

# 团体标准

T/CAMET XXXXX—XXXX

## 城市轨道交通 信号系统智能运维系统 规范

Urban rail transit—Specification for intelligent operation and  
maintenance system of signal system—Specification

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国城市轨道交通协会 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	2
5 基本要求 .....	2
5.1 一般要求 .....	2
5.2 系统架构 .....	3
5.3 系统组成 .....	4
5.4 软件要求 .....	4
5.5 网络要求 .....	4
6 系统功能要求 .....	5
6.1 线网 .....	5
6.2 线路 .....	6
7 性能要求 .....	9
7.1 可靠性 .....	9
7.2 可用性 .....	10
7.3 可维修性 .....	10
7.4 系统性能 .....	10
7.5 可扩展性 .....	10
7.6 传感采集安全 .....	10
8 接口要求 .....	10
8.1 车站信号系统智能运维接口 .....	10
8.2 线路级信号系统智能运维接口 .....	10
8.3 线网级信号系统智能运维接口 .....	13
8.4 其它接口 .....	13
9 环境条件 .....	13
10 检验项目及方法 .....	14
10.1 检验项目 .....	14
10.2 检验方法 .....	14
附录 A（规范性） 信号设备传感采集要求 .....	16
A.1 道岔转辙机 .....	16
A.2 道岔缺口 .....	16
A.3 电缆绝缘 .....	16
A.4 电源漏流 .....	16
A.5 信号机 .....	16
A.6 电源设备 .....	16

A.7 轨道电路.....	16
A.8 屏蔽门.....	17
A.9 防淹门.....	17
A.10 站（场）间联系线路.....	17
A.11 机房环境.....	17
参考文献.....	18

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意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专利的责任。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会通信信号分技术委员会提出。

本文件由中国城市轨道交通协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：通号城市轨道交通技术有限公司、北京市轨道交通建设管理有限公司、北京全路通信信号研究设计院集团有限公司、北京城建设计发展集团股份有限公司、卡斯柯信号有限公司、交控科技股份有限公司、浙江众合科技股份有限公司、上海铁大电信科技股份有限公司、北京市地铁运营公司、北京市轨道交通运营管理有限公司、重庆市轨道交通（集团）有限公司、合肥市轨道交通集团运营有限公司、南京地铁运营有限责任公司、湖南中车时代通信信号有限公司、西南交通大学。

本文件主要起草人：骆正新、王陆意、程远瑶、孙凯迪、吴中奇、童劼怡、吕文龙、张传琪、金华、支柱、刘明、弓剑、刘伟兵、涂鹏飞、吴丰、王伟、任赞军、高宁、赵健乔、卢平、肖尧、张立都、于波、赵波、朱绍文、刘龙、戴荣武、冯丽娟、阳亦斌、杨将、江磊、王小敏。

# 城市轨道交通 信号系统智能运维系统 规范

## 1 范围

本文件规定了城市轨道交通信号系统智能运维系统（以下简称信号系统智能运维）的基本要求、系统功能要求、性能要求、接口要求、环境条件、检验项目及方法。

本文件适用于城市轨道交通领域，规范信号系统智能运维的设计、开发、测试验证。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 2408 塑料燃烧性能的测定水平法和垂直法
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.3 环境试验 第2部分：试验方法 试验Cab：恒定湿热试验
- GB/T 2423.21 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验M：低气压
- GB/T 2887 计算机场地通用规范
- GB/T 12758 城市轨道交通信号系统通用技术条件
- GB/T 19666 阻燃和耐火电线电缆或光缆通则
- GB/T 22239 信息安全技术网络安全等级保护基本要求
- GB/T 24338.5 轨道交通 电磁兼容 第4部分：信号和通信设备的发射与抗扰度
- GB/T 46690 城市轨道交通信号系统报警信息及故障分级技术规范
- TB/T 1528 铁路信号电源系统设备
- TB/T 3386 道岔缺口监测系统设备
- TB/T 3498 铁路通信信号设备雷击试验方法
- T/CITSA 23 城市轨道交通 城市轨道交通信号智能综合运维系统技术规范
- Q/CR 442 铁路信号集中监测系统技术条件
- Q/CR 573 铁路信号集中监测设备

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**城市轨道交通信号** urban rail transit signal

应用于城市轨道交通系统中，人工或自动实现行车指挥和列车运行控制、安全间隔控制技术的总称。

[来源：GB/T 12758, 3.1]

### 3.2

**智能运维系统** intelligent operation and maintenance system

利用人工智能、大数据分析、物联网等技术手段对城市轨道交通信号系统进行运营维护管理。

## 3.3

**监测设备 monitoring equipment**

对信号系统进行在线信息采集、实时状态监视、在线测试的传感器、采集终端、计算机等设备。

## 3.4

**维护监测子系统 maintenance support system**

信号系统的子系统，监测记录系统内其他各子系统维护信息，辅助系统故障分析，用于系统日常运营维护。

## 3.5

**安全生产网 safety production network**

用于承载城市轨道交通运营生产类面向一线生产及调度人员服务的应用系统的计算机网络。

[来源：T/CAMET 11001.1]

## 3.6

**内部管理网 internal management network**

用于承载城市轨道交通运营管理、企业管理、建设管理、资源管理等面向企业内部用户服务的应用系统的计算机网络。

[来源：T/CAMET 11001.1]

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AI：人工智能（Artificial Intelligence）

