

全自动运行模式下站台门系统的适应性分析

倪 琍

(中铁第四勘测设计院集团有限公司, 430063, 武汉//高级工程师)

摘 要 阐述了全自动运行模式下的站台门功能需求,以及站台门与其他设备的配合要求。全自动运行条件下,需要设置纳入安全回路的防夹人检测装置,站台门系统应增加对位隔离功能;同时应提高系统的可靠性、可用性、可维护性和安全性水平,为全自动运行创造条件。

关键词 城市轨道交通; 站台门; 全自动运行; 功能需求

中图分类号 U29-39

DOI:10.16037/j.1007-869x.2019.01.017

Adaptability Analysis of the Platform Screen Door System under Fully Automatic Operation Mode

NI Li

Abstract The functional requirements of PSD under fully automatic operation mode, and the cooperation between PSD and other facilities are elaborated. In the condition of fully automatic operation, it is necessary to install the anti-pinch detection device which is incorporated into the safety circuit, and add the contraposition isolation function to PSD system. At the same time, the RAMS (reliability, availability, maintainability and safety) level of the system shall be improved so as to create conditions for the fully automatic operation of metro trains.

Key words urban rail transit; platform screen door (PSD); fully automatic operation; functional demand

Author's address China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China

城市轨道交通全自动运行系统不仅仅是列车的全自动驾驶,还具备车辆自动出入车场、自动清洗、自动行驶、自动停车、自动开关车门、故障自动恢复等功能,以及车站服务设备的自动唤醒/自检和休眠、实时状态监测功能,具有常规运行、降级运行和灾害工况等多重运行模式。因此,全自动运行系统需要信号系统同车辆、站台门、综合监控及通信等专业的系统深度集成,使得轨道交通运行系统具有较高的整体自动化水平。

站台门的安装有效阻止了异物和人员侵入轨行区,提高了乘客候车的安全性和舒适性,并能有效减少行车间隔时间;但其与车门间隙需要重点监控。目前,我国的城市轨道交通站台系统均按 CJJ 183—2012《城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范》实施。

当人工驾驶模式升级为全自动运行模式时,不仅运营模式发生了变化,其他的条件也发生了改变。首先,运营模式的变化对站台门提出了新的功能需求;其次,站台门新功能的实现不仅需要站台门专业进行升级,相关专业也需要相应调整,站台门系统与其他专业系统的配合也发生了变化;最后,由于全自动运行模式对可靠性、可用性、可维护性和安全性(RAMS)要求更高,因此对产品的设计、制造、安装甚至运营维护都应提出新的要求。

本文从全自动运行模式入手,分析站台门系统的功能需求,分析其与其他专业系统的配合,并对RAMS管理及安全完整性等级(SIL)认证等相关标准进行研究。

1 全自动运行模式下的站台门功能需求

采用全自动运行模式时,应尽量减少需要人工干预的环节,从而提高自动化程度。除应具备常规的滑动门开关、应急门及滑动门设置、紧急情况下的协助排烟等功能外,站台门系统还需增加一系列功能。

1.1 防夹人检测功能

非自动运行模式下,城市轨道交通防夹人检测装置智能化较低,误报率较高,其探测装置并未纳入安全回路。其检测结果仅起辅助作用,最终防夹人判断结果由人工确定。

在全自动运行模式下,防夹人检测装置的检测结果与站台门的“门关闭锁紧”指令一样,需作为信号发车的前提条件。因此,准确的防夹人检测是全自动运行模式下站台门系统必须增加的功能。

1.2 对位隔离功能

对位隔离功能,是指单个车门或站台门滑动门故障时,对应的站台门滑动门或车门可以保持与之相应的关闭状态。全自动模式下,该功能也是必须具备的。

1.2.1 车门发生故障时的自动处理功能

非自动运行模式下,站台门为整侧同步开启和关闭。即使单列车的单个车门发生故障,对应的站台门也将正常开启,但乘客无法通过故障车门上下车。

在全自动运行模式下,当某列车的单个车门发生故障时,列车广播先会通知乘客该门故障,无法开启,需从其他车门上下车。在该列车即将到达的车站,站台广播也会通知候车乘客该道站台门不开启,需从其他站台门上下车。当列车到站时,故障车门对应的站台门滑动门也不开启。

