



International Metro Transit
Exhibition & Forum
Beijing

北京国际城市轨道交通展览会
暨高峰论坛(2019)

城轨车辆智能运维系统的应用与展望

上海地铁维护保障有限公司

王生华





Metro Trans

目录

- 1 | 上海地铁的现状
- 2 | 在线监测应用进程
- 3 | 车辆智能运维系统
- 4 | 车辆智能运维系统应用
- 5 | 展望与思考





1、上海地铁的现状



申通地铁：融资、建设、运营

上海2020年轨道交通运营线路示意图





1、上海地铁的现状





Metro Trans

1、上海地铁的现状



国家战略

《增强制造业核心竞争力三年行动计划（2018-2020年）》

上海市政府，中国城市轨道交通协会的大力支持



行业规模

35个城市

185条线路

运营总长5766.6公里



上海示范

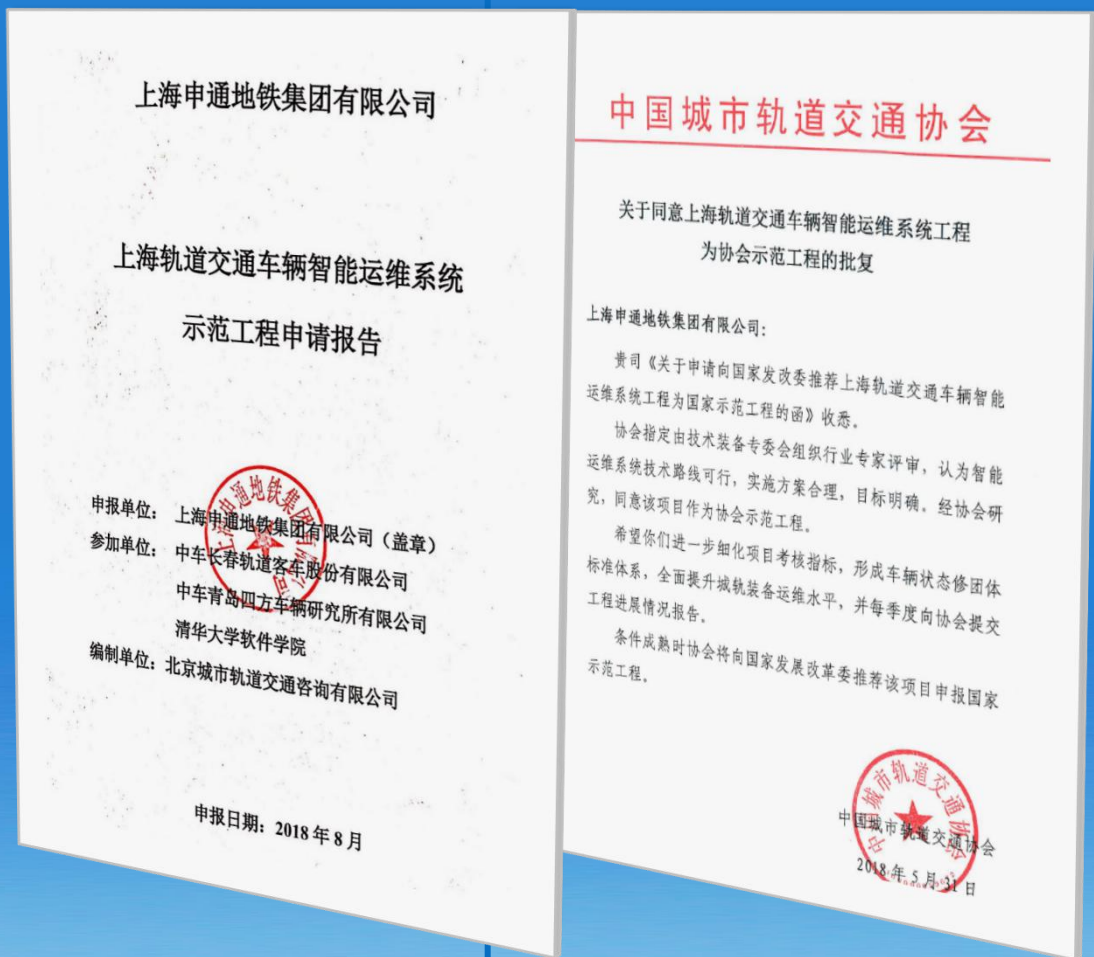
国际化标杆示范地位

大数据云平台

智慧地铁



1、上海地铁的现状



为做好《增强制造业核心竞争能力三年行动计划（2018—2020年）》贯彻落实，推动轨道交通行业发展，提升行业自主化装备产业发展。上海申通地铁集团于**2018年**申请“上海轨道交通车辆智能运维系统国家示范工程”，并获得批准。

2018年，中国城市轨道交通协会立为协会示范工程

2019年，国家发改委批复为国家示范工程





Metro Trans

1、上海地铁的现状



上海地铁
Shanghai Metro



中车长春轨道客车股份有限公司

CRRC CHANGCHUN RAILWAY VEHICLES CO., LTD.



中车青岛四方车辆研究所有限公司

CRRC QINGDAO SIFANG ROLLING STOCK RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.



清华大学

Tsinghua University

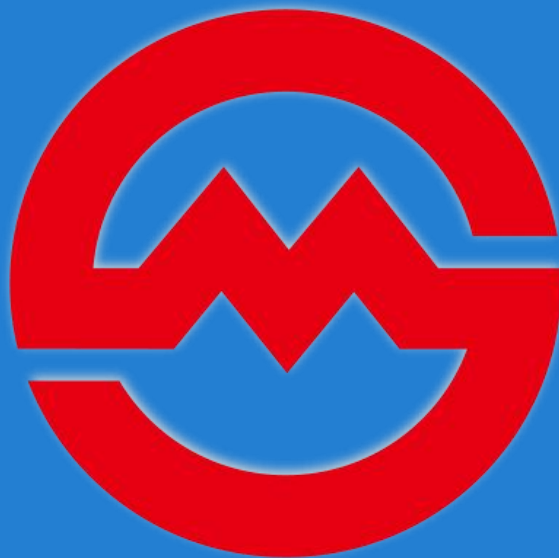
上海地铁作为本项目的牵头单位，与中车长客、青岛四方所、清华大学软件学院等单位密切合作，整合优质资源，共同建设上海轨道交通智能运维系统，引领国内城市轨道交通检修模式的变革，并带动相关产业的发展。



1、上海地铁的现状



2018年3月，上海市副市长时光辉赴申通集团指导工作，要求全网络覆盖



2018年 国内外多家地铁公司，主机厂，牵引系统供应商参观了车辆智能运维系统
哈尔滨地铁、青岛地铁、京港地铁、日本东急电铁、西门子、庞巴迪、阿尔斯通等...



