

# Slope Stability and Treatment Measures of Open-pit Coal Mine

Yuedong Ma

Shanxi Xinzhou Shenda Liangjiaqi Coal Industry Co., Ltd., Xinzhou, Shanxi, 036500, China

## Abstract

With the concentrated mining of open pit engineering in our country, the competition is becoming increasingly hot, and the slope stability has become an indispensable key to safe mining. The technical link of slope stabilization, especially slope control, can not be ignored. Various complex environmental factors may be encountered in the process of open pit engineering construction, resulting in abnormal engineering stability. Therefore, it is very important to analyze and discuss the characteristics, failure rules and causes of open pit slope. This will play an important reference and influence role on slope stability construction technology of open pit construction project. The following is the analysis and discussion on the stability of open-pit coal mine slope and specific treatment measures, hoping to have a certain enlightening effect on relevant people.

## Keywords

open-pit coal mine; slope stability; influencing factors; treatment measure

## 露天煤矿边坡稳定性及治理措施

马跃东

山西忻州神达梁家碛煤业有限公司, 中国·山西 忻州 036500

## 摘要

随着中国露天矿工程的集中开采, 竞争日益白热化, 边坡稳定成为安全开采不可或缺的关键。稳定边坡的技术环节, 尤其是边坡控制, 也不可忽视。由于在露天矿工程建设过程中, 可能会遇到各种复杂环境因素, 导致工程稳定性异常。因此, 对露天矿边坡的特征、破坏规律和成因进行技术分析和探讨是至关重要的。这将对指导露天矿建设工程的边坡稳定施工技术起到重要的参考和影响作用。下文就是针对露天煤矿边坡稳定性以及具体的治理措施进行分析和探讨, 希望对相关人士有一定的启迪作用。

## 关键词

露天煤矿; 边坡稳定性; 影响因素; 治理措施

## 1 引言

在露天煤矿的开采过程中, 露天煤矿的边坡稳定性受到多种因素的影响, 包括地质环境因素以及外部应力变化等, 这些因素存在极大的不确定性, 会导致露天煤矿边坡出现不确定范围的位移, 甚至会导致严重的裂缝问题。露天矿边坡稳定性因素的分析表明, 影响稳定因素主要包括几个方面: 一方面是影响岩体及其他岩体本身构成的因素, 包括地质结构面、构造应力和矿物的组成等; 另一方面是因为这些因素是露天矿边坡固有的自然属性, 因此它们被划分为主要影响该坡度安全稳定性的内因。此外, 岩土体的收敛也可能是受到一些外力和环境条件的影响, 比如岩石的局部风化、地震、地表侵蚀以及人类开挖工程等, 这些因素都可能

对岩土边坡的稳定性产生影响。

## 2 露天矿山的安全现状

在中国社会快速发展的背景下, 中国的工业经济得到了迅速发展, 这对于煤矿行业的发展提供了新的发展机遇, 但同时也对煤矿产业的进行提出了更多的挑战。在人们生活质量不断提高的背景下, 对于煤矿资源的需求量也在逐步增加, 露天煤矿的开采量有了极大的提高。由于露天煤矿的特殊性, 在开采过程中往往存在开采量小、开采难度以及环境保护难度较大等问题。在露天煤矿的开采过程中, 由于存在一定的技术限制以及部分管理者以及生产者对于经济利益的关注较高, 在开采过程中往往出现超量开采、安全开采性较低等问题, 导致煤矿边坡的稳定性难以提高。部分煤矿开采设备存在老旧现象, 对于相关的采煤设备、挖掘技术等缺少足够的研究, 导致工作人员的工作危险性较高。除此以外, 部分露天煤矿的开采人员对于该煤矿的研究较少, 缺少足够

【作者简介】马跃东(1981-), 男, 中国山西忻州人, 本科, 工程师, 从事露天煤矿安全研究。

的技术资料分析以及开采前的地质勘探,导致边坡稳定性出现下降现象,这对于露天煤矿的发展而言十分不利<sup>[1]</sup>。

### 3 影响矿山边坡稳定的主要因素

#### 3.1 岩性及结构面影响

岩性涵盖岩石的物理和化学特性,不同的岩层由不同的结构矿物组成,岩石学也因此而不同。对于矿山边坡的稳定,岩体在吸收状态下表现出力学强度是非常重要的。高岭石、伊利石、蒙脱土等岩体,这些矿物具有很高的可塑性指数。也就是说,可塑性状态的含水量可以在相当大的范围内变化。如果岩石结构中含有这种物质,遇水就会迅速软化,明显减弱构造面的剪切强度,导致四面体滑动不稳定。岩石构造面一般是不连续的,将整个岩石分为强度比整个岩石低得多的各种大小的结构。一般来说,岩石的构造面通常强度低,容易断裂。因为容易受到地下水、风化等因素的影响,泥石流的破坏面通常是沿着切面形成的。

