

轨道交通信号系统升级改造期间新旧系统 倒接方式及应用分析*

李立明¹ 李建光² 顾家泉³ 柴晓冬¹ 郑树彬¹ 陈兴杰¹

(1. 上海工程技术大学城市轨道交通学院, 201620, 上海; 2. 中铁三局集团有限公司, 030001, 太原;
3. 上海地铁维护保障有限公司通号分公司, 200235, 上海//第一作者, 高级实验师)

摘 要 在轨道交通信号系统升级改造施工调试期间, 新旧系统需进行多次倒接。结合上海轨道交通 5 号线工程应用实例, 详细介绍不同倒接方式的设计原理、施工方案及倒接操作方法。对不同倒接方式的适用范围、经济性、可靠性及可维护性进行分析比较, 供其他同类工程参考借鉴。

关键词 轨道交通; 信号系统; 升级改造; 倒接; 继电电路中图分类号 U231.7; U282+.5

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.09.006

Analysis of the Application and Reverse Connection Methods Between the Rail Transit Signal New and Old Systems During Upgrading

LI Liming, LI Jianguang, GU Jiaquan, CHAI Xiaodong, ZHENG Shubin, CHEN Xingjie

Abstract During the construction and commissioning of the rail transit signal system upgrading, multiple reverseconnections between the new and old systems are required. Combined with the practical application of reverseconnection on Shanghai metro Line 5, the design principle, construction scheme and operation method of different reverse connection methods are introduced in detail. The application range, economy, reliability and maintainability of different reverse connections are analyzed and compared, providing reference for projects in the same category.

Key words rail transit; signal system; upgrading; reverse connection; relay circuit

First-author's address College of Urban Railway Transportation, Shanghai University of Engineering Science, 201620, Shanghai, China

在轨道交通信号系统升级改造(含大修改造)工程中, 大多在既有线路上采用不停运施工的方法,

在新系统投用前, 为确保新信号系统的夜间施工、调试或演练, 以及旧系统在白天的运行, 需对新旧系统或设备多次进行来回切换, 即系统倒接。为实现系统倒接功能以保障旧系统在次日正常运营, 同时确保新系统调试完成后能迅速实施信号系统新旧割接, 需针对新旧系统控制的不同设备采用相适应的倒接方式, 最终达到整个倒接过程安全、快速、便捷的目标^[1]。

上海轨道交通 5 号线(以下简称“5 号线”)经过多年运行, 原使用的点式信号系统已无法满足日益增长的运营需求, 故决定对 5 号线既有线(含停车场)实施信号系统升级改造, 并与其新建的南延伸工程统一为 CBTC(基于通信的列车控制)系统信号制式以实现全线贯通运营。由于 5 号线升级改造工程涉及系统设备众多, 施工调试情况复杂, 针对不同倒接应用场景, 设计了相适应的三种不同倒接方式, 以满足新旧系统倒接功能需求。

1 电源屏倒接

电源屏倒接适用于新旧系统控制设备独立设置的情况, 通过直接在旧系统电源屏上断开相关设备断路器切断旧设备电源, 同时在新系统电源屏上合上相关设备电源断路器接通新设备电源实现倒接。

5 号线新系统信号机设备均为新设, 与旧系统相应设备相互独立, 互不影响。由于新旧系统设备在倒接前共存, 为防止新旧系统设备间混淆, 倒接前均应断开新系统设备电源, 并设置无效标, 信号机需维持于灭灯状态。在倒接期间, 断开旧系统设备电源空开闭合新系统设备空开的同时, 拆除无效标, 同时撤除旧设备, 对于无法及时撤除的旧设备,

* 国家自然科学基金面上项目(51975347); 上海市科委重点支撑项目(18030501300)

做好显著标记,防止设备误认。

2 倒接开关倒接

倒接开关倒接适用于新旧系统控制同一设备或同一系统控制新旧设备的情形,其主要特点是在控制回路中存在新旧共用的公共复用部分,无法直接通过切断电源的方式实现倒接,需要通过设置倒接开关来明确新旧运行界面,实现两系统或设备之间运行的隔离和切换。在5号线新旧系统室外道岔倒接和室内新系统投用后转辙机升级更新两个场景中,均使用了倒接开关的倒接方式。

