

地质矿产部

地球物理地球化学 勘查研究所刊

第 2 号



1987年

地质出版社

72233

地 质 矿 产 部

地 球 物 理 地 球 化 学
勘 查 研 究 所 所 刊

第 2 号

地 质 出 版 社

内 容 简 介

本刊为地质矿产部地球物理地球化学勘查研究所所刊。本刊于一九八五年创刊，本期为第二号。共选入十五篇文章。均为物化探所的科研成果。其中化探七篇，主要内容为化探方法研究、化探找金矿的经验、化探普查地热效果、化探金标准样的研制以及数据处理；物探八篇，内容为物探模型试验、深部地球物理研究、自动数据处理及成图以及物探仪器研制等。本刊可供从事地球物理地球化学勘查有关人员，地质、仪器生产、科研、教学的科技人员，以及地质院校师生使用和参考。

地质矿产部 地球物理地球化学 勘查研究所所刊

第 2 号

责任编辑：李美生

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆ 印张：13¹/₈ 插页：2页 字数：312,000

1987年7月北京第一版·1987年7月北京第一次印刷

印数：1—1850册 国内定价：3.00元

统一书号：13038·新350

目 录

〔化探方法〕

江西阳储岭钨钼矿床元素分带序列及其剥蚀程度的评价准则

.....李应桂 李云浮 王英秀 (1)

内蒙古白乃庙地区地下水地球化学勘查试点研究

.....蒋瑞金 杨少平 郭利军 吴长柱 (13)

河台金矿化探找金效果.....古平等 余学东 汪明启 (21)

内蒙古某地区金异常的检查与评价.....张 华 任天祥 赵 云 杨少平 (27)

运用化探大面积普查地热.....朱炳球 朱立新 史长义 余 慧 (37)

〔化探标准样研究〕

化探痕量金标准样的研制及测试方法.....郑明才 王春书 (49)

〔物探方法〕

确定非均匀磁化磁性体的磁化方向和磁质心位置的频率域方法.....于德武 (91)

“参照矿体”的意义及其在估计勘探深度等问题上的作用—瞬变场法物理模

拟的某些结果.....吕国印 蒋邦远 (103)

石墨粉在低频电磁法模型实验中的应用.....金国元 (111)

〔深部地球物理〕

西藏地区岩石圈的电性与热状态.....李 立 金国元 (121)

〔数据处理及成图〕

一个具有马尔柯夫性质的空间随机过程.....林寿山 (129)

航迹定位数字化.....朴英染 (141)

区域重力资料整理、处理、成图自动化研究报告

.....刘文锦 奚家鉴 张兴雅 陆云飞 奚 奇 辛俊民 (149)

〔物探仪器〕

快速热导仪及微机在其中的应用.....张克宇 (167)

澳大利亚SIROTEM II 瞬变电磁系统的剖析 (续).....吕广平 夏淑华 (177)

BULLETIN OF THE INSTITUTE OF GEOPHYSICAL & GEOCHEMICAL EXPLORATION, MINISTRY OF GEOLOGY AND MINERAL RESOURCES No.2

CONTENTS

Geochemical Exploration Methods

- Zoning of Primary Holes around Yangchuling W-Mo Orefield, Jiangxi
.....*Li Yingui Li Yunfu Wang Yingxin* (1)
- Hydrogeochemical Orientation Study in Bainaimiao, Inner Mongolia
.....*Jiang Ruijin Yang Shaoping Guo Lijun Wu Changzhu* (13)
- Geochemical Prospecting in Hetai Gold Deposit
.....*Gu Pingdeng Yu Xuedong Wang Mingqi* (21)
- Follow-up And Evaluation of a Regional Gold Anomaly in Inner Mon-
golia.....*Zhang Hua Ren Tianxiang Zhao Yun Yang Shaoping* (27)
- Reconnaissance of Large Geothermal Area with Geochemical Methods
.....*Zhu Bingjin Zhu Lixin Shi Changyi Yu Hui* (37)

Geochemical Standard Samples

- Preparation of Geochemical Exploration Reference Samples for Trace
Gold Analysis.....*Yan Mingcai Wang Chunshu* (49)

Geophysical Exploration Methods

- Frequency Domain Method for Determining Direction of Magnetiza-
tion and Location of Centroid of Non-homogeneous Magnetic Body
.....*Yu Tewu* (91)
- "Reference Target", Its meaning and Application on Estimating the
Depth of Penetration—Some Results about Scale Modelling of TEM
Method.....*Lu Guoyin Jiang Bangyuan* (103)
- The Use of Graphic Powder in Low Frequency Electromagnetic Mo-
del Studies.....*Jin Guoyuan* (111)

Deep-Crust And Upper Mantal Geophysics

- The Electrical Characteristic and Thermal State of the Lithosphere
in Area of Tibet.....*Li Li Jin Guoyuan* (121)

Data Processing And Mapping

- A Random Process in Space with Markov Property.....*Lin Chunshan* (129)

