

# 城市轨道交通全自动运行线路在无人值守模式下的应急处置

马能艺

(上海申通地铁集团有限公司, 201103, 上海 // 高级工程师)

**摘 要** 基于不同的场景,详细阐述了无人值守模式下全自动运行线路的应急处置方法、区间疏散方式及救援方式。结合专门的自动应急或远程应急功能,使无人值守全自动运行线路应急处置能兼顾运营效率和安全,避免列车迫停区间。建议做好多职能队员的相关培训工作,并合理选择列车自动运行控制系统的应急功能。

**关键词** 城市轨道交通;无人值守全自动运行;应急处置

**中图分类号** U231<sup>+</sup>.7; U292.5<sup>+</sup>2

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.04.020

## Emergency Response of Urban Rail Transit Unattended Fully Automatic Operation (FAO) Train

MA Nengyi

**Abstract** Based on various scenarios, the emergency treatment, interval evacuation measures and rescue measures of unattended fully automatic operation (FAO) train are expounded. Only by introducing special automatic emergency or remote emergency function can the emergency response capacity of unattended FAO train guarantee both operational efficiency and safety, avoiding train stopping at interval. Relevant training must be well organized for multi-functional teams and the emergency response function of train control system should be appropriately chosen.

**Key words** urban rail transit; unattended fully automatic operation; emergency treatment

**Author's address** Shanghai Shentong Metro Group Co., Ltd., 201103, Shanghai, China

城市轨道交通全自动运行线路的UTO(无人值守全自动运行)模式自动化等级虽高,但在应急处置方面却弱于DTO(有人值守全自动运行)模式。在DTO工况下发生设备故障时,随车人员可在第一时间人工排除故障,或通过旁路切除故障设备等人工干预方式使列车继续运行,即使列车无法继续行驶,也

可由随车人员直接指挥乘客疏散。在UTO工况下发生设备故障时,如不能及时自动排除故障或远程排除故障,则列车不得不迫停区间,等待工作人员登车处置,进而耗费大量时间,使故障影响恶化为重大延误。由此可见,一旦在UTO工况下发生故障,应以自动排除故障或远程排除故障为最优措施,其次是使列车在保障安全的情况下维持全自动带病运行至下一车站处置。总之,UTO工况的应急原则为——尽量使列车自动运行至车站,避免迫停区间,从而使多职能队员或维修人员得以从车站登车处理。

## 1 不同场景的应急处置方法

为保证UTO工况下的设备可靠性,信号系统的ATC(列车自动控制)设备、联锁主机及综合监控服务器等涉及运营效率和安全及设备均采用冗余设计。这些设备的单一故障不会对线路运营造成显性影响。因此,涉及冗余设备时,应急场景应只考虑冗余设备整体发生故障的情况。

对于应急工作而言,状态监测和故障告警是十分关键的。综合监控系统、信号维护支持系统及车辆监测系统等设施,可实现对全自动运行系统各设备状态的全面监测。一旦发生故障或监测到突发事件,这些设施就会在第一时间上报控制中心及相关车站。根据故障或事件对运营的影响程度,报警可划分为数个优先级:对重要事件的报警应维持报警显示,防止被刷屏;对严重事件的报警更应采用弹框甚至声光相结合的方式,以使调度员及时察觉并做出处理。

UTO工况应急场景按发生的位置可分为中央应急场景、车站应急场景、列车应急场景及区间应急场景。

### 1.1 中央应急场景

中央应急场景主要为:因控制中心失电或ATS

(列车自动监控)系统发生故障等突发情况,使控制中心无法正常工作,线路运行控制不得不从控制中心控制模式降为车站控制模式。

在中央应急场景中,车站控制模式下的信号系统虽仍能满足全自动运行的基本需求。但在无人值守状态下,车站人员无法通过车载 CCTV(闭路电视)、IPH(车厢应急对讲电话)和广播等设备设施同车内乘客沟通,难以掌握车内实时情况。若列车继续运行将产生安全隐患。因此,在 UTO 工况的中央应急场景下,应使列车保持全自动运行至下一车站后自动扣车,并指派多职能队员登车值守或驾驶。

