

# 建筑环境学虚实一体化综合实验教学平台建设

李 翠, 李峥嵘

(同济大学 机械与能源工程学院, 上海 200092)

**摘 要:** 建筑环境学是建筑环境与能源应用工程专业一门核心专业基础课程, 理论内容涉及多个学科领域。目前对接理论教学开设的多个实验项目彼此是相互独立的, 难以综合反映建筑环境各影响因素间的相互影响机理。利用数字化虚拟技术的优势, 以建筑环境的实景营造为基础, 搭建建筑环境学虚实一体化综合实验教学平台。人机交互, 实现实验教学体系中虚拟与现实、时间与空间的多元化、全方位、量化的展示, 同时可弥补传统教学中场地、仪器设备等实验资源的不足。增强了学生对专业理论知识的理解, 更好地培养学生的创新能力以及进行复杂实验的能力。

**关键词:** 建筑环境; 虚实一体; 实验教学; 综合平台

**中图分类号:** TP2 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1672-4305.2022.06.040

## Integration of virtual and real comprehensive experimental teaching platform in the course of built environment

LI Cui, LI Zhengrong

(College of Mechanical Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract:** “Built Environment” is the core basic course for the major of Built Environment and Energy Application Engineering, because the content of theory teaching is extensive, and the content influences each other. The existing experimental teaching projects are independent of each other, and they are difficult to comprehensively reflect the influence of each other. Based on the actual built environment constructed, using the advantages of digital virtual technology, the virtual and real integration of comprehensive experimental teaching platform is built. Human-computer interaction can realize the diversified and all-round display of the virtual and real, time and space in the experimental teaching system, and it makes up for the deficiency in traditional experimental teaching. It also can greatly reduce the limitations of existing experimental conditions, students’ understanding of professional knowledge will be enhanced, and students’ innovation ability and the ability to carry out complex experiments will be cultivated better.

**Key words:** built environment; virtual-real integration; experimental teaching; integrated platform

随着智能化、信息化、互联网等技术的发展, 特别是遇到像新型冠状病毒这样特殊的时期, 学生无法到校上课, 而在线教学、慕课、翻转课堂等网络授课成为主流<sup>[1]</sup>, 这对依托大型实验系统、平台、设备、仪器的实验教学是一个极大的挑战。实验教学

是大学生实践能力培养的必须环节, 能够调动学生实验的积极性、主动性。而许多高校实验教学面临仪器设备损耗、老旧、扩展难, 跟不上实验教学内容的更新<sup>[2]</sup>困境; 实验室管理方面因涉及时间场地安排、仪器设备维护等多重问题, 现有实验资源越来越难以满足新形式实验教学发展需求<sup>[3]</sup>。虚拟实验教学是一种很好的解决方法, 具有传统教学方式无法比拟的优势, 可极大地减少外部条件的限制, 提升实验教学的水平和效率<sup>[4]</sup>; 构建一个相对安全的虚拟“真实”环境, 减少部分专业实践存在的潜在危险和伤害; 同时还可解决实验室建设中场地、资金不足

收稿日期: 2021-03-16 修改日期: 2021-12-14

作者简介: 李翠, 博士, 工程师, 主要研究方向: 建筑智能控制, 建筑能。E-mail: licui20140718@tongji.edu.cn

基金项目: 2019 教育部产学研合作协同育人项目 (项目编号: 201901098024)。

等问题<sup>[5]</sup>。

国内虚拟化实验教学还处在起步阶段,且多集中在土木水利、机械电子、建筑规划、经济管理、临床医学等学科门类,也有一些研究开展了对建筑物理、建筑环境等方面的应用,但对建筑环境学虚拟实验教学方面的建设关注较少<sup>[6-7]</sup>。

## 1 建筑环境学实验课程开设情况及存在问题

“建筑环境学”课程内容包含了建筑、传热、声、光、材料、生理、心理等多门学科内容。国内大多数高校建筑环境学实践教学项目研究主要包括两种类型,一种是不同于纯理论教学的创新实践方式,例如针对课程的性质和特点,采取如论文式考核、科研兴趣小组式教学<sup>[8-9]</sup>,以及将实验课程和大学生科研训练计划相结合的实验教学等形式<sup>[10]</sup>。还有一种为单一内容的实验教学,但是全国不同学校因为资源的不同,实验项目开设情况不同<sup>[11-12]</sup>。同济大学在2016年,根据“建筑环境学”理论教学内容,开设了七个实验项目,分别为:室内外空气质量测试、基于人体热舒适需求室内环境的测试与控制、建筑室外环境测试、建筑围护结构热工性能模拟实验、室内气流组织测试(送、排风)、建筑光环境测试与评价、建筑声环境测试与评价。实验课程要求学生通过2个环节完成实验。根据实验要求,学生在做实验前根据实验指导书的预习,了解实验内容和实验原理,制定实验测试方案。然后选择实验仪器、仪表进行现场测试,记录数据、整理数据、结果分析等,完成实验报告。实验项目的建设丰富了学生的学习内容,激发了学生主动学习的积极性,提高了学生的综合素质。但因为实验处于建设初期,实验开展时,以学生自主选择校内建筑,进行现场检测为主,然后提交分析报告,实验缺少对建筑声、光、热环境营造和控制原理的深入认识;缺乏对不同环境间交互影响分析、判断的综合评价等。

