

浅论城市轨道交通全自动运行系统室内集成测试

Discussion on Indoor Integration Testing of Fully Automatic Operation System of Urban Rail Transit

兰星

Xing Lan

苏州轨道交通建设有限公司 中国·江苏 苏州 215129

Suzhou Rail Transit Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215129, China

摘要: 随着轨道交通FAO项目建设的飞速发展,工期紧任务重的问题逐步凸显,系统集成测试的出现能大大节省调试时间,是项目顺利开展的有效助力,其主要形式有室内集成和外场集成两种。论文以苏州6号线FAO项目为例,对信号系统集成测试的相关内容进行详细的阐述分析并提出合理建议,为后续信号系统FAO项目的建设提供借鉴与参考。

Abstract: With the rapid development of rail transit FAO project construction, the problem of tight schedule and heavy task is gradually highlighted, the emergence of system integration testing can greatly save the commissioning time, which is an effective help for the smooth development of the project. The paper takes the Suzhou Line 6 FAO project as an example to provide a detailed explanation and analysis of the relevant content of signal system integration testing, and puts forward reasonable suggestions, providing reference and reference for the construction of subsequent signal system FAO projects.

关键词: 全自动运行; FAO; 场景测试; 室内集成

Keywords: fully automated operation; FAO; scenario testing; indoor integration

DOI: 10.12346/etr.v5i2.7669

1 引言

传统CBTC项目的系统验证或集成测试需在设备到货、安装调试完成后现场组织进行。但全自动运行系统因功能增加及接口增加,单系统调试时间普遍增加20%~30%,连同全自动运行场景测试的整个测试周期将达到3个月及以上。

此外,全自动运行系统采用GOA4级别的建设、开通,初期运营前安全评估愈发严格。除各核心子系统功能验收通过外,全自动运行系统补充评估条件也使得测试量增加50%左右,这对项目工期影响巨大,项目进度管理压力攀升。

室内集成测试投资小、占地少、搭建快,能起到提前发现问题、提前解决问题的作用,有助于增强样板段测试信心,有助于效率提高。

2 全自动运行系统集成测试的必要性

2.1 测试平台搭建、调试阶段

室内集成测试平台可在工程设计阶段结束后搭建,与核

心系统软件开发、测试同步。测试环境搭建完成后,初期测试内容主要涵盖专业间接口验证、各专业功能验证等。本阶段可称为室内集成测试的测试环境调试,该环节既可提前发现接口设计缺陷,又可对单专业功能测试进行复核。

2.2 测试平台场景测试阶段

在软件开发、测试后期,正线往往处于安装阶段,不具备动车调试条件。该阶段可组织室内集成测试平台的场景测试,该测试可覆盖约85%的运营场景。通过场景测试可验证系统总装后功能的符合性,可弥补工程设计阶段各专业对场景功能需求理解偏差、设计缺陷等。

2.3 样板段/正线测试阶段

样板段/正线测试阶段,室内集成测试平台可对部分已发现的不影响行车调试或不需要行车环境的缺陷进行修复验证。此类缺陷往往需要研发人员反复修改验证,进度可控性差。室内集成测试平台与正线的并行调试,不影响整体进

【作者简介】兰星(1988-),男,中国江西萍乡人,本科,工程师,从事轨道交通信号系统项目建设管理研究。

度，且能提高重复验证效率，节约大量人力成本。

2.4 稳定性测试阶段

在系统稳定性测试阶段，室内集成测试平台可作为运营单位实操培训平台，让运营人员提前熟悉各岗位的界面、操作，发现并修改运营规章的不足，提升人员对系统和设备的熟练程度。

3 全自动运行系统集成测试的组成

3.1 系统总装、测试

组织全自动运行系统集成测试五大核心系统专业人员，按照工程设计方案要求提供最小化真实设备及配套软件。在统一布局设计要求下，在统一时间节点内，于建设单位指定场所进行单专业设备安装、测试，使单专业达到运行正常的标准。

