

团体标准

T/ITS 0232-2023

数字交通 隧道智能机电系统功能和互联互通技术要求

Digital transportation - Technical requirements for functions and interconnection of tunnels electromechanical systems

2023-12-07 发布

2023-12-07 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
4 总体框架	2
5 路段中心/隧管所互联互通功能及技术要求	3
6 隧道配电房互联互通技术要求	9
7 隧道侧互联互通技术要求	12
8 安全技术要求	12

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。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件起草单位：华为技术有限公司、交通运输部公路科学研究院、深圳开鸿数字产业发展有限公司、湖南开鸿智谷数字产业发展有限公司、山东高速信息集团有限公司、江西方兴科技股份有限公司、广东利通科技投资有限公司、浙江数智交院科技股份有限公司、电信科学技术研究院有限公司、东来智慧交通科技（深圳）有限公司。

本文件主要起草人：胡季岗、齐志峰、李振华、李杰、沈阳、王益维、解伟俊、杨启彬、张驱、洪慧、马奔、陶金、王涌鹏、周智健、敖日格勒、孙昕、张宏强、伍韶峰、钱劲、朱悦、周凯明、左建武、李磊、景峻、王磊、王凤春、陈元培、付继凯、董士山、朱立、洪渊、杨天、王小琿、宦宣颐、吴林、余青。

数字交通 隧道智能机电系统功能和互联互通技术要求

1 范围

本文件定义了隧道智能机电系统的总体架构，规定了隧道智能机电系统的功能要求，也明确了隧道智能机电系统互联互通涉及到的联网要求、网络功能要求、部署要求、接口要求、可靠性要求、网络操作维护要求、设备要求以及安全要求。

本文件适用于公路行业在建设隧道智能化机电系统设计、实施、运营及养护领域。

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 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 22240-2020 信息安全技术 网络安全等级保护定级指南

JTG D70-2-2014 公路隧道设计规范第二册交通工程与附属设施

T/ITS 0230-2022 数字交通 隧道机电设备交互式控制器规范

3 术语、定义和缩略语

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 术语和定义

3.1.1

隧道智能机电系统 intelligent electromechanical system of tunnel

通过交互式控制器实现机电设备统一接入，同时支持跨系统机电设施联动的综合智能管控系统。

3.1.2

互联互通 interconnection and interworking

隧道智能机电设备之间、机电设备和机电系统之间、机电系统和机电系统之间的接口和协议上的打通。

3.1.3

边缘网关 edge gateway

边缘网关是一种用于连接边缘设备和中心平台之间的网络设备，其主要作用是在边缘设备和中心平台之间构建一个灵活、高效和安全的网络，将数据从边缘设备收集并处理后，再传输到中心平台上进行存储和分析。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件

OTN：光传输网 (Optical Transmission Network)

SDH：同步数字体系 (Synchronous Digital Hierarchy)

MSTP：多业务传送平台 (Multi-Service Transmission Platform)

