

人工智能赋能《供配电系统运行与维护》课程 数字化教学模式改革与探索

程光蕾

(广州民航职业技术学院,广东广州 510403)

[摘要]随着粤港澳大湾区机场群智慧化不断升级,机场供配电技术深度融合人工智能巡检、数字孪生监控、全周期智能运维等新型技术,民航电气复合型技术技能人才缺口持续增大。现阶段高职院校机场电工专业核心课程《供配电系统运行与维护》普遍存在教学内容与民航业专用规范脱节、高压高危实操实训条件受限、智能运维教学模块缺失、岗课赛证一体化育人机制构建不完善等现实问题。本文立足于职业教育数字化转型政策导向,依托人工智能、虚拟仿真数字化教学载体,构建“课程体系重构—民航专属数字化教学资源开发—闭环式课堂教学模式革新”三位一体的课程改革实施路径,搭建院校与属地机场运维单位常态化校企合作机制,探索适配民航场景的供配电智能运维虚拟仿真实训教学平台。本次课程改革以岗位核心能力培育为导向,强化学生民航供电系统故障处理能力与岗位适配能力,为民航电气类专业数字化课程改革提供可落地、可复制的实践范式。

[关键词]职业教育;机场供配电;智能运维;虚拟仿真;产教融合

[作者简介]程光蕾(1988—),女,湖北武汉人,广州民航职业技术学院民航电子信息工程学院讲师,工学硕士,研究方向:电力电子技术、机场供配电技术。

[基金项目]本文系广东省职业学校现代学徒制教指委2025年教改课题“数字化赋能职业院校‘双师’教师协同教学能力培养路径研究”(项目编号:2025GDXDXTZJZW56)。

[DOI] <https://doi.org/10.62662/kxwxz0307028>

[中图分类号] G642

[本刊网址] www.oacj.net

[投稿邮箱] jkw1966@163.com

2019年2月,中共中央、国务院印发《粤港澳大湾区发展规划纲要》,布局广州白云、深圳宝安、珠海金湾等区域枢纽机场改扩建工程,区域民航基础设施扩容带动机场供配电运维岗位人才需求持续增长。2022年修订实施的《中华人民共和国职业教育法》,将深化产教融合、推进职业教育数字化转型确立为职业教育高质量发展的法定任务。2023年3月,广东省教育厅制定《广东省教育数字化转型实施方案(2025—2027)》,方案明确提出,各职业院校需分行业开发具有产业专属属性的数字化教学资源,推动传统工科专业教学体系数字化迭代升级。这一系列政策为人工智能赋能民航院校课程改革提供了有力的政策指引。

一、研究背景

(一)政策与产业双重驱动人才培养转型

机场供配电系统供电可靠性要求明显高于工业供配电体系,航站楼旅客信息显示系统、空管通

信导航设备、跑道助航灯光设施均属于一级负荷中特别重要负荷,系统架构、运维流程执行遵循民用航空标准,对从业人员的规范操作能力、应急故障处置能力要求较高。机场电工专业学生除掌握常规高低压配电运维技术外,还需具备智能监测系统操作、设备运行数据分析、多电源协同故障排查等专业数字化能力。

(二)传统课程教学过程中的三大痛点

1. 教学内容行业适配性不足,民航专属技术模块缺失

现行《供配电系统运行与维护》课程教学框架照搬通用工厂供电课程体系,未对标《民用运输机场供配电系统设计规范》设置教学内容,机场110 kV专用变电站运维、助航灯光恒流供电控制等民航特色教学内容存在大面积空白。光伏储能并网、智能在线巡检等新型运维技术尚未纳入常规教学模块。

2. 高压高危实训场景落地难

35 kV 输电线路短路故障、高压开关柜内部绝缘击穿等典型实训场景具备不可逆损毁、人身安全风险高、设备损耗成本高等特点,学生线下实操训练时长严重不足,面对大面积停电、高压设备突发故障等极端工况时的应急处理能力明显不足。

