

天然气长输管道安全运行风险及预防措施研究

王浩运（国家管网集团甘肃公司天水输油气分公司，甘肃 天水 741000）

摘要：为了保障天然气长输管道的运行安全，本次研究首先阐述了天然气长输管道安全运行的重要性，在此基础上，对天然气长输管道运行存在的安全风险进行了分析，并提出了管道运行安全的保障措施，为提高管道运行的安全奠定基础。研究表明：在天然气管道运行的过程中，主要存在管道材质缺陷风险、管道加工工艺不达标风险、管道腐蚀风险、第三方施工及非法占压风险和人员操作失误风险等五个方面，相关企业需要从科学设计长输管道各项参数、提高管道加工工艺水平、加强管道防腐管理、严格落实安全操作规程、加强安全技术管理和建立高效完整的应急抢险体系等角度采取有效措施，全面提高管道运行的安全性。

关键词：天然气；长输管道；安全风险；预防措施

0 引言

随着我国对环境保护重视程度的不断提升，在日常生活中对绿色清洁能源的开发力度也在不断提高，天然气作为我国主要的生活能源，其管道铺设已经十分完善。但是，天然气管道在输送过程中会受到多种因素的影响，因此对天然气的管道安全也产生一定的影响。所以，为了能够提高天然气长输管道的安全性，必须加强对管道的安全管理工作，其中在进行管道线路的设计阶段就要进行科学合理的设计，从而保证管道在运输过程中能够满足不同阶段的要求，此外还要加强对管道的防腐处理，加强对长输管道的自动化控制技术应用，从而避免一些安全事故的发生。

1 天然气长输管道安全运行的重要性

我国地域广阔，能源分布不均匀，天然气的分布区域也具有明显的不均匀性，目前采用长输管道进行天然气输送是最为有效的手段。在天然气长距离输送过程中，需要针对输送的天然气属性和长输管道特点，有针对性地利用防护措施降低输送过程中的安全风险。确保天然气长输管道安全运行的主要意义在于，一方面，天然气目前已成为民生能源，绝大多数居民都在使用天然气作为主要能源，天然气输送工程也是民生工程，对社会稳定发展和进步起到重要的作用。另一方面，天然气属于我国大力发展的清洁能源的一种，但由于我国具有能源储量不均匀的特点，采用管道进行长距离输送可以有效促进能源的平衡性，有利于国家快速发展。天然气长输管道一旦发生安全风险事故，所造成的后果非常严重，可能引起火灾、爆炸，同时对周围环境产生污染，更严重的会造成人员伤亡和大量的经济损失，给社会经济的发展带来巨大的经济损失。因此，要确保天然气长输管道安全稳定的生

产运行至关重要^[1]。

2 天然气长输管道安全运行风险分析

2.1 管道材质缺陷风险

天然气长输管道的安全运行主要是通过管道本身的安全性保证的，确保管道满足安全可靠的要求，才能确保天然气在长距离输送过程中能够安全。如果天然气长输管道的材质不能够满足长距离输送的要求，很容易引起管道材质破坏，进而造成天然气泄漏的风险。天然气管道由于材质缺陷造成的风险主要表面为三方面：首先，管道自身采用的材料质量较差，使用前未对管道的壁厚、强度进行校核，材质的质量没有达到合格的标准，因而在生产运行过程中造成局部损坏的发生，引起天然气泄漏；其次，天然气管道的材质与建设区域的气候、土壤等环境因素不匹配，在长时间工作运行后管道会出现损坏的情况；最后，天然气长输管道的内衬工艺、防腐涂层施工以及接口焊接的质量没有达到设计标准，这些因素都会引起天然气管道损坏，最终造成天然气泄漏事故的发生^[2]。

2.2 管道加工工艺不达标风险

天然气长输管道在生产加工过程中，其加工的工艺是要根据不同区域天然气管道的情况进行的，这对管道后期运行的安全性至关重要。如果天然气管道的加工工艺没有基于其运行安装环境因素、地形地貌、管道安装条件等因素开展详细的分析设计，那么管道在后期运行过程中极易发生安全事故。管道的加工工艺同样对管道的安全性带来较大的影响，对于天然气长输管道的接口焊缝焊接时，焊缝的焊接工艺对后期管道的安全运行具有较大影响，例如，利用螺纹焊管加工工艺或者直缝焊管加工工艺，会在管道焊缝处产生明显的内应力。如果焊缝焊接的工艺质量不满足要

