

现代有轨电车行车控制方案设计

徐 鼎 张 静

(北京城建设计研究总院有限责任公司 北京 100037)

摘 要 以深圳市龙华新区现代有轨电车项目建设为背景,结合国内外其他有轨电车的应用及实践,对现代有轨电车的运营模式及技术特征进行分析,提出构建智能控制系统的设想;总结现代有轨电车行车控制系统应具备的完整功能,对其中的关键技术方进行论述;最后指出有轨电车控制系统的设计应秉承节能、绿色、环保的理念,控制系统应体现综合性、小型化的特点,控制逻辑要完整、实用。以期能指导现代有轨电车控制系统的建设标准,为现代有轨电车控制系统的合理应用提供参考。

关键词 现代有轨电车;智能控制系统;行车控制;调度指挥

中图分类号 U482.1 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)06-0167-04

1 现代有轨电车概述

随着交通拥堵、能源危机、环境污染等问题日益加重,优先发展公共交通成为世界各国城市交通发展的核心战略。在这种背景下,美观环保、性能先进、乘坐舒适、低运营成本的现代有轨电车又重新进入交通决策者的视线。

目前,现代有轨电车在国外大中城市有着较广泛的应用;国内已开通运营现代有轨电车的城市有沈阳、大连、上海和天津,规划建设有轨电车的城市有北京、苏州、珠海和锦州等。

国家“十二五”规划中也明确提出有序推进轻轨、地铁、有轨电车等城市轨道交通网络建设^[1]。现代有轨电车作为一种新的轨道交通方式,必将成为今后轨道交通发展的一支重要力量。同时,我们也注意到,目

前虽然已有沈阳、大连等地的现代有轨电车开通,但国内还没有针对现代有轨电车的规范和规定,设计和施工大多还是参照《地下铁道设计规范》和《城市快速轨道交通项目建设标准(试行本)》进行。有轨电车缺乏系统的研究和相应的建设标准,使得在建设过程中很容易套用轻轨或地铁的建设模式。

因此,基于现代有轨电车的自身特点,研究其系统特性和应用模式,尤其控制系统区别于传统地铁、轻轨及地面公交需关注的要点问题,对于推动现代有轨电车在我国规范、科学发展具有重要的现实意义。

2 控制系统功能及特点分析

现代有轨电车是一种介于公交和地铁之间的交通方式,其特点和技术特征与地铁、轻轨存在一定差别^[2]。有轨电车控制系统虽也包含若干子系统,有与行车控制相关的,有与通信相关的,还有售检票等,但其具体构成不应一概而论。

基于有轨电车自身的特点,笔者认为有轨电车建设应尽量体现出其控制系统小、全、活的特征。“小”即单个设备子系统小,有轨电车采用了开放站台,正线为司机控车,中心只进行行车监视;“全”即涉及的功能系统全,传统弱电相关子系统在有轨电车中都有其踪影;重点则在“活”字上,一方面应淡化以往轨道交通控制系统多子系统、子系统间孤立的特点,实现各专业间的信息整合、资源共享,体现系统集成化、设备综合化;另一方面,单个系统控制逻辑要完整、严密、实用,切忌照搬地铁运营模式。

总体来说,现代有轨电车基于其灵活的运营组织方式,控制系统已不适合按通信、信号、自动售检票、综合监控等传统地铁专业进行划分。

具体有轨电车弱电系统可有两种建设思路,即在地铁基础上进行简化、在公交基础上进行加强。设想一下,如果有轨电车有了轨、车、电,其他系统都没有,是否可以运营?笔者认为基本是可以的。有轨电车更

收稿日期: 2013-10-29

作者简介: 徐鼎,男,高级工程师,从事城市轨道交通信号系统设计与研究工作,xuding@buedri.com

基金项目: 北京市科委科技计划课题(Z090506006309017)

类似于公交的人工驾驶模式和灵活的运营组织方式,这也决定了其建设应采取在公交基础上进行加强的思路。

从有轨电车控制系统自身特点及需求出发,结合目前信息化发展的大方向,笔者认为有轨电车控制系统应以系统集成化、设备综合化、小型化、维护简单化为设计理念,建议相关弱电系统整合为一个专业——智能控制系统(intelligent control system,ICS)。

有轨电车的智能控制系统可以说是有轨电车与其他各系统间的联系纽带,其主要实现对有轨电车系统的行车控制、运营监视及调度指挥功能,是保证现代有轨电车高效、安全运行的关键系统。

