

# 苏州轨道交通 3 号线与 11 号线贯通 运营信号系统改造方案

孙 瑶<sup>1</sup> 李 新<sup>2</sup> 沈丙耐<sup>2</sup>

(1. 中铁第四勘察设计院集团有限公司, 430063, 武汉; 2. 苏州市轨道交通集团有限公司, 215124, 苏州)

**摘 要** [目的]为实现苏州市与上海市的客流衔接,苏州轨道交通 3 号线与 11 号线在唯亭站单点衔接,乘客通过站厅付费区进行换乘。该站厅换乘方案限制了 3 号线与 11 号线的运能。为满足运能提升的迫切需求,需对 3 号线与 11 号线贯通运营信号系统进行升级改造。[方法]分析了 3 号线与 11 号线信号系统既有现状和技术差异;提出了基于不同无线通信制式、满足两线贯通运营需求的信号系统改造方案;根据 3 号线与 11 号线信号系统改造项目工程筹备计划,设计了信号系统改造实施方案,分别对信号车载子系统、ATS(列车自动监控)子系统、正线车站信号子系统及段场信号子系统进行改造。[结果及结论]通过对 3 号线与 11 号线信号系统进行适应性改造,实现了列车跨线无人驾驶运行,车载 ATC(列车自动控制)设备、ATS 服务器、工作站硬件兼容互换,车地无线通信无扰自动切换。列车可在 3 号线与 11 号线两线以无扰全自动驾驶模式贯通运行,提高了城市轨道交通运行效率,提升了乘客出行体验。

**关键词** 苏州轨道交通;贯通运营;信号系统;改造方案

**中图分类号** U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2024.10.059

## Signaling System Renovation Plan for Suzhou Rail Transit Line 3 and Line 11 Through Train Operation

SUN Yao<sup>1</sup>, LI Xin<sup>2</sup>, SHEN Bingnai<sup>2</sup>

(1. China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., 430063, Wuhan, China; 2. Suzhou Rail Transit Group Co., Ltd., 215124, Suzhou, China)

**Abstract** [Objective] To facilitate the integration of passenger flow between Suzhou and Shanghai, Suzhou Rail Transit Line 3 and Line 11 are connected at Weiting Station, where passengers currently transfer via the concourse within the fare-paid zone, resulting in a restriction of the operational capacity for both Line 3 and Line 11. To meet the urgent need for capacity enhancement, a renovation plan of the signaling system for Line 3 and Line 11 through train operation is required. [Method] The existing conditions and technical differences between the signaling systems of Line 3 and Line 11 are ana-

lyzed. Based on different wireless communication standards, a signaling system renovation plan is proposed to meet the requirements of the through train operation between two lines. The implementation plan for the signaling system renovation is designed according to the project preparation schedule for Line 3 and Line 11 signaling system upgrade, focusing on modifications of the on-board signaling subsystem, ATS (automatic train supervision) subsystem, mainline station signaling subsystem, and depot signaling subsystem. [Result & Conclusion] Through adaptive modifications to the signaling systems of Line 3 and Line 11, train cross-line driverless operation is achieved, the compatibility and interchangeability of on-board ATC (automatic train control) equipment, ATS servers, and workstation hardware are implemented, allowing for uninterrupted automatic switching of vehicle-wayside wireless communication. Trains can operate seamlessly across Line 3 and Line 11 in FAO (fully automatic operation) mode, enhancing the operational efficiency of urban rail transit and improving the passenger travel experience.

**Key words** Suzhou rail transit; through train operation; signaling system; renovation plan

## 0 引言

苏州轨道交通 3 号线是东西向的骨干线路。苏州轨道交通 11 号线也呈东西走向,是苏州首条建设的市域轨道交通,连通苏州与上海。3 号线、11 号线分别于 2019 年、2023 年开通运营。为方便苏州市与上海市市民出行,3 号线与 11 号线在唯亭站采用单点衔接方式,通过站厅付费区进行换乘,如图 1 所示。随着上海、苏州区域交通城市化加深,苏州与上海之间的交通联系日益紧密,其间轨道交通设施已处于高饱和状态,站厅换乘导致的运能容量限制正逐步凸显,3 号线与 11 号线贯通运营改造需求日益迫切。



图 1 苏州轨道交通 3 号线与 11 号线衔接示意图

Fig. 1 Diagram of Suzhou Rail Transit Line 3 and Line 11 connection

跨线贯通运营涉及到运输组织、管理体制、信号制式、无线通信、车辆选型、限界标准、载重等级、供电方式、售检票、安检模式及站台门设置等多系统融合<sup>[1]</sup>,其核心之一是信号系统的技术实现。

