

长输油气管道地质灾害风险分级分区研究

马雪莉 方 龙 (国家管网集团山东省分公司项目管理中心, 山东 济南 250001)

摘要: 文章选取XX线长输油气管道沿线为研究对象, 分析了沿线附近地质灾害的主要类型, 采用半定量评价方法, 建立了地质灾害风险分级标准及地质灾害易发程度分区原则, 并对管道沿线地质灾害风险等级和质灾害易发程度分区进行了评价。研究表明, XX管道沿线附近地质灾害的类型为坡面水毁、河沟道水毁和台田地水毁。地质灾害点共402处, 风险等级以较低为主; 可将管线沿线划分成出17个风险分段, 高易发段共147.5k/4段, 中易发段226k/6段, 低易发段582.5k/7段。高风险段主要分布在黄土丘陵区、中低山及河谷地区; 中风险段发育较多, 主要分布在黄土丘陵区、中低山及河谷地区; 低风险段主要分布在河谷、风沙草滩区及平原地区。

关键词: 长输油气管道; 地质灾害; 风险分级; 灾害分段; 评价

油气管线面临的地质灾害与一般的地质灾害相比具有其独特性^[1-3]。通常情况下, 滑坡和崩塌灾害对油气管道的影响最大, 但其发生的数量相对较少; 现阶段, 油气管线遭受最多的地质灾害为水毁, 特别是在地质构造和地形地貌相对复杂的山区中。相对于一般油气管线, 油气长输管道的分地区较广, 面临着复杂多样的自然环境, 同时也遭受着地质灾害的威胁和侵害的种类也相对复杂, 其评价难度也就相对较大。对长距离输油气管线进行分段分区评价, 能够减少工作量并增大评价结果的准确性, 基于此, 本文采用半定量评价方法, 对XX线长距离管道沿线地质灾害风险等级和质灾害易发程度分区进行了评价, 以期为沿线地质灾害防治提供理论指导。

1 地质环境条件

1.1 地形地貌

该管道沿线主要经过了4个大的地貌单元, 即风沙区、黄土丘陵区、山地和平原区。风沙区分布于线路起点到榆阳区青云乡之间, 区内沙地平缓。大部分地区沙丘连绵数十至数百平方米。黄土丘陵区主要分布在晋陕黄土高原、吕梁山以西地区, 陕西佳县和山西临县、离石县一带, 山西省武乡、黎城及河南安阳县水冶镇西亦有分布。山地主要为吕梁山、太行山区及太行山区。管道沿线中山区的地形起伏较大, 多大型沟谷, 石厚土薄, 相对切割较深, 山体巍峨壮观, 土体湿润灌木丛生, 植被覆盖率高; 低山区的山势较缓, 局部陡峭, 山中有较宽平的谷地和小规模的平地。平原区主要包括晋中平原和华北平原。

1.2 地层岩性

管道经过地区地层较齐全, 太古界、元古界、古

生界、中生界和新生界都有分布, 但中间也有缺失, 例如奥陶系上统-石炭系下统缺失, 新生界第三纪也仅有上新统零星分布。

1.3 地质构造

XX线位于华北断块区内, 附近共有不同方向的主要活动断裂34条, 主要为NE、NNE向; 此外还有一些规模小或晚第纪不活动的个别隐伏断裂。管道近场区内与管道相交的断裂共有18条, 其中晚更新以来仍活动, 并具有发生地表位错的断裂共有5条, 分别是交城断裂、三泉断裂、太谷断裂、磁县-大名断裂、聊城-兰考断裂, 对管道工程会有影响。

2 管道地质灾害类型

调查发现灾害的类型为坡面水毁、河沟道水毁、台田地水毁、不稳定斜坡和滑坡等, 共发现灾害点402处。其中坡面水毁230处, 占总数量的57.2%; 河沟道水毁86处, 占总数量的百分比21.4%; 台田地水毁数量为84处, 占总数量的百分比20.9%; 不稳定斜坡数量为1处, 占总数量的百分比0.25%; 滑坡数量为1处, 占总数量的百分比0.25%。

2.1 坡面水毁

坡面水毁多发于管道穿越黄土梁、崮的斜坡地带, 主要发育于榆阳区刘千河乡风沙草滩区, 佳县、临县、方山和离石区的黄土丘陵地带, 林州市西北部山区, 其他零星发育于沿线斜坡地区。主要原因是这些地区的地形地貌条件有利于坡面水毁发生; 地层为松散砂层和黄土层, 在降雨条件下极易发生坡面水毁灾害; 另外就是2022年降雨量偏多, 导致坡面水毁灾害多发。

