

# 现代有轨电车信号系统中的关键技术探讨

李 彪

北京公交有轨电车有限公司 北京市 100089

**摘要：**随着当前科技的高速发展，运输领域已经出现了巨大的变革，新一代更先进的交通运输方式已经进入了人类的日常生活中。在现代的交通运输中，有轨电车也占据着很关键的地位。曾几何时，有轨电车便开始慢慢退出了人们的视线中，被各种现代城市轨道交通方案所代替了。而在如今，城市有轨电车系统也在慢慢重获新生，尤其是在近年来城市有轨电车的发展更是十分迅速，它在现代城市地铁系统中也起到着重要的作用。

**关键词：**现代有轨电车信号系统；关键技术

引言：随着我国的高速发展，都市地铁的优越性也逐渐凸现，它在缓解拥堵、减少环境压力、完善城市空间结构、节省城市用地资源等方面都有着很大的优势。作为一个高效的交通运输方式，近年来中国的地铁发展速度也相当快。为城市地铁飞速发展的民众提供了不少方便，但也不可避免的产生了某些困难。因为信号系统故障曾导致上海轨道交通出现过侧面撞车和追尾的情况，而城市轨道交通在高速发展的今天，安全方面问题已不容小视。而信号控制器虽然是城市轨道交通上最易出现问题的设备，但也是最关键的设备，所以，必须找到原因和解决存在的安全隐患，确保城市轨道交通安全稳定平稳的正常工作是必不可少的职责。

## 1 现代有轨电车的概述

### 1.1 现代有轨电车的定义

现代有轨电车，是指一个位处于城市地下的轨道交通系统和其他城市公共自行车交通系统之间，中等运能、技术成熟、经费节约的城市公共自行车交通系统，是指使用电力推进而在轨道上运行的一种轨道交通车辆，由于这种电车直接使用电力驱动列车，并排放大量车辆废气，因而是一种无污染的环保交通工具。与其它车辆相比，有自己的轨道，具备行驶安全舒适、节约、保护环境等优点。近年来，在全国发展十分迅速。

### 1.2 现代有轨电车的优缺点

现代有轨电车大致具备如下五大特点。首先，使用成本低。对于中国较现代的大中型都市而言，现代有轨电车是最常用而又廉宜的都市公用运输工具。第二，建设难度相对较小。由于现代有轨电车大多为路面电车，所以不要求在地底开挖特殊基坑。第三，安全系数也更大。与其他现代公交体系相比，与其他现代公交体系相比，与其他公共交通系统比较，现代有轨电车系统中发生道路意外的概率也较小<sup>[1]</sup>。

现代有轨电车主要存在这样三个弊端。首先，运行车速缓慢。与轻轨和公共汽车一样，现代有轨电车的运行车速也比较慢。第二，运输能力较小。同轻轨系统和地铁一样，由于现代有轨电车的轿厢总连绵数较小，所以平均载客量远低于现代地铁系统和轻轨的平均载客量。第三，架设的线缆占轨道面积。和其他公共交通系统一样，现代有轨电车也需要使用新架空电缆。

## 2 现代有轨电车信号控制系统结构和功能

在现代有轨电车的通信管理系统中，重要的部分还有路口管理子系统、路口运行调节和指挥子系统、智能车载监控子系统和道路优先管理子系统。下面是对现代城市有轨电车信号系统的基本功能分析：

### 2.1 交叉路口控制子系统

首先，有轨电车接近的监控功能，通过利用该信息系统，就可以对有轨电车是否靠近进行监控，而且如果检测到有轨电车接近，通过利用该系统也可以使其自行办理入路。其二，道旁控制道岔功能，通过使用该系统，就能够实现了良好的道岔故障表示和故障状态控制等操作，同时完成了对有轨电车的引道管理和自动的闭锁操作。其三，通过利用该系统，能够直接把自己的引道状况信息传给有轨电车系统，而它能够直接把自己的引道状况信息传给系统的调度与指挥子系统。其四，一旦利用该网络时发生了问题，它就会直接把自己的故障状况报警信号传给系统的调度与指挥子系统中，它还能够直接将自身的故障状况报警信号发送至的调度与指挥子系统中，并且在没有出现问题的前提下还能够直接向系统发送自己的实时状况信息。

### 2.2 交叉路口运营指挥和调度子系统

第一，利用这种信息系统应当能够提供出有轨电车线路的真实情况。第二，利用该技术，能够对有轨电车的实际工作情况实施监视。第三，通过利用该技术，

能够更加精确的测算出上海市内所有有轨电车的到站时刻、提前时间,甚至还有晚点时刻的数据<sup>[2]</sup>。第五,该系统也能够读取并记录与有轨电车网络相关的运行数据以及告警信息。第六,该系统还能够进行在与其他的外部网络间进行连接。第七,该系统本身也具有该网络的时钟功能。

