

不同集成模式下区域控制器功能实现分析

姜宏阔, 吕浩炯, 任 颖

(湖南中车时代通信信号有限公司, 湖南 长沙 410005)

摘 要: 介绍了联锁兼容型和联锁升级型 2 种 CBTC 系统集成模式, 分析和对比 2 种集成模式下区域控制器主要功能的实现, 根据 CBTC 系统将向互联互通发展的趋势, 得出联锁升级型模式下区域控制器功能的实现方式更适应 CBTC 系统发展方向的结论, 以期对 ZC 研究、开发和升级提供参考。

关键词: 区域控制器; CTBC; 移动授权; 列车追踪; 互联互通

中图分类号: U284

文献标识码: A

doi: 10.13890/j.issn.1000-128x.2018.02.016

Implementation Analysis of ZC Function in Different Integration Modes

JIANG Hongkuo, LYU Haojiong, REN Yin

(Hunan CRRC Times Signal & Communication Co., Ltd., Changsha, Hunan 410005, China)

Abstract: CBTC integration modes of the CI compatible and the CI upgraded were introduced, and implementation of ZC main functions in the integration modes was analyzed. According to CBTC interoperability trend, conclusion was made that implementation of ZC function in the CI compatible integration mode was more adapt to CBTC development, which would provide reference for ZC research, development and update.

Keywords: zone controller; CTBC; mobile authorization; train tracking; interoperability

0 引言

2004 年 9 月, 武汉轨道交通 1 号线开通, 这是我国第一条应用 CBTC 系统的线路, 之后北京地铁 10 号线、广州地铁 4 号线、上海地铁 7 号线等都开通了 CBTC 系统, 这些均为从国外公司引进的系统。随着 CBTC 的国产化推进, 2010 年 12 月, 北京地铁亦庄线开通, 成为我国第一条应用国产化 CBTC 系统的线路。

CBTC 信号系统采用移动闭塞技术, 满足城市轨道交通向大运力、高密度、网络化、智能化的发展需求, 是目前大力发展的先进轨道交通信号系统。展望未来, CBTC 会向采用统一标准、实现系统互联互通的方向发展。

区域控制器 ZC (Zone Controller) 是 CBTC 系统的核心子系统, 也是 CBTC 系统实现移动闭塞的关键子系统, 为列车实时计算移动授权, 保证列车安全间隔。从

CBTC 信号系统在我国的发展情况及趋势看, 研究其核心子系统 ZC 在不同 CBTC 集成模式下的实现很有必要。

1 集成模式介绍

综合目前 CBTC 系统的实际工程应用情况, CBTC 集成模式可划分为联锁兼容型 CBTC 集成模式和联锁升级型 CBTC 集成模式。

ATS 将进路命令发送给 ZC, ZC 计算预留, 之后 ZC 再在此预留基础上计算移动授权, CI 仅作为信号机、道岔等线路元素的控制和状态采集设备, 则构成了联锁兼容型集成模式。上海 6 号、7 号、8 号、9 号、11 号线, 北京 4 号线等线路的 CBTC 系统采用该集成模式。

ATS 将进路命令发送给 CI, CI 办理进路, 并将进路信息发送给 ZC, ZC 在 CI 提供的进路基础上计算移动授权, 则构成了联锁升级型集成模式。北京 9 号、10 号线、亦庄线、房山线, 广州 4 号、6 号线, 深圳 2 号、5 号线等线路的 CBTC 系统采用该集成模式。

2 功能实现分析

2.1 功能简述

ZC 是 CBTC 的子系统之一，其主要功能已在 CBTC 各子系统功能分配中确定，与 CBTC 系统集成模式无关，即 ZC 无论处于联锁兼容型还是处于联锁升级型 CBTC 中，其功能需求都是一样的。ZC 主要功能简述如下：

①安全位置确定。ZC 根据车载 ATP 实时汇报的列车速度、列车位置、运行方向，考虑车地通信延时、列车测速误差等信息，根据一定的算法计算列车安全包络，形成安全车尾位置和安全车头位置，以便参与 ZC 安全逻辑运算。

②列车越区切换。当受控列车从一个 ZC 辖区进入另一个 ZC 辖区时需要进行 CT 列车主控 ZC 的变更，实现 ZC 越区切换。在 ZC 越区切换的过程中，要保证列车运行不受影响。

③管理临时限速。ZC 管理其范围内线路临时限速 TSR 的设置和取消，在完成移动授权 MA 的计算后，将 MA 范围内的临时限速发送给车载 ATP，以便其进行速度控制，确定安全速度。

④处理移动授权。移动授权 MA 是指列车沿给定的行驶方向进入并在某一特定轨道区段内行车的许可^[1]。计算 MA 时考虑列车运行前方的道岔、站台、列车等各种危险点，保证移动授权的末端不越过危险点。MA 包括 LMA 和 AMT，其中 LMA 是为受控列车计算的 MA，AMT 是为非受控列车计算的 MA。

