ICS 77.060
CCS H 25

中 国 腐 蚀 与 防 护 学 会 团 体 标 准

T/CSCP 0069-2026（T/CSCP 0069.3-2026）

城市燃气管道金属材料环境腐蚀联网观测方法

Urban gas pipeline —Observation method for environmental corrosion network of metal materials

2026-04-01 发布　　2026-07-01 实施

中国腐蚀与防护学会　发 布

T/CSCP 0069.3-2026

目　次

前　　言 II

引　　言 III

1　范围 1

2　规范性引用文件 1

3　术语和定义 2

4.　基本原则 2

4.1 必要性原则 2

4.2 系统性原则 2

4.3 可靠性原则 3

4.4 可扩展性原则 3

4.5 经济性原则 3

5　腐蚀联网观测系统组成 3

5.1 系统总体架构 3

5.2 系统组成单元 3

5.3 系统性能要求 4

6 城市燃气管网埋地管线及其相关设施用金属材料环境腐蚀观测传感器 4

6.1 土壤温湿度传感器 4

6.2 土壤环境参数传感器 4

6.3 杂散电流传感器 4

6.4 金属材料腐蚀传感器 5

6.5 力学传感器 5

6.6 阴极保护参数传感器 5

6.7 传感器选型与配置原则 5

7 城市燃气管网埋地管线及其相关设施用金属材料环境腐蚀观测设备布置 5

7.1 监测点位的选择原则 5

7.2 监测点位密度 6

7.3 传感器安装位置 7

7.4 数据采集与传输设备安装 7

8 腐蚀联网观测数据采集与传输 7

8.1 数据采集要求 8
8.2 数据传输要求 8
8.3 数据质量控制 8
9 腐蚀联网观测数据分析与应用 8
9.1 数据分析方法 8
9.2 数据报告 9
9.3 数据共享 10
9.4 数据应用场景 10
10 腐蚀联网观测设备的维护 10
10.1 数据存储与备份 10
10.2 设备的维护与校准 11
附录 A 12
附录 B 13

T/CSCP 0069.3-2026

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。

本文件由中国腐蚀与防护学会提出并归口。

本文件起草的单位：北京科技大学，国家材料腐蚀与防护科学数据中心，广州天韵达新材料科技有限公司，广州市南沙区贝科耐蚀新材料研究院。

本文件主要起草人：杨小佳、杜翠薇、杜艳霞、李晓刚、程学群、李众、孙雷、张帆、杨吉可、刘智勇、王伦滔、王炳钦、李清、朱仁政、王昕煜、杨国威、杨体绍。

引　言

T/CSCP 0026-2026《城市燃气管道》涵盖了油气管网埋地金属管道腐蚀调查、评价、维护方法。目前，T/CSCP 0026-2026 由以下部分构成：

——第 1 部分：城市燃气管道 腐蚀调查方法通用导则

——第 2 部分：城市燃气管道 金属材料腐蚀程度评价方法

——第 3 部分：城市燃气管道 金属材料环境腐蚀联网观测方法

——第 4 部分：城市燃气管道 外腐蚀多因素高通量监测与寿命智能管理平台技术规范

——第 5 部分：城市燃气管道 外腐蚀多因素高通量监测与寿命智能管理平台现场安装规范

——第 6 部分：城市燃气管道 土壤环境腐蚀性分级方法

——第 7 部分：城市燃气管道 土壤腐蚀性区域地图绘制指南

T/CSCP 0069.3-2026

城市燃气管网 金属材料环境腐蚀联网观测方法

1 范围

本文件规定了城市燃气管网埋地管线及其相关设施用金属材料环境腐蚀联网观测的基本原则、技术要求和实施方法，包括观测内容、观测点位选择、观测设备选型与安装、数据采集与传输、数据分析与应用、设备维护与管理等内容。

本文件适用于陆上燃气输送管道、集输管道、站场埋地管线及其相关设施（如阀门、三通、弯头、补偿器、接地极等）用金属材料腐蚀情况的联网观测。海上燃气管道可参照执行。

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。

DZ/T 0287 土地质量地球化学评价规范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 10123 金属和合金的腐蚀 术语

