

元托帽沟输油管道泄漏事故后果分析

彭趣¹ 廖柯熹¹ 刘奎荣² 李章青²

摘要: 兰成渝成品油管道、兰郑长成品油管道和兰成原油管道分别由兰州首站油库和西部管道原油库接出,一旦发生泄漏事故,会对沟道附近的居民小区和中、小学造成极大危害,乃至影响黄河中下游水质。元托帽沟管道泄漏事故后果分析主要是针对管输汽油、柴油和原油进行风险识别,计算小孔、中孔、大孔及断裂状况下的油品泄漏量,分析多种洪水重现期下油品漂移至黄河、兰州主城区的时间,并确定出池火灾、蒸气云爆炸两种次生灾害下的最大影响距离分别为258、1 185 m。针对元托帽沟输油管道的实际状况,建议定期检测、更换管道,加强沟道附近居民及中、小学生安全防范意识教育。

关键词: 输油管道; 风险识别; 泄漏量; 油品漂移; 次生灾害

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.1.009

Analysis on Leakage Consequence of Yuantuomao River Oil Pipelines

Peng Qu, Liao Kexi, Liu Kuirong, Li Zhangqing

Abstract: Lanchengyu, Lanzhengchang and Lancheng oil pipelines are laying along Yuan-tuomao River, once oil pipelines leakage accident happened, the residents and schools near to Yuantuomao River are in danger, or even Yellow River. This paper studied on the risk identification of gasoline, diesel and crude, the leakage rate of different pore size, drift time of different flood peak discharge, influence scope of two secondary disaster. And finally the pool fire and explosion maximum influence distance of leakage is ensured 258m and 1185m. For the consequence, some suggestions and measures are given out.

Key words: oil pipelines; risk identification; leakage rate; oil drift; secondary disaster

1 工程概况

兰成渝成品油管道、兰郑长成品油管道和兰成原油管道分别由兰州首站油库和西部管道原油库接出,沿黄河一级支沟的元托帽沟两岸铺设,位于水上公园附近,与黄河入河口及兰州主城区的距离分别为4.5、15 km。三条输油管道在元托帽沟内伴行敷设约3 km后上岸。兰成渝成品油管道年输量为 $7 \times 10^6 \text{ m}^3$,管径508 mm,出站压力11 MPa,顺序输送0#柴油、93#汽油、97#汽油;兰郑长成品油管道年输量为 $10 \times 10^6 \text{ m}^3$,管径610 mm,出站压力10 MPa,输送0#柴油;兰成原油管道年输量为 $10 \times 10^6 \text{ m}^3$,管径610 mm,出站压力13.4 MPa,输送原油。

2 风险识别

元托帽沟管道输送的成品油和原油具有易燃、易爆、易挥发、易扩散以及有毒等特点,在管道运

行过程中若发生泄漏事故,极易引起火灾、爆炸等次生灾害。

从表1中管输油品的危险性分析可以看出,汽油和原油闪点较低,易挥发,可与空气混合形成爆炸性气体,如遇明火会引起火灾或爆炸,危险性较大。因此,元托帽沟三条输油管道中主要危险物为汽油、原油,事故风险类型包括泄漏、火灾和爆炸。

表1 管输油品的危险性分析

油品	闪点/ $^{\circ}\text{C}$	爆炸极限/ $\%$	火灾危险性	危险有害因素
汽油	-50	1.4~7.6	甲B类	易燃液体
柴油	50	1.3~6.0	乙A类	可燃液体
原油	20	4.5~14	甲B类	易燃液体

3 油品泄漏量计算

依据API 581中关于泄漏孔尺寸的规定,选择

¹西南石油大学石油与天然气工程学院

²中国石油西南管道局兰州输油气分公司

以下4种标准孔尺寸：小孔（1/4 in，6 mm）、中孔（1 in，25 mm）、大孔（4 in，101 mm）、断裂（全管径）^[1]。本文采用这4种孔径进行管道泄漏量计算。兰州首站采用了灵敏度较高的自动监控系统，可在10 s内发现管道内的压力波动，在30 s内关闭截断阀，工作人员可在30 min内完成抢险维修工作。

管道发生泄漏时使用不可压缩黏性流体恒定总流的伯努利方程计算泄漏量^[2]

$$Q = q \cdot t \quad (1)$$

$$q = \frac{\mu \pi d^2 \sqrt{2gH_0}}{4} \quad (2)$$

$$H_0 = \frac{p_1 - p_2}{\rho g} \quad (3)$$

式中： Q 为总泄漏量， m^3 ； q 为泄漏速率， m^3/s ； t 为泄漏时间， s ； μ 为圆形薄壁孔口泄漏时的流量系数，约为0.60~0.62，为了安全取0.62； d 为泄漏孔口的直径， m ； p_1 为管线介质输送内压力， Pa ； p_2 为油流收缩断面处所受压力， Pa ； ρ 为油品密度， kg/m^3 ； g 为重力加速度， m/s^2 。

