

天然气管道地质灾害防护技术探讨

马倩倩¹ 董常龙^{2,3} 李光让⁴

(1. 江西省天然气集团有限公司, 江西 南昌 330096)

(2. 江西省天然气管道有限公司, 江西 南昌 330096)

(3. 南昌大学, 江西 南昌 330031)

(4. 浙江省石油股份有限公司, 浙江 杭州 310005)

摘要: 目前, 天然气在国家能源的占比逐年增高, 未来还将进一步扩大使用范围, 为及时将大量天然气输送到千家万户及各个工厂, 天然气管道发挥了巨大作用。天然气管道从新疆穿越沙漠戈壁、崇山峻岭、大江大河到达我国中东部地区, 所经区域山涧峡谷密布, 沟壑纵横, 地形复杂, 地质变化多端, 常常受到滑坡、崩塌、塌陷、泥石流、河沟道水毁严重侵蚀等地质灾害侵扰导致管道变形、断裂引起管道泄漏爆炸, 造成人员伤亡及财产损失, 为降低地质灾害对管道安全运行的影响, 根据地质灾害的类型、特点及相关规范要求, 系统探讨了天然气管道预防地质灾害常用的设计和管理方法, 列举了典型地质灾害常用的防护技术及应急措施, 为天然气管道企业系统的开展管道地质灾害管理提供可参考的建议。

关键词: 天然气管道; 地质灾害; 防护技术; 应急抢险

天然气管道具有跨度长、易燃易爆等特殊属性, 管道埋设时需要避开人员密集区域, 常常穿越崇山峻岭, 跨越大江大河, 所经区域山涧峡谷密布, 沟壑纵横, 地形复杂, 地质变化多端, 正因这些原因, 天然气管道时常因地质灾害导致的事故发生。面对管道地质灾害的安全威胁, 在管道建设期、运行期等阶段积极开展地质灾害管理, 通过合理的设计, 积极的巡检、调查和评价、监测及检测、主动防护等措施做好地质灾害预防, 才能确保管道安全运行。

1 常见管道地质灾害类型及危害

管道地质灾害常见有滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、地面沉降等的岩土类灾害, 黄土湿陷、膨胀土胀缩、盐渍土盐胀溶陷等的特殊土灾害, 坡面、河沟道和台田地等的水毁灾害和地壳活动、地震等的地质构造类灾害。地质灾害发生迅速, 能对天然气管道产生巨大损害, 极易造成管道外露、管道变形乃至破裂, 威胁沿线人民的生命安全。

2 管道地质灾害防护管理的方法

管道全生命周期常包括设计、施工等建设阶段, 管道投产运行阶段及管道停运报废等阶段。管道地质灾害伴随管道各个阶段, 管道设计阶段对管道路由的选择很大程度上决定了管道后期地质灾害的风险程度, 通过细致的评价、评估、勘测等方式科学的规划、

选择管道路由, 及时避开地质灾害易发区域, 将为管道的安全运行奠定良好的基础。管道投产运行后, 定期通过开展管道地质灾害的巡检、调查及评价等方式, 可及时发现管道存在的地质灾害风险, 及时制定地质灾害整治规划, 可有效减轻或避免地质灾害对管道安全运行的风险, 确保管道安全运行。

2.1 管道建设阶段的地质灾害管理

管道建设初期, 根据各地区用气需求, 开展管道建设的可行性研究, 初步拟定管道路由, 科学的路由对管道避免地质灾害的威胁, 保障管道安全的运行起到了至关重要的作用。管道建设期的路由选择应避开滑坡、崩塌、塌陷、泥石流、河沟道水毁严重侵蚀等地质灾害地段, 也要避开中等危险及以上的灾害点、矿山采空区和全新世活动断层。为实现上述科学的路由选择, 地质灾害防治工程的勘察设计应与管道工程设计同步开展, 可按照可行性研究、初步设计、施工图设计及施工等阶段分步安排落实相关工作, 层层相扣, 紧密连接, 科学合理的实现管道地质灾害建设管理。为有效避开滑坡、崩塌、塌陷、泥石流、河沟道水毁严重侵蚀等地质灾害地段, 可行性研究阶段可通过逐项开展地震安全性评价、地灾危险性评估和防洪影响评价等方式及早发现管道路由沿线的地质灾害情况, 采取相应措施进行合理控制。从技术可行性、安

