

暖通空调系统节能优化设计方法研究

梁怀亮

华茗设计集团有限公司邢台分公司, 河北 邢台 054000

[摘要]在建筑能源消耗里,暖通空调系统占比不小,实现节能意义重大,可通过优化设计达成。采用负荷预测、系统匹配、能效评估相融合的办法,对空调系统运行工况开展动态分析进而合理挑选冷热源设备以及输配系统,借助变风量、变水量以及余热回收等技术办法,对系统运行效率予以提升,让系统调控灵活性也得到增强。将建筑环境的特性和气候条件相结合,在此基础上,构建起智能化的控制策略,通过这一策略达成节能和舒适度之间的平衡。优化设计好处多多,它可以降低运行能耗,减少碳排放,能够延长设备的使用期限,并且还能提升室内环境的品质,如此一来,便为绿色建筑的发展给予了技术支持。

[关键词]暖通空调;节能优化;负荷预测;智能控制;绿色建筑

DOI: 10.33142/ec.v8i7.17591

中图分类号: TU83

文献标识码: A

Research on Energy-saving Optimization Design Method for HVAC System

LIANG Huailiang

Xingtai Branch of Huaming Design Group Co., Ltd., Xingtai, Hebei, 054000, China

Abstract: HVAC systems account for a significant proportion of building energy consumption, and achieving energy conservation is of great significance, which can be achieved through optimized design. By integrating load forecasting, system matching, and energy efficiency evaluation, dynamic analysis of the operating conditions of the air conditioning system is carried out to select cold and heat source equipment and transmission and distribution systems reasonably. With the help of variable air volume, variable water volume, and waste heat recovery technologies, the operating efficiency of the system is improved, and the flexibility of system regulation is also enhanced. By combining the characteristics of the building environment with climate conditions, an intelligent control strategy is constructed to achieve a balance between energy efficiency and comfort. Optimizing design has many benefits, which can reduce operating energy consumption, carbon emissions, extend the service life of equipment, and improve the quality of indoor environment. In this way, it provides technical support for the development of green buildings.

Keywords: HVAC; energy-saving optimization; load forecasting; intelligent control; green building

引言

随着能源紧缺起来,环境问题也愈发突出,在这样的情况下,社会关注的核心议题是什么?是降低建筑能耗,暖通空调系统可是建筑能耗的“大户”。它的运行效率和节能目标的达成、环保目标的实现都直接相关,怎样在达成室内舒适的状态时降低能源的消耗?这已然成为工程设计以及管理面临的重大挑战。近些年来智能控制发展迅速,节能优化算法也快速兴起,绿色建筑理念同样快速发展,这一切为暖通空调系统的创新设计带来了新方向。融合多种技术手段作用不小,它可以提升能效,也能推动实现可持续发展目标,还给建筑行业注入新活力。

1 建筑暖通空调系统能耗特征与节能潜力分析

1.1 建筑能耗结构与暖通空调占比

现代建筑能耗有多种构成,其中,暖通空调系统长期占据首位,它的能耗占比通常处于 30%~50%这个范围,在医院、商场、写字楼这类大型公共建筑里,该占比甚至超过 60%。这种高占比和建筑使用性质紧密相连,它也与使用时间关系密切,还和室内舒适度要求息息相关,相

比之下,照明、电梯等其他用电设备不容忽视。不过,它们的能耗贡献相对有限,因此,在暖通空调环节实现有效节能很重要,一旦达成这一点,对于降低建筑整体能耗会有显著效果。

建筑能耗存在显著差异,这种差异体现在季节性上,也体现在地域性方面。在寒冷的地区,冬季时,供热成了主要负荷,而在炎热区域,到了夏季,制冷占据主导。建筑内部的使用模式存在波动,人员密度也有变化,这些情况叠加在一起,让系统负荷的变化变得复杂又多样,暖通空调系统的能耗特征和外部气候条件有关。它与建筑结构的保温性能、围护结构的材质等紧密相连,全面剖析建筑能耗结构,把关键能耗环节识别出来,如此一来,就能给节能优化提供理论支撑。

