

探究地质灾害治理工程施工中边坡稳定问题及滑坡治理方法

张瀚文

淄博市地质矿产技术中心，山东淄博，255000；

摘要：地质灾害治理工程施工中，边坡稳定是保障工程安全与周边环境安全的核心要素，边坡失稳引发的滑坡灾害不仅会导致工程停滞、经济损失，更可能威胁生命安全。本文从地质灾害治理工程施工视角出发，系统分析影响边坡稳定的各类关键因素，深入探讨施工过程中边坡失稳的主要表现形式与作用机制，进而梳理并阐述当前主流的滑坡治理方法及其适用场景与技术原理。研究旨在为地质灾害治理工程施工提供科学的边坡稳定管控思路与有效的滑坡治理技术参考，推动工程施工安全与治理成效的双重提升。

关键词：地质灾害治理；边坡稳定；滑坡治理；施工安全；治理技术

DOI：10.64216/3080-1508.25.12.025

引言

现在，我国的基础设施建设越来越多地向山区、地质复杂的地方推进。同时，极端天气出现得越来越频繁，引发的地质灾害也多了起来。所以，地质灾害治理工程的需求变得十分迫切。边坡是地质灾害治理工程里常见的结构，它稳不稳定，直接关系到工程能不能顺利施工，以及建成后能不能安全使用。在工程施工时，因为地质条件复杂、施工会扰动周围环境，再加上外部环境不断变化，边坡常常面临很多稳定风险。其中，滑坡是最典型、危害最大的失稳情况。想要做好地质灾害治理工程施工，必须解决几个关键问题：深入分析影响边坡稳定的因素、掌握滑坡发生的规律、用科学合理的方法治理滑坡。研究边坡稳定和滑坡治理方法，不仅能保证工程施工安全，还对保护生态环境、保障老百姓的生命财产安全有重要意义。

1 地质灾害治理工程施工中边坡稳定的影响因素

地质灾害治理工程施工时，边坡稳不稳定，是地质、施工、环境等多方面因素共同作用的结果。这些因素相互联系、相互影响，一起决定了边坡的稳定状态。

1.1 地质条件因素

地质条件是影响边坡稳定的先天基础，也是根本因素，它直接决定了边坡自身的物理力学性质和结构特点。不同的地层岩性对边坡稳定影响很大。像泥岩、页岩这类软质岩层，强度低、容易风化，遇到水就会变软、碎裂，导致边坡抵抗滑动的能力下降。而花岗岩、石灰岩等硬质岩层，虽然强度较高，但岩层里的缝隙、裂纹很

多，会破坏岩体的完整性，形成可能发生滑动的面。地质构造也很关键。断层、褶皱这些地质构造带，往往是岩体破碎、应力集中的地方，施工时稍微扰动，就很容易成为边坡失稳的突破口。另外，边坡的坡体结构，比如岩层走向和边坡走向的关系、边坡的角度大小，也会影响稳定性。顺层边坡的岩层层面和边坡坡面朝向一致，在重力作用下，更容易沿着岩层层面滑动失稳。

1.2 施工扰动因素

工程施工是引发边坡失稳的重要人为因素，施工中的各种操作会直接改变边坡的受力平衡，破坏周围的地质环境。土方开挖是施工中最常见的扰动方式。如果开挖过多，或者开挖顺序不对，会打破边坡原本的应力状态，让坡体内部的应力重新分布。当应力超过岩体或土体能承受的极限时，边坡就会变形，甚至发生滑坡。施工荷载施加不当也会威胁边坡稳定。比如在边坡顶部堆很多施工材料，或者机械设备停放在不合适的位置，会增加坡体的重量，加大下滑的力量。同时，施工时如果破坏了边坡周边的排水系统，或者没有及时处理施工产生的废土、废渣，会进一步加重边坡的荷载负担，增强水对坡体的渗透作用，给边坡失稳留下隐患。

1.3 外部环境因素

外部环境因素要么长期作用，要么突然影响，会慢慢削弱边坡的稳定性，成为诱发边坡失稳的重要原因。水的作用是影响边坡稳定最活跃的环境因素。下雨时，雨水渗入坡体，会增加坡体的含水量，降低土体的黏聚力和内摩擦角，让岩层变软。地下水的升降会改变坡体内部的孔隙水压力，产生向上的浮力，减小有效应力。

而且地下水流动时,会带走坡体里的细颗粒物,导致坡体结构变松散。除此之外,地震会产生惯性力,破坏坡体内部结构,导致边坡突然失稳。温度变化引起的冻融循环,会让坡体里的水反复冻结膨胀、融化收缩,加剧岩体破碎和土体结构破坏。植被被破坏后,根系无法固定坡体,坡体抵抗冲刷的能力减弱,会加速边坡的风化和侵蚀。

