

上海轨道交通 13 号线北翟路停车场 信号系统改造倒接方案

储海平 孙克寒

(卡斯柯信号有限公司, 200072, 上海)

摘 要 [目的] 上海轨道交通 13 号线北翟路停车场从联锁制式升级改造为 CBTC(基于通信的列车控制)制式, 具有夜间调试施工时间短、倒接设备多、安全要求高的特点。为满足信号系统改造调试的需求, 有必要研究信号系统改造倒接方案。[方法] 详细阐述了信号机、计轴设备、道岔转辙机及通信网络设备的倒接方案, 着重论述了既有库线的复用道岔转辙机倒接流程、室内通信网络设备倒接内容及轨旁无线接入点设备的倒接内容。[结果及结论] 在非调试期间, 所有新增的列车兼调车信号机、计轴设备均需要断电处理。采用铁路信号 AX 系列继电器作为大直流道岔的倒接设备。SDH(同步数字体系)设备不能直接拆除, 新设的工业以太网交换机只能作为 SDH 设备的子网络设备接入骨干网络中, 并保持到既有的 SDH 通信网络全部改造完成, 再将工业以太网交换机接入改造后的正线通信网络中。既有的轨旁无线点接入设备可以分批接入新信号设备室, 不需要全部一次性倒切, 减小了施工的难度和风险。

关键词 城市轨道交通; 信号系统改造; 信号系统倒接; 设备调试

中图分类号 U282+.5

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.11.023

Signaling System Retrofit and Reverse-connection Scheme for Shanghai Rail Transit Line 13 Beidi Road Depot

CHU Haiping, SUN Kehan

(CASCO Signal Ltd., 200072, Shanghai, China)

Abstract [Objective] Beidi Road Depot of Shanghai Rail Transit Line 13 is undergoing an upgrade from a conventional interlocking system to CBTC (communication-based train control) system. This upgrade is characterized by a short night-time commissioning period, numerous reverse-connection equipment, and stringent safety requirements. To meet the demands of signaling system retrofit and commissioning, it is essential to explore a suitable reverse-connecting scheme. [Method] A detailed reverse-connection scheme for signal machine, axle counter device, turnout switch machine, and communication network equipment is provided, focusing on the

reverse-connection processes for reusable turnout switch machines on existing lines, indoor communication network devices, and trackside wireless access points. [Result & Conclusion] During non-commissioning periods, all newly added train and shunting signal machines and axle counter devices must be powered down. The railway signal AX series relays are used as a reversing device for large DC turnouts. SDH (synchronous digital hierarchy) equipment cannot be removed directly. The newly installed industrial Ethernet switch machine can only be integrated as a subnet device into the backbone network, maintaining its connection until the completion of the SDH network retrofit. And then the industrial Ethernet switch machines are connected to the retrofitted mainline communication network. The existing trackside AP (access point) devices can be connected in batches with the new signal rooms to avoid a complete simultaneous cutover, thus reducing construction difficulty and risk.

Key words urban rail transit; signaling system retrofit; signaling system reverse-connection; equipment commissioning

我国城市轨道交通自 2010 年前后进入高速发展阶段以来, 大多数城市轨道交通线路采用 CBTC(基于通信的列车控制)制式, 相应的常规停车场大多基于联锁系统^[1]。随着正线运营效率的日益提高, 停车场既有的联锁系统效率过低, 无法满足使用需求, 有必要将信号系统升级改造为 CBTC 制式。

上海轨道交通 13 号线(以下简称“13 号线”)北翟路停车场的信号系统 CBTC 制式升级改造包含新建库线部分和既有库线改造部分。其中: 新建库线的新增设备均直接连接至新信号设备室, 不影响既有线的运营^[2]; 既有的信号机、计轴设备、道岔转辙机、通信网络设备(含车-地通信设备)等^[3], 需要在改造完成后全部接入新信号设备室和停车场调度室。在改造期间, 白天仍使用既有的联锁系统来维持正常运营服务, 夜间需要切换到新建的

CBTC 系统进行调试。因此,有必要制定详细有效的倒接方案。对此,本文对北翟路停车场既有设备改造中的倒接方案制定进行研究,以为同类项目提供参考。

1 信号机

北翟路停车场改造为 CBTC 制式停车场后,已有的轨旁调车信号机将在倒接后废除。可见,对于新系统来说,所有信号机均为新增设备,均连接进新信号设备室,不需要进行倒接。

