

天然气长输管道腐蚀检验与修复技术分析

钟 明 (江西省天然气管道有限公司, 江西 南昌 330000)

摘要: 为了满足日益增长的国家能源需求并进一步推动经济的蓬勃发展, 天然气长输管道这一关键设施在天然气运输领域得到了广泛而深入的运用。然而, 由于长期处于运行状态、受到各种复杂环境因素的影响以及管道材料本身所具有的特殊性质等诸多原因, 天然气长输管道在实际运营过程中不可避免地会遭受腐蚀现象的侵袭。这种腐蚀现象可能导致管道壁厚逐渐变薄、强度逐步下降, 甚至有可能引发管道泄漏乃至爆炸等严重安全事故。因此, 针对天然气长输管道腐蚀问题进行有效的检测与修复技术研究显得尤为紧迫且必要。

关键词: 长输管道; 腐蚀检验; 修复; 技术分析

1 天然气长输管道腐蚀原因分析

在大自然的演变过程中, 金属制品常因与氧气相互接触并发生化学反应, 导致其逐渐磨损或毁坏。至于输天然气管道的腐蚀问题, 具体又可细分为内壁腐蚀与外壁腐蚀两种类型。其中, 内壁腐蚀的原理与电化学腐蚀颇为相似, 皆源于天然气中所携带的水分在管道表面形成的亲水层, 从而为电化学腐蚀的产生创造了有利条件。除此之外, 天然气中的部分化学物质亦可能与金属管道本身发生化学反应, 进一步加剧了腐蚀程度。相较之下, 外壁腐蚀并不仅限于埋地管道, 架空的钢管同样存在此类现象。对于架空管道而言, 通常会采用涂抹保护性材料的方式来防止外壁腐蚀; 然而, 埋地管道的腐蚀则呈现出全面性的特点, 即管道厚度的腐蚀较为均匀。值得注意的是, 天然气管道所输送的介质属于易燃、易爆性质, 其中含有硫化氢、二氧化碳、游离水以及粉尘等多种杂质, 使得敷设的管道始终处于内外腐蚀的双重压力下。再加上环境、地质、气象以及水文灾害、管材质量及设计缺陷、操作不当甚至人为破坏等诸多因素的影响, 管道的安全性受到了多方面的挑战。一旦管道发生爆破、泄漏或者停输等事故, 将不仅仅带来巨大的经济损失, 同时还会对生态环境构成严重威胁。鉴于输气管道所处环境及输送介质的差异, 其引发的腐蚀状况也各不相同。根据腐蚀部位的不同, 我们可以将其划分为内壁腐蚀和外壁腐蚀两大类; 依据腐蚀形态的差异, 又将其细分为全面腐蚀和局部腐蚀两类; 最后, 根据腐蚀发生的机理, 我们还可以将其区分为化学腐蚀和电化学腐蚀两种类型。

2 天然气长输管道腐蚀检验技术分析

2.1 腐蚀检验方法

腐蚀检验方法通过对管道腐蚀情况的及时检测和分

析, 可以有效预防管道事故的发生。腐蚀检验方法主要包括物理检验方法、化学检验方法和无损检验方法。

2.1.1 物理检验方法

物理检验方法是通过对管道表面形状、颜色、质地等进行直接观察和测量来判断腐蚀情况。常用的物理检验方法包括目视检验、触摸检验和敲击检验。目视检验是最基础的方法, 通过肉眼观察管道表面是否出现腐蚀、锈蚀等情况; 触摸检验是通过手感觉管道表面的光滑度和硬度来判断是否有腐蚀; 敲击检验是通过敲击管道表面产生的声音来判断管道内部是否有空洞或腐蚀。

