

植物地球化学测量找矿应用综述

Review on Biogeochemical Exploration for Ore Prospecting

胡西顺

(西北有色地质研究院, 陕西 西安 710054)

Hu Xishun

(Northwest Nonferrous Geological Research Institute, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

摘 要 植物地球化学测量是一种具有穿透能力的地球化学勘查方法, 在多种景观条件下的厚风化覆盖区及外来运积物覆盖区寻找隐伏矿中具有良好的效果。它对于寻找绝大多数元素的矿产都是可行的, 其中异常显著、适用性较好的是与 Ra, Mo, Au, Bi, Cd, W, Sb, As, Rb, Pb, Ag, Be, Ni, Pt, Pd 等元素有关的矿产。该方法已取得的找矿成效表明其在实际工作中具有巨大的潜力和显著的优越性。

关键词 植物地球化学测量 隐伏矿 适用矿产 应用效果

植物地球化学测量是世界上最早开展研究的化探方法之一, 但由于其所受影响因素较多, 采样比较复杂、难以掌握, 致使人们对其可靠性尚存疑虑。本文对该方法的发展现状、找矿特点、适用矿产和应用效果进行概要综述。

1 发展概况

植物地球化学测量始于 20 世纪 30 年代, 前苏联的索契瓦诺夫(1935)、马柳加(1937)、特卡利奇(1938)和瑞典的 Brundin (1939)、Vogt (1939) 等进行了开创性的工作。1938 年特卡利奇首先通过分析植物中的 Fe 含量圈定了西伯利亚一个毒砂矿床的轮廓。Brundin (1939) 在瑞典的钒矿床及英格兰康沃尔钨矿床勘查中试验了这种方法, 并在康沃尔发现了一条新的矿脉。在加拿大, Lundberg 在巴肯斯应用了植物采样法, 并于 1940 年报道了这种方法能够圈定 30~40 英尺覆盖层下的矿化范围。1945 年, Warren 在不列颠哥伦比亚大学开展的植物地球化学工作表明, 一些树木及小植物中的 Cu, Zn 含量在某种程度上可以反映土壤层之下该元素的存在。在其后的数十年中, Warren 及其同事在植物地球化学找矿特别是金矿的植物地球化学找矿方面做了大量卓有成效的工作。从 1948 年以来, 植物地球化学方法在前苏联、加拿大、英国、澳大利亚、斯堪的那维亚半岛、美国和新西兰等国家和地区逐渐得到发展。其中以前苏联科瓦列夫斯基所做的系统研究和加拿大 Dunn 等人的工作最为突出, 这些研究结果已在地质找矿中取得了显著的效果。

在我国, 植物地球化学测量研究工作起步较晚, 但已开展了较多的试验研究工作。戴兴根(1980)利用櫟木进行了铀矿的植物地球化学试验; 刘英俊等(1985)在阳储岭钼矿区开展了钼的植物地球化学研究; 高平、孔令韶等(1983~1985)在我国北方干旱景观区内蒙古、甘肃、山西等地的铅锌矿、铜矿、金矿矿区进行了植物地球化学试验研究; 胡西顺等(1992; 1993; 2002)在陕西秦岭地区进行了金矿、铜矿、铅锌矿的植物地球化学测量; 季峻峰等(1992)在湖南进行了金矿的植物地球化学研究; 权恒等(1998)在大兴安岭森林覆盖区开展了植物地球化学测量试验; 沈远超等(1999)在新疆西准噶尔地区、谭秋明等

(1999) 在湖北南部开展了植物地球化学找金试验；陈代演等 (2000) 在黔西南开展了植物找矿法寻找铀矿床的研究；宋慈安等 (2001) 在甘肃进行了铜的植物地球化学研究。不难看出，植物地球化学测量在我国已受到了一定的重视。然而，由于植物地球化学测量效果受许多因素影响，且在开展测量工作之前必须确定区内广泛分布且对所寻找矿体有指示作用的采样介质，致使大量工作尚处于试验研究阶段，还没有使该方法在找矿工作中发挥应有的作用。

