

城市轨道交通 CBTC 线路和市域铁路 CTCS 线路的接轨站设计方案研究^{*}

齐亚娜

(中国铁路设计集团有限公司, 300308, 天津//正高级工程师)

摘 要 采用 CBTC(基于通信的列车控制)系统的城市轨道交通线路与采用 CTCS(中国列车运行控制系统)的市域铁路线路间有过轨运营的需求时,其接轨站的设计很复杂。对此类接轨站的车站平面、信号系统的设计方案,以及对车站配线及停车线长度的设置、列车临时限速的处理措施、各信号子系统间的接口要求、列车控制制式转换时地面设备的配置要求等方面进行了研究。

关键词 基于通信的列车控制;中国列车控制系统;接轨站;过轨运营

中图分类号 U231.4;U284

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.11.002

Design Scheme of Junction Station between Urban Rail Transit CBTC Line and Urban Railway CTCS Line

QI Ya'na

Abstract The design of a junction station between urban rail transit CBTC (communication based train control) line and urban railway CTCS (China train control system) line is very complicated when there is a need for cross-line operation. In this paper, problems like the station layout and signaling system design scheme of such junction stations, the station sidings and parking line setting, the train TSR (temporary speed restriction) management, the interface requirements of signaling subsystems, the configuration requirements of ground equipment during the conversion of train control system are studied.

Key words CBTC; CTCS; junction station; cross-line operation

Author's address China Railway Design Corporation, 300308, Tianjin, China

随着城际铁路、市域(郊)铁路引入城市中心,铁路线与城市轨道交通线同站台换乘或共用车站配线的设计方案越来越多,采用不同制式信号系统

的两条轨道交通线在接轨站实现过轨运营的需求逐年增加。本文以目前城市轨道交通线路大多采用的 CBTC(基于通信的列车控制)系统与国家铁路采用的 CTCS(中国列车运行控制系统)在接轨站实现过轨运营为研究对象,分析此类接轨站的信号系统与车站平面布置在设计过程中需要考虑的问题及其解决方案,并对设计方案提出优化建议。

1 研究背景

假定两条轨道交通线路(A线、B线)均采用交流 25 kV 供电、左侧行车,两线在接轨站(P站)有过轨运营需求,即 P 站是 A 线、B 线的接轨站。其中:A 线为城市轨道交通线路,采用 CBTC 信号系统,设有 ZC(区域控制器)、CBI(计算机联锁)、ATS(列车自动监控)分机、MSS(维护支持子系统)等设备,采用计轴器、VOBC(车载控制器)等设备检查轨道的占用状态;B 线为城际铁路,采用 CTCS-2(中国列车控制系统 2 级)+ATO(列车自动运行)信号系统,设有车站 TCC(列车控制中心)、CTC(调度集中)分机、CBI、CSM(信号集中监测)分机等,采用 ZPW-2000 轨道电路设备检查轨道的占用状态。

基于上述设备设置情况,为对接轨站的设计方案进行研究,本文设定了以下条件:①A 线、B 线同属一个行车调度台,均纳入 A 线运营调度中心统一的行车指挥,并共用 A 线车辆段;②A 线、B 线均采用 CRH6 动车组,列车最高运行速度为 160 km/h,车辆长度为 201.4 m;③车站道岔均采用 12 号道岔;④故障列车停车线(以下简称“停车线”)上列车运行的设计速度为 45 km/h;⑤参照相关规定对 CTCS 和 CBTC 两种信号制式下列车控制系统的安全防护距离进行统一设置,车站内线路上取 60

^{*} 中国铁路设计集团有限公司科技开发课题(2021A240815)

$\text{m}^{[1]}$, 贯通式停车线上也取 $60 \text{ m}^{[2]}$ 。

2 接轨站平面设计方案

2.1 接轨站配线型式

如图 1 所示,P 站是 A 线、B 线的接轨站,车辆段只与 A 线衔接(相隔 2 座车站),B 线需经 P 站转至 A 线后再进入车辆段。B 线在运营开通初期需利用 A 线的车辆段进行存车及日常检修,且与 A 线间过轨运营,需要在接轨站设置停车线,以满足故障列车临时存放需求。按先进站再过轨的原则,在列车运行方向出站端设置交叉渡线,以满足两线列车在 P 站按 1:1 的比例开行。

