

团体标准

T/CEATEC XXX—2026

管道次声波泄漏监测系统技术要求与 试验方法

Technical requirements and test methods for pipeline infrasound leakage

monitoring system

(征求意见稿)

2026-X-XX 发布

2026-X-XX 实施

中国欧洲经济技术合作协会 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 系统组成与功能要求 2

 4.1 系统组成 2

 4.2 功能要求 2

5 技术要求 3

 5.1 环境适应性 3

 5.2 电磁兼容 3

 5.3 核心性能指标 3

 5.4 安全与可靠性 3

6 试验方法 3

 6.1 试验条件 3

 6.2 泄漏识别与响应时间试验 4

 6.3 定位精度试验 4

 6.4 环境适应性试验 4

 6.5 电磁兼容性试验 4

7 检验规则 4

 7.1 检验分类 4

 7.2 出厂检验 4

 7.3 型式检验 4

 7.4 判定规则 5

8 标志、包装、运输和贮存 5

 8.1 标志 5

 8.2 包装 5

 8.3 运输 5

 8.4 贮存 5

9 安装、使用与维护 5

 9.1 安装 5

 9.2 使用 5

 9.3 维护 6

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。

本文件由中国欧洲经济技术合作协会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

本文件首次发布。

管道次声波泄漏监测系统技术要求与试验方法

1 范围

本文件规定了管道次声波泄漏监测系统的系统组成与功能要求、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输与贮存及安装、使用与维护。
本文件适用于管道次声波泄漏监测系统。

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 2423.1 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验A：低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验B：高温
- GB/T 2423.4 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db 交变湿热（12h+12h循环）
- GB/T 2423.10 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fc：振动（正弦）
- GB/T 35274 信息安全技术 大数据服务安全能力要求
- GB/T 17626.2 电磁兼容 试验和测量技术 静电放电抗扰度试验
- GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 第3部分：射频电磁场辐射抗扰度试验
- GB/T 17626.4 电磁兼容 试验和测量技术 电快速瞬变脉冲群抗扰度试验
- GB/T 17626.5 电磁兼容 试验和测量技术 浪涌（冲击）抗扰度试验
- ISO 8601-1:2019 日期和时间 信息交换用表示法 第1部分：基本规则（Date and time — Representations for information interchange — Part 1: Basic rules）
- ISO 8601-2:2019 日期和时间 信息交换用表示法 第2部分：扩展（Date and time — Representations for information interchange — Part 2: Extensions）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

次声波 infrasound

频率低于 20 Hz、人耳不可闻的机械振动波，在流体介质中传播具有衰减小、传播距离远、穿透能力强的特点。

3.2

次声波泄漏监测系统 infrasound-based pipeline leak detection system

由次声波传感器、信号调理采集单元、数据传输模块、中央分析处理单元、人机交互终端及时间同步装置组成，通过采集、分析管道泄漏诱发的特征次声波信号，实现管道泄漏识别、定位与报警的集成监测系统。

3.3

泄漏响应时间 response time to leak

从管道出现基准泄漏工况开始，至系统输出有效一级报警信号的时间间隔。

3.4

定位精度 location accuracy

系统判定的泄漏位置与泄漏实际位置之间的直线距离绝对值，单位为米（m）。

3.5

基准泄漏工况 reference leak condition

标准化可复现的泄漏模拟状态：试验管径 DN200，设计压力 4.0 MPa，介质为常温常压空气，稳态泄漏孔径 $\Phi 3$ mm，泄漏质量流量不小于 0.12 kg/s。

4 系统组成与功能要求

4.1 系统组成

次声波泄漏监测系统应至少包含以下组成单元，各单元协同工作、具备独立运行与联动能力：

- a) 次声波传感器阵列；
- b) 信号调理与采集单元；
- c) 数据通信与传输模块；
- d) 中央分析处理单元；
- e) 报警与人机交互终端；
- f) 时间同步装置（支持 GPS/北斗授时，时间同步精度优于 $\pm 100 \mu s$ ）。

4.2 功能要求

4.2.1 泄漏识别功能

应符合：

- a) 系统应可靠识别基准泄漏工况及更大量级的泄漏事件；
- b) 系统应具备抗干扰能力，不应将管道稳态运行噪声、风载激励、车辆通行振动、雷电等环境扰动误判为泄漏；
- c) 对于持续时长 ≥ 10 s 的连续泄漏，系统应在规定响应时间内完成识别并输出报警。

