

ICS 号

中国标准文献分类号

# 团 体 标 准

T/CMES XXXX—20XX

代替 T/CMES XXXX—20XX

无损检测 管道壁厚压电超声云检测

Nondestructive testing Piezoelectric ultrasonic cloud  
testing for pipeline thickness

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：[www.cmes.org](http://www.cmes.org) 联系人：袁俊瑞 电子信箱：[yuanjr@cmes.org](mailto:yuanjr@cmes.org)

## 目 次

前 言 .....	1
1 范围 .....	2
2 规范性引用文件 .....	2
3 术语和定义 .....	2
4 方法概述 .....	3
5 系统校准 .....	5
6 检测实施 .....	5
7 检测预警与报告 .....	6

中国机械工程学会标准征求意见稿

## 前 言

本标准依据 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本标准起草单位：四川大学、四川科特检测技术有限公司、中国特种设备检测研究院、合肥通用机械研究院有限公司、华中科技大学、中国科学院金属研究所、中国石油塔里木油田分公司、新疆油田分公司实验检测研究院、中国石油集团西部钻探工程有限公司井下作业公司、沈阳仪表研究所有限公司、成都市特种设备检验检测研究院、东方电气集团科学技术研究院有限公司、通奥检测集团股份有限公司、中航成飞民用飞机有限责任公司、河南德朗智能科技有限公司、湖南大学。

本标准起草人：伍剑波、何莎、胡斌、许钊源、王仕强、夏慧、王哲、康宜华、蔡程喜、侯永宾、邱福寿、何跃、宋华东、潘建成、王立闻、明仕林、李攀登、万子洋、李润雨、韩有华、邓堡元。

考虑到本标准中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责任何该类专利的鉴别。本标准首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

## 管道壁厚压电超声云检测

### 1 范围

本标准规定了管道壁厚压电超声云检测的系统校准、检测实施、检测预警和报告。  
本标准适用于由于腐蚀或冲蚀造成的管道壁厚云检测，其他结构件厚度云检测可参照使用。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 38881-2020 无损检测 云检测 总则
- GB/T 11344 无损检测 接触式超声脉冲回波法测厚方法
- GB/T 12604.1 无损检测 术语 超声检测
- GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义
- GB/T 40730 无损检测 电磁超声脉冲回波式测厚方法
- TSG D7003 压力管道定期检验规则-长输（油气）管道
- TSG D7004 压力管道定期检验规则-公用管道

### 3 术语和定义

GB/T 20737、GB/T 12604.1 界定的以及本列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1 管道腐蚀 pipeline corrosion

管道腐蚀是指由于酸碱、电化学、微生物等作用下，管道内壁金属表面发生腐蚀的现象。

#### 3.2 管道冲蚀 pipeline erosion

管道冲蚀是指由于冲刷流体介质在管道内部高速流动，导致管道内壁金属表面发生磨损或腐蚀的现象。

#### 3.3 云检测 cloud monitoring

以云技术为基础，采用传感技术、物联网和云计算，整合处理检测对象、检测工艺、检测人员、检测环境、检测仪器、检测数据、检测机构、检测评价标准、检测客户和检测专家等信息和资源，应用软硬件资源共享的云端，传输、存储、处理、评估、预测和反馈检测数据，给出检测或评价结果，实现检测数据的云存储和监测管理的检测方式。

#### 3.4 超声检测终端 monitoring instrument

能够实时监测和收集数据的超声检测设备。

#### 3.5 传感器 sensor

将特定的被测量信息（包括管道温度、壁厚信息等）按一定的规律转换成某种可用信号输出的

器件或装置。

### 3.6 压电超声壁厚检测 Piezoelectric ultrasonic thickness measurement

利用压电超声换能器，根据超声波脉冲反射原理来进行厚度检测，当探头发射的超声波脉冲通过被测物体到达材料分界面时，脉冲被反射回探头，通过精确测量超声波在材料中传播的时间来确定被测材料的厚度。

## 4 方法概述

利用超声波测厚原理，将压电超声波传感器长期固定在管道表面，对管道壁厚数据进行长期监测与评价。具体实施时，可采用一台检测终端连接多个传感器（一机多探头）或一台检测终端连接一个传感器（一机一探头）。“一机多探头”布置方式在实施时，多个超声波传感器与温度传感器通过线缆接入检测终端进行汇总，该方式适用于监测点位置较为集中的工况。“一机一探头”布置方式，将超声传感器、温度传感器、检测终端集成为一个整体，结构简单，无外漏线缆，适用于监测点间距较远的工况。

