

## 采用延续进路缩短市域铁路有岔站股道有效长方案\*

宋 睿

(中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉)

**摘 要** [目的] 相比 CBTC(基于通信的列车控制)系统, CTCS2 + ATO(中国列车自动运行控制系统第二级 + 列车自动运行)系统由于采用了将保护区段内置的方式, 股道的有效长较长, 导致部分地下有岔车站土建投资增加。市域铁路的地下站相对较多, 采用 CTCS2 + ATO 系统会增加项目的土建投资, 为提高项目经济性, 需研究缩短 CTCS2 + ATO 系统对市域铁路有岔站股道有效长要求的方案。[方法] 在保证安全防护距离不变的前提下, 对有岔车站, 通过采用配置虚拟地面数据来确保停车到位, 同时通过设置延续进路来缩短股道的有效长。详细分析了采用该方案需要重点考虑的问题, 如延续进路解锁方式、信号布置及虚拟数据配置原则、故障场景下的安全性保障、安全线设置等。[结果及结论] 对于采用延续进路方案的解锁方式, 推荐采用停稳即解锁方式; 同时, 对于设置有侧线的有岔站, 为提高运行效率, 推荐在股道正向接车方向设置安全线, 在反向接车方向不设置安全线。对于市域铁路有岔站, 采用延续进路方案相比原方案, 站台端至道岔岔前基本轨缝的距离可由 70 m 缩短至 25 m, 可显著减少地下车站规模及土建投资, 提高项目的经济性。

**关键词** 市域铁路; 信号系统; 延续进路; 股道有效长

**中图分类号** U231.2

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2024.12.057

### Solution to Shorten Track Usable Length at City Railway Turnout Stations by Using Continuation Routes

SONG Rui

(China Railway Fourth Survey and Design Institute Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China)

**Abstract** [Objective] Compared to the CBTC (communication-based train control) system, CTCS2 + ATO (Chinese train control system level 2 + automatic train operation) system requires longer usable track lengths due to its built-in protection zones, leading to increased construction investment for some underground turnout stations. Since city railways tend to have more underground stations, using the CTCS2 + ATO system can significantly raise civil engineering costs. To improve

the economic efficiency of such projects, it is necessary to study a solution is needed to reduce the track usable length requirements for city railway turnout stations using the CTCS2 + ATO system. [Method] While maintaining the same safety protection distance, it is proposed to use virtual ground data to ensure accurate stopping positions and setting up continuation routes to shorten the effective track length at turnout stations. Key considerations for this solution, such as unlocking methods for continuation routes, signal placement, principles for configuring virtual data, safety guarantees during fault scenarios, and the setup of safety lines, are thoroughly analyzed. [Result & Conclusion] For unlocking continuation routes, a 'stop and unlock' method is recommended. At turnout stations with side tracks, it is suggested to install safety lines in the track forward direction instead of the reverse direction to improve the operational efficiency. For city railway turnout stations, the proposed continuation route solution can reduce the distance between the platform end and the basic track joint in front of the turnout from 70 m to 25 m. This can significantly reduce the scale of underground stations, lower civil engineering costs, and improve the project overall economic efficiency.

**Key words** city railway; signaling system; continuation route; usable track length

根据现行技术条件, 由于采用了保护区段内置的方式, 相较于 CBTC(基于通信的列车控制)系统, 基于 CTCS2 + ATO(中国列车自动运行控制系统第二级 + 列车自动运行)系统的市域铁路有岔车站股道有效长更长, 在地下站较多的情况下, 市域铁路的土建工程投资将增加较多。为提升市域铁路建设项目的经济性, 需研究在确保安全及可用性的条件下缩短基于 CTCS2 + ATO 系统的市域铁路车站股道有效长的方法。根据调研, 在现行车载设置及规范要求的 60 m 安全防护距离无法进一步缩短的情况下, 仅压缩控车余量无法大幅度缩短股道有效长, 而通过延长站台缩短股道有限长的方案所适用

