第40卷 第5期 2004年9月 Vol. 40 No. 5 September , 2004

水系沉积物地球化学分区的因子分析方法与应用

时艳香,纪宏金,陆继龙,马力,段国正 (吉林大学地球探测科学与技术学院,长春 130026)

[摘 要]以多宝山地区1:5万水系沉积物资料处理为例,探讨了利用水系沉积物资料进行地球化 学分区的R型因子分析方法。该方法通过充分提取样品中所蕴含的地球化学背景信息,进行地球化学 分区研究,绘制了能够反映研究区整体地质特征的地球化学分区图,明确了各类子区特定的地质地球化 学意义及其相互关联。

[关键词]水系沉积物 地球化学分区 因子分析 [中图分类号]P628 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2004)05-0073-04

根据地球化学样品所蕴含的信息把研究区划分 为不同子区,是开展区域地球化学调查的重要途径 之一。传统的勘查地球化学方法多以找矿为目的, 更多强调异常划分、解释与评价,而对背景的讨论较 少,甚至对背景样品弃之不用,导致地球化学背景信 息丢失,致使地球化学资料得不到充分利用。同时, 由于区域地球化学资料涉及变量繁多,所成图件多 而复杂^[1],不利于从整体上寻求其地质地球化学特 征和规律。虽然也可以利用聚类分析或因子分析对 变量进行综合,但得到的仍然是多个组合或多个因 子的图件,各图件间相互分离,无法体现各地质信息 间的关联性。众所周知,水系沉积物对原岩具有继 承性,同时微观地球化学信息必然反映一定的宏观 地质特征。基于这一原理,本文从多宝山地区1:5 万水系沉积物资料出发,通过R型因子分析提取地 球化学信息,进行了地球化学分区研究。其结果可 在一幅图件上表现所有样品及变量组合类型,据此 将研究区划分为不同的地球化学子区,进而形成地 球化学分区图,为从整体上认识该区的地质地球化 学特征和找矿规律提供了线索。

1 基本方法

地球化学分区的关键是确定分区类型和子区边 界。因子分析是把一些具有错综复杂关系的研究对 象(样品或变量)归结为数量较少的几个综合因子 的一种多元统计方法^[2]。通常,R型因子分析用于 研究变量间的关系,Q型因子分析用于研究样品间 的关系。实际上,这两种方法是有关联的。本文所 提出的方法是利用 R型因子负载来划分元素组合, 即确定分区类型,利用 R型因子得分来划分样品类 型,也就是确定子区边界。

1.1 分区类型的确定

合理的元素组合必然反映特定的地质地球化学 信息^[3]。因此,可以根据因子负载矩阵中所反映的 不同元素组合来确定分区的地球化学类型。设原始 数据矩阵为 $X_{m\cdot n}$,其中 m 为变量数,n 为样品数;R 型因子分析的因子负载矩阵为 $A = (a_1, a_2, \dots, a_j,$ $\dots, a_p)$,其中 $a_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{mj})', p < m, p$ 为因子 个数。根据p个因子负载的大小和符号可以找出每 个因子所代表的元素组合,即确定了p个分区类型。 对此,下文将结合实例予以说明。

1.2 子区边界的确定

分区类型确定后,需确定区内每个样品属于何 种类型。具体方法如下:

设样品 i 对应的 p 个因子得分为

f(i,j),其中 $j=1,2, \dots, p; i=1,2, \dots, n$

若 $f(i,k) = \max_{j=1,p} (f(i,j)), 则第i个样品归为$

第k类。

这一做法的依据是:由于因子得分是标准化值, 可以进行大小比较。某样品在因子 k 中的得分值最 大,说明该样品在元素组合 a_k中所占份额最大,因 而将其归为第 k 类。

[[]收稿日期]2003-06-17;[修订日期]2003-09-01;[责任编辑]曲丽莉。

[[]基金项目]中国地质调查局项目(编号:200320120005)资助。

[[]第一作者简介]时艳香(1974年-),女,2001年毕业于吉林大学,获硕士学位,在读博士生,讲师,主要从事勘查地球化学教学与科研工作。

由此,可将全部 n 个样品划分为 p 个类型。若 把地理空间位置相邻的同类样品定义为一个子区, 则不难确定子区的位置和边界,进而实现地球化学 分区目标。

2 多宝山地区的地球化学分区

2.1 研究区地质概况

该区位于大兴安岭褶皱系北东段罕达气地槽褶 皱带西部,新开岭深断裂的北西侧^[4](图1)。区内 岩浆活动频繁,海西期、燕山期岩浆岩在区内均有分 布。构造复杂,但基本构造轮廓清晰,主要有北西、 北东向构造,也发育有南北、东西向断裂。区内已发 现有图1 所标1-11 号等多处矿床(点)。



