



中国特种设备安全与节能促进会标准

CPASE XX 000—20XX

钢质管道涡流内检测技术规范

Specification for eddy current in-line inspection of steel pipeline

(征求意见稿)

20XX-XXXX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国特种设备安全与节能促进会 发布

目 次

前 言 III

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..... 2

5 检测实施准备..... 3

6 内检测作业实施 6

7 检测数据分析..... 9

8 检测结果验证..... 10

9 检测报告..... 10

10 双金属复合管涡流内检测相关要求 12

11 交工资料 13

附 录 A （规范性） 清管阀发球作业程序..... 14

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：

征求意见稿

引 言

钢质管道作为油气等流体介质输送的核心基础设施，其安全稳定运行直接关系到能源供应安全、生态环境和人民生命财产安全。涡流内检测技术凭借无需耦合剂、适配多种工况等技术优势，成为钢质管道管体及焊缝缺陷检测、完整性评价的重要手段，尤其在低压力低流量管道、双金属复合管道、非标发球装置管道等非常规工况检测中具备不可替代的应用价值。

目前我国油气管道建设规模持续扩大，双金属复合管里程逐年增加，低流速、低压、超高压、高流速、非常规收发球装置等非常规工况管道的检测需求显著提升，涡流内检测技术的应用场景不断拓展。但国内尚未出台针对钢质管道涡流内检测的专项技术规范，行业内检测作业的实施流程、设备要求、人员资质、数据处理及结果验证等环节缺乏统一的技术依据，易导致检测质量参差不齐、数据精度难以保障，制约了涡流内检测技术在管道完整性管理中的规范化应用。

为规范钢质管道涡流内检测的技术要求和作业流程，统一检测设备性能指标、人员资质要求、数据分析方法及结果验证标准，提升涡流内检测工作的科学性、规范性和检测结果的可靠性，为油气管道完整性管理提供精准的技术数据支撑，特制定本文件。本文件结合国内钢质管道涡流内检测的工程实践经验，参考相关国家标准、行业标准的技术要求，明确了涡流内检测从作业准备、现场实施到数据分析、结果验证及报告编制的全流程技术规范，适用于陆上钢质管道及双金属复合管道的涡流内检测作业，也为海底管道涡流内检测提供了参照依据，对推动我国管道涡流内检测行业标准化、规范化发展，保障油气管道安全运行具有重要意义。

本文件由中国特种设备安全与节能促进会负责解释。未经中国特种设备安全与节能促进会书面授权或认可，任何单位或个人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。

钢质管道涡流内检测技术规范

1 范围

本文件规定了实施钢质管道涡流内检测的技术要求。对涡流内检测作业一般要求、检测实施前准备、内检测作业实施、检测数据分析、检测结果验证及检测报告内容要求作出了规定。

本文件适用于在役输送介质为液体、气体以及混输的陆上钢质管道及双金属复合管道的内检测，符合条件的海底管道涡流内检测可参照本文件执行。

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）适用本文件。

- GB/T 27699 钢质管道内检测技术规范
- JB/T 11175 石油、天然气工业用清管阀
- SY/T 5536 原油管道运行规范
- SY/T 5922 天然气管道运行规范
- SY/T 6597 油气管道内检测技术规范

3 术语和定义

下列属于和定义适用于本文件。

3.1

涡流内检测 eddy current in-line inspection

利用涡流传感器组成的检测模块，随检测器在管道内随介质运行，实时采集并记录管道本体缺陷、焊缝结构等相关特征信息，通过数据分析识别管道金属损失、凹陷等缺陷及管道特征的内检测方法。

3.2

通过性检测 passability test

利用通过性检测设备（如通过性检测清管器、几何检测器、变形检测器、电子测径检测器等）判断管道是否能够满足检测器通过能力，并且测试有效流量和速度的作业。

3.3

低压运行管道 low pressure operating pipeline

管道运行压力 $\leq 1.0\text{MPa}$ 的管道。

3.4

高压运行管道 high pressure operating pipeline

管道运行压力 $\geq 10.0\text{MPa}$ 的管道。

3.5

低流速管道 low-flow pipeline

输送液体介质的管道流速 $\leq 0.5\text{m/s}$ 以及输送气体管道介质流速 $\leq 1.0\text{m/s}$ 的管道。

3.6

高流速管道 high-flow pipeline

管道介质流速 $\geq 5.0\text{m/s}$ 的管道。

3.7

传感器轴向间距

指涡流传感器边缘之间间距；

3.8

清管阀 pig valve

实现各种清管器或检测器的投放与接收，同时保障管道输送介质正常流动或安全隔离的专用阀门。

3.9

提离值 lift-off value

指涡流内检测过程中，涡流传感器的探测端面与管道内壁金属表面之间的垂直距离。

4 一般要求

4.1 检测单位及人员要求

4.1.1 从事检测的项目经理、技术负责人、QHSE（安全）负责人及数据分析负责人，应具备中国特种设备安全与节能促进会管道内检测专业委员会颁发的涡流内检测工程师证书。

