

团体标准

T/ITS 0232-20XX

数字交通 隧道智能机电系统互联互通和安全技术规范

Technical Specification of Interconnection and Cyber Security for Intelligent Digital Tunnel's Electromechanical System

(征求意见稿)

(本草案完成时间: 2023年7月18日)

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。

20**-**-**发布

2023-**-**实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

目 次.....	I
前 言.....	II
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/隧管所互联互通技术要求.....	3
6 隧道配电房互联互通技术要求.....	10
7 隧道侧互联互通技术要求.....	13
8 安全技术要求.....	14

中国智能交通产业联盟

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、江西方兴科技股份有限公司、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、北京万集科技股份有限公司、广州埃特斯通讯设备有限公司、电信科学技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：

数字交通 隧道智能机电系统互联互通和安全技术规范

1 范围

本文件规定了隧道智能机电系统的网络总体架构，联网要求，网络功能要求，部署要求，接口要求，可靠性要求，安全要求，网络维护要求，节能要求以及设备要求等内容。

本文件适用于公路行业在建设隧道智能化机电系统过程中网络设计、网络技术及设施选用、网络部署，隧道智能化机电系统运维、运营过程中网络互联互通管理及维护进行指导。

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 18567-2010 高速公路隧道监控系统模式
- GB/T 26944-2011 隧道环境检测设备
- GB/T 34428.5-2017 高速公路监控设施通信规程 第5部分：隧道环境检测器
- GB/T 51244-2017 公众移动通信隧道覆盖工程技术规范
- JTG D70/2-2014 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施
- JTG/T D70/2-01-2014 公路隧道照明设计细则
- JTG/T D70/2-02-2014 公路隧道通风设计细则
- JTG/T F72-2011 公路隧道交通工程与附属设施施工技术规范
- JTG H12-2015 公路隧道养护技术规范
- JT/T 610-2004 公路隧道火灾报警系统技术条件
- T/ITS 0125-2020 智慧高速公路信息化建设 总体框架
- T/ITS 0144-2021 普通国省干线智慧公路建设框架

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

智慧高速公路 intelligent expressway

智慧高速公路是以多维状态感知、多源信息融合等手段对高速公路运行状态进行智能感知为基础，

T/ITS 0232-XXXX

为运营方提供智慧化的监测、应急、养护、运维、决策能力，为交通管理方提供智慧化交通管控能力，为公众提供智能化安全、高效、绿色的出行体验，具备数字化、网联化、智能化等特征的高速公路。

3.1.2

数据治理 data governance

数据治理是对数据的全生命周期进行管理，包含数据采集、清洗、转换、存储等环节的工作，以及数据资产目录、数据标准、质量、安全、服务与应用等方面的内容。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件

MEC:多接入边缘计算 (Multi-access Edge Comput)

RSU:路侧单元 (Roadside Unit)

V2X:车联网 (Vehicle-to-Everything)

