

岩土工程地质灾害防治技术与实践

胡建新

(中国冶金地质总局内蒙古地质勘查院, 内蒙古 呼和浩特 010000)

摘 要 在当前的生态文明建设背景下, 岩土工程地质灾害防治技术的创新应用已经逐渐引起了工程技术人员的广泛关注。本文探讨聚焦滑坡、崩塌、地面沉降等主要地质灾害类型, 分析岩土工程地质灾害防治技术, 采用理论分析与工程实践相结合的方法, 系统分析了抗滑桩、工程注浆、地下连续墙和锚固加固四种关键防治技术, 并提出了岩土工程地质灾害防治技术实践策略, 旨在为提升岩土工程地质灾害防治水平提供实践指导。

关键词 岩土工程; 地质灾害; 抗滑桩施工技术; 工程注浆技术; 地下连续墙技术

中图分类号: P642

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.01.014

0 引言

岩土工程地质灾害主要包括滑坡、崩塌、地面沉降等类型, 其成因机制复杂, 危害性强, 防治难度大。这些地质灾害严重威胁人民生命财产安全, 破坏生态环境, 制约工程建设和经济发展。因此, 深入探索岩土工程地质灾害防治技术及其实际应用, 对于筑牢生命安全屏障、维系生态文明建设、保障重大工程建设, 具有重大而深远的意义。

1 常见岩土工程地质灾害类型

1.1 滑坡灾害

滑坡灾害是一种常见的地质灾害类型, 表现为在重力和其他诱发因素作用下, 边坡岩土体沿特定的软弱面整体向下滑动的现象。滑坡的形成与地质构造、地形地貌、水文条件和人类活动等因素密切相关。根据滑动物质的性质, 可分为岩质滑坡、土质滑坡和碎石滑坡; 按照滑动面形态, 可分为平面型、圆弧型和复合型滑坡。滑坡灾害的危害性主要表现在破坏地表建筑物和基础设施, 威胁人民生命财产安全, 引发次生灾害如堰塞湖等^[1]。滑坡的发生往往具有突发性和累积性特征, 在降雨集中、地震等外部条件诱发下易发生灾变。

1.2 地面沉降

地面沉降是地表在各种自然和人为因素作用下发生垂直形变的地质灾害现象。引发地面沉降的主要原因包括地下水过量开采、岩溶塌陷、采矿活动和地基压缩等。地面沉降的发展过程往往具有渐进性和累积性特征, 沉降区可能出现地面裂缝、建筑物倾斜、地下管线破坏等现象。按照成因机制, 可分为压缩性沉降、岩溶性沉降和采矿性沉降等类型。在城市区域, 地面

沉降主要与地下水开采导致的土层压缩有关, 形成漏斗状沉降区; 在岩溶发育区, 溶洞发育和地下暗河冲刷可能引发突发性塌陷; 在矿区, 地下采空区的存在使上覆岩层失去支撑而发生下沉。地面沉降对城市建设和工程安全构成严重威胁, 需要通过监测和防治措施控制其发展。

1.3 地裂缝灾害

地裂缝是地表岩土体在内外引力作用下产生的张性或剪性破裂现象。地裂缝的形成与地质构造运动、地下水开采、土体干缩和地面沉降等因素密切相关。按照成因可分为构造型、非构造型和混合型地裂缝, 其中非构造型地裂缝在工程地质问题中最为常见。地裂缝的发育特征表现为线性展布、规模不等、延伸方向具有规律性, 部分地裂缝可能伴随位错现象。地裂缝的危害性主要体现在破坏地表建筑物基础、切割交通线路、割裂农田灌溉系统等方面。在城市区域, 地裂缝往往与地面沉降和基础变形相互作用, 加剧工程结构的破坏程度。地裂缝的监测和防治需要明确其形成机制, 采取针对性的工程措施, 避免灾害进一步扩展。

2 岩土工程地质灾害防治技术分析

2.1 抗滑桩施工技术

抗滑桩是治理滑坡灾害的重要支挡结构形式, 其通过桩体抗弯强度和桩土相互作用的剪切强度, 有效阻止滑动面继续发展。抗滑桩的设计需要综合考虑地质条件、滑坡规模、滑动面位置等因素, 采用合理的桩型和布置方式。在桩型选择上, 常用钻孔灌注桩, 其具有承载力高、适应性强、对周围环境影响小等特点。桩体需要穿过滑动面并深入稳定地层, 形成可靠的嵌固段, 以充分发挥抗滑作用。

抗滑桩的设计计算主要包括桩身强度验算和整体稳定性分析。桩身强度验算需要考虑土压力、滑动推力等荷载作用,确保桩体不发生结构破坏。整体稳定性分析要考虑桩土协同作用,通过合理的桩距和桩径设计,实现最佳的抗滑效果。同时,抗滑桩的施工质量直接影响其防治效果,需要重点控制成孔质量、钢筋笼加工安装精度、混凝土浇筑连续性等关键工序。对于大型滑坡,往往需要采用抗滑桩群的布置形式,并与其他支挡结构形成组合支护体系,以确保边坡的长期稳定性。

