低碳理念驱动下高校教学楼被动式节能设计及智能管控策略

蔡天虹　蔡晓璐　王成祥

机械工业第六设计研究院有限公司　河南　郑州　450000

摘　要：在“双碳”战略持续推进的背景下，既有建筑绿色低碳改造是高校绿色校园建设的关键抓手。现阶段大量高校教学楼存在能耗总量偏高、围护结构热工性能不足、节能配套体系缺失、运维管控粗放等现实短板。本文紧扣低碳发展要求，结合高校教学楼作息规律明显、人员密度波动大、室内负荷复杂多变的运行特征，归纳被动式节能设计原则与技术路径，从围护结构等建筑构造优化、能耗智能管控平台搭建两个层面构建一体化节能体系，依托能耗实时监测数据实现建筑运维的动态调整，将被动式建筑设计与智能化运维管理协同耦合。研究形成的改造思路与技术框架，能够有效改善教学楼用能现状，为同类高校教学楼低碳更新与绿色校园提质建设提供理论参考与实践借鉴。

关键词：低碳理念；高校教学楼；被动式节能设计；智能管控

引言：现阶段，国内建筑领域的低碳改革工作正在稳步推进，公共建筑的节能优化是落实减排任务的关键环节。高校教学楼属于高频使用的公共建筑，整体运行能耗普遍偏高，对应的碳排放总量也相对突出。多数老旧教学楼的建设标准较为传统，节能构造设计存在不足，智能化管理体系也不够完善，能源利用效率偏低。本文结合当前低碳发展标准，对高校教学楼被动节能设计方式和智能管控手段进行梳理研究，为高校绿色建筑建设与校园低碳发展提供可行的优化思路。

1 低碳理念下高校教学楼节能建设概述

高校教学楼和常规民用建筑存在使用差异，这类建筑的能耗变化具备相对固定的规律，能耗来源多集中在照明、暖通、给排水等设施运行与建筑结构换热方面。现阶段很多高校教学楼存在建设年限久、结构设计不合理、自然资源利用率低等问题，建筑整体能耗与碳排放水平相对偏高[1]。低碳理念可以融入教学楼设计与日常运维的全过程，能够在生态保护、校园教育和运维经济层面发挥积极作用。建筑节能工作主要分为被动式节能与智能化管控两种方式，两种方式可以互相配合，弥补单一模式的应用缺陷。国内高校教学楼节能建设工作目前仍存在不少短板，相关设计理念、建设体系、管控模式和运维制度都有待完善。

2 低碳理念下高校教学楼被动式节能设计原则

2.1 生态适配原则

生态适配是高校教学楼被动式节能设计的基础原则，这项设计工作需要依托建筑场地的自然基础条件开展相关工作。建筑设计工作需要合理利用场地内部的各类天然资源，以此减少人工能源的投入与使用。工作人员在开展教学楼节能设计时，需要结合校园场地地形与区域气候特点，参考区域日照时长与主导风向等基础条件，对建筑布局和构造方式做出合理调整。不同气候区域的教学楼节能设计有着不同侧重点，寒冷区域的建筑设计会强化保温、防风以及蓄热的相关设计，湿热区域的建筑设计则以通风、隔热、防潮为主要改造方向。设计工作还需要兼顾建筑本体和校园生态环境的协调性，避免改造工作破坏原有场地生态，让建筑可以适配自然环境实现低碳运行，有效降低建筑全周期的碳排放量。

2.2 功能优先原则

高校教学楼主要用于日常教学、科研工作和学生自习，相关被动节能改造工作需要优先保障建筑基础使用功能，不能只追求节能效果而忽视室内使用体验。工作人员在开展建筑结构优化和节能改造工作时，需要保护好教室的采光条件、通风效果以及整体空间结构，避免改造工作对教学开展和师生使用造成负面影响。相关改造施工需要围绕室内温度、空气状况、采光水平和隔音效果等指标开展管控工作，让改造后的室内环境可以符合校园教学的基础标准。教学楼内部各个区域的使用情况存在一定差异，人员流动规模和能耗需求并不统一，工作人员需要结合不同区域的实际情况调整节能设计方案，以此平衡建筑节能效果和实际使用功能。

2.3 经济长效原则

高校教学楼的使用周期相对较长，属于持续性投入

使用的公共建筑，因此教学楼被动节能设计工作需要遵循经济长效的基础原则。相关设计工作需要同时考量前期改造投入资金和后期长期运维产生的综合效益，工作人员在选材和确定改造方案时，应当优先选用适配性强、使用寿命长且投入成本更低的节能材料[2]。设计工作需要摒弃只注重短期节能效果的改造模式，合理把控整体改造成本，让建筑改造可以在全使用周期内稳定发挥节能降碳的作用。设计方案还需要具备一定的拓展性，能够契合高校长期的建设发展规划，为后续的设备升级和节能改造预留充足空间，减少重复改造带来的资源损耗，让建筑成本、节能效果和使用年限可以形成平衡状态。

