教学数据对模型进行验证。研究表明 7D-OPERATE 模型有效,教学效果符合模型分析结果,以 TRIZ 创新理论为引导,对水电站课程开展专创融合重构建设具有合理性。

【关键词】TRIZ 创新理论 专创融合 能力培养 7D-OPERATE 模型 教学效果

一、建设背景与课程简介

1. 建设背景

创新创业教育与专业教育,都服务于专业或学科人才培养,是“专创融合”的基础,促进专业间和产业间的知识流动与更新,有助于专业教育的创新,由获取旧知识向创造新知识转变。张小才等提出“专业+创新创业”教育的有机融合是高校深化创新创业改革的现实需要。“专创融合”主要通过课程体系、课程建设、培养模式等内容重构来保障。高校创新创业课程体系建设,是创新创业教育改革的重要一环,对推动创新创业教育发展、培养符合新时代社会需求的高素质创新创业人才具有重要意义。胡海霞等将创新方法理论融入机械工程材料课程体系,提升学生创新意识,能有效培养学生专业课程学习的创新创业能力,教学效果良好。“专创融合”教学模式改革遵循校企协同、工学结合、产教融合融入行业最新发展思路,体现专业特色、面向全体学生、强化实践环节和创

新创业能力。浙江经贸职业技术学院开拓性构建了“三阶段推进、三课堂联动”创新创业教育模式。总之,“专创融合”是当前教育改革和升级的重要形式,具有巨大的现实价值和意义。

虽然专创融合的研究与实践已经开展,但专创融合存在不同程度的不足和困难。创新创业活动具有高度综合性和复杂性,往往涉及不同专业学科的交叉融合,单一学科或专业维度开展“双创”教育具有很大局限性。姬忠莉等分析了双创教育现状,提出存在功利性倾向,忽略“双创”教育重在培养学生创新意识、创业精神和创新创业能力的内涵要求,导致“双创”教育的重点仍然聚焦于精英式教育,很难将“双创”教育融入专业教育,很大程度上影响了“双创”教育“自下而上”创新活力。卢卓等分析并得出专创融合理念与认知存在差距、专创融合课程改革亟待强化、专创融合实践平台尚待健全、专创融合师资队伍亟待加强和专创融合体制机制有待完善存在五方面困难和问

基金项目:教育部创新方法学科建设与研究专项规划项目(20-2-2);科技部创新方法专项(2020IM030400);兰州理工大学研究生课程思政建设项目“高等水工结构与有限元仿真分析”;兰州理工大学示范性项目式教学课程“水利工程数字化建造与有限元分析”;中国建筑劳动学会科研项目(CCL12021R0017)

基于TRIZ创新理论解析学科竞赛对培养学生综合能力的效果

——以某高校创新方法大赛为例

龚成勇¹, 何香如², 韩伟¹, 冯辉霞³

(1. 兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃兰州 730050; 2. 兰州现代职业学院财经商贸学院, 甘肃兰州 730300;
3. 兰州理工大学石油化工学院, 甘肃兰州 730050)

摘要: 学科竞赛已经成为大学生培养的重要形式。该文以某高校创新方法校级竞赛为例, 应用TRIZ创新理论分析该竞赛对学生能力培养的效果, 构建工科大学生能力构成与目标模型、定义学生参与竞赛各环节培养其能力的类功能技术系统、分析竞赛对学生培养的主要特征, 构建其过程关系模型, 定义为5-DMCOE学科竞赛实践教育模型; 结合分析创新方法竞赛特征及其各环节数据, 揭示学生参加学科竞赛动机及目的与获取能力的关系, 进而建立竞赛对学生能力培养的评价模型, 计算模型参数并得到对应赛事的评价模型解。根据竞赛获奖项目及相关数据分析结果和计算评价模型解为65.8646分, 初步探索获得面向在校工科大学生教授创新方法所需要的基本条件, 以及创新方法学习对学生参加其他类型竞赛的价值和意义, 进而揭示学科竞赛过程培养学生能力的机理。

关键词: TRIZ; 教学效果; 能力培养; 学科竞赛; 创新方法大赛; 5-DMCOE学科竞赛实践教育模型

中图分类号: G642

文献标识码: A

文章编号: 2096-5206(2023)04(a)-0001-09

Applying TRIZ to Analyze Effect of Comprehensive Ability on Cultivating Students by Competitions

——Taking Innovation Method Competition in a Local University as Example

GONG Chengyong¹, HE Xiangru², HAN Wei¹, FENG Huixia³

(1. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu, 730050, China;

2. Finance and Trade Branch, Lanzhou Modern Vocational College, Lanzhou Gansu, 730300, China;

3. School of Petrochemical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu, 730050, China)

Abstract: Discipline competition has become an important form of college student training. Taking innovation method competition in a local university as example, this paper applied the TRIZ to analyze effect of comprehensive ability on cultivating students by competitions, constructing the model of the composition, called 5-DMCOE model, and target of the ability of engineering college students, defining the functional technology system for the cultivation of students' ability in the competition, and analyzing the main features of the competition on the cultivation of students. Based on the analysis of the characteristics of the innovative method competition and the data of the implementation of the competition, the relationship between the motivation and purpose of students' participation in the discipline competition and the acquisition ability is revealed, and then the evaluation model of the competition on the cultivation of students' ability is established, the value is 65.8646. Based on the results of award-winning projects and relevant data analysis, this paper preliminarily is explored the basic conditions required for teaching innovative methods to engineering college students, and the value and significance of learning innovative methods for students to participate in other types of competitions, and then revealed the mechanism of cultivating students' ability in the process of discipline competition.

课题项目: 科技部创新方法专项(2020IM030400); 教育部创新方法学科建设与研究专项规划项目(20-2-2); 教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目(NSJZW2021Y-09); 流体与动力机械教育部重点实验室开放基金(LTDL2020-001); 兰州理工大学研究生课程思政建设项目: 高等水工结构与有限元仿真分析; 兰州理工大学示范性项目式教学课程: 水利工程数字化建造与有限元分析; 中国建筑劳动学会科研项目(CCLJ2021R0017); 兰州理工大学高等教育研究项目(GJ2022B-49)。
作者简介: 龚成勇(1979-), 男, 云南镇雄人, 博士, 研究方向: 多场耦合作用下的水工结构有限元分析与优化设计及可视化, E-mail: mars@lut.edu.cn。

Key words: TRIZ theory; Teaching effect; Ability training; Discipline competition; Innovation method competition; 5D-M-Competition Operating Education Model

基于 TRIZ 创新原理解析“政产学研用”人才培养体系与实践

——以兰州理工大学水利水电工程专业为例

龚成勇¹, 何香如², 韩伟¹, 冯辉霞³, 樊新建¹

(1. 兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃兰州 730050; 2. 兰州现代职业学院财经商贸学院, 甘肃兰州 730300; 3. 兰州理工大学石油化工学院, 甘肃兰州 730050)

摘要:以 TRIZ 基本原理为基础, 给定假定条件, 提出人才培养类 TRIZ 技术系统模型。从人才培养过程出发, 建立教与学技术系统的功能分析模型, 结合教育教学的基本规律, 分析人才培养的基本环节, 获得相应的人才培养体系与人才能力形成的关系。构建人才培养能力模型, 详细介绍模型的层级和关系; 结合所依托的水利水电工程专业实际, 解析工程认证以来, 尝试构建“政产学研用”人才培养体系要求的教学要素对应关系模型, 并阐述了人才培养体系的初步成果和关系, 为教育教学提供参考。

关键词: TRIZ 创新原理; 产学研用; 人才培养体系; 教学效果; 能力培养

中图分类号: G640

文献标识码: A

文章编号: 2096-5206(2022)10(a)-0150-08

Construction and Practice of the Talent Training System for Politics-Production-Learning-Research-Application Based on TRIZ

——A Case Study of Water Resource and Hydropower Engineering in Lanzhou University of Technology

GONG Chengyong¹, HE Xiangru², HAN Wei¹, FENG Huixia³, FAN Xinjian¹

(1. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu, 730050, China;

2. Finance and Trade Branch, Lanzhou Modern Vocational College, Lanzhou Gansu, 730300, China;

3. School of Petrochemical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu, 730050, China)

Abstract: Based on TRIZ, proposing corresponding assumptions, illustrating the process of talent training, established a functional analysis model of the teaching and learning technology system, combined the basic laws of education and teaching, analyzed the basic links of talent training, and obtained the corresponding talent training base content exploration and guiding conclusions; constructed a talent training ability model, introduced the level and relationship of the model in detail, and described and expressed it with visual graphics; combined the actual water conservancy and hydropower engineering specialty that it depends on, analyzed its engineering certification and try to use it for production, education and research. The construction and practice of the talent training system, and expounded the preliminary results and relationships of the talent training system. It provided a reference for the field of education and teaching.

课题项目: 教育部创新方法学科建设与研究专项规划项目(20-2-2); 科技部创新方法专项(2020IM030400); 教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目(NSJZW2021Y-09); 流体与动力机械教育部重点实验室开放基金(LTDL2020-001); 兰州理工大学研究生课程思政建设项目: 高等水工结构与有限元仿真分析; 兰州理工大学示范性项目式教学课程: 水利工程数字化建造与有限元分析, 中国建筑劳动学会科研项目(CCLI2021R0017); 兰州理工大学高等教育研究项目: 新工科背景构建“教-研-政-用-赛”融合创新人才培养体系及其课程群建设实践。

作者简介: 龚成勇(1979-), 男, 云南镇雄人, 博士, 工程师, 研究方法: 水工结构耦合有限元分析与可视化优化设计, E-mail: mars@lut.edu.cn。

Key words: TRIZ theory; Production-learning-research-application; Talent training system; Teaching effect; Ability training

新工科背景下制药工程专业“药剂学”课程体系与教学内容改革与实践

王承潇¹,戴伟峰¹,向诚¹,杨野¹,韩伟²

(1.昆明理工大学 生命科学与技术学院,云南 昆明 650500; 2.华东理工大学 药学院,上海 200237)

摘要:首先分析了新工科背景下制药工程专业“药剂学”课程改革的要求;其次分析“药剂学”课程体系、教学内容改革与新工科背景有机融合的基本思路;最后分析新工科背景下“药剂学”课程体系与教学内容改革与实践策略,为促进“药剂学”课程适应时代发展提供参考。

关键词:新工科背景;制药工程;药剂学;课程体系;改革

doi:10.3969/j.issn.1008-553X.2022.03.046

中图分类号:G642

文献标识码:A

文章编号:1008-553X(2022)03-0160-03

工科专业着重依赖于技术,技术变革是其核心动能,新的技术可以带动新的产业。新工科背景下,制药工程专业也受到相应的影响,药学、化学、生物学、工程学等学科的融合以及各类新技术的应用都影响到“药剂学”课程教学改革实践,因此,有必要结合“药剂学”课程改革发展目标及新工科背景来推进“药剂学”课程体系建设和课程内容的完善。

1 新工科背景下“药剂学”课程改革的要求

新工科背景下制药工程专业“药剂学”课程改革需要结合药剂学的学科特点、授课特点,顺应“药剂学”专业的未来发展趋势,利用新工科的特色优势来促进“药剂学”课程体系和内容的优化,从而突出制药工程专业中“药剂学”的地位和意义。具体来看,新工科背景下“药剂学”课程改革需要遵循以下三方面的要求。

1.1 继承创新技术

制药工程“药剂学”课程改革不仅仅是对以往相应技术的继承,更是促使学生学好知识,提高技术创新能力的关键。该课程的主要目标是让学生了解药剂学的相关原理,掌握制药工程在药剂配比、药剂运用等方面的技术。实际上,“药剂学”是制药工程中十分重要的基础课程,学生对药剂的理解要结合药学、化学、生物学、物理学等方面的知识,同时要了解西药制剂以及中药制剂的差异。在新工科所要求的“新技术”的指导下,“药剂学”课程改革必须重视改革实践,推动制药工程中药剂技术的继承和创新。

1.2 学科交叉融合

制药工程专业本身就是融合了诸多学科而发展起来的较为年轻的一门工程学科,具有与新工科一致的学科交叉融合性特征。一般来说,制药工程专业注重化学、药学类的课程,如“药剂学”课程主要应用到化学、药学方面的知识,但是,在新工科背景下,数学、物理、生物、中医药、电子科学、工程设备、自动化、信息管理等技术也都与制药工程“药剂学”有一定的联系,在开展“药剂学”课程改革时,有必要将这些学科的相关知识融入其中,形成理科与工科相融合的课程体系。

1.3 协调共享模式

制药工程专业“药剂学”课程改革从传统的实验室教学模式向着工业化的方向迈进。在制药企业中,药剂的研发就得考虑到工业生产的可行性,包括药剂成本、售价以及药剂效用之间的协调平衡,还有药剂的形态,比如是片剂、冲剂、胶囊还是泡腾片,这些都应与相应生产设备配置以及药效的发挥、市场的需求相协调。因此,在教学改革中,有必要融合各学科,使得工学与“药剂学”课程形成协调共享模式。

2 “药剂学”课程体系与教学内容改革的基本思路

2.1 工科融会贯通,完善药剂体系

制药工程专业“药剂学”课程体系改革过程中应实现理科与工科的融会贯通,特别要考虑到“药剂学”这门课程的专业性,其属于制药工程专业的传统必修课程,但是在传统的“药剂学”课程体系中缺乏工科相关知识,学生仅学习“药剂学”原理及知识不能完全达到应用型人才培养的教学目标,因此,在新工科背景下,传统“药

收稿日期:2021-10-22

基金项目:昆明理工大学课程考核改革项目:药剂学,药剂学实验

作者简介:王承潇(1985-),男,副教授,硕士生导师,从事经皮药物传递系统和新型促渗剂的设计工作,wcx1192002@126.com;通讯联系人:韩伟(1968-),男,教授,硕士生导师,研究方向:化工产品的分离及工程放大、中药活性成分的研究与开发、新型中药制药技术与装备设计、天然功能性成份的研究与开发,whan@eust.edu.cn。

基于TRIZ实现“专创融合”课程建设与 教学效果评价研究

——以水电站课程为例

龚成勇¹, 何香如², 李仁年¹, 韩伟¹, 冯辉霞³

(1. 兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃兰州 730050; 2. 兰州现代职业学院财经商贸学院, 甘肃兰州 730300;
3. 兰州理工大学石油化工学院, 甘肃兰州 730050)

摘要:“专创融合”教学是创新创业教育的重要组成部分, 需要探索研究“专创融合”教学。为了提高课程教学质量, 引入TRIZ创新理论分析及解题思想, 解析水电站工程设计课程教学规律和特征, 实现“专创融合”建设, 聚焦工程设计能力培养, 将课程教学过程定义为技术系统, 建立技术系统功能分析模型; 研究技术系统不足, 利用TRIZ理论的因果链分析、资源分析、发明原理和物-场模型等工具, 提出弥补该技术系统不足的方案; 利用TRIZ创新理论对工程设计能力层级进行分析, 植入ADDIE思想, 获得7个基本能力, 构建基本能力构成关系模型, 分析基本能力融合形成核心能力机理, 建立7维“专创融合”能力培养模型(7D-OPERATE); 以水电站课程为例, 分析建立基本能力转化模型, 对其简化, 确定系数、核心能力融合关系模型, 利用教学数据对模型进行验证。研究表明, 7D-OPERATE模型有效, 教学效果符合模型分析结果, 以TRIZ创新理论为引导, 对水电站课程开展“专创融合”建设具有合理性。

关键词: TRIZ 创新理论; “专创融合”; 能力培养; 7D-OPERATE 模型; 教学效果

中图分类号: G642

文献标识码: A

文章编号: 2096-5206(2022)05(a)-0001-07

Study of the Construction Course and the Evaluation of Teaching Effects on Integration of Specialty and Innovation Based on TRIZ Theory

——Take Hydropower Station Course as an example

GONG Chengyong¹, HE Xiangru², LI Rennian¹, HAN Wei¹, FENG Huixia³

(1. College of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu, 730050, China;
2. Finance and Trade Branch, Lanzhou Modern Vocational College, Lanzhou Gansu, 730030, China;
3. School of Petrochemical Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu, 730050, China)

Abstract: Teaching on integration of specialized and innovation is an important part of innovation and entrepreneurship education, and some explorations and researches on teaching are required, which implements integration of specialized and innovation and is effective.

