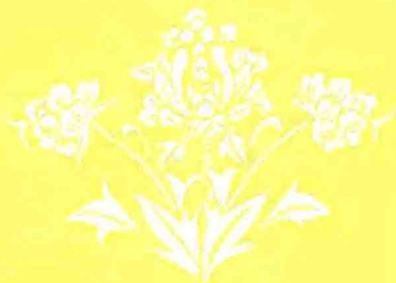


36722 3



露天矿边坡稳定性文集

冶金部马鞍山矿山研究院

编辑说明

随着冶金工业的发展,对矿石需求不断增长,金属露天矿山开采深度逐年加大,边坡滑落事故也有逐渐增长之趋势。

近年来,我国许多矿山、科研单位都相继开展了边坡研究工作,并取得了一定效果。在此基础上,冶金部委托黑色金属矿山科技情报网于一九七七年十一月在武钢大冶铁矿首次召开了冶金系统“露天矿边坡稳定工作技术座谈会”,就边坡工程地质、岩体强度、爆破减震、边坡稳定性研究、人工加固露天矿边坡和边坡监视等方面的研究成果进行了广泛的交流,并讨论了冶金矿山边坡研究工作的方向和任务。

根据冶金部矿山司的指示精神和参加这次会议代表的希望,现将会议期间交流的部分技术资料选编成“露天矿边坡稳定性文集”,供从事这方面工作的同志参考。

冶金矿山边坡稳定性研究工作尚未完全适应生产不断发展的要求,怎样设计边坡,确保安全生产;如何确定经济合理的边坡角,并使其不断增大等等,都有待于继续研究解决。我们希望文集能在这方面起到一个抛砖引玉的作用。

原计划编入文集的稿件共28篇,但在付印前尚有三篇稿件未到,而不能编入。

由于我们思想水平不高,加上时间仓促,错误与不妥之处在所难免,希望读者批评指正。

文集编写过程中得到来稿单位有关同志的大力支持,在此表示感谢。

编者

1978年8月



A793216

目 录

1. 露天矿边坡考察报告	冶金工业部露天边坡考察组 (1)
2. 武钢大冶铁矿边坡技术工作情况	武钢大冶铁矿 (9)
3. 露天矿边坡的工程地质工作	中国科学院地质研究所 (15)
4. 反算滑动面岩体强度的方法	马鞍山矿山研究院 (24)
5. 根据滑体反算边坡岩体弱面的粘着力、内摩擦角和抗拉强度	冶金部矿冶研究所 (30)
6. 论爬坡角	中国科学院地质研究所 (41)
7. 武钢大冶铁山西采铁门坎采场岩体抗剪试验	武钢大冶铁矿、武钢矿山研究所 (47)
8. 露天矿边坡岩体应力有限单元法分析	冶金部矿冶研究所 (59)
9. 武钢大冶铁山西采铁门坎采场北帮边坡稳定性有限单元法研究	武钢大冶铁矿、武钢矿山研究所、武汉钢铁采矿组 (69)
10. 对海南铁矿台阶边坡稳定性问题的几点看法	海南铁矿、马鞍山矿山研究院 (78)
11. 白银公司露天矿边坡穿爆防护工作	白银公司露天矿 (91)
12. 予裂爆破在露天矿边坡和码头建设上的应用	马鞍山矿山研究院 (95)
13. 多段微差爆破降震	南京吉山铁矿、冶金部矿冶研究所 (101)
14. 大冶铁矿临近边坡爆破降震措施	武钢大冶铁矿、冶金部矿冶研究所 (108)
15. 大冶铁矿临近边坡爆破地震安全性的评定	武钢大冶铁矿、冶金部矿冶研究所 (120)
16. 铜山口铜矿爆破地震效应观测	大冶有色金属公司铜山口铜矿、冶金部矿冶研究所 (126)

17. 首钢矿山公司爆破震动观测总结	首钢矿山公司、冶金部矿冶研究所 (185)
18. 我国露天矿边坡加固概况	冶金部矿冶研究所、武钢大冶铁矿 (141)
19. 白银露天矿边坡问题	西北冶金设计院 (150)
20. 白银露天矿边坡的加固	白银露天矿、白银矿冶研究所 (167)
21. 用抗滑桩加固露天矿断层破碎带	武钢大冶铁矿、冶金部矿冶研究所 (177)
22. 用“钻孔钢筋砂浆锚杆”加固露天矿台阶边坡	武钢大冶铁矿、武钢矿山研究所 (187)
23. 钢轨抗滑桩应力状态测试研究	阜新海州露天煤矿、阜新煤矿学院、辽宁省煤炭研究所 (195)
24. 边坡监测的几何方法——角交会法和水准法	冶金部矿冶研究所、武钢大冶铁矿 (205)
25. $\times \times$ 露天矿一号滑坡体岩移观测方法及其成果的初步分析	$\times \times$ 有色金属公司 (224)

露天矿边坡考察报告

冶金工业部露天边坡考察组

根据冶金部矿山司的指示，为加强露天矿边坡稳定工作交流经验，适应大打矿山之蓬勃发展形势的需要，在黑色金属矿山科技情报网的主持下，由马鞍山矿山研究院、鞍山黑色金属矿山设计院、鞍钢矿山研究所、长沙黑色金属矿山设计院、武钢矿山研究所和大冶铁矿等单位共8人，于1976年6月组成露天边坡稳定考察组。

