文章编号:1007 - 3701(2008)01 - 0036 - 08

山东黄埠岭金矿床主要工业矿体指示元素研究

丛 源[1],董庆吉[1],张 渊[2],张颜彬[1]

(1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京,100083;2. 吉林大学地球科学学院,长春,130061)

摘要:地球化学元素分布规律的研究是揭示元素矿化富集及空间变化规律的重要途径之一,查明指示元素的含量及其空间分布特征,对于评价矿床深边部含矿性具有指导意义。本文运用统计及克里格插值方法查明黄埠岭金矿成矿指示元素的分布特征,认为矿脉中除 Ni 和 Hg 以外其余 9 个元素的均值明显高于克拉克值,元素的分散富集作用强烈,元素的垂向分带特征明显,可作为矿床深部含矿性评价的依据。

关 键 词:指示元素;空间分布;统计;克里格插值;金矿床

中图分类号:P618.51 **文献标识码**:A

随着我国经济的持续高速发展,对矿产资源的需求日益扩大,然而我国一大批矿山却面临着严重的资源危机,致使危机矿山接替资源勘查成为当前成矿预测研究的热点内容之一。山东招远黄埠岭金矿床为中型金矿,经过三十多年的开采,保有储量已经枯竭,矿山急需勘探新的接替资源。经过综合地质研究认为该矿床深边部存在很好的成矿条件[1]。运用统计及克里格插值方法查明黄埠岭金矿成矿指示元素的分布特征,为矿床深边部成矿预测提供依据。

1 矿区地质概述

山东招远市黄埠岭金矿床位于胶东西北招 - 莱金矿带蚕庄 - 盛家顶断裂上盘,为石英脉与蚀变岩共存型金矿床。矿床矿脉严格受断裂构造控制,直接容矿围岩为玲珑花岗岩,空间上毗邻上庄岩体和北截岩体。矿床内已发现 15 条矿脉,规模大小不一,走向以 N45° ~65°E 为主,其中工业矿体主要产出于 7 号与 10 号脉中(图 1),分别为蚀变岩型与石英脉型。矿脉内的矿体向北东侧伏,侧伏角 30° ~60°。矿石物质成分复杂,金属矿物有黄铁矿、磁黄铁矿、胶黄铁矿、辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铋矿、硫铋铅矿、自然银、辉银矿、碲银矿、自然金、银金矿、金银矿、磁铁矿、赤铁矿、菱铁矿和镜铁矿等,非金属矿物主要有石英、方解石、钾长石、绢云母和绿泥石等。该矿床围岩蚀变发育,有钾化、硅化、绢云母化、绢英岩化、碳酸盐化等,其中硅化与金矿化关系密切[1]。本次研究对黄埠岭金矿床进行了系统的勘查地球化学取样,共取得样品 249 件,数据分析单位为吉林大学分析测试中心。依据胶东金矿元素地球化学性状及黄埠岭金矿矿物研究的结果选取 Au,Ag,Cu,Pb,Zn,Co,Ni,As,Sb,Bi,Hg 为矿床指示元素[2]。应用多元统计分析方法中的相关分析、聚类分析和因子分析的方法对样品分析数据进行处理,最终确定指示元素组合特征。

收稿日期:2007 - 11 - 30
基金项目:"山东招远蚕庄金矿黄埠岭矿区深部矿体定位机制及成矿规律研究"项目资助.
作者简介:丛源(1980—),女,山东招远人,博士研究生,主要从事地球化学方面的研究.

