

天津地铁5号线信号车载ATS区域控制器系统国产化改造研究及论证

刘凤潮

天津轨道交通运营集团有限公司 天津市 300000

【摘要】在地铁、城轨运行过程中，ATP、ATO和ATS三部分是列控系统的主要组成部分，其中的ATS系统的主要目的就是城市轨道交通中运行的列车的运行起到关键的监督功能，并且配合行调人员对整条线路的列车的自动化管理，在保障列车运行安全的前提下尽可能提高运输效率的方面起到了重要作用。

【关键词】ATS信号系统；技术研究

Tianjin Metro Line 5 signal vehicle ATS regional controller system is made in China Research and demonstration of chemical transformation

Liu Fengchao

Tianjin Rail Transit Operation Group Co., LTD Tianjin Municipality 300000

【Abstract】 in the process of subway, urban rail operation, ATP, ATO and ATS three parts is the main component of the control system, the main purpose of the ATS system is to the urban rail transit train running play a key supervision function, and cooperate with the line of the whole line of train automation management, on the premise of train running safety as far as possible to improve the efficiency of transportation has played an important role.

【Key words】 ATS signaling system; technical research

一、背景调研

信号系统是国家“机电设备国产化”的重要系统之一，近十几年来为降低城市轨道交通项目的建设运营成本，解决目前城市轨道交通设备备品备件严重依赖进口的局面，国内CBTC系统供应商积极响应国家号召，严格贯彻执行国家国产化技术政策，国内CBTC系统技术已取得显著成果，为国内信号系统建设、升级改造以及减少成本、提升服务质量提供了有力保障。随着国产化信号系统在实际工程运用中日臻成熟，在满足系统功能需求、不降低系统可靠性和可用性以及有利于工程实施的前提下，采用国产化信号系统，将大大提升国产化率、降低成本、提升响应速度及服务品质、降低故障率。同时采用最新型国产化CBTC系统也可以显著增强系统的自主化功能，提高系统后期更新改造的空间。

天津地铁5号线工程信号系统由浙江众合科技股份有限公司承建，采用国外安萨尔多CBTC系统。线路全长34.724km，设车站28座，配置31列列车车载设备。随着地铁运营服务质量与水平的不断提升，对系统的新要求也逐步提高，受国外技术制约及国际贸易战的影响，系统维护等问题很难及时满足地铁运营服务需求，且设备维护成本大大提高，大大降低了运营管理效率。

为进一步提升运营服务质量，解决李七庄南碎石道床坡

度变化问题对列车信号车载系统运行的影响，ATS频繁自动重启等问题，提高系统稳定性，降低故障率；同时，为既有线路大修方案和延长线设计方案的提供新思路，现通号中心组织浙江众合科技股份有限公司开展5号线信号部分既有系统国产化改造。内容主要包括：BiTRACON型ATS、车载、ZC系统替换既有安萨尔多ATS、车载、ZC、FTM系统，并验证研究实现与安萨尔多联锁的兼容性。

浙江众合科技股份有限公司自主研发的BiTRACON型CBTC信号系统已应用于杭州5号线、杭州6号线、杭州7号线、重庆4号线、西安6号线等。该系统不仅能独立提供安全、高性能的移动闭塞整体解决方案，并且可兼容既有安萨尔多CBTC系统。

5号线信号ATS、车载、ZC系统国产化改造完成后将会进一步提升5号线信号系统可用性和稳定性。

二、研究方法

本次天津地铁5号线信号系统车载、ATS、ZC系统国产化改造，与厂家沟通，交流设计思路，共同研究开发适用于天津地铁5号线的BiTRACON型车载、ATS、ZC系统，并研究验证与安萨尔多联锁系统的兼容性，同步解决既有系统的各种问题，测试验证改造兼容系统各种模式功能完整，

与其他设备接口功能正常，满足信号系统相关技术要求。确保改造兼容系统的搭建与测试对既有信号系统无影响，对线路运营无影响，兼容的信号系统运行安全、稳定、可靠。

实施计划分为三个阶段：

第一阶段：研究采用天津地铁5号线本土化的BiTRACON型ATS、车载、ZC+安萨尔多联锁的方案，进行设备（轨旁+2列车）的安装调试，同期完成5号线信号6个设备集中站的电源屏扩容，不仅要保障既有信号系统的运行，也要保障改造系统的调试，调试完成后取得自研点式+日立CBTC安全认证；

