

探讨暖通空调与暖通空调设计的优化

李美晨

中煤科工集团武汉设计研究院有限公司 湖北 武汉 030024

摘要: 在建筑能耗持续攀升、人们对室内环境舒适性要求不断提高的当下,对暖通空调系统进行全面且深入的优化已成为行业关注的焦点。本文聚焦暖通空调系统优化,从核心性能、设计负荷计算、设备选型配置及系统调控智能优化四方面展开。探讨热交换效率、气流组织合理性等性能优化逻辑,分析负荷计算精准化、动态适配等设计路径,阐述主机、末端及辅助设备选型要点,介绍调控逻辑精准化、变工况自适应等智能优化策略,为提升暖通空调系统能效与舒适性提供参考。

关键词: 暖通空调;热交换效率;负荷计算;设备选型;智能优化

引言:在建筑能耗中,暖通空调系统占比颇高,其性能直接影响室内环境质量与能源消耗。随着建筑功能多样化与节能要求提升,传统暖通空调系统面临挑战。优化暖通空调系统,提升热交换效率、合理组织气流、保障运行稳定、平衡能耗与舒适体验,以及精准计算负荷、合理选型设备、实现智能调控,成为行业关注焦点,对推动建筑节能与可持续发展意义重大。

1 暖通空调系统核心性能优化的核心维度

1.1 热交换效率优化的核心逻辑

热交换效率是衡量暖通空调系统性能的关键指标,直接影响冷热量的传递效果与能源利用效率。优化热交换效率需从热源特性、换热器结构及流体参数三方面协同推进^[1]。热源侧需精准匹配热媒温度与换热器工作范围,避免因温差过大导致传热不可逆损失增加。换热器设计应聚焦于增大有效传热面积与优化流道布局,采用波纹管、螺旋管等异形管材可破坏流体边界层,强化湍流效应,提升对流传热系数。流体参数调控需平衡流速与压降,流速过低会削弱对流强度,过高则增加输送能耗,需通过数值模拟确定最佳流速区间。材料选择上,高导热系数材质如铜、铝可缩短热传导路径,而纳米流体等新型工质通过改变流体物性,进一步提升传热性能。

1.2 气流组织合理性的优化方向

气流组织合理性直接决定室内温湿度分布均匀性与热舒适性。优化方向需结合建筑空间特征与使用功能,构建分层、分区、定向的气流模式。送风口位置与形式需与房间几何形状适配,如侧送风适用于层高较低的空间,散流器送风则更适合大跨度建筑。对于层高3-5米的房间,侧送风可实现较好的气流覆盖;对于跨度超过10米的大空间,散流器送风可使气流分布更均匀。回风口布局应避免短路现象,确保气流形成有效循环。送风

参数调控需兼顾速度与温度,高速送风可快速消除热负荷,但易引发吹风感,需通过百叶调节或个性化送风装置实现局部风速控制。当送风速度超过3米/秒时,人体易产生明显的吹风感,此时需通过百叶调节将局部风速控制在1-2米/秒。气流分布均匀性可通过CFD模拟优化,针对不同区域调整送风量与角度,消除温度梯度与死角区域。

1.3 系统运行稳定性的优化要点

系统运行稳定性依赖于设备可靠性、控制精度与故障容错能力。设备选型需预留合理裕量,避免长期满负荷运行导致性能衰减,同时采用冗余设计提升关键部件容错率。控制策略应融合前馈与反馈机制,通过传感器实时监测环境参数与设备状态,动态调整运行参数,抑制负荷波动对系统的影响。智能诊断技术可提前识别潜在故障,如通过振动分析检测压缩机异常,或通过压力波动判断管路堵塞,实现预防性维护。振动分析可检测到频率在10-1000赫兹范围内的异常振动,当振动幅度超过0.1毫米时,可判定压缩机存在异常;压力波动监测可识别压力变化超过0.05兆帕的情况,判断管路是否堵塞。

1.4 能耗与舒适体验的平衡优化维度

能耗与舒适体验的平衡需从需求响应、能源梯级利用与行为干预三方面突破。需求响应通过动态调整设定参数,在非高峰时段适当放宽温湿度范围,降低设备能耗。能源梯级利用采用冷热电三联供系统,将高温废热用于供暖或生活热水,实现能源的梯级转化。行为干预通过可视化能耗反馈引导用户调整使用习惯,如显示实时能耗数据或设置节能奖励机制,激发主动节能意识。