4 总体框架

4.1 隧道智能机电系统网络总体架构从物理位置上分为“路段中心/隧管所—隧道配电房—基层通信单元”三部分，总体架构见图 1。

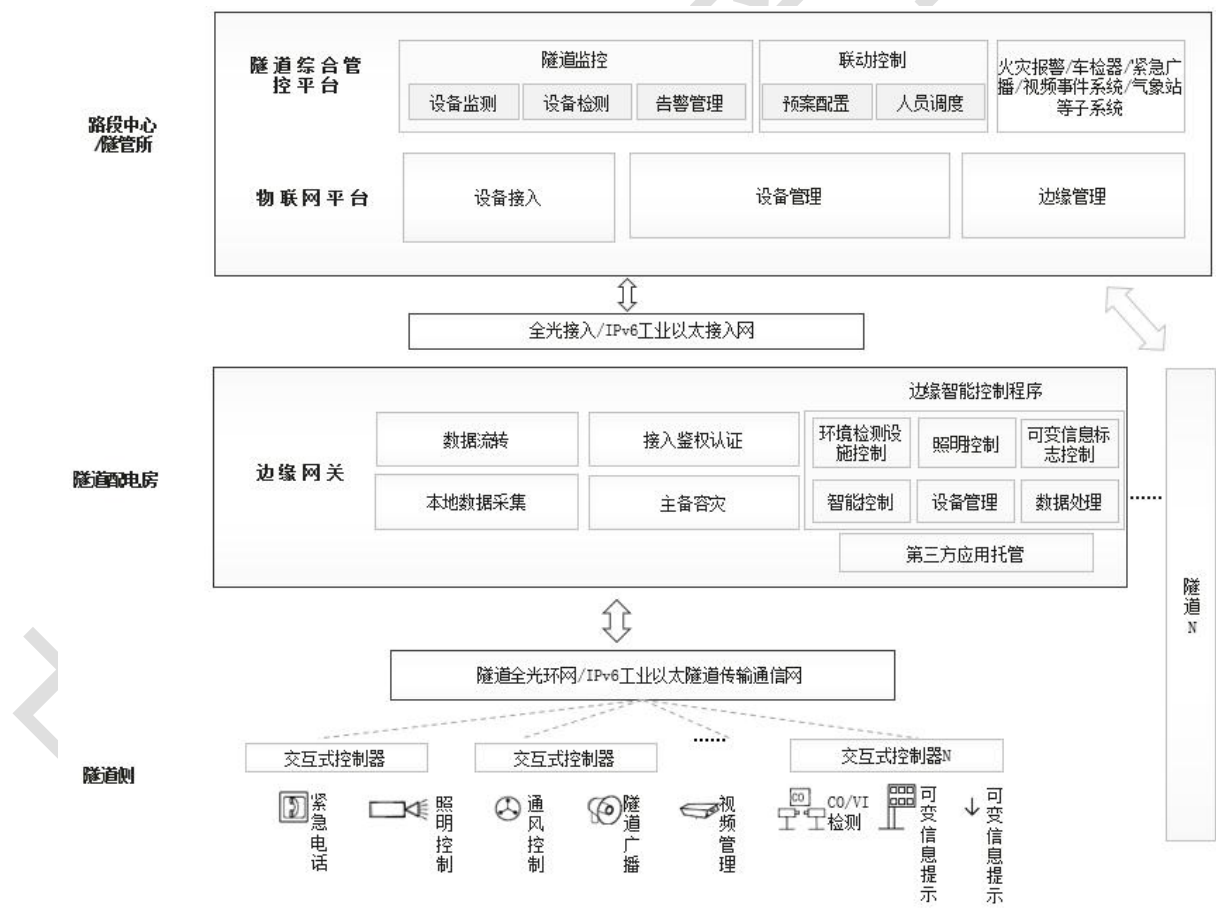


图 1 总体架构

4.2 路段中心/隧管所宜具备隧道综合管控平台和物联网平台，接入网应采用全光/IPv6 工业以太网系统组建。

4.3 隧道配电房宜具备边缘网关能力，隧道传输通信网应采用隧道全光环网/IPv6 工业以太网系统组建。

4.4 隧道侧机电设备的互联互通宜采用交互式控制器。

4.5 隧道侧应具备紧急电话、照明控制、通风控制、隧道广播、视频管理、CO/VI 检测、可变信息提示设备的智能控制能力。

4.6 接入网宜采用 OTN、以太网交换技术组建，也可采用 SDH/MSTP 光纤传输系统、PTN 组建。

4.7 隧道传输通信网宜采用环型结构，可根据基层通信站分布情况选用相切环或环带链网络结构。

5 路段中心/隧管所互联互通功能及技术要求

5.1 隧道综合管控平台功能要求

5.1.1 平台宜具备融合感知、高精地图、数字孪生能力，应支持基础设施数字化，主动安全管理，隧道综合管控功能。

5.1.2 基础设施数字化应具备高清地图采集、三维场景构建、隧道数字孪生、动态资产管理功能并符合如下要求：

- a) 采集宜采集隧道全域范围高精度地图并建立隧道空间参考系，应符合感知设备的标定要求，为隧道数字孪生系统提供交通要素静态位置信息；
- b) 建宜对隧道路面、附属设施、隧道内构筑物、隧道外景物等建模，应支持基于高精度地图，构建与真实世界空间、时间同步的三维场景；
- c) 宜建设隧道全域数字孪生系统，实时将交通实景和事件信息进行数字重构与可视化展现，并符合如下技术要求：
 - 1) 数字孪生平台软件宜支持 C/S 模式与 B/S 模式；
 - 2) 数字孪生平台端呈现帧率不少于 30 帧/秒。
- d) 宜采用数字孪生技术，对隧道土建结构传感器、机电设施等实体资产进行实时采集、健康状态诊断与质量评价，实现隧道资产全生命周期范围内的运维及养护。

5.1.3 主动安全管理应具备融合感知、全域跟踪、事件预警、应急预案、设备联动、智能巡检功能并符合如下要求：

- a) 宜结合激光雷达、毫米波雷达、视频等传感器技术，将多源传感器数据进行融合，实现对隧道内外环境与交通参与者目标的高可靠感知；
- b) 宜通过在隧道内连续部署感知设备，实现车辆从驶入隧道到驶出隧道全过程位置的连续采集，实现隧道内多目标连续追踪；
- c) 宜采用智能感知、边缘计算技术，实现对隧道内火灾、事故、变道、停车、拥堵、超速、慢速、遗洒物、逆行、行人异常闯入等异常事件进行实时监测，并向隧道综合管控平台实时发送预警信息；