2 方法特点

植物地球化学测量的特殊之处在于以活的植物体或植物器官作为采样介质，植物体中的元素是通过植物根系吸收的，且吸收元素以离子态或气态形式被吸收。植物根系具有一定的深度和范围，且与矿化有关的元素往往在矿体上方形成上升迁移盐晕易于到达植物根系范围，使植物对元素的吸收与矿化元素盐晕处于动态平衡系统。因而，植物地球化学方法具有本身特有的优点：具有较大的探测深度；在外来运积物覆盖区等查明原生晕和次生晕有困难的地方比较有效；采样效率高、成本低，定位准确，原则上一年四季均可进行；可适应于植被发育的各种条件地区；异常多位于矿体正上方。

早在 1951 年 Webb 曾报道，在三洲铅锌省，生长在埋深达 100 m 的盲矿体上面的橡树枝中，Zn 含量比背景值增高了 60%。格拉博夫斯卡娅 (1965) 的研究表明，在温暖潮湿的气候条件下，上部存在厚度达 20m 的冲积石英砂盖层的基岩中的铍矿化，可根据植物中的 Be 异常浓度来圈定。在加拿大萨斯喀彻温地区，厚 150 m 的砂岩以下的铀矿化可以用黑云杉细枝中的 U 异常圈定出来 (Dunn, 1981)，在哈萨克斯坦和乌兹别克斯坦，植物地球化学测量的探测深度约为 50~150 m (Ковлевский, 1984)。在我国山西辛庄金矿区，在位于 10 m 厚黄土层之下的金矿脉上方，堇花中显示的 Au, As, Sb, Bi, Cu, Hg 的强异常含量，清晰地反映了金矿脉的位置 (高平, 1990)。在内蒙古脑木洪铜矿区，绵刺植物中的 Cu 异常，不仅包括了地表矿化露头区，而且反映了埋藏 20~500 m 深的盲矿体。

大量的研究工作表明，植物地球化学测量适用于干旱荒漠地区，风成沙漠、黄土地区，多年冻土地区，沼泽地区，湿热地区等各种景观条件，特别是在外来运积物覆盖地区、化学元素被强烈风化淋滤地区、粗块物质分布区以及潮湿的沼泽和泥炭区找隐伏矿有着显著的效果。

植物根系下扎的深度远深于地表土样的深度，能达到深部取样的效果，反映地下矿化或基岩的性质，其采样效率比采集土样的效率高得多。根据 Dunn 等 (1991) 介绍，每个点采植物样的时间约 6 min，而采 1 m 深的土样需要 15 min，2 m 深要 20 min。且植物样品较轻，加工效率高，分析结果稳定且可避免“块金”效应。植物地球化学测量在识别矿化方面具较高的可信度，尤其对寻找隐伏矿具有显著的优势。因此，该方法在找矿勘查中具有广阔的发展前景。

3 适用矿产

目前，应用植物地球化学测量发现的矿床或矿体有钼矿、铜矿、铅锌矿、铀矿、铬铁矿、铁矿、金矿、铅银矿、铂族矿、锑矿等，研究较多的矿产还有钨矿、锡矿、钒矿、铍矿、镍矿、钴矿、汞矿、锰矿、重晶石矿等。除以上矿床的主成矿元素外，对矿床指示元素 As, Sb, Bi, Tl, Cd, Se, Te, Ga 等也进行了较多的研究。通过测试植物体元素含量的植物地球化学测量已扩展到石油、天然气和金伯利岩的勘查中。

在进行植物地球化学测量时，首先必须选择能反映矿化特征的指示元素和这些元素的有效指示植物。为了避免使用无信息的植物体，科瓦列夫斯基提出了无障生物地球化学勘探理论，并制定了划分生物体屏障类型的具体标准。笔者 (胡西顺, 1995) 也提出了判定有效指示植物的具体标准。但是，植物地球化学测量适用于哪些矿产或元素，则是应当解决的一个重要问题。

科瓦列夫斯基(1974)把植物或植物器官划分为4种生理吸收类型:①无极限型(无屏障):植物体中指示元素的含量与供给该植物的生长层中该元素含量成正比直线关系,植物体中指示元素的最高含量超过背景含量的300倍。这种植物体能够提供矿体的定量信息;②高极限型(实际上无屏障):植物体内指示元素含量为背景含量的30~300倍。该类型植物或植物器官可提供近似定量的普查信息;③中极限型(十倍于背景屏障):植物体内指示元素最高含量为背景含量的3~30倍。该类型植物体或植物器官仅能提供定性的普查信息;④低极限型(背景屏障):植物体内元素最高含量接近于背景含量。该类型植物体或植物器官不能提供地下矿化的任何信息。

