维普资讯 http://www.cqvip.com



# 大型露天矿山稳产技术研究与应用

高 祥[①] 简新春[②] 吴志军[②]
([①]南昌有色冶金设计研究院,[②]江西铜业股份公司德兴铜矿)

**摘 要**:论述具有10万t/d出矿能力的大型露天矿山,如何实现两采区内部采剥技术工程的合理布置,并确保采区之间采矿技术工程衔接,稳定延长矿山10万t/d采矿能力的服务年限,指导矿山长远生产,确保矿山稳定均衡发展。

**关键词**:大型露天矿 开采优化 稳产技术
**中图分类号**:TD85 **文献标识码**:A **文章编号**:1671-4172(2007)05-005-05

# Study and Application of Stable Produce Technology at Large Scale Open-pit

Gao Xiang[①] Jian Xinchun[②] Wu Zhijun[②]
([①]Nanchang Engineering and Research Institute of Nonferrous Metals;
[②]Jiangxi Copper Co., Ltd Dexing Copper Mine)

**Abstract**: This paper discusses how to dispose two sections' mining and shelling in large scale open-pit having 100 thousand ton ore per day, and insure to join sections, and stabilize and delay mine's service fixed number of year, guide long term production, insure mine's development stabilization and proportion.

**Key words**: large scale open-pit; mining optimization; stable produce technology

德兴铜矿是中国最大的露采铜矿山,其铜储量达800万t,现开采铜厂和富家坞两个露天采区。2002年已达到10万t/d的采选综合生产能力,矿石均来自于铜厂矿区;富家坞矿区于2004年开始基建剥离,计划2007年投产并于年底达到日供应选厂1.5万t矿石,与铜厂矿区共同承担日出矿石10万t的规模。铜厂矿区从建矿初期2 500t/d地采到现在10万t/d露采已有近50年的开采历史,现进入深凹露天开采。随着资源开采消耗变化、开采延深及采矿空间缩小,如何制定科学的开采规划,合理安排两个采区的采矿能力,落实重点采矿工程、运输系统,并制定排土、防排水、设备更新投入计划,矿山稳定10万t/d生产规模、延长规模年限并保证经济效益,是矿山迫切需要解决的重大难题。另一方面,矿山生产积累了丰富的生产数据资料,以最新的数据更新矿体三维模型、估算储量,并依据动态变化的市场价格,优化开采境界,保证矿山生产合理、高效、经济、持续稳定的进行是十分必要的。

稳产技术研究是以铜厂、富家坞矿区作为整体,既实现两矿区内部采剥技术工程的合理布置,又确保矿区之间采剥合理衔接,稳定延长矿山10万t/d采矿能力的服务年限,指导矿山长远生产,确保矿山稳定均衡发展[1]。

## 1 矿区矿体模型及更新

基于铜厂矿区已建立的矿体模型,收集最新的(2005年)生产钻孔数据,对铜厂矿区矿体模型进行更新并计算最新储量。收集富家坞矿区勘探钻孔数据,进行地质统计学分析计算,确定变异函数模型参数并交叉验证,新建矿体模型,用克里格法估算矿区储量[2]。对两矿区储量计算结果进行分析对比,并用于后续的开采优化工作[3]。储量计算结果见图1、图2,对比分析结果见表1。

**表1 地质保有储量与模型结果相对误差表**

**Table 1 The table of relation error between geology reserves and computer model**

| 矿区 | 对比项 | 矿量/(万t) | 铜品位/% | 铜金属量/t |
|---|---|---|---|---|
| 铜厂 | 相对差 | -8% | 7.2% | -0.2% |
| 富家坞 | 相对差 | 1.48% | 1.2% | 3.3% |

