

油气管道缺陷分类及修复方法概述

杨雪峰 (新疆油田公司重油开发公司, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要: 我国管道建设规模与日俱增, 然而许多管道使用年限过长, 出现了大量的管道缺陷问题, 如管体泄露、外腐蚀、内腐蚀、管体金属损失、电弧烧伤、夹渣、凹坑、硬点、裂纹、焊缝缺陷、皱弯、砂眼和氢致裂纹等缺陷类型。从成因、后果和检测方法来介绍这些常见的管道缺陷类型。同时介绍了常用的修复方法, 如打磨、堆焊、补板、A 型套筒、B 型套筒、环氧钢套筒、复合材料、机械夹具和换管修复等。不同的修复方法对应的不同的缺陷类型。

关键词: 油气管道; 管道缺陷; 修复方法

0 引言

我国经济飞速发展, 对于油气资源的需求增加。然而我国的油气资源分布不均匀, 需要用管道运输来达到跨区域资源调配。管道建设从 1963 年的第一条巴渝线管道开始到现在, 油气管道建设规模有了翻天覆地的变化, 管道总里程达到 16.3 万 km。然而许多管道面临老龄化问题, 随之而来的是管道出现大量缺陷问题, 如外部缺陷和内部缺陷等。不同的缺陷类型对应不同的修复方法, 以保证管道能正常运行。

1 管道缺陷分类

管道往往埋在地下, 受到的腐蚀因素有很多, 如化学腐蚀、电化学腐蚀等, 也会受到其他不利因素: 如外力撞击、焊接缺陷和管道自身缺陷。这些都会导致管道缺陷数量增加和缺陷类型的复杂。

国内将油气管道常见缺陷大致分成管体泄露、外腐蚀、内腐蚀、管体金属损失、电弧烧伤、夹渣、凹坑、硬点、裂纹、焊缝缺陷、皱弯、砂眼和氢致裂纹共 13 种。这些腐蚀类型可以通过肉眼、无损检测技术等方法被工作人员发现。

1.1 管体泄露

管体泄露是管道事故中比较常见的现象, 泄露原因往往是腐蚀、外力撞击等^[1]。由于油气管道发生较大泄露时, 前后阀室的压力表会有变化, 人员能容易辨别出管道发生泄露, 再利用传感器等工具可以找出泄露位置。

1.2 外腐蚀和内腐蚀

管道处于地下潮湿环境, 容易受到化学腐蚀和杂散电流腐蚀。由于腐蚀的位置不同, 可将管道腐蚀分为外腐蚀和内腐蚀, 外腐蚀可以利用电流法找出腐蚀层的破损点^[2], 内腐蚀可以利用相控阵 B 扫描对内部缺陷的位置、深度、面积等进行检测^[3]。

1.3 管体金属损失

金属损失存在于所有的工程建设中, 管道敷设也会有金属损失。在管道的铸造、施工和运行期间都会存在金属损失。金属损失会导致管道的承载能力下降, 从而使管道不满足运行压强要求。可以利用 X 射线、XRD 分析等手段可以对管道的金属损失进行分析^[4]。

1.4 电弧烧伤和夹渣

在管道焊接时, 容易出现电弧烧伤或夹渣现象。电弧烧伤是由引弧或操作不当造成管道表面出现小洞。若管道表面的洞较大, 由肉眼即可观察到; 若管道表面的洞较小, 则需要用 X 射线来检查缺陷所在位置^[5]。夹渣是指管道焊接的过程中, 有外来物质与管道相融合造成的。电弧烧伤和夹渣会导致管道应力集中和管道承载能力下降。情况严重的话, 会导致管道发生破裂或断裂现象。按夹渣形态分, 可分为点状夹渣、块状夹渣和条状夹渣。夹渣容易在探伤检测中检查出来^[6]。

1.5 凹坑和硬点

凹坑是由于钢材制造过程出现的缺陷, 这种缺陷容易影响油品和天然气在管道运输中的运动^[7]。严重的情况会造成管道应力集中, 从而导致管道破裂。硬点是管道在制造过程中局部淬火所致, 硬点会导致管道部分区域变脆, 造成裂纹等现象。检测人员可以通过漏磁技术来检查硬点的存在^[8]。

1.6 裂纹

管道在运行过程中会受到许多不利因素, 如疲劳、蠕变、腐蚀和焊接等因素, 这些会导致管道出现裂纹现象^[9]。裂纹会导致管道承受压力能力下降, 若及时发现, 管道在运行过程中, 极易造成破裂现象, 导致管道事故发生。裂纹可以通过无损探伤技术来检测出来, 如超声波探伤和磁粉探伤都能发

