



油气管道科技丛书

7

油气管道地质灾害 风险管理技术

中国石油管道公司 © 编



石油工业出版社

油气管道科技丛书

油气管道地质灾害 风险管理技术

中国石油管道公司 编



石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了油气管道地质灾害风险识别、风险评价、监测预警、工程防治及风险后评价等技术,全面阐述了管道地质灾害风险管理的程序、内容和方法,详细讲述了管道地质灾害风险管理技术在兰成渝管道的成功应用和实践经验。

本书基本理论与实践经验结合紧密,可供管道设计、施工、运营单位与相关工作人员使用,也可作为石油工程技术、科研及管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

油气管道地质灾害风险管理技术/中国石油管道公司编.
北京:石油工业出版社,2010.7

油气管道科技丛书

ISBN 978-7-5021-7851-2

I. 油…

II. 中…

III. 石油管道-地质灾害-风险管理

IV. ①TE973②P694

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 106245 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523579 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 中国石油报社印刷厂

2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 19

字数: 461 千字

定价: 68.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

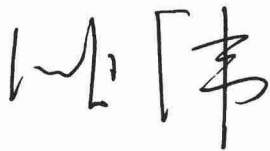
序

今年是“八三”管道建设40周年。40年前的8月3日，经党中央、国务院批准，大庆经铁岭至抚顺和秦皇岛输油管道工程建设领导小组召开了第一次会议，并将这项工程命名为“东北八三工程”。由此，拉开了我国长距离输油气管道建设的序幕，开创了油气管道运输的一个新的时代。40年来，中国的油气管道从小到大、由弱到强，特别是近10年来得到了突飞猛进的发展，现已成为国家能源重要战略基础设施，为国民经济和社会发展做出了巨大贡献。

回顾40年来我国油气管道的发展历程，既是一部艰苦创业史，更是一部科技创新史。自“八三”管道开始，几代管道人以敢为天下先的精神，以大无畏的英雄气魄，迎难而上，努力拼搏，使我国起步较晚的管道事业有了长足进步。其间，科技进步成为发展的助推器。当年在冻土带管道建设、严寒条件下管道防腐、三高原油工艺参数确定等方面开展了大量艰苦细致的科学试验，为管道的顺利建设提供了技术保障，建立了管道勘察、设计、施工及运营的技术标准，为中国管道运输业的发展奠定了基础。此后，在密闭输送、节能降耗、提高效率等技术改造过程中，科技进步始终发挥着支撑和引领作用。

历史表明，科技创新是推进企业发展的巨大动力。随着经济社会发展和国家油气资源战略的实施，油气管道正进入新一轮大发展时期。面对快速发展中的瓶颈技术和当前制约安全生产的难点问题，必须依靠科技进步加以解决。通过科技创新，加快经济发展方式的转变，提高全面协调可持续发展能力，实现管道事业又好又快发展。

为纪念“八三”管道建设40周年，梳理和总结40年来管道科技发展成果，中国石油管道公司组织编写了这套《油气管道科技丛书》。全套丛书共有9个分册，分别对油气管道运行工艺、化学添加剂、流动保障、完整性管理、腐蚀控制、安全预警与泄漏检测、地质灾害风险管理、检测与修复及国内外技术标准等进行了介绍。这套技术丛书，既是对以往管道运行管理技术的回顾和总结，也是对未来管道科技工作的规划和展望。期冀此套丛书成为管道科技发展的新起点，为管道安全运行提供支撑和保障。



2010年5月 于廊坊

前 言

为了纪念“八三”管道建设40周年，总结40年来管道科技成就，为科研、设计、运营管理、领导决策提供参考资料，中国石油管道公司组织专家学者和科技人员共计200余人，历时两年编制了这套油气管道科技丛书。全套丛书共分为9个分册，包括：《油气管道运行工艺》、《油气管道化学添加剂技术》、《油气管道流动保障技术》、《油气管道完整性管理技术》、《油气管道腐蚀控制实用技术》、《油气管道安全预警与泄漏检测技术》、《油气管道地质灾害风险管理技术》、《油气管道检测与修复技术》、《国内外油气管道标准对比分析》。本书是丛书的第7分册。

