

河北丰宁牛圈银矿床原生晕特征及深部预测

姚玉增, 巩恩普, 梁俊红, 杨洪英, 崔显德

(东北大学地质系, 沈阳 110004)

摘要: 牛圈银矿是冀北地区重要的独立型银矿床。对其原生晕统计分析研究表明, 所测微量元素基本都服从对数正态分布, 矿床原生晕指示元素组合为 $Au+Ag+Cu+Pb+Zn+Mn+As+Sb+Bi+Hg+Mo+Sb$ 。在矿体上盘出现头晕元素与尾晕元素相叠加的情况, 说明 1 150 m 剖面以下具有良好的矿化前景。

关键词: 牛圈银矿; 原生晕; 异常; 统计分析; 成矿预测; 河北省

中图分类号: P632.1; P618.52 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2005)02-0142-04

河北丰宁银矿位于华北地台北缘中段, 是冀北地区乃至全国重要的大型独立银矿床。矿床属典型的隐爆贯入式中低温热液型银矿床, 矿化极不均匀, 因而正确评价其原生晕特征对矿体的深部远景评价具有重要意义。

1 矿床地质特征^[1,2]

矿区地层简单, 主要为太古界单塔子群变质岩系, 呈不规则状残存于粗粒花岗岩体中。

岩浆岩主要为海西期粗粒花岗岩及燕山期细粒花岗岩, 二者均为直接赋矿围岩, 与矿床形成有着密切联系。

矿床处于复式套环与多组线性构造交汇部位。NNE走向的南台—哈拉海湾深断裂从矿区东部穿过, 是区域性上黄旗—乌龙沟深大断裂的组成部分。近SN走向的牛圈—老虎坝断裂纵贯全区, 切过花岗岩及变质岩并使其动力变质, 矿体即产于该断裂北段的隐爆角砾岩体中。

矿区内共圈出 26 个矿体, 其中银金矿体 10 个, 金矿体 16 个, 在垂向上具有较为明显的分带。金矿体主要产于角砾岩体上盘蚀变碎裂花岗岩中, 规模小, 延深浅; I 号银矿体是丰宁银矿的主要工业矿体, 呈脉状产出, 在剖面上近人参状, 整体呈反“S”形, 并大约以 30° 角度向南侧伏, 其银金储量占全区

90% 以上。本次工作即以 I 号银矿体为主要研究对象, 系统采集了化探原生晕样品, 研究了其原生晕特征。

丰宁银矿矿化阶段可以划分为氧化物期、硫化物期、表生期。与矿化作用关系密切相关硫化物成矿期可以划分为三个阶段: 第一阶段硫化物种类少, 主要为黄铁矿、毒砂等, 多呈较自形的细粒浸染于脉石矿物中; 第二阶段晶出的矿物明显增多, 除黄铁矿和毒砂外, 黄铜矿、辉铜矿率先晶出, 方铅矿、闪锌矿、辉银矿和自然银-金系列矿物在此阶段大量晶出, 是银金矿化的主要时期; 第三阶段黄铁矿与石英、萤石等形成线形硅化和银金矿化, 常交代中期晶出的硫化物而形成交代包含结构。

2 丰宁银矿原生晕特征

本次研究工作在丰宁银矿共取地球化学样品 300 余件, 原生晕分析共 140 余件, 共分析 Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mn, As, Sb, Bi, Hg, W, Mo 等 12 个元素。需要说明的是由于丰宁银矿矿化极不均匀, 在采样时除了仔细观察、选取典型样品外, 在取样时还对同一空间位置上的矿化样品取多个样品来平均, 以消除矿化不均匀的影响。