⑤安全间隔防护。ZC 防护其管辖范围内列车的安全运行间隔，采取一定的闭塞技术，结合列车信息、线路信息等，保证在 CBTC 或混跑时前行列车和追踪列车的安全间隔。

2.2 实现对比

由上文中对 CBTC 集成模式的介绍可知，目前我国城市轨道交通应用的 CBTC 信号系统主要有联锁兼容型和联锁升级型 2 种，现将 2 种集成模式下 ZC 主要功能的实现进行对比，如表 1 所示。

由表 1 可知，在联锁兼容型和联锁升级型 2 种集成方式下，安全位置确定、列车越区切换、管理临时限速功能的实现基本相同，而处理移动授权、安全间隔防护功能在实现上有较大区别，现做进一步分析。

1) 移动授权计算

如图 1 所示，联锁兼容型模式下 ZC 在计算移动授权时做了大量的 ATS 进路预留工作（图中虚线区域），在进路预留时，ZC 根据 CI 提供的信号机、屏蔽门、紧急停车按钮等线路元素的状态预留无道岔区域的 ATS 请求进路，当请求进路范围内有道岔时，ZC 向 CI 请求道岔区域的进路预留，最后由 ZC 合成整个 ATS 请求进路范围内的进路预留。ZC 完成预留工作后，再

在此预留进路范围内判断前方列车、站台状态、逻辑区段状态等移动授权的障碍物，为列车计算移动授权。

表 1 2 种集成方式下 ZC 功能实现对比

ZC 功能	实现方式简述	是否相同
安全位置确定	2 种模式下实现方式基本相同，即根据一定的算法计算列车安全包络，形成安全车尾位置和安全车头位置	是
列车越区切换	2 种模式下实现方式基本相同，即列车进入 ZC1 的移交区域时，准备接管的 ZC2 开始为列车计算 MA，由 ZC1 融合 ZC1 和 ZC2 的 MA；列车进入 ZC2 控区开始向 ZC2 注册；列车完全驶离 ZC1 控区时向 ZC1 申请注销，完成列车越区切换	是
管理临时限速	2 种模式下实现方式基本相同，即 ZC 根据 ATS 下发的 TSR 命令，在其管辖范围内的逻辑区段上设置或取消 TSR，将 TSR 信息发送给车载 ATP	是
处理移动授权	2 种模式下实现方式有所区别： 联锁兼容型：ZC 根据 ATS 进路命令先计算 ATS 进路预留，再在该预留基础上计算移动授权； 联锁升级型：CI 根据 ATS 进路命令办理进路，ZC 在 CI 提供的进路基础上计算移动授权	否
安全间隔防护	2 种模式下实现方式有所区别： 联锁兼容型：ZC 负责计算所有列车的移动授权，包括受控列车和非受控列车，列车追踪时 ZC 采取的闭塞技术有固定闭塞、准移动闭塞、移动闭塞； 联锁升级型：ZC 只负责为受控列车计算移动授权，列车追踪时 ZC 采取的闭塞技术有准移动闭塞、移动闭塞	否

如图 2 所示，联锁升级型模式下 ZC 在计算移动授权时不再自己处理 ATS 进路预留的工作，该部分工作由 CI 完成。当 CI 根据联锁逻辑排列出 ATS 请求的进路后，将进路信息发送给 ZC，ZC 在 CI 提供的进路范围内判断移动授权障碍物，为列车计算移动授权。

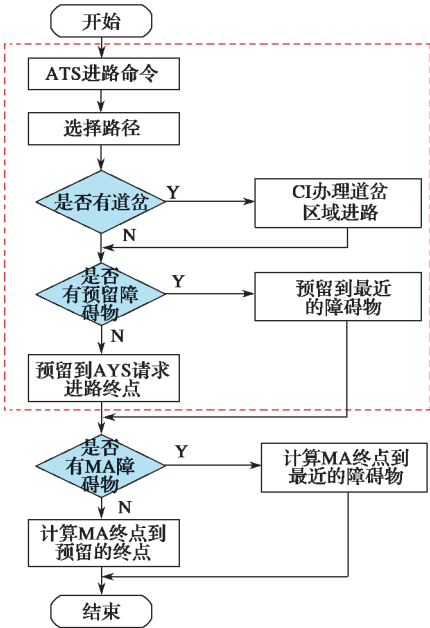


图 1 联锁兼容型模式下移动授权处理过程

联锁兼容型模式下，由于 ZC 负责处理 ATS 请求进路的预留，所以 ZC 为所有列车计算移动授权，包括

受控列车和非受控列车。ZC 为受控列车计算出 LMA, 通过 DCS 无线系统发送给车载 ATP, 通过车载显示指导司机人工驾驶或通过 ATO 自动驾驶列车运行; ZC 为非受控列车计算 AMT, 根据 AMT 信息向 CI 发送信号机开关命令, 引导非受控列车运行。

