

文章编号: 1008-2786-(2020)5-717-09

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000549

基于 GIS 和熵权法的滑坡作用下的长输油气管道易损性评价

熊俊楠^{1a*}, 曹依帆^{1a}, 孙 铭², 王迎兵³, 雍志玮^{1b}

(1. 西南石油大学 a. 土木工程与测绘学院; b. 地球科学与技术学院, 成都 610500;

2. 四川省第一测绘工程院, 成都 610100; 3. 成都市华丰工程勘察设计院有限公司 成都 610041)

摘 要: 开展滑坡作用下的长输油气管道易损性评价, 对于管道建设中的决策制定及防灾减灾具有重要意义。以兰州—成都—重庆(兰成渝)输油管道广元段实地调查测量数据为依托, 从管道与滑坡空间关系、管道本体两方面出发, 选取管道缺陷密度、管道壁厚、管道埋深、管道与斜坡单元夹角、管道位置等 9 个评价指标, 基于 ArcGIS、MATLAB 软件平台和熵权赋值理论, 进行管道易损性定量评价, 并提出相应的管理建议。研究结果表明: (1) 管道缺陷密度、管道壁厚、管道与斜坡单元夹角的熵权值分别为 0.679、0.154、0.102, 是对管道易损性影响最大的三个因子; (2) 低易损性、中易损性、高易损性和极高易损性的管段数量占比分别为 66.66%、20.56%、12.22%、0.56%, 长度占比分别为 62.06%、25.72%、12.11%、0.11%; (3) 研究区北部的管道易损性等级较低, 南部的易损性等级较高, 高和极高易损性管道主要分布于下寺镇及宝轮镇。评价结果较好地反映了研究区内管道易损度现状, 可为研究区管道管理及其他类似区域管道线路规划提供可靠参考。

关键词: 滑坡; 输油管道; 熵权法; 易损性评价

中图分类号: X43

文献标志码: A

我国管道建设正处于上升阶段, 预计到 2020 年末, 国内长输油气管道总长将超过 1.6×10^5 km^[1]。随着管道的快速发展, 管道沿线的滑坡灾害对管道产生的危害也逐渐增大。兰州—成都—重庆(兰成渝)输油管道广元段地处四川盆地东北部, 地形复杂, 新构造运动强烈, 特殊的地形地质环境极易诱发滑坡灾害^[2]。据不完全统计, 仅朝天和利州两区记录的滑坡灾害高达 300 余次^[3]。如 2010 年 7 月 23 日利州区三堆镇发生滑坡灾害, 掩埋房屋 2×10^4 km³, 65 人受到严重威胁, 造成直接经济损失约

20 万元^[4]。滑坡灾害不仅导致人员伤亡和财产损失, 而且能够引起油气管道破坏造成的长期服务中断^[5]。一般来说, 由滑坡引起的长输油气管道故障或破坏比滑坡本身的危害大得多^[6]。因此, 对兰成渝输油管道广元段开展滑坡作用下的管道易损性研究对重要管道的敷设路线规划及协助相关部门防灾减灾工作具有指导意义。

20 世纪 80 年代, Westgate 等人在地震灾害风险研究过程中提出了“易损性”这一概念^[7]。由于易损性涉及的学科较多, 范围较广, 因此, 学术界没有

收稿日期 (Received date): 2018-12-04; **改回日期** (Accepted date): 2020-07-30

基金项目 (Foundation item): 中国科学院战略性先导科技专项 (XDA20030302); 水科院全国山洪灾害调查评价项目 (SHZH-IWHR-57); 数字福建自然灾害监测大数据研究所开放课题 (NDMBD2018003); 西南石油大学科技创新团队项目 (2017CXTD09)。[Strategic Priority Research Program of Chinese Academy of Sciences (XDA20030302); National Mountain Flood Disaster Investigation Project of China Institute of Water Resources and Hydropower (SHZH-IWHR-57); Open Fund of Big Data Institute of Digital Natural Disaster Monitoring in Fujian (NDMBD2018003); Innovation Team Projects of Southwest Petroleum University of Science and Technology (2017CXTD09)]

