

文章编号:1000-582X(2005)11-0118-04

# 潘洛铁矿滑坡特征分析及防治\*

魏作安<sup>1,2</sup>,李世海<sup>1</sup>,万玲<sup>2,3</sup>,张东明<sup>2,3</sup>

(1. 中国科学院力学研究所, 北京 100080; 2. 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;  
3. 重庆大学资源及环境科学学院; 重庆 400030)

**摘要:**分析了潘洛铁矿露天矿滑坡灾害发生发展的特征,得出该滑坡是一个动态的、多层次的复合型滑坡;找出了影响该边坡稳定的主要因素是大气降雨和采矿切割坡脚;根据这些影响因素和滑坡发展变化规律,提出了科学合理的滑坡治理方案,即动态的综合治理方案.经现场实施后,通过滑坡监测数据表明,该滑坡得到了彻底根治.

**关键词:**滑坡;灾害防治;滑坡特征;潘洛铁矿  
**中图分类号:**TD163

文献标识码:A

## 1 潘洛铁矿滑坡概况

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t铁矿.按照矿山设计规划,以及开采后形成的现状,露天矿以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.后因为边坡滑坡、矿石质量变差、当地老百姓的干扰等原因,于2000年底开采到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,在台湾海峡一次5.3级地震和几次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(1#滑坡体),估计其潜在滑塌方量为100万m<sup>3</sup>,如图1所示.

## 2 滑坡变化发展过程及基本特征

### 2.1 滑坡发展演化过程及其力学分析

潘洛铁矿滑坡自1990年发生至1999年根治完成,它的发展变化经历了3个阶段.如图2(a),1990年

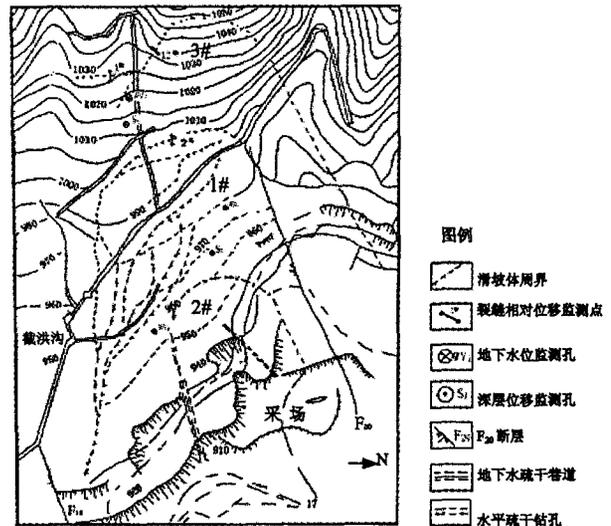


图1 滑坡体范围和部分监测点及治理工程平面布置图  
在大暴雨等诱发作用下,在露天矿边坡上产生了一个马蹄形的1#滑坡,滑坡的后缘周界清晰,两翼边界不断向下扩展,后缘裂缝的错落位移也不断增加,针对这些情况,按照规范<sup>[1]</sup>对滑坡进行工程勘察,根据工程地质勘察结果,立即对1#滑坡实施一期治理工程,如地表截排水、疏干地下水、边坡上部削坡减载等.同时,设置了滑坡监测系统,监测结果表明,滑坡治理取得了

\* 收稿日期:2005-06-21

基金项目:国家“973”项目(2002CB412703);中国科学院知识创新项目(KJCX2-SW-L1)

作者简介:魏作安(1965-),男,江西南昌人,高级工程师,博士,现为中国科学院力学研究所博士后,主要从事岩土工程、滑坡灾害治理、水利工程等方面的设计与研究工作.

明显效果,1#滑体移动趋于缓和.但随着采矿场的下降,1991年7月在1#滑坡的前沿,产生了2#滑坡体,如图2(b),该滑体上缘在940 m标高左右,出口在910 m标高,滑体的规模较小,滑移速度和滑移量均很大,后缘错落数米,前沿底鼓大7.7 m,分析该滑坡产生的主要原因,除了采场下降外,还有就是1#滑坡体的消坡土体没有及时运走,而是堆积在2#滑坡的后缘部位,结果造成了2#滑坡的产生.由于对2#滑坡上部实施了减载措施,该滑坡很快就稳定下来了.如图2(c),由于2#滑坡的出现、大暴雨和采场继续下降,使得原本趋于缓和的1#滑体又开始产生较大的变化,加之1997年连续大暴雨,使得1#滑坡向后缘扩展,在其后缘产生了一个3#滑坡,3#滑坡的产生主要是1#滑体的向下移动较多,在其后缘出现了较大的临空面,以及大暴雨的作用.3#滑坡的形成给1#滑坡增加了一个下滑力,加剧了1#滑坡的发展.在这些综合因素的共同作用下,1#、2#和3#滑坡组合演化成一个大的滑坡,如图2(c),当时形势比较严峻.

