

# 地铁供电系统节能降耗技术应用研析

刘峙岳

南京地铁运营有限责任公司

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10875

[摘要] 城市化进程的不断推进,使地铁成为各大城市中便捷、高效的公共交通工具。然而,地铁系统的高能耗问题日益凸显,特别是在牵引供电、照明和环境控制等方面,电力消耗巨大。为降低运营成本、提高能源效率,地铁供电系统的节能设计和可再生能源的利用成为研究重点。本文从地铁供电的耗电现状切入,分析节能设计的具体措施,并探讨光伏发电、风力发电及能量回收技术在地铁中的应用,为地铁节能降耗提供参考解决方案。

[关键词] 地铁; 供电系统; 节能降耗

## Research and Analysis of Energy saving and Consumption reducing Technology Application in Subway Power Supply System

Liu Zhiyue

Nanjing Metro Operation Co., Ltd

[Abstract] The continuous advancement of urbanization has made the subway a convenient and efficient public transportation tool in major cities. However, the issue of high energy consumption in the subway system is becoming increasingly prominent, especially in areas such as traction power supply, lighting, and environmental control, where electricity consumption is enormous. In order to reduce operating costs and improve energy efficiency, the energy-saving design of subway power supply systems and the utilization of renewable energy have become research priorities. This article starts from the current situation of power consumption in subway power supply, analyzes specific measures for energy-saving design, and explores the application of photovoltaic power generation, wind power generation, and energy recovery technology in subways, providing reference solutions for energy conservation and consumption reduction in subways.

[Keywords] subway; Power supply system; Energy Saving

### 一、地铁运营耗电分析

#### 1. 牵引用电

地铁的牵引供电系统负责为列车提供动力,是整个运营体系中耗电量最大的部分。在我国,地铁系统普遍采用750V或1500V的直流电,而民用电为220V交流电。电厂发出的电力首先会送入牵引变电所,经过变电后转化为适合地铁使用的标准电压,再通过架空接触网将电能传输到列车。调查显示,地铁系统约有50%到60%的电力消耗集中在牵引供电部分,因此优化这一系统的能效对于节能减排至关重要。

#### 2. 照明系统用电

地铁照明系统是确保车站及相关设施正常运作的关键。为了保障安全并提供必要的视觉舒适度,站内的入口、通道、候车区域等各个场所都需要良好的光线照明。照明系统根据不同区域的需求进行设计,涵盖了工作照明、紧急照明,以及装饰照明等多种类型。数据显示,照明系统的电力消耗约占地铁总耗电量的4%到7%。目前,改进照明系统的重点在于提高能效,通过应用节能灯具和自动控制照明系统等技术手段,以降低照明电力的消耗。

#### 3. 办公场所用电

地铁系统的办公场所涵盖众多设施和服务,如通信、信息、消防、给排水以及自动售票等系统。这些设施的正常运行高度依赖电力,以保障地铁站运营的安全与效率。例如,通信系统确保了地铁运行期间的信息交流,信息系统则向乘客提供列车到站的实时情况。此外,消防系统的可靠运行保障了公共安全,给排水系统则维护了车站的卫生状况。办公场所在地铁整体电能消耗中占有一定比重,提升这些系统的能效对于降低总耗电量十分重要。

#### 4. 环控用电

地铁的环境控制系统主要负责调节车站内的温度和空气质量,对电能的需求量非常大。由于大部分地铁站位于地下,需要通过中央空调等设备进行温度调节,而这些系统对电力的消耗非常高。此外,为了保证大量乘客的舒适和安全,地铁站内的空气流通设备必须持续运转,以确保车站和列车内的空气质量良好。例如,在客流量巨大的广州地铁,因人员密集造成的二氧化碳浓度上升,必须依靠高效的通风系统来保持空气清新。据统计,地铁的环境控制系统消耗的电力占到整体运营用电的25%到35%。

#### 5. 门梯用电

地铁站的门梯系统,尤其在深度较大的地下站点,对保障乘客的顺畅通行至关重要。虽然地铁站内的门梯数量不多,但因其频繁运行,尤其在高峰时段频率大幅上升,导致其耗电量显著增加。以重庆一些深层地铁站为例,门梯深度达到94米,使其耗电成为一个重要考量因素。估算显示,门梯系统的电能消耗通常占地铁总耗电量的2%至5%。为有效降低门梯的用电量,地铁系统引入了智能控制技术,例如在非高峰时段减少门梯的运行频率,或采用具备能量回馈功能的电梯,以回收制动过程中的能量,这些都是当前地铁节能减排策略的实际应用方向。

## 二、地铁供电系统的节能设计

### 1. 主变电所设置

主变电所在地铁供电系统中担负着将高压电力转变为适合输送的中压电力的职责。合理布局主变电所的位置,可以减少电力在传输过程中的损耗。例如,将变电所尽可能靠近高负荷区域,能够有效缩短电缆传输距离,降低电能消耗。主变电所的设计应根据地铁线路的具体情况,包括线路长度、站点分布和地形等因素进行优化,以提高供电效率。此外,在变电所内部设备的选择上,可优先采用节能型变压器,并配备智能化的监控系统,以实时调整变电参数,减少能源浪费。优化设备的性能和配置,不仅可以提高变电所的工作效率,也能够一定程度上减少对电网的压力。