GB/T 19292.1 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第1部分：分类

GB/T 19292.2 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第2部分：腐蚀等级的指导值

GB/T 19292.3 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第3部分：污染物的测量

GB/T 19292.4 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 第4部分：用于评估腐蚀性的标准试样的腐蚀速率的测定

GB/T 21246 埋地钢质管道阴极保护参数测量方法

GB/T 21447 钢质管道外腐蚀控制规范

GB/T 30582 基于风险的埋地钢质管道外腐蚀评价方法

T/CSCP 0037.2-2022 腐蚀大数据 第2部分：大气腐蚀在线监测系统技术规范

T/CSCP 0037.3-2022 腐蚀大数据 第3部分：在线监测设备安装规范

T/CSCP 0037.4-2022 腐蚀大数据 第4部分：累积腐蚀积分电量法评价技术

T/CSCP 0037.5-2022 腐蚀大数据 第5部分：腐蚀时钟图法评价技术

T/CSCP 0037.6-2022 腐蚀大数据 第6部分：F指数法评价技术

SY/T 0087.1 钢质管道及储罐腐蚀评价标准 第1部分：埋地钢质管道外腐蚀直接评价

SY/T 6976 管道运行监测系统技术规范

3 术语和定义

GB/T 10123、GB/T 19292.1 和 SY/T 0087.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 埋地管线 buried pipeline

