

# 油气储运过程中的管道防腐问题研究与分析

李文斌（国家石油天然气管网集团有限公司西气东输分公司，上海 200120）

**摘要：**伴随着我国油气产业的发展和人民生活质量的提高，人们对油气的需求也在持续地增长。本文研究的目的是探讨油气管道在运输过程中面临的防腐问题，提高储运过程的安全性和可靠性。本文从影响管道腐蚀的因素出发，系统分析了防腐措施的实施情况，并针对常见问题提出了改进措施。通过研究，可以为油气管道的防腐设计与选材提供参考和指导，提高其持久性和耐腐蚀性。

**关键词：**管道防腐；油气储运；阴极保护技术

在进行油气储运过程中的管道防腐问题研究与分析之前，本文首先对现有相关研究进行了一定的文献综述。通过检索文献<sup>[1]</sup>，发现油气储运管道在长期使用过程中经常出现腐蚀问题，这不仅直接导致了管道故障和损失，还给环境和人类健康带来了严重威胁。目前，油气储运行业内存在防腐措施不完善、技术手段有限、管道腐蚀监测不够精准等问题。针对这些问题，本文将提出以防为主、综合治理、加强监测的解决思路，并在实践中不断完善和优化，以期提高管道的安全性和可靠性。

## 1 影响油气储运中腐蚀的内、外部因素

### 1.1 外部因素

#### 1.1.1 空气

大气中的腐蚀材料主要有酸，碱，盐等。当上述组份在管道中累积和分散时，对管道的损害将会很大，比如，腐蚀空气的渗入会造成管道的开裂等，进而增大管道与外界的摩擦系数等。若气体浓度高，则会导致管道产生化学反应，热破坏等破坏反应。在这种情形下，如果利用腐蚀性的媒介来损坏管道，将会引起管道的损坏。此外，还可能造成了一些特殊的原因，比如在管道中产生了一些化学空洞等。大气腐蚀的方法有直接腐蚀、渗透腐蚀和化学浸入等。

#### 1.1.2 水分

管道表面的含水率是管道内壁上所吸附的水分，其含量随温度的升高而增大。在运行过程中，管道中的水分含量会发生很大的改变。另外，随着气温的升高，空气中的水分也会随之升高，因此在高温环境下，极易出现裂缝。并且，随着温度的升高，这些管道的表面也会产生裂痕。这一现象对钢管尤其是在温度较低的情况下，会造成较大的腐蚀。

### 1.2 内部因素

环境中存在的腐蚀性气体、潮湿和有毒气体等因

素，可能会导致石油泄漏并引发火灾、爆炸等危险。例如，SO<sub>2</sub>会对管道内部造成严重的腐蚀问题，同时也会引起油气泄漏；氯和氟等气体混入到石油或天然气中，可能会加速侵蚀管道的某些部位。因此，在输送油气的管道中，应避免使用具有易燃、易爆和腐蚀作用的液体。要保证石油管道的安全运营，需要采取一系列的防护措施，包括防腐、防渗、监测等方面的技术手段。同时，应加强对环境中相关因素的监测，及时发现和处理问题，保障社会公共安全。

## 2 油气储存管道的防腐措施

### 2.1 管道部署方式

由于油气在埋地中普遍存在着长度较大的缺陷，因此，埋地管道主要用于保障油气的存储。在埋地时，若埋地不够合适，则会对埋地的管道造成损害，从而无法确保其安全性。在埋地管道的结构中，要尽量避免某些易碎的材质，或选用混凝土、铸铁等硬度极高的材质。

其中，水泥对钢筋锈蚀的影响最大。若将管道埋入地下，选用的是无构造的材质，或构造的材质不好，则会导致管道的腐蚀。因此要确保采用的是各种材质的防腐蚀材料。对于埋地的管道，并不一定要使用水泥作为防腐蚀的材质。

### 2.2 管道材质选择

以钢制管道、无缝钢管以及 HDPE、PP 等为主要原料的各类钢及金属产品为主要原料。由于材料的种类繁多，各种材料的管材也各不相同，因此对于各种材料的耐蚀要求也各不相同。

热轧钢板，热轧卷板，不锈钢等。还有各种厚度和材料的无缝管，此外，还要在不同部位，不同环境下采用不同的防腐材质。<sup>[2]</sup>氯化聚乙烯或类似物可用于流体，可将聚氨酯合成物或类似物用于气体。此外，许多天然气管道都使用了高密度的聚乙烯做防腐

涂层。

### 3 改善油气储运中管道的防腐性能的方法

首先,对钢管的表面进行处理,在金属加工中,表面处理是很关键的一步,它能够让金属的表面具有一定的光泽,进而提高其硬度,提高其耐腐蚀的效果。通常,针对各种金属和它们的合金,采用各种方法进行表面处理,而各种材质的金属,则要根据各自的方法进行表面处理。在对其进行表面的加工前,必须对其进行除锈。通常情况下,除铁锈的方式可分为冷轧、热轧及冷拉法。一般来讲,最常见的去铁锈的方式为机械去铁锈。而所谓的“机械除锈”指的是将管道从地上提起并置于机械装置内的过程,一般情况下,要保证管道表面光洁,无浮锈,无黑色附着。