生裂纹的区域大小等。

1.7 焊缝缺陷

管道焊缝的常见缺陷有咬边、焊瘤、表面气孔、表面裂纹和未焊透^[10]。咬边是指焊缝边缘的母材融化后没有得到金属补充,造成缺陷部位。咬边会减小管道的承载能力,还极易造成裂纹源。咬边可以利用磁粉检测技术检查外表面的咬边缺陷,用超声波检测技术检查内表面的咬边缺陷。焊瘤是指焊缝中的液态金属溢出造成母材上有瘤状缺陷。焊瘤会造成裂纹等现象,导致管道承载能力下降。焊瘤可以利用磁粉检测技术和超声波检测技术检查出来。表面气孔是指残留的气体在管材上形成的空穴。气孔会减少焊接有效面积,降低塑性,引起应力集中。表面气孔可以利用渗透检测检查出来,这种方法效率高,检测结果准确。表面裂纹是焊缝未较好合成,导致新的界面产生缝隙。表面裂纹会减弱管道的承载能力,导致各种断裂的生成。对于表面裂纹,一般选取渗透检测。未焊透是指母材金属未融化,焊接未完全的现象。未焊透会导致焊接有效面积减少,接头强度下降。可以利用超声波检测、射线检测和相控阵检测方法检查出来未焊透情况。

1.8 皱弯

管道弯管处容易产生皱弯现象,这是制造工艺不够细致造成的。皱弯会导致应力集中,造成管道承载能力下降^[11]。可以利用基于惯性测绘的内检测技术来准确识别管道的皱弯现象。

1.9 砂眼

管道砂眼表面上看可能是一个小孔,但砂眼可能会造成管道大面积减薄^[12]。可以利用无损检测技术测量管道厚度和检测管道内部状态来发现砂眼的位置和严重程度。

1.10 氢致裂纹

管道的氢致裂纹多集中于输气管道,由于许多油田产生含有高含量硫化氢的天然气,导致管道的氢致裂纹风险增加^[13]。氢致裂纹会造成管道的承载能力下降,导致发生危险概率增加。氢致裂纹可以利用无损检测技术发现出来。

2 管道修复方法分类

由于管道缺陷的复杂性,不同的管道缺陷需要对应不同的管道修复方法。常见的管道修复方法有打磨、堆焊、补板、A型套筒、B型套筒、环氧钢套筒、复合材料、机械夹具和换管修复等。其中套筒和机械夹具是常见的管道修复工具,而换管修复由于其需要停工停产,是不常见的修复方法。

2.1 打磨

打磨是指借助外界粗糙物体通过摩擦来改变物体表面的粗糙度。通常用于管道金属损失、凹坑、电弧烧伤、夹渣裂纹和焊缝缺陷的修复^[14]。

2.2 堆焊

堆焊是指将金属熔化焊接在管道上来修复破损部位。通常用于外腐蚀、金属损失、电弧烧伤、夹渣和裂纹的修复。

2.3 补板

补板修复技术是直接管道缺陷处焊接一块加强板,该方法与其他修复方法比,效率更高和可操作性更强。该方法常用于管体泄露、外腐蚀、金属损失、砂眼和氢致裂纹的修复。

2.4 A型套筒

在20世纪70年代,Barrelle公司率先使用套筒来修复油气管道的缺陷。其中主要的修复方式是A型套筒。随着套筒修复的普及,A型套筒也成为管道维抢修过程中最常用的器具之一。A型套筒可以安装在管道上,无须焊接到输送管。它是由两个半圆管筒组成,在管道上定位后,用侧焊缝或对接焊缝连接起来。A型套筒最大的优点是能维修长度较短的缺陷。除此之外,A型套筒制作简单。无须进行很严格的出厂检验。A型套筒的缺点是不能修复环向缺陷,而且会导致套筒和管道之间区域的阴极保护失效,从而导致杂散电流腐蚀的危险。A型套筒能修补外腐蚀、内腐蚀、金属损失、电弧烧伤、夹渣、凹坑、硬点、裂纹、焊缝缺陷、砂眼和氢致裂纹的缺陷。

2.5 B型套筒

B型套筒是国外比较成熟的修复技术,在国内没有现成的工作经验可借鉴。我国首次在西二线枣阳支线运用了B型套筒修复技术,西北石油管道公司也完成了室内的管道修复测试实验。B型套筒的端部以角焊的方式与输送管相连,可用于代替环形缺陷的补强。由于B型套筒承受纵向压力较大,该套筒是一种高致密结构部件,以此来保证其安全性和完整性。B型套筒修复技术的优点有:修复范围广,修复效果好,技术可靠性高。B型套筒修复技术的缺点有:施工中待修复管道需要降压,影响管道介质正常运输;动火存在一定的安全隐患;安装难度大,焊接质量对修复效果影响较大;施工中使用大型配套设备,效率较低,修复成本较高。B型套筒可用于管体泄露、外腐蚀、内腐蚀、金属损失、电弧烧伤、夹渣、凹坑、硬点、裂纹、焊缝