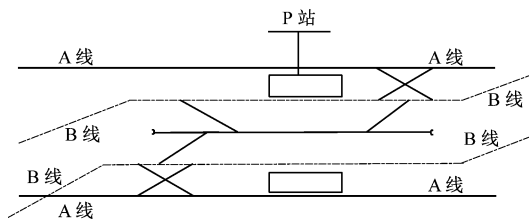


图1 两种不同信号制式轨道交通线路接轨站的配线示意图

Fig. 1 Sidings diagram of rail transit line junction station with two different signaling systems

2.2 接轨站停车线长度设计

图2为接轨站的信号平面布置图,图中的ⅢG、ⅣG、5G为B线的出入场线,1G、ⅡG为A线的停车股道。ⅢG、ⅣG、5G的停车长度应满足立交上不同类型列车的安全控车需求,并应遵循CTCS-2级列控系统对安全防护距离、轨道电路响应时间、车载ATP响应时间、列车长度、警冲标至信号机距离等参数的要求。考虑到城市轨道交通线路和市域铁路的接轨站大多为地下站,为节约车站的建筑面积、降低工程造价,合理优化停车线长度很有必要。

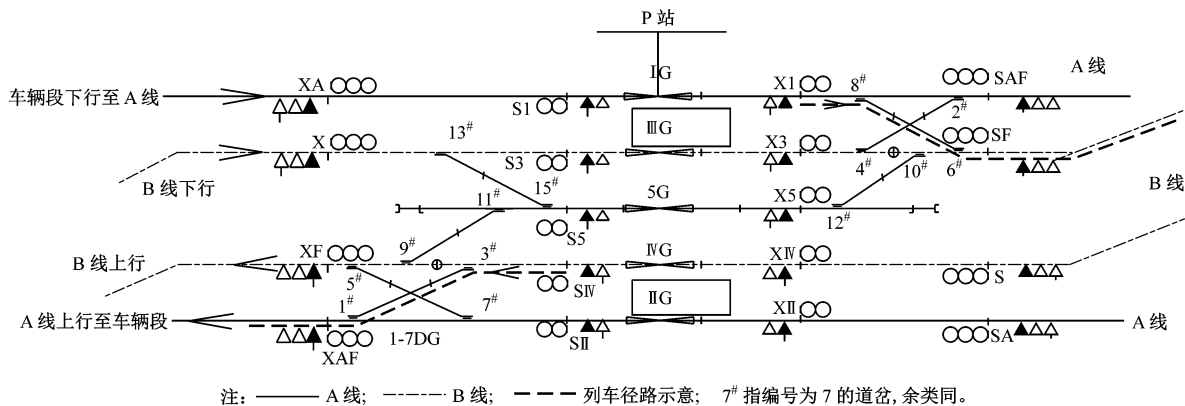


图2 接轨站信号系统平面布置示意图

Fig. 2 Layout plan of junction station signal system

由图2可看出,影响车站建筑面积的因素主要为5G及ⅢG的长度。5G作为故障列车停车线,其运营需求对接轨站长度的影响很大。若5G在运营初期兼作存车线,为满足该股道列车能够正常接车并按完全监控模式发车,则5G及ⅢG应按规定的到发线长度(400 m)进行设计。这种情况本文不予以讨论,仅探讨通过制定管理办法缩短5G长度的

优化方案。

考虑到可能存在列车以 ATP 模式运行至 5G 后停车的情况,为避免列控监控曲线接近零速时对司机驾驶产生影响,列车的停车位置在 ATP 安全防护距离(60 m)的基础上预留了 5 m 余量(即司机的驾驶余量)。由于 5G 不设站台,列车停车时可充分利用与运行方向反向的站内安全防护距离,但仍需考

虑在反方向上列车以完全监控模式发车所需的应答器组安装距离(25 m)。为此,5G 的设计长度(出站信号机 S5、X5 间的距离) $L_{\text{停车线}}$ 为:

$$L_{\text{停车线}} \geq L_{\text{列车}} + 60 \text{ m} + 5 \text{ m} + 25 \text{ m} \quad (1)$$

式中:

$L_{\text{列车}}$ ——运营远期列车最大编组下的列车长度, m。

若不需考虑 5G 接发列车的效率及列车发车时的完全监控模式,则此时 5G 的设计长度有 $L_{\text{停车线},1}$ 为:

$$L_{\text{停车线},1} \geq L_{\text{列车}} + 60 \text{ m} + 5 \text{ m} \quad (2)$$

式(2)情况下,在故障列车的 ATP 完好时,可用 ATP 模式控制列车运行至 5G 并停车,此时只能以部分监控模式或隔离模式发车。

5G 的设计长度除了需要考虑安全防护距离外,为防止列车冒进信号,避免与相邻线路间的干扰,还要考虑该股道防护区段的设计要求^[3]。防护区段的长度不能低于站内轨道电路的设计极限长度。因图 2 中各正线区段在正常情况下无折返作业,邻线干扰的概率较低,为此,5G 可参照城际铁路的设计规范对正线股道进行设计,不设置防护区段、按分割 1 处设计,通过设置有源应答器组即可实现列车冒进信号防护功能。

