

甘肃河西走廊输油气管道地质灾害危害性及其防治措施

魏永康

国家管网集团兰州输油气分公司, 甘肃 兰州 730000

摘 要 : 西气东输长距离油气输运管道是我国21世纪初实施西部大开发战略的国家级重大生命线工程,把西部的资源优势变为经济优势,实现气能源供给与需求和煤炭资源的相互衔接、转化的重要举措,在全国油气管网布局具有战略性意义。当前,河西走廊内管线有西气东输一线、西气东输二线、西气东输三线 and 双兰线,管道沿途穿越戈壁、山前倾斜平原、盆地、构造剥蚀-侵蚀低山丘陵、干支流河沟谷及其各级冲-洪积扇和农田等多种复杂地貌环境区,工程地质条件极其复杂,地质灾害种类繁多。本文简述了管线沿途复杂工程地质条件和主要地质灾害问题,重点讨论了管道沿线地质灾害对管道建设及运营存在的危害,并提出了防治措施。

关键词 : 油气管线; 地质灾害; 防治措施

Geological Hazards and Prevention Measures Along the Pipeline of Gansu Corridor

Wei Yongkang

Lanzhou Oil and Gas Transportation Branch of National Pipeline Network Group, Lanzhou, Gansu 730000

Abstract : The four long-distance oil and gas pipelines of west-to-east gas transmission are the national important lifeline project of China's Western Development Strategy in the early 21st century, which turns the western region's resource advantage into economic advantage, it is of strategic significance to realize the connection and transformation of gas supply and demand and coal resources in the layout of oil and gas pipeline network in China. The pipelines under the jurisdiction of Gansu Corridor include the West first line, the West second line, the west third line and the Shuanglan line, the pipeline passes through the Gobi, the Piedmont Slope Plain, the basin, the structure denudation-erosion low mountain hills, the main tributaries river valley and its various levels of alluvial-diluvial fan and farmland and other complex geomorphologic environment areas, engineering geological conditions are extremely complex and there are many kinds of geological disasters. In this paper, the complex engineering geological conditions and the main geological hazards along the pipeline are briefly described, and the hazards of the geological hazards along the pipeline to the pipeline construction and operation are emphatically discussed, and the prevention and cure measures are put forward.

Keywords : oil and gas pipelines; geological disasters; prevention and control measures

引言

“河西走廊”地处祁连山和巴丹吉林沙漠中间的甘肃省西北部,是一个呈北西—南东走向的狭长地带,位于黄河以西,又形如走廊,故名河西走廊。河西走廊位于我国“一带一路”的陆路要塞和关口,是丝绸之路经济带的黄金段和纽带,是连接新疆与内地,以及“亚欧大陆桥”的必经之地。目前我国对石油和天然气的需求量日益增大,其在我国社会发展和人民生活中起着重要作用^[1]。油气管道具有输送快、耗能少及经济可靠等优点,是目前输送油气最为广泛和重要的方式之一^[2],我国90%以上的石油和99%的天然气通过管道运输,油气管道是我国重要的能源运输命脉,管道安全对保障国家能源安全战略有着重要的意义。西气东输一线、二线、三线和双兰线等国家重点线性工程均路径河西走廊。地质灾害作为地质环境的一种变异现象,直接或间接的降低了环境质量,危害了人类和生物圈的发展^[3],也是管道周边影响管道安全的重要因素。管道等类线性工程地质灾害包括地震、地裂缝、断层错动、线流侵蚀、面流冲刷、台地水毁、滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷(包括岩溶塌陷和米空区塌陷)、地面沉降、土地盐渍化、沼泽化、沙漠化、特殊岩土(黄土、膨胀土、冻土等)地质灾害、突水突泥、渗漏和渗透变形等^[4]。河西走廊地区是一个地质灾害易发区,沿线影响管道的主要地质灾害类型有河沟道水毁、坡面水毁、台地水毁、泥石流、崩塌、滑坡、黄土湿陷、风蚀沙埋、冻融灾害等^[5,6],其中,管道水毁灾害是发育最普遍、数量最多、分布最广的地质灾害^[7],严重危害管道运行安全,轻则慢性导致管道覆土体被冲刷、防护工程毁坏、管道裸露、悬空、漂管,出露于地表外的管道还将会遭到第三方破坏或空气腐蚀;重则急性造成管道变形、破裂、断裂,甚至介质泄漏等紧急情况^[8,9]。随着长输管道的快速发展,不同地区、不同地带的管道水毁地灾实例被调查和研究。针对水毁灾害类发育特征以及其对管道损毁特征等方面有了较多的研究^[10-12],本文将以河西走廊管道为例,简述管线沿途复杂工程地质条件和主要地质灾害问题,讨论管道沿线地质灾害对管道建设及运营存在的危害,并提出了防治措施。

