

# 甘肃北山金、铜矿床红沙的植物地球化学特征及其找矿意义

宋慈安<sup>1</sup>, 雷良奇<sup>1</sup>, 杨启军<sup>1</sup>, 王德润<sup>2</sup>, 杨云松<sup>2</sup>

(1. 桂林工学院, 桂林 541004; 2. 甘肃有色地质勘查局, 兰州 730000)

[摘要] 北山地区植被属戈壁荒漠植被类型, 主要植物群落为红沙。红沙中多数元素特别是成矿元素及其伴生元素的含量和变化系数矿区大于背景区; 元素含量背景区呈对数正态分布, 矿区呈偏对数正态或多峰分布。红沙中的元素组合分类背景区为 Au, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mo, V, Mn 和 Ag, Sn, Sr, Ba 及 Ti, Cr, Co, Ni; 金矿区为 Au, Ag, As, Sb, Mo, Mn, Sr 和 Cu, Pb, Zn, Sn, Ba 及 Co, Ni, Ti, V, Cr; 铜矿区为 Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Ag, Ba 和 As, Sb, Sn, Mn 及 Ti, V, Cr, Co, Ni, Sr。矿区红沙中浓集系数较大的元素多数在矿区岩石中的浓集系数亦较大, 金、铜矿床红沙和岩石中的特征元素分别都有 Au, Ag, As, Sb, Mo, (Mn) 和 Cu, Pb, Zn, (Ba, Ti, V, Cr)。在金、铜矿床(体)上方分别发育有良好的 Au 和 Cu 的生物地球化学异常和元素组合及分带。根据红沙的植物地球化学特征能判断金或铜矿床类型, 并能对掩埋、隐伏金、铜矿床(体)进行定位预测。

[关键词] 红沙 植物地球化学 金矿 铜矿 找矿

[中图分类号] P593 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2001)03-0045-05

利用植物地球化学及其勘查方法来寻找被各种厚层覆盖物掩埋的矿床或盲矿已受到许多国家的重视<sup>[17~23]</sup>。我国在这一领域也进行了一些工作<sup>[1~8]</sup>。笔者近年来在甘肃北山戈壁荒漠地区开展生物地球化学找矿工作, 对该区生长在金、铜矿床上部的红沙植物地球化学特征及其与矿的关系进行了研究, 旨在为在干旱荒漠景观下生物地球化学找矿评价和预测提供理论基础依据。

## 1 地质及自然景观概况

研究区位于甘肃省西北部肃北县马鬃山镇、安西县和敦煌市境内。北山大地构造处于塔里木—中朝与哈萨克斯坦板块的对接部位<sup>[9]</sup>。研究的金矿床

为金窝子、明金沟、新金厂、460、霍勒扎德盖东和扫子山等金矿。前 3 者处于北山南带的前陆地带 (AnI<sub>x</sub>) 及陆缘裂谷带 (—S) 西端; 后 3 者处于北山北带裂谷—微洋盆 (C) 中轴南缘西段。矿床类型主要为同岩浆—热液作用有关的石英脉型和破碎带蚀变岩型<sup>[9]</sup>。研究的铜矿床为公婆泉铜矿, 处于北山中带勒巴泉—公婆泉岛弧带 (S) 东端; 为浅海相斑岩铜矿; 含铜斑岩为英安斑岩和花岗闪长斑岩<sup>[10]</sup>。相对于区域背景, 金矿区和铜矿区地层和岩浆岩所富集的元素种类及程度有较大区别 (表 1)。

该区为戈壁荒漠及残山丘陵自然景观, 平均海拔约 2000 m, 比高 5 m~50 m。属大陆性干旱气候; 冬季寒冷, 夏季干热, 雨量稀少, 地表水缺乏, 残山丘

表 1 区域背景和金、铜矿区岩石元素平均含量表 Au:  $\times 10^{-9}$ ; 其它元素  $\times 10^{-6}$

	样品数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Mo	Sn	Sr	Ba	Co	Ni	Ti	V	Cr	Mn
区域背景	278	0.90	0.14	29	18.7	68	5.1	1.33	0.93	1.74	289	890	14	31	2708	86	65	694
金矿区	124	164.04	1.39	81	19.0	28	10.7	2.76	1.57	2.09	202	306	8	11	1298	39	31	1100
铜矿区	233	2.25	0.84	258	63.5	111	9.1	1.93	0.83	1.46	316	660	15	26	3664	127	51	813