3 不同列控系统间制式转换及轨旁设备配置

3.1 不同列控系统间制式转换

如图 2 所示,以 B 线列车由 B 线上行运行至 A 线上行(至车辆段)方向的运行路径为例,该路径需经过 1[#]、3[#]道岔反位,B 线列车由 S 信号机上行以 CTCS-2 + ATO 运行至 IVG 停车,可在 SIV 的有源应答器组处发送有条件转为 CBTC 的预告信息,以激活 CBTC 车载 ATP 设备。B 线列车在 IVG 发车并驶过 SIV 的有源应答器组,经道岔侧向运行至发车口(即 A 线上行线反向进站信号机 XAF)后,地面应答器组向列车发送转为 CBTC 车载控制列车时需执行的报文,B 线列车收到此报文后转换为以 CBTC 车载 ATP 设备主用模式运行,CTCS-2 级列控系统车载 ATP 设备转为备用。此时也可采用在股道停车后由司机通过手动按钮将列控车载设备转为 CBTC 控车的方式。针对这两种转换方式配置地面设备时,均需考虑列控等级转换不成功的情况,即按照原列控车载 ATP 控制列车在最大常用制

动停车情况配置所需的地面设备,同时相应配置列控数据覆盖、无线通信场强覆盖等所需地面设备。如图 2 的 B 线上行方向折至 A 线上行的虚线区域(1-7DG)需设置轨道电路、地面应答器等设备,且车站 TCC 需具备对该范围轨道电路的发码及方向控制,以及临时限速的相关信号降级处理等功能。

与 A 线上行方向类似,A 线下行方向接车至 IG 停车,经道岔侧向发车至 B 线时,需对 IG 以及由 IG 向 B 线发车进路按线路最高设计速度最大常用制动到 0 的范围(图中下行线虚线示意范围)内进行 CBTC 系统的无线场强覆盖等相关配套设备配置。

3.2 列车临时限速的处理

CTCS 采用专设的 TSRS(临时限速服务器)对列车临时限速实行集中统一管理,一般所属的调度台对应配置 TSRS。CBTC 系统中,各厂家临时限速的处理标准及内部接口并不统一,一般会设置专门的处理单元来处理列车的临时限速,但也有部分厂家将该处理单元合并到 ATS 总机的系统功能中。考虑到 A 线、B 线在 P 站均隶属于同一个调度台,可按 CTCS 系列标准设置 1 套 TSRS,TSRS 分别与 A 站的 CTC 及 ATS 分机接口。为了维持 A 线、B 线在主运营方向上对列车临时限速的处理模式不变,TSRS 需修改软件,增加与 ATS 系统的接口内容、通信协议等,以实现在同一个调度台管辖范围内对列车临时限速的集中统一管理。

3.3 CBI 设备配置要求

在列控等级不同的两条线路接轨站的 CBI 配置上,国家铁路有全站设置 1 套 CBI 和按线别分场各设 CBI 两种情况,选用配置方式时主要考虑设备接口情况、设备的维护管理要求、调度管辖范围等因素。一般来说,分线设置 CBI 主要是为了使设备维护界面及调度管理界面更为清晰,但此方式需要获知邻场的照查条件、道岔位置及进路信息及信号机开放信息等,在 CTC 区段若有需要邻场人工同意动岔的设置条件时,CTC 分机目前还不能通过自动触发实现该同意动岔的进路自动办理功能。全站采用 1 套 CBI 可以避免办理进路时两场间的相互制约,减少车务人员间的工作接口,对道岔的控制也由 1 套联锁设备完成,这既减少了检查两个车场间的照查条件,又可实现进路的自动触发。下文以 CBTC 系统中 CBI 设备与相关子系统/设备的接口情况为例,说明 CBI 接口的复杂性。