在论述有轨电车控制方案之前,先对其与地铁/轻轨和常规公交的区别进行阐述。

2.1 区别于地铁/轻轨的特点

2.1.1 运行线路不封闭,路权不完全独有

有轨电车线路不完全封闭,存在与地面公共交通的平面交叉路口,破坏了地铁中信号系统适用的封闭环境。如沿用传统信号系统中具有ATP(automatic train protection,列车自动防护系统)防护的闭塞控制,虽可防止追踪列车相撞,但是不能防止列车与社会车辆、行人冲突;如采用了闭塞控制,反而会降低司机的警觉性,容易与社会车辆、行人发生事故,但可根据需要在列车上配置防止超过线路限速的装置。

2.1.2 与地面公共交通存在大量平交路口

平交路口的控制方式可分为铁路道口控制和公共交通灯控制2种。铁路道口控制方案设有物理隔离设施,可提供相对安全的通行环境,但是与公共交通灯(红绿灯)控制相比,车辆通过前后的保护时间及设备转换时间较长,对社会车辆的通行造成很大的影响,在行车间隔较密的时段,甚至可能造成社会车辆长时间得不到通行权。因此有轨电车应采用与普通公交一致的方式,即公共交通灯控制的方式,但可依据实际情况具备一定的优先级。这也造成有轨电车不可能完全按照时刻表精确地运行。

2.1.3 车辆质量小、制动距离短

根据有轨电车车辆的构造特性及运行易受地面交通状况影响的特点,允许其具备灵活的运营组织方式,2辆以上的车可以以很近的间距排列行驶。因此,可采用与驾驶汽车类似的方式,由司机在目视范围内人工驾驶车辆,司机根据列车速度判断并保持与前车的距离,并能将列车在控制时间内制动。

2.2 区别于常规公交的特点

1) 有轨电车在钢轨上运行,当有路线分歧时,需要经过道岔的有轨电车在车道独立运营,但在交叉路口或路线分歧点须设有道岔^[3]。

2) 运量较大,在公交体系中影响较大,同时还有无线、供电、售检票等系统。为了实现各系统间配合,使有轨电车运行更加通畅,需对列车进行监视和调度。

3) 具有基本独立的路权。可在专有路权下较精确地保证运行的准确性,通过车辆定位(GPS/BD)跟踪系统、控制中心系统及车载智能终端实现有轨电车运营调度管理。因此,中心调度可发挥较大的作用^[4]。

4) 有轨电车质量大、惯性大,且在轨道上运行,在长大坡道、曲线、地下区间(个别有轨电车)有着限速和追踪防护的一定需求。

5) 需设置停车场/车辆段联锁系统。停车场/车辆段的作业主要是车辆的进、出段和段内的调车,在车辆段及大型的停车场由于道岔多、作业复杂,应采用计算机联锁系统。对于道岔少、作业简单的交通枢纽及小型停车场来说,按正线道岔的控制方式,不设置计算机联锁系统。

综上所述,有轨电车控制系统与传统轨道交通有较大差别,其功能定位应着重体现安全便捷、运营高效、经济合理、控制系统清晰简单的特点^[5],有类似于公交的人工驾驶车辆的模式和灵活的运营组织方式,但又在其基础上进行了延伸。

3 行车控制系统方案及关键技术

有轨电车控制系统的根本任务是保证列车运行安全,兼有列车运行监督和列车运行调度等功能,并在此基础上考虑提高运输组织效率,尽量实现列车运行自动化。笔者着重对行车控制子系统进行分析。基于特点分析,有轨电车行车控制的需求可分为3个层次,如图1所示。以下着重对其中的道岔控制方案及行车调度指挥方案进行论述。



图1 有轨电车行车控制需求(3个层次)

3.1 道岔控制系统方案

基于对有轨电车正线设备控制的需求分析,笔者认为正线道岔控制应具备以下功能:本系统虽不是安全可靠系统,但对可靠性要求很高;司机可在列车上遥控控制道岔;根据车次号或交路号自动控制道岔;需保证正通过道岔的第一列车具有唯一的道岔控制权;多列车可追踪行驶并同时占用道岔区。

具体的道岔控制方案,可分为联锁集中控制和单道岔分散控制 2 种。

1) 方案 1:联锁集中控制。集中控制建立在传统联锁概念基础上,在道岔区设置列车位置检测设备(计轴或轨道电路)和信号机,道岔区等同于一个微型车站。相邻几个道岔区集中设置一套联锁主机进行控制,但每个道岔区相互独立,之间无联锁关系。一般不设置车地通信设备,司机无法主动动作道岔。