#### 3.2 地下水影响

地下水因素导致边坡稳定性下降的主要原因是岩体内部潜在滑动面上的水压力。在冻融阶段和雨量充沛时期,矿山边坡滑坡最为普遍。地表和地下水作为不利因素,对边坡稳定产生极为重要的影响。通常,地下水会对边坡稳定产生影响,主要体现在以下方面:①裂隙中的静水压力会对边坡不透水的岩体坡面造成不利的作用力;②地下水渗流所产生的动水压力会冲刷裂隙中的细小颗粒,导致裂隙进一步扩大;③边坡岩体中的黏土物质易吸水膨胀,从而降低黏聚力和抗剪强度。以下将重点分析静水压在边坡岩体中的作用。当水渗入边坡岩体时,会对周围的岩体施加压力,该压力会分布在裂隙的两端壁上,并对滑块产生浮力作用。这浮力的方向与滑块的法线方向斜向上<sup>[2]</sup>。

#### 3.3 爆破及其他因素影响

爆破工程在矿山生产过程中扮演着重要角色,对边坡岩体的稳定性有着重要影响。通过产生爆破动载荷,边坡岩体会发生横向和纵向的反复振动,进而在边坡岩体内部施加附加应力,从而扩大内部结构面的规模,甚至形成新的裂隙面。爆破动载荷还有可能直接引发边坡岩体沿着地面滑移,对矿山边坡稳定性造成严重威胁。在进行露天煤矿的开采时,部分爆破人员对于爆破的位置缺少足够的分析研究,降低边坡稳定性。

#### 3.4 采矿过程中的影响

其一,采矿方法。不同的采矿方法对矿山边坡的稳定性影响不同。例如,采用空场采矿法时,边坡受到的侧向压力较小,边坡稳定性较好;而采用充填采矿法时,由于需要大量填缝材料,边坡受到的侧向压力较大,边坡稳定性较差。

其二,开采深度。矿山开采深度越大,边坡受到的压力越大,稳定性越差。此外,开采深度越大,地下水的影响也越明显,对边坡稳定性的影响也越大。

其三,开采顺序。矿山开采顺序对边坡稳定性有很大影响。合理的开采顺序可以减小边坡受到的压力,提高边坡的稳定性。例如,先开采上部矿体,后开采下部矿体,可以减少边坡受到的侧向压力,提高边坡稳定性<sup>[3]</sup>。

其四,开采速度。开采速度越快,矿山边坡受到的压力越大,稳定性越差。快速开采可能导致边坡应力集中,引发边坡失稳。因此,合理控制开采速度对保证矿山边坡稳定非常重要。

其五,矿山开采过程中,人为破坏也是影响边坡稳定性的一个重要因素。例如,非法采矿、违规施工等都可能导致边坡失稳。

### 4 边坡稳定性评价方法

目前,常用的边坡稳定性评价方法主要有极限平衡法、数值模拟法和现场监测法等。在对露天煤矿边坡稳定性进行评价时,应选择合适的评价方式,做好相关的评价分析工作,为后续的边坡稳定性治理工作提供相应的数据支持。

极限平衡法:该方法通过建立边坡的力学模型,计算边坡在各种工况下的应力和位移,判断边坡是否达到极限平衡状态。极限平衡法简单易行,但忽略了边坡的非线性特性和土体的动力特性。

数值模拟法:该方法通过计算机模拟边坡的变形过程,可以较为准确地预测边坡的稳定性。数值模拟法可以考虑边坡的非线性特性和土体的动力特性,但计算量较大。

现场监测法:该方法通过在现场设置监测点,实时监测边坡的应力、位移等参数,以判断边坡的稳定性。现场监测法可以直接反映边坡的实际状态,但需要长期的监测工作。

### 5 露天煤矿的边坡稳定性的强化措施

#### 5.1 边坡边界管理

根据实践经验,发现岩石支撑结构崩塌的严重程度主要是由于边界设置不合理所致。基坑边坡容易受超挖、开挖不足和爆破等因素的影响。因此,对露天煤矿边坡的稳定性进行仔细监测尤为关键。为了确保台阶边界平滑并满足设计要求,必须重视清洁台阶边界以确保穿孔位置正确设计。在矿区设计区域校准时,应将边框放置在舞台上,通常与枢轴点之间的距离为20m,并且该区域需进行严格的保密措施。顶部斜线向上提升,并关闭边框,在底部线进行拆分和合并,调整胎面以适应设计标高。根据当前炸药振动值合理设置炸药的装药量,在建设过程中进行分阶段起爆。通过优化爆破设计,根据不同的地质和岩性条件,有效提升了爆破性能,并得到了矿业和行业的认可。在开采过程中,保证了边坡的清洁,不会有石子、浮石等杂质存在,同时在拆除设备之前,必须进行相应的验收工作<sup>[4]</sup>。

