

露天矿边坡动态整治方法及其应用——以福建潘洛铁矿滑坡整治为例*

魏作安^{①③} 尹光志^{②③} 万玲^{②③}

(①中国科学院力学研究所 北京 100080)

(②重庆大学资源及环境科学学院 重庆 400044)

(③重庆大学西南资源开发及环境灾害控制工程教育部重点实验室 重庆 400044)

摘要 露天矿边坡属于人工边坡,它的形成不仅时间长,而且一直处于动态过程中。露天矿滑坡在一定范围内是允许的,滑坡治理的目的是保证矿山在开采期限内安全采出设计境界内的矿石。基于这些特征,在文中提出了适合露天矿滑坡治理的新方法—动态治理法及其可行性,并以潘洛铁矿露天矿滑坡灾害治理为例,对该方法的应用进行了论述。可为露天矿滑坡治理所借鉴。

关键词 滑坡灾害 动态治理 灾害风险 露天矿

中图分类号:TD824.7 文献标识码:A

APPLICATION OF A DYNAMIC CONTROL METHOD FOR PROTECTION OF OPEN PIT SLOPES – CASE STUDY OF THE LANDSLIDE AT PANLUO OPEN – PIT IRON MINE

WEI Zuo'an^{①③} YIN Guangzhi^{②③} WAN Ling^{②③}

(①Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080)

(②College of Resource and Environmental Sciences, Chongqing University, Chongqing 400044)

(③The Key Laboratory of the Exploitation of Southwest Resources & the Environmental Hazards Control Engineering, Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400044)

Abstract A pit slope is a human – made slope, which is a product of long – term dynamic process of excavation or extraction. Under certain circumstances, landslides are allowed within a specified range. Therefore, remediation of landslides is to assure the successful extraction of ores during the designed life time of the mine. This paper presents new concepts of a dynamic comprehensive method for remediation of landslide disasters of open pits. The paper then uses the case study of control of landslide disaster at Panluo open – pit iron mine to demonstrate the analysis procedures and applicability of the method.

Key words Landslide disaster, Dynamic control, Disaster risk, Open pit

1 引言

露天矿边坡是露天矿山三大控制性工程之

一^[1],与其他种人工边坡相比,有其特殊性。露天矿边坡在形成过程中,它的几何形状(高度、宽度

* 收稿日期:2004-05-12;收到修改稿日期:2004-12-03.

基金项目:中国科学院知识创新项目(KJ CX2-SW-L1)和高等学校优秀青年教师教学科研奖励计划资助项目.

第一作者简介:魏作安(1965-),男,博士后,主要从事岩土工程、滑坡灾害治理、水利工程. Email:jiangxi3215@sina.com

等)一直处于一个动态的过程中;边坡岩土体的应力状态与矿山开采关系密切,也同样处在不断变化过程中;同时,影响边坡稳定的外因,如大气降雨、地下水位等,也是与季节有关的动态因素。人们对边坡工程地质的认识及资料的获取会随着矿山开采的深入而不断地增加^[2]。原设计境界内的矿石储量和品位,也会随着开采深度的下降,地质钻探孔的加密等发生变化。露天矿滑坡整治的目的是,保证矿山在开采期限内,安全、经济采出设计境界内的矿石。露天矿发生滑坡,在一定规模范围和开采期限内,只要不对矿山的生产安全构成较大的危害,也是允许的(图1),滑坡自身的发展变化也是一个动态过程;滑体的范围、滑面深度、滑面的抗剪强度指标等也是处在一个动态过程中,等等。

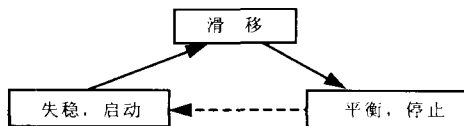


图1 滑坡体滑移的动态过程

Fig.1 Dynamic process of the landslide movement

露天矿滑坡动态整治方法,是根据滑坡灾害的发展变化情况,将滑坡治理的各种措施,分批分期地进行有机组合,适时地在关键的部位采用一种或多种措施进行治理,以减轻、减缓滑坡灾害的恶化或根除滑坡灾害。它是一种以动制动的办法。应用该方法,不仅可以更科学、更有效、以最低的投入整治滑坡,而且可以将滑坡灾害的治理风险降到最低。该方法特别适用于露天矿边坡滑坡灾害的整治和大型的、潜在的滑坡灾害的治理。潘洛铁矿露天矿边坡滑坡灾害就是按照该方法进行整治的,经过了10年的实践检验,证明该方法不但简单易行,而且行之有效,其经济效益亦非常显著。

