

我国有色冶金露天矿山边坡稳定性调研报告及论文汇编

中国有色金属工业总公司采矿情报网



编 者 的 话

根据中国有色金属工业总公司采矿情报网年度计划安排，决定于1992年6月份召开露天采场边坡稳定性研讨会。为了组织好这次学术活动，采矿情报网组织开展了“我国有色露天矿山边坡稳定性调研”。

我国的露天开采矿山，随着深度增加，边坡失稳事故时有发生，给矿山安全生产带来了一定的危害。为了掌握我国有色矿山边坡稳定情况，总结经验教训，从1991年初开始，历经一年时间，完成了大部分有色矿山的现场调研工作。

所调研的露天矿山有：白银有色金属公司露天矿一、二采场，厂坝铅锌矿；铜陵有色金属公司铜官山、铜山、前山三个矿（场）；大冶有色金属公司铜录山、丰山、铜山口三矿；江西铜业公司德兴、永平两矿；石录铜业公司露天矿；金川有色金属公司露天矿；金堆城钼业公司露天矿；宝山铅锌银矿；宜春钽铌矿；黑龙江团结沟金矿；浙江闲林埠钼铁矿；马钢南山铁矿凹山采场和鞍钢大孤山铁矿等共计20个露天矿（场）。

参加本次调研工作的有：江西铜业公司的罗任贤、张吉磊，铜陵有色金属公司的肖柏、苗天儒，大冶有色金属公司的梁景文，金堆城钼业公司的付策、徐建昌，长沙有色冶金设计研究院的梁德辉，南昌有色冶金设计研究院的姚志善，兰州有色冶金设计研究院的戴克俭、王兴茂、崔宏伟、尹卫荣，马鞍山钢铁设计院的周淑媛，长春黄金设计研究院的韩桂春，长沙矿山研究院的左立标等同志。上述有关同志分别提供了单体调研报告。所有单体报告由江西铜业公司科研设计所罗任贤总工程师汇总，并执笔撰写了总报告。

此外，为了进一步丰富会议内容，以交流露天矿边坡管理工作的经验和成果，研究发展中的问题和措施，以及向上级反映情况、提出建议，采矿情报网特为此次会议征集了论文，与上述调研报告合编成册。

在现场调研和资料收集过程中，得到了参加调研单位和被调研单位有关领导及工程技术人员的大力支持，在征文期间，得到了各论文作者的有力配合，在此一并表示感谢！

由于时间仓促，加之水平所限，在编辑过程中，对附图的取舍，论文内容的删减，是有不妥之处，敬请批评、指正。

编 者

1992年5月

目 录

调 研 部 分

我国有色冶金露天矿山边坡稳定性调研总报告	罗任贤 (1)
附录: 部分露天矿山边坡稳定性调研报告	
白银有色金属公司露天矿	王兴茂 (23)
江西铜业公司德兴铜矿	罗任贤 (34)
江西铜业公司永平铜矿	张吉翥 (40)
宝山铅锌银矿露天采场	梁德辉 (44)
白银有色金属公司厂坝铅锌矿	王兴茂 崔宏伟 尹卫荣 (51)
金川公司和金堆城公司露天矿	付策 徐建昌 (58)
乌拉嘎金矿局团结沟金矿	韩桂春 (67)
马鞍山钢铁公司南山铁矿凹山采场	周淑媛 (71)
鞍山钢铁公司大孤山铁矿	周淑媛 (77)

论 文 部 分

富家矿边坡稳定性研究与采矿工程实践	卢世宗 笪盍 金世源 董忠 (81)
金属矿山露天高陡边坡稳定性研究	周先明 童蔚黎 陈钟文 (89)
厂坝铅锌矿边坡稳定性研究	拾景沂 张守诚 (103)
南山露天采场边坡230~430米稳定性评价	余清仔 (109)
金堆城钼矿露天边坡稳定性浅析	付策 徐建昌 (115)
对露天采场边坡设计的几点看法	王兴茂 (118)
铜山口铜矿露天采场边坡述评	王明康 张传伦 (124)
厂坝露天矿边坡优化设计与稳坡措施的探讨	区德球 (127)
广东省云浮硫铁矿大型露天矿山边坡监测	周国庆 (134)
露天矿边坡岩移几何观测的实践	虞元全 (140)
露天边坡稳定与监测	李运堤 (145)
预裂爆破在我矿的应用	朱森甫 (152)
厂坝露天矿临近边坡的控制爆破	杜 明 (159)
浅谈露天矿边坡的维护和治理	陈友良 (162)
杭州闲林埠钼铁矿露天采场边坡的稳定性维护	王盛华 武传扬 (167)
露采工业发展现状与边坡工程技术	梁德辉 (170)

我国有色冶金露天矿山边坡稳定性调研总报告

一、概 况

我国有色冶金矿山露天开采深度不断增加，露天矿山的边坡出露范围和高度也随之增大，因此，边坡稳定问题也就变得紧迫和更加重要。对于露天开采来说，边坡角是一个极为重要的几何参数。由于开采范围和深度的加大，边坡角每增加 1° ，就可使矿山减少百万吨甚至千万吨的剥离量，或增加数十万吨至数百万吨的采出矿石量，使企业直接获得巨大的经济效益；但另一方面，有可能在开采过程中出现边坡失稳，造成塌落、滑坡等各种边坡破坏事件，给矿山正常生产和安全造成威胁，有的还直接造成重大的经济损失。因此，这是一个问题的两个方面。

众所周知，一个矿山的边坡角是否合理，取决于所采用的边坡角能否保证既能安全生产，又能最大限度地减少剥离量和尽可能多地采出有用矿物。现代科学技术的进步，为解决边坡稳定问题，提供了行之有效的手段，并已经取得了不少的成就。

我国有色金属露天矿山，经过若干年的开采后，有的矿山已经闭坑或者即将闭坑，在生产过程中边坡稳定问题得到了较充分的暴露，经验教训甚多，本次调查就是比较系统、全面地总结有色冶金露天矿山边坡稳定方面的工作与经验。

调查结果表明，我国有色金属露天矿山的边坡稳定问题，无论在稳定性研究、稳坡开采工艺、边坡加固方法、失稳事件处理诸方面，都取得了不少成就，积累了比较丰富的经验；同时也揭示了边坡稳定方面存在的一些问题，需要引起有关部门和矿山的重视。