图1 多宝山地区地质略图

γο²--燕山期斜长花岗岩;δο²--燕山期石英闪长岩;γο³*--海西 期斜长花岗岩;γδ^{2b}--海西期花岗闪长岩;xγ^{3c}--海西期白岗质 花岗岩;γδπ^{2c}--海西期花岗闪长斑岩;Pz--古生界地层;1--实 测断裂;2--推测断裂;3--已知矿床(点)

2.2 元素组合划分

研究区内的 1:5 万水系沉积物资料,共有 728 个网格化样品,包括 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、Mn、Co、Ni、 As、Sb、W、Mo、Hg 等 13 个变量。在 R 型因子分析 中,取特征值大于 1 的前 6 个因子,其累计方差贡献 大于 70%。由于正交旋转因子负载矩阵比初始因 子负载矩阵等所反映的元素组合更具合理性和可解 释性。因此,本文采用了正交旋转因子负载矩阵 (表 1)来划分元素组合。

由表1可知,13个变量共归结为6个因子,每 个因子代表一个元素组合,则得到6种地球化学分 区类型。分述如下:

*a*₁ 因子代表的是 Cu、Ag、Zn、Ni、Au 组合。从元素的地球化学亲和性来看,这些元素表现为亲硫性^[5]。从研究区实际矿化角度看,该组合为成矿元素组合类型。

*a*₂ 因子代表的是 Mn、Co 组合。这两个元素都 主要分布在基性、超基性岩中,在表生风化作用下可 富集于基性岩类的上覆风化土壤中。因此,该组合 应为基性元素组合类型。

表1 正交旋转因子负载矩阵

			因	子		_	
	a ₁	a ₂	a ₃	a4	a5	a ₆	
Cu	0.800	-0.081	0.142	0.109	-0.257	-0.017	
Zn	0.687	0.324	-0.060	0.006	0.277	-0.079	
Ag	0.655	-0.104	-0.100	-0.033	0.373	-0.101	
Au	0.544	-0.302	0.354	0.115	-0.005	-0.048	
Ni	0.463	0.182	0.022	-0.522	0.139	0.166	
Mn	0.109	0.882	-0.048	0.066	-0.095	-0.004	
Co	-0.043	0.808	0. 175	-0.069	-0.017	-0.037	
As	-0.117	0.286	0.758	0.013	0.059	0.117	
Sb	0.138	-0.093	0.697	-0.005	0.136	-0.015	
Mo	0.152	-0.071	0.037	0.866	-0.016	-0.012	
W	-0.013	-0.060	0.098	0. 519	0.654	0.163	
Pb	0.147	- 0. 063	0.146	-0.175	0.772	-0.081	
Hg	-0.002	-0.036	0.052	-0.014	-0.015	0. 964	

*a*₃ 因子代表的是 As、Sb 组合。As、Sb 同为第 V 主族元素,属低温半金属两性元素,地球化学行为相 近,迁移能力较强,可作为前缘元素组合类型。

*a*₄ 因子代表的是 W、Mo 组合。W、Mo 同为第 Ⅵ副族元素,属于高温元素,地球化学性质相近,易 在酸性岩体中富集,与花岗岩的关系比较密切。

a₅ 因子代表的是 W、Pb 组合。W 是亲氧元素, 而 Pb 为亲硫元素,从地球化学性质上看,这两个元 素并不相近。但它们在各类岩石中的分布规律相 似,W 常在酸性岩体中富集,而 Pb 从超基性岩到花 岗岩,含量也不断增加^[6]。因此,F₅ 因子应与研究 区的中酸性侵入岩体有关。

a₆ 因子代表的是 Hg 元素。Hg 是熔点很低的 金属元素,具有很强的迁移能力,多与构造活动有 关。

2.3 样品类型划分

根据上述方法,利用样品的因子得分将全区 728个样品分别归属于6种样品类型,每类对应一 个标型元素组合。表2列出了各类样品及所有样品 的变量平均值。从表中可以看出,各变量平均值的