检测终端与中转网关的组网拓扑结构为星型连接，基于远距离无线传输技术（如 LoRa）进行通信交互。中转网关从检测终端接收的数据包会进一步转发给服务器。转发方式根据现场网络情况与数据保密需求等进行选择，采用有线或无线形式接入公网服务器或局域网服务器。

软件采用 B/S（Browser/Server，浏览器/服务器）架构，服务器后端软件在收到监测数据后会对数据进行解析。基于温度-声速变化规律校准不同温度下的声速，结合温度值与超声回波波形计算每个监测点的壁厚值，然后将结果存储至数据库。用户可以使用各类固定或移动终端通过浏览器访问服务器前端页面，查看实时壁厚数据。软件根据用户设定的壁厚与减薄速率预警值进行报警。

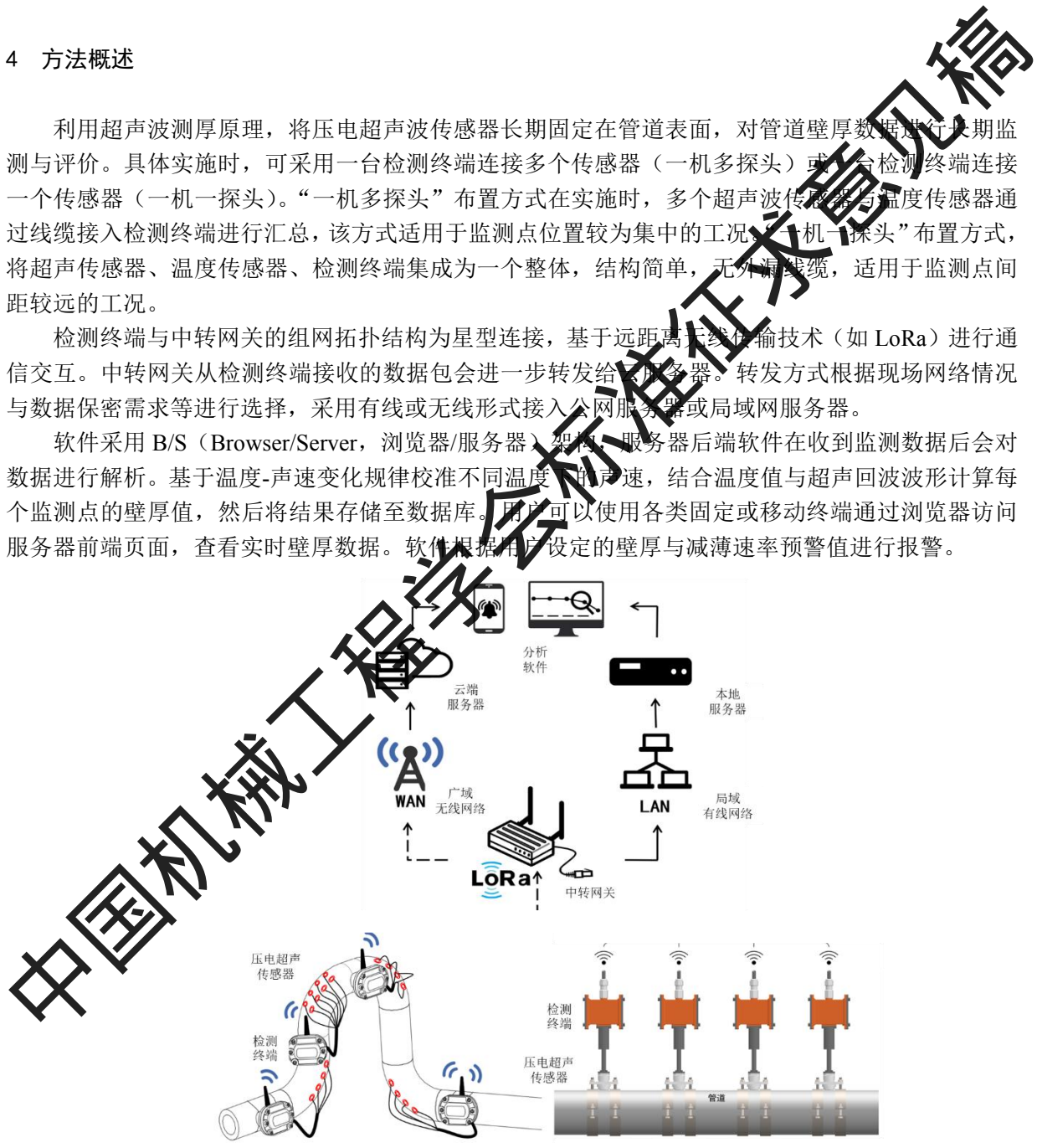


图1 管道壁厚压电超声云检测系统框架

## 4.1 压电超声传感器

4.1.1 压电超声传感器的选择应综合考虑被测管道的物理量性质、安装环境、工作环境等因素，包

括但不限于管道表面状态、管道温度、测量分辨率、测量范围、测量频率以及资金投入等。

4.1.2 应选用技术成熟、性能先进，耐久性和抗干扰能力强的传感器，且便于安装、维护和更换。

4.1.3 超声传感器包括但不限于陶瓷压电传感器、复合材料压电传感器等。

#### 4.2 温度传感器

4.2.1 温度传感器的选择应根据被测管道温度范围、管道结构、安装方式等因素综合选择。

4.2.2 温度传感器应处于超声传感器管壁位置附近，准确采集监测点的温度信息。

#### 4.3 检测终端

4.3.1 检测终端应包含超声传感器、温度传感器接口，并将超声传感器、温度传感器等信号经过处理后通过有线或者无线通信方式传输至数据服务器。

4.3.2 检测终端供电应根据现场工况和防爆要求选择合适的供电方式，包括线缆供电、电池供电、太阳能供电等。

#### 4.4 分析软件

分析软件应采用 B/S(Browser/Server, 浏览器/服务器)架构。

4.4.1 分析软件应具备以下基本功能：

- a) 用户权限管理功能；
- b) 传感器管理功能；
