

地下矿藏的

“侦察兵”

——指示植物

撰文 马志飞

有一类植物很特别，它们的生长与某种矿产资源的分布有密切的关系。或是在一个矿区数量很多而且生长得特别好，而在其他地质环境下很少见或不存在；或是在通常条件下可以普遍生

长，但在特定的风化岩石及土壤中却发育畸形。这些植物所表现出来的特殊形态与众不同，往往能给找矿工作者“指点迷津”，就像是地下矿藏的“侦察兵”。在学术上，这些植物也被称为矿物指示植物。

方法正式发现的第一种矿物指示植物。



铜草



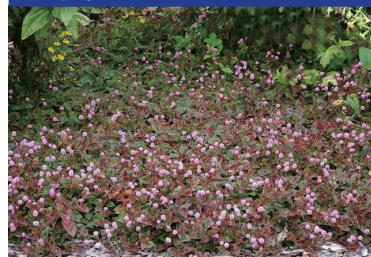
女娄菜

从铜草说起

鲁班因被茅草划破手指从而发明了锯，这个故事老少皆知。它也启发我们，只要深入大自然并善于观察和思考，就能在司空见惯的平凡现象中发现重大的秘密。几千年过去了，一个现代版“鲁班发明锯”的故事再次上演。1951年秋，我国学者谢学锦和徐邦梁到安徽安庆月山采集土壤和岩石试样，一个奇特的现象引起了他的注意：在铜矿区内，有一种植物生长得特别茂盛，极其惹人注目。后来，他们对这种植物进行分析，发现其含铜量非同寻常。经鉴定后，认为这是一种“喜铜”植物，故一般称之为“铜草”。这是我国学者用科学



蝇子草



头花蓼



鸭趾草



加利福尼亚罂粟

事实上,这种“铜草”的学名叫海州香薷。有句谚语这样描述铜草:“牙刷草,开紫花,哪里有铜,哪里就有它。”这种植物可以在含铜量高达4000~5000ppm以至于许多植物无法生存的土壤中顽强成长,且异常繁茂,所以,它们就在我国长江中下游及西南各省的铜矿化地区广泛分布。据测定,它们根中的铜含量最高,灰分中的含铜量可达千分之三,茎叶次之,花中最低。

需要指出的是,并非只有海州香薷可以指示铜矿的存在。迄今为止,世界上已经发现了三十

多种铜的指示植物。在我国,除了海州香薷之外,还有四川铜矿地区的头花蓼、铜钱白株树,江苏南京附近铜矿地区的鸭趾草、蝇子草,以及山东铜矿地区的女娄菜、宽叶香薷等。不过,不同的植物对矿产的指示能力也有所差别。有些植物的生长习性主要受土壤中某种元素含量的控制,因此,它们一般只生长在矿化地区某种元素含量高的土壤内,而在其他条件下很少见或不生长,这样的植物被称为通用指示植物,如上述的海州香薷。还有一些指示植物在某些局部地区有指示矿





化的作用，而在其他广大地区却不能，这是因为它们的生活习性不仅和土壤中某种元素的含量有关，而且还会受许多其他外界因素的影响，这样的植物叫做局部指示植物。美国亚利桑那州圣曼纽地区有一种加利福尼亚罂粟，它在加利福尼亚只生长在铜矿化地段，可是到了气候不同的外地，它就会随意生长，失去了指示植物的意义。

