

适用于京津冀轨道交通互联互通全自动运行的 信号系统关键技术研究与应用

单位：北京市轨道交通建设管理有限公司

姓名：李晓刚





Metro Trans

目录

- 一、互联互通全自动运行系统应用的必要性
- 二、互联互通全自动运行系统的关键技术
- 三、互联互通全自动运行系统的工程应用





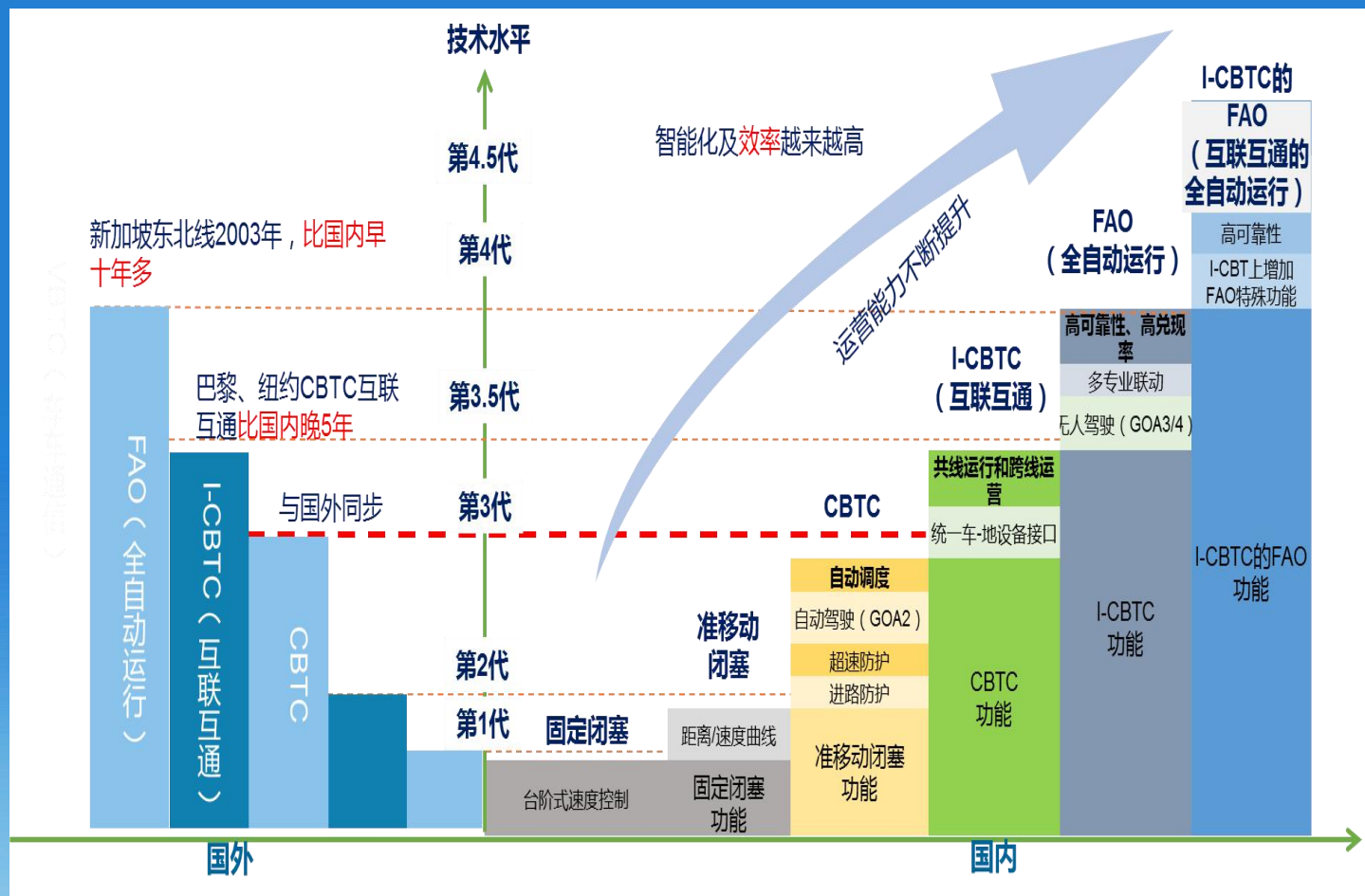
Metro Trans

一、互联互通全自动运行系统应用的必要性

1、技术发展的趋势

轨道交通发展趋势：单线向网络化发展；人工驾驶向全自动发展。互联互通是实现网络化运营的技术基础。

燕房线设备系统面向中国需求自主创新，实现了首条具有自主知识产权的全自动运行系统（FAO），达到了国际自动化最高等级，填补了我国的空白。





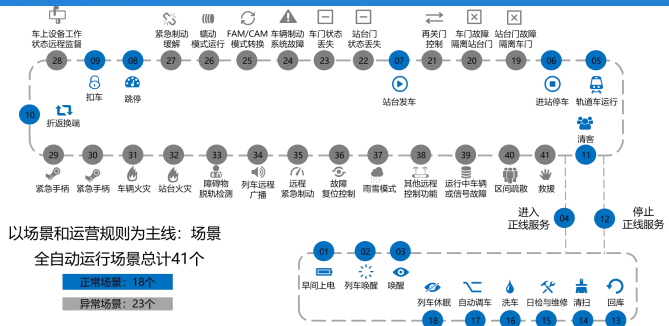
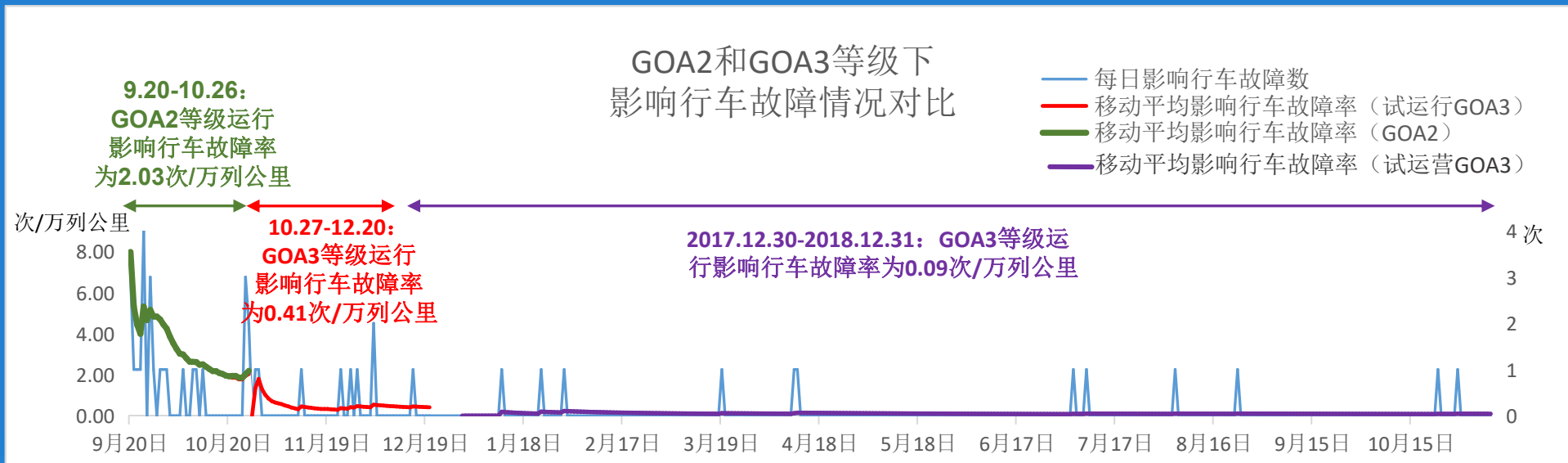
Metro Trans