2018年11月，交通部副部长刘小明赴申通集团指导工作，建议国内推广



2、在线监测应用进程



Metro Trans

2000



- 提出在线监测概念
- 试装平轮检测系统

2008



- 科研项目实现车地无线通信可行性验证
- 全路网配置平轮、轴温检测系统

2013



- 4、8号线安装受电弓在线监测系统
- 16号线车载轮轨振动监测系统完成建设

2015



- 3、4号线增购实现车地无线传输功能
- 8号线鹰眼系统试点





2、在线监测应用进程

2016

- 8号线移动巡检系统试用
- 8号线鹰眼系统试用

2017

- 完成**5**条线路的移动巡检
- 完成**100**列车的IOR系统
- 17号线智能工具箱试用
- 17号线SMIT系统，完成试点
- 启动车辆智能运维平台建设

2018

- 9号线SMIT系统，完全启用，纳入检修工作使用
- 完成5条线路的鹰眼系统
- 申报并获批协会示范工程
- 申报发改委示范工程

2019

- 累计完成**286**列车IOR系统
- 获批国家示范工程
- 启动示范工程





Metro Trans

2、在线监测应用进程

基于维修的构建智能运维目标

- 提高运营安全
- 减少检修人员
- 降低劳动强度
- 提升设备可靠性
- 探索“不回库”检修模式





Metro Trans

2、在线监测应用进程

构建智能运维的范围—**三域五层**

建设、运营、维保

- 状态感知
- 数据管理
- 自主分析
- 闭环工单
- 持续优化





2、在线监测应用进程

	序号	项目	检查内容	工时	合计	传统检查工时						可用在线检测查	配合轨旁检测工时						
						TC1	M1	M2	M3	M4	TC2	一列车所需工时(小时)	是/否	TC1	M1	M2	M3	M4	TC2
一. 车顶电气	1	司机室空调机组	1. 检查空调机组外观	20s	20s	10s					10s	0.006	是	0					0
	2	客室空调机组	1. 检查空调机组外观	40s	40s	20s	20s	20s	20s	20s	20s	0.033	是	0	0	0	0	0	0
二. 车内电气	1	司机室电气	1. 检查司机室内所有指示灯(按灯测试按钮45-S01)及司机室所有照明	30s	5m	10s					10s	0.006	否	15s					15s
			2. 所有开关按钮的外观检查	10s		10s				10s	0.006	否	5s					5s	
			3. 按钮开关功能检查。(左门开 81-S03, 左门关 81-S07, 右门开81-S01, 右门关81-S05, 左门开81-S04, 左门关81-S08, 右门开81-S02, 右门关81-S06, 停车制动施加26-S01, 停车制动缓解26-S02, 高速断路器合22-S06, 高速断路器分22-S05, 空调关61-S05, 空调开61-S04, 头灯51-S01, 司机室灯53-S01, 客室照明52-S01)	3m		30s				30s	0.017	否	1m						1m
			4. 检查蓄电池电压表, 双针压力表, 网压表	10s		5s				5s	0.003	否		5s					5s
			5. 检查司机室通风装置	10s		5s				5s	0.003	否		5s					5s
			6. 检查安防视频监控器	30s		10s				10s	0.006	否		5s					5s
			7. 检查司机室客室广播及对讲功能	10s		10s				10s	0.006	否	5s					5s	
			8. 检查轴温	20s		10s				10s	0.006	否	0					0	
	2	前部照明	1. 检查头灯、尾灯、列车目的地显示器外观及功能	1m	1m	30s					30s	0.017	否	30s					30s
	3	驾驶台显示屏	1. 检查外观	20s	50s	10s					10s	0.006	否	10s					10s
			2. 检查各系统界面	30s		15s				15s	0.008	否	15s					15s	
4	客室照明	1. 检查客室照明灯罩	10s	40s	5s	5s	5s	5s	5s	5s	0.008	否	5s	5s	5s	5s	5s	5s	
		2. 检查客室照明功能	10s		5s	5s	5s	5s	5s	0.008	否	5s	5s	5s	5s	5s			
		3. 检查亮度采集器探头	20s		10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s			
5	乘客信息系统	1. 客室LED显示屏	10s	30s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s	10s	
		2. 客室LCD显示屏	10s		10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s			
		3. 客室广播功能	10s		10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s			
7	列车控制单元	1. 使用便携式计算机下载保存并读取EDRM故障履历, 确认状态正常, 遇故障进行排除	4m	4m	3m						0.05	否	2m					2m	
8	空调控制单元	1. 打开空调控制柜目测检查空调控制单元及各指示灯及故障显示单元工作情况	30s	40s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	0.025	否	15s	15s	15s	15s	15s	15s	



2、在线监测应用进程

序号	类别	装备名称	备注
1	车地传输系统	实时车地无线信息传输系统	50种车型
2	轨旁检测系统	轨旁受流器检测系统	
3		列车轮对尺寸检测系统	
4		列车轮对踏面检测系统	
5		车外360°视觉检测系统	
6		车轮失圆检测系统	
7	检修辅助系统	车辆移动点巡检系统	
8		可视化接地系统	
9		车辆检修鹰眼设备	
10	智能物流与仓储装备	检修辅料配送系统	
11		智能工具管理系统	集成创新

