

基于轨道电路升级CBTC系统改造技术方案指南

签发时间：2018年8月

签发版本：第一版 (V1.0)

签发人： 

城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室由交控科技股份有限公司牵头，采用“政产学研用”协同创新模式，联合北京交通大学、北京市轨道交通建设管理有限公司、北京地铁车辆装备有限公司共同申报，并经国家发改委批复成立的第一个国家级城轨信号系统科技平台。白皮书是国家工程实验室的重大研究成果发布形式之一，旨在为城市轨道交通建设业主方提供决策依据，为设计方提供设计指南，为运营方提供运营维护指导。

《基于轨道电路升级 CBTC 系统改造技术解决方案指南》白皮书，旨在结合地铁旧线线路改造工程特点及因素，为基于轨道电路升级 CBTC 系统对地铁旧线工程改造提供技术解决方案。

对本书有任何问题或建议，欢迎与我们联系。

联系电话：010-52824660；邮箱：whitepaper@bj-tct.com

基于轨道电路升级 CBTC 系统改造技术方案指南

前 言

随着轨道交通的建设发展，北京、上海、广州等一些城市的轨道交通已形成网络化运营，也成为了城市交通的重要组成部分，同时基于车地通信的列控系统的成功应用，使得城市轨道交通的运载能力、设备的可靠性、系统的稳定性得到更进一步的发展，也奠定了城市交通发展的基础。

我国城市轨道交通信号系统发展起步较晚，早期建设的线路基本上是采用基于轨道电路的信号系统。对于早期的信号系统，一方面要面临日益增长的客流给城市轨道交通运营组织带来的巨大压力，另一方面也要面临系统设备老化、故障率高且部分关键设备已经停止生产，给维修管理部门带来高额维修成本的问题，已难以满足现代地铁高密度的运营和 RAMS 要求。而国外城市轨道交通发展起步较早，信号系统已经基本完成从固定闭塞和准移动闭塞向移动闭塞过渡，自动化运行等级也较高，新规划的项目基本都是基于 CBTC 的自动化项目，包括全自动运行。因此对早期信号系统的更新改造已势在必行。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

主要编写人：李新文、马骞、智国盛、李剑元

主要审查人：牛英明、唐涛、郜春海、张良、张通利、张艳兵、田桂艳、王道敏、朱宏、吴明、赵万才、任敬、梁东升、代津岳、王路萍、丘庆球、朱东飞、张琼燕、徐鼎、喻智宏、肖培龙、李晓刚、张强、刘超、罗铭

目 录

1	概述.....	1
1.1	信号系统分类.....	1
1.2	信号系统结构.....	2
1.3	模拟轨道电路.....	2
1.4	数字轨道电路.....	3
1.5	CBTC 系统	3
1.6	无线通信系统.....	4
2	缩写及术语.....	5
3	改造工程特点及考虑因素.....	6
3.1	特点及因素分析.....	6
3.2	技术解决方案编制通则.....	7
4	信号系统改造技术方案.....	8
4.1	轨道电路的固定闭塞或准移动闭塞升级 CBTC 系统改造技术方案 ..	9
4.1.1	改造因素	9
4.1.2	总体方案设计	12
4.1.3	车载设备改造设计	13
4.1.4	轨旁设备改造设计	14
4.1.5	车站室内设备改造设计	15

4.1.6 控制中心设备改造设计	16
4.1.7 其他专业接口设计	17
4.1.8 倒接装置设计	18
4.1.9 项目实施方案	19
4.2 新建线路建议.....	24

1 概述

1.1 信号系统分类

信号系统按照闭塞方式划分主要包括：固定闭塞、准移动闭塞、移动闭塞等。

(1) 固定闭塞：前方列车与后续列车之间的最小安全追踪间隔距离预先设定且固定不变的闭塞方式，属于效率低的一种控车方式。基于固定闭塞方式的 ATC 系统，通常以轨道电路按预先设定的长度，检测列车位置和列车间距。线路条件和列车参数等均在闭塞设计过程中加以考虑，并体现在地面闭塞分区的划分中。由于列车定位是以固定区段为单位，所以固定闭塞系统的速度控制模式一般都是分级方式，即阶梯方式。

(2) 准移动闭塞：前方列车与后续列车之间的最小安全追踪间隔距离单元预先设定且固定不变，并根据前方目标状态设定列车的目标距离和速度，是介于固定闭塞和移动闭塞之间的一种闭塞方式。系统通过采用报文式轨道电路辅之环线或应答器来完成车地之间信息传输；列车根据地面发送的信息采用距离速度曲线控制列车运行，列车的最大目标制动点可以延伸至前行列车占用分区的外方，当前行列车尾部驶过固定闭塞分区的分界点时，后续列车的允许速度曲线将产生跳变。属于效率较高的一种控车方式。

