

地铁车辆车门安全联锁环路的设计

赵虹 林业

(中车南京浦镇车辆有限公司,210031,南京//第一作者,工程师)

摘要 结合 CZJS/T 0022—2015《城市轨道交通车辆与信号系统接口技术要求(范本)》(试行版)中的紧急解锁功能需求,列举了目前地铁列车存在的3种紧急解锁装置结构。针对不同结构的车门解锁装置,设计合理的地铁车门安全联锁环路。通过对3种方案进行多角度对比分析,得到最优方案,从而保障了地铁列车的运行性能及乘客安全,并提高了列车运营效率。

关键词 地铁车辆;车门;安全联锁环路;紧急解锁装置

中图分类号 U270.38⁺6

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.06.045

Design of Metro Vehicle Door Safety Interlocking Loop

ZHAO Hong, LIN Ye

Abstract With the requirements of emergency unlocking function from CZJS/T 0022—2015 Urban Rail Transit Vehicle and Signaling System Interface Technology Requirement (Template) (Trial Version), three kinds of currently existing emergency unlocking device structures for metro trains are listed. Targeting metro door unlocking device for different structures, reasonable safety interlocking loop for metro vehicle door is designed. By analyzing the three schemes from various angles, the optimal scheme is obtained, and the running performance of metro trains and the safety of passengers are guaranteed, and the operating efficiency is improved.

Key words metro vehicle; train door; safety interlocking loop; emergency unlocking device

Author's address CRRC Nanjing Puzhen Co., Ltd., 210031, Nanjing, China

地铁车辆每个客室门均设有紧急解锁装置,用于在突发意外情况下乘客自主开启车门疏散逃生。对于乘客操作紧急解锁后列车运行状态及车门状态的设置,各地铁运营公司及车辆主机厂各有权衡。据此,中国城市轨道交通协会提出了规范性文件,对紧急解锁相关功能提出了统一的原则性指导建议。本文结合 CZJS/T 0022—2015《城市轨道交通

通车辆与信号系统接口技术要求(范本)》(试行版)要求,针对不同结构紧急解锁装置设计合理的车门安全联锁环路,旨在保障乘客安全并提高运营效率。

1 地铁车辆紧急解锁装置

1.1 规范要求

在信号控制模式或车辆控制模式下,CZJS/T 0022—2015《城市轨道交通车辆与信号系统接口技术要求(范本)》(试行版)要求:

1) 对于在区间运行的列车,操作车门紧急解锁时不会触发紧急制动停车,列车运行到下一站时才停车开门;对于从车站起动的列车,操作车门紧急解锁,当运行距离小于半列列车时将触发列车紧急制动,当运行距离超过半列列车时则列车继续运行。

2) 如果列车在区间内停车且无法开动,乘客操作紧急解锁装置,由司机在一个延时时间内决定是否允许手动打开车门。如司机在延时时间内没有进行操作(没有按下专用按钮或操作开关),乘客可手动打开车门;若司机在延时时间内进行操作(按下专用按钮或操作开关),车门不可以手动打开。

3) 只有在列车的控制电路失效,导致紧急照明、紧急通风、广播功能失去时,才应尽快组织乘客疏散下车,车门紧急解锁后可以手动打开。

1.2 车门LS型锁电气开关介绍

从众多地铁项目中了解到,目前大部分地铁车辆车门的螺旋传动装置使用了南京康尼机电股份有限公司独立研发的LS型无源螺旋传动锁闭机构^[1](简为“LS锁闭机构”)。LS锁闭机构为检测车门状态附带了4组电气开关,即关到位限位开关(DCS)、锁到位限位开关(DLS)、紧急解锁限位开关(EUS)、隔离限位开关(DCOS)。DCS用于指示车门是否已经达到关到位状态,DLS用于指示车门是否进入锁闭状态。在关门行程中,DCS先于DLS动作,其时间差约在200 ms内,该值与车门机械调节有关。在开门行程中,DLS先于DCS动作,其时

间差约在 200 ms 内,该值与车门机械调节有关。通过对 LS 锁闭机构测试得知:在非零速情况下操作紧急解锁手柄至“解锁”位,EUS 和 DLS 触发,DCS 未触发。LS 锁闭机构如图 1 所示。

