

天然气管道输送过程中管道的防腐方法

郑海燕（贵州页岩气勘探开发有限责任公司，贵州 遵义 563400）

摘要：天然气是一种重要的能源资源，在其输送过程中，管道的防腐工作至关重要。随着我国天然气产量和消费量的不断增加，管道输送系统的安全性和可靠性成为了一个突出的问题。管道的腐蚀不仅会影响天然气的流通和供应，还可能导致严重的安全事故和环境污染。因此，采取有效的防腐措施对于保障管道的正常运行和延长使用寿命具有重要意义。在此背景下，本文首先对天然气管道腐蚀表现及成因进行分析，探究管道防腐技术在具体应用中存在的问题，并提出天然气管道输送过程中管道的防腐方法，以期能够为相关研究提供借鉴。

关键词：天然气；管道输送；管道防腐

0 引言

天然气作为清洁能源的重要组成部分，在能源供应中起着至关重要的作用。然而，天然气管道输送过程中，由于环境条件和介质特性等因素的影响，管道表面容易受到腐蚀的威胁。腐蚀问题不仅会导致管道的损坏和泄漏，还可能对环境和人身安全造成严重的影响^[1]。为了保障天然气管道的安全运行，防止腐蚀带来的不良后果，各国在管道建设和维护方面进行了大量研究和实践。

其中，管道的防腐方法是一项重要的技术措施。通过选择合适的防腐材料、采取有效的施工工艺和加强管道维护管理，有效延长管道的使用寿命，减少腐蚀引起的事故风险。本文旨在探讨天然气管道输送过程中常用的防腐方法，包括涂层防腐、阴极保护、内衬材料等，并对其优缺点进行评估。

1 天然气管道腐蚀表现及其成因分析

1.1 天然气管道腐蚀表现

天然气管线在输送过程中常常出现腐蚀问题，主要表现为以下几种形式：首先，点蚀是一种较为普遍的腐蚀形式，主要表现为以小孔为主的点状腐蚀，导致管线局部腐蚀。尽管泄漏程度不高，但由于难以检测和维修困难，其危害性较大。其次，丝状腐蚀也是天然气管道普遍存在的一种腐蚀现象，发生在天然气管道薄膜下方，呈现丝状形态，可能对管道造成更大的危害。解决丝状腐蚀问题较为困难，需要有针对性地进行预防措施，提高保护膜的致密性，并优化防腐涂层的控制。最后，均匀腐蚀现象主要表现为整个天然气管道的综合腐蚀，虽然影响面积较广，但程度通常不深。然而，如果不及时处理，也会造成严重威胁。均匀腐蚀主要发生在裸露的天然气管道表面，由于与腐蚀性物质接触而导致明显的腐蚀问题。

1.2 天然气管道腐蚀成因

要达到更好的防腐效果，需要从天然气管线常见腐蚀原因出发，深入研究并为今后的防腐措施提供借鉴^[2]。目前，输气管线的腐蚀问题与土质密切相关。不良的土质组成含有多种腐蚀性因子，对输气管线造成较大影响，尤其是土壤酸碱度不合理的地区腐蚀问题更加严重。

此外，土壤的腐蚀还体现在内部离子电导率方面，产生的电化学电流会对天然气管道造成危害，随着时间推移，这种腐蚀现象会逐渐显现。另外，大气腐蚀也是一种普遍原因。大气中存在大量水汽，水汽与空气中的某些杂质结合，在天然气管线表面冷凝，起到电解质作用，导致天然气管线表面均匀腐蚀。湿润环境下，天然气管线的腐蚀问题尤为严重，应将其列为防腐工作的主要内容。

2 管道防腐技术在具体应用中存在的问题

2.1 地域条件较为复杂

在实际应用中，管道防腐技术面临着地域条件复杂的挑战。不同地区的气候、土壤环境以及工作条件等因素的差异，对管道防腐技术的选择和应用提出了更高的要求。首先，不同地区的气候条件差异较大。有些地区气温变化幅度大，季节性湿度高，而另一些地区则干燥且气温波动较小，对防腐材料的选择和使用寿命都会产生影响^[3]。例如，在高温多湿的地区，需选用耐高温、抗湿度变化的防腐材料；而在干燥地区，则需要考虑防止材料老化和龟裂的问题。其次，地域条件复杂还表现在土壤环境的差异上。不同地区的土壤酸碱度、含水量、盐分等特性各异，对于管道防腐层的选择和施工方式都带来了挑战。例如，在酸性土壤中，需要选用耐酸腐蚀的防腐材料；而在含盐土壤中，则需要考虑防止盐分渗透和腐蚀管道的问题。