用植物找矿

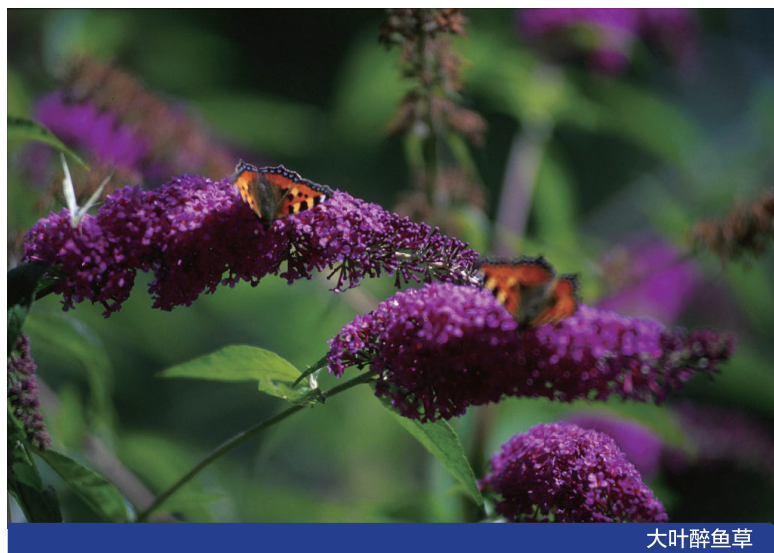
在我国古代，就已经有人注意到植物与矿产资源的密切联系。古人留下的文献中有“草茎赤秀，下有铅”、“草茎黄锈，下有铜器”、“山上有葱，其下有银；山上有薤、其下有金；山上有姜，下有铜锡”、“山中有玉者，木旁枝下垂”等记载，算是植物找矿法的雏形，这比国外的植物找矿理论早了几百年的时间。

但是，真正的科学研究并将

其付诸于实践是始于20世纪30年代，最早的当属苏联科学家特卡利奇(1938)，此后在加拿大、英国、澳大利亚、斯堪的纳维亚半岛、美国和新西兰等国家和地区逐渐得到发展。20世纪50年代中期，美国地质学家利用桉树作指示植物，在科罗拉多高原上找到过5个铀矿。我国的谢学锦(1951)用海州香薷在长江中下游一带找铜矿以及周德忠、陈代演等(1963)用大叶醉鱼草在贵州和广西找汞矿都算是植物找矿法的开拓性进展。

如果按照工作的方法不同，可以将植物找矿法细分为两种：地植物法和植物灰分法。

地植物法就是观察和分析某些植物因矿床周围元素浓度的影响而引起的形态变异与生态变异，一般以肉眼观察为主。这种方法只需在试验工作中采取少量样品即可，不过，却需要较大面积的植物种属和植物群落，它是一