课题来源: 教育部创新方法学科建设与研究专项规划项目(20-2-2); 科技部创新方法专项(2020IM030400); 教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目(NSJZW2021Y-09); 流体与动力机械教育部重点实验室开放基金(LTDL2020-001); 兰州理工大学研究生课程思政建设项目: 高等水工结构与有限元仿真分析; 兰州理工大学示范性项目式教学课程: 水利工程数字化建造与有限元分析, 中国建筑劳动学会科研项目(CCLI2021R0017)。

作者简介: 龚成勇(1979-), 男, 云南镇雄人, 博士, 讲师, 研究方向: 多场耦合作用下的水工结构有限元分析与优化设计及可视化。

In order to improve the quality of teaching, introducing TRIZ theory and its problem-solving ideas, analyzes the teaching rules and characteristics of hydropower engineering course, what is a course for training engineering design ability, focus on the training of engineering design capabilities, realizes the construction of specialization and integration, defining the course teaching process as a technical system, establishes a technical system functional analysis model; researches the technical system deficiencies, using TRIZ theory's cause-effect chains analysis, resource analysis, invention principle and Su-F model and other tools, proposes solutions to the technical system deficiencies; using

制药工程专业学生创新能力培养的探索

罗晓燕, 宋恭华, 刘宏伟, 冀亚飞, 韩伟, 张敏, 赵建宏

华东理工大学药学院 (上海 200237)

摘要 为了培养学生的创新能力,通过多年探索和实践,形成多角色全过程的创新教育模式以及四要素循环发展和团队合作机制。同时,基于全国大学生制药工程设计竞赛需要,对制药工程专业核心课程和实践教学进行了改革。

关键词 制药工程; 创新能力; 设计竞赛; 创新教育模式

DOI:10.16243/j.cnki.32-1352/g4.2020.06.016

Exploration and Practice of Cultivating Innovation Ability of Pharmaceutical Engineering Students

Luo Xiaoyan, Song Gonghua, Liu Hongwei, Ji Yafei, Han Wei, Zhang Min, Zhao Jianhong

(School of Pharmacy, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: In order to cultivate students' innovative ability, through years of exploration and practice, this paper proposes a multi-role whole-process innovative education model, as well as a four-element cyclical development and teamwork mechanism. At the same time, based on the needs of the national college student pharmaceutical engineering design competition, the core curriculum and practical teaching of pharmaceutical engineering have been reformed.

Key words: pharmaceutical engineering; innovation ability; design competition; innovative education model

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》^[1]中指出“坚持能力为重。优化知识结构,丰富社会实践,强化能力培养。着力提高学生的学习能力、实践能力、创新能力。”制药行业对工程技术人才的要求越来越高,而工程技术人才的创新能力集中体现在工程实践中创造新的技术成果的能力,包括新产品和新技术的研发,新流程和新装置的设计,新的工厂生产过程操作运行方案等^[2]。

大学生创新能力培养对学生发展、社会进步具有举足轻重的作用。高校及相关机构举办学科竞赛,利于落实《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》^[3-5]。全国大学生制药工程设计竞赛是由教育部高等学校药学类专业教学指导委员会主办,高校及制药企业承办,专注于实现制药工程领域先进制造所需人才的培养,是目前国内制药工程专业类比赛中规模最大、影响最广的顶级赛事。该竞赛采用实战模式,有效提升了大学

生对药物先进制造技术和工程设计方法的自主学习和实际运用能力,不但提高了学生的工程实践能力、创新意识和团队合作精神,也为高校推动创新创业教育、改革实践教学起到了积极示范作用^[6-8]。该竞赛从2011年开始至今已连续成功举办九届,其面向全体制药工程专业学生,以制药工程设计竞赛为载体。华东理工大学制药工程专业对此进行探索并实践,以推动学生工程创新能力的培养。

1 多角色全过程的创新教育模式

在制药专业学生的四年大学期间,华东理工大学制药工程专业通过班主任、教学教师、科研教师和指导教师多角色,指导学生全过程创新实践教育和教学。

如图1所示,班导师角色伴随学生大学4年里的各个方面,引导学生参与创新活动;授课教师通过

收稿日期: 2020-05-02

基金项目: 教育部卓越工程师教育培养计划专业建设项目; 国家级工程实践教育中心建设项目(教高(2012)8号)

构建虚拟仿真实验教学多元评价体系*

——以《水电站》课程虚拟仿真实验为例

龚成勇¹, 韩伟¹, 王之君¹, 何香如²

(1. 兰州理工大学 能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050;

2. 兰州现代职业学院 财经商贸分院, 甘肃 兰州 730300)

摘要:文章以《水电站》课程虚拟仿真实验为例,研究其成绩评价方法,通过研究虚拟仿真实验的特征、评估方法演变及改革思路与模式设计,进行实践应用。经过学生学习效果分析和实践证明,采用多元评价方法评价虚拟仿真实验教学成绩,不仅符合教学规律,适应教学模式,满足课程教学要求,而且在教学各环节均能起到提高学生主动性的作用,极大地提高了虚拟仿真实验教学成绩评价的客观性和准确性。

关键词:虚拟仿真实验;教学效果;多元评价方法;能力培养

中图分类号:G642.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-8454(2020)06-0051-06

一、引言

虚拟仿真实验是学科专业与信息技术深度融合的产物,虚拟仿真实验教学突破了高校传统的实验教学模式,是当前实验教学的发展方向^[1]。虚拟仿真实验是通过模拟真实的实验操作环境和实验对象,使学生在开放、自主、交互的虚拟环境中开展实验^[2]。虚拟仿真实验教学除了具有重要的技术特征外,还要满足教学大纲的要求^[3]。

笔者认为虚拟仿真实验教学是利用计算机网络、多媒体、信息、数据可视化、虚拟现实和人机交互等技术,融合相关专业原理和数据信息,派生出来的教学形式,其遵从教学的基本规律,具有传统教学的基本属性,像其他课程教学一样,由各环节构成了一个系统,该系统的关键组成主要包括教学主体、教学内容、教学方法、教学载体、实施策略、教学反馈与监管、教学评价和教学进化与发展等。

随着本科生虚拟仿真实验的普及,其教学效果如何考核以及学生成果如何评价,成为本科生课程考核的新问题。兰州理工大学水利水电工程系开设虚拟仿真实验以来,笔者对其进行了深入研究,结合多年教学考核评价的积累,逐步提出针对虚拟仿真实验课程相关的考核方法并不断完善,以便建立一整套适用于虚拟仿真实验

的、操作性较强的、具有指标科学明确的质量评估体系。

课程教学多元化考核方法是高等教育发展的必然趋势,虚拟仿真实验教学作为新型的教学手段,其考核方式较传统教学模式而言,采用多元的考核方式有良好的先决条件。基于此,笔者对水利水电工程专业骨干核心课程《水电站》进行了教学改革,通过混合式和项目式教学项目的建设、改革与教学实践,开设了4学时的课内虚拟仿真实验,并将课程的虚拟仿真实验作为考核的分项,成绩列入课程成绩。

白冬松^[4]等指出虚拟仿真实验教学可以有效解决传统实验教学缺乏统一、客观、全面、系统的评价考核实验操作过程这一弊端。但由于课程特点和教学环节存在差异,需要探讨如何将多元化的考核方法科学合理地应用于《水电站》课程虚拟仿真实验的教学。我国高等学校课程教学呈现多样化的形式,考核方法也逐步采用多元化的方法,因此,构建虚拟仿真实验教学多元评价体系具有极为重要的意义。

二、构建《水电站》课程虚拟仿真实验教学的多元化评价方法

1.《水电站》课程虚拟仿真实验教学能力分解

面对现代水电站工程愈来愈呈现出“空间体量巨

*基金项目:兰州理工大学2019年度高等教育研究一般项目“基于‘专创融合’思维重构课程教学内容与‘项目式’教学实施评价的研究——以《水电站》课程为例”(编号:GJ2019B-64);兰州理工大学2018年示范性项目式教学课程项目《水电站》(编号:JW2019A-8);教育部2018年第一批产学合作协同育人项目“BIM人才需求导向下的《水利工程制图及CAD》内容修订与教学实践”(编号:201801171011)、“基于BIM导向下《水利工程制图及CAD》授课模式”(编号:201801179049)。

基于 SC-OBE-CQI 理念的 卓越工程师培养新模式探索

——以兰州理工大学能源与动力工程专业卓越计划培养为例

权 辉 李仁年 魏列江 张人会 韩 伟 程效锐

(兰州理工大学能源与动力工程学院)

【摘 要】以兰州理工大学能源与动力工程学院能源与动力工程专业卓越班培养为案例,阐释了“学生中心—成果导向—持续改进”(SC-OBE-CQI 理念)这一培养模式探索和实效,对本科教学进行了改革,为我国卓越工程师教育计划的实践提供了一个案例,对于其他高校卓越工程师教育计划的实施推进具有一定的借鉴意义。

【关键词】卓越工程师教育培养计划 学生中心(SC) 成果导向(OBE) 持续改进(CQI)

一、引言

2010年,国家启动了“卓越工程师教育培养计划”(以下简称“卓越工程师计划”),其主要目标是面向工业界、面向未来、面向世界,培养造就一大批实践能力和创新能力强、适应经济社会发展需要的各类高质量工程人才,为建设创新型国家、实现工业化和现代化提供坚实的人力资源保障,增强我国的核心竞争力和综合国力。这一计划的实施,涉及工业界、科技界、政府部门等众多方面,但其落脚点还在高等院校。兰州理工大学是国家第二批“卓越工程师教育培养计划”审批高校。

2015年10月24日,国务院印发《统筹推进一流大学和一流学科建设总体方案》,要求按照“四个方面”战略布局和党中央、国务院决策部署,加快建成一批世界一流大学和一流学科。其中,陈宝生部长在教育部第26次咨询会上提出,“没有高质量的本科,就建不成世界一流大学”和“抓质量就是抓标准、抓激励、抓评估(认证)”,说明了国家对本科教学的重视,同时,本科教学成功与否也是国家卓越工程师计划的关键。基于此,教育部制定了工程教育认证的核心理念,即为 SC-OBE-CQI 的理念,具体由学生中心(Student Centered, SC)、成果导向(Outcome Based Education, OBE)和持续改进(Continuous Quality Improvement, CQI)三部分构成,它是中国工程教育认证的核心。

正如现教育部副部长李晓红所讲,人才培养

为本,本科教育是根。以第三级毕业要求引领专业培养卓越人才,关注全体学生学习效果,建立持续改进的质量保障机制和追求卓越的质量文化。

学生和家长如何判定大学四年所接受的专业教育为学生未来发展奠定了合格的基础?除了日后多少年的个体感知外,能否提前了解相关信息?这是我们高校教学必须回答的问题。企业和各个下游“用户”怎样判别高校的工程专业是否为他们提供了合格的从业者或准入者,除了多年的用人经验外,不外乎就是符合企业发展所需要的人才,这就要求我们工科教学要同时服务学生、服务社会和行业,本科教育最终的成果应与行业发展达到完美的一致性。这应该是高校本科办学自我衡量的一个“标尺”。因此,本文以兰州理工大学能源与动力工程专业卓越计划为例,基于 SC-OBE-CQI 理念的卓越工程师培养新模式探索,是对解答这个问题的一次有效的实践。

二、SC-OBE-CQI 理念

1. 三大导向变化。

SC-OBE-CQI 的理念是由学生中心(Student Centered, SC)、成果导向(Outcome Based Education, OBE)和持续改进(Continuous Quality Improvement, CQI)三部分构成,它是对传统教学评价体系和认证体系的一次重要改革,具体体现为由以前重视条件和过程转为重视结果输出(Outcome),重视学生学过什么转为重视学生能够做什么(Ability),由单纯强调校外评价转为强

制药设备与工程设计课程教学改革的探索

韩伟¹, 宋恭华¹, 张丹瑛², 胡大文³, 冀亚飞¹, 张敏¹, 刘宏伟¹

(1. 华东理工大学药学院, 上海 200237; 2. 上海医药集团股份有限公司, 上海 200020; 3. 中国医药集团联合工程有限公司上海公司, 上海 200235)

摘要: 制药设备与工程设计是制药工程专业一门重要的工程素养类核心课, 是研究药物生产的制造理论以及生产实践的应用性工程学科。为提高该课程的教学效果, 增强学生对学习的兴趣, 本文从教学内容的构建、教学方法和教学手段、评价体系等方面进行分析与探讨, 力求寻找一套适合于制药设备与工程设计的教学方法。

关键词: 制药工程专业; 制药设备与工程设计; 教学改革; 探索

中图分类号: G642.0 文献标识码: A 文章编号: 1008-021X(2019)04-0190-02

DOI:10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2019.04.081

Exploration on Teaching Reform of Pharmaceutical Equipment and Engineering Design Course

Han Wei¹, Song Gonghua¹, Zhang Danying², Hu Dawen³, Ji Yafei¹, Zhang Min¹, Liu Hongwei¹

(1. School of Pharmacy, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, China;

2. Shanghai Pharmaceutical Group Co., Ltd., Shanghai 200020, China;

3. China Pharmaceutical Group Joint Engineering Co., Ltd., Shanghai Company, Shanghai 200235, China)

Abstract: Pharmaceutical equipment and engineering design is an important core course of engineering literacy in pharmaceutical engineering specialty. It is an applied engineering discipline to study the manufacturing theory and production practice of pharmaceutical production. In order to improve the teaching effect and students' interest in this course, this paper makes an analysis and discussion on the construction of teaching content, teaching methods, teaching means and evaluation system, and strives to find a set of teaching methods suitable for the core course Pharmaceutical Equipment and Engineering Design.