作者简介 (Biography): 熊俊楠 (1981-), 男, 四川南充人, 博士, 教授, 主要研究方向: 地理信息系统与灾害风险分析。[XIONG Junnan (1981-), male, born in Nanchong, Sichuan province, Ph. D., professor, mainly engaged in the research on GIS and disaster risk analysis] E-mail: neu_xjn@163.com

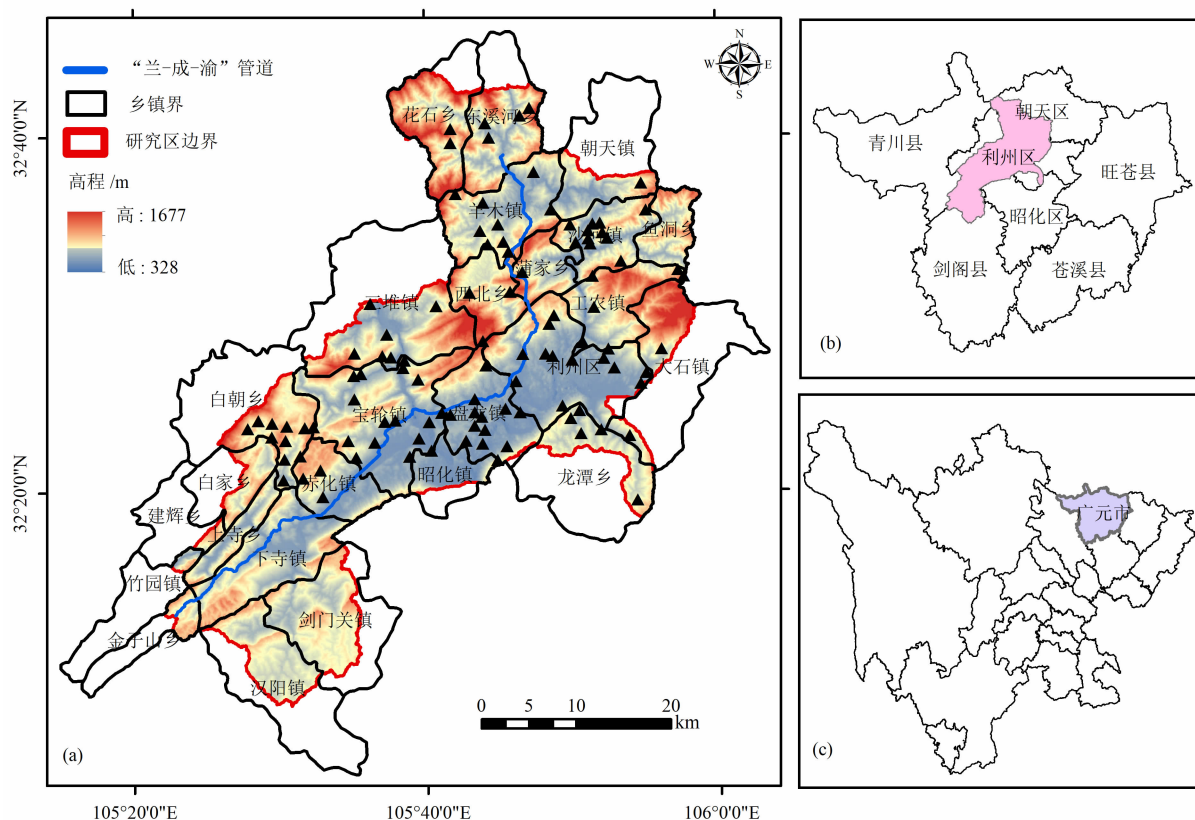


图1 研究区概况:(a)滑坡灾害分布与管道线路;(b)研究区地理位置;(c)广元市地理位置

Fig.1 Survey of the study area; (a) landslides distribution and pipeline route;

