

团 体 标 准

T/ISC XXXX—XXXX

智慧城市城镇综合管廊环境气体监测预警 技术规程

Technical specification for environmental gas monitoring and early warning in urban
utility tunnels of 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 监测预警系统组成	2
5 核心要求	2
6 环境气体监测体系实现	2
7 预警参数	4
8 监测预警系统架构要求	4
9 实施与验证	6
10 安全与应急	6
11 运维管理与验收	6
附录 A（规范性） 系统实施详细步骤	7
附录 B（规范性） 验证方法详述	10

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：张静、刘晓明、刘平、黄祖煜、朱焯浩、李华、任国静、张亚栋。

智慧城市城镇综合管廊环境气体监测预警技术规程

1 范围

本文件规定了智慧城市城镇综合管廊环境气体监测预警系统组成、核心要求、环境气体监测体系实现、预警参数、监测预警系统架构要求、实施与验证、安全与应急、运维管理与验收。

本文件适用于城市综合管廊内燃气舱、污水舱、电力舱、综合舱等各类舱室的环境气体监测系统的设计、施工及运维。

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 3836.1-2021 爆炸性环境 第1部分：设备 通用要求

GB 12358-2024 作业场所环境气体检测报警仪器 通用技术要求

GB/T 17626.2-2018 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验

GB 17681-2024 危险化学品重大危险源安全监控技术规范

GB/T 19582.2-2008 基于Modbus协议的工业自动化网络规范 第2部分：Modbus协议在串行链路上的实现指南

GB/T 20936.2-2024 爆炸性环境用气体探测器 第2部分：可燃气体和氧气探测器的选型、安装、使用和维护

GB/T 28921 自然灾害分类与代码

GB/T 33474 物联网 参考体系结构

GB/T 37025-2018 信息安全技术 物联网数据传输安全技术要求

GB 50838-2015 城市综合管廊工程技术规范

GB/T 51274 城镇综合管廊监控与报警系统工程技术标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

天然气 natural gas

指经过处理的、通过管道输送的商品天然气。天然气是天然蕴藏于地层中的烃类和非烃类气体的混合物，主要成分为烷烃，以甲烷为主，另有少量乙烷、丙烷和丁烷，此外一般含有微量硫化氢、有机硫等成分。

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其附属设施。

3.3

气体检测 gas detection

指利用传感器、分析仪器或检测系统，对环境中特定气体的浓度、种类或存在状态进行定性或定量分析的过程

3.4

预警系统 early warning system (EWS)

由监测、分析、预警信息生成与发布等环节组成，旨在及时识别潜在危险或威胁，并向特定对象发出警示信息，以促使其采取预先制定的措施，从而降低风险、减少损失的系统。

3.5

预警参数 warning parameter

用于表征潜在危险或威胁的关键指标或变量，通过监测、分析并与预警阈值对比，判断是否触发预警及确定预警级别。

3.6

信息预警 information alert

指通过实时监测、数据分析或事件触发机制，对潜在风险、异常状态或关键信息进行主动提示或告警，以支持快速决策和风险规避。

3.7

自动报警 automatic alarm

系统在无人干预的情况下，根据预设的规则和阈值，自动检测到异常状态并触发报警信息及联动控制的行为。

4 监测预警系统组成

监测预警系统分为以下子系统：

- a) 环境监控系统：实时采集气体浓度、温湿度、水位等数据；
- b) 安全防范系统：包括摄像机、入侵报警探测装置、声光报警器等；
- c) 通信系统：支持物联网、应急通信专网及固定式通信；
- d) 预警与报警系统：联动启动通风、排水设备，触发声光报警；
- e) 地理信息系统（GIS）：实现数据管理、图档维护及拓扑分析；
- f) 统一管理信息平台：集成各子系统，支持远程控制与决策分析。

