

# 全自动运行下城市轨道交通车站配线区人员 登乘列车方案研究<sup>\*</sup>

雒一帆<sup>1,2</sup>

(1. 轨道交通工程信息化国家重点实验室(铁一院), 710043, 西安;

2. 中铁第一勘察设计院集团有限公司, 710043, 西安//工程师)

**摘 要** 分析了城市轨道交通 FAO(全自动运行)线路车站配线区人员登乘列车的需求,在总结既有研究成果的基础上,提出了利用人员防护开关、设置专用通道和登车平台两种登乘方案,并对比分析了这两种登乘方案的作业流程和优缺点。研究表明:设置专用通道和登车平台的方案具有更高的安全性和登乘效率。最后结合相关规范要求,对专用通道和登车平台的布点及规格参数提出建议。

**关键词** 城市轨道交通;全自动运行;车站配线区;登乘方案

**中图分类号** U29-39

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.03.045

## Staff Boarding Solutions in Station Auxiliary Line Area of Urban Rail Transit in FAO Mode LUO Yifan

**Abstract** The staff boarding demand on auxiliary line area of urban rail transit FAO (fully automatic operation) line stations is analyzed. On the basis of summarizing existing research results, two boarding solutions are proposed by using SPKS (staff protection key switch), setting up special lanes and boarding platforms separately. Advantages and disadvantages as well as the operation flow of each solution are illustrated. Research shows that the solution for setting special lanes and boarding platforms has higher safety and boarding efficiency. Finally, according to relevant rules and regulations, suggestions are put forward for the layout and parameters of specialized passages and boarding platforms.

**Key words** urban rail transit; FAO; train auxiliary line area; boarding solution

**Author's address** State Key Laboratory of Rail Transit Engineering Informatization (FSDI), Xi'an, 710043, China

发展,越来越多的城市轨道交通线路采用 GoA4(无人干预列车运行)标准进行建设<sup>[1]</sup>。与此同时,FAO 线路的运营理念和运营需求在持续不断地更新。无论是常规线路还是 FAO 线路,对于工作人员在车站配线区登乘列车的需求在线路设计阶段一直没有得到重视,因此有必要结合 FAO 系统的特点,对人员登乘列车的需求及解决方案进行分析研究,以期后续 FAO 线路的设计提供参考。

## 1 车站配线区配置人员登乘列车功能的必要性

随着 FAO 线路建设规模的不断扩大,其运营理念和运营水平在持续提高。在摆脱常规线路司机配备和派班的制约后,FAO 线路在运营需求和设施设备维护需求方面可能存在以下发展趋势或场景:

1) 在运营需求方面:① FAO 线路每日首次发车时间势必较常规线路提早,若列车从车辆基地出库到达起点站/终点站的走行时间较长,则起点站/终点站应具备夜间停车功能,以逐步实现线路的昼夜不间断运营;② 为应对城市大型文体活动举办引起的突发大客流现象,应在文体活动举办场所临近车站的停车线停放备车,通过临时加开列车来应对突发大客流。

2) 在设施设备维护需求方面:① 城市轨道交通车辆检修逐步转为均衡修,列车无需夜间回段检修,可利用停车线进行夜间存车,以实现全线均衡发车,提高线路的服务水平;② FAO 系统车辆、信号等关键设备均采用冗余技术,具有故障自诊断和自愈功能,故障列车可在停车线上进行故障的诊断和修复,随后结合行车计划,再次唤醒投入运营。

随着城市轨道交通 FAO(全自动运行)技术的

<sup>\*</sup> 中铁第一勘察设计院集团有限公司科研课题(2021KY11ZD(ZHDT)-04)

由上文可知,折返线、停车线除了具备故障列车待避和临时折返功能外,长时间停放正常列车的相关需求不断增加。中国城市轨道交通协会发布的《中国城市轨道交通全自动运行系统技术指南(试行)》(以下简称“《技术指南》”)中规定:“FAO 系统应具备远程自动/人工和本地人工休眠模式,控制列车在休眠区域完成休眠。”为充分发挥 FAO 线路运输组织灵活的技术优势,应在停车线、折返线等区域设置列车休眠功能。此外,《技术指南》要求“运营控制中心显示休眠状态,若休眠不成功,应进行报警提示,通知人工处理”。考虑到列车休眠后存在唤醒失败的可能,需同步考虑多职能人员登车排除故障的作业需要。因此,结合城市轨道交通的发展趋势和 FAO 系统的功能需求,在车站配线区具备多职能人员登乘列车的功能是十分有必要的。