- d) 宜建立隧道机电设备联动控制预案库与专项应急预案库，基于隧道感知系统与综合管控平台，实现对隧道应急事件的精准定位、一站式接报、快速处置；
- e) 设备联动宜具备隧道应急联动控制功能，对隧道机电设备进行分区控制，实现一键下发机电设备联动控制预案；
- f) 隧道内宜设置巡检机器人系统，用于隧道视频复核监测、温湿度监测等，并提供隧道内发生事故、遗洒物等异常事件时的探照预警功能，同时应接受隧道感知系统提供的信号，及时移动至指定位置进行巡检工作。

5.1.4 隧道综合管控应具备物联网边缘中台、区域控制、智能照明、智能通风、统计分析、能源管控功能并符合如下要求：

- a) 隧道端宜部署物联网边缘中台，实现各厂商各类型的设备统一接入。通过对所有接入设备进行协议制定和解析，实现前端感知数据的实时接收、边缘设备的实时控制、设备程序升级，应具备边缘数据汇聚、多源数据实时共享与交换能力；
- b) 隧道现场机电设备宜通过变电所及隧道内的交互式控制器，将通风系统、照明系统、车道指示器、交通控制系统、卷帘门、风速风向检测器、CO/VI 检测器、消防水泵等传统机电设备进行统一管控，并接入物联网边缘中台实现数据交换共享；
- c) 宜支持不同工况下的交通流量、能见度、光强、交通事件等数据采集，形成照明系统开关、亮度的智慧化方案，实现照明自动调节；
- d) 宜通过采集和分析隧道内不同工况下交通流量、平均车速、废弃物排放量、CO 含量、能见度等数据，形成风机启动、控制智能控制；
- e) 宜具备日报、周报、月报和年报的报表查询及导出功能，对隧道内异常事件、设备故障、设备运行、监测数据灯进行统计分析能力；
- f) 宜具备对变电所内电力设备与环境监控系统进行状态监测能力，监测能力包括变电所配电柜、电力开关、通风系统、环境监测以及光伏发电等系统的监控。

5.2 物联网平台功能要求

5.2.1 平台应具备设备连接管理、设备和平台端双向消息通信、批量设备管理、远程控制和监控、OTA 升级、设备联动规则等能力，并可将设备数据灵活流转至上层应用，快速完成设备联网及应用集成。

5.2.2 设备联接

设备联接功能包括接入管理、设备鉴权、负载均衡、长连接和短连接等，功能要求分别规定如下：

- a) 接入管理功能应符合以下要求：
 - 1) 支持设备直接接入、边缘网关接入、第三方系统接入等多种接入方式至少一种；
 - 2) 支持有线宽带、移动通信网、NB-IoT 及其他无线接入等多种网络接入方式至少一种；
 - 3) 宜支持 HTTP/HTTPS、MQTT/MQTTS、LwM2M/CoAP 等多种协议接入方式；
 - 4) 宜支持 SDK、API 等多种应用接入方式；
 - 5) 宜提供支持多操作系统和多语言的设备接入 SDK 开发工具。
- b) 设备鉴权功能应符合以下要求：
 - 1) 宜支持对接入平台的设备进行鉴权认证，确定终端设备的有效身份，认证成功后下发内部唯一标识到设备；
 - 2) 宜具备一机一密的设备认证机制，生成密码要素应包括但不限于设备编号、厂商代号、设备类型、出厂信息等。

- c) 负载均衡功能应符合以下要求：
 - 1) 宜提供分布式消息中间件，平台支持根据设备接入协议设置分布式消息中间件对应主题，形成物联接入设备协议与所述主题的映射关系；
 - 2) 宜支持设备数据负载均衡，平台支持根据不同负载均衡策略，将设备数据转发至后续的数据处理模块。
- d) 宜支持长连接和短连接等多种连接方式。