http://www.lw23.com 论文网 论文大全

2　主要工业矿脉地质特征

(1)10 号脉:是黄埠岭矿区主要工业矿脉之一,该矿脉长约800m,脉宽度比较大,最宽可达 15 m。走向 N65°E,倾向 SE,倾角 50° ~85°。向西有与7 号脉相交的趋势。矿脉存在上缓下陡,晚期构造沿断裂复活的现象。由于是蚀变岩型矿化,容矿断裂没有明显的界线,大致受到与矿脉符合的后期构造面控制。10 号脉中间存在一条沿走向的后期断裂,将矿体一分为二。矿脉以南是 11 号脉,该脉与 10 号脉 +80 m 标高上分开,在 +80 m ~ +60 m 这一段合为一体,再向下又分开,明显存在分枝复合现象,因此,二者属于同一断裂构造的控制。10 号脉容矿断裂的侧伏不明显,且含矿品位比较均匀。

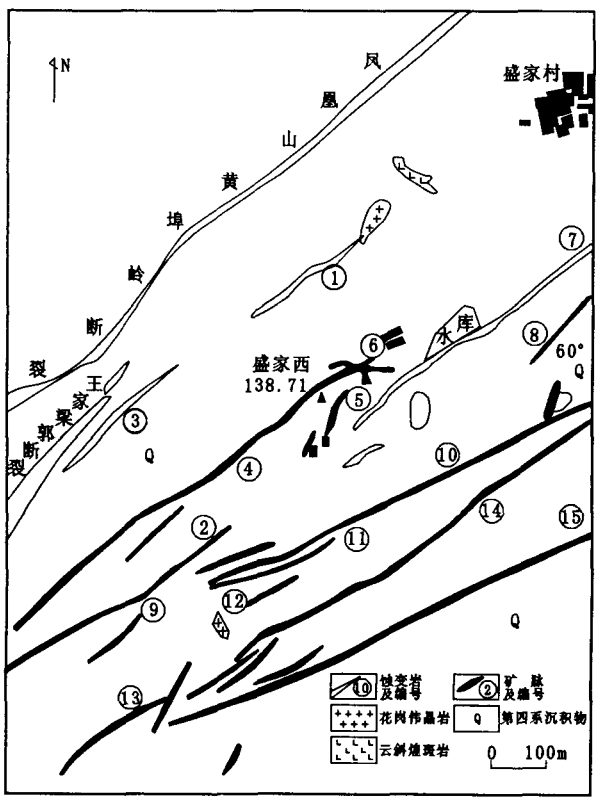


图 1　山东省招远市黄埠岭金矿区地质略图

Fig. 1　Sketch map of regional geology in Huangbuling gold deposit in Zhaoyuan city of Shandong provinc

地表以构造蚀变带为特征,由坑道内观察矿脉上下盘构造面清楚,延深稳定,由碎裂岩、碎粒岩、蚀变岩和硫化物等所组成。矿脉内已发现多个工业矿体。矿化类型为蚀变岩型 。

(2)7 号脉:是矿区内开采较早的矿脉之一,其埋深浅,规模较大,控制延长从 6B 线至 23 线之间,延深达 200 m,目前已开采金属量 1.4t 以上,其矿石品位较高,最高可达 431.64×10^{-6}。7 号脉容矿断裂走向 N45°E ±,控制延深 200 m,且 7 号脉容矿断裂有明显的侧伏性。矿脉地表露头位于 3 线 ~ 23 线,长度 550 m,但深部至少可西延至 6B 线,比地表长 250 m 以上。从矿山工程揭露来看,7 号脉不是一条简单的脉,它是由两条倾向相同和一条倾向相反的三条矿化脉组成的复合脉。它们是 7 -1、7 -2、7 -3,属于同一构造体系内的独立矿脉。两条倾向相同的脉向 SE 倾(南倾),另外一条向 NW 倾(北倾)。南倾脉分布在 7 号脉的西段(7 -1、7 -2),倾向一般为 135°,北倾脉分布在 7 号脉的东段,倾向为 315°,规模相对小一些。这两条倾向相反的脉在坑道中不存在直接相交情况,而是彼此尖灭的。7 号脉南倾脉在五中段以下出现分枝现象,两支脉的夹角在 20° ±。且发育程度不同,南面一条支脉较为发育,而北面的一条则趋于尖灭。

