

# 中国岩金矿床品位—吨位模型研究

魏民<sup>1</sup> 赵鹏大<sup>1</sup> 刘红光<sup>1</sup> 王学平<sup>1</sup> 赵精满<sup>2</sup> 杨丽沛<sup>2</sup>

(1. 中国地质大学资源学院, 武汉 430074; 2. 中国地质矿产信息研究院, 北京 100037)

**摘要:** 矿床品位—吨位模型研究属于学科前沿领域, 它是系统勘查理论的重要组成部分。依据1997年全国矿产储量数据库资料, 对全国680个岩金矿床建立了地质模型、品位模型、吨位模型、吨—品位联合模型, 以及中国石英脉型金矿床吨位序列模型。模型类型包括频率直方图、累积频率分布图及双对数坐标表示的理论分布模型。分别总结了我国岩金矿床的品位及吨位分布的典型数学地质特征, 并探讨了吨位序列模型在资源预测评价中的意义和作用。

**关键词:** 吨位—品位模型; 岩金矿床; 巴内托—齐波夫定律; 吨位序列模型; 中国。

中图分类号: P628

文献标识码: A

文章编号: 1000-2383(2001)02-0176-04

**作者简介:** 魏民, 男, 教授, 1940年生, 1967年北京地质学院研究生毕业, 1981年获硕士学位, 主要从事矿产勘查及数学地质方面的教学和研究工作。

矿产资源评价的学科前沿是系统勘查理论, 其研究方向包括我国学者提出的矿床成矿理论及找矿新技术、地质异常致矿理论及“5P地段”找矿靶区逐步逼近法; 俄罗斯学者提出的勘查系统分析和“预测普查组合”方法; 以及美国推行的“三部式”资源定量评价方法<sup>[1]</sup>。所谓“三部式”是指: (1) 根据成矿地质环境分析, 确定找矿可行地段; (2) 建立所要寻找矿床类型的品位—吨位模型; (3) 对预测资源进行各种定量评价<sup>[1~3]</sup>。国内在一、三两个方面研究颇丰<sup>①</sup>, 而对矿床品位—吨位模型的研究则涉及甚少<sup>[4~8]</sup>。基于这一问题具有重要科学意义, 本文特选择我国岩金矿床开展品位—吨位模型研究。

## 1 数据基础

(1) 依据中国地质矿产信息研究院全国矿产储量数据库(1997), 用Foxpro语言, 建立了全国岩金矿床储量数据库(不包括伴生矿床), 共包含各类矿床、矿点734个; (2) 再对矿床平均品位进行降序排列, 删除品位小于 $1 \times 10^{-6}$ 的矿化点, 二轮筛选出680个矿床, 作为建立中国岩金矿床的品位—吨位

模型的依据; (3) 以品位大于 $1 \times 10^{-6}$ 的680个矿床作为进一步检索的数据基础, 建立中国岩金矿床不同类型的品位—吨位模型。

## 2 地质模型

中国岩金矿床的主要类型依次为破碎带蚀变岩型、石英脉型、微细浸染型和斑岩型矿床。它们分别占中国岩金矿床总储量的30.5%, 27.2%, 7.0%, 4.3%。具代表性的典型矿床分别为: 胶东新城金矿、招远大尹格庄金矿、贵州烂泥沟金矿、黑龙江团结沟金矿等。不同类型的岩金矿床出现的频率依次为: (1) 石英脉型32.4%; (2) 破碎带蚀变岩型30.7%; (3) 微细浸染型4.3%; (4) 斑岩型2.4%。

以山东招掖金矿化集中区为代表, 金的成矿物质来源于太古—元古宇海底火山喷发建造, 经燕山期中酸性岩浆岩侵位及多期次构造活动, 使矿源层遭受混合岩化变质作用, 其中金元素进一步活化迁移和富集, 形成含金热液, 在压剪性构造区域产生破碎带蚀变岩型金矿; 在张剪性构造区域则产出石英脉型金矿<sup>①</sup>。

### 2.1 品位模型

利用大于1t的680个岩金矿床的品位, 绘制品位频率直方图(图1), 双对数坐标表达的理论分布

收稿日期: 2000-11-30

基金项目: 国家教育部博士点基金项目(No. 98024004); 国土资源部矿产定量预测及勘查评价开放研究实验室资助项目。

①中国地质科学院区划室. 矿床成矿模式选编(一). 1990.