1976年6月12日到8月30日先后对海南铁矿、武钢大冶铁矿、白银有色金属公司露天矿、首钢大石河铁矿、鞍钢大孤山铁矿的边坡稳定情况进行了调查。并参观了马钢南山铁矿、鞍钢眼前山铁矿的露天采场。

考察过程中，在所到矿山党委的一元化领导下，在生产技术部门的协助下，深入矿山的生产现场，对矿山的边坡稳定情况进行调查研究，总结露天矿在设计和生产中边坡稳定的实践经验，分析存在的问题，并对今后工作提出了建议。

由于调查时间短，考察的矿山不多，资料收集不全，综合分析不够，加之1976年7月8日唐山、丰南一带发生强烈地震，对大石河铁矿边坡稳定情况的考察工作受到了影响，现仅就所考察四个矿山的情况报告如下：

一、露天矿边坡稳定的基本状况

海南铁矿、大冶铁矿、白银有色金属公司露天矿和大孤山铁矿均为年产矿石400万吨以上，年采剥总量最可达2000万吨以上的大型露天矿，目前除海南铁矿外均转入深凹开采。其中采场最深的为白银露天矿一采场，从封闭口到开沟水平垂高128米。按目前形成的边坡量，以大冶铁矿东露天为最大，局部垂高达264米，坡体长度达4310米（按封闭圈算）。

各矿床成因不一，构成边坡的主要岩体。海南铁矿为透辉石透闪石灰岩，大冶铁矿为闪长岩、大理岩；白银有色金属公司露天矿为凝灰岩；大孤山铁矿为花岗岩和混合岩。各矿地质构造均较为复杂。因而各矿的边坡都存在一些不稳定的区段，据初步统计，这样区段大约占各矿边坡体总长的20%左右。

由于各种因素引起的边坡滑落事故，各矿均有所发生，有的比较严重，给生产带来一定损失。据调查，迄今虽未发生类似阜新海州露天矿和所设金川露天矿整个边坡大滑落的故事，但边坡稳定性问题对我国冶金矿山来说，无论山坡露天矿还是深凹露天矿，都是普遍存在的共同问题和亟待研究解决的重要课题。各矿规模、采场要素及边坡状况见表1。

露天矿及其边坡基本状况

表 1

	海南铁矿		大冶铁矿		白银有色公司露天矿		大孤山铁矿	
	北一主铁矿	枫树下矿体	东露天采场	西露天铁矿坎	西露天龙洞采场	一号采场	二号采场	露天采场
设计产能(万吨/年)	400	1111	280	100	20	806	97.32	600
75年采剥总量(万吨)			803.4	424.8		1362	535	2006
其中:矿石/岩石(万吨)			285.9/507.5	149.2/275.6		433/448	(万吨 ³)	446/1565
剥采比		2.2	1.71	1.85		1.16	3.48	8.5
年下降速度(米)	约13		8			7	6	6.11
矿床条件:								
走向长(米)	2570	1800	2270	560	480	500~550		1000
矿体厚(米)	825	14~220	20~160	10~100	45	200		270
倾角(度)	80°~50°	30°~60°	50°~80°	50°	30°~90°	65°~80°		70°
采场尺寸:								
上口长×宽(米×米)	1650×650		2200×500	600×800	800×150	1320×650	1030×500	1500×1050
下口长×宽(米×米)	750×200					350×50	320×25	750×150
75年开采深度(米)	山坡开采		60	48	山坡开采	128	81	96
边坡岩体主要岩性	透辉透闪石灰岩(弱面)		大理岩(弱面)	$C=1.2\sim6.25$ kg/Cm ²		石英角闪岩(弱面)		花岗岩
	$\varphi=21^\circ$		闪长岩	$\varphi=30^\circ\sim35^\circ$	$f=8\sim10$	$C=2.31$ kg/Cm ²		$f=10\sim12$
	绢云母片岩(岩体)					$\varphi=32^\circ$		混合岩
	$C=4.4$ kg/Cm ²					石英角闪凝灰岩(岩体)		$f=10\sim13$
	$\varphi=36^\circ$ (弱面)					$C=10.37$ kg/Cm ²		
	$C=10$ kg/Cm ²					$\varphi=43^\circ$		
	$\varphi=33^\circ$					流纹英安斑岩及英安凝灰岩		
台阶高度(米)	11~12		12	12~16	12~15	12	12	12
阶段坡面角(度)	灰岩65° 风化岩55°		岩石中 $35^\circ\sim65^\circ$ 土壤中38° 45°	60°~70°	60°~70°	65°~70°	65°~70°	70°
最终边坡角:上盘(度)			41°~42°	52°	52°	45°~65°	58°~63.5°	32°
最终边坡角:下盘(度)	灰岩48°~44° 风化层86°		41°~42°	42°~48°	42°~48°			32°
边坡最大垂高(米)	180		264	160	92	211	258	101
边坡总长度(米)	600		4310	1700	920	2400	2800	1700
不稳定边坡长度(米)	200		850	810	160	600	400	
所占百分比(%)	33		19.7	18.2	17.3	25	17	30

