

The Safety Countermeasure Research of Ultimate Slope of Open-pit Mine

Aishu Zhang

Guangdong Province Dabaoshan Mining Co., Ltd., Shaoguan, Guangdong, 512100, China

Abstract

Slope of open-pit mine is the major hazard of the productive process of mine, among them the ultimate slope has the characteristics of permanence, high construction difficulty, high quality requirements, and high repair difficulty, which should be given higher attention. This article takes the open-pit mine of Guangdong Province Dabaoshan Mining Co., Ltd. as an example, and by analyzing the current situation and causes of slope instability and failure, propose to supply the safety countermeasure such as strengthening the entire process management of final step construction, improving the construction process of combined steps, and slope maintenance and monitoring, in order to provide reference of improving the stability of the ultimate slope, avoiding and reducing slope disasters, and ensuring safe and stable production of the mine

Keywords

ultimate slope; presplitting blasting; combined steps; safety countermeasure

露天矿山最终边坡安全对策研究

张爱术

广东省大宝山矿业有限公司, 中国·广东 韶关 512100

摘要

露天边坡是矿山生产过程主要的危险源点之一, 其中最终边坡具有永久性、施工难度高、质量要求高、修复难度高等特点, 应当引起更高的重视。论文以广东省大宝山矿业有限公司露天采场为例, 通过分析终了边坡失稳破坏的现状和成因, 提出加强终了台阶施工全流程管理, 改进并段台阶施工工艺, 加强边坡维护与监控等安全对策, 为提高终了边坡稳定性, 避免和减少边坡灾害, 保证矿山安全稳定生产提供参考。

关键词

最终边坡; 预裂爆破; 并段台阶; 安全对策

1 引言

露天边坡是矿山生产过程主要的危险源点之一, 受地压活动、爆破震动、暴雨冲刷和风化剥蚀作用等原因可能会引起失稳破坏, 可能会造成人员伤亡、设备损坏、堵塞矿山作业面等严重影响矿山安全生产的情况。随着开采台阶不断推进至终了, 不稳定岩层揭露越来越多, 最终边坡加高和开采深度增加, 边坡所具备的势能越来越大。最终边坡具有永久性、施工难度高、质量要求高、修复难度高等特点。边坡失稳破坏的类型主要分为: 松弛张裂、蠕变变形、崩塌、滑坡四种。露天矿山边坡失稳绝大多数发生在台阶边坡或组合台阶边坡, 一般体现为总体边坡普遍偏安全、台阶边坡或组合台阶边坡普遍偏不安全。合理的台阶和边坡参数是充分回收资源、增加开采效益的重要前提, 边坡安全系数和经济效

益必须同时兼顾。

2 工程概况

广东省大宝山矿业有限公司露天开采境界长约2450m, 宽约880m, 设计开采最高标高985m, 最低标高433m, 最大采深552m, 作业台阶高度12m, 终了并段台阶高度24m, 是中国少有的大型高采深露天金属矿山。矿区岩体主要有凝灰岩, 英安岩, 灰岩和第四系表土层等, 整体呈上部强风化, 中部中风化, 下部微风化。

3 边坡现状和成因分析

经过调查, 矿山现状最终边坡角、台阶参数、整体外观绝大部分符合设计要求, 目前矿山最终边坡的失稳、破坏主要为发生于单个台阶或局部组合台阶的蠕变变形或崩塌, 不存在大范围的滑坡现象。终了边坡的破坏、失稳主要有三种类型:

①土质边坡台阶坡面角过陡导致蠕变变形、垮塌。局

【作者简介】张爱术(1991-), 男, 本科, 工程师, 注册安全工程师, 从事采矿工程研究。

部区域的边坡原为按岩石性质设计了台阶参数,经实际揭露后为土质边坡。按设计台阶坡面角和并段要求施工,发生了不同程度的垮塌现象,主要原因是台阶坡面角过陡,大于土质边坡的自然安息角,受自身结构不稳固、雨水冲刷、爆破震动等影响加速坡体间的裂纹扩展导致失稳。

②地质断层或发育裂隙附近的岩层破碎导致的边坡面不平整或崩塌。在破碎岩层中,预裂孔无法完整成孔,使用挖掘机刷坡存在伞岩浮石、超挖、欠挖、边坡面平整度差等现象,受雨水冲刷、爆破震动等影响导致松弛张裂、崩塌、滚石等失稳情况。

③并段台阶无法实施整体预裂爆破导致边坡面平整度差。潜孔钻机一次性钻进超过24m垂直深度,经常会出现钻孔偏移严重,斜孔率太高的情况,并段台阶下半部分无法成孔,并段台阶无法实施整体预裂爆破。

