

大兴安岭森林覆盖区植物化探找矿方法研究

权 恒 张 宏 张 炯 飞 武 广 李 广 远

(沈阳地质矿产研究所)

王 录 金 成 洙

(黑龙江省地矿局) (东北大学地质系)

根据前人在植物化探方面的研究成果,结合本区有色、贵金属矿化实际,选择了白桦树树干下部树皮为植物化探样品,进行了 Au Ag Cu Pb Zn 元素的测试. 结果表明: ① 该区植物化探工作比土壤化探更具优越性; ② 白桦树树皮具有易采、易灰化的特点; ③ 植物化探结果,可良好地反映出已知的 Au Pb Zn 矿化-蚀变带. 用植物化探方法找矿,在该区具有良好的适用性和可靠性,有一定的推广价值.

关键词 大兴安岭北段 植物化探找矿 白桦树干树皮

植物化探的理论研究及其在找矿工作中的应用,在我国目前尚未被充分重视. 然而在前苏联、加拿大、美国等国家对植物化探的研究起步较早,他们从本世纪 30 年代就已开始研究,50 年代后,国外的植物化探研究得到了飞速发展,到 90 年代,与植物化探有关的文章及论著已发表了千余篇.

1 国内外研究现状

国外对植物化探的研究主要集中在前苏联、加拿大、美国、瑞典等国家,并且不论在理论研究上,还是在实际找矿的应用方面,都取得了较重要的成就.

在理论上,著名生物地球化学家 A·JI·科瓦列夫斯基做出了重大贡献,他在 70 年代根据植物对各种元素吸收的生理极限特征,把植物划分为 4 种类型,即无极限型、高极限型、中极限型和低极限型^[1]. 同时他提出了“生物地球化学障”的理论,指出多数植物都存在一种抗浓集的生理-生物化学障. 后来根据“生物地球化学障”的特点,将植物分成无障、基本无障或半无障、接近背景障和背景障 4 类^[2],并认为西伯利亚地区无障和基本无障的植物有乔木、灌木和草本植物的根、乔木树干下部的树皮等.

在地质找矿中,国外应用植物化探方法,取得了令人瞩目的成绩. 80 年代, H V 沃伦等人在加拿大南不列颠哥伦比亚的海兰谷地区,通过植物化探测量成功地圈出了 20 个 Au 异常.

? 本文属地矿部“九五”攻关项目(95-02-008)前期研究的阶段性成果,由张宏起草.

收稿日期: 1998-05-18. 张哲、邵晓东编辑.

11个 Hg异常、4个 Ag异常和2个 Cu异常,其中有几个异常已被勘探^[3]. C. E. Dunn (1989)在加拿大北部萨斯喀彻温的山区森林地带,通过植物化探测量,圈出了几个 Au异常带,经钻探验证,发现了 Au矿化带,现已发展为金矿床^[4]. 另外, Chi-i Huang (1986)在美国内华达 Borealis大型金-银矿床中,应用艾灌丛干燥物中金的含量分析,证明了该植物反映的异常特征与土壤所反映的异常特征之间的一致性^[5].

自50年代以来,国外运用植物化探方法已发现了许多金属矿床.表1^[6]列举了其中的一部分.

表1 根据生物地球化学测量结果发现的矿床举例

Table 1 Some of deposits discovered by biogeochemical survey

矿 产	地 点	样品类型	矿体产出深度 /m	报道年份
Cu	加拿大魁北克加斯讯	胶冷杉枝条		1952
Cu	高加索地区	白桦叶片	2-4	1970
Cu	哈萨克斯坦	苦艾枝条		1979
Cu- Mo	乌兹别克斯坦	樱桃、杜松	10-35	1966
Cu- Pb- Zn	哈萨克斯坦	苦艾榆树、桧树	1-5	1970
Pb- Zn	美国密西西比谷	榆树、枫树、栎木	6-20	1968
U	美国拉文图拉	松树、杜松树枝	20	1960
U	美国耶洛卡特	紫云英、杜松	2-50	1964
U	美国格兰茨	杜桧、桧树		1960
U	美国瑟克尔克利夫斯	针叶树	20	1960
U	加拿大萨斯喀彻温	黑云杉枝条	150	1981

