

A Preliminary Analysis of Traction Power Supply Technology in Urban Rail Transit

Qiang Zhang

Operation Branch No.1, Chongqing Rail Transit Operation Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract

With the development of modern science and technology, the traffic volume has increased, which puts forward higher requirements for the pressure resistance of urban rail transit traction power supply system. Among them, power supply technology is an important guarantee for the safe and stable operation of urban rail transit, and can effectively improve the operation quality of urban rail transit systems and power supply systems. At present, China has achieved favorable research results in urban rail transit route design and power supply modes. In future development, it is necessary to continuously introduce new technologies, and further optimize the construction standards and quality of urban rail transit. This paper mainly analyzes the traction power supply technology of urban rail transit, so as to construct safe, comfortable and convenient urban rail transit for the public.

Keywords

City; Rail Transit; Traction Power Supply Technology

试析城市轨道交通牵引供电技术

张强

重庆轨道交通运营有限公司运营一分公司，中国 · 重庆 400000

摘要

现代化科技发展背景下，车流量数量增加，同时对城市轨道交通牵引供电系统的抗压能力提出了更高的要求。其中，供电技术保障城市轨道交通安全稳定运行的重要途径，能够有效提升城市轨道交通系统、供电系统的运行质量。当前我国在城市轨道交通线路设计和供电方式获得了良好的研究成果，在未来发展中需要持续引进新技术，不断深化城市轨道交通建设标准和质量。文章主要对城市轨道交通牵引供电技术进行分析，从而为人们打造安全、舒适、便捷的城市轨道交通。

关键词

城市；轨道交通；牵引供电技术

1 引言

城市轨道交通作为现代城市公共交通体系的核心组成部分，凭借运量大、准点率高、污染低等优势，成为缓解城市交通拥堵、推动绿色低碳出行的关键基础设施。牵引供电系统是城市轨道交通运营的核心部位，直接关系到供电系统的安全性和稳定性，一旦牵引供电系统出现问题，会严重危害列车正常运行。其中常见的城市轨道交通系统的电力技术包含柔性接触网、刚性接触网等，在实际工作中需要优化技术方案选择，科学配置设备型号，促进城市出行安全畅通。

2 城市轨道交通牵引供电模式

牵引电机能够为城市轨道交通电力机车提供动力支持，其中供电模式包含直流制和交流制。牵引供电系统能够为城

市轻轨列车提供电能供应，并通过变压、变相、换流等处理后为电力机车供电。牵引供电系统如图 1 所示。

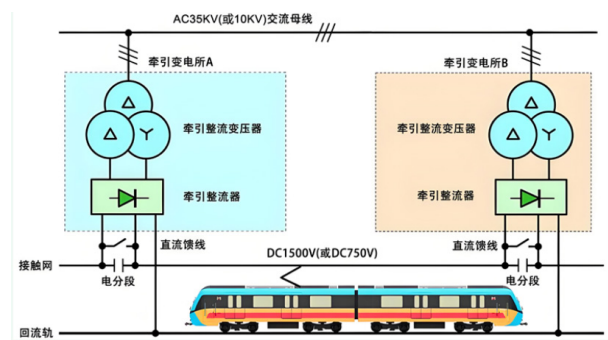


图 1 牵引供电系统示意图

其中牵引供电系统包含直流制供电和交流制供电，结合供电方式的差异性，其特点和优势也存在一定的不同。

2.1 交流制牵引供电系统

交流牵引电机功率能够提供超同等级直流牵引电机的

【作者简介】张强（1975-），男，中国重庆人，本科，中级，从事供电研究。

承受能力。其中交流牵引电机需要利用单向方式实现链接目标,并需要两台工作变压器,并通过双绕组单相方式实现变压。这是一种外观类似开口三角形,电网两头的接地端为低压,高压处于电网接入段,母线与其他端口连接^[1]。这是一种相对安全且稳定的网络解耦,可以保障城市轻轨交通电能供应的稳定性,且该电网接入端口连接的为高压电,能够实现稳定且持续的电能供应。为了实现电力顺利传输,要在牵引供电系统末端和线路间,合理配置降压装置,该牵引供电方式的输电距离较远,能够良好适应城市轨道交通发展需要,且方便进行电压调节,能够结合不同线路、列车的个性化需求,灵活性设定。由于交流牵引供电系统长时间处于被动取流状态,容易造成瞬接触压力较大的问题,所以需要选择耐磨能力较强的设备。

