



中国特种设备安全与节能促进会标准

CPASE X XXX-XXXX

油气管道变形及漏磁检测数据分析规范

Specification for oil & gas pipeline deformation and magnetic flux leakage
inspection data analysis

(征求意见稿)

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

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	1
4 检测数据分析前准备	2
5 检测数据接收	2
6 检测数据预处理	3
7 检测数据分析处理	4
8 检测报告	6
附录 A (资料性附录) 漏磁检测初始报告示例	8
附录 B (资料性附录) 变形检测初始报告示例	9
附录 C (资料性附录) 漏磁检测报告示例	10
附录 D (资料性附录) 变形检测报告示例	13

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：中油管道检测技术有限责任公司、xxx……。

本文件主要起草人：

本文件为首次发布。

征求意见稿

引 言

《中华人民共和国特种设备安全法》规定油气管道企业要对管道开展定期检验工作，管道内检测作为定期检验的技术手段，其重要性不言而喻。管道变形及漏磁检测数据分析是管道内检测技术中的重要环节，其准确性直接影响管道剩余强度评价、剩余寿命预测结果和再检测时间的确定，对管道企业制定缺陷维护维修计划，合理利用维修费用，确保管道安全运行起到至关重要的作用。

但在实际工作中，各家检测机构所采用的数据分析作业方式不尽相同，数据分析结果准确性也存在差异，导致检测报告精度不一定得到保证。因此制定一套《油气管道变形及漏磁检测数据分析规范》，通过提供科学规范的流程，统一的工作方法和要求，明确变形及漏磁检测数据分析工作的技术方法，指导管道内检测机构开展科学的数据分析工作，利于及时发现工作中的短板，提升数据分析工作效率及检测报告质量，达到或超越数据分析技术的标杆水平。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会负责解释。对于未经中国特种设备安全与节能促进会书面授权或认可的其他机构对本文件的宣贯或解释所导致的理解偏差及由此引发的任何后果，或因本文件使用不当而产生的纠纷与损失，中国特种设备安全与节能促进会不承担任何责任。

征求意见稿

油气管道变形及漏磁检测数据分析规范

1 范围

本文件规定了油气管道几何变形及漏磁检测的数据分析作业流程和技术要求。

本文件适用于分析处理利用几何变形检测、漏磁检测设备及几何变形检测与漏磁检测复合设备获得的检测数据。

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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

几何变形检测 geometry inspection

以检测管道几何变形情况为目的所实施的管道内检测。

3.2

漏磁检测 magnetic flux leakage; MFL

利用磁铁磁化管壁，通过磁通量变化，检测管体和焊缝中存在的缺陷和管道特征的内检测技术。

3.3

检测概率 probability of detection; POD

检测器检测出管道特征的概率。

3.4

报告阈值 reporting threshold

说明是否报告某项异常的参数。

注：该参数可以是一个有关异常或特征的深度、宽度或长度的限制值。

3.5

管道特征 pipeline feature

管道上存在的金属损失、变形、裂纹、焊缝异常、焊缝、管道附属设施及制造缺陷等。

3.6

缺陷 defect

尺寸或特性超出可接受限度的异常。

3.7

金属损失 metal loss

因金属消失导致的管道壁厚减薄。金属损失通常是由于腐蚀、机械损伤及管材缺陷造成的。

3.8

变形 deformation

管道形状的永久性改变。

3.9

内部金属损失 internal metal loss

发生在管壁内表面的金属损失。

3.10

外部金属损失 external metal loss

发生在管壁外表面及壁中的金属损失。

3.11

焊缝缺陷 weld defect

位于焊缝处的尺寸或特征超出可接受限度的异常。

注：焊缝缺陷包括咬边、未焊透、夹渣、气孔、余高不足、错边等。

3.12

地面标记器 above-ground marker; AGM

一种放置于管道上方，能够检测并记录检测器的通过或能发出被检测器检测到的信号的便携式或永久性装置。

4 检测数据分析前准备

4.1 资料收集

收集项目合同、管道内检测实施方案，管线调查表，管道建设及维护维修资料，上轮次内检测报告、检测器牵拉试验报告及调试记录等。

4.2 资料调查

- a) 依据项目合同和管道内检测实施方案确定本次检测报告内容、检测报告提交时间、现场开挖验证及业主培训内容要求。
- b) 依据管线调查表建立管道参数档案。

5 检测数据接收

接收的检测数据及资料应包括：

- a) 检测数据，地面标记器数据；
- b) 检测信息表，包括项目概况，管道概况，检测器基本信息，检测器运行信息，设标信息等；
- c) 收球筒、发球筒及中间阀室示意图；
- d) 跟踪设标记录表，包括桩号，地面标记器盒号，地面标记器盒位置等。