全、环境、经济合理等方面提出工程防治方案,根据相关的方案组织相关专家或人员开展合理性分析论证,本着经济安全的角度科学的优化管道路由,开展管道的初步设计。按照管道路由的初步设计,设计单位要及时开展现场踏勘,根据地质条件复杂程度和防治工程初步设计方案,做好灾害体的工程地质测绘,根据测绘数据开展防治工程涉及的各工程单元的施工图设计,并编制相应的说明书,为接下来的管道施工打下良好的基础。当管道施工图设计完成后,设计单位应及时将施工图纸交于建设单位及施工单位,并组织相关参与建设施工人员做好防治地质灾害工程技术交底及培训,施工单位培训完成后,根据施工图设计,组织施工人员开展管道施工工作。在管道施工过程中,管道地质灾害防治工程宜采用信息化施工,对开挖和钻孔揭露的地质情况、管道的方位及状态等信息进行编录,对山区管道建设工程施工期间的管沟开挖过程揭露的地质条件进行编录,对重大地质结论变化的区段进行补充勘察,对竣工后地形差异显著的区段重新测绘,编制施工前后地质情况变化对比图,并给出评价结论。

2.2 管道投产运行期间的地质灾害管理

在管道运行期间,随着地质环境的变化,地质灾害仍将伴随管道整个运行阶段,运行期间,管道地质灾害主要侧重监测与防护工作,根据地质灾害的特点,建立群测群防机制,开展地质灾害巡检、专业调查识别与评价、编制整治规划、开展监测与检测、完善地质灾害预警、强化工程防治、做好应急抢险管理等工作。

管道进入运行阶段以后,管道运行单位首先要开展地质灾害的跟踪巡检工作,根据管道沿线地质灾害情况,建立地质灾害清单,组织人员开展定期巡检,在巡检过程中发现的地质灾害变化、异常现象以及新灾害体,应进行现场复核、评价及处置,经论证需要应急抢险的,应立即实施应急抢险。

当管道运行一段时间,运行单位要定期开展管道沿线区域地质灾害专业调查识别与评价工作,专业调查一般包括基线调查和周期调查。新建管道应在管道投产前或投产后第一个水文年内完成地质灾害基线调查,形成初步的地质灾害调查报告。根据基线调查相关成果,合理安排地质灾害周期调查。管道地质灾害的基线调查和周期调查识别常以地面调查为主,结合资料收集分析、卫星遥感图像判译、无人机航空摄影测量、岩土工程勘察和管道惯性测绘内检测等技术方

法。运行单位在完成管道地质灾害调查后,根据管道地质灾害调查识别的成果,充分考虑灾害体的致灾机理、成灾过程以及管道的承载能力基于风险的评价方法形成管道地质灾害评价结果。

评价人员在完成地质灾害易发性、管道易损性和失效后果的定性、定量评价后,根据各种致灾地质作用的性质、规模、承灾对象的社会经济属性、致灾体稳定性以及致灾体与承灾对象遭遇的概率,对其潜在的危险性进行客观评价,编制地质灾害危险性评估,根据评价成果,采用风险管理技术制定近期、中期和远期的地质灾害整治规划方案,积极建立起主动防御体系。

运行单位在完成管道专业调查与评价工作成果后,根据地质灾害整治规划方案,结合管道工程设计文件、岩土工程勘察报告、相关论证或评估结论、现场及周边地质环境条件合理制定管体变形、管道附属、灾害体、防治工程结构和管土相互作用等方面制定分级监测方案。在地质灾害监测和评价结果的基础上,管道运行企业还要及时建立管道地质灾害预测模型,并采用地理信息技术融合监测和检测技术建立信息化预警平台,对可能发生和可以预警的管道地质灾害进行中长期、短期和临灾预警,及时对预警范围、等级、时段进行响应和信息发布。

3 常见管道地质灾害工程防治方法

在完成地质灾害相关评价工作以后,对列入工程整治规划且确需治理的地质灾害点,应进行防治工程设计,采取合理的综合治理方案和有效的治理工程措施。通常将防治工程划分为Ⅰ级、Ⅱ级和一般等级开展,对场地复杂程度简单的水毁、黄土湿陷、风蚀沙埋、盐渍土等灾害,可在现场详细调查的基础上简化流程,直接进行施工图设计。对崩塌类地质灾害一般采取清理危岩、设置缓冲层、使用被动防护网,抗滑挡墙主动防护等防治措施;滑坡类地质灾害一般采取抗滑、锚固、减载与反压、截排水、植物防护等防治措施;泥石流拦挡、排导、截排水等防治措施;岩溶塌陷一般采取治水、填垫、灌注等防治措施;采空塌陷一般采取注浆、砌筑支撑、开挖回填、强夯等防治措施;河沟道水毁一般采取护岸、护底、护脚、稳管等防治措施;坡面水毁一般采取护坡、护面、坡面整治、地表排水等防治措施。

4 常见典型地质灾害的应急抢险

当管道发生地质灾害时,要及时制定应急抢险方案,采取应急措施进行应急抢险,以确保管道安全。

在制定应急抢险方案时,应急抢险方案宜与永久性治理措施相结合,遵循技术可靠、易于施工、迅速起效、确保安全的原则来制定应急抢险方案,并考虑所需物资、人力资源的可获得性、抢险期间影响施工的气象预报信息,上游水库泄洪、河道行洪计划及其可协调性、管道生产运行需求,是否具备停输、降压、放空、置换等条件、下一步永久治理措施的结合等因素。

