

福建邱村金矿综合地球化学 异常分带模型与找矿预测标志

徐庆鸿^{1,3}, 谢文清², 陈远荣³

(1. 中国地质大学, 北京 100083; 2. 福建省双旗山金矿, 德化 3625092;
3. 桂林矿产地质研究院, 桂林 541004)

[摘要]邱村金矿是一个火山—次火山低温热液型矿床, 文章对其成矿过程中各类组分的分配特征和规律、各类微量元素和有机烃气异常在纵向上和平面上的展布特征、元素比值变化特征、异常综合分带模型和深部盲矿预测标志等方面进行了总结。经研究发现, 该区成矿组分单一, 但具有多期次脉动成矿特征, 导致了各组分在纵向上产生明显的轴向分带和多个浓集中心, 据此预测认为该区存在第二金富集段。

[关键词]金矿 异常分带模型 找矿标志

[中图分类号]P618.51; P632 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2005)01-0056-06

1 地质概况

20世纪90年代末, 经地质详查发现的邱村金矿床, 位于闽东火山断拗带与闽西南拗陷带交界部位, 寿宁—华安断裂隆起带中段, 戴云山复背斜东南翼(图1)。矿区处于以铁岭山为中心的环形构造的南端。矿体赋存于侏罗系上统长林组和南园组第一、二段地层中, 岩性主要为浅灰白色不等粒砂砾岩和隐爆角砾岩。金矿矿脉的空间分布受北东向构造带控制, F_1 、 F_2 、 F_3 3条大断裂带是金矿主要导矿构造, 其派生的平行构造带是重要的容矿构造。单矿体一般定位于主构造与次一级构造或次级构造与其它构造的交汇部位, 形成富金矿包。花岗闪长玢岩、

闪长玢岩与成矿关系密切, 是该区主要的找矿地质标志之一。根据邱村金矿产出的地质环境和成矿特征, 该金矿成因类型属火山—次火山低温热液型金矿床^[1,2]。

2 原生晕分带特征和模型

2.1 微量元素在不同中段的含量变化特征

对邱村金矿从地表→882中段→860中段→833中段→802中段, 5个中段围岩分析后发现(表1):

1) 主成矿元素 Au 及伴生元素 Ag、As、Sb、Mo、Pb、Cr 等元素具有从地表→882中段→860中段逐渐增高, 而从 860中段→833中段→802中段, 含量又逐步降低的变化特征。

表1 邱村金矿各微量元素在不同中段含量平均值

$\omega_B/10^{-6}$, $\omega_{Au}/10^{-9}$

取样位置	Cu	Pb	Mn	Cr	Ni	Mo	Sn	V	Ag	Ti	Zn	Co	As	Sb	Bi	Hg	Au
地表	15.0	23.3	486.7	34.7	6.6	1.1	2.4	99.6	0.11	3698	66	6.7	12.7	0.58	0.10	0.046	77.9
882中段	9.6	22.0	347.4	52.3	10.5	24.6	4.9	76.3	0.48	3232	66.6	7.4	30.7	0.68	0.31	0.032	272.4
860中段	8.8	38.0	385.1	51.5	12.0	31.3	1.9	32.0	0.98	1714	40.7	5.4	72.5	2.64	0.14	0.029	600.5
833中段	8.5	22.3	260.5	51.7	11.9	4.4	2.0	31.5	0.23	1944	49.9	5.5	22.4	0.8	0.16	0.029	290.0
802中段	8.1	16.5	276.7	49.6	13.5	4.5	1.8	36.3	0.21	2012	43.1	5.8	16.1	0.68	0.17	0.028	226.2
砂岩克拉克值(涂和魏)	x	7	X0	35	2	0.2	0.x	20	0.0x	1500	15	0.3	1	0.0x	?	0.03	x

注: (1) 分析数据由中国桂林矿产地质研究院分析测试中心测试, 统计样品数为 121 件; (2) 涂和魏表示涂里千和费德波尔, 1961。

[收稿日期]2004-02-06; **[修订日期]**2004-06-14; **[责任编辑]**余大良。

[基金项目]国家公益基金(编号:2000562)、广西基金(编号:桂科回0236011)、福建邱村金矿(编号:2003)联合资助。

[第一作者简介]徐庆鸿(1970年-), 男, 1993年毕业于桂林冶金地质学院, 获硕士学位, 高级工程师, 在读博士生, 现主要从事地球化学新技术新方法研究工作。