地质灾害是管道安全运营的主要风险源之一，通常导致大量的泄漏、巨大的财产损失和环境破坏以及长时间的服务中断，因此地质灾害导致的损失往往比其他管道事故损失更大。我国是地质灾害多发的国家，管道沿线地质灾害问题尤为突出。近年，随着国内能源需求的快速增长，油气管道建设始终保持了强劲的增长势头。我国在役长输油气管道总长超过 $6 \times 10^4 \text{ km}$ ，其中相当一部分经过地质条件复杂的山区或自然环境恶劣的沙漠、戈壁、高寒地区，这些地区发育着数量众多、形式多样的地质灾害，对长输油气管道的安全运营造成极大威胁。

管道地质灾害风险引起了国内外管道运营者的高度关注，纷纷采取防范措施，降低地质灾害带来的损失。由于地质灾害事件的随机性和难以预测性，管道地质灾害风险管理逐渐成为国内外管道地质灾害防护的主流手段。通过实施管道地质灾害风险管理，能够及时准确地了解管道地质灾害的风险状况，针对不同风险等级作出合理可靠的风险控制措施，指导管道管理者和操作者经济可靠地维护管道，变过去的不足维护和过剩维护为视情维护。因此大力发展长输油气管道地质灾害风险管理事业，提高管道地质灾害防护水平，是避免或减少管道事故发生、保障管道安全运行的重要保证。

本书针对管道沿线常见的滑坡、崩塌、泥石流、采空区塌陷、水毁、黄土湿陷等地质灾害类型，系统介绍了油气管道地质灾害风险识别、风险评价、监测预警、工程防治及风险后评价等技术，全面阐述了管道地质灾害风险管理的程序、内容和方法；另外，考虑到地震灾害的特殊性和后果的严重性，将管道地震灾害的风险管理技术单独进行介绍，包括地震灾害的危险性分析、国外先进的地震监测预警技术和油气管道抗震改造技术与典型案例；最后，本书还详细介绍了油气管道地质灾害风险管理技术在兰成渝管道的成功应用和实践经验。

本书编者均为从事长输油气管道地质防护技术研究的人员。其中，第一章

由韩冰、郝建斌编写，第二章由荆宏远编写，第三章由吴张中编写，第四章由荆宏远、韩冰编写，第五章由韩冰、孟国忠、卢启春编写，第六章由刘建平编写，第七章由吴张中、刘建平编写，第八章由荆宏远、常景龙、付立武编写，第九章由韩冰、冼国栋编写，全书由韩冰统稿。

本书编写过程中同时参考了许多同领域专家、学者的著作和研究结果，在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和错误之处，敬请读者批评、指正。

编 者
2010 年 5 月

《油气管道科技丛书》编委会

主 任：姚 伟

副主任：崔 涛 杨祖佩 赵丑民 艾慕阳 张秀杰

委 员：刘玲莉 康力平 权忠舆 佟文强 刘广文

郝建斌 李 立 李 莉 刘建平 张一玲

张惠芬 王禹钦

《油气管道地质灾害风险管理技术》编写组

编写人：郝建斌 刘建平 荆宏远 韩 冰 吴张中

常景龙 孟国忠 冼国栋 卢启春 付立武

审核人：艾慕阳 刘广文

目 录

第一章 管道地质灾害风险管理现状与发展趋势	1
第一节 管道地质灾害风险管理概述	1
第二节 管道地质灾害风险管理现状	4
第三节 管道地质灾害风险管理发展趋势	10
参考文献	11
第二章 管道地质灾害风险识别	12
第一节 管道地质灾害概述	12
第二节 管道地质灾害的调查方法	13
第三节 常见管道地质灾害的现场调查识别	14
参考文献	34
第三章 管道地质灾害风险评价	35
第一节 概述	36
第二节 技术现状	40
第三节 管道地质灾害风险分级	47
第四节 管道地质灾害风险单体评价	49
第五节 管道地质灾害风险区域评价	63
参考文献	66
第四章 常见管道地质灾害的监测预警	67
第一节 管道地质灾害监测预警概述	67
第二节 管道地质灾害监测预警技术	69
第三节 管道滑坡崩塌监测预警	91
第四节 管道泥石流监测预警	98
第五节 管道采空区监测预警	103
参考文献	105
第五章 管道地质灾害防治	107
第一节 管道地质灾害防治原则	107
第二节 管道滑坡灾害的防治	109
第三节 管道崩塌灾害的防治	113
第四节 管道泥石流灾害的防治	116
第五节 管道采空区塌陷灾害的防治	118
第六节 管道水毁灾害的防治	120
第七节 管道黄土湿陷灾害的防治	125
第八节 管道地质灾害的防治案例	128
参考文献	139