2.2 河沟道水毁

河沟道水毁多发生管道沿沟谷底部、傍河敷设或

穿越沟谷段，主要发育于临县西部清凉寺乡沟谷地带、北川河、东川河、汾阳市西部沟谷地带、涅河河谷、安阳西北部沟谷地带及平原地带沟渠。主要是因为2022年管道沿线降雨量明显大于正常年份，雨水形成洪流向沟谷、河谷地带汇流，侧蚀及下蚀作用显著增强，导致河沟道水毁灾害的发生。

2.3 不稳定斜坡

不稳定斜坡主要包括自然斜坡和人工边坡。不稳定斜坡危害仅发现1处，分布在榆阳区刘千河乡松树梁村，为小型边坡形式。

2.4 台田地水毁

台田地水毁主要发生于田坎地缓坡地带，主要发育于方山县、离石区的黄土丘陵地带，其他零星发育于沿线田坎地缓坡地区。水毁一方面受地形地貌条件影响，另外受2022年的极端气候条件影响，上述地区遭受超负荷冲刷影响形成。

2.5 滑坡

处在滑坡边界或前后缘的管道，在滑坡发生时，将会受到挤压，甚至发生弯曲变形，或者形成悬管，影响管道维护，增加不安全因素。管线附近滑坡危害仅发现1处，分布在临县玉坪乡石窑村。

3 管道地质灾害风险分级

半定量评价方法采用指标评分法，主要针对已建管道地质灾害风险评价，应用该方法可以较准确的得到所有灾害点的风险概率、失效后果分级、风险等级等评价结果。

3.1 地质灾害风险分级标准

进行管道地质灾害风险评价和控制，首先对管道沿线发育的地质灾害进行风险分级，然后按轻重缓急，分期分批进行治理。“自然与地质灾害风险评价系统”通常采用半定量的评价方法进行风险分级标准的划分，共包括风险概率分级和失效后果分级两个标准的评价，其中风险概率分级标准是用来进行管道失效概率情况的评价；失效后果分级标准主要是用来分析管道失效后对社会、经济和环境所造成损失程度的大小。其关系如公式(1)。

$$R=P(R) \cdot E \quad (1)$$

式中：

R- 管道地质灾害风险指数；

P(R) - 风险概率指数；

E- 后果指数。

“自然与地质灾害风险评价系统”中风险概率和

失效后果指标均已量化，且由低到高划分为5个级别。在导入灾害点信息后，评价结果由“自然与地质灾害风险评价系统”自动生成，横轴为失效后果分级，纵轴为风险概率分级(表1)。

表1 输油(气)管道沿线地质灾害风险等级半定量分级

	≥ 0.4 (0.2)	高	高	高	高	高	高
风险概率指数→	0.2~ < 0.4 (0.1~ < 0.2)	较高	较高	较高	较高	较高	高
	0.1~ < 0.2 (0.05~ < 0.1)	中	中	中	中	较高	较高
	0.05~ < 0.1 (0.01~ < 0.05)	较低	较低	较低	中	中	中
	< 0.05 (0.01)	低	低	低	较低	较低	较低
		低	较低	中	较高	高	
		< 10	10~90	90~300	300~860	≥ 860	
后果损失指数→							

3.2 管道沿线地质灾害风险等级

XX线、榆麻支线沿线共计发育地质灾害402处，采用《自然与地质灾害风险评价系统》软件对其进行风险评价，其评价结果经调查人员定性评价修正后得到综合风险评价成果。修正的主要原则为危险等级就高不就低。风险分级结果详见表2及整治规划表。

表2 XX线地质灾害综合风险等级一览表

序号	灾害名称	较高	中	较低	低	合计
1	河沟道水毁		8	58	20	86
2	坡面水毁	1	36	129	64	230
3	台田地水毁		11	31	42	84
4	不稳定斜坡		1			1
5	滑坡			1		1
合计		1	56	219	126	402
所占百分比(%)		0.25%	13.93%	54.48%	31.34%	100.00%

从表2可见，XX线地质灾害点402处，风险等级评价结果以较低为主，占到54.48%；风险等级较高占0.25%；风险等级中的灾害点，占到13.93%，风险等级低的灾害点，占到31.34%。所以，灾害分布以较低风险为主，兼有较高、中及低风险。

按照地质灾害类型，其中有86处为河沟道水毁灾害，以较低风险或低风险为主，偶尔发现中风险。未发现高风险和较高风险；230处为坡面水毁灾害，以较低风险为主，也分布一些中和低风险，湖北体验1处为较高风险，未发现高风险；84处为台田水毁灾害，以较低和低风险为主，偶有分布有中风险，未发现高和较高风险；1处为不稳定斜坡灾害，等级为中等风险；1处为滑坡灾害，等级为较低风险。

