

文章编号: 1005-8451 (2017) 10-0057-05

# 城市轨道交通联调联试技术方案的研究

李高科

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

**摘要:** 分析现有城市轨道交通联调联试模式的缺点, 结合城市轨道交通联调联试的实施现状, 提出适合城市轨道交通联调联试的新的技术方案: 设计城市轨道交通联调联试的内容, 制定联调联试的组织管理模式。该方案对提高我国城市轨道交通建设管理水平和调试管理能力具有积极意义。

**关键词:** 城市轨道交通; 联调联试; 组织

**中图分类号:** U231.6 : TP39 **文献标识码:** A

## Technical scheme of system integration test for urban rail transit

LI Gaoke

(Institute of Computing Technologies, China Academy of System Railway Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Based on analyzing existing shortcoming of the system integration test for urban rail transit, combined with the current situation of the test implementation, This article proposed the new technical scheme of system integration test for urban rail transit: design the content of integration test for urban rail transit, establish the organization management mode of the test. This scheme was with positive significance to improve the construction management level and the system integration test management ability for the urban rail transit of our country.

**Keywords:** urban rail transit; systems integration test; organization

城市轨道交通工程是一项专业多、接口多、技术复杂<sup>[1]</sup>、对安全性要求极高的系统工程。因此, 随着国内城市轨道交通建设高峰期的到来, 在建设过程中愈加重视整个工程设备系统的联调联试工作, 并将系统联调联试工作作为一个独立环节在线路开通运营前组织开展。系统联调联试可确保全系统的最佳匹配, 为系统的顺利运转奠定坚实的基础。

## 1 城市轨道交通联调联试现状

### 1.1 现有联调联试模式

目前, 国内城市轨道交通(简称: 城轨)联调联试服务主要有2种模式: 动调服务管理模式和总联调服务管理模式。

#### (1) 动调服务管理模式

动调服务管理模式是指建设单位通过购买服务的方式, 与动调服务签订服务合同, 动调服务主要负责承担动车调试所需的线路管理、动车调试准备、行车调度、电力调度、安全保卫、后勤保障、

轨行区施工管理等服务工作, 其管理模式及内容如图1所示。

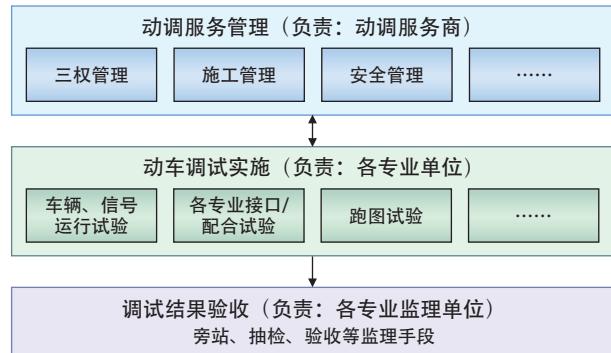


图1 动调服务管理模式

#### (2) 总联调服务管理模式

总联调服务管理模式在动调服务模式工作内容的基础上, 还负责全线设备系统接口调试, 组织并见证接口测试及结果, 出具调试报告, 其管理模式及内容如图2所示。

### 1.2 现有联调联试模式缺点分析

现有的城轨动调或综合联调联试服务商主要承担组织、协调和管理的工作, 以满足车辆、信号进行上线调试所需的管理服务, 部分综合联调联试服

收稿日期: 2017-04-14

基金项目: 中国铁道科学研究院重大课题(2015YJ093)。

作者简介: 李高科, 助理研究员。

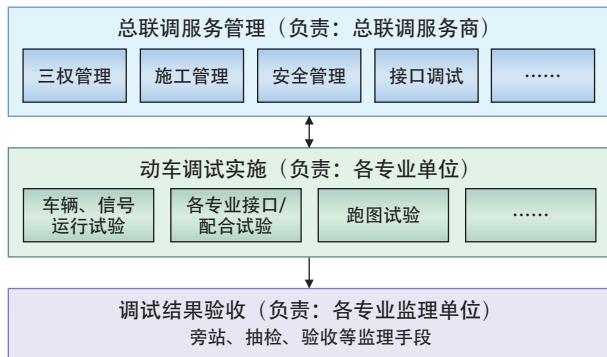


图2 总联调服务管理模式

务商承担各系统接口间的调试组织, 不对系统进行专业性检测, 存在对系统综合联调的工作内容、检测方法不够充分和完善的短板, 不能满足城轨联调联试工作对于系统全面性的检测测试需求。

