双碳目标下中小学校园绿色建筑设计与智能化运维研究

蔡晓璐　王成祥　蔡天虹

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，中小学校园低碳绿色化建设成为教育建筑领域重要发展方向，需兼顾建设标准、设计优化与后期智能运维综合落地。本文结合双碳目标，梳理中小学校园建筑低碳建设相关要求，涵盖碳排放管控、可再生能源利用、室内环境提质及建筑全生命周期低碳管控等内容。本文从节能、环保、资源利用三个维度，制定中小学校园绿色建筑设计策略，同时构建包含能源管理、设备监控、环境调节、安全管理的校园智能化运维体系，完善校园绿色建设与智能运维模式，为双碳背景下中小学校园绿色建筑建设及长效运维提供参考依据。

关键词：双碳目标；中小学；校园绿色建筑设计；智能化运维

引言

双碳目标推动建筑行业向低碳化、绿色化转型，中小学校园建筑人流量大、用能需求稳定，是公共建筑低碳改造的重要场景。为适配双碳发展相关标准，落实校园建筑低碳节能与绿色发展要求，解决校园建筑能耗偏高、资源利用低效、运维模式传统等问题，本文结合中小学校园建筑的建设与运营特点，梳理双碳目标下校园建筑的建设要求，探究绿色建筑设计方法与智能化运维模式，以期推动中小学校园建筑节能减碳、提质增效，为同类校园建筑绿色建设与智能管理提供参考。

1 双碳目标对中小学校园建筑的要求

（1）能源消耗与碳排放限制。中小学校园建筑需严格管控运行阶段的能源消耗与碳排放指标，校园建筑日常运行中消耗的电力、燃气等常规能源是碳排放的主要源头，为落实双碳发展要求，校园建筑需落实各项节能减碳举措，持续降低整体能源消耗，提升能源综合利用效率，从源头减少建筑运行碳排放。建筑设计与改造中可重点优化外墙、门窗、屋面等建筑围护结构，提升整体保温隔热性能，减少空调、采暖设备的高频使用，有效降低建筑暖通系统的能耗损耗。（2）可再生能源利用要求。双碳背景下，校园建筑需逐步降低对传统化石能源的依赖，积极推广应用各类清洁可再生能源。太阳能、地热能等清洁能源具备无污染、可再生的优势，适配校园建筑使用场景。校园可通过加装太阳能光伏板，自主供给校园日常部分用电，同时配套地源热泵系统，满足建筑冬季采暖、夏季制冷的使用需求，实现能源结构优化。（3）室内环境质量要求。校园建筑节能改造需兼顾实用性与舒适性，良好的室内环境直接影响师生身体健康与课堂学习效率。在落实节能减碳工作的同时，需保障室内温度、湿度、自然光照及空气质量达标。通过科学规划建筑布局、优化通风与采光设计，搭配智能环境调节设备，全方位优化校园室内居住与学习环境。（4）建筑全生命周期低碳要求。校园建筑低碳管控不再局限于运行阶段，需贯穿建筑全生命周期。涵盖建材选型、规划设计、施工建设、运营维护、拆除回收所有环节，全过程落实低碳理念[1]。优先选用低碳环保建筑材料，采用绿色标准化施工工艺，通过科学运维延长建筑使用寿命，提升建筑废弃材料回收再利用水平，全方位降低建筑全流程碳排放量。

2 中小学校园绿色建筑设计策略

2.1 节能设计

一是建筑围护结构节能设计。优化建筑外墙、屋顶、门窗等围护结构构造，提升建筑整体保温隔热性能，降低冷热能源消耗。建筑墙体采用高效保温材料并设置保温层，强化墙体隔热保温能力；门窗采用双层中空玻璃或 Low-E 玻璃，提升门窗密封性和保温效果；屋顶铺设专用隔热层或开展屋顶绿化，阻隔室外热量传导，减少建筑空调、采暖设备的能耗损耗。二是自然通风与采光设计。依托自然环境条件降低建筑人工能耗，科学规划建筑布局与朝向，构建通畅的室内通风路径。合理布置可开启窗户和专用通风结构，加强室内外空气对流循环，改善室内通风条件。同时扩大建筑玻璃窗、天窗布设面积，最大化利用自然光满足室内照明需求，有效减少日间人工照明的电力消耗。三是可再生能

源利用设计。结合校园区位条件、气候特征和自然资源情况，合理配置可再生能源利用系统。光照充足区域安装太阳能光伏板和太阳能热水器，供给校园日常用电和生活热水；风力资源较好区域配套小型风力发电设备；具备地热资源的区域采用地源热泵系统，以可再生清洁能源替代传统能源，全方位降低校园建筑能耗，实现节能减碳的建设目标。

