

# 城市轨道交通全自动运行列车跨控区回退安全防护设计方案

乔福明

(上海富欣智能交通控制有限公司, 201203, 上海//工程师)

**摘 要** 列车自动回退是城市轨道交通全自动运行系统新增功能之一,列车回退时应保证退行区域内行车安全。分析了全自动运行列车过冲站台时自动回退可能存在的危害。根据实际运营需求,对列车跨控区回退场景进行了分析,并结合相邻控区间多种通信状态,提出了基于控区间信息交互实时获取相邻控区回退授权,实现列车跨控区回退安全防护方案。

**关键词** 城市轨道交通;全自动运行;跨控区回退;安全防护

**中图分类号** U298.1<sup>+</sup>2

**DOI**:10.16037/j.1007-869x.2022.07.049

## Safety Protection Design Scheme for Urban Rail Transit Fully Automatic Operation Trains Turning Back Crossing Control Area

QIAO Fuming

**Abstract** Automatic train turning back is one of the newly added functions of urban rail transit fully automatic operation system. When the train turns back, the safety of driving in the turning back area shall be ensured. The possible hazards of automatic turning back when the fully automatic operation train rushes over the platform are analyzed. According to the actual operation requirements, the turning back scenario of the train crossing control area is analyzed. Combined with the various communication states of the adjacent control area, it is proposed to obtain the turning back authorization of adjacent control area in real-time based on control area information exchange, so that the safety protection scheme for train turning back crossing control area is realized.

**Key words** urban rail transit; fully automatic operation; turning back crossing control area; safety prelection

**Author's address** Shanghai Fuxin Intelligent Transportation Solutions Co., Ltd., 201203, Shanghai, China

工确认时间,进一步提升运营效率。列车自动回退是全自动运行系统新增功能之一,指列车进站过冲站台(例如:5 m内)时,自动回退再次对标,直至列车对准站台停车标志。列车回退时应保证退行区域内行车安全。

## 1 列车退行危害分析

1) 列车退行过程中,存在与后方列车发生相撞或侧冲的可能性<sup>[3,4,7]</sup>。当前技术主要是通过计算列车回退防护区域,并将其作为其它列车的障碍物,来阻止后行列车进入该区域。若后行列车已位于回退区域内,则不允许列车回退。

2) 列车退行过程中,如遇道岔转动,在岔区会导致列车脱轨。锁闭列车回退区域中的道岔,可以防止道岔转动。

3) 列车退行过程中,如站台门打开、急停按钮被激活,可能会导致列车与轨道上的工作人员或者跌落站台的乘客发生碰撞。增加对站台门开关状态和急停按钮的检查,有助于确保乘客和工作人员的安全。

4) 列车退行过程中,如进入封锁区域,发生激活的人防区域、封锁的区段或者道岔、封锁的信号机内方等情况,会导致列车脱轨、与工作人员或者乘客发生碰撞。也应将封锁区域作为回退授权的检查事项。

5) 列车在段(场)内退行过程中,如遇库门关闭或洗车机故障,会导致列车与库门或洗车机相撞。库门和洗车机状态也应该纳入回退授权的检查条件。

6) 列车退行过程中,如未经授权而进入相邻控区,会导致与相邻控区列车相撞等。本文将提出相应的防护措施,以避免该危害发生。

## 2 列车跨控区回退场景分析

图1所示为列车正线折返过冲站台自动回退场

全自动运行系统采用自动化技术由设备代替司机或运营人员的操作,可减少人工操作失误和人

景。根据运营计划,早高峰和晚高峰时间段,部分列车采用小交路运营。列车从 GD1 方向运行至站台 KMN1 停车。站务人员清客确认后,列车利用虚拟站台 PS39 进行折返,在 GD0 方向继续载客运营。

图 1 中,ZC3 为控区 3 的区域控制器(ZC),ZC4 为控区 4 的区域控制器,控区 3 和控区 4 属于正线控区且相邻。若列车停靠站台 PS39 时过冲站台,列车回退安全应由 ZC3 和 ZC4 共同保证。

