

文章编号: 1671-6612 (2025) 01-140-08

“双碳”背景下 建环专业新能源课程体系的建设和实践

白梦梦^{1,2,3} 康彦青^{1,3} 张瑜^{1,3} 刘益凡^{1,3} 王泮浩²

(1. 西安交通大学城市学院 西安 710018;

2. 西安交通大学 西安 710049;

3. 光伏技术与系统陕西省高校工程研究中心 西安 710018)

【摘要】 围绕“双碳”战略需求和新工科建设要求, 能源及建筑行业的人才培养面临新的要求和挑战。建筑环境与能源应用工程(简称“建环”)专业作为建筑节能领域的关键专业之一, 任重道远。基于此, 探讨了建环专业新能源课程体系的建设和实践, 即在人才培养方案中新增新能源利用技术、可再生能源利用实训、新能源系统综合设计课程模块。采用科研训练、竞赛驱动和问题导向式教学法, 形成了“专业理论+综合实训+综合设计”的教学实践模式, 培养了学生绿色节能综合设计能力和科学研究应用能力, 从而满足低碳技术大规模应用行业对高素质应用型技术人才的需求。

【关键词】 新能源课程体系; 教学方法; 科研训练; 竞赛驱动

中图分类号 G642.0 文献标志码 A

The Construction and Practice of the New Energy Curriculum System in HVAC Major under the Background of "Dual Carbon"

Bai Mengmeng^{1,2,3} Kang Yanqing^{1,3} Zhang Yu^{1,3} Liu Yifan^{1,3} Wang Fenghao²

(1.Xi'an Jiao Tong University City College, Xi'an, 710018;

2.Xi'an Jiao Tong University, Xi'an, 710049;

3.Engineering Research Center of Photovoltaic Technologies and Systems, Universities of Shaanxi Province, Xi'an, 710018)

【Abstract】 Focusing on the strategic demand of the "dual carbon" goals and the requirements of new engineering construction, talent development in the energy and construction sectors is facing new requirements and challenges. The Building Environment and Energy Application Engineering major (referred to as "Building Environment major") is one of the key disciplines in building energy conservation, bearing significant responsibilities. In this context, this paper explores the development of a new energy curriculum system for the Building Environment major. This system introduces modules on new energy utilization technologies, practical training in renewable energy applications, and comprehensive design of new energy systems into the talent cultivation plan. Additionally, through research training, competition-driven methods and problem-oriented teaching, a teaching model integrating "professional theory & comprehensive practical training & comprehensive design" has been developed. This model enhances students' abilities in energy-saving comprehensive design and scientific research application, thereby addressing the

基金项目: 2023年陕西省体育局常规课题, 北京冬奥精神的思想教育价值意蕴与实现路径的研究(2023642); 陕西省“十四五”教育科学规划2023年度课题(SGH23Y2711), 新时代土建类毕业设计多维度创新改革与实践研究

作者简介: 白梦梦(1992.06-), 女, 硕士, 讲师, E-mail: 1209744732@qq.com

通讯作者: 王泮浩(1973.10-), 男, 博士, 教授, 博导, E-mail: fhwang@xjtu.edu.cn

收稿日期: 2024-04-06

demand for highly qualified applied technical professionals in large-scale low-carbon technology industries.

【Keywords】 New energy curriculum system; Teaching methods; Research training; Competition driven

0 引言

建筑环境与能源应用工程专业(简称“建环专业”)的任务^[1]就是采用人工环境与能源利用工程技术,去创造所需求的环境(如人居环境、工艺环境和特殊应用领域环境)。在满足环境需求的情况下,必须做到充分利用自然能源,减少化石能源的消耗。在“双碳”战略需求下^[2],建环专业作为建筑节能领域的关键专业之一,建环专业学生需掌握系统性的建筑节能技术,其涉及的新能源知识体系庞杂、内容体量庞大。然而,传统的建环专业培养方案中^[3],通常将新能源利用等课程作为专业课程的辅助,或者将其设置为选修课(学生自选),使得新能源利用的内容较分散,导致学生的“碳循环”及“低碳”思维薄弱,学生将新能源系统地融入至设计应用中的技能较弱^[4,5]。再者,“新工科”建设要求^[6]学生拥有较高的实践能力和创新意识,具备较好的工程实践素养。因此,如何通过建环专业人才培养中新能源课程模块的建设与教学实践改革,使得学生能够在未来低碳技术大规模应用的行业中贡献专业力量,助力国家“双碳”目标的实现,变得尤为重要。