#### 5.2 边坡常规巡检与养护

为了及时处理异常边坡,应当制定有效的检查制度,

人工检查现有边坡,确保及时响应。在寻找灾害原因时要特别关注主体工程 and 主体结构的坡顶,必须彻底清除这些危险区域,以保证边坡的稳定性,避免发生事故并保护人员的生命和财产安全。

### 5.3 进行有效滑坡监测

滑坡监测可实时捕捉岩石位移和判定露天矿坑是否存在在滑坡趋势。目前,我国主要使用智能远程监测系统对边坡岩土内应力和绳索结构进行实时记录。在监测滑坡时,需及时准确地响应边坡上应力的变化,并监测紧靠裂缝周围剖面的位置。

### 5.4 斜坡与排水工程的重合部分

边坡岩体中存在裂隙水,会产生静水压力,降低裂隙岩体的抗剪强度,减弱岩体对水平冲击的抵抗能力。由于露天矿区长期受冻,不断的冻融作用使岩石中形成裂隙水,进而使边坡不平整度更加陡峭,从而进一步加剧了破坏程度。尤其在流域地势复杂的情况下,可能会导致大量的降雨,迅速形成径流,加剧了边坡的破坏,对边坡的坡度产生了显著影响。因此,需要对边坡进行充分的径流研究,深入探讨地下水环境,并采取科学合理的排水结构,以确保边坡整体的稳定性。

### 5.5 岩石运动监测和地下水位监测

监测岩石运动是露天矿边坡处理过程中的一项关键要素。监测方法的层次包括以下三个方面:第一层次是稳定性监测方法,主要考虑整体稳定性和边坡地区的稳定控制;第二层次是滑坡监测任务,重点是寻找不完全稳定的区域,并了解滑坡发生的震级;第三层次是滑坡体的监测,目的是确定变形、位移特征和规律特征。加强稳定性预测和监测不稳定边坡,深入原因和规律研究,预测边坡稳定性,有效降低滑坡发生的可能性。监测地下水状态,有效监测地下水压力和水位变化,探究稳定性影响因素。

### 5.6 研究边坡的稳定性

随着工作面逐渐下沉,围岩暴露形成更为明显,同时我们不断收集工程地质条件和水文问题的数据,对其稳定性进行了详细研究,进一步丰富了研究成果。与此同时,山体滑坡问题也在不断加剧。通过研究因果机制,我们为开展适当的管理工作奠定了坚实的基础。

### 5.7 提升安全建设

为了防止露天矿滑坡,我们需要加强作业人员的安全

意识。在如今的互联网时代,我们可以利用微信公众号、官方网站、电话、微博、报纸以及电视网站等多种新兴媒体资源,与传统媒体渠道相结合,推动持续稳定的矿山边坡安全防治策略。其次,企业可定期对员工进行培训,着重培训露天矿山滑坡灾害的成因、危害和防治措施,以提高员工的专业技能和综合素质。同时,鼓励员工积极创新符合安全文明理念的理念,从而保障社会的健康发展<sup>[5]</sup>。

## 6 展望

随着科学技术的发展,未来露天煤矿边坡稳定性及治理措施的研究将更加深入、全面。一方面,可以采用更先进的地质调查和监测技术,更准确地评价露天煤矿边坡的稳定性;另一方面,可以研究更高效、环保的治理措施,以降低采矿过程中对环境的影响。此外,还可以通过建立完善的矿山安全管理体系,提高矿山工程的安全性和经济效益。总之,随着科技的进步和人们对环境保护意识的提高,露天煤矿边坡稳定性及治理措施的研究将不断取得新的成果,为矿山工程的安全发展提供有力保障。

## 7 结语

露天煤矿边坡稳定性及治理措施是一个复杂的系统工程,需要综合考虑地质条件、水文地质条件、工程地质条件、气候条件等多种因素。通过对露天煤矿边坡稳定性的评价和分析,采取合理的治理措施,可以有效地提高露天煤矿边坡的稳定性,保障矿山安全生产。同时,露天煤矿边坡治理还需要不断探索和创新,以适应不断变化的自然条件和工程需求。

## 参考文献

- [1] 吕承贤,张东华.石头梅一号露天煤矿顺层边坡稳定性评价及治理措施[J].露天采矿技术,2023,38(2):46-49.
- [2] 武宏贵.露天煤矿边坡稳定性及治理措施[J].矿业装备,2023(2):83-85.
- [3] 张文耀.某露天煤矿边坡裂缝破坏机理及治理措施[J].同煤科技,2021(6):43-46.
- [4] 高焕然,吕淑然,王婉青,等.某露天煤矿边坡稳定性分析及治理措施[J].现代矿业,2018,34(4):193-195.
- [5] 王琪.东明露天煤矿非工作帮边坡稳定性分析及治理措施研究[D].包头:内蒙古科技大学,2015.