高 祥 高级工程师 江西南昌 330002

维普资讯 http://www.cqvip.com



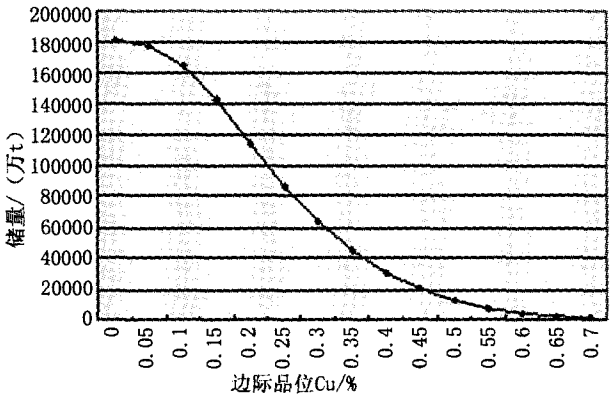



**图1 铜厂模型储量与铜边际品位关系图**

**Fig. 1 The relation between reserves and copper cutoff of Tongchang model**

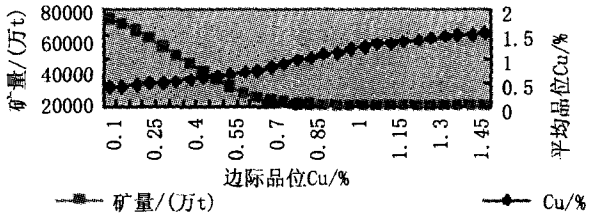



**图2 富家坞模型储量与铜边际品位关系图**

**Fig. 2 The relation between reserves and copper cutoff of Fujiawu model**

## 2 开采境界优化及设计

根据矿山数十年的生产数据研究选定相关的矿山技术经济指标参数,包括采选回收率、相应生产成本、运输管理费、税费、市场金属价格等项目,根据所建立更新的矿体模型和选定的技经参数指标,用L-G法进行开采境界优化,铜厂矿区共有36个分期境界,富家坞矿区共有31个分期境界,按选定的市场金属价格进行技术经济分析,以经济效益最大为原则,选定铜厂11号境界为最优境界,富家坞14号境界为最优开采境界[4-5]。

在选定的优化境界基础上,选取露天坑的道路、平台、最终边坡角等参数,进行露天坑的设计。铜厂、富家坞矿区优化境界见图3、图4。

## 3 优化境界对比分析

优化境界与铜厂矿区原设计境界对比分析,从平面、剖面图上可看出,矿区中部"中心孤岛"在20 000元/t的铜价时,从+110 m台阶开始出现;在25 000元/t的铜价时,中心孤岛从+80 m台阶开始出现;在30 000元/t的铜价时,中心孤岛约在-25 m水平开始出现。

西北部境界(包括黄坑区域)在20 000元/t的铜价时,优化境界比设计境界内缩较大,平面上约有100~150 m,坑底约在-145 m台阶,在25 000元/t的铜价时,优化境界比设计境界略外扩30~50 m,坑底约在-265 m台阶(境界设计时选定在-220 m台阶),在30 000元/t的铜价时,优化境界比设计境界外扩50~150 m,坑底约在-295 m台阶。

