

ICS 75-010

E 10

备案号: 37576—2012

SY

中华人民共和国石油天然气行业标准

SY/T 6889—2012

管道内检测

In - line inspection of pipelines

2012-08-23 发布

2012-12-01 实施

国家能源局 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 检测器的选择	3
4.1 检测器的适宜性	3
4.2 操作要点	4
5 管道内检测匹配性评估	4
5.1 检测器确认	4
5.2 管道调查表	4
5.3 检测器环境	5
5.4 管道及设施的匹配性	5
5.5 介质、介质流速、速度要求与介质压力	6
5.6 信息收集	6
5.7 管道清管	7
5.8 管道检测	7
6 实施计划指导	8
6.1 签订合同首要考虑的问题	8
6.2 运行报告	9
6.3 数据规范	9
6.4 报告时间表	9
6.5 验证要求	9
7 检测计划	9
7.1 制定检测计划时应考虑的因素	9
7.2 资源（人员和设备）	11
7.3 确定基准与跟踪	11
7.4 应急计划	13
8 数据分析要求	13
8.1 数据分析方法	13
8.2 管道特征列表和报告	13
8.3 几何检测器——特定的分析与分级方法	14
8.4 金属损失（腐蚀）——专用检测器分析和分级方法	14
8.5 裂纹检测技术——专用检测器分析方法	15
8.6 惯性工具/测绘技术——专用检测器分析和分级方法	15
8.7 内检测报告结果与开挖验证的关系	15

9	数据管理	16
9.1	检测数据	16
9.2	检测信息	16
9.3	腐蚀增长速率的使用	16
10	新建管道适应性要求	16
10.1	设计与建设	16
10.2	材料	16
10.3	建设信息收集	17
10.4	维修记录	18
附录 A (资料性附录)	本标准与 NACE SP 0102: 2010 相比结构变化情况	19
附录 B (资料性附录)	本标准与 NACE SP 0102: 2010 的技术性差异及其原因	20
附录 C (规范性附录)	内检测器的类型与检测用途	21
附录 D (资料性附录)	管道检测调查表实例	23
参考文献		29

管道内检测

1 范围

本标准规定了管道内检测项目的计划、组织、实施等相关活动的过程，以及内检测数据管理和数据分析有关的方法及要求。

本标准适用于输送天然气、危险液体（包括含无水氨的液体）、二氧化碳、水（包括盐水）、液化石油气的钢质管道系统，以及对内检测器功能与稳定性无害的其他系统。

本标准适用于介质驱动式内检测器，不适用于有缆或遥控检测装置。

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。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

SY/T 6151 钢质管道管体腐蚀损伤评价方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

标识器 above-ground marker (AGM)

置于管道上方的便携或永久性设备，能够探测并记录内检测器的通过信号，或内检测器能够探测并记录其发射的信号。

3.2

异常 anomaly

管材、涂层或焊缝的未经验证的偏差。

3.3

屈曲 buckle

管道受到较大塑性变形，造成管壁或管道截面永久性起皱或变形。

3.4

腐蚀 corrosion

由于与所处环境发生化学或电化学反应，造成某种材料（通常是金属）的劣化。

3.5

裂纹 crack, cracking

一种断裂型不连续，其主要特征为锋利的尖端和张开位移处长宽比大。

3.6

变形 deformation

形状的永久性改变，如弯曲、屈曲、凹陷、椭圆度、波纹、褶皱或影响管道截面圆度或平直度的其他变化。

3.7

凹陷 dent

因外力，如机械撞击或岩石碰撞，造成管道表面的局部变形。

3.8

电阻焊 electric resistance weld (ERW)

通过电阻加热管子的两边，使其熔合的焊缝成形方法。

3.9

特征 feature

内检测系统检测到的所有物理对象。特征可能是异常、部件、邻近金属物、焊缝、附属物等。

3.10

地理信息系统 geographical information system (GIS)

能够整合、存储、处理和显示地理参考信息的计算机系统。

3.11

几何检测器 geometry tool

记录管道或管壁几何情况的一种测量内检测器。

3.12

全球定位系统 global positioning system (GPS)

利用卫星技术向用户提供地球表面确切位置的导航系统。

3.13

划痕 gouge

金属机械切削造成的细长凹槽或凹腔。

3.14

水压试验 hydrostatic test

管道压力试验，在试验管道中完全充满水并加压以确保管道满足设计条件。

3.15

交互作用准则 interaction rules

将相邻异常按单个较大的异常处理时，制定的异常之间的间隔准则。

3.16

分层 lamination

由于内部金属分离形成的通常平行于表面的离层。

3.17

漏磁 magnetic flux leakage (MFL)

使用磁铁两极在管壁上产生磁场的内检测技术。管壁材料的异常影响管壁内磁通量的分布。漏磁用于检测和表征管壁异常。

3.18

磁粉检测 magnetic particle inspection (MPI)

使用细磁粉和磁场，定位钢铁材料表面裂纹的无损检测技术。

3.19

金属损失 metal loss

任何发生金属减损的管道异常。金属损失通常是由于腐蚀所致，但划伤、制造缺陷或机械损伤也能导致金属损失。

3.20

椭圆度 ovality

偏离圆形，如蛋形或类椭圆形。

3.21

过球指示器 pig signal

通常指安装在管道上的传感器，能够感知清管器的通过。

3.22

短节 pup joint

一种短管件，一般长度为 3m 或更短。

3.23

量化精度 sizing accuracy

报告的异常尺寸或特性的精度。通常精度用公差和可靠性表示。如金属损失深度的量化精度通常表示为可靠性为 80% 时，公差为壁厚的 $\pm 10\%$ 。

3.24

非满流 slackline

流动的介质不能完全填充管道。

3.25

褶皱 wrinkle

管子外壁可见的光滑的局部凸起。褶皱有时限定为高度大于壁厚的凸起部分。

3.26

标准分辨率检测器 standard resolution tool

通常使用线圈传感器，传感器尺寸与间距较大，能够对缺陷的深度进行分级，如轻度（10%~30%壁厚）、中度（30%~50%壁厚）、严重（50%壁厚以上），一般不能区分是内部缺陷还是外部缺陷。

3.27

高分辨率检测器 high resolution tool

与标准分辨率检测器原理基本相同，通常使用霍尔传感器，但使用的传感器尺寸较小、数量较多、传感器间距较小（通常 10mm~17mm），能够较精确地量化缺陷的长度与深度等参数，能够区分是内部缺陷还是外部缺陷。

3.28

超高分辨率检测器 extra-high resolution tool

与高分辨率检测器相比，使用的传感器尺寸更小、数量更多、传感器间距更小（通常 4mm~8mm），通常采集两个（轴向与径向）或三个（轴向、径向与环向）方向的数据，能够非常精确地量化缺陷的长度与深度等参数。不但能够区分是内部缺陷还是外部缺陷，还能够探测出凹陷等其他缺陷。

3.29

通用横轴墨卡托投影 universal transverse Mercator (UTM)

一种等角横轴割圆柱投影，为一在椭圆柱面与地球椭球体面横割于与中央子午线对称的两个小圆，按经差 6° 进行的分带投影。

4 检测器的选择

4.1 检测器的适宜性

管道运营方和检测服务方的代表宜共同分析检测的目的和目标，并使内检测器的能力和性能与管道检测的需求相适应。内检测器的类型与检测用途见表 C.1，选择时应考虑以下方面：

- a) 检测精度和检测能力：检测概率、分类和尺寸判定与预期相符。
- b) 检测灵敏度：最小可探测异常尺寸小于期望探测的缺陷尺寸。
- c) 类型识别能力：能够区分出目标缺陷类型。
- d) 量化精度：足够用于评估或确定剩余强度。
- e) 定位精度：能够定位异常。
- f) 评价要求：内检测结果满足缺陷评价要求。

