

胶轮路轨自动旅客运输系统车间移动 供电方式比较及应用案例分析

齐浩然¹ 田方友¹ 崔 练²

(1. 中车浦镇庞巴迪运输系统有限公司, 241060, 芜湖; 2. 威斯翰(北京)科技有限公司, 100029, 北京//第一作者, 助理工程师)

摘 要 介绍了轨道交通车辆段维护车间内的电缆拖令系统及滑接输电装置 2 种移动供电方式。基于胶轮路轨自动旅客运输 (APM) 系统车辆供电特点, 从系统结构、使用环境、经济性等方面对这 2 种移动供电方式进行了方案比选, 结合上海轨道交通浦江线、深圳宝安机场 APM 线、香港国际机场 APM 的 TRC 线 (第三跑道扩建线) 等项目实践, 对胶轮路轨 APM 系统移动供电方式的适用性进行了研究和探讨。

关键词 自动旅客运输; 胶轮路轨; 移动供电; 拖令系统; 滑触线

中图分类号 U239.88

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2019.10.025

Comparative Study on Mobile Workshop Power Supply Mode in Rubber Tyre APM System and the Application Analysis

QI Haoran, TIAN Fangyou, CUI Lian

Abstract Two mobile power supply modes: the cable festoon system and conductor system in rail transit depot maintenance workshop are introduced. Based on the characteristics of vehicle power supply in rubber wheel track APM, the above-mentioned two power supply modes are compared and selected from aspects of system structure, application environment and economy. Combined with project practices of Shanghai rail transit Pujiang Line, Shenzhen Bao'an Airport APM and Hong Kong International Airport TRC Line, the applicability of mobile power supply mode in rubber wheel track APM is studied.

Key words APM; rubber wheel track; mobile power supply; cable festoon; conductor system

First-Author's address CRRC Puzhen Bombardier Transportation Systems Ltd., 241060, Wuhu, China

移动供电技术在起重机械、自动仓储系统、自动化生产线、港口等行业领域有着广泛应用^[1]。出于安全考虑, 采用接触轨供电的轨道交通系统, 其

接触轨一般不敷设在检修区内^[2]。为保证轨旁维修人员的安全, 提高列车检修效率, 降低接触轨授流方式对工作人员带来的电击风险^[3], 需要采用安全而高效的方式辅助列车出入库。随着轨道技术的发展, 国内引进了移动供电技术, 并在青岛、昆明、武汉、深圳等地的城市轨道交通领域中得以应用, 效果良好^[4]。

移动供电技术在轨道交通车辆段维护车间的应用主要有 2 种方式: 电缆拖令系统 (简称“拖令系统”) 和滑接输电装置 (简称“滑触线”)。前者是利用滚轮滑车、轨道和柔性电缆实现移动供电; 后者是利用集电小车或集电器的电刷与滑接输电导体滑动接触, 向移动受电设备提供电能的馈电装置^[5]。目前, 国内在轨道交通领域对这 2 种技术的选择研究较少, 本文基于胶轮路轨自动旅客运输 (APM) 系统车辆的供电特点, 对这 2 种移动供电方式的适用性进行研究。

1 APM 系统车辆的供电特点

APM 系统车辆供电采用侧接触式接触轨供电方式, 配电系统为 +375 V 和 -375 V 直流电压组成的三轨系统配置, 如图 1 所示。因此, 车间不具备供电轨供电牵引的条件, 需要设置移动供电系统。相应地, 在车体外侧地板面高度附近设置了车间电源插座。

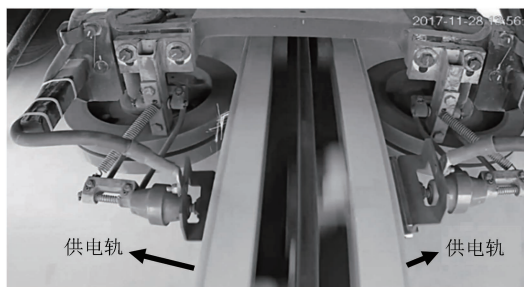


图 1 APM 车辆侧接触式接触轨供电方式

与常规地铁制式的接触轨授流方式不同,APM 列车编组形式灵活,存在单编组运行的可能,其供电模式的转换要综合考虑移动供电系统服务范围、供电轨正负极方向、车辆集电靴间距、车间电源插座位置、供电电缆长度、绝缘过渡轨、列车安全制动距离的布置等因素,进行精细化设计。