为了保证新增信号机不干扰正常运营时的司机视线,在非调试期间,所有新增的列车兼调车信号机均需要断电处理。

2 计轴设备

北翟路停车场既有的次级检测设备均为轨道电路,改造后将更换为新计轴设备,并直接从室外连接进新信号设备室,不需要进行倒接。

虽然计轴设备对于既有库的正常运营没有影响,但为了防止新设系统在调试期间的不可预知性,故计轴设备在非调试期间也须断电,调试前再上电。

3 道岔转辙机

新建库线内的所有道岔转辙机均为新增设备,既有库线的道岔转辙机均为复用设备。

3.1 新建库线的道岔转辙机

新建库线的转辙机仅与新信号设备室连接,故不需要进行倒接。但为了防止在运营期间误动作,需要在非调试期间断开室内控制电路。

对于新建库线与既有库线连接的道岔,在改造后的 CBTC 制式停车场整体启用前,列车出入既有库线仍会经过该道岔。为了保证行车安全,需要在施工完成后将道岔转辙机钩锁在定位,以防止列车挤岔或掉道。

3.2 既有库线的复用道岔转辙机

既有库线的道岔转辙机在正常运营期间,与既有的信号设备室进行电路连接,均由既有的联锁系统控制和接收,而在调试期间又需要与新信号设备室连接,故需要进行倒接操作^[4]。既有库线的道岔转辙机倒接流程如图 1 所示。

结合图 1 可知,既有库线的道岔转辙机倒接步骤为:

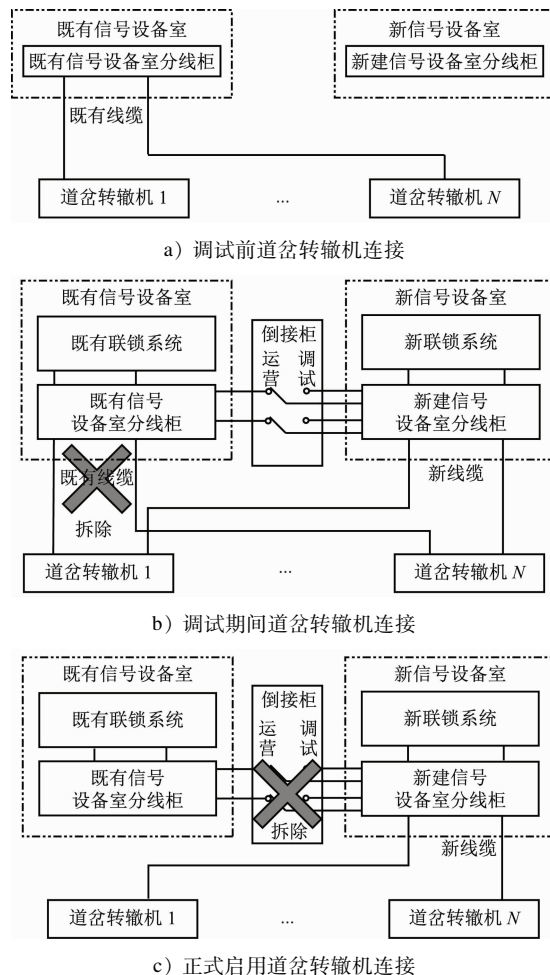


图 1 既有库线的道岔转辙机倒接流程

Fig. 1 Procedure of turnout switch machine reverse-connection on tracks in existing depot

步骤 1 既有库的道岔转辙机至信号设备室的电缆,需要提前更换路径:①敷设新电缆,从既有库线的转辙机到新信号设备室分线柜;②从新信号设备室分线柜敷设电缆到倒接柜,再连接至既有信号设备室分线柜。

步骤 2 新通道的一致性验证。验证室内外配线,完成既有联锁设备至室外转辙机新路径的功能一致性测试。验证通过后,拆除既有信号设备室分线柜至转辙机旧电缆,倒接柜正式接入运营设备。

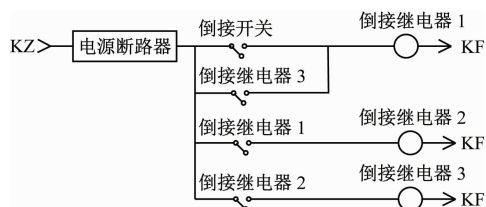
步骤 3 调试期间的倒接。在调试期间,通过倒接柜开关,将转辙机连接到新信号设备室的设备,用于新信号设备室联锁系统的状态采集和控制^[5]:①正常运营期间,在倒接柜上将道岔转辙机连接至既有信号设备室;②在调试期间,在倒接柜上将道岔转辙机连接至新信号设备室。

步骤 4 新信号设备正式启用倒接。在新信号

设备室和轨旁设备均调试完成,正式启用时,拆除倒接柜及连接新信号设备室分线柜的电缆,并将室外道岔转辙机的新电缆直接与新联锁系统连接。

3.3 倒接设备

由于北翟路采用大直流道岔,在项目改造期间没有匹配直流道岔大负载电流特性的倒接开关^[6],故最终采用铁路信号 AX 系列继电器作为大直流道岔的倒接设备。为了确保控制同一组道岔的 3 个倒接继电器状态一致,进而确保道岔状态一致,在电路中增加了继电器之间的互卡逻辑,如图 2 所示。



