

轨道交通机电设备综合监控系统的能效管理与优化

秦 峰

重庆市轨道交通（集团）有限公司 重庆 400020

摘 要：随着城市轨道交通的快速发展，轨道交通机电设备的能效管理与优化成为提升运营效率和降低运营成本的关键。本文深入探讨了轨道交通机电设备综合监控系统的能效管理现状，并提出了相应的优化策略。通过对系统硬件、软件以及管理层面的全面分析，本文旨在为实现轨道交通机电设备的智能化、高效化运行提供理论支持和实践指导。

关键词：轨道交通；机电设备；综合监控系统；能效管理；优化策略

引言：随着城市化进程的加速，轨道交通以其大运力、高效率、低污染的特点，成为城市交通体系的重要组成部分。然而，轨道交通机电设备的能耗问题日益凸显，对运营成本和环境保护构成了挑战。因此开展轨道交通机电设备综合监控系统的能效管理与优化研究，对于提升轨道交通系统的整体效能具有重要意义。

1 轨道交通机电设备综合监控系统概述

1.1 系统组成

轨道交通机电设备综合监控系统（Integrated Supervisory Control System, ISCS）是一个高度集成、智能化的管理系统，它涵盖了轨道交通运营中的多个关键子系统，确保整个系统的安全、高效运行。（1）供电系统：作为轨道交通的“心脏”，供电系统负责为列车运行、车站设备、信号系统等提供稳定可靠的电力供应。ISCS通过监测电流、电压、功率因数等关键参数，确保供电网络的平衡和稳定，及时发现并处理潜在的电力故障，保障运营安全。（2）通风空调系统：通风空调系统负责调节车站和隧道内的空气质量和温度，为乘客提供舒适的乘车环境。ISCS通过传感器实时监测空气质量、温度、湿度等参数，并根据外部环境变化和乘客需求自动调节通风空调设备的运行状态，实现节能降耗。（3）照明系统：照明系统不仅关乎乘客的出行体验，还直接影响到车站和隧道的运营安全。ISCS通过智能照明控制系统，根据自然光照强度和时段自动调整照明亮度，既保证了照明质量，又有效降低了能耗。（4）给排水系统：给排水系统负责车站和隧道的给排水任务，确保运营环境的清洁和卫生。ISCS通过监测水泵、水箱、阀门等设备的运行状态，及时发现并处理漏水、堵塞等问题，同时优化给排水流程，减少水资源浪费。

1.2 系统功能

ISCS的主要功能包括数据采集、监控、分析、报警等。数据采集功能通过遍布车站和隧道的传感器网络，

实时收集各类设备的运行数据；监控功能则利用这些数据对设备进行远程监控，确保设备处于最佳运行状态；分析功能通过对历史数据的挖掘和分析，发现设备运行规律和潜在问题，为能效管理提供决策支持；报警功能则在设备出现故障或异常时，及时发出警报，通知运营人员采取相应措施^[1]。这些功能在能效管理中发挥着至关重要的作用。通过实时监控和分析设备数据，ISCS能够及时发现能耗异常，优化设备运行参数，实现节能降耗。同时，通过智能报警和预警功能，ISCS还能够提前发现潜在故障，避免设备因故障停机而造成的能耗浪费。

1.3 技术特点

ISCS具有自动化、信息化、集中管理等显著技术特点。自动化特点使得系统能够自动完成数据采集、处理、分析和控制等任务，减少了人工干预，提高了管理效率；信息化特点则使得系统能够将各类设备数据转化为有价值的信息，为运营决策提供支持；集中管理特点则使得系统能够将分散在车站和隧道的各类设备纳入统一管理范畴，实现资源的优化配置和高效利用。这些技术特点为能效管理与优化提供了有力支持。通过自动化和信息化手段，ISCS能够实现设备的精细化管理，优化设备运行参数，降低能耗。同时通过集中管理，ISCS还能够实现资源的统筹调度和优化配置，进一步提高能效管理水平。未来，随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展，ISCS的能效管理与优化功能将更加智能、高效。

2 能效管理现状分析

2.1 能耗构成

轨道交通机电设备的能耗构成复杂多样，主要包括电能和水能两大类。电能是轨道交通系统的主要能耗类型，涵盖了列车牵引、车站照明、通风空调、信号系统、自动售检票系统等多个方面。其中，列车牵引能耗占比最高，是轨道交通系统能耗管理的重点；车站照明

