

文章编号:1000-4734(2001)04-0609-04

云南元江金矿矿床模型及矿产经济

秦德先¹ 刘春学¹ 燕永锋¹ 李麦兑²

(1. 昆明理工大学 地球科学系, 云南 昆明 650093; 2. 武警黄金十三支队, 云南 昆明 650031)

摘要:随着湿法冶金技术的发展,过去圈定氧化矿的工业指标在当前技术经济条件下过高,已将大量矿石划为废石,既浪费了资源,又污染了环境。通过建立矿床模型,优化工业指标,重新圈定矿体和计算储量,增加金储量10t,为提高矿山生产的经济效益,充分合理利用矿产资源提供了科学依据。

关键词:矿床模型;矿床工业指标优化;矿体圈定;储量计算;矿产经济评价

中图分类号:P618.51 **文献标识码:**A

作者简介:秦德先,男,1939年生,教授,矿产地质与经济专业。

金厂金矿是云南主要黄金产地,位于云南省元江县与墨江县的交界附近,北段为元江金矿,南段为墨江金矿。按照矿床勘探时圈定的矿体和储量,目前元江金矿资源紧张,主要保有储量和开采对象是深部的脉状硫化矿。由于这种脉状矿埋深大,矿脉薄,以硫化物为主,因而采出和浸出回收率低,贫化率高,生产成本高,效益差。近年笔者参与完成了云南省省院省校科研“墨江—元江金矿深部与外围成矿预测和验证工程设计”。本文为研究成果的一个部分。

1 地质概述

金厂金矿位于哀牢山构造带中段。哀牢山构造带地处扬子地台与三江褶皱系交接部位,北西南东向延伸,往北西收敛,向南东撒开,呈帚状分布。自西向东依次有红河壳断裂、哀牢山和九甲—安定超岩石圈断裂,三条大断裂倾向北东,为哀牢山构造带的骨干构造。前两断裂间为哀牢山深变质带,后两断裂间为哀牢山浅变质岩带^[1]。

金厂金矿产于九甲—安定脆-韧性剪切带中(与矿区沿用的金厂组同时异名)^[2-3]。矿区出露地层为上泥盆统苦杜木组(D₃k)变余砂岩、硅质岩、板岩、基性火山变质的绿片岩和上三叠统(T₃)杂色泥岩与砂岩。金矿产于苦杜木组硅质岩和变余粉砂岩中。矿区构造以NNW向金厂倒转背斜和NW、EW向断裂为主,金矿分布于背斜西部倒

转翼,受褶皱和断裂控制明显。矿区岩浆岩以金厂超基性岩体为主,出露于矿区东侧,局部推覆于苦杜木组之上,岩体被断裂破碎强烈,具滑石化和蛇纹石化。

主要金矿化有两类。一是含金石英脉型,以NW向含金石英脉为主,雁行状成群分布,矿脉穿层产出,与围岩界限清楚,主要产于变余砂岩中,金含量高,主要分布于北部48两山矿段;另一类是含金硅质岩,矿体呈似层状、扁豆状,与围岩整合产出,逐渐过渡关系,主要分布于老金牛矿段及其南部。

金属矿物主要有黄铁矿、黝铜矿、辉砷镍矿、辉锑矿、方铅矿、闪锌矿;非金属矿物以石英、玉髓、隐晶硅质为主。金、银矿物有自然金、银金矿、自然银,产于黄铁矿、石英裂隙中。围岩蚀变主要有硅化,黄铁矿化,锑水云母化等,与金矿化关系密切。

该金矿经中国人民解放军〇〇五三三部队于1972—1982年详细地质勘探,提交了勘探报告^[4]。工程测量、探矿工程施工和采样化验质量合格。储量级别为C+D级,其中C级占67.9%,规模为大型金矿床。矿床建模的原始资料即来自于该矿床勘探报告。

2 矿床模型的建立

建立矿床模型,需用软件包在计算机上实现。这次使用的软件包是自行研制的“矿床数学经济模型”大型专用软件包^[5]。

收稿日期:2001-10-12

基金项目:云南省省院省校科技合作科研项目(编号:YK98008-1)

2.1 模型参数和原始数据统计分析

矿床模型范围是元江金矿的48两山和老金牛矿段,北西长1 050 m,宽450 m,高200 m(海拔标高1 900~2 100 m)。单元块大小为3 m×3 m×1 m,共计1 050万个单元块。