二、边 坡 滑 落

(一)、边坡滑落事故及危害

据不完全统计,调查矿山从1962年到1975年发生过的大边坡滑落事故共29次,最大滑落量达到16~24万米³,给生产造成了一定损失。如白银露天矿一采场于1971年3月26日的大滑坡,造成压矿金属量2.66万吨,露天矿寿命缩短二年,损失达88万元之巨。调查矿山的重大滑坡事故及危害程度见表2。

(二)、边坡滑落的主要原因

造成露天矿边坡滑落的因素很多,从四个矿山的情况来看,主要有以下几点:

1. 边坡岩体构造复杂:边坡岩体的稳定性,除岩体本身强度外,主要还受其构造、断层、裂隙、层理、节理及其组合交线的控制。由于地质构造复杂,各矿都有一些地段断层、裂隙、层理、节理及其组合交线发育,将岩体切割成许多易于滑落的多种多面体,大大降低了岩体完整性和稳定性,各矿发生的边坡滑落多在这些地段,可认为这是各矿边坡滑落屡次发生的基本的内在因素。

2. 设计不合理:目前设计院在设计安全边坡角时,一般不考虑边坡岩体的工程地质构造,而一律按岩石的强度系数和开采深度,以类比法凭经验选取。不符合矿山边坡岩体的实际状况,并由于过分强调经济性,选择的边坡角往往过大。在圈定开采境界时,从有利于边坡稳定的角度来设计最优的边坡形状考虑的也不够,只是根据矿体的开采条件来圈定边坡界线,因此,圈定的边坡形状往往影响稳定性。这些也给边坡滑落留下隐患。如大冶铁矿东露天最初由苏联设计,选取的边坡角:上盘 $47^{\circ}\sim 56^{\circ}$,下盘 $49^{\circ}\sim 51^{\circ}$,实践证明过大。修改设计将上盘改为 45° ,下盘改 $41^{\circ}\sim 42^{\circ}$,削坡后上盘(北帮)有些地段仍经常有滑坡现象发生。

3. 采掘工艺不合理主要表现在:

①爆破:邻近边坡的爆破,一般均没有采取减震措施,没有采用斜孔微差爆破和控制爆破,而一律采用垂直孔中爆破,一次爆破的药量过大,破坏了边坡岩体的完整性,恶化了其稳定性。爆破工艺的不合理,不仅造成潜在滑坡的可能性,而且往往是激发边坡滑落的直接因素。如1973年元月6日,大冶铁矿在狮子山北帮西口进行了一次爆破6排88个孔,总装药量30.4吨,一次起爆药量10.5吨的大爆破,引起了滑坡量达3.65万米³的大面积滑坡事故。

②坡脚被超挖:坡脚超挖,造成边坡上部岩体失去平衡,引起潜在滑坡和直接激发边坡滑落。如大孤山铁矿南帮53米站和29米水平间的部分台阶的坡脚被严重超挖,造成边坡的不稳定状态。1972年5月大冶铁矿象鼻山南帮21—2勘探线之间的滑坡,也主要由于坡脚被超挖而激发起来的。此外采掘时不考虑岩体构造情况,对边坡岩体某些不稳定地段不注意,仍按常规顺序进行采掘,也能造成较大滑坡事故。如白银露天矿在掘进1763米水平拉沟时,由于对边坡岩体中平行走向的逆断层了解不清楚,采掘按常规顺序进行,切断了该断层,因而于1971年3月26日发生了三万米³的大滑坡。

4. 水的破坏作用:地表水对边坡土、岩体的冲刷和渗透,地下水的动、静压力对边坡土、岩体的破坏作用,包括引起岩面蚀变和浸润作用等,降低了边坡岩体的抗滑力,可恶化边坡的稳定性。特别在多雨的南方,暴雨和地表水往往是引起滑坡的直接因素。如海南铁矿

的滑坡主要发生在6~10月的雨季,由暴雨直接引起的。大冶铁矿1976年6月8日狮子山北邦西口的滑落量达15万米³左右的大滑坡,也主要因其上部水沟长期失修,6月5日~8日连续暴雨,使地表水渗入边坡岩体而引起的。

三、维护边坡稳定的基本经验和存在的主要问题

(一)、主要工作和经验

多年来,我国冶金露天矿在维护边坡稳定方面,作了大量工作,积累了许多宝贵的经验。比较突出的是大冶矿、白银露天矿,各单位所做的主要工作和经验可归纳为:

1. 搞好工程地质工作,摸清边坡岩体的构造,为治理边坡和制定正确的采掘工艺提供可靠依据。搞好工程地质,摸清边坡岩体的构造,是管好边坡的前提,已逐步为一些矿山所认识。如大冶铁矿由地测科负责,对重点边坡部位和各次滑坡的地段进行工程地质调查,查明边坡岩体构造及滑坡原因,填绘边坡工程地质图,为维护边坡稳定,进行边坡加固和制定正确的采掘工艺提供了可靠依据。实践证明,这项工作对维护边坡稳定是必不可少的。

