

团 体 标 准

T/ISC XXXX—XXXX

智慧城市 综合管廊环境数据接口技术规范

Technical specification for environmental data interfaces of utility tunnels in smart cities

(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

中国互联网协会 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 接口总体要求	2
5 数据采集接口要求	2
6 数据传输接口要求	4
7 数据共享接口要求	5
8 接口安全要求	6
9 接口测试与维护要求	7
附录 A（规范性） 综合管廊环境监测参数及单位对照	9
附录 B（规范性） 数据接口协议配置示例	10
参考文献	11

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××××提出。

本文件由××××归口。

本文件起草单位：河南驰诚电气股份有限公司、中铁四局集团投资运营有限公司、珠海大横琴城市综合管廊运营管理有限公司、深圳中冶管廊科技发展有限公司、华兴中科标准技术（北京）有限公司。

本文件主要起草人：王长荀、张进、刘平、许高华、朱焯浩、李华、任国静、张亚栋。

智慧城市 综合管廊环境数据接口规范

1 范围

本文件规定了智慧城市综合管廊环境数据接口的术语和定义、接口总体要求、数据采集接口要求、数据传输接口要求、数据共享接口要求、接口安全要求以及接口测试与维护要求。

本文件适用于智慧城市综合管廊环境数据的采集、传输、共享等相关系统的设计、开发、建设、测试和维护，相关设备制造商、系统集成商、运营等单位等可参照使用。

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 6107 使用串行二进制数据交换的数据终端设备和数据电路终接设备之间的接口

GB/T 15629.3-2014 信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第3部分：带碰撞检测的载波侦听多址访问（CSMA/CD）的访问方法和物理层规范

GB/T 22239-2019 信息安全技术 网络安全等级保护基本要求

GB/T 35273-2020 信息安全技术 个人信息安全规范

GB/T 36621-2025 智慧城市 信息技术运营指南

GB/T 51274-2017 城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准

GB 51354-2019 城市地下综合管廊运行维护及安全技术标准

GM/T 0022 IPSec VPN技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智慧城市 smart city

运用信息和通信技术手段感测、分析、整合城市运行核心系统的各项关键信息，从而对包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出智能响应，为人类创造更美好的城市生活的城市发展模式。

3.2

综合管廊 utility tunnel

建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施。

3.3

综合管廊环境数据 utility tunnel environmental data

反映综合管廊内部及周边环境状况的各类数据，包括温度、湿度、气体浓度（如甲烷、一氧化碳、硫化氢、氧气）、压力、液位等数据。

3.4

数据接口 data interface

实现不同系统或设备之间数据交互和共享的技术接口，包括硬件接口和软件接口。

3.5

数据采集接口 data acquisition interface

用于从综合管廊内各类环境监测设备采集环境数据的接口。

3.6

数据传输接口 data transmission interface

用于将采集到的综合管廊环境数据从数据采集端传输到数据处理中心或数据存储系统的接口。

3.7

数据共享接口 data sharing interface

用于在不同部门、不同系统之间实现综合管廊环境数据共享交换的接口。

4 接口总体要求

4.1 兼容性

数据接口应具备良好的兼容性，能够与目前市场上主流的综合管廊环境监测设备、数据采集设备、数据传输设备以及数据处理和存储系统进行对接，支持多种硬件接口类型（如RS-232、RS-485、以太网接口、USB接口等）和软件接口协议（如Modbus、MQTT、HTTP、HTTPS、CoAP等）。

4.2 可靠性

数据接口在正常工作条件下，应保证数据传输的准确性和完整性，数据传输错误率应不大于0.1%；在出现网络波动、设备临时故障等异常情况时，应具备自动恢复功能，确保数据不丢失，接口恢复正常工作的时间应不超过5 min。

4.3 实时性

对于实时性要求较高的综合管廊环境数据（如气体浓度超标数据、液位超限数据、压力异常数据等），数据采集接口应能在数据产生后的1 s内完成数据采集，数据传输接口应能在数据采集完成后的3 s内将数据传输到指定的接收端；对于实时性要求相对较低的数据（如温度、湿度的常规监测数据），数据采集和传输的总延迟应不超过30 s。