2.2 在施工过程中缺乏合理的规划

在进行管道防腐施工前，应该对施工过程进行详细的计划，包括施工的时间安排、施工的顺序以及所需人员和材料的准备等。然而，在实际操作中，施工方往往忽视了这一步骤，导致施工过程出现临时性的调整和变更，增加了施工的难度和风险。其次，施工过程中缺乏有效的沟通与协调。管道防腐施工通常涉及到多个部门和多个施工队伍的合作，但在实际操作中，各方之间的沟通与协调往往不够密切，导致信息传递不畅，施工进度无法及时掌握，影响了施工的质量和效率。此外，施工过程中缺乏严格的监督和检验。管道防腐施工需要严格遵循相关标准和规范，但在实际操作中，监督和检验环节常常被忽视或者不够严格。这就导致施工过程中可能存在一些质量隐患或者安全隐患，给后续使用和维护带来了一定的风险。

2.3 对天然气管道防腐技术的监管力度不够

目前，我国对于天然气管道防腐技术的标准和规范尚未形成统一的体系，各地区、各企业在实施防腐技术时存在着较大的差异，给监管部门的工作带来了困难，造成了监管力度不够的现象^[4]。其次，监管部门的人力资源不足也是导致监管力度不够的重要原因之一。天然气管道建设规模庞大，涉及的防腐工程数量众多，但是监管部门的人员配置却相对有限，导致监管人员无法对所有的防腐工程进行全面的检查和监督，容易出现漏洞和盲区，从而影响了防腐技术的监管力度。此外，监管部门的监管手段还比较单一，缺乏有效的监管手段和手段。目前，对于天然气管道防腐技术的监管主要是依靠抽查和检测等手段，但是这些手段往往只是表面性的检查，无法全面评估防腐技术的质量和效果。因此，需要加强监管部门的技术储备，引入更先进的监管手段和手段，提高对防腐技术的监管力度。

2.4 信息化管理水平低

由于信息化管理水平低，管道防腐过程中的数据采集往往依赖于人工操作，导致数据采集不及时和准确，造成对管道防腐情况的误判和延误，影响到防腐效果的评估和调整。此外，信息化管理水平低意味着信息传递的方式和渠道有限，缺乏高效的信息交流和共享机制，导致各个环节之间的信息断层和信息滞后，影响到防腐工作的协调和决策。同时，信息化管理水平低意味着缺乏有效的数据分析和应用能力。即使有大量的数据积累，但由于缺乏相应的数据处理和分析技术，很难从中提取有价值的信息，无法为防腐工作提供科学依据和决策支持。

3 天然气管道输送过程中的常用防腐方法

3.1 防腐涂料

在天然气管道的输送过程中，常用的防腐方法之一是使用防腐涂料。防腐涂料可以保护管道表面免受腐蚀和损坏，延长管道的使用寿命。环氧涂料是一种常用的防腐涂料，具有良好的附着力和耐化学性能，可以形成坚固的保护层，能够有效抵御酸、碱、盐等腐蚀介质的侵蚀^[5]。聚氨酯涂料具有较高的耐磨性和耐候性，能够抵御紫外线辐射和大气污染物的侵蚀，具有良好的耐化学性能，适用于多种腐蚀介质的防护。煤沥青涂料是一种经济实用的防腐涂料，具有良好的防水性和耐腐蚀性能，能够有效隔绝氧气和水分，防止管道表面的腐蚀和侵蚀。聚乙烯涂料具有良好的耐化学性能和电绝缘性能，可以形成均匀、致密的保护层，有效抵御酸、碱、盐等腐蚀介质的侵蚀。环氧沥青涂料是一种特殊的防腐涂料，具有良好的粘附性和耐候性，能够在较低温度下施工，并形成致密的保护层，对于海洋环境和高湿度地区的天然气管道具有较好的防护效果。

3.2 阴极保护

外加电流和牺牲阳极保护是阴极保护中常用的两种类型。在管道腐蚀防护中起着重要的作用。外加电流是指通过在管道上施加一定的电流，使得管道成为阴极而不被腐蚀，可以根据需要保护管道的距离进行控制，适用于较长距离的管道。通过外加电流，有效地降低管道的腐蚀速率，延长其使用寿命。牺牲阳极保护是另一种常见的阴极保护方法，通过将一种具有更高电位的金属（通常是锌或铝）与需要保护的管道连接，使其成为阴极而牺牲自身。这样，牺牲阳极会被腐蚀而保护管道不受损害。牺牲阳极保护的优点是无需在管道中外加电流，实施起来相对简单，通常用作外加电流保护的补充形式。在选择阴极保护方案时，除了考虑保护质量外，还应注意经济性。要选择性价比比较高的保护方案，即在确保保护质量的前提下，尽量选择成本较低的方法，通过综合考虑设备投资、运行维护成本以及保护效果等因素来实现。

3.3 电镀防腐

在天然气管线上采用阴极保护技术，是一种常见的防腐措施。阴极保护通过在管线金属表面形成一个电位较低的阴极区域，使得金属处于被保护状态，从而减缓或阻止金属的腐蚀。然而，在应用阴极保护技术时，确实需要注意到一些问题。首先，选择合适的涂层材料非常重要。涂层材料应具有良好的耐腐蚀性能，并且能够与管道金属形成良好的结合。其次，涂