2 潘洛铁矿滑坡灾害分析

2.1 滑坡概况

潘洛铁矿是一个中型露天矿,位于福建省西部,1965年开始设计,1978年投产,其生产能力为年产30万吨铁矿。按照矿山设计规划,以及开采后形成的现状,以920m水平为界,920m以上为山坡露天矿,920m以下为深凹露天矿,原设计最终开采深度

为880m水平。于2000年12月底开采到887m水平基本结束。

1990年7月,当采场开采到920m水平时,已形成了一个高100多米、宽300多米的露天矿边坡,在附近一次5.3级地震和大暴雨的共同作用下,露天矿边坡发生了较大规模的破坏,形成了一个马蹄形的滑坡体,估计其潜在滑塌方量为100万 m^3 (图2)。

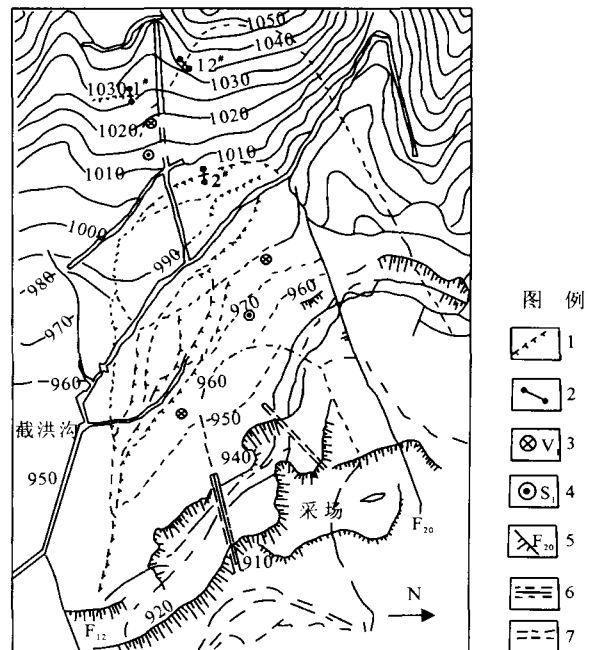


图2 滑坡体范围和部分监测点及治理工程平面布置图

Fig.2 Sketch of the landslide body, selected monitoring sites and control structures

1. 滑体周界; 2. 裂缝相对位移监测; 3. 地下水位监测孔;
4. 深层位移监测孔; 5. F_{20} 断层; 6. 地下水疏干巷道;
7. 水平疏干钻孔

2.2 滑坡体变化发展特征

马蹄形滑坡体出现后,进行了多次工程地质勘察,设置了表面和深层位移监测点等,得出结果为^[3]:

(1)边坡岩土介质强度低是造成滑坡的内在原因;而采场工作面下降、地震、地表水和地下水等诸多因素为其外部原因。

(2)随着采场工作面的下降,滑坡体由浅层发展到中层,再发展到深层。

(3)如表1和图3,滑坡滑移与大气降雨关系密切,大气降雨是影响边坡稳定的主要因素。

表1 1995年滑坡体各主要监测点每月的位移结果及降雨情况

Table 1 Monthly rainfall and displacement monitoring results at major monitoring sites over the landslide body in 1995

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计	
月降雨量/mm	47.4	101.5	169.3	85.2	175.8	298.3	220.4	304.1	34.5	10.5	13.0	27.0	1487.0	
主要监测点位移量/cm	1#	0	0	3.0	0	0	3.0	0	3.0	0	0	1.0	0	10.0
	2#	0	0	4.0	3.0	0	21.5	15.5	137.0	9.0	3.0	5.0	0	198.0
	12#	0	0	1.0	0	1.0	2.0	0	12.0	0	1.0	2.0	0	19.0

