

团 体 标 准

T/JSCTS XX—20XX

公路隧道物联网平台数据管理规范

Data management specification for highway tunnel IoT platform

（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

江苏省综合交通运输学会 发 布

目 次

前 言	II
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 基本规定	2
6 数据采集	4
7 数据传输	4
8 数据治理	5
9 数据存储	7
附 录 A （规范性） 公路隧道物联网数据编码规则	9
附 录 B （规范性） 数据采集内容与频率对照表	11
参考文献	13

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。

本文件由南京交通运营管理集团有限公司提出。

本文件由江苏省综合交通运输学会归口。

本文件起草单位：南京交通运营管理集团有限公司、南京长江隧道有限责任公司、南京市交通建设投资控股（集团）有限责任公司、江苏移动信息系统集成有限公司。

本文件主要起草人：沈阳、张霆、赵涛、许雪松、张芸、沈振宇、李剑锋、刘效东、杨璐、高翔、金郁颀、张喆康、任栋、王安飞、戴王伟、孟昕、李俊杰、余亮、刘云波、万剑、叶智锐、束元、徐海潮、谢斌、孙伟、赵庆、赵建、王建锋。

公路隧道物联网平台数据管理规范

1 范围

本文件规定了公路隧道物联网平台数据管理的基本规定、数据采集、数据传输、数据治理及数据存储的要求。

本文件适用于公路隧道物联网平台数据管理。

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 50440 城市消防远程监控系统技术规范

GB/T 22239 网络安全等级保护基本要求

GM/T 0054 信息系统密码应用基本要求

JTG D70/2 公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施

JT/T 1370 公路隧道智慧运维系统技术要求

T/CITSA 54 智慧高速公路交通运行安全风险预警预报系统总体技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

感知终端 sensing terminal

安装于隧道洞内、洞口，用于采集环境、设备、结构状态原始信号的传感器、采集器或监测单元。

3.2

物联网网关 internet of things gateway

具有数据存储能力、计算能力和协议转换能力等，可通过上行接口与应用平台建立通信连接和通过下行接口与感知控制设备进行通信的实体，其形态可以是独立设备或软件。

[来源：GB/T 38637.1-2020,3.3，有修改]

3.3

数据管理 data management

对公路隧道外场物联感知数据开展采集、传输、存储、治理等全流程规范化管控活动。

3.4

数据治理 data governance

数据资源及其应用过程中相关管控活动、绩效和风险管理的集合。

[来源：GB/T 34960.5-2018，3.1]

3.5

核心数据 core data

公路隧道运营过程中，一旦遭到篡改、破坏、泄露或者非法获取、非法利用，会严重危害隧道运营安全、公共利益的数据。

3.6

重要数据 important data

公路隧道运营过程中，一旦遭到篡改、破坏、泄露或者非法获取、非法利用，会较大危害隧道运营安全、公共利益的数据。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

ETL：抽取-转换-加载(Extract-Transform-Load)

HTTP：超文本传输协议(HyperText Transfer Protocol)

HTTPS：安全超文本传输协议(HyperText Transfer Protocol Secure)

JSON：JavaScript 对象表示法(JavaScript Object Notation)

Modbus：串行工业通信协议（Modbus Protocol）

MQTT：消息队列遥测传输（Message Queuing Telemetry Transport）

SSL：安全套接层(Secure Sockets Layer)

TCP：传输控制协议（Transmission Control Protocol）

TLS：传输层安全(Transport Layer Security)

TSDB：时序数据库(Time Series Database)

5 基本规定

5.1 总体要求

公路隧道物联网平台的数据管理应遵循“统一标准、互联互通、安全可控、全生命周期管理”的原则，确保数据在采集、传输、存储、治理等环节的流转顺畅与质量可控。

5.2 数据管理原则

数据管理应满足以下要求：

- （1）完整性：数据采集应覆盖隧道运行的关键要素，无系统性缺失；
- （2）准确性：采集的数据应真实反映物理实体的状态，误差应在允许范围内；
- （3）时效性：数据应按规定频率更新，传输与处理延迟应符合业务要求；
- （4）一致性：同一数据在不同系统或节点中的定义、格式及数值应保持一致；
- （5）安全性：数据传输与存储应采取加密、访问控制等安全措施。