2. 建立工人、干部和技术人员的三结合边坡组织,负责边坡治理工作。海南铁矿于1975年6月成立了一个边坡工段,负责边坡治理工作。该工段现有职工36人,其中工人33人,干部3人,配备有YQ-150潜孔钻机一台,1.25米³电铲一台,并拟再配备前装机一台。大冶铁矿成立一个工人、干部和技术人员参加的边坡管理小组,负责边坡治理工作,组织日常的边坡清理和边坡加固施工等,白银露天矿也有类似的边坡队伍。对维护边坡稳定性起了很大作用。

3. 搞好疏干排水工作,增强边坡的稳定性。目前我国冶金露天矿排水疏干主要用两种方法。一种是各露天矿普遍采用的明排法,即以水沟截排地表水,用泵直接从采场中排除涌水和积水。另一种是大冶铁矿采用的地下巷道疏排法即上面以水沟截排地表水,采场中的积水和地下水用地下排水巷道系统排除,其排水疏干效果较为显著。大冶铁矿建成此系统不仅能够保证露天矿坑大气降水和暴雨期洪水的排出。而且使整个采场范围内地下水的流向发生变化,出现了南部均往井下排水巷道渗流的漏斗,使采场中地下水位降到±0米~-10米以下,确实起到了矿床预先疏干的作用。此外地下排水巷道也可作为研究边坡岩体的工程地质用。这一种排水方法对于多雨的南方和边坡岩体含水的矿山很有参考价值。

4. 采用邻近边坡的控制爆破,维护边坡岩体的完整性,提高边坡稳定性。邻近边坡采用控制爆破,包括微差爆破、光面爆破、予裂爆破和缓冲爆破等,可以维护边坡岩体的完整性,提高边坡的稳定性。这些方法可以单独使用,也可以组合使用。

南山铁矿在邻近边坡采用光面爆破。其参数为:60°斜孔,孔距2米左右,孔径150毫米,柱状连续装药,药径35毫米,装药量1.5~2公斤/米。爆破后没有后冲破坏现象,坡壁上留有半个孔,坡面光滑,坡体完整,不需要清坡。

大冶铁矿除试验了光面爆破外,还试验过予裂爆破和缓冲爆破,都得到好的效果:坡体完整性好,坡面平滑,不用清坡或清坡量小等。

白银露天矿为保护边坡岩体,规定在邻近边坡地段,采用减小孔网参数,减少装药量,采用间隔装药结构和微差爆破等,对改善边坡的稳定性起了一定作用。

5. 边坡的局部加固:大冶铁矿和白银露天矿采用打抗滑桩、予应力锚杆和锚索,筑混

混凝土护坡墙和坡脚护墙等来加固滑坡地段和具有滑坡倾向的边坡地段，以阻止边坡的继续滑落，维护边坡的稳定性，这两个矿山在这方面作了不少工作，但因为时间较短，目前尚不能确切的证明其有效程度，有待于进一步试验总结。

6. 大力开展边坡稳定方面的科学研究：为了搞好矿山生产建设，目前不少矿山都建立有矿山科研组织，统一领导矿山的科研工作和研究矿山生产中的各种问题，其中也包括边坡稳定研究。在边坡稳定方面，有一些科研单位如马鞍山矿山研究院、冶金部矿冶研究所、武钢矿山研究所、白银矿冶研究所、鞍钢矿山研究所、中国科学院北京地质研究所等和矿山一起工作，他们目前的主要研究课题有：边坡工程地质调查，岩体力学测定，边坡稳定性评价，岩移观测，边坡加固，爆破减震，控制爆破和滑坡预报等。这些研究工作，对维护边坡稳定性和保证安全生产有着重要意义。

(二)存在的主要问题

在维护露天矿边坡稳定方面虽然积累了一些宝贵经验，但也存在以下一些主要问题：

1. 在矿床地质的勘探中对边坡岩体工程地质的调查不够。我国冶金矿山的地质勘探报告，对边坡岩体工程地质的调查不够，缺少较详细的边坡岩体的工程地质资料，使设计边坡、治理边坡和在编制正确的采掘工艺时缺少可靠依据，严重地影响了维护边坡稳定工作。为了弥补此项不足，目前各矿在出现问题后均自己进行调查，但为时较晚，工作被动；

2. 缺乏正确的边坡设计理论。我国冶金矿山的边坡设计还缺乏正确理论。在设计安全边坡角时，用类比法考虑岩石的强度系数和开采深度，没有考虑边坡岩体工程地质条件，所选取的安全边坡角往往不切合矿山边坡的实际，造成边坡不稳定的隐患；

3. 各矿在邻近边坡采掘一般均没有坚持使用控制爆破，以保护边坡岩体的完整性和提高边坡的稳定性。而推广控制爆破的主要障碍，是其必要性尚未被人们普遍认识，另外还缺少进行控制爆破用的穿孔设备和器材。如没有打 80~150 毫米斜孔的轻型高效率钻机 and 微差爆破器材不足等；

4. 冶金露天矿的某些领导对边坡工作重视不够，如各矿一般虽都设有边坡队伍，但不完善，有的人力不足，有的缺乏设备，在领导方面一般都是出现重大问题时才注意抓一抓，而平时抓的较差，开展工作有一定困难；

5. 缺少边坡治理与加固的设备和仪器，主要缺少打 80~120 毫米斜向孔的轻型高效率钻机 and 所用相应孔径的装药机，清坡机，灌浆和喷浆机，轻型高效率装载机，双向汽车，岩移观测的仪器和滑坡预报的设备等。

