

地铁环控系统电气节能优化策略

郭文博

摘要：地铁作为城市交通中的一种主要模式，由于具有效率高、速度快、容量大等优点，已经逐步成为城市交通压力缓解的一种重要手段。但随着地铁线路规模越来越大，地铁系统能耗问题也越来越突出。环控系统是地铁运营的重要环节，电气设备能耗占地铁总能耗的比重相当高。所以如何通过电气节能优化策略来有效地减少环控系统能耗已成为地铁运营管理急需解决的一个重要问题。本论文的研究目的是对地铁环控系统电气节能优化策略进行探究，为地铁的节能减排工作提供理论依据与技术支持。

关键词：地铁环控系统；电气节能；优化策略

引言

在全球能源紧缺与环境污染问题日益严峻的背景下，节能减排已经成为各个产业发展必然趋势。地铁是城市公共交通系统的一个重要环节，地铁能耗问题是不可忽略的。地铁环控系统主要是由隧道通风系统和车站通风空调系统组成，它们在保证旅客舒适性与安全性的前提下还会耗费大量电能。根据数据显示，环境控制系统的能量消耗大约是地铁总能耗的30%到40%之间。所以，采取有效的电气节能优化策略来降低环控系统能耗既可以降低地铁的运营成本又可以降低对环境造成的负面影响是非常有实际意义与社会效益的。

不言而喻，它不但是保证乘客舒适度与安全性的关键环节，同时还是地铁能耗最重要的源头之一。



图1 地铁环控系统构成

一、地铁环控系统概述

1. 地铁环控系统的组成及功能

地铁环控系统在地铁运营过程中起着非常关键的作用，它主要由通风、空调系统组成。通风系统承担着调节地铁站内及车厢内部空气流动、保证空气质量及温度适宜、避免二氧化碳及其他有害气体聚集、同时为火灾及其他应急情况提供排烟功能的任务。空调系统通过制冷、制热和湿度调节，确保地铁站和车厢内的温度和湿度保持在一个舒适的范围内，从而确保乘客的舒适度，即使在极端的天气条件下也能提供稳定的环境。两个子系统协同作用共同维护地铁站内和地铁站外良好的环境，给乘客带来安全舒适的出行感受。环控系统对运营的意义

2. 环控系统的能耗特点与现状分析

在地铁的运营过程中，地铁环控系统的能源消耗占据了很大的比例，通常大约是地铁总能耗的30%到40%。这种系统的主要能耗特性包括高能耗、长时间的持续以及明显的负荷波动。在能源消耗中，通风系统和空调系统占据了主导地位，尤其在夏天的高温和冬天的低温环境中，空调系统的能源消耗更为显著，占据了环控系统总能耗的超过50%。另外，地铁在运营过程中，由于乘客流量不断变化、列车出入站数量不断增加等原因，环控系统负荷波动较大，使能耗呈现明显动态特征。现阶段地铁环控系统能耗管理正面临优化空间巨大，节能潜力尚未充分释放等问题，而传统控制方式多依赖于固定时间与模式，缺少实时响应实际需要的能力而造成了一部分能量浪费。通过智能化控制与优化调度可望在显著降低能耗的前提下提升系统的运行效率与稳定性。所以，深入分析环控系统能耗特点为更准确地制定节能策略奠

作者简介：郭文博（1991.05——）男，满族，硕士研究生学历，中级工程师，主要从事城市轨道交通电气设计方面的研究工作。

定关键基础。

3. 地铁环控系统节能的必要性

对地铁环控系统进行节能优化有着极为重要的需求，这不仅仅是为了减少能源消耗与运营成本，同时也是为了推动可持续发展城市交通体系建设。随着世界范围内能源紧缺问题日益严重，能源高效利用已经成为各个产业发展中的关键因素，地铁作为城市基础设施之一，地铁能耗水平的高低直接关系到整个城市能源使用效率。地铁的环境控制系统在总能耗中占据了很大的份额，尤其在高温和寒冷的季节，空调和通风系统的高负荷运行导致了能耗的急剧增加，这样在提高运营成本的同时也给城市电网带来更大压力。与此同时，能源消耗过大会加剧温室气体的排放并给环境带来不利影响，有悖于目前全球范围内绿色高增长的发展趋势。采取节能优化策略可有效降低环控系统能耗、减少碳排放、获得社会与环境双重效益。另外，采用节能措施不但可以延长设备使用寿命，降低维护成本，而且可以提高系统运行效率及可靠性，给旅客提供一个更稳定、更舒适的出行环境。所以在我国目前节能减排政策大环境下，优化地铁环控系统节能是提高地铁运行效益和促进绿色交通的必由之路。