桂林矿产地质研究院测试分析中心分析(1996)。分析方法 Au—化学光谱(国产 WPG-100 型 1 m 光栅摄谱仪); As, Sb—原子荧光光谱(国产 AFS-120 型); 其它元素—直读光谱(美国 90-750II 型)。

陵发育有干沟, 在夏季暴雨时有短暂流水。土壤主要为灰棕荒漠土, 山间盆地戈壁为含砂砾灰—漠土, 半流动沙地为沙土。

该区植被属荒漠植被类型, 具有植物群落种属组成少、覆盖度低及早生的特征。占优势植物群落为红沙 (Reaumuria soongrica), 其覆盖度为 15%~25%; 次为木本猪毛菜 (Salsola arbuscula), 其覆盖度 6%~12%。其伴生植物种属有梭梭 (Haloxylon ammodendron)、白梭梭 (Haloxylon persicum)、霸王 (Zygo-

phyllum xanthoxylon)、膜果麻黄 (Ephedra przewalskii)、小白果刺 (Nitraria sibirica)、细枝盐爪爪 (Kalidium gracile) 等。红沙属怪柳科, 红沙属; 为小灌木, 垂直根深, 极耐干旱<sup>[11, 12]</sup>。

## 2 工作方法

1) 布点。背景区每 km<sup>2</sup> 采样 2 个; 金、铜矿区通过矿床(体)上方, 采用剖面(点距 20 m~50 m)或测网(100 m  $\times$  30 m)法采样。

[收稿日期] 2000-03-07; [修定日期] 2000-07-29; [责任编辑] 曲丽莉。

[基金项目] 国家计委九五科技找矿项目 (J9471901) 部分成果。

植物种属由兰州大学生物系孙继周教授鉴定。

2) 采样对象。采取红沙一、二生叶和细枝, 采样点周围 4 m<sup>2</sup> 范围内取数株组合为一个样, 样重 400 g。个别地段无红沙者采取木本猪毛菜代替。

3) 样品处理。样品采取后, 立即用当地食用水(元素含量低于背景水平)洗净; 自然晾干及烘干(60 ) , 粉碎至 80 目后送样。

4) 样品分析。称样, 灰化(450 ) 后(As, Sb 分析用湿法消化处理样品)定量分析。测定的元素含量, 以占干植物重表示。

5) 分析质量监控。送粉碎植物样时, 密码插植物国标样 和重分析样各 2 % , 以监控分析质量。检查结果均符合化探分析允许误差<sup>[13]</sup>。

### 3 红沙的植物地球化学特征

#### 3.1 红沙中元素含量的水平

红沙中元素含量的水平列于表 2。由表可见, 总体上金、铜矿区红沙中大多数元素的含量水平高于背景区, 成矿元素及其主要伴生元素尤为明显。红沙中 Au 的含量金矿区是背景区的 200 多倍, 变化范围(0.56~954) ×10<sup>-9</sup>, 变化系数(V<sub>x</sub>)为 146 %; 而背景区变化范围(0.14~1.78) ×10<sup>-9</sup>, V<sub>x</sub> 仅为 43.5 %。红沙中 Cu 的含量铜矿区是背景区的 20 多倍, 变化范围(10.5~497) ×10<sup>-6</sup>, V<sub>x</sub> 为 124 %; 而背景区变化范围(3.1~21) ×10<sup>-6</sup>, V<sub>x</sub> 仅为 32.1 %。

红沙中的 Ag, As, Sb, Mo 含量金矿区是背景区的 2~4 倍, V<sub>x</sub> 为 40 %~96 %; 而背景区 V<sub>x</sub> 为 20 %~30 %。红沙中 Pb, Zn, Sn, Ba, Co, Ni 含量铜矿区是背景区的 1.5~3.5 倍, V<sub>x</sub> 为 40 %~60 %; 而背景区 V<sub>x</sub> 为 16 %~30 %。矿区红沙中元素不仅含量较高, 而且金矿区和铜矿区其元素含量高低的程度也有较