2.1 室内新旧系统倒接应用

5号线既有线正线改造部分道岔均为ZD6双机牵引,由于道岔无法同时由新旧两套转辙设备同时控制,因此,转辙设备必须通过倒接开关实现新旧系统对共用的转辙设备及其室外电缆的控制切换。

倒接开关设置为三挡:OFF挡、1ON挡和2ON挡

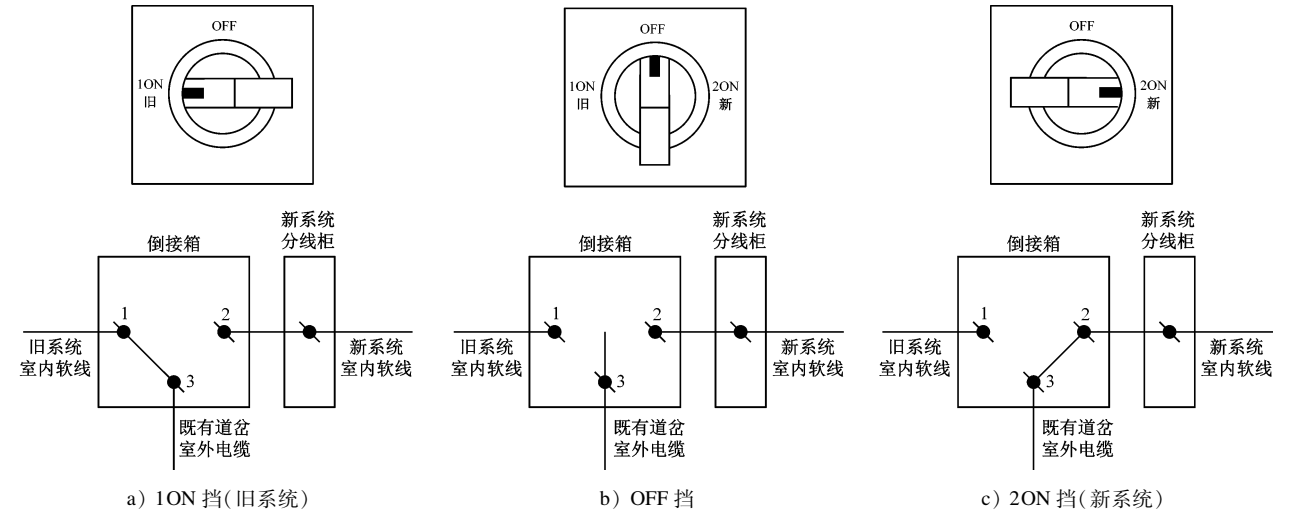


图1 新旧系统室外道岔倒接电缆接入倒接开关配线图

单组道岔新旧系统倒接原理如图2所示。通过转换倒接开关位置实现第1路端子排与其余端子排之间的导通或隔离,完成室外道岔控制电缆与室内新旧系统软线的对接,保证只有倒接开关指向的系统能够动作道岔并获得道岔表示,同时断开另一系统对动作道岔表示电输入,从而安全实现道岔的新旧系统倒接^[2]。

