三山岛金矿床边界品位的确定及经济评估

Delineation of Sanshandao gold deposits cut-off grade and its economic benefit evaluation

李 威[1],刘 超[2],彭 康[2],姚银佩[2]

(1.山东黄金矿业(莱州)有限公司三山岛金矿,山东 莱州 261442; 2.中南大学资源与安全工程学院,湖南 长沙 410083)

摘 要:根据三山岛金矿当前的开采技术条件及经济技术指标,结合黄金市场价格,有必要改变边界品位指标。本文计算了三山岛金矿可利用低品位资源量,并对边界品位指标变动后的经济效益进行了评估。通过计算显示,改变矿床边界品位可以有效利用矿产资源,带来良好的经济效益。

关键词:边界品位圈定;积分剖面法;经济效益评估

Abstract: According to the current mining conditions, economic and technical indexes in Sanshandao mine, it is necessary to change the cut-off grade indexes. In this paper, the available low-grade resources was calculated, and its economic benefit was estimated after the cut-off indexes being changed. The calculation result shows that it is of great benefit to making the best use of mineral resources and can bring economic benefits by changing the cut-off grade.

Key words: cut-off grade delineation; integral profile method; economic benefit evaluation

文章编号:
1672-609X(2010)02-0025-03

中图分类号:P624.6

文献标识码:B

收稿日期:2009-08-06

修订日期:2010-03-29

作者简介:李 威(1967-),男,山东省梁山人,高级工程师,从事矿山地质及找矿勘探工作。

1 前言

随着国际黄金价格的变化,降低边界品位对黄金资源的充分回收利用有重要意义。山东黄金集团三山岛金矿为了满足矿山生产的需要并提供充足的后备资源,降低矿体边界品位,充分回收国家宝贵资源。对三山岛金矿 0.8~1.0g/t、0.6~0.8g/t 边界品位的低品位资源[1]分别进行了圈定,并对资源量进行了估算,为低品位资源利用提供可靠资料,估算结果可作为矿山低品位资源采矿设计利用的依据。

2 金矿床地质储量

山东黄金集团三山岛金矿矿区位于向莱州湾突出的小半岛——三山岛,三面环海,东面是陆地。三山岛断裂呈北东走向贯穿整个矿区。矿区构造以断裂为主,规模最大的为 NE 向三山岛断裂,次为 NW 向三山岛—三元断裂(F_3),次级断裂有产于三山岛断裂下盘 NNE~NEE 向断裂构造(如 F_2)。构造以断裂为主,而且极为发育,以北东向的为主,规模最大的为三山岛断裂、焦家断裂,二者走向近于平行而倾向相反,次级的分枝断裂发育,构成断裂带,是本区金矿的主要控矿断裂构造。

三山岛金矿采矿许可证范围内保有资源储量矿石量 3 376 485t,金金属量 11 487.47kg,平均品位3.40g/t;

伴生组分银(122b)金属量36 466kg。其中探明的经济基础储量(111b)矿石量1 485 475t,金金属量5 053.55kg,平均品位3.40g/t;控制的经济基础储量(122b)矿石量1 641 449t,金金属量5 003.02kg;平均品位3.05g/t;探明的内蕴经济资源量矿石量249 561t,金金属量1 430.90kg,平均品位5.73g/t。扣除设计、采矿损失(24%),可采储量(111)矿石量1 128 961t,金金属量3 840.70kg;预可采储量(122)矿石量1 247 501t,金金属量3 802.30kg。

3 低品位资源量的圈定

3.1 低品位资源量圈定指标[2]

为查明低品位矿资源量分布状况,为矿产资源综合利用提供信息,经研究确定边界品位0.8、0.6g/t低品位资源圈矿指标为:最低可采厚度3.00m(水平厚度);夹石剔除厚度≥4.0m(水平厚度);单工程平均品位≥圈矿边界品位(0.8g/t或0.6g/t)。

3.2 低品位资源量圈定原则[3]

(1)边界品位0.8、0.6g/t圈矿在原1g/t品位边界基础上进行,原1g/t矿体边界保持不变。0.8、0.6g/t边界品位单独圈定。

(2)为了实现按同采空区空间位置及矿体空间位置估算低品位资源量的目的,要求已开采矿段、未开采矿段分别进行圈定;采空区下盘5m(铅垂厚度)内外低品位资源分别进行圈定。