6 检测数据预处理

6.1 预处理准备

6.1.1 地面标记器对照表建立

- a) 对于置于管道上方的便携式地面标记器，应分析处理信号，建立可使用的地面标记器和地上标识位置及检测器通过时间对照表；
- b) 对于置于管道上方的永久性标记器，可通过对检测数据的分析，识别出永久性标记器信号，建立永久性标记器和地上标识位置对照表。

6.1.2 数据归集

在服务器或数据分析机上建立检测项目文件夹，并将检测数据、地面标记器对照表及资料上传至项目文件夹中。

6.2 项目创立

- a) 使用数据分析软件创立相应的检测数据分析项目；
- b) 项目名称应包括管径、检测器类型、管道名称、检测日期等；
- c) 项目信息应包括管径、检测器类型，轴向采样间距，管道壁厚等；
- d) 选择加载检测数据和地面标记器对照表。

6.3 参数配置

- a) 项目创立后，配置显示参数，确保各通道显示比例及曲线图、灰度图和彩色图以可清晰识别焊缝信号和各类特征报告阈值信号为宜；
- b) 配置正确的量化公式或量化参数，确保金属损失和变形的尺寸量化准确；
- c) 设置起始里程，将主干线阀门中心或主干线阀门起始环焊缝设置为里程“0”起点；
- d) 设置起始周向，根据收发球时管顶探头号调整起始周向位置，通过收发球站及中间阀室的管道标准件位置验证周向通道位置的正确性；
- e) 调整主通道、ID/OD 通道对齐显示（可选）。

6.4 检测数据质量验收

6.4.1 检测数据质量验收应至少包括：

- a) 非连续性的数据丢失小于或等于管道长度的 3%；
- b) 连续性的数据丢失小于或等于管道长度的 0.5%；
- c) 检测器运行速度超过允许速度上限的数据长度小于或等于管道长度的 2%；
- d) 连续通道丢失小于全圆周通道数的 1% 或者 25mm 圆周数据中的最小值；
- e) 影响正常数据分析的噪声通道可接受条件应参照 a) 或 b)；
- f) 变形检测周向定位精度满足 $\pm 15^\circ$ ，漏磁检测周向定位精度满足 $\pm 5^\circ$ ；
- g) 轴向定位精度满足参考环焊缝与参考点之间的距离误差小于 $\pm 1\%$ 。

6.4.2 检测数据质量验收后，出具检测数据验收报告，报告应包括：

- a) 检测里程完整性，包括检测里程与准确参考里程的偏差；
- b) 通道信号质量，包括通道数据丢失及传感器噪声情况；
- c) 特征遗漏或没有记录，包括管道的小特征如压力表配件、小口径放空口与排污口，以及其他的分接头和直径小于或等于 25mm 的配件、丢失已知的法兰组、阀门或大内径三通等特征情况；

- d) 周向信号质量, 包括与已知的三通和小开孔周向偏差情况;
- e) 地面标记器质量, 包括永久性标记器信号准确性及便携式标记器激活率, 计算参考标记器的定位精度。

6.5 检测数据预分析

- a) 对于验收合格的数据, 自动分析环焊缝和管节时间交点;
- b) 对影响自动分析的通道噪声进行滤波处理后, 按照初始报告要求或自行设置阈值快速自动分析金属损失和变形;
- c) 出具漏磁检测初始报告和变形检测初始报告, 内容见附录 A、附录 B;
- d) 漏磁检测初始报告应包括深度大于等于管道正常壁厚 50% 的金属损失和预估维修比大于 1 的金属损失, 或 5 个深度较深的金属损失和业主要求提供需关注的金属损失;
- e) 变形检测初始报告应包括变形量大于等于管道外径 5% 的变形点及影响后续检测器通过的特征点;
- f) 复合检测初始报告, 应包含漏磁检测初始报告和变形检测初始报告的内容;
- g) 对预分析发现的非法小开孔、深度大于等于管道正常壁厚 70%wt 的金属损失需在初始报告前紧急报告。

7 检测数据分析处理

7.1 制定分析规则

在进行自动分析之前, 需依据合同要求和管道缺陷情况制定分析规则。不具备自动分析能力时, 可采用人工分析。分析规则包括但不限于:

- a) 数据通道信号显示比例宜以可清晰识别焊缝信号和各类特征报告阈值信号为准;
- b) 金属损失、凹陷及椭圆度识别阈值要求应参照合同规定, 若合同无规定, 应符合 SY/T 6597 中检测阈值的要求;
- c) 应明确管道上金属损失、焊缝异常、补口带下异常的信号分析要求;
- d) 应明确人工校核和数据审核的人员能力及工作内容要求。

7.2 自动分析

- a) 自动识别金属损失和几何变形, 可通过设置金属损失深度阈值和变形量阈值, 确保自动识别的准确率满足预期要求;
- b) 自动识别环焊缝上、螺旋焊缝上、直焊缝上的异常;
- c) 自动识别管道附件特征, 可识别的管道附件特征应包括阀门、三通、小开孔和弯头等;
- d) 自动识别管道壁厚, 结合被检管道壁厚种类和检测数据, 进行管道壁厚的自动识别。

7.3 人工校核

人工校核工作内容包括但不限于:

- a) 环焊缝:
 - 1) 校核管长小于 0.5m 和大于 12.5m 的管节环焊缝, 环焊缝的识别准确率应大于 98%;
 - 2) 校核自动分析的环焊缝中心位置与实际数据信号中心位置的偏差宜小于 $\pm 0.03\text{m}$ 。
- b) 管节时间交点:
 - 1) 校核管节类型与实际管节类型一致性, 准确率应不低于 98%;
 - 2) 校核管节时间交点位置的准确性, 时钟偏差宜小于 $\pm 5^\circ$;
 - 3) 校核同一管节直焊缝与上下游环焊缝的时间交点应一致;

- 4) 校核未知管节时间交点是否可人工识别。
- c) 几何变形:
 - 1) 校核自动识别的准确性, 识别概率应不低于 90%;
 - 2) 凹陷、椭圆度、褶皱、斜接角应与检测信号一致;
 - 3) 变形量与检测数据信号幅值的一致性;
 - 4) 对受通道噪声或损坏影响、受焊缝或其他管道特征信号交互影响的几何变形做出标识;
 - 5) 若发送漏磁检测器, 需确认几何变形上存在金属损失的相关性。
- d) 金属损失:
 - 1) 校核自动识别的准确性, 识别概率应不低于 90%;
 - 2) 校核金属损失内/外部判定的准确性, 应不低于 90%;
 - 3) 对受通道噪声或损坏影响、受焊缝或其他管道特征信号交互影响的金属损失;
 - 4) 校核金属损失深度的准确性, 检查金属损失深度与检测信号幅值的一致性。
- e) 焊缝异常:
 - 1) 校核自动识别的准确性;
 - 2) 校核环焊缝异常、螺旋焊缝异常、直焊缝异常应与信号一致;
 - 3) 校核环焊缝异常与弯头、短管、壁厚变化的关系标识的正确性;
 - 4) 校核焊缝异常的深度或级别与检测信号幅值的一致性。
- f) 管道附件及其他非缺陷类管道特征:
 - 1) 校核阀门、法兰、三通、小开孔、弯头等管道附件及其他管道特征是否识别正确; 要求阀门、三通、弯头的识别准确率大于 98%;
 - 2) 场站的阀门、三通、小开孔应确保其数量和周向位置与示意图或照片一致, 非场站的三通或小开孔应确认是否为封堵维修时产生, 重点关注是否存在非法小开孔;
 - 3) 金属增加信号是否接触管壁;
 - 4) 确认未知物信号。
- g) 壁厚变化:

结合管节磁场基值与业主提供的壁厚资料, 校核管道壁厚的自动识别的准确性。
- h) 定位精度:

校核参考点数据准确性, 参考环焊缝与参考点之间的距离误差小于 $\pm 1\%$ 。

7.4 数据审核

数据审核工作内容包括但不限于:

- a) 环焊缝:
 - 1) 审核管长小于 0.5m 和大于 12.5m 的管节环焊缝的准确性;
 - 2) 审核不少于 100 个环焊缝及交点的准确性, 包括位置偏差小于 $\pm 0.03\text{m}$, 管节时间交点偏差小于 $\pm 5^\circ$, 各项准确率大于 98%。
- b) 金属损失:
 - 1) 审核深度大于或等于管道壁厚 50% 的金属损失和预估维修比 (ERF) 大于 1 的金属损失的识别、量化、内外部判定准确性, 或自行界定长度、宽度、深度的审核阈值;
 - 2) 审核受检测器运行超速影响、通道噪声影响、管道特征信号交互影响的金属损失深度及内外部判定的准确性。
- c) 焊缝异常:

审核深度大于或等于管道壁厚 25% 的焊缝异常的识别、量化准确性。
- d) 几何变形:

- 1) 审核变形量大于或等于管道外径 6%的凹陷、变形量大于或等于管道外径 5%的椭圆度、角度大于 3 度的斜接角和所有褶皱、屈曲、波纹，识别和量化的准确性；
 - 2) 审核与金属损失、焊缝相关的凹陷识别的准确性；
 - 3) 审核受检测器运行超速影响、通道噪声影响、管道特征信号交互影响的变形点变形量准确性。
- e) 管道附件：
- 1) 发球筒、收球筒和中间阀室的管道附件数量及周向与其示意图一致性；
 - 2) 审核数量不少于 20 处弯头和冷弯管的准确性。
- f) 其他管道特征：
- 审核其他需要报告的管道特征识别准确性。

8 检测报告

8.1 用户化报告输出

完成数据分析及审核后，可进行用户化报告输出，应满足如下要求：

- a) 用户化报告内容应符合合同规定；
- b) 应进行安装、显示、各类表单输出、主数据浏览和特征跳转等功能测试；
- c) 应整理用户化报告安装包及主数据。

8.2 检测报告编制

依据用户化报告内容编制内检测报告，宜满足如下要求：

- a) 按照合同规定的报告模版编制，若合同无明确要求，漏磁检测报告、变形检测报告内容见附录 C、附录 D；
- b) 检测报告及附件列表应符合 GB/T 27699 和 SY/T 6597 中的相关要求；
- c) 转换组合检测报告为 PDF 版本。

8.3 检测报告审核

检测报告审核内容包括但不限于：

- a) 报告模版及其他附件列表模版应符合合同要求；
- b) 报告编号、项目名称、业主名称、管道参数、设备参数等信息应与合同或技术方案保持一致；
- c) 已经开挖验证的管道特征，报告中应标明实际开挖测量结果；
- d) 报告中关于文字描述、标准引用、数据统计、页码等其他内容的准确性；
- e) 各附件列表标题行、页眉页脚、各项内容的准确性；
- f) PDF 版电子版报告及各列表的准确性。

8.4 检测报告提交

签署检测报告并加盖检测机构检测专用章，将合同中规定的检测报告（纸质报告和电子版）及用户化报告提交业主。

8.5 检测报告与数据存档

检测机构按照本公司的存档要求完成公司存档，存档内容包括但不限于：

- a) 前期文档（包括但不限于合同、检测方案、管道资料、设备资料等）；
- b) 现场文档（包括但不限于清管记录、检测信息、设标信息等）；
- c) 主数据文件及数据库文件；

- d) 数据分析过程文档（包含数据分析规则、校核记录、审核记录）；
- e) 检测报告。

征求意见稿

附 录 A
(资料性)
漏磁检测初始报告示例

A.1 概述

简述项目及管道基本情况，描述管道上存在的深度大于或等于管道壁厚 50%的金属损失和预估维修比（ERF）大于 1 的金属损失情况及需业主关注的其他管道缺陷。

A.2 检测器运行数据

描述检测器技术指标、检测器精度指标及检测器示意图或照片。

A.3 清管及检测过程

描述清管及检测时间，简述清管过程和检测过程，用曲线图描述检测器运行速度。

A.4 漏磁检测数据质量

对漏磁检测数据从检测里程完整性，通道信号质量，特征遗漏或没有记录，周向信号质量，地面标记器信号的质量情况进行描述。

A.5 漏磁检测数据初步分析结果

- a) 管道上存在的深度大于或等于管道壁厚 50%的金属损失和预估维修比（ERF）大于 1 的金属损失列表；
- b) 需业主关注的其他管道缺陷列表；
- c) 开挖点列表；
- d) 开挖点数据映像图及开挖单（可选）。

附 录 B
(资料性)
变形检测初始报告示例

B. 1 概述

简述项目及管道基本情况，描述管道上存在的变形量大于或等于管道外径 6% 的凹陷、变形量大于或等于管道外径 5% 的椭圆度、角度大于 3 度的斜接角和所有褶皱、屈曲、波纹情况及需业主关注的其他管道异常。