3、车辆智能运维系统



Metro Trans



车联网系统

SMC.IOR™



轨旁智能检测系统

SMC.SMIT™



车辆维护管理信息系统



申通数据
中心



SMC.RISE™





3、车辆智能运维系统



各数据
来源

适配所有
车型

海量存储

实时条件
判定

毫秒级
响应

交叉查询

专家知识
管理

人工智能

开放系统
外挂组件

数据共享



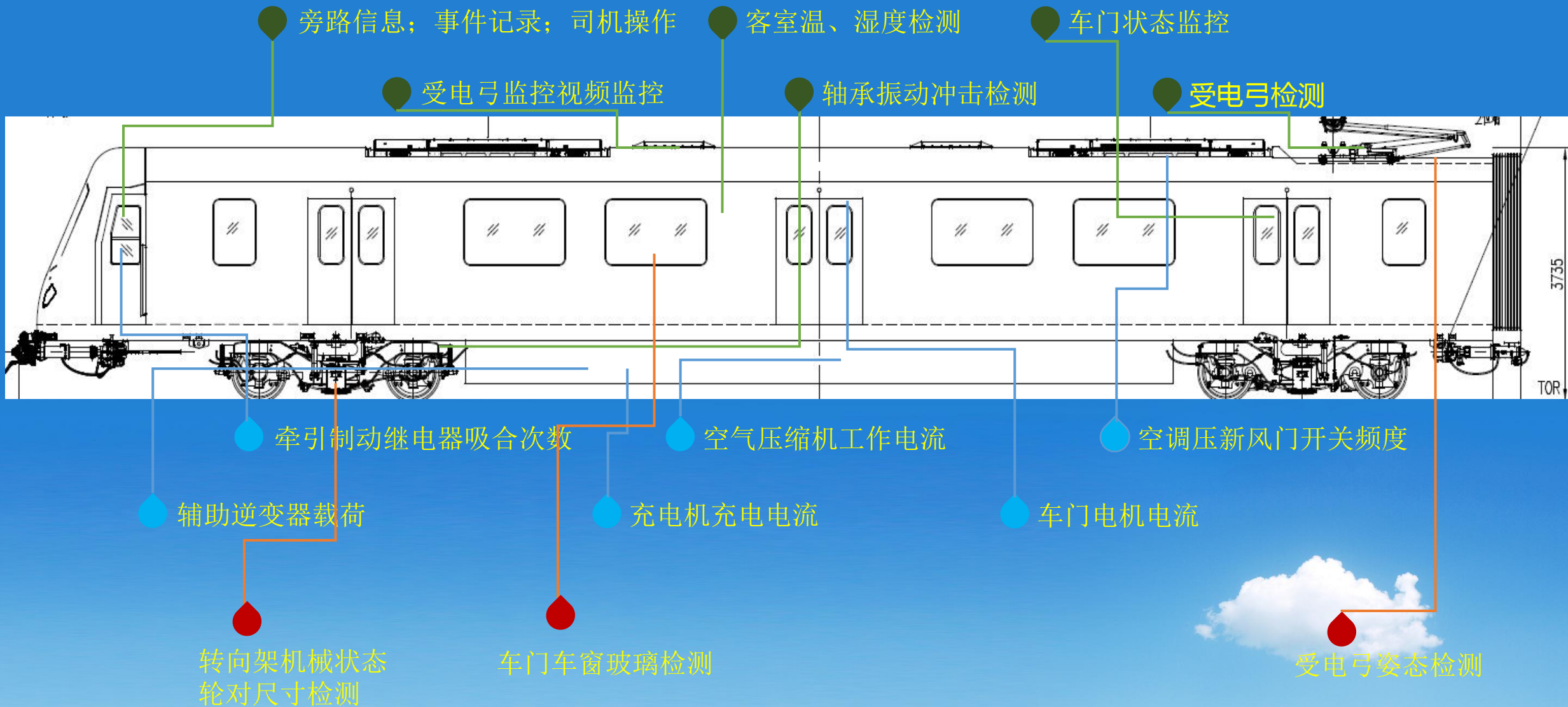


3、车辆智能运维系统

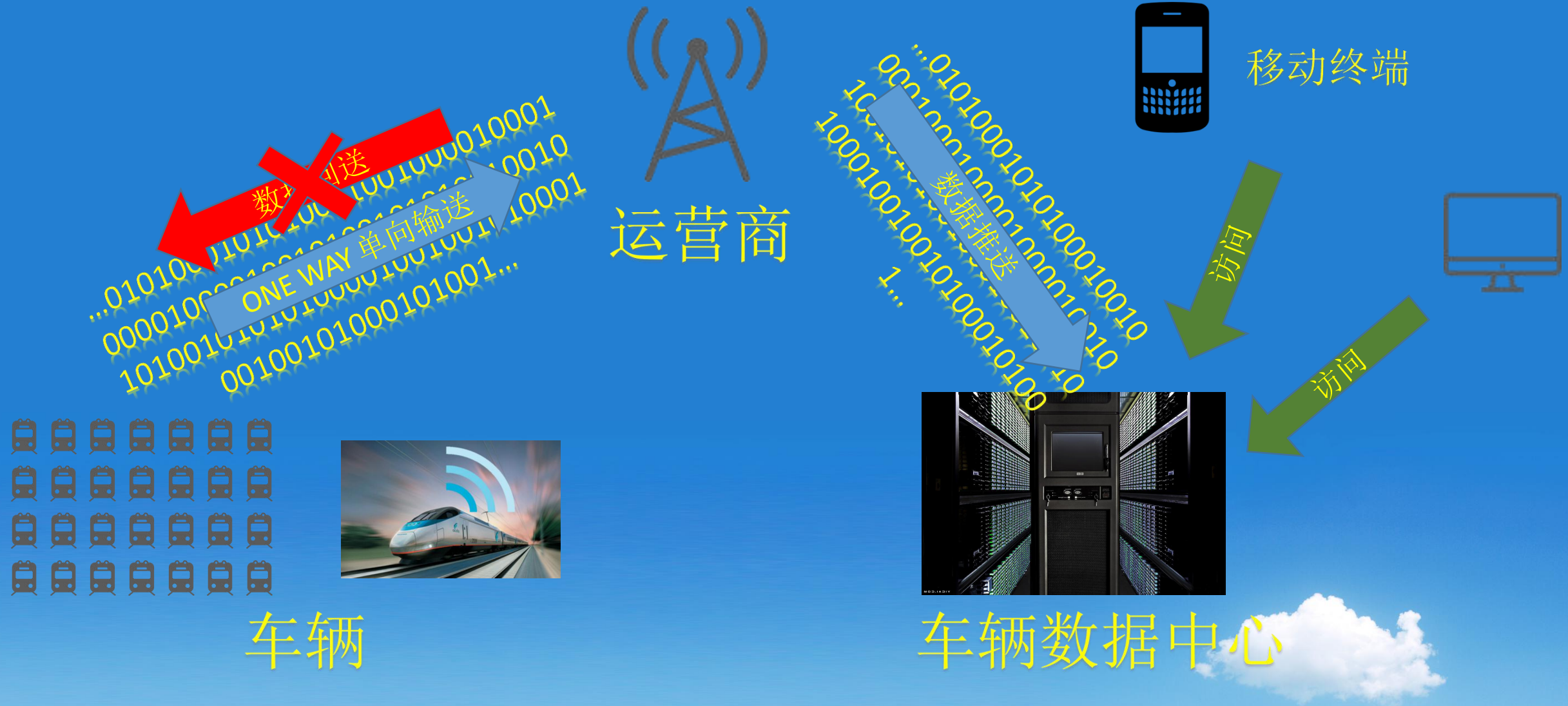




3、车辆智能运维系统



3、车辆智能运维系统



车辆

车辆数据中心



3、车辆智能运维系统

- “1101” 车作为救援车与 “1121” 进行联挂
- 联挂完成后，“1101” 因非激活端列车控制空气开关跳开，未被发现，导致列车无法动车
- 车辆预警提供：在非激活端有空开落下，建议检查

• 列号:330 制动 ATO 手动开门模式 半自动报站 时间:2016-09-09 16:48:57
 • 当前速度: 7.84km/h 网压:1601 V 网流:-30 A 主风压力:8.4 Bar 司控器级位:-1.8%

