

站台门间隙探测装置在全自动运行 地铁线路中的应用

李红明

(武汉地铁集团有限公司, 430070, 武汉)

摘要 [目的]在全自动运行地铁线路中,站台门与列车之间存在间隙,有夹人夹物的风险。为确保行车安全,必须设置间隙探测装置。[方法]简要叙述了间隙探测装置的现状,重点讨论了激光间隙探测装置的工作状态,对比了激光间隙探测装置与列车运行进行互锁以接入行车安全回路的两种模式,并对全自动运行地铁线路中防夹安全装置的应用提出建议。[结果及结论]激光间隙探测装置的启动和停止由信号系统直接控制,并由信号系统直接获取该探测装置的间隙检测状态。激光间隙探测装置是在列车门和站台门均关闭且锁紧后才开始检测,避免了在站台门关闭后而列车门仍未关闭这种极端情况下的检测,对于探测装置而言其探测环境更优。当装置探测到有障碍物或误报时,信号系统可自动控制车门和站台门重新开关,门关好后重新启动探测,降低对地铁运营的影响。另外,在全自动运行地铁线路中,考虑同时设置传统物理防夹装置及激光间隙探测装置,预防发生站台门夹人事故。

关键词 地铁; 站台门; 间隙探测装置

中图分类号 TN247: U231.4

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.06.055

Application of Platform Screen Door Gap Detection Device on Fully Automatic Operation Metro Lines

LI Hongming

(Wuhan Metro Group Co., Ltd., 430070, Wuhan, China)

Abstract [Objective] On the fully automatic operation metro lines, there exists a gap between the platform screen door and the train, leading to the risk of clamping people and objects. In order to ensure train operation safety, a gap detection device must be installed. [Method] The current situation of the gap detection device application is briefly described, the working state of the laser gap detection device is mainly discussed, two interlocking modes of the laser gap detection device and the train operation are compared in order to access the safety loop of the train, and put forward some suggestions on the application of the anti-clamping safety device on the fully automatic operation metro lines. [Result & Conclusion] The

signal system directly controls the start and shutdown of the gap detection device, and obtains the gap detecting state of the device. The laser gap detection device starts to work only after both the train door and the platform screen door are closed and locked, avoiding the extreme situation in which the platform screen door is closed but the train door still open. This mode provides a more favorable working environment for the gap detection device. When the device detects an obstacle or a false alarm, the signal system can automatically control the train door and the platform screen door to reopen and close, and restart the detection after the doors close, reducing impact on the metro operation. In addition, in fully automatic operation metro system, both the traditional clamping-proof device and the laser gap detection device are considered to be installed to prevent people from being clamped by the platform screen doors.

Key words metro; platform screen door; gap detection device

根据交办运[2019]17号《城市轨道交通初期运营前安全评估技术规范 第1部分:地铁和轻轨》的相关要求,地铁开通运营前需重点确认车站站台门与列车停靠站台时车体最宽处间隙,以及防踏空胶条边缘与车厢地板面高度处车辆轮廓线的水平间隙^[1],GB 50157—2013《地铁设计规范》指出,站台门和列车之间的间隙一般为100~180 mm^[2],在间隙值较大的位置,需采取有效的措施,比如增设相应的防夹安全装置,以减小乘客上下列车时安全风险。

目前,大多数地铁运营线路中站台门都设置了防夹安全装置^[3-4],其主要分为物理防夹装置与间隙探测装置两大类。物理防夹装置主要有瞭望灯带、防爬板、防夹挡板及防踏空胶条几类,安装固定在站台板或站台门的门体上,辅助司机判断间隙中是否有障碍物,或是在物理空间上防止乘客夹在间隙中。2022年1月22日上海轨道交通15号线发

生了一起乘客被夹在关闭的列车门和站台门之间的事故。可见,在全自动运行地铁线路中,即使站台安装了物理防夹装置,站台门和列车的间隙也仍存在夹人夹物的风险,为确保行车安全,需要设置间隙探测装置。

1 间隙探测装置现状

当站台门关闭且锁紧后,间隙探测装置启动探测。如果列车车门和站台门间隙中有乘客或较大障碍物,则探测装置输出报警信息,以提示司机或列车运行控制系统,阻止列车起动离站。该间隙探测装置可与列车进行联锁,进而大幅提高地铁运营安全,这一方法已在我国地铁中逐渐被采纳、推广。

