

地铁站环控系统综合节能改造及运行调节策略研究

张旋

徐州地铁运营有限公司 江苏 徐州 221000

摘要:城市轨道交通的蓬勃发展,让地铁成为大众出行不可或缺的方式。本文聚焦地铁站环控系统,深入剖析其构成与能耗特点后,指出当前系统存在设计不合理、设备选型不当、运行模式缺乏优化及维护管理不到位等能耗问题。基于此,提出综合节能改造策略,涵盖设计优化、设备选型改进及智能控制系统应用等方面。同时,针对空调季节与非空调季节,分别制定相应的运行调节策略。旨在通过这些策略降低地铁站环控系统能耗,提升能源利用效率,实现节能减排目标,为地铁站的可持续发展提供理论与技术支持。

关键词: 地铁站;环控系统;节能改造;运行调节策略

引言:随着城市化进程加速,地铁作为城市交通的重要组成部分,其运营规模不断扩大。地铁站环控系统对保障站内环境舒适、设备正常运行起着关键作用,但能耗问题日益凸显。高能耗不仅增加运营成本,还与当下节能减排理念相悖。目前,部分地铁站环控系统设计、设备选型、运行管理及维护等方面存在诸多不足,导致能源浪费严重。因此,开展地铁站环控系统综合节能改造及运行调节策略研究迫在眉睫。通过深入分析问题,提出针对性改造与调节策略,对降低能耗、实现绿色地铁运营具有重要意义。

1 地铁站环控系统概述

1.1 系统构成

地铁站环控系统是一个复杂且综合的体系,主要由通风空调、防排烟以及相关的风道、风口等部分构成。通风空调系统负责调节站内温度、湿度与空气质量,在空调季节为乘客和工作人员营造舒适环境,非空调季节则进行通风换气。防排烟系统在火灾等紧急情况时,能迅速排出烟雾,保障人员疏散安全。风道和风口作为空气流通的通道与出口,合理布局确保空气均匀分布。各子系统相互配合、协同工作,共同维持地铁站内稳定、适宜的环境,满足日常运营及应急需求。

1.2 能耗特点

地铁站环控系统能耗具有明显特点。一方面,其能耗受季节影响大,空调季节为维持适宜温湿度,制冷设备长时间运行,能耗占比高;非空调季节虽能耗降低,但通风设备仍持续工作消耗一定电量。另一方面,客流量对能耗影响显著,高峰时段人员密集,新风需求和冷热负荷增大,能耗随之上升;低谷时段则相反。此外,系统能耗还与设备运行模式、维护状况相关,不合理的运行模式或设备老化、维护不及时,都会导致能耗增

加,降低能源利用效率^[1]。

2 地铁站环控系统能耗问题分析

2.1 设计不合理

部分地铁站环控系统设计未充分考虑实际需求与复杂工况。在布局规划上,风道走向设计不合理,导致空气流动阻力增大,风机需提高功率克服阻力,增加能耗。新风量设计缺乏精准核算,要么过大造成能源浪费,要么过小无法满足站内人员对新鲜空气的需求。而且,系统分区设计不科学,不同区域冷热负荷差异大却采用统一控制,无法根据实际负荷灵活调节,使得部分区域过度制冷或制热,整体能耗居高不下。

2.2 设备选型不当

在地铁站环控系统设备选型环节,存在诸多不合理之处。一些设备选型未依据地铁站的实际规模、客流量以及运行特点,导致设备容量与实际需求不匹配。比如,空调机组制冷量过大,在部分负荷运行时,设备无法在高效区运行,能效比降低,造成能源浪费;而通风机风量选择过大,运行时需通过调节风门来控制风量,增加了风道阻力,进一步提升了能耗。此外,部分设备技术落后,自身能耗高,也是导致环控系统整体能耗过高的因素之一。

2.3 运行模式缺乏优化

当前,不少地铁站环控系统运行模式较为粗放,缺乏精细化优化。在空调季节,系统往往采用固定的启停时间和温度设定值,不能根据室外气象参数、站内客流量等实时变化进行动态调整。例如,在室外温度较低或客流量较少的时段,仍按原设定高负荷运行,造成能源浪费。非空调季节,通风系统也未根据站内空气质量、温度等情况灵活调节通风量和通风时间,要么通风不足,影响站内环境,要么通风过度,增加不必要的能耗。