第六章 管道地质灾害防治工程后评价	141
第一节 防治工程后评价目的与意义.....	141
第二节 管道水工保护工程效能评价.....	142
第三节 滑坡崩塌防治工程后评价.....	165
参考文献.....	168
第七章 管道地震灾害的风险管理	170
第一节 地震对管道的危害.....	170
第二节 管道地震灾害风险管理概述.....	171
第三节 管道地震灾害的危险性分析.....	173
第四节 管道地震灾害的监测预警.....	177
第五节 油气管道的抗震改造技术.....	183
参考文献.....	191
第八章 管道地质灾害风险管理系统	192
第一节 组成.....	192
第二节 功能.....	194
第三节 应用.....	196
参考文献.....	197
第九章 地质灾害风险管理在兰成渝管道的实践	198
第一节 兰成渝管道地质灾害概况.....	198
第二节 兰成渝管道地质灾害危险性区划.....	208
第三节 兰成渝管道地质灾害风险评价.....	224
第四节 兰成渝管道二郎庙滑坡地质灾害监测.....	229
第五节 兰成渝管道地质灾害治理.....	237
第六节 兰成渝管道地质灾害信息化管理.....	251
参考文献.....	257
附录	258
附录 A 兰成渝管道沿线自然环境列表.....	258
附录 B 兰成渝管道沿线地质灾害点统计.....	263
附录 C 兰成渝管道地质灾害危险性预测表.....	272
附录 D 兰成渝管道典型地质灾害防治对策.....	277



第一章 管道地质灾害风险管理 现状与发展趋势

第一节 管道地质灾害风险管理概述

一、管道地质灾害风险管理的概念和原则

1. 管道地质灾害风险管理的概念

管道地质灾害风险管理是指对管道地质灾害风险进行识别、评价、控制和再评价的过程，以将管道地质灾害风险降低到可接受的水平。

2. 管道地质灾害风险管理的原则

对油气管道实施地质灾害风险管理应遵循以下原则：

- (1) 在设计、建设和运行新管道系统时，应融入管道地质灾害风险管理的理念和做法；
- (2) 结合油气管道的特点，进行信息化、程序化、动态化的地质灾害风险管理；
- (3) 要建立负责进行管道地质灾害风险管理机构、管理流程、配备必要的手段；
- (4) 要对所有与管道地质灾害风险管理相关的信息进行分析和整合，实现有限资源在不同管道间进行高效分配，以最高效地降低管道地质灾害风险水平；
- (5) 必须持续不断地对管道进行地质灾害风险管理；
- (6) 应当不断在管道地质灾害风险管理过程中采用各种新技术、新方法。

二、管道地质灾害风险管理程序

管道地质灾害风险管理程序分为四个步骤或阶段（第五阶段为整体应用），其流程图如图 1-1 所示。

1. 地质灾害识别

管道地质灾害的识别主要是基于野外调查、勘察、物探等传统方式，以及卫星遥感、激光扫描、InSAR 等新技术、新方法，对管道沿线潜在的各类地质灾害，如滑坡、崩塌、泥石流、地面塌陷、水毁、黄土湿陷等进行调查判断，掌握灾害活动迹象及活动特征、灾害发生历史及灾害后果等基本信息，确定受影响范围内管道的准确位置以及管道与灾害体的空间位置关系、管道敷设方式、埋深、管沟土体性质、附加保护措施等因素，初步判断灾害发生后

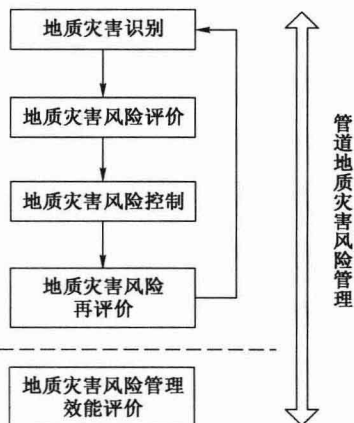


图 1-1 管道地质灾害风险管理流程图



影响到管道的可能性及影响程度,从而为后续的地质灾害风险评价和工程治理工作提供基础依据。

管道地质灾害识别有以下两种形式:

(1) 巡线员日常巡检。巡线人员进行日常巡检工作时对管道沿线地质灾害初步识别并上报(具体的识别方法详见本书第二章),由地质灾害专业人员现场识别确认。

(2) 专业人员现场调查。地质灾害识别应以现场工作为主,专业人员也可根据遥感信息、地形地貌信息、地质信息、物探信息等室内初步识别灾害后,再到现场调查确认。

2. 地质灾害风险评价

地质灾害风险评价技术自 20 世纪 90 年代末被引入到油气管道研究领域以来,已获得了广泛了应用,主要方法一般可分为定性法、半定量法和定量法。

1) 地质灾害的定性风险评价

地质灾害定性风险评价是基于经验判断的一种风险分析方法,也是当前大多管道公司在地质灾害调查阶段广泛采用的一种方法。该方法的特点是过程简单,不必建立精确的数学模型和计算方法,能够低成本、快速得到答案,划分影响因素的细致性、层次性等,具有直观、简便、快速、实用性强的特点,因而便于推广应用。定性风险评价可以根据专家的观点提供高、中、低风险的相对等级,但是地质灾害发生的概率和造成的损失后果均不能量化。

2) 地质灾害的半定量风险评价

半定量风险评价是以风险的数量指标为基础的一种风险分析方法,具体有模糊综合评判法、指标评分法等。其中,指标评分法是应用较为成熟的一种风险评价方法。该方法通过分析统计风险的影响因素建立评价指标体系,同时考虑体系中不同评价指标对风险的影响大小,赋予相应权重,然后用分值表示不同状态下灾害的易发性或管道的易损性,最后通过权重和分值计算灾害发生概率,并结合管道失效后果模型,计算得到管道地质灾害风险。

半定量风险评价允许使用一种统一而有条理的处理方法把风险划分等级,其指标可以用来确定管道地质灾害的严重程度以及是否应采取相应的控制措施。这种方法综合了定性法的以图表为基础的 HAZOP 模型和定量法的知识(如对某些事故分布概率模型的运用),排除了一些不可预见的事故后果,极大地提高了管道地质灾害风险评价的实用性和准确性。

3) 管道地质灾害风险的定量评价

(1) 灾害发生概率的定量评价。

灾害定量评价方法需要详细的勘查资料,计算过程复杂,适用于重大地质灾害的风险评价,用以指导制定重大地质灾害防治方案。在对勘察资料分析总结的基础上,建立合适的计算力学模型,然后根据岩土体的试验结果,利用统计分析的方法得到岩土体的力学计算参数的统计规律,再利用随机函数得到海量计算随机参数,并得到各个力学参数的分布函数,最后用计算机取得的海量计算参数进行稳定性的分析,得到灾害体的破坏概率、可靠度指标和稳定系数的期望值。

(2) 管道易损性的定量评价。

管道易损性的定量评价方法是进行管道地质灾害风险评价的核心技术之一。采用理论解



析算法、数值仿真模拟、物理实验模拟、现场测试（管体残余应力获取）等方法，对灾害地质体内部的应力（应变）变化规律及灾害体与管道相互作用特征进行研究，建立灾害体影响下管道的失效模型及失效判别依据（确定管道失效阈值），对管道地质灾害风险进行量化。

3. 地质灾害风险控制

1) 管道地质灾害的监测预警

很多大型地质灾害往往存在治理难度大、治理费用高的特点。对重大管道地质灾害点实施监测预警是一种较好的风险控制措施。管道地质灾害监测预警是通过监测仪器间断或不间断的获得地质灾害体及其影响下的管道在不同时刻的活动状态数据，判断地质灾害体和管道的安全状态，并预测其未来一段时间的活动趋势，为管道保护和地质灾害防治工程的勘察、设计、施工提供资料及决策依据。相比工程治理，监测预警的实施周期短，成本低，能避免盲目实施工程造成的经济浪费。提前预警还有效减少突发性灾害造成的管道受损破裂以及人员伤亡，基于这些特点，管道地质灾害监测预警成为风险控制中的重要手段，其应用范围十分广泛。

2) 管道地质灾害防护

管道地质灾害风险评价的目的是将地质灾害纳入不同的风险级别，以采用不同的防灾减灾方案对风险进行控制。地质灾害防灾减灾方案包括：开挖管道以减小应力、稳定灾害体、绕避灾害体、增强管体抗灾能力、监测预警等。基于国内外管道地质灾害防灾减灾工程典型案例分析，对管道地质灾害防灾减灾应用技术、防灾减灾方案的可行性及其效果分析进行研究，实现低成本、高效率的管道地质灾害防护。

4. 地质灾害风险再评价

1) 风险控制措施实施后管道风险再评价

风险控制完成后，管道的风险是否降低到了预期的水平，是管道运营公司关注的重要问题。它主要研究内容有：基于监测预警数据的风险评价技术；治理工程-灾害体-管道的相互作用问题；灾害治理后管道风险影响因素研究；基于治理工程后评价的风险重评价技术。