2 地质灾害治理工程施工中边坡失稳的表现形式与作用机制

地质灾害治理工程施工时,边坡不会突然失稳,而是从微小变形慢慢发展到整体失稳。在这个过程的不同阶段,边坡会表现出不同的状态,每种状态背后都有对应的作用原因。

2.1 边坡失稳的主要表现形式

施工过程中,边坡失稳的表现有很多种。按照变形特点和破坏程度,可以分成表层溜塌、局部崩塌和整体滑坡三类。1. 表层溜塌:表层溜塌大多出现在土质边坡或者风化岩层边坡的表面。下雨或地下水作用下,边坡表层的土或者风化的岩屑,会沿着坡面形成薄薄的一层,快速向下流动。这种情况影响的范围通常不大,但会慢慢侵蚀边坡表层,为更深层的失稳埋下隐患。比如在土质边坡施工时,连续降雨后,表层的松散土就可能顺着坡面溜滑,虽然暂时不会影响边坡整体,但长期不处理,会让边坡表层越来越薄,稳定性逐渐下降。2. 局部崩塌:局部崩塌常见于岩质边坡。这类边坡的岩层里有很多裂缝和缝隙,在施工振动(比如爆破、机械作业产生的震动)或者重力的作用下,部分岩石会和整个岩体分开,从边坡高处突然掉下来或者滚下去。它发生得很突然,冲击力也很大,容易直接砸到下方的施工区域,损坏设备、威胁施工人员安全。像一些由花岗岩构成的边坡,岩层裂缝多,施工时的震动就可能让部分岩石松动脱落,引发局部崩塌。3. 整体滑坡:整体滑坡是最严重的失稳情况。整个坡体会沿着一个固定的滑动面(或者滑动带),整体、大幅度地向下滑动。滑动体的大小差别很大,小的只有几十立方米,大的能达到几百万立方米。一旦发生整体滑坡,整个边坡的结构都会被破坏,工程设施会被损毁,施工不得不停止,甚至可能引发其他地质灾害,比如滑坡后的土石堵塞河道,形成堰塞湖。

2.2 边坡失稳的作用机制

边坡失稳的本质,就是坡体内部受力不平衡,下滑的力量大于抵抗滑动的力量,打破了原本的平衡状态。

1. 力学平衡打破的核心途径:从力学角度看,下滑力主要来自坡体自身重量沿着滑动面产生的分力;而抗滑力则和坡体岩土体的抗剪强度(包括黏聚力和内摩擦角)以及滑动面的形状、粗糙程度等有关。施工中的某些操作、下雨等外部因素,会通过两种方式打破这种平衡。第一种是增加下滑力:比如在边坡顶部堆很多施工材料、停放大型机械,会让坡体变重,下滑力随之增大;地下水在坡体里流动时,会产生推动坡体下滑的力量,也会让下滑力增加。第二种是降低抗滑力:水会让岩土变软,比如泥土遇水后黏聚力下降,岩石被水浸泡后强度降低,导致抗剪强度变小;施工时的开挖、爆破会破坏岩体的完整性,形成容易滑动的软弱面,让抗滑力大幅下降。

2. 变形演化的阶段特征:从变形发展的过程来看,边坡失稳一般会经过初始变形、加速变形和失稳破坏三个阶段。初始变形阶段,在外部因素影响下,坡体里会出现很小的裂缝,或者发生极其缓慢的位移,变形速度很慢,很难被发现。比如施工刚开始开挖时,坡体内部应力发生变化,可能会产生细微的裂缝,但从表面看,边坡没有明显变化。随着外部因素持续作用,这些细微的裂缝会慢慢变长、变宽,相互连接起来,形成可能滑动的面,坡体变形速度开始加快,进入加速变形阶段。这时,边坡表面会出现明显的裂缝,有的地方会鼓起来,有的地方会下沉。比如连续下雨后,之前的小裂缝会不断扩展,边坡底部可能出现鼓胀,这些都是加速变形的明显迹象。当变形达到一定程度,滑动面完全形成,坡体的抗滑力再也抵挡不住下滑力,就进入了失稳破坏阶段,最终发生滑坡、崩塌等灾害。比如加速变形阶段的裂缝不断扩大,滑动面彻底贯通,整个坡体就会在重力作用下,沿着滑动面快速下滑,造成严重的失稳破坏。

3 地质灾害治理工程施工中的滑坡治理方法

在地质灾害治理工程施工中,遇到滑坡问题时,要根据滑坡的大小、形成原因、地质条件和施工阶段,选择合适的治理方法。通过“减少坡体重量、固定边坡、排出积水、做好防护”等办法,让坡体受力重新平衡,保证边坡稳定。

3.1 支挡加固类治理方法

支挡加固类方法,就是在坡体合适的位置安装支挡结构,直接抵抗滑坡的推力,阻止坡体滑动,常用在治

理中大型滑坡。抗滑桩是用得很多的支挡结构。在滑坡体的前面或者中间位置, 打设钢筋混凝土桩, 让桩体深深扎进稳定的岩层或土层里。依靠桩体自身抵抗弯曲、抵抗剪切的能力, 挡住坡体下滑, 适合用来治理滑动面较深、推力较大的滑坡。挡土墙按结构分成重力式、悬臂式、扶壁式等类型。重力式挡土墙靠自身重量来平衡滑坡推力, 适合治理浅层滑坡, 或者用来防护边坡坡脚; 悬臂式和扶壁式挡土墙, 通过墙体和基础一起受力来抵抗推力, 适合施工场地小、滑坡推力中等的情况。另外, 锚杆(索)支护的做法是, 把锚杆(索)的一端固定在稳定的岩层里, 另一端和坡体表面的格构、面板等结构连起来, 给坡体施加预应力, 限制坡体变形, 增强坡体的整体性, 适合加固岩质边坡, 或者对土质边坡进行浅层加固。