5 核心要求

监测预警系统核心要求如下：

- a) 实时监测：采集 O_2 、 H_2S 、 CH_4 、温湿度、水位等参数；
- b) 异常报警：超限值自动触发微信、短信、邮件通知；
- c) 联动控制：远程启停风机、水泵，调节设备参数；
- d) 数据共享：开放 API 接口，对接排水、供水、电力等平台；
- e) 历史分析：生成告警报表，可视化高频异常区域。

6 环境气体监测体系实现

6.1 环境气体数据采集功能

系统应支持对管廊内环境气体参数的实时、精准采集，覆盖常规气体与有毒有害气体，具体采集参数的范围如下：

- a) 必测参数：甲烷（ CH_4 ）、氧气（ O_2 ）、一氧化碳（ CO ）、硫化氢（ H_2S ）；
- b) 可选参数：二氧化碳（ CO_2 ）、二氧化氮（ NO_2 ）、挥发性有机物（VOCs）等（根据管廊区域功能或风险等级扩展）；
- c) 环境参数：温湿度、风速风向（辅助评估气体扩散条件）。

6.2 采集频率控制功能

采集频率控制功能如下：

- a) 正常工况下：必测参数采样间隔不大于 1 min，可选参数不大于 5 min；
- b) 预警触发后：必测参数采样间隔缩短至 10 s，持续至风险解除；
- c) 关键区域（如燃气管道舱、电力舱）：甲烷、硫化氢采样间隔不长于 30 s。

6.3 实时监测与可视化功能

系统需通过图形化界面实时展示管廊环境状态，支持多维度数据关联分析，具体要求如下：

- a) 分区域展示：按管廊分区（如防火分区、舱室）划分监测界面，标注每个区域的传感器位置、实时数值及状态（正常/异常）；
- b) 多参数融合显示：支持曲线图（历史趋势）、柱状图（当前值对比阈值）、热力图（气体浓度空间分布）等多种可视化形式；
- c) 关键指标标注：突出显示超标参数（红色高亮）、接近阈值参数（黄色预警）及关联环境参数（如温湿度异常影响气体扩散）。

6.4 数据同步与交互功能

数据同步与交互功能如下：

- a) 与管廊综合监控平台（如消防、通风、供电系统）实时同步数据，支持 API 接口（RESTful）或消息队列（MQTT）传输；
- b) 提供移动端访问功能（APP/小程序），支持远程查看实时数据、接收预警通知（需通过应急通信专网保障）。

6.5 异常检测算法功能

异常检测算法功能如下：

- a) 支持阈值判断（固定阈值+动态阈值）：固定阈值按 GB 50838-2015 的要求执行（如甲烷 $\geq 1\%$ LEL 触发预警）；动态阈值基于历史数据均值 $\pm 3\sigma$ （标准差）自适应调整；
- b) 支持突变检测：当气体浓度在 5 s 内变化率大于 $50\%/min$ 时，标记为异常突变并触发一级预警；
- c) 支持关联分析：结合温湿度、通风量等参数，识别气体浓度异常的潜在诱因（如通风故障导致 CO 累积）。

6.6 分级预警与信息推送功能

系统需根据风险等级划分预警级别，明确触发条件与响应措施，确保信息精准传递至责任主体，具体要求如下。

- a) 预警分级标准：
 - 蓝色预警（四级）：气体浓度接近阈值（如甲烷 $\geq 0.5\%$ LEL且 $< 1\%$ LEL），无扩散趋势；
 - 黄色预警（三级）：气体浓度超过阈值但未达到危险值（如甲烷 $\geq 1\%$ LEL且 $< 2\%$ LEL），或温湿度异常影响气体扩散；
 - 橙色预警（二级）：气体浓度显著超标（如甲烷 $\geq 2\%$ LEL且 $< 5\%$ LEL），存在局部风险；
 - 红色预警（一级）：气体浓度达到爆炸下限50%（如甲烷 $\geq 5\%$ LEL）或氧气浓度低于19.5%（可能导致窒息），存在重大安全事故风险。
- b) 预警信息推送：
 - 推送对象：管廊运维单位、消防部门、应急管理部门及现场作业人员（通过短信、APP通知、声光报警）；
 - 推送内容：包含预警级别、触发区域、气体参数、建议措施（如“关闭3号分区通风阀，启动排烟风机”）；
 - 推送时效：蓝色/黄色预警不长于1 min，橙色/红色预警不长于30 s（应急专网保障下）。