作者简介:魏永康(1986.12-),男,汉族,甘肃泾川,本科,职称:工程师,从事的研究方向:管道完整性管理。

一、管道沿线地质灾害类型及现状

管道沿线涉及的地质灾害类型主要包括四个方面的14种类型。经沿线调查,河西走廊内管道发育的主要灾害类型为水毁灾害,根据管线穿越特征及水毁灾害发生位置的微地貌形态,主要发育坡面水毁、河沟道水毁和台田地水毁三类。

国外研究机构从20世纪70年代就针对管道地质灾害风险管理展开研究。我国管道地质灾害防治工作近几年虽保证了管道的安全运营,但在一定程度上更多的是高投资换来的成果,没有对管道地质灾害防治实施系统、科学的管理,还没有实现从一般地质灾害防治到管道地质灾害专业化防治的转变。

二、管道地质灾害分布特征

1. 坡面水毁主要分布于祁连山北麓山前倾斜平原、北部山系山前倾斜平原、龙首山山前倾斜平原和长岭山山前倾斜平原中前缘一带,尤其以坡面水毁较为发育,影响范围广泛,管堤冲毁现象较普遍、严重。

2. 河沟道水毁、台田地水毁多发于管道穿越石羊河流域武威盆地南缘一带,该区内人类工程活动对天然径流的汇集改道较频繁、农田分布多,普遍发育有河沟道水毁和台田地水毁。

3. 河沟道水毁、坡面水毁的冲蚀方式和强度不同。河沟道水毁以沟床下切冲蚀为主,伴有岸边的侧蚀,对河沟口下游的埋地管道冲蚀、下切最为直接。坡面水毁的冲蚀部位相对不固定,一般冲蚀范围较大、下切较浅。

4. 灾害均多发于每年4月冰雪消融期和7~8月强降水期两个主汛时段。

三、管道沿线地质灾害危害特征

1. 管道地质灾害形成条件及影响因素

(1) 河沟道水毁、坡面水毁的形成条件及影响因素

形成条件:河沟道水毁、坡面水毁是西北地区长输管道戈壁平原区最为常见的管道地质灾害类型。管道多埋设于季节性洪水冲蚀区,发育的冲沟大多数属季节性暴雨流水区和水库泄水径流区,管线在穿越倾斜平原戈壁荒漠区和中低山丘陵区时,常会因大气降水坡面径汇流的侵蚀下切等作用,使管堤穿越天然冲沟段发生下切侵蚀,严重者可使管道外露或悬空。

影响因素:受干旱区特有气候降水、地形地貌、地层结构和管道敷设方式等因素的影响。

(2) 台田地水毁形成条件及影响因素

形成条件:台田地水毁是管线较为发育的灾害类型,管道建设期,管沟开挖对原本稳定的台坎、田坎形成扰动,管沟回填土不实,遇水沉陷。管线在穿越台田地区段时,时常会发生管堤长距离下陷、田埂坍塌、连续串珠状落水洞等现象,严重时可使管道外露或悬空。

影响因素:受区域地形地貌、地层结构、灌溉水浸泡、管道敷设施工等因素的影响。

2. 管道沿线地质灾害危害特征

不同的地质灾害类型对管道的危害方式、危害程度及其后果不同,差异性较大,有的长期缓慢作用于管道,累积破坏;有的则发生

突然,瞬间破坏管道;同一种地质灾害类型,因致灾体与管道埋深、相对位置关系的不同,其对管道的危害方式和危害程度也不尽相同。

(1) 河沟道水毁灾害

河沟道内发生洪水时,将对沟底产生强烈的冲刷下切,在管道交汇段造成管体外露、悬空。

通常情况下,管线穿越河沟谷地带时有两种穿越方式,即交切穿越和平行穿越。不同穿越方式下,河沟道水毁对管线的危害方式亦有差别,交切穿越主要为下切侵蚀,平行穿越为侧向侵蚀。

(2) 坡面水毁灾害

坡面水毁对管道的危害具有游荡不固定性、冲蚀范围一般较大(可达数百米)、分布密集和冲蚀深度浅等特点。洪水集中时也会造成局部露管、过水面等防治工程失效,且可能在附近其它地段形成新的冲蚀破坏。

(3) 台田地水毁灾害

在粉土、黄土和黄土状土分布地区,一般沿管道呈线状分布,多形成长度数米、数十米至数百米的湿陷坑或蝶形地,造成露管、悬空,破坏管道沿线附属设施。

四、地质灾害风险点减缓建议措施

借鉴已建工程的成功经验,总结分析已有工程损坏的原因,以保护管道安全为根本,同时考虑经济节约和新技术应用,鉴于地质灾害对管道的破坏性较强,结合《油气管道地质灾害防护技术规范》(GB/T 40702—2021)^[3]的要求,最终提出了相应、可行的防治措施与建议,其防洪标准采取20年一遇。

