

储能学科建设



储能科学与工程本科生人才培养实践——以重庆大学为例

杨 扬, 张 青, 李 猛, 朱贤青, 谢奇秀, 付 乾, 李 俊, 李定超, 赵良举, 廖 强
(重庆大学, 重庆大学国家储能技术产教融合创新平台, 低品位能源利用技术及系统教育部重点实验室, 能源与动力工程学院, 重庆 400044)

摘 要: 本文以重庆大学储能科学与工程专业为例, 总结了新工科背景下储能专业人才培养的实践与探索。专业依托多学科交叉平台, 构建了“产-储-用”一体化课程体系与全过程创新实践培养流程。首届毕业生培养成效显示, 学生平均绩点提升、深造率达 71.4%, 就业反馈积极, 初步形成了产教融合紧密的工科特色。同时, 本文剖析了当前培养中存在的课程交叉融合不足、实践教学深度不够、本研衔接需强化等问题, 为后续深化课程整合、完善“本研贯通”(本科与研究生贯通培养)机制、强化智能赋能等改革提供了依据。

关键词: 储能科学与工程; 本科生培养; 本研贯通; 人工智能

doi: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2026.0011

中图分类号: G 642.0

文献标志码: A

文章编号: 2095-4239 (2026) 06-2430-07

Practical training for undergraduate students in major of Energy Storage Science and Engineering—A case study of Chongqing University

YANG Yang, ZHANG Qing, LI Meng, ZHU Xianqing, XIE Qixiu, FU Qian, LI Jun, LI Dingchao,
ZHAO Liangju, LIAO Qiang

(National Innovation Center for Industry-Education Integration of Energy Storage Technology, Key Laboratory of Low-grade Energy Utilization Technologies and Systems, School of Energy & Power Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: This study analyzes the Energy Storage Science and Engineering major at Chongqing University as a case study to examine the practice and exploration of talent cultivation under the background of new engineering. Relying on a multi-disciplinary, cross-platform approach, it establishes an integrated curriculum system of "Production - Storage - Application" and a full-process innovative practice training process. Regarding the first batch of graduates, the students' average GPA increased, the rate of students pursuing further education reached 71.4%, and positive employment feedback was received. The integration of industry and education has initially taken shape as an engineering characteristic. Moreover, this study identifies the problems in the current training approach, including insufficient cross-integration of courses, a lack of practical teaching, and the need to strengthen the connection between undergraduate and postgraduate studies. The findings provide a basis for

收稿日期: 2026-01-06; 修改稿日期: 2026-02-12。

基金项目: 重庆市高等教育教学改革研究重点项目 (252014)。

第一作者及通信联系人: 杨扬 (1989—), 男, 博士, 教授, 研究方向为低碳制氢技术, E-mail: yang_yang@cqu.edu.cn。

引用本文: 杨扬, 张青, 李猛, 等. 储能科学与工程本科生人才培养实践——以重庆大学为例[J]. 储能科学与技术, 2026, 15(6): 2430-2436.

Citation: YANG Yang, ZHANG Qing, LI Meng, et al. Practical training for undergraduate students in major of Energy Storage Science and Engineering—A case study of Chongqing University[J]. Energy Storage Science and Technology, 2026, 15(6): 2430-2436.

subsequent reforms, such as deepening course integration, improving the mechanism of "undergraduate-postgraduate connection" (integrated undergraduate-graduate studies), and strengthening intelligent empowerment.

Keywords: energy storage science and engineering; undergraduate education; undergraduate-graduate integrated study; artificial intelligence

1 培养现状概述

储能技术是当今能源革命的核心环节,被视为解决可再生能源间歇性、实现电网稳定、促进交通电动化的关键,是构建现代化能源系统、维护国家能源安全、响应全球气候治理及促进高质量经济发展的核心支撑^[1]。

为推动储能技术与产业快速发展,我国先后发布多项政策以系统部署人才培养工作^[2]。教育部在《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》(2022年)中进一步强调,应“加快储能学科建设,加快储能领域人才培养”^[3],凸显出储能人才培养对实现国家“双碳”目标的关键支撑作用。然而,当前储能人才供给与产业高速发展需求之间存在显著差距^[4]。预计到2030年,我国储能产业人才需求总量约为65.7万人,目前仍有近49万的人才缺口。同时,行业现有人才多来源于能源动力、化学、电气等相关专业,普遍缺乏储能领域所需的跨学科知识整合能力,专业对口人才短缺已成为制约产业持续发展的突出瓶颈^[5]。因此,加快设立储能科学与工程专业,系统构建并持续完善储能专业人才培养体系,对培养具备扎实专业素养和创新实践能力的高层次人才^[6],支撑能源结构转型与经济社会高质量发展,响应国家战略需求,具有重要而紧迫的现实意义^[7]。

