

天然气长输管道完整性管理关键技术研究

陈 坤 (中海石油气电集团有限责任公司福建分公司, 福建 厦门 361000)

摘要: 在此之前, 国家在天然气管道的修建和维修上投入了大量的人力和物力。然而, 随着时间的流逝和环境问题的日益严重, 我国目前运营的长距离输气管线在运营中出现了诸多问题。目前, 长距离输气管线的完整性管理是一个备受重视的课题, 文章就长输气管线的完整性管理中的关键技术进行了探讨和分析, 以期给有关部门的工作人员提供一些参考, 并为有关部门的工作人员提供参考。

关键词: 长输管道; 管理; 技术研究

中图分类号: TE88

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 028-0124-03

Research on Key Technologies of Pipeline Integrity Management for Natural Gas

Chen Kun(Fujian Branch of CNOOC Gas and Power Group Co., LTD., Xiamen Fujian 361000, China)

Abstract: Prior to this, the nation had invested substantial human and material resources in constructing and maintaining natural gas pipelines. However, with the passage of time and worsening environmental issues, many operational challenges have emerged in China's current long-distance gas transmission pipelines. Currently, the integrity management of these pipelines has become a critical focus. This article explores key technologies in long-distance pipeline integrity management, aiming to provide valuable references for relevant personnel and offer insights for regulatory authorities.

Keywords: long-distance pipelines; Administration; technical study

当前, 我国远距离输气管道运行过程中, 跨越多个地区, 一旦发生安全事故, 将给当地的生态环境造成巨大的危害, 甚至造成巨大的经济损失。因此, 要加强远距离输气管道的安全管理。根据我国相关部门的调查与调查, 我们认为, 我国现行的天然气长输管道的完整性管理, 主要是指在运行过程中, 相关部门要对其进行全面、系统的维护与管理, 从而保证天然气输送的安全。天然气远距离输送管道的安全性是关系到地区经济发展、人民群众生产、生活的根本问题。这就需要相关部门科学、高效地对长距离输气管道进行维修与管理^[1]。当前, 我国对于长距离输气管道的完整性管理主要采取以下几种方法:

一是运用先进的监测手段, 定期对远距离输气管道进行巡检, 并使用检测设备来发现远距离输气管道的安全隐患;

二是要利用现代科学技术手段, 对长输管道中的隐患部位进行定期、系统、全面的检查, 并对其进行全面、系统的检查, 使其能够及时地发现缺陷;

三是对长输天然气管道进行风险评估, 通过评估结果, 分析远距离天然气管道存在的安全问题, 并提出相应的防治对策, 使远距离天然气管道的安全事故得到有效防范;

四是利用现代化的信息技术, 对长输管道运行过程中出现的相关数据进行收集、管理, 并根据实际情况制定相应的对策和方案, 使长输管道的安全运行得到真正的保证^[2]。

1 长输管道缺陷评价与检测技术

对于长距离管道, 病害评估是其安全运行的重要环节, 对其进行全面、细致的评估是评估其健康状况的重要前提。对长输天然气管道进行损伤评价, 可以有效地预防和消除各类风险, 保证长距离天然气管道的安全运营。同时, 对长输管道进行损伤评价, 能够对管道运行过程中存在的问题进行及时处理。远距离天然气管道的完整性评价, 应从其地理位置、地形地貌、环境等方面进行。长距离燃气管道普遍存在腐蚀性差、机械损伤、焊缝质量差等问题。四是埋缝^[3]。

目前, 我国对长距离天然气管道的检测主要有两种方式, 即漏磁检测和超声检测。介绍了一种用于天然气长输管道的漏磁检测技术。针对长距离输气管道的漏磁检测技术进行了研究, 提出了一种有效的漏磁检测方法。但在远距离天然气管道中, 采用漏磁技术具有一定的局限性, 其主要原因是不能对远距离天然气管道的其他失效模式进行分析。超声检测技术是一种比较成熟的检测手段, 它具有效率高, 分辨率高等特点。当前, 在国内, 使用最多的超声波检测方法有两种, 一种是反射型, 另一种是穿透型^[4]。

我国长输管道的维护主要分为内部腐蚀、外部腐蚀和内部缺陷三种。

第一个步骤是通过研磨和磁粉等手段对内部锈蚀进行细致的修复处理。具体来说, 磨削法就是利用专门的研磨刀具, 对被侵蚀的部位进行精细的打磨, 将其表面的铁锈和氧化物彻底去除, 从而使金属表面恢

复平滑。而磁粉探伤则是将具有磁性的粉末均匀地吸附在被腐蚀的位置上，随后在磁场的作用下，利用磁性粉末的吸附力将腐蚀物质有效去除。通过采取以上这些综合性的修复措施，不仅可以有效地解决金属内部的腐蚀问题，还能显著提高金属材料的耐腐蚀性能，进而延长其使用寿命，确保其在使用过程中保持良好的性能和稳定性。

