

# 天然气管道安全运行的必要性及风险分析

陈 诚（中国石油工程建设有限公司西南分公司，四川 成都 610000）

**摘要：**天然气作为高压输送的易燃易爆气体，其管道一旦发生泄漏或破裂等问题，可能会导致严重的人员伤亡和财产损失。本次研究为了全面提高天然气管道运行的安全性，在对其安全运行必要性进行总结的基础上，对其面临的风险以及保障措施分别进行研究，以此避免管道在运行的过程中出现安全风险问题。研究表明：保障天然气管道运行安全有利于保障公共安全、维护能源供应稳定以及减少环境风险，目前，天然气管道在运行的过程中主要面临腐蚀、第三方破坏以及操作管理等风险问题，因此，需要从完善腐蚀防护与监测、强化第三方破坏防范以及优化操作与管理等角度出发，采取多种类型的措施，以此提高管道运行的安全性。

**关键词：**天然气管道；安全运行；必要性；风险分析；保障措施

## 0 前言

天然气作为一种清洁高效的能源，已成为全球能源消费结构中的重要组成部分，随着社会经济的发展和能源需求的不断增加，天然气的使用范围和重要性也日益扩大。天然气管道作为天然气运输的主要方式，其安全运行对于保障能源供应和环境保护具有至关重要的意义，但是天然气管道在运行过程中面临诸多风险，风险问题一旦发生可能会导致严重的环境污染和经济损失<sup>[1]</sup>。本次研究主要是针对天然气管道安全运行风险问题，对其安全运行的必要性进行系统分析，在此基础上，对其面临的风险问题进行总结，并提出其安全运行的保障措施，为推动我国天然气管道领域的进一步发展奠定基础。

## 1 天然气管道安全运行必要性分析

### 1.1 保障公共安全

天然气管道的安全运行直接关系到社会的稳定和人民群众的生命财产安全，天然气管道一旦发生泄漏或爆炸事故，可能导致大规模火灾和爆炸，甚至引发次生灾害。因此，确保天然气管道的安全运行是保障公共安全和避免灾难性事故发生的首要任务。政府作为公共安全的主要保障者，肩负着维护社会稳定和人民福祉的重要职责，如果天然气管道频繁发生安全事故，不仅会使公众对能源安全和生活环境产生担忧，还会影响政府在公共安全管理方面的形象和公信力<sup>[2]</sup>。同时通过严格的安全管理和高效的事故应对机制，能够提升政府的危机处理能力，增强公众对政府的信任和支持，有利于社会的和谐与稳定。

### 1.2 维护能源供应稳定

天然气管道的安全运行直接影响着能源供应的持续性，天然气管道是连接天然气生产和消费的纽带，

一旦发生管道泄漏或爆炸等事故，可能导致大规模的能源供应中断。在严寒冬季，许多地区依赖天然气供暖，如果管道发生安全事故，供气中断将使供暖系统无法正常运行，不仅影响居民的日常生活，还可能危及生命安全。在工业领域，天然气是重要的燃料和原材料，供应中断将导致工厂停产，影响经济的正常运转。因此，确保天然气管道的安全运行，是保障能源供应稳定和满足社会日益增长的能源需求的基本前提。天然气的高效利用依赖于稳定的供应链，而这一供应链的核心是安全可靠的管道输送系统，如果管道运行不安全，频繁发生事故，不仅会造成天然气的浪费，还会增加事故处理和设施修复的成本，进而提高天然气的供应成本，影响能源的经济性<sup>[3]</sup>。管道泄漏不仅会导致大量天然气直接流失，还可能引发火灾或爆炸事故，增加后续的救援和修复费用，甚至导致能源价格的波动，对经济造成不利影响，安全运行的天然气管道系统有助于降低供应成本，确保天然气能够以稳定的价格提供给市场，从而提高能源的整体利用效率和经济效益。

### 1.3 减少环境风险

天然气的主要成分是甲烷，甲烷是一种比二氧化碳更强的温室气体，其全球变暖潜力是二氧化碳的多倍，如果天然气管道发生泄漏，未能及时发现和处理，甲烷将直接排放到大气中，加剧温室效应，进而加速全球气候变化的进程。确保天然气管道的安全运行，减少甲烷的无组织排放，是实现气候目标、应对全球气候变化的重要措施。天然气在输送过程中如果发生泄漏，不仅会污染大气，还可能渗透到土壤和地下水，造成长期的环境污染问题，天然气中的某些成分如果渗入土壤和水源，将对生态系统和人类健康构成

潜在的威胁。天然气泄漏后进入地下水系统，可能导致水体污染，使得居民饮用水安全受到威胁，进而引发公共卫生问题，因此，确保天然气管道的安全运行，防止天然气泄漏，是保护水源和土壤环境的重要手段。

