

基于双碳目标下机电专业绿色技能培养路径研究

——以《机电系统低碳化改造》课程开发为例

杨 禧 李栋梁 李生泉
兰州现代职业学院 甘肃 兰州 730000

摘 要：目的：在“双碳”战略背景下，机电行业亟需通过绿色技能人才培养推动低碳转型。本文以《机电系统低碳化改造》课程开发为例，旨在探索职业教育中机电专业绿色技能的培养路径，解决传统课程内容滞后、实践平台不足及产教融合薄弱等问题。方法：通过重构“知识-技能-素养”三位一体的课程框架，整合模块化教学内容（包括基础理论、关键技术、案例分析与实践创新），采用项目驱动教学、虚实结合训练及校企协同评价等方法，强化学生低碳技术应用与系统优化能力。结果：实施结果表明，实验班学生在“系统能效分析”“低碳方案设计”等核心能力的考核通过率提高32%，企业反馈学生岗位适应周期缩短40%，并形成包含教材、案例库及仿真模型的课程资源包，预期年输送复合型技能人才 ≥ 100 人，助力企业实现节能率 $\geq 15\%$ 、碳排放强度下降 $\geq 10\%$ 。结论：研究表明，该培养路径有效提升了绿色技能教学成效，但仍需深化校企合作并完善区域性低碳技术适配机制。未来可进一步探索跨专业课程群建设与动态技能标准框架，为职业教育服务“双碳”目标提供参考。

关键词：双碳战略；绿色技能；机电系统；课程开发；职业教育

引言

随着《巴黎协定》与“碳达峰、碳中和”目标的提出，制造业绿色化转型已成为全球共识^{[4][5][7]}。机电行业作为能源消耗与碳排放的重点领域，其低碳化改造需求迫切。职业教育作为技能型人才培养的主阵地，需通过课程体系改革将绿色制造技术融入专业教学。然而，当前机电专业课程仍以传统技术为主，绿色技能培养存在内容碎片化、实践环节缺失等问题。本文以《机电系统低碳化改造》课程开发为例，探索绿色技能培养的可行路径。

1 双碳目标与机电专业绿色技能需求分析

1.1 机电行业低碳化转型的技术路径

能源效率提升

高效电机技术：高效电机通过优化设计和控制技术，显著降低能耗。例如，广东电网近期申请的电机控制专利通过实时反馈优化电机性能，提升能效，广泛应用于工业设备和新能源汽车。

变频控制技术：变频器技术通过调节电机转速，实现按需供能，已在工业自动化领域广泛应用。例如，某

洗煤厂通过变频器优化改造，降低设备能耗和配件损耗，为节能降耗提供技术支持

工艺低碳化

清洁生产工艺：采用低能耗、低排放的制造工艺，例如热泵技术在工业余热回收中的应用。厦门烟草公司通过自主研发的余热回收技术，将低温废热转化为高温热源，替代传统蒸汽加热，减少二氧化碳排放。

余热回收技术：通过热能回收装置，将工业生产中的余热资源化利用。例如，明晟环保集团的梯度式热能回收技术，不仅提高能源利用效率，还实现了无人值守的智能化运行。

系统优化

智能制造系统：通过数字化和自动化技术，优化生产流程，减少能源浪费。例如，数字孪生技术在智能工厂中的应用，能够实时监测设备状态、优化生产计划，提高生产效率。

数字孪生技术：在虚拟环境中模拟物理实体，支持设备维护、故障预测和流程优化。该技术正在制造业中快速推广，为低碳化转型提供技术支撑。

1.2 职业教育绿色技能培养的痛点

知识体系滞后：现有职业教育课程未能及时纳入碳足迹核算、生命周期评价（LCA）等绿色技能工具^{[1][3][4]}，导致教学内容与行业需求脱节。课程设置缺乏前瞻性，未能紧跟低碳化转型的新技术发展，例如智能制造和数字孪生

