

输油管道安全运行风险及控制措施研究

王震宇（国家管网沈阳输油气分公司丹东作业区，辽宁 丹东 118000）

摘要：石油资源作为一种重要的战略资源，在社会发展的各个领域，都发挥着非常重要的作用。由于原油集输管道的特殊性，在储运过程中存在较多的安全风险因素，一旦处理不当，就很容易造成原油泄漏和爆炸事故的发生。为了保障输油管道的运行安全，本次研究首先对输油管道运行中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。研究表明：在输油管道运行过程中，主要存在管道材质缺陷、管道加工工艺不达标、管道腐蚀和沉积物堵塞等风险，相关企业需要采取多种有效措施，包括：提高原油管道工程质量，加强管道防腐保护，加强管道监督管理、做好定期巡检和维护，建立应急响应预案和提升专业技术人员综合素质等，确保输油管道的运行安全。

关键词：输油管道；安全运行风险；控制措施；腐蚀

0 引言

我国经济的发展，离不开能源的供应，能源影响着我们生活的方方面面。石油作为一种重要的战略资源，在社会发展的各个领域，都发挥着至关重要的作用。所以，研究输油管道的安全问题，避免出现运输过程中漏油等事故的发生，不论是对我国经济的发展，还是对我们的生活都有非常重大的意义。原油长输管道由于具有安全性高、能耗低、输送量大、成本低和经济效益好等优势，成为输送原油普遍采用的方式。

近年来，随着我国经济的高速发展，对原油的需要量不断增加，长输管道技术也在不断发展，水平逐渐提高，特别是高凝含蜡原油的加热输送、原油热处理、高压输送及添加剂综合处理工艺已达到或接近国际先进水平。但是，原油输送管道在运行过程中，由于腐蚀、原油杂质与管壁摩擦造成的磨损以及意外损伤等因素，不可避免会造成管线的局部减薄、损坏甚至发生泄漏事故，轻则影响原油的输送、供应，重则会造成输送系统的瘫痪甚至引发火灾、爆炸等事故。因此，为了保证原油长输管道的安全运行，必须加强输油管道安全运行管理。

1 输油管道安全运行风险分析

1.1 管道材质缺陷

输油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，才能确保输油管道在长距离输送过程中安全运行。如果长输管道的材质不能满足长距离输送的要求，那么很容易引起管道材质破坏，进而造成输油管道泄漏。总体而言，输油管道由于材质缺陷造成的风险主要表现为以下三方面：

首先，输油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，引起管道泄漏；

其次，输油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，输油管道的内衬工艺、防腐涂层施工以及接口焊接的质量没有达到设计标准，这些因素都会引起输油管道腐蚀、损坏，最终造成原油泄漏事故的发生^[1]。

1.2 管道加工工艺不达标

输油管道在生产加工过程中，其加工工艺是要根据管道所处不同区域的环境情况进行确定的，这对管道后期运行的安全性至关重要。如果输油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，在输油管道的接口焊缝焊接过程中，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，利用螺纹钢管加工工艺或者直缝钢管加工工艺，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，就会造成输油管道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。

1.3 管道腐蚀

由于输油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差别，因此，输油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，虽然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。输油管道一般敷设于地下，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，虽然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，这也是导致外腐蚀问题出现的重要原因；

其三，杂散电流腐蚀。输油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]。

1.4 沉积物堵塞

输油管道在长时间运行后，管道中会积聚沉积物，如石蜡、腐蚀产物等，沉积物的积聚会导致管道内径变窄，增加管道内流体的摩擦阻力。随着沉积物不断聚积，管道内径将进一步减小，导致油流的流量减小，甚至完全堵塞管道，沉积物积聚会增加管道的维护成本。清除沉积物需要停产、清洗管道或使用刮板、清洗器等工具进行清除，这会引起生产中断和额外的维护费用。沉积物的存在会导致原油在管道内停滞时间增加，使得腐蚀和侵蚀的风险加剧。腐蚀和侵蚀会降低管道的强度和耐久性，从而进一步增加管道破裂的风险。

2 输油管道安全运行控制措施

2.1 提高原油管道工程质量

2.1.1 合理规划原油管道路线

输油管道路线较长，跨度也较大，途径不同的地

质或者常发地质灾害的地方会严重影响管道安全问题。在设计阶段，需要综合考虑管道途径区域的地质地形、环境因素、土壤条件等，选择最合适的管道路径，尽量避开地震带、山区、水源保护区等风险区域。根据输送原油的体积、压力要求等，确定管道的规格和材料，并考虑到耐腐蚀性、耐压性、耐疲劳性等特性。在管道施工过程中，需要遵循国家和地区的施工规范和标准，特别是对焊接、防腐处理、涂层保护等方面的质量控制要求，以确保管道的可靠性^[3]。

2.1.2 严格控制管材质量

首先，严格把控管材的质量，按照国家标准采购管材。对采购人员进行严格的培训，充分了解输油管道所需管材的强度、抗压等性能要求，熟练掌握管材的辨别方法，从有生产资质的合格厂家采购管材。其次，要明确管材的运输条件和储存条件，将管材储存在干燥的环境中，避免管材的腐蚀。在管材使用之前，分批次进行外观检查和性能抽样检查，避免因储存不当造成管材性能降低，影响使用。总而言之，管材的质量直接决定了原油管道的安全系数，只有保证了管材的质量，才能降低输油管道出现安全事故的概率。

