(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 101762633 B
(45)授权公告日 2011.06.22

(21)申请号 200810240572.1

(22)申请日 2008.12.25

(73)专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100011 北京市东城区安德路16号洲际大厦

(72)发明人 王维斌 佟文强 刘桂春 王禹钦 陈健峰 刘哲 刘广文 梁峰

(74)专利代理机构 北京市中实友知识产权代理有限责任公司 11013
代理人 金杰 任清汉

(51)Int.Cl.
G01N 29/04(2006.01)

(56)对比文件
WO 2008/035794 A1,2008.03.27, 全文.
CN 101173911 A,2008.05.07, 全文.
US 5587534 ,1996.12.24, 全文.
CN 1978977 A,2007.06.13, 全文.
JP 特开2001-27628 A,2001.01.30, 全文.

审查员 孙昕

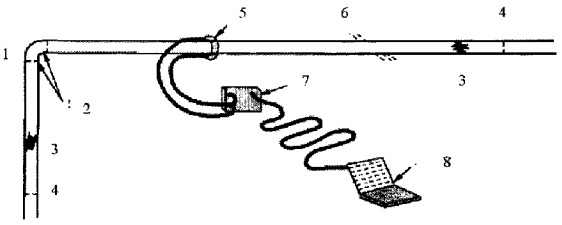
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 1 页

(54)发明名称

一种管道本体缺陷快速检测方法

(57)摘要

本发明是一种管道本体缺陷快速检测方法。它依次为:1)掌握待检管道的规格、支撑系统、防腐层、温度、腐蚀程度、管线布局、历史信息;2)选择传感器环、清理待检管道表面、检查和标定检测系统;3)对地面上管段,每段只检测一次,发现问题再重点排查;对埋地管道要据不同的防腐层和输送介质,确定检测次数和位置;4)分析诊断:标注管道基本属性、校正曲线、比对反射信号及不同位置的检测数据、变频分析、相同位置数据叠加分析方法诊断、观测缺陷的环向位置、对缺陷进行程度分类;5)根据诊断结果确定验证探坑和检测探坑并检测和分析检测探坑内管段、标出缺陷的位置、观测腐蚀情况并测厚、对缺陷进行精细扫查确定缺陷的位置、性质和尺寸。



CN 101762633 B

1. 一种管道本体缺陷快速检测方法，包括：

1) 了解并掌握待检测油气管道情况信息；

2) 根据现场实际情况确定检测的方案；

3) 开展检测；

4) 分析检测数据，诊断管道检测结果；

5) 根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检工作；

其特征是该方法依次为：

1) 了解并掌握待检测油气管道的管道规格、管道支撑系统、管道防腐层、管体温度、接近被检测位置的难度、腐蚀程度、预期的缺陷类型、管线布局、历史情况信息；

所述了解并掌握待检测油气管道的管道规格包括管道直径、壁厚、待检测管道配套的传感器环及管道直径与相同标称规格的传感器环是否匹配；

所述了解并掌握待检测油气管道的管道支撑系统是检测简单支撑位置时，使用高频传感器进行检测；当检测焊接支撑时，采用高频传感器进行检测，同时还需要测量焊接支撑的尺寸；

所述了解并掌握待检测油气管道的管道防腐层是有沥青防腐层，要变换更多检测位置；当管体覆盖绝缘层时，被检测位置还需要进行处理，留出一定的检测空间，通常不小于半米；

所述了解并掌握待检测油气管道的管体温度是测量待检测油气管道的管体温度，以保证为传感器环能承受的温度；

所述了解并掌握待检测油气管道的接近被检测位置的难度是检测管道时，都需要至少变换一次检测位置，用于覆盖上一次检测的盲区，在检测之前，需要审视现场作业空间，要有足够空间变换一次检测的位置；

所述了解并掌握待检测油气管道的腐蚀程度是对腐蚀严重的管道，需要采用其他无损检测手段辅助检测壁厚损失；在检测腐蚀严重管道时，使用低频传感器，能够忽略微小的腐蚀缺陷；

所述了解并掌握待检测油气管道的预期的缺陷类型是对冲蚀类轴向缺陷，需要使用较低检测频率；针孔缺陷需要采用密间距测试；

所述了解并掌握待检测油气管道的管线布局是法兰、三通和弯管都是决定检测位置选择的依据；

所述了解并掌握待检测油气管道的历史情况信息包括腐蚀检测情况，修复情 况，施工和改线情况；

2) 在检测前完成选择传感器环、测量管体温度、清理待检测油气管道表面、检查和标定检测系统的准备工作；

3) 开展检测：对地面上管段，每一段只需检测一次，对于发现可疑问题的管段，再重点排查；

对于埋地管道，要根据不同的防腐层和不同的输送介质，确定每一段管道检测次数和检测位置的选择；

4) 分析检测数据，诊断管道检测结果：标注管道基本属性、校正曲线、比对反射信号及相同管段不同位置的检测数据、变频分析、不同位置数据对比和相同位置数据叠加分析方

法诊断缺陷、观测缺陷的环向位置、对缺陷进行严重程度分类；

5) 根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检：确定验证探坑和检测探坑的数量以及需要开挖的范围和深度并对检测探坑内管段进行检测和分析、标出存在缺陷的位置、观测管壁腐蚀情况并进行测厚、对缺陷进行精细扫查确定缺陷的位置、性质和尺寸。

2. 根据权利要求 1 所述的一种管道本体缺陷快速检测方法，其特征是所述检测前的准备工作包括：对检测设备充电，选择被检测管段需要使用的传感器环，选择管段上的检测位置，管体温度测量，管道表面处理，检测设备标定和功能检查内容；