Key words: pharmaceutical engineering; pharmaceutical equipment and engineering design; teaching reform; exploration

制药工程是一个典型的工科类专业, 集化学、药学、工程学科于一体, 以培养从事药品的生产与制造, 新工艺、新设备、新品种的开发与放大, 以培养设计人才为目标。1998年, “制药工程”正式出现在教育部本科专业目录中, 由原来隶属的化工类改名为化工与制药类。1999年, 全国正式招收制药工程专业本科生。从专业角度上讲, 制药工程是一个宽口径的专业, 涉及化学制药、中药制药、生物制药及药物制剂, 具有多学科交叉、技术和知识高度密集、发展迅速等特点。根据该专业本科培养目标, 应将教育的重点放在制药设备的研究与开发、生产车间的布置和工程设计以及自动控制等方面, 在保持药学特色的同时, 突出工程的理念^[1-3]。

目前, 我国制药工程本科教育尚处于发展阶段, 课程设置方面也多处处于摸索、改进和完善中, 国内外还没有形成明确的限定范围^[3-4]。随着我国医药行业逐步跨入技术创新时代, 对制药工程专业的人才而言, 需具备对产品、工艺及设备的更新改造、GMP设计与验证、企业生产管理等各方面的知识与技能。如果仅了解生产工艺、车间与设备工程设计、药物制剂等知识, 将难以满足现代制药工业的要求。

近年来, 国内学者对制药工程专业的课程和实验教学进行了相关的研究与探索^[5-8], 但对《制药设备与工程设计》这门重要的专业课程研究却甚少, 该课程近年来被多数院校设置为专业核心课。但由于各高校专业背景不一, 目前还难以形成统一的教学大纲和课程体系, 授课内容、教学方法等均在改革与探索当中。

华东理工大学为教育部直属重点高校, 也是最早设立工科

类药学专业的学校。制药工程专业的前身为化学制药工学, 创建于1952年, 1953年开始正式招生。《制药工程学》是制药工程专业早期开设的专业核心课, 2010年教育部启动了卓越工程师人才培养计划, 我校制药工程专业首批入选该计划, 课程名称及课程体系也进行了相应的梳理和调整。《制药工程学》调整为《制药设备与工程设计》, 教学内容也进行了拓展, 涉及制药设备(含化学药、中药等)、药物制剂工程、制备工艺与工程设计、技术经济等学科。

笔者所在的教学团队开展制药设备与工程设计课程讲授已有6年时间, 本文拟从该课程的教学内容、教学方法与教学手段、教学效果等方面对课程的教学改革进行探讨。

1 完善课程体系, 优化教学内容

制药设备与工程设计是制药工程专业的主干必修课, 涉及面广, 知识面广, 是培养学生制药设备选型与放大、车间或厂工程设计的专业核心课程。通过该门课程的学习, 初步建立工程设计的理念与科学研究的思维方式, 并达到以下几方面的教学目标:

(1) 使学生了解并掌握制药设备的概念与分类, 制药设备的结构、特点、工作原理、操作过程及其应用, 侧重于化学药、中药等设备的比较和选型, 力求反映制药生产的关键技术和设备。

(2) 使学生了解 GMP 对制药装备的要求, 掌握制药分离过程、药物制剂过程中常用设备的工作原理和基本构造, 从了解分离及制剂工艺着手, 逐步深入探究制药分离与制剂设备的选型要求。

收稿日期: 2018-11-30

作者简介: 韩伟(1968—), 江苏扬州人, 博士, 教授, 主要从事天然产物的研究与开发。

《化学制药工艺学》左氧氟沙星一章的教学安排*

冀亚飞,刘宏伟,赵建宏,韩伟,罗晓燕,任国宾,宋恭华

(华东理工大学药学院,上海 200237)

[摘要]本文介绍了《化学制药工艺学》教材中左氧氟沙星章节的教学安排;首先阐明一锅煮与连续工艺制备高级中间体“环合酯”化学原理,其次点明左氧氟沙星合成中重点与难点,最后介绍关键中间体四氟苯甲酸与3-二甲氨基丙烯酸乙酯新合成技术。这些教学安排覆盖了左氧氟沙星生产技术的核心内容。

[关键词]制药工艺学;左氧氟沙星;教学处理;合成工艺;反应原理

Teaching Treatments on the Chapter "Levofloxacin" of *Chemical Pharmaceutical Technology*

Ji Yafei, Liu Hongwei, Zhao Jianhong, Han Wei, Luo Xiaoyan,
Ren Guobin, Song Gonghua

Abstract: The teaching treatments on the chapter "levofloxacin" of *Chemical Pharmaceutical Technology* has been presented herein. We firstly expounded the chemical principles for one-pot and consecutive process to prepare the advanced intermediate "cyclized ester". Then, the emphases and difficulties in synthesis of levofloxacin were illustrated. Lastly, it was introduced to readers with regard to the new synthetic techniques of the key intermediates tetrafluorobenzoic acid and ethyl 3-dimethylaminoacrylate. These teaching arrangements fundamentally covered the core content of levofloxacin manufacturing.

Key words: Pharmaceutical technology; Levofloxacin; Disposal of teaching; Synthetic technique; Reaction principles

左氧氟沙星是氟喹诺酮类抗菌药物中的重点品种,原料药有半水合单体、盐酸左氧氟沙星盐、乳酸左氧氟沙星盐和甲磺酸左氧氟沙星盐等形式,以适应各种制剂剂型和医疗的需要。该药作

为一线用药收录于2015年版《中国药典》^[1]。左氧氟沙星自1997年在中国上市以来,经过20年的发展,年产量已达数千吨,成为我国原料药产业支柱品种之一。在最新出版的制药工程、药物化

[作者简介] 冀亚飞(1964-),男,教授,博导,博士。

* 基金项目:2017年度上海市教委本科精品课程建设项目(YC0126114);国家自然科学基金(21476074和21676088)。

翻转课堂在水利工程地质教学中的应用与实践

王 昱,樊新建,韩 伟,范严伟

(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:结合水利工程地质的课程特点,将“翻转课堂”引入到课程教学中,从线上资源建设、教学活动组织和课堂教学实施等方面入手,设计了水利工程地质课程“线上线下混合式”教学模式。通过教学实践对该教学模式的主要特点、关键环节和有效性进行了研究,为水利工程地质教育与现代信息技术的融合进行了有益的探索和尝试。

关键词:水利工程地质;翻转课堂;教学模式;线上教育

doi:10.16083/j.cnki.1671—1580.2018.1.015

中图分类号:G642 文献标识码:A 文章编号:1671—1580(2018)1—0062—03

一、引言

翻转课堂的核心教学思路是“课外传授知识,课内内化知识”。水利工程地质是一门理论性与实践性很强的学科^[1],如何在有限学时里将基本理论、基本方法和实践内容相结合是传统授课时遇到的困难。基于“线上线下”的混合教学模式,学生通过“自主学习”和“互动内化”达到学习目的。作为一种新的教学模式,为教育教学改革提供了一种全新的思路,为培养学生创新能力和学习主动性有重要意义。

二、水利工程地质课程教学现状

课程具有知识点多,实践性强,课时量少的特点。工程地质课程内容多、信息量大,仅就水利工程专业而言,其讲授的主要内容包括地质学基础、水文地质、工程地质和地质勘察等,内容涉及矿物学、岩石学、土力学和岩石力学等课程,往往一个章节就是一门课程的重点浓缩^[2]。由于课程内容多,包含知识面宽,许多理论知识比较抽象,直接理解往往有一些困难,需要通过实验、实习的途径予以解决,表现出较强的实践性。而国内高校水利工程地质只有30~40个课时,课时较少。因此,上好这门课程具有一定的挑战性。

教学手段单一,缺乏创新。当前大部分高校水

利工程地质教学采用传统的说教式和灌输式授课模式,教学方法单一,难以调动学生的参与性^[3]。尽管有老师采用多媒体课件授课,能直观、形象地展现图例和工程应用,弥补说教式授课的不足。但在应用过程中信息量大、进度快,学生对新知识来不及思考而被被动接受,学生创新意识得不到锻炼。

考核方式难以评价学生对知识的掌握程度和能力形成情况。水利工程地质作为专业基础课,其考核方式一般包括平时成绩和期末考试成绩。其中平时成绩主要由出勤、作业、实验报告和上课表现等综合评定^[4]。但由于现实原因,评定难以客观公正。如学生人数多,难以准确把握每个学生的课堂表现,作业雷同现象使成绩难以区分,实验报告按组完成,对个别动手能力差、参与度低的学生难以充分考核^[5],这些现象导致平时成绩考核流于形式。而期末考试尽管能在一定程度上考查学生对知识的掌握程度,但不能真正掌握学生的实践和动手能力,特别是对一些与工程实际应用相关的思考和处理。

三、基于翻转课堂的教学模式设计与实践

(一)翻转课堂教学模式设计

在充分考虑了本课程特点及教学过程中存在问题的基础上,设计了包括“课前自学、课中强化、

收稿日期:2017—09—11

基金项目:兰州理工大学教学研究项目(示范性混合式教学项目),甘肃省自然科学基金(1606RJZA196),甘肃省高校科研项目共同资助。

作者简介:王 昱(1979—),男,甘肃永昌人,兰州理工大学,副教授,博士。研究方向:水利水电工程的教学与研究。

樊新建(1979—),男,江西九江人,兰州理工大学,讲师,博士。研究方向:水利水电工程的教学与研究。

韩 伟(1977—),男,安徽砀山人,兰州理工大学,副教授,博士。研究方向:水力机械的教学与研究。

范严伟(1982—),男,山东聊城人,兰州理工大学,讲师,硕士。研究方向:水利水电工程的教学与研究。

“卓越工程师”背景下“水轮机水力设计”课程内容研究

侯祎华, 韩伟, 程效锐, 刘在伦
(兰州理工大学能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘要:以“卓越工程师教育培养计划”为目标,在相关企业调研,分析水轮机水力设计现阶段的发展情况,对课程内容进行更新与改进。发现传统的转轮及其他过流部件水力设计方法可继续沿用;转轮水力计算完成后,加入叶片实体造型教学内容,在三维造型的基础上绘制木模图;在课程设计和毕业设计环节,增加流场数值模拟计算及过流部件水力性能预估环节,在条件满足的情况下,鼓励学生打印出三维实体造型并设计一些小实验。

关键词:卓越工程师;动力工程;水轮机;水力设计;课程内容

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1674-9324(2017)02-0219-03

引言:

“卓越工程师教育培养计划”的主要目标是面向工业界、面向世界、面向未来,培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为建设创新型国家、实现工业化和现代化奠定坚实的人力资源基础,增强我国的核心竞争力和综合国力^[1]。2011年,兰州理工大学能源与动力工程专业开始参与卓越工程师培养计划并于2012年开始第一届卓越班招生,经过几年的摸索,逐渐形成一套行之有效的培养方案,并对很多专业课程教学内容进行了调整,以便适应“行业指导、校企合作、分类实施、形式多样”的“卓越工程师教育培养计划”遵循原则^[2]。下面以“水轮机水力设计”为例加以说明。

兰州理工大学能源与动力工程专业的前身是1955年成立于哈尔滨工业大学的我国高校的第一个水力机械专业。1961年,该专业迁至富拉尔基哈工大分校东北重型机械学院(现已迁至秦皇岛,改名为燕山大学)。1965年整个专业随所在系建制迁至甘肃工业大学。1981年,水力机械被国务院学位办批准为首批硕士学位点。2000年,流体机械及工程学科获得博士学位授予权,并获动力工程领域工程硕士授予权。2005年,获得动力工程及工程热物理(一级学科)、动力机械及工程(二级学科)硕士学位授予权。2007年,热能与动力工程专业获批准国家级特色专业。2011年作为第二批院校开始参与卓越工程师培养计划并于2012年开始第一届卓越班招生。

专业建立半个多世纪来始终坚持以培养工程技术人员为己任,虽偏居西北一隅,仍严守“规格严格、功夫到家”的哈工大校训,重视课程体系的建设,培养了一大批活跃在国内外流体机械行业的工程技术人员。以水轮机方向而言,开设的相关专业课程有“流体机械原理”、“水轮机水力设计”、“流体机械结构与强度”、“流体机械测试技术”、“水力机械加工工艺”、“水轮机调节”,基本涵盖了水轮机作用原理、过流部件设计、结构设计、刚强度计算、流场测试、零部件加工工艺以及运行方面的问题,课程体系较为完整。

随着计算机及CFD技术的发展,水轮机行业发生了很大的变化,尤其是三峡工程的建设,带动了整个世界水电的发展水平,同时也将我国水电行业带入了世界一流。自此后,大型机巨型机比比皆是,各种新技术、新结构、新测试手段层出不穷。这都对我们的专业课程内容设置提出了挑战^[3],如何应对这种挑战,将水电发展的前沿技术引入课堂教学,对现有教学内容进行改进,抛弃老旧过时的内容,以更利于培养面向工业界、面向世界、面向未来,创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才^[4]。我们在到相关企业调研的基础上,对“水轮机水力设计”课程内容进行了一些改进。

一、水轮机水力设计阶段分析

我国水轮机水力设计设计开始于上世纪50年代,基本经历了三个阶段:

1.以手工设计为主的模型设计阶段。这一阶段基

收稿日期:2016-09-05

基金项目:2012年兰州理工大学教学研究资助项目,标题:流体方向“卓越工程师教育培养计划”的研究与实践(编号:JY2012028)

作者简介:侯祎华(1970-),女(汉族),甘肃平凉人,硕士研究生,工作单位:兰州理工大学能动学院,讲师,主要从事流体机械内部流场及性能研究。

土木工程专业《水力学》课程特点与教学探索^{*}

王燕,郑健,韩伟

(兰州理工大学能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:水力学是土木工程专业的一门专业基础课,该课程具有理论性强、公式繁多、内容枯燥、学生难于掌握等特点,本研究结合多年教学经验,提出从教学方法、教学手段、教学内容、实践环节等多方面入手,注重所讲内容的物理本质,采用板书与多媒体相结合的教学手段,加强实践环节,将生活常识融入水力学理论教学,全面提高学生的学习兴趣,从而提高教学效果。

