

# 浅析天然气长输管道运行中的安全隐患与应对策略

董世伟<sup>1</sup> 王全敏<sup>2</sup> 袁敬<sup>3</sup>

(新奥(舟山)液化天然气有限公司 浙江舟山 316000)

**摘要:** 天然气长输管道的稳定运行对社会经济发展极为关键,它确保了天然气供应的连续性和安全性。在天然气管道的生产和运行过程中,可能会面临多种风险,如材料缺陷、加工工艺低标、腐蚀损坏、操作错误以及外部干扰等。为了降低这些风险,可以采取多种措施:选择高质量的管材,优化加工工艺,应用防腐技术,加强对技术人员的管理,完善巡检和维护体系,构建完整的管道完整性管理模式,发展技术研究平台,以及建立应急响应系统。这些措施将有效减少风险的发生概率,确保管道系统的安全稳定。这项研究对于提升天然气管道的安全运行和质量有着重要的意义。

**关键词:** 天然气;长输管道;安全隐患;应对策略

随着社会经济的快速发展,对能源的需求不断上升,特别是石油和天然气行业的扩张。天然气因其作为主要燃料而被广泛使用,为日常生活提供了便利,并促进了社会的高质量发展。天然气的主要输送方式是通过长距离管道,但由于天然气具有易燃易爆的特性,加之长距离输送过程中可能受到多种外界因素的干扰,安全隐患因此增加。此外,天然气管道的布设经常需要穿越人口密集区,这进一步增加了运行中的不确定性和风险。

因此,天然气长输管道的运行风险不容忽视,可能导致严重的安全事故,对天然气行业的发展带来负面影响。进行全面的安全风险评估并针对实际生产情况提出具体改进措施,是提高天然气输送安全性的关键。这不仅有助于保障管道的安全稳定运行,也是确保社会经济稳定发展的必要措施。

## 一、天然气长输管道安全运行的意义

天然气长输管道的安全运行具有极其重要的意义,主要体现在以下四个方面:①经济影响:天然气是一种重要的能源资源,广泛用于家庭、商业和工业用途。长输管道是连接天然气生产地和消费市场的关键基础设施。如果管道运行不安全,可能导致供气中断,影响到经济活动的正常运行,造成经济损失。②环境保护:天然气管道的泄漏或事故不仅会导致资源浪费,还可能对环境造成严重破坏。例如,天然气泄漏可以增加大气中的温室气体含量,引发或加剧气候变化。因此,确保管道的安全运行对环境保护具有重要意义。③社会安全:管道事故可能会导致火灾、爆炸等严重后果,危及公众生命安全。因此,通过有效的监管和维护,确保管道的安全运行是保护社会公共安全的关键措施。④能源安全:安全可靠的天然气供应是国家能源安全的重要组成部分。长输管道的安全运行可以保障能源供应的连续性和稳定性,避免因安全问题引起的供应中断。

因此,加强天然气长输管道的安全管理,采用先进技术和措施来预防和控制安全风险,不仅对保障天然气供应链的稳定性和可靠性至关重要,也是保护环境、确保经济社会持续稳定发展的必要条件。

## 二、天然气长输管道运行中存在的隐患

### 1.天然气管道材质缺陷引起的隐患

天然气管道材质缺陷可能导致多种严重的安全隐患,影响管道的稳定性和安全性。这些缺陷包括但不限于腐蚀、疲劳裂纹、材料不均匀性等问题,具体包括:①腐蚀:管道材质的腐蚀是导致泄漏和管道破裂的常见原因。由于天然气中含有湿气、二氧化碳、硫化氢等腐蚀性气体,管道内外壁长期受到这些化学物质的作用,容易发生腐蚀,尤其是在接头和焊缝等部位。随着时间的推移,腐蚀会导致管道材料逐渐变薄,增加发生泄漏或破裂的风险。②疲劳裂纹:长期的压力波动和机械负载可以在管道材料中产生疲劳裂纹。这些裂纹通常起始于材料的微小缺陷处,随着裂纹的扩展,管道的结构完整性会受到影响,最终可能导致严重的安全事故。③材料不均匀性:在管道制造过程中,如果材料的处理不均匀,比如合金元素分布不均、冶炼和轧制过程中产生的内部应力没有得到适当的释放,都可能在管道材料中留下微观缺陷。这些缺陷在高压力和复杂外部环境的作用下,可能演变为裂纹或其他形式的结构失效。④环境应力腐蚀裂纹:在特定的环境条件下,如高温和特定化学环境中,材料可能会发生环境应力腐蚀裂纹(ESCC)。这种裂纹的发展速度快,且往往在没有明显外部迹象的情况下突然发生,大大增加了管道突发性破裂的风险。

### 2.天然气管道加工工艺不符合标准造成的隐患

天然气管道的加工工艺如果不符合标准,可能会导致多种结构与功能性隐患,严重影响管道的安全性和可靠性。以下是一些由加工工艺不达标引发的主要隐患:①焊接缺陷:焊接是管道加工中的关键步骤。如果焊接工艺不符合标准,可能会出现焊缝不连续、气孔、裂缝或夹渣等缺陷。这些焊接缺陷会大大减弱管道的机械强度和密封性能,增加泄漏或管道破裂的风险。②材料性能不均匀:加工工艺中的热处理不当可能导致材料硬度和韧性不均匀。这种不均匀性会使管道在某些区域更易受到应力集中,导致材料疲劳、开裂甚至断裂。③尺寸不精确:加工过程中的切割、成型不精确会导致