待正线新系统正式投用后,择机断开新系统分线柜室外侧端子引出的临时配线,接入对应的原室外电缆形成最终配线。原系统配线如图3 a)所示,新系统配线如图3 b)所示。

挡,同时设置3路端子排(第1~3路)。为实现倒接功能,需对室外电缆与旧系统室内软线连接部分重新配线,接入倒接开关。倒接开关及其配线如图1所示。图中上方为倒接开关开通位置,下方为内部配线方式与触点导通位置。原配线为每组室外道岔电缆(即X1—X6)和旧系统室内软线均接于旧系统分线柜对应端子上导通,现需把旧系统对应室内软线从旧系统分线柜引出接入倒接开关第1路端子排,从新系统分线柜对应室外侧端子引出临时配线接入倒接开关第2路端子排,将原室外道岔电缆接入倒接开关第3路端子排。当开关位于OFF挡时,各端子排接线均不导通,室外道岔不由任何系统控制,如图1 a)所示;当开关位于1ON挡时,第1路端子排接线与第2路端子排接线的对应位置导通,室外道岔由旧系统控制,如图1 b)所示;当开关位于2ON挡时,第1路端子排接线与第3路端子排接线的对应位置导通,室外道岔转由新系统控制,如图1 c)所示。

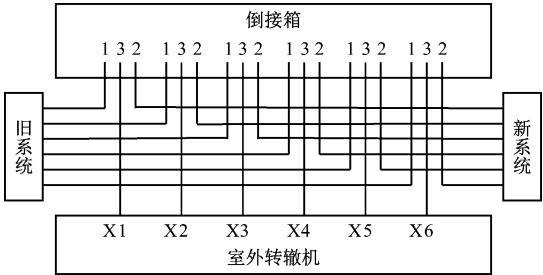


图2 新旧系统室外道岔倒接原理图

2.2 室外新旧设备倒接应用

根据整体改造方案,5号线既有线正线部分关键道岔将在信号系统整体倒接后,由ZD6双机牵引

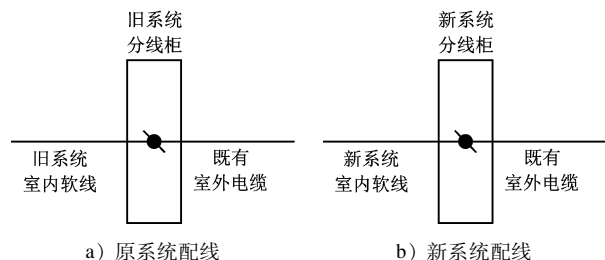


图3 新旧系统室外道岔倒接前后最终配线图

择机更换为 ZDJ9 双机牵引。结合此项改造需求, 以免后续更新转辙设备时需更新联锁控制软件或更改配线造成不必要的重复施工调试, 在新系统设计时对同一组道岔分别设置用于控制 ZD6 直流转辙机的直流道岔组合, 用于控制 ZDJ9 交流转辙机的交流道岔组合, 同一道岔转辙设备更新前后联锁控制码位和配线均保持一致, 通过设置倒接开关完成同一联锁控制码位对同一道岔改造前后不同制式转辙设备的状态采集和控制功能, 即实现同一控制系统对新老转辙设备的控制切换。

根据新系统设计原理, 对于每组道岔, 不论直流还是交流转辙机控制, 联锁输出定操、反操、解锁命令的正电和负电, 分别驱动直流或交流道岔组合

内 DCJ、FCJ 以及 SJ 继电器; 同时联锁采集定表、反表和锁闭回检(即 SJCBK)状态, 分别采集直流或交流道岔组合 DBJ、FBJ 不同两组前接点送来的正电和负电, 以及 SJ 不同两组后接点送来的正电和负电。

根据上述原理, 采用道岔倒接相同制式的倒接开关(见图 2), 倒接开关的相关配线为联锁相关码位驱动正负电软线或采集正负电软线自接口柜接入倒接开关第 1 路端子排, 自倒接开关第 2 路端子排经交流道岔组合侧面接继电器线圈或接点, 自倒接开关第 3 路端子排经直流道岔组合侧面接继电器线圈或接点。当新系统处于调试或正式投用后, 在室外转辙设备更新为交流转辙设备后并试验良好后, 即将倒接开关指向 1ON 挡, 改用交流道岔组合控制更新的交流转辙设备, 如图 4 a) 所示; 若倒接开关指向 OFF 挡, 则联锁不对外输出道岔控制指令, 也不采集道岔位置状态和锁闭回检状态, 如图 4 b) 所示。在直流转辙设备更换交流转辙设备前, 将倒接开关指向 2ON 挡, 此时联锁通过直流道岔组合控制原直流转辙设备, 如图 4 c) 所示。