四、几点建议

根据考察中所见各露天矿在边坡稳定方面出现的问题，综合各单位所做的工作，总结经验教训，提出以下几点建议，供有关方面参考：

1. 搞好边坡岩体的工程地质工作，掌握较详细的工程地质资料，是正确选择边坡安全角，搞好边坡稳定工作的前提，在矿床地质勘探报告中应增加这方面资料，设计部门在设计矿山时除把储量关外，也要把好边坡岩体的工程地质资料关；

2. 研究改进现有边坡设计理论和方法，在总结矿山生产实践经验的基础上制定符合我国实际情况的露天矿边坡设计规范并建立切实可行的生产管理制度；

3. 充实健全各矿现有的三结合边坡队伍, 负责边坡治理与加固工程的施工工作等。在矿山设计中应明确规定边坡治理的机构、人员编制、专用设备和用于维护与加固边坡的投资费用;

4. 不断总结和推广光面爆破, 予裂爆破和缓冲爆破等控制爆破经验, 在采掘过程中对边坡岩体采取保护性措施;

5. 搞好边坡治理工作, 特别南方多雨地区和水文地质条件差的矿山, 要搞好防排水, 加强边坡维护;

6. 不断总结提高边坡局部加固的技术, 加强情报交流, 推广先进经验;

7. 研制适用而有效的边坡治理、局部加固控制爆破及边坡稳定性研究等所用的设备和仪器, 及时推广。目前应大力研制80~120毫米能打各种方向、倾角的高效率轻型钻机, 清坡机, 灌浆和喷浆机, 轻型高效率装载机, 双向汽车和岩移观测仪器等;

8. 深凹露天矿在有条件的情况下应尽可能有两个安全出口, 总出入沟一定要布置在稳定的边坡地段。边坡高度大、稳定性差的露天矿应实行强化开采, 尽量缩短边坡存在时间;

9. 目前从事冶金露天矿山边坡稳定研究工作的单位虽然不少, 但各单位力量都比较薄弱, 人员分散, 对解决重大问题和开展系统的边坡工作均有一定影响, 且试验研究所用的设备和仪器(如观测仪器)与水文、铁路部门比较有一定差距, 希部领导引起足够重视, 统一协调好。

(马鞍山矿山研究院 杨建安执笔)

一九七六年八月

表 2

露天矿主要滑坡一览表

矿名	滑 坡 地 段	滑 坡 范 围		滑 坡 量 (M ³)	滑 坡 时 间	危 害 程 度	滑 坡 原 因
		长(M)	宽(M)	高(M)			
海 南 铁 矿	北—510M~460M	80	60	50	①71年4月10日 ②72年7月	366米、377米水平各 停产40天 全部运输线停产20天 同上	
	北—366M~388M	40	30	22	72年8月		
	北—X线路至坡	22	12	12	67年9月		
	北—Ⅱ线路至坡	6	25	5	67年9月		
	北—B13站场~313M上坊	30	60	9	7000①67年9月 ②73年9月		
大 冶 铁 矿	北—400~413南端 枫树下280M~265M	30 80	40 55	12 15	7200 66000	69~73年 73年12月	
	东采尖山33~84线112~128水平	200		16	51600	62年6月	扩大边界,增加斜坡岩层风化 量,影响生产
铁 矿	东采狮子山24~27线96~112水平				10000 20000	67年下半年 68年5月	边坡超挖,雨水冲刷
	东采尖山112~150水平				8500	69年	影响生产和线路 水的作用
	东采狮子山130~180水平	180		100	8000	72年5月12日	破坏水沟,埋没铁路坡脚超挖,岩石节理 发育,雨水冲刷
	东采狮子山21~2线72~180水平	28		20	1237	72年12月6日	推倒挡土墙30米,埋没路面角度大、水 沟铁路,影响机车通 行
铁 矿	东采狮子山南40~1~40-2线48~60水平						
	东采狮子山北口40-1~26-2线84~150水平	117		72	36460	73年1月6日	影响72、60、48水平片 正常推进达1.5年26 水平沟还差50米不能 向前推进 24米沟不能予期下 掘,电铲处理2年挖 方59万米 ³

