

基于通信的列车控制系统移动闭塞下 固定闭塞追踪控制方法研究

耿 鹏

(通号城市轨道交通技术有限公司, 100070, 北京 // 高级工程师)

摘 要 城市轨道交通 CBTC(基于通信的列车控制)系统运营时,线路中可能有移动闭塞和固定闭塞 2 种制式混合下的列车追踪需求。将固定闭塞制式分为静态和动态 2 种类型,提出一种移动闭塞制式下的固定闭塞追踪控制方法,以支持移动闭塞和固定闭塞同时运行下列车追踪的行车控制,保障列车的运行安全。

关键词 城市轨道交通; 固定闭塞区域; 移动闭塞; 区域控制器; 列车自动监控

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.03.019

Research on Tracking Control Method of Fixed Block under CBTC Moving Block

GENG Peng

Abstract During the operation of CBTC (communication-based train control) system, there may be train tracking demand under the combination of moving block system and fixed block system in line. The fixed block system is divided into static and dynamic two types, and a fixed block tracking control method under the moving block system is proposed to support train tracking control under simultaneous operation of moving block and fixed block, so as to ensure the safety of train operation.

Key words urban rail transit; fixed block area; moving block; zone controller; ATS (automatic train supervision)

Author's address CRSC Urban Rail Transit Technology Co., Ltd., 100070, Beijing, China

城市轨道交通列车控制系统广泛采用 CBTC(基于通信的列车控制)系统、全自动运行系统,并逐渐衍生出基于车车通信的列车控制系统、基于云平台的信号系统等,这些系统都是以移动闭塞控制制式为基础^[1]。在城市轨道交通信号系统的实际运营场景中,列车在线路上可能会因土建、自然条件或系统故障等原因无法按移动闭塞制式正常运

行,列车须改为固定闭塞制式运行。此时线路中可能同时存在着移动闭塞和固定闭塞 2 种运行制式,这对移动闭塞和固定闭塞混合的列车追踪提出了新的需求^[2]。与通常所讲的 CBTC 移动闭塞后备模式不同^[3],本文将固定闭塞的设计思想与移动闭塞制式相结合,提出一种支持移动闭塞和固定闭塞同时运行的混合追踪的行车控制方法,以保障列车的运行安全。

1 运营场景分析

固定闭塞制式以固定的闭塞分区为单位作为追踪列车间的安全间隔。传统的固定闭塞制式下,信号系统无法获取列车的准确位置,因而划分出固定的区域,对列车的运行范围进行模糊控制。本文在移动闭塞制式下对固定闭塞的定义进行延展,即以 1 个固定区域内的列车数量作为控制手段,通过移动授权对列车的运行范围进行控制^[4],进而提供更灵活的运营组织方式。固定闭塞场景的设定可分为两种:一是由于某种预先设定的固定因素引发的场景,称为静态场景;二是在运营过程中随机出现的场景,称为动态场景。

1.1 静态场景

静态场景主要指土建、自然条件等客观因素引发的固定闭塞控制场景。

1) 桥梁等有承重限制的特殊线路区域。若线路需经过桥梁,由于桥梁对承重有限制,需对同时在桥梁上通行的列车数量进行限制,以免引发桥梁垮塌等安全事故。

2) 道岔等有防止侧冲的特殊线路区域。列车经过道岔区域时,需防止与其他方向运行的列车产生侧冲风险,避免发生列车脱轨或相撞。

3) 车库等有停放列车数量限制的特殊线路区域。由于线路设计的约束,在某一特定区域内(如

停车库),只能同时停放一定数量的列车。

4) 车站内等有固定闭塞追踪需求特定线路区域。例如,部分车站若同一方向线路上有其他列车时,要求后车不允许驶入站台区。

1.2 动态场景

动态场景是依据运营组织的变化或设备故障等临时性因素引发的固定闭塞控制场景。例如,在运营过程中若发生列车在区间意外停车,需实施联动控制,禁止其他列车驶入该区间。与静态场景相比,动态场景具有随机性,通常对运营组织的影响更大。

2 移动闭塞制式下的固定闭塞控制设计

2.1 固定闭塞区域的设定

在 CBTC 系统的地面控制设备 ZC(区域控制器)中对静态场景相关的固定闭塞区域进行预先设定。1 个 ZC 内可设定若干个固定闭塞区域,1 个固定闭塞区域由 1 组闭塞分区组成。闭塞分区是 ZC 电子地图的最小“线段”单元,以逻辑区段和道岔岔尖作为边界进行划分。原则上不限定 2 个岔尖之间的闭塞分区,可以划分为 1 个,也可以划分为 2 个,本文推荐划分为 2 个。固定闭塞区域的范围以信号平面图作为输入依据。