2) 方案 2:分散控制。系统以单独控制道岔为基础。道岔控制设备分散在轨旁道岔附近,包括控制主机、岔区车地无线通信设备(感应环线或 WLAN(wireless local area network,无线局域网))、列车定位设备(RFID(radio frequency identification devices,无线射频识别)或交叉感应环线)和进路指示器,无需经过中心或车站办理,完全由列车和轨旁道岔控制设备的交互实现道岔控制。

考虑到有轨电车道岔控制需求简单,与其他系统无接口要求,集中联锁设备对有轨电车来说过于浪费;同时集中控制需有专门设备用房、敷设大量光电缆、控制灵活性差、故障影响面积大。因此建议有轨电车采用分散控制方式,此方式也是国内外大多数现代有轨电车采用的方式。

司机驾驶车辆进入道岔控制区域后自动取得控制权,进行车载与地面道岔控制器间的双向确认,道岔控制器可根据列车车次号信息自动动作道岔,也可由司机遥控道岔转动至需要的位置,道岔自动锁闭、信号开放,车辆驶出道岔控制区域后自动失去控制权,保证不会因司机误操作造成道岔再次转动,然后通过道岔。车辆取得控制权至车辆完全离开道岔区段期间,系统不授予其他车辆控制权,以保证运行安全,有轨电车道岔控制系统逻辑步骤如图 2 所示。

该方案的具体控制过程包括:列车接近检测;授予道岔控制权;动作道岔及锁闭;收回道岔控制权。

3.2 行车调度指挥方案

行车调度指挥包括对车的控制和对轨旁设备的控

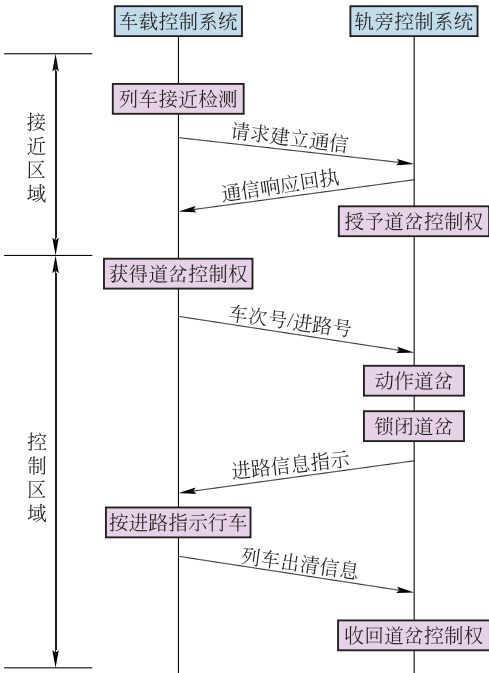


图 2 有轨电车道岔控制系统逻辑步骤

制(进路的控制)。传统地铁中心行车调度指挥由 ATS(automatic train supervision,列车运动自动监控系统)或 CTC(centralized traffic control,调度集中系统)完成,可实现对车辆运行和进路的自动控制。

现代有轨电车采取人工驾驶模式,正线道岔采用遥控方式,已无传统进路控制的概念。虽然也可实现中心对道岔的控制,但对提高运行效率并无优势,反而在中心或通道故障时会影响运营,因此对有轨电车调度中心定位为列车运行“只监不控”^[6]。

有轨电车行车调度指挥功能(见图 3)主要包括以下 3 方面。

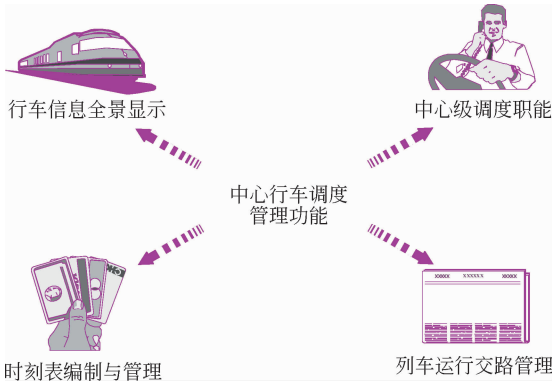


图 3 有轨电车中心行车调度管理功能

1) 时刻表编制及管理。控制中心根据运营要求制定运营作业计划、劳动配班计划及编辑时刻表,并将

当日运行计划时刻表下载至车辆段终端,车辆段根据该时刻表组织运营。中心维修终端可进行系统维护及通过特定的用户界面来创建和修改时刻表,也可编辑多种时刻表,如节假日和工作日时刻表^[7]。

