

# 油气长输管道腐蚀监测技术与应用

刘丝雨（中国昆仑工程有限公司大连分公司，辽宁 大连 116085）

**摘要：**随着我国经济发展水平的不断提高和能源需求的不断增加，对油气长输管道运行效率和安全性提出了更高的要求。由于受到多种因素影响，油气长输管道极易受到腐蚀，这就需要对腐蚀监测技术进行不断地完善和优化，提高油气长输管道运行效率和安全性。因此本文分析了几种油气管道腐蚀监测技术，阐述了油气长输管道防腐主要方法，提出了几点加强油气长输管道腐蚀监测技术应用的措施，希望可以为行业发展提供一些参考。

**关键词：**油气长输管道；腐蚀监测技术；应用

## 0 引言

随着石油、天然气管道的建设与发展，管道的腐蚀问题也成为国内外研究的热点。油气管道的腐蚀是多种因素作用的结果，包括内、外防腐涂层、阴极保护、微生物等，国内常用的腐蚀监测技术主要有直接腐蚀监测技术、间接腐蚀监测技术等。腐蚀监测技术能实时检测油气长输管道的腐蚀状况，实现对油气长输管道腐蚀状态和发展趋势的预测和判断，为制定和完善相应的管理制度及安全运行措施提供依据。油气长输管道腐蚀监测技术是一项新技术，目前仍处于探索阶段，还需要在实践中不断完善。

## 1 油气管道腐蚀监测技术

### 1.1 直接腐蚀监测技术

直接腐蚀监测技术与间接监测技术则恰恰相反，可以直观的反应腐蚀状况。直接腐蚀监测技术是通过对管道金属构件表面腐蚀产物进行分析，进而判断其内部存在的腐蚀情况。这种技术具有操作简单、方便快捷的特点，在管道腐蚀监测中得到了广泛应用。通过对管道金属构件的表面进行分析，能够得出金属构件的表面附着状况、金属构件的腐蚀情况以及存在的缺陷等信息，并将这些信息反馈到检测系统中，对其进行分析。在此基础上，根据检测系统中反馈的信息，进一步对管道金属构件中存在的缺陷进行判断。该技术在一定程度上能够对管道金属构件中存在的缺陷进行分析，但其也有一定局限性，无法对管道金属构件的腐蚀发展情况进行分析。

#### 1.1.1 物理法

挂片法又称试样重量法，是一种最基本也是最有效的腐蚀监测手段。其基本方法为：在被测试管的介质中放置一片与被测试管相同的金属样品，放置一段时间后，将样品移除，清除腐蚀产物并称重，根据腐

蚀时间、样品表面积、材料密度、重量等参数，计算腐蚀速率<sup>[1]</sup>。

#### 1.1.2 电感阻抗法

电感阻抗是一种基于阻抗转换的新的阻抗测试方式，其基本原理是在传感器中植入一个电感线圈，通过其产生的电流改变来探测灵敏度部件的减薄程度。与传统的阻抗法相比，该法灵敏度高、速度快、可实现即时测量等优点，但其成本较高。

#### 1.1.3 电化学方法

电化学法主要有两种：一种是线性极化，另一种是零电阻安培计法。用线性极化电阻仪测量了金属的锈蚀电流，从而得出了金属的锈蚀速率。在此基础上，用弱电流测量了阴极和阳极之间的电流。采用该算法，计算出了随腐蚀速度变化的对应关系。该技术可用于测定瞬时腐蚀速率，但其适用范围较窄，且只能用于电解质溶液中的电化学腐蚀。零电阻安培计法是指在非均匀金属偶合电极上以偶合电流为阳极时，其侵蚀速度，以及在同一工况下，采用零阻电流表测量偶合电荷的吸合电流的方法。在上述研究的基础上，考虑电极的特殊腐蚀特性，构建电耦合电流与电极材料的电化学反应之间的简单数学模型，获得负电位下电极的腐蚀速度，并给出缓蚀剂、氧气含量和水质变化等定量指标。

### 1.2 间接腐蚀监测技术

氢探法是一种常见的非直接在线监控技术。油气长输管道所传输的流体通常都是含氢的，它们不仅对金属具有强烈的腐蚀作用，而且还会在管路中产生氢，并在管路的孔隙、夹杂物处产生氢分子。因为氢原子在金属内部的传播速度远小于氢，所以在管道中压力增大，导致了材料变形和气泡的出现。对于大多数的金属而言，氢气可以通过氢气作用于合金的表层，使其出现诸如氢脆之类的缺陷，进而加快管道的腐蚀。

氢含量的测定能从一定程度上反映出管材材料对氢渗入的灵敏度和管材的浸蚀速率。用于测试的氢气探针,是目前应用较多的一种薄壁碳素钢管,在中间位置插有一根实心的芯棒,通过杆与管间产生环状缝隙,将其埋入绝缘介质中的方法。氢原子穿过管道,在管道内积累氢气,压力持续上升,并在外部压力计上显示出来<sup>[2]</sup>。