本文针对城轨联调联试工作现状, 提出适合城轨联调联试的新的技术方案: 设计城轨联调联试的内容, 制定联调联试的组织管理模式。

## 2 城轨联调联试内容

不同于现有城轨联调联试模式, 新的城轨联调联试是在城市轨道交通各设备系统完成内部调试基础上, 采用检测设备和配套的测试方法, 在规定速度下对整体系统的工作状态、功能和系统间匹配关系进行综合测试、调整、优化和验证, 使整体系统的性能、功能达到设计要求, 满足试运行的要求, 为城市轨道交通项目验收和安全运营提供数据支持。

根据城市轨道交通“高密度、小编组、低运速、周期性”的特点, 针对车辆系统、供电系统、线路及轨道、通信信号系统、屏蔽门、控制中心与环境监测系统及客服系统(PIS/AFC)等, 开展系统性能或功能以及系统间接口关系的检验与调试, 确认满足设计和运营要求。总体上分为3个部分: 性能参数测试, 综合联调, 运营案例演练。

### 2.1 性能参数测试

传统的城轨联调联试服务受限于服务商试验、检测能力, 无此内容, 在新的城轨联调联试中加入性能参数测试内容, 是对系统集成后的参数正确性的检验, 性能参数主要包括轮轨关系、弓网关系、桥梁、路基、电磁兼容、综合接地、振动噪声等数据参数, 以及通信网络性能参数(LTE综合承载网)。

以整体系统的安全和合理匹配为主线, 对城市轨道交通整体系统的集成性能进行联动测试。具体内容如下。

(1) 轮轨关系: 在实车运行条件下, 对轨道几何状态、车辆动态响应和运行品质、站台和区间限界、桥梁、路基、隧道、道岔及高架车站动力性能等进行检测, 确保系统运行安全、性能匹配。

(2) 弓网关系: 在实车运行条件下, 对车辆受流性能进行检测, 为接触网整治提供指导; 在满负荷情况下, 检验供变电系统的供电能力与性能。统一并同步车、轨、网动态检测数据, 综合评价轮轨系统与弓网系统的动态匹配性能。

(3) 环境影响: 在实车运行条件下, 对整体系统电磁兼容、综合接地、环境振动、环境噪声、声屏障/安全门等性能进行检测, 确保城市轨道交通系统与外部系统界面友好。

(4) 运行控制: 对移动通信系统的性能指标、功能、接口等进行测试、验证和调整, 使通信系统达到设计要求; 以车载列控系统的动态功能试验为主, 验证列控系统与调度集中系统、联锁系统间的接口关系。

### 2.2 综合联调

综合联调主要是各专业设备系统的主要功能及接口关系的调试, 接口调试工作涉及到的专业和单位众多, 组织协调管理复杂, 管理和协调的工作量十分巨大, 通过对各专业间接口调试的管理, 推动专业接口调试工作的顺利开展, 明确接口责任, 确认调试结果, 避免专业间调试责任相互推诿, 无人组织等问题, 通过接口调试管理使得各专业接口信息正确, 功能满足相关规范及设计要求。

系统间的综合联调主要指本项目范围内涉及的所有设备系统间的接口调试, 接口调试工作涉及系统包括: 通信系统、信号系统、综合监控系统(ISCs)、环境与设备监控系统(BAS)、火灾自动报警系统(FAS)、气灭系统、门禁系统(ACS)、自动售检票(AFC)系统、乘客信息系统(PIS)、屏蔽门(PSD)系统、通风空调系统、给排水及消防系统、低压动力照明系统、电扶梯等。

接口调试按调试内容和调试工作相关性分为“列

车及行车相关系统接口调试”和“控制中心及车站设备系统调试”，调试工作按这两条主线展开<sup>[2]</sup>。

### 2.2.1 列车及行车相关系统接口调试

以车辆、信号系统调试为主线，结合无线、广播、时钟、PIS、ISCS 等系统间的接口进行调试，调试内容如表 1 所示。

表1 列车与行车相关接口调试列表示例

序号	调试项目	室内调试	现场调试
1	信号与PIS	协议	信息及功能验证
2	信号与广播	协议	信息及功能验证
3	信号与时钟	协议	信息及功能验证
4	信号与无线	协议	信息及功能验证
5	信号与ISCS	协议	信息及功能验证
6	信号与TCC	协议	信息及功能验证
7	信号与大屏	协议	信息及功能验证
8	时钟与PIS	协议	信息及功能验证
9	信号与车辆	协议	信息及功能验证
10	无线与车辆	协议	信息及功能验证