4 总体框架

4.1 总体架构

隧道智能机电系统智能互联网络总体架构宜按照“路段中心/隧管所—隧道配电房—基层通信单元”三级确定，如图1所示。

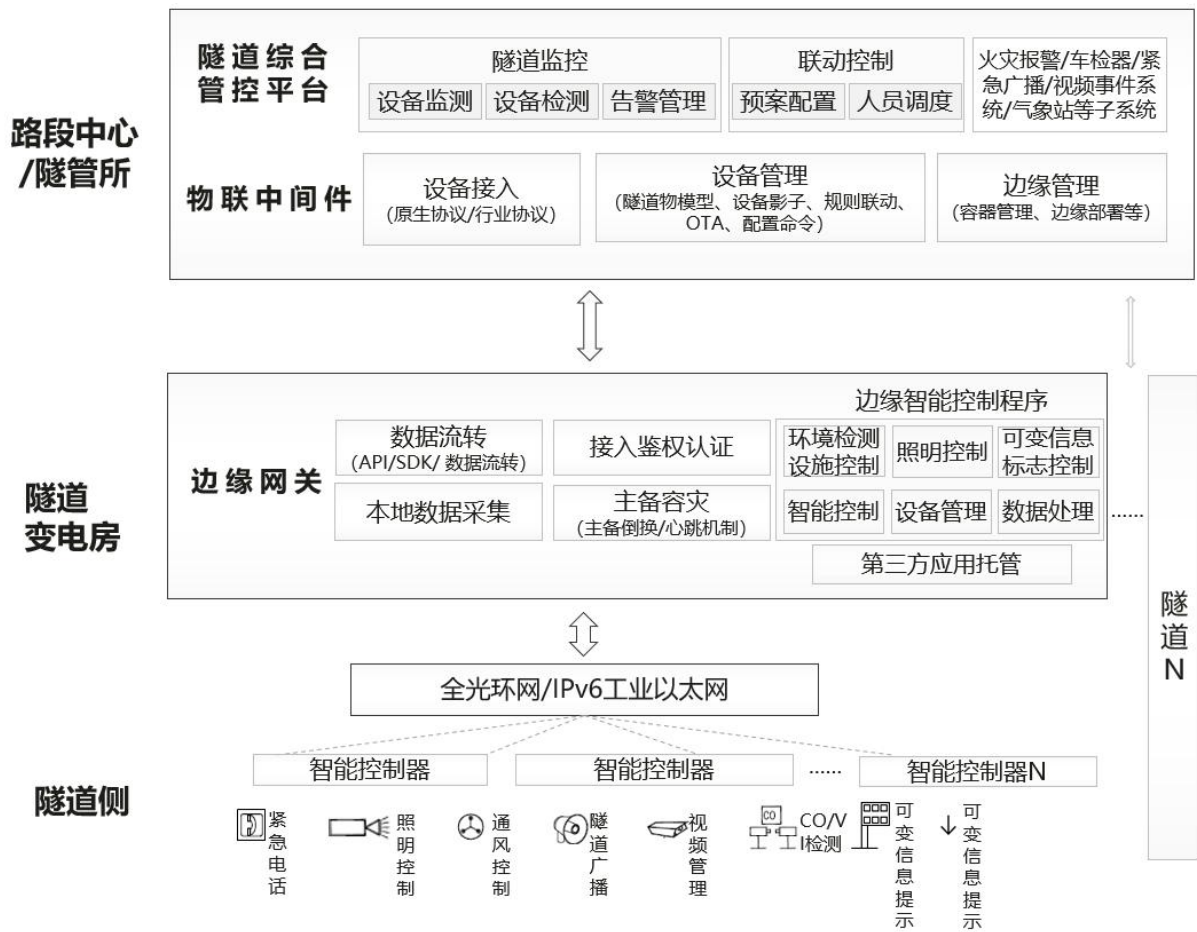


图 1 总体架构

路段中心/隧管所应具备隧道综合管控平台和物联网平台。

隧道配电房应具备边缘网关能力。

隧道侧应具备紧急电话、照明、通风、广播、视频、CO/V、可变信息的智能控制能力。

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

接入网宜采用环型结构，也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/隧管所互联互通技术要求

5.1 隧道综合管控平台功能要求

5.1.1 基础设施数字化

基础设施数字化应具备高精地图采集、三维场景构建、隧道数字孪生、动态资产管理功能，功能要求分别规定如下：

a) 高精地图采集

应采集隧道全域范围高精度地图，建立隧道空间参考系，满足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。隧道内高精地图数据相对精度不超过20cm。

b) 三维场景构建

应对隧道路面、附属设施、隧道内构筑物、隧道外景物等建模，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；

T/ITS 0232-XXXX

c) 隧道数字孪生

应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。数字孪生平台软件宜支持C/S模式与B/S模式，数字孪生平台端呈现帧率不少于30帧/秒。

d) 动态资产管理

应通过数字孪生技术，对隧道土建结构、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，完成隧道资产全生命周期范围内的运维及养护。

5.1.2 主动安全管理

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、智能巡检等功能，功能要求分别规定如下：

a) 融合感知

宜结合激光雷达、毫米波雷达、视频等不同传感器的优势，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) 全域跟踪