元托帽沟三条输油管道在不同泄漏孔径下的油品泄漏量见表2。

表2 三条输油管道不同泄漏孔径下的油品泄漏量

管道名称	小孔泄漏量/ m^3	中孔泄漏量/ m^3	大孔泄漏量/ m^3	断裂泄漏量/ m^3
兰成渝管道	7.2	14	78	296
兰郑长管道	7.9	20	89	329
兰成管道	8.3	23	94	335

4 管道泄漏事故后果分析

元托帽沟管道发生泄漏时，泄漏的油品进入水体，浮于水面并沿沟道发生漂移，如遇明火点燃将引起池火灾、蒸气云爆炸等次生灾害。

4.1 泄漏油品漂流分析

泄漏的油品进入元托帽沟后很快在水面扩展为油膜，并在水流和风速作用下发生漂移，漂移距离即为油膜中心的位移量，其漂移速度的计算式为^[3]

$$v_0 = v_1 + v_f Q \quad (4)$$

式中： v_0 为油膜漂移速度， m/s ； v_1 为水流速度， m/s ； v_f 为距水面10 m高处的风速，元托帽沟常年平均风速为0.9 m/s ； Q 为风速对水流的贡献率，通常取经验值0.3。

依据不同洪水重现期下的洪峰流量，计算元托帽沟在不同洪水重现期下发生泄漏时的油品漂移速度，如表3所示。

表3 不同洪峰流量下流速及泄漏油品漂移速度

洪水级别	洪峰流量/ $(m^3 \cdot s^{-1})$	平均流速/ $(m \cdot s^{-1})$	油品漂移速度/ $(m \cdot s^{-1})$	油污到达 黄河时间/h	油污到达 主城区时间/h
无洪水	—	0.74	0.77	1.62	5.41
2年一遇	18.7	2.46	2.49	0.50	1.67
5年一遇	26.4	2.73	2.76	0.45	1.51
10年一遇	34.3	3.02	3.05	0.41	1.37
20年一遇	44.4	3.29	3.32	0.38	1.26
50年一遇	64.0	3.65	3.68	0.34	1.13
100年一遇	81.5	3.89	3.92	0.32	1.06

4.2 次生灾害影响分析

4.2.1 池火灾

管道泄漏的油品浮于水体表面沿水流漂移的过程中，一旦遇明火点燃则会在狭长的元托帽沟内引发严重的池火灾事故。采用Fay模型^[4]，针对兰成渝管道、兰郑长管道和兰成管道分别计算小孔、中孔、大孔、断裂4种泄漏形式下的最大油池半径，结果见图1。根据Mudan热辐射模型^[5]计算距离河道中心线不同位置处的池火灾热通量，并选取热辐射阈值为15.77 kW/m^2 ，判断池火灾影响范围，确定三条输油管道发生单管泄漏时的最大影响范围为258 m，如图2所示。

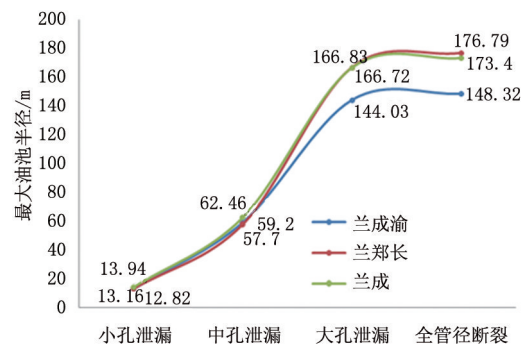


图1 三条输油管道不同泄漏状况下最大油池半径

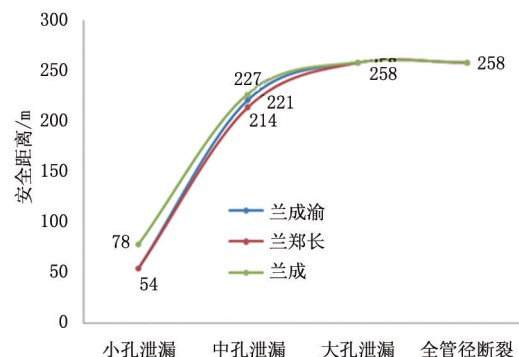


图2 三条输油管道不同泄漏状况下的池火灾影响距离

4.2.2 蒸气云爆炸

泄漏的油品在河流表面蒸发后与空气混合形成爆炸性混合物，如遇到明火极易引发爆炸。按照TNT当量法^[6]计算兰成渝管道、兰郑长管道和兰成管道发生小孔、中孔、大孔、断裂4种泄漏形式下

