

城市轨道交通共用试车线信号系统方案安全分析

刘 倩

卡斯柯信号有限公司 北京 100070

【摘 要】本文结合某市轨道交通 1 号线和 2 号线共用试车线的信号系统方案,对共用试车线安全分析中的分析对象、采用的安全分析方法、考虑的失效模式和危害场景等方面进行探讨,为其他类似应用场景下的安全分析提供参考和借鉴。

【关键词】信号系统;共用试车线;安全分析

前言

随着轨道交通建设的开展,出于避免重复建设、资源共享等方面因素考虑,多地在建设中提出了共用试车线需求。本文以某市轨道交通信号系统,通过在已开通的 1 号线试车线增加倒切设备,实现 1、2 号线共用试车线的方案为例,论述信号系统共用试车线方案的安全分析过程。

1.方案概述

某市轨道交通 1 号线先于 2 号线运营,试车线位于 1 号线车辆段内,1、2 号线信号系统为同一供应商,制定共用试车线设计方案总体原则:(1)两线均有独立的设备室和控制室,且分别设置试车线室内联锁设备、ZC/LC/LEU 设备和计轴主机。(2)在 1 号线试车线信号设备室增加倒切柜,实现 1、2 号线试车线倒切。(3)两线共用一套试车按钮盘,设置在 1 号线试车线信号设备室,两线均通过该试车按钮盘与车辆段进行交权手续。同一时间试车线上只能有一列车试车。(5)两线共用试车线轨旁信号设备,包括室外计轴传感器、信标、信号机、转辙机等。(6)1 号线试车线与车辆段接口电路不做修改,1 号线试车线信号系统软件、数据不做修改。

2.安全分析过程

对共用试车线方案的安全分析过程包括:识别安全分析对象、根据分析对象选择适用的安全分析方法,识别可能的失效模式、失效原因、危害和缓解措施。

2.1.识别安全分析对象

首先,基于共用试车线方案,识别安全分析对象,包括安全相关设备、操作流程等。(1)梳理可能引入失效的安全相关信号设备。共用设备:试车按钮盘、信号机、转辙机、计轴传感器、信标等。新增设备:2 号线联锁机、ZC/LC 设备、ATS 工作站、计轴主机、LEU、倒切设备、2 号线试车线与车辆段接口继电器等。倒切设备:倒切柜内设倒切继电器,室外设备接至继电器中接点,1、2 号线分别接至继电器前、后接点。(2)梳理方案实现过程可能引入失效的活动,如设计和数据准备活动、安装调试活动、维护活动等。(3)梳理试车流程可能引入失效的环节。明确参与试车流程的人员和其所处位置:1 号线车辆段值班员,位于 1 号线车辆段控制室;倒切设备操作员和试车盘操作员,位于 1 号线试车线信号设备室;两线试车线值班员,分别位于两线试车线控制室。明确试车作业的具体流程:1)有试车需求的线路,试车线值班员向车辆段值班员确认试车线空闲;2)倒切设备操作员进行倒切并确认正确性;3)车辆段值班员确认倒切完成、试车线空闲后,向试车线调车,确认列车在规定位置停稳后办理非进路;4)试车盘操作员按下开始试车;5)试车结束列车在规定位置停稳后,试车盘操作员拔出开始试车,通知车辆段值班员试车完毕;6)车辆段值班员确认试车完毕且列车在规定位置停车后取消非进路,调离列车。

2.2.安全分析方法

根据上述分析对象,选取 FMEA 方法分析安全相关设备发生单点失效时的危害;选取 OSHA 方法分析方案实现和试车流程中可能的危害。

2.3.FMEA 分析

分析安全相关设备发生单点失效时的危害:(1)倒接继电器:考虑失电后常开接点未断开或得电后常开接点未闭合,导致室外设备部分或全部接点未正确倒切时是否存在相关危害。下面以 1 号线试车时未正确倒切至 1 号线为例,列举需考虑的危害:1)计轴:分析是否存在 1 号线试车线联锁和车辆段联锁错误采集到区段出清的情况,以及 2 号线联锁采集到计轴状态后是否影响 1 号线试车(如是否具备点亮轨旁信号或操纵道岔的条件)。2)有源信标:分析有源