4 安全对策研究

针对大宝山矿终了边坡的现状和成因分析,笔者建议的安全对策主要有以下几点:

4.1 加强施工全流程质量控制

要严格按照设计施工,提高终了边坡施工质量,使最终边坡得到尽可能大的安全富余系数。针对终了台阶施工的所有施工工序,加强施工全流程管理:一是做好穿孔、爆破设计,根据境界设计和局部边坡的不同地质特性、地形情况做好穿孔、爆破设计,对岩性边坡必须实施预裂爆破等控制爆破手段;二是核查穿孔、爆破质量,检查是否按要求穿孔,终了边坡预裂孔孔深、倾角是否达标,无法成孔的要求换位补打,检查是否按爆破设计要求组织爆破施工;三是采装施工质量控制,爆破施工完成后,要对即将形成的终了台阶坡顶线、坡底线做好标记,加强技术交底,确保不超挖和坡底线推进到设计位置;四是做好验收,在终了台阶形成后,要及时组织验收,确认台阶高度、台阶坡面角、平台宽度、边坡面平整度、平台平整度等参数是否达到设计要求,终了台阶是否存在浮石、凹凸、开裂、地脚等不良现象,预裂爆破后边坡面须存有完整的半孔,对不符合验收标准的台阶及时整改。

4.2 根据揭露地层情况提前做好设计变更

局部边坡在揭露之后会和开采设计不符的情况,另外境界外围局部地形与境界设计不符合,以及前期施工形成的不规范不标准边坡,使部分边坡不能完全按照设计进行施工,或按照设计施工无法达到终了台阶设计和质量要求。要及时进行科学合理的设计变更,提高终了边坡安全系数,达到终了边坡更加稳定的目标。按岩石地层设计的终了台阶坡面角通常较大,有时实际揭露为土质或极度破碎的岩石地层,应采取放缓台阶坡面角,采取挖掘机刷坡等非爆破措施以保证边坡的稳定。

有色金属露天矿山通常受其他主体开采影响存在地下

采空区,在终了边坡内部仍存在挂帮采空区,通常为巷道型采空区,应当采取三维激光扫描技术等探测采空区的赋存情况,探明是否存在积水、有毒有害气体或活动迹象等情况,采取充填、封堵、巷道口密封、警戒标示等方式进行处理,切断其它水源与采空区的水力联系,避免采空区塌陷,减少采空区对边坡稳定性的影响。

4.3 并段台阶全面实施预裂爆破

采用按上部台阶打预裂孔,下部台阶打高低孔的方法实施并段台阶施工,上部台阶因实施了预裂爆破,边坡层面平整,大部分有半孔留存在边坡面,边坡质量较好;而下部台阶因采用高低孔爆破方案,边坡面凹凸不平,平整度较差,常造成滚石、地脚、边坡面碎石多等不良现象。露天矿山通常只配备一种类型的穿孔设备为生产服务,一般只考虑基本台阶的参数、生产效率和强度进行配置。台阶并段使传统的露天边坡构成结构参数发生变化,要求形成并段台阶的工艺也应发生改变,保证工艺的设备相应也要配套。一次性钻进24m垂直深度(考虑边坡面倾斜角度,实际钻深大约30m)的潜孔钻机,存在需要另外投资,另外设置生产控制操作参数的问题。同时由于钻进深度的加大,钻机孔径、动力也要加大,由此引起的强烈震动可能会增加边坡面的破碎程度和上部边坡的失稳。

在现有作业设备的条件下,并段台阶下半部分实施预裂爆破,工艺改良是可行的方法。在上半部分终了台阶完成施工后,终了台阶并段时,下半部分台阶留1~2m宽小平台(仅满足穿孔设备作业条件即可,为保证终了境界最终帮坡角参数不发生改变,在不违反相关标准规范的前提下并段台阶的上部或下部平台缩减相应的宽度)给潜孔钻机打预裂孔,使下半部分台阶也能实施预裂爆破。预裂爆破的全面实施能有效减少爆破震动,提高边坡质量,提升边坡稳定性。

4.4 及时修建完善防排水系统

大气降水尤其是暴雨的冲刷是直接造成边坡失稳破坏的重要因素之一,有效全面的防排水系统是提高边坡稳定性的重要措施。要按照设计及时修建完成终了平台排水沟、境界外部排水沟、底部抽排水设施等。要优化施工,使所有截排水系统能有效连接,充分发挥设施功能,采场汇水顺利排出。未设计排水沟的终了台阶可补充修建排水毛沟,并与主体防排水系统连接,减少雨水的冲刷。加强防排水系统的维护,旱季时及时清淤,修补损伤,汛期前加强巡查,确保所有防排水设施能够正常使用。

