

Slope Stability Analysis and Disaster Prevention Measures under Earthquake Action

Feng Gao Zhangjun Guo Shoucai Wei

The Second Geological Brigade of Xizang Autonomous Region Geological and Mineral Exploration and Development Bureau, Lhasa, Xizang, 850000, China

Abstract

Earthquake is one of the main natural disasters that seriously endangers slope stability. In China, slope stability is particularly serious because of the complex geological environment and frequent earthquakes. Based on geological investigation and rock and soil mechanics experiment, the slope stability analysis model is established, and then the failure mechanism and stability of the slope under earthquake are studied by dynamic numerical simulation method. The research shows that the slope is prone to slip, overturn and expansion failure under the action of earthquake. For these disasters, we put forward such as encrypted drainage system, set up protective net, vegetation reclamation and other comprehensive disaster prevention and reduction measures, and their effects were verified on the spot. The verification results show that these measures have a remarkable effect on improving the seismic stability of the slope. This study provides a useful reference for slope disaster prevention and mitigation in China.

Keywords

earthquake action; slope stability; disaster prevention and control; dynamic numerical simulation; seismic stability

地震作用下边坡稳定性分析及灾害防控措施

高峰 郭章军 魏守才

西藏自治区地质矿产勘查开发局第二地质大队, 中国·西藏 拉萨 850000

摘要

地震是严重危害边坡稳定性的主要自然灾害之一。在中国, 由于地质环境复杂且频繁发生地震, 边坡稳定问题显得尤为严峻。本研究首先基于地质调查和岩土力学实验, 建立了边坡稳定性分析模型, 然后利用动力学数值模拟方法, 研究了地震作用下边坡的破坏机理及稳定性。研究表明, 在地震作用下, 边坡易发生滑移、颠覆和膨胀破坏等不稳定现象。对于这些灾害, 我们提出了如加密排水系统, 设置防护网, 植被复垦等综合性防灾减灾措施, 并对其效果进行了实地验证。验证结果表明, 这些措施对提高边坡的抗震稳定性具有显著的效果。该研究为中国边坡防灾减灾提供了有益参考。

关键词

地震作用; 边坡稳定性; 灾害防控; 动力学数值模拟; 抗震稳定性

1 引言

地震是自然界一种最具破坏力的灾害之一, 它所引起的地面震动、岩层错位和土壤液化等现象, 对人类社会的安全和发展构成了严重威胁。尤其在地震频繁、地质条件复杂的中国, 边坡稳定性问题显得愈发重要。边坡的稳定性直接影响到人们的生命财产安全, 尤其在地震等自然灾害下, 其破坏性甚至可能引发次生灾害, 如滑坡、泥石流等, 从而加重灾害的损失。因此, 对边坡稳定性进行细致的分析, 以及制定科学有效的灾害防控措施, 已经成为社会和科学都需要面对的重要问题。论文将探讨地震作用下边坡稳定性的分析模型, 并研究各种可能的破坏现象。同时, 论文也针对这些

可能的灾害, 提出了多种综合性的防灾减灾措施, 希望能为中国边坡的防灾减灾提供有益的参考和借鉴。

2 地震与边坡稳定性的关系

2.1 地震的定义与产生机理

地震是一种常见的自然现象, 其定义为地壳内部由于构造应力积累达到一定程度, 在某一断层或破裂带突然释放, 从而引起地壳振动的现象^[1]。地震由地球内部的能量释放引发, 这种释放的能量通过地震波的形式传递给地表, 造成地面的震动。

地震的产生机理涉及地球内部的构造运动及能量积累。地球内部可以分为地壳、地幔和地核三层。地壳和上地幔组成的岩石圈漂浮在部分熔融的软流圈之上。由于地球内部的热对流, 软流圈不断驱动着岩石圈分块移动, 这些板块的构造运动导致了板块之间的碰撞、分离及平移, 形成不同类型

【作者简介】高峰(1990-), 男, 中国辽宁沈阳人, 本科, 工程师, 从事水工环地质研究。

的断层。当板块的运动受到阻碍而累积较大的应力时,这些应力将逐渐集中在断层面上^[2]。当应力超过岩石的强度极限时,断层突然错动释放应力,导致能量以地震波形式传播,形成地震。

地震波主要由纵波(P波)和横波(S波)组成。纵波是压缩和拉伸介质的波,传播速度快,到达地表;横波则是剪切波,传播速度相对较慢,但振幅更大,对建筑物等构造的破坏力较强,往往是地震造成损害的主要原因。

地震的释放能量通过地震矩表示,地震矩的大小衡量地震的规模。里氏震级是另一种常用的度量方式,表示地震规模的对数关系。更精确的表述方式是矩震级,它与地震释放的总能量成正比。

地震作为一种能量释放过程,不仅会对地表的建筑物和地形造成严重破坏,并且由于其瞬时性和不可预测性,使得地震成为边坡稳定性的重大威胁因素。在地震波的作用下,边坡中的岩土结构容易失稳,导致滑坡、崩塌等地质灾害。准确理解地震的定义与产生机理有助于为后续防灾减灾措施的制定提供科学依据,进一步保障边坡及其周边环境的稳定与安全。