一、互联互通全自动运行系统应用的必要性

2、FAO系统性能表现优异

故障率较以往新开通线路大幅下降，其中信号系统故障率降低61%。

功能丰富



针对中国需求，以场景和运营规则为主线，燕房线实现41个运营场景，正常18个，异常23个。

指标项目	单位	2017.12.30-2018.12.31			交委对开通1-2年线路的指标要求	交委对开通2年以上线路的指标要求
		交委年度指标要求	实际表现	是否达标		
兑现率	%	≥99.70%	99.998%	是	≥99.80%	≥99.90%
正点率	%	≥99.40%	99.995%	是	≥99.60%	≥99.80%
请人率	次/万车公里	≤0.06	0.008	是	≤0.05	≤0.04
掉线率	次/万车公里	≤0.06	0.012	是	≤0.05	≤0.04
列车服务可靠度	万车公里/次	≥200	+∞	是	≥210	≥220
影响行车设备故障率	次/万车公里	≤0.11	0.026	是	≤0.09	≤0.07



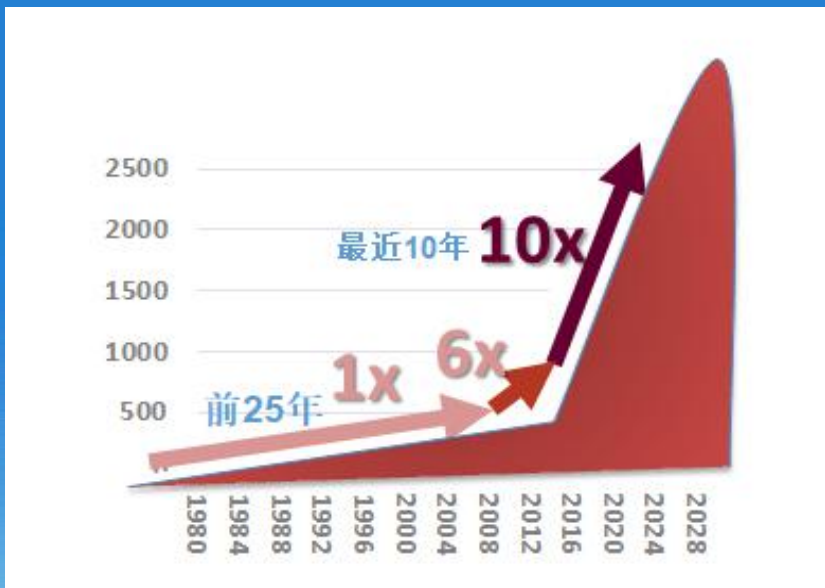
Metro Trans

一、互联互通全自动运行系统应用的必要性

3、互联互通FAO系统是多方面诉求的共同需要

核心技术靠化缘是要不来的。要着力构建现代化交通网络系统，把交通作为先行领域，加快构建快速、便捷、高效、安全、大容量、低成本的互联互通综合交通网络。

大力发展互联互通全自动运行系统是国家政策、发展趋势以及行业需求的共同需要。



国际

国际厂商技术垄断
引进技术造价高、技术受制
售后困难、不适应中国需求

ALSTOM
(北京机场线、上海10号线引进)

BOMBARDIER

THALES

国内

国内千亿级别FAO市场
一带一路、走出去战略的需要

中国城轨协会2018年报告:

- 在建线路**6374公里**
- 在建线路条数**258条**
- 在建线路车站**4157座**
- 批复可研投资额**42688亿**

互联互通FAO系统是城市轨道交通未来的发展方向

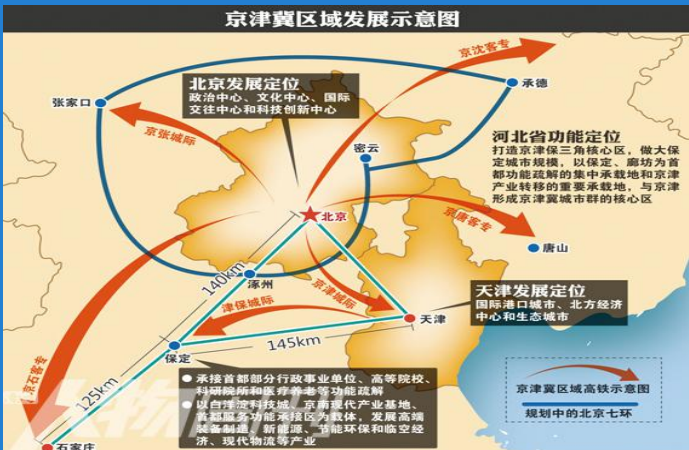
自主创新的互联互通FAO系统打破国外垄断



Metro Trans

一、互联互通全自动运行系统应用的必要性

4、实施京津冀协同发展战略和线网规划需要互联互通技术支撑



1

完善的整体轨道交通CBTC系统技术体系



技术要求



试运营规范

京津冀一体化对城市轨道交通系统提出了网络化运营需求

4

互联互通发展需求

2



2020年北京轨道交通规划图



西二旗换乘站

资源共享的网络化运营方式

3

资源共享、减少建设和管理成本



Metro Trans

目录

- 一、互联互通全自动运行系统应用的必要性
- 二、互联互通全自动运行系统的关键技术
- 三、互联互通全自动运行系统的工程应用





二、互联互通全自动运行系统的关键技术

1、互联互通技术研究

互联互通一期总体目标

资源共享

实现在运营管理、车辆调配、人机操作方式、检修设备、维修工艺、备品备件、人力资源、培训资源等全方面的资源重组，盘活建设和运营单位的人力和设备资产。

网络化运营

实现路网间的联通、联运，在确保列车安全高效运行的前提下，实现不同厂商的信号设备互联互通，实现列车跨线运营，提高线路利用率。

互联互通一期目标

实验室阶段

- 规范信号系统需求和功能分配，统一车地接口物理层、安全层和应用层协议
- 多家设备厂商研制出互联互通车载设备样机，并通过相应阶段安全评估
- 搭建最小系统验证测试平台
- 完成各车载设备样机测试，完成各车载设备样机测试