引自 R. R. 布鲁克斯, 1993

国内对植物化探的研究起步较晚.可喜的是自80年代末,部分地质学家逐步意识到了植物化探在地质找矿工作中的重要性,如孔牧等^[7]、王莲珍等^[8]、胡西顺^[9]、季峻峰等^[10]、舒孝敬^[11]、孔令韶^[12]等等,都纷纷发表文章论述了植物化探的有关问题.其中王莲珍等对植物灰化问题做了较系统的实验分析,阐述了不同元素在不同灰化条件下的损失情况;季峻峰等在湖南黄金洞矿床中也进行过较详细的植物化探研究.沈阳地质矿产研究所在“九五”攻关项目研究过程中,同黑龙江省地矿局共同在大兴安岭林区,侧重进行了植物化探在地质找矿中的应用研究,植物样品采用白桦树 (betula),取得了较好的效果.

2 理论依据

北纬50°以北的大兴安岭北段,属冰缘地貌,冻融风化作用十分强烈,岛状冻土(永冻层)散布于不同地段的坡谷之中.众所周知,冻融风化作用会使裸露岩石发生冻裂,滑堆在不同地段的山坡中,形成所谓的“石海”,从而与当地的土壤之间发生了复杂的成因联系.此外本区不同时期的永冻层和第四纪早期的冰川作用等,均使当地的表层土壤与深部基岩之间发生独特的成因联系.该区的另一个特征为森林覆盖区,土壤中的有机质含量较多,据资料认为A层土壤中的烧失量有时可达到25%,在B-C层土壤中也不同程度地发育着植物的根

系, 因此土壤中有有机物对元素的强烈吸附作用影响着元素在土壤中的正常化学行为. 从植物地球化学角度上看, 由于植物根系多属“无障”植物, 因而对某些元素的吸收会使 B、C 层中某些元素丰度下降.

由于上述各种原因, 加之野外土壤化探取样深度的不一致和常常深度不够等原因, 在某些地段的土壤化探“异常”则失去了其真实性.

相反, 同土壤化探相比, 在探查强植被区隐伏矿体时, 植物化探的优势胜过土壤化探. 众所周知, 隐伏矿体及其周围的矿化原生晕, 经过长期的物理风化作用和化学作用, 与矿化有关的元素部分地进入到地下溶液, 在矿体附近形成高浓度的离子晕. 这些离子在渗透作用、浓度扩散、毛细管作用及在自然电场、自流水带出、植物抽提等因素的综合作用下, 经过漫长时间, 被迁移到地表附近, 形成上升迁移盐晕或水化学晕. 只要植物的根系达到该晕圈范围, 就有可能形成植物地球化学异常. 由于植物根系在土壤中分布广, 扎得较深, 其结果就有可能克服森林覆盖区土壤化探的局限性和片面性, 而反映出更真实可靠的特征. 同时植物化探异常所反映的不只是其根系所涉及的范围, 而是根系之下几米甚至更深处的元素地球化学行为. 在哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦, 植物化探的探测深度可达到 50~150 m^[13]; 在内蒙脑木洪铜矿区绵刺植物中 Cu 的植物地球化学异常, 不仅包括了地表露头矿化区, 而且反映出了埋藏 20~500 m 深处的盲矿体^[12]; 从表中, 我们也可对植物化探的探查深度略见一斑.

鉴于植物化探和土壤化探在森林覆盖区的上述特征, 我们认为大兴安岭北段北纬 50° 以北的森林覆盖区, 采用深根植物乔木为对象进行植物化探地质找矿是可行的. 根据本区植物生态特征, 以乔木白桦树树干树皮为对象进行植物化探找矿则更具优越性.

