

冷热电联产及前沿技术课程教学改革探索

周丹丹 魏迎春 任立庆

榆林学院能源工程学院, 陕西 榆林 719000

摘要: 在“双碳”战略稳步推进与新工科教育深化背景下,《冷热电联产技术》作为能源类专业的重要应用课程,其教学目标亟待由传统知识讲授向能力构建与价值引导转型。针对当前教学中内容割裂、实践性不足、学生参与度不高等问题,本文基于成果导向教育(OBE)理念,构建“能力—任务—评价”闭环体系,推进课程内容重构、项目化任务设计、工程案例融入与多元化评价体系建设。教学实践表明,该改革有效提升了学生的系统认知、技术表达与绿色责任意识,为能源类专业课程的结构性优化与育人模式创新提供了可行路径与经验支持。

关键词: 冷热电联产; 教学改革; 成果导向教育; 项目式学习; 系统能力培养

0 引言

冷热电联产作为区域综合能源系统中的关键路径,其协同运行能力在构建现代低碳能源体系中具有重要意义。然而,在高校能源类课程体系中,相关教学研究与资源建设尚显薄弱,教学内容多以设备知识为核心,缺乏系统性与现实关联度。尤其在大四阶段课程安排中,学生面临考研或就业分流,课堂参与度下降,教学实效难以保障。

为破解上述困境,本文以成果导向教育(OBE)理念为指导,构建“能力—任务—评价”三位一体的教学逻辑,围绕课程内容重构、案例引导、任务驱动与多维评价展开教学改革,探索适应能源教育转型的新型课程范式。

1 教学目标重构: 聚焦系统能力与责任意识的协同提升

作为一门兼具系统集成性与应用导向性的专业课程,《冷热电联产技术》需要引导学生从设备层面跃迁到系统思维层面,掌握冷热电协同运行机制及其工程实现路径。基于OBE理念,本课程确立了以下三项能力导向的教学目标:

- 目标一: 理解冷热电系统的协同运行逻辑: 从整体出发,掌握冷热电系统中负荷响应、电网互动及余热利用等关键机制;
- 目标二: 具备系统设计与技术表达能力: 通过建模与项目任务,提升学生在能源系统建构、优化与沟通表达方面的能力;
- 目标三: 增强绿色发展责任意识与社会价值判断力。

通过政策引导、案例研讨,引导学生理解工程技术与可持续发展之间的关系。

2 课程内容设计: 聚焦系统协同与行业场景

传统教学多围绕设备结构与原理展开,忽视了冷热电系统的协同机制,难以呈现系统整体性与工程逻辑。为提升学生的系统观与实践感,本课程在内容设计上进行了三方面优化:

2.1 模块重组: 以系统功能为主线。

课程内容由“设备分讲”重构为“系统协同”五大模块(见表1),依次涵盖城市能源系统、热源路径、冷源机制、电网耦合以及系统优化。每一模块在讲解原理基础上,注重功能关系与运行逻辑,帮助学生构建系统化知识框架。

模块编号	教学模块	教学聚焦
M1	城市能源系统与冷热电协同	解析区域能源系统中的冷热电联供机制、能源流路径及负荷协同特征
M2	热源系统与余热利用路径	比较抽汽供热、背压运行与余热耦合技术的适配性与经济性
M3	冷源系统与冷热同源原理	探讨吸收式制冷、热泵系统与电制冷方案的匹配条件与动态性能
M4	电网耦合与多能调节策略	分析冷热电系统与电力系统之间的柔性互动与负荷协调方法
M5	系统优化与典型项目案例	综合分析系统结构、运行特性与环境约束,开展工程方案设计

表1 教学模块划分与系统构建逻辑

2.2 案例嵌入: 以工程项目激活学习动机。

每模块匹配典型案例,如宁夏灵武电厂调峰适配、雄安能源站冷热储一体化方案、青岛工业园余热系统布置、“火—光—储”结构分析等,引导学生在真实问题中探究系统协同与

优化策略。部分案例由高校联合企业提供数据与任务,实现“模块内容+工程任务+行业导师”的三线融合,推动教学从“讲设备”向“解系统”转型^[1]。

2.3 衔接政策与技术前沿。

教学中引入“双碳”政策、新型电力系统建设、《“十四五”能源规划》等国家战略,拓展吸收式热泵、冷热同源技术、CCUS集成、AI负荷预测等热点内容。通过“政策—技术—责任”路径,推动学生建立从专业认知到工程伦理的系统意识^[2]。

