

# 绿色建筑背景下暖通空调系统节能技术与运行策略分析

陈翀

赣州市酷乐德节能有限公司

**摘要:** 绿色建筑的发展对暖通空调系统提出了更高的节能要求,系统能耗占建筑总能耗的比重显著。本文基于绿色建筑理念,分析暖通空调系统节能技术的应用现状,探讨高效设备选型、可再生能源利用、热回收技术及智能控制技术等关键技术路径。从运行策略角度,提出负荷预测优化、变流量调节、分区控制及运行参数动态优化等策略。

**关键词:** 绿色建筑;暖通空调;节能技术;运行策略;系统优化

暖通空调系统作为建筑能耗的主要组成部分,其节能潜力直接影响绿色建筑目标的实现。随着绿色建筑评价标准的不断完善,对暖通空调系统的能效水平提出了更高要求。传统设计方法侧重设备选型与系统配置,对运行策略优化关注不足,导致系统实际运行能效与设计能效存在较大差距。

## 1 绿色建筑背景下暖通空调节能的内涵与要求

### 1.1 绿色建筑对暖通空调系统的能效导向

绿色建筑强调在建筑全生命周期内实现资源节约与环境友好,暖通空调系统作为建筑能耗的核心环节,其能效水平直接影响绿色建筑评价等级。绿色建筑评价标准从系统能效、设备效率、可再生能源利用率、室内环境质量等多个维度对暖通空调系统提出要求。系统能效指标要求供暖系统与空调系统的综合能效达到规定等级,设备效率要求冷水机组、热泵、风机、水泵等关键设备的能效等级不低于国家标准。可再生能源利用率鼓励在暖通空调系统中应用太阳能、地热能等可再生能源技术。

### 1.2 暖通空调节能在绿色建筑中的价值定位

暖通空调节能在绿色建筑中的价值体现为节能减排贡献、室内环境保障与全生命周期效益三个层面。节能减排贡献层面,暖通空调系统能耗占建筑总能耗的比例较高,其节能潜力直接影响建筑碳排放水平,高效节能技术的应用可显著降低建筑运行能耗与碳排放强度。室内环境保障层面,暖通空调系统承担着调节室内温湿度、输送新鲜空气、去除污染物等重要功能,系统能效的提升不能以牺牲室内环境品质为代价,节能运行需建立在保障健康舒适环境基础之上。

## 2 暖通空调系统关键节能技术分析

### 2.1 高效设备选型与系统优化配置技术

高效设备选型是暖通空调节能的基础环节,其核心在于根据建筑负荷特性选择适宜的设备类型与容量

配置。冷水机组选型需综合考虑部分负荷性能,变频离心机组在部分负荷工况下具有明显能效优势,磁悬浮离心机组在中小冷量范围内能效水平领先。空调水泵与风机选用高效永磁同步电机,配合变频调速装置,使设备在不同工况下均能保持高效运行。系统优化配置体现在冷热源系统的多机组组合与输配系统的水力平衡设计,多台机组并联运行时采用大小机搭配或同型机组轮换运行策略,使机组在大部分运行时间内处于高效区。

### 2.2 可再生能源与低品位能源利用技术

可再生能源与低品位能源利用是绿色建筑暖通空调系统的重要特征,其应用形式包括太阳能供热、地源热泵、空气源热泵及余热回收等。太阳能供热系统将太阳能集热器与辅助热源结合,为建筑提供生活热水或供暖热量,在日照资源丰富地区具有较好的经济性。地源热泵系统利用土壤恒温特性,通过地下埋管换热器提取地热能,冬季供暖、夏季供冷,系统能效显著高于传统空气源热泵。空气源热泵在冬季低温环境下运行性能不断改善,低温热泵技术在严寒地区的适应性逐步提升。余热回收技术将空调系统排风、机房废热、生活排水中的低品位热量回收利用,用于预热新风或供应生活热水,实现能量的梯级利用。

### 2.3 热回收与能量梯级利用技术

热回收技术通过能量交换装置将系统排风、冷凝热等废热资源回收利用,减少新风处理能耗与热源能耗。全热换热器在空调系统中应用广泛,利用排风与新风之间的温湿度差进行热交换,冬季回收排风热量预热新风,夏季回收排风冷量预冷新风,显著降低新风负荷。冷凝热回收技术将空调机组制冷过程产生的冷凝热回收用于供应生活热水或预热供暖热水,实现制冷与供热的同时满足。能量梯级利用遵循高品位能量用于高品位需求、低品位能量用于低品位需求的用

