



# 中国特种设备安全与节能促进会标准

CPASE X XXX-XXXX

## 压电超声管道内检测技术规范

**Piezoelectric ultrasonic in-line inspection technical specification for pipelines**

XXXX-XX -XX 发布

XXXX-XX -XX 实施

中国特种设备安全与节能促进会 发布

征求意见稿

## 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 一般要求 .....	1
5 受检管道条件评估 .....	2
6 超声内检测技术选用 .....	2
7 检测前准备 .....	3
8 检测实施 .....	4
9 数据处理与统计 .....	4
10 检测报告 .....	4
11 开挖验证 .....	8
12 交工资料 .....	9

征求意见稿

## 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。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

征求意见稿

# 压电超声管道内检测技术规范

## 1 范围

本文件规定了使用压电超声内检测技术实施管道金属损失、裂纹内检测的技术要求，对一般要求、受检管道条件评估、超声内检测技术选用、检测前准备、检测实施、数据处理分析与统计、检测报告、开挖验证、交工资料等做出了规定。

本文件适用于输送介质为液体的陆上管道内检测，符合条件的海底管道内检测可参照本标准执行。

## 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。

- GB/T 27699 钢质管道内检测技术规范
- SY/T 6597 油气管道内检测技术规范
- SY/T 6151 钢制管道管体腐蚀损伤评价方法
- SY/T 10048 腐蚀管道评估的推荐作法
- TSG D7003 压力管道定期检验规则-长输管道

## 3 术语和定义

SY/T 6597、GB/T 27699 的术语和定义适用于本标准。

## 4 一般要求

4.1 检测服务方应具有特种设备安全监督管理部门颁发的超声检测资质和管道超声内检测的经验或业绩，且应具备实施超声内检测的检测人员、检测设备、分析软件、管理制度等资源条件。

4.2 从事管道超声内检测的现场操作人员应持有特种设备安全监督管理部门颁发的 UT-II 级证书，且至少具备以下工作能力：

- a) 掌握超声内检测器基本原理、故障分析及排除方法；
- b) 超声内检测器的准备及状态验证；
- c) 超声内检测器的发送、运行和接收；
- d) 超声内检测器运行数据确认；
- e) 现场报告出具。

4.3 从事管道超声内检测的数据分析人员应持有特种设备安全监督管理部门颁发的 UT-II 级证书，且至少具备以下工作能力：

- a) 确认并整合超声内检测数据；
- b) 数据准备及处理；
- c) 特征探测及定位；
- d) 特征分类及评估；

- e) 特征尺寸判定;
- f) 异常交互作用准则的应用;
- a) 组织并报告超声内检测结果。
- a) 出具开挖单。

4.4 审核、批准超声内检测报告的人员应持有特种设备安全监督管理部门颁发的 UT-III 级证书。

4.5 管道超声内检测的实施周期应满足 GB/T 27699 的相关要求。

## 5 受检管道条件评估

检测服务方应对受检管道参照 SY/T 6597 进行检测条件评估。评估项目还应包括以下内容:

### 5.2 输送介质

受检管道的输送介质应满足超声探头的耦合条件。

### 5.1 运行条件

- a) 压力: 介质压力应满足检测器正常运行的要求;
- b) 温度: 介质温度不应超过检测器所能接受的范围;
- c) 流速: 介质流速应不超过 2m/s, 且应保持平稳。

## 6 超声内检测技术选用

### 6.1 考虑因素

检测服务方选用超声内检测器时应满足 SY/T 6597 的相关要求, 且应考虑的因素:

- a) 检测技术(包括直探头检测、斜探头检测等);
- b) 探头折射角及在管壁中的波形(包括横波、纵波等);
- c) 探头标称频率、晶片尺寸和晶片形状;
- d) 壁厚检测范围及精度;
- e) 裂纹检测范围及精度;
- f) 单向或者双向设计;
- g) 管体内外表面的超声波声束直径(声束压力低于声束中心压力 6dB 处的直径定义为声束直径);
- h) 在液体和金属中接收足够响应的最大可容忍衰减。

