国家工程实验室-北京市重点实验室

联合发布

白皮书

白皮书编号：WP-2017001

城市轨道交通全自动运行系统建设指南

签发时间：2017年12月

签发版本：第一版（V1.0）

签发人：

城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室

城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室

城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室由交控科技股份有限公司牵头，采用“政产学研用”协同创新模式，联合北京交通大学、北京市轨道交通建设管理有限公司、北京地铁车辆装备有限公司共同申报，并经国家发改委批复成立的第一个国家级城轨信号系统科技平台。该平台将为国家建立一个国际领先的列控系统产业技术研发试验基地，提升城市轨道交通的自主创新能力和整体技术装备水平。

城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室依托北京市轨道交通建设管理有限公司，联合北京交通大学、交控科技股份有限公司、北京市轨道交通设计研究院有限公司、中国铁道科学研究院共同申报，经北京市科学技术委员会批准成立。该实验室将建立并规范全自动运行系统行业标准，实现地铁工程建设全过程安全管理信息化，不断提升关键设备系统的国产化水平及运营维护管理水平。

白皮书是国家工程实验室和北京市重点实验室的重大研究成果联合发布形式之一，旨在为城市轨道交通建设业主方提供决策依据，为设计方提供设计指南，为运营方提供运营维护指导。

城市轨道交通
全自动运行系统建设指南

前言

随着城市轨道交通快速发展、城市化进程的加快，对城市轨道交通设备系统在保证行车安全、提高运输效率、节能环保方面提出了新的需求。采用技术先进、性能稳定、效率优先的全自动运行系统成为中国轨道交通建设的迫切需求。全自动运行系统是城市轨道交通列车运行控制系统的发展趋势，全球新建线路中将有75%采用全自动运行系统，改造线路中也将有40%采用全自动运行系统，国内主要城市已将全自动运行系统建设纳入规划。

全自动运行系统技术复杂，我国要实现其自主化需在核心技术、关键设备、系统设计与集成、标准规范等方面持续攻关并取得实质性突破。全自动运行系统的建设与城市规模和运营管理水平密切相关，全自动运行系统建设是一个系统工程。北京市轨道交通建设管理有限公司依托北京轨道交通燕房线，建设了我国第一条自主化全自动运行线路，国家发改委已批准将其列入国家战略性新兴产业示范工程。为推动轨道交通行业和全自动运行系统的长期健康发展，为全自动运行系统建设和运营提供决策依据和指导，全面总结燕房线的建设经验，在可研编制、初步设计、招标、系统设计、测试验收等阶段关于系统功能、构成、运行场景、RAMS保障等方面提供建议，明确相对于非全自动运行系统新增功能配置、运行场景、工程设计、性能指标、系统联调和RAMS保障要求，特编制本指南。

本指南由城市轨道交通列车通信与运行控制国家工程实验室和城市轨道交通全自动运行系统与安全监控北京市重点实验室组织编写并联合发布。

本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

主编单位：

北京市轨道交通建设管理有限公司

交控科技股份有限公司

参编单位：

北京城建设计发展集团股份有限公司

上海市隧道工程轨道交通设计研究院

北京全路通信信号研究设计院集团有限公司

北京市轨道交通设计研究院

北京和利时系统工程有限公司

中车青岛四方机车车辆股份有限公司

中车长春轨道客车股份有限公司

中国铁道科学研究院

河北远东通信系统工程有限公司

鼎桥通信技术有限公司

北京天乐泰力科技发展有限公司

里卡多科技咨询（上海）有限公司

主要起草人：丁树奎、韩志伟、郜春海、张艳兵、张世勇、徐凌、田桂艳、王道敏、徐鼎、王颖、王征、孙长军、刘波、王伟、夏夕盛、袁大鹏、李晓刚、罗志兵、朱胜利、杜薇、庞颖、饶东、张传琪、张文彬、王海燕、何冠中、蒲豫园、陈卓、罗铭、姜传治、肖衍、孙玉鹏、吕爱国、张强、杨旭文、陈洪茹、王嵬、娄咏梅、付鹏、何建军、张磊、滕瑞振、王庆、石楚韵、孙华平、翟国锐、闫磊、熊辉、刘春梅、白龙、王浩然、刘栋

主要审查人：唐涛、徐明杰、崔科、方薇、费冬强、黄友能、刘新平、喻智宏、朱小娟

目录

1 缩略语 3

2 概述 4

3 全自动运行系统场景及新增功能..... 10

4 全自动运行系统工程设计..... 26

5 全自动运行系统联调要求..... 44

6 全自动运行系统 RAMS 保障..... 46

全自动运行系统建设指南

1 缩略语

序号	缩写	英文	含义
1	ACS	Access Control System	门禁系统
2	AFC	Automatic Fare Collection	自动售检票系统
3	ARB	Always report block	计轴故障占用
4	ATO	Automatic Train Operation	列车自动运行系统
5	ATP	Automatic Train Protection	列车自动防护系统
6	ATS	Automatic Train Supervision	列车自动监控系统
7	BAS	Building Automation System	环境与设备监控系统
8	CLK	Clock	时钟系统
9	CAM	Creep Automatic Model	蠕动模式
10	CBTC	Communication based Train Control System	基于通信的列车控制系统
11	CI	Computer Interlocking System	计算机联锁系统
12	COM	Communication System	通信系统
13	DTO	Driverless Train Operation	有人值守全自动运行
14	DMS	Device Management System	设备维护管理系统
15	EB	Emergency Braking	紧急制动
16	EMC	ElectroMagnetic Compatibility	电磁兼容
17	ESB	Emergency Stop Button	紧急关闭按钮
18	EUM	Non Restricted Manual Driving Mode	非限制人工驾驶模式
19	FAM	Fully-Automatic Train Operating Mode	全自动运行模式
20	FAS	Fire Alarm System	火灾自动报警系统
21	FEP	Front End Processor	前端处理器
22	GUI	Graphic User Interface	图形用户接口
23	GoA	Grade of Automation	自动化等级
24	IBP	Integrated Backup Panel	综合后备盘
25	ISCS	Integrated Supervisory Control System	综合监控系统
26	MTBF	Mean Time Between Failure	平均无故障运行时间
27	MTTR	Mean Time To Repair	平均修复时间
28	OCC	Operating Control Center	控制中心
29	PA	Public Address	广播系统
30	PIS	Passenger Information	乘客信息系统

		System	
31	PED	Platform Edge Door	站台门系统
32	PSCADA	Power Supervisory Control And Data Acquisition System	电力监控系统
33	RAD	Radio Communication	无线通信
34	RF	Radio Frequency	无线扩频通信
35	RAMS	Reliability Availability Maintainability Safety	可靠性、可用性、可维护性、安全性
36	RM	Restricted Manual Driving Mode	限制人工驾驶模式
37	TCMS	Train Control Information System	列车控制及监控系统
38	TIAS	Train Integration Automatic System	行车综合自动化系统
39	UTO	Unattended Train Operation	无人值守全自动运行
40	VMS	Video Monitoring System	视频监视系统

2 概述

全自动运行系统是以现代信息及自动化技术提升运营服务水平，增强系统装备的功能和性能为目的新一代城市轨道交通系统，全自动运行技术在世界城市轨道交通建设中已被大量应用，在未来轨道交通领域也具有广阔的应用空间。在城市轨道交通建设中采用全自动运行技术，能够进一步增强系统装备的功能和性能，进一步提升轨道交通安全与效率。本章将结合燕房线示范工程描述全自动运行系统定义、运营等级选择及特点与优势。

2.1 全自动运行系统及自动化等级定义

全自动运行系统（Fully Automatic Operation, FAO）是基于现代计算机、通信、控制和系统集成等技术实现列车运行全过程自动化的新一代城市轨道交通系统。

全自动运行系统的目的是进一步提升城市轨道交通运行系统的安全与效率。全自动运行系统是形象地衡量城市轨道交通系统功能和性能先进水平的标尺，可进一步：

1） 提高系统可靠性、安全性、可用性、可维护性；

2） 提升运营/系统应急处置水平；

3） 提升系统自动化水平，降低劳动强度。

全自动运行系统相比现有城市轨道交通 CBTC 系统，引入了自动控制、优化控制、人因工程等领域的最新技术，进一步提升自动化程度。全自动运行系统具有更安全、更高效、更节能、更经济、更高服务水平的突出优点，已成为城市轨道交通技术的发展方向。

国际公共交通协会（UITP）将列车运行的自动化等级（GoA）划分 5 级：

GoA0：无 ATP 防护，目视下的人工驾驶；

GoA1：ATP 防护下的人工驾驶；

GoA2：半自动列车运行（Semi-automatic train operation,STO），司机监督下的 ATO 驾驶；

GoA3：有人值守下列车自动运行 DTO（Driverless train operation）；

GoA4：无人值守下的列车自动运行 UTO（Unattended train operation）。

全自动运行系统 FAO 包含自动化等级 GoA3 和 GoA4，即全自动运行系统运行模式包括有人值守的列车自动运行（DTO）和无人值守的自动运行（UTO）。

国际电工协会标准 IEC62290-1 对列车运行过程中所需完成各项功能下的人和设备的职责划分来，定义了不同运行自动化等级。根据国内目前建设经验和较高设备系统配置水平，实际上 GoA3(DTO)和 GoA4(UTO)等级设备配置以及工程实施差别不大，因此在 IEC62290 标准基础上提升了自动化等级的功能要求。详见下图。

不同等级下的列车运行方式详见下表。

自动化等级	列车运行方式	驾驶模式
GoA0	目视下列车运行（TOS）	无 ATP 防护
GoA1	非自动列车运行（NTO）	ATP
GoA2	半自动列车运行（STO）	ATO
GoA3	有人值守下列车自动运行（DTO）	FAO
GoA4	无人值守下的列车自动运行（UTO）	

GoA3 有人值守下列车自动运行（DTO）和 GoA4 无人值守下的列车自动运行（UTO）主要功能配置差异详见下表：

基本功能		场景	DTO	UTO
			GoA3	GoA4
保证列车运行安全	安全进路	静止状态下确定初始列车位置	系统	系统
	列车间隔	时刻表和运行调整	系统	系统
		FAM/CAM 模式管理		
	速度监控	列车速度防护	系统	系统
列车驾驶	加速制动	自动驾驶列车（含跳停、扣车）	系统	系统
监控轨道	障碍物监视	轨道监督（车载 VMS 监督区间与站台轨道异物/障碍物检测）	系统	系统
	防止碰撞人员	阻止列车进站	系统	系统
		轨道上工作人员的防护		
		监督站台端门		
监视乘客上下车	车门控制	站台门/车门对位隔离	系统	系统
		站台门/车门开启/关闭的远程控制		
		站台门/车门关闭的监督（如车门防夹、门打开阻止离站/进站）		
	乘客跌落站台	站台门/车门间隙探测	人工或系统	系统
监控列车	投入/退出运营	列车进入/退出运营	半人工或系统	系统和/或控制中心人员
		唤醒列车（含上电自检、静态测试及动态测试）		
		休眠列车		
	监督列车运行	自动化车辆段	系统	系统
		改变列车运行方向		
紧急状态的检测与处理	列车诊断	OCC 车辆远程监控（车载 VMS 及列车状态）	系统	设备检测 + 人工处置
	烟火检测	车辆火灾应急处理（提供烟火报警装置）	人工或系统	
	脱轨检测	脱轨检测	人工或系统	
	紧急情况处理	异常天气应急处理模式（通过 OCC 确认进入雨雪模式运行）	人工或系统	
		远程指导疏散	人工	
		车辆故障自动限速运行（例如蠕动模式、制动故障）	人工或系统	
		车上乘客服务（如紧急呼叫、紧急拉手）	人工或系统	

注：列车进入/退出运营，若车辆段/停车场库线安全防护距离不足，可人工驾驶列车至库门前，转人工驾驶回库。若不满足动态测试安全防护距离要求，可人工唤醒列车出库升级为 FAM 模

式后投入运营。

从不同的自动化等级的定义及人机功能的划分来看，GoA3(DTO)和 GoA4(UTO)都属于全自动运行系统，在正常运营过程中 DTO 和 UTO 的人机功能划分是一致的，不需要车上司乘人员的参与。UTO 是更高等级的全自动运行系统，可以完全取消车上司乘人员，由系统和控制中心调度指挥人员共同实现紧急情况的检测与处理。

正常情况下，GoA3 与 GoA4 一样，由设备自动完成各项操作。紧急情况下，GoA3 与 GoA2 一样，由车上的司乘人员处置故障，而 GoA4 等级则需由地面派人到车上进行处置。

考虑到实际上 GoA3(DTO)和 GoA4(UTO)等级设备配置以及工程实施差别不大，而 GoA4 (UTO)相对于 GoA3(DTO)在自动化水平和运营模式方面均有提升，故建议按 GoA4 (UTO)全自动运行等级设计和建设。

考虑到国内还未有正式开通按 GoA4(UTO)等级运营的线路，各界对新技术的理解和接收程度存在差异，运营模式可根据实际需要决定。系统联调按一次完成 GoA4(UTO)等级进行，不载客试运行及运营准备按 GoA4(UTO)等级和 GoA3(DTO)等级两级模式进行，在试运营和正式运营初期可按 GoA3(DTO)等级，待运营准备充分且其他条件成熟时平滑过渡到 GoA4(UTO)等级全自动运行模式运营。

2.2 全自动运行系统应用及发展情况

全自动运行系统的发展应用情况分为起步阶段（1971~2004 年）和广泛应用阶段（2005 至今）。在此过程中，轨道交通系统经历了从人工驾驶、半自动驾驶到全自动运行的转变。轨道交通系统的安全性和自动化程度得到了不断的提升。