经调查发现, 大兴安岭北段深根乔木主要有落叶松 (*larix*)、白桦 (*betula*)、山杨 (*populus*) 及栎树 (*querus*) 等, 其中除白桦树分布在全区外, 其余树种的分布均有局限. 如落叶松主要分布在大兴安岭的主峰一带; 山杨分布不均, 或生长在落叶松、白桦树的混杂林中, 或呈孤岛状分布于低山丘陵一带; 栎树的分布更局限, 见于大兴安岭东坡, 多与其他阔叶林混生. 因此, 选择白桦树具有很大的可操作性, 即满足于不同地段、不同网度的地质找矿之需要.

如前述, 我们把白桦树皮作为采样对象. 桦树皮具有整洁、光滑的特点, 老树皮脱落现象不明显, 由等面积的内外两层皮构成, 呈平整板状, 采样 (剥皮) 方便, 可燃性强, 易焚烧灰化. 采样面一般为 10 cm×20 cm 为宜, 可分析金、银和有色金属.

前人研究表明, 同一树木的不同部位 Au 的含量明显不同, 如表 2^[14]; 同种树木由于年龄的不同 Au 的含量也不同, 如表 3^[4].

从表 2、3 中可以看出, 植物的不同部位“障效应”是不同的, 同一植物部位不同年龄的“障效应”也不同. A. JI. 科瓦列夫斯基的研究表明, 西伯利亚乔木的下部外皮属无障型植物部位^[2]. 因此我们在大兴安岭北段进行植物化探时注意到了如下几点: ① 白桦树皮老化脱落不明显 (落叶松树皮老化脱落十分明显); ② 尽量选择同龄树; ③ 严格按同面积的内外两层桦树皮的要求采样; ④ 采样位置选择在树干下部位置. 从而基本满足了前人所研究的“无障效应”或“障效应”一致性的要求.

表 2 Jack松树和黑色枞树不同部分的 Au含量和灰化率

Table 2 Au content and percentage of ashing for Jack pine and black fir

物质名称	干燥物质的 Au含量* / 10 ⁻⁹	灰化物质的 Au含量 / 10 ⁻⁹
Jack 松树		
外部树皮	2.100	140
内部树皮	0.610	32
总树皮	0.720	42
针叶	0.360	15
嫩枝	0.360	24
老枝	0.150	17
木质+ 树皮	0.90	34
木质 (无树皮)	0.60	22
外部木质	0.80	32
内部木质	0.40	14
黑色枞松		
树皮	0.900	50
嫩枝	0.620	28
木质+ 树皮	0.220	24
木质	0.90	19
针叶	< 0.160	< 5

* 干燥物质的 Au含量根据计算灰化物质的 Au含量而来。

表 3 4种常见嫩枝中的 Au含量变化

Table 3 Au content in twigs of 4 types of trees

样品名称	特征	灰化物质的 Au含量 / 10 ⁻⁹	干燥物质的 Au含量 / 10 ⁻⁹
黑色枞松	1~ 3年	26	0.60
的嫩枝	4~ 6年	22	0.60
	7~ 9年	31	0.68
	9年以上	31	0.53
赤杨树枝	嫩的: 3mm	42	1.13
	老的: 3~ 7mm	61	1.22
桦树枝	嫩的: 5mm	32	0.47
	老的: 5~ 10mm	19	0.17
Jack 松	嫩的: < 1cm	24	36
	老的: > 1cm	17	0.15

3 制样和分析方法

我们采用的制样可分为3个阶段: 第1阶段为采样, 采集了白桦树树干下部 (离地表约 1.2 m) 树皮内外两层 (白桦树树皮由内外两层组成). 采样时, 选同一采样区的等年龄白桦树 (粗细相近) 为采样对象, 这是总的原则; 把同一地段的采样时间尽量缩短; 采样点位不超过标准样距的± 10% 为宜. 第2阶段为野外焚烧, 把采集到的样品晒干, 晒干时严禁样品与土壤接触, 以免样品受污染; 干燥后的样品进行焚烧, 焚烧时可放入铝或铁的容器中加热助燃, 焚烧成炭—灰粉即可. 第3阶段为室内灰化, 放入马付炉内进行, 灰化温度为 650~ 700°C 为宜, 到完全灰化成白色灰粉为止.