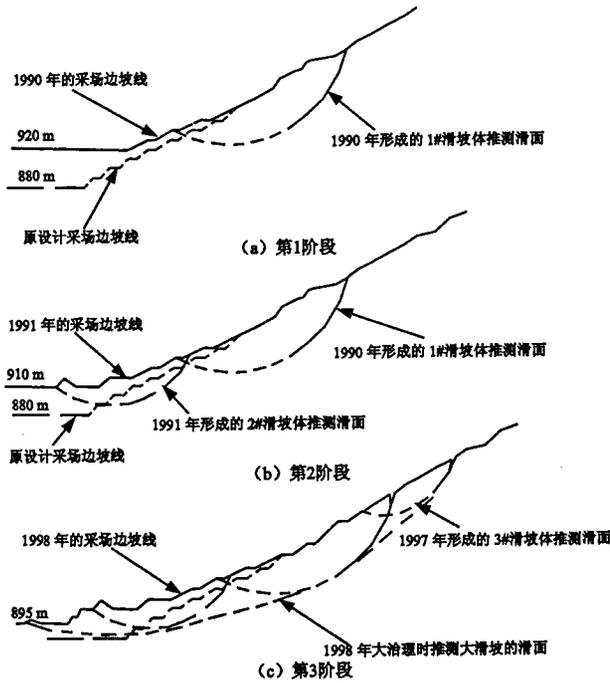


图 2 滑坡发生、发展演变过程示意图

从受力角度上分析,除了降雨降低土体的抗剪强度等不利影响外<sup>[2-3]</sup>,1#滑坡是因为:采矿切坡脚,减少了坡体的抗滑力,造成滑坡的产生.2#滑坡则是因为:1#滑坡体的消坡减载的土体堆积在2#滑坡的后缘,增加了坡体的下滑力,同时采场的下降,减少了坡体的抗滑力,造成滑坡的产生.3#滑坡是因为:1#滑坡的后缘错落,产生了一个临空面,结果降低了3#滑坡体的抗滑力,造成滑坡的产生.

## 2.2 滑坡的基本特征

露天矿边坡,有其自身的规律<sup>[4]</sup>.该滑坡灾害从1990年发生到1999年实施彻底根治,历时10 a,从现场监测和观测得到的结果,可归纳出该滑坡具有下列特征:

- 1) 滑坡的发生、发展经历了一个较长时间.
- 2) 滑坡的规模随着滑坡的发展,其面积不断扩大,滑面深度不断加深,滑体方量不断增加,但变化速度慢慢在减缓.
- 3) 滑坡经历了由浅层发展到中层,再发展到深层的演变过程.滑坡模式复杂多变,滑面先为圆弧形,后发展为由多个圆弧形组合而成的折线形滑面.
- 4) 滑坡的力学模式为推移式,后演变为坐落推移式.

## 3 影响边坡稳定的主要原因分析

从勘察资料和现场测试分析可以得出,边坡岩土介质强度低是造成滑坡的内因,如表1.采矿场工作面不断下降、地震、地表水和地下水等诸多因素为其外部原因.如图3,滑坡滑移与大气降雨关系密切,小雨小滑,大雨大滑,没有雨不滑,雨季滑动厉害,旱季不滑动.同时,滑动与降雨存在滞后现象.经监测,结果表明,大气降雨是影响边坡稳定的主要因素<sup>[5]</sup>.

表 1 边坡岩土体的物理力学指标值

岩性	状态	容重 /kN·m <sup>-3</sup>	含水率 /%	抗剪强度	
				峰值 C/kPa φ/(°)	残余值 C/kPa φ/(°)
残积土	天然	17.0	41.0	13.0	25.0
	饱水	17.5	49.0	11.0	18.5
滑带土	天然	18.5	30.0	39.0	22.0 18.0 16.5
	饱水	19.2	35.0	27.0	18.0
坡积土	饱水	17.5	40.0	30.0	18.0 9.0 15.0

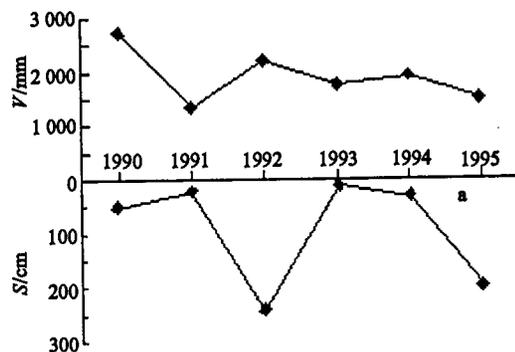


图 3 2#测点年位移与年降雨的关系

## 4 滑坡灾害的治理与效果

自1990年产生滑坡,形成1#马蹄形滑体后,立即

进行了勘察和研究分析,并制定一个是以地表排水、地下疏干、沿坡预留 10~20 m 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<sup>[6]</sup>.