2 移动供电方式性能比较

2.1 拖令系统

拖令系统主要由滑车、轨道、拖令电缆、供电电缆和插头等组成。拖令电缆悬垂在滑车上,滑车通过滚轮在轨道上行走,将动力电源经汇流箱传给供电电缆和专用插头,最终传输给车辆,为车辆提供牵引和静调用电,如图 2 所示。

2.2 滑触线

滑触线主要由集电小车、滑接输电导线及附属结构单元等组成。集电小车上带有集电器,通过与导电轨滑接进行取电,将动力电源经供电电缆及专用插头输送到列车上,如图 3 所示。

2.3 拖令系统和滑触线的性能对比

拖令系统和滑触线这2种移动供电型式针对

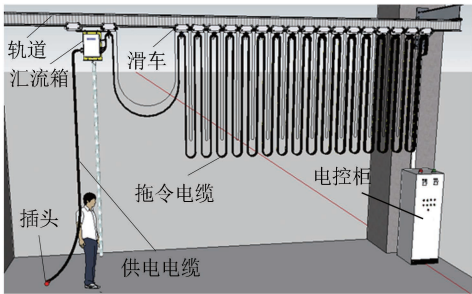


图 2 拖令系统示意图

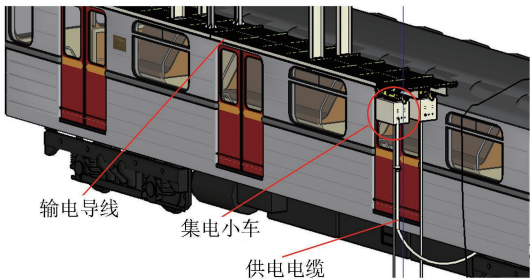


图 3 滑触线示意图

APM 系统的适用性有一定的区别,二者在使用环境、导电方式、操作和维护等方面的综合性能对比如表 1 所示。

表 1 拖令系统与滑触线的综合性能对比

性能	滑触线	拖令系统
使用环境	户内使用;轨道长度不限,可应用在弯弧区	户内、户外均可使用;环境适应性强;受自身结构特点约束,建议轨道长度在 100 m 以内
应用领域	是一种成熟的移动供电设备;地铁项目中一般安装在车辆段检修库、月检库和静调库等库房的侧墙或者库房顶部	是一种成熟的移动供电设备;在全球起重设备以及移动台车设备上被广泛的应用,技术上安全、高效、简便
导电方式	滑触线导体为铜材质,导电效果好;截面小、重量轻、便于安装	拖令系统通过柔性电缆取电;柔性电缆固定在电缆滑车上,通过拖令小车在走行轨上滑动
磨损部位	集电小车的集电靴碳刷磨损	电缆滑车滚轮与走行轨磨损
空间需求	系统结构尺寸较小,占用空间不大,净空要求较低;带有绝缘外壳的安全滑触线,其安装净空更加灵活	为保证拖令系统悬垂电缆安全离地高度,离地高度不低于 2.5 m ^[6] ;考虑到电缆自身悬垂深度,安装高度建议在 5 m 以上
行驶阻力	1 个集电小车与走行轨接触产生滚动摩擦,阻力小	多个电缆滑车与走行轨接触产生滚动摩擦,阻力较大
使用与维护	建议每 3 个月或半年对系统进行一次整体检查(包括各紧固件、小车、集电器等)	在拖令滑车上机的半年后,建议对电缆进行检查和整理,滑车紧固件部分进行例行维护
使用寿命	主要受滑线导体的寿命制约;整机设计寿命一般不小于 20 年	由于拖令电缆需要频繁的弯折,系统寿命主要受电缆的寿命制约;根据选型不同有所差别,约 5~10 年
接地方式	现场插头分 3 个动力针,分别为+375 V、-375 V 和 0 线,其中 0 线为接地线;选用两极接触器,断开±375 V 的动力线,接地线不断开,通过电源控制柜实现接地效果	同滑触线
经济性	成本较高	相同轨道长度时,成本较滑触线节约 20%~50%

3 拖令系统和滑触线的应用案例分析

3.1 拖令系统的应用案例分析

上海轨道交通浦江线采用固定的 4 节编组,列

车总长约 51 m,线路的重修库布置如图 4 所示。车间移动供电布置在重修线的两侧,安装高度 5 m 左右,为列车出入库提供牵引动力。库内线路长约 63 m,股道两边设有墙柱。