二、地铁环控系统电气节能优化策略

1. 智能控制系统的应用：地铁环控系统的节能优化新篇章

在地铁环控系统的节能优化探索中，智能控制系统的应用无疑开启了一个全新的篇章。地铁环控系统，主要由隧道通风系统和车站通风空调系统组成，是确保地

铁运营环境舒适、安全的关键。而智能控制系统的融入，则让这一系统焕发了新的生机。

智能控制系统以精准调控和实时响应为核心，对地铁环控系统进行了全面的优化。它不再仅仅依赖于传统的预设模式，而是能够根据环境变化、旅客流量以及列车运行等多种因素，进行灵活的自动调节。这种调节不仅确保了车站及车厢内部的温湿度始终保持在最适宜的范围，为旅客提供了舒适、安全的乘车环境，更在无形中实现了能耗的最小化。

智能温控系统是其中的佼佼者。它通过对车站及车厢内部的温湿度进行实时监控，并结合外界气象条件，对空调系统制冷或制热量进行动态调节。这种调节方式不仅提高了空调的能效水平，更在无形中降低了能源的消耗。研究数据表明，利用智能温度控制系统，地铁空调的能源消耗可以降低大约20%到30%，这无疑是一个令人振奋的数字。

而智能通风控制系统则进一步提升了节能效果。它通过对车站内外空气质量、二氧化碳浓度等指标的监测，精准控制通风系统的启停及风量调节。这种按需通风的方式不仅有效降低了不必要的能耗，更在保障了空气质量的同时，为地铁运营带来了更大的灵活性。

综上所述，智能控制系统在地铁环控系统中的应用无疑是一次成功的尝试。它不仅提高了系统的能效水平，更在无形中推动了地铁运营的可持续发展。随着技术的不断进步和应用场景的不断拓展，我们有理由相信，智能控制系统将在地铁环控系统的节能优化中发挥更大的作用，为地铁运营的绿色、高效发展贡献更多的力量。

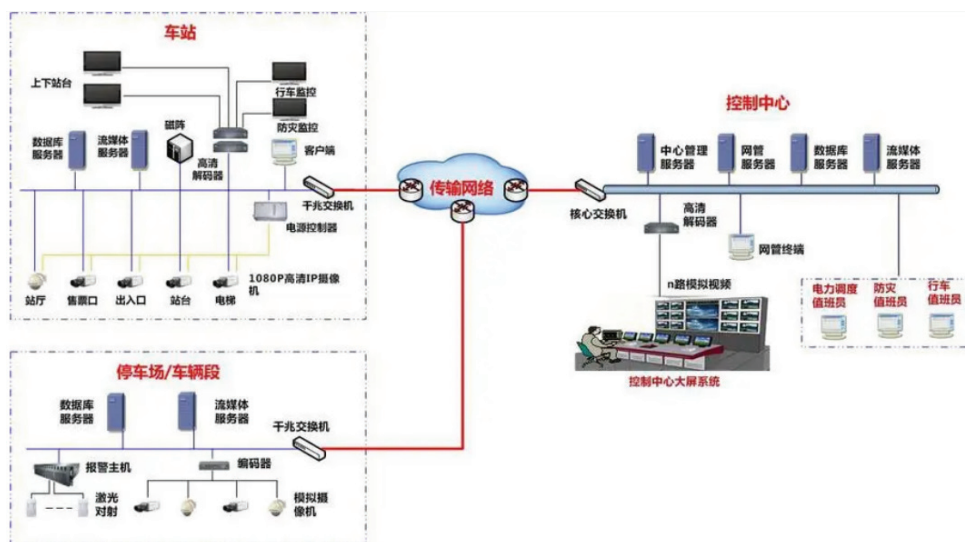


图2 某地铁车站智能控制系统

2. 系统运行模式优化

优化系统运行方式是提高地铁环控能效的一项重要战略,从设备运行时间,负荷调度及能源使用等方面实施精细化管理可显著降低能耗。以按需通风及空调策略为核心,对乘客流量、车厢内、外温度及空气质量等参数进行实时监控,并对通风及空调运行参数进行动态调节,以避免因装置长期高负荷运转而造成能耗浪费。如客流预测模型的应用,可使空调系统在高峰时段提前开机以提高制冷或者制热效率,低谷期可适当缩短设备的工作时间以降低能耗。根据现有的数据资料,这种动态的优化方法可以使空调系统的能源消耗降低15%到25%。