(b) location of the study area; (c) location of the Guangyuan

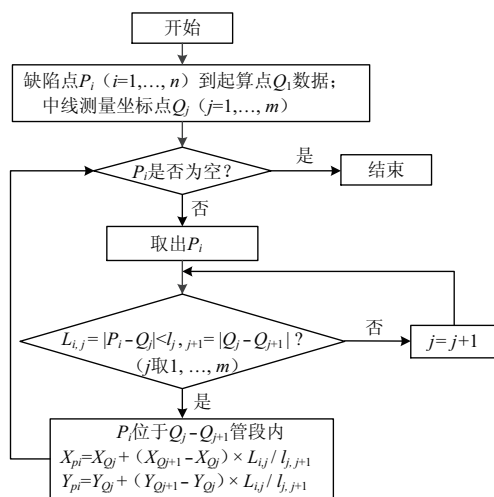


图2 坐标转换流程图

Fig.2 Flow chart of coordinate transformation

3 研究方法

熵权法的基本思路是根据指标差异性的大小来确定权重^[23]。具体而言就是,某一评价指标的指标

值差异越大,那么熵值就越小,表明该指标表达的有效信息量就越大,因此该指标的权重就越大^[24]。反之,若某一评价指标的指标值差异越小,那么熵值就越大,表明该指标表达的有效信息量就越小,因此,该指标的权重就越小^[25]。特殊地,若所有评价单元的某一指标值完全相等,那么熵值最大,表明该指标未表达任何有效信息,可不将此指标纳入评价指标体系。基于熵权法的滑坡作用下的管道易损性评价主要包括以下四步。

3.1 原始数据标准化

设有 m 个评价指标, n 个评价单元,原始矩阵为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

对矩阵 X 进行归一化处理,可得:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{m1} & r_{m2} & r_{m3} & \cdots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

数据如表 3 所示。

表 3 部分管段指标数据
Tab. 3 Indicator data of partial pipeline

序号	埋深/m	夹角/(°)	壁厚/mm	缺陷密度	位置/m
0	1.83	87.25	6.91	0.000323	359.06
1	3.05	31.01	11.10	0.000482	429.89
2	1.86	76.83	11.10	9.08E-05	362.68
3	1.46	6.91	11.10	3.64E-05	246.59
4	1.72	25.30	11.10	5.39E-05	519.56
5	1.36	2.00	8.70	0.000576	554.46
6	2.03	43.74	9.96	2.33E-05	1703.08
...
179	1.65	37.04	9.37	0	101.55

为了使评价结果更为准确,本文利用皮尔逊相关系数法对剩余的 5 个评价指标进行指标间独立性检验,从而筛选出相关性较小的指标。将各管段的指标值导入 SPSS 21 进行相关性分析,输出结果如表 4 所示。

表 4 评价指标间的相关性系数
Tab. 4 Correlation matrix of five assessment indicators

指标	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1	1				
X_2	-0.048	1			
X_3	0.092	0.062	1		
X_4	-0.122	-0.020	0.244	1	
X_5	-0.054	0.097	0.156	0.080	1

注: X_1 表示埋深; X_2 表示夹角; X_3 表示缺陷密度; X_4 表示壁厚; X_5 表示位置。

由表 4 可知,5 个指标间的相关系数均小于 0.8,都呈弱相关性^[27]。因此,5 个指标都纳入最终的评价指标体系。各指标的简单描述如下:

(1)管道埋深

覆土保护层为管道提供了重要的安全保障,多数情况下,覆盖土层的厚度与管道的安全性呈正相关,即管道埋深越深,管道未来遭受滑坡灾害破坏的概率就越小。

(2)管道与斜坡单元夹角

滑坡会对管道造成一定程度的影响与破坏,破

坏程度往往与管道敷设方向和滑坡主方向所形成的夹角有较高的相关性。通常,滑坡与管道易损性关系可以归纳为:横穿滑坡>斜穿滑坡>纵穿滑坡^[28]。由于研究区管段数量较多,且大多数滑坡的主滑方向未被记录。因此,本文以斜坡单元坡向取代滑坡主滑方向,并将管道与斜坡单元夹角近似为管道与滑坡夹角。

(3)管道缺陷密度

研究区管道的长时间运行在一定程度上导致了管道缺陷数量的增加,而将管道缺陷密度纳入易损性评价体系在以往的研究中还非常少见^[3]。因此,本文将缺陷点图层与管段图层进行叠加分析,以获取各管段的缺陷长度,再计算得到各管段的缺陷密度。