5.3 平台数据架构

平台数据架构应符合GB/T 33474架构要求，数据流转路径依次为数据采集层、数据传输层、数据治理层、数据存储层。如图1所示。

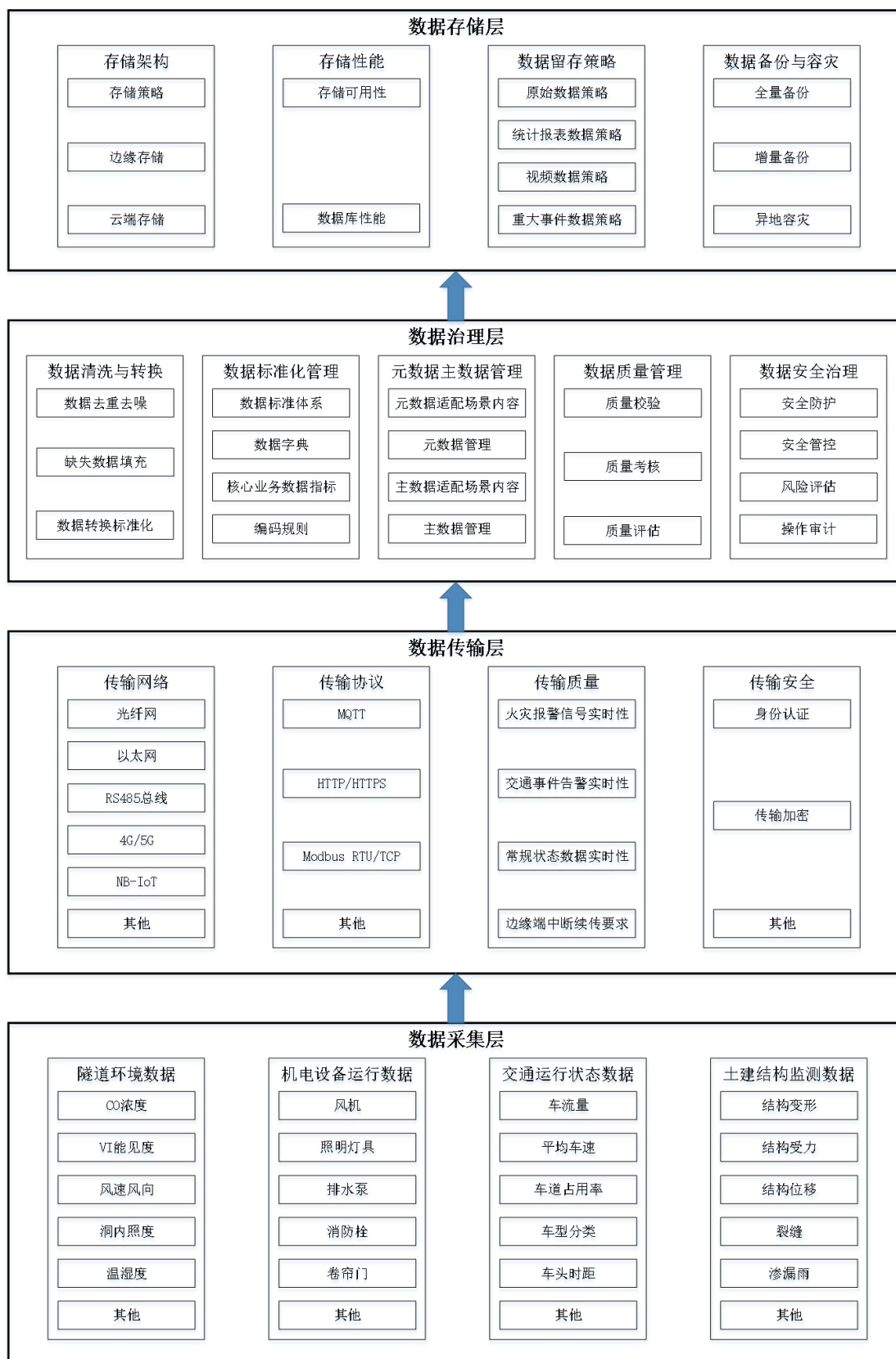


图1 平台数据架构

5.4 数据分类与分级

5.4.1 数据应按来源分为以下类别：

- a) 隧道环境数据;
- b) 机电设备运行数据;
- c) 交通运行状态数据;
- d) 土建结构监测数据。

5.4.2 应按照 GB/T 43697 的要求, 结合数据泄露、篡改后的影响范围与危害程度, 将数据分为核心数据、重要数据、一般数据三级:

- a) 核心数据包含火灾报警数据、隧道结构安全关键监测数据、交通应急管控指令数据等;
- b) 重要数据包含机电设备运行数据、交通运行状态数据、环境监测数据、视频监控数据等;
- c) 一般数据包含设备基础台账、普通运维记录、公开公示类数据等。

6 数据采集

6.1 一般规定

数据采集应支持不同类型、不同接口的设备的接入, 确保采集过程的自动化、标准化, 并具备断点续传能力。

6.2 采集内容

- 6.2.1 隧道环境应采集 CO 浓度、VI 能见度、风速、风向、洞内照度、温湿度、烟雾浓度等参数。
- 6.2.2 机电设备运行状态应采集风机、照明灯具、排水泵、消防泵、卷帘门、车道指示器、交通信号灯的运行状态、故障代码及电量参数。
- 6.2.3 交通流数据应采集车流量、平均车速、车道占有率、车型分类、车头时距等参数。
- 6.2.4 土建结构监测数据应采集结构变形、结构受力、裂缝、渗漏水等参数。
- 6.2.5 视频与图像数据应采集隧道洞口、洞内路段、互通立交、变电所等关键区域的实时视频流及抓拍图像。