李志永等人^[3]以建筑全生命周期中的碳排放为牵引,提出了“双碳”需求下人才培养目标和教学模式改革建议。杜芳莉等人^[7]以西安航空学院的建环专业为例,探索了“双碳”背景下建环专业的综合改革,重构了符合“绿色低碳理念”的制冷空调模块化课程体系,开展了对应的创新教学改革、实践和评价。王景刚等人^[8]以河北工程大学的建环专业为例,从课程设置及质量(增设碳排放原理课程)、师资队伍、教学方法及实践教学等方面,优

化了“双碳”背景下建环专业人才培养模式。张登春^[9]等人以湖南科技大学建环专业为例,基于专业调整和校企密切合作,改善了实验教学条件,改革了生产实习模式及竞赛创新等,探索了新工科背景下建环专业创新型人才培养方法。张红英等人^[10]以中国矿业大学的建环专业为例,结合学校特色,构建了岩土传热传质、深部地下空间环境、建筑节能与新能源利用三个学科融合的教学团队,形成了矿井降温与热能利用、建筑节能与新能源技术、土壤传热传质等研究方向,开展了新工科背景下的建环专业人才培养模式的深入研究与实践。综上,各高校主要在各专业课程中融入新能源类知识,增设新能源类的理论课程等,开展对应的课程改革实践。因此,针对建环专业新能源课程体系的建设与实践仍需进一步探究。

基于此,围绕“双碳”战略需求和新工科建设要求,本文以西安交通大学城市学院的建环专业人才培养为例,开展建环专业新能源课程体系的建设与实践改革,培养学生的低碳思维,并具备绿色节能综合设计能力和科学研究应用能力,助力学生就业和深造的可持续发展。

1 新能源课程模块设置

通过调研不同气候区内部分省份高校建环专业现行人才培养方案中新能源相关课程的设置,主要涉及低碳建筑节能技术、相变储能、可再生能源及其利用技术、区域能源系统规划设计等内容,如表 1 所示,课程性质以选修为主,且以理论教学为主,调研样本中仅有三所高校在该课程模块中设置有实践教学且学时较少。

表 1 各高校现行培养方案中新能源模块的课程安排

Table 1 Curriculum arrangement for new energy module in current training programs of various universities

气候分区	学校名称	新能源模块课程安排	课程性质	总学时	理论学时	实践学时
严寒地区	新疆某二本高校	新能源应用	选修	32	30	2
		建筑节能技术		32	26	6
	陕西某一本高校 1	低碳与健康建筑	必修	40	24	16
寒冷地区	区域能源规划设计与实践	64		32	32	
	陕西某一本高 2	建筑节能技术	选修	24	24	0
区域综合能源系统规划		24		24	0	

续表 1 各高校现行培养方案中新能源模块的课程安排

Table 1 Curriculum arrangement for new energy module in current training programs of various universities

气候分区	学校名称	新能源模块课程安排	课程性质	总学时	理论学时	实践学时
		太阳能利用技术		16	16	0
	陕西某一本高校 3	自然能在改善室内热环境中的应用	选修	24	24	0
		相变储能原理与技术		16	16	0
	陕西某一本高校 4	建筑节能技术	选修	24	24	0
		建筑节能新技术	选修	18	18	0
	陕西某一本高校 5	矿井通风与空气调节（地热能）	必修	28	28	0
	山西一本高校	新能源建筑应用技术	必修	32	32	0
		绿色人居环境与节能技术		32	32	0
寒冷地区	陕西某二本高校 1	储能原理与技术 A	选修	32	32	0
		太阳能利用与建筑节能		24	24	0
		热泵技术及地热利用	必修	28	28	0
	陕西某二本高校 2	建筑节能技术	选修	32	32	0
		城市及建筑能源系统		32	32	0
	陕西某独立院校 1	自然能在改善室内热环境中的应用	选修	24	24	0
		地热利用与热泵技术		32	22	10
	山东某独立院校	太阳能热利用原理与技术	选修	32	32	0
		生物质转化与利用技术		32	22	10
	四川某一本高校	可再生能源	选修	32	32	0
夏热冬冷地区		绿色建筑技术		32	32	0
	浙江某二本院校	建筑能源管理	选修	32	32	0
夏热冬暖地区	广东某一本高校	碳中和理论与技术	选修	24	24	0
温和地区	云南某一本高校	可再生能源应用技术	选修	16	16	0

