

长输天然气管道腐蚀成因与防护研究

孙大伟 宋爽 张永安 (国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司, 山东 济南 250002)

摘要: 随着油田开挖活动的增加, 各方对于长输天然气管道的建设需求也有所增加, 而怎样维护长输天然气管道, 避免其在使用期间出现腐蚀问题, 成为各企业需要解决的关键问题。基于此本文以国家石油天然气管网集团有限公司山东分公司为例, 首先简要分析了长输天然气管道特点, 其次阐述了长输天然气管道腐蚀成因, 最后提出了长输天然气管道防护措施。以期对相关部门的工作有所帮助。

关键词: 长输天然气管道; 腐蚀成因; 防护

0 引言

若长输天然气管道需要长期进行运输活动, 则会提高腐蚀现象的发生概率, 造成管道内壁出现大面积损坏严重会发生天然气泄漏爆炸等危险现象, 所以, 企业为保障长输天然气管道的合理应用, 还需关注长输天然气管道的特点, 针对于管道的腐蚀成因, 检测管道壁厚及密闭性等。了解长输天然气管道受到腐蚀因素影响所出现的腐蚀情况, 利用抽查与预测的方式, 实现对它的防护。

1 长输天然气管道特点

长输天然气管长期埋设于地下, 会和土壤、地下水等进行接触, 面临着被侵蚀以及腐蚀的风险。而且, 在运输环节还容易出现磨损等问题, 缩短了其使用年限。因此, 为提高长输天然气管道的安全性, 还需加强分析它的特点, 采用合适的技术手段与检修方法。

第一, 远距离性。管道所敷设的距离相对较长, 通常在数百公里或千公里。它不仅需要跨越较远的地理距离, 还要满足用户的需求, 绕开气源地并完成长距离输送。

第二, 高压输送。管道在输送气体时会具有较高压力, 促使天然气直接抵达消费地。此过程会产生一定的阻力, 以保证管道的输送能力有所提高。

第三, 大直径。为防止管道进行天然气输送时损失能量需调整管道直径, 以降低天然气在输送过程中的压力损失, 确保管道传输效率有所提高。

第四, 连续性。若天然气管道已经进入到生产环节, 相关人员还需要注重其连续性, 保证管道可以进行顺利输送天然气, 以实现对天然气的稳定供应。

第五, 固定性。由于天然气是具有一定流动性的, 所以相关人员在天然气管道输送期间还需掌握管道内部情况, 保证内焊口等区域的管壁不会出现较大阻力或摩擦力。在天然气管道进行埋设时, 可加强对特殊

原因以及区域内特殊情况的了解, 利用改造的方式, 防止天然气出现泄漏等情况, 以展现出管道所具备的固定性和流动性。

第六, 大容量性。管道在天然气输送时通常以百万立方米每小时进行计算, 使管道具有相对连续性以及大规模性, 才能满足消费者对天然气的需求。

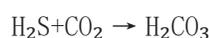
2 长输天然气管道腐蚀成因

2.1 化学物质影响

管道容易受到埋地敷设等问题的影响, 增加周边环境中的化学成分与金属管道的外壁的接触。在管道安装前, 若相关人员未加强腐蚀防护层的涂刷, 则容易造成管道损坏, 使管道外壁长期在暴露并与环境中的相关化学成分进行接触, 长此以往, 则会造成管道材质出现被腐蚀的情况。若保护层的质量较差, 无法隔离管道与土壤内的水分, 造成管道出现不同程度的腐蚀问题。

2.2 介质影响

由于天然气是有一定含量游离水分的, 还包含硫化氢 (H₂S)、二氧化碳 (CO₂) 等物质, 其与水 (O₂) 相互融合则会形成酸性的液体混合物, 反应式如下:



容易导致天然气运输过程造成内部管道出现被腐蚀的情况。地下温度相对较低, 在天然气运输环节受到环境的影响, 则会造成水遇冷析出, 在遇到管道的低洼以及弯管的区域, 水容易出现汇集的情况, 让天然气内的酸性气体与水相互融合, 进而增强酸性液体对于金属管道所带来的影响。尤其金属管道内壁被腐蚀后, 容易产生腐蚀产物膜并覆盖于管道内壁上。管道内的溶解盐、杂质等会实现对管道的进一步腐蚀, 若所应用的管道材质表层缺少保护, 则会造成管道受损并提高管道腐蚀问题的发生概率。

2.3 生物影响

管道附近是存在一定生物成分的, 可能有酸性物

质,所以该生物若长期在管道的表层上进行活动,则容易造成管道外的防护装置出现损坏。并且,随着时间的延长,容易造成管道外壁的防护装置脱落。此外,土壤内存在一定含量的微生物,其也会引发管道出现生物腐蚀的问题。