1.2 冷热源系统能耗特征

冷热源系统是暖通空调系统能耗的关键所在,整个暖通空调系统里,它的能耗最为突出,冷热源系统能耗在系统总能耗中占比颇高,超过了 50%。冷水机组、锅炉热泵之类设备,其能效水平对运行成本起着决定性作用,运

行成本高低直接取决于这些设备的能效水平如何,传统冷水机组在部分负荷工况时,效率常下降得很明显。这就使得实际运行的能效比远远低于设计值。与此在选型阶段,如果没有充分顾及建筑实际运行负荷的波动情况,常会出现问题。什么问题?设备容量要么过大,要么过小,而这样的情况,最终会引发能源浪费。近年来节能设备的应用正慢慢改变这种状况,像高效冷水机组分布式冷热源,还有地源热泵等节能设备都在发挥作用。

冷热源系统在运行管理方面也有能耗浪费情况,调度若不合理,多台机组容易启动或停止负荷,分配也会不均衡,这都会导致运行效率降低。部分建筑日常管理欠缺科学控制策略,这使得设备长时间于低效区间运行,应用变频调节技术优化负荷分配策略,开展余热回收利用。这么做能显著提升设备能效,减少设备运行损耗,还能让设备使用寿命延长。

1.3 输配系统与末端环节能耗

输配系统是能量传递的中间环节,其能耗不容小觑,水泵风机,还有管网系统要是设计的不合理,就会出现阻力过大的情况,这会直接让输送能耗升高。在传统定流量系统里,水泵和风机常保持满负荷运转,哪怕建筑负荷处于较低状态,它们也很难进行调节,如此一来,最终导致了严重的浪费现象。如今,有较为成熟的节能措施,采用变风量(VAV)以及变水量(VWV)系统,能依据实时负荷的变化自动对流量做出调整达成高效输送。

末端环节单体能耗低,不过其数量极为庞大,整体能耗占比仍然较大,温湿度调节精度要是不高,“过冷过热”现象就容易出现。这现象可不妙,舒适性降低不说,能耗也会增加,气流组织不合理,这会令室内冷热分布不均匀,用户会因此频繁调节,能耗水平也会进一步升高。采用高效末端设备优化气流组织,加强室内空气品质监控,如此这般在保证舒适度的基础上,节能效果就能达成。

1.4 管理不足与节能潜力

造成暖通空调能耗偏高的另一主要原因,在于管理环节存在不足,不少建筑没有完备的能耗监测平台,这使得它们没办法实时了解系统运行状况。运行过程里出现的问题也很难及时被发现并纠正,运行管理人员节能意识不强,他们常采用“一刀切”运行模式,让系统长时间处于满负荷状态。如此一来,设备效率变得低下,设备因定期维护不足出现了结垢磨损的状况,这又进一步加剧了能耗的上升。

虽然有不少问题存在,但暖通空调系统在节能方面的潜力极为可观。经过科学的设计、智能化的控制以及运行管理的优化,整体能耗有望降下来。降多少?能降低15%~30%。不仅如此,实施节能措施好处多多,它能降低建筑的碳排放量,让设备使用年限得以延长,室内空气质量也能得到提升。把建筑使用特性和区域气候条件相结合,进而构建出系统化的节能优化方案,这会成为推动绿

色建筑发展的关键路径,也是促进可持续发展的重要办法。

2 节能优化设计的关键技术路径

2.1 负荷预测与需求分析

负荷预测乃是暖通空调系统节能优化设计的基础部分,它是节能优化设计的根基所在,综合分析建筑的使用功能、人员密度、气候条件以及运行时间便能建立精细化的负荷模型。采用动态仿真方法或者运用基于大数据的预测算法,这不仅可以提前评估系统的最大负荷,还能够掌握负荷随时间与季节的变化规律。精准进行负荷预测,助力设备合理选型,如此一来,可防止出现这两种状况:一是设备过大,运行效率低下;二是设备过小,无法满足实际需求。

