

碳中和目标下绿色医院基建工程的节能技术应用与管理 路径研究

李超聪

445322*****0751

摘要: 在实现“双碳”目标的国家战略背景下, 医疗行业作为能耗密集型公共服务领域, 其节能减排工作面临严峻挑战。本文研究重点主要聚焦于绿色医院基建工程全生命周期中的节能技术应用与管理路径优化问题, 系统分析了医院建筑在规划设计、施工建造和运营维护各阶段的能源消耗特征与碳减排潜力。研究提出了基于全生命周期评价的绿色医院建设框架, 整合了被动式设计、高效设备系统、可再生能源利用和智能化管理等关键技术体系, 构建了涵盖组织架构、制度保障、监测评估和持续改进四个维度的管理路径模型, 希望能够为医疗行业实现碳中和目标提供了理论性的参考作用。

关键词: 碳中和; 绿色医院; 基建工程; 节能技术; 全生命周期; 管理路径; 医疗建筑; 能源效率

DOI: 10. 69979/3029-2727. 25. 12. 033

引言

随着全球气候变化问题日益严峻, 中国提出了 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和的宏伟目标。在这一背景下, 各行业都在积极探索低碳转型路径。医疗行业作为保障民生的重要领域, 其能源消耗和碳排放问题不容忽视。由于医院建筑因其特殊功能需求, 24 小时不间断运行的大型医疗设备、严格的室内环境控制要求以及密集的人流物流等特点, 使其成为公共建筑中的能耗大户。

绿色医院建设是实现医疗行业低碳转型的关键路径。传统的医院基建工程往往侧重于功能实现和成本控制, 对能源效率和环境影响的考量不足。随着“健康中国”战略与“双碳”目标的协同推进, 如何在满足医疗服务需求的同时降低能源消耗和碳排放, 成为医院基建工程面临的重要课题。本研究从技术应用和管理优化两个维度, 系统探索绿色医院基建工程的实施路径, 对于推动医疗行业可持续发展、实现国家碳中和目标具有一定的理论和实践价值。

1 绿色医院基建工程的能耗特征与减排潜力

1.1 医院建筑能耗结构与特点

医院建筑能耗呈现出显著高于普通公共建筑的特点, 其能源消耗结构也具有鲜明的行业特征。从能耗构成来看, 空调通风系统通常占据总能耗的 40%-50%, 这源于医院对室内温湿度、空气洁净度的严格要求, 特别是手术室、ICU 等特殊区域需要维持恒温恒湿环境。照

明系统能耗约占 15%-20%, 由于医院 24 小时运营的特性, 大部分区域的照明需要持续开启。大型医疗设备如 CT、MRI 等影像诊断设备的能耗占比达 20%-30%, 且随着医疗技术进步, 高能耗设备的数量和功率都在不断增加。此外, 信息机房、消毒供应中心、洗衣房等辅助设施的能耗也不容忽视。

医院能耗还具有时空分布不均衡的特点。时间上, 工作日与节假日、白天与夜间的能耗存在明显差异; 空间上, 不同功能区域的能耗强度差别很大。这种复杂的用能特征使得医院节能工作面临巨大挑战, 也意味着存在多层次的节能减排潜力。通过系统分析各环节的能源流动和损失途径, 可以识别出关键改进点, 为技术应用和管理优化提供方向指引^[1]。

1.2 基建工程各阶段的碳排放源分析

绿色医院基建工程的全生命周期包括规划设计、施工建造、运营维护和最终拆除四个主要阶段, 每个阶段都有其特定的碳排放源。在规划设计阶段, 建筑布局、朝向、体形系数等决策将长期影响医院的能源性能, 不当的设计可能导致后期高昂的改造成本和能源浪费。材料选择也至关重要, 高隐含碳的建筑材料会增加项目的全生命周期碳排放。

施工建造阶段的主要碳排放源包括施工机械的化石燃料消耗、建筑材料运输以及现场施工工艺等。研究表明, 医院建筑的施工过程碳排放可达普通公共建筑的

1.5 倍左右,这与医院建筑结构复杂、设备系统繁多有关。运营维护阶段是碳排放最集中的时期,约占全生命周期的 80%以上,主要来自电力、天然气等能源的直接消耗以及制冷剂泄漏等间接排放。拆除阶段的碳排放相对较小,但建筑垃圾处理 and 材料回收利用情况会影响整体环境绩效^[2]。