## 2 天然气管道安全运行风险分析

### 2.1 腐蚀风险

天然气管道的腐蚀风险主要来自于其所处的环境和运输的介质，天然气管道通常埋设在地下，受到土壤环境的影响，管道表面容易发生土壤腐蚀，土壤中的水分或微生物等因素都会加速管道的腐蚀进程，特别是在酸性土壤或盐碱地带，腐蚀速度更快。管道周围的电化学环境也会影响腐蚀过程，如杂散电流腐蚀和电偶腐蚀，这些腐蚀形式可能导致管道局部出现腐蚀坑，从而成为管道破裂和泄漏的隐患。天然气中通常含有水分和二氧化碳等腐蚀性成分，这些成分在特定条件下会在管道内壁形成腐蚀，特别是在温度和流速等工况发生变化时，腐蚀速度会显著加快。二氧化碳与水反应生成碳酸，碳酸会对钢管造成溶解性腐蚀，硫化氢则会导致严重的硫化物应力腐蚀开裂。同时天然气中的固体颗粒可能引发管道的冲刷腐蚀，增加管道表面的磨损和腐蚀，进一步削弱管道的结构完整性。

### 2.2 第三方破坏风险

第三方破坏风险具有高度的不可预见性和复杂性，天然气管道通常埋设在地下，经过山地和河流等多种地形，途径的区域复杂多样，且管道走向往往并不为当地居民和施工单位所熟知，这使得在城市建设、土方挖掘等工程施工过程中，第三方施工单位容易误碰或压坏管道。在城市扩建过程中，挖掘机和钻孔机等重型机械设备操作不当，很可能造成地下天然气管道的破裂或泄漏，而在农村地区，农民进行土地开垦或水利建设时，若不知晓地下管道的存在，也可能无意中对其造成破坏，这种不可预见性使得第三方破坏风险难以完全消除，增加了管道运营方的防范难度。一旦管道因第三方破坏导致泄漏，泄漏的天然气与空气混合后形成爆炸性气体云，遇到火源时可能引发爆炸和火灾，造成巨大的生命财产损失，近年来全球多起天然气爆炸事故均与第三方施工不当有关，这些事故不仅造成了严重的人员伤亡，还导致了广泛的财产损失和社会恐慌。天然气管道泄漏还会导致天然气资源的浪费，增加环境污染的风险，尤其是当泄漏发生在环境敏感区域时，可能对当地生态系统造成难以修复的破坏。

### 2.3 操作管理风险

天然气管道的运行涉及多个环节，这些操作必须按照严格的操作规程进行。但是实际操作中，操作人员的疏忽或违章操作可能导致管道运行出现问题，操作人员在进行管道压力调节时，如果未能严格遵循操作规程，可能导致管道压力过高或过低，引发管道破裂或泄漏。设备的启动和停止如果操作不当，可能造成系统冲击，导致设备损坏或管道变形。天然气管道的运行离不开各种设备的支持，这些设备的正常运行对管道的安全至关重要。但是设备的故障或维护不当可能引发严重的问题。压力调节阀的故障可能导致管道内压力异常，进而引发管道泄漏或爆炸，设备的维护不及时或不彻底，也可能导致设备老化或磨损，影响其正常功能。因此，设备的定期检查和维护是保证管道安全运行的重要措施，必须严格按照设备管理规程进行，以防范设备故障带来的风险。天然气管道的操作涉及高度的专业性和技术性，操作人员必须具备相关的知识和技能。但是如果操作人员的培训不充分或管理不到位，可能导致操作失误或决策错误，新上岗的操作人员如果没有经过系统的培训和考核，可能对管道的操作规程和应急处理不够熟悉，从而增加操作风险。定期对操作人员进行培训和考核，确保其掌握最新的操作技能和应急处理能力，是降低操作管理风险的关键。

## 3 天然气管道安全运行保障措施研究

### 3.1 完善腐蚀防护与监测

管道材料的选择是腐蚀防护的基础，管道应选择具有良好耐腐蚀性的材料，如高强度低合金钢或耐腐蚀合金材料等。这些材料具有较高的抗腐蚀性能，能够有效抵御不同环境条件下的腐蚀攻击。对于埋地管道和海洋管道，常使用防腐涂层进行保护，这些涂层能够形成一个致密的屏障，阻隔外界腐蚀介质对管道的直接侵蚀。外部防护措施也是腐蚀防护的重要组成部分，常见的防护措施包括使用阴极保护技术和加装防护结构。阴极保护技术通过在管道外表面施加一个负电流，抵消腐蚀电流，从而减少管道的腐蚀速度，这种技术在长距离管道和地下管道的腐蚀防护中应用广泛，防护结构方面，可以在管道埋地部分安装防腐垫或防护管套，可以有效阻隔土壤中的腐蚀性物质与管道的直接接触，降低腐蚀风险。采用先进的监测技术是及时发现和处理腐蚀问题的关键，定期检查和实时监控是确保管道防腐蚀措施有效性的有效手段，利

