

绿色建筑背景下暖通空调系统节能优化设计与实践研究

赵晓娜

河南钢铁集团安阳钢铁股份有限公司

DOI:10.32629/btr.v8i10.5069

[摘要] 绿色建筑是建筑业低碳转型的重要方向,暖通空调系统作为建筑能耗主体,其节能优化设计对实现绿色建筑目标至关重要。本文分析绿色建筑背景下暖通空调系统的设计原则与要求,从负荷计算、冷热源选择、输配系统设计、末端设备配置及可再生能源利用等方面提出节能优化设计策略,并结合工程实践验证优化效果。研究表明,系统化的节能优化设计可显著降低暖通空调系统能耗,提升建筑整体能效水平,为绿色建筑暖通设计提供技术参考。

[关键词] 绿色建筑; 暖通空调; 节能设计; 系统优化

中图分类号: TU831 文献标识码: A

Research on Energy-Saving Optimization Design and Practical Application of HVAC Systems under the Background of Green Buildings

Xiaona Zhao

Anyang Iron and Steel Co., Ltd., Henan Iron and Steel Group

[Abstract] Green building represents an important direction for low-carbon transformation in the construction industry. As HVAC systems constitute the major source of building energy consumption, their energy-saving optimization design is crucial for achieving green building objectives. This paper analyzes the design principles and requirements of HVAC systems under the green building context, and proposes energy-saving optimization strategies from aspects including load calculation, selection of heating and cooling sources, design of distribution systems, terminal equipment configuration, and utilization of renewable energy. The effectiveness of the proposed optimization is verified through engineering practice. The results show that systematic energy-saving design can significantly reduce HVAC energy consumption and improve overall building energy efficiency, providing technical reference for green building HVAC design.

[Key words] Green building; Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC); Energy-efficient design; System optimization

引言

随着我国绿色建筑评价标准的全面实施,建筑节能要求不断提高。暖通空调系统作为建筑能耗的主要组成部分,其能耗占建筑总能耗的40%至60%,节能潜力巨大。传统暖通设计往往存在负荷计算偏大、设备选型冗余、系统运行效率低等问题,难以满足绿色建筑对节能环保的要求。在绿色建筑背景下,如何通过优化设计降低暖通空调系统能耗,成为行业关注的重点。本文立足绿色建筑理念,系统探讨暖通空调系统节能优化设计策略,并通过实践案例验证其效果,为绿色建筑暖通设计提供参考。

1 绿色建筑与暖通空调系统的关系

1.1 绿色建筑的内涵与评价标准

绿色建筑是指在建筑全寿命周期内,节约资源、保护环境、减少污染,为人们提供健康、适用、高效的使用空间,最大限度

地实现人与自然和谐共生的高质量建筑。我国《绿色建筑评价标准》从安全耐久、健康舒适、生活便利、资源节约、环境宜居五个维度对绿色建筑进行评价,其中资源节约维度权重最高,节能是其核心要求。暖通空调系统能耗占建筑总能耗比重最大,是绿色建筑评价的关键内容。绿色建筑对暖通空调系统提出了节能、环保、舒适、健康等多重要求,具体包括提高能源利用效率、采用高效设备、利用可再生能源、改善室内空气质量、实现精细化控制等。满足这些要求需要从设计源头入手,对暖通空调系统进行优化。

1.2 暖通空调系统在绿色建筑中的重要性

暖通空调系统在绿色建筑中具有举足轻重的地位。从能耗角度看,暖通空调系统是建筑中最大的能耗终端,其能耗包括冷热源能耗、输配系统能耗和末端设备能耗,降低暖通空调系统能

耗是建筑节能的首要任务。从室内环境质量角度看,暖通空调系统负责调节室内温度、湿度、气流速度和空气洁净度,直接影响使用者的舒适感和健康水平。绿色建筑要求室内环境既节能又舒适,这对暖通空调系统的设计提出了更高要求。从技术集成角度看,暖通空调系统与建筑围护结构、自然通风、遮阳设计、可再生能源利用等密切相关,需要协同优化才能发挥最佳效果^[1]。

1.3 传统暖通设计的局限

传统暖通空调设计存在诸多局限,难以适应绿色建筑的发展要求。负荷计算方面,传统设计常采用估算方法,安全系数偏大,导致设备选型容量超出实际需求,设备长期在低负荷下运行,效率低下。冷热源选择方面,传统设计偏重初投资,忽视运行能耗,对高效设备、可再生能源技术应用不足。输配系统设计方面,水泵、风机选型偏大,缺乏变频调节手段,输送能耗占比过高。末端配置方面,设计简单粗放,缺乏分区控制和精细调节能力。控制系统方面,自动化程度低,运行策略单一,难以根据负荷变化动态调节。这些局限导致建筑实际运行能耗远高于设计预期,亟需在设计阶段引入节能优化理念。