## 1 既有信号系统概况

### 1.1 3 号线信号系统

3 号线线路全长 45.214 km,均为地下线,设 37 座正线车站,设控制中心、备用控制中心、维修中心、浒墅关车辆段、唯亭停车场各 1 座。信号系统采用卡斯柯信号有限公司提供的 CBTC(基于通信的列车控制)系统。本项目的列车控制等级为 GOA2(半自动列车运行)级,最高驾驶模式为 AM(自动驾驶模式)。信号系统车地无线传输采用基于 2.4 GHz 频带的 WLAN(无线局域网)无线通信制式,传输媒介采用空间自由波。

3 号线浒墅关车辆段为常规自动化场段。唯亭停车场信号系统设置有信号联锁设备,独立控制,并纳入正线 ATS(列车自动监控)监视。

### 1.2 11 号线信号系统

11 号线起于苏州工业园区唯亭镇,至花桥国际展览中心。11 号线线路全长 41.25 km,均为地下线,设 28 座车站,设控制中心、备用控制中心、维修中心、朝阳路车辆段、花桥停车场各 1 座。信号系统采用卡斯柯信号有限公司的 CBTC 系统,本项目的列车控制等级为 GOA4(无人值守全自动运行)级,最高驾驶模式为 FAM(全自动运行模式)。信号系统车地无线传输采用 LTE(长期演进)无线通信综合承载传输制式,传输媒介采用漏泄电缆。LTE 无线通信承载 CBTC、TCMS(列车管理信息系统)、PIS(乘客信息系统)等多项业务。

信号系统在车辆段、停车场设置有自动化区和非自动化区,并配置无人值守全自动运行功能自动化场段信号设备。

### 1.3 3 号线和 11 号线信号系统技术差异

1) 功能差异。由于运营模式不同,两线相比,11 号线信号系统增加了列车休眠唤醒、蠕动模式、对位隔离、SPKS(人员防护开关)防护、联动开关门、全自动洗车等无人值守全自动运行功能。

2) 车地无线传输制式差异。3 号线采用 WLAN 无线通信制式,传输媒介采用空间自由波;11 号线采用 LTE 无线通信传输方案,传输媒介采用漏泄电缆。

3) 与其他系统接口差异。两线相比,11 号线信号系统增加了列车远程控制、对位隔离、障碍物检测、火灾联动、紧急疏散等接口联动功能。

## 2 信号系统贯通改造设计方案

1) 车载子系统贯通改造方案。3 号线列车需改造为具备无人值守全自动运行功能的列车,应返厂进行改造。为缩短改造工期,本项目将 7 号线新购的具有无人值守全自动运行功能的列车,调拨给 3 号线使用,原 3 号线列车改造后用于 7 号线运营。3 号线列车信号系统软件升级后即可满足 7 号线运营需求。根据贯通运营需求,升级改造 11 号线列车信号车载子系统。贯通运营列车可同时兼容 LTE 和 WLAN 两种无线通信制式。

2) ATS 子系统贯通改造方案。3 号线及 11 号线信号系统集成商虽然均为卡斯柯信号有限公司,但单个控制中心 ATS 最大容量无法支持两线贯通运营。因此,将 3 号线 ATS 子系统控制中心终端设备搬迁至 11 号线控制中心,设置集中行调工作站,根据实际需要增设调度管理人员,加强对两线调度的管理,提高两线贯通运行的安全性,同时对 3 号线 ATS 设备进行性能升级改造。

3) 正线车站贯通改造方案。在 3 号线正线车站增加 SPKS、清客确认、开/关门联动、门禁接口等相关设备和功能。对唯亭站进行贯通配套适应性改造。

4) 段场贯通改造方案。将 3 号线车辆段和停车场改造为具备无人值守全自动运行功能的全自动运行段场。

## 3 信号系统改造实施方案

### 3.1 工程筹划

根据 3 号线与 11 号线贯通运营改造项目筹备

计划,信号系统工程筹划总工期约 15 个月,具体安排如图 2 所示。其中,至 2023 年 7 月完成唯亭站线路土建改造,至 2023 年 11 月完成轨旁及设备室硬