Metro Trans

二、互联互通全自动运行系统的关键技术

1、互联互通技术研究

➤ 主持单位：北京市交通委员会

➤ 承担单位：北京市轨道交通建设管理有限公司、北京市轨道交通设计研究院有限公司、北京交通大学、交控科技股份有限公司、北京全路通信信号研究设计院有限、北京和利时系统工程有限公司、中国铁道科学研究院通信信号研究所、卡斯柯信号有限公司。

➤ 课题起止时间：2015年1月~2017年6月





二、互联互通全自动运行系统的关键技术

1、互联互通技术研究

技术方案

完成互联互通信号系统技术方案（含互联互通调研报告、需求规格书、技术规格书、功能规格书、一系列车地接口规格书、验证规格书和测试序列等）。

完成了包含上述要求的互联互通信号系统系列文件，共形成**43份**文件。
(120%)

样机研制

3家及以上设备供货商完成满足互联互通要求的车载设备样机研制。

交控、卡斯柯、和利时、通号、铁科均已完成。
(100%)

测试平台

搭建一套可以验证互联互通信号系统技术方案的测试平台。

已完成，并**经过两次专家**评审。(100%)

样机测试

完成车载设备样机测试工作。

五家均已完成CBTC级别和点式级别下互联互通功能、性能测试。
(100%)

专利成果

专利4项，论文5篇，软件著作权8篇。

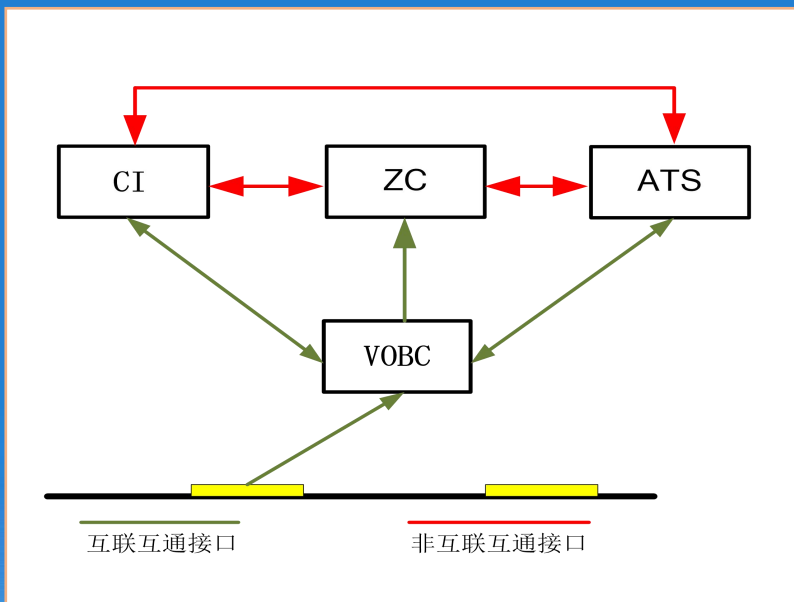
专利4项，论文8篇(其中：**SCI检索1篇**，影响因子大于2.0；**EI检索1篇**)，软件著作权8篇。
(120%)