基本信息 **牵引状态** 辅助状态 制动状态 通信状态 车门状态 空调状态 报警状态 旁路状态 紧急制动

列车编号	TC1	MP1	M1	M2	MP2	TC2
实时客流量	0	139	197	131	123	131
实时温度	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C
列车位置	列车位于：宜山路和虹桥路之间					

📄 基本信息帮助文件

预警明细			
列号	330	时间	2016-09-03 10:12:15
警报名称	TC2车非激活端空开断开	建议措施	检查非激活端空开



Metro Trans

3、车辆智能运维系统



关键部件动作次数



数据录入信息终端



A继电器已使用80万次

继电器使用寿命100万次



B继电器使用30万次





3、车辆智能运维系统

上海地铁 Shanghai Metro 城轨车辆走行部在线监测与健康评估系统

当前用户: admin [上海] [注销] [修改密码]

系统管理 ▶ 车辆状态信息 ▶ 线路状态信息 ▶ 数据分析 ▶ 报警及维修 ▶ 对比分析 ▶ 统计分析 ▶ 报表输出 ▶ 设备工况 ▶

线路状态信息 >> 轮轨振动诊断结果

线路: 3号线 列车号: DKZ58-0329 行车方向: 上行 左右轨: 右轨 日期: 2016-11-13 上海3号线 查询 导出到Excel

起始站	终止站	采样时间	起始公里标	终止公里标	起始转速	终止转速	最大值	有效值	最大波长	最大波深	最短波长	最短波深	健康状况
中潭路	上海火车站	2016-11-13 00:11:53	14.6946	14.7486	312	367	28.34	5.24	269.355	0.224	25.653	0.010	健康
中潭路	上海火车站	2016-11-13 00:11:56	14.7486	14.8025	367	376	29.21	8.61	208.459	0.191	26.057	0.010	亚健康
中潭路	上海火车站	2016-11-13 00:11:59	14.8025	14.8564	376	376	37.03	10.82	223.924	0.115	26.344	0.010	不健康

轮轨振动诊断线图

轮轨振动诊断详细线图

上海地铁运营公司 [版本 V1.0.01.161026 2014-2016(C)]



Metro Trans

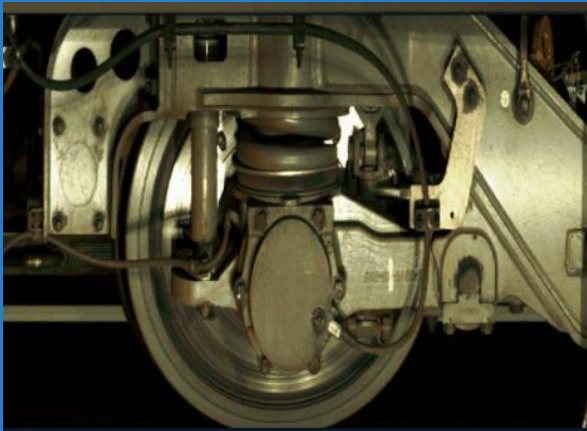
3、车辆智能运维系统





Metro Trans

3、车辆智能运维系统





3、车辆智能运维系统

线路	轮对尺寸检测	车下设备温度检测	受电弓检测	受流器检测	360° 车辆外观检测	踏面缺陷图像检测	车轮不圆度检测
1号线	●	●	●		●		
2号线	●	●	●		●		
3号线	●	●	●		●		
4号线	●	●	★		●		
5号线	●	●	●		●		
6号线	●	●	●		●		●
7号线	●	●	●		●	●	●
8号线	●	●	★		●		●
9号线	●	●	●		●	●	●
10号线	●	●	●		●		
11号线	●	●	●		●		●
13号线	●	●	●		●		●
14号线	●	●	●		●	●	
15号线	●	●	●		●	●	
16号线	●	●		●	●		●
17号线	★	★		★	★	★	★
18号线	●	●	●		●	●	

注：●表示项目建设内容 ★表示已建成的项目内容



3、车辆智能运维系统

异常类别	故障总数	识别总数	误报总数	识别率
螺栓松动	2048	1839	157	90%
螺栓脱落	170	170	0	100%
活塞脱落	60	51	0	85%
表面异物	60	51	0	85%
方孔锁松动	1240	1168	22	94%



3、车辆智能运维系统

项点名称	故障名称	故障总数	识别总数	误报总数	识别率	
车体外观故障	轴箱	螺栓松动	810	758	33	93.58%
		螺栓脱落	100	100	0	100.00%
	轴箱吊座	螺栓松动	946	847	73	89.53%
	中心销套	螺栓脱落	40	40	0	100.00%
	制动控制单元活塞	活塞脱落	60	51	0	85.00%
	牵引电机	螺栓松动	122	85	49	69.67%
		螺栓脱落	30	30	0	100.00%
	牵引拉杆	螺栓松动	170	149	2	87.65%
	蓄电池充电机	表面异物	20	20	0	100.00%
	牵引逆变器-进风口	表面异物	20	20	0	100.00%
	牵引逆变器-出风口	表面异物	20	11	0	55.00%



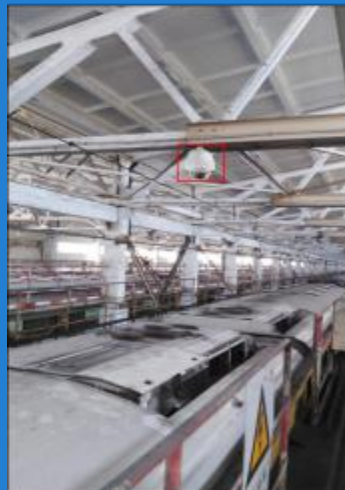
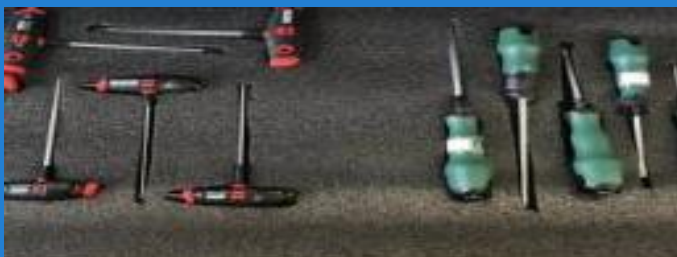
3、车辆智能运维系统

项点名称	故障名称	故障总数	识别总数	误报总数	识别率	
方孔锁松动故障	应急通风逆变器箱	应急通风逆变器箱	40	40	7	100.00%
	蓄电池控制箱	蓄电池控制箱	30	30	10	100.00%
	辅助逆变器箱	交流输出	80	68	0	85.00%
		滤波电抗器	60	56	0	93.33%
		高压输入	40	38	0	95.00%
		直流接触器	40	39	0	97.50%
		逆变模块	80	74	0	92.50%
		控制单元	60	52	0	86.67%
	蓄电池箱	蓄电池箱	41	40	3	97.56%
	牵引逆变器箱	高压电器	250	241	1	96.40%
		逆变器模块	170	157	1	92.35%
		传动控制单元	60	60	0	100.00%
	高压电气箱	高速断路器	50	45	0	90.00%
		BHB	50	49	0	98.00%
		HB&MQS	39	29	0	74.36%
	中压母线接触器箱	中压母线接触器箱	20	20	0	100.00%
	三位置转换开关	三位置转换开关	50	50	0	100.00%
蓄电池充电机	逆变模块	40	40	0	100.00%	
	整流模块	40	40	0	100.00%	