- c) 传感器采集频率调整功能；
- d) 超声传感器增益远程调整功能；
- e) 超声波声速温度补偿功能；
- f) 管道壁厚与减薄速率自动计算功能；
- g) 壁厚和减薄速率超出阈值预警指示功能；
- h) 壁厚、减薄速率、温度数据历史曲线显示功能；
- i) 显示、统计和报表功能；
- j) 其他辅助功能，包括剩余电量指示、通信质量、数据备份、自诊断及故障指示等功能。

4.5 云检测系统基本要求见表 1。

表 1 云检测系统基本要求

序号	设备名称	基本技术要求
1	检测终端	工作环境温度：(-40~85) °C 壁厚测量精度：±0.1mm 壁厚测量范围：(3~200) mm 防护等级：应符合检测现场的防水、防爆规定。 续航时间：≥3 年（每 4 时采集一次数据） 通讯距离：≥1000 米（空旷无阻挡区域）
2	压电传感器	基本要求：传感器成本低、功耗低、体积小； 耦合要求：应保证长期监测过程中耦合剂具有良好的耦合效果。



		管道温度：(-40~600)℃，可根据管道温度选择不同传感器
3	温度传感器	管道表面测温精度：±0.1℃ 管道表面测温范围：(-40~600)℃

## 5 系统校准

检测系统在使用前和使用过程中应进行精度校准。

校准试块至少提供覆盖所测管道壁厚的最大和最小厚度，以校准整个测量范围的精度。将传感器放在已知厚度的试块上，加入适当的耦合剂。然后调整检测系统直到回波显示适当的厚度读数。再在另一个试块上检查和调整，以提高系统的精度。

## 6 检测实施

### 6.1 检测前准备

#### 6.1.1 监测点位选择

- 检测点的布置应最大程度的反映被监测管道的实际壁厚及其变化趋势。
- 检测点的布置应不妨碍被测管道的正常工作，并尽量减少对其他作业项目的不利影响。
- 冲刷、腐蚀严重的代表性部位，监测点应加密布置。
- 重点监测位置包括但不限于：

管道弯头、三通、膨胀节、支管连接、异种金属连接、直径突变处及相邻直管、管道托座位置两侧焊缝附近、管道上有焊接连接件附近等；  
曾经发生严重腐蚀或泄漏的位置；  
管理人员认为有必要的位置。

