

地铁列车车门状态信号丢失处理方案

王 鹏 侯佳丽

(石家庄市轨道交通有限责任公司,050035,石家庄//第一作者,高级工程师)

摘 要 介绍了信号系统和车辆控制系统中与列车车门状态处理相关的功能设计、遵循原则及功能分配,分析了车辆的车门状态以及信号系统对车门状态的处理方式。介绍了列车车门状态信号丢失后的 3 种处理方案,通过方案比选,建议选用方案 1(立即实施紧急制动)或方案 2(分区域处理)。

关键词 地铁列车;车门状态;信号丢失处理;方案比选
中图分类号 U231.7;U270.38+6
DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.10.035

Treatment Scheme of Metro Train Door Status Signal Loss

WANG Peng, HOU Jiali

Abstract The function design, principle and distribution related to the vehicle door status treatment in signal system and train control system are introduced, the treatment measures of vehicle door status and signal system for the door status are analyzed. Three treatment schemes for reacting after the vehicle door status signal loss are introduced. Through comparison and selection among schemes, scheme 1 (immediate emergency braking) or scheme 2 (regional countermeasures) are proposed for adoption.

Key words metro train; vehicle door status; treatment of signal loss; scheme comparison and selection

Author's address Shijiazhuang Rail Transit Co., Ltd., 050035, Shijiazhuang, China

在城市轨道交通信号系统设计和实际运营中,列车车门状态的处理是一个非常重要的安全因素,是保障乘客安全的重要环节。随着地铁客流量的不断增加,列车的开关车门作业更趋频繁,频繁的开关门作业既容易引起车门的各种故障,也增加了乘客乘车过程中的安全隐患。车辆类型不同,以及信号系统与车辆控制系统接口的差异,导致列车开关门作业程序不尽相同,这在一定程度上增加了驾驶员或应急处置人员处理紧急事件的难度。

在各种列车车门故障场景中,运营过程中列车

车门的意外打开和车门紧急解锁装置的误操作是最容易引发严重安全事故的场景。本文从信号系统安全设计角度,分析列车运行过程中车门状态信号丢失处理方案。

1 列车车门状态及其控制原理

车门紧急解锁装置被激活和列车运行过程中车门被打开后的反应由车辆控制系统和信号系统共同控制实现。车辆控制系统监测所有车门的锁闭状态,遵循故障导向安全的原则,以此形成所有车门关闭并锁闭的信号。列车在运行过程中,车辆控制系统和信号系统同时对车门的安全状态信号进行监控,车辆控制系统的牵引指令与车门的安全状态信号联锁,信号系统的允许发车授权指令、紧急制动指令与车门的安全状态信号联锁。当监测到车门安全状态信号丢失后,信号系统会按照特定的方式进行处理。

与列车车门状态处理相关的功能设计以及应遵循的基本原则如表 1 所示。

表 1 与列车车门状态处理相关的功能设计、遵循原则及功能分配

功能设计及遵循原则	功能分配
在任何地点,仅在车门处于关闭并锁闭状态下,静止列车才能起动运行	车辆控制系统、信号系统
当车门紧急解锁装置被激活时,“车门锁闭”状态丢失	车辆控制系统
当“车门锁闭”状态丢失时,运行列车车门应施加关门方向的力,使车门处于关闭趋势	车辆控制系统
在非零速或未发出开门指令条件下,“车门关闭”或“车门锁闭”任一安全信息丢失,在司机室提供声音和显示报警	车辆控制系统
在不允许开门的条件下,“车门关闭”或“车门锁闭”任一安全信息丢失,在司机室显示单元上提供显示报警,并采取紧急制动、分区紧急制动或切除牵引不施加紧急制动等故障导向安全的措施	信号系统
车门状态监控旁路开关激活时,ATO(列车自动运行)驾驶模式无效	信号系统