5.2.3 设备管理

设备管理功能包括设备注册、设备注销、设备信息查询、设备变更管理、设备升级管理和设备群组管理等，功能要求分别规定如下：

- a) 设备注册功能应符合以下要求：
 - 1) 宜支持单个设备注册或批量设备注册，并分配内部唯一设备标识，且内部设备标识与设备编码应建立关联关系；
 - 2) 宜支持设备信息的注册，包括但不限于设备名称、设备用户、设备厂商、设备位置、设备类型、设备型号、协议类型等；
 - 3) 宜支持设备参数配置，并确保平台与设备配置信息同步。
- b) 设备注销功能应符合以下要求：
 - 1) 宜支持单个或批量设备注销；
 - 2) 设备注销后，宜基于时限要求保留设备的历史信息。
- c) 设备信息查询功能应符合以下要求：
 - 1) 宜支持设备信息的查询，包括但不限于设备名称、设备用户、设备厂商、设备位置、设备类型、设备型号、协议类型等；
 - 2) 宜支持设备运行信息的查询，包括但不限于配置参数、历史命令、在线记录、运行状态等；
 - 3) 宜支持查询指定设备采集的信息；
 - 4) 宜支持对具有空间位置属性的设备，提供基于地图服务的空间查询方式。
- d) 设备变更管理功能应符合以下要求：
 - 1) 宜支持设备信息的变更，包括但不限于设备名称、设备用户、设备厂商、设备位置、设备类型、设备型号、协议类型等；
 - 2) 宜支持设备配置参数的变更，可指定设备配置参数保存策略，并支持人工修改。
- e) 设备升级功能应符合以下要求：
 - 1) 宜为设备软件升级提供支持；
 - 2) 宜支持设备远程升级，提供版本更新迭代和管理能力；
 - 3) 宜支持批量升级、群组升级、时间策略升级、并发数升级等升级策略；
 - 4) 宜支持服务端决策升级、终端决策升级、协商升级等升级模式。
- f) 宜支持设备群组管理功能，支持基于群组的用户赋权、订阅和通知；
- g) 针对通过蜂窝网络连接的设备，宜支持设备的 SIM 卡管理，辅助故障定位，实现终端故障监控和远程管理。

5.2.4 设备监控告警

设备监控告警功能包括设备状态（如在线、离线、正常、异常、休眠、唤醒等）监控、设备告警管理和设备故障诊断等，功能要求分别规定如下：

- a) 设备状态监控功能宜支持设备状态的实时监控；

- b) 设备告警管理功能要求：
 - 1) 宜支持告警类型管理，并在设备配置文件中定义；
 - 2) 设备告警时宜向平台提供告警信息，包括但不限于告警事件名称、告警事件类型、告警事件等级、告警设备名称、告警设备标识、告警设备地址、操作字段等；
 - 3) 当收到设备告警信息，平台可主动上报给上层应用，支持告警的查看和管理，并定位告警位置和区域；
 - 4) 宜支持根据告警事件性质与设备重要程度划定告警事件等级，为多项事件同时告警处置提供优先级参考；
 - 5) 宜支持告警过滤功能；
 - 6) 宜支持设备告警记录，包括但不限于设备的告警类型、告警原因、告警开始时间、告警持续时间、告警处置人员、告警处置结果等信息；
 - 7) 宜支持告警解除，告警解除后设备状态恢复为正常状态。
- c) 设备故障诊断功能要求：
 - 1) 宜支持设备在平台的注册情况、电源电量、数据传输量、运行状态的分析；
 - 2) 宜支持对设备进行远程复位或升级；
 - 3) 宜实现设备运行日志的分析，包括但不限于设备的运行时间情况、设备的告警信息、设备与平台的交互时间等。

5.2.5 设备数据上报应符合以下功能要求：

- a) 宜支持设备状态数据和设备监测数据的上报；
- b) 宜支持基于规则引擎中定义的规则进行数据上报，包括但不限于基于设定的周期、事件触发等；
- c) 平台接收到设备上报数据后，宜及时向设备返回响应消息；
- d) 宜支持解析设备上报数据，并基于配置策略（包括转发、保存、透传等）发送至行业应用；
- e) 宜支持同时存在多条数据采集路径；
- f) 宜支持感知设备采集数据本地存储，以降低中心节点的存储资源压力；
- g) 宜支持在数据采集时，设备故障时空白数据段的标记填充功能；
- h) 宜支持因设备故障发生替换时同点采集数据的匹配功能；
- i) 宜支持同时进行多点数据采集与上传功能；
- j) 当设备上报数据后没有收到平台的响应消息时，宜能重新上报数据；
- k) 若超出设定的重传次数阈值，上报数据失败，宜支持数据本地缓存，下一个上报周期上报；
- l) 宜支持单一感知设备多类感知数据同时进行数据上报；
- m) 宜支持不同优先级数据采集与上传。

5.2.6 设备状态上报应符合以下功能要求：

- a) 宜支持可配置定时发送心跳；
- b) 宜支持上报一段时间内的设备状态；
- c) 宜支持其他平台当前状态信息的上报；
- d) 宜支持设备按照规则引擎中定义的规则进行状态上报，如一定频率或事件触发进行状态上报。

