

# 地球化学块体方法在冀北金矿资源 潜力估算中的应用

李随民<sup>1</sup> 吴景霞<sup>2</sup> 栾文楼<sup>1</sup> 魏明辉<sup>3</sup> 陈树清<sup>3</sup>

(1. 石家庄经济学院资源学院, 河北 石家庄 050031; 2. 河北省宽城县冶金建材工业公司, 河北 宽城 067600;  
3. 河北省地勘局第三地质大队, 河北 张家口 075000)

**摘要:** 本文利用河北省 1:20 万化探扫面数据, 以 2.4 ng/g 为 Au 元素异常下限值, 圈出了分布于冀北的 3 个金地球化学块体。选取矿产研究和开发程度均较高的两个块体和 1 个区域异常, 计算得出河北省金矿的成矿率为 0.45%。在此基础上, 估算了勘查程度较低的地球化学块体及全省金异常区内的潜在资源量。得出全省 Au 的潜在资源量为 1836.3 t, 其中勘查程度较低的 2 号地球化学块体内潜在资源量占到该块体资源总量的 3.8%, 为河北省金矿下一步的重点勘探区域。

**关键词:** 地球化学块体; 金矿; 潜在资源量; 河北

**中图分类号:** P624.7; P618.51 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2009)02-0444-06

对某一区域范围内潜在矿产资源资源的评价和估算, 是进行矿产资源战略性勘查和宏观战略的需要, 能起到了解和掌握区域范围内矿产资源供给保障、勘查布局等作用。中国从 2006 年开始, 在 3~5 年时间内完成全国 25 种重要矿种的资源潜力评价。目前资源量估算中推荐 5 种估算方法: 体积法、地球物理模型法、地球化学块体估值法、矿床地质经济模型法、矿床模型综合地质信息定量预测法等。不同的矿种, 根据研究目的和条件可选择不同的资源量估算方法。如铁矿和其他有磁性的矿床主要采用地球物理模型法, 煤、水泥用灰岩等主要采用体积法。金属矿产的潜在资源量估算主要采用地球化学块体估值法。该法是对地壳丰度估计法的改进与发展, 它是通过将模型区内成矿元素(或化合物)地球化学块体含量与探明储量之间所建立的函数关系, 推广到各个预测远景区来估算该元素(或化合物)的资源总量(包括探明储量和潜在资源量)和未发现矿床个数。河北省资源丰富, 金矿是省内的主要优势矿种之一, 截至 2006 年底已累计探明资源储量近 400 t。本文

以 1:20 万化探扫面数据为基础, 在圈定金地球化学块体与区域异常范围的基础上, 采用地球化学块体估值法对河北省金矿的潜在资源量进行估算。为河北省矿产资源的宏观战略决策提供依据。

## 1 河北省金矿分布及地质特征

河北省金矿主要分布在张家口、承德和唐山等地区。大地构造位置上属于华北地台北缘, 区内地层可分为前寒武纪变质基底和中新生代沉积盖层。大量研究<sup>[1-3]</sup>表明, 金矿与前寒武纪变质结晶基底中的“桑干群”地层关系密切。“桑干群”主体是一套酸性侵入杂岩体, 由不同时期、不同成分和不同变质程度的花岗质岩石组成。由于后期岩浆、构造活动频繁, 金矿床类型多样。包括岩浆热液成因石英脉型金矿(如东坪金矿、小营盘金矿等)、岩浆热液成因蚀变岩型金矿(如高家店金矿、后沟金矿)、变质热液成因金矿(如半壁山金矿)等, 其中石英脉型金矿为主要矿床类型。其特点类似于胶东地区玲珑式金矿<sup>[4,5]</sup>。区内金矿化具有多期性特点, 不同的金矿床具有不同的