件系统改造,至 2023 年 12 月完成贯通测试,贯通试运营。

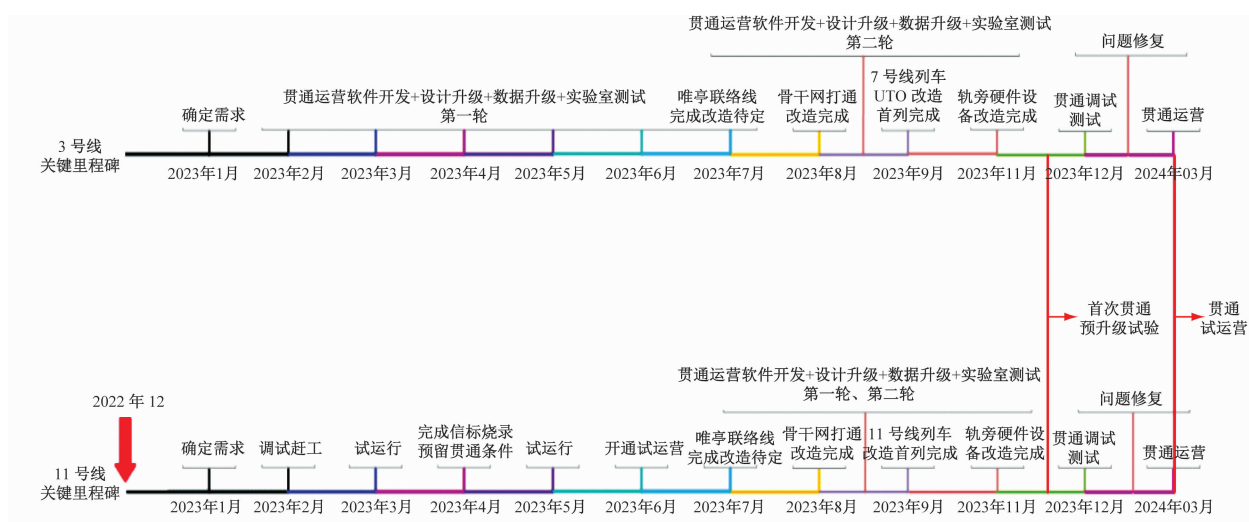


图 2 信号系统贯通改造工程筹划

Fig. 2 Planning for signaling system through operation renovation project

### 3.2 车载子系统改造实施方案

7 号线列车在工厂内按照满足无人值守全自动运行功能要求进行设计建造。其车载信号系统在具备无人值守全自动运行功能的基础上,同时满足 3 号线和 11 号线贯通运营要求,即:同时具备 3 号线和 11 号线的车载电子地图,同时配置 LTE 和 WLAN 无线传输模块,并可实现两者的动态切换。

3 号线列车车载信号系统按 7 号线车载电子地图要求进行数据改造。在 11 号线列车车载信号设备上增加 WLAN 无线传输模块,实现与原 LTE 无线传输模块动态切换功能,并按 3 号线及 11 号线车载电子地图要求进行数据改造。

### 3.3 ATS 子系统改造实施方案

3 号线控制中心及车站的 ATS 硬件设备按无人值守全自动运行的系统性能需求进行升级改造,同时配合升级进行软件数据修改。对 3 号线和 11 号线控制中心 ATS 设备进行接口改造,满足贯通运营数据交换要求。将 3 号线广济路控制中心终端设备搬迁至 11 号线祖冲之控制中心。

### 3.4 正线车站改造实施方案

3 号线正线车站根据 UTO 运营需求增加 SPKS、清客确认、开/关门联动、门禁接口等相关设备和功能。对信号系统机柜、组合柜、接口柜、电源

屏等设备进行功能升级改造。

11 号线运营列车的信标天线位置较既有 3 号线列车后移 1.4 m,导致既有 3 号线线路的精确停车信标不能够完全复用。为满足 11 号线列车在 3 号线上运行,需在 3 号线每个站上下行站台及存车线的停车点各增加 2 个无源信标,服务于 11 号线列车的精确停车,同时在 3 号线与 11 号线联络线处也需增加信标。

11 号线唯亭站和 3 号线唯亭站左右线贯通后,需要在贯通线增加漏缆覆盖,并进行轨旁无线覆盖的优化改造,同时需要重新布置唯亭站贯通连接线上的计轴、信号机等相关设备,并增加相应的室内设备,具体为:① 将 11 号线交叉渡线改造为单渡线,拆除相应道岔及计轴点。新增贯通线位置道岔及计轴点。② 调整联锁边界,增加计轴点,并移设相应信号机、计轴及信标。③ 新增 LTE 无线通信覆盖设备及骨干网贯通设备。