层施工质量也至关重要。涂层应均匀、牢固地附着在管道金属表面，避免出现空鼓、裂纹等问题。此外，对于涂层的维护和检测也是必不可少的。定期检查涂层的完整性和耐蚀性能，及时修复损坏的涂层，以确保其持续发挥防腐作用。同时，还需要注意管道运行过程中可能产生的机械损伤、化学物质侵蚀等因素，及时采取措施进行修复和保护。

3.4 内防腐层

内防腐涂层的作用就是在输送管线的内壁与流体之间形成一个隔绝的空间，这样就可以避免管线的金属与腐蚀性介质的直接接触，减少了输送管线内的腐蚀。在长输天然气管道中，采用内涂敷技术，既能达到防腐效果，又能减小摩阻，是一种很好的经济效益。目前，长距离输气管线普遍采用环氧粉末涂料和涂层钢管等防腐技术。在长输气管线的防腐过程中，涂层作为一种较为常见的防腐方法，施工方案、检测手段都比较完备，而且在具体的操作过程中也更易于执行，有着很好的应用前景。

3.5 管线检测

管线检测可以及时发现管道内部的缺陷、腐蚀和泄漏等问题，采取相应的修复措施，确保管道的正常运行。

内窥镜检测：通过将内窥镜放入管道内部进行观察和检测，以发现管道内部的腐蚀、裂纹、磨损等问题。内窥镜检测可以实时获取管道内部的图像和数据，对管道的状态进行评估，并及时采取修复措施。

超声波检测：利用超声波技术对管道进行检测，通过超声波的传播和反射来判断管道内部是否存在缺陷或腐蚀。超声波检测可以快速、准确地检测出管道的问题，并提供详细的检测报告，有助于及时采取修复措施。

磁粉检测：利用磁粉涂覆在管道表面，通过磁场的用来检测管道表面是否存在裂纹、腐蚀等问题。磁粉检测可以对管道表面进行全面的检测，发现潜在的问题，并采取相应的修复措施。

声波检测：利用声波技术对管道进行检测，通过声波的传播和反射来判断管道内部是否存在泄漏或其他问题。声波检测可以快速、准确地定位管道的问题，及时修复，防止事故的发生。

3.6 防腐管理信息化

天然气管道的防腐处理是确保管道长期运输安全的重要环节。除了运用适当的防腐技术手段和布局，注重后续的防腐管理工作同样至关重要。为了更好地

保证防腐管理的及时、有效，可以通过信息化和系统化的方式进行控制，将腐蚀问题的危害降到最低。在防腐管理的信息化发展过程中，建立相关的数据库是一个重要的先决条件，数据库应该以整体天然气管道的布局情况和防腐要求为中心，确保防腐工作的管理目标更加明确。数据库的构建需要包括管道的位置、材料、施工日期、检测记录等信息，以便对管道进行全面的监测和管理。同时，对数据库中有关信息的获取与更新也要给予足够的关注。数据采集、导入、分析等环节需要逐渐完善，确保数据的准确性和及时性。通过获得的信息资源，能够对天然气管道的整体输送情况有一个直观的认识，并能够对其腐蚀情况进行及时的了解。这样就可以采取适当的防腐措施，并及时进行维修，以保障管道的安全运输。此外，还应该注重数据的分析和利用。通过对数据库中的数据进行分析，可以发现管道腐蚀问题的趋势和规律，为制定防腐管理策略提供科学依据。同时，还可以将数据库与其他相关系统进行集成，实现信息的共享和交流，提高防腐管理工作的效率和准确性。

4 结束语

综上所述，天然气作为一种重要的能源资源，通常需要通过管道输送到各个地方供应给用户使用。然而，天然气管道在长期使用过程中容易受到腐蚀的影响，因此需要采取一定的防腐措施来保护管道的安全运行，只有通过选择合适的管材、定期检测和维护、施工和安装过程中的防腐处理，以及关注环境因素，才能有效地延长管道的使用寿命，并确保天然气的安全输送。

参考文献：

- [1] 黄明敏. 浅析天然气管道输送过程中管道的防腐方式 [J]. 天津化工, 2023, 37(2): 129-131.
- [2] 蒋冲. 天然气管道输送过程中管道防腐的研究及防腐方法 [J]. 石油石化物资采购, 2021(27): 3.
- [3] 安志强. 基于天然气长输管道的防腐与防护策略分析 [J]. 石化技术, 2023(12): 91-93.
- [4] 陆畅弦. 长输天然气管道防腐补口施工内容控制探究 [J]. 南方农机, 2020, 51(2): 2.
- [5] 王卓. 长输天然气管道腐蚀的形成与防腐保护措施探析 [J]. 石油石化物资采购, 2020(2): 1.

作者简介：

郑海燕 (1979-)，男，汉族，湖北随州人，本科，贵州页岩气勘探开发有限责任公司计划部部长，中级工程师，研究方向：页岩气勘探开发利用、工程管理，能源工程。