4.2 操作要点

管道运营方应向检测服务方提供一套完整的管道调查表，列出待检管段的所有相关参数和特征，管道检测调查表实例参见附录 D。应考虑以下操作要点：

- a) 管道的物理特性，包括：
 - 1) 识别内检测器需要通过管道的特性（如钢材等级、焊缝类型、长度、内径、高程等），以及所有约束、弯头、已知椭圆度、阀门和无挡条三通；
 - 2) 内检测器在结构、几何形状和可操作性方面差异较大，应考察发球筒与收球筒的适用性；
 - 3) 管道的清洁度会影响检测器的磨损情况、数据采集的完整性和成功运行的其他因素，故应检查管道的清洁度；
 - 4) 内涂层可能妨碍检测，某些检测器也可能破坏内涂层，实施内检测前应考虑该因素。
- b) 输送流体的特性，包括：
 - 1) 流体类型可能影响检测技术的选择；
 - 2) 流体介质的腐蚀性可能限制检测器有效运行的能力；
 - 3) 流速、压力和温度的范围应满足检测服务方的要求；
 - 4) 介质流速影响内检测器的检测速度、性能和检测所需总时间；
 - 5) 检测高流速管道时，宜考虑降低介质的流速，或考虑内检测器的降速能力，或两者同时考虑；当流速过低时，应考虑增大输量；
 - 6) 应考虑极端温度（极热和极冷）对检测器运行的影响。
- c) 内检测器的可靠性。通过分析下述因素，评估内检测器的可靠性：
 - 1) 内检测器的置信水平，如异常的检测概率、分类及量化精度；
 - 2) 内检测器性能的开挖验证情况；
 - 3) 运行成功率和运行失败调查；
 - 4) 内检测器检测管道全长和横截面全周的能力；
 - 5) 指示多种原因导致的异常的能力（异常与检测器最初设计检测的缺陷不同，如通过金属损失检测器探测凹陷）。

5 管道内检测匹配性评估

5.1 检测器确认

如果分析表明选择的内检测器不适合该管段，宜重新选择内检测器。

5.2 管道调查表

附录 D 给出了一份典型的运行前管道调查表，该调查表便于运营方收集管道相关信息。内检测服务方通过分析管道运营方提交的管道调查表，可初步评估管道的可检测性。

5.3 检测器环境

检测过程中检测器所处的介质与环境是决定使用何种检测器的重要因素。应考虑下述因素：

- a) 温度和压力：大多数检测器都有适用的运行温度和压力范围。
- b) 流体成分因素：如果介质包含化学物质如硫化氢，宜考虑修改标准检测器的设计以解决腐蚀性问题。其他化学物质也可能要求对检测器进行改造，宜提前处理。

5.4 管道及设施的匹配性

5.4.1 发球和收球设备应适用于不同类型的检测器。发球筒和收球筒可在新建管道期间或现有设备改造期间安装，可以是永久性的也可以是临时性的。应考虑如下内容：

- a) 操作空间：应调查操作空间，以确保在装卸过程中有足够的空间用于调整内检测器和相关设备，并确认其他辅助设备的空间要求。
- b) 球筒长度：应保证在盲板与截断阀之间有足够的空间，以便能容纳检测器，球筒长度要求如下：
 - 1) 对于发球筒，筒体长度宜大于或等于检测器长度，直管段长度可减至最短。对筒体长度小于检测器长度的情况，应考虑其他装载方法，如拉入检测器；
 - 2) 对于收球筒，直管段长度应大于或等于检测器的长度，以确保整个检测器通过截断阀。筒体长度应满足接收检测器时的制动距离。实际长度要求可能差别较大，取决于所使用的检测器。

5.4.2 管道的某些物理特征易导致内检测器损伤或卡堵，包括但不限于：

- a) 管道内径变化：如屈曲、凹陷、变径、缩径阀、止回阀等，即使检测器有通过这些约束的可能性，也应逐一考虑每种情况。
- b) 植入管道的探头：可能损伤设备和检测器。
- c) 土体移动区域：宜考虑检查已知的土体移动区域。
- d) 管道壁厚：某些检测器需标定壁厚，检测服务方应考虑壁厚因素；如果壁厚小于 6.4mm 或大于 13mm，宜提醒检测服务方；适用于厚壁小口径管道的检测器数量和类型较少；
 - 1) 当使用漏磁技术检测气管道时，厚壁管可能导致速度偏移（如检测器通过厚壁管段时比通过薄壁管段时需要更大的压差）。当检测器运行到薄壁管段时，大压差可能使检测器速度过快，导致数据降级；
 - 2) 壁厚变化（如穿越公路与铁路使用的厚壁管）可能导致内检测器出现问题，这取决于厚壁管与薄壁管之间的过渡类型；阶梯过渡处如同刃口，可能导致内检测器损坏；应避免阶梯过渡而使用锥形过渡。
- e) 小半径弯头：多数检测器都能通过半径大于或等于 $3D$ （ D 为管道直径，下同）的弯头，能否通过取决于使用的检测器与弯头壁厚，应逐一核查所有半径小于 $3D$ 的弯头。
- f) 连续弯头：即弯头之间没有直管段过渡，可能阻碍检测器通过，造成卡堵。
- g) 阀：缩径阀可能导致检测器损坏，甚至检测器卡堵。应仔细评估检测器顺利通过止回阀的能力；运行内检测器前，应将止回阀阀瓣锁定在全开位置，自动截断阀应取消自动关断功能。
- h) 冷弯头和河流穿越：早期建设的管道可能存在小半径弯头、斜接和阶梯过渡，这些位置更易受土体移动的影响，并可能存在直到实施内检测前还未发现的管道变形。
- i) 分输和注入接口：当内检测器通过时，宜关闭分输和注入接口，影响因素包括接口尺寸与方向、流量、单/双接口、管道污物量和检测器类型。
- j) 无挡条与连续三通：分接口（大于或等于 30% 管径）应有挡条，带压开孔的锐边也可能对检

测器造成损坏；宜核实三通之间的尺寸，连续三通可导致内检测器停止运行，当连续三通的几何特性与检测器的机械设计满足特定条件时，驱动介质沿检测器的周围通过而无法驱动检测器。

- k) 干线引管和斜接弯头：未安装开孔挡条（气体管道）、压力罐（原油管道）、防涡器、冷硬环、Y形分接的干线引管以及斜接弯头能导致内检测器损坏。
- l) 水合物：当管道可能形成水合物时，需要预先收集、转移并进行无害化处理。
- m) 自燃材料：内检测器能从管道中清理出自燃材料，特别是硫化亚铁，如存在自燃材料，需提高警惕，以确保不会引发火灾，宜对自燃材料进行收集、浸湿、转移与无害化处理。
- n) 管道系统设施与尺寸：为便于内检测操作，宜审查的管道系统结构包括但不限于：
 - 1) 收发球管线的尺寸：对于气体管道，如果速度控制在开启位置失效，收发球管线宜能提供足够的气量驱动检测器；对于液体管道，收发球管线尺寸宜与可接受的全速率降压及公司规定的冲蚀限制相适应；
 - 2) 附件位置和尺寸：宜确保放空（如有要求可加消音器）、平衡、排污与清洗接口满足要求；
 - 3) 偏心大小头与同心大小头：偏心大小头易于从筒体装载和卸载检测器，垂直发球筒宜使用同心大小头；
 - 4) 过球指示器：宜同时安装在截断阀上下游，若不可用，宜使用替代方法，如使用罗盘以确认磁性检测器通过；
 - 5) 管道机械支撑与非设计跨越：应确保在检测器通过期间能够支撑内检测器的重量，宜考虑修改现有支撑系统或使用临时支撑，以维护内检测期间的管道完整性。

5.5 介质、介质流速、速度要求与介质压力

5.5.1 流体类型：某些环境可能损坏检测器，如酸性环境。如不告知检测服务方检测期间管道内存在酸性物质，会产生高昂的检测器维修费用。检测服务方应确认除油、低硫天然气、加味剂与水以外的所有化学物质，以便核实检测器的适宜性。