3.2 排水防渗类治理方法

排水防渗类方法, 通过减少水对坡体的不良影响, 降低坡体内部的孔隙水压力, 提高岩土体的抗剪强度, 从根本上消除引发滑坡的因素, 适合治理由水导致的滑坡。地表排水系统, 是通过设置截水沟、排水沟、急流槽等设施, 拦住边坡上方和周围的雨水, 引导水流远离坡体, 防止雨水渗入; 同时把边坡表面弄平整、夯实, 或者铺土工膜、水泥砂浆等防渗材料, 减少雨水往下渗透的通道。地下排水系统专门解决地下水问题, 采用盲沟、渗井、排水孔等方式, 降低地下水位, 排掉坡体内部的积水。盲沟是在坡体内部挖沟槽, 里面填透水性材料, 收集并排出地下水; 渗井适合地下水位高、土层透水慢的区域, 通过竖井把浅层地下水引到深层透水岩层里; 排水孔是在边坡上钻孔, 插入透水管, 直接排出坡体里的渗水, 有效降低孔隙水压力, 让坡体更稳定。

3.3 坡体改良与减重类治理方法

坡体改良与减重类方法, 通过改善坡体自身的物理力学性质, 或者调整坡体的形状, 降低下滑力、提高抗滑力, 适合治理土质边坡或松散的岩质边坡。坡体改良技术包括注浆加固、高压喷射注浆等。注浆加固是往坡体的裂缝或孔隙里注入水泥浆、化学浆液等, 把岩土颗粒黏结起来, 填满空隙, 提高坡体的密实度和强度; 高压喷射注浆是用高压喷射流切割、搅拌岩土体, 让浆液和岩土体混合, 形成坚固的固结体, 增强坡体的整体性。减重反压是先挖掉坡体上部不稳定的土体, 减少下滑力, 同时把挖掉的土体堆放在坡体前面, 增加抗滑力, 适合

滑坡体上面陡、下面缓, 且前面有足够空间的情况。在实际施工中, 单一治理方法往往难以应对复杂的滑坡问题, 常需结合多种方法形成综合治理方案。比如治理大型水致型岩质滑坡时, 会先采用地表排水系统拦截雨水, 搭配地下排水孔降低地下水水位, 再用锚杆(索)支护加固坡体表层, 最后在坡脚设置重力式挡土墙, 形成“排水+加固+支挡”的立体防护体系。同时, 治理方法的选择还需兼顾施工安全性与经济性。例如, 在施工场地狭窄的山区滑坡治理中, 优先选用锚杆(索)支护而非挡土墙, 既能减少空间占用, 又能降低开挖量; 对于浅层土质滑坡, 采用放缓坡率结合地表排水的方法, 成本更低且施工难度小, 性价比远高于大型支挡结构。此外, 滑坡治理并非一次性工程, 需配合后期监测与维护。施工完成后, 通过布设位移监测点、雨量计、孔隙水压力计等设备, 实时跟踪边坡状态。若发现坡体出现微小变形, 及时补充注浆加固; 若遇暴雨导致地下水位上升, 立即启动备用排水系统, 确保治理效果长期稳定, 避免滑坡再次发生。

4 结语

地质灾害治理工程施工中的边坡稳定问题复杂多样, 其核心在于精准识别影响因素、掌握失稳机制, 进而采取针对性的滑坡治理方法。支挡加固、排水防渗、坡体改良与减重等方法并非孤立存在, 在实际工程中, 需根据边坡地质条件、失稳原因与施工要求, 将多种方法有机结合, 形成综合治理体系。未来, 随着地质勘察技术、材料科学与智能化监测技术的发展, 地质灾害治理工程中的边坡稳定管控将朝着更精准、更高效、更环保的方向迈进, 通过提前预警、动态调整治理方案, 实现对边坡稳定的全周期、精细化管理, 为地质灾害治理工程的安全施工与长效运行提供坚实保障。

参考文献

- [1] 白杰. 地质灾害治理工程施工中边坡稳定问题及滑坡治理方法研究[J]. 江西建材, 2022(10): 119-120, 123.
- [2] 陈柄龙. 矿山地质灾害治理工程施工中边坡稳定问题及滑坡治理方法[J]. 中国金属通报, 2023(8): 246-248.
- [3] 周朝正. 地质灾害治理工程施工中边坡稳定问题及滑坡治理方法研究[J]. 工程技术研究, 2021, 6(4): 43-44.