关键词:土木工程;水力学;教学方法;实践探索

中图分类号:G718.5

随着经济结构转型和产业结构优化升级,社会对人才结构的需求重心下移,除了需要大量的研发型科技精英人才外,更急需大批能促进科技成果转化、带动产业发展的专门应用型人才^[1]。土木工程专业是理工科院校的传统核心专业,也是培养一切与水、土、文化相关的“复合型”工程技术人才的主要专业,主要目标是培养适应工程建设需要的,有扎实基础理论和专业知识的,有较强实践能力的,能够从事设计、研究、施工、教育、管理、投资、开发等工作的高级专门人才。因此,土木工程专业在全国基础建设与相关领域管理人才的培养中起着非常重要作用。

水力学是土木工程专业的一门专业基础课,在基础课和专业课中起着承前启后的桥梁作用,具有很强的理论性和实践性。水力学在土木工程专业学科建设中的课程定位与在水利工程专业不同,所占的比重与学时都远低于水利工程专业,导致学生对该课程重视程度不够,常处于应付作业、惰于思考的被动学习状态。面对日新月异的社会基础建设发展现状和激烈的就业前景,如何把学生培养成适应社会发展需要、具有扎实理论基础、知识面广、动手能力强的复合型人才,这是当前高教改革的中心任务^[2]。如何通过教学环节的探索与改革,优化教学过程,使理论性强、公式繁多复杂、内容枯燥难于掌握的水力学课程教学变得生动、易于理解掌握,全面培养学生的兴趣,变被动学习为主动学习,成为教

学实践中探索的主要问题^[3,4]。

1 土木工程专业水力学课程特点

水力学是流体力学的一个分支,它是以为水为研究对象,研究其宏观机械运动规律及工程应用的学科,课程以高等数学、理论力学、大学物理等课程学习为基础,理论性强,涉及范围广,实践性和应用性也很强。从最早的大禹治水,到阿基米德《论浮体》著作的发表,再到将水引导用于灌溉、交通运输、发电等,人类就一直在探索着水的静止与运动规律,在不断探索与生产实践中发现和总结了大量定律及规律,为利用水资源及消除水患提供了理论基础及应用方法。土木工程专业与水利工程专业不同,未来的就业环境和所从事的工作也有所差别,因此,水力学课程教学内容与水利工程专业在基础概念、理论与分析方法上相同,但由于就业方向的不同,实际教育教学侧重点与教学的方式方法当有所不同。水力学课程以培养适应社会就业为导向,教学改革要做到正确处理理论与实践、知识与能力的关系,突出理论应用能力、综合思维能力和实践反思提升能力的培养^[5]。要使教师便于施教、学生易于掌握,总结其一些特点,找到突破口,有的放矢,是十分必要的。根据多年教学经验,笔者以为水力学在土木工程专业本科、专科生的学习中,具有以下特点:

1.1 独特性强

水力学虽然是联系“水”与“力学”的纽带,但相

^{*} 基金项目:兰州理工大学教学研究项目(JY2013027)。

新工科背景下地方高校新能源科学与工程专业升级改造路径探索

张学民,李银然,王英梅,李寿图,孔令轩,付建,李金平,李德顺
(兰州理工大学 能源与动力工程学院,兰州 730050)

摘要:针对地方高校新能源科学与工程专业发展中存在的共性问题,结合甘肃省新能源的产业发展现状及其优势,以兰州理工大学为例,在充分调研的基础上,分析新能源科学与工程专业发展面临的机遇和挑战,探讨专业升级改造和重构亟需解决的主要问题。提出新形势下地方高校新能源科学与工程专业的升级与改造路径,提出“一体两翼”的地方高校新能源科学与工程专业升级改造的新思路,从专业目标与发展理念、专业定位与发展方向、课程体系与培养模式、实践平台与创新创业和资源拓展与协同育人等方面进行全面改革,推动专业全面升级和创新发展,更好地为地方经济社会发展服务。

关键词:新工科;新能源科学与工程;升级改造;教学改革;地方高校

中图分类号:G640 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-000X(2025)01-0021-06

Abstract: Aiming at the common problems existing in the development of new energy science and engineering in local universities and based on the sufficient investigation and research, taking the new energy science and engineering major of Lanzhou University of Technology as an example, this paper analyzes the opportunities and challenges for the development of new energy science and engineering combined with the present situation and advantages of new energy industry development in our province. The paper also put forward the major upgrading and reconstruction needs to solve the main problems. On the basis, it constructed the upgrading path of new energy science and engineering major in local universities under the background of new engineering and put forward a new idea of "one body and two wings" for the upgrading and upgrading of new energy science and engineering major in local universities. Comprehensive reform was carried out from the aspects of professional objectives and development concepts, professional positioning and development direction, curriculum system and training mode, practice platform and innovation and entrepreneurship, resource expansion and collaborative education and so on. It was important for promote the major transformation upgrading and innovative development, thus serving local economic and social development.

Keywords: new engineering; new energy science and engineering; transformation and upgrading; teaching reform; local colleges and universities

高等教育肩负着推动国家科技进步、民族振兴和未来发展的重任,为推动科学技术发展、提升创新创业活力、助力产业升级转型提供人才支撑^[1-3]。2021年4月19日,习近平总书记在清华大学考察时指出:“高等教育体系是一个有机整体,其内部各部分具有内在的相互依存关系。要用好学科交叉融合的‘催化剂’,加强基础学科的培养能力,打破学科专业壁垒,对现有学科体系和专业结构进行调整升级,瞄准科技前沿和关键领域,推进新工科、新医科、新农科、新文科建设,加快培养紧缺人才”。这是新形势下对新工科、新医科、新农科、新文科建设的重要诠释,也是当前高等教育改革发展的重要方向,为新形势下高等院校的

发展指明了方向^[4]。如何应对新一轮科技革命和产业变革的挑战,是高校工程教育持续深化改革,着力培养高素质专门技术人才的着眼点和落脚点,也是推动地方高校改造升级和转型的内生动力。

“碳达峰、碳中和”目标已成为我国发展的长期战略目标,是实现可持续发展的重要途径,也是推进我国经济社会高质量发展的重大战略选择,必将加快推动太阳能、风能等新能源产业的跨越式发展。面向国家重大战略需求,服务地方经济社会发展,是高等院校专业发展的基本方向和根本宗旨。然而,在新工科背景下传统的高等院校专业发展路径和人才培养模式已无法适应新形势下创新型高

基金项目:国家自然科学基金项目“冰点以下多孔介质中 CO₂-CH₄ 水合物的相平衡及置换特性研究”(51906093);教育部产学合作协同育人项目“面向新工科的大学生创新创业教育改革与实践”(201901191041);兰州理工大学高等教育研究项目“新工科背景下地方高校新能源科学与工程专业升级改造路径与人才培养模式探索”(GJ2022B-28)、“新工科背景下课赛一体化的创新能力培养模式研究与实践”(GJ2020B-4)

第一作者简介:张学民(1987-),男,汉族,甘肃康乐人,博士,副教授,硕士研究生导师。研究方向为可再生能源利用技术的教学与科研。



PV/T 热泵实验平台助力学生学习 兴趣及创新性培养

张东^{1,2}, 李秉阳^{1,2}, 郭江昊^{1,2}, 李亚宁², 南军虎^{1,2}, 李金平^{1,2}

(1. 兰州理工大学能源与动力工程学院, 兰州 730050; 2. 甘肃省生物质能与太阳能互补供能系统重点实验室, 兰州 730050)

摘要:该文针对传统干燥系统存在高能耗、长时间、低品质等问题,提出了蓄热型PV/T太阳能热泵联合干燥系统。通过温度、流量、功率等传感器和数据采集仪,实时记录不同环境温度湿度、太阳辐射条件下系统各关键点参数值,获得影响集热效率、热泵COP、干燥系统单位耗能量等指标的关键参数,并在系统控制策略及运行参数两方面进行优化。此实验平台还可以通过模块拓展,开展一系列设计性、综合性和创新性实验和科学研究工作,服务课程教学及专业建设。实验平台能充分调动学生的积极性,激发学生潜能,提高学生学习兴趣,培养学生创新能力和科研能力。

关键词:光伏光热一体化;热泵;干燥;学习兴趣;实验教学;创新能力

中图分类号:TK019 **文献标志码:**A **DOI:**10.12179/1672-4550.20180435

Research on PV/T Heat Pump Experimental Bench to Help Students' Learning Interest and Innovative Cultivation

ZHANG Dong^{1,2}, LI Bingyang^{1,2}, WU Jianghao^{1,2}, LI Yaning², NAN Junhu^{1,2}, LI Jinping^{1,2}

(1. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. Key Laboratory of Complementary Energy System of Biomass and Solar Energy, Lanzhou 730050, China)

Abstract: Aiming at the problems of high energy consumption, long time and low quality of traditional drying systems, this paper proposes a thermal storage photovoltaic thermal integration (PV/T) solar heat pump combined drying system. Through temperature, flow, power and other sensors and data acquisition instruments, real-time recording of parameter values of key points of the system under different environmental temperature and humidity and solar radiation conditions, to obtain key parameters affecting the heat collection efficiency, heat pump COP, and unit energy consumption of the drying system. At the same time, it optimizes the system control strategy and operating parameters. This experimental platform can also be expanded through modules to carry out a series of design, comprehensive and innovative experiments and scientific research work, service course teaching and professional construction. The experimental platform can fully mobilize the enthusiasm of students, stimulate their potential, increase their interest in learning, and cultivate their innovative and scientific research capabilities.

Key words: photovoltaic thermal integration; heat pump; drying; learning interest; experimental teaching; innovation ability

我国是农产品和中药材大国,高能耗、长时间、低品质的干燥方法制约了农产品及中药材产业稳定快速及可持续发展。太阳能低温热利用所能实现的温度大约在40~55℃之间,恰好符合某些农副产品或中药材要求的干燥温度^[1];而对于干燥温度80~200℃的高温干燥物料,热泵能够对干燥介质除湿并回收潜热,可以在潮湿或低温的工作环境里正常工作,能耗和污染更小^[2-3]。当

前,将太阳能热利用与热泵技术有机集成,高效地应用于农产品及中药材干燥的研究及工程较少,主要还是单一地利用太阳能或空气源热泵进行烘干。其原理是采用太阳能空气集热或由热泵冷凝器产生热风,对农产品或中药材进行干燥,达到增加干燥速率、提高干燥品质和节能减排的目的^[4-7]。但是,单一干燥装置往往存在如下问题:

收稿日期:2018-09-20;修回日期:2019-05-05

基金项目:国家自然科学基金(51806093);甘肃省自然科学基金(18JR3RA141);兰州理工大学高等教育研究项目(B55)。

作者简介:张东(1985-),男,博士,副教授,主要从事太阳能热泵等方面的研究工作。

工程教育专业认证背景下的热工基础课程教学改革

——以兰州理工大学为例

张学民 李银然 安周建 王英梅 李寿图

兰州理工大学能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050

[摘要]热工基础课程是高等院校机械类和能源动力类专业一门重要的专业基础课程,该研究针对工程教育专业认证背景下热工基础课程教学中存在的问题与不足,对热工基础课程进行教学改革。文章提出构建模块化的教学内容和课程体系,采用任务驱动式和项目制相结合的课程教学模式,注重知识的迁移和融合,创新课程评价机制和考核方式,重视学习过程质量监控和对应用能力的考查,使课程教学更加符合工程教育专业认证背景下高素质工程技术人才的培养要求,取得了良好的教学效果。

[关键词]热工基础;工程教育专业认证;教学改革;评价机制

[中图分类号] G642.0;TK121 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2095-3437(2023)04-0069-03

全球经济的快速发展、产业结构的调整,对工程技术人才的要求越来越高。热工基础课程是高等院校理工科专业一门重要的专业基础课程,其内容是科学认识热现象和热过程的重要基础。热能的利用过程实质上是热量的传递、转换与转化过程,是自然界中一种非常普遍的现象,与人类社会生产生活息息相关。热科学及热过程已经深入渗透到机械、能源、化工、冶金、电子信息、交通、航空、航天等诸多领域,其相关知识是高素质专业技术人才工程素质的重要组成部分,掌握好其知识是当前工程教育专业认证背景下高等院校相关专业创新型人才培养的必然要求^[1-4]。

工程教育专业认证为新形势下高等院校的专业发展提供了新思路,同时也要求课程教学体系要更加符合人才培养的基本要求,因此,优化课程教学体系,创新课程教学模式,全面进行课程教育教学改革势在必行。热工基础课程的教学改革应以国家能源发展战略为导向,深入理解和把握未来能源利用与转换技术的发展方向。扎实推进工程教育专业认证背景下热工基础课程的教育教学改革是未来复合型人才培养的基本方向,也是创新型高素质专业技术人才培养的有效途径^[5-6]。

一、热工基础课程的教学现状及其存在的问题

在工程教育专业认证背景下,热工基础课程作为机械类和能源动力类专业一门重要的专业基础课程,对新

形势下高等院校创新型人才的培养起着至关重要的作用。热工基础课程的内容包括工程热力学篇和传热学篇两部分。在传统的人才培养体系中,这两部分内容单独开课,分为工程热力学和传热学,合计120学时,课堂教学所占学时较多,教学时间较为充足。然而,在目前的高等院校人才培养体系中,这两部分内容整合为一门课程,课程教学过程中这两部分内容均需独立讲授,且其教学涵盖了原来工程热力学课程和传热学课程的绝大多数内容,课程教学内容较多但其教学时间却缩减为32学时^[6-10]。这就导致教师普遍感到课程难教、学生普遍感到课程难学现象的存在^[6]。

同时,热工基础课程具有内容丰富、知识面广、独立性好、系统性强的特点,而当前高等院校不同专业的人才培养目标 and 侧重点不同,不同专业学生对知识的需求也不同,因此根据人才培养目标和定位对课程内容进行合理整合,是课程体系建设的重要方面^[9-10]。热工基础课程教学要求教师在相对紧张的时间内完成热能利用过程中所涉及的基本概念、基本定律和基本理论的讲授。课程教学是人才培养的基础和支撑,然而,现有的课程教学模式以讲授式教学和知识型考核为主,存在学生参与度不高、考核内容缺乏综合性以及知识能力与真实需求脱节等问题,对学生创新思维能力和工程实践能力的培养不足,这就需要针对学生知识能力和人才培养

[收稿时间] 2021-09-20

[基金项目] 兰州理工大学高等教育研究项目“工程认证背景下热工基础课程的教学模式、评价机制的研究与实践”(GJ2020C-35)、“新工科背景下课赛一体化的创新能力培养模式研究与实践”(GJ2020B-4)。

[作者简介] 张学民(1987—),男,甘肃人,博士,副教授,研究方向为可再生能源利用技术。

现代教育背景下工科专业课程作业改革探索

赵静¹, 顿瑞明², 李寿图¹, 李银然¹

(1.兰州理工大学 能源与动力工程学院, 兰州 730050; 2.兰州市第六十四中学, 兰州 730050)

摘要: 早期, 社会重视科学技术, 教育为知识性教育, 课程作业设计则以巩固知识、训练技能为目标。现代社会已进入一个以人为本的时代, 教师教学形式和学生学习方式发生翻天覆地的变化, 传统作业模式已不能满足发展需要, 出现抄袭、反馈不及时等大量问题。因此, 该文从作业模式、内容和评价反馈方面进行改革探索, 关注学生的现实需要和未来发展, 注重开发和挖掘学生自身的禀赋和潜能, 以培养学生的专业核心素养和综合素质为目标, 促进人自身的发展与完善。

关键词: 现代教育; 课程作业; 学生为中心; 作业设计; 作业评价反馈

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 2096-000X(2022)27-0087-04

Abstract: The purpose of coursework was to consolidate knowledge and train skills under a background of the social value of science and technology and knowledge education. Modern times has now entered People-oriented period, great changes have taken place on teachers' teaching and students learning style. The traditional coursework mode can not meet the development needs, occurring many problems such as copying homework and delayed feedback. This paper discusses the reform of coursework, analyzing from three respects such as coursework mode, coursework content and evaluation feedback, pay attention to the students' real needs and future development, pay attention to development and digging their own talents and potential, to cultivate the students' professional core literacy and comprehensive quality, to promote people's own development and perfection.