重庆大学申报的储能科学与工程专业于2021年获批设立,专业课程涵盖电化学储能、氢能储能、储能系统应用以及储能安全等主要储能技术领域。本专业立足于动力工程及工程热物理、电气工程、材料科学与工程、化学、物理等多学科优势,在新工科建设理念的引领下,系统构建了“储能科学与工程”专业的完整培养方案。培养方案将贯彻“产-储-用”一体化的培养模式,使学生建立起从能源转换到存储,从能源材料到多能源系统,从能源经济到能源政策的多维度全方位储能知识体系^[8]。储能专业还将依托重庆大学强大的多学科交叉人才培养平

台优势,结合“能动专业卓越工程师培养项目”,实行动态进出的“本-硕-博贯通”的人才培养机制(3+1+X),为培养多学科多领域交叉融合、协同创新的复合型储能技术精英和高端人才奠定了基础。

2 结果与讨论

2.1 人才培养的思路

重庆大学储能科学与工程专业依托动力工程及工程热物理一级学科博士点,工程热物理国家重点学科,国家储能技术产教融合创新平台、国家“双一流”重点建设学科“智慧能源学科群”三大主干学科之一、国家级能源与动力电气虚拟仿真实验教学中心、低品位能源利用技术及系统教育部重点实验室、多能互联互通分布式能源技术及系统重庆工程技术中心等平台,以及与东方电气集团、中国长安汽车集团等数十家企业合作建立的实习实践基地。重庆大学储能科学与工程专业通过建设结合实践的理论课程,同步跟踪储能科学与工程领域先进技术,改革专业核心课程教学,优化理论教学体系;通过增加综合性实验实践教学,充分发挥国家级虚拟仿真实验教学中心及绿色能源岛作用,强化实践教学体系;通过课外科技活动,自主专业实习实践,产学研合作,构建开放式的社会实践体系。

本专业致力于培养能在储能科学与工程专业领域从事基础研究、应用研究、教学与管理等工作的高层次复合型人才。结合《工程教育认证标准(2024版)》,我校本专业要求毕业生具有良好的数理基础和储能科学与工程等的专门理论,具有较深入的专业知识和熟练的专业实验技能和动手能力,系统掌握储能科学与工程领域的核心知识体系及关键工程技术。要求了解本专业各方向的理论前沿、研究动态、应用前景以及相关技术、产业的发展状况,能够适应储能科学与工程学科的发展。本专业毕业生主要面向能源动力各事业单位、环境、国防、工业、农业等部门,同时面向研究院所、高

等院校等,主要从事应用或基础研究、教学与运营管理等以及进一步攻读能源领域研究生。本专业目前的最低毕业学分要求为168.5,与其他高校的毕业学分基本相同(例如:上海交通大学和武汉大学最低毕业学位要求均为162,厦门大学和东北电力大学为167),低于山东大学(180;基于2020版培养方案)。本专业所学的专业核心课程包括:热工学(含传热学、工程热力学)、储能材料科学基础、流体力学、电化学原理、多能互联互通能源产储用系统及理论、电池原理与制备技术^[9]、电力系统分析及储能并网原理。在专业核心课程设置方面与其他高校稍有不同,例如:哈尔滨工业大学设置了新能源系统基础、储热储冷技术,北京科技大学设置了太阳能电池、氢能源储存及应用,武汉大学设置了储能系统安全,山东大学等设置了工程制图。尽管如此,各高校在专业核心课程设置方面基本涵盖了热学基础-电气工程-储能材料三个方面,也基本涵盖了理论物理、电化学等其他学科的部分基础知识。