4.1.2 检测机构需具有从事涡流内检测的专业人员，应具有不少于 8 名经中国特种设备安全与节能促进会管道内检测专业委员会认证的涡流内检测工程师。

4.2 涡流内检测一般性要求

4.2.1 涡流内检测适用管道及工况范围详见表 1 所示。

表 1 涡流内检测适用范围表

管道类型及工况	泡沫涡流检测器	皮碗涡流检测器
清管阀管道	√	√
临时发球装置	√	√
U 型管道（1.0D 弯头）	√	/
双金属复合管	√	√
高温管道	/	√
低压运行管道	√	√
高压运行管道	/	√
低流速管道	√	√
高流速管道	/	√

4.2.2 检测器运行期间，管道的输送流量应保持平稳且满足检测器运行速度的要求，涡流内检测器运行速度范围：0.1~8.0 m/s。

4.2.3 检测器运行期间，当管道介质温度小于 50℃时，可选用常温型设备；当管道介质温度大于等于 50℃时，应选用高温型设备。

4.2.4 检测前应详细调研管线路由信息、清管信息、失效信息、维修维护信息、生产工况、介质

等信息。

- 4.2.5 涡流内检测收发球装置宜采用收发球筒、清管阀等，针对不具备收发球装置的管道，应增加临时收发装置（如清管阀、收发球筒、带盲板短节等）使其具备内检测条件。
- 4.2.6 管道的位置信息、数据存储及使用应符合国家法律法规的保密要求。
- 4.2.7 首次工业现场应用或闲置 1 年以上重新启用的涡流检测器在现场检测前应提供该检测器的牵拉试验报告或应业主方要求进行第三方牵拉验证。
- 4.2.8 涡流内检测作业流程按照 GB/T 27699 附录 E 执行。

5 检测实施准备

5.1 检测设备选择及性能要求

5.1.1 检测设备的通用性要求

- 5.1.1.1 检测器应具备通过 1.5D 弯头及 20%OD 直管道变形的能力。
- 5.1.1.2 检测器的承压能力应满足管道运行工况，当管道运行压力大于 10MPa 及以上时，应提供第三方实验室出具的检测器承压能力报告。
- 5.1.1.3 当检测器应用于清管阀、非标发球装置管道的检测时，适用于清管阀收发球的检测器总长度应小于等于清管阀底部挡条至筒体顶部长度 L2（详见图 5-1 所示）。

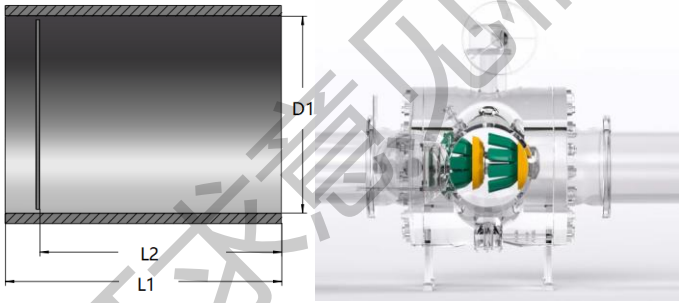


图 5-1 清管阀内筒结构示意图

- 5.1.1.4 检测器应适用于所有类型管道，包括螺旋焊缝管、直缝管及无缝管等，需探测到的管道特征包含但不限于：阀门、弯头、三通、绝缘接头（法兰）、支管、焊缝、金属损失、凹陷等及对以上特征的定位。
 - 5.1.1.5 当检测器在含硫化氢介质中运行时，检测器主体结构、承压件、紧固件、密封件、皮碗、线缆护套均应采用耐 H₂S、抗 SSCC/HIC 材质，禁止使用普通碳钢、低合金钢、不耐硫橡胶与塑料，避免硫化物应力开裂与溶胀失效。
 - 5.1.1.6 检测器应在含 H₂S、含水、含 CO₂、含氯离子、含硫化亚铁的油气介质中稳定运行，皮碗、支撑、驱动部件耐磨、耐老化，长距离运行不脱落、不失效、不卡堵。
 - 5.1.1.7 检测器应具有防爆性能，并取得第三方专业机构认证的防爆证书。
- 5.1.2 涡流内检测设备分类