ATO：列车自动运行子系统（Automatic Train Operation）

ATP：列车自动防护子系统（Automatic Train Protection）

ATS：列车自动监控子系统（Automatic Train Supervision）

BTM：应答器传输模块（Balise Transmission Module）

CI：计算机联锁子系统（Computer Interlocking）

DCS：数据通信子系统（Data Communication System）

HMI：人机交互（Human-Machine Interface）

MSS：维护监测子系统（Maintenance Support System）

MTBF：平均故障间隔时间（Mean Time Between Failures）

UPS：不间断电源（Uninterruptible Power System）

VOBC：车载控制器（Vehicle On-Board Controller）

## 5 基本要求

## 5.1 一般要求

5.1.1 信号系统智能运维应以信号系统和基础设施为管理对象，面向运维人员提供技术支撑与能力赋能，提升信号设备的可维修性、运行可用性，保障运营安全，全面优化信号专业运维管理水平与作业效率。

5.1.2 信号系统智能运维应采用成熟可靠的技术手段，实现信号设备运用过程的动态实时监测、远程显示与报警、数据记录、统计分析。

5.1.3 信号系统智能运维功能定位应包括现地和远程监测、报警和故障智能诊断、智能预警分析、维修管理，并为设备状态修或预测修提供建议。

注：状态修是基于设备检测、监测结果，结合设备实际运行状态开展的维修模式；预测修是在状态监测基础上，通过劣化趋势分析、寿命预测，提前预判故障并实施的主动维修，为状态修的智能化延伸。

5.1.4 信号系统智能运维的监测范围应包括行车指挥控制子系统或具有行车指挥控制功能的设备、ATP、ATO、CI 或具有联锁功能的设备、DCS、MSS 和信号机、转辙机、列车占用空闲检测、电源。

5.1.5 信号系统智能运维基于 MSS 的监测能力，构建覆盖“实时监测—智能诊断—预测预警—运维闭环”的全流程体系，推动运维模式从“被动响应”向“主动预防”转型。

5.1.6 MSS 与信号系统智能运维并非替代关系，而是基础与升级、功能与生态的依存关系：MSS 作为数据采集与基础功能底座，信号系统智能运维拓展 MSS 的应用边界与价值。

5.1.7 信号系统智能运维应采取有效的隔离措施，在正常运行或发生故障时，都不得影响信号系统及其他接口系统的正常工作。

5.1.8 信号系统智能运维应与具备自监测功能的子系统或设备接口，通过与其监测维护单元建立通信，获取监测维护数据。

5.1.9 信号系统智能运维应直接采集不具备自监测功能的信号设备及接口的模拟量、开关量信息。

5.1.10 信号系统智能运维报警或预警应按照设备、车站、线路的层级进行管理。

5.1.11 信号系统智能运维应具有时钟同步功能，应与本系统各个节点时钟统一。

5.1.12 信号系统智能运维设计应遵循标准化、易维护、可扩展、可视化、数据驱动、人机协同、智能决策的原则。

5.1.13 信号系统智能运维应提供对自身软硬件的监测、诊断及维护功能。

5.1.14 信号系统智能运维应采用模块化、网络化结构，可分散、集中设置，适应不同运维模式的要求。

## 5.2 系统架构

5.2.1 信号系统智能运维应根据城市轨道交通信号系统运营组织管理架构和维修维护需要进行设置，宜采用车站、线路、线网三层架构，如图 1 所示。

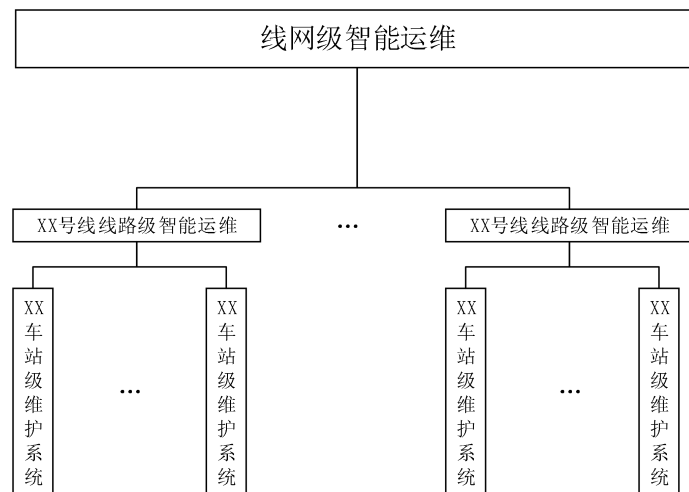


图 1 信号系统智能运维架构图

5.2.2 信号系统智能运维宜包括线路、线网两级应用。线路级宜与车站监测设备接口获取设备实时监测信息，实现信号系统设备状态监测、故障诊断、预警提示、智能分析的功能。线网级宜与线路级接口，获取线路关键设备相关信息，实现对信号设备状态监测、设备健康状态评估、维护管理的功能。

5.2.3 车站级维护系统宜设置在正线车站、车辆段、停车场，主要实现功能包含对车站层信号基础设备及信号系统设备运行状态、运行环境进行数据采集、存储、分析诊断、统计、展示。可和 MSS 合设，也可独立设置。

5.2.4 线路级信号系统智能运维宜设置在线路维修中心或控制中心，汇集正线车站、车辆段、停车场的监测维护数据，主要实现线路全线监测数据的集中展示、故障诊断、统计分析、智能分析、维修管理功能，并能够提供数据集中存储、多维数据分析与处理、可视化展示的支撑服务。

5.2.5 线网级信号系统智能运维可根据运维管理需要配置，可设置在线网控制中心，汇集各线监测数据，主要实现对各线路信号设备运行状态的全景集中展示、监测数据的统计分析及各线路关键数据/运营指标对比，并实现各线维修设备的集中调度、应急管理和综合运用。

