

# 闭塞与列控概论

## 第十讲 移动闭塞概述

(北京全路通信信号研究设计院 傅世善)

移动闭塞(Moving Block)系统是一种采用先进的通信、计算机、控制技术相结合的列车控制系统,国际上又习惯称为基于通信的列车控制系统CBTC(Communication Based Train Control)。在铁路上尚无应用实例,在城市轨道交通中,运用较多。

### 1 移动闭塞的概念

移动闭塞(Moving Block,MB)是相对于固定闭塞而言的。固定闭塞有固定的闭塞分区,移动闭塞则没有固定的闭塞分区。一般谈及移动闭塞时是笼统而言,细说起来,移动闭塞又可分出几种方式:

(1) 考虑先行列车的位置与速度的移动闭塞系统(MB-V方式)。这种方式保证在先行列车非常制动停车位置前,后续列车能以常用制动停车。

(2) 不考虑先行列车的速度的移动闭塞系统(MB-V0方式)。这种方式只考虑先行列车的位置,不考虑先行列车的速度,即设定先行列车为停车。

显然MB-V0方式比MB-V方式,车地间需交换的信息量减少了,技术上的复杂程度减小了,列车之间最小间隔L加大了。

(3) 考虑先行列车速度的准移动闭塞系统(SMB-V方式)。准移动闭塞(Semi Moving Block)采用一次连续速度控制曲线,追踪的目标点为先行列车所占用的闭塞分区始端。准移动闭塞在一定的条件下,其缩短列车之间最小间隔的效果接近移动闭塞。

### 2 移动闭塞系统的特点

移动闭塞系统摆脱了用轨道电路判别列车对闭塞分区占用与否,突破了固定或准移动闭塞的局限性,具有更大的优越性和特点,主要表现在以下方面。

(1) 实现列车与轨旁设备实时双向通信,且信息量大。

(2) 可减少轨旁设备,便于安装维修,有利于紧急状态下利用线路作为人员疏散的通道,有利于

降低系统全寿命周期内的运营成本。

(3) 便于缩短列车编组、进行高密度运行;可以缩短站台长度和端头站的尾轨长度,降低土建工程投资;有利于实现线路列车双向运行而不增加地面设备。

(4) 可适应各种类型、各种车速的列车,由于移动闭塞系统基本克服了准移动闭塞和固定闭塞系统地对车传输信息发生跳变的缺点,从而提高了列车运行的平稳性,增加了乘客的舒适度。

(5) 可以实现节能控制、优化列车运行统计处理、缩短运行时分等多目标控制。

(6) 移动闭塞系统,尤其是采用高速数据传输方式的系统,将带来信息利用的增值和功能的扩展,有利于现代化水平的提高。

(7) 由于移动闭塞系统具有很高的实时性和响应性的要求,其对系统的完整性要求高于其它制式的闭塞方式,系统的可靠性也有更高要求。

### 3 移动闭塞ATC系统的构成

典型的基于通信的列车控制系统(CBTC)的结构框图,如图1所示。

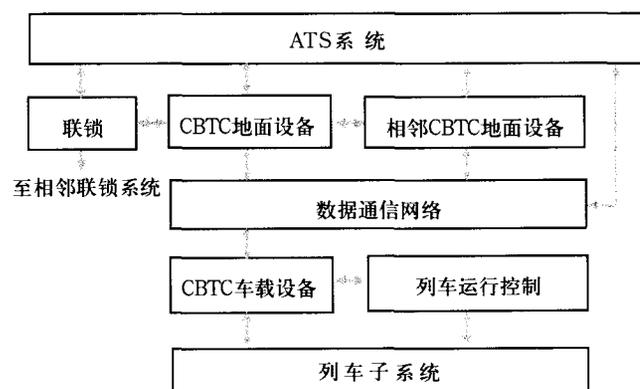


图1 典型的CBTC系统结构框图

由图1可见,整个CBTC系统包括CBTC地面设备(含联锁)和CBTC车载设备,地面和车载设备通过“数据通信网络”连接起来,构成系统的核心。CBTC设备和ATS设备共同构成基于通信的移动闭塞ATC系统。

#### 4 移动闭塞的车-地信息传输方式

移动闭塞ATC系统就车-地双向信息传输方式而言,可分为:基于电缆环线传输方式(IL CBTC);基于无线通信传输方式(RF CBTC);基于其它数据传输媒介的传输方式。

