

长输天然气管道泄漏原因分析及处理方法

张英华¹ 周思含²

1 国家管网集团北方管道公司长春输油气分公司, 吉林 长春 132000

2 吉林中石油昆仑燃气有限公司, 吉林 长春 132000

[摘要] 在当今现代工业社会中, 能源输送系统是国家经济发展和人民生活的关键基础设施。长输天然气管道作为其中至关重要的一部分, 承载着大量天然气资源的传输任务。然而, 随着这些管道系统的不断延伸和老化, 管道泄漏问题成为制约其安全运行的严峻挑战。天然气泄漏不仅意味着宝贵资源的损失, 更可能引发严重的安全风险, 危及沿线居民的生命财产和生态环境的稳定。因此, 深入研究长输天然气管道泄漏问题, 探讨其产生原因、预防和应对策略显得尤为紧迫和重要。文中致力于全面剖析长输天然气管道泄漏问题, 并详细探讨现有的处理和预防方法, 旨在为广大工程技术人员、研究学者和决策者提供深入的参考与指导, 以确保长输天然气管道系统的安全、稳定和高效运行。

[关键词] 长输天然气管道; 泄漏; 分析

DOI: 10.33142/aem.v5i10.10029 中图分类号: TE973 文献标识码: A

Analysis and Treatment Methods of Leakage in Long-distance Natural Gas Pipelines

ZHANG Yinghua¹, ZHOU Sihan²

1 Changchun Oil and Gas Transportation Branch of PipeChina Group North Pipeline Company, Changchun, Jilin, 132000, China

2 Jilin PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Changchun, Jilin, 132000, China

Abstract: In today's modern industrial society, the energy transmission system is a key infrastructure for national economic development and people's lives. Long distance natural gas pipelines, as a crucial part of it, carry the transmission task of a large amount of natural gas resources. However, with the continuous extension and aging of these pipeline systems, pipeline leakage has become a serious challenge that restricts their safe operation. Natural gas leakage not only means the loss of precious resources, but also poses serious safety risks, endangering the lives and property of residents along the route and the stability of the ecological environment. Therefore, it is particularly urgent and important to conduct in-depth research on the leakage problem of long-distance natural gas pipelines, explore its causes, prevention, and response strategies. The article aims to comprehensively analyze the leakage problem of long-distance natural gas pipelines and explore existing treatment and prevention methods in detail, aiming to provide in-depth reference and guidance for engineering and technical personnel, researchers, and decision-makers to ensure the safe, stable, and efficient operation of long-distance natural gas pipeline systems.

Keywords: long-distance natural gas pipelines; leakage; analysis

引言

随着现代社会对能源需求的不断增长, 长输天然气管道系统作为关键的能源输送通道, 在国家经济发展和能源安全方面扮演着重要角色。然而, 随着管道系统的老化和长时间运行, 泄漏问题成为了一个不可忽视的挑战。天然气泄漏不仅可能导致资源浪费, 还可能引发严重的安全隐患, 甚至危及人民生命和环境安全。

1 长输天然气管道泄漏的主要原因

1.1 腐蚀问题

腐蚀问题是长输天然气管道泄漏的主要原因之一。管道腐蚀通常是由多种因素引起的, 包括湿度、化学物质、微生物和水含量。在管道运行过程中, 特别是在恶劣环境中, 管道金属表面可能受到腐蚀的侵蚀, 逐渐减小管道壁的厚度。腐蚀可以发生在管道的内部和外部表面, 最终导致管道结构的减弱和破裂。

内部腐蚀通常由含有硫化氢、氧气和水的天然气形成的酸性腐蚀引起。这些物质可以侵蚀管道内壁, 导致金属材料的腐蚀和脆化^[1]。外部腐蚀则可能是由土壤中的化学物质、水分、氧气和微生物等引起的。湿度和土壤中的盐分、化学物质等可以加速管道外壁的腐蚀, 尤其是在高盐度或酸性环境中。腐蚀问题的严重性在于它会使得管道壁变得脆弱, 从而增加了管道发生泄漏的风险。腐蚀还可能形成腐蚀坑, 进一步减小管道壁的厚度, 最终导致管道的机械性能下降, 甚至造成泄漏事故。