2.1.2 化学检验方法

化学检验方法是通过对管道表面进行腐蚀物质的检测和分析。常用的化学检验方法包括腐蚀产物的取样和分析、腐蚀速率的测试等。腐蚀产物的取样可以通过在管道表面涂覆腐蚀试剂, 然后用化学方法检测腐蚀产物的类型和含量; 腐蚀速率的测试可以通过在管道表面安装腐蚀速率计, 监测管道腐蚀的速度。

2.1.3 无损检验方法

无损检验方法是指在不破坏管道结构的情况下对管道进行腐蚀检测和评估。常用的无损检验方法包括超声波检测、射线检测、磁粉检测等。超声波检测是利用超声波穿透管道壁, 检测管道内部是否存在腐蚀; 射线检测是通过射线的透射和吸收, 查看管道内部是否有缺陷或腐蚀; 磁粉检测是通过在管道表面喷洒磁粉, 然后用磁力检测管道表面是否有裂纹或腐蚀。

2.2 常用腐蚀检测设备

腐蚀是天然气长输管道运行过程中不可避免的问题, 为了及时发现管道腐蚀情况并采取有效的修复措施, 需要使用各种腐蚀检测设备。下面将介绍一些常

用的腐蚀检测设备：

2.2.1 超声波检测仪

超声波检测仪是一种常用的非破坏性检测设备，通过发送超声波信号来检测管道内部腐蚀情况。这种设备可以通过管道壁面和表面传感器来检测管道腐蚀的程度和位置，准确度较高。

2.2.2 磁粉探伤仪

磁粉探伤仪是一种常用的磁性检测设备，可以快速、准确地检测管道表面的缺陷和腐蚀情况。通过在管道表面涂抹磁粉并施加磁场，可以观察到管道表面的裂纹和腐蚀部位。

2.2.3 电磁涡流检测仪

电磁涡流检测仪是一种电磁无损检测设备，通过在管道表面施加交变电流来产生涡流，并通过测量涡流的反应来检测管道内部的腐蚀或裂纹。这种设备对管道材料具有一定的透磁性要求。

2.2.4 X射线检测仪

X射线检测仪是一种高精度的检测设备，可以穿透管道材料并观察管道内部的腐蚀情况。这种设备在管道壁较厚或密闭环境下有较好的检测效果，但需要专业的操作人员和防护设备。

2.2.5 声发射检测仪

声发射检测仪是一种通过检测管道内部声音变化来判断腐蚀情况的设备。当管道内部存在腐蚀或裂纹时，会发出特定的声音，通过记录和分析这些声音信号来确定管道的健康状态。

2.2.6 阴极保护监测设备

阴极保护是一种常用的管道腐蚀防护措施，通过给管道施加电流来抑制腐蚀的发生。阴极保护监测设备可以监测管道的电位，从而判断阴极保护系统是否正常工作，及时修复问题。

2.3 腐蚀检验数据分析

通过对腐蚀检验数据的分析，可以及时发现管道腐蚀问题，采取相应的修复措施，确保管道的安全运行。腐蚀检验数据分析主要包括以下几个方面：

2.3.1 腐蚀检验数据采集

在进行天然气长输管道腐蚀检验工作时，需要使用各种腐蚀检测设备对管道进行检测，获取腐蚀数据。腐蚀检验数据采集过程中需要注意对数据的准确性和完整性进行检查，确保数据的真实可靠性。

2.3.2 腐蚀数据分类整理

腐蚀检验数据一般包括管道腐蚀情况、腐蚀速率、腐蚀部位等信息。对这些数据进行分类整理，可以便

于后续的分析和处理。例如，将腐蚀情况按照腐蚀程度、腐蚀类型等进行分类，有利于对管道腐蚀问题的分析和评估。

2.3.3 腐蚀数据分析方法

对腐蚀检验数据进行分析时，可以采用统计分析、趋势分析、相关性分析等方法。统计分析可以帮助了解管道腐蚀情况的整体情况，趋势分析可以预测腐蚀发展的趋势，相关性分析可以找出腐蚀问题的原因和影响因素。