5.2.7 设备规则引擎功能包括规则定义、规则管理和规则调用等，功能要求分别规定如下：

- a) 规则定义功能宜支持预置定义或定制开发的规则场景以及规则内容定义，包括但不限于规则名称、规则类型、规则参数、规则操作等，规则定义功能应符合以下要求：

- 1) 支持物联层中物联管理模块的规则定义,包括但不限于设备在线/离线状态判定规则、设备正常/故障状态判定规则、设备故障诊断方式的规则、设备告警之后平台的响应规则、设备维护方式、维护流程等;
 - 2) 支持物联层中边缘管理模块的规则定义,包括但不限于传感网络拓扑重组规则、节点黑白名单定义规则、设备加入鉴权规则、感知网络的故障分析与排查规则等;
 - 3) 支持物联层中通信传输模块的规则定义,包括但不限于数据收发路由规则、数据隔离规则、协议切换规则等;
 - 4) 支持物联层中传输执行模块的规则定义,包括但不限于感知设备数据上报规则、感知设备状态上报规则、多类感知数据上报机制、数据上报冲突避免规则、指令优先级的定义规则、指令权限的划分规则等;
 - 5) 支持其他用户自定义规则的制定。
- b) 规则管理功能应符合以下要求:
- 1) 宜支持对现有规则的修改、删除和查询等;
 - 2) 宜支持规则管理流程的制定;
 - 3) 宜支持规则与设备、应用、告警等绑定,满足规则条件时,规则可以自动化的执行响应动作;
 - 4) 宜支持将阈值超限、范围超限、位置跟踪等事件,做为规则引擎输入条件,并关联对应的处理动作;
 - 5) 宜支持自定义触发条件,特定条件的事件告警自动推送给应用。
- c) 规则调用功能应符合以下要求:
- 1) 宜支持规则调用前进行规则判断,即判断设备当前相关状态与相关的规则是否满足相应条件,满足条件后进行规则调用;
 - 2) 宜支持需要提供规则调用所需的阈值、范围等作为规则引擎输入条件,保证平台对相应场景的规则响应;
 - 3) 宜支持在线增加并管理规则触发器,在线设置触发器名称和触发条件,并提供至少一种触发报警方式,包括但不限于邮箱接收、短信接收、第三方服务器接收等;
 - 4) 宜支持基于预设规则的设备联动触发,实现多设备的协同反应;
 - 5) 宜支持基于规则引擎的业务流自定义,实现数据个性化流转和处理。

5.2.8 平台命令下发

命令下发应符合以下功能要求:

- a) 宜支持对平台命令进行定义、管理和命令下发过程的管理等;
- b) 命令定义的内容应包括但不限于命令名称、命令类型、命令编码、命令关联设备、对应操作等;
- c) 宜支持对命令进行管理,包括但不限于增加、删除、修改、查询;
- d) 宜支持对命令关联设备发送命令,并能够监控命令执行的过程;
- e) 宜支持行业应用通过平台开放的接口对设备进行管理和控制;
- f) 宜支持行业应用通过平台下发设备控制命令,支持立即下发、缓存下发及批量命令下发能力;
- g) 宜支持通过管理门户或 API 进行远程设备命令下发,如开启、关闭等,实现对设备的手动远程控制;
- h) 宜支持基于规则引擎远程开启或关闭设备;
- i) 宜支持平台命令集的合并与扩充;

- j) 宜支持对命令集中的命令优先级和权限的划分，具体划分规则可在规则引擎中进行定义；
- k) 命令下发的对象范围包括但不限于平台联接管理的设备和其他平台；
- l) 命令下发规则宜在规则引擎中定义，其传输的途径参照通信传输中定义的传输途径。

5.3 接口要求

5.3.1 平台接口要求

平台接口总体要求如下：

- a) 平台对外提供接口的实现应与实现技术无关，接口内部实现技术变更不应导致服务接口变化；
- b) 平台接口应符合统一的数据格式与交互参数，同时应提供防错、容错、合法性校验等机制；
- c) 平台接口服务端应对客户端做身份认证，应对敏感数据做加密；
- d) 平台对外提供接口必须通过系统安全机制；
- e) 平台接口访问操作应有记录日志，日志内容应符合审计要求。

5.3.2 接口类型说明

接口类型应包括硬件说明、接口功能说明、接口信息说明、接口处理方法、接口控制方式、接口时间特性、硬件编码规则、硬件部署图例、连接方式图例、存储资源分配和程序编制要求等。

5.3.3 软件接口内容要求

接口类型应包括接口功能说明、接口约定、数据特性、数据处理方法、接口程序运行控制、接口时间特性、接口传输频率、接口数据样例、接口地址说明、接口版本说明、存储资源分配和程序编制要求等。

