

石油天然气管道保护的技术措施与应用

李 和（山东省石油天然气管道保护服务中心，山东 济南 250000）

摘要：石油天然气管道以其投资大，施工规模庞大而在石油天然气运输中，占据着十分重要的地位，但目前我国石油天然气管道施工，不管从技术还是管理来看都远远落后于发达国家。石油天然气管道处于高风险运行状态，这不仅降低了石油天然气输送效率，同时也会对周边居民人身安全构成威胁，对自然环境造成损害。所以，要不断地完善防护措施，来减少石油天然气管道在运行过程中存在的各类风险，保证石油天然气管道的安全可靠。

关键词：石油天然气管道；管道保护；技术措施与应用

0 引言

在中国经济飞速发展的背景下，石油和天然气这两种重要能源物质的安全输送显得尤为重要。石油天然气管道是油气田和消费市场之间的联系纽带，对管道进行安全保护具有重要意义。本文就对石油天然气管道防护技术措施，以及其在实践中取得的成效进行分析，目的在于为国内油气管道安全运行提供理论支持与实践指导。

1 石油天然气管道的安全风险

1.1 石油天然气管道的腐蚀问题

石油、天然气在运输过程中，管道系统经常遭受各种腐蚀现象。这些腐蚀现象是由内部介质化学腐蚀，外部环境电化学腐蚀和土壤微生物腐蚀诸多因素共同作用的结果。化学腐蚀在内部介质中，主要是由于石油和天然气中存在的具有腐蚀性的化学成分，如硫化氢和二氧化碳等，这些成分会与管道材料进行化学反应，从而逐步侵蚀管道的壁面^[1]。外部环境中的电化学腐蚀是由于管道暴露在外部环境，受到湿度、温度、氧气等环境因素的影响，导致电化学反应，从而使管道表面的金属材料逐步受到腐蚀。

另外，不能忽视土壤中的微生物腐蚀问题，例如硫酸盐还原菌，可以在土壤中存活，并通过它们的代谢过程产生腐蚀性物质，这会进一步加速管道的腐蚀过程^[2]。管道发生腐蚀，将会引发一系列严重问题。首先，管道壁厚减薄将直接降低管道强度及承载能力，从而使得管道在高压或者高流量运输时更易变形或者断裂。更严重地，管道腐蚀也会造成泄漏、爆裂及其他意外。泄漏不但造成油气资源浪费，而且还可能给周围环境带来严重污染。爆裂事故发生后不仅给周边生态环境带来毁灭性破坏，而且有可能危害到人类生命安全并导致火灾，爆炸和其他严重后果。

1.2 相关人员的保护意识不强

石油与天然气管道施工与检修期间，部分员工可能会存在安全意识不足与风险防范意识不强。这一状况会使其在运行过程中忽略安全规程的意义，不能正确地使用安全设备或在识别出可能存在的问题后，不能及时地采取有效预防措施。这些疏忽大意和不恰当的做法无疑加大了事故的危险，进而威胁到整个管道系统的安全运营。

1.3 焊接缺陷导致石油天然气管道存在安全风险

焊接技术对石油、天然气管道安装与维护起到关键作用。作为金属材料经高温熔化后粘结而成的技术，焊接保证管道完整性及结构强度。但焊接时可能产生多种缺陷如裂纹，气孔，未焊透及夹渣。这些不足的存在将大大减弱管道的特性并使之成为可能的弱点。裂纹就是焊缝或者热影响区中产生的微小裂纹，它们有可能扩展并引起管道破裂^[3]。气孔是由于焊接过程中熔池内的气体没有及时排出而形成的，这些孔洞可能会降低管道的承载力和耐压性能。所谓未焊透就是焊缝没有充分熔透母材而造成焊缝强度不够，受力时易破裂的现象。

夹渣是指在焊接过程中，焊材和母材中的杂质没有被完全清除，而是残留在焊缝中，形成夹杂物，这些夹杂物会降低焊缝的机械性能。这些焊接缺陷不仅使管道承载能力及耐压性能下降，而且极大地增加了管道泄漏及破裂的危险。泄漏会造成有价值的资源损失甚至环境污染及安全事故，而且断裂会导致人员及财产严重损失。所以焊接缺陷给管道系统整体安全运行带来很大威胁。

1.4 热输原油管道安全风险

热输原油管道是一种特殊的管道系统，其主要功能是通过加热原油来降低其粘度，从而使得原油在管

道中更容易流动和输送。这类加热过程一般要求原油被加热至一定温度，才能保证原油在运输过程中粘度维持在较低范围内，进而提高原油运输效率，降低能耗^[4]。然而，在热输过程中，管道系统需要承受高温和高压的双重压力。这一极端工作环境加速了管道材料疲劳老化进程，使其强度逐步降低。管道在长期运行过程中可能产生裂纹，腐蚀等破坏形式，加大泄漏风险。泄漏在造成环境污染与经济损失的同时，也可能威胁周边环境与人员安全。