### 3.5 段场改造实施方案

对 3 号线浒墅关车辆段及唯亭停车场进行无人值守全自动运行功能升级改造。同时增加 SPKS、门禁系统等接口功能。

唯亭停车场目前的土建条件未按照自动化场段要求进行预留,其停车列检库库尾车挡距离车钩



长度及库外牵出线长度均不满足信号系统列车自动运行精确停车需求。本工程需对相关股道及牵出线进行延伸,具体改造方案为:

1) 为满足牵出线安全距离要求,停车场洗车线牵出线、转换线需根据信号系统的安全距离要求进行延长。

2) 为满足库内作业安全距离要求,需对停车列检列位、周月检列位、检修地沟和股道进行延长,实现同一条库线上停放两列车时,前后两列车相邻车钩面间距离 15 m、尾端列位车钩面与车挡距离 6 m。为解决尾端距离不足的问题,在信号系统中设置特殊区域能量监控限制,保证列车在最坏情况下以低于 5 km/h 的速度冲撞车挡;同时,优化停车策略,在特定区域内提前切除列车牵引。

#### 4 结语

苏州轨道交通 3 号线与 11 号线贯通运营信号系统改造完成后,两线信号系统可以实现:列车跨线无人驾驶运营,车载 ATC 设备、ATS 服务器、工作站硬件兼容互换,车地无线通信无扰自动切换,从而实现 3 号线和 11 号线客运服务和乘客体验的统一。灵活的运营组织及两条线列车的协同控制大大提高了运输效能,有效缓解了交通压力,优化了城市轨道交通骨干网布局,为苏州及上海市民提供了更智能、安全、可靠、便捷的出行方式。

苏州轨道交通 3 号线和 11 号线已实现贯通运营,取得了良好的经济和社会效益。本项目的改造设计方案可以应用于各城市轨道交通贯通运营改

造建设项目中,可为后续类似线路贯通运营项目提供参考。

#### 参考文献

- [1] 申樟虹,李名淦,刘潇洋,等.跨线网互联互通运营信号系统技术方案研究[J].城市轨道交通研究,2023,26(7):66.  
SHEN Zhanghong, LI Minggan, LIU Xiaoyang, et al. Research on technical scheme of cross-line interoperation signaling system[J]. Urban Mass Transit, 2023, 26(7): 66.
- [2] 中国城市轨道交通协会.城市轨道交通基于通信的列车运行——控制系统(CBTC)互联互通系统规范:第1部分系统总体要求:T/CAMET 04010.1—2018[S].北京:中国铁道出版社,2018:1.  
China Association of Metros. Urban rail transit—System specification for interoperability of communication-based train control system Part 1: General based system requirements: T/CAMET 04010.1—2018[S]. Beijing: China Railway Publishing House, 2018:1.
- [3] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.城市轨道交通信号系统通用技术条件:GB/T 12758—2023[S].北京:中国标准出版社,2023:1.  
State Administration for market regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. General specification of signal system for urban rail transit: GB/T 12758—2023[S]. Beijing: Standards Press of China, 2023:1.

· 收稿日期:2024-05-08 修回日期:2024-06-20 出版日期:2024-10-10

Received:2024-05-08 Revised:2024-06-20 Published:2024-10-10

· 通信作者:孙瑶,高级工程师,sunyaoemail@126.com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

## 2024 年 8 月份城市轨道交通运营数据速报

2024 年 8 月,31 个省(自治区、直辖市)和新疆生产建设兵团共有 54 个城市开通运营城市轨道交通线路 311 条,运营里程 10 363.5 km,实际开行列车 349 万列次,完成客运量 28.1 亿人次,进站量 16.8 亿人次。8 月份,客运量环比减少 0.65 亿人次,降低 2.3%;同比增加 0.96 亿人次,增长 3.5%。8 月份全国总运营里程的平均客运强度为 0.894 万人次/(km·d),环比降低 2.5%,同比降低 2.2%。其中,地铁、轻轨、市域快速轨道等大运量线路共 271 条,运营里程 9 666.1 km,完成客运量 27.6 亿人次,进站量 16.4 亿人次;单轨、磁浮等中运量线路共 7 条,运营里程 202.5 km,完成客运量 3 402 万人次,进站量 2 447 万人次;有轨电车、自动导向轨道等低运量线路共 33 条,运营里程 494.9 km,完成客运量 1 077 万人次,进站量 1 021 万人次。

本月新增运营里程 24.0 km,新增运营区段 1 个,为佛山地铁 3 号线在建段。

(来源:交通运输部微信公众号)