

文章编号: 0258-7106 (2001) 03-0285-07

矿产资源定量评价在火山岩 铀资源中的应用研究*

肖斌¹ 潘懋¹ 赵鹏大² 王京贵³ 隆盛银³

(1 北京大学地质学系, 北京 100871; 2 中国地质大学, 武汉 430074; 3 华东地质学院, 江西 344000)

提 要 在详细分析各种勘查资料,综合利用地质科研成果的基础上开展预测与评价,查明研究区内矿产资源总量及其质量状况,对科学地指导进一步的矿产普查、勘探和深部评价工作,合理开发矿产资源,保证矿产资源的可持续利用,无疑具有十分重要的意义。矿产资源预测与定量评价是涉及多层次、多因素的综合决策问题,已经发展和应用了许多方法和技术来进行这方面的研究。随着计算机技术和信息处理技术的发展,近来矿产资源定量评价向综合化、模式化、定量化、可视化、动态化、系统化转移。文章根据实例分析,研究了矿产资源预测及质量评价的某些方法。在已有的成矿地质模型基础上,利用信息量法和逻辑矢量长度法等方法筛选与成矿密切相关的地质变量。根据它们对成矿的贡献,建立成矿有利度预测模型并依此圈出有利成矿区。运用丰度法、吉波夫法和逆推法等方法估算预测区的资源总量,以各成矿区的成矿有利度和面积为权将资源总量进行分配。经保矿系数校正后,圈定远景区并对预测资源进行质量评价。

关键词 资源预测 质量评价 实例分析**中图分类号**: P619.1409**文献标识码**: A

在详细分析各种勘查资料、综合利用地质科研成果的基础上开展预测与评价,查明研究区内矿产资源总量及其质量状况,对科学地指导进一步的矿产普查、勘探和深部评价工作,合理开发矿产资源,保证矿产资源的可持续利用,无疑具有十分重要的意义。

矿产资源预测与定量评价是涉及多层次、多因素的综合决策问题。目前在矿产资源定量评价中,因素比较法、质量系数法、概率分析法、多元统计判别、模糊灰色聚类、模糊综合评判、向量模系数法、复合模糊距离法、地理信息系统(肖克炎等,1999)、决策支持系统、专家系统、神经网络等都是应用较多的方法(Barton,1995;陈建平,1999)。随着计算机技术和信息处理技术的发展,矿产资源定量评价正向着综合化、模式化、定量化、可视化、动态化、系统化转移。

Gorelov(1999)强调用地球物理信息定量圈定地质异常的作用,并利用重磁场组合异常指数研究矿

田地质结构异常,圈定找矿可行地段,从而开辟了应用“非相似类比”法开展矿产资源潜力评价的新途径。Harris等(1993)根据相对例外原理提出了应用“一致性地质单元”代替传统的“网格单元”的内蕴样品矿产资源定量评价方法。王世称等(1990)提出了综合信息找矿与多方法、多测度矿产资源定量评价的思路。赵鹏大等(1999)则提出了应用地质异常原理,依据“5P”地段找矿的新思路,其方法是以现代计算机技术和信息处理技术为手段,通过对地质、地球物理、地球化学和遥感地质异常信息的提取、关联、转换和合成等一系列信息处理过程,最终应用多学科信息圈定“综合矿致信息区”,达到矿产资源定量评价的目的。

本文以对某地区火山岩型铀资源的预测与质量评价为实例,介绍矿产资源预测及其质量评价的某些方法与步骤。其基本思路是:①查明预测区矿产资源成矿的地质条件和成矿规律;②选择与成矿密切相关的地质变量,分析、计算其对成矿的贡献;③

* 国家自然科学基金项目(编号:40002024)、教育部科学技术重点项目(编号:99003)、国土资源部矿产资源定量预测与勘查评价实验室和非传统矿产资源开放研究实验室及 CNPC 储层重点实验室资助

第一作者简介 肖斌,男,1969年生,博士后,数学地质与空间信息统计学专业。

收稿日期 2001-01-09;改回日期 2001-04-31。李岩编辑。

建立成矿定量预测模型,并以此计算各预测单元的成矿有利度;④估算区内地史资源量,根据有利成矿度、有利成矿区面积和区域背景值对地史资源量进行合理分配;⑤计算地壳升降系数,将地史资源量转换成当前资源量;⑥对当前资源量进行质量评价。