### 6.2 超声壁厚检测器

#### 6.2.1 适用壁厚范围

适用于超声内检测器对管道壁厚的检测, 受检管道壁厚宜介于 3mm~40mm 之间。

#### 6.2.2 超声测厚检测系统

超声内检测厚度测量系统以 A 扫描方式显示时间-幅度信号, 通过初始脉冲和第一次底波之间的距离或根据多次底面回波之间距离差来测量厚度。

6.2.3 超声测厚检测系统性能规格应满足 SY/T 6597 的相关要求。

### 6.3 超声裂纹检测器

#### 6.3.1 范围

适用于超声内检测器对管道裂纹的检测, 受检管道壁厚宜介于 3mm~40mm 之间。

#### 6.3.2 超声裂纹检测系统

超声内检测裂纹测量系统以 A 扫描方式显示时间-幅度信号,以 C 扫描方式显示管道轴向裂纹信息。

### 6.3.3 超声裂纹检测探头

超声裂纹检测探头宜采用直接接触式一发一收双晶直探头,发射和接收探头成 45°。

### 6.3.4 超声裂纹检测的性能规格应满足 SY/T 6597 的相关要求。

## 6.4 检测精度的保证

- a) 应保证清管效果,尽量减少管道内留存的固体杂质;
- b) 应保持输送介质流速稳定,减少噪声对测厚系统的干扰;
- c) 应采用有效措施保证探头与管壁紧密贴合;
- d) 应保证发射和接收探头之间夹角满足检测要求。

## 7 检测前准备

### 7.1 检测方案

检测服务方应根据受检管道条件和检测内容编制检测方案,检测方案的编制可参照 SY/T 6597 执行。检测服务方还应充分考虑内检测作业风险,制定相应地应急处置方案。

### 7.2 内检测设备准备

#### 7.2.1 电子系统检查

检测服务方为维持超声检测系统(如测厚系统、裂纹检测系统等)、定位系统(如低频信号发射器、三轴陀螺仪、里程轮等)等电子系统的可信度,在检定、校准或核查周期内,应按照有关要求运行核查。

检测服务方在实施管道超声内检测器前,应对超声检测系统、定位系统等电子系统进行调试,满足检测技术指标要求,还应对超声信号传输、存储、读取等环节的完好性进行调试、验证。

#### 7.2.2 机械系统检查

超声内检测器在抵达现场后,检测服务方应检查超声内检测器的整体完整性。

#### 7.2.3 功能测试

超声内检测器投放前检测服务方应对超声内检测器进行功能测试,以确保可以正常运行。功能测试包括但不限于:

- a) 确认有足够的电源供应;
- b) 确认所有传感器、数据存储、里程轮和其他机械系统运行正常;
- c) 确认有足够的数据存储空间;
- d) 确认检测器所有组件都已正确初始化。

#### 7.2.4 性能规格验证

检测服务方在检测前应参照 SY/T 6597 对超声内检测器的性能进行验证。

### 7.3 设标的选择

- a) 了解管线基本情况及特点,制定出切实可行的踏线计划;
- b) 记录踏线信息,选择合适的设标位置及确认路况等信息;
- c) 一般地区设标间距宜小于 1km,高后果区设标间距宜小于 500m;管道穿越大型河流、高速公路、铁路等特殊地段时,应在穿入或者穿出处设标;

- d) 发球站和收球站内必须进行设标, 设标点应尽量避免出入地弯头。若存在沼泽等原因无法设置标识点时, 标识点的距离应尽量缩小;
- e) 干线阀室上游的设标点, 距阀门中心应在 10 米左右的位置; 阀室下游的设标点, 距阀门中心宜小于 30 米, 应准确测量定标盒距阀门中心的距离, 并将定标盒放置在管道正上方;
- f) 选点时应探测管道的准确位置并选取埋深较浅的位置作为设标点, 填好设标记录, 保证设标点位于管道正上方;
- g) 使用具有定位系统功能的测量仪测量每个设标点、管道三通、阀门、定向钻和穿跨越两端等位置的坐标并做记录;
- h) 检测器携带低频发射机检测时, 需提前在设标点埋设可接收低频信号的定标盒。

## 7.4 清管

- 7.4.1 首次清管应使用通过能力不低于管道运营企业日常维护所使用的清管器进行清管。
- 7.4.2 使用带测径板的清管器至少进行一次清管。测径板的直径不应小于检测器的最小通过直径。
- 7.4.3 若测径板发生损伤, 应及时分析损伤原因。若通过分析确定损伤是由管道变形造成的, 应确定变形位置。
- 7.4.4 测径清管后, 检测服务方应根据测径清管结果和输送介质的特点选择适用的机械清管器进行强化清管。
- 7.4.5 清管器应装有跟踪仪器。
- 7.4.6 输油管道清管作业应符合 SY/T 5536 中的相关规定。
- 7.4.7 清管次数由检测服务方视清管效果决定, 清管效果满足清出杂质重量小于 5kg 或者连续两次清管清出杂质重量相当且满足检测器检测的要求时, 可停止清管。

