

天然气管道安全影响因素及保护措施研究

安 然（国家石油天然气管网集团有限公司甘肃分公司天水输油气分公司，甘肃 天水 741000）

摘 要：天然气管道作为运输天然气的关键基础设施，其安全性直接关系到能源的可靠供应和公众的生命财产安全，任何安全事故都可能导致严重的后果，确保天然气管道的安全运行是至关重要的。本次研究主要是对天然气管道安全影响因素进行系统分析，并开展天然气管道保护措施研究，为提高天然气管道的安全性奠定基础。研究表明：保护意识不足、管道材料问题、违章施工与占压以及施工质量问题是影响天然气管道安全运行的重要因素，因此，需要从强化安全宣传、做好风险识别、优化管道设计以及做好管道巡查等角度出发，采取多项有效措施，确保天然气管道长期处于安全运行状态。

关键词：天然气管道；安全运行；影响因素；保护措施；风险识别

0 前言

随着全球能源需求的持续增长，天然气作为一种清洁且高效的能源，在能源结构中的地位愈发重要，天然气管道作为天然气运输的重要基础设施，承担着将天然气从生产地输送到各个消费市场的关键任务。但是天然气管道一旦发生安全事故，不仅可能导致严重的人员伤亡和财产损失，还会造成巨大的环境破坏，影响社会稳定和经济发展。天然气管道的安全性受到多种因素的影响，这些因素相互作用，可能导致管道发生严重事故^[1]。因此，全面深入地研究天然气管道安全影响因素，并制定科学有效的保护措施，是保障天然气管道安全运行的必然要求。

1 天然气管道安全影响因素分析

1.1 保护意识不足

天然气管道的安全保护意识不足通常源于各层级人员的安全教育和培训不到位，天然气管道的安全管理涉及多个环节，每个环节都对安全意识有着不同的要求。但是现实中，由于各类人员对管道安全重要性的认识存在差异，许多企业在安全教育和培训上投入不足，或者培训内容过于理论化，缺乏实际操作指导，导致一线操作人员对安全要求的理解不深。在管道运营和维护过程中，若人员缺乏足够的安全意识，往往会忽视一些潜在的安全隐患，在日常维护中，操作人员可能因为经验主义或对风险的认知不足，忽略对老旧管道的定期检测，或者在施工过程中未能遵守严格的安全操作规程，最终导致安全事故的发生。同时部分企业的安全文化建设不到位，未能将安全意识深植于员工的日常工作中^[2]。在企业文化中，安全意识的培养并不仅仅局限于单次的安全培训，而是需要长期的且系统性的建设，但是许多企业在追求经济效益的

驱动下，往往更注重生产效率和成本控制，而忽视了安全文化的建立和传播，企业内部缺乏有效的安全文化氛围，导致员工对安全问题的重视程度不高。尤其在一些中小型企业，安全管理制度不健全，安全责任落实不到位，管理层对安全问题的态度模糊，甚至对潜在风险采取侥幸心理处理，这种情况下，一旦发生突发情况，员工往往因缺乏应急处理经验和意识，无法及时有效地应对，最终导致事故扩大^[3]。

1.2 管道材料问题

管道材料的选择直接决定了管道的强度和使用寿命，天然气管道通常铺设在复杂多变的地理和环境条件下，管道材料需要具备足够的强度以承受高压天然气的运输，同时还要具备良好的耐腐蚀性以抵御外部环境的侵蚀。管道材料的选择往往受到多种因素的制约，为了降低成本，某些企业可能会选择质量稍逊的材料，这些材料虽然在短期内能够满足使用需求，但在长期运行中，可能会因耐腐蚀性能不足或材料疲劳而发生劣化，进而增加事故风险。材料的老化和腐蚀是管道安全的重大隐患，管道在长期使用过程中，材料会受到外部环境因素的持续影响，这些因素会加速材料的老化和腐蚀，导致管道壁厚变薄，强度下降，从而增加泄漏或破裂的风险。尤其是在沿海地区或湿度较大的环境中，管道材料更容易受到腐蚀，在缺乏有效的防腐措施或监测手段的情况下，管道的腐蚀问题可能长期被忽视，直至发生严重事故时才被发现。同时由于材料老化引起的微观结构变化，也会导致材料的韧性和抗疲劳性能下降，使管道在受到外部冲击或振动时更容易发生断裂。

