

华北地块北缘金矿预测

李钟山, 范继璋

(吉林大学 综合信息矿产预测研究所, 吉林 长春 130026)

摘要:对华北地块北缘的金矿进行了成因分类,共分为 3 大类 7 亚类。利用地质体单元法对 3 大金矿类型进行了单元划分,共划分出 214 个单元。在综合信息成矿理论的指导下,对本区的岩浆重熔热液型金矿、岩浆同熔热液型金矿床以及火山-次火山热液型金矿床分别采用特征分析,对矿产资源的产出位置进行了估计,采用成矿概率估计对各单元的成矿可能性进行分级,共预测出 24 个最有远景的工作区。

关键词:华北地块北缘;成矿预测;特征分析;概率估计

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

文章编号:1671-5888(2004)02-0292-05

Metallogenic appraisal for gold deposits at the northern margin of the north China platform

LI Zhong-shan, FAN Ji-zhang

(Institute of Mineral Resources Appraisal of Synthetic Information, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: Three main types and seven subtypes have been genetically divided for the gold deposits at the northern margin of the north China platform. 214 units have been recognized using geological unit methods for the three main types of gold deposits in the area. Under guidance of synthetic information metallogenic theory, the authors have carried out the character analysis for the three types of gold deposits in the area: remelted magmatic hydrothermal, sysestic magmatic hydrothermal and volcanic-subvolcanic hydrothermal. Based on the estimation on the most possible occurrence locations and the metallogenic probabilities of different units, 24 units are concluded to be mostly perspective.

Key words: the northern margin of the north China platform; metallogenic appraisal; character analysis; probability estimate

华北地块北缘是我国重要的成矿区域,其地质条件复杂,矿产资源丰富,已成为我国开展成矿规律研究和找矿工作的重点地区。现阶段,金是我国紧缺或急需矿种,它对国民经济建设和工业战略布局起着重要的作用。本文的研究区东起吉林省的南

部,向西经辽宁省、河北省、天津市、北京市的北部和内蒙古自治区的东南部,至山西省的北部和内蒙古自治区中(西)部,地理坐标范围为东经 $106^{\circ} \sim 130^{\circ}$,北纬 $39^{\circ} \sim 43^{\circ}$,研究区东西长 2 000 km,南北宽 500 km,总面积为 86 万 km^2 。

收稿日期:2003-06-30

基金项目:国土资源大调查项目(200110200038)

作者简介:李钟山(1970-),男,江西永新人,博士研究生,主要从事数学地质研究, Tel:0431-8502410, E-mail: lizshan@mail.china.com;

范继璋(1945-),男,河北涿州人,教授,博士生导师,主要从事数学地质研究, Tel:0431-8502410。

范继璋. 华北地块北缘成矿区带划分及成矿预测(科研报告), 1996。

1 金矿床类型的分类

研究区金矿床类型繁多,成因复杂。现代成矿理论认为,成矿作用是整个地质作用的一部分,或者说是 在一定的地史时期内一种或是多种地质作用引发的特定结果。在矿床形成的三大因素(成矿物质及其来源,成矿环境和成矿作用)中,成矿作用占主要地位^[1]。因此,本文对矿床类型的划分原则是以成矿作用为最主要的依据,充分考虑成矿地质环境,并尽可能地反映成矿物质来源。对于矿床成因复杂、有多次成矿作用叠加的矿床,以造成主要工业化占主导地位的成矿作用为准,同时反映其叠加成矿的特点^[2]。根据以上原则,可以把研究区的金矿划分为 3 类 7 亚类(表 1)。

表 1 华北地块北缘金矿床类型

Table 1 The categories of gold deposit in the northern border land of Huabei massif

成因类型	成矿作用	成因亚类型	含矿建造
侵入岩浆热液型金矿床	与中酸性、碱性侵入岩浆热液活动有关	重熔岩浆热液型金矿床	太古代变中基性火山岩
			元古代浅变质岩
			中生代花岗岩
			古生代超基性—基性岩
			海西—燕山期碱性杂岩
		同熔岩浆热液型金矿床	太古界变中基性火山岩
			燕山期花岗岩
火山—次火山热液型金矿床	与中生代火山—次火山热液活动有关	火山热液型	中生代中酸性火山岩
		次火山热液型	中生代中酸性次火山岩
沉积—改造型金矿床	原生沉积中较富含矿的地层在后期地质改造和热液作用中进一步富集、运移成矿	变质热液型	太古宙绿岩带
		变质改造型	前寒武纪条带状硅质建造
		浅成低温渗滤热液型	显生宙含碳质(火山)碎屑沉积岩