2.2 加强管道防腐保护

管道防腐材料和防腐工艺的选择是管道防腐防护的核心，随着管道腐蚀问题的日益严峻，新的防腐技术和防腐材料不断涌现，应用更高效和更经济的防腐材料和防腐技术，能够显著提高管道的安全性和使用寿命。涂层防腐是目前最常用的管道防腐方法之一，通过在管道内、外壁涂覆一层耐腐蚀的涂料或涂层，可以有效阻止外界腐蚀介质对管道的侵蚀。常见的管道外部涂层包括环氧树脂涂层和聚丙烯涂层等，这些涂层具有优异的抗腐蚀性能，并且可以提高管道的机械强度及耐磨性，而管道内部则可以采用环氧树脂和陶瓷涂层等材料，阻止原油中的杂质对管道内壁的侵蚀。

近年来，随着纳米技术和高分子材料的不断发展，涂料的防腐效果得到进一步提升，纳米涂料可以形成均匀的保护层，提升涂层的附着力和耐用性，具有更强的抗腐蚀和抗老化性能。未来随着纳米材料的进一步发展，管道涂层的防腐功能将更加多样化和高效化。针对不同的腐蚀环境，管道应选用不同类型的防腐材料，对于海洋环境中的管道，可以选择耐盐雾腐蚀的涂层，对于寒冷地区的管道，可以采用抗冻性强的涂层，针对不同类型的腐蚀，采取因地制宜的防腐策略，

是提高管道安全性的重要措施^[4]。

2.3 加强管道监督管理，做好定期巡检和维护

输油管道安全运行需要进行有效的监督和管理，以确保管道安全的运行。首先，建立健全的管道安全管理体系，包括安全政策、目标、责任体系、程序和规范等；制定操作规程、应急预案、安全教育培训等制度和文件，明确工作流程和职责分工；其次，建立管道运营监测系统，通过监测设备、传感器、报警系统等，及时获取管道运行状态和参数，实现远程监测与管理。定期进行管道运行数据的分析、评估和报告，识别潜在问题，及时采取措施减少风险。最后，制定管道安全运行的关键指标，监测和评估管道的安全性能和运行质量，监管部门定期对管道运营进行监察和评估，确保运营商按照规定履行安全管理的责任。进行安全审计，对管道设计、建设和运行等方面进行独立的现场审核，评估管道的安全性和合规性。

输油管道的安全运行需要进行定期巡检和维护，以确保管道的安全和稳定。根据管道的直径、压力、输送量、环境条件、维护历史等因素，制定合理的巡检周期，如每日、每周、每月等。根据输油管道所处不同区域的环境差异，可根据风险评估进行巡检频率的分级。建立巡检计划，明确巡检的时间、地点、巡检人员等细节，确保巡检工作有条不紊地进行。根据巡检发现的问题，采取相应的维护措施，如更换损坏的管道段、修复泄漏部位、加固支架、调整安全设施等。定期对输油管道进行清洗、防腐蚀、涂层保护等防腐措施，延长管道的使用寿命和抵抗腐蚀的能力。检修和更换陈旧的阀门、安全阀、控制装置等设备，确保设备的正常运行^[5]。

2.4 建立应急响应预案

输油管道安全运行中的应急响应至关重要，其能够快速有效地响应和处理紧急情况，最大限度地降低安全风险。制定针对原油管道的应急预案，明确责任部门、人员和职责，确保应急响应的组织有序。根据管道特点和潜在危险，开展风险识别和评估，制定管道应急响应程度和启动条件。确定应急响应的程序和流程，包括危险源识别、紧急通知、信息收集、指挥调度、资源调配、现场处置、沟通报告等环节。对管道维修人员进行持续的培训，提高其对紧急情况的识别、响应和处理能力，组织实地演习和模拟演练，使工作人员熟悉应急预案的执行流程和操作要求，提高应对突发事件的应急反应能力。加强安全意识培养，

促使员工主动发现并报告潜在危险，增强预防和防控能力。

2.5 提升专业技术人员综合素质

专业技术人员的技能水平对输油管道的安全运行具有非常重要的影响，因此，需要不断加强专业技术人员培训，提升技术人员的综合素质，最大限度地避免原油输送过程中因人为因素而引发的安全事故。首先，严格推行岗位责任制，强化员工责任意识，确保各部门的通力配合与各阶段工作的有效衔接。其次，加快推进企业员工队伍建设，针对既有员工应加强专业技术培训，定期做好有针对性的预案演练工作，企业还应制定完善的作业指导书，要求员工严格依循标准流程进行操作，确保输油管道运行过程的安全性和稳定性。最后，应注重提升员工个人技术素养，使之树立管道完整性管理理念，全面推进企业信息化建设，促进企业安全生产效率稳步提升，保障成品油管道安全稳定运行。

3 结束语

综上所述，输油管道在日常运行过程中存在诸多风险，因此，做好输油管道安全运行管理及事故预防至关重要。要想使输油管道安全管理工作能够有效的进行，相关企业需要从提高原油管道工程质量，加强管道防腐保护，加强管道监督管理、做好定期巡检和维护，建立应急响应预案和提升专业技术人员综合素质等方面着手，采取多种有效措施，最大程度避免输油管道安全事故的发生，确保输油管道安全、高效运行。

参考文献：

- [1] 王鹏 . 石油管道储运的安全管理分析 [J]. 化工设计通讯 .2016(03):26-27.
- [2] 李一为 . 影响长输原油管道安全因素及风险控制方法分析 [J] 化工管理 ,2019(10):1.
- [3] 于婷,杜国勇 .原油长输管道环境风险分析与控制 [J]. 油气田环境保护 ,2013,23(6):79-81.
- [4] 王龙伟 . 石油管道储运安全及事故预防措施分析 [J] . 化工管理 ,2016(8):240.
- [5] 闫旭 . 原油长输管道安全防护技术浅析 [J] 营销界 ,2019(3):29.

作者简介：

王震宇（1978-），男，山东文登人，大学本科，工程师，主要从事石油天然气长输管道储运工作。