指铺设于地面以下，用于输送油、气、水等介质的金属管道及其附属设施。

3.2 环境腐蚀性监测 environmental corrosion monitoring

使用传感器和在线监测设备，对埋地管线周围土壤环境、杂散电流、腐蚀介质等因素进行连续或周期性监测，以评估环境腐蚀性的技术方法。

3.3 杂散电流 stray current

指在非设计回路中流动的电流，来源于电气化铁路、阴极保护系统、高压输电线路等，可加速埋地管线的电化学腐蚀。

3.4 腐蚀联网观测 corrosion network observation

通过物联网技术，将分布于不同地理位置的腐蚀监测设备连接起来，实现数据远程采集、传输、存储、分析与共享的综合观测系统。

3.5 腐蚀大数据 corrosion big data

指通过联网观测系统采集的海量腐蚀相关数据，经分析处理后用于腐蚀规律研究、风险预测和智能决策的数据集合。

4. 基本原则

4.1 必要性原则

符合下列条件之一的城市燃气管网埋地管线及其相关设施，应优先开展环境腐蚀联网观测：

a）土壤环境腐蚀性等级按照 GB/T 19292.1 或相关标准评定为“强”及以上；

b）存在明显杂散电流干扰（如临近电气化铁路、高压输电线路等）；

c）土壤中 Cl^- 、SO_4^{2-} 、HCO_3^- 等腐蚀性离子含量超过背景值 1.5 倍以上；

d）土壤 pH 值超出 6.0~8.5 范围，或含水量、电导率异常；

e）管线服役年限超过设计寿命的 70%，或存在腐蚀历史记录；

f）穿越特殊地段，如沼泽、盐碱地、工业污染区、河流、公路、铁路等；

g）站场埋地管线关键节点（如阀门、三通、弯头等）存在腐蚀风险；

h）防腐层破损或阴极保护失效风险较高。

4.2 系统性原则

联网观测应覆盖腐蚀环境因素、管线状态因素和运行因素，形成系统性监测网络，具备多参数同步采集、时空关联分析能力。

4.3 可靠性原则

观测设备应具备长期稳定运行能力，适应野外恶劣环境，数据采集与传输应具备冗余和容错机制，确保数据完整性。

4.4 可扩展性原则

联网观测系统应具备良好的可扩展性，支持监测点位的动态增加、传感器类型的灵活配置、数据接口的标准化对接。

4.5 经济性原则

在满足观测需求的前提下，应综合考虑设备成本、安装维护成本、数据传输成本、数据分析成本，选择经济合理的观测方案。

5 腐蚀联网观测系统组成

5.1 系统总体架构

城市燃气管网埋地管线及其相关设施用金属材料环境腐蚀联网观测系统应由感知层、传输层、平台层和应用层四层架构组成：

a）感知层：包括各类传感器、数据采集器、现场控制器等，负责环境参数和腐蚀参数的实时感知与初步处理。

b）传输层：包括有线/无线通信模块、网关、中继器等，负责将现场数据安全、稳定地传输至数据处理中心。

c）平台层：包括数据服务器、应用服务器、云平台、数据管理系统等，负责数据存储、处理、分析与可视化。

d）应用层：包括数据分析软件、腐蚀风险评估系统、预警系统、报告生成系统等，面向管理人员和技术人员提供决策支持。

5.2 系统组成单元

腐蚀联网观测系统主要包括以下功能单元：

a）传感器感知单元：包括土壤温湿度传感器、土壤电导率传感器、pH 传感器、Cl^-离子传感器、杂散电流传感器、金属腐蚀速率传感器、力学传感器等，用于采集环境腐蚀因子和管线腐蚀响应参数。

b）数据采集传输单元：包括数据采集器（RTU/DTU）、通信模块（4G/5G/NB-IoT/光纤/LoRa 等）、现场总线、网关设备等，负责数据的现场汇聚、编码、加密和远程传输。