### 5.3 系统组成

5.3.1 信号系统智能运维设备宜由正线、控制中心、备用控制中心、车辆段、停车场、维修中心维护监测设备构成，包括各类服务器、维护工作站、MSS 设备、网络设备、道岔缺口监测设备、防雷分线柜防雷相关的监测设备、电池监测设备、机房环境监测设备以及其他为实现信号系统智能运维相关功能的设备。

5.3.2 车站级信号系统智能运维宜配置车站处理机（简称站机）、采集设备、网络设备、UPS 及雷电防护设备，站机宜采用工业控制计算机。

5.3.3 线路级信号系统智能运维宜配置各类服务器、存储设备、维护工作站、网络设备、UPS 及雷电防护设备，其中服务器宜采用冗余配置。

5.3.4 线网级信号系统智能运维宜配置存储设备、维护工作站、网络设备、UPS 及雷电防护设备，提供数据库服务、应用服务、接口服务、时钟服务，数据库服务、应用服务、接口服务，服务器宜采用冗余配置，可支持云平台部署。

5.3.5 信号系统智能运维可根据需要在工区、车间、维修中心、控制中心处配置维护工作站。

5.3.6 在线网具备条件的情况下，信号系统智能运维可采用车站、线网（线路）两层架构，将线路级和线网级服务器资源在线网级进行整合。

### 5.4 软件要求

5.4.1 信号系统智能运维部署的操作系统、应用软件应具有冗余、容错、防病毒的功能。

5.4.2 信号系统智能运维的应用软件应实现功能化、模块化、标准化，单个模块故障不应引起数据的丢失和系统的瘫痪。

5.4.3 信号系统智能运维的软件平台应基于开放系统软件结构和实时数据技术，可按用户需求进行二次开发。

### 5.5 网络要求

5.5.1 信号系统智能运维组网应遵照统一规划、统一标准、合理布局的原则，在满足现阶段需要的同时，应留有余量。

5.5.2 信号系统智能运维网络应采用通用标准协议（例如 TCP/IP），并符合开放式网络体系结构。

5.5.3 信号系统智能运维网络设计应在保证可靠性、安全性、实时性的前提下，采用标准、通用、高兼容性的网络设备。

5.5.4 信号系统智能运维网络可根据现场实际需要将安全生产网和内部管理网分别设置，信息采集、设备状态综合监督、智能诊断、综合分析、统计查询、预报警管理功能模块宜纳入安全生产网，维修管理功能模块宜纳入内部管理网，安全生产网与内部管理网之间应增加网络安全设备。

5.5.5 信号系统智能运维网络安全等级保护宜符合 GB/T 22239 中第三级安全要求以及 GB/T 12758

的规定。

## 6 系统功能要求

### 6.1 线网

#### 6.1.1 线网监视

6.1.1.1 线网级信号系统智能运维应能监视多线路关键设备状态，应包括以下内容：

- a) 设备故障报警监视；
- b) 设备故障预警监视；
- c) 设备状态实时监视。

6.1.1.2 线网级信号系统智能运维应通过不同的数据可视化方式，显示多线路关键设备运行信息。

6.1.1.3 线网级信号系统智能运维应对不同线路、不同时间段或不同设备的关键运营指标进行横向和纵向对比分析。

6.1.1.4 线网级信号系统智能运维监视界面应提供筛选功能，按需显示特定线路或时间段的数据。

6.1.1.5 线网级信号系统智能运维应直接定位故障设备或需更换的故障模块，并结合历史经验在故障发生时提供具有指导意义的维修建议。

6.1.1.6 线网级信号系统智能运维应对存在因果关系、从属关系的报警进行分析整合。

6.1.1.7 线网级信号系统智能运维应实时诊断信号设备运行状态并生成报警/预警，报警/预警应以文本、语音的形式呈现，应记录故障时间、人工确认和处理情况，故障情况宜以多种方式展示，如电子图纸、故障原理图、故障位置图、故障树。

6.1.1.8 线网级信号系统智能运维应根据报警或预报警发生后的影响范围及处理紧急程度进行分级管理。

6.1.1.9 线网级信号系统智能运维应自诊断，及时发现系统自身故障并报警。

#### 6.1.2 知识库管理

6.1.2.1 线网级信号系统智能运维应支持对已发生有价值的故障及应急操作进行保存录入案例库，具备专家知识数据库和应急预案库。

6.1.2.2 线网级信号系统智能运维应对各线路既有专家知识数据库和应急预案库提取、整合、展示。

6.1.2.3 专家知识数据库应对知识库进行录入、更新、调阅、查询、管理。

6.1.2.4 应急预案库应定期对故障响应的记录进行自动/手动更新，应急预案库应具备人、事、物、态的管理体系，展示故障应急预案流程，实现应急辅助。

6.1.2.5 线网级信号系统智能运维可集成 AI 查询功能，通过 AI 赋能实现信号领域的故障知识库建立或设备状态的动态查询。

#### 6.1.3 综合对比分析

6.1.3.1 线网级信号系统智能运维宜通过运行大数据及设备基础信息数据对信号系统设备进行多维度的统计对比分析及综合评价。

6.1.3.1.1 分析线路故障报警次数，宜包括各线路故障总次数、故障维护效率对比、高频故障详情。

6.1.3.1.2 分析运营指标，宜包括兑现率、正点率、晚点率、停准率。

6.1.3.2 线网级信号系统智能运维专项分析功能应在报警类型、报警原因、报警数量、管界范围方面，采用同比、环比分析设备运用详细情况。

6.1.3.3 线网级信号系统智能运维应提供数据挖掘分析接口，针对设备故障报警、异常数据提供自定义多维度挖掘分析工具。

6.1.3.4 线网级信号系统智能运维应支持设备/线路健康度评估分析。

6.1.3.4.1 设备健康度分析：根据设备的运行监测数据，建立设备健康度评估模型，在线评估设备的健康状态，实时掌握其健康状态、分析健康变化趋势。

6.1.3.4.2 子系统健康度分析：通过健康度评分反映系统各组成单元的可靠性和稳定性，基于历史报警数据、MTBF 及健康度评分模型，提供设备运营、维护和维修的参考。

