

# 地铁信号系统的安全策略及措施

孟维佳

北京市地铁运营有限公司通信信号分公司

DOI:10.12238/jpm.v3i10.5357

**[摘要]** 随着经济发展,我国城市建设速度逐渐加快,为了提高人们的生活水平,方便人们出行,各城市十分重视地铁建设,将地铁作为推动城市发展的主要工程。地铁信号系统安全性与稳定性关系着列车运行控制效果,为了保障地铁稳定运行,需要加强信号控制系统。当前我国地铁中常用的信号控制系统为CBTC信号控制系统,此信号系统突破传统信号控制系统,通过部署无线设备实现双向传输,有效保障地铁稳定运行,提高信号系统安全性。

**[关键词]** 地铁; 信号系统; 安全策略; 措施

## Safety Strategy and Measures of Metro Signal System

Meng Weijia

Beijing Metro Operation Co., LTD. Communication Signal Branch 100082

**[Abstract]** With the development of economy, China's urban construction speed is gradually accelerating, in order to improve people's living standards, facilitate people's travel, the cities attach great importance to the subway construction, the subway as the main project to promote urban development. The safety and stability of subway signal system are related to the train operation control effect. In order to ensure the stable operation of subway, it is necessary to strengthen the signal control system. At present, the signal control system commonly used in China's subway is CBTC signal control system. This signal system breaks through the traditional signal control system and realizes two-way transmission through the deployment of wireless equipment, which effectively guarantees the stable operation of the subway and improves the security of the signal system.

**[Key words]** subway; signaling system; security strategy; measures

地铁信号系统是地铁项目的重要组成部分,主要由地铁轨道基础设施与室内设备两部分组成,信号系统也可称为列车自动控制,是保障地铁稳定运行的基础,同时提高地铁线路区间能力以及车站通过能力,为地铁工程带来运营效益。当前,我国地铁项目信号系统中包含多个系统,例如地铁自动防护子系统、自动监控子系统、CBTC信号控制系统,均能够为地铁信号系统提供安全保障,本文将针对地铁信号系统的安全策略及措施展开探讨。

### 一、常见地铁信号系统

#### 1、列车超速防护系统(ATP)

超速防护系统是列车自动保护系统中的重要系统,能够帮助列车保持安全的间隔距离,避免列车出现超速,同时进行车门控制。超速防护系统中包括多项设备,例如轨旁设备、联锁设备以及车载设备等重要设备,超速防护系统地面设备与列车传递信息时会保持一定的间隔,以持续的、连续的方式像列车传递信息,同时根据地面的信息计算,控制信息的同时保持列

车在正常的速度下运行。超速防护系统在列车开门前实施检测,列车满足相关条件才可操作<sup>[1]</sup>。条件满足后,方可操作。

#### 2、列车自动监控系统(ATS)

地铁中运用自动监控系统有助于工作人员及时掌握列车的运行状况,该自动监控系统能够有效监督列车运行,在列车运行过程中,自动监控系统能够帮助列车进行道岔转化自动化,并有效排列进路。列车运行前有一定的运行计划,可以成为列车自动监控系统合理调度列车的依据,选定列车后,对列车开展维护工作,使自动监控系统可以实现人工区间运行时间调整自动化,与此同时,实现列车与控制中心联系,提供有效的监督命令。此系统位置在控制中心的计算机位置,由多个部分组成,其中包括监控与记录系统,均能为列车自动监控系统提供帮助。

#### 3、列车自动驾驶系统(ATO)

列车自动驾驶系统在地铁中是最有特点的子系统之一,拥有该系统使的地铁与其他交通工作不同,列车自动驾驶系统可

以合理调整列车的运行速度,并以平滑、控制的牵引力与制动力控制列车运动与停车,使列车在一定精度的范围内进行对位停车<sup>[2]</sup>。列车自动驾驶系统主要由控制器、接受器以及标志线圈组成。

## 二、影响地铁信号系统的安全问题因素

### 1. 环境影响

区域不同,对地铁的环境影响不同,例如在东南部时常出现梅雨季节,尤其是沿海地区,梅雨季节十分严重,经常会出现台风以及暴雨等不良季节,这种天气增加空气的湿度,容易导致地铁站内的设备受潮,一旦受潮严重或浸水,会降低地铁设备的灵活性,导致设备损坏,设备中电子参数受到不良影响会发生一定的变化,降低设备的稳定性<sup>[3]</sup>。部分区域位于地震带,一旦发生地震会导致地铁设备出现脱落,也会影响地铁的信号系统。

### 2. 信号设备影响

地铁的信号系统属于综合性的系统,是电子设备与计算机组成,信号系统中电子元件较多,一旦出现线路老化,运行异常,受到某些因素影导致电子元件散热出现问题,无法正常使用,容易影响信号系统,引发火灾。

