

植物地球化学测量 及其在金洞子金矿区的应用效果

胡西顺 刘金成 汪振洋 王 波

(西北有色地质研究所·西安)

简要介绍了植物地球化学测量的原理和工作方法,论述了该方法对不同元素的适用情况;通过在金洞子金矿区的试验研究,证明了该方法在厚风化物覆盖区可取得良好的找矿效果。

关键词: 植物地球化学测量;应用效果

植物地球化学测量由来已久,然而,由于受到众多影响因素的限制,长期以来认为只能是一种辅助找矿手段。新的理论和实践证明,植物地球化学测量有其独特的优点,它不仅在外来运积物覆盖区和厚风化物覆盖区有其特殊的效果,而且在各种植被发育区,既能用于普查阶段,也可用于矿区详查阶段。植物地球化学测量对寻找隐伏矿具有独特的效果,它不仅和地电化学法、水化学法具有相类似的成晕机理和效果,而且异常强度高、采样效率高、容易定位和检查,原则上一年四季都可进行,具实用和方便性。在进行综合找矿时,各种方法配合使用,特别是植物测量有效时,使用这种方法,可以得出更为可靠的结论。

方法原理及影响因素

植物地球化学测量具有探测隐伏矿的特点,是由两方面的因素决定的:一是植物根系有较大的穿透力,可深入到非矿化覆盖层之下;另一方面植物根系所吸收的微量元素主要是离子态形式,在矿体周围,与矿化有关的元素形成高浓度的离子晕。这种晕在渗透作用、浓度扩散、自然电场、毛细管作

用、植物抽提以及地下水的垂向运动等因素作用下,经过漫长的地质年代被迁移到地表的松散层中,形成盐类扩散晕和水化学晕。只要植物根系能达到晕的范围,就可能在植物中形成矿化元素的异常。一般情况下,对不超过 30m 的矿体可存有明显的反映,在有利情况下可达 50~200m。

在植物地球化学测量中,最大的局限就是“障效应”的存在。生长在矿化环境中的一些植物,根据自身对元素浓度范围的生理需要,对高浓度元素的吸收产生明显的抑制作用,当环境中元素浓度大增时,植物体内的元素浓度不是随之直线上升,而是保持在一定的极限之下。植物的这种生理吸收作用就是植物地球化学障效应。自然界仅有 5% 的植物体是无障地吸收元素。相当多的植物体对地下矿化没有响应,因而不适于找矿,对于 Cu 元素占 57%,对于 Au 元素 13%。因此,工作伊始,首先要选择适于找矿的有效指示植物。其他影响因素有:不同种属的植物、同种植物的不同器官,具有不同的元素含量范围;植物中元素的含量随季节发生变化;地貌、排水条件及降雨量等等。在工作中必须设法消除和控制这些影响因素。

本文1992年4月收到。

方法技术概要

1. 准备工作和试验性研究阶段

在工作开始之前,首先要初步确定野外试验性研究的地点和研究内容,了解工区的地质情况和自然景观特点,准备所需的各种材料和用具。所选的试验区必须满足以下条件:区内地质地球化学情况比较清楚,有已知矿床(体)存在;有茂密且较普遍分布的多个种属植物;有较大面积的厚疏松层覆盖,已知矿体埋深适度。

野外试验是为了确定有效指示植物和指示元素,为正式测量工作制定统一的采样介质、采样方法和网度标准,明确植物对矿化信息的反映情况,了解这种方法的可行性和有效性,寻求消除影响因素的措施。在工作区内选择1~2条通过已知矿体的具有代表性的长剖面,沿剖面系统采样,每个采样点同时采集预先选定的分布普遍的若干种植物,以其不同器官(树枝、树叶等)为介质组成样品,同时采集土壤样进行对比。每种介质的样品必须在矿体上和背景地段都有足够的件数。最后选出的有效指示植物必须满足:①在工作区普遍发育,采样方便;②对矿致异常有明显的反映;③所反映的地球化学异常受非矿因素影响小。在试验阶段,还要通过对有效指示植物的相同植株进行周期性采样,以了解植物中元素含量的季节性变化,确定最佳的采样季节和采样周期。

2. 测量工作阶段

以区内广泛分布的一种或种类尽可能少的有效指示植物为采样介质,在最佳采样季节的较短时期内(一般不超过1个月),于野外完成采样工作。若采样不能在短期内完成,可通过标准长剖面的重复采样,对时间的影响进行校正。采样可根据地质情况和勘查精度,按照预定的采样网或采样线进行。树枝一般选用1~3年枝。采样中要防止样品污染。