6.1.3.4.3 线路健康度分析：基于各条线路信号基础设备及信号系统设备的整体健康状态，评估各线路整体健康值。

#### 6.1.4 系统管理

6.1.4.1 线网级信号系统智能运维具备对工程资料进行录入、更新、维护管理的功能，包括可定义文档的类型，如检修规程、运行规程、说明书、图纸、报告、操作录像，可挂接各种类型的文档，文档的格式包括 CAD、GIF、WORD、EXCEL、MP3。

6.1.4.2 线网级信号系统智能运维提供统一的权限和身份管理平台，用以设置所有用户的访问权限和各类系统运行参数，为各应用系统提供统一的用户认证和权限管理及公共配置参数管理。

### 6.2 线路

#### 6.2.1 综合监视

6.2.1.1 线路级信号系统智能运维应结合工班维护人员权限、角色、岗位设置的用户需求，可按照系统线路图、室内、室外关键设备状态进行分层分级图形化状态展示，辅助用户快速定位故障或异常设备。

6.2.1.2 线路级信号系统智能运维应支持信号系统设备实时运行工作状态和主要设备性能的在线监测。包括 CI、ATS、DCS、ATP、ATO 工作状态及主要设备性能参数指标。

6.2.1.3 线路级信号系统智能运维应支持信号基础设备实时运行工作状态和主要电气性能的在线监测。包括外电网、电源屏、轨道电路、道岔、信号机、转辙机、电缆绝缘和电源漏流工作状态及主要电气特性模拟量数据的实时报表及日、月、年统计报表和趋势曲线显示。

6.2.1.4 线路级信号系统智能运维应支持设备运行数据及报警/预警的关联查看。以设备为单位，其运行数据及报警/预警可相互关联查看，主要包括：

- a) 各类设备模拟量表格与曲线的相互关联显示查看；
- b) 各类设备开关量状态与其模拟量数据的相互关联显示查看；
- c) 各类设备报警、预警信息与其预报警当前及前后特定时间段内开关量和模拟量的关联显示查看；
- d) 各类设备与相邻、相近、相关设备运行状态的相互关联查看；
- e) 各类设备当前报警、预警与其历史报警、预警数据的追踪。

6.2.1.5 线路级信号系统智能运维应能够监督设备通信状态，宜以多种视角监督并分析各设备各通道的连接情况。

6.2.1.6 线路级信号系统智能运维应以图形化、表格化的方式直观显示被维护设备的工作状态、设备状态、接口通信状态，并记录设备运行过程中的关键事件、操作记录及报警、预警信息。

6.2.1.7 线路级信号系统智能运维宜以多种方式展示设备状态和故障情况，如电子图纸、故障原理图、故障位置图、建立故障树。

6.2.1.8 线路级信号系统智能运维应对包括信号设备运行开关量状态、模拟量状态、运用次数在内的多种历史数据以图表的方式进行统计显示。

6.2.1.9 线路级信号系统智能运维对于具备完善的自检和自诊断功能的设备，应包括 ATS、ATP、ATO、CI、DCS、计轴子系统，信号系统智能运维应通过通信接口采集获取相关监测信息，当被监测设备工作状态异常或电气性能偏离预定界限时及时报警。

6.2.1.10 线路级信号系统智能运维宜具备被监测设备日志下载和日志数据解析的功能。

6.2.1.11 线路级信号系统智能运维应具备对管辖范围内的监测设备的历史数据具备自动转存、回放和查询和导出功能。

## 6.2.2 报警预警

6.2.2.1 线路级信号系统智能运维应实时在线监测设备运行状态，发生故障时及时生成报警信息，报警信息应以文本、语音的形式呈现，应记录故障时间、恢复时间及人工确认和处理情况。报警信息应体现以下信息：

- a) 报警来源，包括报警设备、接口；
- b) 所属位置，包括线路、车站、区段位置；
- c) 报警源类型，包括设备类型、子系统类型；
- d) 报警设备名称；
- e) 报警级别，符合 6.2.2.4 规定；
- f) 报警类型；
- g) 报警子类型；
- h) 报警内容；
- i) 报警发生时间；
- j) 报警恢复时间；
- k) 报警确认时间。

6.2.2.2 对于具备维护诊断功能的监测设备，线路级信号系统智能运维报警信息及状态显示应与被监测设备上的维护信息描述保持一致。

6.2.2.3 线路级信号系统智能运维应实时在线监测设备运行状态，分析运行趋势并生成预警信息，预警信息宜以文本、语音的形式呈现，应记录预警名称、预警内容及预计发生时间和预计发生概率。预警信息应体现以下信息：

- a) 预警来源，包括报警设备、接口；
- b) 所属位置，包括线路、车站、区段位置；
- c) 预警名称；
- d) 预警类别；
- e) 预警类型，包括设备类型、子系统类型；
- f) 预警子类型；
- g) 预警内容；
- h) 预计发生时间；
- i) 预计发生概率。