2 金矿成矿单元的划分及变量的提取

2.1 金矿成矿单元的划分

在资源预测工作程序中,单元划分是一项基础性工作,一切统计结果均建立在一定单元划分基础上,单元的划分正确与否直接关系到预测结果的精

度,单元不仅作为统计样品,而且是将统计模型与地质模型有机关联和转换的重要环节,因此单元除了满足统计样品要求外,还应有助于地质模型的定量化,使统计方法发挥最大作用。本文采用地质体单元法来划分成矿单元^[3]。根据本研究区的具体情况,着重于金矿床的成因类型把本区划分出 3 种类型 74 个单元(表 2)。

表 2 华北地台北缘金矿成矿单元

Table 2 The minerogenetic unit of gold deposit in the northern border land of Huabei massif

A 类	B 类	C 类
4 夹皮沟	1 金城洞	7 香炉碗子
5 二道甸子	2 上腰团	22 墨盘
6 石棚	3 海沟	27 红石砬子
10 猴石	8 沙窝沟	28 水泉
11 红透山	9 下肥地	40 撰山子
12 暖泉子	16 上楼子	41 西台子
13 大川头	17 白云	42 宁城
14 小孤山 - 兴隆	29 八家子 - 大石沟	48 红花沟
15 五龙	30 周杖子	50 头沟
18 汾水	31 苗杖子	52 黑沟山
19 古洞	32 金厂沟	56 老米沟门
20 猫岭	33 金厂沟梁	59 头百户
21 隈子	34 肖家营	60 宣家塔
23 华铜	35 白家洼	61 响水沟
24 泡子	36 毛家店	62 招柏
25 红帽子	37 东马道	63 连石窑
26 排山楼	38 峪耳崖	64 米家窑头
43 安家营	39 金厂峪	65 宫儿村
44 热水	45 小寺沟	66 义兴寨
53 旧屯	46 高家店	67 下窝寨
57 东坪	47 茅山	
58 小营盘	49 杨家湾	
70 杨树坝	51 承德	
71 新拜兴	54 马架子	
74 王家店	55 于营子	
	68 金钊沙	
	69 大青山	
	72 哈达门沟	
	73 十八顷豪	

2.2 地质变量的提取及赋值

地质变量是矿产资源定量评价模型建立的三要素之一,变量及变量组合的特点将对模型的质量产生直接的影响。在变量的研究过程中,变量的提取是变量研究的基础性工作,其成果为变量定量化与变量优化等的开展创造了条件。从这种意义上说,变量的提取是变量研究关键的第一步。从信息论角度看,变量的提取即是从业已形成的信息系统中寻求与所要估

计的矿产资源特征有密切关系的信息子集。通常情况下,变量提取要解决好变量提取原则和变量提取方法两个主要问题。变量的提取方法较多,可供实际工作中选择。本次研究工作使用了从图件、表格和文字信息中直接提取,信息合成信息分解等几种方法提取变量,后两种方法的使用要求对信息有较深刻的理解,而且在统计研究后。如单元矿点密度这一变量,首先统计各种单元的矿点数及单元面积,求出值,再利用统计直方图方法确定矿点密度大小的界线值。此例中同时使用了合成与分解两种方法。应用上述方法共提取了 54 个变量,它们的具体含义见表 3。

表 3 华北地块北缘地质变量一览表

Table 3 The table of geological variable in the northern border land of Huabei massif