二、我国有色冶金露天矿山边坡现状

这次调查的露天矿山（采场）共计20个，其中有色矿山16个，黄金矿山1个，黑色矿山3个；按生产规模划分为大型矿山10个，中型矿山10个；按开采进度划分为已经闭坑的8个，正在生产的12个。这些矿山基本上反映了我国有色冶金露天矿山当前的开采技术水平。

1. 露天矿山的基本情况

这次调查的露天矿山（采场）的基本情况见表1。

2. 开采境界及边坡参数

一般认为，当矿山的边坡高度大于300米时称为高边坡；当其边坡角大于 45° 者则称为陡边坡。据这次调查的20个矿山（场）统计，其边坡高度小于200米的有7个矿山；边坡高度大于200米而小于300米的有6个矿山；边坡高度大于300米的（即称之为高边坡）有7个矿山（其中永平铜矿边坡高度为480米，大孤山铁矿为568米，厂坝铅锌矿为604米，德兴铜矿将达到690米）。矿山最终边坡角小于 45° 的有17个矿山，大于 45° 的陡边坡矿山有3个。厂坝铅锌矿的

部分露天矿山基本情况调查表

表 1

序号	矿山名称	规模 采剥总量 $\times 10^4$ t/年	剥采比 m^3/m^3 , t/t	建成时间	服务年限	闭坑时间	开拓运输方式	主要装备水平
1	白银有色公司露天矿一采场	200~240.0	5.7	1959.10		1984.6	采场内全汽车运输	穿孔: BC-1, BY-20-2 冲击钻 电铲: ЭКГ-4 4m ³ 汽车: 25~27t 自卸车
2	二采场	100~130.0	11.2	1969.9		1988.4	同上	同上
3	大冶有色公司铜录山铜矿	66.0	4.3		15		全汽车运输	穿孔: 孔径250~310 牙轮钻 电铲: 4~10m ³ 汽车: 载重20~36t 自卸车
4	丰山铜矿	49.5	4.2	1983		1993 (预计)	汽车运输	穿孔: 冲击钻及 $\phi 200$ 潜孔钻 电铲: 4m ³ 汽车: BJ371, 374
5	铜山口铜矿	99.0	3.35	1984	29		汽车运输	穿孔: 冲击钻 电铲: 4m ³ 汽车: 载重20~36t
6	铜陵有色公司铜官山矿	66.0	1.3	1956		1972	汽车开拓运输	穿孔: BY-20-2 冲击钻 电铲: CЭ-3 3m ³ 电铲 汽车: 12~10t 汽车
7	铜山铜矿	30.0	5.16	1970		1980	汽车运输	穿孔: $\phi 250$ 冲击钻 电铲: 3m ³ , 4m ³ 电铲 汽车: 15t, 32t 汽车
8	前山采场	实际5.5 设计20.0	9.47		8	1991	汽车运输	穿孔: $\phi 250$ 冲击钻 电铲: 3m ³ , 4m ³ 电铲 汽车: 15t, 32t 汽车
9	石录铜业公司露天矿	66.0	3.4	1970			汽车运输	穿孔: $\phi 150$ 潜孔钻 电铲: 1~4m ³ 电铲 汽车: 12~27t 汽车
10	江西铜业公司德兴铜矿	8019 2970	1.46t/t	1971		2018 (预计)	汽车—溜井—窄轨 汽车—破碎—胶带	穿孔: $\phi 250$ 牙轮钻 汽车: 载重108t, 154t 电动轮汽车 电铲: 13m ³ , 16.8m ³ 电铲
11	永平铜矿	330.0	4.3	1984	24		汽车运输	穿孔: $\phi 200$ 潜孔钻 $\phi 250$ 牙轮钻 电铲: 4~4.6m ³ 电铲 汽车: 27t, 32t, 40t 汽车

续表 1

序号	矿山名称	规模 采场 ×10 ⁴ t/年	剥采比 m ³ /m ³ , t/t	建成时间	服务年限	闭坑时间	开拓运输方式	主要装备水平
12	金川有色 公司露天 矿	老 129.0 东 85.0	5.9 4.9	1966		1990	汽车运输	穿孔:φ250冲击钻10台 电铲:4m ³ 钻10台 汽车:10~32t汽车
13	白银有色 公司厂坝 铅锌矿	1025	115.0	1987	26		汽车—溜井—平峒 矿石、废石汽车运 输	穿孔:φ200潜孔钻6台 电铲:4m ³ 9台 汽车:27~37t汽车80台
14	宝山铅锌 银矿	66	3.7	1974		1994 (预计)	汽车运输	穿孔:φ150潜孔钻4台 电铲:4m ³ 3台 汽车:12t、15t、20t、27t、 46t
15	宜存铝钨 矿	49.5	0.44	1976	33		汽车—溜井—电机 车联合运输	穿孔:φ100潜孔钻 电铲:4m ³ 2台 汽车:15t 17台 电机车:14t机车 2台
16	团结沟金 矿	216	36.0	1982			汽车运输	穿孔:φ150潜孔钻 铲装:2m ³ 挖掘机 汽车:15t车
17	金堆城露 天矿	794	0.6	1958	50		采场内全汽车运输	穿孔:φ250牙轮钻 电铲:4m ³ 、7.6m ³ 电铲 汽车:T-20、20t车
18	保林埠钼 铁矿	33.0	3.3	1966	19		全汽车运输	穿孔:φ150潜孔钻3台 电铲:1~2m ³ 铲5台 汽车:7t、15t、20t车
19	鞍钢大孤 山铁矿	2300	600	1954		2020 (预计)	铁路折返—汽车— 破碎—胶带运输	穿孔:φ250牙轮钻5台, φ310牙轮钻1台 电铲:4m ³ 16台、6.1m ³ 、 7.6m ³ 、8m ³ 、12.7m ³ 各 1台 电机车:150t 30台 汽车:108t电动轮 18台, 30t汽车 14台
20	马钢南山 西山采 场	1250	600	1958		2006 (预计)	铁路—汽车运输	穿孔:φ250牙轮钻1台 φ310牙轮钻4台 电铲:4~4.6m ³ 14台 10m ³ 1台 电机车:80t、150t、160t 汽车:36t、60t自卸车