5.5.2 介质流速不够：液体管道通常运行速度较低，内检测不会影响输量，相反，通常须增加介质流量。当使用配备感应线圈的漏磁检测器检测低速管道时，可能需要增加输量，以达到检测所需的最小速率。

5.5.3 限定介质正常流速：宜确保所有检测计划能够与用户及其他相关方对输量要求、顺序输送（如多相流液体管道或气体管道）等协调一致。宜使管道的运行条件满足检测器速度保持在最佳采集数据的范围之内。

5.5.4 可调速检测器：气体管道的流速通常远大于内检测允许的最大运行速度，这是气体管道检测主要考虑的问题。宜使用某些安装可变旁通（速度控制）的检测器解决该问题，使用可变旁通较为复杂（如检测器加长与弯头通过能力的限制），宜详细考虑使用可变旁通的后果。在某些情况下，检测器需设置固定旁通，以降低检测速率、保持杂质松散与流动。宜仔细评估设置的固定旁通。在某些条件下，固定旁通设置过多可导致检测器驱动力不足。应评估所有这些因素，并权衡是否需要降低输量及放空。

5.5.5 介质压力：大多数检测器都有适用的压力范围，介质压力过低会导致检测器驱动力不足（特别是气管道），介质压力过高超过检测器的耐压设计则会导致内检测器失效。

5.6 信息收集

5.6.1 下述程序可用于评估管道检测的可行性：

- a) 宜检查竣工图以确定硬件条件的限制。

- b) 管道运营方向检测服务方提供尽可能多的信息，完成由检测服务方提供的管道调查表（参见附录 D）。
- c) 管道运营方与检测服务方应详细讨论清管方案。如果不能提供管道的清管历史信息，在每步清管完成后应评估其适宜性。
- d) 对于老旧的设施，宜现场获取相关历史信息。

5.6.2 对于检测特定的管道，以下信息也可用于确保选择合适的检测器（机械和软件两方面）：

- a) 历史资料信息，包括：
 - 1) 图纸、检验记录及取样测试；
 - 2) 焊缝标记与管节长度记录；
 - 3) 管件购置记录；
 - 4) 测径器检测运行结果；
 - 5) 常规清管运行数据；
 - 6) 测径板运行结果；
 - 7) 开挖验证与维修记录；
 - 8) 第三方施工记录；
 - 9) 历史检测数据。
- b) 现场勘察信息，包括：
 - 1) 向操作人员获取的信息；
 - 2) 检测服务方与管道运营方进行设备现场勘察。

5.7 管道清管

5.7.1 评估历史数据，预测沉积的杂质，如铁锈、粉尘、污泥、石蜡等。定期清管维护活动有助于清管计划的制定。

5.7.2 制定并实施管道的清管计划，确定清管器参数。

5.7.3 检测服务方宜提出清管要求。

5.8 管道检测

5.8.1 漏磁检测

检测器在介质中的速度控制满足检测器性能要求，可实施漏磁检测。

5.8.2 超声检测

液体管道检测可使用超声检测器，检测运行前应核实液体用于超声检测的适宜性。对于气体管道，使用超声检测器应考虑：

- a) 超声检测器通过在液体介质中运行而实现检测，可通过液体置换整条管道或将超声检测器封装在液柱内。如果填充液体易于处理，宜完全充满管道，超声检测过程使用同一液体驱动。
- b) 如提供的液体有限，超声检测器宜在液柱中运行，这种方法应做详细设计，详细设计宜包含如下因素：
 - 1) 超声检测替代方案；
 - 2) 积留气体排除；
 - 3) 驱动气体进入液柱；
 - 4) 沿管道运行过程中，在阀门、接口、支管等处损失的液体量；
 - 5) 适当的液柱速度控制。

5.8.3 管道几何形状测量

5.8.3.1 内检测器运行前，宜在管道内运行测径器或弯头检测器。其目的是：

- a) 提供管道内径的详细数据。
- b) 评估弯头半径，以确保内检测器顺利通过。
- c) 在运行费用高昂、灵活性差的检测器前，获得尽可能多的信息。

5.8.3.2 制定测径/弯头数据的响应计划，用于处理可能遇到的潜在风险。

5.8.3.3 如果管道弯头和内径信息可靠，且完整性管理危害评价不需要实施变形评价，可以使用带测径板的清管器或模拟体代替变形检测器。

5.8.3.4 在测径/弯头检测期间，宜设置基准点并进行跟踪。

6 实施计划指导

6.1 签订合同首要考虑的问题

6.1.1 从工程实施到最后报告提交等各个方面，均应明确界定检测服务方与管道运营方的责任。应明确不同阶段的报告提交与付款进度时间节点。应考虑如重新运行、进度变化、服务中断等因素。考虑的因素还包括：

- a) 数据分析规范。
- b) 分工与职责，如检测器运输、装载、清洗及跟踪。
- c) 相关的人力资源。
- d) 质量保证问题和质量保证方法。
- e) 有关腐蚀尺寸、形状、检测概率、置信水平等具体细节。
- f) 提交管道数据分析和计算结果的影响。
- g) 对满足特定标准的异常的报告要求（如深度大于80%壁厚的金属损失）。

6.1.2 责任条款，包括但不限于：

- a) 合同中应完全明确责任问题，其中包括更换部件费用、检测器装卸、保管运输和其他相关条款。
- b) 合同中应制定检测器损伤条款，应规定最常发生的损伤类型的费用，应讨论保管、运输的要求。
- c) 合同中应确定检测器失败的原因，澄清再次运行的责任和义务。
- d) 所有相关方都应知道检测器有发生卡堵的风险，应提前讨论、制定相应的应急计划。

6.1.3 应遵守管道运营方的规章与政府法规。合同应包括说明健康、安全、环境（HSE）的标准，以及管道运营方的特定要求。

6.1.4 内检测开始前，双方应提出一套详细的运行可接受准则，并达成一致。这些准则有助于确定需要再次运行检测的时间，包含如下内容：

- a) 运行后传感器的物理性损坏：运行后应对检测器进行外观检查，并指出是否需要重新运行；传感器损坏可能发生在管道任意位置，但若表面磨损严重，则表明运行初期发生损坏，且可能未收集到重要信息；宜检查现场记录或数据概要，以确认传感器损坏时间以及传感器损坏对采集数据的影响。
- b) 通道数据丢失：对原始数据进行初步评估时，很容易识别停止采集数据的通道，某些通道数据的丢失可以接受；之前检测过且运行历史良好的管道，可接受达到上限的传感器通道数据丢失；首次检测的管道或高风险管道，可接受的通道数据丢失应小于1%。
- c) 传感器噪声：传感器损坏或电路接触不良可能产生通道噪声，噪声信号会掩盖邻近的正常数

据通道，噪声通道应以类似通道数据丢失的方式处理。

- d) 距离偏差：当管道运营方验证或维修异常需要定位时，检测距离偏差的影响很大，如果整条管道的报告里程与准确参考里程的偏差都超过 1%，宜重新检查管道长度并做出必要的修正。
- e) 特征遗漏或没有记录：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 的配件信号特征较小，特别是处于两个传感器之间或跨过两个传感器时，遗漏这些特征可不必重新运行检测器，若丢失已知的法兰组、阀门或大内径三通，则要质疑所有记录信息的真实性。
- f) 速度过低或过高：当检测器速度超过检测服务方给出的速度上限与下限时，会导致严重的数据库丢失；气体管道或含有大量气体的原油管道的冲击导致速度漂移；如果受速度漂移影响的距离超过检测管道总长度的 2%，应重新运行检测器，在重新运行检测前，应确保导致速度漂移的工艺参数得到处理与改进；如果接受已知速度漂移的数据，应限定超速对数据降级（采集与分级）的影响，使该问题得到有效解决。