\* 中铁第四勘察设计院集团有限公司科研课题(2022K012)

的场景有限(仅适用于单岛四线等类似场景)。因此,本文将对基于 CTCS2 + ATO 系统的市域铁路设置延续进路缩短股道有效长的方案进行研究。

## 1 方案设计思路

设置延续进路缩短股道有效长方案的主要设计思路为:在保证安全保护距离(停车点至“危险点”,顺向道岔为警冲标,逆向为道岔尖轨尖端)不变的前提下,将 CTCS2 + ATO 系统置于出站信号机前方(股道侧)的安全防护距离分段并分别放置在信号机前方及后方(咽喉区侧)的保护区段内,同时对保护区段采用锁闭方案,对线路资源(含道岔)进行锁定,以确保安全。

市域铁路典型站型可分为无岔站、不设侧线的有岔站、设侧线的有岔站三种。对于无岔站及有岔站的无岔端,由于信号系统对股道有效长的要求不影响土建规模,方案建议对无岔站及有岔站的无岔端维持现有标准,不设置延续进路。

## 2 不设侧线股道有岔站延续进路设置

以下行方向停靠站台 IG 股道接车为例进行分析。信号设备布置如图 1 所示。

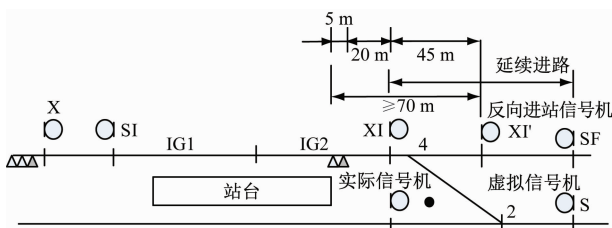


图 1 不设侧线股道的有岔站信号设备布置示意图

Fig. 1 Diagram of signaling equipment layout at a turnout station without side-track

### 2.1 延续进路的办理及解锁方式

延续进路的办理及解锁方式有两种方案。

1) 接车后不解锁方案。由 CTC(调度集中)系统预先根据发车方向确定延续进路终端按钮,从而触发联锁并按后续发车进路方向锁闭相关延续进路。待列车准备发车时,联锁检查条件满足后直接开放信号,延续进路在整个发车过程中都不解锁,待列车出清发车进路后再解锁。

2) 接车后解锁方案。统一按照直向发车口处办理延续进路,在发车前解锁该段延续进路,释放相关线路资源。由于现行延时 3 min 及人工解锁对

运营效率有着较大影响,考虑增加列车停稳、停准信息(可利用列车开门信息作为列车停稳、停准信息),在列车停稳、停准后即时对延续进路进行解锁。在列车开门的同时,通过车地通信发送相关解锁指令,经 TSRS(临时限速服务器)转发到列控中心,再将解锁命令传递给车站联锁解锁延续进路。若车地通信发生故障,可以考虑采用现有延时或人工确认的方式对延续进路进行解锁。

延续进路不解锁方案避免了在道岔可动的情况下由司机误发车而出现的挤岔风险,但当后续发车进路需开通侧向时,另一方向正线无法办理接车(如下行线接车后反向发车,此时延续进路占用了上行线区段,导致上行线无法接车),对运营效率有一定影响。同时,列车的停稳、停准信息由 ATP(列车自动保护)提供,可靠性较高。故综合考虑,推荐接车后采用列车停稳、停准信息对延续进路进行即时解锁方案。

### 2.2 信号布置及虚拟数据配置

出站信号机设于对向道岔前基本轨轨缝处。根据相关规范,发车端出站应答器组距离出站信号机距离为:侧线要求大于等于 20 m,正线要求大于 30 m。由于市域铁路列车最高运行速度为 160 km/h,与经 42 号道岔侧向过岔限制速度相同,故考虑正线出站有源应答器与实际信号机间距离也参照侧线标准,按 20 m 设计,应答器组间距为 5 m,无源应答器位于站台端放置,此时,站台端距离信号机为 25 m。

