

长输管道在石油天然气运输中的安全性分析

郝冰洋

河南油田工程科技股份有限公司 河南 郑州 450000

摘要：长输管道作为油气运输的核心，其安全性关乎能源稳定。本文深析管道特点，探讨材料缺陷、自然灾害、第三方侵扰及运营管理等安全威胁。为评估风险，采用风险评估、无损检测及数据监控等技术。建议从设计施工优化、加强腐蚀防护、预防第三方破坏及提升运营管理等入手，确保管道安全。这些举措的实施，将有力保障油气输送稳定，满足国家能源需求，为经济可持续发展奠定坚实基础。

关键词：长输管道；石油天然气；安全性分析

引言

随着全球能源需求的不断增长，石油天然气等化石能源在国家能源结构中占据重要地位。长输管道作为连接能源产地与消费地的重要纽带，其安全性直接关系到能源供应的稳定性和可靠性。长输管道在运行过程中面临着多种挑战，包括自然环境因素、第三方破坏及运营管理问题等，这些因素对管道的安全性构成了严重威胁。深入分析长输管道的安全性，提出有效的保障措施，对于确保国家能源安全、促进经济可持续发展具有重要意义。

1 长输管道运输的特点与重要性

1.1 长输管道运输的特点

长输管道运输是一种将石油天然气从产地高效输送至消费地的特殊运输方式，具有鲜明的特点。其运量大，能够满足大规模能源输送需求。以管径1000毫米的原油管道为例，每年运输量可达数千万吨，甚至亿吨级别，为能源的稳定供应提供坚实保障^[1]。长输管道运输具有显著的成本优势，与铁路、公路等运输方式相比，其单位运输成本较低。这主要得益于管道运输系统的连续性和自动化运作，减少了中间转运环节，降低了人力、物力消耗。并且，长输管道运输占地少，大部分管道埋于地下，对土地的永久性占用极少，仅为公路的3%、铁路的10%左右，极大地节约了土地资源，符合可持续发展理念。长输管道运输还具备安全性较高的特点，在密闭环境下运输石油天然气，减少了油品挥发和泄露风险，有效降低了对空气、水和土壤的污染，且受恶劣气候条件影响小，能确保长期稳定运行。

1.2 在石油天然气运输中的地位与作用

长输管道运输在石油天然气运输领域占据主导地位。全球70%以上的出口原油产自陆上油田，这些原油需通过管道输往港口终端装船外运；海上油田一般也借

助海底管道将石油运输到陆上油库，处理后再装船。在洲内、国内陆地大宗原油运输（从油田到炼油厂）中，长输管道更是承担了主要运输任务。在我国，已逐渐形成跨区域的油气管网供应格局，像西气东输、西油东送等大型管道工程，将西部地区丰富的油气资源源源不断地输送到东部经济发达地区，有力地保障了国家能源安全，促进了区域经济协调发展。长输管道运输的稳定运行，确保了石油天然气能够及时、高效地供应到各个消费领域，满足工业生产、居民生活等多方面的能源需求，对国民经济的稳定发展起着至关重要的支撑作用。

2 影响长输管道安全性的因素

2.1 管道材料与制造缺陷

长输管道所选用的材料质量以及制造工艺水平，对管道的安全性起着决定性作用。管道材料需具备高强度、良好的韧性和抗腐蚀性等性能。在实际生产中，若管道材料存在质量问题，如材料内部存在气孔、夹渣等缺陷，会降低管道的强度和韧性，使其在承受压力时易发生破裂。制造工艺不当，如焊接质量不达标，焊缝处存在裂纹、未焊透等缺陷，也会成为管道运行过程中的薄弱环节。据相关统计，因管道材料与制造缺陷引发的安全事故占事故总数的15%-20%。在一些早期建设的长输管道中，由于当时材料标准和制造工艺相对落后，部分管道在运行多年后，陆续出现因材料老化、制造缺陷扩大而导致的泄漏事故，严重威胁管道安全运行。

2.2 自然环境因素

长输管道通常跨越不同的地理区域，面临复杂多变的自然环境挑战。地震、泥石流、洪水、山体滑坡等自然灾害，对管道安全构成严重威胁。地震可能导致管道基础位移、管道扭曲变形甚至断裂；泥石流和山体滑坡会掩埋、挤压管道，破坏管道结构。在2008年汶川地震中，部分长输管道受到不同程度损坏，导致油气泄漏，

造成能源损失,还带来严重的安全隐患。土壤腐蚀也是影响管道安全的重要自然因素。不同地区土壤的酸碱度、含水量、微生物等环境因素差异较大,会对管道外壁产生腐蚀作用。在酸性土壤环境中,管道易发生析氢腐蚀;在含水量高的土壤中,电化学腐蚀加剧。长期的土壤腐蚀会使管道壁厚变薄,强度降低,最终引发泄漏事故。据调查,约30%-40%的长输管道泄漏事故与自然环境因素有关。