4 地质灾害易发程度分区

4.1 地质灾害易发程度分区原则

①本次分区最基本的依据为《地质灾害防治条例》和《石油天然气管道保护条例》，同时也充分结合管道地质灾害防治和管理特点和原则；

②在地质环境特点为主的基本原则；划分地质灾害易发区的考虑的主要参数是地质环境背景条件、主要诱发条件和地质灾害发育现状进行划分，同时要结合地质灾害对管道及附属设施的影响；

③地质灾害的形成受多类环境因素的影响，具有很强的隐蔽性和突发性，尚难量化评价区域内地质灾害的易发程度，因此，本次评价是根据半量化的指标进行综合评价；

④“区内相似，区际差异”的原则：即在同一类型的区内，地质环境背景条件、地质灾害发育特征、主要诱发条件、发育密度基本相似，而不同类型的区内，则具有明显的差异性。

4.2 划分依据

本文主要依据地质环境条件和地质灾害的发育密度对地质灾害易发性进行了分区，共设置了三个等级，分别是：高易发区、中易发区和低易发区，同时还可以根据实际情况进行亚区和亚段的划分。评价过程中涉及的主要参数包括两大类，其中一类为地形地貌、地层岩性、地质构造、气象水文、地质作用、人类工程活动等参数，主要为形成地质灾害的环境和诱因；另一类为灾害点的类型、发育密度和威胁程度等参数，同时也包括调查之前发生过的地质灾害险情和管道损伤事件，进一步分析现阶段管线所受地质灾害的威胁程度，其中地质灾害密度是通过计算每公里灾害发生数量来表示（处/k）。

4.3 地质灾害易发分区与评价

在易发程度分段评价的基础上，采用半定量评价法进行风险分段。将XX线沿线共划分成了17个风险分段，其中高易发段147.5k/4段，中易发段226k/6段，低易发段582.5k/7段。见表3。

表3 易发区对比表

区段	长度(k)	所占比例	个数
高风险段	147.5	15.43%	4
中风险段	226	23.64%	6
低风险段	582.5	60.93%	7

由地貌单元角度分析可得出：

①高风险段集中分布在黄土丘陵区及河谷地区，黄土丘陵区135.5k/3段；河谷地区1段，长度12k；

②中风险段主要分布在黄土丘陵、中低山、河谷及风沙草滩地区，其中：黄土丘陵区2段，长度26.5k；中低山区2段，长度111k，河谷地区1段，长度75.5k；风沙草滩区1段，长度13k；

③低风险段主要分布在风沙草滩区、平原区及山间盆地区，其中风沙草滩区85k/1段，平原区381k/4段，山间盆地区116.5k/2段。

表4 风险段在各地貌单元分布 单位：k

区段 / 地貌单元	黄土丘陵区	中低山	河谷区	平原区	风沙草滩区
高风险段	135.5	0	12	0	0
中风险段	26.5	111	75.5	0	13
低风险段	0	0	116.5	381	85

由以上分析可知：高风险段占线路总长度比例约为15.43%，中风险段约为23.64%，低风险段60.93%；高风险段发育最少，主要分布在黄土丘陵区、中低山及河谷地区；中风险段发育较多，主要分布在黄土丘陵区、中低山及河谷地区；低风险段发育较少，主要分布在河谷、风沙草滩区及平原地区。

5 结论

①该管道沿线附近地质灾害的类型为坡面水毁、河沟道水毁和台田地水毁，其中坡面水毁230处，占总数量的57.2%；

②该管道沿线附近地质灾害点402处，风险等级评价结果以较低为主，占到54.48%；风险等级较高占0.25%；风险等级中的灾害点，占到13.93%，风险等级低的灾害点，占到31.34%；

③XX线沿线共划分成了17个风险分段，其中高易发段147.5k/4段，中易发段226k/6段，低易发段582.5k/7段。高风险段主要分布在黄土丘陵区、中低山及河谷地区；中风险段发育较多，主要分布在黄土丘陵区、中低山及河谷地区；低风险段主要分布在河谷、风沙草滩区及平原地区。

参考文献：

- [1] 陈国辉, 吴森, 汪天寿, 等. 西南管道沿线地质环境基础数据组成及地质灾害影响因子研究报告[R]. 成都: 四川省地质工程勘察院, 2016:15-80.
- [2] 钟威, 高剑锋. 油气管道典型地质灾害危险性评价[J]. 油气储运, 2015,34(9):934-938.

作者简介：

方龙(1989-), 男, 工学学士, 主要从事工程管理, 项目前期等工作, 多次获得安全生产先进个人, 管道管理先进个人等多项荣誉。