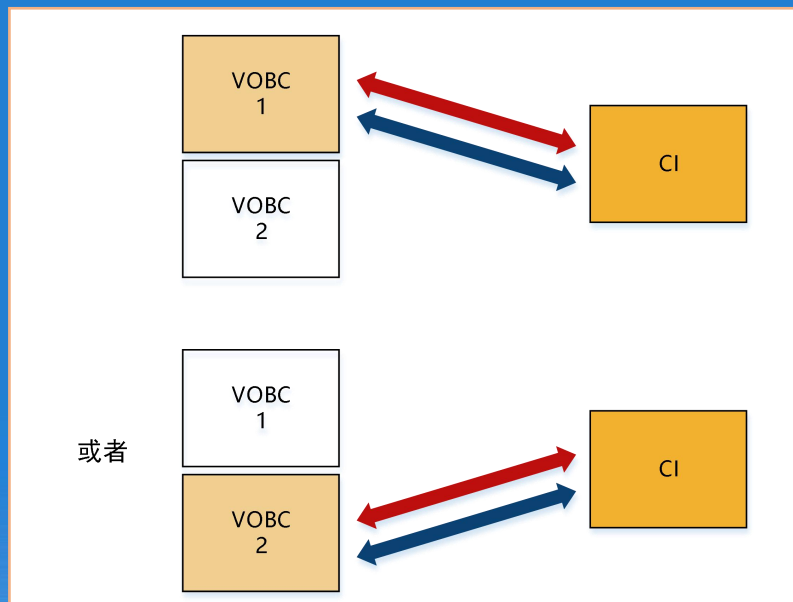
Metro Trans

二、互联互通全自动运行系统的关键技术

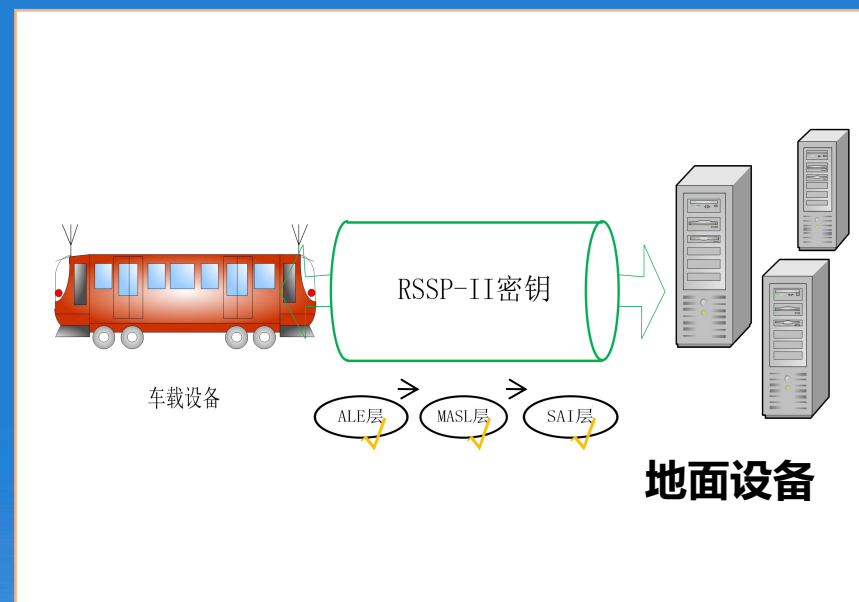
1、互联互通技术研究



统一互联互通系统架构



车地、地-地通信方式与接口兼容技术



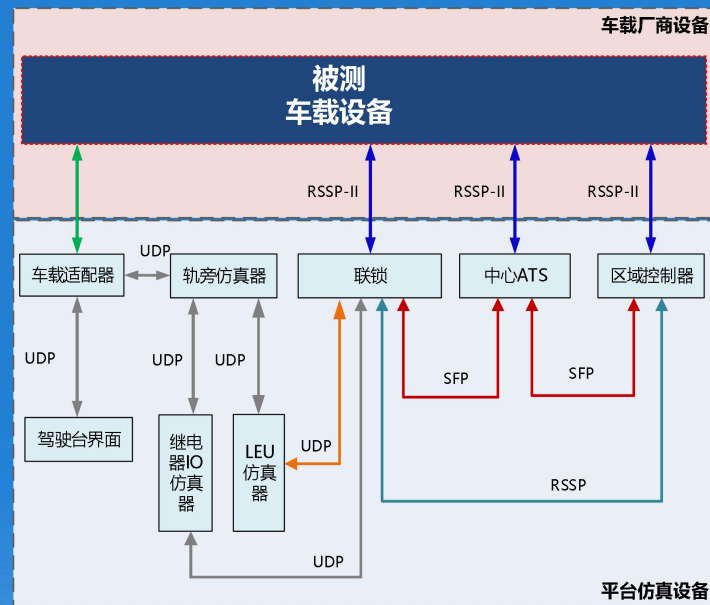
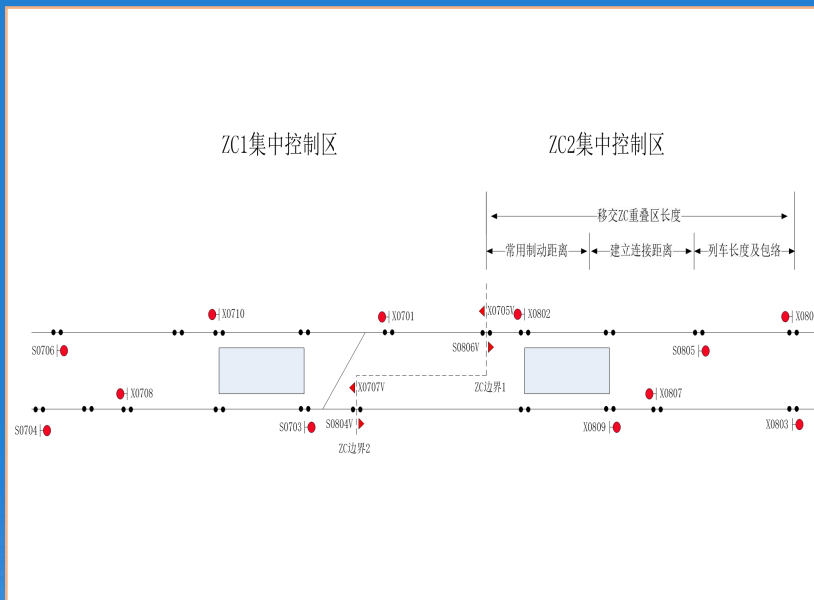
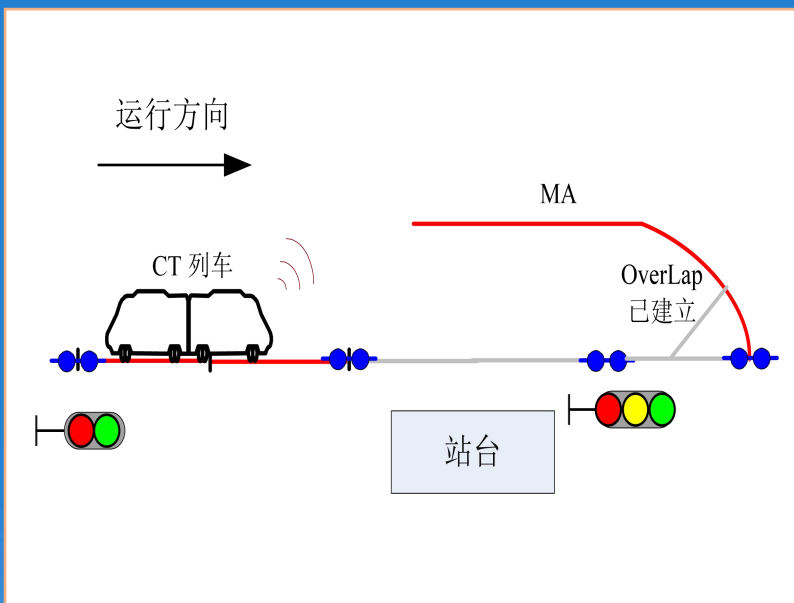
满足互联互通的信息传输安全编码与解码技术