涡流内检测器分为两类：泡沫涡流检测器、皮碗涡流检测器。不同类别检测器的主要区别在于检测器的结构形式，传感器数量、大小及方向，数据分析模型，具体分类详见表 5-2 所示。

表 5-2 涡流内检测设备分类

指标名称		泡沫涡流内检测器	皮碗涡流内检测器
传感器周向间距		$\leq 5 \text{ mm}$	$\leq 3 \text{ mm}$
轴向采样频率 ¹		$\geq 2000 \text{ Hz}$	$\geq 2000 \text{ Hz}$
金属损失	内部金属损失	可检出可判定尺寸	可检出可判定尺寸
	外部金属损失	有限检出	有限检出
	机械损伤	有限检出	有限检出
类裂纹	狭长轴向外腐蚀	检不出	检不出
	应力腐蚀裂纹	有限检出	有限检出
	疲劳裂纹	有限检出	有限检出
	直焊缝裂纹(焊趾裂纹、沟型裂纹、未焊透、焊缝优先腐蚀)	有限检出	有限检出
	环向裂纹	有限检出	有限检出
	氢致裂纹	有限检出	有限检出
焊缝异常	直焊缝异常	有限检出 [*]	有限检出 [*]
	螺旋焊缝异常	有限检出 [*]	可检出 [*]
	环焊缝异常	有限检出 [*]	可检出 [*]
变形	凹陷	可检出	可检出
	椭圆度	检不出	检不出
	褶皱	可检出	可检出
维修记录	A 型套筒	检不出	检不出
	B 型套筒	可检出	可检出
	环氧套筒	检不出	检不出
	补板堆焊	有限检出	有限检出

注 1：基于里程采样的设备轴向采样间距应不超过 2 mm。

注 2：打星号的项，若需要提供该项目的检测，检测服务商需提供能力证明；

5.1.3 涡流检测器性能规格要求

5.1.3.1 涡流内检测的性能规格应满足：

- 阀门、三通、弯头、支管、法兰、焊缝等特征的 POI 大于 98%；
- 内部金属损失的 POI 大于 90%；
- 焊缝异常、凹陷的 POI 大于 80%。

5.1.3.2 涡流内检测金属损失尺寸指标详见表 3 所示；针孔类金属损失量化精度详见表 4 所示；

特征定位精度满足表 5 的要求。

表 3 涡流内检测器性能规格

指标名称		泡沫涡流内检测器	皮碗涡流内检测器
普通金属 损失	POD=90%时的检测阈值	2mm	1.5mm
	可信度=90%时的深度精度	± 1.5mm	± 1.5mm
	可信度=90%时的长度精度	± 20mm	± 15mm
	可信度=90%时的宽度精度	± 20mm	± 20mm
坑状金属 损失	POD=90%时的检测阈值	2mm	1.5mm
	可信度=90%时的深度精度	± 1.5mm	± 1.5mm
	可信度=90%时的长度精度	± 20mm	± 15mm
	可信度=90%时的宽度精度	± 20mm	± 20mm
轴向沟槽	POD=90%时的检测阈值	2mm	1.5mm
	可信度=90%时的深度精度	± 1.5mm	± 1.5mm
	可信度=90%时的长度精度	± 20mm	± 15mm
	可信度=90%时的宽度精度	± 20mm	± 20mm
环向沟槽	POD=90%时的检测阈值	2mm	1.5mm
	可信度=90%时的深度精度	± 1.5mm	± 1.5mm
	可信度=90%时的长度精度	± 20mm	± 15mm
	可信度=90%时的宽度精度	± 20mm	± 20mm

表 4 针孔类金属损失缺陷量化精度

针孔类缺陷指标（ $L \times W \leq A \times A$ ）	精度指标
可信度=90%时的深度精度	$\leq \pm 2.5 \text{ mm}$
注：L：缺陷的长度；W：缺陷的宽度；A 为管道壁厚，当管道壁厚小于等于 10 mm 时，A=10 mm。当管道壁厚大于 10 mm 时，A 等于管道壁厚。	

表 5 涡流检测特征定位精度

指标	精度指标
可信度=90%时的轴向定位精度	相对参考点距离：1%参考点间距或 $\pm 1 \text{ m}$
	距相邻环焊缝距离： $\pm 0.1 \text{ m}$
可信度=90%时的周向定位精度	管径小于或等于 DN300： $\pm 15^\circ$
	管道管径大于 DN300： $\pm 5^\circ$