1.3 违章施工与占压

违章施工是导致天然气管道安全事故的重要原因

之一，违章施工指的是在施工过程中，未按照规定的设计标准和操作规程进行作业，在管道施工过程中，严格的施工规范和标准对于确保管道质量和安全至关重要。施工过程中未经许可或未经过适当审批的操作，可能导致与其他基础设施或管线发生干涉，进而引发安全问题。占压现象是指在管道沿线区域内，存在占用或压覆管道的情况，这种情况也会对管道的安全运行构成威胁，占压现象通常发生在管道建设后，由于周边环境的变化或土地利用的不规范，管道上方被非法建筑或重型机械设备压覆。在房地产开发或桥梁建设等工程中，如果施工单位未充分考虑管道的位置和安全要求，可能会对管道施加不必要的压力，导致管道变形或增加泄漏的风险。占压现象还可能对管道的检测和维护工作带来困难，影响管道的正常运行和安全检查，进而增加事故发生的可能性。

1.4 施工质量问题

施工质量问题主要表现为施工工艺的不规范或不符合设计要求，天然气管道的施工过程涉及众多环节，这些工艺的每一步都需要严格按照设计图纸和施工规范进行。实际施工过程中，可能由于工艺不熟练或施工设备不达标，导致工艺质量问题。焊接接头如果处理不当，可能存在焊接缺陷，这些缺陷会导致管道的强度降低，甚至在高压天然气的作用下发生泄漏或爆裂。同时，管道的铺设深度和方向也必须严格控制，任何偏差都可能导致管道在地震或地质变动等自然灾害中的脆弱性增加。施工现场的管理和控制不到位也是造成施工质量问题的原因之一，施工现场的管理包括对施工进度和工人操作规范等方面的控制。如果现场管理不严，可能导致施工中的诸多问题，这些问题都可能对管道的施工质量产生负面影响，进而影响管道的长期安全运行。施工质量问题还与验收和检测的不严格有关，在管道施工完成后，必须进行严格的验收和检测，以确保施工质量符合标准。但是实际中可能由于验收标准不明确或检验设备不完善，导致某些施工质量问题未被及时发现。管道焊接的质量需要通过无损检测技术进行验证，但如果检测不充分或检测方法不适当，将可能遗漏隐患，同时对于管道的压力测试和密封测试也必须严格按照标准进行，以确保管道在实际运行中的可靠性。

2 天然气管道保护措施研究

2.1 强化安全宣传

系统化的教育培训是强化安全宣传的基础，针对

天然气管道的相关人员，企业和监管部门应定期组织专业的安全培训，培训内容应涵盖管道安全管理的基础知识和常见事故案例分析等，应结合实际工作场景进行模拟演练，使培训内容更具实用性和针对性。通过系统化的培训，相关人员能够掌握必要的安全操作技能，提高应对突发情况的能力，从而降低事故发生的可能性。广泛的宣传推广是提高公众安全意识的重要途径，可以通过多种渠道和形式开展宣传活动，例如制作和分发安全宣传资料或利用社交媒体和网络平台发布安全信息等。这些宣传活动应针对不同受众群体，制定相应的宣传策略，在管道沿线社区，可以通过社区活动或座谈会等形式，向居民普及管道安全知识和应急处理常识，在施工单位和企业，可以通过内部刊物或公告板等方式，加强对员工的安全教育和信息传达。通过广泛的宣传推广，可以提高社会各界对天然气管道安全的认知，促使大家积极参与到安全管理中。持续的安全文化建设是确保安全宣传效果的重要保障，企业应将安全文化融入到日常运营中，形成以安全为核心的企业文化氛围，包括制定并贯彻落实安全管理制度和表彰在安全管理中表现突出的个人和团队等。企业领导应以身作则，树立良好的安全榜样，并将安全文化的建设纳入企业发展的战略规划中，通过持续的文化建设，企业可以形成全员关注安全、共同维护安全的良好氛围，使安全宣传成为企业日常工作的自然部分。

2.2 做好风险识别

建立全面的风险识别体系是基础，风险识别应涵盖管道的各个环节，企业应建立系统化的风险识别框架，明确各环节可能存在的风险点和风险类型。在设计阶段，需要评估管道的设计是否符合规范，是否考虑了环境因素和可能的风险，在施工阶段，需要识别施工过程中的潜在风险，如材料质量和施工工艺等，在运营和维护阶段，则需要识别运行中的风险。通过建立全面的风险识别体系，可以系统地评估各环节的风险，确保管道的整体安全。采用科学的风险评估方法是有效识别风险的关键，科学的风险评估方法包括定性分析和定量分析，定性分析通过专家评估或经验判断等方式，识别和描述风险因素的性质和影响，定量分析则通过数学模型或数据分析等方式，评估风险的概率和可能的后果。通过科学的风险评估方法，可以量化风险的严重程度，为制定相应的风险管理措施提供依据。实施动态的风险监测和预警系统是提升风

