

长输天然气管道沿线地质灾害风险评估与防治

毛海波

国家管网集团北京管道有限公司山西输油气分公司 山西 吕梁 033200

摘要: 随着社会对清洁能源需求的不断增加,天然气作为一种清洁、高效的能源,在国民经济中发挥着越来越重要的作用。长输天然气管道作为天然气运输的主要方式,其安全运行对于保障国家能源安全具有重要意义。然而,长输天然气管道沿线穿越复杂的地质环境,面临多种地质灾害的威胁。本文旨在对长输天然气管道沿线地质灾害风险进行分析、评估,并提出相应的防治措施,以确保管道的安全运行。

关键词: 长输天然气管道; 地质灾害; 风险评估; 防治措施

引言

长输天然气管道的安全运行不仅关系到国家能源供应的稳定,还直接影响到人民生命财产安全及生态环境的保护。地质灾害作为影响管道安全的重要因素之一,其发生具有突发性、区域性和周期性等特点,对管道的安全构成了严重威胁。因此,对长输天然气管道沿线地质灾害风险进行分析、评估与防治,具有十分重要的现实意义。

1 长输天然气管道沿线地质灾害风险分析

1.1 常见地质灾害类型及其特性

在长输天然气管道的漫长旅途中,滑坡、泥石流、地面塌陷和地震是四种最为棘手且常见的地质灾害类型,它们各自具有独特的成因与破坏机制,对管道安全构成了不同程度的威胁。滑坡,这一由重力驱动的岩土体下滑现象,在山区和丘陵地带尤为常见。其成因多样,包括降雨、地震、人类活动等,而其对管道的破坏主要体现在滑坡体的直接冲击与掩埋上。滑坡体下滑时,其巨大的动能可能瞬间摧毁管道,或使管道埋深增加,导致管道承受过大的压力而破裂。泥石流,作为另一种由水源激发的灾害,其破坏力同样不容小觑。在暴雨、冰雪融化等极端天气条件下,泥石流以惊人的速度和冲击力席卷而下,对管道造成严重的冲刷和撞击。泥石流中的大块石和泥沙可能直接撞击管道,造成管道变形或破裂,同时,泥石流还可能携带大量泥沙进入管道内部,影响天然气的正常输送。地面塌陷,则是一种更为隐蔽但同样危险的地质灾害。其成因多样,包括地下空洞、岩溶发育、地下水位变化等。地面塌陷发生时,管道可能因失去支撑而悬空,甚至断裂,导致天然气泄漏^[1]。此外,地面塌陷还可能引发地表水、泥沙等进入管道,对管道造成腐蚀和堵塞。地震,作为自然灾害中的“巨无霸”,其对长输天然气管道的影响更是全面而

深远。地震波的传播不仅可能直接震裂管道,还可能引发滑坡、泥石流等次生灾害,对管道造成多重打击。同时,地震还可能导致管道连接部位的松动或位移,影响管道的整体稳定性和密封性。

1.2 灾害风险的复杂性与地域性特征

长输天然气管道沿线的地质灾害风险不仅具有复杂性,还呈现出明显的地域性特征。复杂性主要体现在不同类型的地质灾害可能相互交织、相互影响,形成复杂的灾害链。例如,地震可能引发滑坡和泥石流,而滑坡和泥石流又可能进一步加剧地震的破坏效果。这种灾害链的存在使得管道的安全管理变得尤为复杂和困难。地域性特征则主要体现在不同地区的地质灾害类型和频率的差异上。由于地质构造、地形地貌、气候条件等因素的不同,不同地区的地质灾害类型也各不相同。例如,在山区和丘陵地带,滑坡和泥石流的风险较高;而在岩溶发育地区,地面塌陷的风险则更为突出。此外,不同地区的地质灾害频率也存在显著差异,有的地区可能数年难得一遇,而有的地区则可能年年遭遇。因此,在长输天然气管道的安全管理中,必须充分考虑地域性特征,制定针对性的防灾减灾措施。

2 长输天然气管道沿线地质灾害风险评估

2.1 评估方法

地质灾害风险评估是一个复杂而系统的过程,它涉及地质学、工程学、统计学等多个学科的知识。国内外学者在管道地质灾害风险评估领域进行了深入研究,形成了多种评估方法,这些方法各有特点,适用于不同的评估场景和需求。基于概率风险的评估方法是一种常用的地质灾害风险评估方法。它通过对管道沿线地质环境的详细调查和分析,结合历史地质灾害资料,计算地质灾害发生的概率,并评估其对管道安全的影响程度。这种方法能够综合考虑多种因素,如地形地貌、地质构