5.2 管道调查与信息收集

- 5.2.1 钢质管道涡流内检测前，应按照 GBT27699 附录 D 管线调查表的要求详细调查管道情况；
- 5.2.2 管道使用单位应提供与检测相关的管道建设、管道改造、管道失效、管道维修维护、管道

历史清管、历史检测及评价资料；

5.2.3 检测机构应在管道使用单位的配合下对管道调查表中的内容进行现场勘察和核实；

5.2.4 管道使用单位和检测机构宜共同收集待检测管道的相关信息，评估管道检测的适宜性，并对影响管道检测的限制进行更新和改造。

5.3 管道内检测方案编制

5.3.1 检测前检测机构与管道使用单位应进行技术交底，并对全体作业人员进行技术交底和安全教育培训。

5.3.2 检测机构应依据管道调查表和现场实际勘察情况，编制检测方案，并经由甲方审批后方可实施。检测方案应至少包括以下内容：

- a) 检测目的、检测范围及管道基本情况；
- b) 检测方法、检测组织单位及检测程序；
- c) 清管方案、设标及跟踪要求；
- d) 检测方案及检测计划表；
- e) 检测结果可接受性准则；
- f) 开挖验证要求；
- g) HSE 作业要求；
- h) 应急预案。

6 内检测作业实施

6.1 检测作业区域布置要求

6.1.1 检测作业前，收发球区域应清理整洁，移除限制人员及设备移动的物品；

6.1.2 检测作业前，收发球作业区域内宜配置可移动式灭火器，并放置于收发球筒两侧便于紧急取用的位置；

6.1.3 检测收发球工作区域范围内应设置安全警示区，警示区用警示带围起，摆放警示牌；

6.1.4 对于作业过程中涉及的收发球工艺系统、放空系统、排污系统等，应确保阀门操作灵活，盲板密封良好，压力表工作状态良好，检测前所有系统应测试合格处于备用状态；

6.1.5 收发球站应准备充足的氮气，满足收发球作业期间进行氮气置换的需要；

6.1.6 作业人员应配置可燃气体检测仪；

6.1.7 含硫化氢介质的作业区域，应配置数量充足的在检定有效期内的硫化氢探测仪和正压式空气呼吸器。

6.2 踏勘设标与跟球要求

6.2.1 定标设备的选择

涡流内检测器运行时，宜采用非电磁原理的定标设备进行检测器的跟踪与定标定位，避免对涡流检测信号造成干扰。

6.2.2 参考点的选择

6.2.2.1 参考点宜设置在“三桩”附近且容易进入的位置，一般地区设标间距不宜超过 1 km；

6.2.2.2 发球装置和收球装置应设置参考点；

6.2.2.3 管道穿越或跨越大型河流、高速公路、铁路等特殊地段时，宜在特殊管段加密设置参考点；

6.2.2.4 泵站、阀室、大型穿跨越和裸管等重点位置两端应进行设标并监听，阀室两侧设标点距离阀室应大于 30m，并避开弯头；

6.2.2.5 在容易发生卡堵和管道运营单位特定要求的位置应设置参考点；

6.2.2.6 参考点应设置在管道正上方，并借助寻管仪探测管道准确位置并选取埋深较浅的位置作为参考点，参考点管道埋深不应大于 3m。

6.2.3 跟踪监听的要求

6.2.3.1 检测器发球前应制定跟踪计划表，跟踪计划表应明确监听设备编号、位置、埋深、环境以及预计到达时间；

6.2.3.2 清管及检测前，应提前埋设定标监听设备，全部监听点宜一次性设置完成；因管线较长，定标设备数量不足时，应根据清管器/检测器运行速度提前制定布置计划，采取交替方式进行跟踪；

6.2.3.3 采用远程通讯跟球系统时，后台监听人员应时刻关注清管器/检测器前后监听设备的信号，当过球时，应及时通报过球信息，信息应至少包含监听设备位置信息、过球时间、监听段平均速度、过球瞬时速度、到达下一监听点的预计时间；

6.2.3.4 当监听过程中发生特殊情况如长时间未到达监听点、清管器/检测器运动信号消失或发现泄流信号时，应及时向调度汇报并记录相应信息；结合压力及流量参数，综合判断是否发生卡球，如确认发生卡球应启动相应应急预案。