2.2 工程注浆技术

工程注浆技术是一种通过向地层注入浆液改善岩土体性质的防治措施。注浆工程的基本原理是利用压力将水泥浆、化学浆等浆液注入地层裂隙或孔隙中,浆液凝固后形成硬化体,与原有岩土体共同作用,提高地层的整体强度和稳定性。注浆参数的选择需要根据地层特征、裂隙发育程度和注浆目的进行确定,包括注浆压力、浆液配比、注浆时间等。浆液的选择尤为关键,要考虑其流动性、凝固时间、强度特性等技术指标,确保与工程要求相适应。

注浆施工采用的注浆方式主要包括压力注浆、渗透注浆和劈裂注浆。压力注浆适用于裂隙发育的岩体,通过较高的压力将浆液压入裂隙;渗透注浆适用于砂土等孔隙性地层,浆液在自重和压力作用下渗入土体孔隙;劈裂注浆则是在高压作用下使地层产生新的裂隙,扩大注浆影响范围。注浆工程的实施需要科学布置注浆孔,合理确定注浆顺序,并通过压力、流量等参数的实时监测,确保注浆效果。对于复杂地层,往往需要采用多种注浆方式相结合,以达到最佳的加固效果。

2.3 地下连续墙技术

地下连续墙技术是一种在地下构筑挡水防渗墙体的工程方法,在岩土工程地质灾害防治中发挥着重要作用。其核心原理是通过专用成槽设备,在地下开挖一定宽度和深度的槽段,并在槽内浇筑钢筋混凝土,形成连续的地下防护结构。地下连续墙具有强度高、防渗性能好、适应性强等特点,能有效控制地下水渗流,防止地面沉降,稳定深基坑侧壁。墙体设计需要综合考虑地质条件、地下水分布、荷载特征等因素,合理确定墙体厚度、埋深和配筋方案。

地下连续墙的施工过程要重点控制成槽质量和混凝土浇筑。成槽施工采用泥浆护壁工艺,泥浆性能直接影响槽壁的稳定性和混凝土浇筑质量。导墙系统的

精确测量和施工是保证成槽垂直度的关键环节。混凝土浇筑采用导管法,要严格控制混凝土的配合比和施工工艺,确保墙体的整体性和均匀性。对于复杂地层,常需采用分段施工工艺,使用钢筋笼定位导向装置,保证接头质量。在特殊地质条件下,可与其他支护结构组合使用,形成复合防护体系,提高整体防治效果。

2.4 锚固加固技术

锚固加固技术是一种将锚杆或锚索打入岩土体内部,通过锚固体与岩土介质的相互作用提高整体稳定性的防治措施。该技术的核心原理是利用锚杆(索)的抗拉性能,将浅层不稳定岩土体与深部稳定岩土体连接成整体,形成复合加固体系。锚杆(索)的设计需要充分考虑地质条件、岩土特性和外部荷载等因素,合理确定锚固长度、倾角和布置形式,以确保锚固体能充分发挥其承载和约束作用。

锚固加固工程通常需要与支挡结构联合使用,形成锚固支护系统。锚杆(索)的布置应遵循整体稳定和受力均匀的原则,合理确定锚杆间距和排距。在复杂地质条件下,可采用多排、多层的布置形式,实现分级加固。对于大型边坡或深基坑工程,往往需要采用预应力锚索,通过施加预应力提前调动锚固体的承载能力,提高支护结构的整体刚度和稳定性。

3 岩土工程地质灾害防治技术实践策略

3.1 科学设计抗滑桩参数,严控施工质量管理

抗滑桩施工的科学设计和质量管理是确保防治效果的关键。设计阶段需要通过详细的地质勘察,准确确定滑动面位置和土层参数,为桩型选择和参数设计提供可靠依据。桩基设计应重点考虑桩长、桩径、桩距等关键参数,通过计算分析确保桩体嵌固段长度满足稳定性要求。同时,要充分考虑施工条件和环境影响,选择合适的施工工艺和质量控制措施。

在具体实施中,可采用钻孔灌注桩施工工艺。桩位定位测量要采用全站仪等精密仪器,确保桩位偏差控制在规范允许范围内。钻进过程中可使用冲击钻或回转钻机成孔,泥浆护壁要严格控制泥浆比重和含砂率。钢筋笼制作要重点关注主筋间距、箍筋绑扎和保护层垫块设置,吊装定位需采用专用定位装置确保垂直度。混凝土浇筑宜选用自密实混凝土,采用导管法浇筑,控制导管埋深和提升速度,避免断桩和夹泥。对于较长桩体,可在钢筋笼上设置声测管,通过超声波检测评估桩身完整性。施工过程中要建立完善的监测系统,包括桩身倾斜度、周边地表位移和地下水位等参数的实时监测,发现异常及时处置。

通过科学合理的设计和严格的质量管理,可以确保抗滑桩工程发挥最佳的防治效果。这种注重设计优化和过程控制的施工策略,能够有效保证桩体的整体性和受力性能,为滑坡灾害的长期稳定提供可靠保障。