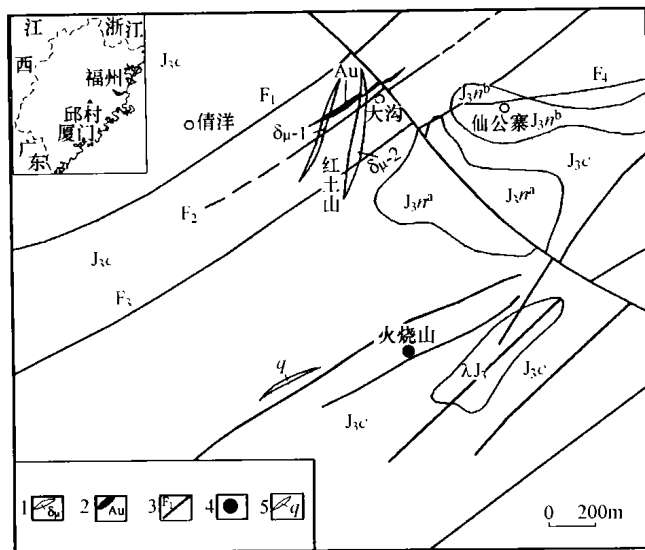


图1 福建邱村金矿地质简图

J₃n²—上侏罗统南园组第二段;J₃n¹—上侏罗统南园组第一段;
J₃c—上侏罗统长林组;λJ₃—一次流纹岩脉;1—闪长玢岩脉;2—金
矿脉;3—断裂带;4—金矿点;5—石英脉

2) 伴生元素 V、Ti、Co、Bi、Zn 等元素与上述元素正好相反,具有从地表→882 中段→860 中段逐渐降低,而从 860 中段→833 中段→802 中段,含量又逐步增高的变化特征。

3) Hg、Cu、Mn、Sn 等元素总体上具有从地表→882 中段→860 中段→833 中段→802 中段,含量逐步降低的变化特征。而 Ni 正好相反,地表→882 中段→860 中段→833 中段→802 中段,含量逐步升高的变化特征。

各微量元素在不同标高(中段)的变化规律显示,各元素在空间上富集区段存在差异,在纵向上具有两个矿化浓集中心,两者相差约 100m 左右。一个位于现今地表,另一个位于 860 中段上下区域。这估计是同一期次脉动矿化作用或多次成矿作用叠加的结果,预示着在本区的找矿过程中,要注意第二成矿空间问题,第一与第二成矿空间之间的纵向距离约为 100m。

2.2 烃类组分在不同中段的含量变化特征

从地表至 802 中段,各烃类组分的含量变化见表 2。

从表 2 不难看出,区内烃类组分含量较高,有机烃气是本区重要的伴生气体组分之一,与其他有关金属矿一样,烃类组分可作为本区重要找矿标志之一^{[3][4]};同时,与主成矿元素 Au 及伴生元素 Ag、As、Sb、Mo、Pb、Cr 等微量元素一样,烃类组分在纵剖面不同中段具有从地表→882 中段→860 中段逐渐增

高,而从 860 中段→833 中段→802 中段,含量又逐步降低的变化特征。显然,烃类组分在纵剖面上的含量特征也表明,本区存在两层成矿空间,860 中段是 105~107 线周围区段第二成矿空间的矿前缘与矿头^[5]。

表2 邱村金矿各中段烃类含量平均值 μL/kg

中段	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	乙烯	丙烯
地表	633.6	117.7	98.4	83.0	55.0	4.7	23.4
882	2963.0	404.9	460.0	267.4	159.5	10.5	63.0
860	6679.3	887.7	1023.0	583.1	385.1	25.0	149.0
833	4194.8	622.5	651.0	431.8	283.5	21.0	117.4
802	4124.9	536.1	610.9	362.9	232.6	16.4	96.5

