

# 光热电一体化储能虚拟仿真实践平台构建 与教学应用研究

刘江伟, 赵建立, 王晓哲, 齐建荟, 韩奎华, 袁学良

山东大学 核科学与能源动力学院, 山东 济南 250061

DOI: 10.61369/RTED.2025210008

**摘 要 :** 为应对储能科学与工程这一新工科专业在教学模式与资源平台上面临的挑战, 本研究基于虚拟仿真技术构建了光热电一体化储能虚拟仿真系统, 并开展教学应用研究。该平台集原理认知、能源场景选择、多维度能源需求分析及联供系统设计于一体, 旨在通过沉浸式、交互性的虚拟仿真环境, 强化学生的工程实践与系统设计能力。本文详细阐述了平台的构建理念、核心功能模块, 并以储能专业本科生为对象开展了实训教学应用。教学实践表明, 该平台有效补充了储能专业核心课程, 通过“虚实结合”的方式激发了学生自主探究兴趣, 其自动评估与反馈机制为教学效果量化提供了新路径。最后, 本研究总结了平台的教学资源建设与推广价值, 以期同类专业的实训教学改革提供借鉴。

**关 键 词 :** 储能科学与工程; 虚拟仿真; 实践教学; 光热电一体化; 教学改革

## Research on the Construction and Teaching Application of a Simulation Platform for Integrated Thermal-Electric Energy Storage

Liu Jiangwei, Zhao Jianli, Wang Xiaozhe, Qi Jianhui, Han Kuihua, Yuan Xueliang

School of Nuclear Science, Energy and Power Engineering, Shandong University, Jinan, Shandong 250061

**Abstract :** To address the challenges faced by the emerging engineering discipline of Energy Storage Science and Engineering in teaching models and resource platforms, this study develops a photovoltaic-thermal-electric integrated energy storage simulation system and conducts research on its teaching application. This platform integrates the core functions, including principle cognition, energy scenario selection, multi-dimensional energy demand analysis, and combined supply system design. It is designed to enhance engineering practice capabilities and system design competence through an immersive and interactive simulation environment. This paper elaborates in detail on the construction concept and core functional modules of the platform, and applies the system to practical training for students majoring in Energy Storage Science and Engineering. Teaching practice results show that the platform effectively supplements the core courses of the energy storage major. By adopting the integration of the numerical and experimental approaches, it stimulates the interest of students in independent exploration, and its automatic evaluation and feedback mechanism provides a new method for quantifying teaching effectiveness. In conclusion, this study summarizes the developed teaching resources, offering a reference for practical teaching reform in related disciplines..

**Keywords :** energy storage science and engineering; simulation; practical teaching; photovoltaic-thermal-electric integration; teaching reform

## 引言

随着“双碳”目标引领能源革命纵深推进, 储能产业被视为构建新型电力系统的关键环节。为此, 教育部于2020年批准设立了“储能科学与工程”本科专业, 旨在培养具备多学科交叉融合背景的创新型、复合型工程技术人才。作为典型的“新工科”专业, 其培养过程强调理论与实践深度融合, 对实习实训教学环节提出了极高要求。然而, 传统教学面临诸多现实困境: 大型储能系统实物实验平台造价高昂、运行维护成本大; 涉及高温、高压等条件的实验存在安全隐患; 系统运行过程漫长且内部机理抽象, 难以直观观测。<sup>[1]</sup>

虚拟仿真技术以其在安全性、经济性、可重复性及突破时空限制等方面的独特优势, 成为破解传统实习实训教学难题的有效手段。本研究基于校企合作模式, 设计了“光热电一体化”的储能虚拟仿真实践系统, 并将其成功应用于教学实践, 取得了显著成效, 为新工科背景下实践教学模式的创新提供了有益探索。

基金项目: 山东大学教育教学改革研究项目(2024Y217); 山东省本科教育教学改革研究重点项目(Z2023274); 山东大学教育教学综合改革重点项目(2023Z15)。

