

24-28, 大中型铜矿区域地球化学异常预测评价研究^{*}

39

史长义 张金华

(地质矿产部物化探研究所·廊坊·065000)

根据我国近30个大中型铜矿的多元素区域地球化学异常特征,初步总结出了矿田地球化学异常的预测评价准则。并就矿田异常的主成矿元素、成矿规模、成矿类型和剥蚀程度的评价指标进行了研究,初步归纳出定量预测评价指标。

关键词 铜矿 区域地球化学异常 预测评价 定量指标 矿田



1 矿田区域地球化学异常

技术·方法

矿田区域地球化学异常是指在一定范围内与矿田级成矿作用有关的区域地球化学异常,是矿田范围内多期次多阶段成矿作用的地球化学反映,其异常范围在 $n \times 10 \text{ km}^2 \sim n \times 100 \text{ km}^2$ (史长义等, 1998)。据已知矿的 1:20 万水系沉积物异常分布特征分析,与矿化有关的区域地球化学异常,特别是具一定规模的多元素组合异常反映的主要是矿田级异常。

已知矿田上的区域地球化学异常是多元素的,而且各元素异常空间分布位置相互交叉、重叠。因此,如何有效地划分这些多元素异常组合,就是研究区域地球化学异常分布特征和建立异常模式,特别是利用这些规律进行找矿预测的重要基础。依据元素的地球化学性质、异常的空间分布趋势、异常之间的相互叠合程度^①以及它们与地质背景的关系,史长义等(1996)提出的矿田异常多元素异常组合划分方法,将与成矿作用有关的多元素异常分为成矿元素异常组合、指示元素(包括直接和间接指示元素)异常组合和成矿环境元素异常组合。成矿元素异常是为了反

映已知的成矿事实,而指示元素(指主要成矿元素、次要成矿元素和少量伴生元素,以及与成矿作用有关的重要指示元素)异常是与成矿有直接关系的一套元素的异常,用以反映成矿类型,进行成矿预测。成矿元素异常、指示元素异常和成矿环境元素异常的划分是相对的,异常元素组合的变化随矿种的不同而变化。另外,异常元素组合的组成,特别是铁族元素和碱性元素异常组合等的组成是广义的(史长义等, 1996),主要考虑它们对成矿环境的反映,如将 Si 与 Na、K、Be、Li、Th 等作为碱性元素,用以反映岩体特征。

以区域地球化学异常特征为基础,结合矿床的成矿作用和地质特征,史长义等(1998)将内生 Cu 矿床分为 4 种勘查地球化学类型,即与火山岩有关的铜矿、与基性—超基性岩有关的铜矿、与中酸性岩浆岩有关的铜矿和层控热液型铜矿。

2 Cu 矿田异常筛选评价准则

区域成矿预测的基本原则是从区域成矿带到局部矿田,研究成矿的区域地质特征和多元区域地球化学异常的结构特征,建立不同类型矿田乃至成矿区带的区域地质地球化学异常结构模式(史长义等, 1996, 1998),

本文 1997 年 5 月收到,王延忠编辑。

* 参加该项工作的还有黄笑梅同志。

①史长义,区域地球化学异常解释推断初探,1990,硕士论文

总结不同类型矿田和成矿区带的区域地球化学异常筛选评价指标,进行区域成矿预测。为此以不同类型铜矿田的区域地质地球化学异常结构模式为基础,建立了三种类型铜矿田的区域异常筛选评价准则,现概述如下。

2.1 与中酸性岩浆岩有关的铜矿田区域地质地球化学异常特征

2.1.1 成矿区域地质环境

几组构造或多组构造的密集区或复合部位,出露有碎屑岩、凝灰岩和碳酸盐岩地层,有中酸性岩浆岩(小岩体)侵入,岩性以花岗闪长岩、石英闪长岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩为主。夕卡岩型 Cu 矿赋矿地层以碳酸盐岩和碎屑岩为主,斑岩和热液型 Cu 矿的赋矿地层则以碎屑岩和凝灰岩为主。中酸性岩浆岩体和围岩岩性是预测这类矿床的基本地质条件。