6.7 数据存储与追溯功能

系统需完整记录监测数据、预警事件及操作日志，支持历史数据查询与分析，具体功能要求如下。

- a) 数据存储要求：
 - 实时数据存储周期不少于3年（必测参数），预警事件、操作日志存储周期不少于5年；
 - 存储格式采用结构化数据库（如MySQL）+非结构化存储（如视频文件），支持分布式存储（防止单点故障）；
 - 本地存储（管廊机房）与云端备份（公有云/私有云）同步，备份频率不长于1h（关键数据实时备份）。
- b) 数据追溯与分析：
 - 支持按时间、区域、参数类型筛选查询，导出Excel/PDF报表；

- 提供事故追溯功能，自动生成“预警—响应—处置”全流程报告（包含关键时间节点、设备动作记录、人员操作记录）；
 - 支持数据统计分析（如月度超标次数、区域风险排名），为运维优化提供依据。
- c) 设备状态监控：
- 实时监测传感器电量（低电量预警：剩余不大于20%）、信号强度（弱信号预警：RS485通信丢包率高于5%或无线信号强度小于-90 dBm）；
 - 监控网关、服务器运行状态（CPU/内存利用率、磁盘空间），异常时触发运维告警（如“汇聚节点CPU使用率高于90%”）；
 - 支持自动检测通信链路故障（如互联网中断、物联网网关离线），并切换至备用链路（如应急专网）；
 - 传感器故障时（如连续3次数据超量程），自动标记为“失效”并触发更换提醒（推送至运维人员APP）；
 - 提供远程维护接口（SSH/Telnet），支持参数配置、固件升级（OTA），升级失败时提示报警。

7 预警参数

7.1 预警参数与阈值

环境参数检测内容应符合表1的规定，含有两类及以上管线的舱室，应按较高要求的管线设置。气体报警设定值应符合GB/T 51274的规定。

表1 环境参数监测要求

舱室容纳管线类别	给水管道、再生水管道、雨水管道	污水管道	天然气管道	热力管道	电力电缆、通信线缆
温度	●	●	●	●	●
湿度	●	●	●	●	●
水位	●	●	●	●	●
O ₂	●	●	●	●	●
H ₂ S气体	▲	●	▲	▲	▲
CH ₄ 气体	▲	●	●	▲	▲

注：●为应监测，▲为宜监测。

7.2 自动报警与联动控制

系统应具备自动报警功能。当触发预警时，系统应能自动执行预设的联动控制策略，包括但不限于：

- a) 启动或关闭通风系统；
- b) 触发声光报警器；
- c) 向运维人员、监控中心和应急管理部门发送报警信息；
- d) 联动视频监控系统锁定报警区域。

8 监测预警系统架构要求

8.1 系统物理架构

城市综合管廊监测预警系统分为感知层、通信层、数据层、应用层四部分，总体架构采用分层模块化设计。如图1所示，感知层通过气体传感器，将城市管廊气体信息经过网络传输层，传输到数据层，应用层通过数据管层提供的城市地下管廊气体信息进行分析。

