

# 城市轨道交通全自动运行系统综合联调方案

蒋 勇

(上海申通轨道交通研究咨询有限公司, 200070, 上海//工程师)

**摘 要** 结合南宁轨道交通 5 号线一期工程,探索了 FAO (全自动运行)系统综合联调的技术路线,重点研究了基于 FAO 场景的功能验证方案,提出了功能验证与场景验证相结合的方法,并对功能验证过程中的常见问题进行分析并提出解决方案。

**关键词** 城市轨道交通;全自动运行系统;综合联调

**中图分类号** U29-39;U211.8

**DOI:**10.16037/j.1007-869x.2023.02.028

## Integrated Joint Commissioning Scheme of Urban Rail Transit FAO System

JIANG Yong

**Abstract** Based on the phase I project of Nanning Rail Transit Line 5, the technical route of FAO (fully automatic operation) system integrated joint commissioning is explored. The function trial scheme based on FAO scenario is emphatically studied, and the combined method of function trial and scenario verification is proposed. Common problems from function trial process are analyzed and solutions are proposed.

**Key words** urban rail transit; FAO system; integrated joint commissioning

**Author's address** Shanghai Shentong Rail Transit Research & Consultancy Co., Ltd., 200070, Shanghai, China

南宁轨道交通 5 号线(以下简称“5 号线”)是华南地区第一条城市轨道交通 FAO(全自动运行)线路,也是我国第一条信号与综合监控深度集成的线路。针对 5 号线 FAO 系统的特点,本次综合联调按接口功能测试(49 项)、正常工况下多系统联动功能测试(12 项)、消防联动功能测试(14 项)、灾害模式下多系统联动功能测试(4 项)、多系统关键能力测试(13 项)、FAO 场景功能测试(41 项)等内容,采用“自上而下”与“自下而上”结合的联调方式,分类、分级、分层次开展工作。同时,本次综合联调依据《南宁市轨道交通 5 号线一期工程全自动运行场景说明书》,以运营需求为导向对运行场景进行了功能分解,对 GOA4(无人干预列车运行)功能中的

41 项功能进行了梳理和功能验证。

5 号线 FAO 系统综合联调采用了信息化平台,有效提升了整个综合联调的质量与效率,确保在整个联调过程中不遗漏任何一个点位、不放过任何一个问题。此外,本次综合联调验证了机电系统设备功能符合其设计要求,亦验证了 GOA4 功能能够全面覆盖运行场景的特性。

## 1 5 号线 FAO 场景分析

### 1.1 FAO 场景的关键要素

5 号线独创性地制定了 FAO 场景说明书。该说明书主要包含场景概述、基本处置流程、注意事项、功能需求、操作界面显示需求及接口需求等 6 大关键要素,见表 1。

表 1 FAO 场景的关键要素

Tab. 1 Key elements of FAO scenario	
关键要素	说明
场景概述	FAO 场景的基本描述
基本处置流程	从运维角度出发描写场景所对应的基本处置流程
注意事项	对基本流程的补充,以及对相关方面的特殊要求
功能需求	对基本流程和注意事项中涉及的功能按专业进行分类
操作界面显示需求	对 FAO 系统人机界面显示和关键接口提出需求
接口需求	对 FAO 系统人机界面显示和关键接口提出需求

### 1.2 5 号线 FAO 场景简介

5 号线 FAO 场景说明书、非功能类性能指标及运维管理模式确定运行需求。根据本线 FAO 系统正常、故障和应急等主要场景明确运营处置流程并将功能需求按专业进行分类,对本线路 FAO 系统功能分配及其子系统设计起到指导作用,从源头解决了工程设计的输入问题。

表 2 为工作人员在车辆基地正常登车场景案例。

表 2 工作人员在车辆基地正常登车场景简介  
Tab.2 Introduction of normal boarding scene of staff at vehicle base

