维普资讯 http://www.cqvip.com

技术·方法

R型因子分析在矿床成矿预测中的应用——以山东黄埠岭金矿为例

董庆吉,陈建平,唐 宇
(中国地质大学(北京)国土资源与高新技术研究中心/北京市国土资源信息开发研究重点实验室,北京 100083)

[摘 要]危机矿山的深边部矿体预测研究,是当前成矿预测研究的热点内容。因子分析是研究元素的共生组合的有效手段和方法,因子分析中每一个因子所包含的主要元素,不仅仅表示它们的一种组合关系,而且反映了一种内在的成因联系。因此可利用每一个因子的因子得分的空间分布来预测矿体的存在。作者利用黄埠岭金矿床两条主要成矿矿脉的11种成矿及伴生元素的分析数据,采用R型因子分析方法,研究元素间的共生组合关系,在此基础上分析每一因子对矿体的指示意义,利用因子得分定量地描述这种指示意义。最后通过研究因子得分的空间分布规律,对矿床深边部未知矿体进行预测,圈定了找矿靶区。

[关键词]成矿预测 因子分析 危机矿山
[中图分类号]P618.51 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2008)04-0064-05

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了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]。文章利用该矿床成矿及伴生元素的分析数据,采用R型因子分析方法,研究元素间的共生组合关系,在此基础上分析每一因子对矿体的指示意义,利用因子得分定量的描述这种指示意义。通过研究因子得分的空间分布规律达到对矿床深边部矿体进行预测的目的。

1 矿区地质概述

黄埠岭金矿床位于山东省招远市蚕庄镇盛家村西南山上,地理坐标东经120°09′,北纬37°22′。矿床位于胶东西北部招—莱金矿带内蚕庄—盛家顶断裂上盘,金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。该矿床内已发现15条矿脉,规模大小不一,走向以北东45°~65°为主。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]。此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,分析时间为2003年。依据胶东金矿元素地球化学性质及黄埠岭金矿矿物特征研究的结果选取了Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Co、Ni、As、Sb、Bi、Hg为矿床指示元素[2]。对其分析数据采用R型因子分析来探讨其共生组合及成因联系,进而为矿体预测提供有效依据。

2 指示元素因子分析

矿床成矿元素及其伴生元素是指示矿床存在的直接标志,因此被称为矿床指示元素。单一指示元素异常存在着不确定性,而多元素的综合指示则可较有效的反映矿体的存在。因子分析中,一般认为R型分析是一种研究元素共生组合的有效手段和方

[收稿日期]2007-05-22;[修订日期]2007-09-10。
[基金项目]全国危机矿山接替资源勘查项目(编号:200665102)资助。
[第一作者简介]董庆吉(1978年—),男,2005年毕业于吉林大学,获硕士学位,在读博士生,现主要从事矿产勘查研究工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