#### 6.1.2 监测点位信息获取

- 通过设计材料或现场测绘，获得监测点处管道型号、规格、设计壁厚（公称壁厚）。
- 通过测量，获得监测点环境温度变化范围、管道温度变化范围。

#### 6.1.3 传感器固定工装制作

根据超声传感器类型、管道结构和温度变化范围，选择合适的传感器固定方式，包括胶粘、磁吸、机械固定等方式，并制作传感器固定工装。

### 6.2 安装与调试

#### 6.2.1 管道表面预处理

监测点位表面应平整光滑，如有影响监测的铁屑、疏松腐蚀残余或金属颗粒等，以及易造成换能器接触面损坏的尖突，应清除。

#### 6.2.2 传感器固定安装

- 利用工装将超声传感器和温度传感器固定在管道监测点，传感器应固定牢靠。
- 在安装固定传感器时，不应破坏原有可用的监测设施。
- 超声传感器固定后，应采用标准超声波测厚仪进行信号观察，包括超声波形、增益、信噪

比等，通过不断调整，应确保超声传感器安装与耦合状况满足使用要求。

### 6.2.3 检测终端固定安装

- a) 检测终端尽量靠近监测点位，超声传感器与检测终端之间的距离应 $\leq 20$ 米。
- b) 检测终端在安装时应对防水、防爆、通信距离、供电等因素进行综合考虑。

### 6.2.4 系统整体调试

- a) 将传感器与检测终端连接，通过分析软件观察通信数据质量。
- b) 在分析软件中，将超声传感器与温度传感器相关联。
- c) 通过分析软件，观察超声波形、信噪比是否正常。
- d) 通过分析软件，观察管道温度数据是否正常。
- e) 通过分析软件，不断调整采集频率，观察采集频率调整功能是否正常。
- f) 通过分析软件，不断调整超声传感器增益，观察超声传感器增益调整功能是否正常。

### 6.2.5 稳定性测试

将检测系统采集频率调整为每小时一次，连续监测一周，观察超声波数据、壁厚计算数据、温度变化数据情况。如连续一周监测系统运行正常，则将采样频率按照需求进行设置。

### 6.2.6 安装记录

设备安装完毕后，应绘制管道壁厚压电超声云检测系统布置图，标明管道型号、规格、设计壁厚（公称壁厚）、监测点位、温度传感器、检测终端的位置，以及信号线缆和供电线缆的走向和型号。

## 6.3 运行与管理

6.3.1 应对检测系统每年至少进行一次系统检查、校准（或具有自校准功能）、维护和保养，记录存档备查。

6.3.2 对传感器、线缆等加以必要的防护措施。

6.3.3 应制定检测系统运行维护管理制度及监测人员岗位责任制、操作文件、值班制度等规章制度。

6.3.4 应指定人员负责检测系统的定期检查和维护工作。

6.3.5 检测布置图应根据实际情况的变化及时更新。

6.3.6 检测系统发出预警信息时，值班人员应按照规定程序及时处置，处置结果应记录备案。

6.3.7 每个月应对检测系统的数据进行备份，备份数据保存时间应不少于6年。

6.3.8 系统采集频率应根据管道壁厚情况适时调整：当管道减薄速率处于正常范围时，采集频率宜为1次/4小时~1次/24小时，当管道减薄速率处于非正常范围时，采集频率宜为1次/1小时~1次/4小时。

## 7 检测预警与报告

### 7.1 检测预警

7.1.1 应根据管道内介质、设计和使用要求等综合确定管道壁厚与减薄速率预警阈值，并根据减薄

速率进行动态调整。

7.1.2 检测系统应具有数据实时分析功能，如发现异常情况，由人工复核后做出判断，及时上报和处理。

7.1.3 检测预警信息至少应包括：监测点位编号和位置、预警时间、壁厚值、壁厚减薄速率。

## 7.2 检测报告

7.2.1 管道壁厚压电超声云检测报告应包含但不限于以下内容：

- a) 工程概况：任务由来、检测时间和管道基本信息；
- b) 检测系统基本信息：检测终端和监测点；
- c) 参考规范及文件；
- d) 检测项及检测数据分析；
- e) 检测数据趋势图和统计表；
- f) 分析结果；
- g) 报告人员信息。

## 7.3 归档

监测整编资料、监测报告和电子文档，应按档案管理规定及时存档，档案保存时间应不少于管道服役年限。

中国机械工程学会标准征求意见稿

---

---

ICS 号

中国标准文献分类号

关键词：中国机械工程学会、模板

---

---

中国机械工程学会标准征求意见稿