应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) 事件预警

应通过智能感知与边缘计算技术，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) 应急预案

应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

应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) 智能巡检

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。

5.1.3 隧道综合管控

隧道综合管控应包括物联网边缘中台、区域控制、智能照明、智能通风、统计分析、能源管控等功能，功能要求分别规定如下：

a) 物联网边缘中台

应在隧道端部署物联网边缘中台，实现不同品牌、不同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，为边缘数据汇聚、多源数据实时共享与交换提供支持。

b) 区域控制

隧道现场机电设备应通过变电所及隧道内的可编程控制器 PLC、工业采集控制执行器MCA、工业以太网交换机等设备实现区域控制，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) 智能照明

根据不同工况下的交通流量、能见度、光强、交通事件等数据，形成照明系统开关、亮度的智慧化方案，实现照明自动调节，保障安全，节能降耗。

d) 智能通风

通过采集和分析隧道内不同工况下交通流量、交通车辆平均车速、废弃物排放量、CO含量、能见度等数据，形成风机启动、控制的智慧化方案，实现隧道及时通风，保障隧道安全，同时降低能耗。

e) 统计分析

提供日报、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、监测数据等进行统计分析。

f) 能源管控

隧道能源管控系统主要对变电所内电力设备与环境监控系统进行状态监测，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 设备联结

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) 接入管理功能要求：

- 1) 应支持设备直接接入、边缘网关接入、第三方系统接入等多种接入方式；
- 2) 应支持有线宽带、移动通信网、NB-IoT 及其他无线接入等多种网络接入方式；
- 3) 应支持 HTTP/HTTPS、MQTT/MQTTS、LwM2M/CoAP 等多种协议接入方式；
- 4) 应支持 SDK、API 等多种应用接入方式；
- 5) 应提供支持多操作系统和多语言的设备接入 SDK 开发工具。

b) 设备鉴权功能要求：

- 1) 应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) 应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) 负载均衡功能要求：

- 1) 应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) 应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) 应支持长连接和短连接等多种连接方式。

5.2.2 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) 设备注册功能要求：

- 1) 应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) 应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) 应支持设备参数配置，并确保平台与设备配置信息同步。

b) 设备注销功能要求：

- 1) 应支持单个或批量设备注销;
- 2) 设备注销后, 应基于时限要求保留设备的历史信息。
- c) 设备信息查询功能要求:
 - 1) 应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) 应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) 应支持查询指定设备采集的信息;
 - 4) 应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) 设备变更管理功能要求:
 - 1) 应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) 应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) 设备升级功能要求:
 - 1) 应为设备软件升级提供支持;
 - 2) 应支持设备远程升级, 提供版本更新迭代和管理能力;
 - 3) 应支持批量升级、群组升级、时间策略升级、并发数升级等升级策略;
 - 4) 应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) 应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。针对通过蜂窝网络连接的设备, 应支持设备的 SIM 卡管理, 辅助故障定位, 实现终端故障监控和远程管理。

5.2.3 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) 设备状态监控功能应支持设备状态的实时监控;
- b) 设备告警管理功能要求:
 - 1) 应支持告警类型管理, 并在设备配置文件中定义;
 - 2) 设备告警时应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) 应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) 应支持告警过滤;
 - 6) 应支持设备告警记录, 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) 应支持告警解除, 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) 应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) 应支持对设备进行远程复位或升级;
 - 3) 应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。

5.2.4 设备数据上报

- 5.2.4.1 设备数据上报应符合以下功能要求:

- a) 应支持设备状态数据和设备监测数据的上报；
- b) 应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,应及时向设备返回响应消息；
- d) 应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；
- g) 应支持同时存在多条数据采集路径；
- h) 应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；
- i) 应支持在数据采集时,设备故障时空白数据段的标记填充功能；
- j) 应支持因设备故障发生替换时同点采集数据的匹配功能；
- k) 应支持同时进行多点数据采集与上传功能；
- l) 当设备上报数据后没有收到平台的响应消息时,应能重新上报数据；
- m) 若超出设定的重传次数阈值,上报数据失败,应支持数据本地缓存,下一个上报周期上报；
- n) 应支持单一感知设备多类感知数据同时进行数据上报；
- o) 应支持不同优先级数据采集与上传。

5.2.4.2 设备状态上报应符合以下功能要求：

- a) 应支持可配置定时发送心跳；
- b) 应支持上报一段时间内的设备状态；
- c) 应支持其他平台当前状态信息的上报；
- d) 应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。

