

# 含硫天然气输送管道选材分析与建议

柏立敏 (天津海成石化工程设计有限公司, 天津 300392)

**摘要:** 天然气是现阶段我国最为重要的能源之一, 其应用范围广, 具有清洁性、成本较低等优势。在进行天然气运输时, 需要借助特制的管道, 硫含量不同的天然气往往对管道材质要求也有一定区别。由于含硫天然气本身具有腐蚀性, 因此, 在对天然气管道进行选材时, 应该综合多方面因素考虑具体的输送管道材料, 避免天然气与管道发生化学反应。基于此, 本文也尝试对含硫天然气输送管道选材进行了分析。

**关键词:** 含硫天然气; 输送管道选材; 建议

## 0 引言

油气采集及运输工作的开展离不开相应的管道系统支持, 管道材质直接决定了油气运输安全及质量。当前来看, 我国已经颁发了《天然气地面设施抗硫化物应力开裂金属材料要求》, 其中对用于运输含硫天然气的国产金属材料类型进行了严格规定, 因此在对含硫天然气输送管道进行选择时, 应该充分结合现行标准, 进而使得天然气运输管道作用得到有效发挥。

## 1 国内含硫天然气管道选材标准演变

1985年, 我国制定了《天然气地面设施抗硫化物应力开裂金属材料要求》。1997年, 对标准进行了修订。2006年, 再次修订, 这也使得天然气管道材料标准更为清晰具体, 将其与1997年的标准进行比较, 其对多个方面进行了重新定义, 具体如下: 第一, 增加了原位pH值确定标准, 同时也对CO<sub>2</sub>分压进行了确定; 第二, 对酸性环境进行了重新定义, 并且根据酸性环境实际情况进行了严重程度分级<sup>[1]</sup>。

## 2 含硫天然气输送管道选材分析

### 2.1 含硫天然气管道的选择

对于含硫天然气来说, 其主要是指CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S含量较高的天然气, 并且这种天然气会伴随着大量的天然气水, 对普通金属材料管道有较强的腐蚀性, 如果在天然气运输过程中, 运输管道内壁受到腐蚀, 容易引起天然气管道泄漏等现象出现。现阶段来看, 很多企业在进行天然气输送时, 往往没有对天然气输送管道进行定期改造, 更多的企业还是选择对天然气管道进行维护及维修, 这样虽然成本投入较低, 但很难保证天然气管道使用安全<sup>[2]</sup>。如果含硫天然气在管道输送过程中, 所选择的管道材料与实际需求不符, 可能会导致燃烧爆炸等严重危

险事故, 不仅影响了企业自身经济效益, 同时也直接影响了周围生态环境及人们生命财产安全。因此, 今后应该提升对含硫天然气输送管道选材工作的重视程度, 根据含硫天然气实际运输长度、运输量等因素来选择更为适宜的天然气运输管道, 尤其要保证管道耐腐蚀性, 从而使得管道可以顺利运送天然气<sup>[3]</sup>。

### 2.2 天然气运输管道材料选择重点

从当前我国含硫天然气运输管道材料选择情况来看, 相关技术人员在此方面的研究逐渐深入, 并对天然气管道的整个输送过程进行了模拟, 主要对含硫天然气在复杂自然环境条件下的运输状态进行了分析, 并且确定了管道材料可能受到的腐蚀程度, 通过动静结合的方式来对当前天然气金属管道材料抗腐蚀性能进行了分析。在进行天然气输送管道选材时, 天然气含流量比例、所处的输送环境等因素是影响管材选择的关键, 想要保证管道输送材料选择的针对性及实用性, 需要对当前天然气输送环境的耐腐蚀特性及酸性条件进行分析<sup>[4]</sup>。此外, 在对含硫天然气输送管道材料进行确定时, 企业相关采购技术人员应该充分意识到不同材质的管道材料实际作用存在较大差异, 其价格也不尽相同, 只有根据含硫天然气实际运输需求来选择与之相对应的输送管道, 才能使管道建设即改造成本得到有效控制, 同时也使得天然气管道防腐性能得到了优化。

## 3 含硫天然气输送管道选材建议

### 3.1 选材标准分析

在进行含硫天然气输送管道选材时, 应该严格执行我国现行的SY/T0599-2006标准, 根据天然气管道现场运输实际需求情况及天然气含硫量来选择标准中推荐的材料。从上个世纪70年代、80年

代的卧龙河气田到 90 年代的大天池气田，都属于酸性天然气环境，因此要将含硫酸性天然气输送管道作为优选管道材料<sup>[5]</sup>。

### 3.2 选材试验

在进行天然气输送管道选材时，为了保证管道选材精准性，必须要开展相应的选材试验。天然气中 H<sub>2</sub>S 含量低于 1%，则属于低酸性天然气，根据现行标准要求，应该对 H<sub>2</sub>S 及 CO<sub>2</sub> 进行分压计算，从而确定原味 pH 值，这也确定了不同工况条件下酸性环境程度。