表 2 背景区和金、铜矿区红沙中元素的平均含量 Au: ×10<sup>-9</sup>; 其它元素 ×10<sup>-6</sup>

	样品数	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Mo	Sn	Sr	Ba	Co	Ni	Ti	V	Cr	Mn
背景区	54	0.84	0.19	12	2.4	22	0.85	0.14	0.26	0.60	140	44	1.23	2.28	121	2.8	6.3	54
金矿区	2120	170.88	0.78	21	4.6	33	1.82	0.31	0.66	0.33	147	25	2.10	3.01	72	3.6	3.5	58
铜矿区	108	1.42	0.38	273	8.3	36	1.51	0.22	0.44	0.97	127	72	2.35	3.87	179	4.0	10.0	50

分析单位和分析方法同表 1。

大的差别: Au, Ag, As, Sb, Mo, Sr, Mn 的含量前者高于后者; 而 Cu, Pb, Zn, Sn, Ba, Co, Ni, Co, Ti, V, Cr 的含量后者高于前者。

#### 3.2 红沙中元素含量的概率分布

由图 1 可见, 背景区红沙中多数元素呈对数正态分布, 而金、铜矿区多数元素特别是成矿元素及其主要伴生元素多呈偏对数正态分布或多峰分布, 说明背景区红沙所吸收的各元素的含量是其种属含量, 也是植物中元素的“初始本底”含量, 这种含量只同植物的种属有关; 而矿区植物中元素的含量除了植物的种属含量外, 还“迭加”了因土壤岩石中元素浓度增大所吸收的那一部分含量<sup>[14, 15, 16, 18]</sup>。

#### 3.3 红沙中元素的组合分类

由图 2 可见, 背景区红沙中元素在可分为 Au, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mo, V, Mn 和 Ag, Sn, Sr, Ba 及 Ti, Cr, Co, Ni<sub>3</sub> 组。前一类元素除 Cu 以外均是对植物毒性较小的元素; 后两类元素特别是 Ag, Sn, Cr, Co, Ni 是对植物毒性较大的元素<sup>[14, 16, 18]</sup>。以上说明在正常条件下植物吸收的元素之间存在着一定的互促互斥关系。这可能同植物本身的生物生态学特性有关。金矿区红沙中元素可分为 Au, Ag, As, Sb, Mo, Mn, Sr 和 Cu, Pb, Zn, Sn, Ba 及 Co, Ni, Ti, V, Cr 3 组。铜矿区红沙中元素可分为 Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Ag, Ba

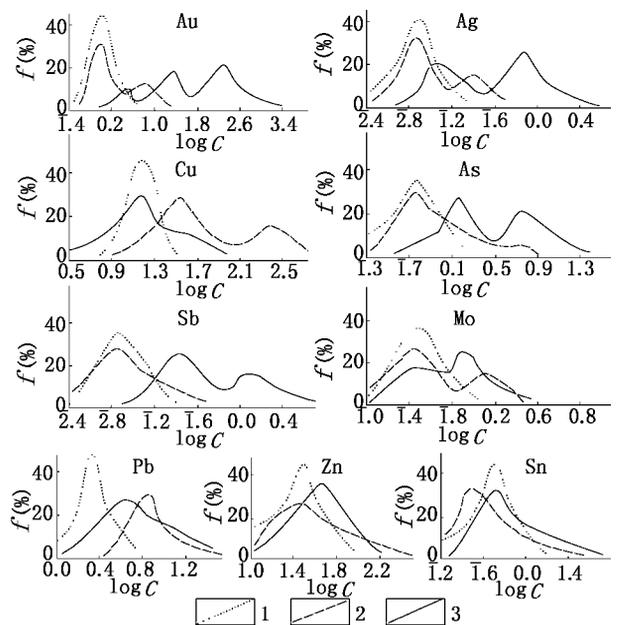


图 1 背景区和金、铜矿区红沙中元素含量的概率分布 1—背景区样品; 2—铜矿区样品; 3—金矿区样品

(图中元素的含量单位: Au—×10<sup>-9</sup>; 其它元素—×10<sup>-6</sup>)

