

天然气管道安全运行危害因素及防范措施

徐佳（国家管网集团华南公司（广东省管网公司），广东 广州 510700）

摘要：天然气作为一种高效、清洁的能源，在现代能源结构中占据着重要地位，其管道运输因具备经济性和高效性，已成为天然气输送的主要方式。然而，天然气管道的安全运行关乎能源供应的稳定性、生态环境的保护以及人民生命财产的安全。由于天然气具有易燃易爆性，管道运输过程中若出现泄漏、爆炸等事故，可能引发严重的社会、经济和环境后果。因此，深入研究天然气管道安全运行的危害因素及其防范措施，不仅是保障能源运输安全的重要环节，也是促进可持续发展和维护公共安全的关键课题。本文旨在分析天然气管道运行中存在的潜在危害因素，并探讨相应的预防和应对策略，以期为天然气管道安全管理提供科学参考。

关键词：天然气管道；安全运行；危害因素；防范措施

0 引言

目前，天然气管网处于发展黄金时期，管道输送需求越来越高，天然气管道可靠性尤为重要。管道的高效安全运行关系着企业自身发展和国家能源的供应安全。为保障天然气管道系统可靠性，在一定经费和有限时间内达到可靠性预期值，减少故障次数延长管道使用寿命，是可靠性的难点问题，开展天然气管道可靠性增长技术和预测是解决该难题的有效途径。

1 天然气管道运输安全重要性

1.1 发挥天然气作用

天然气作为一种清洁、高效的能源，在现代能源体系中占据重要地位，其在发电、工业生产、交通运输和居民生活中具有广泛应用。通过管道运输，天然气可以实现高效、安全、低成本的远距离输送，满足大规模能源需求，尤其在缓解能源短缺和优化能源结构方面发挥着重要作用。天然气燃烧产生的污染物较少，有助于减少碳排放和环境污染，是实现能源清洁化和可持续发展的重要路径。管道运输作为天然气供应链的核心环节，不仅保障了能源的稳定供应，还推动了天然气在偏远地区的普及，提高了社会整体能源利用效率^[1]。此外，天然气作为调峰能源，在满足冬季采暖、应对极端天气和电力负荷波动等方面表现出显著优势，对保障民生和经济稳定具有重要意义。因此，发挥天然气作用需要高度重视管道运输安全，通过科学管理和技术创新确保输送系统高效运行，进一步促进天然气在能源转型中的战略价值。

1.2 减少能源浪费

天然气管道运输安全直接关系到能源的高效利用和浪费的减少。天然气在输送过程中，如果管道出现泄漏、腐蚀或破损，不仅会导致宝贵能源的流失，还

会增加环境污染和经济损失。通过强化管道运输安全，可以有效减少输送过程中的能源损耗，提升天然气从开采到使用的整体效率。高效的管道运输系统能够保持天然气的压力和质量稳定，避免因泄漏或压力波动引起的资源浪费。同时，管道运输相较于其他运输方式能耗更低，减少了二次能源消耗的可能性。通过定期检测、维修和采用先进的防腐、防漏技术，可以显著延长管道使用寿命，降低能源损耗率。安全高效的管道运输不仅能保障天然气的稳定供应，还能推动能源结构优化和可持续发展，进一步降低社会整体的能源浪费率，最大限度发挥天然气作为清洁能源的经济和环保价值。

2 天然气管道安全运行危害因素

2.1 第三方施工影响

时代在发展进步，我国的社会经济发展水平随之提升，因此民众的生活质量也得到极大提升，这一趋势不但令我国的城市化发展进程加快，同时各种配套设施建设工程项目的数量也在增加，同时规模日渐扩大。特别是与人们日常生活联系紧密的自然水管道项目、通讯网络管线工程等^[2]。但部分项目在正式建设时，忽视了穿越工程（铁路、河流等）的安全，可能对原有天然气管道产生的不良影响等。正式推行施工作业以前，有一部分企业还忽视了对施工场地与周边地区的勘察工作，因而对地下管线的具体分布、排列等未完全掌握，单纯根据自己的经验开展施工作业，因此难免会令管道埋深恒压状态被破坏。而管道周边取土作业、施工、爆破等致使的地基沉降，会致使产生管道悬空问题。在研究统计中发现，第三方施工所带来的损害，目前已经成为了致使出现管道泄露、火灾、爆炸等事故的主要因素。

2.2 制度不够完善

我国的多个部门对管道都不够重视, 始终保持着原本的状态, 未及时与定期检查天然气管道, 严重缺乏完善的天然气管道运行制度, 因而极易出现各种安全事故问题。从天然气管道部门的角度而言, 未灵活依据具体状况制定针对性的管理措施, 由此令各项管理工作无法发挥最大效果, 甚至部分潜在安全隐患也不易被发现, 最终出现各种安全问题。

