

33-36.41

福建省水系沉积物微量元素含量特征及成矿远景预测

林才浩

(福建省地质矿产局·350003)

尤爱珍

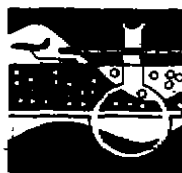
(福建省地质勘查技术院·350011)

p612
p512.2

A

根据区域化探水系沉积物测量分析 3 万余件样品中 40 种元素含量,统计了 32 种微量元素的背景平均值、浓度克拉克值、总体变化系数等参数。在利用水系沉积物富集系数估计值对浓度克拉克值进行校正后,使用顺序号累加法对福建省 32 种元素内生成矿作用的规模进行预测排序,并分析了银、硼的资源潜力。

关键词 区域化探 水系沉积物 成矿预测 福建省



1 水系沉积物微量元素含量特征

1.1 背景含量

水系沉积物地球化学参数见表 1。背景平均值(X_2)采用逐步剔除平均值(X)加、减三倍标准差

(S)的离群样品后计算求得。将其除以全球地壳丰度^[9],得到浓度克拉克值(K)。 K 值反映了元素富集与分散状况,从表 1 可见, $K > 1.5$ 的元素有 Pb、W、Bi、U、Th、Zr、La、Sn、Ag 等 9 种,属显著富集的元素; $K < 0.5$ 的元素有 Co、Cr、Ni、V、P、Au、Sb、Cu、Sr 等 9 种,为显著贫化的元素。

表 1 福建省水系沉积物地球化学参数

元素	X_2	S_2	K	V_1	元素	X_2	S_2	K	V_1
Ag	0.11	0.05	1.47	2.00	Mo	1.38	0.78	0.97	1.27
As	3.63	2.07	1.79	1.40	Nb	24.8	9.18	1.36	0.55
Au	0.98	0.55	0.45	6.32	Ni	9.12	5.21	0.11	0.87
B	14.31	9.96	1.27	1.35	P	386	154	0.36	0.49
Ba	511	198	1.10	0.45	Pb	43.1	17.2	3.08	1.29
Be	2.53	0.90	1.46	0.71	Rb	149	60.2	1.38	0.48
Bi	0.49	0.28	2.58	7.05	Sb	0.25	0.13	0.49	1.20
Cd	0.15	0.09	0.85	4.14	Sn	5.34	2.55	1.84	3.76
Co	8.36	4.13	0.34	0.73	Sr	52.0	24.8	0.14	1.21
Cr	26.4	17.9	0.21	1.29	Th	20.7	9.33	2.73	1.03
Cu	10.5	5.99	0.19	6.60	U	4.98	2.21	2.41	3.21
F	333	108	0.60	1.13	V	58.6	25.9	0.18	0.51
Hg	60	30	0.58	0.39	W	3.33	1.43	2.95	3.53
La	53.1	18.6	1.85	0.44	Y	26.8	8.77	0.97	1.49
Li	25.4	10.6	1.10	0.86	Zn	79.3	27.6	1.04	1.93
Mn	625	247	0.57	0.83	Zr	413	143	2.79	0.55

注:① X_2 、 S_2 分别为剔除 $X \pm 3S$ 范围外样品计算的平均值、标准离差。

②单位: Au、Hg 为 10^{-9} , 其余为 10^{-6} 。

③ K 为 X_2 /全球地壳丰度^[9]。

④ V_1 为所有样品统计的变化系数(X_1/S_1), 样品数为 32239~32295 个。

本文于 1995 年收到, 张启芳编辑。

区域化探工作中一般以 $X \pm 2S$ 为处理离群样品的界线^[1,2], 由于全省范围很大, 地质类型复杂, 经逐步剔除 $X \pm 2S$ 范围外样品计算结果, 发现剔除量达 30%~40%, 个别元素 47.4%, 将大量由岩性差异引起的较高值点剔除, 显然将歪曲正常背景值, 而改以 $X \pm 3S$ 为界, 剔除 10%~20%, 背景标准离差已不很大, 变化系数在 0.3~0.6 之间, 与总体变化系数相比已趋平稳, 剧烈跳动的部分已被剔除, 可见这个界限是合理的。