注:分析数据由中国桂林矿产地质研究院分析测试中心测试,统计样品数为 121 件。

2.3 矿体周围各组分异常纵向展布特征

各元素、烃类指标异常(使用迭代统计法确定异常下限)在纵向上的展布和变化特征表明(图 2):

1) 相对于金矿体来说,不同元素的异常在纵向上的展布位置是不同的,烃类指标异常主要呈笔帽状分布于矿体前缘 30~50m 处、头部和矿体两侧,高值烃类异常环抱的相对低值区即是金矿体的分布位置;Hg、Sb、As、Mn、Sn 等元素异常亦大多分布于矿体前缘和头部;Au、Ag、Pb、Mo、Bi、Cu 等元素异常则主要分布于矿体中部或金矿化富集部位;而 V、Ti、Co、Ni、Zn 等元素更多地出现于矿体尾部。

2) 从异常发育程度看,Au、Ag、Sb、Hg、Pb、Mo、V、Ti 等元素和烃类异常量值高,浓度分带清晰,与金矿成矿关系密切,他们是找矿评价中需要高度重视的有利特征元素组合。

3) 从元素含量浓度梯度变化特征看,绝大部分微量元素均具有从矿体向两边逐渐降低的变化规律,这显示出本区各元素异常确实是主要由金矿化引起,其中的异常信息可靠。

4) 各类元素异常在纵向上的延展距离远大于横向上的延伸距离,说明各组分的纵向迁移作用远大于横向迁移作用,本区金矿体主要受较陡的断裂构造或裂隙通道控制。

2.4 矿体周围各组分异常平面展布特征

从图 3 可见:

1) 在金矿体周围,Au、Ag、As、Sb、Pb、Mo 等微量元素和烃类组分均有较好的异常反映,浓度值高,分带清晰;Hg、Cu、Zn、Bi 以中低弱异常为主,其他元素则无异常显示。其中 Ag、As、Hg、Cu、Zn、Bi 异常主要局限于矿体分布区段,Au、Sb、Pb、Mo 和烃类异