1.2 人为因素

人为因素是长输天然气管道泄漏的主要原因之一。这类因素通常包括错误的操作、不当的维护、未经授权的挖掘、施工不合格等。人为因素的影响广泛, 它可能在管道的各个阶段引发问题。首先, 错误的操作和不当的维护可能导致管道设备的损坏。例如, 在维护或操作过程中, 如

果工作人员不遵循正确的操作规程,可能会造成管道受力不均,进而引发裂缝或破损。此外,不当的维护可能导致防腐层受损,使得管道更容易受到腐蚀的影响,增加了泄漏的风险。其次,未经授权的挖掘活动是管道泄漏的常见原因。地下管道经常埋设在各种地理环境中,如果周围的土地需要施工或挖掘,而没有提前了解管道的具体位置和深度,就可能导致挖掘机械损坏管道,引发泄漏事故。这种情况下,施工方未遵循相关法规和程序,导致了严重的安全隐患。此外,施工不合格也是人为因素引发泄漏的原因之一。如果管道在建造过程中的焊接、连接等工艺不符合标准,可能会导致焊缝处的弱点,容易受到外部压力和腐蚀的影响,从而在未来的运行中发生泄漏。

1.3 焊接技术

焊接技术在长输天然气管道的安全性和可靠性方面扮演着至关重要的角色。然而,焊接技术不良可能导致管道泄漏和事故。以下是一些可能出现的焊接技术问题:首先,焊接过程中可能出现焊缝缺陷,例如气孔、夹杂、裂纹等。这些缺陷可能使得焊接部位的强度下降,容易受到外部压力的影响,增加了泄漏的风险。其次,焊接接头的设计不当可能导致应力集中。不合适的接头设计可能引发应力集中,特别是在管道运行中受到温度变化和压力变化的影响下,可能导致焊接部位的开裂,从而引发泄漏^[2]。另外,使用不合格的焊接材料也是一个常见问题。焊接材料的质量直接影响焊接接头的性能。如果使用了质量不佳的焊接材料,可能导致焊接部位的脆化、氧化等问题,从而减弱了管道的完整性和耐蚀性。此外,焊接操作人员的技能水平和操作规程的执行情况也可能影响焊接质量。技能不足的焊接人员可能无法保证焊接接头的质量,而操作规程的违规可能导致焊接过程中出现问题。焊接技术问题可能包括焊缝缺陷、接头设计不当、使用不合格的焊接材料,以及焊接操作人员的技能和规程执行情况等。这些问题可能导致焊接部位的弱点,增加了长输天然气管道泄漏的风险。

2 长输天然气管道泄漏处理措施

2.1 泄漏后的处理措施

2.1.1 换管法

在长输天然气管道系统中,当发生泄漏时,采取换管法是一种常用且有效的处理措施。换管法指的是将受损或老化的管道部分完全替换为新的管道材料,以确保管道的完整性和安全性。首先,在实施换管法之前,需要进行详细的泄漏点定位和管道检测。一旦确定了泄漏点的位置和程度,工程团队就可以准备好新的管材和相关设备。接下来,工程人员会暂时停止天然气供应,排空管道内的气体,确保工作区域的安全性。然后,使用管道切割机械或手动切割工具,将受损的管道段割除。在割断管道之后,工作人员会使用相关工具和技术清理管道两端的残余材料,确保新的管道接头能够平稳连接。接着,新的管道段会被准

确地安装到割断的位置上,采用专业的焊接技术,将新管道与原有管道连接起来。焊接完成后,会进行严格的质量检查,确保焊接点的牢固性和密封性。最后,重新启动管道系统,进行压力测试和泄漏检查,确保新安装的管道段没有任何问题。此外,换管后,也需要加强对周边区域的监测,以确保没有新的泄漏点产生。换管法的优势在于能够彻底解决受损管道的问题,提高管道系统的整体可靠性和安全性。然而,这种方法通常需要停机维修,可能会导致一定的生产中断,因此在实施换管法时,需要合理安排维修时间,以最小化对天然气供应的影响。

