

# 浅谈边坡工程的稳定性分析及防治措施

贺震, 姜启严

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南  
Email: 1716774865@qq.com

收稿日期: 2021年5月22日; 录用日期: 2021年6月23日; 发布日期: 2021年7月2日

---

## 摘要

随着社会的发展与进步, 边坡失稳问题逐渐引发关注。边坡失稳的防治是一项艰巨的任务, 对边坡的稳定性分析及防治措施进行深入研究具有重要的意义。本文从边坡稳定性影响因素和分析方法进行简单阐述, 提出了边坡工程的防治措施。

## 关键词

边坡工程, 稳定性分析, 影响因素, 防治措施

---

# Discussion on the Stability Analysis and Prevention Measures of Slop Engineering

Zhen He, Qiyang Jiang

School of Earth and Environment, Anhui University of Science & Technology, Huainan Anhui  
Email: 1716774865@qq.com

Received: May 22<sup>nd</sup>, 2021; accepted: Jun. 23<sup>rd</sup>, 2021; published: Jul. 2<sup>nd</sup>, 2021

---

## Abstract

With the development and progress of the society, the slope instability problems have gradually arouse widespread general concern. The prevention of the slope instability is an arduous task, and it is of great significance to study the stability analysis and prevention measures of the slope. This article briefly elaborates on the slop stability influence factors and analysis methods, and puts forward the prevention measures of the slope engineering.

## Keywords

Slope Engineering, Stability Analysis, Influence Factors, Prevention Measures

---

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着社会经济的发展,在道路、桥梁等工程建设中会不可避免地涉及到边坡问题。早在20世纪社会主义建设时期,曾发生许多边坡灾害,国家成立专门部门对其研究并成功进行防治。然而,我国目前对边坡问题的处理解决大部分依赖于原来具体的实践经验,边坡灾害发生机制复杂多变,在原有经验的基础上采取保守的防治,会造成一定人员的伤亡和经济上的损失。因此,为了减少或避免边坡工程带来的损失,对边坡工程稳定性分析方法进行对比及采取合理的防治措施,是解决边坡工程问题的关键。

## 2. 边坡稳定性影响因素

### 2.1. 地质条件

在边坡失稳破坏的众多影响因素中,地质条件起主要作用。通常在多断层、多褶皱、构造运动活跃的区域,往往岩体裂隙发育,导致岩体破碎,使得边坡灾害极易发生。除此之外,不同结构的岩体由于物理力学性质差别很大,也会对边坡的稳定性产生一定的影响。

### 2.2. 风化作用

暴露在地表的边坡岩土体,长期受到自然因素的影响,逐渐产生物理和化学风化作用,出现边坡即将失稳破坏或已破坏的现象。当边坡岩土体遭受风化作用后,边坡的稳定性大大降低。一般来说,边坡越高,坡形越陡,边坡稳定性越差;反之,稳定性越好。

### 2.3. 水作用

地表径流、降雨等地表水一方面沿岩土体裂隙渗透到边坡内部,影响边坡稳定性。若渗透到滑动体内部,既软化浅层岩土,也增加滑动体向下滑的整体自重;渗透到滑动面,起润滑剂作用,减少摩擦力。另一方面水流可冲刷边坡,使得坡脚出现临空面,上部岩土体失去支撑,导致边坡失稳。与地下水而言,一方面将给滑动体一个浮托力,使得坡体的有效重力减轻;另一方面同样渗透到滑动面,起润滑剂作用。两者均会达到减少摩擦力的目的,最终导致边坡失稳。

### 2.4. 其他作用

只施工不支护的人类工程活动会加速边坡失稳的发生,如修建道路坡脚的开挖,产生临空面会导致滑坡的发生;强夯等产生的震动会导致崩塌,落石的发生。植被的覆盖状况也会影响边坡的稳定性,植被根系会减少水流对边坡岩土体的冲刷,加固坡体。一般而言,表面光秃的坡体相比于覆盖植被的坡体,其稳定性较差。