74

表2 6类样品及所有样品的变量平均值

 ω (Au)/10⁻⁹, $\omega_{\rm B}$ /10⁻⁶

变量类型	Ag	Au	Cu	Zn	Ni	Mn	Co	As	Sb	Mo	W	Pb	Hg
I类(矿化组合)	0.1219	2.863	54.556	80.749	32.696	822.3	14.88	1.0236	0. 4441	1.3291	1.345	19.882	0.0253
∎类(Mn、Co)	0.0668	1.217	31.493	70.253	28.034	1696	18.955	1.2969	0.4177	1.235	1.326	19.161	0.0218
∎类(As、Sb)	0.0781	2.366	35.669	65.709	28.667	697.2	15.654	2.0194	0.6151	1.2261	1.481	20.209	0.0222
Ⅳ类(W、Mo)	0.0738	2. 193	39.901	66.456	21.206	791.8	14.669	1.1775	0.4378	3.4106	1.942	18.269	0.0235
V类(W、Pb)	0.0933	1.785	28.549	71.218	28.639	710.3	14.957	1.1463	0.434	1.146	1.84	23.818	0.0205
Ⅵ类(Hg)	0.0586	1.269	29.777	67.082	30. 013	667.6	13.005	1.049	0.4082	1.0633	1.43	17.526	0. 1395
全区	0.0872	2.052	37.587	71.06	28.362	904.8	15.592	1.3133	0.4674	1.5459	1.575	20.368	0.0288

最高值都出现在相应的类标型中。可见,各类均富 集相应的标型元素,反映了样品类型划分的合理性。

根据样品类型将研究区划分为不同子区,得到 包含6种类型的地球化学分区图(图2): Ⅰ类为 Au、Ag、Cu、Zn、Ni类, Ⅱ类为 Mn、Co类, Ⅲ类为 As、 Sb 类, Ⅳ类为 W、Mo 类, V 类为 W、Pb 类, Ⅵ类为 Hg 类。



3 分区结果讨论

对比图1、图2可以看出,图2中各类的空间分 布和边界走向与岩浆岩、构造、矿床(点)均有密切 关系。

3.1 分区类型与岩浆岩的关系

W、Mo 类和 W、Pb 类的子区主要分布在该区的 岩体位置。例如,在研究区北西部,W、Mo 子区与地 质图上燕山期斜长花岗岩岩体相对应,规模形态与 岩体相近;在7、8、9 号矿床(点)位置附近及图幅南 西角,W、Mo 子区也与岩体基本对应;图幅东部大面 积的 W、Pb 子区反映了燕山期石英闪长岩与海西期 斜长花岗岩的分布位置;在图幅西部一处呈北东向 分布的 W、Pb 子区与地质图上亦呈此方向分布的海 西期斜长花岗岩相对应。这些现象表明, W、Mo 类 和 W、Pb 类与研究区的岩体关系密切。此外, 在图 幅的北东部, 有一 W、Mo 子区与该区地层相对应, 推断此位置可能有隐伏岩体发育, 并已得到物探结 果的佐证。

通过分析还可看出,研究区北部的燕山期斜长 花岗岩和中部的海西期斜长花岗岩,虽然岩体类型 一致,但由于侵入期次不同,表现出不同的地球化学 特征,前者富W、Mo,后者则富W、Pb。因此,在讨 论该区岩体是富W、Mo还是富W、Pb时,除了要考 虑岩体的类型,还应考虑岩体的侵入期次等因素。

3.2 分区类型的分带特征

从图 2 不难看出,某些子区间的分布具有地球 化学分带关系。在图幅北西角一带,这种分带关系 最为明显。以 W、Mo 类子区为中心,向外侧依次为 As、Sb 类子区和 Hg 类子区。这种分布特征表明,作 为高温元素的 W、Mo 代表了岩浆热源或岩体的位 置,而低温元素 Hg 和 As、Sb,迁移能力较强,为岩体 的前缘指示元素。子区间的这种分带关系与矿床的 原生晕轴向分带(Hg – Sb – Ag – As – Cu – Zn – Pb – Au – Mo – W)相一致。值得注意的是,1、2 号矿 点正好位于 W、Mo 子区与 As、Sb 子区之间,可能说 明岩体与矿化有关。