通过上述计算分析，该工程项目适合应用无缝钢管作为天然气输送管材，但这也会导致地面建设项目周期明显加长，成本也大幅度提升。因此，今后在对硫化氢含量低于 15g/m<sup>3</sup> 的致燃气进行输送时，可以将以往的管道材质调整为无缝钢管，需要开展相应的现场试验，确定其是否适合应用放钢管材料。

经过现场试验分析，输压 1.6~6.0MPa，管道在长时间连续气液混输中的应用没有出现任何异常状况；而应用无缝钢管材料的天然气管道，则可以在 3.4~7.0MPa 在压力作用下保持持续平稳运行状态，至今未出现任何异常<sup>[6]</sup>。这也说明无缝钢管这种材料较为适合在酸性环境中开展含硫天然气输送工作，保证了天然气输送的稳定性及安全性。

### 3.3 含硫天然气输送管道材料种类及选择

从我国当前的石油天然气开采工作开展情况来看，含硫环境中的天然气输送作业都是以 SY/T0599-2006 标准为依据，来实现对天然气管道材料的科学选择，这一标准对现阶段天然气酸性环境等级进行了严格划分，并且对材料的抗腐蚀及抗裂性能进行了细致要求，需要通过专业的材料评定来确定材料选用范围，结合现场实际情况及酸性环境具体要求，可以分为抗 SSC 和 HIC 两种管道材料类型<sup>[7]</sup>。

同时，进行含硫天然气输送管道材料选择时，一般建议应用 20# 或 B 级钢管材料，主要由于上述两种钢材料成本造价较低，综合性能良好，已经在现阶段我国韩流天然气运输管道中有较为广泛的应用，同时，这两种材料的抗腐蚀模拟试验结果较为理想，但应该注意，当天然气中 CO<sub>2</sub> 含量超过 60g/m<sup>3</sup> 时，应避免应用上述两种材料<sup>[8]</sup>。具体来说，我国在开展含硫天然气输送工作时，所应用的管道材料有以下几种：

#### 3.3.1 镍基合金材料

从当前我国含硫天然气输送管道材料选择情况

来看，镍基合金材料是最为常见的管道材料之一，其应用范围较广，不同镍基合金种类往往性能方面也存在较大差异。从镍基合金材料在我国实践应用情况来看，不同种类的镍基合金所适应的环境及天然气含硫量存在较大差异，如果对其种类选择不当，可能会致使天然气管道在使用过程中出现受到环境腐蚀而开裂的现象。

应用动电位法测试点的方式来对管道受腐蚀情况进行分析之后，可以大致了解镍基合金各类型材料的性能，可以确定，不同种类的镍基合金材料主要是在组织结构与化学成分上存在差别，一般来讲，镍基合金材料都具有良好的耐腐蚀性能。但从我国目前生产的镍基合金材料来看，其在抗腐蚀性标准方面要明显弱于国外进口材料，因此，中国的镍基合金材料在使用时，一般会对其应用范围进行严格规定，浓度低于 10kg/m<sup>3</sup> 的材料，介质值应该大于 3.5。

在实践应用过程中发现，不同类型的镍基合金材料在使用过程中出现腐蚀现象时，往往是受到了酸性环境的影响<sup>[9]</sup>。因此，今后在对国产镍基合金材料进行选择时，应该注意对周围温度情况及酸碱度情况进行确定，然后根据天然气实际含流量来选择更为适宜的镍基合金材料，这样可以使天然气输送管道整体抗腐蚀性能得到有效提升，进而促进天然气管道运输工作安全开展。

#### 3.3.2 双金属复合管焊接材料

对于双金属复合管焊接材料来说，其在当前我国含硫天然气输送管道中应用较为广泛，在对含硫天然气输送过程进行模拟时，会对机械与冶金复合管材料优点进行对比，并结合两种管材优点制成一种质量较高的抗硫管材，这种材料在现阶段我国行业市场中的应用空间逐渐扩展，其发展潜力较大。对于上述管材来说，其是应用复合焊接的技术来形成的一种新型管材，其具有较为理想的抗硫耐腐蚀性能，在我国尚且处于推广当中。

在对双金属复合管焊接材料进行具体选择时，可以选择我国独立生产的冶金复合管，这种复合管焊缝更为紧密，其物理及化学性质更稳定，具有较强的抗腐蚀、抗开裂性能。此外，环焊缝与直焊缝型号的管道材料自身具有良好的抗开裂性能，但抗腐蚀性能相对较弱，并不适合在一些腐蚀性较强的环境中使用。在开展含硫天然气运输管道选材工作时，相关工作人员还应该充分考虑到含硫天然气管道运输环境及运输成本要求，尤其要在满足成本要