5.2.5 设备规则引擎

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) 规则定义功能应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) 规则管理功能要求：
 - 1) 应支持对现有规则的修改、删除和查询等；
 - 2) 应支持规则管理流程的制定；
 - 3) 应支持规则与设备、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) 应支持将阈值超限、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) 应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) 规则调用功能要求：

- 1) 应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) 应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) 应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) 应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) 应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。

5.2.6 平台命令下发

命令下发应符合以下功能要求:

- a) 应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) 应支持对命令进行管理,包括但不限于增加、删除、修改、查询;
- d) 应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) 应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) 应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) 应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) 应支持基于规则引擎远程开启或关闭设备;
- i) 应支持平台命令集的合并与扩充;
- j) 应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) 命令下发规则应在规则引擎中定义,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) 平台不应支持可绕过系统安全机制访问平台或数据的接口;
- 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 软件-硬件接口

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

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

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 承载网技术要求

高速公路通信网络分为三层：省级通信中心-区域/路段通信（分）中心-基层通信站。隧道管理所具体是负责管理隧道及其设施的单位，主要负责检查和管理隧道安全、检修及维护保养工作，也包括隧道建筑、布置、通风等工程管理工作。隧管所承接隧道机电业务上传至控制中心，下联控制到隧道路侧设备。由于隧道路侧设备功能不同、职责不同，因此隧管所承载网宜实现对不同业务的硬隔离传送，实现不同业务间的安全。同时，随着未来智慧化发展，隧管所承载网低时延高可靠要求，以及灵活扩容要求。

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

5.4.3 OTN 接入网的容量应符合如下规定：

- a) 波道容量采用 8 波及以上。
- b) 单波宜采用 10 Gbit/s 及以上速率，并应具备平滑升级能力。通信传输网系统 80
- c) OTN 设备交叉容量不宜低于 X00Gbit/s。
- d) 开展适应自动驾驶的公路工程附属设施建设的省份，路段通信（分）中心 可采用 100 Gbit/s 或 10 Gbit/s 速率设备，OTN 设备交叉能力不宜低于 4.8 Tbit/s。

5.4.4 以太网网络技术的网络容量应符合如下规定：

- a) 路段中心/隧管所承载网，应采用 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。
- b) 原有网络采用三层以太网交换机网络作为接入网的，考虑隧道建设的统一性和日后维护管理的方便性，也可继续采用以太网交换技术组建接入网，但需确保不降低网络的整体性能，同时需要支持通过日志进行故障排查。

5.4.5 链路可视要求应符合如下规定：

- a) OTN 网络：性能管理功能宜包括对网络和网元的性能参数检测、性能数据采集和上报、性能数据统计、性能数据存储以及性能趋势分析等。
- b) 以太网：路段中心/隧管所网络管理平台，具备实时对隧道业务网络质量可视能力，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。

5.4.6 定故障要求：

- a) OTN 网络：故障管理功能宜包括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。
- b) 以太网：路段中心/隧管所网络管理平台，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。

5.5 设备要求

5.5.1 后台服务器的相关规定和要求

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) 应支持 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) 宜支持最少 2 节点起配，并保障业务不中断情况下，通过热插拔方式扩展计算和存储
- e) 应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) 应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。
- g) 应提供多站点远程集中管理功能，从而降低运维难度，提升运维效率。

5.5.2 路段中心/隧管所网络设备要求

- a) OTN 网络：系统设备配置应符合下列规定：
 - 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) 以太网：路段中心/隧管所承载网络支持多业务一网综合承载，保障关键业务高带宽和低时延，网络设备应具备 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。

5.5.1 可靠性要求

服务器及存储的可靠性要求：

- a) 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
- b) 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

网络设备单点及多点故障可靠性要求：

- a) 以太网：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。
- b) OTN 网络：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。

网络链路故障要求：

路段中心/隧管所承载网络，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。

5.5.2 工业要求。

宜支持宽温环境，降低部署环境要求，包含机架式部署，室外机柜部署及非标准机房环境部署。

6 隧道配电房互联互通技术要求

6.1 边缘网关要求

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，根据网络变化能对数据进行本地化保存或处理及重传传感数据；
- e) 应提供 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) 应支持容器化的形式部署边缘网关智能控制程序
- g) 应支持基于心跳监测的主备倒换；
- h) 应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) 应支持设备的规则调度与处理功能；
- j) 应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) 应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