对所分析的 12 个元素进行了元素剖面等值线图的绘制(图 1), 该图基本反映了丰宁银矿成矿及伴

收稿日期: 2004-06-29

基金项目: 辽宁博士启动基金项目(2001102025)资助。

作者简介: 姚玉增(1972-), 男, 山东蒙阴人, 讲师, 博士, 2001年毕业于东北大学, 主要从事矿床地球化学及环境地球化学方面的教学和研究工作。

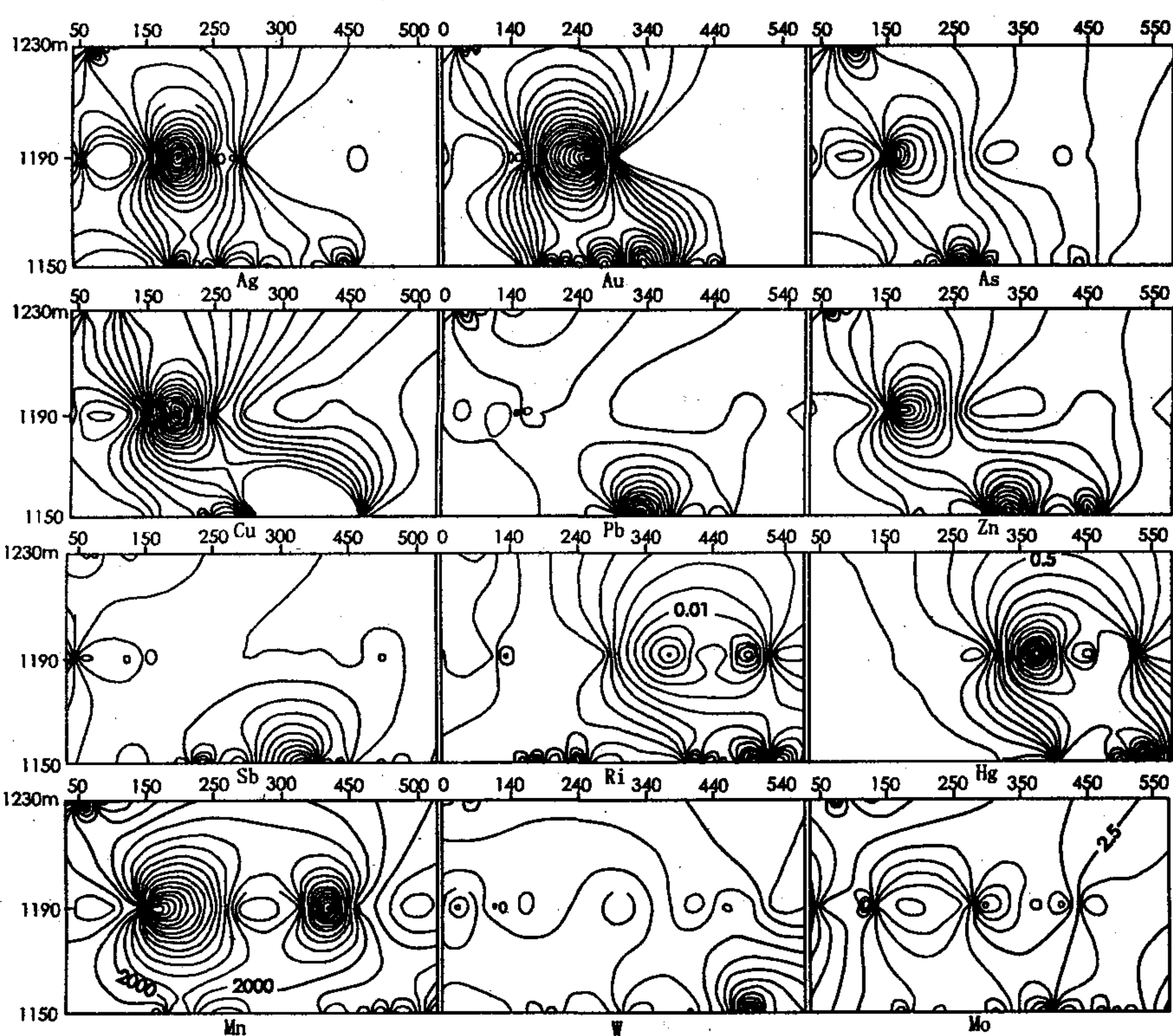


图 1 丰宁银矿指示元素品位剖面等值线图
Fig. 1 The grade isoline profile of indication elements,
Fengning silver deposit

生元素的剖面发育形态。由图我们可以看出,Au,Ag,As,Cu,Zn 等元素剖面发育形态非常相似,在空间上分布较为均匀,并大体反映了 I 号矿体向 S 侧伏的特征;Bi 和 Hg 的剖面形态与上述元素类似,但富集中心明显偏向右侧(矿体上盘);Mn 分布范围很广,在中间部位富集明显;Pb,Sb,W,Mo 等元素则有向下富集的趋势。

3 丰宁银矿指示元素的组合特征

在矿床深部统计预测中,确定最佳地质、地球化学标志组合是影响预测成败的重要工作^[3]。这里采用相关分析、聚类分析和因子分析的结果来综合研究丰宁银矿指示元素的组合特征。

