

李越, 刘波. 油气长输管道建设中地质灾害风险管理的研究与应用——以阆中-南充输气管道为例[J]. 灾害学, 2018, 33(1): 152-155, 161. [LI Yue and LIU Bo. Research and Application of Geological Disaster Risk Management in Construction of Long-distance Oil and Gas Pipelines—A Case study of Langzhong-Nanchong gas pipelines[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(1): 152-155, 161. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.01.027.]

# 油气长输管道建设中地质灾害风险管理的研究与应用

## ——以阆中-南充输气管道为例\*

李越<sup>1</sup>, 刘波<sup>2</sup>

(1. 四川省能源投资集团有限公司, 四川 成都 610081; 2. 四川省天然气管道投资有限责任公司, 四川 成都 610081)

**摘要:**目前国内油气长输管道建设项目, 通常采用建管分离模式, 建设单位为了控制工程投资, 将工作重点放在主体工程的建设上, 对保证管道安全运行的地质灾害防治工作停留在轻“事前”重“事后”、轻“规划”重“补救”的层面, 尤其是在地质灾害频发的地区, 运营期管道的抢维修和隐患治理给运营单位带来了很大的成本和安全压力。通过阆中-南充输气管道的建设, 运用地质灾害风险管理的方法, 对该管道所经地区的地质、地貌特征以及灾害类型进行分析, 对管道全生命周期的各个环节提出了具体做法, 通过工程实践, 建立了一套科学、经济的管道地质灾害防治体系, 实现了管道长期安全稳定运行的目标。

**关键词:**长输管道; 地质灾害; 风险管理; 管道安全; 全生命周期

**中图分类号:** X43; TE973; P69 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2018)01-0152-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.01.027

我国幅员辽阔, 国土面积广大, 自然地质环境条件复杂多变, 随着人类活动的加剧和活动范围的不断扩大, 工程建设造成的地质性破坏越来越多, 进而引发各类地质灾害, 其中崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝等地质灾害尤为普遍, 并且以西南、西北地区最为严重<sup>[1]</sup>。目前的地质灾害管理采用的是一种以各级隐患点为对象的“点状管理”, 采取群测群防的防控战术, 积极进行灾后重建和各类工程治理措施, 但这样的管理体系轻“事前”重“事后”, 轻“规划”重“补救”, 尤其缺乏事前科学决策的强有力的技术支撑。

油气长输管道是推动国家经济运行的重要能源保障, 在国民经济中占有重要的地位, 而地质灾害会诱发灾难性的管道安全事故。因此, 针对管道建设开展专门的地质灾害风险管理, 将地质灾害风险降至最低, 具有重要的实际意义。本文将针对阆中-南充输气管道的建设, 从管道沿线地貌特征、地质灾害类型以及防治措施等方面进行分析, 在管道建设的不同阶段开展地质灾害风险管理, 阐述管道地质灾害风险管理的总体思路及风险识别、分析、应对、监控的内容、方法和成效。

## 1 阆中-南充输气管道沿线地质灾害防治分析

### 1.1 沿线地貌地质

#### 1.1.1 地貌特征

阆中-南充输气管道全长约 139.65 km, 起于四川省阆中市五马乡, 自北向南敷设, 止于四川省南充经济开发区河西镇。管道所经区域受地壳运动、岩性、褶皱和断裂构造以及外动力地质作用的综合影响, 线路地貌类型复杂多样, 其地势总体北高南低, 主要经过的地貌类型为四川盆地丘陵、低山、山间平地、山前坡地等。其中, 低山区段坡度较陡, 植被茂密, 多为树林, 覆盖层较薄或者基岩出露; 丘陵区段为支离破碎的台阶状方山丘陵, 岩层近于水平, 岩质疏松, 易于侵蚀, 崩坡积土层厚 2~5 m。

沿线地貌区划长度统计

序号	地貌区划	长度/km
1	平坝	25.6
2	丘陵	81.55
3	低山	32.5
合计		139.65

\* 收稿日期: 2017-07-04 修回日期: 2017-08-19

基金项目: 陕西省自然科学基金计划项目(2014JM2-6119)