2.4 电化学腐蚀影响

在长输天然气管道运输期间,容易受到土壤内复杂物质的影响,使金属管道和腐蚀介质发生反应,产生不同电位。随着电位的转移导致金属管道呈现离子化,加剧电化学腐蚀对管道带来的影响,使管道出现破损、缺陷。同时,部分敷设区域无法原理电气化设备,受到冗杂电路的影响在电流较大的用电设备周围,电化学腐蚀影响更严重。

3 长输天然气管道防护措施

3.1 投入使用缓蚀药剂,加强防护天然气管道

利用缓蚀剂可缓解化学物质对管道带来的影响。通过使用化学手段实现对管道外层金属材质的防护。一方面,相关人员可以通过合理选择缓蚀剂的方式,针对于不同类型的缓蚀剂,控制用量并减少材料的浪费,从而运用喷涂、刷涂以及浸涂的方式,将缓蚀剂均匀地涂刷于金属管道的表面,形成保护膜并控制缓蚀剂的添加温度,让其能够发挥出对管道的防护作用。

另一方面,相关人员在使用缓蚀剂时还需结合天然气的特性,利用聚合物类缓蚀剂、无机缓蚀剂等,结合特定的腐蚀环境,控制缓蚀剂的使用剂量。这样,既可以使缓蚀剂发挥出效用,也能够防止缓蚀剂使用过量情况的发生。相关人员也可通过镀层保护的方式,利用镀层与天然气介质发生化学反应,有效降低管道在运输活动中所产生的摩擦,以加强防护天然气管道。

3.2 评价管道腐蚀情况,选择合适的管道材质

相关人员为保证长输天然气管道防护工作能够顺利开展,还需结合管道自身的抗腐蚀特性,选用合适的管道材质敷设于地下,从而保障管道的建设过程中不会出现问题。

首先,相关人员可以通过对生产原料的管理,保障管道具备较强的抗腐蚀能力,让其不会受到土壤中水分及消化物质的影响,出现腐蚀失效的情况。而且,在管道建设期间相关人员需加强对周边情况的检查,降低外界干扰因素对管道的运行影响。注重管道的耐腐蚀性,让管道能够在地下的酸性物质腐蚀条件下能够长期保存,利用高密度聚乙烯、不锈钢等材料完成长输天然气管道的运输活动。同时,相关人员还应加强对管道抗内压能力、刚度以及强度的了解,保证管

道是可以承载外部压力的。利用碳素钢管、钢管等金属材料建设管道,保证管道的灵活性以及可塑性,检测被腐蚀区域情况,让相关人员进行管道材质选择时了解是否存在管道缺陷等问题加强对管道的处理,以提高管道的耐磨损、耐腐蚀以及耐低温性能。若长输天然气管道运输期间发现异常,必须及时进行更换。

其次,相关人员可以通过管道腐蚀情况的评价,了解管道在此过程中应用的价值并加强对管道壁厚的判断,确认常输管道是否能够继续使用。若发现管道的壁厚承压能力很难满足输油压力要求,则表示常输管道容易出现泄漏问题。因此相关人员可以通过一级评价的方式,增加对管道内部压力的了解,确认壁厚与管道承压能力之间的关联。通过二级评价的方式,对无法满足一级评价的管道情况,如金属损失情况、腐蚀管段等剩余强度进行了解。这样,其可以测定管道壁所存在的腐蚀情况,计算出管道的纵向壁厚,计算公式如下:

$$\tau^{\circ} \min = \frac{PD_0}{2SE_w}$$

其中: $\tau^{\circ} \min$ 表示管道的长输天然气管道纵向壁厚(单位 mm); P 表示长输天然气管道运输环节的内部油压(单位 MPa); S 表示长输天然气管道选取段的面积; D_0 表示长输天然气管道外径; E_w 表示长输天然气管道的焊接系数。这样,相关人员则可实现对传输管道情况的了解,确认该款项是否能够继续使用。

3.3 涂刷管道防腐涂层,管理并维护天然气管道

相关人员为降低生物对长输天然气管道所带来的影响,还需通过外部涂层的防护方式,观察管道的外部环境,利用结构材料实现管道与土壤、空气的隔绝,使生物不会直接与管道进行接触,以实现管道的防腐处理。

首先,通过清洗管道表面的方式,将金属管道上的污物以及油污进行去除利用酸碱清洗剂和其他溶剂实现对管道表面的冲刷,然后进行对管道的除锈处理过程。管道表面存在铁锈,需通过喷砂打磨以及磁力去除的方式,让铁锈能够彻底去除,使管道的表面能够保持光滑,而且相关人员可以通过管道表面的脱模处理方式,利用刮刀刷子等将其进行去除,以保证管道表面是顺滑且平整的。