2.1.2 成矿区域地球化学异常结构特征

1)在上述有利的地质环境下,包围已知矿和成矿岩体在成矿有利地层(赋矿地层)上出现大面积的成矿元素和伴生元素,如 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Cd、(Mo)的多元素正异常,即矿田异常。它们明显受成矿机制(包括控矿构造、地层和岩体)的控制;

2)间接指示元素,如 As、Sb、Hg、W、Bi、(Mo)、Sn 的多元素正异常出现在矿田上,包围已知矿(有异常水平分带者除外),与矿田异常套合或重叠,与矿田异常分布趋势相同或相近;

3)反映成矿环境的铁族元素和碱性元素异常出现在矿田异常内,一般面积较小,与上述异常呈套合结构;

4)有时在矿田异常周围还出现直接指示元素或间接指示元素的负异常;

5)中等剥蚀程度矿田的各组指示元素正异常可能出现异常的水平分带现象(如德兴和新桥—凤凰山矿田),从中心(成矿岩体)向外由高温元素异常(W、Bi、(Mo)、Sn)→中低温元素异常(Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Cd)→低温元

素异常(As、Sb、Hg);

6)反映成矿环境的元素如铁族和碱性元素异常的分布由于成矿作用和成矿地质背景的差异,使得它们在斑岩、夕卡岩和热液型矿之间有所差异:

(1)在斑岩型矿田上有一组铁族元素的多元素正异常和一组碱性元素的多元素负异常同时出现在矿田异常内,一般与矿田异常呈套合结构,显示富铁贫碱的成矿地球化学环境;

(2)在夕卡岩和热液型矿田上,铁族元素和碱性元素均以多元素正异常出现在矿田异常内,多数与矿田异常套合。显示富铁富碱的成矿过程;

7)上述各组多元素异常,以直接指示元素异常为中心,呈套合或重叠形式,总体上构成有规律的空间分布结构。

2.2 与火山岩有关的铜矿田区域地质地球化学异常特征

2.2.1 成矿区域地质环境

矿田处于区域性大断裂之次级断裂构造的交汇部位。成矿有利地层为中基性海相与陆相火山岩、火山沉积岩建造。与成矿有关的岩浆岩为花岗斑岩、花岗闪长岩、石英闪长岩、花岗岩小岩体,或中基性杂岩体。有火山机构构造存在。火山岩地层与火山机构构造是该类矿床最基本的地质条件,是预测与火山岩有关 Cu 多金属矿最典型的地质特征。

2.2.2 成矿区域地球化学异常结构特征

1)在以上地质环境中,在火山岩地层或其与岩体接触带周围,出现范围较大的直接指示元素 Cu—Pb—Zn—Ag—Cd(Au)多元素正异常,在其范围内出现间接指示元素 Hg—As—Sb—(Mo)与 W—Sn—Bi(Mo)的多元素正异常,与直接指示元素正异常叠合度高。同时,在这些元素正异常的周围可能出现它们的负异常。指示元素异常的形态和走向受构造控制明显;

2)在指示元素正异常内出现一组反映成

矿环境的铁族元素(如 Fe、Mg、V、Ti、Co、Cr、Ni、Mn 等)的多元素正异常和一组碱性元素(如 Na、Si、Be、Li、Th、Y、La、Zr 等)的多元素负异常,而且铁族和碱性元素异常的空间位置重合;

3)还可能有一组与火山热液活动密切相关的分散与矿化剂元素(如 P、F、Ba、U 等)正异常出现于指示元素异常内,与铁族和碱性元素异常重合;

4)在指示元素正异常周围,可能有一组与构造关系密切的元素(如 As、P、B、Ba 等)的单元元素正、负异常围绕直接指示元素正异常分布,而在直接指示元素正异常范围内不出现,形成一个“中空地带”,这可能是火山岩型(Cu)矿的一个特殊的异常分布结构。

2.3 与基性—超基性岩有关的铜镍矿田区域地质地球化学异常特征

2.3.1 成矿区域地质环境

区域性深大断裂之次级断裂构造发育,出露有偏基性的火山岩、火山碎屑岩和碎屑岩地层,特别是要有基性—超基性小岩体,以含铁高为特征。基性—超基性岩体是寻找该类型矿床的最典型地质特征。