3　元素含量特征

矿脉中元素含量均值、均方差和变异系数((均方差/均值) ×100)等参数反映成矿成晕作用中元素的富集与分散,是重要的成矿信息[3]。据矿床矿脉的 249 个样品测试结果列于表 1,从表中可以看出,在黄埠岭金矿矿脉中,除 Ni 和 Hg 以外其余 9 个元素的均值明显高于地壳克拉克值;在黄埠岭金矿矿脉中,不仅亲硫元素的均方差较高,而且所有元素的均方差很大,说明矿脉中元素的分散富集作用非常强烈,根据变异系数的大小,可排出序列为:

Ni - Co - Cu - As - Pb - Zn - Bi - Sb - Au - Ag - Hg

3.1　10 号脉元素含量

为了解 10 号脉中元素含量的总体特征,统计了 10 号脉中 139 件样品含量的平均值、均方差,将

http://www.lw23.com　论文网 论文大全

变异系数以及平均值、均方差相对于矿床矿脉的衬度列于表2、图2，从图、表中可以看出：

(1)10号脉变异系数总体上小于矿床矿脉，根据变异系数的大小，可排出序列为：

As－Sb－Zn－Ag－Bi－Au－Hg－Pb－Ni－Cu－Co

(2)10号脉中Au，Ag，Pb，Zn，As，Bi，Hg高于矿床矿脉的平均值，Cu，Sb，Co，Ni低于矿床矿脉的平均值，其中Cu，Co，Ni低于矿床矿脉平均值0.5倍，Pb，Zn，Hg，Sb的差异很小；

(3)10号脉中Ag，As，Bi，Hg＞矿床矿脉的均方差，Au，Cu，Pb，Zn，Co，Ni，Sb＜矿床矿脉的均方差。其中，Au，Zn，Sb，Hg均方差异很小，Cu，Pb，Co，Ni低于矿床矿脉均方差0.5倍。

表1 黄埠岭金矿矿脉元素含量特征值

Table 1 Eigenvalue of element content of vein in Huangbuling gold deposit

	元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Sb	Bi	Hg
样品数(249)	均值	2.068	6.597	70.6	293	285	28.0	44.7	3.73	1.86	6.37	0.052
	均方差	6.76	19.14	441	1435	1135	257	449	20.6	6.18	21.4	0.14
	变异系数	327	290	625	490	398	918	1004	553	332	336	267
	地壳背景	0.0034	0.07	47	16	83	18	58	1.8	0.5	0.009	0.083

注：地壳背景据维诺格拉夫(1962)

表2 黄埠岭金矿区10号脉元素含量特征值

Table 2 Eigenvalue of element content in vein 10 in Huangbuling gold deposit

	元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Sb	Bi	Hg
样品数(139)	均值	2.519	11.25	24.6	304	316	10.8	17.5	6.63	1.67	11.763	0.061
	均方差	6.615	27.55	31.0	587	880	10.6	33.4	30.8	5.05	30.774	0.150
	变异系数	263	245	126	193	279	98.3	191	465	303	262	244
	衬度1	1.22	1.70	0.35	1.04	1.11	0.39	0.39	1.78	0.90	1.85	1.17
	衬度2	0.98	1.44	0.07	0.41	0.78	0.04	0.07	1.50	0.82	1.44	1.07

注：衬度1＝10号脉平均值/矿床矿脉平均值；衬度2＝10号脉均方差/矿床矿脉均方差.