Digitalization of Flight Path.....	<i>Piao Yinqi</i> (141)
Automatic System for Processing and Mapping of Regional Gravity Data	<i>Liu Wenjin</i>
<i>Xi Gajian Zhang Xingya Lu Yunfei Xi Qi Xin Junmin</i> (149)	
Geophysical Instrumentations	
Rapid Conductometer and Application of Microcomputer to It	<i>Zhang Keyu</i> (167)
The Analysis on Australian SIROTEM II TEM System (Continue)	<i>Lu Guangping Xia Shuhua</i> (177)

Geological Publishing House

Address Xisi, Beijing, China

**Institute of Geophysical and
Geochemical Exploration
Ministry of Geology and
Mineral Resources**

Address Langfen, Hebei, China

江西阳储岭钨钼矿床元素分带序列 及其剥蚀程度的评价准则

李应桂 李云浮 王英秀

摘 要

自阳储岭斑岩型钨、钼矿床三个矿带不同水平采集的矿石样品分析结果表明, 主要指示元素在矿体中的分布与原生晕具有同一的分带性。本文研究了矿床异常的微量元素特征, 确定了矿床的主要指示元素: W、Mo、Bi、As、Cu、Pb、Ag; 用岩石测量和矿石样品分析结果, 对矿床元素分带作了对比研究, 建立了矿床元素分带序列: $Hg-Sb-As_1-Au-Pb-Ag-Cu-As_2-Bi-Mo-W-Sn-Be$; 以矿上、矿下晕和元素分带关系的研究为基础, 运用元素对比值对矿床各矿带相对剥蚀程度进行了评价, 提出了剥蚀程度的评价指标: $Bi \cdot As/W \cdot Mo$ 比值在矿上 >1 , 矿体头部在 0.1 与 1 之间, 矿体中下部 <0.1 。

前 言

苏联学者 A. A. 别乌斯和 C. B. 格里戈良 (1975), 累计了 200 多个金属矿床的资料, 系统地研究了这些矿床原生晕的分带性, 提出了热液矿床原生晕的通用分带序列、定量计算分带指数的方法以及评价矿床剥蚀程度和分散矿化的一些准则; 谢学锦多年来一直注重矿床元素组分分带的研究, 并提出了一些这方面的评价准则^①; 邵跃 (1984) 总结了多年来的研究成果, 在“矿床元素原生分带的研究及其在地球化学找矿中的应用”一文中, 完善了他 1975 年提出来的“热液矿床元素垂直分带序列模型”、提出了估量矿化剥蚀水平和地表矿化露头评价的一些指标。这些成果, 已被广泛地应用于科研和生产实践。

近年来, 笔者在参与金属矿床原生晕研究工作过程中, 综合阳储岭 W—Mo 矿床土壤、岩石测量以及各矿带不同中段的矿石样品分析结果, 对其矿床地球化学特征, 特别是矿床元素分带序列及其剥蚀程度的评价准则作了研究。有意义的是, 根据岩石测量所确定的分带序列与利用各中段矿石样品所计算出来的元素分带序列几乎完全一致。本文将根据这一研究结果提出该矿床元素分带序列, 并对其剥蚀程度的评价准则进行一些讨论。

地 质 概 述

阳储岭大型斑岩钨、钼矿床, 位于江西西北部。其构造部位处于赣北九岭东西构造隆起与新华夏系赣江大断裂交汇处^②。燕山早期中、酸性杂岩体侵入于前震旦纪的浅变质岩

① 杨作安、毕远成, 1983。(内刊)

系中。接触带浅变质岩普遍角岩化。杂岩体的岩性主要为花岗闪长岩、花岗闪长斑岩和二长花岗斑岩。钨、钼矿体呈缓倾斜至近于水平的透镜状、似层状、脉状赋存在斑岩体内及杂岩体南侧的爆破角砾岩筒中。矿石类型分为钨钼矿、钨矿和钼矿石三种。以细脉浸染状矿化为主, 浸染状矿化次之。按矿体赋存部位分为三个矿带(见图1)。I 矿带赋存在矿区东南部的二长花岗斑岩内, 工业矿体大面积暴露地表; II 矿带位于矿区中部的花岗闪长斑岩内, 地表出露有小型脉状矿体; III 矿带隐伏在杂岩体南侧的爆破角砾岩筒中。