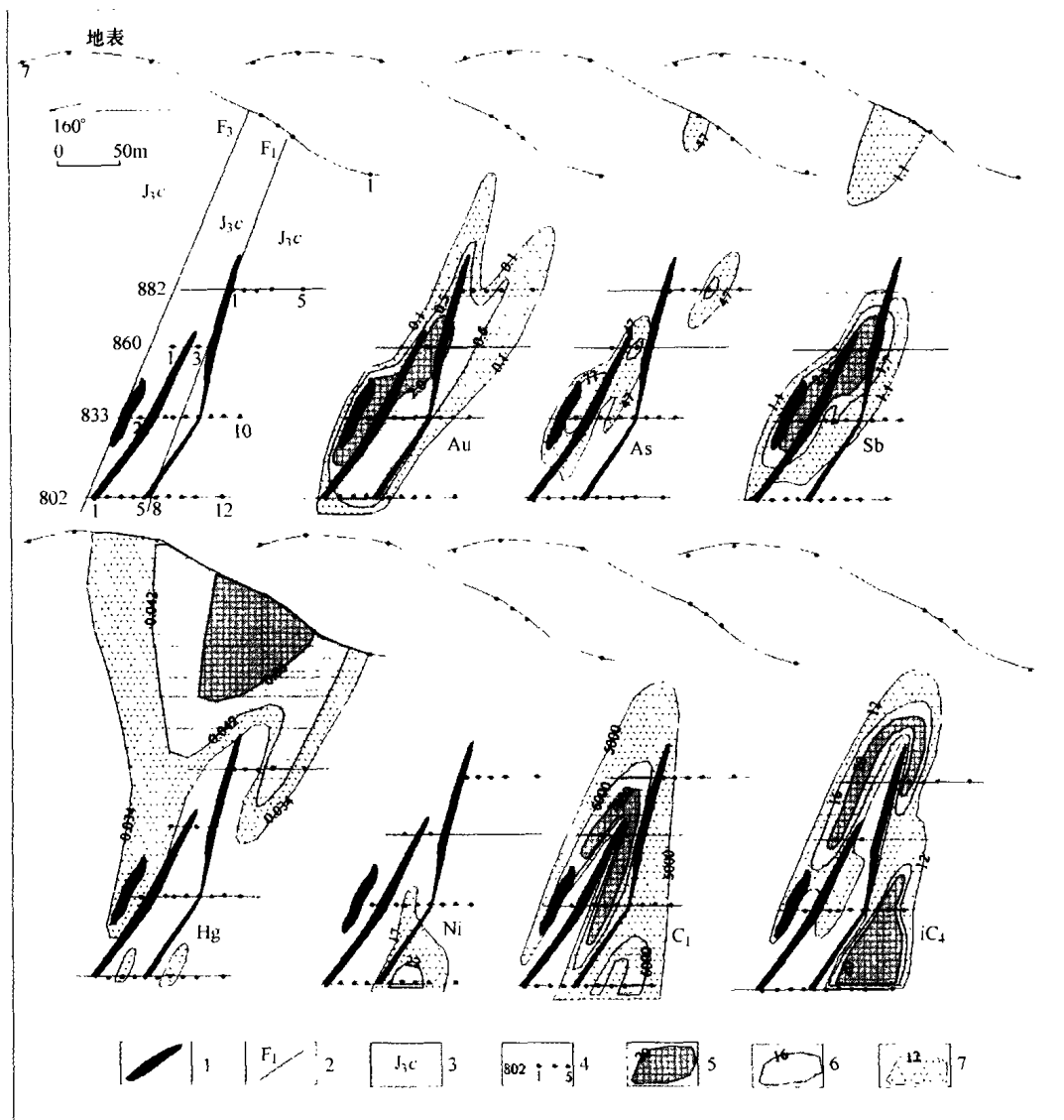


图2 邱村金矿某些元素在纵向剖面上的分布图

1—金矿体;2—断层与编号;3—上侏罗统长林组;4—中段和采样点编号;5—异常内带和量值;6—异常中带和量值;7—异常外带和量值。(注:微量元素单位为 $\times 10^{-6}$,烃类单位为 $\mu\text{L}/\text{kg}$,下同)

常则较宽阔,在矿体分布区、矿体上下盘和矿体侧向方向都有分布。

2) 在矿体下盘闪长玢岩与1号、2号矿化带接触部位,V、Ti、Zn、Mn形成高强异常,可能与闪长玢岩的高背景有关。

3) Au、Sb、Pb、Mo和烃类等元素在侧向方向上,均具有从西南向北东增高的变化特点。这表明本区金矿体具有向北东方向侧伏的变化规律。

4) 相对来说,烃类组分高值异常主要分布于矿体侧伏方向的两头,构成两个狭长的港湾状、半环状异常,并在总体上构成了断续环带异常,环带异常的中间低值区,正好是矿体的分布位置。相对来说,烃类组分含量在矿体上盘稍高于矿体下盘。

5) 无论是Au、Sb、Pb、Mo等微量元素还是烃类组分异常,均具有2号矿带强于1号矿带的变化规律,而实际上从矿体规模看,2号矿带确实强于1号矿带,显然,烃类组分异常的高低与金矿体规模具有一定的正比例关系^[6]。

2.5 原生晕分带特征

经详细统计和计算各组分在不同中段的轴向分带指数,以及依据各组分在不同中段的变化特征和在矿体周围的异常变化规律,得出邱村金矿各元素(组分)的轴向分带序列为:Hg、甲烷、乙烷、丙烷、乙烯、丙烯异丁烷、正丁烷、Sb(矿前缘)→As、Mn、Sn(矿头)→Au、Ag、Pb、Mo、Bi、Cu(矿中)→V、Ti、Co、Ni、Cr、Zn(矿尾)。汞异常中心大约位于金矿体前