4.4 可扩展性

数据接口应具备良好的可扩展性，能够根据综合管廊环境监测需求的变化，方便地增加新的监测参数接口、扩展数据传输带宽以及支持更多数量的监测设备接入，接口的扩展不应影响现有系统的正常运行。

4.5 规范性

数据接口的设计、开发和使用应符合GB/T 22239以及本文件的要求，便于接口的理解、使用和维护。

5 数据采集接口要求

5.1 硬件接口要求

5.1.1 接口类型

数据采集硬件接口应至少支持RS-232、RS-485、以太网接口（RJ45），根据实际需求可选择支持USB接口、无线接口（如LoRa、NB-IoT、4G/5G等）。

5.1.2 电气特性

5.1.2.1 RS-232 接口：传输速率应支持 1200 bps、2400 bps、4800 bps、9600 bps、19200 bps、38400 bps、57600 bps、115200 bps 等，数据位可选择 7 位或 8 位，停止位可选择 1 位或 2 位，校验位可选择无校验、奇校验或偶校验；接口的逻辑电平应符合 GB/T 6107 的相关要求，其中 MARK 电平为 $-3\text{ V} \sim -15\text{ V}$ ，SPACE 电平为 $3\text{ V} \sim 15\text{ V}$ 。

5.1.2.2 RS-485 接口：传输速率应支持 1200 bps~115200 bps，采用差分信号传输方式，接口的共模电压范围为 $-7\text{ V} \sim 12\text{ V}$ ，差分电压范围为 $-2\text{ V} \sim 6\text{ V}$ 。

5.1.2.3 以太网接口（RJ45）：应支持 10 Mbps/100 Mbps/1000 Mbps 自适应传输速率，支持全双工和半双工工作模式，接口的电气特性应符合 GB/T 15629.3-2014 的相关要求。

5.1.2.4 USB 接口：如支持，应至少支持 USB 2.0、USB 3. x（现统称为 USB 3.2）、USB4 和 USB4 v2.0 中的一种。

5.1.2.5 无线接口：必须在国家或国际规定的授权频段内工作（如 2.4 GHz、5.8 GHz、Sub-1 GHz 等），并符合当地无线电管理机构的频谱分配要求。

5.2 软件接口要求

5.2.1 接口协议

数据采集软件接口应至少支持Modbus协议（包括Modbus RTU、Modbus ASCII、Modbus TCP）和MQTT协议，根据实际需求可选择支持HTTP/HTTPS协议、CoAP协议等：

- a) Modbus RTU 协议：采用二进制编码方式，数据帧格式包括地址码、功能码、数据段、校验码，其中校验码采用 CRC16 校验；数据传输速率、数据位、停止位、校验位可根据硬件接口的配置进行设置；
- b) Modbus ASCII 协议：采用 ASCII 编码方式，数据帧格式包括起始符（“:”）、地址码、功能码、数据段、校验码、结束符（“\r\n”），其中校验码采用 LRC 校验；数据传输速率等参数配置与 Modbus RTU 协议类似；
- c) Modbus TCP 协议：基于 TCP/IP 协议，采用客户机—服务器模式，数据帧格式包括 MBAP 报文头和 Modbus PDU，其中 MBAP 报文头包括事务处理标识符、协议标识符、长度、单元标识符；默认端口号为 502；
- d) MQTT 协议：采用发布—订阅模式，支持 QoS（服务质量）等级 0（最多一次）、QoS 等级 1（至少一次）、QoS 等级 2（恰好一次），默认端口号为 1883（TCP）和 8883（SSL/TLS）；客户端与服务器之间的连接应支持用户名/密码认证，可选择支持 SSL/TLS 加密传输；
- e) HTTP/HTTPS 协议：如支持，应符合 RFC 2616（HTTP/1.1）和 RFC 2818（HTTPS）的要求，支持 GET、POST 等请求方法，数据交换格式可采用 JSON 或 XML 格式；HTTPS 协议应使用符合国家相关安全标准的数字证书进行身份认证和数据加密；
- f) CoAP 协议：如支持，应符合 RFC 7252 的要求，采用客户端—服务器模式，支持可靠传输和不可靠传输，默认端口号为 5683（UDP）和 5684（DTLS）；可选择支持 DTLS 加密传输，保证数据传输的安全性。