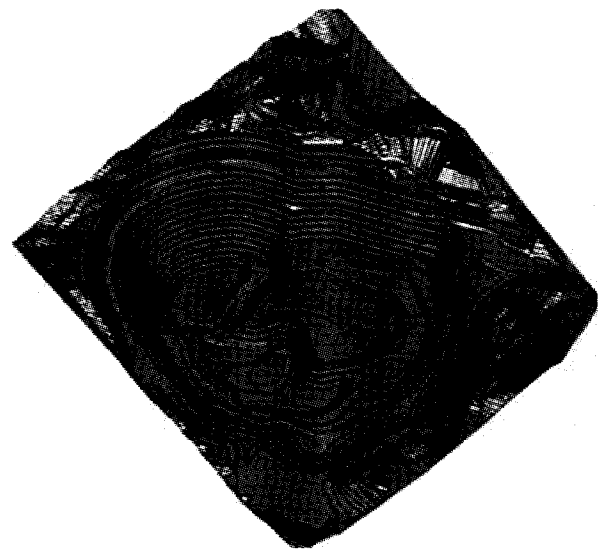


**图3 铜厂矿区优化境界视图**

**Fig. 3 The map of Tongchang open-pit**

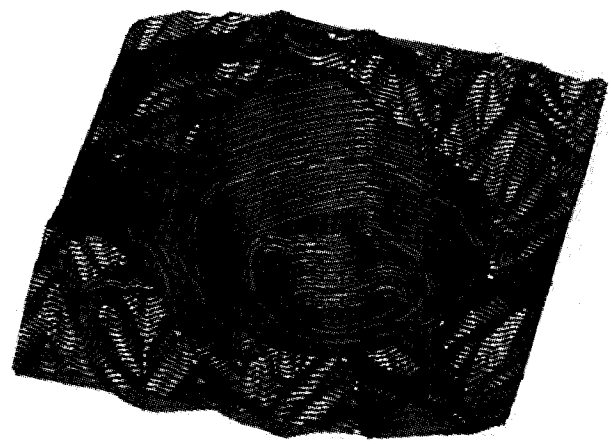


**图4 富家坞矿区优化境界视图**

**Fig. 4 The map of Fujiawu open-pit**

铜厂采区的东部、南部境界没有太大的变化,主要是大部分境界已到设计边界,留有最终境界边坡,外扩可能性不大。

与设计境界相比,铜厂优化境界黄坑区域增加矿量2 899万t,铜品位0.3956%,金品位0.1849 g/t,铜金属11.468万t,金5.36 t,多剥岩量6 822万t,按选定的技经指标计算,铜价25 000元/t时,可增加经济效益1.38亿元。

维普资讯 http://www.cqvip.com



富家坞矿区优化境界与设计境界矿岩量有差别,主要是由于本次研究选用的成本参数完全套用铜厂矿区指标,且与设计境界选取值有不同。鉴于富家坞矿区处于开采初期,采用分期开采方法,近几年还未涉及最终开采境界,对近5年开采规划工作没有影响,确定本次研究的铜价25 000元/t最优境界作为参考,采用本次所做矿体模型和设计中期、最终境界进行长远规划的基础上,安排近五年采矿生产计划。

## 4　两矿区采剥能力衔接长远规划

### 4.1　规划原则及依据

(1)铜厂与富家坞两矿区日出矿能力10万t。

(2)富家坞矿区选择合理的采矿工程布局,尽早提高日供矿能力,形成3万t至4.5万t的日供矿规模。铜厂矿区合理、有序地降低供矿规模,延长生产寿命。

(3)科学合理地投入主要生产设备,在渐进中新增电铲、电动轮汽车等设备和减退设备。

(4)铜厂与富家坞矿区2006年更新后的矿床地质模型。

(5)铜厂矿区采用此次优化的铜价25 000元/t开采境界,富家坞矿区采用此次调整的设计大露天境界。

### 4.2　设备效率值选取

经对铜厂矿区2001～2005年电铲、电动轮汽车、牙轮钻机主要设备作业效率统计分析,作如下取值:

铜厂矿区:16.8 $m^3$ 电铲作业台效为800万t/a～1 100万t/a(新电铲900万t/a～1 200万t/a),13 $m^3$ 电铲为600万t/a～800万t/a。纯出矿时取低值,纯出岩时取高值,其它按平均水平取电铲设备效率。

牙轮钻机500万t/台年或57 000 m/台年,电动轮汽车(R190)500万t·km/台年。

富家坞矿区:16.8 $m^3$ 电铲作业台效按800万t/a～850万t/a(新铲按850万t/a～900万t/a),13 $m^3$ 按600万t/a～650万t/a考虑。牙轮钻机和电动轮汽车效率同上。

### 4.3　两矿区采矿生产能力的衔接

#### 4.3.1　现状分析

铜厂矿区开采现状分析:

至2006年3月末,铜厂矿区已稳定10万t/d出矿能力,最低开采台阶为20 m水平,最高开采台阶为335 m台阶,预计2006年末上部黄坑与西源均将下降到320 m台阶,2006年年底最低开采位置将下降到5 m水平,西源中部将推进到110 m台阶,南部50 m台阶以上边坡及固定坑线将形成。随着西源中部继续下降,中心孤岛无矿岩体揭露,以及主采区下降,坑底缩小,铜厂矿区出矿能力有逐步萎缩趋势。通过模型矿体分析得知,要再次最快揭露矿体的地点在西源上部。