按照上述标准,综合分析前人研究资料,笔者将植物地球化学测量中的指示元素分为4类:第I类:无极限型和高极限型植物体之和占30%以上的元素,包括有Ra, Mo, Au, W, Cd, Sr, Bi, Sb, Ni, Rb, As, Y等;第II类:存在无极限型植物体,无极限型和高极限型植物体之和小于30%的元素,包括有Pb, Ag, Li, Be, Hg, Sn, Tl, V, Ti, Yb, Te, Pt, Pd等;第III类:不存在无极限型植物体,但存在相对较多的高极限型植物体(所占比例超过10%)、低极限型(背景屏障)植物体所占比例小于50%的元素,包括Zn, B, Cs, Cr, Ga, La, Th等;第IV类:不存在无极限型植物体,高极限型植物体所占比例小于10%或背景屏障植物体多于50%的元素,包括Cu, Co, Fe, U, F, Mn, Cl, Br, I, Nb, Ta, Zr, Hf, Ir, Al, Se, Ge等。

在这4类元素中,第I类元素有较多的有效指示植物可供选用,因而是植物地球化学测量中最易利用的元素。在寻找这些元素的矿产时,植物地球化学测量既可用于普查阶段也可用于详查阶段。第II类元素同样存在无极限型植物体,也是植物地球化学测量中容易利用的元素,该类元素矿产的植物地球化学测量也在普查阶段和详查阶段均可使用。第III类元素虽然不存在无极限型植物体,但由于存在一定数量的高极限型植物体,因此它们在植物地球化学普查中仍能较好的应用。第IV类元素是植物地球化学屏障效应最强的元素,其背景屏障植物体多达50%以上,高极限型植物体所占比例不足10%,故在选择有效指示植物时困难较大,是植物地球化学测量中较难利用的元素。然而,即使是第IV类元素的矿产,只要选出了有效指示植物,使用植物地球化学测量仍能取得令人满意的找矿效果,例如Cannon(1960)在美国科罗拉多高原利用松树、桧树、紫云英等植物中的U含量成功地发现了拉文图拉、格兰茨、耶洛卡特等铀矿床;前苏联利用桦树叶中的Fe、Cu含量分别在东西伯利亚和高加索发现了铁矿床和铜矿床;在加拿大萨斯喀彻温省北部,Dunn等(1981)以黑云杉条为采样介质发现了一个特大(面积10000 km²)的U生物地球化学异常,探测深度达150 m。显然,对于高极限型植物体只有3%、中极限型植物体占4%、背景屏障型植物体占93%的U元素,其用于植物地球化学测量仍能取得成效。即使是对于背景屏障型植物体占94%,仅有6%中极限型植物体的Mn元素,其用于植物地球化学测量仍是可行的。可见植物地球化学测量几乎适用于所有的微量元素或有关矿产。

最适用于植物地球化学测量的矿产指示元素是第I类元素和第II类元素,即Ra, Mo, Au, W, Bi, Cd, Sb, As, Rb, Pb, Ag, Be, Ni, Pt, Pd等元素。在进行植物地球化学测量时,只在选择既能反映基底矿化又适用于植物地球化学测量的指示元素,才能提高该方法的找矿效果,特别是在寻找第IV类元素的矿产时,正确地利用其它指示元素,将会更好地发挥植物地球化学测量的作用。

4 找矿效果

由于植物地球化学测量工作大多处于试验研究阶段,且该方法往往是和其它化探方法相配合进行的,因此要准确评价植物地球化学方法的效果比较困难。即使如此,植物地球化学测量所取得的找矿成就还是十分引人注目的。在澳大利亚塔斯玛尼亚矿山部在里绍谷地区开展了植物金含量测量,测量结果显示了3个Au异常,其中一个异常经加密在冲积物中圈出了一条长100 m、宽15 m的含金矿脉,冲积物被2 m厚