第一作者简介: 李越(1965-), 男, 汉族, 陕西西安人, 高级经济师, 博士, 主要从事油气长输管道灾害防治方面的研究。

E-mail: 26601995@qq.com

从地貌统计数据来看, 管道沿线主要经过了丘陵和低山两种地貌单元。

### 1.1.2 不良地质

从该项目可研阶段线路踏勘情况来看, 管道线路所经河谷、冲沟、丘间凹地和洼地等地段, 在高洪水位时, 易被淹没、冲刷、侵蚀, 且由于粉质粘土、粉土和泥岩、页岩陡坎形成的河岸、沟岸抗冲蚀能力差, 局部地段河岸、沟岸可能发生坍塌(坍岸); 管道线路所经丘陵地段, 地势起伏较大, 河流与冲沟较为发育, 局部地段出现陡坎和陡坡。

## 1.2 地质灾害类型及诱因分析

通过对管道沿线地貌地质情况进行分析, 并经初步地质勘察, 确认威胁管道安全的不良和灾害地质主要为洪水的冲刷、侵蚀引起的岸坡坍塌、泥石流, 陡坡和陡坎地段受降水及人为因素影响引起的滑坡、崩塌、泥石流等。下面对各种不同类型地质灾害的诱因进行分析, 以针对性的找出合理、经济的应对措施。

### 1.2.1 滑坡

受地形地貌、地质构造、地层岩性、岩石风化程度、人类活动及降雨等因素影响, 在管道沿线低山丘陵山区, 特别是微丘或重丘坡脚陡坡地带, 分布有滑坡地段。当管道敷设区段发生滑坡灾害时, 滑坡体将直接作用于管道, 当滑坡体对管道的作用力将管道由弹性变形向塑性变形发展时, 会造成管道出现折断、剪断等破坏。

结合本项目实际, 分析可能诱发滑坡的因素有: ①地震; ②降雨; ③地表水冲刷、浸泡; ④开挖坡脚; ⑤坡顶堆填废渣废土; ⑥乱砍乱伐。

### 1.2.2 崩塌

当管道沿山体陡坡等高线敷设时, 由于受开挖坡脚等人类活动影响, 陡坡上被直立裂缝分割的岩土体因为根部空虚, 会发生折断压碎或局部移滑, 由于失稳会脱离母体向下倾倒、翻滚, 对管道和人员安全造成危害。

结合本项目实际, 分析可能诱发崩塌的因素有: ①露天采石开矿; ②开挖坡脚; ③水库蓄水; ④坡顶堆填废渣废土; ⑤地震。

### 1.2.3 泥石流

管道在低山、丘陵区段敷设时, 管道作业带的施工会对地表植被造成破坏, 如果相应的水保设施及植被恢复措施没有及时到位, 在雨季大量降水的侵蚀下, 在沟谷或山坡等地表受到扰动的区域会形成挟带大量泥砂、石块等固体物质的洪流, 形成很强的冲刷破坏作用, 对人员、管道及地表建(构)筑物的安全造成极大的危害。

结合本项目实际, 分析可能诱发泥石流的因素有: ①地表植被大范围破坏; ②不合理堆放弃土、弃渣、弃石; ③持续强降雨冲刷、浸泡。

### 1.2.4 地质灾害诱因分析

从不同地质灾害的诱因来看, 除了降水、地震等自然因素外, 其它都是人为因素, 而人为诱发地质灾害有三个显著特点: ①诱发速度快, 在自然地质演化及气候变化过程中, 各类地质一般要经历很长时间才会从相对稳定演变至不稳定状态, 而人类活动对地质结构的扰动会大大加快自然演化时间, 加速地质特性的变化, 导致突变灾难的发生; ②诱发灾害面广, 除了特大自然灾害以外, 一般自然地质灾害的危害性受地形的限制会有一定的局限性, 但在人为因素干涉下, 其产生的危害会影响到更大的区域范围; ③灾害损失巨大, 由于人类活动对自然界的影 响, 诱发的地质灾害所造成的损失是严重的。