世界第一条 FAO 城轨线法国里尔 1 号线，1983 年开通运营。2005 年前 FAO 技术推广速度比较慢，2005 年后发展速度逐渐加快，并开始在中、高运量地铁广泛应用。此阶段典型线路为新加坡东北线。2003 年 6 月开通运营，2005 年后开通全自动运行。

国内地铁线路应用 FAO 技术的主要有北京机场线、上海 10 号线、香港南港岛线。其中北京地铁机场线，连接北京市区与北京首都国际机场，目前开通 DTO，2017 年试点 UTO。上海 10 号线，2010 年 4 月开通 ATO， 2014 年 8 月开通 DTO。香港南港岛线 2016 年 12 月 28 日按 GoA4 等级开通运行，车厢最大特点是无驾驶室，增加列车两端开放式空间，让乘客享受特别的乘坐体验。

北京燕房线作为国内第一个自主化全自动运行系统，按照 GoA4 等级建设，计划 2017 年年底开通。

国际公共交通协会（UITP）估计，到 2020 年国际上 75%新线将采用 FAO 技术，40%的既有线改造时将采用 FAO 技术。预计 2025 年全球 2300 公里的全自动运行线路。

目前国内轨道交通新一轮建设中，北京 3 号线、12 号线、17 号线、19 号线及新机场线，上海 14 号线、15 号线、18 号线已确定采用全自动运行技术；国内主要城市，如武汉、深圳、广州、南京、南宁、哈尔滨、杭州等已开展相关研究及设计。

2.3 全自动运行系统特点及优势

全自动运行系统是一项系统工程，其涉及车辆、信号、综合监控、通信、站台门、车辆基地等多个专业，各专业联系密切。全自动运行系统中传统司机的工作职能一部份由列车自动控制系统负责，另一部分则将移交到控制中心去完成。传统的司机、控制中心调度员和车站值班员共同参与控制的运营控制模式，转变为以控制中心调度员直接面向运行的运营控制模式。

运营控制系统需要具有更加完善的自动控制功能，以行车为核心，信号与车辆、综合监控、通信等多系统配合，提升轨道交通运行系统的整体自动化水平。同时，运营控制系统具有较为完善的综合维护辅助功能。全自动运行系统特点如下：

1） 高度自动化、深度集成

全自动运行系统以行车为核心，通过信号、车辆、综合监控、通信等多系统深度集成，提升轨道交通运行系统的整体自动化水平。

全自动运行系统利用高效列车自动控制系统和以行车指挥为核心的控制系统实现智能运转的功能保障，结合人工监视、干预的机制，落实高精度列车运行的同时，减少不必要的误操作，进一步减少人为因素对运营的影响，提升运营能力。自动化程度的提高，使系统可以快速、有效的应对运营过程中的扰动，具备更强调整能力。其自动化体现在：列车上电、自检、段内行驶、正线区间行驶、车站停车及发车、端站折返、列车回段、休眠断电、洗车等全过程自动控制。

2） 充分的冗余配置

全自动运行系统的车辆、信号等关键运行设备均采用冗余技术，减少运行故障，完善的故障自诊断和自愈功能提高了整个系统的可用性和可靠性。

信号在既有设备冗余的基础上，增强了冗余配置，包括：车载控制器头尾设备冗余、ATO 冗余配置、与车辆接口冗余配置、ATS 与其他子系统通信采用四重冗余网关、主备中心冗余等。车辆加强了双网冗余控制，增加与信号、PIS 的接口冗余配置等。

全自动运行系统中控制中心的作用远远超出常规地铁运营线路，为了防止控制中心失效影响

正常运行，宜加强控制中心的配置级别。

3） 完善的安全防护

全自动运行系统实现了列车运行全过程的安全防护，具体体现在：

（1）增强运营人员防护功能：在车站及车辆段增设人员防护开关，对进入正线及车场自动化区域人员进行安全防护；

（2）增强乘客防护功能：通过对位隔离功能对乘客上下车及车内安全进行防护；

（3）扩大了 ATP 的防护范围：车场自动化区域内列车运行进行 ATP 防护；

（4）增加了轨道障碍物检测功能：车上加装脱轨/障碍物检测器实现轨道障碍物检测功能；

（5）增加应急情况下的各个系统联动功能：如火灾情况下，通风、行车、供电、视频、广播的联动等；

（6）增加中心处理突发情况的防护能力，包括：远程紧急、雨雪模式设置、远程复位等。

4） 丰富的中心功能

全自动运行系统中传统司机的工作职能一部份由列车自动控制系统负责，另一部分则将移交到控制中心去完成，控制中心调度员需要直接面对列车进行运营指挥。因此，全自动运行系统的控制中心需具备更加丰富的控制功能，实现列车全自动运行的全面监控，详细的各设备系统监测与维护调度，远程的面向乘客的服务等。

控制中心新增车辆调度及乘客调度，实现车辆远程控制、状态监控及乘客服务的功能。车辆各系统自检及运行状态、故障情况可实时传送至控制中心，以使行车控制人员及时掌握列车运行情况，对列车运行实施有效控制。信号与综合监控、车辆等专业配合实现正常运营及故障处置情况下的相关联动控制。控制中心具备远程控制列车运行及故障处置的手段，必要时远程对列车运行实施干预。

5） 完全兼容常规驾驶模式

按照 UTO 等级建设的全自动运行系统，在常规驾驶模式的基础上，增加了 FAO（全自动运行）模式。UTO 等级建设的线路具备完整的驾驶模式，可支持从传统的 CBTC 运营应用模式平滑过渡到全自动运行运营应用模式。

全自动运行系统是形象地衡量城市轨道交通系统可靠性、安全性、可用性、可维护性先进水平的标尺，系统具备不需要配置司机列车完全自动运行的条件，是城市轨道交通技术的发展方向。其目的不是为了减少驾驶员/乘务员，而是为了进一步增强城市轨道交通系统装备的功能和性能。全自动运行系统较传统地铁控制系统相比，具有以下优势：

1） 提升运行组织的灵活性

全自动运行能够实现 7×24 小时不间断的运输服务，可以根据运输需求灵活地调整发车间隔，不受司乘人员的限制。全自动运行系统兼容有人驾驶 CBTC 运行模式，发生紧急情况时中心远程可随时介入处理，GoA3 等级车上人员也可随时就地处理。

2） 提高运能

全自动运行系统运行时不需要司机进行任何操作，节约司机操作时间，在保证相同有效站停时间下可降低站停时间，缩短列车追踪间隔及折返间隔，提高线路旅行速度。

3） 提高整体自动化水平，减少人为误操作

由于人为误操作导致的地铁事故时有发生，采用先进的全自动运行系统，通过切实有效的控制策略，可以防止人为误操作引起的地铁事故，大大减少事故的发生；全自动运行系统在线路和轨旁设备设计方面具备全方位防护的停车场、列检库、洗车库，防护开关、站台紧急关闭等防护安全的设备，车上具备障碍物脱轨检测设备，提供了更多的安全和防护手段。

4） 降低运营人员劳动强度，提升乘客服务质量

目前轨道交通人员，特别是司机的劳动强度已接近极限状态，全自动运行系统将使司机从重复作业中解放出来，可以承担列车巡视人员的职能，在为乘客服务的同时监视列车运行状态。

5） 节能减排

节能减排是城市轨道交通可持续发展的需求，全自动运行系统可以在单车节能驾驶的基础上进一步实现列车的协同控制，避免集中负载。系统支持灵活的增删列车，调整高峰和平峰时期投入运营的列车数量适应运量，实现节能减排。

3 全自动运行系统场景及新增功能

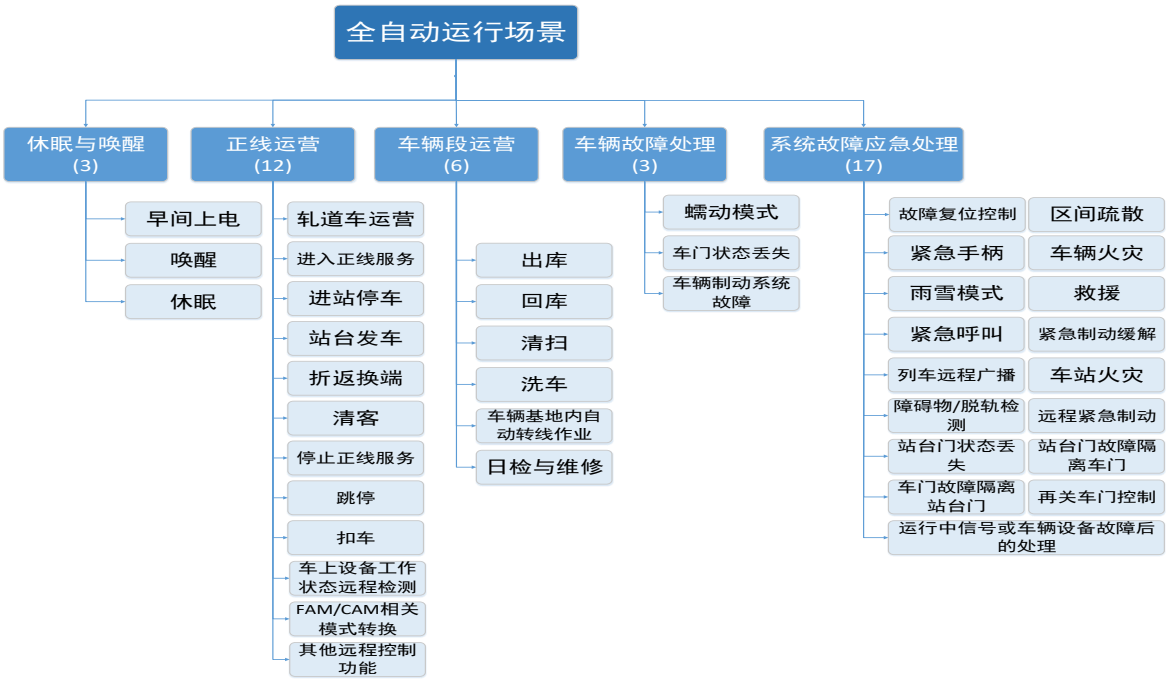
全自动运行系统是涉及到土建和设备等多专业的系统性、综合性工程，建设过程中需要结合运营管理模式，采用系统设计理念、加强系统顶层设计，统筹信号、车辆、通信、综合监控、供电、自动化车场等诸多专业设计，遵循“场景说明分析”和“运用规则分析”为基础及主线的工作推进方法，形成全自动运行系统的总体方案、运营场景和运营规则纲领性文件。

3.1 全自动运行系统场景

针对全自动运行系统特点，设计全自动运行系统特有作业场景，制定设备交互流程。特别是分析设备故障、突发事件等情况下的处理策略，保障行车安全及效率，降低故障影响，缩短系统

恢复时间，最终形成全自动运行系统完整的、优化的运营场景。

根据每日运营早间到晚间列车运行的主线，形成全自动运行系统场景，包含正常的处理和异常的处理，共形成场景 41 项。



3.2 场景对比

传统 CBTC 运行系统与全自动运行系统 DTO/UTO 场景对比如下表：

场景	功能	传统 CBTC 运行系统	有人值守全自动运行（DTO）	无人值守全自动运行（UTO）
早间上电	上电操作	人工上电	同 UTO	联动 VMS 和广播，确认后远程人工上电
唤醒	上电	司机上车人工合闸上电，开钥匙	1. 同 UTO； 2. 司机可人工按压唤醒按钮上电	远程自动唤醒，调度观察是否唤醒成功
唤醒	自检	司机手动检查列车状态	同 UTO	自动静态测试、动态测试
唤醒	空调电热	司机手动设置空调电热参数	1. 同 UTO； 2. 司机本地可设置；	默认采用本地存储的参数，可通过中心设置；
唤醒	照明	司机手动打开照明	1. 同 UTO； 2. 司机本地可设置；	支持中心远程控制，通过各工况进行自动控制。

休眠	断电	人工断电	1.同 UTO； 2.司机可人工按压休眠按钮执行本地休眠；	远程自动或人工休眠，中心车辆调显示休眠成功失败状态；
休眠	库内断电	人工断电或者不断电	同 UTO	电调人工判断该供电分区内所有列车休眠完毕后，选择该供电分区是否断电，对于正线存车库线休眠列车，中心不进行供电区断电提示；
进入正线服务	正线服务	司机控制照明、电热或空调	同 UTO	列车进入转换轨停稳后，中心发送进入正线服务后，自动打开照明、空调或电热；
进站停车	进站停车	ATO 自动驾驶进站或司机以 CM 模式对标停车	同 UTO	列车自动驾驶进站停车，控制车门和站台门一一对应打开和关闭。 未停车对标时跳跃模式对标。
站台发车	站台发车	司机根据发车指示器倒计时按压 ATO 启动按钮发车或人工驾驶发车	运营人员(值守人员)进行站台安全防护	停站计时到时候，满足发车条件自动发车。
折返换端	折返换端	司机以 CM 或 AM 模式驾驶换端	同 UTO	列车在折返换端区域自动完成换端；新增中心远程换端。
清客	清客	司机与站台人员人工清客	同 UTO	列车在清客站台打开车门不关闭，远程或站台人员确认清客完成后关闭车门和站台门后自动发车。 远程可取消固定清客，设置或取消临时清客。
停止正线服务	停止正线服务	司机在转换轨手动控制	同 UTO	列车回库方向，中心发送停止正线服务后，自动关闭照明、空调或电热；
出库/回库	断开母线高速断路器	人工	同 UTO	车辆自动根据工况和通信状态断开；
出库/回库	鸣笛	人工触发	同 UTO	自动鸣笛
出库/回库	关闭空调电热	人工	同 UTO	车辆自动根据工况执行；
洗车	进入洗车库	人工驾驶列车进入洗车库，人工操作洗车模式	同 UTO	人工为列车设定头码，自动进入洗车库