1.2.2 站台门发生故障时自动处理功能

非自动运行模式下,单个车站的单个滑动门故障无法开启时,需要站务人员到现场手动开启滑动门,列车到站时对应的列车门将正常开启,乘客可以正常上下车。

在全自动运行模式下,单个车站的单个滑动门故障无法开启时,站台广播会通知候车乘客该站台门不开启,需从其他站台门上下车。即将到站列车上的广播会通知车上乘客该列车门不开启,需从其他车门上下车。列车到站时,故障滑动门对应的列车门也不开启。

1.3 其他功能

1.3.1 就地控制盘设置位置

人工驾驶模式下,站台门在车站发车端的端门处均设置了就地控制盘(PSL),探测装置往往也集成在上面。当站台门发生故障、无法发出“门关闭且锁紧”指令时,由司机确认发车条件后,在 PSL 按下“互锁解除”按钮,方可允许列车离站。

全自动运行模式下,列车上没有司机,不需在端门处设置 PSL。而应在站台值守人员值班处设置 PSL,作为应急处理方案。

1.3.2 端门门禁功能

人工驾驶模式下,站台门端门在站台公共区侧持专用钥匙即可打开进入,在轨行区侧则可通过按压门上的推杆打开。

全自动运行模式下,车站需要进行更严格的管理,不允许无关人员随意进入轨行区,端门的进入

权限应进一步细化,建议纳入门禁系统的管理。若不能实现,则需要制定运营管理的相关规则以保证运营安全。

2 站台门与其他设备的配合要求

2.1 信号系统

列车到站停稳后,信号系统先发送“开门”指令给站台门系统。站台门系统收到指令后打开列车停靠侧的滑动门。

当乘客上下车完毕、准备发车时,信号系统发送“关门”指令给站台门系统。站台门收到指令后关闭滑动门。

车门全部关闭后,信号系统发送“车门全部关闭”信息给站台门系统。此时,站台门也应全部关闭,防夹人检测装置开始工作。

如防夹人检测装置未检测到异物,则站台门系统发送“门关闭且锁紧”信息给信号系统。如防夹人检测装置检测到异物,则站台门系统发出声光报警,由站务人员介入处理;异物处理完毕后,站台门系统重新检测,并发送“门关闭且锁紧”信息给信号系统,或由站务人员操作 PSL 发送“互锁解除”信息给信号系统。

如站台门系统发生故障,或站台门系统与信号系统通信发生故障,导致站台门无法发出“门关闭且锁紧”信息,则由站务人员操作 PSL 发送“互锁解除”信息给信号系统。

当个别车门发生故障时,信号系统将车门故障信息(故障车门编号)发送给站台门系统。列车进站停稳后,信号系统发送“开门”指令给站台门系统时,站台门系统可控制故障车门对应的滑动门不打开。

当个别滑动门发生故障时,站台门系统将站台门故障信息(故障滑动门编号)发送给信号系统,列车进站停稳后,信号系统先发送“开门”指令给站台门系统,并将站台门故障信息同时发送给到站列车,以保证故障滑动门对应的车门不打开。

2.2 综合监控系统

站台门系统向综合监控系统提供站台门“整侧滑动门开启”、“整侧滑动门关闭”、“单个滑动门开启”、“单个滑动门关闭”、“单个滑动门故障(提供故障滑动门编号)”、“应急门开启”、“应急门故障”、“端门开启”、“单个滑动门隔离(提供隔离滑动门编号)”、“防夹人检测装置正常”、“防夹人检测装置报

警”、“防夹人检测装置故障”等状态信息和各种故障报警信息。

在车控室 IBP(应急后备操作盘)上,综合监控系统有针对站台门“开左侧滑动门”、“开右侧滑动门”、“开左侧首末门”、“开右侧首末门”的操作按钮,可实现对站台门的远程开启控制。