Metro Trans

3、车辆智能运维系统



故障代码	故障代码描述	故障日期	故障人	清除日期	清除人
1340	转向架, 故障	2016-5-25 11:05:44	RSZMM	2016-5-25 12:11:05	RSZMM
1434	制动系统, 故障	2016-5-25 11:05:44	RSZMM	2016-5-25 12:11:05	RSZMM
280	制动系统	2016-6-7 07:05:00	PSAPP	2016-6-7 07:05:00	PSAPP
692	制动系统	2016-6-7 07:05:00	PSAPP	2016-6-7 07:05:00	PSAPP
722	制动系统	2016-6-7 07:05:00	PSAPP	2016-6-7 07:05:00	PSAPP

RISE 智能运维平台建设架构



Metro Trans

可视化决策层

专业报表

多维度交叉查询

列车&部件状态视图

路网级监控

平台级接口层

集团平台API

跨专业平台API

生产平台API

应用层

数据监控

列车实时在线监控 (I.O.R)

不停车关键部件检测 (S.M.I.T)

列车检修信息化 (点巡检)

分析处理

专家经验的设备规则预测

多维度车辆领域数据分析

关键设备状态健康度诊断

列车&关键部件寿命预测

生产业务

列车状态动态规程管理

列车生产自动排班管理

故障处理应急预案管理

关键设备故障关联关系

存储服务层

离线文件存储

图像存储

状态存储

故障存储

视频存储

二进制文件存储

通用平台层

容器服务

集群管理

中间件管理

日志服务

事务服务

车辆统一集成数据平台

安全服务层

网站安全

主机安全

基础服务层

私有云服务器

均衡负载

弹性伸缩

设备管理

数据加密

BGP高仿

网络层

NB-IoT

4G

WIFI

LTE

设备层

IOR车载无线设备

轨旁在线检测设备群

电子点巡检移动终端设备

鹰眼设备

服务器集群



Metro Trans

车辆智能运维系统平台 (RISE) 业务功能架构

凡例：

新建系统

迭代系统

已建系统

其他系统

车辆运维多维数据采集系统

EAM管理 点巡检管理 鹰眼管理 工具仓库

维修信息管理系统

图像识别 轮轨检测 踏面检测 车轮尺寸

轨旁车辆智能综合检测系统 (S.M.I.T)

实时状态监控 故障管理 状态数据分析 状态信息统计

状态监测 预警管理 历史数据查询 视频监控

车联网系统 (I.O.R)

车辆智能运维专家系统

业务支持管理模块

检修计划、智能化排班、库存管理

专业主题分析模块

能耗、旅速

故障诊断

健康评估

数据分析

服务评估

列车服务评估模块

故障去重

维修建议

故障标注

应急处置

检修作业支持模块

列车修程

作业指导书

设备接口关系

部件寿命

信号标准阈值

信号故障树

规则引擎

维修履历

车辆知识库模块

平台服务互通系统

平台接口通用服务层

企业资产管理 (EAM)

点巡检管理平台

供应链管理系统 (MSCP)

施工管理平台

故障报修平台

第三方专家系统

运维基础数据管理系统

列车基本信息

列车结构树

列车故障词典

用户信息

角色权限管理

视频通知机制

主数据管理系统

车型协议解析

车辆智能运维系统平台 (R.I.S.E)