6.2 运行报告

应提前确定运行报告要求，包含如下条款：

- a) 管道名称。
- b) 运行日期。
- c) 运行类别。
- d) 运行距离和直径。
- e) 对检测器采取的所有重要改动。
- f) 运行的平均速度和/或速度曲线。
- g) 运行成功或失败。
- h) 如果失败，失败的原因和再次运行措施。

6.3 数据规范

第 9 章详细论述了数据分析规范，该项工作应在开始之前由双方确定。

6.4 报告时间表

应确定提交初步报告和最终报告的时间点，包括例外情况如管道长度过长、管道腐蚀严重等。应确定报告管道紧急情况的时间点要求。

6.5 验证要求

检测双方宜提前确定对开挖验证相关数据的要求。

7 检测计划

7.1 制定检测计划时应考虑的因素

7.1.1 进入现场

除了要考虑收发球现场的进入、收发球筒的尺寸以及地面条件外，还要考虑跟踪定位。跟踪定位可能受昼夜长度、自然保护区、天气以及其他环境和安全因素的影响。

7.1.2 输量/停输因素 (包括重新运行检测)

进度安排宜说明系统输量及其对检测器速度和性能的影响。

宜将检测后的开挖时间安排作为计划过程的一部分。这包括与系统上其他相关和非相关的停输部分的协调。

7.1.3 人力资源

所需人力资源主要由运行定位、运行过程的复杂性以及环境和安全问题决定。与其他现场操作一样,人员角色和职责划分宜作为人力资源计划的一部分。

7.1.4 检测运行时间

每种检测器单次运行可以检测的管道长度有限。这些限制取决于电池供电时间和数据存储能力。无缝管或螺旋焊缝的非均质性可能导致平均的信号密度较高,这比均质材料管道(如 ERW 直缝管)占用的数据存储容量要大。对于较长的管段,为了获得完整的检测结果,可能需要多次运行检测器。

7.1.5 地面与通道

在检测器跟踪期间,或者发射和接收操作时,可能涉及土地使用的问题。在人口密集区,由于限制噪声,在气体管道检测中可使用消音器。在穿越敏感地区时可能需要特别关注。

7.1.6 环境

宜制定计划处理检测器运行期间产生的所有废物。有害物质的运输以及穿过环境敏感区需得到许可。

7.1.7 其他因素

7.1.7.1 液体管道加压输送程序宜考虑以下主要因素:

- a) 补充流体。
- b) 液体中溶解的气体。
- c) 净化/排干。
- d) 自燃材料的浸湿、收集、处理。
- e) 结冰情形:当用水推进流体时,内检测宜在不发生结冰现象的月份进行。如若不行,宜采取措施解决设备可能出现的结冰。

7.1.7.2 气体管道加压输送程序宜考虑如下因素:

- a) 速度控制。
- b) 正常输气管道中的液体。
- c) 发送。
- d) 接收。
- e) 流动情形。

7.1.8 双向管道检测

有些管道可进行多个方向的检测工作。后续的内检测宜与首次检测在同一方向运行,以简化管道特征定位与现场工作。

7.2 资源（人员和设备）

7.2.1 人员

在确定人员时，检测器的速度和运行长度是主要考虑的因素。宜同时考虑管道调控中心的人员，因停输和后期处置可能比正常时需要更多的人员。

7.2.2 通道

宜考虑发球和收球场所重型设备的通道。也需考虑检测服务方工作间与检测器清洗设备附近的通道。

7.2.3 泵的评估

7.2.3.1 当需要泵作为唯一推进源或辅助推进源时，宜按照规定尺寸选择设备以尽可能地降低失效可能性。

7.2.3.2 不宜以超过 80% 设计容量来运行设备。大部分检测器在停止运行一定时间后都会自动关闭，在较长管道中应考虑电池容量的问题。

7.2.3.3 由于维修泵而使检测器在管道里停留，可能会影响检测器在整个管道上收集数据的能力。当泵的排量接近其最大值，检测器达到需要的最小流速，这时泵效率的降低会使检测器速度降到最小速度以下。若该情况发生却未及时处理，运行获得的整条管道的数据可能都无法接受。因此，两台泵宜以 75% 的容量运行，以避免上述情况发生。

7.2.4 液体储备量

当使用液体推进内检测器时，宜准备管道计算填充量 1.1 倍~1.25 倍的液体，包括旁通、通过的隔离阀、未知排污口填充量以及其他不可预知的情况。

7.2.5 清出物收集

在内检测过程中产生的非常规物质，如来自于气体管道中的液体或清除管道产生的固体碎屑等，应采取措进行收集。可能需要临时储罐与管道连接来转移、收集这些材料。

7.3 确定基准与跟踪

7.3.1 测量/确定基准点

7.3.1.1 基准点是沿管线放置参考标识的不连续测量点。这些标识点可以永久安装于管道上（如磁铁）或使用便携式地面标识系统。易于识别的管道部件（如阀门）也可以成为基准点。如果使用地面标识系统，宜特别注意基准点位置管道的埋深不能超过标识器所允许的最大值。如果标识器放置在套管上方，它可能无法探测到内检测器的通过。

7.3.1.2 跟踪位置宜设在管道附件、中间调压站的下游和其他关键位置以确认清管器顺利通过所有内部设施。跟踪位置间隔宜适当，避免可能因相邻位置距离过近导致错误触发跟踪器。

7.3.1.3 基准点的目的是校正由于内检测器里程轮打滑或管道沿线地形海拔显著变化造成的测量距离的误差。管道上的基准点通常是以一定的间隔设置，典型的是 1km~2km。间距越密定位精确越高。内检测器在管道内运行时，基准点是检测器跟踪并保持合适速度的参考点，同时也是在开挖过程中位置测量的参考点。基准点宜设在管道里程桩等永久标识附近且容易进入的位置。

7.3.1.4 基准点位置宜仔细测量、记录、维护，并作为管道永久记录的一部分。

7.3.2 GPS 使用

7.3.2.1 为了方便和记录内检测结果，宜考虑使用 GPS。GPS 所采用的坐标系统不依赖于管道或其他以地面为基准的坐标系统，可识别并修正管道设点错误。

7.3.2.2 GPS 以独立的地理参考格式，提供了一种记录所有内检测相关信息的简单方法。使内检测数据与管道地理信息系统更容易整合。

7.3.2.3 一旦建立起精确的管道 GPS 坐标，除非在管道环境调查中发现管道存在岩土或其他外力危害，否则不必再进行 GPS 测量。如果将内检测和 GPS 坐标关联起来，精确的管道 GPS 坐标可能使今后的检测不需要使用地面标识点或基准点。

7.3.2.4 GPS 数据的测量、存储及使用应符合国家法律法规和管道运营方的规章制度。

7.3.3 标识器同步

标识器在发送之前与检测器进行时间同步。标识器不仅可以探测检测器的通过，还可以通过比较时间来定位检测器在记录中的相对位置。

7.3.4 检测器跟踪

应有足够的人员能够熟练使用检测器跟踪设备、探管设备等，并掌握跟踪计算方法。

7.3.5 用于跟踪的发射机

发射机宜固定好，且不影响检测器通过弯头的能力。对于漏磁检测器，发射机不是必需的设备，因为可利用该类型检测器通过时本身产生的磁场进行监测。

7.3.6 重要阶段跟踪

在下列情况下应通知管道调控中心：

- a) 检测器准备发送时。
- b) 检测器已发送并跟踪过程中。
- c) 管道流量或检测器运行发生异常时。
- d) 检测过程中，发现管道输送条件发生改变时。
- e) 正常间隔时间内，跟踪人员无法确认检测器位置时。
- f) 检测器多次提前到达中间增压站、过球指示器或接收位置时。
- g) 当接收到检测器，且管道能切换至正常运行流程时。