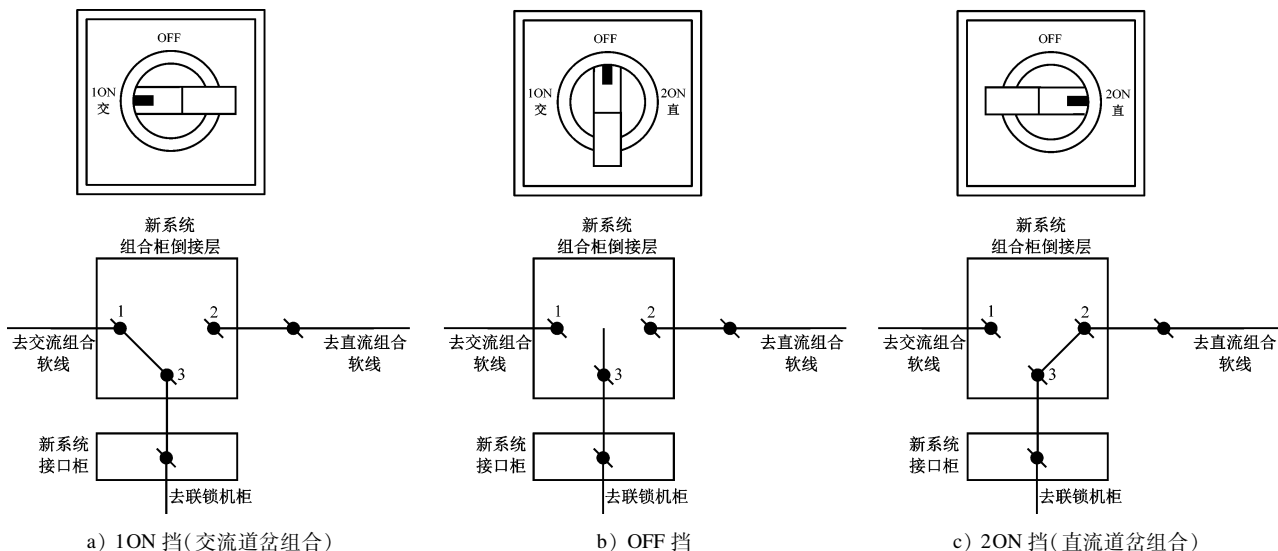


图4 交流/直流道岔组合接入倒接开关配线图及开关示意图

单组道岔交流和直流转辙机倒接原理如图 5 所示, 其中采集输入如图 5 a) 所示, 驱动输出如图 5 b) 所示, 箭头代表联锁采集电与驱动电的电流流向。如此, 在不升级联锁控制软件和不更改室内配线的情况下, 迅速实现直流转辙设备向交流转辙设备的室内倒接过程, 较大地提高了转辙设备更新的工作效率^[3]。