4.2.2 泄漏定位功能

应符合：

- a) 系统宜采用多点时差定位法（TDOA），结合传感器信号到达时间差与管道轴向传播模型完成泄漏位置解算；
- b) 定位结果应同步输出置信度（百分比形式），置信度低于 85% 时，系统标记为“低置信定位”并提示人工复核；
- c) 在无地形遮蔽、无强背景噪声的标准工况下，定位精度应符合以下要求：
 - 1) 管径 $\leq DN300$ ：定位精度 $\leq 150m$ ；
 - 2) $DN300 < \text{管径} \leq DN600$ ：定位精度 $\leq 250m$ ；
 - 3) 管径 $> DN600$ ：定位精度 $\leq 400m$ 。

4.2.3 实时监测与分级报警功能

应符合：

- a) 系统支持（7×24）h 不间断连续在线监测；
- b) 报警分为三级，各级触发条件、输出要求如下：
 - 1) 一级报警：确认真实泄漏、定位置信度达标，同步触发本地声光报警、平台弹窗、远程信息推送；
 - 2) 二级报警：疑似泄漏（置信度 65%~84%），自动记录事件并启动人工复核流程；
 - 3) 三级报警：设备故障、通信中断等系统异常，仅触发运维告警，不影响其他监测通道正常工作。

- c) 所有报警信息必须包含：时间戳、通道 ID、信号主频、信噪比、能量积分值、定位坐标、定位位置信度。

4.2.4 数据管理功能

- 应符合：
- a) 系统本地存储原始采样数据、报警日志，原始数据保存时长不少于 90 d，采样率不低于 50 Hz；
 - b) 数据安全分级防护执行 GB/T 35274 要求；
 - c) 数据导出支持 CSV、JSON 通用格式，时间戳格式遵循 ISO 8601:2019 (UTC+8) 规范。

5 技术要求

5.1 环境适应性

5.1.1 工作温度

传感器及现场单元：-40℃~+70℃；室内分析处理、人机交互单元：0℃~+45℃。

5.1.2 防护等级

户外布设的传感器、接线箱防护等级不低于IP67；室内安装设备防护等级不低于IP20。

5.1.3 抗振性能

传感器与现场采集单元，可承受频率5Hz~55Hz、加速度幅值2.5g、扫频速率1oct/min的正弦振动试验；试验后结构无损伤，功能、性能保持正常。

5.2 电磁兼容

系统应通过GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5全部严酷度等级3试验；试验期间及试验后，泄漏识别、定位功能不应中断，报警逻辑无误触发。

5.3 核心性能指标

系统各项性能应符合表1的规定。

表 1 核心性能指标

项目	技术要求
频率响应范围	0.1Hz~20Hz（幅频偏差±1.5dB）
通道间时间同步误差	≤50 μs
单通道动态范围	≥110dB（A计权等效）
最小可检泄漏量	不大于基准工况Φ3mm孔径对应泄漏量（0.12kg/s）
泄漏响应时间	≤120s
平均无故障运行时间（MTBF）	≥8000h

5.4 安全与可靠性

- 应符合：
- a) 传感器安装方式不应破坏管道本体、防腐层及阴极保护系统，不应引入额外管道安全风险；
 - b) 远程通信模块支持 TLS1.2 及以上加密协议，保障数据传输安全；
 - c) 中央分析等关键模块应配置双机热备或软件冗余机制，单点故障不会造成全系统瘫痪。

6 试验方法

6.1 试验条件

- 应符合：
- a) 环境试验按照 GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.4、GB/T 2423.10 执行；
 - b) 试验用基准泄漏源需经计量溯源，泄漏质量流量测量不确定度≤±3%（k=2）；

- c) 试验管道采用直管段，长度不小于 2km，埋深 1.2m~1.8m，回填土壤为均质黏土或砂壤土。

6.2 泄漏识别与响应时间试验

6.2.1 试验步骤

应符合：

- 在试验管道预设位置搭建基准泄漏工况；
- 启动系统正常监测，记录泄漏发生至系统输出一级报警的时刻；
- 单次试验间隔不少于 30min，重复试验不少于 5 次；
- 统计每组试验响应时间的平均值、最大值。

