

地铁列车车门障碍物检测方案探讨

林琳 付志亮 卢海超

(中车唐山机车车辆有限公司, 064099, 唐山//第一作者, 高级工程师)

摘要 详细阐述并分析了地铁列车车门障碍物检测方案及不足,并描述了最优方案的细部设计及方案优点。分析认为,在门扇密封胶条内部设置红外光栅探头的非接触式车门障碍物检测方案为最优方案。此方案不仅结构简单、安装牢固,还具有灵敏度高、效率高、误报率低、安全性好等优点。

关键词 地铁列车; 车门; 障碍物检测

中图分类号 U270.38⁺⁶

DOI:10.16037/j.1007-869x.2022.08.034

Discussion on Obstacle Detection Scheme of Metro Train Door

LIN Lin, FU Zhiliang, LU Haichao

Abstract The metro train door obstacle detection scheme and shortcomings are elaborated and analyzed. The detail design and advantages of the optimal scheme are described. The analysis reveals that the non-contact door obstacle detection scheme with infrared grating probe inside the door seal is the optimal scheme, which not only has simple structure and firm installation, but also the advantages of high sensitivity, high efficiency, low false alarm rate and safety.

Key words metro train; train door; obstacle detection

Author's address CRRC Tangshan Co., Ltd., 064099, Tangshan, China

车门障碍物检测功能是地铁列车车门最普遍和使用最频繁的功能,直接关系到乘客的安全。选择合理的车门障碍物检测方案十分必要。

车门障碍物检测方案主要有接触式障碍物检测和非接触式障碍物检测两大类。

1 接触式障碍物检测方案

目前,城市轨道交通行业普遍使用接触式障碍物检测方案。在大多数的现有技术方案中,车门如果在关闭过程中夹到障碍物,就会按一定门距打开,数秒后再继续关闭;如再次夹到障碍物,则车门将重复上述动作;如果车门第三次夹到障碍物,则车门将完全打开至最大开度或预先设置的门距,并

向司机室发出故障警报。

1.1 检测原理

在现有的接触式障碍物检测中,车门挤压障碍物一段时间后,检测器就会产生挤压信号,并反馈给门控器。其检测原理有两种:

1) 电机电流监控。车门驱动电机的正常关门曲线已存储于门控器中。当门扇挤压到障碍物时,电机的实际电流值会瞬时增加;当电机电流值超过预设值时,障碍物探测系统被激活。

2) 敏感胶条防挤压。在车门门扇中部的密封胶条内部设置敏感胶条。在关门过程中,当门扇挤压到障碍物时,胶条内部的电阻电流发生变化;电阻电流值超过预设值时,障碍物探测系统被激活。

1.2 不足之处

1) 接触式检测的挤压力可能会夹伤乘客或损坏障碍物。

2) 受干扰因素影响,存在误报的隐患。例如,当客室内空调风压较大等,车门驱动电机的电流也会升高,进而误激活障碍物探测系统。

3) 障碍物探测灵敏度低。EN14752 标准规定的可探测最小障碍物尺寸为 30 mm(宽)×60 mm(高)。故一些较细小的障碍物可能无法被检测到。

4) 反应时间长,需挤压一段时间才能开门。

2 非接触式障碍物检测方案

非接触式障碍物检测主要通过红外光栅探头来探测障碍物,可基本避免接触式障碍检测方案的所有不足。根据光栅探头布设位置与车门系统的关系,车门非接触式障碍物检测方案可分为分散式和集成式两种。

2.1 检测原理

非接触式障碍物检测系统包括红外光栅发射探头、红外光栅接收探头及控制电路。将红外光栅发射探头和红外光栅接收探头分别布置在车门两侧,当车门处有乘客或者障碍物时,部分红外光栅

回路被打断,则电路中断,形成障碍物探测信号,随后门控器控制车门机构执行相应动作。

2.2 分散式方案

在分散式方案中,红外光栅探头不设置在车门系统的部件上,而是设置在门区立罩板等非车门系统部件上。红外光栅系统的控制功能部件与车门控制系统联动,从而实现车门的障碍物检测功能。分散式检测方案如图 1 所示。