2.1.2 管卡修复法

管卡修复法是一种在长输天然气管道泄漏情况下常用的有效处理方法。首先,当管道发生泄漏时,专业人员会利用气味探测器、红外线热像仪等设备迅速确定泄漏点。为了确保施工安全,必须立即停止气体输送,并隔离受损的管道部分。

在管卡修复法中,专门设计的管卡或夹具被精确地安装在受损管道部分的周围。这些管卡通常由坚固的材料制成,能够承受一定的压力^[3]。安装管卡的目的是夹紧受损的管道,确保气体不再泄漏。这个过程需要高度精准地操作,以确保管卡与管道之间的接触紧密,不再发生气体泄漏。修复完成后,技术人员会进行详细的检查和监测。他们使用泄漏检测仪器,例如气体探测器,来验证修复后的管道段是否再次泄漏。这个步骤非常关键,因为它确保了修复的可靠性和持久性。一旦确认修复成功,相关阀门可以重新开启,恢复天然气的输送。与更换整段管道相比,管卡修复法具有明显的优势。它不仅速度快,而且适用性广泛,可以用于各种管道直径和材质。此外,相对较低的成本和较少的环境影响也是其亮点之一。然而,选择修复方法时仍然需要综合考虑各种因素,包括泄漏的具体情况、管道系统的重要性以及维修预算等。这样可以确保选择最合适、最安全的修复方案,最大程度地减小泄漏事件对人员安全和环境造成的影响。

2.1.3 其他修复法

在面对长输天然气管道泄漏时,除了常见的换管法和管卡修复法,还有其他一些泄漏修复方法可供选择。其中,注浆修复法是一种将特定材料(例如聚合物、水泥浆料等)注入泄漏部位,形成密封层的方法。这种方法适用于小规模、局部性的泄漏,特别是在管道壁出现裂缝或细微孔隙的情况下。通过将密封材料注入泄漏部位,可以有效地阻止气体泄漏,从而保障管道系统的安全运行。另一种常见的修复方法是环绕套管修复法,该方法是在受损管道周围安装一层特殊的管道套管,通常由耐腐蚀材料制成。这个套管的安装旨在遮挡泄漏部位,维持管道的完整性。环绕套管修复法通常用于管道表面存在裂缝、划伤或轻微破损的情况。安装套管通常速度较快,不需要停机维修,但需

要确保套管与管道之间的连接牢固,以防二次泄漏。此外,充填修复法是一种将特定材料(例如聚合物、水泥等)充填到泄漏部位周围,形成密封层的方法。这种方法适用于管道壁出现孔洞、裂缝或破损的情况,填充材料硬化后能够有效阻止气体泄漏。充填修复法通常可以在不需要停机的情况下进行,但需要确保填充材料具有良好的黏附性和耐压性。最后,局部焊接修复法是一种通过焊接技术在泄漏部位进行修复的方法。这种方法适用于管道壁存在裂缝或小孔的情况,通常需要高度技术要求。局部焊接修复法可能需要停机维修,确保焊接质量和安全性。选择合适的泄漏修复方法需要综合考虑泄漏的具体情况、管道系统的要求和维修预算等因素。不同的修复方法具有各自的优势和适用场景,维护人员应根据实际需求采取合适的措施,以确保修复工作的可靠性和安全性,保障管道系统的稳定运行。

2.2 泄漏前的处理措施

2.2.1 内部检测方式

长输天然气管道的内部检测是确保管道完整性和安全性的关键步骤。采用先进的内部检测技术可以帮助及时发现管道内部的缺陷、腐蚀、裂纹或其他问题,从而预防泄漏事故的发生。其中,超声波检测是一种非侵入式技术,通过发送超声波信号来探测管道内部问题。磁粉探伤则通过涂覆磁性粉末,施加磁场,探测管道内部的裂纹或缺陷。涡流检测利用涡流传感器产生交变磁场,检测管道内部的缺陷。声波检测则利用声音波动来判断管道内部是否存在异常情况。此外,高分辨率摄像头可以通过机器人进入管道内部,拍摄壁面图像,帮助工程师评估管道的状况。这些内部检测方法各有优势,选择合适的技术通常需要考虑管道特性、预期问题类型和预算等因素。综合运用这些技术,可以及时、准确地发现潜在问题,为管道运营商提供重要数据支持,确保管道系统的稳定运行,提高长输天然气管道的安全性和可靠性。