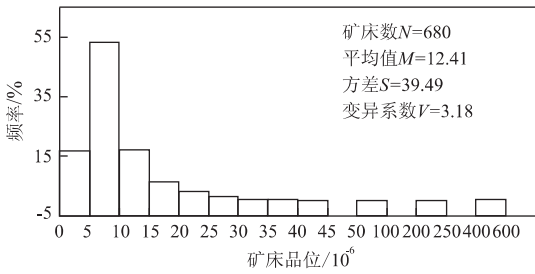


图 1 中国岩金矿床品位频率直方图

Fig. 1 Grade frequency histogram of original gold deposits in China

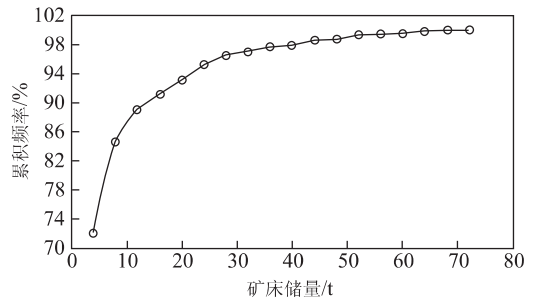


图 4 中国岩金矿床吨位累积频率分布

Fig. 4 Tonnage cumulative frequency distribution of original gold deposits in China

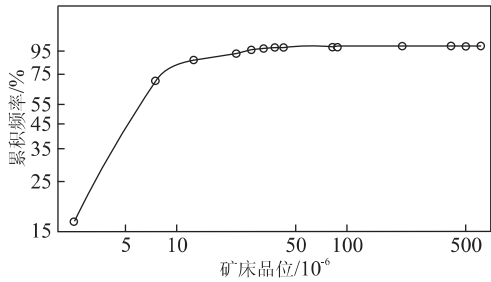


图 2 中国岩金矿床品位分布模型

Fig. 2 Grade cumulative frequency distribution model of original gold deposits in China

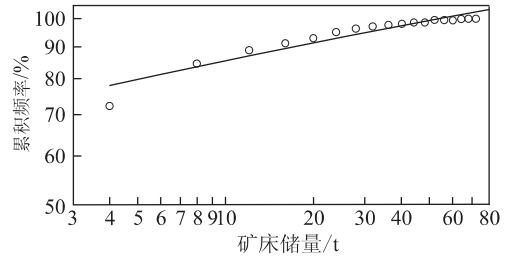


图 5 中国岩金矿床吨位分布理论模型

Fig. 5 Tonnage distribution theory model of original gold deposits in China

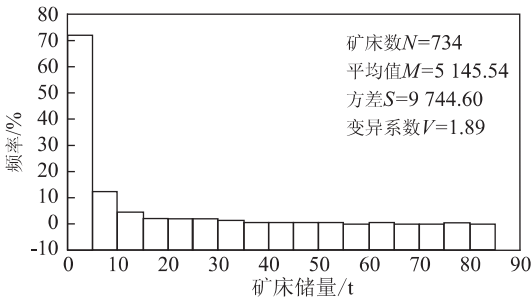


图 3 中国岩金矿床吨位频率直方图

Fig. 3 Tonnage frequency histogram of original gold deposits in China

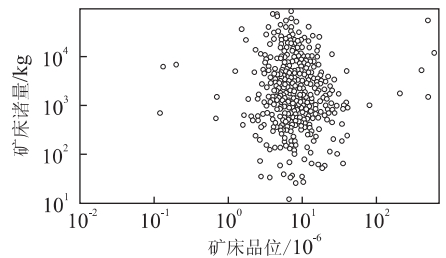


图 6 中国岩金矿床品位—吨位联合模型

Fig. 6 Grade-tonnage model of original gold deposits in China

模型(图 2),其模型为一种特殊的指数函数。

从图 1 可知,中国岩金矿床的品位服从对数正态分布,其峰值对应  $5 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6}$ , 该品位区间的矿床出现概率约为 50%。总平均品位约为  $12 \times 10^{-6}$ , 但其变化性极大, 个别石英脉型矿床品位高达  $100 \times 10^{-6} \sim 600 \times 10^{-6}$ , 致使中国岩金矿床品位变化系数高达 300%。