二、互联互通全自动运行系统的关键技术

Metro Trans

1、互联互通技术研究



解决15个以上满足互联互通的列车安全防护技术

跨线切换技术

采用统一的接口界面实现测试平台的兼容和扩展

互联互通一期关键技术：实现了不同厂家车地和地地的互联互通。



Metro Trans

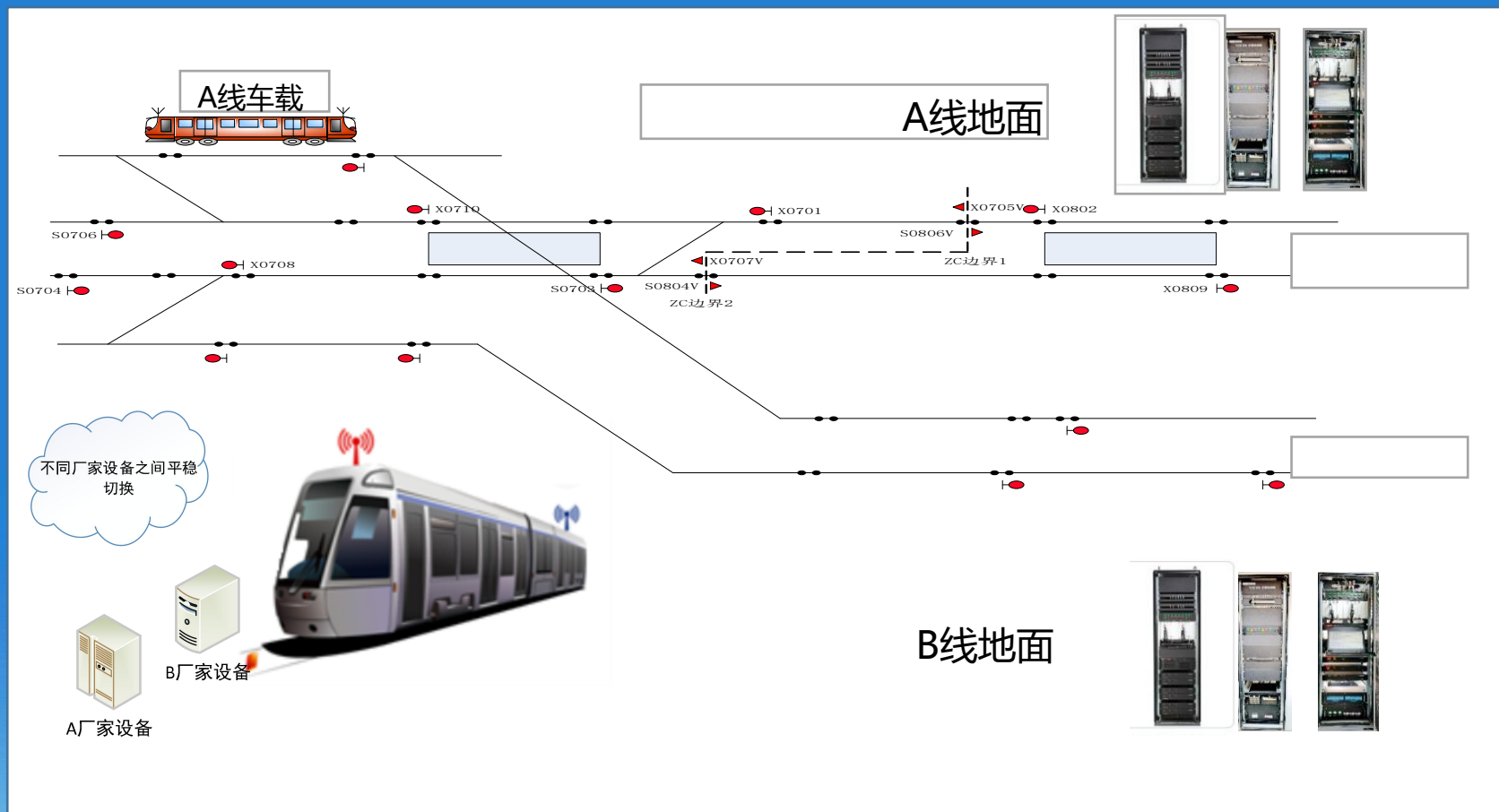
二、互联互通全自动运行系统的关键技术

2、互联互通FAO系统技术方案

互联互通FAO系统在互联互通的

基础上考虑以下几个方面：

- 1、系统架构(增加FAO相关设备)
- 2、系统功能(新增FAO功能)
- 3、电子地图(新增FAO线路设计)
- 4、系统接口(新增FAO接口)



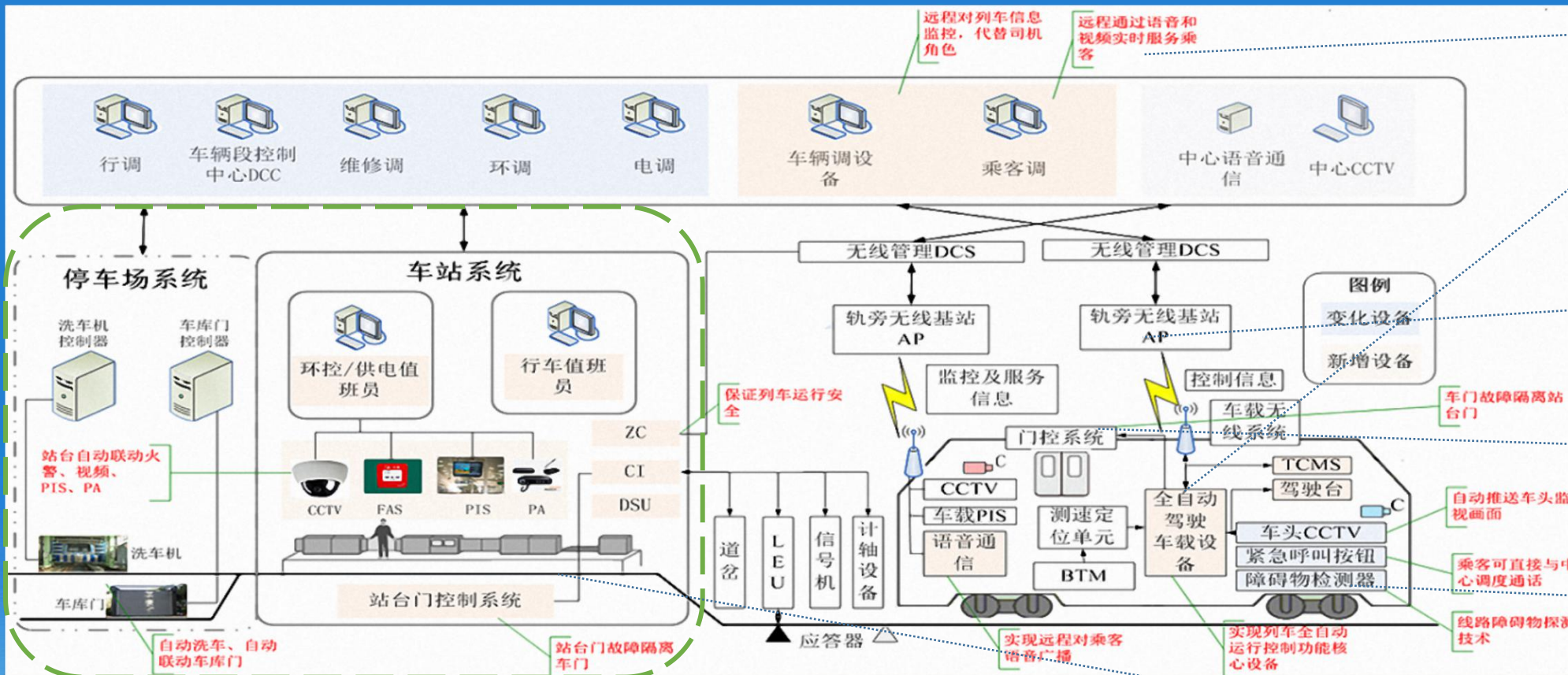
在互联互通一期的成果基础上开展适用于全自动运行的轨道交通互联互通信号系统研究
(简称：互联互通FAO系统)



