

响应健康中国战略的建筑环境学课程典型教学案例建设探索

刘 炜* 蔡 姣 李文杰 刘其鑫 贾洪愿

重庆科技大学土木与水利工程学院 重庆 401331

摘 要:《“健康中国2030”规划纲要》等多项国家战略对营造安全健康的建筑环境提出新要求,本文针对传统的建筑环境学课程教学内容与健康建筑标准更新脱节、理论讲授与健康建筑环境营造工程实践案例脱钩等问题,从基础认知层、能力进阶层、和创新实践层“三阶递进”提出了响应国家战略的建筑环境学课程典型教学案例建设路径探索,并简要介绍了典型住宅室内PM2.5和气溶胶污染的通风净化案例和老旧社区适老化改造中的室内声光热环境优化及动态健康监测预警等部分典型教学案例。本文可为响应健康中国战略的建筑环境学课程案例式教学改革提供参考。

关键词: 健康中国; 建筑环境学; 教学案例; 教学改革; 学科交叉

引言

多项国家战略对营造安全健康的建筑环境提出新要求。中共中央、国务院印发的《“健康中国2030”规划纲要》中明确指出:应把健康城市和村镇建设作为推进健康中国建设的重要抓手,建立覆盖环境质量、污染源、人群暴露和健康效应的综合监测网络及风险评估体系^[1]。营造安全健康的建筑环境,是人民对美好生活的重大迫切需求,也是建设健康人居环境的切实体现。此外,新冠疫情对全球政治、经济、民众健康和日常生活造成极大危害,也让人们意识到了健康建筑环境营造的重要性和迫切性,极大地提升后疫情时代建筑环境健康性能关注度^[2]。高标准的室内空气质量和水质、高要求的物业管理能力、强化健康生活与运动方式的培养等方面,对控制建筑内的介质要素防止交叉感染,提升建筑的措施要素保障生活健康,加强建筑的感知要素提升心理健康等均是未来建筑环境营造行业发展的重要方向^[3]。

健康建筑涉及空气、水、光、声、热等环境要素对

人体健康舒适的影响,需综合多领域知识优化设计。根据住建部等对健康建筑专业人才的新要求,相关从业人员需掌握建筑学、环境科学、公共卫生、医学、心理学等多学科交叉知识,熟练使用BIM(建筑信息模型)、CFD(计算流体力学)等工具模拟健康建筑环境指标的营造技术和流程;同时需取得相关资质,证明对标准的系统掌握;要求专业人才从单一技术型向“技术+健康+人文”复合型转变,需通过跨学科学习、技术实践和政策研究,构建以健康为核心的设计与管理能力。这一趋势既是挑战,也是建筑行业转型升级的重要机遇。建筑环境学课程是建筑环境与能源应用工程专业的核心基础课程,本身具有多学科交叉属性,是与健康建筑环境营造基础理论密切相关的关键教学课程载体。

但传统的建筑环境学教学存在以下问题:一是现有的建筑环境学相关教材内容与健康建筑标准更新脱节,未融入后疫情时代健康建筑相关的标准指标及相关要求;同时课堂教学以建筑技术(室内空气质量、声、光、热等环境要素相关基础理论)为核心,但健康环境营造需整合医学(如病态建筑综合征预防、室内环境污染暴露的健康影响)、心理学(如室内外光环境对情绪的影响)等多学科知识,学生缺乏系统性协作训练,难于形成多学科合作思维。二是现有的建筑环境学理论讲授与健康建筑环境营造工程实践案例脱钩,学生难于快速将所学理论知识应用于健康建筑环境营造工程,难于快速适应工作需求。课堂教学中常采用理想化模型(如静态环境参数、均质材料、稳态传热、均匀光照等),而实际工程

基金项目:重庆科技大学研究生教育教学改革研究项目“人工环境交叉学科研究生科研创新能力培养实践与探索”(YJG2022y012);重庆科技大学2021年度本科教育教学改革研究项目“多学科融合的土木工程环境学应用案例式教学改革与实践”(2021035)。