(3) 移动闭塞：前方列车与后续列车之间的最小安全追踪间隔距离单元不预先设定，并随列车的移动、速度的变化而变化的闭塞方式。系统通过车载设备和轨旁设备不间断的双向通信，可以根据列车实时的速度和位置等动

态计算列车的安全位置，控制信息随前方列车的行进而连续地或周期性做出响应。它摆脱了轨道电路的限制，突破了固定或准移动闭塞的局限性，可以将安全制动点延伸至前车安全车尾的位置，属于高效的控车方式。

1.2 信号系统结构

目前主流的信号系统结构主要由车载、车站及轨旁、车辆基地和中心子系统组成。

(1) 车载子系统主要负责列车运行控制和车辆接口控制等功能，实现列车运行自动防护和自动驾驶等功能。

(2) 轨旁子系统主要负责控制和采集及监控轨旁设备如信号机、道岔、有源应答器、占用检测设备、站台门等。

(3) 中心一般主要是 ATS 列车自动监控子系统，负责集中监控管理信号设备，根据运营计划调控线路列车运行等。

(4) 信号系统作为轨道交通运营安全和可靠的保证，安全相关子系统均采用容错结构，容错结构主要有以下方式：热备冗余、二乘二取二、三取二等。

(5) 非安全相关子系统主要考虑可用性，一般也采取主备结构或磁盘冗余等结构。

1.3 模拟轨道电路

模拟轨道电路采用调幅或调频方式，可以传输较多信息，不仅能监督轨道的占用，还能反映列车运行前方三个或四个闭塞分区的占用情况，地面设

备可以向车载设备传输 10~20 种信息。

模拟轨道电路在我国城市轨道交通应用的产品主要有：英国西屋的 FS2500 系统，美国 GRS 的 ATC 系统。

模拟轨道电路存在相邻区段的干扰、邻线间干扰、发送器和接收器工作不稳定、分路不良等众多影响正常运营的问题。基于模拟轨道电路的 ATC 系统中各个子系统处于分立状态，技术水平落后，制约了系统的运营能力。

1.4 数字轨道电路

数字轨道电路采用数字调频方式，可以传输更多信息，编码中包含了列车运行、线路条件、信号机状态等信息。

数字轨道电路在我国应用的产品主要有：美国 USSI 的 AF2904 系统，德国西门子的 FTGS 系统。

数字轨道电路也面临着设备维护复杂、可靠性低、追踪间隔大、线路运能小、车地通信信息量小、备品备件保障难度高、分路不良及轻车跳动等系统固有缺陷，难以保障大客流情况下的运营服务质量。

1.5 CBTC 系统

CBTC 系统是基于无线通信的列车自动控制系统，通过连续的、大容量的双向通信周期传递列车位置和移动授权等信息，控制列车安全高效运行，可满足城市轨道交通的运营需求。

CBTC 系统具备速度快、间隔小、车地实时双向信息传输、可实现双向运行、维护简单、安全性高等众多优点。

1.6 无线通信系统

目前国内 CBTC 系统车地通信主要包括交叉感应环线和无线通信方式两种。其中，无线通信方式一般采用无线局域网(WLAN)或 LTE 技术。

车地无线通信采用无线局域网技术构建时，大多采用 IEEE802.11 系列标准的扩频或正交频分调制技术，其传输媒介包括无线自由波、波导管、漏泄电缆等方式。

采用 IEEE802.11 标准无线局域网技术的不足之处主要是其频率开放、标准公开，无法从根本上解决干扰的问题。因此采用 IEEE802.11 标准无线局域网技术的车地无线通信系统也需要进行改造，采用性能更好的 LTE 技术的车地通信方式。

2 缩写及术语

FTGS -- 远程馈电式具有编码的无绝缘的音频轨道电路

CBTC -- 基于通信的列车控制系统

ATC -- 列车自动控制

VOBC -- 车载控制器

ATP -- 列车自动防护

MMI -- 人机接口

ZC -- 区域控制器

DSU -- 数据库存储单元

ATS -- 列车自动监控

CI -- 计算机联锁

DCS -- 数据通信系统

LTE -- 长期演进，是 3GPP 制定的以 OFDM/FDMA 为核心技术的下一代无线技术标准

BBU -- 基带处理单元

RRU -- 射频拉远单元

TAU -- 列车接入单位

PSD -- 站台门

3 改造工程特点及考虑因素

3.1 特点及因素分析

改造工程需要在尽可能保证既有信号系统不停运、不降低运输能力和安全等级的条件下进行，面临工期紧、技术标准高、作业时间短、安全压力较大等诸多制约因素。在改造过渡期间，需实现新旧轨旁设备、车载设备应能相对独立运行，以确保新旧信号系统的无扰切换。