储能科学与技术具有鲜明的理工交叉、产教融合的新工科专业特点,因此本专业在理论教学基础

上构建了系统化的实验教学体系,实践环节占总学分要求的23.5%,与其他高校实践环节比例基本相同(例如:华东理工大学为22.36%,山东大学为22.5%,厦门大学为25.15%)。作为全国首个开设储能科学与工程专业的高等院校,西安交通大学根据储能材料、储能技术与装置、储能安全管理等过程构建了材料计算与模拟实验平台、压缩空气蓄能实验平台、储能器件安全检测检验实验平台等专业基础实验教学,而我校本专业根据储能原理不同设置了实践类课程,主要包括热能储能实验系列^[10]、物理储能实验系列、电化学储能实验系列及多能互补实验系列。基于共性培养与个性化发展相结合的原则,本专业构建了贯穿大一至大四的全程化创新实践教学体系。学生可根据自身发展规划,自主或组建团队选择各类创新实践项目,包括:能动类本科生科技创新实践活动(6211项目)、大学生科研训练计划、全国节能减排大赛、大学生节能减排与社会实践竞赛、“互联网+”创新创业比赛以及教师科研项目等。上述项目以年度为周期持续开设或滚动实施,实现了学生全员覆盖与实践环节全程衔接,具体架构如图1所示。

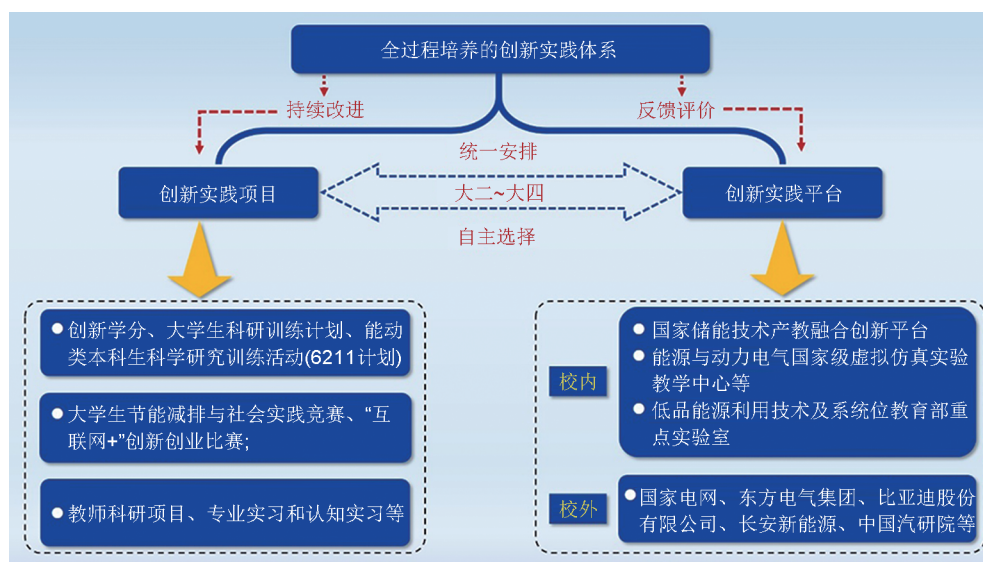


图1 全过程培养的创新实践流程

Fig. 1 Innovative practice process of whole-process cultivation

2.2 人才培养的现状

第一届储能科学与工程专业的本科生已于2025年6月毕业。本部分基于首届28名学生的全流程数据,并结合具体培养环节,在总结成效的同时,重点剖析当前培养模式中暴露出的问题与挑

战,以期专业建设的持续优化提供依据。

2.2.1 生源质量与专业吸引力初显

本专业学生入学后,第一学年纳入“工程能源大类”进行统一培养,由学校本科生院负责学生的通识教育、公共基础与大类基础课程教学及日常管

理。为引导学生深入了解并理性选择专业方向，能源与动力工程学院在大一期间主动开展一系列专业引导工作。这些举措成效显著，2022年大类专业分流时，选择进入储能科学与工程专业的学生平均绩点达2.9，在同期大类专业中位居中上水平，表明本专业对学业基础良好的学生已形成初步吸引力。

然而，作为新兴交叉专业，其在学生中的认知度和吸引力仍面临挑战。部分大一学生对“储能”的理解仍停留在概念层面，对其广阔的应用前景、核心技术与多元职业路径认识不足。相较于传统优势专业，学生在分流时仍存在信息不对称现象，专业宣传的深度与精准度有待进一步加强，以吸引更多具有强烈科研兴趣和创新潜质的优质生源。