3.3 分区类型与矿床(点)的关系

从图2还可看出,已知的1-11号矿床(点)整体上呈北西向分布,且位于Au、Ag、Cu、Zn、Ni子区内,与W、Mo子区相邻。这说明Au、Ag、Cu、Zn、Ni组合确为该区的矿化元素组合,而且矿化与富W、Mo的岩体有关。可见,W、Mo子区也是找矿的有利指标。因此,在圈定找矿有利部位时,应以W、Mo子区外围的Au、Ag、Cu、Zn、Ni子区为主。

2004 年

3.4 地球化学分区图的构造特点

图 2 显示,Au、Ag、Cu、Zn、Ni 类的子区整体上沿 着北西向分布,而且有关子区边界也明显呈北西向特 征,反映出研究区北西向构造发育及其控矿特点。同 时,有的子区还呈北东向延伸,反映了研究区也发育 有北东向构造。比如,图幅西侧一处 Pb、W 子区的边 界呈明显的北东向,与此处一组实测断裂相吻合。

此外,子区边界还有南北、东西走向特征,说明 该区局部还发育有南北、东西向构造。

总之,通过对比分析可以看出,分区图中各类的 子区地质地球化学意义明确,子区的边界和分布趋 势反映了一定的构造特征,有些子区间的分布特点 还反映了地质因素间的分带及其关联性,为矿床成 因、控矿有利部位和隐伏岩体的推断提供了线索。

当然,在因子分析中,由于所取因子的总方差有限,也有一定的信息损失。而且,受表生风化作用的 影响和水系沉积物的有限位移,地球化学信息与地 质特征的局部不吻合现象也在所难免。

为便于与上述分区图(图2)作效果对比,分别 绘制了全部6个因子的空间分布图(图3),虽然各 因子的地质意义明确,但正如前文所述,各图件相互 独立,难以体现各地质信息间的关联性。

4 结论

通过对多宝山地区 1:5 万水系沉积物资料的地 球化学分区初步探讨,取得了较好的实际效果。主 要结论如下:

1)地球化学分区图综合了所有样品和变量的信息,直观简洁,便于从整体上表现地质地球化学规律;

2)地球化学分区图既有利于解决岩性识别、构造推断等基础地质问题,又为确定找矿耙区、推断隐伏岩体提供了重要线索;

3)该方法不抛弃区域地球化学资料中所蕴含的背景信息,为区域地球化学资料在地质调查中的

应用提供了新的途径。



图 3 各因子的空间分布图

[参考文献]

- [1] 纪宏金.区域化探中若干新图件的计算与制作[J].物探化探 计算技术,1991,2:98~104.
- [2] 王学仁. 地质数据的多变量统计分析[M]. 北京:科学出版社, 1982,249.
- [3] 时艳香,纪宏金,仲崇学. 多宝山铜矿区地质地球化学信息提取方法与结构分析[J]. 长春科技大学学报,1999,29;84~87.
- [4] 杜 琦. 多宝山斑岩铜矿床[M]. 北京:地质出版社,1988,1~20.
- [5] 戚长谋,邹祖荣,李鹤年.地球化学通论[M].北京:地质出版 社,1987,25~47.
- [6] 刘英俊. 元素地球化学通论[M]. 北京: 地质出版社, 1987, 142 ~144, 184, 228 ~238.

FACTOR ANALYSIS METHOD AND APPLICATION OF STREAM SEDIMENT GEOCHEMICAL PARTITION

SHI Yan - xiang, JI Hong - jin, LU Ji - long, MA Li, DUAN Guo - zheng

(College of Geoexploration Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026)

Abstract: According to an example of treatment with 1:50,000 stream sediment data in the Duobaoshan area, R mode factor analysis method which is used to apart geochemical area by stream sediment data is discussed. The method studies the geochemical partition by distilling the geochemical information contained in the samples. Geochemical partition maps reflecting the holistic geological characteristics of the studying area are plotted and the special geochemical meaning of any kind of subregion and the relationship among them are clarified.

Key words: stream sediment, geochemical partition, factor analysis