3. 样品的加工与分析

将植物样品碎至1~2cm,在烘箱中60~80℃烘干,然后粉碎成粉末,搅拌均匀,装入试样袋送化验室分析。

在分析之前,需将样品灰化,目的是破坏植物中的有机物。灰化方法分干法和湿法两种。干法操作简单,适于大批试样分析,且灰化过程中受污染的可能性小。目前植物样品绝大多数使用干法灰化,但灰化温度必须控制在450℃左右,一般不得超过500℃,温度过高会造成某些元素的挥发损失。对于Au这种损失是存在的,对于挥发性元素,如As、Hg等就更为显著。因此对As、Sb、Bi、Hg、B、Cd、Be、F、Cl、Br、I等通常采用湿法灰化。灰化后的样品分析同其他样品一样。

4. 成果的综合研究阶段

这一阶段的工作包括对分析结果的数据处理、各种参数的统计、资料整理、成图成表,并通过各种资料的综合研究,对测量结果进行推断解释。

植物地球化学测量的主要参数是植物吸收系数(BAC值)、浓集极限系数(KK值)和衬度极限系数(CM值),含意分别为:

$$BAC = \frac{\text{某种属植物(或植物器官)灰分中元素含量平均值}}{\text{该区土壤中对对应元素背景值}}$$

$$KK = \frac{\text{某种属植物(或植物器官)灰分中元素含量最大值}}{\text{该区土壤中对对应元素背景值}}$$

$$CM = \frac{\text{某种属植物(或植物器官)元素含量最大值}}{\text{该种属植物(或植物器官)元素含量背景值}}$$

通过这些参数,可以了解植物对元素的富集能力、植物中各种元素对矿体的指示效果和异常衬度,从而选择出适于找矿的有效指示植物和元素。更好地发挥植物地球化学测量的找矿效果。

在一个地区,如果一种有效指示植物分布不均匀,而不得不用其他有效指示植物代替时,由于不同植物种属的元素含量范围不同,它们的数值是不能直接对比的。为此需对分析结果进行“归一化”处理。

归一化数据 =

各植物样品灰分中元素含量值
对应植物介质样品灰分中该元素背景值(或异常下限值)

经过这样处理的结果, 不仅不同植物介质的样品中同种元素可以对比, 而且对指示元素指示性的歪曲也会削弱, 对于在短期内不能完成的测量, 可分为若干个时间段对数据进行处理, 这样, 可以消除元素含量季节性变化的影响, 打破测量工作的时间限制, 也有利于异常检查。

由于植物中元素浓度所受的影响因素较多, 因而成果解释比较复杂。例如元素的赋存状态、岩石的裂隙发育程度以及风化程度、土壤的 pH 值等都会影响元素在植物体中的浓度, 故对不同的地质地球化学单元或不同的自然景观都要分别统计背景值和异常下限值。对异常的解释, 首先要看异常的强度和衬度, 一般认为植物中与成矿有关的元素超过正常含量 10 倍, 就可视为具有找矿意义。同时还应考虑元素组合特征、异常所处位置的成矿地质条件、地貌、水文地质等因素。欲对异常做出客观的评价, 最重要的是与已知矿体的异常进行对比, 或与岩石、土壤地球化学测量结果相对照, 也可借鉴邻近地区的经验。如果没有可供对比的已知资料, 必要时可对最有希望的异常进行重点剖析和验证。

适用矿种和找金特点

1. 植物地球化学测量的矿种适用性

通过对若干个铜矿、铅锌矿、镍矿和金矿的植物地球化学试验研究, 统计各元素的 BAC 值、KK 值和 CM 值得知: 多数植物对微量元素的吸收有一个共同的特征——其叶、枝、籽实及树皮灰分中的 Be、V、Ti、Co、Cr、Hg 均相对于土壤中对应元素贫化, 而 Au、Ag、Cu、Zn、Ni、Mn、Mo、Sb、Bi、Pb 则相对富集。这说明对包括 Au 元素在内的大多数金属元素来说,

土壤→植物的元素转移是一个富集过程。影响元素在植物中富集的决定因素有二: 一是元素在地下水中的溶解程度和迁移能力; 二是植物的生理吸收特征。如果某种元素在矿体周围不易形成离子晕, 那么植物找矿对这种元素或矿种是不适宜的。结合其他资料, 不适于植物地球化学测量的元素有 Zr、V、Nb、Ta 等。