2.2.2 课程体系的动态优化与交叉融合实践中的瓶颈

作为典型的交叉新兴学科，当前课程体系在建设推进过程中已取得阶段性进展，但仍面临一些深层次的挑战。

核心课程强化与整合难题：为夯实基础，专业在执行中增加了《电化学原理》等必修课，并将《热科学基础》拆分为《热工学》和《流体力学》。但课程内容的深度交叉与有机整合仍显不足。部分课程内容在不同学科背景的授课中可能存在简单拼接现象，未能完全形成贯穿“材料-器件-系统-应用”的连贯知识链条。如何设计真正跨学科、一体化的核心课程模块，而非多门课程的物理叠加，是当前课程建设的核心挑战。

“交叉融合”落地的机制性障碍：专业课程虽涵盖了能源、电气、材料、化学等多学科知识，但在教学实施层面，跨学院、跨学科的师资协同与教学团队建设机制尚不健全。由单一学院主导的课程，在涉及其他学科核心内容时，其深度和前沿性可能受限。同时，学生反映部分先修课程与后续专业课程的衔接存在“知识台阶”，需要更系统的教学设计来平滑过渡。

实践教学资源的深度开发需求：新建的“储能专业综合实验室”是本专业开展实验教学的核心平台。然而，当前该实验室所开设的实验项目仍以验证型与认知型为主，综合性、设计性及研究创新性实验的比重相对偏低，整体实验体系的结构层次有待进一步丰富与提升。如何将产业前沿技术（如智

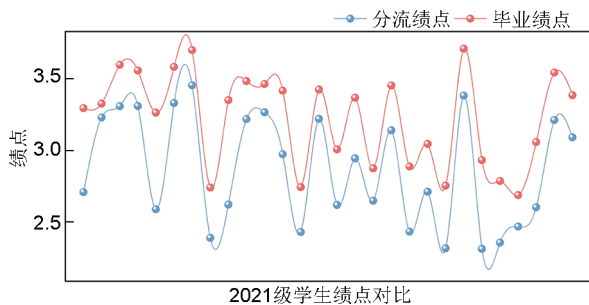
能运维、系统仿真）和科研项目成果更快地转化为高水平的实验教学资源，是强化实践能力培养的关键。

2.2.3 创新实践体系贯穿全程，但深度与广度需协同提升

本专业构建了“全覆盖、不断线”的全过程创新实践体系，学生参与率高。但实践项目的质量与学生参与的深度呈现不均衡。部分“大学生科研训练计划”等项目与专业核心能力培养的关联度不够紧密，存在“为创新而创新”的现象。同时，高水平、跨学科的综合性实践平台和项目仍显不足，学生接触产业真实复杂工程问题和参与前沿科研的深度有待加强。此外，产教融合的广度与深度有待拓展，目前与头部储能企业的合作多集中于认知实习和毕业设计环节，在联合课程开发、共建实践基地、引入企业导师进行全过程培养等方面，尚有巨大深化空间。

2.2.4 首届毕业生培养成效与暴露的衔接问题

通过系统培养，首届学生取得了优异成绩。毕业生平均绩点由分流时的2.9提升至3.2，国内深造率高达71.4%，就业市场反馈积极，这表明专业培养在夯实基础和升学导向方面成效显著。



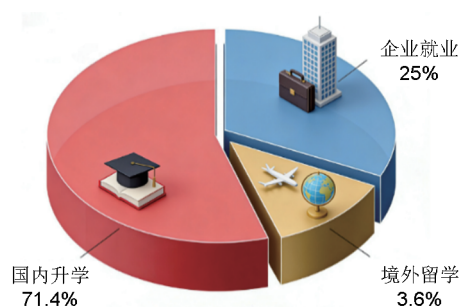
2021级学生绩点对比

注：（数据来源：重庆大学校内统计）

图2 2021级储能科学与工程专业本科生分流与毕业绩点对比

Fig. 2 Comparison of specialization tracks and graduation GPAs for the class of 2021 undergraduates in energy storage science and engineering