Keywords: modern education; coursework; student centered; coursework design; coursework evaluation feedback

工科专业课一般都承担着培养学生运用相关理论表达、分析、研究和解决复杂的工程问题能力的目标。我国学生人数多、课堂学时有限, 新工科人才的核心素养如设计思维、工程思维、批判性思维和数字化思维, 沟通协商能力等难以在课堂上得到训练提升, 而作业是学生将知识整合到自己认知结构的必要过程。有学者明确指出“作业本身不是课堂教学的附庸, 而是学生获取知识、运用知识、解决问题的学习过程, 是认知活动和情感活动同时发生发展的过程。”因此, 有必要重新思考目前作业的设计目标、策略及评价反馈是否符合现代教育的需求。

一、工科专业课程作业现状

早期, 社会重视科学技术, 教育为知识性教育, 重视知识的传授与吸纳, 形成以“教材为中心”的教育格局。作业的设计以巩固知识、训练技能为目标^[1]; 形式以纸质演算为主; 内容则是教科书内容的“转移”, 对某一公理、定理、定律或推论的验证或简单应用, 抽象、重复; 评价以简单的“A”“B”等级进行, 反映了学生对知识的完成

情况、掌握程度。该作业情况满足当时教育的需求, 为社会培养出具有扎实基础知识和基本技能的人才。

随着社会的快速发展, 社会对人才的需求趋向多元化, 教学也出现了不同于课堂讲授的翻转课堂、混合式教学和项目式教学等形式, 学生学习方式趋向碎片化、多元化和个性化, 导致目前作业实施过程中出现大量问题。不同学者的调查发现都揭示了一些不可忽视的客观事实, 老师和学生并没有深刻认识到作业的教育价值, 对作业的态度较为消极。教师认为“作业是学生自己的事情”, 只是一个巩固知识、训练技能的过程, 只在乎学生“有没有做”“做的怎样”, 不考虑学生如何做, 作业设计是否全面、合理, 是否适应大部分学生等问题。在高校“重科研、轻教学”的评价机制下, 甚至有些教师布置作业仅仅是为了应付学校的教学管理, 并不认真批改、有效反馈学生作业情况。学生对待作业缺乏主动性, 出现了严重的抄袭现象。任美霖^[2]以山西大学教育学专业为例的调查表明, 1/3 的学生认为大学里没有必要布置作业, 57% 的学生认为大学作业是必不

基金项目: 甘肃省教育科学规划课题“目标驱动下的自适应学习模式研究”(GS[2018]GHBBK146); 2018年甘肃省高等学校教学质量与教学改革工程项目“新能源科学与工程实验教学示范中心”(甘教高[2018]13号); 兰州理工大学高教研究项目“基于培养学生综合能力的作业模式探索——以‘风电场电气工程’课程为例”(GJ2020C-29)
第一作者简介: 赵静(1986-), 女, 汉族, 山东聊城人, 博士, 副教授。研究方向为新能源利用。

基于“学习强国”学习平台的专业课课程思政教学模式探讨 ——以空气动力学及机翼理论课程为例*

李寿图,李银然,王清,张根豪
(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:课程思政建设是当前高等教育中“立德树人”的基本教学理念和主要任务。以新能源专业基础课程空气动力学及机翼理论为例,利用“学习强国”学习平台的思政资源,从课程导入方式、爱国主义情怀培养和专业课课程思政评价体系三个方面着手,探索了专业课课程思政建设的方式和效果。结果表明,在空气动力学及机翼理论课程教学中融入思政元素,不但增加了专业课程学习的趣味性,提高了学生的学习兴趣,而且对提高学生学习成绩、掌握专业知识有积极促进的作用。

关键词:课堂思政;专业课程;课堂教学

中图分类号:G641

文献标志码:A

文章编号:2096-000X(2021)29-0009-04

Abstract: Curriculum ideological and political construction is the basic teaching idea and main task in current higher education, the aims is to "cultivating people with morality". In this paper, taking Aerodynamic and Airfoil Theory that is foundation course of renewable energy major for example, the construction way and effect of the classroom thought and politics are studied by considering the factors of the course guide, patriotic feeling in course, and evaluation system of the classroom thought and politics. Meanwhile, the "Learning Platform for China" is adapted to obtain the ideological education resources. The results show that Aerodynamic and Wind Theory with the integration of ideological and political elements can not only increase the interest of learning major course, and improves students' learning interest, but also has a positive effect on improving their academic performance and knowledge mastery.

Keywords: classroom thought and politics; specialized courses; classroom teaching

高速发展的社会形式和复杂多变的国际局势,对当前高等教育提出了新的要求和目标。人才的培养不仅要专业技术过硬,而且要有正确的人生观和价值观。习近平总书记将青年学生价值观的形成和确立比喻为“这就像穿衣服扣扣子一样,如果第一粒扣子扣错了,剩余的扣子都会扣错。人生的扣子从一开始就要扣好”^[1]。同时,“要用好课堂教学这个主渠道,思想政治理论课要坚持在改进中加强,提升思想政治教育亲和力 and 针对性,满足学生成长发展需求和期待,其他各门课都要守好一段渠、种好责任田,使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成协同效应”^[2]。因此,将思政教育贯穿于专业课程的教学势在必行。

习近平总书记在全国高校思想政治工作会议上的讲话,在全国高校范围内掀起了一片积极响应党中央号召,努力尝试将思政教育与专业课程教学相结合思政建设的浪潮。如刘三明^[3]通过分析应用工程数学的课程特点,探索了将思政教育和工程数学课程相结合的主要途径和思路;刘骁^[4]将思政教育渗透到高校体育活动中,认

为这对提升学生的满足感、缓解压力和促进思维活跃有重要意义;龙迎伟和王利华^[5]全面系统地探索了思想政治教育在实践教学中的改革方式,进而总结出了思政教育在实践课程应用中的五个核心问题和六大驱动模块;李春菊^[6]将“互联网+”、思政教育和电力电子技术课程有机结合,形成了一体化的现代化教学模式,有效地解决了高校人才培养中的“最后一公里”问题;付静等^[7]以工程流体力学为例,将思想政治教育融入到教学环节中,并总结出做好课程思政应坚持课程为基和教师为要及管理为桥的先进教学理念;赵双和袁威^[8]以新工科为背景,将工程图学课程和思政教育有机结合,探索了如何将爱国主义、工匠精神、敬业奉献和社会主义核心价值观等积极思想更好地在新工科教育中得到体现。张莉等^[9]专门研究了“学习强国”学习平台的思想政治教育功能,认为该功能有助于提升青年大学生思想教育水平,同时也可扩展思想教育的工作空间。由文献综述可见,目前思政教育理念的应用和发展已经被融入到了不同层次、不同类型的课

* 基金项目:甘肃省教育科学规划课题“目标驱动下的自适应学习模式研究”(编号:GS[2018]GHBBK146);2018年甘肃省高等学校教学质量与教学改革工程项目“新能源科学与工程实验教学示范中心”(甘教高[2018]13号)
作者简介:李寿图(1982-),男,汉族,甘肃民勤人,博士,讲师,研究方向:风力机空气动力学。

新工科背景下产学研协同创新人才培养体系研究

李琪飞¹ 李寿图² 张 钊²

(1.兰州理工大学能源与动力工程学院 甘肃 兰州 730050 2.兰州理工大学新能源学院 甘肃 酒泉 735000)

【摘要】随着我国人才培养模式不断转变,在目前新工科背景下的人才培养体系相对于传统的人才培养也有了很大的改变。本文全面的分析了在新工科背景下的产学研协同创新机制下的人才培养模式。随着我国高等学校的人才培养模式不断的变革,在新工科背景下,人才的需求和创新型人才的培养都在转变,市场中人才的需求质量也给人才的培养提出了更高的要求。目前各大高校在人才培养中都在适应市场的变化,本文全面落实了国家实施的创新驱动发展战略,不断的创新。通过探索提出了特色的产学研协同机制的人才培养战略。同时在新工科背景下还提出了通过横向协同、纵向培养来实行相关的创新人才培养方式。希望这些方式能够有助于培养国家和社会上需求的人才,不断的推动我国高校人才培养模式的不断进步。

【关键词】新工科 产学研 协同创新 人才培养**【基金项目】**项目名称:新工科背景下的新能源科学与工程专业应用型本科培养体系建设。**【中图分类号】**G642.0**【文献标识码】**A**【文章编号】**2095-3089(2019)11-0246-02

随着经济的发展以及经济的全球化进程不断的推进,使得社会上的很多领域都开始使用一些高科技的技术,比如:大数据、云计算等等,这些都是当今最为流行的技术。很多企业为了能够跟上时代的脚步开始对人才的要求越来越高。目前我国人才培养主要是高等学校,随着市场经济下人才的需求不断增加,人才的质量要求也越来越高,那么在这种情况下高等学校就必须认清目前的形势,积极的培养符合社会需求的高技能型人才。但是面对这些现状,我国的很多高等学校的师资、设备等都存在很多的问题,因此仅仅依靠学校来培养出社会上需求的人才还远远达不到相关的要求。党的十九大明确指出在我国的教育体制中高等学校是培养科技创新人才的主要力量。国家在十三五规划中也明确指出了进一步丰富创新驱动的力量,实施创新驱动发展的战略,加强协同创新机制的战略方针。积极的推动合作创新。目前我国的协同创新的核心是产学研相互合作。因此需要鼓励企业和学校建立深层的合作,建立产学研的机构联盟,通过不断的挖掘自身的潜力,发挥自身的作用。学校在这方面要做到积极主动的作用,不断的去深入企事业单位调研,去研究他们人才的需求质量和数量。通过调研的结果来开设相关的课程,利用这种方式来培养相关的高科技人才。只有通过学校和企事业单位的合作才能在新工科背景下培养出高层次的应用型人才,才能构建合理的人才培养模式,发挥出产学研协同机制的重要意义。

产学研协同机制主要是企事业单位和学校相互合作,通过各自优势的发挥来完成相关的产品研发或者是技术的一个先进的系统。在这个系统中可以实现相关信息的共享,同时也可共同的完成一些重大的科技项目,利用这种方式来推动科技的不断进步。目前产学研协同机制对我国来讲还是刚刚起步,在各个环节都存在很多的问题。首先企事业单位的核心创新程度不高;其次是高等学校的很多实用性技术转化不高;最后是高等学校和社会的人才需求脱节,使得很多高层次的人才培养不能支持经济的发展。

1.高等学校人才培养存在的问题

1.1 高等学校人才培养模式的缺陷

随着我国的教育教学不断的改革,很多高等学校在人才培养的过程中都有所创新,但是尽管我们不断的推行教学改革,很多院校还是使用传统的人才培养模式,教学方法和教学模式都比较陈旧,很多教师仅仅注重理论的讲解,忽视了实践的环节。这也造成很多学生在社会上不能独立的解决相关的问题。这样不利于学生的综合素质提升,也不利于培养学生的思维能力和创新能力。通过调查发现在国内很多学校的考核机制中都重理论轻实践、重科研轻教学。很多老师在教学方面没有创新的精神,仅仅是按部就班的去上课,完成教学任务,把主要的精力都放在了职称的评定上面,也不想去思考相关的教学创新。

这种现象就会造成高等学校的教研机制严重的脱节,教学和科研不能同时进行,这样很难培养出创新型人才。目前除了教师以外,高等学校的很多管理机制也存在一些问题,大部分的高等学校都是注重科研,这也引导教师向科研和论文方向发展,使得教师对和企业的合作没有任何兴趣,更难实行

· 246 ·

产学研的创新型人才培养机制。

1.2 高校创新人才培养的重要助推器

党的十九大以来我国高校的人才培养取得了重大的突破,在党的十九大报告中指出深化科技的改革、推动科技的进步,加快国家级的创新体系建设,推动产学研协同机制的发展,在这其中要以市场为导向。在十三五规划中也明确的指出改革创新型人才培养模式,推动人才培养的产业链形成。在新工科背景下高等学校的人才培养要能够为我国的经济发展做出贡献,目前我国经济发展的主要问题是产学研协同创新问题,随着相关规划的要求,高等学校的发展模式开始慢慢地转变,转变为学校和企业相结合的模式。传统的项目研发主要是企事业单位或者学校的单边行为,这种模式限制了相关数据和信息的共享,使得很多项目的研发跟不上时代的变化。面对这种现象必须要把高校和企事业单位结合起来,相互协作,制定人才培养模式,培养高科技应用人才。利用校企合作的模式建立产学研协同创新基地,不断的培养学生的创新能力使得学校的人才培养适应社会的需求,同时也能够促进在新工科背景下的新型人才培养。推动我国的教育教学不断的改革。

2.新工科背景下产学研协同创新人才培养模式的实践与创新

目前我国很多高校的人才培养都坚持科学研究和经济发展相结合的模式,通过深入调研企事业单位的人才需求来制定相关的培养计划。同时还时刻的关注国家的战略需求,重点发展相关的产业。在新工科背景下积极的推动产学研协同创新的培养模式,用这种方式来培养出服务业当地经济的高层次应用型人才,下面通过深入的调查相关高校以后,介绍一下目前我国的高校人才培养中的一些实践和创新以及利用产学研协同机制下人才培养的效果。