2.2 环保设计

第一，优化建筑材料选择。校园建筑施工优先选用环保、无污染、可再生的建筑材料，减少建筑施工和后续使用过程中产生的环境污染。项目优先使用本地建材，缩减材料运输距离，降低运输环节的能耗和碳排放量。选用钢材、木材、玻璃等可回收循环利用的建材，提高建筑材料整体利用率，同时严禁使用含有甲醛、苯等有害物质的建材，从建筑源头保障在校师生的身体健康。第二，完善水资源利用设计。校园所有建筑统一配套节水设施，全面普及节水水龙头、节水马桶等器具，减少日常用水浪费。校园同步搭建雨水收集系统，将收集的雨水集中用于校园绿化灌溉、道路清洁等场景。同时设置中水回用系统，对校园生活污水进行专业净化处理，处理后的水资源可用于冲厕、车辆清洗等，全方位提升校园水资源重复利用水平。第三，推进生态环境营造。持续扩充校园绿化面积，栽种本土适配植物，丰富校园生物种类，完善校园生态体系[2]。科学规划草坪、树林、花园等绿化区域，打造可供师生休闲交流的绿色空间。建设生态池塘、小型湿地等水体景观，改善校园局部微气候，打造绿色、健康、可持续的校园生态环境。

2.3 资源利用设计

一是土地资源利用。校园建设依托科学的用地布局规划，采用集约化建筑布局，合理管控建筑占地面积。充分开发校园地下空间，建设地下停车场、地下场馆等基础配套设施。优化校园整体路网结构，删减多余冗余道路，减少道路对土地资源的占用，有效拓展校园绿化空间与师生活动空间，全面提升校园土地资源整体利用效率。二是能源资源综合利用。校园采用复合型能源利用模式，整合传统能源与太阳能、风能等各类可再生能源，搭建校园分布式能源体系，实施能源梯级利用机制。配套安装空调余热回收、污水热能回收等节能设备，对校园废弃能源进行集中收集与二次利用，减少能源消耗与浪费，提升校园能源利用水平，搭建高效节能的校园能源利用体系。三是废弃物处理设计。校园建立规范化废弃物处理体系，全面落实垃圾分类收集、循环利用与无害化处理相关工作。校园全域布置分类垃圾收集设施，引导师生规范开展垃圾分类，建设专用垃圾处理站点，对各类垃圾进行分类处置。对可回收垃圾开展再生利用，对有害垃圾进行专项合规处理，对普通生活垃圾实施无害化处置，实现校园废弃物标准化、规范化管理，推进校园废弃物资源化循环利用发展。

3 中小学校园智能化运维模式

3.1 能源管理系统

第一为能源监测与分析，在校园各类建筑中安装专业能源监测设备，实时采集校园电力、燃气、用水等各类能源消耗数据，通过数据分析软件对采集的数据进行统计、梳理、分析与评估，精准识别校园能源消耗高峰时段和高耗能设备，明确校园能源消耗存在的核心问题，为校园能源规范化、智能化管理提供基础数据支撑。第二为能源控制与优化，依托能源监测与分析得出的各项数据，结合智能能源控制技术，对校园各类能源设备开展远程管控和参数优化调节工作，系统结合室内外温度变化、校园人员活动状态，自动调整空调、采暖设备的运行参数，同时依据环境光照强度，智能调节校园照明设备亮度，规避无效能源消耗，切实提升校园整体能源利用效率，降低校园日常运维能耗成本[3]。第三为能源决策支持，搭建校园专属能源决策支持系统，整合实时与历史能源消耗数据，完成数据深度分析与未来能耗预测，结合校园实际运营情况制定科学的能源使用计划与节能考核指标，同时对各类节能措施的实施效果、投入成本进行对比评估，筛选出适配中小学校园场景的最优节能方案，为校园能源精细化、科学化的智能化运维管理，提供全方位的数据与决策支撑，助力校园能源管理工作标准化、高效化开展。

3.2 设备监控系统

（1）设备状态监测，系统通过前端传感器和智能监控设备，对校园各类公共设备实施全天候实时监测，持续采集设备运行参数、工作状态等基础数据，同步捕捉设备运行异常信息，动态掌握设备实时运行情况，完整记录设备运行基础数据，为校园设备后续运维工作提供可靠的数据支撑，保障设备运行状态可查、可控、可追溯。（2）设备故障预警，系统依托大数据分析和人工智能技术，对设备长期运行产生的海量数据进行深度挖掘与分析，构建标准化设备故障预警模型，明确各类设备运行异常阈值，当设备运行参数超出正常标准、存在潜在故障隐患时，系统将自动触发预警，及时向校园运维人员推送异常信息，提醒工作人员快速开展隐患排查与设备检修工作，及时处置设备初期故障，避免小故障持

