

天然气管道运行风险防范与调度处置

李传辉

中石油昆仑燃气有限公司湖南分公司 湖南 长沙 410000

摘要：天然气管道的安全稳定运行是能源供应和社会发展的重要保障。本文首先分析了影响天然气管道安全运行的主要风险因素，包括管道本体缺陷、外部干扰、腐蚀、运行参数异常等方面。接着对如何加强设计与建设质量管控，采取防腐措施，搭建监测预警系统，加强第三方施工管理进行了详细论述。最后介绍了调度处置中应急预案编制、调度指挥体系建立、应急资源调配、事故恢复与重建等相关工作。以期为我国确保天然气管道安全稳定运行提供较全面的理论支持和实践指导。

关键词：天然气管道；运行风险；风险防范；调度处置

引言：天然气管道作为能源输送的基础设施，其安全稳定运行意义重大。由于管道存在诸多风险，例如：管道本身所存在缺陷、受外部干扰、腐蚀、异常运行参数等。这些风险交织在一起，威胁着管道的安全运行。要有效应对各种风险，就必须从防范和处置两个方面入手，制订合理科学的策略和措施来解决。本文通过对天然气管道运行风险的分析总结出主要风险因素并有针对性地提出相关的风险防范策略以及调度处置方法，为保障天然气管道安全运行提供参考。

1 天然气管道运行主要风险因素分析

1.1 管道本体缺陷风险

(1) 设计缺陷，管径选择不当、壁厚设计不足等不合理情况，会使管道在运行中难以承受正常压力、温度等工况，进而提高破裂、泄漏等事故发生概率。(2) 制造缺陷，管道可能存在焊接缺陷、材质不均匀等问题，此类缺陷会削弱管道强度与密封性，给管道安全运行带来隐患。(3) 安装缺陷，安装过程中，若未严格依照规范施工，可能出现管道倾斜、支架安装不牢固等问题，影响管道正常运行^[1]。这些本体缺陷风险相互关联、相互影响，任何一个环节出现问题都可能引发严重后果，从设计阶段的精准规划，到制造过程的质量把控，再到安装环节的规范操作，每个步骤都至关重要，只有全面重视并有效防控这些风险，才能保障天然气管道安全稳定运行，降低事故发生可能性。

1.2 外部干扰风险

第三方破坏包括建筑施工、打桩、爆破等作业对管道的意外损伤，盗窃、破坏管道设施等违法行为是导致天然气管道事故的主要原因之一。自然灾害方面：地震、洪水、泥石流具有很强的破坏力，易造成管道断裂、移位，从而引发天然气泄漏和供应中断，威胁周边

环境和人员安全。其它因素如地质条件变化，地基沉降、滑坡等会使管道承受更多的应力，进而造成管道变形、破裂等问题。这些外部干扰因素往往存在不确定性和突发性，难以完全预测和避免，需加强监测与预警，并采取相关措施及时防范，减少外界影响对于天然气管道的影响，保障其安全稳定运行。

1.3 腐蚀风险

(1) 外壁腐蚀，因管道外壁和土壤、水等介质接触产生，在土壤电阻率低、含水量高的区域，电化学腐蚀更易发生且更严重，会逐渐侵蚀管道外壁，削弱其结构强度。内壁腐蚀源于天然气中含有的少量水分、硫化氢等杂质，这些杂质在管道内壁形成腐蚀环境，引发内壁腐蚀。(2) 内壁腐蚀，不仅会减小管道流通面积，降低天然气输送效率，增加输送成本，还会使管道壁厚变薄，强度降低，进而增加管道破裂的风险。一旦管道破裂，天然气泄漏，不仅会造成资源浪费和经济损失，还可能引发火灾、爆炸等安全事故，对周边环境和人员安全构成严重威胁。所以，要重视天然气管道腐蚀问题，采取有效防腐措施，保障管道安全运行。

1.4 运行参数异常风险

其一是压力异常，管道运行压力过高或过低均不利，过高会超出管道承受极限，引发破裂事故；过低则无法保障天然气正常输送，影响用户用气。其二是温度异常，天然气温度异常会改变管道性能，温度过高会使管道材料强度下降，降低管道抗外力能力；温度过低则可能导致管道脆性增加，在受力时易发生断裂^[2]。其三是流量异常，其可能由管道堵塞、泄漏等引发，流量过大会让管道负荷加重，加速管道磨损；流量过小则无法满足用户用气需求，影响正常生产生活。因此，需实时监测管道运行参数，及时发现并处理异常情况，确保天然