理解各阶段的碳排放特征,有助于制定针对性的减排策略。例如,在规划设计阶段优先考虑被动式节能设计,可以减少后期主动式系统的能源需求;在施工阶段采用绿色施工技术和本地化材料,可以降低隐含碳排放;在运营阶段实施精细化管理,可以提高能源使用效率。这种全生命周期的视角对于实现碳中和目标下的绿色医院建设至关重要。

2 绿色医院基建工程的关键节能技术体系

2.1 被动式节能设计技术

被动式设计是绿色医院基建工程的基础性节能策略,通过建筑本身的形态和构造来调节室内环境,减少对主动式能源系统的依赖。在规划布局方面,合理的建筑朝向可以充分利用自然采光和通风,减少人工照明和机械通风的能耗。研究表明,优化建筑朝向可使医院整体能耗降低 8%-12%。建筑体形系数的控制也至关重要,紧凑的布局有利于减少外表面积,降低热损失。同时,通过功能分区将能耗特征相似的部门集中布置,可以提高能源系统的运行效率。

围护结构节能是另一项关键技术。医院建筑外墙宜采用高性能保温材料,结合外遮阳系统,有效阻隔夏季太阳辐射热。窗户设计应考虑合理的窗墙比,使用低辐射镀膜中空玻璃,平衡采光需求和热工性能。屋顶可采用绿化屋顶或高反射率材料,减少热岛效应。

2.2 高效设备系统技术

主动式能源系统的效率提升是绿色医院节能的核心。在空调系统方面,采用磁悬浮离心机、变频技术和热回收装置可以显著提高能效。磁悬浮离心机相比传统机组节能 30%-40%,且运行更加平稳安静,适合医院环境。变频技术可根据负荷变化自动调节设备输出,避免能源浪费。热回收系统则能够利用排风中的废热预热新风,实现能源的梯级利用。

照明系统节能潜力同样巨大。LED 灯具替代传统荧光灯已成为主流趋势,其发光效率高、寿命长,可节约照明用电 50%-70%。智能照明控制系统通过人体感应、

光感调节和场景模式等功能,实现按需照明,避免无人区域的能源浪费。

可再生能源利用是减少化石能源依赖的重要途径。医院建筑屋顶通常面积较大,适合安装太阳能光伏系统。太阳能热水系统可为医院提供稳定的生活热水,减少燃气消耗。地源热泵技术利用地下土壤的恒温特性,为医院提供高效的供暖制冷解决方案。这些可再生能源技术的应用,不仅降低了医院的运营成本,也减少了碳排放,是实现碳中和目标的重要手段。

3 绿色医院基建工程的管理路径优化

3.1 组织架构与制度建设

有效的组织保障是绿色医院基建工程顺利实施的前提。建议成立由院领导牵头的节能降碳工作领导小组,统筹协调规划、基建、后勤、医疗等各部门的工作。设立专职的能源管理岗位,负责日常能耗监测、分析和改进。同时,建立跨部门的协作机制,确保节能措施在临床、医技、行政等各环节得到落实。这种矩阵式的管理结构既能保证决策的权威性,又能实现专业分工和高效执行^[3]。

制度建设为绿色医院建设提供规范依据。应制定完善的能源管理制度,明确各部门职责和 workflows。建立项目全生命周期的碳管理制度,从规划设计到运营维护都有相应的减排要求和考核指标。推行绿色采购政策,优先选择节能环保的产品和服务。此外,将能效表现纳入绩效考核体系,与部门和个人奖惩挂钩,可以调动全员参与节能的积极性。

3.2 监测评估与持续改进

精准的能源监测是管理优化的基础。建立覆盖全院的分项计量系统,对电力、燃气、水等各类能源的消耗进行实时采集和分析。部署建筑能耗监测平台,实现数据可视化展示和异常报警功能。通过这些工具,管理人员可以及时了解能源使用情况,发现浪费环节,评估节能措施效果。

科学的评估体系引导绿色医院建设方向。建立基于全生命周期的碳足迹评估方法,全面核算医院基建工程各阶段的碳排放。参考绿色建筑评价标准,制定适合医院特点的评估指标体系,定期开展第三方认证。将评估结果与行业标杆进行对比分析,找出差距和改进空间。