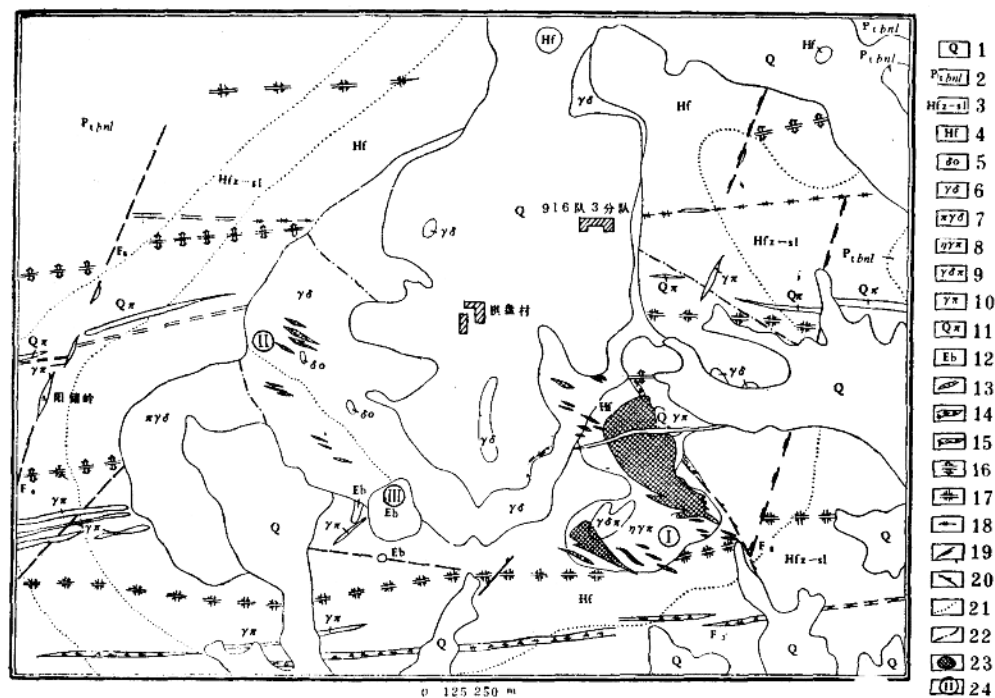


图1 江西都昌阳钨钼矿区地质图

1—第四系; 2—元古界板溪群利安组; 3—角岩化板岩; 4—角岩; 5—石英闪长岩; 6—花岗闪长岩; 7—斑状花岗闪长岩; 8—二长花岗斑岩; 9—花岗闪长斑岩; 10—花岗斑岩; 11—石英斑岩; 12—爆破角砾岩; 13—石英脉; 14—硅化晶屑凝灰岩; 15—构造角砾岩; 16—背斜轴; 17—向斜轴; 18—小挤压破碎带; 19—压扭性断裂带; 20—张扭性断裂带; 21—推测地质界线; 22—矿带界线; 23—矿体; 24—矿带编号

一系列轴向东西、轴面直立的小型紧闭褶曲和近于平行展布的 NNE 向断裂构成矿区的主构造格架。与主体构造有成因联系的次级断裂、裂隙极其发育, 它们纵横交织、切割, 往往构成网状裂隙带。发育在岩体上部的次级裂隙常为含石英英脉充填。

近矿围岩蚀变有钾长石化、硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化。由于多期次、多阶段蚀变作用相互叠加, 使其蚀变分带不明显。

异常的微量元素特征

土壤和岩石测量结果表明, W、Mo、Bi、Cu、Pa、As、Ag 具有 异常的 含量。从图 2、图 3 可以看出, 无论在平面或剖面上, 其分布都具有明显的规律, 是矿床的主要指示元素。经矿石样品高灵敏度定量分析, Sn、Be、Au、Hg、Sb 在矿体中的分布亦有一定规律 (见表1、表2), 其指示意义不可勿视。

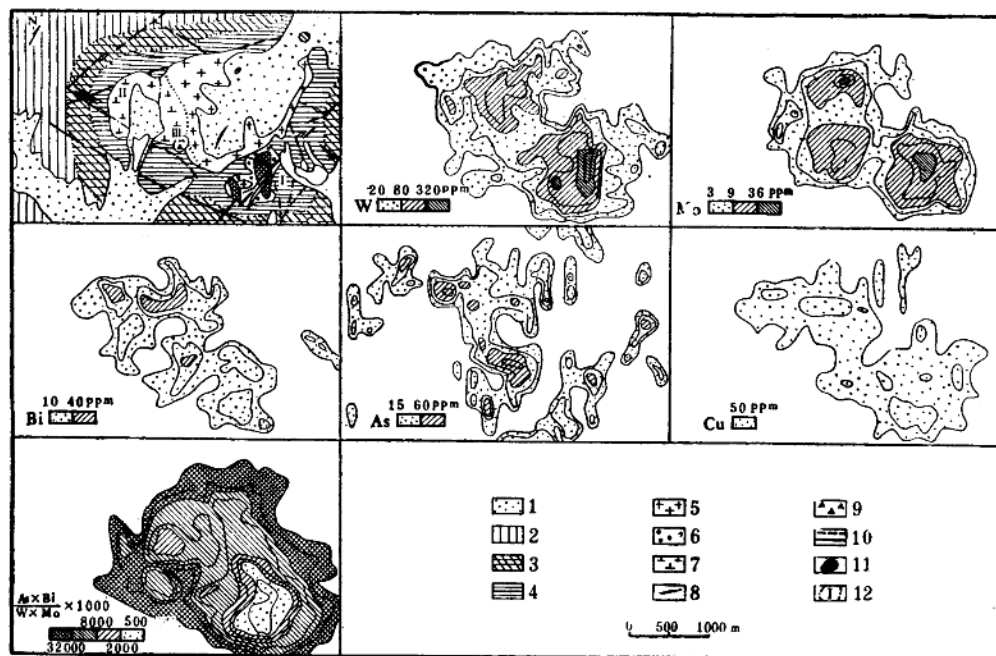


图 2 江西阳储岭钨—钼矿土壤测量地球化学异常图

1—第四系; 2—元古界板溪群; 3—角岩化板岩; 4—角岩; 5—花岗闪长岩; 6—二长花岗岩斑岩; 7—斑状花岗闪长岩; 8—花岗斑岩; 9—爆破角砾岩; 10—断层; 11—表内钨矿体; 12—矿带及编号

