

第2届冶金矿山
采矿技术进展报告会
论文集



冶金部黑色金属矿山情报网
中国金属学会采矿学会

74.3083
000400

第2届冶金矿山 采矿技术进展报告会 论文集

冶金部黑色金属矿山情报网
中国金属学会采矿学会

依靠科技进步，促进
矿山生产设施发展。

徐大铨 1991.8.15

前 言

我国国民经济和社会发展十年规划和“八五”计划规定,到1995年和2000年我国钢产量将由1990年的6580万吨分别增至7200万吨和8000万吨以上,根据这一发展规划,到“八五”末期和本世纪末我国铁矿石需要量分别为2.5亿吨和2.9亿吨以上。面对未来的任务,回顾“七五”的成就,展望“八五”的发展,是我们举办第二次采矿技术进展报告会的目的所在。

“七五”期间,随着深凹露天矿的不断增加,一批露天矿山进行了挖潜和技术改造,采用了各种方式的联合运输,特别是发展汽车联合运输,高台阶开采技术的采用,以及露天矿大型成套设备研制成功,一批重点科研如无起爆药雷管、新型炸药研制取得重大进展。各种崩落采矿方法向大结构参数和提高矿块生产能力方向发展,大型地下矿山开拓的公路化及相应采矿设备的无轨化、液压化、自动化、使地下矿山向着“地下露天矿”的方向发展取得了可喜的进展。深露天矿的通风防尘,地下矿山多级机站的通风研究正在起步。边坡稳定性研究从经验转向定量化、模型化,边坡管理从人工判断转向系统化和智能化。电子计算机在矿山的应用进一步普及,特别是矿山微机CAD技术的开发和应用,使用微机进行辅助设计和实现现代化管理等都有了新的进展。此外,在专题研究与实践方面也取得了可喜的进展。

为帮助广大采矿科技工作者了解近年来国内、外采矿技术进展情况,掌握我国冶金矿山的技术装备水平与国外的差距,预测“八五”期间冶金矿

山的发展方向,值此技术进展报告会召开之际,我们编辑了这本《第二届冶金矿山采矿技术进展报告会论文集》,供同志们在工作中参考。

承蒙各位专家、学者及广大科技人员的大力支持,他们从各个不同的技术领域,结合自己的工作撰写了论文,在此,我们谨向他们表示感谢。本次报告会征文逾 70 篇,由于篇幅所限,不能全部刊出,敬希作者见谅。

多年来,冶金部黑色金属矿山情报网、中国金属学会采矿学会在冶金部各级领导及矿山企事业单位的大力帮助下,为促进冶金矿山的技术进步,开展科技成果推广与交流方面做了许多有益的工作,他们的工作成绩值得我们称赞。

本文集在审、编过程中,得到马鞍山矿山研究院部分同志的帮助,在此也向他们表示感谢。

董稼祥

1991 年 8 月

责任编辑:梁惠普

目 录

“七·五”期间冶金矿山采矿技术的新进展与今后展望	冶全部科技司 陈积松 牛京考(1)
未来采矿技术发展的预测	《国外金属矿山》编辑部 张健元(11)
苏联铁矿开采技术现状与发展趋势	冶全部矿山司 潘咏文(17)
铁矿山发展的主要问题及今后十年任务初探	冶全部规划研究院 宋 杰(22)
露天矿大型采掘设备及辅助设备的技术进展	东北工学院 黄万吉(26)
“七·五”期间我国露天铁矿技术进展综合评述	东北工学院 牛成俊(32)
金属露天矿开拓运输工艺与设备的技术进展	鞍山黑色冶金矿山设计研究院 洪迅法(37)
露天矿主要运输方式的适用条件及发展趋势	鞍山黑色冶金矿山设计研究院 白凤歧(49)
深凹露天矿联合运输开拓系统的现状、问题与建议	包钢矿山研究所 任保山(54)
深露天矿高台阶开采工艺的特点和发展趋势	马鞍山矿山研究院 张可能(60)
露天开采工艺的发展和革新	中南工业大学 陈 遵(66)
陡帮开采在我国冶金矿山的应用与展望	马鞍山矿山研究院 蔡鸿起(70)
露天铁矿爆破技术的发展趋势	北京科技大学 于亚伦(76)
露天矿爆破器材和爆破技术的进展	马鞍山矿山研究院 马柏令(79)
论排土场稳定性机理及排土技术的发展	马鞍山矿山研究院 苏文贤(86)
露天矿边坡工程技术的进展、困难和希望	马鞍山矿山研究院 祝玉学(93)
深露天矿边坡稳定性研究的技术现状与展望	东北工学院 卢世宗(104)
我国黑色冶金矿山边坡研究工作的进展述评	鞍山黑色冶金矿山设计研究院 王 敏(107)
深凹露天开采转入地下开采的技术进展与发展动向	兰州有色冶金设计院 王兴茂 吴洪年(109)
露天转地下开采的若干技术问题	北京科技大学矿业研究所 齐金铎(116)
地下采矿技术进展的综合述评	长沙黑色冶金矿山设计研究院 李鼎权(120)
谈我国坑内铁技术发展的趋向	鞍山黑色冶金矿山设计研究院 荣 飞 张宝中(127)
崩落采矿法的技术发展现状与未来	马鞍山矿山研究院 赵怀逵(133)
我国充填采矿法综述	东北工学院 孙凯年 曹殿民(138)
充填采矿法的新理论、新工艺和新方案	北京科技大学 蔡嗣经 童光煦(142)
空场法的进展	东北工学院 解世俊 史维祥(150)
试谈地下结合式采矿法的应用现状及发展前景	通化钢铁公司驼腰岭石灰石矿 孙光大(154)
我国地下金属矿山液压凿岩技术的现状与发展	北京科技大学 高澜庆 王保申(159)
“七·五”期间国内外矿山井巷掘进与支护技术的进展	马鞍山矿山研究院 曹汝杰 汪钟德(163)
松软岩层巷道掘进与支护技术新进展	北京科技大学矿业研究所 方祖烈(168)
国外小型地下采掘设备的发展与应用	钨矿冶设计研究院 胡际平(172)
试谈我国黄金矿山的生产特点	北京科技大学 李祥仪(178)
冶金矿山企业管理现代化的进展及对今后发展的意见	冶全部《金属矿山》编辑部 周国咏(183)
“七·五”期间冶金矿山技术经济政策述评	中国金属学会 杜启福(191)