求，造成天然气内部流动过程中产生较大的内应力，管道会出现内部应力破坏的风险。

2.3 管道腐蚀风险

长输管道的距离相对较长，跨越的区域相对较多，不同区域的环境存在较大的区别，因此，管道运行过程中出现腐蚀的概率也相对较大。引发管道腐蚀问题的因素可以分为四个方面：

其一，介质腐蚀。在介质进入管道之前，已经对其进行了全面的处理，但是对于我国部分集输处理站而言，其建成时间相对较早，设备的先进性不足，且在设备长时间连续运行以后，其出现故障问题的概率相对较高。由此可见，介质处理设备运行的稳定性不足，导致介质的处理并不完善，部分腐蚀性物质将会进入到管道中，最终对管道内壁产生严重的腐蚀问题；

其二，土壤腐蚀。长输管道一般会敷设于地下，该种敷设方式占地面积相对较小，但是土壤中含有一定的酸性物质，这部分物质与管道金属接触以后，管道必然会出现外腐蚀问题，对于我国大多数的管道而言，都已经敷设了外防腐层，但是在进行管道施工的过程中，可能会对防腐层产生一定的破坏，这是外腐蚀问题出现的重要原因；

其三，杂散电流腐蚀。管道穿越的区域相对较多，在部分地区，管道需要与高压电缆交叉敷设或者并行敷设，同时还需要穿越部分电气化铁路，这些电气化设施运行的过程中将会产生大量的杂散电流，为了防止杂散电流对周围居民的健康产生威胁，会将杂散电流导入地下，在管道与杂散电流相互接触以后，管道出现电化学腐蚀的概率将会提升；

其四，电位腐蚀。在我国的不同区域，土壤电位会存在一定的差距，最终导致管道不同位置处的电位存在一定的差异，此时管道本身将会形成原电池，管道将会受到严重电化学腐蚀的影响。

2.4 第三方施工及非法占压风险

天然气长输管道往往跨越多个省、市、区、县等区域，虽然法规条款明确规定不能在天然气长输管道安全保护范围内开挖、钻孔、采矿、爆破等施工作业，但是第三方施工单位、人员因天然气长输管道相关的法律意识淡薄、缺乏管道保护意识，着重抓施工工期，加之施工中与管道所属企业沟通不到位，施工时未注重避让天然气长输管道，改线难度大，地质勘探不到位等情况，导致第三方施工无视管道安全保护距离，非法占压甚至损坏天然气长输管道^[3]。

2.5 人员操作失误风险

天然气长输管道整个管网运行需要大量的人力资源，工作人员在工作时若出现违章操作、注意力不集中、操作失误等原因将会长输管道运行带来较大风险。一是管道运行站场人员操作失误，主要是对管道检查不仔细、对泄露地方排查不到位、腐蚀破坏处未及时发现、压缩机定期保养执行情况和零件更换维修不认真等都会造成失误风险；二是由于我国管道的长度相对较长，所需要的巡护人员数量相对较多，部分企业巡护人员的配置不足，导致管道的巡护效率相对较低，在出现风险问题以后无法及时发现，安全风险问题容易扩大化。

3 天然气长输管道安全保障措施研究

3.1 科学设计长输管道各项参数

对于天然气长输管道而言，在建设的初级阶段，就应该加强设计力度，基于管道安全运行，对沿线外界环境的各项因素，展开深层研究，应用模拟工具计算分析管道的有关参数，比如，管道承载量、管道承受的温度等，对于得到的分析结果，需要进行多次细致的校核处理，保证管道设计合理，提升管道的强度、厚度、硬度等各项指标。根据设计结果的各类数据，首先，应该对管道的材料进行严格的管理和控制，择取出适应环境的管道材质，保证管道的强度达到标准，拥有较强的抵抗压力作用，可以抵抗腐蚀性；其次，依据设计的结果，保证管道铺设的合乎情理，研究好地势、高度差等因素，保证它们对管道的不良影响作用降至最低。

3.2 提高管道加工工艺水平

天然气长输管道在设计阶段需要对加工工艺开展精细化的分析，提高加工工艺水平，进而有效地避免管道内应力的产生，保证天然气管道在生产过程中承受较小的压力避免破坏的产生。首先，管道接缝在焊接过程中，要加强焊缝的工艺水平，提前进行预热处理并利用螺旋焊管焊缝处理；其次，在天然气管道敷设过程中按照实际地质条件改变管道方向；再有管道建设过程中需要通过增加固定支架或是导向支架改变管道原有的约束形式；最后在管道建设前要对管道进行应力分析，做到有针对性的消除内应力的产生。

3.3 加强管道防腐管理

针对管道的腐蚀问题，需要采取的措施可以分为以下四个方面：针对管道的内腐蚀问题，需要对上游处理设备进行全面的改进，定期对设备进行维护和检

查，确保处理设备长期处于稳定运行状态，如果介质中酸性物质的含量相对较高，则可以在管道中加入一定量的缓蚀剂，进而使得管道内腐蚀速率全面降低；针对管道的外防腐问题，增设外防腐涂层是降低外腐蚀速率最有效的措施。在进行管道建设的过程中，需要对管沟底部的土壤以及回填土壤进行全面的处理，防止土壤中含有体积较大的石块，以此防止出现外防腐层损坏问题。