(一) W、Mo

W、Mo 是矿床的成矿元素。在三度空间上具有清晰的异常和明显的 浓集中心, 可划分出三个浓度带。内带 ($W > 3200\text{ppm}$, $Mo > 360\text{ppm}$) 与矿体位置基本吻合, 中带 ($W > 80\text{ppm}$, $Mo > 9\text{ppm}$) 大体反映矿带展布范围, 外带 ($W > 20\text{ppm}$, $Mo > 3\text{ppm}$) 将矿床各矿带联为一个整体 (图 2W、Mo)。沿矿体轴向, 异常向前缘和后尾大致呈等幅度收敛, 浓集中心偏向矿体的后尾。在垂向上, 异常向上收敛较向下显著, 浓集中心偏向中下部 (图 3W、Mo)。可见 W、Mo 显示出尾部元素的特征。

(二) Bi、As

已获资料表明, Bi、As 一般可划出中、外两个浓度带。无论平面或剖面, 异常都不太

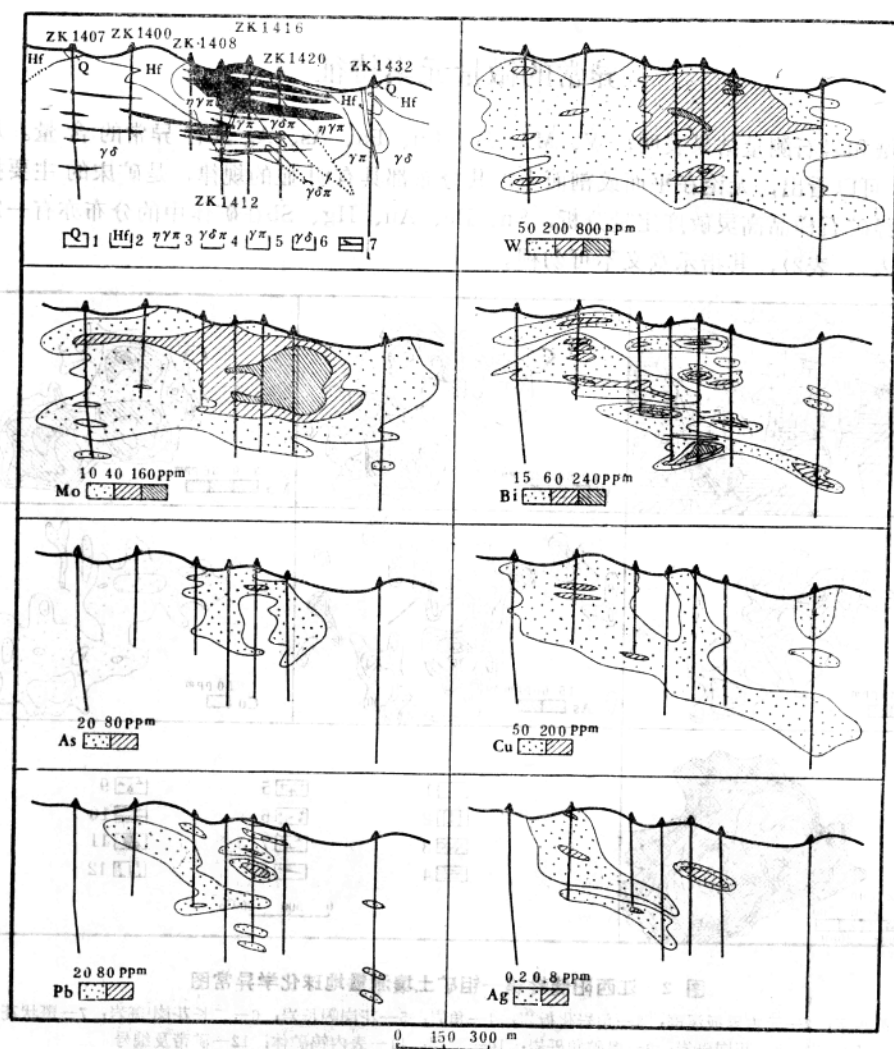


图3 江西阳储岭钨—钼矿14线岩石测量剖面地球化学异常图

1—残坡积物, 2—角岩, 3—二长花岗岩斑岩, 4—花岗闪长斑岩, 5—花岗斑岩, 6—花岗闪长岩, 7—钨—钼矿体

规整, 显然是由于分析灵敏度过低所致。Bi异常沿轴向向前缘撒开, 向后尾收敛, 呈不连续的环状包围矿体。As异常呈马鞍状位于矿体的中上部。在轴向上, As的浓集中心紧靠W、Mo的前缘, Bi则可远远超过As。垂向上, Bi则紧靠成矿元素上方, 而As可以超过Bi很远(图3Bi、As)。可见As、Bi具有前缘元素的某些特征。

(三) Cu、Pb、Ag

Cu、Pb、Ag异常位于矿体的前缘和上部, 是矿体的前缘晕或矿上元素。在测区一般只发育外带。异常向前缘撒开, 后尾收敛, 呈破环状包围矿体。Pb和Ag的主体异常几乎

