



基于校企合作的燃气输配智慧化实验 平台设计与开发

周昊¹, 周诗崇¹, 马鸿雁², 杨足膺³, 高玉明¹

(1. 常州大学 江苏省油气储运技术重点实验室, 常州 213164; 2. 建东职业技术学院继续教育处, 常州 213032;
3. 常州大学 商学院, 常州 213159)

摘要: 针对燃气企业人才职业能力培养与新工科背景下燃气输配课程教学改革的需要, 实施工业指导、校企共建, 设计建设了燃气输配智慧化实验平台, 开发出多种类型的实验项目, 构建了多层次实验教学项目体系并进行了实验教学方法的探索。该平台运用各种信息化先进技术, 可模拟燃气输配管网工艺系统及运行工况、燃气管网智能化控制系统运行、燃气管网事故应急处理等任务, 具有丰富多样的实验与工程实训功能, 有利于实施理实一体化教学, 锻炼和提高学生的工程实践能力、智能化能力和创新意识, 加强培养学生解决城市燃气输配复杂工程问题的能力和素质。

关键词: 校企合作; 智慧化; 燃气输配; 实验平台; 设计开发

中图分类号: TU996.6

文献标志码: A

DOI: 10.12179/1672-4550.20220325

Design and Development of Intelligent Experimental Platform for Gas Transmission and Distribution Based on School-enterprise Cooperation

ZHOU Hao¹, ZHOU Shidong¹, MA Hongyan², YANG Zuying³, GAO Yuming¹

(1. Jiangsu Key Laboratory of Oil-Gas Storage and Transportation Technology, Changzhou University, Changzhou 213164, China;
2. Continuing Education Department, Jiandong College, Changzhou 213032, China;
3. School of Business, Changzhou University, Changzhou 213159, China)

Abstract: In view of the needs of talent professional ability training for gas enterprises and teaching reform for gas transmission and distribution course under the background of new engineering, a set of intelligent gas transmission and distribution teaching experimental platform is designed and constructed by industry guidance and school-enterprise cooperation. In the same time, various types of experiment item are developed for the construction of a multi-level experimental teaching system and the experimental teaching methods are explored. The platform can simulate the gas transmission and distribution network process system and its operating conditions, the gas transmission and distribution network intelligent control system operation, emergency treatment of gas transmission and distribution network accidents and other tasks by various advanced information technologies. The platform has a variety of experimental and engineering training functions, which is conducive to the implementation of integrated teaching of theory and practice, and can train and improve students' engineering practice ability, intelligent ability and innovation consciousness, and cultivate students' ability and quality to solve complex engineering problems of gas transmission and distribution.

Key words: school-enterprise cooperation; intelligent; gas transmission and distribution; experimental platform; design and development

目前我国正在大力推进一带一路战略, 随着“一带一路”能源合作的深入, 将大大改善我国的能源结构, 促使国内天然气用量快速增加和智慧型能源互联网的加速构建^[1]。城市燃气输配智慧

管网相关技术的迅猛发展, 对精通燃气输配和智能化业务的复合型人才的需求量将急速增加。作为江苏省唯一一所设有油气储运工程本科专业的院校, “十四五”期间常州大学将承担为江苏省

收稿日期: 2022-06-06; 修回日期: 2023-07-10

基金项目: 国家自然科学基金(41801194); 江苏省高等教育教学改革研究课题(021JSJG369); 常州大学教育教学研究课题(GJY2023044, CDSG2023301)。

作者简介: 周昊(1979-), 男, 博士, 副教授, 主要从事燃气输配技术及油气储运腐蚀与防护技术研究。E-mail: 10513781@qq.com

相关燃气企业培养大量掌握燃气输配专业知识并具有较强工程实践能力、创新能力和智能化能力的复合型人才的重任。《教育部工业和信息化部中国工程院关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》为中国高等工程教育的深化改革提供了全新思路和实施方案^[2]。因此,在能源革命和智能革命背景下,构建“工程+智能”的智慧化燃气输配实践教学平台,改进教学方式,加快工学融合,加强学生工程实践能力、创新能力、智能化能力和职业道德的培养,是积极响应国家战略部署,探索新工科建设和满足为江苏省相关燃气企业培养大量符合企业需求,深受企业欢迎的复合型技术人才的迫切需要。同时加强学校与企业的合作,产学研融合,校企双方互相支持、互相渗透、双向介入、优势互补、利益共享,是实现 OBE 理念指导的现代工程教育与企业生产需求可持续发展的重要途径^[3-4]。