### 3. 人为影响因素

地铁工作人员如果未在岗前经过专业培训,上岗后容易出现操作失误或是违章操作问题,容易造成地铁设备损坏,甚至对他人的生命安全造成威胁。大多数地铁信号系统的运行载体是计算机,以计算机网络为媒介进行运行。随着网络不断发展,电脑黑客越来越多,计算机网络系统容易受到攻击,甚至遭受恶意木马病毒侵入,导致网络系统故障,大量重要的数据丢失,严重时导致信号系统瘫痪。

## 三、地铁信号系统中的安全策略

### 1. 采用固定闭塞技术 CBTC 与准移动闭塞技术 CBTC

固定闭塞技术 CBTC: 地铁信号系统安全策略中常用固定闭塞技术,通过轨道电路以及计轴装置实现闭塞技术,对地铁线路进行划分成为固定的长度,采用固定闭塞技术有利于大致定位列车,及时检查占用轨道。卡斯柯公司 CBTC 信号系统通过对列车自动监控系统可靠性与计算机辅助调度提出新的要求,不断攻破技术难关,从 GRS 的连锁软件开始,积极研发出相关的安全系统技术,为硬件国产化探索道路开辟出新的道路,通过使用计算机联锁地铁信号系统,实现自动调度列车运行<sup>[4]</sup>。但是固定闭塞技术自身限制因素较多,难以准确判断列车在区段中的详细位置,因此在设计区段的边界时需要关注列车设置的终点与起点。与此同时,为了保障列车运行的安全性与稳定性,固定闭塞技术将追踪目标点设置成为前行列车占据的比赛区段的开始点与终点,后面行驶的列车可以从最高速开始制动的计算点作为减速的闭塞分区的始端。保障两车之间的运行间隔,导致运输线路的效率降低,难以以为地铁工程带来良好的经济效益,降低地铁工程的社会效益。

准移动闭塞技术 CBTC: 此技术运用十分广泛,在地铁信号

系统中有利于提高地铁信号的安全性,此技术能够根据目标距离、目标速度以及列车性能及时确定列车的运动轨道。卡斯柯的 CBTC 信号系统 在此技术中也有运用,与固定闭塞技术相同,卡斯柯的 CBTC 信号系统在列车自动监控系统与计算机联锁技术在国产化上的成功,持续将国产化新型计算机联锁运行。但在列车制动的目标点十分固定,前列车位置处于闭塞区段时,一般位于起始点与终点,因此在列车与列车之间的追踪相对间隔并不具备固定性。此技术可以通过应答器以及轨道电路能够及时判断区段的状态,通过专业的信息系统对运行的列车进行处理,操作人员可以通过已经处理的列车信息判断列车与列车之间的追踪距离,实现减速自动化与制动自动化,切实提高地铁的运输效率<sup>[5]</sup>。但是准移动闭塞技术需要借助安全区间实现列车的控制,设备一点出现故障对列车的信号系统安全性产生影响。

### 2. 移动闭塞技术 CBTC

此技术实时信号传递时需要借助列车的相关设备与轨道实现,为控制中心掌握列车的具体信息提供便利,控制中心需要实时掌握列车的位置及车速,把握列车信息,保障列车能够安全运动,有效提高列车的运行效率。卡斯柯企业在国外已经推出基于移动闭塞的信号系统后通过将自身国产化的信号产品与国外的信号系统集成,在国内不断培养地铁信号系统应用方面的技术经验,于是卡斯柯企业将列车自动监控系统 400 与计算机联锁系统联合运用,转变成成为最新的地铁信号系统,也就是卡斯柯的 CBTC 信号系统,实现了智慧交通,打造智慧城市的目标。移动闭塞移动闭塞技术比准移动闭塞技术、固定闭塞技术在提高运行效率方面更具优势,在地铁信号系统未来的发展中,此技术将会成为主要的发展方向。尽管移动闭塞技术与其他一样相同,列车的目标距离及列车性能都会影响制动曲线的确定,所以在确定制动曲线时需要提前评估列车之间的目标距离以及列车的性能。需要保障列车目标安全性,与前行列车之间的距离与速度,出现实时变化,追踪间隔不具备固定性<sup>[6]</sup>。运用移动闭塞技术,不仅能够保障列车运行的安全性,列车之间的间隔也将得到缩短,可以在线路中是适当增加列车的运行数量,保障列车以及各运输线路潜能可以充分发挥。移动闭塞技术能够需借助定义单元对列车进行有效控制,并通过相关设备实现双向通信方式实时传输列车的信息,充分保障列车运行安全性能。在地铁工程中,通信媒介是十分重要的工具,成功运用移动闭塞技术后,需要依赖于通信媒介,因此地铁工程需要把握通信媒介的主流方向,例如“无线通信”方向。无线通信通常利用开放的频段,无需进行申请步骤,部分频段则需要提前申请。在无线通信中,有多种传递方式,例如漏泄电缆传递、波导管传递以及无线电台传递方式,在这三种传递方式中,其中漏泄电缆传递方式比其他两种传递方式更具抗干扰性,因此拥有较强的通信性能。应用更加广泛。波导管传递方式也具有一定的抗干扰性能,但是不足以隔绝干扰信号,会导致轨道旁的其他设备受到一定的干扰,且需要花费较高的价格