(4)管道壁厚

管道壁厚是管道保持安全运行的重要参考指标,可用于管道剩余寿命的计算。管道壁厚越小,管道易损性就越高。本文利用 ArcGIS 的叠加分析工具,对管道壁厚变化线和管段线进行处理,由此获取各管段的壁厚均值。

(5)管道位置

管道位置指管道位于滑坡影响范围内的空间位置,本文利用管道距离斜坡单元几何中心的最小距离来量化这一指标。因此,管道距斜坡单元中心最小距离越小,管道易损性越高。

4.3 管道滑坡易损性值计算

根据式(1)~(4),基于 MATLAB 2014 软件平台,通过编程获取每段管段的各评价指标归一化值。再根据式(5)~(7),计算各评价指标的熵权。计算结果如表 5 所示。

表 5 评价指标的熵权计算结果

	埋深	夹角	缺陷密度	壁厚	位置
熵权	0.010	0.102	0.679	0.154	0.055
熵	0.997	0.973	0.818	0.959	0.985

最后,根据上述各评价指标的熵权值,利用式(8)计算各管段的易损度值。为使评价结果更加直观,本文采用等间距法将评价结果分为四类:低易损区(0~0.25)、中易损区[0.25~0.5)、高易损区[0.5~0.75)和极高易损区[0.75~1)。兰成渝石油管道广元段易损性分区结果如图 4 所示。