1 矿产资源远景预测

1.1 研究区范围与网度

研究区范围应根据实际需要而定(Bueso,1999;Cox,1997),本实例研究以某地区1:5万铀矿资源分布图为底图,面积约1600 km²。

确定预测单元网度的常用方法有经验性最优面积法、参数性数据区间法、3倍标准差最优化准则及多方案实验对比法等(赵鹏大等,1994;A. F. Militino,1999)。其中3倍标准差最优化准则计算预测单元网度公式为:

$$\delta E = \sqrt{(1-s)/n \cdot s} = 1/3 \quad (1)$$

式中 δ 为实际落入单元内的矿点数 n' 的标准差; E 为期望落入的矿点数; s 为单元面积占总面积的百分比; n 为研究区的总矿(化)点数。

根据本实验区以往的工作经验,针对预测区具有面积较大,已知矿床、矿(化)点不多,工作程度不一致,地质条件、控矿因素不很复杂等特点,结合确定预测单元网度的方法,选取图幅上4 cm×4 cm作为预测单元网度,实际面积为2 km×2 km。

1.2 预测变量的确定与地质解释

根据以往的找矿经验和对成矿地质条件、成矿特征的基本认识,结合成矿地质模型,初步选择与成矿相关的地质变量。

应用信息量法和逻辑矢量长度法等方法来估计各变量对成矿的贡献,计算地质变量的权系数。根据权系数的大小最终确定作为主要研究对象的变量,且这些选中的变量都应经过地质解释。

在实例研究中,根据已有的成果(肖斌等,1998a,1998b;陈迪云,1997)^①,确定了18个变量用于预测研究。这些变量包含了铀源、铀矿液通道、热源、容矿空间和成矿环境等铀成矿的基本要素,基本满足铀成矿的必要条件(陈迪云,1997)。其中,晚侏

罗世地层和构造变量的权系数最大,说明它们与铀成矿的关系最为密切,对铀成矿的贡献最大;其次是燕山期火山岩、次火山岩和脉岩等。变量的选择符合已有的基本认识:本区铀矿化主要赋存在晚侏罗世酸性火山碎屑岩和前震旦纪变质岩中,它们为铀矿床的形成提供了丰富的铀源;构造在本区起着控盆、控岩和控矿的作用,铀矿化带和铀矿化区分别与构造带和构造交汇处相一致;铀矿化与燕山早期第二、三阶段花岗岩关系密切,与燕山晚期花岗斑岩及次火山岩、脉岩也有一定关系。据此可以认为,上述预测变量的选择是合理的。

1.3 建立定量预测模型及圈定有利成矿区

地质变量的权系数是衡量其对预测单元成矿有利度影响大小的指数,根据权系数可以建立各个预测单元成矿有利度的数学模型^②:

$$Y_i = \sum_{j=1}^M a_j x_{ij} \quad i=1,2,\dots,n \quad (2)$$

式中: Y_i 是第 i 个预测单元的成矿有利度; a_j 是第 j 个变量的权系数; M 是变量数; n 为预测单元总数; x_{ij} 表示第 i 个预测单元、第 j 个变量的取值。

经过计算,本实例中预测单元成矿有利度的信息量法数学模型为:

$$Y_1 = 3.081 x_{18} + 2.378 x_{16} + 1.937 x_{13} + 1.655 x_{15} + 1.383 x_4 + 0.937 x_{11} + 0.763 x_{14} + 0.684 x_7 + 0.683 x_5 + 0.618 x_{12} + 0.598 x_2 + 0.475 x_8 + 0.450 x_3 + 0.367 x_9 + 0.304 x_{10} + 0.2641 x_6 + 0.263 x_1 + 0.132 x_{17} \quad (3)$$

逻辑矢量长度法预测模型为:

$$Y_2 = 0.215 x_4 + 0.123 x_{13} + 0.116 x_{14} + 0.115 x_{18} + 0.080 x_3 + 0.065 x_{15} + 0.061 x_{16} + 0.059 x_2 + 0.054 x_6 + 0.049 x_{11} + 0.034 x_{12} + 0.014 x_8 + 0.005 x_5 + 0.005 x_{10} + 0.003 x_1 + 0.002 x_7 + 0.001 x_9 + 0.001 x_{17} \quad (4)$$