4

3

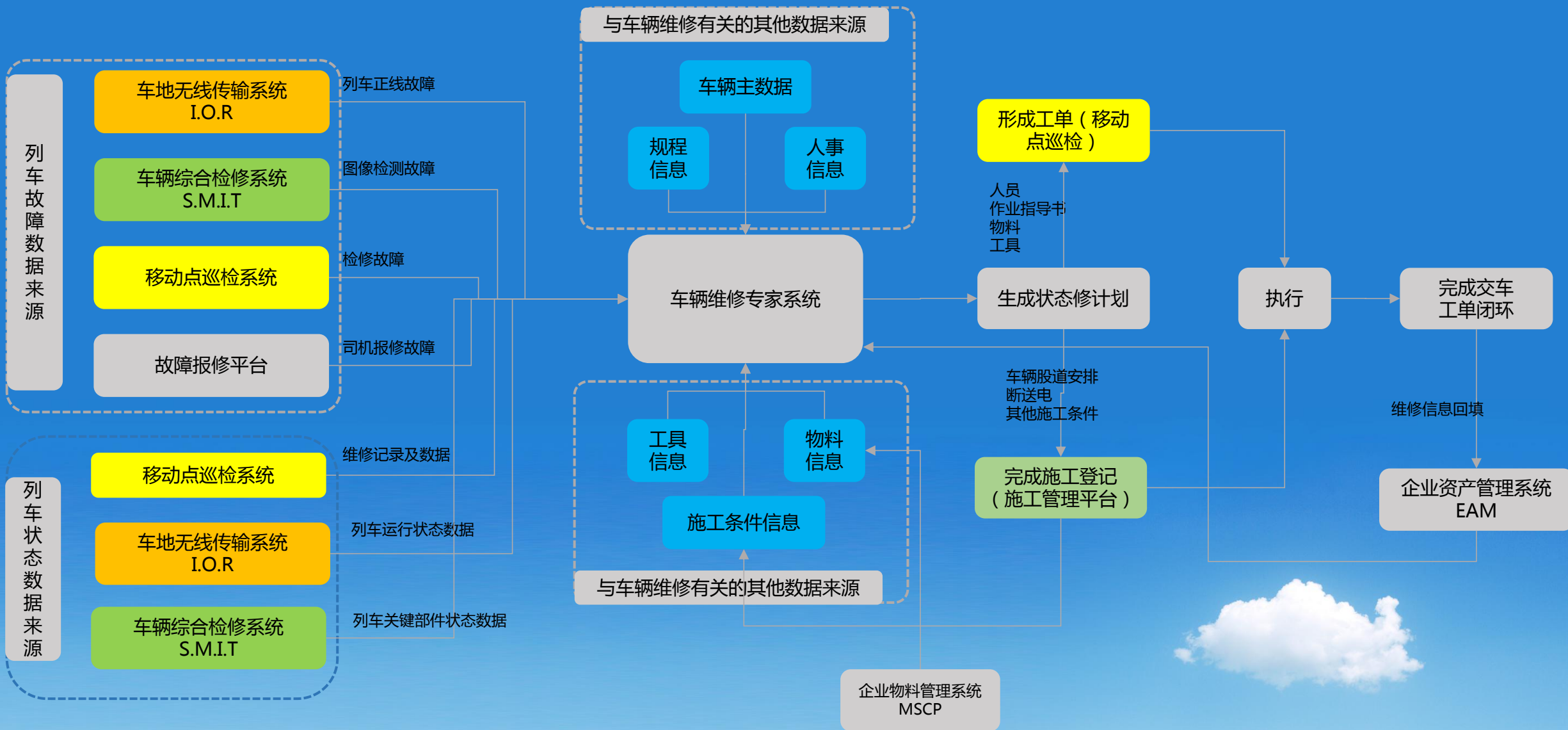
2

1

已建



3、车辆智能运维系统



3、车辆智能运维系统-核心功能

新建

智能运维大数据平台 RISE



- 实现车辆大数据平台的核心主页面
- 通过主页面进入各车辆各业务系统
- 实现车辆核心重要指标实时展现

已建

车辆基础数据管理系统



- 实现车辆基础数据整体管理 (车型、列车、车厢、站点、线路、基地、供应商等)
- 实现车辆用户角色管理、权限管理
- 车辆各车型自动化解析适配管理

迭代

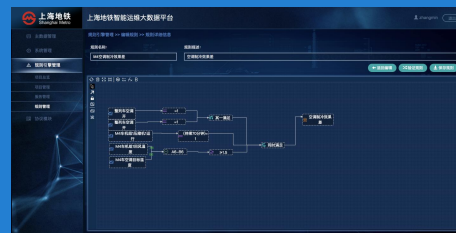
车联网系统 IOR



- 上海地铁路网级实时车辆监测
- 正线车辆信号数据实时查看
- 车辆正线实时故障确认和定位
- 设备历史信号快速回溯和洞察

迭代

规则引擎管理引擎



- 实现设备故障前的提前预警
- 实现基于维修经验的设备逻辑
- 验证设备工况环境下阈值范围

迭代

车辆实时移动端系统



- 移动端实现列车DDU复现
- 何时何地车辆状态的监测

新建

车辆知识库系统

- 车辆检修业务为核心形成知识库
- 管理和维护车辆知识的积累沉淀
- 实现各车辆业务部门查看和使用
- 作为故障修、状态修做数据支撑

新建

检修业务支持系统

- 实现自动化多维度数据收集管理
- 利用人工智能给予维修建议支持
- 串联维修备品备件的业务管理
- 结合故障实现智能化排班管理

新建

列车服务评估系统

- 基于模型计算的设备故障诊断
- 基于设备管理的健康评估判断
- 给予智能化排班结果输入

新建

生产智能化排班系统

- 基于规程的日、均衡修排班
- 基于故障修的排班管理
- 基于状态修的排班管理

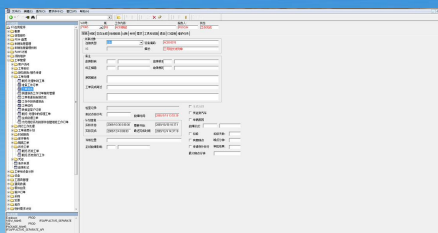
新建

专业主题分析系统

- 实现车辆月报等报告类功能
- 实现车辆各主题专业分析 (能耗分析、车速分析、载荷分析)
- 跨专业的主题分析 (通号专业、供电专业等)