综合监控系统还为站台门系统提供时钟信息。

2.3 通信系统

通信系统应在站台适当位置设置摄像头。正常运营时,应能在站台门值班室和车控室看到整侧站台门的运行情况。当站台门发生故障报警时,通信系统应能将故障门体的现场画面实时推送至站台门值班室及车控室。

2.4 站台值班室

应在站台适当位置设置站台值班室,并将 PSL 设置于站台值班室内。当站台门系统发生故障需人工介入时,均由站台值班室内的工作人员通过操作 PSL 完成。

3 RAMS 管理和 SIL 认证等标准

全自动运行模式下,站台门基本功能、整体布置、基本构成、安装形式、材质,以及对监控系统及电源系统的相关要求均与人工驾驶模式下的一致。只需要根据新增的功能考虑相应的系统接口,并在产品设计中落实。

全自动运行模式,对系统的 RAMS 管理提出了更高的要求,对运营也提出了更高的要求。

3.1 相关标准

3.1.1 IEC 61508

IEC 61508《电气/电子/可编程电子安全相关系统的功能安全》是国际电子电工委员会(IEC)制定的国际标准。其重要目标之一就是为所有安全相关系统的元器件生命周期范围提供一个安全监督的系统方法及要求。这些要求涵盖了一般安全管理系统、具体产品设计和符合安全要求的过程设计,其目标是既避免系统性设计故障,又避免随机性硬件失效。

“安全生命周期”是 IEC 61508 的重要概念,是指从方案的确定阶段开始,到所有的电气、电子及可编程电子安全相关系统,其它技术的安全相关系统,外部风险降低设备均不再可用时为止。

IEC 61508 用 SIL 来代表产品在实际应用中所能达到的安全等级,并以此作为对安全相关系统的综合

评估指标。

SIL 认证共有 4 个等级(SIL1、SIL2、SIL3、SIL4),分为对产品和对系统两个层次。其中,SIL4 的要求最高。针对铁路或城市轨道交通等高安全性要求的系统及设备,一般都会要求 SIL4 认证。信号系统及设备即一直要求进行 SIL4 认证。

3.1.2 EN 系列标准

欧洲电气化标准委员会(CENELEC)下属 SC9XA 委员会,制订了以计算机控制的信号系统作为对象的铁道信号标准。

(1) EN 50126《铁路应用:可靠性、可用性、可维护性和安全性(RAMS)规范和说明》。该标准定义了系统的 RAMS,并且规定了安全生命周期各阶段对 RAMS 的管理和要求。RAMS 是衡量系统服务质量的重要特征。

(2) EN 50128《铁路应用:铁路控制和防护系统的软件》。该标准对铁路控制和防护系统的软件进行了 SIL 的划分,针对不同的安全要求提出了相应的标准;按不同 SIL 在整体软件开发、评估、检测过程中,对软件需求规格、测试规格、软件结构、软件设计开发、软件检验和测试、软硬件集成、软件确认评估、质量保证、生命周期及文档等均提出相应的程序,并制定了相应的规范与要求。

(3) EN 50129《铁路应用:安全相关电子系统》。该标准在安全管理方面引入了 IEC61508 提出的安全生命周期概念。对于安全相关系统的安全部分,在设计时应按照步骤进行设计,并需进行全程的安全评估和验证。其目的是进一步减少和安全相关的人为失误,进而减少系统故障风险。

3.2 站台门适用标准探讨

站台门本身已考虑人员的安全,并对关门力大小、夹人后的门体动作等细节从设计到实施均有考虑。即使乘客被滑动门门夹了一下,也不至于受到很大伤害。但在乘客过多时,若采用先关站台门、后关车门的顺序,则可能导致的已上车乘客被挤出车门,而滞留在车门与站台门之间。有时,乘客虽未被门体夹住,但其携带的背包包带可能超出了站台门的检测范围而未能检测到,从而使包被夹在车门与站台门之间,若未能及时阻止发车,包带则有可能成为索命绳。人工驾驶模式下,此类事故时有发生。改进的探测装置,对于站台门的功能并没有实质性的改变。其检测结果也往往未纳入安全回路,而只是作为人工判断的辅助工具。因而人工驾

