

燃气管道防腐层修复施工技术应用分析

史振华（东营华润燃气有限公司，山东 东营 257000）

摘要：城市燃气管道在地下复杂环境中易因腐蚀等导致防腐层损坏，引发漏气等安全问题。本文以某燃气公司次高压管道防腐层修复工程为例，针对燃气管道防腐层不同程度破损点，选用热收缩套（带）修复技术进行修复。燃气管道防腐层修复施工工程实践表明，采用该技术修复后绝缘电阻、粘结强度达标，且一年后无破损等情况，修复质量可靠，能保障管道安全运行。

关键词：燃气管道；防腐层修复；热收缩套（带）；施工技术

中图分类号：TU996.7 文献标识码：A 文章编号：1674-5167(2025)028-0139-03

Application analysis of anti-corrosion coating repair construction technology for gas pipelines

Shi Zhenhua (Dongying Huarun Gas Co., Ltd., Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: Urban gas pipelines are prone to corrosion and other safety issues in complex underground environments, which can cause damage to the anti-corrosion layer and result in gas leaks. This article takes the anti-corrosion coating repair project of a certain gas company's sub high pressure pipeline as an example, and selects heat shrinkable sleeve (tape) repair technology to repair different degrees of damage to the anti-corrosion coating of the gas pipeline. The practice of repairing the anti-corrosion layer of gas pipelines has shown that the use of this technology can meet the insulation resistance and bonding strength standards after repair, and there is no damage after one year. The repair quality is reliable and can ensure the safe operation of pipelines.

Keywords: gas pipeline; Anti corrosion layer repair; Heat shrink sleeve (with); construction technique

燃气是城市建设用的重要能源之一，它通过各种地下管道进行输运，燃气管道由于常年处在地下复杂土壤的环境内，易受到土壤腐蚀、杂散电流干扰、施工扰动等的作用使防腐层出现损坏、老化等情况。目前，燃气管道大概有百分之八十以上的漏气都是由防腐层失效造成的，会造成严重的能源浪费，会给人们的生命财产安全带来严重的影响。随着城市事业的发展，针对老旧管道防腐层的修复需求十分迫切，选择合适的技术以及严格的施工工艺才能达到良好的修复效果^[1]。通过以市政实际工程为例，结合经验，对热收缩套（带）的修复技术应用于燃气管道防腐层修复进行探讨。

1 工程概况

本文以某个燃气公司的实际施工为例，在此工程中由专门负责此次巡检的燃气公司承担该城市次高压燃气管道的运行及维护工作，这条城市次高压燃气管道是本区域内重要的燃气输送干。该管道于2005年建成，采用的是L360螺旋缝埋弧焊钢管，管径DN500，设计压力1.6MPa，总长约为5km。由于管道敷设路径较为复杂，依次经过了3条城市主干道，2处绿化带和3个居民小区，且周围环境对管道的安全运行要求较高。通过在2020年年度检测时的数据发现部分管段防腐层破损，穿越主干道的部分管段因长时间受车辆荷载振动原因，防腐层破损严重。而临近

居民区的部分管段，因附近常有施工等原因存在管道腐蚀等情况，为了防止管内腐蚀物增加导致事故的发生，在2021年公司开始了防腐层专项修复工程，将所有经检查出的破损点进行系统性修复。该工程具有以下特点：第一，施工现场人流量大、车流量多，为减少施工对周围环境的影响应严格把控；第二，管道输气压力高，修复时不能影响到管线正常运转；第三，破损点分布在各处，破损情况也不尽相同，因此修复技术应该有针对性。

2 管道检测情况与技术选择

2.1 管道检测情况

在进行检测管道过程中，精准掌握管道防腐层破损情况，在前期利用多频管中电流法(PCM)、直流电位梯度法(DCVG)等方法对约5km长的管道进行综合检测。PCM设备通过测量管道中不同频率的电流衰减来判断防腐层的整体情况是否完好，而DCVG设备是通过管道表面—土壤之间的电位梯度确定具体的腐蚀点和腐蚀程度。

经检测该段管道防腐层破损点共有38处。轻度破损(破损面积<100cm²)21处，占破损总点数的55.2%，中度破损(100cm²≤破损面积<500cm²)12处，占破损总点数的31.6%，重度破损(破损面积≥500cm²)5处，占破损总点数的13.2%。破损点分布具典型性特征：穿路过河跨路的3个路段共有破损点

17处，占总数量的44.7%；居民区管段有破损点12处，占总数的31.6%；绿化带管段有破损点9处，占总数的23.7%。

通过对典型破损点开挖验证发现，轻度破损点主要是防腐层局部划伤，管道本体基本无腐蚀现象。中度破损点防腐层出现剥落现象，管道表面有少量锈迹，重度破损点腐蚀最严重，防腐层大面积脱落，管道出现局部坑蚀，最大腐蚀深度约1.2mm，影响管道结构安全^[2]。