## 8 检测实施

### 8.1 收发球

收、发超声内检测器的作业程序可参照 GB/T 27699 执行。

### 8.2 跟踪监听

在发出超声内检测器后应对超声内检测器进行跟踪监听, 跟踪监听应满足 SY/T 6597 的要求。

## 9 数据处理与统计

- 9.1 超声内检测器从收球筒中取出后, 检测服务方应对超声内检测器进行外观检查和清洁处理, 对探头损坏情况进行初步分析。
- 9.2 检测服务方下载并备份检测数据。
- 9.3 检测服务方对数据进行详细检查, 检查内容按照 SY/T 6597 执行。
- 9.4 检测数据预处理
  - 9.4.1 壁厚检测数据预处理  
报告壁厚减薄量大于管道公称壁厚 50% 以上的壁厚减薄点、 $ERF \geq 1$  的特征的相关信息。
  - 9.4.2 裂纹检测数据预处理  
报告管道存在的裂纹深度  $\geq 4.0\text{mm}$  的相关信息。

## 10 检测报告

## 10.1 壁厚检测报告

壁厚检测报告应包括检测器运行数据、环焊缝列表、金属损失列表、管道特征列表、金属损失检测数据统计、严重金属损失列表等基本信息。

### 10.1.1 超声内检测器运行数据

超声内检测器运行数据应至少包括：

- a) 壁厚探头布置形式；
- b) 数据采样间距/频率；
- c) 探头尺寸及环向间隔；
- d) 厚度检测阈值；
- e) 报告阈值；
- f) 不同金属损失类型的检测精度及可信度；
- g) 缺陷轴向和周向定位精度；
- h) 壁厚范围；
- i) 速度范围；
- j) 温度范围；
- k) 工作压力；
- l) 可通过最小曲率半径；
- m) 可通过最小内径；
- n) 最大检测长度；
- o) 检测器运行速度图；
- p) 回波损耗统计图。

### 10.1.2 环焊缝列表

环焊缝列表应以列表的形式提供管道全线环焊缝信息，至少包括：

- a) 环焊缝编号；
- b) 环焊缝的里程位置；
- c) 管节长度（环焊缝下游）；
- d) 管节壁厚；
- e) 焊缝交点（无缝管除外）；
- f) 最近参考点名称；
- g) 距最近参考点距离。

### 10.1.3 金属损失列表

金属损失列表应包括检测器检测出且达到报告阈值的金属损失，至少包括以下信息：

- a) 金属损失的里程位置；
- b) 金属损失的尺寸；
- c) 金属损失类型；
- d) 环向位置；
- e) 内/外部指示；
- f) 距上游环焊缝距离；
- g) 上游环焊缝距离；
- h) 管节壁厚；

- i) 最近参考点名称;
- j) 距最近参考点距离。

#### 10.1.4 管道特征列表

管道特征列表应至少包括以下信息:

- a) 特征的里程位置;
- b) 特征类型;
- c) 特征尺寸;
- d) 特征环向位置;
- e) 内/外部指示;
- f) 距上游环焊缝距离;
- g) 上游环焊缝名称;
- h) 管节长度;
- i) 管节壁厚;
- j) 最近参考点名称;
- k) 距最近参考点距离。

#### 10.1.5 壁厚数据统计表

- a) 全部金属损失数量;
- b) 内部金属损失数量;
- c) 外部金属损失数量;
- d) 一般金属损失数量;
- e) 坑状金属损失数量;
- f) 针孔金属损失数量;
- g) 轴向沟槽金属损失数量;
- h) 轴向沟纹金属损失数量;
- i) 环向沟槽金属损失数量;
- j) 环向沟纹金属损失数量;
- k) 深度 $<10\%t$ 的金属损失数量;
- l)  $10\%t \leq \text{深度} < 20\%t$ 的金属损失数量;
- m)  $20\%t \leq \text{深度} < 30\%t$ 的金属损失数量;
- n)  $30\%t \leq \text{深度} < 40\%t$ 的金属损失数量;
- o)  $40\%t \leq \text{深度} < 50\%t$ 的金属损失数量;
- p)  $50\%t \leq \text{深度} < 60\%t$ 的金属损失数量;
- q)  $60\%t \leq \text{深度} < 70\%t$ 的金属损失数量;
- r)  $70\%t \leq \text{深度} < 80\%t$ 的金属损失数量;
- s)  $80\%t \leq \text{深度} < 90\%t$ 的金属损失数量;
- t) 深度 $\geq 90\%t$ 的金属损失数量;
- u)  $\text{ERF} < 0.6$ 的金属损失数量;
- v)  $0.6 \leq \text{ERF} < 0.8$ 的金属损失数量;
- w)  $0.8 \leq \text{ERF} < 0.9$ 的金属损失数量;
- x)  $0.9 \leq \text{ERF} < 1.0$ 的金属损失数量;
- y)  $\text{ERF} \geq 1.0$ 的金属损失数量。

