

长输管道地质灾害防范与应对

刘丽涛

中石化胜利油建工程有限公司, 山东 东营 257300

DOI:10.61369/ERA.2025060016

摘要：长输管道作为能源输送的“生命线”，其安全稳定运行对国家能源战略和经济社会发展起着关键支撑作用。然而，复杂多样的地质环境使长输管道极易遭受各类地质灾害的威胁。本文深入剖析长输管道面临的主要地质灾害类型及其破坏机制，从前期规划、工程防护、监测预警等多维度提出系统性的防范措施，并针对灾害发生后的应急处置、恢复重建等环节制定科学合理的应对策略，旨在全面提升长输管道抵御地质灾害的能力，保障能源输送的安全与可靠。

关键词：长输管道；地质灾害；防范措施；应对策略

Geological Hazard Prevention and Response for Long-distance Pipelines

Liu Litao

Sinopec Shengli Oilfield Engineering Construction Co., Ltd. Dongying, Shandong 257300

Abstract：As the "lifeline" of energy transportation, the safe and stable operation of long-distance pipelines plays a key supporting role in national energy strategies and economic and social development. However, the complex and diverse geological environment makes long-distance pipelines highly susceptible to various geological hazards. This article deeply analyzes the main types of geological hazards faced by long-distance pipelines and their damage mechanisms. It proposes systematic preventive measures from multiple dimensions such as early planning, engineering protection, monitoring and warning. Scientific and reasonable response strategies are developed for emergency response, restoration and reconstruction after disasters. The aim is to comprehensively enhance the ability of long-distance pipelines to resist geological hazards and ensure the safety and reliability of energy transportation.

Keywords：long-distance pipeline; geological hazard; preventive measures; response strategy

引言

长输管道具有输送距离长、途经区域广、穿越地形地貌复杂等显著特点。随着我国能源产业的快速发展，长输管道网络不断延伸扩展，其在能源输送中的地位愈发重要。但与此同时，管道沿线面临的地质灾害风险也日益凸显。地质灾害一旦爆发，可能引发管道泄漏、破裂甚至爆炸等严重事故，不仅会造成巨大的直接经济损失，还可能对周边生态环境、居民生命财产安全以及社会稳定产生深远的负面影响。据相关统计数据显示，近年来因地质灾害导致的长输管道事故呈上升趋势，给能源行业带来了严峻挑战。因此，深入开展长输管道地质灾害防范与应对研究，已成为保障国家能源安全和推动能源产业可持续发展的迫切需求。

一、长输管道面临的主要地质灾害类型及危害

（一）滑坡

滑坡是比较常见的一种地质灾害，在自然条件和地质的共同作用下，导致岩体发生破坏，受到重力作用影响，会引发灾害^[1]。其形成通常是由于斜坡上的土体或岩体在河流冲刷、地下水活动、降雨、地震以及人为不合理切坡等多种因素综合作用下，岩土体的稳定性遭到破坏，在重力的主导下沿着特定的软弱面或软弱带整体或分散地顺坡下滑。当长输管道穿越滑坡易发区域时，一旦滑坡发生，管道将承受来自滑坡体强大的推挤和剪切作用力。这种外力作用可能导致管道发生严重变形、扭曲，甚至直接

断裂，进而引发油气泄漏。油气泄漏不仅会造成能源资源的浪费，还可能引发火灾、爆炸等次生灾害，对周边环境和人员安全构成极大威胁^[2]。

（二）泥石流

泥石流多发生于山区沟谷地带，是由暴雨、冰雪融水等突发水源激发，裹挟大量泥砂、石块等固体物质的特殊洪流。泥石流具有流速快、流量大、冲击力强等特点，其瞬间释放的巨大能量对长输管道的破坏力不容小觑。当发生泥石流时，石块及其他物质会随着山洪或洪水从山顶爆发，泥石流破坏力较强，如果长输管道铺设在泥石流发生区域，会遭受腐蚀破坏，使其丧失输送功能^[3]。此外，泥石流还会对管道周边的防护设施造成严重破坏，进

一步加剧管道的安全风险。被泥石流掩埋的管道在后续维护和修复过程中也面临诸多困难，需要耗费大量的人力、物力和财力。

（三）崩塌

崩塌指在自然条件下，地质运动对斜坡岩石产生一定影响，山体上的物质下落，出现崩塌的情况^[4]。崩塌主要发生在较陡斜坡地段，是岩土体在重力作用下突然脱离母体，崩落、滚动并堆积在坡脚或沟谷的地质现象。崩塌具有突发性强、难以准确预测的特点，对长输管道安全构成极大威胁。崩塌发生时，岩土体从高处高速坠落，直接砸落在管道上，极易造成管道严重损坏^[5]。这种破坏往往在瞬间发生，导致管道输送介质泄漏，进而引发一系列安全事故。而且，由于崩塌发生的突然性，给提前采取防范措施带来了极大挑战。