深圳宝安机场 APM 线采用了灵活的车辆编组,其土建规模按 4 节编组预留。检修库长 65 m,布置如图 5 所示。库内根据工艺需求采用移动供

电,安装高度 5 m 左右,为列车出入库提供动力支持。股道两边设有墙柱,股道中间设有拖令系统安装所需的钢立柱。

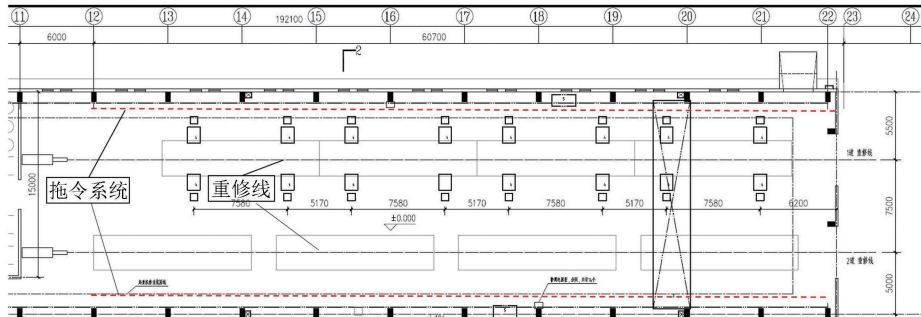


图 4 上海轨道交通浦江线车辆段布置图

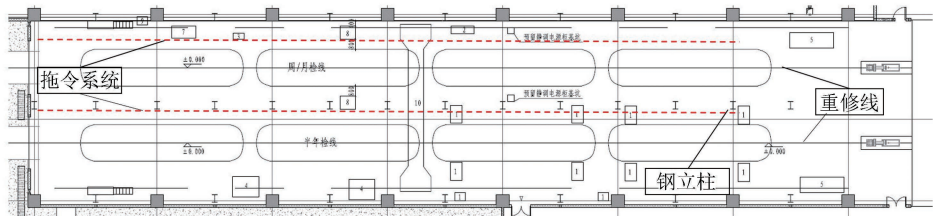


图 5 深圳宝安机场 APM 线车辆段布置图

浦江线和宝安机场 APM 线的车辆段检修线长度均不超过 100 m,移动供电系统服务范围较小,拖令系统相比滑触线安装方便、成本较小、操作简单,因此选用了拖令系统。

3.2 滑触线的应用案例分析

香港国际机场 APM 系统的 TRC 线(第三跑道

扩建线)采用固定的 6 节编组形式,列车总长 76.5 m,车辆段内设有 4 条检修线,布置如图 6 所示。车间的移动供电系统安装在车辆段内的吊柱和横支撑上,安装高度约 3.8 m。检修线最短 122 m,最长 204 m,存在弯弧区段。

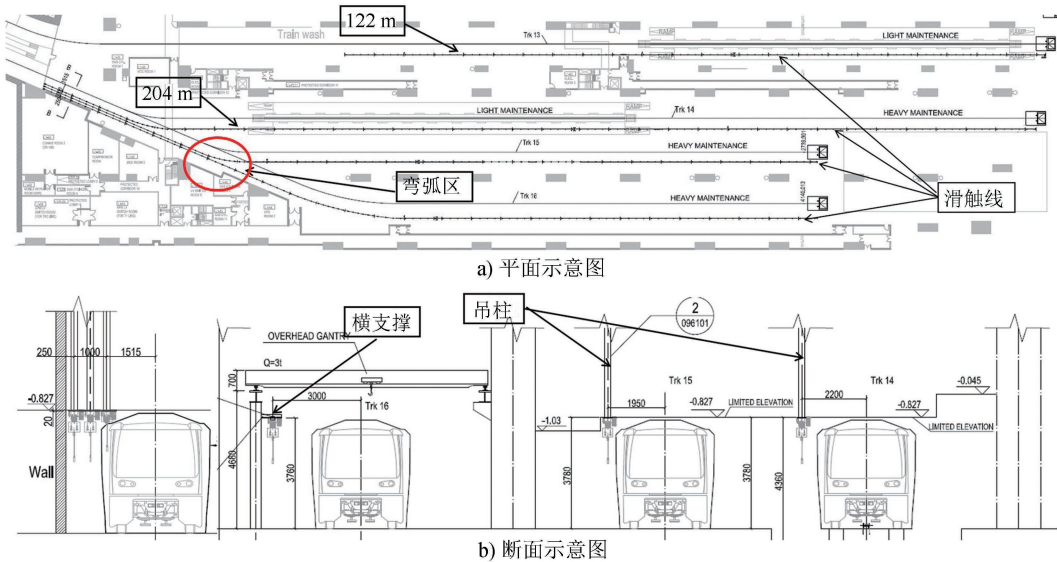


图 6 香港国际机场 TRC 线车辆段布置图

拖令系统因自身的结构特点约束,TRC 线库内

检修线的长度超过 100 m,会带来过多的电缆滑车

组合,以及不同组合下的行驶阻力;而滑触线只有一个集电小车与导电轨滑接,其行驶阻力相比拖令系统较小。同时,TRC 线车辆段内移动电源的安装高度 3.8 m,低于表 1 中建议的 5 m,不适合采用拖令系统。因此,TRC 线选用了滑触线作为其移动电源系统,可供其他类似工程参考借鉴。