的蒸气云爆炸影响半径,并选取超压临界点(17 kPa)判断爆炸影响范围,确定三条输油管道发生单管泄漏时的最大影响范围为1 185 m,见图3。

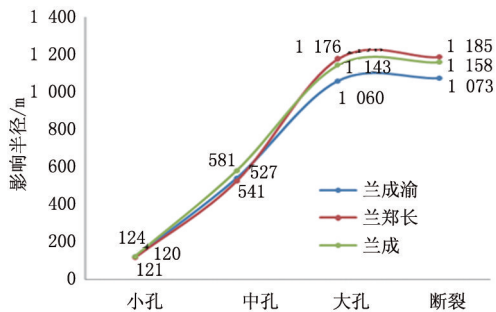


图3 三条输油管道不同泄漏状态下蒸气云爆炸影响范围
4.2.3 次生灾害最大影响范围

根据元托帽沟三条输油管道不同泄漏状态下发生次生灾害(池火灾、爆炸)的分析结果可知,发生池火灾、蒸气云爆炸事故的最大影响半径为258、1 185 m,影响范围包括数个居民小区及中、小学等高密度人口区域,一旦发生泄漏事故,必将对附近居民和学生的健康、财产造成极大威胁。

5 结论及建议

(1) 为避免元托帽沟管道发生泄漏事故,建议定期对三条管道进行内、外腐蚀检测,及时补修、更换腐蚀状况严重的管段。

(2) 管道泄漏的油品不仅污染元托帽沟甚至黄河的水体,还会对黄河下游民众的生产生活造成极大不便,因此建议在元托帽沟内采用拦油栅、围油栏、活塞膜化学药剂等措施,防止漏油沿元托帽沟扩散,并及时打捞泄漏的油品,恢复污染现场的环境。

(3) 元托帽沟管道发生池火灾、蒸气云爆炸事故的最大影响范围较大,为避免重大事故的发生,应加强管道的巡检频率,沿线设立明显的标志桩、提示牌和警示标志,并针对附近小区及中、小学开展安全防范意识教育。

参考文献

- [1] American Petroleum Institute. Risk based resource document: API 581[S]. Washington: Second Edition, 2008: 45-47.
- [2] 国家环境保护总局. 建设项目环境风险评价技术导则: HJ/T 169-2004[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2005: 5-9.
- [3] 马红娜, 李彦娥, 武征. 成品油管道泄漏的环境风险评估[J]. 油气储运, 2011 (11): 801-804.
- [4] FAY J A, HOULT D P. Physical processes in the spread of oil on a water surface[J]. AD-726281, United States Coast Guard, 1971 (2): 257-262.
- [5] 宇德明, 冯长根, 曾庆轩, 等. 热辐射的破坏准则和池火灾的破坏半径[J]. 中国安全科学学报, 1996 (2): 5-10.
- [6] 朱喜平, 张来斌, 梁伟. 长输管道压气站定量风险评估[J]. 油气田地面工程, 2014, 33 (5): 3-4.

作者简介

彭趣: 西南石油大学硕士研究生, 研究方向为油气储运系统完整性管理与安全评价技术, 18583910183, 369910381@qq.com, 四川省成都市新都区西南石油大学, 610500。

收稿日期 2015-05-13

(栏目编辑 杨军)

(上接第22页)

- [5] 韩道明, 郭刚, 高春华, 等. 甲醇回收装置料液发泡原因分析[J]. 石油化工应用, 2011, 30 (11): 79-81.
- [6] 李强, 田喜军, 周玉荣, 等. 子洲一米脂气田泡沫排水采气技术研究与应用[J]. 石油化工应用, 2010, 29 (4): 47-53.
- [7] 李谦定, 宋吉锋, 薛丹, 等. 一种耐油抗甲醇气井泡排剂的研究[J]. 油田化学, 2013, 30 (1): 29-32.
- [8] 白晓弘, 吴革生, 王效明, 等. 含凝析油气井泡沫排水采气工艺研究及应用[J]. 石油化工应用, 2008, 27 (2): 35-38.
- [9] 李立众. 泡沫复合驱油机理及影响驱油效果因素研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2003.
- [10] 万里平, 孟英峰, 赵晓东. 泡沫流体稳定性机理研究[J]. 新疆石油学院学报, 2003, 15 (1): 70-73.

- [11] 胡世强, 刘建仪, 王新裕, 等. 高温高压下泡沫稳定性和PV性能的研究[J]. 天然气工业, 2007, 27 (6): 106-108.
- [12] 李松岩, 林日亿, 李兆敏, 等. 泡沫流体密度-压力-温度关系的实验研究[J]. 石油化工高等学校学报, 2008, 21 (2): 71-75.

作者简介

朱峰: 在读硕士研究生, 主要研究方向为油田含醇污水处理和甲醇再生塔模拟优化, 18706806099, zhufeng0617@163.com, 陕西省西安市雁塔区电子二路18号西安石油大学, 710065。

收稿日期 2015-05-17

(栏目编辑 杨军)