2.2 直流制牵引供电系统

该供电系统主要应用在城市轨道交通牵引网、变电站施工网,供应的直流电压包含600伏、750伏、1500伏等。牵引变电经由城市网络获得供应的交流电能,在通过降压整流机组处理后转换为直流电。该供电模式的效率较高且可靠性较好,在城市轨道交通中得到广泛应用,能够确保一条线路发生故障,另外一条线路不会受到其他线路的干扰,方便故障线路及时维修,牵引供电系统运行基本不受太大影响,进而保障电力系统的安全可靠性运行^[2]。为了减少腐蚀为引起的供电不平衡问题,需要在电网建设中对直流标准进行杂散电流腐蚀防护。为了达到直流供电目的,需要适当增加电源设备,加大轨道交通工程的整体造价。

3 城市轨道交通牵引供电技术要点分析

3.1 柔性接触网

该技术主要应用于城市轨道交通中的供电设施,柔性接触网包含很多悬挂方式,包含简单式和单链式。简单式悬挂方式在应用过程中较为方便快捷,不需要另行加装承力线,并根据导线具体情况进行对应性布设,进而满足整体轨道供电设施的稳定运行^[3]。链型悬挂需要利用悬索实现连接,其连接点主要在导线和承力线中间,且跨度较大,可以弥补简单式悬挂的不足之处,能够保障供电系统的安全稳定运行。

3.2 刚性接触网

刚性接触网主要是以硬质金属条作为材料,悬挂效果较好。该接触网的接触面积较大,能够保障供电系统的稳定性和可靠性,实现无缝衔接。接触网结构是通过汇流排模式进行设置,不会出现脱落问题,在城市轨道交通中发挥重要作用。架空接触网供电模式的优势体现为:供电电压等级高,牵引变电所间距较长,可以减少变电所数量,有效控制变电所建设投资。该供电模式的安全性较高,带电部分远离地面疏散通道,减少人为误碰几率^[4]。受流性可以适应高速运行,在高速度等级的市域和城市快线中进行使用。电压波动小,

牵引负荷大,可以满足大功率牵引需求。

3.3 杂散电流泄露防护

通常情况下,城市轨道交通是利用钢轮钢轨体系,如果直流牵引供电利用走行钢轨作为电流回路路径时,钢轨与大地之间的绝缘性能难以达到与输电线路相同的绝缘水平,钢轨本身抗阻能力较强,在列车运行过程中部分牵引电流经过钢轨泄露到大地。泄露的电流之后会通过某种途径流回钢轨并最终返回牵引变电所,这一过程导致了杂散电流的产生。为防止和减少城市轨道交通直流牵引系统的泄漏电流,降低和控制杂散电流的危害及影响,目前可采取以下2种解决方案:①当采用专用轨作为回流导体时,回流网应为绝缘回流系统,回流轨应对地、结构、走行轨绝缘,绝缘要求应与接触网相同;②当采用走行钢轨作为回流导体时,回流网应为轨道回流系统,主要采用加强绝缘与监测技术措施来实现杂散电流腐蚀防护。

3.4 第三轨供电技术

在该技术应用时,列车与轨道不直接接触,而是利用特殊带电钢轨传递电力,之所以能够实现这一目的,是因为在列车运行的两条外侧钢轨上,设置有导电能力极强的集电靴,一旦列车进入到带电路轨中,该集电靴就会自动接触并开始滑行,把电力从列车输送到牵引装置上。第三轨供电技术构造简便,方便安装和维护,对各种高功率牵引需求能够良好适应,可以为各种车型提供充足的牵引动力,且不会限制列车运行速度,为列车快速补充电能^[5]。但是该方法还存在一定的问题,如集电靴接触地面,容易在人、动物无意触碰时引起电击风险;还会受到环境因素的干扰,如积雪、冰凌等冰雪覆盖问题,会影响线路供电稳定性,严重情况下还会引起行车安全;第三轨和地面距离较近,容易受到污染,需要及时清理,否则会引发绝缘闪络事故,危害周边人员的生命安全。第三轨供电系统结构包含接触轨、端部弯头、防爬器、隔离开关、防护罩等。该供电系统比较适合在运行距离短、运量大的地下铁路、城市内部轨道运输。

3.5 储能式牵引供电技术

这是一种新型的无接触网供电技术,具体应用中在车站设置充电装置,在列车停站上下客的几十秒时间内完成快速充电,利用列车搭载的储能装置给列车牵引供电,实现区间无接触网运行。该供电技术的优势体现为:取消了接触网或者第三轨,很大程度上降低了供电设备投资,减少接触网对周边景观的影响,适合在地面有轨电车中进行使用;此外该技术方法能够对列车制动能量进行回收,在列车制动时存储再生能量,牵引时释放,进而减少牵引能耗,强化节能效果;该供电系统可靠性较高,即使造电网故障时,也可以确保列车继续运行,强化应急保障能力。但是该供电技术的储能装置成本较高,重量较高,会加大采购成本和自重,储能元件使用寿命有限,需要定期更换;储能装置容量难以满足站间距过大线路的区间运行需求,仅仅适用于站间距较短的