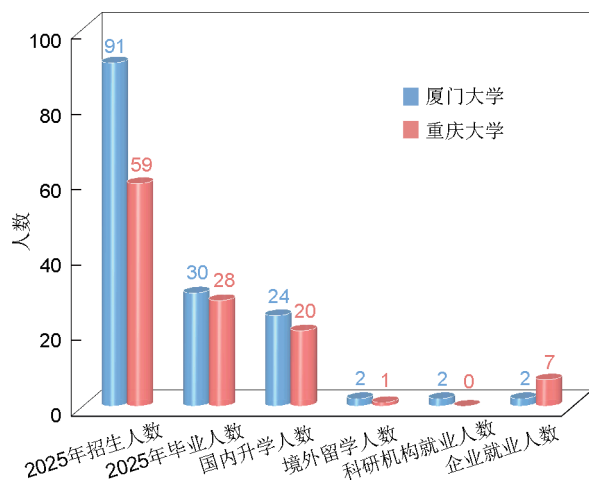
与国内同行的对比分析：与同期开设该专业的兄弟院校相比，重庆大学的培养路径与成效呈现出自身特色。以厦门大学2025届储能专业毕业生情况为参照（图4），两校首届毕业生规模基本持平（重大28人，厦大约30人），但在具体去向上存在差异。如图4数据显示，重庆大学的国内升学比例为71.4%，略低于厦门大学（80%）；同时，直接



注：（数据来源：重庆大学校内统计）

图3 2021级储能科学与工程专业本科生就业情况
Fig. 3 Employment status of the class of 2021 undergraduates in energy storage science and engineering

进入企业就业的比例（25%）则高于厦门大学。这一分布差异反映了两校不同的培养侧重点与资源禀赋。厦门大学在化学、材料等基础学科方面底蕴深厚，其培养方案可能更侧重于前沿科学探索，因此毕业生在学术深造路径上表现更为集中。相比之下，重庆大学依托其突出的工科背景、国家储能技术产教融合创新平台以及与能源电力行业的紧密联系，在本科阶段强化了工程实践与产业对接，使得毕业生在学术深造与直接服务产业之间形成了更为多元的分布。



注：（数据来源：重庆大学校内统计；厦门大学交流获取）

图4 储能科学与工程专业本科生培养情况对比
Fig. 4 Comparison of undergraduate education overview in energy storage science and engineering

然而，高深造率也从侧面反映出，本科培养方案与研究生阶段的衔接需进一步明晰。目前培养方案较好地支撑了学生进入研究生阶段的共性基础，但对于志在直接就业、从事工程应用与技术开发的

学生，在面向特定产业领域（如电力储能、新能源汽车储能）的专项技能培养、行业标准与工程规范教育等方面^[11]，课程设置和训练可能不够充分。毕业生反馈显示，企业在招聘时虽认可专业背景，但仍希望毕业生具备更快的“上岗”能力，这提示培养目标在“研究型”与“应用型”之间的分类引导和差异化支持有待加强。

综上所述，重庆大学储能科学与工程专业首届毕业生培养在建立体系、吸引生源、达成基础学业目标上取得了可喜的初步成效，并在与同类院校的对比中展现出“产教融合紧密、就业导向鲜明”的工科特色。但与此同时，在课程深度整合、跨学科教学机制、实践创新质量、产教融合层次以及培养目标的分流细化等方面，仍面临一系列亟待解决的问题。这些问题的识别，为下一阶段以“优化课程体系、深化‘本研贯通’、强化智能赋能”为核心的改革措施提供了精准的靶向。

3 下一步改革的思路

3.1 优化课程体系

吸纳企业专家和科研骨干参与课程体系、培养方案的评审与更新，确保内容与产业同步。整合不同院系（化工、材料、电气等）师资，共同打造跨学科课程模块。将系统建模、寿命预测、安全预警的数字化工具贯穿教学，对接工业软件应用。将材料回收、梯次利用、碳足迹、安全设计、标准规范等融入专业课程。以具体储能应用场景，开设《新型电池储能原理与技术》和《氢能燃料电池》两门项目制课程^[12]，采用符合中国国情和产业实践的新形态教材，建立丰富的工程案例库^[13]。借鉴西安交通大学、天津大学等在专业实验教学方面的经验，建立基础实验-专业实验-项目制实验的分层次实验教学体系。

3.2 本研贯通培养

为适应储能科学与工程学科交叉融合性强、知识覆盖面广的特点，并响应《重庆大学拔尖创新人才培养“1+N”行动计划》，学院规划面向对特定储能技术方向有浓厚兴趣、有志于长期从事学术研究的优秀本科生，推行“本研贯通”式培养机制，构建“选拔-培养-评价”的新机制，从大一大二就开始选拔有意愿的学生，通过“一院一策”等方式，开展“本研贯通”的相关工作。同时，结合重庆大学2025年已启动的储能科学与工程强基计划，