续扩大引发设备停运、部件损坏等问题，有效降低设备故障发生率，保障设备持续稳定运行。（3）设备维护管理，系统搭建专用设备维护管理数据库，统一归档录入设备基础信息、日常维护记录、故障维修台账、定期保养计划等相关数据，结合设备实时监测数据与故障预警结果，制定科学规范、针对性强的常态化设备维护保养方案，标准化校园设备运维工作流程，切实提升各类校园公共设备的运行稳定性，延长设备整体使用寿命，精简设备运维工作流程，有效降低校园设备日常运维的人力、物力成本。

3.3 环境调节系统

一是室内环境监测，该系统在校园各室内区域布设配套环境监测设备，全天候实时采集室内温度、湿度、光照、空气质量等核心环境参数，所有监测数据通过专用数据传输网络统一上传至环境调节系统平台，完成数据汇总、整理与实时更新，为系统智能化环境调节工作提供真实有效的数据依据，保障校园室内环境调节各项工作有序开展、有据可依[4]。二是智能环境调节，系统以室内实时环境监测数据为基础，对照预设的校园环境标准参数，通过智能调节技术对室内环境设备实施自动化调控，实现各类环境参数的动态优化调整。当室内温度偏离标准区间时，系统可自动启停空调设备，完成升温、降温调节；当室内空气质量不达标、空气流通性不足时，系统自动开启新风系统进行通风换气，全程无需人工干预，可自主完成校园室内环境的精准调节与优化。三是环境舒适度评价，系统搭建标准化室内环境舒适度评价模型，整合温度、湿度、光照、空气品质等全部监测数据，对校园室内环境质量开展全面综合评价，结合评价结果动态调整各类环境设备的运行模式与调节方案，持续优化校园室内环境状态，改善校园学习和工作场景环境条件，提升师生在校环境舒适度，补齐校园环境运维短板，健全完善校园智能化环境运维管理体系。

3.4 安全管理系统

（1）视频监控系统覆盖校园重点区域、关键通道及公共活动场所，全面布设监控设备，实现校园重点区域24小时不间断实时监控。系统持续采集现场视频画面，长期留存监控数据，能够实时排查校园安全隐患、识别人员异常行为，及时上报各类安全风险，为校园日常安全巡查、突发事件溯源和应急处置提供完整视频支撑，夯实校园常态化安全防控基础。（2）门禁管理系统对校园所有出入口实施统一智能化管控，替代传统人工值守模式，依托刷卡、人脸识别等智能验证方式，核验进出人员身份信息，规范校园人员、车辆进出流程，严格管控校外人员入校权限，阻止无关外来人员随意进入校园，从出入口源头防范外来安全隐患，强化校园封闭式管理成效，整体提升校园安全管理标准化水平。（3）消防报警系统在校园各类建筑内部及公共区域布设烟雾探测器、手动火灾报警按钮等全套消防监测设施，对校园火情隐患开展常态化监测，实时捕捉火灾预警信号[5]。出现火情时，系统可自动触发声光报警，同步推送预警信息，引导师生有序快速疏散，联动启动配套消防设备开展处置作业，有效缩短火灾应急响应时长，提升火灾处置效率，最大限度减少火灾引发的人员伤亡和财产损失，健全校园智能化消防安全运维与应急防控体系，完善校园整体安全防护架构。

结语

综上所述，双碳发展理念为中小学校园建筑建设与运维指明了转型方向，绿色化设计与智能化运维是校园建筑低碳发展的核心路径。依托节能、环保、资源化的绿色设计方式，可从建筑建设源头落实低碳目标。结合智能化运维系统，能够实现校园能源、设备、环境、安全的精细化管理。推进校园建筑绿色智能化升级，可有效降低碳排放、优化校园环境，助力教育建筑领域双碳目标落地。

参考文献

[1] 刘谦. 绿色校园在建筑设计中的应用探析 [J]. 石材,2024(4):111-113.

[2] 林伟健. 绿色建筑节能设计在小学校园中的应用研究 [J]. 建材与装饰,2024,20(35):46-48.

[3] 范家果. 基于绿色可持续发展理念的校园公共建筑设计方案 [J]. 中国建筑金属结构,2025,24(1):61-63.

[4] 谢芳程. 高层建筑擦窗机系统方案设计与应用研究 [J]. 建筑机械化 ,2026,6 (49-54)

[5] 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.