实际应用中,负荷预测通常要进行修正。怎么修正?是结合传感器数据以及过往的能耗数据来做这件事,举个例子,借助气象预测和建筑能耗模型进行耦合计算,能够实现对逐时负荷曲线的推算。对比预测值和实测值,接着逐步对模型参数做出修正,以此让预测精度得以提高,合理开展需求,分析意义重大,它不仅可以让系统设计得到优化,还能够为后续制定控制策略提供关键依据。

2.2 冷热源与系统匹配优化

冷热源系统的设计很关键冷热源系统的选择也很重要,它们直接影响着空调系统的基础能效水平,传统设计里,常出于冗余考量。这致使设备容量过大,机组长期处于低负荷运行状态,效率大幅降低。要解决这一问题,得把负荷预测结果利用起来,开展系统匹配工作。合理设计机组组合很重要,像“1大1小”或者“多机并联”这类模式机组能依据负荷变化,灵活地启动与停止,始终将运行维持在高效区间内。

与此,新型节能设备得以应用,这为冷热源的优化带来了更多的可选方案。高效冷水机组得以推广,变频压缩机在推广,地源热泵同样也在推广。这些设备的推广让能效比有显著提升,借助余热回收技术,能够利用二次能源。这二次能源包含冷凝热、排风热等,利用这些二次能源能够实现综合能效的提升。冷热源优化的体现,不只是在设备层面,它也涵盖了系统整体运行策略的改进。

2.3 输配系统节能与控制技术

输配系统是能量传递的中枢,它的优化潜力不容小觑,传统定流量系统中,水泵和风机能耗偏高是普遍现象,这时,变风量(VAV)与变水量(VWV)技术派上用场。借助这项技术,能够依据实际需求对输送量进行动态调整,如此一来,运行能耗就能大幅降低。该技术作用显著,它提升了系统的灵活性,并且,在部分负荷条件的时候,它还可以维持较高效率。

输配系统的优化涵盖多个方面,其中既有管网设计,还有阻力控制,合理布置管道和风口很重要,要减少不必要的弯头以及阻力元件。如此这般,输送能耗就能有效降

低，水泵和风机的运行参数，能结合智能控制系统实现，实时调整确保输配能耗与负荷变化相协调。末端设备进行配合调节，可避免“冷热对冲”情况出现，这一调节举措还能让整体运行效率得到进一步提升。

2.4 余热回收与综合效益

余热回收乃是提升暖通空调系统能效的关键办法，它在提升暖通空调系统能效这件事上，占据着重要位置，空调系统运行时，冷凝器会排放废热排风，也会携带热量。这些热量常直接排放到环境里，这就造成了能源浪费，借助余热回收装置，这部分能源能重新派上用场。它们可以用于生活热水，也能够用于新风预热。如此一来，额外的能源消耗就能减少，在医院、酒店这类热水需求大的建筑里，余热回收发挥的效果特别突出，尤其是在这些对热水需求颇为庞大的场所之中。

综合效益有诸多体现，能耗降低是一方面，还有碳排放的减少，运行成本也下降了，相关研究表明，采用余热回收技术有诸多好处。它能让系统综合能效提升幅度在10%到15%，而且，投资成本在数年内就能收回，与此，余热回收能让室内空气品质得以改善。它还能够提升整体舒适度，给绿色建筑评价给予有力支撑，如表1所示。

表1 暖通空调系统节能优化技术效果对比

技术路径	能耗降低比例	投资成本增加	回收周期	适用场所
负荷预测优化	5%~10%	低	短期	各类公共与居住建筑
冷热源系统优化	10%~20%	中	中期	大型商场、办公楼
输配系统节能控制	8%~15%	中	中期	综合性建筑
余热回收技术	10%~15%	较高	中长期	酒店、医院、综合体