在调研基础上，立足本校本专业应用型人才培养目标，注重专业实践技能培养，要求实践学时占比大于 30%。再者，历届本校本专业学生就业方向集中于建设和设备单位，在新能源利用领域的就业率几乎为 0。综合以上情况，修订完善了建环专业人才培养方案和教学实践模式。增设新能源利用技术、可再生能源利用实训、新能源系统综合设计课程（见表 2），体现了“理论支撑—专项训练—综合应用”逐级提升的课程构架，教学过程中采用科研训练、竞赛驱动和问题导向式教学法，形成“专业理论+综合实训+课程设计”的多元化教学实践模式。实现了从新能源基础理论到融入新能源的科研思维训练、到低碳系统设计和节能调控的实践闭环

教学，完善了人才培养中新能源利用方面知识的系统性。

表 2 本校建环专业新能源课程模块设置情况

Table 2 The arrangement for new energy module in HVAC major in our college

新能源课程模块设置	课程性质	总学时	理论学时	实践学时
新能源利用技术		16	16	0
可再生能源专题实训	必修	24	0	24
新能源系统综合设计		32	0	2 周

2 新能源课程教学实践

新能源课程模块是基于《制冷技术》、《供热工程》、《空气调节》等专业课程开展的具有综合性和系统性的方向课程, 对学生掌握建筑冷热源系统节能设计、分布式能源系统节能设计以及零碳建筑设计有着重要作用。根据新能源利用技术、可再生能源专题实训及新能源系统综合设计课程的教学大纲, 采用不同方法进行教学实践。其中, 在新能源实践教学中有有机融入仿真模拟科研训练, 将新能源系统及设备“实体化”^[11], 实现实践实训实时融入课堂与学生实时动手操作的目的, 有效拓宽学生科研和专业技能的培养路径^[12], 助力国家高素质应用型人才的培养。

2.1 《新能源利用技术》教学方式

《新能源利用技术》为理论课程, 主要给学生讲授常用的新能源即太阳能、风能、生物质能和地热能等在供热制冷中的应用。理论教学采用问题导向式教学法, 以设计院实际的绿色建筑节能设计项目为载体, 引导学生开展各类型新能源利用技术及方法的头脑风暴, 针对头脑风暴的问题引导和兴趣激发, 完成“哪里不会点哪里”的任务驱动式理论教学。最后, 学生完成并汇总实体项目中暖通空调部分的绿色节能设计要点, 提出建筑设计改进方案。在该过程中, 不仅强化了学生的团结协作能力, 而且提升了学生的建筑节能技术应用和多学科交叉运用能力。

表 3 《新能源利用技术》课时安排

Table 3 Time arrangement of New Energy Utilization

Technology		
课程名称	课程内容	课时
新能源利用技术	太阳能及其利用	5
	空气能及其利用	2
	生物质能及其利用	4
	地热能及其利用	5

2.2 《可再生能源专题实训》教学方式

可再生能源专题实训内容涵盖太阳能专题、地热能专题和空气能专题。针对各专题实训, 引入科研项目, 对学生进行科研潜力培育, 开展融合仿真

模拟的教学实践。在教学过程中: ①教师基于科研项目给出仿真设计需求。②学生自主完成融入新能源技术的节能设计方案, 并汇报设计思路及低碳元素, 其他学生和老师给予反馈修改。③学生在教师的引导下学习仿真软件, 在仿真平台中协作完成节能设计方案中新能源利用技术系统及设备部件的仿真化, 教师检查并给予反馈修改。④学生根据项目要求设置仿真模型的边界条件, 并完成网格划分或者部件连线等, 该步骤需多次调整与修改。⑤学生设置模拟条件完成仿真模型的模拟分析, 该步骤需多次调整与修改。⑥教师针对新能源利用技术中的重点和难点问题, 利用仿真模拟的可视性强、颜色突出、动画丰富的特点对其进行详细讲解, 以此强化教学效果。⑦在实验条件允许的条件下, 组织学生参与对应的实验测试, 以验证模型的可靠性。⑧学生独立完成并撰写报告书, 教师查阅报告书, 并给予学生一对一反馈。