和 As, Sb, Sn, Mn 及 Ti, V, Cr, Co, Ni, Sr 3 组。金、铜矿区红沙中元素组合明显的差别是金矿区的 Au 同 Ag, As, Sb 关系密切, 而与 Cu, Pb, Zn 关系较次; 铜矿区 Cu 同 Pb, Zn 关系密切, 而与 As, Sb 关系较次。

国家技术监督局. 中华人民共和国标准物质目录. 1995

这可能和金、铜矿区岩石土壤中成矿及其伴生元素组合不同有关。

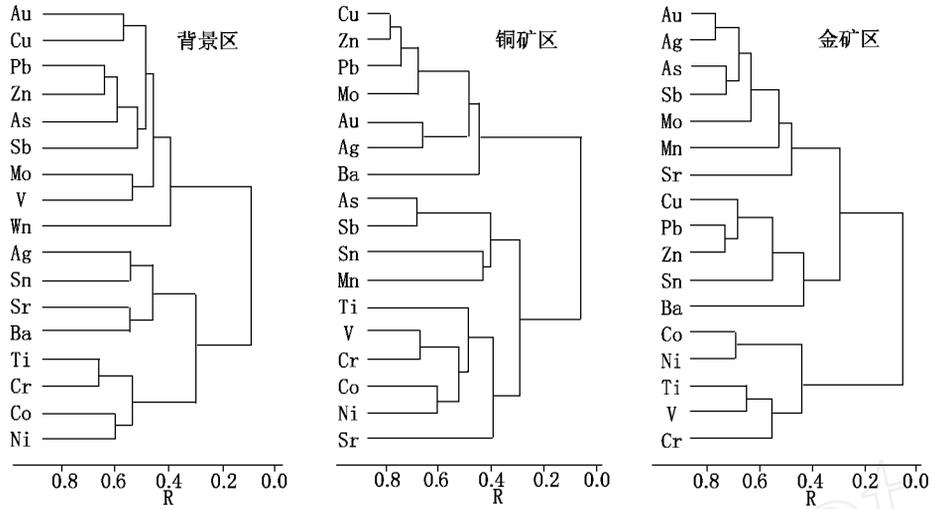


图 2 背景区和金、铜矿区红沙中元素的 R 式聚类分析谱系图

3.4 红沙和岩石中元素含量的关系

从矿区红沙和岩石中元素含量各自相对于背景区红沙和岩石中元素含量的浓集系数(表 3)可以看出,矿区红沙中浓集系数较大的元素大多数在矿区岩石中的浓集系数亦较大,说明矿区红沙中元素含量高低同矿区岩石中元素含量的高低有着直接关

系。除个别元素外,岩石中元素的浓度越大者,红沙从中吸收的元素就越多,反之亦然。同时,金、铜矿区岩石中各自的特征元素(浓集系数相对较大者)也能在红沙中反映出来。金、铜矿床红沙和岩石中的特征元素分别都有 Au, Ag, As, Sb, Mo, (Mn) 和 Cu, Pb, Zn, (Ba, Ti, V, Cr)。因此,红沙对岩石具有物质的继

表 3 矿区红沙和岩石中元素的浓集系数

		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	As	Sb	Mo	Sn	Sr	Ba	Co	Ni	Ti	V	Cr	Mn
金矿区	红沙	203.0	4.1	1.8	1.90	1.49	2.14	2.21	2.54	0.55	1.05	0.57	1.70	1.32	0.59	1.29	0.56	1.08
	岩石	162.0	10.2	2.1	1.02	0.41	2.10	2.08	1.69	1.20	0.70	0.34	0.54	0.34	0.48	0.45	0.48	1.59
铜矿区	红沙	1.7	2.0	20.5	3.43	1.64	1.78	1.57	1.69	1.62	0.91	1.64	1.91	1.70	1.47	1.41	1.58	0.93
	岩石	2.5	6.2	8.9	3.40	1.64	1.78	1.45	0.89	0.84	1.09	0.74	1.04	0.08	1.35	1.48	0.78	1.17