2.2 技术选择

技术的选择也是管道检测环境中的重要工序，经过综合考虑管道检测结果、破损点特征、实际工程情况及国内外相关规范后，还需要通过对各项技术对比，从技术可行性和经济成本方面综合考虑后，最终决定采用热收缩套（带）修复方式对管道内壁破损进行修复。热收缩套（带）修复技术具有良好的密封性能、较高的机械强度的特点，可以有效包覆不同破损程度的部位；利用热缩套（带）的收缩性能保证热收缩套（带）能与管壁紧密结合，防止腐蚀介质进入管道内，满足了该工程各个破损点的要求。该修复技术操作方便，可在不停输情况下进行，并且对周边的交通和生活影响较小，符合本工程施工需要。

3 燃气管道防腐层修复施工关键技术应用

在燃气管道的安全运维中，防腐层修复是关键一环。面对地下环境带来的腐蚀、破损等问题，选择适宜的修复技术并规范施工流程非常重要，以下将聚焦燃气管道防腐层修复施工的关键技术应用展开探讨。

3.1 防腐层基础施工

第一，全面打磨清理表面。施工人员应严格按照施工规范要求，用角磨机配钢丝轮刷头对管材表面缺陷点及其周围300m范围内的表面进行全面打磨，打磨时需彻底清除表面的浮锈，若清理不彻底会影响防腐层的附着力。其次还要反复打磨去除管道表面的油污，以免影响热收缩套（带）和管道间的粘结，避免有旧防腐层残片或杂物残留在被测区域内，否则会影响检测结果。另外，打磨时也一定要控制好打磨范围，不可打磨过大，否则容易打伤管体，破坏管道结构强度^[2]。

第二，达标处理与缺陷修补。经过打磨后的管道表面应达到Sa2.5级，也就是管道表面不得有可见的油、脂、污垢氧化皮、铁锈和油漆涂层等附着物，只允许少量轻微的牺牲性物质的存在，整个表面应带有金属光泽，然后进行防腐处理，否则无法保证防腐质量。管道表面存在腐蚀坑的时候要及时的用环氧腻子填平，保证填平时溢出的量要大于水平，等完全干了以后，再用砂纸磨平，让它和平整光滑，保证它的管

道表面平整度误差不要超过1mm/m，这样才能使热收缩套（带）包上之后，不至于出现接口不严密，有空隙的现象。

第三，检测表面粗糙度。完成打磨、修补工作后，通过使用表面粗糙度仪来检查和检测其表面状况是否满足表面粗糙度应达到60–100 μm 要求。此范围内的表面粗糙度能最大的保证热收缩套（带）与管材表面的粘结力，而粘结力的好坏直接影响着整个修复后综合密封性的良好与否。因此为了防止水分、湿气等有害物质进入管道内引起管道的再次腐蚀，在这种情况下就需要严格把关对于管道的表面处理只有检测的结果符合标准，并且判定该管道的表面处理合格之后，才能进入到下一个环节的施工当中^[3]。

3.2 热收缩套（带）选型与检查

第一，匹配选型热收缩套（带）。燃气管道防腐层施工的过程中，技术人员选取热收缩套（带）过程中必须同管径大小保持匹配，否则影响修复效果。在工程中，应根据所修管道具体情况而选用的热收缩套（带），其基材厚度为2.0mm，胶层厚度为0.8mm，要求径向收缩率 $\geq 15\%$ ，轴向收缩率 $\leq 5\%$ 。经过几次试验和实践后发现，这些数据是比较适合于热收缩套（带）进行修复时的试验结论。即热收缩套（带）通过加热之后可以均匀收缩并附着到管道外表面上，且形成的厚度较薄，其提供的防腐效果比较显著，可抵御来自外界环境对于管道的影响。

第二，严格检查外观质量。在进行施工前，施工人员要对热收缩套（带）进行严格的外观质量检查。仔细查看热收缩套（带）表面是否存在破损，哪怕是微小的裂痕也不能放过，因为破损会导致防腐层的完整性受到破坏。检查是否有气泡，气泡的存在会影响热收缩套（带）与管道的紧密结合，同时，还要查看是否有杂质，杂质会降低热收缩套（带）的整体性能。此外，燃气管外观检查的过程中，必须确认胶层均匀连续，胶层的质量直接关系到热收缩套（带）与管道的粘结强度。对于任何外观不合格的热收缩套（带），都要坚决不予使用，避免因材料问题影响整个燃气管道的防腐层的修复质量。

第三，核查产品资质资料。燃气管道防腐层施工的过程中，对于工作人员来说，在检查热收缩套（带）过程中除了检查外观质量之外，还应该认真查对产品各方面的资质资料，其中应该着重注意产品的出厂合格证，看该产品的制作过程是否正规，是否经过相关的质量检测。如果已经检验合格，还需要仔细核对产品性能检测报告，保证热收缩套（带）的各项性能指标（耐腐蚀性、耐温性）等达到相关行业的规定以及