6.2.1 北向接口要求。

隧道配电房网络设备应提供北向传输能力，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。

隧道配电房网络设备北向接口应提供10GE，GE接入和传输能力，用于和上层管理云平台，应用服务器进行互联。

6.2.2 南向接口要求。

隧道配电房网络设备应提供南向传输能力，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。

隧道配电房网络设备北向接口应提供GPON/GE接入和传输能力，用于和隧道侧接入设备进行互联，可支持XGSPON/10GE接入和传输能力。

6.2.3 东西向接口要求。

隧道配电房网络设备应提供东西向传输能力，用于在隧道控制器之间，隧道控制器和移动手持终端之间形成互联互通。

隧道配电房网络设备北向接口应提供GE传输能力，用于连接相邻隧道控制器，或隧道控制器和移动手持终端（通过WIFI接入）。

6.3 接入网技术要求

6.3.1 在配电房与隧道侧之间应设立接入网。接入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 接入网应采用成熟网络技术进行现场网络的构建，例如通过无源光网络 PON 技术、以太网交换技术进行组建。

6.3.3 无源光网络 PON 技术的网络容量应符合如下要求：

- a) 隧道配电房网络设备应提供 110Gbps 转发能力。
- b) 隧道配电房网络设备应提供 2*10GE+2*GE 北向接口能力。
- c) 隧道配电房网络设备应提供 2*10GE+2*GE 东西向接口能力（可复用北向接口）。
- d) 隧道配电房网络设备应提供 8*GPON 南向接口能力。

6.3.4 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 隧道配电房网络应提供管理系统，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 隧道配电房网络应支持远程接入，支持通过网管系统进行图像界面管理。

6.4.3 隧道配电房网络应支持本地接入，支持通过命令行进行本地维护。

6.4.4 隧道配电房网络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 隧道配电房网络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。支持通过图像界面进行展示故障点。

6.4.6 隧道配电房网络应支持网络故障定位，可通过图像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 隧道配电房网络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。宜支持拥塞检测，提醒运维人员进行网络调整。

6.4.8 隧道配电房网络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 网络设备支持网络遥感 Telemetry 技术，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 设备要求

6.5.1 接入网网络容量规格的相关规定和要求。

—VLAN数：4094

—MAC地址数：32768

6.5.2 性能要求

网络有线接入设备转发能力：包转发率 \geq 84Mpps；交换容量 \geq 336Gbps。

网络有线汇聚设备转发能力：包转发率 \geq 144Mpps；交换容量 \geq 520Gbps。

6.5.3 可靠性要求

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

6.5.4 工业要求

工作环境温度：-40℃ ~ +60℃
工作环境湿度：5%RH~95%RH

6.6 可靠性要求

6.6.1 补单节点/多点故障要求

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 链路故障要求

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 异地容灾要求

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。

7 隧道侧互联互通技术要求

7.1 设备要求

7.1.1 网络设备要求

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。

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。

隧道侧网络设备应提供AC，DC等灵活。

隧道侧网络设备应支持工业级宽温，-40℃ ~ +60℃。

隧道侧网络设备应支持无风扇自然散热。

隧道侧网络设备宜支持PTP高精度时钟。

7.1.2 区域控制设备要求

隧道侧区域控制设备应符合《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 走线要求

隧道侧网络设备走线应符合《高速公路监控与通信设施设计细则》的走线要求，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 布设要求

隧道侧网络设备应支持安装在隧道现场网络信息箱内，支持多种安装方式，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 路段中心网络应按照 GB/T 22239 网络安全保护等级第三级进行网络安全保护。

8.2.2 隧管所网络应按照 GB/T 22239 网络安全保护等级第二级进行网络安全保护。

8.2.3 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。

8.2.4 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。

8.2.5 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 隧道配电房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

中国智能交通产业联盟

团体标准

数字交通 隧道智能机电系统互联互通和安全技术规范

T/ITS XXXX-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 X 月第一版 2023 年 X 月第一次印刷