3. 岗课赛证融合育人机制尚未形成体系

课程教学内容与民航运维岗位能力要求、变配电运维 1+X 职业技能等级证书考核纲要、职业院校技能大赛供配电赛项考核要点匹配度较低。课程标准编制阶段企业技术专家参与权重不足,教学任务与现场工作流程割裂;1+X 证书考核采取考前集中集训模式,考核要点未嵌入日常课堂教学;技能竞赛实训项目独立于常规课程体系,仅少量参赛学生可接触高阶实操训练,无法实现以赛促教、以赛促学普惠化落地。

(三)国内外研究现状

虚拟仿真实训教学方式已在电力系统教学、民航机电维修教学领域广泛应用。通用供配电仿真教学软件仅覆盖变压器拆装、基础倒闸操作等基础实训内容,未搭建民航领域专属的供电场景;现有民航领域 VR 数字化教学资源集中于航站楼空间布局展示、航空器机电维修实训,未覆盖全站级智能供配电运维全流程教学场景。欧美民航供电设计规范,与我国现行民用机场供电国标、行标存在体系差异,他们的实训平台无法直接应用于国内高职院校教学。

国内现有研究多聚焦通用工业供配电、城市轨道交通供配电数字化教学改革,针对民航机场供配电体系的专项课程改革研究较少,尚未构建“民航行业标准+智能数字化运维+全流程岗位实操”一体化教学体系,为本课程改革提供了充足的创新空间。

二、课程改革理论支撑与整体设计思路

(一)产出导向教育(OBE)理论

前期开展粤港澳大湾区机场运维岗位深度调研,明确学生毕业需达成的专业知识、实操技能、职业素养三维培养目标;以岗位能力标准为基准反向拆解模块化课程教学单元,将机场运维典型工作任务转化为标准化实训项目;搭建全过程多元教学评价体系,结合过程性考核、企业实习反馈、证书考核数据动态研判学生能力达成情况,形成教学质量闭环优化机制。

(二)岗课赛证一体化育人理论

以机场运维岗位操作规程修订课程标准;将 1+X 变配电运维证书考核要点分层嵌入各教学模块;

提取职业技能大赛智能供配电赛项技术规范拓展实训项目;依托课程考核、证书取证、竞赛成果、企业实习评价构建综合学分认定体系,实现四维要素一体化融合。

(三)改革总体实施框架

本次课程改革遵循“产业需求研判—课程体系重构—数字化教学资源开发—分层教学落地—校企协同迭代优化”五阶段实施流程,围绕模块化课程体系、民航专属虚拟仿真教学资源、闭环分层教学模式三大核心任务搭建虚实一体化数字化教学体系,整体改革框架以行业岗位需求为起点,以学生综合运维能力提升为终点,建立院校、机场运维单位双主体协同更新机制,保障课程内容、实训资源与行业技术同步迭代。

三、教学改革实施路径与具体举措

(一)重构具备民航行业专属属性的分层模块化课程体系

以《民用运输机场供配电系统设计规范》《供配电系统设计规范》两项国家标准为编制依据,围绕航站楼配电系统、综合交通枢纽 GTC 能源站、飞行区助航灯光供电系统三大民航核心负荷场景,按照“基础认知层—专项运维层—综合应急层”三级递进逻辑重构模块化课程体系。课程模块具体划分如下:

1. 模块一:机场供配电系统基础架构

教学目标:掌握民航供配电负荷分级标准、三级供电架构、行业专用规范基础条款,能够识别机场一次电气设备结构特征。

核心教学内容:民用机场供电行业规范条文解读、三级供电网络拓扑结构、特别重要负荷保障要求、高低压一次设备结构分类。

配套实训项目:虚拟变电站全域巡检、高低压一次设备三维拆解与装配实训。

2. 模块二:航站楼低压配电系统运维

教学目标:独立完成航站楼低压成套配电柜常规运维操作,掌握 EPS 应急电源切换逻辑,处置低压末端常见电气故障。

核心教学内容:低压母线槽运维规程、EPS 不间断应急电源结构与切换原理、航站楼照明集中控制系统、低压配电故障排查流程。

配套实训项目:低压配电柜标准化倒闸操作、EPS 电源毫秒级切换工况实训、航站楼末端负荷断路、漏电故障排查。

3. 模块三:机场高压供配电系统运维

教学目标:熟练执行 10 kV、35 kV 高压设备标

准化停送电流程,掌握油浸式、干式变压器运维规范,读懂继电保护基础定值参数。

核心教学内容:高压成套开关柜结构、变压器周期性巡检项目、继电保护基础配置、高压作业安全操作规范。

配套实训项目:高压设备标准化停送电操作、变压器温升、渗漏油故障模拟巡检、继电保护定值核对实训。

4. 模块四:飞行区助航灯光专用供电系统

教学目标:掌握助航灯光恒流串联供电系统运行原理,独立完成调光设备操作与回路故障定位。

核心教学内容:恒流调光器控制逻辑、跑道灯光串联供电回路、灯光远程监控系统运维规范。

配套实训项目:恒流调光器参数调试、灯光回路断路、短路故障定位、跑道灯具更换模拟实训。

5. 模块五:智能运维与全站综合应急处置

教学目标:熟练操作供配电智能监控 SCADA 系统,掌握多电源同步失电、线路雷击短路等极端工况综合应急处置流程。

核心教学内容:数字孪生在线监控平台操作、设备故障智能研判流程、双路市电同步断电全站应急处置、配电区域火灾联动断电操作。

配套实训项目:智能监控系统数据调取与分析、多类型复合故障智能排查、全站大面积停电综合应急演练。

各模块配套标准化能力达成评价指标,同步嵌入 1+X 变配电运维中级证书 85% 以上核心考核要点,学生完成课程全部模块学习后可直接参与职业技能等级考核,实现课证内容深度融通。

(二)校企协同开发民航专属数字化虚拟仿真教学资源

联合合作机场运维技术部组建数字化资源开发专班,按照“实景三维建模、故障案例标准化沉淀、智能研判模块集成”三层架构搭建民航供配电智能运维虚拟仿真教学平台,资源开发全流程依托机场现场真实图纸、运维台账、设备运行数据完成,保障仿真过程与现场运行状态高度相似。

1. 全域实景高精度三维建模

采用三维建模技术 1:1 复刻航站楼高低压配电房、110 kV 中心变电站、飞行区助航灯光配电回路全场景,设备建模精度覆盖零部件层级。学生可在虚拟环境内多角度观测设备内部结构,完成拆解、装配、启停、切换全流程交互操作。场景内同步标注民航高压作业安全标识、标准化操作流程提示文本,持续强化学生行业规范执行意识。

2. 民航运维标准化故障案例资源库搭建

系统梳理雷击输电线路短路、高压开关柜局部放电、助航灯光串联回路断路等 50 余项典型故障工况,形成标准化故障案例库。每一项故障案例都统一编制故障现象、分层排查流程、标准化处置方案、长期预防管控措施四项内容,完整还原现场故障处置全流程。校企联合教研团队每半年更新一次案例库,同步纳入机场新增设备、新型故障工况。

3. 智能故障研判实训子系统集成

实训平台搭载基于机场历史故障数据集训练的故障研判子系统,采用知识图谱结合智能算法架构,实现故障诱因自动识别、分级处置方案智能推送。学生开展故障排查实训期间,系统全程记录操作时序、排查逻辑、操作规范度;实训任务完成后,系统从故障诊断逻辑、操作的合规性、处置时效三个维度出具量化评分报告,同步标注操作疏漏、流程错误,提供标准化优化方案。该子系统既可作为学生自主实训指导载体,也可辅助教师完成大批量实训作业统一评阅,降低实训教学管理工作量。

(三)构建“四三二一”分层闭环教学实施模式

依托数字化平台搭建“40% 课堂理论讲授+30% 虚拟仿真实训+20% 机场顶岗实习+10% 实训复盘提质”四维闭环教学模式,打通理论教学、虚拟实训、现场实习、总结优化全教学链条,实现虚实教学、校场教学、学习反思有机融合。

1. 课堂理论讲授

采用线上线下混合式理实一体化教学模式,课前依托在线教学平台推送行业规范电子讲义、设备运维微课、现场运维实录视频等预习资源;课堂采用任务驱动式案例教学,结合虚拟仿真实时演示拆解抽象供电切换逻辑,重点讲解民航专属供电规范、高压作业安全准则、智能监控系统运行原理,规避与通用工厂供电课程内容重复。