二、互联互通全自动运行系统的关键技术

Metro Trans

2、互联互通FAO系统技术方案



更多的远程控制功能

车载VOBC设备功能划分更加精细，辅助驾驶模块故障不影响FAM模式运行

车地无线完全采用LTE设备

车门站台门对位隔离信息直接通过VOBC-ATS通道实现

增加列车智能障碍物检测系统 (TIDS)

增加了站台门车门间隙探测系统，独立于站台门系统，单独与信号接口



中心系统

•中心系统负责监控列车运行和服务乘客



车站系统

•车站系统负责监控站内设备



车载系统

•车载系统负责列车的全自动运行



二、互联互通全自动运行系统的关键技术

3、互联互通FAO系统的实现目标

北京市轨道交通互联互通FAO科研与工程相结合方式同步推进。

在常规CBTC互联互通的基础上，通过增加全自动运行系统所需特殊功能、硬件及接口，修改电子地图和部分既有接口规范，实现全自动运行系统的互连互通。

互联互通全自动运行系统至少应实现下面两个目标：

- 保证无人控制级以及有人控制级的互联互通。
- 保证列车在正常情况下跨线运行时不降级、不减速；在异常情况下跨线运行时故障处理安全、连续、可控。



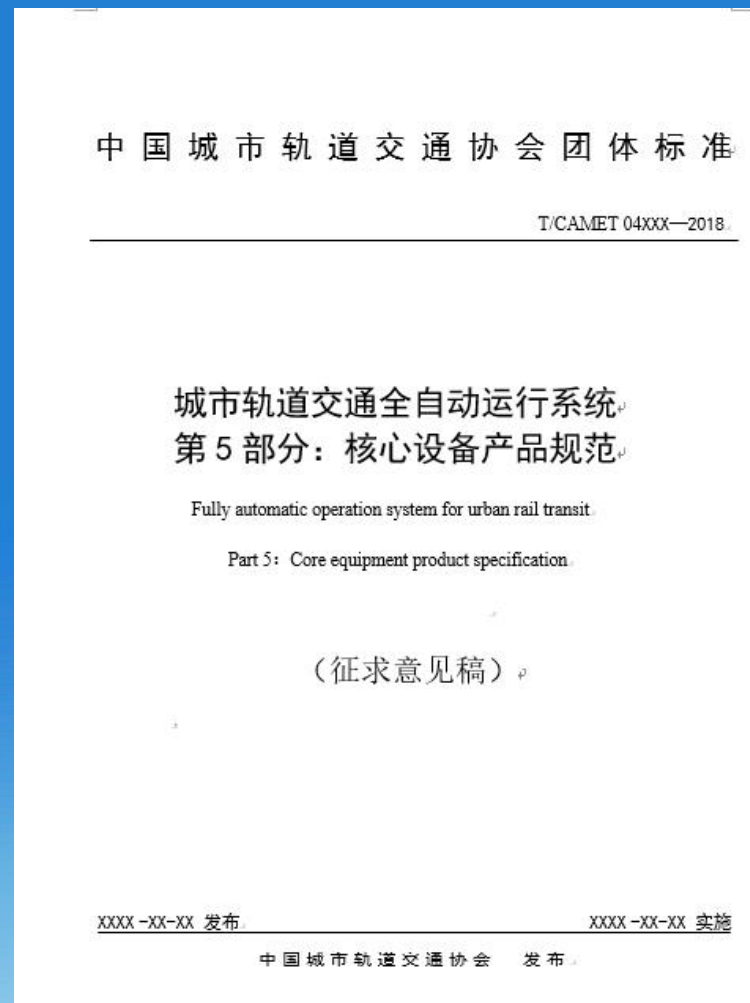


二、互联互通全自动运行系统的关键技术

3、互联互通FAO系统的实现目标

形成一系列基于全自动运行的轨道交通互联互通规范

序号	部分规范	备注
1	《适用于全自动运行的信号系统互联互通设计原则》	
2	《区域轨道交通全自动运行信号系统互联互通ZC-VOBC接口规格书》	
3	《区域轨道交通全自动运行信号系统互联互通车载电子地图技术规格书》	
4	《区域轨道交通全自动运行信号系统互联互通VOBC-CI接口规格书》	
5	《区域轨道交通全自动运行信号系统互联互通TIAS-VOBC接口规格书》	
6	《ZC-ZC接口规格书》	
7	《城市轨道交通基于通信的列车运行控制系统（CBTC）互联互通接口规范第1部分：应答器报文》	
8	《互联互通信号系统数据配置设备编号原则》	