(3)远离主矿体的孤立小矿体,单工程见矿,相邻工程无矿,以工程间距的1/2楔形有限外推;当矿体沿走向或倾向方向见矿工程外无工程控制时,按工程间距1/4楔形无限外推;以米·克/矿值圈定矿体的边界不外推。

4 低品位资源量估算

4.1 储量计算方法的选择

本次研究,资源储量估算方法选择《中东方矿产资源评估系统》中的积分剖面法[4]。

(1)用积分法计算剖面面积,可计算出矿体剖面面品位。

(2)利用微积分理论,将矿体分为若干个很小的域(ΔS),利用样品空间信息估计局部域(ΔS)的品位,提高了估计精度。

计算过程:采用了微分、积分的理论。先将剖面上矿体根据给定步长进行有限分割,矿体被分割成K个小的ΔS,剖面面积用(1)式计算:

$$S=\sum_{k=1}^{5}\Delta SK \tag{1}$$

设剖面共取样n个,样品化验品位C,样品到小面积中心点距离用d代表。距离反比(任意次幂)加权法求出小ΔS的品位:

$$\Delta SC=(\sum_{i=1}^{n}Cj/dj)/(\sum_{i=1}^{n}1/dj) \tag{2}$$

剖面面品位SC用(3)式求得:

$$SC=(\sum_{k=1}^{5}\Delta SCK)/S \tag{3}$$

设剖面间距离为L,两剖面面积分别为S_1、S_2;剖面的平均宽度为m_1、m_2(软件自动测定),则两剖面间的矿体体积V用(4)式求得:

$$V=L[S_1(2+m_2/m_1)+S_2(2+m_1/m_2)]/6 \tag{4}$$

设D为矿石体重,则剖面间矿石量Q用(5)式计算:

$$Q=V\cdot D \tag{5}$$

设$\overline{C}$为两剖面之间平均品位,剖面间金属量P用(6)式计算:

$$P=Q\cdot\overline{C} \tag{6}$$

该计算方法已通过国土资源部矿产资源储量司评审,该方法具有经济分析功能,体积计算精度高、储量估算速度快、估算范围确定灵活等优点。

4.2 低品位资源量研究估算结果

三山岛金矿低品位资源量估算,按国土资源部颁布的《固体矿产资源/储量分类》(GB-T17766-1999)新标准属执行。低品位资源查明程度上讲属探明的;是否可利用,需根据矿产品价格、开采成本、回收率等参数来确定。

为满足矿山生产需要,给采矿设计提供可靠的地质资料,对未开采矿段按矿房分别进行资源量估算。三山岛金矿低品位资源总量=未开采矿段低品位资源量+已开采矿段资源量估算结果。三山岛矿区未开采矿段低品位资源量汇总见表1,已开采矿段低品位资源量汇总见表2。统计表1、表2计算出三山岛金矿低品位资源总量:矿石量为261 232+420 542+570 116+697 511=1 949 401t;金属量为264.345+378.913+602.741+663.601=1 909.6kg;品位为0.979g/t。其中0.8~1.0g/t低品位资源估算结果为:矿石量为150 492+152 114+345 315+335 633=983 554t;金属量为181.288+163.608+423.047+398.073=1166.016kg;品位为1.185g/t。0.6~0.8g/t低品位资源估算结果为:矿石量为110 740+268 428+

表 1　三山岛矿区未开采矿段低品位资源量汇总

品位级别	矿石量/t	体积/m^3	密度/(t/m^3)	品位/(g/t)	金属量/kg
0.8~1.0g/t	150 492	54 140	2.78	1.205	181.288
0.6~0.8g/t	110 740	39 835	2.78	0.750	83.073
合计	261 232	93 975	2.78	1.012	264.345

224 801+361 878=965 847t;金属量为 83.073+215.305+179.694+265.528=743.60kg;品位为0.769g/t。