各专题内容中融入新能源利用或低碳系统设计, 实现新能源理论知识应用的深入实践, 培养学生科研意识和创新意识。在结合教师科研项目的基础上, 每届学生的题目应有所差异, 使得教学内容具有高阶性、创新性和挑战度, 以满足“新工科”建设要求。其中, 建环 20 级的教学案例具体如下。

(1) 太阳能利用专题实训

太阳能利用技术成熟且应用广泛。基于陕西省教育厅课题《理想太阳能百叶窗在主被动结合式太阳房中的应用研究(21JK0740)》, 依托 TRNSYS 系统仿真平台, 开展了太阳能集热耦合蓄热水箱的地板辐射供暖设计, 拟利用太阳能蓄热供热以减少传统耗能量。在教师引导下, 学生需自主完成对应的原理图绘制、系统搭建、部件连接、短期供热模拟分析(见图 1)和报告书撰写。

太阳能蓄热供热系统主要以《供热工程》课程为支撑, 该取热过程包括设备选型、流量计算和管网设计等。TRNSYS 仿真整个系统供热, 直观便捷地展示了不同管网设计方式对应的系统调控结果, 便于学生深入掌握及应用专业知识解决实际供暖运维问题。

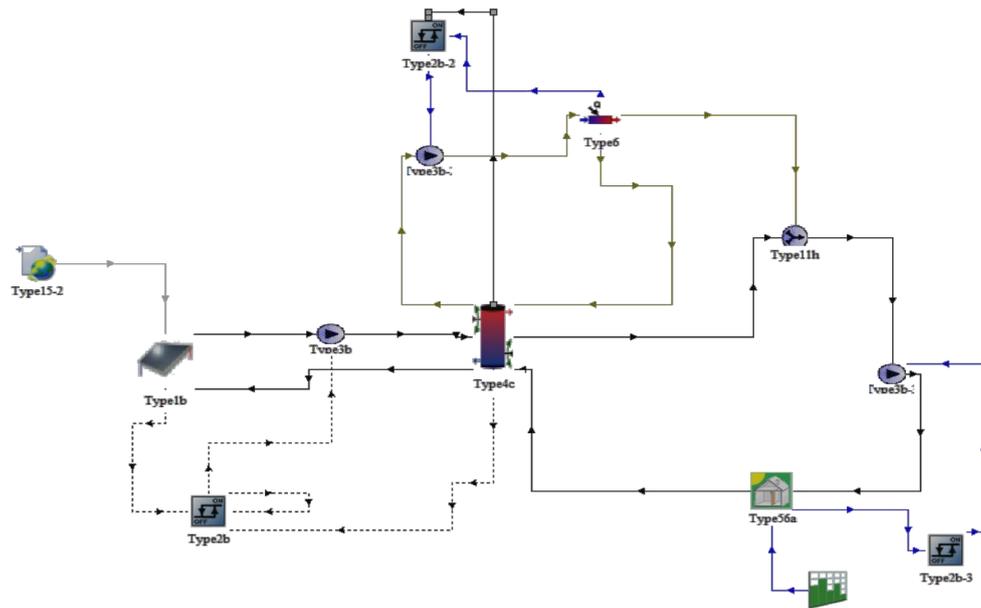


图 1 太阳能集热蓄热的 Trnsys 仿真系统 (学生作品)

Fig.1 The solar thermal collection and storage system in Trnsys (student work)

(2) 地热能利用专题实训

太阳能供能具有间歇性，而可再生地热能稳定丰富。故在此基础上，基于校级科研项目《不规则多裂隙巷道围岩渗流-传热规律及隔热机理研究(2021X02)》，依托 COSMOL 部件仿真平台，开展了矿井开采中独具特色地热能利用，完成浅层 U 型地埋管的取热特性分析。在教师引导下，学生需自主完成对应的地埋管建模、边界条件设置、网格划分、不同工况下的取热特性模拟分析(见图 2)和报告书撰写。