作者简介: 刘江伟(1987-), 女, 山东昌乐人, 汉族, 博士研究生学历, 山东大学核科学与能源动力学院, 副研究员, 硕士研究生导师、党支部书记。研究方向为储能材料研究及储能元器件设计。

## 一、光热电一体化储能虚拟仿真系统结构

### （一）虚拟仿真系统结构框架

光热电一体化储能虚拟仿真系统立足于新工科人才培养的内在要求，以高校实习实训教学目标为根本，在企业先进技术指导下进行共建。系统构建遵循“理论－认知－设计－优化”的工程逻辑，旨在让学生在一个高仿真度的虚拟环境中，全面掌握从储能原理到结构集成设计与运行优化的完整知识链与技能链。<sup>[3]</sup>

光热电一体化储能虚拟仿真系统可实现储能系统原理认知、能源场景选择、多维度能源需求分析、联供储能系统设计等功能，能够进行储电、储热、储冷等方式的多能态复合储能系统的设计、运行及验证。

### （二）系统核心功能模块

平台包含三大核心模块，支撑起完整的教学闭环。

#### 1. 原理学习与结构认知模块

结合三维建模与动画技术，将抽象的储能技术原理（包括电化学储能、相变储热、压缩储冷等）、典型设备（如光伏板、储热罐、蓄电池、PCS等）及关键内部结构进行可视化呈现。<sup>[4]</sup>学生可从系统中选择任一设备进行设备原理学习和结构认知，同时设备具有结构拆解功能，学生可自主进行设备拆解、旋转和放大等操作，深入学习和理解其结构组成和工作机理，为后续系统设计奠定坚实的认知基础。

#### 2. 参数设计及系统搭建模块

系统设置核心参数交互设计模块。根据虚拟能源场景（如工商业园区、公共机构、住宅社区等）的需求，学生可进行多维度能源分析，并自主选择设备进行系统搭建，通过设定光伏装机容量、电池充放电策略、储热/冷温度运行参数等研究（如等），构建一个完整的联供储能系统。

#### 3. 系统运行及优化设计模块

系统内置算法模型将实时模拟其运行状态与节能环保效益，学生可据此反复调整优化设计方案，培养系统思维和优化设计能力。<sup>[5]</sup>

## 二、教学应用与实践效果分析

### （一）教学对象与实施过程

本研究以山东大学储能科学与工程专业本科生为教学对象，将系统应用于实习实训教学过程中。教学实施过程包括前端理论学习、课中虚拟实训和课后思考反思三个阶段。

前端理论学习：本环节作为虚拟仿真实训的先导和补充环节，前置到前期课堂中及课堂外。学生通过课堂教学或扩展自学等方式，先行学习《储能原理与技术》、《自动控制原理》等课程中与虚拟仿真实训有关的核心知识点。<sup>[6]</sup>

课中虚拟实训：学生在教师指导下，依次完成原理认知、案例学习、自主设计、系统运行与优化等虚拟仿真任务。过程中，学生可通过与教师讨论、自主翻阅资料、利用系统内置知识点库

进行知识点深化和研究性学习，形成“互动式交流与自主学习”相结合的新型教学模式。

课后考核与反馈：实训结束后，平台自动生成知识点学习与系统设计的评价报告。实训后，学生通过撰写实习报告、回答设计思考题及绘制系统结构图等方式，完成虚拟仿真实训知识的内化与升华。<sup>[7]</sup>同时，通过专门设计的反馈模块收集学生对系统内容、实训形式与学习效果的意见，用于持续进行光热电一体化储能虚拟仿真系统的迭代完善。

### （二）教学效果与反馈

光热电一体化储能虚拟仿真系统通过构建高度仿真的虚拟环境和沉浸式交互体验，通过直观、可视化的三维教学方式呈现抽象复杂的概念和原理，有效补充和延伸了理论课程的教学内容，深化学生对理论知识的理解力和记忆力，显著提升了教学效果。