对第三种类型的缺陷，其修复方法主要是依靠补片与补焊两种工艺方法。该材料既具有良好的粘接能力，又具有良好的抗腐蚀性，可对有缺陷的部分进行填充、修复，从而达到修复损伤的目的。这样既能快速修补缺陷，又能提高构件的总体强度。

修复是指采用先进的焊接工艺，精确地将缺陷处的金属填入。该工艺采用高温熔焊工艺，将被填入的金属基体与基体之间形成牢固的、统一的整体结构。该修复方法既要保证高质量的焊接过程，又要保证钎料与被修复体材料、力学性能的良好匹配，才能满足不同工况的需求。

基于上述研究成果，本课题拟将补片与补焊两种工艺的优势有机融合，创新性地提出一种金属构件修复新方法。两者结合，可实现对金属构件的全面修复，效率高、精度高。该方法不但具有较好的修复效果，而且可以有效地对被修复体的结构与机械性能进行有效的复原，而且可以保证其在维修后的服役过程中具有较高的稳定性与可靠性。通过本项目的研究，可以显著提高金属构件的服役性能，延长其服役寿命，为其维修与维修提供更加可靠的技术保证。

在评估和检测长距离天然气管线时，将其按照不同的病害类别加以分类。第一类是永久性的，无法通过修复和修补等方法来去除，为了确保管道的安全稳定运行，需要对其进行保护和处理。第二种为中度永久瑕疵，虽然不能完全消除，但是可以通过修复和修复来减轻，但是需要及时修复。第三种为瞬时性故障，这一类型的故障可以通过焊接补强，防腐蚀涂层等方式进行修复。针对这三种缺陷，给出了不同的修理方案。为了防止永久缺陷的进一步发展和恶化，必须采取相应的保护和治理措施。

2 管道完整性信息管理系统

本系统的功能是对长输管道运行过程中出现的各类数据进行管理，并对其运行过程中出现的各类问题进行统计和分析。长输石油天然气管道的可靠性分析和评估，对其进行安全监控具有重要意义。该系统能够对长输天然气管道运行过程中产生的各种数据进行处理，并对其进行分析、处理，从而对长输管道的安全状态作出判断，同时对长输管道运行过程中可能出

现的各种故障进行预警。然后，根据相关数据，利用数据分析功能，对长距离管道的各种风险进行了预测。为保证长输石油天然气管道的安全运营，提出了解决天然气长输管道可靠度问题的新思路^[5]。

天然气作为一种优质、清洁、经济的新型能源，在我国已经得到了广泛的应用。在我国，天然气作为一种新兴的能源形式，在国民经济中占有举足轻重的地位。但是，由于天然气远距离输送，远距离输气管道在使用过程中出现了许多问题。管道完整性管理就是通过对长距离管道的监控与评价，来分析长距离管道的各种风险，并根据其特点提出相应的维护与管理措施。在进行集成管理系统的建设时，要针对不同的国家，不同的地区，不同的气体种类，有不同的标准。

目前，我国主要石油公司都已经建立起了自己的长输管道可靠性管理系统，但是不同地区的长输管道的实际情况却并不一致。因此，为了使我国的长输管道完好性管理系统能够在我国全面推广应用，有必要建立一套统一的标准。这就需要相关部门根据地区的具体情况，制订相关标准与规程。最后，本文介绍了一种新的、以网络为核心的长输管道管理模型。为保证长输管道完好性信息管理系统能在全国推广应用，需要制定一套统一的标准与技术规范。

在我国社会经济不断发展的同时，各个领域都有了很大的发展。随着我国经济、社会的迅速发展，我国对天然气的需求量不断增加，保障远距离输气管道的安全运营已成为当务之急。因此，在对长输管道完整性管理中的关键技术进行研究与分析时，必须以长输管道的完整性信息管理系统为中心，并辅之以其他多种技术，只有这样，才能更好地推进长输管道的建设^[6]。

3 完整性评价标准的建立

本项目拟通过建立长输天然气管道健康度评价标准，对长输天然气管道进行定期监控，确保长输天然气管道运行过程中存在的问题能够及时发现，防止长输管道发生安全事故。目前，国际上正在制订长输管道完整性评价标准，但是由于不同国家的具体情况、不同的国情，所制订的长输管道完整性评价标准也各不相同。目前，我国在制订长输气管道完整性评定规范时，主要从三个方面进行：

第一，对长输气管道进行全面检测；
第二层次是对长距离输气管道进行风险评估；
第三个环节是对长距离天然气管道进行维护与修复。

只有这样，才能确保长输管道的完整性管理工作顺利进行^[7]。

第一个任务就是全面检测远距离天然气管道。由

于各种原因，在运营中的长输管线经常出现各种类型的故障，因此，在长输管线的运行过程中，需要从多个角度来考虑。要实现长输管线的全面检测，首先要把长距离输气管线分成多段，然后采用不同的检测方法。在我国，超声波、磁粉和射线等检测方法在长距离输气管道的全面检测中，需要在实践中综合运用。