2.3 运行时间过长

长时间的运行会致使管道的防腐蚀性能、承压能力、机械强度等都逐渐降低, 若是出现了严重的天然气泄露情况, 一定会出现影响程度不一的安全事故问题。具体而言, 由此不但会令大量天然气被浪费, 还可能导致后果严重的火灾、爆炸等特重大事故, 直接威胁人们的财产健康与生命安全。天然气有着明显的易爆性特征, 这也会对管道工作性能造成极大影响, 特别是天然气需求量较高的时间段, 输气管道的承压能力受到较大影响, 会令管道寿命减少, 安全风险极大增加。

3 天然气管道安全运行的危害防范措施

3.1 加强天然气管道施工管理

天然气管道施工是一项复杂的系统工程, 涉及线路设计、材料选择、施工工艺和现场管理等多个方面, 任何环节的疏忽都可能引发严重安全隐患。因此, 施工前应严格进行地质勘探, 精准评估地形地貌和环境条件, 确保线路设计的科学性和合理性。在施工过程中, 需选用符合国家标准的高质量管材和防腐涂层, 严格执行焊接、连接和防腐等关键工艺的操作规范, 并通过无损检测等技术手段全面排查施工中的隐患^[3]。施工管理还需注重人员培训, 确保施工人员具备专业技能和安全意识, 杜绝违规操作。此外, 加强施工现场的实时监控和管理, 落实安全责任制, 严格控制每个施工节点的质量。特别是在穿越河流、山区等高风险区域施工时, 应制定详尽的应急预案和防护措施, 防止因地质条件复杂或操作不当导致的安全事故。施工完成后, 应进行全面的验收和压力测试, 确保管道系统运行的稳定性和可靠性。

3.2 落实安全操作制度

施工方应落实安全操作制度是保障天然气管道运输安全的关键措施, 有助于规范操作行为、减少人为失误, 并提高应对突发情况的能力。应制定覆盖管道设计、施工、运行和维护全生命周期的安全操作规范, 并确保其符合国家相关法律法规和行业标准。在日常

运行中, 必须严格执行操作规程, 杜绝违规操作或简化流程, 同时加强设备巡检和维护, 及时发现并消除隐患。应对突发事件时, 操作人员需按照既定的应急预案迅速行动, 确保风险控制在最小范围。应利用信息化技术加强安全管理, 通过在线监测系统实时掌握管道运行状态, 并结合大数据分析和智能预警技术, 提升安全防控的精准度。安全操作制度的落实不仅能够保障管道运输的安全性和稳定性, 还能降低事故发生率, 为天然气的高效利用和清洁能源推广提供重要支撑。

3.3 落实重大危险源分级

通过对危险源进行分级, 可以更好地理解不同危险源的风险程度, 有针对性地采取适当的管理和控制措施。在这一方面, 首先, 需要确定危险源分级的标准。这可能涉及到危险源的潜在风险、事故后果、可能性等因素, 标准的制定应基于科学分析和实际经验, 对管道系统中可能的危险源进行识别, 包括压缩机站、阀门、连接器、调压站等, 根据事前风险评估和分级标准, 将危险源划分为不同的级别, 例如高风险、中风险和低风险, 常见的风险分级方法包括风险矩阵法和层次分析法等, 风险矩阵法是一种常见的危险源分级方法, 通过将事故的可能性和严重程度进行矩阵化组合, 将危险源分为不同的风险级别, 层次分析法通过建立分级结构, 将危险源分解为不同的层次, 然后通过专家判断或定量分析来确定危险源的级别。针对划分的不同危险源级别, 进行详细的风险评估, 包括分析可能的事故类型、后果, 以及风险的严重程度和可能性, 根据危险源的分级结果, 制定相应的控制策略, 高风险危险源可能需要更严格的控制措施, 中风险和低风险危险源相对较轻, 为不同级别的危险源制定相应的管理计划, 包括安全操作规程、应急预案、监测措施等, 针对高风险危险源的工作人员, 进行相应的培训和安全意识提升, 以确保他们了解和掌握应对措施, 定期对危险源分级进行监督和审查, 确保各级别的管理措施仍然有效和适用。

3.4 合理设计管道参数

在设计阶段, 应根据天然气输送的具体需求, 综合考虑管道输送压力、流量、温度和材质等关键参数, 确保设计方案既满足输送需求, 又具备足够的安全裕度。管道压力和直径的选择需结合地形、输送距离和天然气性质, 避免因过高压力或不合理流速引发管道破裂或能耗增加。材料选择上, 应选用耐腐蚀、强度高的管材, 适应天然气的化学性质和输送环境。同时,

管道的壁厚设计应能承受长时间运行中的机械应力和外部环境压力。合理布局管道走向,避开地震带、洪涝区等高风险区域,减少外界因素对管道的破坏可能性。通过科学、严谨的管道参数设计,不仅可以延长管道使用寿命,还能降低安全隐患,为天然气运输提供坚实保障。