同时，在管道日常运行的过程中，也需要定期对外防腐层进行检测，发现防腐层的破损位置并进行全面的修复，使得外防腐层可以充分发挥作用；针对杂散电流腐蚀问题，需要对管道沿线电气化设施的分布情况进行全面调查，对电气化设施附近杂散电流的密度进行检测和分析，如果发现杂散电流对管道腐蚀产生影响，则需要在这些位置处增设排流设施，以此降低杂散电流对管道的危害；针对电位腐蚀问题，需要对管道实施阴极保护，阴极保护是一种电化学防腐措施，与单纯的物理防腐相比，电化学防腐的应用效果相对较好，但是在阴极保护措施长时间使用以后，也会出现失效问题，因此，需要定期对阴极保护电位进行检测，如果发现保护电位不合理，则需要对阴极保护装置的运行参数进行合理调节，以此使得阴极保护设施可以充分发挥作用。

3.4 严格落实安全操作规程

建立完善天然气长输管道运行管理制度，健全安全操作规程，形成良好的管道运行保护长效机制。首先，严格落实规章制度和操作规程，对相关人员进行严格的培训教育，培训合格后方可上岗作业；其次，加强作业现场检查巡查力度，对施工作业人员的作业审批材料、技术交底、防护措施等进行检查，确保作业符合操作规程的要求；同时，以考核奖惩督促人员严格落实操作规程，避免人员作业不按照操作规程、操作态度不认真、责任心不强等现象带来风险隐患，采取奖惩考核制度，鼓励和刺激人员严格执行各项制度。

3.5 加强安全技术管理

其一，加强管道巡检。天然气长输管道的管理企业应在管线沿线增设标志桩和警示牌，加强巡检人员专业技能的培训，强化管道巡检信息化系统建设，定期下达巡检计划，监督巡检计划执行情况以及巡检轨迹，特别是偏对远、荒凉地区、跨越河流、公路、铁路、涵洞等特殊地段的巡护。其二，落实管道定检。在役

天然气长输管道因管道材质、土壤环境、管输介质等因素影响会加速老化腐蚀，不仅会影响管输能力，严重的会导致管道锈蚀穿孔，威胁生态环境和周边群众生命财产安全。其三，搭建自动化管理平台。GIS 系统依托地球空间地理信息数字化平台，搭建天然气长输管道的完整性管理数字化信息，载入埋地天然气长输管道地理测绘数据、电子地图的显示与编辑、基础功能、搭载巡检板块等，通过系统模块化、设计子模块相互之间的接口、系统的软硬件设计等总体设计，系统数据库、数据源和数据传输、功能、界面、数据输入与输出、权限等详细设计，为实现天然气长输管道的完整性管理提供详实的技术数据。

3.6 建立高效完整的应急抢险体系

长输管道安全管控措施以预防为主，抢险救援为辅，而应急抢险措施是一种保险措施，重在事故后降低后果损失。要根据长输管道运行实际建立高效的应急抢险体系，首先，建立应急抢险管理制度和应急组织架构，其次，建立应急抢险救援队伍，再建立应急抢险救援预案和各项突发事件专项处置方案，最后，落实应急抢险定期培训和应急演练工作，从而形成高效完整的应急抢险体系，对长输管道突发事故维修抢修进行及时有效的处置，以确保长输管道可持续安全运行。

4 结束语

综上所述，天然气长输管道的安全运行对于社会经济的发展至关重要，同时，也为天然气能源的正常供给提供重要保证。然而，天然气管道在生产运行过程中存在多种风险，包括管道材质本身的缺陷、加工工艺不达标、管道腐蚀、第三方施工及非法占压和人员操作失误等风险，只有从科学设计长输管道各项参数、提高管道加工工艺水平、加强管道防腐管理、严格落实安全操作规程、加强安全技术管理和建立高效完整的应急抢险体系等方面采取有针对性的措施，才能降低风险发生的概率，确保天然气管道安全稳定运行。

参考文献：

- [1] 桂巍 . 天然气长输管道运行过程中风险控制技术措施探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2016(10):127-128.
- [2] 王国庆 . 天然气长输管道运行中的风险及控制 [J]. 江西建材 ,2016,(14):269-269,273.
- [3] 王英霞 , 曹靓 . 基于天然气长输管道安全风险及保护措施的研究 [J]. 石化技术 ,2021,28(09):190-191.