RF CBTC系统中通常采用的扩展频谱方式有:直接序列扩频和跳频扩频方式。

其它数据传输媒介传输方式有:点式应答器、自由空间波、裂缝波导管和漏泄电缆等方式。

#### 5 移动闭塞的列车定位技术

列车定位技术在列控系统中具有重要地位, CBTC系统中列车定位信息的主要作用是:为保证安全列车间隔提供依据, CBTC系统对在线的每一列车,能计算出至前行列车尾部距离,或距进站信号点的距离,从而对它实施有效速度控制;作为列车在车站停车后打开车门以及屏蔽门的依据;作为无线基站接续的依据。

目前,在列车自动控制系统中得到应用的列车定位技术主要有:测速定位法、查询-应答器法、交叉感应线圈法、卫星定位法、多谱勒雷达法、无线扩频列车定位、惯性列车定位、航位推算系统定位、漏泄波导管法和漏泄电缆法等。

CBTC系统检测列车完整性的最常用方法是在列车尾部安装无线通信设备,它能不间断地发出无线信号给列车头部的车载设备,一旦头尾通信中断,则认为列车完整性出现问题。

#### 6 国内第一个开通的移动闭塞系统

武汉轨道交通一号采用了Seltrac列车自动控制系统,这是我国第一个已经开通的移动闭塞式ATC系统。

武汉轨道交通一号于2004年9月28日开通,线路长10.23km,设计的最小行车间隔为90s。

Seltrac列车自动控制系统是阿尔卡特(Alcatel)公司研制的一套基于通信的列车自动控制系统,它采用移动闭塞原理,以电缆环线作为车-地双向信息传输方式,集ATP、ATS、ATO于一身,实现对列车运行的安全控制。

Seltrac列车自动控制系统以电缆环线作为车-地双向信息传输方式,采用了移动闭塞原理。其速度控制曲线如图2所示。

典型的Seltrac移动闭塞系统主要由三个控制层次,共5个子系统构成,如图3所示。

管理层,由系统管理中心(SMC)子系统构成,主要实现ATS功能,对列车进行自动监督和实现

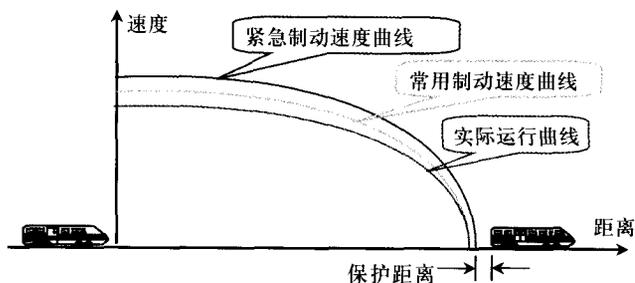


图2 连续曲线速度控制示意图

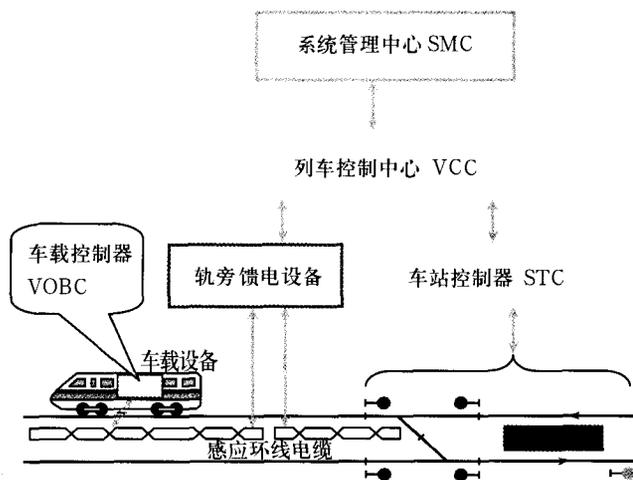


图3 基于电缆环线传输方式的移动闭塞ATC系统框图

调度管理。

操作层:由列车控制中心(VCC)子系统构成,负责计算列车的安全运行间隔。它综合来自车载控制器(VOBC)的列车位置、速度、运行方向信息和来自车站控制器(STC)的轨旁设备(如道岔等)的状态信息,实现列车的运行和轨旁设备的联锁,达到在移动闭塞运行方式下控制列车安全运行的功能。

执行层:由车站控制器(STC)、车载控制器(VOBC)和感应环线3个子系统构成,负责解释和执行VCC发来的控制命令,并向VCC报告所辖设备的状态信息。其中STC负责对轨旁设备(道岔、计轴器、站台发车表示器、站台屏蔽门等)的控制和信息采集、VOBC则对列车的运行进行控制并反馈列车的状态信息、而感应环线则是列车和VCC间通信的传输介质,同时系统利用环线电缆、环线电缆交叉,以及VOBC中的转速器实现对列车的定位。