水系沉积物是表生作用产物, 并不能直接代表基岩的含量, 因此表 1 所列 K 值在用于成矿预测时必须加以校正。

1.2 总体变化系数

用全体数据参加计算的平均值除以其标准离差, 得出变化系数 ($V1$)。它反映了各元素地球化学起伏的程度, 概括了所有异常的综合信息。由表 1 可见, $V1 > 2$ 的元素有 Bi、Cu、Au、Cd、Sn、W、U; $V1$ 为 1~2 之间的元素有 Ag、As、B、Cr、F、Hg、Mo、Pb、Sb、Sr、Th、Zn; $V1 < 1$ 的元素有 Ba、Be、Co、La、Li、Mn、Nb、Ni、P、Rb、V、Y、Zr。在微量元素 (含量小于 10^{-2}) 中, 变化系数与元素含量没有相关关系。变化系数最大为 7.05 (Bi), 最小为 0.39 (Hg), 元素间差异很大, 反映了各元素的活动程度差异很大。

浓度克拉克值由于受地壳丰度准确性、表生富集与贫化程度确定性的影响, 具有较大的不确定度。但总体变化系数的不确定度是很小的。

福建省地处环太平洋构造带边缘, 中生代酸性岩浆活动强烈, 沉积构造层较薄, 铁镁质岩石较少, 因而与酸性岩有关的元素如 W、Bi、U、Th、Sn、Ag、Pb 等含量丰富, 活动性强, 而铁族元素含量较少。尽管水系沉积物受表生作用影响较大, 但从表 1 列出的参数可见, 它反映的参数特征与地质构造背景是吻合的, 大部分地质构造特征信息没有被表生作用掩盖。

2 元素间内生成矿作用规模的比较

2.1 基本原理

矿床的形成是化学元素由分散到高度集中的过程一般要经过多次富集作用的叠加, 最后达到可工业利用的含量。这个过程有两种可能: (1) 从较高含量的来源中, 经正常的成矿作用富集成矿; (2) 从一般含量的来源中, 经异常强烈的成矿作用富集成矿。地壳和上地幔在化学上的不均一性, 导致地球化学省和成矿省的出现。在第一种情况下, 地球化学省和成矿省相吻合。而无论哪种情况, 成矿省内化学元素均有较大的起伏^[3]。近年在我国一些重要热液矿床四周发现有元素的迁出带, 形成负异常^[4]。在这种情况下, 元素含量的起伏就更显著了。福建省面积达 12 余万平方公里, 变质岩、沉积岩、火成岩平分秋色, 很适合用浓度克拉克值度量元素的背景含量的高低, 而总体变化系数则用以度量元素起伏。这两个参数, 前者是成矿作用的基础, 后者是成矿作用的结果, 可用于衡量各元素间成矿作用规模的大小。

2.2 排序方法

2.2.1 对浓度克拉克值的校正

根据别列尔曼等 (A. И. Перельман, 1964) 的资料, 结合福建省雨量充沛、地表环境呈酸性的特点, 可将 32 种元素按水迁移能力大小分为 5 组。根据以往的岩石微量元素资料与水系沉积物背景平均值对比后, 确定每组的水系沉积物富集系数估计值 (表 2)。

表 2 水系沉积物富集系数估计值

元 素	富集系数
B F Cu Sr	0.50
Ba Li P V Zn Ag Cd Mo	0.75
Rb Be Pb Ni U Mn As Sb Hg Co	1.00
Sn Th Cr Nb La Y W Bi Au	1.50
Zr	2.00