气管道在安全合理的参数范围内运行。

2 天然气管道运行风险防范策略

2.1 加强管道设计与建设质量管控

(1) 优化设计方案,充分考量管道所处地区的地质、气象等条件,精准合理选择管径、壁厚等关键参数,保证管道设计能契合安全运行需求,从源头上降低运行风险。同时积极引入先进设计理念与技术,提升管道抗灾能力,使其在面对地震、洪水等自然灾害时更具稳定性与可靠性。(2) 严格制造与安装质量检验,要强化对管道制造全过程的监督力度,严格把控管道材质,确保其符合相关标准要求,对焊接环节严格检查,保证焊接质量达标。在管道安装过程中,施工人员必须严格依照规范操作,从管道的铺设、连接再到支架安装等每个步骤都要精准无误。安装完成后,要对管道安装质量展开全面检验,不仅要检查管道是否安装牢固,避免出现松动、移位等情况,还要确保管道密封良好,防止天然气泄漏,通过全方位、精细化的质量管控,为天然气管道的安全稳定运行奠定坚实基础。

2.2 实施有效的防腐措施

其一是外壁防腐,采用防腐涂层与阴极保护等手段。防腐涂层能直接隔离管道与土壤、水等易引发腐蚀的介质,在管道外壁形成保护屏障,减缓腐蚀速度。阴极保护则通过外加电流或牺牲阳极的方式,让管道成为阴极,改变金属的电化学性质,阻止电化学腐蚀反应的发生,有效保护管道外壁^[3]。其二是内壁防腐,先对天然气进行脱水、脱硫等预处理,降低其中水分、硫化氢等杂质含量,从源头上减少能形成腐蚀环境的物质,降低管道内壁腐蚀风险。运用内涂层技术,在管道内壁均匀涂覆一层防腐涂层,这层涂层不仅能进一步隔离天然气与管道内壁,还能增强管道内壁的抗腐蚀能力,延长管道使用寿命。通过外壁与内壁防腐措施的综合运用,全方位抵御腐蚀因素对天然气管道的侵害,保障管道在复杂环境下长期安全稳定运行,减少因腐蚀导致的管道破裂、泄漏等事故发生。

2.3 建立完善的监测预警系统

(1) 管道本体监测,借助先进传感器技术,对管道应力、应变、温度等参数实时监测,能及时察觉管道异常,同时运用无损检测技术定期检测管道,评估其完整性,以便提前发现潜在问题。(2) 外部环境监测,聚焦管道周边地质、气象等环境参数,通过持续监测及时掌握自然灾害等信息,为管道安全运行提供预警,关注地质变动可能引发的地基沉降、滑坡等情况,以及气象变化带来的极端天气影响。(3) 数据传输与分析,建立高

效数据传输网络,确保监测数据及时传至监控中心,再利用大数据分析、人工智能等技术对数据进行处理,深度挖掘数据价值,预测管道运行风险,精准判断管道可能出现的故障类型、发生位置和时间,为风险防范和调度处置提供科学合理的决策支持,从而实现对天然气管道运行状态的全方位、实时性监控与预警,有效降低事故发生概率。

2.4 加强第三方施工管理

其一是建立沟通协调机制,主动与管道周边施工单位构建常态化沟通渠道,及时掌握其施工计划,清晰准确告知管道位置和安全注意事项,让施工单位作业前全面了解管道情况。施工开展前组织安全技术交底,通过详细讲解、现场演示等确保施工单位知晓管道保护要求,明确施工注意事项和禁止行为,强化其对管道保护的重视。其二是加强现场监护,第三方施工期间安排专业人员全程监护,密切关注施工动态,发现违规操作立即制止并督促整改。对可能影响管道安全的施工,严格要求施工单位按规范采取保护措施,如设置防护栏、调整施工工艺等,通过全方位全过程监护管理,最大程度降低第三方施工对天然气管道的影响。

3 天然气管道运行调度处置方法

3.1 应急预案制定

(1) 风险评估与预案编制,依据对管道运行风险的全面分析结果,精准识别可能面临的事故类型,如管道破裂、泄漏等,进而制定具有高度针对性的应急预案。预案内容要涵盖事故类型明确界定、应急响应程序详细规划以及应急救援措施具体安排等方面,确保在事故突发时,各环节能迅速有序衔接,相关人员清楚知晓自身职责与行动步骤,实现快速、有效地处置,最大程度降低事故损失与影响。(2) 预案演练与修订,要定期精心组织应急预案演练,模拟真实事故场景,检验应急预案在实际操作中的可行性与有效性,查看应急响应速度、救援措施执行情况等是否达到预期目标。通过演练发现预案存在的不足与问题,依据演练结果,对应急预案进行全面、细致的修订和完善,优化应急响应流程、更新救援措施等,持续提升应急处置能力,使应急预案始终贴合管道运行实际情况,为天然气管道安全稳定运行提供坚实的保障。