信号改造工程涉及供电、通信、线路、房建、车辆、站台门、综合监控等多个专业，其协调配合工作巨大。信号系统改造方案应尽可能适应其它专业及其它联络线的接口条件，包括现有的土建结构、线路、限界、车辆、通信、供电等现场条件。

由于旧线改造工程的主要工作必须在夜间非运营时间进行，有效的工程实施时间短，因此新设备施工安装调试难度较大，工期相对较长。

信号系统是复杂和严密的控制系统，信号系统改造建设需要考虑各种可能的相关影响因素和条件，确保项目建设的科学性和合理性。一般改造方案考虑的因素主要包括：

序号	因素类别	因素描述	备注
1	技术特点	对旧线信号系统进行技术分析，包括信号制式、系统构成、子系统原理、系统接口、网络架构、车地通信、设备参数等。	
2	用电需求	对旧新线信号系统用电量需求进行分析，包括正线各站、控制中心、车辆段、停车场等信号设备房以及车载设备的用电量，用电量大小按照新旧系统存在同时工作最大可能进行计算。	
3	安装空间	对旧信号设备房、通号电缆间、弱电井、车载机柜的空间进行分析，确定新系统设备的安装方式。	
4	系统过渡	包括设备安装过渡和调试期间新旧系统设备的过渡。具体可分为车载信号设备过渡、轨旁信号设备过渡、车站室内设备过渡、	

		控制中心信号设备过渡、场段信号设备过渡等	
5	项目验收	由于新系统开通后，缺少磨合时间和空载试运行阶段，一旦开通，就直接载客运营。因此应根据不同的改造方案考虑验收要求，尽量在倒接前完成能够完成的验收。	

3.2 技术解决方案编制通则

信号系统是一个安全级别较高的系统，对于改造工程而言，需要考虑改造实施对运营的影响，任何细小的故障都有可能影响列车的正常运营。因此为促进信号系统改造工程顺利进行，针对城市轨道交通信号系统改造工程的特点，提出改造技术方案设计主要思路。

序号	编制通则	备注
统一性	系统改造规划应与轨道交通总体规划发展紧密结合，其规划应具有一定的超前性和可持续性。	
协调性	系统改造方案的设计应与轨道交通其他专业相协调，减小接口工作量；与现场条件相协调，避免资源浪费及二次改造的成本增加。实现降低系统改造总投资成本。	
先进性	系统的行车间隔设计满足线路通过能力要求；系统具有高安全性和可靠性，并能保证连续不间断地工作；系统构成符合主流产品的结构，易于扩展并具有较高的性能价格比；	
可操作性	系统改造工程实施难度应在可接受范围内；过渡方案切实可行，可操作性强，并对运营影响最小。	

4 信号系统改造技术方案

信号系统改造技术方案应根据旧线系统的特点及改造需求制定不同的解决方案，主要分为全系统改造、局部子系统改造和分期建设改造等三大类。

全系统改造方案：

- 轨道电路升级 CBTC 系统改造技术解决方案
- 轨道电路升级 FAO 系统改造技术解决方案
- CBTC 升级 FAO 改造技术解决方案
- CBTC 系统互联互通系统升级改造；
- CBTC 系统老化更新改造；
- 基于轨道电路准移动闭塞列车自动控制系统设备更新改造；
- 基于轨道电路固定闭塞升级点式控制系统。

局部子系统改造：

- CBTC 系统车地无线传输系统改造升级；
- 基于轨道电路固定闭塞系统，车载设备升级改造；
- 基于轨道电路准移动闭塞系统，车载设备升级改造；
- CBTC 系统互联互通系统升级改造技术解决方案；
- ATS 子系统改造；
- 电源改造；
- 联锁子系统改造；
- ATP/ATO 地面设备改造。

分期建设改造：

- 既有系统扩建兼容改造；
- 既有系统更新、兼容改造；
- 系统扩能改造。

由于改造项目受项目本身条件因素影响变化较大，不同的因素，选择的方案也不同。为了能够提出切实可行的解决方案，应依据信号系统的改造目标，结合改造因素综合制定解决方案。本次以轨道电路升级 CBTC 系统改造技术方案为议题，针对该类改造技术方案从改造因素、改造方案设计、项目实施、项目验收及保障措施等方面提出建议。