本次研究收集了模型范围内钻孔、探槽、浅井、坑道、老硐等所有探矿工程、取样化验成果及其三维坐标,建立了原始资料数据库。化验样品4827件,按1 m定长组合为4853件组合样。统计分析结果,金的最高品位为122.5 g/t,平均品位1.88 g/t,标准差4.64,变化系数为246.8%,品位变化极大。品位分布为标准的对数正态分布模式。特高品位的处理方法,以平均品位10倍为特高品位,也就是特高品位用平均品位的10倍来代替参与估值。

2.2 数学模型

根据元江金矿的矿体形态产状及矿化空间分布,分别计算了矿体走向(340°)、倾向(70°)和厚度方向(250°)三个方向的实验变异函数,并绘制实验变异函数曲线。曲线在原点附近短距离内出现了块金效应,变程在一定范围($h \leq a$)内,变异函数值随 h 增加而增大,反映出变量具有一定连续性;当变程到达了一定数值($h \geq a$)后,变异函数趋于稳定,即投影点在有限方差水平线上上下波动,变量连续性消失。这说明变异函数曲线为跃迁型,可用球状模型进行理论拟合(图1)。各个方向实验变异函数曲线的基台值($C_0 + C$)大体一致,而极限变程不同,为几何各向异性,各方向实验变异函数的组合,通过线性坐标转换实现。拟合出来的理论变异函数(数学模型)^[5-6]为:

$$\gamma(h) = \begin{cases} 0 & h = 0 \\ C_0 + C \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{h}{a} - \frac{1}{2} \cdot \frac{h^3}{a^3} \right) & h \leq a \\ C_0 + C = 0.245 & h > a \end{cases}$$

$$= 0.12 + 0.125 \frac{3h}{2a} - \left(\frac{h^3}{2a^3} \right) \quad h \leq a$$

交叉验证的样品数2450件,原样品Au的平均值1.92 g/t,估计结果Au的平均值为1.84 g/t,相对误差为4.35%, $t = 1.95$ 。查 t 分布表,得 $t_{0.05}(\infty) = 1.98$,今有 $|t| = 1.95 \leq t_{0.05}(\infty) = 1.98$,因此,原始值和估计值没有显著性差异。

2.3 品位估值和储量计算

应用上述建立的矿床数学模型可进行品位估值和储量计算。估值的信息数据为原始样品的组合样数据,方法为对数克里格(Kriging)法,估值的范围为上述建模范围,确定待值单元块品位的最少参估样品数据为3个,最多为8个。

估计结果,可绘制出不同比例尺任一横剖面、纵剖面和各中段的金品位(g/t)分布图(图2)

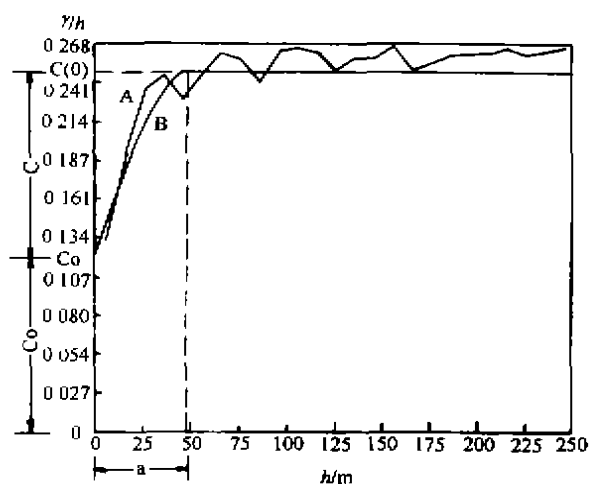


图1 平均实验变异函数曲线及理论变异函数

Fig. 1. Mean experimental variogram and theoretical variogram. $\gamma(h)$, 变异函数 a , 极限变程 $C(0)$, 有限方差 C , 跃迁系数 C_0 , 块金 A , 实验变异函数曲线 B , 理论变异函数曲线

25	94	390	131	39	709	39	38	65
18	580	317	434	230	606	36	38	56
55	8	1193	416	251	604	50	38	57
22	25	821	392	276	41	644	38	53
32	18	609	316	407	21	613	43	55
103	18	52	220	401	215	699	60	57
38	35	120	920	384	254	88	54	57
105	22	25	635	320	320	66	603	81
130	14	18	50	1254	369	232	850	41
132	35	34	117	962	336	220	916	39
136	96	22	25	666	253	213	72	296
114	120	22	18	52	1156	295	32	280

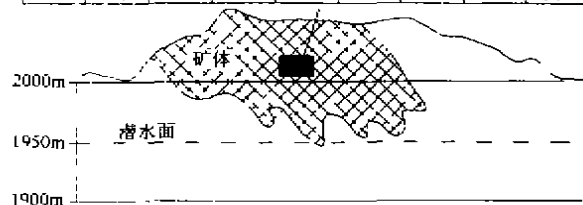


图2 元江金矿44勘探线金品位(g/t)分布图
Fig. 2. Grade distribution of prospect line No. 44 in the Yuanjiang gold deposit.