边坡角大于 45° ，因而它是一个高、陡边坡的矿山。

这次调查的露天矿的开采境界和边坡参数见表2。

3. 边坡参数的确定

露天矿山的边坡参数中最重要的是最终边坡角的确定，只有合理的边坡角，才能保证矿山安全而又经济地进行生产。边坡角的大小对矿山生产是个十分敏感的参数。据德兴铜矿设计资料表明，该矿的总边坡角每增加 1° ，则可减少剥离量940万 m^3 ，节约剥离费用4700万元；大孤山铁矿东端帮-90~-414米间，如果边坡角加陡 1° ，则可增加开采矿量约600万吨，将为国家增加财富9000多万元。但是，若边坡角设计得过陡，则可能因边坡失稳而造成重大的滑坡事故，严重影响矿山安全生产，这样的事件甚多。因此，合理确定边坡角是露天开采十分重要的任务。

据调查，边坡角的确定，一般均采用经验类比法和通过系统的边坡稳定性研究的方法，然后通过生产实践，多次对边坡参数进行调整。

实际情况表明，由于边坡稳定性研究未能超前进行，因而在矿山可行性研究阶段或初步设计阶段，仍采用类比法推荐其总的边坡角。大多数矿山要推后到基建阶段或者通过一段时期生产后，再通过稳定性研究对原设计边坡角进行验证或修改。滞后的研究虽能获取更多的边坡研究基础资料，提高稳定性分析的精度，但如果需要大范围的调整总体边坡角，则将给生产造成很大的困难，增加重复施工的工程量。

(1) 用经验类比法确定边坡角

七十年代以前，露天矿山边坡角的确定，均采用经验类比法。八十年代，经验类比法在矿山可行性研究阶段和初步设计阶段仍被广泛应用。这次调查中有11个矿山是采用此法进行边坡设计，而在生产全过程又未能进行全面系统的边坡稳定性研究。

经验类比法：主要是依据岩石抗压强度指标，参照类似矿山的情况来确定其边坡角。它的主要问题是缺乏系统的边坡工程地质和水文地质资料，未能查明对边坡稳定起控制作用的岩体结构特征及地下水的确切影响，因而所确定的边坡角往往与实际出入很大，很难满足既安全又经济的基本要求。如吉林磐石镍矿，下盘设计边坡角为 44° ，由于岩体破碎，结果开采几年后，在下盘相继出现3个大滑体，滑动范围占整个下盘的53%，经削坡处理后，边坡角降至 40° 仍不稳定，以后又形成1个大滑体，说明该边坡角设计得过陡^[1]。铜陵有色公司铜山铜矿的前山采场，下盘边坡角设计为 34° ，生产期间（1976年9月~1987年4月）共发生过19次大滑坡，其中1次滑坡量超过1万 m^3 的有8次。如1980年5月29日在下盘西北角 79° 矿体陷落区的滑坡量达50万 m^3 ，迫使采场缩小露天境界，提前开始由露采转坑采；1983年6月21日的滑坡量为25万 m^3 ，滑坡产生的泥石流掩埋了-20米采场。由此可见，前山采场下盘设计的边坡角明显偏大。这次调查也发现有些矿山的边坡很少发生或长期未发生边坡失稳事件，如铜官山矿露天采场自1972年闭坑后，其边坡还能长期保持相对稳定；闲林埠钼铁矿已经开采了近20年，该采场的封闭圈周长1560米，除1991年2月在采场西端发生过一次约5000 m^3 的滑坡外，再没产生什么大规模的滑坡和塌落。虽然保证了生产的安全，但不能证明所采用的边坡角是经济合理的。

采用经验类比法设计的边坡角，大多数矿山通过生产实践进行了调整或修改，有的还进

[1] 1981—1985采矿技术进展评述论文集，中国有色采矿情报网1986.12

部分有色（黑色）露天矿边坡参数表

表 2

序号	矿 山 名 称	采场开口 尺寸 长×宽 (m ²)	边坡 顶 标高 (m)	封 固 圈 标 高 (m)	采 坑 底 标 高 (m)	采 深 度 (m)	采场坑底 尺寸 (m)长×宽	矿岩类型	阶段高度 (m)	阶段坡面 角 (°)	最终边坡角 (°)	安全 平台 (m)	清扫 平台 (m)	运输 平台 (m)	成坡台阶 井段 (个)
1	白银公司 采场	1159×650			1632	300		石英角闪凝灰 岩、斑岩、沉积 变质岩等	12	50°~70°	上盘:41°~44° 下盘:41°~41° 东盘:41°10° 西盘:42°20°	7~8		12	3
2	白银公司 二采场	950×500			1708	215		石英角闪凝灰 岩、斑岩、 沉积变质岩等	12	50°~62°	上盘:44°~48° 下盘:42° 东端:40°~46° 西端:35°	5~8		12	3
3	大冶公司 铜录山矿	600×430				155	55×25	花岗闪长斑 岩、大理岩、 砂卡岩、水文 地质复杂	10~12	60°~70°	上盘:33°30'~43° 下盘:37.5°~41°	3.5	7.5	12	
4	大冶公司 丰山矿	570×390	136	37	-50	186	310×74	花岗闪长斑 岩、大理岩	10~12	50°~70°		6	12		2
5	大冶公司铜 山口矿	900×960	172	50	-106	278	280×20	砂卡岩、花岗 闪长斑岩、大 理岩	12	60°~65°	上盘:42°~48° 下盘:39°~45° 端部:45°~48°	8	8	11	2
6	铜陵公司 铜官山矿	590×380			5	143	360×8	角闪岩、闪长 岩	10	45°~55°	上盘:43°30° 下盘:35.5°~36.5°	6	6		3
7	铜陵公司 铜山矿	420×400	90		-103	193	40×25	闪长岩、灰岩	12	55°~65°	上盘:38°50° 下盘:42°30° 东北端:43°30° 西南端:40°12°	6	10	10	3