表 1 丰宁银矿指示元素相关系数表
Table 1 Correlation coefficients of indication elements, Fengning silver deposit

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo
Au	1.000	0.917	0.807	0.778	0.715	0.441	0.795	0.505	-0.085	-0.288	-0.524	-0.168
Ag		1.000	0.820	0.814	0.745	0.453	0.799	0.578	-0.053	-0.174	-0.600	-0.152
Cu			1.000	0.801	0.826	0.509	0.810	0.567	0.096	-0.056	-0.592	-0.218
Pb				1.000	0.811	0.450	0.758	0.605	0.082	-0.043	-0.520	-0.096
Zn					1.000	0.617	0.775	0.513	0.091	0.075	-0.435	-0.138
Mn						1.000	0.504	0.167	-0.030	-0.022	-0.146	-0.253
As							1.000	0.660	0.001	-0.042	-0.504	-0.129
Sb								1.000	0.179	0.140	-0.411	0.231
Bi									1.000	0.463	-0.149	-0.195
Hg										1.000	-0.005	-0.246
W											1.000	0.266
Mo												1.000

由表 1 和图 2 我们可以看出,Au,Ag,Cu,Pb,Zn,As,Sb,Mn 等元素相关性很好,除 Au 和 Ag 成矿外,其他元素应该是成矿的良好指示元素;Bi 和 Hg,W 与 Mo 之间的相关性分别较好,而两个元素

