

ICS 75.200

CCS P 94

T

# 团体标准

T/CEATEC XXX—2026

## 长输油气管道次声波泄漏监测 技术规范

Technical specifications for infrasound leak detection in Long-Distance oil  
and gas pipelines  
(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 ..... 4

6 安装、使用与维护 ..... 4

    6.1 安装 ..... 4

    6.2 使用 ..... 4

    6.3 维护 ..... 4

## 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。

# 长输油气管道次声波泄漏监测技术规范

## 1 范围

本文件规定了长输油气管道次声波泄漏监测的系统组成与功能要求、技术要求及安装、使用与维护。本文件适用于长输油气管道次声波泄漏监测。

## 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 3836（所有部分） 爆炸性环境

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 $\pm 100\ \mu\text{s}$ ）。

### 4.2 功能要求

#### 4.2.1 泄漏识别功能

##### 4.2.1.1 基本识别能力

系统应可靠识别基准泄漏工况及更大量级的泄漏事件。

##### 4.2.1.2 抗干扰能力

系统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。

##### 4.2.1.3 响应时效性

对于持续时长 $\geq 10\ \text{s}$ 的连续泄漏，系统应在规定响应时间内完成识别并输出一级报警。

#### 4.2.2 泄漏定位功能

##### 4.2.2.1 定位方法

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。

##### 4.2.2.2 置信度输出

定位结果应同步输出置信度（百分比形式）；置信度低于85%时，系统应标记为“低置信定位”并提示人工复核。

##### 4.2.2.3 定位精度要求

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：

- a) 管径 $\leq \text{DN}300$ ：定位精度 $\leq 150\ \text{m}$ ；
- b)  $\text{DN}300 < \text{管径} \leq \text{DN}600$ ：定位精度 $\leq 250\ \text{m}$ ；
- c) 管径 $> \text{DN}600$ ：定位精度 $\leq 400\ \text{m}$ 。

#### 4.2.3 实时监测与分级报警功能

##### 4.2.3.1 连续监测能力

系统应支持（7×24）h不间断连续在线监测。

##### 4.2.3.2 分级报警逻辑

报警分为三级，各级触发条件与输出要求如下：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 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。

4.2.3.3 报警信息完整性

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、定位置信度。

4.2.4 数据管理功能

4.2.4.1 本地存储

系统本地应存储原始采样数据、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。

4.2.4.2 数据安全防护

数据安全分级防护应执行GB/T 35274要求。

4.2.4.3 数据导出

数据导出应支持CSV、JSON通用格式；时间戳格式应遵循ISO 8601:2019（UTC+8）规范。

4.2.5 自诊断与冗余

实时诊断传感器断线、信号漂移、通信中断，三级告警，核心分析、通信模块宜一用一备，单点故障不造成全线监测失效。

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，应能承受频率5 Hz~55 Hz、加速度幅值2.5 g、扫频速率1 oct/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

5.4.1 通用安全

埋地管线阀室、油气管廊、站场爆炸危险区内传感器、采集单元防爆等级不低于Ex d IIB T4，符合GB 3836（所有部分）。所有与管道接触夹具采用绝缘复合材料，杜绝电偶腐蚀，不改变管道阴极保护电位。

5.4.2 安装安全性

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。

5.4.3 通信安全性

远程通信模块应支持TLS 1.2及以上加密协议，保障数据传输安全。

5.4.4 系统冗余性

中央分析等关键模块应配置双机热备或软件冗余机制；单点故障不应造成全系统瘫痪。

6 安装、使用与维护

6.1 安装

6.1.1 传感器布设

传感器应紧贴管道外壁安装，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。

6.1.2 授时同步

时间同步装置、通信模块调试完成后，全系统应统一授时，确保通道同步误差符合指标要求。

6.2 使用

6.2.1 操作资质

操作人员应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。

6.2.2 报警处置

出现二级、三级报警时，应按照管理流程及时开展人工核查与故障处置。

6.3 维护

6.3.1 日常巡检

每日应检查设备运行、通信、报警状态；每月应开展传感器零点核查。

6.3.2 定期校验

每12个月应依据本文件试验方法开展系统性能比对校验；每2年应结合工况开展全项目复核。

6.3.3 记录归档

所有维护、校验、故障处置记录应完整归档，留存周期不少于3年。