注:KZ 为控制正电源;KF 为控制负电源。

图 2 同组道岔倒接继电器的互卡逻辑电路示意图

Fig. 2 Diagram of reverse-connecting relay interlocking logic circuit for same turnout group

4 通信网络设备

北翟路停车场是 13 号线全线通信网络中的一个通信节点。在新信号设备室建成后,需要将通信节点移至新信号设备室内,并且停车场轨旁的车-地通信 AP(无线接入点)设备也需要由既有信号设备室移至新信号设备室,并对通信网络设备进行倒接^[7]。通信网络设备倒接示意图如图 3 所示。

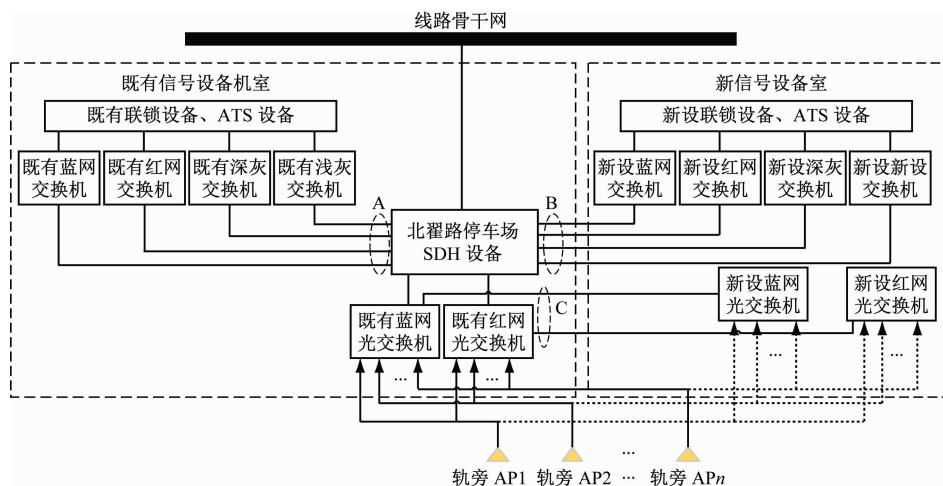
4.1 室内通信网络设备

北翟路停车场既有室内通信网络以 SDH(同步数字体系)网络设备为主用设备。根据最新的技术要求,改造后 SDH 设备应更换为工业以太网交换机。由于工业以太网交换机协议与 SDH 设备不互通,故若正线的 SDH 设备通信网络架构不更改,北翟路停车场的 SDH 设备就不能直接拆除,新设的工业以太网交换机只能作为 SDH 设备的子网络设备接入骨干网络中,并保持到既有的 SDH 通信网络全部改造完成,再将工业以太网交换机接入改造后的正线通信网络中。

新设工业以太网交换机(红/蓝网交换机、深灰/浅灰交换机、轨旁红/蓝网 AP 点接入交换机),通过网线分别接入既有信号设备室 DCS(数据通信系统)机柜内的 SDH 设备中,实现将新以太网交换机接入既有线骨干网,并与正线邻站正常通信的功能。室内通信网络设备的具体倒接方案如下:

1) 如图 3 所示,在既有信号设备室中,将 SDH 设备 A 处的既有网线拔出,断开既有设备室联锁设备及 ATS 设备同骨干网的连接;在 B 处将新信号设备室中工业以太网交换机接入 SDH 设备,实现新设联锁设备及 ATS 设备同骨干网的连接。

2) 如图 3 所示,将 SDH 设备 B 处连接到新设信号设备室中新增工业以太网交换机的网线拔出,断开新设联锁设备及 ATS 设备同骨干网的连接;在 A 处将既有交换机网线接入 SDH 设备,实现既有联锁设备及 ATS 设备同骨干网的连接。



注:……表示后续轨旁 AP 设备接入新信号设备室的线路。

图 3 通信网络设备倒接示意图

Fig. 3 Diagram of communication network equipment reverse-connection

4.2 轨旁 AP 设备

新建库线的 AP 设备仅与新信号设备室连接,不需要倒接。

既有库线的 AP 设备应直接连接在信号骨干网中,以确保列车与轨旁设备在运营和调试期间的无线通信正常。

如图 3 所示,既有信号设备室的 AP 设备只需要通过既有交换机在 C 处接入新设信号设备机房交换机,与新信号设备室的交换机连接互通即可,无需参与调试期间新老信号设备室的倒接测试。