2) 防灾工程后评价

地质灾害治理的后评价是对已经完成的治理工程项目的目标、施工过程、经济效益进行系统、客观的分析。通过分析防治目标、功效是否达到，防治工程措施是否经济、合理，以便总结经验教训，及时有效地反馈信息，为以后治理工程设计提供依据。它主要内容包括：基于地质体变形和管体应变监测的地质灾害治理工程稳定性评价；地质灾害治理工程的合理性评价；地质灾害治理工程的效益评价；地质灾害治理工程后评价模型建立；基于治理工程后评价的地质灾害治理工程优化设计研究。

3) 风险管理的效能评价

效能是指完成规定任务要求程度的度量。地质灾害风险管理任务主要由各运营公司承担，效能评价的目的是发现地质灾害风险管理过程中的不足，改进效能。它主要研究内容有：建立效能评价指标体系及评价方法，效能评价相关数据收集及分析，提出效能改进措施。



第二节 管道地质灾害风险管理现状

一、地质灾害对管道安全运营构成的威胁

长输油气管道分布广阔，经常不可避免地穿越地形地质条件复杂的地区，这些地区常常发育各类地质灾害，威胁管道的安全运营，包括地震、滑坡、崩塌落石、泥石流、水毁、地面塌陷及冻土等。主要地质灾害对管道的危害示意图如图 1-2 所示。

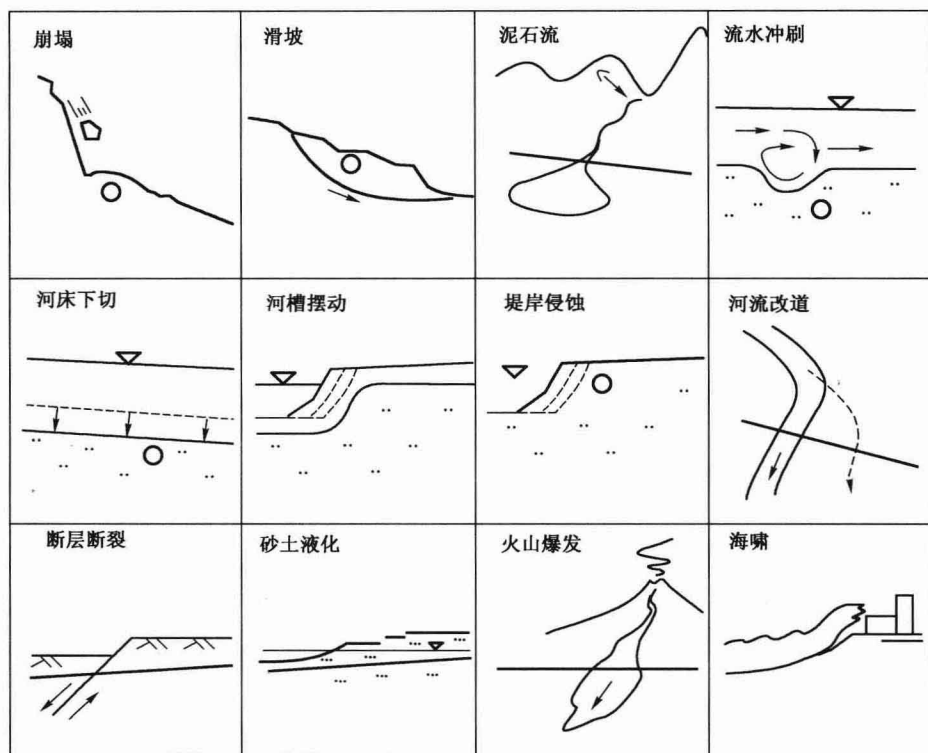


图 1-2 主要地质灾害对管道危害示意图

受地理环境、气候及人类活动等因素影响，管道工程中的地质灾害种类繁多、危害程度也各不相同。地质灾害引发土壤运动和地表变形，从而导致埋地管道产生弯曲、压缩、扭曲、拉裂、局部屈曲等破坏行为。欧洲天然气管道事故数据小组（EGIG）调查的 1970—2001 年的西欧管道事故中，7% 是由地质灾害导致的；美国交通部统计的 1984—2001 年天然气输送数据表明，8.5% 的事故是由地质灾害引起的；加拿大国家能源委员会调查显示，影响加拿大运营的管道事故中的 12% 是地质灾害导致的（图 1-3）。某些极端情况，如南美安第斯山区的 Andean 管道，地质灾害导致的事故占到了事故总数的 50% 以上（图 1-4）。地质灾害导致的国内外部分管道失效事故统计见表 1-1。