3.3.1 CBTC 线路 CBI 的主要接口

3.3.1.1 CBI 与 ZC、VOBC 的接口

以某设备商的 CBTC 产品为例,其 CBI 与 ZC 间采用安全以太网接口,采用 RSSP-I 安全通信协议;CBI 与 VOBC 间采用无线安全数据网接口,也采用 RSSP-I 安全通信协议。CBI 与 ZC、VOBC 的接口信息主要包括:①CBI 向 ZC 发送进路相关信息,包括计轴区段状态、信号机状态显示、逻辑区段状态、道岔位置及状态、站台门状态、紧急关闭按钮状态、自动折返按钮信息等;②CBI 接收 ZC 发送的信息,主要包括列车接近信息、跨压信息、列车停车稳信息;③CBI 向 VOBC 提供站台门状态及信号机状态等信息,接收 VOBC 通过无线网络发送的保护区段允许解锁信息及开/关门指令等。

3.3.1.2 CBI 与 ATS 的接口

CBI 与 ATS 间采用以太网接口,采用专用协议进行通信。CBI 向 ATS 发送站场设备表示信息(信号机状态、道岔位置、区段占用/空闲信息、站台门状态等),以及进路信息及报警信息(紧急关闭状态、停稳信息、人员防护开关等);ATS 向 CBI 下发各种操作指令(进路控制、道岔操作、信号机操作、扣车、折返、计轴复位、临时限速、区段操作等)。

3.3.1.3 CBI 与其他设备的接口

CBI 还与 IBP(综合后备盘)、维护监测子系统、信号机、转辙机、站台自动折返按钮、站台门开门/关门/发车按钮、人员防护开关、计轴、LEU(轨旁电子单元)等设备接口,并与相邻站的 CBI 接口。

3.3.2 CTCS 线路 CBI 的主要接口

CTCS 线路中:CTC 向 CBI 发送时间同步信息及控制指令;CBI 向 CTC 发送信号设备状态及设备报警等信息,CBI 向 TCC 发送车站进路、信号机状态及改变接发车方向的请求等信息,TCC 向 CBI 发送区间方向、允许发车命令、区间轨道区段状态、区间通过信号机红灯灯丝断丝状态、灾害监测信息接口状态等信息。

3.4 ATS 分机、CTC 分机的设置要求

CTCS 线路中,CTC 与 CBI、TCC、TSRS 均存在接口。CBTC 线路的车站 ATS 分机与 ZC、VOBC 及联锁系统接口。若 CTC 与 ATS 合设,考虑到铁路 CTC 系统有统一的设备技术条件及接口标准,可在 CTC 分机的基础上增加 CBTC 线路特有的功能(如扣车/取消扣车、折返、紧急关闭等),并增加

CTC 分机与 CBTC 各子系统的接口。

4 结语

采用 CTCS-2 + ATO 的市域线路与采用 CBTC 系统的城市轨道交通线路间若要实现过轨运营,其接轨站的设计方案很复杂。两种信号系统在列控数据、线路数据获取方式等方面存在较大差异,各信号子系统间接口复杂,部分 CBTC 子系统设备与外部设备的接口协议尚未开放。因此,在对接轨站进行设计时,每个信号子系统均需从系统构成、系统软硬件、与其他子系统/外部设备间的接口协议内容、检查条件、接口界面等方面进行深入、细致的研究。本文仅就接轨站的停车线长度、CBI 设备配置、CTC/ATS 分机设备、列控制式转换时地面设备配置及部分子系统间的接口等内容进行了初步探讨,还有许多应纳入接轨站设计范畴的细节尚未涉及,如车站地面信号机机构类型及显示、地面定位应答器的设置、相关行车管理办法的制定、设备维护管理界面的划分、相邻调度台的信息共享及与相关专业的资源共享等。

参考文献

- [1] 国家铁路局. CTCS-2 级列控车载设备技术条件: TB/T 3529—2018 [S]. 北京:中国铁道出版社有限公司,2018:6.
State Railway Administration, Technical specification for CTCS-2 onboard ATP: TB/T 3529—2018 [S]. Beijing: China Railway Publishing House,2018:6.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁设计规范 GB 50157—2013 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2013:43.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Code for Design of Metro, GB 50157—2013 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press,2013:43.
- [3] 国家铁路局. 国家铁路局关于发布铁道行业标准的公告(工程建设标准 2021 年第 3 批). [EB/OL]. (2021-09-03) [2022-04-10]. http://www.nra.gov.cn/xxgk/gkml/ztjg/bzgf/jsbz/202109/t20210901_319515.shtml.
State Railway Administration. Announcement of State Railway Administration on Issuing Railway Industry Standards (3rd batch in 2021) [EB/OL]. (2021-09-03) [2022-04-10]. http://www.nra.gov.cn/xxgk/gkml/ztjg/bzgf/jsbz/202109/t20210901_319515.shtml.

(收稿日期:2022-04-11)