6.3 检测前清管要求

6.3.1 对于管道使用单位进行日常清管的管道，检测前清管宜选用同类型清管器进行首次清管，根据清管情况初步判断管道内部杂质情况。

6.3.2 从未进行清管作业或管道工艺发生重大变化的管道，应按照通过能力由强到弱的顺序开展，首个清管器宜选用泡沫清管器，泡沫清管器收球后及时评估状态，若存在较大损伤，下一个清管器宜选用泡沫测径清管器以评估管道内部状况，测径板外径宜为最小管道内径的 80%。

6.3.3 清管作业时应全程进行跟踪监听。

6.4 管道通过性检测

6.4.1 开展涡流检测前，应开展通过性检测作业，判断管道通过性不影响后续内检测作业时，方可开展涡流内检测。

6.4.2 应根据管道内径情况，选择与之匹配的管道通过性清管器；通过性清管器在管道内的通过能力应与涡流内检测器一致；

6.4.3 通过性检测清管器应采用带测径板类型清管器，当测径板出现影响检测器通过性能的变形时，宜选用带数据记录功能的变形检测器，记录、分析与定位限制点位置；

6.4.4 通过性检测前，应制定卡球应急预案；

6.4.5 当出现卡堵或压力异常升高时，应确认卡堵原因及位置，及时排除故障后，再次发送管道通过性检测器，直至管道通过器顺利通过；

6.4.6 当测径板清管器发现管道存在大于 20%ID 的变形时，宜采取泡沫几何检测或其他外部定位技术定位限制点准确位置，限制点消除后方可进行皮碗涡流检测；

6.4.7 对限制点无法消除的管道，经评估确需进行检测的，检测器宜选用泡沫涡流内检测器。

6.5 涡流检测作业

6.5.1 检测前准备

6.5.1.1 开展涡流内检测作业前，应对涡流检测器检测硬件系统以及机械系统进行校准与调试，

经调试合格后方可投入现场使用，并对调试过程及结果进行记录与存档；

6.5.1.2 开展涡流内检测作业前，应对检测器的涡流传感器、信号采集模块、数据处理单元、供电模块等涡流检测相关硬件系统的运行状态、精度、稳定性进行校准、测试与调试的工作，确保系统各项指标满足检测要求；

6.5.1.3 开展涡流内检测作业前，应对检测器的里程轮、万向节、支撑轮、密封皮碗 / 泡沫、连接构件等机械结构和装置的安装紧固性、运行灵活性、密封性进行检查、调试与校准的工作，确保机械系统适配管道工况并保障检测器正常运行；

6.5.1.4 低流速管道开展涡流内检测作业前，应计算检测时长，做好涡流检测器电池冗余。

6.5.2 发球作业要求

6.5.2.1 进行盲板打开作业前，应确保发球筒放空完毕，压力表显示压力为 0 MPa；

6.5.2.2 对于含硫化氢介质的管道应在盲板打开前进行氮气置换完成后方可进行发球作业；

6.5.2.3 发球时，先控制小排量运行，确认检测器前后密封良好后逐渐提高排量，让检测器平稳缓慢发出；

6.5.2.4 检测器运行过程中，宜通过控制管道内介质输量，确保检测器运行速度平稳；

6.5.2.5 检测器运行过程中，应通过现场安装的压力表或压力检测系统实时监测管道压力变化情况，如发现异常应停止作业并及时处理。

6.5.2.6 检测器发球作业分为发球筒发球工艺时，参照 GB/T 27699 附录 H 相关要求执行；当采用清管阀发球工艺，操作流程见附录 A；

6.5.2.7 使用外部动力源作为发球动力时，被检测管道宜预建背压，背压不应小于 0.5MPa。

6.5.3 收球作业要求

6.5.3.1 当检测器可能存在进站撞击盲板的情况下，应在盲板前放置缓冲垫或采用二次手球流程进行手球；

6.5.3.2 当有可能清出 FeS 或其他自燃物时，应在开盲板前对收球筒采取注水、喷淋等防护措施；

6.5.3.3 收球作业工程中，打开盲板作业时，现场人员严禁正对盲板操作；

6.5.3.4 检测器收球时，应确定收球筒与管道系统完全隔离，并泄压完毕，并参照 GB/T 27699 附录 H 收球工艺操作流程开展收球作业；

6.5.3.5 当检测器从收球筒取出后，应对其进行外观检查和清洁处理，记录检测器收球后状态；

6.5.3.6 收球后应及时下载检测数据，初步评估数据完整性，应包括数据采集覆盖全检测时间、收球后传感器信号清晰完整性、里程数据的完整性。

6.6 检测数据质量检查

根据管道性质以及传感器分辨率制定检测数据接受准则，数据质量应至少符合以下要求：

6.6.1 法兰、阀门、三通等已知管道明显核心特征，应完整识别并准确记录，严禁遗漏；若存在上述明显核心特征遗漏或未记录情况，应重新运行检测器进行检测。压力表配件、小口径放空口、排污口、其他分接头及公称直径 $\leq 25\text{mm}$ 的管道配件，若遗漏该类小型特征，且该类特征处于两个传感器之间或跨两个传感器布置，可无需重新运行检测器，仅需在检测报告中注明遗漏情况；