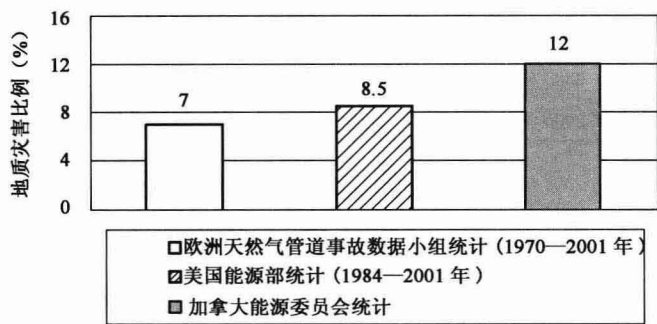


图 1-3 地质灾害因素在管道事故中所占的比重

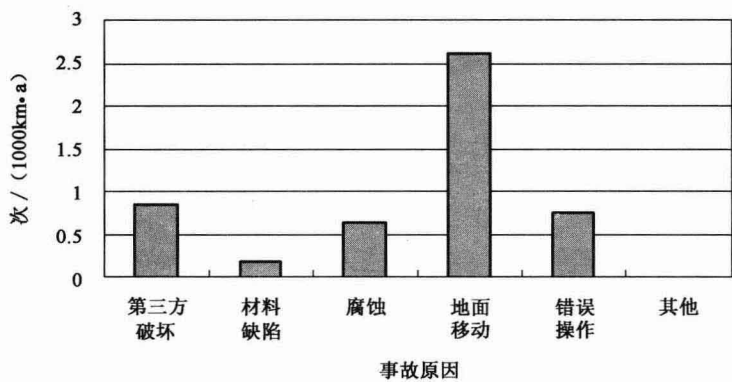


图 1-4 南美安第斯山区的 Andean 管道事故数据

表 1-1 地质灾害导致的管道失效事故

管 道	发 生 时 间	灾 害 类 型	失 效 情 况	损 失
横贯厄瓜多尔管道	1983 年	巨型滑坡	40km 管道断裂	损失 7 亿美元
Nor Andino 管道（南美）	2001 年	泥石流	管道断裂	停输 25 天
	2002 年	滑坡	管道断裂	停输 90 天
美国 North West 管道	1995 年、1996 年 先后三次	滑坡	管道断裂	
玻利维亚 OSSA-1 管道	1983—2003 年 21 次	滑坡、崩塌、泥石流等	管道破坏	
马惠宁管道	1982 年	洪水	管道破裂	跑油超过 300t， 停输 21 天
格拉管道	2001 年	地震	Z 形褶皱断裂	
长庆油田元（城）— 悦（乐）管道	1994 年	泥石流	多处被拉断	
长庆采油一厂管道	2002	滑坡	管道断裂	超过 50t 原油流入 延河干流



续表

管 道	发 生 时 间	灾 害 类 型	失 效 情 况	损 失
兰成渝管道	2003 年	洪水、泥石流	管道露管、防腐层破损	
	2006 年	洪水、泥石流	管道连续悬空 31m	
	2008 年	8.0 级汶川地震		地震诱发滑坡堵江形成堰塞湖, 停输 48h
忠武管道	2005 年	崩塌	直径约 30cm 的凹陷	
	2005 年	边坡滑塌	11m 长管道外露	
	2005 年	滑坡	块石挤压管道, 凹陷	
	2007 年	泥石流、洪水冲刷	损伤管道	

其实, 地质灾害导致管道破坏的统计频率掩盖了地质灾害对工业造成的风险损失。地质灾害相关的事故通常导致管道大量的泄漏, 巨大财产的损失和环境的破坏, 以及长时间的服务中断。因此, 地质灾害导致的损失往往比其他事故损失大。如图 1-5 所示, 由美国交通部管道安全办公室提供的事故数据得知, 地质灾害(地面移动)导致的损失仅次于第三方破坏。