3 教学方法创新:让“问题”成为课堂主角

面向大四学生的冷热电课程常面临考研与就业双重压力,传统讲授模式难以激发学习主动性。课程改革以“问题驱动”为核心,构建“导入—拆解—探索—呈现”的四阶段任务路径,通过工程情境再现和分组协作机制,激发学生的系统思维和工程表达能力。

3.1 热启动:用真实问题激发兴趣

课程内容以实际场景切入,如“150MW电源情况下如何兼顾电热冷负荷?”、“某供热企业如何解决热浪时段‘电空热溢’问题?”等,来源多为合作企业实际运行反馈,促使学生在“认知张力”中主动进入角色、展开分析。

3.2 结构化小班协作,驱动深度参与。

每组5-6人,设立项目经理、技术专员、数据员、汇报员等角色,围绕课程任务持续合作、分工明确,教师则转为“任务教练”与“问题回应者”,营造“做中学、问中练”的学习氛围。

3.3 递进式项目任务,推动认知向行动转化。

课程设置三项任务,分别锚定认知、责任与系统能力(见表2)

阶段	项目主题	核心目标	工具支持
P1	某区域冷热负荷分析与系统类型选择	训练冷热电联产方案设计与适用性判断	Excel建模、能量平衡表
P2	背压/抽汽/燃气冷热电联产系统对比研究	强化热电比计算、经济性与调节性评估	R E T - Screen、系统图绘制
P3	“未来园区能源中心”协同路径方案设计	综合考察学生设计与系统观	SketchUp、PPT、视频展示

表2 项目任务与工具支持

每项任务均要求提交工程方案与一份“公众传播作品”,如短视频或海报,提升学生的表达与传播能力。

3.4 校企联动场景延展,增强真实感。

企业专家参与任务讲解与评审,如能源园区管理者介绍运行瓶颈、技术主管解析系统改造逻辑等,使学生在真实工况中理解冷热电问题,提升“准工程师”角色认同。

4 构建多元协同的教学评价体系

基于OBE理念,课程构建“知识—能力—责任”三维教学目标下的全过程、多主体评价体系,围绕知识掌握、任务表现、表达传播与反思成长等环节精准反馈学生发展。

4.1 四维评价结构:精准对齐教学目标

表3展示了课程评价体系的构成。

评价维度	对应能力维度	评价方式	比重
知识理解	认知	随堂测试、术语解释、概念速答	20%
工程实践	行动	项目任务方案、模型设计、答辩汇报	35%
表达与传播	行动+责任	视频表达、图解呈现、公众科普演示	20%
责任意识与反思	责任	工程伦理辩论、个人反思文、期末表达	25%

表3 教学评价维度与方式

说明:每项任务均配备明确Rubric评分标准;学生需提交“学习档案袋”,完整记录其个人成长轨迹;课程总评=小组得分×70%+个人得分×30%,防止“搭便车”现象。

4.2 Rubric量表:清晰可视的能力成长标准

以项目三《未来园区能源中心设计》为例,其Rubric量表设置如表5所示。

评价维度	A(优)	B(良)	C(合格)	D(不合格)
系统集成能力	各系统间热/电/冷逻辑严密,互联清晰	系统较完整,部分连接逻辑略弱	存在模块割裂,协同机制不清晰	缺乏整体设计思维
技术合理性	参数选取合理,模型具备工程落地性	参数基本合理,有局部假设未说明	部分计算缺失或依据不充分	方案无计算支撑或逻辑混乱
绿色理念体现	体现碳约束、节能设计与再生能源	有减排设计,但未量化效果	降碳表述模糊,未体现系统优化	完全忽略绿色设计维度
公众表达能力	内容清晰、视觉美观、面向受众设计	表达结构完整,有一定受众意识	内容陈述流畅但缺乏传播设计感	语言混乱、逻辑凌乱、视觉混乱

表4 Rubric 量表设置

Rubric 打分不仅用于量化评分,还作为反馈工具,帮助学生清晰感知能力成长空间。

4.3 档案袋与成长轨迹追踪

学生需建立个人成长档案,内容包括项目草图、迭代日志、反馈记录、热点追踪笔记及自主反思报告。期末提交总结性报告,回答“我具备哪些能力”、“在哪些任务中遇到挑战”、“哪些知识对未来最有价值”等,引导学生形成自主成长路径。