续表 2

矿名	滑坡地段	滑坡长(M)	滑坡宽(M)	滑坡范围高(M)	滑落量(M ³)	滑落时间	危害程度	滑坡原因
东采尖山南邦	96~119水平	45		12	1743	73年7月13日	冲刷护坡挡墙	水, 坡顶充填大量废石
东采狮子山北邦	72~96水平	34		14	4250	75年2月10日		节理发育; 爆破; 坡脚超挖
东采狮子山北邦	24~3线西侧48~72水平	53		24	9975	75年8月16日		节理发育; 暴雨
东采狮子山北邦	25~25-1线96~156水平	30		60	10650	75年4月		岩石风化, 破碎
东采狮子山北邦	23~4西侧48~72水平	32		24	3600	75年7月2日		断层破碎带, 暴雨
东采象鼻山北	21-1线, 72~118水平	40		46	3000	75年8月15日		节理发育
东采尖山北	32-2~33-2线96~128水平	100		42	30000	75年12月7日		节理发育
东采狮子山北	25~40线48~156水平	90		106	估计150000	76年7月8日		断层, 节理发育, 水
西采铁门坎南邦	72~108水平				3500	69年4月5日	扩大卸坡量	爆破震动, 坡面角 $66^{\circ}>$ 岩层倾角 50°
西采龙洞一号	滑坡体138公路	86		43	20800	74年8月5日		水, 边坡堆积大量废石
西采龙洞一号	滑坡体	68.5		34	8225			水, 边坡堆积大量废石
白银保露天矿	一采场南 I ~ IV 线1763~1833水平	150	6	70	30000	71年3月26日	影响生产, 1763米沟被迫停止, 少采出金属矿 2.5 万吨, 损失 88 万元	工程地质不清, 掘沟过程中切断 F ₁ 断层
一采场东永永久公路	1775~1789水平	25	5~7	36	3000	75年3月31日	破坏公路路, 严重影响运输, 仅加固材料费约 30 万元	节理发育, 岩石破碎, 坡脚超挖
南邦78水平东端, 63米站、29米站和41米双干线					共5380	75年3月20日~31日	影响63米、29米和41米站运输 4 小时	坡脚超挖, 爆破等
大孤山铁矿	- 6 米站东侧上△	18			270		影响生产 20 多小时	

武钢大冶铁矿边坡技术工作情况

武钢大冶铁矿

在冶金部矿冶研究所、中国科学院武汉岩土所、武钢矿山研究所等十多个科研单位协助下，通过矿内外两个三结合小组的努力工作，解决了一些大冶铁矿的边坡问题，现分述如下：

一、概 况

大冶铁矿是武钢矿石原料基地之一，是一个大型露天矿。

铁山铁矿原由苏联设计，分为东露天、西露天和尖林山地下采区进行生产，年设计规模采剥总量1070万吨其中矿石290万吨。经过多次修改设计、革新、挖潜、改造配套，年生产能力采剥总量达到1440万吨。

(一)、东露天采区

修改设计后最高标高276米，封闭口标高72米，坑底标高-96米，采场上口长2200米，宽500米，阶段高12米，边坡参数见表1。

边坡参数变动情况表

表 1

序 号	项 目	国 外 设 计	修 改 设 计
1	阶段坡面角：土质 岩质： 其中：风化闪长岩 大理岩夹土	45°~60° 70° 65° 65°	36°~40° 65° 45°~60° 50°
2	最终边坡角：上盘（即北邦） 下盘（即南邦）	45°~50° 45°~51°	45°~50° 41°~45°
3	修改后增加剥离量		1400万吨以上

东露天采用准轨铁路运输，开拓系统沿下盘布置，由下盘向上盘推进，年下降速度8米左右，目前已处于深凹露天开采阶段，从封闭口算，已深凹60米。

(二)、西露天采区（是矿山自己设计的）

西露天分为铁门坎、龙洞两个独立采场。西露天采区设计开采范围及边坡参数见表二

开采范围及边坡参数表

表 2

序 号	项 目	单 位	采 场 名 称	
			铁 门 坎	龙 洞
1	阶段高度	米	13~16	12~15
2	阶段坡面角	度	60~70	60~70
3	最终边坡角: 上盘 下盘	度	48~52	48~52
		度	42~45	42~46
4	采场最高标高	米	172	218
5	采场封口标高	米	60	102
6	采场坑底标高	米	-36	78
7	采场上口: 长 宽	米	600	300
		米	300	150

铁门坎、龙洞两采场均采用汽车回返开拓运输, 从下盘向上盘推进, 目前, 铁门坎采场已处于深凹露天开采阶段, 从封口算深凹48米。龙洞还处在山坡露天开采阶段。

二、地质及水文地质

矿体赋存在铁山背斜三叠纪下部的大理岩与闪长岩侵入体的接触带中, 为热液交代接触类型矿床。矿体全长4.1公里, 沿走向自东向西分布在起伏很大的尖山、狮子山、象鼻山、尖林山、龙洞、铁门坎六个山头 and 土坪平地。

边坡岩石: 在矿体下盘(南邦)为大理岩, 矿体上盘(北邦)为闪长岩, 成矿时部份蚀变为一般变质闪长岩和各种砂卡岩, 绝大部份岩石坚硬, 抗风化能力强, 普氏系数在8以上。

边坡岩体主要受东西向, 北西西向和北北东向所形成的各种规模的张性, 扭性结构面所控制, 这些结构面都是从燕山运动以来多次构造活动的复合和叠加而相继形成的, 致使岩体构造更加复杂, 各方向的结构面相当发育, 从而造成一些区段岩体边坡很不稳定, 易于滑坡。如:

(一)、断层破碎带

在断层破碎带通过边坡的地段, 大理岩被破碎成夹有粘上的角砾状网格状节理密集, 岩石蚀变强烈, 蒙脱石、伊利石增加, 遇水崩解。强度指标降低, 在长期暴露和雨水作用下边坡容易垮落。如东采25号断层、铁门坎1号断层。