5.2.2 数据格式

数据采集接口采集到的综合管廊环境数据应采用统一的数据格式进行封装，数据格式应包括数据标识、数据采集时间、数据类型、数据值、数据单位、数据状态等字段，具体字段定义应符合表1的要求。

表 1 字段定义一览表

字段名称	字段类型	字段长度 (字节)	说明
数据标识	字符串	16	唯一标识一条环境数据的编码，由管廊编号、监测点编号、参数编号组成，各部分之间用“-”分隔，例如“GL001-JP005-T001”（GL001表示管廊编号，JP005表示监测点编号，T001表示温度参数编号）
数据采集时间	日期时间	14	数据采集的时间，采用“YYYYMMDDHHMMSS”格式表示，例如“20240520143025”表示2024年5月20日14时30分25秒
数据类型	字符串	12	环境数据的类型，如“Temperature”（温度）、“Humidity”（湿度）、“Methane”（甲烷）、“CarbonMonoxide”（一氧化碳）、“HydrogenSulfide”（硫化氢）、“Oxygen”（氧气）、“Pressure”（压力）、“LiquidLevel”（液位）等
数据值	数值	8	环境数据的具体数值，根据数据类型的不同采用不同的精度表示，例如温度保留1位小数，气体浓度保留2位小数（不同气体类型定义不同），压力保留2位小数，液位保留2位小数等
数据单位	字符串	8	环境数据的计量单位，如“℃”（摄氏度）、“%RH”（相对湿度）、“ppm”（百万分之一）、“kPa”（千帕）、“m”（米）等

5.2.3 数据采集频率

数据采集接口应根据不同的环境监测参数和实际需求，灵活设置数据采集频率。对于关键环境参数（如甲烷浓度、一氧化碳浓度、硫化氢浓度、氧气浓度、压力、液位），采集频率应不低于1次/min；对于一般环境参数（如温度、湿度），采集频率可设置为1次/5min~1次/30min。同时，接口应支持手动触发采集功能，在需要时可立即对指定的监测参数进行一次数据采集。

6 数据传输接口要求

6.1 传输方式

数据传输接口应支持有线传输和无线传输两种方式，可根据综合管廊的实际建设情况和环境条件选择合适的传输方式。

- a) 有线传输方式应优先采用光纤传输，其次可采用双绞线传输：
 - 光纤传输：应采用单模光纤或多模光纤，单模光纤的传输距离在不使用中继器的情况下应不小于10 km，多模光纤的传输距离在不使用中继器的情况下应不小于2 km；传输速率应不低于100 Mbps，支持全双工传输；光纤接口应采用SC、LC或FC等标准接口类型，接口的光学特性应符合GB/T 12357.1-2024的相关要求；
 - 双绞线传输：应采用超五类或六类非屏蔽双绞线（UTP）；传输速率应支持10 Mbps/100 Mbps/1000 Mbps自适应，支持全双工和半双工传输。
- b) 无线传输方式可根据综合管廊的覆盖范围和数据传输需求，选择LoRa、NB-IoT、4G/5G等无线通信技术：
 - LoRa传输：与5.1.2中无线接口的LoRa接口要求一致；在综合管廊内，单个LoRa网关的覆盖范围应不小于500m，支持的终端设备数量应不小于200个；应支持多网关协同工作，实现管廊内的无缝覆盖；
 - NB-IoT传输：与5.1.2中无线接口的NB-IoT接口要求一致；在综合管廊内，应保证NB-IoT信号的良好覆盖，信号强度应不低于-105 dBm，信噪比应不小于-3 dB；数据传输速率应能满足综合管廊环境数据传输的需求，一般不低于1 kbps；
 - 4G/5G传输：与5.1.2中无线接口的4G/5G接口要求一致；在综合管廊内，应保证4G/5G信号的覆盖，4G信号的参考信号接收功率（RSRP）应不低于-110 dBm，5G信号的RSRP应不低于-120 dBm；数据传输速率应不低于10 Mbps（4G）和100 Mbps（5G），以满足大量数据的快速传输需求。