既有

企业资源管理EAM



既有

供应链管理系统 MSCP



既有

点巡检管理系统



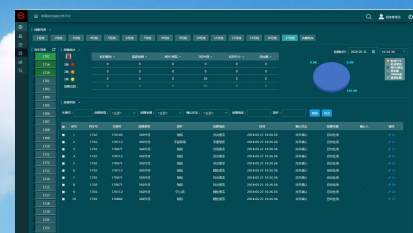
既有

施工平台管理系统



迭代

轨旁车辆智能综合检测系统 SMIT





4、车辆智能运维系统应用





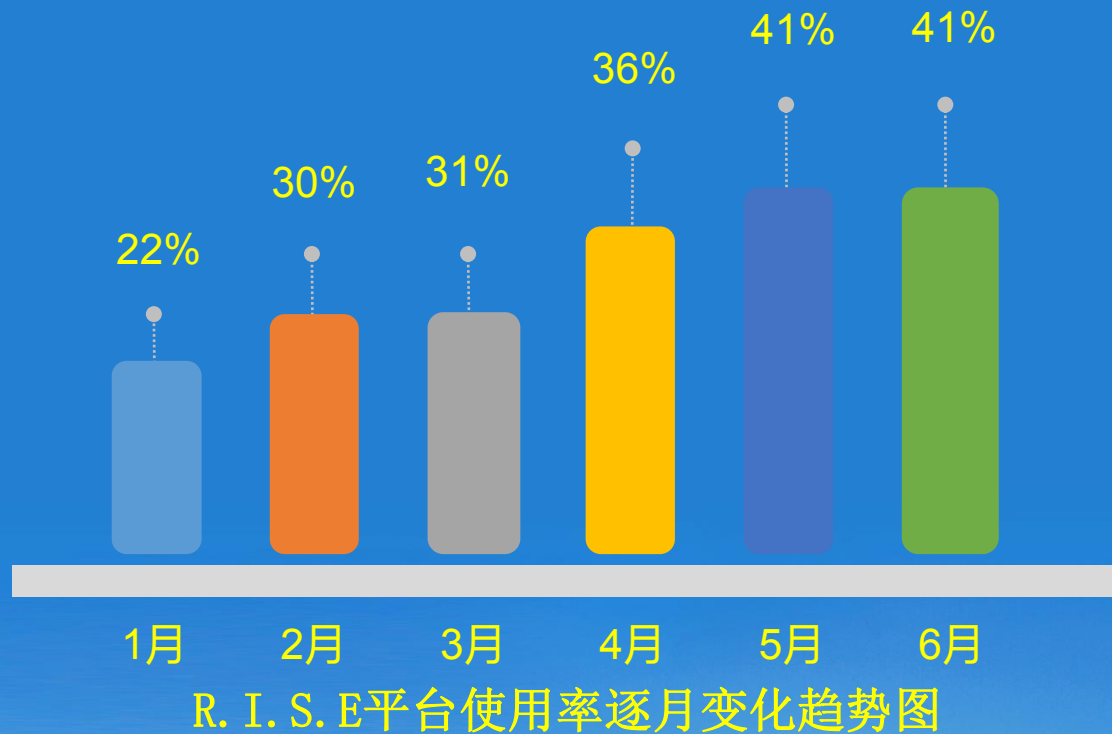
Metro Trans

4、车辆智能运维系统应用

使用率逐月提升，已超过**40%**

有效降低故障对运营的影响，降低超过**69%**

成功避免**2**次潜在的严重运营故障





Metro Trans

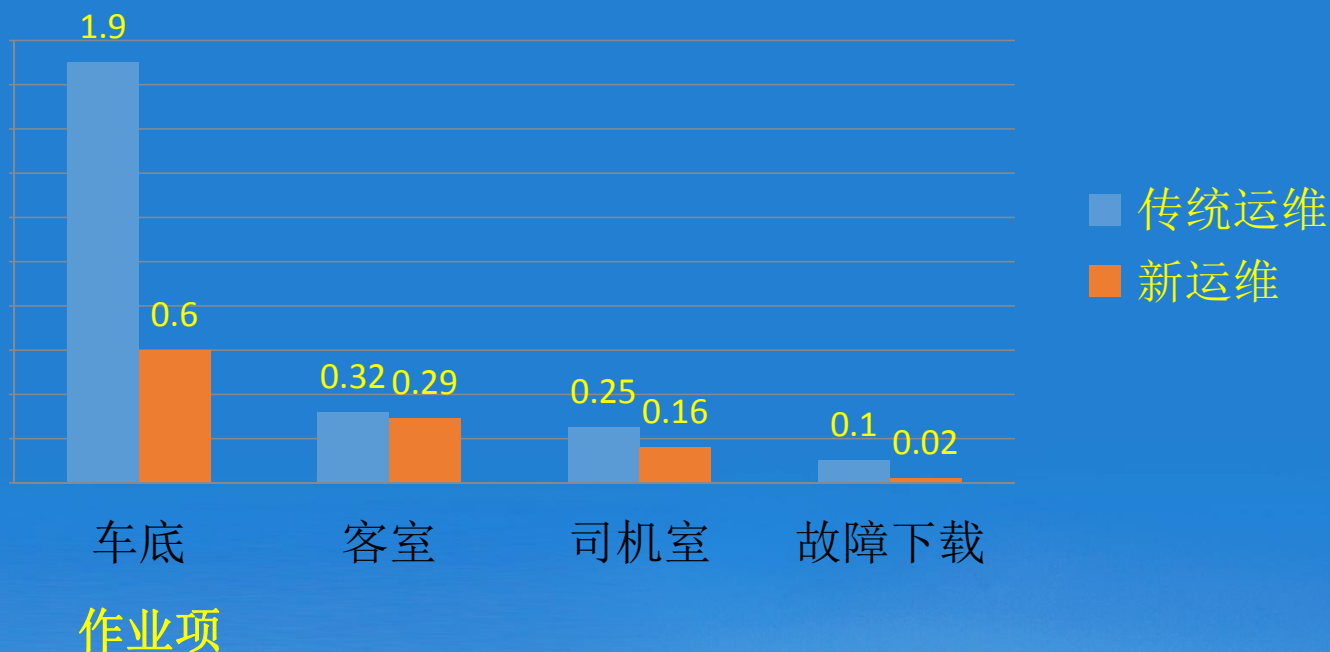
4、车辆智能运维系统应用

检修人工作业量下降超过**50%**

RISE平台对于检修规程项点的覆盖率超过**70%**

人车比降至**0.33**

消耗工时对比





Metro Trans

4、车辆智能运维系统应用

设置预警规则**40**项

根据预警规则的检修提前介入率
超过**85**%





4、车辆智能运维系统应用

缩减工时

减少强度

序号	项目	检查内容	工时	合计	传统检查工时					一列车所需工时(小时)	是/否	配合轨旁检测工时					
					TC1	M1	M2	M3	M4			TC2	TC1	M1	M2	M3	M4
1	司机室空调机组	1. 检查空调机组外观	20s	20s	10s					10s	0.006	是	0				0
2	客室空调机组	1. 检查空调机组外观	40s	40s	20s	20s	20s	20s	20s	20s	0.033	是	0	0	0	0	0
1	司机室电气	1. 检查司机室内所有指示灯(按灯测试按钮45-501)及司机室所有照明	30s	5m	10s					10s	0.006	否	15s				15s
		2. 所有开关按钮的外观检查	10s		10s				10s	0.006	否	5s				5s	
		3. 按钮开关功能检查。(左门开 81-503, 左门关 81-507, 右门开81-501, 右门关81-505, 左门开81-504, 左门关81-508, 右门开81-502, 右门关81-506, 停车制动施加26-501, 停车制动缓解26-502, 高速断路器合22-506, 高速断路器分22-505, 空调关61-505, 空调开61-504, 头灯51-501, 司机室灯53-501, 客室照明52-501)	3m		30s				30s	0.017	否	1m				1m	
		4. 检查蓄电池电压表, 双针压力表, 网压表	10s		5s				5s	0.003	否	5s				5s	
		5. 检查司机室通风装置	10s		5s				5s	0.003	否	5s				5s	
		6. 检查安防视频监控器	30s		10s				10s	0.006	否	5s				5s	
		7. 检查司机室客室广播及对讲功能	10s		10s				10s	0.006	否	5s				5s	
		8. 检查轴温	20s		10s				10s	0.006	否	0				0	
2	前部照明	1. 检查头灯、尾灯、列车目的地显示器外观及功能	1m	1m	30s				30s	0.017	否	30s				30s	
3	驾驶室显示屏	1. 检查外观	20s	50s	10s				10s	0.006	否	10s				10s	
		2. 检查各系统界面	30s		15s				15s	0.008	否	15s				15s	
4	客室照明	1. 检查客室照明灯罩	10s	40s	5s	5s	5s	5s	5s	5s	0.008	否	5s	5s	5s	5s	5s
		2. 检查客室照明功能	10s		5s	5s	5s	5s	5s	0.008	否	5s	5s	5s	5s	5s	
		3. 检查亮度采集器探头	20s		10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s	
5	乘客信息系统	1. 客室LED显示屏	10s	30s	10s	10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s
		2. 客室LCD显示屏	10s		10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s	
		3. 客室广播功能	10s		10s	10s	10s	10s	10s	0.017	否	10s	10s	10s	10s	10s	
7	列车控制单元	1. 使用便携式计算机下载保存并读取enem故障履历, 确认状态正常, 遇故障进行排除	4m	4m	3m					0.05	否	2m				2m	
8	空调控制单元	1. 打开空调控制柜目测检查空调控制单元及各指示灯及故障显示单元工作情况	30s	40s	15s	15s	15s	15s	15s	15s	0.025	否	15s	15s	15s	15s	15s

- 以日检为例，传统检查一列车工时需要**2.36小时**。
- 以日检为例，使用轨旁检测设备后一列车工时需要**1.12小时**。
- 由此可见，将信息化设备投入运用至日常生产中后，可以大幅缩减工时，减少劳动强度，特别是人工检的强度。