2.3 第三方破坏

第三方破坏是长输管道安全面临的突出问题。人为无意破坏较为常见,如在管道附近进行施工时,施工机械可能误挖、误撞管道,损坏管道本体。据统计,因施工误操作导致的管道事故占第三方破坏事故的40%-50%。不法分子的盗油盗气行为也屡禁不止,他们在管道上打孔盗油盗气,不仅造成能源损失,还严重破坏管道结构,引发泄漏和爆炸等安全事故。一些地区还存在因管道周边居民安全意识淡薄,在管道上方搭建建筑物、种植深根植物等行为,影响管道安全运行。恐怖袭击也是第三方破坏的极端形式,虽发生概率相对较低,但一旦发生,将造成巨大的人员伤亡和财产损失,对社会稳定产生严重影响。

2.4 运营管理问题

长输管道的安全运营离不开科学有效的管理。在实际运营中,部分企业安全管理制度不完善,缺乏明确的操作规程和应急预案,导致在面对突发安全事件时,无法迅速、有效地进行应对。一些企业未制定详细的巡检制度,对管道运行状况不能及时掌握,使得一些安全隐患未能及时发现和处理。操作人员的专业素质和安全意识也至关重要^[2]。若操作人员对管道设备的操作不熟练,或在工作中违反操作规程,如违规动火、超压运行等,极易引发安全事故。据相关研究,因运营管理问题导致的长输管道安全事故占事故总数的25%-30%。

3 长输管道安全性评估方法

3.1 基于风险的评估方法

基于风险的评估方法是目前长输管道安全性评估的常用手段。该方法通过对管道运行过程中可能面临的各种风险因素进行识别、分析和量化,评估管道发生安全事故的可能性和后果严重程度,从而确定管道的风险等级。首先要识别管道存在的风险源,包括管道材料缺陷、自然环境危害、第三方破坏以及运营管理漏洞等。利用故障树分析(FTA)、失效模式与影响分析(FMEA)等技术,对风险源进行深入分析,确定其发生概率和对管道安全的影响程度。在此基础上,结合管

道的重要性和社会环境因素,对管道的风险等级进行划分。对于穿越人口密集区、环境敏感区的管道,风险等级相应提高。基于风险的评估方法能够为管道运营企业提供科学的决策依据,使其能够有针对性地制定风险控制措施,合理分配安全管理资源,提高管道的安全性。

3.2 无损检测技术在安全性评估中的应用

无损检测技术在长输管道安全性评估中发挥着关键作用。常见的无损检测技术包括超声波检测、射线检测、漏磁检测等。超声波检测利用超声波在管道材料中的传播特性,检测管道内部是否存在缺陷,如裂纹、气孔等。该技术对体积型缺陷检测灵敏度高,且检测速度快、成本较低。射线检测则通过对管道进行射线照射,根据射线穿透管道后的强度变化,判断管道内部缺陷情况,其对面型缺陷检测效果较好,但存在辐射危害,操作要求较高。漏磁检测主要用于检测管道外壁的腐蚀缺陷,当管道存在腐蚀时,其表面磁场会发生变化,通过检测磁场变化可确定腐蚀位置和程度。无损检测技术能够在不破坏管道结构的前提下,准确检测出管道存在的缺陷,为管道安全性评估提供重要的数据支持。通过定期对长输管道进行无损检测,可及时发现管道运行过程中出现的缺陷,评估缺陷发展趋势,为管道维修和更换提供依据,保障管道安全运行。

3.3 数据监测与分析在安全性评估中的作用

随着信息技术的飞速发展,数据监测与分析在长输管道安全性评估中的作用日益凸显。通过在管道沿线安装压力传感器、温度传感器、流量传感器等设备,实时采集管道运行数据,如压力、温度、流量等参数。利用数据分析软件对采集到的数据进行实时分析,能够及时发现管道运行过程中的异常情况。当管道压力突然升高或降低,超出正常波动范围时,系统可发出预警信号,提示可能存在管道泄漏、堵塞等问题,通过对历史数据的分析,可建立管道运行状态模型,预测管道未来运行趋势,评估管道在不同工况下的安全性^[3]。数据监测与分析技术的应用,实现了对长输管道运行状态的实时监控和动态评估,为管道安全管理提供了有力的技术支撑,有助于及时发现和处理安全隐患,提高管道运行的可靠性。