6.3 采集方式

- 6.3.1 通过传感器、智能仪表, 经由工业控制接口自动获取设备状态及环境参数。
- 6.3.2 采用人工输入方式, 通过移动终端或 Web 端录入巡检结果、维护记录获取数据。

6.4 接入要求

- 6.4.1 平台应支持 MQTT、HTTP/HTTPS 等应用层协议, 边缘网关与末端设备之间应支持 Modbus RTU/TCP 等工业总线协议。对于非标准协议, 应通过协议转换网关统一转换为标准格式。
- 6.4.2 各类数据的采集频率宜符合附录 B 的规定。

7 数据传输

7.1 一般规定

数据传输应保证链路的稳定性, 宜支持有线与无线多种传输方式, 并满足实时性与可靠性的要求。

7.2 传输网络

- 7.2.1 主干网络宜采用光纤通信; 设备层短距离 (不超过 100m) 通信可采用 RS485 总线或以太网。
- 7.2.2 在不具备施工布线条件的外场区域, 可采用 4G/5G、NB-IoT 或 LoRa 等无线通信技术完成数据传输。

7.3 传输协议

7.3.1 边缘网关与平台之间应采用 MQTT 或 HTTP/HTTPS 协议。数据解析宜采用 JSON 格式。

7.3.2 边缘网关与末端设备之间应采用 Modbus RTU/TCP。

7.3.3 视频流传输封装、控制、会话交互应符合 GB/T 28181 协议规范。

7.4 传输质量

7.4.1 各类型数据传输实时性要求如下：

- a) 火灾报警信号传输时延应满足 GB 50440 要求；
- b) 交通事件告警传输时延应满足 T/CITSA 54 要求；
- c) 常规状态数据更新时延应满足 T/CITSA 54 要求。