2.1 建立人才培养基地探索人才培养的产学研合作模式

随着人才培养模式的不断转变,结合我国的高等教育人才培养的目标,不断的深入企业进行调研。目前很多学校根据自身的专业设置来选择一些企业进行深入的合作,充分的利用企业的相关资源和平台建立校企合作人才培养基地,通过产学研的方式不断的把理论和实践结合起来,通过教师和学生深入企业调研和实习来帮助他们把学校中学习的理论知识及时的消化和吸收。同时教师的一些科研成果还可以拿到企业中进行转化,这样也能够促进学校科研成果服务于社会的建设和经济的发展。同时很多高等学校为了培养高素质创新型应用人才还和企业建立了人才的联合培养协定。通过这种方式来促进人才的教育和教学。通过合作可以看出,这种培养的模式效果十分显著,通过一段时间的合作以后学校的教师或者学生能够为企业解决很多的问题,实现了互惠共赢,共同发展的良好效果。

2.2 建立产学研导师组制度开展特色人才培养

随着产学研协同创新人才培养模式的不断推进,在学术和学位的评定方面也需要进行改革,其中包括招生计划、目录制定、考试选拔等方面,专业学位与学术学位人才教育不协调问题仍然很严重,特别是培养模式、质量监督上仍存在明显的不协调。由于指导教师队伍的不健全,很多指导工作仅由校内

虚拟现实技术在风力机教学创新中的应用研究

李寿图 张维权 李琪飞 邵志腾

摘要:本文通过探讨虚拟现实技术在风力机课程的课堂教学、创新型思维培养和实习实训过程中应用的必要性和效果,特别强调了虚拟现实技术在对抽象知识具体化、复杂问题简单化方面的作用,提出了通过网络共享,教与学的互动,共建教学数据库,在学生和老师之间形成一种良好的沟通方式,进而达到优化教学效果的目的。

关键词:虚拟现实技术 风力机 教学研究 创新型

中图分类号:G642 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1672-8181.2016.21.032

随着社会的发展和技术的不断进步,传统的教学方法,无论在教学的形式上和教学效果上都面临着很大的考验,尤其在“大众创业,万众创新”的创新型时代。高校要与时俱进,且肩负着创新型人才培养的责任,而教学形式和教学效果的创新,是培养创新型人才的基础。在课堂教学形式方面:目前尝试的比较多的是“反转课程”、“慕课”和“微课”^[1-3],但是不管哪种教学形式,要想达到良好的教学效果,一方面:要能够准确地、清晰直观地将教学内容呈现给学生,另一方面:采用的教学方法能够引起学生的学习兴趣。而虚拟现实(VR)技术不仅能够直观地表达要讲述的内容,而且可以使学生对学习的内容从听觉、触觉、视觉方面激起学生的兴趣。目前VR技术在教学方面,应用最多的学科是医学和部分学科的实验教学^[4-7]。

风力机发电作为新型的产业和学科,受目前产业链和学科发展历史的影响,在授课和实习实践的过程中发现,由于概念的抽象、产业链的生产不够集中,也不够完整,加上学习条件的限制,使得学生很难理解部分相关教学内容,故类似于这一类型的课程,急需在教学方法上有所改进,以提高教学质量。本文将从以下四个方面,讨论VR技术在风力发电机课程中应用的必要性和效果。

1 VR技术在风力机课堂教学中的应用

1.1 活化知识,优化教学过程

风力发电技术的主要原理是以空气动力学为基础,而空气动力学方面的知识,大多涉及到边界层理论和涡流理论等抽象知识,且在风力机上又常常使用多重坐标系和很多角度来描述其运动过程和工作原理,这使得单纯的图示(一般为二维投影图)再配合语言上的描述很难将其阐述清楚。VR的核心技术是虚拟环境的建立。通过VR技术不但将风力机相关知识使用立体的画面呈现出来,增强了学生对事物和现象的认识,同时,如某些物理现象的发生过程,可清晰的模拟出来,对学生的听觉和触觉产生冲击,进而激发学生的学习兴趣。

1.2 难点解析,巩固教学内容

对知识点的巩固,是学习中必不可少的一个环节,特别是对重点和难点的掌握。应用VR技术制作课件,特别是对重点和难

点问题,这不仅可应用到课堂教学,而且课后,学生可以通过对课件的再次观摩,达到巩固知识的效果。另外,如果采用的教学形式是“反转课堂”,VR课件将是学生自主学习中很好的学习资料。

2 VR技术在创新思维训练中的应用

VR技术可以给创新型思维训练提供一个良好的平台。创新思维一方面在于平常学习的循循诱导,另一方面在于对学生学习习惯和思考问题方式的培养^[8-10]。通过VR技术在对风力机原理场景设计过程中,可以留有很多技术接口,如变桨和偏航技术的实现,除了对传统方式的练习以外,学生可以根据自己的理解和所学知识自行设计一套变桨和偏航装置,通过软件的技术接口,实现偏航和变桨功能,类似这样的训练,可激发学生潜意识的思维方式,培训思考问题的能力。而这样的思维训练,在空间和时间上,就有了很大的灵活度,同时也不会受到技术条件和实验条件的限制,通过这样的训练,如果学生有其他方面新的想法,也可以通过VR技术平台,虚拟建模,功能模拟,进而达到优化和实现想法的目的。

3 VR技术在实习实训过程中的应用

实习实训是能力教育和创新型教育中必不可少的一个教学环节。但是实习实训往往又受到实习场所、实习条件的限制,特别是像风力发电这样的新兴行业,产业链零部件的生产和整机的组装不集中,而且生产组装时间还不稳定(视订单生产),往往在学生集中实习的时间段内,又没有生产订单,故实习效果不明显。在实训方面,由于零部件体积较大,叶片造型曲面较多,对教学场所的要求很高,实训教学环节很难展开。VR平台的灵活性,很好地弥补了风力发电教学环节中这一不足。一方面,老师自建VR虚拟平台,让学生对风力发电系统有个从整体到部分的充分认识,而且可以模拟安装过程,特别是对海上风力机的模拟安装。另一方面,学生可根据自己实习过程中,对风力机零部件或相关部件的生产和加工工艺流程的认识,自己建立模型,通过VR平台进行学习,以巩固和灵活应用实习阶段的知识。

4 网络共享,教学数据库的建立

建立基于VR技术的课堂教学平台、创新思维训练平台和实习实训教学平台,而且这三个平台之间通过网络共享形成教与学

基金项目:兰州理工大学2015年度教学研究项目(JY2015006)。

(下转第56页)

工程教育认证背景下“热工基础”课程教学改革初探

张学民,李银然,王英梅,马高生

(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

[摘要]“热工基础”是理工科院校能源与动力类专业一门重要的专业基础课程,同时也是一门理论与实践联系紧密的课程。针对新形势下“热工基础”课程的教学现状及其存在的问题,以工程教育认证的三大基本理念为导向,从“热工基础”的教学内容与课程体系、教学方式与教学手段、课程的考评机制与考核方式等方面进行全面改革,探索理论与实践有机融合的教学模式,使“热工基础”课程教学更加切合工程教育认证背景下人才培养的基本要求,提高新形势下人才培养的质量。

[关键词]热工基础;工程教育认证;教学改革

[基金项目]2020年度兰州理工大学高等教育研究项目“工程教育认证背景下热工基础课程的教学模式、评价机制的研究与实践”(GJ2020C-35)

[作者简介]张学民(1987—),男,甘肃康乐人,博士,兰州理工大学能源与动力工程学院副教授,主要从事可再生能源利用技术理论及教学研究。

[中图分类号]TK121

[文献标识码]A

[文章编号]1674-9324(2021)28-0072-04

[收稿日期]2020-11-11

热现象及热过程是自然界中一种最普遍的物理现象,热能是自然界中人类能够利用的一种最主要的能量形式。随着社会的不断进步和科学技术的快速发展,热科学已逐渐渗透到机械制造、石油化工、金属冶炼、信息技术、航空航天等诸多领域,是新工科背景下各类专业技术人才工程素质的重要组成部分^[1-3]。当前世界性的技术革命对人类社会的生产生活产生了巨大影响,节能和环保已成为当今时代发展的主题,以新技术、新工艺、新业态为特点的产业经济已成为社会发展和进步的重要牵引,对新形势下高等院校的教育教学及其人才培养提出了新的更高要求。“热工基础”是以热科学基本理论和基本原理为主线的一门重要的理论课程,该课程的主要内容包括工程热力学和传热学两部分,主要研究热能与其他形式能量之间的转换规律和转换关系、热量传递的基本方式及其传递过程。在新形势下面对新的机遇与挑战,需要紧密围绕国家中长期能源发展战略,准确把握未来的能源利用技术的发展方向,推进工程教育认证背景下“热工基础”课程的教育教学改革,培养大学生的创新思维、理论知识的综合应用能力和分析解决实际问题的能力,为培养适应时代发展和社会需要的复合型高素质工程技术创新

型人才提供良好的基础和保障^[4,5]。

一、“热工基础”课程教学的现状与改革的必要性

“热工基础”是理工科院校能源与动力类专业一门重要的专业基础课,主要包括两部分内容:工程热力学和传热学。工程热力学和传热学单独开设的课程学时合计为120学时,课程所占的学时较多,课程教学时间较为充足。在工程教育认证背景下,“热工基础”课程已成为大多数高校能源与动力类专业的必修课程,同时课程的两部分内容均需独立讲授,包含了工程热力学和传热学的绝大多数内容,教学内容很多但学时却缩减至32学时^[4-6]。在课程教学过程中,由于课程学时较少、两部分内容相对独立,使课程教学处于教师普遍感觉难教、学生普遍感觉难学的状态,陷入两难境地。

“热工基础”课程具有内容丰富、知识面广、独立性好、系统性强的特点,对不同的专业讲授时需要有所侧重,需要对课程教学内容和课程体系进行合理地调整和删减。在当前工程教育认证的大背景下,高等院校的人才培养应坚持“新工科理念”,更加注重大学生创新思维能力和工程实践能力的培养和提高。在课程教学过程中,教学内容应该根据专业的性质和特点进行适当调整和合理取

新工科背景下工科类专业基础课教学创新策略及实践 ——以流体力学课程为例*

南军虎, 张 东, 王 燕, 马高生

(兰州理工大学 能源与动力工程学院, 甘肃 兰州 730050)

摘 要:流体力学等工科类专业的基础课程,因具有内容艰涩、理论性和逻辑性强等特点,学生学习时往往兴味索然,难以运用所学知识解决实际问题。以流体力学课程为例,基于新工科背景提出并实践了针对工科类专业基础课的教学创新策略:1. 将课程思政贯穿教学始终,特别是将课程和专业60多年的历史传承融入其中,树立学生的专业和学习自信;2. 构建了流体力学的基础知识模块,使学生形成对相关内容的触类旁通的认识,以夯实学生的理论基础;3. 挖掘专业领域和学科前沿中的流体力学特色教学案例,实现科教融合,打造学生的专业核心能力;4. 依托在线课程资源,将现代信息技术与教学深度融合,创新教学模式,提升学生的课堂参与度和获得感。上述教学创新策略取得了良好的教学效果,可为工科类专业基础课程的建设与教学提供参考。

关键词:专业基础课;历史传承;知识模块;教学案例;教学模式

中图分类号:G642 文献标志码:A 文章编号:2096-000X(2022)02-0043-04

Abstract: The basic courses of engineering majors such as Fluid Mechanics have the characteristics of difficult contents, strong theoretical and logical nature, thus, students are often uninterested in learning, and they don't know which theory to use when they encounter problems. Taking the course of Fluid Mechanics as an example, based on the background of new engineering, the teaching innovation strategy for basic courses of engineering majors was proposed and practiced: 1. integrating curriculum ideology and politics throughout teaching, especially integrating courses and majors with more than 60 years of history, to establish students' professional and learning confidence; 2. the basic knowledge module of Fluid Mechanics has been constructed to enable students to form a comprehension of relevant content, so as to consolidate their theoretical foundation; 3. exploring special teaching cases of fluid mechanics in the professional field and the frontier of the subject, realizing the integration of science and education, and building the core professional competence of students; 4. relying on online course resources, in-depth integration of modern information technology and teaching, while innovating teaching models to enhance students' classroom participation and sense of acquisition. The above measures have achieved good teaching results and can provide references for the construction and teaching of basic courses for engineering majors.

Keywords: professional basic course; historical heritage; knowledge module; teaching sample; teaching mode

流体力学是大多工科专业的专业基础课,例如在能源与动力类、建筑环境类等学科专业中都把流体力学作为核心基础课程^[1]。然而,流体力学课程教学中存在一些影响教学效果的问题,例如课程的教学内容较为艰涩和抽象,学生难以形成直观感受,学习时往往提不起兴趣;课程中的概念较多,且涉及很多公式、定理及推导,记忆和理解困难,学生学习时难以掌握流体运动的本质,在后续碰到具体问题时也不知该用哪些理论解决;

学生对具体知识点的学习往往陷入对其片面、绝对和孤立的理解,难以形成对相关内容的触类旁通的认识^[2-3]。

随着国际形势的变化,以及国家战略及产业结构的调整,社会对人才的需求发生了明显的变化,为此教育部积极推进工程教育改革,从而对工科教学模式提出了更高的要求 and 目标^[4]。我国于2016年成为国际本科工程教育学位互认协议《华盛顿协议》的正式会员,倡导以学生为中心、以产出为导向、持续改进的理念,强调培养学

* 基金项目:国家自然科学基金“基于水资源高效利用的旋流排沙渠道内旋转水流特性及其泥沙输移机理研究”(编号:52069011);教育部产学研合作协同育人项目“基于新工科理念的流体力学精品资源共享课建设与实践”(编号:201901022006);教育部产学研合作协同育人项目“流体力学‘案例式’教学改革与实践”(编号:201902078034)
作者简介:南军虎(1985-),男,汉族,甘肃会宁人,博士,副教授,硕士研究生导师,研究方向:流体力学方面的教学和研究。

基于 CNKI 的中国新工科建设研究热点计量分析

文 / 王燕 郑健 (兰州理工大学)

【摘要】当下,在新技术、新产业、新业态和新模式的经济建设需求下,新工科建设肩负着培养创新型人才的重任。本文基于CNKI数据库中2017—2020年发表在核心期刊上的新工科相关研究文献,采用文献计量分析法从学科分布、基金支持、作者分布、研究机构、期刊分布和关键词6个维度对新工科建设研究进行分析,总结文献的主要研究内容、热点与内涵,提出在新工科建设过程中要加强思政教育,把砥砺家国情怀、激发使命担当贯穿始终的建议,以期为今后新工科建设的研究提供借鉴和依据。