地埋管取热过程主要以《传热学》课程为支撑，该取热过程包括固体导热、流体换热、流固耦合传热等不同类型传热方式，过程复杂多变，涉及大量传热方程。COSMOL 模拟地埋管取热过程，直观明晰地展示了整个取热过程中温度的高、低、快、慢的层次对比，便于学生深入掌握及应用理论知识解决取热的实际工程问题。

(3) 空气能利用专题实训

地热能和太阳能作为暖通空调系统的热源，将提取出的热量通过管网输送，因此存在管网阻力损失问题。针对该问题，基于校级课题《基于能量耗散率控制的通风空调管道弯头减阻方法研究(2023Q01)》，依托 COSMOL 部件仿真平台，开展了风管弯头部件的减阻研究，以降低风机的供冷供热电耗。在教师引导下，学生需自主完成对应的局部阻力部件弯头的模型建立、边界条件设置、网格划分、不同工况下的模拟分析(见图 3)和报告书撰写。

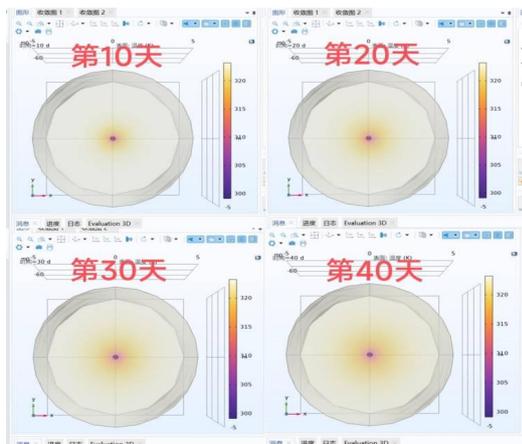


图 2 浅层 U 型地埋管不同时长取热特性模拟 (学生作品)

Fig.2 Heat extraction characteristics of shallow U-shaped buried pipes with different lengths in Cosmol (Student Work)

管网中流体输配以《流体力学》和《流体输配管网》课程为支撑，该输配过程包括动压和静压实时转换，过程复杂多变。COSMOL 模拟弯头是否带导流叶片能量损失过程，直观明晰地展示了整个空气流动过程中压强及流速高、低、快、慢的分布，便于学生深入掌握并应用理论知识解决流体流动的实际工程问题。

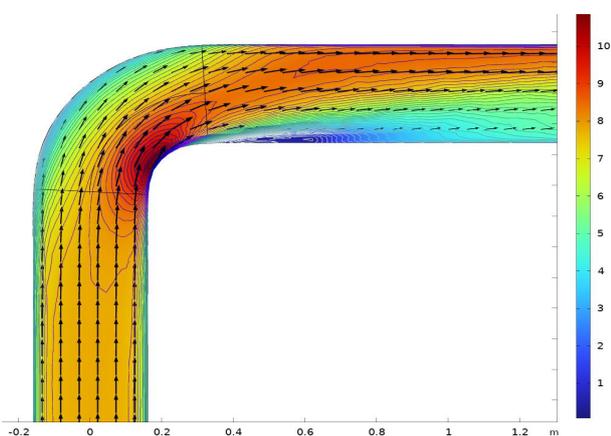


图 3 局部弯头部件速度云图分布 (学生作品)

Fig.3 The velocity cloud map distribution of partial elbow (student work)

综上, 整个可再生能源专题实训过程做到了以虚拓实的效果, 使学生在教学过程中处于主体地位, 充分调动了学生的兴趣, 将学生创新思维和能力的培养落实到全过程, 显著地提高学生系统化的科学研究思维及能力。