6.2.2.4 线路级信号系统智能运维的报警分级应符合 GB/T 46690 中的描述，报警分级可进行配置。

6.2.2.5 线路级信号系统智能运维宜具备预报警管理功能。

6.2.2.5.1 系统宜根据用户权限及角色不同实现预报警信息的查看、处理权限控制，角色、权限可动态配置。

- 6.2.2.5.2 系统宜对预报警进行综合分析，形成维护分析报告，提供维修指导建议。
- 6.2.2.5.3 系统宜实现未启用设备、不合格设备、天窗修设备的预报警屏蔽。
- 6.2.2.5.4 系统宜展示预报警时段相关信息，应包括处所定位、维护建议、可能原因、处理流程、设备及关联设备电气特性曲线、关键参数状态。
- 6.2.2.5.5 系统宜实现历史预报警的查询和导出，能以时间段、设备类型、预报警类型、处理人、处理状态进行查询并导出。
- 6.2.2.5.6 系统宜持续跟踪设备预报警，可根据预报警的频度、持续时间动态提升预报警等级。
- 6.2.2.5.7 系统宜通过再现回放工具实现预报警存储数据的离线播放显示。
- 6.2.2.6 线路级信号系统智能运维应对存在因果关系、从属关系的报警进行分析整合。
- 6.2.2.7 线路级信号系统智能运维应支持对报警、统计、事件及操作记录的数据进行存储和查询。
- 6.2.2.8 线路级信号系统智能运维宜自定义预报警相关参数，包括预报警级别、相关阈值、延迟时间、语音报警参数。

### 6.2.3 分析预测与故障诊断

- 6.2.3.1 线路级信号系统智能运维应通过分析历史数据和运行参数，预测设备故障、性能衰退的问题，并提供及时预警。
  - 6.2.3.1.1 分析设备特性曲线与动作特征，确定故障阈值曲线范围，利用相关算法对当前曲线数据进行倾向预测，宜提前预测故障发生位置及故障产生原因。
  - 6.2.3.1.2 基于对子系统设备的结构、工作原理及设备日志监测数据的分析，结合设备的运行特性和外部环境影响因素，从多维度提取与故障预测相关的关键特征，全面捕捉设备运行数据的前后时序依赖关系，宜实现故障模型的高效训练与准确预测。
- 6.2.3.2 线路级信号系统智能运维应整合多种信息数据，结合运行状态、故障历史和环境因素，进行全面分析，以支持精准的运维决策和全面的分析报告。
  - 6.2.3.2.1 信号系统设备报警统计分析宜通过从报警类型和报警等级两个方面对各子系统进行详细的统计分析，能够给出直观的故障占比信息、故障设备排名信息、故障发生时间分布信息，可以提示维护人员关注高频故障类型、故障密集时间段。
  - 6.2.3.2.2 转辙机故障统计分析宜对转辙机的多项参数进行分析，如动作次数、转动时长、峰值电流、异常报警。按时间（月、季度、年度）正态分布展示并叠加进行对比显示，用于比对趋势变化。
  - 6.2.3.2.3 车地无线通信质量分析宜包括多列车同小区各位置场强/信噪比对比，用于分析列车运行接近轨旁车地接入设备到离去时的场强/信噪比变化，及同小区场强/信噪比均值不同时段对比，用于分析各个位置在不同时段列车场强/信噪比均值的差异。
  - 6.2.3.2.4 停车精度分析宜对列车停车精度进行多维度的综合分析，如全线停车精度分布、列车的所属站台、驾驶模式、停准停稳状态、进站前速度，分析列车停车精度异常可能的原因。
  - 6.2.3.2.5 应答器丢失分析宜根据车辆的日志信息，多维度分析该线路应答器丢失的特性，并进行关联性分析，将关联性较强的因素呈现，针对每个可能的故障因素进行二次拓展分析。

- 6.2.3.3 线路级信号系统智能运维应通过综合考虑多种影响因素，如信号基础设备的使用年限、使用频率、工作时长以及设备生命周期，提供设备的剩余寿命预测，并在达到预设阈值时发出预警提示。
- 6.2.3.4 线路级信号系统智能运维应根据人工设置的分析参数，综合分析并自动筛选出异常设备。
- 6.2.3.5 线路级信号系统智能运维应具备设备状态趋势劣化跟踪算法，对电气特性类变量实现全程盯控，并结合多种分析方法（如量化统计、波形分析、时序分析）为设备劣化提供预防性诊断。
- 6.2.3.6 线路级信号系统智能运维应能够对外电网、电源屏、CI、ATP、ATO、ATS、DCS、计轴、灯丝报警、排架报警的系统间结合部的信息进行综合分析，识别异常环节，定位故障范围。
- 6.2.3.7 线路级信号系统智能运维应能够实时接收 CI、ATP、ATO、ATS、DCS 的设备报警及维护日志信息，并依据报警及维护日志的关联关系进行智能故障诊断，定位故障设备或需更换的故障模块，同时结合历史经验在故障发生时提供具有指导意义的维修建议。
- 6.2.3.8 线路级信号系统智能运维应具备故障自定义分析功能。可针对不同维度的数据包括设备、型号、指标、阈值、制式、厂家进行关联性分析。
- 6.2.3.9 对于具备完善的自检和自诊断功能的设备，包括 ATS、ATP、ATO、CI、DCS、计轴子系统，线路级信号系统智能运维应通过通信接口采集获取相关监测信息，当被监测设备工作状态异常或电气性能偏离预定界限时及时报警。