## 2 油气长输管道防腐主要方法

### 2.1 油气管道阴极保护法

由于其工作条件的特殊性,油气长输管道易发生土壤腐蚀和化学腐蚀。在油气长输管道中,阴极保护措施最为普遍,也是最为有效的防腐措施。在工程实践中,该技术主要用于对管道进行防护,主要有:外加电流阴极保护和牺牲阳极阴极保护。牺牲阳极是通过在管道上镀一种电位相对较小的金属构成的阴极,对长距离管道起到了很好的保护效果。外加电流的方法是在管道中设置正、负电极,使正、负电极之间的距离,在负电极电势达到某一数值时,连续提供保护电流,对管道起到了很好的作用。

### 2.2 外腐蚀防护法

油气管道的腐蚀有内外两种原因。相对于内部腐蚀而言,外部腐蚀较易处理。首先,应从管路设计入手,对管路布置的自然条件做好充分的调研,并尽可能地避开这些不利的因素。例如,有些地方因为长年下雨,空气的湿度很高,使得管道无论是在空气中,还是在地下,都有可能受到侵蚀,因此要对管道外部做好潮湿的工作,强化隔水和防水防腐;在有些地方,冬天温度很冷,容易出现裂缝,在这样的地方,在进行管道的设计和施工时,要注重保温,从设计上解决问题。其次,还出现了由于人为原因造成的管道表面锈蚀或漏水现象。比如,在实际工作中,工作人员仅仅是对油气管道进行防腐检测,但是由于没有进行相应的维护工作,造成了油气管道的腐蚀。为了克服腐蚀这一难题,必须通过制定有效的管理制度,增强全体员工对油气管道的防腐意识,进而加强对油气管道腐蚀保护措施的落实<sup>[3]</sup>。

### 2.3 内腐蚀防护法

在油气管道中,石油和天然气本身含有的化学成分,会对管道的内壁造成侵蚀。要解决这个问题,最好的方法就是在管道的内壁做防腐涂层,或者在管道中添加缓蚀剂来进行保护。比如在管道中加入阻锈剂,最大限度地降低气体本身对管道的伤害。目前市面上

所采用的缓蚀剂以 GP1 为主,其效果比较显著;此外,在油气管道中,也可以采用阴极保护,加强对管道的保护和管理。

## 3 加强油气长输管道腐蚀监测技术应用的措施

### 3.1 确定腐蚀监测的目标

油气长输管道是石油天然气运输的主要方式之一,输送的介质对管道的腐蚀是造成管道失效的重要原因。在管道运输过程中,由于外部环境和管道内壁所处环境不同,以及外界因素作用,不可避免地产生腐蚀现象。为保障油气长输管道安全运行,对其进行定期检查和维护是十分必要的。在对油气长输管道进行腐蚀监测的过程中,首先要确定腐蚀监测的目标,即对管道腐蚀状态进行分析,并确定其具体的腐蚀状况。在对管道进行腐蚀监测时,通常情况下是在特定的环境下对管道进行检测和监测,分析管道的腐蚀情况并判断其是否出现了异常。通常情况下,在油气长输管道进行腐蚀监测时,需要对以下几个方面进行考虑:首先要确定监测方法,通过不同的检测方法得到油气长输管道的具体腐蚀情况。其次要确定监测方法的原理,即通过不同方法的比较和选择最终确定适合于油气长输管道腐蚀检测的方法。最后要确定监测周期,通过合理安排油气长输管道腐蚀监测周期,并在此基础上实现对管道腐蚀状态进行实时监测的目标。通过对油气长输管道腐蚀状况进行实时监测,并在此基础上对检测结果进行分析和处理,从而为油气长输管道后续运行提供可靠的依据。

### 3.2 优化腐蚀监测技术,提高数据采集效率

目前,腐蚀监测技术在油气长输管道腐蚀监测中的应用越来越广泛,但由于受到多种因素的影响,在实际应用中仍然存在一些问题,主要表现在以下几个方面:①数据采集效率低。油气长输管道在实际运行过程中,会受到多种因素的影响,如环境条件、管道材质以及管道路深等。由于环境条件、管道材质、埋深等因素的影响,采集的数据不够准确和全面。数据采集效率低会导致数据采集结果不够准确,不仅会影响油气长输管道腐蚀监测效果,还会对油气长输管道的正常运行造成影响。②监测方法缺乏针对性。油气长输管道腐蚀监测主要是通过对其腐蚀环境进行分析和研究,建立相应的腐蚀数据库,为油气长输管道的腐蚀提供必要的参考。然而,由于受到各种因素的影响,油气长输管道腐蚀环境是复杂多变的,这就需要对监测方法进行不断优化和完善,提高腐蚀监测方法