运用上述两种模型分别计算各预测单元的成矿有利度,并进行趋势分析,利用已探明的矿床、矿(化)点进行吻合率(已知含矿单元落在成矿有利区内的比率)统计,结果表明在1~5阶的趋势分析结果中,1阶的效果最好。各预测单元成矿有利度的剩余值经随机干扰校正后,其大小反映了铀矿化的局部变化规律,属于成矿异常,可用来圈定有利成矿区(Isaaks et al.,1989;Bogaert,1999)。用 m_i 表示第 i

① 隆盛银,刘林清,王筱明.1994.闽北中生代断陷带的性质及其与铀和金属矿化的关系(未出版)。

② 王京贵.1994.资源统计预测.研究生教材(未出版)。

个预测单元经随机干扰校正后的剩余值, $m_i > 0$ 的单元可看作有利成矿区, $m_i < 0$ 为非有利成矿区。本研究将有利成矿区分为两级, 若最大异常为 m , 当 $0 < m_i \leq m/2$ 时为二级有利成矿区, $m/2 < m_i \leq m$ 时为一级有利成矿区。由此得到的有利成矿区圈定结果列于表 1 中。

表 1 两种方法圈出的有利成矿区统计表
Table 1 Statistical table of favorable minerogenetic areas

方法	一级有利成矿区		二级有利成矿区		全 部	
	个数	面积/ km ²	个数	面积/ km ²	个数	面积/ km ²
信息量法	11	185.59	6	434.41	17	620.00
逻辑矢量法	10	151.77	5	415.39	15	567.16
相对误差/ %	9.1	18.2	16.7	4.4	11.8	8.5

从表 1 中可以看出, 由两种方法得到的预测结果很接近, 最大相对误差只有 18.2%。本研究对最终有利成矿区的确定综合考虑了两种方法的预测结果, 划分规则如下:

一级有利成矿区: 两种方法一级有利成矿区的重合区, 且处于有利的区域构造部位。

二级有利成矿区: 两种方法二级有利成矿区之间或二级与一级的重合区, 且其构造条件较为有利。

按照上述规则, 得到 7 个一级有利成矿区, 面积约为 115.5 km²; 11 个二级有利成矿区, 面积约 356.7 km²。

用预测区内已知的矿化区进行回判, 结果表明所有查明的矿床、矿(化)点全部落在有利成矿区内, 吻合率为 100%。有利成矿区总面积约 472 km², 占研究区的 29.5%, 符合一般的成矿预测比例。所有的有利成矿区, 无论是铀源、热源、矿液通道, 还是容矿空间均为预测区内对铀成矿相对最有利的地区, 每个有利区都查明有铀矿化出现。

2 资源总量估算

2.1 地史资源量计算方法

地史资源量可采用丰度法、吉波夫法和逆推法等方法估算 (Silverman, 1986; Pierre, 1997; Gorelov, 1999)。

丰度评价法是根据元素的矿产资源量与其丰度具有常数比例关系而提出的一种资源总量预测方法。其计算公式为:

$$Q = r \cdot s \cdot h \cdot \rho \cdot c / (1 - \gamma) \quad (5)$$

其中 Q 为有利成矿区资源量; r 是富集系数; s 指有利成矿区面积; h 表示预测深度; ρ 代表岩石密度; c

指元素丰度。

第二种方法是吉波夫法。由于成矿属于小概率事件, 一般认为储量分布服从吉波夫律, 即储量最大的是第二大的 2 倍, 是第三大的 3 倍, ... 等, 即:

$$Q = Q' (1 + 1/2 + 1/3 + \dots + Q/Q') \quad (6)$$

其中 Q' 表示预测区内最大矿床(或矿体)的储量。

逆推法是根据成矿有利区的矿致异常信息量、面积和已知矿床(模型矿床)的储量来计算区域资源总量的。此法需要先根据已知区(模型区)的储量、面积和平均矿致信息量求出单位面积内的单位矿致资源量, 即:

$$Q_u = Q_i / (m_i \cdot s_i) \quad (7)$$

其中 Q_u 是单位面积内的单位矿致异常量; Q_i 为模型矿床储量; m_i 表示已知区的矿致信息量; s_i 指已知区的面积。

然后将 Q_u 推广到其他有利成矿区, 分别求出相应的地史资源量:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i = Q_u \sum_{i=1}^n m_i \cdot s_i \quad (8)$$

n 是有利成矿区个数。

2.2 地史资源量与区域分配

对于本例, 根据以上 3 种方法, 求得火山岩型铀矿地史资源量的估算结果(表 2)。

从表 2 可以看出, 三者的结果比较接近: 丰度法的偏差最小, 仅 4.25%; 吉波夫法的偏差最大, 也只有 20.81%。取三种方法的平均值作为资源总量, 故本区的铀资源总量约为 13 168.9 t。

