金矿床，资源量预测，齐波夫定律，影响因素

33－35

p618.510.8

齐波夫金矿资源量预测

刘庆生　燕守勋　　赵善仁
（中国科学院遥感应用研究所·北京·100101）（中国科学院地球物理所·北京·100101）

运用齐波夫定律对甘肃某处金远景区进行了资源量和矿床数的预测，并讨论了影响预测的若干因素，明确了存在的问题。

关键词　金资源量预测　齐波夫定律　影响因素。

金矿产资源量的预测和评价是金矿前期勘探的重要工作。齐波夫预测利用矿床产出规律，只需少量的数据，就可对某一成矿远景区的资源量和矿床数作出预测，尤适用于基础地质研究程度较低的成矿远景区。

1　原理

齐波夫定律是美国哈佛大学教授齐波夫(Qibofu)于1949年提出的一种概率分布模型①。由于缺乏数学理论的推导，一直没有受到广泛的重视。直到70年代初，这个沉默了20多年的定律，随着电子计算机技术的发展，才逐步受到重视。由于该方法简单、有效，很快在世界各地推广应用。

齐波夫定律源于对语言学中某个词出现的频率研究，即把出现频率最高的词(the)的等级值(秩)记为1，把出现频率次高的词(to)的等级值记为2，按照出现频率的大小，依次排列，建立了单词频率的齐波夫系列，其等级值与频率的乘积为一常数，即 R(等级值)×F(频率值)=K(常数)，这就是齐波夫定律。即"最大数值与次大数值的二倍一样大，而与第三位数值的三倍一样大…，与第 N 位数值的 N 倍一样大。"换句话说，齐波夫定律就是这样一个数列，其倒数比等于自然数列，这是帕雷托分布的极限情况。后来，人们发现很多国家城市的分布，各大小党派人数的多少，细菌群体的大小，矿产资源的分布等都吻合齐波夫定律[1]。澳大利亚学者 N.j.罗兰兹等①在用齐波夫方法预测了赞比亚铜矿后指出，"矿体跟一切自然现象一样，它们都是观察现象的函数"。其他学者也用齐波夫定律进行了预测，效果都较好，如：冯祖钧①(1980)预测华南花岗岩中的某些成矿元素的未知含量；黄明敏(1982)用齐波夫方法预测了北京市的地下水位；江西有色地质勘探公司对赣南钨矿储量的齐波夫预测；任林子[2](1993)研究了齐波夫定律在湖南大坊矿区金银资源预测中的应用；刘庆生(1996)[3]对新疆库布苏金矿带矿体储量的齐波夫预测等。

齐波夫定律的数学表达式为[1]：

$$F_1R_1 = F_2B_2 = F_3R_3 = \cdots = F_nR_n = K \quad (1)$$

式中：F_n 为研究对象取值(本文中为矿床累计储量)，R_n 为等级值或秩(如，最大矿床储量 R_1，次大矿床储量为 R_2)，一般用自然数 1,2,…,n 表示。具体地说，齐波夫定律就是[1]：

$$F_1 = 2F_2 = 3F_3 = \cdots = nF_n = K \quad (2)$$

由式(2)可见 $F_1 = K$，当秩 $R = 1$，研究对象对应值等于K。所以，我们只要求得最大值 F_1 或K值，则其他各级的值将分别为：K/2、K/3，K/4，…，K/n。

2　试验及齐波夫秩的确定

2.1　试验

本次资源量预测的研究区为著名的产金地之一，川陕甘三角金成矿区。所用矿床储量摘录自②，共12个，利用的是累计储量，具体值见表1。

表1　矿床储量表

矿床名称及代号	储量(t)	矿床类型
忠曲(zq)	10.000(*)	蚀变岩
拉尔玛(lem)	5.087	微细浸染
察布(cb)	5.000(*)	蚀变岩
九源(jy)	0.579	微细浸染
坪定(pd)	05.009(*)	蚀变岩
扎坝(lbk)	8.900	微细浸染
马泉(mq)	4.520	蚀变岩
罗坝(lb)	3.329	蚀变岩
明珠山(mzs)	1.000	蚀变岩
安家岔(aJz)	5.655	蚀变岩
石鸡坝(sjb)	10.000(*)	蚀变岩
阳坪(yp)	0.450	石英脉

*为他人预获储量

本文1998年1月收到，王延忠编辑。

①中国有色金属工业总公司地质研究所.大比例尺矿床统计预测手册.1987。

②中华人民共和国黄金矿产图集.陈纪明等.1992。

维普资讯 http://www.cqvip.com

本次试验未选用他人预测矿床值，利用自编程序[3]进行了计算，结果见表2，预测图见图1。由图1可看出参与计算的已知矿床大都落在齐波夫预测线上或附近，因此可认为研究区金矿床的分布服从齐波夫定律，从而齐波夫预测值可认为是该区的金矿资源量。表3的结果表明：预测区至少还有一个40.12 t的大型矿床等待我们去寻找。