c）数据输出单元：包括显示屏、报警器、打印机等，用于现场数据显示和预警提示。

d）供电单元：包括太阳能光伏板、蓄电池、风力发电装置、市电接入模块、电源管理系统等，确保系统长期稳定供电。

e）远程通信单元：实现监测站点与数据中心之间的双向数据通信，支持远程配置、远程升级、远程诊断等功能。

f）数据处理单元：部署于数据中心或云平台，包括数据清洗、数据融合、特征提取、

腐蚀模型计算、趋势分析、风险评估等模块。

g）物联网云平台：提供设备管理、数据管理、用户管理、权限管理、可视化展示、API 接口等服务，支持多源数据集成与共享。

h）辅助设备：包括防护机箱、安装支架、避雷装置、接地装置、温控设备（如加热器、风扇）、防凝露装置等，保障设备在恶劣环境下的可靠运行。

5.3 系统性能要求

各组成单元规格参数应符合 T/CSCP 0037.2 的要求，并满足以下性能指标：

a）数据采集频率：腐蚀速率、杂散电流等关键参数宜采用分钟级或小时级采集，环境参数可根据需要调整为小时级或天级。

b）数据存储容量：现场采集器应具备至少 30 天的本地数据存储能力，数据中心应具备长期历史数据存储能力（建议不少于 5 年）。

c）通信可靠性：数据传输成功率应不低于 95%，在通信中断时应具备数据补传机制。

d）系统可用性：系统年可用时间应不低于 95%。

e）防护等级：现场设备防护等级应不低于 IP65，适用于野外长期无人值守环境。

6 城市燃气管网埋地管线及其相关设施用金属材料环境腐蚀观测传感器

6.1 土壤温湿度传感器

用于连续监测埋地管线周围土壤的温度和含水量。技术要求：

a）温度测量范围：-40℃~+85℃，精度不低于±0.5℃；

b）水分测量范围：0~100%饱和度或 0~0.5 m^3/m^3 体积含水量，精度不低于±3%；

c）传感器应具备长期稳定性，耐腐蚀、防水、防堵塞。

6.2 土壤环境参数传感器

用于监测影响埋地管线腐蚀的关键土壤化学参数。包括：

a）土壤电导率传感器：测量范围 0~20 mS/cm，精度不低于±2%；

b）土壤 pH 传感器：测量范围 2~12，精度不低于±0.1 pH；

c）土壤 Cl^- 离子传感器：测量范围 0~10000 ppm，精度不低于±5%；

d）土壤氧化还原电位传感器：测量范围-500 mV~+500 mV，精度不低于±10 mV；

e）土壤 SO_4^{2-} 、HCO_3^- 等可选配传感器，根据实际需要配置。

6.3 杂散电流传感器

用于监测埋地管线周围杂散电流干扰情况。技术要求：

a）可同时测量交流杂散电流（频率范围 0 Hz~1000 Hz）和直流杂散电流；

b）电流测量范围：-100 A~+100 A（或根据现场情况定制），精度不低于±1%；

c）电压测量范围：-10 V~+10 V，精度不低于±1%；

d）具备同步测量功能，可识别杂散电流来源方向；

e）传感器应具备抗电磁干扰能力。

6.4 金属材料腐蚀传感器

用于在线监测指定金属材料（如管线钢 X65、X70、X80 等）在埋地环境中的腐蚀速率。可选用以下类型：

a）电阻探针：通过测量敏感元件电阻变化计算腐蚀减薄量，灵敏度不低于 0.1 μm；

b）电化学探针：包括线性极化电阻（LPR）探针、电化学阻抗谱（EIS）探针等，可实时监测瞬时腐蚀速率；

c）电感探针：适用于均匀腐蚀速率监测，灵敏度不低于 0.01 μm；

d）腐蚀挂片：可作为辅助手段，用于腐蚀速率的离线验证；

e）传感器材料应与管线主体材料一致或具有代表性。

6.5 力学传感器

用于监测埋地管线在外力作用下的力学响应。包括：

a）应变传感器：测量管线应变变化，精度不低于±1 με；

b）位移传感器：监测管线沉降、侧向位移等，精度不低于±1 mm；

c）振动传感器：监测管线振动频率和振幅，频率响应范围 0.1 Hz~500 Hz；

d）传感器应适用于埋地环境，具备长期稳定性。

6.6 阴极保护参数传感器

用于监测阴极保护系统运行状态。包括：

a）管地电位传感器：测量管线对参比电极的电位，精度不低于±1 mV；

b）保护电流传感器：监测阴极保护输出电流；

c）通/断电电位测量功能：具备同步中断功能，测量真实极化电位。

d）IR 降测量功能：具备 IR 降测量功能，测量土壤中的 IR 降。

6.7 传感器选型与配置原则

