

城轨延伸线信号无扰接入方案

王正鑫

中国铁路通信信号上海工程局集团有限公司 上海 200435

摘要:以延伸线接入一期线路并贯通运营为目的,首先从系统制式、联锁关系等阐述一期线路应预留的条件,其次介绍延伸线信号各子系统设备接入配置方案,接下来对一、二期系统间的互联互通和调试方案做出详细论述,最后给出线路开通前的割接步骤。

关键词:城市轨道交通;信号系统;延伸线;接入;贯通

城市轨道交通线网规划中每条线路对应一道客流走廊,根据客流强度的大小,将线路分解为多段,由不同期建设规划纳入实施。伴随着城市的扩张,许多前期规划的延伸线迎来了修建的时机。建成后延伸线将与前期线路贯通运营,对于信号系统而言,如何能无扰平滑地接入既有系统,需要从多维度考虑。

1 一期线路预留条件

延伸线信号各子系统应能与既有线工程实现可靠的互联互通,确保信息交换的及时性、准确性和安全性。既有线信号系统设计方案必须为延伸线接入预留充分的条件。

1) 系统制式

延伸线系统制式必须与既有线保持一致,或者能兼容既有线系统制式,实现与既有线在信号系统层面的互联互通,当前建设的线路必须考虑系统互联互通问题。

2) 联锁关系

将一期工程设计终点作为一期工程与延伸线工程相邻两个联锁区管辖范围的分界点,分界点处信号机设置为正线区间通过信号机,一期工程做暂时封灯处理。边界设备集中站信号设备室预留二期增加设备所需的机柜安装空间,一期联锁机柜、计轴机柜等均按照输入/输出满配进行配线设计,预留足够的输入/输出板插槽。

3) 数据传输系统

预留与延伸线的交换机接口,不需为二期工程接入升级DCS设备。

4) ATS子系统

ATS系统在设计时就充分考虑了后续工程的扩展处理,并采用了标准化的硬件配置和模块化的软件设计方式。中央应用和数据服务器容量不仅满足延伸线路的接入需求,还要在此基础上再留足30%的计算资源。

2 延伸线接入方案

2.1 ATS设备

延伸线工程ATS硬件设备配置原则和既有工程完全相同,均是标准的服务器和PC机。控制中心无新增设备,只需完成一次软件升级工作,新建车站ATS子系统设备安装不受任何影响。

数据库服务器、运行图编辑工作站、调度工作站及与其它系统接口的服务器、维护工作站、培训/模拟工作站、网络设备及打印机等进行软件升级。

将为一、二期贯通运营编写的ATS软件装载到既有ATS中央服务器/工作站上,在接入和系统全面测试期间,ATS的既有运营软件和全线贯通运营软件将共存于相关的服务器/工作站中。正常运营时,ATS既有软件被激活;夜间,一、二期贯通测试时,新的贯通运营软件被激活。

ATS系统软件采用模块化设计,为线路延伸提供方便。在线路第一次及以后的延伸工程中,ATS系统需要做如下几方面的改动:

- 更新数据库中的基础数据;
- 对线路组态数据进行更新;
- 增加后续工程通信协议和数据格式;
- 重新编制时刻表和运行图;
- 测试后续工程部分和ZC、CI、VOBC等子系统的连接等。

2.2 车站及轨旁设备

二期工程接入时,既有联锁组合内部配线无需改造,仅需增加接口板。边界设备集中站联锁区的联锁、ATP等处理能力应满足对二期新增设备的控制,无需做硬件升级。

二期工程对一期边界设备集中站联锁区室内设备的改造包括:区域控制器(ZC)的数据库升级、联锁软件升级、计轴软件升级、DCS软件升级;增加联锁组合、分线柜配线和机柜间配线,室外增加相应的信号机和计轴设备等。

采用直接烧录的方式升级ZC软件,测试完毕后,软件退回原样,恢复运营。将专门的一列列车VOBC升级后用于贯通测试。升级系统需要15—30min.,降级系统需要20—35 min.。

二期工程轨旁ATP子系统调试可分集中区进行,分为点式和连续式ATP功能测试,之后在非运营时段,与一期工程的ZC进行贯通测试。关于轨旁测试工作主要包括:

- 本工程的线路数据库等相关软件的更新;
- 一期衔接站与二期工程车站联锁子系统接口测试;
- 全线系统CBTC系统调试;
- 系统调试结束后,将ATP子系统软件恢复成运营版本,并对ATP子系统进行复原测试,保证第二天一期工程系统的稳定运营。

