

石油天然气管道运输安全防护管理

林星佑（北京市燃气集团有限责任公司，北京 100023）

摘 要：伴随经济社会和工业产业的发展，其对各种资源、能源有了更大的需求，特别是石油、天然气等资源。但因天然气资源相对特殊且有一定的危险性，所以其常存贮在较偏远的地方，使用天然气资源时需要利用管道进行长距离运输，以便天然气能输送到城市的各家各户。然而，长距离管道运输经过的位置的地理环境在不断变化，如果发生安全事故，很可能影响社会的发展以及人们的生活。所以，应高度重视天然气管道的安全管理，还要采取措施将其存在的问题有效解决。基于此，文章首先分析了天然气管道运输安全管理工作的必要性，然后对天然气管道安全风险评估方法及运输安全控制策略进行了研究，以供参考。

关键词：天然气管道；运输安全；风险评估

1 天然气管道安全运行管理的必要性

伴随社会生产力水平的提高，我国各行业均迎来了发展的契机，加之能源经济市场一直处于直线上升的态势，其也加快了我国能源管道的建设进程。20 世纪 60 年代，我国建造了第一条长距离输气管道，经过数十年的发展和变迁，还形成了“西气东输”、“川气东送”等天然气管道网的输气格局。然而，天然气是一种有毒且易燃易爆的气体，确保天然气管道稳定、安全的运行，并将天然气输送到城市的各个家庭尤为重要。但因长时间的运行使用，天然气管道很容易受到施工问题、外界环境等多方因素的影响，甚至会出现起火、爆炸等安全事故，这不仅会造成严重的人员伤亡、经济损失，还会为社会和谐、稳定的发展带来负面影响。目前，我国一些天然气管道的运行时间较长，特别是集输管线，其使用年限更久，而因当时管线建设所采用的技术水平相对较低，再加上设计标准不够全面，所以部分管道已出现问题并进入了事故频发的阶段。并且现实中还易出现违章占压的现象，这为天然气管道的稳定、安全运行带来了很多隐患。所以，确保天然气管道的安全运行，做好管道的日常管理十分必要。

2 天然气管道系统的风险评估

2.1 风险因素分析

天然气管道系统安全受多种风险因素的影响，了解和析这些风险因素，对于制定有效的风险管理策略非常必要。具体包括：①自然灾害。地震、泥石流、洪水等自然灾害，会导致管道地面沉降、破坏甚至断裂，严重威胁管道系统的完整性和稳定运行；②人为破坏。恶意破坏、非法挖掘或盗窃行为，会导致管道泄漏、损坏甚至爆炸，对周边环境和公共安全造成严

重影响，对此需要加强安全监控和防范措施；③设备故障。管道系统中的泵站、阀门、管道接口等设备长期运行，容易发生磨损、老化或故障，进而引发泄漏或事故，对此需要定期进行设备检修和维护。

2.2 风险评估方法

在天然气管道系统安全管理中，风险评估是识别和评估潜在风险，制定有效管理措施的重要步骤。常用的风险评估方法，主要包括定性评估和定量评估，每种方法在不同情况下有其独特的应用优势。在实际应用中，根据具体情况和需求，可以灵活选择或者组合运用，确保风险评估工作的科学性和有效性。具体而言：①定性评估方法。主要依赖专家判断和经验分析，通过主观的方式对风险进行描述和评估，这种方法适用于风险因素不易量化、数据不完整或缺乏的情况。在天然气管道系统中，定性评估通常通过专家会商、文件分析和现场考察等方式，识别和描述各种潜在风险，例如自然灾害、人为破坏、设备老化等，有助于初步确定哪些风险需要进一步关注和处理。②定量评估方法。依据数据和数学模型，进行风险分析和量化计算。通过收集和分析大量的数据，使用统计学和工程学方法，对风险进行量化评估，得出发生损失概率和影响程度。常用的定量评估技术，包括风险概率分析、失效模式和影响分析（FMEA）、事件树分析（ETA）等，精确计算出不同风险事件的概率和可能造成的损失，从而为制定针对性的风险管理策略提供科学依据。③综合运用定性和定量评估方法，可以提升风险评估的全面性和精确度。定性评估能够全面了解各种潜在风险的性质和特征，为制定整体的风险管理策略提供重要参考；定量评估则能够精确分析风险的概率和可能带来的损失，有助于优化资源配置，

设计应对措施。

3 石油天然气管道运输安全防护管理措施研究

3.1 加强管道泄漏检测

①巡检过程中泄漏检测。主要采取目视检查方式,并使用仪器设备辅助检测,重点观察管道沿线是否存在燃气异味,是否发生土壤沉降坍塌、滑坡、管道外露、水体冒泡、草木枯死、积雪表层附着黄色斑块等异常问题,或是感知到燃气泄漏的异响等。②定期泄漏检测。常规性检测需要按照泄漏初检、泄漏判定、泄漏点定位的流程开展。其中,对于管道附属设备、管道技术设备的泄漏检测,需要采用泄漏初检与泄漏点定位的流程开展。各相关单位根据检测设备的装配状况,划分出多个区域,分别制定针对性的检测方案,并安排巡线员对调压箱、法兰接口位置开展检查工作,安检员主要负责引入管和室内泄漏检测。检测方式需按照管网工程和检查流程予以合理选取。若是同时选取至少两种方法,则主要使用仪器检测法。