1) 选择传感器环，针对不同直径的管段，采用相匹配的传感器环进行检测；选择管段上恰当的检测位置，这些位置要尽量避开或者置于检测的盲区内；

2) 测量管体温度，对于较高温度的管道，需要采用铝箔纸或锡箔纸包裹管道，作业时，手戴特殊防高温手套进行处理才能开展检测；

3) 如果是检测有防腐层或者其他绝缘层的管道，还需要对传感器环安装位置剥离防腐层，管体表面进行清理，使管体四周露出足够的空间，安装传感器环；

4) 检测系统的检查和标定，连接主机、电脑和传感器环，进行简单的检查；检查每个通道的电容；检查电缆完好性；检查主机上 USB 连接线与电脑连接情况；检查传感器与管道耦合情况；设置检测范围，标注管道直径和壁厚，设置检测正向参数。

3. 根据权利要求 1 所述的一种管道本体缺陷快速检测方法，其特征是所述开展检测是对于场站管网的检测，要将地面上工艺管道作为首先被检测的对象，接 着是埋地管道，最后检测穿路和穿墙的管道；通往市区的天然气管道如设置了限流阀，将该部分区域管道的检测顺序放在场站停输的时候，或者选择用气需求不大的时段停输检测；它包括：

1) 地面上管段，如果是长距离管道，先采用低频传感器进行检测，对于发现可疑之处，再使用高频传感器模块进行检测，并变换位置再次检测；

2) 对于受噪声、振动影响严重的地面上管段，除采用 1) 常规的检测方式，进行检测时需要增加滤波次数；

3) 对于长度较短的地面上管段，在设置检测范围时适当减小，再进行检测；

4) 对于埋地管段，第一遍先采用低频传感器进行检测，安装传感器在入地立管的地面上部分，使用常规方式进行检测，并变换位置再检测；

5) 对于埋地管段，第二遍采用高频传感器进行检测，安装传感器在入地立管的地面上部分，使用常规方式进行检测，并变换位置再检测；

6) 对于压缩机附近的埋地管段，或减压阀附近地面上管段，除采用 4) 和 5) 常规的检测方式，进行检测时需要增加滤波次数；

7) 对于长度较短的埋地管段，采用高频传感器进行检测，在设置检测范围时适当减小，再进行检测；

8) 对于检测信噪比较差的埋地管段，增加滤波次数进行检测，同时检测时间也增加；

9) 对于埋地距离较长管段，要选择适当的位置开挖检测探坑，剥离该探坑内管段的防腐层，进行检测；

10) 对于超声波信号衰减严重的沥青防腐层、结蜡原油或腐蚀严重的管道，适当缩短初始检测范围，并采用密间隔，多点测量方法，收集较多的检测数据；

11) 使用高频导波对长度较短管段实现无盲区检测，弥补低频超声导波检测时的盲区，

具有较高的缺陷检出率。

4. 根据权利要求 1 所述的一种管道本体缺陷快速检测方法，其特征是所述分析检测数据，诊断管道检测结果是：

1) 标注焊缝、法兰、弯管、异径管、支管、三通、仪表已知的管道基本属性；

2) 标示埋地位置和防腐层位置；

3) 设置并调节距离幅值校正 DAC 曲线；

4) 重点观测反射信号波幅、脉冲回波形状、轴对称和非轴对称信号参量；

5) 观察和比对反射信号的相位；

6) 观测反射信号反映出来的横截面积变化量；

7) 通过比对相同管段不同位置的检测数据，排除反射信号、虚假信号和噪声信号；

8) 变频分析过程中，观测反射信号的变化；

9) 调节带宽，观测反射信号的变化；

10) 不同位置数据对比和相同位置数据叠加分析方法，诊断缺陷；

11) 通过上述步骤，标出可疑缺陷的轴向位置；

12) 使用“聚焦”模式，观测缺陷的环向位置；

13) 依据距离幅值校正 DAC 曲线对缺陷进行严重程度分级。

5. 根据权利要求 1 所述的一种管道本体缺陷快速检测方法，其特征是所述根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检的工作包括：