第二阶段：基于上一阶段的成果，逐步将既有31列车安萨尔多车载更新为本土化的BiTRACON型车载，车载、ATS、ZC系统联调，取得兼容系统安全认证。

第三阶段：同步将各站安萨尔多ATS、ZC系统倒切为本土化的BiTRACON型ATS、ZC系统，完成相关功能验证。

每一阶段列车均在车辆段运用库内和正线进行验证测试，在车辆段运用库内完成改造后的车载系统接口的调试及相应的集成测试，为提高正线测试的效率做好准备。在正线进行兼容方案的验证，验证改造后的车载列车和既有安萨尔多车载系统列车的追踪测试、改造后的ATS系统运营调整测试、与外部接口测试等运营场景。

在车载系统方面：

研发的本土化的BiTRACON型车载系统使用全线最大的坡度进行安全防护计算，使用站台坡度进行停车精度计算，并采用自适应的方式对坡度变化导致的停车精度进行补偿，从而解决李七庄南碎石道床坡度变化对系统运行的影响。对于加速度计报错故障，科室在提高国产化率，降低进口设备安装以及后期维修的影响的方面考虑，自设计之初就不使用加速度计设备，使用速度传感器进行速度及加速度计算。

对于板卡频发死机故障，科室提出要研发出更加稳定的二乘二取二的冗余机制来替代既有的三取二冗余机制，要求

厂家设计研发，若板卡死机亦可平稳切换至另一系，继续提供安全的列车防护。另一方面，改造后的车载的板卡可通过同一板卡实现不同的车载功能需求，与自研ZC的部分板卡在硬件上完全一样，这样也同步解决了备件返修周期长，价钱高，以及减少了备件储备的种类的问题。

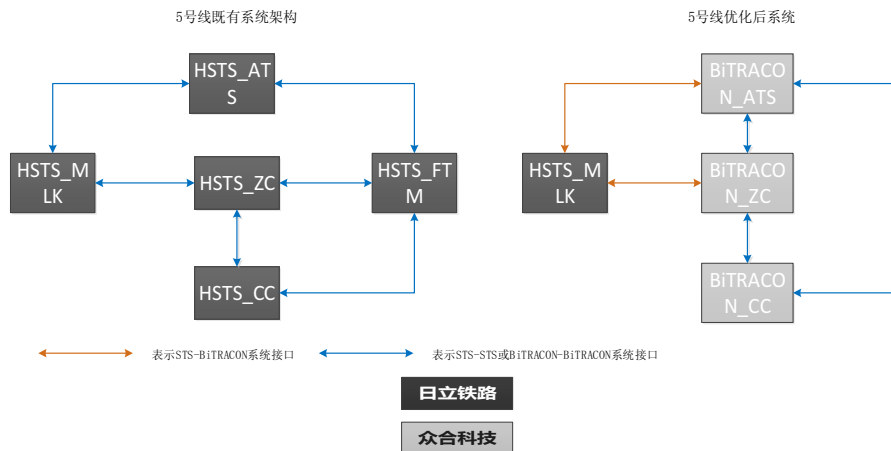
科室与厂家共同交流，添加车载系统自学习功能，研发的信号车载系统ATO模块的自学习功能体现在站台停车对标方面，若ATO正常站停停准后将记录站台的停车精度值，以坡度为分辨，统计停车精度，调整坡度对应的控车补偿数据：当停车精度在数据库配置的站停精度范围内但在 $\pm 100\text{mm}$ 范围以外的時候，相应坡度补偿加上“-停车精度/3”；备系ATO的补偿数据应保持与主系ATO的一致。若ATO未正常站停停准，通过二次对标功能重新停准将不会触发自适应调整功能，不记录控车补偿数据。

在ATS系统方面：

基本需求为解决ATS工作站频繁自动重启问题，科室要求对ATS硬件设备进行升级优化，并且保持现有ATS功能、外部接口协议内容基础上进行软件优化，保持现有列车追踪，自动列车调整，列车运行图，临时限速，进路操作-自动排路等功能；新增轨道跟踪切除、在线运行图编辑调整功能、根据时刻表站停为0自动跳停功能、区间列车最大运行数量、跳停总状态显示、扣车总状态显示、调度留言功能等功能；优化现有在线运行图、维护管理功能、报表统计功能等功能。与厂家交流后确定可采取增加车站服务器的方案来减少ATS工作站的负担，侧面降低了目前ATS自动重启的问题。

