

# 油气管道腐蚀检测及管道防护技术研究

王继明

山东正元地球物理信息技术有限公司

**[摘要]**对于油气管道来说,腐蚀是一个常见的问题,极易造成管道腐蚀失效,影响管道系统可靠性和使用寿命,严重危害管道的安全运行。本文针对油气管道的腐蚀检测与防护,结合国内外相关技术的发展现状,系统分析了油气管道质量的重要性,对目前常用的油气管道腐蚀检测技术和管道防护技术进行了探讨。

**[关键词]**油气管道; 腐蚀检测; 重要性; 防护技术

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.03.356

## 引言

在油气管道的日常运行中,虽然都有使用防腐技术,却受各种因素干扰,管道的腐蚀问题时有发生,给管道安全带来一定的威胁。如何找到油气管道的腐蚀位置,采取相应的防腐措施是目前研究的重点。本文讨论了常用的腐蚀检测方法,总结了现有的管道保护技术。

### 1 油气管道质量的重要性

管道质量取决于许多方面,一是合理选材,选择对使用介质具有耐蚀性的材料。二是合理设计,在确保管道使用性能结构设计的同时,全面考虑管道的防腐设计。三是规范施工,管道施工质量对整体质量的影响是比较大的,这种影响会存在于管道运行的各个阶段,直到管道被废弃,对管道的日常运行产生重要影响。四是采用防腐层保护,在油气管道表面施加保护层是防止油气管道腐蚀最普遍最重要的方法,是保证管道质量的第一道屏障。五是腐蚀检测,通过腐蚀检测可以发现管道存在的问题,并采取措施进行修复,间接提高管道质量。

## 2 管道腐蚀检测技术

### 2.1 变频选频法

变频选频法是我国工程技术人员开发的管道腐蚀检测方法,通过实测绝缘电阻值对防腐层质量好坏做出评价。该方法使用比较简单,测量时无需关停外加电流阴极保护,不受交流干扰影响,可实现长距离管道腐蚀检测。检测时被检测管道两端必须有接线点,中间不能有分支和接地点,若有牺牲阳极和分支管道则严重影响检测结果的真实性。变频选频法适用于防腐层总体质量评价,其评价结果比较准确,但检测管段应无支管及严重漏点。

### 2.2 人体电容法

人体电容法也称皮尔逊法,该方法通过发射机给目标管道施加一个特定频率的交变电流信号,在地下管道防腐层破损点处向土壤中泄漏电流,通过大地回流到发射机接地点,在破损点处形成一个以破损点为中心的交变电场,并成指数衰减,在破损点正上方信号最强,根据这一原理找出管道防腐层的破损点。当两个人体站在交变电场内时,由于人体的电容作用,使每个人具有一定的交变电位,检漏仪检测出两个人体之间的电位差。当一人走到漏点中心,另一人在管道侧面或无破损点的管道上方时,仪器接收的信号幅值最大,喇叭中的声音最响,数值显示最大,从而准确找到漏蚀点。

该方法使用的仪器体积小,重量轻,操作方便,可对管道进行定位、定深、探测防腐层破损点的位置。

### 2.3 PCM法

PCM法是目前比较先进的一种腐蚀检测方法,除了具有管线探测仪的定位和定深功能,还可以判断管道的腐蚀情况和防腐层的完整性,确定管道的腐蚀位置。PCM发射机施加在管道中的电流强度随距离增加而衰减,其衰减程度取决于管道及其防腐层的情况。利用在地面沿管道检测到的相应测点的电流计算出来的防腐层绝缘特性参数 $R_g$ ,可评价防腐层老化状况,定量给出管道防腐层的老化级别。PCM发射机具有超大功率发射能力,可在较长距离的管线上(30公里)施加有效的检测信号,探测深度大,检测距离长。

