

现代有轨电车信号系统设计分析

刘海军

(北京城建设计研究总院有限责任公司 北京 100037)

摘要 从现代有轨电车实际需求出发,参照沈阳市浑南新区现代有轨电车一期工程设计及建设经验,着重介绍现代有轨电车信号系统中的正线道岔控制系统、运营调度辅助系统等设计方案,可为后期国内及国际有轨电车信号系统设计提供借鉴。

关键词 现代有轨电车;正线道岔控制;运营调度;全球定位系统

中图分类号 U482.1;U282+.2 **文献标志码** A

文章编号 1672-6073(2013)06-0156-04

1 有轨电车信号系统需求分析

相对于地铁,现代有轨电车具有与地面公共交通同样的特点,即交叉运行、质量小、制动距离短等,采用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。因此,现代有轨电车信号系统方案的选择主要从两方面考虑:第一,系统方案的选择应基于使用的环境条件,因为现代有轨电车线路一般不完全封闭,与地面公共交通存在平面交叉路口,破坏了地铁信号系统适用的封闭环境,从使用环境考虑,现代有轨电车不适合采用轨道交通(地铁)信号系统;第二,现代有轨电车的运行易受地面交通状况的影响,运营组织灵活,允许两辆以上的车辆以很近的间距排列行驶或者同时在站内停靠,但目前的轨道交通信号系统无法实现这种运营需求。目前,国内的有轨电车工程,如大连有轨电车、天津新交通均采用类似于公交的人工驾驶列车的方式,由司机保证行车安全。

基于上述原因,现代有轨电车不设地铁或大铁中使用的信号系统,不具备自动驾驶、自动追踪、车载设备防护等功能。现代有轨电车正线道岔控制方式为列车司机通过车载设备遥控道岔,在遵照运营规定的前

提下,按照基本的地面信号显示命令,驾驶列车安全地通过道岔,整个列车的运营安全由司机来保证。

现代有轨电车运营调度辅助系统应具备较高的运营服务水平,主要体现两方面功能。首先,可实现调度运营计划管理、配车计划管理、车辆调度、车辆维修保养、司乘考勤、服务管理、统计报表等功能;其次,设置于控制中心的综合显示屏可显示线网、列车位置、信号设备状态、设备故障报警等信息,同时综合显示屏根据需要也能显示闭路电视监视(close circuit television, CCTV)和供电系统管理自动化(scan control alarm database, SCADA)等系统的内容。

信号系统对提高现代有轨电车的运行效率和安全起着重要作用,其合理先进是整个有轨电车现代化体现的关键,故信号系统的方案设计需要仔细斟酌,反复比较。笔者根据有轨电车的实际需求,讨论现代有轨电车正线道岔控制系统、运营调度辅助系统的设计方案,通过比较得出结论。

2 正线道岔控制系统方案

根据现代有轨电车的特点,其正线道岔控制系统可采用计算机联锁集中控制和车载分散遥控控制(车载遥控)两种方案。

2.1 计算机联锁集中控制

通过计轴设备或轨道电路检测车辆,仅在道岔区段设计计算机联锁系统对道岔进行联锁控制。中心自动办理进路,也可转为人工办理;在区域联锁站车控室设单操控制盘,在中心设备或通道故障以及运行需要时可转为车站人工控制。集中控制一般不设置车地通信设备,司机无法主动动作道岔。自动办理进路要以时刻表为基础。

2.2 车载分散遥控控制

正线道岔的控制采用列车司机利用车载设备遥控的方式,系统通过在地面安装信标的方式来划分道岔区段和接近道岔控制区段,以无线的方式实现车载和地面控制设备之间的数据交换。同时,为了确保道岔区段的

收稿日期:2013-10-28 修回日期:2013-11-01

作者简介:刘海军,男,工学学士,工程师,从事高铁、地铁和有轨电车信号系统的设计和研究,pmhc@sina.com

基金项目:北京市科委科技计划课题(Z090506006309017)

行车安全,道岔区段列车的占用监测设备必须有相应的冗余措施,列车占用监测设备符合故障-安全原则。司机驾驶车辆进入道岔控制区域后自动取得控制权,通过操作车载设备来遥控道岔转动至需要的位置,道岔自动锁闭、司机确认后信号开放,车辆驶出道岔控制区段后自动失去控制权,以保证不会因司机误操作造成道岔再次转动,然后通过道岔。在车辆取得控制权至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。系统通过在地面安装列车检测设备,划分道岔区段和道岔接近控制区段,保证道岔区段有车时的可靠锁闭,以无线的方式实现车载和地面控制设备之间的通信。

