

空调水泵节能运行策略及其经济效益评估研究

康科进

杭州罗瓦环境工程设备有限公司 浙江 杭州 310000

摘要: 在全球能源危机加剧与环保诉求攀升的当下,建筑能耗成为社会关注热点,空调系统能耗在其中占比颇高,而空调水泵作为关键耗能设备,其节能问题亟待解决。本文深度剖析空调水泵节能运行策略,全面探究多种前沿节能技术,紧密结合多个典型实际案例,从投资成本、运行收益等多维度评估经济效益。期望为建筑领域实现空调系统高效节能降耗提供理论参考,助力相关从业者制定更具针对性和可行性的节能方案,推动建筑节能事业发展。

关键词: 空调水泵;节能运行策略;经济效益评估

引言

随着城市化进程的不断加速以及人们生活品质的持续提升,各类建筑如雨后春笋般拔地而起,建筑能耗也随之呈现出迅猛增长的态势。空调系统作为保障室内舒适环境的关键设施,广泛应用于商业建筑、住宅、公共建筑等各个领域,已然成为建筑能耗的“大户”。在整个空调系统中,空调水泵扮演着至关重要的角色,它负责输送冷冻水或冷却水,确保热量的有效交换。然而,传统的空调水泵运行方式存在诸多弊端,能源浪费现象普遍存在。据相关统计数据显示,在许多既有建筑中,空调水泵的能耗在空调系统总能耗中占比高达30%-50%。这种高能耗的运行模式不仅给企业和居民带来了沉重的经济负担,也与当前倡导的绿色发展、可持续发展理念背道而驰。因此,深入研究空调水泵节能运行策略,对于降低建筑能耗、提升能源利用效率、践行可持续发展战略具有极其重要的现实意义。

1 空调水泵能耗现状与问题分析

1.1 能耗现状调研

为全面掌握空调水泵的能耗现状,研究团队展开了广泛而深入的调研工作。调研范围涵盖了不同类型、不同规模的建筑,包括超大型商业综合体、高层写字楼、住宅小区以及医院、学校等公共建筑。通过对大量实际运行数据的收集与整理分析发现,在商业建筑中,由于营业时间长,且人员流动、设备运行等因素导致负荷变化频繁且幅度较大,空调水泵的能耗相对较高,平均能耗占空调系统总能耗的40%-50%。以知名连锁商场为例,其单店空调水泵年耗电量可达数十万度。而在住宅建筑方面,虽然单个家庭的空调水泵功率相对较小,但由于住宅数量庞大,且夏季和冬季长时间使用空调,总能耗也十分可观,约占空调系统总能耗的30%-40%。通过进一步的数据挖掘和统计分析,明确了空调水泵能

耗在不同类型建筑中的分布特点和随时间、季节变化的趋势,为后续针对性地制定节能策略提供了有力的数据支撑。

1.2 传统运行方式存在的问题

传统的定频水泵运行方式存在先天性缺陷,其转速固定,无法根据实际负荷的动态变化实时调整流量和扬程。在低负荷工况下,例如夜间商业场所人流量大幅减少或者住宅用户大部分休息时,空调系统实际所需冷热量大幅降低,但水泵仍按照额定功率满负荷运行,大量的电能被白白浪费。此外,在空调系统设计阶段,出于安全和可靠性的考虑,往往会预留一定的设计余量,这就导致水泵在实际运行过程中,大部分时间处于偏离其高效运行区间的工况下工作,效率大幅降低。同时,随着设备使用年限的增加,水泵叶轮磨损、密封件老化等设备老化问题逐渐凸显,加之日常维护保养不到位,如未及时进行设备清洗、润滑,未定期检查和调整设备参数等,都会进一步加剧能耗的增加,使得能源利用效率越来越低。

2 空调水泵节能运行策略

2.1 变频调速技术应用

变频调速技术作为目前应用最为广泛且成熟的节能策略之一,其原理基于电机转速与电源频率的线性关系,即电机转速 $n = 60f/p$ (其中 f 为电源频率, p 为电机磁极对数)。通过安装变频控制柜,改变水泵电机的电源频率,进而实现水泵转速的精准调节。当空调系统负荷降低时,变频控制器自动降低电源频率,使水泵转速随之下降,从而减少流量输出,满足实际负荷需求;反之,当负荷增加时,提高电源频率,水泵转速上升,流量增大。在不同工况下,变频调速技术的节能效果显著^[1]。例如,在写字楼项目中,经过实际监测和数据分析,当负荷降低30%时,采用变频调速的水泵节能率可达25%左右。在