7.4.2 网络中断恢复后，边缘端应能自动续传中断期间缓存的数据，应符合 GB/T 28181 要求。

7.5 传输安全

7.5.1 建立连接前，客户端与服务端应进行双向身份认证，防止非法设备接入。

7.5.2 控制指令、告警数据等敏感数据在公网传输时，应采用 TLS/SSL 等安全传输协议，加密算法应符合 GM/T 0054 要求。

8 数据治理

8.1 一般规定

数据治理应以保障公路隧道运营安全、提升机电运维效率、支撑交通管控与应急处置为核心目标，覆盖隧道环境、机电设备、交通流、土建结构四大类数据，贯穿数据采集、传输、存储、应用、销毁全生命周期。

8.2 数据清洗与转换

8.2.1 应结合公路隧道各类数据的业务特性制定差异化清洗规则，清洗过程保留原始数据快照，支持全链路溯源。

8.2.2 数据去重与去噪应符合以下场景化要求。

a) 环境监测数据：公路隧道涉及的 CO 浓度、VI 能见度、风速风向等数据，应区分车辆瞬时通过引发的正常波动与设备故障导致的异常抖动，采用滑动窗口滤波剔除随机噪声，不得将短时正常波动判定为异常数据。

b) 机电设备数据：公路隧道的风机、照明、水泵等设备启停过程中的瞬时状态跳变时，应设置防抖判定阈值，避免误报设备故障。

c) 交通状态数据：公路隧道涉及的车流量、平均车速、车道占有率、车头时距等数据，应区分真实交通波动与设备检测噪声，采用时间序列平滑滤波处理随机检测误差，不得将交通事件引发的真实数据波动判定为异常剔除。

d) 土建结构监测数据：公路隧道涉及的土建结构监测数据应进行温度漂移修正，剔除隧道环境温度变化引发的结构监测数据系统性偏差。

8.2.3 缺失数据处理应执行如下分级管控：

a) 核心数据出现缺失时，不得进行插值填补，应立即标记缺失并触发设备离线或故障告警，通知运维人员排查；

b) 重要数据在三个采集周期内缺失可采用线性插值、邻值均值法填补，并标注填补标识；长时缺失应标记异常并派发运维工单；

c) 一般数据缺失可采用统计值填补或保留空缺状态。

8.2.4 数据转换应满足隧道业务标准化要求：

a) 单位归一化

一氧化碳(CO)浓度、风速、照度监测数据应实施统一单位换算,计量单位分别采用毫克每立方米(mg/m^3)、米每秒(m/s)、勒克斯(lx)。数据换算的方法与精度应符合 JTG D70/2 规定的计量要求。

b) 编码映射

应对不同厂商风机、水泵、照明控制器的私有故障编码、状态编码进行标准化映射,统一转换为公路隧道机电设备通用故障编码。所有编码映射规则应纳入全局数据字典统一管控。

c) 数据聚合

应对隧道原始时序监测数据,按分钟、小时、日时间粒度开展标准化聚合处理,生成隧道通风量、照明能耗、设备运行时长、交通流量等统计特征数据,为隧道运营态势分析、节能效果评估等业务应用提供标准化数据支撑。

8.3 数据标准化管理

8.3.1 应建立公路隧道物联网数据标准体系,实现隧道内设备、位置、指标、事件“一名、一义、一码、一格式”,支撑多隧道、多路段数据互联互通。

8.3.2 应建立全局统一的隧道数据字典,覆盖四大类数据全量数据项,每项数据的中文名称、业务含义、数据类型、计量单位、取值范围、告警阈值、对应设备类型,数据字典与附录 A.1 和附录 A.2 编码规则一一对应。

8.3.3 隧道核心业务指标内容如下:

a) 运营类指标包含 CO 浓度合格率、隧道消光系数符合规范占比、通风风机可用率、照明设施完好率、隧道平均车速、拥堵时长占比等;

b) 养护类指标包含设备平均无故障时间、故障修复时长、监测数据完整率、监测数据有效率等;

c) 安全类指标包含火灾报警响应及时率、交通事件检测准确率。

8.3.4 隧道内所有感知终端、管控设备、空间点位应执行统一编码规则如附录 A.1 和附录 A.2 所示,编码与隧道桩号、行车方向强关联,同一物理对象在全平台编码唯一。