其次,相关人员通过防火涂料的使用,展现出涂料所具备的隔水性,电绝缘性让涂料能够顺利附着,在管道的表面使其不会发生化学破坏并提高管道外层

涂料的机械强度，促使相关人员可以通过石油沥青、煤焦油瓷漆以及环氧树脂作为防腐涂料，以提高防腐涂层的防腐性能。

再次，相关人员结合管道的情况，基于涂料要求利用底漆在金属管道的表面进行均匀涂刷，有效增强器与管道表层之间的附着力，在夯实涂料的涂刷基础后，方可利用刮刀等工具，实现对管道外层的整平处理。但要避免出现气泡或存在水珠对涂料的应用造成影响。此外，相关人员还应保持管道的底漆是干燥的，再次涂刷面漆，以增强涂层的耐候性以及美观性。这样，在涂层施工活动开展完毕后，相关人员还需加强对管道外层涂料抗剥离、耐冲击力以及电绝缘性能等方面情况的了解，采用周密的测试手段，确保涂层的质量能够满足管道的防腐要求。

最后，相关人员可以通过远程在线技术的使用，创建出完整的监测系统用于检查常输电气管道的运行情况。通过对管道状态的分析，在系统端去排查管道异常情况，利用数据采集设备、传感器以及数据传输通道等，了解天然气传输管道的关键位置。利用在线通信技术将所获得的数据上传到相关部门，使监控中心能够选择合适的远程管理与监测方法。通过传感器探索与管道相关的压力、温度、腐蚀程度等信息。而且，在管道腐蚀的速度高于设定值时，系统需要及时发出预警，让相关人员通过线上与人工的配合方式，对管道的腐蚀情况进行处理，确保后续天然气能够顺利进行输送。

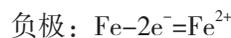
例如：相关人员可以通过熔结环氧粉末这一热固性的材料作为管道的涂层，利用快速冷却以及高温热熔的方式，将材料敷设于管道的表面，使其可以实现对管道的保护，进而增强涂层的附着力并强化其耐磨性。但由于涂层的效果不是绝对的，其中出现老化等情况，所以相关人员还需加强对防腐涂层的检查，通过定期或非定期的方式实现对涂层质量的把控。并且，在其出现剥落时应第一时间清除并更换涂层材料，以确保长输电气管道表面不会发生腐蚀现象，顺利维护天然气管道。

3.4 增加管道阴极保护，有效预防电化学腐蚀

相关人员可以通过一级保护的方式，避免长输天然气管道的运输过程中受到电化学腐蚀问题的严重影响。

第一，其可以通过预防电化学腐蚀的方式，采用阴极保护技术，依靠外部电流改变金属管道的腐蚀电位，以降低金属管道被腐蚀的概率。一方面，相关人员可以通过牺牲阳极法开展应急保护活动，使被保护

的金属管道能够与牺牲阳极进行连接，让管道能够长期处于电解质环境当中，由于新生阳极所产生的电位相对较负。所以，其会优先被腐蚀，使管道免受电化学腐蚀的影响。其中，电化学腐蚀化学式如下：



而常见的牺牲阳极材料包括锌基、镁基以及铝基合金。具体采用哪种牺牲阳极材料还应以适应环境为主。另一方面，相关人员可以通过外加电流法，实现对管道的阴极保护。利用外部的直流电源为金属管道提供相应的阴极电流，保证相关人员可以采用相同的负电位，使金属管道原子不会失去电子而出现被腐蚀的情况。其中，可通过参比电极、供电电源、辅助阳极以及检测系统等，抑制阳极反应，确保金属管道的腐蚀速度能够减缓。

第二，需要加强对长输天然气管道情况的了解，包括管道的直径长度壁厚以及图层类型等。通过管道应用位置的确认，实现对土壤电阻以及土壤地质结构的调整，保证相关人员能够基于现场的情况，实现对牺牲阳极数量、规格以及种类的计算。有效延长金属管道的使用寿命，也可通过外加电流引起保护系统的设计。在金属管道的附近，增加电流阴极保护系统，以保证其能够顺利运行，从而确保天然气能够安全地运输。

4 结语

综上所述，随着各部门对长输天然气管道需求程度的提高，相关人员为把控管道的运输质量，还应关注管道的运输特点，分析管道发生腐蚀问题的原因，融入使用缓蚀药剂，加强防护天然气管道；评价管道腐蚀情况，选择合适的管道材质；涂刷管道防腐涂层，管理并维护天然气管道；增加管道阴极保护，有效预防电化学腐蚀，以确保企业能够进行有针对性的管道维护工作，严格把控管道质量并提高企业的经济效益能力。

参考文献：

- [1] 杨海维. 采油厂集输管道和设备硫化氢腐蚀评估与维护分析 [J]. 中国设备工程, 2024(08):180-182.
- [2] 李晓亮. 油田集输管道腐蚀分析与防腐技术研究 [J]. 中国设备工程, 2024(08):202-204.
- [3] 张明. 天然气管道腐蚀主要原因分析与防护措施 [J]. 化工管理, 2024(10):119-121.
- [4] 张明. 天然气长输管道运行安全风险及预防措施 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024,44(04):87-89+92.
- [5] 裴利刚. 油气集输管道内腐蚀及内防腐技术 [J]. 石油和化工设备, 2024,27(02):200-202.