3.2 调度指挥体系构建

要建立统一的调度指挥中心。因为在整个管道运行调度和应急指挥过程中,这是“大脑”。它起着统筹协调作用。通常来说,需要配备足够先进的通信设备、充分保证信息传输的及时性、准确性等,不论到何处都能

保持畅通无阻；还必须安装高效的调度系统，实现对各站场运行状态的实时监控与精准调度以及对应急救援队伍的快速指挥与调配^[4]。明确调度指挥职责也很重要，我们要对调度指挥中心每一岗位的工作职责做出明确规定，从信息收集和分析人员到决策制定与下达人员再到同各站场、应急救援队伍沟通协调人员等岗位，每个岗位都要有明确的任务和权限，当发生事故后能够迅速入位，各司其职又密切协同，形成强大的应急合力。并且要求调度指挥人员具有丰富的专业知识和应急处置经验，面对突发情况冷静分析、迅速判断，做出正确决策，确保天然气管道正常运行时高效、有序，遭遇事故时能快速响应、妥善处理。

3.3 应急资源调配

(1) 应急物资储备，要建立专门的应急物资储备库，依据可能发生的事故类型，储备抢修设备、防护用品、消防器材等必要抢险救援物资，确保种类齐全、数量充足。制定严格的检查和维护制度，定期对应急物资进行全面检查，查看设备是否损坏、物资是否过期等，及时进行维修、更换和补充，保证应急物资始终处于完好有效的状态，随时能投入使用。(2) 应急救援队伍组建，组建专业且多元化的应急救援队伍，涵盖抢险救援队、医疗救护队等不同职能队伍。为提升队伍实战能力，要定期组织培训和演练，培训内容包括事故处置技能、安全防护知识等，演练则模拟真实事故场景，锻炼队伍的应急反应速度和协同作战能力。通过持续的培训和演练，让应急救援队伍熟悉事故处置流程和方法。一旦事故发生，能够迅速调集应急救援队伍和物资，以最快的速度、最有效的措施开展抢险救援工作，降低事故损失和影响。

3.4 事故后的恢复与重建

事故发生后，首要任务是开展事故评估与总结，需迅速组织专业人员对事故原因展开全面深入的调查分析，精准定位事故根源，同时评估事故造成的直接与间

接损失，包括管道损坏程度、天然气泄漏量、对周边环境及用户的影响范围等。还要系统总结应急处置过程中的经验教训，分析应急响应速度、救援措施有效性、各部门协同配合情况等方面存在的问题，为后续完善风险防范策略和调度处置流程提供详实参考^[5]。之后进行管道修复与恢复供气，依据事故具体情况制定科学合理的管道修复方案，选用合适材料与工艺及时修复受损管道。修复完成后，要开展严格检测和试压工作，运用专业设备和技术手段，确保管道强度、密封性等指标符合安全运行标准。需结合用户用气需求和管道修复进度，合理安排供气计划，通过优化调度、分阶段恢复等方式，尽快且有序地恢复对用户的供气，保障用户正常生产生活，将事故影响降到最低。

结束语

综上所述，天然气管道安全稳定运行意义重大，关系到能源供应与社会发展。从风险因素分析来看，包括本体缺陷、外部干扰、腐蚀及运行参数异常等；防范策略有设计建设管控、防腐、监测预警和第三方施工管理，调度处置方法涉及应急预案、指挥体系、资源调配、事后恢复重建等。只有通过全面落实这些措施，形成完善的体系才能减小风险，保障天然气管道持续安全稳定运行，为社会发展提供优良的能源支撑。

参考文献

- [1]姜枫.关于天然气长输管道的调度运行管理的若干思考[J].科学发展与研究,2025,5(9):28-34.
- [2]林宇鹏,卞文超.天然气长输管道安全运行的思考[J].读报参考,2025(22):27-28.
- [3]温涛,李海宝,张宇.论天然气管道运行管理中的隐患及对策[J].中国科技期刊数据库工业A,2025(6):057-060.
- [4]伊岩.天然气管道站场消防风险与应急管理策略研究[J].消防界(电子版),2025,11(19):7-9.
- [5]林永平,石磊.天然气长输管道运行安全风险及预防措施[J].中国科技期刊数据库工业A,2024(6):0144-0147.