8.4 元数据与主数据管理

8.4.1 元数据适配隧道动态业务场景,包括技术、业务、管理三类,如下所示:

a) 技术元数据包含感知终端接入协议、数据表结构、ETL 转换规则、数据流转拓扑、视频流接入参数等;

b) 业务元数据包含各数据项告警阈值、设备养护阈值、业务指标计算口径、交通管控策略参数等;

c) 管理元数据包含设备所属隧道、对应桩号、养护责任单位、责任人、校准周期、运维记录编号等。

8.4.2 应构建隧道元数据血缘关系体系,建立全链路数据溯源机制,实现单条业务数据从感知终端、边缘网关、平台数据库至业务应用的全流程溯源追溯。溯源信息应可精准匹配数据所属隧道、行车方向、桩号位置及设备编号,为设备故障快速排查、隧道事故数据回溯提供支撑。

8.4.3 主数据适配隧道静态属性场景,包括基础信息、设备台账、位置基准三类,如下所示:

a) 隧道基础信息包含隧道编号、名称、起止桩号、长度、车道数、设计时速、管理单位等;

b) 感知设备台账包含设备编码、类型、型号、安装位置、投用时间、养护单位、校准周期等;

c) 空间位置基准包含隧道桩号体系、功能分区、关键点位坐标等。

8.4.4 主数据为全平台唯一可信数据源,隧道其他业务系统均应从主数据源获取基础信息;主数据变更需履行审批流程,变更后同步至所有关联业务系统,每季度开展 1 次跨系统主数据一致性校验。

8.5 数据质量管理

8.5.1 应从完整性、准确性、时效性、一致性、有效性五个维度,对公路隧道各类数据开展全链路

质量校验，并满足 5.2 要求。

8.5.2 应按照数据分级执行差异化质量考核，不同等级数据考核要求：

- a) 核心数据考核内容包含记录完整率、字段填充率、传输及时率、数据准确率，核心数据考核应满足 GB/T 36344 和 GB/T 43697 要求；
- b) 重要数据考核内容包含记录完整率、字段填充率、传输及时率、数据准确率，重要数据考核应满足 GB/T 36344 和 GB/T 43697 要求；
- c) 一般数据考核内容包含记录完整率、字段填充率，一般数据考核应满足 GB/T 36344 和 GB/T 43697 要求。

8.5.3 应结合隧道运营规律开展场景化质量管控，具体管控如下：

- a) 交通高峰时段，重点监控交通流、通风照明设备、环境监测数据质量，保障管控决策可靠；
- b) 秋冬季、雾霾天等火灾高发、低能见度时段，重点监控烟雾检测、VI 能见度、消防设备数据质量；
- c) 汛期、冻融时期，重点监控隧道渗漏水、结构变形监测数据质量。

8.5.4 应与隧道运维工单流程互联互通，并建立数据质量问题闭环管理机制：

- a) 系统自动识别质量异常后，结合数据血缘定位问题所属隧道、区域、桩号及具体设备，判定问题环节；
- b) 自动生成质量问题工单，派发至对应养护责任单位，明确整改要求与时限；
- c) 整改完成后自动开展质量复核，复核通过则工单闭环，复核不通过则退回重改；
- d) 质量问题处理记录纳入设备运维档案，作为隧道养护考核依据。

8.5.5 应按日生成隧道数据质量简报，按月出具正式质量评估报告，报送隧道运营单位。

8.6 数据安全治理

8.6.1 应按照数据分类分级结果，结合隧道运营安全要求实行差异化安全防护。

- a) 核心数据：应遵循权限最小化原则，采用双人审批、全流程审计的管控模式。核心数据的访问、导出、修改等操作，均需申请对应专用操作权限，所有操作行为应全程留痕、可追溯。
- b) 重要数据：应采用基于角色的访问控制方式，确保数据访问权限与岗位工作职责精准匹配，定期开展权限核查、访问行为审计工作，防范越权访问风险。
- c) 一般数据：应实施常规规范化访问控制管理，定期开展冗余账号排查与清理工作，保障数据访问环境安全合规。

