

# 油气管道地质灾害主要防控措施概述

孙 雷 (浙江能源天然气集团有限公司, 浙江 杭州 310000)

季寿宏 (浙江浙能天然气运行有限公司, 浙江 杭州 310000)

**摘要:** 目前我国陆上长输油气管道形成横跨东西、纵贯南北的格局。由于管道跨越地区多, 易受到地质灾害威胁。因此防治地质灾害是管道公司的安全防护的重点。主要地质灾害有水毁、滑坡、泥石流、地震、塌陷等。针对不同地质灾害类型, 提出了相应的防治措施, 可以有效保障油气管道的安全运行。除此之外, 一些新技术如无人机、管道监测预警系统、智慧管道应用于油气管道安全保障中, 使管道运行更加安全高效。

**关键词:** 地质灾害; 油气管道; 防治措施

为应对资源分布不均, 我国实施了西气东输等大型工程, 这导致管道跨越区域广, 环境复杂。然而我国有多地区处于地质灾害区, 许多管道穿越地质灾害区, 如西南管道穿越四川地震带、黄土高坡等地<sup>[1]</sup>, 因此, 长距离油气管道极易受到不同的地质灾害危险。地质灾害是指自然或人为活动引起的, 对人类的生产生活安全造成损失的地质现象。具有时空分布变化, 不同的地区和人类生产活动导致的地质灾害有所不同。对管道影响较大的地质灾害有水毁灾害、崩塌、地面沉降灾害、泥石流、滑坡地质灾害、地震灾害、地裂缝和冻土危害等。这些地质灾害导致管道事故频发, 情况轻微导致企业生产活动受到影响, 情况严重会影响人民生命财产安全。需要企业关注管道的地质灾害问题, 利用合理的方法进行安全防治。

## 1 水毁灾害及防治办法

管道水毁灾害依据地形和水毁部位的不同, 主要可以划分为坡面水毁和河沟道水毁等。根据不同的灾害类型, 选取相应的水工保护方案, 以提高防护效果, 保障油气管道的安全运营。

### 1.1 坡面水毁

坡面水毁的特点是, 体量大、治理周期长<sup>[2]</sup>。坡面水毁的防治作用是防止坡面被水毁破坏, 从而造成管道覆土减薄, 进而诱发露管与悬管情况的发生。主要采取的措施是修建浆砌石挡土墙、三七灰土截水墙、草袋堡坎等<sup>[3]</sup>。

### 1.2 河沟道水毁

河沟道水毁的特点是, 数量较多、防治难度较大, 按照不同的河沟道水毁类型可以采取不同的防治措施<sup>[4]</sup>。

对于冲刷性的河沟道水毁可以采取以下措施:

①沟渠硬化工作避免水流过度冲刷河床; ②采用修建挑流坝的方式来改变水流方向, 减小水流对某河岸的冲蚀作用; ③利用箱涵保护管道减弱水流对河床的冲击。对于堤岸侵蚀坍塌现象, 可以采取浆砌石或混凝土对堤岸加固, 提升堤岸的抗侵蚀能力<sup>[5]</sup>。

## 2 崩塌、地面沉降灾害及防治办法

崩塌对管道的危害表现有两种: 一种是崩塌体撞击管道, 导致管道上方受力突然增加, 这使管道变形或断裂; 另一种是崩塌体剥离母体, 使埋地管道发生裸露或悬空现象, 导致受危险概率增加。崩塌的特点是: ①发生速度极快, 导致管道企业无法第一时间防范; ②事故后果严重, 崩塌往往是在恶劣的天气下, 极易导致连锁事故, 如漂管、原油远距离污染等; ③崩塌事故随机性强, 地质活动规律复杂, 往往具体随机性和偶然性, 导致管道企业难以掌握事故规律, 做到早预防、早处理。

应对崩塌灾害可以采取以下措施: ①采用阶梯状削坡的方式, 降低坡面高度, 在坡前设置挡墙等工程并绿化坡面<sup>[6]</sup>; ②在管道的周边设置好支护设施, 并在管道的表层设置盖板, 避免崩塌落石的加载对管道造成破坏。

## 3 泥石流、滑坡地质灾害的防治方法

降雨诱发的山体滑坡和泥石流是一种严重而广泛的灾害, 极易造成管道发生安全事故<sup>[7]</sup>。

根据不同的地理条件和地貌特征, 有针对性的选取相应的防治措施: ①针对河谷型泥石流, 可以采取整修、加固河道等措施, 有效的引导泥石流的流向, 避免油气管道及附属设施遭到泥石流的破坏; ②针对山坡型泥石流, 可以采取对泥石流汇集

物的拦截措施,减小泥石流进一步的发展。也可以通过修建拦石坝的措施,削弱泥石流的冲击力,来减小泥石流的破坏力;③针对碎屑岩地区或土层较厚地区的活动性冲沟和泥石流形成区,通过植树种草,恢复植被,防治水土流失,减弱水土流失带来的泥石流物源<sup>[8]</sup>。