a）应根据监测目的、环境条件、管线材质和运行参数，合理选择传感器类型和数量；

b）传感器量程应覆盖监测参数的可能变化范围，并留有一定余量；

c）传感器精度应满足数据分析要求，关键参数宜选用高精度传感器；

d）传感器应具备长期稳定性，标定周期不少于 1 年；

e）优先选用低功耗、支持数字输出、具备自诊断功能的智能传感器。

7 城市燃气管网埋地管线及其相关设施用金属材料环境腐蚀观测设备布置

7.1 监测点位的选择原则

监测点位的选择应综合考虑地理代表性、环境条件代表性、关键节点代表性、风险等级和施工可行性。

7.1.1 地理代表性

监测点应选在埋地管线沿线具有代表性的地段，包括但不限于：

a）土壤类型变化区（如黏土、砂土、黄土、盐碱土过渡带）；

b）地形变化区（如丘陵、河谷、洼地）；

c）穿越区域（如河流、公路、铁路、沟渠穿越点）；

d）地质不稳定区域（如滑坡、沉降区）。

7.1.2 环境条件代表性

应选择以下环境条件下具有代表性的区域布置监测点：

a）土壤腐蚀性较强区域（如高盐、高湿、低电阻率土壤）；

b）杂散电流干扰较大区域（如距离电气化铁路<1 km、距离高压输电线<500 m）；

c）工业污染区或农业活动密集区（存在化肥、农药等腐蚀介质渗入风险）；

d）地下水位变化剧烈区域；

e）微生物腐蚀风险较高区域（如沼泽、污水区）。

7.1.3 关键节点代表性

应选择以下关键节点布置监测点：

a）管线接头、环焊缝处；

b）三通、弯头、异径管等管件处；

c）阀门、补偿器、绝缘接头处；

d）阴极保护测试桩处；

e）防腐层破损修复点或疑似破损点；

f）站场进出站管线、埋地汇管、接地极等。

7.1.4 风险等级代表性

基于风险评估结果，在以下高后果区或高风险段优先布置监测点：

a）人口密集区、环境敏感区；

b）穿越重要基础设施区；

c）历史腐蚀泄漏事故点；

d）防腐层老化严重段；

e）阴极保护盲区或保护电位不足段。

7.1.5 施工可行性

监测点选择应考虑现场施工条件，包括：

a）具备设备安装空间和作业面；

b）便于后期维护和校准；

c）通信信号覆盖良好；

d）供电条件可行；

e）不影响管线正常运行和维护。

7.2 监测点位密度

监测点位的布置密度应根据管线重要性、环境复杂性和风险等级确定，可参考以下原则：

a）高风险段：每 1 km~2 km 布置 1 个综合监测点；

b）中风险段：每 3 km~5 km 布置 1 个综合监测点；

c）低风险段：每 10 km~15 km 布置 1 个综合监测点；

d）关键节点、穿越点、特殊地段应单独布置监测点；

e）站场埋地管线：主要节点全覆盖。

7.3 传感器安装位置

各类型传感器应按以下要求安装：

a）土壤温湿度、电导率、pH、Cl^- 传感器：应埋设在管线侧方 0.5 m~1.0 m 处，深度与管线埋深一致或略深，传感器探头应与土壤紧密接触；

b）杂散电流传感器：应安装在管线与土壤之间，包括参比电极和电流测量线圈，参比电极应埋设在稳定土壤中；

c）腐蚀速率传感器：应安装在管线附近相同埋深位置，传感器敏感元件应与土壤充分接触，或通过旁路安装方式与管线连通；

d）力学传感器：应变传感器应粘贴在管线表面（需打磨防腐层后安装，并进行密封防水处理），位移传感器应固定在稳定基准点上；

e）阴极保护参数传感器：管地电位测量点应直接连接管线，参比电极埋设在管线附近稳定土壤中。

7.4 数据采集与传输设备安装

a）数据采集器（RTU/DTU）应安装在防水、防尘、防腐蚀的防护机箱内；

b）防护机箱可安装于地面支柱、杆塔或专用基础平台上，高度应不低于 1.5 m，防止淹没；

c）通信天线应安装在高处，确保信号接收良好；

d）供电设备（太阳能板、蓄电池等）应安装在阳光充足、排水良好的位置；

e）所有电缆应采取穿管保护、埋地敷设或架空敷设，避免机械损伤和动物啃咬。

7.5 安装技术要求

腐蚀联网观测设备安装前的功能检验、安装过程中的技术规范与安装后的验收应符合 T/CSCP 0037.3-2022 的要求，并满足以下规定：

a）安装前应对所有传感器进行标定和功能测试，确保性能符合要求；

b）安装过程应避免对管线防腐层和阴极保护系统造成损伤；

c）传感器与管线连接处应采取密封防腐措施；

d）所有电气连接应牢固可靠，接触电阻符合要求；