2 暖通空调设计的负荷计算优化逻辑

2.1 负荷计算的精准化优化路径

负荷计算的精准化是暖通空调设计的基础,需从数

据采集、模型构建与参数修正三方面协同推进。数据采集环节需扩大监测范围，除常规温湿度参数外，还应纳入建筑围护结构热工性能、人员密度变化规律及设备散热特性等多元信息^[2]。模型构建应突破传统稳态计算框架，引入瞬态传热理论，通过分时段模拟捕捉负荷的动态波动特征。参数修正需结合建筑实际使用场景，对人员活动强度、照明功率密度等关键参数进行本地化校准，避免套用通用值导致的偏差。数值模拟技术的深化应用可进一步提升计算精度，通过CFD流场分析与建筑热模拟耦合，量化局部热环境对整体负荷的影响，为设备选型提供更可靠的依据。

2.2 动态负荷与静态负荷的适配设计优化

动态负荷与静态负荷的适配设计需建立弹性响应机制。静态负荷计算以极端工况为边界，确定系统最大容量，而动态负荷分析则聚焦于负荷的时变特性，识别峰值与谷值的分布规律。设计阶段应采用双轨制策略，在满足最大负荷需求的同时，预留动态调节空间。例如，通过变频技术实现设备容量随负荷波动自动调整，或采用分区控制将建筑划分为多个独立调节单元，每个单元配备独立传感器与执行机构，根据局部负荷需求精准供能。这种设计模式既避免系统长期低效运行，又确保极端工况下的可靠性。

2.3 环境变量对负荷影响的设计补偿优化

环境变量对负荷的影响需通过多维度补偿机制予以消解。气候参数方面，太阳辐射强度、风速风向等变量会显著改变建筑得热与失热平衡，设计时应采用动态遮阳装置或可调节外窗，根据日照角度自动调整遮阳系数，减少太阳辐射得热。室内环境方面，人员密度、设备散热等变量具有高度不确定性，可通过物联网传感器实时监测这些参数，并联动空调系统调整送风量与温度设定值。地理纬度与朝向差异导致的负荷差异，则需在建筑布局阶段通过优化体形系数与窗墙比进行预补偿，降低后期运行调节压力。

2.4 负荷计算与系统选型的协同优化逻辑

负荷计算与系统选型的协同需贯穿设计全流程。负荷计算结果直接决定设备容量与系统形式，而系统选型又反向影响负荷分布特征。例如，变风量系统通过调节送风量适应负荷变化，其计算模型需考虑风道压降与风机特性曲线；地源热泵系统受地下岩土热物性影响，负荷计算需整合地质勘探数据与长期运行数据。这种双向互动要求设计阶段建立跨专业协作机制，暖通工程师与建筑师、结构工程师共同参与负荷计算参数的确定，确保系统选型与建筑空间、结构形式高度适配，最终实现

能效与经济性的双重优化。

3 暖通空调系统设备选型与配置优化

3.1 主机设备选型的性能适配优化

主机设备选型需以负荷特性与运行工况为核心依据，实现性能参数与实际需求的精准匹配。制冷主机容量选择应避免“大马拉小车”现象，通过分析建筑冷负荷的时变规律，确定设备额定功率与部分负荷性能系数（IPLV）的平衡点。例如，在昼夜温差大的地区，优先选用IPLV值高、变负荷调节能力强的磁悬浮离心式冷水机组，其无油润滑系统与变频控制技术可显著降低部分负荷下的能耗^[3]。制热主机则需考虑极端低温工况下的制热稳定性，空气源热泵在低温环境下的制热效率衰减问题，可通过喷气增焓技术或双级压缩循环予以改善，确保设备在-20℃以下环境仍能稳定输出热量。

3.2 末端设备配置的合理性优化方向

末端设备配置需兼顾气流分布均匀性与热舒适性，避免因设备选型不当导致局部冷热不均。送风口形式选择应与房间几何形状适配，高大空间宜采用旋流风口或条缝风口，通过诱导室内空气形成二次循环，消除温度分层现象；低矮空间则可选用散流器或百叶风口，实现均匀送风。回风口布局需避免短路问题，确保气流形成有效循环路径，例如将回风口设置在走廊或独立区域，减少与送风口的直接对流。变风量末端装置（VAVbox）的配置可进一步提升调节灵活性，通过风量调节阀与温度传感器的联动，实现局部区域的按需供风，降低整体能耗。

3.3 辅助设备与主系统的协同匹配优化

辅助设备与主系统的协同匹配是提升系统整体效率的关键。水泵选型需根据水系统阻力特性确定扬程与流量参数，避免因扬程过高导致能耗浪费，或因流量不足影响换热效果。变频水泵的应用可实现流量随负荷动态调节，例如通过压差传感器监测末端压差变化，自动调整水泵转速，维持系统水力平衡。冷却塔的选型需考虑当地湿球温度与冷却水量需求，逆流式冷却塔在高温高湿环境下的冷却效率优于横流式，而闭式冷却塔则可避免水质污染问题，适用于对冷却水品质要求高的场景。