能原则,将冷水机组与热泵机组串联运行,冷水机组承担基础负荷,热泵机组承担调峰负荷,使能量利用效率最大化。

#### 2.4 智能控制与自动调节技术

智能控制技术通过传感器、控制器与执行器的协同作用,实现暖通空调系统的自动监测、分析与调节。传感器系统采集室内外温湿度、二氧化碳浓度、人员活动等参数,为控制决策提供数据支撑。控制器依据预设控制策略对采集数据进行运算处理,输出控制指令驱动执行器调节设备运行状态。智能控制的核心在于控制策略的优化,变风量控制根据室内负荷变化调节送风量,避免定风量系统过送风造成的能量浪费。变水温控制根据室外气候与室内负荷调节冷水供水温度,在满足除湿要求的前提下尽可能提高蒸发温度,提升机组能效。

### 3 暖通空调系统节能运行策略分析

#### 3.1 基于负荷预测的运行参数动态优化

负荷预测是运行参数动态优化的前提,通过分析历史运行数据与气象参数,建立负荷预测模型,预测未来时段的冷热负荷变化趋势。预测模型可采用时间序列分析、神经网络或支持向量机等方法,输入参数包括室外温湿度、太阳辐射强度、建筑使用时段及历史负荷数据。基于负荷预测结果,运行管理系统提前制定设备启停计划与运行参数设定值,在负荷高峰期增加设备投入,在负荷低谷期减少设备运行台数,避免设备频繁启停与低效运行。冷水机组出水温度根据预测负荷动态调整,负荷较低时适当提高出水温度,提升蒸发温度与机组能效;负荷较高时降低出水温度,保障供冷能力。

#### 3.2 变流量系统与水泵风机变频调节

变流量系统通过调节水泵与风机的运行频率适应负荷变化,替代传统的定流量运行模式,显著降低输配系统能耗。空调水系统采用一级泵变流量或二级泵变流量系统,根据末端用户的实际需求调节水泵转速,使供水流量与需求流量匹配,减少旁通流量造成的能量浪费。冷却水系统采用变频调节与风机群控策略,根据冷水机组冷凝温度与室外湿球温度调节冷却塔风机转速与水泵流量,在保证冷却效果的前提下降低冷却系统能耗。空调风系统采用变风量末端装置与风机变频联动控制,各变风量末端依据室内负荷调节风阀开度,送风管道静压传感器检测静压变化,变频控制器调节风机转速维持设定静压值。

#### 3.3 分区控制与需求响应策略

分区控制根据建筑不同功能区域的使用特点与负

荷特性,划分独立控制区域,实现差异化运行管理。办公建筑划分为办公区、会议区、公共区等不同区域,各区域根据使用时间与人员密度独立设定运行参数。学校建筑划分为教学区、宿舍区、食堂区,教学区按课程表安排运行,宿舍区按作息时间调节。分区控制实现能源按需供给,避免统一运行造成的能源浪费。需求响应策略将暖通空调系统与电网负荷调度协同,在电网负荷高峰时段适当降低空调负荷,缓解电网压力。需求响应方式包括温度设定值调整、设备轮停、预冷预热等,预冷预热策略在电网负荷低谷时段提前制冷或供暖,利用建筑蓄能特性减少高峰时段负荷。

#### 3.4 运行参数优化与系统能效诊断

运行参数优化通过对系统运行状态的分析,调整关键参数设定值,使系统在最优工况下运行。冷水机组运行参数优化包括冷凝温度与蒸发温度的协调控制,在满足冷却要求的前提下适当提高蒸发温度、降低冷凝温度,提升机组能效比。空调水系统优化供水温度与供回水温差,供水温度升高有利于机组能效提升,但可能影响末端除湿能力,需在两者之间寻求平衡。供回水温差增大可降低水流量与水泵能耗,但温差过大会影响末端换热效果。系统能效诊断通过对运行数据的统计分析,识别系统运行中的能效短板与异常状态。

### 4 节能技术与运行策略协同的实践问题

#### 4.1 设计工况与实际运行的偏离问题

暖通空调系统设计基于设计日负荷与设计工况,实际运行过程中负荷特性、气象条件、使用模式均与设计工况存在差异,导致设备选型与实际需求不匹配。冷水机组在设计工况下处于高效区,但部分负荷运行时能效明显下降,设备容量偏大时长期在低负荷率下运行,能效水平低于预期。水泵与风机的设计流量与实际运行流量不符时,变频调节范围受限,节能潜力难以充分发挥。设计工况与实际运行的偏离问题要求在系统设计中引入全工况分析理念,通过动态负荷模拟评估系统全年运行能效,选择适宜的设备配置与控制策略。运行阶段需建立设计参数的动态修正机制,依据实际运行数据调整设定值,使系统运行状态逐步逼近最优工况。