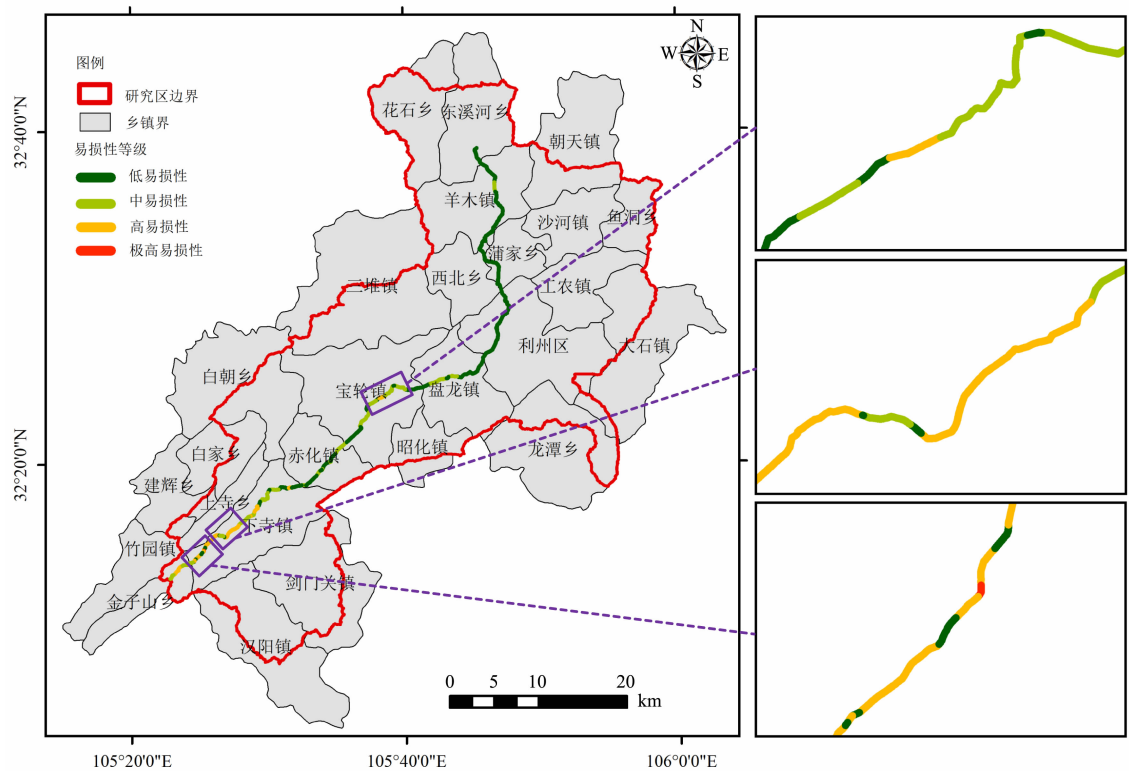


图 4 管道易损性评价结果

Fig.4 Assessment results of pipeline vulnerability

5 结果分析与建议

低易损区主要分布于研究区北部,中易损区主要分布于研究区中部,而高和极高易损区主要分布于研究区南部。具体而言,宝轮镇及下寺镇的部分管道的易损性最高,未来遭受滑坡灾害破坏的可能性最大。现场勘察发现,这些区域人类活动较强,海拔为 520 ~ 976 m ,坡度为 14.31° ~ 27.36° ,年均降雨量 962.4 ~ 974.9 mm ,且管道的埋深较浅,管道缺陷密度较高。这正是该区域管段易损性较高的主要原因。

经统计计算,得到各等级管段数量、各等级管段数量占管段总数量的比例、各等级管段长度占管道总长度的比例等信息(表 6)。

由表 6 可知,研究区 180 段管道中,120 段管段(50.417 km)属于低易损性,37 段管段(20.888 km)属于中易损性,22 段管段(9.833 km)属于高易损性,1 段管段(0.087 km)属于极高易损性。低、中、高、极高易损性管段数量占管段总数量的比例分别为 66.66%、20.56%、12.22% 和 0.56% ,低、中、高、

表 6 管道易损性等级统计表

Tab.6 Pipeline vulnerability rating table

易损性等级	管段数量 / 段	数量占比 / %	管段长度 / km	长度占比 / %
低	120	66.66	50.417	62.06
中	37	20.56	20.888	25.72
高	22	12.22	9.833	12.11
极高	1	0.56	0.087	0.11

极高易损性管段长度占管道总长度的比例分别为 62.06%、25.72%、12.11% 和 0.11%。本文在实地验证后,将四个等级的易损区归纳总结为:(1)低易损区:管道完整,几乎没有管道缺陷,距滑坡发育体较远,处于安全区域。针对这类管道,建议巡检;(2)中易损区:管道基本完整,但环境条件较为恶劣。针对这类管道,建议进行简易监测和巡检;(3)高易损区:部分管道有缺陷,周围环境条件较恶劣。针对这类管道,建议进行重点监测和建立相应的应对方案;(4)极高易损区:管道有较多缺陷或损伤,易受到破坏,处于滑坡体内部,易发生石油泄漏等事故,影响管道运营安全。针对这类管道,建议增

加防治工程,重点监测,最好做到实时监控,及时检修存在安全隐患的管道,并完善应对突发事件的策略。

6 结论

针对当前滑坡影响下的长输油气管道易损性评价研究不能客观反映工程实际情况,评价指标体系未能考虑管道本体与敷设环境的相互作用,造成评估结果量化程度低的问题。本研究结合长输油气管道自身特点,基于ArcGIS、MATLAB软件平台,建立了基于熵权法的兰成渝输油管道易损性评价模型,从管道本体、管道与滑坡空间关系两个方面对管道易损性进行定量评估,根据管道实际运营状况对结果进行分析,对不同等级易损性管道提出相应管理建议。本文得到的主要结论如下:

(1)从熵权值大小来看,在最终确定的5项评价指标中,管道与斜坡单元夹角、管道壁厚及管道缺陷密度三个影响因子的熵权最大,说明这三个因子对管道易损性的影响最大。这在新建管道工程选线时,对滑坡风险规避及管道自身属性特征设计具有一定的指导作用。

(2)从统计结果来看,处于高和极高易损等级的管段共23段,占总管道长度的12.22%;这23段管段主要分布在宝轮镇及下寺镇,相应管理部门应着重关注这部分管道,及早排除安全隐患,避免滑坡灾害引起管道事故,造成严重损失。

(3)管道易损性受多种因素综合影响,本文由于数据限制,未考虑管道附属设施质量、管道焊接及防腐重量、违章占压情况等指标。未来的研究可增加对这类因子的分析探讨,从而获得更准确的易损性评价结果。