#### 6.2.4 生产管理

- 6.2.4.1 线路级信号系统智能运维宜具备与内部生产管理系统接口方式实现相关数据推送，实现维修管理功能联动。维修管理功能宜包括设备管理、资料管理、计划管理、工单管理、统计查询功能。
- 6.2.4.1.1 设备管理宜对信号关键在用和备用设备进行全面管理，宜包括设备台账管理、设备履历管理、设备大中修提醒、备品不足提醒、设备分类维护。
- 6.2.4.1.2 资料管理宜包括设备技术图纸管理、设备技术资料管理，并支持资料与设备关联。
- 6.2.4.1.3 计划管理宜包括维修计划审批和施工计划审批。
- 6.2.4.1.4 工单管理宜包括维修工单管理和施工工单管理。
- 6.2.4.1.5 统计查询宜包括人员工作量统计、天窗修完成情况统计、设备故障情况统计。
- 6.2.4.2 线路级信号系统智能运维宜具备人员管理功能，包括人员工时统计、人员在岗信息、证书有效期提醒、人员培训统计。
- 6.2.4.3 线路级信号系统智能运维宜具备用户管理功能，包括权限分配、增加、删除、修改查询、角色分配。
- 6.2.4.4 线路级信号系统智能运维宜支持对用户实施的操作进行鉴权，保证具有权限的用户才能实施相应的操作。
- 6.2.4.5 线路级信号系统智能运维宜通过智慧化手段赋能智能运维相关业务的闭环管理及维护质量评价，提升运营维护质量。
- 6.2.4.6 线路级信号系统智能运维宜支持时钟同步，应根据外部时钟源进行时钟同步。

## 7 性能要求

### 7.1 可靠性

- 7.1.1 信号系统智能运维应采取与被检测系统物理隔离措施，自成系统、独立运行，避免因系统自身故障、错误操作或系统维护工作站投入/退出作业影响被监测系统正常运行。

7.1.2 信号系统智能运维的 MTBF 不应小于 10000h。

## 7.2 可用性

7.2.1 信号系统智能运维应采取必要的冗余设计，如数据库服务、应用服务、接口服务的冗余配置。冗余设备或服务切换时不应影响系统运行。

7.2.2 信号系统智能运维的可用度（A）不应小于 99.99%。

## 7.3 可维修性

7.3.1 信号系统智能运维及其设备宜尽量达到免维护要求，减少自身运营维护成本。系统自诊断结果应易于辨识，方便维护人员查找并有利于缩短处理故障时间。系统应易于在线故障处理和设备更换。

7.3.2 信号系统智能运维的平均修复时间不应大于 0.5h。

7.3.3 信号系统智能运维硬件设备维修周期应遵循电子设备通用大中修周期。

## 7.4 系统性能

7.4.1 线路级信号系统智能运维应支持线路全部车站范围的设备维护监测，应包括设备的状态监测、故障诊断、设备管理和运维管理。

7.4.2 信号系统智能运维数据存储空间应满足系统存储所有信号设备监测维护数据需求，应包括预报警数据、事件数据、操作数据、统计数据、设备管理数据、维修记录，宜满足关键数据存储 10 年，历史回放数据存储 3 个月的要求。

7.4.3 线路级信号系统智能运维应支持线路全部维护工作站同时在线运行。

7.4.4 信号系统智能运维数据处理延时应小于 2 秒，系统记录的数据更新时间与信息实际发生时间之差不应大于 3 秒。

## 7.5 可扩展性

7.5.1 信号系统智能运维应支持平滑扩展，宜考虑预留 30%的扩展余量。

7.5.2 信号系统智能运维应预留扩展端口和接口条件，宜支持与上层网络接口或服务接口扩展。

## 7.6 传感采集安全

7.6.1 传感采集设备采样端子引入内部母板之间的引线应采用高温阻燃线，耐高温不小于 200℃，引线的阻燃标准应符合 GB/T 19666 中 6.1 列项的阻燃性能的要求。

7.6.2 传感采集设备外壳及封装应符合 GB/T 2408 中 8.4 列项的 V-0 级阻燃要求。

7.6.3 传感采集设备的采样输入端与输出端之间应采用电压互感器、线性光耦或 DC-DC 变压器隔离措施，确保内部器件故障不反向传递到输入端，隔离电压应达到 DC2500V。

7.6.4 传感采集设备的输入端和工作电源处应串入保险丝，确保过载时对外呈现断路状态。

7.6.5 传感采集设备输入阻抗应使用多级组合方式设计，确保取样电流不大于 1mA。

## 8 接口要求

### 8.1 车站信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应通过车站层采集设备或与 MSS 接口，获取车站层信号基础设备及信号系统设备运行状态。具体采集方式及采集要求应符合附录 A。

### 8.2 线路级信号系统智能运维接口

### 8.2.1 车载 ATP 与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应采用以太网接口通过车载维护服务器与车载主机进行连接，车载维护服务器向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 各模块工作状态及软件版本信息，包括车载 ATP、ATO、BTM、HMI、速传、雷达；
- b) ATP 实时 IO 状态、板卡状态、ATO 板卡状态；
- c) 紧急制动原因码、雷达故障码、速传故障码、BTM 故障码、应答器丢失信息；
- d) HMI、驾驶台按钮状态和指示灯的实时状态；
- e) 列车运行信息，包含位置、速度、距离信息，包括当前区段、运行方向、实际速度、限制速度、推荐速度、报警速度、列车运行公里数；
- f) ATO 信息，包括 ATO 工作模式、ATO 牵引制动状态、扣车状态、跳停状态、目的站、下一站；
- g) 报警信息。