其次,进行除锈工艺处理,常用的除锈方法有两种,一种是机械除锈,另一种是化学除锈。其中,机械除锈是指将铁锈上的铁锈除去,而化学除锈是指利用不同的化学物质及涂层来除去铁锈上的铁锈。在对钢制管道外壁进行锈蚀处理时,若对锈蚀部位的锈蚀效果没有特别严格的规定,则可用化学方法来处理。若管道内部有大量的铁锈,则可采用化学方法进行防锈处理。目前,常用的化学防锈方法有酸清洗和化学惰性气体清洗两种。在化学方法中,通常所用的清洁液是氢氧化钠,氢氧化钾等。但因其价格昂贵,故不适合在不使用高周波电泳法的情况下使用。目前,由于采用的是化学方法,由于其效果不佳,因此不适用于大规模的石油输送工程。

最后,采用防腐涂料进行保护是改善油气储运中管道的防腐性能的常用方法。在管道建设过程中,防腐涂料的种类很多,可根据地区气候条件及输送介质的性质进行选择。一般情况下,涂料应优先选用含有酚醛树脂、环氧树脂、聚氨酯等材料的涂料,以达到良好的防腐效果。在涂料施工之前,需要对管道表面进行充分清洗,以去除表面的油污、水分等杂质,以确保涂料可以牢固地附着在管道表面,从而提高防腐保护的效果。

综上所述,对钢管表面进行处理、除锈工艺处理和采用防腐涂料等方法,都能够有效地改善油气储运中管道的防腐性能,并且在实践中这些方法是互相补充的,可以综合运用以取得最佳的防腐效果。同时,也需要注意,不同的管道材质和使用环境所需的防腐方式可能会存在差异,因此在具体的应用中,需要结合实际情况进行选择和调整。

### 4 油气储运过程中管道腐蚀问题的常见原因分析

#### 4.1 受到外界环境因素的影响

在油气的储存和运输中,如果发生了腐蚀,将会对油气的输送安全和产品的品质造成很大的威胁。一般来说,造成管道发生锈蚀的主要原因是外部的影响,即外部的变化。当外界条件发生改变时,不仅会增加管道原有的承载量,还会因外界因素的影响而加重管道的侵蚀。就像是在油气的储存和运输过程中,当外部的环境温度在升高或降低时,在加热与冷却过程中,将会呈现出侵蚀速度的加快与缓慢,从而导致了管道的腐蚀。此外,由于受到地下水流侵蚀、土体含水量过高等多种影响,管道的破坏也会加速管道的破坏,从而导致管道的侵蚀。

#### 4.2 受到油气自身特性的影响

在油气的储存和运输过程中,由于油气本身性质的不同,导致了油气管道的腐蚀。普通油气地组成成分大多是甲烷、乙烷、硫酸氢、二氧化碳等,硫酸氢和二氧化碳等气体通常都是很强烈的氧化性,如果把它们存储在一条管道之中,在油气的输送过程中,它们会跟管道材料产生化学作用,导致管道被各种形式的侵蚀。所以,对于油气储存输送管道的腐蚀,必须重视管道防腐的作用,并且在管道建设过程中提高管道的耐蚀性,才能减少管道的腐蚀。

### 5 油气储运过程中管道防腐工作的优化策略探究

#### 5.1 优化管道材料与防腐材料选择

根据相关的规范选择管道材料,确保油气管道具有高强度、高耐腐蚀性和优良的焊接性能,为天然气的长距离存储奠定基础。另外,在选择抗腐蚀的材质时,必须对它的各项特性进行控制。在实际应用中,应尽量选择具有较强的绝缘性和附着力,良好的透气性和较高的抗土壤侵蚀能力。要在选择原材料时,要将当地气候条件、外部环境实际状况等因素考虑进去,有目的地选择更合适的钢管和防腐材料,尽量防止钢管受到较大的腐蚀。

#### 5.2 着重强化管道的内侧防腐处理

在对管道内部进行防腐处理时,应该与油气管道的在线检测系统相配合,找出发生腐蚀和开裂问题的部位,并采取有目的的措施,以防止管道内壁腐蚀的进一步恶化。针对油气输送管道的内壁,采用阻锈剂对其进行保护,减少其在管道内壁的侵蚀。配以阻锈剂,可降低管道对管壁的侵蚀。在实际应用中,只需抽取适当数量的阻垢剂,然后将阻垢剂直接注入油气

管道中就可以了。这时，抑制剂会在被侵蚀的管道上生成抑制层，使管道与油气隔绝，从而减轻管道的侵蚀。就目前的实际使用而言，GP-1型抑制剂由于可以在受强烈侵蚀的管道内壁面上更高效地生成抑制剂涂层而被普遍使用。