1) 经过检测和分析后，对存在缺陷的管段，进行复检，将复检结果与之前的检测结果进行仔细的比对和分析，最终确定需要开挖验证的管段位置；

2) 对于较长的埋地管段，超声导波信号无法有效覆盖，还需要开挖检测探坑，以便进行继续检测；

3) 确定验证探坑和检测探坑的数量，以及需要开挖的范围和深度；

4) 对检测探坑内管段进行检测和分析；

5) 对于验证探坑内管段，标出存在缺陷的位置；

6) 对于存在缺陷的位置，剥离防腐层；

7) 观测管壁腐蚀情况，判断是内腐蚀还是外腐蚀；

8) 使用超声测厚仪进行测厚；

9) 如需对缺陷进行精确的定量检测，采用其他无损检测手段，对缺陷进行精细扫查，确定缺陷的位置、性质和尺寸；

10) 如果缺陷是发生在焊缝上，则使用 TOFD 和相控阵技术，对焊缝缺陷进行精细定性定量检测；

11) 如果是焊缝或者管体近表面微裂纹，采用磁粉、渗透无损检测手段，对裂纹缺陷进行快速检测。

一种管道本体缺陷快速检测方法

技术领域

[0001] 本发明是一种管道本体缺陷快速检测方法。涉及超声波的测量和管道系统技术领域。

背景技术

[0002] 超声导波技术是无损检测领域的新技术，该项技术特别适合于场站管网、炼场管网、以及不能实施智能在线检测（内检测）和清管的长输管道。与传统的超声波检测相比，超声导波技术主要优点：检测速度快，检测距离长，声场遍及整个管壁，对壁厚进行 100％的检测，适用于检测埋地管道。通过该项技术的运用，结合其他无损检测方法，能够对这些难以内检测的管道进行检测，确保修复的针对性，保证了管道运营的安全。导波检测技术虽然不像内检测可对长输管道进行高效率全面检测，但它可以作为内检测技术的有效补充，能对无法实施内检测的场站等工艺管道进行检测，对管道腐蚀和损伤的重点区域如场站、河流及公路铁路、沼泽地等穿越管段，显示出其检测的快速、灵活和有效。实践证明导波技术具有很高的灵敏度，优良的声波传输功能，是一项与智能式管道在线检测（内检测）技术互补并在某些方面能取而代之的简便实用的管道腐蚀与缺陷检测技术。但同时导波检测技术在工程实际应用中也存在诸多问题，如对工况较差的管道其信号衰减严重导致检测距离相对较短，数据结果分析复杂，短期内探头难以实现国产化导致其更换和维护成本高、难度大等，都对导波技术在油气管道检测中造成一定困难。

[0003] 申请号为 200310123047.9 的发明专利申请公开了一种使用导波的非破坏性检查装置和非破坏性检查方法（公开日为 2005 年 2 月 2 号）；申请号为 200610072881.3 的发明专利申请公开了一种对带粘弹性包覆层充液管道导波检测方法（公开日为 2006 年 9 月 6 号）；申请号为 200610144294.0 的发明专利申请公开了一种管道缺陷的超声导波时间反转检测装置和方法（公开日为 2007 年 6 月 13 号）。上述技术主要围绕压电超声导波进行，主要集中在如何得到模式较单一的导波。申请号为 200710053208.X 的发明专利申请公开了一种磁致伸缩导波无损检测方法（公开日为 2008 年 2 月 20 号），该方法主要是基于磁致伸缩导波的缺陷信号分析方法。

[0004] 综上可以看出，目前国内所有的专利，还是仅针对导波原理的理论分析、局部关键设备或技术的专利，并无能够成熟、可靠应用在油气管道现场的检测方法。

发明内容

[0005] 本发明的目的是发明一种迅速发现油气管道场站、炼场以及长输管道本体腐蚀等缺陷并对缺陷的位置进行准确定位的管道本体缺陷快速检测方法。

[0006] 本发明提供一种管道本体缺陷快速检测方法，图 1 给出了该方法的示意图，它是由传感器、检测仪和计算机完成的。图 2 给出了一般流程图，其步骤依次为：

[0007] 1. 了解并掌握待检测油气管道（管网或场站）情况信息；

[0008] 2. 根据现场实际情况确定检测的方案；

[0009] 3. 完成检测前的准备工作；

[0010] 4. 开展检测；

[0011] 5. 分析检测数据，诊断管道检测结果；

[0012] 6. 根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检工作。

[0013] 本发明的特征是该方法依次为：

[0014] 1）了解并掌握待检测油气管道的管道规格、管道支撑系统、管道防腐层、管体温度、接近被检测位置的难度、腐蚀程度、预期的缺陷类型、管线布局、历史情况信息；

[0015] 2）在检测前完成选择传感器环、测量管体温度、清理待检测油气管道表面、检查和标定检测系统的准备工作；

[0016] 3）开展检测：对地面上管段，每一段只需检测一次，对于发现可疑问题的管段，再重点排查；

[0017] 对于埋地管道，要根据不同的防腐层和不同的输送介质，确定每一段管道检测次数和检测位置的选择；

[0018] 4）分析检测数据，诊断管道检测结果：标注管道基本属性、校正曲线、比对反射信号及相同管段不同位置的检测数据、变频分析、不同位置数据对比和相同位置数据叠加分析方法诊断缺陷、观测缺陷的环向位置、对缺陷进行严重程度分类；

[0019] 5）根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检：确定验证探坑和检测探坑的数量以及需要开挖的范围和深度并对检测探坑内管段进行检测和分析、标出存在缺陷的位置、观测管壁腐蚀情况并进行测厚、对缺陷进行精细扫查确定缺陷的位置、性质和尺寸。