2.3 两种方案比选

第一种方案在大铁和地铁中应用广泛、成熟,可靠性高,进路办理、道岔锁闭与车辆行驶是各自独立进行,但需要独立运营条件,且投资较高、建设工期较长,同时集中控制需专门设置设备用房,敷设大量光电缆,还要考虑轨道电路等的安装环境;道岔的自动控制依赖于中心时刻表,但成网运营后,由于列车运行的复杂性和有轨电车运行的随意性,时刻表很容易错乱,到时只能完全依赖调度员人工控制,控制灵活性差,故障影响面大。第二种方案在上海张江、大连、天津等地的城市有轨电车工程中有所应用,操作灵活,安装方便,调试工期较短,投资相对较低,所以沈阳浑南新区现代有轨电车一期工程采用了该方案。

综上所述,考虑运营环境、行车需求、建设标准等因素,现代有轨电车正线道岔控制方案应采用车载分散遥控控制(车载遥控)。图1为浑南有轨电车信号系统正线轨旁设备,



图1 浑南有轨电车信号系统正线轨旁设备

图2为浑南有轨电车在追踪运行。



图2 浑南有轨电车在追踪运行

3 运营调度辅助系统

为实现调度运营计划管理、配车计划管理、车辆调度、车辆维修保养、司乘考勤、服务管理、统计报表、线路网显示、列车位置、信号设备状态、设备故障报警等功能,同时考虑现代有轨电车不具备自动驾驶、列车自动追踪、车载设备防护等功能,所以运营调度需根据其特点进行方案配置。

为实现控制中心对列车的自动监视功能,需对全线列车进行实时定位。由于对正线除道岔区段之外的区域进行列车定位仅为实现中心的监视而不涉及行车安全,因此定位方案可采用现代有轨电车和快速公交工程中常用的卫星定位+无线通信的方案,以及轨道交通中常用的基于计轴设备的列车检测方案。

3.1 卫星定位+无线通信方案

3.1.1 定位系统方案

美国的卫星定位系统(GPS)、俄罗斯的 CLONASS 以及我国自主开发的北斗卫星导航系统(BeiDou (COMPASS) Navigation Satellite System, BD)等均可实现定位功能,其中美国卫星定位在覆盖范围、定位精度尤其是应用广泛等方面具有明显优势,系统较为成熟。我国的北斗卫星导航系统是中国正在实施的自主发展、独立运行的全球卫星导航系统,它致力于向全球用户提供高质量的定位、导航和授时服务,包括开放服务和授权服务两种方式。开放服务是向全球免费提供定位、测速和授时服务;定位精度 10 m,测速精度 0.2 m/s,授时精度 10 ns。授权服务是为有高精度、高可靠卫星导航需求的用户提供的服务,包括提供定位、测速、授时和通信服务以及系统完好性信息。但该系统仍未广泛应用,可靠性、安全性还有待验证。综合考虑,沈阳浑南新区现代有轨电车列车定位采用 BD 和 GPS 相结合的卫星定位系统。

针对现代有轨电车存在长大下穿桥洞等遮挡地段无法接收卫星定位数据的特点,可采用航位推算(dead-reckoning, DR)的方法实现遮挡地段内列车的定位。航位推算是一种常用的车辆导航定位技术,它以卫星定位信号失锁前的位置为基点,利用方向传感器(角速度陀螺仪)和速度传感器(里程表)来推算车辆的瞬时位置。由于现代有轨电车线路是固定的,因此在线路任意点上列车的方向都是固定的、可预知的;通过采用高定位精度的卫星定位终端和速度传感器,可有效地控制航位推算产生的纵向误差。另外,卫星定位结合航位推算的方案,也可有效地解决现代有轨电车地面段卫星定位信号受树木遮挡的问题。

3.1.2 无线通信方案

无线系统是现代有轨电车信号系统中保障行车安全的核心子系统之一,主要满足车地传输通信,实现行车计划下达、列车行车进路下传、进路半自动办理、实时定位跟踪、运行速度实时监控、列车运行间隔监视、运营辅助调度等功能,保证司机操纵道岔的正确性及安全性。