5　低品位矿利用的经济意义

三山岛金矿低品位资源属探明的内蕴经济资源量(331),主要赋存在主矿体的上、下盘。主矿体开采时同采矿有关的各种费用均已发生。因此低品位资源利用的经济研究只考虑采选直接成本。充分利用低品位资源不但会延长矿山服务年限,而且会给矿山带来一定的经济效益。

表 2　三山岛矿区已开采矿段低品位资源量汇总

品位级别	所在位置	矿石量/t	体积/m^3	密度/(t/m^3)	品位/(g/t)	金属量/kg
0.8~1.0g/t	下盘 5m 内	152 114	54 718	2.78	1.076	163.608
	下盘 5m 外	345 315	124 211	2.78	1.225	423.047
	采空区上盘	335 633	120 731	2.78	1.186	398.073
0.6~0.8g/t	下盘 5m 内	268 428	96 552	2.78	0.802	215.305
	下盘 5m 外	224 801	80 865	2.78	0.799	179.694
	采空区上盘	361 878	130 172	2.78	0.734	265.528
合计	下盘 5m 内	420 542	151 270	2.78	0.901	378.913
	下盘 5m 外	570 116	205 076	2.78	1.057	602.741
	采空区上盘	697 511	250 903	2.78	0.951	663.601

5.1　相关参数的确定

(1)损失率 13.06%,贫化率 5.53%,金选冶总回收率 93.28%。

(2)黄金价格受国际、国内政治经济因素影响变化波动较大,但从发展趋势看,呈现不断上升的趋势,本次计算按 160 元/g 计算。

(3)生产能力 2 000t/d,年生产天数 330 天,年处理能力 660 000t。

5.2　增加矿山的服务年限

考虑到安全生产,将未开采矿块的低品位资源和采空区下盘 5m 以外的低品位资源作为可利用低品位资源。

矿山可利用低品位资源量为 831 348t。低品位资源量服务年限用下述公式计算:

$$T=Q(1-\varepsilon)/[M(1-\rho)] \quad (7)$$

式中:T——增加矿山服务年限;

Q——低品位资源量,831 348t;

M——年生产规模,660 000t;

ε——损失率,13.06%;

ρ——贫化率,5.53%。

计算结果:T=831 348×(1−0.1306)/[660 000×(1−0.0553)]=1.16 年。

5.3　低品位资源黄金总产量

低品位资源量黄金总回收量,可用下式计算:

$$P(\mathrm{Au})=Q(1-\varepsilon)C(\mathrm{Au})\beta(\mathrm{Au}) \quad (8)$$

式中:P(Au)——低品位资源黄金总回收量;

Q——可利用低品位资源总量,831 348t;

C(Au)——未开采低品位资源金品位,1.04g/t;

ε——损失率,13.06%;

β(Au)——金选冶回收率,93.28%。

计算得低品位矿黄金总回收量为 701.17kg。

5.4　低品位资源开采总产值

低品位矿开采总产值[7]用下式计算:

$$CZ=JG\times P(\mathrm{Au})$$

式中:JG——产品销售价格,160 000 元/kg;

P(Au)——低品位矿黄金总回收量,701.17kg。

计算得开采总产值为 11 218.72 万元。

5.5　低品位矿开采总利润

低品位资源开采总利润等于产值减吨矿直接成本乘可采出矿量,用下式计算:

$$LR=CZ-CB\times Q(1-\varepsilon) \quad (10)$$

式中:LR——低品位资源开采可获利润总值;

CZ——低品位资源开采总产值,112 187 200 元;

CB——吨矿采选直接成本,86.53 元/t;

(下转第 53 页)

水处理投资，提高企业经济效益。

国内针对普通尾矿，例如铜尾矿、铁尾矿、铅锌尾矿、镍钼尾矿等，执行的污染控制标准是《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》(GB18599-2001)。尾矿库的防渗等级低，库内基本不防渗，一般情况下允许尾矿水外排。因此，大部分矿山采用浆体尾矿堆存，上游法筑坝，在条件允许情况下也采用中线法筑坝。