序号	变量名称	序号	变量名称	序号	变量名称
1		19	深源花岗岩类	37	
2		20	浅成超浅成次火山岩	38	
3	基底	21	闪长岩(含石英闪长岩)	39	构造发育在基底底部
4	隐伏基底	22	花岗岩	40	盆地发育在太古代基底
5	拗陷	23	花岗闪长岩	41	盆地发育在隐伏基底
6	长期隆起	24	二长花岗岩	42	盆地发育在拗陷区
7	长期下降	25	岩体发育在太古代基底之上	43	慢隆
8	隆起中的断陷	26	岩体发育在太古代基底边缘	44	慢凹
9	拗陷中局部隆起	27	岩体发育在下元古代基底之上	45	慢坡
10	太古代地层	28	岩体发育在结晶基底边缘	46	正重力区
11	早元古代地层	29	岩体发育在隐伏基底区	47	负重力区
12	中-晚元古代地层	30	东西向构造	48	梯度带
13	古生代地层	31	南北向构造	49	高正航磁场
14	中生代地层	32	北东向构造	50	低频负航磁场
15	岩基	33	北西向构造	51	强负航磁场
16	岩株	34	超壳断裂	52	交变航磁场
17	变质岩	35	深大断裂	53	航磁梯度带
18	未变质岩	36	构造切割基底	54	矿点密度 > 1.7
	中性岩				矿点密度 0.7 - 1.7
	地壳重熔花岗岩				矿点密度 < 0.9

变量的赋值:原始变量仅仅是文字记录和说明,没有数据概念,不能直接进行信息的加工、处理。根据本次所用数学方法的要求,将这些地质变量按反应进行二态赋值^[4],即

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{第 } i \text{ 个单元在第 } j \text{ 个变量上有反应,} \\ 0, & \text{第 } i \text{ 个单元在第 } j \text{ 个变量上无反应。} \end{cases}$$

其中 X_{ij} 表示第 i 个单元在第 j 号变量上的取值。

$$i = 1, 2, \dots, 74, \quad j = 1, 2, \dots, 54。$$

3 金矿床定位预测

3.1 模型单元的选择

对矿产资源产出位置的估计具有十分重要的意义:其一,它定量地指明了某个预测单元的成矿可能性;其二,正是由于它的这一意义,从而为把矿产资源的数量估计置于一种更为可信的地位。不难设想,在没有可能成矿的单元中估计出相当数量的资源是令人费解的事。因此,在设计定量预测的方案中通常要求首先进行位置的估计,继而才是量的估计。

实现对矿产资源特征的估计,往往要解决模型单元计算方法选择及建模、外推预测 3 个问题。概略地讲,模型单元即是建立评价模型所使用的单元。众所周知,在使用某些统计方法对变量进行处理时,对样品是有所需求的,必须保证样品是随机的,来自同一母体。随机性对统计地质单元来说不成问题,因地质作用本身即是随机事件,而其母体性则难以保证,这主要取决于人们对单元母体性的认识,只有当认识与客观事实接近时才有可能保证此点。基于此,本文分别对研究区的 3 类金矿床挑选出模型单元。具体见表 4。

表 4 模型单元一览表

Table 4 The table of model unit		
A 类模型单元	B 类模型单元	C 类模型单元
26 排山楼	1 金城洞	7 香炉碗子
20 猫岭	2 上腰团	27 红石砬子
4 夹皮沟	3 海沟	28 水泉
15 王龙	36 毛家店	40 撰山子
58 小营盘	8 沙窝沟	48 红花沟
57 东坪	33 金石峪	42 宁城
21 隈子	38 峪耳崖	50 头沟
44 热水	39 金石峪	52 黑沟门
18 汾水	34 肖家营	56 老米沟门
74 王家店	30 周杖子	62 招柏
	35 白家洼	
	45 小寺沟	

3.2 定位评价模型

所谓评价模型,就是用某种数学方法建立起成矿可能性与地质变量之间的关系函数。为了取得较好的模型,通过多种方法试验,根据对成果的分析可知,特征分析较为理想。即 $Y = a_i x_i$ 。其中 Y 为联系度, $i = 1, 2, \dots, m$, a_i 为第 i 个变量的权系数, X_i 为第 i 个变量在单元上的取值。这个方程即是

所求得定位评价模型。依据前面的讨论,对各类模型单元的 54 个变量分别作特征分析,可求得各变量的对象权^[5],根据此模型对各类矿床挑选出前 32 个权系数较大的变量作为预测模型用的变量,可得出各类矿床各单元的联系度列于表 5。