当前有关传统工科实践教学平台及教学模式的研究比较丰富,而在新工科建设背景下面向行业智慧化转型升级的工程实践教学平台的研究却寥寥无几。文献 [5] 在智慧建造背景下,将虚拟现实 (virtual reality, VR), 增强现实 (augmented reality, AR), 建筑信息模型 (building information modeling, BIM) 等信息技术有机融入土木建筑类专业实践教学,建设三层架构的实践教学平台,开发系列虚实结合的实践教学项目,融入“1+X”证书,强化技术技能人才培养,形成具有特色、可供借鉴的教学经验。文献 [6] 基于现代信息技术与教育教学的深度融合,构建合作、开放、生态、共赢的智慧型实验教学示范中心,实现数据可视化的智慧教学、智慧管理和智慧展示,并提供开放实验设备、软硬件支持和在线指导,形成多元协同、内容丰富、应用广泛、服务及时的云服务实践教学体系。文献 [7] 针对新工科背景下现代非制造产业对人才培养的要求,提出完善校企协同育人机制、设计实践教学智慧平台、建立教学过程智能评价系统等措施,为培养多元化、创新型的卓越人才提供帮助。文献 [8] 通过设备升级改造、互动式教学资源开发、智慧城轨运维与管控实训平台、大数据系统建设等多项举措,形成教学、实训、科研、社会服务功能于一体的智慧实训平台,实现实训基地产学研用功能深度融合,有效推动专业人才智慧化培养。

综上所述,面对能源革命和智能革命,国内各相关高校对智慧化实验平台建设及教学模式改革进行了初步探索,但还缺乏系统化、整体化和专业化研究。因此从这一现状出发,结合城市燃气行业特点,按照“产教深度融合、校企协作双赢”的理念,实施行业指导、校企合作,以培养掌握燃气输配专业知识和具有较强工程实践、创新和智能化能力的人才为目标,以实践教学为主线,常州大学积极与港华燃气、江苏省天然气等燃气企业在实验平台规划设计、实验项目开发利用、实验教学方法研究等领域充分合作,设计建设了燃气输配智慧化实验平台并深入探索实践教学资源智慧升级、实践教学内容智慧更新、实践教学方法智慧立体化。

1 实验平台的设计建设思路

在常州大学油气储运工程专业创新复合型技术人才培养目标的指导下,通过专业教师深入燃气行业调研、邀请行业专家咨询指导及对燃气行业标准的分析,按照企业人才职业能力培养和工程化训练的要求进行论证,确定了燃气输配智慧化实验平台的设计建设思路,突出“理论与实践、产业与教学、科研与教学、思政与实践、工程与信息技术”相结合,实现实践教学资源智慧升级,以符合行业数字化、信息化、智能化转型发展需求。

1) 实验教学平台建设强调新工科建设的应用实践性,既要结合理论教学需求,又要贴近工程实际,以工程化训练为主导,使学生通过实验教学平台的训练能在生产第一线解决实际生产问题。实验平台应依据 GB 50028—2006 城镇燃气设计规范,以实际城市燃气输配系统中的燃气管网工艺作为设计蓝本,模拟实现枝状管网和环状管网两种不同管路系统布置工艺,并且管网状态之间可自由切换。实验平台设计采用工程化设计思路,包括完整的管网系统及设备,设计的管径、阀门材质及安装固定方式等均参照企业工程现场的各项要求来实现。在实验平台上,可以创设燃气输配管网真实工作任务、真实工艺流程及运行工况的教学情境,使学生对燃气输配管网系统设备、运行控制和操作有直观、系统和全面的认识,强化工程实践能力、规范操作能力、创新及智能化能力和团队协作能力的培养和锻炼,培养学生的职业认同感和工作责任感,并使之养成良