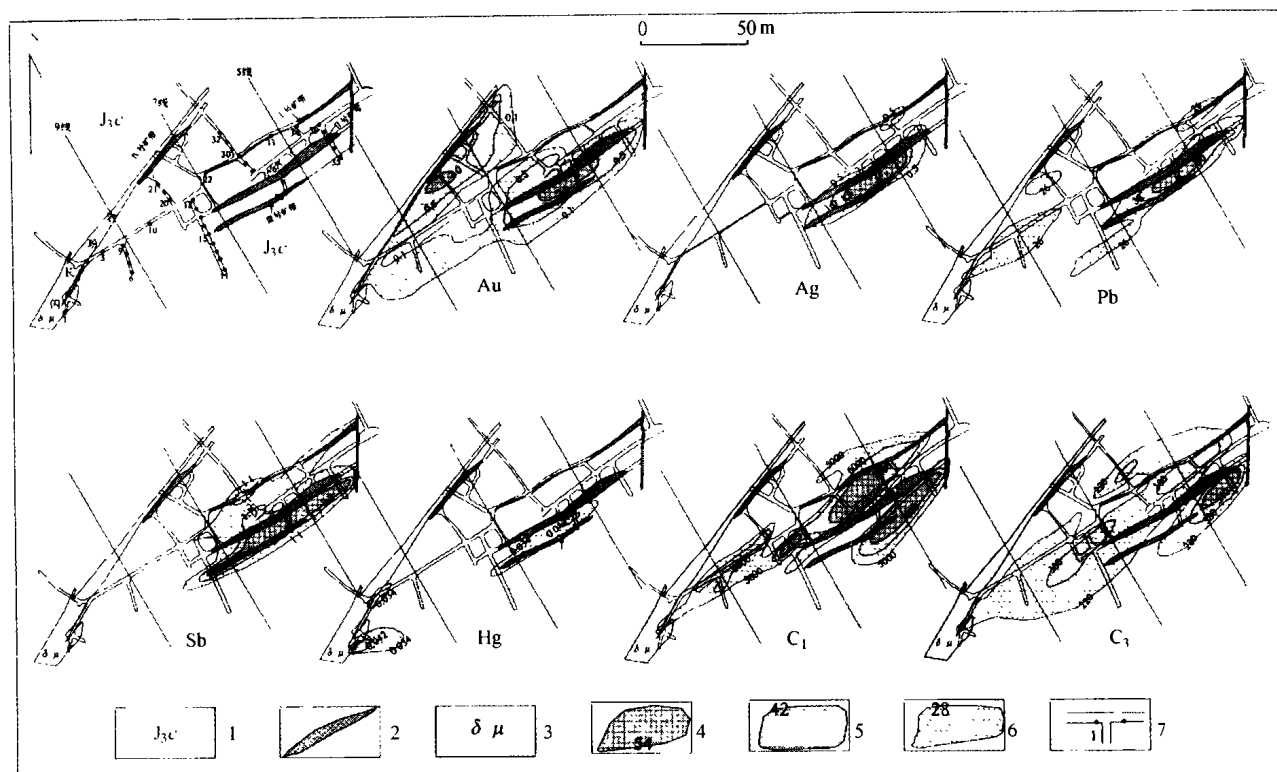


图 3 邱村金矿 833 中段部分元素异常平面分布图

1—上侏罗统长林组;2—金矿体;3—闪长玢岩;4—异常内带和量值;5—异常中带和量值;6—异常外带和量值;7—采样点和编号

缘 40~80m 处, 铟、锑异常中心大约位于金矿体前缘 20~50m 处, As、Mn、Sn 异常中心大约位于金矿体头部和前缘 0~30m 处, Ag、Pb、Mo、Bi、Cu 异常中心与金矿体 Au 的富集中心基本相同, V、Ti、Co、Ni、Cr、Zn 异常中心大多位于金矿体中下部至尾部以下 10~20m 处。

2.6 有关元素比值变化特征

邱村金矿不同中段各元素比值平均值见表 3。

表 3 邱村金矿纵向不同中段综合元素比值平均值

相对位置	地表	882 中段	860 中段	833 中段	802 中段
矿前缘、 矿尾		矿头	矿中、矿 前缘	矿尾、 矿头	矿中
$\frac{As \times Sb}{Mo \times Bi}$	61.8	7.9	61.1	27.3	12.5
As/Co	1.9	5.5	12.8	4.1	4.2
$\frac{As \times Hg \times 1000}{Au \times Ag}$	71.7	2.7	4.3	9.8	5.8
$\frac{As \times Hg \times 1000}{Co \times Ni}$	13.1	16.4	28.6	10.0	8.9