进一步实施系统化贯通培养。强基计划采取“3+1+X”模式,分为本科前三学年、第四学年本研衔接(修读储能科学与工程、材料科学与工程、电气工程及其自动化、安全工程四个专业的模块课程)和研究生(硕博)三阶段,聚焦国家战略需求,培养原创性科研能力与关键技术突破能力。

3.3 人工智能赋能专业课程改革

将人工智能赋能课程学习路径与资源,实现培养目标重塑、内容重构、方法创新、评价变革及师资发展^[14]。根据小班制教学模式的人数要求,学生的理论课程安排、实验教师课程安排以及学生科技活动等情况,积累人工智能赋能课程改革的教学经验,结合系统实际运行情况制订持续改进机制;推广人工智能教学实践成果,预计开设 *Numerical Methods For Engineers*、*An Introduction to Machine Learning* 等人工智能相关课程;修订新的课程/实验教案、组织制定新的教学环节的设计。

4 结 语

本文以重庆大学储能科学与工程专业为例,系统总结分析了新工科背景下储能专业本科生人才培养的实践探索与初步成效。通过构建“产-储-用”一体化课程体系与全过程创新实践体系,显著提升首届储能毕业生的培养质量,并初步形成产教融合的工科特色,教学成果荣获2025年重庆市教学成果一等奖、重庆大学教学成果特等奖等,编写了储能科学与工程新兴领域“十四五”高等教育教材《可再生能源利用与存储技术》(丛书主编:何雅玲院士),储能科学与工程专业入选重庆大学强基计划专业名单。与此同时,针对当前培养过程中存在的课程交叉融合深度不足、实践教学环节有待强化以及本硕博衔接机制不畅等问题,储能专业后续将重点推进以下建设方向:优化课程体系结构,完善“本研贯通”培养模式,强化人工智能等技术在教学与科研中的赋能作用。通过系统推动教学内容、教学方法与评价机制的全方位革新,本专业旨在持续培养理论基础扎实、工程能力卓越、创新视野开阔的复合型储能高端人才,从而为国家能源结构转型与“双碳”目标的实现提供坚实支撑^[15]。

参 考 文 献

[1] 国家发展改革委,国家能源局.“十四五”新型储能发展实施方案:发

改能源(2022)209号[EB/OL]. [2022-01-29]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/22/content_5680417.htm.

National Development and Reform Commission, National Energy Administration. Implementation Plan for the Development of New Energy Storage During the 14th Five-Year Plan Period: No. 209 [2022] of NDRC Energy [EB/OL]. [2022-01-29]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/22/content_5680417.htm.

- [2] 教育部办公厅,国家发展改革委办公厅,国家能源局综合司. 关于实施储能技术国家急需高层次人才培养专项的通知:教研厅函(2022)10号[A/OL]. [2022-08-22]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A22/moe_826/202208/t20220831_656838.html.

- [3] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》的通知:教高函(2022)3号[A/OL]. [2022-04-24]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202205/t20220506_625229.html.

Ministry of Education of the People's Republic of China. Notice of the Ministry of Education on Printing and Distributing the "Work Plan for Strengthening the Construction of the Higher Education Talent Training System for Carbon Peak and Carbon Neutrality": No. 3 [2022] of the Higher Education Department [A/OL]. [2022-04-24]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7056/202205/t20220506_625229.html.

- [4] 邹顺,黄楚敏,陈洋.“双碳”背景下高校生态文明教育课程教学改革——以绿色低碳教育为例[J]. 环境教育, 2024(12): 51-53. DOI: 10.3969/j.issn.2096-0239.2025.03.015.

ZOU S, HUANG C M, CHEN Y. Teaching reform of ecological civilization education course under the background of "dual carbon": A case study of Guizhou university of engineering science[J]. Environmental Education, 2024(12): 51-53. DOI: 10.3969/j.issn.2096-0239.2025.03.015.

- [5] 陈海生,李泓,徐玉杰,等. 2024年中国储能技术研究进展[J]. 储能科学与技术, 2025, 14(6): 2149-2192.