好的职业习惯和职业道德, 培养大国工匠精神, 达到提升职业核心能力的目的^[9]。

2) 实验教学平台建设要考虑集成性、开放性与实践教学、工程化训练、社会化服务共享性相结合, 融入数字化、信息化和智能化新技术。在调研分析燃气输配工程特点和燃气输配技术发展趋势基础上, 建设集燃气输配管网系统及设备实验、燃气输配管网工艺及运行工况实验、燃气输配管网智能化控制系统实验和燃气输配管网安全管理及事故应急处理实验于一体的集成性、开放性、综合性燃气输配智慧化实验平台。该平台功能多元, 拥有较高的智能化和信息化水准, 以本科实验教学、工程化实践训练、燃气企业员工职业技能培训与鉴定功能三位一体建设, 并兼具良好的扩展性和兼容性, 实验平台软件可升级和二次开发, 并可根据燃气输配相关理论进行扩展设计出新的实验项目和内容。

3) 实验教学平台建设注重跨学科交叉融合, 考虑专业技术与安全管理技术相结合, 注重培养学生在燃气输配管网操作及管理上的安全意识, 提升学生在实际燃气输配工作中的安全操作管理及事故应急处理能力。目前燃气行业的发展迫切需要知工艺、懂安全、精技术, 具有强烈安全意识的复合型人才^[10]。因此, 实验平台设计应充分考虑“工艺与安全”相结合, 依据城镇燃气设计规范, 参照工程现场实际, 配置完整的安全保护装置及智能化监控设施, 保证实验平台主体运行安全、可靠, 智能化控制及数据采集系统稳定、准确、高效。实验教学平台能开展燃气管网泄漏处理、燃气管网超压处理、燃气管网通信调度故障及燃气管网与消防系统联动等事故应急处理实验, 同时还配备燃气企业燃气管网管理方面的各项规章制度和安全准则, 通过相关实验实操, 使学生建立燃气输配工程安全意识, 掌握相关安全技术及操作规程, 强化安全操作管理及事故应急处理能力培养。

2 实验平台设计

2.1 实验平台的工艺流程

实验平台其工艺流程如图1所示, 来自外接气源或压缩机的空气经手动闸阀 ZF01 进入储罐稳压调压后, 经手动闸阀 ZF03、燃气止回阀 ZH01 和手动闸阀 ZF04 进入中压环网内向小区用户、学

校用户、企业用户和商业用户4类用户供气。环网内的中压空气经手动闸阀 ZF10~ZF40 和安全切断阀 SCV10~SCV40, 并经涡轮流量计计量后进入各类用户枝状管网, 并在各支路通过调压器调压, 膜式燃气流量计计量后通过排气总管排出到室外, 从而模拟各类用户的燃气输送使用过程。各类用户枝状管网和中压环网上的手动放散阀及储罐上的安全泄放阀通过放散支管同放散总管相连, 当管线和储罐超压时可通过手动放散阀或安全泄放阀进行紧急放散, 也可以通过安全切断阀 SCV10~SCV40 的分别动作切断各用户枝状管网的燃气供应。通过调节手动闸阀 ZF09 的启闭, 可实现环状管网与支状管网工艺流程的切换, 通过控制闸阀 ZF10~ZF40 的分别启闭, 可以实现单用户和多用户工作流程的切换。

2.2 实验平台的系统组成

燃气输配智慧化实验平台是一套大型综合性实践教学平台, 由燃气管网系统、气源系统、电气控制及监控系统、火灾报警控制系统、测量仪表等组成, 实验平台实物如图2所示。

1) 燃气管网系统

主要由储罐和管网两部分组成, 储罐部分模拟燃气门站、储配站及调压站的功能, 或模拟工业企业大型用气设备前缓冲罐的功能, 为管网提供充足稳定的来气气源; 管网部分演示燃气管网构成的主要设备和管道元器件, 可在系统上进行拆装实操实验, 模拟实现不同的管路工艺流程和各种工况下的运行特性。