冶金矿山税费政策的改革与建议	鞍山黑色冶金矿山设计研究院	王连国(196)
我国地方中小矿山存在的主要问题及其对策	鞍山黑色冶金矿山设计研究院	张宇珍(200)
深凹露天矿通风防尘技术现状与发展动向	马鞍山矿山研究院	刘振刚(207)
深凹露天矿采场通风除尘初探	包钢矿山研究所	田 莉(212)
冶金矿山安全技术与管理工作的进展	冶金部安全环保研究院	陆德懋(218)
近几年来金属矿井通风技术的发展	马鞍山矿山研究院	程历生(222)
金属矿山开采部门计算机管理信息系统的发展现状与方向		
.....	马鞍山矿山研究院	朱 敏 周文候(228)
“七·五”期间矿山微机 CAD 技术的开发和应用	鞍山黑色冶金矿山设计院	董贤伟 张生贵(236)
我国采矿工业中计算机应用的进展	西安冶金建筑学院	云庆夏 刘积学(242)
浅谈矿渣在矿山道路修筑中的应用	鞍钢矿山公司设计院	陈永萍(248)

*

*

*

深露天矿开拓运输工艺的技术改造	马鞍山钢铁设计研究院	吴浩爱(252)
试评深凹露天矿的几种运输方式	鞍钢矿山公司设计院	马永福(257)
白云鄂博铁矿扩建改造运输方式的合理选择和过渡实践	白云鄂博铁矿	尹福业 王 斌(262)
大冶铁矿硬岩排土场复垦尝试	武钢矿山设计研究所	徐万芳(267)
武钢金山店铁矿 I 采区矿块崩落法的试验研究		
.....	武钢矿山设计研究所、金山店铁矿、武钢矿山部	骆德胜 执笔(271)
卸压开采技术在小官庄铁矿的应用	北京科技大学	明士祥(281)
坑内铁矿山采矿方法设计与使用方面的几个问题	鞍山黑色金属矿山设计研究院	刘发源(286)
试论无底柱分段崩落法的截止品位组合	北京科技大学	任天贵 高永涛 陈卫星 桑茂祯(292)
端部放矿有底柱崩落采矿法	矿山村铁矿	王文卿(297)
防止溜放粘结性矿料时产生稳定粘结拱和管状流动的措施及计算方法		
.....	中南工业大学	戴兴国 古德生(304)
依靠技术进步 促进矿山节能	船山石灰石矿	欧阳驾明(310)
缩短地下铁矿山建设周期的措施和途径	马鞍山钢铁设计研究院	张化远(314)
发展地方冶金矿山的经验与对策	河北省冶金矿山公司	张剑云(319)

“七·五”期间冶金矿山采矿技术的新进展与今后展望

冶金部科技司 陈积松 牛京考

“七五”期间,我国冶金矿山通过挖潜改造,积极采用新技术、新工艺、新设备,加强企业管理,取得了显著成绩,为钢铁工业的发展作出了贡献。全国铁矿石提前三年实现“七五”规划目标。1990年全国生产铁矿石16832万吨,比1985年增加3098万吨;铁精矿和采剥总量也分别比1985年增加1150万吨和4198万吨;重点露天矿全员劳动生产率1990年比1985年提高23.94%,其中首钢矿业公司“七五”期间全员劳动生产率提高35%。科技进步在矿山生产中发挥着重要的作用。

一、国家科技攻关

“七五”期间,冶金部承担矿山方面的国家科技攻关两项,即“大型露天铁矿开采与铁锰选矿技术研究(75-29)”和“露天矿大型成套设备研制(75-50-01)”,经过40个单位近700名科技人员五年的共同努力,协同攻关,按照国家攻关合同计划要求全面完成了任务,并达到攻关考核目标,已通过国家验收。共取得42项成果,其中有20项达到国际先进水平。共获得直接经济效益1.1亿元,在今后的生产或扩帮与扩建中应用后,将获得数亿元的经济效益。“大型露天铁矿陡帮开采工艺研究”、“大型露天铁矿控制爆破技术与爆破器材研究”和“MARK36型154t电动轮自卸汽车”三个专题曾荣获国家计委、科委、财政部颁发的国家“七五”科技攻关项目阶段成果奖。这些成果在矿山全面应用后,可增加矿石产量,提高设备效率,降低采矿成

本,减少占用农田,保护生态环境,提高矿山管理水平和采矿技术水平,为我国大型露天矿山的技术改造和生产提供成套的技术和实践经验,对我国露天矿山的长远建设和发展,更具有深远的战略意义和指导意义。

1、大型露天铁矿陡帮开采工艺研究

陡帮开采是一种先进的开采工艺。它具有初期剥离量小,基建工程量小,建设周期短,最终边坡暴露时间晚等优点。国外从60年代起,就进行了陡帮开采的理论研究,美国皮马铜矿为了尽早采出深部富矿,在第二期开采中,富矿区的工作帮坡角取到27°,从而加快了下降速度。从国外十几个露天矿的资料可知,国外陡帮开采的基本开采参数取值范围是:台阶高度12~15m,工作平台宽度为40~60m,临时非工作平台宽度3~10m,工作帮坡角20~30°。