4.1 轨道电路的固定闭塞或准移动闭塞升级 CBTC 系统改造技术方案

4.1.1 改造因素

该类改造方案应考虑如下因素：

序号	因素类别	因素描述	备注
1	车载设备安装	车载设备尽可能实现利旧方案设计，充分考虑新旧设备的安装方式及尺寸，应至少考虑如下内容： ➤ VOBC 机柜； ➤ ATO 插箱； ➤ ATP 插箱； ➤ BTM 插箱； ➤ MMI； ➤ 速度传感器； ➤ 雷达传感器（加速度计）； ➤ 应答器天线； ➤ 车载无线天线； ➤ 与车辆接口连接器插座；	

		➤ 头尾贯通线； ➤ 倒接开关。 所有的安装设备应满足设备的尺寸及电磁兼容要求，具体内容根据线路实际情况确定。	
2	VOBC 与车辆电气接口	VOBC 与车辆的电气接口尽量保证与现车信号设备接口一致；电气接口应至少考虑如下内容： ➤ 电源； ➤ 警惕手柄； ➤ 牵引指令； ➤ 制动指令； ➤ ATO 模式输出； ➤ 开关门指令； ➤ ATO 启动； ➤ ATO 启动灯； ➤ ATO 模拟量输出； ➤ 驾驶激活； ➤ 车门状态检测； ➤ 紧急制动施加状态； ➤ 制动状态监督； ➤ 方向手柄； ➤ 牵引状态； ➤ 确认按钮； ➤ AR 按钮； ➤ 切除开关； ➤ 门使能； ➤ 零速信号； ➤ 牵引切除； ➤ 自动折返； ➤ 自动折返启动灯。 具体的电气接口根据车辆确定。	
3	车辆参数	为保证新系统能够得到更好的运行使用。在改造过程中应至少考虑以下车辆参数： ➤ 列车长度； ➤ 车辆运行最大允许速度； ➤ 构造速度； ➤ 车辆切除牵引速度； ➤ 空车质量； ■ 载荷条件 1（满座）质量； ■ 载荷条件 2（AW2）质量； ■ 载荷条件 3（AW3）质量； ■ 旋转质量（整车）； ➤ 轮径范围； ➤ 可保证的紧急制动减速度（GEBR）；	

		➤ 牵引/制动加速度； ➤ 牵引/制动延时； ➤ 混合制动切换速度； ➤ 混合制动切换时间； ➤ 保持制动输出比例； ➤ 列车阻力计算； ➤ 空转和打滑； ➤ 车门控制。 具体车辆参数根据不同的系统和车辆确定。	
4	DCS 设备	DCS 系统应从性能与容量方面考虑设计，应至少考虑如下内容： ➤ 骨干网交换机； ➤ 网管服务器； ➤ 设备用电量； ➤ 轨旁设备安装方式（具体根据 WLAN 和 LTE 方案确定）； ➤ LTE 核心网（若有）； ➤ 时钟同步（若有）。 DCS 系统设计应充分考虑利用旧系统的骨干网络。	
5	联锁设备	联锁设备主要考虑与室外设备控制切换，此部分改造至少考虑如下内容： ➤ 机柜安装方式及尺寸； ➤ 倒接开关设置； ➤ 信号机控制； ➤ 道岔控制； ➤ 区段状态采集； ➤ PSD 控制； ➤ ESB 状态采集； ➤ 防淹门状态监督； ➤ IBP 盘接口； ➤ ATS 接口； ➤ VOBC 接口； ➤ 联络线接口。 具体内容应根据线路实际情况确定。	
6	ATS 设备	ATS 设备主要考虑安装方式及接口设计，此部分改造至少考虑如下内容： ➤ 机柜安装方式及尺寸； ➤ HMI 显示； ➤ PIS 接口； ➤ FAS 接口（若有）； ➤ PA 接口； ➤ SCADA 接口； ➤ 时钟接口； ➤ 联锁接口；	

		➤ DSU 接口; ➤ ZC 接口; ➤ VOBC 接口; 具体内容根据线路与系统确定。	
7	ZC/DSU 设备	主要考虑设备的安装尺寸及与各子系统的接口,至少考虑如下内容: ➤ 机柜安装方式及尺寸; ➤ 联锁接口; ➤ ATS 接口; ➤ VOBC 接口。	
8	电源设备	主要考虑设备的安装尺寸及容量。至少考虑如下内容: ➤ 机柜安装方式及尺寸; ➤ 用电量; ➤ 倒接开关设置。	
9	外部接口条件	考虑供电、站台门、综合监控、土建等外部接口的制约条件。	

4.1.2 总体方案设计

改造项目总体方案可分为以下 7 个阶段:

(1) 需求调研: 调查分析用户对信号系统改造规划、范围、进度的要求及功能性需求;

