

天然气管道输送安全存在问题及应对策略

吴 瑞（贵州燃气集团股份有限公司，贵州 贵阳 550001）

摘要：作为一种低碳的清洁能源，天然气的消费量呈现出显著的增长趋势，对中国国民经济的推动作用以及在民众日常生活中的重要性日益凸显。天然气的主要输送手段为输气管道，由此，输气管道在能源体系中占据了核心的基础设施地位。其安全、稳定的运行对于保障能源安全与稳定供应至关重要，堪称能源保障的关键支柱。确保管道安全运行，有效减少乃至杜绝安全事故，实现管道建设与运营的本源安全性，已成为当前亟待解决的关键问题。本文探讨了一系列管道输送安全问题，具体涉及管道泄漏、断裂以及自然因素对管道安全性所造成的影响。本文深入探讨了天然气管道输送安全的关键性要素，并系统阐述了采用前沿材料、实施在线监控技术、执行管道检测技术、运用运行模拟技术以及防腐涂层技术等策略的重要性。这些技术对于增强管道的安全性与稳定性具有举足轻重的作用。

关键词：天然气；管道输送；安全；问题；策略

伴随天然气市场需求的持续扩大与国家能源体系的转型优化，我国正加速推进天然气管道基础设施的建设进程。截止 2023 年，全国长输天然气管道总里程达到了 12.4 万公里的规模，相较于上一年度，总里程增加超过了 4000 公里。天然气输送环节的安全性是确保能源持续供给与社会整体安全的关键因素。天然气管道系统的稳定性对提供可靠能源和维护公共安全有着关键作用。鉴于天然气固有的易燃易爆属性以及其管网在高压与持续性运作状态下的特性，加之管道敷设涉及长度与覆盖范围广，管理不当容易增加泄漏风险，进而可能导致严重的火灾、爆炸事件，带来巨大的经济损失，并对周边居民的生命安全与财产造成严重威胁。近来，此类燃气安全事故频发，凸显出当前安全管理形势的紧迫性与严峻性。因此，从多个维度审视，确保天然气输送管道的运行安全不仅至关重要，而且势在必行。

1 天然气管道输送安全运行的重要性

1.1 节能减排

作为清洁能源的一种，天然气在燃烧过程中相较于煤炭与石油显著减少了 CO₂ 及其他污染物的排放量。保证天然气管道的安全运行是推动天然气广泛应用、减少对高排放化石燃料依赖的关键举措，能有效减轻空气与水资源污染问题。确保天然气管道输送系统的安全运行，在节能减排与环境改善方面发挥着至关重要的作用。其次，可靠的天然气输送系统对于确保能源供给的连续性和稳定性至关重要。

1.2 维护人民生命财产安全

管道输送系统的安全性直接关联着居民区与工业

区的生命财产安全。若天然气管道出现泄漏或事故，存在引发火灾与爆炸的风险，这直接危及周边居民的人身安全。确保管道系统的安全运营能有效降低潜在风险对公众生命安全的威胁，从而维护民众的生命财产安全。

1.3 优化管道运输降低成本

安全稳定的管道系统可以有效降低在运输过程中产生的损耗与能源浪费。同时，高效的管道运作机制显著降低了事故发生概率，包括管道泄漏和破裂。稳定可靠的输送管道系统能减少因管道问题引发的停工维修时间，有效降低由管道故障所造成的生产中断所带来的经济损失。通过减少运输过程中能源的浪费和运营费用带来节约成本，进而有效降低了天然气输送成本。对于能源市场以及整体经济的发展有着积极的影响。

2 天然气管道输送安全存在的问题

2.1 管道问题

2.1.1 管道设计存在问题

在管道的设计与建设过程中，若未能达到严格的安全工艺标准，可能会导致一系列潜在风险与安全隐患。如在管道的初始设计阶段，未能充分综合考量上下游的影响因素及工艺流程与环境条件，导致在管径、壁厚、温度参数的设定以及管道布局、铺设策略等方面存在不足。这些不合理的规划直接引发了焊接环节的问题，进而对管道的稳定性和安全性产生影响。

2.1.2 管道破裂问题

管道的损坏可能由多方面的原因造成，涉及管道的老化、物理性的损害、地质变动、建设过程中的失误，

或是设计上的不足等。管道破裂存在重大风险，可能导致天然气的大范围泄漏，从而引发严重的安全与环境危机。其次，泄漏的天然气含甲烷这类温室气体，不仅对环境构成污染，还对大气层产生破坏性影响。泄露的天然气还对周边居民健康存在潜在风险，由于其包含有害的化学成分，长期接触此类气体可对居民健康造成长远的负面影响。