7.3.7 探测设备

过球指示器包括机械式和磁激活两种类型；当机械指示器触发装置接触到检测器时，指示器被激活；磁激活检测设备要求内检测器上有磁源，优点是不必插入管道且携带方便。

7.3.8 检测器的地面监测

当内检测器通过管道时，通常可在如管道分输口、截断阀或立管接头监测到。如果所在区域环境噪声较低，还能听到内检测器通过。

7.3.9 流量监测

当内检测器由液体推进时，在管道总容量已知的情况下，可通过监测介质流量来预测检测器的大概位置以及到达指定地点的时间。

7.3.10 海底管道首次检测

如果海底管道首次运行内检测器，可先安排放置较少的磁体或标识，通过内检测调查来证明是否有腐蚀及需要进行后续检测的其他异常，圈定可疑区域，然后再次检测，以获得新的定标点和异常信息，这样更为经济。

7.4 应急计划

应制定应急计划，应急计划宜包括诸如通讯线路、用于推出检测器（发生卡堵时）的操作、检测器解体时的操作、运行故障、通过切管取出检测器等。应急计划宜同时考虑运行失败的可能性（由于检测器本身或管道条件）和是否需要重新进行检测。

8 数据分析要求

8.1 数据分析方法

内检测数据分析总体构成如下：

- a) 当认为原始检测数据可接受后，检测服务方应处理、分析数据，形成报告。
- b) 检测服务方应有合适的算法和软件来分析数据。分析结果宜在工具探测能力、精度、置信区间、最低探测水平和探测阈值等性能规格范围内。
- c) 宜提前确定相关的异常等级和标准，作为检测合同和管道运营方的完整性计划的一部分，同时考虑检测器的局限性。讨论范围宜包括有关缺陷的几何形状的定义和分类、检出率、尺寸判定、检测器性能规格和报告提交时间。对于裂纹，典型的报告基于裂纹预测深度，或深度与长度的组合。对于腐蚀缺陷，宜根据内检测数据的详细程度，采用 SY/T 6151 或其他合适的评价算法计算承压值。对于凹陷和类凹陷异常，标准通常规定超过一定阈值的异常应换管或补强。
- d) 宜建立开挖验证信息和内检测数据之间的关联性。与现场测量和内检测数据相关的精度误差都应在完整性评价和计划时考虑。

8.2 管道特征列表和报告

8.2.1 检测、缺陷分类和尺寸判定能力取决于管道异常的种类和特性。任何给定的特征都有很多形状。管道特征根据其形状及潜在的特性（如形貌）分类。

8.2.2 对于给定的特征类型，检测概率（POD）宜定义为该类型特征绝对检测到的统计概率（推荐值宜规定为 $POD = 90\%$ ）。

8.2.3 报告给出的特征是指能够被某一检测器/技术检测到的特征。报告格式、等级以及方法宜作为合同的一部分提前确定。通常检测服务方在报告中给出下列内容：

- a) 检测里程（绝对距离）。
- b) 上游参考环焊缝标识。
- c) 特征类型和标识。
- d) 圆周（时钟或度数）位置。
- e) 到上游环焊缝的距离（相对距离）。
- f) 上游基准点的检测里程。
- g) 下游基准点的检测里程。
- h) 特征细节。

8.2.4 对异常位置定位时应考虑：

- a) 附近特征和基准点：当内检测记录的异常需要定位时，异常位置应以容易识别的特征或基准点位置作为参考，如地面阀门、磁铁标识位置、地面标识位置、支管、法兰、埋地短节、厚壁管节或 GPS 坐标。
- b) GPS 坐标：在现场使用亚米级 GPS 设备实施检测，GPS 坐标测量通常是最有效、最精确的开挖点定位方法。其他的验证技术，如管节长度、直焊缝或螺旋焊缝位置或到参考环焊缝的距离可用于验证缺陷定位的准确性。
- c) 地面测量：沿管线的地面测量长度可能与内检测器在管线内部运行里程不匹配。地面状况可能与管道实际形貌不一致。同时测量上、下游参考特征或基准点通常更有利于确定异常位置。
- d) 短节定位：如果短节靠近要检测的异常位置，可用作参考特征。
- e) 管节开挖：异常的位置能通过比较该异常（或其他未被覆盖的异常）到上游或下游环焊缝的距离来验证。也可以挖出整个管节或仅挖出环焊缝，同时验证管道直焊缝或螺旋焊缝的方向。

8.3 几何检测器——特定的分析与分级方法

8.3.1 凹陷等局部变形，宜给出相对标称圆管道的绝对变形量和相对管道内径的百分比。

8.3.2 常规的测径器可以用来确定约束尺寸、壁厚变化及其他潜在的变形。

8.3.3 变形检测器能够为变形特征提供更准确的量化结果。可以识别最大变形、圆周（时钟）位置、曲率、形状、屈曲以及褶皱。

8.4 金属损失（腐蚀）——专用检测器分析和分级方法

8.4.1 漏磁技术

8.4.1.1 报告的精度受检测器所用技术的分辨率水平影响。

8.4.1.2 标准分辨率检测器可对管道特征，主要是腐蚀特征进行探测和分级，提供特征的数量、分布等。

8.4.1.3 高分辨率检测器能够识别特征详细的几何形状和位置，可对特征进行分簇，因此能够使用更先进的缺陷评价方法。这种类型检测器的上述特点同样适用于超高分辨率检测器。

8.4.1.4 轴向漏磁检测器沿管道轴向磁化管道，环向漏磁检测器沿圆周方向磁化管道。除都能够检测普通腐蚀等外，轴向漏磁检测器还能检测环向裂纹和狭窄环向外腐蚀，环向漏磁检测器还能检测轴向裂纹和狭窄轴向外腐蚀，宜根据管道情况选用。

8.4.2 超声波技术

超声波检测结果在扫描管道壁厚后获得，并可观察和分析。特征的拓扑和缺陷剖面（也就是金属损失区域中异常深度沿着异常长度如何变化）在数据中是固有的，可用于完整性评价。详细的拓扑允许运用先进的缺陷评价方法。

8.4.3 簇和交互作用准则（适用于所有金属损失）

8.4.3.1 簇是根据交互作用准则，将临近缺陷进行分组，交互作用准则基于机械或应力交互作用。确定缺陷交互作用的方法可参照 SY/T 6151 的规定。

8.4.3.2 处理内检测数据时，相邻腐蚀间的影响宜根据交互作用准则确定。这些规则应提前确定并可使用以下几种方法中的一种：

- a) 固定距离法：当两个金属损失特征之间轴向或环向间隔小于指定距离（如 100mm）时，两

者交互作用。

- b) 相对距离法：当金属损失特征边缘之间的轴向间隔小于最小的金属损失特征长度或环向间隔小于最小的金属损失特征的宽度时，两个金属损失特征交互作用。
- c) 面积方框延伸/多倍壁厚法：金属损失特征的长度和宽度沿四周延伸一定倍数的管道壁厚（如3倍壁厚），如果延伸后的特征重叠，则金属损失特征交互作用。

8.4.4 基于压力的分析和计算（漏磁和超声）

8.4.4.1 根据长度、宽度、深度和深度剖面信息计算的爆破压力或安全运行压力宜作为报告规定的一部分，用于异常开挖或更进一步评价。

8.4.4.2 用于计算爆破压力的算法取决于所得内检测数据的细节，如大面积金属损失、“缺陷剖面”等。

8.4.4.3 异常的“面积方框”代表了基本的金属损失特征（长度、宽度、深度）。一个特征的长度是其向轴向的总体投影长度。特征的宽度是圆周方向上的总体投影宽度。检测器的探测和测量阈值可能导致报告值与观察值不同，检测服务方宜说明这些阈值。金属损失的深度宜由金属损失特征的最大壁厚损失来决定，并且宜以深度值或相对于参考壁厚的百分比形式给出。