随着社会经济的发展, 人类对自然的破坏和影响日益频繁, 人为诱发地质灾害日益增加, 据地质灾害成因分析, 全国 50% 以上的地质灾害发生的主要原因是人类行为, 尤其是人类不合理地大量挖掘所造成的。所以, 从地质灾害风险管理的角度来看, 除了从设计和施工层面采取措施防范地质灾害, 重点应从管道运营期降低人为地质灾害的方向开展研究。

## 2 油气管道地质灾害风险管理方法

地质灾害风险具有突发性、难以确定性、多变性以及复杂性等特点, 在风险管理中牵涉因素很多, 制约因素错综复杂, 主要包括了区域地质构造条件、环境地质条件、水文地质条件、地层岩性条件、植被条件、人类工程活动的程度、气象条件等等。

油气管道的地质灾害风险管理应贯穿于管道设计、施工和运营的全过程, 强调的是一种事前管理, 它在地质灾害发生之前就对灾害的风险进行预估和评价, 从而决定是否需要使用手段, 以及使用何种手段来减少或缓解风险, 以提供决策使用, 并对如何有效使用地质灾害防治资金提出合理化建议<sup>[2]</sup>。

油气管道地质灾害风险管理主要包括以下内容: ①树立全生命周期地质灾害防治理念, 有针对性做好可研、初设、施设、竣工验收、运营管理等各阶段地质灾害防治工作; ②充分运用互联网、云计算、大数据等现代科学技术成果, 做好油气管道地质灾害防治信息系统建设, 开展地质灾害监测及预警预报工作; ③构建油气管道地质灾害应急响应体系, 包括组织、技术、物资装备、责任等体系; ④提升企业油气管道地质灾害风险管控法律意识, 做好对沿线政府、企事业单位及居民的宣传贯彻和交流<sup>[3]</sup>。

下面从油气管道全生命周期的设计、施工、

运营三个阶段做阐述。

## 2.1 设计阶段

### 2.1.1 开展地质灾害风险评价

把管道地质灾害风险管理的要求作为管道设计方案优化、决策的依据之一,投入资金对拟定管道路由沿线进行地质灾害风险识别、风险评价及风险控制,风险控制应对地质灾害风险提出应对措施,并提出具体方案。

### 2.1.2 优化管道路由,开展管道安全设计

管道选线时应优先考虑绕避灾害点、地质灾害易发区和施工可能诱发地质灾害的地段,不能绕避的应进行防治工程设计,并制定必要的应急预案。新线路存在的地质灾害应提出防治措施。管道选线及路由设计还应符合以下要求。

(1)在山区和地形急剧起伏地区,应避免不稳定的陡坡和泥石流地区,而将管道敷设于水淹地带以外的河谷地区,或沿分水岭敷设。

(2)管道在斜坡地段敷设需要填方、开挖等改变坡形时,按《建筑边坡工程技术规范》GB 50330<sup>[4]</sup>设计边坡坡度,并进行边坡防护设计。

(3)应预测管道运营期内管道敷设带水利、农业、渔业等人类工程活动情况,并采取应对措施。在河道穿越段,除考虑河道自然冲刷外,还应考虑管道运营期内由于人工活动等因素导致的河床可能的变化。

### 2.1.3 强化设计深度,完善相关地质灾害防治报告

对地质灾害高易发区管段和潜在地质灾害点提出监测方案,明确施工及运营期注意事项。开展管道地质灾害线路路由专项调查报告、管道地质灾害防治工程详细勘察报告、管道地质灾害防治工程初步设计报告、施工图设计报告以及管道建设工程地质灾害应急安全预案等专项设计<sup>[5]</sup>。

## 2.2 施工阶段

### 2.2.1 强化施工方案对地质灾害的风险控制

把管道地质灾害风险管理的要求作为管道建设工程施工方案优化、决策的依据之一,完成设计文件要求的地质灾害风险控制内容。对施工过程中揭露的地质条件进行编录,并进行地质灾害风险识别、评价及控制。

### 2.2.2 细化施工及竣工验收材料的编制深度

建议施工结束后开展地质灾害专项验收,开展施工组织设计报告、应急预案、重要地质灾害点监测报告、施工期间改线段地质灾害调查及防治设计报告以及地质灾害专项验收报告的编制<sup>[5]</sup>。