1.1 间隙探测装置的类型

根据探测技术不同,间隙探测装置主要分为压力传感器装置、超声波传感装置、视频监控防夹装置、红外间隙探测装置和激光间隙探测装置等^[5-6]。其中,红外间隙探测装置和激光间隙探测装置技术成熟,经济效益好,应用广泛。

红外间隙探测装置:在每节车厢对应位置安装双光束红外探测器,通过红外光束对站台门和列车车体之间范围进行探测。该装置的红外探头质量较轻,其安装对列车结构影响小,且安装方便。

激光间隙探测装置:在站台两端分别设置激光探测器,通过激光光束的发射和接收来判断列车与站台之间是否存在障碍物。该装置的激光发散角较小,光束集中,可利用光功率高,能更有效地克服灰尘等带来的衰减。此外,光束波长单一,还能有效避免地铁列车车灯及站台灯光等其他光源的干扰,有效减少误报警。针对曲线站台,可在曲线段增设多组探测器,以确保整侧站台都可探测到。该方案缺点是随着探测设备数量增加,误报率也会相应增加。

由于红外间隙探测装置采用红外光,光斑随着探测距离的增加逐渐增大,故不适用于远距离检测,在实际使用中,因站台门和车门产生漫反射导致在实际存在障碍物的情况下,检测信号容易绕过障碍物造成误检。在全自动运行地铁线路中,抗干扰性更强的激光间隙探测装置优势明显,因此本文主要对激光间隙探测装置进行研究。

1.2 激光间隙探测装置的工作状态

1套激光间隙探测装置主要由1个探测系统控制器、1个操作盘、1套激光发射/接收装置等组成。

激光发射/接收装置设置在站台门轨行区侧的门槛上,采用绝缘安装,其对地绝缘值不小于 $0.5\text{ M}\Omega$ 。探测系统控制器及操作盘则集成设置在PSL(就地控制盘)上。

探测系统控制器是激光间隙探测装置的信息处理中心,负责处理来自激光发射/接收装置信号,输出声光报警信号,并提供与站台门安全回路连锁的控制信号,能实现激光间隙探测装置的启动、探测、延时及报警等功能。

激光间隙探测装置的激活信号主要由C&L(站台门关闭锁紧)信号状态来决定。因此,C&L信号的正确接收关系到系统的安全,必须采用双线输入。间隙探测装置在运行时需要实时对C&L信号进行状态检测和故障检测。在全自动运行地铁线路中,间隙探测装置还需检测C&LB(列车门关闭锁紧)信号并作出相应动作。C&LB信号与C&L信号的输入模式相同。当间隙探测装置探测到无异物时,安全继电器输出触点闭合,相关信息反馈给信号系统,以便给出发车指令。

激光间隙探测装置的工作状态有5种:待机状态、开门自检状态、延时状态、检测状态及故障状态。

1.2.1 待机状态

当激光间隙探测装置检测到站台门关闭锁紧(C&L信号值为1)且无列车时,激光间隙探测装置进入待机状态。待机状态下,安全继电器输出触点保持闭合。为方便维保,在待机状态下,探测装置的数码管会依次显示每套光栅的实时工作状态:有故障时,显示故障代码;无故障、有遮挡时,显示遮挡状态;无故障、无遮挡时,显示对光强度。

1.2.2 开门自检状态

当激光间隙探测装置检测到站台门打开(C&L信号值为0),且无故障时,激光间隙探测装置退出待机状态,进入开门自检状态。此状态下,安全继电器输出触点保持断开。

进入开门自检状态后,激光间隙探测装置会进行一系列安全自检(如安全继电器触点自检、防死机电路自检、监控外围设备及接线是否正常等等)。

进入开门自检状态的激光间隙探测装置若检测到站台门关闭锁紧(C&L信号值为1),则直接进入检测状态或经过延时状态后进入检测状态。

1.2.3 延时状态

延时状态为过渡状态。设置延时状态主要是为了等状态稳定后再进行检测,以减少激光间隙探

测装置误动作。延时时间可设范围为 0 ~ 30 s, 一般将延时时间设为 1 ~ 3 s, 若设为 0 则为无延时状态。

与开门自检状态类似,延时状态下激光间隙探测装置的安全继电器输出触点保持断开。进入延时状态后,数码管会显示预设时间的倒计时,同时探测装置会持续进行自检;如自检发现故障,则数码管优先显示故障代码。

1.2.4 检测状态

当站台门关闭锁紧(C&L 信号值为1)时,激光间隙探测装置结束延时状态后进入检测状态,其安全继电器输出触点处于断开状态。

若没有故障,则激光间隙探测装置开始检测所有光栅的状态:

- 1) 如果有光栅处于遮挡状态,此时无需执行光栅诊断功能,安全继电器输出触点保持断开,同时数码管显示被遮挡光栅的序号。
- 2) 如果所有光栅都无遮挡,激光间隙探测装置需自动执行一次光栅诊断功能。正常情况下,光栅诊断功能执行一次约需 1 s。如果诊断出光栅故障或接线故障,则数码管显示相应的故障代码,安全继电器输出触点保持断开。若光栅被遮挡发生在诊断期间,探测装置输出遮挡状态。
- 3) 完成光栅诊断无异常,再次检测所有光栅是否都无遮挡,如果第二次检测到所有光栅仍然无遮挡,则安全继电器输出触点闭合,同时数码管按设定时间进行倒计时,时间设定范围为 1 ~ 60 s。
- 4) 在倒计时期间,如果有光栅被遮挡,则安全继电器输出触点断开,直至所有光栅无遮挡时,安全继电器输出触点才会再闭合,并重新倒计时。
- 5) 倒计时结束后,激光间隙探测装置进入待机状态。

1.2.5 故障状态

激光间隙探测装置若在开门状态或检测状态中检测到故障发生,则进入故障状态,此时数码管显示相应的故障代码,安全继电器输出触点断开。

1.3 激光间隙探测装置的运行时序图

激光间隙探测装置的运行时序图如图 1 所示。在正常流程下,列车进站打开站台门,探测装置进入开门自检状态,历时约 2 s(小于列车开门上下客时间);列车完成停靠,关闭站台门,探测装置进入延时状态,3 s 后进入检测状态;若探测到障碍物,则列车无法发车;若列车关门至发车时间设定为 8 s,且光栅在此期间持续无遮挡,则安全继电器输出触点闭合,列车离站。列车离站过程中探测装置继续倒计时,随后探测装置进入待机状态,等待下一趟列车进站。

1.4 激光间隙探测装置的常见故障及维保

激光间隙探测装置由控制器实时进行电压监控、内部安全电路监控、继电器状态监控、光栅运行状态监控、光栅通断状态检测及激活信号检测。根据监控及检测结果,由控制器完成输出及指示。

激光间隙探测装置的激光发射/接收装置安装在轨行区。列车长期与轨道运行摩擦,会产生一定的金属粉尘。在轨行区潮湿的环境下,金属粉尘容易堆积在激光发射或接受处,影响对光强度,造成激光间隙探测装置报警或误报,影响行车组织,该类故障最为常见。因而在白班巡检时,工作人员须对每个站的激光接收端的信号强度进行确认。一旦发现激光强度减弱,工作人员应及时上报,利用夜间停电天窗期,对光栅表面进行卫生清洁,并模拟晃动光栅测试及开关门测试。

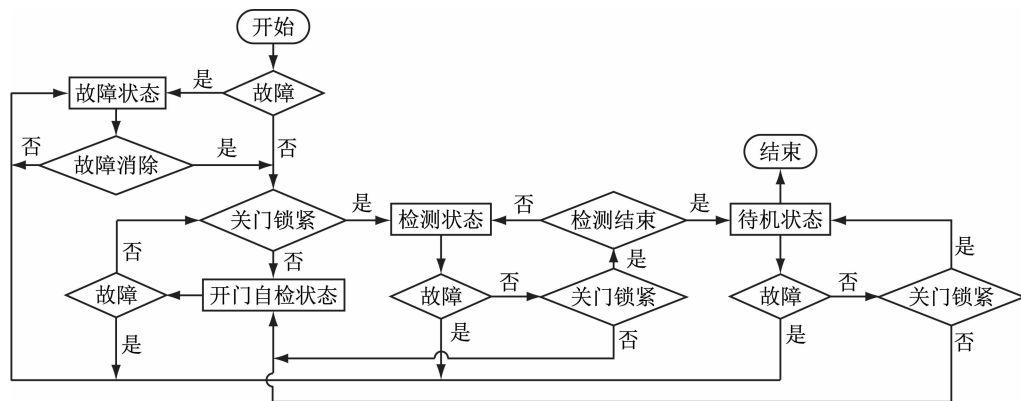


图 1 激光间隙探测装置运行时序图

Fig. 1 Diagram of operation time sequence of the laser gap detection device

2 激光间隙探测装置与列车运行互锁

要实现激光间隙探测装置与列车运行的互锁,可采用间隙探测装置先接入站台门系统模式或间隙探测装置直接接口信号系统模式。

2.1 激光间隙探测装置先接入站台门系统模式

在该模式下,站台门系统需要先进行“门体关闭且锁紧”状态与间隙探测结果的逻辑判断;之后站台门系统“关闭且锁紧”安全回路导通,并反馈给信号系统。相应流程如下:

- 1) 列车完成停站后,信号系统发关门命令;
- 2) 站台门关闭且锁紧后,站台门系统向间隙探测装置发送启动指令;
- 3) 探测装置在一定时间内持续探测到无障碍物后,向站台门系统反馈间隙检测结果;
- 4) 站台门给信号系统发送关闭且锁紧信息;
- 5) 信号系统接收到列车门关闭且锁紧信息,再授权列车起动离站;
- 6) 列车离站后,间隙探测装置进入待机状态。

在该模式下,若间隙探测装置稳定性不好,可直接通过旁路开关切除间隙探测装置与站台门系统的互锁。切除互锁后,信号系统只需要监测站台门门体关闭且锁紧状态,即可保障线路持续运营。

2.2 激光间隙探测装置直接接口信号系统模式

在该模式下,由信号系统控制间隙探测装置的启动和停止;间隙检测的状态信息将直接发送给信号系统。只有确认无障碍物时,信号系统才会允许列车离站^[7]。此模式下,信号系统可待列车门与站台门均关闭且锁紧后,再向间隙探测装置发送启动指令,相应流程如下:

- 1) 列车完成停站后,信号系统发关门命令;
- 2) 列车门和站台门关闭且锁紧后,信号系统向间隙探测装置发送启动指令;
- 3) 间隙探测装置向信号系统反馈检测结果;
- 4) 信号系统收到间隙检测状态为无障碍物时,控制列车发车;
- 5) 列车离站后,间隙探测装置进入待机状态。

与间隙探测装置先接入站台门系统模式相比,间隙探测装置直接接口信号系统模式虽然增加了接口的复杂性,但间隙探测装置是在列车门和站台门均关闭且锁紧后才开始检测,避免了在站台门关闭后若列车门还未关闭这种极端情况下的检测,对

于探测装置而言探测环境更优。当探测到有障碍物或误报时,信号系统可自动控制车门和站台门重新开关,并在门关好后重新启动探测,降低对地铁运营的影响。

3 结语

北京地铁燕房线、上海轨道交通 10 号线、武汉地铁 5 号线等多条全自动运行地铁线路已开通运营。全自动运行地铁线路对各设备专业的安全性提出了更高的要求,地铁站台门作为重要的行车安全设备,与乘客安全息息相关。

各种安全防夹装置各具特点,在全自动运行地铁线路中,可在物理防夹装置的基础上,设置间隙探测装置,并与列车运行状态互锁,以防止夹人或夹物,避免运营安全事故发生。

参考文献

- [1] 中华人民共和国交通运输部. 城市轨道交通初期运营前安全评估技术规范 第 1 部分: 地铁和轻轨: 交办运[2019]17 号[S/OL]. (2019-02-19) [2022-01-30]. https://xxgk.mot.gov.cn/2020/xzgfxwj/202303/t20230317_3776496.html. Ministry of Transport of the People's Republic of China. Technical specifications for safety assessment before initial operation of urban rail transit Part 1: Subway and light rail: Jiaoban Yun [2019] No. 17 [S/OL]. (2019-02-19) [2022-01-30]. https://xxgk.mot.gov.cn/2020/xzgfxwj/202303/t20230317_3776496.html.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计规范: GB 50157—2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014. Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Code for design of metro: GB 50157—2013 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2014.
- [3] 王章刊. 城市轨道交通屏蔽门防夹装置探讨[J]. 电气化铁道, 2017, 28(6): 62. WANG Zhangkan. Discussion on clamping-proof device for screen doors of urban rail transit [J]. Electric Railway, 2017, 28(6): 62.
- [4] 陈铸昌, 廖斌. 屏蔽门与列车之间防夹装置应用分析及展望[J]. 现代城市轨道交通, 2017(7): 10. CHEN Zhuchang, LIAO Bin. Application analysis and prospect of antipinching device between platform screen door and train door [J]. Modern Urban Transit, 2017(7): 10.
- [5] 黄华文, 刘伟铭, 李军, 等. 地铁屏蔽门与车门外异物自动检测技术[J]. 铁路计算机应用, 2015, 24(12): 62. HUANG Huawen, LIU Weiming, LI Jun, et al. Automatic foreign object detection technology between PSD and subway doors [J]. Railway Computer Application, 2015, 24(12): 62.