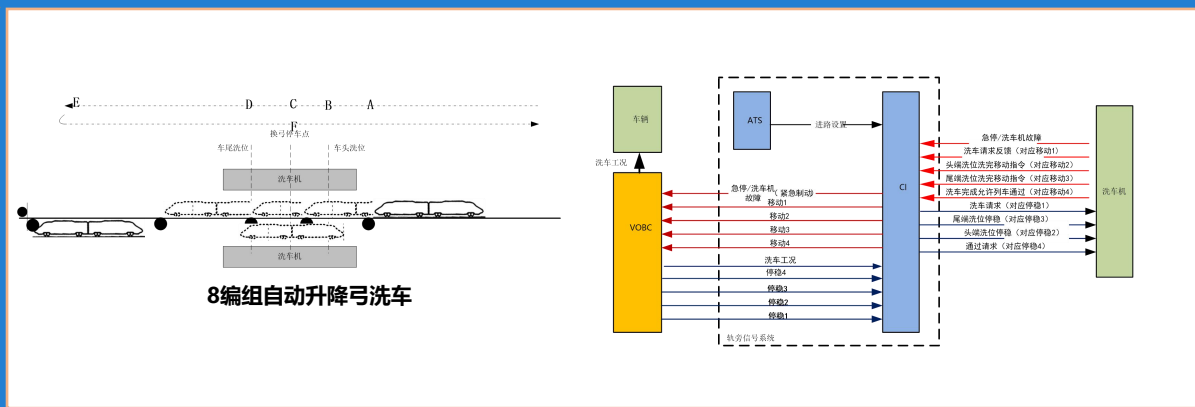


二、互联互通全自动运行系统的关键技术

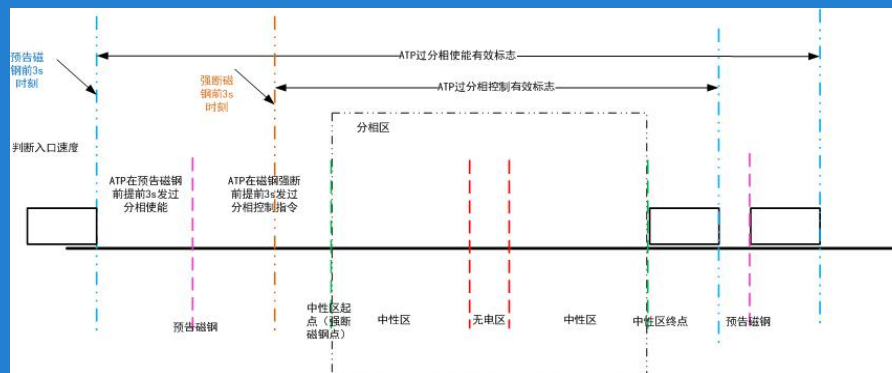
Metro Trans

4、互联互通FAO系统的关键技术

自动洗车



FAM模式自动过分相区

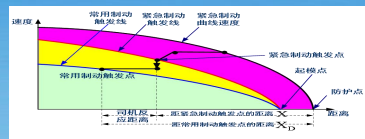


自动过分相时序图

雨雪模式控制功能



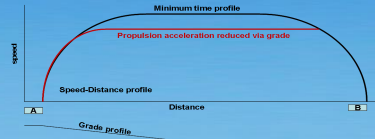
列车汇报车轮打滑



增大安全距离



行调确认



降低运行速度



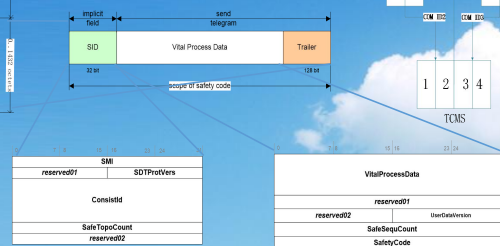
列车进入雨雪模式



降低牵引动力

信号车辆通信方式-以太网通信

(1)IP地址	(2)通信版本
(3)通信格式	(4)通信接口
(5)列车静态拓扑序列	(6)列车运行拓扑序列
(7)应用数据长度	(8)设备
(9)设备数据源/地址	(10)设备数据源/IP地址
(11)应用数据	



确定信号与车辆的以太网通信架构方式：类似于MVB，双网口单环网热备冗余；
 未来车辆以太网通信将逐步替代其他的通信方式
 目前新机场采用TRDP+SDT协议保证安全通信



Metro Trans

目录

- 一、互联互通全自动运行系统应用的必要性
- 二、互联互通全自动运行系统的关键技术
- 三、互联互通全自动运行系统的工程应用





三、互联互通全自动运行系统的工程应用

将开展线网互联互通下共线、跨线运营的全自动运行系统的工程应用。

编制基于互联互通全自动运行系统的标准规范体系。

在北京17、19号线实现FAO共线示范应用，每条线拿出部分列车安装其他厂家的信号车载设备。

在北京3、12号线试点跨线及共线运行。

2017年开始研制适用于互联互通全自动运行系统，在新机场线试点共线运行。



Metro Trans

三、互联互通全自动运行系统的工程应用

北京轨道交通新机场线一期工程南起新机场北航站楼，北至草桥站，线路全长39.898km，共设车站3座。采用CRH6型动车组，最高运行速度160km/h，按全自动运行线路（GOA4级）进行建设，2019年9月开通运营。

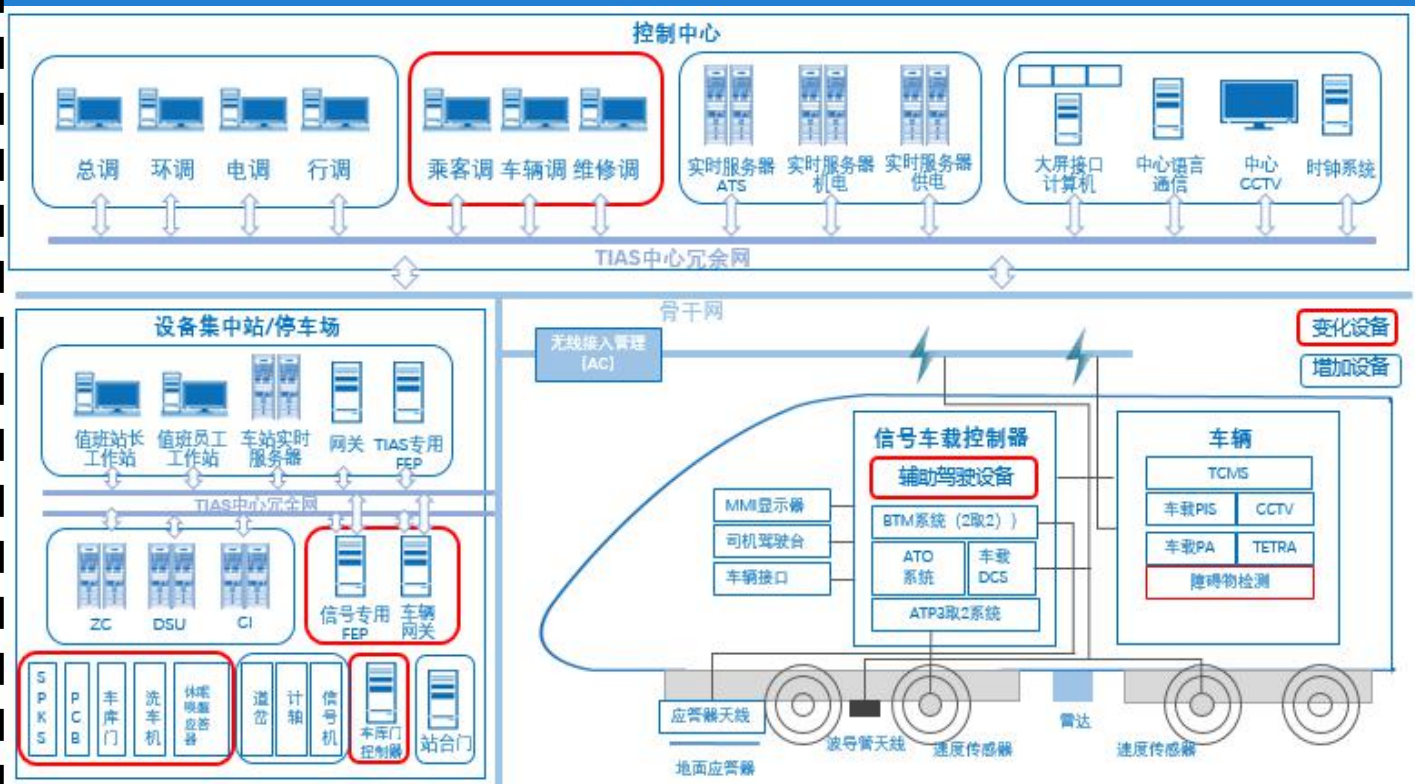
交控科技的信号系统与卡斯柯信号车载设备实现共线互联互通运行。





三、互联互通全自动运行系统的工程应用

中心、车站、轨旁设备（ATS、CI、ZC、DSU等）以及10列车载ATP/ATO设备由交控科技提供；卡斯柯提供一列车载ATP/ATO设备；按照北京互联互通FAO要求实现列车唤醒/休眠、自动出入库、自动洗车等全部功能。