1) 代表矿头晕和前缘晕元素的 As、Sb 与矿中元素 Mo、Bi 之间的 $(As \times Sb)/(Mo \times Bi)$ 比值具有从地表→882→860 中段迅速下降后又迅速增高, 后从 860→833→802 中段逐渐降低的变化特点。按正常规律从地表至 802 中段, 该比值应逐渐降低, 现在

于 860 中段出现高值反弹, 这一方面说明该矿体在 860 中段以下还有较大延伸, 另一方面说明本区成矿存在脉动成矿作用, 在纵向上形成串珠状矿体或者金矿化的不均匀富集。

2) 代表矿头晕元素的 As 与矿尾晕元素的 Co 之间的比值和代表矿前缘晕的 Hg 和矿头晕的 As 与代表矿尾晕的 Co、Ni 之间的 $(As \times Hg \times 1000)/(Co \times Ni)$ 比值, 从地表→882→860 中段逐步升高, 而从 860→833→802 中段逐渐降低的变化特点。该比值在 860 中段的矿体中部升高反弹, 亦指示下部矿体还有较大延伸或存在另一个金矿化富集中心的特点。

3) 代表矿前缘晕的 Hg 和矿头晕的 As 与代表矿中部晕的 Au、Ag 之间的 $(As \times Hg \times 1000)/(Au \times Ag)$ 比值, 与 $(As \times Sb)/(Mo \times Bi)$ 比值具有类似的变化特点。即在地表形成最高值, 而从地表向下迅速下降, 至 882 中段达到最低, 从 882 中段往下, 该比值又逐渐升高, 并于 833 中段形成另一个小峰值, 之后再次缓慢下降。该比值也显示, 在 833 中段周围存在一个金矿化富集中心。