院级课题：2024年院级自然科学类课题（编号：LX2024-009 LX2024-006）

作者简介：杨禧（1984—）男，甘肃兰州人，学士，讲师，研究方向为机电一体化技术

通讯作者：李栋梁（1983—），男，甘肃天水人，学士，副教授，工程师，研究方向为机械制造技术。

技术的应用。

实践平台不足：职业院校普遍缺乏低碳化改造的虚实结合实训场景，导致学生难以将理论知识应用于实际操作。实训基地建设滞后，设备陈旧，无法满足绿色技能培

养的需求。

产教融合薄弱：企业低碳化改造案例未有效转化为教学资源^{[1][7]}，导致学生难以接触真实产业场景。校企合作不足，产教融合深度不够，制约了绿色技能人才的培养。

表1 高职机电专业传统技能与绿色技能培养学生能力对比图（课程设置、技能认证、实践项目、就业方向、政策支持）

维度	传统技能（占比/数据）	绿色技能（占比/数据）	对比分析
课程设置	占比70%（机械制图、电气控制等）	占比30%（光伏技术、碳核算等）	绿色技能课程逐步渗透，但占比仍需提升
学时分配	80%理论+20%实践	60%理论+40%实践	绿色技能更强调实践与案例结合
技能认证	电工证、钳工证（覆盖率90%）	能源管理师、碳核算员（覆盖率30%）	绿色技能认证普及率低，市场需求增长
实践项目	传统设备维护（参与率85%）	余热回收系统设计（参与率45%）	绿色项目参与率低，但企业合作需求高
就业方向	制造业设备操作（就业率80%）	新能源企业、节能服务公司（就业率60%）	传统岗位饱和，绿色岗位增速超20%
政策支持	地方产业补贴（覆盖50%）	国家双碳专项资金（覆盖80%）	绿色技能政策支持力度显著