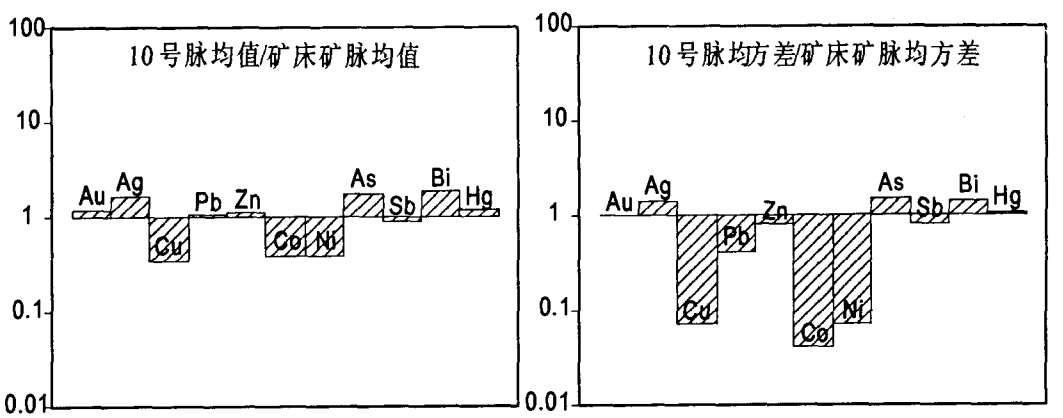


图2 10号脉与矿床矿脉的对比图

Fig. 2 Contrast map of vein 10 with deposit vein

http://www.lw23.com 论文网 论文大全

3.2　7 号脉元素含量

对 7 号脉中 110 件样品含量的平均值、均方差进行了统计。将变异系数以及平均值、均方差相对于矿床矿脉的衬度列于表 3、图 3。从表和图中可以看出:

(1)7 号脉变异系数总体上与矿床矿脉相近,根据变异系数的大小,可排出序列为:

Co -Ni -Pb -Cu -Zn -Au -Hg -Sb - Bi -Ag -As

(2)7 号脉中 Cu,Pb,Zn,Co,Ni,Sb 高于矿床矿脉的平均值,Au,Ag,As,Bi、Hg 低于矿床矿脉的平均值,其中 Ag,As,Bi 低于平均值 0.5 倍,Pb,Zn 的差异很小。

(3)7 号矿脉中 Au,Cu,Pb,Zn,Co,Ni,Sb,Hg >矿床矿脉的均方差,Ag,As ,Bi < 矿床矿脉的均方差。其中,Au,Hg 低于矿床矿脉均方差 0.5 倍,As 低于矿床矿脉均方 0.1 倍。

表 3　黄埠岭金矿区 7 号脉元素含量特征值

Table 3　Eigenvalue of element content of vein 7 in Huangbuling gold deposit

	元素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	As	Sb	Bi	Hg
样品数(110)	均值	2.519	11.25	24.6	304	316	10.8	17.5	6.63	1.67	11.763	0.061
	均值	1.474	3.08	126	313	302	44.5	78.7	1.45	2.44	1.93	0.040
	均方差	6.916	5.27	651	2049	1441	381	665	1.26	7.67	6.04	0.144
	变异系数	469	171	518	655	477	856	845	87.2	315	332	355
	衬度 1	0.71	0.47	1.78	1.07	1.06	1.59	1.76	0.39	1.31	0.30	0.77
	衬度 2	1.02	0.28	1.48	1.43	1.27	1.48	1.48	0.06	1.24	0.30	1.03

注:衬度 1 =7 号脉平均值/矿床矿脉平均值;衬度 2 =7 号脉均方差/矿床矿脉均方差.