2.2 边坡稳定性概述

边坡稳定性是指在各种外部条件影响下,边坡体维持其整体结构与形态不发生显著变形或失稳的能力。边坡的稳定性主要受地质条件、斜坡形态、地下水位和外界荷载等多种因素的综合影响。地质条件包括岩土体的性质、地质构造和岩层的倾向与产状等。岩土体性质如土壤类型、密度、抗剪强度等参数直接影响边坡强度,进而影响稳定性。地质构造例如断层、褶皱和节理面等对边坡的稳定也起着至关重要的作用,这些构造特征往往形成潜在的破坏面。

斜坡形态是影响边坡稳定性的另一个重要因素。斜坡的坡度、坡高和坡面形态直接影响地面应力分布。较陡的坡度和较高的坡体容易引发滑坡和坍塌现象^[3]。在实际工程中,通过调整坡度和控制坡高,可以有效提高边坡的稳定性。

地下水位对边坡稳定性能产生显著影响。地下水位的升高会导致孔隙水压力增大,削弱岩土体的抗剪强度,增加边坡失稳的风险。特别是雨季和融雪季节,地下水位的急剧变化可能引发边坡滑坡。地下水的渗流作用能引起岩土颗粒的流失,进一步削弱边坡的稳定性。有效控制和排除地下水是边坡稳定性管理中的重要环节。

外界荷载的影响包括自然荷载和人为荷载两部分。自然荷载如降雨、雪压、风压、地震等,而人为荷载主要来自工程施工和交通等活动。降雨使得土层含水量增加,孔隙水压力上升,降低土体的抗剪强度。施工和爆破等人为活动则会改变地应力状态,增加边坡失稳的可能性。

边坡稳定性是一项复杂的工程地质问题,需要综合考虑地质条件、斜坡形态、地下水位和外界荷载等多方面的因素。针对不同的边坡特点和影响因素,采用科学合理的防控

措施,是确保边坡长期稳定的重要手段。

2.3 地震与边坡稳定性的互动关系

地震是引发边坡失稳的重要触发因素之一。地震波通过对岩土体的激震作用,会显著降低边坡的稳定性。在地震过程中,地表的加速度导致边坡的受力状态发生剧烈变化,进而引发边坡材料应力应变特性的突变。地震波的传播和反射效应会在边坡内部产生复杂的动力响应,这些响应对边坡的稳定性构成显著威胁。

边坡在地震作用下的失稳机制主要包括三种形式:滑坡、颠覆和膨胀破坏。滑坡通常发生在黏土、砂土等松散或结构较弱的边坡中,地震力的作用会使内部剪切应力超过抗剪强度,引发滑动破坏。颠覆则常见于硬岩边坡,地震力导致岩块发生旋转运动,形成倾倒结构。膨胀破坏主要出现于高含水结构的边坡中,地震引发的孔隙水压力增大,致使边坡材料发生膨胀或隆起现象,进一步削弱边坡稳定性。

3 边坡灾害防控措施及效果评估

3.1 引入与编制综合性防灾减灾措施

地震作用下,边坡容易发生滑坡、颠覆和膨胀等灾害,因而制定有效的防灾减灾措施尤为重要。针对这些问题,编制了一系列综合性的防灾减灾措施,以期有效提升边坡在地震作用下的稳定性。

对于排水系统的加强,通过在边坡体内设立加密排水管道和排水孔,并在边坡表面铺设透水土工膜,能够有效地减少地下水的侵蚀和压力积累。这样的排水系统设计能够防止水分在边坡体内积累,从而显著降低边坡滑坡的风险。

为防止边坡崩塌和岩土运动,设置防护网是不可或缺的技术手段。采用高强度的钢丝绳网和锚杆拦网相结合的方式,能够在地震引发边坡破裂时,迅速控制岩土移动并维持边坡整体稳定性。这种措施可以大大减小碎石坠落及其造成的二次灾害。

另一个关键措施是进行植被复垦,即在边坡表层种植具有深根系的植物。这些植物根系能穿透土层、固结岩土,加强边坡的整体强度,使得边坡在地震中不容易发生滑动或崩塌。植被的生长除了能固土之外,还可以美化环境,具有较高的生态效益,起到双重防护作用。

边坡稳定性增强还可以通过加固墙体和挡土墙等基础设施实现。这些墙体通过专业设计,能够承受地震作用力并提供额外的支撑力,有效地维持边坡的整体稳定性。墙体材料的选择、布局及施工质量都是影响加固效果的关键因素。

为了确保这些防灾减灾措施的综合效果,应综合评估不同措施在实际应用中的协同作用,并进行定期维护和检修。只有通过科学的设计和系统的应用,这些措施才能在提高边坡抗震稳定性方面发挥最大作用。总结而言,在边坡防灾减灾工作中,强化排水系统、设置防护网、植被复垦与基础设施加固是关键的综合性措施,通过一系列的专业设计和