(二)、溶蚀带

大理岩与矿体接触面为地下水活动的通路, 大理岩被溶蚀成孤立岩块, 溶洞中充填了粘土, 易于剥落, 边坡稳定性差, 如: 铁门坎南邦边坡。

(三)、蚀变带

矿体与闪长岩接触带及断层和扭性结构面密集地段, 由于成矿时的蚀变和构造运动的叠加, 变质作用强烈, 致使以方柱石为主的砂卡岩容易蚀变成蒙脱石和伊利石, 这种岩石具有吸水膨胀, 析水收缩的特性, 反复作用的结果造成边坡岩体松散, 呈泥土状, 强度低, 不稳

定，如：尖山东北邦边坡。

(四)、风化带

主要指闪长岩的风化带，节理、裂隙相当发育，岩石强度低，当有较大软弱结构面存在时，就会造成滑坡，如：狮子山北邦边坡。

(五)、岩土接触带

岩体上的第四纪土层基岩易产生滑坡，如：尖山南邦边坡。

(六)、多面体

由几组较大的软弱结构面构成向采场倾斜的多面体，如狮子山北邦西口边坡及尖山东北邦边坡。

矿区水文地质简单，含水层是由地表以下40米至80米风化、裂隙带构成。在张性断裂带内赋存裂隙承压含水层。深部基岩渗透性差，尤以闪长岩体视为隔水岩体。

矿区周围没有大的水体。地表水、地下水变化严格受大气降水补给和控制。矿区年平均降水量为1300毫米，最大年降水量为1954年达2122.8毫米，24小时最大降水量为208.66毫米。主要降水集中在每年4至6月的雨季内。

三、边坡稳定情况

现已形成边坡最大高度，东采区240米，西采区148米。不稳定边坡地段长度，按封闭圈周长计算，东采区长4810米，不稳定长度850米，占19.7%，西采区2620米长，不稳定长度470米，占17.2%。

开矿以来，滑坡事故较多，1962年到现在发生较大滑坡事故20次，其中严重的4次，滑坡总量40万立方米以上，威胁采场人员设备安全，对矿山生产影响很大。如1968年尖山南邦，电铲在128水平作业，超挖坡脚造成40米高的红土边坡塌方，将电铲平推了5米远的事。1976年5月16日暴雨后，象鼻山南邦100至163米挂邦矿石滑坡三万吨，摧毁下部7号水沟和60、72两水平铁路，影响生产20天。1973年元月6日狮子山北邦滑坡3.6万立方米，为清除该滑体，电铲重新上山处理两年多，影响下部水平推进和开沟。1976年6月5至8日连续暴雨，狮子山北邦西口（前述滑体西侧）又发生一次较大滑坡，是开矿以来最大的滑坡，滑体高160米，长90至100米，滑坡量15万立方米，影响生产很大，目前正在削坡和加固，预计1978年5月前结束。

滑坡的主要原因是：

(一)、边坡岩体构造复杂

岩体风化蚀变严重，断层多，节理、裂隙发育，结构面纵横交错，将岩体切割成许多易于滑落的各种多面体，大大地降低了岩体的完整性和稳定性是导致滑坡的基本内在因素。

(二)、设计不够合理

在地质勘探阶段，地表工程少，钻孔密度稀，工程地质和水文地质资料不可能做得详细，加上苏联设计不是根据岩种情况，只按岩石综合强度指标和露天坑深度因素设计同一坡角（见表1）是不合理的，实际上有很多区段边坡不能按设计形成。

(三)、水的破坏作用

铁矿山地处南方雨水较多，由于采场边坡上部设有很多排土场，以及山坡露天局部边坡不恒定，采掘不到位等因素影响，致使一些截水沟无法修建或建好不发挥作用，每年雨季部份地表水流入采场，冲刷、渗透岩体边坡，蚀变、湿润岩面，降低岩体构造强度，破坏边坡稳定性，大多数滑坡事故发生在雨季期间就是因水的破坏作用而引起。

(四)、采掘工艺对边坡的影响

对边坡未能采取保护措施，采掘不当引起边坡滑坡事故也有数起。如1972年5月在象鼻山南邦21至2勘探线附近100至163米阶段，由于超挖坡脚使上部岩体失去平衡，加上暴雨后雨水渗透而引起三万吨滑体滑落。1973年元月6日狮子山北邦西口3.6万立方米的大滑体主要是因为是在40~2至27勘探线范围内72~84米水平爆破，药量过大，冲击、震动剧烈激发而引起的。

四、边坡维护和加固的一些做法

(一)、加强党的领导，健全组织，充实施工队伍

大冶铁矿党委，遵循毛主席三大革命一起抓的教导，早在1962年就设一名付矿长负责边坡管理和边坡科研工作。设有测量，采矿技术员和老工人共同管理边坡剥离界线和清理边坡工作。

随着采场延深，边坡量愈来愈大，为了加强边坡管理，1975年以来，矿设一名党委常委、革委会付主任抓边坡工作，进一步健全边坡组织，成立矿内外两个三结合小组，东采车间成立边坡工段，西采车间成立边坡工程小组，配备电铲、穿孔机、钻岩台车施工。事实证明，专业边坡队伍对维护边坡稳定性，起到很大作用。