### 2.3 智能车载子系统

首先,借助于该技术的实现,系统能够对有轨电车实现了准确的定位,并对其实际的运营效率情况进行了检测,同时,通过其内部的GPRS,还能够把所收集到的有轨电车定位数据和效率情况,发送给交叉路口的运营调度与指挥子系统。第二,使用该技术,还可以对监控终端以及驾驶员所提交的相关指示信息进行采集,而当有轨电车在环线区域内通过时,该技术还能够将所采集到的指示信息,传到路面监控子系统以及交通优先选择子系统。并以此技术来进行相关的进路审批以及优先通过。第三,通过该技术,还能够对路面情况实现人工遥控。第四,当有轨电车需要通过附近的道路区域时,使用该技术就能够将道路区域内的实时情况,展现在有轨电车内的人机交互界面上。第五,使用该技术就可以表现出关于有轨电车的实际行驶情况、限速状况,以及预计会车时间等方面的各种数据。

### 2.4 路口优先选择子系统

首先,通过该管理系统,可以对有轨电车的接近进行监测,在检测到有轨电车接近时,该系统将被优先通过请求及时送往公交信号灯系统。第二,利用该系统,能够进行对路口占用状态的监测,一旦路口正在进行占用,通过该技术还可以将禁止通行的信息送到道路指示灯控制器。第三,通过该系统,能够对信号器的进行管理,同时还能将信号器的实时情况数据发送至有轨电车。

## 3 现代有轨电车信号系统中的关键技术探讨

### 3.1 现代有轨电车的路权

现代有轨电车在沿着一定的轨迹上行驶时,其轨道型式可能选择在高架、地面或者地下,但由于路径设计上的相对灵活,在地面行驶时也不可避免地会和社会用车出现共同使用平交道线的问题,而在此时,现代有轨电车的路权问题就已直接关系到行驶质量和道路交通压力。而现代有轨电车的路权问题通常包括三类:独立路权、半独立路权,以及无独立路权。①单独路权也可以与社会交通混跑,构成全密闭的专用路线,但一般都是指跨越地桥、地下隧道等将场地周围道路全部封闭的路线。这种单路权的运行方式与港铁类似,而有轨电车的运行效果虽然已经能够达到较高的甚至满足更高要求的

运行距离,而此时要提高稳定性,并不仍依赖于驾驶者目视驾驶,因此建议的控制器中也应该考虑增加ATP装置,并适当添加轨旁装置和车载设施。为了最小2min的行车间距需求,还应该考虑安装ATO装置以达到相应要求。②零点五独立路权指利用在有轨电车道路附近安装栏杆的手段保持汽车行驶路径的独立性,而有轨电车与其他交通工具之间仍必须共用平面的交叉路线,以改善交通状况。由于这种路权方法,较没有独立路权的有轨电车速度高,并考虑到有较多的封闭路段,在必要时添加了点式ATP装置,以实现驾驶员在开车后的超速保护作用,从而保证了驾驶安全性<sup>[3]</sup>。③非独立路权的有轨电车线路,则完全可以和车辆、行人等混行,但运营效率却很低,因为需要驾驶员目视行驶,完全靠驾驶员保证行人安全,且行驶质量也非常低,所以通常使用单一的有轨电车信号控制器,只对路口和道岔等故障点进行保护。

### 3.2 路口优先控制系统

该控制器又分为定时信息控制器和感应相位控制器。定时频率控制技术指在一个稳定的系统中设置有轨电车的相位,实现有轨电车优先控制的目的;感应频率控制技术基于道路的交通状况、交通流量、使用成本等各种因素的考量,其控制方法有绝对优先方法、比较优先方式和部分优先方式三种。绝对信息优先对横向车辆通行的影响较大,仅使用于交通流量较小的路面;而相对信息优先战略则综合考量了列车运行位置、速度、安全刹车距离等各种因素,从而能够充分考虑有轨电车与社会车辆之间的运行效率,应用范围广泛;而部分的优先战略就是有选择性的对有轨电车车辆给出优先信号的战略,而这种策略的制定前提条件就是系统中必须提供额外的附加信号,并以此来判断哪一种车型能够在道路上可以得到优先行驶,但同时又在无形中增加了具体运用的成本。

### 3.3 运营调度

现代有轨电车经营调度,是对经营管理、行车指挥、监测与报警管理,以及经营统计等的合称。①运营管理:由行控管理中心按照实际运营需要编制运营规划,编制时间表,并将当日的运营规划时间表下发至车辆基地终端,由车辆基地按照该时刻表进行有轨电车运行;②行驶指示:控制系统利用从现代有轨电车定位系统中收到的实时有轨电车的定位数据,经数据处理后将有轨电车的所在位置动态地显示给综合信息屏和调度员工作站,由调度员按照当日的时刻表对实时有轨电车实行驶指示;③监测与报警控制:系统中的各装置均拥有自动