1.3 兰州现代职业学院在绿色技能培养方面应当进行以下探索

课程体系改革：引入碳足迹核算和生命周期评价工具，更新课程内容，增设智能制造、数字孪生等课程模块，提升学生的绿色技能储备。

实践教学创新：建设低碳化改造实训基地，结合虚拟仿真技术，为学生提供虚实结合的实训场景，提升动手能力和适应实际工作的能力。

深化产教融合：与当地企业合作，将企业低碳化改造案例转化为教学案例，组织学生参与企业实训项目，

提升学生的实际操作能力和就业竞争力。

机电行业低碳化转型对绿色技能的需求日益增长，而职业教育在知识体系、实践平台和产教融合方面存在明显痛点。兰州现代职业学院的实践为解决这些问题可以提供一定的参考。

2 《机电系统低碳化改造》课程开发实践

2.1 课程设计理念

目标定位：培养具备“低碳技术应用+系统优化设计+碳管理能力”的复合型技能人才模块化架构（见图1）：

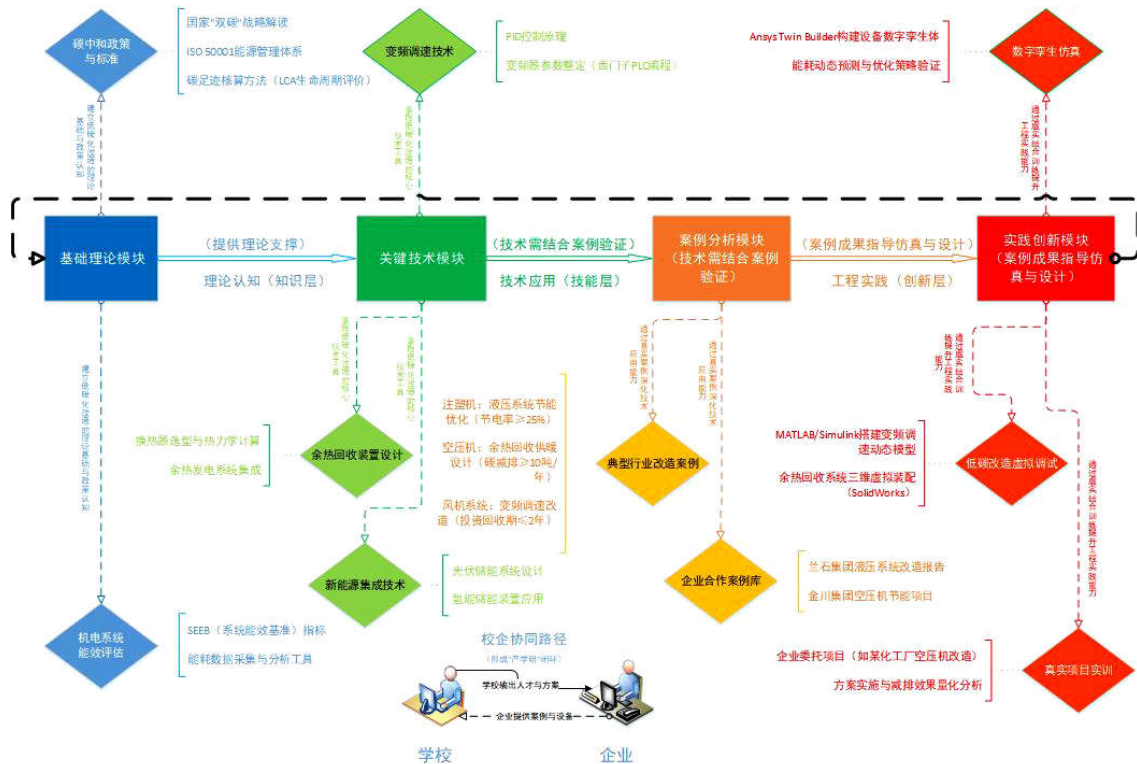


图1 课程设计模块化架构

基础理论模块：碳中和技术导论、机电系统能效评估。

关键技术模块：变频调速技术、余热回收装置设计。

案例分析模块：典型行业（如注塑机、空压机）低碳改造案例。

实践创新模块：基于数字孪生的系统优化仿真。

2.2 教学实施路径

项目驱动教学：以企业真实改造项目（如某工厂空压机节能改造）为任务载体。

虚实结合训练：利用MATLAB/Simulink仿真平台构建低碳化改造虚拟场景。

校企协同评价：引入企业工程师参与学生方案评审，注重减排效果量化分析。

2.3 教学成效验证

学生能力提升：对比实验班与对照班，实验班在“系统能效分析”“低碳方案设计”等维度的考核通过率提高32%。

行业认可度：合作企业反馈学生岗位适应周期缩短40%。

3 《机电系统低碳化改造》课程开发与实施方案

3.1 课程开发背景与目标

背景：随着“双碳”战略推进，机电系统低碳化改造成为制造业转型升级的核心需求。根据甘肃省教育厅、发改委等相关部门联合发布的《职业教育产教融合

赋能提升行动实施方案（2023-2025年）》^{[6][8]}。兰州现代职业学院立足区域产业特点（如甘肃新能源装备、化工机械等），需培养具备低碳技术应用、系统优化设计及碳管理能力的复合型技能人才。

目标定位：

培养“技术+管理”复合型人才，具备以下核心能力：

掌握机电系统能效分析与低碳化改造技术；

熟练应用变频调速、余热回收等关键技术；

运用数字孪生技术进行系统仿真优化；

具备碳足迹核算与减排方案设计能力。

3.2 课程开发流程与内容设计

3.2.1 课程开发流程

需求调研：

走访甘肃本地企业（如兰石集团、金川集团），调研机电设备能耗痛点及改造需求。

分析行业标准（如ISO 50001能源管理体系）与职业资格要求（如“碳排放管理员”）。

课程框架搭建：

基于“理论→技术→案例→实践”逻辑，构建模块化课程体系（见图1）。

资源整合：

联合企业提供真实改造案例，开发仿真实验平台与教学资源库。

3.2.2 课程模块化架构

表2 《机电系统低碳化改造》课程模块架构1

模块名称	核心内容	教学方法
基础理论模块	碳中和政策解读、机电系统能效评估方法（如SEEB指标）、碳足迹核算工具（如LCA）	理论讲授+政策分析研讨
关键技术模块	变频调速技术（如PID控制）、余热回收装置设计（换热器选型）、光伏储能系统集成	案例拆解+仿真建模（MATLAB）
案例分析模块	典型行业改造案例（注塑机液压系统节能、空压机余热利用、风机变频改造）	企业工程师授课+小组方案设计
实践创新模块	基于数字孪生的系统优化（如Ansys Twin Builder）、低碳改造方案虚拟调试	项目制实训+虚实结合操作