2.3.2 成矿区域地球化学异常结构特征

1)在上述地质环境中,在基性岩地层和基性—超基性岩体上,出现范围较大的一组铁族元素正异常(和一组碱性元素负异常),并有一组碱性元素(如 Al、Na、La、Be、K、Li 等)的多元素负异常出现于铁族元素正异常内,且空间位置重合,反映赋矿地层、含矿岩体和成矿环境;

2)指示元素(Cu、Ni、Cr、Co)正异常分布在赋矿地层上,包围含矿岩体和已知矿,与铁族元素正异常重合或套合;

3)间接指示元素(Ag、Cd、Mo、Pb、B、Ba、P 等)异常出现于赋矿地层上与铁族元素异常重合或套合,包围已知矿和含矿岩体;

4)上述各组多元素异常在矿田上的分布呈“有序结构”,指示元素负异常不发育;

5)W、Bi、Zn、(Pb)正异常在矿田上不发育是该类型矿床的特殊之处,而且对于出露矿,As、Sb 正异常一般也不出现。

3 定量预测评价指标的研究

3.1 以 DOM 值推测主成矿元素

成矿元素和伴生元素异常作为直接指示元素异常的目的是为了进行成矿预测。推测主成元素和成矿类型一般的作法是用单元元素异常的异常强度(即异常平均值)或 NAP 值,比较其相对大小。但是异常强度和面积,特别是真实含量的平均值,受剥蚀程度、表生作用、景观条件等因素影响较大(史长义等,1998)。虽然 NAP 值反映强度和面积的综合信息,然而,仅仅对比各单元元素异常的 NAP 值大小,不能发现明显的规律性,而且不同矿床之间不易对比。因此,本文以综合异常为研究对象,用 NAP 值计算直接指示元素异常组合中每个单元元素异常的成矿度(DOM)来衡量各个单元元素异常能够成矿的可能性大小,推测主要成矿元素。以大宝山 Cu 矿为例:

$$DOM_{Cu} = \frac{Cu \text{ 异常 NAP 值}}{\text{综合异常 NAP 值}} = \frac{766.04}{372.96} = 2.054$$

表 1、表 2 分别列出了与火山岩和与中酸性岩浆岩有关的铜多金属矿田的异常评价参数。由表中各矿床中各元素的 DOM 值可看出,DOM > 0.5 排在前三位的元素与各矿床的主成矿元素基本相符。因此,可以推测 DOM > 0.5 且 DOM 值位于前三位的元素可作为该矿田的主要成矿元素。由于 Ag 与 Cu、Pb、Zn 关系密切,通常是 Cu—Pb—Zn 矿的主要伴生元素,所以,一般情况下,Ag 的 DOM 值较大。另外,有些 Cu—Mo 型矿中 Mo 值较小,如玉龙、铜官山矿田,可能是由于这些矿剥蚀程度相对较浅,而造成 Mo 异常小或弱的缘故。

3.2 以 (Cu × Ag)/(Pb × Zn) 值推测成矿类型

据表 1、表 2 中各矿田之 (Cu × Ag)/(Pb × Zn) 比值(据衬值计算)可以得出,一般情况

下, $(Cu \times Ag)/(Pb \times Zn) > 2$ 为 Cu 或 Cu—Mo 型矿, $(Cu \times Ag)/(Pb \times Zn) = 2 \sim 1$ 为 Cu 多金属矿, $(Cu \times Ag)/(Pb \times Zn) < 1$ 为 Pb—Zn 或 Pb、Zn 多金属矿。由于小西南岔为 Cu—Au

