

大型公共建筑暖通节能设计策略研究

张楠

(深圳市博普森机电工程顾问有限公司, 广东 深圳 518000)

摘要 大型公共建筑作为能耗重点领域, 其暖通系统节能设计对实现双碳目标具有战略意义。传统设计模式往往采用静态负荷计算方法, 导致系统容量冗余严重, 设备长期低效运行。现代设计需要突破单一专业局限, 构建从被动式设计到主动调节的完整节能链条。建筑形态优化与围护结构热工性能提升构成第一道防线, 合理的窗墙比设计和遮阳系统选型能降低太阳辐射得热。空间功能组织应充分考虑自然通风潜力、过渡空间可发挥热压通风效应。主动式系统设计要突破传统分区模式, 发展基于人员活动特征的动态调节技术, 使系统输出与实际需求精准匹配。基于此, 本文针对大型公共建筑暖通节能设计策略进行探讨, 以期为相关人员提供参考。

关键词 大型公共建筑; 暖通节能设计; 系统匹配; 设备选型

中图分类号: TU2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.27.036

0 引言

公共建筑多元化的使用功能对暖通系统提出了差异化的环境控制要求, 传统一刀切的设计方法已难以满足实际需求。现代设计需要建立负荷动态响应机制, 通过实时监测空间使用状态调整系统输出。建筑围护结构设计应突破单纯保温隔热思维, 发展可调节的呼吸式表皮系统, 根据季节变化优化热工性能。重点功能区域需采用个性化环境控制方案, 冷热源系统配置要重视部分负荷下的性能表现, 通过机组搭配优化提升全年运行效率。余热回收利用应形成系统化解决方案, 从数据中心到厨房排风多个热源点挖掘节能潜力。

1 大型公共建筑暖通节能设计特点

大型公共建筑暖通节能设计具有区别于常规建筑的显著特征, 其核心在于应对空间功能复合性、人员流动性及负荷动态变化带来的挑战。建筑体量庞大导致冷热负荷分布极不均衡, 中庭、走廊等过渡空间与功能区域的温湿度需求差异明显, 需要分区控制系统实现精准调节。人员密度波动使新风负荷呈现时段性高峰, 智能预测算法与变风量系统的结合成为解决方案。玻璃幕墙等现代建筑立面虽具美学价值, 但易形成强烈得热或热桥效应, 需协同遮阳与通风系统进行热量管理。设备长时间满负荷运行造成的能源浪费突出, 基于物联网的实时监测平台可优化运行策略。各功能区域使用时段交错, 要求系统具备灵活的模块化控制能力, 避免整体启停带来的能耗损失。特殊空间如数据中心、厨房等余热回收潜力巨大, 但需解决热源品位匹配的技术难题^[1]。季节性负荷差异要求系统

具备多工况切换能力, 过渡季节的自然冷却策略可大幅降低机械制冷能耗。这些特点共同构成了公共建筑暖通节能设计的复杂图景, 需要从建筑全生命周期角度建立整体性能优化机制。

2 大型公共建筑暖通节能设计原则

2.1 满足室内环境舒适度原则

暖通系统设计的首要任务是确保各类功能空间达到相应的环境品质标准, 这需要超越简单的温湿度控制范畴。对于会议厅等高密度场所, 需重点解决新风供应与气流组织问题, 采用置换通风或个性化送风方式避免闷热感。展览类空间要平衡展品保护与观众舒适的双重要求, 通过垂直温度梯度设计实现分层控制。医疗建筑手术室等特殊区域必须维持严格的洁净度和压差, 三级过滤系统与实时监测装置不可或缺。商业综合体需考虑顾客流动路径中的温感过渡, 避免不同区域间产生剧烈温差。声环境质量同样关键, 选择低噪声设备并优化管道消声设计, 确保背景噪声不超过45分贝^[2]。采光中庭的热堆积问题可通过空气幕隔离, 既保持视觉通透又阻断热对流。动态调节系统应具备学习能力, 根据使用反馈不断优化控制参数, 实现舒适与节能的动态平衡。

2.2 遵循国家节能标准原则

节能设计必须严格对标《公共建筑节能设计标准》等规范性文件, 将强制性条款转化为具体技术措施。建筑围护结构热工性能要满足传热系数限值要求, 幕墙节点需进行热工计算验证避免局部结露。冷水机组选型应优先采用能效比达标的磁悬浮或变频机型, 水

泵风机等输配设备必须满足现行能效等级标准。热回收装置的最小热回收效率需符合规范规定,排风系统应设置可调节的旁通管路以适应不同季节需求。自动控制系统要具备分项计量功能,各用能系统的独立监测数据精度应达到 0.5 级标准。照明与暖通系统的联动控制逻辑需写入自控程序,确保在非运营时段自动切换至节能模式。特殊工艺区域如数据中心要执行相应的行业节能规范,采用行级空调或液冷等高效冷却技术。设计文件必须包含完整的节能计算书,重点参数需通过权威软件模拟验证。