3 智能化控制策略在系统优化中的应用

3.1 传感器网络与数据采集

智能化控制的前提，是精准的数据采集，传感器网络在暖通空调系统里大量部署，它能实时监测诸多状况，包括室内外的温湿度、二氧化碳浓度、空气质量指数，还能监测人员流动情况以及设备的运行状态。借助这些传感器构建起物联网系统，此系统能打造出完备的环境与能耗数据库，为后续的智能优化给予数据支撑。传感器技术不断进步，这让数据采集变得更高效更准确了。现在借助先进的传感器技术，能实现分钟级，甚至是秒级的动态监测。

高质量的数据采集意义重大，它不仅可以呈现出系统当下的运行状况，还能够察觉到潜在的能耗异常情况。说，有个空调机组，它在低负荷的状况下，能耗却一直居高不下，这时候，系统能够马上发出警报，这个警报是为了提示运行人员去做检查，借助这种早期干预机制，能源浪费能被有效避免。设备故障扩散也能得到有效遏制，智能传

感技术不断发展，在此背景下，传感器网络朝着无线化低功耗化方向发展，如此一来它在大型建筑里的应用变得更灵活，也更具经济性。

3.2 数据驱动与预测算法

大量运行数据被采集，基于此数据，驱动算法成了智能化控制的关键所在，对历史数据，开展回归分析模式识别并进行机器学习建模。基于此，能构建能耗预测模型，也能构建舒适度评估模型。这类模型挺厉害的，它能依据外部气候的改变，还有建筑负荷以及使用模式的变动，对未来一段时间的能耗趋势进行预测。如此一来，就能给系统调度提供参考，和传统经验法则相较，数据驱动方法极大提升了预测的精准度，而且，这种方法让预测的适应性也大幅增强。

除了能耗预测，算法还可用于运行优化。基于人工智能的强化学习方法，能在动态环境里不断对控制策略作出调整，如此一来，系统就能一步步朝着最优能效点靠近。举个例子，在部分负荷的状况下，算法能够自动挑选出最佳的机组组合，算法还能自动确定合适的运行参数，如此一来，就能达成最低能耗与最高舒适度之间的平衡。借助数据驱动以及预测算法，暖通空调系统实现转变，转变方向是从“被动响应”变为“主动调节”。

3.3 智能控制平台与集成应用

智能控制平台是实现系统优化的关键载体，该平台一般包含中央服务器能耗管理系统以及人机交互界面，它可以把暖通空调的冷热源输配系统和末端设备集成起来，达成全系统的统一调度。平台借助云计算和边缘计算技术，能快速处理海量实时数据，平台可在毫秒级时间内，输出调控指令以此保证运行既及时又稳定。

智能控制平台具备集成性，这一集成性不光在能源调度方面有所体现，还关联到与其他建筑系统的联动，举例来说，它能和照明系统、门禁系统相结合。如此一来就能依据人员的分布状况，自动对区域空调负荷做出调整，要是和可再生能源系统相结合，在光伏输出高峰的时候，能减少对电网的依赖。在风能输出高峰时，同样也能减少对电网的依赖，借助跨系统协同建筑的整体能效，得以进一步提高，经跨系统协同助力，建筑整体能效实现再度提升。平台化智能控制提供了技术路径，这一技术路径可复制，能助力后续智慧建筑发展，也能推动智慧城市发展。

4 节能优化设计的综合效益与发展方向

4.1 能源效益

节能优化设计在能源利用方面具有显著优势，采用高效机组，还有变风量与变水量系统，再加上余热回收装置以及智能化控制策略。如此这般，能有效降低建筑的整体能耗水平，研究显示，暖通空调经过系统优化后，运行能效能够提升，提升幅度在15%到30%之间。而且在大型公共建筑里，这种优化带来的节能效果特别显著，能耗降

低了,能耗降低直接让碳排放量减少,这给建筑行业达成“双碳”目标提供了切实可行的途径。面临能源紧缺和环境保护的双重压力,节能优化设计发挥了重要作用,它提升了能源利用率,推动建筑领域能源结构朝着绿色方向转型。