对灰化样品的分析元素有 Au Cu Pb Zn Ag, 各元素的测试方法及仪器型号见表 4.

表 4 分析方法及仪器设备型号

Table 4 Analytic methods and equipment

元 素	分 析 方 法	仪 器 名 称	型 号	产 地
Au	泡沫塑料吸附化学光谱法	平面光栅光谱仪	W P1	北京第二光学厂
Ag	二苯基硫脲—乙酸丁酯萃取原子吸收光谱法	原子吸收分光光度计	Z- 8000	日本
Pb	原子吸收光谱法	原子吸收分光光度计	Z- 8000	日本
Cu	DCP直读光谱法	DCP直读光谱仪	SHI- III A	美国 SMI公司
Zn	DCP直读光谱法	DCP直读光谱仪	SHI- III A	美国 SMI公司

晒干的白桦树皮灰化率随不同树龄有所不同, 大约在 1/100上下波动, 变化不大. 测试后

的各元素在灰粉中的含量及变化、丰度范围见表 5。从表的统计资料中不难看出,样品中的各元素含量变化较大,表现出了元素含量在植物体中的差异性,说明大兴安岭北段白桦树皮具备了植物化探样品的基本条件。

表 5 元素含量变化范围及一般丰度 (10^{-6})

Table 5 Ranges of element content in ash

元 素	Au	Ag	Cu	Pb	Zn
最高含量	0.6	80	1600	1985	16000
最低含量	0.02	0.03	7.5	10	615
一般含量	0.01~ 0.10	0.1~ 1.0	100~ 200	10~ 20	1000~ 10000

在样品灰化过程中最应注意的是所测元素的损失问题。王莲珍等^[8]对植物样品的灰化温度、灰化时间与元素损失率之间的关系问题进行了较系统的研究,实验结果表明,Cu Zn Mo Sr Nd Mn Rb Fe等元素在各种灰化条件(300 500 700℃连续或断续加热)下均无损失;另外在500℃温度5小时灰化条件下无损失的元素有 Pb Ag Si Ti V Co Na K Mg 和 Ca。

我们在野外焚烧桦树皮时,每个样品需10~20分钟,灼烧温度在500℃以下,做到了Cu Zn Pb Ag元素在焚烧中不损失;另外在室内灰化时我们做到了连续灰化5小时以上,以防样品之间的差异。

桦树皮中的Au元素含量分析,是本次研究的主要内容。国外地质学者以赤杨为样品对其Au元素含量进行了分析^[14],结果表明灰化后其Au元素含量极少或没有损失,并指出灰化样品的测试比干燥样品直接分析更为合理有效,同时指出含氰的植物灰化时会有Au的损失。我们虽然测试了白桦树皮中是否含有氰,但从灰化样品中测试Au的结果看,比Pb Zn Ag等元素的测试结果更符合野外实际。因此我们认为本次实验研究中Au元素的测定是可信的。

4 白桦树皮植物化探结果

本次方法实验研究选择的已知矿化区,一是黑龙江境内的某金矿化异常区,二是在内蒙境内的已知铅锌矿区。测定元素为 Au Ag Cu Pb Zn。

(1) 黑龙江省某金矿化II号异常区:植物化探测量面积为0.97 km²,采样点388处,每4个采样点为一测试组合样,一个组合样所代表的面积为100 m×100 m。测定元素为 Au Ag Cu Pb Zn,共获485个数据。根据本区已知条件,我们把异常下限含量(10^{-6})确定为 Au 0.004 Ag 0.6 Cu 120 Pb 60 Zn 5000。