工程的要求。只有资质资料全，各方面性能达标，才能使用于防腐层修复工程施工中，从而保证修复工程质量及安全^[4]。

3.3 底漆涂刷工艺

第一，选用并准备专用底漆。待管道表面处理完毕且验收合格后，由施工人员按照相关规范要求实施底漆涂刷。底漆采用无溶剂环氧底漆。这种底漆附着力强、防腐蚀性好，可以很好的保证热收缩套(带)和管体的贴合，方便后期的热收缩套(带)安装。为确保底漆质量，在涂刷底漆之前要保证底漆的均匀搅拌，使得底漆的各个成分完全融合在一起，防止由于底漆内各成分的不均匀分布导致底漆性能不稳定的情况出现，从而影响到涂刷后的防腐效果。此外，在底漆涂刷的过程中，需注意涂刷环境的温度和湿度。当环境温度低于5℃或相对湿度高于85%时，涂刷施工需根据底漆涂刷工艺的实际情况取适当的温控或除湿措施，否则会影响底漆的固化速度以及附着效果。最后在底漆涂刷工序完成后，由施工人员要做好标记，并且记录底漆涂刷的具体时间段，以便后续根据底漆的固化特性安排热收缩套(带)的安装工序，避免因过早或过晚操作影响整体底漆涂刷施工质量。

第二，规范涂刷底漆。操作人员在涂刷底漆过程中要严格按照要求来进行操作，用毛刷沿着管道轴向方向均匀涂抹，将底漆抹到管子表面，在涂抹的过程中要注意保持厚度，确保薄厚均匀性，如果太薄会导致防腐效果不好，如果太厚则会发生开裂的现象。而且涂完之后要在热收缩套(带)外缘外面多留出50mm，这样才可以保证热收缩套(带)和管子粘连部位都能够被底漆覆盖上。对于底漆的涂抹要全面，不要出现遗漏的情况，如果有疏漏的地方就会成为防腐薄弱点，除了不能有疏漏以外，还要避免出现气泡、流挂的现象^[5]。

第三，等待底漆表干。在底漆涂刷完成以后，要等施工人员耐心地等待底漆表干，需要在25℃的环境中停滞大约需要20min的时间。但如果环境温度发生了改变，则需要通过具体情况判断其实际的时间，具体表干时间可以根据情况灵活掌握。等底漆表干之后会在管道表面形成一层致密的保护膜，此种保护膜可以进一步加强管道表面的防腐性能，同时还能阻挡外界腐蚀性的介质进入到管道内部，保护了管道的安全^[6]。另外还可以为热收缩套(带)的黏结提供良好的基层，同时还能提高热收缩套(带)和管道之间的黏结性能。只有当底漆表干以后，才能够进行热收缩套(带)的安装工作，从而也保证了起安装的质量和防腐效果^[7]。

4 结论

通过对某燃气公司次高压燃气管道防腐层修复工程中热收缩套(带)修复技术的应用分析，可得出以下结论：

第一，热收缩套(带)修复技术适用于各类程度的燃气管道防腐层破损修复，具有广泛的适用性。其密封性能好、机械强度高，能有效阻止腐蚀介质侵入，为管道提供可靠的防腐保护。

第二，热收缩套(带)修复工艺的技术标准是热收缩套(带)修复的关键。表面达到Sa2.5级，表面适当的粗糙度能使热收缩套(带)与管体达到最好的配合，正确选型及检测能保证材料达到需要的技术要求，恰当的底涂涂覆和严格的加热收缩时的温度控制是影响修复后粘结力和密封性的主要因素。

第三，针对本工程，在进行了38个破损点采用热收缩套(带)修复的方法之后，施工人员又进行了反复检测，检测发现所有的修复点绝缘电阻大于100000Ω·m²，粘结强度大于1.0MPa，满足标准要求。之后对实施完修复工程一年后再次进行回访检查，均无发现修复层有破损、剥离及管道再次腐蚀的情况发生，故认为使用热收缩套(带)修复该工程效果良好，修复质量可靠稳定。

综上所述，在燃气管道防腐层修复工程中，采用热收缩套(带)修复技术，按照相关工艺操作要求严格施工，其修复质量是有保证的，能够满足对燃气管道进行安全稳定运行的要求。

参考文献：

- [1] 贾宏程,杨晓辰.高压燃气管道防腐施工技术研究[J].石化技术,2020,27(03):140+142.
- [2] 原一丁.燃气管道安装及其防腐技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(08):170-172.
- [3] 单武迪.城镇燃气管道防腐技术与维护管理[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(05):173-175.
- [4] 戴世玉.埋地管道防腐层检测技术在燃气管道检测中的应用研究[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(23):60-62.
- [5] 刘旭文.城镇小区燃气埋地钢质管道防腐层检测及新型防腐修复技术应用[J].全面腐蚀控制,2024,38(11):200-203.
- [6] 于芳蕾,吉彦彬.长输燃气管道的防腐控制技术研究[J].山东化工,2023,52(15):167-169.
- [7] 沃敬凯,胡健,钟军平,等.PCMX技术在埋地钢质燃气管道防腐层状况不开挖检测中的应用[J].全面腐蚀控制,2023,37(03):40-46+64.