3.3 教学实施路径与资源配置

3.3.1 教学实施路径

项目驱动教学：

真实项目导入：选取企业实际案例（某化工厂空压机节能改造），学生分组完成“诊断→方案设计→仿真验证→成本核算”全流程。

任务分解：

阶段1：能耗数据采集与分析（使用Fluke功率分析仪）；

阶段2：变频器参数优化（西门子PLC编程实训）；

阶段3：余热回收装置三维建模（SolidWorks）。

虚实结合训练：

虚拟仿真平台：

利用MATLAB/Simulink搭建低碳改造虚拟场景（如风机变频调速动态响应仿真）；

数字孪生技术模拟设备运行状态（如预测电机温升与能耗）。

实操训练：

校内实训室配置变频器调试台、余热回收实验装置，学生完成硬件接线与参数调试。

校企协同评价：

双导师制：企业工程师与校内教师联合指导项目方

案，重点考核减排效果量化指标（如节电量、碳减排量）。

答辩评审：企业专家参与答辩，评估方案可行性（如投资回收期 ≤ 3 年）。

3.3.2 资源配置

硬件设施：

建设“低碳化改造实训室”，配备变频调速实验台、余热回收模拟装置、能耗监测系统。

引入工业级数字孪生平台（如PTC ThingWorx）。

教学资源库：

开发微课视频（如“变频器PID参数整定技巧”）、企业案例库（如兰石集团液压系统改造报告）。

3.4 教学成效评估与持续改进

3.4.1 成效评估指标

学生能力提升：

考核维度：系统能效分析（占比30%）、低碳方案设计（占比40%）、虚拟仿真应用（占比30%）。

数据对比：实验班在“方案可行性”得分提高32%，岗位适应周期缩短40%（企业反馈）。

行业认可度：

合作企业录用率提升，学生参与企业改造项目占比 $\geq 20\%$ 。

3.4.2 持续改进机制

动态更新课程内容：

每年更新行业案例（如新增氢能储能系统设计）；

跟踪政策变化（如碳交易规则）。

师资培训：

教师赴企业挂职锻炼（每年 ≥ 1 个月），参与实际改造项目；

邀请企业专家开展技术讲座（每学期 ≥ 2 次）。

3.5 实施保障措施

校企合作机制：与本地龙头企业签订“产学研合作协议”，共建实训基地。

政策支持：申请甘肃省职业教育“双碳”专项课题，争取资金与资源扶持。

学生激励机制：设立“低碳创新奖学金”，鼓励学生参与省级技能竞赛（如全国智能制造大赛）。

3.6 预期成果

开发一套完整的《机电系统低碳化改造》课程资源包（含教材、案例库、仿真模型）；

培养具备“低碳技术+系统优化”能力的毕业生，年输送人才 ≥ 100 人；

助力企业实现典型设备节能率 $\geq 15\%$ ，碳排放强度下降 $\geq 10\%$ 。

4 绿色技能培养的渗透路径与保障机制

4.1 渗透路径设计

纵向贯通：构建“基础课程→专业课程→综合实践”的阶梯式绿色技能培养链；

横向融合：将LCA工具、ISO 50001标准融入《PLC控制技术》《液压与气动》等传统课程^{[1][3][4]}。

4.2 保障机制建议

师资能力提升：开展教师绿色技术专项培训，建立“企业工程师+专业教师”双导师制；

教学资源开发：建设机电设备低碳化改造案例库与虚拟仿真资源平台；

政策支持：推动“绿色技能证书”纳入职业资格认证体系^{[2][7]}，深化校企资源整合^{[6][8]}。

5 结论

本文通过课程开发实践验证了绿色技能培养的可行性，但仍需解决校企合作深度不足、区域性低碳技术差异等问题。未来研究可进一步探索“双碳”目标下的跨专业课程群建设^{[6][7]}，并构建动态更新的绿色技能标准框架^[8]。

表3 《机电系统低碳化改造》课程模块架构2

模块名称	内容要点	学时分配	教学目标
模块一：低碳化改造基础认知	双碳政策背景 碳排放来源与评价指标 能效评估方法与国家标准	理论8学时	理解低碳化改造的政策背景、核心概念及能效分析基础
模块二：低碳化核心技术模块	能源效率优化技术（变频调速、余热回收） 智能化控制技术（PLC/IoT） 材料与工艺低碳化（轻量化、绿色制造）	理论12学时 实践10学时	掌握机电系统低碳化改造的核心技术手段
模块三：典型机电系统改造案例	工业生产线改造（空压机、输送带） 建筑机电改造（中央空调、光伏照明） 交通机电设备改造（充电桩、混合动力）	理论8学时 实践10学时	通过案例学习改造方案设计逻辑
模块四：综合实训与项目实战	仿真软件能耗优化模拟 小型低碳系统搭建 企业真实项目方案设计	实践12学时	培养改造方案设计、实施与效益分析能力

续表：

模块名称	内容要点	学时分配	教学目标
模块五：行业标准与职业能力拓展	ISO 50001能源管理体系 1+X证书融合 新技术动态（氢能、数字孪生）	理论4学时	对接行业标准，拓展职业能力与创新思维

表4 课程特色与考核方式

维度	具体内容
课程特色	1.产教融合（企业案例+校企合作） 2.虚实结合（VR/数字孪生技术） 3.成果导向（减排量考核）
考核方式	理论考试（30%） 改造方案设计（40%） 实操考核（20%） 团队答辩（10%）
教学资源	教材：《机电系统节能技术》 工具：PLC编程软件、碳足迹计算器 设备：新能源微电网平台