针对埋地管道的初检工作,主要可使用车载或手持仪表、管道保压等检测方式,检查速度不可大于仪表最高检测速度限值,在进行管道保压时,要注意阀门不存在内漏,还需采取必要的监察控制措施,需要满足下述规定:①针对架空式管道实行检查时,需要使用遥距激光检测仪开展测漏工作,检查距离不可超出仪表设备的允许范围;②管网保压试验时,应当仔细观察管网控制点,如管道的阀门井、连接井、积水井、膨胀节点挑选合适的测压点位、装配压力表、登记压力数值,同时还要把检测全程记录下来;在实行保压试验过程中,全体工作人员务必要穿好防静电工作服,实行放散降压操作之时,需要对放散区域展开全面性安全监察工作;保压试验开展之前,务必要制定科学完善的操作计划,并且在两天之前告知周边住户,然后再对有关阀门与调压器实行泄漏检查,如果发现阀门存在漏气问题,就要采取其他类型的测漏方式。当对管网附属设备、管道技术设备开展初检工作时,首先要对法兰、焊接部位、螺纹等加以检查,而且要按照燃气密度、风向等因素确定合适的检查次序,检测仪表设备的探头要靠近目标检测位置。

当对阀门井、地下调压站之类的地下空间实行初检,要将仪表设备的探头放入井盖开孔中,或者是顺着井盖四周空隙位置开展检查工作,若是只测得天然气浓度却没有找出具体的泄漏位置,则要继续增大检查范围。在初检环节,若是出现下述现象,就可开展

泄漏点定位工作,利用仪表设备进行泄漏检查工作中发现确实出现了泄漏问题,就要在当前检测范围基础上往四周扩大100m,尤其是要仔细检测各种井、沟道。在泄漏判定环节,需要确定是否属于天然气的泄漏,明确外漏气体的具体类型。通过仔细分析研究,明确确实为天然气泄漏以后,就要立刻排查锁定漏点。漏点定位需使用检测孔、开挖等检测方法予以开展,针对架空式管网、管网附属设施则要使用仪表检测、气泡检测等方式。

检测孔中天然气浓度需要满足以下要求:①要将检测孔设置在管网上方;②检测孔数目和间隔距离需符合泄漏浓度峰值标准;③检测孔深需超过公路结构层的铺设厚度,孔洞底端和管网顶侧之间至少间隔30cm,设置的所有检测孔的深度与直径都应一致;④天然气浓度检查过程中需采用锥形、钟形探头,一直到仪表设备显示数值不再增加方可停止检测。当检测完毕以后,需要对不同检测孔测得数据予以分析比较,找出天然气浓度达到峰值的孔洞,再对这些孔洞实行开挖检测,一直到找出具体的泄漏点。在进行开挖之前,需要按照天然气泄漏的浓度来划分安全警示区域,同时还要合理布设警示标牌,在警示区域中需对交通加以管理控制,不得出现明火。现场工作人员需要配备好专门的职责身份牌,禁止不相关人员进入。

3.2 天然气管道的防腐保护措施

3.2.1 涂层防腐技术

涂层防腐技术是通过在管道表面涂覆一层或多层防腐涂料,形成一层屏障,以隔绝金属管道与外界腐蚀介质的直接接触,从而达到防腐的目的。涂层能够阻挡水分、氧气、盐分等腐蚀性介质渗透到金属表面,从而减缓电化学腐蚀的速度,且防腐涂料中含有缓蚀剂,能够抑制金属的腐蚀反应,提高金属的耐腐蚀性。在天然气管道防腐中,进行涂层涂覆之前必须对管道表面进行彻底的清洁和处理,包括去除油污、锈迹、旧涂层等杂质,确保金属表面干净、干燥、无油污。表面处理的质量直接影响涂层的附着力和防腐效果;根据管道所处的环境、运行条件以及防腐要求,选择合适的防腐涂料。涂料的性能应满足耐候性、耐腐蚀性、耐磨性、柔韧性等要求,防腐涂料包括环氧树脂涂料、聚氨酯涂料、氯化橡胶涂料等;采用刷涂、滚涂、喷涂等方式将涂料均匀地涂覆在管道表面上,涂覆过程中应注意涂层的厚度、均匀性和连续性,避免出现漏涂、流挂等缺陷,而对于多层涂层系统,应确保每

层涂料之间具有良好的相容性和附着力。涂层涂覆完成后,应对涂层进行质量检验,包括涂层厚度、附着力、硬度等指标的检测,发现涂层存在缺陷时及时进行修补,确保涂层的完整性和防腐效果。