SMC子系统主要由运行图调整服务器(SRS)、数据日志工作站、网络交换机及各SMC工作站等设备组成的双冗余以太网。

列车控制中心(VCC)子系统包括:中央处理、中央时钟、中央输入、中央输出、通信接口和用户

## 马德里的两条地铁线路选定 CBTC

得到马德里地铁公司 1.04 亿欧元的合同授标之后, 庞巴迪运输公司正在对欧洲地铁安装其第一个基于通信的列车控制系统。

马德里地铁公司面临其 1 号和 6 号线的改造, 已经选定了庞巴迪运输公司 Cityflo 450 基于通信的列车控制系统 (CBTC)。马德里地铁公司计划增加这两条线路的运能, 但不想对其基础设施进行大范围的改造, 并认为只有 CBTC 系统才能满足这个要求。此外, 该系统应具有转化成全自动系统的能力。

1 号线长 16.7km, 6 号线长 23.5km, 每条线有 27 个车站。本项目包括给 1 号线的 68 列车、6 号线的 49 列车配备列车自动防护 (ATP) 和列车自动运行 (ATO)。Cityflo 450 具有驾驶员在列车和地面之间运用无线通信半自动列车运行 (STO) 的移动闭塞操作特点。就马德里地铁公司的情况而言, 它既可以只作为移动闭塞叠加系统用于新设施或已经使用中的设施, 也可以作为拥有基于固定闭塞轨道电路备用系统的移动闭塞系统使用。而且, Cityflo 450 将来可以升级至 Cityflo 650——一个全自动化的系统。

马德里地铁公司面临的主要任务是在升级工作期间不降低运能而继续运营的同时, 如何使 1 号线和 6 号线增加运能。1 号线目前的时间间隔为 148s 到 156s; 6 号线为 143s 到 174s。将设计的 Cityflo 450 要满足马德里地铁公司所需的两条线路均为

40s 的动态时间间隔要求。把动态时间间隔规定为列车的正常运行, 但把车站的停延时间设为零。另外, 地铁公司如果或决定这样做时, Cityflo 450 应提供不间断服务保证、马德里地铁公司规定的可用性的高标准, 以及全自动系统的升级通道。

Cityflo 450 运用 2.4GHz 扩频无线电台和沿隧道铺设的被称作 Radiax 的缆线与列车通信。庞巴迪运输公司在许多地方都采用了这种成熟的通信媒介, 它是一个可靠且抗干扰的系统。把该线分成几个拥有地面设备的区域以便管理那个区域内的所有列车, 为达到高可用性, 把所有地面设备配为双份; 同理, 又把 Cityflo 450 设备安装在每一列车的两端。

列车将其位置传送至区域地面设备并接收来自控制中心的运行许可权, 通过测量列车离轨道最近基准点的运行, 得出该列车的位置。基准点是一个具有已知位置的小型应答器, 当列车通过时它就传送其标识并能由此纠正定位误差。该列车运用常规测速发电机和多普勒雷达测量运行速度及距离以便纠正由于轮滑而导致的误差, 从而确保在各个车站的精确停车。

发送给该列车的运行许可权限定了该列车可以以当前的速度运行多远; 发送给各个列车的运行许可权有足够的频率保证连续的监控。

无需轨道电路

正常运行中既不需要轨道电路也不需要地面信

\*\*\*\*\*

界面等 6 个功能模块。

车站控制器 STC 子系统主要由 STC 电子机架和接口继电器架组成。STC 的核心是一个称为 INTERSIG 的固态联锁控制器, 它负责对道岔、计轴设备、紧急停车装置等地面设备的控制和监督。

武汉城轨一号线的系统降级模式采用自动站间闭塞, 计轴设备仅用于站内道岔区段和降级模式。

感应环线子系统由馈入设备 (FID)、入口馈入设备 (EFID)、感应环线电缆和远端环线盒 (RLB) 四种设备组成。

还有车载控制器 VOBC 子系统和其他子系统及辅助设备。

### 参考文献

- 1 李克. 探索中国城市轨道交通信号系统制造业的技术发展道路[A]. 铁路通信信号工程科技信息中心: 科技动态报告文集(铁路通信信号工程分册)[C]. 2005.
- 2 张景方. Seltrac 列车自动控制系统工程设计[J]. 铁路通信信号工程技术, 2004(5).

[完]