4 提高长输管道安全性的措施

4.1 优化管道设计与施工

在管道设计阶段,应充分考虑管道所经地区的地质条件、气候环境、人口分布等因素,合理选择管道走向和敷设方式。对于穿越复杂地质区域的管道,如断层、滑坡地段,应采用特殊的设计方案,增强管道的抗灾能力。严格把控管道材料质量,选用符合国家标准、性能

优良的管道材料。在施工过程中,加强施工质量控制,规范施工工艺。特别是在管道焊接环节,要严格按照焊接工艺规程进行操作,确保焊接质量。采用先进的焊接技术和检测手段,对焊缝进行100%探伤检测,及时发现和消除焊接缺陷。加强施工过程中的质量监督,建立健全质量验收制度,确保每一道施工工序都符合设计要求和施工标准,从源头上保障长输管道的安全性。

4.2 加强管道腐蚀防护

在石油天然气长输管道的安全管理中,针对自然环境因素导致的管道腐蚀问题,加强管道腐蚀防护显得尤为重要。以下是对加强管道腐蚀防护的详细探讨:首先,防腐涂层技术的应用是关键。通过在管道外壁涂抹防腐涂料,可以形成一层有效的隔离层,阻止土壤中的腐蚀介质与管道直接接触。目前聚乙烯涂层、环氧煤沥青涂层等防腐涂料因其良好的耐腐蚀性和附着力而得到广泛应用。这些涂层能够显著提高管道的抗腐蚀能力,延长管道的使用寿命。其次,阴极保护技术也是不可或缺的。通过向管道施加阴极电流,使管道表面成为阴极,可以抑制腐蚀的发生。阴极保护技术包括牺牲阳极阴极保护和外加电流阴极保护两种方式。在实际应用中,应根据管道的材质、长度、运行环境等因素,选择合适的阴极保护方式,确保管道得到充分的保护。定期对管道进行腐蚀检测也是必不可少的。利用智能清管器、腐蚀监测传感器等先进设备,可以实时监测管道的腐蚀状况,及时发现潜在的腐蚀问题。对于腐蚀严重的部位,应及时进行修复或更换,以确保管道在整个使用寿命周期内的安全性。

4.3 防范第三方破坏

第三方破坏是长输管道安全运行的一大威胁,为有效防范此类破坏,需采取以下措施:首要任务是加强管道安全宣传教育。通过发放宣传资料、组织安全讲座以及设置明显的警示标识等多种方式,向管道沿线的居民和施工单位普及管道安全知识。这不仅有助于提升公众对长输管道安全重要性的认知,还能增强他们的安全意识和法律意识,从而有效减少因无知或疏忽导致的破坏行为。建立健全的管道安全监管机制至关重要。应加强对管道周边施工活动的监管力度,确保施工单位在施工

前与管道运营企业充分沟通,并办理相关手续。施工单位还需采取必要的安全防护措施,以防止施工活动对管道造成破坏^[4]。对于未经许可擅自施工、危及管道安全的行为,相关部门应依法进行严厉打击,以维护管道的安全运行。利用现代科技手段也是防范第三方破坏的有效途径。可以安装视频监控和智能安防系统,对管道的重点区域进行实时监控,为管道的安全运行提供有力保障。

4.4 提升运营管理水平

提升长输管道运营管理水平是保障管道安全的关键。建立完善的安全管理制度,明确各部门和人员的职责,制定详细的操作规程和应急预案,并定期组织演练,确保在突发安全事件时能够迅速、有效地进行应对。加强对操作人员的培训,提高其专业素质和安全意识。定期开展业务培训和技能考核,使操作人员熟练掌握管道设备的操作方法和维护要点,严格遵守操作规程。利用信息化技术,建立管道完整性管理系统,对管道运行数据进行实时采集、分析和处理,实现对管道全生命周期的动态管理。通过定期开展管道安全评估,及时发现和整改安全隐患,不断优化运营管理措施,提高长输管道的安全性和可靠性。

结语

综上,长输管道的安全性是保障国家能源供应稳定和促进经济可持续发展的关键因素。通过深入分析影响管道安全性的各种因素,并采取相应的评估方法和保障措施,我们可以有效提升长输管道的安全性。未来,随着科技的不断进步和安全管理水平的持续提升,长输管道将更好地服务于国家能源战略和经济发展大局,为实现绿色低碳、可持续发展的目标贡献力量。

参考文献

- [1]杨斌,邢海燕.关于石油天然气长输管道中危险因素及其设计的分析[J].中国化工贸易,2020,12(3):27,29.
- [2]陈华.关于石油天然气长输管道中危险因素及其设计的分析[J].化工管理,2020(4):217.
- [3]马艺宁.石油天然气长输管道中危险因素及设计分析[J].石化技术,2021,28(3):150-151.
- [4]蔡其兵.石油天然气长输管道中危险因素及其设计的分析[J].现代工程项目管理,2023,2(12):15-16.