6.2 传输协议

数据传输接口应至少支持TCP/IP协议族，包括IP、TCP、UDP等协议，根据数据传输的安全性和可靠性要求，可选择支持SSL/TLS协议、IPsec协议等：

- a) TCP协议：采用面向连接的传输方式，提供可靠的数据传输服务，保证数据的顺序性和完整性；在数据传输过程中，应支持流量控制和拥塞控制机制，根据网络带宽和负载情况动态调整数据传输速率；
- b) UDP协议：采用无连接的传输方式，提供不可靠的数据传输服务，传输速率快，开销小；适用于对实时性要求较高但对可靠性要求相对较低的数据传输场景，如实时视频流的传输（如管廊内的视频监控数据与环境数据关联传输时）；
- c) SSL/TLS协议：如用于数据传输加密，应至少支持TLS 1.2版本，推荐使用TLS 1.3版本；应使用符合国家相关安全标准的加密算法（如AES-256-GCM、RSA-2048等）和数字证书，确保数据在传输过程中的机密性、完整性和身份认证；
- d) IPsec协议：如用于构建虚拟专用网络（VPN）进行数据传输，应支持AH（认证头）和ESP（封装安全载荷）协议，支持隧道模式和传输模式；加密算法和认证算法应符合GM/T 0022的要求，确保跨网络传输数据的安全性。

6.3 数据传输可靠性保障

6.3.1 数据重传机制

数据传输接口应具备数据重传机制，当数据传输失败（如接收端未收到数据、收到的数据存在错误等）时，应自动进行数据重传。对于采用TCP协议传输的数据，利用TCP自身的重传机制；对于采用UDP协议或其他无连接协议传输的数据，应在应用层实现重传机制，重传次数可配置，默认重传次数不小于3次，重传间隔时间应根据网络情况动态调整，一般初始重传间隔为1s，每次重传间隔时间翻倍，直至达到最大重传间隔（30s）。

6.3.2 数据分片与重组

当传输的综合管廊环境数据量较大（如包含多个监测点的批量数据），超过传输协议的最大传输单元（MTU）时，数据传输接口应具备数据分片功能，将大数据包分割成多个小数据包进行传输；在接收端，应具备数据重组功能，将接收到的小数据包按照原有的顺序重组为完整的数据包，确保数据的完整性。数据分片和重组应遵循相关协议的规定，如TCP协议的分段机制。

6.3.3 断点续传

对于大型文件数据（如历史环境数据批量备份文件、高清视频关联数据文件等），数据传输接口应支持断点续传功能。当传输过程中出现网络中断、设备断电等异常情况导致传输中止时，接口应能记录已传输数据的位置信息（如文件偏移量）；待传输链路恢复后，可从已传输数据的断点处继续传输，无需重新传输完整文件。断点续传功能应支持通过传输协议字段（如HTTP Range请求头）或应用层自定义标识实现，确保续传数据与已传输数据的连续性和完整性，单个文件断点续传的最大中断恢复次数应不小于5次。

6.4 传输质量监控

数据传输接口应具备传输质量实时监控功能，监控参数包括数据传输速率、传输延迟、丢包率、误码率等。监控数据的采集频率应不低于1次/min，并以可视化报表或日志形式实时呈现给运营单位。当传输质量指标超出预设阈值（如丢包率大于1%、传输延迟超过30s）时，接口应自动触发告警机制，通过短信、邮件或系统弹窗等方式通知运维人员，并在告警信息中明确异常指标、异常发生时间及可能的故障原因，以便及时排查和处理。

7 数据共享接口要求

7.1 接口架构

数据共享接口应采用“中心—节点”分布式架构，以综合管廊环境数据中心为核心，各需求部门（如应急管理部门、市政管理部门、环保部门等）的业务系统为共享节点。数据中心负责统一管理数据共享权限、制定数据共享规则及存储共享数据资源；共享节点通过标准化接口接入数据中心，实现数据的查询、获取和反馈。