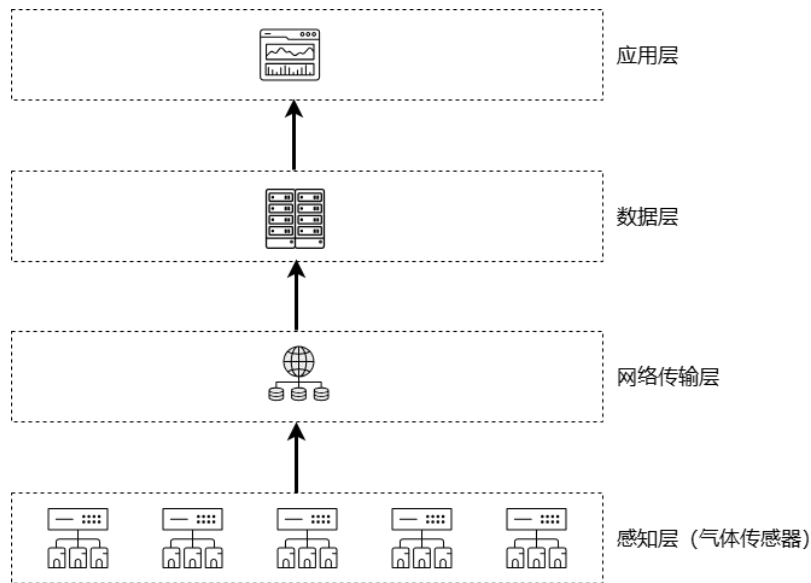


图 1 系统物理架构

8.2 系统预警架构

8.2.1 如图 2 所示，实现对城市综合管廊环境预警，通过对城市地下管廊气体信息的实时采集，控制器对采集数据进行不同气体作用导致爆炸风险的复合判断以及趋势预警。根据气体浓度、变化速率及危害程度划分为三级预警：

- 一级预警（紧急）：气体浓度超过立即威胁生命健康浓度（IDLH）或爆炸下限（LEL）的 50%；
- 二级预警（高危）：不同气体的浓度达到国家规定阈值；
- 三级预警（关注）：浓度持续上升但未达阈值，或设备异常（如传感器漂移、通信中断）。

8.2.2 当达到预警范围时候，控制器会发出做出相应的预警响应机制，如联动启动通风系统、关闭特定舱门或切断电源的自动化动作。或通过网络推送报警信息至监控中心（含位置、气体类型、浓度曲线），人工判断是否进行下一步操作。