（四）地面沉降

地面沉降是在自然因素（如地壳运动、地下水水位变化等）和人为因素（如过度抽取地下水、大规模工程建设等）共同作用下，地壳表层土体发生压缩变形，导致区域性地面标高降低的环境地质现象。对于长输管道而言，所在区域发生地面沉降会使管道随着地面向下沉而受到拉伸、弯曲等复杂应力作用。长期处于这种应力状态下，管道容易出现变形、接口处松动等问题，严重时将引发管道泄漏事故。地面沉降对管道的影响是一个渐进性的过程，初期往往难以察觉，但随着时间的推移，其积累效应会逐渐显现，对管道安全运行造成潜在威胁^[6]。

二、长输管道地质灾害的防范措施

（一）前期规划与选线优化

在长输管道建设项目启动的前期规划阶段，全面、深入的地质勘查工作至关重要。通过综合运用地质测绘、地球物理勘探、钻探等多种先进技术手段，能够详细获取管道沿线的地质构造特征、岩土体物理力学性质、水文地质条件以及潜在地质灾害隐患分布情况等关键信息。在充分掌握这些信息的基础上，结合管道工程的实际输送需求、建设成本以及运行维护便利性等多方面因素，对管道选线方案进行精心优化^[7]。优先选择地质条件稳定、地质灾害风险较低的区域进行管道铺设，尽量避开诸如断裂带、滑坡频发区、泥石流沟谷等地质灾害高发地段。对于因客观条件限制无法完全避开的地质灾害隐患区域，应在设计阶段提前制定针对性强、切实可行的防护措施，并将其纳入整体工程设计方案中，从源头上降低地质灾害对管道的威胁。

（二）工程防护措施

针对可能发生滑坡的地段，可采用多种工程防护措施相结合的方式。抗滑桩是一种常用的滑坡防治手段，它通过将滑坡体的推力传递至稳定的地层深处，有效阻止滑坡体的滑动，从而保护管道安全。挡土墙则通过在滑坡体下部设置阻挡结构，直接抵抗滑坡体的滑动，增强坡体的整体稳定性。削坡减载是通过在滑坡体上部进行适当开挖，减小滑坡体的重量，降低其下滑力，进而提高滑坡体的稳定性^[8]。此外，在滑坡体表面合理设置完善的排水系统，及时排除地表水和地下水，减少水对滑坡体岩土体的软化

和润滑作用，对增强滑坡体稳定性也具有重要意义。

在泥石流易发区域，修建拦挡坝和排导槽是较为有效的防护措施。拦挡坝能够拦截泥石流中的固体物质，降低泥石流的整体冲击力，减少其对管道的直接破坏。排导槽则通过引导泥石流按照预定的安全路线流动，避免其对管道造成正面冲击。同时，在管道周围设置坚固的防护堤，可进一步增强管道抵御泥石流冲击的能力，确保管道在泥石流灾害发生时能够保持安全稳定。

对于可能发生崩塌的地段，可采用锚杆、锚索对危岩体进行加固处理。锚杆、锚索能够将危岩体与深部稳定岩体紧密连接在一起，提高危岩体的稳定性，防止其崩塌坠落。此外，在危岩体下方的管道上方设置防护网，可有效拦截崩塌的岩土体，避免其直接砸落在管道上，为管道安全提供可靠保障。

在地面沉降区域，可采取管道基础加固和设置补偿器等措施来应对。通过采用桩基础等方式对管道基础进行加固，能够显著提高管道基础的承载能力，有效减少地面沉降对管道的影响。设置补偿器则可以吸收管道因地面沉降产生的变形，防止管道因过度变形而损坏，确保管道在地面沉降环境下仍能正常运行。

（三）监测预警系统建设

构建全方位、多层次的地质灾害监测体系，对滑坡、泥石流、崩塌、地面沉降等各类地质灾害进行实时动态监测。利用全球定位系统（GPS）、合成孔径雷达干涉测量（InSAR）、光纤传感技术等先进监测技术，能够精确获取地质体的位移、变形、地下水位变化等关键参数。通过对这些监测数据进行深入分析，能够及时捕捉到地质灾害发生的早期迹象，为提前采取有效的防范措施提供科学依据。

加强对长输管道本体的监测力度，综合运用管道内检测和外检测技术，实时掌握管道的腐蚀、变形、泄漏等状况。管道内检测通常借助智能清管器等设备，对管道内部的腐蚀、结垢等问题进行检测；管道外检测则通过漏磁检测、超声检测等技术手段，对管道外部的腐蚀、损伤情况进行精准监测^[9]。通过对管道本体的全面监测，能够及时发现管道存在的安全隐患，确保管道始终处于安全运行状态。

基于地质灾害监测和管道本体监测所获取的数据，建立智能化的预警系统。该系统能够根据设定的阈值，当监测数据超出正常范围时，迅速发出警报，并通过短信、邮件、应急管理平台推送等多种方式及时通知相关部门和人员。同时，预警系统还应具备强大的数据分析和预测功能，能够对地质灾害的发展趋势进行准确预测，为制定科学合理的应急处置方案提供有力支撑。