参考文献 (References)

[1] 霍峰,王玮,曹永利,等. 跨越发展的中国油气储运建设技术及未来走向[J]. 石油科技论坛, 2016, 35(3): 44-51. [HUO Feng, WANG Wei, CAO Yongli, et al. China's Construction Technology of Oil and Gas Storage and Transportation and Its Future Development Direction [J]. Oil Forum, 2016, 35(3): 44-51]

[2] 郭长宝,唐杰,吴瑞安,等. 基于证据权模型的川藏铁路加查——朗县段滑坡易发性评价[J]. 山地学报, 2019, 37(2): 240-251. [GUO Changbao, TANG Jie, WU Ruian, et al. Landslide susceptibility assessment based on WOE model along Jiacha —

Langxian County section of Sichuan—Tibet Railway, China [J]. Mountain Research, 2019, 37(2): 240-251]

[3] 孙铭. 基于GIS的输油管道滑坡地质灾害风险评价[D]. 成都: 西南石油大学, 2017: 57-70. [SUN Ming. Risk assessment of geological hazard of oil pipeline landslide based on GIS [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2017: 57-70]

[4] 赖书名,胡勇生. 广元宝珠村滑坡工程地质特征及成因机制研究[J]. 地质灾害与环境保护, 2018, 29(3): 43-48. [LAI Shuming, HU Yongsheng. Engineering Geological Characteristics and Formation Mechanism of Baozhu Landslide in Guangyuan [J]. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2018, 29(3): 43-48]

[5] YANG Jintao, SONG Chao, YANG Yang, et al. New method for landslide susceptibility mapping supported by spatial logistic regression and GeoDetector: a case study of Duwen Highway Basin, Sichuan Province, China [J]. Geomorphology, 2018, 324: 62-71.

[6] MANSOUR M F, MORGENSTERN N R, MARTIN C D. Expected damage from displacement of slow-moving slides [J]. Landslides, 2010, 8(1): 117-131.

[7] 唐波,刘希林. 国外城市灾害易损性研究进展[J]. 世界地理研究, 2016, 25(1): 75-82. [TANG Bo, LIU Xilin. Review of analysis on vulnerability of urban disasters [J]. World Regional Studies, 2016, 25(1): 75-82]

[8] 郭跃. 自然灾害的社会易损性及其影响因素研究[J]. 灾害学, 2010, 25(1): 84-88. [GUO Yue. A study on social vulnerability to natural hazards and its influencing factors [J]. Journal of Catastrophology, 2010, 25(1): 84-88]

[9] 丁朋朋,杨宗佑,游勇,等. 川藏铁路沿线滑坡灾害易损性评价[J]. 铁道建筑, 2017, 57(8): 133-138. [DING Pengpeng, YANG Zongji, YOU Yong, et al. Vulnerability evaluation on landslide hazards to Sichuan - Tibet railway [J]. Railway Engineering, 2017, 57(8): 133-138]

[10] 宁成干,黄莉莉. 埋地燃气管道易损性的模糊综合评价[J]. 内蒙古石油化工, 2012, 38(9): 71-73. [NING Chengqian, HUANG Lili. The fuzzy comprehensive evaluation of vulnerability of buried gas pipeline [J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2012, 38(9): 71-73]

[11] WU T H, TANG W H, EINSTEIN H H. Landslides: investigation and mitigation, chapter 6 - landslide hazard and risk assessment [M]. Transportation Research Board, 1996: 106-118.

[12] XIONG Junnan, LI Jin, CHENG Weiming, et al. A GIS-based support vector machine model for flash flood vulnerability assessment and mapping in China [J]. International Journal of Geo-Information, 2019, 8(7): 297.