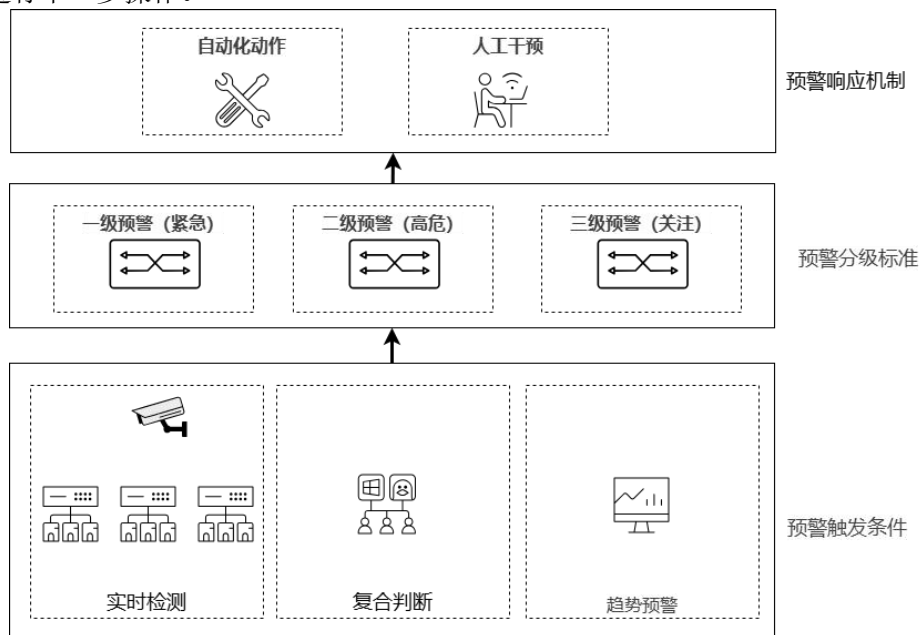


图 2 系统预警框架图

9 实施与验证

9.1 实施步骤

系统各层级（感知、通信、数据、应用）的实施应遵循系统工程方法，具体实施步骤参见附录A。

9.2 验证方法

系统及各组成部分在实施后需进行功能、性能和安全性验证，应符合本文件要求。具体验证方法参见附录B。

10 安全与应急

10.1 安全防护

系统应满足网络安全等级保护要求。物理设备和通信链路应具备防火、防爆、防雷击、防电磁干扰等能力。

10.2 应急预案

应制定针对不同预警级别（尤其是一级预警）的专项应急预案。预案应明确组织架构、职责分工、处置流程、疏散路线、救援措施等。

10.3 演练与评估

应定期组织应急演练，每年至少一次。对演练过程及效果进行评估，并据此修订和完善应急预案。

11 运维管理与验收

11.1 运维管理

应建立完善的运维管理制度，包括：

- a) 日常巡检：定期对传感器、通信设备、服务器等进行巡检。
- b) 定期校准：对气体传感器进行定期校准，确保监测数据准确。
- c) 设备维护：建立设备台账，及时维修或更换故障设备。
- d) 数据备份：定期对系统配置、监测数据和日志进行备份。

11.2 工程验收

系统竣工后应进行验收，验收内容包括但不限于：系统功能、性能指标、安全性、文档资料等。验收标准应依据设计文件、合同及本文件的规定。

11.3 档案管理

应建立完整的项目档案，包括但不限于：设计文件、施工图纸、设备清单、验收报告、运维记录、应急预案、演练记录等。档案应妥善保存，便于查阅。

附录 A
(规范性)
系统实施详细步骤

A.1 感知层实施步骤见表 A.1。

表 A.1 感知层实施步骤

类别	操作步骤	核心要求/指标
一般要求	a) 针对天然气、污水等存在爆炸或腐蚀性气体的舱室选型传感器	符合GB/T 3836.1-2021防爆要求
	b) 确定气体传感器量程及环境参数传感器精度	覆盖极端浓度值, 满足实时监测需求
	c) 在管线支架、设备箱体附近部署监测设备	重点监测电缆温度、线缆湿度等
	d) 沿管廊纵向和横向部署传感器	纵向间距50 m~200 m; 高风险区域加密至10 m~50 m
	e) 配置传感器校准模式	自动校准周期不长于1个月, 校准误差不大于±1%FS
	f) 核查传感器电磁兼容性	符合GB/T 17626.2-2018, 在强电磁环境下正常工作
环境监测设备	a) 选型探测器监测范围	覆盖CH ₄ 、H ₂ 、CO、H ₂ S、O ₂ , 符合GB 12358-2024
	b) 配置探测器温湿度检测范围与精度	温度: -30℃~80℃, ±0.5℃; 湿度: 0%RH~100%RH, ±2%RH
	c) 设置探测器异常响应机制	包含正常、预警、爆炸风险模式
	d) 调试优化算法	误报抑制率不低于95%
	e) 设置气体检测报警阈值	符合GB 17681-2024, 区分一、二级报警值
	f) 启用系统分级报警功能	明确各级报警联动措施
	g) 配置数据校准功能	支持自动与手动校准, 记录校准日志
	h) 建立数据关联存储机制	形成“位置-时间-参数-设备”四位一体数据链
定位技术	a) 选择定位技术组合	如北斗+UWB, 符合GB/T 37025-2018, 抗干扰强
	b) 调试定位系统精度	二维定位误差不高于0.3 m, 复杂区域不大于0.8 m
	c) 配置备用定位系统	如RFID, 切换时延不高于1 s
	d) 设置定位数据更新频率	正常模式不高于5秒/次, 应急模式不高于0.5秒/次
	e) 采用高精度无线定位技术	常规区域不大于0.5 m, 复杂区域不大于0.3 m
	f) 关联定位数据与传感器节点	预存传感器唯一位置标识
遥感、遥测、巡检	a) 配置遥感设备	搭载高精度气体检测模块&TDLAS, 检测精度不低于2%FS
	b) 调试自主避障和路径规划	符合GB/T 20936.2-2024
	c) 部署多光谱成像设备	波长400 nm~2500 nm, 识别渗漏、裂缝
	d) 设置遥感数据回传频率	正常不低于5 min/次, 异常时不低于1 min/次
	e) 配置远程测量系统	支持LoRa&5GNR-U双模, FEC纠错能力不低于30%
	f) 设置设备状态更新间隔	不高于10分钟/次
	g) 选型巡检机器人	防爆Ex d IIB T4, 续航不低于8 h, 搭载红外与声波探伤
	h) 调试微型无人机	飞行高度不高于3 m, 抗电磁干扰不低于60 dB
	i) 配置数据回传与边缘计算	实时回传, 电池续航不低于8 h, 支持1 h快充