对植物地球化学测量来说, BAC 值大, 不一定对找矿就有利, 一般还需同时具备高的异常衬度值。从异常强度和衬度两方面考虑, 最适于植物地球化学测量的矿种(元素)有 Mo、Au、W、Sr、Bi、Sb、Ni、Pb 和 Ag 等, 其次是 Be、Rb、As、Zn、Hg、Co、Cu、Pt、Pd 等, 不易形成显著异常的元素有 F、Mn、Fe、Cr 等。

在进行植物地球化学测量时, 还应正确利用指示元素, 如找金矿时可利用 Au、Ag、As、Sb、Tl 等, 找稀有金属矿时可利用 Li、Be、Rb、Sr、F、Ba 等, 找锡矿时可利用 Sn、Li、Be、F、Zn 等。特别是当主成矿元素不易迁移或其在植物中含量太低而不易准确测定时, 正确地利用其他指示元素, 将会更好地发挥植物地球化学测量的作用。

2. 植物地球化学测量找金的特点

对金矿区植物的试验研究表明, 所有的植物或植物器官对金矿都有明显的反应, 虽然植物对金元素的障效应同样存在。根据选择有效指示植物 KK 值和 CM 值的标准, 选出金的有效指示植物(表 1)。其中槲栎和马桑的枝是最理想的采样介质, 其中的 Au 不仅具有较高的强度和衬度, 而且对多种元素都有指示作用。在矿体上方槲栎树枝灰分中 Au 最高含量为 1679×10^{-9} ; 马桑树枝中为 720×10^{-9} ; 而铺地栒子只有 75×10^{-9} 。Ag 在槲栎树叶中的含量比树枝中高几倍至 10 倍以上。

表 1 金矿床指示元素的有效指示植物

植物名称	植物器官	测定的元素								
		Au	Ag	As	Sb	Bi	Hg	Cu	Pb	Zn
榉栎	枝叶	O	O	O	O			O	O	O
板栗	枝叶	O	O		O					
马桑	枝	O	O		O	O	O	O	O	O
牛奶子	枝叶	O	O							
粉背黄栌	枝	O	O		O					
华山松	枝	O		O	O					
绣球绣线菊	枝叶	O				O				
美丽胡枝子	枝	O								
东北角蕨	茎+叶		O						O	
铺地栒子	枝+叶					O				

注：“O”为有效指示植物。

植物中的金异常所提供的矿化信息比较清晰和可靠。植物灰分中正常 Au 含量范围为 $(5\sim 100)\times 10^{-9}$ 。在金矿床附近,植物中 Au 含量超过正常标准 1 倍以上(R.W.博伊尔, 1979)。与土壤中金异常相比较,植物异常一般位于矿体上方、异常清晰且连续性好、位移小,并可避免土壤测量中的“块金效应”。因而植物地球化学找金往往可取得令人满意的效果。在数个金矿区进行的植物地球化学测量均取得显著成效。在小秦岭某已知金矿区,植物地球化学测量的最大探测深度超过 100m。由此可见,该方法对金矿具有较好的适应性。

金洞子金矿区植物地球化学测量效果

矿床位于陕西勉略宁三角地带北缘,何家岩倒转背斜轴部。区内出露太古宙鱼洞子群,主要为黑云母变粒岩和浅粒岩。金矿床属蚀变岩型,矿体受断裂构造带控制,主要断裂构造呈北西—南东向,与区域略—襄大断裂走向一致,呈张扭性,与金矿体关系密切。主要围岩蚀变有绿泥石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化。植被茂密,土壤层厚 0.3~1.5m。

选择 50 号、52 号、46 号 3 条剖面进行植物地球化学测量。其中 50 号剖面通过已

知的①号、②号和④号矿体(图 1)。采样介质以马桑树枝为主,部分样品为牛奶子和榉栎的树枝,每个采样点同时采集土壤样品。将分析结果以异常下限进行归一化处理后,植物中 Au 与 Pb、Sb、Zn、Cu 具较好的相关关系,Ag、As、Bi 对 Au 有一定的指示作用,As 异常往往出现在断裂构造附近。在所做的 3 条部面上均有植物 Au 异常显示(图 1 及图 2A、B),植物测量的综合异常特征见表 2。