矿,故我们计算了 $(Cu \times Au)/Ag$ 比值

3.3 以 DOD 值预测成矿规模

DOD 值是某矿田主成矿元素异常成矿度的平均强度,相当于据 DOM 值推测的主成

表1 与火山岩有关铜多金属矿田异常评价参数表

矿田	DOM					$\frac{Cu \times Ag}{Pb \times Zn}$	DOD	备注
	Cu	Pb	Zn	Au	Ag			
大宝山	2.054	0.326	0.260	0.424	0.294	7.12	2.05	大型 Cu 矿
铁砂街	0.220	0.565	0.467	0.063	1.248	1.04	0.76	中型 Cu、Pb、Zn 矿
白银厂	0.815	1.136	0.877	0.113	0.809	0.15	0.96	大型 Pb、Zn、Cu 矿
紫金	1.198	0.864	0.301	1.110	0.953	4.39	1.09	大型 Cu、Au 矿
银山	0.500	1.332	0.549	0.310	1.579	1.08	1.15	大型 Pb、Zn、Cu 矿
阿舍勒	0.591	0.277	0.625	0.211	0.393	1.34	0.61	大型 Cu、Zn 矿

表2 与中酸性岩浆岩有关的铜铅锌多金属矿田异常评价参数表

矿田	DOM							$\frac{Cu \times Ag}{Pb \times Zn}$	DOD	备注
	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	Mo	Sn			
德兴	0.947	0.070	0.138	1.869	0.479	0.295		46.96	1.393	大型 Cu、Mo、Au
玉龙	0.992	0.887	0.420	0.560	1.091	0.685	0.456	2.91	0.99	大型 Cu、Mo
小西南岔	0.74	0.07		1.345	0.072	0.157	0.033	13.82*	1.043	大型 Cu、Au
小寺沟	0.499	0.598	0.318	0.024	1.287	1.195		3.38	0.895	中型 Cu、Mo
老厂—卡房	1.117	1.138	0.536	0.238	1.035	0.306	1.941	1.99	1.399	大型 Sn、Cu、Pb、Zn
宝山	0.539	1.338	0.973	0.417	1.124	0.307	0.209	0.47	0.99	中型 Cu、Pb、Zn
新桥—凤凰山	0.728	0.721	0.480	0.609	0.832	0.308	0.349	1.75	0.76	中型 Cu、Cu、Ag、Au
封山洞	1.354	0.574	0.411	0.147	1.087	0.641	0.058	6.24	1.027	中型 Cu、Mo
水口山	0.030	0.982	0.720	0.778	0.947	0.245	0.157	0.04	0.857	中型 Pb、Zn
二股	0.425	0.488	0.757		0.112		0.188	0.13	0.557	中型 Pb、Zn
铜官山	0.822	0.121	0.099	0.812	0.259	0.326	0.04	17.77	0.818	中型 Cu、Mo
天排山	0.902	0.602	0.420	0.728	1.575	0.324	0.094	5.62	1.068	大型 Cu、Pb、Zn、Au、Ag
寿王坟	1.130	0.279		0.743	0.914	1.065		3.70	0.963	中型 Cu、Mo
二棚甸子	0.558	0.977	0.961	0.328	0.278	0.078		0.170	0.882	中型 Pb、Zn、Cu
布敦花	0.686	0.702	0.432	0.145	0.989	0.385		2.24	0.793	中型 Cu
铜厂顶	0.833	0.608	0.614	0.754	0.246	0.700	0.462	0.55	0.725	中型 Cu
同兴—下地	0.495	0.991	0.859	0.033	0.924	0.340	0.094	0.54	0.925	中型 Pb、Zn、Cu

* 为 $(Cu \times Au)/Ag$

矿元素异常的 DOM 值的平均值。如据 DOM 值推测的紫金矿床的主要成矿元素是 Cu、Au、Ag, 其 DOM 值分别为 1.198、1.110、0.953, 平均值为 1.09, 故其 DOD 值为 1.09。对比表 1、表 2 中各矿床 DOD 值与其矿床规模, 可以得出 $DOD \geq 1$ 者基本为大型矿床, $DOD < 1$ 者基本上为中型矿床。

由于阿舍勒 Cu—Zn 矿基本为一隐伏矿, 而且埋藏也比较深, 地表仅有铁帽, 使得其异常面积虽然较大, 但强度较低, 进而造成 DOD 值低。

3.4 不同剥蚀水平矿床异常特征对比

1) 新疆阿舍勒 Cu—Zn 矿为隐伏矿。指示元素异常中以前缘元素 (Hg、Sb、Mo、Au) 异常面积最大, 其次是成矿元素及伴生元素异常 (Cu、Zn、Ag、Cd)。前缘元素异常包围成矿及伴生元素异常, 而在其范围内不出现尾部元素异常;