信号数据配置时,在实际出站信号机 XI 前方设虚拟信号机 XI'(对应位置设置虚拟绝缘节),XI' 信号机位置距离停车点应满足 70 m 的要求。在进站应答器组 BX 的无源应答器中配置以虚拟出站信号机 XI' 为出站信号机的相关线路信息。在出站应答器组 BXI 的有源应答器中配置以实际出站信号机 XI 为出站信号机的相关线路信息。

列车在进站接车过程中,越过进站信号机应答器 BX 时接收到进路信息,按照虚拟信号机 XI' 前方 40 m(车载安全防护距离)处作为 EOA(行车许可终点)。发车时,列车首先按照车载之前接收到的进站应答器组内 CTCS-1 包前进,当越过出站应答器组 BXI 处时,根据 BXI 处报文对车载接收存储的进路信息按照现场实际信号布置进行更新,并按照实际发车进路情况(实际出站信号机 XI 位置)进行发车。

### 2.3 故障场景下安全性分析

由于虚拟数据需要在出站应答器组处按照实际数据进行更新,否则会出现虚拟数据与实际数据不一致的问题,故以下主要针对丢失出站应答器组的故障场景进行分析。

当列车越过实际出站信号机 XI 处绝缘节时,车载根据在进站口接收到的进站应答器组中无源应答器数据中的轨道区段 CTCS-1 包,确认列车仍在出站信号机前方,此时列车 TCR(轨道电路信息接收单元)接收到的轨道电路载频与进路数据中的载频信息不符,若列车走行距离过长,会导致列车紧急制动。

在系统虚拟数据配置时,IG 股道长度按照绝缘节至虚拟信号机 XI' 处进行描述。根据对部分信号系统供应商的调研,目前载频开窗距离设置为 50 m。故当虚拟信号机 XI' 距离实际信号机 XI 距离按小于 50 m 配置时,可满足列车不触发制动。对开窗逻辑不能满足该距离要求的部分信号系统供应商车载设备,可对车载设备开窗逻辑进行统一修改。

同时,在直向紧追踪情况下,列车在越过实际信号机绝缘节时,车载根据之前接收到的进站信号机应答器组报文,认为列车仍位于股道,但列车实际已进入发车进路,由于接收到的码序降级,列车 MA(行车许可)突然回缩一个闭塞分区,从而触发列车紧急制动,虽无安全影响,但会导致系统可用性降低。故考虑通过应答器配置实现列车在出站应答器丢失后从 FS(完全监控)模式转为 PS(部分监控)模式,列车以低速发车时可避免因 MA 变化出现的紧急制动。

## 3 设侧线股道有岔站延续进路设置

由于市域铁路往往存在列车越行需求,故部分车站会设置侧线。根据设置的侧线是否具备直向发车条件,设侧线股道有岔站可以分为具备直向条件和不具备直向条件两种,区别仅为发车过程不同,且具备直向条件发车场景包含了侧向发车,故下文主要针对具备直向发车场景的站型进行分析。此站型下,车站信号设备布置如图 2 所示。

### 3.1 延续进路的办理及解锁方式

此站型下,延续进路的办理及解锁方式同样有两种。如图 2 所示,若延续进路接车后不解锁,后续发车方向为 SCF 口时,延续进路按照发车进路办理至信号机 SCF 处;若后续发车方向为信号机 SF 口

时,延续进路按照发车进路办理至信号机 SF 处。在列车接、发车过程中,延续进路应一直保持锁闭状态,这会导致正线资源被锁闭,此时 IG 股道无法接车,需等待 3G 股道列车发出且出清发车进路后 IG 股道才具备接车条件,对行车效率会产生一定影响。