2) 气源系统

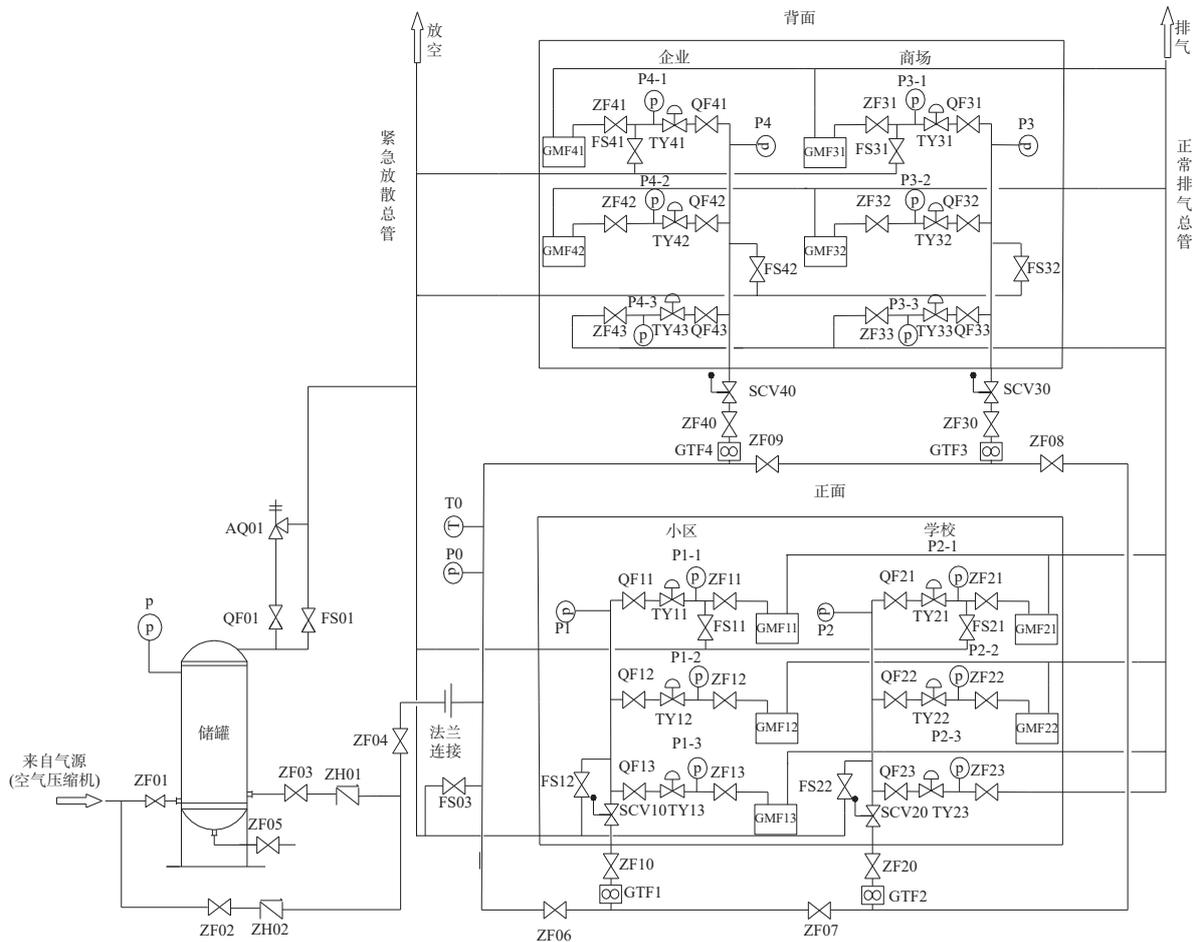
实验平台配备两套气源系统, 主气源采用本校实验室公用管道压缩空气来气, 来气压力最大可达 0.6 MPa, 配备调压阀。备用气源采用无油静音空压机通过压力控制系统调节压力输出, 为管网系统提供充足稳定的压缩空气。