## 2 车站配线区列车登乘方案分析

### 2.1 FAO 线路区段防护设计差异性分析

在城市轨道交通常规线路中,列车并不是在完全封闭的环境下运行的。但在 FAO 线路中,每个车站的站台上均设置了全封闭的站台门,FAO 列车在正线运营时完全处于封闭环境内。

为了保证行车安全和轨旁作业人员安全,在

FAO 线路信号系统设计时,提出了 SPKS(人员防护开关)的概念<sup>[2]</sup>。在正线区段,以车站为界,通过设置 SPKS,将运营正线划分为不同的防护区段。SPKS 被触发后,FAO 系统会产生 1 个安全防护区域(以下简称“防护区域”),并对未进入该区域的列车发送信号,防止列车进入该防护区段,而防护区域内正在运行的列车则会立刻制动<sup>[3]</sup>。如图 1 所示,每座车站的进出站端均设有相应 SPKS,用于与相邻车站建立防护区域<sup>[2,4]</sup>。

### 2.2 配线区多职能人员登乘列车方案研究

目前多职能人员可采取利用 SPKS、设置专用登乘通道和登车平台两种方案登乘列车,本文就这两种登乘方案的适用性进行分析。

#### 2.2.1 方案一(利用 SPKS)

##### 2.2.1.1 方案概述

在信号系统设计过程中,为减小故障影响区域,提高停车线和折返线的使用灵活性,可将存车线和折返线等配线区单独设置为 1 个防护区域。同时在站台端门处设置门禁,通过门禁系统与 SKPS 的联动实现工作人员进出防护区域的授权管理,保障人员进入轨行区后的安全。多职能人员可利用站台至配线区的防护区域,由站台进入轨行区,并步行至配线区,完成登乘作业。

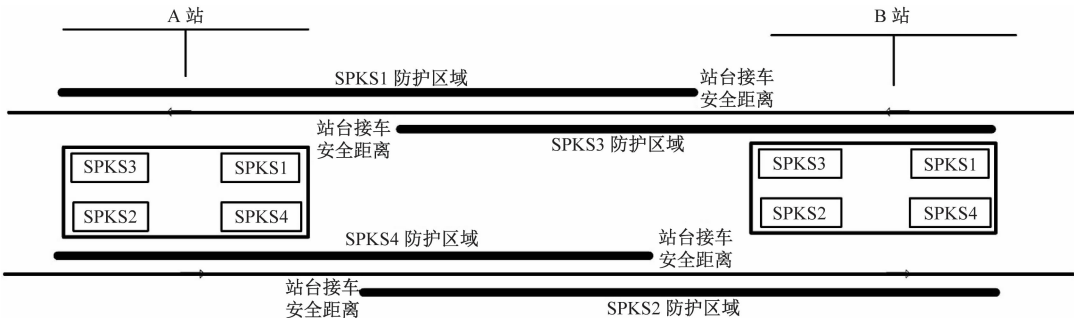


图 1 2 个车站间 SPKS 防护范围划分示意图  
Fig. 1 Diagram of SPKS protection range division between two stations

##### 2.2.1.2 作业流程

如图 2 所示,方案一的作业步骤主要包括:①多职能人员在车站的行车控制室(以下简称“车控室”)登记,获得相应工具及站台端门门禁卡;②车站的行车值班员将 SPKS 开关设置到防护位;③多职能人员步行至站台层的端门门禁处;④多职能人员刷卡打开门禁,进入轨行区,随后进入防护区段;⑤多职能人员解锁并打开列车车门;⑥多职能人员进入列车;⑦多职能人员关闭列车车门,向行车

值班员确认已进入列车内。

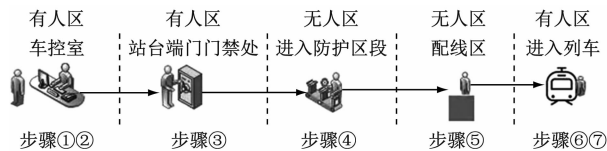


图 2 方案一作业操作流程示意图  
Fig. 2 Flow diagram of scheme I operation process

##### 2.2.1.3 方案分析

1) 优点:通过触发 SKPS 建立防护区段,既可

以确保保护区段内的列车不会起动,也可以禁止保护区段外的列车进入,进而避免发生人车冲突,有效确保轨行区内的人身安全;多职能人员确认保护区段建立后进入轨行区,登上列车后只需与车站值班员进行一次联控即可恢复 SPKS,解除保护区段及人员登乘的流程均比较简单,有利于提高登乘作业效率。