#### 4.2 技术集成与系统耦合的复杂性

暖通空调系统节能涉及冷热源、输配系统、末端装置、控制系统等多个环节,各环节之间相互影响、相互制约,技术集成的复杂性增加了系统优化的难度。高效设备组合运行时的协同控制是技术集成的难点,多台冷水机组并联运行时需确定合理的机组启停顺序

与负荷分配比例,使系统总能耗最低。可再生能源系统与传统冷热源系统的耦合运行需要解决能量匹配与控制切换问题,太阳能供热系统与热泵系统联合运行时,需根据太阳能集热器出口温度与储热温度判断运行模式切换时机。系统耦合的复杂性要求采用系统化思维进行整体优化,避免局部最优导致整体能效下降。控制系统设计需充分考虑各子系统的耦合关系,建立协调控制策略,实现系统整体的高效运行。

#### 4.3 运行管理水平与人员能力差距

运行管理水平是影响节能技术效果的关键因素,现行物业管理模式下,运行管理人员多缺乏暖通空调专业知识,对系统运行规律理解不深。自动控制系统在实际运行中常被切换为手动模式,控制策略偏离设计初衷,节能功能未能充分发挥。能效监测与诊断工作薄弱,运行管理人员不能及时发现系统能效下降趋势,问题积累到影响舒适度时才被动处理。人员能力差距还体现在节能改造技术路线的选择上,对新技术应用效果缺乏准确判断,节能改造效果难以保障。提升运行管理水平需要加强专业培训,建立能效管理岗位责任制,将能效指标纳入运行管理考核体系。推广应用能效监测平台,为运行管理人员提供直观地能效数据与诊断分析工具,降低专业门槛。

### 5 暖通空调节能技术与策略的发展趋势

#### 5.1 数字化与智能化技术深度融合

数字化与智能化技术融合是暖通空调节能发展的重要方向,建筑信息模型与数字孪生技术为系统优化提供新的技术手段。基于数字孪生的暖通空调系统在虚拟空间中构建与实体系统同步映射的数字模型,通过实时数据交互实现系统状态的可视化监测与模拟分析。数字孪生模型支持虚拟调试,在系统实际运行前模拟不同控制策略的效果,优化参数设定,减少现场调试工作量。运行阶段数字孪生模型持续分析系统运行数据,识别异常状态并推荐优化方案,实现预测性维护与能效持续提升。机器学习算法在负荷预测、故障诊断、控制优化等领域的应用,使系统具备自主学习与自适应调节能力,

控制策略随运行经验积累不断优化。

#### 5.2 低碳化与柔性化运行模式演进

碳达峰碳中和目标推动暖通空调系统向低碳化方向发展,电气化替代与可再生能源利用成为重要技术路径。热泵技术替代传统燃气锅炉,在提供供暖热量的同时降低直接碳排放,空气源热泵、地源热泵、水源热泵等应用范围持续扩大。光伏发电与空调系统耦合运行,利用建筑屋顶与立面光伏发电为空调设备提供电力,减少电网购电量。柔性化运行模式适应可再生能源的波动性特点,空调系统作为建筑储能单元参与电网需求响应,在可再生能源发电充足时段增加用电蓄能,在发电不足时段减少用电释放蓄能。柔性化运行要求空调系统具备快速响应能力与调节裕量,蓄能装置与变负荷设备的配置为柔性运行提供硬件基础,智能控制技术实现系统运行与能源供应的动态匹配。

### 6 结束语

绿色建筑背景下暖通空调系统节能需要技术与策略的协同推进。高效设备选型、可再生能源利用、热回收技术及智能控制构成节能技术的核心体系,负荷预测优化、变流量调节、分区控制及运行参数动态优化形成节能运行策略的主要框架。设计工况与实际运行的偏离、技术集成与系统耦合的复杂性、运行管理水平与人员能力的差距是当前面临的主要问题。

#### 参考文献:

- [1] 江亿.建筑节能与暖通空调系统性能提升研究[J].暖通空调,2022,52(03):1-9.
- [2] 陈曦.绿色建筑背景下暖通空调节能技术发展综述[J].建筑科学,2021,37(08):1-8.
- [3] 杨立昌.暖通空调系统运行优化与节能控制策略研究[J].制冷学报,2023,44(01):1-10.
- [4] 常雪.建筑暖通空调系统能效诊断与优化运行技术[J].清华大学学报(自然科学版),2020,60(06):489-497.
- [5] 刘俊跃.基于需求响应的暖通空调系统柔性调节策略研究[J].建筑节能,2022,50(04):78-84.