3) 电气控制及监控系统

电气控制及监控系统主要完成实验平台的智能化管理及监控功能, 由电源控制单元、主控单元、显示单元及外接单元组成。电源控制单元是整个系统的电源控制中心; 主控单元由 PLC 控制器、模拟量输入模块、中间继电器、交流接触器、开关电源及温度变送器组成; 显示单元由触摸屏和信号灯组成; 外接单元主要由航空插座组成。电气控制及监控系统通过 PLC 控制器采集燃

气管网系统上各监测点测定值，触摸屏监控界面实时监控燃气管网日常的运行工况，检测异常情

况时，输出信号通过继电器控制红色信号灯报警指示，模拟工况故障。



ZF—手动闸阀；QF—手动球阀；ZH—燃气止回阀；AQ—安全泄放阀；SCV—安全切断阀；GTF—涡轮流量计；FS—手动放散闸阀；P—压力传感器；GMF—膜式燃气流量表；T—温度传感器；TY—燃气调压器。

图 1 燃气输配实验平台工艺流程图

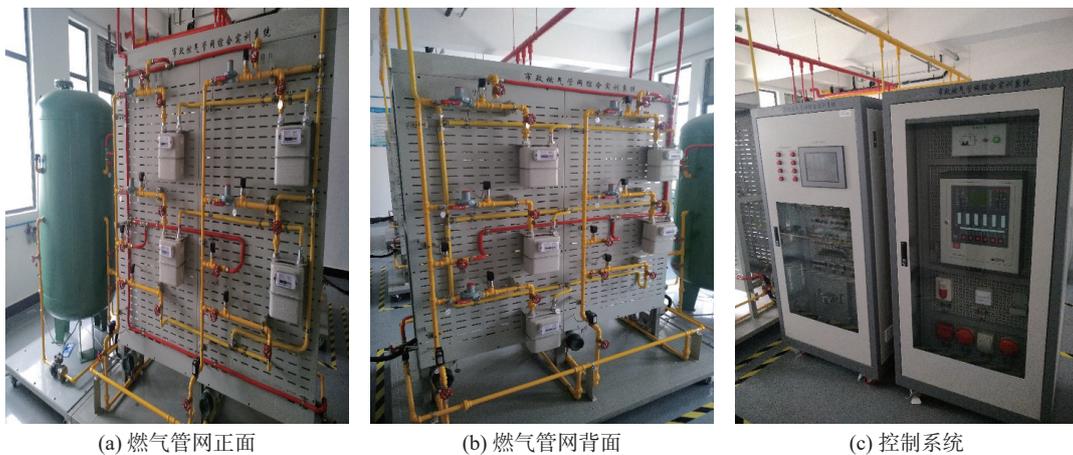


图 2 燃气输配实验平台

4) 火灾报警控制

火灾报警控制系统由火灾报警控制器、总线

隔离器、火灾声光报警器、可燃气体探测器、感温探测器、感烟探测器、手动报警按钮、手持式

编码器元器件组成。火灾报警控制器通过总线隔离器将可燃气体探测器、感温探测器、感烟探测器、手动报警按钮以及火灾声光报警器连接起来,使用手持式编码器对火灾报警元器件进行编码,在感应到各种火灾工况时,发出警报,演示火灾报警工况,主要完成燃气管网火灾报警与消防系统联动等事故应急处理实验。

5) 测量仪表

实验平台主要使用的测量仪表为压力传感器、温度传感器、涡轮流量计3种,分别测量管网总压力及储罐压力、不同用户的总压力和分压力、不同用户的总流量和燃气温度。

3 实验平台实验项目的开发

城市燃气输配智能化实验平台建设后,在实验项目开发过程中邀请了有代表性的燃气企业的技术骨干与负责相应实验项目的教师来共同研讨实验项目的内容设置,企业人员也为实验教学提供了企业相关资料,力求开发的实验项目都与企业的岗位工作、市场需求对接,实现实践教学内容智慧更新。根据学生认知规律,实验项目体系