全部集中在矿体前缘。显示出典型的前缘晕特征。

(四) Sn、Be、Au、Hg、Sb

Sn、Be、Au、Hg、Sb等元素在矿床范围内虽未形成具一定规模的异常,但在矿体中的分布具有一定规律。表1、表2列出0线、14线两条剖面不同水平、不同部位矿石样品的部分微量元素定量分析结果。

表1 0线各中段矿石中微量元素均值

元素	均 值 (ppm)											
	W	Sn	Mo	Bi	Be	Cu	Pb	As	Ag	Au	Hg	Sb
中段												
I	232.03	3.39	381.25	37.00	3.45	127.25	35.02	199.66	0.190	0.0062	0.0273	4.07
II	1095.50	5.02	424.20	47.28	4.67	126.00	23.34	203.49	0.115	0.0055	0.0174	9.73
III	378.72	4.67	345.63	14.83	3.10	85.48	20.13	38.61	0.086	0.0033	0.0124	1.94

表2 14线不同部位矿石中微量元素均值

元素	均 值 (ppm)											
	W	Sn	Mo	Bi	Be	Cu	Pb	As	Ag	Au	Hg	Sb
矿体部位												
头部	580.95	37.78	57.82	6.65	3.17	41.10	21.80	24.30	0.020	0.0048	0.115	0.55
中部	625.18	40.00	87.55	5.39	3.75	53.43	29.43	22.14	0.036	0.0045	0.082	0.45
尾部	678.52	43.34	125.81	4.50	3.45	52.63	15.25	19.25	0.032	0.0035	0.081	0.39

从表1、表2可以看出, Sn、Be的高含量在垂向上集中于矿体中、下部,轴向上集中于矿体尾部,显示了尾部元素的特征; Au、Hg、Sb的含量沿矿体垂向和轴向,由上往下,由前缘向后尾顺序递减,表现出典型前缘元素的特征。

(五) Bi·As/W·Mo累乘比值

Bi·As/W·Mo累乘比值,在矿体的垂向和轴向上,由上向下,由前缘向后尾亦呈顺序递减,用该比值在地表成功地圈定出三个矿带(图2)。

综上所述,可以得出下列几点认识:

1. W、Mo、Bi、As、Cu、Pb、Ag是矿床的主要指示元素。其中Bi、As的中浓度带同时出现,预示下伏有工业矿体存在,是矿床的中、近程指示元素。

2. 矿石定量分析结果表明, Sn、Be、Au、Hg、Sb在矿体中的分布具有明显的规律。亦可作为矿床指示元素。

3. 上述元素无论在垂向上还是轴向上,都具有明显的分带性。W、Mo、Sn、Be是尾部元素(或矿下元素); Bi、As、Cu聚集在矿床中、上部; Pb、Ag、Sb、Hg、Au是矿体的前缘元素(或矿上元素)。

4. Bi·As/W·Mo比值可作为评价该矿床的一个地球化学指标。

矿床元素分带序列

早在30年代, W. H. 艾孟斯就从矿床学角度研究了矿石矿物的分带, 并根据其成矿温度提出了热液矿床原生分带的雏型。随着勘查地球化学理论的发展和矿床原生晕研究资料的不断积累, 矿床原生分带的研究日趋完善。前文已提及, 近十几年来的中、外研究成果, 总结出了热液矿床分带序列及其定量计算方法^[2]。目前, 这方面的研究正在不断深入。

这些年来, 有关矿床元素原生分带的研究, 除了从矿床地球化学异常模式的研究中总结其元素分配规律外, 常用 A. A. 别乌斯等 (1975) 提出的计算元素分带指数的方法研究元素的分带序列。所谓分带指数, 实际上就是矿床各中段元素线金属量与该中段线金属总量的比值。

现将计算分带指数的简要步骤归纳如下:

1. 列出矿床各中段元素均值和相应中段样品影响距离;
2. 计算各中段元素线金属量 (元素含量与样品影响距离的乘积);
3. 确定标准化系数 (KH), 以便将各元素线金属量标准化 (化为同一个量级), 并求出各中段线金属总量;
4. 将各中段元素线金属量 (标准化值) 除以该中段线金属总量, 其商即为元素在该中段的分带指数。

以14线原生晕元素垂直分带指数计算为例, 详细讨论其计算方法。该线岩石测量各中段元素均值、线金属量、线金属量标准化值、分带指数分别列于表3、4、5、6。

表6列出的元素分带指数最大值分布的位置如下:

- I 中段: Cu, Ag;
 II 中段: As;
 III 中段: Mo, Bi, Pb;
 IV 中段: W;
 V 中段: Sn。

表 3 14 线岩石测量各中段元素均值

元素 中段	均 值 (ppm)								样品影响距离 (m)
	W	Sa	Mo	Bi	Cu	Pb	As	Ag	
I	180.81	2.50	20.45	68.26	48.27	15.67	26.13	0.11	56
II	169.50	2.78	75.50	45.42	51.50	23.25	38.25	0.13	86
III	174.44	2.50	180.89	213.06	60.00	50.00	10.00	0.20	32
IV	373.08	2.50	65.38	8.28	43.08	18.57	10.00	0.10	56
V	208.30	3.78	57.02	35.01	45.46	18.83	13.67	0.11	166