洗车	洗车	人工操作洗车机进行洗车	同 UTO	自动按照洗车流程洗车
车门状态丢失	车门监督	车辆和信号均自动切除列车牵引	运营人员(值守人员)进行站台安全防护	FAM/CAM 模式时，车辆和信号均不自动切除列车牵引，继续运行至站台，根据中心派遣司机或站台人员处理
蠕动模式	蠕动模式	无	同 UTO	车载 VOBC 自动向中心行调申请进入蠕动模式运行，蠕动模式时限速 25kmph，运行至下一个站台停车后打开车门不关闭，等待司机上车处理。
车辆火灾	处理方式	司机汇报	1.同 UTO 2.司机车上确认处理	车辆烟火报警上报中心行调和车辆调，由中心车辆调通过车载 VMS 推送的指定画面进行查看，并确认是否发生火灾，进行火灾确认或 FAS 复位。
雨雪模式	恶劣天气下的自动运行控制	人工驾驶	1. 同 UTO 2.可人工驾驶	中心设置转雨雪模式自动运行控制

3.3 全自动运行系统新增场景及功能

3.3.1运营准备

系统投入运营前规定时间，由行调调度员生成当日运行图，下发至相关系统及岗位。

当日运营开始前规定时间（建议 30 分钟），行调调度员确认线路停车场、正线轨行区施工均已注销，接触网或三轨供电正常，满足当日运营条件。中心、车站与停车场相关行车设备、供电设备准备作业前，检查是否满足运营要求。

DCC 调度员根据车辆检修人员提供的当日电客列车运行、检修用车情况，结合当日计划运行图、停车场/库内列车实际股道占用情况，通过中心工作台编制停车场出入库计划并在运营前 1 小时（可配置）发送至正线调度员等相关岗位。

车站工作人员对车站内所有设备进行运营前测试并开启，测试设备包括 BAS、FAS、AFC、中心、PIS、专用无线、卷帘门、电梯、站台门、照明等。

3.3.2早间上电

系统投入运营前，中心根据计划运行图对库内及牵引供电系统进行上电操作。

行调通过停车场信号楼确认是否可以送电，行调人员与信号楼人员确认所有现场人员已经销记，并根据行调工作站和电调工作站的上电提示通知电调人员上电。

停车列检库，上电前自动将停车场摄像机（以序列的方式）推送到行调 VMS 显示终端上辅助确认，同时自动触发停车场预录制广播，播放时间建议为 2 分钟，建议播放内容为“停车场即将送电，请工作人员注意安全”。行调通知电调人员上电，电调确认上电范围，人工远程进行高压送电。

对场内自动化区域，行调确认是否可以送电，电调启动送电：电调远程送电前，应通过工作站之间发送指令的方式，根据对话框中行调确认状态进行上电操作。特殊情况下，电调操作员也可不经行调确认操作后的软件提示，通过与行调电话沟通确认具备送电条件的前提下，对相关区段人工远程送电，现场库内应设置三轨带电状态指示灯。

正线和场内非自动化区域按照现有操作规程，由行调确定现场作业人员已经出清后，通知电调操作员送电。行调可根据运营需求，人工触发相关区域上电预录制广播。

3.3.3唤醒

列车在投入运营前，中心远程自动或手动向列车发送唤醒命令，或人工本地按压车辆上电按钮对列车进行低压上电。

列车远程唤醒后自动完成上电自检、列车静态测试和动态测试。列车自检失败、静态测试失败或动态测试失败，认为列车唤醒失败，并向中心发送唤醒失败告警信息。

若列车唤醒失败，可人工远程或本地休眠，中心再次进行远程唤醒。

列车唤醒基本流程：

1） 低压上电。

对全列车低压上电有两种方式：

中心远程自动或手动向列车发送唤醒命令。

人工按压车辆上电按钮后，对列车进行上电。

2） 全列车上电后，列车上各设备对自身状态进行自检。

3） 车载 VOBC 确认列车是否满足列车静态测试和动态测试的基本条件。

4） 若库内列车满足列车静态测试和动态测试的条件，执行列车静态测试和动态测试。

5） 一端完成静态测试和动态测试后，自动换端，另一端继续进行列车静态测试和动态测试。

6） 两端车载 VOBC 均动态测试完成且测试通过，车载 VOBC 向中心汇报唤醒成功总标记，则唤醒成功进入 FAM 模式待命工况，唤醒完成。

3.3.4出库

中心在发车前自动为出库列车设定头码，根据计划提前规定时间自动触发办理出库进路，列车满足启动条件后自动运行出库。计划列车唤醒失败，中心自动替换备车，按计划出库运行。

三轨供电时，车辆根据场内运行工况断开车辆母线高速断路器，关闭空调电热和照明，同时切除电制动。车载防护列车不超过车辆段或停车场内限速运行，运行至转换轨后停车，等待中心指令，准备进入正线。

3.3.5轨道车运行

中心根据计划远程唤醒首列车作为轨道车，唤醒成功后，司机通过登程平台登乘列车，开钥匙转人工驾驶模式。在正式运营开始前，轨道车以人工驾驶模式出库并进入正线运行，不停站不开门，运行一圈。

轨道车人工驾驶运行一圈后，司机将列车手动升级为 FAM 模式，开始正线运营。

3.3.6进入正线服务

进入正线服务的列车包括出场列车完全进入转换轨时，或者正线存车线的列车唤醒成功后投入运营。

中心检查到列车从库内运行至完全进入转换轨后，自动根据计划运行图为该列车分配车次号，并自动向列车发送“正线服务”工况指令。

车载 VOBC 收到“正线服务”工况指令后，向车辆 TCMS 发送正线服务工况指令，车辆 TCMS 控制照明、空调或电热打开（信号指令为允许开和允许关，车辆根据光感自动控制）。

中心自动根据计划运行图为存车线列车自动分配车次号，并自动向列车发送“正线服务”工况指令。

车载 VOBC 收到“正线服务”工况指令后，向车辆 TCMS 发送该工况指令，车辆 TCMS 控制照明、空调或电热打开（信号指令为允许开和允许关，车辆根据光感自动控制）。

3.3.7进站停车

列车以 FAM/CAM 模式进站停车，如自动停在停车窗内，车载 VOBC 向中心汇报停稳信息，中心显示列车停稳状态；车辆在进站、到站、离站时自动触发车辆广播；列车到站时，站台自动广播。

当列车以 FAM/CAM 模式进站欠标未超过规定距离（宜设置为 5m）时，车载 VOBC 向中心汇报未停稳信息，并向中心报警，并以向前跳跃方式自动调整对标；中心显示列车处于跳跃状态。车辆在进站、到站、离站时自动触发车辆广播；列车到站时，站台自动广播。

当列车以 FAM 模式进站过标 1m 自动施加紧急制动，停车后未超过规定距离（宜设置为 5m）时，车载 VOBC 向中心汇报未停稳信息，中心报警，车载 VOBC 自动缓解紧急制动，并以向后跳跃方式进行自动调整对标；中心显示列车处于跳跃状态。车辆在进站、到站、离站时自动触发车辆广播；列车到站时，站台自动广播。

当列车以 FAM 模式进站过标规定距离（宜设置为 1m）自动施加紧急制动，停车后超过规定距离（宜设置为 5m）后，车载 VOBC 紧急制动不可缓解，不允许退行，并向中心行车调度台汇报过标超过规定距离（宜设置为 5m）报警；中心显示报警，中心自动触发车站站台广播，由车辆自动触发车载广播，中心乘客调人员还可以向车辆进行语音广播，同时进行人工站台广播，中心行调通知司机上车救援。

若列车多次跳跃后未对标停车，ATP 输出紧急制动，通知人工上车退出全自动运行模式。

3.3.8站台发车

FAM 模式下，中心从列车在站台停稳后开始计时，停站时间结束后，检查满足发车条件：

1） 车门、站台门关闭且锁闭。

2） 紧急停车按钮未按下。

3） 出站信号开放。

4） 区间 SPKS 开关设置为非防护位。

全自动运行列车自动从站台发车。

在列车停站期间，中心进行扣车操作时列车车门和站台门重新打开，并自动触发站台广播。扣车命令取消后，列车自动关闭车门和站台门并发车。

3.3.9折返换端

全自动运行模式下支持自动折返，信号系统具备远程人工换端功能，支持通过变折返与折返变通过。

1） 由中心根据时刻表自动触发折返进路，并适时办理折出进路。

2） 车载 VOBC 在 FAM 模式下完成车-地信息交互并自动换端。

3） 车载 VOBC 换端完成后根据中心发送的停站时间完成自动关门并发车。

3.3.10清客

对于线路终端的大交路折返站，中心自动按站台设置清客。对于线路中间的小交路折返站，中心自动按列车设置清客。

列车的处理流程：

1） 车载 VOBC 在折返站和终到站停车后，车载 VOBC 向车辆 TCMS 发送清客工况指令，并通过硬线给车辆维持发送门使能指令直到清客完成。

2） 车辆 TCMS 接收到车载 VOBC 的“清客”工况指令后，自动触发车辆广播，提醒乘客下车，同时联动车载 PIS 提示乘客下车。

车站的处理流程：

1） 中心联动车站广播，提醒站台乘客不能上车，同时联动站台 PIS 提示本站清客，乘客请勿上车。

2） 综合站务员进行清客完成确认后，关闭车门和站台门。

3.3.11停止正线服务

在 FAM 模式下，回场/段列车完全进入转换轨时，或者停止正线运营列车进入正线存车线，收到停止正线服务指令后进入停止正线服务。

回场列车停止正线服务：

1） 中心判断列车完全进入转换轨后，删除车次号，并由系统自动或人工设置头码，自动向列车发送“停止正线服务”指令。

2） 车载 VOBC 收到“停止正线服务”指令后，向车辆发送停止正线服务指令，由车辆关闭照明、空调或电热。

3） 三轨供电时，列车从转换轨向场内运行，在车头进入进场信号机之后，车载 VOBC 向车辆 TCMS 发送场内运行工况指令，车辆根据此指令断开车辆母线高速断路器。

进入正线存车线停止正线服务：

1） 中心自动根据计划运行图检查到列车进入存车线后，由中心自动清除头码，向列车发送“停止正线服务”指令。

2） 车载 VOBC 收到“停止正线服务”指令后，向车辆发送停止正线服务工况指令，由车辆关闭照明、空调或电热。

3.3.12回库

在 FAM 模式下，列车在转换轨停止正线服务后，中心根据回库计划自动或者人工为停止正线服务列车设置头码，并触发回库进路，自动进行回库作业。列车入库时自动鸣笛。

3.3.13清扫

中心具备远程人工设置清扫时间功能。

列车回库停稳后，信号系统向车辆 TCMS 发送“清扫工况”，由车辆 TCMS 控制车内照明打开。

清扫结束前一定时间，中心自动触发清扫广播，提醒清扫人员下车。

清扫人员清扫流程：

1） 清扫人员在运转值班室登记后，由值班员控制 SPKS 开关，将 SPKS 开关置于防护位。

2） 清扫人员通过库前地下检修通道刷门禁卡进入相应的防护区域。

3） 清扫人员通过操作头车第一个客室门的外解锁开关进入客室。

4） 清扫完成后，原路返回，由值班员将 SPKS 开关复位。

3.3.14休眠

司机本地按压车辆断电按钮、中心人工或远程自动控制列车在休眠区域完成休眠。FAM 模式列车，车载设备具备休眠条件后，中心能够人工或自动触发休眠指令。中心显示休眠状态，若休眠不成功，进行报警提示。