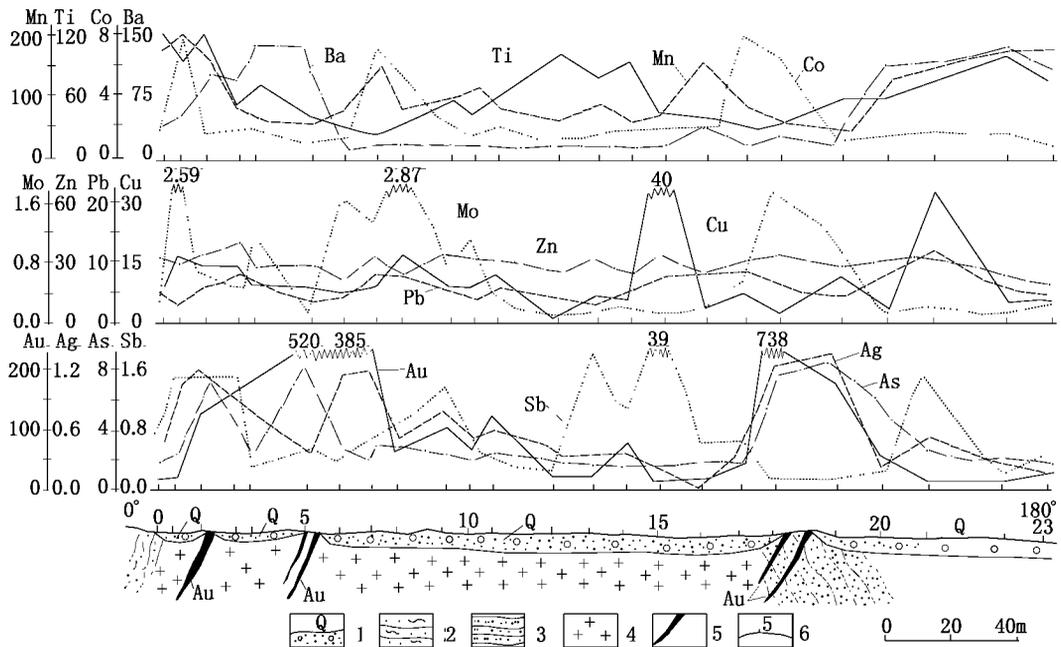


图 3 肃北县 460 金矿 2 线红沙的生物地球化学异常剖面

1—戈壁坡积、冲积物;2—绿泥石石英片岩;3—凝灰质千枚岩;4—花岗岩;5—含金石英脉;6—红沙的采样位置及编号  
(图中元素的含量单位: Au —  $\times 10^{-9}$ ; 其它元素 —  $\times 10^{-6}$ )

