

碳中和视角下校园公共建筑自然通风采光与智能控制系统协同研究

王成祥 蔡天虹 蔡晓璐

机械工业第六设计研究院有限公司 河南 郑州 450000

摘 要: 碳中和背景下, 校园公共建筑绿色发展意义重大。自然通风采光可降低建筑能耗, 智能控制系统能精准调节二者。在自然通风采光策略上, 从建筑布局、围护结构、特殊空间等方面提出优化方案, 还给出节能措施与气候适应策略。智能控制系统协同方面, 阐述联动机制、数据交互模式、基于能耗监测的优化及策略制定。通过自然通风采光与智能控制系统协同, 能有效降低校园公共建筑能耗, 促进碳中和目标达成。

关键词: 碳中和; 校园公共建筑; 自然通风采光; 智能控制系统

引言: 在全球碳中和目标的驱动下, 建筑领域的节能减排至关重要, 校园公共建筑作为能源消耗的重要组成部分备受关注。自然通风采光可有效降低校园公共建筑能耗, 而智能控制系统能实现对二者的精准调控。然而, 目前二者协同的研究与应用尚不完善。因此, 深入探讨碳中和视角下校园公共建筑自然通风采光与智能控制系统的协同策略, 旨在提高能源利用效率, 为校园建筑的绿色低碳发展提供理论与实践参考。

1 碳中和视角下校园公共建筑概述

在全球积极推进碳中和的大背景下, 校园公共建筑的绿色发展至关重要。校园公共建筑涵盖教学楼、图书馆、体育馆等, 是师生学习、交流和活动的主要场所, 其能耗情况直接影响着碳中和目标的实现。从建筑能耗角度看, 校园公共建筑在照明、空调、通风等方面消耗大量能源。传统的能源供应方式依赖化石燃料, 产生了大量碳排放。在碳中和目标的约束下, 降低校园公共建筑能耗、实现节能减排成为当务之急。校园公共建筑具有人员密集、使用时间集中等特点^[1]。教学楼在上课时间人员高度集中, 对室内环境质量要求高; 图书馆需要保持适宜的温度和光照条件, 以满足阅读需求; 体育馆则要保证良好的通风和采光, 为体育活动提供舒适环境。这些特点决定了校园公共建筑在实现碳中和过程中需要综合考虑多方面因素。自然通风和采光作为降低建筑能耗的有效手段, 在校园公共建筑中具有巨大潜力。合理的自然通风可以改善室内空气质量, 降低空调使用频率; 充足的自然采光能够减少人工照明能耗。

2 碳中和视角下校园公共建筑自然通风采光策略

2.1 建筑布局通风采光优化

建筑布局是影响校园公共建筑通风采光性能的首要因素, 科学的布局设计能够充分利用自然条件, 降低建筑能耗, 是实现碳中和目标的重要途径。(1) 顺应主导风向布局。根据当地全年主导风向和夏季盛行风向, 合理确定建筑群的朝向和排列方式, 使建筑迎风面形成有利的风压差, 促进自然通风顺畅进行。(2) 优化建筑间距与朝向。保证建筑之间满足日照间距要求, 避免前排建筑遮挡后排采光, 同时使主要功能房间获得南向或接近南向的良好朝向, 充分利用天然光照。(3) 错列式建筑群布置。采用错列、斜列式布局代替行列式布局, 增大建筑间气流通畅性, 减少风影区范围, 改善建筑群内部的通风环境。(4) 控制建筑体形系数。合理控制建筑进深和高度, 避免过大进深导致室内采光不足和通风死角, 一般教学用房进深不宜过大, 以保证双侧采光和穿堂风的形成。(5) 留设通风廊道与开敞空间。在建筑群之间预留通风廊道, 结合广场、庭院、连廊等开敞空间设计, 引导自然风深入建筑群内部, 提升整体微气候质量。

2.2 围护结构采光通风设计

围护结构是建筑与外界环境进行热量、空气和光线交换的界面, 其设计质量直接决定自然通风和天然采光的实施效果, 是实现建筑低碳运行的关键环节。(1) 优化窗户设计。合理确定窗墙比和窗户位置, 采用外平开窗或推拉窗等开启面积大的窗型, 保证可开启面积满足通风要求, 同时避免过大窗墙比造成冬季热损失和夏季太阳辐射得热。(2) 设置通风中庭与天窗。在公共建筑内部设置中庭空间, 结合顶部可开启天窗, 利用热压原理形成烟囱效应, 引导热空气上升排出, 促进室内竖向自然通风。(3) 采用导光管与采光井。针对进深较大的

房间和地下室空间,设置导光管系统或采光井,将天然光引入室内深处,减少白天人工照明能耗,提升采光均匀度。(4)合理配置遮阳设施。南向窗口设置水平外遮阳板,东西向采用垂直或活动遮阳,在阻挡夏季太阳直射的同时不影响冬季阳光进入和自然采光效果。(5)选用高性能玻璃幕墙。采用 Low-E 中空玻璃、可调节幕墙呼吸式结构等新型材料与技术,在保证采光通透性的同时提升保温隔热性能,降低建筑冷暖负荷。