2.3 车载设备

为实现贯通运营的需求,一期工程的列车车载设备需进行相应的软件升级改造。二期新增列车的ATP/ATO车载设备和改造后的一期既有ATP/ATO车载设备都将具有在全线贯通运营的能力。

3 调试方案

3.1 调试计划

为了确保二期工程独立调试和无扰接入一期工程,并最终实现全线贯通运行,需要做大量的贯通调试工作,在完成这些工作的同时需确保:

➤ 一期工程正常的运营不会受到二期工程接入和贯通调试的干扰。

➤ 在夜间运营结束后的有限时间内,把二期工程和一期工程的控制权限移交给系统集成商以执行相关贯通工作,初步估计该时间大约是每晚4个小时。

每天非运营时间作业4小时的工作主要内容如下表:

序号	时段	项目	工作内容
1	12:30-01:30	准备工作	各岗位就位、作业登记、熟悉场地
2	01:30-01:45	升级倒切	软件备份、更换软件、更换连接
3	01:45-03:30	全线测试	调试测试、安全见证、监理验收
4	03:30-04:00	恢复确认	软件恢复、恢复连接、功能确认
5	5:00-11:00	运营保障	高峰值守、硬件保障、软件保障

单端贯通测试约需一个月时间,整个贯通过程分为四个阶段:

- 硬件配置和准备阶段
- 接入测试阶段
- 贯通测试阶段

➤ 最终的系统集成阶段

3.1.1 硬件配置和准备阶段

本阶段目的是使二期工程和一期工程的整个系统达到与最终贯通后系统配置基本相同的系统配置,此阶段对一期工程的运营和二期工程的项目调试测试都没有影响。

- 一期DCS网络安全器件相关配置升级;
- DCS系统控制中心网管(NMS)升级。

凌晨运营开始前,此阶段执行的所有升级都不需要返回到一期工程的最初配置,也即最新的安全器件、NMS配置程序都是向下兼容的。此外,安全器件升级是逐步执行的,即每晚只有少数轨旁通信安全器件升级。如果由于特殊原因导致新的配置不能正常工作,将可以使设备配置回到最初的状态。

3.1.2 接入测试阶段

接口测试内容包括:

- DCS升级后的连通性测试;
- 信号系统全功能测试和本线特殊功能测试内容。

在每晚的接入测试期间,只有一期衔接站与二期工程车站需要进行接入测试。此项属信号系统集成测试,衔接站需升级ZC与ATS软件。

此阶段中DCS连通性和二期工程、一期工程接口测试的基本顺序是:

- 1) 升级一期工程衔接站ZC、联锁、DCS系统至贯通系统配置;
- 2) 控制中心ATS新的贯通运营软件被激活;
- 3) 按计划进行逐条测试;
- 4) 每日卡控时间到点后,各系统(ATC、ZC、联锁、DCS)降级至一期工程配置。

3.1.3 贯通测试阶段

该测试的目的是验证当升级到贯通配置的VOBC和升级到贯通配置的ATS共存于系统中时,正常运营不会受到影响。

将系统全面测试以验证升级到贯通配置的列车能在一期工程的集中区正常运行,列车将在全线进行站停操作。

3.1.4 集成测试阶段

系统集成测试的目的是在一、二期工程线路上运行列车以验证整个系统的运营。包括以下几个步骤:

- 将一期工程全部列车升级至贯通后的配置;
- 贯通一、二期工程的DCS网络,在物理和逻辑上把一、二期工程的骨干网连接起来;
- 将一期工程控制中心ATS升级成贯通后的配置;
- 执行详细的系统集成测试。

3.2 调试方案

除与一期的接口外，工程实施可按照新建模式进行，新建设备可以先独立进行调试，接口内容可采用模拟的形式。待独立调试结束后，利用穿插调试（运营结束期间调试，运营时恢复）的手段进行系统的接口调试，从而实现ATP/ATO地面设备的有效衔接而且不影响既有线路的正常运营。

在二期某站设置临时控制中心ATS服务器，临时ATS所使用的软件版本包含一期工程与二期工程的整个线路，二期工程的大部分调试利用临时的ATS服务器进行，从而不影响一期工程运营；非运营时段需要在一期工程范围内进行测试时，将一期控制中心用于运营的ATS将从系统网络中断开，将用于测试的临时ATS将接入到网络中，通过临时控制中心实现全线的控制；在需要进行二期工程与一期系统联调时，二期工程的网络可以在非运营时段接入一期网络，并在调试后恢复。临时控制中心ATS服务器在调试结束后可作为备品备件，或者在本线后续延伸工程中使用。