求的前提下,选择与之相适应的双金属复合管焊缝材料,这样才能使此种材料的优势得到发挥。

### 3.4 含硫天然气输送管道防腐方法分析

#### 3.4.1 涂层防腐

想要使含硫天然气输送管道使用寿命得到保证,并且保证天然气传输安全稳定,管道材料选择固然重要,但防腐措施也不可或缺,涂层防腐是现阶段我国天然气管道中最为常用的防腐方式之一,并且在实际应用过程中效果良好。最近几年来,由于我国天然气覆盖范围逐渐扩大,并开始在一些海洋、超低温自然环境恶劣的区域进行管道敷设,这就对天然气管道涂层性能提出了更高要求。随着我国在此方面的技术水平不断提升,管道防腐涂层质量也有所提高,当前主要应用复合材料及复合结构,这些涂层材料结构密实,并且具有较为良好的介电性能、物理性能,其所适用温度范围较广,可以在多种极端环境下应用涂层防腐方式。

#### 3.4.2 阴极保护

阴极保护也在当前我国含硫天然气输送管道防腐性能提升中有较为广泛的应用,主要是通过改变当前金属材质周围介质的电极电位,来促使金属材料免受腐蚀侵害,其在作用原理上与金属防腐蚀技术相类似。在正式应用阴极保护法时,需要利用外施电流来迫使当前电解液中的被保护金属表面全部阴极极化,这样可以使管壁表面发生腐蚀的可能性得到有效控制。随着最近几年我国相关科技领域研究不断深入,逐渐开始应用管道航空巡线的方式来开展应急保护工作,需要搭配电子计算机设备,从而实现对数据的精准测算,这也使得阴极保护效果得到有效优化。

#### 3.4.3 牺牲阳极

牺牲阳极法也属于输送管道保护方法之一,主要是应用比被保护金属电极电位更负的金属来与被保护金属进行连接,这样一来可以使电位较负的金属成为阳极,在电流输出过程中,阳极会被逐渐消耗,这也使得金属管道中的阴极得以保存,而免遭腐蚀侵害,所以将这种保护方法称为牺牲阳极法。对于牺牲阳极保护法来说,其主要优势表现为管理简单、使用寿命长、不需要外接电源支持等几个方面,因此其在我国含硫天然气地下输送管道中的防腐应用可开发空间较大。

## 4 结束语

总而言之,现阶段天然气是我国应用最为广泛的清洁能源之一,其主要优势体现为无污染、成本

造较低,对天然气能源进行合理开发使用,可以有效改善当前日益严重的环境问题。可以看出,天然气在我国受到了广大消费者欢迎,而想要保证天然气输送安全稳定,应该对其输送管网进行合理设定,而输送管道材料选择则是其中最为重要的环节之一。对于含硫天然气来说,其往往会对普通天然气管道产生一定腐蚀,这就需要对输送含硫天然气的管道进行合理选择,保证其可以有效满足抗腐蚀、抗裂标准要求。同时,在进行含硫天然气输送管道选材工作时,还应该对天然气输送过程中的温度、管道压力、天然气含硫量、环境酸性等因素进行确定,从而保证管道材料选择更具针对性,这样才能使天然气可以顺利输送到目的地。随着今后我国科技水平不断提升,含硫天然气管道输送材料选择可能性会越来越多,并且材料整体质量也会逐渐提升,这就需要我国政府职能部门加大对行业优化管制的重视程度,从而实现对我国石油及天然气等资源的有效开发利用,这也是促进我国社会经济可持续发展的关键路径。

### 参考文献:

- [1] 刘畅,李海涛,黎洪珍等.高含硫条件下天然气管道材质适应性评价及选材标准修改建议[J].天然气勘探与开发,2018,41(1):79-84.
- [2] 路民旭.H<sub>2</sub>S 腐蚀机理、规律、选材和控制措施[C].//2018 复杂气藏开发技术研讨会论文集,2018.
- [3] 王建.城市天然气管网选材应用及防腐措施解析[J].城市建设理论研究(电子版),2017,10(35).
- [4] 尹兴斌.室内天然气管道材料性能分析与应用[J].中国科技博览,2017,20(10):64-64.
- [5] 齐友,李静,王赤宇等.超深、超高温、超高压“三超”油气田地面集输管线使用现状、选材及建议——以新疆塔里木盆地库车、拜城地区为例[C].//2017 中国油气田腐蚀与防护技术科技创新大会论文集,2017.
- [6] 李勇刚,李波.天然气管道螺栓螺母保护帽设计方案的研究[J].科技信息,2017,20(16):783.
- [7] 魏子云.CNG 加气母站项目中天然气管道材料及标准的选择[J].中国化工贸易,2018,5(z2):227.
- [8] 石宇熙.天然气管道安装与防腐技术[J].化工设备与管道,2018,38(6):42-44.
- [9] 卢德亮.天然气管道的施工技术探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2017,20(18).