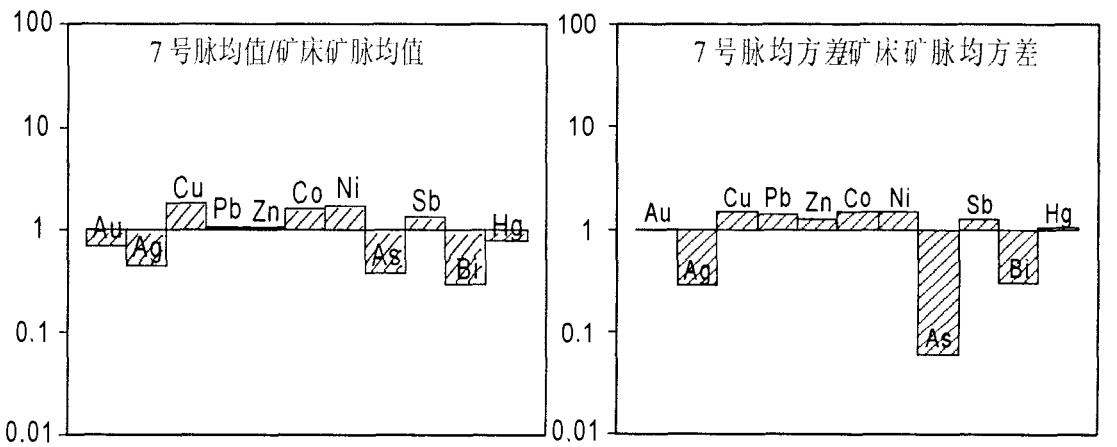


图 3　7 号脉与矿床矿脉的对比图

Fig. 3　Contrast map of vein 7 with deposit vein

4　典型矿脉元素含量的空间分布

由于本次研究是在已开采多年的矿山坑道中进行的,存在大量的采空区,因此无法进行网格化采样,就需要对变量进行插值处理再进行元素等浓度图的绘制。本次研究采用普通克里格方法对样品数据进行插值。克里格法也称空间局估计或空

http://www.lw23.com　论文网 论文大全

间局部插值,它是建立在半变异函数理论及结构分析基础上,在有限区域内对区域化变量的取值进行无偏最优估计的一种方法[4]。

4.1 10号脉中元素含量的空间分布

为了解10号脉中元素含量的空间分布规律,在10号脉纵投影图上绘制了元素含量等浓度图(图4)。根据元素含量的空间变化,其空间分布特征归纳如下:Au主要在六、七、八中段出现高值,最高品位可达10×10^{-6}以上;Ag,Pb,Bi,Cu,(Zn)等元素分布与Au的分布有一定的相似性,但这些元素在深部八中段浓度普遍增高,尤其是Ag,Pb,Bi,Cu,富集高度可能略低于Au;As,Sb浓集中心高于Au的富集中心,与Au富集地段的距离约100 m,可作为头晕指示元素;Hg主要在深部富集,并且在地表也有轻微富集。这种现象与一般的分带理论相矛盾,可能指示深部有矿体;Co在六、七、八中段富集,与Au的分布较为吻合。Ni的分布与Au也有较多的重合性。这些可能与Co,Ni以类质同像存在于黄铁矿中有关。

综上所述,在10号脉中元素从上到下的分带序列为:(As,Sb) - (Au,Co,Ni,Zn) - (Ag,Pb,Cu,Bi,Hg),与李惠等人提出的典型分带序列相比[5],Hg,Co,Ni的位置有明显"错位"现象。根据异常"叠加"的一般解释,这些现象反过来说明深部可能有新矿体存在。

4.2 7号脉中元素含量的空间分布

为了解7号脉元素的空间分布规律,在7号脉纵投影剖面图上也绘制了元素含量等浓度图(图5)。根据元素含量的空间变化,其空间分布特征归纳如下:在水平方向上,Au主要在2B~1、5~9勘探线之间和13勘探线附近出现高值。在垂直方向上,高值出现在第二~六中段,最高可达10×10^{-6}以上;Ag,Pb,(Cu)分布与Au的较为相似,但Cu出现大片的高含量区,Ag,Pb富集中心略低于Au。Zn分布与Pb相近,但在水平方向上有错位,并不是非常吻合;As,Sb (Bi)分布有一定的相似性。As,Sb为典型的活动性强的元素,但浓集中心主要在六,七中段,可能暗示深部有新的矿体;Hg主要在深部的六、七中段富集,这种现象与一般的分带理论相矛盾,可能指示深部矿体;Co,Ni在水平方向上的分布较为相近,主要在1~5和9~17勘探线之间出现富集中心,在6B~1勘探线之间,尤其是在七中段含量很低。在垂直方向Ni的位置低于Co。