我国露天矿设计、生产通常采用缓帮开采。自70年代以来,对陡帮开采不断地进行可行性研究和试验研究,取得较大进展,积累了一定的经验。1986年,马鞍山矿山研究院、北京科技大学、东北工学院、鞍山黑色冶金矿山设计院结合本钢南芬露天铁矿采场实际条件和装备水平,在二期境界内,开展了大规模的工业试验。首先在完成试验任务和给矿山带来较大经济效益前提下,进行多方案比较,确定出最优试验方案,选取工业试验参数时,充分考虑到采场条件的可能性、接近国外水平和便于推广等诸因素。通过近20次的爆破试验与标定、回归分析、设备状态、开采参数、工作帮坡角优化、均衡生产剥

采比的研究,确定了临时非工作平台宽度为7m,工作平盘宽度为60m,一次循环推进宽度为53m,坑线宽度为25m。台阶高度取12m,台阶坡面角 65° ,一组台阶工作帮坡角,在含一条坑线时为 20.5° ,不含坑线时为 24.9° 。陡帮开采工业试验历时四年,经历了采场调整、三个台阶和四个台阶一组的组合台阶开采试验三个阶段。1988年10月形成三个台阶一组的组合台阶,1989年12月形成我国第一个四个台阶一组的组合台阶,试验期间,共采出工程量2743万吨,推迟剥岩量832万吨,获得经济效益3477.56万元。

该研究始终结合着矿山生产实际,试验计划纳入南芬露天矿的正常生产计划,科研与生产紧密结合,直接为生产服务。在工业试验的基础上,根据本钢公司矿石产量的需求和设计所确定的岩石运输系统,编制了南芬露天铁矿陡帮开采十年规划,在“八五”、“九五”期间,采用陡帮开采可推迟剥岩量1254万吨,推迟支出剥岩费4740万元。与缓帮开采相比,扩帮过渡期采用陡帮开采可获得经济效益1.6亿元。该研究全面系统地揭示了陡帮开采工艺特点和内在规律,提出了不设辅助移动坑线的陡帮开采工艺及二期境界内的经济合理工作帮坡角和优化的扩帮过渡期均衡剥采比。该研究成果填补了我国大型露天矿汽车运输陡帮开采工艺的空白,达到国际先进水平。也充分证明在我国汽车运输的大型露天矿应用陡帮开采技术是可行的。它不仅可作为南芬铁矿生产设计的依据,而且为我国大中型露天矿山技术改造和新、扩建露天矿山提供实践经验。

2、大型露天铁矿控制爆破技术与爆破器材的研究

为了寻求先进适用的爆破技术和可靠性能好的爆破器材,长沙矿冶研究院、马鞍山矿山研究院、北京科技大学、武汉安全环保研究院、北京大学、武汉工业大学等单位与南芬铁矿、水厂铁矿密切合作,进行了全面系统的试验研究,获

得了良好效果,达到和超过了国家“七五”科技攻关项目的预定指标,全面完成了任务。

1) 大区多排微差爆破技术

长沙矿冶研究院在南芬铁矿常规生产爆破调查的基础上,进行了精密的大区爆破设计施工与组织,按照总成本最低的原则,提出了一套大爆区和中小爆区计算机优化爆破参数和炸药品种选择的模型与计算机程序,开发研究成功了异步分区起爆大规模干扰降震技术,应用这些新技术,在南芬铁矿共进行了8次50~81万吨级的大区多排微差生产爆破试验,取得了满意的技术经济指标:孔网参数扩大5%,平均大块率0.1%,延米爆破量 $40.1\text{m}^3/\text{m}$,在矿岩中平均降震率为28.6%,爆堆形状良好,电铲工效提高19.6%,电铲备件消耗降低10%以上,震动强度和飞石均在允许范围之内。最大一次爆破量为81.1万吨,孔数505个,药量276t,创我国用先进装药车预装药,露天矿大区多排微差爆破量最大的成功先例。八次大区爆破已取得直接经济效益122.7万元,将从1991年纳入矿山正常生产计划。根据1990年提交的南芬铁矿扩帮过渡可行性研究报告,在1994~2006年期间,每年采剥总量将由目前的3700万吨增加到5800万吨,预计至少有50%的量需要进行约35次大区爆破,可增加年经济效益579万元。

在水厂铁矿进行了爆破分区,用台阶深孔爆破漏斗试验和现场试验两种方法,确定合理爆破参数,共进行了三次70万吨级规模的大区多排微差爆破试验,平均大块率0.735%,延米爆破量 $73\text{m}^3/\text{m}$,在水厂铁矿推广应用后,可获得年经济效益210万元。

大区多排微差爆破技术的研究成功,不仅为南芬铁矿、水厂铁矿当前生产、增加矿石产量、提高劳动生产率起到了促进作用,而且也两个矿山将来的扩帮与扩建提供了技术保证。同时这套技术也适用于其它大、中型露天矿的设计、生产与施工,具有广泛的推广应用前景和

实用价值。

2) 爆破根底综合治理技术

南芬铁矿由于地质赋存条件原因,底盘抵抗线大于台阶高度,在下盘爆区常出现根底,一直困扰着矿山的生产。国内外一些学者也曾试图解决这一问题,但都没有彻底解决。马鞍山矿山研究院和南芬铁矿等单位通过深入、系统地现场调查,实验室模型及相似现场爆破试验和动光弹实验研究,科学地分析了治理根底的各种途径,采取了 $\varnothing 380\text{mm}$ 大孔径炮孔、前排孔底部装体积威力较高的重铵油炸药为主,以控制前排孔超深、孔距、装药结构、起爆方式及顺序等为辅的根底治理综合技术。通过10炮970余孔170多万吨爆破量的现场工业试验,取得了显著的技术经济效益。在下盘难爆矿岩台阶清渣爆破时,采用 $\varnothing 310\text{mm}$ 炮孔,能克服16m大抵抗线不留根底,基本消除了下盘爆破根底。按车间成本计算,治理根底的年直接经济效益102.67万元。同时,还为南芬铁矿提出了治理爆破根底的合理爆破参数表,建立了生产爆破CAD程序和爆破数据库,作为今后矿山生产爆破的理论依据,具有一定的指导意义。