3.3 拖令系统和滑触线的方案对比

针对长度为 100 m 以上的车辆段检修库,本文从工艺操作上对这 2 种移动供电型式进行对比研究。

3.3.1 拖令系统

按通常的设计,拖令系统的行驶阻力主要来自于电缆滑车滚轮与走行轨钢结构间的摩擦阻力。以 100 m 为例,为保证悬垂深度和离地高度能满足相关设计规范,电缆滑车须配备 30 个左右。

$$F_1 = (m_1 + m_2)g\mu_1 \quad (1)$$

式中:

- F_1 ——摩擦阻力;
- m_1 ——滑车总质量;
- m_2 ——电缆总质量;
- g ——重力加速度;
- μ_1 ——摩擦系数。

按滑车质量为 6 kg/个,电缆质量为 2 kg/m,悬垂深度 2 m 进行计算;滑车滚轮采用钢轮,不考虑汇流箱等部件的质量,悬垂深度取 2 m, μ_1 取 0.15,可计算出理论的摩擦阻力 F_1 约为 630 N 左右。

3.3.2 滑触线

按常规设计,滑触线的行驶阻力主要来自于集电小车走形轮与走形轨钢结构间的摩擦阻力。

$$F_2 = mg\mu_2 \quad (2)$$

式中:

- F_2 ——摩擦阻力;
- m ——集电小车质量;
- g ——重力加速度;
- μ_2 ——摩擦系数。

集电小车质量按 50 kg 计算;滚轮采用合成树脂材质, μ_2 取 0.6~0.8,则理论摩擦阻力 F_2 约为 300~400 N。

以上计算基于检修线 100 m 的轨道长度,拖令系统小车采用摩擦系数小的钢轮,滑触线小车采用摩擦系数较大的合成树脂胶轮进行对比的。结果表明,拖令系统的行驶阻力远大于滑触线的行驶阻力。若轨道长度加大,如香港机场 TRC 线车辆段的

最长股道长达 204 m,拖令系统的阻力将随之增加到近 1 300 N,远大于滑触线的行驶阻力,这无疑给维修人员的操作带来极大的困难。

4 移动电源系统相关问题探讨

针对不同的使用环境,可基于移动电源系统的使用环境、空间需求、行驶阻力和成本等因素选用合适的型式。在项目执行过程中,可结合具体工程条件,如列车编组形式、设备安装空间、供电过渡段布置、潮湿有尘的环境等,从安装位置、轨道设置、电缆长度和插头保护等方面进行精细化设计。

4.1 安装位置

上海轨道交通浦江线 APM 车辆采用固定编组形式,车辆插座采用车辆两侧间隔布置,第 1、第 3 节车厢的车辆插座布置在一位侧,第 2、第 4 节车厢插座布置在二位侧,两侧均可接插头。所以拖令系统布置时,可以根据现场情况,选择有墙柱的一侧安装拖令系统轨道。

深圳宝安机场 APM 线的车辆采用灵活编组,车间电源插座均布在同一侧,所以拖令系统的安装要考虑车辆插座的位置。因此,不能借鉴上海轨道交通浦江线拖令系统的布置方案,须在股道中间加装拖令系统钢立柱支撑,如图 7 所示,以确保拖令系统安装在 APM 列车插座一侧,从而避免了拖令系统“异”侧布置时供电电缆的“跨接”。