车辆的车门状态及信号系统对车门状态的处理方式如图1所示。

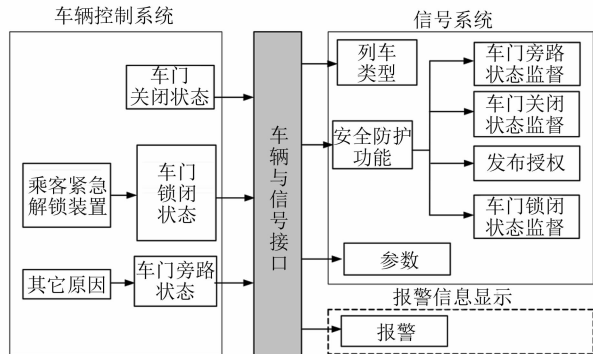


图1 车辆的车门状态及信号系统对车门状态的处理方式

2 车门状态信号丢失处理方案

根据多个地铁项目的调研和具体实践,当车门紧急解锁装置被激活或检测到车门为开门状态时,信号系统安全功能设计中的主要处理方案为:①列车在任意位置都立即实施紧急制动。②在信号系统定义的驶离站台有效区域内,信号系统控制列车实施紧急制动;在信号系统定义的驶离站台有效区域外,信号系统控制列车正常运行至下一站停车。③列车切除牵引但不实施制动。

2.1 方案1:立即实施紧急制动

紧急制动是一种列车在趋向危险状态时,可以使列车在最短距离和时间内停下的处理方式。列车运行过程中,当检测到在车门为非安全状态时,信号系统采取必要措施,使列车尽快停下来,当列车处于静止的安全状态后进行故障处理,乘客可以通过逃生平台离开危险区域,以避免继续运行的安全风险,这是信号系统中常用的基本安全处理原则。

目前的车辆门控设计能够保证:列车非零速时,门控器对列车车门施加关门方向的力,使得车门即使在车门锁闭状态信号丢失后也不会打开,从而防止运行中的列车出现车门打开情况,保证乘客安全。在这种设计原则下,列车运行过程中车门不会自动打开;即便车门打开,也是一个较为缓慢的过程,立即实施紧急制动方案,能够保证列车在车门打开之前停车。立即实施紧急制动方案是一种更为保守、安全的考虑。

2.2 方案2:分区域处理

信号系统判断列车能停在站台有效区域(是指列车从起动驶离车站至紧急制动使列车停止时,至

少仍有一个车门处于站台区域)时,实施紧急制动;如不能停在站台有效区域或完全在区间运行(无效区域)时,不切除牵引,也不实施制动,列车运行至下一站停车。

对于方案2,根据车辆方提供车门状态信号的不同,又可分为两种不同的情形:

1) 若车辆控制系统只提供一个“车门关闭和锁闭”状态条件给信号系统,即未将“车门关闭”和“车门锁闭”状态分开,当出现“车门关闭和锁闭”状态信号丢失时,如果列车在站台有效区域内运行,则列车实施紧急制动;如果列车在站台无效区域内运行,列车则保持正常运行。

2) 若车辆控制系统提供给信号系统的车门状态信号将“车门关闭”和“车门锁闭”两状态分开,当出现“车门锁闭”状态信号丢失时,如果列车在站台有效区域内运行,则实施紧急制动;如果列车在站台无效区域内运行时,列车则保持正常运行。在任何区域内运行的列车,当出现“车门关闭”状态信号丢失时,均实施紧急制动。

方案2主要考虑的是实际运营过程中的疏散方便。车载ATP(列车自动保护)实时估算列车紧急停车后的停车位置,保证在列车紧急制动停止时,至少有一个车门在站台区域,从而达到将乘客紧急疏散至站台的目的。否则,列车应运行至下一车站正常停车并对乘客进行疏散。实际运营中,列车车门有可能由于机械故障导致“车门锁闭”状态信号丢失,收到“车门打开”的命令后,车门能够完全打开的可能性很小。如没有其它影响运营的故障情况发生,此方案可保证车门状态故障情况下,能够尽可能将乘客直接疏散至站台,也便于故障的快速处理和恢复。

站台有效区域的判定方式还有另外一种方法:判断列车是否从车站起动运行了有半列列车长度的距离,若运行距离小于半列列车长度,信号系统则发出紧急制动命令;若运行距离大于半列列车,信号系统则不发出紧急制动命令。

两种判断站台有效区域方式,在实现逻辑上有一定区别,但最终的目的都是为了尽可能使列车在站台区域紧急制动停车后能有至少一组车门在站台区域,以便于乘客疏散管理。

2.3 方案3:切除牵引但不实施制动

方案3的处理原则是:当出现“车门关闭并锁闭”状态信号丢失后,控制列车以惰行方式停下,避

免车门在未锁闭或打开的情况下实施紧急制动导致乘客甩出车门的危险。

方案 3 立足于避免出现车门打开时列车实施紧急制动的情况。但是列车在运行过程中遇到的紧急情况错综复杂,即便在车门状态信号丢失的情况下仅仅依靠惰行停车,还是无法避免由于其他安全考虑而实施紧急制动的情况。