福建省上杭县紫金山铜金矿平和和大望山银多金属矿床勘查地球化学特征研究报告, 福建省物化探大队, 1988。

这个估计值是十分粗略的, 但在尚无岩

石丰度值可使用的情况下,这个估计值有其使用价值。

2.2.2 排序方法

将表1所列K值乘以表2所列富集系数,然后按由大到小给予顺序号,同样,也给V1值以顺序号,将两种参数的顺序号相加后,按其和的大小重新排列。

2.2.3 结果与分析

累加序号综合反映了浓度克拉克值和总体变化系数所包含的成矿信息,根据累加序号的大小,结合元素地球化学性质,将32种元素分为如下5组:

顺序	元素	累加序号
①	W Bi U (Th) Ag Pb B	9—14
②	As Sn Zn Cd Cu Mo	17—30
③	Au Li Be F Zr Ba	31—40
④	Sb (Hg) Rb Sr Cr Mn Nb	41—45
⑤	La Y Co Ni P V	49—57

括号内的元素因其矿产共生关系,排列位置作了变动。根据上述基本原理,从①组至⑤组,成矿规模递减。事实上,前3组内的许多元素,如W、U、Pb、Zn、Cd、Mo、F(萤石)、Ba(重晶石)等,已发现有大型矿床或较多的中小型矿床,其中钨为福建省的优势矿种,有特大型矿床一处、中小型矿床十处,工业储量列全国第5位。近几年随紫金山铜金矿床的发现,铜、金的工业储量有较大进展。而后2组元素,除镍有一处中型矿床外,其余均尚未发现较大规模的内生矿床,铬、钴、磷、钒为短缺矿种,估计今后不会有大的突破。

成矿作用规模,可引用P Laznicka提出的吨位堆积指数(tai),即用矿床的金属吨位/该金属的地壳丰度来度量^[8]。在缺少各矿种的品位—吨位模型资料的情况下,根据福建省已探明的工业储量,结合成矿条件粗略推算,上述各组元素tai(10^{10}):①>10;②5—15;③1—100;④0.5—5;⑤<1。如Pb可达140万吨,Ag可达7000吨,B可达113万吨,余此类推。

3 资源潜力分析实例

3.1 银

福建省目前仅发现两处与铅锌共生的中型银矿床和三处小型矿床,与预测结果排在第一组的位置不符,具有较大的潜力。

Ag在水系沉积物中的背景平均值 0.11×10^{-6} 。目前尚无岩石中Ag的丰度资料。据闽西北400个变质岩分析结果,Ag平均 0.158×10^{-6} ^[7]。东部火山岩区上侏罗统南园组(J_{3n})火山岩含量,经6个1/5万区域地质调查图幅资料统计,平均 0.158×10^{-6} 。而Ag的维氏地壳丰度(1962)为 0.07×10^{-6} ,黎彤(1992)地壳丰度 0.075×10^{-6} ,福建省变质岩与火山岩含Ag量比地壳丰度高出一倍以上,呈明显富集趋势。

银的五次趋势面反映本省有两大高值区,一个位于闽西龙岩、漳平一带,另一个位于闽北浦城、政和、寿宁一带,这两个地区目前尚无银矿床。是今后寻找银矿床的主要远景区。根据Ag异常的分布情况和矿化蚀变规模,可望在这两个地区各找到一处大型以上银矿床,目前可首先在政和、寿宁地区开展银矿地质工作。

福建省银矿工作过去没有大的突破的原因是样品测试技术不过关,次生晕异常发现很少,同时也与综合找矿的机制尚未形成有关。因此,在已知铅锌、铜等贱金属矿床边缘,仍有找银潜力,如上杭紫金山铜金矿床,经1/5万水系沉积物测量,详查区西北测、西侧均有强的Ag异常,最高值 11×10^{-6} ^⑩,具有较好的找矿远景,铜矿普查过程中也发现一些银矿体,至今矿区工作已下马,今后是否值得再上去找银矿,仍是个值得探讨的问题。

3.2 硼

目前仅发现一处硼矿化点,与上述预测结果十分不相称,有很大潜力可挖。

硼在地壳各层中分布很不均匀,据黎彤统计^[9],全球地壳丰度 11.3×10^{-6} ,中国上陆壳 21×10^{-6} ,而中国沉积层达 69×10^{-6} ,高