造、降雨条件等,对地质灾害风险进行量化评估,为管道的安全管理提供科学依据。模糊综合评判方法则是一种将定性与定量相结合的风险评估方法。它通过对管道沿线地质灾害的多个影响因素进行模糊评判,确定各因素的权重,并综合计算得出地质灾害风险的综合评估结果。这种方法能够充分考虑地质灾害风险的模糊性和不确定性,提高评估的准确性和可靠性。神经网络方法则是一种基于人工智能技术的风险评估方法。它通过对大量历史地质灾害资料的学习和分析,建立地质灾害风险预测模型,并对管道沿线的地质灾害风险进行预测和评估。这种方法能够处理复杂的非线性关系,对地质灾害风险进行更为精确的预测和评估。在实际应用中,往往会根据管道沿线的具体情况和评估需求,选择合适的评估方法或综合应用多种方法进行评估。同时,还会结合现场勘查、专家咨询等手段,对潜在的地质灾害风险进行全面、深入的识别和分析。

2.2 评估流程

地质灾害风险评估流程是一个系统而有序的过程,它一般包括以下几个关键步骤:首先,收集并分析管道沿线的历史地质灾害资料。这些资料包括滑坡、泥石流、地面塌陷等灾害的发生时间、地点、规模、影响范围等信息。通过对这些资料的分析,可以初步了解管道沿线地质灾害的分布规律和特点,为后续的评估工作提供基础数据。其次,对管道沿线进行详细的地质勘查。这包括地形地貌的测绘、地质构造的调查、水文地质条件的勘探等。通过地质勘查,可以深入了解管道沿线的地质环境特征,识别潜在的地质灾害隐患点,为风险评估提供更为详细和准确的地质信息^[2]。然后,邀请地质、管道工程等领域的专家进行咨询。专家们根据自己的专业知识和经验,对管道沿线的地质灾害风险进行识别和分析,提出宝贵的意见和建议。这些意见和建议对于完善风险评估模型、提高评估准确性具有重要作用。最后,根据历史资料分析、现场勘查和专家咨询结果,对潜在的地质灾害发生的概率进行评估,并分析地质灾害对管道安全的影响程度。这包括计算地质灾害发生的可能性、评估其对管道物理完整性的破坏程度、分析其对天然气输送能力的影响等。通过这一步骤,可以得出管道沿线地质灾害风险的综合评估结果,为管道的安全管理提供决策依据。

3 长输天然气管道沿线地质灾害防治措施

天然气作为清洁能源,在现代社会中发挥着举足轻重的作用。然而,长输天然气管道的建设和运营往往面临复杂的地质环境,地质灾害成为威胁管道安全的重要

因素。为了确保天然气管道的安全稳定运行,必须采取全面而有效的地质灾害防治措施。通过科学的工程措施和有效的非工程措施相结合,可以显著提高管道的抗灾能力,确保天然气管道的安全稳定运行。同时,还需要不断加强地质灾害防治技术的研究和应用,提高防治效果和效率,为天然气管道的可持续发展提供有力保障。

3.1 工程措施

在长输天然气管道的建设过程中,工程措施是防治地质灾害的首要选择。通过科学的设计和 optimization,以及针对性的排水与防护工程,可以显著提升管道的抗灾能力。

3.1.1 管道设计与优化

管道设计是预防地质灾害的首要环节。在设计阶段,应全面收集管道沿线的地质、地貌、气候等自然环境资料,深入分析地质灾害的发生规律和潜在风险。基于这些资料,设计团队应合理规划管道的走向和埋深,尽量避免穿越地质灾害易发区域,如滑坡、泥石流、地震断裂带等。对于无法避免穿越的地质灾害易发段,设计团队应采取一系列加固措施来增强管道的抗灾能力。例如,可以设置支挡结构,如挡土墙、抗滑桩等,来阻止土体的移动和滑坡的发生。同时,加固管道基础也是至关重要的,可以通过增加基础宽度、深度或采用特殊材料来提高管道的稳固性。此外,还可以考虑在管道外部设置保护层,如防撞垫、防滑垫等,以进一步减少地质灾害对管道的直接冲击。在管道设计中,还应充分考虑地质环境的动态变化。随着气候、水文等条件的变化,地质灾害的风险也可能随之改变。因此,设计团队应建立长期的地质环境监测机制,及时调整和优化管道设计方案,确保管道在任何情况下都能保持安全稳定。