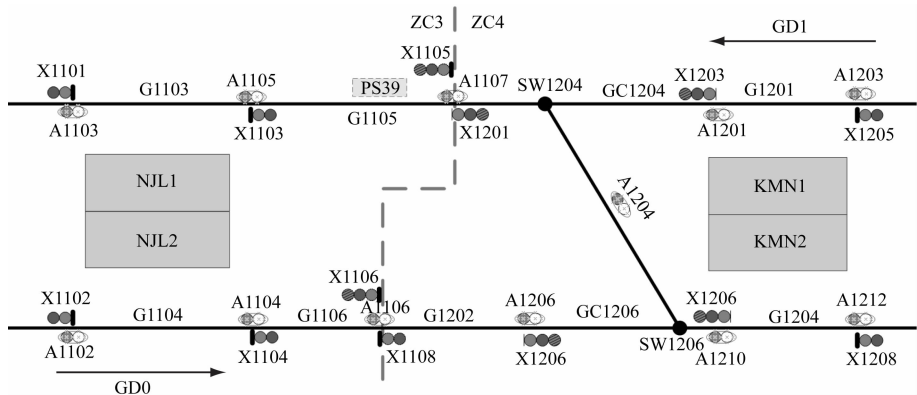


图 1 列车正线折返过冲站台的自动回退场景

Fig. 1 Automatic turning back scenario of train main line rushing over platform

图 2 所示为列车转换轨处过冲站台自动回退场景。根据运营计划,列车从 GD0 方向运行至虚拟站台 PS19 停车。列车停车后,ATS(列车自动监控)系统为列车分配运行任务。列车接到任务后,再次

投入正线载客运营。图 2 中,ZC9 为自动化车辆段控区 9 的区域控制器,ZC1 为正线控区 1 的区域控制器。若列车停靠虚拟站台 PS19 时过冲站台,列车回退安全将由 ZC9 和 ZC1 共同保证。

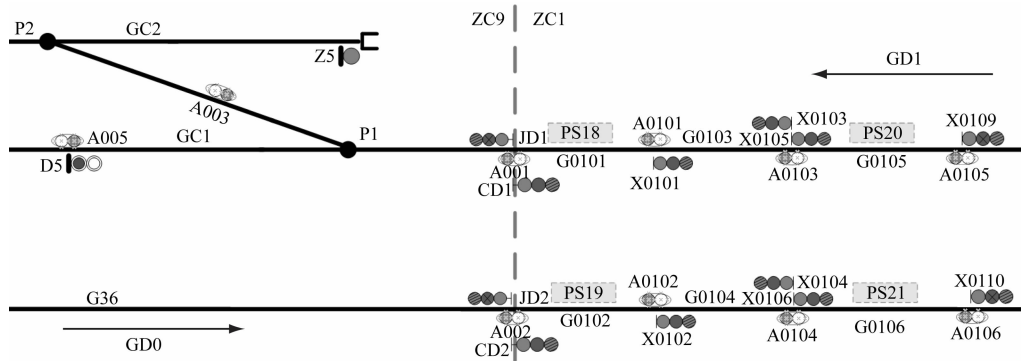


图 2 列车在转换轨处过冲站台的自动回退场景

Fig. 2 Automatic turning back scenario of train rushing over platform at transfer track

3 列车跨控区回退授权设计方案

列车过冲站台跨控区回退时,其所在控区 ZC 计算的回退授权由两部分组成:本控区 ZC 计算的授权和相邻控区 ZC 计算的授权。仅当本控区 ZC 和相邻控区 ZC 都授权回退时,本控区 ZC 才能向列车发送回退授权。列车在回退过程中持续检查 ZC 提供的回退授权,一旦检测到未授权,列车应立即停止回退,实施紧急制动。

3.1 回退授权设置

由于本控区 ZC 与相邻控区 ZC 之间及同控区

ZC 与联锁设备(CBI)之间存在多种不同的通信状态,列车跨控区回退时,回退授权的设置方式也不同。

1) 通信状态 1:相邻控区 ZC 间通信正常,同控区 ZC 与 CBI 间通信正常。该状态下列车回退授权设置方案如图 3 所示。列车向所在控区 ZC(图 3 中用 ZC1 表示列车所在控区区域控制器,ZC1 和 ZC2 相邻)发送回退请求。ZC1 在收到回退请求后,先计算本控区回退授权。ZC1 在计算本控区回退授权时,在其它条件均满足的情况下(包括站台急停按钮未激活、站台门关闭、人员防护按钮未激活