## 3. 边坡工程稳定性分析

稳定性分析是对边坡工程评价的首要工作,对减少施工造成的危害有着不可替代的作用,几乎所有的工程领域都离不开边坡的稳定性分析,比如水利、矿山、交通等领域[1]。边坡的失稳破坏从事工程地质人员关注的焦点和长期研究的问题[2] [3] [4]。特别是近几年,随着中国基建的快速发展,边坡的稳定性评价显得尤为重要,边坡预测和防治对人民财产安全具有重要意义。

边坡在自然状态下, 处于稳定或基本稳定状态。在外界因素的影响下, 边坡有从高处向低处滑动的趋势。此时, 在坡体内部存在的内聚力、内摩擦角, 会产生抗滑力, 阻止斜坡向下滑动。若滑动面上的滑动力超过了抗滑力, 那么边坡会失去原有的稳定性, 发生滑动; 反之, 则边坡的坡体稳定。

目前, 边坡稳定性分析方法有很多, 其中应用较为广泛的是极限平衡法和有限元法。

### 3.1. 极限平衡法

极限平衡法是基于静态平衡原理对边坡稳定性的进行评价[5], 是边坡稳定性分析中应用最为广泛的方法之一。该方法是将滑动体视为刚体, 根据滑动体各岩土体分块受到破坏时静力平衡进行分析, 在明确边坡应力及抗滑力的基础上, 确定两者间的关系, 借助力学平衡原理进行计算。通常采用安全系数来判断边坡的稳定性, 若其大于 1, 为稳定状态; 等于 1, 为极限平衡状态; 小于 1, 则为失稳状态。

由于极限平衡法具有计算简单、可以解决各种形状剖面的优点, 因此受到地质工作人员的广泛应用。但其存在一定的局限性: 需要假设边坡中存在滑动面; 无法考虑支护结构与岩体两者之间的相互作用; 边坡及支护结构的位移变化不能计算出来。

### 3.2. 有限元法

有限元法是数值分析方法的一种。该方法通过应力应变的角度分析坡体的变形破坏机制, 进而分析出坡体发生破坏的可能性及破坏部位。基于有限元的强度折减法通过不断增加折减系数, 直至坡体达到临界破坏时得到的折减系数则为稳定安全系数。

有限元法可以给出岩体的应力应变大小与分布, 避免了极限平衡法中将滑体视为刚体而过于简化的缺点。有限元强度折减法除了具有有限元的一切优点外, 还有求解安全系数时, 不需要假定滑裂面的形状(可以为曲面、不规则面)和位置; 能够考虑开挖过程对边坡稳定性的影响; 能够模拟坡体和支护结构的共同作用[6]。但两者都只能计算出坡体是否稳定, 没有对失稳条件进行分析。

## 4. 防治措施

边坡在自然及人为因素作用下的破坏形式主要有崩塌、落石、滑坡等。针对存在不同潜在破坏形式的边坡应采取相应的防治措施。

### 4.1. 崩塌、落石防治措施

对边坡施工中产生的崩塌和落石主要采取加固边坡和危石的方法, 并在其中配合相应的拦截技术(如防护网加固技术), 这对减少崩塌和落石的发生起到非常重要的作用[7]。但是这种方法实施需要对周围环境进行全面考虑。

### 4.2. 滑坡防治措施

#### 4.2.1. 混凝土喷射技术

该技术主要是对坡面不稳定岩层起加固作用, 保持边坡土体的稳定性。若坡面碎裂严重, 应配合钢筋网使用, 并且混凝土喷射厚度为 10 cm 左右, 做好封堵处理, 能够提升边坡的稳定性[8]。