收稿日期: 2008-08-19; 改回日期: 2008-12-02

基金项目: 河北省矿产资源经济潜力及竞争力评价(20071602007)资助。

作者简介: 李随民, 男, 1971 年生, 博士, 副教授, 主要从事地球化学和地学信息处理的教学和研究工作; E-mail: smli71@163.com。

成矿时代。

## 2 Au 地球化学块体的圈定与分布

地球化学块体与区域化探异常的圈定是进行潜在资源量估算的前提,而块体和异常的圈定是在异常下限值确定的基础上。因此异常下限值的确定是研究问题的关键。但迄今为止还未找到一个完全令人满意的、具有科学依据的方法。长期以来,人们主要使用经典的统计学方法,以样品数据呈正态分布或对数正态分布为假设前提,通过计算数据的统计学参数(如均值、标准离差等)对异常进行筛选和评价。

本次在 SPSS15、ArcGIS9.2 等软件上对全省 28049 个 1:20 万水系沉积物数据进行了处理,连续剔除两次大于 3 倍标准差的特高值后,金元素平均值为 1.38,标准差由原来的 57.53 变为 5.39(表 1),说明剔除特高值后,元素的离散程度有明显的减弱。剔除特高值后数据经检验基本服从对数正态分布。

从上述数据的统计结果可以看出,河北省与山东及全国水系沉积物中 Au 元素的含量,无论是原始数据或剔除特高值后的平均值都很接近,而标准差的差别较大。这是由于山东和全国 Au 元素的统计数据不是原始分析值,而是在一个组合的数据集之上进行的统计。由于金元素数据服从对数正态分布,在求取的平均值和标准差基础上参考以往研究成果<sup>[1,2]</sup>,本次地球化学块体和区域异常圈定以 2.4 ng/g 作为下限值。地球化学块体或区域异常圈定时一般是应用经窗口平滑处理后的数据,而非原始数据,这是由于原始数据离差较大(表 1),用窗口平滑后数据圈定的异常可有效避免局部干扰,更清晰地反映总体变化趋势。本次在 ArcGIS 软件中利用空间分布模块中的 Neighborhood Statistics 功能进行了 5×5 窗口(即 10 km×10 km)的数据平滑,取窗口内

所有数据的平均值作为窗口中心位置的值,平滑后的数据按 0.1 lgng/g 分级间隔,即 2.4、3、3.8、4.8、6、7.6 等值圈定了地球化学块体及异常分布。圈出的金元素异常主要分布于张家口、承德、唐山和秦皇岛地区,与已知地质情况相吻合,且绝大多数金矿床位于圈定的异常区内(图 1),说明异常下限的取值合理。

此外,圈出的 3 个地球化学块体均具有明显的内部结构,即随着分级间隔的提高,异常高值区域逐步缩小,起到了快速确定金矿床分布位置的作用(图 2)。

## 3 潜在资源量估算方法及应用

### 3.1 潜在资源量估算方法

地球化学块体内资源潜力分析着眼于块体本身特征(如块体面积、层次特征、浓集度等)、块体内预测资源总量和潜在资源量以及块体成矿地质条件等方面进行综合分析,主要通过以下几个变量的计算来完成研究区内矿产资源潜力的评价:

#### ①金属供应量(Metal Endowment, $Me$ )

可供应金属量指的是赋存在地球化学块体内的某种金属的总量。其计算公式为:

$$Me = X \times (H \times S) \times \gamma$$

其中, $Me$  为元素的金属供应量, $X$  为地球化学块体内元素的平均含量, $H$  为块体厚度(本次研究假定块体厚度设定为 1000 m), $S$  为块体面积, $\gamma$  为岩块密度。

#### ②成矿率(Mineralization Coefficients, $Mc$ )

勘探程度较高的地球化学块体内已探明的矿床总储量与块体内可供应金属量的比值。计算公式为:

$$Mc = R / Me$$

其中, $R$  为块体内矿床的总储量, $Me$  为块体可供应金属量。

表 1 Au 在不同省份及全国水系沉积物中的分布

Table 1 Distribution of gold in stream sediments of Shandong, Hebei and whole China