2.1.3 管道腐蚀

管道腐蚀作为一项普遍现象，在管道长期运行过程中，其材质特性会随时间逐渐发生变化。一方面，内部输送的介质与管道材料发生化学反应，引发腐蚀现象；另一方面，外部自然环境因素，如酸雨、湿度和温度变化等，加速了管道的风化腐蚀过程。这两种情况相互作用，最终导致管道出现穿孔、裂纹乃至破损的问题，严重影响管道系统的安全性和可靠性。因此，管道腐蚀的主要因素包括管道输送的介质特性以及所处的外部环境条件。

2.2 自然灾害影响

自然灾害，诸如地震、洪水及山体滑坡等，不仅因其不可预测性和高破坏性成为影响管道系统的重要风险因素，还可能导致管道结构受损、移位或破裂，从而引发严重的泄漏事故及潜在的安全隐患。这不仅会对输气管道造成显著损害，还可能严重影响后续的管道维护与检修工作。这些自然灾害对管道系统的影响具有高度不确定性，因此，采取有效的预防措施并建立快速响应机制以减轻其潜在影响变得至关重要。一旦应急响应滞后，极有可能引发严重的管道事故，如干线泄漏，从而造成重大经济损失和环境破坏。

2.3 监测维护不足

天然气管道输送系统的安全性面临挑战，主要体现在监测与维护措施的实施不足上。在管道的长期运作期间，若缺乏有效的监测与维护措施，将可能导致潜在的问题未能得到及时识别与处理，从而引发一系列不利后果。进而可能导致管道腐蚀、磨损、裂纹等问题逐渐累积，从而提升管道出现泄漏或破裂等安全风险的可能性。不充分的监测与维护显著降低了管道系统的稳定性和可靠性。缺乏适时的维护措施会引发管道运行状态的变动，进而增加发生安全事故的可能性。

2.4 施工问题

在施工实施阶段，面临地域性约束时，施工单位未能遵循原设计蓝图，对线路进行了局部的非正式调

整，且未执行相应的设计变更程序。在后期的手续处理阶段，遇到线路图纸与现场实际情况不一致的问题，这一情况为日常管线巡视和维护工作引入了不确定性，导致可能出现判断失误。此外，部分区域存在管道穿越位置的埋设深度不足问题，这一情况在近年来尤为显著，随着洪涝灾害的频繁发生，尤其是在管道穿越河流的地段，过浅的埋设深度极易引发管道外露或漂浮等安全风险。此外，除了管道运营企业及其授权方之外的第三方实体或个人，在管道邻近区域所实施的可能对管道安全构成潜在威胁的各种工程活动，均可能显著增加施工风险并导致严重的后果。

2.5 人为破坏导致问题

国内天然气输送管道遭受非法破坏及盗取事件经常发生，且难以有效预防，主要由于输气管线网络覆盖广，难以实现全面的人员监管与控制，为众多违法者提供了可趁之机。此外，违规在管线敷设路径内搭建居所者亦不在少数，在气候严酷的冬季，违法者可能会在管线上钻孔窃取燃气，盗走管道阀门或其他附属构件，这些行为对整个管线系统的安全稳定构成了严重威胁。众多城市与乡村持续投入于基础建设的修筑与改造，以及老旧区域的翻新工程，进而造成天然气管线频繁受损的情况。

3 天然气输气管道的安全运行管理对策

3.1 管道选材和防腐技术

选择适当的管道材料是确保管道系统可靠性、持久性和安全性的关键因素。应用先进的材料涉及到广泛的技术进步与创新。在管道建设领域，高强度钢材扮演着关键角色，其显著的抗压与抗拉性能使其成为满足高压输送要求的理想材料。应用耐腐蚀材料尤为关键，其作用在于显著减少管道在长期处于恶劣环境条件下的腐蚀概率，从而有效延长管道的使用寿命。采用防腐涂层技术能够显著防止管道的腐蚀过程。管道在多种环境中暴露，这些环境包括大气、水分、土壤，以及其中所含的化学物质和引发的电化学腐蚀作用，均对其构成影响。采用防腐涂层技术能够有效降低管道遭受的机械磨损程度。在管道进入运营阶段后，应建立定期防腐层检查制度，并明确指定责任人以确保该工作的有效执行。