和通风空调能耗则随着车站规模、客流量以及季节变化而波动。水能主要用于车站和隧道的给排水系统,虽然占比相对较小,但在确保运营环境清洁和卫生方面发挥着不可替代的作用。在电能消耗中,列车牵引能耗的占比通常超过50%,是轨道交通系统能效管理的关键。列车牵引能耗受列车性能、运行图、线路条件、客流量等多种因素影响,因此,优化列车牵引能耗是降低轨道交通系统整体能耗的重要途径。此外,车站照明和通风空调能耗也是不可忽视的部分,特别是在大型换乘车站和地下车站,这些能耗往往占据较大比例。

2.2 能耗问题

当前轨道交通机电设备在能效方面存在的主要问题包括设备老化、运行效率低下、能源浪费等。设备老化是导致能效下降的主要原因之一^[2]。随着设备使用时间的延长,其性能逐渐衰退,能耗逐渐增加。并且部分老旧设备缺乏智能控制功能,无法实现能耗的精细化管理。运行效率低下则是由于设备参数设置不合理、维护不当等原因造成的。例如,通风空调系统在非高峰时段仍然保持高功率运行,导致能耗浪费。此外能源浪费问题也普遍存在,如照明系统过度照明、给排水系统漏水等。这些问题不仅增加了轨道交通系统的运营成本,还对环境造成了负面影响。因此,加强能效管理,降低能耗,提高能源利用效率,是当前轨道交通系统面临的重要任务。

2.3 管理现状

当前轨道交通系统在能效管理方面已经取得了一定的进展,但仍存在一些问题。(1)管理制度方面:部分轨道交通企业已经建立了较为完善的能效管理制度,明确了能耗监测、分析、考核等流程,为能效管理提供了制度保障。但仍有部分企业缺乏系统的能效管理制度,导致能效管理工作难以有效开展。(2)技术手段方面:随着物联网、大数据、人工智能等技术的不断发展,轨道交通系统在能效管理方面已经具备了一定的技术基础。例如通过智能传感器和远程监控系统,可以实时监测设备能耗数据,为能效管理提供数据支持。并且利用大数据分析技术,可以挖掘设备运行规律和能耗特点,为优化设备运行参数提供依据。然而,目前这些技术手段的应用还不够广泛,部分企业的能效管理仍然停留在传统的人工监测和统计阶段。(3)人员配置方面:部分轨道交通企业已经设立了专门的能效管理部门或岗位,负责能效管理的日常工作。然而,仍有部分企业缺乏专业的能效管理人员,导致能效管理工作难以得到有效推进。此外部分能效管理人员缺乏专业的知识和技能,难以胜任能效管理的复杂任务。

3 能效管理与优化策略

3.1 技术优化

(1)采用高效节能设备:技术是提升能效的基础。轨道交通系统应积极引入高效节能设备,如LED照明灯具、变频调速风机、高效节能空调等。这些设备相较于传统设备,在能耗上具有显著优势,能够在保证运行效果的同时,大幅降低能耗。(2)优化设备运行参数:通过对设备运行参数的精细调整,可以进一步提高能效。例如,根据客流量和外界环境条件,智能调整通风空调系统的运行模式和风速;根据列车运行图和线路条件,优化列车牵引策略,减少不必要的能耗。(3)引入智能控制系统:智能控制系统是实现能效管理的重要工具。通过集成物联网、大数据、人工智能等技术,智能控制系统能够实时监测设备能耗数据,分析设备运行规律,自动调整设备参数,实现能耗的精细化管理。同时,智能控制系统还能够预测设备故障,提前采取措施,避免因故障停机而造成的能耗浪费。

3.2 管理优化

(1)建立完善的能耗监测体系:能耗监测是能效管理的基础。轨道交通系统应建立完善的能耗监测体系,实时监测各类设备的能耗数据,为能效管理提供数据支持^[3]。同时通过对历史数据的挖掘和分析,可以发现设备运行规律和能耗特点,为优化设备运行参数提供依据。(2)制定科学的能耗指标:科学的能耗指标是衡量能效管理水平的重要标准。轨道交通系统应根据自身特点,制定科学合理的能耗指标,如单位能耗、能耗强度等,并将其纳入绩效考核体系,激励各部门和人员积极参与能效管理工作。(3)加强人员培训:人员是能效管理的关键因素。轨道交通系统应加强对能效管理人员的培训,提高其专业知识和技能水平,使其能够胜任能效管理的复杂任务。同时,通过培训,增强全体员工的节能意识,形成全员参与能效管理的良好氛围。