7.2 接口协议与数据格式

7.2.1 接口协议

数据共享接口应优先采用HTTPS协议，确保数据共享过程中的安全性；对于高并发、大数据量的共享场景，可选择支持WebSocket协议，实现实时双向数据交互：

- a) HTTPS 协议：服务器证书须由受信任的公共 CA 签发，确保证书与 API 域名完全匹配、在有效期内且证书链完整可验证；采用 TLS 1.2 及以上版本加密，数字证书应符合国家密码管理局发布的《商用密码应用安全性评估管理办法》的要求，支持基于 OAuth 2.0 的身份认证机制，确保共享节点的合法性；
- b) WebSocket 协议：WebSocket 协议实现必须严格遵循 RFC 6455 的要求，统一使用 wss://加密方案建立连接，握手阶段需携带正确的 Upgrade、Connection 及安全校验头。数据传输须严格按帧格式封装，支持文本与二进制帧，客户端发送的帧必须应用掩码，并完整实现 Ping/Pong 心跳及关闭握手机制；若需协议扩展，须通过握手头协商且确保安全性。

7.2.2 数据格式

数据共享接口的数据交换格式应统一采用JSON格式，特殊场景（如需兼容传统系统）可支持XML格式，数据格式应包含共享标识、数据内容、共享权限、有效期等字段，具体定义应符合表2的要求。

表 2 数据格式字段定义一览表

字段名称	字段类型	说明	示例
共享标识	字符串	唯一标识一次数据共享请求的编码，由数据中心生成，格式为“SG+年月日+6位随机数”	“SG20240610123456”
数据内容	对象	共享数据的具体内容，包含综合管廊环境数据的核心字段（参照5.2.2数据格式），可根据共享需求筛选字段	{“数据标识”：“GL001-JP005-0001”，“数据采集时间”：“20240610153000”，“数据类型”：“Oxygen”，“数据值”：20.5，“数据单位”：“% VOL”，“数据状态”：“Normal”}
共享权限	字符串	共享节点对数据的操作权限，包括“只读”“读写”“导出”，由数据中心根据共享协议配置	“只读”
有效期	日期时间	数据共享的有效期限，格式为“YYYYMMDDHHMMSS”，超过有效期后共享节点无法继续访问该数据	“20240710153000”

7.3 共享权限管理

数据共享接口应建立精细化的共享权限管理机制，由数据中心统一管控：

- 权限分级：根据共享节点的业务需求，将共享权限分为三级，一级权限（基础数据共享）可访问温度、湿度等常规数据；二级权限（关键数据共享）可访问气体浓度（甲烷、一氧化碳、硫化氢、氧气）、压力、液位等核心预警数据；三级权限（全量数据共享）可访问历史数据、视频关联数据等全量资源；
- 权限申请与审批：共享节点需通过接口提交权限申请，申请内容包括申请部门、业务用途、所需权限等级及有效期，数据中心在收到申请后的3个工作日内完成审批，并通过接口反馈审批结果；审批通过后，自动为该节点配置对应权限，权限到期后自动失效；
- 权限审计：接口应记录所有共享权限的申请、审批、使用及变更操作日志，日志内容包括操作人、操作时间、操作内容及结果，日志保存期限不低于1年，支持运维人员查询和审计，确保权限管理的可追溯性。

7.4 数据共享限制

为保障数据安全和隐私，数据共享接口应设置合理的共享限制：

- 流量限制：单个共享节点的最大数据获取速率应不超过100条/秒，单日数据获取总量应不超过10万条，避免高并发请求占用过多系统资源；当超出限制时，接口应返回流量超限提示，并暂停该节点的数据获取权限1h，可由数据中心手动解除限制；
- 数据脱敏：对于涉及管廊地理位置、设备编号等敏感信息的数据，在共享前应进行脱敏处理，如将管廊详细地址替换为“XX区域管廊”，设备编号后3位替换为“***”，确保敏感信息不泄露。

8 接口安全要求

8.1 身份认证

所有数据接口（采集、传输、共享）均应具备严格的身份认证机制，防止未授权访问：

- 设备级认证：数据采集设备、传输网关等硬件设备接入接口时，需通过设备唯一标识（如MAC地址、设备序列号）和预置密钥进行双向认证，认证失败的设备无法接入系统，密钥应每30天自动更新一次；

- b) 用户级认证：运维人员、共享节点用户通过接口操作时，需采用“用户名+密码+动态验证码”的三重认证方式，密码应符合 GB/T 35273 的要求，长度不小于 12 位，包含大小写字母、数字及特殊字符，动态验证码有效期不超过 5 min。