### 8.2.2 ATS 与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应采用以太网接口与ATS维护机或ATS接口服务器进行连接，ATS向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) ATS 各终端连接状态及终端实时 cpu、内存、硬盘信息；
- b) ATS 校时信息；
- c) 站机的控制模式信息；
- d) 站场表示信息、列车位置、操作记录信息；
- e) 各设备的启停状态、运行状态和主备状态；
- f) 各设备内部的进程启停状态、进程报警信息、进程版本信息和进程连接状态；
- g) 与时钟系统、无线系统、乘客信息、综合监控、DTI 的接口连接状态；
- h) 报警信息；
- i) 计划列车运行图信息；
- j) 实际列车运行图信息；
- k) 兑现率、准点率查询信息。

### 8.2.3 轨旁 ATP 与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应采用以太网接口与轨旁ATP维护机进行连接，维护机向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 列车运行状态信息：包含列车位置、临时限速、计轴状态、站台屏蔽门状态、逻辑区段状态、道岔状态、移动授权信息；
- b) 主备工作状态、板卡状态、核心模块状态、内部通信状态、软件版本信息；
- c) 与车载 ATP、CI、ATS 接口连接及通信状态信息；
- d) 报警信息。

### 8.2.4 CI 与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应通过以太网接口与CI维护机进行连接，CI维护机向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 主备工作状态、核心模块状态、板卡状态、内部通信状态、控显机工作状态、版本信息；
- b) 与 ATP、邻站 CI、ATS 通信状态；
- c) 采驱信息，包括道岔、信号机、站台屏蔽门、站台紧急停车、SPKS、POB\PCB 和零散继电器的状态；

- d) 站场显示信息，包括进路状态、逻辑区段状态、道岔锁闭或封锁状态、区段锁闭或封锁状态、计轴状态、道岔状态、信号机状态、站台屏蔽门状态、站台紧急停车按钮状态；
- e) 控显按钮状态、表示、操作记录；
- f) 报警信息。

#### 8.2.5 DCS 与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应采用以太网接口与DCS服务器进行连接，DCS服务器向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 设备状态信息，如交换机、无线设备（BBU、RRU）；
- b) 流量信息，如网络流量及负载信息，交换机端口流量收光功率；
- c) 列车场强、信噪比信息；
- d) 网络链路拓扑；
- e) 报警信息及各类事件。

#### 8.2.6 计轴与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应采用以太网接口与计轴主机进行连接，计轴主机向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 计轴子系统板卡状态；
- b) 计轴检测点工作状态；
- c) 计轴检测点的磁头告警信息；
- d) 轨道区段工作状态的正常/故障表示；
- e) 轨道区段的占用/空闲表示；
- f) 计轴区段数量；
- g) 轨道区段预复零操作；
- h) 磁头电压、电流；
- i) 计轴轴数；
- j) 报警信息。

#### 8.2.7 电源系统与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应采用以太网接口与电源屏监测单元进行连接，电源屏监测单元向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 外电网设备的实时监测，包括电压、电流、功率；
- b) 电源屏设备的实时监测，包括电源屏输入电压电流监测、电源屏模块状态、电源屏空开状态、电源屏输出电压电流监测；
- c) UPS 设备的实时监测，包括输入电压电流监测、UPS 输出电压电流监测、UPS 旁路电压电流、单体电池电压电流；
- d) 蓄电池各项工作参数，包括电池容量、内阻、电压、电流、温度；
- e) 电源设备报警信息监测，包括电源屏报警信息、UPS 报警信息。

#### 8.2.8 道岔缺口与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维应采用以太网接口与道岔缺口监测主机进行连接，道岔缺口监测主机向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 道岔缺口配置信息；

- b) 道岔缺口最新值；
- c) 缺口报警、预警及图像/视频信息；
- d) 道岔缺口最新图像；
- e) 道岔缺口历史图像列表及历史图像信息；
- f) 道岔操纵时、轨道过车时视频时间列表及视频信息；
- g) 液压转辙机油压曲线和油位信息；
- h) 采集设备状态信息。

### 8.2.9 MSS 与线路级信号系统智能运维接口

线路级信号系统智能运维可利用既有MSS接口获取采集信息，不进行重复性采集。

线路级信号系统智能运维与集中监测接口采用以太网接口进行连接，集中监测主机向线路级信号系统智能运维单向发送应包含以下信息：

- a) 外电网实时数据；
- b) 电源屏实时数据；
- c) 信号机实时数据；
- d) 道岔表示电压实时数据；
- e) 道岔动作曲线数据；
- f) 站台门/防淹门实时数据；
- g) 电缆绝缘测试数据；
- h) 电源漏流测试数据；
- i) MSS 预警数据；
- j) MSS 报警数据。

### 8.3 线网级信号系统智能运维接口

线网级信号系统智能运维应采网络接口方式通过线路接口服务器与线路级信号系统智能运维或MSS连接，线路接口服务器向线网级信号系统智能运维发送宜包含以下信息：

- a) 线路侧信号各子系统预报警信息、事件记录；
- b) 线路侧信号各子系统关键状态信息；
- c) 列车运行实时信息；
- d) 线路侧站场表示信息；
- e) 基础信号设备开关量、模拟量信息；
- f) 线路侧统计类信息：如停车精度、正点率、运行图兑现率。