[0020] 其中：

[0021] 1、了解待检测油气管道（管网或场站）情况信息，为制定检测方案做准备；

[0022] 1.1 管道规格

[0023] 包括管道直径、壁厚、待检测管道配套的传感器环及管道直径与相同标称规格的传感器环是否匹配？

[0024] 1.2 管道支撑系统（焊接支撑、环向夹钳、简单支撑等）

[0025] 检测简单支撑位置时，使用高频传感器进行检测；

[0026] 当检测焊接支撑时，采用高频传感器进行检测，同时还需要测量焊接支撑的尺寸；

[0027] 1.3 管道防腐层（沥青，煤焦油，环氧粉末，绝缘层等）

[0028] 沥青防腐层会显著缩短检测距离，因此需要变换更多检测位置；

[0029] 当管体覆盖绝缘层时，被检测位置还需要进行处理，留出一定的检测空间，通常不小于半米；

[0030] 1.4 管体温度

[0031] 测量待检测油气管道的管体温度，以保证为传感器环能承受的温度；

[0032] 1.5 接近被检测位置的难度

[0033] 安全装置视具体情况而定

[0034] ●检测坑下管道，下坑时需要借助梯子；

[0035] ●检测架支管道，需要采用结构稳定坚固的梯子，最好有两人以上从旁协助；

[0036] ●检测压缩机附近（或高噪声、受振动影响）管道时，需要戴上耳塞工作；

[0037] ●检测高温热媒管道时，需要先测量管体温度，超过传感器允许的温度时，需要采用铝箔纸或锡箔纸包裹管道，作业时，手戴特殊防高温手套；

[0038] ●坑下有水时，需要穿上雨鞋作业，切勿站在管道上，防止滑倒；

[0039] 检测管道时，一般都需要至少变换一次检测位置，用于覆盖上一次检测的盲区，因此，在检测之前，需要审视现场作业空间，是否足够变换一次检测位置；

[0040] 检测复杂工况下管道时，大部分时间和费用消耗在靠近检测管段的工作上，例如穿公路、穿铁路、穿河管道的检测，跨越管段检测等；因此，提前考察地形和现场实际情况，有利于统筹安排检测时间，制定检测计划；

[0041] 1.6 腐蚀程度

[0042] 超声导波能发现管体存在的腐蚀缺陷，但是无法给出最大的腐蚀深度，需要采用其他无损检测手段辅助检测壁厚损失；

[0043] 在检测腐蚀严重管道时，使用低频传感器效果较好，能够忽略微小的腐蚀缺陷；

[0044] 1.7 预期的缺陷类型

[0045] 轴向缺陷例如冲蚀，与腐蚀缺陷不同，需要使用较低检测频率；

[0046] 针孔比缺陷密集群更难发现，需要采用密间距测试；

[0047] 1.8 管线布局

[0048] 法兰、三通和弯管等都是决定检测位置选择的依据；

[0049] 1.9 历史

[0050] 待检测管道的历史信息很重要，包括腐蚀检测情况，修复情况，施工和改线情况等；

[0051] 2、制定检测方案

[0052] 根据了解掌握的信息情况，确立检测顺序、检测方法、时间安排、安全防护设施配备、检测人员和安全责任监督人员等内容；

[0053] 2.1 检测顺序

[0054] 检测的顺序需要根据现场实际情况而定，要结合考虑管道的运营管理上的方便，以不耽误生产为前提，还要根据检测的方便性和程序简单性；

[0055] 如对于场站管网的检测中，要将地面上工艺管道作为首先被检测的对象，接着是埋地管道，最后检测穿路和穿墙的管道；

[0056] 通往市区的天然气管道可能设置了限流阀，该区域管道内气体受减压影响可能发出很大的噪声，严重干扰超声导波检测效果，因此需要将该部分区域管道的检测顺序放在场站停输的时候，或者选择用气需求不大的时段停输，再检测；

[0057] 2.2 检测方法

[0058] 选择传感器环，针对不同直径的管段，采用相匹配的传感器环进行检测；

[0059] 对地面上的管段，每一段只需检测一次，对于发现可疑的问题的管段，再重点排查；

[0060] 对于埋地管道，还要根据不同的防腐层和不同的输送介质，确定每一段管道检测次数和检测位置的选择；

[0061] 实际检测时，需要根据管道所处的具体工况，采用相应的检测方法；

[0062] 下面的表里，列举了影响管道检测距离的因素；实际检测时，需要根据管道所处的

具体工况，采用相应的检测方法；

[0063] 表 1 影响管道检测距离的因素

[0064]

检测难易程度		管道表面条件	管体特征	管内介质
↑ ↓	容易 困难	● 只有金属 ● 平滑的涂漆 ● 岩棉绝缘层 ● 环氧粉末 ● 轻微点蚀 ● 严重点蚀 ● 塑料防腐层 ● 沥青防腐层 ● 位于混凝土中	● 直管段 ● 弯头 ● 附属物/支架 ● 支管	● 气体 ● 低黏性液体 ● 高黏性液体 ● 结蜡或油污沉淀

[0065] 3、完成检测前的准备工作包括对检测设备充电，选择被检测管段需要使用的传感器环类型，选择管段上的检测位置，管体温度测量，管道表面处理，检测设备标定和功能检查等内容；

[0066] 3.1 选择传感器环，针对不同直径的管段，采用相匹配的传感器环进行检测；

[0067] 3.2 选择管段上恰当的检测位置，尤其要注意具有较大的反射特征，如法兰等，这些位置要尽量避开或者置于检测的盲区内；

[0068] 3.3 测量管体温度，对于较高温度的管道，需要采取一些特殊措施，需要采用铝箔纸或锡箔纸包裹管道，作业时，手戴特殊防高温手套进行处理才能开展检测；

[0069] 3.4 如果是检测有防腐层或者其他绝缘层的管道，还需要对传感器环安装的位置剥离防腐层，管体表面进行清理，使管体四周露出足够的空间，以便于安装传感器环；

[0070] 3.5 检测系统的检查和标定，连接主机、电脑和传感器环，进行简单的检查；检查每个通道的电容；检查电缆完好性；检查主机上 USB 连接线与电脑连接情况；检查传感器与管道耦合情况；设置检测范围，标注管道直径和壁厚，设置检测正向等参数；

[0071] 4、开展检测

[0072] 4.1 地面上管段，如果是长距离管道，先采用低频传感器模块进行检测，对于发现可疑之处，再使用高频传感器模块（采用工程塑料制作而成，加载传感器的器具，可安装在传感器环上，方便安装和拆卸）进行检测，并变换位置再次检测；