## 2.3 运营阶段

### 2.3.1 管理措施

加强地质灾害危险性评估单位资质管理,建立资质单位评估与终生负责的工作机制;在试投产前应对管道沿线在建设阶段识别出的地质灾害风险及风险控制措施进行确认;对已完成工程

治理的岩土类和水力类灾害点,应在一个水文年后进行调查、风险评价;强化地质灾害防治经费投入,建立地质灾害应急响应机制,强化管道巡检,确保及时发现地质灾害隐患点,成立抢维修队伍,依托先进可靠技术装备及时消除安全隐患,把各项防治保障措施落实到实处,确保管道安全。

### 2.3.2 宣传措施

管道运行阶段加大宣传力度,大力普及法律法规,加强附近居民对管道常识的认识以及管道破坏对居民可能造成的危险等,全面提升防灾意识。

## 3 阆中-南充输气管道取得的成效

### 3.1 开展地质灾害风险区划

由于地质灾害具有突发性强、破坏性大等特点,由地质灾害引起的管道失效都将造成严重的后果。因此,在可研设计阶段,委托有资质的单位对地质灾害情况下天然气管道进行安全可靠性和风险性评价,根据地质灾害危险程度的大小,进行地质灾害危险性区划(图1),并提出地质灾害防治建议,为管道地质灾害防治设计提供依据和支撑。

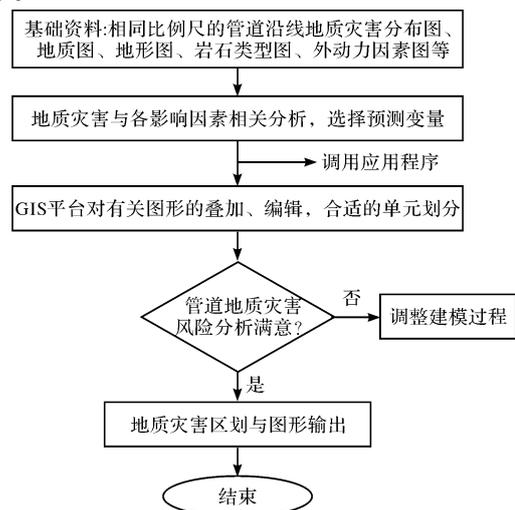


图1 油气长输管道地质灾害风险区划流程图

通过评估,确定了地质灾害风险等级标准,按天然气管道所经地可能遭遇的灾害地质种类、灾害造成管道的风险程度值以及地质灾害影响因素进行综合区划,形成了地质灾害风险区划图,并对各分区的管道风险等级情况以及地质灾害危险性做了详细描述,同时还有针对性地制定了切实可行的防灾减灾措施<sup>[6]</sup>。

### 3.2 设计阶段地质灾害防治措施

在初步设计阶段,要求设计单位依据地质灾害风险评估报告,根据地质灾害风险区划结果,针对性的进行设计优化。

(1)对于地质灾害危险性属于中低危险区,且

易损性也较小, 治理意义不大和治理费用高的管段, 采取绕开地质灾害点的整改方案。针对地质勘察报告中提出的, 存在部分地段管道路由与低山等高线小角度相交, 在施工过程中容易发生掉块、垮塌现象的情况, 设计单位对管道路由进行局部调整 修改线路与等高线垂直相交, 降低了引发地质灾害的几率。

(2) 对于地质灾害危险性属于中高危险区, 且属于关键控制点, 无法绕开的地质灾害点, 采取改变管道穿越方式或穿越位置的整改方案。对于构溪河、嘉陵江, 结合地质勘察报告, 采用定向钻方式穿越, 并调整出入土点位置, 避让地质灾害隐患点; 对于多条等级公路, 由于现场地形复杂, 将穿越方式从大开挖改为顶管, 并采取相应的水工保护措施, 降低了地质灾害发生概率。

另外, 在管道详细设计阶段, 通过多次图纸审查, 要求设计单位在管材选材时考虑永久荷载、可变荷载、偶然荷载、试压荷载、施工荷载及地震作用等诸多因素影响, 避免由于地质灾害造成管道破坏。为了减少对稳定地层的扰动, 要求设计单位在低山区段优先考虑冷弯弯管的使用, 减少土石方开挖量, 减少对地表植被的破坏, 降低引发地质灾害的几率。