测试研究结果:在TC8附近,土壤分析结果为Au高值点,达 $1.2 \times 10^{-6} \sim 5.8 \times 10^{-6}$,而植物化探分析结果Au为 0.047×10^{-6} ,也是高值点,说明二者相吻合,但通过TC8刻槽分析结果看,其Au品位小于 0.5×10^{-6} ;在TC9一带,土壤分析结果无异常显示,Au为 $0.007 \times 10^{-6} \sim 0.047 \times 10^{-6}$,而植物化探则显示出明显异常,Au为 $0.016 \times 10^{-6} \sim 0.028 \times 10^{-6}$,二者不吻合,可是在TC9一带已圈定多个金矿体,这与植物化探结果相一致。说明通过白桦树皮植物化探测量,对本区指导金矿的寻找是可行的(图1)。

(2) 黑龙江省某金矿化III号异常区: 选择了 A-19剖面测量, 剖面长 1000 m, 采样点距为 20~40 m 不等, 矿体附近点距为 20 m, 共采 35 个样品, 分析元素为 Au Ag.

通过测试, 在矿体附近 Au Ag 显示了明显的植物化探异常 (图 2).

(3) 关于铅锌矿的植物化探工作: 我们在内蒙古某铅锌矿区对IV号矿体进行了方法实验, 测量面积为 0.2 km^2 , 测定 7 条线, 线距 60 m, 点距 20 m, 共测 60 个点, 分析元素有 Cu Pb Zn Ag, 共获 240 个数据. 根据数据特征, 把异常底界含量 (10^{-6}) 确定为 Cu 200 Pb 50 Zn 10000 Ag 5.

圈定结果, Pb 为点异常, 落在矿体附近, Pb 为 1958×10^{-6} ; Zn 为带状异常, 与矿体形态基本吻合, 最高值也位于矿体附近, 为 17000×10^{-6} ; Ag 也是带状异常, 与矿体基本一致, 最高值也落在矿体附近, 为 62.3×10^{-6} ; Cu 最高值落在矿体附近, 为 620×10^{-6} , 但有规模的带状异常位于矿体向地形下坡方向平移约 50 m 左右的斜坡上 (图 3).

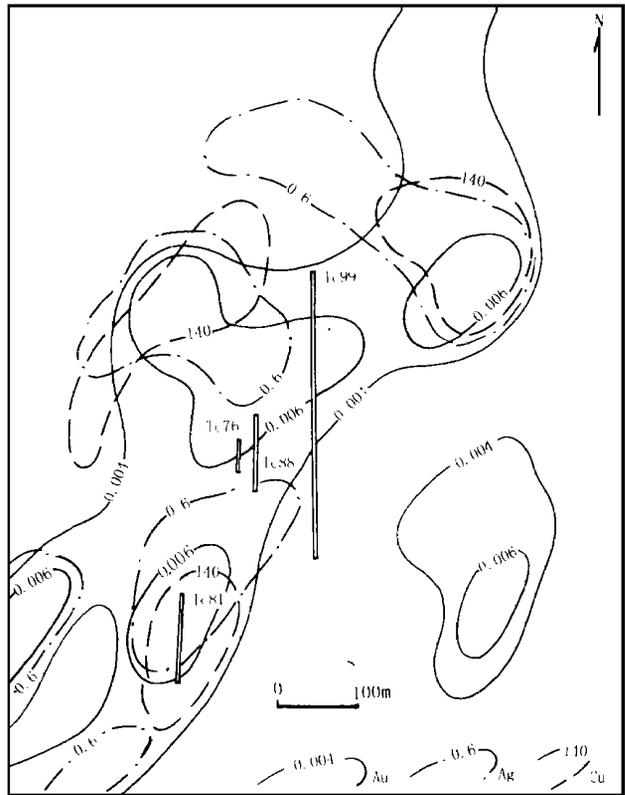
此外, 我们在该矿区测定了包括 I、II、III、IV、XXI 号矿体在内的 8 km 长植物化探剖面, 虽然点距控制在 100 m, 但仍表现出了植物化探异常和矿化-蚀变带之间的一致性 (图 4). 另外, 我们从图 4 中 45 号点异常特征, 还可推断新的矿化-蚀变地段, 有待于今后验证.