4.1 滑坡

管道沿线出现滑坡地质灾害时,一般要对滑坡后缘出现的拉张裂缝进行回填夯实,在滑坡及周边设置临时截排水措施,对仍有持续降雨的,可在滑坡体或局部易积水下渗部位覆盖防渗布。对变形量在容许范围内的不稳定滑坡体,宜采取支挡、削方、压脚等措施防止进一步变形。对变形量超出容许范围的滑坡体,宜在采取防止滑坡进一步变形的基础上进行管道应力释放及土体加固,已对悬空管段进行支撑的,应对影响支撑措施稳定性的不稳定体进行加固。

4.2 崩塌

如管道沿线出现崩塌,根据现场情况,可对不稳定岩土体进行加固或清除,在崩塌体与管道之间有空旷场地的,设置落石槽、偏转墙等措施。发生崩塌后,应排查是否存在后续崩塌的可能,并采取措施加固或清除不稳定岩土体。如崩塌体堆积在管道上方、管道安全状况不明时,应根据管道压力、现场可燃气体检测等情况判断管道是否已发生泄漏,及时破碎、清除崩塌堆积体,并对管道安全进行评估,必要时进行管道开挖、检查、修复。

4.3 泥石流

如果管道发生泥石流地质灾害,泥石流成灾前,要对泥石流影响管段可采取在管道上下游设置钢桩联合硬覆盖的保护措施,并对可能导致的河岸后退段进行防护。泥石流成灾后,应首先评估抢险施工期间再次发生泥石流的可能性,在确保安全的情况下实施抢险。

4.4 水毁

如果管道发生水毁,一般采取截排地表汇水引至天然沟道等已有排水系统,当采用散排方式时不应引发新的水毁问题。如管道出现悬空、露管或埋深不足的坡面水毁,对于管道短距离悬空、露管或埋深不足的坡面水毁,宜在冲蚀沟内间隔设置截水墙,地貌恢复后可对坡面进行护面保护。对于管道长距离悬空的坡面水毁,应采用悬吊、支撑等措施,将管道恢复至正常位置。如管道出现漂管,在静水中的管道漂管,

可采取稳管、压覆措施,流动水流中的管道漂管,宜采取稳管措施,必要时可设置围堰或挑流措施。因河流决堤、内涝导致的长距离淹没管道,应对受冲刷部位的管道埋深、外露、漂管情况进行观测,发生外露、漂管的应及时处置。

4.5 地面塌陷

对采空引起的地面塌陷,应根据地下采空情况、地面沉降量、监测数据等对管道安全状态进行评价,需应力释放的,对管道进行开挖、抬管;对持续沉降的可对管道进行悬吊,根据沉降量调整管道悬吊高度;在沉降未稳定前,宜不回填或回填轻量土。对岩溶引起的地面塌陷,根据受影响长度和地基情况可采取回填、打桩等方式对管道进行支撑,无法采取支撑措施的,宜进行改线。对冻土融沉导致的管道差异沉降,可对管道受约束部位进行应力释放。

4.6 阀室站场灾害

对受水淹的手动阀室宜以监控为主,必要时可设置围堰或排水措施;对受水淹的远程控制终端阀室,宜调整生产工艺,采用越站或停输方式,并临时移走电子器件;对不可停输、越站的 RTU 阀室,宜在周边设置围堰或排水措施。对阀室站场地面出现裂缝或显著沉降的,应检查工艺管道及设备受地面形变影响的情况,若工艺管道受力变形,应评估管道是否能继续运行,不能继续运行的,进行应力释放并对管道损伤部位进行修复。

5 结束语

天然气管道穿越崇山峻岭,跨过大江大河,所经之处地质条件复杂,常常经受地质灾害威胁,地质灾害易导致天然气管道发生变形、断裂,进而导致管道发生泄漏爆炸、供气中断的事故,为降低地质灾害对管道安全运行的威胁,根据管道常见地质灾害类型、特点及相关规范要求,系统探讨了天然气管道预防地质灾害常用的设计及管理方法,列举了典型地质灾害常用的防护措施及应急措施,为天然气管道企业系统的开展管道地质灾害管理提供了可借鉴的材料,通过科学合理的管控天然气管道周边的地质灾害,降低地质灾害对天然气管道的影响,确保天然气管道平稳运行,为国家实现共同富裕奠定坚实的能源保障。

参考文献:

- [1] 孟凡,汤棠.天然气管道地质灾害及其风险控制分析[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(13):76-77.
- [2] 沈茂丁,王峰,等.油气管道地质灾害治理工程设计与审查要点[J].油气储运,2014,33(10):1052-1054.