[0073] 4.2 对于受噪声、振动影响严重的地面上管段，如压缩机附近地面上管段，或减压阀附近地面上管段，除采用 4.1 常规的检测方式，还需要采用噪声过滤（超声导波检测中的一种噪声过滤检测方式——high noise，属于专业词汇领域）方式进行检测；

[0074] 4.3 对于长度较短的地面上管段，进行检测时可适当缩短检测范围；

[0075] 4.4 对于埋地管段，第一遍先采用低频传感器模块，安装传感器在入地立管的地面上部分，使用常规方式进行检测，并变换位置再检测；

[0076] 4.5 对于埋地管段，第二遍采用标准传感器模块，安装传感器在入地立管的地面上部分，使用常规方式进行检测，并变换位置再检测；

[0077] 4.6 对于压缩机附近的埋地管段，或减压阀附近地面上管段，除采用 4.4 和 4.5 常规的检测方式，还需要采用噪声过滤方式进行检测；

[0078] 4.7 对于长度较短的埋地管段，除采用 4.4 和 4.5 常规的检测方式，还需要采用短距离方式进行检测；

[0079] 4.8 对于检测信噪比较差的埋地管段，增加滤波次数进行检测，同时检测时间也会增加；

[0080] 4.9 对于埋地距离较长管段，需要选择适当的位置开挖检测探坑，剥离该探坑内管段的防腐层，进行检测；

[0081] 4.10 对于超声波信号衰减严重的管道，如沥青防腐层、结蜡原油或腐蚀严重的管道，可适当缩短初始检测范围，并采用密间隔，多点测量方法，收集较多的检测数据，便于分析；

[0082] 4.11 使用高频导波设备对长度较短管段实现无盲区检测，可以弥补低频超声导波检测时的盲区，尤其适用于作业空间狭小的情况，具有较高的缺陷检出率；

[0083] 5、分析检测数据，诊断管道检测结果

[0084] 5.1 标注焊缝、法兰、弯管、异径管、支管、三通、仪表等已知的管道基本属性；

[0085] 5.2 标示埋地位置和防腐层位置；

[0086] 5.3 设置并调节距离幅值校正曲线 (DAC)；

[0087] 5.4 重点观测几个参量，包括反射信号波幅、脉冲回波形状、轴对称和非轴对称信号；

[0088] 5.5 观察和比对反射信号的相位；

[0089] 5.6 观测反射信号的横截面积变化量（管道轴向某个位置横截面积与正常管道横截面积相比，变化的百分数）；

[0090] 5.7 通过比对相同管段不同位置的检测数据，排除反射信号、虚假信号和噪声信号；

[0091] 5.8 变频分析过程中，观测反射信号的变化；

[0092] 5.9 调节带宽，观测反射信号的变化；

[0093] 5.10 不同位置数据对比和相同位置数据叠加等分析方法，诊断缺陷；

[0094] 5.11 通过上述步骤，标出可疑缺陷的轴向位置；

[0095] 5.12 使用管壁展开“聚焦”模式，观测缺陷的环向位置；

[0096] 5.13 依据 DAC 曲线，对缺陷进行严重程度分级；

[0097] 6、根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检的工作

[0098] 6.1 经过检测和分析后，对存在可以缺陷的管段，进行复检，将复检结果与之前的检测结果进行仔细的比对和分析，最终确定需要开挖验证的管段位置；

[0099] 6.2 对于较长的埋地管段，超声导波信号无法有效覆盖，还需要视情开挖检测探坑，以便进行继续检测；

[0100] 6.3 向管道运营和管理人员提交需要开挖的验证探坑和检测探坑的数量，以及需要开挖的范围和深度；

[0101] 6.4 对检测探坑内管段进行检测和分析；

[0102] 6.5 对于验证探坑内管段，标出存在缺陷的位置；

[0103] 6.6 对于存在缺陷的位置，剥离防腐层；

[0104] 6.7 观测管壁腐蚀情况，判断是内腐蚀还是外腐蚀；

[0105] 6.8 首先使用超声测厚仪进行测厚；

[0106] 6.9 如需对缺陷进行精确的定量检测，可采用其他无损检测手段，如超声相控阵、高频导波等技术手段，对缺陷进行精细扫查，确定缺陷的位置、性质和尺寸；

[0107] 6.10 如果缺陷是发生在焊缝上，则可使用 TOFD 和相控阵技术，对焊缝缺陷进行精细定性定量检测；

[0108] 6.11 如果是焊缝或者管体近表面微裂纹，可以采用磁粉、渗透等无损检测手段，对裂纹缺陷进行快速检测。

[0109] 本发明的原理是利用超声导波技术具有快速、准确、100％覆盖被检测管道的特点，来应用到在役油气管道的本体缺陷检测中，以最小的埋地管道开挖和防腐层剥离工作量，得到整条管道或管网的本体健康状况，特别适用于场站管网、炼场管网、以及不能实施智能在线检测（内检测）和清管的长输管道。检测的程序包括收集被检测管道信息、制定检测方案、检测前准备工作、检测、缺陷分析诊断、开挖验证和复检。

[0110] 成果可应用在油气管道场站、炼厂、油田采油管网、及长输干线管道的本体缺陷快速检测和定位上，为缺陷的检测和修复等工作实施奠定基础。该技术的应用将最大限度的增加管道运行管理的科学性，提高管道完整性管理水平，降低管道运行风险，降低事故率、减少人民生命财产的损失，以科技手段维护管道安全，意义重大，具有很高的应用前景和经济效益，社会效益亦十分显著。