### 2.4 交流电压梯度法

交流地电位梯度法(ACVG)可采用PCM与A字架,通过测量土壤中交流地电位梯度的变化,查找和定位管道防腐层破损点。如果管道防腐层出现破损,那么一部分信号电流就会从该破损处流出,并以破损处为中心形成一个立体的球形分布电场,在地面上用PCM接收机结合A字架对这个电场投影的电位梯度进行检测,从而确定漏电场中心位置,定出破损点的具体位置。但干扰因素比较多,检测出的防腐层破损点只能定性分析,不能定量评价,检测结果的准确性还与操作人员的经验有关系。

### 2.5 直流电压梯度法

直流电压梯度法(DCVG)在国外应用广泛,电流经过土壤介质流入管道防腐层破损点处,在破损点处形成电压梯度。检测时可以用管道阴极保护系统的电流做信号源,也可以用外加直流电源做信号源。检测结果准确可靠,干扰相对少。能够检测出较小的防腐层破损点,定位精确,可以判断防腐层缺陷面积大小及破损点处管体腐蚀活性。

## 3 油气管道腐蚀的原因

### 3.1 大气腐蚀

大气腐蚀是金属腐蚀最常见的一种,金属置于大气环境中时,其表面通常会形成一层极薄的不易看见的湿气膜(水膜)。当这层水膜达到20—30个分子厚度时,它就变成电化学反应所需要的电解液膜。这种电解液膜的形成,或者是由于水分(雨、雪)的直接沉淀,或者是大气的湿度或温度变化以及其他种种原因引起的凝聚作用而形成。如果金属表面只是处于纯净的水膜中,一般不足以造成强烈的电化腐

蚀。大气环境下形成的水膜往往含有水溶性的盐类及溶入的腐蚀性气体。影响腐蚀的主要因素有湿度、大气腐蚀性成分等。

### 3.2 土壤腐蚀

金属材料受到周围土壤介质的化学、电化学作用而产生的破坏,称为金属的土壤腐蚀。土壤是一个由气、液、固三相物质构成的复杂系统,埋地金属管道的腐蚀发生在含水的环境下,在性质上属电化学过程。常见的土壤腐蚀形式有:充气不均引起的腐蚀,杂散电流引起的腐蚀和微生物引起的腐蚀。影响土壤腐蚀的因素有:电阻率、含氧量、含水量、盐分、pH值、温度、微生物、杂散电流。

### 3.3 高温腐蚀

油气管道在运行的过程中,由于受到了高温的影响,会进一步加剧油气管道的腐蚀程度。在高温条件下,油气管道内硫酸盐会被分解,进一步提高了腐蚀的速度,除此之外,在化学反应发生的过程中,有一部分化学原料没有进行充分的反应,这些原料对油气管道会造成一定的冲击力,进一步提高了腐蚀的速度。当油气管道的局部温度处于比较高的状态下,也进一步加剧了附着在管壁上的物质进一步分解。

### 3.4 腐蚀性气体

在化学反应发生的过程中,其中油气管道内存在一部分的原料没有进行充分的反应,这就导致在原料反应的过程中存在着氢气和一氧化碳,这些气体都是典型的腐蚀性气体,如果不进行及时的排除或者是充分的反应,就会腐蚀油气管道。当油气中的一氧化碳浓度越来越高的时候,油气管道的腐蚀程度也会越来越高,当其中的硫化氢浓度达到一定标准时,就会发生严重的腐蚀问题。

### 3.5 化学原料品质不佳

油气管道内化学原料在反应的过程当中,会存在大量的碱金属和氧化物,这无形中也会进一步加剧油气管道的腐蚀。化学物质当中的硫化氢浓度比较高的时候,经过化学反应以及其他的化学反应会生成硫化物,这些物质会破坏油气管道的氧化保护层。原料在反应的过程中,如果颗粒越来越大,就会导致不充分的反应越来越多,很容易生产出大量的还原性氢气。