待更新交流转辙设备正式投用后, 择机断开新系统接口柜引出到倒接开关的临时配线, 接入对应去交流组合的室内软线形成最终配线, 最终配线如图 6 所示。

3 继电器倒接

继电器倒接同样适用于倒接时在控制回路中存

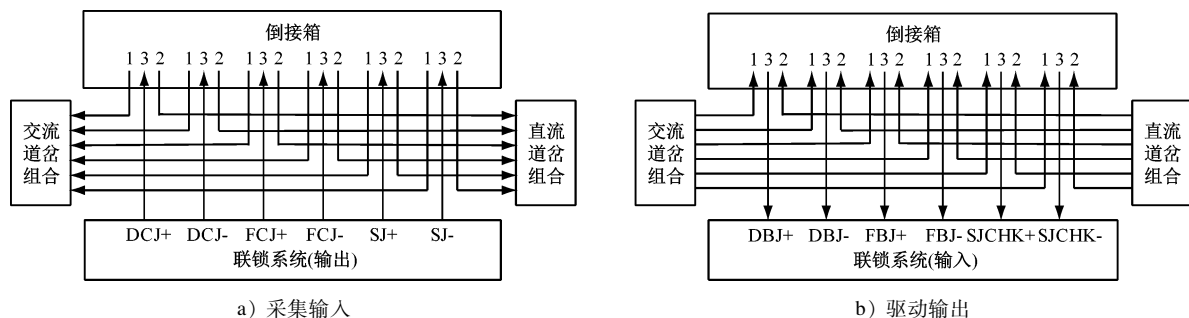


图5 交流/直流道岔倒接原理图

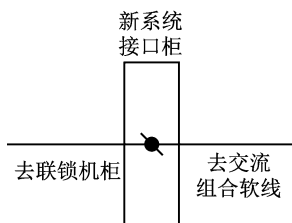


图6 交流/直流道岔倒接最终配线图

在新旧共用部分的情形,但其倒接切换功能实现不再简单依靠倒接开关,而是通过安全型继电器及其继电路实现。

根据安全型继电器基本原理,继电器失磁落下时,中接点与后接点导通,继电器励磁吸起时,中接点与前接点导通。据此,当控制回路公共部分接于继电器中接点,新系统部分接于继电器前接点,旧系统部分接于继电器后接点,通过控制继电器的吸起落下状态,即可实现新旧系统间的倒接。一般使用继电器倒接时安全侧应选择导通旧系统,因为旧系统已是运营中的安全系统,而新系统接入倒接设备时在一定时间内会处于调试验证状态,导通时处于危险侧^[4]。

5号线既有停车场在此次升级改造中将更新为新一代计算机联锁设备,信号机、转辙机、轨道电路、按钮柱及控制电缆等室外信号基础设备维持既有。针对改造需求,使用继电器倒接方式实现新旧计算机联锁设备对同一室外设备的控制切换。

根据继电器倒接原理,按倒接设备数量设置相应数量的倒接继电器(DJJ),倒接继电器一般采用JWXC-1700型无极继电器,需控制道岔电缆等大电流设备时采用JWJXC-480型无极接点加强型继电器,8个倒接继电器为一个倒接继电器组合,一个倒接组合柜可容纳若干个倒接继电器组合。

为实现倒接功能,需对室外电缆与旧系统室内软线连接部分重新配线。如图7所示,原配线为室外电缆和旧系统室内软线均接于旧系统分线柜对应端子上导通。根据倒接方案,需将原室外电缆经倒接组合侧面接入倒接继电器后接点,将旧系统对应室内软线从旧系统分线柜引出经组合侧面接通倒接继电器后接点,将新系统分线柜对应室外侧端子引出临时配线经倒接组合侧面接通倒接继电器前接点。为提高倒接可靠性,倒接继电器两线圈励磁电源分别由新系统电源屏的两路独立控制电源提供,在组合柜零层设置空开控制继电器励磁电源通断。当空开断开时,倒接继电器失磁落下,室外电缆经继电器中接点和后接点与旧系统室内软线导通,室外设备由旧系统控制;当空开闭合时,倒接继电器励磁吸起,室外电缆经继电器中接点、前接点与新系统室内软线导通,室外设备转由新系统控制。通过对各倒接组合柜零层空开的开闭操作,即可实现新旧设备的相互倒接^[5]。