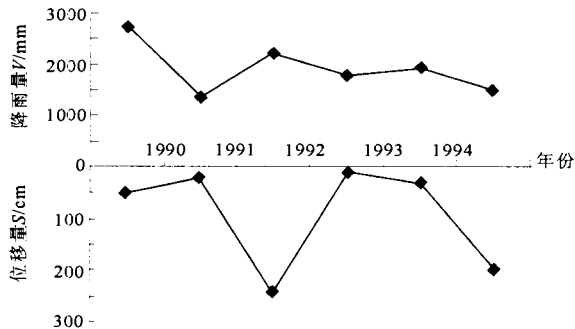


图3 2#测点年位移与年降雨的关系

Fig. 3 Relationship between annual rainfall and displacement at the monitoring site No. 2

3 潘洛铁矿滑坡灾害动态治理与效果

3.1 滑坡灾害的治理方案

自1990年产生滑坡,马蹄形滑体形成后,立即进行了勘察和研究分析,并制定出两个治理方案,一个是采用抗滑桩工程分段拦挡的方案;一个是地表排水、地下疏干、沿坡预留10~20m矿柱进行拦挡,根据滑坡体的变化情况,进行分段、分期减载等,最后视具体情况,再实施抗滑桩工程和采坑回填反压工程,实行动态整治方案。经过反复比较、论证,认为前者投资大(概算2400万元),风险大,而且滑坡面随着采场下降不断向深层次发展,所以决定采用后者,即实行动态整治方案。具体为:

(1)地表排水。沿着滑坡体的周界及内部修筑了截洪沟和排水沟;同时对裂缝进行回填夯实处理,消除地表水的影响。

(2)疏干地下水。由于矿体与基岩交接面有一泥化的粘性土隔水薄层,使得边坡的腹部有一透镜状的饱水区,这对边坡的稳定极为不利。因此,在910m水平17线与16线+50的位置开掘了一条疏干排水巷道,在17线+50的位置施工了一个70m

长的水平疏干孔(图1),以疏干地下水,施工后,效果很好。

(3)预留保安矿柱。根据当时情况,考虑到采用抗滑桩进行拦挡,一是投资大,估计要2000万元,风险也大;二是持力层比较深,桩端埋深亦较深,且具体位置难以确定。因此,决定沿边坡预留10~20m的矿柱,作为保安矿柱,支挡上部的滑坡体,起挡土墙的作用。经过检验,效果很好。

(4)分期削坡减载。为了减轻滑坡体上部土体的重量,减少滑坡的下滑力,在关键部位进行减载,并分多期施工。具体削坡减载范围为17线~18线+50,标高为1060~940m水平之间。

(5)调整采矿方法及加强生产管理。按照20世纪70年代的设计方案,采场是等速下降。自1990年发生滑坡后,除采取了上述方法进行整治外,在采矿方法和生产上也采取了一些措施,1995年起采用了类似于地下采矿中的进路式充填法的方法进行矿石开采,即先沿边坡走向将采矿场划分成几个条块,每个条块错开开采(图4),矿石开采后再结合剥离或削坡进行回填,实行内部排置废石等。

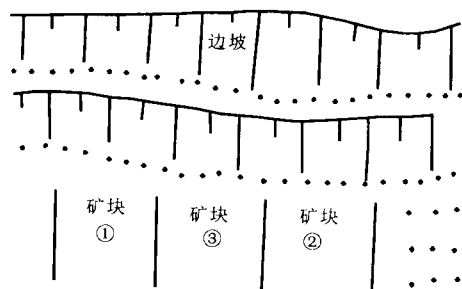


图4 进路式充填法开采示意图

Fig. 4 A sketch of the access-stowing mining method

同时加强生产管理。生产计划的安排,根据季节性进行调整,如雨季只做一些准备工作,像削坡、减载等;在旱季进行采矿,这样可以避免因采矿带来的对边坡稳定不利影响,以及避免因边坡万一突然

失稳所造成的损失和人身安全事故。

对采矿块段进行调整。在市场经济条件下,根据市场需求,只开采品位高的矿石,将品位低、质量差的矿段,暂不开采,并将一些品位较低的矿石堆积在坡底,这样既有利资源的回收,又可减轻排土场的压力,另外还可以起到反压坡脚,稳定边坡的作用。

(6)实施抗滑桩工程。因为滑坡体下游有几千户居民,本着对人民负责。尽管生产快要结束,矿山还是按滑坡整治设计,于1999年底在滑坡体的底部抗滑段,施工了一排抗滑桩,共16根,最深的有18m长。