附图说明：

[0111] 图 1 检测系统示意图

[0112] 图 2 检测流程图

[0113] 其中 1- 弯头 2- 弯头两侧焊缝

[0114] 3- 腐蚀 4- 环焊缝

[0115] 5- 传感器环 6- 管道支承

[0116] 7- 检测主机 8- 计算机

具体实施方式

[0117] 实施例．本例是在宝坻站进行试验的方法，其构成如图 1 所示，流程如图 2 所示。图 1 中给出了常见的弯管段的检测示意图，图中 1- 弯头、2- 弯头两侧焊缝、3- 腐蚀、4- 环焊缝、5- 传感器环、6- 管道支承、7- 检测主机、8- 计算机。

[0118] 本例的检测流程依次是：

[0119] 1) 了解并掌握待检测油气管道的管道规格、管道支撑系统、管道防腐层、管体温度、接近被检测位置的难度、腐蚀程度、预期的缺陷类型、管线布局、历史情况信息；

[0120] 2) 在检测前完成选择传感器环、测量管体温度、清理待检测油气管道表面、检查和标定检测系统的准备工作；

[0121] 3) 开展检测：对地面上管段，每一段只需检测一次，对于发现可疑问题的管段，再重点排查；

[0122] 对于埋地管道，要根据不同的防腐层和不同的输送介质，确定每一段管道检测次数和检测位置的选择；

[0123] 4) 分析检测数据，诊断管道检测结果：标注管道基本属性、校正曲线、比对反射信号及相同管段不同位置的检测数据、变频分析、不同位置数据对比和相同位置数据叠加分析方法诊断缺陷、观测缺陷的环向位置、对缺陷进行严重程度分类；

[0124] 5) 根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检：确定验证探坑和检测探坑的数量以及需要开挖的范围和深度并对检测探坑内管段进行检测和分析、标出存在缺陷的位置、观测管壁腐蚀情况并进行测厚、对缺陷进行精细扫查确定缺陷的位置、性质和尺寸。

[0125] 具体为：

[0126] 1、调研待检测油气管道（管网或场站）情况信息，为制定检测方案做准备；制作一张问题列表，在检测开始之前先找到这几个问题的答案将有助于提高检测效率；

[0127] 1.1 管径规格

[0128] 管道直径为 Φ529mm，壁厚 9mm；待检测的管径都有配套的传感器环；管道直径与相同标称规格的传感器环匹配；

[0129] 1.2 管道支撑系统（焊接支撑、环向夹钳、简单支撑等）

[0130] 检测简单支撑位置时，使用标准结构即可，当检测焊接支撑时，高频传感器环检测效果较好，同时还需要测量焊接支撑的尺寸；

[0131] 1.3 管道防腐层（沥青，煤焦油，环氧粉末，绝缘层等）

[0132] 站内均为沥青防腐层，它会显著缩短检测距离，因此需要变换更多检测位置；管体覆盖有绝缘层，被检测位置还需要进行处理，留出一定的检测空间，通常不小于半米；

[0133] 1.4 管体温度

[0134] 经检测，站内进站管道温度为 35℃，出站管道温度为 65℃；

[0135] 1.5 接近被检测位置的难度

[0136] 在掌握了焊接支撑、环向夹钳、简单支撑及高噪声、受振动区段后，对实施检测操作时，需要采用何种安全装置、是否便于变换位置检测、接近该处检测位置需要多长时间都有了预案；

[0137] 1.6 腐蚀程度

[0138] 采用超声导波可获得腐蚀缺陷的位置，需要采用其他无损检测手段辅助检测壁厚损失；在检测腐蚀严重管道时，使用低频传感器，能够忽略微小的腐蚀缺陷；

[0139] 1.7 预期的缺陷类型

[0140] 轴向缺陷例如冲蚀，使用较低检测频率；针孔比缺陷密集群更难发现，采用密间距测试；

[0141] 1.8 管线布局

[0142] 法兰、三通和弯管等都是决定检测位置选择的依据；

[0143] 1.9 历史

[0144] 待检测管道的历史信息很重要，包括腐蚀检测情况，修复情况，施工和改线情况等；

[0145] 2、制定检测方案根据信息调研情况，确立检测顺序、检测方法、时间安排、安全防护设施配备、检测人员和安全责任监督人员等内容；

[0146] 2.1 检测顺序

[0147] 检测的顺序需要根据现场实际情况而定，要结合考虑管道的运营管理上的方便，以不耽误生产为前提，还要根据检测的方便性和程序简单性；在场站管网的检测中，要将地面上工艺管道作为首先被检测的对象，接着是埋地管道，最后检测穿路和穿墙的管道；

[0148] 2.2 检测方法

[0149] 采用与管道直径相匹配的传感器环进行检测；地面上管段，由于没有防腐层，也没有埋地信号的影响，检测信号会比较清晰，每一段只需检测一次，对于发现可疑的问题的管段，再重点排查；对于埋地管道，具体的检测方法，还要根据不同的防腐层和不同的输送介质，来确定每一段管道检测次数和检测位置的选择；前面的表 1 里，列举了影响管道检测距离的因素；实际检测时，需要根据管道所处的具体工况，采用相应的检测方法；

[0150] 3、完成检测前的准备工作包括对检测设备充电，选择被检测管段需要使用的传感器环类型，选择管段上的检测位置，管体温度测量，管道表面处理，检测设备标定和功能检查等内容；