打造,应用较少。无线电台抗干扰能力弱,但是针对轨道旁的其他设备不会产生干扰,具有较高的通信效率。无线通信具有不同传递方式,各具优势,因此地铁工程采用移动闭塞技术应以具体情况为选择通信媒介的依据<sup>[7]</sup>。郑州五号线采用卡斯柯企业的CBTC系统,根据地铁五号线的车载数据选择技术运用,使地铁运行具有超高速率、无干扰无线以及全程全自动转储,与此同时,在卡斯柯企业的CBTC系统中信息传输时效快,有助于提升该地铁日常运维以及管理效率。

#### 四、地铁信号系统的安全措施

##### 1. 增加设备与通道冗余

设备故障后对系统信号产生较大的影响,为此可以增加设备,降低对信号系统的影响。通常情况下可以增加双机热备或是三取二冗余,具有较高的可靠性。然后增加通道,涉及到地铁运行安全数据复杂,大部分数据涉及到地铁的安全,不论是输入或是输出,都可以增加通道冗余。进行信息采集过程中,相关工作人员进行安全相关输入可以使用双路隔离采集电路,采用独立的隔离采集的两种电路能够避免单独的采集故障,同时降低外部接点的机械电气故障发生几率。外部输出的安全通道中,信息传输可以采取物理上作为独立的通道,单一通道容易产生故障,导致整个信号系统出现问题,根据实际的运输条件判断是否可以在不同侧的地铁隧道中,避免某些极端情况出现,保障信号系统能够正常工作,降低微小事件的危害性。

##### 2. 合理运用设备控制方式

沿着地铁线路设置信号设备为设备控制方式,设备控制方式有几种控制与分散控制,两种设备控制方式不会影响设备的可靠性,但也需要根据实际情况设置控制方式,否则会影响系统运行的可用性。如果采用集中控制的方式,在系统维护过程中,有利于减轻维护负担,同时沿线的设备人员数量可以适当减少,节约人力资源<sup>[8]</sup>。如果采用分散控制,当系统出现故障时,分散控制有利于减少系统故障,为全线运营提供保障,因此在线路设计过程中,需要提前评估设备,根据设备选择控制方式,或是将两种方式结合使用。例如,监控类的设备出现故障的影响较小,并不会影响全线的运行安全效率,所以采用集中控制方式有利于发挥优势,但是如果ATP设备出现故障,对全线列车运行会产生较大影响,导致全线列车停车,因此针对可靠性较低的ATP系统,可以采用分散控制方式,即使ATP设

备出现故障,所产生的影响只是局部的,并不会对全线列车产生影响。

##### 3. 建立有效的管理制度

部分地铁信号系统出现安全问题与人为操作不当有关,因此管理地铁开发、建设、运营及维护十分重要,在地铁工程编制系统软件时,无需使用条件循环语句,有利于避免系统陷入死循环,同时,使用编码冗余技术时应该提前评估。地铁工程建设施工过程中,需要严格在把关每一个环节,尤其是校验、验收以及安装等关键环节,这些环节的质量关系到后期的运行使用,并加强施工监督,将后期可能进行维护的因素纳入,加以监督。通过培训提高工作人员的专业素养,保障操作正确,避免出现危险事件。在日常工作中,一旦发现异常状况及时采取措施,避免突发事件进一步发展。

#### 结语

综上所述,地铁信号系统关系到地铁运行安全性,备受地铁工程关注,当地铁信号系统不断发展,各项有利于保障地铁信号系统稳定的技术不断完善,有利于提高现代地铁运行的安全性,地铁信号系统也将逐渐转变核心目标,充分提高地铁的利用效率,为列车安全运行提供保障。

#### [参考文献]

- [1]姜丽.地铁信号系统自动控制功能探讨[J].无线互联科技,2022,19(03):129-130.
- [2]何彬.地铁信号系统的维护方法与检修技术探析[J].黑龙江交通科技,2021,44(11):220-221.
- [3]许焯.地铁信号系统无线通讯传输的抗干扰措施[J].长江信息通信,2021,34(09):147-148+152.
- [4]王宗琰.地铁信号系统设备维护技术[J].中国科技信息,2021(10):64-65.
- [5]弓行.地铁站台安全门系统故障应急措施及原因分析[J].铁道通信信号,2020,56(08):73-76.
- [6]申志升.地铁信号系统工厂化施工研究[J].智能城市,2020,6(11):155-156.
- [7]严林波,孙正凯.地铁信号系统通信控制技术研究[J].科学技术创新,2019(30):86-87.
- [8]柴葳葳.地铁信号系统通信控制的技术研究[J].时代农机,2019,46(09):27+29.