静态场景的固定闭塞区域,由行车调度员通过 ATS(列车自动监控)终端选择是否激活,无需逐个设定。静态场景下固定闭塞区域的划分原则为:

- 1) 1 个固定闭塞区域包含的闭塞分区必须是 1 个连续的区域,不连续的区域应划为不同的固定闭塞区域。
- 2) 不同的固定闭塞区域不应重叠。
- 3) 固定闭塞区域的管辖范围应由内向外取整扩大。固定闭塞区域的边界为最左端闭塞分区及其偏移量,以及最右端闭塞分区及其偏移量。在复杂的道岔区域,其最左端和最右端的闭塞分区可能有多个。偏移量是以厘米为单位,基于闭塞分区的左侧端点,采用信号平面图标识的公里标进行相减计算。最左端闭塞分区的偏移量取厘米的整数位(即不足 1 cm 的长度应舍弃),最右端闭塞分区的偏移量取厘米的整数位且再增加 1 cm(即不足 1 cm 的长度应按照 1 cm 计算)。

4) 不同的固定闭塞区域可单独设定最大可追踪进入的列车数量(即列车最大配置数)。

对于动态场景的固定闭塞区域,由行车调度员通过 ATS 终端进行设定,采用二次确认的方式下达给 ZC。动态场景的固定闭塞区域应是 1 个连续的区域,并采用 1 组完整的闭塞分区进行描述。

2.2 固定闭塞区域的取消

静态场景中,预先设定的固定闭塞区域不可取消。若工程设计发生改变时,应通过修改数据配置的方式,对固定闭塞区域进行调整。

与静态场景相比,动态场景的固定闭塞区域调整更为灵活。由行车调度员通过 ATS 终端界面进行人工设定并下达给 ZC,ZC 确认下达成功后则可取消该固定闭塞区域的设定。

3 移动闭塞制式下的固定闭塞追踪控制方法

本文对上述移动闭塞制式下的固定闭塞追踪场景的控制方法进行设计。该控制方法通过行车调度员在 ATS 终端下达设置或取消固定闭塞区域的方式,由信号系统自动识别并控制列车追踪运行。控制特定线路区域内通过的通信列车数不得超过该区域的列车最大配置数。列车最大配置数可以在工程应用阶段预先确定,也可以由调度员人工灵活设定,因而适用于不同运营场景,更具有普遍适用性。

固定闭塞区域控制流程如图 1 所示。

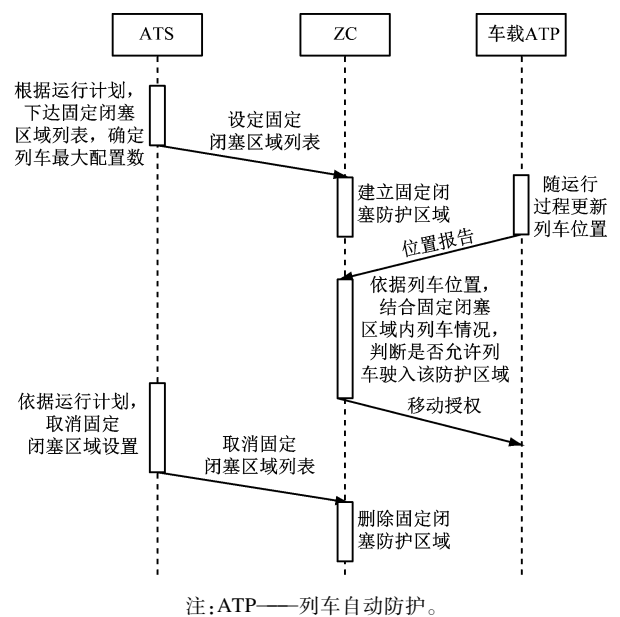


图 1 固定闭塞区域控制流程图

Fig. 1 Control flow chart of fixed block area

移动闭塞制式下的固定闭塞追踪控制方法的具体步骤如下:

1) 行车调度员设定或调整运行计划。ATS 根据预设的线路运行计划,向 ZC 发送固定闭塞区域列表。该固定闭塞区域列表包括 ZC 管辖的闭塞分区编号和列车最大配置数。

2) ZC 根据固定闭塞区域列表进行逻辑处理,检测闭塞分区编号是否属于本 ZC 管辖范围。当检测到逻辑区段属于固定闭塞区域列表时,设置基于固定闭塞区域列表的防护区域信息。ZC 以固定闭塞区域列表内的最左端和最右端闭塞分区为边界,建立固定闭塞区域。