8.6.2 应强化隧道下行控制指令的安全管控，对平台向风机、防火卷帘门、车道指示器、交通信号灯等设备下发的控制指令，应采用强身份认证、指令签名、防重放机制。

8.6.3 应每半年开展一次隧道数据安全风险评估，重点排查火灾报警、设备控制、结构安全等核心数据的泄露、篡改、非法获取风险；隧道系统升级、设备大规模更换后应补充开展评估。

8.6.4 应建立全量数据操作审计机制，对数据查询、修改、导出、共享、删除，以及设备控制指令下发等操作全程记录；一般操作日志留存不少于 6 个月，核心数据操作与控制指令日志留存不少于 3 年，满足事故溯源与责任认定需求。

8.6.5 开发、测试环境应使用脱敏后的隧道数据，不应将真实火灾报警、设备控制、结构监测等核心数据直接用于非生产环境。

9 数据存储

9.1 一般规定

数据存储应采用混合存储架构，根据数据的时效性、访问频率及重要性选择合适的存储介质与策略。

9.2 存储架构

9.2.1 混合存储策略应满足如下要求：

- a) 设备状态、环境参数等时序数据宜存储于关系数据库；
- b) 设备台账、用户信息等业务关系数据宜存储于关系型数据库；
- c) 视频、图片及文档应存储于分布式对象存储或文件系统中。

9.2.2 边缘侧应存储近期实时数据及原始数据，云端存储全量历史数据及分析计算结果。

9.3 存储性能要求

9.3.1 数据存储系统的年可用性应满足 GB/T 22239 要求。

9.3.2 在单座中长隧道中，时序数据库写入、并发查询性能应满足 GB/T 42445 和 JT/T 1370 要求。

9.4 数据留存策略

系统应根据数据类别设定差异化的留存周期，具体要求如下：

- a) 原始时序数据留存周期宜 ≥ 90 天；
- b) 统计数据、特征数据及报表数据留存周期宜 ≥ 5 年；
- c) 实时监控视频留存周期宜 ≥ 30 天；
- d) 火灾、交通事故等重大事件相关的录像及数据应长期归档保存，保存期限应 ≥ 30 年，或符合交通建设项目档案管理相关规定

9.5 数据备份与容灾

9.5.1 应制定备份策略，采用全量备份与增量备份相结合的方式。核心数据库应每日进行增量备份，每周进行全量备份。

9.5.2 对于特级、一级公路隧道，应具备异地容灾能力，确保在单点故障下数据不丢失。

附 录 A
(规范性)
公路隧道物联网数据编码规则

A.1 隧道内设备编码规则见表 A.1。

表 A.1 设备编码规则

序号	字段名称	字段类型	字段长度(字节)	详细说明	是否必填
1	行政区代码	int	4	归属行政区编码	是
2	隧道 ID	int	4	隧道标识码	是
3	方向编码	char	1	行车方向：L=左线/下行；R=右线/上行；S=不分双向隧道	是
4	设备大类编码	int	4	设备大类:01=通风设备；02=照明设备；03=环境感知设备；04=结构监测设备；05=交通控制设备	是
5	设备子类编码	int	4	同大类下细分设备型号类型	是
6	设备序号	int	4	代表该类型设备在该区域的排序，从 1 开始，连续编号	是
7	扩展预留码	int	4	未来业务扩展，默认填 000，不得随意占用	是