等),向该控区 CBI(图 3 中用 CBI1 表示)发送回退请求。CBI1 在收到回退请求后,为其计算回退授权。CBI1 在计算回退授权时,判断后退条件是否满足,若满足,则锁闭回退区域。锁闭了回退区域即认为回退已授权。CBI1 将计算的回退授权发送给 ZC1。为其它列车办理进路时,若进路范围内存在锁闭的回退区域,回退区域中的道岔不能转动。

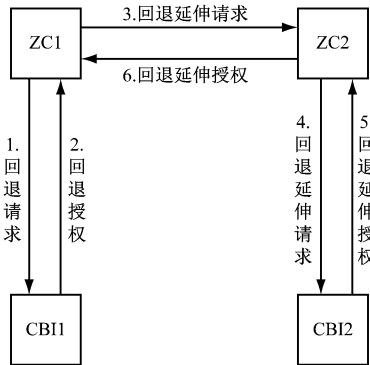


图 3 相邻控区 ZC 间通信正常

Fig. 3 Normal communication between adjacent control area ZCs

仅当本控区回退已经授权时,ZC1 才向相邻控区 ZC(图 3 中用 ZC2 表示)发送回退延伸请求。ZC2 在收到回退延伸请求后,为其计算回退延伸授权。ZC2 计算回退延伸授权时,在其它条件均满足的情况下(包括请求的回退区域没有列车、道岔处于定向或者侧向、回退区域外方列车不会越过该回退区域等),向本控区联锁设备(CBI)(图 3 中用 CBI2 表示)发送回退延伸请求。CBI2 在收到回退延伸请求后,为其计算回退延伸授权。CBI2 在计算回退延伸授权时,判断回退条件是否满足,若满足,则锁闭请求的回退区域。锁闭了回退区域即认为回退延伸已授权。CBI2 将计算的回退延伸授权发送给 ZC2,ZC2 再将回退延伸授权发送给 ZC1。

ZC1 收到 ZC2 回复的回退延伸授权时,仅当本控区 ZC 和相邻控区 ZC 都授权回退时,ZC1 才能向列车发送回退授权。以上计算回退授权涉及到的条件应持续检查,一旦不满足,应立即停止回退授权。

2) 通信状态 2:相邻控区 ZC 间通信中断,同控区 ZC 与 CBI 间通信正常。如图 4 所示,ZC1 和相邻 ZC2 通信中断。列车所在控区 ZC1 的回退延伸请求将通过本控区 CBI1 转发给相邻控区 CBI2,CBI2 再发送给 ZC2。ZC2 将计算后的回退授权按照回退延伸请求时的路径回复给 ZC1。

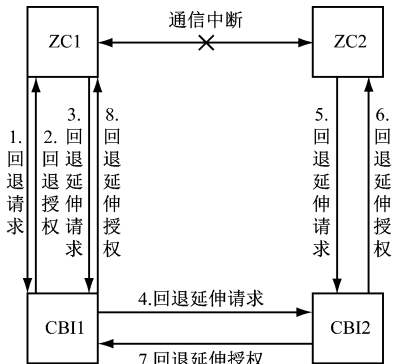


图 4 相邻控区 ZC 间通信中断

Fig. 4 Interrupted communication between adjacent control area ZCs

3) 通信状态 3:ZC 和 CBI 间通信中断。ZC 和 CBI 间通信中断状态可分为 3 种场景,不同场景下列车回退授权设置方式不同。

场景 1 如图 5 所示,ZC1 和相邻 ZC2 间通信中断,ZC2 和 CBI2 间通信中断。列车所在控区 ZC1 的回退延伸请求将通过本控区 CBI1 转发给相邻控区 CBI2。CBI2 将计算后的回退授权按照回退延伸请求时的路径回复给 CBI1。由于 ZC2 和相邻 CBI2 中断通信,ZC2 中的列车无法使用高级模式根据 ZC2 计算的移动授权行车,仅能由司机根据信号显示手动驾驶列车。该方案同样适用于场景 2,即 ZC1 和相邻 ZC2 间通信正常,ZC2 和 CBI2 间通信中断。场景 2 列车回退授权设置如图 6 所示。