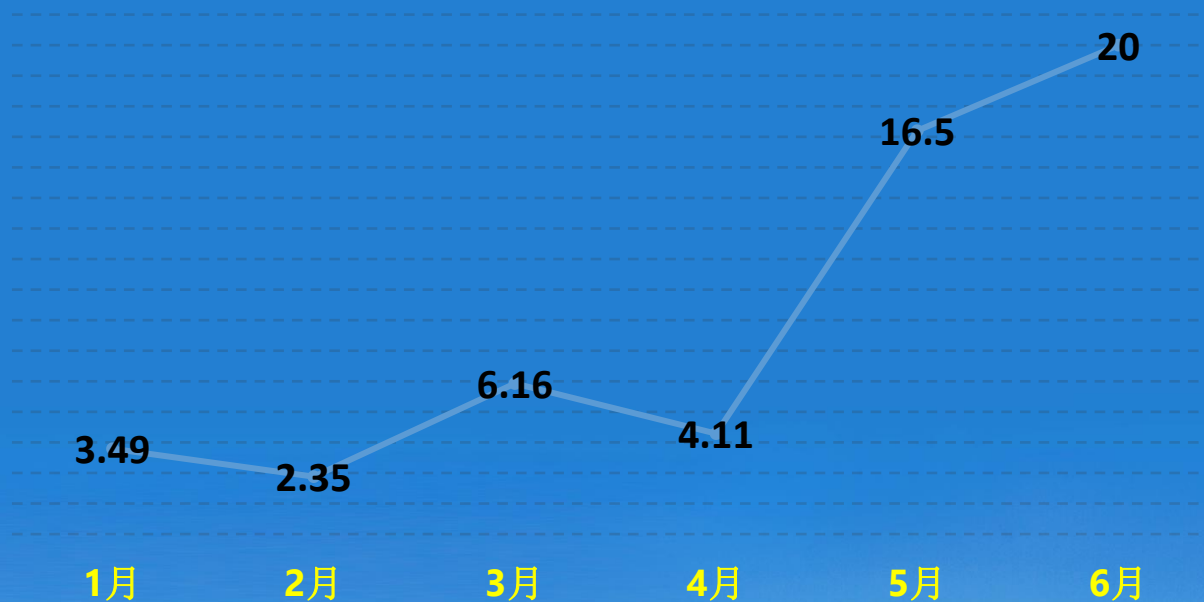


Metro Trans

4、车辆智能运维系统应用

关键运营指标稳步提升，新车
MDBSF达到**15**万公里

17号线 1-6月 MDBSF 变化





5、展望与思考





Metro Trans

5、展望与思考

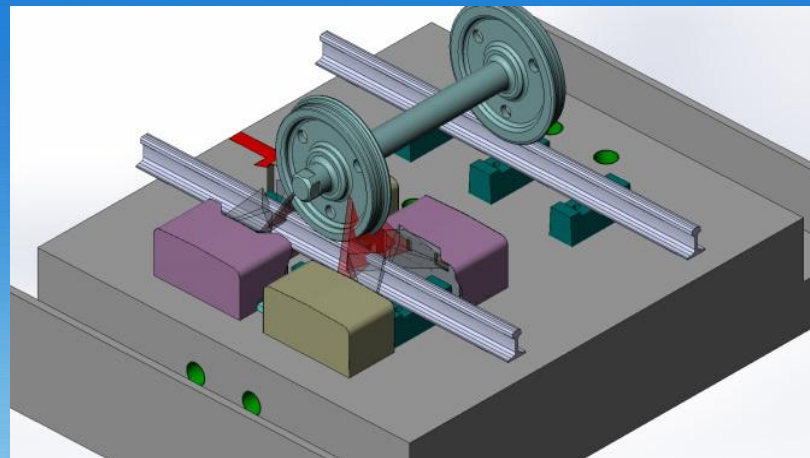
- 1、把握发展机遇
- 2、坚持需求导向
- 3、创新驱动、转型升级
- 4、建立开放、兼容平台
- 5、兼顾效率与效益
- 6、可复制、可推广
- 7、制定建设标准
- 8、实现可持续发展





5、展望与思考

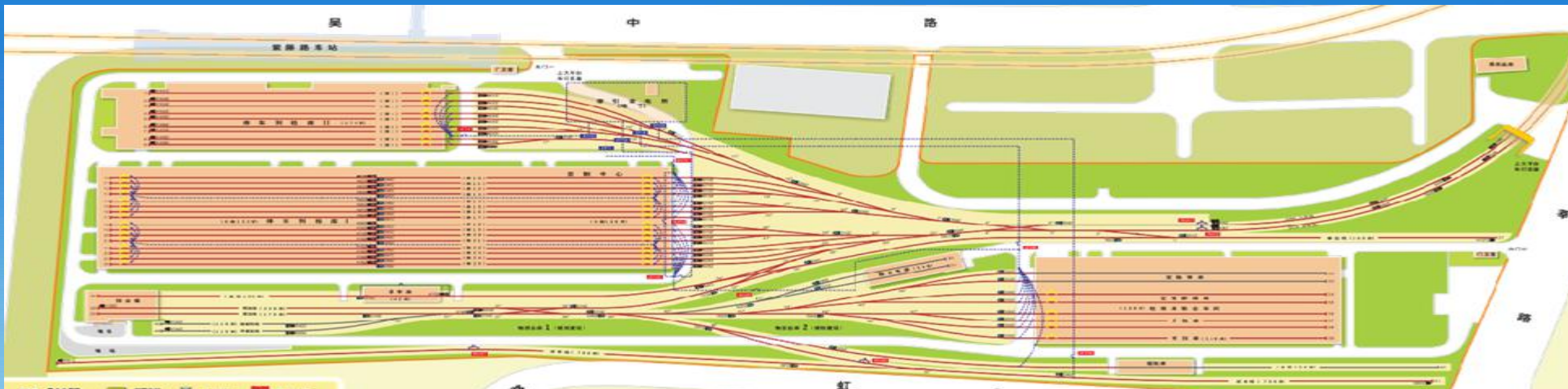
- 1、各地都在研究智能运维，怎么做？如何形成合力？
- 2、智能运维能给设计者什么支持？如何反馈设计、优化设计？
- 3、如何减小场段占地？实现“不回库”检修是否可行？
- 4、智慧地铁是什么？乘客需求是什么？





5、展望与思考

- 1、有效利用既有系统，尽量不要外加检测设备，如机器人读系统数据。
- 2、有效甄别数据，做多选一，如轴温数据。
- 3、兼顾顶层设计、先进性和成熟度，但不要大而全。
- 4、车辆设计、制造要创造检测条件，如防松线标准。





5、展望与思考

1

合作共赢，避免低水平竞争

2

通用平台，兼容并蓄，创新发展

3

规划、建设、运用一体化





Metro Trans

谢谢！
THANKS !