2 石油天然气管道保护的技术措施与应用

2.1 采用高质量的管道材料

在选用管道材料时，一定要坚持用高标准、高品质。这些材料都是通过严格的检测程序，来保证其具有优良的耐腐蚀性能以及优异的机械强度。由于管道系统经常会暴露于高温，高压，化学腐蚀等多种恶劣环境条件中，所以必须要有较强的抗腐蚀能力，才能防止腐蚀造成管道泄漏损坏^[5]。另外，还要求管道机械强度显著提高，以承受高压，重载等复杂情况下各种应力与负荷，以保证管道在多种工况中稳定地运行。通过使用这些高标准的选材标准，以及严谨的制作工艺可以制作出安全系数更高的管道系统。这类系统既能满足工业领域各种苛刻的应用要求，又能对日常生活民用需求给予保障。不管是用来运输石油，天然气和化工原料还是在供水和排水等市政工程中，这些高规格管道材料均能保证管道长期平稳运行，降低了维护成本并提升了总体经济效益。

2.2 对管道进行内外防腐处理

为了保证管道使用寿命及安全，管道内外防腐处理非常重要，包括管道表面涂防腐涂料将金属表面和外界环境腐蚀性物质隔绝。防腐涂料能在金属表面形成致密保护膜，并有效地阻止水分，氧气等腐蚀性介质渗入，使金属腐蚀速度减慢。此外，阴极保护技术也是管道防腐处理中不可或缺的一部分^[6]。通过对管道施加外部电流作为阴极，来抑制金属表面腐蚀反应。此法一般是配合防腐涂料来实现双重保护。

阴极保护技术有牺牲阳极法，外加电流法等多种方法。牺牲阳极法是通过将一种电位更负的金属材料（如锌、镁或铝）与管道连接，使其优先腐蚀，从而保护管道本身。外加电流法则利用外部电源对管道外加电流以维持管道处于阴极状态来防腐。将防腐涂料与阴极保护技术结合使用，可显著改善管道耐腐蚀性能、延长管道使用寿命、保障燃油输气及其他重要工

程安全运营。

2.3 定期进行管道检测

为了保证管道系统安全运行，对管道定期检测非常关键。对管道的内部，外部检测和腐蚀监测等。内检测则主要通过采用智能清管器或者其他检测设备，对管道内部情况进行综合检测，从而及时发现裂纹，腐蚀和变形^[7]。这些装置可以深入到管道内部，并捕获高精度图像及数据以便向维护人员详细了解。外部检测主要关注管道的外部环境，包括了土壤的腐蚀程度、第三方可能的破坏风险，以及管道所依赖的物理支持状况。通过综合运用地面巡查、无人机巡查以及地理信息系统（GIS），能够全方位地掌握管道外部环境的动态变化，并能及时识别出可能存在的风险。为了实时监控管道的腐蚀状况，安装了专门的腐蚀检测设备，这样可以迅速地采纳措施来避免管道的泄露或损坏。这些装置能够实时地传送数据以协助工程师们对腐蚀速率及程度进行评价，以便制订出高效的维护计划。综合运用上这几种检测方法，可以对管道状况有一个整体认识，保证管道安全稳定运行。定期检测既可延长管道使用寿命，又可降低突发事故风险，维护公共安全与环境可持续发展。

2.4 实施管道完整性管理

为了保证管道安全运行并延长使用寿命，对管道进行完整性管理非常重要。建立健全管道综合数据库，对管道设计，施工，运营及维修各环节信息进行详细记录。如管道的材质种类，厚度，焊接工艺及每一次检验与修复的详细情况等均应详记^[8]。另外，必须建立有效的监测系统对管道运行状况进行实时监测，对可能存在的危险与隐患进行及时地发现与应对。具体可通过设置传感器，压力监测设备，泄漏检测系统等手段完成。通过采取上述措施可有效地提高管道运行的安全性与可靠性，确保能源平稳供给。在具体管理的过程中，要求有关人员经常巡视管道并记录其外观状况，土壤腐蚀情况及周边环境变化等^[9]。同时，采用先进的数据分析技术对所采集的资料进行综合分析、预测潜在问题、制定出相应防范措施。另外，应急预案的制定也是非常必要的，在紧急情况下可以快速的行动起来，将损失与影响降到最低。通过采取这些全面措施对管道进行完整性管理，既可以保证管道安全运营，又可以提高运营效率和减少维护成本，使企业获得更多经济效益。同时也是为了社会与环境安全的强有力保证，反映出企业承担社会责任。