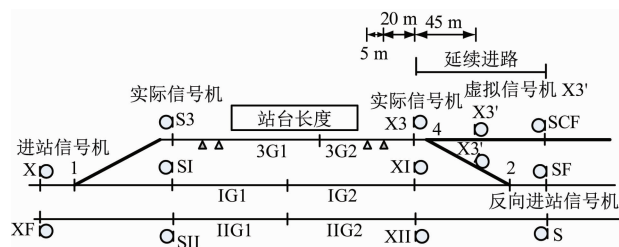


图 2 设侧线股道的有岔站信号设备布置示意图

Fig. 2 Diagram of signaling equipment layout at a turnout station with side-tracks

因此,与无侧线站设置方案相同,建议延续进路利用列车停稳、停准信息,在列车停稳、停准后立即解锁。若车地通信发生故障时,则采用延时或人工确认的方式对延续进路进行解锁。

### 3.2 信号布置及虚拟数据配置

信号布置及虚拟数据配置与不设侧线有岔站相同,X3 信号机设置于 4 号道岔岔前基本轨缝处。应答器布置在距离实际出站信号机 20 m 处,应答器组间距为 5 m,无源应答器放置在站台端。在信号数据配置时,设虚拟信号机 X3',其位置应满足至停车点 70 m 安全防护距离的要求。

### 3.3 故障场景下安全性分析

目前工程设计在侧向接车时,进站有源应答器组内的信息描述范围除了完整接车进路外还包含了直向发车进路信息。

当后续发车为侧向时,由于列车在股道收到 UU/UUS 码后会丢失之前应答器报文信息,在丢失出站应答器组的情况下会导致列车因缺少发车时的线路数据而转入 PS 模式。由于在 PS 模式下列车不会受载频和码序制约,不存在越过实际出站信号机绝缘节时因车载数据未更新而出现的接收到轨道电路载频不同和紧追踪情况下码序变化的问题。此时,列车以不高于 45 km/h 的速度发车,在越过反向进站应答器组后对前方线路数据进行更新,转入 FS 模式。

当后续发车为直向时,由于在进站应答器处已经对发车进路进行过预告,列车具备完整线路信



息,不会转为 PS 模式。此场景与正线直接、直发时相同,存在列车越过实际出站信号机绝缘节时因车载数据未更新而出现的接收到轨道电路载频不同和紧追踪情况下码序变化的问题。解决方案可参照前文,载频不同问题可以利用车载载频锁定处理逻辑内的开窗(50 m)解决;对于紧追踪所产生的码序问题,建议按照上文所述采用“链接反应”方案,进站应答器中对丢失出站应答器后的链接反应按照转 PS 模式考虑。

#### 4 无直向发车端安全线设置分析

对于侧线股道无直向发车端,根据设置安全线与否,信号设备布置有如图 3 和图 4 所示两种方式。

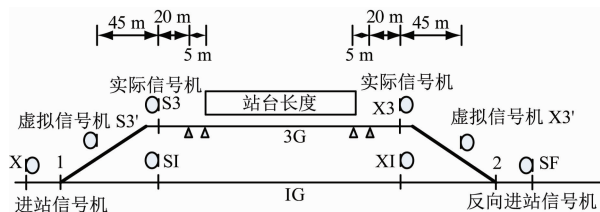


图 3 无安全线情况下信号设备布置示意图

Fig. 3 Diagram of signaling equipment layout without safety lines

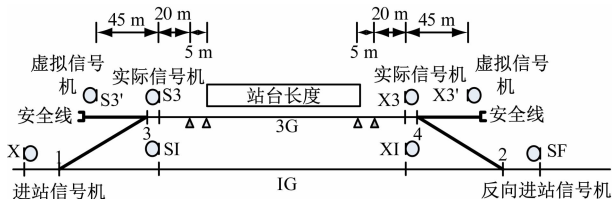


图 4 有安全线情况下信号设备布置示意图

Fig. 4 Diagram of signaling equipment layout with safety lines

##### 4.1 不设置安全线方案

不设置安全线,延续进路终端需至反向进站信号机 SF 处。由于侧线接车的延续进路占用了正线区段资源,需等待延续进路解锁完成后,正线才能开始接车。延续进路解锁方案可采用发车后解锁或停稳解锁,当 ATO 故障时改为人工或延时解锁。无论采用何种方案,都会对行车效率造成影响。