地区	统计样品量	最小值	最大值	四分位数			平均值	标准差	剔除3倍离差后	
				25%	50%	75%			平均值	标准差
河北	28049	0.1	9150	0.45	0.75	1.1	2.18	57.53	1.38	5.39
山东	880	0.43	166.5	1.36	1.69	2.16	2.99	8.10	1.67	0.49
全国	42979	0.1	2333.87	0.90	1.32	1.93	2.10	12.98	1.35	0.64

注: Au 元素单位  $10^{-9}$ ; 全国及山东省 Au 的统计数据采用平均值(大约 25 个原始分析值取一个平均值), 河北省 Au 的统计数据为 1:20 万原始数据; 山东及全国 Au 元素资料来源于刘大文等<sup>[7]</sup>。

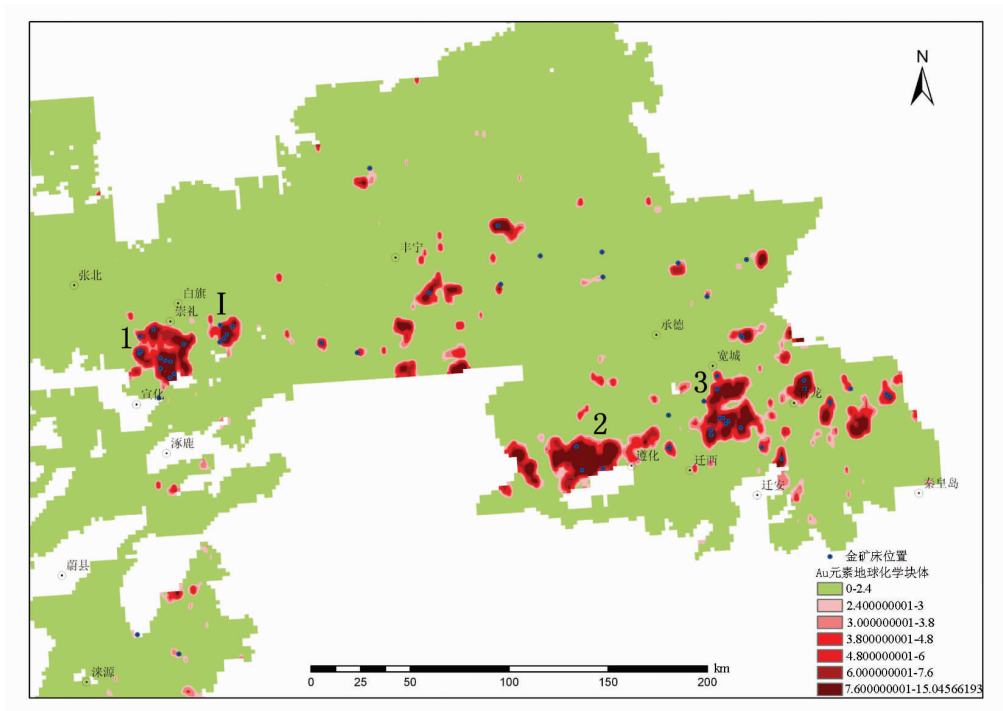


图 1 冀北地区金地球化学块体及区域异常分布图

Fig.1 Distribution of gold geochemical blocks and regional anomalies in northern Hebei