试验中采用了国产YZ-55牙轮钻机穿凿 $\varnothing 380\text{mm}$ 大直径炮孔,这在我国大型露天矿还是首次应用,标志着大型露天矿穿孔技术水平与设备性能又有了新的发展与提高。 $\varnothing 380\text{mm}$ 比 $\varnothing 310\text{mm}$ 、 250mm 的钻机每米穿孔费用分别降低33%和5%,每米装药量分别提高1.5倍和2.3倍。紧密结合矿山生产具体条件研究成功的这项根底综合治理技术,解决了南芬铁矿三十多年来一直未解决的老大难问题。

3) 30段非电高精度毫秒延期雷管与耐温高强度导爆管

马鞍山矿山研究院与赣州有色冶金化工厂共同研制成功了MG803-C型30段高精度毫秒延期雷管及耐温高强度导爆管。先后生产了30段高精度毫秒延期雷管近1万发,耐温高强度双层塑料导爆管近22万米。经南芬铁矿大爆

破试验,爆破效果良好。

MG-803C型高精度毫秒延期雷管主要技术指标为:

1段延时小于10ms。2~15段延时25~350ms,分段时间25ms;16~25段延时400~850ms,分段时间50ms;26~30段延时950~1350ms,分段时间100ms;

在20m常温水下,72h可靠起爆;

耐温高强度塑料导爆管的主要技术指标为:

耐温 $+80\sim+40^{\circ}\text{C}$,8h可靠起爆;

爆速 $1750\sim 1950\pm 50\text{ms/m}$;

在 $+80^{\circ}\text{C}$ 下,浸入浓度为80%的硝酸铵溶液或柴油中,8h可靠起爆;

在 75°C 高温下,荷载49N,可靠起爆;

在 -40°C 下,导爆管在同一处来回对折两次,可靠起爆。

武汉安全环保院和云南燃料一厂共同研制成功的FDG-1型非电高精度毫秒雷管,先后生产两批1~30段和1~35段的产品6000余发,在南芬铁矿进行了五次工业试验,其中包括一次预装药三天、80万吨级的大爆破,效果良好。长办科学院使用结果表明,采用孔内多段微差起爆能大大减少对坝基的破坏深度,降低维护费用。其主要技术指标为:

第30段标称秒量为1100ms,(10ms10个段,25、35、50、100ms的各5个段)

在 $+80^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$ 环境中,8h起爆性能可靠;

两单位研制成功的HS-1型耐温高强度导爆管,是由塑料和橡胶的共混物制成单层中空管材,内涂复猛炸药。经南芬铁矿和德兴铜矿近15万米的生产应用,效果良好。其主要技术指标为:

爆速:大于 1800ms/m ;

-40°C 8小时后,导爆管弯曲 90° 不折断;

1米导爆管在常温($150\sim 30^{\circ}\text{C}$)和 0°C 下承重分别为78.4N和29.4N不拉断;

+80℃在0#轻柴油中连续浸泡4h,起爆和传爆正常;

储存期2年。

采用不同技术方案和工艺研制成功的两种产品,都能满足大型露天矿大区多排微差起爆及预装药的要求,均具有结构简单,工艺技术先进,耐高低温性能好,其中雷管均超过了瑞典诺贝尔公司产品的水平,导爆管也达到了瑞典产品的水平,耐温性能优于瑞典单层结构导爆管。MG803型雷管已有几批产品远销到香港、澳门地区、喀麦隆及东南亚市场,与国外同类产品具有一定的竞争力。这些产品的研制成功,为我国起爆器材增添了新品种。具有明显的社会经济效益。

4)邻近边帮大孔径预裂爆破技术

北京科技大学矿业研究所以爆破地质工作、岩石动态荷载特性为基础,对水厂铁矿进行了分区设计,调整缓冲孔参数,控制半壁孔高度和预裂爆破主炮孔排数,采用45-R牙轮钻机($\varnothing 250\text{mm}$)进行预裂爆破18次,总长1400m,实现一次成帮。经测震数值处理,结果与普通爆破法相比,降震率在44%以上,采用地表裂隙测量与标准震源测速法相结合的先进测试方法,测得破坏范围减少61%以上,降震效果好。

该研究是采用生产钻机(45-R牙轮钻)进行大孔径预裂爆破,降震效果好,生产钻机单一化,与YQ-150潜孔钻相比,45R牙轮钻单位长度的预裂爆破费用要低32%,具有明显的经济效益,在大型露天矿具有推广应用价值。

5)爆破效应观测方法

为了对爆破效果进行客观准确地评价,需要寻求科学、实用的测量方法和技术。马鞍山矿山研究院研究的摄影图象分析方法,是采用随机抽样方法拍摄有代表性的岩块图象,用数理统计分析法确定拍摄张数及岩块离散情况,利用开发的图象分析软件包,在CA5300-IBM PC/XT-286图象分析系统上进行摄影底片的

识别和处理。该系统不仅具有人机对话、人工智能的功能,而且对从底片输入到最终块度分布结果连续完成。通过该系统的处理,建立了实际图象分析分布转化为筛分分布的两者相关关系。该分析方法已用于南芬铁矿爆堆块度分布的评价,给出了三种典型矿岩、八个炮例的24种情况的块度分布评价。目前已列入中瑞第三阶段国际科技合作项目加以深入研究。这是一种先进、适用、有效的爆堆质量评价方法,推广应用前景广阔。

北京科技大学研究的标准照片匹配对比法,在水厂铁矿爆堆上拍摄了800多张照片,采用VGB-1-IBM PC/XT-286图象分析系统进行块度分析,筛选出29张标准照片,与其它爆堆照片对比,得出矿岩块度分布参数,其方法简便易行,成本低。

冶金部安全环保研究院与北京大学合作,通过对南芬铁矿生产爆破大量的实测,振动速度波形分析和弹性波数值模拟结果,得出爆破振动无量纲化的速度、加速度、位移、主频以及响应谱随比例距离和比例高差的变化关系式,建立了响应谱预报模式。完成了一套可供模拟微差爆破时把岩体简化作为均匀弹性体反应的计算机软件,并把岩体中弹性波作动态显示。该方法能给出指定区域爆破引起惯性力的时间历程,新开发的复杂地形弹性波模拟和相应的软件包达到国际水平。