虚拟仿真教学能够打破时间、空间以及资源限制，学生通过沉浸式参数化设计和系统运行，使学习者能够安全、低成本地进行高风险或高成本的操作练习，全面锻炼了学生进行能源需求分析、系统集成设计、运行控制及优化评估的工程实践能力。

虚拟仿真系统支持“设计－验证－优化”的探索式学习过程，能够激发学生的学习主动性和创造性；同时虚拟仿真支持重复训练和即时反馈，有助于学生及时发现并纠正错误，强化实践技能，培养解决实际问题的能力。虚拟仿真实习实训系统将根据学生的参与程度、互动比例及交流情况自动生成可量化的成绩报告，结合思考题设计和课后反馈可构成更全面、客观的多元化评价体系。

总体而言，虚拟仿真技术是优化教学手段、促进理论与实践深度融合的有效工具，对提升教育质量和学习效率具有重要价值。

## 三、教学资源的总结与推广

本研究成功构建了光热电一体化储能虚拟仿真系统，并将其深度融合于储能科学与工程专业实践教学体系之中。<sup>[8]</sup>基于光热电一体化储能虚拟仿真系统的建设与教学实践，课程组系统地总结了虚拟仿真教学资源，并形成了可推广的标准化方案。特别是通过实习实训，明确虚拟仿真实训目的、细化一体化储能系统结构内容、规划实习实训课时安排、制定科学的考核方式等工作，制定了详实的教学大纲。

## 四、结论与展望

课程组聚焦于解决新工科专业实践教学的痛点问题，构建并应用了光热电一体化储能虚拟仿真系统，培养学生独立思考和主动探索的能力，主动适应储能技术领域新理论、新工艺、新技术的发展要求，有利于强化学生的工程实践技能，培养学生运用专业知识进行设计、运行控制、可靠性分析、优化设计等方面的实践能力。<sup>[9]</sup>

未来，课程组将从以下几个方面持续改进：一是进一步引入人工智能和数字孪生技术，进一步提升仿真的实时性与精确度；二是开发更多跨学科、跨场景的综合性系统设计项目，如综合智慧能源等；<sup>[10]</sup>三是探索建立校际联盟，扩大平台的开放共享程度，共同推动我国储能领域高素质人才的培养质量迈上新台阶。

参考文献

[1] 柯香,王彦平,李培礼,等.新工科背景下"材料分析与测试技术"课程教学改革与实践[J].云南化工,2024,51(12):201-204.

[2] 刘海波,沈晶,王革思,刘书勇,国强.工程教育视域下的虚拟仿真实验教学资源平台建设[J].实验技术与管理,2019,36(12):19-22.

[3] 王期文,刘威.基于成果导向和实践性的教学模式探究——以"储能技术及应用"课程改革为例[J].公关世界,2024,(18):91-93.

[4] 安永如.虚拟电厂中储能技术的应用研究[J].消费电子,2024(11):275-277.

[5] 张家祺,武晋昭,丁泽英,等.基于设计事理学的公交系统体验设计研究[J].包装工程,2023,44(10):125-133.DOI:10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.10.012.

[6] 王艺婷.前端课程的教学改革与实践[J].科研成果与传播,2024(1):0122-0125.

[7] 仓基云,阎浩,张颖.高校建设无纸化归档管理的研究和实践——以网络安全学院部署 Seafile 为例[J].电脑知识与技术,2024,20(30):58-60.DOI:10.14004/j.cnki.ckt.2024.1558.

[8] 任炬光,张力,金立,等.考虑可再生能源消纳的建筑综合能源系统日前经济调度模型[J].工程科学与技术,2023,55(2):160-170.DOI:10.15961/j.jsuese.202200925.

[9] 赵洪波,王广慧,王德新.新工科背景下物理化学课程思政教学的创新研究[J].食品工业,2024,45(8):200-203.

[10] 陈建平.提效与赋能:数字孪生技术助推智慧城市现代化的双维逻辑[J].河南社会科学,2023,31(12):96-104.