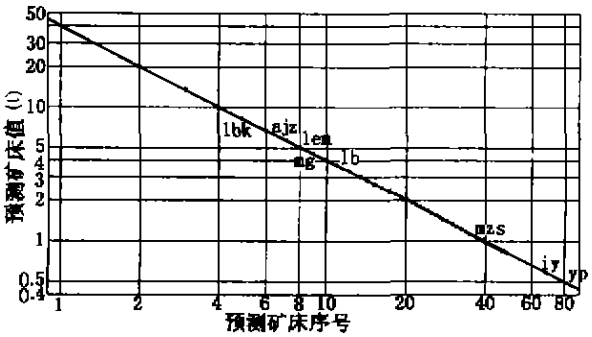

图1 齐波夫预测图

表2 齐波夫预测值

DSN*	DV**	DSN*	DV**	DSN*	DV**	DSN*	DV**	DSN*	DV**
1.00	40.12	2.00	20.06	3.00	13.37	4.00	10.03	5.00	8.02
6.00	6.69	7.00	5.73	8.00	5.01	9.00	4.46	10.00	4.01
11.00	3.65	12.00	3.34	13.00	3.09	14.00	2.87	15.00	2.67
16.00	2.51	17.00	2.36	18.00	2.23	19.00	2.11	20.00	2.01
21.00	1.91	22.00	1.82	23.00	1.74	24.00	1.67	25.00	1.61
26.00	1.54	27.00	1.49	28.00	1.43	29.00	1.38	30.00	1.34
31.00	1.29	32.00	1.25	33.00	1.22	34.00	1.18	35.00	1.15
36.00	1.11	37.00	1.08	38.00	1.06	39.00	1.03	40.00	1.00
41.00	0.98	42.00	0.96	43.00	0.93	44.00	0.91	45.00	0.89
46.00	0.87	47.00	0.85	48.00	0.84	49.00	0.82	50.00	0.80

* 代表预测矿床的序号，** 代表预测矿床值(单位：t)，该表列出了 N = 50 的所有预测值。

2.2 齐波夫秩的确定

利用齐波夫定律进行资源量预测时，重要的一步就是确定齐波夫秩的大小，也即预测矿床数的多少(N)。从数学上，N 可一直到无穷大，但预测值为0，其物理意义上不能称为矿床，故 N 的确定十分重要。一般来说，N 值的选定有3种方法：一是取使预测最小值略小于已知矿床(矿点)最小值的 N；二是求预测值累积曲线变化的拐点，将它所对应的秩作为 N。三是由工业标准确定，即预测值应不小于最小工业矿床储量，本次试验采用了该方法。

本文利用齐波夫定律进行资源量预测时只选用单个矿床值大于1 t的矿床，它们的和即为预测资源量(171.24 t)，表1和图2均多给出了10个值，是为了说明第2种方法。由图2可看出，拐点并不易确定。这里，我们认为预测资源量值的上限应不大于区域金元素的总量。上述3种方法中，第1和第3相似，第3种方法是第1种的特例。

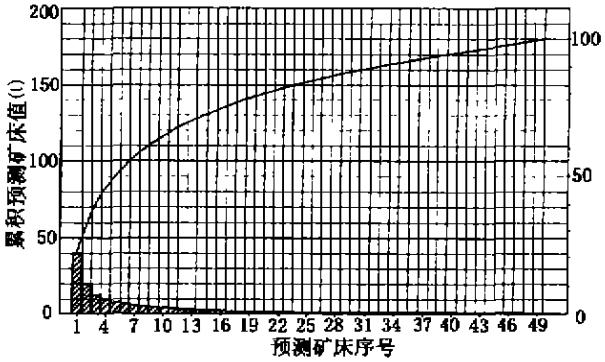

图2 预测矿床值累积分布图

3 问题

当应用齐波夫定律方便、简单、快速获得预测结果后，结果的可信程度尤为重要。事实上，齐波夫定律没有精确的数学推导和误差评价，但可给出简要的说明(表3)。由表3可知，用齐波夫预测误差很小，绝对误差最大为0.08，总和为0.25；Q 值为0.00。