#### 4.2.2. 削方减载

削方减载亦称砍头压脚, 就是改变边坡轮廓, 降低边坡高度, 减小边坡斜率, 主要是将削除的上部主滑段和牵引段的岩土移填于前缘压脚。该方法具有加固效果好、简单易行的优点, 对滑面深埋的边坡尤其适用。虽然该方法目前已广泛应用, 但由于应用效果是根据其削减和堆放的位置来决定的, 通常只作为辅助方法。

### 4.2.3. 设立排水系统

排水系统的设立是指对地表水实行截流和对地下水实行排除。截流地表水主要减少坡体岩石的浸泡时间, 防治岩石软化, 从而达到防止边坡滑动的目的。在进行截流地表水的同时, 还可通过做地面防渗漏铺砌等来降低岩土层渗水。地下水的排除主要减少水对滑动面的润滑作用, 增大摩擦力。一般地下水的排除采用的是布置截水盲沟或排水井等工程排除水体。

### 4.2.4. 锚固技术

该技术是一种对成孔、下锚和注浆技术结合到一块的综合运用, 其关键是锚杆、锚索的安装, 通常采用钻孔内外装置协同作业。主要步骤为: 先用机械装备将锚固装置固定至钻孔底部, 然后将已做防腐处理的锚索连接送绳装置, 最后将锚索精准地安装到预定位置, 取出送绳装置。由于该技术主要应用稳定性差的岩土层, 因此一般适用于地质条件比较复杂的地区。

### 4.2.5. 锚索加格构梁技术

该技术主要是使形成预应力钢绞线穿过边坡滑动面, 一端锚固在稳定的岩体中, 另一端利用格构梁固定在坡面上, 使其一直保持压紧状态, 产生一种抗滑阻力, 若坡面发生位移, 则由于摩擦对滑动面产生强大的阻力, 从而防止坡体滑动。由于该技术相对可靠, 实用性强, 因此被广泛应用于各种边坡防治工程[9]。

### 4.2.6. 绿化技术

在表层进行植被绿化, 即可利用植被根系防止和加固表层风化, 也可增加边坡的美观感。目前像应用广泛的挂三维网植草、浆砌空心砖培土种草及喷混植草[10]等技术常用于边坡绿化。

## 5. 结语

1) 本文首先详细分析了影响边坡稳定性的各种因素, 其次对应用较为广泛的是极限平衡法和有限元法两种稳定性分析方法的优缺点进行对比, 最后针对存在不同潜在破坏形式的边坡提出了相应的防治措施。

2) 在今后的工作中, 为了有效预防边坡失稳, 避免安全事故的发生, 地质工作者应对同一边坡稳定性采用多种分析方法进行对比, 积极做好治理工作, 以确保边坡工程安全。

## 参考文献

- [1] 周燕锋. 土工格栅加筋尾矿坝坝体稳定性分析[D]: [硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2013.
- [2] 柴红保. 基于岩体断裂损伤模型的边坡稳定性研究[D]: [博士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2010.
- [3] 周奎. 含三维裂隙的脆性岩体破坏机理的试验与数值分析研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2011.
- [4] 张亚宾, 侯永康, 甘德清. 露天转地下开采对边坡稳定性影响的实验研究[J]. 化工矿物与加工, 2016(4): 48-51.
- [5] 于斯滢, 邵龙潭, 刘士乙. 基于有限元极限平衡法的尾矿坝坝体稳定分析[J]. 岩土力学, 2013, 34(4): 1185-1190.
- [6] 靳付成. 边坡稳定性分析方法的研究现状与展望[J]. 西部探矿工程, 2007(4): 5-9.
- [7] 刘晓兰. 边坡地质灾害防治技术研究[J]. 黑龙江科技信息, 2016(33): 218.
- [8] 郭阳. 边坡工程灾害防治技术研究[J]. 建设科技, 2017(19): 145.
- [9] 李廷. 滑坡地质灾害勘探监测技术及防治措施研究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2018(9): 100-101.
- [10] 邓梦春, 吴和政. 我国地质灾害防治工程的边坡绿化技术与现状[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004(S1): 45-48+52.