表 4 14 线岩石测量各中段元素线金属量

元素 中段	线 金 属 量 (ppm × m)							
	W	Sn	Mo	Bi	Cu	Pb	As	Ag
I	10125.36	140.00	1145.20	3822.56	2703.12	877.52	1463.28	6.16
II	14577.00	239.08	6493.00	3906.12	4429.00	1999.50	3289.50	11.18
III	5282.08	80.00	5788.48	6817.92	1920.00	1600.00	320.00	6.40
IV	20892.48	140.00	3661.28	463.68	2412.48	1039.92	560.00	5.60
V	34577.80	627.48	9465.32	5811.66	7546.36	3125.78	2269.22	18.26

表 5 14 线岩石测量各中段元素线金属量标准化值

KH 元素 中段	1	100	10	10	10	10	10	1000	线金属 总 量
	W	Sn	Mo	Bi	Cu	Pb	As	Ag	
I	10125	14000	11452	38226	27031	8775	14633	6160	130402
II	14577	23908	64930	39061	44290	19995	32895	11180	250836
III	5282	8000	57885	68179	19200	16000	3200	6400	184442
IV	20892	14000	36613	4637	24125	10399	5600	5600	121866
V	34578	62748	94653	58117	75464	31258	22692	18260	397770

表 6 14 线岩石测量各中段元素分带指数

分带 指数 中段	W	Sn	Mo	Bi	Cu	Pb	As	Ag
I	0.0776	0.1074	0.0878	0.2931	*0.2073	0.0673	0.1122	* 0.0472
II	0.0581	0.0953	0.2589	0.1557	0.1766	0.0797	*0.1311	0.0446
III	0.0303	0.0434	*0.3138	*0.3697	0.1041	*0.0867	0.0173	0.0347
IV	*0.1714	0.1149	0.3004	0.0380	0.1980	0.0853	0.0460	0.0460
V	0.0869	*0.1577	0.2380	0.1461	0.1897	0.0786	0.0570	0.0459

(带 * 号为每种元素分带指数的最大值)

根据表 6 各元素分带指数最大值所处的中段位置, 建立下列分带序列 (由上至下):

(Cu、Ag) — As — (Mo、Bi、Pb) — W — Sn。显然, 这一分带序列只是对各元素分带指数所处中段位置的表达; 而分带指数处于同一中段的元素 (即写在括号内的元素), 它们之间的先后顺序尚不清楚, 还需进一步确定。对于分带指数最大值位于最上 (Cu、Ag) 和最下中段的元素间相对位置, 可用公式 $G = \sum_{i=1}^n \frac{D_{max}}{D_i}$ 计算其变化指数来加以衡量: 变化指数大者排前, 小者排后。

式中: G —变化指数;

D_{max} —元素分带指数最大值;

D_i —元素在*i*中段的分带指数值;

n —中段数 (最大聚集中段除外)。

而分带指数最大值位于中部同一中段的元素, 则计算其梯度差 (ΔG) 来确定它们之间的前后顺序。

本例中, Cu、Ag的分带指数最大值 (D_{max}) 在 I 中段; Mo、Bi、Pb的 D_{max} 同在 III 中段。需要分别计算其 G 和 ΔG , 以确定它们在分带序列中的确切位置。 ΔG 大者排后, 小者排前。

对于 Cu、Ag, 计算其 G 值:

$$G_{Cu} = \frac{0.2073}{0.1766} + \frac{0.2073}{0.1041} + \frac{0.2073}{0.1980} + \frac{0.2073}{0.1897} = 5.3050$$

$$G_{Ag} = \frac{0.0472}{0.0446} + \frac{0.0472}{0.0347} + \frac{0.0472}{0.0460} + \frac{0.0472}{0.0459} = 4.4729$$

$G_{Cu} > G_{Ag}$, 故 Cu 排前, Ag 排后。

对于位于中部中段的 Mo、Bi、Pb, 则计算它们的 ΔG :

$$\Delta G_{Mo} = \left(\frac{0.3138}{0.2589} + \frac{0.3138}{0.0878} \right) - \left(\frac{0.3138}{0.3004} + \frac{0.3138}{0.2380} \right) = 2.4230$$

$$\Delta G_{Bi} = \left(\frac{0.3697}{0.1557} + \frac{0.3697}{0.2931} \right) - \left(\frac{0.3697}{0.0380} + \frac{0.3697}{0.1461} \right) = -8.6237$$

$$\Delta G_{Pb} = \left(\frac{0.0867}{0.0797} + \frac{0.0867}{0.0797} \right) - \left(\frac{0.0867}{0.0853} + \frac{0.0867}{0.0786} \right) = 0.2566$$

$\Delta G_{Mo} > \Delta G_{Pb} > \Delta G_{Bi}$, 故它们之间的排列顺序是 Bi—Pb—Mo。

这样, 就得到了本列计算的最终分带序列 Cu—Ag—As—Bi—Pb—Mo—W—Sn。

为了探索利用少量矿石样品代替原生晕研究矿床某些地球化学特征的可能性, 选择 0 线、14 线分别用其岩石测量和矿石样品, 按照上述方法、步骤进行分带序列的计算。无论是垂向或轴向, 用岩、矿石二者计算出的分带序列都极其相似。现将最终结果列于表 7。