2.4 维护管理不到位

地铁站环控系统维护管理存在诸多漏洞,影响系统能耗。一方面,维护计划不完善,不能定期对设备进行全面检查、清洁和保养,导致设备积尘、积垢,影响其散热和运行效率,增加能耗。例如,空调滤网长期不清洗,空气流通受阻,制冷效果下降,设备运行时间延长,能耗上升。另一方面,维护人员专业水平有限,对设备故障不能及时准确判断和处理,小故障拖成大故障,不仅影响系统正常运行,还使设备能耗异常增加。此外,缺乏有效的能耗监测与分析机制,无法及时发现能耗异常点并采取措[2]。

3 地铁站环控系统综合节能改造策略

3.1 设计优化

(1) 合理确定设计参数。需依据地铁站所在地区的气候条件、站内人员密度、设备发热量等实际情况,精准核算新风量、温湿度等参数。例如,在客流量大的换乘站,适当增加新风量以满足人员对新鲜空气的需求;在寒冷或炎热地区,结合当地气象数据,合理设定室内温湿度范围,避免过度制冷或制热。同时,考虑不同时段、不同区域的负荷变化,采用动态设计参数,使系统在不同工况下都能高效运行,有效降低能源消耗,提升能源利用效率。(2) 优化系统布局。在风道设计上,应尽量减少弯头、变径等局部阻力构件,降低空气流动阻力,使风机能够在较低功率下输送足够风量。合理规划风道走向,缩短风道长度,减少风量损失。对于站内不同功能区域,根据其冷热负荷特点进行分区设计,采用独立的风系统或水系统,实现按需供冷供热。此外,优化设备布置位置,如将空调机组、通风机等设备放置在便于检修且通风良好的区域,提高设备运行效率,降低能耗。(3) 采用节能设计理念。运用自然通风原理,在非空调季节充分利用自然风进行通风换气,减少机械通风设备的使用时间和能耗。例如,设置合理的通风口位置和开启方式,引导自然风顺畅进入站内。同时,选用高效节能的设备,如高能效比的空调机组、低噪声低能耗的通风机等,从源头上降低能源消耗。此外,引入智能控制技术,实现对系统设备的实时监测和智能调节,根据实际需求自动调整设备运行参数,避免能源浪费,提升系统整体节能效果。

3.2 设备选型改进

(1) 选择高效节能设备。对于空调机组,应优先挑选能效比高、制冷制热性能优良的产品,其先进的压缩机技术和优化的换热器设计,能在相同制冷制热量下消耗更少电能。通风机方面,选用高效低噪声的型号,其

独特的风叶设计和优化的电机匹配,可提升通风效率,降低能耗。同时,选用节能型的水泵,具备高效的水力模型和先进的控制技术,减少输送过程中的能量损失。高效节能设备的运用,能从设备源头显著降低环控系统整体能耗,提升能源利用效率。(2) 合理匹配设备容量。若设备容量过大,在部分负荷运行时,设备无法在高效区工作,导致能源浪费。例如空调机组制冷量远大于实际需求,会使压缩机频繁启停或低效运行。反之,容量过小则无法满足站内环境要求,设备长时间高负荷运转,增加故障率且能耗高。因此,需根据地铁站的规模、客流量、使用功能等因素,精确计算冷热负荷和通风量,以此为依据合理选择设备容量,使设备在不同工况下都能高效稳定运行,实现节能目标。(3) 采用变频调速技术。在空调系统中,通过变频器调节压缩机的转速,能根据室内外温度、负荷变化实时精准控制制冷制热量。当负荷降低时,压缩机转速减慢,减少制冷剂流量,降低能耗;负荷增加时则提高转速,满足需求。通风机和水泵采用变频调速后,可根据实际通风量和水量需求,自动调整电机转速,避免传统定速设备通过调节风门或阀门造成的能量损耗。变频调速技术使设备运行更灵活高效,有效降低能耗,同时还能延长设备使用寿命,减少维护成本。

3.3 智能控制系统应用

(1) 建立智能监控平台。该平台集成多种传感器,实时采集站内温度、湿度、空气质量、设备运行状态等数据。通过高速稳定的网络传输,将数据汇总至中央控制室。利用可视化界面,工作人员可直观查看系统运行情况,实现对环控设备的集中管理和监控。同时,平台具备数据存储与分析功能,能对历史数据进行深度挖掘,找出能耗高峰时段和设备异常运行规律,为后续优化控制策略提供依据,有效提升系统运行效率,降低能耗。(2) 采用先进的控制算法。如模糊控制算法,可根据环境参数的模糊变化,自动调整设备运行参数,无需精确的数学模型,适应地铁站复杂多变的工况。神经网络控制算法则能通过学习大量的历史数据,预测系统未来的运行状态,提前调整控制策略,实现更精准的控制。这些先进算法可根据不同季节、不同时段、不同客流量等情况,动态优化设备运行,使系统始终在高效区运行,降低能源消耗,提高能源利用效率。