远程休眠流程：

1） 车载 VOBC 实时向中心发送当前状态。

2） 中心自动或人工向车载 VOBC 发送休眠指令。

3） FAM 模式时，车载 VOBC 收到中心的休眠指令后，完成自身休眠准备工作。

4） 车辆 TCMS 接收到车载 VOBC 的休眠请求命令，断高压负载后，向车载 VOBC 发送休眠确认。

5） 车载 VOBC 收到车辆 TCMS 的休眠确认后，向辅助驾驶设备发送休眠指令同时输出休眠允许，FAM 模式自动取消激活驾驶台指令。

6） 辅助驾驶设备向车辆发送该休眠指令。

7） 车辆收到从任意一端车载 VOBC 发送的休眠指令后，车辆控制整车延时 30 秒断电。

8） 辅助驾驶设备检测其与 ATP 的通信状态，判断休眠是否成功；将休眠结果及时反馈中心。

9） 中心显示休眠状态，若休眠不成功，进行报警提示，通知人工处理。

司机按压休眠按钮休眠流程：

1） 司机按压车辆断电按钮后，车辆延时 30 秒断开车辆非永久母线。

2） 车辆 TCMS 采集到按钮按下信息后，完成车辆自身的休眠准备工作。

3） 车载 VOBC 采集到按钮按下信息后，信号完成自身休眠准备工作。

（1）FAM 模式时自动撤销方向及司机室激活指令。

（2）司机钥匙有效时，车载 VOBC 完成自身休眠工作后，在 MMI 显示屏上提示司机关闭钥匙。

4） 辅助驾驶设备检测其与 ATP 的通信状态，判断休眠是否成功，将列车休眠状态上传到中心。

5） 中心显示休眠状态，若休眠不成功，进行报警提示。由司机通过本地观察，向中心汇报休眠故障通知人工检修。

3.3.15洗车

FAM 模式具备自动洗车功能。

中心可排洗车计划，并根据洗车计划，自动触发至洗车库的进路，提前一定时间，自动打开洗车库库门。

车辆控制列车以规定的恒速运行，完成自动洗车。

洗车完毕后，中心根据洗车计划自动触发回到指定列检库的回库进路。

列车在洗车过程中发生故障，如 VOBC-CI 通信故障、洗车机故障、司机打开钥匙、司机按下紧急按钮，退出洗车工况，停止自动洗车。

洗车机与联锁接口，须向联锁汇报工作状态。

3.3.16车辆基地内自动转线作业

场内无人区调车通过办理列车进路实现调车作业。中心人工设置头码，自动触发进路或人工直接办理进路实现调车。列车按规定限速在停车场/车辆段内运行。

3.3.17雨雪模式【可选】

中心提供全线列车设置/取消雨雪模式的功能。

中心系统根据雨雪模式的触发条件，自动在行调工作站提供“确认现场情况是否采用雨雪模式行车”的提示，行调与现场综合站务员联系，明确情况后确认全线列车均采用雨雪模式。

中心提供全线列车设置/取消雨雪模式的功能，若设置失败，应进行报警。

进入雨雪模式流程：

1） FAM 模式下，车载 VOBC 收到中心的雨雪模式指令时，实施常用制动停车，进入雨雪模式运行。雨雪模式时，车载 VOBC 限制最大牵引和最大制动的输出。

2） 雨雪模式时，中心行调根据天气情况为全线设置临时限速。

3） 当全线列车进入雨雪模式后，系统判断仍出现转向架空转和滑行状态（车辆提供空转和空气制动滑行信息，采用进入雨雪模式相同的判定条件），自动在行调工作站提供“确认现场情况是否退出全自动运行模式运行”的提示。

取消雨雪模式流程：

1） 行调根据现场综合站务员上报的现场运行情况，可人工取消全线车辆雨雪模式。

2） FAM 模式下，车载 VOBC 收到中心的取消雨雪模式指令时，待列车停车后，退出雨

雪模式，转为正常控车模式。

3.3.18车上设备工作状态远程检测

车载 VOBC 和车辆 TCMS 通过增加与中心、IMS 系统的接口，将列车状态、诊断信息汇总至中心。

1） 车辆 TCMS 周期将车辆故障信息、状态信息、里程信息发送至车载 VOBC。

2） 车载 VOBC 周期将车辆 TCMS 发送的与信号系统控制直接相关的车辆命令、状态信息以及需要调度员远程确认的或通知现场人员立即处理的车辆状态信息发送至中心，影响行车安全的信息在行调界面显示。

车辆 TCMS 周期将与信号系统直接控制无关,无需调度员立即远程确认或现场人员立即处理的车辆故障报警信息和维护信息发送至中心。

维修监测信息宜通过专用的通信通道上传至车辆调，检修按钮在检修位时，车载 VOBC 仅上传列车处于检修状态，不上传车辆状态和故障信息。

3.3.19列车日检

日检是指每日在全自动运行区停车列检库内对列车进行日常检查、维修及维护，分为车上日检和车下日检。

车上日检时，检修人员应检查客室内服务设施是否齐全、牢固。建议提供照明，不断高压电。

车下日检时，检修人员应在车辆两侧及车底巡视，检查受流器、走行部、箱盖、风管路等，建议人工手动切断电源柜，断高压电。

3.3.20列车远程广播

列车广播实时通过车载无线电台接收中心广播，当中心需实时对车辆广播时，由中心通过无线通信语音通道向车载 PA 发起广播，广播内容为人工广播或选播提前录制的信息，其中人工广播优先级高于预录制广播信息,中心对列车的广播和车载紧急呼叫不能同时工作,以先发起为优先。列车广播可对全线列车进行广播，也可进行选播或组播。

当远程广播设备故障时，中心报警。

3.3.21列车跳停功能

当需要进行运营调整作业时，行调人员可通过操作行调工作站设置跳停。

中心将跳停信息发送至车载 VOBC，实现列车跳停功能。

3.3.22列车扣车功能

当需要进行运营调整作业时，行调或车站值班员可通过相应工作站设置扣车。

设置扣车后，中心将扣车信息发至车载 VOBC，列车运行至扣车站台打开车门且不关闭。

该命令一次只能对一个站台进行控制。中心和车站都具有该权限。

3.3.23紧急手柄

当乘客拉下紧急手柄后，系统联动 VMS、联动车辆紧急广播，中心调度通过与乘客对话的方式采取相应的处理措施。

列车在区间运行过程中紧急手柄拉下，继续运行到下一站对标停车，打开车门且不关闭。

列车在停站过程中（站台停车窗停稳），紧急手柄拉下后，保证车门打开，且不自动关闭。

站台为安全区域，FAM/CAM 模式列车刚刚启动后，列车出站过程中（列车车身与站台位置有重合）紧急手柄拉下时，车载 VOBC 紧急制动停车。

3.3.24紧急呼叫

列车客室内设置紧急呼叫按钮，乘客触发按钮后，实现乘客和中心的直接对讲功能。

系统能支持多个乘客呼叫，中心显示全部呼叫，待操作员选择任意一个来电回复，其余未被接听的呼叫保留请求。

当乘客触发对讲按钮时，控制中心为乘客调提供的无线通信调度台提供报警，车辆 PIS 系统将紧急区域的画面主动推送给地面乘客调 VMS 监视器。

3.3.25再关门控制

当车门夹人，车辆开闭车门三次后仍未关闭，车辆通过车辆 TCMS 给车载 VOBC 反馈进入防夹状态，站台综合站务员根据需要确认可以关门后，按压站台关门按钮，实现本地再关门控制。

中心具备人工远程设置再关门功能，并可联动站台 VMS 及车载 VMS 人工远程进行关门确认。

3.3.26紧急制动缓解

紧急制动缓解情况分为 3 种：自动缓解、远程人工缓解、本地人工缓解。

1） 自动缓解：导致紧急制动的条件自动恢复后，不需要人工或远程参与，即可缓解。

2） 远程人工缓解：由中心远程将导致紧急制动的条件恢复，远程缓解；或导致紧急制动的条件无法恢复，由中心远程人工旁路该条件。

3） 本地人工缓解：须司机上车人工操作。

中心远程向车载 VOBC 输出紧急制动指令，并可缓解中心输出的紧急指令。

3.3.27远程紧急制动

中心具备对线路上运行的单列或所有全自动运行列车和 CBTC 级别运行列车实施紧急制动和取消紧急制动功能。

远程取消紧急制动，列车紧急制动缓解后，列车自动按照计划启动并继续运行。

车载 VOBC 接收到中心的紧急制动取消指令时，仅缓解由中心输出的紧急制动，由其他原因导致的紧急制动不可缓解。

3.3.28车辆火灾报警

车辆向 VOBC 提供火灾报警信息，车载 VOBC 将火灾报警上报中心。车辆 PIS 系统将火灾报警区域的画面推送至中心 VMS 监视器和司机台 VMS 监视器。

停站期间列车发生火灾时，列车打开车门且不关闭，疏散乘客。中心本站邻线站台提示行调设置跳停。

在区间运行时列车发生火灾，列车不自动打开车门，并运行至下一站对标停车，打开车门且不关闭，疏散乘客。

车辆段/停车场内运行时发生车辆火灾，立即施加常用制动停车，救援时按下全场 SPKS，进行车辆火灾应急处理。出段/场时列车在转换轨发生车辆火灾，若信号开放则继续启动运行至正线（出段/场方向），否则停车等待处理。

车载 VOBC 保持在站台打开车门且不关闭状态，待综合站务员上车后确认火灾情况（中心可通过 VMS 辅助确认），按如下方式处理：

1） 如果确认发生火灾，中心向车载 VOBC 发送火灾确认，由车载 VOBC 触发车辆 TCMS 预录广播对乘客进行广播；车辆自行触发预录制的 PIS 信息提示乘客。

2） 如果确认未发生火灾，人工通过车辆 TCMS 界面复位，撤销 FAS 报警后，车载 VOBC 等待中心确认非火灾后自动发车，或中心远程向车载 VOBC 发送复位 FAS 报警指令，车载 VOBC 自动控制列车发车。

3.3.29障碍物/脱轨检测

车辆在碰撞障碍物或检测到脱轨后能紧急停车。

车载 VOBC 收到车辆 TCMS 汇报的障碍物或脱轨信息后，上传至 ZC、中心，车载 VOBC 输出紧急制动，中心对相关站台自动设置扣车。

人工现场清除障碍物，并确认轨道上没有遗留障碍物时，复位障碍物/脱轨检测传感器。

障碍物/脱轨检测工作流程：

1） 车辆在接收到障碍物、脱轨检测信息后，触发紧急制动，同时将此信息发送车辆 TCMS。

2） 车辆 TCMS 将此信息（“障碍物脱轨检测有效”）发送给车载 VOBC。

3） 车载 VOBC 收到车辆 TCMS 汇报的障碍物或脱轨信息后，上传至 ZC、中心车辆调和行调控制台；同时车载 VOBC 输出紧急制动、切除牵引指令。

4） 地面 ZC 建立相应的防护区，防护区内的列车实施紧急制动，防护区外的列车按移动授权正常运行。

5） 中心车辆调和行调界面进行报警，同时联动区间 VMS，查看现场情况，通知人工到事发地点处理。

6） 人工现场清除障碍物，并确认轨道上没有遗留障碍物时，复位障碍物/脱轨检测传感器，人工确认故障解除以及轨道上没有作业人员且具备继续全自动运行条件后，车辆、信号自动缓解紧急制动，等待人工打开钥匙后重新升级为 FAM 模式发车。

3.3.30蠕动模式

蠕动模式为在全自动运行条件下，当车辆网络故障，或车辆网络与信号网络之间通信故障时，列车进入限速运行（25km/h）的一种模式。

当车载 VOBC 在 FAM 模式下监督到牵引或制动反馈异常，向中心申请进入蠕动模式运行。列车以蠕动模式进站停车后，施加紧急制动防止列车移动。

进入 CAM 模式后，列车在中心指示的下一站停车，打开车门且不关闭。此时不响应站台 PCB 按钮按下以及远程关门命令。在其他区域（库内停车点、转换轨、站外折返停车点）均不开门。

蠕动模式下不允许洗车。

3.3.31站台门故障隔离车门

当车站站台门故障或被人工锁闭隔离后，列车在该站台时，该侧站台的所有列车相对应的车门保持锁闭，不参与停站的开、关门作业。

站台门发生故障时，车辆对乘客进行提示。站台门系统点亮故障站台门对应的故障指示灯。

列车进站停稳后，故障站台门对应的车门由车辆控制不打开。

3.3.32车门故障隔离站台门

当列车车门故障隔离（仅对人工切除车门适用）后，本列车停站时对应的站台门能保持锁闭不参与停站的开、关门作业。

车门发生故障时，车辆对乘客进行声光提示。站台门系统点亮故障车门对应站台门的故障指示灯。

列车进站停稳后，车载 VOBC 自动打开车门，故障车门由车辆控制不打开，故障车门对应的站台门由站台门控制不打开。

3.3.33车门状态丢失处理

列车处于 FAM 模式或 CAM 模式，车辆采集到列车车门关闭状态丢失时，上报中心，根据列车所处位置采取相应的控制措施，包括：

1） 列车在区间继续运行进站并精确停车。

2） 列车在站台停稳时，打开车门且不再自动关闭，并切除牵引且不发车。

3） 车辆 PIS 系统将车门状态丢失对应的车厢画面主动推送至中心 VMS 监视器。

3.3.34故障复位控制

故障复位控制功能包括远程复位（合闸）和远程旁路，车载 VOBC 与中心通信正常时，车载 VOBC 向中心汇报车辆故障信息；控制中心车辆调向车载 VOBC 发送远程复位和远程旁路指令，调度员通过中心人工远程操作实现。

发生允许复位的故障时，在 FAM 或 CAM 模式下且列车零速时，车辆可自动复位一次。

3.3.35车辆制动系统故障

车辆制动力损失的情况下，车载 VOBC 能以一定的策略对列车进行控制。

当车辆制动系统故障时，车辆将紧急制动损失程度（损失的转向架个数）告知车载 VOBC。信号系统能根据损失程度制定不同的控车策略。

车载 VOBC 从车辆 TCMS 获得紧急制动损失程度和损失后的紧急制动率后，上传至中心提示报警。

3.3.36车站火灾

当车站发生火灾时，车站 FAS 系统触发车站火灾联动，并将车站火灾报警信息传送给 TIAS 系统。

中心防灾调度与车站电话确认火灾情况，环调也可以通过 CCTV 确认现场火灾情况。行调工作站显示火灾报警提示。环调确认后，电话通知行调该车站是否真实存在火灾情况。

行车调度员应执行相邻上一站站台扣车，扣车后，如列车车门和站台门关闭，则车载 VOBC 应重新打开车门和站台门，并自动广播；扣车命令取消后，列车应自动关门并发车。乘客调通过无线通信调度台向上一站扣车站台无线通信发送广播信号，触发预录制的车辆广播，并触发站台广播。