e）接地系统应符合防雷和抗干扰要求；

f）安装完成后应进行系统联调和试运行，试运行时间不少于 72 小时。

8 腐蚀联网观测数据采集与传输

8.1 数据采集要求

a）数据采集频率应根据监测参数动态特性和分析需求确定，腐蚀速率、杂散电流等关键参数宜采用分钟级采集，环境参数可采用小时级采集；

b）数据采集器应具备本地数据存储功能，存储容量应满足至少 30 天的数据存储需求；

c）数据采集器应支持远程参数配置和固件升级；

d）数据采集器应具备时间同步功能，确保数据时间戳一致性；

e）关键数据应采用双通道采集或冗余设计，提高数据可靠性。

8.2 数据传输要求

a）数据传输应采用加密方式，确保数据安全；

b）优先采用有线通信（光纤、网线）或稳定可靠的无线通信方式（4G/5G/NB-IoT），在信号盲区可采用 LoRa、北斗短报文等方式；

c）数据传输协议应符合标准格式，支持数据压缩和断点续传；

d）数据传输周期应与采集周期匹配，实时性要求高的数据应实时传输，常规数据可定时批量传输；

e）应建立通信状态监测机制，及时发现和处理通信故障。

8.3 数据质量控制

a）数据采集器应具备数据有效性检查功能，如量程检查、变化率检查、一致性检查等；

b）数据传输过程应包含校验机制，确保数据完整性；

c. 数据中心应建立数据清洗规则，识别和剔除异常数据；

d）对缺失数据可采用插值、拟合等方法进行补全，但应注明数据来源和处理方式；

e）定期对传感器进行现场比对和校准，验证数据准确性。

8.4 数据安全与隐私

a）数据传输和存储应采取加密措施，防止数据泄露和篡改；

b）建立用户权限管理机制，不同角色用户只能访问授权数据；

c）涉及国家关键基础设施的数据应符合国家信息安全相关规定。

8.5 数据存储与管理

a）建立集中式数据中心或云平台，统一存储和管理所有监测数据；

b）数据存储应采用分布式架构，支持海量数据的高效读写；

c）原始数据应长期保存（建议不少于 5 年），用于历史追溯和模型训练；

d）建立数据备份和容灾机制，防止数据丢失；

e）数据管理应遵循开放性原则，支持标准化接口供第三方系统调用。

9 腐蚀联网观测数据分析与应用

9.1 数据分析方法

利用腐蚀大数据分析评价技术处理联网监测数据，可采用以下方法：

9.1.1 累积腐蚀积分电量法

按照 T/CSCP 0037.4-2022 的要求，通过累积腐蚀电流或电量的时间积分，评估金属材料的累积腐蚀损伤。

9.1.2 腐蚀时钟图法

按照 T/CSCP 0037.5-2022 的要求，将腐蚀速率、环境参数、时间等多维数据映射到极坐标图中，直观展示腐蚀动态变化规律。

9.1.3 F 指数法

按照 T/CSCP 0037.6-2022 的要求，综合多个腐蚀影响因素，计算腐蚀风险指数（F 指数），用于腐蚀风险分级和预警。

9.1.4 多元统计分析方法

运用主成分分析、聚类分析、相关性分析等方法，识别影响腐蚀的关键因素及其交互作用。

9.1.5 机器学习方法

利用神经网络、决策树、支持向量机等算法，建立腐蚀速率预测模型，实现腐蚀趋势预测和早期预警。

9.1.6 基于物理的腐蚀模型

结合电化学理论、传质理论，建立腐蚀机理模型，与监测数据相互验证，提升腐蚀机理认识。

9.2 数据报告

9.2.1 报告类型

a）日报：关键参数实时监测数据汇总，异常值报警；

b）周报/月报：腐蚀速率统计、环境参数变化趋势、设备运行状态；

c）季报/年报：腐蚀风险综合评价、腐蚀损失估算、维护建议、系统运行总结；

d）专题报告：针对特定问题（如杂散电流干扰、局部腐蚀加速）的深入分析报告。

9.2.2 报告内容

腐蚀观测报告应至少包括以下内容：

a）监测点位基本信息（位置、设备型号、安装时间等）；

b）监测周期内各参数变化曲线和统计值（最大值、最小值、平均值、标准差）；

c）腐蚀速率评价结果及腐蚀等级；

d）异常事件记录及原因分析；

e）腐蚀风险趋势分析；

f）维护建议和改进措施；

g）数据质量评估。

9.2.3 报告报送

腐蚀观测报告应定期报送相关管理部门，作为管线完整性管理、腐蚀控制措施制定、维护计划安排的依据。

9.3 数据共享

9.3.1 共享平台建设

建立一个在线数据共享平台，实现以下功能：

a）多源数据集成：整合不同监测系统、不同来源的腐蚀相关数据；