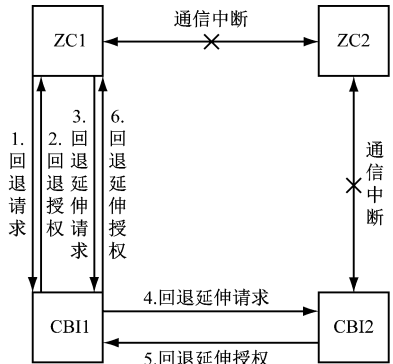


图 5 ZC 和 CBI 间通信中断场景 1

Fig. 5 Interrupted communication scenario 1 between ZC and CBI

场景 3 如图 7 所示,ZC1 和 ZC2 通信中断,ZC2 和 CBI2 通信中断,CBI1 和 CBI2 通信中断,ZC1 无法知道相邻控区的授权情况。此种情况下不允许列车自动回退,需人工干预,上车对位,由人工保证列车回退安全。

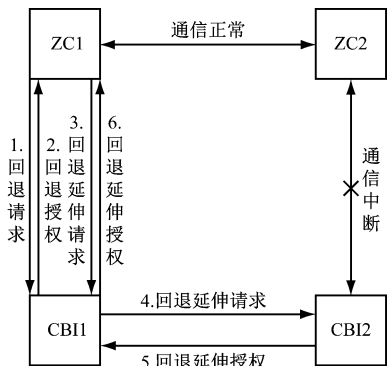


图6 ZC和CBI间通信中断场景2

Fig. 6 Interrupted communication scenario 2 between ZC and CBI

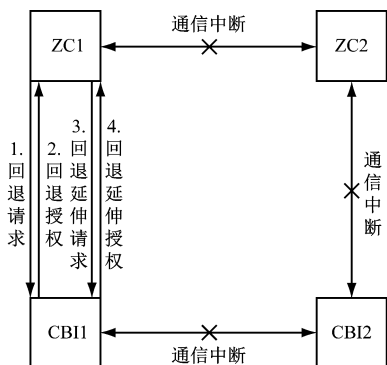


图7 ZC和CBI间通信中断场景3

Fig. 7 Interrupted communication scenario 3 between ZC and CBI

### 3.2 回退授权取消

列车对准站台或离开站台时,自动取消已授权的回退区域。由于系统间通信中断等原因不能自动取消时,经人工确认后,通过控制中心下发命令取消已授权回退区域。

## 4 结语

本文分析了全自动运行列车过冲站台回退过程中可能存在的危害。结合运营需求,对列车过冲站台跨控区回退场景进行了分析,提出了通过控区

间信息交互实时获取相邻控区回退授权的安全防护方案。该方案可以解决列车跨控区回退安全防护问题,确保列车回退时的行车安全。

## 参考文献

- [1] 师秀霞,高晓菲.一种无人驾驶列车退行安全防护方法:CN 109677459A[P]. 2018-11-12.  
SHI Xiuxia, GAO Xiaofei. A protection method of train turning back safety under unmanned operation; CN 109677459A[P]. 2018-11-12.
- [2] 孙玉鹏,余小冬.基于通信的列车的退行防护方法及系统:CN 111845854A[P]. 2020-07-16.  
SUN Yupeng, YU Xiaodong. A method and system of train turning back protection based on communication; CN 111845854A[P]. 2020-07-16.
- [3] 杨旭文,张强.一种全自动列车的正线进站过标向后跳跃锁闭的方法:CN 109159890B[P]. 2018-09-18.  
YANG Xuwen, ZHANG Qiang. A method of a fully automatic train main line entering station passing the mark backward jumping and locking; CN 109159890B.
- [4] 张雨涛,胡荣华.一种无人驾驶列车反向跳跃功能的实现方法:CN 112572536A[P]. 2020-12-31.  
ZHANG Yongtao, HU Ronghua. A method realizing unmanned operation train backward jumping function; CN 112572536A[P]. 2020-12-31.
- [5] 杨志超.对列车调度员列车退行组织的研究[J]. 减速顶与调速技术, 2019(2):31.  
YANG Zhichao. Research on train coordinator organizing train turning back[J]. Retarders & Speed Control Technology, 2019(2):31.
- [6] 李兆龄.全自动运行系统中联锁功能的新变化[J]. 铁路通信信号, 2021(6):82.  
LI Zhaoxing. New changes in interlocking function of fully automatic operation system[J]. Railway Signalling & Communication, 2021(6):82.
- [7] 李乐,张溢斌,张叶红.一种联锁及列车跳跃方法:CN 112026850B[P]. 2020-08-25.  
LI Le, ZHANG Yibin, ZHANG Yehong. An interlocking and train jumping method; CN 112026850B[P]. 2020-08-25.

(收稿日期:2021-02-12)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021—56830728 转 821