由于在设计阶段对管道沿线地质灾害做了全方位识别, 并将有效的防范措施应用到设计成果中, 降低了地质灾害的发生。通过项目实施, 管道沿线工程地质区域稳定性较好, 未发现对管线有影响的滑坡、不稳定边坡等地质灾害, 局部点位周边有坍塌现象, 但对管道影响较小, 适宜管道工程建设。

### 3.3 施工期地质灾害防治措施

根据设计单位编制的管道地质灾害线路路由专项调查报告、管道地质灾害防治工程详细勘察报告、管道地质灾害防治工程初步设计报告、施工图设计报告, 结合现场工程实际, 结合安全和经济两方面因素编制施工组织设计, 并在施工过程中对重要地质灾害点进行监测, 同时编制了地质灾害应急安全预案。

#### 3.3.1 水工保护措施

根据设计图纸和地质勘察报告, 针对现场不同地质和地貌, 设置有排(截)水工程、支(拦)挡工程、加固工程、护坡工程等水工保护设施。

#### 3.3.2 生物保护措施

对于中低山地管道区段, 在受到扰动的管道作业带上合理栽植对管道安全没有影响的树木、草皮、药材等植被, 通过水土保持有效减缓了降水对管道作业带的侵蚀和破坏。

#### 3.3.3 强化施工质量

抓好工程全过程的安全监理工作, 严格控制水工保护设施的施工质量, 并开展地质灾害防治专项验收, 确保工程交工资料的完整性和可追溯性。

### 3.4 管道运营期风险管理措施

管道目前正处于建设期, 但对于运营期的地质灾害风险管理, 已经制订了一套完善的管理体系, 主要包含以下几方面内容。

(1) 坚持预防为主, 依托地方力量建立管道巡检队伍, 定期开展隐患排查和动态巡查, 并建立应急响应机制。

(2) 引进行业先进的管道地质灾害监测系统, 依托智能化管道建设, 对隐患风险点开展长期监控, 加强监测预报预警, 并保证监测工作的连续性和稳定性。

(3) 合理利用管道运维资金, 保障管道沿线各种水工保护设施的完整性和可靠性, 建立技术装备可靠的应急抢险救援队伍, 及时整改发现的安全隐患, 同时将应急演练作为安全生产管理中必不可少的一项工作。

(4) 编制管道保护宣传手册, 在地质灾害多发期到管道沿线村镇开展管道保护宣传, 普及管道保护法, 从法律法规的角度加强附近居民对管道安全性的认识, 以及管道破坏对居民可能造成的危险等。

## 4 结束语

结合阆中-南充输气管道的建设, 在管道全生命周期的各个环节开展地质灾害风险管理研究与实践, 建立了一套科学、经济的管道地质灾害防治体系, 实现了天然气管道地质灾害风险管理 with 灾害防治的目标。

开展地质灾害风险管理是确保管道安全的一条有效途径, 尤其是管道运营期对人为地质灾害发生几率的控制, 需要引起整个石油天然气行业及相关部门的高度重视, 加强相关管控措施的制订, 增加必要的投资, 实现管道长期安全稳定运行的目标。

## 参考文献:

- [1] 张启波, 贾颖, 闫晓静. 石油天然气长输管道危险性分析[J]. 中国安全科学学报, 2008, 18(7): 134-138.
- [2] 方华灿. 油气长输管线的安全可靠分析[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002: 283-286.
- [3] 中国石油天然气股份有限公司管道分公司. 长输管道工程建设项目风险管理指导手册[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 29-30.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. GB50330-2013 建筑边坡工程技术规范[S]. 中国: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [5] 国家能源局. SY/T6828-2011 油气管道地质灾害风险管理技术规范[S]. 中国: 石油工业出版社, 2011.
- [6] 马剑林, 陈利琼, 韩军伟. 长距离天然气管道地质灾害风险区划[J]. 管道技术与设备, 2011, 6(1): 14-16.

(下转第 161 页)