4.2 经济效益

节能优化设计好处多多,它能直接带来经济效益,具体怎么体现?一方面能降低运行成本,另一方面,还可以延长设备寿命。经过合理的系统匹配,以及运行调度机组不会长期于低效区间运行。如此一来,避免了高能耗产生的额外支出,水泵风机这类输配设备在智能化控制作用下,依据负荷需求动态调整运行状态,如此一来,电力消耗大幅降低。与此,余热回收装置投入使用,它还能够削减诸如热水这类辅助能源的开支,从长远角度来说,设备若处于科学运行状况下,磨损会降低,维护频率会变少,使用寿命能够延长。如此一来大量的更换费用和维修费用都能间接节省下来,因此,节能优化设计好处多多,它能带来短期的能耗节省,在生命周期维度上,还能体现出可观的投资回报率。

4.3 环境与健康效益

节能优化设计好处多多,它不仅能带来能源方面的效益,还能收获经济收益,并且,对环境与健康也有着积极作用。优化后的空调系统能更出色地调控室内温度、湿度,把控空气品质。它可防止过度制冷或供热造成的不适情况出现,进而提升使用者的舒适感受,新风与余热回收系统相结合,带来诸多好处,一方面,室内空气质量得到改善。另一方面二氧化碳浓度有效降低,有害物质的积聚也得到控制,这种结合对提高办公效率意义显著,对提升居住健康水平也有很大作用。能耗减少了,碳排放也随之降低,这带来多方面好处。一方面缓解了城市热岛效应,另一方面积极作用于区域空气质量的改善以及生态环境的保护。如此一来,建筑达成了环境友好与人本关怀的统一。

4.4 未来发展

未来节能优化设计的发展方向会愈发多元,也会更具智能特性。一方面可再生能源利用会和暖通空调系统深度融合,像光伏直驱空调、地源热泵,还有分布式能源系统都在融合范围内。这种融合能进一步减少对传统能源的依赖,从另一方面来看,人工智能与大数据技术,会助力暖

通空调系统朝着自学习自优化的方向发展。这能让暖通空调系统依据环境的改变,以及用户的需求实时对运行策略做出调整,将绿色建筑标准跟智慧城市理念相结合。优化设计可不只停留在单体建筑层面,而是要实现区域能源系统的协同优化,以此推动建筑行业朝着低碳智能可持续的方向发展。

5 结语

暖通空调系统是建筑能耗的重要部分,推动绿色建筑和可持续发展,关键在于其节能优化设计,深入分析能耗特征,将负荷预测、冷热源优化、输配系统改进以及余热回收等技术措施相结合。如此一来,能显著提升系统的整体效率,引入智能化控制后,系统有了新变化,它可以实现动态调节,还能自适应运行,这不但进一步降低了能耗,室内环境品质也得到改善。节能优化的表现相当突出,它在能源和经济效益领域成果显著,而且节能优化在环境保护以及提升健康舒适度方面,也呈现出广泛的价值。展望未来人工智能、可再生能源会与绿色建筑标准深度融合,在这种形势下,暖通空调系统肯定会朝着低碳化智能化方向迈进。它能为达成“双碳”目标,对于构建智慧城市给予坚实支撑。

[参考文献]

- [1]陈雄伟.建筑暖通空调节能优化设计策略探讨[J].江西建材,2021,11(3):56-57.
- [2]孟瑞平.节能减排理念下绿色建筑暖通空调节能优化设计方法研究[J].建材发展导向,2024,22(11):126-128.
- [3]赵静德.暖通空调系统的节能优化设计研究[J].住宅与房地产,2022,12(13):128-130.
- [4]李珍珠.暖通空调自动系统节能优化设计研究[J].办公自动化,2023,28(17):58-60.
- [5]叶小刚,袁彬彬,钱波,等.建筑暖通空调的节能及优化处理研究[J].智能建筑与智慧城市,2021,12(9):117-118.
- [6]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,2024,9(24):194-196.

作者简介:梁怀亮(1987.12—),毕业院校:河北建筑工程学院,所学专业:热能与动力工程,当前就职单位:华茗设计集团有限公司邢台分公司,职务:暖通设计师,职称级别:中级。