出地壳丰度 6 倍多。福建省岩石 B 含量资料较少,变质岩 B 含量 17.8×10^{-6} [7],花岗岩和酸性火山岩据零散资料约 10×10^{-6} 左右,局部达 52×10^{-6} ,沉积岩 $20 \times 10^{-6} \sim 120 \times 10^{-6}$ 。B 是易挥发元素,以上资料均是光谱分析结果,可能偏低,估计福建省平均含量与中国上陆壳丰度相当。

硼作为非金属,以往化探找矿经验很少。经区域化探扫面,发现异常情况不错,以剩余值 20×10^{-6} 为异常下限共圈定剩余异常 628 个,其中面积大于 20 km^2 的异常 139 个,在 139 个异常中,最高含量达 250×10^{-6} 以上者 12 个,最高达 1930×10^{-6} 。主要分布在闽北的浦城—洋源隆起带,呈北东向分布于前寒武系变质岩中,少量分布于闽西长汀—武平一带。

按邵跃总结的规律 [10], B 原生晕亚内带下限为 500×10^{-6} ,内带为 1000×10^{-6} ,亚内带含量的元素,一般地表可见到与该元素有关的矿化,内带含量的异常地段,一般地表可见到该元素具工业品位的矿化(体)。硼在表生条件下易淋失,加之分散流的衰减,水系沉积物异常的分散界线,用原生晕的 $1/4$,则内带下限为 250×10^{-6} 。由此看来,在福建省找到硼矿床是很有希望的,主要为沉积—变质改造型。

4 问题与讨论

(1) 水系沉积物测量的缺点是受表生作用影响较大,不同的气候、地理条件影响不同,致使浓度克拉克值计算不准,但它也有其明显的优点,即代表性很强,首先是单个样品所代表的面积大,其次是数据按 4 km^2 网度覆盖全省陆地面积,其代表性非其它种方法可比拟。如上所述,经多种参数相结合水系沉积物测量的资料能大致反映一个省的地质、矿产情况。

成矿预测的最基本参数是地壳丰度值,而目前存在多个地壳丰度值表,它们之间相

差很大 [11]。我们选用最新的资料 [9],使用效果较好,所做预测与已知情况大体吻合。随着地壳丰度值的不断完善,成矿预测的准确度将不断提高。

(2) 根据目前的认识水平,本文所作的预测适用于内生成矿作用。有些元素外生成矿作用明显,如 Mn 有风化淋积型矿床,稀土有风化壳吸附型、砂矿型等,尚难确定能否用水系沉积物测量资料对这些矿化作用进行总体的预测。

(3) 一些非金属具有工业意义很不相同且有多种富集形式,如砷(As),雄黄、雌黄的工业价值较大,毒砂等其它含 As 矿物利用价值小。又如硼,硼酸盐类矿物与硼的硅酸盐矿物的工业意义也不相同。本文所作预测以元素为对象,无法将不同存在形式分开,这是使用过程中应加以注意的问题。

参考文献

- 1 南京大学地质系. 地球化学. 北京: 科学出版社, 1984, 493.
- 2 於崇文, 骆庭川等. 南岭地区区域地球化学. 北京: 地质出版社, 1987, 388~397.
- 3 Rose A W, Hawkes H E and Webb J S. Geochemistry in Mineral Exploration. London. Cadernic press, 2nd ed., 1979, 78~84.
- 4 季克俭, 王立本等. 热液矿床的负量和地球化学场系. 地质学报, 1992, 66(4): 351~360.
- 5 武汉地质学院地球化学教研室. 地球化学. 北京: 地质出版社, 1979, 315~316.
- 6 裴荣富, 吴良士. 特大型矿床成矿偏在性研究的进展. 矿床地质, 1994, 13(2), 155.
- 7 陈云钊, 黄新源. 闽西北地区变质岩宏量元素和微量元素地球化学背景. 福建省地质科技情报, 1990, 4.
- 8 林才浩, 尤爱珍. 福建省水系沉积物中银的分布及其找矿意义. 物探与化探, 1994, 18(3): 237~240.
- 9 黎彤. 中国陆壳及其沉积层和上陆壳的化学元素丰度地球化学. 1994, 23(2), 141.
- 10 邵跃, 沈时全. 岩石地球化学方法寻找隐伏热液矿床的几个技术问题的讨论. 地质与勘探, 1992, 28(7): 45~48.
- 11 史长义. 研究微量元素区域分散与富集规律的新方法. 物探与化探, 1994, 18(3): 219~227.