国内针对有毒尾矿，例如金尾矿、铝土尾矿及冶炼渣等执行的污染控制标准是《危险废物填埋污染控制标准》(GB18598-2001)。尾矿库的防渗等级很高，库内要求双层土工膜防渗，尾矿水不得外排。即使企业采用膏体尾矿堆存，也不能避免投入大量资金用于尾矿库的防渗处理。因此，有毒尾矿一般处理成滤饼形式，通过汽车或皮带廊输送至尾矿库堆存。

4　ENFI 在膏体尾矿堆存方面的发展

ENFI 很早就认识到膏体尾矿堆存的重要，并于 2006、2007、2008 并连续 3 年派出技术人员参与国际膏体尾矿堆存(PASTE TAILINGS)大会参与学习和交流。

在 2008 年建立尾矿干堆技术研究小组专项研究尾矿膏体堆存。主要目标是掌握尾矿干堆的设计程序和关键技术，建立尾矿干堆数据库，为今后其他项目进行大规模尾矿干堆做好理论和实践的准备。通过对大规模尾矿干堆的研究，找到适合本项目特点的尾矿干堆方式并进行实施。

笔者认为膏体尾矿堆存研究成果运用非常广泛，可用于以下工程。①水资源匮乏的矿山。②根据当地环保要求，尾矿水不能排放或者是尾矿水处理费用非常高的矿山。③尾矿库库址地质情况复杂，不适合传统湿尾矿堆存的矿山。④长距离、高浓度的尾矿、精矿输送项目。⑤可以和尾矿地下充填相结合，有效的减少膏体尾矿浓缩和输送的投资。

在矿山中采用膏体尾矿堆存可以提高尾矿库安全度、减少尾矿水污染等，其发展前景是光明的。

[参考文献]

[1] R.J.Jewell，A.B.Fourie. Paste and Thickened Tailings-A Guide [M]. AUSTRALIAN CENTRE FOR GEOMECHANICS,2006.

[2] Richard Jewell, Andy Fourie, Sergio Barrera, Jacques Wiertz. Paste 2009[M].AUSTRALIAN CENTRE FOR GEOMECHANICS,2006.

[3] 王绍周等.粒状物料的浆体管道输送[M].北京：海洋出版社，1997.

[4] 《尾矿设施设计参考资料》编写组.尾矿设施设计参考资料[M].北京：冶金工业出版社，1978.

(上接第 27 页)

Q——低品位资源总量，831 348t；

ε——损失率，13.06%。

计算得 LR=112 187 200-86.53×831 348×(1-0.1306)=49 645 570 元。

6　结论

(1)三山岛金矿区可利用低品位资源量为 831348t，按 2 000t/d 规模计算，可延长矿山服务年限 1.16 年。

(2)由于低品位矿分布在主矿体边部，开采时各种采准费用均已发生，因而开采成本只考虑直接成本费用，能够取得较好的规模效益，同时提高资源利用率，也是矿山扩大生产规模的重要途径。

(3)根据三山岛金矿区技术指标，吨矿采选直接成本按 86.53 元/t，黄金价格按 160 元/g 计算，开采该部分低品位资源矿山可获利利润 4964.557 万元。

[参考文献]

[1] 王　兵.我矿最低工业品位和边界品位确定方法的探讨[J].新疆有色金属，2001，(1)：8-12.

[2] 项长兴.多金属矿山采用综合级差品位指标的探讨[J].金属矿山，1994，(7)：17-20.

[3] 黄光球.地下开采矿体边界品位动态优化法[J].化工矿山技术，1997，26(4)：1-6.

[4] 初道忠，王青等地下开采矿体边界品位的确定方法[J].矿冶工程，2007，27(8)：6-10.

[5] Lane K F. Commercial Aspects of Choosing Cutoff Grade [C].Proceedings 16th APCOM，1979：280-285.

[6] Taylor H K. General Background Theory of Cutoff Grade [J]. Transaction, Institution of Mining And Metallurgy, London，1972：A160-A179.

[7] Chou Honglong,Chen Zen. Fast octree construction endowed withan error bound controlled subdivision scheme[J].Journal of Information Science and Engineering，2006(5)：641-657.

[8] Barid B K, Satchwell P C. Application of economic parameters and cutoffs during and after pit optimization[J]. Mining Engineering，2001(4)：33-40.