8.5 裂纹检测技术——专用检测器分析方法

裂纹信息以裂纹或类裂纹特征的长度、预测深度范围的形式给出。裂纹的拓扑与“剖面”包含在检测数据中。

8.6 惯性工具/测绘技术——专用检测器分析和分级方法

假设对应的地面测量已达足够精度，则宜根据给定的分辨率（如每0.5m）和规定的精度（如±1.0m）给出实体空间坐标。应采用标准的坐标系统，可采用经/纬度或通用横轴墨卡托投影（UTM）。通常此类型检测器报告的数据提供如下信息：

- a) 管线上所有特征的坐标。
- b) 弯曲应变/曲率监测；地质运动、外力导致的弯曲应变、偏直度测量。
- c) 由曲率产生的绝对弯曲应变可用于工程最大允许极限分析。
- d) 应变监测是比较应变和曲率随时间变化的过程，当地质运动或外力在检测间隔内有明显改变时，会对管道造成不可接受的载荷。
- e) 偏直度测量为与原始设计/建设说明不符的方面提供对比。

8.7 内检测报告结果与开挖验证的关系

8.7.1 腐蚀的现场评价

充分的采样和清除管道表面沉积物和残余涂层之后，可用网格法得到腐蚀特征的详情。这可以通过笔探针、坑探针等方法完成。网格化的数据可以绘制成深度等高线。采集到的腐蚀剖面信息宜用作缺陷评估和验证内检测器技术指标。

8.7.2 裂纹的现场评价

对土壤、管道和相关介质进行充分的采样之后，应清洁管道表面以采用磁粉检测等方法确定裂纹的位置。每个裂纹组宜记录和拍照。宜用可接受的破坏性或非破坏性技术，来确定裂纹深度，获得足够采样数量以确定检测器的可靠程度和管线的维修需求。

8.7.3 结果反馈

检测服务方利用反馈的现场检测结果，能持续地改进数据分析的有效性和精度。

9 数据管理

9.1 检测数据

检测数据宜合理保存与维护，便于后续使用。宜与开挖数据、阴极保护数据、现存的所有建设数据、防腐数据、土壤数据以及相关的管道运行数据相关联。

9.2 检测信息

无论检测是否成功，其操作和执行都能为再次检测提供有用的信息。这些信息包括但不限于：

- a) 管道改动。
- b) 清出的污物量及原因分析。
- c) 运行前的调查表。
- d) 维修历史。
- e) 检测器类型。
- f) 管道运行参数。
- g) 检测过程。
- h) 地面定标点位置。

9.3 腐蚀增长速率的使用

通过使用腐蚀增长速率评定腐蚀特征，使管道运营方能够在一定周期内制定维护计划。通过增长速率可以判定再次检测的周期，或通过开挖精确给出腐蚀增长速率。多次检测可以更精确地确定每个腐蚀特征的增长速率，从而更好地制订维护计划。基于风险的检测方法有时可用于确定检测频率。

10 新建管道适应性要求

10.1 设计与建设

内检测设施宜从系统设计开始。在原始设计中宜在管道上安装短节、磁铁等（见 10.2.7）。

在管道建设时期，宜采集所有阀门、小开孔、三通、焊缝等的 GPS 坐标。这些数据可用于定位异常点，并在今后的内检测中减少或避免依赖地面标识点或基准点。

10.2 材料

10.2.1 变径管道

变径管道会严重影响内检测。应避免采用变径管道。如果变径管道不可避免，管道安装宜遵循如下原则：

- a) 内检测器能够覆盖一个等级差的管道变径。当发球筒和收球筒之间的管道存在双重管径时，管径变化应控制在一个等级差（如 560mm 和 610mm，或 610mm 和 660mm）。
- b) 如果设计标准较为弹性，在确定管道直径前可与检测服务方联系，这样可为后期的变径内检测提供更广泛的选商空间。

10.2.2 立管

通常建设海上平台会选择比管道直径大的单一直径的立管，结果导致立管和管道直径之间不匹配。当建设管道时，宜重点考虑管道直径与安装的立管相匹配。

10.2.3 阀门

阀门直径宜尽量接近管道直径。阀门直径小于干线管道直径时会导致内检测费用的增加，以及由于速度波动（内检测器通过阀门时）影响内检测数据质量的风险。

阀门直径较干线小的管道宜与变径管道的情况类似处理。

10.2.4 高屈服应力弯头和管件

当使用厚壁低屈服应力管件替代高屈服应力管件时，也会导致速度偏差（造成数据降级）和检测器卡堵等风险。

10.2.5 弯头和弯头半径

应核实弯头与内检测的兼容性，注意小半径弯头壁厚的变化。

所检测管道的直径越小，则越需要大半径的弯头以容纳内检测器通过。小直径检测器采用多模块设计，刚性部件或直径最大的模块占管道有效内径的比例最大。

10.2.6 管道壁厚一致性

如果采用漏磁检测器检测，管道建设时宜尽量使用同一种壁厚的管道。显著的壁厚变化，可能使检测器的使用受到限制，或造成不可避免的速度波动从而导致数据降级。厚壁管件导致这些问题的风险更大。

10.2.7 短节安装

为减少检测时需要的 AGM 数量，同时减少 AGM 失效或探测不到产生的负面影响，宜按照下述方法沿管线以一定间隔安装明显短于普通管道的短节。在合适的条件下也可考虑磁体等替代方法。安装短节时应考虑：

- a) 宜沿管线按每 2km 安装长度为 1.2m~1.8m 的短节。
- b) 在回填之前，每处短节上游或下游焊缝位置可以通过地面参考或通过建立 GPS 坐标标记。
- c) 海底管道宜安装类似的标识。

10.3 建设信息收集

10.3.1 在建设过程中，宜妥善保存安装管节的长度、磁铁记录、X 射线检测以及未来内检测中可能用到的相关信息。

10.3.2 在管线置于管沟中回填之前，可获取沿管线每处焊缝的 GPS 坐标。

10.3.3 宜将所有文档收集存档，并在管道全寿命周期内妥善保存。宜将这些信息纳入 GIS。

10.3.4 宜在管道服役前或是服役不久后进行基线检测。

10.3.5 变形检测或金属损失检测可以作为投产前准备工作的一部分。基线内检测可与压力试验联合进行。

10.3.6 测径板或变形检测器可以压缩空气作为驱动运行。

10.3.7 用于给管道注压的泵应能持续提供检测所需的流量。

10.3.8 应保证水量足够充满被检测管道。随着内检测器的到达，不仅管道进行了水压试验，而且获

得了管线的基线信息。如果所注的水将在管道内残留一段时间，宜向水压试验用水中添加合适的化学添加剂（杀菌剂、阻蚀剂和脱氧剂等）以降低对管道的腐蚀。

10.4 维修记录

如果管道在进行基线检测或水压试验后需要维修，宜把维修记录纳入管道永久档案。



附 录 A
(资料性附录)

本标准与 NACE SP 0102: 2010 相比结构变化情况

本标准与 NACE SP 0102: 2010 相比在结构上有所调整, 具体章条编号对照情况见表 A. 1。

表 A. 1 本标准与 NACE SP 0102: 2010 的章条编号对照情况

本标准章条编号	对应的 NACE SP 0102: 2010 章条编号
第 1 章	第 1 章
第 2 章	—
第 3 章	第 2 章
第 4 章	第 3 章
5. 1	4. 1
5. 2	4. 2
5. 3	4. 3
5. 4	4. 4
5. 5	4. 5
5. 6	4. 8
5. 7	4. 7
5. 8	4. 6
第 6 章	第 5 章
第 7 章	第 6 章
7. 3. 1	6. 3. 2
7. 3. 2	6. 3. 1
第 8 章	第 8 章
第 9 章	第 9 章
第 10 章	第 7 章
附录 A	—
附录 B	—
附录 C	表 1
附录 D	附录 A

附 录 B
(资料性附录)