(2) 方案设计: 根据调研的需求及设计文件编制整体改造设计方案、过渡倒切方案等提交用户审核, 然后根据经审核的整体设计方案确定产品研发和系统设计, 组织接口谈判和设计联络确认, 进行信号系统改造详细设计;

(3) 设备安装和调试: 根据信号系统改造工程图纸和详细设计方案要求进行设备安装和相关调试, 确保改造项目的顺利实施;

(4) 试运行和试运营: 根据过渡方案对新信号系统进行试运行和试运营, 对存在的问题进行升级和重新验证, 为验收和正式运营准备;

(5) 验收: 根据用户运营规则和需求确认验收方案。

4.1.3 车载设备改造设计

(1) 车载改造内容

➤ 车载机柜

新系统车载设备主机机柜可安装于司机室内的临时位置，对于司机室空间过小的可在紧邻司机室车厢内隔出一定空间来满足新车载设备临时安装要求。

➤ 司机显示单元、按钮

新系统司机显示单元及按钮安装于临时位置，司机显示单元设计临时支架固定，新增的按钮设计箱盒宜临时固定在司机台附近。

➤ 外围设备

外围设备包括速度传感器、雷达传感器/加速度计、应答器天线、车载天线等，速度传感器安装在未使用的车辆车轴上，雷达传感器/加速度计、应答器天线、车载天线安装在新增车辆支架上。

对于利旧或经改造满足新旧系统的共用设备及与车辆的采集/输出信号，在车上安装倒接开关进行切换，在运营时段和调试时段分别接至相应系统工作。

新系统调试验收完成后，拆除旧系统设备，新系统设备二次移动安装到设计位置。由于车载设备设置了倒切开关，车载设备可以逐个车进行拆除过渡。

(2) 电气接口设计

电气接口设计需要遵循的基本原则：信号系统与车辆的电气接口不会因

信号改造而发生变动。

为满足上述原则，首先需要对旧线系统车载设备电气接口进行调研，分析新旧信号系统电气接口的差异，根据差异设计车辆接口转换架，以满足新系统的电气接口要求。

（3）车辆性能参数

新旧系统对车辆的性能参数要求往往不同，需要根据新系统对车辆性能参数的要求与车辆共同确定。为指导车辆性能参数选取，根据经验列出新系统对车辆性能参数主要包括：列车长度、列车最大速度、列车重量、轮径范围、可保证的紧急制动减速度、牵引/制动加速度、牵引/制动响应时间、混合制动参数、列出阻力特性等。

4.1.4 轨旁设备改造设计

（1）信号机

新旧信号机设计应注意安装位置的冲突，对于需设置在同一位置的信号机，可将新信号机安装在旧信号机的就近位置，在系统开通投入时或投入使用后再将临时安装的新信号机进行二次就位。

信号机的前期调试采用模拟电路进行，调试需在非运营时段进行。为了避免司机的混淆，在运营时段对新设信号机进行遮盖，并在信号设备室分线盘上断开电源，直至新系统的最终调试完成后，启用新信号机。

（2）转辙机

转辙机选型应以兼容既有系统，不对既有系统改造为原则进行设计。若使用同型号转辙机，改造较为简单，施工时室外设备只需逐台更新即可。利

用夜间非运营时段更换转辙机，然后通过倒接开关分别连接新老系统联锁设备。利用倒接开关保证旧系统联锁和新系统联锁在日间运营和夜间非运营时段对转辙机进行控制。

若采用不同型号转辙机，其设计较为复杂，可采取如下措施：1、更换室外转辙机为新系统使用的转辙机类型；2、更换室内旧系统电动转辙机控制电路以适应新电动转辙机控制要求；3、根据室外道岔控制电路电缆数量选择合适数量和节点数的倒切开关，从分线盘处断开旧系统至室外电动转辙机的控制线缆，将室外控制线缆连接至倒切开关，通过倒切开关选择不同位置的接点至新旧系统，实现新旧系统对道岔的控制切换控制。

此外，当新旧信号系统转辙机的控制电路的原理和方式不同时，还应根据切换需要设置转辙机室外控制线的倒切装置。

（3）列车占用检测设备

地铁常用列车占用检测设备分 2 种，即轨道电路和计轴。新系统均采用计轴作为列车占用检测设备，新系统安装的计轴与原轨道电路设备可完全独立工作，因此新系统的列车占用检测设备可以独立安装无需设计特殊技术方案。