系统总装、测试环节主要目的为督促各专业按照合同谈判及设计联络相关要求产出设备样品及工程软件，确保工程项目进度可控。

3.2 接口测试

系统总装、测试通过后，组织各专业间接口通道测试、接口功能测试，逐步连点成线，最终进行各专业间接口测试，以完成室内全自动系统集成测试。

接口测试环节的主要目的是在系统总装、测试基础上，检验各专业与接口专业间的接口设计配合，初步排除通信及协议功能在设计阶段的缺陷。

3.3 全自动运行场景测试

在系统总装、测试和接口测试完成后，室内全自动运行系统的测试环节已基本搭建、调试完成，经验收后可进行全自动运行场景测试。因室内集成测试平台存在仿真部分，如车辆牵引、制动系统，FAS、BAS 等系统等，部分场景需现场测试^[1]。

仿真部分系统均为各专业较为成熟稳定的子系统，根据既有工程项目实践经验，故障率很低且稳定可控。新功能、新需求在可测场景中可覆盖，区间疏散、雨雪模式、列车救援等多系统、多设备联动，对轨道、供电、FAS、BAS 系统依赖较多，较适宜放在正线测试后半阶段实施。

4 全自动运行室内集成测试的优势

全自动运行室内集成测试方案的优势主要有投资少、占地面积小、搭建周期短、工程周期覆盖全等优势。

4.1 投资少

室内集成测试平台各专业按照一个车站最小配置数量供货，车控室按照最小配置数量供货，车站设备房区按照集中区最小配置供货，OCC 按照最小配置供货（OCC 车站设备

可共用），车辆采用模型车半仿真方案供货。上述设备均与正线设备相同，除用于仿真功能外，均为真实设备、真实接口。

4.2 占地面积小

室内最小占地面积为 500m²，苏州 6 号线胥口测试平台用房实际面积约 960m²。根据实际面积大小可适当调整测试平台功能及用途，用房面积紧张可仅作测试用，有多余面积可同时兼顾培训和展示功能。

4.3 搭建周期短

全自动运行室内集成测试较外场测试形式，设备量更少，无正线设备安装调试环节，供货周期、安装、调试工期更短。外场测试一般设置在郊外或主机厂，因此，室内集成测试选址更灵活，工作人员交通更便捷。

4.4 工程周期覆盖全

室内集成测试车辆系统采用最小化、半仿真的模型车方案。其中车内设备主要包含 TCMS 设备、仿真设备（硬线电气逻辑线路仿真）、车载 PIS、车载 PA、车载 CCTV、无线集群调度设备、客室门、司机驾驶台等设备。无车下设备（牵引系统、制动系统、走行部等），无真实车体（车体采用轻质材料代替，便于搬运加工，降低楼板压强），因此，组装、调试周期较真实工程项目电客车更短，无需等待真实电客车下线后开展调试。即室内测试平台可更早介入展开测试，直至线路开通，对整个工程项目的覆盖率极高。

5 全自动运行室内集成测试平台设计

5.1 功能架构设计

室内集成测试平台应包含 FAO 关联较大的五大核心系统，信号系统、车辆系统、通信系统、综合监控系统、站台门系统。系统内按照半仿真、半实物方式搭建，采用正线真实设备、真实逻辑、真实接口^[2]，如图 1、图 2 所示。