地史资源量在整个预测区内并非均匀分布, 而是相对集中于成矿条件有利的地区, 即主要分布在各有利成矿区中。地史资源在区域上的分配原则是: 有利成矿区的面积越大, 矿致信息量的平均值越高, 资源量应越多。分配公式为:

表2 铀地史资源总量估算表

Table 2 The estimation of the total amount of uranium resources

	丰度法	吉波夫法	逆推法		
			信息量法	逻辑矢量长度法	均值
地史资源量/t	12 609.4	15 908.0	10 854.7	11 123.7	10 989.2
偏差/%	4.25	20.81			16.55

$$Q_i = Q_u \cdot m_i \cdot s_i \quad (9)$$

2.3 成矿远景区的划分

地史资源量是指有利成矿区在地质历史时期曾经形成的资源量。但地史资源形成后,由于地壳运动,部分资源可能会遭受剥蚀,部分则可能被深埋地下而不易开采。因此必须考虑保矿条件(即升降系数),将有利成矿区中的地史资源量换算成当前存在而且可以利用的资源量(当前资源量),把有利成矿区转换成远景区。

升降系数(k)的计算公式为:

$$k = k_1 \cdot k_2 \quad (k_1 = 1 - \frac{h_0 - h_i}{h}; k_2 = 1 - \frac{h_i - h_0}{l}) \quad (10)$$

其中 k_1 是剥蚀剩余系数; k_2 表示埋深可探系数; h_0 指本区的矿体平均标高; h_i 为有利成矿区的平均标高; h 指矿体垂幅; l 代表预计开采深度。

本区矿体平均标高在 500 m 左右,矿体垂幅变化较大,在 -50 ~ 1 300 m 范围内波动。经升降系数校正后,可将各有利成矿区中的铀地史资源量转化为当前资源量。根据小型铀矿床的储量指标^①,当前资源量大于 500 t 的有利成矿区可以确定为远景区。经转换,本区有 5 个有利成矿区可确认为远景区,主要集中在预测区的东部,总面积约为 346.5 km²,铀资源量至少在 9 000 t 以上。

3 资源质量评价

尽管某些地区的矿产资源比较丰富,但是否具有实际的经济价值还需对其质量状况进行评价。资源质量评价的方面很多(赵鹏大等,1999),这里主要对矿体厚度、品位、储量及富大矿体的矿体概率密度与资源平均品位进行研究。

3.1 研究步骤

任何一个非标准正态变量 x , 设均值为 u , 标准差为 δ , 令 $U = (x - u) / \delta$ 并以 U 代替 x , 则新变量 U 服从 $N(0, 1)$ 标准正态分布。均值为 u 的标准正态分布密度函数 $f(u)$ 和分布函数 $F(u)$ 的表达式分别为 $f(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}u^2}$ 和 $F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{1}{2}u^2} du$, 其中 μ 表示变量的数学期望, 可通过查表找出变量 U 在任意取值区间出现的概率。具体步骤为:

- (1) 收集各评价指标的数据;
- (2) 由于地质变量通常不是正态变量, 故需对数据进行变换处理, 使其服从正态分布;
- (3) 计算各变量的 u 和 δ ;
- (4) 正态分布标准化;
- (5) 划分取值区间, 计算相应的 U 值;
- (6) 通过查表得到概率 $P = F(U)$, 计算任意区间的概率 $P_{ij} = F(U_i) - F(U_j)$;
- (7) 计算富大矿体的概率, 即富矿体概率与大矿体概率之积。

3.2 不同品位矿体的概率

对本区内及其外围的 160 个矿体品位的分布类型进行研究, 结果表明该区铀矿体品位基本服从 $\lg[\lg(c \times 10^5)]$ 的对数正态分布^②。预测区内 121 个矿体品位的统计分析结果列于表 3。