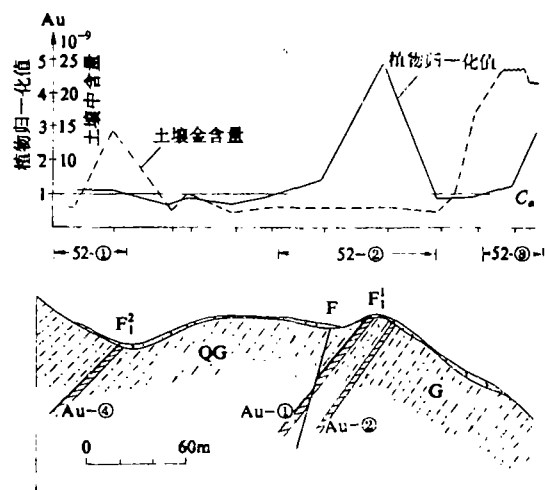


图 1 50 号剖面植物与土壤测量 Au 对比

G—黑云母变粒岩; QG—浅色变粒岩; Au—①—金矿体及编号; 50—①—植物测量 Au 异常编号

由图、表可以看出,JD52—③的异常衬度值极高,并具有明显的多元素组合异

常,且处于已知矿体的延伸部位,是找矿最有利的异常;其次是为 JD46—①、JD52—①、JD52—②、JD50—③、异常衬度中等,具指示元素的组合异常,除 JD50—③情况不明外,均处于构造有利部位,尤其 JD46—①和 JD52—①可能是由 Au—④号

矿体的延伸部分引起;JD50—③在植物和土壤中均有清晰的异常,且和已知矿体相距较远,由坡积物引起的可能性较小,故有一定的找矿意义,但需做进一步地质工作才能肯定。JD46—②和 JD46—③属弱异常,JD46—②类似 JD50—①,有清楚的 Ag、

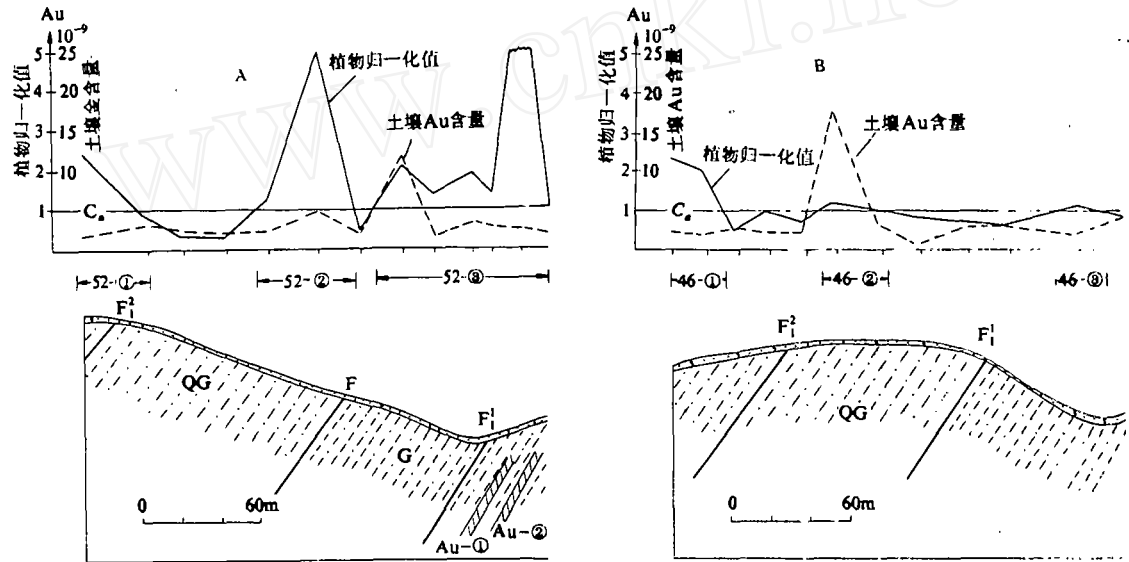


图 2 52 号剖面(A)和 46 号剖面(B)植物及土壤测量 Au 对比
(图例同图 1)