品位估值后即可计算储量。在元江金矿建模范围内,分别用10种边际品位圈定了10种方案的矿体,并分别计算出储量和平均品位(表1),绘制出品位-吨位图(图3)。在品位估值的基础上,矿山企业可随产品的生产成本和市场价格随时间的变化,综合考虑资源充分合理利用,矿山企业经济效益及环境保护等问题,动态地选择开采矿体的最佳方案。

表1 元江金矿品位储量表

Table 1. Grade and reserve of the Yuanjiang gold deposit		
边际品位/(g/t)	储量/(t)	平均品位/(g/t)
0.2	12.666	1.544967
0.5	12.508	1.552826
1.0	10.261	1.672981
1.5	6.76	1.883022
2.0	2.956	1.927559
2.5	1.115	3.084422
3.0	0.554	3.406206
3.5	0.328	3.698661
4.0	0.203	4.003789

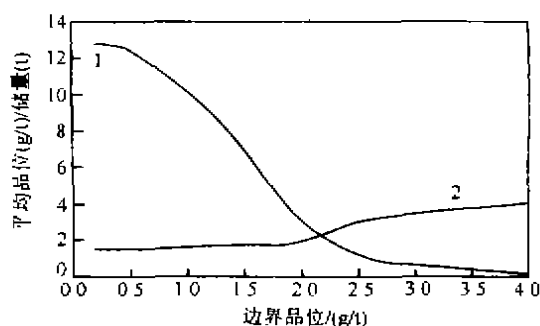


图3 元江金矿品位-吨位曲线图

Fig.3. Grade-tonnage curve of the Yuanjiang gold deposit.

1. 边际品位-储量曲线 2. 边际品位-平均品位曲线

3 矿产经济

3.1 关于工业指标问题

矿产工业指标是当前技术经济条件下,矿业部门对矿产质量和开采条件要求的标准,与矿床的地质经济参数、采选冶技术水平,国家对资源的需求程度及经济政策等因素有着复杂的制约关

系。也就是说随着采、选、冶技术水平的变化,工业指标也是可变的。对于金属矿床,品位指标尤为重要。边际品位是划分矿与非矿的分界品位,边际品位过高,将使部分矿石划入废石,既浪费了资源,又污染了环境,而且往往使一个矿体变为了多个矿体,矿体规模变小,形态复杂化,从而增加了采矿成本,在经济上也不合理;边界品位过低,将使矿体失去了工业意义。因此,选择最佳品位指标是矿产经济评价的重要问题。

中国人民解放军〇〇五三三部队(1982)提交的详细勘探报告,是矿山建设和生产的主要地质依据,限于当时的科学技术条件,湿法冶金和加工工艺水平不高,矿山生产的最终产品浮选精矿,销售到云南冶炼厂火法冶炼电解提取黄金。氧化矿因浮选回收率低,勘探时重视不足,研究程度低,品位指标定得过高,边界品位为1 g/t,工业品位为2.5 g/t。近年来湿法冶炼技术发展迅速,堆浸、全泥氰化-炭浆工艺水平不断提高,根据采选冶成本和产品的市场价格,原有的氧化矿品位指标应该随之降低,最佳品位指标可通过定量计算加以选择。

3.2 元江金矿氧化矿品位指标的确定

确定品位指标的方法有多种,这里采用价格法。价格法是根据从矿石中提取单位最终产品(精矿或金属)的生产成本不超过该产品销售价格的原则来确定工业品位的方法。

元江金矿露采氧化矿以1999年为例,经济技术参数如下:

选矿回收率 $K_n = \text{浸出率 } 71\% \times \text{吸附率 } 96\% \times \text{解吸率 } 90\% = 61.34\%$; 冶炼回收率 $K_m = \text{电解率 } 98\% \times \text{冶炼率 } 99.01\% = 97.12\%$; 采矿贫化率 $r = 5\%$; 黄金价格 $S_m = 75\,000\,000$ 元/t; 金产品品位 $C_m = 99.9\%$ 。处理1t矿石的地、采、选、冶总成本 $A_m = 28.5$ 元,其中包括:采矿成本6元/t,运输成本2元/t,筑堆翻堆成本2.5元/t,资源补偿和管理费用7元/t,水电费1元/t,氰化钠费6元/t,炭吸附、解吸、电解、冶炼费3元/t,折旧费1元/t。

用价格法确定边际品位 C_p 的公式计算如下:

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{A_m \times C_m}{S_m \times K_m \times K_n (1 - r)} \\
 &= \frac{28.5 \text{ 元/t} \times 99.9\%}{75\,000\,000 \text{ 元} \times 97.12\% \times 61.34\% \times 95\%} \\
 &= \frac{28.47}{44\,521\,987} = 0.64 \text{ g/t}
 \end{aligned}$$

3.3 矿床总利润的计算

用价格法计算结果,元江金矿氧化矿的最低边际品位,即经济平衡品位为 0.64 g/t,根据表 1 边际品位、平均品位、储量之间的关系,按照这个指标圈定矿体,内插法计算结果,元江金矿平均品位 1.586 g/t,储量 Au 为 11.87 t。元江金矿范围原储量约 2 t,也即通过调整工业指标,进行矿体的二次圈定,金储量可增约 10 t(储量级别为 C+D 级)。

总利润等于各组分利润之和,其计算公式为:

$$P = \sum [Q \cdot C_k \cdot r \cdot R \cdot K_m \cdot S_m] - (TA_m + E) + T$$

式中:

P 为矿床最终利润(元);

Q 为矿床矿石总储量(t) = $(11.87 \text{ t} \div 1.586 \times 10^6)$;

C_k 为矿床平均品位 = 1.586×10^6 ;

R 为回收率(%) = 95;

E 为矿山企业的总投资(元) = 18 000 000;

T 为闭坑后剩值(元) = 3 000 000;

TA_m 为采、选、冶总成本 = $Q \times R \times A_m$;

其余参数同上。

把元江金矿的各参数代入上公式(此处仅计算金的利润)得:

$$P = [7.57 \times 10^6 \times 1.568 \times 10^{-6} \times (1 - 0.5) \times 0.6434 \times 0.95 \times 75\,000\,000] - (28.5 \times 7.57 \times 10^6 + 18\,000\,000) + 3\,000\,000 = 462 \times 10^6 - 233.5 \times 10^6 + 3 \times 10^6 = 234.5 \times 10^6 (\text{元})$$

用不计价评价法计算结果,矿床总利润为 228.5×10^6 元。

4 结论

(1)随着湿法冶炼技术水平的提高,矿产品位指标可以降低。建立元江金矿矿床模型,优化品位指标,重新圈定矿体,可增加储量,减少资源浪费和环境污染,提高矿山经济效益,延长矿山服务年限。

(2)应用矿床建模专用软件包,在计算机上实现矿床建模指标优化、多方案对比圈定矿体、计算储量,比传统方法有事半功倍的效果,值得推广应用。

(3)元江金矿深部以脉状硫化矿为主,矿脉薄,坑采采矿回收率低,贫化率高,湿法浸出率低,成本高;而浅部以面氧化矿为主,露采采矿回收率高,贫化率,湿法浸出率高。因此,目前采矿应从深部向地表或浅部转移。

参 考 文 献

- [1] 云南省地质矿产局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1990. 552-562.
- [2] 方维萱,胡瑞忠,谢桂青,等. 云南墨江—元江镍金矿主要控矿因素分析与研究[J]. 矿物学报,2001,21(1):70-78.
- [3] 方维萱,胡瑞忠,谢桂青,等. 墨江镍金矿床(黄铁矿)硅质岩的成岩成矿时代[J]. 科学通报,2001,46(10):857-860.
- [4] 武警黄金十三支队. 云南省墨江县金厂矿区金矿详细地质勘探报告[R]. 内部资料,1972/5—1982/5. 11-35.
- [5] 秦德先,燕永峰,等. 矿床数学经济模型[J]. 昆明:云南科技出版社,2001.40-90.
- [6] Journel A G and Huijbregt CH J. *Mining Geostatistics*[Z]. 1978. 148-195.

THE DEPOSIT MODEL AND MINING ECONOMICS OF YUANJIANG GOLD DEPOSIT, YUNNAN

Qin Dexian¹ Liu Chunxue¹ Yan Yongfeng¹ Li Maidui²

(1. Earth Science Department, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093; 2. No.13 Gold Geological Party, Kunming 650031)

Abstract: Along the development of wet-process metallurgy, the grade of oxide ore defined in the past is beyond recent targets, and lots of ores have been regarded as mullrocks, and this leads to great wastes of rare ore resources, as well as environment pollution. In this paper the deposit model is established, industry parameters are optimized, the orebody is reshaped and gold reserves' increment is calculated to be 10 tons. These works present scientific help for making use of resources sufficiently and reasonably.

Key words: deposit model; optimization of mine industry parameters; orebody reshape; reserves' calculation; mining evaluation