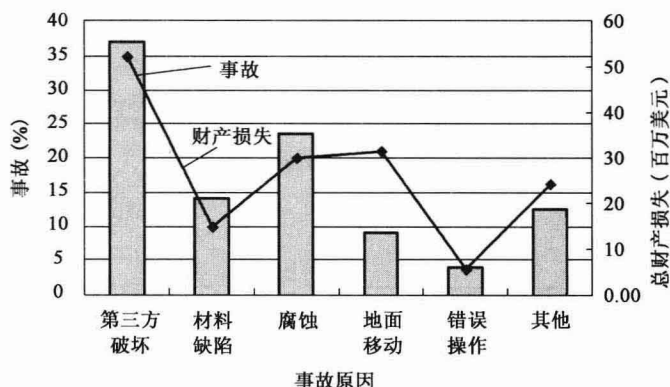


图 1-5 美国交通部天然气管道事故数据 (1984—2001 年)

二、我国管道地质灾害防护面临的挑战

1. 我国管道地质灾害分布特点

我国地域广阔, 不同地区地质气候特点差异较大, 长输油气管道经常穿越多种地质区域, 沿线地质灾害种类繁多。例如, 长达 4000km 的西气东输管道, 西部区段穿越塔里木盆地、天山和北山低山丘陵、河西走廊, 地质灾害以泥石流、洪水冲蚀、风蚀沙埋、盐渍土腐蚀等为主; 中部穿越鄂尔多斯高原、黄土高原和山西山地, 间夹临汾盆地, 地质灾害包括滑坡、崩塌、泥石流、洪水冲蚀、风蚀沙埋、采空塌陷以及黄土湿陷等; 东部穿越黄、淮海平原和长江三角洲, 之间夹皖苏丘陵, 人口稠密、经济发达, 地质灾害与人类活动密切相关, 主要有地面沉降、地裂缝、采空塌陷以及膨胀土等灾害。陕京输气管道和陕京二线沿途穿越沙漠、黄土区、地震带和活动断裂区, 主要灾害形式包括冲沟、滑坡、泥石流、崩塌、断



层、地裂缝、地面沉降等。

川气出川管道沿线自然环境和地质条件复杂多样，川东和鄂西为中、低山区，以崩塌、滑坡、泥石流等山地斜坡灾害为主；鄂中、鄂北、豫中和鲁西主要为冲积平原，以采空塌陷、岩溶塌陷、地面沉降、塌岸等人类活动引起的灾害为主。忠武输气管道穿越渝东、鄂西山区，主要涉及滑坡、危岩、泥石流、岩溶塌陷、水土流失、采空区塌陷六类地质灾害。马惠宁输油管道沿线地质灾害主要包括黄土坡面侵蚀、河岸横向摆动侵蚀和穿河管道裸露悬空三类。兰成渝成品油管道地跨甘、陕、川，途经陇西黄土高原、秦巴山区、四川盆地及成渝丘陵区，经常出现滑坡、崩塌、山洪、泥石流等山地自然灾害。根据资料统计，将我国管道地质灾害的分布情况按区域列于表 1-2。

表 1-2 我国管道地质灾害分布情况

地区	主 要 管 道	沿线主要地质形态	主要地质灾害隐患
西部	鄯乌线、格拉线、涩宁兰	塔里木盆地、天山、戈壁沙漠、青藏高原	滑坡、泥石流、风蚀沙埋、盐渍土、地震断层、冲沟
中部	西气东输、陕京（二线）、马惠宁、兰郑长	鄂尔多斯高原、黄土高原、山西山地、临汾盆地	滑坡、泥石流、洪水、采空塌陷、断层、黄土湿陷
西南	川气出川、忠武线、兰成渝	川东、渝中和鄂西为主的低山区	崩塌、滑坡、泥石流、塌陷、断层
东部	西气东输、甬沪宁、仪长	黄淮海平原、长江三角洲、低地丘陵	地面沉降、地裂缝、采空塌陷、洪水

2. 我国管道地质灾害的防护现状与不足

忠武输气管道忠县—宜昌 409km 段处于川东鄂西山区，山峰层峦叠嶂、高差显著，地形、地质条件复杂，发育有多组地质灾害易发岩层，是滑坡、危岩崩塌的频发地段。2007 年 11 月 20 日造成特大伤亡的宜万铁路巴东段山体崩塌即发生在这里，崩塌点与管道也只有数百米的距离。忠武线在建设期和三年多运营期里开展了的积极防治工作，但 2007 年的调查显示干线忠县—宜昌仍有 216 处灾害点需要关注。2003 年建成投产的兰成渝成品油管道兰州至广元段，地形切割强烈，岩性破碎，构造活跃，投产后投入巨资用于地质灾害防治，但 2007 年的调查显示威胁管道安全的地质灾害仍有 530 处之多（图 1-6）。涩宁兰管道途径柴达木盆地、橡皮山山地、日月山—拉鸡山等地区，沿线以水毁为代表的地质灾害多发，2007 年的调查显示威胁管道安全的地质灾害有 500 余处。西北某输油管道自 20 世纪 70 年代末投产以后十多年间，几乎每年都在黄土地区出现过断管事故，每年都要投资几百万元用于灾害治理。由于我国管道建设的蓬勃发展，部分管道的老化以及随着社会经济的发展，人类活动对地质体造成的影响加剧，将使我国长输油气管道风险增加。

