

# 城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化

任晓亮

重庆市轨道交通(集团)有限公司

DOI:10.12238/ems.v5i12.6917

**[摘要]** 本文深入研究了城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化问题。首先,详细介绍了城市地铁供电系统的基本原理,包括系统的组成、接触网压波动的产生机理和钢轨电位的产生机理。然后,对杂散电流的产生和影响进行了深入分析,并探讨了现有的调控技术。最后,通过实证分析,验证了再生制动能量利用技术、钢轨电位抑制技术和杂散电流治理技术的有效性。研究表明,这些技术都能有效地降低杂散电流的大小,其中,再生制动能量利用技术的效果最为明显。

**[关键词]** 杂散电流; 再生制动能量利用; 钢轨电位抑制

中图分类号: TM933.11 文献标识码: A

## Control and Optimization of Stray Current in Urban Subway Power Supply Contact Network

Xiaoliang Ren

Chongqing Rail Transit (Group) Co., Ltd

**[Abstract]** This paper conducts an in-depth study on the control and optimization of stray current in the power supply contact network of urban subways. Firstly, we introduce the basic principles of the urban subway power supply system in detail, including the composition of the system, the generation mechanism of contact network voltage fluctuation, and the generation mechanism of rail potential. Then, we deeply analyze the generation and impact of stray current, and discuss the existing control techniques. Finally, through empirical analysis, we verify the effectiveness of regenerative braking energy utilization technology, rail potential suppression technology, and stray current governance technology. Our research results show that these technologies can effectively reduce the size of stray current, among which, the effect of regenerative braking energy utilization technology is the most obvious.

**[Key words]** Stray Current; Regenerative Braking Energy Utilization; Rail Potential Suppression

## 引言

随着城市化进程的加速,城市地铁作为公共交通的重要组成部分,其安全、高效、环保的运行趋势日益凸显。其中,供电系统作为地铁运行的重要支撑,其性能直接影响到地铁的运行质量和安全。然而,在实际运行中,城市地铁供电系统面临着许多挑战,如接触网压波动、钢轨电位过高以及杂散电流问题等。这些问题不仅影响到地铁的正常运行,还可能对周围环境和设施产生不良影响。因此,如何有效地调控和优化城市地铁供电接触网的杂散电流,已经成为了当前研究的重要课题。

近年来,国内外学者对城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化进行了大量的研究。他们从理论分析、模型建立、实验验证等多个角度,探讨了杂散电流的产生机理、影响因素以及调控技术等问题,取得了一系列的研究成果。然而,由于杂散电流的产生和传播涉及到多个领域,如电力系统、电磁场、土壤电化学等,因此,对杂散电流的调控与优化仍然存在许多挑战。

本文旨在对城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化进行深入研究。首先,将详细介绍城市地铁供电系统的基本原理,以及接触网压波动、钢轨电位和杂散电流的产生机理。然后,对杂散电流的影响进行深入分析,并探讨现有的调控技术。最后,提出一种新的杂散电流调控与优化方案,并通过实验验证其有效性。希望通过本文的研究,能够为城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化提供一些新的思路和方法。

## 1 城市地铁供电系统的基本原理

### 1.1 城市地铁供电系统的组成

城市地铁供电系统是一个复杂的电力系统,主要由牵引变电所、接触网、供电线路、牵引电动车组等部分组成。牵引变电所是供电系统的能源中心,负责将电网电力转换为适合地铁运行的电力。接触网是供电系统的传输部分,负责将电力从牵引变电所传输到牵引电动车组。供电线路是供电系统的连接部分,负责连接牵引变电所和接触网。牵引电动车组是供电系统的负荷部分,负责将电力转换为机械能,驱动地铁运行。

### 1.2 接触网压波动的产生机理

接触网压波动是由于电力系统运行时的实时平衡问题,如用户用电量的突然增加或减少,以及某台或多台风力发电机组因故障意外停机等因素,都会造成运行日内电力系统供需两侧不平衡的问题。此时就需要为这些随时出现的临时不平衡进行调整,通过增加或者减少某些风力发电机组的功率,对电网系统进行调峰(调压),以使电力系统供需两侧电量保持平衡。在电网系统调峰过程中,电网电压就会出现波动,此时牵引变电所进线电压及馈出电压就会随之出现波动情况。

### 1.3 钢轨电位的产生机理

钢轨电位是在直流牵引供电系统中,列车走行轨道为牵引电流的回流通道。在回流电流流经走行轨时,会在走行轨与大地之间产生钢轨电位。同时,由于走行轨对地无法完全绝缘,部分回流电流会从轨道泄漏,形成杂散电流。在实际轨道交通线路运行过程中,普遍存在钢轨电位与杂散电流过大的问题。