### 5.3 引入更为先进的管道防腐技术

#### 5.3.1 管道防腐层技术

第一，有机防腐涂层。目前，管道防锈涂料主要是沥青涂料、环氧类涂料和其他有机涂料。与之相比，尽管柏油的耐酸、耐水、耐碱性能更好，但它很容易衰老，所以它的使用受到了限制；而环氧漆（FBE）具有高附着力、高致密、耐盐、耐碱、耐高温等特点，是国际上广泛应用的石油天然气管道防腐涂料。第二，无机材料的抗腐蚀涂料。无机非金属材料（例如陶瓷涂层、搪瓷涂层以及热喷玻璃/瓷涂层等）具有优良的耐蚀性、耐磨性、耐高温和不容易衰老，因而在油气储运管道的防腐中也有很好的使用价值。

#### 5.3.2 防腐涂料和阴极保护技术

通过对我国几万公里长的油气管道的防腐工作的实际分析，得出两者相配合，可以达到更好的防腐作用，从而可以有效地防止由于防腐涂料的破坏而引起的腐蚀。在这些技术当中，保护涂料的工艺已经在前面的文章里进行了阐述，这里就不多做介绍了。就阴极保护技术而言，它属于电化学保护技术，其基本原则是：在电解液中，因为其自身的电化学不均匀，所以会产生侵蚀原电池。此时，在电解槽阳极区进行侵蚀，在液态中持续地释放着电子，而在液态中则溶解着一些金属元素；阴极区进行了一系列的阴极化学反应，通常在其表面进行氧气吸收和氢气释放的化学反应。在这种条件下，通过注入阴极电流，使得被侵蚀的电极表面的电势为负值，导致电极表面的电极表面发生了变化，达到对阳极区的电极进行保护、缓解被侵蚀的目的。应用在管道防护上，可以实现对管道的防蚀作用。

### 5.4 提高施工的技术水平，加强施工控制和管理

在施工工程中，施工企业要对原材料、机械设备、构配件以及半成品的品质展开严格的检测。此外，在施工前，施工企业还应对施工计划、方案、方法以及检测手段展开多次的修改，同时，设计人员与施工企业还应当施工前进行技术交底、图纸会审，并对施工人员进行培训，确保施工人员能够严格遵守国家规定的施工流程。另外，在一部分的输送管道建设完毕

之后，还必须由专门的测试机构对整个输送管道进行测试，测试的结论符合国家标准后，方可进行下一步的建设。通过对输油管道的设计、安装、维护等方面的研究，可以有效地促进输油管道的建设。

### 5.5 减少加热蒸汽能耗技术

在油气的储存和运输过程中，若出现高温，将会对输油管道产生不利的影响。所以，正常情况下，储存的温度都需要被限制在比石油更高的10-15℃左右，这样才不会让油气凝结，也不会让能源流失太多。如果所使用的润滑油粘性比较大，则需要按照特定的标准进行调配。在燃油和天然气的外输中，必须采取行之有效的方法，使其黏性下降，从而增加了热量的损耗，与传输功率的减少产生了一定的冲突，保证二者的能量损耗增加，和传输功率减少，所获得的和是最小的，只有这样才能真正达到技术减耗的目的。在燃油升温时，要利用抽吸加热器将一部分燃油向外输，并利用热媒水实现线圈换热器。要想有效地处理好储油容器的隔热问题，必须按照我国现有的技术规范进行隔热构造的优化；其次，要选择合适的隔热材料，要有足够的质量，不能让储存器受到任何的侵蚀，要有足够的耐压力，要达到0.3MPa以上，并且要保持在400kg/m<sup>3</sup>以下。最终，要根据我国现有的保温法规，根据保温的具体情况来决定保温层的厚度和温度。

综上所述，油气管道的安全性关系到全社会的利益。石化工业、煤炭工业和电力工业的发展，都要注重安全性，只有不断地提升其生产效益，方能保证长期的社会稳定。在油气管道防腐实践中，要注意选择合适的防腐药剂，尽量避开有毒药剂。在高温天气下，要注意对管路进行换气，保证管路内的空气质量。还可以防止因太阳暴晒而引起的老化、断裂等现象。最终，要做好管道内部防腐的工作，如对管道内部的清洁工作、管道内部防腐施工、管道内部防锈工作、管道防腐施工工具、管道防腐层处理技术、管道内防腐工作等，以保证管道防腐工作能够实现其预定的目的。

#### 参考文献：

- [1] 林兴武. 油气储运中的管道防腐问题分析 [J]. 全面腐蚀控制, 2020, 34(07): 96-97.
- [2] 李磊. 油气储运过程中油气管道防腐分析及研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2018, 38(20): 31-32.

#### 作者简介：

李文斌（1985-），男，汉族，重庆人，本科，工程师，研究方向：工程项目管理与技术管理。