2) 甘肃白银厂多金属矿田包括折腰山、火焰山、四个圈、小铁山和铜厂沟 5 个矿, 各矿床的剥蚀水平不等, 折腰山与火焰山为中等剥蚀, 其它 3 个矿则为浅剥蚀—隐伏矿。

矿田上成矿元素和伴生元素异常面积大,强度高,前缘元素(Hg、Bi、Sb、Au)异常强度较高,但面积较小,尾部元素(W、Sn)异常强度低,面积也小。以成矿元素和伴生元素异常包围前缘元素异常和尾部元素异常,总体上显示浅剥蚀矿的异常特征;

3)江西德兴、吉林小西南岔、湖南宝山、安徽新桥—凤凰山、内蒙古布敦花 5 个矿田基本上都是中等剥蚀程度,表现在区域地球化学异常上,则基本上是以直接成矿元素和伴生元素(中温元素)正异常为中心,前缘元素(Hg、As、Sb)异常和尾部元素(W、Bi、Sn)异常与之套合或重叠,前缘(低温)元素异常和尾部(高温)元素异常在异常强度和面积上大致相当,并且两组元素异常同时出现;

4)安徽沙溪 Cu 矿是比较典型的隐伏 Cu 矿床。在区域地球化学异常上表现为异常元素少,异常结构简单,以前缘元素 Sb 正异常面积最大,Cu—Zn—Ag 正异常与之套合,面积较小。在已知矿上方还出现了小面积的 Ni—Co 正异常,与 Cu—Zn—Ag 异常套合。

4 认识与结论

1)以多元素异常为对象,研究矿田成矿的区域地球化学环境,研究多元素异常所构成的“成矿异常面貌”,建立异常结构模式,不会脱离成矿的区域地质环境。根据不同类型矿田区域地质地球化学异常结构特征,可以筛选和预测可能成矿的区域地球化学异常;

2)以地质特征结构和地球化学异常结构反映成矿的地质环境和地球化学环境,建立不同类型矿田乃至成矿带的区域地质地球化

学异常结构模式,总结不同类型矿田和成矿带的区域地球化学异常筛选评价指标,以此为依据,进行异常筛选评价和区域成矿预测是目前区域成矿预测的新趋势;

3)以综合异常为研究对象,用 NAP 值计算直接指示元素异常中每个单元元素异常的成矿度(DOM)来衡量各个单元元素异常成矿的可能性大小,可用于推测主要成矿元素。DOM > 0.5 且 DOM 值位于前 3 位的元素可作为该矿田的主要成矿元素。DOM 值虽然也受剥蚀程度等因素的影响,但是其统计规律明显好于单一 NAP 值;

4)以 $(Cu \times Ag)/(Pb \times Zn)$ 比值可以反映 Cu 矿田可能的成矿类型。一般情况下, $(Cu \times Ag)/(Pb \times Zn) > 2$ 为 Cu 或 Cu—W 型矿, $(Cu \times Ag)/(Pb \times Zn) = 2 \sim 1$ 为 Cu 多金属矿, $(Cu \times Ag)/(Pb \times Zn) < 1$ 为 Pb—Zn 或 Pb—Zn 多金属矿;

5)根据某矿田主成矿元素异常成矿度的平均强度(DOD 值)可以预测其成矿规模。DOD ≥ 1 者基本上为大型矿床,DOD < 1 者基本上为中型矿床;

6)根据矿田上指示元素异常的规模和强度以及它们空间分布的结构特征,可大致推测矿田的剥蚀水平。

参考文献

- 1 史长义,张金华,黄笑梅.福建紫金山陆相火山岩型铜金矿田区域地质地球化学异常结构模式.物探与化探,1996,20(3):180~188
- 2 史长义,张金华,黄笑梅.矿田区域地球化学异常结构模式.地质学报,1998
- 3 史长义,张金华,黄笑梅.中国铜矿田区域地球化学异常特征.地质学报,1998,72(1):76~82

PREDICTION AND EVALUATION OF REGIONAL GEOCHEMICAL ANOMALIES FOR MIDDLE - LARGE COPPER DEPOSITS

Shi Changyi, Zhang Jinhua

Based on the characteristics of regional geochemical anomalies of 30 middle - large copper deposits, the prediction and evaluation criteria of geochemistry has summarized. Some indexes for prediction and evaluation of main ore - forming elements, metallogenic scale, metallogenic type and denudation level have been studied.