### 2.2 吨位模型

据 734 个岩金矿床储量数据, 绘制吨位频率直方图(图 3)、累积频率分布图(图 4)、双对数坐标表达的累积频率分布图及拟合的理论模型(图 5), 其

主体可用直线模式表达。

从图 3, 4 可知, 中国岩金矿床, 超大型、大、中、小型规模其频率分布分别为 0.41%, 12.67%, 51.77%, 35.15%。其平均吨位约为 5 t, 吨位变化系数为 189%, 吨位变异性低于矿床平均品位的变异。图 4, 5 表明, 78% 的矿床储量其品位低于  $10 \times 10^{-6}$ , 96% 的矿床储量其品位低于  $20 \times 10^{-6}$ , 只有 4% 的矿床储量其品位大于  $20 \times 10^{-6}$ 。

### 2.3 品位—吨位联合模型

从品位—吨位联合模型(图 6)可知, 矿床储量界于 0.1~80 t, 矿床平均品位界于  $3 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$ 。品位—吨位累积模型为一对数函数(图 7)。临

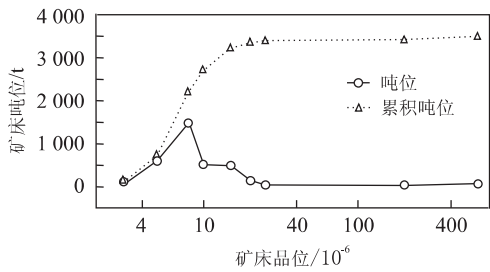


图 7 中国岩金矿床品位—吨位累积模型

Fig. 7 Grade-tonnage cumulative model of original gold deposits in China

界品位模型是通过不同品位区间与累计储量的关系曲线拟合而得到的,中国岩金矿床临界品位为  $8 \times 10^{-6}$ . 当开采品位高于  $8 \times 10^{-6}$  时,资源量是乐观的;当开采品位低于  $8 \times 10^{-6}$  时,后备储量开始走下坡路.

### 2.4 岩金矿床吨位序列模型

**2.4.1 巴内托定律** 若一下降数列  $T_i, i = 1, 2, \dots, n$ , 满足:  $1^x T_1 = 2^x T_2 = 3^x T_3 = \dots = k^x T_k = \dots = n^x T_n$ , 则称  $T_i$  服从巴内托定律. 其  $i-T$  关系图像在双对数坐标图中成一直线. 一般认为矿床储量服从巴内托定律,并根据已发现矿床储量去预测未发现矿床的序号及其资源量. 作者研究比较了各种不同的预测算法<sup>[9~11]</sup>, 最终采用预测误差最小的模拟算法,建立了中国石英脉型金矿床的吨位序列模型(图 8).

**2.4.2 吨位序列模型** 以不同规模的 9 个石英脉型金矿床作为标准对象,采用误差最小模拟算法<sup>[13]</sup>,计算出已发现矿床和未发现矿床的序号(表 1). 然后以序号为横坐标,矿床储量为纵坐标,并用双对数刻度绘制  $i-T$  关系图像,得到图 8 中的直线模式,即为中国石英脉型金矿床的吨位序列模型. 研究结果:吨位序列模型分维值  $x = 1.1918$ , 巴内托—齐波夫方差最小值 4.66, 预测最大矿床储量 739.5 t, 预测资源总量 2717.7 t, 探明储量 949.4 t, 未发现资源量 1768.3 t.