### 2.2.2 控制中心及车站设备系统调试

以综合监控系统与车站设备系统调试为主线，联合环控、自动售检票（AFC）、防灾报警、电扶梯、站台门等系统进行综合调试。

#### 2.2.2.1 调试类型

调试主要包括：点对点测试，端对端测试，模式测试。

(1) 点对点测试是检验从 BAS、FAS 及通信等系统的主控制器到相关接口系统的控制器 / 终端的所有点的正确性。

(2) 端对端测试是检验从 ISCS 的人机界面 (HMI) 到现场设备的所有点的正确性。

(3) 模式测试根据设计的联动模式表对所有设备系统的联动状态进行验证，测试结果满足相关技术标准对 BAS、FAS 系统功能的要求。

#### 2.2.2.2 主要测试内容

(1) 完成 ISCS 与相关系统设备间的点对点、端对端及模式调试，检验各项功能是否符合设计要求。

(2) 完成通信系统与相关系统设备间的点对点、端对端调试，检验各项功能是否符合设计要求。

(3) 完成 BAS 系统与机电设备（如智能低压、应急电源系统、多联接空调、风阀、照明配电箱、给排水泵等）的点对点、端对端调试及模式联调，检

验各项功能是否符合设计要求。

(4) 完成 FAS 系统与 ISCS、机电设备、气体灭火系统（如防火阀、消防泵、消防专用风机、消防电动蝶阀、应急照明等）的点对点、端对端调试及模式联调，检验各项功能是否符合设计要求。

(5) 完成电力监控与数据采集系统 (PSCADA) 与变电所设备的点对点、端对端及模式调试，检验各项功能是否符合设计要求。

(6) 完成屏蔽门、AFC、电扶梯等相关专业与各专业间的接口调试。

### 2.3 运营案例演练

按照 GB/T30013-2013《城市轨道交通运营基本条件》<sup>[3]</sup>、GB/T30012-2012《城市轨道交通运营管理规范》<sup>[4]</sup>国家标准要求，新线开通载客试运营前，系统和人员要完成必要的演练项目，包括正线和车辆段等不同地点的正常情况、降级情况和紧急情况下的演练，试运行与运营演练不得少于 3 个月。试运行运营演练的目的是确保人员熟悉不同的降级模式和应急模式，满足运营要求。

运营案例演练的目的是全面综合检验线路、车站、通信信号、牵引、供电、列车、调度指挥、客运服务等设施和设备以及行车组织方式能否满足运营要求；试验并检验运行图、运行能力、行车组织、信号等相关参数的适应性；检验各系统、各专业应对各种非正常行车的能力，特别是设备故障条件下的调度指挥能力，或突发事件发生时运输系统的应对能力，提高应急救援和指挥水平；为优化设备配置、提高设备性能、制定科学合理的运输组织方案和应急救援方案提供技术依据<sup>[5]</sup>。