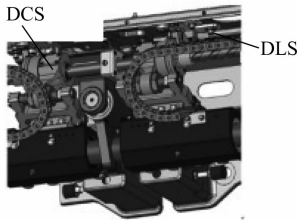


图 1 LS 锁闭机构

1.3 地铁车辆紧急解锁装置设计方案

目前,地铁车辆紧急解锁装置设计方案包括以下 3 种。

1.3.1 方案 1

2 档位手柄(OFF/解锁),不带电磁铁。无电磁铁紧急解锁装置结构如图 2 所示。

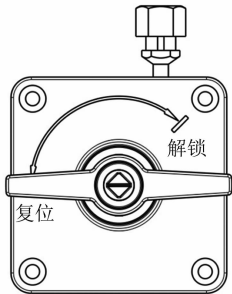


图 2 无电磁铁紧急解锁装置

手动旋转紧急解锁装置手柄至 135°解锁位置,松开紧急解锁装置手柄,此时手柄定于 90°位置。当车速为 0 时,可以通过门页上的扣手打开车门。

1.3.2 方案 2

2 档位手柄(OFF/解锁),自带电磁铁。带电磁铁无请求位紧急解锁装置结构如图 3 所示。

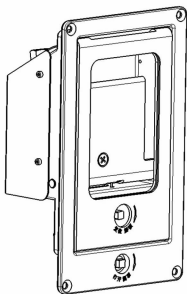


图 3 带电磁铁无请求位紧急解锁装置

列车运行过程中,紧急解锁手柄内的电磁铁受零速信号控制。非零速时电磁铁吸合,其芯轴会限

制操作路径,手柄将不能旋转,车门不会直接解锁。当车速为 0 时,电磁铁释放,紧急解锁装置可以操作至“解锁”档,此时操作紧急解锁装置使锁闭装置解锁,通过门页上的扣手打开车门。

1.3.3 方案 3

3 档位手柄(OFF/请求/解锁),自带电磁铁。带电磁铁有请求位紧急解锁装置结构见图 4。

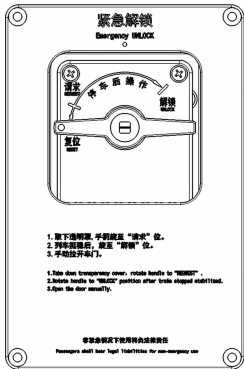


图 4 带电磁铁有请求位紧急解锁装置正视图

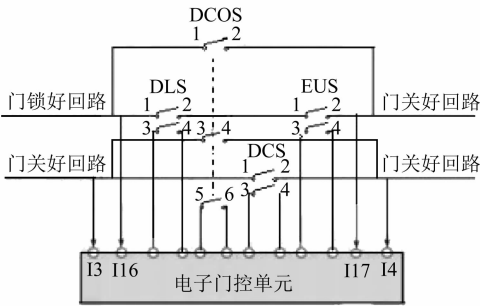
与方案 2 相比,方案 3 紧急解锁装置内部同样具备电磁铁,电磁铁同样受零速信号控制。当车速为 0 时,乘客可以直接操作至解锁位。与方案 2 不同之处为:列车运行过程中,当乘客操作车门紧急解锁手柄后,非零速手柄内部电磁铁得电,其限位轴发挥作用,紧急解锁手柄只允许操作至 13°“请求”位。根据实际情况及相关的运营规章制度判断列车是否触发制动停车,待列车停稳后,乘客可根据手柄面板上的操作提示,可操作手柄至“解锁”位,再通过门页上的扣手打开车门。

2 车门安全联锁环路设计

根据 CZJS/T 0022—2015《城市轨道交通车辆与信号系统接口技术要求(范本)》(试行版)的要求,设计合理的车门安全联锁环路,以保证列车功能完整可靠。

2.1 方案 1 中的车门安全联锁环路设计

方案 1 中乘客在极端情况下操作手柄至“解锁”位,转轮后面连接的钢丝绳触发位于客室车门机构上的 EUS,从而发出解锁信号。根据 LS 锁闭机构行程开关原理,DLS 发生动作。为实现 CZJS/T 0022—2015 对紧急解锁的功能需求,需将门安全互锁回路拆分为“门关好联锁环路”和“门锁好联锁环路”两部分,如图 5 所示。



注：1、2、3、4、5、6 为限位开关接线点位；
I3、I4、I16、I17 为门控器信号进线端口。

图 5 车门安全互锁回路(方案 1)

车门关到位联锁环路、车门锁到位联锁环路控制逻辑如图 6 所示。当一侧有任何车门打开时,该侧门关到位联锁环路断开,此时若乘客操作紧急解锁开关后,会引起车门锁到位联锁环路断开。