4.4 企业评价参与:实现“第三方视角”校正

项目最终答辩环节邀请企业评审参与,从“系统落地性”、“技术路径创新性”、“工程表达逻辑”等维度打分并反馈。学生反馈称“第一次感到所学内容能被行业真正采纳”,显著增强学习成就感与职业目标感。

5 教学成效与持续优化机制

5.1 学生层面:认知深化与能力跃升

2024届与2025届学生反馈显示,课程改革显著提升了学习效果:(1)系统认知增强,93%的学生表示更清晰理解了冷热电系统协同结构与负荷匹配等关键机制;(2)绿色责任意识提升,超85%的学生关注“能源转型”、“电厂低碳”等工程社会议题;(3)表达能力进步显著,PPT汇报、短视频等任务帮助学生突破“只会做不善说”的表达障碍;(4)能力迁移显现,考研学生在复试中应用课程案例进行表达,就业学生则更理解冷热电系统在实际岗位中的作用。

5.2 教师层面:理念更新与协同机制成型

教师角色由“知识讲授者”向“任务引导者”转变,教学重心转向情境引导、项目推进与成果输出。跨教研室协同备课机制日益成熟,教师参与教案迭代、案例开发与企业调研,形成“教学+教研+实践”的融合氛围,推动课程资源持续优化。

5.3 课程层面:从内容到模式的系统升级

课程实现结构性转型:内容上由“设备分讲”转向“系统—路径—场景”逻辑重组,强调冷热电协同运行与实际工程背景的联动;方法上构建“情境导入—项目推进—成果表达”教学闭环,激发学生主动参与;育人上贯通“认知—责任—行动”三维目标,引导学生将专业知识转化为社会责任感。

同时,课程开发“冷热电教学案例库1.0”,涵盖区域能源站、分布式系统等典型场景。依托企业合作资源,实施“微任务进课堂”机制,将真实工程问题转化为教学素材,提升教学贴

近性与实用性。

5.4 持续优化路径:从“课程改良”走向“教学系统升级”

未来课程改革将从以下三个方向深化推进:首先,深化校企合作,引入企业运行数据与典型工况问题,拓展“企业导师进课堂”,设立“校园微网优化”、“园区余热利用”等实践课题,强化学生真实情境下的技术表达与系统建构能力。其次,推动资源数字化与教学混合化,开发冷热电系统仿真模块,结合虚拟实验平台设计如“冷却塔参数模拟”、“热泵耦合策略演练”等任务,提升线上自主建模与线下工程探究的融合体验。最后,强化课程协同,与《锅炉原理》、《能源管理》等课程形成协同链,贯通系统运行与调度逻辑。依托“联合设计周”、“课程思政协同计划”等,将冷热电项目嵌入环境、材料、自动化等多学科背景,构建跨专业融合育人机制。

6 结语

《冷热电联产及前沿技术》课程在大四阶段承担着从理论向工程实践转化的关键育人任务。尤其在“双碳”目标背景下,该课程不仅承载技术传授,更肩负绿色责任与系统思维的引导职责。

本轮改革以OBE理念为指导,围绕系统认知、工程表达与责任意识三大维度,通过教学内容重构、方法更新与评价体系优化,推动课程从“讲知识”向“育能力”转变。教学实践显示,学生能力成长与教师协作氛围均呈现良好态势。

面向未来,课程将持续推进校企联动、资源数字化与教学协同化建设,构建冷热电联产教育的系统化改革路径,服务于新工科背景下绿色能源人才的培养目标。

参考文献:

[1] 李楠,周文平,唐美玲.转型发展背景下“冷热电联产及前沿技术”课程教学方式改革探索与实践[J].沈阳工程学院学报(社会科学版),2021(01):91-94.

[2] 李楠,周文平,唐美玲.思政教育融入本科专业课的探索——以“热电冷联产”课程为例[J].沈阳工程学院学报(社会科学版),2022,18(02):141-144.

作者简介:周丹丹,女,汉,河南安阳,博士,讲师,研究方向:多能互补

项目信息:《能源与动力工程概论》思政与内容融合课程示范项目,项目编号PX-2224975