

文章编号: 1005-8451 (2017) 10-0045-04

# 城市轨道交通线路分段开通信号系统贯通调试的技术研究

张 伟

(中国铁道科学研究院 电子计算技术研究所, 北京 100081)

**摘 要:** 文章结合北京地铁14号线、15号线、10号线等线路的分段开通工程实施经验, 运用因果分析图法, 阐述技术难点和解决措施, 对分段开通实施提高项目管理和贯通测试效率具有一定的参考和应用价值。

**关键词:** 城市轨道交通; 信号系统; 分段开通; 贯通测试

**中图分类号:** U231.7: TP39 **文献标识码:** A

## Signal system through testing technology for section opening of urban rail transit

ZHANG Wei

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

**Abstract:** Combining the practical experience of section opening project implementation with Beijing metro line 14, line 15, line 10 line etc., this article used the causal analysis diagram, described the technical difficulties and solutions. It was with good reference and application value to improve the efficiency of through testing and project management

**Keywords:** urban rail transit; signaling system; section opening; through testing

轨道交通分段开通是指将一条线路分段建设, 完成一段投入运营一段, 是为了加快建设成果转化为运营效益和服务, 减轻周边交通压力, 便于周边居民出行。如何高效、安全地将各分段线路贯通衔接是关键点, 它涉及到通信、信号、供电、轨道等众多专业设备系统, 其中, 信号系统由于其直接影响运营质量, 贯通调试内容较其他设备专业较为复杂, 具有特殊性而受到重视与关注。

北京地铁建设近 10 年来, 由于地铁线路建设并投入使用的紧迫性, 线路常被规划为分段开通, 并预留中、远期线路延伸的规划<sup>[1]</sup>, 如 14 号线、16 号线、6 号线、8 号线、9 号线、10 号线、15 号线等, 均采用了分段开通。

在分段开通调试过程中, 由于涉及接入到运营线路, 并且只能利用运营间歇组织贯通调试, 有效时间短, 调试复杂, 协调范围广, 调试结果直接影响整体线路贯通后的运行效果, 调试过程中对运营

线路存在安全风险, 因此如何保证调试不影响运营段的运营安全, 同时高效率地完成贯通调试和试运行, 是分段开通的主要技术难点。

### 1 分段开通类型

无论线路走向如何, 分段开通类型线路延伸方式基本可分为 4 种: (1) 一端延长接入; (2) 从两端延长在中间贯通; (3) 中间段向两端延长; (4) 两段独立的线路。分段开通类型如图 1 所示。其中, (1)、(2)、(4) 这 3 种方式较为常见。

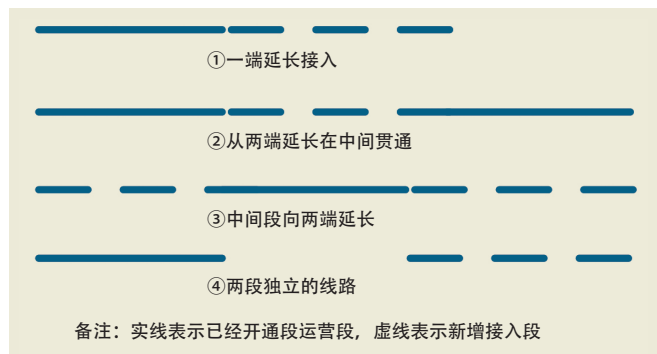


图1 分段开通类型

收稿日期: 2017-04-15

作者简介: 张 伟, 工程师。

北京地铁 14 号线在分段开通实施中，分段数量多，先后分别开通西段、东段、中段，目前，剩余丽泽商务区段为贯通，分段形式典型，具体开通应用情况如图 2 所示。

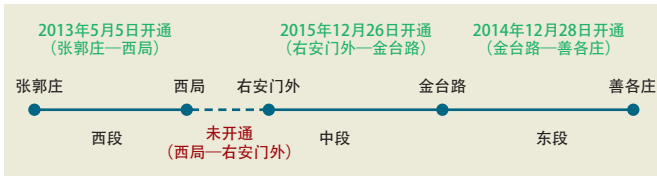


图2 北京地铁14号线分段开通应用示意图

2 信号系统贯通调试技术难点及对策分析

在贯通调试实施过程中，信号系统调试具有一定的特殊性。贯通调试工作除设备的物理接入外，还包括功能性、系统性的相互融合，网络的割接，生成统一的电子地图数据，并在新增段和运营段分别对系统功能进行验证测试，最终使分段线路成为一个整体投入运营。