除了采取硬的治理措施外,在矿山生产方面也做一些调整,采取了一些软的措施.

一是调整采矿方法,按照 70 年代的设计方案,采场是等速下降,滑坡发生后,于 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场划分成几个条块,每个条块错开开采,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.

二是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.

三是加强生产管理,合理安排采剥计划.主要是根据季节不同来安排生产,如雨季只做一些准备工作,像削坡、减载等剥离工作;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.

到 1997 年下半年,随着滑体的不断恶化,为了保证矿山的生产及周围居民生命财产的安全,决定采取抗滑桩等措施,对滑坡进行彻底根治.各种治理措施及其实施时间见表 2.

表 2 滑坡整治的主要工程及施工时间

实施时间	工程及主要内容	主要作用	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,	—	800 m 长	16.00
	预留保安矿柱	消除地表水的影响.			
1992 年	水平疏干巷道一条	支挡滑坡体,起抗滑桩的作用.	—	40 m 长	60.00
	水平疏干孔一个	疏干滑坡体内的地下水,			
1993 年	滑坡期 I 减载	消除地下水的影响.	1.07	9 万 m <sup>3</sup>	180.00
1994~1995 年	滑坡期 II 减载	减去下滑段土体的重量.	1.05	7 万 m <sup>3</sup>	140.00
1998 年	滑坡期 III 减载	减去下滑段土体的重量.	1.10	7 万 m <sup>3</sup>	140.00
1999 年	抗滑桩	彻底根除滑坡灾害.	1.27	16 根	180.00
	回填反压	增加抗滑段的重量.			
合计				8 万 m <sup>3</sup>	利用废石 736.00

说明: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.

在 1999 年实施抗滑工程桩及回填反压后,经过 2 年多的监测,结果表明滑坡体现已基本未动,2000 年 2#监测点的位移为 1.4 cm,滑坡灾害得到彻底根治,效果很好.经过 10 a 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 a 来,矿山共采出高品位矿石 100 多万 t,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.

## 5 结 语

随着人口的急速增长和土地资源的过度开发,边坡问题已变成同地震和火山相并列的全球性三大地质灾害(源)之一.滑坡治理工程不仅越来越多,而且治理风险也越来越大.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.要解决这些关键问题,首先对滑坡灾害进行

深刻认识,尤其露天矿边坡,有其自身的规律,找出其发生发展规律及其变化特征,然后在这个基础上,按照“技术可行、经济合理”的原则选择治理方法和措施,这样才能行之有效.

## 参考文献:

- [1] YS5230-96. 边坡工程勘察规范[S].
- [2] 崔征求,李宁. 边坡工程—理论与实践最新发展[M]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
- [3] 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.
- [4] 周昌寿. 露天矿边坡稳定[M]. 北京:中国矿业大学出版社,1990.
- [5] 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.
- [6] 魏作安,尹光志,张东明,等. 蕉头山北段滑坡灾害的动态综合治理[J]. 岩石力学与工程学报,2003,22(8):1367-1371.

## Characteristics Analysis and Control Studying About Panluo Iron Ore Mine Landslide

WEI Zuo-an<sup>1,3</sup>, LI Shi-hai<sup>1</sup>, WAN Ling<sup>2,3</sup>, ZHANG Dong-ming<sup>2,3</sup>

(1. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;

2. The Key Laboratory of the Exploitation of Southwest Resources & the Environmental Hazards Control Engineering Under the State Ministry of Education, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

3. College of Resource and Environmental Sciences, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** An analysis about development characteristics of Panluo iron ore mine landslide has been made, and main factors for landslide stability have been gained. According to these factors and development laws of the landslide, some reasonable control measures are put forward, the landslide has been controlled readicallly after these measures implemented.

**Key words:** landslide; disaster control; landslide characteristics; Panluo iron ore mine

(编辑 姚 飞)



(上接第100页)

## Techniques of Dynamic Mesh in the CFD Transient Analysis of an Engine

ZHANG Zhi-rong, RAN Jing-yu, ZHANG Li, PU Ge

(Institute of Energy and Environment, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Four techniques of dynamic mesh are Spring-based Smoothing, Dynamic Layering, Local Remeshing and the ALE method in the CFD transient simulation of engine. Based on those techniques, The authors analyze the improved measure of technique of dynamic mesh in the CFD transient analysis of the engine and propose the combined technique of dynamic mesh based on the finite volume method which is appropriate for. The CFD transient simulation of engine. At last, the 2D dynamic mesh method is applied to the typical pent-roof engine and the paper simulates the transient 3-D flow field at the tangent inlet of engine by applying the combined technique of dynamic mesh based on the finite volume method. The result of the simulation agrees well with experiment.

**Key words:** engine; CFD; dynamic mesh

(编辑 陈移峰)