续表2—1

序号	矿 山 名 称	采场开口 尺寸 长×宽 (m ²)	边坡顶标高 (m)	封闭圈标高 (m)	采坑底标高 (m)	开采深度 (m)	采场坑底 尺寸 长×宽 (m ²)	矿岩类型	阶段高度 (m)	阶段坡面 角 (°)	最终边坡角 (°)	安全平台 (m)	清扫平台 (m)	运输平台 (m)	成坡台阶 并段 (个)
8	铜陵公司 前山采场	350×320	80		-35	115	40×25	强风化闪长岩 水文地质复杂	12	50°~60°	上盘:40°30' 下盘:34° 东北端:40°36' 西南端:39°30'	6	10~12		3
9	江西铜业公 司德兴铜矿	2300×2400	470	125	-220	690		硅化绢云母片 岩 12m以下 15m	12	65°	北山:黄牛前40°~42° 西源岭:40°~44° 南山:36°~40°	10	16~19	30	2
10	江西铜业公 司永平铜矿	1700×900	454	154	-26	480	470×50~100	混合岩	12	工程体: 45° 其他: 60°~65°	上盘:1线北 35°~44° 1线南:44°24'~49°43' 下盘:1线北:42°44' 1线南:39°45'~44°24'	8	12~16		2
11	石录铜矿	1500×550	44		-84	124		灰岩、强风化 玢岩、大理岩、 水文地质复杂	8	表土 35° 岩石 50°~60°	上盘:22°~37° 下盘:20°~38° 端部:20°~26°	4~5	7~8	16.5	2
12	金川镍矿 老采场	1030×600		1688		168	500×40~60	碎裂花岗岩、 大理岩、超基 性岩体等	12	55°~60°	上盘:41°~44° 下盘:36°~38° 端部:44°	3	9	12	3
	金川东部 采场	250×670		1688		168	236×70~90	碎裂花岗岩、 大理岩、超基 性岩体等	12	50°~60°	上盘:41°~44° 下盘:32°~34° 端部:42°	3~9	15~20	12	3

续表2-2

序号	山名	采场开口尺寸 长×宽 (m ²)	边坡顶标高 (m)	封闭圈标高 (m)	采坑底标高 (m)	开采深度 (m)	采场底尺寸 长×宽 (m ²)	矿岩类型	阶段高度 (m)	阶段坡面 角 (°)	最终边坡角 (°)	安全平台 (m)	清扫平台 (m)	运输平台 (m)	成坡台 阶井度 (个)
13	广顶山 矿	1100×900	1662	1238	1058	604	100×40	结晶灰岩、石英片岩、白云岩	12	55°~65°	上盘:45°9' 下盘:41°8' 东端:45°2' 西端:48°6'	8~10		3	
14	宝山 矿	810×590	510	405	315	200	105×40	灰化白云岩、砂页岩、砂岩	土质 5 岩石 10	50°~60°	上盘:39°5' 下盘:34°~36° 东端:41°~42°	3	6	11	
15	宝山 矿	1200×800	920		640	280	90×50	花岗岩	10	60°~68°		6~8	11		
16	黑龙江 矿	760×480	285	190	60	225	150×60	花岗岩、片岩、凝灰质砂岩、水文地质复杂	19		东上盘:37°41'~43°27' 下盘:29°24'~41°25' 东端:36°52'~43°40' 西端:34°43'~37°42'				
17	金堆城 矿	1200×800		1146		306	420×100	花岗岩、安山玢岩	10、12	90°~69°	42°~45° 破碎带、表土:32°~36°	5.5	11.5~15	12	3
18	两岭 矿	550×350	12		-118	130	110×20~30	花岗岩、灰岩	10	表土 45° 岩石 65°~70°	上盘:41°8' 下盘:47°42' 西:43°4'	6	10		2
19	双孤 山矿	1620×1200	154	75	-114	568	360×40~80	绿泥石英片岩、混合岩	12	40°~65°	上盘:41°39'29" 下盘:42°17'40" 东端:38°25'31" 西端:39°33'52"	4	9		
20	马鞍山 矿	1100×880	140		-165	305	220×215	火山岩、闪长岩	14.5	55°~60°	北帮:37°~38° 南帮:34°~36°	北:9 南:6		单:9 双:18	

行了多次调整。如白银有色公司露天矿1采场的边坡角,先后经过4次修改,使边坡角由原设计的 $42^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 改为上下盘 $41^{\circ}\sim 44^{\circ}$,东端帮 $41^{\circ}10'$,西端帮 $42^{\circ}20'$;白银有色公司露天矿2采场亦进行过3次修改,其边坡角由原设计的 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$,实际改为上盘 $44^{\circ}\sim 48^{\circ}$,下盘 42° ,端帮 35° 等。石录铜业公司露天采场东南帮+20米以上属土质边坡,设计边坡角为 $35^{\circ}\sim 45^{\circ}$,在开采过程中,接连塌落,难以成坡,只好削坡,把边坡角改为 $28^{\circ}\sim 32^{\circ}28'$,并在坡面上植草护坡,筑砌块石排水沟,这段边坡仍处于不稳定状态,不时还有滑坡现象。

实践表明,采用类比法是不可能实现边坡参数优化的,而开采境界和边坡角度一旦确定,如要在生产过程中,尤其是在开采中晚期进行变更,那是非常困难的。

(2) 通过边坡稳定性研究确定边坡角

自七十年代末开始,我国金属矿山的边坡稳定性研究,进入了大发展时期,通过系统的研究分析,为合理确定边坡角提供了科学依据。据不完全了解,在可行性研究或设计阶段前进行边坡稳定性超前研究的极少,除最近提交的城门山铜硫矿可行性研究外,大多数矿山进行边坡稳定性研究,是在基建期间甚至是在生产很长一段时间后补做的,其目的在于验证设计边坡角的可行性。据这次调查,已经进行系统的边坡稳定性并通过鉴定或评审的矿山有金川公司露天矿、永平铜矿、德兴铜矿、铜录山铜矿、厂坝铅锌矿、团结沟金矿、丰山铜矿、南山铁矿凹山采场、大孤山铁矿等9个大中型露天矿山。我国金属矿山边坡研究水平有了很大的提高,取得了一大批科研成果,并已分别运用于各有关矿山的边坡设计和边坡管理。