##### 4.2 设置安全线方案

设置安全线,延续进路终端可至安全线,此时正线区段无锁闭,可以正常接发车,满足平行作业要求。由于安全线方向无法发车,需要解锁进路后重新办理开通正线进路,延续进路解锁方式考虑采用停稳解锁(当 ATO 故障时改为人工或延时解

锁),后续重新办理发车进路方式。

结合市域铁路车站设置侧线的主要目的,本着不影响正线正常越行且尽可能减少投资的原则,建议对正方向上的无直向发车端采用方案二设置安全线。对于反向上的无直向发车端,由于一般用于特殊情况的故障行车,因此采用方案一不设置安全线,信号设备布置如图 5 所示。

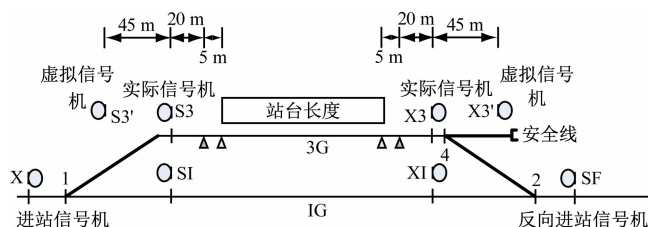


图 5 推荐信号设备布置示意图

Fig. 5 Diagram of recommended signaling equipment layout

#### 5 结语

采用延续进路方案后,市域铁路有岔站台距离岔前基本轨缝距离为 25 m,相比原 CTCS2 + ATO 系统方案的 70 m 缩短了 45 m,显著减少了地下车站规模,减少了土建投资,提高了项目的经济性。

#### 参考文献

- [1] 中国国家铁路集团有限公司. CTCS-2 级列控车载设备技术规范: Q/CR 843—2021[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2021:7.  
China State Railway Group Co., Ltd. Technical specification for CTCS-2 onboard ATP: Q/CR 843—2021[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2021:7.
- [2] 国家铁路局. 列控系统应答器应用原则: TB/T 3484-2018[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2017:3.  
National Railway Administration of People's Republic of China. The balise application principle for the train control system: TB/T 3484—2018[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2017:3.
- [3] 国家铁路局. 列控中心技术条件: TB/T 3439—2016[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2016:9.  
National Railway Administration of People's Republic of China. Technical specification of train control center: TB/T 3439—2016[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2016:9.
- [4] 国家铁路局. 铁路车站计算机联锁技术条件: TB/T 3027—2015[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2016:4.  
National Railway Administration of People's Republic of China. Computer based interlocking technical specifications: TB/T 3027—2015[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2016:4.

(下转第 344 页)

为 67.5 s,总追踪间隔为 145.0 s,满足一般市域铁路 3 min 运营追踪间隔要求,且不影响有列车折返作业区间相邻接车站正常发车(多车追踪场景下的时间与区间长度和允许速度有关)。

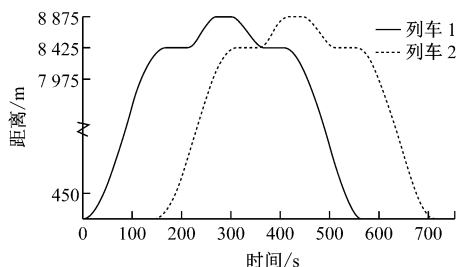


图 7 列车自动折返仿真结果

Fig. 7 Simulation results of train automatic turnback

### 2.3 运营安全

办理折返作业或常态下无进路建立时,该方案通过控制轨道电路编码进行防护,区间列车凭行车许可不能进入折返轨 ZFG,从而保证了列车运行安全。

## 3 结语

本文通过分析采用 CTCS2 + ATO 信号系统的市域铁路的公交化运营区间自动折返场景需求,提出了一种区间自动折返优化方案。该方案在保证 CTCS2 + ATO 信号系统与国铁线路互联互通和同等级别安全防护的基础上,极大提高了市域铁路公交化运营效率,扩展了既有国铁 CTCS2 + ATO 信号系统灵活性且自动化水平更高,有助于促进市域铁路运营服务向更高标准、更好水平迈进。