表 7 0 线、14 线元素分带序列

类型	性质	线号	分 带 序 列
垂 向	岩 石	0	As—Ag—Bi—Pb—Cu—Mo—W—Sn
		14	Cu—Ag—As—Bi—Pb—Mo—W—Sn
	矿 石	0	As—Ag—Pb—Au—Bi—Cu—W—Sn—Mo—Be
轴 向	岩 石	14	Bi—Cu—Ag—As—Pb—Mo—W—Sn
	矿 石		Bi—Au—As—Pb—Ag—Mo—Cu—Sn—W—Be

从分带指数的计算和表 7 列出的分带序列可以得出下列几点认识:

1. 用岩石测量和矿石样品研究元素分带序列, 在垂向上和轴向上都获得了大体相同

的结果。这表明利用少量矿石样品有可能替代原生晕研究矿床的某些地球化学特征;

2. 分带指数计算所确定的元素分带序列, 符合该矿床原生晕的基本特征, 亦可与中、外近期研究成果总结出的热液矿床典型分带序列类比^{①〔2〕};

3. 尽管14线地表出露大面积工业矿体, 0线工业矿体隐伏在较深部位, 但分别用二个剖面岩石测量数据所计算出的垂直分带序列几乎完全一致(见表7)。这表明不管剥蚀程度如何, 矿床元素在垂向上都服从其总的分带规律;

4. 无论是根据岩石测量还是矿石样品计算结果, 其轴向和垂向分带序列都具有惊人的相似之处。这是该矿床分带系列的一个显著特点。

5. 综观岩石、矿石分带指数计算结果, 无论是垂向还是轴向上, As 都有两个相近的最大值, 在其分带序列中应占有两个不同位置, 表明 As 在本矿床可能有高温和低温两种存在形式。

运用分带指数研究矿床元素分带序列, 较之单纯从矿床原生晕的特征总结元素的分带, 是一个突破。分带指数不仅表征了元素在矿床不同部位的相对聚集程度, 且其值的大小还描述了元素在成矿作用中随矿液迁移的能力。显然, 它的意义在于定量地揭示出了元素在成矿作用中的地球化学行为。

尽管由于多期矿化的影响, 近矿围岩蚀变分带不明显, 但矿石矿物在垂向上仍然具有一定的分带: 上部以钼矿为主, 中部钨、钼, 下部以钨为主; 不同水平、不同部位的矿石中 Hg、Ag、Au、Pb、Sb 的含量由上至下, 由前缘至尾部顺序递减, Cu、As 高含量集中在中、上部, Bi 含量中部较高, Mo、W 偏中、下部, Sn、Be 下部含量较高。这种矿石矿物和微量元素表现出来的分带性, 与矿床原生晕的分布特征是基本吻合的。

综合以上特征和分带指数计算结果, 认为本矿床元素分带序列为: Hg—Sb—As₁—Au—Pb—Ag—Cu—Bi—As₂—Mo—W—Sn—Be。

前文已述及, 该矿床垂直分带与轴向分带几乎完全一致。因此, 综合出来的这一分带序列既是垂直分带序列, 又反映了轴向分带的基本特征。

剥蚀程度的评价准则

矿上、矿下组合晕特征^{〔2〕}, 元素对的平均含量比值和晕的线金属量(或面金属量)比值^{〔1〕〔2〕}; 元素分带关系^②; 原生晕中元素间的相关关系^{〔4〕}等在近期的勘查地球化学研究中, 常被用作评价矿床剥蚀程度的一般准则。其中元素对的比值, 元素分带关系的应用, 尤其广泛。

A. A. 别乌斯(1975)等指出:“利用组合晕参数来评价地球化学异常的侵蚀截面水平是比较可靠的, 但决不意味着拒绝采用元素对的比值。对于其原生晕很强, 规模相当大并且有明显垂直分带的矿床来说, 利用元素对比值可以是很成功的”。阳储岭钨、钼矿床, 不仅原生晕发育, 且具有良好的垂直分带。据此, 本文以研究元素分带关系、组合晕特征为基础, 选用元素对比值作为评价其剥蚀程度的指标。

① 邵跃, 1984(内刊)。

② 邵跃, 1964、1984(内刊)。

如前述, I 矿带大面积工业矿体暴露地表, II 矿带地表出露有小的脉状矿体, III 矿带地表没有矿化露头; 矿床原生晕特征、不同水平矿石微量元素的含量以及元素分带序列的研究, 已经查明 Cu、Pb、Ag、Bi、As 等为矿上元素; 在垂直分带序列中, Bi、As 紧靠成矿元素上方, 是矿床的中、近程指示元素; 图 2 $\frac{As \cdot Bi}{W \cdot Mo}$ 累乘等比值图中, 比值 500、2000、8000 分别圈定出 I、II、III 矿带的大体范围。上述地质、地球化学资料, 已定性的揭示了矿床三个矿带处于不同的侵蚀截面。并且不难得出其剥蚀程度 I 矿带 > II 矿带 > III 矿带。

为进一步对三个矿带的相对剥蚀程度作出评价, 在隐伏的 III 矿带 (0 线剖面) 的不同水平 (矿上、头部、中下部) 计算 $\frac{Bi \cdot As}{W \cdot Mo}$ 比值, 作为评价本矿床剥蚀程度的指标 (详见表 8)。