在矿山边坡研究中,边坡岩体工程地质、水文地质调查分析得到高度重视,因为它是研究边坡稳定性的关键性基础工作,各矿在边坡研究中,按照不同的工程地质和水文地质条件进行边坡岩体工程地质分区,并分别进行边坡稳定分析。如:金川公司露天矿将边坡岩体分为3个大区,各区段的工程地质情况见表3。

岩体分区工程地质表

表3

分区地段编号		边帮组成岩体及分布范围	特 征
I 区	I—1	超基性岩体上盘,肉红色中细粒碎裂花岗岩以西地段	裂隙显著
	I—2	超基性岩体上盘,肉红色中细粒碎裂花岗岩地段	局部座落和普遍坍塌
	I—3	超基性岩体上盘,肉红色中细粒碎裂花岗岩以东地段	局部裂隙,风化强
II 区	II—1	超基性岩体下盘 F_{10} 以东地段	普遍坍塌
	II—2	超基性岩体下盘 F_{10} 、 F_8 、 F_1 间断层带	显著滑移
III 区		F_8 断层以北第四系松散岩带	倒塌少,较稳定

永平铜矿边坡研究中用聚类分析方法,把边坡划分为6个不同工程地质区段。其中I、II区岩石坚硬,块状结构,裂隙发育,稳定性好;III、IV、V区上部分布有老窑,岩体松散堆积体,岩石半坚硬,裂隙发育,岩体结构碎裂状、块状,稳定性较差;VI区岩性松散,岩体结构为散体状,裂隙性松散,稳定性很差。

德兴铜矿南山边坡按岩性、岩体结构、地质构造、水文地质条件,结合边坡方位和地形划分为6个区。其中V区位于采区中心部位,系矿体采完后形成的一个高达225米的孤丘,

出露花岗闪长斑岩，其中5个区的岩体均为硅化绢云母片岩，主要根据节理裂隙组合和断层展布关系划定。

大孤山铁矿边坡岩体划分为5个区，7个亚区。Ⅰ、Ⅳ区因岩石较坚硬，富水性弱，结构面组合关系对边坡稳定有利；Ⅱ、Ⅲ区节理发育，岩石破碎，边坡稳定性较差；Ⅴ区是很宽的断层破碎带，对于边坡稳定性极为不利。

南山铁矿凹山采场边坡岩体工程地质分为2个区，每个区又分为3个亚区，Ⅰ区复杂，Ⅱ区简单。其中仅有采场南帮的Ⅱ₃亚区为完整岩石，其余全是松散、松软至坚硬岩石和破碎岩石。

总之，对边坡岩体进行工程地质分区已被全面推广应用。为了确定边坡岩体中结构面的产状，在德兴铜矿边坡工程地质勘探中，在国内首次应用了岩芯定向技术，后来又在铜录山铜矿边坡勘探中采用。

经过系统的边坡稳定性研究之后，有的矿山对边坡角进行了修改，有的提出了针对性的稳坡措施。如金川公司露天矿原设计边坡角为41°，后来按区分段修改为上盘41°~44°，下盘老采场为36°~38°，东采场为32°~34°，端部为42°~44°。东部采场实际出矿量超出设计30%，多采矿石240.3万吨；平均剥采比为4.9米³/米³，比原设计剥采6.9米³/米³降低了29%。特别是在1990年7月，采场闭坑后，当采场全部设备和人员撤出仅6小时，东部采场整个边坡发生大规模倒塌，形成了一坡到顶的坡面，坡面角33°，高差156米。这个边坡正好落在修改设计的边坡角范围内，实现了边坡角的优化。

德兴铜矿的边坡研究，南山和北山边坡分别进行，南山边坡研究于1985年完成，北山边坡研究于1991年完成。南山边坡稳定性研究成果有：Ⅵ区边坡角可比原设计提高2.5°，减少剥离量80万米³；Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ区需要采取疏干措施，原设计边坡角才能保持稳定。此成果已被用于该矿3期扩建工程设计。但3期工程中设计北山边坡时仍采用类比法，全矿设计边坡角如图1所示。

该矿在3期工程基建期间，又进行了北山边坡稳定性研究，结果把北山黄牛前区段的边坡角，由原来设计的46°，修改为在446米标高以上降为40°，446米标高以下降为42°；北山西源岭区段的边坡角由原设计的44°，修改为在410米标高以上降为40°，290~410米标高降为42°，290米标高以下仍为44°。

黑龙江团结沟金矿采用类比法设计的边坡角为上盘50°，下盘37°~50°，端帮50°，在开采过程中发生过多次滑坡。在该矿2期扩建时，重新进行边坡稳定性研究，对原设计边坡角进行了全面调整，最终调整为上盘边坡角37°~43°，下盘30°~33°，端帮30°~40°，据此重新修改了露天矿的开采境界。

永平铜矿通过边坡角稳定性研究后，对天排山（西部）总体边坡角进行了验证，其结果说明该处总体边坡稳定，坑底标高可从原设计-2米下延到-50米，并可多采出矿石约500万

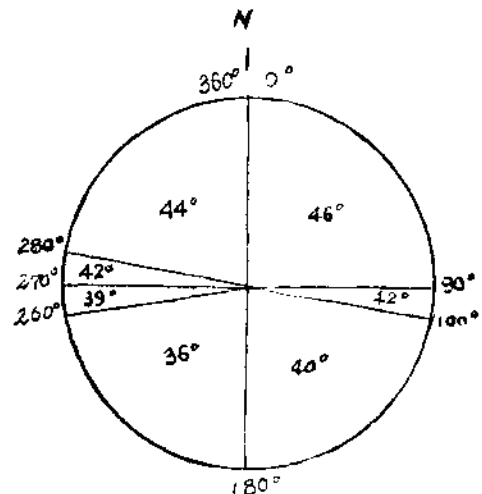


图1 德兴铜矿边坡角设计

吨,经济效益显著。该矿据此调整了下部开采境界,初步确定下延2个台阶,即坑底标高延深到-26米。天排山总体边坡角验证结果见表4。

天排山(西坡)总体边坡验证结果表

表 4

区段	勘探线	边坡垂高 (m)	边坡角 (°)	坑底-2m		坑底-50m		备 注
				稳定系数	评 价	稳定系数	评价	
0 线 以 北	5*	396	40°	1.24~1.3	稳定	1.21~1.3	稳定	
	3*	430	39°	1.31	稳定	1.25	稳定	
	1*	433	37°	1.51	稳定	1.47	稳定	
0 线 以 南	2*	239	43°3′	1.46	稳定			
	4*	239	44°	1.2	降震后稳定			