持续改进机制确保管理效能不断提升。建立 PDCA 循环的工作模式,通过计划、执行、检查 and 处理的不断

迭代,实现能源绩效的阶梯式上升。定期组织经验交流和最佳实践分享,促进院内各部门间的学习借鉴。鼓励技术创新和管理创新,为员工提供培训和能力建设机会^[4]。

4 典型案例分析与经验启示

4.1 案例背景介绍

为验证前述技术体系和管理路径的有效性,选取某新建三级甲等绿色医院项目作为典型案例进行分析。该项目总建筑面积 15 万平方米,设计床位 1200 张,从规划阶段就确立了“低碳、高效、人性化”的建设理念,目标是打造碳中和示范医院。项目团队系统应用了被动式设计、高效设备系统、可再生能源和智能管控等关键技术,并建立了完善的全过程管理体系,为研究绿色医院基建工程提供了丰富的实践经验。

4.2 节能技术集成应用实践

在规划设计阶段,项目团队通过计算机模拟优化了建筑布局和朝向,使冬季日照得热最大化,同时减少夏季太阳辐射。建筑形体采用紧凑的集中式布局,控制体形系数在 0.28 以下。围护结构选用 200mm 厚石墨聚苯板外墙保温系统,外窗采用三玻两腔低辐射镀膜玻璃,整体传热系数优于国家标准 30%以上。中庭空间和通风井的设计促进了自然通风,预计可减少机械通风运行时间 800 小时/年。

设备系统方面,空调系统采用磁悬浮冷水机组+变频水泵+动态平衡阀的技术组合,综合能效比达到 5.0 以上。照明系统全部采用 LED 灯具,并配置智能控制系统,实现光照度自动调节和无人区域自动关闭。太阳能光伏系统装机容量 1.2MW,年发电量约 140 万度,可满足医院 10%的用电需求。地源热泵系统提供部分区域的供暖制冷,与传统系统相比节能 40%左右。能源管理中心集成所有系统的运行数据,实现智能化管理和优化控制。

4.3 管理创新与实施成效

项目管理方面,建立了“业主-设计-施工-运营”全过程协同机制。设计阶段即引入后期运营团队参与,确保设计方案的可实施性和可维护性。施工阶段严格执行绿色施工标准,采用 BIM 技术进行碰撞检测和工艺优化,减少返工和浪费。材料采购优先选择本地化和环保产品,

降低运输碳排放和环境污染。运营准备阶段编制详细的能源管理手册和操作规程,对工作人员进行全面培训。

项目投入运营一年后的评估数据显示,其单位面积能耗为 85kWh/(m²·a),较同类医院平均水平低 35%以上;可再生能源利用率达到 15%,超额完成设计目标;碳排放强度为 45kgCO₂/(m²·a),处于行业领先水平。患者满意度调查显示,室内环境质量评分显著高于传统医院,特别是温湿度稳定性和空气新鲜度方面。该案例充分证明,通过技术集成和管理创新,绿色医院建设可以在保障医疗功能的同时实现显著的节能减碳效果。

5 结论

本研究通过对碳中和目标下绿色医院基建工程的系统研究,得出以下主要结论:

第一,医院建筑具有能耗强度高、用能连续性强、系统复杂度大的特点,是公共建筑节能的重点和难点。通过全生命周期分析发现,运营阶段的碳排放占比最大,但规划设计阶段的决策影响最为深远。

第二,被动式设计 with 主动式系统优化的技术组合是绿色医院节能的关键。其中,建筑形态优化、围护结构保温、高效设备选型和可再生能源利用等技术措施协同作用,可实现 40%以上的节能潜力。

第三,科学的管理路径对技术应用效果具有决定性影响。组织架构完善、制度保障有力、监测评估精准和持续改进有效的管理模式,能够确保节能措施落地生根并发挥长期效益。

第四,典型案例分析表明,技术与管理的系统集成可以创造显著的节能减排效益,同时提升医疗环境质量和患者满意度,实现经济效益与社会效益的双赢。

参考文献

- [1]周翔.碳中和背景下成都某医院能耗分析与电气减碳路径探讨[J].建筑电气,2023,42(7):4-9.
- [2]侯晓丽.公立医院成本精细化管理——以碳中和背景下的节能减碳为例[J].经济师,2023(6):237-237,239.
- [3]高爽.绿色医疗建筑节能研究[J].中国科技期刊数据库 工业 A,2023(11):113-116.
- [4]陈兰.双碳背景下医院后勤综合能源管理研究[J].江苏卫生事业管理,2022,33(9):1243-1247.