2.3 特殊空间采光通风方案

在碳中和视角下,校园公共建筑的特殊空间采光通风方案需精准适配。对于阶梯教室,因其空间纵深大、座位呈阶梯状分布,采光上可在教室顶部设置天窗,引入顶部自然光,并结合侧面高侧窗增加光线均匀度;通风方面,在教室后部和侧面设置通风口,利用热压通风原理,使室内污浊空气排出,新鲜空气流入^[2]。实验室常进行各类实验,对采光通风要求严格。采光可采用分区照明,关键实验区设置局部照明,同时利用大面积侧窗保证整体采光;通风上安装专业通风系统,及时排出实验产生的有害气体,且可与智能控制系统相连,根据实验类型和室内空气质量自动调节通风量。体育馆空间高大空旷,采光可通过大面积玻璃幕墙,让自然光照亮内部;通风则借助屋顶通风器和墙面通风百叶,实现自然通风,在人员密集时,可开启机械通风设备辅助通风,确保空气质量,降低能源消耗,助力校园建筑实现碳中和目标。

2.4 自然通风采光节能措施

在碳中和视角下,校园公共建筑采取自然通风采光节能措施意义重大。在建筑规划上合理布局,依据当地风向和日照规律设计建筑朝向与间距,使建筑能最大程度引入自然风与光。比如将教学楼的长边朝向南北,利于夏季通风和冬季采光。优化围护结构,采用高透光低辐射玻璃,既保证充足采光又能减少热量传递;墙体选用保温隔热性能好的材料,降低室内外热量交换,减少空调和暖气能耗。设置可调节遮阳设施也很关键,如活动遮阳板、遮阳百叶等。在夏季阳光强烈时,可调节遮阳设施角度阻挡直射光,降低室内温度;冬季则收起以获取更多阳光。利用中庭、通风塔等构造促进自然通风。中庭可形成热压通风效应,将室内热空气排出;通风塔利用风压和热压原理,加速空气流动,改善室内空气质量。还可结合智能控制系统,依据室内外环境参数自动调节门窗开启角度和遮阳设施状态,实现自然通风采光的高效利用,降低人工能源消耗,助力校园建筑实现碳中和目标。

2.5 通风采光与气候适应性策略

在碳中和背景下,校园公共建筑的通风采光需适配不同气候。对于夏热冬冷地区,夏季主导策略是强化通风与遮阳。建筑设计时,使建筑朝向与夏季主导风向一致,利用自然风降低室内温度。同时设置外遮阳装置,如遮阳篷、百叶窗等,阻挡太阳辐射热进入室内。冬季则注重保温与采光,合理控制窗墙比,增加南向开窗面积以获取更多阳光,提高室内温度。在寒冷地区,通风设计要兼顾保温^[3]。可采用热回收通风系统,在排出室内污浊空气时回收热量,减少热量损失。采光方面,选择高效透光材料的窗户,保证室内有充足光照。炎热多雨的南方地区,半室外空间是通风采光的关键。设置连廊、庭院等半室外空间,既利于自然通风,又能在雨天提供活动场所。同时,利用天窗和高侧窗增加室内采光面积,改善室内光环境。干旱少雨的地区,可利用地下风道引入凉爽空气,实现自然通风降温。

3 碳中和视角下校园公共建筑智能控制系统协同

3.1 智能控制与通风采光联动机制

智能控制与通风采光的联动是提升校园公共建筑能源利用效率的重要手段,通过实时感知环境变化并自动调节设备运行状态,最大限度地利用自然资源,减少人工能耗。(1)环境参数实时监测。在室内外布设温湿度、风速、光照度、二氧化碳浓度等各类传感器,构建全覆盖的环境监测网络,为联动控制提供准确可靠的数据支撑。(2)自然通风优先控制策略。当室外温湿度处于舒适区间时,系统自动开启窗户和通风口,优先利用自然通风调节室内环境,仅在自然通风无法满足需求时才启动机械通风或空调系统。(3)天然采光智能调控。根据室内光照度传感器反馈数据,自动调节电动遮阳帘角度和人工照明亮度,实现“按需采光、按需照明”,在保证照度达标的前提下最大限度利用天然光。(4)遮阳与采光动态平衡。系统综合分析太阳辐射强度和室内照度需求,动态调整遮阳设施状态,在夏季阻挡过量辐射得热的同时保持适宜的室内采光水平,兼顾采光与隔热双重目标。(5)多系统协同优化运行。将通风、采光、空调、照明等子系统纳入统一管理平台,通过智能算法进行整体优化调度,实现各系统间的高效联动,降低建筑综合能耗。