建筑环境学实践环节虽然在一定程度上提高了学生对理论课程的学习兴趣,然而鉴于建筑环境学课程的教学内容复杂、广泛性等特征,现有的实践教学还无法保证学生对课程内容整体的把握<sup>[13-14]</sup>。另外,由于实验设备数量及实验场地的限制,在实验教学中各实验项目独立进行,缺乏综合实验学习和训练能力的培养。

## 2 建筑环境学虚实一体化实验平台建设

### 2.1 建设内容

“建筑环境学”涉及到建筑与外部环境、建筑与

室内环境、建筑与人之间的关系<sup>[15]</sup>。建筑室内人员通过对建筑光环境、声环境、室内热湿环境、室内空气质量的感受对其舒适性进行评价;人对建筑照明、遮阳、空调、门窗的调节直接影响了建筑声、光、热舒适性及室内空气品质,以及建筑能耗。实验过程中,通过对不同室内环境的营造、监测,让学生可以直接感受环境的变化以及关键的影响因素。同时,通过虚拟仿真结果的反馈信息,对空调、照明、遮阳、窗等设备进行调控,从而实现对环境的控制。

除了人为因素,建筑外环境中的太阳辐射、室外温湿度、风速等通过建筑围护结构直接影响建筑热湿环境、建筑声环境、建筑光环境等。实验中通过对室内外环境参数的监控,结合BIM三维信息模型的展示,让学生感受室外环境对建筑及室内环境影响。另外,不同空调送风形式对室内热湿环境、室内空气质量、人员热舒适也有着重要的影响。通过不同送风形式的对比实验、环境参数的实时监测数据及对环境的模拟,实现对气流组织特征的分析,以及其对室内环境舒适性、空气品质的影响。

围绕“建筑环境学”理论教学内容,利用数字化技术,结合BIM模型,将虚拟场景与真实建筑环境营造串联起来,在完成对每个实验项目的展示外,可以进一步探索不同实验项目间相互影响,并通过虚拟仿真进一步对影响结果进行分析与评价,从而实现对建筑环境的调控。通过对基本内容的认识与感知,到复杂内容的设计与验证,最后实现对建筑环境总体评价与调控,由浅入深、分层次、多角度展示建筑环境学相关教学内容。具体建设内容如表1所示。

### 2.2 建设框架

建筑环境学虚实一体化综合实验平台建设,包括四个部分,首先要搭建实物场景,包含室内环境参数,如温湿度、二氧化碳浓度、照度、噪声、PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、甲醛等;然后,基于BIM技术搭建三维空间、设备、系统模型,并将室内外环境监测嵌入BIM模型中;利用建筑环境模拟软件,结合BIM模型对建筑环境进行分析与评价;最后通过对空调、照明、遮阳、窗等调节,实现对建筑室内环境的控制,建设框架如图1所示。

通过本虚实一体化实验平台建设实现如下目标:

(1)建筑环境学理论内容认识与巩固。通过对建筑环境学理论内容的演示,加深对理论教学内容的认识;

(2)建筑环境学理论原理的设计与验证。搭建

表 1 建筑环境学虚实一体化综合实验教学平台建设内容

实验类型	实验内容	实施方法
认识与感知实验	太阳辐射对建筑外围护结构的影响认识;建筑室内热湿环境的形成及关键影响因素认知;自然光源与人工光源下室内环境效果展示与认识;隔声、吸声材料应用效果的认识;建筑室内空气质量的感受;围护结构热工特性的认识与感知;空调送风气流组织效果展示。	智能传感技术,软件模拟技术
设计与验证实验	基于人体热舒适需求室内环境的设计与性能验证;建筑外环境对室内环境的影响验证;不同光源下室内环境设计应用与验证;不同隔声材料设计应用与验证;不同送风形式下的气流组织分布及对室内舒适性、空气质量的影响。	场景搭建结合智能传感技术
评价与调控实验	建筑室内声、光、热、空气品质的综合评价;对照明、遮阳、窗、空调、新风的调控对建筑环境的影响环境的实验。	数字化虚拟仿真平台