b）数据可视化：提供地图展示、曲线图、仪表盘等多种展示方式；

c）数据查询与下载：支持按时间、地点、参数等条件查询和下载数据；

d）数据分析工具：提供在线数据分析模块，支持用户自定义分析；

e）用户权限管理：不同级别用户拥有不同的访问和操作权限。

9.3.2 共享内容

共享数据和报告可包括：

a）原始监测数据（经脱敏处理）；

b）处理后的统计数据和评价结果；

c）腐蚀观测报告；

d）腐蚀案例库；

e）腐蚀模型和算法。

9.3.3 共享机制

a）建立数据共享协议，明确数据提供方和使用方的权利和义务；

b）推动行业内数据互通，支持跨企业、跨地区的腐蚀数据协同分析；

c）在保护商业机密和国家秘密的前提下，逐步推动数据对社会公开。

9.4 数据应用场景

腐蚀联网观测数据可应用于以下场景：

a）腐蚀风险评估：基于实时监测数据，动态评估管线腐蚀风险等级；

b）预警与应急：发现腐蚀加速或异常情况时，及时发出预警，指导应急响应；

c）维护优化：根据腐蚀速率和趋势，优化阴极保护参数、防腐层修复周期等；

d）设计改进：为新建管线的材料选择、防腐设计提供数据支撑；

e）剩余寿命预测：结合腐蚀模型，预测管线剩余使用寿命；

f）标准制定：为腐蚀相关标准的制修订提供数据支持；

g）科研与培训：为腐蚀机理研究、人才培养提供数据基础。

10 腐蚀联网观测设备的维护

10.1 数据存储与备份

a）建立完善的数据存储和备份系统，采用分布式存储架构，确保数据安全可靠；

b）数据应定期备份，备份频率根据数据重要性确定，关键数据应实时备份；

c）备份数据应异地存储，防止单点故障导致数据丢失；

d）定期进行数据恢复演练，验证备份数据的可用性；

e）数据存储和备份应符合国家相关法律法规要求。

10.2 设备的维护与校准

10.2.1 日常维护

a）定期检查设备外观，清理传感器表面污物，确保传感器正常工作；

b）检查供电系统（太阳能板、蓄电池、电源线等），确保供电正常；

c）检查通信设备状态，确保数据传输通畅；

d）检查防护机箱密封性，防止进水、进尘；

e）记录设备运行状态和维护日志。

10.2.2 定期校准

a）所有传感器应按照制造厂家的要求定期校准，一般每 1~2 年校准一次；

b）校准应由具备资质的机构进行，校准证书应归档保存；

c. 发现传感器漂移或故障时，应及时更换或修复，并重新校准；

d）校准前后应进行比对测试，评估传感器性能变化。

10.2.3 故障处理

a）建立设备故障报告和处理流程，明确响应时间和处理措施；

b）常见故障应配备备品备件，缩短维修时间；

c）重大故障应进行原因分析，采取纠正措施，防止再次发生；

d）故障处理情况应记录归档，作为设备管理和改进的依据。

10.2.4 设备更新与报废

a）设备达到设计寿命或性能严重下降时，应及时更新；

b）更新设备应与原有系统兼容，确保数据连续性；

c）报废设备应按规定处理，防止环境污染。

附录 A
（资料性）
腐蚀联网观测设备选型参考表

设备类型	推荐参数范围	精度要求	备注
土壤温度传感器	-40℃~+85℃	±0.5℃	长期稳定性
土壤水分传感器	0~0.5 m^3/m^3	±3%	抗盐碱干扰
土壤电导率传感器	0~20 mS/cm	±2%	四电极结构
土壤 pH 传感器	2~12	±0.1 pH	抗污染
Cl^- 离子传感器	0~10000 ppm	±5%	离子选择电极
H_2S 传感器	0~100 ppm	±2% FS	电化学式
杂散电流传感器	-100 A~+100 A	±1%	交直流兼容
腐蚀速率探针	0~10 mm/a	±0.01 mm/a	电阻/电感式
管地电位传感器	-3 V~+3 V	±1 mV	长效参比电极
应变传感器	±5000 με	±1 με	光纤/电阻式

附录 B
（资料性）
腐蚀联网观测数据记录格式示例

时间戳	站点ID	土壤温度（℃）	土壤水分（%）	电导率（μS/cm）	pH	Cl^-（ppm）	腐蚀速率（mm/a）	管地电位（mV）	杂散电流（A）
2025-03-19 08:00:00	S001	15.2	22.5	350	7.1	120	0.023	-850	0.05
2025-03-19 09:00:00	S001	15.5	22.3	348	7.1	121	0.024	-852	0.06