当该火灾站台存在停站列车时，停站列车应关闭车门；行车调度员应立即发车。

当该火灾站台前方区间有待进站列车时，当本站无停站列车，区间内有待进站列车时，中心行车调度台应向待进站列车发送车站火灾应急指令同时发送跳停指令；待进站列车接收到 TIAS 发送的车站火灾应急指令和跳停指令后，若出站信号开放，满足跳停条件，则实施跳停，否则，停在站外，若已进入站台区域则立即最大常用制动停车；停车后，站台火灾应急指令有效，出站信号机开放满足跳停条件，则继续实施跳停；停车后，站台火灾应急指令取消，满足停站倒计时满足要求则自动开关门发车，否则需要远程开门。

乘客调发送广播信号，触发预录制的车辆广播。乘客调触发车辆 PIS 显示，向车内乘客说明车站火灾情况。

车站火灾情况下，车站广播强制转入消防应急广播状态，AFC 闸机打开。

车站火灾情况下，综合站务员执行火灾应急预案。

3.3.37区间火灾

区间发生火灾时，FAS 系统将此信息传输给中心，在中心调度工作站界面上提示确认区间火灾信息后，经调度人工确认后，可联动站台自动扣车，并建立防护分析，防止列车进入该区域。

3.3.38运行中车辆设备故障处理

列车在正线发生了可在正线修复的故障时，在车站站台进行清客。驻站维修人员上车，人工驾驶列车至终端折返线或待避线，中心行调人工删除该列车的车次。

驻站维修人员修复后，人工驾驶列车升级为 CBTC 级别，并按照流程进入 FAM 模式，中心行调可将该列车设置为计划车，继续投入运营。

3.3.39站台门状态丢失

车载 VOBC 可监督站台门的状态，如果站台门打开或失去状态表示，不允许列车进入或离开站台；对于已经位于站台内的列车，禁止其离开站台或在站台内移动。

当由于站台门故障打开或失去状态表示导致列车无法运行时，可通过人工操作 PSD“互锁解除”开关来切除系统对站台门状态的监督，使列车继续运行。

ZC 与 CI 通信故障时 ZC 默认站台门状态丢失。

当列车因故在列检库故障导致定位或升级失败，系统通过头尾冗余定位功能实现列车静态定位，并在人工确认后实现静态升级。

3.3.40救援

当列车因严重故障无法行驶时，人工驾驶救援列车救援故障列车，使故障列车行驶到维修区域。

后车（救援车）在站台清客后，救援车需至少配备 2 名司机，转为人工驾驶模式（EUM）进行救援作业。

救援车接近被救援车后停车确认两车钩状态。确认对准钩位后，以规定速度撞击连挂。

3.3.41区间疏散

列车停在区间需要疏散乘客时，中心远程引导乘客疏散。

系统通过人工设置扣车将后车扣在站台等候，不允许发车，如果后车已进入区间，则中心远程控制后车停车。

4 全自动运行系统工程设计

4.1 总体设计原则

1) 全自动运行系统必须以安全可靠、技术先进、经济合理为设计宗旨。系统设备选型，应结合城市轨道交通线网规划统筹考虑，并满足系统扩展及工程实施的要求。
2) 全自动运行系统应具有高可靠性和高可用性，关键运行设备均应采用冗余技术，减少运行故障。全自动运行系统在满足系统正常运行的前提下，应具备较强的抗干扰能力及故障恢复能力。
3) 全自动运行系统应采用计算机网络技术、数字通信技术。系统构成应经济合理、安全可靠、易于扩展、操作方便、维修简便，并具有较高的性能价格比。
4) 全自动运行系统工程是涉及到土建和设备等多专业的系统性、综合性工程，应进行多专业顶层设计，使信号、车辆、综合监控、站台门、通信系统实现协同控制，从而满足全自动运行整体功能需求、全自动运行时的联动控制及应急处置要求。
5) 全自动运行系统正线及车辆基地设置自动化区域，自动化区域应为全封闭区域。应通过设置 SPKS、门禁等措施防护全自动区域的人工作业。
6) 全自动运行系统应具有更加完善的自动控制功能，以行车为核心，信号、车辆、综合监控、通信、站台门等多系统应深度互联，信号系统与综合监控系统宜深度集成（行车综

合自动化系统），提升城市轨道交通运行系统的整体自动化水平。

7) 全自动运行系统应具备兼容性，满足全自动运行和非全自动运行的运营需求。

8) 全自动运行系统设备配置应有利于行车组织和运营管理，实现行车指挥自动化和列车运行自动化，应根据全自动运行系统的特点制定全自动运行下的运营组织原则、事故与灾害处理等应急预案。

9) 全自动运行系统应自动实现列车自动唤醒/休眠、库内发车、场内运行、站台停站、站台发车、对位调整、站台清客、折返、回库、洗车等正常作业，以及车辆火灾、站台火灾、障碍物检测、对位隔离、雨雪模式等异常事件处理，实现列车全自动运行。

10) 全自动运行系统应具有降级运营控制模式，在系统发生故障时，能够保持一定的自动控制功能，以减小对运营的影响。

11) 全自动运行系统控制中心应具备车辆监控功能、乘客服务功能。车辆监控功能宜纳入信号系统，乘客服务功能可纳入综合监控系统或信号系统。宜增设车辆调度、乘客调度工作站，可根据具体调度指挥模式配置调度人员。

12) 全自动运行系统宜设置备用控制中心，主用控制中心与备用控制中心核心系统的服务器及接口设备应互为冗余热备。

13) 全自动运行功能宜仅在中心控制时具备，车站控制时不宜启动全自动运行模式。

14) 全自动运行线路正线区段应按双线双方向运行设计，正常运行方向应具备全自动运行功能，反方向行车不宜设置全自动运行功能。

15) 全自动运行系统应具备更加完善的设备监测功能，关键设备的运行状态、故障报警应实时上传控制中心，以使运营人员及时掌握列车运行情况，远程对列车实施人工控制。

16) 全自动运行系统应增强列车内及列车运行前方的视频监视。

17) 在全自动运行条件下，应采取措施尽量减少乘客或物品夹入站台门与车门间隙造的风险。宜在站台门与车门之间设置间隙探测等装置。

18) 列车应设置障碍物检测、紧急呼叫装置，宜设置紧急手柄装置，提高系统的安全性及应急处置能力。列车宜采用开放式司机室，宜不设置司机室门，宜采用简易司机台方式、设置司机台防护盖。

19) 全自动运行的车辆基地内应根据作业需求划分自动控制区和非自动控制区，并设置自动/非自动控制转换轨。停车列检库内应增加人员专用检修通道，减少维修对自动控制区运行的影响，避免人车冲突。停车列检库线、转换线的长度设置需满足列车自动控制的要求。

20) 全自动运行系统应配置大容量的车地双向通信系统，宜采用 LTE-M 技术构建专用车地通信网络。

21) 全自动运行相关的信号、车辆、综合监控、站台门、通信等系统应进行独立第三方安全评估（含 RAM）。涉及行车安全的设备必须满足故障－安全原则。

22) 应结合全自动运行场景，从危害程度与发生概率维度在工程各阶段进行危险源分析，形成系统的安全需求，并在工程建设、调试及运营过程中对危险源进行管控。

4.2 全自动运行系统主要标准和规范

1) 国家标准《地铁设计规范》（GB50157－2013）；

2) 国家标准《城市轨道交通技术规范》（GB 50490-2009）；

3) 建设部标准《城市轨道交通工程项目建设标准》（建标 104-2008）；

4) 国家标准《轨道交通可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例》（GB/T21562-2008/IEC62278:2002）；

5) 国家标准《轨道交通自动化的城市轨道交通（AUGT）安全要求第 1 部分：总则》（GB/T 32588.1-2016）

6) 国家标准《轨道交通　城市轨道交通运输管理和指令/控制系统　第 1 部分：系统原理和基本概念》（GB/T 32590.1-2016）

7) 国际标准《Railway applications — Urban guided transport management and command/control systems》（IEC62290）

8) 国际标准《Railway applications —Automated urban guided transport （AUGT）— Safety requirements》（IEC62267）

4.3 信号系统

信号系统是列车全自动运行控制核心系统，是控制列车运行，保证行车安全，提高运输效率，传递行车信息，改善行车人员劳动强度的关键设备。信号系统应采用基于无线通信技术的移动闭塞系统，正线运行、列车出入库及段/场内全自动区域运行，均可实现全自动运行。

信号系统由 ATS 子系统、ATP 子系统、ATO 子系统和 CI 子系统组成。按所处地域划分包括控制中心、地面、车载设备和车辆基地设备。车辆基地信号设备包括车辆段/停车场信号楼设备、停车列检库设备、试车线设备、维修中心设备、培训中心设备和备用控制中心设备。

信号系统配置和功能及信号与车辆、行车综合自动化系统、站台门系统的接口满足全自动运行的运营需求。具备全自动运行功能的信号系统相较于现有信号 CBTC 系统，具备以下技术特点和要求：

1) 正线和车辆段自动控制区域具备全自动运行功能，包括休眠、唤醒、自动进出段、自动进站停车、自动开关门、自动发车、自动折返、自动洗车和自动调车作业等。
2) 车辆段内的信号系统配置需要满足全自动运行和有人驾驶的作业需要。
3) 正线和车辆段应具备全自动运行和人工驾驶的转换，并提供防护。
4) 当停站误差超过规定的精度时，信号系统需与车辆配合实现自动对位调整，从而替代司机人工驾驶的对位调整操作。
5) 与车辆配合，实现车辆及其他车载设备的发车前测试、运行工况控制等功能。
6) 可通过信号车载 VOBC 将车辆各系统重要的自检及运行状态、故障情况实时传送至控制中心，以使行车控制人员及时掌握列车运行情况，对列车运行实施有效控制。
7) 信号与综合监控、车辆等专业配合实现正常运营及故障处置情况下的相关联动控制。控制中心应具备远程控制列车运行及故障处置的手段，必要时远程对列车运行实施干预。
8) 设置备用控制中心时，宜增强备用控制中心的配置级别，备用控制中心和控制中心服务器宜热备冗余，当控制中心发生故障时，由备用控制中心实现运营指挥。
9) 为轨旁维护线路工作人员提供可靠的安全防护。
10) 试车线设备配置需满足全自动运行动/静态测试的需要。
11) 应提高系统冗余设计，ATO、ATS 的安全完整性等级应满足 SIL2 级要求。
12) 需增强系统维护监测功能，信号车载设备的状态需实时上传维护支持系统。

4.3.1新增设备配置要求

为实现全自动运行的相关要求,全自动运行下的信号系统相较于 GoA2 等级信号系统在设备配置方面有所增强，具体如下：

1） 车站及轨旁设备

人员防护开关（SPKS），在列车全自动运行时，为工作人员提供可靠的安全防护，防止进入人工作业区域或者在人工作业区域启动。信号系统在车控室 IBP 盘或站台区设置人员防护开关及相应表示灯，工作站具有 SPKS 相关表示，SPKS 的具体位置可根据运营需求进行设置。工作人员进入区间时需转动 SPKS，建立相应封锁区域。封锁区域外的列车不进入该区间。封锁区域内的列车制动停车或保持静止状态不发生移动。

站台关门按钮，为了实现站台人工关闭车门功能，信号系统在车站站台上设置站台关门按钮。站台值班员人工进行清客确认后或需要关闭车门时，按压站台关门按钮，关闭车门和站台门。

应答器，根据需要，在正线折返线、存车线增加用于休眠/唤醒和列车定位的应答器设备。

2） 车载设备

车载信号设备需设置辅助驾驶设备用于实现休眠和唤醒等相关控制功能（或通过其他车载设备实现此功能）。

为了提高车载设备可靠性和可用性，信号车载 ATO 设备应采用冗余配置，车载信号设备增加与车辆的输入/输出接口，用于实现列车全自动运行的控制要求。

3） 车辆段设备

同传统的人工驾驶车辆段方案相比，车辆段内需要增加轨旁 ATP/ATO 计算机设备，在车辆段咽喉区、洗车库、自动控制区域/非自动控制区域的转换轨、停车列检库内增加相应的应答器设备。

同 CBTC（ATP/ATO）车辆段方案相比（已配置轨旁 ATP/ATO 计算机设备），车辆段内需要在洗车库、自动区域/非自动区域的转换轨、停车列检库内增加相应的应答器设备。

在车辆段停车列检库运转值班室或停车列检库内设置人员防护开关（SPKS）及相应表示灯的控制盘，ATS 相关工作站具有 SPKS 相关表示。原则上车辆段自动控制区被划分成若干 SPKS 防护分区，停车列检库库内区域每一条停车列检线（2 个列位）设置 1 个 SPKS；洗车库区域设置 1 个 SPKS；车辆段咽喉区自动控制区域（停车列检库和洗车库区域除外）设置 1 个 SPKS。SPKS 的具体设置位置应可根据运营需求进行调整。

4） 控制中心设备

控制中心需要增设车辆管理调度工作站和乘客调度工作站，用于实现车辆和乘客的相关监视、控制及调度功能。

5） 备用控制中心设备（若有）

备用控制中心具备与控制中心实现冗余热备和无缝切换，其核心设备的的冗余配置程度宜与控制中心一致。

6） 试车线设备

新增用于全自动运行功能测试用的信号设备及相关应答器等。

7） 培训中心设备

新增用于全自动运行功能培训用的人员防护开关、站台关门按钮等设备。

4.3.2新增功能要求

信号系统作为列车运行的控制中枢，应新增实现列车全自动运行所需的自动控制功能，信号各子系统新增功能如下。

1） ATS/TIAS-ATS 子系统

（1）线路监控

具有显示线路中的自动控制区域、非自动控制区域功能。具有提供人员防护开关的状态、洗车机状态、停车列检库和洗车库库门状态的显示功能。具备针对线路区域设置允许/禁止全自动运行授权的功能。