的针对性。③监测设备过于陈旧。油气长输管道运行环境复杂多变,这就需要对设备进行不断地更新和完善。然而,由于受多种因素影响,油气长输管道腐蚀监测设备难以及时更新和升级。部分油田在实际运行过程中,由于长期对腐蚀环境进行分析和研究,导致腐蚀监测设备老化现象严重。这就需要加强对油气长输管道腐蚀监测设备的更新和改造。

### 3.3 加强腐蚀监测数据的综合利用

全面运用腐蚀监测数据,就是通过对腐蚀监测数据的分析与运用,来提升长输管道的工作效能与确保安全。目前,国内油气长输管道的腐蚀监测技术已经取得了较大的进展,可以从某种意义上提高腐蚀监测数据的利用率。但是,油气长输管道的腐蚀监测研究还处于起步阶段,受诸多因素的制约,其在工程实践中具有较大的局限性。一是要对长输管道的腐蚀监测数据进行分析,明确其发展规律;二是利用管线的防腐检测结果,对油气长输管道的运行状况进行判定;三是根据管线的腐蚀监测数据,判断油气长输管道的锈蚀情况;四是通过对管线腐蚀监测数据的统计和分析,可以更好地检测出长输管道的运行状况。

### 3.4 合理选择腐蚀监测技术

油气长输管道是我国的主要能源输送手段,在我国的经济和社会发展中,对能源的需求日益增加,其中油气长输管道在我国扮演着举足轻重的角色。但是,由于各种原因,长输管道容易发生腐蚀,从而降低了输送的有效性和安全性。因此,开展油气长输管道的腐蚀监测势在必行。针对油气长输管道的腐蚀监测,需要针对不同的环境条件,选用合适的腐蚀监测技术。在选用腐蚀监测方法时,应结合长输管道的实际条件。对于油气长输管道,若采用多层管线,则要针对其特性选用适当的探测方法;对于油气长输管道,若为单层管线,应针对其各自的特性,选用适当的探测方法。在选用腐蚀监测技术时,必须兼顾其准确性和可靠性。如在地下管线中,应优先选择声波探测、超声波探测和磁探测;在石油、天然气、天然气等长距离输送管线中,难以利用超声波和磁场探测的情况下,可用电化学法进行探测。

### 3.5 增加管道腐蚀监测的广度和深度

腐蚀监测技术可以实现对油气长输管道腐蚀情况的全面掌握,通过对腐蚀情况的分析,为长输管道的维护与管理、提升其安全性奠定基础。然而,长输管道在运行过程中,受诸多因素的作用,使得其在运行

过程中容易发生腐蚀,因此,对管线的整体性能提出了更高的要求。例如:采用各种方法,如物理方法、化学方法和电化学方法;通过对试样表面的形貌进行观察、分析、研究,明确了试样的各部位的锈蚀形式及锈蚀等级;采用电化学、磁性等方法对油气长输管道进行综合监测。通过对各种方法进行综合分析和研究,可以为油气长输管道的维护和管理提供有效依据,提高油气长输管道的运行效率和安全性。总之,在油气长输管道的管理中,有必要进一步开展腐蚀监测的研究工作,加大对该领域的研究力度,采用各种手段对其进行综合探测与分析。在此基础上,要进一步开展腐蚀监测技术的研究,针对各种监测手段的优缺点,合理选用适合的监测技术。

### 3.6 合理规划油气长输管道

在油气长输管道工程中,应对管线用地进行合理的规划与利用,以保证管线的正常运行。在施工中应尽量避开建筑物、耕地、道路等,并采用适当的防治方法,减少对周围的环境的影响。同时,要尽量避开不稳定的地质条件,以免带来不必要的经济损失。同时,还要做好管道沿线环境调查工作,制定科学合理的保护措施,做好油气长输管道防腐工作。在油气长输管道的建设过程中,应根据选择的线路特点及复杂的地质条件,对埋地管线及各种建筑设备进行防护。此外,管道周边的建筑物、障碍物拆除工作也应该协调处理,以免影响管道的正常运行。

## 4 结语

油气长输管道腐蚀监测技术在油气长输管道的应用过程中,其监测的结果具有较强的准确性和稳定性,通过对长输管道的腐蚀情况进行实时监测,可以及时发现油气长输管道出现的腐蚀问题,及时采取有效措施进行处理,从而确保油气长输管道可以正常运行。因此,在实际应用中,应根据实际情况和具体需求,选择合理的油气长输管道腐蚀监测技术,并在此基础上不断加强油气长输管道腐蚀监测技术的应用。

## 参考文献:

- [1] 任立杰.油气长输管道腐蚀监测技术与应用综述[J].中国石油和化工,2024(10):68-69.
- [2] 李俊莉,路建萍,张颖,等.油气集输管道腐蚀与防护技术研究进展[J].应用化工,2024,53(09):2231-2236.
- [3] 杨天野,杨永宽,李欣波,等.油气管道腐蚀的电场矩阵监测技术开发与应用[J].石油化工腐蚀与防护,2023,40(04):47-50.