5 结 论

(1) 通过方法实验研究, 我们认为植物化探异常较好地反映出大兴安岭北段已知矿(化)体的 Au 和 Pb Zn 矿化特征, 包括矿(化)体形态、规模及位置. 这对在森林覆盖露头少、土壤中有机质含量相当丰富的大兴安岭北段地区找矿具有十分重要意义.

(2) 关于植物化探方法的应用范围问题. 前苏联地质学家们通过植物地球化学场的研究, 指出了区域性成矿远景区, 取得了较好的效果. 通过我们的研究, 植物化探研究不但能确定区域性成矿远景区, 而且还能用来评价找矿.

(3) 研究证明, 大兴安岭北段金、铅、锌矿化区白桦树皮中 Au Ag Cu Pb Zn 等元素均属“无障”或“基本无障”型, 因而具有适用性.



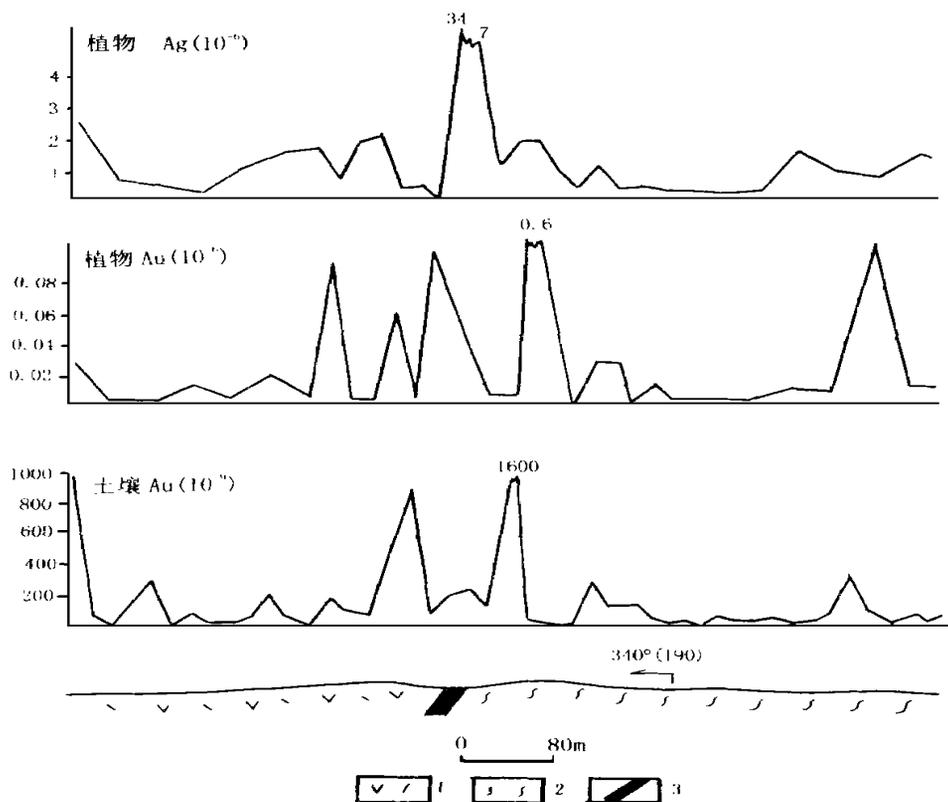


图 2 黑龙江某金矿 III 号异常区 A-19 剖面植物化探简图

Fig. 2 Biogeochemical exploration profile of a gold deposit in Heilongjiang Province

1- 白垩系 (Cretaceous); 2- 新元古界—下寒武统 (Neoproterozoic-Lower Cambrian); 3- 矿体 (orebody)