2.2.2 外部检测方式

外部检测方式在维护长输天然气管道的安全性和稳定性方面发挥着至关重要的作用。首先,地面巡检是一种常见的方法,通过定期的巡视,检查管道周围地表状况,寻找地面下陷、异物堆积、植被异常等迹象,这些异常往往是管道下方问题的早期信号。同时,地面巡检还能够发现气味或者地面潮湿等可能指示泄漏的迹象。航空和卫星监测技术使得远程区域的管道监测成为可能。航空监测通过飞机携带高分辨率摄像头,拍摄管道沿线图像,而卫星监测则利用卫星拍摄管道区域的图像。这些图像能够监测地表的变化,包括沉陷、土壤移动和植被变化等,从而找出管道下方的异常情况。此外,地质勘探技术通过钻孔、地震波探测等手段,探查地下地质情况,包括土壤稳定性和地下水位等。这些信息对于管道的地基稳定性和埋深选择至关重要,可以预防土壤侵蚀、滑坡和沉陷等问题。电

磁感应技术是一种通过测量地表上的电磁场变化来检测地下管道的位置和状态的方法^[4]。管道受到外部影响时,周围的电磁场会发生变化,这种变化能够被用来确定管道的位置和是否受损。最后,地下雷达技术是一种非侵入式的方法,它可以穿透地下并测量不同深度的物体。在管道检测中,它通常用于确定管道的深度和位置,同时也可以识别地下的异物或者空洞,为管道的安全性评估提供重要依据。综合运用这些外部检测方法,管道运营商能够充分了解管道周围环境的状况,及时发现潜在问题,采取预防和维护措施,确保长输天然气管道的持续、安全运行。这些方法的选择和应用通常需要根据管道特性、地理环境和预算等多种因素进行综合评估,以确保获得最准确、可靠的检测结果。

3 结束语

在长输天然气管道运维中,泄漏的预防和迅速响应至关重要,因为它关系到国家能源供应的稳定性和社会安全。随着技术的不断创新和管道网络的扩张,我们迫切需要采用最先进的技术手段,加强监管力度,确保管道系统的持续安全性。与此同时,人员培训和知识普及也是保障管道运行安全的重要环节。通过持续的培训和宣传,我们能够提高从业人员的技能水平,加深他们对泄漏防控的认识,使得他们能够更加灵活、迅速地应对紧急情况。更为重要的是,泄漏防控需要形成一个多方参与的体系。政府在制定政策和标准方面扮演关键角色,它们应该建立健全监管体系,确保各项规章制度得以贯彻执行。同时,企事业单位作为管道运营主体,需要投入更多资源,包括资金、技术和人才,不断提升设备的智能化水平,加强维护保养,以及开展定期的安全评估。专家学者则应该积极参与研究,推动泄漏防控技术的创新,为管道运维提供更为高效的解决方案。而广大市民则是社会安全的第一道防线,他们需要了解管道泄漏的危害,遵循安全使用天然气的规则,如发现可疑情况,及时报警,确保身边人的生命财产安全。

[参考文献]

- [1]王登贤,田昌伟,佟箫宇,等.长输天然气管道精细化管理路径[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(13):53-55.
- [2]朱红钧,陈俊文,唐堂,等.天然气管道注氢掺混过程数值模拟研究[J].天然气与石油,2023,41(2):22-32.
- [3]丁宁.长输天然气管道泄漏检测技术探讨及选择参考[J].石化技术,2020,27(2):86-89.
- [4]潘江.天然气输气管道泄漏事故风险分析[J].化工管理,2018(14):137-138.

作者简介:张英华(1976.8—),毕业院校:西南石油大学,所学专业:油气储运工程,当前就职单位:国家管网集团北方管道公司长春输油气分公司,职务:管道工程师,职称级别,中级。