交控提供中心、车站、车载信号设备

卡斯柯提供一套车载信号设备



Metro Trans

三、互联互通全自动运行系统的工程应用

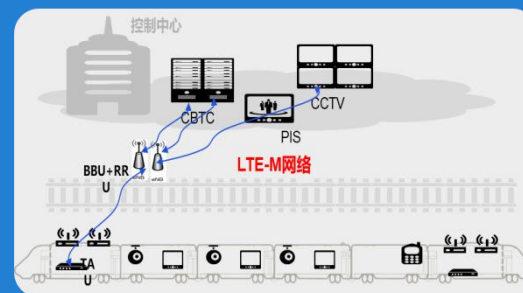
新机场线采用全自动运行系统，在燕房线基础上优化设备功能，同时基于新机场线高速、大长区间控制、25KV供电等特殊特性，提供便于运营人员使用、维护、的高可靠全自动运行系统。共线互联互通运行均需支持上述特殊功能需求。



全自动运行系统增加信号系统控制过分相



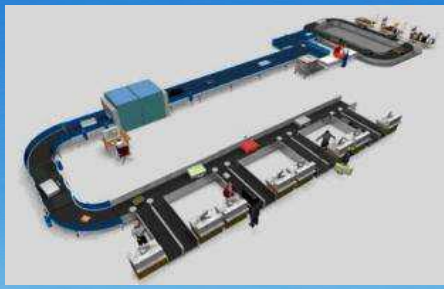
大长区间增加紧急疏散功能



160KM/h下LTE车地综合承载系统



4编组及8编组混跑功能



全自动运行系统增加行李托运功能



全自动运行系统和车辆增加撒沙功能



车辆调界面优化，更便于运营人员使用。



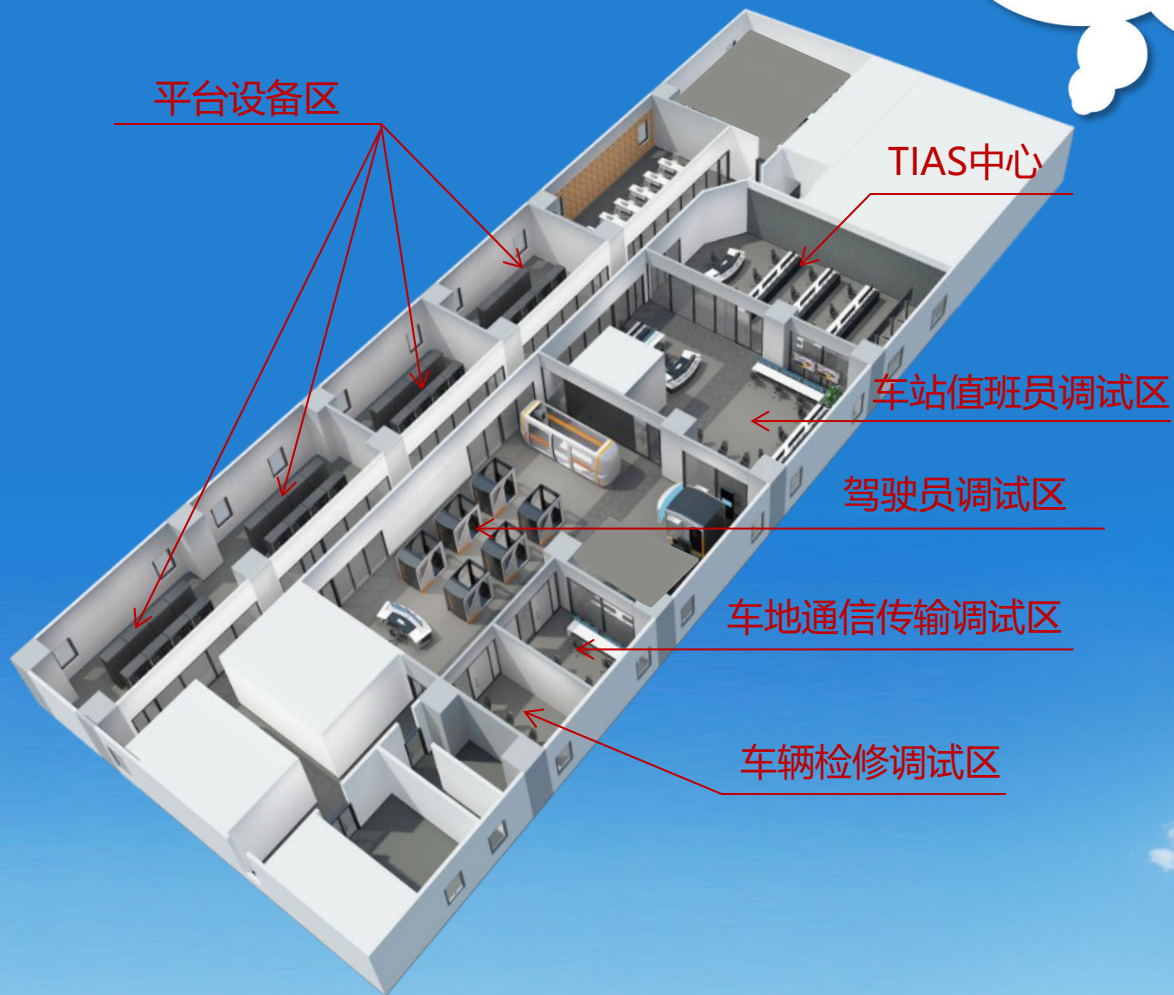
Metro Trans

三、互联互通全自动运行系统的工程应用

互联互通全自动系统
测试平台部署在燕房
线大石河东站二层

综合调试验证平台

- ◆ 交控地面和卡斯柯车载设备已经完成产品调试和测试。
- ◆ 已形成后续各厂家共线跨线调试测试计划。





Metro Trans

总结

互联互通的全自动运行系统可有效支撑网络化运营，提高运营安全性，降低运营人员劳动强度，提升运营效率。

随着网络化运营的不断深入，自动化水平不断提高，采用互联互通的全自动运行系统正在成为城市轨道交通的首选方案。





Metro Trans

谢谢!
THANKS!