A.2 通信层实施步骤见表 A.2。

表 A.2 通信层实施步骤

类别	操作步骤	核心要求/指标
互联网部署	a) 搭建互联网双活接入架构	基于BGP, 切换时延不高于30 ms, 单链路带宽不低于500 Mbps
	b) 启用可编程路由	采用SRv6协议, 动态调度业务流优先级
	c) 构建城域骨干网	OTN环形组网, 光缆冗余度不低于2, 故障恢复不高于50 ms
	d) 优化传输层协议	采用QUIC协议, 弱网传输效率提升不低于40%
	e) 采用安全应用协议	MQTT/HTTPS, 心跳间隔10 s, 断线重连不长于10 s
	f) 分配带宽资源	传感器至汇聚节点不低于10Mbps, 核心至平台不低于100Mbps
	g) 部署关键链路冗余	主备光纤+4G/5G切片, 故障切换不高于30s, 数据不丢
	h) 部署安全设备	防火墙、IDS、DDoS防护
物联网实施	a) 部署物联网网关	分区间距不高于500m, 支持多协议转换, 符合GB/T 37025-2018
	b) 选用底层无线技术	LPWAN技术, 根据环境适配协议
	c) 配置上层协议	MQTT 3.1.1或CoAP, QoS等级1或2
	d) 启用传感器休眠机制	静态功耗不大于5 μ A, 工作功耗不大于50 mW
	e) 配置网关主备电切换	切换时间不长于5 s
	f) 调试网关兼容性	支持ModbusRTU、ZigBee等, 单网关接入不低于500节点
	g) 启用OTA远程配置	支持参数配置与固件升级, 成功率不低于99%
	h) 建立设备身份认证	设备证书+PSK, 拒绝未认证设备
应急通信专网	a) 申请独立频段	如PDT 450MHz、LTE-M 700MHz
	b) 部署通信设备	覆盖全仓室, 无信号盲区
	c) 测试专网抗极端环境能力	在火灾、爆炸模拟场景下验证通信连续性
	d) 配置网络自我恢复机制	故障30 s内自动切换至冗余路径
	e) 建立对外对接接口	与公网平台、消防、应急指挥系统信息共享