## 3 城轨联调联试组织管理模式

### 3.1 组织架构

为确保综合联调的顺利开展，成立联调联试组织机构，该机构为临时机构，负责筹备、指挥、管理、协调总联调过程中的各项工作，总联调组织管理架构如图 3 所示。

#### 3.1.1 决策层

联调联试领导组由城轨建设管理公司相关人员组成，根据工作需要，组织召开联席会议，负责联

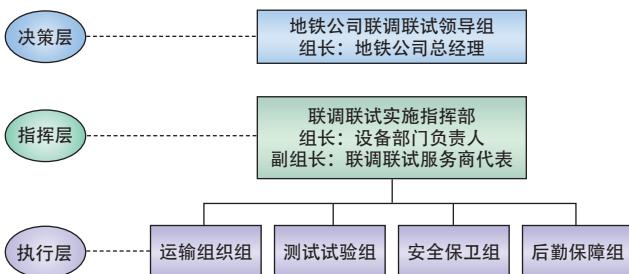


图3 联调联试组织结构图

调工作的总体指挥及重大问题的总体协调，批准总体工作方案、管理权、安保全、调度权（三权）接管标准等重大决议。

### 3.1.2 指挥层

联调联试指挥部的总指挥人由地铁公司主管设备领导担任，副总指挥为地铁公司各设备、土建主管部门领导、联调服务单位项目经理担任，组员由地铁公司专业负责人担任。负责总体协调、管理综合联调期间的日常事宜，负责总联调的供电、行车、施工等的组织协调，根据总体工作安排，发布各类工作指令；组织开展总联调各项工作并协调解决影响联调、试运行的各类问题。

### 3.1.3 联调执行层

设置各联调联试项目执行组，包含运输组织组、检测试验组、联调咨询管理组、安全保卫组及后勤保障组，各执行组负责编制项目实施方案、细则，具体联调项目实施。各执行组分别设执行组长、执行副组长及若干组员。执行组由建设公司、设备系统供货商、设备系统承包商、施工单位相关人员组成，在实施总联调期间，以总联调项目执行组为实施的主体。

#### （1）执行组长

由联调联试服务单位相关专业负责人担任，作为该项目的总体进度控制、统筹、监督，必要时对联调方案进行协调修订，负责下达项目联调开始、中止、结束命令；负责联调期间的技术工作；负责联调方案实施过程中的现场指挥、调度、协调和组织管理，在联调结束后，组织项目组对方案执行情况进行总结和评估。

#### （2）执行副组长

执行副组长（相关专业集成商或承包商）：协助、配合执行组长开展联调工作，根据调试内容安排人员参加联调工作，及时协调解决综合联调中发现的各种问题。

#### （3）设计院、施工单位、监理单位和集成商

勘察设计单位按要求提供相关技术资料，解决与设计相关问题的整改、优化等；施工单位、集成商和设备供应商提供相关技术资料和自检报告，配合联调联试工作的开展，根据测试结果组织人员进行问题整改和系统精调、优化等；监理单位监督相关单位完成问题整改、系统精调及优化等。

### 3.2 开展时机

在各系统（如牵引供电、通号、车辆、轨道、客服等）的系统内测试完成的前提下，对轨道交通整体系统的某项关键性能和功能进行验证，具体流程及时机如图4所示。

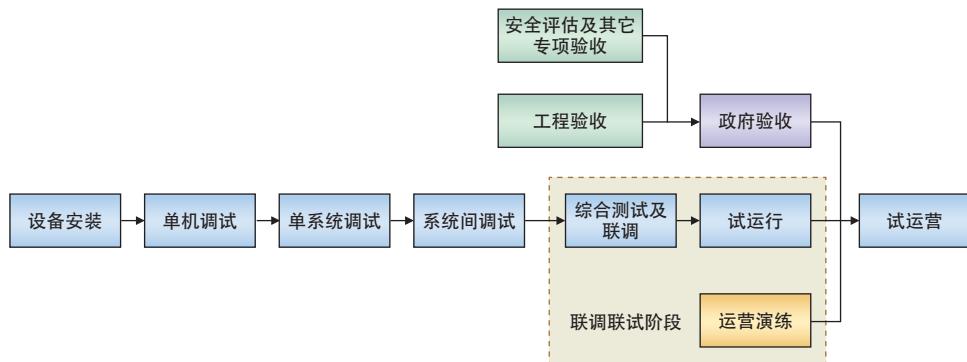


图4 联调联试开展时机

## 4 城轨联调联试模式优点

### 4.1 有助于系统不断优化完善

如图5所示，联调联试是由调试和测试两部分组成，在联调联试过程中发现缺陷时，就要对该问题展开调试，进行确认、原因分析、方案整改，整改完成后需继续对该内容进行再次测试，如此循环，直至合格，使系统得到不断的优化和完善。

### 4.2 测试结果可靠

联调联试服务方作为第三方独立检测单位相对于工程集成、施工单位具有独立性，且具有经过国家相关部门出具的试验资质，先进的测试理念、检测设备和规范化的测试流程是测试结果的有效保障。