北京科技大学首次应用灰色决策理论、相关分析法、K-均值动态聚类分析法对爆破效果进行综合评价。所提出的以大块率、前冲距离、后冲距离、爆破成本这四个相互独立的指标,来反映爆破效果的简化评价方案,经水厂铁矿实际应用,能满足矿山生产需要。

长沙矿冶研究院在南芬铁矿进行了高速摄影观测,得出合理微差时间与抵抗线的相关关系式,建立了爆破地震效应数据库和观测管理系统;北京科技大学在水厂铁矿应用计算机在国内首次作出了震动强度、频率和微差时间三

者关系的灰度图,确定了降震的合理微差时间;应用拓朴学原理,建立原岩块度计算模型,计算结果与实测结果吻合较好。

3、大型露天矿边坡工程研究

长沙矿冶研究院与有关单位合作,在水厂铁矿施工岩蕊定向孔 10 个。构造孔 4 个,工程总进尺 3001.52m,13 个孔安装了水压计。查明了边坡深部各类各级结构面的产状,提供了可靠的工程、水文地质资料。在实验室作几十组各种岩石力学试验,在现场作了 4 组断层与岩体原位直剪试验。在此基础上,运用优化方法、三维变分法及非线性弹塑性有限元等 8 种方法,对 14 个地质剖面进行稳定性分析,得到最终合理边坡角。编制矿化、经济模型,建立了完整的地质、地形数据库,圈定了合理开采境界。在采场周边关键部位建立了合理的几何观测系统。其中控制网一个,观测线 6 条,长 4054m,布设了水准测点 52 个,基点 3 个,导线测点 52 个,基点 5 个,进行了 7 次垂直位移观测,两次水平位移观测,所编制的一整套测量记录、计算、分析整理软件成功应用于边坡监测工作,使内外业整理与计算实现了自动化。该研究可使水厂铁矿整体边坡角提高 $2\sim 3^\circ$,增加矿石采出量 379 万吨,减少剥岩量 7228 万吨,具有较大的经济效益,可为矿山设计提供重要依据,其整套技术、方法、软件系统可在冶金、有色、煤炭、化工、建材露天矿山推广应用。

马鞍山矿山研究院和鞍山黑色冶金矿山设计院通过太钢尖山铁矿工程地质测绘,施工定向钻孔与扫孔 5 个,总进尺 860.66m,14 条探槽、4 个探井、75km² 的矿区水文地质调查、不连续面测量、钻孔声波测量等大量的地质工作,做了各种岩石力学试验,建立了地震风险性分析模型与软件和矿化模型以及边坡岩体模型数据库。用二维动态规划法与移动圆锥法耦合方法圈定经济最优、又能满足采矿工艺条件的境界,实现边坡设计方案的始优化。然后采用蒙特卡洛法、验算点法、统计矩法和随机有限元法,完

整地提供各种设计方案,再比较各方案销售收入、生产成本、不稳定费用、流动资金和标准折现率和在采矿过程中实施的可行性,最后经经济分析对比和风险评价,确定出最优设计方案。此方案比原设计方案延深采矿 24m,多采矿石 637.57 万吨,多剥岩石 550.33 万吨,多盈利 11230 万元。采用多种分析方法确定最优设计方案,是一种先进、科学的方法,所推荐的边坡角可作为采矿设计的依据,该成果达到国际先进水平。

4、高台阶排土及排土场稳定性

我国冶金矿山每年有剥离量近 4 亿吨,占用土地约 1000 公顷,有色、煤炭的岩石量相当大,露天矿排土场占用土地面积约占全矿用地面积的 50% 左右。而且排土场失稳产生的滑坡及泥石流等灾害会对国家和人民的生命财产安全以及环境保护造成严重后果。因此,对露天矿排土合理规划,排土场的稳定性、保持生态平衡、进行定期监测、预报等方面进行研究,并在生产中实际应用,对全国露天矿生产具有重要的意义。

朱家包包铁矿采用铁路运输高台阶排土(40m),设计总容量为 3.65 亿米³,其最终境界占地面积约 4.1km²,距成昆线铁路支线仅有 100~150m,并紧邻金沙江。据不完全统计,该矿先后发生不同规模滑坡 30 余次,其中 50% 是由昔格达和软岩地基引起的,对铁路、金沙江以及安全有着潜在的巨大威胁,也直接影响着矿山生产。

马鞍山矿山研究院在该矿尚未被废石覆盖的 1.32km² 最终境界内的地基岩层上,共勘察测绘了 273 个地质点,施工地质钻孔 10 个,其中 2 个水文孔作为长期水文监测用,开挖探井 30 个,完成了总重约 100 多吨、7 个粒级的现场筛分与摄影测量,做了各种岩石力学试验,开展了排土场渗流及泥石流形成条件的模型试验。采用极限平衡法、非线性有限元法和随机概率法对单台阶和总体稳定性进行分析计算,得出

该矿排土场大边坡是稳定的,给出了软岩地基、稳定地基等不同情况的台阶极限高度,并提出排土场综合治理技术措施和一套生产、设计、管理技术理论和实践经验,尤其在泥石流形成机理综合分析评价、排土场渗流规律方面独具特色。该成果在朱家包包矿实施后,可获经济效益1.3亿元。不仅解决了该矿排土场稳定问题,保证矿山正常生产,而且对全国露天矿排土场设计、生产、管理都有推广应用价值,若冶金矿山排土场台阶高度由现在的15~20m提高到40m,每年节约费用5000万元。社会经济环境效益巨大。