三、长输管道地质灾害的应对策略

（一）应急组织与预案制定

建立健全完善的长输管道地质灾害应急组织体系，明确各部门、各单位在应急处置过程中的职责与分工。成立专门的应急指挥中心，负责统一指挥和协调长输管道地质灾害的应急处置工作。组建专业的应急抢险队伍，包括具备丰富经验的管道维修队伍、地质灾害抢险专业队伍等，确保在灾害发生时能够迅速、高

效地开展抢险救援行动。

制定详尽、科学的长输管道地质灾害应急预案，针对不同类型的地质灾害以及可能出现的各种事故场景，制定细致的应急处置流程和具体措施。应急预案应涵盖应急响应程序、抢险救援方案、人员疏散计划、物资保障方案等关键内容。同时，定期组织开展实战化的应急演练，通过演练检验应急预案的科学性、合理性和可操作性，提高应急队伍的协同作战能力和应急处置水平。

（二）应急抢险与救援

当地质灾害发生导致长输管道受损时，应立即启动应急预案，迅速组织应急抢险队伍赶赴事故现场。首先，要及时采取有效措施控制事故现场，如设置警戒区域、疏散周边人员，防止事故进一步扩大。对于管道泄漏事故，应迅速采用夹具、封堵器等专用设备进行堵漏作业，最大程度减少油气泄漏量。对于管道断裂等严重事故，需根据现场实际情况制定科学合理的抢修方案，争分夺秒恢复管道的输送功能。

建立完备的应急救援物资储备体系，储备充足的抢险救援设备、器材和物资，如管道抢修工具、消防设备、个人防护用品、通信设备等。加强对救援物资的日常管理和维护，确保物资始终处于良好的备用状态。在灾害发生时，能够迅速、高效地调配救援物资，满足抢险救援工作的实际需求。

在应急抢险救援过程中，要切实做好医疗保障工作，配备专业的医疗人员和先进的医疗设备，及时对受伤人员进行救治。同时，做好后勤保障工作，为应急抢险人员提供必要的生活保障，确保他们能够全身心投入到抢险救援工作中，提高救援工作的效率和质量^[10]。

（三）灾后评估与恢复重建

地质灾害发生后，应立即组织专业人员对灾害造成的损失进行全面、准确的评估，包括管道设施的损坏程度、周边环境的破坏情况、经济损失等多个方面。通过科学、严谨的灾害损失评估，为后续制定恢复重建方案提供可靠依据。

依据灾害损失评估结果，制定科学合理的长输管道恢复重建规划。恢复重建规划应充分考虑地质灾害的防治要求，对受损的管道设施进行修复或重建，并进一步加强管道的防护措施，提高管道抵御地质灾害的能力。同时，对周边受到破坏的生态环境进行同步修复和治理，减少地质灾害对生态环境的长期影响。

在恢复重建工作完成后，应对地质灾害应急处置全过程进行深入总结，分析存在的问题和不足之处，总结经验教训。针对发现的问题，提出切实可行的改进措施，进一步完善应急预案和应急管理体系，不断提升长输管道地质灾害防范与应对能力。

四、结束语

长输管道地质灾害防范与应对是一项复杂而系统的工程，涉及从前期规划到后期恢复重建的各个环节。通过科学合理的前期规划与选线优化、扎实有效的工程防护措施、精准可靠的监测预警系统建设以及及时高效的应急处置与恢复重建，能够显著降低地质灾害对长输管道的威胁，保障管道的安全稳定运行。在未来长输管道建设与运营过程中，需进一步强化对地质灾害防范与应对工作的重视，持续加大技术研发投入，不断提升管理水平，为国家能源安全和社会经济发展提供坚实有力的保障。

参考文献

- [1] 袁哲. 长输管道地质灾害定量风险评价技术研究——评《长输管道地质灾害风险评价与控制》[J]. 新疆地质, 2021, 39(01): 178.
- [2] 邓梁, 高博颖, 吴昊, 等. 石油天然气长输管道中危险因素及其设计的分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(16): 17-19.
- [3] 张洋, 郑家友. 浅谈长输管道山区安全设计及施工[J]. 工程建设与设计, 2023, (11): 208-210. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2023.06.064.
- [4] 王宇. 长输油气管道地质灾害防治统筹管理浅析[J]. 化工矿产地质, 2021, 43(04): 356-363.
- [5] 康春景, 高轩, 何旭麒. 湿陷性黄土地区长输管道工程地质灾害分析及管控[J]. 中国资源综合利用, 2020, 38(03): 119-121.
- [6] 吴秀亮. 天然气长输管道优化策略探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(11): 84-85.
- [7] 陈杏子. 长输管道沿线地质灾害评价预测研究[D]. 北京交通大学, 2019.
- [8] 黄鹏. 甘肃长输管道某滑坡灾害综合分析及治理研究[J]. 地质灾害与环境, 2016, 27(02): 19-25.
- [9] 王珀, 程诚, 黄锐. 长输管道地质灾害定量风险评价技术研究[J]. 化工管理, 2016, (08): 255.
- [10] 穆树怀, 王腾飞, 霍锦宏, 等. 长输管道施工诱发地质灾害防治——以中缅管道云南段为例[J]. 油气储运, 2014, 33(10): 1047-1051.