第一分期境界,即2007～2015年开采的黄坑西部、西源上部及二者交界区域,交界区域以形成黄坑西部到西源的运岩公路为主,须严格控制交界区域开采范围,强化黄坑西部与西源上部的下降速度。西部破碎站出入口下方位置在确保安全条件下尽可能往西北方向扩展,宜加速西源下部的下降速度,缩小西源下部与主采区的高差。

第二分期境界,为2016～2025年开采境界,开始考虑黄牛前区域尽快到位,将西源及黄坑下来后的废石物料反排到黄牛前区域。西源及黄坑所形成的高陡边坡稳定性需引起注意。

第三分期境界,即本次所做的铜厂最终开采境界。主要开采区域集中在西源及黄坑下降后的矿区西北部区域。铜厂矿区即将闭坑,进行露转坑相关研究,回收下部区域部分矿石。

富家坞矿区现状分析:

至2006年6月末,已完成基建剥离量1660万t。按基建剥离境界张家山500～590已形成临时边坡,最低作业台阶已下降到425 m,在基建剥离的同时,官帽山进行了滑坡体处理工程,已形成590～620临时边坡。

富家坞矿区前期为山坡露天开采,作业面较狭窄,为满足采矿工程的需要,必须在充分利用设备效率的情况下快速下降,因此矿岩区域作业的选择性不强,在近几年矿石的能力稳定和配矿工作只能由铜厂矿区来进行。

本次规划采用分期境界陡帮开采方法,首采区与初步设计一致,为进行基建剥离的小境界(基建剥离境界,比中露天稍小),因该境界内矿量维持1.5万t/d～2万t/d能力比较合理,而达到3万t/d生产能力比较困难,所以必须尽快进行第二期境界(相当于过渡境界)的剥离,以补充矿量稳定3万t/d能力,当第二期境界下降到245台阶左右时,矿石大面积暴露,备采矿量充足,便可形成4.5万t/d的生产能力。

#### 4.3.2　产量安排规划

维普资讯 http://www.cqvip.com



从2007年开始,先确定富家坞矿区的采出矿能力,按10万t/d组织生产,采出矿能力不足部分由铜厂矿区补充。通过两矿区采矿和剥离工程布置具体作图设计,2007年至2011年采矿工程按每年设计,2011年之后的采矿工程根据开拓矿量和采剥空间变化情况按3~5年跨度进行设计。

富家坞供矿由2007年的200万t/a上升至2011年的694万t/a,铜厂供矿由2007年的3 200万t/a下降至2011年的2 706万t/a。

2012年富家坞矿区供矿能力从3.0万t/d过渡到2019年的4.5万t/d,铜厂6.0万t/d过渡到5.5万t/d。

2007~2011年开采规划见图5(2011年以后因篇幅所限不在图中列出)。

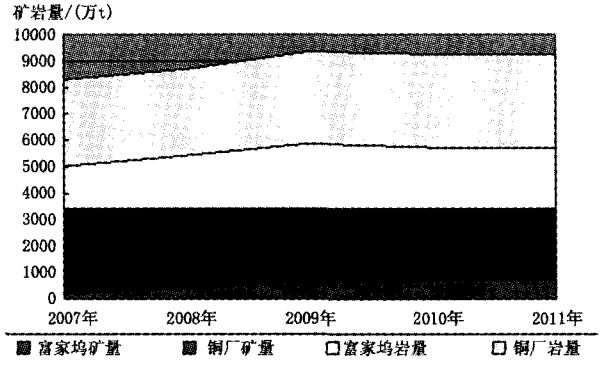



图5 2007~2011年开采规划图

Fig. 5 The map of mining plan from 2007 to 2011

## 5 设备更新及排水、排土规划

### 5.1 设备更新规划

随着铜厂矿区开采深度不断增加,现正在进行采剥运输方式专项科研,寻找满足铜厂矿区深度开采经济可行的采剥运输方案,故汽车更新按单一汽车运输方案确定更新数量(见表2),2009年及以后的更新在采剥运输方案明确后再行规划实施。