3) 列车向 ZC 实时报告位置。ZC 记录该列车的位置信息,并根据列车当前位置、运行方向、运行速度、牵引制动参数等信息,在当前线路向列车运行方向搜索列车可能运行的所有路径。ZC 根据列车位置及列车运行趋势推算出其可能进入的固定闭塞区域。

4) 若列车可能进入的闭塞分区处于固定闭塞区域,且该固定闭塞区域内的通信列车或隐藏列车总数已经达到了列车最大配置数,则为该列车计算的移动授权不能延伸进入该闭塞分区。反之,则为该列车计算的移动授权可以延伸进入该闭塞分区。

5) 列车位置按照列车的最大包络进行评估,若列车的位置与该固定闭塞区域有重叠部分,则认为该列车为该固定闭塞区域内的列车。ZC 存储的固定闭塞区域列表一直处于生效状态,直到采用 ATS 人工方式取消该固定闭塞区域列表。

6) ZC 向在固定闭塞区域内的通信列车正常发送移动授权,向在固定闭塞区域外的通信列车发送不能进入该固定防护区域的移动授权。假设设定的固定闭塞区域内最多允许 1 列车驶入,CBTC 移动闭塞下的固定闭塞列车追踪如图 2 所示。如图 2 a) 所示,在固定闭塞区域设定成功后,当固定闭塞区域内有车时,后车移动授权不允许进入该固定闭塞区域。如图 2 b) 所示,在设定的固定闭塞区域取消后,后车移动授权允许进入该固定闭塞区域。

4 结语

ZC 是城市轨道交通信号系统地面核心安全控制设备,当列车在运行线路上因土建、自然条件或系统故障等原因无法按移动闭塞制式正常运行时,会对运营秩序和效率产生影响。本文提出了移动

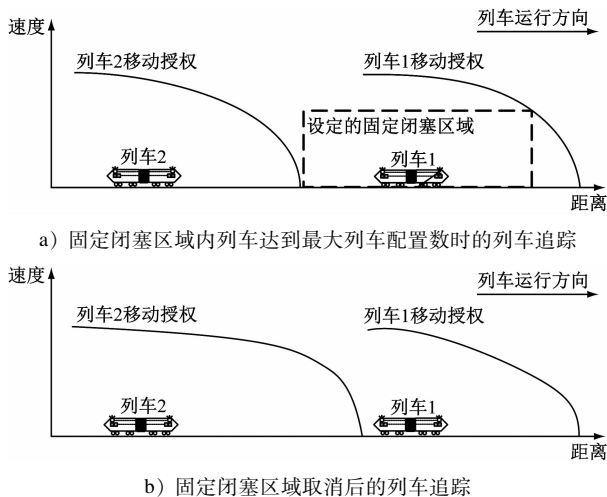


图 2 CBTC 移动闭塞下的固定闭塞列车追踪示意图

Fig. 2 Schematic diagram of fixed block train tracking under CBTC moving block

闭塞制式下的固定闭塞追踪控制方法,该方法由行车调度员通过 ATS 终端下发特定区域固定闭塞追踪的运行调整命令,灵活配置固定闭塞追踪条件的方式,用于信号系统控制列车在特定区域按固定闭塞制式运行,而该固定闭塞区域以外的其他区域内列车仍按移动闭塞制式运行,进而实现了移动闭塞和固定闭塞混合运行下的列车追踪,在保障列车运行安全的同时有效提升了运营效率。

参考文献

- [1] 李想,徐宵. CBTC 系统移动闭塞制式研究[J]. 城市轨道交通研究, 2015 (增刊 2): 24.
LI Xiang, XU Xiao. On the moving block mode of CBTC system [J]. Urban Mass Transit, 2015 (S2): 24.
- [2] 王琳. 基于卫星定位的列车控制系统移动闭塞技术研究[D]. 北京: 中国铁道科学研究院, 2018.
WANG Lin. Research on moving block technology based on satellite positioning train control system [D]. Beijing: China Academy of Railway Sciences, 2018.
- [3] 何成才,杨淘. CBTC 系统中移动闭塞与后备模式追踪间隔研究[J]. 西南交通大学学报, 2012(3): 446.
HE Chengcai, YANG Tao. Comparison of headways in moving block and fallback modes for CBTC system [J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2012 (3): 446.
- [4] 徐宏伟,陆良峰,丁志燕. 基于 CBTC 系统的移动授权生成研究[J], 工业控制计算机, 2018(7): 63.
XU Hongwei, LU Genfeng, DING Zhiyan. Research on movement authority generation based on CBTC system [J]. Industrial Control Computer, 2018 (7): 63.

(收稿日期: 2021-06-21)