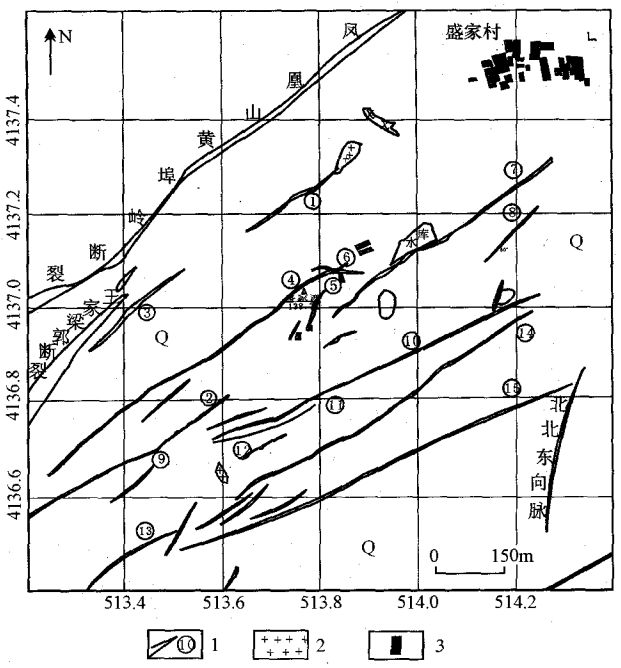


图1　山东省招远市黄埠岭金矿区地质略图

1—矿脉或蚀变岩及编号;2—花岗伟晶岩;3—建筑物;x—云斜煌斑岩;Q—第四系沉积物

法[3~9]。因子分析中每一个因子所包含的主要元素,不仅仅表示它们的一种组合关系,而且反映了一种内在的成因联系。因此可利用每一个因子的因子得分的空间分布规律来预测矿体的存在。

因子分析是多元统计中常用方法之一,以往地质研究中用其解决复杂的地质成因及矿化叠加问题,对叠加地球化学场也有较好的分解作用。黄埠岭金矿七号脉和十号脉在矿石类型上存在有明显的差异,因此,分别对两条矿脉的数据进行因子分析研究。

表1为10号脉R型因子分析方差最大正交旋转因子载荷,根据表1数据结合矿脉地质特征研究结果解释各因子如下,F1[Bi,Co,Pb,Ag,(Au,Hg)]:硫化物、金矿化因子。金的富集与辉铋矿、方铅矿和银矿物有关;F2[Zn,Cu,Au,(Pb)]:金、硫化物矿化因子。金的富集与闪锌矿和黄铜矿等有关;F3[Ni,Ag]:围岩蚀变及硫化物矿化因子。在黄铁矿化等作用中也有金的带入;F4[Sb]:头晕元素因子;F5[As]:头晕元素因子;F6[Hg]:头晕元素因子。

值得说明的是,As、Sb、Hg 3个活动性强的元素都各自独立形成因子,与一般规律有所矛盾,在以后的工作中应进一步注意研究其原因。

表1　10号脉R型因子分析正交旋转因子载荷

	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Au	0.456	0.673	0.212	-0.025	-0.042	-0.286
Ag	0.573	0.217	0.671	0.017	0.008	-0.164
Cu	0.081	0.725	0.230	0.058	0.219	0.170
Pb	0.719	0.345	-0.028	-0.042	0.106	0.016
Zn	0.090	0.860	-0.118	-0.050	-0.039	0.023
Co	0.784	0.056	0.143	-0.082	0.047	0.238
Ni	0.036	0.023	0.922	-0.029	-0.010	0.123
As	0.063	0.079	-0.010	0.004	0.979	-0.021
Sb	-0.074	-0.012	-0.018	0.994	0.005	-0.009
Bi	0.821	0.039	0.099	-0.005	-0.028	0.208
Hg	0.332	0.053	0.067	-0.010	-0.027	0.893
累计方差贡献/%	32.4	45.5	56.1	65.2	73.9	80.9

表2根据7号脉中方差最大正交旋转因子载荷,解释各因子如下,F1[Zn、Pb、(As)]:铅、锌矿化因子;F2[|Au、Ag、Cu|]:金、硫化物矿化因子。金银富集与黄铜矿化有关;F3[Co、Ni]:尾晕元素因子;F4[Bi、As、(Sb)]:矿化物矿化因子,由于As、Sb的载荷较大,所以可能代表头晕元素组合;F5[Hg]:头晕元素因子。

表2　7号脉R型因子分析正交旋转因子载荷

	F1	F2	F3	F4	F5
Au	-0.023	-0.929	-0.008	0.020	-0.014
Ag	0.067	-0.845	-0.022	0.216	-0.032
Cu	0.013	-0.751	-0.003	-0.161	0.009
Pb	0.988	-0.030	-0.006	0.065	0.022
Zn	0.989	0.010	0.000	0.035	0.015
Co	-0.005	0.011	1.000	0.001	-0.007
Ni	-0.006	0.013	1.000	0.001	-0.007
As	0.429	-0.231	-0.042	0.718	-0.023
Sb	0.017	0.104	0.010	0.460	-0.009
Bi	-0.081	-0.084	0.007	0.828	0.004
Hg	0.028	0.023	-0.012	-0.018	0.999
累计方差贡献/%	23.1	41.7	59.7	71.5	80.5