6.2.2 判定准则

15次试验响应时间最大值 $\leq 120s$ ，且无漏报现象；2叠加稳态风噪（频谱1Hz~5Hz，声压级 $\geq 85dB$ ）、模拟车辆振动（中心频12Hz，加速度0.3g）后，系统不应触发一级、二级报警。

6.3 定位精度试验

6.3.1 试验步骤

应符合：

- 在试验管道起点、中点、终点选取至少 3 个试验点位，分别设置基准泄漏工况；
- 每个点位重复试验 3 次，记录系统输出的泄漏定位数据；
- 采用 GNSS RTK 设备实测泄漏实际坐标（平面位置误差 $\leq 0.05m$ ）作为真值；
- 计算每组定位误差绝对值。

6.3.2 判定准则

各点位3次试验的平均定位误差，符合本文件对应管径限值；单次误差超过限值1.5倍时，应开展算法复核并留存记录。

6.4 环境适应性试验

依次按照GB/T 2423.1、GB/T 2423.2、GB/T 2423.4、GB/T 2423.10开展试验；每项环境试验完成后，重新开展泄漏识别试验，系统功能、性能全部合格。

6.5 电磁兼容性试验

按照GB/T 17626.2、GB/T 17626.3、GB/T 17626.4、GB/T 17626.5逐项开展抗扰度试验。试验过程及结束后，系统监测功能正常、报警逻辑无误，原始数据采集完整率 $\geq 99.9\%$ 。

7 检验规则

7.1 检验分类

系统检验分为出厂检验和型式检验两类。

7.2 出厂检验

应符合：

- 每台（套）产品出厂前均应完成出厂检验；
- 检验项目：外观检查、时间同步、基本功能、常温泄漏模拟试验、通信及数据存储功能；
- 检验合格出具产品合格证；不合格产品返修后复检，复检仍不合格不应出厂。

7.3 型式检验

7.3.1 检验时机

出现下列情况之一，应进行型式检验：

- 新产品定型、产品结构、核心算法、关键元器件重大变更；

- b) 正常生产周期满 2 年；
- c) 停产 12 个月以上恢复生产；
- d) 国家监管、检验机构提出型式检验要求。

7.3.2 检验项目

本文件的全部技术要求及全部试验项目。

7.3.3 抽样规则

从同批次合格产品中随机抽取2套作为样品。

7.4 判定规则

7.4.1 出厂检验

所有项目合格则判定为出厂合格；一般项不合格允许一次返修复检，安全、泄漏性能项不合格直接判定不合格。

7.4.2 型式检验

泄漏响应时间、定位精度、电磁兼容、环境适应性为否决项，任意一项不合格则型式检验不合格；其余一般项不合格可整改后复检。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

应符合：

- a) 设备铭牌固定于明显位置，标注产品名称、型号规格、生产单位、生产日期、防护等级、供电参数；
- b) 传感器、报警终端、接线箱等独立单元设置功能标识。

8.2 包装

产品采用防震、防潮包装，精密传感器单独封装防护。包装箱内附带产品合格证、使用说明书、接线图、出厂检验报告。

8.3 运输

运输过程避免剧烈撞击、雨淋、暴晒，户外现场部件做好防水防护。

8.4 贮存

贮存环境温度：-20℃～+60℃，相对湿度≤85% RH，远离强电磁场、腐蚀性气体；产品最长贮存周期不超过2年。

9 安装、使用与维护

9.1 安装

应符合：

- a) 传感器紧贴管道外壁安装，避开弯头、阀门、泵体等强扰动区域，安装作业不应损伤管道防腐层与阴极保护系统；
- b) 时间同步装置、通信模块调试完成后，全系统统一授时，确保通道同步误差符合指标要求。

9.2 使用

应符合：

- a) 操作人员经专项培训后方可上岗，严禁私自修改报警阈值、定位算法、系统参数；

- b) 出现二级、三级报警时，按照管理流程及时开展人工核查与故障处置。

9.3 维护

应符合：

- a) 日常巡检：每日检查设备运行、通信、报警状态；每月开展传感器零点核查；
 - b) 定期校验：每 12 个月依据本文件试验方法开展系统性能比对校验；每 2 年结合工况开展全项目复核；
 - c) 所有维护、校验、故障处置记录完整归档，留存周期不少于 3 年。
-