## 参考文献

- [1] 中国国家铁路集团有限公司. CTCS-2 级列控车载设备技术规范:Q/CR 843—2021[S]. 北京:中国铁道出版社有限公司, 2021:2.  
China State Railway Group Co., Ltd. Technical specification for CTCS-2 onboard ATP: Q/CR 843—2021 [S]. Beijing: China Railway Publishing House Co., Ltd., 2021:2.

(上接第 340 页)

- [5] 赵博. 基于 CTCS2 + ATO 的城际和市域铁路到发线有效长优化研究[J]. 中国铁路, 2023(7):32.  
ZHAO Bo. Research on optimization of effective length of arrival & departure track for intercity and regional railways in metropolitan area based on CTCS2 + ATO[J]. China Railway, 2023(7):32.  
[6] 刘洋. 市域铁路地下车站到发线有效长度研究[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(4):58.  
LIU Yang. Effective length of arrival and departure lines of urban

- [2] 中国国家铁路集团有限公司. 列控中心技术规范:Q/CR 817—2021[S]. 北京:中国铁道出版社有限公司, 2021:45.  
China State Railway Group Co., Ltd. Technical specification for train control center: Q/CR 817—2021[S]. Beijing: China Railway Publishing House Co., Ltd., 2021:45.  
[3] 国家铁路局. 调度集中与计算机联锁接口规范:TB/T 3496—2017[S]. 北京:中国铁道出版社有限公司, 2017:8.  
National Railway Administration of the People's Republic of China. Interface specification between centralized traffic control and computer based interlocking: TB/T 3496—2017 [S]. Beijing: China Railway Publishing House Co., Ltd., 2017:8.  
[4] 中国国家铁路集团有限公司. 列控中心接口规范:Q/CR 864. 1—2021[S]. 北京:中国铁道出版社有限公司, 2021:3.  
China State Railway Group Co., Ltd. Interface specification of train control center: Q/CR 864. 1—2021 [S]. Beijing: China Railway Publishing House Co., Ltd., 2021:3.  
[5] 中国国家铁路集团有限公司. 列控系统应答器应用技术条件:Q/CR 769—2020[S]. 北京:中国铁道出版社有限公司, 2020:29.  
China State Railway Group Co., Ltd. The balise application technical conditions for the train control system: Q/CR 769—2020 [S]. Beijing: China Railway Publishing House Co., Ltd., 2020:29.  
[6] 上海申铁投资有限公司. 关于印发《市域铁路 CTCS2 + ATO 列控系统自动折返工程设计举例(暂行)》等 4 项标准性技术文件的通知:沪申铁字[2023]078 号[S]. 上海:上海申铁投资有限公司, 2023:1.  
Shanghai Shen-Tie Investment Co., Ltd. Notice on issuing four standard technical documents including 'Design Examples of CTCS2 + ATO Train Control System Automatic Turnback Engineering for Urban Railways (Provisional)': HSTZ [2023] No. 078 [S]. Shanghai: Shanghai Shen-Tie Investment Co., Ltd., 2023:1.

- 收稿日期:2024-05-20 修回日期:2024-06-10 出版日期:2024-12-10  
Received:2024-05-20 Revised:2024-06-10 Published:2024-12-10  
• 通信作者:王勇,工程师, wangyong@casco.com.cn  
• ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

railway underground stations[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(4):58.

- 收稿日期:2024-07-08 修回日期:2024-08-10 出版日期:2024-12-10  
Received:2024-07-08 Revised:2024-08-10 Published:2024-12-10  
• 通信作者:宋睿,工程师, 279694831@qq.com  
• ©《城市轨道交通研究》杂志社, 开放获取 CC BY-NC-ND 协议  
© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license