### 2. 选择适合的中压网络

中压网络连接主变电所与各个牵引变电所,其布局直接影响地铁供电系统的稳定性和电力传输效率。选择合理的中压网络结构,是节能设计中的一个重要环节。根据地铁线路的具体特点,选择合适的中压电压等级和网络拓扑结构,有助于降低线路阻抗和减少电力损耗。通常,可采用环形供电网络,这样的设计不仅提高了供电的灵活性,也有助于降低传输中的功率损耗。在电缆的选择上,可以使用低电阻率、高导电率的电缆材料,以进一步减少电能损耗。科学合理的中压网络设计,不仅能够提升电力的传输效率,还能够增强系统的稳定性和供电的可靠性。

### 3. 牵引、降压变电所的设置

牵引变电所和降压变电所是地铁系统中直接为列车和站点设备提供电力的关键设施。牵引变电所负责将从主变电所输送来的中压电转换为适合列车使用的直流电,降压变电所则负责为站内各种设施提供合适的电压。优化这两个变电所的设置,能够提升整个系统的能效。首先,在牵引变电所的布局上,应考虑列车的运行特性和线路的负荷分布,以实现电能的就近转化和传输。其次,设备选型时,可以采用高效能的变流器和自动化设备,通过智能控制系统进行实时调节,降低运行中的能源浪费。合理设置牵引和降压变电所,不仅有助于提升供电系统的整体效率,也能够为地铁节能降耗提供有效支持。

### 4. 合理敷设电缆

电缆的合理敷设在地铁供电系统中直接影响电能的传输效率和安全性。科学规划电缆布设路径,能够有效减少电力传输过程中的损耗。通常,电缆路径应尽量选择最短距离,以降低线路阻抗,从而减少电能传输中的损失。通过优化电缆材料和规格,可以进一步提高供电效率,例如使用高导电率、低电阻率的电缆材料。这不仅提升了电力传输性能,还能够延长设备使用寿命。电缆的敷设方法同样需要考虑环境因素,如地下水位、地质条件等,防止因外部环境导致的

电缆损坏或绝缘失效。另外,在交汇处、弯曲处加强防护处理,可以降低磨损风险,保证系统长期稳定运行。合理敷设电缆,有助于维持稳定的电力供应,并减少电力损耗的同时减少运营成本。

### 5. 时段性节能改动

地铁系统的客流量具有明显的时段性特征,高峰时段与非高峰时段的用电需求差异显著。根据这一特点,进行时段性节能调整,可以有效降低整体电能消耗。在非高峰时段,通过减少照明亮度、调整空调运行频率和适当降低门梯的启动频率等措施,能够减少不必要的电力消耗。同时,合理控制变电设备的输出,根据实际用电需求调整供电功率,进一步节省能源。智能化电力管理系统能够实时监测电力负荷情况,根据不同时间段的用电需求进行自动调整,使系统在满足运营需求的同时减少电能的浪费。这种灵活的节能改造方案,不仅提高了系统的运行效率,还能够延长设备使用寿命,减少长期维护成本。

## 三、可再生能源的利用

在地铁供电系统中,利用可再生能源可以有效减少对传统电网的依赖,降低整体能耗。光伏发电是当前地铁系统中较为普遍的可再生能源应用方式。通过在地铁站顶层、停车场和轨道沿线安装光伏面板,系统将太阳能直接转化为电能。光伏电池利用半导体材料的光电效应,将吸收的太阳光转换成直流电,经过逆变器转换为交流电后供系统使用。光伏发电具有安装灵活、维护简便的优势,不仅能够满足部分照明和设备的用电需求,还能在非高峰时段将多余电力回输至电网,实现能源的二次利用。

除了光伏发电,地铁系统还可以在适宜地区引入风力发电。通过设置小型风力发电机,将风能转换为电力,尤其在地铁站周边风资源较好的区域,可以作为辅助供电来源。风力发电通过风轮叶片带动发电机转动,将机械能转换成电能。其系统具备自动调节能力,能够根据风速变化控制发电效率。引入风力设备时,应考虑选址和周边环境,以避免噪音及风影的影响。

能量回收装置的应用也在逐渐推广。地铁列车在制动过程中会产生大量动能,传统系统中,这些能量多被消耗掉。能量回收装置可以将制动时产生的动能转化为电能,重新用于牵引系统或输送到其他车站设备,进一步实现节能。利用先进的能量回馈装置,不仅减少了动能的浪费,还提高了整个地铁供电系统的能效。

## 四、结语

通过分析地铁供电系统的耗电现状,可以发现牵引供电、照明系统、环境控制等环节在整体能耗中占据较大比重,因此需要在这些方面优先采取节能设计。优化变电所配置、合理敷设电缆、利用智能控制系统等措施,能够有效降低能源浪费。此外,引入光伏发电、风力发电及能量回收技术,不仅提升了能源利用效率,也减少了对传统电力的依赖。未来,结合智能化管理手段进一步完善地铁供电系统,逐步推广可再生能源,将是推动地铁绿色发展的重要方向。

### 【参考文献】

- [1] 欧敏, 杨世东, 司贤超, 等. 地铁节能减排综合设计研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(12): 180-182.
- [2] 卿嵩. 探讨地铁供电系统中节能降耗技术的运用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2023, (11): 108-110.