[0151] 3.1 选择传感器环；

[0152] 3.2 选择管段上恰当的检测位置，尤其要注意具有较大的反射特征，如法兰等，这些位置要尽量避开或者置于检测的盲区内；

[0153] 3.3 测量管体温度；

[0154] 3.4 检测有防腐层或者其他绝缘层的管道，还需要对传感器环安装的位置剥离防腐层，管体表面进行清理，使管体四周露出足够的空间，以便于安装传感器环；

[0155] 3.5 检测系统的检查和标定，连接主机、电脑和传感器环，进行简单的检查；检查每个通道的电容；检查电缆完好性；检查主机上 USB 连接线与电脑连接情况；检查传感器与管道耦合情况；设置检测范围，标注管道直径和壁厚，设置检测正向等参数；

[0156] 4、开展检测

[0157] 4.1 地面上管段，如果是进站或出站管道，先采用低频传感器模块进行检测，对于发现可疑之处，再使用高频传感器模块进行检测，并变换位置再次检测；

[0158] 4.2 对于受噪声、振动影响严重的地面上管段，如压缩机附近地面上管段，或减压阀附近地面上管段，除采用 4.1 常规的检测方式，还需要采用噪声过滤方式进行检测；

[0159] 4.3 对于长度较短的地面上管段，可适当缩短检测范围；

[0160] 4.4 埋地管段，第一遍先采用低频传感器模块，安装传感器在入地立管的地面上部分，使用常规方式进行检测，并变换位置再检测；

[0161] 4.5 埋地管段，第二遍采用高频传感器模块，安装传感器在入地立管的地面上部分，使用常规方式进行检测，并变换位置再检测；

[0162] 4.6 对于压缩机附近的埋地管段，或减压阀附近地面上管段，除采用 4.4 和 4.5 常规的检测方式，还需要采用噪声过滤方式进行检测；

[0163] 4.7 对于长度较短的埋地管段，可适当缩短检测范围；

[0164] 4.8 对于检测信噪比较差的埋地管段，增加滤波次数进行检测，同时检测时间也会增加；

[0165] 4.9 埋地距离较长管段，需要选择适当的位置开挖检测探坑，剥离该探坑内管段的防腐层，进行检测；

[0166] 4.10 对于超声波信号衰减严重的管道，如沥青防腐层、结蜡原油或腐蚀严重的管道，可适当缩短初始检测范围，并采用密间隔，多点测量方法，收集较多的检测数据，便于分析；

[0167] 4.11 使用高频导波设备对长度较短管段实现无盲区检测，可以弥补低频超声导波检测时的盲区，尤其适用于作业空间狭小的情况，具有较高的缺陷检出率；

[0168] 5、分析检测数据，诊断管道检测结果

[0169] 5.1 标注焊缝、法兰、弯管、异径管、支管、三通、仪表等已知的管道基本属性；

[0170] 5.2 标示埋地位置和防腐层位置；

[0171] 5.3 设置并调节法兰距离幅值校正曲线 (DAC)；

[0172] 5.4 重点观测几个参量，包括反射信号波幅、脉冲回波形状、轴对称和非轴对称信号；

[0173] 5.5 观察和比对反射信号的相位；

[0174] 5.6 观测反射信号的横截面积损失量；

[0175] 5.7 通过比对相同管段不同位置的检测数据，排除反射信号、虚假信号和噪声信号；

[0176] 5.8 变频分析过程中，观测反射信号的变化；

[0177] 5.9 调节带宽，观测反射信号的变化；

[0178] 5.10 不同位置数据对比和相同位置数据叠加等分析方法，诊断缺陷；

[0179] 5.11 通过上述步骤，标出可疑缺陷的轴向位置；

[0180] 5.12 使用“聚焦”模式，观测缺陷的环向位置；

[0181] 5.13 依据 D A C 曲线，对缺陷进行严重程度分级；

[0182] 6、根据缺陷诊断结果，进行开挖验证和复检的工作

[0183] 6.1 经过检测和分析后，对存在可以缺陷的管段，进行复检，将复检结果与之前的检测结果进行仔细的比对和分析，最终确定需要开挖验证的管段位置；

[0184] 6.2 对于较长的埋地管段，超声导波信号无法有效覆盖，还需要视情开挖检测探坑，以便进行继续检测；

[0185] 6.3 向管道运营和管理人员提交需要开挖的验证探坑和检测探坑的数量，以及需要开挖的范围和深度；

[0186] 6.4 对检测探坑内管段进行检测和分析；

[0187] 6.5 对于验证探坑内管段，标出存在缺陷的位置；

[0188] 6.6 对于存在缺陷的位置，剥离防腐层；

[0189] 6.7 观测管壁腐蚀情况，判断是内腐蚀还是外腐蚀；

[0190] 6.8 首先使用超声测厚仪进行测厚；

[0191] 6.9 如需对缺陷进行精确的定量检测，可采用其他无损检测手段，如超声相控阵、超声高频导波等技术手段，对缺陷进行精细扫查，确定缺陷的位置、性质和尺寸；