综上所述,7号脉与10号脉指示元素组合有所不同。首先,7号脉中Au只是在一个因子上出现;其次,7号脉中As、Sb组成一个因子,并且Bi没有与中下部元素组成一个因子;再其次,7号脉中Zn、Pb分布在中部偏上部。

综合7号脉与10号脉的聚类分析与因子分析结果,结合元素活动性特征,确定黄埠岭矿床的特征元素组合为代表主成矿元素组合的Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Bi;代表头晕元素组合的As、Sb、Hg;代表尾晕元素组合的Co、Ni。

维普资讯 http://www.cqvip.com

3 因子得分值的空间分布

地质作用是非常复杂的过程，人们的地质观察、采样和样品分析等工作也受到非常复杂的自然环境因素的影响，因此元素含量的测试数据中往往夹杂着很多的偶然性误差（或称“噪音”）。多元地球化学参数能够有效地压低由各种偶然性误差所造成的“噪音”，增强反映主要地质作用的各种信息，使我们在复杂的元素含量变化中能够找出地球化学作用的内在规律，提高预测水平。

因子得分值反映每个样品在各种地质作用中的属性，是勘查地球化学中经常应用的参数之一[4]。因子得分值可用两种计算方法算出，一是利用全部样品进行因子分析的计算，并得出相应的因子得分值。另一种是在以典型地质体的因子分析结果为模型，以这个模型计算其它地质体的因子得分值。前一种方法的特点是计算时每增加样品或减少样品时必须重新计算，这样不仅增加工作量，而且每次计算的因子属性发生变化，给工作带来很多麻烦。后一种方法的特点是以典型地质体（如典型矿体，典型矿床）为模型，用典型模型计算其它地质体的因子得分值，这样只要典型地质体的样品数不变，其它矿脉的样品数的增减不影响原来的结果，不仅节省了工作量，而且更重要的是每次计算的因子属性不发生变化，有利于以类比的方法（或模型对比法）研究未知地质现象。因此，在此次研究中采用的是后一种方法。

利用因子得分值研究某种地质作用的空间特征，是人们经常采用的方法之一。从 10 号脉的因子得分图（图 2）中可以看出：代表硫化物、金矿化的 F1 因子得分值主要分布在北东方向，向南西方向的浅部主要出现负值，说明与 Bi、Pb、Ag 矿化有关的 Au 矿化的空间分布趋向于矿脉的中下部；代表金，硫化物矿化的 F2 因子得分值主要分布较为分散；代表围岩蚀变及硫化矿化的 F3 因子得分值主要分布在 6B ~ 9 勘探线之间的三 ~ 七中段；代表头晕元素 Sb 的 F4 因子得分值只是零星分布；主要代表头晕元素 As 的 F5 因子得分正值分布五中段以上；主要代表头晕元素 Hg 的 F6 得分正值分布七中段以下。