5.3.4 通信接口内容要求

接口类型应包括包括硬件描述、接口功能说明、通信协议、报文处理、存储资源分配、程序接口设计和程序编制要求等。

5.4 隧道配电房与管理中心之间的网络技术要求

5.4.1 在路段中心/隧管所与配电房之间应设立接入网，接入网应具备为路段中心/隧管所与所辖各地配电房之间提供信息传输通道的能力。

5.4.2 接入网宜采用 OTN、以太网交换技术组件，也可采用 SDH/MSTP 光纤传输系统、PTN 组建。

5.4.3 接入网可采用 IPV6+创新技术，构建隧道端到端 IPV6+全物联，大带宽低时延，高可靠高安全综合承载网络，实现隧道机电监控，视频，应急联动等统一承载。

5.4.4 接入网可由有线网络和无线网络组成，除高速公路沿路通信光纤有线网络外，可使用运营商无线 5G/LTE 通信网络作为备份通信链路，组网方案需具备软件定义网络 SD-WAN 进行链路智能选路，保障链路可靠性。

5.5 网络维护要求

5.5.1 接入网应支持日志故障排查功能。

5.5.2 接入网络管理平台具备实时对隧道业务网络质量可视能力，可通过 IFIT 随流检测技术，秒级上送，实时呈现丢包、时延、抖动等业务质量。

5.5.3 接入网络管理平台宜具备告警信息收集与显示、告警级别分配、故障定位、告警查询与统计、告警数据存储等功能。宜具备分钟级故障定位能力，通过智能分析和 IFIT 随流检测技术结合，对业务通信路径逐跳分析，自动业务路径还原，丢包可精准定位到端口和链路。

5.6 设备要求

5.6.1 承载隧道综合管控平台及物联网平台的服务器应符合下列规定：

- a) 可支持X86或ARM主流芯片架构；
- b) 宜采用软硬件一体化集成设备，能够提供计算、存储、网络、AI、安全等功能；
- c) 宜采用模块化设计，支持即插即用，简化设备维护；
- d) 宜支持业务不中断情况下，通过热插拔方式扩展计算和存储；
- e) 宜支持资源虚拟化和容器技术，管理系统支持虚拟化平台和容器平台统一的管理；
- f) 宜支持在统一管理界面中监控和管理计算、存储、网络、虚拟化、容器平台；支持一键或定期自动输出系统健康巡检报告，包括CPU、内存、HDD、SSD等硬件状态，虚拟化平台，存储软件，超融合管理软件等部件的健康状态，便于主动识别潜在的风险可靠性要求。

5.6.2 接入网设备要求

- a) 接入网采用OTN网络的，系统设备配置应符合以下规定：
 - 1) 支路侧接口适配功能应支持FE/GE/10GE 速率的以太网接口及其他高速接口；
 - 2) 线路侧接口应分布在不同板件，采用 1+1 保护时，主用、备用接口应分布在不同板件上；
 - 3) 具备主控、交叉、时钟、电源等功能的板件应冗余备份。
- b) 接入网采用以太网的，系统设备配置应符合以下规定：
 - 1) 宜支持多业务一网综合承载，保障关键业务高带宽和低时延；
 - 2) 宜具备IPV6网络切片技术，灵活支持1~100G 端口全线速转发能力，实现隧道多业务统一承载，业务SLA可得到保障，并满足未来业务演进要求。

5.6.3 可靠性要求

- a) 服务器及存储的可靠性要求：
 - 1) 应支持数据可靠性保护，宜采用副本或纠删码（EC）等数据冗余保护技术，保证单盘失效后数据不丢失业务不中断；
 - 2) 应支持虚拟化高可用技术（HA），当整个物理节点故障后，关键虚拟机能够在分钟级漂移至正常工作的节点并自动拉起，保障业务持续运行。
- b) 网络设备单点及多点故障可靠性要求：
 - 1) 在以太网构建的路段中心/隧管所承载网络当出现任意单节点故障时，网络应该在50ms内完成倒换恢复，任意单节点故障包括：任意接入设备故障、任意汇聚设备故障、任意光纤链路故障，任意逻辑通信路由路径等；
 - 2) OTN网络宜采用基于 ODUk 的子网连接保护；保护倒换时间不应大于50ms。

6 隧道配电房互联互通技术要求

6.1 边缘网关应符合以下功能要求：

- a) 应支持设备的接入鉴权认证；

- b) 应支持设备状态的感知，并支持本地数据采集；
- c) 应支持感知传感网络的拓扑变化、线路状态变化，并能实时刷新路由；
- d) 应支持感知上行网络的变化，根据网络变化对数据进行本地化保存或处理及重传传感数据；
- e) 宜提供 API 或 SDK，支持南向设备的对接和向路段中心/隧管所物联网平台的数据流转
- f) 宜支持容器化的形式部署边缘网关智能控制程序
- g) 宜支持基于心跳监测的主备切换；
- h) 宜支持在网络中断或关闭状态下设备的自我管理和本地控制功能；
- i) 宜支持设备的规则调度与处理功能；
- j) 宜支持感知网络被入侵状况下的告警与设备自动切断功能；
- k) 宜支持特定场景下部分感知数据和设备状态数据的边缘处理功能。