实际运营中导致出现“车门关闭并锁闭”状态信号丢失的情况比较复杂,可能是列车故障,也可能是由于客室出现紧急状况(如火灾),或是乘客有意识地操作紧急手柄。相对方案 1 和方案 2,列车惰行缓慢停靠在站间会使得列车停车时间过长,且不能对列车停车地点进行预测和合理控制,不利于疏散管理。

3 车门状态信号丢失处理方案选择

地铁信号系统设计过程中,安全保障与运营效率是矛盾关系,过分保证安全势必会牺牲一定的运营效率,而运营效率的降低对乘客而言则意味着服务质量和水平的降低。具体方案应结合各个城市的轨道交通运营特点和管理需求进行选择,并不存在百分之百完全合适的方法体系。因此,应结合每个地铁项目的具体情况,选择合适的列车车门紧急解锁装置激活及打开车门防护功能设计,提高使用效率,减少因误操作而造成的不必要的列车延误,以利于地铁运营管理和提升服务水平。

车门状态信号丢失处理方案比较如表 2 所示。基于多个地铁项目的成熟应用经验,建议采用方案 1 或方案 2 对运行过程中检测到的车门非“关闭且锁闭”状态进行处理。其中,方案 1 的处理方式应

表 2 车门状态信号丢失处理方案比较

方案	优点	缺点
方案 1	符合一贯的“故障-安全”原则	高速运行中实施紧急制动可能会对乘客造成不适
方案 2	遵循乘客从站台疏散的原则,利于故障后的运营管理	接口和功能复杂,仅靠信号系统无法实现
方案 3	缓慢停车,可避免高速运行中实施紧急制动对乘客造成的不适	停车位置不确定,不利于故障后的乘客疏散管理

用最为广泛,更加符合信号系统设计中的“故障-安全”处理原则。如采用方案 2,考虑大多数地铁项目的站间距较短(只有 1~2 km),当列车在区间发生车门状态打开的情况时,列车也可以在较短的时间内到达站台,便于对乘客进行快速安全疏散和对设备故障处理。考虑到方案实施后的处理效果和功能设计中需考虑的若干问题,不建议选用方案 3。

4 结语

列车车门故障会直接影响乘客安全和运营效率,信号系统设计中应重视其安全设计。车门状态信号丢失的处理方案应结合运营操作规范和安全设计需求进行认真分析和慎重选择,以期最大程度降低安全风险和提高运营管理水平。

参考文献

[1] 金碧筠,周巧莲. 地铁列车客室车门运营安全设计需求研究[J]. 地下工程与隧道,2011(1):38.
[2] 上海轨道交通技术研究中心. 车门紧急解锁装置相关技术标准研究[R]. 上海:上海轨道交通技术研究中心,2012.
[2] 鞠丽丽,梁汝军,王君. 浅谈地铁列车客室车门控制方案[J]. 科学与财富,2014(8):40.

(收稿日期:2020-02-20)

(上接第 145 页)

[4] 王迅. 城市轨道交通工程地铁区间排水设计要点分析[J]. 智能城市,2017(3):113.
[5] 李俊玺. 钢弹簧浮置板道床排水过渡段设计[J]. 铁道标准设计,2009(11):26.
[6] 刘建利. 地铁钢弹簧浮置板减振道床存在的缺陷及设计优化[J]. 河南科技,2014(1):89.
[7] 曲铭. 城市轨道交通地下线道岔转辙机基坑排水设计[J]. 轨道交通,2015(9):44.
[8] 翟森,刘伟,杜华杨. 成都轨道交通 9 号线道岔区转辙机坑排

水优化设计[J]. 山西建筑,2017(5):181.
[9] 沈熹,董养斌,肖天成. 浅谈地铁道岔区域的防排水施工技术研究[J]. 铁道建设,2012(3):67.
[10] 常军霞,刘宗洲,陈俊俊,等. 地铁工程地下车站转辙机基坑排水方案研究[J]. 给水排水,2017(9):97.
[11] 吕林海,黄贤智. 城市轨道交通道岔转辙机基坑排水设计[J]. 科技经济导刊,2017(21):99.

(收稿日期:2018-12-06)