2.3 《能源系统综合设计》教学方式

基于竞赛项目和问题导向式教学法, 本课程综合设计依托学科竞赛和设计项目, 开展建筑用综合能源系统设计改造, 拟实现新能源理论内容的系统化实践。该综合设计以解决实际工程问题为目标导向, 从绿色节能改造要点出发, 以学生为主体, 教师引导学生应用低碳理念及新能源利用技术完成优化设计, 有效地巩固了基础知识并提升了专业综合设计技能。每年的学科竞赛和设计项目的主要创新内容和要求各有侧重, 使得综合设计内容具备高阶性、创新性和挑战度。其中, 依托全国高等院校“绿色建筑设计”技能大赛, 建环 20 级的综合设计教学案例如下:

(1) 以实体项目西安交通大学城市学院 5 号楼 6 层宿舍楼为载体, 在建筑设计图和暖通设计图的基础上, 完成识图。明确建筑功能分区、冷热源类型及暖通系统设计方案。

(2) 紧扣绿色节能改造要点和项目实际条件, 教师对学生进行初期的课程设计布置和低碳理念说明等, 让学生全面开展综合性的绿色节能改造设计。

(3) 学生融合当前的研究热点和新能源利用技术等, 从建筑功能区、可再生能源利用、热环境、光环境和声环境等方面, 融入太阳能、地热能、风

能、空气能等新能源利用技术, 绘制绿色改造方案的技术路线或思维导图, 并开展小组答辩, 教师予以反馈。

(4) 学生根据节能改造要求, 在教师的引导下, 完成该宿舍楼综合能源系统图绘制和设计说明。

(5) 根据图纸和设计说明书, 教师给予课程设计成绩。

(6) 按照全国高等院校“绿色建筑设计”技能大赛要求, 在该课程设计基础上, 学生进一步完成该宿舍楼绿色节能的深化设计 (见图 4), 作为竞赛作品参赛。

综上, 以竞赛项目为驱动的综合能源系统设计, 强化了学生的系统工程思维和绿色节能综合优化设计能力, 促使学生具备“双碳”使命感和促进建筑行业低碳转型的责任感, 助力于绿色城镇建设。

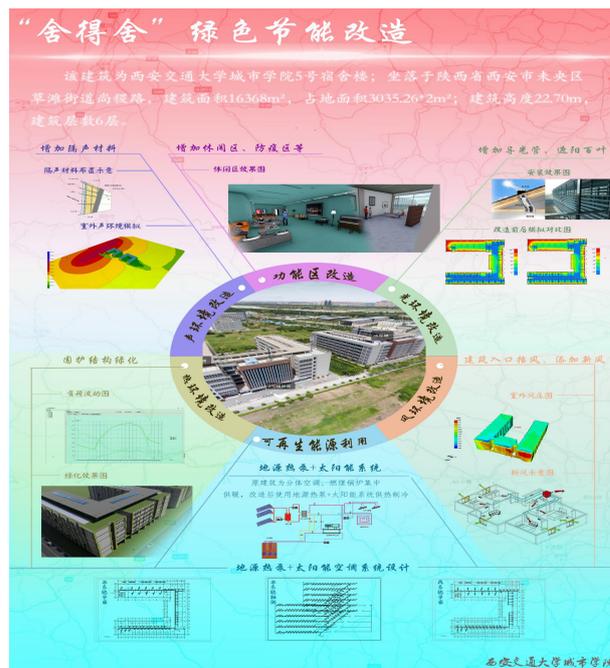


图 4 绿色节能改造项目作品 (学生作品)

Fig.4 The works of Green and energy-saving renovation project (student work)

3 教学效果

新能源模块课程借助仿真模拟平台, 采用科研训练、竞赛驱动和问题导向式教学法, 基于科研项目、竞赛项目和问题导向教学法, 探索了“专业理论+综合实训+课程设计”的多元化教学实践模式, 开展了互动式教学、情景教学和翻转课堂, 学生的能动性 and 积极性较高。建环 20 级学生对该三门课程

的教学评分高达 95 分,教学效果良好。学生参加全国高等院校“绿色建筑设计”技能大赛获得全国优秀奖,学生依托科研项目参与并授权实用新型专利。期间,学生的成就感和专业自豪感得到明显提升,从而使得学生内驱力得到激发,提高了教学效果。