3.2 系统协同的数据交互模式

在碳中和目标下,校园公共建筑智能控制系统协同的数据交互模式至关重要。传感器网络是数据采集的基础,在建筑内外合理布置温湿度传感器、光照传感器、空气质量传感器等,实时收集环境参数。这些传感器将

数据以无线或有线方式传输至本地数据网关,网关对数据初步处理和整合,确保数据的准确性和完整性。本地数据网关与中央服务器的数据交互是关键环节,网关将处理后的数据上传至服务器,服务器利用大数据分析技术对海量数据进行深度挖掘,分析自然通风采光与智能设备运行状态的关联^[4]。例如,根据光照强度和室内人员分布,判断是否需要调整遮阳帘和照明设备。同时,服务器也会根据分析结果向网关下达控制指令。智能设备与网关之间也存在双向数据交互,智能通风设备、采光设备等接收网关指令进行动作调整,同时将自身运行状态反馈给网关,如设备的开启时长、功率等,以便服务器实时掌握设备情况,进一步优化控制策略。这种高效的数据交互模式,实现了自然通风采光与智能控制系统的精准协同,有效降低建筑能耗,推动校园建筑迈向碳中和。

3.3 基于能耗监测的协同优化

能耗监测是实现建筑精细化能源管理的基础,通过对各子系统能耗数据的实时采集、分析和反馈,可以持续优化控制策略,不断提升建筑节能水平,助力碳中和目标实现。(1)能耗分项计量体系。在照明、空调、通风、动力等各用电回路安装智能电表和计量装置,实现建筑能耗的分项、分区、分时精确计量,全面掌握能耗构成与流向。(2)能耗数据实时采集与传输。利用物联网技术将各计量装置数据实时上传至能耗监测管理平台,形成连续完整的能耗数据库,为后续分析优化提供数据基础。(3)能耗分析与异常诊断。运用大数据分析技术对能耗数据进行统计对比和趋势分析,自动识别能耗异常时段和异常区域,及时发现设备故障、运行策略不合理等能源浪费问题。(4)控制策略动态优化。根据能耗分析结果,结合室外气象参数、室内使用情况和历史运行数据,利用智能算法不断修正通风、采光、空调等系统的运行参数和控制逻辑,实现能耗持续下降。(5)能耗考核与反馈机制。建立建筑能耗公示和考核制度,定期发布能耗分析报告,将节能效果与管理部门绩效挂钩,形成“监测—分析—优化—反馈”的闭环管理,推动节能工作持续改进。

3.4 智能控制协同的策略制定

在碳中和视角下,制定校园公共建筑智能控制协同

策略十分关键。借助传感器实时收集室内外温湿度、光照强度、空气质量等数据,智能系统依据预设阈值自动调节通风和采光设备。如光照充足时自动调暗照明,温度适宜时加大自然通风量,减少人工能源消耗。根据校园作息规律,在人员密集时段,加强通风和采光以保证环境舒适;人员较少时段,降低设备运行功率。例如上课期间保证教室良好通风采光,课间适当降低强度。使通风、采光、空调等设备相互配合,如开启空调时自动调整通风量,避免能源浪费;采光不足时,照明系统与遮阳设备协同,既满足光照需求又不过多引入热量^[5]。系统实时监测设备运行状态,一旦出现异常及时预警并自动切换备用设备或调整控制方案,保障系统稳定运行。设置用户交互界面,让师生可根据自身需求微调环境参数,同时系统记录用户偏好,不断优化控制策略,提升使用体验和节能效果。

结语

未来,在碳中和视角下,校园公共建筑自然通风采光与智能控制系统协同将迈向新高度。随着科技的进步,智能传感器会更精准,数据分析能力更强,能实现更精细、智能的协同控制。建筑设计也会更多地将自然通风采光纳入考量,与智能控制系统深度融合,打造更绿色节能的校园环境。同时,相关标准和规范将不断完善,为协同发展提供有力支撑。通过持续的研究和实践,校园公共建筑有望大幅降低能耗,成为实现碳中和目标的典范,为可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 尚依依,段佳利,伍维娜,等.校园巡检机器人智能视觉监控系统的设计与实现[J].黑龙江科学,2026,17(6):94-96.
- [2] 黎姝洵,肖鹏.既有校园宿舍室内自然通风模拟分析与优化探究[J].绿色科技,2025,27(8):236-241.
- [3] 杨宗晔.智慧校园背景下绿色建筑数字化运维体系构建研究[J].陶瓷,2026,(5):154-156.
- [4] 李虎群,朱晓芒,徐墨,等.智慧校园公共区域智能照明系统设计与实现[J].通信与信息技术,2025,(3):103-108.
- [5] 武继春,王涛,丁燕.智慧校园建筑智能化施工技术应用与效果评价研究[J].建筑技术开发,2025,52(10):54-56.