2) 列车运行交路管理。中心根据运营需要,编制交路运行表。沿线道岔控制箱能通过识别列车 ID (identity,身份识别)号或交路号,根据中心下发的交路运行表判断道岔应开通位置,自动动作道岔。

交路运行表需从中心下发至道岔控制设备存储,如有变化,中心需调整修改交路运行表,并重新下发。日常道岔控制不需要中心下发指令。

3) 中心级调度职能。系统通过车辆定位系统 (GPS/BD)接收所有车辆位置信息^[8],经处理后将车辆所在位置动态显示在综合显示屏及调度员工作站,调度员根据当日运行时刻表对在线车辆进行调度指挥。中心调度员可对沿线所有司机和相关工作人员进行选呼或组呼,实现对车站和车辆的集中调度和控制,并设置中心综合显示屏对车辆段进行监视。

同时,在有轨电车系统中,各专业子系统功能均有简化。为提高系统的整体管理水平,方便调度人员对运营过程实施全方位集中监控,提高中心级的事件处理能力,可在控制中心建立综合的,集运营监控、运营管理、调度指挥为一体的运营调度指挥系统,实现对设备资源和人力成本的统一管理,并基于集成的监控平台,简化调度员的操作界面,方便处理各类突发事件。

4 结语

基于有轨电车自身的特点及其与传统地铁、轻轨的诸多不同点,在进行有轨电车控制系统的设计中,不能再生搬硬套既有轨道交通案例,而应基于类似于公交的人工驾驶车辆模式和灵活的运营组织方式,为其量身定做符合自身特点的系统。

在系统设计中,应秉承有轨电车节能、绿色、环保的理念,主张不奢华、不浪费;同时要突出系统建设的集成化、综合化、维护简单化的设计特点,使得控制系统方案简单但控制逻辑严密。

笔者也正是基于以上思想,提出了构建有轨电车一体化智能控制系统 (ICS) 的理念,并基于有轨电车自身特点,对其下的行车控制子系统进行了重点分析,对行车控制关键方案展开了论述,以期为现代有轨电车控制系统在我国规范、科学发展提供一定的借鉴。

参考文献

[1] 王波,明瑞利,贺方会.现代有轨电车系统分析与规划要点[J].都市快轨交通,2012,25(6):25-28.

[2] 左忠义,苗彦英,刘岩.现代有轨电车系统技术特性的研究[C].北京:中国铁道出版社,2003.

[3] 徐正和.现代有轨电车的崛起与探索[J].现代城市轨道交通,2005(2):12-15.

[4] 唐森,马韵.现代有轨电车在城市区域内的适应性[J].上海交通大学学报,2011,45(S1):71.

[5] 唐贾言.现代有轨电车的运营控制系统[J].自动化应用,2010(12):1-7.

[6] Gao Zhaohui, Zhang Ning, He Tiejun. Study on the electronic payment system under region networking expressway [C]// Proceedings of 14th World Congress on Intelligent Transport Systems. Beijing: Research Institute of Highway, 2007.

[7] 吴成元.运输组织与区域控制一体化设计的现代有轨电车中央运行控制系统研究[D].北京交通大学,2011.

[8] 徐一峰,黎冬平.现代有轨电车系统在城市交通的应用模式研究[C]//城市交通发展模式转型与创新:中国城市交通规划论文集,武汉:中国城市规划学会,2011.

(编辑:王艳菊)

Design of Traffic Control in Modern Tram

Xu Ding Zhang Jing

(Beijing Urban Engineering Design & Research Institute Co., Ltd., Beijing 100037)

Abstract: In this paper, taking the modern tram project construction of Shenzhen Longhua district as the background, combined with domestic and foreign other tram applications and practices, the operation mode and the technical characteristics of the modern tram were analyzed and the design of building intelligent control system was put forward. The paper also summarizes what complete functions should the modern tram train operation control system have, discusses the key technology solutions among them. In the end this paper points out that the design of the control system of trams should uphold the tram energy - saving, green, environmental protection concept, the control system should embody the characteristics of comprehensive, miniaturization, control logic must be complete and practical. The work of this paper is to guide the modern tram system construction standards, to provide the reference for rational application of modern trams control system.

Key words: modern tram; intelligent control system (ICS); traffic control; operation schedule