## 4 油气管道腐蚀的防护对策

### 4.1 热喷涂

为了进一步解决油气管道出现腐蚀的问题,可以应用热喷涂防护油气管道。采取电弧喷涂的方式,可以形成油气管道低孔隙率,进一步提高物质反应的结合强度,减少其中的物质对氧化物保护层的影响。如果应用离子喷涂孔隙率,整体的反应会保持在4%到5%左右,如果应用电弧喷涂的方式,整体的孔隙率会达到6%到8%<sup>[3]</sup>。除此之外,还要进一步考虑到电弧喷涂的成本以及安全性问题,充分利用能源的应用效率,提高燃烧反应,减少不充分燃烧所产生的物质。当燃烧的条件越来越充分的时候,反应所生成的物质也会越来越少,油气管道所受到的腐蚀程度自然会有所降低。

### 4.2 强化给水控制

油气管道在整体运行的过程当中,可以进行强化给水控制,根据实际的工作情况,使得油气管道的内部流动速度进一步提高。与此同时,也要考虑到管材的整体品质,避免在油气管道内形成污垢的问题发生。综合考虑多种实际运行情况,站在不同的角度对问题进行解决,综合应用高温低氧技术和强化给水控制<sup>[4]</sup>。

### 4.3 缓蚀剂

缓蚀剂防腐技术是一种常用的管道防护手段,合理使用缓蚀剂可有效降低管道的腐蚀速率。这种方法被用在管道的生产过程中,它不需要改变原有设备和工艺流程,只是向腐蚀环境加入一定量的缓蚀剂,在管道内壁形成钝化膜、吸附膜、沉淀膜等保护膜,就能较好的防止活缓管道腐蚀。按电化学机理,缓蚀剂对电极过程的抑制作用,分为阳极型缓蚀剂、阴极型缓蚀剂和混合型缓蚀剂。按照成分分类,缓蚀剂可以分为无机缓蚀剂和有机缓蚀剂。

### 4.4 外防腐层

外防腐层可以使油气管道与大气、土壤等腐蚀性介质及环境有效的隔离开,减缓金属的腐蚀速度。外防腐层主要有:石油沥青防腐层、三层PE防腐层、双层环氧粉末防腐层、双层PE防腐层以及煤焦油瓷漆防腐层等多种类型。每种防腐层都有一定的适用范围,选用时首先要确保管道防腐性能。外防腐层涂装技术有手工刷涂、机械喷涂、淋涂和滚涂等,机械喷涂是金属管道常用的方法。

### 4.5 内涂层

对埋地油气混输管道进行内涂层保护是现阶段较为常见的防腐蚀措施,在管道的内部采用环氧树脂粉末涂层以及聚乙烯粉末涂层。降低管道表面粗糙度,减少摩擦。内涂层使得管道在实际的输送过程中管道内部的硫化氢等酸性气体不会和管道的碳钢相互接触,从而在极大程度上防止了管道的腐蚀。与此同时,内涂层技术也可以对于那些已经受到腐蚀的管道部位进行修复。

## 结论

综上所述,油气管道的腐蚀是对管道的一种威胁,也是影响安全运行的重要因素,通过及时检测管道腐蚀部位并采取一定的防护措施,可以降低事故发生的概率,也可以延长管道的使用寿命。故此,进行深入的腐蚀检测和防护技术是非常必要的。

## 参考文献

- [1] 全佳, 谭泉玲, 岳良武, 等. 埋地油气管道外防腐层检测及修复技术[J]. 天然气与石油, 2019, 31(1): 75-77.
- [2] 余国健. 长输油气管道外腐蚀缺陷修复技术对比研究[J]. 管道技术与设备, 2019, 1: 35-37.
- [3] 赵鑫. 油气管道腐蚀的检测与修复技术[J]. 炼油与化工, 2019, 1: 32-35.
- [4] 郭淑娟, 陈保东, 王占黎, 等. 埋地输油管道腐蚀缺陷分析及修复工艺[J]. 管道技术与设备, 2017, 2: 41-43