本标准与 NACE SP 0102: 2010 的技术性差异及其原因

本标准与 NACE SP 0102: 2010 的技术性差异及其原因见表 B.1。

表 B.1 本标准与 NACE SP 0102: 2010 的技术性差异及其原因

本标准章 条编号	技术性差异	原因
第 1 章	将 NACE SP 0102: 2010 的“概述”进行了合并与改写	按国标 GB/T 1.1 格式要求编写
第 2 章	增加规范性引用文件 SY/T 6151	按国标 GB/T 1.1 格式要求编写； 用 SY/T 6151 代替 NACE SP 0102: 2010 中的 RStreng 等评价标准
第 3 章	删除 NACE SP 0102: 2010 中“管道”、“运营方”等部分术语和定义、增加“标准分辨率检测器”、“高分辨率检测器”“超高分辨率检测器”、“通用横轴墨卡托投影”等术语	“管道”、“运营方”等部分术语和定义广为人知，增加部分不常见或不便理解的术语便于标准的理解与使用
5.2	增加了“内检测服务方通过分析管道运营方提交的管道调查表，可初步评估管道的可检测性。”	出于实际检测工作中风险识别的需要，增加此规定
5.3	删除了 NACE SP 0102: 2010 中 4.3.1.1	有缆检测器不在本标准规定的范围中
5.4.2 g)	增加了“自动截断阀应取消自动关断功能”	防止误触发自动关断阀门造成检测器卡堵
5.5.5	增加了“介质压力”	介质压力是影响检测器选择的重要因素之一
6.1.4 f)	将 NACE SP 0102: 2010 的 5.1.5.1.6 中“如果受速度漂移影响的距离超过管道总长度的 1%~2%”改为“如果受速度漂移影响的距离超过检测管道总长度的 2%”	需要有明确的界定以增强可操作性
7.3.2.4	增加了 GPS 数据测量、使用及保存的规定	根据我国对 GPS 数据的保密要求，增加此内容
8.4.1.4	在 NACE SP 0102: 2010 的 8.4.1.4 基础上增加了轴向漏磁检测器的内容	轴向漏磁检测器和环向漏磁检测器为并列概念，需要说明
10.2.7 c)	将 NACE SP 0102: 2010 的 7.2.7.4 简化为“海底管道宜安装类似的标识”	海底管线内检测标识较复杂，暂不做特殊要求

附录 C

(规范性附录)

内检测器的类型与检测用途

内检测器的类型与检测用途见表 C.1。

表 C.1 内检测器的类型与检测用途

异常	瑕疵/缺陷/特征	金属损失检测器			裂纹检测器			变形检测器
		漏磁 (MFL)		超声纵波 ^m	超声横波 ^m	环向漏磁		
		标准分辨率 (SR)	高分辨率 (HR)					
金属损失	外腐蚀	可检出 ^a		可检出 ^a	可检出 ^a	可检出 ^a	检不出	
	内腐蚀	可判定尺寸 ^b	可检出 ^a	可检出 ^a	可检出 ^a	可检出 ^a		
	划痕	不能区分内部/外部	可判定尺寸 ^b	可判定尺寸 ^b	可判定尺寸 ^b	可判定尺寸 ^b		
类裂纹	狭窄轴向向外腐蚀	可检出 ^a	可检出 ^a	可检出 ^a 可判定尺寸 ^b	可检出 ^a 可判定尺寸 ^b	可检出 ^a 可判定尺寸 ^b	检不出	
	应力腐蚀开裂	检不出	检不出	检不出	可检出 ^a 可判定尺寸 ^b	有限检出 ^{a,c} 可判定尺寸 ^b	检不出	
	疲劳裂纹	检不出	检不出	检不出	可检出 ^a 可判定尺寸 ^b	有限检出 ^{a,c} 可判定尺寸 ^b	检不出	
	长焊缝裂纹等 (焊趾裂纹、钩形裂纹、未焊透、焊缝优先腐蚀)	检不出	检不出	检不出	可检出 ^a 可判定尺寸 ^b	有限检出 ^{a,c} 可判定尺寸 ^b	检不出	
	周向裂纹	检不出	可检出 ^c 可判定尺寸 ^b	检不出	可检出 ^a 可判定尺寸 ^{b,d}	检不出	检不出	
	氢致裂纹	检不出	检不出	可检出 ^a	有限检出	检不出	检不出	
变形	尖锐凹陷	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,i}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^f 可判定尺寸	
	平滑凹陷	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,i}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^f 可判定尺寸	
	鼓胀	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,i}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^f 可判定尺寸	
	皱纹、波纹	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,i}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^{e,g}	可检出 ^f 可判定尺寸	
	椭圆度	检不出	检不出	检不出	检不出	检不出	可检出 可判定尺寸 ^b	
各种部件	管式阀和配件	可检出	可检出	可检出	可检出	可检出	可检出	
	套管 (同心)	可检出	可检出	检不出	检不出	可检出	检不出	
	套管 (偏心)	可检出	可检出	检不出	检不出	可检出	检不出	
	弯头	有限检出	有限检出	有限检出	有限检出	有限检出	可检出 ^h 可判定尺寸 ^b	
	支管附件/带压开孔	可检出	可检出	可检出	可检出	可检出	检不出	
	临近金属物	可检出	可检出	检不出	检不出	可检出	检不出	

表 C.1 (续)

异常	瑕疵/缺陷/特征	金属损失检测器			裂纹检测器		变形检测器
		漏磁 (MFL)		超声纵波 ^m	超声横波 ^m	环向漏磁	
		标准分辨率 (SR)	高分辨率 (HR)				
各种部件	铝热焊接	检不出	检不出	检不出	检不出	检不出	检不出
	管道坐标	检不出	可检出 ^k	可检出 ^k	可检出 ^k	可检出 ^k	可检出 ^k
维修记录	A型套筒	可检出	可检出	检不出	检不出	可检出	检不出
	复合套筒	可检出 ⁱ	可检出 ⁱ	检不出	检不出	可检出 ⁱ	检不出
	B型套筒	可检出	可检出	可检出	可检出	可检出	检不出
	补丁/半圆补强板	可检出	可检出	可检出	可检出	可检出	检不出
	沉积焊	有限检出	有限检出	检不出	检不出	有限检出	检不出
各种损伤	分层	有限检出	有限检出	可检出 可判定尺寸 ^b	有限检出	有限检出	检不出
	夹杂物 (未熔合)	有限检出	有限检出	可检出 可判定尺寸 ^b	有限检出	有限检出	检不出
	冷作	检不出	检不出	检不出	检不出	检不出	检不出
	硬点	检不出	可检出 ^j	检不出	检不出	检不出	检不出
	磨痕	有限检出 ^a	有限检出 ^a	可检出 ^{a,b}	可检出 ^{a,b}	有限检出 ^{a,b}	检不出
	应变	检不出	检不出	检不出	检不出	检不出	可检出 ^j
	环焊缝异常 (气孔等)	有限检出	可检出	可检出	可检出 ^d	检不出	检不出
	疤/毛刺/鼓泡	有限检出 ^a	有限检出	可检出 ^{a,b}	可检出 ^{a,b}	有限检出 ^a	有限检出

^a 受可检测的指示的深度、长度和宽度的限制。
^b 由检测器的尺寸精度确定。
^c 闭合裂纹减小了检测概率 (POD)。
^d 传感器旋转 90°。
^e 检测概率 (POD) 的减小取决于尺寸与形状。
^f 如装配设备, 也可检测周向位置。
^g 尺寸不可靠。
^h 如装配弯头测量设备。
ⁱ 不可探测未做标记的复合套筒。
^j 如装配设备, 取决于参数。
^k 如装配具有测绘能力的设备。
^l 量化精度取决于设备。
^m 仅在液体环境, 即液体管道或液体耦合的气体管道中能使用的内检测技术。