2.3 结合建筑特性设计原则

每栋公共建筑都具有独特的空间形态和功能组合,节能设计必须建立在对建筑本体的深度解读上。文化类建筑的大跨度空间可采用辐射地板与下送风结合的方式,利用热空气自然上升特性降低能耗。交通枢纽建筑要考虑高大空间的分层空调策略,通过射流喷口实现远距离送风。历史建筑改造需保留原有结构特征,隐蔽式毛细管网与分散式新风系统是可行选择。超高层建筑要利用竖向分区减少承压,水系统采用变频二次泵与板换结合的分布式方案。教育建筑需适应寒暑假的运行模式调整,教室独立计量与区域启停功能必不可少。体育场馆的设计要区分比赛与日常模式,观众席采用座椅送风提高热舒适效率^[3]。建筑朝向与当地主导风向的关系决定自然通风潜力,可调节幕墙开口与机械系统形成互补。功能复合型建筑要建立用能优先级机制,确保核心区域供能稳定性与节能目标的统一。

3 大型公共建筑暖通节能设计问题分析

3.1 设计理念与规范问题

当前暖通设计普遍存在理念滞后与规范执行不到位的双重困境。许多项目仍沿用传统的“大马拉小车”设计思路,过度依赖设备容量来弥补设计余量不足,导致系统长期在低效区间运行。设计过程中缺乏对建筑全生命周期的综合考量,初投资成本往往成为决策首要因素,忽视后期运行能耗带来的长期经济损失。部分设计单位对最新节能规范理解不深入,特别是对过渡季节免费制冷、热回收利用等创新条款应用流于形式。建筑方案阶段暖通专业介入不足,错失了通过被动式设计降低基础负荷的最佳时机。现有评价体系过分关注静态能效指标,缺乏对系统动态调节能力和实际运行效果的评估机制。不同地区气候条件差异显著,但设计过程中常套用统一模式,未能形成因地制宜的解决方案。此外,设计图纸与现场施工脱节情况

时有发生,重要节能节点缺乏有效监管,最终影响系统整体性能。

3.2 系统匹配与运行效率问题

系统匹配失当是造成能源浪费的主要根源,主要表现为负荷计算与实际需求脱节。分区控制系统设计不合理,导致不同功能区域无法实现独立调节,经常出现“冷热不均”现象。新风系统缺乏智能调控手段,在人员密度变化时仍保持固定送风量运行。水力系统平衡调试不到位,近端用户流量过大而远端供给不足的情况屡见不鲜。冷却塔与冷水机组容量配比不当,在部分负荷工况下效率急剧下降。热回收装置选型与实际排风量不匹配,实际运行中热交换效率远低于设计值。管路系统存在大量不必要的弯头和变径,增加了输送能耗。自控系统编程逻辑过于简单,无法应对建筑使用的动态变化,常常需要人工干预。设备联动策略缺失,如冷水机组与冷却水泵未实现群控优化,过渡季节无法充分利用自然冷却潜力。这些系统性缺陷使暖通系统长期处于“高效设备、低效运行”的矛盾状态^[4]。

3.3 设备选型与技术应用问题

设备选型过程中普遍存在技术评估不足的问题,过分关注名义工况下的性能参数。变频设备虽然配置率高,但控制策略未充分发挥其节能潜力,部分项目甚至将变频器作为普通启动器使用。热泵机组在低温环境下效率骤降的问题未得到足够重视,辅助加热系统设计不合理。冷却塔选型时忽视当地空气质量影响,运行不久便出现填料堵塞导致性能衰减。水泵风机等输配设备效率曲线与系统特性曲线匹配度差,实际工作点偏离高效区。保温材料选用不当,特别是管道阀门等细节部位未做特殊处理,形成严重冷桥。过滤系统设计过于简化,阻力增长过快导致风机能耗激增。新技术应用存在盲目跟风现象,如盲目采用辐射供冷系统却未解决结露风险,或过度配置光伏系统而忽视建筑本体节能。

4 大型公共建筑暖通节能设计策略研究

4.1 先进设计理念与方法应用

推行全生命周期成本分析法,将设计视野从建设期扩展到整个运营阶段。采用参数化设计工具,在方案阶段即对多种节能情景进行模拟比选,识别关键影响因素。建立基于性能的设计导向,以实际能耗指标而非设备参数作为评价标准。引入被动式设计优先原则,通过建筑形态优化、围护结构热工性能提升等被动措施降低基础负荷。发展协同设计模式,促成建筑、