将关到位回路与锁到位回路独立,并送至列车自动控制(ATC)系统和列车监控管理系统(TCMS)进行监控。当 ATC 监控到关到位环路断开时,无论列车所处何位置均触发紧急制动;当监控到锁到位环路断开时,根据列车位置判断是否需要输出紧急制动。方案 1 完全满足 CZJS/T 0022—2015 对紧急解锁的功能需求,如表 1 所示。

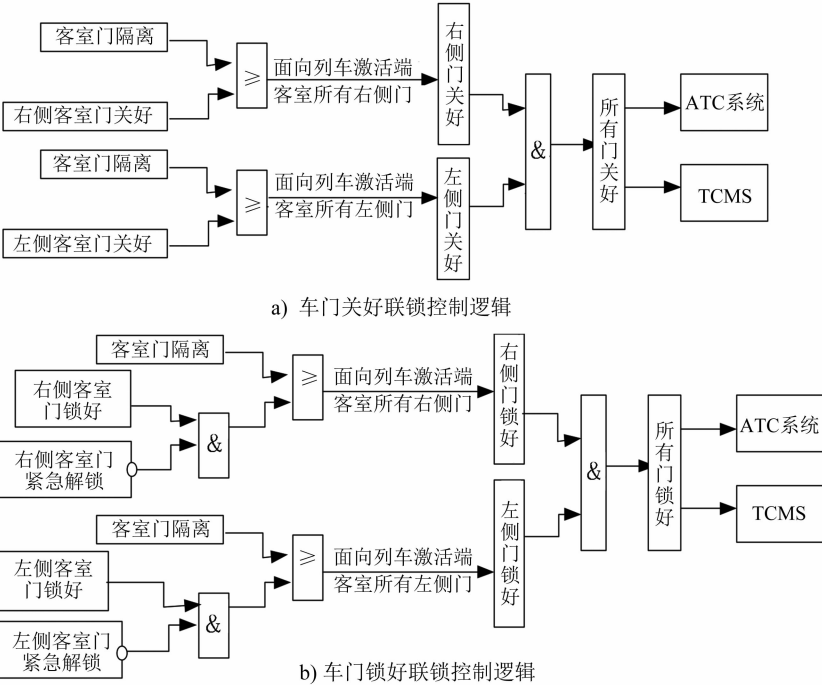


图 6 车门联锁逻辑(方案 1)

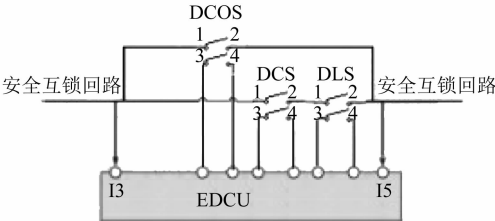
表 1 方案 1 对规范的符合情况

工况	功能需求	结果
列车运行过程中,当门打开时	无论车辆处于任何位置,均立即触发紧急制动	满足
列车运行过程中,操作紧急解锁导致的门未锁闭,但门页仍处于关好状态	列车位于站台区间内时,不输出紧急制动	满足
	列车驶出站台且运行距离大于半列车车长度时,不输出紧急制动;	满足
	列车驶出站台且运行距离小于半列车车长度时,输出紧急制动	满足

2.2 方案 2 中的车门安全联锁环路设计

此方案中紧急解锁机械手柄设置电磁铁,当车速为 0 时,电磁铁断电,紧急解锁装置可以操作;当列车非零速运行时,电磁铁吸合,其芯轴会限制操作路径,紧急解锁手柄不能旋转,车门不会直接解锁,DCS 和 DLS 不被触发。将 DCS 及 DLS 触点串

联至安全联锁环路中,安全互锁回路闭合,如图 7 所示。



注：I5 为门控器控制信号进线端口。

图 7 车门安全互锁回路(方案 2)

车门安全联锁环路控制逻辑如图 8 所示。列车运行时,当一侧有任何车门打开或乘客操作紧急解锁开关后,该侧门安全联锁环路断开,此时 ATC 默认车门打开,并将立即封锁牵引触发制动。

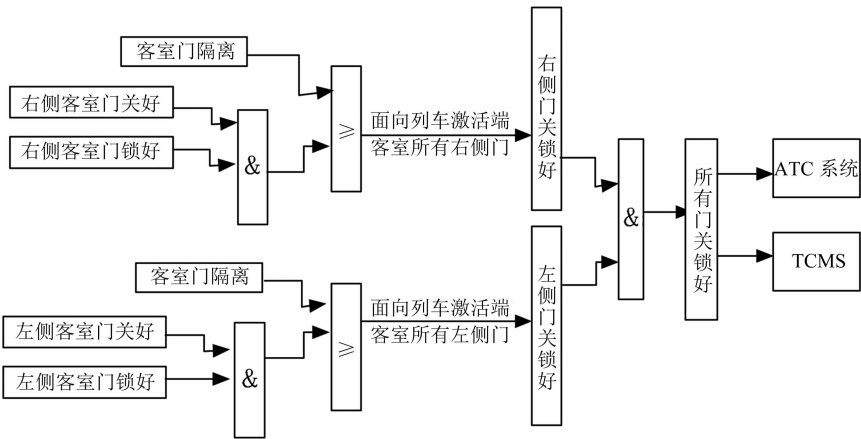


图 8 车门联锁逻辑(方案 2)