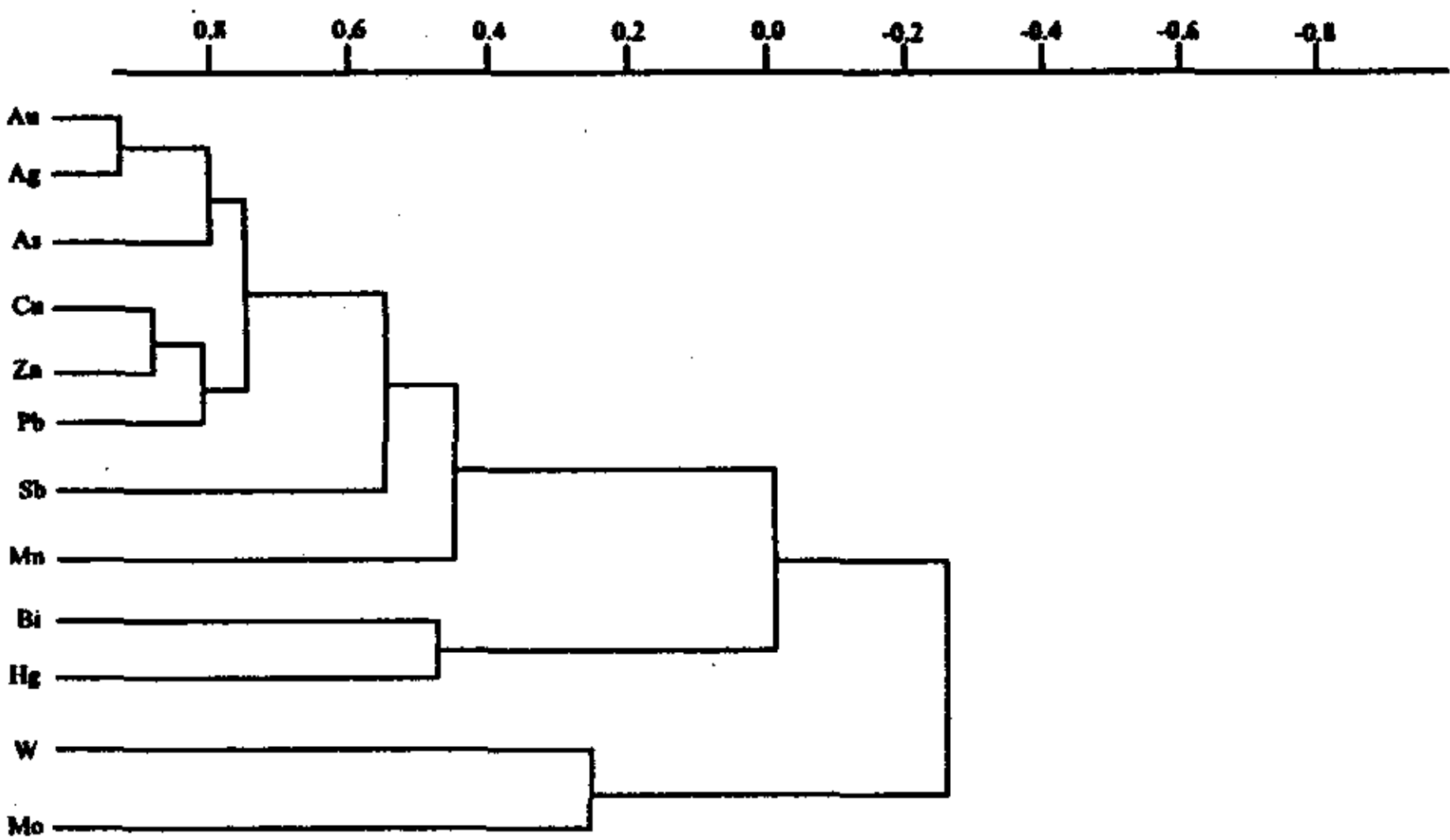


图 2 丰宁银矿指示元素聚类谱系图

Fig. 2 Correlation cluster combination of indication elements, Fengning silver deposit

组合之间却呈负相关。另外,Au + Ag + Cu + Pb + Zn + Mn + As + Sb 元素组合与 Bi + Hg, W + Mo 元素组合之间也呈负相关。这说明 Au + Ag + Cu + Pb + Zn + Mn + As + Sb,Bi+Hg, W+Mo 组合在矿床原生晕中具有不同的指示意义。

因子分析实际上是一种降维分析,降维后使标本具有更明确的意义^[4]。本文采用 R 型因子分析对指示元素组合特征进行研究。为了更接近于地质事实,因子轴采用 Promax 斜旋转方法,共选取 3 个主因子,具体结果如表 2。

由表 2 可以看出,正交旋转与斜交旋转的结果非常相近,故丰宁银矿成矿及伴生元素可以划分为 3 个主因子:

- (1)第一主因子: Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Mn-As-Sb
- (2)第二主因子: Bi-Hg
- (3)第三主因子: Sb-Mo

表 2 Promax 斜旋转前后的因子矩阵结果表

Table 2 Factor matrix before and after Promax incline rotation

元素	正交旋转主因子解			斜交旋转主因子解		
	Factor1	Factor2	Factor3	Factor1	Factor2	Factor3
Au	0.794	3.708E-02	-0.137	0.791	-0.259	0.102
Ag	0.837	3.438E-02	-4.716E-02	0.829	-0.245	0.194
Cu	0.825	0.172	0.162	0.835	-0.049	0.313
Pb	0.795	0.172	-3.212E-02	0.813	-0.104	0.137
Zn	0.759	0.299	-8.930E-02	0.805	0.002	0.024
Mn	0.669	0.163	-0.151	0.693	-0.112	0.001
As	0.591	-0.143	-9.345E-03	0.553	-0.313	0.226
Sb	0.434	-0.153	0.751	0.366	-0.021	0.838
Bi	-0.339	0.773	0.360	-0.200	0.914	-0.111
Hg	-0.332	0.821	0.248	-0.178	0.916	-0.225
W	-0.389	-3.182E-02	-0.242	-0.378	0.012	-0.311
Mo	-1.330E-03	-0.563	0.605	-0.133	-0.300	0.753

表 3 Promax 斜旋转因子相关系数矩阵

Table 3 Correlation coefficients matrix of Promax rotation

因子	Factor1	Factor2	Factor3
Factor1	1.000	-0.147	0.177
Factor2	-0.147	1.000	-0.175
Factor3	0.177	-0.175	1.000

这个结果与前面相关分析及聚类分析结果基本一致。

表 3 表明 3 个因子之间的相关性极差,说明 3 个因子代表的成矿过程(阶段)是不一样的。

因子得分即各元素在因子轴上的投影,对于地

质问题而言,我们常常只关注其正值部分。利用因子分析结果绘制因子得分的剖面等值线图如图 3。

第一因子的空间形态与金、银等元素的空间形态非常近似,并且与矿体的产出状态基本一致,其代表的元素组合为 Au-Ag-Cu-Pb-Zn-Mn-As-Sb,应该是主成矿期元素组合;第二因子主要位于第一因子的右上方,代表元素为 Bi-Hg,说明 Bi, Hg 等头晕元素在扩散过程中主要赋存在矿体的上盘;第三因子主要位于第一因子的右下方,并与第二因子有叠加复合,代表元素为 Sb-Mo,应该为矿床的尾晕元素组合。