3.2 优化注浆工艺流程,加强注浆效果监测

注浆工程的工艺流程优化和效果监测是确保防治效果的核心环节。工艺流程优化需要基于详细的地质调查和室内试验,合理确定注浆参数和施工方案。注浆参数包括注浆压力、注浆量、浆液配比等,这些参数的选择直接影响注浆效果。同时,要建立科学的监测体系,通过多种手段实时评估注浆效果,及时调整施工参数,确保注浆工程达到预期目标。

注浆施工可采用分段、分序的注浆方案,从下往上依次进行注浆。注浆孔布置要根据地层特征和加固范围确定,孔距一般控制在3~5米。钻孔宜采用冲击回转钻机,孔径根据注浆设备要求选择90~120毫米。浆液配制要设置专门的搅拌站,水泥浆的水灰比可根据地层条件选择0.5~1.0,化学浆液则需要严格控制配比和凝胶时间。注浆过程中压力控制采用自动记录仪,实时监测注浆压力变化,一般控制在0.5~2.0 MPa。浆液扩散范围可通过声波测试或电阻率检测评估,必要时布设观测孔验证注浆效果^[2]。注浆终止标准要结合压力、流量等参数综合判定,达到设计要求时及时封孔。施工过程中要同步进行地表隆起、孔隙水压力等监测,发现异常及时调整注浆参数。

3.3 规范地下连续墙施工,确保支护结构稳定

地下连续墙工程的规范施工和质量控制是实现支护结构稳定的基础。施工管理要重点把控导墙建设、成槽工艺、钢筋笼安装和混凝土浇筑等关键环节,建立全过程的质量控制体系。导墙作为确保地下连续墙定位和垂直度的重要构件,其施工精度要求尤为严格。同时,要根据工程地质条件和环境特点,选择合适的施工工艺和控制标准,确保施工安全和质量可控。

在施工实践中,可设置专门的泥浆制备系统,配制合适性能的膨润土泥浆,确保其比重、黏度等指标满足施工要求。成槽施工宜采用液压抓斗分段成槽,每个槽段的长度要根据地层条件和设备性能确定,相邻槽段采用错开施工方式。钢筋笼制作要采用专用胎具,确保主筋间距和保护层厚度符合设计要求,吊装过程中要采用定位导向装置,保证钢筋笼的垂直度^[3]。混凝土浇筑可选用性能良好的自密实混凝土,通过导管法进行浇筑,控制导管埋深和提升速度,避免混凝土离析。槽段接头处可采用后注浆加固处理,确保接头质量。

科学规范的施工管理和质量控制措施,是确保地下连续墙工程质量的重要保障。通过精细化的过程管理,可以有效提升支护结构的整体性和耐久性,实现地质灾害的长期稳定防治。

3.4 合理布置锚固系统,强化锚固质量控制

锚固系统的合理布置和质量控制是确保加固效果的重要保障。锚固工程设计要基于详细的地质调查资料,结合锚固对象的稳定性要求,确定锚杆类型、布置形式和锚固参数^[4]。锚固系统布置应遵循受力均匀、经济合理的原则,通过科学的设计计算确定锚杆间距、排距和倾角。同时,要建立完整的质量控制体系,对钻孔、锚固体制作、张拉注浆等关键工序进行全过程管控。

锚固工程实施可采用系统性的施工方案。钻孔工艺要根据地层条件选择合适的钻进方式,保证孔径均匀和孔壁稳定。锚杆制作时应注意锚固段与自由段的有效隔离,采用定位装置确保锚杆在孔内的准确定位。注浆工艺可选用分次注浆法,确保浆液充分填充锚固段空间^[5]。预应力锚索施工时需设置反力架,通过多级张拉确保预应力均匀施加。锚固体养护期间要进行必要的监测,包括锚头位移、锚固力变化等参数。施工过程中可采用声波检测、回弹法等手段评估锚固质量。

4 结束语

岩土工程地质灾害防治是一项系统工程,需要以科学理论为指导,合理运用抗滑桩、工程注浆、地下连续墙和锚固加固等先进技术。通过精细化设计、严格质量控制和全程监测,可有效防范和治理滑坡、崩塌、地面沉降等地质灾害。未来应持续深化施工工艺创新,加强新技术应用研究,不断提升防治水平,为保障人民生命财产安全、促进生态文明建设做出积极贡献。

参考文献:

- [1] 郑建来,蒋武.地质灾害防治与岩土工程的发展研究趋势[J].科海故事博览,2023(16):94-96.
- [2] 王国栋.岩土工程地质灾害防治技术及防治措施[J].中国地名,2023(03):61-63.
- [3] 熊文强.岩土工程地质灾害防治技术及措施分析[J].中国厨卫,2024,23(01):221-223.
- [4] 向进益.岩土工程地质灾害防治技术及预控研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(03):76-79.
- [5] 董坤,陈东海.分析地质灾害防治技术在岩土工程中的运用[J].城市建设理论研究:电子版,2024(12):166-168.