检测能力,但一旦监测的装置失效,其事故信息可由监控的调度员终端提交的报警信号;④运营数据:④运行时间:通过根据运行时间,以及由现代有轨电车定位系统所得到的现代有轨电车地点、时刻和车次信息号等情况,分析运营数据并得到相应报告<sup>[4]</sup>。而运营数据服务,也用来开展现代有轨电车运行管理,以及有轨电车修程方面的技术服务工作。而列车基地的数据传输服务也是通过计算机的通讯技术,能够对车辆基地内的调车员的工作实施集中监控,从而实现了在车辆基地的进路上的道岔表示故障、信号器和轨道区段之间的信息通信等,从而在保证了车辆基地的调车员的工作正常和出/入基地工作安全的同时,也向自动化行控中心输送了各种信息资料。

### 3.4 智能车载控制技术

为增强车辆管理系统的安全和准确性,在智能车辆管理系统中,还添加了超限保护、遥控计时报警系统等新模块。汽车通过接收由地面环线系统上传的速度限制信号,对车辆实施超速保护。当车辆速度逐渐超过限速后,车载控制器进行声音告警,当车速不断提高或高于限速后,车载控制器输出最大常规制动,直到车辆速度逐渐降到限速以后,才停车并输出最大正常刹车。车内主机通过车载显控终端上的司机启动装置确定了车辆的主控制端,并由此确定了车辆的行驶方向,若车辆的行驶方向与此不相符时,则通过车内控制台确定了车辆的后溜情况,从而实现了常用制动,并发出危险距离,同时发出声光报警,以最大限度地避免了车辆的后溜。若由于外部扰动等因素而导致列车出清,但计轴仍在占用时,如果驾驶员确认道岔故障范围内没有车辆占用时,才能对车内显控终端上的计轴修复,此时车内的控制器进行环线,并同时计轴恢复命令下达至地面控制器上,由地面控制台对相应的计轴进行调整恢复。

### 3.5 车地信息传输

现代有轨电车系统在通过道岔设备显示故障后,还需要利用汽车地面轨上道岔故障控制柜的无线网络的信道功能,来完成车辆地面上道岔设备表示故障的遥控监测工作。使用这种车地通信的技术,通常都是利用通过感应环线的方法或通过无线扩频的传输方式。而通过传

感环线的方式,则是利用在轨床上设置感应电缆圆环,来实现车地之间的双向通信,是一个局部通讯手段,装在轨道上,但当用于遥控道岔装置时,因为乘客对列车所在位置的信息很不好进行掌握。一种无线网络扩频的传输方式,是一种基于两点四GHz至五点八GHz频率的车地间通信方式,因为该种方法的抗干扰性能较强,且误码率也非常低,同时在列车运行的轨道侧上也只需要设置无线互联网传输接收反射天线和装置,但又由于该方法要求列车运行在靠近道岔故障设备装置时先设定好与控制箱的联系,方可进行对道岔故障设备装置的遥控,所以具有一定的延时性<sup>[5]</sup>。

### 结束语

有轨电车信息技术系统主要是通过把通信、数据等信息技术加以资源性质综合利用,并在超大宽带的基础上发展而成,以建立了我国城市轨道交通线路专用的无线通讯网络系统,从而实现了我国城市有轨电车的双向通信,从而促进了我国城市有轨电车信息技术的一体化、信息化、网络化、智能化发展。有轨电车的管理措施与路面的交通设计和城市交通统一规划等情况密切相关,因此必须贯彻相对时间优先通行、最少绿灯和绝对信息优先等原则,以防止有轨电车危害道路。

### 参考文献

- [1]姜海.现代有轨电车智能交通系统优先控制策略方案研究[J].电气化铁道,2018,29(04):58-61+64.
- [2]朱军功,隆冰,胡兴华.车路协同环境下的现代有轨电车信号优先配置策略[J].城市轨道交通研究,2017,20(04):107-112.
- [3]袁魁浩,吴文亮,汤左淦.不同信号控制条件下的平交路口有轨电车运行策略对比研究[J].河南科学,2018,36(12):1986-1993.
- [4]吴佳骥,胡军红,俞洋.基于多属性决策的现代有轨电车动态信号优先控制策略[J].南京工业大学学报(自然科学版),2019,41(02):218-223.
- [5]周慧娟,刘羽,张强.现代有轨电车线路协调运行控制方法研究[J].交通工程,2019,19(01):8-13.