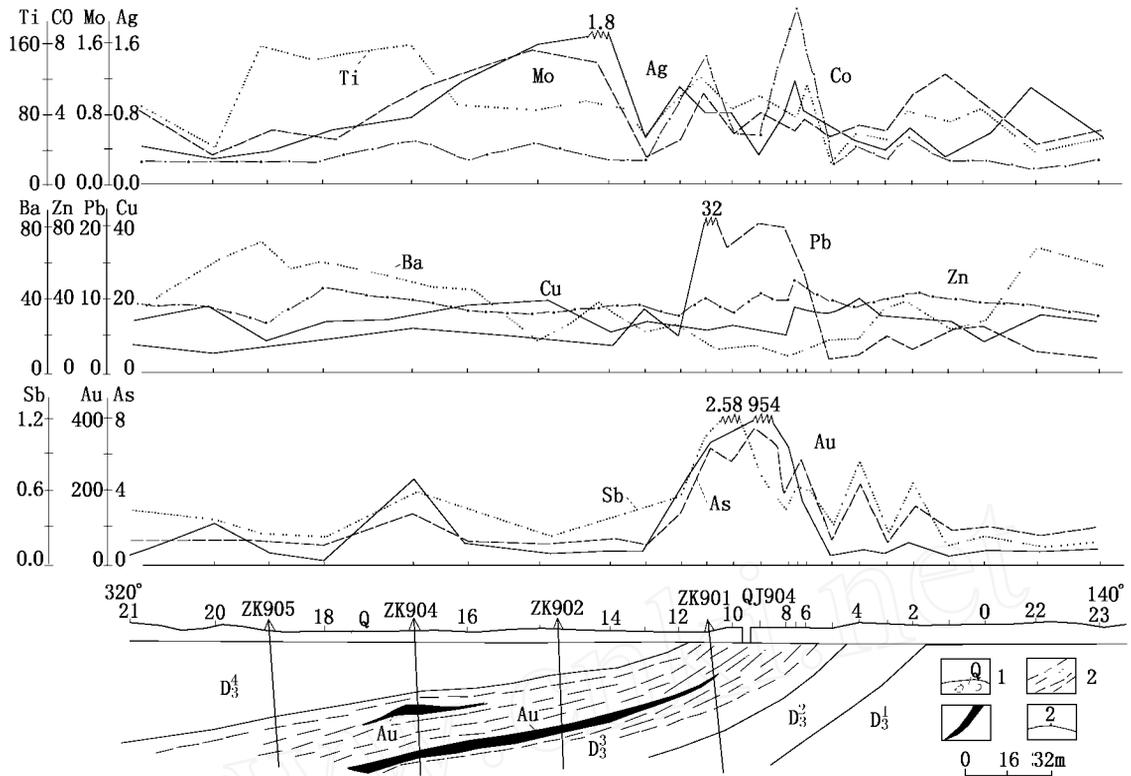


图4 敦煌市金窝子金矿9线红沙的生物地球化学异常剖面图

D<sub>3</sub><sup>1</sup>—砾岩; D<sub>3</sub><sup>2</sup>—含砾砂岩,粗砂岩; D<sub>3</sub><sup>3</sup>—含角砾粗屑凝灰岩; D<sub>3</sub><sup>4</sup>—凝灰岩;

1—戈壁坡积、冲积物; 2—含金糜棱岩化带; 3—金矿体; 4—红沙的采样位置及编号

(图中元素的含量单位: Au— $\times 10^{-9}$ ; 其它元素— $\times 10^{-6}$ )