(3) 实现远程监控和故障诊断。借助物联网技术,工作人员可在远程监控中心实时掌握地铁站环控设备的运行状态,无需亲临现场。一旦设备出现异常,系统能自动发出警报,并通过远程诊断功能,快速定位故障原

因,提供解决方案。对于一些常见故障,系统还能自动尝试修复或指导现场人员进行简单操作。远程监控和故障诊断不仅提高了故障处理效率,减少设备停机时间,还能降低维护成本,保障环控系统稳定运行,间接实现节能降耗目标^[3]。

4 地铁站环控系统运行调节策略

4.1 空调季节运行调节策略

(1) 工况调控。当室外温度较高、湿度较大时,系统切换至全负荷制冷除湿工况,确保站内温湿度适宜。若室外温度适中,可适当降低制冷强度,采用部分负荷运行模式,减少能源消耗。同时,根据站内人员密度变化,实时调整新风量与回风量比例,在满足人员新风需求的同时,避免过度制冷,实现工况的精准调控,提升系统运行效率与节能效果。(2) 环境调控。通过合理设置站内温度、湿度参数,营造舒适环境。温度一般控制在24-26℃,湿度在40%-65%。利用智能传感器实时监测环境参数,一旦偏离设定值,系统自动调节空调设备运行。此外,优化气流组织,使冷空气均匀分布,避免局部过冷或过热。加强对站内空气质量的监测,及时排除异味和污染物,在保障舒适的同时,实现节能运行。

(3) 分时段调节。根据地铁站客流量变化规律,划分不同时段。高峰时段,人员密集、设备发热量大,系统全负荷运行,确保环境舒适;平峰时段,适当降低制冷量和新风量,减少设备能耗;低谷时段,如深夜,站内人员稀少,可切换至最小新风运行模式,仅维持站内基本通风需求。通过分时段精准调节,使系统运行与实际需求相匹配,避免能源浪费,实现节能目标。

4.2 非空调季节运行调节策略

(1) 充分利用自然通风。根据地铁站地理位置和建筑结构特点,合理设置通风口位置与开启方式。在室外空气质量良好、温湿度适宜时,开启通风口,引导自然风进入站内,形成空气流动,实现通风换气。例如,白天室外温度较低时开启进风口,引入新鲜冷空气;夜晚则利用热压原理,促进空气自然循环。这样既能改善站内空气质量,又能减少机械通风设备的使用,降低能耗。(2) 优化设备运行模式。通风机根据站内实际需

求调整运行时间和风量,避免长时间满负荷运行。对于部分区域,可采用间歇通风方式,在满足通风要求的前提下减少设备运行时长。同时,合理控制新风阀和排风阀的开度,根据站内空气质量实时调节,确保通风效果的同时降低能耗。此外,关闭不必要的空调设备及相关附属设施,减少无谓的能源消耗。(3) 加强设备维护保养。定期对通风机、风道等进行清洁,去除积尘和杂物,保证通风顺畅,降低空气流动阻力,减少风机能耗。检查设备零部件的磨损情况,及时更换老化、损坏的部件,确保设备运行稳定高效。对设备的电气系统进行检测和维护,保证线路连接良好,避免因电气故障导致设备能耗异常增加,延长设备使用寿命,降低整体运行成本^[4]。

结束语

综上所述,对地铁站环控系统开展综合节能改造与运行调节策略研究意义重大且成效显著。通过设计优化、设备选型改进、智能控制系统应用等综合节能改造措施,能从根源上降低系统能耗,提升能源利用效率。而空调季节与非空调季节针对性的运行调节策略,则进一步保障了系统在不同工况下的高效节能运行。未来,随着技术的持续进步,应不断探索创新,完善节能改造与运行调节方案,推动地铁站环控系统向更加绿色、智能、高效的方向发展,为城市轨道交通的可持续发展和节能减排事业做出更大贡献。

参考文献

- [1]王怡臻,李晓锋.地铁站水冷空调机组IPLV计算方法讨论[J].都市轨道交通,2022,35(02):155-161.
- [2]许峰浩,张涛,刘晓华,刘占英,张振义,李晨.严寒地区地铁车站环控系统运行性能实测研究[J].暖通空调,2021,51(11):89-94.
- [3]李超,王春青,齐洁,鲜杭键,潘嵩.基于实测数据对地铁站环控系统能耗及其影响因素的分析[J].暖通空调,2021,51(S2):311-316.
- [4]齐洁,王春青,常利,潘嵩,吴小芳,于薇,王昊昱,卞彩侠.地铁站环控系统能耗与影响因素的分析[J].吉林建筑大学学报,2021,38(04):32-37.