***通讯作者简介:**刘炜(1987-),男,汉族,博士,副教授,硕士研究生导师,研究方向为健康建筑环境营造理论与技术;E-mail:liuw@cqust.edu.cn。

中各类环境参数复杂多变(如动态热湿负荷、非均匀通风、多污染源叠加等,依赖动态调控),导致理论计算结果与实际监测数据偏差较大;同时教材案例多基于传统建筑或实验室环境,缺乏对现代复杂建筑(如超高层、地下空间、医疗建筑)或新兴技术(如智能传感、动态热舒适)中健康要素的针对性分析。同时实际健康环境需(如基于人流量变化和应急需求的间歇通风策略),但教学中较少涉及物联网(IoT)与BIM协同的实时调控技术。同时实践环节缺乏深度参与健康建筑项目的全流程(如前期策划、后评估优化)。

一、典型教学案例建设实施路径

针对上述问题,教学组结合学校现有条件和学生层次,从基础认知层、能力进阶层、和创新实践层“三阶递进”提出了响应健康中国战略的建筑环境学课程典型教学案例建设探索。

(一) 基础认知层典型教学案例建设

首先将健康建筑标准及更新内容融入教学内容,重点融入其中建筑环境学课程关键的环境要素(室内空气质量、声、光、热、通风)相关的标准指标及相关要求;充实建筑环境学理论知识点中的健康要素。其次,建设微型工程案例和虚拟仿真案例库,在课程理论的课题教学过程中引入上述案例,可视化地表现健康要素在建筑环境营造中的重要性及可采用的营造技术手段。比如,在室内通风教学环节的代表性案例包括医院负压病房气流组织仿真动画、不同通风方案下住宅室内PM_{2.5}和气溶胶污染的扩散路径和去除效果仿真案例、不同通风方式下工业厂房室内粉尘的扩散路径和去除效果仿真案例等。通过仿真可直观展示污染物扩散路径,为通风系统设计和室内健康管理的教学提供可视化教学案例,培养学生形成扎实的理论基础。典型案例包括:

(1) 医院负压病房气流组织仿真案例。某医院改造负压病房时,为评估患者咳嗽或医疗操作产生的气溶胶扩散风险,采用Airpak(基于CFD的室内气流模拟软件),构建负压病房模型机室内人员活动模型,在模型中标记污染源(如患者口鼻位置),模拟不同换气次数(如6次/小时 vs. 12次/小时 vs. 20次/小时)对污染物清除效率的影响,动态展示分析医护人员活动和换气次数对负压病房内气流干扰的敏感度^[4]。

(2) 典型住宅室内PM_{2.5}和气溶胶污染的通风净化案例。此案例采用CFD模拟分析了不同通风方案下住宅

室内PM_{2.5}和气溶胶污染的扩散路径和去除效果仿真案例可对比自然通风、机械通风(单向新风系统)和混合通风(自然+机械)对室内PM_{2.5}和气溶胶污染的去除效果,分析污染物扩散路径:建立典型住宅房间模型(尺寸:5m×4m×3m),包含门窗、通风口、家具(简化障碍物);模拟烹饪产生的PM_{2.5}和气溶胶(粒径0.1-2.5μm),设置在厨房区域;采用非结构化网格,对住宅污染源附近和通风口区域加密,确保计算精度;然后选择边界条件(自然通风:门窗设为压力入口/出口,风速根据室外气象数据设定;机械通风:新风系统送风口风速1-3m/s,排风口负压条件;混合通风:结合自然与机械通风的边界条件)开展动态模拟。动态展示不同通风方式和风速下住宅室内PM_{2.5}和气溶胶污染的扩散路径和去除效果。总体上机械通风在污染物去除效率和稳定性上最优,但需权衡能耗;混合通风是平衡方案,适合多数住宅场景。实际应用中需结合室外空气质量监测和智能控制策略,动态调整通风模式^[5]。

(二) 能力进阶层典型教学案例建设

在完成理论学习的基础上,安排典型实际工程案例教学学时,开展典型案例教学,并在平时作业中安排学生完成典型案例分析。典型的健康建筑环境营造实际工程案例包括老旧社区适老化改造中的室内声光热环境优化及动态健康监测预警案例、中小学教室CO₂浓度智能调控和通风系统设计、办公建筑节能与人员健康需求平衡设计方案等。其中老旧社区适老化改造是应对人口老龄化的重要举措,其核心在于通过优化室内环境和引入智能化技术,提升老年人的生活安全性和舒适度,以“环境友好+智能守护”为核心,通过声光热环境的精细化设计提升基础舒适度,再以动态健康监测构建安全网,主要体现在声光热环境优化和动态健康监测预警两方面。相关案例的建设也体现这两方面。典型的案例包括:

(1) 上海某老旧社区声环境改造案例。上海某老旧社区存在隔音差,易受交通、邻里噪音干扰,严重影响老年人睡眠和心理健康等问题,在改造中安装双层中空玻璃窗、墙体吸音材料(聚酯纤维板),铺设软质地毯减少回声,并将卧室设置在远离电梯井或主干道区域,公共活动区与休息区分隔,改造后室内噪音降低15分贝,居民睡眠质量投诉减少60%^[6]。

(2) 重庆某老旧社区光环境改造案例。重庆某社区针对自然采光不足,照明设计不合理(如眩光、昏暗),

易导致老年人跌倒或视觉疲劳等问题，试点“光健康”改造；扩大南向窗户面积，增设反光板或导光管系统；安装可调色温LED灯，夜间自动切换为低蓝光模式；走廊设置人体感应灯，并采用晨昏节律照明系统；改造后居民昼夜节律紊乱比例下降40%^[7]。

(3) 南京某社区热环境改造案例。南京某社区针对墙体保温性差，冬冷夏热，空调能耗高等问题，开展热环境改造：外墙加装保温层，屋顶绿化隔热，采用低辐射（Low-E）玻璃；安装地暖+新风系统，结合温湿度传感器实现分区控温；改造后冬季室内温度提升5℃，夏季空调能耗降低30%^[8]。

(4) 杭州某社区适老化健康改造案例。杭州某20世纪80年代社区，60岁以上居民占比超40%，在适老化改造过程中，在入户安装毫米波雷达（保护隐私），浴室铺设防滑地砖+水浸传感器；室内部署毫米波雷达（非接触式跌倒监测）、智能床垫（心率/呼吸监测）、温湿度/空气质量传感器，通过LoRa或NB-IoT低功耗物联网传输数据，并通过AI算法分析异常数据（如长时间静止、体温骤升），联动社区医疗中心；结合家属/社区App实时推送预警，紧急情况一键呼救等技术改造。改造后，当传感器检测到室内CO₂浓度超标时，自动启动新风系统；夜间起床时联动地脚灯；AI平台通过心率变异性（HRV）预测心血管风险，提前3天预警准确率达85%；紧急事件响应时间缩短至5分钟，独居老人意外发生率下降70%^[9]。

（三）创新实践层典型教学案例建设

在完成理论和案例课堂教学的基础上，通过真实项目导入和专业竞赛驱动等方式，培养学生形成健康建筑环境营造创新能力。比如结合教师科研项目，安排学生加入课题组，通过校企合作开展保障性住房健康性能评估；组织不同类型的健康建筑数字化设计挑战赛等。典型的案例包括：

(1) 某高校和企业开展的保障性住房健康性能评估项目案例。此项目由某高校建筑学院、环境学院、公共卫生学院（建筑设计、环境科学、流行病学）跨学科团队完成。项目完成的健康性能评估内容包括物理环境指标、空间设计评估和社区健康生态指标。而物理环境指标包括空气质量（室内甲醛、TVOC、PM_{2.5}浓度动态监测（部署IoT传感器网络）、采光与热舒适（模拟不同户型日照时数，实测冬季/夏季室内温湿度）和噪声控制（交通噪声穿透测试（对比双层玻璃与常规窗户性能））。空