第二部分为风险评估。在制订长输输气管道的完整性评价标准时，需要对其运行过程中存在的各类风险进行综合评价。长距离管道是以输送天然气为主的管道，在对其进行完整性评价时，应综合考虑其所处的环境和自然灾害等因素。目前，我国对其进行评估时，主要是基于压强、腐蚀速度等指标。其中，压力等级是指在正常工况下，长距离输气管线能够承受的压力，而侵蚀速率是长距离输气管线在运营过程中的侵蚀速率。因此，对长距离天然气管道的完整性进行评价时，必须从两个角度进行^[8]。

在对长距离天然气管道进行健康评价时，应先对其危险程度进行评价，将其分为“极高”、“中等”和“低”五个等级。由五个等级的划分可知，在制订评价指标时，应综合考虑实际情况，并结合长输管网的实际情况，并结合相关资料。

我国现行的评价标准主要有两个方面：第一，针对运行中出现的长输管道渗漏与腐蚀问题，采取适当与再制造的技术手段。另外，在长距离输气管线中，因发生故障而导致的气体渗漏，需要对其进行修补与再制造^[9-10]。

首先，针对长输管线在运营过程中发生的泄漏和腐蚀问题，采用适宜的修复工艺和修复工艺。此外，在长距离天然气管道运行过程中，由于运行中出现了漏气现象，必须进行修复和再制造。

第三次维修与保养。在长距离输气管线的维修保养过程中，需要建立健全、有效的维修保养机制。这就需要制定一份详细的日常巡检方案，确定巡检的时间、路线和具体的检查内容，保证对管线的各个重要部位进行及时、仔细的检测。同时，要备足足够的维修物资和设备，一旦发现有微小的损坏或隐患，就可以及时进行维修，避免事态的扩大。同时，要建立起管线突发事件的应急反应机制，在管线出现重大故障或安全事故发生时，可以马上启动应急预案，迅速调动资源开展抢修工作，将事故对管线运营和周围环境的影响降到最低。同时，要加强对长距离输气管线维修人员的培养，提高其专业技术水平和应急处置能力，为长距离输气管线的安全、稳定运营提供可靠的人才保证^[11-12]。

4 结论

远距离输气管道是我国重要的能源运输方式，它

的安全、平稳运行关系到国民经济的发展，因此，相关工作人员必须加强对它的保护，确保它的正常、稳定运行。在此基础上，得出如下结论：一是对长距离天然气管道进行完好性管理，能够保障我国天然气的安全与稳定；其次，对远距离天然气管道进行良好的健康管理，是降低事故发生率、保障天然气管道安全运营的关键；本项目旨在通过对长距离输气管道完整性管理过程中的若干关键问题的研究与分析，为相关单位的安全生产、安全运行提供参考依据。

参考文献：

- [1] 王熠华. 天然气长输管道完整性管理分析 [J]. 化工管理, 2019, No.510(03):216-217.
- [2] 王金榜. 浅析天然气管道完整性管理 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(22):70-71.
- [3] 董绍华. 中国油气管道完整性管理 20 年回顾与发展建议 [J]. 油气储运, 2020, 39(03):241-261.
- [4] 贾邦龙, 刘保余. 管道完整性管理体系建设探讨 [J]. 安全、健康和环境, 2019, 19(06):55-58.
- [5] 谢雳雳, 舒洁, 罗倩云. 集输气管道完整性管理审核系统优化 [J]. 石油工业技术监督, 2022, 38(06):1-5.
- [6] 张大帅. 油气管道完整性管理理念和关键技术研究 [J]. 山东化工, 2022, 51(03):146-147.
- [7] 魏星. 浅谈天然气管道完整性管理 [J]. 上海煤气, 2018, No.333(05):30-33.
- [8] 张刘军, 韩永波, 田娜. 长输管道完整性管理信息系统建设现状及发展方向 [J]. 石油化工自动化, 2020, 56(04):58-61+65.
- [9] 刘进利, 任波, 李亮亮. 天然气长输管道管道完整性管理探析 [C]// 第五届中国管道完整性管理技术交流大会. 香港中医学学会、教育研究基金会, 2017.
- [10] 赵新伟, 张广利, 罗金恒, 等. 提高设计系数对天然气管道安全可靠性影响及可行性分析 [C]// 压力容器先进技术——第七届全国压力容器学术会议论文集. 2009.
- [11] 王毅辉, 付建华. 西南油气田公司管道系统完整性管理研究与实践 [C]// 第三届中国管道完整性管理技术会议. 中国石油学会, 2012.
- [12] 马伟平. 长输管道完整性评价方法和标准决策分析 [C]// 中国标准化协会. 第十七届中国标准化论坛论文集. 《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司, 2020:6.

作者简介：

陈坤 (1987-)，男，汉族，湖北黄冈人，硕士研究生，中级工程师，研究方向：天然气长输管道、LNG 加气站、天然气终端项目。