长沙矿冶研究院等单位通过对南芬铁矿排土场的工程、水文地质调查和岩石力学试验,采用弹塑性有限元(二维和三维)和极限平衡法进行稳定性分析计算,得出2号排土场是稳定的,可增加台阶高度53m,4号排土场受水影响严重,岩体强度降低,应降低排土标高20m。提出有效控制地表水和地下水渗流,选择合理的排土方式和顺序,加强监测预报。鞍山黑色冶金矿山设计研究院等单位提出了改造4号排土场的技术方案,实施后将大大减少运输费用。长沙矿冶研究院依据南芬矿“八五”生产计划和采场轮廓,将岩石分块和基础数据输入计算机,形成规划的线路数据库。然后以总运费最小为目标函数,采用线性规划,对运输系统进行了优化计算,在不增加设备和投资的条件下,获得了较大的经济效益。

马鞍山矿山研究院对石人沟铁矿胶带运输系统进行了全面的工艺试验,得出了不同条件下的作业方式及排土机合理工作参数、排土机最佳移动步距、排土工作面死区处理方案等,提高了排土作业效率,这不仅对该矿排土的科学管理和生产有重要的指导意义,而且对我国大型露天矿胶带运输作业也有重要的参考价值。

5、大型露天矿计算机管理信息系统

马鞍山矿山研究院等六单位联合研究并在南芬铁矿建成一个露天矿管理信息系统。它包

括地测、年、季、月、周、日采剥计划、生产调度、设备管理、备件库存管理、材料库存管理、成本管理、计算机网络与数据字典等九个子系统与采掘过程模拟和矿石流品位偏差预测两个子专题,分别在12个工作站的18台微机上作业,并由一个具有局域网,远程通信、无线数字通信、无线与有线话音通信组成的通信网将它们联成整体,实现信息交换、资源共享。局网含有文件服务器2个及打印服务器2个。

系统的CAD部分将地测、计划系统联成一体,可以计算储量、提供各种地测、计划图纸与报表,实现了强有力的地测计划管理功能。调度系统实时采集生产信息,提供调度决策,使调度掌握实际生产动态,以便有效指挥生产,设备、库存及成本管理子系统完成生产辅助作业的管理功能,提高了全面管理水平。网络及数据字典管理子系统,使系统具有良好的系统控制、资源共享、安全保密、备份管理功能。系统具有采掘模拟软件,矿石品位预测软件及多种优化计算功能,提高了决策水平。整个系统达到冶金矿山80年代前期国际先进水平。对我国冶金、煤炭、建材、化工、核原料矿山均有推广应用价值。

6、“汽车—破碎—胶带”间断连续运输系统

马鞍山矿山研究院在对东鞍山铁矿固定胶带运输系统可靠性测试分析的基础上,对石人沟铁矿胶带运输排岩系统进行了全面的可靠性试验和分析,得出该排岩系统平均无故障工作时间为1.64h,平均修复时间为2.32h。该院和浙江大学共同完成的钢蕊胶带综合监测系统和驱动站振动监测仪、该院开发的胶带跑偏和速度监测装置,可用于胶带和驱动站的故障诊断和运行状态的监测,经石人沟铁矿工业试验表明,其工作可靠,运行稳定,灵敏度高,工程实用性强。

马鞍山矿山研究院负责研制的STQ型双级弹跳式刮刀清扫器,经镇江船山石灰石矿工业试验表明,单台清扫器的清扫效率可达95%以上,并可节省能耗,回收大量有用矿物,减轻

工人劳动强度,改善作业环境,延长胶带和托辊等部件的使用寿命,提高运输系统作业率。

东鞍山铁矿和黑龙江尼龙厂合作研制的MC-3-3新型尼龙轮衬,采用新的材质与工艺,其摩擦系数降低到0.14以下,经过700个轮衬的试验表明,使用寿命比工程塑料轮衬提高2倍,对钢绳无损伤,仅东鞍山铁矿两条胶带运输机使用,每年可节省64万元以上,效益显著。

鞍钢矿山设计院和无锡县硫化器厂共同研制的DDQ-1、DDQ-2、DZQ系列胶带修补器,经冶金、有色、煤炭、化工、电厂、港口胶带作业中使用,其操作简单,修补压力和温度均匀,修补后新胶与旧胶粘结牢固,表面平整、光滑,修补处强度保持率达90%以上,修补质量良好,目前已推广40台。深受用户的好评。

二、一批部控重点科研项目 取得重大进展

1、我国无起爆药雷管技术今年将在瑞典诺贝尔公司转产

冶金部武汉安全环保研究院研制成功的无起爆药雷管,以只装猛炸药的起爆元件取代起爆药,是一种新型工业雷管。1984年云南东川矿务局建成一条年产800万米和300万发雷管的试生产线,解决了点火药、延期药与猛炸药的匹配技术,改进和完善了生产工艺,实现了产品系列化。现在已能生产毫秒、半秒、秒延期三个系列,共37个段别的产品。它是有抗杂电、静电、射频电等优点,在生产、贮存、运输、使用时更安全。而且成本低、无污染,效益显著。经过20万发的使用,效果良好。

该技术1984年转让给瑞典诺贝尔公司,该公司通过来华实习和我国派专家技术指导,现已达到40万发批量,100%爆轰,形成了电和非电毫秒延期雷管系列。计划投资600万美元,建成一条年产2500万发的全自动化生产线,作业

定员12人。目前,厂房已竣工,主体设备正在安装中,该生产线由炸药处理、起爆元件装压药、管体装压药及与起爆元件装配和中央控制室四部分构成。该生产线是目前世界上自动化程度最高的炸药生产线之一,预计1991年完成安装调试,然后全面转产,取代有起爆药雷管生产。同时,诺贝尔公司根据双方协议,准备向其它国家再转售技术,相信在不久的将来,中国无起爆药雷管技术将促成雷管产品的更新换代。