CHEN H S, LI H, XU Y J, et al. Research progress on China's energy storage technology in 2024[J]. Energy Storage Science and Technology, 2025, 14(6): 2149-2192.

- [6] 饶中浩,郑喜颖,卢晓萍,等. 储能科学与工程专业人才培养现状调研与思考[J]. 储能科学与技术, 2025, 14(1): 417-426.

RAO Z H, ZHENG X Y, LU X P, et al. Research and reflection on the current status of talent cultivation in Energy Storage Science and Engineering[J]. Energy Storage Science and Technology, 2025, 14(1): 417-426.

- [7] 中共中央国务院. 关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见[A/OL]. [2021-10-24]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm.

The State Council of the People's Republic of China. Opinions on fully and faithfully implementing the new development philosophy to achieve carbon peak and carbon neutrality[A/OL]. [2021-10-24]. https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm.

- [8] 中国化学与物理电源行业协会. 2025中国新型储能产业发展白皮书[R/OL]. [2025-03-23]. <https://www.escn.com.cn/news/show-2095351.html>.

- China Industrial Association of Power Sources. 2025 China new energy storage industry development white paper[R/OL]. [2025-03-23]. <https://www.escn.com.cn/news/show-2095351.html>.
- [9] 饶蕾, 黄镇泽. 锂离子电池储能技术研究进展[J]. 轻工标准与质量, 2024(5): 118-119, 123. DOI: 10.19541/j.cnki.issn1004-4108.2024.05.028.
- RAO L, HUANG Z Z. Research progress of energy storage technology for lithium ion batteries[J]. Standard & Quality of Light Industry, 2024(5): 118-119, 123. DOI: 10.19541/j.cnki.issn1004-4108.2024.05.028.
- [10] 郭建平. 新能源中热能储能技术的集成与优化[J]. 科技与创新, 2025(13): 101-104. DOI:10.15913/j.cnki.kjycx.2025.13.027.
- GUO J P. Integration and optimization of thermal energy storage technology in new energy sources[J]. Science and Technology & Innovation, 2025(13): 101-104. DOI: 10.15913/j.cnki.kjycx.2025.13.027.
- [11] 宋超. "双碳"目标下电化学储能技术的进展、挑战及对策[J]. 化学工程师, 2025, 39(10): 74-79. DOI: 10.16247/j.cnki.23-1171/tq.20251074.
- SONG C. Progress, challenges and countermeasures of electrochemical energy storage technology under the "Dual Carbon" goal[J]. Chemical Engineer, 2025, 39(10): 74-79. DOI: 10.16247/j.cnki.23-1171/tq.20251074.
- [12] 许传博, 刘建国. 氢储能在我国新型电力系统中的应用价值、挑战及展望[J]. 中国工程科学, 2022, 24(3): 89-99. DOI: 10.15302/J-SSCAE-2022.03.010.
- XU C B, LIU J G. Hydrogen energy storage in China's new-type power system: Application value, challenges, and prospects[J]. Strategic Study of CAE, 2022, 24(3): 89-99. DOI: 10.15302/J-SSCAE-2022.03.010.
- [13] 杨栋. 新能源电力系统中储能技术的应用与效能优化研究[J]. 科技与创新, 2025(6): 229-232.
- YANG D. Research on application and efficiency optimization of energy storage technology in new energy power system[J]. Science and Technology & Innovation, 2025(6): 229-232.
- [14] 庞玲蓉, 周敬余, 郭正威, 等. 基于人工智能的电力系统储能技术优化策略[C]//中华环保联合会. 2025新型储能技术创新交流会论文集. 贵州电网有限责任公司电力科学研究院, 贵州电网有限责任公司铜仁供电局, 2025: 39-43.
- PANG L R, ZHOU J Y, GUO Z W, et al. Optimization strategy for power system energy storage technology based on artificial intelligence[C]//China Environmental Protection Federation. Proceedings of the 2025 New Energy Storage Technology Innovation Exchange Conference. Guizhou Power Grid Co., Ltd. Electric Power Research Institute, Guizhou Power Grid Co., Ltd. Tongren Power Supply Bureau, 2025: 39-43.
- [15] 朱栋铭. 影响中国能源安全的国际维度分析及对策研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2022.
- ZHU D M. Research on the international dimensions of energy security and China's countermeasures[D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2022.