8.2 数据加密

数据在接口传输和存储过程中应全程加密，确保数据机密性：

- a) 传输加密：数据采集接口采用 SSL/TLS 或 DTLS 加密（参照 5.2.1、6.2 要求）；数据传输接口采用 IPsec VPN 或 SSL/TLS 加密（参照 6.2 要求）；数据共享接口采用 TLS 1.2 及以上版本加密（参照 7.2.1 要求），加密算法优先选择 AES-256-GCM、SM4 等国密算法；
- b) 存储加密：接口接收到的数据在写入数据库前，应采用透明数据加密（TDE）技术对数据文件加密，数据库密钥由专人保管，定期（每 90 天）更换，防止数据存储过程中被窃取。

8.3 访问控制

接口应实现基于角色的访问控制（RBAC），明确不同角色的操作权限：

- a) 角色划分：将接口用户分为运维管理员、数据分析师、共享节点用户、审计员四类角色，运维管理员负责接口配置和故障处理；数据分析师负责数据查询和分析；共享节点用户负责数据获取；审计员负责操作日志审计；
- b) 权限分配：为每类角色分配最小必要权限，如运维管理员仅能修改接口参数，无法访问原始数据；数据分析师仅能查询数据，无法修改或删除数据；严禁跨角色越权操作，当用户尝试越权访问时，接口应拒绝操作并记录告警日志。

8.4 安全审计

接口应具备全面的安全审计功能，确保操作可追溯：

- a) 审计内容：记录接口的所有操作，包括设备接入、数据采集、数据传输、数据共享、权限变更、配置修改等，审计日志应包含操作时间、操作人/设备标识、操作内容、操作结果、IP 地址等信息；
- b) 审计分析：支持对审计日志进行实时分析，识别异常操作（如多次认证失败、高频数据获取、越权访问等），当检测到异常操作时，自动触发告警，并生成异常操作报告，供审计员后续排查；
- c) 日志存储：日志存储应符合 GB/T 22239 的要求，审计日志应独立存储在专用服务器中，采用只读模式，防止日志被篡改或删除，存储期限不低于 3 年，满足国家信息安全等级保护三级及以上要求。

9 接口测试与维护要求

9.1 接口测试

9.1.1 测试内容

接口正式投入使用前，应完成功能测试、性能测试、安全性测试及兼容性测试，具体测试内容如下：

- a) 功能测试：验证接口是否满足本文件中定义的各项功能，如数据采集的准确性（采集数据与实际值误差不超过±2%）、数据传输的完整性（无丢包、错包）、数据共享的权限控制有效性等，测试用例覆盖率应不低于 95%；
- b) 性能测试：模拟高并发场景（如 1000 个采集设备同时接入、100 个共享节点同时获取数据），测试接口的响应时间、吞吐量、资源利用率（CPU 利用率不超过 70%、内存利用率不超过 80%），确保接口在峰值负载下仍能正常工作；
- c) 安全性测试：通过渗透测试、漏洞扫描等方式，检测接口是否存在身份认证绕过、数据泄露、越权访问等安全漏洞，漏洞扫描应覆盖 OWASP Top 10 安全风险，发现的高危漏洞需 100% 修复后才能投入使用；

- d) 兼容性测试：测试接口与不同品牌、型号的监测设备（如可燃气体探测器、温湿度传感器、氧气传感器、压力传感器、液位传感器）、传输设备（如 LoRa 网关、4G 模组）及业务系统（如应急管理平台、市政管理系统）的兼容性，兼容性测试通过率应不低于 90%。

9.1.2 测试流程与报告

9.1.2.1 测试流程：首先制定测试计划和测试用例，经技术评审通过后，搭建测试环境（模拟综合管廊实际场景），执行测试用例并记录测试结果；对测试不通过的项目，分析原因并督促整改，整改完成后进行回归测试，直至所有测试项目通过。

9.1.2.2 测试报告：测试完成后，应编制接口测试报告，报告内容包括测试概述、测试环境、测试内容、测试结果、问题及整改情况、测试结论等，测试报告需经测试人员、技术负责人签字确认，作为接口验收的重要依据。