此方案由于受机械解锁手柄结构影响,借助紧急解锁手柄只能满足 CZJS/T 0022—2015 对紧急解锁的部分功能需求,如表 2 所示。乘客需通过其他方式告知司机紧急情况,由司机判断是否紧急停车疏散乘客。

表 2 方案 2 对规范的符合情况

功能需求	结果
列车运行过程中,当门打开时	满足
列车位于站台区间内时,不输出紧急制动	满足
列车驶出站台且运行距离大于半列车长度时,不输出紧急制动	满足
列车驶出站台且运行距离小于半列车长度时,输出紧急制动	不满足

2.3 方案 3 中的车门安全联锁环路设计

此方案中紧急解锁手柄设置电磁铁且带请求位,车辆电路将所有车门“请求”行程开关(DRS)触点信号串联至请求联锁环路。当列车以非零速运行时,乘客操作车门紧急解锁手柄后,手柄内部电

磁铁得电,紧急解锁手柄只允许操作至“请求”位,DRS 动作,请求联锁环路断开,将此信号通过硬线传给 TCMS 及 ATC 系统,ATC 系统或 TCMS 根据具体情况执行相应操作。请求电路及安全联锁环路设计如图 9 所示。

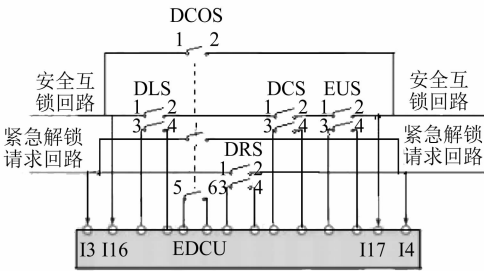


图 9 车门安全互锁及解锁请求回路(方案 3)

将 DCS、DLS 及 EUS 触点串联至安全联锁环路中。当车速为 0 时,乘客操作解锁手至“解锁”位,行程开关 DLS、EUS 动作,安全互锁回路断开。车门联锁逻辑如图 10 所示。

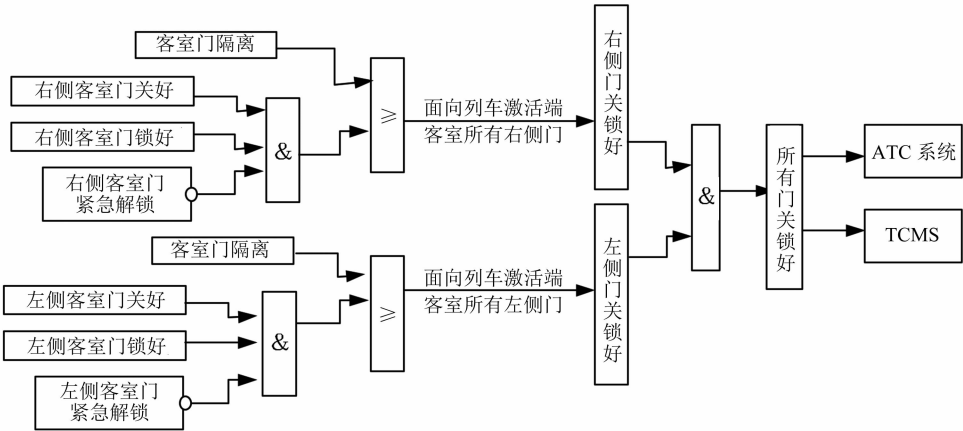


图 10 车门联锁逻辑(方案 3)

此方案完全满足 CZJS/T 0022—2015 对紧急解锁的功能需求,如表 3 所示。

表 3 方案 3 对规范的符合情况

工况	功能需求	结果
列车运行过程中,当门打开时	无论车辆处于任何位置,均立即触发紧急制动	满足
列车运行过程中,由于操作紧急解锁导致的门未锁闭,但门页仍处于关好状态	列车位于站台区间内,不输出紧急制动	满足
	列车驶出站台且运行距离大于半列列车长度时,不输出紧急制动	满足
	列车驶出站台且运行距离小于半列列车长度时,输出紧急制动	满足