2、RF-I型岩石粉状硝铵炸药

粉状铵油炸药由于成本低,原材料来源广泛,生产工艺简单,安定性好,是当今世界上各国使用量最大的工业炸药。但易吸湿结块,渗油变质失效,爆轰感和爆炸性能偏低,贮存性能、抗水性差。而铵梯炸药又因TNT原材料紧张,炸药成本高,粉尘及废水污染严重,给生产、使用带来很大困难。长沙矿冶研究院经过理论分析、实验室配方试验,采用乳化分散与晶析控制法新工艺和相应配方研制成功了RF-I型岩石粉状硝铵炸药。其配方为:硝酸铵:91.7%,木粉:5%,复合分散添加剂0.1%,复合矿物相3.2%。1989年江西宜丰化工厂进行了该炸药的工业试验和小批量生产考核,共试生产二十余吨炸药,产品性能达到设计要求,经使用单位试用效果良好。其主要技术指标为:

爆速:(m/s)	3300~3600
猛度(mm)	13.5~15.0
爆力:(ml)	330~360
殉爆距离(cm)	5~7
撞击感度(%)	16~20
摩擦感度(%)	0
临界直径(mm)	20
有毒气体量(l/kg)	47~50
密度(g/cm ³)	0.95~1.05
水份(%)	<0.4
贮存有效期(月)	>6

该炸药采用粉状硝铵、矿物油等廉价原料,添加多种表面活性剂和复合分散添加剂制造。

不含金属粉或爆炸物成份敏化剂,显著减少了粉尘和废水污染。具有防潮不结块的特点和良好的热安定性及贮存稳定性。以该炸药取代 2 号岩石粉状铵梯炸药和铵油类炸药是生产发展的需要。我国目前粉状铵梯炸药、铵油炸药生产厂家 200 余家,年总产量达 60 万吨。预测取代 50% 上述炸药计算,每年可节省原材料成本 6740 万元,有较大的社会、经济、环境效益,具有广阔的推广应用前景。

3、AE 型乳化炸药研制成功

乳化炸药以其良好爆轰性能和防水性能,

得到了广泛使用和迅速发展。但它也存在成本高,组份复杂。原材料来源受限制等问题。长沙矿冶研究院研制成功的 AE 型乳化炸药,采用单一的氧化盐和与其相匹配的廉价、高效的新型乳化剂而制成。配方组成:硝酸盐 70~85%,石蜡 1~4%,石油脂 1~4%,乳化剂 1~4%,水 8~15%,密度调节剂 0.1~1%,其配方简单新颖,原材料来源广,制造工艺简单,成本低廉,并且有良好的爆轰性能和储存稳定性。其产品主要性能与美国产品对比如下:

附表 两种炸药性能对比表

国别型号	爆速 (m/s)	能量 (J/g)	爆轰 敏感度	殉爆 (cm)	猛度 (mm)	临界直径 (mm)	抗水性能	储存 稳定性
长沙矿冶 研究院 AE 乳化炸药	4800 ~5000	4628	-24℃ (8 号雷管 敏感)	5	16~18	12~15	良好	6 个月
美国阿特 拉斯 Powemam-140 乳化炸药	4580	3956	-6.7℃ (雷管 敏感)	大于 2.5	/	13	良好	6 个月

经核工业部 719 矿和江西良山铁矿等单位使用,防水性能好,爆破效果良好。现场加工使用方便,加工起爆前不易破损,爆破威力大,大块率低。贮运安全、稳定。可适当改善爆破参数,提高爆破效果。

4、岩石三性分级

东北工学院在国内外调研、查阅大量文献的基础上,经过实验室试验和昆钢矿山公司、鲁中矿山公司、山东莱芜铁矿、江苏大屯煤电公司、大连金州石棉矿、抚顺老虎台煤矿、鞍钢齐大山铁矿等十几个矿山现场测试,取得了一万多个数据,建立了含有 17 个变量由 35 个工程组成的原始数据表,通过可靠性分析、程序开发和应用数理统计等现代数学方法,确定了三性综合分级的合理判据和科学的分级方法,建立了岩石三性综合指标的计算公式,编制了我国的岩石三性综合分级表。该方法与传统的普氏

分级法对比,可提高预精度 0.5~0.6 级。使用该方法对岩体进行综合分级,可合理确定消耗定额,提出安全措施,减少事故发生。特别是对新建矿山,应用此法更有利于正确确定总投资,具有显著的社会经济效益。建议推广应用。

为了便于推广岩石分级方法,同时研制了“微型凿测器及测试系统”,通过对冶金、有色矿山的 57 种代表性岩石测定,其数据稳定,相关性较好。该测试系统具有体积小、重量轻、价格低廉、坚固耐用、测试效率高等特点,比原便携式凿测器所测的相关性好,准确可靠,人机效率提高 20 倍以上,测试系统实用性强。

5、LRZ-2 型乳化炸药自动生产线投产

连续乳化生产工艺是最新发展的乳化炸药生产工艺。它具有生产能力大,炸药质量稳定,占地面积少、投资少等优点。长沙矿山研究院和武钢大冶铁矿共同研制并于 1989 年 9 月建成

一条年产 4000t 的乳化炸药连续生产线。试生产了乳化炸药 760 余吨,在生产爆破中应用,获得了良好效果。

该生产线采用了微电脑电子秤、WLJ-2 型微机流量积算配比调节仪、WJK-1 型微机温度巡检控制仪、大型细齿对辊破碎机、溶贮合一罐、板式加热器、卧式搅拌机、高效卧式乳化器、刮板式冷却器及单缸立式大直径装药机等新颖高效设备,使水与固体原料的配比,水相、油相、发泡剂的配比,各点的温度等工艺参数得到精确的检测与控制,从而实现了主要工序的生产自动化和连续化。本自动化生产线的特点是机械化自动化程度高,计量误差小,生产能力大,设备布置紧凑,投资少,炸药质量稳定,生产成本低。其主要技术指标为:装药机计量精度 $\leq \pm 3\%$,电子秤、油相流量计精度均 $\leq \pm 1\%$,发泡剂、水相流量计精度 $\leq \pm 1.5\%$,炸药总量计量精度 $\leq \pm 2\%$;密度: $1.10 \sim 1.38 \text{g/cm}^3$;爆速: $3500 \sim 4000 \text{m/s}$,殉爆 3cm,猛度 $> 12 \text{mm}$,经大冶铁矿生产运转表明,仪表工作稳定可靠,操作简便易行,可实行在线修改,适用范围广,爆炸性能好,成本低,技术经济效益显著,具有良好的发展前景。