9.2 接口维护

9.2.1 日常维护

9.2.1.1 定期巡检：运维人员应每周对接口运行状态进行巡检，检查接口的连接状态、传输质量、安全日志等，发现异常（如接口断开、传输延迟增大、安全告警）及时处理，并记录巡检日志。

9.2.1.2 数据备份：每天对接口相关配置数据、审计日志及共享数据进行备份，备份数据应存储在异地服务器中，采用加密方式保存，定期（每月）对备份数据进行恢复测试，确保备份数据的可用性。

9.2.2 故障处理

9.2.2.1 故障分级：根据故障对系统的影响程度，将接口故障分为三级，一级故障（严重故障）：接口完全中断，影响所有数据采集、传输或共享；二级故障（重要故障）：接口部分功能异常，影响部分数据处理；三级故障（一般故障）：接口运行正常，但存在性能下降、日志异常等问题。

9.2.2.2 故障响应：一级故障应在 15min 内响应，2h 内解决；二级故障应在 30min 内响应，4h 内解决；三级故障应在 1h 内响应，24h 内解决；故障处理过程中，应及时通知受影响的单位，告知故障原因、处理进度及预计恢复时间。

9.2.2.3 故障复盘：故障解决后，应在 3 个工作日内进行故障复盘，分析故障原因、总结处理经验、制定预防措施，避免同类故障再次发生，复盘报告应纳入运维知识库，供后续参考。

附 录 A
(规范性)

综合管廊环境监测参数及单位对照

综合管廊环境监测参数及单位应符合表A.1的要求。

表 A.1 综合管廊环境监测参数及单位对照表

监测参数	数据类型 (英文)	单位	精度要求	预警阈值
温度	Temperature	℃	±0.5℃	5℃~40℃ (超出则预警)
湿度	Humidity	%RH	±3%RH	40%RH~80%RH (超出则预警)
甲烷	Methane	umol/mol	±1%FS	0~500 umol/mol (超过500 umol/mol则预警)
一氧化碳	CarbonMonoxide	umol/mol	±1ppm	0~30 umol/mol (超过30 umol/mol则预警)
硫化氢	HydrogenSulfide	umol/mol	±0.1ppm	0~10 umol/mol (超过10 umol/mol则预警)
氧气	Oxygen	%VOL	±0.1%VOL	19.5%VOL~23.5%VOL (低于19.5%VOL或高于23.5%VOL则预警)
压力	Pressure	kPa	±0.02 kPa	80 kPa~120 kPa (超出则预警, 可根据管廊实际工况调整)
液位	LiquidLevel	m	±0.01 m	0~0.5 m (超过0.5 m则预警)

附录 B
(规范性)
数据接口协议配置示例

B.1 Modbus RTU 协议配置应符合表 B.1 要求。

表 B.1 Modbus RTU 协议配置示例

配置项	配置值	说明
传输速率	9600 bps	可根据设备支持情况调整
数据位	8位	—
停止位	1位	—
校验位	无校验	—
地址码	1~247	每个采集设备的唯一地址
功能码	03 (读取保持寄存器)	用于读取环境监测数据
寄存器地址	0000H (温度)、0001H (湿度)、0002H (甲烷)、0003H (一氧化碳)、0004H (硫化氢)、0005H (氧气)、0006H (压力)、0007H (液位)	不同参数对应不同寄存器地址
校验方式	CRC16	确保数据传输准确性

B.2 MQTT 协议配置应符合表 B.2 的要求。

表 B.2 MQTT 协议配置示例

配置项	配置值	说明
服务器地址	tcp://mqtt.utility-tunnel.com:1883	数据中心MQTT服务器地址
客户端 ID	CLIENT_GL001_JP005	由管廊编号和监测点编号组成
QoS 等级	1 (至少一次)	确保数据不丢失
主题	utility-tunnel/environment/GL001/JP005	数据发布和订阅的主题
认证方式	用户名: user_gl001; 密码: *****	预置的设备认证信息
加密方式	SSL/TLS (端口8883)	生产环境必须启用

参 考 文 献

- [1] 《商用密码应用安全性评估管理办法》
-