信标中信号机、道岔状态是否导向安全侧,如,当 1 号线试车列车扫过与 2 号线 LEU 相连的有源信标时,2 号线联锁输出的信号状态是否为限制态。3)信号机:分析 CBTC(室外灭灯)和点式模式下,车载是否能正常接收 1 号线联锁发送的信号机状态;非 ATP 防护模式下室外点灯,当信号机实际与 2 号线联锁相连,信号显示是否导向安全侧。4)非进路复示继电器和开始试车复示继电器:分析 2 号线试车线联锁具备权限后,是否存在开放信号并与 1 号线车载通信或控制室外信号显示的情况。5)道岔定、反位表示复示继电器:分析是否存在错误获取道岔状态导致联锁错误开放信号的情况。(2)断路器:分析断路器断路或短路后,倒切继电器全部落下或吸起时是否存在危害,如是否存在试车过程中动岔、或联锁错误开放信号、或试车线路列车车载与它线联锁、有源信标等设备通信且相关信息导向危险侧、或非试车线路的联锁控制轨旁信号显示导向危险侧的情况。(3)电源:电源故障、倒接继电器全部落下,与断路器断路时场景相同。(4)线缆:断线或混电,与继电器单点失效时考虑的场景相同。最后,分析上述危害可能导致的事故并制定缓解措施。

2.4.OSHA 分析

分析设计和数据准备活动、安装调试活动、试车作业、维护阶段可能的危害。(1)设计和数据准备阶段。1)考虑共用室外信标,信标与两线接口设备(如 LEU、信标天线)兼容性,防止列车定位错误或获取错误的信号机、道岔位置信息的危害。同时,需采取措施确保后续任一线路软件升级时,仍能满足该要求。2)由于现场信标已烧录 1 号线数据,2 号线 ATC 数据制作和测试时,须确保使用的数据与现场一致,防止列车定位错误或获取错误的信号机、道岔状态的危害。同时,需采取措施确保后续任一线路升级信标数据时,另一线路进行影响分析。3)设计过程中必须考虑两线车载与轨旁设备的无线通信,防止出现任一线路车载与它线轨旁通信的危害。4)考虑计轴传感器与两线计轴主机兼容性计轴的安全完整性等级要求,防止出现计轴区段错误出清的危害。(2)安装调试阶段。考虑该阶段中可能的失效和危害,如,倒切设备安装导致既有 1 号线试车线联锁与室外设备配线错误,或倒切设备未正确安装调试而无法正确倒切等失效,是否导致区段错误出清、信号升级显示、道岔非预期转动等危害。(3)试车阶段。相较既有试车流程,两线共用试车盘且人员存在多次多方确认,试车线值班员不能直接观察它线试车状态,基于此分析人因失效,是否导致区段错误出清、信号升级显示、道岔非预期转动等危害,如:1)非授权人员操作或未按规定操作等造成相关设备未正确倒切、或在试车过程中倒切、或未进行倒切确认。2)操作员未正确与车辆段值班员确认是否有它线试车,在它线试车时进行倒切。3)操作员误动试车控制盘取消它线试车。4)车辆段值班员未正确确认试车完成,取消非进路。(4)维护阶段。维护阶段更换计轴板卡和传感器时,仍需确保计轴传感器与两线计轴主机满足兼容性及安全完整性要求,防止出现计轴区段错误出清的危害。最后,分析上述危害可能导致的事故并制定缓解措施,输出至相应的操作人员。

3.结束语

综上,在进行共用试车线信号系统方案安全分析时,应结合方案,识别安全分析对象、选择适当的安全分析方法,对可能的失效模式和危害进行分析,将共用试车线引入的风险降低至可接受水平。

【参考文献】

- [1]刘伟兵.轨道交通共用试车线信号系统工程设计方案[J].都市轨道交通, 2016 (5): 107-109.
- [2]姜磊.北京地铁 1 号线四惠试车线多线共用解决方案[J].铁路通信信号工程技术, 2014,11 (5): 55-58.