关键要素	说明
场景概述	工作人员根据任务需要登乘列车前,先到车辆基地派班室登记作业内容,跟车巡道人员、多职能队员、车辆检修人员等工作人员在获得停车场调度员允许后进入安全通道,从登乘平台登乘列车
基本处置流程	①工作人员获得允许后从安全通道及登乘平台登乘列车;②工作人员从指定车门进入列车
注意事项	①登乘列车的工作人员应确认所登乘列车车号、股道和派班计划相一致;②司机在列车自检完成后登车,通知停车场调度员确认全自动授权已取消,司机按照正常登车程序登车,登车后由停车场调度员重新设置全自动授权;③工作人员从指定车门登车后,应关闭该扇车门;④巡道车由停车场调度员远程人工唤醒
功能需求	信号系统:应能控制 FAM(全自动运行模式)动车指示灯显示,以显示列车是否处于静止状态;停车场调度工作站和控制中心行调工作站应能显示所有列车的状态;应通过车辆基地无人区域车辆段紧急关闭按钮施加紧急制动
操作界面显示需求	TIAS(行车综合自动化系统)界面显示门禁开关状态信息
接口需求	①信号与车辆接口增加 FAM 动车指示灯,指示灯的亮灭方式为:灭灯为禁止登车,常亮为允许登车,常亮灯颜色为绿色;②综合监控与门禁接口中的门禁状态和告警信息

## 2 FAO 系统功能分解

### 2.1 FAO 场景的功能分解

常规综合联调一般以标准、规范作为依据来确定调试科目,而 FAO 系统综合联调则是基于运行场景分解出各个场景所包含的关键单系统功能、多系统联动功能及其所要实现的系统设计能力,并以此作为调试科目进行验证,这样可将 FAO 系统的建设与运营无缝衔接,确保了建设阶段运行场景所需全部功能的实现。UTO(无人值守的全自动运行)综合联调需要验证上述全部功能模块,确保功能的完整性并能达到系统设计要求的的能力;而常规综合联调往往仅关注其中部分功能。图 1 为 FAO 场景功能分解示意图。

### 2.2 5 号线 FAO 系统的核心功能

通过对 5 号线 FAO 系统综合联调实践的总结,以运营需求为导向,基于 FAO 场景,提出在 FAO 系

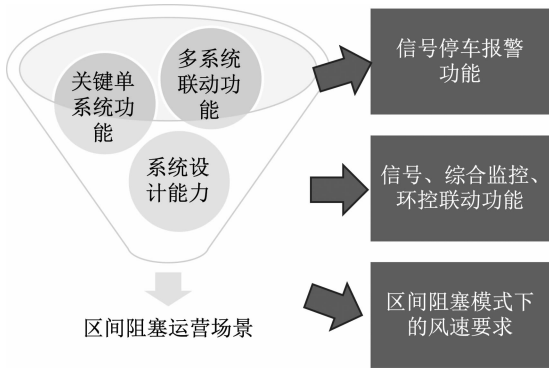


图 1 FAO 场景功能分解示意图

Fig.1 Function decomposition diagram of FAO scenario

统综合联调过程中需重点关注的 FAO 系统核心功能测试:列车唤醒(含综合自检)功能测试、列车站台自动对位功能测试、蠕动模式功能测试、列车站台自动发车功能测试、列车自动开/关门功能测试、列车自动折返功能测试、站台自动清客功能测试、远程临时清客功能测试、列车工况模式下自动转换功能测试、信号远程控制功能测试、列车远程在线检测功能测试、车门/站台门对位隔离功能测试、紧急制动自动缓解功能测试、FAM 下指示灯功能测试、控制中心远程允许/禁止逃生门功能测试、站台再次开关门功能测试、列车与中心联动功能测试、控制中心远程广播及乘客信息发布功能测试、控制中心远程车载视频图像调用功能测试、乘客紧急对讲功能测试、列车障碍物检测功能测试、工作人员防护开关功能测试、远程限制驾驶模式驾驶列车测试、控制中心远程禁止车门解锁功能测试、区间参数停车功能测试、车载控制器远程重启功能测试、站台门与车门间隙探测器探测及报警功能测试、列车中心远程控制功能测试、车辆外部解锁功能测试、车辆重要故障的停站不发车功能测试、TIAS 远程开/关站功能测试、车辆专家诊断功能测试、检修开关功能测试、列车休眠功能测试、主/备控制中心切换功能测试、列车自动出入库功能测试、列车自动洗车功能测试、列车自动鸣笛功能测试、列车出库能力测试、列车区间追踪能力测试及列车自动唤醒能力测试等。

## 3 FAO 场景功能验证

### 3.1 以功能为导向的验证方案

GOA4 级 FAO 系统的功能验证是对 FAO 系统设计标准以及 FAO 场景功能所进行的全面性、阶段

性验证,以此作为对本线 GOA4 级 FAO 系统功能设计标准及 FAO 场景功能需求的符合性验证和评价,确保所有 GOA4 级 FAO 系统功能符合运行场景及设计要求,并为后阶段开展运行场景的验证创造前置条件,为建立南宁轨道交通集团有限责任公司 FAO 系统功能验收标准奠定基础。试运行开始前,对本线 GOA4 级 FAO 系统功能(41 项)开展了功能测试验证。通过此次功能验证圆满完成以下目标:

1) 完成对 GOA4 级 FAO 系统功能的系统性验证,并确保其符合系统设计要求。

2) 满足《南宁市轨道交通 5 号线一期工程全自动运行场景说明书》中对系统的功能及性能要求。

3) 对标《南宁市轨道交通全自动运行系统初期运营前安全评估补充技术条件(试行)》,满足 GOA4 级 FAO 系统功能测试验证及企业标准要求。

### 3.2 以场景为导向的验证方案

本次运行场景验证是对 FAO 场景功能状态是否满足系统设计标准及开通初期运营前安全评估的要求进行全面性、阶段性验证。通过此次运行场景验证,可及时发现问题并协调解决,使运营人员进一步熟悉和掌握 GOA4 级 FAO 系统功能、设备操作流程及作业要求,为实现南宁轨道交通集团有限责任公司从 DTO(有人值守的全自动运行)模式逐步过渡到 UTO 模式的目标奠定基础。通过此次运行场景验证可顺利完成以下目标:

1) 使运营人员熟悉和掌握 DTO 模式下 GOA4 级 FAO 系统的功能、设备操作流程及作业要求,验证结果符合 FAO 系统的设计要求。

2) 满足《南宁市轨道交通 5 号线一期工程全自动运行场景说明书》的操作流程和作业要求。

3) 推进 GOA4 级 FAO 系统功能的消缺整改,提高运营人员在 UTO 模式下的管控能力。

## 4 系统功能验证中存在的问题及解决方案

### 4.1 车门/站台门对位隔离功能验证

#### 4.1.1 存在问题

按照工程进度,站台门与车门之间的对位隔离功能验证测试较难全部完成。但如果只抽测一扇或几扇站台门或车门,在运营过程中出现的站台门与车门对位隔离错误又较多。

#### 4.1.2 解决方案

针对上述情况,建议在进行对位隔离功能验证

时,上行线选取奇数站台门、下行线选取偶数站台门;同理,车门亦可以按上述原则进行测试(即上行线选取偶数车门、下行线选取奇数车门)。

### 4.2 站台门间隙探测功能验证

#### 4.2.1 存在问题

站台门间隙探测往往由于安装、调试节点较晚,错过了站台门和信号之间的联调节点。但该功能在站台门与车门间发生夹人、夹物时将起到关键性作用,尤其对于 FAO 系统。

#### 4.2.2 解决方案

针对上述情况,建议在 FAO 系统综合联调中将站台门间隙探测功能测试纳入验证项之中,并将其应用于全线测试。

### 4.3 列车自动唤醒、休眠功能验证

#### 4.3.1 存在问题

列车自动唤醒、休眠功能验证测试一般按照唤醒、休眠的位置进行全覆盖测试,但列车实际运营过程中自动唤醒、休眠失败的情况仍偶尔发生。

#### 4.3.2 解决方案

列车自动唤醒、休眠功能验证测试除了按位置进行全覆盖测试外,还应通过压力测试、连续性测试对其唤醒、休眠的成功率进行测试。

## 5 结语

FAO 系统综合联调是城市轨道交通机电建设聚沙成塔的环节,FAO 场景功能验证亦是 FAO 系统综合联调的核心关键。本文提出功能验证结合场景验证的验证方案,从两个层次对 FAO 场景及功能进行了全面验证,以期对其他城市轨道交通 FAO 系统综合联调提供参考。

## 参考文献

- [1] 上海申通轨道交通研究咨询有限公司. 南宁市轨道交通 5 号线一期工程全自动运行系统功能测试验证报告[R]. 上海:上海申通轨道交通研究咨询有限公司,2021.  
Shanghai Shentong Rail Transit Research & Consultancy Co., Ltd. Report of FAO system function testing and trial of Nanning Rail Transit Line 5 phase I project [R]. Shanghai: Shanghai Shentong Rail Transit Research & Consultancy Co., Ltd., 2021.
- [2] 上海申通轨道交通研究咨询有限公司. 南宁市轨道交通 5 号线一期工程综合联调总结评估报告[R]. 上海:上海申通轨道交通研究咨询有限公司,2021.

(下转第 132 页)