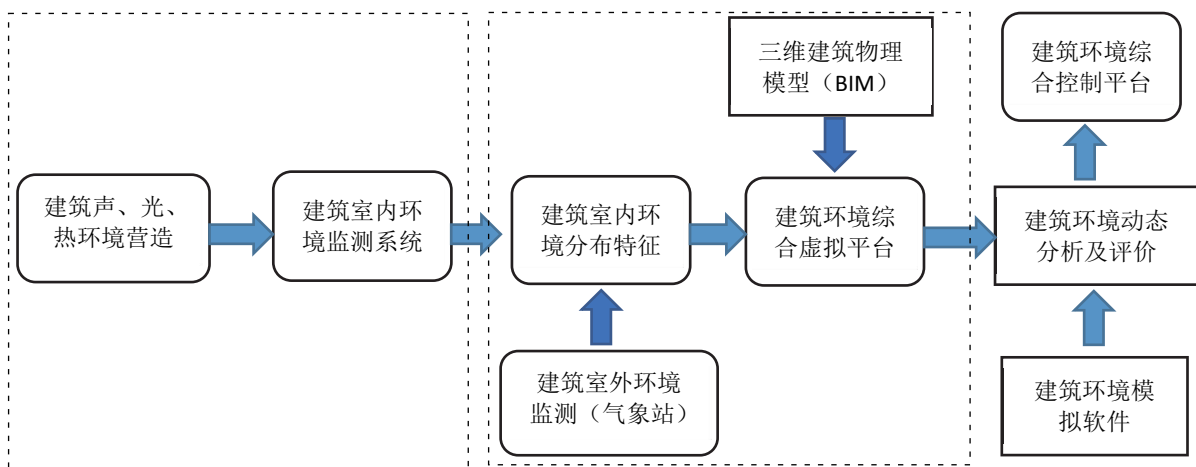


图 1 建筑环境学虚实一体化综合实验教学平台建设框架

真实实验场景,设计实验场景对比实验台,模拟不同的场景,结合智能传感技术实现对真实环境的在线监测,感受不同环境的变化,同时用于虚拟实验的对比研究;

(3) 建筑环境学理论内容的评价与分析。利用 BIM 软件搭建建筑物理虚拟平台,结合室内外环境特征,并通过专业模拟软件实现对建筑环境的评价与分析;

(4) 建筑环境学实验控制操作平台建设。根据真实实验场景的搭建、实验监测数据,结合虚拟平台对建筑环境进行评价,并将评价信息反馈给控制平台,用于设备的控制。

### 3 建筑环境学虚实一体化综合实验教学方法

建筑环境学虚实一体化综合实验教学环节包括真实场景设计、搭建,专业软件的计算模拟、虚拟平台调控的操作,实验报告的在线提交等。实验内容丰富多样,整个实验项目分课时进行,供需要 17 个学时完成。上课形式采用以学生为主,教师辅助的

形式。教师主要介绍专业软件与虚拟平台操作步骤,注意事项,辅助指导学生完成实验方案的设计。学生根据实验项目需要以及兴趣爱好自主设计场景,并完成实际场景的搭建;通过虚拟实验平台观察室内环境变化,完成对建筑环境模拟结果分析与评价,然后提出控制策略。每个学生至少要通过一个实验项目内容完成对基本理论认识与感知,然后结合专业模拟软件对建筑环境综合评价与分析,实现对建筑设备的调控,最后提交整个实验报告。

课程考核方式涉及到:(1) 设计方案的完整性,是否突出实验目标,是否完成综合实验的教学内容;(2) 实施过程的完成情况,通过实验场景设定,验证实验教学目标;(3) 结果分析及报告,根据理论知识,通过实验场景改变,以及虚拟实验平台的计算模拟,分析各实验项目间的相互影响。实验结果点评:实验方案设计、完成程度、实验结果准确性、团队合作能力、实验过程误差考虑等。

实验过程中可以分组进行实验,学生需要独立完成的实验设计方案、软件操作、评价与控制、实验结果分析等内容,同时还需要团队协作,搭建实验场

景,进行对比实验合作。

## 4 结语

建筑环境学虚实一体化实验平台建设,作为一种全方位提高学生综合素质的实验教学环节,将实现知识与能力、理论与实践相结合,更容易启发和培养学生的创新思维及实践能力;信息化、数字化技术学习运用,培养学生在未来社会中所必需的素养、能力和创新精神,使他们能够适应日新月异的数字化生存环境。同时,能够及时根据行业发展的变化改变实验环境和性能,以更好地进行实验更新;促进教学方式的改革和创新,提升实验教学质量;促使虚拟实验发展得到不断完善和发展,特别是像疫情发生时,可实现异地教学,不会使实验课受到影响。

## 参考文献(References):

- [1] 王焕友,曾晓华,谢光奇.虚拟仿真实验教学中心信息化平台与资源建设的探索[J].科教导刊,2019,12(35):49-51.
- [2] 李小松,丁跃尧,周勇,等.地方高校机电类专业虚拟仿真实验教学中心建设与实践[J].实验室科学,2019,12(6):144-150.
- [3] 王家生.智能建筑专业实验室数字化的研究与实现[D].西安:长安大学,2008.
- [4] 赖燕玲.加强实验室建设与管理,提高学科建设水平[J].实验

技术与管理,2012,29(6):27-30.