6.6.2 对于已开展过内检测且运行历史良好的管道，传感器通道数据丢失总数允许值 $\leq$ 检测总通道数的 2%；对于首次开展内检测的管道或高风险管道，传感器通道数据丢失总数允许值 $<$ 检测总通道数的 1%；严禁出现 2 个及以上相邻传感器通道同时丢失数据的情况；若传感器通道数据丢失情况超出上述限值，或存在相邻通道同时丢失数据的情形，应重新运行检测器进行检测；

6.6.3 传感器因损坏、接触不良等原因产生的噪声，若该噪声导致相邻正常检测通道的数据被掩盖，其可接受标准与传感器通道数据丢失的量化限值一致（即已检测且运行良好管道 $\leq 2\%$ 、首次检测或高风险管道 $< 1\%$ ）；若传感器噪声超出该可接受标准，应重新运行检测器进行检测；

6.6.4 因信号干扰、畸变等因素导致的数据降级管段长度，不得超过总检测管段长度的 2%；若数据降级管段长度超出该限值，应重新运行检测器进行检测；

6.6.5 整条检测管道的报告里程与准确参考里程的偏差，应控制在 $\leq 1\%$ 范围内；若里程偏差超出该限值，宜重新运行检测器，对检测数据进行校核采集。

6.7 现场服务报告提交

6.7.1 现场检测作业结束后，应在 7 个自然日内提供现场服务报告。

6.7.2 现场服务报告应至少包含以下内容：

- a) 检测时工艺运行参数包含压力、流量等；
- b) 检测器设备参数信息；
- c) 检测器运行参数，包括发球时间、收球时间以及运行速度图；
- d) 检测器收发球前后影像资料及状态描述；
- e) 参考点信息列表；
- f) 检测器运行过程中的其它异常信息；
- g) 检测数据质量检查结果。

7 检测数据分析

7.1 数据预处理

7.1.1 检测作业完成后，应对检测数据质量进行检查和验收，合格后进行数据预处理。

7.1.2 对金属损失深度大于等于 80%t 以上的金属损失点或 $ERF \geq 0.9$ 的金属损失点，预处理完成后应立即报告。

7.1.3 满足下列条件之一的凹陷，预处理完成后应立即报告：

- a) 在焊缝上且深度大于 4%OD 的凹陷；
- b) 含有金属损失且深度大于 40%OD 的凹陷；；
- c) 深度大于 6%OD 的凹陷。

7.2 检测初版报告

除非另有约定，检测服务方应在内检测完成后 15 个工作日内提供内检测初版报告，初版报告至少包含以下内容：

- a) 检测工程概述；
- b) 检测器运行数据；
- c) 数据质量评价；
- d) 管道特征列表；
- e) 环焊缝列表；
- f) 弯头列表；
- g) 内部金属损失列表；
- h) 凹陷列表；
- i) 推荐开挖列表。

8 检测结果验证

8.1 验证点选择

8.1.1 检测初始报告提供后,应选择适当缺陷或异常点进行开挖验证,并形成检测结果验证报告;每百公里连续检测段验证点数量不宜少于5个,且每次单个连续检测段的验证点不应少于2个;

8.1.2 验证点的选择应结合管道条件以及缺陷分布情况确认,如果无特殊情况开挖验证点中宜至少包含一个最深或最严重的缺陷、一个深度小于20%t的缺陷;

8.1.3 优先选择包含多种缺陷类型或多个缺陷点的管段进行开挖验证;

8.1.4 开挖验证宜结合管道缺陷修复进行。

8.2 验证过程

8.2.1 开挖验证应按照开挖验证单内容进行特征定位开挖以及测量,开挖单内容应包含内缺陷类型、绝对距离、尺寸、周向位置、最近参考点、距参考焊缝的距离、参考焊缝距最近参考点的距离、开挖点所在管节及上下游各两个管节的长度、制管焊缝与环焊缝的交点位置。