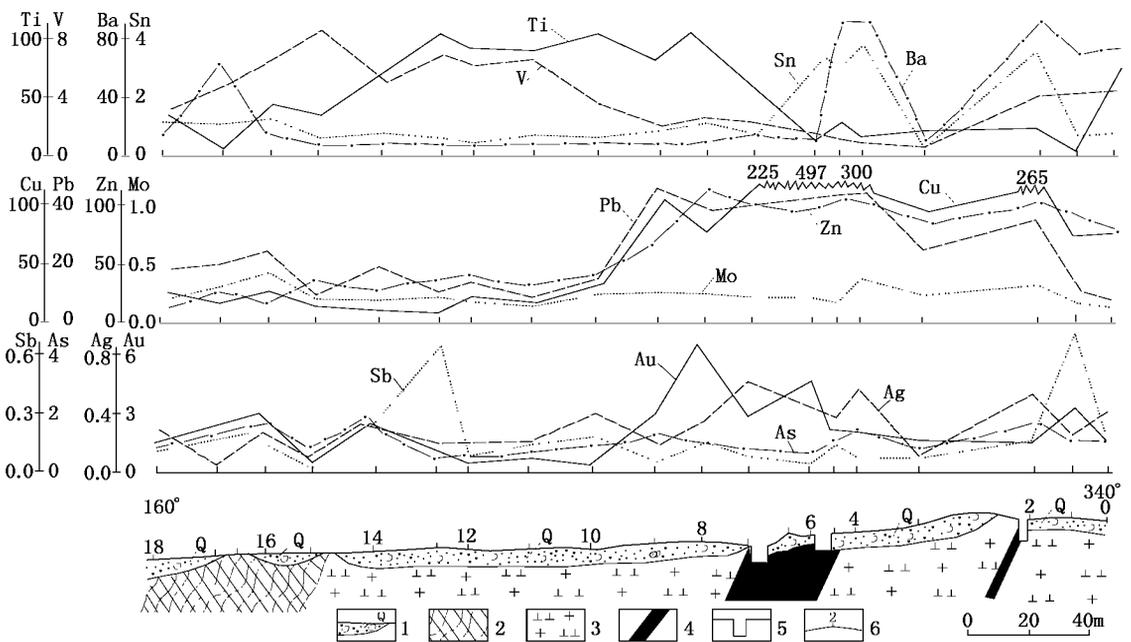


图5 肃北县公婆泉铜矿62线红沙的生物地球化学异常剖面图

1—坡积物; 2—角岩; 3—花岗闪长斑岩; 4—金矿体; 5—矿坑; 6—红沙的采样位置及编号

(图中元素的含量单位: Au— $\times 10^{-9}$ ; 其它元素— $\times 10^{-6}$ )

承性。在该区利用红沙中的元素不仅能发现矿床, 而且还能区别不同的矿种类型。

### 3.5 矿床(体)红沙的生物地球化学异常特征

从北山地区典型的金、铜矿床(体)上方红沙的生物地球化学异常剖面图(图3、图4、图5)可见 (1)

在金、铜矿床(体)上方分别发育有良好的 Au 和 Cu 的生物地球化学异常,异常强度高,清晰度高,能反映掩埋或隐伏金矿脉(或含金层)和铜矿体的存在;(2)金、铜矿床(体)矿上异常元素组合分别有 Au, Ag, As, Sb, Mo 和 Cu, Pb, Zn, Sn, Ba; (3)异常元素水平分带自矿体异常中心向外,石英脉型金矿 Au, Ag, As, Mo, Sb, Ba, (Cu), Ti, Mn; 蚀变岩型金矿 Au, As, Sb, Co, Pb, Mo, Ag, Ba, Ti; 铜矿床 Cu, Pb, Zn, Sn, (Ag), Ba, (Au), Ti, V。

#### 4 红沙的找矿意义

甘肃北山地区戈壁荒漠区面积大,原生露头少,通常难以用传统的地质化探方法有效开展找矿工作,而红沙是该区的主要植物群落,分布广泛,且其垂直根深,具有较强的吸收积聚深部和成矿有关的元素的能力。金、铜矿区多数元素特别是成矿元素及其伴生元素的含量高于背景区,能反映掩埋或隐伏矿的矿化信息。根据红沙地球化学特征(元素组合和特征元素)能区别金或铜矿种类型;根据矿上红沙 Au 或 Cu 异常及其异常元素组合能定位预测掩埋或隐伏金、铜矿床(体)的部位。

##### [参考文献]

- [1] 徐瑞松,马跃良. Au 及伴生元素生物地球化学效应研究—以广东河台金矿为例[J]. 地球化学, 1996, 25(2): 196~203.
- [2] 孔令韶,高平. 内蒙阿拉善脑木洪铜矿区的植物地球化学特征[J]. 植物学报, 1992, 34(10): 781~789.
- [3] 季峻峰,崔卫东. 湖南黄金洞金矿床植物地球化学勘查的初步研究[J]. 物探与化探, 1992, 16(6): 471~473.
- [4] 胡西顺,刘金成. 植物地球化学测量及其在金洞子金矿区的应用效果[J]. 地质与勘探, 1993, 29(1): 41~46.
- [5] 权恒,张宏. 大兴安岭森林覆盖区植物化探找矿方法研究[J]. 贵金属地质, 1998, 7(4): 241~249.