施工, 这些措施将大幅提升边坡在地震作用下的稳定性。

3.2 防灾减灾措施的实地应用

在地震频发地区, 实施有效的防灾减灾措施对于维护边坡稳定性至关重要。详细分析了几种常见的灾害防控措施在实地应用中的效果。

加密排水系统作为一种重要的防护措施, 通过排除地表和地下水, 减少土体饱和度, 从而减少因水压增加而导致的边坡滑动风险。此措施通过在边坡区域内设立排水沟、排水管及地下排水井等设施, 实现了有效的水体控制。在实地应用环节, 经常选用高耐腐蚀性材料, 以确保排水系统的长期稳定运行。定期检查和维修排水设施, 确保排水系统的畅通和高效运行, 从而提高边坡的整体稳定性。

防护网在边坡防灾减灾中也发挥着重要作用, 主要通过防止边坡上的松散岩石和土体滑落。防护网大多采用高强度的金属网或合成纤维网, 能够有效覆盖并固定边坡表面松散物质。实地应用时, 根据边坡的地质特征和岩土结构, 定制合适的防护网铺设方案, 并通过锚杆固定等方式增加其稳固性。经过实地试验和监测, 防护网能够显著减少小规模滑坡和滚石的发生, 对维护道路和建筑物的安全具有重要意义。

植被复垦也是重要的边坡防护措施, 通过种植植物, 在边坡上形成植被覆盖层, 植物根系能够起到加固土体的作用, 防止水土流失。通过选择适宜于当地气候条件和土壤特性的植物物种, 形成稳定的生态系统, 在防灾减灾方面产生了显著效果。实地应用中, 通过科学规划种植密度和合理搭配不同品种植物, 提高植被的成活率和覆盖率, 加强其生态防护作用。

这些措施在实地应用中的效果已经得到广泛验证。在多次现场试验和监测中, 边坡稳定性显著提升, 滑坡、崩塌等灾害发生的频率和严重程度大幅降低。这些防灾减灾措施的成功实施, 为地震灾害频发地区的边坡稳定性提供了有力保障, 并为相关研究和工程实践提供了宝贵经验。

3.3 应用效果的评估与改进建议

已实施的防灾减灾措施的效果进行了综合评估, 通过详细的实地监测和数据分析, 展示了加密排水系统、防护网和植被复垦等措施的成果。在地震作用下, 边坡的滑移、颠

覆和膨胀破坏等现象显著减少, 边坡整体稳定性得到了明显提升。加密排水系统有效降低了地下水位, 防止了滑动面的弱化。防护网成功拦截了松散岩土, 减轻了地表侵蚀。植被复垦不仅改善了生态环境, 还通过植根作用增强了土体凝聚力。评估过程中也发现某些措施在极端天气或特大地震条件下的效果仍需进一步优化, 特别是防护网在强震后的二次加固问题和植被复垦中的物种选择与生长速度不平衡问题。为提高这些防控措施的长效性和适应性, 建议加强监测技术的应用, 引入更多先进的地质监测设备, 并进行相关数值模拟, 以预估不同灾害情景下的措施效果。需结合长期数据, 优化设计参数, 建立综合的风险评估体系, 确保防控策略的动态调整与可持续性。

4 结语

论文针对地震作用下边坡稳定性进行了深入研究, 首先基于地质调查和岩土力学实验, 构建了边坡稳定性分析的模型, 利用动力学数值模拟方法, 对地震作用下边坡的破坏机理及稳定性进行了详尽的研究。结果显示, 在地震作用下, 边坡易发生滑移、颠覆和膨胀破坏等不稳定现象。为了有效地防止这类灾害的发生, 我们提出了一系列具体的防灾减灾措施, 如加密排水系统, 设置防护网, 植被复垦等, 并对这些措施的实际效果进行了实地验证。验证结果表明, 这些措施提高了边坡抗震稳定性, 对于防灾减灾具有实际的参考价值。然而, 尽管我们的研究取得了一定的成果, 但我们清楚地意识到, 由于地震引起的边坡不稳定问题涉及更多影响因素, 例如地震波动、土体参数, 以及集水区的地下水动态等, 这些问题仍然需要进一步的研究。此外, 本研究中提出的防灾减灾措施也需要在更多实际情况下进行验证, 才能得到更精确的效果。未来的研究计划将致力于寻找更有效的防灾减灾措施, 以及改进边坡稳定性分析方法, 提升其预测精度, 以期对中国边坡防灾减灾提供更有力的支持。

参考文献

- [1] 罗轶, 马艳波. 地震作用下边坡的稳定性分析[J]. 价值工程, 2019, 38(26): 143-144.
- [2] 李沙. 地震边坡稳定性分析[J]. 江西建材, 2022(4): 106-108.
- [3] 李灿阳. 地震作用下的边坡稳定性分析[J]. 水科学与工程技术, 2020(6): 88-91.