8.2.2 缺陷定位应先开挖参考环焊缝,依据特征离参考环焊缝距离进行确认,参考环焊缝的的确认可根据制管焊缝交点、管长或已知外部特征等位置确认准确性。

8.2.3 将验证点的现场测量结果与检测初始报告结果进行比对,确认实际检测精度是否达到双方约定精度指标。若检测结果验证合格,管道运营方现场代表签署检测结果验证报告,若不合格,应及时分析原因,增加开挖验证数量或重新分析内检测数据,若仍不合格,应重新运行内检测器。

8.3 验证报告

开挖验证最终报告应随最终检测报告一并提交,验证报告应包括:

8.3.1 验证点的全面描述。

8.3.2 验证点现场测量结果。

8.3.3 缺陷照片。

8.3.4 检测报告与现场测量结果之间的误差,包括:

- a) 轴向定位误差
- b) 深度误差
- c) 长度误差
- d) 宽度误差
- e) 周向定位误差。

8.3.5 如有必要,可对检测结果的可信度进行进一步的计算、验证。

9 检测报告

检测单位应根据开挖验证结果对数据分析量化成果进行修正,并在开挖验证后30个工作日内,出具内检测终版报告。涡流检测终版报告由内部金属损失检测报告、内检测数据特征总表等两部分组成。

9.1 内部金属损失检测报告

内部金属损失检测报告内容包含不限于:检测工程概述、检测器性能指标和运行数据、数据质量评价、内部金属损失数据统计分析、凹陷数据统计分析、焊缝异常数据统计、缺陷评价等。

9.1.1 检测器性能指标和运行数据

- a) 整体尺寸和重量;

- b) 数据采样间距/频率;
- c) 探头尺寸及环向间隔;
- d) 弯头通过能力;
- e) 里程轮数量;
- f) 检测精度指标;
- g) 速度范围;
- h) 工作压力;
- i) 续航时间;
- j) 收、发球压力;
- k) 运行时间;
- l) 运行速度曲线。

9.1.2 内部金属损失数据统计分析

9.1.2.1 内部金属损失统计表

- a) 深度 $<20\%t$ (t 指管道壁厚)的金属损失数量和比例;
- b) $20\%t \leq$ 深度 $<30\%t$ 的金属损失数量和比例;
- c) $30\%t \leq$ 深度 $<40\%t$ 的金属损失数量和比例;
- d) $40\%t \leq$ 深度 $<60\%t$ 的金属损失数量和比例;
- e) $60\%t \leq$ 深度 $<80\%t$ 的金属损失数量和比例;
- f) 深度 $\geq 80\%t$ 的金属损失数量和比例。

9.1.2.2 内部金属损失类型统计表

- a) 普通金属损失的数量和比例;
- b) 坑状金属损失的数量和比例;
- c) 轴向沟槽的数量和比例;
- d) 环向沟槽的数量和比例;
- f) 针孔的数量和比例。

9.1.2.3 内部金属损失相关性统计表

- a) 和环焊缝相关的数量和比例;
- b) 和弯头相关的数量和比例;
- c) 和凹陷相关的数量和比例;

9.1.2.4 内部金属损失沿管道里程的分布图;

9.1.2.5 内部金属损失沿管道周向的分布图。

9.1.2.6 严重内部金属损失表

严重金属损失列表应至少提供 5 个最深或 5 个 ERF 值最大的内部金属损失点相关信息, 具体内容至少包括:

- a) 里程位置;
- b) 环焊缝编号;
- c) 周向位置;
- d) 相对参考环焊缝的距离;
- e) 内部金属损失的类型;

f) 内部金属损失的长度、宽度和深度；

9.1.3 凹陷数据统计分析

若检测数据中有凹陷信号，则按照以下要求提供凹陷数据。

9.1.3.1 凹陷统计列表

- a) 里程位置；
- b) 环焊缝编号；
- c) 周向位置；
- d) 凹陷的长度、宽度和深度；

9.1.3.2 凹陷沿管道里程的分布图。

9.1.3.3 凹陷沿管道周向的分布图。

9.1.4 环焊缝异常统计列表

- a) 里程位置；
- b) 环焊缝编号；
- c) 周向位置；
- d) 焊缝异常的长度和宽度。

9.2 检测数据特征总表

检测数据特征总表包含所有检测数据，采用 excel 格式或用户要求格式列表提交用户，内容包括：

- a) 特征类型；
- b) 里程位置；
- c) 环焊缝编号；
- d) 管节长度；
- e) 管节壁厚
- f) 距上游环焊缝的距离；
- g) 距下游环焊缝的距离；
- h) 最近参考点；
- i) 距最近参考点的距离；
- j) 绝对变形量和相对变形量；
- k) 金属损失绝对深度和相对深度；
- l) 金属损失长度；
- m) 金属损失宽度；
- n) 焊缝异常长度；
- o) 焊缝异常宽度；
- p) ERF；
- q) 周向位置。