## 1.2 车站应急场景

1) 车站失电。当发生车站失电后,应根据影响范围进行运营调整。若车站乘降存在安全隐患,应通过设置跳停避免列车停站。若为设备集中站失电,应通过设置跳停尽量使列车在 UPS(不间断电源)续航时间内撤出受影响区域。

2) 车站信号设备发生故障,可能导致相关区域无法继续使用全自动运行模式。如果区域控制器或联锁主机等发生故障,则应通过远程重启功能进行重启,以尽快恢复 UTO 的正常工况。

3) 屏蔽门和车门夹人夹物。屏蔽门和车门间夹人易造成乘客伤亡。为避免此类事故,应严格控制屏蔽门和车门的间隙宽度,在物理上杜绝车门和屏蔽门间出现夹人的情况。在曲线站台间隙较宽的位置,应设置防夹探测设备,对乘客乘降进行防护。一旦探测到夹人夹物,应先阻止列车移动,再由站台工作人员通过站台上的联动开关进行开门,并处置。

## 1.3 列车应急场景

1) 列车火灾。经研究,如列车在区间内发生火灾,则应尽快运行至下一车站进行疏散。对于因故在区间内无法移动的列车,只能进行现场疏散。调度员启动火灾工况应急机制,根据实际情况判断是否开启事故风机,并对乘客进行广播指挥,授权开启端头逃生门及逃生平台侧的客室门,同时派遣工作人员进行接应。在指挥疏散时,应避免乘客向火源方向行进。

2) 车载信号设备和车辆设备发生故障导致无法维持 UTO 模式。如车载信号设备和车辆设备发生故障,导致列车迫停区间,则应通过远程重启、远程复位或远程旁路命令来处置。若设备无法恢复,则考虑救援或派多职能队员登车处置,期间通过开

启风机向迫停列车送风。由于安全相关设备的旁路具有安全隐患,故具体远程旁路的设计应考虑安全可接受程度。当 ATO(列车自动运行)系统无法控制列车运行,而 ATP(列车自动保护)功能完好时,自动触发“蠕动”模式申请,由调度员确认后切换至蠕动模式运行,实现简单牵引和制动,使列车限速运行至下一站后自动扣车,继而由多职能队员登车处理。当列车因丢失定位而无法运行时,调度员可通过“远程 RM”(远程限制驾驶模式)命令,使列车在信号系统的安全保护下限速限距地向前运行一段距离,以读取信标重获定位。

3) 阻塞。当因前方拥堵等造成列车阻塞在区间时,信号系统应对阻塞时间进行计时,并在阻塞时间到达设定的阻塞值后向综合监控系统报警,进而触发阻塞模式,自动开启区间通风及阻塞安抚广播。

4) 停站过冲。若列车停站过冲距离超过 5 m 的回退限制,则列车应自动或经调度员确认后直接运行至下一站;若列车停站过冲距离处于回退限制内,则启动对位自动调整功能,使列车再度对位,以满足乘客乘降的需求。

5) 唤醒失败。计划列车应根据 ATS 系统命令按时自动唤醒。若自动唤醒失败,则调度员应远程人工唤醒。若远程人工唤醒亦失败,则派遣多职能队员登车执行现地唤醒。非计划列车由调度员远程人工唤醒,若远程人工唤醒失败则由多职能队员现地唤醒。

6) 休眠失败。与唤醒类似,计划列车应根据 ATS 系统命令按时自动休眠。若自动休眠失败,调度员应远程人工休眠。若远程人工休眠亦失败,则派遣多职能队员登车执行现地休眠。非计划列车由调度员远程人工休眠,若远程人工休眠失败则由多职能队员现地休眠。

7) 撞击障碍物。列车头部应设置具备排障器功能的障碍物探测器,可推开一定规模的障碍物。当障碍物难以推开时,触发紧急制动。在确保可靠性的情况下,还可采用非接触式探测,以在接触障碍物前及时截停列车。