南山铁矿凹山采场通过边坡稳定性研究后,取得的成果如下:

(a) 采场东帮、南帮上部坡体处于极限平衡状态,因分散体结构和高岭土化,若风化加剧,需做工程处理。

(b) 北帮-60米以上的边坡角,可比原设计提高5°~8°,如边坡角从37°提高到42°,则可减少剥岩量300~500万吨。

(c) 采场全区0米标高以下边坡稳定。

(d) 采场南帮稳定性系数也较高,因系固定帮,开拓系统已形成,故不能再改原设计。

各矿的稳定性研究表明,只有通过边坡研究工作,才能不断使边坡角趋于优化。

4. 稳坡措施

稳定边坡的措施,通常包括疏干排水、工程加固、改善开采工艺和加强成坡管理等多方面。实践表明,在多数情况下需要采取综合的稳坡措施。

(1) 疏干排水。水对边坡稳定影响甚大,地下水的不良作用,一般能使总边坡角减少5°~7°。调查表明,大部分边坡破坏事件发生在雨季或春季雪融时期。因此做好露天矿的防治水工作,是稳定边坡的一项重要措施。地表水的防治比较简单,主要是采取堵水、截流、疏导、改道等工程设施,以便尽量减少地面水、大气降水进入采坑;进入凹陷开采后,采坑中的积水则通过泵站排除。

至于地下水的防治尤为重要,特将其调查情况归纳如下:

a) 深井泵疏干 如石录铜业公司露天矿,矿区水文地质条件复杂,地表水发育,地下水丰富,且其补给关系密切,采场抽水实测每昼夜最大涌水量达13400米³。该矿经过竖井疏干和深井泵疏干试验对比后,决定采用后者进行矿床疏干。为此,在采场东部及南部境界外先后布设了34台深井泵,其中正常运行28台,备用6台;深井位距境界外15~20米,井口开口直径530毫米,终孔直径325~377毫米,井深平均为80米;深井中土层用直径404毫米井壁管护壁,筛管内径305毫米,筛孔直径21毫米,筛管外包16目尼龙丝网和12目铁丝网。20多年的实践表明,深井泵疏干完全满足了该矿的生产要求,为我国大水矿床疏干提供了宝贵

的经验。²⁾

b) 巷道疏干 如马鞍山钢铁公司南山铁矿凹山采场, 在+45米标高转入凹陷开采后, 采用了井巷疏干排水系统。其流程为采场水→泄水平巷→泄水斜井→集水平巷→水仓泵房→扬至井口排入河中(酸性水排入酸水库)。该系统分2期建设, 1期工程服务于-60米标高以上的疏干排水, 于1979年施工, 1981年投入使用, 排水能力为3.45万米³/年。1期工程共有主井、西井和东井3条斜井, 主井倾角25°, 断面4×3米², 长322米; 西井倾角30°, 断面2.7×2.4米², 长330米; 东井倾角27°, 长342米。在西井内设有+30米、+15米、0米、-15米、-30米、-45米泄水巷道。井巷工程全长4362.36米, 掘进工程量38000米³。

1期工程在-65米设有井下排水站, 安装1000K-92A型水泵4台, 排水量1000米³/小时, YSB-92A型耐酸泵3台, 排水量540米³/小时。

经过10年使用实践证明, 1期工程达到了预期效果。

2期工程已于1991年5月开始施工, 在1期的基础上延深主斜排水井, 其井巷工程量26800米³。

c) 巷道—钻孔联合疏干 如厂坝铅锌矿, 该矿北坡属于高陡边坡, 又是要害部位, 采用巷道—钻孔联合疏排系统, 以减少水对边坡的不利影响。为此, 在北部边坡中建立了3个疏水段, 实行分段疏排。1466米疏排系统, 用于疏排地表至1466米标高区段内的地下水; 1466~1394米和1394~1312米疏排系统, 分别服务于相应范围内的疏排工作。排水巷道布置北坡内距外坡面30米左右, 其走向大致与坡面走向平行, 巷道断面2×2米², 坡度3~5%, 一旁设置专用水沟, 既便于泄水, 又便于水速、流量等水文观测。疏干钻孔直径100毫米左右, 孔深50~100米, 钻孔方向应考虑与层面正交和保证足够的疏干高度。截止1991年底矿山业已完成1466米水平疏水平巷和1312米水平疏水平巷。

d) 以疏为主、疏堵结合 如团结沟金矿, 已在其矿床疏干排水规划中, 将提出采取必要的堵水隔水措施; 在城门山铜硫矿的防治水方法中, 将采取以深井泵疏干为主, 同时将在主要地下水补给通道区段采用帷幕注浆的方法, 堵截地下水向采场内补给, 作为该矿防治水的辅助措施。

由于地下水的赋存条件对边坡稳定性的影响十分重要, 因而在矿山边坡稳坡工程中必须注意及时总结有关防治水的经验与教训。

(2) 边坡加固。当前常用的边坡加固工程方法有喷锚加固、抗滑桩加固和挡墙加固等, 有的单独采用, 但在大多数情况下也是采取综合措施进行加固的。

a) 喷锚加固 采用锚杆或锚索固定滑体, 在坡面喷射混凝土。有时先在坡面铺设金属网, 然后喷射混凝土, 以防止坡面风化和碎块坍落。白银公司露天矿于1975年处理1采场Ⅲ号滑坡体时, 采取抗滑桩加固坡脚, 锚杆加固坡面的综合治理措施, 共使用抗滑桩97根, 耗用钢轨41吨, 钢筋1吨, 锚杆200根, 耗用φ32毫米钢筋6吨。³⁾

铜录山铜矿为保护古矿冶遗址而设计边坡角大于60°的陡边坡。许多科研、设计单位提出了多种加固方法, 其共同点都是利用长锚索加固。北京有色冶金设计研究总院提出不良岩体置换和巷道锚索加固不良岩体两个方案, 每个方案都使用长10~30米、破断力为50~100吨的长锚索加固台阶坡面, 并采用锚索挂网喷射混凝土护坡和疏排水措施, 最后回填600万米³废石, 使边坡长期稳定。