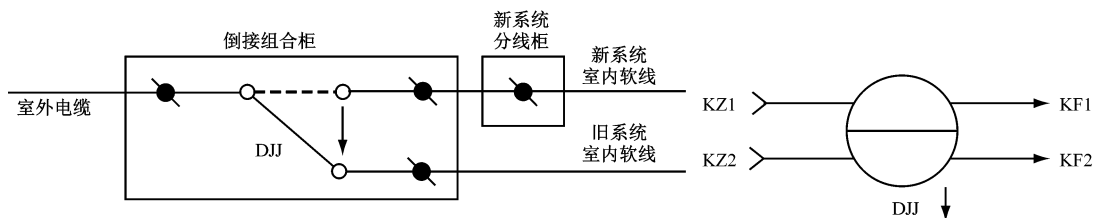


图7 继电器倒接原理图

待车场新系统正式投用后,择机断开新系统分线柜室外侧端子引出的临时配线,接入对应的原室外电缆形成最终配线,与图 3 所示情况一致。

4 分析与比较

综合比较上述三种倒接方式:在适用范围上,电源屏倒接仅适用于新旧系统控制设备相互独立的情况,当设备由新旧系统共用时,只能采用倒接开关倒接或继电器倒接。在经济性上,电源屏倒接无需设置倒接装置,仅需设置一些防止设备混淆误认的标识,倒接开关倒接一般需设置定制的倒接箱和倒接柜,继电器倒接需设置预制的组合柜。相比较而言,后两者需另外设置独立倒接装置,其中继电器倒接还需使临时用大量的无极或无极加强型继电器,

实施费用会更高。在可靠性上,由于新旧系统及设备相互独立互不影响,电源屏倒接的可靠性能够得以保证;继电倒接相较于倒接开关倒接,由于前者使用安全型继电器符合故障-安全原则,而倒接开关则可能发生触点黏连或开关卡死的情况,导致无法及时倒接或倒回,因此,继电倒接的可靠性更高。在可维护性上,由于系统和设备间的独立性,同样电源屏倒接可维护性最佳;对于倒接开关倒接以及继电倒接均需新增配线,增加了控制回路的复杂性;当发生断路或短路故障时,提高了故障排查难度,降低了可维护性,其中继电倒接还需区分组合内配线和组合侧面配线,配线上更为复杂,相对倒接开关倒接而言可维护性更为逊色一些。具体情况如表 1 所示。

表 1 不同倒接方式比较

倒接方式	适用范围	经济性	可靠性	可维护性
电源屏倒接	仅适用于新旧设备相互独立	几乎无需额外费用	新旧设备相互独立,可靠性高	新旧设备相互独立,可维护性好
倒接开关倒接	可适用于新旧设备共用情况	需增加倒接箱和倒接开关,需一定费用支出	倒接开关不具备故障-安全特性,可靠性低	新增配线,可维护性较低
继电器倒接	可适用于新旧设备共用情况	需增加倒接组合柜和大量继电器,需较高费用支出	符合故障-安全原则,可靠性高	新增配线且相对复杂,可维护性低

综上所述,对于新旧系统轨旁设备独立设置的,应优先选用电源屏倒接;对于新旧系统轨旁设备需同时共用的,可结合改造投资规模及对倒接装置可靠性、可维护性的要求综合考虑确定选用倒接开关倒接方式还是继电器倒接方式。

5 结语

自 5 号线既有线信号倒接装置正式投用以来,经过 1 年左右的运行直至割接至新信号系统,尚未发生因倒接装置本身故障而影响次日正常运营或割接的情况,证明了各个轨旁设备倒接装置的选型、设计及内外配线均合理、可靠,达到了新旧系统来回倒接的预期效果。

对于日益增多的轨道交通信号系统升级改造工程而言,可借鉴 5 号线应用的新旧系统倒接工程实例,需根据工程实际情况和需求,合理确定新旧

系统过渡共存期间的倒接方案,在正式割接前确保旧系统正常稳定运行的前提下,提高新旧倒接过程的质量和效率,为新系统有限时间内施工调试创造有利条件。

参考文献

[1] 文仁广.北京地铁 8 号线信号系统不停运切换设计[J]. 铁路技术创新,2012(6):14.

[2] 刘莉,胡姗.城市轨道交通信号系统倒切电路设计[J]. 城市轨道交通研究,2017(7):127.

[3] 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(8):64.

[4] 胡姗,王海波,谌智,等.道岔室内电气故障切换装置的设计[J]. 城市轨道交通研究,2018(增刊 1):59.

[5] 杨安玉,张志恒.轨道交通信号系统倒切电路设计[J]. 铁道标准设计,2014(2):98.

(收稿日期:2018-11-13)