[13] 刘迎春,石云山,卢启春,等. 基于指标评分法的单体管道地质灾害风险评价——以土质滑坡为例[J]. 天然气技术与经济, 2015, 9(3): 57-61. [LIU Yingchun, SHI Yunshan, LU Qichun, et al. Risk assessment of geological disasters in single

- pipe based on scoring index method: a case study of soil landslide [J]. *Natural Gas Technology and Economy*, 2015, **9**(3): 57 – 61]
- [14] 刘洋洋, 李永强, 李有鹏, 等. 基于 AHP – 模糊综合评价法的山区丘陵公路灾害易损性研究——以河南省修武县为例[J]. *灾害学*, 2017, **32**(2): 32 – 38. [LIU Yangyang, LI Yongqiang, LI Youpeng, et al. Research of highway disaster vulnerability based on AHP – fuzzy comprehensive evaluation method: a case study of Xiuwu county in Henan province [J]. *Journal of Catastrophology*, 2017, **32**(2): 32 – 38]
- [15] 田述军, 孔纪名. 基于斜坡单元和公路功能的滑坡风险评价[J]. *山地学报*, 2013, **31**(5): 580 – 587. [TIAN Shujun, KONG Jiming. Risk assessment of landslide based on slope unit and highway function [J]. *Mountain Research*, 2013, **31**(5): 580 – 587]
- [16] 冯文凯, 张涛, 张誉瀚. 显石寨村管道滑坡形成机制及管道易损性评价[J]. *地质灾害与环境保护*, 2014, **25**(2): 83 – 88. [FENG Wenkai, ZHANG Tao, ZHANG Yuhuan. Evaluating the stability of landslides in Xianshizhai village and the pipeline vulnerability with their action [J]. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2014, **25**(2): 83 – 88]
- [17] 严琨, 沈锐利, 李琦. 大型悬索跨越结构地震易损性分析[J]. *四川建筑科学研究*, 2014, **40**(6): 83 – 87. [YAN Kun, SHEN Ruili, LI Qi. Seismic vulnerability analysis for the long-span suspension cable pipeline aerial crossing structure [J]. *Sichuan Building Science*, 2014, **40**(6): 83 – 87]
- [18] 徐士彬, 钱德玲, 姚兰飞, 等. 路基遭受泥石流灾害的易损性评价[J]. *水土保持通报*, 2016, **36**(5): 235 – 241. [XU Shibin, QIAN Deling, YAO Lanfei, et al. Evaluation of vulnerability of subgrade suffering from debris flow disasters [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2016, **36**(5): 235 – 241]
- [19] 刘兴荣, 杨军, 颀丽. 泥石流对兰成渝输油管道的危害及防治[J]. *甘肃科学学报*, 2009, **21**(1): 88 – 92. [LIU Xingrong, YANG Jun, XIE Li. The hazards of debris flow to oil transporting pipelines in Lan – Cheng – Yu [J]. *Journal of Gansu Sciences*, 2009, **21**(1): 88 – 92]
- [20] 熊俊楠, 孙明远, 孙铭. 基于 GIS 及耦合协调原理的长输管道山洪泥石流风险性评价[J]. *天然气工业*, 2019, **39**(3): 116 – 124. [XIONG Junnan, SUN Mingyuan, SUN Ming. Risk assessment on mountain torrents and debris flows along long-distance pipelines based on the GIS and coupling-coordination principle [J]. *Natural Gas Industry*, 2019, **39**(3): 116 – 124]
- [21] XIONG Junnan, SUN Ming, ZHANG Hao, et al. Application of the Levenburg – Marquardt back propagation neural network approach for landslide risk assessments [J]. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2019, **19**(3): 629 – 653.
- [22] 李世元, 简季, 吴章生, 等. 广元市地质环境管理数据库系统设计[J]. *地质灾害与环境保护*, 2012, **23**(3): 36 – 42. [LI Shiyuan, JIAN Ji, WU Zhangsheng, et al. A design of the Geo-environment management database system for Guangyuan city [J]. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2012, **23**(3): 36 – 42]
- [23] XU Hongshi, MA Chao, LIAN Jijian, et al. Urban flooding risk assessment based on an integrated k-means cluster algorithm and improved entropy weight method in the region of Haikou, China [J]. *Journal of Hydrology*, 2018, **563**: 975 – 986.
- [24] 郭磊, 项卫东, 刘英男, 等. 基于熵权法的新建长输天然气管道易损性评价[J]. *油气储运*, 2015, **34**(4): 373 – 376. [GUO Lei, XIANG Weidong, LIU Yingnan, et al. Vulnerability assessment on new long-distance gas pipeline based on entropy method [J]. *Oil & Gas Storage and Transportation*, 2015, **34**(4): 373 – 376]
- [25] 宁娜, 舒和平, 刘东飞, 等. 基于熵权和模糊评判的单沟泥石流危险性评价[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2014, **50**(3): 369 – 375. [NING Na, SHU Heping, LIU Dongfei, et al. Hazard assessment of debris flow based on the entropy weight method and fuzzy evaluation method [J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2014, **50**(3): 369 – 375]
- [26] 熊俊楠, 曹依帆, 程维明, 等. 福建省山洪灾害危险性评价[J]. *山地学报*, 2019, **37**(4): 538 – 550. [XIONG Junnan, CAO Yifan, CHENG Weiming, et al. Risk assessment of mountain torrent disasters in Fujian province, China [J]. *Mountain Research*, 2019, **37**(4): 538 – 550]
- [27] 包美玲, 尹红. 基于 SPSS 研究分析我国居民人均消费结构[J]. *软件*, 2018, **39**(12): 136 – 140. [BAO Meiling, YIN Hong. Analysis of Per Capita consumption structure of Chinese residents based on SPSS [J]. *Computer Engineering & Software*, 2018, **39**(12): 136 – 140]
- [28] 郝建斌, 刘建平, 荆宏远, 等. 横穿状态下滑坡对管道推力的计算[J]. *石油学报*, 2012, **33**(6): 1093 – 1097. [HAO Jianbin, LIU Jianping, JING Hongyuan, et al. A calculation of landslide thrust force to transverse pipelines [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2012, **33**(6): 1093 – 1097]