2.1 信号系统贯通调试的技术难点分析

对技术难点的分析，主要采用因果分析图法<sup>[2]</sup>，结合以往贯通调试的实施经验，使因果分析符合实际，如图 3 所示，并针对分析图中主要难点，制定改进措施和对策，提高贯通调试的效率和组织管理。

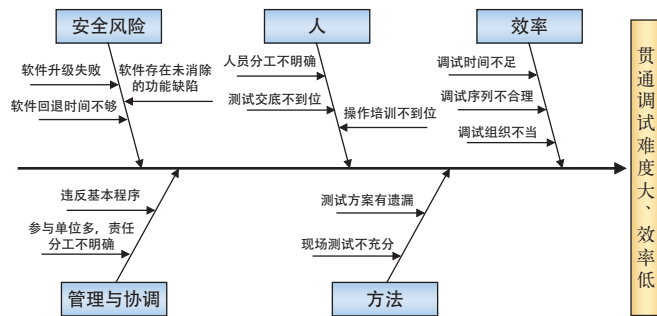


图3 贯通调试技术难点因果分析图

贯通调试的难点主要是利用正常运营间歇时间进行调试<sup>[3]</sup>，集中体现在以下几方面：(1) 涉及既有运营线路，影响运营安全风险大；(2) 利用夜间停运间隙测试和贯通升级，有效调试时间短，任务重；(3) 试运行组织涉及和运营线路混跑，组织难度大，影响运营风险大；(4) 贯通调试工作的制约因素多，效率低。

依据因果分析结论，制定对策计划表如表 1 所示。

表1 贯通调试技术难点对策计划表

项目	序号	产生问题原因	采取的对策	执行人	完成时间
安全风险	1	软件升级失败	做好灾难计划启动和实施	×××	×年×月
	2	软件存在未消除的功能缺陷	制定应急计划	×××	×年×月
	3	软件回退时间不够	对升级时间进行预测，划分控制界限	×××	×年×月
人	4	人员分工不明确	根据职责要求确定人员配置，挂牌示出	×××	×年×月
	5	测试交底不到位	搞好技术交底，召开交底会议，相关人员进行确认	×××	×年×月
	6	操作培训不到位	组织操作培训，特别针对是操作变化和安全须知	×××	×年×月
效率	7	调试时间不足	合理安全运营间歇时间，提前准备	×××	×年×月
	8	调试序列不合理	优化测试内容，合理排序，对测试进行推演	×××	×年×月
	9	调试组织不当	要有领导职责，集中指挥调度	×××	×年×月
管理与协调	10	违反基本程序	要有必要的验收、见证和安全授权	×××	×年×月
	11	参与单位多，责任分工不明确	制定组织方案，明确职责和相应的责任人，建立沟通机制	×××	×年×月
方法	12	测试方案有遗漏	对方案进行会审，研究对比类似测试方案	×××	×年×月
	13	现场测试不充分	测试大纲要严格执行，有必要的审查制度，检查测试记录完备情况	×××	×年×月

2.2 贯通调试条件的预留和衔接

分段开通实施方案需在设计阶段进行规划，对必要的条件进行预留和特殊处理，为后续开展贯通接入提供有利条件，应考虑联锁系统、列车自动监控系统、骨干网络系统<sup>[4]</sup>。如骨干网网络宜采用基于 IEEE 802.3 以太网标准协议，其网络扩展容易，新增段将其直接连接到骨干网即可，骨干网系统的网络衔接设计，应考虑在不干扰既有系统正常运行的情况下进行。

在前期方案设计中，应采用减少对运营线路的影响同时又便于施工、调试的设计方案，有规划和目的预留或提前完成部分施工、调试工作。在分界点需要在软件中进行特殊处理，以保证先期开通北段线路的正常运行。