8) 脱轨。列车内设置脱轨探测器。当列车脱轨后,立即截停列车,以免后续车厢脱轨。

## 1.4 区间应急场景

1) 区间火灾。发生区间火灾后,应避免列车进入相关区间。已处于区间内的列车若具备全自动

反向运行能力,则自动返回车站。对于无法自动返回车站的迫停列车,应进行现场疏散。调度员启动火灾工况应急机制,根据实际情况判断是否开启事故风机,对乘客进行广播指挥,授权开启端头逃生门及逃生平台侧的客室门,并派遣工作人员进行接应。指挥乘客疏散时,应避免乘客向火源方向行进。

2) 区间失电。列车运行控制系统自动扣停失电区段外的上游相邻列车,防止列车进入失电区段。调度员执行运营调整,对失电区间内的列车乘客进行广播安抚,安排抢修,必要时疏散乘客。

## 2 区间疏散与救援

### 2.1 区间疏散

UTO 列车普遍采用开放式车头。乘客可接触位于车头的端部逃生门。为防止逃生门非法开启而造成重大运营影响,由信号系统对逃生门进行防护。在调度员未授权的情况下,乘客无法开启逃生门。出于安全的考虑,当出现信号车地通信故障或信号车载控制器发生故障时,信号系统会自动解除对逃生门的控制,使乘客可在停车后开启逃生门。

对于设有逃生平台的线路,通过客室门疏散可能更有效率。信号系统对客室门亦进行防护,可防止乘客在列车停于区间时通过紧急拉手非法开启客室门。只有经过调度员授权或经相应延时后,乘客方能开启客室门进行疏散。同样出于安全的考虑,当出现信号车地通信故障或信号车载控制器发生故障时,信号系统会自动解除对客室门的控制,

使乘客在停车后可开启客室门。

### 2.2 救援方式

全自动运行线路可选择全自动救援方式或常规的有人救援方式。在全自动救援中,被救援车的故障是多种多样的,有可能存在列车制动抱死。若此时以全自动运行列车进行自动联挂救援,则不仅会对轨道造成损伤,而且对于施救车的信号系统而言,两列列车联挂后组成的“新车”参数是未知而不可控的,难以保证停车的精确性,这为车内乘客在站台上的清客带来了困难,也不利于救援列车至停车线停车。因此,目前国内绝大多数的全自动运行线路均未采用全自动救援方式。

## 3 结语

在不同场景下,无人值守全自动运行列车的应急处置应兼顾运营效率和安全,避免列车迫停区间,以提高应急处置能力。多职能队员是列车应急处置中的重要参与角色,平时应重视对此类人员应急处置的相关培训。此外,由于过多的功能会使列车自动运行控制系统过于复杂,进而降低其可靠性,因此,全自动运行列车的应急功能需合理选择。

## 参考文献

- [1] 顾伟华,汪小勇.轨道交通无人驾驶信号系统关键功能分析[J].地下工程与隧道,2015(2): 1.
- [2] 邵伟中,朱效洁.城市轨道交通事故故障应急处置相关问题研究[J].城市轨道交通研究,2006(1): 3.

(收稿日期:2020-12-16)

(上接第 81 页)

统数据的校验,方便联锁应用数据的正确生产,节省人工,缩短工期。经实践验证,该解决方案极大地保证了数据生产的自动化和可靠性。今后还可在数据生产的过程中结合大数据处理技术,进一步降低错误发生的概率。

## 参考文献

- [1] VANIT-ANUNCHAI S. Verification of railway interlocking tables using coloured Petri nets[J]. Springer Berlin Heidelberg,

2010,6116: 137.

- [2] 古天龙.软件开发的形式化方法[M].北京:高等教育出版社,2005.
- [3] 陶玲.车站信号计算机联锁逻辑关系形式化验证方法的研究[D].重庆:重庆交通大学,2015
- [4] 杜军威,徐中伟,王素梅.联锁逻辑模型的安全性分析[J].计算机工程及应用,2007(2): 1.
- [5] 赵志熙.车站信号控制系统[M].北京:中国铁道出版社,2005.

(收稿日期:2020-09-29)