表 2 金洞子金矿床植物剖面金异常特征

金异常编号	Au 最大值 (归一化)	元素组合异常	控矿断裂	异常解释 (矿化情况)
JD50—① (③号矿体)	1.10	Au、Cu、Pb、As、Sb、Bi	F_1^2	已知金品位 1.77×10^{-6}
JD50—② (①、②号矿体)	4.97	Ag、Pb、Zn、Sb、Bi	F_1^1	已知金品位 8.91×10^{-6}
JD50—③	2.96	Cu、Pb、As、Sb、Bi		具一定找矿意义
JD46—①	2.61	Ag、Cu、Pb、Zn、As	F_1^2	④号矿体的延伸
JD46—②	1.19	Ag、Pb、Sb	平行 F_1^2 的次级断裂	推测存在金矿化
JD46—③	1.13			不具找矿意义
JD52—①	2.50	Cu、Pb、As、Sb、Bi	F_1^2	④号矿体的延伸
JD52—②	5.00	Ag、Cu、Bi		推测有金矿(化)体存在
JD52—③	16.00	Cu、Pb、Zn、As、Bi	F_1^1 或次级断裂	推测有隐伏富矿体存在

Pb、Sb 组合异常,推测可能有金矿化;JD46—③无相关指示元素的异常,不具明显的找矿意义。结合矿区勘探情况(图 3),植物金异常和矿体位置吻合很好,且在一定程

度上可以反映矿化的强弱(表 3)。相应的土壤测量结果, Au 背景值为 2.87×10^{-9} , 均方差 1.00×10^{-9} , 确定异常下限为 5.00×10^{-9} , 和植物测量结果相比,土壤测量的效

表 3 已知金矿体形态特征及 Au 品位一览表

矿体编号	矿体形态	长(m)	宽(m)	Au 品位 $\times 10^{-6}$	植物异常
Au-1	条状	125	1.6	6.92	JD50—(2)
Au—(2)—1	板状	地表 30	1.0	1.73	JD50—(2)
		浅坑 80	4.3	11.89	
Au—2—2	长条带状	60	2.5	5.62	JD50—(2)
Au—3	透镜状	30	1.0	1.20	
Au—4	透镜状	30	1.1	1.77	JD50—(1)
Au—5	长条状	160	1.8	2.50	JD46—(2)

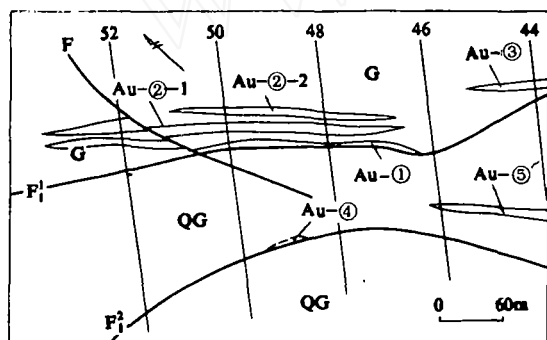


图 3 金洞子金矿床 1210m 水平切面图

(据西北有色 711 队,图例同图 1)

果不够理想。由此可以看出,植物中的元素含量与土壤中元素含量并非强相关,因为植物主要是吸收能溶于壤中水的元素,它反映地下离子态元素的分布状况,与土壤所反映的矿化信息有所不同。

植物地球化学测量方法,在外来运积物和厚层风化物覆盖区找矿有着巨大的潜在优

势,随着干扰因素的逐步克服,测试手段的不断提高和完善,该方法必将得到广泛应用。

参考文献

- [1] 刘英俊等,《勘查地球化学》,科学出版社,1987年。
- [2] 阮天健、朱有光,《地球化学找矿》,地质出版社,1985年。
- [3] 胡西顺等,稀有金属材料与工程(陕西有色金属专刊),1990年。
- [4] 波利卡尔波奇金, B.B.(吴传壁等译),《次生分散晕和分散流》,地质出版社,1981年。
- [5] 康纳, J.J.等(王景华等译),《美国大陆某些岩石、土壤、植物及蔬菜的地球化学背景值》,科学出版社,1980年。
- [6] 博伊尔, R.W.(马万钧等译),《金的地球化学及金矿床》,地质出版社,1984年。
- [7] Warren, H.V.等(史长义译),国外地质勘探技术,1987,第9期。

Geochemical Vegetation Survey in Jindongzi Gold Mine

Hu Xishun, Liu Jincheng, Wang Zhenyang, Wang Po

A brief account on the principle and working method of geochemical vegetation survey is given in this paper. The sphere of application of this method for different elements is also expounded. Test survey by this method in the Jindongzi Gold mine shows that good results can be achieved in an area even covered by a thick weathered laver.