滑坡作为一种较为常见和普遍的地质灾害种类,多发生在山区和丘陵地区,相对于其他各种类的地质灾害发生频率更高。在滑坡灾害防治过程中,根据不同的地理环境条件选取不同的措施:①在一些特殊地形下,管道的开挖铺管存在引发的小型滑坡的可能,由于这种滑坡的规模和势能相对较小,通常采取修建浆砌石挡墙的措施;②对于危害较大的滑坡,由于滑坡的规模和势能较大,通常采取抗滑桩的措施进行支挡<sup>[9]</sup>。

#### 4 地震灾害及应对措施

我国处于环太平洋地震带与欧亚地震带之间,除此之外,衍生的小型地震带分布较多。这导致地震灾害是对管道安全威胁最大的灾害之一,地震一般规模较大,而且灾害的隐蔽性较强,需要加强调查、研究及巡查工作<sup>[10]</sup>。面对地震灾害,首先,根据当地地震实际情况制定相应的抗震标准与防护措施。同时,我们要依据现代化设备与技术,做好及时的预测预警工作,完善应急体制建设,当地震来临时能够及时做出反应,精准、高效、安全的进行抢险救灾活动。

#### 5 地裂缝的形成与防治措施

地裂缝形成的主导因素有地貌自然活动和人类采掘活动。地裂缝形成的诱发因素有大气降水、地震活动和地下水开采等因素。地裂缝的防治措施:①以避让为主的原则,确定合理的避让距离;②严禁在地裂缝破坏带及附近影响区域大量抽取地下水;③加强监测工作<sup>[11]</sup>,提高地裂缝破坏带及附近影响区域管道工的巡检频率。

#### 6 冻土环境下管道面临的威胁及防护措施

对于冻土管道来说,最常见的安全问题就是冻融危害。在多年冻土地区铺设长距离管道时,必须考虑冻胀和融沉,以防止管道产生过高的应力或应变,保证管道的安全运行<sup>[12]</sup>。根据不同的地理特征下的冻胀融沉可采取以下防护措施:

①通过设置保温层可以有效的避免油气管道与冻土的接触,该措施可以有效降低油气管道对周围冻土温度场的影响<sup>[13]</sup>;②冻土管道也可以采用热管进行制冷,来可调节管道周围冻土的温度<sup>[14]</sup>;

③对于饱冰或沼泽发育冻土,可采用增加壁厚的方式来增加管道的抗变形能力<sup>[15]</sup>。

#### 7 地质灾害新技术防治

应对各种地质灾害,各个公司研发了新技术对长距离输油气管道进行巡护。新技术有无人机巡检、管道监测预警系统、智慧管道等。

##### 7.1 无人机巡检可用于管道地质灾害预警监测<sup>[16]</sup>

无人机可在地质灾害预警区进行调查与监测工作,将所得的航拍资料等传到数据中心。数据中心根据所传数据代入模型中,提出相应的科学化建议。

具体优点如下:①可用于危险区域巡检,代替人工作业,提高人员工作安全;②无人机可以全天多次进行巡检,减少管道工巡检次数,降低人工成本;③无人机可以将巡检画面和管道数据实时传输给管道公司,提高人员决策的时效性和科学性;④无人机获取的航拍数据,能从多角度进行拍摄,满足管道周围安全的监测;⑤若管道在山区等地方发生事故,无人机可以快速进入这些区域,弥补了工作人员因交通不便所浪费的时间,为维抢修工作提供最新的数据。

缺点如下:①无人机续航和信号传输问题需要考虑,特别在恶劣的天气条件下,容易影响无人机的正常工作;②无人机需要专业的运行团队进行管理和维护,需要部门工程师加强相应的学习;③无人机容易受到强信号干扰,在通过地面雷达等能发出强信号的设施,容易造成无人机的失联。

##### 7.2 管道监测预警系统

利用数据采集模块对管道的振动信号、电磁信号等进行采集。然后将这些信号转化为数字信号。利用光纤、卫星等方式把信号传递到数据中心进行处理,实现远程预警和实时监测等功能。

具体优点如下:①能实现全时刻管道监测,为管理提供保障;②采集的数据可以通过整合,实现管道监测、灾害预警、治理规划一体化<sup>[17]</sup>;③能监测到巡检人员见不到的区域,如轻微的振动、位移或破损。能做到最大程度的保障管道的安全运行;④数据传输快,不受天气等外界因素的干扰,有利于在恶劣天气下对管道进行监控;⑤能根据已有的算法,对管道危险情况进行预警,提醒工作人员前去查看。

缺点如下:①需要在管道区域安装相应的监测设备,增加了建设成本;②需要对设备进行维护和修理,增加了公司的管理成本;③对网络传输能力

要求高,在偏远山区需要和当地其他部门协商,建造信息传输装置。

### 7.3 智慧管道

利用大数据等先进技术实现管道可视化、智能化管理<sup>[18]</sup>。智慧管道搭建采用“端+云+大数据”的方式,参考人工智能等体系结构,建立管道数字孪生体,实现全面感知。