(1) 在联锁、地面区域控制器软件中取消相邻两段集中区的信息检查，避免因接收不到邻站信息而对边界点行车或系统判断造成影响；

(2) 边界点线路数据中按照线路终点进行配置，

在地面区域控制器开机全线灭灯时，边界点信号机保持常亮；

(3) 集中站对未开通邻站的屏蔽门、紧急关闭等接口也需做特殊措施，以满足行车的需要。

2.3 临时技术措施应用

分段开通方案组织设计要考虑设置临时控制中心，临时控制中心宜设在集中站，为新增接入段提供行车指挥、系统调试的条件，避免或减少对运营使用中的控制中心设备干扰，保证前期调试不影响运营设备的正常使用。

临时控制中心设备应具备和其他设备系统接口调试的条件，有利于在贯通前完成必要的测试验证工作，减少贯通调试工作压力和对运营线的安全影响。

2.4 安全风险控制

贯通调试的主要安全风险在于如何避免对既有运营线路的影响，确保不影响调试后的正常运营，安全控制应以此为重点进行管控和识别，对软件升级和回退流程、时间进行严格的审查，对人员进行精心的安全培训和技术交底。制定详细应急预案和灾难计划，减轻影响的范围和结果。涉及到软件的备份准备，灾难情况下的应急处理，对可能发生的事件进行预判，并制定相应措施。

2.5 贯通试运行组织

试运行组织可分为2个阶段：(1) 非运营段时间贯通试运行；(2) 运营时间段的贯通试运行。对于非运营段时间组织试运行，优点是安全，影响运营风险小，但可利用的有效时间较短，效率低，一般为3 h左右，宜为系统压力验证，运营演练等工作。

非运营段时间贯通试运行，列车在既有线路载客，在新增段交界站清客，不载客在新增段运行，到达新增段终点后，折返至分界站，重新载客进入运营段<sup>[5]</sup>。此方案对于运营单位的组织能力要求比非运营时间试运行的高，可以利用的有效时间长，有利于对系统的充分考核。

试运行期间，对于贯通前后的系统的操作、功能、安全须知及注意事项，应进行充分沟通培训和交底确认，确保各类操作人员对系统

操作熟练掌握并充分了解。

3 贯通调试的实施

3.1 贯通调试工作内容

贯通调试时间设置：贯通调试时间一般为当天运营结束，列车回段后，车载软件升级完毕后开始，调试完成后需将升级的软件回退至原运营版本，整体的贯通调试一般以取得正式的第三方安全授权后进行正式升级，投入运营。

贯通调试内容包括：边界测试、既有车在延伸线调试、新车在已开通线调试、贯通调试、贯通跑图测试。主要的测试内容包括：列车跟踪功能的验证、进路控制功能的验证、人机界面功能的验证、运行调整功能的验证、运行显示功能的验证、列车走行功能的验证等。