表3 齐波夫预期误差表

矿 床	秩	实测值(t)	理论值(t)	绝对误差	Q*
礼坝	5.00	8.00	8.02	0.02	0.00
安家岔	7.09	5.66	5.73	0.07	0.00
拉尔玛	8.00	5.09	5.01	0.08	0.00
马泉	9.00	4.52	4.46	0.06	0.00
罗坝	12.A0	3.32	3.34	0.02	0.00
明珠山	40.00	1.00	1.00	0.00	0.00
九源	69.00	0.58	0.58	0.00	0.00
阳坪	89.00	0.45	0.45	0.00	0.00
合计		28.62	28.59	0.25	0.00

* 为实测值与预测值差的平方和除以(矿床数 - 1)。

齐波夫定律源于语言学对单词出现频率的统计，并不考虑其它因素。利用齐波夫定律预测矿床数、求资源量值的依据是矿产资源的分布服从齐波夫定律。由于矿床有储量、位置、类型等多种特性，因此运用齐波夫定律预测矿产资源量时必定有它的应用条件。

1)参与计算的矿床不同，预测资源量不同。因为齐波夫预测假定参与计算的矿床的最大值的秩为1，选用的一组矿床不同，结果必不同。如何选定一组矿床，本文认为应利用研究区中已知储量大的矿床。老的金成矿区大都有众多的已知矿床，可利用齐波夫定律进行新矿床的预测。

2)由表1可看出，本次试验所用数据主要为两类：蚀变岩型和微细浸染型。文中第2节利用了不同成因的矿床数据，结果见表1和图1，它们与齐波

维普资讯 http://www.cqvip.com

夫线吻合较好，这说明成因对预测结果无显著影响。我们还分别利用两类数据进行了预测，它们的预测最大值分别为23.870 t、15.824 t，这与上节的预测最大值40.12 t并不相同，这说明参与计算的矿床不同，预测资源量不同。由于所用两类矿床数较少、有可能不足以反映实际情况，留待后继研究。

3)确定 N 的方法不同，预测结果不同。其中，前述第1种方法的结果大于第3种方法的结果。

4)齐波夫预测值有时间性，与所用数据水平有关。在未知区，由于工作程度低，所获矿床数少、储量并不精确(一般偏低)。随着勘探程度的提高，矿床数增加，储量提高，这时的齐波夫预测值必然增大，因此，齐波夫预测具有时间性。它的精度随勘探和工作程度的提高而提高。

4 结论

1)齐波夫定律简单易行，便于计算，不足是误差评价和可靠性评价困难。

2)选定参与计算的矿床决定了预测结果，因此选定矿床的方法有待研究，我们认为应选准确计算的大储量矿床。

3)确定 N 值的方法较多，本文认为在要求矿床值的条件下，前述第3种方法最好。

4)齐波夫定律对于老矿区发现新矿床特别有效。因齐波夫预测只需少量数据，在仅有少数矿床的新区的资源量预测中也能发挥优势。

5)齐波夫预测误差评价方法及影响因素待研究。作者认为找出其概率分布函数，用假设检验方法进行误差评价是一条可行之路。

6)运用齐波夫方法仅能预测矿床的数量和资源量，该方法与定位预测相结合是进一步发展的方向。

参考文献

1 周宏昆，丁宗强，雷祖志，等.金属矿床大比例尺定量预测.北京：地质出版社，1993

2 任林子.齐波夫定律在湖南大坊矿区金银资源预测中的应用.黄金地质科技，1993，(1)

3 刘庆生.新疆库布苏金矿化带工业矿化地段成矿预测，硕士学位论文，北京：中国地质大学，1996

APLICATION OF QIBOFU METHOD: PREDICTION OF GOLD RESOURCES

Liu Qingsheng, Yan Shouxun, Zhao Shanren

Evaluation of mineral resource is very important for exploration of ore deposits. The disadvantage of the common methods of evaluation lies in that they are unable to produce ideal results for lack of enough data. The law of QIBOFU was firstly used in realm of linguistics, then applied to geological exploration. Based on the regularity of metallogeny, it is able to predict tonnage of resources quantitatively and the numbers of mineral deposits when geological data are not sufficient. One gold prospect in Gansu Province is exemplified to explain how to prediction the amount of mineral resources using the law of QIBOFU. Some factors affecting the prediction precision are discussed.

Key words prediction of amount of mineral resources, QIBOFU law, factors

第一作者简介：

刘庆生 男，1971年生。1996年毕业于中国地质大学(北京)地矿系，数学地质硕士，现在中国科学院遥感应用研究所攻读地图学与遥感博士学位。主要研究方向为矿床统计预测和遥感地质应用。

通讯地址：北京市朝阳区大屯路9718信箱 中国科学院遥感应用研究所固体与海洋遥感研究室 邮政编码：100101