从表 3 中可以看出, 不同品位矿体的理论概率与实际概率基本一致。品位在 0.10% ~ 0.20% 和 0.05% ~ 0.10% 两个区间内的矿体概率最高, 分别为 32.80% 和 42.60%, 其和达 75.4%; 品位大于 0.10% 的矿体概率约为 44.60%, 大于 0.20% 的概率为 11.80%。如果把品位大于 0.20% 的铀矿体称为富矿体, 则预测区内富矿体的概率约为 0.1。

3.3 不同厚度矿体的概率

① 原核工业部. 1994. 铀矿床勘探规范.
② 肖斌. 1996. 福建某地区火山岩型铀资源总量预测.

表 3 不同品位矿体概率分布表

Table 3 The probability distribution of uranium ore bodies with different grades

品位/ %	$\lg[\lg(c \times 10^5)]$	U	$\varphi(U)$	$\Delta\varphi(t)$ %	累计概率/ %	实际频率/ %	累计频率/ %
1.00	0.477	3.180					
0.90	0.470	3.063	0.9991	0.09	0.09	0.00	0.00
0.80	0.463	2.934	0.9983	0.08	0.17	0.00	0.00
0.70	0.454	2.780	0.9973	0.10	0.27	0.83	0.83
0.60	0.444	2.603	0.9953	0.20	0.47	1.65	2.48
0.50	0.432	2.385	0.9914	0.39	0.86	0.83	3.31
0.40	0.415	2.110	0.9826	0.88	1.74	2.48	5.79
0.30	0.394	1.739	0.9591	2.35	4.09	3.31	9.10
0.20	0.362	1.185	0.8820	7.71	11.80	8.26	17.36
0.10	0.301	0.136	0.5540	32.80	44.60	26.45	43.81
0.05	0.230	- 1.130	0.1280	42.60	87.20	40.50	84.31
0.03	0.169	- 2.150	0.0158	41.22	98.42	13.22	97.53
0.01	0.000	- 5.080		1.58	100.00	2.48	100.01

表 4 不同厚度矿体概率分布表

Table 4 The probability distribution of uranium ore bodies with different thicknesses

厚度/ cm	$\lg(h)$	U	$\varphi(U)$	$\Delta\varphi(U)$ %	累计概率/ %	实际频率/ %	累计频率/ %
1000	3.000	3.183	1.0				
900	2.954	3.022	0.9990	0.10	0.10	0.83	0.83
800	2.903	2.844	0.9979	0.13	0.23	0.00	0.83
700	2.845	2.641	0.9959	0.18	0.41	0.83	1.66
600	2.118	2.407	0.9920	0.39	0.80	0.83	2.49
500	2.699	2.130	0.9831	0.86	1.66	2.48	4.97
400	2.602	1.791	0.9633	2.01	3.67	4.13	9.10
300	2.477	1.354	0.9122	5.11	8.78	3.31	12.41
200	2.301	0.738	0.7697	14.25	23.03	16.53	28.94
100	2.000	- 0.32	0.3760	39.37	62.40	33.06	62.00
70	1.845	- 0.86	0.1960	18.00	80.40	19.01	81.01
30	1.477	- 2.15	0.0160	18.00	98.40	16.53	97.54
10	1.000	- 8.15	0.0000	1.60	100.00	2.48	100.02

据研究,预测区内矿体的厚度服从对数正态分布^①。根据这一结论,对区内所有矿体进行不同厚度的矿体概率研究,结果如表 4 所示。

可以看出,厚度大于 100 cm 的矿体概率高达 62.40%,其中厚度在 100 ~ 200 cm 的概率为 39.37%,大于 200 cm 的概率约为 23.03%。按照《铀矿床勘探规范》(1994),当前铀矿体的工业可采厚度为 70 cm,本区铀矿资源的矿体厚度属于较厚。

3.4 不同储量与富大矿体的矿体概率

预测区内矿体的储量服从 $[\lg(Q \times 10^2)]^{1/3}$ 对数正态分布^②。不同储量的矿体的存在概率计算结果表明,储量大于 1 t 的矿体概率达 67.72%,大于 10 t 的为 22.80%。值得注意的是储量大于 100 t 的矿