（4）应答器及无线通信设备

应答器及无线通信设备也是可以与旧系统完全独立工作，利用调试期间独立安装，设备安装完成后直接连接到新系统。

4.1.5 车站室内设备改造设计

车站室内设备新旧系统在电路上可以保持相对独立，室外电动转辙机控

制电路、站台门接口等新旧信号系统控制对象唯一的设备需通过倒切装置分别连接到新旧系统，其他不应再存在任何电路逻辑连接和信息交换。室内设备改造设计主要是设备安装问题。室内设备安装主要措施可以按照如下进行：

- 1) 设计部门进行详细的室内设备布置，保证既有设备必要的维护空间，尽可能利用已有室内空间；
- 2) 可采用临时移动既有信号设备位置满足新系统设备安装空间要求；
- 3) 新设备采用临时固定和连接方法，满足调试工作基本要求即可；
- 4) 新设备安装施工时采取必要防护措施，严格保证既有设备安全；
- 5) 新设备安装施工时采取必要防护措施，满足调试工作基本要求；
- 6) 新设备安装无法一次就位时，临时布置的设备要充分考虑二次就位后的最终安装位置，不要出现无法移动及重新进行线缆连接的情况。
- 7) 新设备间连接线缆要预留足够长度，保证二次就位移动需要。

4.1.6 控制中心设备改造设计

控制中心主要功能是对全线运营情况及设备的工作情况进行监控，通过通信前置机与其他专业接口。控制中心设备改造均需实现新旧设备对系统控制，新系统 ATS 设备（包括数据服务器、通信服务器、应用服务器）是可以完全独立旧系统，此部分设备不需要特殊设计。中心改造的主要难点在于新旧系统通信前置机与外专业通信接口的切换，为解决此问题，需要在新旧通信前置机处设置倒切开关，通过倒切开关完成新旧系统与外专业的通信。

4.1.7 其他专业接口设计

(1) 供电

对供电系统的要求主要是系统功耗方面，需根据新系统设备额定电压、额定容量、负载线缆规格等参数，统计用电量需求，与既有供电规格比较，确认是否满足使用需求。

(2) SCADA、TCC、PIS、PA、无线列调等接口

信号系统与 SCADA、TCC、PIS、PA、无线列调等相关专业的接口实施，宜以既有接口不做改变为原则，主要关注以下要求：

- 1) 物理接口；
- 2) 通信协议；
- 3) 接口数据内容；
- 4) 数据的定义；
- 5) 数据的格式；
- 6) 数据传输速率；
- 7) 电磁隔离等。

(3) PSD

信号系统与 PSD 接口主要通过联锁实现，接口要求主要包括但不限于以下内容：

接口采用继电接口方式，电路的设计符合故障—安全原则，接口电路用继电器应采用安全型继电器，其特性及其应用符合中国有关规定。接口信号应为安全信号；

接口电路用于系统间传递信息的电回路采用双断设计；

信号系统与 PSD 系统之间的接口电缆原则实行上/下行分开、命令/信息分开的原则；

“门关闭且锁紧”和“互锁解除”采用相互独立的安全回路；

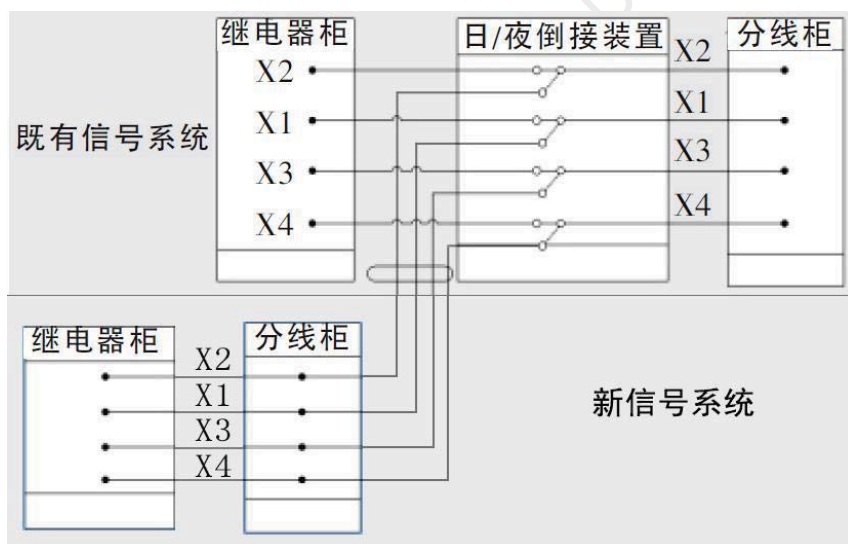
开、关 PSD 命令分别设置独立断路器；PSD 门状态、互锁解除信息分别设置独立的断路器；