## 3 结论

(1)中国岩金矿床以石英脉型和破碎带蚀变岩型为主,按各类型总储量从大到小排序依次为:破碎带蚀变岩型→石英脉型→微细浸染型→斑岩型.(2)中国岩金矿床的总平均品位为  $12 \times 10^{-6}$ , 最高品位

表 1 5 个矿床建立的吨位序列模型

Table 1 Tonnage sequence model based on five gold deposits

实际储量 / 万 t	原序号	预测序号
72.736	1	7
52.916	3	9
41.190	5	11
33.162	7	14
27.642	9	16
20.479	16	20
11.425	30	33
6.319	50	54
2.867	100	106

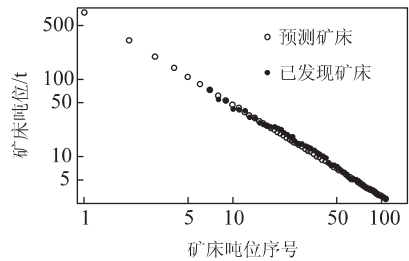


图 8 中国石英脉型金矿床吨位序列模型

Fig. 8 Tonnage sequence model of quartz-vein gold deposits in China

为  $600 \times 10^{-6}$  (石英脉型), 品位变化系数为 300%; 品位统计模型服从对数正态分布.(3)中国岩金矿床的平均吨位为 5 t, 最大吨位为 86 t (破碎带蚀变岩型), 吨位变化系数为 189%; 吨位统计模型服从对数正态分布.(4)从吨位序列模型可知, 仍有 6 个最大的石英脉型金矿床及千余吨金资源量尚未发现, 可见中国金矿的资源潜力是十分巨大的.

### 参考文献:

[1] 赵鹏大. 矿产勘查的若干重要思路及途径[A]. 矿产勘查专业三届一次全国学术讨论会[C]. 天津: [s. n.], 1995. 3~8.

[2] 考克斯 D P, 辛格 D A. 矿床模式[M]. 宋伯庆, 李文祥, 朱裕生, 等译. 北京: 地质出版社, 1990. 12~86.

[3] 中国地质矿产信息研究院. 国外矿产资源[M]. 北京: 地震出版社, 1996. 127~134.

[4] 裴荣富. 中国矿床模式[M]. 北京: 地质出版社. 1995. 10~270.

[5] 赵鹏大, 胡旺亮, 李紫金. 矿床统计预测[M]. 北京: 地质出版社, 1994. 59~158.

[6] 魏民. 大红山式铜铁矿床地球化学找矿模型研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1998, 23(2): 205~210.

- [7] Wei M, Zhao P D, Sun J H. Orderly rule of spatial distribution of mineralization and location prediction to ore-body [J]. *Mathematical Geology and Geo-informatics*, 1997, 25(8): 89~92.
- [8] 赵鹏大,魏民,金友渔,等.地质勘探中的统计分析[M].武汉:中国地质大学出版社,1990. 50~100.
- [9] 赵旭东.石油资源定量评价[M].北京:石油工业出版社,1988. 162~171.
- [10] 刘美松,倪翠华.应用齐波夫定律预测矿产资源时的一种简便求解方法[J].*地学探索*,1997~1998(13): 16~19.
- [11] 姚永慧.鲁中南地区矿产资源与环境联合评价[D].武汉:中国地质大学,1999. 5~7.

## GRADE-TONNAGE MODEL OF ORIGINAL GOLD DEPOSITS IN CHINA

Wei Min<sup>1</sup> Zhao Pengda<sup>1</sup> Liu Hongguang<sup>1</sup> Wang Xueping<sup>1</sup> Zhao Jingman<sup>2</sup> Yang Lipai<sup>2</sup>

(1. *Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China*; 2. *China Mineral Information Research Institute, Beijing 100037, China*)

**Abstract:** The grade-tonnage model of deposits belongs to the pre-area of the subject, the important part of the system exploration theory. The article establishes a geological model, a grade model, tonnage model and a joint model of grade-tonnage for 680 original gold deposits in China and a tonnage sequence model of quartz-vein gold deposits of the whole country, according to "The Mineral Resources Data Base of the Whole Country in 1997". The model types include frequency histogram, cumulative frequency distributing graph and theoretical model with double logarithmic coordinates. The paper sums up separately the typical mathematical geological characteristics of grade-tonnage distribution of original gold deposits in China and discusses significance and function of the tonnage sequence model in the field of mineral resources evaluation.

**Key words:** grade-tonnage model; original gold deposit; Pareto-Zipf's law; tonnage sequence model; China.