3.2 强化管道施工前及过程中的管理措施

为了有效减少天然气长输管道的安全事故发生，应提前做好预防策略。首先，加强施工过程中的全面监督至关重要，确保施工环节严格遵循规范，避免任

何潜在隐患的滋生。首先，在施工前，必须进行全面彻底的地质勘察，以识别并评估可能影响施工的潜在问题。若发现土壤特性与管道兼容性不符，如存在酸碱度不适宜、含水量过高或土壤稳定性不足等情况，必须采取有效措施予以解决。否则，未经处理的土壤条件可能导致管道腐蚀、渗漏甚至结构破坏，从而引发严重的安全和经济问题。因此，确保地质条件满足管道施工要求是预防后续潜在风险的关键步骤。其次，在管道建设过程中，现场监管至关重要，相关部门应派遣专业团队全程监督施工，以防问题滞后发现。完工后，还需依据高标准进行细致检测。施工材料检验与人力资源调配需严格执行既定标准，力求在确保工期的同时，全面提升施工质量。

3.3 加强第三方管理及普法宣传

在实施管道违章占压的有效管理策略时，强化第三方施工管理成为了至关重要的环节。第三方施工区域必须配置清晰显著的安全警告标识。燃气企业需派遣专业技术人员实施现场监督，以即时识别并阻止不当施工活动。同时，应强化日常巡视管理，确保施工场地的定期检查，至少每日执行一次，以有效预防及解决潜在的安全风险。反之，一旦出现任何问题，则需立即增强对第三方施工过程的监督与管理力度，确保施工活动的安全合规执行，为此，需细致划分各环节职责，确保实现全员责任制的目标。另外，为了提升公众对天然气管道保护法律法规的意识，应加强宣传教育，使大众深刻理解破坏天然气管道不仅违法，而且具有极其严重的社会危害性。通过增强公众法律认知，有效遏制恶意破坏行为的发生，保障公共安全与能源供应的稳定。

3.4 运用信息化和仿真技术

应用信息化和电子化手段持续加强技术防范措施，提升管道日常检验与维护工作中的科技应用水平。对于管网系统的泄漏检测任务，大多数输气管道的损坏和泄露现象往往起始于微小的泄漏。因此，对地下管线进行定期且持续的线路巡视是至关重要的。除常规的周期性检查外，提升管道的自动化监测能力成为关键。

引入智能化监测系统，实现对管道状态的连续、实时监控，对于早期识别和定位泄漏点具有重要意义。管理部门可采用 GIS 地理信息系统与无人机侦察、卫星摄影技术相结合的方式，持续监控野外天然气管道状况，实施日常的管线网络普查。此策略要求定期验

证、更新以及丰富相关文档资料，确保信息时效性和准确性。

其次通过计算机、采用云端存储等管理策略确保资料的完整性与连贯性，为监管人员提供了高效途径以即时监测及详查特定区域的管线状况，显著强化了管线的安全管理机制。在面临自然灾害时，无人机的介入实现了对管道的安全检查与评估，其迅速响应与实时灾情监控能力，极大地缩短了应急处理时间。此外，无人机在物资运输与人员定位方面的应用，进一步提升了面对自然灾害的整体应对能力和执行效率。

另外，仿真技术在确保天然气管道输送的安全性方面发挥着至关重要的作用。此技术通过计算机仿真来复制管道系统的运作及其在多种情境下的表现，以此来评估管道在不同环境因素下之效能与反应特性。首先，通过仿真技术，我们可以复制并模拟管道系统在不同工作条件下的行为。仿真技术能够有效地辅助提升管道运行参数的优化水平。通过开展管道系统的仿真实验，能够对运行参数进行灵活调整与优化，这一举措对于预防管道运行期间的非正常现象，以及减小事故发生概率具有显著作用。

此外，仿真技术还具备事故模拟与应急响应演练的能力。通过模拟管道发生泄漏、对于破裂等事故的模拟与应急处理演练，其主要目的包括评估应急预案的实用性与有效性，强化团队在面对突发事件时的应对能力，以及通过实践有效降低事故可能造成的损害与社会影响。

4 总结

随着天然气长输管网建设规模的持续扩张，管道安全问题更加严峻。因此，推进管道安全管理模式的革新已成为确保基础设施安全运行的必然选择。借助于不断演进的先进技术与优化的管理策略，管道系统的安全性将持续得到增强，从而确保能源供应的稳定性和可靠性，对社会与环境安全发挥积极作用。

参考文献：

- [1] 李雨琼, 董雨茜. 天然气管道输送安全关键技术与进展 [J]. 当代化工研究, 2024,(06):194-196.
- [2] 孔丹丹. 浅谈天然气长输管网安全运营中存在的问题及对策措施 [J]. 石化技术, 2023,30(12):109-111+100.
- [3] 蔡明. 天然气管道输送过程中管道防腐的研究及防腐策略探析 [J]. 清洗世界, 2022,38(08):64-66.
- [4] 武黎爽. 基于天然气长输管道的安全问题及对策研究 [J]. 石化技术, 2020,27(07):335+339.