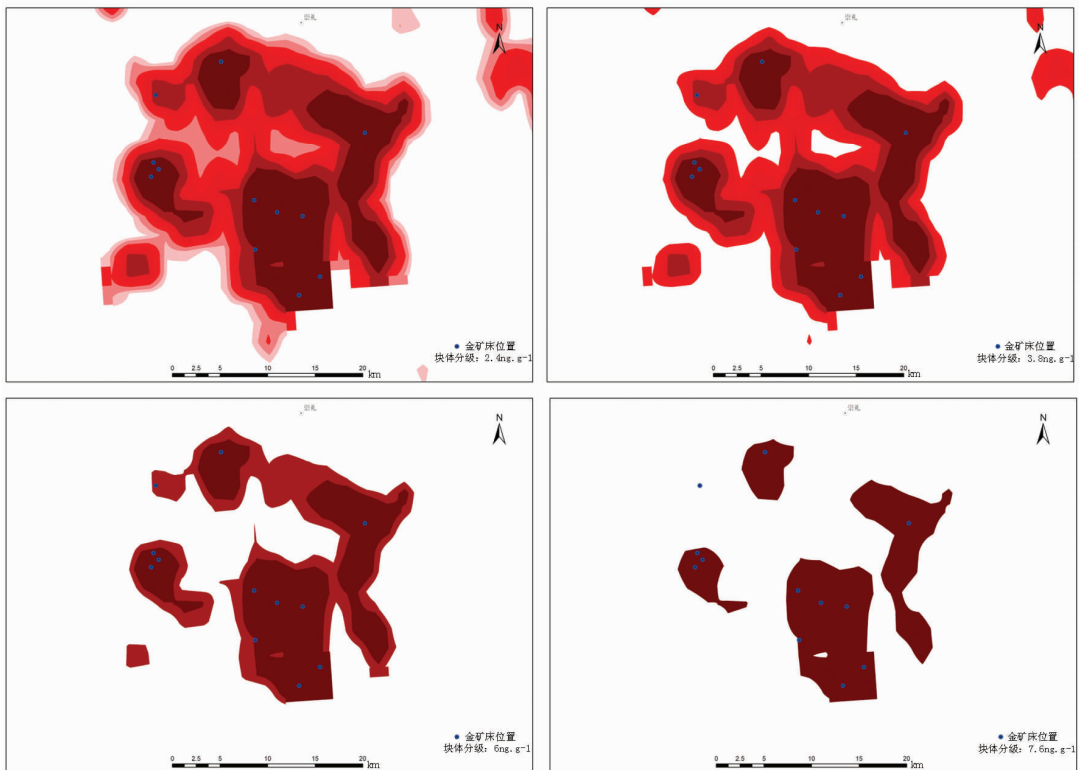


图 2 河北省 1 号金地球化学块体内部结构

Fig.2 Internal structure of No.1 Au geochemical block in Hebei

③资源总量(Assessed Resource,  $Ar$ )

块体可供金属量转化为可利用矿产的那部分金属量。计算公式为:

$$Ar = Me \times Mc$$

④潜在资源量(Potential Assessed Resource,  $Par$ )

块体内的资源总量与已探明的矿床总储量的差额。计算公式为:

$$Par = Ar - R$$

此概念是块体成矿潜力的量化标志。

由此可见,可根据每一地球化学块体内成矿元素的供应量的大小预测其中潜在的资源量。

## 3.2 实现过程

## 3.2.1 金属供应量估算

计算块体内金属供应量时,地球化学块体内部元素平均值  $X$  的求取过程为:在 GIS 平台上提取落入地球化学块体或区域异常内的剔除特高值后的数据,求其平均值。区域异常或地球化学块体的面积  $S$  值在 GIS 平台上可直接获取。

河北省内金矿床主要赋存于下元古界—太古宇变质结晶基底地层中,该地层的密度为  $2.69 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ,  $\gamma$  取该值。

## 3.2.2 成矿率

某种金属元素成矿率的确定方法是在整个研究区域内,选择几个矿产研究和开发程度较高的块体或区域异常,假定在当前该区内所形成的所有矿产都已经勘探,那么这种矿产的所有探明储量与金属