B. 2 检测器运行数据

描述检测器技术指标、检测器精度指标及检测器示意图或照片。

B. 3 清管及检测过程

描述清管及检测时间，简述清管过程和检测过程，用曲线图描述检测器运行速度。

B. 4 变形检测数据质量

对变形检测数据从检测里程完整性，通道信号质量，特征遗漏或没有记录，周向信号质量，地面标记器信号的质量情况进行描述。

B. 5 变形检测数据初步分析结果

- a) 变形量大于或等于管道外径 6% 的凹陷、变形量大于或等于管道外径 5% 的椭圆度、角度大于 3 度的斜接角和所有褶皱、屈曲、波纹列表；
- b) 需业主关注的其他管道异常列表；
- c) 报告的管道变形及其他异常的数据映像图及开挖单（可选）。

附录 C
(资料性)
漏磁检测报告示例

C.1 概述

简述项目及管道情况、管道上存在的各类管道特征数量统计（包括组件及其他统计、各类缺陷总数统计及分级统计）。

C.2 编制依据

检测报告编制依据的标准。

C.3 检测器运行数据

描述检测器及运行情况，包含以下内容：

- a) 检测器技术指标和精度指标；
- b) 检测阈值和报告阈值；
- c) 清管及检测设备示意图或照片；
- d) 清管及检测过程描述；
- e) 用曲线图描述检测器运行速度、磁化水平。

C.4 漏磁检测数据质量

对漏磁检测数据从检测里程完整性，通道信号质量，特征遗漏或没有记录，周向信号质量，地面标记器信号的质量情况进行描述。

C.5 金属损失总结

- a) 金属损失按深度级别和内外部分统计数量；
- b) 金属损失按 ERF 级别统计数量；
- c) 金属损失按尺寸类型统计数量；
- d) 用柱状图与平面图描述金属损失沿里程及周向分布情况；
- e) 金属损失按深度及 ERF 排列最大的 5 个点列表、映像图与开挖单（可选）。

C.6 焊缝异常信息总结

环焊缝异常、螺旋焊缝异常、直焊缝异常按照深度或分级统计数量，列明分级依据。

C.7 变形信息总结

凹陷、椭圆度、斜接角、褶皱、屈曲、波纹按变形量（或角度）统计数量。

C.8 其他缺陷总结

补口带下异常、非法开孔等其他危害管道安全的缺陷信息统计。

C.9 管道信息总结

其他管道特征总结，包括：环焊缝、壁厚变化、管道附件、弯头、冷弯管、金属增加、维修点、磁标记、阴极保护、设标点等。

C.10 报告使用指南

报告中的缩写术语解释示例、附件列表中关键项的解释示例。

C.11 报告附件列表

包含以下内容：

- a) 金属损失列表；
- b) 焊缝异常列表；
- c) 补口带下异常列表（可选）；
- d) 变形列表（可选）；
- e) 环焊缝列表；
- f) 壁厚变化列表；
- g) 管道附件列表；
- h) 弯头列表；
- i) 冷弯管列表（可选）；
- j) 参考点列表；
- k) 管道特征列表（见表 C.1）。

征求意见稿

表C.1 管道特征列表结构

序号	环焊缝编号	检测里程 (m)	特征类型	特征识别	长 (m m)	宽 (m m)	深 (% wt)	相对变形量/角度 (%OD/°)	周向 (h:mi n)	内外指示	ER F	尺寸分类	管节长度 (m)	焊缝类型	上游交点 (h: min)	下游交点 (h: min)	壁厚 (m m)	距上游环焊缝距离 (m)	最近参考名称	最近参考点距离 (m)	经度 (°)	纬度 (°)	高程 (m)	备注	高后果区类型	高后果区等级

附录 D
(资料性)
变形检测报告示例

D.1 概述

简述项目及管道基本情况，描述变形检测成果情况。

D.2 编制依据

检测报告编制依据的标准。

D.3 检测器运行数据

描述检测器及运行情况，包含以下内容：

- a) 检测器技术指标和精度指标；
- b) 检测阈值和报告阈值；
- c) 清管及检测设备示意图或照片；
- d) 清管及检测过程描述；
- e) 用曲线图描述检测器运行速度。

D.4 变形检测数据质量

对变形检测数据从检测里程完整性，通道信号质量，特征遗漏或没有记录，周向信号质量，地面标记器信号的质量情况进行描述。

D.5 变形检测结果总结

- a) 变形点按照类别统计；
- b) 变形点按照变形量数量统计；
- c) 用柱状图、平面图描述变形点沿里程及周向分布情况。

D.6 报告附件列表

包含以下内容：

- a) 变形点列表；
- b) 环焊缝列表（可选）；
- c) 管道附件列表（可选）；
- d) 参考点列表。