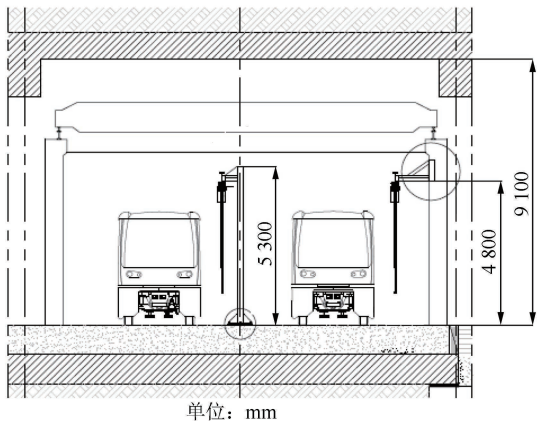


图 7 深圳宝安机场 APM 线拖令系统布置方案

4.2 移动供电系统轨道设置

拖令系统和滑触线作为车辆段人工作业区内的移动供电系统,其设备的安装应尽可能远离人员的可触碰范围,以确保人员作业安全。因而,安装高度建议在 5 m 左右。

同时,考虑列车移动时滑车或集电小车的受力

方向,轨道应尽可能地靠近列车轨道中心线,与列车之间保持较小的间隔。如果移动供电系统所服务的轨道两旁设置有移动式架车机,则应考虑车辆在出入库过程中供电电缆与架车机是否存在干涉的可能。

4.3 供电电缆长度设置

作为牵引 APM 列车用的移动供电系统,其供电电缆一般较粗,过长的电缆不仅会造成拖地磨损,过重的电缆也会对人员操作造成一定的影响。因此,供电电缆的长度设计应充分考虑移动供电系统轨道的布置高度,以及与轨道中心的横向间隔。另外,针对 APM 系统可单节编组运营的特殊情况,还应考虑过渡轨位置、车辆集电靴间距以及人工驾驶状态下制动安全距离等因素,以综合确定其供电电缆的长度。

4.4 移动供电系统的供电电缆插头

接车插头选型应与列车车间电源插座型号相匹配。插头与供电电缆间的连接可根据具体情况

选择在工厂内压接或现场压接。此外,对于潮湿多尘的使用环境,插头应有防尘防水功能,建议可在移动系统附近设置虚拟插座,以保护插头。

参考文献

- [1] 赵皎云.全面加快中国布局——访法勒移动供电贸易(上海)有限公司总经理李翔[J].物流技术与应用,2011(1): 36.
- [2] 章莉,张文翰,陈竹,等.滑动供电系统在城市轨道交通中的应用[J].应用技术,2015(11): 121.
- [3] 郑宁科,魏海斌.深圳地铁龙岗线滑触线系统简介[J].科技信息,2011(1): 26.
- [4] 熊哲辉.深圳地铁 3 号线车辆在接触轨和滑触线供电方式下的应用[J].铁道机车车辆,2013,33(3): 77.
- [5] 中华人民共和国工业和信息化部.滑接输电装置:第 1 部分 绝缘防护型滑接输电装置:JB/T 6391.1—2010[S].北京:机械工业出版社,2010: 1.
- [6] 中华人民共和国建设部.吊车移动电缆安装:JSJT—153[S].北京:中国船舶工业总公司第九设计研究院,1990: 7.

(收稿日期:2019-06-04)

中车浦镇公司为新加坡“聪明地铁”翻新



8 月 28 日,新加坡 C751A 车辆中期翻新项目首列列车接车仪式在新加坡举行。中车南京浦镇车辆有限公司(以下简称“中车浦镇公司”)即将开展为期一年的车辆翻新工作。新加坡东北线 C751A 翻新项目是对 2003 年投入运营的 25 列(150 辆)无人驾驶地铁车辆进行中期翻新和大修,主要包括新增状态监测系统,更换乘客信息系统、空调、内装等设备,检修事件记录仪、制动、贯通道等系统设备,旨在提升车辆的安全性、舒适性和智能化程度,并满足车辆全寿命周期剩余 15 年内的使用需求。本项目所有翻新和大修工作将在业主车辆段完成,项目执行周期为 10 年。在全球轨道交通车辆翻新维保需求急剧攀升的形势下,中车浦镇公司抢抓机遇,积极响应国家“一带一路”倡议,积极迈进产业中高端市场,践行由产品到“产品+服务”递进。新加坡 C751A 车辆翻新项目的执行将促进中车浦镇公司积极探索新型项目管理和

服务模式,为落实中国中车“双打造一培育”战略和实践“高优亮强”新中车浦镇公司目标任务做出新贡献。中车浦镇公司将为新加坡业主提供更优质的产品和服务,并以此作为基点,辐射东南亚等新兴市场。中车浦镇公司项目经理范振群向与会的各位代表汇报了项目各方在技术交流、方案设计、测试检查等方面的情况。他表示,中车浦镇公司将秉承“安全第一、质量为先”的原则,加强项目与相关方的通力合作,确保翻新车辆按合同规定的节点交付,满足上线运营要求。同时将努力提升项目的经济运行效率,深化与新加坡当地企业的合作,促进项目的良好运行。

(中车浦镇庞巴迪运输系统有限公司供稿)