供应量的比值即为该种金属的成矿率。

根据河北省金矿床勘探及开采情况,选择了研究和勘探程度较高的 1、3 号块体和 1 个区域异常,对其范围内的成矿率进行了估算(表 2)。

根据上述块体与区域异常内成矿率的统计,结合地质研究程度,本次确定河北省金矿的成矿率为 0.0045。

## 3.2.3 潜在资源量估算

根据确定的 Au 元素成矿率估算了勘查程度较低的 2 号地球化学块体及全省范围内金矿的潜在资源量。

计算结果表明,2 号地球化学块体内金矿潜在资源量较大,按成矿率 0.0045 计算,目前累计探明量仅占到块体资源总量的 3.8%,找矿潜力巨大。

以 2.4 为异常下限值圈出河北省金异常面积约 9700  $\text{km}^2$ ,异常内 Au 元素的平均值为 19.02,按 0.0045 成矿率计算,河北省金异常范围内可提供的金属量为 2233299.8 kg,截止 2006 年省内金矿累计探明 397009 kg,即全省 Au 的潜在资源量为 1836290.87 kg。其中,2 号块体到该块体金矿潜在资源量的 3.8%,为今后河北省金矿勘探的主要区域。

## 4 结 论

利用 1:20 万水系沉积物测量原始数据,圈出了河北省 3 个主要地球化学块体;利用勘探程度较高的 2 个块体和 1 个区域异常计算了河北省金矿成矿率。在此基础上,对全省金矿的潜在资源量进行了估

表 2 Au 元素地球化学块体与区域异常内成矿率

Table 2 Mineralization coefficients of gold geochemical blocks and regional anomalies

块体与区域异常编号	面积/ $\text{km}^2$	区内金矿床数/个	Au 供应量/ $\text{kg}(Me)$	截止 2006 年底块体或区域异常内金矿累积查明资源储量/ $\text{kg}(R)$	成矿率 ( $Mc = R/Me$ )
1	1120	14	25960977	149297	0.005751
3	1319.35	14	32029334	134022	0.004184
I	294.79	5	8005301.2	25420	0.003175

表 3 2 号地球化学块体潜在资源量估算

Table 3 Estimated potential gold resources of No.2 Au geochemical block

块体编号	面积/ $\text{km}^2$	Au 供应量/ $\text{kg}(Me)$	截止 2006 年底块体或区域异常内金矿累积查明资源储量/ $\text{kg}(R)$	潜在资源量/ $\text{kg}$ ( $Par = Me \times Mc - R$ )
2	1217.6	34784725	5929	150602.3

注:成矿率( $Mc$ )按 0.0045 计算。

算。取得以下认识和结论:

(1)利用原始数据统计所得的 Au 元素平均值与数据平滑处理后山东及全国的很接近,但标准差差异较大,表明地球化学块体的圈定应用平滑处理后的化探数据,这样可避免局部信息的干扰,突出整体变化趋势。

(2)通过对勘查程度较高的块体和异常内金属供应量的计算,确定河北省金矿的成矿率为 0.0045。

(3)对研究和勘探程度较低的 2 号地球化学块体和全省金矿潜在资源量进行了估算。得出全省 Au 的潜在资源量为 1836.3 t,其中 2 号地球化学块体的潜在资源量占到该块体的 3.8%,为河北省金矿的重点勘探区域。

### 参考文献(References):

- [1] 宋瑞先,王有志.河北金矿地质[M].北京:地质出版社,1994.  
Song Ruixian, Wang Youzhi. Geology of Gold Ore Deposits in Hebei[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994(in Chinese).
- [2] 宫进忠,杨春.河北省金的矿源层和地球化学块体[J].黄金地质,2004,10(4):55-60.  
Gong Jinzhong, Yang Chun. Gold ore source beds and geochemical blocks of Hebei[J]. Gold Geology, 2004, 10(4):55-60(in Chinese with English abstract).
- [3] 章百明,赵国良,马国玺,等.河北省主要成矿区带矿床成矿系列及成矿模式[M].北京:石油工业出版社,1996.  
Zhang Baiming, Zhao Guoliang, Ma Guoxi, et al. Mineralization Series and Patterns of the Deposits in the Primary Mineralization Areas and Belts of Hebei Province, China [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 1996(in Chinese).
- [4] 吴珍汉,孟宪刚.燕山陆内造山带金—多金属成矿作用与构造—成矿关系[M].北京:地质出版社,1998.  
Wu Zhenhan, Meng Xiangang. Gold—Multimetal Metallogensis