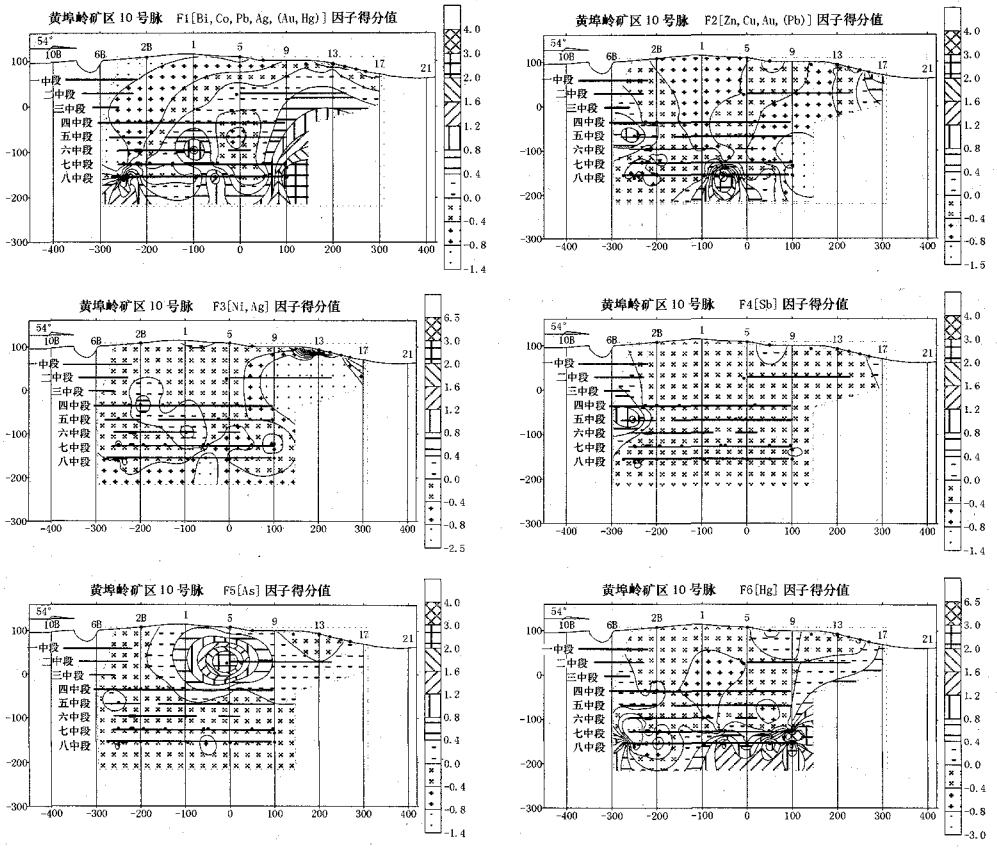


图 2 黄埠岭矿区 10 号脉因子得分等值线

维普资讯 http://www.cqvip.com

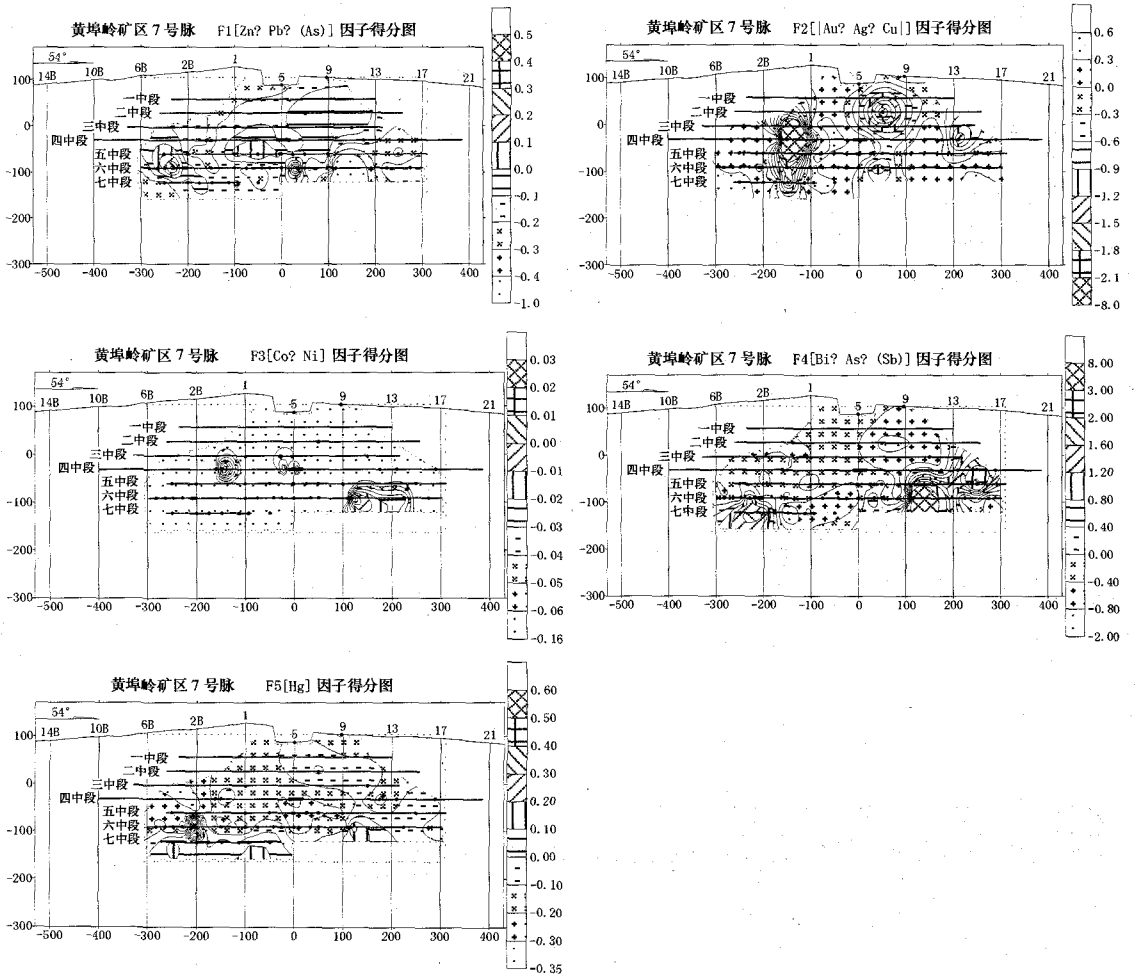


图3　黄埠岭矿区10号脉因子得分等值线

7号脉中因子得分值的空间分布 从7号脉的因子得分图(图3)中可以看出:代表方铅矿化、闪锌矿化等硫化物矿化的F1因子得分值的正值主要分布与Au的分布有部分重合,但在2B～1、13～17勘探线处正好相反,可能说明Pb、Zn矿化阶段Au的带入非常少;代表金、硫化物矿化的F2因子得分值的负值分布与Au的分布非常相近,说明Au主要是在Ag、Cu矿化阶段带入的;代表围岩蚀变及硫化物矿化的F3因子得分正值分