2.7 地球化学异常分带模型

经整理, 邱村金矿的地球化学异常分带模型见图 4。

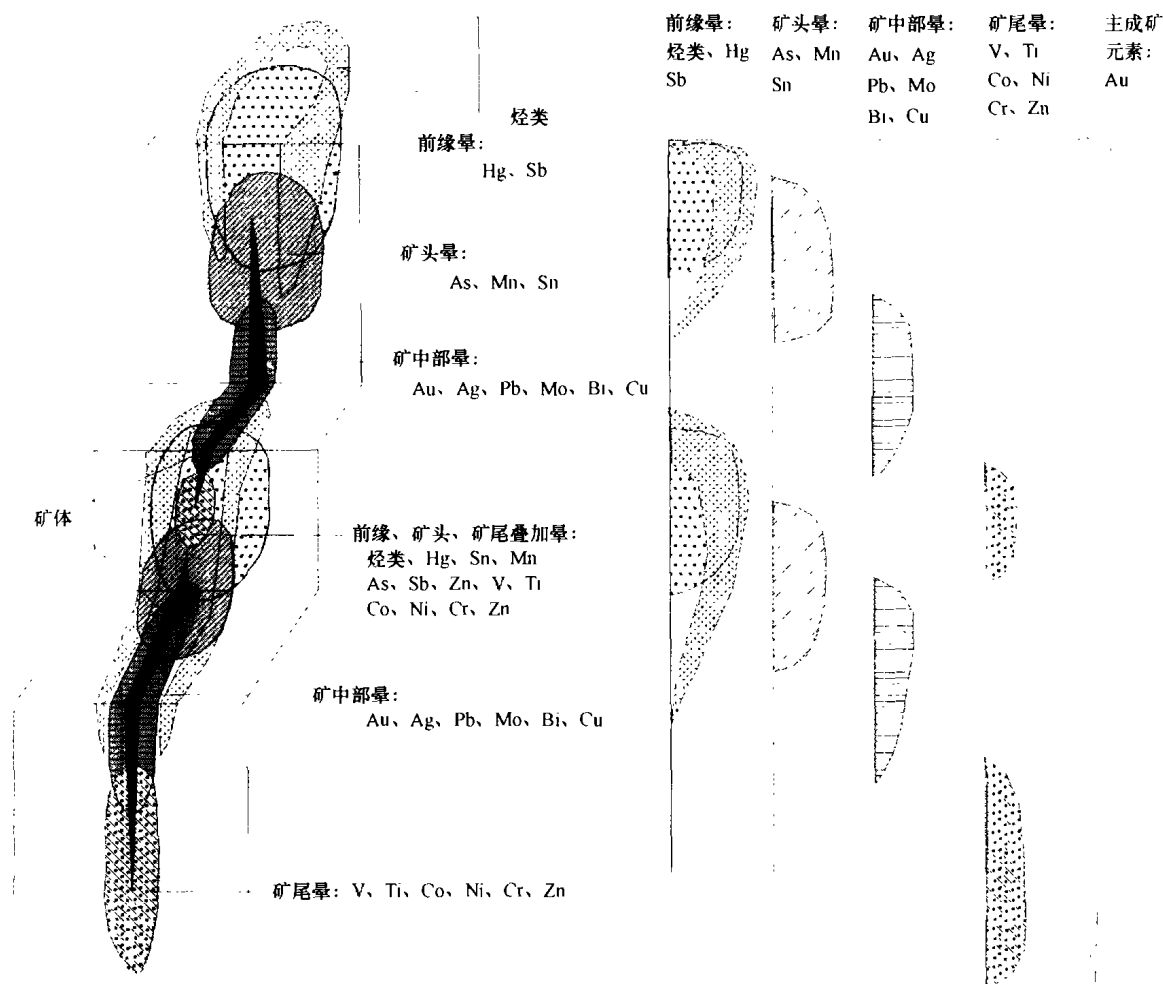


图4 邱村金矿各元素异常综合分带理想模型

3 深部成矿预测的地球化学标志

李惠(1993),孙国胜等(2002)通过对已知金矿地球化学分带及叠加晕特征的研究^[7,8],表明成矿过程存在同一期次脉动矿化作用或多次叠加成矿作用,所以利用地球化学叠加晕特征可作为深部成矿预测的标志。

3.1 地球化学叠加晕找矿通用标志

邱村金矿地球化学叠加晕找矿通用标志为:

1) Hg、甲烷、乙烷、丙烷、乙烯、丙烯异丁烷、正丁烷、Sb 为矿前晕, As、Mn、Sn 矿头晕, Au、Ag、Pb、Mo、Bi、Cu 为矿中部晕, V、Ti、Co、Ni、Cr、Zn 为矿中下部晕或矿尾晕。

2) 当 Au 与 As、Mn、Sn 元素出现强异常时,指示已非常接近矿体。

3) 当 Au 异常较弱,而 Hg、甲烷、乙烷、丙烷、乙烯、丙烯异丁烷、正丁烷、Sb 等出现强异常时,指示深部有盲矿存在。

4) 当 Au 含量很低 ($< 100 \times 10^{-9}$),若有 Co、

Ni、Mo 等元素的强异常出现,则指示深部无矿。

5) 在计算指示元素的轴向分带序列时, Hg、甲烷、乙烷、丙烷、乙烯、丙烯异丁烷、正丁烷、Sb 等元素出现在分带序列下部的反分带现象,则指示深部还有盲矿或存在第二个富集空间。

6) 对于既有 Hg、甲烷、乙烷、丙烷、乙烯、丙烯、异丁烷、正丁烷、Sb 等元素强异常,又有 Au、Ag、Pb、Mo、Bi、Cu 共存异常的已知矿,指示其深部矿体还有较大的延伸。

3.2 矿化剥蚀程度的判别标志

根据各元素相关比值在纵向剖面上的变化规律,总结出邱村金矿矿化剥蚀程度的判别指标见表4。

4 主要结论

1) 邱村金矿在成矿作用过程中,成矿组分单一,只有 Au 是强烈叠加富集并形成工业矿体, Mo、Ag、As、Sb、Pb、Zn、Bi 及烃类是 Au 的最重要伴生组分。

2) 邱村金矿的主要特征指示元素组合是: Au、As、Sb、Ag、Mo、Cu、烃类。

表4 邱村金矿矿化剥蚀程度判别指标

比值	矿前缘	矿头	矿中	矿尾
$(As \times Sb) / (Mo \times Bi)$	>50	30~50	10~30	<10
As/Co	>10	5~10	2~5	<2
$\frac{As \times Hg \times 1000}{Au \times Ag}$	>30	10~30	3~10	<3
$\frac{As \times Hg \times 1000}{Co \times Ni}$	>20	10~20	5~10	<5