[0192] 6.10 如果缺陷是发生在焊缝上，则可使用 TOFD 和相控阵技术，对焊缝缺陷进行精细定性定量检测；

[0193] 6.11 如果是焊缝或者管体近表面微裂纹，可以采用磁粉、渗透、涡流等无损检测手段，对裂纹缺陷进行快速检测。

[0194] 按本方法对宝坻站进行试验检测，并经开挖、去防腐层验证，管道腐蚀均较相近，无漏检，较为理想。

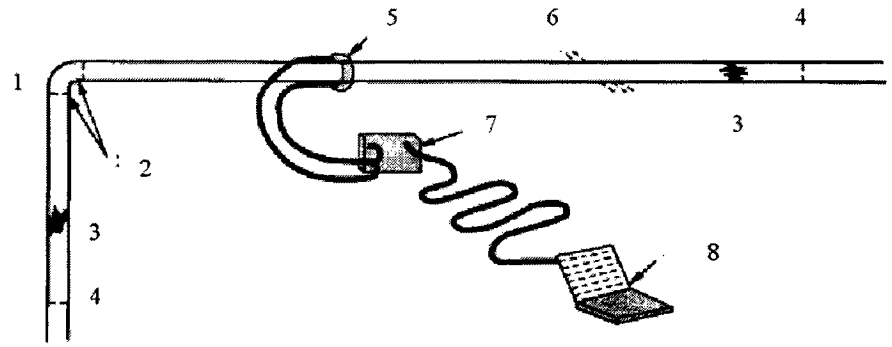

1
2
3
4
5
6
7
8
3
4

图 1

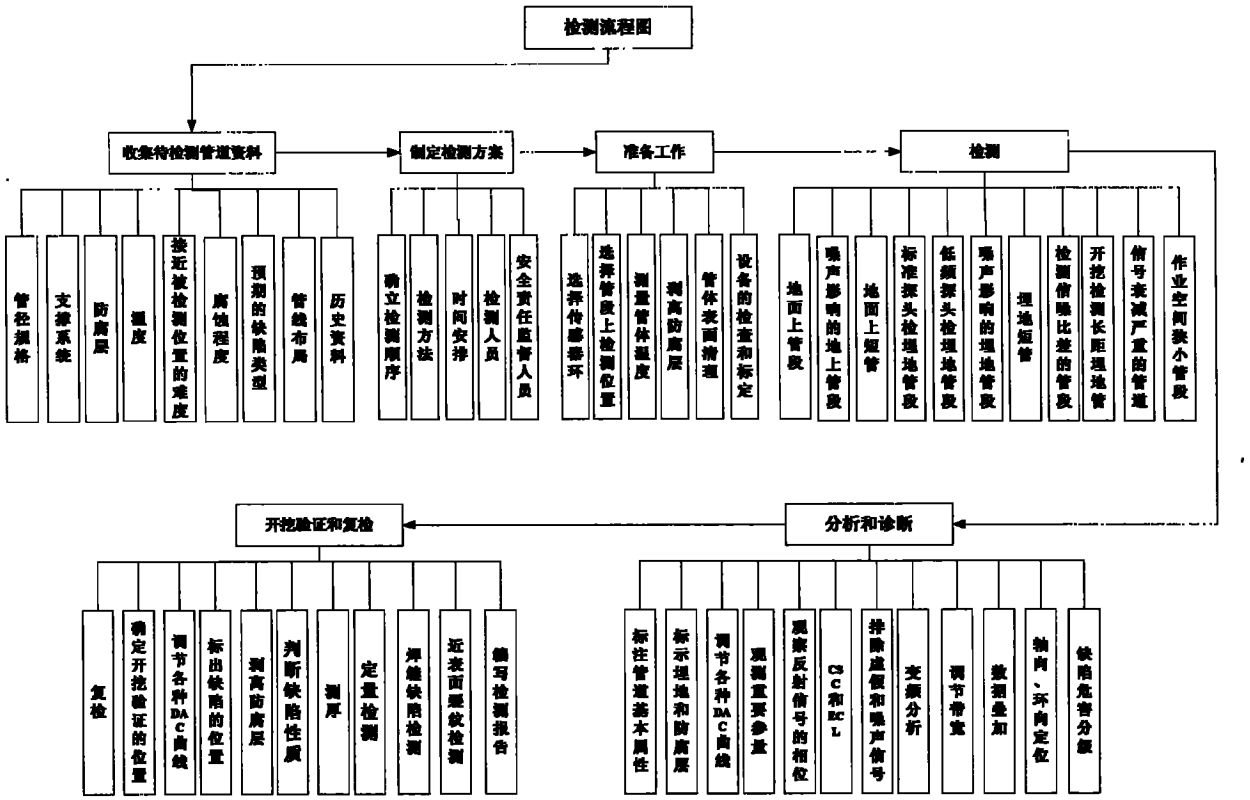

检测流程图
收集待检测管道资料
制定检测方案
准备工作
检测
管径规格
支撑系统
防腐层
温度
接近被检测位置的难度
腐蚀程度
预期的缺陷类型
管线布局
历史资料
确立检测顺序
检测方法
时间安排
检测人员
安全责任监管人员
选择传感器环
选择管段上检测位置
测量管体温度
剥离防腐层
管体表面清理
设备的检查和标定
地面上管段
噪声影响的地上管段
地面上短管
标准探头检埋地管段
低频探头检埋地管段
噪声影响的埋地管段
埋地短管
检测信噪比差的管段
开挖检测长距埋地管
信号衰减严重的管道
作业空间狭小管段
开挖验证和复检
分析和诊断
复检
确定开挖验证的位置
调节各种DAC曲线
标出缺陷的位置
剥离防腐层
判断缺陷性质
测厚
定量检测
焊缝缺陷检测
近表面裂纹检测
编写检测报告
标注管道基本属性
标示埋地和防腐层
调节各种DAC曲线
观测重要参量
观察反射信号的相位
CSC和ECL
排除虚假和噪声信号
支撑分析
调节带宽
数据叠加
轴向、环向定位
缺陷危害分级

图 2