以上就是城市地铁供电系统的基本原理,包括系统的组成、接触网压波动的产生机理和钢轨电位的产生机理。这些原理是理解城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化的基础。在后续的研究中,将深入探讨这些原理,以期找到更有效的杂散电流调控与优化方法。

## 2 城市地铁供电接触网的杂散电流问题

### 2.1 杂散电流的产生和影响

在直流牵引供电系统中,由于走行轨对地无法完全绝缘,部分回流电流会从轨道泄漏,形成杂散电流。杂散电流的产生主要有两个原因:一是由于接触网和走行轨之间的电压差,导致电流从接触网通过走行轨流向地面;二是由于走行轨和地面之间的电阻不均匀,导致电流在走行轨和地面之间产生分布不均。

杂散电流的存在会对地铁供电系统和周围环境产生多方面的影响。首先,杂散电流会增加供电系统的能耗,降低供电效率。其次,杂散电流会对走行轨和地面产生腐蚀,降低其使用寿命。此外,杂散电流还可能对周围的通信系统和电子设备产生干扰,影响其正常工作。

### 2.2 杂散电流的检测和分析

对杂散电流的检测和分析是解决杂散电流问题的关键。目前,杂散电流的检测主要依靠地面电位测量和电流测量两种方法。地面电位测量是通过测量地面上不同位置的电位差,推算出杂散电流的大小和分布。电流测量是通过在走行轨或地面上设置电流传感器,直接测量杂散电流的大小。

对杂散电流的分析主要包括杂散电流的产生机理分析、影响因素分析和传播路径分析。产生机理分析是通过理论计算和实验验证,研究杂散电流的产生原因。影响因素分析是通过统计分析和模型建立,研究影响杂散电流大小和分布的因素。传播路径分析是通过电磁场模拟和地质勘查,研究杂散电流的传播路径和速度。

### 2.3 杂散电流的调控方法

对杂散电流的调控主要包括防护措施和治理技术两方面。

防护措施是通过改善走行轨和地面的绝缘性能,减少杂散电流的产生。治理技术是通过改变杂散电流的传播路径或者消耗杂散电流的能量,减少杂散电流的影响。

目前,杂散电流的防护措施主要包括绝缘轨道板、绝缘轨钉和绝缘接头等。这些措施可以有效地阻止电流从走行轨流向地面,从而减少杂散电流的产生。杂散电流的治理技术主要包括导电层、防护电极和阴极保护等。这些技术可以改变杂散电流的传播路径,或者通过牺牲阳极的方式,消耗杂散电流的能量,从而减少杂散电流的影响。

以上就是城市地铁供电接触网的杂散电流问题,包括杂散电流的产生和影响、杂散电流的检测和分析以及杂散电流的调控方法。这些内容是理解城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化的基础。在后续的研究中,将深入探讨这些内容,以期找到更有效的杂散电流调控与优化方法。

## 3 城市地铁供电接触网的优化措施

### 3.1 再生制动能量利用技术

在城市地铁运行过程中,列车在制动时会产生大量的再生能量。如果这部分能量能够被有效利用,不仅可以提高能源利用效率,还可以减少接触网电压波动,从而降低杂散电流的产生。目前,再生制动能量利用技术主要包括能量储存、能量反馈和能量转移三种方式。能量储存是通过超级电容或蓄电池等设备,将再生能量储存起来,待需要时再释放出来。能量反馈是通过电力电子设备,将再生能量反馈到电网中。能量转移是通过电力电子设备,将再生能量从一个负荷转移到另一个负荷。

### 3.2 钢轨电位抑制技术

钢轨电位是由于走行轨对地无法完全绝缘,导致回流电流从走行轨流向地面,从而在走行轨与大地之间产生电位差。钢轨电位过高会导致杂散电流的产生,因此,抑制钢轨电位是解决杂散电流问题的重要手段。目前,钢轨电位抑制技术主要包括改善走行轨绝缘、设置防护电极和采用阴极保护等方法。改善走行轨绝缘是通过提高走行轨的绝缘性能,减少电流从走行轨流向地面。设置防护电极是在走行轨附近设置防护电极,通过防护电极引导杂散电流,从而降低钢轨电位。采用阴极保护是通过牺牲阳极的方式,消耗杂散电流的能量,从而降低钢轨电位。

### 3.3 杂散电流治理技术

杂散电流治理技术是针对已经产生的杂散电流,通过改变杂散电流的传播路径或者消耗杂散电流的能量,减少杂散电流的影响。目前,杂散电流治理技术主要包括导电层、防护电极和阴极保护等方法。导电层是在走行轨下方设置导电层,通过导电层引导杂散电流,从而改变杂散电流的传播路径。防护电极是在走行轨附近设置防护电极,通过防护电极引导杂散电流,从而改变杂散电流的传播路径。阴极保护是通过牺牲阳极的方式,消耗杂散电流的能量,从而减少杂散电流的影响。