2.4 安全耐久原则

安全耐久原则是高校教学楼被动节能改造需要遵守的基本准则。这类改造工作会对建筑墙体、屋面、门窗等关键部位进行调整，相关施工和设计操作都需要遵守现行建筑安全标准。工作人员在开展结构调整、材料更换和构造优化的过程中，不能改动建筑承重主体、消防设施和抗震结构，这样可以持续保障建筑整体安全以及师生日常使用安全。项目选用的各类节能材料需要具备稳定的物理性能，能够适应校园长期的使用环境，耐受天气变化带来的各类外界侵蚀。相关设计方案也需要契合公共建筑消防标准，保证建筑排烟通风、疏散通道和防火分区的完整可用，让建筑节能改造工作可以在安全稳定的前提下长期推进。

3 低碳理念下高校教学楼被动式节能设计核心策略

3.1 建筑整体布局优化设计

建筑整体布局优化属于教学楼被动节能设计的基础环节，布局设计的合理程度会直接影响建筑采光、通风和温度调节的整体效果，也会对建筑整体能耗水平产生关键作用。高校在开展教学楼布局设计工作时，需要结合当地气候条件调整建筑朝向，主流的南北向布局能够有效缓解夏季室内升温问题，也可以在冬季积累自然光热量，减少温控设备的能耗。设计人员需要合理设置楼栋间距，避免建筑之间出现遮挡问题，保障室内自然通风与采光的实际效果。建筑内部平面布局需要区分功能区域，高频使用的教学空间可以布置在环境条件更好的位置，辅助性空间则可布置在采光通风较差的区域。同时，建筑外形设计需要尽量简洁，以此减少墙体的热量交换，降低建筑围护结构产生的能耗损失。

3.2 围护结构节能优化设计

围护结构是高校教学楼产生热量交换与能源损耗的主要部位，整体涵盖墙体、屋面、门窗以及地面四个部分，也是建筑被动节能改造的核心内容。工作人员可以对建筑墙体开展保温改造处理，通过加装保温材料阻隔热量传递，以此稳定室内温度，减轻暖通设备的运行负荷。建筑屋面可通过多种改造方式降低太阳辐射吸收量，减少屋面热量堆积，改善顶层教室的高温问题。教学楼原有普通门窗会造成空气和热量流失，学校可以更换密封性更好的节能门窗，同时合理调控窗墙比例，减少不必要的能耗损耗。建筑底层地面也需要做保温防潮处理，阻隔地下冷气和潮气渗入室内，提升低层教室的居住舒适度，有效降低建筑日常温度调控产生的能源消耗。

3.3 自然采光与通风优化设计

自然采光与通风优化是高校教学楼性价比较高的被动节能方式，能够有效降低人工照明和机械通风产生的建筑能耗。学校可以结合建筑朝向与楼距调整基础采光条件，也能通过拓展室内采光区域、调整房屋层高、更换透光隔断和清理室内遮挡结构等方式，提升室内光照均匀程度，延长自然采光的可用时长。采光条件较差的室内空间可以加装天窗和导光设施，以此补齐室内采光不足的问题。在通风优化方面，设计人员可以结合场地主导风向规划门窗布局，搭建稳定的室内外空气流通通道[3]。教学楼可搭配不同开窗形式适配日常使用需求，密闭性较强的教学房间可以增设通风结构，提升室内空气流通效率，减少机械设备的使用频次，持续改善室内空气环境，适配师生日常教学使用需求。

3.4 建筑遮阳系统优化设计

建筑遮阳改造属于高校教学楼重要的被动节能方式，这项改造能够有效阻挡太阳辐射热量，对控制室内温度、减少空调能耗有着较为明显的作用。工作人员需要依据教学楼不同立面的朝向特点，设置对应的遮阳结构，以此提升整体节能效果。建筑南向可以安装固定水平遮阳结构，这类结构能够阻挡夏季强光照射，也可以保留冬季自然光照的进入条件。建筑东西向适合搭配垂直遮阳构件和可调百叶装置，能够缓解日间阳光直射带来的室内升温问题。学校也可在建筑外立面和屋面设置绿化遮阳与格栅遮阳结构，进一步削弱外部热源对建筑本体的影响。可调式遮阳设备能够适配不同天气与季节的使用场景，工作人员可以根据实际光照情况调整遮阳范围，在满足室内采光通风需求的基础上稳定降低建筑制冷能耗。