- and Tectonic Controlling of Ore Deposits in the Yanshan Intracontinental Orogenic Belt [M]. Beijing:Geological Publishing House, 1998(in Chinese).
- [5] 杨敏之,吕古贤.胶东绿岩带金矿地质地球化学[M].北京:地质出版社,1996.  
Yang Mingzi, Lv Guxian. The Gold Deposition of Geological and Geochemical in Jiaodong Greenstone Belts [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996(in Chinese).
- [6] 谢学锦,刘大文,向运川,等.地球化学块体—概念和方法学的发展[J].中国地质,2002,29(3):225-233  
Xie Xuejing, Liu Dawen, Xiang Yunchuan, et al. Geochemical blocks — Development of concept and methodology[J]. Geology in China,2002, 29(3):225-233(in Chinese with English abstract).
- [7] 刘大文,谢学锦,严光生,等.地球化学块体的方法技术在山东金资源潜力预测中的应用[J].地球学报,2002,23(2):169-174.  
Liu Dawen, Xie Xuejing, Yan Guangsheng, et al. The application of geochemical blocks methods to gold resources assessment in Shandong Province [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2002, 23 (2):169-174(in Chinese with English abstract).
- [8] 陈国忠,李通国,金治鹏,等.祁连山地区钨地球化学块体及资源潜力预测[J].甘肃地质学报,2005,14(1):53-57  
Chen Guozhong, Li Tongguo, Jin Zhipeng, et al. Prognosis wolfram resource amount apply to geochemical block in Qilianshan [J]. Acta Geologica Gansu, 2005, 14 (1):53-57 (in Chinese with English abstract).
- [9] 叶景平,鄢新华,陈金华.江西省 Au 地球化学块体及其资源潜力预测[J].江西地质,2001,15(3):203-209.  
Ye Jingping, Yan Xinhua, Chen Jinhua. Gold geochemical block of Jiangxi Province and prediction of its resource potential [J]. Jiangxi Geology, 2001, 15(3):203-209(in Chinese with English abstract).
- [10] 李裕伟,赵精满,李晨阳.基于 GMS、DSS 和 GIS 的潜在矿产资源评价方法(上册)[M].北京:地震出版社,2007.  
Li Yuwei, ZhaoJinman, Li Chengyang. Undiscovered Mineral Resources Assessment Based on GMS,DSS and GIS [M]. Beijing: Seismological Press, 2007(in Chinese).

## The application of geochemical block method to gold resource assessment in northern Hebei Province

LI Sui-min<sup>1</sup>, WU Jing-xia<sup>2</sup>, LUAN Wen-lou<sup>1</sup>, WEI Ming-hui<sup>3</sup>, CHEN Shu-qing<sup>3</sup>

(1. Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China; 2. Kuancheng Metallurgy Materials Industry Company, Kuancheng 067600, Hebei, China; 3. No.3 Geological Party, Hebei Bureau of Geological Exploration, Zhangjiakou 075000, Hebei, China)

**Abstract:** Based on data obtained from the Regional Geochemistry–National Reconnaissance Project (RGNR) of Hebei Province and using 2.4 ng/g as the threshold of geochemical anomaly, the authors delineated three Au geochemical blocks distributed in the northern part of Hebei Province. Statistics of these two geochemical blocks and a regional geochemical anomaly show that the gold mineralization coefficient is 0.45%. Calculation of gold resource potential based on this gold mineralization coefficient reveals that there are still 1836.3 ton (given 1000 m thickness of every rock mass) gold resources in geochemical anomalies within the province. The exploration extent of No.2 Au geochemical block is relatively low, but its estimated potential resources account for 3.8% of itself, and hence this block seems to be the most promising area in further exploration.

**Key words:** geochemical block; gold mineral; potential mineral resource assessment; Hebei Province

---

**About the first author:** LI Sui-min, male, born in 1971, doctor, associate professor, mainly engages in teaching and research work of geochemistry and geoscience information processing; E-mail: smli71@163.com.