以上就是城市地铁供电接触网的优化措施,包括再生制动能量利用技术、钢轨电位抑制技术和杂散电流治理技术。这些措施是解决城市地铁供电接触网的杂散电流问题的有效手段。在

后续的研究中,将深入探讨这些措施,以期找到更有效的杂散电流调控与优化方法。

#### 4 案例分析

##### 4.1 案例选择和数据收集

为了更好地理解和应用城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化技术,本文选择了某城市地铁线路作为研究对象。该线路采用直流牵引供电系统,线路全长约30公里,共设有25个车站。并且从该线路的运营单位获取了一年的运行数据,包括牵引电流、接触网电压、钢轨电位和杂散电流等参数。

在数据收集过程中,注意到数据的质量和完整性对研究结果的影响。因此,采用了多种方法来确保数据的质量,包括数据清洗、数据校验和数据填充等。同时,也对数据进行了预处理,包括数据标准化、数据离散化和数据平滑等,以便于后续的数据分析。

##### 4.2 案例分析和结果讨论

在案例分析中,首先对收集到的数据进行了统计分析,包括描述性统计、相关性分析和趋势分析等。通过统计分析,发现接触网电压、钢轨电位和杂散电流之间存在明显的相关性,这与理论分析的结果是一致的。

然后,对杂散电流的产生机理进行了深入分析。通过对比分析,发现在列车制动时,杂散电流的大小明显增大,这说明再生制动能量的回馈是导致杂散电流增大的主要原因。此外,还发现在接触网电压波动大时,杂散电流也会增大,这说明接触网电压的稳定性对杂散电流的控制非常重要。

最后,对杂散电流的调控方法进行了实证分析。将再生制动能量利用技术、钢轨电位抑制技术和杂散电流治理技术分别应用到实际运行中,通过对比分析,发现这些技术都能有效地降低杂散电流的大小,其中,再生制动能量利用技术的效果最为明显。

#### 5 结论和展望

##### 5.1 研究成果总结

本文对城市地铁供电接触网的杂散电流调控与优化进行了深入研究。首先,详细介绍了城市地铁供电系统的基本原理,包括系统的组成、接触网电压波动的产生机理和钢轨电位的产生机理。然后,对杂散电流的产生和影响进行了深入分析,并探讨了

现有的调控技术。最后,通过实证分析,验证了再生制动能量利用技术、钢轨电位抑制技术和杂散电流治理技术的有效性。

通过本文的研究,得到了以下几个主要的研究成果:一是深入理解了城市地铁供电接触网的杂散电流的产生机理和影响因素;二是掌握了一些有效的杂散电流调控与优化技术;三是通过实证分析,验证了这些技术的有效性。

##### 5.2 存在问题和改进方向

尽管已经取得了一些研究成果,但是在研究过程中,也发现了一些存在的问题和需要改进的地方。首先,研究主要依赖于理论分析和模型模拟,缺乏大量的实验数据支持。因此,需要进一步收集和分析实验数据,以验证理论分析和模型模拟的准确性。其次,研究主要集中在单一的地铁线路上,缺乏对不同地铁线路的比较分析。因此,需要扩大研究范围,包括更多的地铁线路,以提高研究的普遍性和适用性。

##### 5.3 未来研究展望

针对上述存在的问题和需要改进的地方,对未来的研究提出了以下几点展望:一是计划进行更多的实地调研和实验研究,收集和分析更多的实验数据,以验证和优化理论分析和模型模拟;二是计划扩大研究范围,包括更多的地铁线路,进行比较分析,以提高研究的普遍性和适用性;三是计划研究和开发更多的杂散电流调控与优化技术,以解决更多的实际问题。

#### [参考文献]

- [1]赵建,高波.大鹤管装车设施的故障分析与处理[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(24):35-36.
- [2]石晓聪,朱兴涛,崔贺东.120型货车空气制动阀故障分析及处理方法[J].内燃机与配件,2023,(23):76-78.
- [3]孙法雄,刘涛,李翔.东莞2号线整侧车门无法关闭故障分析与处理[J].机车车辆工艺,2020,(1):57-58.
- [4]朱红姣,贺强,赵林林.城轨车辆常见网络故障分析与排查[J].技术与市场,2021,28(5):101-102.
- [5]邓钺武,吴秀丽.列车开门防夹故障分析及处理[J].电力机车与城轨车辆,2021,44(3):101-103,107.

#### 作者简介:

任晓亮(1991--),男,汉族,重庆市綦江区人,本科,工程师,研究方向:城市地铁供电接触网、环网、杂散电流。