2 暖通空调系统节能优化设计原则

2.1 全寿命周期成本最优原则

全寿命周期成本最优是暖通空调系统节能优化设计的核心理念。传统设计往往以初投资最小化为目标,选用价格较低但能效不高的设备,导致运行阶段能耗高、维护费用大,全寿命周期成本反而更高。节能优化设计应综合考虑设备初投资、运行能耗、维护费用和使用寿命,以全寿命周期成本最小化为目标。在设备选型时,应进行技术经济比较,选择能效等级高、运行稳定、维护方便的产品,虽然初投资可能增加,但运行费用降低,投资回收期合理。同时,应考虑设备的使用寿命和更新成本,避免因设备过早淘汰造成资源浪费。全寿命周期成本最优原则要求设计师从更长远、更系统的角度进行设计决策。

2.2 系统整体优化原则

暖通空调系统各环节相互影响、相互制约,节能优化必须从系统整体出发。负荷计算是设计的基础,准确的负荷计算可以避免设备容量偏大。冷热源选择直接影响系统能效,高效设备和可再生能源技术是优先选项。输配系统设计应注重水力平衡和变频调节,减少输送能耗。末端设备配置应与使用需求匹配,实现分区控制和按需供应。自动控制系统应实现各环节的协调运行,根据负荷变化动态调节设备状态。系统整体优化要求各环节协同匹配,避免出现“大马拉小车”或瓶颈环节^[2]。例如,冷热源效率很高但输配系统能耗大,整体能效仍然不高;冷热源和输配都高效但末端控制粗放,同样会造成能源浪费。

2.3 被动优先与主动优化结合原则

被动优先与主动优化结合是绿色建筑节能设计的重要原则。被动技术是指通过建筑自身设计减少空调负荷的技术措施,包括优化建筑朝向、增强自然通风、设置遮阳设施、提高围护结构保温隔热性能等。主动优化是指通过暖通空调系统的技术

措施提高能源利用效率。被动技术优先实施,在建筑设计阶段充分考虑被动措施,从源头上降低建筑用能需求,可以减少对主动系统的依赖。在被动技术基础上,再通过主动优化提高系统运行效率,两者相辅相成。例如,良好的自然通风设计可以在过渡季节减少空调运行时间;高效的遮阳设计可以降低夏季太阳辐射得热,减小冷负荷。被动优先、主动优化相结合,是实现建筑节能的最经济有效路径。

3 暖通空调系统节能优化设计策略

3.1 负荷计算优化

传统负荷计算常采用估算或简单计算方法,安全系数叠加导致计算负荷远大于实际需求。优化负荷计算应做到:采用动态负荷模拟软件,逐时计算建筑全年负荷,考虑气象条件、人员变化、设备使用、照明开启等动态因素;合理确定设计参数,室内设计温度夏季不低于26℃,冬季不高于20℃,在满足舒适前提下降低负荷;充分考虑被动技术的节能效果,自然通风、遮阳、围护结构保温等对负荷的削减作用应在计算中体现;采用逐时负荷叠加方法,正确计算机房设备容量,避免同时使用系数取值偏大。负荷计算优化可以使设备选型更贴近实际需求,避免容量冗余造成的低效运行和初投资浪费,为后续环节优化奠定基础。

3.2 冷热源系统优化

冷热源优化应从以下方面着手:优先选用高效设备,冷水机组COP值应满足绿色建筑评价标准要求,磁悬浮离心机、变频离心机组等高效产品值得推广;合理配置机组容量,采用多台机组组合方案,根据负荷变化自动加减机,避免单台机组长期低负荷运行;充分利用自然冷源,在过渡季节和冬季,采用冷却塔供冷或新风供冷方式,大幅降低制冷能耗;推广热回收技术,利用排风热回收装置回收排风中的冷热量,降低新风处理能耗;因地制宜应用可再生能源,地源热泵、空气源热泵、太阳能光热等技术在条件允许时优先采用。冷热源优化需要根据项目具体情况的技术经济比选,确定最优方案^[3]。

3.3 输配系统优化

输配系统能耗在暖通空调总能耗中占比较高,节能潜力很大。输配系统优化策略包括:采用大温差小流量设计,增大供回水温差,减少循环水量,降低水泵能耗;水泵、风机配置变频器,根据负荷变化调节转速,部分负荷下节能效果显著;优化管路设计,减少局部阻力,合理确定管径,降低输送阻力;实施水力平衡调试,安装平衡阀消除近热远冷现象,确保各支路流量分配合理;采用二级泵系统,冷源侧定流量运行、用户侧变流量运行,兼顾设备效率与输送节能;冷却塔风机变频控制,根据冷却水温度调节风量,防止过度冷却。输配系统优化投资回收期短,是节能设计的优先选项,应引起足够重视。

3.4 末端系统优化

末端系统直接服务于使用空间,其优化设计影响舒适度和能耗。末端系统优化包括:采用变风量系统,根据房间负荷变化调节送风量,避免再热造成的冷热抵消;实现分区控制,按房间朝向、使用功能划分控制区域,独立调节温度;采用辐射供冷供