应用变频调速技术时,需要特别关注电机散热问题,因为转速降低时,电机自带风扇的散热能力会相应减弱,可能需要额外配置散热装置;同时,变频装置产生的谐波会对电网和周边设备产生干扰,需要采取有效的谐波治理措施,如安装滤波器等。部分先进的变频调速系统还能实现远程监控与智能诊断,便于及时发现并解决潜在故障。

2.2 优化控制策略

采用先进的智能控制系统,结合大数据分析、人工智能算法以及建筑负荷预测模型,综合考虑室内外温度、湿度、人员活动情况等多维度参数,对空调水泵进行全方位、精细化的优化控制。群控技术通过对整个空调系统的总负荷进行实时监测和分析,依据负荷变化情况,智能地分配各水泵的运行台数和转速,使系统始终保持在高效运行状态。模糊控制算法则模拟人类思维的模糊逻辑,根据输入的各种参数,如温度偏差、湿度偏差等,经过模糊推理和决策,自动调整水泵的运行状态,实现水泵的自适应调节。以大型医院为例,在实施优化控制策略后,通过与改造前的数据对比,空调水泵的能耗降低了20%-30%,同时室内环境的舒适度得到了显著提升,充分展示了优化控制策略在节能和提升系统性能方面的巨大优势。如今一些前沿的优化控制系统还融入了深度学习技术,能随着时间推移不断优化控制策略,进一步提升节能效果。

2.3 设备更新与改造

对于老旧、低效的空调水泵,及时进行设备更新和改造是实现节能的重要举措。新一代的高效节能型水泵在设计理念、制造工艺和材料选用上都有了质的飞跃,其效率可比传统水泵提高15%-25%。在对水泵进行更新改造时,不仅要更换整泵,还应对叶轮、密封件等关键部件进行优化升级。采用新型的叶轮设计,能够有效提高水泵的水力效率,减少能量损失;选用高性能的密封材料,可降低内部泄漏,提高水泵的容积效率。此外,合理设计和优化管道系统,减少不必要的弯头、阀门,增大管道直径,降低管道阻力,也能进一步提高水泵的运行效率,降低能耗^[2]。例如,在工业厂房的空调系统改造中,通过对水泵和管道系统的全面更新改造,节能效果显著,年耗电量降低了30%以上。在设备更新改造中,还可引入智能传感器,实时监测水泵运行状态,以便及时维护保养,保障节能效果的持续性。

3 经济效益评估方法与模型建立

3.1 评估指标确定

为全面、科学地评估空调水泵节能策略的经济效

益,确定了一系列具有代表性和针对性的评估指标。节能率作为最直观的指标,能够清晰地反映出节能策略实施后能源节约的具体程度,其计算公式为(改造前能耗-改造后能耗)/改造前能耗 $\times 100\%$ 。投资回收期用于衡量节能改造投资回收所需的时间,它是评估项目经济可行性的重要指标之一,投资回收期越短,说明项目的投资回收速度越快,风险相对越低。净现值(NPV)和内部收益率(IRR)则从项目整体盈利能力的角度出发,综合考虑了资金的时间价值以及项目寿命期内的现金流入和流出情况。净现值是将项目未来各期的净现金流量按照一定的折现率折现到初始投资时刻的现值之和,若NPV大于0,则表明项目在经济上可行;内部收益率是使项目净现值为0时的折现率,它反映了项目本身的盈利能力和抗风险能力,IRR越高,说明项目的经济效益越好。

3.2 成本效益分析模型

建立详细的成本效益分析模型,全面涵盖节能改造投资成本、运行维护成本以及能源节约收益等关键要素。节能改造投资成本中,设备购置费用方面,新型水泵价格依功率和品牌不同,在10-50万元不等,变频控制柜约5-15万元,智能控制系统8-20万元;安装调试费用按工程复杂程度占设备购置费用的10%-20%估算,控制系统升级费用根据实际改造需求而定,一般在3-10万元。运行维护成本里,设备日常维修保养费用每年约占设备原值的3%-5%;电费支出按当地每度电0.8元,结合水泵实际运行功率与时长计算;人工成本参考当地同行业薪资水平,一名专业运维人员年薪大概在8-12万元。能源节约收益则根据节能率和当地电价进行计算,即节能改造前的电费支出-节能改造后的电费支出^[3]。通过精确的成本效益分析模型,能够准确评估不同节能策略在项目全生命周期内的经济效益。