接口电路的接口及两系统间均采取一定的隔离措施,避免双方之间干扰。

4.1.8 倒接装置设计

信号机、转辙机、站台门等需要新旧系统切换控制的设备需设置倒接装置，实现设备夜间调试阶段处于新系统控制，白天运营阶段处于既有系统控制。改造方案设计时，需结合线路情况设计倒接方案，对倒接开关原理、施工指导、安全措施等进行具体规定，确保倒切装置的运用对运营不产生影响。倒接装置建议按照倒接开关、转换确认开关、双稳态继电器、指示灯等架构设计。

信号倒接存在着大量共用的室外设备。大量室外设备共用所带来的最明显的难度就是新旧设备倒接开关数量巨大，为了尽量节约割接的施工时间，倒接装置建议采用安全继电器代替常用的万可端子的开关，从本该对数百个开关进行的操作提升为瞬间启动。



倒接示意图

为了实现安全、高效的信号系统倒接，改造项目的倒接方案建议参照以下原则：

- 在新信号系统安装、调试以及过渡阶段，系统倒接方案设计应能保证不影响正常运营。
- 在新信号系统安装、调试以及过渡阶段，旧线信号系统的运营安全、效率应不能因改造而降低。
- 在满足新旧系统倒接功能前提下，倒接设计应简单、操作便捷，方便倒接与后期拆除。

4.1.9 项目实施方案

(1) 改造步骤

轨道电路升级 CBTC 系统改造技术解决方案可分为地面设备改造及过渡、中心设备改造及过渡和车载设备改造及过渡，改造实施可以按照以下六阶段实施。

第一阶段，倒接设备安装及验证，其前提条件包括如下方面：室内设备

安装完成；室外电缆及站联电缆敷设完成；倒接开关柜内所有配线完成并校核无误；轨道电路完成相关电压、电流参数的采集及跳线的设置并做好详细记录。在实施过程中应注意如下事项：在完成上述配线的放线阶段中，为方便后续的拆除工作分为两大类进行放线，新旧倒接开关柜至既有设备分线柜的配线为一类，并按轨道电路，信号机，道岔等类别进行绑扎，做好线标；新旧倒接开关柜至新机房配线为一类，并按轨道电路，信号机，道岔等类别进行绑扎，做好线标。在进行新旧倒接开关柜至分线柜配线时，在配线开始前对旧线的分线柜部分做好标签和防护，每次应进行同一类型或设备的电缆配线，并留出足够的校线确认和设备调整确认时间，完成确认后，记录当天配线完成表。在进行既有设备电缆配线过程中，禁止对所有既有配线做任何改动（包括新旧倒接开关中的原有配线）。

第二阶段，新机柜设备单体调试，其前提条件包括：新机柜设备安装完成；新机柜配线核对完成；室内模拟盘搭建完成；第一阶段的倒接设备安装及验证完成。本阶段测试对运营设备无影响，可以在运营时段完成，测试内容包括：联锁静态测试，联锁模拟一致性测试，车站 ATS 静态测试，测试前检查，接地测试，电源测试。

第三阶段，室外既有设备对新设备调试，其前提条件包括：倒接开关柜试验通过；第二阶段新设备单体调试完成；控制中心至车站光缆敷设完成并光路通信正常。本阶段施工期间施工区域内所有信号设备停用，施工结束后恢复至运营状态。调试内容包括：轨道电路调试、联锁室内外一致性测试、方向电路/站联电路调试及需要动车进行的 ATO 运行、ATS 功能测试等。

第四阶段，新系统设备启用演练及启用，对运营线路的系统升级过程包括预升级和升级两个步骤，预升级前提条件为新系统设备已完成所有调试，现场验证新设备能正常工作，当天验证结束后，退回原运营状态；在升级测试通过后进行最终升级，启用新系统设备，升级完成后不再恢复至既有设备。

第五阶段，倒接开关柜拆除，当新系统启用以后需要拆除倒接设备，由于与倒接开关连接设备较多，为不影响线路的正常运营，采取分步拆除的方式进行。拆除设备时对每类进行拆除，所有拆除连接的线的设备需要做好记录并重新进行联锁一致性试验、轨道电路及停车模块等调整确认。

第六阶段，室外设备更换启用，新系统启用后即可组织对室外既有设备的更换，宜采用分区间、分类别的方式进行。

（2）设备安装

1) 设备室安装：新旧系统轨旁设备配置不同，对设备室要求也不同，且由于涉及倒接和过渡期等，需评估设备室安装、走线、配电等因素。若设备室空间上可满足新旧设备同时放置的安装和散热、配线等要求，则新系统轨旁设备安装于既有设备室。如果设备房空间受限，可以利用其具备安装新系统空间要求的设备室，在原信号设备房增加倒接开关并敷设相应的电路到新的信号设备房。