为了确保在二期工程调试时一期工程的运营安全，在一期工程的运营时段进行二期工程的调试时，需把二期工程中与一期衔接站相邻的车站和两站之间区间设置为禁入区段。同时为了进一步确保安全，在二期工程的调试软件版本中，对上述区段的速度设置为0限速。

在系统没有实现割接之前，二期工程的DCS网络应与一期工程的DCS网络断开。在一期工程运营时段进行调试时，二期工程与一期工程边界处的AP处于关闭状态。

二期新增列车的车载设备可在试车线静态及动态调试结束后利用夜间非运营时间进行线路调试，一旦调试成功便可提前投入运营，替换既有车辆，以便既有车辆进行ATP/ATO车载数据升级及调试。如此实现在不影响既有线路正常运营的前提下完成所有ATP/ATO车载设备的调试工作。

4 开通割接步骤

经过各阶段调试和验证，二期工程已具备安全接入一期工程的条件，可以在开通日前夜进行系统割接，具体步骤如下：

- 准备现场用于割接的硬件，对衔接站进行各类软件升级。
- 衔接站控制区的新增轨旁设备接入联锁系统，新增轨旁计轴点接入既有计轴机柜，更新计轴软件。
- 满足运营数量需求的已装载贯通VOBC软件的列车已就位。
- 建立DCS环。
- 把一期工程的ATS（中央和本地ATS）割接成贯

通版本。

- 获取安全证书。
- 跑全线运营图。
- 全线开通。

一期工程已经投入运营，将二期延伸工程系统与一期工程系统连接并投入到运营的割接过程要满足项目进度的限制、减少对运营的影响以及保证割接过程运营的安全。

5 过渡改造衔接下的保障措施

1) 一期工程运营恢复的安全保障措施

在一期工程、二期工程贯通过程中，由于软件更新和系统接口测试工作，稍有偏差软件更新就可能会对第二天的运营造成影响，此为该过程中的最主要的风险。

在夜间调试完成，一期工程恢复运营状态后，将对系统进行运营恢复的保障性测试，以确保一期工程系统运营正常，这些保障性回归测试并不专门针对一期工程、二期工程贯通测试，而适用整个工程实施期间软件变更后的系统保证。

2) 贯通过程中接口区域防护的安全保障措施

在二期工程、一期工程的系统接口测试整个阶段以及一期工程白天运营时段，必须预防任何非预期的可能风险，例如：在白天运营时系统间的非预期通信，会导致一期工程列车进入二期工程控制区域；必须防范上述风险的发生，以确保一期工程线路运营期间稳定可靠，杜绝可能给乘客造成行车的安全隐患。

在系统测试阶段，一期工程系统升级到贯通配置后，此风险将更为显著。由于一期工程贯通配置和与二期工程贯通后整个系统配置相同，贯通配置的数据库包含了一、二期工程全部数据，列车可能行驶到二期工程线路，并丢失位置。

3) 过渡改造衔接下的应急预案

在过渡工程中的任何阶段都需要充分做好应急准备，根据工程实际情况预估工程实施风险，提前准备应急预案，进而保证全线系统贯通工作的顺利进行。

在互联互通贯通试运行期间，一旦出现任何问题，将第一时间确保一期工程线路运营不受影响。在一期工程全线信号系统贯通调试完成以前，一期工程信号系统配置将保持不变，在二期工程夜间调试过程中，一期工程任何轨旁系统配置都可以在全线贯通调试中的任何时候进行恢复，从而保证一期工程的系统运营不受影响。

需要仔细考虑工程过渡期间可能发生各种情况，并对工程过渡期间的各种设备提供工程备品备件保障，提供过渡期间的核心技术人员保障，确保成功完成从一

期工程系统到二期工程系统的过渡衔接。在此过程中，需要提前准备应急预案，确保任何突发情况下的列车正常运行。一旦在切换期间出现通信问题，点式ATP的后备模式会保证ATP在正线上的工作。系统也能够操作列车在相同的线路上以不同的模式运行。

6 结语

今后我们会遇到越来越多的延伸线接入工程，在接入和贯通测试期间，一旦出现任何问题，将必须第一时间确保一期工程线路运营不受影响。以上内容是我们借助延伸线项目的经验总结，希望对类似项目的实施有所帮助。

参考文献

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部和中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 地铁设计规范: GB50517-2013[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013: 13.
- [2]中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局和中国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: GBT12758-2004 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2004: 3-11.
- [3]中华人民共和国建设部和中华人民共和国国家发展和改革委员会. 城市轨道交通工程项目建设标准: 建标104-2008 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2008: 18.