A.3 数据层实施步骤见表 A.3。

类别	操作步骤	核心要求/指标
数据采集	a) 配置数据接入接口	兼容多协议 (RS-485, Modbus, LoRaWAN)
	b) 启用数据精度优化	采用线性插值法
	c) 部署边缘计算节点	数据清洗、格式归一化、时间戳对齐
	d) 设置数据采集频率	默认不高于5 s, 异常触发高频采集 (1 s)
	e) 测试数据上传与补传	上传延迟不长于2 s, 丢包率不高于0.1%, 支持72 h离线恢复
	f) 优化接口兼容性	支持标准化与自定义接口, 即插即用
数据管理	a) 建立数据分类存储规则	按实时、历史、设备数据分类
	b) 部署时序数据库	写入能力不低于10万条/秒
	c) 配置冷热数据分层存储	全量数据保留不低于10年
	d) 启用数据存储加密	采用AES-256或国密SM4
	e) 建立数据完整性校验	数据字段缺失率不高于0.01%
	f) 设置主备数据库同步	同步时差不高于1 s, 事务回滚不高于10 ms
	g) 对原始数据进行处理	清洗、校验与标准化, 确保准确
	h) 建立数据分类与标识体系	明确数据属性与应用场景
数据接口配置	a) 配置接口参数	支持数据类型、灾种类型等自定义配置
	b) 对接工业传感器	通过协议网关转换, 符合GB/T 19582.2-2008
	c) 启用多数据集接口访问	支持多种接口资源调用
	d) 配置并发访问支持	可同时处理多个请求
	e) 对外提供标准化API	RESTful API (OpenAPI 3.0), 支持WebSocket
	f) 内部系统间采用gRPC	时延不高于100 ms, QPS不低于5000
	g) 通过协议网关统一转换	支持Modbus, MQTT等多协议
	h) 规范交互数据格式	符合GB/T 33474物联网数据格式规范
	i) 配置应急终端协议	支持自定义二进制协议, 断点续传

A.4 应用层实施步骤见表 A.4。

表 A.3 应用层实施步骤

类别	操作步骤	核心要求/指标
描述性分析	a) 建立基础属性管理规则	包含UUID、地理坐标、管廊分段编号等
	b) 配置可视化分层分析	支持“全局概览→区域聚焦→细节追溯”
	c) 划分灾害类型与等级	按GB/T 28921, 执行四色预警等级
	d) 启用动态状态监测	实时记录影响范围、进展状态、受控情况
	e) 配置展示方式	GIS电子地图为主, 辅以折线图、热力图
	f) 标注区域风险等级	用红/橙/黄/绿四色
	g) 叠加管线与通风口信息	辅助判断气体扩散方向
	h) 生成浓度等值线	对CH ₄ 、H ₂ S等, 间隔0.1%LEL
	i) 生成统计图表	浓度变化曲线、超标率柱状图, 支持时间筛选
	j) 设置信息展示优先级	突出关键信息, 折叠次要信息
	k) 配置双语界面	中文/英文
	l) 建立实时同步机制	展示数据为标准化处理后数据
预测性分析	a) 整合多源数据	历史、实时及外部环境数据
	b) 选择并训练预测模型	如LSTM、ARIMA、随机森林、XGBoost
	c) 配置模型输出参数	预测未来1h~24h风险事件
	d) 应用预测结果	指导运维计划与应急资源调配
	e) 采用多变量关联分析	结合环境与管线状态优化精度
	f) 针对性选用模型	LSTM/Transformer用于气体, 随机森林/XGBoost用于设备
	g) 评估模型性能	采用时间序列交叉验证, MAE、RMSE、F1-score
	h) 定期重新训练模型	每季度一次, 超参数调优
	i) 配置预测结果展示	动态曲线、热力图、动画, 标注置信区间
	j) 明确预测结果内容	高风险区域、可能后果、关键时间节点
	k) 支持人工干预	可调整阈值, 记录调整日志
信息预警	a) 配置浓度超标预警规则	按浓度标准触发不同报警等级
	b) 设置设备状态异常报警	如传感器离线、数值跳变
	c) 启用预测性预警	基于模型输出触发未来风险预警
	d) 支持自定义预警规则	组合多参数条件
	e) 规范预警内容	时间、等级、位置、气体类型、实时浓度
	f) 配置预警联动措施	开启应急照明; 一级预警关闭危险区域照明
	g) 设置多渠道推送机制	平台、移动终端、声光、外部系统同步
	h) 配置移动端预警通知	含位置导航链接, 跳转监测页面
	i) 定期优化预警规则	对比预测与实际, 修正模型参数
	j) 处理频繁误报传感器	自动降权或触发人工复核
	情况管理	a) 建立事件档案管理机制
b) 配置事件生命周期跟踪		明确各环节责任主体与时间节点
c) 通过历史数据优化策略		识别高频风险模式, 优化应急预案
d) 生成决策支持报表		风险分布、处置效率分析
e) 构建多角色服务体系		为运维和管理层提供不同支持
f) 整合知识库		存储事件记录、处置方案、行业标准
g) 支持混合存储与检索		结构化标签与非结构化内容, 自然语言搜索
h) 推荐相似历史案例		辅助快速决策
i) 支持移动端离线查询		无网络时可访问关键信息