【关键词】新工科;文献计量分析;研究热点;人才培养

【中图分类号】 G642.0 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096—9937(2021)06—0018—07

工程教育在中国高等教育体系中占有举足轻重的地位。工程科技改变世界,工程教育领跑创新,工程教育的改革创新是全世界高度关注的共同话题^[1]。习近平总书记在2021年5月28日召开的中国科学院第二十次院士大会、中国工程院第十五次院士大会和中国科学技术协会第十次全国代表大会上强调:“现代工程和技术科学是科学原理和产业发展、工程研制之间不可缺少的桥梁,在现代科学技术体系中发挥着关键作用。要大力加强多学科融合的现代工程和技术科学研究,带动基础科学和工程技术发展,形成完整的现代科学技术体系。”这对现代工程教育提出了更高的要求。在以新技术、新产业、新业态和新模式为特征的经济建设需求下,国家一系列重大战略和产业转型升级都

呼吁新工科建设,既包括建设新的工科专业,又对现有工科专业提出了新的要求^[1-2]。2017年,教育部提出了“新工科”的概念,旨在以立德树人为引领,以应对变化、塑造未来为建设理念,培养能适应未来多元变化的创新型卓越工程人才,提升国家硬实力和国际竞争力^[3]。近年来,随着我国高等教育改革的深化与推进,新工科建设成为国际工程教育认证下我国高等教育的主要改革方向,有关新工科建设的研究也受到了众多学者的关注,研究论文数量逐年增多^[4-5]。本文试图采用文献计量分析法,基于中国知网(以下统称CNKI)数据库,对新工科相关研究文献进行定量研究,全方位、多角度地描绘中国新工科建设教育研究的图景,分析研究热点和动态、重点研究单位,为中国新工科建设

新工科背景下流体力学课程项目式教学与考核评价体系研究*

王燕,郑健

(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:流体力学是高等学校能源与动力类专业的学科基础课,计算流体力学软件是流体力学相关研究开展的重要工具。文章首先探讨了新工科背景下流体力学开展项目式教学的意义、优势与不足,进而提出了流体力学进行项目式教学的改革思路与实践,探讨了将CFD模拟技术引入流体力学项目式教学中的教学方法和考核评价。

关键词:流体力学;项目式教学;CFD技术;考核评价

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:2096-000X(2021)28-0009-04

Abstract: As the basic curriculum and backbone of the majors of energy and power, Fluid Mechanics is an essential and fundamental course for the future development of students. Computational fluid dynamics (CFD) software is an important and effective tool in conducting the correlation research of fluid mechanics. In present study, the significance, advantages and disadvantages of project-based learning of flow mechanics in the new engineering background were firstly discussed, and then the paper put forward the reform ideas and practice of the project-based learning method of fluid mechanics, finally probed into the measures of teaching and assessment of introducing CFD simulation technology into the project-based learning of fluid mechanics.

Keywords: fluid mechanics; project-based learning; CFD technology; inspects appraisal system

一、新工科背景下流体力学课程开展项目式教学的意义

(一) 新的人才需求对传统专业基础课程教育提出了新要求

新工科建设是国际工程教育认证下我国高等教育的主要改革方向,是基于国家战略发展新需求、国际竞争新形势、立德树人新要求而提出的^[1]。新工科教育理念的提出,工程类专业的国际工程教育认证,以及以企业需求为导向的人才培养教育,都对高等院校的专业建设和人才培养模式提出了新要求^[2-3]。因此,在新时期、新理念、新需求下,高校作为人才培养基地应及时调整培养目标、创新培养模式、改革课程体系与方法、更新教学内容、引进先进手段、提升教育质量,使培养的人才始终满足当前和未来产业发展需要,甚至引领产业的未来发展。

项目式教学法(Project-Based Learning, PBL)是近年来国际工程教育改革的研究热点^[4],是一种以学生为中心、培养学生基础理论、个人技能以及团队协作等能力的方法。该方法要求学生通过一系列个人或团队合作完成项目任务,利用必要的学习资料,解决现实中的

问题,从而获取知识和技能。在项目驱动下,融入CDIO理念,即构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate)四步骤^[5],将学生从“被动接受”变为“主动参与”,从项目的构思到设计、实施,都由学生团队和老师一起探讨完成,综合培养学生的工程基础知识、个人、团队协作和工程系统能力四个层次的能力,以培养出具有组织、协调、团队协作、决策与创新和工程意识的复合型人才。

(二) 项目式教学是流体力学课程理论与实际联系的桥梁

流体力学是力学的一个分支,它是研究流体运动的基本规律及其应用的学科,具有较强的理论性,同时又密切联系实际,是水利、航空、航天、大气、能源、环保、土木、化工和石油等领域的重要专业基础课程,是学理基础知识与专业课程联系的桥梁^[6]。多年以来,流体力学本科教学内容主要聚焦于经典的流体力学理论和传统的实验分析方法,偏重于理论分析和一些验证性实验讲解,教学内容比较艰涩、抽象和单一,没有将现代先进的流体力学发展成果应用于流体力学课程教学,不能反映当前流体力学学科发展的趋势,不利于培养学生的创新能力和自学

* 基金项目:教育部产学合作协同育人项目“虚拟现实技术(VR)在水利水电工程专业中的创新实践”(编号:201902206054);兰州理工大学高等教育研究项目“新工科背景下流体力学课程项目式教学改革与考核评价体系构建”(编号:GJ2019B-15)、“研究生创新创业能力与学科专业一体化培养模式的研究”(编号:GJ2020C-21)
作者简介:王燕(1982-),女,汉族,甘肃靖远人,博士,副教授,硕士研究生导师,研究方向:流体力学、空气动力学。

西北地区“双非”工科院校研究生创新能力的培养

郑健,王燕

(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

[摘要] 创新能力是评价研究生培养质量的重要标准之一。西北地区“双非”工科院校,与“双一流”高校、东部发达省份同类高校在生源、经费、教学条件等方面存在明显不足,研究生创新能力培养问题亟待解决。从研究生创新能力内涵与培养要素着手,以兰州理工大学水利工程学科研究生创新能力培养过程中存在的实际问题为切入点,提出基于政策保障、经费保障、课程体系建设、环境氛围营造和学位论文质量保障的解决方案,并取得一定效果,以期为西部经济欠发达地区同类院校研究生创新能力的提升提供参考。

[关键词] 研究生教育;创新能力;“双非”工科院校;西北欠发达地区

[基金项目] 2019年度教育部产学合作协同育人项目“虚拟现实技术(VR)在水利水电工程专业中的创新实践”(201902206054); 2019年度兰州理工大学教学研究项目“研究生创新创业能力与学科专业一体化培养模式的研究”(GJ2020C-21)

[作者简介] 郑健(1981-),男,甘肃会宁人,博士,兰州理工大学能源与动力工程学院副教授(通信作者),主要从事水利水电工程研究;王燕(1982-),女,甘肃靖远人,博士,兰州理工大学能源与动力工程学院副教授,主要从事风力机空气动力学研究。

[中图分类号] G643

[文献标识码] A

[文章编号] 1674-9324(2021)30-0181-04

[收稿日期] 2021-02-04

一、引言

党的十六大报告和党的十九大报告都明确指出了创新在民族进步、国家发展中的重要作用。创新是社会各行各业持续发展的有效驱动力,唯有不断地创新,社会、经济才有可能实现可持续发展。研究生创新能力培养一直是我国高等教育关注的重要问题。新的见解和创造性成果是研究生论文质量的重要评价标准^{[1](P88)},在研究生培养中应当注重创新能力提升。据统计,我国重要创新工程和科技项目取得的成果中超过70%有研究生参与^[2]。《国家自然科学基金统计资料(2019)》表明,面上项目、重点项目和地区科学基金项目研究生参与超过10万人次^[3]。研究生已经成为科学研究的生力军。

建设世界一流大学和一流学科(简称“双一流”),是党中央、国务院作出的重大战略决策。2017年9月21日,教育部、财政部、国家发展和改革委员会联合发布《关于公布世界一流大学和一流学科建设高校及建设学科名单的通知》,首批“双一流”建设高校共计137所,其中世界一流大学建设高校42所,世界一流学科建设高校95所^[4]。根据最

新统计,研究生培养单位中高校为593所,“双一流”高校仅占23.1%,且多为综合性大学。从研究生各个学科招生人数看,2019年全国共招收研究生916503人(13个学科),其中工学招收323173人,占比达35.26%^{[5](P88)}。兰州理工大学作为西北经济欠发达地区的“双非”工科院校,在研究生创新能力培养方面存在怎样的“瓶颈”,面对问题又做出怎样的回答?本文从研究生创新能力内涵与培养要素着手,以兰州理工大学水利工程学科研究生创新能力培养过程中存在的问题为切入点,从政策、经费、课程设置、氛围营造和学位论文等方面提出可行的解决方案。

二、研究生创新能力的内涵与培养要素

(一) 研究生创新能力的内涵

创新的概念最早是基于经济学角度所理解的创新^{[6](P142-174)}。随着社会经济的高速发展,创新涵盖政治、军事、经济、社会、文化等众多领域,其内容又被分为科技创新、文化创新、艺术创新和商业创新等。而高等学校和科研机构是科技创新中基础科学技术和理论创新的基本主体,其创新主要体现在知识创新和部分技术创新上。那么,什么是

“翻转课堂”在水利水电工程专业课程中的实证与分析 ——谈“水工钢结构”课程的课堂吸引

郑健,王燕

(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:工科专业课程具有知识量大、课时少、对学生理论和实践水平要求较高的特点,传统的教学方法难以同时满足理论和实践的要求。而“翻转课堂”通过课前自学、课中强化和课后升华创新的方式实现了对传统课堂教学的革新。以“翻转课堂”在《水工钢结构》课程中的应用为实例,检验了“翻转课堂”教学方法在工科专业课程中的应用效果。结果表明,学生的学习成绩变化并没有大幅提高,但学生的作业和课程设计的质量有明显提高。要真正实现“翻转课堂”,需要学校、教师及学生在师生角色定位、交流讨论模式等教学模式上做出更多的努力和探索。

关键词:翻转课堂;工科;专业课程;实证与分析

doi:10.16083/j.cnki.1671—1580.2017.03.018

中图分类号:G642.3 文献标识码:A 文章编号:1671—1580(2017)03—0061—04

水利水电工程是中国重要的基础设施和基础产业。^[1]“水工钢结构”课程是水利水电工程专业的主干专业课程之一,既涉及材料力学、结构力学等理论知识,又具有较强的实践性。目前,该课程仍采用老师完全讲授、学生无条件听的灌输型教学模式,虽然在教学手段中引入了多媒体教学,但依然存在内容枯燥,学生注意力不集中、不用心听讲并带有一定的厌学情绪等问题。^[2]这就需要授课教师在教学方法和教学模式上进行探索、实践和创新,使这门课的讲授生动起来,激发学生的学习兴趣与热情,使学生真正掌握“水工钢结构”课程内容,以提高教学质量。

“翻转课堂”(Flipped Classroom 或 Inverted Classroom)是一种混合使用技术和亲自动手活动的教学模式。在翻转课堂中,典型的课堂讲解时间由实验和课内讨论等活动代替,而课堂讲解则以视频等其他媒介形式由学生在课外活动时间完成。^[3]国内学者对该方法进行了相关研究,张跃国等认为“翻转课堂”是“混合了直接讲解与建构主义的学习”的一种混合学习方式,^[4]相对于传统教学模式更

有利于发挥学生的主观能动性;田爱丽等认为“翻转课堂更加符合学生的学习规律”;^[5]张新明等认为“翻转课堂”在课外真正进行了深入学习的同时,高效利用课堂时间进行学习经验的交流与观点的相互碰撞能够深化学生的认知;^[6]刘震等人指出,在“翻转课堂”中教师转变成为了学习的指导者和促进者,而学生则转变成为主动研究者。^[7]上述研究表明“翻转课堂”与传统教学方法存在根本的不同和明显的优势,但其研究主要集中在对“翻转课堂”的介绍和教学模式的理论探究等方面。从问题—理论—实践角度分析探讨工科专业课程“翻转课堂”教学方法的研究还较少。基于此,本文从“水工钢结构”课程教学过程中客观存在的问题出发,以2015年春季学期开展的“水工钢结构”课程“翻转课堂”教学实践研究为基础,分析“翻转课堂”教学法在水利水电工程专业课程中的实践过程、方法与注意事项,促进课堂教学改革。

一、“水工钢结构”课程教学现状

(一)知识点多,课时量少

“水工钢结构”课程内容多、信息量大,且对理

收稿日期:2016—07—13

基金项目:兰州理工大学教学研究项目(JY2013027)。

作者简介:郑健(1981—),男,甘肃会宁人,兰州理工大学能源与动力工程学院,副教授,博士。研究方向:水利水电工程的教学与研究。
(通讯作者)王燕(1982—),女,甘肃靖远人,兰州理工大学能源与动力工程学院,讲师,在读博士。研究方向:水力学的相关教学与研究。

工科专业教学方法改革创新研究

王 燕,郑 健,王秀勇

(兰州理工大学能源与动力工程学院,甘肃兰州 730050)

摘 要 工科专业是我国高等教育的重要组成部分,在培养学生专业技能和创新实践方面发挥了重要作用。但目前教学中存在一些问题,影响了创新型复合人才的培养。为改变这一现状,必须对现有教学方法进行创新。

关键词 工科专业;教学方法;创新

中图分类号 G642 **文献标识码** A **文章编号** 2095-7602(2016)10-0124-04

高等教育是国家培养高层次人才的重要平台,其培养质量直接影响国家的核心竞争力。工科教学是高等教育的重要组成部分,对培养学生专业技能和创新实践能力至关重要。随着科技的发展和新技术的不断涌现,社会对人才培养的要求也随之改变:不但要具有扎实的专业知识,还要有过硬的实践技能,更要具有创新思维。如何让学生将枯燥的书本知识转化为生产力,并在学习过程中创新,跟上时代发展,是目前工科教学所探索的重点。

1 教学方法的涵义

国内外学者对教学方法有不同的定义。日本教育学家佐藤正夫认为,教学方法是引导与调节教学过程最重要的手段,是师生实现课程所计划的目标和接受一定教学内容所必须遵循的原则性步骤^[1]。而在我国,大学教学方法被认为“是在教学中为完成一定的教学目的、任务所采取的教学途径或教学程序,是以解决教学任务为目的的师生间共同进行认识和实践的方法体系。”^[2]“是实现教学目的和完成教学任务不可或缺的工具;是师生在教学活动中采用的方法,包括教师教的方法和学生学的方法;是由若干教学方式构成的所有具体教学方式的总和。”^[3]因此,教学方法的实质是为了实现一定的教学目标,教师引导学生在专门课程内容学习活动中所采用的方式、手段的综合,包含教师的教法、学生的学法等内容,是教学过程科学性和艺术性的体现。