开发组织上采取递进形式,构筑从简单到复杂、从单点到多点,包括基础性、设计综合性、研究创新性的多层次实验教学项目体系^[11],形成基本素质和知识、职业基本能力、职业综合能力的“螺旋递进式”培养过程。基础性实验重在加深学生对燃气输配基本概念的理解,演示验证燃气输配管网基本工艺和设备构成,掌握基本实验方法和技能;设计综合性实验培养学生综合应用燃气输配相关知识的职业基本能力和实验设计、组织能力;研究创新性实验着力培养包括研究能力、智能化能力、创新意识和合作精神的职业综合能力,学生在老师指导下开展研究性学习,自主进行实验方法的设计,组织设备和材料,实施实验、数据分析处理、总结报告等工作,对燃气输配工程“新”问题进行研究探索。3个层次实验涵盖的知识点相互交叉,相辅相成,螺旋递进提升^[12]。同时根据所有实验项目的内容特点将其划分为燃气输配管网设备及智能化控制系统类、燃气输配管网工艺及运行类、燃气管网安全管理及事故应急处理类三大子类实验。在本实验平台上可开展的实验项目如表1所示。

表1 实验平台的实验教学功能

实验子类	实验名称	实验类型	与实验项对应的岗位工作	实验目标
第一类	燃气输配管网系统及设备认知实验	基础性	燃气管网设备维护	掌握管网主要设备和管件的功能
	燃气输配管网硬件拆装实验	基础性	燃气管网设备施工	掌握燃气设备和管件拆装方法,培养工程实践操作能力
	燃气输配管网智能化控制系统功能实验	设计综合性	燃气管网自动化控制	掌握管网自动化与安全控制系统主要组件功能及工况参数监控与设置方法
	系统组态与控制实验	研究创新性	燃气管网自动化控制	掌握组态软件使用方法,具备进行管网控制系统二次开发的创新研究和智能化能力
第二类	燃气输配管网工艺及运行综合实验	设计综合性	燃气管网运行管理	掌握管网工艺流程、正常运行工况和操作调节流程,管网工艺参数测定方法
	燃气输配管网水力工况和水力可靠性实验	研究创新性	燃气管网运行管理	掌握管网水力工况和水力可靠性,培养根据水力工况研究目标自主设计实施实验的创新研究能力
第三类	燃气输配管网安全管理制度及操作规程实验	基础性	燃气管网安全管理	掌握管网安全管理制度及操作规程
	燃气输配管网事故应急处理实验	设计综合性	燃气管网安全管理	掌握管网主要安全保护装置的功能和使用方法,掌握管网泄漏、超压等事故应急处理方法与流程,强化安全操作管理与事故应急处理能力培养

4 实验平台教学方法探索

在构建的燃气输配多层次实验教学项目体系的基础上开展了基础性实验、设计综合性实验和研究创新性实验3个层次的实验教学方法初步探索,实践立体化教学方法。所有实验项目教学前,首先进行实验室安全教育与实验平台介绍,

所有学生必须参加常州大学实验室安全培训与能力自测,合格后才能进行相关实验。对于基础性实验,探索线下线上混合式教学方法,充分利用PPT、动画等线上教学资源进行燃气输配基础理论的讲解,通过演示、验证实验讲解视频或企业导师微课的形式,使学生实验预习时掌握相关的实验方法和实验步骤,并对实验过程中有可能出现

的问题进行思考分析。针对设计综合性实验,教师采用项目化任务驱动式教学方法,从指导者变为合作者。实验前,教师根据实验内容提出相关实验项目,学生结合实验目标对实验项目进行思考,查阅相关国家规范及企业操作规程,自行设计实验方案,教师对学生提出的实验方案进行审查,对不合理部分,引导学生进行修改;方案确定后,学生按照自行设计的方案实施实验,教师从旁指导;实验结束后,学生分析整理数据,师生双方对整个实验实施过程进行总结^[13]。对于研究创新性实验采用科教协同式教学方法,结合教师科研项目、企业技术需求项目、大学生科技创新研究项目、第二课堂、课外学科竞赛,利用城市燃气输配智慧化实验平台,在实验装置、实验时间和实现项目上对学生充分开放。学生可以在教师的指导下根据相关创新项目、学科竞赛要求自主设计实施实验。