（2）列车监控

具备对列车休眠、唤醒、段内运行、正线服务、停止正线服务、待命、清扫、清客等状态的管理和控制功能。

新增车门状态、驾驶模式和工况（FAM、CAM、休眠、唤醒、退出正线服务、洗车、清扫、清客、段内运行、待命）、报警状态（紧急制动、乘客呼叫、车辆火灾、车辆设备报警、无线通信、紧急手柄等）的显示功能。

具备针对单列车和全线列车的允许全自动运行授权功能。当 FAM 列车因故障停在区间时，中心调度员可以设置允许列车为蠕动模式。

列车全自动运行时，ATS 应根据时刻表，向列车下发换端指令。同时，具备调度员人工下发换端指令的功能。

具备对车辆的远程控制功能，包括远程紧急制动/缓解、远程车门控制、列车空调/电热参数设置、火灾确认、车辆故障复位及远程旁路、列车照明控制和远程清客确认等。

（3）车辆段监控

中心可实现对车辆段整个站场情况的监视，车辆段可由中心或车辆段自动或人工控制，并可实现控制权的转换。在中控及站控模式下，ATS 根据计划，具备段内自动触发进路功能。

（4）联动控制功能

ATS 新增列车全自动运行所需的联动控制功能，具体包括：上电、唤醒、列车火灾、紧急呼叫、紧急手柄拉下、车门状态丢失、休眠、清客、车辆运行工况等。

（5）维护监测功能

接收列车牵引、制动、辅助电源、空压机、蓄电池、车门、广播、视频摄像、空调等各系统的状态、故障及报警信息。

2） ATP/ATO 子系统

（1）列车休眠

ATP/ATO 设备具备控制列车在预定义的休眠窗口进行休眠的功能。列车运行到预定义的休眠窗停车后，车载信号设备收到中心的休眠命令，完成自身休眠准备工作和车辆休眠交互后，车载信号设备向车辆发送该休眠指令，车辆两端车载设备同时断电，完成休眠。

（2）列车唤醒

ATP/ATO 设备具备控制休眠列车进行唤醒的功能。ATS 根据计划，提前一定时间向停车列检库库线/正线存车线上的休眠列车发出唤醒指令，信号收到唤醒命令后，向车辆发出唤醒指令，车辆可实现对全列车的上电。全列车上电后，车载信号设备及车辆设备执行必要的自检、测试。测试成功后，车载设备处于激活可用状态，具备进入全自动运行模式的条件。

（3）自动洗车

洗车作业由 ATO 系统控制全自动完成。列车在全自动运行模式下，接收到 CI 发来的洗车请求确认信息后，ATO 向车辆发送洗车模式及牵引命令。车辆收到该模式命令后，控制列车恒速 3km/h（根据工程要求配置）运行。ATP 提供的超速防护，到达指定位置后停车，发出制动指令。洗车过程中信号系统需对洗车库库门状态进行防护。

（4）自动驾驶和精确停车

列车在正线、车辆段自动控制区域内运行具备 ATP 防护，可在 ATO 控制下以全自动运行模式自动运行。在考虑与安全有关的各种限制和规定条件下，自动控制列车的加速、巡航、制动等工况，实施列车运行的自动调整功能，自动控制列车正线运行。列车在车站自动停车、发车及自动折返。

正线和车辆段特定地点（洗车库、用于休眠/唤醒的存车线）应具备定点停车功能，停车精度在±0.5 米范围（根据工程要求配置）范围内，停在停车窗内概率与站台停车保持一致。

（5）关门控制

在信号系统自动控制列车关门时，车门因故未关闭情况下，ATO 可执行中心人工远程关门命令或站台关门按钮的关门命令，再次发出关门命令。

列车全自动运行时，需要清客确认的车站未清客完成期间，车载信号设备保持车门打开。在站台值班员人工进行清客确认后，按压站台关门按钮，或收到远程清客确认指令后 ATO 才能关闭车门和站台门。此外，清客亦可采用联动本站自动扣车（扣车状态下车门保持开启状态）实现，人工确认清客完毕后，解除扣车，自动发车。具体实现方式可根据运营需求设定。

（6）紧急制动

当车载 ATP 触发紧急制动后，列车停稳前紧急制动不得缓解。系统可根据紧急制动原因采取不同的紧急制动缓解方式，包括：自动缓解、远程人工确认缓解、司机人工缓解。当列车产生紧急制动及紧急制动缓解后，车载 ATP 均向控制中心发送报警信息。

（7）对位调整

全自动运行模式下，如列车在进站停车过程中未到或超出了停车精度，ATO 将自动启动对位调整功能。

（8）对位隔离

ATO 系统具备车门/站台门故障隔离的功能。当个别车站站台门故障隔离时，车载设备接收站台门故障信息，车载设备将此信息转发至车辆。列车进站停稳后，ATO 自动打开车门及站台门，故障站台门及对应的车门不打开。

当个别车门故障隔离时，车载设备接收车门故障信息，信号系统将此信息转发至站台门。列车进站停稳后，ATO 自动打开车门及站台门，故障车门及对应的站台门不打开。

车载设备将车门故障报警信息和车门隔离信息发送给中心。

（9）停车列检库及洗车库库门防护

ATP 对停车列检库及洗车库库门进行防护，其移动授权应考虑库门状态。

（10）建立防护区

人员防护开关建立封锁区时，ATP 控制列车不移动或停车。

（11）列车工况管理

车载设备根据 ATS 的指令和列车运行位置管理列车工况，列车工况包括：段内运行、正线服务、停止正线服务、待命、清扫。车载设备应将列车工况状态发送给中心。

（12）车辆鸣笛

信号通过车辆 TCMS 控制列车在库内动车、入库时进行鸣笛。

（13）车辆紧急状态处置

信号设备对于列车运行过程中的不同紧急情况（车上紧急手柄被拉下、车门状态丢失、车上发生火灾、车辆制动力丢失等）采取的处置措施，需要根据运营需求设置。具体处置措施包括：控制列车紧急制动，控制列车至相邻安全位置停车，控制列车常用制动停车，切除牵引、不实施制动。

（14）新增运行模式

系统新增列车运行模式为：全自动运行模式（FAM 模式）和蠕动模式（CAM 模式）。

正线、车辆段的自动控制区域内列车可采用 FAM、CAM、AM、CM、RM、EUM 驾驶模式；车辆段

非自动控制区域内列车只具备 RM 模式或 EUM 模式。

（15）新增折返模式

系统新增全自动运行折返模式。处于 FAM 模式下运行的列车，当列车在折返站规定的停车时间结束及乘客下车完毕，车门和站台门自动关闭后，列车根据移动授权及运行指令，从到达站台自动运行进入和折出折返线，最后进入发车站台自动打开车门和站台门。

（16）远程功能

车载信号设备具备收到来自中心的立即停车命令后，采取紧急制动停车功能。信号或车辆触发的紧急制动条件恢复后，车载信号设备收到中心的远程紧急制动缓解指令缓解该紧急制动。

车载信号设备具备根据中心的远程人工换端指令，完成车载设备换端功能。

车载信号设备具备根据中心的远程开关门指令，进行开关门作业。

车载和轨旁ATP设备具备响应中心针对线路区域和列车设置的允许/取消FAM运行授权的功能。

车载信号设备响应中心发送远程复位和远程旁路指令，车载信号设备将该指令转发车辆。

停站未完成清客期间，车载信号设备保持车门及站台门打开，在收到远程清客确认指令后车载信号关闭车门和站台门。

车载信号设备具备响应中心远程设置车辆相关指令（空调/电热参数设置、客室照明等），转发车辆进行控制。

（17）维修监测功能

车载信号设备接收车辆发送的车辆故障信息、状态信息、位置信息和里程信息，将车辆信息及车载信号设备自身的状态、故障信息发送给 ATS 和维护支持系统。

3） CI 子系统

（1）作业封锁区防护

联锁采集正线及车辆段内设置的人员防护开关（SPKS），当 SPKS 插入特殊的钥匙并旋转一定的角度后，应封锁相应轨道区域。作业区域封锁后，经过作业区列车及调车进路立即关闭，联锁不允许办理经由作业封锁区的所有列车及调车进路，同时将区域封锁的信息发送至 ATP 设备。

（2）站台关门按钮状态

联锁采集站台关闭车门按钮按下信息并转发给信号车载设备。

（3）控显功能

CI 应能够向 ATS 提供人员防护开关的状态、洗车机状态、停车列检库和洗车库库门状态。

（4）维修监测功能

联锁增加人员防护开关、洗车机、停车列检库及洗车库库门的状态监测。

（5）与外部系统接口功能

联锁与站台门新增信息接口，用于故障的站台门和车门信息的传递。

联锁采集停车列检库及洗车库库门完全开启的状态，纳入联锁检查条件。

联锁与自动洗车机采用硬线接口，互传相关控制和状态信息。

4） 维护监测子系统

维护监测子系统具备对信号车载设备、新增信号设备状态维护和管理功能。

4.4 车辆

车辆是全自动运行系统的载体，整个全自动运行技术都是围绕着车辆来构成的，乘客直接面对的也是车辆，全自动运行系统技术的成功需要高可靠性、高可用性车辆系统的支撑。

4.4.1新增设备配置要求

1）司机室

司机室布局应满足 FAO 的需求。宜设置开放式驾驶室（可设置临时司机隔离区装置），采用小型化驾驶台、内藏处理。司机操作台设可拆卸防护罩，并具有锁闭功能，以防止非专业人员的误动作。

2）车辆关键系统冗余

采用具有冗余的列车总线控制方式，TCMS 具备头尾设备冗余控制功能。

车辆牵引/制动应快速响应，牵引力/制动力指令值（司机控制器或信号系统设备产生）的传输双通道冗余结构。

3）指示灯

为满足全自动运行功能需求，宜在司机室区域外侧增加车辆启动提示灯、司机室前端区域增加 FAO 模式指示灯和 RM 模式指示灯。

4）增加障碍物及脱轨检测装置

列车前端和尾端配有机械式障碍物探测装置，这种压力敏感装置可以探测到障碍物，一旦探测到障碍物，列车触发紧急制动，同时将信息通过 TCMS 发送至 OCC。探测装置亦可采用红外线、雷达、摄像头等多种方式实现。

5）紧急手柄

列车客室内设置紧急手柄，用于乘客应急使用。每节客室至少设置 1 个紧急手柄。

6）车辆电路控制

车辆控制回路增加自动唤醒模块、人工唤醒备用回路、增加唤醒继电器、列车供电接触器等模块。

车辆控制电路应采用冗余设计，对关键安全电路进行可靠性分析，降低电路故障对列车运行的影响。

7）列车广播

广播系统应采用内部总线控制的模块化冗余结构，内部总线也应冗余。每个模块均具备自检功能，单个模块故障不应造成广播系统的功能失效。

8）蓄电池容量

车辆蓄电池容量应满足列车连续休眠多天的供电时间（具体时间根据工程要求设置）。蓄电池应确保端电压足以满足列车正常唤醒和列车所有设备的正常启动，并能投入运营；同时应考虑运营中紧急情况下满足 45 分钟以上的用电需求。

4.4.2新增功能要求

1）模式

全自动运行车辆新增全自动运行模式、跳跃模式、蠕动模式、洗车模式、雨雪模式。

（1）跳跃模式：车辆停站后出现过标或欠标的工况下，车辆对标的动作；

（2）蠕动模式：车辆在运行区间出现列车网络故障或车辆与信号通信故障，车辆全常用制动停车，然后限速（具体速度根据不同项目确定）运行到下一站的模式；

（3）洗车模式：车辆限速 3-5km/h 通过洗车机；

（4）雨雪模式：在特殊天气下，中心可以对全线车辆下达该模式，限速，降牵引制动力。

2）休眠/唤醒功能

车辆应具备自动唤醒、上电自检、静动态测试、自动休眠的功能，对车辆设备等进行全面的检测及测试。

车辆设备应能响应任何一端信号驾驶设备发出的唤醒指令或人工按压车辆上电按钮，对全列车设备进行上电。车辆设备（包括 VMS、PIS、无线通信等含处理器的设备）上电后自动进行自检，自检完成后，通过网络向信号反馈自检信息。车辆应能配合信号系统实现列车唤醒过程中的静态测试和动态测试。

车辆具备收到休眠指令后，控制整车延时断电功能。车辆应与信号车载设备配合实现列车休眠，车辆在接收信号车载设备的休眠请求时，执行休眠准备工作后，向信号车载发送休眠确认。通过按压车辆断电按钮断电时，车辆自动完成休眠准备工作，并具备断电延时控制功能，为全列

断电。

3）运行工况响应

车辆响应信号发送的列车运行工况（正线服务、清扫、清客、段内运行、待命），采取响应控制措施。

（1）正线服务：车辆 TCMS 接收到信号车载设备发送的“正线服务”指令后，车辆 TCMS 控制照明、空调或电热打开(信号指令为允许开和允许关)，车辆根据工况自动控制；

（2）停止正线服务：车辆 TCMS 实时接收信号车载设备发送的停止正线服务工况指令；在收到指令后，车辆关闭照明、空调或电热；

（3）场内运行：采用三轨供电模式时，车辆 TCMS 接收信号车载设备发送的场内运行工况指令，车辆根据此工况断开母线高速断路器，同时会切除电制动。

（4）清扫：车辆接收车载车载设备清扫工况指令，自动打开车内照明。

（5）清客：车辆 TCMS 网络接收信号车载设备的“清客”指令，自动触发车辆广播，提醒乘客下车。

4）对位隔离

车辆与信号配合实现车门/站台门故障隔离的功能。当个别车站站台门故障隔离时，信号车载设备将此信息转发至车辆。列车进站停稳后，ATO 自动打开车门及站台门，车辆控制对应车门不打开。