4.5 加强终了边坡的维护

要及时清理掉落在平台的滚石,定期清理边坡面浮石、伞岩,对松弛张裂、蠕动变形的边坡暂无法处理的要做好警示标志,防止人员靠近,具备处理条件时要及时加固,根据边坡的预期失稳破坏形式采取砌挡墙、喷混凝土、金属锚杆(索)、注浆、抗滑桩、网格梁等方式或以上方式综合搭配加固。边坡已经出现崩塌、滑坡现象的,要及时采取工程技

术措施处理,清理垮塌土石方,采用削坡减载,修建截排水沟导水排水,合理加固等方式整治。

4.6 实施边坡实时监控预警技术和加强人工巡查

矿山边坡崩塌、滑坡是一个发展的过程,存在孕育、变形、滑动、稳定等不同阶段。利用矿山边坡合成孔径雷达监测预警系统(边坡雷达,S-SAR)等边坡在线监测系统,进行边坡形变和位移监测、分析,提前对可能失稳破坏的边坡预警,及时撤离下方受影响的作业人员、设备,能有效避免人员伤亡、财产损失。对预期失稳边坡超前处理和防护,可减少后期整治维护的费用。基于边坡灾害的发生是一个复杂的、相对难以定量的过程,边坡灾害的预防也不能忽视人工测量和人工巡查,要采取多种手段预防边坡灾害事故的发生。

4.7 及时进行生态修复

最终边坡要及时进行复绿,与边坡治理、地质灾害预防相结合,实现生态修复。生态护坡技术是利用植物涵水、固土等原理,在稳定岩土边坡的同时美化生态环境的一种技术。生态护坡具有植物深根的锚固作用、浅根的加筋作用等力学锚固效应,降低坡体孔隙水压力,截水、减少土粒流失等水文地质优化效应。

4.8 定期进行边坡稳定性分析和评估

露天开采过程边坡处于动态变化之中,结构参数不断变化,大宝山露天作业面局部边坡存在岩体破碎、含硫量大、易风化等特点,由于边坡受到长期风化剥蚀及采空区塌陷的影响,边坡面的完整性受到一定的破坏,平台变得宽窄不一,局部地段的台阶因崩塌而破坏,岩石因变形开裂而松动,边坡表面分布大量的松散块、碎石。为保证矿山安全经济开发有用矿产资源,应当按照有关规定定期进行边坡稳定性分析和评估工作,总结和分析露天边坡已有的工程地质资料,开展露天边坡现场工程地质条件调查、岩石力学参数室内实验

与工程处理、爆破振动测试与分析、露天开采境界优化研究、边坡可靠性分析等研究,针对边坡可能出现的圆弧型、折线型和楔体型破坏模式,采用不同方法进行稳定性计算分析。通常情况下圆弧形破坏采用简化 Bishop 法和 Morgenstern-Price 法、折线形破坏采用 Spencer 法、Morgenstern-Price 法。通过边坡调查和稳定性分析,综合评价边坡的稳定性可靠指标及其潜在风险,同时分析各分区边坡破坏概率,得出最终边坡失稳破坏的风险情况,并提出相应的安全对策和措施建议,在今后的生产中逐步实施加强最终边坡稳定性的措施,持续提高最终边坡稳定性。

5 结语

露天边坡是露天矿山的主要危险源点之一,应当持续提高最终边坡施工质量,加强对提高边坡稳定性的研究,提出并实施更具体实用的安全对策和措施,保证最终边坡的长期安全稳定,避免和减少边坡灾害的发生,保证矿山的安全稳定生产。

参考文献

- [1] 杨天鸿,张锋春,于庆磊,等.露天矿高陡边坡稳定性研究现状与发展趋势[J].岩土力学,2011,32(5):1437-1451.
- [2] 杜岩,谢谟文,蒋宇静,等.岩体崩塌灾害成因机制与早期预警研究综述[J].金属矿山,2021(1):106-119.
- [3] 杜时贵.大型露天矿山边坡稳定性等精度评价方法[J].岩土力学与工程学报,2018,37(6):1302-1331.
- [4] 白二涛,邹虎诚.预裂爆破在牛苦头露天采场终了边坡中的应用[J].云南冶金,2021(5):11-14.
- [5] 仪海豹,吴爱祥,韩斌,等.露天边坡稳定性加固与应用[J].矿业研究与开发,2013,33(1):65-68.
- [6] 彭庆国.露天矿山最终边坡维护方法与措施[J].工程建设,2012,44(4):46-48.
- [7] 韩勇.浅议岩石边坡复绿技术[J].农林科技,2010(4):259-260.