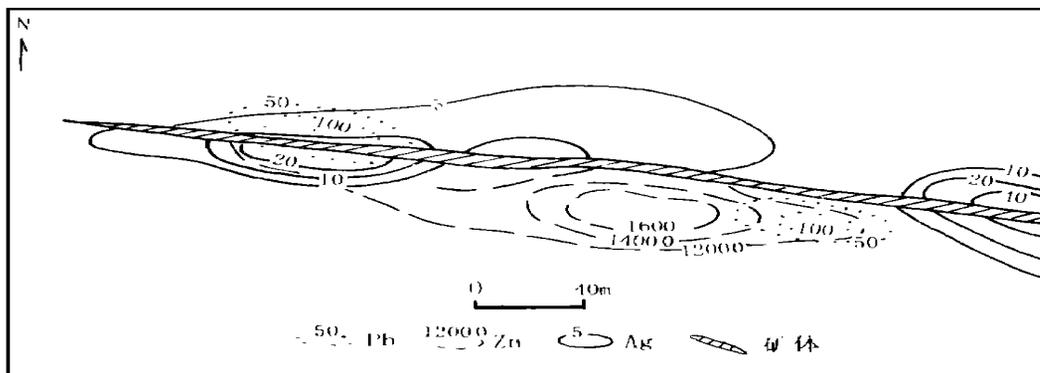


图 3 内蒙古某铅锌矿植物化探图

Fig. 3 Biogeochemical anomaly within a Pb-Zn deposit in Inner Mongolia

(4) 关于桦树皮中不同元素的本底含量问题。通过研究发现不同地段桦树皮中的元素含

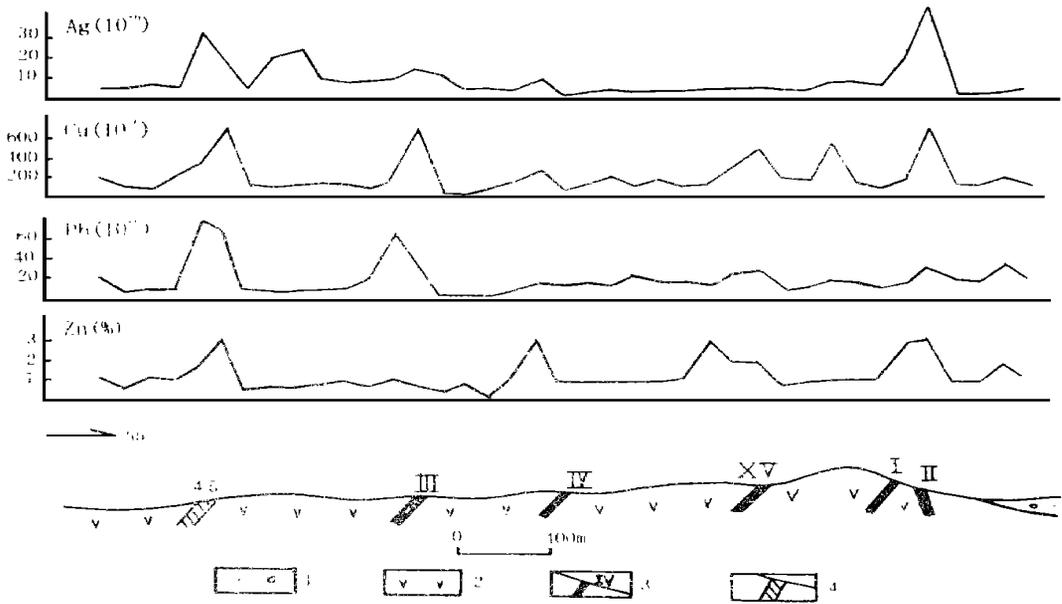


图4 内蒙古某铅锌矿植物化探剖面

Fig. 4 Biogeochemical exploration profile of a Pb-Zn deposit in Inner Mongolia

1- 第四系 (Quaternary); 2- 中生代火山岩 (Mesozoic volcanic rock); 3- 已知矿体及编号 (known mineral bodies and number);
 4- 45号点 (预测矿体) (Spot No. 45)