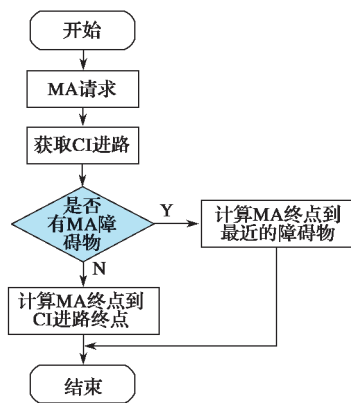


图2 联锁升级型模式下移动授权处理过程

联锁升级型模式下, CI 负责 ATS 请求进路的办理, 所以 ZC 只负责为受控列车计算 LMA, 通过无线 DCS 系统发送给车载 ATP。非受控列车的 AMT 由 CI 负责, CI 控制信号机显示, 引导非受控列车运行, 并在点式运行级别下, CI 将 AMT 信息通过有源应答器或交叉感应环线等发送给车载 ATP。

2) 安全间隔防护

CBTC 系统支持列车混跑, 因此在安全间隔防护时采用的闭塞技术有固定闭塞、准移动闭塞和移动闭塞。对子系统 ZC 而言, 会根据当前列车状态和被追踪列车状态来决定采取哪种闭塞技术。

联锁兼容型模式下, ZC 负责为受控列车计算 LMA, 为非受控列车计算 AMT, 所以 ZC 需要考虑的闭塞技术有固定闭塞、准移动闭塞和移动闭塞。将 CT 定义为受控列车, NCT 定义为非受控列车, 那么当 NCT 追踪 NCT, 或者 NCT 追踪 CT 时采用固定闭塞技术; 当 CT 追踪 NCT 时采用准移动闭塞技术; 当 CT 追踪 CT 时采用移动闭塞技术。

联锁升级型模式下, ZC 只负责为受控列车计算 LMA, 所以 ZC 需要考虑的闭塞技术有准移动闭塞和移动闭塞。当 CT 追踪 NCT 时采用准移动闭塞技术; 当 CT 追踪 CT 时采用移动闭塞技术。NCT 追踪 NCT 不属于 ZC 的工作范畴, 由 CI 负责。

3 趋势展望

在我国城市轨道交通的建设过程中, 不同线路采用了不同厂家的信号设备, 各厂家的信号设备又互不兼容。近年来, 新一轮城市轨道交通建设高峰的到来, 对信号系统提出了经济适用、资源共享、技术先进及可持续发展的要求。为此, 由中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会多次组织交通运营商、设计院、装备供应商、科研院所等相关单位讨论, 研究 CBTC 系统的互联互通, 于 2015 年 6 月发布了《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统 (CBTC) 接口规范—

互联互通接口规范》。因此, CBTC 系统走向互联互通将是趋势。

互联互通接口规范 4.1.3.2 指出: ATP 子系统应根据 CI 子系统提供的列车进路信息、列车占用检测设备占用状态等信息, 以及 ATS 下达的临时限速等信息, 确定相应列车的允许运行方向和列车运行权限, 并保证追踪列车的安全间隔^[2]。由此可见, 互联互通接口规范要求 ATS 将进路请求发送给 CI, CI 办理进路, 将进路信息发送给 ZC, ZC 在此进路基础上为列车计算移动授权。另根据互联互通接口规范可知, 受控列车处于 CBTC 级别, 基于移动闭塞原理, ZC 为列车计算 LMA, 司机根据车载显示人工驾驶或 ATO 自动驾驶列车; 非受控列车运行在后备级别下, 基于固定闭塞原理, CI 为列车计算 AMT, 司机一般根据信号机指示行车。

综上所述, CBTC 系统将向互联互通方向发展, 而联锁升级型模式下处理移动授权、安全间隔防护等 ZC 功能的实现更贴近互联互通规范的要求, 因此, 联锁升级型模式下 ZC 功能的实现方式更适应 CBTC 系统的发展方向。

4 结语

本文介绍了联锁兼容型和联锁升级型 CBTC 系统集成模式, 对比分析了 2 种集成模式下 ZC 主要功能的实现, 发现安全位置确定、列车越区切换、管理临时限速功能的实现基本相同, 而处理移动授权、安全间隔防护功能在实现上有较大区别, 于是进一步详细分析了 2 种模式下 ZC 处理移动授权、安全间隔防护功能的实现。最后展望了 CBTC 系统将向互联互通发展的趋势, 得出联锁升级型模式下 ZC 功能的实现方式更适应 CBTC 系统发展方向的结论, 以为信号系统研发人员进行 ZC 研究、开发和升级提供参考。

参考文献:

- [1] 中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会. 城市轨道交通 CBTC 信号系统—ATP 子系统规范: CZJS/T 0028—2015 [S]. 2015.
- [2] 中国城市轨道交通协会技术装备专业委员会. 城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统 (CBTC) 接口规范—互联互通接口规范: CZJS/T 0033—2015 [S]. 2015.
- [3] 赵晓峰. 计算机联锁在 CBTC 系统中的两种集成方式 [J]. 铁道通信信号, 2012(11): 11.
- [4] 刘伯鸿, 李国宁. 城市轨道交通信号 [M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2011.
- [5] ANSI.Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements: IEEE 1474.1—2004 [S]. 2004.

作者简介: 姜宏阔 (1989—), 男, 工程师, 主要从事城市轨道交通 CBTC 信号系统研究。