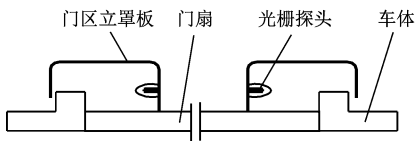


图 1 分散式检测示意图

Fig. 1 Schematic diagram of distributed grating detection

分散式方案存在的不足之处在于:

- 1) 当乘客较多时,位于门区立罩板探头和门扇之间的乘客,会被误认为是障碍物,误报几率很大。
- 2) 红外光栅探头和门扇是分体的,电线如布设在立罩板内部,则会占用立罩板内部空间。
- 3) 红外光栅探头外露,既影响美观,也易被破坏。

2.3 集成式方案

在集成式方案中,红外光栅探头集成到车门系统部件内部。根据车门系统门扇的结构,红外光栅探头可设置在门扇铝型材框架上,也可设置在门扇胶条内部。

2.3.1 探头设置在门扇铝型材框架上

红外光栅检测探头设置在门扇铝型材框架上的时的细部构造如图 2 所示。

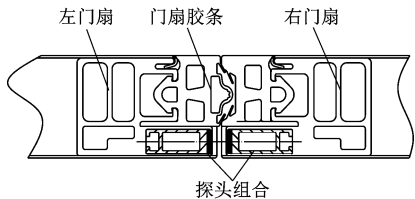


图 2 探头设置在门扇铝型材框架上的细部构造

Fig. 2 Details structure of the infrared probe arranged on door aluminum frame

红外光栅探头设置在门扇铝型材框架上的不足之处在于:

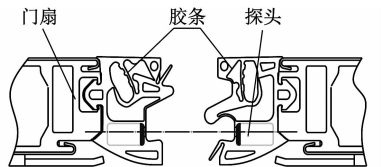
- 1) 由于型材刚性较强,探头安装不便。
- 2) 探头设置在门扇内部,虽解决了部分偏离门

扇内表面的误报问题,但由于 2 个探头之间有缝隙(因胶条是压缩的,不可能设置成密贴,否则存在被挤压的风险),故不可能完全避免误报,理论上存在安全隐患。

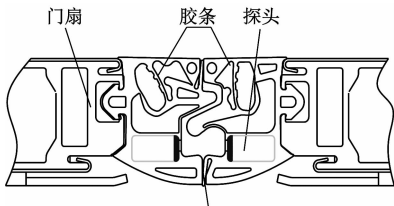
3) 在列车运行或车门动作期间,车门会发生振动或抖动,进而影响探头光栅闭合,产生误报。

2.3.2 探头设置在门扇胶条内部

在门扇密封胶条内部设置的红外光栅检测探头包括发射探头和接收探头。探头设置在胶条内部的细部结构如图 3 所示。在该方案中:控制电路集成在车门控制器内部,使用 DC 24 V 电源供电;在设置光栅检测探头的位置,密封胶条相应位置开缺口,以保证光栅的发射和接收。



a) 开门状态



b) 关门状态

图 3 探头设置在胶条内部的细部结构

Fig. 3 Detailed structure of the infrared probe arranged inside the rubber strip

红外光栅探头设置在胶条内部的不足之处在于:门扇动作产生的震动及门扇安装误差,会使发射探头发出的单一光栅几乎无法完全对准接收探头。为了解决这一问题,将红外光栅探头的光幕发射方向设计为扇形区域,即 1 个发射极探头对应接收极的多个探头。此时,只要接收极探头能收到发射极探头的光栅,控制电路就闭合,触发车门防挤压动作。为了提高门控器的响应速度,本研究将探头的扇形区域设计成 1 个发射极探头对应 5 个接收极探头。

在门扇密封胶条内部设置红外光栅探头的检测方案安装方便、灵敏度高、安全性好,为最优方案。

3 最优方案的设计细节及优势

3.1 设计细节

地铁车门的通过宽度为 1 400 mm,通过高度为 2 000 mm。整套门系统共设置 32 对红外检测探头,且探头间距为 46 mm。距门槛高度 25 mm 处设置第一个探头,整个光幕区域为 1 426 mm。光栅检测的灵敏度为 23 mm。光幕示意图如图 4 所示。