布非常局限,出现大范围的低值,主要反映石英脉特征;代表头晕元素Hg的F4因子得分正值在六、七中段;代表头晕特征的F5因子得分正值也主要分布六、七中段。

4　靶区预测

根据7号脉和10号脉因子得分的空间分布对矿区7号脉、10号脉深部矿体进行了预测(图4、图5)。经坑内钻探工程验证,两个一级靶区都有很好的矿化显示。

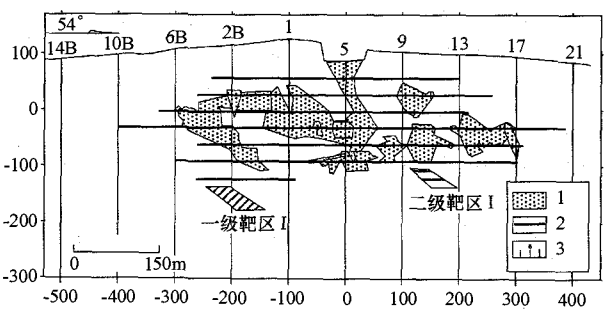


图4　黄埠岭矿区7号脉靶区预测图

1—矿体;2—坑道;3—勘探线

5　结论

综上所述表明利用R型因子分析,可以得出指示元素间的共生组合关系,在此基础上探讨其成因联系即某种地质作用。以此作为指示矿体存在的指标,以因子得分来定量的描述这种指示,可以较有效的对矿床深边部矿体进行预测。其中10号脉中主