险识别能力的有效手段,随着环境条件和运营状态的变化,管道系统的风险也可能发生变化。因此,企业应建立动态的风险监测和预警系统,实时跟踪和评估管道的安全状态,可以采用先进的监测技术,如分布式光纤传感技术、智能传感器网络等,对管道的运行状态进行实时监测。同时建立完善的数据收集和分析系统,将实时监测数据与历史数据进行对比分析,识别潜在的风险趋势,通过动态的监测和预警系统,可以及时发现异常情况,提前采取措施,防止事故发生。由于天然气管道的运营环境和技术条件不断变化,风险识别工作也需定期进行更新和调整,企业应制定定期的风险评估计划,定期检查和更新风险识别结果。

2.3 优化管道设计

设计阶段应充分考虑管道的运行环境和输送介质的性质等因素,选择适当的设计参数,管道的直径以及防腐层等设计参数都需要根据实际工况进行合理配置,在高压输送环境中,管道的壁厚需要设计得足够厚,以承受高压带来的应力,在腐蚀性环境中,则需选择耐腐蚀材料,并设计有效的防腐层。通过科学合理的参数选择,可以最大程度地降低管道因设计不当导致的安全风险。随着科技的发展,越来越多的先进设计技术和工具可以应用于管道设计中,计算流体力学(CFD)模拟可以用于分析管道内气流的流动特性,优化管道的流体输送效率,有限元分析(FEA)可以用于评估管道在不同工况下的应力分布,优化管道的结构设计。

同时地质勘探和环境监测技术可以帮助设计人员了解管道沿线的地质条件和环境影响,为管道设计提供更为准确的基础数据。通过采用先进的设计技术和工具,可以提升设计的准确性和可靠性,优化管道的整体性能。优化设计不仅要关注管道的使用性能,还需考虑其安全性和维护便捷性,在设计中应设置合理的检查和维修口,方便后期的检修和维护,在设计管道线路时,应避开地震带、沉降区等可能影响管道稳定性的地质区域,应考虑设置合理的安全阀门和泄压装置等安全设备,以防止意外情况发生时管道受到过度压力的影响,通过综合考虑安全性和维护性,可以在设计阶段有效降低管道出现问题的概率,并提高管道的长期可靠性。在管道设计中,应充分考虑环境保护和节能要求,选择符合环保标准的材料和工艺,减少施工过程中对环境的影响,优化管道的输送效率,减少能源损耗。在设计中应考虑管道对周边生态的影

响,避免对环境造成长期不利影响,通过采取环保和节能措施,可以提高管道设计的可持续性,降低对环境的负担。

2.4 做好管道巡查

管道巡查应根据管道的运行环境和维护需求,制定详细的巡查计划,巡查计划应包括巡查的频率和巡查的内容等,巡查频率应根据管道的实际情况进行设定,例如在高风险区域或关键节点的巡查频率可以适当增加,巡查内容应涵盖管道的所有关键部分,制定详细的巡查规范,确保每次巡查都能够按照标准进行,避免遗漏和疏忽。传统的人工巡查虽然能发现一些明显的问题,但对于微小的缺陷和潜在风险可能不易察觉,因此,现代技术的应用对于提高巡查的精确性和效率至关重要,可以使用无人机进行高空巡查,对难以到达的区域进行实时监控,应用红外热成像技术可以检测到管道内部或表面的异常热量,识别潜在的泄漏或过热问题,利用声学检测技术可以监测管道内部的声音波动,判断是否存在裂纹或结构性问题。通过引入先进的巡查技术和设备,可以提高对管道状态的检测能力,及时发现潜在的安全隐患。每次巡查后,应详细记录巡查的结果,包括发现的问题和问题的具体位置等,建立完整的巡查记录档案,有助于追踪和分析管道的健康状态,并为后续的维护和修复工作提供依据。巡查结果应及时反馈给相关部门和人员,确保问题能够得到迅速处理,通过建立健全的记录和反馈机制,可以确保巡查工作有序进行,并对发现的问题采取有效的应对措施。

3 结论

综上所述,天然气管道通常铺设在广阔的地理区域内,面临各种外部环境因素的影响,这些因素都可能对管道的完整性造成威胁,导致潜在的安全隐患,同时随着管道的使用年限增加,材料的老化和腐蚀问题日益突出,这将导致管道强度下降,增加发生泄漏和爆炸的风险,因此,需要从多个角度出发,采取合理的保护措施,全面保障天然气管道的运行安全。

参考文献:

- [1] 王凤巍.天然气管道安全运行影响因素及保护措施研究[J].石化技术,2022,29(08):76-78.
- [2] 陈雁.影响天然气管道安全的因素及保护措施[J].化工设计通讯,2020,46(04):213-214.
- [3] 高峰.浅析影响天然气管道安全的因素及保护措施[J].化工设计通讯,2018,44(02):31-32.