综上所述,在7号脉中元素从上到下的分带序列为:(Cu,Co) - (Au,Ag,Pb,Zn) - (As,Sb,Bi) - (Ni,Hg),与李惠等人提出的典型分带序列相比[5],Hg,Co,As,Sb(Cu)的位置有明显的"错位"现象,这些现象反过来说明深部可能有新矿体存在[6]。

5 结论

黄埠岭金矿床矿石类型为石英脉型与蚀变岩型共存的金矿床,10号脉与7号脉为典型代表。通过对矿床指示元素分析数据的统计与克里格插值估计,揭示出指示元素空间分布特征,为本矿深边部的成矿预测提供依据,其主要结论如下:

(1)黄埠岭金矿主要工业矿脉中,除Ni和Hg以外其余9个元素的均值明显高于克拉克值,矿脉中元素的分散富集作用强烈。

(2)黄埠岭金矿10号脉中元素从上到下的分带序列为:(As,Sb) - (Au,Co,Ni,Zn) - (Ag,Pb,Cu,Bi,Hg)。

(3)黄埠岭金矿7号脉中元素从上到下的分带序列为:(Cu,Co) - (Au,Ag,Pb,Zn) - (As,Sb,Bi) - (Ni,Hg)。

参考文献

[1]张渊,佘振宝,陈国华.招远黄埠岭金矿地质与矿体定位预测[J].中国招远国际金矿地质与勘查学术研讨会论文集,2004,136—142.