10 双金属复合管涡流内检测相关要求

10.1 检测前，应充分调研管道情况，重点对酸性介质的成分（如 H_2S 含量）、收发球工艺、内衬工艺、管道线路情况、历史清管或检测情况进行调研，调研内容可参照 5.2 节相关要求执行；

10.2 检测前，应对双金属复合管进行预处理，清除管道内壁杂物、油污等；同时核对管道规格、材质、壁厚等参数，与检测设备参数一致；

10.3 检测前，应选择高通过性的泡沫几何检测器进行管道通过性检测，判断管道的通过能力，对影响检测器通过的限制点消除后方可发送涡流内检测器；

10.4 检测设备需符合涡流内检测技术标准规范，具备 1.5D 弯头及 20%OD 单一凹陷）通过能力，运行过程中无卡阻、无损坏，确保检测连续性；

10.5 检测时，应对投入管道运行的清管器、检测器进行监听与跟踪，宜采用具有实时监听功能的监听设备进行实时跟踪；

10.6 检测前，应充分辨识作业区域潜在风险点，并做好防护措施；检测过程中，作业人员全程需配备在检定有效期内的硫化氢探测仪和正压式空气呼吸器。

11 交工资料

交工资料至少应包括以下内容：

- a) 检测方案；
- b) 涡流内检测报告；
- c) 开挖验证报告；
- d) 用户端软件：

用户端软件应包含检测数据并具备以下功能：

- ① 浏览检测数据及信号；
- ② 查询数据分析结果；
- ③ 展示各类统计图表；
- ④ 按条件统计检索分析结果；
- ⑤ 自动生成开挖单。

附 录 A
(规范性)
清管阀发球作业程序

A. 1 清管阀发球基本工艺流程

清管阀工艺流程见图 A.1。

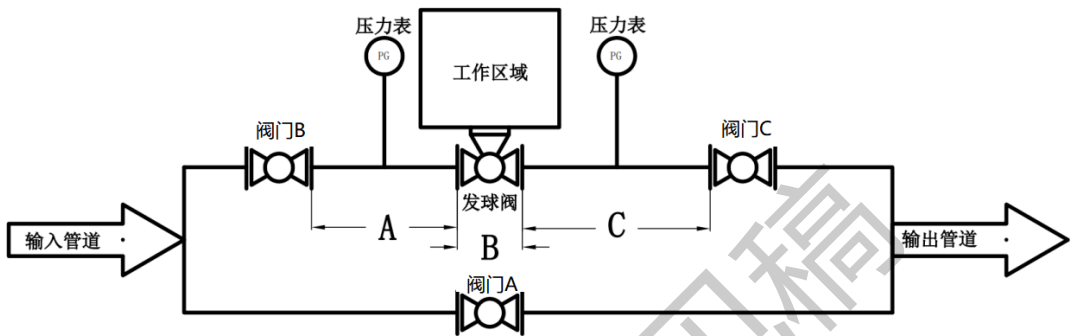


图 A. 1 发送检测器工艺流程示意图

A. 2 管道发送检测器作业程序

- A. 2. 1 发送检测器前，将管道输送介质压力调整到施工组织设计要求的压力。
- A. 2. 2 初始状态：阀门 A 处于打开状态，阀门 B、C 处于关闭状态。打开清管阀阀体放空阀，确认球筒无压力后，打开清管阀盲板，把检测器送入球清管阀阀体。
- A. 2. 3 检查球阀内无异物后应擦净盲板密封面，在密封面上涂抹黄油，并关闭盲板。
- A. 2. 4 转动清管阀阀芯，将检测器导入管道中，准备发球。
- A. 2. 5 关闭清管阀放空阀，缓慢打开阀门 C，将清管阀中压力与管道压力达到一致。
- A. 2. 6 接到发球指令后，缓慢关闭阀门 A，然后打开阀门 B，让介质通过阀 B 将检测器送入管道运行。
- A. 2. 7 通过监听器或过球指示器，确认检测器已经进入管道。
- A. 2. 8 恢复正常工艺：完全打开阀门 A，并关闭阀门 B 和阀门 C，完成发球后工艺流程的恢复。