1) 方案1:采用通信系统无线网络方案。数字集群系统是一种先进的无线运营调度辅助系统,它能实现频率的资源共享,向用户提供优良的、多用途的、高效率的服务,目前我国城市专网建设中得到了广泛的应用。数字无线集群 TETRA(Terrestrial Trunked Radio)系统调度功能十分强大,可以采用调度选呼、组呼、全呼的形式进行通信,也允许在网内的无线用户之间进行必要的无线通信。用户根据需要可分为不同的优先等级,行车调度员对现代有轨电车的司机可以使用车次号或车组号进行呼叫,此呼叫具有最高优先级。系统还支持数据业务的承载,包括电路方式数据业务、短数据业务、分组数据业务等。本方案利用 TETRA 系统的数据业务承载功能传输数据,主要设备由现代有轨电车通信系统设置, TETRA 系统与相关设备进行接口,通信系统的无线网络可覆盖全线。由于 TETRA 的无线传输数据速率较低,因此将面临着通信系统设备和软件的二次开发、TETRA 系统卫星定位终端与通信系统设备接口、TETRA 无线传输数据速率能否满足现代有轨电车需求等不确定因素。

2) 方案2:租用公网方案。采用公网全球移动通信系统 GSM(Global System for Mobile Communications),或采用 CDMA(Code - Division Multiple Access)、GPRS (General Packet Radio Service)无线通信的方案,基站及无线覆盖设备均利用既有的电信运营商设备,在电信运营商机房和现代有轨电车控制中心之间设置专线(或租用运营商通道)进行数据传输,并对公网无线的软件进行二次开发。卫星定位信息及列车的相关信息通过公网无线网络,传送至电信运营商机房的通信控制器(运营商设备),再通过专线(或租用的通道)传输至控制中心的服务器。

3) 方案3:信号专业单独建立一套无线传输系统。该方案可以全功能地实现信号系统的要求,系统相对稳定可靠,但会增加工程造价。

4) 方案比选。方案1利用现代有轨电车的通信系统资源,可节约投资,但目前通信主要的 TETRA 设备不能满足信号系统需要的无线数据带宽 64 Kb/s 双

工的要求;方案2采用公网方式,应用相对成熟,但是数据传输的可靠性相对较差,由运营商建设和维护需要支付相关费用。因此,推荐方案3——信号专业单独建立一套无线传输系统,同时将方案2——采用租用公网方式(GPRS 无线通信方式)作为备选方案。

3.2 基于计轴设备的列车检测方案

用计轴设备检测列车通过线路上某一点(计轴点)的车轴数,可以检查两个计轴点之间(即轨道区段内)的占用/出清情况,从而得知列车所在的区段,但这种应用是建立在一个轨道区段内只允许有一列车的基础上的。在现代有轨电车中,由于运营上允许多列车以很近的间距排列行驶,可能出现多列车进入一个轨道区段的情况,这是以往的计轴设备从未考虑和应用过的,而且通过减小计轴布置间隔也无法避免。要在这种情况下实现列车全线定位,轨旁计轴器就要执行更加复杂的功能,并需对计轴软件进行重新开发,而轨旁绿化与钢轨面齐平更增加了计轴安装及维护的难度。

由于计轴是基于区段检测列车而不是单点定位,因此只能显示列车在某个区段(如 300 m 长)内,而不能显示在区段内的具体位置和速度。当多列车进入一个区段时,可以采用一列车带有一个车次窗的方式,表示区段内的列车数量和前后顺序。另外,计轴只能检测列车,不能实现列车的识别,虽然可以通过软件为线路上运行的列车分别赋予序号,但不能识别具体为哪一列车。

3.3 两种方案比选

卫星定位+无线通信方案适用于现代有轨电车工程,卫星定位基本可以实时在线反映列车全线位置,且没有轨旁设备和车站设备,减少了建设和维护的工作量,有利于有轨电车的景观建设,瓶颈在于无线通信环节。基于计轴设备的列车检测方案的轨旁设备较多,投资较高,且不能实时在线反映列车全线位置,在开放的线路条件下区间轨旁设备面临防盗问题,尤其是应用于现代有轨电车时需进行技术创新和开发。由于计轴设备对于列车占用检测有一定的实际运用经验,且能实现“故障-安全”的原则,故对于道岔区段的列车占用检测可考虑使用适用于槽型轨的计轴设备。

综合考虑以上因素,现代有轨电车运营调度辅助系统采用组合定位(卫星定位、信标、脉冲里程传感器)+无线传输方案。无线传输的选择需考虑无接触网规划的有轨电车线路,由于无线 AP 需单独安装支撑杆,影响美观,故方案2租用公网方式可作为首选方案。