表 8 0 线不同截面 $As \cdot Bi / W \cdot Mo$ 比值

截 面 位 置	均 值 (ppm)				$\frac{Bi \cdot As}{W \cdot Mo}$
	As	Bi	W	Mo	
矿 体 上 方	92.97	253.58	71.93	204.62	1.60
矿 体 头 部	51.00	219.69	259.79	302.62	0.14
矿 体 中、下 部	26.64	85.67	273.75	127.73	0.07

表 9 地表各矿带 $As \cdot Bi / W \cdot Mo$ 比值

矿 带	均 值 (ppm)				$\frac{Bi \cdot As}{W \cdot Mo}$
	As	Bi	W	Mo	
I	21.04	14.93	301.80	23.63	0.04
II	37.78	38.96	193.68	18.50	0.44
III	77.05	27.05	68.48	16.79	1.89

由表 8 可见, $\frac{As \cdot Bi}{W \cdot Mo}$ 比值在矿体上方 > 1, 矿体头部 < 1 > 0.1, 矿体中、下部 < 0.1。

表 9 所列出的是地表土壤测量 Bi、As、W、Mo 四个元素在 I、II、III 矿带的平均值以及 $\frac{Bi \cdot As}{W \cdot Mo}$ 比值。表中 $\frac{Bi \cdot As}{W \cdot Mo}$ 比值 I 矿带 < 0.1, II 矿带 < 1 > 0.1, III 矿带 > 1。与表 8 所列出的评价指标对比可知, I 矿带已剥蚀到了矿体的中下部, II 矿带侵蚀截面处于矿体的头部, III 矿带侵蚀截面的位置处于矿体的上方 (即矿体尚未剥露出地表)。

这一判别结果, 与前述的地质、地球化学特征完全相符。可见本矿床选用 $\frac{Bi \cdot As}{W \cdot Mo}$ 比值作为评价其剥蚀程度的指标是可行的。

结 语

综合矿床异常的微量元素特征、元素分带序列以及剥蚀程度的评价等方面的资料,笔者认为:

1. 阳储岭 W—Mo 矿床的主要指示元素是 W、Mo、Bi、As、Cu、Pb、Ag, 而 Sn、Be、Hg、Au、Sb 在矿体中的分布规律明显, 也是矿床可能的指示元素。其中, Bi、As 在地表同时出现中浓度带时, 预示下伏可能有工业矿体存在, 是矿床的中、近程指示元素; Cu、Pb、Ag、Hg、Au、Sb 是矿上元素; Mo、W、Sn、Be 是矿下元素;

2. 用岩石测量和矿石样品计算分带序列, 取得了相同的效果, 且矿体中微量元素的分布与原生晕中微量元素的分布显示出同样的特征。因此, 利用少量矿石样品, 有可能代替原生晕研究矿床的某些地球化学特征;

3. 根据分带指数的计算, 综合地质、地球化学特征确定本矿床的分带序列为: Hg—Sb—As₁—Au—Pb—Ag—Cu—Bi—As₂—Mo—W—Sn—Be。因为矿床的垂直分带序列和轴向分带序列极其相似, 因此, 上述分带序列既是垂直分带序列, 又反映了轴向分带的基本特征;

4. 矿床元素分带关系、矿上和矿下组合晕特征以及元素对比值, 是本矿床评价其剥蚀程度所遵循的主要准则。并根据矿上、矿下元素特征选择 $\frac{As \cdot Bi}{W \cdot Mo}$ 累乘比值建立了该矿床

剥蚀程度的评价指标: $\frac{Bi \cdot As}{W \cdot Mo}$ 比值矿上 > 1 , 矿体头部 $< 1 > 0.1$, 矿体中下部 < 0.1 。

本文仅就阳储岭 W—Mo 矿床地球化学特征的部分内容进行了讨论。该矿床的研究工作是在谢学锦、邵跃同志指导下进行的。工作中还得到了江西 916 大队各级领导和有关同志的支持、协助, 提供了基础地质资料, 杨祚安、毕远成同志还代采了部分样品; 矿石微量元素高灵敏度定量分析全部由物化探所中心实验室承担, 土壤岩石测量光谱半定量分析数据分别由物化探所中心实验室、江西 916 大队、江西物化探大队提供; 张莉芬、王晓宏、赵宏等同志清绘了有关图件, 在此一并致谢。

参 考 文 献

- 〔1〕 谢学锦, 1979. 区域化探, 地质出版社, P. 192.
- 〔2〕 别乌斯, A. A. 等, 1975. 矿床的原生地球化学晕及其在普查找矿工作中的应用, 化探资料选编 (二), 中国地质科学院情报所, P. 1—73.
- 〔3〕 Michael, Biste, 1981. Application of Various Geochemical Proximity Indicators to the Tin Favorability of South-Sardinian Granites, Journal of Geochemical Exploration, 15 (1981) 295—306.
- 〔4〕 Ahactacmeb, H. C., 1979. 根据内生分散晕中元素间的相关关系评价金属矿床的剥蚀深度, 国外勘查地球化学译文选编, 第二辑, 1984, P. 170—172.