(下转第 309 页)

- (3): 392.
- [5] 佚名. 神舟路站因暴雨水浸广州地铁21号线快车停运[EB/OL]. (2021-07-31) [2021-10-15]. <https://new.qq.com/omn/20210731/20210731A019GV00.html>.
Anon. The express train of Guangzhou Metro Line 21 was suspended at Shenzhou Road Station due to rainstorm [EB/OL]. (2021-07-31) [2021-10-15]. <https://new.qq.com/omn/20210731/20210731A019GV00.html>.
- [6] 佚名. 公交应急响应速度快[J]. 城市公共交通, 2020(2): 43.
Anon. Bus emergency response speed is fast [J]. Urban Public Transport, 2020(2): 43.
- [7] 娄厦, 刘曙光, 钟桂辉, 等. 上海地下交通设施防洪调查[J]. 地下空间与工程学报, 2010, 6(3): 611.
LOU Sha, LIU Shuguang, ZHONG Guihui, et al. Investigation on flood control of traffic facilities in underground spaces in Shanghai [J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2010, 6(3): 611.
- [8] 姚学祥, 李青春, 韩淑云. 北京城市气象灾害与应急管理[J]. 城市与减灾, 2015(5): 13.
YAO Xuexiang, LI Qingchun, HAN Shuyun. Weather disaster in Beijing region and its emergency response management [J]. City and Disaster Reduction, 2015(5): 13.
- [9] 刘骥鹏. 城市轨道交通运营安全设备因素的风险评价研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
LIU Jipeng. Study on risk assessment of safety equipment factors in urban rail transit operation [D]. Kunming: Kunming University of Science and Technology, 2017.
- [10] 苏漠, 廉东本. 应急救援指挥系统的智能化预案模型[J]. 计算机系统应用, 2012, 21(11): 11.
SU Mo, LIAN Dongben. Intelligent plan model in the system of emergency command [J]. Computer Systems & Applications, 2012, 21(11): 11.
- 收稿日期: 2021-11-16 修回日期: 2021-12-24 出版日期: 2024-06-10
Received: 2021-11-16 Revised: 2021-12-24 Published: 2024-06-10
· 作者: 高璽, 高级工程师, 875178098@qq.com
· ©《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
-
- (上接第300页)
- [8] 李旭阳. 城市轨道交通超级电容储能系统在线优化控制策略研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
LI Xuyang. Research on on-line optimal control strategy of urban rail transit super-capacitor energy storage system [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2017.
- [9] 张瞄, 张朝阳, 胡云卿, 等. 基于混合整数线性规划的城市轨道交通列车一体化节能运行曲线优化研究[J]. 控制与信息技术, 2021(6): 43.
ZHANG Miao, ZHANG Chaoyang, HU Yunqing, et al. Integrated energy efficient train trajectory planning optimization for urban rail transit lines based on MILP [J]. Control and Information Technology, 2021(6): 43.
- [10] 杨少兵, 张征, 叶晶晶, 等. 考虑停站延误随机性的地铁供电节能优化策略[J]. 铁道工程学报, 2021, 38(7): 94.
YANG Shaobing, ZHANG Zheng, YE Jingjing, et al. An energy saving optimization strategy for metro power supply considering randomness of stop delay [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2021, 38(7): 94.
- 收稿日期: 2022-02-19 修回日期: 2022-02-19 出版日期: 2024-06-10
Received: 2022-02-19 Revised: 2022-02-19 Published: 2024-06-10
· 通信作者: 侯峰, 高级工程师, houfeng6686@163.com
· ©《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
-
- (上接第304页)
- [6] 黄育良. 地铁轨道交通十号线屏蔽门轨道间隙光幕防护应用[J]. 轨道交通, 2010(12): 82.
HUANG Yuliang. Application of light curtain protection in the gap between platform screen door and vehicle for Shanghai metro line 10 [J]. Rail Transit, 2010(12): 82.
- [7] 王松林. 站台门间隙探测装置和列车运行互锁的分析[J]. 铁路通信信号工程技术, 2020, 17(3): 83.
WANG Songlin. Analysis of interlocking system between platform screen door clearance detection device and train operation [J]. Railway Signalling & Communication Engineering, 2020, 17(3): 83.
- 收稿日期: 2022-03-04 修回日期: 2022-04-11 出版日期: 2024-06-10
Received: 2022-03-04 Revised: 2022-04-11 Published: 2024-06-10
· 作者: 李红明, 工程师, 344432721@qq.com
· ©《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