3.2 贯通调试实施流程

在接口调试时涉及已开通线设备的相关调试在停运时间进行，调试完毕后恢复既有软件并进行验证测试，调试流程如图4所示。

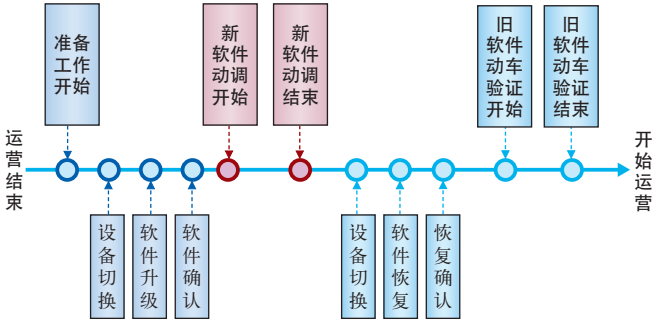


图4 已开通段调试流程示意图

在贯通调试阶段，根据实施内容和衔接关系大致需要按照如图5所示的实施流程进行，尽量减少对已开通线运营的影响。

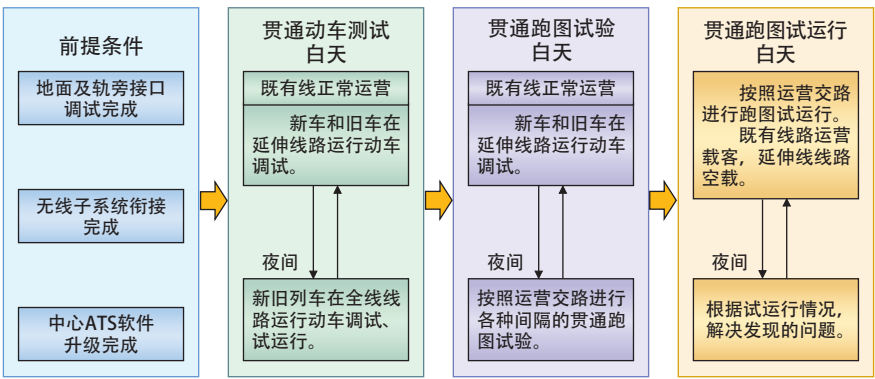


图5 贯通调试流程示意图



骨干网络系统在完成单体调试后,需与新增段联通,构成新的闭环网络。调试前期单纯进行网络接入测试,主要进行网络配置、通信测试及轨旁子系统站联测试,完成这一阶段调试后,即可配合后期贯通动车测试一并进行,调试完成后需要与既有网络进行隔离。

#### 4 结束语

相对于整体开通的方式,分段开通在方案设计及调试组织上具有关键性意义,组织实施存在难度。通过合理的方案设计和施工组织,在分段开通方案设计初期就进行规划,提前准备,进行必要的预留和增加临时设备,减少对既有运营段的干扰,采取措施控制调试过程的安全风险,不仅可以保证系统的调试质量,也能加快工程建设进度。对分段开通

类型及相应的技术难点进行分析和研究,有助于后续工程建设实施,提高新线路接入贯通调试的效率和安全保障,为分段开通积累有价值的工程经验。

#### 参考文献:

- [1] 叶霞飞,顾保南.轨道交通线路设计[M].上海:同济大学出版社,2010.
- [2] Project Management Institute.项目管理知识体系指南[M].5版.北京:电子工业出版社,2015.
- [3] 孙宁.城市轨道交通系统总联调[M].北京:中国铁道出版社,2011.
- [4] 邱微华,谭晓春,谭复兴.城市轨道交通车站设备[M].北京:中国铁道出版社,2012.
- [5] 李慧玲.城市轨道交通运营调度指挥[M].2版.北京:中国铁道出版社,2015.

责任编辑 陈蓉

(上接 P31)

之间的数据转换与关联操作需要设计人员手动进行这一难题。软件以站场设备三维建模为核心,平纵横断面为设计视角数据,通过站场设备三维数据与设计视角数据动态双向刷新的架构实现铁路车站平、纵、横断面一体化联动设计模式,并实现了站场设计成果的三维可视化,提高了铁路站场设计的效率和质量。

#### 参考文献:

- [1] 罗法水.铁路站场平面一体化应用的研究及开发[J].铁道标准设计,2005(6):18-21.
- [2] 李雪婷.铁路站场计算机辅助设计系统的研究[D].成都:西南交通大学,2004.

- [3] 任南杰.铁路站场平面图计算机辅助设计系统的研究与开发[D].成都:西南交通大学,2011.
- [4] 毛昌玉.铁路站场平面CAD系统的模型设计[J].铁道建筑技术,2012(7):5-7.
- [5] 吴丝雨.铁路选线三维建模中三维地形模型概述[J].中国科技投资,2013(Z1):38.
- [6] 刘厚强,易旭鹏,朱聪.基于BIM的三维铁路路基建模应用研究[J].铁道标准设计,2015(7):20-23.
- [7] 刘厚强,徐骏,李安洪.基于BIM技术的三维铁路路基信息模型分析[J].铁路技术创新,2014(2).
- [8] 刘其斌.铁路车站及枢纽[M].北京:中国铁道出版社,1997.

责任编辑 陈蓉