附 录 D
(资料性附录)
管道检测调查表实例

管道检测调查表实例如下所示。

公司名称	
完成人	
姓名	传真
办公电话	日期
审核人	
姓名	传真
办公电话	日期

位置信息	
管道名称	
管道长度	管道外径
km	mm
发送位置	发送站#
发送电话	接收电话
接收位置	接收站#
基地位置	基站#
基地运输地址	
基地联系方式	基地电话
所需检测类型：应力腐蚀开裂 (SCC) 磁漏 (MFL) 凹陷 (Dent) 剖面 (Profile) 清管 (Clean)	
需要模拟体	需要定位器
管道沿线地图可用	

介质详细信息	
介质类型	水含量
蜡含量	非满流
二氧化碳含量	危险
硫化氢含量	防护装备
流动类型： 层流 湍流 两相 (过渡性)	
流动特性： 液体 气体 两相 (两者)	
单一管线	速度不变
流速可控	

管道情况		最 小	正 常	最 大
出站压力	kPa			
出站速度	km/h			
出站流速	m ³ /d			
出站温度	°C			
进站压力	kPa			
进站速度	km/h			
进站流速	m ³ /d			
进站温度	°C			

注：这些值是以正常管道条件记录的。压力和速度在清管器运行期间不断变化。

管道详细信息	
上次检测年份	最大允许操作压力 (MAOP)
设计压力	清管器类型
清管计划	清管频率
已知/可疑损伤	
相关历史数据	

管道状况	
建设年份	是否安装球形三通
管道埋深 最大 最小	管道埋藏类型
管道附近是否有高压线	位置
管道上是否有绝缘法兰	位置
R. O. W (路权) 准入 (公路、空中等)	
管道是否有带压开孔	
相关历史数据	

管道特征	是	否		是	否
管道是否包含如下特征					
螺纹与轴环接头			冷却环		
承插接头			液力连接器		
阶梯液力连接器			封堵三通		
非过渡性壁厚变化			Y形三通配件		
			斜接头		
腐蚀取样点			乙炔焊缝		
内部探测器			防涡器		

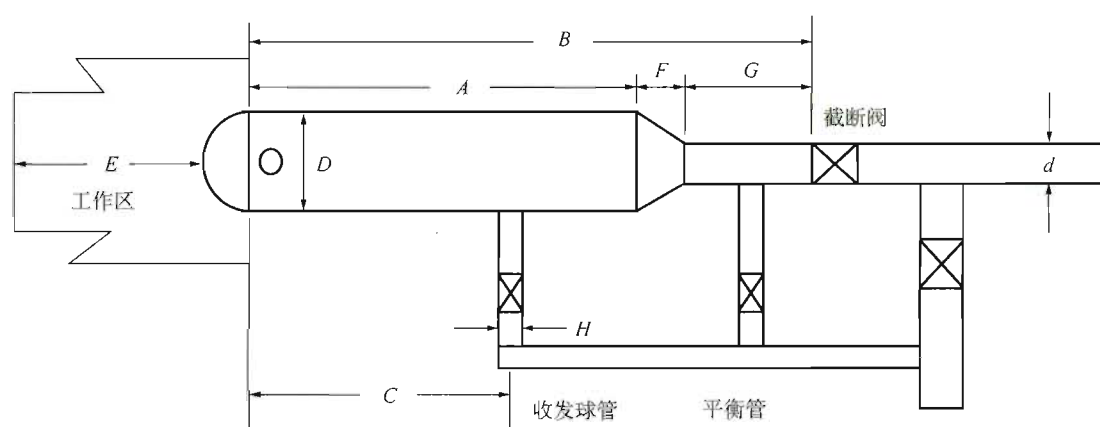


图 D.1 普通清管器收发器平面图

收发器详细信息		发球筒长度	收球筒长度
A	盲板到大小头, m		
B	盲板到收发器阀门, m		
C	盲板到收发球管中心线, mm		
d	管道直径, mm		
d'	管道内径, mm		
D	筒体直径, mm		
D'	筒体内径, mm		
E	轴向距离, m		
F	大小头长度, mm		
F'	大小头壁厚, mm		
G	大小头到阀门, mm		
H	收发球管, mm		
收发器状况		发球筒	收球筒
方向			
收发器阀门类型/内径, mm			
收发器中心线高度(地面), mm			

收发器详细信息	发球筒长度	收球筒长度
	是 否	是 否
是否提供升降机	能力 提升高度	能力 提升高度
收发器是否配备： 清管器（到站）指示器 球形三通 取样管或内置配件		
收发器盲板类型		
收发器压力比，kPa		
同心或偏心大小头		
收发器附近工作间		
进入限制（因可用空间或地表状况）		
收发器位置的交流电源		
内在安全区域与级别		
是否提供现场图纸		

管子信息					
管子公称壁厚 mm	每种壁厚长度 km	管子焊接 类型	管子等级 MPa	制管厂	外径 mm
总长度					
维修历史					
管子公称壁厚和 登记，mm/MPa	每种壁厚长度 km	里程始点	里程终点	备注	维修日期
总长度					

弯头					
类型	弯头里程 km	角度 (°)	弯头半径	最小内径 mm	备注

三通/小开口/支管					
类型 (锻造、塞子等)	三通/小开口/ 支管的里程	时钟位置	最大的小开口 直径，mm	有无挡条	备注

阀门				
类型	阀门里程 km	制造商	型号	最小内径 mm

管径变化					
大小头类型	直径变化的里程 km	上游直径 mm	下游直径 mm	直径过渡长度 mm	备注

涂层 (如为混凝土, 是否有磁性)	
内部	
外部	

地面参考点 下述所有参考点是否都能从地面定位			
管道阀门		大弯头	
阴保接头		小三通	
主要壁厚变化		套筒	
阳极		套管	
环焊缝		绝缘法兰	

已知金属损失信息	
内部	
外部	
机械损伤	
其他	

特别注意

备注

姓名 签名 日期

完成人：

检查人：

校对人：

参 考 文 献

- [1] NACE Publ 35100 (latest revision), "In - Line Nondestructive Inspection of Pipelines" (Houston, TX: NACE) .
- [2] ANSI/ASNT ILI - PQ (latest revision), "In - Line Inspection Personnel Qualification and Certification" (Columbus, OH: ASNT, 2005) .
- [3] API 1163 (latest revision), "In - Line Inspection Systems Qualification Standard" (Washington, DC: API) .
- [4] J. F. Kiefner, P. H. Vieth, RSTRENG 3.0 (Windows Version), "User's Manual and Software" (Includes: L51688B, Modified Criterion for Evaluating the Remaining Strength of Corroded Pipe) (Washington, DC: PRCI, 1993) .
- [5] J. F. Kiefner, P. H. Vieth, RSTRENG2 (DOS Version), "User's Manual and Software" (Includes: L51688, Modified Criterion for Evaluating the Remaining Strength of Corroded Pipe) (Washington, DC: PRCI, 1993) .
- [6] "Updated Pipeline Repair Manual," PRCI R2269 - 01, Final Report, August 28, 2006.
- [7] ASME B31G (latest revision), "Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines: A Supplement to ASME B31 Code for Pressure Piping" (New York, NY: ASME) .
- [8] European Pipeline Operators Forum, "Specifications and Requirements for Intelligent Pig Inspection of Pipelines." Shell International Exploration and Production B. V. , RPT - OM; Rijswijk, The Netherlands, November 6, 1998.
- [9] ASME B31. 4 (latest revision), "Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids" (New York, NY: ASME) .
- [10] NACE SP 0502 (latest revision), "Pipeline External Corrosion Direct Assessment Methodology." Houston, TX: NACE.
-

中华人民共和国

石油天然气行业标准

管道内检测

SY/T 6889—2012

*

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

北京中石油彩色印刷有限责任公司排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

880×1230毫米 16开本 2.25印张 64千字 印1—2000

2013年4月北京第1版 2013年4月北京第1次印刷

书号: 155021·6925 定价: 27.00元

版权专有 不得翻印