2) 轨旁设备安装：新系统增加的设备根据设计要求安装到现场，需考虑现场实际的安装空间是否满足要求，设备安装完成后应进行成品保护及防止新设备对旧系统干扰。如应答器设备可增加屏蔽装置，信号安装完成后采取

遮挡措施。

3) 车载设备安装: 新的车载信号设备可逐个列车改造, 根据设计要求安装新车载设备, 安装完成的车载设备应先进行原系统的车载系统动车验证, 验证通过后方可投入运营与调试。

4) 倒接开关安装: 倒接开关按照设计要求安装, 倒接开关的安装需要在停运期间进行, 避免影响正常运营, 倒接开关安装完成后必须经过验证后方可接入系统。轨旁的倒接开关建议以分线盘作为倒接点, 分别接通室内的新、旧设备。

(3) 信号系统安装调试

1) 旧线信号系统运营阶段: 在该阶段进行信号系统的详细设计、现场设备定测、设备安装以及系统静态调试工作。

2) 影子模式运营阶段: 在该阶段进行夜间的动车测试, 以及白天在既有系统运营期间, 对部分系统设备上电进行性能测试、数据采集等工作。

动车测试分别进行单车功能测试、多车追踪测试及系统压力测试等。测试期间要运营组织相关专业的协调与配合, 做好多车测试的准备工作。每天非运营时间作业的安排建议: 23:30-23:45 进行升级倒接, 主要工作包括软件备份、更换软件、更换连接。23:45-3:00 进行调试、见证、验收, 主要工作包括调试测试、安全见证、监理验收。3:00-3:30 恢复确认, 主要工作包括软件恢复、恢复连接、功能确认。5:00-9:00 运营保障, 主要工作包括高峰值守、硬件保障、软件保障。

3) 新系统试运营及拆旧阶段: 完成新系统综合联调等各项测试, 具备载

客试运营条件后，进入该阶段。系统倒接建议采用一夜切换的模式，倒接前各专业提前完成相应的准备工作，倒接的当晚只进行无法提前实施的工作，如接口更换。倒接计划建议以小时为单位计划工作任务项（若根据线路规模 and 实际运营情况，一般倒接作业需保证 6-8 小时，针对正常停运时间不满足的线路，应采取缩短运营时间方式来满足倒接过渡实施，由运营管理部门调试当天及第二天列车运行图并提前对外发布列车运营调试时间）。该阶段开始后逐步对旧信号设备进行拆除。

4) 系统正式运营阶段：试运营结束，旧设备及过渡设备拆除完毕后进入该阶段。

(4) 信号系统验收

改造项目验收根据改造程度编制验收流程和细则等。主要原则包括：

1) 产品质量：检查产品质量文件和产品合格证书、检测证书等相关文件齐全，记录完备；设备产品外观完好无损伤，密封或封装良好，涂装和编号完整无缺；

2) 设备安装：检查设备安装是否符合设计要求和标准；设备配线整齐牢固，线缆弯曲半径等符合要求，走线合理，接地可靠，配线防护齐全，线号或其他标记清晰等；设备安装位置和高度满足非金属区等产品设计要求；设备安装符合侵限要求；安装紧固牢靠；标识或铭牌等清晰明确；

3) 调试：室内测试和产品型式实验等测试报告完备，电气兼容测试完成，报告完备，现场调试和系统联调、综合联调步骤合理，报告完备等。涉及倒接时，倒接方案和过渡期方案、倒接调试应急预案等合理完备；

4) 档案和资料:包括工厂验收资料、设备合格证书和抽检报告、调试和施工组织计划方案、设备图纸、施工蓝图、配线和连接图纸、设备调试记录和报告、系统调试和报告、系统试运营报告、综合联调报告等。

4.2 新建线路建议

信号系统更新改造是一个十分复杂的工程，需业主、设计、设备供货商及施工单位共同努力完成，系统改造往往要求在不停运前提下进行工程实施，最终完成新旧系统的过渡，既要确保行车运营安全，又要保证工程项目的顺利实施，对于部分线路条件困难的，其改造难度甚至大于新建项目，而且信号系统也会随着科技的进步不断更新换代，当前主流的 CBTC 系统在未来也会面临改造的需求。

通过旧线改造的方案设计，总结改造中遇到的问题，对新线建设提供如下建议：

- 1) 采用标准车型，可以满足后续改造对车辆的接口（包括机械接口和电气接口）要求，降低车载设备改造的实施难度。
- 2) 设备房面积考虑改造的预留空间或增建备用设备房，有利于新系统室内设备的布置，避免二次就位的工作量。