A.2 隧道内设备子类编码规则见表 A.2。

A.2 隧道物联网设备大类与子类编码对照表

序号	设备大类名称	大类编码	设备子类名称	子类编码
1	通风设备	01	射流风机	01
2	通风设备	01	轴流风机	02
3	通风设备	01	风机控制柜	03
4	照明设备	02	洞内照明灯具	01
5	照明设备	02	洞口加强照明	02
6	照明设备	02	照明控制器	03
7	环境感知设备	03	CO 检测器	01
8	环境感知设备	03	能见度（VI）检测器	02
9	环境感知设备	03	洞外亮度检测器	03
10	环境感知设备	03	洞内亮度检测器	04
11	结构监测设备	04	裂缝监测传感器	01
12	结构监测设备	04	位移检测传感器	02
13	结构监测设备	04	应变应力传感器	03
14	结构监测设备	04	孔隙水压力传感器	04
15	交通控制设备	05	车道指示器	01
16	交通控制设备	05	交通信号灯	02
17	交通控制设备	05	风速风向检测器	03

附 录 B

(规范性)

数据采集内容与频率对照表

隧道内数据采集频率见表 B.1。

表 B.1 数据采集内容与频率对照表

序号	数据大类	数据子项	数据项	推荐采集频率	备注
1	隧道环境数据	常规环境参数	CO 浓度	1~2min	浓度超阈值时自动提升至≥1 次/10s, 阈值参照 JTG D70/2 执行
2			VI 能见度	1~2min	能见度低于阈值时自动提升至≥1 次/10s
3			风速风向	1~2min	风速超阈值时自动提升至≥1 次/30s
4			洞内照度	1~2min	/
5			洞内温湿度	5min	/
6		安全环境参数	烟雾浓度	1min	烟雾浓度超阈值时实时上报
7	机电设备运行数据	风机设备	运行状态、故障代码	5min	状态变化立即上报
8			运行电流、电压、功率	15min	/
9		照明系统	回路运行状态	5min	状态变化立即上报
10			回路电流、电压、功率因数	15min	/
11		给排水系统	排水泵运行状态、故障代码	5min	液位超限时实时告警
12			集水井液位	5min	/
13		消防系统	消防泵运行状态、出口压力	5min	状态变化立即上报
14			防火卷帘门开度、状态	逢变即传	/
15		交通管控设备	车道指示器显示状态	逢变即传	/
16			交通信号灯灯态	逢变即传	/
17		通用	设备控制指令反馈	实时	指令下发后 5s 内反馈执行结果

数据采集内容与频率对照表(续)

序号	数据大类	数据子项	数据项	推荐采集频率	备注
18	交通运行数据	基础交通参数	车流量、平均车速、车道占有率	1min	按车道统计
19			车型分类统计	5min	按车型分类统计
20			车头时距	1min	/
21		交通事件	交通事件检测结果	实时	事件触发即上报
22	土建结构监测数据	结构变形	沉降、位移、收敛	数据未超过阈值时：1~15min；数据超过阈值时： $\leq 1\text{min}$	阈值按设计文件确定
23		结构受力	应力、应变	数据未超过阈值时：1~15min；数据超过阈值时： $\leq 1\text{min}$	/
24		裂缝监测	裂缝宽度	数据未超过阈值时：1~15min；数据超过阈值时： $\leq 1\text{min}$	/
25		渗漏水监测	渗漏水状态、水量	数据未超过阈值时：1~15min；数据超过阈值时： $\leq 1\text{min}$	/
26		衬砌温度	衬砌内部温度	数据未超过阈值时：60min；数据超过阈值时： $\leq 1\text{min}$	/

参 考 文 献

- [1] GB/T 34944 时序数据库通用技术要求
 - [2] GB/T 34960.5-2018 信息技术服务—治理 第 5 部分：数据治理规范
 - [3] GB/T 36324 信息安全技术 工业控制系统信息安全分级规范
 - [4] GB/T 37025 信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求
 - [5] GB/T 38637.1-2020 物联网 感知控制设备接入 第 1 部分：总体要求
 - [6] GB/T 41479 数据质量评估规范
 - [7] GB/T 43697-2024 数据安全技术 数据分类分级规则
 - [8] JT/T 1278 公路感知设备数据交换规范
 - [9] JT/T 1380 公路隧道机电设施技术要求
 - [10] GM/T 0006 密码应用标识规范
-