3) 有机物对邱村金矿成矿具有重要作用,金的有机络合物是该区金的重要搬运形式之一,同时,有机烃气是该区重要的伴生气体组分之一,烃类组分可作为该区找矿预测的重要指标。烃类指标的高值异常主要围绕金矿体前缘和外侧四周分布,金矿体分布区则属于相对低值区。

4) 从金元素与烃类组分的相关性看,成矿物质就位沉淀以后,伴生的烃类气体和有机络离子与主成矿元素金之间在空间上产生了一定的分离,但两者在成因上存在相辅相成的关系。

5) 邱村金矿床是多期多次成矿作用相互叠加的结果,导致了各项微量元素及烃类组分在纵向上产生多个浓集中心,并存在明显的轴向分带,铋、汞异常中心大约位于金矿体前缘30~60m处,As、Sb、Pb、Zn异常中心大约位于金矿体头部和前缘10~30m处,Ag、Bi、Cr、Cu异常中心与金矿体Au的富集

中心基本相同,Co、Ni、Mo异常中心大多位于金矿体中下部至尾部以下10~20m处。

6) 该区金矿体在纵向上具有两个矿化浓集中心,两者相差约100m左右。这预示着在该区的找矿过程中,要注意第二成矿空间问题。

7) 所建立的邱村金矿元素垂向分带模型和找矿通用标志可用于区内和相邻区域深部盲矿预测。

[参考文献]

- [1] 项红亮. 福建邱村金矿床控矿因素及成因[J]. 黄金地质, 2002, 71(8): 40~43.
- [2] 项红亮. 福建省德化邱村金矿床地质特征和找矿方向[J]. 福建地质, 2000, 19(2): 66~71.
- [3] 陈远荣, 贾国相, 戴塔根. 论有机质与金属成矿和勘查[J]. 中国地质, 2002, 29(3): 257~262.
- [4] 陈远荣, 戴塔根, 党玉涛, 等. 有机烃气法在个旧锡矿松树脚矿田中的应用[J]. 物探与化探, 2001, 25(3): 180~184.
- [5] 张清, 邓金灿, 陈远荣, 等. 广西大厂锡矿烃气测量试验研究[J]. 矿产与地质, 2002, 16(8): 248~250.
- [6] 陈远荣, 邵世才, 徐庆鸿, 等. 马鞍桥金矿的有机烃气结合原生晕测量找矿预测[J]. 物探与化探, 2003, 27(6): 465~467.
- [7] 李惠. 热液金矿床原生晕叠加晕理想模式[J]. 地质与勘探, 1993(4).
- [8] 孙国胜, 李绪俊, 姚凤良, 等. 玲珑金矿田矿物组合分带与地球化学分带及对矿体定位预测的意义[J]. 地质与勘探, 2002, 38(4): 29~30.

SYNTHETIC GEOCHEMICAL ANOMALY ZONALITY MODEL AND PREDICTING INDICATIONS FOR EXPLORATION IN THE QIUCUN GOLD DEPOSIT, FUJIAN PROVINCE

Xu Qing-hong^{1,3}, Xie Wen-qing², Chen Yuan-rong³

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083; 2. Shuangqishan Gold Deposit, Dehua 3625092;

3. Guilin Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004)

Abstract: Qiucun gold deposit belongs to volcanic-subvolcanic epithermal ore deposit. In the paper, distribution features of different components, anomaly spread characteristics of trace elements and hydrocarbon in vertical section and horizontal plane, and variation of some element ratios caused by mineralization in the Qiucun gold deposit have been summed up. Meanwhile, the synthetic ideal anomaly model and predicting exploration indications for deep-seated ore bodies have been summarized. Base on the research results, it is discovered that mineralizing elements are simple, but the ore bodies are formed by multiple mineralization resulting anomaly zonation of various elements and several concentration centers in vertical section. The second gold mineralizing space has been pointed out.

Key words: gold deposit, anomaly zonality model, exploration indication