2) 缺点:对正线运营影响较大,尤其在开行对数较多的线路,线路行车间隔小,无法满足多职能人员登乘作业操作所需时间;对于门禁系统和 SPKS 设备功能依赖度较高,需严格把控设备的联动效率和故障率;相关设施设备若发生故障,会降低登乘作业效率。

2.2.2 方案二(设置专用登乘通道和登车平台)

2.2.2.1 方案概述

方案二下人员登乘的专用登乘通道及平台如图 3 所示,专用登乘通道衔接站厅层和配线区,登车平台设置在配线区内。专用登乘通道两侧设有防护栏,将专用登乘通道、登车平台和列车车厢隔离设为有人区,配线区其他区域设为无人区。多职能人员通过专用登乘通道到达配线区,完成登车作业。

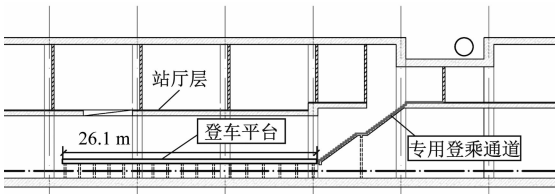


图 3 专用登乘通道及登车平台示意图

Fig. 3 Diagram of the special boarding lane and the boarding platform

2.2.2.2 作业流程

如图 4 所示,方案二的作业步骤主要包括:①多职能人员在车控室登记,获得相应工具及专用登乘通道门禁卡;②多职能人员由站厅层进入专用登乘通道,步行至登车平台的门禁处;③多职能人员打开门禁,进入登车平台,步行至列车车门处;④多职能人员解锁并打开列车车门;⑤多职能人员进入

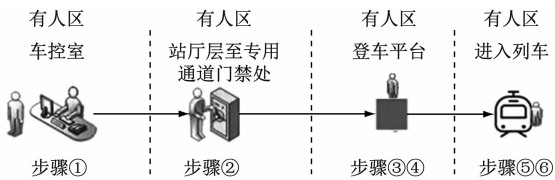


图 4 方案二作业操作流程示意图

Fig. 4 Flow diagram of scheme II operation process

列车车厢;⑥多职能人员关闭列车车门,向车站值班员确认已进入列车内。

2.2.2.3 方案分析

1) 优点:多职能人员全过程处于有人区,可随时登乘列车,不需要行车值班员触发和恢复 SPKS,登乘过程对正线行车无影响,登乘的安全性及效率较高。

2) 缺点:需要增加站厅层楼梯间、专用登乘通道等设施设备,增加工程投资。

2.2.3 方案比选

方案一优点是无需增加工程投资。方案一的缺点主要有两个:多职能人员登乘列车的作业时间预计需 3~5 min,作业效率较低;客流高峰小时的行车间隔通常为 2~4 min,当多职能人员登车作业耗时大于正线行车间隔时,将会造成正线列车堵塞,对正线运营秩序产生较大的影响。