用内检测工具对管道内部进行定期检查，这些工具可以检测管道内部的腐蚀状况以及其他潜在的结构缺陷，内检测技术能够在管道运行时进行监测，提供准确的腐蚀数据，帮助预测管道的剩余使用寿命，并为维护决策提供依据。地面监测系统可以通过传感器实时监测管道外部的腐蚀情况，这些传感器通常安装在管道的关键位置，能够检测管道表面的腐蚀电位和腐蚀速率等数据，并通过数据传输系统将信息发送到监控中心，这种技术可以对管道的腐蚀情况进行动态跟踪，及时发现腐蚀问题并采取相应的措施。

### 3.2 强化第三方破坏防范

建立和完善信息共享和沟通机制是防范第三方破坏的基础，天然气管道的分布通常涉及广泛的区域，尤其是在城市和农村交界地带，施工和建设活动频繁，为了有效防范第三方破坏，管道运营方应主动与地方政府和相关部门建立良好的沟通机制。管道运营方需要向地方政府和施工单位提供详细的管道走向和埋设深度信息，确保他们在规划和施工前能够充分了解管道的具体位置，定期组织相关人员的培训和宣传活动，提高施工单位和公众对管道安全的认识，确保在施工过程中能够遵守相关规定，避免因无知或疏忽导致的管道破坏。

利用现代技术进行管道监测和保护是防范第三方破坏的重要手段，先进的监测技术能够实时跟踪管道的状态，及时发现潜在的破坏风险，可以安装振动传感器和光纤传感器可以实时监测管道周边的施工活动，当检测到异常振动或压力变化时，系统能够迅速发出警报，提醒管道管理人员采取相应的保护措施。地面巡查和无人机监控也是有效的监测手段，无人机可以在管道沿线进行空中巡查，获取高分辨率的图像和视频数据，用于检查管道周边的施工活动及其可能造成的风险，这些监测数据不仅有助于发现潜在的破坏，还能为事后调查提供重要依据。

制定和实施严格的施工管理制度对于防范第三方破坏至关重要，施工单位在进行任何可能影响管道的工程时，必须获得管道运营方的许可，并严格按照批准的施工方案进行作业。管道运营方应对施工单位的施工计划进行审查和批准，确保其不对管道安全构成威胁，施工现场应设立明显的警示标志和安全防护措施，以提醒施工人员和公众管道的存在及其重要性。定期对施工单位进行检查和监督，确保其遵循相关安全规定，及时纠正不符合要求的操作行为，减少因施

工不当引发的破坏风险。

### 3.3 优化操作与管理

操作流程的标准化可以显著减少人为错误，提高操作的准确性和一致性，制定详细的操作规程和标准，涵盖从管道的启动到停机的全过程，确保每一环节都有明确的操作要求和标准，应根据实际运行情况和技术进步，定期更新和完善操作规程，确保其适应最新的技术和安全要求，操作人员必须接受系统的培训，并熟悉相关操作规程，定期进行考核和演练，以提升其操作技能和应急处理能力。实施全面的风险管理和安全评估也是优化操作与管理的关键，风险管理包括对可能发生的安全隐患进行识别和处理，定期开展管道风险评估，分析潜在的风险因素，并根据评估结果制定相应的风险控制措施。建立风险管理档案，记录风险评估的结果和处理措施，并定期进行审核和更新，通过系统的风险管理，可以提前预防潜在的安全问题，减少事故发生的概率。

现代科技的发展为管道管理提供了更高效的解决方案，采用先进的自动化控制系统和数据采集技术，可以实时监测管道的运行状态。这些系统能够自动检测异常情况并发出警报，提醒操作人员及时采取措施，借助大数据分析和人工智能技术，可以对管道运行数据进行深度分析，预测潜在的问题和风险，优化维护计划和资源配置。在管道的维护和保养方面，实施预防性维护和基于状态的维护策略可以显著提高维护效率，预防性维护通过定期检查和保养，提前发现和解决潜在问题，防止设备故障的发生。

## 4 结论

综上所述，天然气已成为全球能源供应的重要组成部分，广泛应用于工业生产和民用供暖等领域，天然气管道作为输送天然气的重要基础设施，其安全运行直接关系到能源供应的稳定性，一旦管道出现安全问题，可能会中断能源供应，影响国民经济的正常运行，因此，需要根据其面临的风险问题，采取合理的保障措施，全面提高天然气管道运行的安全性。

### 参考文献：

- [1] 许秀芹. 基于风险管理的天然气管道建设与安全运行 [J]. 石化技术 ,2024,31(08):288-290.
- [2] 刘翔. 浅谈石油天然气管道安全管理问题及对策 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2024,44(15):64-66.
- [3] 王文江. 天然气输气管道安全运行的必要性及风险研究 [J]. 清洗世界 ,2021,37(05):109-110.