Key words copper deposit, regional geochemical anomaly, prediction and evaluation, quantitative index, ore field

(下转第 39 页)

字体均为宋体,不能选择。

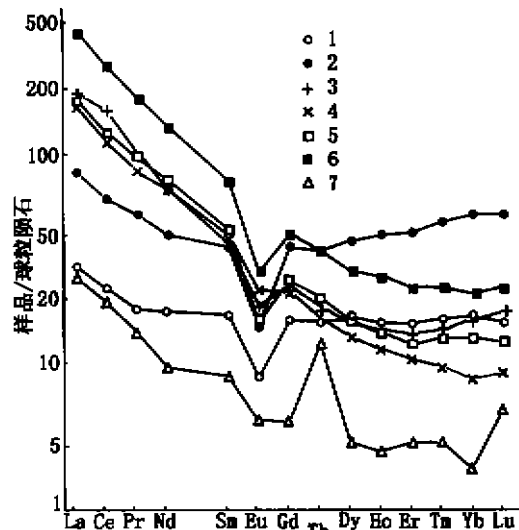


图3 稀土元素球粒陨石标准化模式图

参考文献

- 1 Richard mansfield. Visual Basic 4.0 编程手册. 廖卫东, 赵军译. 北京:机械工业出版社, 1996

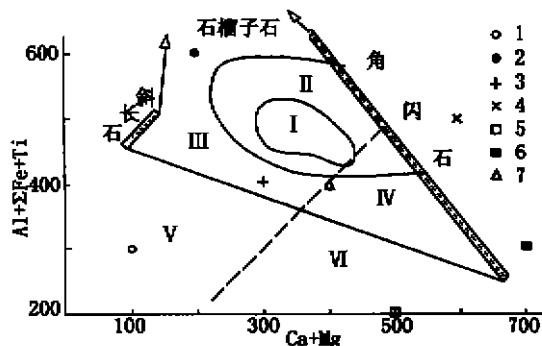


图4 变质岩原岩恢复的
(Al + Σ Fe + Ti) — (Ca + Mg) 图解
(据克列麦涅茨基, 1979)

- 2 应道宁, 吴中奇, 孙健, 等. 计算机绘图. 杭州: 浙江大学出版社, 1992
- 3 丘家骥, 林景任. 岩石化学. 北京: 地质出版社, 1991
- 4 张本仁, 等. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994
- 5 张本仁, 等. 秦巴区域地球化学文集. 北京: 中国地质大学出版社, 1990

DEVELOPMENT OF MAPPING SYSTEM OF GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL DIAGRAMS

Li Zhicheng, Hao Libo, Zhang Dongli

Based on the characteristics of geological and geochemical diagrams, a mapping system covering 150 sheets of diagrams which are commonly used in geological and geochemical sciences has been developed. The mapping system is easily operated, has high adaptability and has extensive expansibility.

Key words mapping system, geological and geochemical diagram, Visual Basic 4.0



第一作者简介:

吕志成 男, 1966年生. 1989年毕业于长春地质学院岩化系地球化学专业, 1992年在长春地质学院岩化系获硕士学位. 现为长春地质学院讲师, 博士生. 主要从事应用地球化学科研和教学工作.

通讯地址: 吉林省长春市西民主大街6号 长春科技大学地球化学系地球化学教研室
邮政编码: 130026

(上接第28页)



第一作者简介:

史长义 男, 1962年生. 1983年毕业于河北地质学院地质系, 1990年在中国地质大学(武汉)应用地球化学系获理学硕士学位. 现为原地质矿产部物化探研究所高级工程师. 主要从事金属矿地球化学勘查的科研和找矿工作.

通讯地址: 河北省廊坊市金光道84号 原地质矿产部物化探研究所 邮政编码: 065000