4 结语

在“双碳”战略需求和“新工科”建设要求背景下,以市场需求为牵引,围绕本校应用型人才培养目标,开展了建环专业新能源课程体系的构建,在建环专业人才培养体系中增设了新能源模块课程。通过“多元化教学+虚实结合”的手段探索了建环专业新能源模块的教学实践模式,完成了对学生科研思维的训练、新能源知识的传授和低碳设计技能的实训,培养了学生绿色节能综合设计能力和科学研究应用能力,满足了新时代新能源行业对建环专业的人才要求。

参考文献:

- [1] 教育部高等学校教学指导委员会编.普通高等学校本科专业类教学质量国家标准(上)[S].北京:高等教育出版社,2018.
- [2] 中华人民共和国教育部.加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案[Z].2022.教高函(2022)3号.
- [3] 李志永,张召冉,苑翔,等.“双碳”背景下建筑环境与能源应用工程专业培养模式探讨[J].现代商贸工业,2023,44(8):252-255.
- [4] 周东一,袁文华,石楚平.高校制冷与空调专业学生实习现状及改革探讨[J].制冷与空调,2008,(1):98-100,94.
- [5] 孙亮亮,曹晓玲,余涛,等.工程认证背景下建环专业培养方案优化[J].制冷与空调,2023,37(5):742-745.
- [6] 中华人民共和国教育部.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[Z].2018.教高(2018)3号.
- [7] 杜芳莉,杨亚萍,申慧渊.“双碳”背景下建环专业综合改革探析[J].制冷与空调,2022,36(5):777-781.
- [8] 王景刚,罗景辉,鲍玲玲,等.“双碳”背景下建环专业人才培养模式研究[J].云南化工,2024,51(2):198-201.
- [9] 张登春,郝小礼,于梅春,等.新工科背景下建筑环境与能源应用工程专业创新型人才培养模式探索[J].高等教育,2022,31(3):57-62.
- [10] 张红英,高蓬辉,张东海,等.新工科背景下建环专业人才培养模式研究与实践[J].教育教学论坛,2022,(4):119-122.
- [11] 李栋,高梦,张姝,等.“多方协同虚实结合”建环专业实践教学探索[J].大学教育,2022,(4):51-53.
- [12] 邵雪,赵薇,张丹.仿真软件在建环专业课程教学中的应用[J].现代信息科技,2023,7(12):191-194,198.
- [13] 葛玉箫,梁珍,于英娜.梅雨季节下重力循环柜性能实测研究[J].东华大学学报(自然科学版),2020,46(3):457-462,478.
- [14] 李诗琪.重力循环柜的性能测试及不同层高下特性的模拟研究[D].上海:东华大学,2023.
- [15] 吴林霖,梁珍.毛细管重力循环柜夏季制冷除湿性能实验研究[J].暖通空调,2023,(11):137-143.
- [16] 沈侃,吕静,吕锋.毛细管空调柜性能的实验研究[J].建筑节能,2018,46(5):112-115.
- [17] 谷德军,金梧凤,裴凤,等.毛细管重力循环供冷末端装置及运行性能研究[J].流体机械,2013,41(9):54-60.
- [18] 刘异.转轮除湿与重力循环柜复合空调系统研究[D].西安:西安科技大学,2022.
- [19] 李翠敏.重力循环供暖末端设备及运行特性研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.
- [20] 陈慧,韩东太,王友成,等.基于毛细管空调系统的试验研究[J].流体机械,2014,42(11):63-67.
- [21] 王玮.住宅室内环境场模拟研究[J].洁净与空调技术,2020,(3):10-12.
- [22] 史晶,舒海文,王宏彬,等.毛细管辐射对流空调末端设备的供热性能分析[J].煤气与热力,2016,36(6):18-22.
- [23] 刘春洋,马吉勇,吴伟辉,等.毛细管重力柜空调装置[P].CN215675479U,2022-01-28.
- [24] 陈拥军,刘春洋,黄交存,等.通风可控重力柜空调装置[P].CN216159144U,2022-04-01.
- [25] Korndörfer P D M H S. Leistungsuntersuchungen an einem Kühl-und Heizschacht[R]. Forschungs-und Transferzentrum Zwickau, 2012.
- [26] 葛玉箫.不同季节下重力循环柜的运行性能及室内热湿环境研究[D].上海:东华大学,2019.

(上接第 139 页)