3.3 政策与法规支持

(1)制定节能减排政策:政府应制定节能减排政策,明确轨道交通系统的能耗标准和节能目标,为能效管理提供政策导向。同时通过政策引导,鼓励轨道交通系统采用新技术、新设备,提高能效水平。(2)提供财政补贴和税收优惠:为了推动能效管理与优化工作的深入开展,政府可以提供财政补贴和税收优惠等激励措施。对采用高效节能设备的轨道交通系统给予一定的财政补贴;对在节能降耗方面取得显著成效的企业给予税收减免等优惠政策。这些措施将有效降低企业开展能效管理的成本,提高其积极性。

4 轨道交通机电设备综合监控系统能效管理与优化的未来发展趋势

4.1 智能化水平不断提升

(1) 更先进的传感器和执行器: 随着传感器和执行器技术的不断进步, 未来的综合监控系统将能够实时监测到更多、更精确的设备状态信息。这些传感器和执行器将具有更高的精度、更广的监测范围和更强的自适应能力, 能够实时反映设备的能耗、温度、振动等关键参数, 为能效管理提供更为详实的数据支持。(2) 智能控制算法的应用: 在获取到大量设备状态信息的基础上, 未来的综合监控系统将采用更为先进的智能控制算法, 如深度学习、神经网络等, 对设备能耗进行智能预测和优化。这些算法能够根据历史数据和实时信息, 自动调整设备运行参数, 实现能耗的最小化。同时智能控制算法还能够预测设备故障, 提前采取措施, 避免因故障停机而造成的能耗浪费。(3) 人机交互界面的优化: 未来的综合监控系统将更加注重人机交互界面的友好性和易用性。通过采用图形化、可视化的界面设计, 以及智能化的提示和预警功能, 使得管理人员能够更加方便地掌握设备状态、能耗情况等信息, 并能够快速做出响应和决策。

4.2 系统集成度不断提高

(1) 优化系统架构: 未来的综合监控系统将采用更为先进的系统架构, 如分布式架构、云计算架构等, 以实现各子系统之间的无缝集成和高效协同^[4]。这些架构能够使得系统具有更强的可扩展性和灵活性, 能够适应不断变化的运营需求。(2) 统一的通信协议: 为了提高系统之间的互操作性和兼容性, 未来的综合监控系统将采用更为统一的通信协议。这些协议将使得不同厂商、不同型号的设备能够方便地接入系统, 实现信息的共享和交互。同时统一的通信协议还能够降低系统建设和维护的成本, 提高整体能效和管理效率。(3) 数据融合与分析: 在未来的综合监控系统中, 数据融合与分析将成为重要的功能之一。通过采用数据挖掘、大数据分析等技术手段, 系统能够对来自不同子系统的数据进行整合和

分析, 发现设备运行规律和能耗特点, 为优化设备运行参数和制定节能策略提供科学依据。

4.3 绿色节能理念深入人心

在未来的轨道交通建设中, 绿色节能理念将深入人心。这主要体现在以下几个方面: (1) 绿色节能技术的应用: 在设计和建设过程中, 未来的轨道交通系统将更加注重绿色节能技术的应用和推广。例如, 采用高效节能设备、优化设备运行参数、引入可再生能源等措施, 以降低轨道交通系统的整体能耗和碳排放。(2) 能效管理标准的制定: 为了推动绿色节能理念的实施, 未来的轨道交通系统将制定更为严格的能效管理标准。这些标准将涵盖设备选型、系统设计、运行管理等多个方面, 以确保轨道交通系统在建设和运营过程中能够实现能耗的最小化和环境效益的最大化。(3) 公众节能意识的提升: 随着绿色节能理念的深入人心, 未来的轨道交通系统还将通过宣传教育、政策引导等方式, 提升公众的节能意识。通过倡导低碳出行、鼓励节能减排等行为, 使得轨道交通系统成为城市绿色发展的重要组成部分。

结语

轨道交通机电设备综合监控系统的能效管理与优化是提升轨道交通系统整体效能的关键。通过加强设备维护与更新、优化设备运行参数、引入智能化管理系统等措施, 可以有效降低能耗、提高设备能效。未来, 随着技术的不断进步和应用推广, 轨道交通机电设备综合监控系统的能效管理与优化将取得更加显著的成效。

参考文献

- [1]陈晓明.智能控制系统与轨道交通能效优化研究[J].中国科技论文,2021,16(5):737-742.
- [2]刘建华.轨道交通能源管理系统的设计与实现[J].电子技术应用,2020,46(2):218-222.
- [3]钟本源.泛谈机电设备的维护保养[J].中国设备工程,2024,(05):70-72.
- [4]赵瑞峰.特种机电设备安全检测与风险管理策略[J].中国设备工程,2023,(24):175-177.