管道组件尺寸不符合设计要求。尺寸误差可能导致管道装配不良,接口处密封不严,从而增加泄漏的可能性。④表面处理不当:管道的表面处理如防腐涂层施加不均或质量不达标,将影响管道的防腐蚀效果,缩短管道的使用寿命。表面缺陷也可能成为腐蚀的起始点,引发腐蚀或应力腐蚀裂纹。⑤应力集中:如果加工工艺控制不当,如弯管角度不准确或压力不均,可能导致局部应力集中。长期运行中,这种应力集中可能会导致管道发生疲劳破裂。

### 3.天然气管道腐蚀破坏造成的隐患

天然气管道的腐蚀破坏可能导致一系列严重的安全隐患和经济损失。首先,腐蚀可能导致管道壁变薄,进而减少管道的承压能力,使管道在承受内部天然气压力时更容易发生破裂。一旦发生破裂,不仅会立即释放大量天然气,还可能引发爆炸和火灾,对周围环境和人群安全构成极大威胁。

其次,腐蚀可能导致管道密封性降低,从而引起天然气泄漏。这种泄漏不仅增加了环境污染,还可能对公共健康造成影响,因为天然气中含有的有害物质如硫化氢等在一定浓度下对人体是有害的。长时间的低浓度泄漏也可能累积形成较大规模的环境和健康问题。

此外,频繁的维修和更换管道会增加运营成本。腐蚀导致的管道损坏需要定期检查和维修,增加了天然气供应的不稳定性,影响能源供应的连续性和可靠性。这不仅提高了天然气供应的成本,也可能因为供应不稳定而影响到下游的工业生产和居民生活。

最后,天然气管道的腐蚀还可能对生态系统造成损害。例如,管道泄漏可能污染土壤和地下水,对野生动植物的栖息地造成长期影响。因此,加强管道的腐蚀防护措施,如使用防腐材料、定期检测和适时维修,对于确保天然气供应安全和环境保护至关重要。

### 4.人员操作失误隐患

天然气长输管道的运行涉及复杂的设备和精确的操作程序,运行人员的操作失误可能引发多种严重的安全和环境隐患:①泄漏与爆炸:人员操作失误可能导致阀门未能正确关闭或意外开启,从而引发天然气泄漏。天然气一旦在密闭环境中积聚到一定浓度,极易引发爆炸和火灾。此类事故不仅对操作人员构成直接威胁,还可能对周围居民和环境造成严重影响。②设备损坏:不当操作可能导致重要设备如压缩机、阀门和传感器过度磨损或损坏。设备的非正常运行不仅会降低系统效率,还可能导致更严重的机械故障,进一步增加事故发生风险。③环境污染:如果天然气管道的维护和操作不当,可能会导致天然气或其它化学物质泄漏到环境中,影响土壤和水源,从而对生态系统造成长期损害。④供应中断:人员操作失误可能导致天然气供应中断,影响到下游用户,如家庭、工业和商业用户的日常使用。供应中断不仅影响用户的正常生活和生产活动,也会对天然气供应企业的经济状况和信誉造成不利影响。

因此,加强对天然气长输管道运行人员的培训,确保他们熟悉所有操作程序和应急措施,是预防操作失误和降低相关风险的关键。

此外,引入高级的自动化控制系统和进行定期的安全审查也是提升整体安全性的有效策略。

## 三、天然气长输管道安全隐患的应对策略

### 1.合理设计天然气长输管道的各项参数

设计时应确保管道的直径、壁厚、材料等参数根据输送能力、压力等级和环境条件进行优化。通过使用高强度、耐低温和耐高压的材料,以及合理的安全系数,可以提高管道的承压能力和抵抗自然灾害的能力。此外,设计应考虑到地质稳定性,避开地质活跃区域和可能发生地滑或洪水的区域,减少自然灾害的影响。

### 2.提高管道加工工艺水平避免产生管道内应力

使用先进的制造技术和质量控制措施,确保管道在制造过程中不产生有害的内应力,这些内应力可能导致运行中的管道出现疲劳或断裂。例如,采用热处理和应力消除技术可以有效降低材料的内应力。

### 3.完善天然气管道防腐技术

应用高效的防腐涂层,如环氧树脂涂层,以及牺牲阳极保护等技术,可以显著减缓管道的腐蚀速度。同时,定期使用内部检测工具(如智能猪)来评估管道内外的腐蚀状况,并进行及时维修,以保持管道的完整性。

### 4.严格落实管道安全操作规章制度

制定和执行详细的操作和维护手册,确保所有操作人员都能遵循标准操作程序,减少人为错误。定期培训和评估操作人员的技能和安全意识,以增强其对安全操作的认识和紧急情况的应对能力。

### 5.加强管道巡线力度防止外界因素破坏

定期巡线和监视管道沿线的活动,使用地面巡查和航空监视相结合的方法,以及安装视频监控和传感器,及时发现并处理非法挖掘、滑坡或其他可能对管道造成损害的活动。

### 6.构建天然气长输管道的完整性管理系统

建立一个系统化的管道完整性管理系统,包括风险评估、状态监控、维护计划和性能评估。通过持续的数据收集和分析,及时发现潜在的问题,并采取预防措施。

总之,通过这些综合策略的实施,可以显著提高天然气长输管道的安全性,减少事故发生的可能性,保护环境和公众的安全,同时保障能源供应的稳定性。

### 参考文献:

- [1]马洪涛,韦涛.天然气长输管道运行危害因素及应对措施[J].清洗世界,2022,38(06):196-198.
- [2]杨一帆,任彦斌,马新茸.天然气长输管道运行危害分析及管理措施[J].安全,2017,38(S1):18-20.
- [3]郭安娜.天然气管道的腐蚀与防护措施[J].化工设计通讯,2023,49(07):148-150.

作者简介:董世伟(1994—),男,汉族,河北邢台人,大学本科,初级工程师,研究方向:天然气管道。