面对严重的地质灾害威胁，各管道运营公司投入巨资进行地质灾害治理，但缺乏对地质灾害的系统管理与规划，地质灾害治理工作被动，防治方式单一，治理金额高居不下，一系列制约管道安全生产的地质灾害问题仍然没有得到解决。主要表现如下：

（1）缺乏系统有效的管道地质灾害风险识别方法。

目前，地质灾害风险的识别主要依靠专家调查及巡线人员的巡查。前者成本高、周期长，后者成本低，但效率低，容易漏报错报；Insar、卫星遥感、激光扫描等新技术新方法的

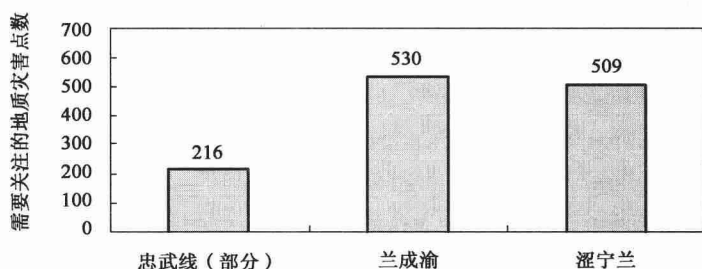


图 1-6 2007 年管道公司对三条重点管道地质灾害调查结果

出现,为系统有效地识别地质灾害开辟了一条新的途径。但其应用和推广还存在一定的限制,尤其是结合长输埋地管道的特点的适用性研究,还有待进一步加强。

(2) 管道的地质灾害风险评价多为定性结果,给管理和决策带来不确定性。

风险是无处不在的,如何对管道地质灾害的风险实现最大可能的量化,并给出合理权威的管道失效判据和风险可接受值,这需要综合考虑技术、经济、政治等各种因素进行系统研究。另外,目前国内开展的研究工作更多关注于对地质灾害体本身的研究,而对其导致的管体受损或失效概率的研究则较少涉及。实际上,地质体的失稳并不一定导致管道风险,只有导致管道受损或失效的地质体失稳才能称其为灾害。管道运营企业关注的是管道安全,管道的风险才是运营单位需要考虑的。定量评价地质体失稳对管道安全的影响,是风险管理的重点和难点。

(3) 管道地质灾害风险控制措施单一,风险与成本的矛盾无法得到有效的解决。

一般来说,投资越高,风险就能降得越低,但是需要在投资与风险中找一个平衡,使投资不高,而且管道是安全的。另外,管道地质灾害风险控制措施是多种多样的,应创造性地采用技术先进、成本低廉的控制措施,而非一味追求高投入、“一劳永逸”的防治措施。

(4) 管道地质灾害风险管理的技术标准和相关规范缺乏。

目前,地质灾害防治的相关标准很多,但针对管道地质灾害的标准或规范目前还是空白。应尽快开展相关系列标准的制定工作,如管道地质灾害识别,管道地质灾害风险评价,管道地质灾害监测预警方法,管道地质灾害防治,管道地质灾害风险管理的效能评价,管道地质灾害风险管理系统的建立等,这对规范管道地质灾害风险管理工作意义重大。

有关管道地质灾害风险评价及风险管理的研究是一个系统的工程,既涉及管道工程本身的技术特点,还涉及灾害学、环境学、地质学、管理学等许多学科,虽然国内外在管道地质灾害的风险管理方面已取得了一定的进展,然而囿于所涉及的学科太多,目前尚未形成可直接用于管道地质灾害风险管理的系统方法和技术体系,因此对管道地质灾害风险管理的研究还有许多技术难题需要解决。相信随着有关科研工作的全面开展,我国油气管道地质灾害风险评价及风险管理的水平将得到进一步提高。

三、国内外管道地质灾害风险管理现状

面对地质灾害的严峻形势,国外管道公司纷纷采取措施,较为普遍的是实施管道地质灾害风险管理。意大利 SNAM 公司 20 世纪 70 年代起建立了地质灾害监测网,目前该监测网还