暖末端,供水温度要求低,可与高温冷源、低温热源配合,系统能效高;应用需求控制通风,根据室内CO₂浓度调节新风量,在保证空气质量前提下降低新风负荷;合理布置送回风口,避免气流短路,提高送风效率;采用高效过滤器和换热器,降低阻力,减少风机能耗。末端系统优化应与建筑功能和使用需求紧密结合,实现按需供能。

3.5 可再生能源利用

在暖通空调系统中,可利用的可再生能源技术包括:地源热泵系统,利用土壤恒温特性,冬季取热、夏季排热,系统效率高于空气源热泵;太阳能光热系统,提供生活热水或供暖辅助热源,与常规能源系统耦合使用;太阳能光伏系统,为暖通设备提供电力,降低常规电耗;空气源热泵,适用于无法埋管或取水的建筑;水源热泵,利用地下水或地表水作为热源。可再生能源利用需结合项目所在地资源条件和负荷特征进行技术经济分析,确定合理的技术方案和装机容量。同时,应注重多能互补和系统集成,实现可再生能源与常规能源的优化匹配,提高系统稳定性和经济性。

4 工程实践与效果分析

4.1 项目概况

以华东地区一栋绿色办公建筑为工程案例,该项目总建筑面积约5万平方米,地上15层、地下2层,主要功能为办公、会议及配套服务。项目按照绿色建筑三星标准设计,要求建筑能耗较基准建筑降低30%以上。暖通空调系统设计采用本文提出的节能优化策略,从负荷计算、冷热源配置、输配系统、末端控制及可再生能源利用等方面进行全面优化。该建筑地处夏热冬冷地区,夏季炎热潮湿,冬季寒冷,过渡季节较长,暖通空调系统全年运行时间约8个月,节能设计具有典型示范意义。

4.2 优化设计方案

负荷计算采用动态模拟软件,逐时计算全年负荷,考虑人员、设备、照明等内热源变化规律,设计日冷负荷较传统估算方法降低约20%。冷热源选用2台变频离心式冷水机组,COP值达到6.0以上,机组容量按计算负荷配置,采用大小搭配方案,在部分负荷时可灵活调节运行台数。输配系统采用大温差设计,供回水温差7℃,水泵配置变频器,二级泵系统实现变流量运行,根据末端需求自动调节水流量。末端采用变风量系统和辐射地板相结合,办公区采用变风量系统,可根据各区域负荷变化独立调节送

风量;会议区采用辐射地板,夏季供冷、冬季供热,舒适度高且节能。可再生能源方面,设置地源热泵系统承担约30%的空调负荷,利用土壤恒温特性提升系统效率;屋顶设置太阳能光伏系统为部分风机供电,降低常规电力消耗。控制系统实现基于负荷预测的优化控制,采集室外气象参数、室内温湿度、人员流量等数据,通过算法预测未来负荷变化,提前调整设备运行状态,实现系统协调高效运行^[4]。

4.3 运行效果分析

项目投入运行后进行了两个完整年度的能耗监测。全年暖通空调系统实际能耗较设计基准值低约25%,较同类常规建筑低约30%,节能效果显著。夏季供冷工况系统能效比达到4.2,冬季供热工况综合能效达到3.8,均高于同类建筑平均水平。分项能耗中,冷热源占比约45%,输配系统约25%,末端设备约15%,可再生能源贡献约15%。地源热泵系统运行稳定,土壤温度年际变化控制在合理范围内。太阳能光伏系统年发电量约8万千瓦时,占暖通系统电耗的5%左右。室内环境质量良好,夏季温度24-26℃,冬季20-22℃,CO₂浓度低于1000ppm,用户满意度达92分。实践证明,系统化的节能优化设计可显著降低暖通空调系统能耗,同时保证室内环境舒适度。

5 结束语

绿色建筑背景下,暖通空调系统节能优化设计是实现建筑节能目标的关键。本文从绿色建筑与暖通空调系统的关系出发,提出了全寿命周期成本最优、系统整体优化、被动优先与主动优化结合三项设计原则,从负荷计算、冷热源、输配系统、末端设备、可再生能源利用五个方面制定了优化设计策略,并通过工程实践验证了优化效果。未来应进一步加强设计、施工、运行各阶段的协同,推动暖通空调系统向高效、低碳、智能方向发展。

[参考文献]

- [1] 陆游. 绿色理念在建筑暖通空调系统节能设计的应用[J]. 建筑·建材·装饰, 2022(18): 193-195.
- [2] 吴建杰. 基于绿色节能理念的游泳馆暖通空调系统设计研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024(10): 125-127.
- [3] 汤小亮, 易继锋, 陈焰华, 等. 网安基地展示中心暖通空调系统绿色设计及节能减排分析[J]. 暖通空调, 2022, 52(7): 74-78.
- [4] 陈旭波. 绿色建筑理念下医院空调与暖通节能系统设计与实施[J]. 绿色建造与智能建筑, 2025(11): 30-32, 59.