3.2.2 环氧粉末静电喷涂技术

环氧粉末静电喷涂技术是一种高效的管道防腐方法,在喷涂过程中,环氧粉末由压缩空气输送到喷枪前端,粉末在喷枪出口处通过高压静电产生空气电离层,此时粉末粒子带有电荷,而钢管外表面带有相反的电荷,由于静电力的作用,粉末粒子被吸附在钢管表面,形成一层均匀的涂层。环氧粉末涂层具有优异的防腐性能。经过静电喷涂形成的涂层,厚度均匀,附着力强,能够有效隔绝腐蚀性介质与金属管道的直接接触,且环氧粉末涂层还具有良好的机械性能和耐候性,能够承受管道运行过程中的各种应力。为了提高防腐效果和涂层的综合性能,通常采用双层环氧粉末外层,底涂层由普通环氧粉末熔结而成,主要起防腐作用;面涂层则由改性环氧粉末熔结而成,用于提高涂层的机械性能,双层结构不仅增强了防腐效果,还提升了涂层的耐磨、抗冲击等性能。对管道表面进行预处理是确保涂层质量的关键,需要清除管道表面的油污、锈迹和其他杂质,以保证涂层的附着力,之后对管道进行喷砂处理,增加表面粗糙度,进一步提高涂层与金属管道的结合力。采用自动化生产线进行环氧粉末静电喷涂。通过调整喷涂参数,如喷涂压力、喷涂距离和喷涂速度等,确保涂层厚度均匀且符合设计要求,且双层环氧粉末的喷涂需要精确控制两层涂料的喷涂时间和厚度,以达到最佳防腐效果。喷涂完成后,对涂层进行质量检测是必不可少的环节,通过厚度测量仪检测涂层的厚度是否达标,并利用附着力测试仪检查涂层的附着力。

3.2.3 阴极保护法

阴极保护法是一种电化学保护方法,其基本原理是通过向被保护的金属结构施加阴极电流,使其成为电化学电池中的阴极,从而抑制金属的腐蚀过程。当金属结构被施加阴极电流时,其电位会负移,从而抑制金属的氧化反应,通过调整阴极电流的大小,可以使金属的电位降至其腐蚀电位以下,达到防腐的目的。阴极保护系统通常由外部电源(如整流器)提供直流电流,电源的正极连接到辅助阳极(如高硅铸铁阳极或混合金属氧化物阳极),而负极则连接到被保护的金属结构上。采用阴极保护法时,需要按照设计要求,

在管道沿线布置辅助阳极和参比电极,辅助阳极的间距和数量应根据土壤电阻率和保护电流的需求来确定,并安装整流器和其他控制设备,以确保稳定的阴极电流输出。在系统安装完成后,进行调试工作,确保各个组件正常运行,通过调整整流器的输出电流和电压,使管道的电位达到预设的保护电位范围,之后定期监测管道的电位和电流密度,以确保阴极保护系统的有效性。

3.2.4 强制排流技术

强制排流技术主要是针对杂散电流腐蚀而采取的一种电化学保护方法。其基本原理是通过设置排流设施,将管道上的杂散电流引导至接地极,从而防止杂散电流对管道的腐蚀。在天然气管道中,杂散电流主要来源于电气化铁路、直流电焊、电解等工业生产过程,电流通过土壤传播,可能对埋地金属管道造成腐蚀;排流设施包括排流导线、排流器和接地极,排流导线连接管道和接地极,将管道上的杂散电流引导至接地极,排流器则起到控制电流流向的作用,确保杂散电流能够被有效排出。通过强制排流,可以降低管道的电位,使其处于阴极保护状态,管道的金属表面不会发生氧化反应,从而避免了腐蚀的发生。在采用该技术时,根据前期调研结果,设计合理的排流系统,选择合适的排流器、排流导线和接地极材料,确保排流系统的导电性能和耐腐蚀性,并考虑到经济性和可行性,优化设计方案。

4 结语

综上所述,做好石油天然气管道运输安全防护不仅能够推动运输企业得到更好的发展,也有利于我国化工、交通等领域的长足发展,从而促使我国经济不断进步,使我国的综合国力更上一个台阶。同时做好石油天然气管道运输安全防护工作,也是对工作人员人身安全的高度负责,运输企业必须给予高度重视。

参考文献:

- [1] 魏股昇,何壮.探析物联网技术在石油管道运输监管中的运用[J].智慧中国,2023(11):77-79.
- [2] 石凌峰.石油长输管道安全运行管理探究[J].石化技术,2023,30(09):206-208.
- [3] 袁川晋,赖香霖,张志俞,等.油气管道运输中的工艺设备与自动化控制[J].天然气技术与经济,2023,17(04):30-33.
- [4] 苏波,赵丹.石油管道安全风险及防护措施[J].化学工程与装备,2023(08):253-254+261.