2.5 增设紧急切断阀和泄漏检测系统

为进一步提高应对突发情况的应急处置能力，计划加装紧急切断阀及泄漏检测系统。这些装置的推出，会有效促进反应速度及处理效率的提高，保证在意外发生后第一时间采取快速措施，把可能造成的损失降到最低。具紧急切断阀可以在事故第一时间快速关断管线，阻止泄漏扩散，使事故影响范围得到有效地控制。这类阀门一般都是高灵敏度设计，当发现异常压力或者流量变化时能即时做出响应，保障系统安全运行。阀门的材料与结构都是经过仔细挑选与设计而成，能经受住极端工作环境与温度变化的考验，确保关键时刻可靠与稳定。同时，泄漏检测系统会对设备及管道运行情况进行实时监测，配置先进传感器及数据分析技术，可准确检测多种泄漏迹象。传感器分布在关键区域内，能捕捉微小泄漏信号并利用无线传输技术向中央控制室发送数据。当出现异常时，该系统会即时报警，自动启动应急预案告知有关人员快速采取应对措施。

另外，泄漏检测系统可通过数据分析对潜在风险点做出预测，以便提前维修与保养，防范于未然。通过这两方面措施的落实，可以更有效的保证生产安全、职工安全、环境安全。这样既有利于促进公司整体安全管理水品的提高，也有利于加强客户及大众对于企业的信任度。不断重视并完善这些安全系统，以保证其一直运行在最佳状态，从而为企业的可持续发展奠定坚实的基础。安全始终是企业的核心目标，我们会持续付出努力，为员工打造一个安全的工作场所，并为社会做出贡献。

2.6 强化员工培训

为进一步提高职工专业技能及处置突发事件能力，加强职工培训，尤其要加强管道保护及事故应急处理。经过系统培训课程与实际操作演练后，工作人员会更熟练掌握管道维护基础知识与基本技能，以便遇到可能发生的管道事故时能快速采取有效措施，把损失与影响降到最低。另外，还要定期开展应急演练以保证职工在应急情况下能沉着应对、快速作出正确决策、保证人员安全及管道系统平稳运转^[10]。通过相关培训，相信职工整体素质会有明显提高，并为企业安全运营、可持续发展打下坚实基础。培训过程中，还可以邀业内专家及资深技术人员为广大工作人员，提供管道保护最新技术及事故应急处置方法。培训内容既有理论知识又有现场模拟演练等，使职工能够在

仿真事故现场实际动手操作，以便更深入了解并掌握应急处置过程与技术，并组织职工开展团队协作训练，以培养职工应急时的团队合作精神及沟通能力，保证大家在队伍中充分发挥作用。除此之外，还可以构建全面的培训评价机制，以周期性地对员工接受的培训成效进行详细的评价和反馈。通过考试与考核，能及时发现职工培训存在的不足，有针对性加以改进与强化。通过不断的培训和评估，员工的技能和应急处理能力将得到持续的提升，这将为公司的安全运营和可持续发展提供强有力的保障。

3 结语

管理天然气管道是一个复杂的项目，其安全不仅影响到我国天然气的输送，还会对国家造成重大经济损失甚至意外人身伤亡。为此，对天然气管道安全风险及预防措施均进行有效地分析，针对具体安全风险提出了相关管道保护措施，以期对我国天然气管道的运行及其他相关工作起到一定的参考与引导作用。

参考文献：

- [1] 张金林 . 石油天然气管道腐蚀与防护技术的措施有哪些 [J]. 优格 ,2024(2):178-179.
- [2] 王亚敏 . 电化学防护技术在化工管道防腐中的应用 [J]. 中国化工贸易 ,2022(14):127-129.
- [3] 司昌东 . 油气储运中油气回收技术的应用与优化 [J]. 电脑爱好者 (普及版),2022(7):3453-3454.
- [4] 蔡严 ,刘英杰 . 油气储运中管道防腐工艺设计与应用 [J]. 中国化工贸易 ,2022(14):175-177.
- [5] 杜硕 . 油气储运中管道防腐工艺的设计与应用探析 [J]. 石油石化物资采购 ,2023(5):97-99.
- [6] 雷建锋 . 油气集输管线防腐蚀技术研究与应用 [J]. 中国科技纵横 ,2023(8):15-17.
- [7] 罗燕 . 浅谈两种技防措施提高管道安全水平 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2023,43(4):82-84.
- [8] 张宝良 ,姬宗江 ,张飞鹏 ,等 . 大庆油田埋地管道完整性管理的应用 [J]. 油气田地面工程 ,2019,38(10):124-128.
- [9] 盖增录 . 输油天然气管道监控系统研究与应用 [J]. 信息系统工程 ,2018(6):48.
- [10] 郑伟 . 天然气管道外防腐保护技术的应用 [J]. 内蒙古石油化工 ,2022,36(22):3.

作者简介：

李和（1989-），男，汉族，山东莱州人，大学本科，研究方向：油气管道保护。