2.3.4 腐蚀数据分析结果

通过对腐蚀检验数据的分析，可以得出管道腐蚀程度、腐蚀速率、腐蚀部位等信息，为后续腐蚀修复工作提供依据。通过分析结果还可以评估管道的安全性，确定修复优先级和方案。

2.3.5 腐蚀数据分析的作用

腐蚀检验数据分析是管道腐蚀管理工作中的重要环节，可以帮助管道运营单位及时发现管道腐蚀问题，及时采取修复措施，确保管道的安全运行。通过对腐蚀数据的分析，可以提高管道腐蚀管理的效率和水平，降低管道运行风险，保障天然气输送的安全和稳定。

3 天然气长输管道腐蚀修复技术分析

3.1 腐蚀修复方法

腐蚀修复方法是指在发现天然气长输管道存在腐蚀问题后，采取相应的修复措施进行修复。在实际操作中，腐蚀修复方法的选择需根据管道的具体情况、腐蚀的程度以及修复的目的来确定。

①补焊修复法：补焊修复法是一种常用的腐蚀修复方法，通过对腐蚀部位进行焊接来修复腐蚀损伤。对于腐蚀程度较轻的管道，补焊修复法能够有效地修复管道的损伤，提高管道的使用寿命。在进行补焊修复时，需要注意选择合适的焊接工艺和材料，保证修复后的焊缝质量和强度。

②管道更换修复法：在腐蚀程度较为严重或者腐蚀部位为关键位置时，采取管道更换修复法是一种有效的修复方法。通过更换腐蚀严重的管道部位或整个管段，可以完全消除腐蚀对管道的影响，确保管道的安全运行。在进行管道更换修复时，需要注意选择合适的管道材料和连接方式，确保更换后的管道与原有管道无缝连接，防止出现泄漏等安全问题。

③防腐漆涂覆修复法：防腐漆涂覆修复法是一种简便易行的腐蚀修复方法，通过在腐蚀部位涂覆专用的防腐漆来阻止腐蚀的继续发展。防腐漆具有良好的防腐性能和耐磨性，能够有效地延缓腐蚀的发展，并保护管道不受进一步损害。在使用防腐漆进行修复时，需要注意

选择适合管道材质和工作环境的防腐漆，并确保涂覆均匀、完整，以保证修复效果。④内衬管道修复法：内衬管道修复法是一种适用于腐蚀严重的管道修复方法，通过在管道内部铺设一层特殊材料的内衬管道来修复腐蚀损伤。内衬管道具有良好的耐腐蚀性能和抗磨损性能，能够有效地修复腐蚀严重的管道，延长管道的使用寿命。在进行内衬管道修复时，需要注意选择合适的内衬材料和安装方式，确保内衬管道与原有管道紧密连接，避免出现漏水或者裂缝等问题。以上是一些常见的腐蚀修复方法，在实际操作中，需要根据管道的具体情况和腐蚀的程度来选择合适的修复方法，以保证管道的安全运行和延长其使用寿命。