3.5 实现智能监测系统

光纤监测。通过与管道同沟敷设的光纤监测系统,实现对管道运行状态、周边环境因素的实时监测。当管道周围存在可疑的施工活动或发生泄漏时,光纤系统可以将施工活动或者泄漏的位置发送给作业人员,这样作业人员可以在第一时间赶往现场处置,阻止可能发生的管道破坏事件;**无人机巡查。**利用无人机搭载高清摄像机对管道周围环境进行航拍,可以直观地让作业人员了解管道周围存在的潜在风险源。无人机巡查技术通常会与图像识别技术一起使用。先将典型的的风险源录入分析特征库中,利用电脑对无人机的航拍图像进行自动处理、分析,与特征库中的数据进行比对,确定管道周围是否存在特定的危险源,可减少人员的作业负担。同时,由于无人机航拍过程中会形成大量的航拍资料,为了减少数据量并提升拍摄效果,可使用无人机开展指定地点危险源的核查工作。在这种情况下,无人机到达指定区域上空后,才会打开摄像机开展多角度的拍摄作业;**卫星遥感监测。**利用卫星遥感技术监测管道周围环境,可以实现大范围、高精度的监测和故障诊断,发现管道周围的地质变化情况,为制定管道保护措施提供依据;**管道本体检测。**内检测是常用的管道检测方法,内检测方法有漏磁检测、超声检测、涡流检测等。其优点是效率高、成本低,可以准确发现凹坑、变形、气孔等宏观缺陷,但对裂纹、针孔等微小缺陷检测能力有待提高。

3.6 加强巡线力度

为了确保天然气长输管道免受外部干扰,严格的日常维护检查是极为重要的。首要任务是建立完善的巡检制度,明确划分责任区域,确保每一段管道都由专人负责定期巡查,以迅速响应并处理任何潜在的非法活动。其次,应强化安全隐患的深度检测,尤其关注那些易受外界因素影响的高风险区段,并着重排查管道权益侵犯和安全间距不达标等问题。此外,实施全面的风险预警体系是关键,通过全天候监测网络覆盖整个管道线路,一旦管道状态出现异常,如破裂或泄漏,预警系统能立即启动,发出警报。这个智能系统需与控制中心无缝连接,并配备专业人员实时监控,

以便即时识别并解决可能出现的故障和安全威胁。这样,我们就能有效预防外部因素对管道造成的破坏。

3.7 加强企业监管

加强对管道运输企业的监管,建立完善的安全管理体系,是确保天然气管道运输的安全的重要措施,相关部门需增强对管道运输公司的监管力度,例如对其经营管理、安全标准、应急预案等全方位的细致评估和监管,打造一套全面的安全管理体系,囊括制定并执行安全规则、安全培训、责任到人的安全生产管理等措施,旨在使管道运输企业能有效风险管理,进而增强安全运输水平。以北欧国家为例,其国内的管线输送巨头挪威国家石油公司在北海油田天然气输送项目中,构建了一套行之有效的安全监控机制,他们实施了一连串策略,涉及周期性的安全教育课程、搭建全天候安保监控系统、严格实施安全检查流程,以此确保管线输送过程中的安全性和可靠性。

4 小结

天然气管道的安全运行对于保障能源供应、维护社会稳定以及推动经济发展具有重要意义。然而,天然气管道运行过程中面临着多种危害因素,如自然环境影响、设备老化、人为操作失误以及外部破坏等。通过系统性分析,可以发现这些因素之间存在复杂的相互作用,对管道安全构成了多重难题。为有效防范和应对这些风险,必须从多方面入手:强化管道安全管理制度建设,提高从业人员的专业素养和安全意识;利用先进技术手段对管道进行实时监测和维护,及时发现并处理潜在隐患;加强管道沿线的外部防护措施,减少外力破坏的可能性。此外,推进多部门协作机制的建立,有助于形成全面、系统的管道安全保障体系。通过以上措施的综合应用,不仅能够显著降低天然气管道运行的安全风险,还能进一步提升能源输送的效率和可靠性,为社会经济的可持续发展提供坚实的能源保障。未来,应继续加大对天然气管道安全技术的研究投入,推动管道管理向智能化和精细化方向发展,为构建更加安全、绿色的能源输送体系贡献力量。

参考文献:

- [1] 陈东. 天然气长输管道运行安全风险及控制措施 [J]. 石化技术, 2022, 29(10): 75-77.
- [2] 贺子东. 天然气长输管道的运行风险及安全管理探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(14): 49-51.
- [3] 王晓霞, 沈恒坤. 天然气输送管道安全运行及质量管理 [J]. 化学工程与装备, 2023(01): 96-98.