主要包含工程治理、监测预警、巡检等三方面。

1. 排、导、疏工程

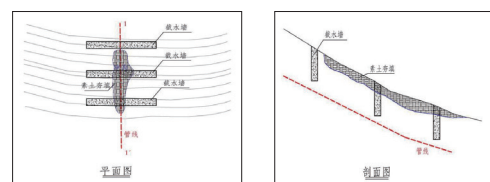
主要发育河沟道水毁、台田地和坡面水毁灾害,应用排导措施,不仅防治效果良好,而且工程造价低廉,简单易行,应用广泛。地表水的排、导、疏对于管道保护至关重要,防护措施主要包含排水渠、挡墙式护岸、护坡、铅丝石笼、防冲墙、护底等工程措施,其材料为浆砌石、现浇混凝土等。

(1) 坡面水毁

针对坡面夯填、截水工程可见示意图2,截水墙主要阻挡坡面分散水流对坡面的冲蚀影响。实践证明其防治效果良好,不易损坏,且工程造价较低。工程设计中,截水墙使用浆砌石施工,且通过优化计算,确定出截水墙最为经济合理的长度,最终在很大程度上降低了治理成本。如果坡面上游汇水面积较大,汇流后冲蚀较严重,可酌情增加截水墙长度,增大过水断面,起到消力、减缓坡面下切、保护截水墙的作用,尽而确保管道正常运营。由图1可知,该工程不仅适用于单线坡面水毁灾害治理,也可用于多条并行管线的灾害防治。

(2) 河沟道水毁

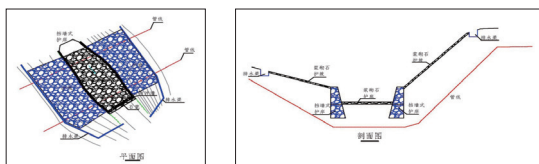
管道沿线发育的河沟道水毁灾害,水流大多垂直或斜交管线,



>图1 坡面汇流、截水工程示意图

冲蚀管堤,部分下切形成固定冲沟,其主要防治措施有排水渠、挡墙式护岸、护坡、铅丝石笼、防冲墙、护底等工程措施,应用均十分广泛,已建大量工程实践证明其防治效果良好。铅丝石笼和浆砌石护底顺管沿线覆盖于正上方,其中铅丝石笼顶部与地面基本齐平,起到了过滤、淤积、消力、防冲的作用;浆砌石护底前缘易掏蚀,应按照冲蚀下切计算深度增加防冲墙。浆砌石护底经久耐用,防护效果强于铅丝石笼,但造价较高,常用于河沟道水毁管线路穿越沟底。防冲墙多用于治理河沟道水毁,具有良好的防护效果;对于长距离且冲蚀、下切较严重的坡面水毁点也适用。

河沟道水毁人为或自然改变了河道两侧坡体形态,造成局部应力集中,进而坡体失稳,且通过排水、护岸、护坡等措施进行治理,有效控制了坡面土体的失稳发展。本次主要采用挡墙式护岸、护坡来防治沟道岸坡坍塌、滑动及侧蚀等,效果良好(见图2示意图)。示意图包含了排水渠、挡墙式护岸、护坡、铅丝石笼、防冲墙、护底等工程措施,体现了排、导、疏工程、支挡措施和防冲措施的综合使用,相互保护,确保岸坡和沟床稳定,达到保护管道的目的。

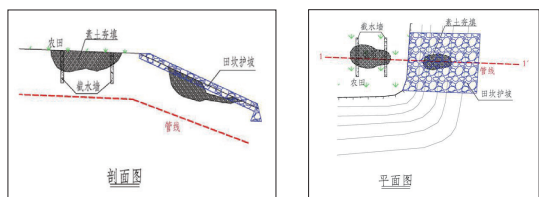


> 图2 河沟道岸坡防护工程平、剖示意图

(3) 台田地水毁

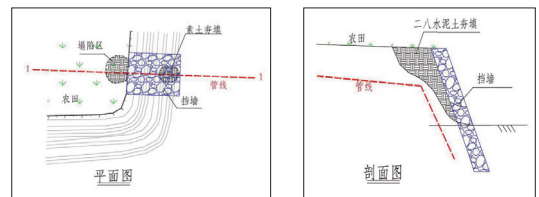
管道为长输线路工程,因多处覆土不实,在水流浸泡冲蚀、湿陷、水土流失等多种因素综合影响下,管沟填土易发生塌陷。在运营初期,塌陷区长达几十至数百米,落水洞呈串珠状发育,填土流失十分严重,致多处露管、悬管;运营3~5年后,台田地水毁、管沟塌陷发育较微弱,多发生在穿越田坎区域,其塌陷区影响范围较小,多呈椭圆状落水洞。