表2 2006~2010年设备更新表

Table 2 The table of equipment update from 2006 to 2010

| 设备 | | 型号 | 2006年 | 2007年 | 2008年 | 2009年 | 2010年 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 主要设备 | 钻机 | YZ-35 | 1 | 1 | 1 | 1 | / |
| | 电铲 | 2300xp | / | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 汽车 | R-190 | 4 | 7 | 6 | 6 | / |
| 辅助设备 | 炸药车 | BCRH-15B2 | 1 | 2 | 1 | 1 | / |
| | 推土机 | D10R或D375 | / | 2 | 2 | 1 | / |
| | 轮式推土机 | 824G | 1 | / | / | 1 | / |
| | 压路机 | SD200 | 1 | 1 | 1 | | / |
| | 平地机 | 16H | 1 | 1 | 1 | 1 | / |
| | 装载机 | 沃尔沃220E | / | 1 | 1 | 1 | / |

### 5.2 排水规划

近期排水方案主要是指随着采矿工程的开拓,95巷道临时排水系统向固定泵站接力排水系统过渡期间的排水方式。现有20 m台阶和35 m台阶水仓即将废弃,95 m临时排水巷道逐步废弃,今年底采区延伸到05 m台阶,目前使用临时排水系统不能满足采矿生产的需要。随着110 m截洪沟的形成,南部已到固定帮,将采用固定泵站和临时泵站相结合的排水方式。即从05m平台到50 m平台仍采用临时泵站排水,从50 m平台到南部110 m截洪沟采用固定泵站排水。结合中长期排水规划,当采区继续延伸,从50 m台阶开始,向下每隔60 m垂直高度建立一级固定泵站排水,最底部台阶至固定泵站为临时泵站排水。整个露天坑由下至上接力排水,中性水排至110 m水平截洪沟,沿110 m水平截洪沟排至大坞河,酸性水经泵站加压排至4#尾矿库中和处理。

富家坞矿区进入凹陷坑(170 m水平)之前,采场汇水均自流排出。作业台阶降到封闭圈以下后,必须采用机械方式排水,第一级永久排水泵站建在110 m标高,水排至170 m标高后自流出采区。随着露天采场的下降,每60 m设一个永久性泵站,与最低作业台阶的临时泵站联合,采用多级接力排水方式排出地表水和地下水。当露天矿由山坡转为凹陷坑生产后,在旱季会产生酸性水,经设计计算,酸性水量最大为3 000 $m^3/d$,需要进行处理,不能外排,规划考虑在170 m标高设立酸性水加压泵站,将露天排水系统排出的酸性水扬送至位于350 m标高的酸性水输送系统3#加压泵站,和废石场等处的酸性水一起泵送到4#尾矿库前处理后排入4#尾矿库。

### 5.3 排土规划

截止至2006年末,铜厂矿区规划境界内废石量57 210万t。其中北山170 m台阶以上废石量为16 589万t,规划排弃入北山排土场;170 m台阶以下及其它区域为40 621万t,规划排弃入南山排土场。

根据地形选择两处排土场分别位于富家坞矿区的南北两端。北排土场自然地形为一个三面环山的凹陷地带,主要用于官帽山的剥离,北排土场库容为450万$m^3$。南排土场位于露采境界南部100 m以外,大茅山沟上游,为富家坞矿区主要排土场。靠近采场的地形高,远离采场的地形低(最低110 m)。形成上部分叉(东、西两支沟)、下部汇合为一沟的自然地形,适合于堆存废石。废石产生的污水可通过沟谷流入酸性水库中。南排土场的库容为4.63亿$m^3$。

(下转第54页)

维普资讯 http://www.cqvip.com



板卡连牢,松脱手拉葫芦,让稳车新绳拉紧。

(3)井下人员将罐笼同要更换的首绳分离,并引入装矿皮带道中。

(4)放第一段新绳收第一段旧绳。井上下协调好,地表缓缓放新首绳,井下人工收旧首绳,收50 m左右割断(受场地所限)。依次重复进行,直至收好第一段。新绳下端及时同罐笼相连。