6.2 接口要求

6.1.1 隧道配电房网络设备应提供北向传输能力，传输带宽不低于 GE，用于将隧道控制器数据和上层管理云平台，应用服务器等形成互联互通。

6.1.2 隧道配电房网络设备应提供南向传输能力，可采用以太网或 GPON 传输，用于汇聚的隧道侧机电设备数据和隧道控制器等形成互联互通。

6.1.3 隧道配电房网络设备应提供东西向传输能力，用于在隧道交互式控制器之间互联互通。

6.3 隧道侧到配电房之间的网络技术要求

6.3.1 在配电房与隧道侧之间应设立隧道通信传输网。隧道通信传输网应具备为配电房与所辖各地隧道侧设备之间提供信息传输通道的能力。

6.3.2 隧道通信传输网可采用 GPON 或以太网技术进行现场网络的构建。

6.3.3 以太网网络技术的网络容量应符合如下规定：

- a) 隧道配电房有线汇聚 IP 以太网网络设备应支持 10GE 下行，40GE 上行，上行口宜支持可扩展到 100GE 速率，以满足机电监控、全息隧道、高清视频监控摄像头等高带宽应用对高性能网络的需求。
- b) 隧道侧有线接入 IP 以太网网络设备应支持 GE 下行，10GE 上行，以满足机电监控、全息隧道、高清视频监控摄像头等高带宽应用对高性能网络的需求。
- c) 隧道侧网络需支持多业务融合承载，并保证关键业务的高带宽和低时延。宜采用网络切片技术保证高优先级业务的高带宽、低时延。宜部署智能监测系统，实现对承载业务的被动测量，支撑业务转发性能的实时检测。

6.4 网络维护要求

6.4.1 应提供管理系统，实现图形化、便捷化的管理。网管系统应提供基本的网络资源管理、拓扑管理、业务管理、故障管理、性能管理、用户管理。隧道配电房网络管理系统应提供北向接口，集成到上级区域运维管理平台中。

6.4.2 应支持远程接入，支持通过网管系统进行图像界面管理。

6.4.3 应支持本地接入，支持通过命令行进行本地维护。

- 6.4.4 应支持链路自动发现，自动形成隧道网络拓扑信息并通过图像界面进行展示，易于网络维护。
- 6.4.5 应支持故障时告警自动上报，明确指示告警的对象等关键信息。支持通过可视化界面进行展示故障点。
- 6.4.6 应支持网络故障定位，可通过可视化界面展示网络链路故障，宜支持通过网管定位光纤故障位置，实现分钟级定位，米级定位精度。
- 6.4.7 应支持网络性能监控，查看网络相关资源和状态信息，并对设备进行管理。应支持通过任务对网络性能进行自动监控，实现设备运行状况一目了然。宜支持持拥堵检测，提醒运维人员进行网络调整。
- 6.4.8 应支持通过任务将设备升级包下发到设备，设备下载升级包后自动升级。
- 6.4.9 网络设备支持实时采集设备数据并上送至网络管理平台，通过智能故障识别算法对网络数据进行分析，精准展现网络实时状态，并能及时有效地定界故障以及定位故障发生原因，发现影响业务的网络问题，保障业务正常运行

6.5 网络设备要求

6.5.1 容量规格应符合以下规定：

- VLAN数量 ≥ 4094
- MAC地址数量 ≥ 32768

6.5.2 性能要求应符合以下规定：

- 网络有线接入设备转发能力：包转发率 $\geq 84\text{Mpps}$ ；交换容量 $\geq 336\text{Gbps}$
- 网络有线汇聚设备转发能力：包转发率 $\geq 144\text{Mpps}$ ；交换容量 $\geq 520\text{Gbps}$

6.5.3 可靠性要求应符合以下规定：

- 隧道配电房网络应支持电源双路备份输入
- 隧道配电房网络设备典型配置系统可用度 $> 99.999\%$

6.5.4 环境要求应符合以下规定：

- 工作环境温度： $-20^{\circ}\text{C} \sim +60^{\circ}\text{C}$
- 工作环境湿度： $5\text{RH} \sim 95\text{RH}$