3.1.2 排水与防护工程

水是影响地质灾害发生和发展的重要因素之一。在地质灾害易发区域,合理的排水工程对于减轻水对管道的侵蚀和冲刷至关重要。设计团队应根据地形地貌和降雨情况,科学规划排水沟、涵洞等排水设施的布局 and 尺寸。排水沟应设置在管道两侧或上方,以便及时将雨水引走,避免积水对管道造成压力。涵洞则可用于穿越沟谷或河流,确保水流顺畅,减少对管道的冲刷。除了排水工程外,防护工程也是必不可少的。在滑坡、崩塌等地质灾害易发区域,应设置挡土墙、抗滑桩等支挡结构来阻止土体的移动^[3]。挡土墙可以采用重力式、悬臂式或扶臂式等不同类型,根据具体情况选择最合适的方案。抗滑桩则通过深入土层的桩体来提供抗滑力,有效稳定土体。此外,还可以考虑在管道沿线设置防护林、植草等生物防护措施。这些措施不仅可以减缓水流速度,减

少冲刷力,还可以改善土壤结构,提高土体的抗剪强度。同时,生物防护措施还能美化环境,提升管道沿线的生态价值。

3.2 非工程措施

非工程措施是工程措施的重要补充,通过监测与预警系统建设、应急预案制定与演练等手段,可以进一步提高地质灾害防治的效率和效果。

3.2.1 监测与预警系统建设

建立完善的地质灾害监测与预警系统是预防地质灾害的关键。该系统应充分利用遥感技术、物联网技术、大数据技术等现代信息技术手段,对管道沿线进行实时监测和数据分析。通过监测地表位移、地下水位、降雨量等关键指标,可以及时发现地质灾害的隐患和异常情况。一旦监测到异常情况,预警系统应立即启动,向相关部门和人员发出预警信息。预警信息应包括灾害类型、发生地点、预计影响范围、建议应对措施等内容,以便相关部门和人员能够迅速做出反应。同时,预警系统还应与应急响应机制紧密相连,确保在灾害发生时能够迅速启动应急预案,采取有效的应对措施。为了确保监测与预警系统的有效运行,还需要加强系统的维护和更新。定期对监测设备进行检修和校准,确保数据的准确性和可靠性。同时,随着科技的进步和新的地质灾害防治理念的出现,应及时对预警系统进行更新和升级,提高系统的预警能力和准确性。

3.2.2 应急预案制定与演练

地质灾害应急预案是应对突发灾害的重要文件。在制定应急预案时,应充分考虑管道沿线的地质环境、灾害类型、应急资源等因素,制定详细而可行的应急行动方案。应急预案应包括应急组织机构、人员职责、应急行动程序、物资保障、通讯保障、医疗救护、疏散安置等多个方面,确保在灾害发生时能够迅速、有序地开展救援工作。应急预案的制定只是第一步,更重要的是要定期组织应急演练。通过应急演练,可以检验应急预案

的可行性和有效性,发现存在的问题和不足,并及时进行修正和完善。同时,应急演练还可以提高应急响应人员的熟练程度和协作能力,增强应对突发灾害的信心和决心。在应急演练中,应模拟真实的地质灾害场景,设置不同的应急任务和挑战^[4]。参与演练的人员应按照应急预案的要求,迅速展开行动,包括接警报告、启动预案、组织救援、疏散安置、医疗救护等各个环节。演练结束后,应及时对演练过程进行总结和评估,分析存在的问题和不足,并提出改进措施和建议。此外,还应加强对应急物资的管理和储备。根据应急预案的需求,提前准备足够的应急物资,如救援设备、通讯工具、医疗器材、生活物资等。同时,建立物资储备库和管理制度,确保物资的完好性和可用性。在灾害发生时,能够迅速调集物资,为救援工作提供有力保障。

结语

长输天然气管道沿线地质灾害风险具有复杂性和多样性。通过对管道沿线地质环境的详细调查和分析,可以识别出不同类型的地质灾害风险,并采取相应的防治措施。然而,地质灾害风险评估和防治工作仍面临诸多挑战,如地质灾害的突发性、区域性和周期性等特点增加了评估和防治的难度。未来可以进一步深入研究风险评估方法和模型,提高评估的准确性和可靠性;同时,加强地质灾害监测与预警技术的研发和应用,为管道安全提供更加有力的保障。

参考文献

- [1]陈啟斌,肖江鸿,陈帝文.天然气管道地质灾害风险调查与评价方法[J].石化技术,2024,31(09):94-96+34.
- [2]钱东良.天然气管道地质灾害及其风险控制分析[J].四川水泥,2019,(08):211.
- [3]潘禹臣,汤明高,倪文涛,等.中缅天然气管道沿线地质灾害风险评价[J].人民长江,2022,53(10):108-115.
- [4]张志玲.黔北天然气管道工程地质灾害防治及管道通过方案设计[D].中国地质大学(北京),2021.