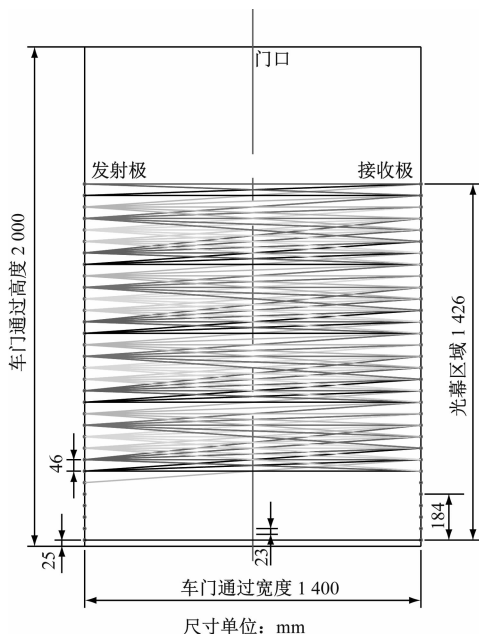


图4 红外光栅检测装置光幕示意图

Fig. 4 Light screen diagram of infrared grating detection device

为了便于安装,32对红外光栅检测装置集成于一体。在检测装置端部引出的信号线和电源线,沿着门扇内部型腔从门扇顶部输出,再连接到门控器。红外光栅探头整体插于门扇密封胶条的型腔内部,且胶条内部的型腔和红外光栅探头外形一致,可保证安装的牢固性。

在关门过程中:当门扇中间有障碍物时,相应位置的光栅被打断;光栅检测装置的障碍物检测功能启动,发出探测信号;门控器收到障碍物探测信号后,控制门扇停留在当前位置;直到障碍物移除后,光栅恢复,门控器才控制车门继续执行关门动作。

车门关闭到位时,胶条密封严密,红外探头完全在胶条内部,头发及衣服等细小物件难以伸到探头之间,不仅避免了误报,还能防止探头被恶意破坏。车门在关闭状态时,探头之间存在一定距离,

无碰撞等隐患。

集成的红外光栅检测装置还设置了信号指示灯,用不同颜色的指示灯直观显示光栅状态,用于检修及故障维修的快速定位。绿灯为光栅电源状态指示灯,绿灯亮表示电源接通;橙色为光栅状态指示灯,光栅信号接通时,橙色灯亮,光栅被打断时,橙色灯灭;红色指示灯表示光栅故障。

3.2 方案优势

本方案使用红外光栅检测技术,可有效实现非接触式车门障碍物检测功能。其检测效果明显、灵敏度高,具有如下优点:

1) 光栅装置集成到密封胶条内部,装置外形与胶条型腔结构一致,结构简单、安装牢固。

2) 探头位于门扇厚度范围内,解决了光栅误报的隐患,障碍物检测准确度高。

3) 光栅装置不突出门扇外表面,美观实用。

4) 设置了光栅状态指示灯,有助于实施关注光栅检测功能状态。

5) 光栅探头的发射角度为扇形区域,发射探头与接收探头的对应关系为一对多,解决了车门运行过程中振动和安装误差导致的探头中心不对中的问题,同时也避免误报。

6) 光栅电线全部集成到门扇内部,便于安装,电线不会受到外部影响。电线从门扇顶部引出,连接到门控制器对应位置。

7) 车门关闭时,胶条进行压缩,不会造成探头之间的碰撞。

8) 在密封胶条的门内侧端,设计胶条搭接区,保证红外探头完全封闭在内部,门关闭到位时,不会产生缝隙。

4 结语

本文比选了常见的列车车门障碍物检测方案。在门扇密封胶条内部设置红外光栅探头的非接触式车门障碍物检测方案,采用一对多的探头排布设计,能有效解决车门振动等因素带来的误报检测,避免了接触式车门障碍物探测方案易夹伤乘客或损坏障碍物的隐患,检测效率高、灵敏度高、误报率低,提高了车辆运行效率。

参考文献

- [1] 陈卓群. 广州地铁车辆关门障碍物检测故障及对策[J]. 机电传动,2020(1): 154.

(下转第158页)