缺陷、皱弯、砂眼和氢致裂纹的缺陷。

2.6 环氧钢套筒

环氧钢套筒因其操作方便、不停输、不动火等优点,广泛应用于管道维抢修工作中。对于管道的轴向承载能力有较好的修复能力。环氧钢套筒由两个直径略大于待修复管道的钢壳连接而成,覆盖在缺陷表面,利用环氧树脂的固化作用来修补缺陷位置,增加管道的承载能力。环氧钢套筒可用于修补管体泄露、外腐蚀、内腐蚀、金属损失、电弧烧伤、夹渣、凹坑、硬点、裂纹、焊缝缺陷、皱弯、砂眼和氢致裂纹的缺陷。

2.7 复合材料

由于材料学的发展,许多复合材料进入管道公司的视线中。用于管道修复的新型复合材料由玻璃纤维、碳纤维和凯夫拉纤维。玻璃材料具有耐腐蚀性、高强度、绝缘性好的特点。碳纤维耐疲劳和重量轻,但容易导电,不利于长距离管道修复。凯夫拉纤维是由环氧树脂和凯夫拉纤维组成的,其综合了复合材料的弹性好、易修复、密度低、耐高温和安全性高等特点。因此,市面上较为常见的是凯夫拉纤维材料。复合材料常见修复的缺陷有外腐蚀、内腐蚀、金属损失、电弧烧伤、夹渣、凹坑、裂纹和焊缝缺陷。

2.8 机械夹具

机械夹具是利用夹具、定子、转子和带环等部件安装在管道上进行修复工作。转移速度快、修复距离长、操作空间小等特点,受到管道公司的重视。在管道维抢修的时候,机械夹具能对管道泄漏做到临时性修补。用于减少管道油气的泄漏,以便于管道后续维抢修的开展。

2.9 换管修复

管道中的换管修复可以一次性解决管道存在的所有问题,而且是永久性的修复。但是换管修复也有弊端,资源消耗大,运营公司必须要进行停工停产,这会影响下游公司的生产效率和人民的生活质量。对于油气管道而言,换管修复存在一定的危险性,若油气管道内存在残留可燃物,并与施工过程中的火花相遇,会造成爆炸和燃烧事故。

以天然气管道为例,换管修复施工规模大,危险系数高,时效要求严格,抢险难度又较大。只有在其他修复方法失效时,才考虑换管修复施工。换管修复能修复管体泄露、外腐蚀、内腐蚀、金属损失、电弧烧伤、夹渣、凹坑、硬点、裂纹、焊缝缺陷、皱弯、砂眼和氢致裂纹的缺陷。

3 展望

随着国家发展和能源升级,油气管道的建设规模也与日俱增。然而复杂的管道环境问题也会导致管道的缺陷类型和复杂程度也会增加。管道公司会发展新技术,做到不停输修复来满足下游企业生产和人民生活需要。如高钢级管道的在线不停输技术等。随着基础科学的发展和材料学的进步,复合材料修补技术和环氧钢套管修复技术会得到越来越多的管道企业的重视。管道发生缺陷事故时,管道公司会利用新技术来做到修复时间快,安全性高,修复质量好等工作标准,来保证油气管道能正常安稳的运行下去。

参考文献:

- [1] 王晓东,赵玉锋.长输管线地面泄露检测原理及其应用[J].城市建设理论研究(电子版),2015,5(36).
- [2] 陈诚.储油罐及管道外腐蚀机理分析[J].全面腐蚀控制,2021,35(12):156-157.
- [3] 万琼,李广泽.某天然气管道内腐蚀问题探析[J].材料保护,2021,54(3):169-173.
- [4] 吕圆.天然气长输管道金属损失漏磁内检测技术研究[J].化工设计通讯,2022,48(2):82-84,102.
- [5] 叶双春.长输管道焊接中常见的问题及缺陷[J].石油天然气学报,2010(3):120.
- [6] 曹立潮,李银华,易勋.管线钢 X65 钢板表面夹渣分析[J].鄂钢科技,2012(4):31-32.
- [7] 邹楚婷,王卫强,吴玉良,王博,杜胜男,王国付.凹坑非光滑表面减阻技术数值模拟研究[J].机械强度,2021,43(3):700-706.
- [8] 张治国,张丹丹.热力管道裂纹高效修复工艺研究[J].材料保护,2021,54(5):176-179,183.
- [9] 赵金兰,雷俊杰,王高峰,刘迎来,聂向辉,杨专钊,张珂.油气输送管道对接环焊缝缺陷检测分析[J].焊管,2013(11):43-47.
- [10] 李康帅,郑召典,邵永波,彭宁.含凹陷管道弯曲承载力研究[J].压力容器,2021,38(7):17-25.
- [11] 黄金库.管道砂眼止漏技术研究[J].自然科学(文摘版),2016(1):18.
- [12] 陈娟,等.低温环境下在役管道焊接氢致裂纹的控制措施[J].油气储运,2014(12):1297-1300.
- [13] 杨建中,蒋庆梅.长庆至呼和浩特原油管道维修工艺[J].石油化工腐蚀与防护,2016,33(4):20-24.
- [14] 杨连河,丁辉.X65M+316L复合钢板高频焊管附加电弧堆焊工艺分析[J].钢管,2017,46(3):29-33.