(7)回填采坑,反压坡脚。1999年在实施抗滑桩的同时,结合采矿剥离,对采坑的重点部位(即主滑向)进行回填,反压坡脚,增加抗滑段的土体重量,实施后效果不错。

3.2 动态整治效果

经过10年密切监测和实施动态整治后,矿山不仅获得了可观的经济效益,而且社会效益也很显著。10年来,矿山共采出高品位矿石100多万吨,获得了上亿元的收入,延长了矿山的服役年限。虽然滑坡体在治理过程中,一直产生季节性的滑移,但未发生一起由于滑坡原因造成的安全事故。最后,在1999年实施抗滑桩及回填反压后,经过两年多的监测,结果表明滑坡体现已基本未动,滑坡灾害得到彻底根治,效果很好。

由于采取了动态综合整治,结果少上了很多工程,节省了大量资金。表2为用于滑坡治理的措施和费用及实施时间。

5 结 语

滑坡灾害的防治措施与方法尽管很多,但滑坡治理风险却很大。针对某一具体滑坡的整治,如何选择合理而有效技术措施,是整治工程能否达到预期目的的关键^[4]。在滑坡防治这方面失败的工程事例也屡见不鲜,像峨口铁矿牙口滑坡治理失败^[5]。对于任何一个滑坡的治理,应根据其具体情况,按照“技术可行、经济合理”的原则选择措施与方法,这样才能行之有效。同时,由于滑坡灾害的发展和人们对滑坡灾害的认识往往有一个过程,不可能一步到位,特别像露天矿边坡,它会随着采场等因素的变化而变化,所以对这类滑坡采用动态综合整治方法进行整治,效果会更好。

表2 滑坡整治的主要工程及施工时间

Table 2 Major tasks and construction schedule of remediation of the landslides.

实施时间	工程及主要内容	主要作用	治理后的稳定系数	工程量	工程投资/万元
1991年	地面截洪沟、排水沟	拦截地表水,防止其流入滑坡体内,消除地表水的影响	/	800m长	16.00
	预留保安矿柱	支挡滑坡体,起抗滑桩的作用	/	20万吨(矿石)	/
1992年	水平疏干巷道一条	疏干滑坡体内的地下水,消除地下水的影响	/	40m长	60.00
	水平疏干孔一个			70m长	20.00
1993年	滑坡期I减载	消坡减载,减去下滑段土体的重量	1.07	9万m ³	180.00
1994~1995年	滑坡期II减载	消坡减载,减去下滑段土体的重量	1.05	7万m ³	140.00
1998年	滑坡期III减载	消坡减载,减去下滑段土体的重量	1.10	7万m ³	140.00
1999年	抗滑桩	彻底根除滑坡灾害	1.27	16根	180.00
合计					736.00

注:1996年下半年到1997年上半年,因当地老百姓干扰,矿山处于半停产状态;表中资金未考虑工程修复等费用。

参 考 文 献

- [1] 魏作安,喻国华. 浅谈露天矿延深扩帮中的边坡问题[J]. 有色金属(矿山部分), 2001, (5): 36~37.
Weil Zuoan, Yu Guohua. Discussion slope issues about deepening and extending in open pits. (mining), 2001, (5): 36~37.
- [2] A. R. Bye, F. G. Bell. Stability assessment and slope design at Sandsloot open pit, South Africa[J]. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 2001, (38): 449~466.
- [3] 魏作安,金小萍. 福建蕉头山北段滑坡灾害成因及防治[J]. 工程地质学报, 2000, 8(增刊): 94~96.
Wei Zuoan, Jin Xiaoping. The causes of formation and control about landslide at north of Zhetao Mountain in Fujian province. Journal of Engineering Geology, 2000, 8(Supplement): 94~96.
- [4] 张倬元. 滑坡防治工程的现状与发展展望[J]. 地质灾荒与环境保护, 2000, 11(2): 89~97.
Zhang Zhuoyuan. The present status, technical advance and development trends of landslide remedial measures. Journal of Geological Hazards and Environment Preservation, 2000, 11(2): 89~97.
- [5] 刘传正. 地质灾害防治工程设计的基本问题[J]. 中国地质灾害与防治学报, 1994, 5(增刊): 300~305.
Liu Chuansheng. Some designing viewpoints on the geological hazards control engineering. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 1994, 5(Supplement): 300~305.