### 8.4 其它接口

信号系统智能运维宜预留与其他外部系统的接口。

## 9 环境条件

- 9.1 信号系统智能运维工作环境大气压力应为 70kPa~106kPa（相当于海拔 3000m 以下）。
- 9.2 信号系统智能运维工作环境温度范围应为 0℃~+45℃，推荐长期稳定运行温度为+18℃~+28℃。
- 9.3 信号系统智能运维工作环境湿度不应大于 90%（室温+25℃），不应凝露。
- 9.4 信号系统智能运维的车站监测设备电磁兼容应符合 GB/T 24338.5 中 B 类性能判据的要求。
- 9.5 信号系统智能运维车站监测设备的防雷应符合 TB/T 3498 中 B 类性能判据的要求。

9.6 在设备适用环境条件下，道岔表示电压采集传感器设备接入端子绝缘耐压不应小于 AC3000V，其他传感采集设备绝缘耐压不小于 AC1200V。

9.7 在设备适用环境条件下，设备绝缘电阻不应小于 25M $\Omega$ 。

9.8 信号系统智能运维地线应利用机房内的综合接地装置。

9.9 信号系统智能运维计算机设备场地应符合 GB/T 2887 的要求。

## 10 检验项目及方法

### 10.1 检验项目

设备的检验分为出厂检验和型式检验两种。检验项目应符合表 1 的规定。

表 1 信号系统智能运维的测试检验内容

序号	试验项目	型式检验	出厂检验	技术要求对应条款	检验方法对应条款
1.	低气压试验	√	—	9.1	10.2.1
2.	低温试验	√	—	9.2	10.2.2
3.	高温试验	√	—	9.2	10.2.3
4.	恒定湿热试验	√	—	9.3	10.2.4
5.	常温性能	√	√	9.2	10.2.5
6.	电磁兼容试验	√	—	9.4	10.2.6
7.	雷电电磁脉冲防护试验	√	—	9.5	10.2.7
8.	绝缘耐压	√	—	9.6	10.2.8
9.	绝缘电阻	√	—	9.7	10.2.9

注：“√”表示应检验项目，“—”表示不检验项目。

### 10.2 检验方法

#### 10.2.1 低气压试验

应按照 GB/T 2423.21 的规定的方法进行。

#### 10.2.2 低温试验

应按照 GB/T 2423.1 规定的方法进行。

#### 10.2.3 高温试验

应按照 GB/T 2423.2 规定的方法进行。

#### 10.2.4 恒定湿热试验

应按照 GB/T 2423.3 规定的方法进行。

#### 10.2.5 常温性能

应按照 Q/CR 573 规定的方法执行。

**10.2.6 电磁兼容试验**

应按照 GB/T 24338.5 规定的方法进行。

**10.2.7 雷电电磁脉冲防护试验**

应按照 TB/T 3498 规定的方法进行。

**10.2.8 绝缘耐压**

应按照 Q/CR 573 规定的方法执行。

**10.2.9 绝缘电阻**

应按照 Q/CR 573 规定的方法执行。

**附 录 A**  
**(规范性)**  
**信号设备传感采集要求**

**A. 1 道岔转辙机**

**A. 1.1 直流转辙机**

直流转辙机采集应满足 Q/CR 442 的要求。

**A. 1.2 交流转辙机**

交流转辙机采集应满足 Q/CR 442 的要求。

**A. 2 道岔缺口**

道岔转辙机缺口采集应满足 TB/T 3386 的要求。

**A. 3 电缆绝缘**

电缆绝缘应满足 Q/CR 442 的要求。

**A. 4 电源漏流**

电源对地漏泄电流监测应满足 Q/CR 442 的要求。

**A. 5 信号机**

信号机监测应满足 Q/CR 442 的要求。

**A. 6 电源设备**

**A. 6.1 外电网**

外电网综合质量采集应满足 Q/CR 442 的要求。

**A. 6.2 信号电源屏**

电源屏监测应满足 TB/T 1528.1 的要求。

**A. 6.3 UPS电源**

UPS电源监测应满足 TB/T 1528.1 的要求。

**A. 7 轨道电路**

50Hz 工频轨道电路采集应满足 Q/CR 442 的要求。

#### A.8 屏蔽门

站台屏蔽门采集应满足 T/CITSA 23 的要求。

#### A.9 防淹门

防淹门采集应满足 T/CITSA 23 的要求。

#### A.10 站（场）间联系线路

站（场）间联系线路采集应满足 Q/CR 442 的要求。

#### A.11 机房环境

##### A.11.1 温度监测

温度监测应满足Q/CR 442的要求。

##### A.11.2 湿度监测

湿度监测应满足 Q/CR 442 的要求。

## 参 考 文 献

- [1] GB/T 35295 信息技术大数据术语
  - [2] GB/T 38707 城市轨道交通运营技术规范
  - [3] T/CAMET 04010.1 城市轨道交通 基于通信的列车运行控制系统(CBTC)互联互通系统规范 第1部分:系统总体要求
  - [4] T/CAMET 040011.7 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7部分:信号各子系统与维护支持系统(MSS)间接口
  - [5] T/CAMET 04017.1 城市轨道交通 全自动运行系统规范 第1部分:需求。
  - [6] T/CAMET 04017.2 城市轨道交通 全自动运行系统规范 第2部分:核心设备产品
  - [7] T/CAMET 11001.1 智慧城市轨道交通 信息技术架构及网络安全规范 第1部分:总体需求
  - [8] 交办运〔2022〕1号 城市轨道交通信号系统运营技术规范(试行)
  - [9] 交运规〔2024〕9号 城市轨道交通设施设备运行维护管理办法
-