体概率仍有 5.53%,说明区内很可能存在储量较大的单矿体。

什么样的矿体叫作富大矿体并没有明确的标准,它只是一个相对的概念。为了对不同品级中不同储量的矿体有一个全面的了解,本研究对不同品位概率与储量概率的交积情况进行了探讨。结果表明:如果把品位大于 0.2%,储量大于 50 t 的矿体定为富大矿体,则富大矿体出现的概率为 10.58%;品位大于 0.5%,储量大于 100 t 的矿体概率可达 3.98%,因而本区存在富大矿体的概率较大。

资源平均品位采用品位区间概率和矿量加权求得,本区铀矿体的平均品位为 0.228%,说明火山岩型铀矿资源品位较高。

① 肖斌. 1996. 福建某地区火山岩型铀资源总量预测.

4 讨论

在矿产资源预测及其质量评价的具体应用中,有以下几个方面值得注意:

(1) 不同的预测方法侧重面多有所差异,由单一方法得到的结果有可能出现较大的偏差。为了保证结果的可信度,可采用多种方法对所有环节进行综合研究,并用已知矿床、矿(化)点的资料进行检查验证。

(2) 预测模型中所使用的变量应可能包括成矿的基本要素,因而可较全面地刻画研究区的成矿地质条件;由权系数确定的变量序次反映了其对成矿贡献的大小,需要符合已有的认识,所建的预测模型应具有代表性。

(3) 有利成矿区与已知成矿区(带)应有较好的吻合性,可根据已有的矿床、矿(化)点资料进行验证,且有利成矿区总面积不宜太大,最好只占研究区的1/4左右。

(4) 升降系数的计算应参考研究区的地质历史变迁资料,经升降系数校正后得到的远景区通常比有利成矿区小。

参考文献

- 陈迪云. 1997. 毛洋头火山岩铀(银、钼)矿床的控矿因素及成因[J]. 矿床地质, 16(2): 139~149.
- 陈建平. 1999. 矿产资源勘查与评价学科发展动态[J]. 地质科技情报, 18(3): 47~40.
- 王世称, 陈秋明, 范继璋. 1990. 矿产资源评价[M]. 长春: 吉林大学出版社. 23~90.

- 肖斌, 王勇. 1998a. 福建某地区火山岩型铀成矿特征[J]. 华东地质学院学报, 21(1): 14~19.
- 肖斌, 赵鹏大. 1998b. 福建某地区火山岩型铀成矿模式探讨[J]. 矿床地质, 17(增刊): 865~868.
- 肖克炎, 张晓华, 宋国耀, 等. 1999. 应用GIS技术研制矿产资源评价系统[J]. 地球科学, 24(5): 525~528.
- 赵鹏大, 陈永清. 1999. 基于地质异常单元找矿有利地段圈定与评价[J]. 地球科学, 24(5): 443~448.
- 赵鹏大, 李紫金, 胡旺亮. 1994. 矿床统计预测[M]. 北京: 地质出版社. 10~195.
- Barton P B. 1995. Recommendations for assessments of undiscovered mineral resources[J]. U. S. Geological Survey Open-File Report, (82): 139~151.
- Bogaert P. 1999. On the optimal estimation of the cumulative distribution function in presence of spatial data[J]. Mathematical Geol., 31(2): 213~240.
- Bueso M C. 1999. Optimal spatial sampling design in multivariate framework[J]. Mathematical Geol., 31(5): 507~526.
- Cox D D. 1997. Spatial sampling and the environment: some issues and some directions[J]. Environmental and Ecological Statistics, 4(3): 219~233.
- Gorelov D A. 1999. Quantitative characteristics of geologic anomalies in assessing ore capacity[J]. Internal Geol. Rev, 24(4): 457~465.
- Harris D P, Pan G C. 1993. Intrinsic sample methods for mineral exploration and resource assessment[J]. Nonrenewable Resources, (2): 113~121.
- Isaaks E H, Srivastava R M. 1989. An introduction to applied geostatistics[M]. New York: Oxford University Press. 13~34.
- Pierre G. 1997. Geostatistics for natural resources evaluation[M]. New York: Oxford University Press. 27~39.
- Militino A F. 1999. Analyzing censored spatial data[J]. Mathematical Geol., 31(5): 551~562.
- Silverman B W. 1986. Density estimation for statistics and data analysis[M]. London: Chapman and Hall. 175~178.