在系统兼容方面：

为降低改造过程中对既有系统的影响，减少改造成本，本次国产化改造的ATS、车载、ZC系统设备保持原有接口及传输信息不变化来保证与日立铁路联锁的兼容性。系统架构如下：



图：系统对比示意图

三、验证实施

首先,结合既有天津地铁5号线的设计输入及既有系统情况,进行ATS/ZC/CC子系统软件的开发、设计和实验室测试,针对天津地铁5号线既有系统的痛点进行研究,并根据兼容系统的特点及现场设备配置情况,确定需更新和利旧的ATS/CC/ZC设备,并完成ATS工作站、服务器,CC整套机柜,ZC整套机柜的设备采购。

实施范围如下:

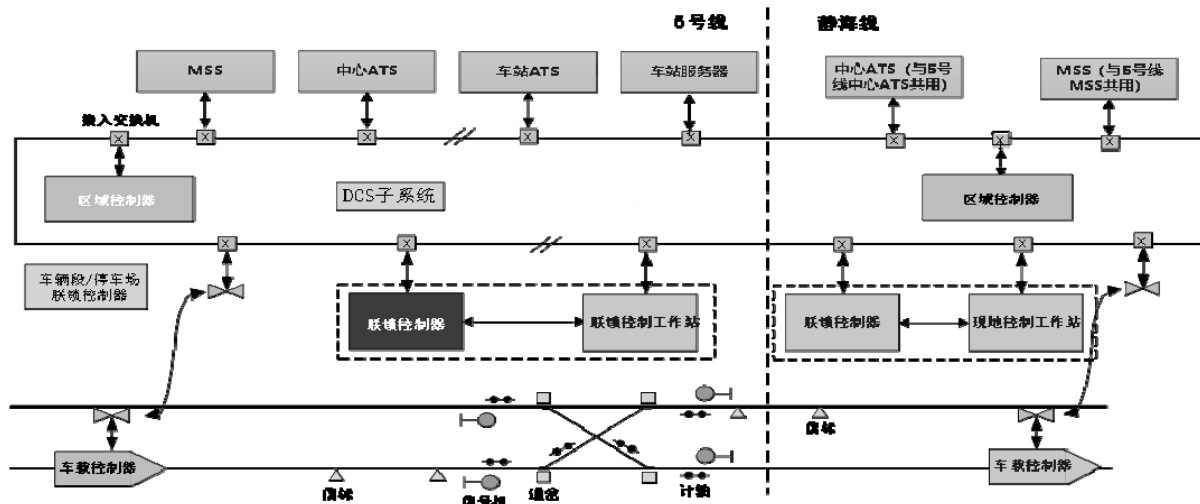
ATS子系统:控制中心、正线、车辆段、停车场ATS系统;

车载子系统:31列车;

ZC子系统:正线北辰科技园北站、幸福公园站、体育中心站;

电源系统:满足升级优化后的电源需求;

天津5号线既有系统替换后的信号系统(以下简称融合系统)架构描述如下。



图：融合系统示意图

3.1 ATS系统

ATS优化分为硬件设备优化和系统功能优化。待设备及系统更新完成后进行ATS系统测试,且BiTRACON系统的ZC/CC配合ATS系统测试。

硬件设备优化:在正线车站、段场及控制中心对ATS设备进行硬件设备升级优化。

系统功能优化:在保持现有ATS功能、外部接口协议内容不变的基础上进行软件优化。系统功能优化后,ATS人机界面与既有5号线人机界面的显示风格略有差异。

针对上述硬件设备的升级优化,更新的图纸主要为室内设备布置图、设备线缆连接图、硬件机柜配置图

3.2 车载系统

车载信号设备优化范围为5号线31列车,将既有CC机柜替换为BiTRACON系统的CC机柜。车载子系统的优化按照“优化一辆、投用一辆”的方式进行,单个车的优化过程可分为两大部分,施工安装和系统测试。