表 5 A、B、C 三类单元联系度

Table 5 The relation of the A, B, C unit

A 类单元联系度	B 类单元联系度	C 类单元联系度
14 小孤山	0.675 6 32 金厂沟	0.661 9 62 招柏
21 隈子	0.673 0 38 峪耳崖	0.652 6 41 西台子
58 小营盘	0.646 8 49 杨家湾	0.610 1 7 香炉碗子
19 古洞	0.631 4 72 哈达门沟	0.587 7 65 宫儿村
20 猫岭	0.631 4 35 白家洼	0.587 5 40 撰山子
70 杨树坝	0.614 0 33 金厂沟梁	0.582 2 52 黑沟门
15 五龙	0.611 2 1 金城洞	0.580 6 48 红花沟
13 大川头	0.309 0 46 高家店	0.579 0 60 宣家塔
12 暖泉子	0.596 4 2 上腰团	0.575 4 63 连石窑
4 安家营子	0.589 9 47 毛山	0.555 7 22 磨盘
26 排山楼	0.577 0 39 金厂峪	0.550 8 56 老米沟门
4 夹皮沟	0.558 5 31 苗杖子	0.538 1 42 宁城
44 热水	0.555 2 55 于营子	0.537 0 50 头沟
11 红透山	0.549 9 45 小寺沟	0.535 2 28 水泉
18 汾水	0.538 0 34 肖家营	0.501 9 59 头白户
25 红帽子	0.538 0 69 大青山	0.471 0 61 响水沟
53 旧屯	0.521 6 30 周杖子	0.465 7 64 米家窑头
57 东坪	0.509 4 68 金窑沙	0.456 6 27 红石砬子
71 新拜兴	0.488 4 36 毛家店	0.451 9 67 下窝寨
10 猴石	0.458 7 8 沙窝沟	0.442 3 66 义兴寨
74 王家店	0.446 8 54 吗架子	0.439 5
24 泡子	0.434 7 29 八家子	0.424 4
6 石棚	0.401 7 37 东马道	0.408 8
5 二道甸子	0.266 6 17 白云	0.377 7
	9 下肥地	0.327 0
	55 于营子	0.325 5
	3 海沟	0.317 7
	73 十八倾豪	0.661 8
	16 上楼子	0.635 6

3.3 成矿概率的估计

单元联系度只能说明预测单元与模型单元的相似程度及成矿可能性的相对大小,这样似乎还不够具体。下面以单元联系度为基础,给出单元的成矿概率估计。

成矿概率的估计有多种方法,其估计效果取决于模型单元的数量及其研究程度,这里引用线性插值法。设单元(包括模型单元和预测单元)最大联系度和最小联系度分别为 Y_{\max} 和 Y_{\min} ,且对应的成矿概率分别为 1, 0, 则对任何联系度为 Y_i ($i = 1, 2,$

\dots, n) 可求得相应的成矿概率估计值为

$$P_i = \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}} \quad (i = 1, 2, \dots, n)。$$

表 6 A、B、C 三类单元的成矿概率估计

Table 6 The estimate of minerogenic probability in A, B, C

unit		
A 类概率估计	B 类概率估计	C 类概率估计
14 小孤山	1.000 0	32 招柏
21 隈子	0.993 6	38 峪耳崖
58 小营盘	0.929	49 杨家湾
19 古洞	0.897 6	72 哈达门沟
20 猫岭	0.897 6	35 白家洼
70 杨树坝	0.854 8	33 金厂沟梁
15 五龙	0.847	1 金城洞
13 大川头	0.842	46 高家店
12 暖泉子	0.811 5	2 上腰团
43 安家营子	0.795 5	47 毛山
26 排山楼	0.765 5	39 金厂峪
4 夹皮沟	0.718	31 苗杖子
44 热水	0.710	55 于营子
44 热水	0.367	45 小寺沟
48 红花沟	0.667	34 肖家营
53 旧屯	0.667	69 大青山
57 东坪	0.597	30 周杖子
71 新拜兴	0.545 7	68 金窑沙
10 猴石	0.472 6	36 毛家店
74 王家店	0.443	8 沙窝沟
24 泡子	0.413	54 吗架子
6 石棚	0.332	29 八家子
5 二道甸子	0.000	37 东马道
		17 白云
		9 下肥地
		55 于营子
		3 海沟
		73 十八倾豪
		16 上楼子

根据上述原理,对表 5 中的单元,给出相应的概率,估计结果列于表 6。根据成矿概率(),将单元划分为一定级别:

- 对于 A 类: 级成矿单元, > 0.8 ;
级成矿单元, $0.8 > 0.5$;
级成矿单元, 0.5 。
- 对于 B 类: 级成矿单元, > 0.75 ;
级成矿单元, $0.75 > 0.5$;
级成矿单元, 0.5 。
- 对于 C 类: 级成矿单元, > 0.7 ;
级成矿单元, $0.70 > 0.4$;
级成矿单元, 0.4 。

具体结果见表 7。

表 7 各类单元的成矿级别

Table 7 The minerogenic grade in each unit

级别	A 类单元号			B 类单元号			C 类单元号		
14	70	21		32	33	38			
15	58	13		1	49	46	62	41	7
19	20	12		72	2	35	47	65	40
43	53	26		39	33	31	52	42	60
57	4	44		55	45	34	48	63	22
71	11	18			69			56	
10	74	24		68	37	73	36	50	27
				17	16	8	9	28	67
6	5			54	55	29	3	61	59
								66	64

4 预测结果的表述

A 类预测使用了 32 个变量,已知单元的联系度呈连续性变化,仅 5 号单元的联系度呈跳跃变化,这说明该单元的成矿控制条件、成矿特点与该类的模型单元截然不同。通过进一步的地质研究,若发现属同一成因类型,则证明该单元可能是超大型矿床。单元的联系度变化幅度不大,说明成矿的差异性并不明显,也就是说都应该视为具有较大的成矿概率。此类的、级单元均为有远景的单元。

B 类单元分布广,遍布全区。分布在台外带的单元,主要集中在辽西建平—朝阳和河北承德地区,它们的产出特点颇具代表性,集中产出在基地的边缘地带,受基底边部的深大断裂控制,与成矿活动有关的类型较复杂,中酸性均有。分布在台内带的单元主要集中在此带的中段,其产出与兴隆—绥中近东西向断裂及北东向断裂有密切关系,也与燕山期形成的岩体有关^[6]。总体看,出露基底的边缘部位和隐伏基底发育,近东西向和北东向断裂构造及燕山期岩浆活动为此类成矿的主要控制因素。由于地质条件的复杂性,仅用联系度大小就作出成矿可能性大小的结论显然不完全恰当,但具有一定的参考意义。在此预测结果之下,有远景单元的提出,应主要依据对成矿的认识和单元所处的地质条件,据此认

为 32、38、49、72、35、1、46、2、47 号等单元为有远景的工作区。

C 类单元的联系度表现出明显的等级性差别。控制该类单元的地质条件主要是中生代火山盆地,基底边部,近东西向、北东向、北西向断裂构造(尤其是它们的交汇部位或附近),次火山岩体等条件。依成矿概率估计单元分成 3 级。级 5 个、级 7 个、级 8 个。

参考文献 (References):

- [1] 翟裕生. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社,1999:89-121.
ZHAI Yu-sheng. Regional mineralizational geology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1999: 89-121.
- [2] 陈毓川. 中国金矿床及其成矿[M]. 北京:地质出版社,2001:2-15.
CHEN Yu-chuan. The gold deposit and metallogeny in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001: 2-15.
- [3] 王世称,陈永良,夏立显. 综合信息矿产预测理论与方法[M]. 北京:科学出版社,2000:187-191.
WANG Shi-cheng, CHEN Yong-liang, XIA Li-xian. The synthetic information metallogenetic prognosis theory and method[M]. Beijing: Science Press, 2000: 187-191.
- [4] 周光亚,夏立显. 非定量数据统计分析及其应用[M]. 北京:北京科技出版社,1993:5-25.
ZHOU Guang-ya, XIA Li-xian. Statistical analysis and its usage in non-quantitative data[M]. Beijing: Beijing Science and Technic Publishing House, 1993: 5-25.
- [5] 王世称,杨毅恒,李景朝,等. 综合信息矿产资源预测中的定性数据分析方法[M]. 长春:吉林大学出版社,1999:33-38.
WANG Shi-cheng, YANG Yi-heng, LI Jing-chao. Qualitative data analysis in the synthetic information metallogenetic prognosis[M]. Changchun: Jilin University Press, 1999: 33-38.
- [6] 杨永华. 华北地台金矿成矿系列预测方法初探[J]. 长春地质学院学报,1997,27:35-40.
YANG Yong-hua. The metallogenetic series prognosis method was approached in the northern border land of Huabei massif[J]. Journal of Changchun University of Earth Sciences, 1997, 27: 35-40.