3.2 常用腐蚀修复材料

腐蚀修复材料是用于修复天然气长输管道腐蚀损坏的材料，其选择和应用对管道的修复效果和持久性起着至关重要的作用。在腐蚀修复过程中，常用的腐蚀修复材料包括但不限于以下几种：①环氧涂层：环氧树脂是一种聚合物化合物，常用于涂覆在金属表面形成保护膜，防止进一步的腐蚀蔓延。环氧涂层具有优异的耐腐蚀性能和耐磨性，能够有效地防止管道表面的进一步腐蚀。②聚氨酯涂层：聚氨酯是一种具有强韧性和耐腐蚀性的聚合物材料，常用于涂覆在管道表面形成保护层。聚氨酯涂层具有出色的耐化学腐蚀性能和耐磨性，能够有效地延长管道的使用寿命。③玻璃钢复合材料：玻璃钢是一种由玻璃纤维和树脂复合而成的材料，具有优异的耐腐蚀性和机械性能。玻璃钢复合材料通常用于制造管道套管或修复套筒，能够有效地修复管道的腐蚀损伤。④金属修复套筒：金属修复套筒是一种由金属材料制成的修复套筒，常用于修复管道表面的局部腐蚀损伤。金属修复套筒具有良好的可焊性和机械性能，能够有效地修复管道的腐蚀损伤，提高管道的使用寿命。⑤聚合物修复材料：聚合物修复材料是一种具有优异的粘结性和耐腐蚀性能的材料，常用于填补管道表面的腐蚀坑洞或裂缝。聚合物修复材料能够有效地修复管道表面的损伤，提高管道的耐腐蚀性能。⑥厚度复合材料：厚度复合材料是一种由复合材料制成的带状或片状材料，常用于增加管道壁厚以修复腐蚀损伤。厚度复合材料能够有效地修复管道表面的腐蚀损伤，增强管道的结构强度。

3.3 腐蚀修复效果评估

腐蚀修复效果评估主要目的是评估腐蚀修复措施的有效性和可持续性。在腐蚀修复后，需要进行一系列的

评估工作，以确保管道系统的安全稳定运行。首先，腐蚀修复效果评估需要对修复后的管道进行全面的检查。这包括对修复部位进行外观检查、金相分析、超声波检测等手段，以确保修复区域没有残留腐蚀物，修复材料和涂层与管道表面紧密结合，没有裂纹和空鼓现象。同时，还需要对修复区域进行厚度测量，以确认修复工作的确切效果。其次，腐蚀修复效果评估需要进行耐腐蚀性能测试。通过在修复后的管道系统中放置腐蚀试样，经过一定时间的实际运行或模拟试验，评估修复材料的抗腐蚀性能。这可以通过模拟管道系统中真实的工作环境条件，如高温、高压、腐蚀介质等，来评估修复材料的耐腐蚀性能表现。另外，腐蚀修复效果评估还需要对修复后的管道系统进行性能测试。包括涂层附着力测试、抗拉、抗压、抗弯等机械性能测试，以及耐磨、耐腐蚀性能测试等。通过对修复后管道系统的性能测试，可以评估腐蚀修复措施对管道系统整体性能的影响，确保管道系统在运行中的安全可靠。最后，腐蚀修复效果评估还需要进行长期监测。通过定期对修复后管道系统进行检测、测试和监测，以跟踪管道系统运行状况和修复效果，发现问题及时解决，确保管道系统的长期稳定运行。同时，建立完善的管道系统档案和管理制度，记录管道系统的运行数据和维修情况，为日后的管道维护和管理提供参考依据。

4 结论

综上所述，天然气长输管道腐蚀检验与修复技术是一个综合的工程领域，需要多方面的技术和经验来保障管道的安全运行。在未来的研究中，可以进一步探讨新型的腐蚀检验方法和修复技术，不断提高管道安全性和可靠性，为我国的管道运输系统发展提供更好的保障。最终目的是确保长输管道的安全运行，保障天然气的供应，促进经济的发展和社会的稳定。

参考文献：

- [1] 许亮. 天然气长输管道腐蚀检验与修复技术分析 [J]. 中国化工贸易, 2022(13):67-69.
- [2] 张本同, 王孟孟, 宗丽娜. 天然气长输管道腐蚀及防护研究 [J]. 山东化工, 2017,46(18):134-135,138
- [3] 王拥军. 浅论天然气长输管道腐蚀与控制方法 [J]. 丝路视野, 2018(2):170.
- [4] 王占学. 浅论天然气长输管道腐蚀与控制方法 [J]. 丝路视野, 2018(36):434.
- [5] 乔勇. 天然气长输管道腐蚀因素、缺陷检测技术及防护措施探讨 [J]. 云南化工, 2021,48(6):120-122.