2. 分层虚拟仿真实训

虚拟实训按照基础认知、专项实操、综合应急三层梯度递进开展:基础层完成设备认知、单项标准化操作训练;专项层开展单类设备定向故障排查实训;综合层模拟全站同步停电、多设备复合故障等极端应急工况演练。学生可结合自身掌握程度自主选择实训难度,不限操作次数反复训练,平台自动留存全部实训操作数据,生成个人实训能力数据。

3. 机场现场顶岗实习

依托校企合作运维基地分批次组织学生现场教学,设置认知见习、辅助跟岗两个阶段。认知见

习阶段由机场资深运维工程师带队全域巡检,熟悉现场设备布局、日常运维流程;辅助跟岗阶段学生在工程师全程监护下,完成低压设备外观巡检、运行参数抄录、设备台账整理等辅助工作,严格遵循机场安全生产管理制度,规避高压设备近距离独立操作风险。

4. 复盘总结提升

依托虚拟仿真平台沉淀的实训数据开展常态化教学总结。单项实训结束后组织小组研讨,学生分享故障排查思路与实操问题,授课教师结合行业标准点评优化处置流程;综合应急实训完成后撰写标准化实训总结报告,梳理个人实操短板,制定针对性提升方案。授课团队定期汇总全体学生实训数据,定位整理教学薄弱模块,同步优化下一阶段教学内容与实训项目的设置。

(四) 建立岗课赛证深度融合配套实施机制

构建“岗位标准对接课程标准、证书考点融入日常教学、竞赛项目拓展实训体系、多元评价综合认定”一体化融合机制,打通岗、课、赛、证四者评价壁垒。

1. 岗位标准与课程标准双向对接

邀请机场高压运维高级工程师、电气工程师全程参与课程标准编制工作,将岗位运维操作规程、上岗能力考核指标逐条转化为课程教学目标,编制岗位工作任务与课程教学模块一一对应映射表,确保岗位核心操作能力均设置配套教学实训单元。

2. 职业技能等级证书考点嵌入常规教学

将1+X变配电运维中级证书理论考点拆分至各模块理论课堂,实操考核项目转化为标准化虚拟实训任务。课程综合考核达到合格标准的学生,可豁免证书部分基础考核项目,落实课证融通考核互认机制。

3. 技能竞赛标准赋能常规实训教学

提取全国职业院校技能大赛智能供配电赛项设备安装、故障排查、智能调控技术标准,开设拓展实训项目;组建竞赛兴趣培优小组,选拔具备专业基础的学生开展高阶实训训练,同步将竞赛涉及的新型设备、智能调控技术更新至常规教学模块,实现以赛促教、全员受益。

4. 多元化的综合评价体系

结合课程学习过程中的考核成绩、1+X证书考证结果、技能竞赛获奖情况、机场定岗实习的企业评价四项内容,建立综合职业能力学分折算规则,全方位、多角度评价学生综合职业素养,规避只是期末笔试考核带来的局限性。

四、本项课程改革的创新点

(一) 行业适配的维度创新:构建民航专属特色教学体系

现有《供配电系统运行与维护》课程体系多面向通用工业、轨道交通等场景,缺少机场特有的供电负荷、应急保障架构等相关内容。本次课程改革严格对标民用机场供电行业规范,完整复刻航站楼、飞行区、交通枢纽多分区供电网络、三级应急电源联动、助航灯光恒流供电等民航独有的工作状况,尽可能填补民航供配电专项数字化教学资源的空白,课程内容与机场运维岗位匹配度显著提升,从而实现教学内容与岗位需求的精准适配。

(二) 实训平台的维度创新:数字孪生结合智能研判实现个性化实训指导

本实训平台集成故障智能研判子系统,完整记录学生故障排查全流程操作时序,定位诊断逻辑漏洞、操作不规范问题,分层推送个性化优化方案,为每位学生配置标准化实训指导载体,实现分层、精准化实操教学,可降低大班实训教学的指导压力。