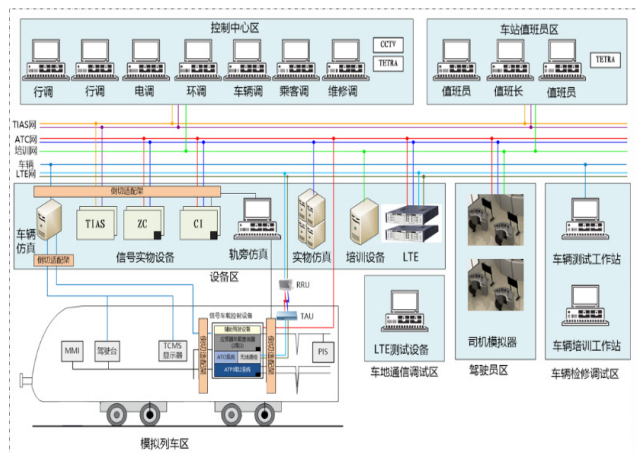


图 1 室内集成测试平台系统架构图

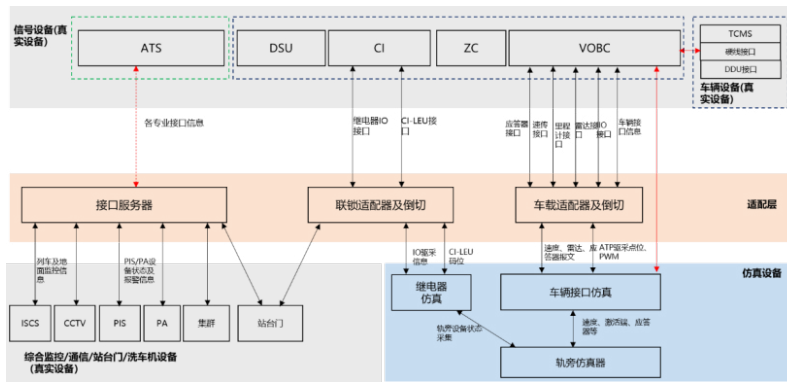


图2 室内集成测试平台功能接口图

5.2 各专业设计

5.2.1 信号专业

信号专业作为行车指挥、应急联动等功能的核心专业，是室内集成测试的牵头方，室内集成测试参与度最高。因此，信号专业不仅要提供真实的OCC、集中站设备和系统软件，还要提供三维动态实景仿真、车辆接口仿真、联锁仿真及倒切等设备和软件^[3]。

5.2.2 车辆专业

车辆专业是与信号专业接口最复杂、场景参与度最高的专业。它所包含的子系统繁多，包含TCMS、车门、空调、车载PIS、车载PA、车载CCTV、车载无线调度及车辆调度等系统。它们在车辆模型车内部高度集成，且与其他核心系统专业接口多，直接涉及行车安全、乘客服务、应急调度。

另外，由于车辆专业在室内集成测试平台还有“兼容不同信号、通信厂家，且具备倒切功能”的要求，车辆系统的设计、施工及测试复杂度更高。模拟联调车系统方案如图3所示。

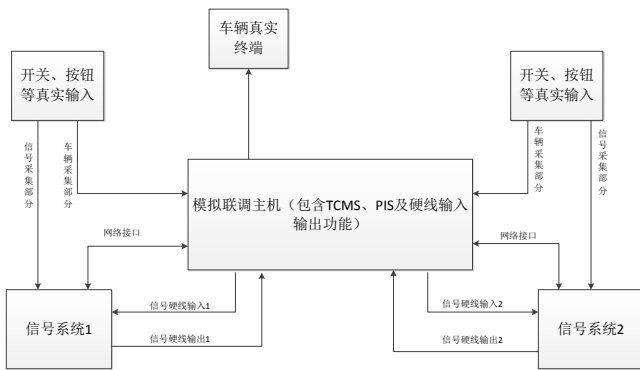


图3 模拟联调车系统方案

5.2.3 综合监控专业

综合监控专业接口范围广，集成的系统多。综合监控专业在保持与正线相同数据、相同逻辑情况下，还需开发出仿真功能。区间FAS熔断光纤、车站BAS系统等检测、联动功能均需设置为可强制模拟的接口输出形式。

5.2.4 通信专业

通信专业是各专业连通交互的纽带，其系统架构和软件功能均与正线设计方案一致即可。其中，苏州6号线无线集群系统为LTE二次开发形式，为测试无线通信情况下的集群系统功能，需在室内搭建无线通信最小系统。