图5 循环优化过程

### 4.3 为运营提供可靠的数据支持

通过联调联试，可以检验各系统设备集成后能否满足设计要求，实现各系统功能和性能的优化匹配，提高城市轨道交通的应急响应能力，为系统验收提供充分的数据，为开通运营提供成熟可靠的技术支持<sup>[6-7]</sup>。

## 5 结束语

具有独立检验测试能力的联调联试服务在轨道交通中的应用，能够对整体系统的主要性能、接口功能和运行能力进行测试和验证，从而实现对城市轨道交通整体系统性能和功能的优化，为线路实现

(上接 P52)

无其它车占用等。所选延续进路的长度应满足约束公式(6)。在地面人员构建完接车延续进路，再经调度命令授权后，才允许司机动车。

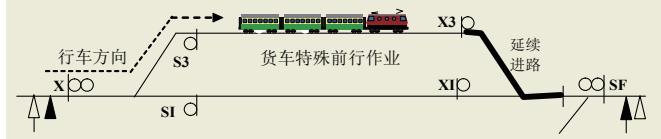


图4 货车特殊前行作业时的延续进路防护示意图

## 3 结束语

本文以CTCS-2级和CTCS-3级线路为例，针对闭口停车控制方式下的股道正常靠标停车以及靠标停车困难问题，分析车载设备的控车逻辑以及停车标、应答器组和防护信号机的位置关系。针对股道靠标停车困难问题，给出了解决方案，内容涉及开口速度控制功能的原理、现场应用场景以及所采用的冒进防护措施等，以达到运输安全的目的。在CTCS其它等级的线路上，也可参考本文方案解决类似的问题。本方案仅是理论研究，下一步工作将是

高水平开通打下坚实基础，有助于提高我国城市轨道交通建设管理水平和调试管理能力。

### 参考文献：

- [1] 王 澜.高速铁路联调联试方法论 [J].中国铁道科学, 2011 (2) : 104-109.
- [2] 张 标.城市轨道交通新线联调组织研究 [J].铁道运输与经济, 2012 (2) : 76-77.
- [3] 孙 宁.城市轨道交通系统总联调 [M].北京：中国铁道出版社, 2012.
- [4] 交通运输部科学研究院, 上海市交通运输行业协会, 北京市交通委员会, 等.城市轨道交通运营基本条件 : GB/T30013-2013 [S].北京：中国标准出版社, 2014, 4.
- [5] 交通运输部科学研究院, 北京市交通委员会, 北京市轨道交通指挥中心, 等.城市轨道交通运营管理规范 : GB/T30012-2012 [S].北京：中国标准出版社, 2014, 4.
- [6] 崔德山, 张 彦, 刘育欣.高速铁路客运服务系统联调联试技术研究 [J].铁路计算机应用, 2011, 20 (1) : 1-4.
- [7] 周泽岩, 史 宏, 张彦铁.铁路客票安全系统联调联试技术的研究 [J].铁路计算机应用, 2015, 24 (2) : 55-58.

责任编辑 王 浩

在研发的系统样机上实现这一功能，并通过实验室仿真测试和现场试验来验证此方案的可行性，希望本文能够对CTCS的研发提供一定的帮助与参考。

### 参考文献：

- [1] 杨志刚.LKJ列控技术与应用 [M].北京：中国铁道出版社, 2012.
- [2] 中国铁路总公司.列车运行监控装置(LKJ)控制模式设定规范 [S].北京：中国铁道出版社, 2015.
- [3] 中国铁路总公司.CTCS-2级列控车载设备暂行技术规范：铁总运[2014]29号 [S].北京中国铁路总公司, 2014.
- [4] 中国铁路总公司.列控中心技术规范：科技运[2010]138号 [S].北京：中国铁路总公司, 2010.
- [5] 中国铁路总公司.无线闭塞中心技术规范(暂行)：铁运[2012]212号 [S].北京：中国铁路总公司, 2012.
- [6] 中国铁路总公司.CTCS-3级列控车载设备技术规范：铁运[2012]211号 [S].北京：中国铁路总公司, 2012.
- [7] 刘中田, 孙伟亮.CTCS-3级列控系统无线闭塞中心功能需求研究 [J].铁路计算机应用, 2011, 20 (6) : 4-7.
- [8] 谭 莉, 王长林.CTCS3级列控系统ATP防护曲线算法研究 [J].铁路计算机应用, 2014, 23 (7) : 48-52.

责任编辑 王 浩