(5)上提第二段新绳收第二段旧绳。在井口再用10 t手拉葫芦将所放新绳拉紧后,将稳车上剩余的首绳全部拉出,绳头同旧首绳用2付单孔钢丝绳板卡连牢。将箕斗首绳同箕斗分离后并同另一台稳车引绳连牢。用稳车收旧绳,将新绳引过井塔到箕斗间,强行拉紧后,在箕斗上方打单孔板卡用5 t手拉葫芦拉紧后,量取合适长度将首绳同箕斗连好。先松5 t手拉葫芦,后松罐笼间10 t手拉葫芦。第一根首绳更换完毕。

按此步骤间隔更换不同捻向的下根首尾,直至更换完毕。调绳打压后投入使用。

## 3 两方案优缺点比较

(1)方案1是在提升机动作的情况下配合换绳,所有工作全部在地表完成。方案2是提升机不动的情况下换绳,人员分井下、井上两部分完成,

(2)方案1联系方便,视野开阔,人员少。

(3)方案1工程收尾工作量小,劳动强度低,换完绳后可投入使用,方案2需将井下旧绳提到地表。

(4)方案1的首绳一直处于工作人员的强有利掌控之中,有提前预控功效(6付板卡强行提绳),所换新绳受力好。方案2在回收下部旧绳放新绳中,因钢丝绳长且重,并部分扭曲,易在中下部缠绕,要求井上井下协调密切,凭经验观察,且换绳后的新绳受力不如前者。但后者省掉了4孔板卡的安装和撤除工作量。

(5)方案1更省时省力安全,方案2次之。

(6)方案1要求装备高,方案2有一台稳车即可实现。

## 4 结论

从综合分析比较和现场操作来看,方案1优于方案2。有条件的单位优先选用方案1。条件差的可选方案2。 □

(上接第8页)

南排土场随着采矿场的延深降段,在500 m、470 m、410 m、380 m、320 m、230 m等处设排土出口。最终南排土场将形成500 m、410 m、320 m、230 m台阶,段高90 m,台阶处保留100 m排土安全平台。

富家坞南北排土场的总库容为4.68亿$m^3$,能够满足富家坞矿区8.6亿t排土容量的需要。

## 6 结论及建议

(1)首次针对德兴铜矿铜厂和富家坞两个矿区从采剥技术工程、开采优化及合理衔接、设备更新、排土及防排水等工程方面进行长期规划,为两矿区稳定日产10万t生产能力和顺利衔接提供了依据,解决矿山生产面临的重大技术难题,为企业持续、稳定、高效发展提供技术保障。

(2)应用国际上先进的矿业软件,首次采用综合品位方式考虑银、钼、硫等元素价值,进行开采境界优化。铜厂矿区中部"中心孤岛"可降至+80 m,西北部境界(包括黄坑区域)可外扩30~50 m,增加矿量2 899万t,铜厂东部、南部境界变化不大。通过研究,德兴铜矿10万t/d采矿生产能力尚可稳定23 a。

(3)建议采用矿山生产炮孔岩粉数据对地质模型进行校正,建立钻孔、炮孔联合模型进行开采优化,同时对铜厂西北部境界扩帮进行更深入的设计研究。

(4)在长期规划基础上,完善短期计划应用,并与卡车调度系统相结合,保障科学规划(计划)在生产中实施。

### 参考文献

[1] 德兴铜矿.特大型露天矿山稳产综合研究与应用报告[R].江西德兴铜矿,2006.

[2] 侯景儒.实用地质统计学[M].北京:地质出版社,1998.

[3] 朱国山,高 祥.露天矿矿体计算机模型的建立[J].金属矿山,1997(8):5-9.

[4] 高 祥.应用Mintec软件优化露天矿山开采规划与设计[J].矿冶,2000(2):10-14.

[5] 周紫辉.浅谈采矿系统软件MineSight在露天境界设计中的应用[J].有色冶金设计与研究,2006(4):1-4. □