有轨电车线路。

3.6 无线供电技术

无线供电技术需要在轨道下方埋设供电线圈，列车接收端需要利用电磁感应获取电能，实现无接触受流，取消了外露的带电导体。该供电技术的安全性较高，不会出现人员误碰带电体的风险，也不会出现受流部件磨损问题，维护成本较低，且具有较好的景观性优势，在地面轨道交通线路中发挥重要作用。但是该技术也存在一定的缺陷问题，如电能传输率较低，能耗高；成本较高，需要沿着轨道全线埋设供电线圈和逆变装置，工程投资较高；功率容量有限，难以满足大运量有轨电车的需求。

4 城市轨道交通牵引供电技术优化措施

4.1 杂散电流腐蚀防护

杂散电流会对埋地管线和建构筑物产生腐蚀，降低使用寿命。针对直流至牵引供电系统内会将走行轨设置作为电流回路路径，但是钢轨不能彻底绝缘，容易引起杂散电流流入到道床上，然后通过水管、钢筋达到变电所内部，引起回流腐蚀。针对这种情况需要采取科学合理的防治措施，如强化走行轨对地绝缘，进而有效控制杂散电流值，减少回流危害的出现，确保供电系统安全运行。

4.2 优化选择供电方式

为了保障城市轨道交通系统的稳定供电，需要结合实际情况选择合适的供电方式。相关人员需要详细检测供电系统的运行状态，利用现代化监测方法采集系统运行实时反馈数据信息，动态掌握供电稳定状态，保障整体系统供电的可靠性。此外还需要注重观测供电系统的实时抗干扰能力，及时采取合理措施提升系统抗干扰能力，有效防范各类安全隐患^[6]。要求工作人员熟练掌握供电方式的相关知识，根据技术原理，对供电方式可能引起的负面影响进行分析，优化对比，选择最佳的供电方式。

4.3 强化供电系统管理

为了提高电力资源利用率，需要优化轨道交通供电管理工作，尤其要强化管理人员的职责意识，做好供电系统日常管理工作，保障各项工作的规范性、安全性开展。同时需要持续优化牵引电力资源管理能力，着眼于城市轨道交通未来发展，选择合适的供电方式，优化电力资源配置，实现集中供电，在分散供电方式的辅助作用下促进城市轨道交通安

全稳定运行。

4.4 智能化技术的应用

信息时代，随着智能化技术的应用，直流牵引供电技术逐渐向智能化方向发展，新时期可以引进新型直流断路器，该技术能够提高分断速度，提高可靠性和安全性，缩短故障影响范围。此外还能够引进状态监测技术，实时在线监测接触网磨损、第三轨温度、直流电缆绝缘状态等，及时发现潜在隐患，实施状态检修模式，有效控制维护成本。还能够引进再生能量回馈技术，把列车制动产生的再生电能再次回馈到城市电网，实现能量的高效利用，减少系统能耗。

5 结语

综上所述，随着科学技术的发展，城市轨道交通牵引供电技术得到高速发展，第三轨供电模式、架空接触网供电模式得到广泛应用和推广，对轨道交通提供了稳定的电力能源。在实际应用中，需要结合实际情况优化技术选型，如根据线路定位、线路条件、运能需求、全生命周期成本等因素进行综合考虑，持续研发新技术和新设备，选择最适配线路需求的牵引供电方案，促进城市轨道交通牵引供电技术的节能化、安全化、智能化发展，推动城市轨道交通的可持续发展。

参考文献

- [1] 邓肖燕,袁哲,艾文琦.城市轨道交通交流牵引供电系统关键技术分析[J].仪器仪表用户,2025,32(07):67-69.
- [2] 付翠英.城市轨道交通牵引供电技术分析[J].人民公交,2025,(02):112-114.
- [3] 嵇敏,孟勐,韩显业.城市轨道交通牵引供电系统关键技术分析[J].中国设备工程,2025,(02):217-219.
- [4] 刘艳丽,丁德饶.城市轨道交通智能化牵引供电系统关键技术研究[J].张江科技评论,2024,(08):87-89.
- [5] 韦唯.城市轨道交通智能化牵引供电系统关键技术[J].人民公交,2024,(02):59-63.
- [6] 陈民武.城市轨道交通柔性牵引供电系统综合节能关键技术研究.四川省,西南交通大学,2024-01-05.
- [7] 胡子超.城市轨道交通牵引供电及电力技术分析[J].中国储运,2024,(01):92-93.
- [8] 李增全.城市轨道交通牵引供电系统关键技术分析[J].集成电路应用,2022,39(04):140-141.