3 方案对比分析

方案 1 完全满足 CZJS/T 0022—2015 对紧急解锁的功能需求,手柄结构相对简单,但硬件电路设计较为复杂。ATC 系统及 TCMS 硬件电路需对关到位环路及锁到位环路分别采集,软件电路需根据规范要求设计逻辑,使用范围较为普遍。

相较于方案 1,方案 2 的手柄结构较为复杂,电气硬件电路设计相对简单,仅满足 CZJS/T 0022—2015 对紧急解锁的部分功能需求,适用于站间距较小的地铁线路列车。该设计通常需进行特殊定制。

(上接第 200 页)

表 5 市政明挖隧道实际平均费率与城市轨道交通地下结构工程费率的比较

费用类别	市政明挖隧道 实际平均费率/%	城轨地下结构 工程费率/%	费率 差值/%
企业管理费	19.22	19.12	-0.10
利润	7.87	7.77	-0.10
安全文明施工基本费	9.21	8.93	-0.28
二次搬运费	0.55	0.50	-0.05
冬雨季施工增加费	0.15	0.14	0
行车、行人干扰增加费	1.77	1.77	0
建筑工程费用	19.52	18.60	-0.92
合计	58.28	56.83	-1.44

4 结论

1) 对已建城市轨道交通、市政工程和铁路工程等明挖隧道的施工造价统计分析表明,明挖隧道施工的有关费率有别于盾构隧道和钻爆法开挖的隧道,但仅城市轨道交通工程明确区分了明挖隧道的有关费率,铁路和市政工程没有作区分其费率。

2) 以浙江省城市轨道交通工程为例,对于同一明挖隧道,采用隧道费率和地下结构工程费率,两者在造价上相差 6%,对投资值测算影响很大。

3) 铁路明挖隧道建议参照《铁路基本建设工程设

相较于方案 1 和方案 2,方案 3 完全满足 CZJS/T 0022—2015 要求,且适用的地铁线路较广;但手柄结构较为复杂,且 ATC 系统及 TCMS 硬件电路需增加“请求”位接口,软件电路需根据 CZJS/T 0022—2015 要求设计车门联锁逻辑,造价较为昂贵。

4 结语

地铁列车需从保障安全、提高运营效率及服务质量等多角度进行配置。各地铁公司考虑的侧重点不同,选择的紧急解锁方案各有差异。因此,应根据业主需求设计合理的车门安全联锁环路,这样才能以最优方案保障地铁车辆的运行性能及乘客安全,以最大限度提高地铁运营质量。

参考文献

- [1] 陈树荣,唐宋.广州地铁 6 号线列车 LS 型锁闭机构塞拉门故障分析及处理[J].铁道车辆,2017(4): 35.
- [2] 张世钟,吕劲松.车门紧急解锁后列车运行状态及车门状态的设置方案探讨[J].电力机车与城轨车辆,2015(4): 84
- [3] 计敏良.广州地铁 6 号线列车车门紧急解锁分析及优化设计[J].机电信息,2015(3): 138. (收稿日期:2020-03-11)

计概(预)算费用定额》类别代号为 10 的费率编制。

4) 市政明挖隧道施工造价的费率应结合既有施工案例的统计分析,建议参照城市轨道交通工程费率编制。

参考文献

- [1] 钱七虎.地下空间开发利用的第四次浪潮及中国的现状、前景和发展战略[J].民防苑,2006(增刊1): 11.
- [2] 胡兰.长大铁路隧道工期与造价风险管理研究[D].成都:西南交通大学,2015.
- [3] 浙江省建设工程造价管理总站.浙江省建设工程计价依据(2018 版)[M].北京:中国计划出版社,2018.
- [4] 湖北省建设工程标准定额管理总站.湖北省市政工程消耗量定额及全费用基价表[M].武汉:长江出版社,2018.
- [5] 国家铁路局.铁路基本建设工程设计概(预)算费用定额[M].北京:中国铁道出版社,2017.
- [6] 中国铁路总公司.铁路工程补充预算定额(第一册):铁总建设[2017]324 号[M].北京:中国铁道出版社,2018.
- [7] 国家铁路局.铁路工程预算定额[M].北京:中国铁道出版社有限公司,2017.
- [8] 山东省工程建设标准定额站.山东省建设工程费用项目组成及计算规则[M].北京:中国计划出版社,2016.

(收稿日期:2020-10-28)