http://www.lw23.com 论文网 论文大全

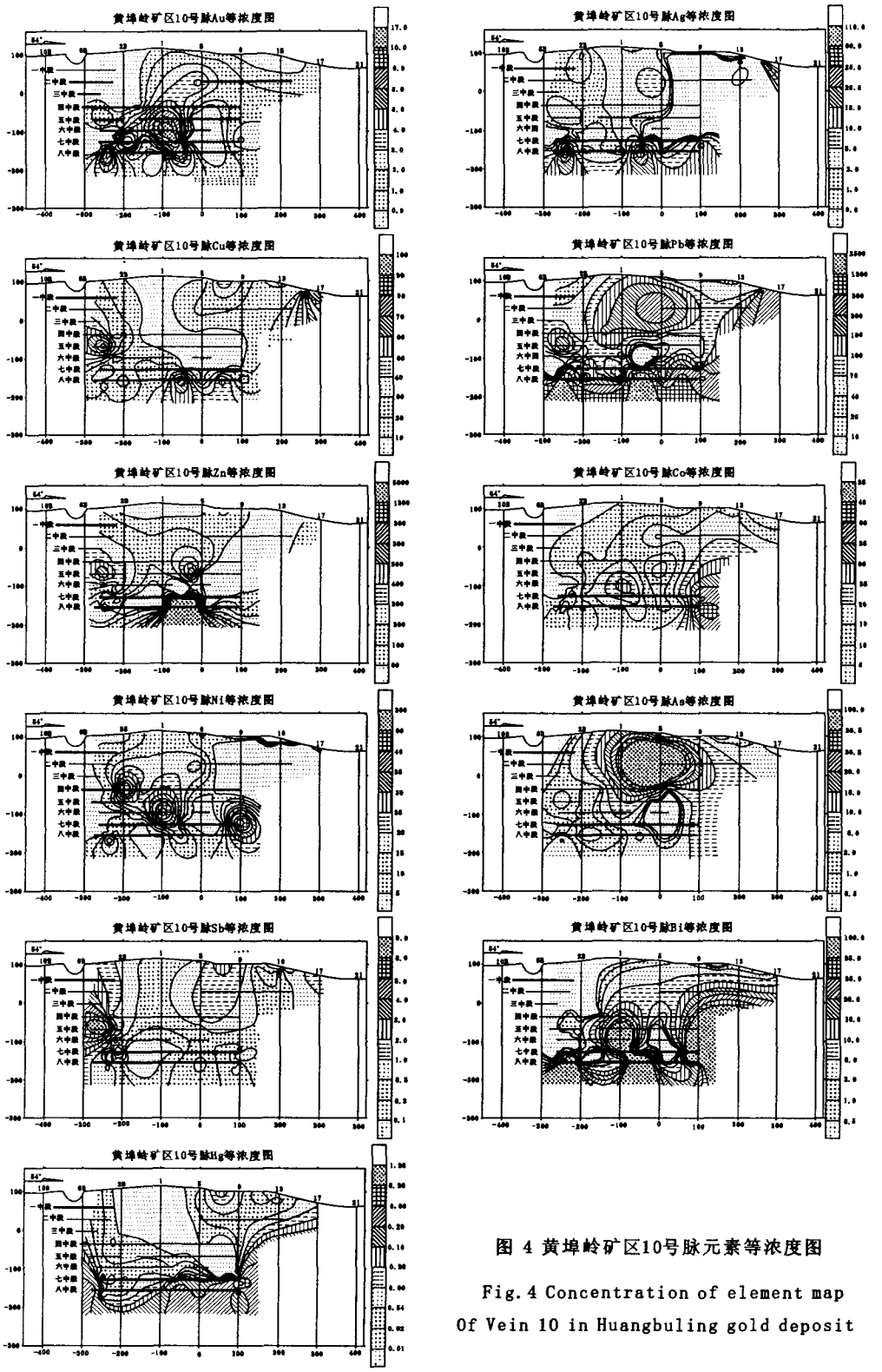


图 4 黄埠岭矿区10号脉元素等浓度图

Fig. 4 Concentration of element map Of Vein 10 in Huangbuling gold deposit

http://www.lw23.com 论文网 论文大全

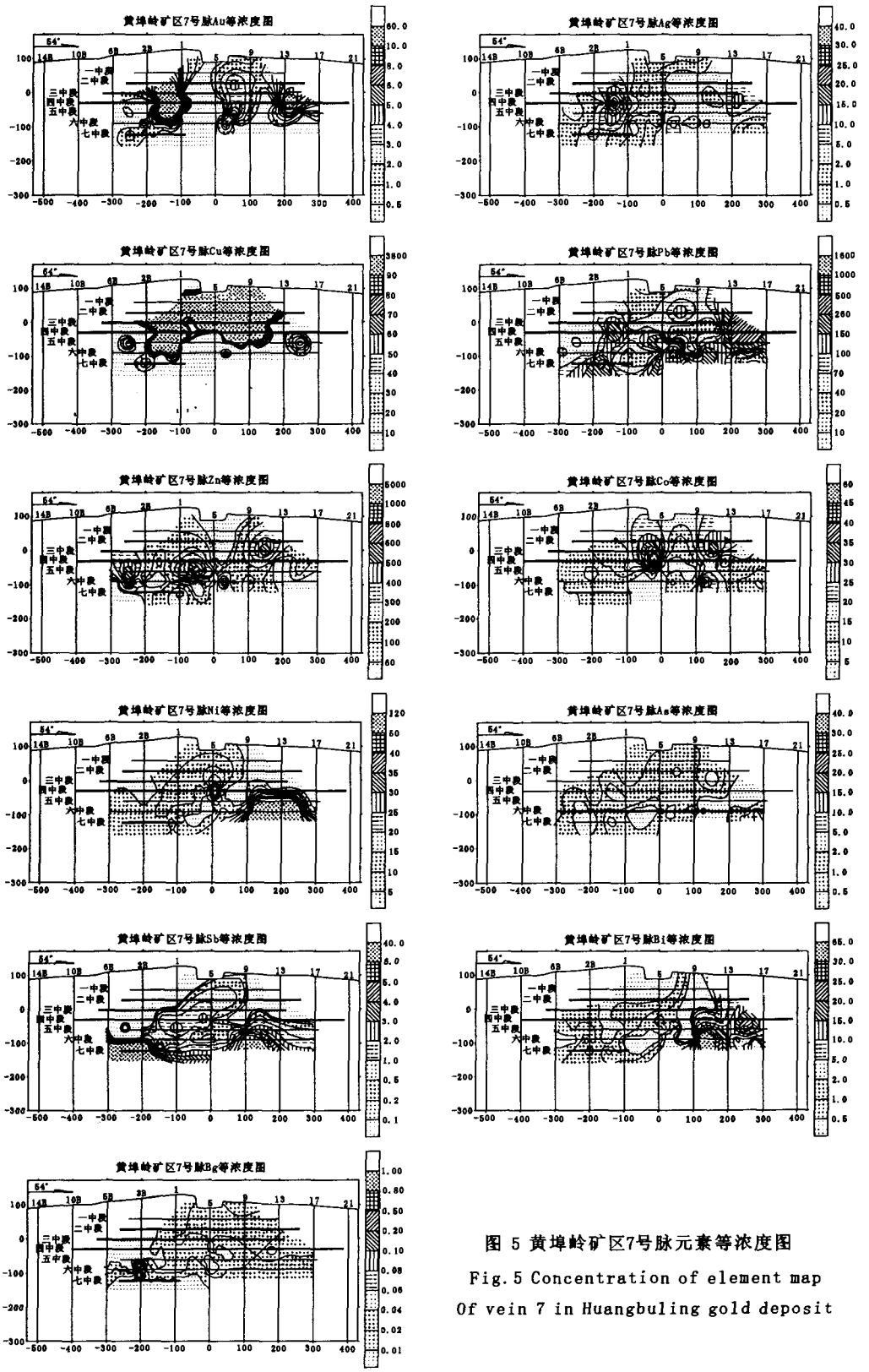


图 5 黄埠岭矿区7号脉元素等浓度图

Fig. 5 Concentration of element map Of vein 7 in Huangbuling gold deposit

http://www.lw23.com 论文网 论文大全

[2] 李惠,李文华. 胶东大型金矿床的地球化学分带特征[J]. 贵金属地质,1999,8(4):217—223.
[3] 吴锡生. 化探数据处理方法[M]. 北京:地质出版社,1993,38—39.
[4] 侯景儒,尹填南等. 实用地质统计学[M]. 北京:地质出版社,1998.
[5] 李惠,张文华,常凤池. 大型、特大型金矿盲矿预测的原生叠加晕模型[J]. 地质找矿论丛,1999,14(3):125—134.
[6] 仲崇学. 应用地球化学[M]. 吉林:吉林大学出版社,2002.

Study on the indicator element of main economic orebody in Huangbuling gold deposit, Shandong province

CONG Yuan[1], DONG Qing - ji[1], ZHANG Yuan[2], ZHANG Yan - bin[1]
(1. *Schoool of Earth Sciences and Resource, China University of Geosciences, Beijing* 100083;
2. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun* 130061)

Abstract: Study on the distribution of geochemistry elements is one of route to show up mineralization enrichment of elements and spatial compositional variation. Study on the elements content and spatial distribution characteristics of elements are very important to revealing ore potentiality evaluation in depth of gold deposit. The paper discusses spatial distribution characteristics of metallogenic elements in the Huangbuling gold deposit by using statistics and Kriging method. It is considered that the rest of nine elements average hyper - kriging clearly, excluding elements Ni and Hg in vein, and the more effects of the dispersal or enrichment of elements are intense, the more characteristics of vertical zonality are evident. The conclusion is important for ore evaluation in depth of gold.

Key words: indicator element; spatial distribution; statistics; Kriging; gold deposit

http://www.lw23.com 论文网 论文大全