- [6] 丁矢勇. 植物地球化学测量在云南热带雨林区的初步尝试及效果[J]. 云南地质, 1989, 8(1): 89~92.
- [7] 王平,王波. 植物地球化学测量法在秦巴地区寻找金矿中的应用[J]. 西安地质学院学报, 1995, 17(2): 32~38.
- [8] 孔令韶,高平,任天祥,等. 内蒙孟恩套力盖银、铅锌矿区植物群落和主要植物元素含量特征[J]. 1991, 37: 529~541.
- [9] 左国朝,何国琪. 北山板块构造及成矿规律[M]. 北京: 北京大学出版社, 1990. 3~4, 197~209.
- [10] 雷良奇,宋慈安,杨启军. 甘肃公婆泉浅海相铜斑岩的地质与地球化学特征[J]. 中国有色金属学报, 1998, 8(3): 523~528.
- [11] 中国科学院兰州沙漠研究所. 中国沙漠植物志(第二卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 368~370, 304~305, 319~320.
- [12] 中国科学院兰州沙漠研究所. 中国沙漠植物志(第一卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 350~355, 9~11, 380~382.
- [13] 地质矿产部. 中华人民共和国地质矿产行业标准[M]. 西安: 西安大学出版社, 1994. 55~60.
- [14] 赵伦山,张本仁. 地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 359~360.
- [15] 於崇文,骆庭川,鲍征宇,等. 南岭地区区域地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1987. 31~34.
- [16] 阮天健,朱有光. 地球化学找矿[M]. 北京: 地质出版社, 1985. 169~177.
- [17] Brooks R R. Biological methods of Prospecting for Mineral[M]. John Wiley and Sons, New York, 1983. 153~158.
- [18] Levinson A A. Introduction to Exploration Geochemistry[M]. Applied Publishing Ltd. Calgary, Alberta, Canada, 1987. 15~20, 198~212.
- [19] Brooks R R. Geobotany and Biogeochemistry in Mineral Exploration Herper and Row[M], New York, 1972. 213~217.
- [20] Kovalevskii A L. Biogeochemical prospecting for ore deposits in the USSR[M]. J. of Geochem. Explor. 1984, 21: 62~73.
- [21] Kovalevskii A L. Biogeochemical Exploration for Mineral Deposits (Translated by M. B. Rosenberg) [J]. VNU Science press, Utrecht, 1987, 25~55.
- [22] Busche F D. Using plants as an exploration tool for gold[J]. J. of Geochem. Explor, 1989, 32: 199~210.
- [23] Bowen H J M. Environmental Chemistry of the Elements[M]. Academic Press, London, 1979. 243, 272.

## BOTANICAL GEOCHEMISTRY OF REDWOOD OF THE Au - Cu DEPOSITS IN BEISHAN, GANSU

SONG Ci - an, LEI Liang - qi, YANG Qi - jun, WANG De - zi, YANG Yun - song

**Abstract:** Beishan is a gubi area. Its flora is mainly redwood. The contents of the most elements especially the ore-forming elements and their various index are higher than background area. The element contents are characterized by logarithm normal distribution pattern in the background area, but by logarithm normal distribution pattern with multi-peak in the ore area. The element assemblage of redwood is Au, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Mo, V, Mn and Ag, Sn, Sr, Ba as well as Ti, Cr, Co, Ni in the background area. The element assemblage of redwood in the gold ore areas is Au, Ag, As, Sb, Mo, Mn, Sr and Cu, Pb, Zn, Sn, Ba as well as Co, Ni, Ti, V, Cr. In the copper area the element assemblage is Cu, Pb, Zn, Mo, Au, Ag, Ba and As, Sb, Sn, Mn as well as Ti, V, Cr, Co, Ni, Sr. The elementary correlative parameter of redwood is high where that of rocks is high in the ore area. The typical elements of redwood and rocks in the gold and copper deposits are Au, Ag, As, Sb, Mo, (Mn) and Cu, Pb, Zn, (Ba, Ti, V, Cr) respectively. The Au and Cu botanical geochemical anomaly and composed zonation are respectively developed over orebodies in gold deposits and copper deposits. According to the botanical geochemistry of redwood, the gold and copper mineralization can be identified and the concealed ore bodies be predicted.

**Key words:** gold deposit, copper deposit, Gansu, prospecting, phytogeochemistry



##### [第一作者简介]

宋慈安(1948年-),男,1976年毕业于中南矿冶学院地质系矿产地质勘探专业,现为桂林工学院资源环境工程系岩矿教研室主任、副教授,从事勘查地球化学教学和科研工作。

通讯地址:广西桂林市建干路12号 桂林工学院 邮政编码:541004