驶模式并未因此要求站台门进行安全性等级认证。

据了解,国内已通过 SIL2 级认证的站台门供应商不多。目前,国内已开通全自动驾驶的上海轨道交通 10 号线和北京燕房线在实施时,虽未将 SIL 认证作为投标资质,但均将其作为了产品交付的条件。根据运营部门的反馈,在实际运营中站台门系统的可靠性尤为重要,在后续线路招标中甚至有将站台门系统集成至信号系统的提议。

全自动运行模式下,没有司机判断站台门与车门之间是否夹人。因此必须安装激光、红外及光幕等主动探测装置,并纳入安全回路。但探测装置的误报势必会影响发车运营。此时,对探测装置进行 SIL 认证是非常有必要的。而站台门系统发出的“门关闭且锁紧”信息直接影响到列车能否发车,而且也出现过站台门信号闪断逼停列车事故。因此,建议对站台门系统进行 SIL2 级认证,并建议采用安全协议。

4 结语

全自动运行模式下,站台门系统增加了与列车的“对位隔离”等新功能,并将主动探测的防夹人检测系统纳入安全回路。站台门应相应完善与相关专业系统的配合,并通过 RAMS 管理及 SIL 认证提高产品的各项性能,以满足全自动运行的需求。

参考文献

- [1] CENELEC. Automated Urban Guided Transport-Safety requirements; BS EN 62267—2009[S]. London: BSI, 2009.
- [2] CENELEC. Railway applications-Urban guided transport management and command/control systems-Part 2: Functional requirements specification; IEC 62290-2:2011, EN 62290-2—2011[S]. London: BSI, 2011.
- [3] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 城市轨道交通站台屏蔽门系统技术规范; CJJ 183—2012[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [4] CENELEC. Railway applications—The specification and demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS); BS EN 50126:1999[S]. London: BSI, 1999.
- [5] CENELEC. Railway applications—Communication signaling and processing systems—Software for railway control and protection systems; BS EN 50128: 2011[S]. London: BSI, 2011.
- [6] CENELEC. Railway applications—Communication signaling and processing systems—Safety related electronic systems for signaling; BS EN 50129: 2003[S]. London: BSI, 2003.
- [7] 肖衍, 苏立勇. 轨道交通全自动驾驶系统集成技术研究[J]. 中国铁路, 2015(5): 109.
- [8] 张艳兵, 王道敏, 肖衍. 城市轨道交通全自动驾驶的发展与思考[J]. 铁道运输与经济, 2015(9): 70.
- [9] 唐涛, 燕飞, 郜春海. 轨道交通信号系统安全评估与认证体系研究[J]. 都市快轨交通, 2004(1): 28.

(收稿日期: 2017-08-21)

(上接第 78 页)

动系统新齿轮装配问题、万向轴转速匹配的理论测算和分析。设计并实施了传动系统的整车滚振试验。试验结果表明,改进后传动比万向轴和牵引电机转速、齿轮箱转速完全符合 250 km/h 运行速度设计要求。在牵引和制动的电气特性方面,采用地面联调模拟试验的验证手段,分析了牵引制动及传动特性变化。确定并完善了 TCU 控制逻辑中与车速相关参数。最后将改进传动比、优化的 TCU 软件参数及逻辑成功应用于 CRH5 型车的生产和运营,保证了 CRH5 型车在全寿命周期下安全运行 250 km/h 的设计要求,为 CRH5 型车安全平稳运行提供了重要技术保证和支持。

参考文献

- [1] 李枫. 高速动车组转向架齿轮传动系统的仿真分析与试验研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [2] 筐倉実, 彭惠民. 平行万向联轴节式齿轮传动装置的振动辐射噪声分析[J]. 国外铁道车辆, 2015(4): 23.
- [3] 张川宝, 汤钰鹏. 齿轮传动比对动车组牵引特性的影响[J]. 大连交通大学学报, 2011(4): 79.
- [4] 邓晓宇. 高速列车齿轮传动系统动态特性仿真与评价方法研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2016.
- [5] 高小平. 高速动车齿轮箱产品开发中的计算仿真应用[J]. 轨道交通装备与技术, 2015(5): 1.

(收稿日期: 2017-05-12)