2 工科专业教学方法特征

2.1 教学方法呆板

虽然经历了多年的教学改革,但目前大学教育仍然以黑板、教科书等教学媒介为主体,教师单纯地讲,无法调动“教”与“学”双方的积极性。即使通过多媒体提供了生动直观的影音资料,教师的启发与学生的参与也较少,学生听课较为被动。受传统教学习惯的影响,教师在教学过程中大多由理论推导得出定论,很少提出“为什么”、“目的”、“意义”等问题,启发性较弱,导致学生的主动思考与研究问题的能力普遍较弱,无法引导学生发散思维和创新。

2.2 学习方法固守陈规

目前我国高校本科生普遍在学习中对老师和课堂的依赖性过强,只要求读懂教材内容、听懂教师讲授,自

收稿日期 2016-06-25

基金项目 兰州理工大学教学研究项目“适于土木工程专业的《水力学》课程内容建设及教学实践研究”(JY2013027)。

作者简介 王 燕(1982-),女,讲师,博士研究生,从事水力学及流体力学研究。

通讯作者 郑 健(1981-),男,副教授,博士,从事水利水电工程研究。

• 124 •

基于地域特色的“大土木”水力学课程建设与教学实践^{*}

郑健 王燕 钱晨 马高生

(兰州理工大学 能源与动力工程学院,甘肃 兰州 730050)

摘要:西北黄土高原地区“大土木”水力学课程教学需结合工程背景与专业特色,目前的课程理论与教学实践中存在诸多问题,须从教学内容、教学手段、教学方法、教学考核等方面结合教学实际进行改革与创新,以适应新形势下人才培养的需求。

关键词:地域特色;大土木;水力学;课程建设;教学实践

中图分类号:G642 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-000X(2016)16-0080-03

Abstract: Teaching content and method of hydraulics curriculum for great civil engineering specialty in western China should combine the engineering background and specialty characteristics, especially in loess plateau areas. There are many problems existed in present course theory and teaching process, and reforms and innovations must be conducted to adapt to the requirement of talent cultivation under new situations. The changes in curriculum instruction should pay more attention to teaching content, teaching means, teaching methods and teaching examination.

Keywords: regional characteristics; great civil engineering; hydraulics; curriculum construction; teaching practice

一、背景

土木工程专业是理工科院校的核心专业,也是培养一切与水、土、文化相关的“复合型”工程技术人才的摇篮,在全国基础建设与管理人才培养中起着重要作用。根据教育部专业调整,土木工程专业涵盖了矿井建设、建筑工程、城镇建设(部分)、土木工程、交通土建工程、工业设备安装工程、饭店工程、涉外建筑工程等八个专业,使该专业具有多学科、宽口径、综合性强和人文素质要求高的特点^[1]。我校处于黄土高原地区,土木工程专业人才培养中突出地域特色,以解决西北地区地域性土木工程问题为己任,构筑了土木工程结构抗震与减震控制、黄土与湿陷性黄土工程和地质灾害治理、大跨度空间结构与钢结构、结构健康诊断及检测加固等特色学科研究方向。“水力学”是以水为研究对象,研究其宏观机械运动规律及工程应用的一门学科,广泛应用于水利工程、土木工程、地质工程、环境工程等相关专业^[2],具有较强的理论性与工程应用性。作为土木工程专业的专业基础课程,水力学是将数理等基本理论课程与专业课程衔接的桥梁,承担着“承前启后”的重要作用。如何在专业改革与社会发展中适应变化,结合专业特色,优化课程内容与教学方法,以适应新形势下“大土木”课程体系建设与专业培养的需求,是水力学课程教学实践改革的重要任务。

二、现状分析

(一)“大土木”对水力学的需求与挑战

土木工程专业涉及面广,地上房屋建筑、地下建筑、桥梁和道路设计与建造均在其专业范围之内,其目标是培养适应工程建设需要的,有扎实基础理论和专业知识的,有较强实践技能的,能够从事设计、研究、施工、教育、管理、投资、开发等

工作的高级专门人才。它的主干课程包括材料力学、结构力学、水力学、土力学、建筑材料、混凝土结构、钢结构、房屋结构、桥梁结构、道路勘测、施工技术与管理等,从中可以看出水力学是土木工程专业人才培养不可或缺的。

人类生存和生活都离不开水,“大土木”与水存在着千丝万缕的联系。随着科学的发展,防洪、河道治理、灌溉、交通运输、水力发电等都离不开水力学专业的专门知识和对水流运动规律的深入认识;同时,地铁、跨海大桥、高层建筑等工程建设也需要人们对水的渗流理论有深刻理解和掌握。而在西北湿陷性黄土地区,高层房屋及地铁工程的修建更需要人们把握水的渗流机理和特性,这对水力学的课程教学和研究提出了新的挑战,也促进水力学学科的发展。

“大土木”的转变对水力学课程的挑战主要表现在:(1)随着学校招生规模的不断扩大,上课人数急剧增加,由以前的小班授课改为多个自然班合并的大班授课,人数通常在150人左右,由于光线等方面原因,以前“黑板+粉笔”的授课方式已不适应目前的上课需求,影响教学效果;(2)由于水力学课程开设在第四学期,而“大土木”前提下学生后续专业方向不同,各专业课程不同,使水力学与专业课的过渡复杂。水力学课程是前期数理基础课与后期专业课的纽带,使学生对水的力学特性及工程应用有初步认识,但“大土木”的跨度大、涵盖面广、学科方向多,导致水力学与后续专业课程的衔接必须淡化专业针对性、提高综合性;(3)水力学与高等数学、理论力学、材料力学等联系紧密,而学生前期的学习基础层次不齐,如何将水力学中基本理论的复杂推导由求解“微积分应用题”转化对“物理本质”的简单描述,使不同层次的学生都能理解,提高学习兴趣和积极性;(4)目前“大土木”形式下人才本科培养目

^{*} 基金项目:兰州理工大学教学研究项目(编号:JY2013027)

作者简介:郑健(1981,06-),男,甘肃会宁人,博士,副教授,主要从事水力学及水利水电工程专业的教学与研究。

基于 CiteSpace 的热工基础学科研究热点及趋势分析

王英梅^{1,2,3}, 马高生^{1,2,3}, 刘杰^{1,2,3}

(1. 兰州理工大学 能源与动力工程学院, 兰州 730050; 2. 甘肃省生物质能与太阳能互补供能系统重点实验室, 兰州 730050;

3. 兰州理工大学 西部能源与环境研究中心, 兰州 730050)

摘要: 热工基础是热力学和传热学基础学科, 它涉及热力学基本概念、热平衡、热力学循环、传热基本理论等方面。热工基础是工程热物理、热能工程以及新能源科学与工程专业中的一门核心课程, 对于工业生产和能源利用具有重要意义。为了解热工基础学科研究热点与发展趋势, 以中国知网(CNKI)收录的 177 篇发表在北大中文核心期刊和 CSSCI 期刊上的有关热工基础的文献数据作为样本, 借助文献计量学分析软件 CiteSpace 绘制图谱, 对热工基础学科进行可视化分析、热点与前沿分析。最后对相关研究成果进行归纳总结, 并对未来该领域的发展提出相关建议。

关键词: 热工基础; 文献计量学分析; 可视化分析; CiteSpace; 知识谱图

中图分类号: G640

文献标志码: A

文章编号: 2096-000X(2024)11-0018-06

Abstract: Thermal Foundation is the basic subject of thermodynamics and heat transfer, which involves the basic concepts of thermodynamics, heat balance, thermodynamic cycle, basic theory of heat transfer and so on. Thermal Foundation is also a core course in thermal engineering, which is of great significance for industrial production and energy utilization. In order to understand the research hotspots and development trends of basic thermal engineering disciplines, 177 papers published in Peking University Chinese core journals and CSSCI journals included in China National Knowledge Infrastructure (CNKI) were used as samples. With the help of bibliometric analysis software CiteSpace, the visualization analysis, hotspot analysis and frontier analysis of basic thermal engineering disciplines were carried out. Finally, the relevant research results are summarized, and some suggestions are put forward for the future development of this field.

Keywords: Thermal Foundation; bibliometric analysis; visual analysis; CiteSpace; knowledge graph

热工基础是工程热物理、热能工程以及新能源科学与工程专业中的一门核心课程, 其主要目的是为学生提供热力学和传热学的基本知识和理论, 以及工程实践中的应用。热力学是热工基础课程中的核心内容之一。热力学的发展历史可以追溯到 17 世纪。当时, 热力学主要是研究蒸汽机的性能。到了 19 世纪, 热力学的研究范围逐渐扩大, 包括热力学第一、第二定律、热力学循环等内容。20 世纪, 热力学的研究又扩展到了统计热力学、非平衡热力学等领域。传热学是热工基础课程的另一个重要内容。传热学的研究始于 19 世纪, 当时主要是研究导热性质和对流传热。到了 20 世纪, 传热学的研究逐渐扩展到了辐射传热和相变传热等领域。热工基础课程的发展与热力学和传热学的发展密不可分。随着热力学和传热学的不断发展, 热工基础课程也不断得到完善和发展。

在职业发展方面, 热工基础课程可以为学生提供热

力学和传热学的基本知识和理论, 并培养学生的工程实践能力。这些知识和能力对于学生未来从事热能工程相关的工作具有重要的帮助。在工程实践方面, 热工基础课程可以为学生提供热力学和传热学的实际应用, 帮助学生解决工程实践中的问题, 并提高工程实践能力。总之, 热工基础课程是热能工程专业中的一门核心课程, 对于学生的职业发展和工程实践具有重要的意义。

随着科技的不断发展, 科学研究在全球范围内的重要性越来越受到重视。在这样的背景下, 文献计量技术与知识图谱法逐渐成为了评估科学研究成果和机构影响力的重要工具, 通过对某一领域的大量文献进行全面、系统分析, 并采用可视化技术, 能快速识别出这一研究领域研究热点和趋势。由此, 为了掌握热工基础课程的研究现状、研究内容及研究热点, 和未来的发展趋势, 本文运用 CiteSpace 软件对热工基础相关研究进行

基金项目: 高等学校能源动力类教学研究与实践项目“《热工基础》课堂信息化与传统教学深度融合方案研究”(NDJZW2021Z-26); 高等学校能源动力类教学研究与实践项目(NSJZW2021Y-09)

第一作者简介: 王英梅(1987-), 女, 汉族, 青海西宁人, 博士, 副教授, 硕士研究生导师。研究方向为热工基础、传热学等教学和传热传质。

新能源专业生物质能课程思政“SEE”教学体系探索

陈豪¹ 王爽² 张学民³

(1. 2 江苏大学, 江苏 镇江 2120132)

(3. 兰州理工大学, 甘肃 兰州 730050)

摘要: 新能源科学与工程专业课程思政体系的建设和完善, 对培养有斗志、有担当的新能源专业人才具有引导作用。文章以《生物质能利用原理与技术》课程思政设计为例, 分析总结了新能源科学与工程专业课程思政教学过程中缺少体系化的思政元素库、课程内容与思政元素无法有效穿插、课程思政教学评价改进机制缺乏这三个现状。由此提出了生物质能课程思政“SEE”教学体系, 建立以构建课程思政为出发点的元素库、创新课程思政教学及引导方式、完善课程思政考核及评价体系这三阶段的课程思政教学体系, 从而推动课程思政元素与新能源科学与工程专业课程内容有机融合。

关键词: 新能源专业; 课程思政; SEE 教学体系; 生物质能

中图分类号: G642; G711

文献标识码: A

文章编号: 2095-9052 (2024) 03-0148-03

引言

2017年12月, 教育部出台了《高校思想政治工作质量提升工程实施纲要》, 首次提出将思想政治教育元素和所承载的思想政治教育功能融入课堂教学各环节。新能源科学与工程专业是为面向战略新兴产业的人才需求而设立的能源动力类专业。为培养具有专业使命和技术担当的新能源科学与工程专业人才, 新能源相关专业课程思政教学势在必行^[1]。通过课程专业知识与思政内容的有机融合与协同教学, 有助于培养具有国家发展战略意识、技术贡献使命和潜心钻研毅力的新能源科学与工程专业人才。

“SEE”教学体系是建立以构建课程思政为出发点的元素库 (Streat point)、创新课程思政教学及引导方式 (Education)、完善课程思政考核及评价体系这三阶段的课程思政教学体系 (Evaluation) 的简称。本文以《生物质能利用原理与技术》课程思政教学为例, 提出了新能源专业课程思政“SEE”教学体系。系统阐述了新能源科学与工程专业课程思政教学体系中思政元素的

积累、课程思政教学方法的创新和课程思政教学评价模式的完善三阶段构建模式, 推动课程思政元素与新能源科学与工程专业课程内容有机融合。

一、《生物质能利用原理与技术》课程思政教学现状

(一) 缺少体系化的思政元素库

随着“碳达峰、碳中和”目标的提出, 开发零碳技术和负碳技术的关注度日益上升, 生物能源与碳捕获和储存 (BECCS) 在助力“双碳”目标中的作用日益凸显, 《生物质能利用原理与技术》课程具有丰富的思政素材。孟津竹等^[2]列举了美国2050年生物质能在总能源利用占比达50%的计划, 激发了同学科技强国的热情并以此树立学习理想。李叶青等^[3]以生物质能科研团队的成长历程作为思政元素融入课堂教学, 向学生展示生物质能领域工作者对专业知识和研究孜孜以求的奋斗经历。蒋叶涛等^[4]详细阐述了碳中和与生物质领域关于化石能源替代、生物质高效利用、农林废弃物高效转化等多种课程思政元素。

作者简介: 陈豪 (1992.12—), 男, 浙江省上虞人, 博士, 讲师, 研究方向: 生物质水热转化;

王爽 (1983.04—), 男, 江苏省镇江人, 博士, 教授, 研究方向: 生物质高效热转化;

张学民 (1987.03—), 男, 甘肃省临夏人, 博士, 副教授, 研究方向: 天然气水合物安全高效开发。

基金项目: 2022年江苏大学课程思政教学改革研究课题“基于‘SEE’理念的《生物质能利用原理与技术》课程思政教学体系建设及研究”(项目编号: 2022SZDD007);

2021年教育部高等学校能源动力类教学研究与实践项目“基于‘双碳目标’的新能源科学与工程专业人才培养改革研究”(项目编号: NSJZW2021Y-71);

江苏大学2021年高等教育教改研究课题“双碳目标背景下新能源科学与工程专业课程体系改革研究”(项目编号: 2021JGZD008)。