结构、设备各专业在早期阶段的深度配合,避免后期拆改。应用建筑信息模型技术,实现设计数据的无缝传递和碰撞检测,减少施工阶段的错漏碰缺。推广适应气候的弹性设计策略,如可调节外遮阳、季节性转换的空调系统等^[5]。建立原型化设计数据库,将成功案例的节能经验转化为标准化模块,提高设计效率和质量。

4.2 系统优化与高效运行策略

实施精细化负荷计算方法,考虑建筑方位、内部得热、使用时段等多维因素,避免过度设计。发展动态分区控制技术,通过压力无关型变风量末端实现空间重组时的灵活调节。优化新风系统控制逻辑,基于CO₂浓度、人流量等多参数实时调整新风比。完善水力平衡调节手段,采用动态压差控制阀确保系统各个末端获得设计流量。开发冷水机组群控优化算法,根据负荷变化自动匹配最佳运行台数和组合方式。强化热回收系统管理,建立热量计量和效率监测机制,定期维护确保性能稳定。创新自然冷却应用模式,在过渡季建立冷却塔直接供冷与常规制冷的平滑切换机制。实施能源管理系统升级,引入机器学习技术分析运行数据,持续优化控制策略。

4.3 节能设备与新技术选用

设备选型应建立全工况评价体系,重点考察部分负荷下的性能表现。推广磁悬浮离心机等高效冷水机组,其无油设计可避免效率随运行时间下降的问题。采用永磁同步电机驱动的变频水泵风机,在宽幅调速范围内保持高效率。发展热泵复合能源系统,整合地源、空气源等多种热源形式,实现最优能源匹配。应用新型热回收装置如全热交换转轮,同时回收显热和潜热,提高能量回收品质。试点相变储能技术,利用电价峰谷差实现负荷平移,降低运行成本。推广低温送风系统,减少送风量和输送能耗,但需做好防结露措施。探索辐射供冷与置换通风的复合系统,提升热舒适性的同时降低能耗。尝试光伏直驱空调技术,实现可再生能源的直接消纳,减少转换损耗。

4.4 管理机制与人员培训强化

构建全过程节能管控体系,从设计审查到竣工验收设立严格的质量控制节点。建立能耗基准线制度,为不同类型公共建筑制定合理的能耗对标值。完善能源审计机制,定期开展系统性能评估,识别节能潜力点。发展数字化运维平台,集成设备监控、故障诊断和能效分析功能,支持决策优化。推行能源管理合同模式,通过绩效保证合同调动服务商的积极性。建立操作人

员认证制度,确保关键岗位人员具备专业知识和技能。开展多层次培训计划,针对管理人员、技术人员和普通用户设计差异化的培训内容。构建知识共享网络,促进不同项目间的经验交流和技术传播。实施行为节能激励措施,将节能成效与绩效考核挂钩,调动全员参与积极性。

4.5 智能化与数字化技术深度融合

在大型公共建筑暖通节能设计中,智能化与数字化技术的深度整合正在成为突破传统能效瓶颈的关键路径。建筑能源管理系统正从简单的数据采集向具有预测性维护能力的智慧平台转变,通过部署高密度传感器网络,实现设备状态的全息感知与异常预警。数字孪生技术的引入使得系统可以在虚拟空间完成复杂工况的模拟测试,大幅降低实体调试阶段的能源浪费。人工智能算法在负荷预测领域展现出独特优势,通过分析历史运行数据、天气变化及人员流动模式,提前24小时预测建筑冷热需求,使设备启停策略更具前瞻性。

5 结束语

暖通节能设计需跳出设备能效提升的单一视角,构建被动优先、主动优化的系统性方案。气候适应性设计、负荷精准预测与智能调控技术的深度融合,将成为未来公共建筑节能改造的核心方向。通过标准化设计导则与动态运维策略的结合,推动行业向低碳化转型。同时,亟需推动从标准化节能设计导则到动态智慧运维策略的闭环管理机制,强化全过程质量控制与专业人才培养,唯有如此,才能真正释放大型公共建筑的节能潜力,引领暖通行业加速向高质量、低碳化方向转型升级。

参考文献:

- [1] 姚华秀. “双碳”战略下高大空间公共建筑的暖通节能设计研究[J]. 北方建筑, 2025, 10(03): 33-36.
- [2] 沈丰姣. 公共建筑暖通系统绿色节能设计策略[J]. 新城建科技, 2025, 34(05): 58-60.
- [3] 杜雅婧. 大型公共建筑暖通空调系统节能设计与运行优化研究[J]. 工程技术研究, 2024, 09(24): 194-196.
- [4] 王本峰. 大型公共建筑暖通空调节能运行控制技术研究[J]. 今日制造与升级, 2023(12): 29-31.
- [5] 王雪, 周秋蕊. 浅谈某大型公共建筑暖通空调系统的设计[J]. 中国设备工程, 2023(10): 121-123.