注：t 指管道正常壁厚。

#### 10.1.6 壁厚分布柱状图

按照管道检测长度应提供以下柱状图：

- a) 全部金属损失数量；
- b) 深度 $<10\%t$ 的金属损失数量；
- c)  $10\%t \leq$ 深度 $<20\%t$ 的金属损失数量；
- d)  $20\%t \leq$ 深度 $<30\%t$ 的金属损失数量；
- e)  $30\%t \leq$ 深度 $<40\%t$ 的金属损失数量；
- f)  $40\%t \leq$ 深度 $<50\%t$ 的金属损失数量；
- g)  $50\%t \leq$ 深度 $<60\%t$ 的金属损失数量；
- h)  $60\%t \leq$ 深度 $<70\%t$ 的金属损失数量；
- i)  $70\%t \leq$ 深度 $<80\%t$ 的金属损失数量；
- j)  $80\%t \leq$ 深度 $<90\%t$ 的金属损失数量；
- k) 深度 $\geq 90\%t$ 的金属损失数量；
- l)  $ERF < 0.6$ 的金属损失数量；
- m)  $0.6 \leq ERF < 0.8$ 的金属损失数量；
- n)  $0.8 \leq ERF < 0.9$ 的金属损失数量；
- o)  $0.9 \leq ERF < 1.0$ 的金属损失数量；
- p)  $ERF \geq 1.0$ 的金属损失数量。

#### 10.1.7 管道壁厚分布图

按照管道检测长度应提供以下分布图：

- a) 管道全程所有金属损失深度及数量分布图；
- b) 管道全程所有外部金属损失深度及数量分布图；
- c) 管道全程所有内部金属损失深度及数量分布图；
- d) 管道全程所有金属损失周向分布图；
- e) 管道全程所有外部金属损失周向分布图；
- f) 管道全程所有内部金属损失周向分布图；
- g) 含  $ERF=1$  的判断图金属损失特征长度与金属损失特征深度的曲线，显示主要壁厚下的所有金属损失特征。

#### 10.1.8 严重金属损失列表

严重金属损失列表至少应提供 5 个最深或 5 个 ERF 值最大的金属损失点的相关信息，具体内容应至少包括：

- a) 金属损失的里程位置；
- b) 金属损失距环焊缝的距离；
- c) 金属损失所在管节及相邻上下游各两节管节的长度，螺旋焊缝或直焊缝与环焊缝交点信息；
- d) 上游最近环焊缝距上游参考点的距离；
- e) 下游最近环焊缝距下游参考点的距离；
- f) 金属损失的环向位置；
- g) 特征描述和尺寸；
- h) 内/外部指示。

## 10.2 裂纹检测报告

裂纹检测报告应包括运行数据、裂纹特征列表、裂纹检测数据统计等基本信息。

### 10.2.1 检测器运行数据

参考 11.1.1 执行。

### 10.2.2 裂纹特征列表

管道裂纹特征列表应包括所有超声内检测器检测出的管道裂纹，至少应包括以下信息：

- a) 裂纹特征的里程位置；
- b) 裂纹特征的尺寸；
- c) 裂纹特征环向位置；
- d) 距上游环焊缝距离；
- e) 上游环焊缝名称；
- f) 管节长度；
- g) 距最近参考点的距离；
- h) 最近参考点名称。

### 10.2.3 裂纹数据统计表

- a) 裂纹长度 $<2t$  裂纹的数量；
- b)  $2t \leq$ 裂纹长度 $<4t$  裂纹的数量；
- c)  $4t \leq$ 裂纹长度 $<6t$  裂纹的数量；
- d)  $6t \leq$ 裂纹长度 $<8t$  裂纹的数量；
- e)  $8t \leq$ 裂纹长度 $<10t$  裂纹的数量；
- f)  $10t \leq$ 裂纹长度的裂纹的数量；
- g) 每种类型和方向的裂纹总数；
- h) 内部每种类型和方向裂纹数量；
- i) 外部每种类型和方向裂纹数量。

### 10.2.4 裂纹分布图

- a) 沿管道长度分布图；
- b) 周向异常与最近的环焊缝相对距离的关系图；
- c) 纵向异常与焊缝相对距离的关系图。

## 11 开挖验证

### 11.1 验证过程

超声内检测结束后，应选择适当缺陷进行开挖验证、测绘，并形成检测结果验证报告，每百公里连续检测管段的检测点应不少于 5 个，且每次单个连续检测段的验证点不应少于 2 个。对于业主单位有特殊要求的，可根据现场情况双方协定，确定开挖点数量，报告中应以表格的形式详细描述开挖验证点的检测结果和实测结果。

### 11.2 验证报告

验证报告应包括：

- a) 验证点全面描述；

- b) 验证点现场实测结果;
- c) 验证点的检测数据信号图;
- d) 验证点现场照片;
- e) 检测结果与实测结果之间的误差, 应包括: 深度误差、长度误差、宽度误差、轴向定位误差、周向定位误差等。

## 12 交工资料

交工资料应至少包括以下内容:

- a) 检测方案;
- b) 超声内检测报告;
- c) 开挖验证报告。

征求意见稿