当现场夜间期间进行测试时,需要将轨旁ATS/ZC设

备进行倒切后,再将替换为BiTRACONCC机柜的列车上线进行测试。

3.3 ZC系统

ZC系统升级优化:对正线的三套ZC与一套FTM进行整体替换,将轨旁日立ZC替换为BiTRACON系统的ZC,将既有FTM拆除。设置北辰科技园北站ZC为ZC.DS,即主ZC。

修改数据库中信标的轮径校准属性,对既有部分定位信标(112个)赋予轮径校准属性,轨旁不需新增信标设备。若列车夜间不回段,BiTRACON列车可在站台区域内完成列车的轮径校准。

3.4 电源系统

由于本次升级优化涉及调试阶段新旧设备同时供电的情况,需对电源子系统进行相应的优化升级,综合考虑各阶段用电需求,最大限度减少电源屏改造次数及对运营的影响。原则上过渡调试阶段,利用既有电源屏备用电源,并电源屏厂家沟通讨论详细设计方案,电源方案如下:

站点	设备	电源方案
体育中心站	ZC 机柜	ZC1 路：利用 C 屏备用电源 2，将 QF84 断路器更换为 S202-C8，此支路容量扩容为 5A。 ZC2 路：利用 C 屏既有 ZC 工控机电源（既有容量满足条件）。
	ATS 机柜	ATS1/ATS2 路：利用 C 屏 QF68、QF69 断路器由 S202-C8 更换为 S202-C10，此支路容量由 5A 扩容为 7A。
李七庄南站	ATS 机柜	ATS1 路：利用 C 屏 QF60 断路器由 S202-C4 更换为 S202-C6，其支路容量扩容为 4A ATS2 路：利用 C 屏备用电源 1（既有容量满足条件）。
北辰科技园北站	ZC 机柜	ZC1 路：利用 C 屏 QF61 断路器由 S202-C4 更换为 S202-C8，其支路容量 3A 扩容到 5A，该支路名称由“FTM 工作站”变更为“ZC 机柜 1”（FTM 工作站已迁移至梨园头车辆段）。 ZC2 路：利用 C 屏 ATS 机柜 1 电源（既有容量满足条件）。
	ATS 机柜	ATS1 路：利用 C 屏 FTM 电源，将断路器更换为 S202-C10，该支路名称变更为“ATS 机柜 1”。 ATS2 路：利用 C 屏增加 1 台 2.0K 变压器，并增加输入断路器，该支路名称变更为“ATS 机柜 2”。
控制中心	ATS 机柜	ATS1 路：利用 C 屏备用电源 1，将 QF63 断路器由 S202-C6 更换为 S202-C10，其支路容量扩容为 7A。 ATS2 路：利用 C 屏备用电源 3，将 QF65 上口连接至 QF42 下口，电源屏增加一台 2.0K 变压器，QF65 断路器由 S202-C6 更换为 S202-C10，其支路容量由 4A 扩容到 7A，该之路名称变更为“ATS 机柜 2”。

3.5 管理措施

3.5.1 安装调试阶段：

安排人员每次施工进行旁站监督管理，每次施工均有具体施工方案，层层审批进行施工。为保证不影响次日运营，每次施工均留出 2 小时使轨旁设备恢复为既有设备并进行功能验证。

3.5.2 混跑阶段：

在第二阶段：逐步将既有 31 列车安萨尔多车载更新为本土化的 BiTRACON 型车载，车载、ATS、ZC 系统联调，

取得兼容系统安全认证时期，针对既有列车点式 ATP 模式与新投入升级 BiTRACON 型的列车 CBTC 模式混跑期间，减少点式过渡期间、对地铁运营的影响，最终采取按照每两天完成 3-4 列车（5 号线共计 31 列车，平日运营使用 28 列车，每两天改造 3 列车，周六每天改造 4 列车），7 月 29 日前可完成整体改造工作，点式过渡期由原来每两天改造 2 列车的 28 天压缩至 21 天。并针对新上线列车进行全程跟车保障，在通号中心联合其他相关专业编写的风险管控文件基础上，编写了混跑期间处置办法，应对突发情况。

参考文献

[1]5 号线信号 ATS、ZC、车载系统升级优化的各类方案、风险管控文件等。