在校内燃气输配智慧化实验教学平台多层次工程化实训基础上,学生在港华燃气、江苏省天然气等燃气企业校外实习基地进一步开展认知实习、生产实习、毕业实习等实践环节。实践环节充分结合燃气企业工程设计、技术革新、工艺改造等实际课题进行,从而实现校内校外相结合、“理论—实践—再理论—再实践”螺旋式上升,加强学生职业能力和职业素养的培养。

5 结束语

常州大学油气储运工程专业按照“产教深度融合、校企协作双赢”的理念,通过学科专业交叉融合、科教紧密结合、资源优化整合构建了“工程+智能”燃气输配智慧化实践教学平台,大力开发多元化跨学科实践课程、新型综合性、设计性、创新性实验实践项目,逐步建立了一套涵盖课程基础性实验、专业综合性实验实训、创新创业能力培养、认知实习、生产实习、毕业实习等多层面、多环节的“基础→专业→创新”阶梯螺旋递进式模块化实践教学内容。同时,构建以学生为中心的工程实践教学环境,探索项目化任务驱动式、科教协同式、线下线上混合式等多样化实践教学方法,从而实现实践教学资源智慧升级、实践教学内容智慧更新、实践教学方法智慧立体多样化。燃气输配智慧化实验平台投入使用后,专业教师还需加强同燃气企业的合作,不断

探索和完善相关实验实训项目及考核方法,同时继续开发建设燃气输配虚拟仿真实验系统,逐步建立真实教学设施与虚拟仿真系统相结合的“工程+智能”2.0版实践教学平台,全面提高学生的职业综合素质和工程创新实践和智能化能力。

参考文献

- [1] 王乐乐,李莉,张斌,等.中国油气储运技术现状及发展趋势[J].油气储运,2021,40(9):961-972.
- [2] 刘婉颖,贺站锋,李星,等.新工科背景下材料学科实验室建设的研究[J].实验科学与技术,2020,18(5):140-146.
- [3] 陈璐,胡永祥,张执南.产教融合,用“真问题”培养学生创造力和执行力[J].高等工程教育研究,2023(5):65-69.
- [4] 李敏,征琪,张炜.高等工程教育产教融合实现路径探析:法国工程师大学校“企业教席”案例[J].高等工程教育研究,2022(4):188-193.
- [5] 范大波,王哲,雷彩虹,等.智慧建造背景下市政专业实践教学体系创新[J].实验技术与管理,2021,38(2):222-227.
- [6] 刘海,李雷,张晓春,等.智慧型信息与通信技术实验教学示范中心建设与实践[J].实验技术与管理,2021,38(8):233-237.
- [7] 魏安方,袁惠芬,王旭,等.新工科背景下非织造材料与工程专业实践教学智慧平台的设计[J].广东化工,2021,48(10):266-267.
- [8] 林洁,王夏秋,裴廷福.高职院校城市轨道交通运营管理专业智慧实训基地建设研究[J].中国储运,2021(8):183-184.
- [9] 郑畅.产教融合背景下高职职业道德教育体系构建路径探究[J].武汉职业技术学院学报,2022,21(5):44-48.
- [10] 刘义,田悦,赵东风,等.新工科背景下化工安全复合型人才培养研究[J].高等理科教育,2021(2):39-44.
- [11] 刘业娇,郭世凯,赵亚军,等.高校安全检测类实验教学内容和方法改革研究[J].实验室科学,2022,25(1):139-141.
- [12] 周岐,辛立军,屈华,等.应用型本科焊接专业的实验项目规划与教学研究[J].实验室科学,2021,24(2):178-184.
- [13] 王文娟,孙奕,杨智,等.基于任务驱动和翻转课堂深度融合的信息安全技术课程实践教学模式探索[J].计算机教育,2022(8):123-127.