的土壤和茂密的植物覆盖着。在加拿大南不列颠哥伦比亚地区的海兰谷地区, Warren 等(1984)通过植物地球化学测量成功地圈出了 20 个 Au 异常、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。在加拿大北部萨斯喀彻温山区森林地带所进行的植物地球化学测量,显示了几个异常带,经钻探验证,沿已知石英脉型金矿的走向打到了金矿化,现已发展为金矿床(Dunn, 1992)。在使用植物地球化学测量所发现的矿床中,有不少达到中型或大型规模,例如加拿大的恩达科斑岩型钼矿床是世界上著名的大型钼矿床之一,美国耶洛卡特铀矿床为中型铀矿床。前苏联的科瓦列夫斯基分析了 30 万件样品,于 1978—1982 年发现了 4 个工业矿床,包括南布利亚特地区哈马尔达帮山的呼拉木夏大型铅银矿和阿龙科铂族元素矿床,这些矿床均为地表疏松层覆盖,常规化探方法难以发现,以前的地质工作已否定。针对这样的找矿效果,科瓦列夫斯基认为“即使在土壤化探的效果达到顶峰时,植物化探的效果也可与其相媲美”。

可以肯定地说,植物地球化学测量是一种十分有效的找矿方法。特别是在以寻找埋藏矿、隐伏矿为主的今天,对植物地球化学测量更应引起足够的重视。正如布鲁克斯(1990)所说,勘探者所发现的矿床数目与勘探过程中所作的努力及投入的资金有关。如果投入更多的时间和资金,那么植物地球化学测量肯定会取得更为显著的找矿效果。

5 结 论

(1) 植物地球化学测量是一种寻找隐伏矿的有效方法,在我国具有广阔的发展前景;

(2) 植物地球化学测量具有广泛的适应性,但最有效的是在外来运积物覆盖区、粗块物质分布区、强风化淋滤地区以及潮湿的沼泽泥炭地区等常规化探方法无法开展的地区;最适用的矿产是与 Ra, Mo, Au, Bi, Cd, W, Sb, As, Rb, Pb, Ag, Be, Ni, Pt, Pd 等元素有关的矿产;

(3) 我国的植物地球化学测量工作多处于试验研究阶段,需投入更多的人力和资金,把该方法推广到找矿实践中,使其发挥应有的作用。

参 考 文 献

布鲁克斯, R. R 著, 1990. 生物探矿法. 北京: 冶金工业出版社. 115~294.

Dunn C E. 1992, 加拿大金的生物地球化学普查测量. 物探化探译丛, (3): 41~49.

高平, 孔令韶. 1990. 干旱、半干旱景观区几个金属矿区植物群落特征和植物地球化学找矿方法的探索. 地质矿产部地球物理地球化学勘查研究所所刊, 4: 51~89.

胡西顺. 1992. 植物地球化学测量在寻找隐伏矿中的作用. 黑龙江有色金属地质, 3 (2): 10~15.

胡西顺, 刘金成, 汪振洋, 等. 1992. 陕西小秦岭地区金矿植物地球化学勘查的初步研究. 黄金科技动态, 5 (8): 31~32.

胡西顺. 1992. 植物地球化学测量影响因素分析. 地质与勘探, 28 (9): 48~52.

胡西顺, 刘金成, 汪振洋, 等. 1993. 植物地球化学测量及其在金洞子金矿区的应用效果. 地质与勘探, 29 (1): 41~46.

胡西顺. 1995. 关于植物地球化学测量中有效指示植物判定标准的讨论. 国外地质勘探技术, 17 (4): 14~22.

胡西顺. 2002. 陕西勉略北部森林区金矿的植物地球化学勘查. 黄金科学技术, 10 (2): 23~28.

宋慈安, 雷良奇, 杨启军, 等. 2001. 甘肃北山金铜矿床红沙的植物地球化学特征及找矿意义. 地质与勘探, 37 (3): 45~49.

任天祥, 李立, 张华, 等. 1993. 俄罗斯的勘查生物地球化学——赴俄罗斯考察见闻. 国外地质勘探技术, 15 (2): 24~28, 31.

Ковлевский А Л. 1984. Биогеохимические Поиски Рудных Месторождений. Москва: Нелра.