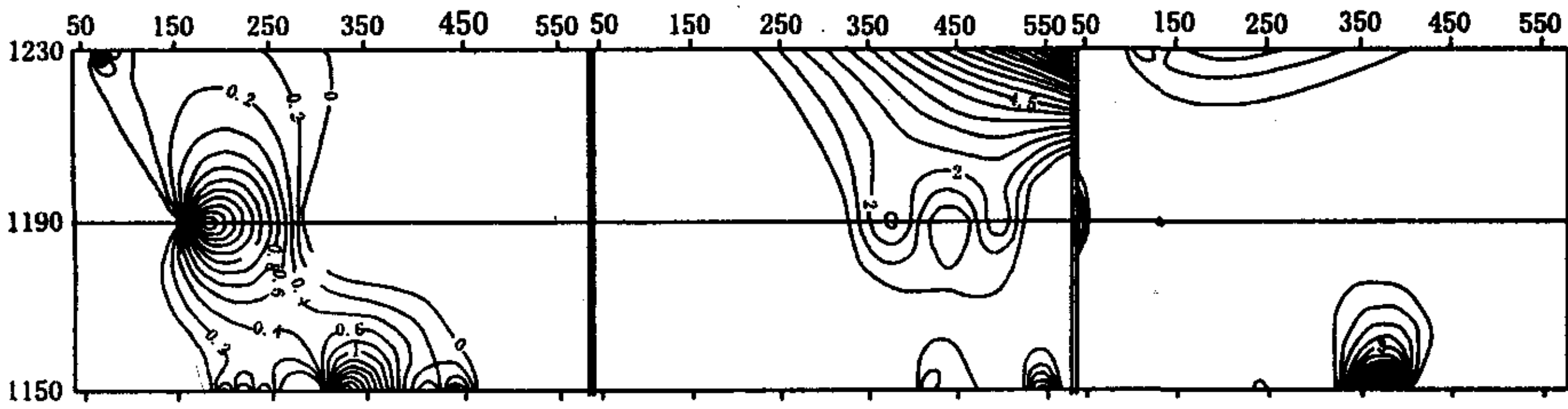


图 3 丰宁银矿指示元素 R 型因子得分剖面等值线图
Fig. 3 Isoline profile of R-factor score of indication elements
in Fengning silver deposit

表 4 丰宁银矿原生晕分带指数计算表													
Table 4 Result of zoning parameters calculation of primary halo, Fengning silver deposit													
	分带	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Mn	As	Sb	Bi	Hg	W	Mo
标准 化后 线金 属量	地表	2.56	6.76	13.93	7.09	6.46	2.10	31.08	15.31	1.12	0.88	2.94	3.37
	1190m	13.02	22.93	51.50	11.53	29.48	18.54	94.10	57.99	19.36	21.49	24.68	14.23
	1150m	12.93	15.80	67.33	25.55	36.46	9.37	88.98	93.59	13.93	19.05	30.02	10.10
分带 指数	地表	0.027	0.072	0.149	0.076	0.069	0.022	0.332	0.164	0.012	0.009	0.031	0.036
	1190m	0.034	0.061	0.136	0.030	0.078	0.049	0.248	0.153	0.051	0.057	0.065	0.038
	1150m	0.031	0.037	0.159	0.060	0.086	0.022	0.210	0.221	0.033	0.045	0.071	0.024
变异性系数		-0.132	-3.128	2.240	-3.745	-2.356	0.029	2.916	-2.797	-2.728	-4.799	-3.351	0.531
分带		6	2	9	3	10	5	1	11	7	8	12	4

计算结果表明,丰宁银矿的轴向分带规律为 As-Ag-Pb-Mo-Mn-Au-Bi-Hg-Cu-Zn-Sb-W。在热液矿床中,一般 Hg,Sb,As 等多以头晕元素形式出现,而 W,Mo,Bi,Mn 等元素多以尾晕元素形式出现。在丰宁银矿轴向分带中,明显 Hg,Sb 等与 W,Bi,Mn 等元素混杂,说明矿体向下延伸很大,深部应该具有良好的成矿前景。

5 丰宁银矿深部成矿远景分析

综合以上研究,我们可以发现丰宁银矿具有如下特征:

(1)丰宁银矿原生晕表明,从 1 230~1 150 m 中段,矿体厚度、品位等工业参数均较稳定,说明矿床的矿化并未减弱。

(2)原生晕分带特征表明,Hg,Sb 等头晕元素与 W,Bi 等尾晕元素相互叠加。

(3)因子分析表明第二主因子与第三主因子在 1 150 m 矿体上盘位置上叠加。

4 原生晕的组分分带特征

原生晕分带特征在深部矿化预测、矿床剥蚀程度评价等方面有着广泛的应用。目前,原生晕分带序列计算中常用格里戈良法^[5],对丰宁银矿原生晕分带序列计算如表 4。

一般来说,如果矿化没有明显尖灭而头晕元素与尾晕元素又相互叠加的话,则指示矿体向下延伸很大^[6]。所以我们可以预测,在 1 150 m 下方约 30° 向 S 侧伏方向上矿床的矿化远景很大。

参考文献:

[1] 刘凤山,张国辉.河北牛圈热泉型银(金)矿床成因[J].贵金属地质,1996(1):48-58.

[2] 魏晓英.河北丰宁营房—牛圈银矿床构造控矿特征和成因探讨[J].地质找矿论丛,2000(3):261-266.

[3] 郭广裕,林卓虹.脉状矿床深部大比例尺统计预测理论与应用[M].北京:冶金出版社,2002. 12-34.

[4] 余金生,李裕伟.地质因子分析[M].北京:地质出版社,195-236.

[5] 阮天健.地球化学找矿[M].北京:地质出版社,1985. 29-72.

[6] 代西武,杨建民,张成玉,等.利用矿床原生晕进行深部隐伏矿体预测——以山东埠上金矿为例[J].矿床地质,2000,(3):245-256.

WANG Xue-zhen¹, LI Yu-qin¹, WANG Zhen-sheng¹,

LI Hong-chao², SHEN Liu-sheng³, LIU Zhen-shan¹, YANG Yan-feng²

(1. *The 7th Party of Henan Bureau of Nonferrous Geology and Mineral Resources, Anyang 455000, China;*

2. *Henan Institute of Nonferrous Geology and Exploration, Zhengzhou 450052, China;*

3. *Huabei Institute of Nonferrous Geology and Exploration, Tianjin 300181, China)*

Abstract: Stream sediment survey at scale of 1/50000 shows an dominant Ag-Pb-Cu high temperature element combination in Zhaiao area in the west Henan province; secondary helo survy Cu-Ag-Bi-Sb medium-high temperature combination at Wangou (1/10000). Geophysical survey shows wide range, planar anomalies with both high resistivity and chargeability. The integrated analysis of the above leads to a conclusion that the Zhaiao area is potential for porphyric copper ore prospecting, Z4 is the extension of the deep porphyric ore thus a good target for further exploration.

Key words: porphyry type copper deposit; ore potential; Zhai'ao; the west Henan province

~~~~~  
(上接第 79 页)

## THE MATERIAL RESOURCES OF GRANODIORITE PORPHYRY IN THE DEXING COPPER ORE DISTRICT: A STUDY ON TRACE ELEMENTS

QIAN Peng<sup>1</sup>, LU Jian-jun<sup>2</sup>

(1. *Geography Department of Nantong University, Nantong 226007, China;*

2. *Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China)*

**Abstract:** In this paper, the characteristics of trace elements and rare earth elements of the granodiorite porphyry from the Dexing copper ore district are studied. The conclusion can be reached that the granodiorite porphyry of Tongchang and Fujiawu ore-field have the same origin. The Tongchang and Fujiawu granodiorite porphyry are all derived from the magma of the primitive mantle, and cotaminated by the crustal material, and may be formed mainly by crystalization differentiation.

**Key words:** Dexing Cu ore deposit; granodiorite; microelement; Jiangxi province

~~~~~  
(上接第 145 页)

THE CHARACTERISTICS OF PRIMARY HALO AND DEEP ORE FORECASTING OF NIUJUAN SILVER DEPOSIT, FENGNING, HEBEI PROVINCE

YAO Yu-zeng, GONG En-pu, LIANG Jun-hong, YANG Hong-ying, CUI Xian-de

(*Geology department, Northeastern University, Shenyang 110004, China)*

Abstract: Niujuan silver deposit is an important independent deposit in North Hebei. The statistical analysis of its primary halo indicates that all the minor elements are log-normally distributed, and the element association are Au+Ag+Cu+Pb+Zn+Mn+As; Bi+Hg; Mo+Bi. The head elements and tail elements overlapped together in the hanging wall of ore-body, which indicates that there is excellent mineralization in the deep parts under 1150m profile.

Key words: Niujuan silver deposit; primary halo; anomaly; statistical analysis; mineralization forecasting