间设计评估包括户型布局对心理健康影响（通过VR模拟+居民行为追踪分析）和公共空间可达性（基于空间句法理论量化走廊、楼梯间设计合理性）。社区健康生态包括15分钟生活圈覆盖率（医疗、教育、绿地等设施GIS分析）和社区微气候模拟（ENVI-met软件优化绿化与水景布局）。此项目的技术创新点包括多源数据融合（结合BIM模型、智能电表数据、居民健康问卷（2000份有效样本），构建健康性能数字孪生平台）、动态评估体系（开发“健康性能指数（HPI）”，涵盖6大维度、28项二级指标，获国家《健康住宅评价标准》采纳）和低成本改良方案（发现75%户型自然通风不足后，提出可调节式通风井设计，成本增加仅3.2%）。在成果转化与应用方面，此项目指导设计优化调整12个楼栋朝向，使冬季日照时间提升40%，全项目采用无醛添加板材，室内甲醛合格率从78%升至99%；评估报告被深圳市住建局采纳，推动《深圳市保障性住房健康设计导则》出台；项目获WELL健康建筑认证，租金溢价达15%，空置率下降至2%；居民呼吸道疾病就诊率同比下降27%，满意度调查得分91.5^[10]。此类合作模式有效弥合了学术研究与实践落地的鸿沟，为学生通过真实项目实践学习“健康中国”战略下的建筑环境学课程知识点提供了可复制的创新实践案例。

(2) 某高校健康建筑数字化设计挑战赛案例。健康建筑数字化设计的核心是“以人为本”+“数据赋能”，通过技术手段将抽象的健康指标转化为可量化、可优化的设计参数。竞赛案例需突出创新性、可行性和实际效益，同时注重用户体验的数字化呈现。某高校组织的健康建筑数字化设计挑战赛中要求聚焦具体问题（疫情后办公空间通风、学校光环境优化等）、结合传感器数据或公开数据集（如气象数据、PM_{2.5}历史数据）、融合建筑、计算机、环境工程等专业背景、用数据看板（Dashboard）、动态模拟动画展示设计逻辑。代表性的获奖作品包括：某团队使用Revit、Rhino等工具建立参数化模型，结合EnergyPlus模拟光照、通风、能耗等性能，优化空间布局，通过BIM模型分析自然通风路径，设计“呼吸立面”，减少空调依赖；某团队通过部署空气质量传感器（PM_{2.5}、CO₂、VOCs等），结合LoRa/WiFi传输数据至云端平台，通过手机App反馈环境数据，提醒用户开窗或调整工位，同时也可通过控制系统动态调整新风系统、遮阳设备，实现环境自动优化。

结语

本文在多项国家战略对营造安全健康的建筑环境提出新要求背景下,针对传统的建筑环境学教学内容与健康建筑标准更新脱节、理论讲授与健康建筑环境营造工程实践案例脱钩等问题,从基础认知层、能力进阶层、和创新实践层“三阶递进”提出了响应国家战略的建筑环境学课程典型教学案例建设路径探索,并简要介绍了部分典型教学案例。本文可为后疫情时代健康建筑环境相关课程案例式教学改革提供参考。

参考文献

- [1] 中共中央国务院.“健康中国2030”规划纲要[M].北京:人民出版社,2016.
- [2] 赵士怀.关于疫情下构建绿色健康建筑环境的思考[J].暖通空调,2021,51(S2):342-345.
- [3] 郭超,兰丽,熊涛.从公共卫生与建筑领域的历史视角反观健康建筑环境设计[J].建筑科学,2024,40(02):19-29.
- [4] 谭斌,彭磊,龙明,等.基于CFD技术的负压病

房气流组织的数值模拟及分析优化[J].科学技术与工程,2022,22(03):1117-1121.

[5] 李发成,张腾飞.多模式通风净化器的性能模拟[J].暖通空调,2020,50(03):117-122+79.

[6] 贺启滨,李雨桐.基于室外物理环境诊断分析的既有社区改造提升方案-以上海E朋汇为例[J].建设科技,2016,(05):71-73.

[7] 李鑫,严永红,刘玮,等.山地城市老旧小区梯道光环境改善策略初探-以重庆市渝中区嘉西村社区为例[J].照明工程学报,2022,33(03):35-43.

[8] 向雷,万文霞,陆蕾.南京既有住宅更新节能改造研究[J].住宅科技,2019,39(08):69-73.

[9] 韦楠珊,钟润珥,张鑫宁,等.老有所养:浅析旧改类社区适老化改造现状-基于杭州、绍兴、湖州三地的调查[J].社会与公益,2024,(11):205-207.

[10] 许晓,马翔,卢术越,等.绿色公共住房健康性能满意度调查研究-以深圳市3个典型项目为例[J].建筑科学,2022,38(12):266-274.