当个别车门故障隔离时，车辆将故障车门信息发送给信号车载设备，信号系统将此信息转发至站台门。列车进站停稳后，ATO 自动打开车门及站台门，故障车门及对应的站台门不打开。

车门站台门故障隔离时，车辆应触发车门故障信息广播，通过触发相对应的隔离车门上方的动态地图上显示此门不打开的信息并点亮红色指示灯。

5）再关车门控制

当车门夹人，车辆开闭车门三次后仍未关闭，车辆应通过车辆 TCMS 向信号车载设备反馈进入防夹状态，并接收再关门指令。

6）自动洗车

车辆 TCMS 接收信号车载设备发来的洗车模式后，当接收到信号车载设备的牵引命令后，车辆控制列车恒速运行（如，车速 3-5km/h）。

7）车辆远程复位、隔离、操作功能

为实现 OCC 对全自动运行车辆故障应急处理的需求，需要在 OCC 实现对车辆应急故障状态下的车辆远程复位、隔离、旁路的功能，实现如下功能：

（1）远程复位：实现对影响车辆正常行车功能的系统的低压供电远程复位功能，如牵引、制动、车门、信号等系统；

（2）隔离功能：宜实现切除转向架的功能；

（3）操作功能:实现远程操作受电弓或受流器、远程紧急制动施加缓解、停放制动施加缓解、远程调用车辆 VMS 视频监视等功能；

8）障碍物检测和列车脱轨检测功能

车辆在检测到障碍物、脱轨检测信息后，实施紧急制动并将此信息发送车辆 TCMS；车辆 TCMS 将此信息（“障碍物脱轨检测有效”）发送给信号车载设备。

车辆在检测到障碍物、脱轨检测信息后，联动车载 VMS 和车载 PA，推送司机室监视列车前方轨道的 VMS 图像到中心行调、乘客调和车辆调。

9）列车状态、故障报警信息上传功能

车辆 TCMS 周期将车辆故障信息、状态信息和里程信息等实时传输至地面，以便控制中心可了解车辆信息，为车辆排查故障及应急快速做出反应。

10）车辆火灾

车辆具备车上火灾报警功能。车辆将火灾报警申请信息通过车辆 TCMS 发送给信号车载设备。

车辆 TCMS 具备在接收到确认后的火灾报警信息后触发车载 PIS 广播功能。

车辆 TCMS 应能响应信号车载设备转发的烟火复位指令，复位 FAS 报警或对烟感降级处理。

11）紧急手柄响应

车辆具备紧急手柄拉下的处置及联动控制功能。单车的车辆 TCMS 采集到手柄被拉下信息，车辆应将紧急手柄拉下信息发送给信号车载设备，同时应具备车载 VMS、广播联动控制功能。

4.5 通信（含 PIS）

根据全自动运行需求，通信系统需为调度人员提供运行车辆现场图像、故障信息以及相关联动调度指令下发的传输通道，涉及视频监视、车地无线通信网（数据）以及无线通信（语音）三个系统。

4.5.1新增设备配置要求

1）列车司机室及客室摄像机设置

全自动运行模式，增加车载视频主机（含高清解码及存储）和车载视频监视网络交换设备的处理能力，以及增加或增强与相关系统的接口外，原则上在每个司机室增设 2 套高清数字摄像机

（含高清编码），每个客室内增设 3 套高清数字摄像机（含高清编码）。

2）区间线路视频监视

全自动运行线路可结合周界防护在高架线路区间每隔一定距离设置摄像机，用于中心、车站监视线路情况，对每个摄像机设置视频分析功能，报警时可自动弹出画面，并可将信息送至行车综合自动化（或其他）系统进行驾驶条件的综合判断。

3）紧急对讲设置

利用无线通信语音通道，实现列车乘客与控制中心的紧急通话。紧急对讲电话安装于客室内车门一侧，乘客操作后，可与控制中心乘客调度电话联系，同时触发 VMS 实现联动，应急电话所在车门附近的视频上传到控制中心行调和车辆调度台上。

4）车地无线通信网方案

宜采用 LTE-M 技术构建专用车-地无线通信网络，采用基于 IP 的扁平化网络结构，由核心网子系统 EPC、无线子系统 eNB、网管子系统及终端设备组成，其中，eNB 包含 BBU 和 RRU 设备。

5）乘客调、车辆调通信设备配置

专用电话系统在控制中心增加乘客服务调度台 1 台、车辆调度台 1 台，并在各相关位置相应增加调度分机。

视频监视系统在主备控制中心增加乘客服务控制终端及监视器各 1 套、增加车辆调度控制终端及监视器各 1 套。

4.5.2新增功能要求

1) 实现乘客与控制中心的紧急通话功能。

2) 增加乘客服务调度及车辆检修调度功能。

3) 增加远程车载广播，增强声音采集、故障检测记录的功能；增加中心对车辆内广播的控制，用于异常或紧急情况下对乘客进行远程指导。

4) 车载通信设备自检功能

车载通信设备包括车载广播、车载无线、车载视频监视以及显示器等设备在车辆唤醒模式下进行加电自检并发送自检状态，在车辆休眠模式下进行休眠自检并发送自检状态。

5) 增强视频监视功能

增强对车站、车辆段/停车场及行车沿线的视频监视功能，以及区间火灾、障碍物脱轨检测异常情况下联动（根据工程情况配置）。

通过增加司机室摄像机，实现列车前后方视频监视功能，中心可远程调取车载 VMS 信息。

增强对车载 VMS、PIS 进行监控，便于中心调度监视车上乘客动态。

6) 车载乘客信息系统与车辆 TCMS 联动功能

车载设备具备自检功能，并可将自检信息发送给车辆 TCMS 系统。此外，客室摄像机与车辆配合，具备以下视频联动功能：

（1）客室紧急呼叫联动功能：当接到车辆相关系统发送的客室紧急呼叫触发指令后，列车视频监视系统可将该画面推送至控制中心，可通过与线路视频监视系统的接口，供线路视频监视系统查看，或转发给相关使用系统查看。当接到车辆相关系统发送的客室紧急呼叫解除指令后，列车视频监视系统负责恢复正常模式。

（2）紧急手柄联动功能：由车辆相关系统提供紧急手柄触发信息（含位置信息），列车视频监视系统负责将紧急手柄触发区域的画面，通过车-地无线网络推送给线路视频监视系统，由其转发或直接推送给相关使用系统。当接到车辆相关系统发送的紧急手柄恢复信息后，列车视频监视系统负责恢复正常模式。

（3）列车火灾报警联动功能：由车辆火灾报警系统提供确认后的列车火灾报警信息，列车视频监视系统负责将火灾报警区域的画面，通过车-地无线网络推送给线路视频监视系统，由其转发或直接推送给相关使用系统。当接到车辆火灾报警系统发送的火灾报警解除信息后，列车视频监视系统负责恢复正常模式。

（4）门解锁探测装置联动功能：由车辆相关系统提供门解锁探测装置开门触发信息（含位置信息），列车视频监视系统负责将门解锁探测装置触发区域的画面，通过车-地无线网络推送给线路视频监视系统，由其转发或直接推送给相关使用系统。当接到车辆相关系统发送的门解锁探测装置关门触发信息后，列车视频监视系统负责恢复正常模式。

4.6 站台门

4.6.1新增设备配置要求

1）增加与信号系统的网络接口

站台门设备新增与信号系统的网络接口，实现对位隔离信息互传。

2）站台防夹装置

在全自动运行条件下，应采取措施避免乘客或物品夹入站台门与车辆轮廓线之间的间隙造成危险，以达到安全运营的目的。全自动运行系统必须配置异物探测防夹装置。防夹装设置可采用如下方式：

1） 在滑动门门体轨道侧增加刚性防护横杆（不能侵限）；

2） 在不侵入车辆限界的原则下，在车辆与站台门间隙内增加电气类探测设备，可采用激光探测和红外探测方式。

4.6.2新增功能要求

1）对位隔离功能

全自动运行系统具有车门/滑动门故障隔离功能，当个别滑动门故障隔离时，站台门系统通过网络接口将故障信息传送至信号系统，信号系统将此信息转发至车辆，列车进站停稳后，发送命名打开车门及站台门，故障滑动门及对应的车门不打开；反之，当个别车门门故障隔离时，列车进站停稳后，ATO 发送命名打开车门及站台门，故障车门及对应的滑动门不打开。

2）隔离提示功能

单个站台门宜增加故障显示功能（包括对应车门的隔离信息显示），提示乘客绕行。

站台门每个滑动门单元可设置语音播报装置，当滑动门对位隔离时，触发语音播报，提醒乘客此门故障，选择其他单元门乘车。

3）站台门/车门间隙探测功能

站台门/车门间隙探测与 CI 接口,信号系统通过此信息实现对站台门夹人夹物的防护与联动。同时站台门通过通信接口将此信息上传至 ATS，实现报警功能。

4.7 综合监控

全自动运行线路可单独设置综合监控系统，亦可采用综合监控与信号 ATS 子系统集成，建立统一的综合自动化平台，构建以行车指挥为核心的行车综合自动化系统。

根据全自动运行特点及运营管理需求，宜采用行车综合自动化系统。行车综合自动化系统可集成自动列车监控系统（ATS）、视频监视系统（VMS）、广播系统（PA）、乘客信息系统（PIS），电力监控（PSCADA）、火灾自动报警系统（FAS）、环境与设备监控系统（BAS）、互联的系统有自动售检票系统（AFC）、时钟系统（CLK）、门禁系统（ACS）等。

采用集成方案时，应明确并优化与信号专业的设计接口，加强对列车运行、事故、乘客报警及异常、车辆故障、站台门状态等的联动和信息整合，并增加控制中心操作员对车厢乘客的广播、视频监视以及对讲、对车辆设备的管理、监控、联动等功能。

4.8 车辆基地

全自动车辆基地是承担全自动运行列车运用、停车、整备、清洁、检查、定期检修、调试等功能的场所,将正线对列车的运营控制权由车站延伸至场段的全自动运行区域。应具备自动唤醒、休眠列车、自动出入场功能，宜具备与停车列检库库门、洗车库库门联动、自动洗车等功能。

4.8.1控制区域划分

为满足列车全自动运行需求,车辆段/停车场内应根据作业需求划分自动控制区和非自动控制区。设置控制区转换线，满足人工驾驶向全自动运行平滑过渡的需要。

自动控制区包含停车列检库、洗车库及线路咽喉区，其余设施位于非自动控制区。自动控制区域与非自动控制区之间应严格分区，并采用物理隔离措施，出入口设置门禁。自动控制区与非自动控制区之间设置驾驶模式转换区，具备全自动运行模式与人工驾驶模式转换的线路宜为牵出线。各分区功能应相对独立，不宜间隔设置，避免作业干扰。

4.8.2人员出入自动控制区的作业流程

车辆段/停车场自动控制区被划分成若干防护分区，各防护分区间应设置物理隔离，每个防护分区出入口设置门禁，并设置人员防护开关，由车辆段/停车场信号系统为各防护分区建立逻辑防护。

停车列检库宜每 2 股道或 3 股道设置为 1 个物理分区，分区之间通过库前地下通道、库中地下通道（如有）或库后平交道贯通全库的人行走廊，将各个分区联通起来，并在通往各防护分区的出入口处设置门禁，控制人员的进出。清扫、列检或司机等人员可通过库前地下走廊、库中地下走廊或库后平交道，经过门禁系统进入目标分区。针对不同性质的人员进入停车列检区的授权级别不同。

4.8.3停车列检库线及转换线长度

停车列检库线、转换线、洗车线的长度设置需满足列车自动控制的要求。

因采用全自动运行技术，车辆段/停车场内停车列检库、自动控制区域/非自动控制区域转换轨、洗车库需考虑信号 ATP 安全防护距离，增加相应长度。除常规作业所需距离之外，长度设置还需考虑如下信号保护距离：

1） 停车列检库内每股道的长度需考虑列车距信号机的瞭望距离、列车长度、安全保护距离长度（宜为 20 米）。

2） 自动控制区域/非自动控制区域转换轨长度需考虑信号机距道岔的距离、列车距信号机

的瞭望距离、列车长度、安全保护距离长度（宜为 40 米）。

3） 洗车库前股道长度需考虑信号机距道岔的距离、信号机距洗车库前平交道的距离列车距信号机的瞭望距离、列车长度、安全保护距离长度（宜为 40 米）。洗车库后股道长度需考虑信号机距洗车库后平交道的距离、列车距信号机的瞭望距离、列车长度、安全保护距离长度（宜为 20 米）