由此可知,既有的轨旁 AP 设备可以分批接入新信号设备室,不需要全部一次性倒切,减小了施工的难度和风险。通信系统可平滑过渡运营期和调试期。

最终调试完成后,由于轨旁 AP 设备的 TRE(轨旁无线通信设备)箱接线法兰无法同时插入新、旧 2 根光缆或电缆,故需将原有光缆或电缆拆除,重新敷设至新信号设备室的光缆或电缆。步骤如下:

步骤 1 敷设光缆至新设信号设备室光电熔接机柜并完成熔接。户外 AP 端光缆布置于相应 AP 设备附近,并做好成品保护,待熔接于 TRE 箱。

步骤 2 敷设 AP 设备电源电缆至新信号设备室分线柜处。户外 AP 端电缆布置于相应 AP 设备附近,并做好成品保护,待连接于 TRE 电源箱。

步骤 3 完成既有线所有 AP 光缆及电缆敷设后,可以分批在 AP 设备侧,利用夜间施工时间,将旧光电缆抽出,替换为新光缆或电缆,并在新信号设备室侧,将光缆接入新设光交换机,电缆接入电源屏上电。

不同期间室内设备到轨旁 AP 设备之间的数据传输链路如图 4 所示。

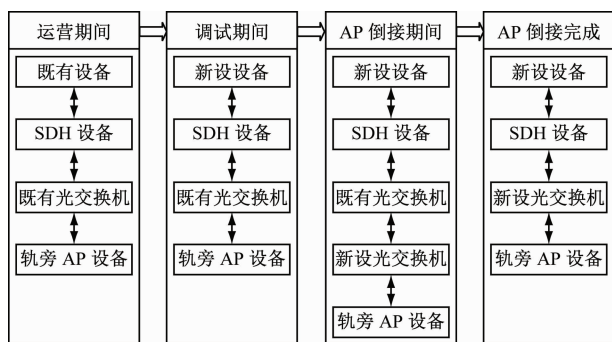


图 4 不同期间室内设备到轨旁 AP 设备之间的数据传输链路
Fig. 4 Data transmission link between indoor equipment and trackside AP equipment at different phases

5 结语

13 号线北翟路停车场的信号系统改造项目夜间调试施工时间短、倒接设备多、安全要求高,信号机、计轴设备、道岔转辙机及网络通信等倒接方案可以很好地满足项目调试期间倒接需求,不仅倒接方便快捷,实施难度低,而且不影响次日的运营。在完成信号系统调试进行最终切换时,该倒接方案还能很好地降低风险,保证信号系统成功切换。

参考文献

- [1] 彭湃. 基于自动驾驶技术的地铁车辆段出入库方案研究[J]. 铁道标准设计, 2018, 62(6): 147.
PENG Pai. Schematic research on vehicle in-and-out of metro depot based on automatic driving technology[J]. Railway Standard Design, 2018, 62(6): 147.
- [2] 戴翌清, 张凯. 上海轨道交通 1 号线信号系统大修倒接方案[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(7): 211.
DAI Yiqing, ZHANG Kai. Overhaul and switchover scheme of Shanghai Rail Transit Line 1 signaling system[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(7): 211.
- [3] 刘德伟. 城市轨道交通信号系统倒接方案研究[J]. 铁道通信信号, 2017, 53(5): 82.
LIU Dewei. Study on migration of signal system in urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2017, 53(5): 82.
- [4] 王建文. 地铁既有线路信号系统改造转辙机过渡倒接方案[J]. 铁路计算机应用, 2015, 24(8): 64.
WANG Jianwen. Transition and switch-over for switch machine in signaling system modification of existing metro line[J]. Railway Computer Application, 2015, 24(8): 64.
- [5] 张文洲. 广州地铁 1 号线轨道电路过渡倒接方案[J]. 铁道通信信号, 2021, 57(4): 89.
ZHANG Wenzhou. Transitional shifting plan of track circuit in Guangzhou Metro No. 1 Line[J]. Railway Signalling & Communication, 2021, 57(4): 89.
- [6] 孙磊. 上海轨道交通 2 号线信号系统改造实施方案[J]. 城市轨道交通研究, 2021, 24(11): 138.
SUN Lei. Signaling system transformation scheme of Shanghai Rail Transit Line 2[J]. Urban Mass Transit, 2021, 24(11): 138.
- [7] 张昱敏. 城轨跨站开通时软件贯通方案设计[J]. 铁道通信信号, 2019, 55(11): 74.
ZHANG Yumin. Software connection design for cross-station open of extension line in urban rail transit[J]. Railway Signalling & Communication, 2019, 55(11): 74.

· 收稿日期:2024-07-08 修回日期:2024-07-19 出版日期:2024-11-10

Received:2024-07-08 Revised:2024-07-19 Published:2024-11-10

· 通信作者:储海平,高级工程师,chuhaiping@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