5.2.5 站台门专业

在FAO系统中，站台门系统功能较传统CBTC系统的站台门系统功能有了一定扩充。例如，间隙探测、对位隔离等功能提升了自动化程度和设备层的乘客监护自动化程度。站台门系统需在模型车两侧设置实体门系统，站台区设置PSL本地控制箱，站台门与ATS通信接口增加对位隔离信息交互协议。站台门开/关门指令仍按照正线设计方案采用继电器接口，间隙探测系统探测结果采集方式也与正线系统设计方案保持一致即可。

5.3 室内现场设计

根据场地条件，初步设计室内集成测试平台的功能需求，如是否包含培训、展示等附加功能。各核心系统集成商提交设备清单后，结合场地条件进行综合设计，要求布局合理，功能区域划分清晰，而且符合相关设备安装要求及楼板、墙壁等建筑物承载能力要求。

苏州地铁胥口集成测试平台所在房间面积宽裕，在功能布局设计时融入了站台展示功能、车站控制室、培训功能等区域。

车辆采用兼容6号线、8号线及后续S1线测试功能，内部设置有倒切装置，可根据当前测试的信号、通信等专业不同，实现灵活切换，可节约场地面积。

平面安装布局图主要用于指导施工单位安装、布线施工。平面安装布局图设计时应结合功能区域需求、场地接地点位分布（楼宇土建预留）、房间平面图、楼板承重限制等。

6 全自动运行室内集成测试管理

6.1 测试人员管理

在建设单位和运营单位的管理下，集成管理方牵头，各

核心系统集成商配合进行测试平台的设计、搭建、调试及全自动运行场景测试。正线测试阶段的重点问题修复后的复测和试运行阶段的运营单位人员培训有集成管理方统筹协调管理,各核心系统集成单位配合。开通后,测试平台由运营单位或建设单位独立操作使用。

6.2 技术缺陷管理

室内集成测试平台的需求宣贯、方案设计、搭建、调试、场景测试全过程均由集成管理方牵头,各核心系统集成商配合。发生的设计问题、技术问题由集成管理方牵头组织分析,各专业配合整改。

6.3 人员培训管理

试运行阶段及后续培训阶段,由运营方提出培训需求及培训周期,集成管理方负责组织各专业集成商对平台各岗位设备进行集中培训,使运营单位具备单独操作、使用的能力。

6.4 运用维护管理

运营单位或建设单位应将室内集成测试平台纳入正线设备系统的运用和维护体系。平台交付后,对平台设备的技术方案、设备组成、维护手段、运用方法等进行系统培训。要求正线设备系统的运维人员具备运用和维护测试平台的能力,使测试平台可在业主单位独立运用和维护。

7 结语

从当前城市轨道交通全自动运行系统的需求定制、功能设计、软件开发、生产、调试、开通压力、使用保障面临的形势和技术发展现状来看,集成测试(室内/外场总装测试)技术将成为FAO线路全寿命周期中的重要技术手段和支撑。因此,有必要建立和完善统一的集成测试系统。

建立和完善集成测试系统应与系统设计、系统开发、系统调试同步,要能够覆盖线路的设计、调试、开通、升级后再调试全生命周期,还要考虑同一城市不同线路,不同集成商的测试通用性,形成一个通用的,且由业主单位独立管理、独立运行的集成测试平台,从根本上为新建、升级线路的使用保障做支撑。

参考文献

- [1] 包峰,侯忠伟.城市轨道交通全自动运行系统异常运营场景分析[J].信息通信,2018(6):2.
- [2] GB/T 32590.1 轨道交通 城市轨道交通运营管理和指令/控制系统 第1部分:系统原理和基本概念[S].
- [3] T/CAMET 04017.1 城市轨道交通 全自动运行系统规范 第1部分:需求[S].