4.8.4库门

停车列检库及洗车库库门宜设置为自动车库门，并纳入信号系统监控，应具有车库门故障旁路功能。

4.9 全自动运行新增接口

1）信号与通信系统增强接口

（1）与无线系统：

当乘客触发车上紧急呼叫按钮，可与中心调度台通话。

列车进站停车过标时，触发列车及站台广播。

（2）与车站广播

增加站台广播接口，触发门对位隔离的提示信息、轨道车经过站台、清客的相应广播。

2）信号与综合监控系统增强接口

增加火灾联动控制功能。

IBP 盘上增设站台关门按钮（根据用户需求配置）。

3）信号与洗车机接口

洗车库配置全自动洗车机，洗车机与信号控制系统采用继电接口，实现全自动洗车作业。车辆段联锁与洗车机的接口互传以下信息：

（1）洗车机向联锁汇报工作状态（准备就绪、非/未就绪）；

（2）车载信号设备通过联锁向洗车机发送洗车请求，洗车机回复请求确认；

（3）车载信号设备通过联锁向洗车机发送停稳信息；

（4）洗车机通过联锁向车载信号发送移动指令；

（5）洗车机在故障或人工按下紧急关闭按钮时，向联锁发出紧急停车指令。

与洗车机接口界面为洗车机控制柜的外线输出端子处。

4）信号与停车列检库及洗车库库门接口

信号与停车列检库及洗车库库门接口实现库门的联锁防护。信号系统采集库门完全开启状态并纳入联锁条件。与库门接口分界为停车列检库及洗车库库门控制柜的外线输出端子处。

信号系统可根据需要实现与库门联动控制，向库门发送开关门命令。

5）信号与站台门系统接口

新增信号与站台门网络接口：信号系统与站台门通过冗余的网络，互传个别故障车门/站台门信息，用于实现车门与站台门故障对位隔离功能。

6）信号与车辆接口

信号与车辆接口的输入输出信息主要包括：驾驶室激活状态、司机钥匙激活、列车完整性、车门关闭且锁闭指示、牵引已切除（牵引允许反馈）、车辆已实施紧急制动、保持制动已实施、手柄位置、信号相关按钮状态等信息；紧急制动输出、常用制动输出、牵引切断输出、左/右车门解锁、列车零速输出、运行方向、牵引力大小、制动施加或缓解、车门控制、驾驶模式信息、全自动运行列车测试指令及状态信息、休眠指令、唤醒指令、跳跃指令、车辆状态及故障信息、障碍物/脱轨状态、远程控制指令等。

车辆与信号系统增加列车状态、故障报警信息上传功能（关键状态及故障报警通过信号系统传至中心，其他状态信息可通过 LTE-M 车地通信网络传输至中心）。

7）专用无线通信与车辆广播的接口

增强无线通信系统与列车广播系统接口功能，实现中心对列车广播，以及特定手持台对列车广播功能。原专用无线通信系统与车载广播接口仅实现控制中心调度员对列车的紧急广播，现在还需实现控制中心调度员与客室乘客的紧急对讲功能接口，增加向车辆传送自检故障信息的功能接口（可根据需要配置）。

8）车载视频监视系统与车载广播系统的接口

车载视频监视系统与车载广播系统的联动接口，增加车载视频监视系统向车辆传送自检故障信息。

5 全自动运行系统联调要求

全自动运行工程系统是涉及到土建和设备等多专业的系统性、综合性工程，需进行多专业综合联调。宜以信号集成商作为牵头方，来统一规划联调大纲、内容，统一协调联调期间的资源及问题处理。联合各专业集成商组建全自动功能联调团队，在建设单位领导下，共同完成全自动运

行系统联调工作。

建议将全自动联调管理工作纳入动调服务或联调服务范围。

5.1 联调内容

接口验证调试：TCMS 与信号系统接口、信号系统对车辆的电气接口、信号系统对车辆的机械接口、信号系统对车辆的性能参数接口、信号系统与洗车机接口、信号系统与车库门接口、信号系统与 PSD 接口、中心与 PSD 接口、中心与 CCTV 接口、中心与 PA 接口、中心与 PIS 接口、中心与无线通信接口、LTE-M 与 PIS 系统接口、LTE-M 与 CBTC 系统接口

系统调试：行调显示信息调试、车辆调显示信息调试、乘客调显示信息调试、行调控制功能调试、车辆调控制功能调试、乘客调控制功能调试、车库门控制功能调试、站台门功能调试、洗车机功能调试。

系统联调：系统联动功能调试、正常运营场景调试、故障场景调试、系统稳定性调试。

5.2 联调阶段划分

全自动运行系统联调涉及专业众多，涉及车辆、通信、供电、机电等各专业，需要业主、设计、设备商配合，室内测试平台、外场最小系统现场调试、样板段调试及全线调试同步开展接口及联调工作。

全自动联调应从系统间接口调试、联动测试、多系统联调测试、系统稳定性测试逐步推进。

应根据全自动场景制定全自动联调大纲，充分验证全自动运行系统功能、系统间联动及应急处理。

应根据全自动场景制定全自动运营规则，在试运行阶段充分验证运营规则的合理性，并提前对运营人员进行相关培训。

车辆段联调：完成信号、车辆、通信、综合监控专业之间的接口调试，部分联动调试。

正线联调：完成信号、车辆、通信、综合监控、站台门专业之间的接口联调、联动调试、稳定性调试。

全线联调：完成信号、车辆、通信、综合监控、站台门专业之间的接口联调、联动调试、稳定性调试。

在条件具备情况下，建议在车辆段联调前增加外场最小系统现场调试。

5.3 联调工期建议

全自动运行线路各专业内调试工期较常规项目调试时间增长 20%-30%，在各专业调试完成具备条件后，增加联调时间约 20%，整体调试时间期较常规项目增加约 50%。建议选取样板段提前调试，样板段至少提前 12 个月开始动车调试，全线联调提前至少 6 个月开始动车调试。

6 全自动运行系统 RAMS 保障

6.1 实施 RAMS 保障和独立评估的意义

信号等关键系统实施 RAMS 保障和独立评估有如下的意义：

1） 相关部门加强安全生产的要求

为了保障设备系统轨道交通运营安全，提高设备系统在运营阶段的安全性和可靠性，在建设阶段将设备系统安全保障工作落实在工程中，引入第三方评估单位对与运营密切相关的设备系统安全分析以及可靠性保障工作进行检查非常必要。同时需推进 RAMS 指标闭环控制管理。

2） 合同中“可靠性及安全性要求”履约检查的要求

随着设备系统工程管理越来越规范，目前设备系统合同对可靠性、安全性都进行了越来越详细、具体的要求。为了更好的起到系统保障的作用，引入有经验的安全评估单位对此章节进行建设全阶段的履约检查。在遵循 GB/T 21562-2008（铁路应用 - 可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例 (EN50126)）标准下，运用风险管理的思路以及可靠性相关知识开展实施是非常必要的，以达到在建设期通过可靠性分析对设备进行选型、结构优化，避免系统交付后无法满足指标要求的目标，更好为运营提供稳定、安全的设备系统。

3） 加强软件检查的管理手段

随着科学技术的发展，越来越多的系统功能由软件来实现。由软件实现功能带来两个方面的问题。

（1）功能不再“看得见，摸得着”。随着信息技术的发展，目前大多数信号系统的功能由基于信息技术来实现。这样使得功能变得“看不见，摸不着”。那么原先在建设过程中，各参建单位都可以检查把关，而如今信息技术实现功能的必然发展结果是核心技术仅掌握在集成商手中。对于设备系统可安全投入使用的信心随之降低，必须引入新的管理方式，确保系统的安全。

（2）功能不再“可以通过测试进行验证”。由硬件实现的功能，可以通过测试检查功

能是否实现。而由软件实现的功能，软件编程语言的特殊性使得很难通过测试，来检查各种复杂情况下功能的实现情况。这使得必须对软件进行整个生命周期的管理。GB/T 28808-2012（铁路应用－通信、信号和处理系统－铁路控制和防护系统软件）规范给出了系统性的分析方法，通过规划、监督和控制一系列得技术和管理活动，控制软件带来的风险。检查集成商是否遵循 GB/T 28808-2012 进行软件开发活动，成为了建设过程中软件检查的必备内容。

应对轨道交通系统逐渐由软件代替硬件实现系统功能的发展趋势，引入第三方安全评估单位运用 GB/T 21562-2008、GB/T 28808-2012、GB/T 28809-2012 的管理思路，对于设备系统软件的检查，如对软件模块化、生命周期内各个阶段验证活动、配置管理活动、项目层质量安全体系实施情况等方面的检查，在建设过程中是非常必要的。

4） 应对大规模建设、各方建设力量摊薄导致安全风险增加的有效手段

截至 2016 年底，中国大陆地区共 30 个城市开通运营城市轨道交通，共计 133 条线路，运营线路总长度达 4152.8 公里。“十三五”期间我国新增城轨里程数达到 5640 公里，到 2020 年城轨里程总数将达到 9000 公里。合格的轨道交通人才需要积累大量工程实施经验。然而，如此大规模的建设，造成各参建单位建设技术力量摊薄。引入第三方安全评估单位从全生命周期内，运用系统的风险管理方法，对设备系统设计方案，测试验证等方面的检查，对于增强设备系统可以投入安全运行的信心非常必要。

5） 为运营精细化管理提供技术基础

当前运营管理越来越精细化，通过第三方安全评估单位对于危害分析和管理，可靠性预计分析等工作的检查，为运营精细化管理工作，提供了技术依据。

（1）备品备件数量更加合理。

目前大多数系统的备品备件的数量都是按照一定的比例或者通过运营经验来确定，而没有考虑设备故障率、可靠性或者寿命等因素。这可能导致有些备品备件很少需要，而有些备品备件却很快就用完，造成备品备件的浪费。而根据设备本身的可靠性、故障率来确定备品备件的数量，则更加贴合运营维护的要求。

（2）确定维修策略。

根据可靠性预计分析、故障模式影响及关键性分析等工作，以确定哪些关键零部件对于设备系统的安全性和可靠性产生决定性影响。运营单位将有限的精力放到关键零部件的维修上面，将使得维修效率更高。

6） 建设自主化全自动运行系统的有力保障

全自动运行线路是轨道交通发展的必然趋势。其与传统线路最大的区别是自动化程度更高。

列车的唤醒、休眠、出入库、正线运行、折返等作业均由系统自动控制完成，即承担列车司机的工作，完全由自动化的、高度集中控制的列车运行系统完成。全自动运行功能的实现需要各个专业紧密配合才能实现。系统的智能化、自动化以及复杂程度更高，对系统安全保障也提出了更高的要求。

核心设备系统开展系统、规范的安全评估，可以对系统性的识别全系统的风险，多专业分析安全控制措施，检查安全控制措施是否落实到位，适应了全自动运行系统发展的需要，真正起到保障全自动运行系统运行安全的作用。

全自动运行线路运营的组织架构及运营规则应与系统设备相匹配。宜设置多职能队伍。

6.2 全自动运行评估范围

1） 与行车安全有直接相关的系统，包括信号、车辆、站台门、轨道、通信、综合监控等；

2） 与行车不直接相关但是路网内曾发生过安全事故的系统（由各个地铁主管单位确定）。

6.3 安全保障的标准

各系统安全保障工作应该按照国际通行的安全管理标准开展，具体标准如下：

1） GB/T 21562:2008铁路应用-可靠性、可用性、可维修性和安全性规范及示例
EN50126-1:1999Railway Application: The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety （RAMS）

2） GB/T 28808:2012 铁路应用-通信、信号和处理系统-铁路控制和防护系统的软件
EN50128:2011Railway Application: Communication, Signalling and Processing Systems- Software for Railway Control and Protection

3） GB/T 28809:2012 铁路应用-通信、信号和处理系统-信号用安全相关电子系统
EN50129:2003Railway Application: Communication, Signalling and Processing Systems- Safety Related Electronic Systems for Signalling

6.4 与安全评估相关的单位及其职责

1） 建设管理方（业主） - 负责提出全自动运行项目安全评估的总体要求，管理并且监督与安全评估相关的参建单位的工作。

2） 集成商 – 负责系统安全保障工作，如危害识别、危害管理、安全证明等；负责分包商的安全管理；负责收集或者整理关闭危害的证据，如测试记录、产品安全证明文件等。

3） 供货商 – 负责按照系统集成商提出的安全保障要求提供服务并完成相应的系统保障工作；负责提供产品的安全证据、安全应用条件等。

4） 评估方 – 评估系统集成商在工程项目系统生命周期各个阶段提交的安全评估文件，并根据招标要求和行业标准规范提出评估意见；见证现场的安装、调试工作；在关键的生命周期阶段对系统集成商的工作进行审核；对工程项目试运行、试运营等关键节点进行安全授权。

5） 设计单位 – 配合所在专业的系统保障工作，如参与危害识别。

6） 施工单位 – 需要配合所在专业的系统保障工作，如参与危害识别；提供安装、测试记录和报告；提供其采购设备的产品安全证明文件。

7） 监理单位视工程需要配合安全评估公司的评估工作。

6.5 安全保障和安全评估人员资质要求

序号	角色	资质要求
1	集成商 安全保障经理	• 熟悉 EN50126/8/9 标准和国家/行业规范 • 具备安全管理能力 • 具有铁路或相关专业本科及以上学历 • 从事过 3 个以上地铁工程项目 RAMS 管理工作
2	集成商 安全工程师	• 熟悉 EN50126/8/9 标准和国家/行业规范 • 具备进行安全分析能力 • 能够在安全经理的指导下进行安全保障工作 • 具有铁路或相关专业本科及以上学历
3	评估方 评估经理	• 熟悉 EN50126/8/9 标准和国家/行业规范 • 具有铁路或相关专业本科及以上学历 • 安全关键系统的评估经理应具有十年以上的所评估专业的设计或集成项目实施经验;其它系统的评估经理应有行业从业经历; • 从事过 3 个以上地铁工程项目安全评估工作

6.6 全自动运行各系统产品安全认证 SIL 等级要求

各系统涉及安全相关的功能应满足如下 SIL 等级要求：

序号	系统	子系统	SIL
1	车辆	车门	SIL 2
		制动	SIL 2：常用; SIL 4：紧急
		TCMS	SIL 2
2	信号	ATP	SIL 4
		CBI	SIL 4
		计轴	SIL 4
		轨道电路	SIL 4
		ATO	SIL 2
		ATS	SIL 2
3	站台门		SIL 2
4	综合监控		SIL 2