根据沈阳有轨电车的建设实际,工程设置了接触网杆,故沈阳浑南新区现代有轨电车选择了方案3,即信号专业单独建立了一套无线传输 DCS (data communication

subsystem),DCS 的 AP 点设置在沿线的接触网杆上。沈阳浑南新区现代有轨电车一期工程的信号系统构成如图 3 所示,运营调度控制中心大厅如图 4 所示。

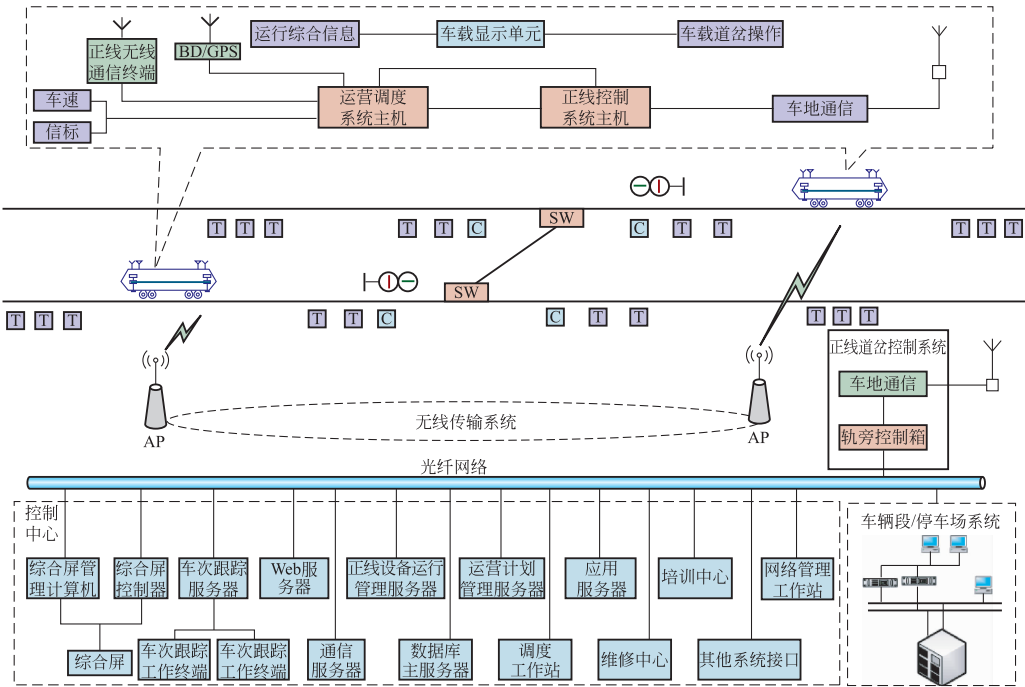


图 3 沈阳浑南新区现代有轨电车一期工程的信号系统构成



图 4 有轨电车运营调度控制中心大厅

4 结语

信号系统对提高现代有轨电车的运行效率和安全起着重要作用,其合理先进将是整个现代有轨电车的关键。笔者介绍了在沈阳浑南新区现代有轨电车一期工程中的设计及建设经验,讨论了现代有轨电车信号系统中正线道岔控制系统采用的车载分散遥动控制(车载遥控)方案、运营调度辅助系统设计方案等,为后期国内及国际有轨电车信号系统的设计提供一定的经验和借鉴。

参考文献

[1] TB 10007—2006 铁路信号设计规范[S]. 北京:中国铁道出版社,2006.

[2] 王灏.现代有轨电车系统研究与实践[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2011.

[3] 赵正平,吴正中.沈阳市浑南新区现代有轨电车一期工程技术规格书[G]. 温岭:浙江万全信号设备有限公司,2012.

[4] GB 50157—2003 地铁设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,2003:128 - 139.

[5] 沈阳浑南新区现代有轨电车一期工程招标文件[G]. 沈阳,2012.

[6] GB/T 12758—2004 城市轨道交通信号系统通用技术条件[S]. 北京,2004.

(编辑:郭洁)

Analysis of Signal System Design in Modern Tram

Liu Haijun

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

Abstract: This article focuses on the illustration of switch signal's control system and dispatching auxiliary system design scheme of the mail line from the actual demand of modern tram by referring to the design and experiences of the trams of Hunnan New District in Shenyang. The conclusions are helpful to provide certain reference design for future domestic and international tram signal system design.

Key words: modern tram; switch control of main line; operation schedule; GPS