(下转第 41 页)

明显向剪切带中迁移, Hg、SiO₂ 也常在剪切和引张变形带中富集。因此, 该条件下造成的元素迁移富集均明显受构造控制。

(2) 元素迁移富集过程中常形成分带, 反映出元素本身的地球化学特性对环境的适应。如 Au 常富集于构造剪切带中, 并与一定硅化相伴, Hg、Sb、As 相对活泼, 常沉淀于温压及构造改造较低部位, 与构造张性改造环境相适应, 常构成金矿的前缘晕, 较好的 Au—Hg 正相关关系是判定低温金矿床的充分条件。

(3) 物质间的交换和吸附是形成低温开放体系中元素迁移富集的重要地球化学因素。实验中含金溶液交代黄铁矿和有机质形成自然金沉淀或自然金被有机质和黄铁矿所吸附的现象可能是低温金矿床中金常与硫化物和有机质相伴的一种机制。

(4) 低温开放体系条件下, 元素的迁移富集常是在漫长地质年代中经复杂地质地球化学过程完成的, 形成比较复杂的地球化学景

观, 元素和同位素组成变化范围大, 矿物过渡类型多, 远离平衡相, 元素和同位素组成等变化趋势非简单线性, 并可造成和封闭平衡状态相反的变化趋势, 这些现象均与低温开放条件下化学反应特点、体系中各系统物质加入程度和体系开放程度密切相关。

(5) 有机质是低温开放体系中 T—P (温度—压力) 场变化的敏感物质, 且常参与了一些低温热液成矿作用, 对于它的系统研究将有助于加深低温条件下元素迁移机制和低温热液成矿作用的认识。

参考文献

- 1 何立贤, 曾若兰等. 贵州金矿地质. 北京: 地质出版社, 1993.
- 2 刘觉生等. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集 (6. 黔西南地区). 北京: 地质出版社, 1989, 115~151.
- 3 章振根等. 中国金矿大全 (第六卷). 贵阳: 贵州民族出版社, 1992.
- 4 张景荣等. 南京大学学报 (地球科学), 1992, 18(3), 76~85.

THE MIGRATION AND ENRICHMENT OF ELEMENTS IN LOW TEMPERATURE AND OPEN SYSTEM AND SIMULATING EXPERIMENTS—MICROGRAINED AND DISSEMINATED GOLD DEPOSITS IN GUIZHOU AS EXAMPLE

Xia Yong, Zhou Weican, Chen Qingnian

The sedimentary rock-hosted micrograined and disseminated gold deposits in Guizhou were formed by complex geological and geochemical processes in low temperature and open system. The rules of migration and enrichment of elements in low temperature and open system have been probed on the basis of comprehensive researches of these gold deposits and simulating experiments.

Key words: low temperature and open system, migration and enrichment of elements, disseminated gold deposit

(上接第 36 页)

MICRO ELEMENT CONTENT CHARACTERISTICS AND MINEROGENETIC PROSPECT PREDICTION OF STREAM SEDIMENT IN FUJIAN PROVINCE

Lin Caihao, You Aizhen

In the light of the contents of forty kind elements of more than thirty thousand regional stream sediment samples in Fujian province, the average background values, concentration Clarke and total variability coefficients were collected. After correcting the concentration Clarke with the stream sediment accumulation coefficients, endogenic metalization scales of thirty-two kind elements were prognosed with the help of additive method of the order, and the prospect of silver and boron were analyzed.

Key Words: regional geochemical exploration, stream sediment, minerogenetic prediction, Fujian province