量不同, 这就表明不同地段地下水元素离子浓度不同, 表现出区域性地质、土壤及地下水地球化学方面的差异性, 但这不影响在限定地段内的找矿评价工作。

(5) 由于植物或植物器官对元素吸收有选择性或排斥性, 这必然导致植物体内元素与土壤中元素或原岩中元素在分配形式方面的不一致性, 因此不能用土壤或原岩元素分析数理统计原理来解释植物元素分析数理统计结果。然而电算等数理统计方法仍适用于植物化探。

6 参考文献

- 1 Ковалевский А.Л. Био геохимические поиски вудных месторождений. Недра, 1974.
- 2 Kovalevskii A. L. 不同植物种和植物部位中的生物地球化学量. 见: IGES第15届会议论文摘要. 布拉格 (前捷克斯洛伐克). 1990.
- 3 Warren H V, et al. 一种生物地球化学找金手段. 国外地质勘探技术, 1987, (9) .
- 4 Dunn C E. 加拿大金的生物地球化学普查测量. 物探化探译丛, 1992, (3) .
- 5 Huang C. 1986. Soil geochemical and biogeochemical studies at the Borealis Gold Mine, Mineral County, Nevada, U. S. A.
- 6 布鲁克斯 RR. 生物探矿法. 北京: 冶金工业出版社, 1990.
- 7 孔牧, 孔令韶, 等. 论矿产勘查植物地球化学研究的进展. 国外地质勘探技术, 1995, (3) .
- 8 王莲珍, 李国会, 等. 植物样品的八种分解方法以及灰化温度和元素损失的关系. 物探和化探, 1991, 15 (2) .
- 9 胡西顺. 植物地球化学测量在找隐伏矿中的作用. 黑龙江有色金属地质, 1992, (2) .
- 10 季峻峰, 崔卫东, 等. 湖南黄金洞矿床植物地球化学勘查的初步研究. 物探与化探, 1988, 16 (6) .
- 11 舒孝敬. 生物地球化学——一种勘查金矿的有较辅助方法. 地球化学勘探, 1989, (9) .
- 12 孔令韶, 等. 干旱半干旱景观区植物地球化学找矿方法的研究. 见: 第三届勘查地球化学学术讨论会论文选编. 北京:

冶金工业出版社, 1988.

13 Ковалевский АЛ. 生物地球化学找矿方法的探测深度. 地质科技动态, 1986, (4).

14 王晓莺, 译. 勘探 Au Pt Pd 矿的一种辅助方法——生物地球化学测量. Journal of Geochemical Exploration, 1986, 25: 21-38.

BIOGEOCHEMICAL EXPLORATION IN DAXINGANLING FOREST COVERED AREA

Quan Heng Zhang Hong Zhang Jiongfai Wu Guang Li Guangyuan

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources)

Wang Lu

(Heilongjiang Bureau of Geology and Mineral Resources)

Jin Chengzhu

(Geology Department, Northeast University)

Abstract

Based on the previous study on biogeochemical exploration, combining the geology of non-ferrous and precious metallic mineralization of the area, the bark from lower trunk of betula is selected as the sampling media of biogeochemical survey. The contents of Au, Ag, Cu, Pb and Zn elements are tested. The results show that 1) biogeochemical survey is more effective than soil geochemical survey; 2) the bark of betula is characterized by easily-picking and ashing; and 3) the biogeochemical result coincides well to the known Au-Pb-Zn mineralization-alteration belts. Biogeochemical survey in this area is suitable and reliable. It is worth to be spread.

Key words north Dahingganling Mts. biogeochemical survey trunk and bark of betula

作者简介 权恒 男 1939年生, 1964年毕业于长春地质学院, 长期从事大兴安岭地区的地质研究工作, 现任沈阳地质矿产研究所研究员. 通讯地址: 沈阳市北陵大街 25号; 邮政编码 110032.