[2] 江西铜业工程1989第1期, “石录露天铜矿疏干和防排水的实践”, 余源树

永平铜矿0~2线大滑体的上部,已成为悬挂岩体,为防止逐渐向上扩展为牵引式塌滑,已在262~430米之间采取应急性锚杆加固措施,即在298米平台上, F_1 和 F_2 两断层之间,打2排锚杆,杆距2米,排距4米,锚杆孔终直径76~80毫米,孔深20米,锚杆为 $\phi 36$ 毫米的20MnSi 螺纹钢,锚杆插入孔后用425 $^\circ$ 防酸水泥配制为200 $^\circ$ 砂浆浇灌。

南山铁矿凹山采场东端帮15米和30米台阶也是采用喷锚支护护坡。锚杆直径30毫米,长3米,外露0.2米,再纵横配置 $\phi 10$ 毫米的拉筋,然后用1:2:2(水泥:砂:砾石)的混凝土喷射,混凝土护层厚200毫米,提高了区段边坡的稳定性。

b) 抗滑桩加固 采用抗滑桩加固边坡是一项有效的且较普遍的技术。其工艺是用穿孔机穿孔,在钻孔中安放单根钢轨或组合钢轨,然后向孔内浇灌混凝土。有时将预埋的钢轨伸出钻孔孔口外,并用角铁或钢筋焊接,然后又浇灌成挡墙,使之成为组合抗滑桩,以提高其抗滑效果。

白银公司露天矿1采场1975年在东帮运输道的加固工程中,成功地采用抗滑桩加固,在长250米的范围内打了钢轨抗滑桩70根。钢轨型号为每米50公斤的重轨,共耗钢轨36吨。

宝山铅锌银矿于1977年9月用抗滑桩加固一长为40米,高17米的滑坡地段,共施工钢轨混凝土抗滑桩9根,成功地控制了滑坡。以后又使用同类型的抗滑桩加固3号、4号和9号滑坡体。

石录钢矿于1980年,在北部端帮采用半掩埋式抗滑桩加固一长度120多米,垂高16米的滑体,同时辅以钢筋混凝土挡板、填土复坡及地表防洪截流、排水等综合措施,至今稳定情况良好。

c) 挡墙加固 一般是坡角构筑浆砌块石挡墙或钢筋混凝土挡墙,它的作用有护坡、挡土和抗滑等。

永平铜矿西边坡4 $^\circ$ 勘探线附近,有煌斑岩体穿插边坡,该岩体暴露后见水极易泥化松软坍塌,赋存在346~406米标高,其暴露面积约1000余平方米,由于成坡后及时用浆砌块石护坡,基本保持了该段岩体边坡的稳定。该矿又在1 $^\circ$ 勘探线附近的 F_1 断层破碎带塌滑体上,依次在394米、370米、346米等并段台阶的坡脚上分别筑砌块石挡墙,分段阻止滑体的扩展,保持了该段边坡的相对稳定。

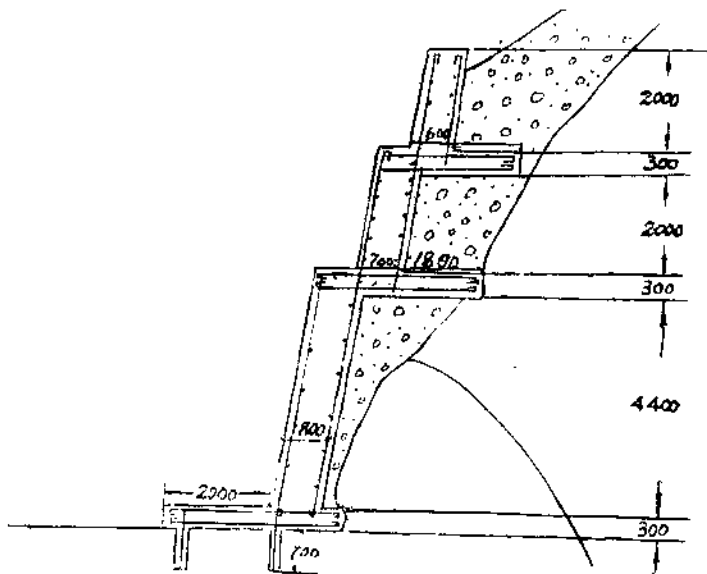


图2 三段挡土墙钢筋混凝土配置情况

闲林埠铝铁矿曾在采场东南帮及西北帮采取了构筑混凝土挡墙的方法,进行边坡加固。如西矿西端岩石风化,塌方处理后,还有产生圆弧形破坏的可能,计算其下滑力将达到每米

[3] 白银有色金属公司编著,《有色金属矿山露天开采》1989年兰州大学出版社出版

46.7×10⁴吨,因而在风化最低点-35米标高处,筑砌钢筋混凝土挡墙护坡,效果甚好。钢筋混凝土挡墙的结构如图2所示。

实践证明,喷锚支护特别是长锚索支护是一种很有前途的有效加固方法,它被用于对成坡上潜在滑体的加固时,能使加固工作由被动变为主动。

(3) 采剥工艺。采剥工艺直接关系到边坡存在的时间成坡的方法,也就是它与边坡稳定有密切关系。一般来说,矿山边坡存在的时间越短越好,成坡时对边坡岩体的破坏越小越好。为了实现上述目标,各个矿山都在根据自身的具体情况,在选用和改善采矿工艺方面做了大量的工作,取得了一定成绩。据本次调查,主要采取了下列行之有效的措施。

a) 分期开采 实行分期开采可以推迟最终边坡形成的时间。如德兴铜矿把具有最高边坡的北山区安排在3期扩建进行基建剥离,使北山边坡形成的时间比南山边坡形成的时间晚了10多年以上。鞍钢大孤山铁矿亦分3期开采,当前正在由小境界向最终境界逐步推进。金川公司露天矿先开西部老采场,服务年限17年,于1988年闭坑,后来东部采场,1990年闭坑,实际生产时间只有8年。该矿东部采场,由于边坡岩石松软,因而采取了强化开采措施,闭坑后很快就发生整个边坡大规模倒塌,这是合理控制边坡的典型范例。