Vulnerability Evaluation of Long-Distance Oil and Gas Pipelines under Landslide Actions Based on GIS and Entropy Weight Method

XIONG Junan^{1a*}, CAO Yifan^{1a}, SUN Ming², WANG Yingbing³, YONG Zhiwei^{1b}

(1. a. School of Civil Engineering and Geomatics; b. School of Geoscience and Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, China; 2. The First Surveying and Mapping Institute of Sichuan Province, Chengdu 610100, China; 3. Chengdu Huafeng Engineering Survey and Design Co., Ltd., Chengdu 610041, China)

Abstract: Landslides are one of the most popular geohazards threatening pipeline engineering in China. For the purpose of decision-making and geohazard prevention and control in pipeline construction, it is of great significance to evaluate the vulnerability of long-distance oil and gas pipelines subjected to landslides. In this research, it conducted field survey on geohazards along the Guangyuan section of the Lanzhou – Chengdu – Chongqing (Lan – Cheng – Yu) oil pipeline. In terms of the spatial relationship between pipelines and landslides, and the physical properties of pipelines, 9 evaluation indexes including pipeline defect density, pipe wall thickness, buried depth of pipeline, the angle between pipeline and slope, pipeline position, etc. were selected to make an quantitative evaluation on pipeline vulnerability and grade division based on ArcGIS, MATLAB software platform and entropy weight theory; therefore it proposed the corresponding management strategy. The results showed that: (1) the values of entropy weights for pipeline defect density, pipe wall thickness and the angle between pipeline and slope were 0.679, 0.154 and 0.102 respectively; All of the three indexes had the greatest influence on pipeline vulnerability; (2) The pipeline sections with low, medium, high and very high vulnerability accounted for 66.66%, 20.56%, 12.22% and 0.56%, respectively; Accordingly the length accounted for 62.06%, 25.72%, 12.11% and 0.11%, respectively; (3) The pipeline vulnerability level in the north of the study area was low, but in the south was high. The pipelines with high and very high vulnerability were mainly distributed in Xiasi Town and Baolun Town. In view of this part of the pipeline, we recommend that increase the prevention and control engineering, carry out the real time monitoring, and achieve timely maintenance. The evaluation results fairly match with current reality of pipeline vulnerability in the study area, and can provide a reliable reference for pipeline management in the study area and pipeline route planning in other similar areas.

Key words: landslide; pipeline; entropy weight method; vulnerability evaluation