3.3 敏感性分析

对影响经济效益的关键因素,如电价波动、设备价格变化、节能率变动等进行深入的敏感性分析。以电价为例,当电价上涨10%时,通过模型计算可知,投资回收期可缩短15%左右,净现值增加20%左右。这是因为电价升高,节能策略带来的电费节省更为显著。而当设备价格上涨15%时,投资回收期会延长10%-15%,净现值相应减少15%-20%,设备成本的增加压缩了利润空间^[4]。例如在地区,因电力政策调整,电价上涨,采用节能水泵的企业电费支出大幅降低,投资回报加快。在实际项目决策中,决策者可依据这些分析结果,结合当地电价政策走向、设备市场价格波动预期,提前规划调整节能方案,精准控制成本,在多变的市场环境中把握投资节

奏,最大化项目收益。

4 案例分析

4.1 项目概况

选取超大型商业综合体作为案例研究对象,该商业综合体建筑面积达50万平方米,集购物、餐饮、娱乐、办公于一体,拥有多个大型主力店和众多中小店铺。其空调系统采用集中式水冷螺杆机组,配备多台大功率空调水泵,总装机功率达到5000kW,由于营业时间长,全年365天不间断运行,且夏季和冬季负荷高峰明显,空调水泵能耗极高,成为该建筑能耗的主要组成部分。详细介绍项目的建筑规模、空调系统类型、水泵配置以及运行管理模式等基本情况,为后续深入分析节能策略的实施和经济效益评估奠定坚实基础。

4.2 节能策略实施

在变频改造方面,对所有空调水泵进行升级。深入市场调研后,选用行业内知名品牌ABB的高性能变频控制柜。ABB品牌在电气控制领域拥有卓越口碑,其变频控制柜具备先进的矢量控制技术,能精准调节电源频率,确保水泵调速的精准性和稳定性。例如,在面对复杂的负荷变化时,该控制柜可将频率调节精度控制在 $\pm 0.01\text{Hz}$,使水泵转速波动极小,保障了系统运行的平稳性。

同时,引入先进的智能控制系统。该系统集成了建筑负荷预测模块,运用机器学习算法,结合历史能耗数据、天气预报、商场营业时间及客流数据等,对未来不同时间段的空调负荷进行精准预测。如通过对过往夏季周末的数据分析,预测出当天不同时间段的客流量高峰低谷,进而推算出相应的空调负荷需求。实时数据监测模块则通过安装在各个区域的高精度温度传感器、湿度传感器以及流量、压力传感器,每秒采集一次运行数据,并以毫秒级的速度传输至智能控制系统进行分析处理。智能控制算法模块依据采集的数据和预测结果,采用模糊逻辑控制算法,自动调整水泵的运行台数和转速^[9]。当检测到区域温度接近设定值且负荷较低时,算法会自动减少一台水泵运行,并降低其他水泵转速,实现对空调水泵的精准控制。

4.3 经济效益评估结果

经过一年的实际运行监测和数据分析,对项目实施节能策略前后的能耗数据进行详细对比。结果显示,节能率达到了35%,年节约电量达到500万度。根据成本效益分析模型计算得出,投资回收期为3.5年,净现值为800万元,内部收益率为20%。这些数据充分表明,该节能方案具有显著的经济效益,不仅能够较短时间内收回投资成本,还能为企业带来长期稳定的收益,提升企业的经济效益和市场竞争力。

结语

本文通过对空调水泵节能运行策略及其经济效益的深入研究,系统地分析了当前空调水泵能耗现状与存在的问题,创新性地提出了多种先进的节能策略,并构建了科学、完善的经济效益评估方法和模型。展望未来,随着科技的飞速发展和创新,如物联网技术、大数据分析技术、人工智能技术与空调系统的深度融合,应进一步探索更加高效、智能、绿色的节能运行策略,为建筑节能事业的蓬勃发展贡献更多的智慧和力量。政府和相关部门应加大政策引导和支持力度,出台更多鼓励节能技术研发和应用的政策措施,推动节能技术在空调系统中的广泛普及和深度应用,助力实现全社会的节能减排目标和可持续发展愿景。

参考文献

- [1]于妍.空调系统水泵节能运行浅析[J].首都博物馆论坛,2019,(00):493-498.
- [2]申建光,史小兵.集中空调系统水泵变频调速运行模式节能设计[J].工业加热,2022,51(4):35-38,44.DOI:10.3969/j.issn.1002-1639.2022.04.009.
- [3]于军琪,张瑞,赵安军,等.中央空调系统并联水泵节能优化群智能控制算法[J].控制理论与应用,2020,37(10):2155-2162.
- [4]曹陌阡.基于中央空调能源管理系统的空调冷冻站节能设计与研究[D].山东建筑大学,2020.DOI:10.27273/d.cnki.gsajc.2020.000684.
- [5]中央空调系统分散水泵节能技术.广东省,中国科学院广州能源研究所,2018-01-01.