此外,铜山铜矿前山采场根据上盘岩石稳定性好,下盘岩石稳定性差的特点,采取先形成上盘边坡,最后强化开采下盘的分期扩帮的措施,争取了用露采方法多回收部分矿石。

b) 陡帮采剥 主要是均衡开采过程的剥采比,同时也能推迟最终边坡的形成时间,该工艺已在德兴铜矿3期扩建的北山剥离,厂坝铅锌矿和铜录山铜矿2期工程中采用。

c) 控制爆破 为了降低爆破地震效应对边坡岩体的不利影响,在临近边坡地段,除严格限制同段爆破的炸药量和采用多段微差起爆技术外,还广泛采用预裂爆破和缓冲爆破等控制爆破技术。

实践证明,预裂爆破采用不偶合装药与岩石强度相对应的炮孔间距的预裂爆破,能够达到沿预裂孔中心连线形成平整预裂缝的目的,因而被广泛应用于露天矿山边坡的成坡爆破作业中。据不完全统计,本次调查的矿山采用预裂爆破保护边坡的有南山铁矿、大孤山铁矿、白银公司露天矿、厂坝铅锌矿、德兴铜矿、永平铜矿、闲林埠铅铁矿等。各个矿山都选用了与其岩石特性、穿孔设备(孔径)基本相适应的预裂爆破参数,有效地保护了边坡岩体的完整性。部分矿山的预裂爆破参数见表5。

预裂爆破参数表

表 5

矿 山	孔 径 (mm)	孔 距 (m)	孔 深 (m)	超 深 (m)	倾 角 (°)	不偶合 系 数	线装药密度 (kg/m)
德兴铜矿	150	1.5~2.0	12.5~15.5	0.5	75		0.94
永平铜矿	200	2.0	12.5	0.75	75	-6.25	0.75
厂坝铅锌矿	200	2.0	13.5	1.5	90	4.6~ 5.2	1.1~1.4
南山铁矿	150	1.2~2.5			60	3.75~ 5.0	0.6~1.2

南山铁矿的《边坡预裂爆破》科研成果,早在1980年就通过冶金部鉴定,其效果比常规

爆破减震60%~70%，破坏深度减少60%，固定边坡境界线得到准确控制。

该项科研成果，一直在南山铁矿得到了广泛应用，据1989年末统计，凹山采场累计已打预裂爆破孔（ $\phi 150$ 毫米）9万多米，由预裂爆破形成的固定边坡总长度达到8858米。

永平铜矿自1982年试验推广预裂爆破以来，在靠帮爆破时基本上做到了坚持使用，目前西部高边坡区段已下降到214米台阶，形成垂直高度为230米的固定边坡，整体效果十分显著，台阶明显，坡面平整。

缓冲爆破是在靠帮爆破时，通过采用逐排减少炮孔装药量和控制同时起爆的药量等措施，以降低爆破震动效应对边坡岩体的破坏力，其效果是显著的。缓冲爆破业已被普遍采用，其中有的矿山单独采用，而有的矿山则与预裂爆破配合使用。

厂坝铅锌矿与闲林埠铅铁矿的缓冲爆破是与预裂爆破配合使用的。缓冲孔布置在预裂孔和主爆孔之间，距预裂孔2米，距主爆孔3~4米，孔间距2.5~3米，其孔网参数小于主爆孔的孔网参数。厂坝铅锌矿采用不偶合装药，不偶合装药系数为1.5，线装药密度为13千克/米，分两段间隔装药，炮孔下部装50千克，上部装40千克，与预裂孔匹配使用。闲林埠铅铁矿缓冲孔采用分段装药，大部分为3段装药，从下向上逐段减少，多段微差爆破，其爆破效果在爆堆开挖后证明，边坡壁上保留有半个孔壁，壁面平整，护坡效果甚好。

铜录山铜矿为保护古矿冶遗址博物馆区域的边坡，在临近边坡15~20米时，亦采用缓冲爆破，其特点是缓冲爆破的炮孔孔距、超深和装药量均逐排减少，最后1排炮孔孔距较密且超深，同时还采用孔内微差间隔起爆技术。其装药结构是炮孔下部装2/3，上部装1/3，中间充填2~3米充填物，下段先爆，减少了同段起爆药量，降低了爆震强度，保护了古矿冶遗址区段的边坡完整。

白银公司露天矿在使用缓冲爆破时，还增加了减震孔（不装药气孔），即事先用减震孔在边坡一侧形成人为空隙，使传向边坡的爆破冲击波被减震孔缓冲衰减。该矿的减震孔有3种布置形成，其一是布置在装药孔的边坡一侧，孔底位低于坡面上，孔深一般为爆破孔的1/2~1/3；其二是布置在两装药孔之间，孔深与边坡孔深度相同；其三是上述两种相结合的混合布置。

（4）成坡管理

固定边坡形成后，还必须加强成坡管理，这同样是边坡工程的重要内容。据调查，为了加强成坡管理，大部分矿山建立了专门机构，现有采矿、地质、测量等专业人员，有的还设有边坡清理专业队伍。如白银公司露天矿和铜陵公司铜山铜矿曾配有50多人边坡工程队，永平铜矿则设有采场边坡工段，南山铁矿和大孤山铁矿则设有边坡技术管理科研小组等。他们的主要任务是负责边坡工程的维护检修；松软岩体的加固和滑坡处理；边坡监测和预报等。

a) 边坡工程的维护检修 其包括保持防洪、疏干、排水系统工程的完好和畅通，挡墙及护坡等加固工程的维修等。除了加强日常的巡视检查外，特别要注意加强大雨、暴雨、融雪期间的检查，发现问题，及时处理。

b) 边坡修整及滑体的处理 靠帮的采剥作业结束后，固定边坡基本形成，此时在坡面上或台阶平面上往往还会残留松石、伞岩，根底需要进行修整，才能形成符合设计要求的固定帮；在有的安全、清扫平台上还需要修通截水沟；松软岩石地段需要加固等，这些就是边坡修整的内容。当边坡上发生滑坡事件后，需要进行处理，其处理方法一般是采取削坡减载、清除滑体、进行加固等，有时则需要采取综合治理措施进行处理。