①对于塌陷区较长,塌陷程度相对较轻、田坎为缓坡的水毁灾害采用“素土夯填+潜式截水墙+田坎护坡”相结合方式进行防治(见图3台田地水毁治理工程示意图);



> 图3 台田地水毁治理工程示意图

②针对塌陷区位于田坎边缘,且田坎前缘较陡,塌陷程度相对较严重,田坎至底部存在贯穿落水洞的水毁灾害采用“二八水泥土夯填+防渗土工布+田坎护坡”相结合方式进行防治(见图4台田地水毁治理工程示意图);



> 图4 台田地水毁治理工程示意图

③对于田坎局部冲毁,其塌陷区影响范围较小,程度较轻,

采用“素土夯填+田坎护坡修复”相结合方式进行防治;

④对于塌陷相对轻微,且危害较小的台田地水毁可直接采用原土夯填防治。

因此,台田地水毁要根据灾害实际发育状况采取相应合理的防治措施。本次调查发现,台田地水毁灾害多发育于耕地,且灌溉水流较集中,易被冲蚀的田坎穿越区。

2. 监测、预警措施

对于灾害体活动不明显,且仅有发展趋势的潜在不稳定斜坡、常年性河流及大型、高频发洪水沟道等建议设立监测预警设施,进行管道埋深、沟床下切、岸坡侧蚀等数据自动监测预警,为管道地质灾害风险评价提供重要依据。

管道地质灾害治理应注重生态环境保护,建议多采取鱼鳞坑、植被恢复、淤地坝等水保措施。针对规划中难以治理或治理耗资巨大的风险点应进行多方案对比,选取安全可靠、经济合理的防治措施,以确保管道安全运营。

3. 巡检

管道地质风险点不仅查看地质风险点发育特征及危害趋势,做好动态记录,而且巡查完好水工的完整性及防护效果,及早发现损坏的水工,第一时间为应急抢险、水工维修等提供情报资料。

五、结论与建议

河西走廊内西气东输一线、西气东输二线、西气东输三线和西部原油/成品油长距离油气输运管道线路长、沿线各种地形地貌类型多、地质条件复杂、地质灾害问题频繁发生。通过对管道运营期间可能出现的地质灾害问题中尤其是水毁灾害进行了阐述,对管道地质灾害治理中主要工程治理措施进行了详细的介绍与总结,及时总结管道地质灾害治理主要工程措施,可科学地管理地质灾害,丰富地灾治理知识体系,对今后开展类似工作起到指导、引路作用,对管道建设和安全运营具有重要的现实意义。

参考文献

- [1] 孙文祥,汪坤,朱海. 高压天然气储运管道泄漏定量风险评估研究[J]. 非常规油气, 2022, 9(2): 132-139.
- [2] 金铁龙. 埋地燃气管道完整性管理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [3] 潘懋,李铁峰. 灾害地质学[M]. 北京: 北京大学出版社. 2002: 75-83.
- [4] 郭希哲,楚占吕,柳源. 我国地质灾害评估和防治对策建议[J]. 地质灾害与防治. 1990, 1(1): 3-7.
- [5] 康向阳,张彬,慎乃齐,等. 西气东输工程甘肃段地质灾害发育特征及防治对策[J]. 地质灾害与环境. 2009, 20(4): 39-43.
- [6] 甘肃省科学院地质自然灾害防治研究所. 油气管道山前洪积面流侵蚀灾害防治技术研究报告[R]. 2018, 10.
- [7] 郭守德,王强,林影,等. 中缅油气管道沿线地质灾害分析与防治[J]. 油气储运, 2019, 38(9): 1059-1064, 1071.
- [8] 伍运霖,邓清禄,安鹏举,等. 呼包鄂管道鄂尔多斯段水毁灾害特征及防护工程优化[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2017, 28(4): 95-102.
- [9] 袁巍华,吴玉国,王国付,等. 水毁灾害中埋地管道稳定性研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(9): 90-95.
- [10] 袁巍华,吴玉国,王国付,等. 水毁灾害中埋地管道稳定性研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(9): 90-95.
- [11] 王生新,周刚,徐震. 冲积扇上油气管道水工保护措施及破坏类型[J]. 石油工程建设, 2017, 43(5): 1-6.
- [12] 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(增2): 896-900.
- [13] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会《油气管道地质灾害防护技术规范》(GB/T 40702-2021) [S]. 中国计划出版社.