3.4 设备运行效率与设计寿命的平衡优化

设备运行效率与设计寿命的平衡需从材料选择、维护策略与运行模式三方面综合施策。设备核心部件如压缩机、换热器的材质选择应兼顾耐腐蚀性与导热性，例如采用不锈钢或铜合金材质可延长设备使用寿命，同时减少因腐蚀导致的性能衰减。维护策略应建立预防性维护机制，通过振动分析、油液检测等技术提前识别潜在

故障,避免非计划停机对系统运行的影响。运行模式优化可降低设备疲劳损伤,例如采用轮换运行策略,避免单台设备长期满负荷运行,或通过软启动技术减少设备启动时的机械冲击,延长关键部件使用寿命。

4 暖通空调设计的系统调控与智能优化

4.1 调控逻辑的精准化优化设计

调控逻辑的精准化需建立在对系统运行规律的深度解析之上。传统调控模式多采用固定参数设定,难以适应负荷动态变化,优化方向应转向基于环境参数实时反馈的闭环控制^[4]。通过在关键节点部署高精度传感器,采集温湿度、压力、流量等多元数据,构建多维参数关联模型,使调控指令能够精准匹配当前工况需求。例如,温度控制不再局限于单一设定值,而是根据人员活动强度、室外气候波动等因素,动态调整温度波动范围,既避免频繁启停带来的能耗波动,又维持室内环境的舒适性。压力调控则需结合管网特性,通过压差传感器实时监测水力平衡状态,自动调节阀门开度,消除因局部阻力变化引发的流量分配不均问题。

4.2 变工况运行的自适应调控优化

变工况运行下的自适应调控需突破传统定值控制框架,构建弹性响应机制。系统应具备工况识别能力,通过机器学习算法分析历史运行数据,建立负荷预测模型,提前预判负荷变化趋势。例如,在昼夜温差大的地区,系统可根据室外温度预测结果,自动切换运行模式,白天采用制冷优先策略,夜间则切换至免费供冷模式,利用夜间低温环境降低冷却水温度。设备级自适应调控则聚焦于部分负荷性能优化,变频压缩机、变频水泵等设备通过转速调节实现容量与负荷的动态匹配,避免大马拉小车现象。风系统自适应调控则通过变风量末端装置(VAV)与送风机的联动,根据区域负荷需求自动调整送风量,维持室内压力稳定。

4.3 智能控制模块的融入设计优化

智能控制模块的融入需实现硬件层与软件层的深度集成。硬件层面,采用分布式控制架构,将控制单元嵌入设备本体,减少信号传输延迟,提升响应速度。例如,将温度传感器与执行机构集成于末端装置内部,形成独立控制节点,实现局部区域的自主调节。软件层面,开发基于云计算的中央管理平台,集成数据采集、

分析、决策功能,通过算法优化调控策略。例如,采用模糊控制算法处理非线性调控问题,或通过强化学习算法持续优化控制参数,使系统具备自我学习能力。人机交互界面设计则需简化操作流程,通过可视化图表展示系统运行状态,提供远程监控与参数调整功能,提升管理效率。

4.4 调控系统的节能潜力挖掘优化

调控系统的节能潜力挖掘需从设备协同与策略优化双路径突破。设备协同层面,通过建立设备间通信协议,实现主机、水泵、冷却塔等设备的联动控制。例如,当冷却负荷降低时,系统自动降低冷却塔风机转速,同时减少冷却水泵流量,形成梯级能量调节链条^[5]。策略优化层面,引入需求响应机制,根据电网峰谷电价差异调整运行模式,在低谷时段增加蓄冷量,高峰时段减少设备运行,降低用电成本。此外,通过能耗监测系统识别节能薄弱环节,例如发现某区域送风量长期偏离设定值,可针对性调整风道布局或更换高效末端装置,持续挖掘节能空间。

结束语

暖通空调系统优化涵盖多方面,从核心性能到设计计算,从设备选型到智能调控,各环节紧密关联。精准的热交换效率优化、合理的气流组织设计、稳定的系统运行保障、平衡的能耗与舒适体验,以及精准的负荷计算、适配的设备选型、智能的调控策略,共同助力系统高效运行。持续探索优化路径,可提升系统能效,为建筑节能与舒适环境营造贡献力量。

参考文献

- [1]丁国永.公共建筑暖通空调设计优化探讨[J].河南建材,2024(12):100-102.
- [2]庞宗宝.暖通空调设计优化策略研究[J].建筑工程技术与设计,2024,12(4):43-45.
- [3]杨会江.基于建筑能耗模拟的暖通空调设计优化方法[J].现代装饰,2025(23):19-21.
- [4]许晓峰.暖通空调系统设计优化与市场应用[J].今日自动化,2025(4):115-117.
- [5]鲁文才.建筑暖通空调系统节能优化设计[J].资源节约与环保,2025(4):1-4,57.