6.6 可靠性要求

- 6.6.1 隧道配电房网络设备应提供网络节点故障冗余保护技术，在网络节点故障发生时自动发现并上报故障，并自动完成业务切换到备用节点，切换时间应小于 200ms，宜小于 50ms。
- 6.6.2 隧道配电房网络设备应提供网络链路故障冗余保护技术，可在网络链路故障发生时自动发现并上报故障，并自动完成业务切换到备用链路，切换时间应小于 200ms，宜小于 50ms。
- 6.6.3 隧道配电房网络设备宜提供网络异地容灾保护技术，可在网络节点故障发生时自动发现并上报故障，并自动完成业务切换到异地容灾节点，切换时间应小于 200ms，宜小于 50ms。确认下倒换时间要求。

7 隧道侧互联互通技术要求

7.1 设备要求

7.1.1 网络设备应符合如下规定：

- a) 隧道侧网络设备通过光口上行和配电房设备进行互联，应支持通过双光口上行进行网络链路故障进行保护，切换时间应小于50ms。宜支持多点故障保护，提高网络可靠性；
- b) 隧道侧网络设备通过电口和隧道侧机电设备进行互联，应支持1000M/100M/10M自适应，应支持至少4个端口，宜支持8个及以上端口；
- c) 隧道侧网络设备应提供AC，DC电源；
- d) 隧道侧网络设备应支持工业级宽温；
- e) 隧道侧网络设备应支持无风扇自然散热；
- f) 隧道侧网络设备宜支持PTP高精度时钟。

7.1.2 隧道侧区域控制设备应符合《T/ITS 0230-2022 数字交通 隧道机电设备交互式控制器规范》的相关要求。

7.2 隧道侧网络设备走线应符合《公路隧道设计规范第二册交通工程与附属设施》的线缆敷设要求，对于双上行主备保护线缆宜采用独立/异缆走线以获得更高的可靠性。

7.3 隧道侧网络设备的布设应支持导轨式安装/挂墙式安装/平铺式安装。

8 安全技术要求

8.1 总体要求

8.1.1 隧道各级智能机电系统应按照 GB/T 22240 确定网络安全保护等级，并按照 GB/T22239 相应的网络安全保护等级制定并实行等级保护要求。

8.1.2 隧道智能机电系统应采用符合国家密码管理规定的密码技术和产品。

8.1.3 隧道智能机电系统应采用交通运输行业密钥实现设备安全认证和数据加密保护。

8.1.4 隧道内网络链路应根据业务优先级设置带宽保障策略，保障高优先级业务的带宽资源。

8.1.5 隧道内网络链路应对不同业务流量进行隔离，确保安全风险不会跨业务传播。

8.2 路段中心/隧管所安全要求

8.2.1 路段中心/隧管所网络宜按照 GB/T 22239 网络安全保护等级第二级进行网络安全保护。

8.2.2 路段中心/隧管所应采用合适的备份策略，以支持及时恢复系统业务。

8.2.3 路段中心/隧管所应对隧道侧机电设备的运行状态和网络流量进行实时监测，支持异常行为识别和及时告警。

8.2.4 路段中心/隧管所应制定网络安全事件应急预案和演练方案，并定期进行应急演练。

8.3 隧道配电房安全要求

- 8.3.1 隧道配电房网络应按照 GB/T 22239 网络安全保护等级第二级进行网络安全保护。
- 8.3.2 隧道配电房网络应支持静态 IP/MAC 绑定和白名单接入功能，只有在 IP/MAC 白名单内的终端设备才允许接入网络。
- 8.3.3 隧道配电房网络宜支持网络切片能力，实现切片之间数据、VLAN 资源、带宽等相互独立。
- 8.3.4 隧道配电房网络应支持基于隧道站点，业务类型进行端到端带宽灵活分配，应支持多种带宽分配方式，包括保证带宽，BE 竞争带宽等方式。应支持对不同业务采用不同的带宽分配方式。
- 8.3.5 隧道配电内房边缘网关应实现与隧道控制器的双向设备认证。
- 8.4 隧道侧安全要求
- 8.4.1 隧道侧机电设备宜采用密码技术实现对其控制指令的设备认证。
- 8.4.2 隧道控制器应集成硬件密码安全模块，支持与隧道配电房内边缘网关的双向设备认证，并实现下发控制指令的完整性保护。
- 8.4.3 移动巡检设备与隧道控制器建立连接时，应采用密码技术实现双向身份认证，并采用数字签名实现控制指令的完整性和不可否认性保护。
- 8.4.4 隧道侧内需互联互通的机电设备应采取适合的接入认证策略，无需互联互通机电设备应通过网络或安全策略实施逻辑或物理隔离。
-

中国智能交通产业联盟
标准

数字交通 隧道智能机电系统功能和互联互通技术要求
T/ITS 0232-2023

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）
中国智能交通产业联盟印刷
网址：<http://www.c-its.org.cn>

2023 年 12 月第一版 2023 年 12 月第一次印刷