- [5] 翟明,姜宝成,宋彦萍,等.基于虚拟仿真平台的能源动力类本、研一体化实验教学与管理实践[J].实验室研究与探索,2020,39(5):187-191.
- [6] 叶海,罗小华.建成环境性能的虚拟仿真实验软件开发——传热系数及其影响因素[J].住宅科技,2019,39(2):40-43.
- [7] 庞瑞,王璐,陈桂香,等.土木建筑虚拟仿真实验教学中心建设与实践[J].高等建筑教育,2019,28(6):107-115.
- [8] 王思平,王培,郭海丰.建筑环境学课程改革实践[J].沈阳建筑大学学报,2010,12(1):125-128.
- [9] 朱颖心.建筑环境学课程建设与教学方法[J].高等建筑教育,2003,12(3):26-29.
- [10] 丁研,田喆,孙越霞,等.以人为本的建筑环境学课程教学新思路探索[J].高等建筑教育,2016,25(2):92-95.
- [11] 张东海,魏京胜,黄炜,等.气流组织综合实验装置设计与实践[J].实验技术与管理,2012,29(11):70-73.
- [12] 吕留根,孙克春.《建筑环境学》教学改革实践与思考[J].中国建设教育,2010,5(Z3):47-49.
- [13] 陈佳,赵晓峰,张继霞,等.高校跨学科虚拟实验平台的管理模式[J].实验室研究与探索,2019,38(3):218-221.
- [14] 李翠,李峥嵘.《建筑环境学》课程创新实践建设——结合BIM技术建立综合虚拟教学平台[J].教育教学论坛,2019,10(41):1-2.
- [15] 朱颖心.建筑环境学[M].北京:中国建筑工业出版社,2005:1-6.

(上接第153页)

语,既可以锻炼英语能力,又可以让非洲学生更容易理解。再比如对开学晚归校的学生,可以安排课余时间到讨论室现场讲解、实际操作,补回落下的课程。专业学生往往在知识储备,接受能力等方面水平都参差不齐,在对未返校学生的知识讲解中同时也让学习能力较差的学生一起听讲,引导学习热情,最大程度地减少挂科率。之后可以根据小组内未返校学生的知识掌握情况给予小组一定的加分。

## 3 结语

实践教学表明,通过上述创新教学方式的改革,传统电机学课程的教学局限性得到有效的突破,采用学习小组的方式提高了学习效率和对线上资源进行充分利用是对于电机学课程学时减少对课程教学效果产生冲击的针对性方案。通过使用仿真软件 Matlab 和 Ansoft 对课本经典例题搭建仿真电路模型,能有效地提升学生的实践能力和自主学习的能力,训练了学生的工程意识和研究意识,也开拓了学生的工程创造能力。针对疫情的时代背景,力求让每个学生的学习“不掉队”,充分发挥班集体的力量,让未返校的境外生能紧跟学习进度。

总之,电机学创新教学模式在授课中表现出了

激发学生学习兴趣、提高学习成果、开拓教育的新空间等特点,值得在以后的教学中大力推广。

## 参考文献(References):

- [1] 曾成碧,苗虹,段述江."电机学"非标准答案考试的探讨[J].教育教学论坛,2019(1):196-197.
- [2] 孙婧,王文溥.高校非标准化考试模式初探[J].长治学院学报,2016,33(2):96-97.
- [3] 赵丽萍.深化教学改革,探索课程考核非标准化新模式[J].继续教育研究,2006(5):149-150.
- [4] 黄松柏.电机学教学改革探讨[J].轻工科技,2013(2):135-136.
- [5] 李建军.《电机学》课程教学改革的思考[J].江苏科技信息,2015(7):31-32.
- [6] 孙雨萍."电机学"特色教学体系研究[J].电气电子教学学报,2010,32(z1):59-60.
- [7] 王从徐.MOOC资源下《高等数学》翻转课堂教学模式的应用探析[J].佳木斯职业学院学报,2020(6):112-113.
- [8] 郑孝东.大工程观背景下电机学课程实验教学改革研究[J].实验室科学,2016,19(3):87-90.
- [9] 代红,陈刚,肖建修,等."电机学"课程教学改革的探讨[J].中国电力教育,2010(33):74-75.
- [10] 郑孝东,胡兴志.提高"电机学"课程教学质量的途径与措施[J].中国电力教育,2009(9):140-141.