(二)、矿床疏干排水

为防止地表水流入露天坑，降低地下水位，疏干边坡岩体，改善采场技术条件，有利于新水平开拓和边坡稳定，我们在东采场和铁门坎采场采用截水沟和巷道地下排水相结合的排水方法，及时排除流入露天坑的雨水，且起着预先疏干岩体边坡的作用，效果很好，在地下排水工程未建成以前，南邦大理岩地下水位在+50米标高以上，现在普遍下降到零米以下，北邦闪长岩尽管具有高水头现象，但大部份区段的地下水位都下降到零米以下，从等水位线图看出，整个采场范围内地下水流动方向已经发生变化，出现了南北邦地下水都往井下排水巷渗流的降落漏斗，可以预料随采场延深效果将更为显著。

(三)、控制爆破，保护边坡

为减少爆破对边坡的破坏，保持岩体的完整性，采取了下列措施：

1. 邻近边坡区严禁洞室爆破，如1963年尖山南邦96米水平以上阶段边坡区不到剥离界线部份凿洞400多米，准备采用大爆破法结束，但从边坡稳定角度考虑，改用中爆破法结束。

2. 用直径230~250毫米直孔齐发爆破，坚持少超钻，打防震孔，最后一排孔减少装药量，总装药量不能超过8吨。

3. 留保护层，象鼻山端邦闪长岩128米水平以上阶段，裂隙、节理、层面特别发育，爆破性好，龟裂圈大，为减少对边坡岩体的破坏采用留3~6米保护层，未到线部份用小生产处理。

4. 1965年开始采用斜孔微差爆破,在边坡地段调整穿孔爆破参数,改变起爆顺序,采用多段微差爆破和控制爆破,降低了爆破地震对边坡的破坏性影响,据冶金部矿冶研究所测定,比原来爆破降震率达20%以上。

(四)加强维护,积极清坡

1. 及时清理边坡浮石,减少坠石、滚石事故发生。1959年开始,我矿即设有一名采矿技术员二名老工人负责清理边坡工作,每年请民工清坡量达10~25万立方米,自1962年至1977年人工费共约230万元。现在露天采场边坡悬岩、浮石很少,生产工人感到安全多了。

2. 护坡:为了防止软弱岩体风化破坏边坡稳定,常用砌片石勾缝护坡墙或浆砌片石护坡墙,护坡墙不是受力构造物,要求能够保护坡面,防止雨水冲刷、渗入软弱岩质内部和保护岩质边坡免遭风雨袭击风化脱落即可。

护坡墙一般采用50号水泥砂浆砌300毫米片石,1:1.5水泥砂浆勾缝。砌筑时,为防止下滑,如是土层边坡,则沿斜坡每隔2米左右做一水平台阶较好,如在岩质陡坡砌筑护坡墙,厚度随地形而变,不受300毫米限制,为保证护坡墙与原岩结合好,要加钢筋锚固,狮子山南邦25号断层带护坡墙和狮子山北邦1号滑坡体1号断层护坡墙均属此类型。

(五)、适当加固提高边坡稳定性

1. 铁门坎采场北邦断层破碎带滑坡体主要因开挖设计坡角大,(60~65度),上部水沟长期失修,漏水严重,渗入边坡,岩石亲水性强,见水膨胀崩解而引起滑坡的。为此,采取以下方法:①滑体外修设截水沟,防止地表水渗入断层边坡。②砌护坡墙封面,防止断层带边坡恶化。③48~108米四个阶段坡角放缓到40~50度,削坡减载。④48水平留矿柱(即设一宽平台)加强下部支撑力。

通过以上措施结合岩体强度试验指标计算的滑体稳定系数K值可提高到1.15,现在还未发现岩移情况。

2. 尖山采场南邦84水平进车路堑土坡滑体主要因超挖坡脚引起滑坡,由于下滑力较小,采用重力挡墙支挡,加废石压脚,适当削坡、减载进行加固,效果很好。

3. 狮子山南邦边坡有一条50~55米宽的扭性断层破碎带,断层走向与边坡走向成60度交角,反倾向,倾角70度,据岩体强度试验指标分析、验算,断层区总体边坡处于极限平衡,因暴露时间比较长受风化影响和雨水冲刷,1973年48~72水平边坡出现宽7~8米、深2~3米的冲沟,岩移量49毫米,影响通车生产。为加固这一潜在滑坡体,采用钻孔抗滑桩,浆砌片石护坡、设置排水沟相结合的综合措施。加固五年来效果很好,未发现岩移情况,保证了72水平、48水平铁路正常运行。

4. 狮子山北邦26~1至26~2线156~192米非工作邦阶段有1万立方米的滑体,滑体归四面体,组合交线倾向采场,倾角22度,参考该区段岩体强度试验数据结合滑体进行计算,采用锚杆(索)加固,1974年9月施工,1975年6月结束,加固两年多来滑体是稳定的。

5. 狮子山北邦西口有一个15万立方米大滑体,位于东采场深部运输咽喉地带的上方,由于规模大、滑体厚,构造复杂,破坏严重,滑体上部排水场不准牵动(怕影响废石场滑坡)。经分析,全靠削坡来稳定是有困难的。为此,采用适当削坡减载加锚杆、钻孔桩、浆砌片石护坡,设排水沟、水泥砂浆填缝勾缝等综合措施进行加固,加固工程量单轨桩35根、组合钢轨桩40根、预应力锚杆173根(施工过程据滑体变化情况作了适当修改)。预计1978年