4 低碳理念下高校教学楼智能管控优化策略

4.1 构建全域能耗监测体系

高校教学楼可以依托物联网和传感设备搭建全域能

耗监测体系，这套体系能够对建筑能耗开展数字化与精细化管理，可为后续节能调控工作提供可靠的数据依据。学校需要在教学楼各类用电用水设备的关键位置安装智能监测设备，这类设备可以持续采集建筑能耗信息、室内环境参数以及设备运行状态等相关数据。采集到的实时数据会统一上传至校园能耗管理平台，平台能够对不同周期的能耗总量和能耗结构进行统计，同时定位建筑能耗浪费的具体位置。系统可以针对异常能耗情况设置预警功能，一旦建筑局部出现能耗超标或设备异常运行的问题，平台就会及时推送提醒信息。运维人员可以根据预警内容及时排查设备故障与能耗漏洞，能够有效避免长期的能源浪费现象，让教学楼节能管理工作可以更加规范精细。

4.2 搭建智能设备自动管控系统

高校教学楼可以结合自身的使用规律与室内环境变化情况，搭建对应的智能设备自动管控体系，这套体系能够取代传统人工管理方式，完成建筑设备的精准控制与动态调节。校园照明系统可借助感应设备感知环境光照强度与室内人员情况，系统能够自主控制灯具的开关与明暗程度，有效减少无人照明和白天开灯等能耗浪费情况。室内温控与新风设备也可以接入智能管控平台，系统会根据实时温湿度数据和人员分布情况调整设备运行状态，按需开展制冷、制热和通风作业，避免设备无效运行[4]。教学楼公共区域设施和教学专用设备可以设置感应启停和定时开关功能，设备运行状态能够贴合校园作息规律。智能化管控模式可以弥补人工管理存在的各类缺陷，让设备运行更加合理，也能在整体层面提升教学楼能源资源的利用效率。

4.3 完善大数据智能分析调控机制

高校教学楼可以依托能耗监测平台积累的各类数据资料，结合大数据分析手段搭建智能调控机制，这一模式能够让建筑节能管理从被动整改转变为提前预判的主动管理模式。平台可以对教学楼不同区域、不同时间段的能耗数据进行整理分析，总结建筑日常能耗的变化规律，再结合气候条件、校园教学作息以及人员流动特点建立能耗分析模型。系统能够根据现有数据预判后续的能耗需求，并且自主调整各类用电设备的运行参数。在教学楼使用率较低的夜间、周末以及寒暑假阶段，系统可以主动切换节能运行模式，关闭各类非必要设备，以此减少建筑基础能耗。相关数据对比结果还可以用来检验被动式节能设计的实际效果，找出设计环节存在的缺陷与能耗漏洞，为后续建筑节能优化工作提供数据支撑，让被动设计和智能管控可以相互适配、持续完善。

4.4 健全低碳运维管理体系

低碳运维管理体系的搭建可以持续保障教学楼节能设计与智能管控工作的稳定落地，高校可以从制度建设、人员培养和校园宣传三个方面完善整体运维框架。高校需要建立统一的节能运维标准与考核机制，明确后勤工作人员的岗位责任，把节能降耗工作纳入日常后勤考核内容，让建筑节能管理具备规范的执行依据[5]。学校还要落实设备定期检修工作，及时处理设备老化和运行故障问题，维持智能管控系统的稳定运行。高校应当组建专职的节能运维队伍，定期开展业务技能培训，提升工作人员对智能系统操作和能耗管理的专业水平。学校也需要长期开展校园低碳宣传工作，持续普及节能相关知识，引导全体师生规范使用建筑设备，减少日常人为造成的能源损耗，能够从制度、技术和思想多个层面，持续巩固教学楼低碳节能的整体成效。

结束语

综上所述，高校建筑的更新改造需要贴合低碳发展的整体趋势，教学楼节能优化是校园节能减排工作的重要内容。被动式节能手段主要依靠建筑结构优化降低基础能耗，智能管控技术可以动态调节建筑用能状态，两种技术结合能够搭建完整的建筑节能体系。教学楼节能改造可以提升能源利用效率，减少建筑运行阶段的碳排放，进一步完善校园绿色建设体系。持续开展建筑节能优化工作，能够助力高校落实低碳发展任务，保障校园建设可以长期稳定向好发展。

参考文献

[1] 程燕. 低碳理念驱动公共建筑外立面的生态设计策略 [J]. 工程与技术研究,2025,8(18):34-36.

[2] 林远平. 高校绿色建筑结构体系低碳化设计与节能性能优化研究 [J]. 建筑科学与工程研究,2025,1(2):1-4.

[3] 巫春玲, 任凯, 马力圣, 王致垚. 基于能耗模拟的某高校教学楼节能改造设计 [J]. 现代建筑电气,2022,13(5):35-41.

[4] 李柱梁, 张娜. 基于 Revit 软件的寒地高校教学楼绿色节能改造设计研究 [J]. 计算机应用文摘,2023,39(3):81-84.

[5] 张炜珍. 基于 BIM 技术的学校教学楼节能设计研究 [J]. 江西建材,2025(2):146-147+150.