The Application of the Mineral Quantitative Evaluation Methods to the Study of Igneous-rock Uranium Resources

Xiao Bin¹, Pan Mao¹, Zhao Pengda², Wang Jinggui³, Long Shengyin³

(1 Department of Geology, Peking University, Beijing 100871; 2 China University of Geosciences, Beijing 100083;

3 East China Geological College, Fuzhou 344000)

Key words: resource prediction, qualitative evaluation, case analysis

Abstract

The prediction and quantitative assessment of mineral resources make up a comprehensive decision-making

problem which involves multi-levels and multi-factors, and a lot of methods and technological means have been developed and employed to carry out the research in this respect. Along with the development of computer technology and information-processing technology, the quantitative assessing technology for mineral resources has some new trends recently, such as integration, modeling, quantification, visualization, dynamic analysis, and systematization.

Following case studies, this paper has conducted the research on the methods and processes of resources prediction and qualitative evaluation. Using the methods of Information Quality and Logistic Analysis, the authors selected some geological variables closely related to mineralization on the basis of the metallogenetic model. In the light of the different contribution degrees of the geological variables to mineralization, the predicting model of metallogenetic favorable degree was constructed and some favorable mineralogenetic areas or zones were delineated in the district. The total resource amount in the predicted district was estimated by such methods as Abundance, Gibboff and Conversion, and was allotted to corresponding favorable areas according to their metallogenetic favorable degrees and areas. With the correction of the ore-preserving coefficients, some prosperous sectors were obtained in the favorable areas. By qualitative evaluation of predicted resources in the prospect areas, the useful resources were confirmed.

“Mallik 3L-38 天然气水合物生产研究井”国际学术研讨会在加拿大召开

“国际大陆钻探计划(ICDP)”组织的“加拿大 Mackenzie 三角洲 Mallik 3L-38 天然气水合物生产研究井”国际学术研讨会于2001年7月17—18日在加拿大渥太华近郊的 Chateau Cartier 饭店举行。参加会议的各国学者约40人,主要来自加拿大、美国、日本和德国,中国和印度各有1人与会。

会议是为将在加拿大 Mackenzie 永久冻土带中施工的 Mallik 3L-38 生产研究井确定研究内容并进行各项技术准备的。Mackenzie 三角洲位于加拿大西北领地,在其永久冻土带中蕴藏有丰富的天然气水合物,与西伯利亚、阿拉斯加并称为世界三大陆上水合物产地。1998年2~3月,日本石油公团、加拿大地调所和美国地调所合作施工了 Mallik 2L-38 天然气水合物研究井,证实了该井存在5层水合物,并采到了实物样品,初步估算 Mallik 区水合物的资源量相当于1.1亿立方米的天然气。

Mallik 3L-38 井计划在2002年1月施工,现已筹集到资金2200万加元,分别由加拿大地调所(GSC)、日本石油公团(JNOC)、德国波茨坦地学研究中心(GFZ)、美国地调所(USGS)、印度国家级水合物研究计划(GAIL)和美国能源部(DOE)等5国6方联合出资,并希望获得ICDP的部分经费支持。该井由1个主井和2个观测井组成,设计井深均为1200m。Mallik 3L-38 井的主要目的是评估天然气水合物的生产潜力和全球暖化对水合物稳定带的影响。研究重点主要包括水合物“原位”特征的准确评价,水合物层的地质学、地球化学、地球物理特征及其三维展布,储量估算,储层模拟,各种仪器、监测设备和模型的现场试验,开采下伏游离气层对水合物层的影响等。为此制定了一份包括岩心研究、测井分析、模拟研究和完钻后技术管理等内容的研究计划。本次研讨会着重就该井的岩心研究和测井工作进行了研讨,其中岩心研究主要涉及到地质学、地球化学(包括气体、孔隙水和沉积物三部分)、微生物学、岩石物性、水合物“原位”特征等,而测井则有单井测井(包括裸井和套管井)、多井测井和VSP测井等。

天然气水合物具有巨大的能源潜力,但迄今尚无专门开采天然气水合物的先例。Mallik 3L-38 生产研究井的施工,将为以后的正式开发奠定基础,有可能成为人类开发利用天然气水合物进程中的里程碑。

(中国地质科学院矿产资源研究所 祝有海 供稿)