具体优点如下:①实现信息采集、数据传输和方案处理一体化,方便决策者进行科学管理;②管道数据的标准化,能帮助工程师进行数据挖掘,预测地质灾害下管道的安全运行状态;③搭建人工智能平台可以实现自动化处理工作,实现预警自动、预案优化等,减少因人为决策带来的偶然性和随机性;④整合所有的管道系统如SCADA系统、GIS系统等,避免系统间的工作重复,提高工作效率;⑤智慧管道有较强的处理运算能力,可以解决需要大量人力计算或者单靠工作人员自身无法很好处理的问题。

缺点如下:①对于工程师的大数据水平要求高,能够利用数据,挖掘背后规律;②对于管道的数据采集需要足够多,否则不能满足智慧管道的海量运行数据的要求;③需要不断对算法进行升级,用来满足日益复杂的管道环境;④有些特殊情况会导致系统的决策失误,需要有经验的工作人员判断决策的合理性。

### 8 结束语

由于我国国土面积大,地形复杂,灾害种类多,给我国管道的安全防护工作增添了很多困难<sup>[19]</sup>。我们需要根据不同的地理位置,不同的灾害类型,采取切实有效的防护与整治措施,尽可能保障油气管道的安全运行<sup>[20]</sup>。随着国家管网公司的成立,管道安全工作将进入一个新的进程。运用新技术如无人机、管道监测预警系统、智慧管道等,使管道安全监测、运行监控、方案优化一体化,降低人工成本,提高工作效率,完善决策方案,使油气管道运行安全得到更多,更全的保障。

#### 参考文献:

- [1] 郭守德,王强,林影,姜昌亮,王珀,蔡俊年.中缅油气管道沿线地质灾害分析与防治[J].油气储运,2019,38(09):1059-1064+1071.
- [2] 王任,赵飞.横断山脉区域管道坡面水毁防治技术应用[J].地下空间与工程学报,2017,(202):896-900.
- [3] 廖方建.长输成品油管道工程中水工保护措施研

- 究[J].建筑技术开发,2019,46(21):18-19.
- [4] 杨晓秋,宋德琦.湿陷性黄土地区长输管道工程地质灾害治理研究[J].天然气与石油,2017,22(1):14-17.
- [5] 康春景,高轩,何旭麒.湿陷性黄土地区长输管道工程地质灾害分析及管控[J].中国资源综合利用,2020,38(03):119-121.
- [6] 韩超,黄河,刘志伟,任路滨,李艳军.架空输气管道上方岩体崩塌灾害稳定性评估及治理[J].石油工程建设,2021,47(5):56-60.
- [7] 穆树怀,王腾飞,霍锦宏,陈雪见,江丛刚,唐培连,刘佳祥,冯亮.长输管道施工诱发地质灾害防治——以中缅管道云南段为例[J].油气储运,2014,33(10):1047-1051.
- [8] 弓永洁.某管道工程水土流失预测及措施[J].河南水利与南水北调,2021,50(5):14-16.
- [9] 柳旭光,罗飞.环境地质灾害现状与防治措施[J].湖北农机化,2019(15):45-46.
- [10] 钱晓东,秦嘉政.2011年缅甸7.2级地震及震后云南强震趋势分析[J].华南地震,2011,31(4):39-50.
- [11] 黄继超.豫北平原地区地裂缝成因及防治措施研究[J].路基工程,2020(02):185-190.
- [12] 吴彦东.寒区埋地热油管道周围土壤冻胀融沉数值[J].当代化工,2011,40(2):157-160.
- [13] 郑平,马贵阳.冻土区埋地输油管道温度场数值模拟的研究[J].油气储运,2006,25(8):25-28.
- [14] 李欣泽,金会军.多年冻土区天然气管道建设关键技术[J].冰川冻土,2021,43(2):628-637.
- [15] 富元晖,马贵阳,杜明俊,董靖宇,杨子宁.冻土区埋地热油管道冻融危害及防护措施研究[J].当代化工,2017,46(03):493-495+499.
- [16] 律会丽,李平敏.无人机接力测控数据链设计[J].电讯技术,2021,61(8):939-944.
- [17] 杨述开.输油气管道监测数据智能集成采集及数据远传技术应用探索[J].中国管理信息化,2020,23(13):103-105.
- [18] 陈金忠,刘三江,周汉权,吉建立,何仁洋,康小伟.智慧管道时代的检测数据综合应用[J].压力容器,2020,37(11):70-78.
- [19] 王小丹,何平,任霄.浅谈输气管道地质灾害治理主要工程——措施施工管理经验[J].工程技术(全文版),2017(19):294.
- [20] 魏少伟.线性工程地质灾害监测新技术及发展趋势[J].铁道建筑,2019,59(2):57-63.