维普资讯 http://www.cqvip.com

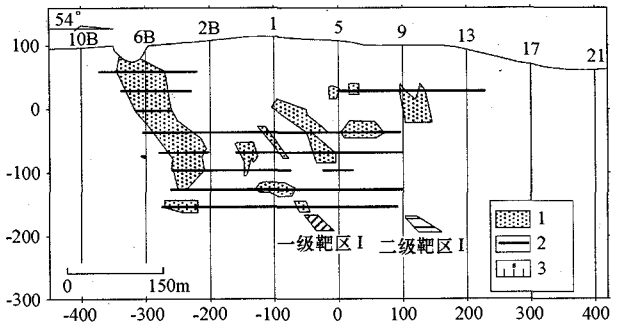


图 5 黄埠岭矿区 10 号脉靶区预测图

1—矿体;2—坑道;3—勘探线

要代表头晕元素 Hg 的 F6 得分正值分布七中段以下并存在两个高值区,由此预测出两个靶区。7 号脉中代表头晕元素 Hg 的 F4 因子得分正值在六、七中段,代表头晕特征的 F5 因子得分正值也主要分布六、七中段,同样存在两个高值区,由此预测了两个靶区。

[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[A]. 中国招远国际金矿地质与勘查学术研讨会论文集[C]. 2004:136 - 142.

[2] 戚长谋. 元素地球化学分类探讨[J]. 长春科技大学学报,1997,21(4):361 - 365.

[3] 吴锡生. 化探数据处理方法[M]. 北京:地质出版社,1993:38 - 39.

[4] 赵鹏大. 定量地质学理论与方法[M]. 北京:地质出版社,2004:178 - 180.

[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] 李 惠,张文华,刘宝林,等. 中国主要类型金矿床原生晕轴向分带序列研究及其应用准则[J]. 1999,35(1):32 - 35.

[7] Michael M, Konstantinov, Sergey F. Strujkov Application of indicator halos (signs of ore remobilization) in exploration for blind gold and silver deposits[J]. Journal of Geochemical Exploration, 1995,54(1):1 - 17.

[8] 仲崇学. 应用地球化学[M]. 吉林:吉林大学出版社,2002.

[9] 李 惠,岑 况,沈镛立,等. 危机矿山深部及其外围盲矿预测的化探新方法及其最佳组合[J]. 地质与勘探,2006,42(4):62 - 65.

APPLICATION OF R TYPE FACTOR ANALYSES IN MINERALIZATION PROGNOSIS: BY AN EXAMPLE OF HUANGBULING GOLD DEPOSIT, SHANDONG PROVINCE

DONG Qing - ji, CHEN Jian - ping, TANG yu

(*Institute of Land Resources and High Techniques, Beijing Laboratory of Land Resources Information Development, China University of Geosciences, Beijing* 100083)

Abstract: At present, the deep ore prognosis study in the crisis mines is a hot spot in mineralization prognosis research. The factor analysis is the best means and method to study element associations. Major elements in one factor are not only present a kind of association relationship, but also reflect a kind of intrinsic genetic relationship. Spatial distribution of factor score can be used to predict the existence of ores. The paper adopted R type factor analysis method to study element association relationships by using 11 kinds of ore - forming elements and associated elements analysis data, which are collected from two main ore - forming veins in the Huangbuling gold deposit. Indicating meaning of each factor is analyzed and described by score of each factor. Based on spatial distribution of factor score, blind orebodies in the deep of the deposit are predicted, and ore - prospecting target area is delineated.

Key words: mineralization prognosis, factor analyses, crisis mine