3. 新能源与节能技术的结合应用

就地铁环控系统而言,将新能源和节能技术综合运用意义深远,既可以明显降低能耗又可以有效地降低碳排放,促进地铁系统可持续发展。将太阳能光伏技术应用于地铁站点及车厢顶部就是一个重要的探索方向,利用光伏发电来向环控系统输送清洁能源以降低对传统电力依赖程度。根据相关研究,如果我们能够最大化地利用地铁站的屋顶和附近空地的光伏能力,那么每年可以为每一个地铁站供应大约15%至20%的电力,这将大大减少系统的碳排放。

在地铁系统中,能量回收技术逐步获得了广泛的应用。例如,制动能量回收技术可以在列车减速时将动能转化为电能,然后反馈到电网或储存在储能装置中,再用于环控系统的电力供应。根据数据分析,采用制动能量回收技术可以使地铁系统的总体能源消耗降低大约10%。另外,以地源热泵技术为节能方案的空调系统,利用地下恒温资源进行有效制冷和制热,显著减少了传统空调对电能的消耗,结果表明,利用地源热泵技术,空调系统的能量消耗可以减少大约30%。

这一多技术融合综合运用在提高地铁环控系统能源利用效率的同时,也为更加绿色,高要求的城市交通体系奠定了坚实的基础。

4. 设备升级与维护策略

设备升级和维护策略对地铁环控系统节能优化起着决定作用,采取高效节能设备和科学维护管理能够显著延长设备使用寿命,提高系统整体能效。改用高效节能空调压缩机及低能耗变频风机是提高系统能效最核心途径。与传统设备相比,新型设备不仅在能效比(COP)

上有着明显的优势,还能在更广泛的负荷范围内维持高效运行。

科学的维护策略也很关键,定期的维护与状态监测可以及时地发现和消除设备中存在的隐患,从而避免因设备老化或者失效而造成能耗的上升。应用基于大数据和物联网技术的智能维护系统,可以对设备的运行状态进行实时监控与数据分析,预测潜在故障,并在问题初现时采取预防性维护措施。这种以预测为基础的维护模式在提高设备可靠性的同时,也降低了非计划性停机及其所产生的附加能耗。该优化维护策略在确保设备长期平稳运行的同时,也为环控系统高效经济运行提供强有力支撑,使得节能效果更显著、更长久。

结束语

总之,在世界范围内能源紧缺、环保压力越来越大的大环境下,对地铁环控系统电气节能进行优化,既是提高地铁运行效率的重要手段,也是促进城市可持续发展至关重要的一项措施。通过运用智能控制系统,优化系统运行模式,融合新能源和节能技术,更新和维修设备等环节,各环节共同作用可明显降低地铁系统整体能耗并减少碳排放达到节能减排的目的。这些优化策略在增强地铁系统运行效率与可靠性的同时,也给乘客带来更舒适、更安全的出行环境。与此同时,地铁环控系统经过不断地技术创新与策略优化也会在节能减排方面继续扮演重要角色,并对建设绿色高企的城市交通体系做出积极的贡献。

参考文献

- [1] 姚建波. 铁路电气设备房屋环境控制系统节能方案研究[J]. 建筑工程技术与设计, 2018.
- [2] 余龙清. 地铁环控系统变频节能研究[D]. 天津大学, 2012.
- [3] 刘向. 地铁环控系统的供配电设计与分析[J]. 智能建筑电气技术, 2016(4): 4.
- [4] 杨昭, 马锋, 贾士红, 等. 地铁新环控系统可行性分析及性能优化[J]. 天津大学学报, 2012, 45(3): 5.
- [5] 吕辛. 地铁低压供电系统节能降耗策略探析[J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2022.
- [6] 徐虎. 轨道交通车站环控系统控制技术应用研究[J]. 商品与质量, 2018.