三、“八五”初步设想与今后展望

“八五”期间,钢铁工业将跃上一个新台阶。到 1995 年,钢产量要达到 7200 万吨,炼铁能力有可能达到 8000 万吨左右,本世纪末,钢产量将达到 8000 万吨以上。目前铁矿石产量为 16832 万吨,只能保铁 5100 万吨左右。“七五”期间矿山基本建设投入少,仅占钢铁工业总投资的 4% 左右。导致矿山建设严重滞后。预计重点矿山每年将消失生产能力 300~500 万吨,“八五”期间共消失 1500~2500 万吨。大量进口不现实,受各种条件制约。一是国家外汇紧张,二是国际市场不稳定,澳大利亚出口铁矿石离岸价约合人民币 130 元/吨,今年还将提高 5%

左右。三是国内港口、码头能力不适应。这些将给“八五”钢铁工业继续增长带来很大困难,形势十分严峻。所以矿石供给必须立足于国内,只有依靠科学技术进步,加快建设新矿山,对现有老矿山实行技术改造和挖潜增产,才能保证钢铁工业发展的需要。

我国露天开采铁矿石产量约占全国重点矿山产量的 90%,现有 16 个 300~1000 万吨的大型骨干露天矿山,设计生产能力为 1.077 亿吨,采剥总量达 3.3 亿吨。目前已有大孤山、大冶等八个矿山转入深凹和凹陷开采,其产量约占全国重点铁矿山的 50%。深凹开采带来的问题是采场空间作业尺寸逐渐缩小,运距增长,边坡更高,环境污染越来越严重,防排水困难。剥采比大,采矿强度低。这些问题导致生产能力下降,消失加快。“八五”期间,解决我国深凹露天矿开采的重大技术问题,提高深凹露天矿开采综合技术水平,是深凹露天矿挖潜增产的主要途径之一。

从我国矿山资源特点和开采技术条件出发,针对我国深凹露天矿开采中带有全局性、方向性和基础性的关键技术问题,首先应着重对下列重大课题进行科技攻关。

1. 加速发展联合运输工艺

铁路运输在我国露天矿山中所占的比例约 50%,在现有 16 个大型骨干矿山中就有 13 个采用铁路运输,具有 2 亿多吨运输能力。目前我国铁路运输普遍存在线路质量差,大修周期长,汽车—铁路转载效率低等问题。为了解决深凹露天矿开拓运输落后的主要矛盾,需要:①加强汽车—铁路联合运输系统提高能力,研究陡坡铁路运输技术,改善铁路运输开拓系统,研究汽车—铁路转载的最佳形式,提高机车的额定牵引量和科学管理水平;②加速发展间断—连续工艺及设备,对现有的间断—连续运输设备要进行改造配套,提高系统运输能力,同时应研制可移式破碎机、移动排土机等配套设备以及研究系统工艺和参数优化等。

2、高台阶开采技术研究

我国露天矿山长期以来一直沿用 50 年代小设备确定的低台阶开采,不能满足大型露天矿开采的需要和钢铁工业对铁矿石的需求。本研究试图通过理论分析和工业试验,得出台阶高度与矿山生产能力、装备水平、剥岩工作制度、最终边坡角和开采深度之间的关系,确定适应矿山各种条件下的合理台阶高度、爆破参数和设备类型及效率。使穿孔、采装设备效率提高 5~10%,采矿成本降低 5~10%,矿山工程延伸速度达 10m/a 以上。为我国深凹露天矿的技术改造和新建矿山提供经验。

3、露天矿高陡边坡稳定性研究

我国露天铁矿最终边坡设计高度,一般在 300~500m,最高达 700m。随着转入深凹开采,边坡工程地质更为复杂,高陡边坡的失稳度增加。同时对高边坡在安全前提下,加陡边坡角,将减少剥离量,带来较大的经济效益。所以,要通过对露天矿高陡边坡地质、力学等的综合研究,确定边坡破坏数据;进行疏排水、测震降震、边坡监测、滑坡预报,并对不稳定边坡进行滑坡处理,采取补强和人工加固等综合治理措施。最终建立起我国露天矿山岩体边坡的破坏机制与判据,建立边坡稳定性评价的理论体系,完善边坡工程研究方法,在试验矿山保证边坡安全,加

陡 1~2°,建立长期预报装置,提供边坡综合治理实践经验,对我国大、中型露天矿山边坡的设计、生产、管理都有重要的指导意义。

4、深凹露天矿通风防尘综合技术研究

随着露天矿不断延深,环境条件日益恶化,空气污染严重。据白银露天矿连续四年的环境调查表明:采场粉尘平均浓度为 10~80mg/m³,最高达 400~1600mg/m³,大大超过国家卫生标准,该矿粉尘含游离二氧化硅为 20~40%,小于 5μm 的颗粒占 80%以上,这类粉尘是导致矽肺病的主要原因。据 1988 年统计,重点冶金矿山尘肺死亡 138 人,约为工伤事故死亡人数的 2 倍。矿山矽肺患者人数约占全国矽肺总数的 70%,我国矿山现有矽肺患者 35 万人,其中露天矿占 15 万人。据预测,1995 年矿山矽肺病人数将达到 50 万人。必须采取有效措施,切实保障工人身体健康,提高劳动生产率。

“八五”期间,通过调查与实测,重点解决好诸如路面扬尘、穿爆、铲运、卸矿等污染源的净化与控制技术,大力推广复垦、植被、造田、绿化、加强矿坑自然风流和局部人工通风的研究,对通风防尘技术措施从环境、社会、经济角度进行综合评价,提供污染气象预报系统,通风防尘专家系统和露天矿通风防尘设计规范。