方案二的优点为:登乘作业安全性高、作业效率高,不影响正线正常运营。方案二的缺点是需增加工程投资。因此,建议在工程条件允许的情况下,优先采用方案二。

3 专用登乘通道和登车平台的设置方案

3.1 布点分析

根据相关规范和运营需求,建议在设有停车线或折返线的中间站,以及无场段接轨的终点站设置专用登乘通道和登车平台。

3.2 规格参数分析

专用登乘通道通常衔接站厅层和登车平台,需要结合具体工程方案进行研究,本文重点研究登车平台的规格参数。

3.2.1 登车平台长度要求

登车平台长度范围应覆盖首节车厢的第 1 个侧门。图 5 为地铁 A 型车的尺寸参数。综合考虑 A 型车的长度后,建议登车平台长度不应小于 6 m。

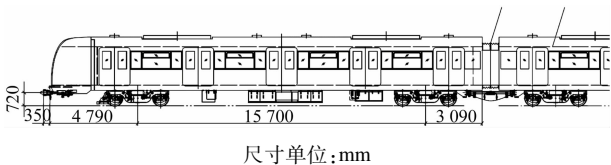


图 5 地铁 A 型车车辆尺寸参数

Fig. 5 Parameters of metro type A vehicle dimension

3.2.2 登车平台宽度要求

登车平台宽度可结合 BJJT 0042—2020《城市

《轨道交通疏散平台技术规范》、GB/T 33668—2017《地铁安全疏散规范》确定。

BJJT 0042—2020 的要求如下:① 单侧临空时,平台的宽度不宜小于 0.60 m;② 双侧临空时,平台的宽度不宜小于 0.90 m。

GB/T 33668—2017 的要求如下:① 单线用疏散平台,设置在隧道内和隧道外,平台宽度一般情况下不应小于 0.70 m,困难情况下不应小于 0.55 m;② 双线用疏散平台,设置在隧道内和隧道外,平台宽度一般情况下不应小于 1.00 m,困难情况下不应小于 0.80 m。

综上所述,综合考虑配线形式和限界要求,建议配线区登车平台宽度为:单线用登车平台宽度不小于 0.80 m,双线用登车平台宽度不小于 1.00 m。

3.2.3 登车平台规格参数建议

登车平台的规格参数主要包括登车平台设备组成及技术要求,如表 1 所示。

表 1 登车平台的主要规格参数及技术要求  
Tab.1 Main specification parameters and technical requirements of the boarding platform

| 主要技术参数               | 技术要求                |
|----------------------|---------------------|
| 平台长度及位置/m            | ≥6.0;平台端部距离停车线岔心 25 |
| 平台宽度/m               | ≥0.8(单线);≥1.0(双线)   |
| 平台顶面距轨面高度(不含护栏高度)/mm | 1 100               |

4 结语

通过对 FAO 线路车站配线区的登乘方案进行对比分析,方案二(设置专用登乘通道和登车平台)可作为确保多职能人员在轨行区内行走安全、快捷

登乘列车的有效措施。针对方案二,本文进一步提出如下相关建议:

1) 本文对仅对专用登乘通道和登车平台的规格参数进行了初步研究,具体设计时还需结合工程实际条件作有针对性的设计。

2) 应提前做好运营需求对接工作。通过运营部门的提前介入,在车站设计、信号系统设计的过程中应同步研究并确定设置专用登乘通道和登车平台的相关运营需求。

3) 根据确定的工程技术方案,在相关运营规章中应细化,以明确车站配线区人员登乘列车的标准作业程序。

参考文献

[1] 范晓栋. 全自动驾驶系统列车正线休眠唤醒区域全覆盖的研究[J]. 城市轨道交通研究, 2020, 23(11): 166.  
FAN Xiaodong. Research on train main line dormancy and awakening area full coverage in fully automatic driving system[J]. Urban Mass Transit, 2020, 23(11): 166.

[2] 陈绍文. 全自动运行系统 SPKS 设置方案研究[J]. 铁路计算机应用, 2018, 27(11): 56.  
CHEN Shaowen. SPKS implementation of full automation operation system[J]. Railway Computer Application, 2018, 27(11): 56.

[3] 周竞. 城市轨道交通全自动运行系统停车列检库登乘列车方案研究[J]. 城市轨道交通研究, 2019, 22(增刊 2): 49.  
ZHOU Jing. Research on the embarkation plan of urban rail transit FAO train parking checkup depot[J]. Urban Mass Transit, 2019, 22(S2): 49.

[4] 陈华银, 杜时勇. 无人驾驶地铁人员防护开关方案研究[J]. 铁道通信信号, 2018, 54(2): 84.  
CHEN Huayin, DU Shiyong. Scheme of staff protection key switch of fully automatic operation in metro[J]. Railway Signalling & Communication, 2018, 54(2): 84.

(收稿日期:2021-05-04)

敬请关注《城市轨道交通研究》微信视频号

《城市轨道交通研究》微信视频号聚焦轨道交通行业内的热点问题、焦点问题,以及新技术、新成果,邀请相关专业领域内的专家学者及高级管理人员以视频方式解读和评述,是您及时获知行业资讯、深度了解轨道交通各专业领域的最佳平台。您还可以通过该平台查阅往期论文、查询稿件进度、开具论文录用通知书。敬请关注。