(三) 育人机制的维度创新:形成可推广的课程改革范式

搭建“理论教学—虚拟实操—现场实习—复盘优化”的教学闭环,建立“产业需求调研—课程资源迭代—教学实践落地—企业反馈优化”的长效课程更新机制。整套改革框架不局限于机场电工专业《供配电系统运行与维护》课程,可迁移应用于电力、轨道交通、化工等高风险、高设备损耗行业其他工科专业教学改革,具备广泛的推广价值。

五、总结

本文围绕人工智能赋能《供配电系统运行与维护》教学模式改革开展研究探索,改革立足粤港澳大湾区智慧机场集群人才培养现实需求,依托人工智能、虚拟仿真、智能研判等数字化技术,系统性破解传统课程行业适配度不足、高压高危实训难以落地、岗课赛证融合程度低、教学内容滞后产业技术四大核心矛盾。通过民航特色模块化课程重构、校企协同数字化实训资源开发、“四三二一”闭环分层教学模式落地,搭建岗课赛证一体化数字化育人体系,为电气自动化、民航机电维修等工科专业数字化教学转型提供标准化实践参考,助力智慧民航产业高质量发展与职业教育数字化转型双向赋能。

参考文献:

[1] 广东省教育厅. 广东省教育数字化转型行动方案(2023—2027)[Z]. 粤教基[2023]10号, 2023.

[2]汪文才. 教育信息化背景下虚拟现实技术赋能教育教学策略研究[J]. 中国教育技术装备, 2024(21):36-38.

[3]许素玲. 基于智能供配电实训平台的供配电技术课程教学改革研究[J]. 创新创业理论研究与实践, 2024, 7(14):37-40.

[4]温苾芳, 魏蒙希, 李钦林, 等. “新工科”背景下供配

电技术课程教学改革[J]. 科技风, 2023(16):48-50.

[5]孙红艳. AI 驱动下的供配电技术课程改革[J]. 国际教育论坛, 2025, 7(8):60-62.

[6]王立坤, 郭庆波, 戈宝军, 陶大军. 生成式人工智能助力电气工程研究生培养的探索[J]. 中国现代教育装备, 2026(13):24-27.

Reform and Exploration of Digital Teaching Mode in the Course of “Operation and Maintenance of Power Supply and Distribution System” Empowered by Artificial Intelligence

CHENG Guang-lei

(Guangzhou Civil Aviation College, Guangzhou Guangdong 510403, China)

Abstract: With the continuous intelligent upgrading of the airport cluster in the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, airport power supply and distribution technologies are deeply integrated with emerging technologies such as artificial intelligence inspection, digital twin monitoring and full-cycle intelligent operation and maintenance. The shortage of interdisciplinary technical and skilled talents in civil aviation electrical engineering keeps expanding. At present, “Operation and Maintenance of Power Supply and Distribution System”, the core course for the airport electrician major in higher vocational colleges, generally faces practical problems. These include disconnection between teaching content and special civil aviation industry specifications, constraints on practical training for high-voltage and high-risk operations, lack of teaching modules for intelligent operation and maintenance, and imperfect construction of the integrated education mechanism integrating posts, courses, competitions and vocational certificates. Guided by the policies on the digital transformation of vocational education, this paper relies on digital teaching carriers including artificial intelligence and virtual simulation to construct a three-in-one implementation path for curriculum reform, namely “reconstruction of curriculum system—development of civil aviation-specific digital teaching resources—innovation of closed-loop classroom teaching mode”. It establishes a regular school-enterprise cooperation mechanism between colleges and local airport operation and maintenance institutions, and explores a virtual simulation training platform for intelligent operation and maintenance of power supply and distribution adapted to civil aviation scenarios. Oriented by cultivating students’ core post competencies, this curriculum reform strengthens students’ capabilities in fault handling of civil aviation power supply systems and post adaptability, and provides a practicable and replicable practical paradigm for the digital curriculum reform of civil aviation electrical majors.

Key words: vocational education; airport power supply and distribution; intelligent operation and maintenance; virtual simulation; industry-education integration