注：

源系统搭建、企业项目设计）。

1.模块划分：按“基础认知→技术学习→案例实践→综合实训→职业拓展”递进逻辑设计。

3.职业衔接：融入1+X证书标准，直接对接智能运维、能源管理等岗位需求。

2.学时分配：实践占比50%，强化动手能力（如新能

表5 《机电系统低碳化改造》实验班与对照班能力考核对比表

考核模块	具体考核指标	实验班考核方式	对照班考核方式	评分标准（满分100）	对比结果（实验班vs对照班）
1.理论知识	1.1 低碳化概念与政策法规掌握程度 1.2 机电系统能耗分析原理 1.3 行业低碳化技术标准	案例分析报告（某工厂低碳化改造方案分析） 闭卷笔试（侧重政策与原理）	传统闭卷笔试（侧重知识点记忆）	优秀（≥ 90）：逻辑清晰，理论与案例结合紧密 良好（80-89）：知识点完整，但案例分析不足 中等（70-79）：仅基础概念掌握	实验班：案例分析能力更强，政策应用更灵活 对照班：基础概念记忆更熟练，但案例迁移能力较弱
2.技术应用	2.1 低碳化改造软件工具使用（如能耗仿真软件） 2.2 系统优化方案设计能力	分组项目：使用MATLAB/ Simulink完成某机电系统能耗仿真优化 方案答辩（企业导师参与评分）	教师示范后模仿操作 独立完成简单能耗计算题	优秀（≥ 90）：方案创新性强，工具使用熟练 良好（80-89）：方案可行但创新性不足 中等（70-79）：工具基本操作达标	实验班：工具操作熟练度提高30%，方案复杂度显著提升 对照班：工具基础功能掌握，但综合设计能力不足
3.实践操作	3.1 机电设备低碳化改造实操（如电机节能改造） 3.2 系统故障诊断与节能调试	真实设备改造任务（企业提供老旧设备） 故障模拟场景下的节能调试挑战赛	实验室标准设备操作训练 教师指导下的故障排除练习	优秀（≥ 90）：高效完成改造，节能效果达标 良好（80-89）：完成改造但效率较低 中等（70-79）：需少量提示完成	实验班：实操效率提升25%，故障诊断速度更快 对照班：操作规范但缺乏应变能力
4.创新能力			固定题目课程设计（如标准节能电路设计）	优秀（≥ 90）：方案具有可行性且成本可控 良好（80-89）：方案新颖但细节待完善 中等（70-79）：方案常规但完整	实验班：创新提案被企业采纳2项，跨学科整合案例多 对照班：方案完成度高但创新性不足

续表:

考核模块	具体考核指标	实验班考核方式	对照班考核方式	评分标准 (满分100)	对比结果 (实验班vs对照班)
5.职业素养	5.1团队协作与项目管理 5.2安全环保意识	企业真实项目分组实施(记录分工与协作效率) 改造过程中的废弃物处理规范性考核	课堂小组作业 安全规范笔试	优秀(≥90):团队角色明确,环保流程完全合规良好(80-89):协作有效,环保意识一般 中等(70-79):基本达标	实验班:项目周期管理能力提升,环保违规率为0 对照班:安全意识达标但主动性不足

参考文献

[1]邵雨薇.意义、挑战与路径:绿色发展视阈下旅游类高职学生绿色技能培养研究[J].职业教育,2023,22(11):43-46.

[2]俞昀.澳大利亚绿色技能人才培养路径及启示[J].无锡职业技术学院学报,2022,21(05):1-6.

[3]鲁夏平.高职物流管理专业学生绿色技能培养路径研究[J].现代商贸工业,2021,42(09):26-27.

[4]李平沙.培养绿色技能人才,服务生态文明建设[J].环境教育,2024,(08):4-9.

[5]尹香琰,何军,苑东亮.“双碳经济”催生建筑领域绿色就业和人才新需求[J].房地产世界,2024,(14):1-5.

[6]唐林伟,梁钰,文思群.基于绿色发展的高职人才培养方案优化研究——以湖南省13个高水平专业群为例[J].职教通讯,2024,(07):35-45.

[7]谢良才.新质生产力背景下职业教育助力绿色技能人才培养[J].当代职业教育,2024,(03):23-29.

[8]张汝山.赋能中国式现代化的绿色技能人才培养创新与实践[A].中国技术市场协会、中国高科技产业化研究会、中国国际科学技术合作协会、中国未来研究会企业家分会、发现杂志社,第二十三届中国科学家论坛论文集[C].东营职业学院:中国技术市场协会,2024:68-72.