附录 B
(规范性)
验证方法详述

B.1 感知层验证方法见表 B.1。

表 B.1 感知层验证方法

类别	验证方法	合格标准
一般要求	a) 现场勘查：采用激光测距仪测量监测点间距，记录设备覆盖范围	覆盖率需达100%
	b) 抗干扰测试：使用30MHz~1000MHz电磁干扰发生器模拟环境，持续2h监测	数据传输误差不大于3%
环境监测设备	a) 精度验证：委托第三方检测机构对设备进行检测	误差符合选型标准
	b) 稳定性测试：连续72h采集设备数据	数据波动不大于2%
定位技术	定位精度测试：在管廊内选取10个已知坐标点，每点连续测试10次	平均定位误差不大于3m
遥感、遥测、巡检	a) 对比遥感数据与现场勘查结果	周边环境识别吻合度不低于90%
	b) 对比遥测数据与固定设备数据	数据一致性误差不大于5%

B.2 通信层验证方法见表 B.2。

表 B.2 通信层验证方法

类别	验证方法	合格标准
互联网部署	a) 使用带宽测试工具连续24h监测	带宽波动幅度不大于10%
	b) 进行数据加密解密测试	解密后数据与原始数据一致
物联网实施	连续30天监测设备功耗	日均功耗不大于预设值的110%
应急通信专网	a) 断网测试	互联网中断时，专网仍可正常传输数据
	b) 应急数据发送测试（连续100次）	数据传输时延均不大于100ms

B.3 数据层验证方法见表 B.3。

表 B.3 数据层验证方法

类别	验证方法	合格标准
数据采集	a) 查看采集日志	采集频率达标率 $\geq 99.9\%$
	b) 异常值模拟测试	系统对异常值的识别率100%
数据管理	a) 数据容量压力测试	连续12个月模拟数据写入无异常
	b) 备份恢复测试	恢复数据与原始数据一致
数据接口配置	并发访问压力测试（连续1h）	系统在高并发下无宕机

B.4 应用层验证方法见表 B.4。

表 B.4 应用层验证方法

类别	验证方法	合格标准
描述性分析	a) 人工核查信息录入	信息录入误差不大于1%
	b) 扩散模型模拟与实际监测对比	影响范围计算误差不大于10%
预测性分析	对比预测数据与实际监测数据	1h预测误差不大于0%
信息预警	模拟超标场景测试预警响应时间	声光报警时间不长于3s，短信送达时间不长于10s；分级处置流程执行率100%
情况管理	a) 台账核查	闭环管理覆盖率100%
	b) 对比高风险区域整改前后数据	预警频次下降不低于20%

B.5 安全与应急验证方法见表 B.5。

表 B.5 安全与应急验证方法

类别	验证方法	合格标准
安全防护	检查网络安全等级保护测评报告。	达到规定安全保护等级。
应急预案	审查预案文档的完整性与可操作性。	预案内容完整，职责清晰，流程合理。
演练与评估	审查年度应急演练记录与评估报告。	每年至少演练一次，有评估和改进措施。

B.6 运维管理与验收验证方法见表 B.6。

表 B.6 运维管理与验收验证方法

类别	验证方法	合格标准
运维管理	a) 检查运维制度、巡检记录、校准记录、设备台账	制度健全，记录完整、连续
	b) 检查数据备份记录并进行恢复测试	备份周期符合要求，恢复成功
工程验收	依据验收清单逐项检查系统功能、性能、文档	全部验收项符合设计文件与本标准要求
档案管理	检查项目档案的完整性与规范性	档案齐全，分类清晰，便于查阅