大叶醉鱼草



紫云英

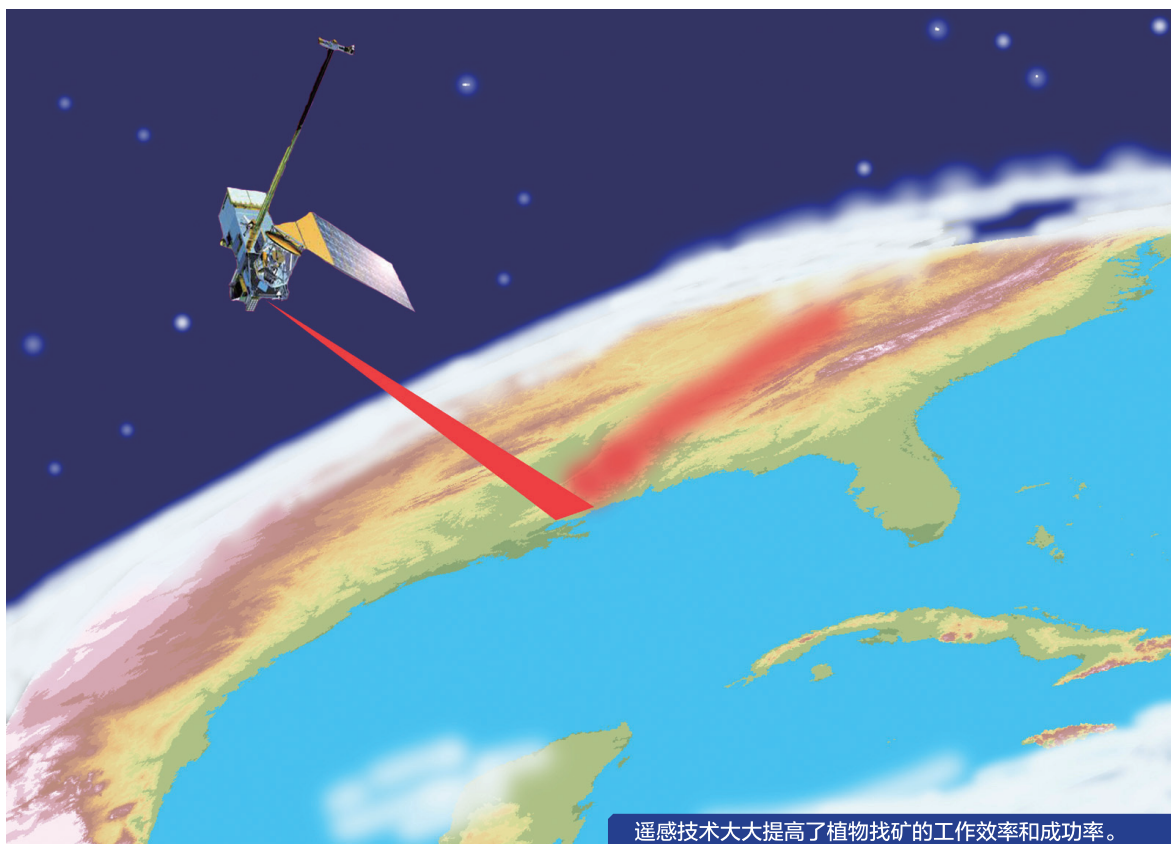
三色堇



种宏观的鉴别方法。最容易引人瞩目的就是，金属矿的存在能给植物染上特殊的颜色。例如，铜元素进入植物体内能使植物的花朵呈现蓝色；含锰高可以使植物的花朵呈现红色，比如扁桃花颜色由白色变粉红色；铀可使紫云英的花朵变为浅红色；锌可以使三色堇花朵的蓝、黄、白三色变得更加鲜艳。这样，我们根据植物花的颜色变化就可以找到相应的矿藏。

不过，地植物找矿法并没有被普遍应用起来。想想看，要利用这种方法发现异常并找到矿产，不仅需要地质学的专业知识，还需要掌握丰富的植物学知识和经验，这确实是一件不大容易的

事情。再想，当你身处广阔的山野之间，漫山遍野植被丛生，凭借肉眼如何能发现微弱的异常呢？可喜的是，随着科技的不断进步，人类总会慢慢克服所面临的困难，比如发展起来的遥感技术，就大大提高了找矿的效率。从20世纪60年代开始，国内外的一些学者就已经开始将地植物学与植物波谱、遥感技术结合起来，开展了以找矿应用为目的遥感技术研究工作。由于这种方法是利用航空或卫星从空中来探测地面物体的性质，具有调查面积大、速度快、成本低、不受地面条件限制等优点。对于植物而言，不同的植物种类和长势对波谱的响应不同，也就会在遥感图像上产



遥感技术大大提高了植物找矿的工作效率和成功率。



生色彩的变化,根据不同的色彩即可识别出不同的植物,并可对植物生长发育状况做出判断。植物的光谱性质决定于植物叶子的色素成分、细胞结构和水含量等特征。植物体对重金属元素的富集,会干扰植物体本身对基本营养物的吸收和利用,影响其正常发育,使植物的色素含量、细胞结构和水含量等出现异常,进而导致植物群落的变化。当遥感图像的分辨率能够区分这些异常的时候,便可以重点研究这片异常区的土地,寻找矿产资源是否存在。

一旦圈定了“异常区”,接下来就可以采用其他方法开展进一步的工作了,常用的就是植物灰分法。这种方法就是采集植物的样本,分析其根、茎、叶等灰分里面的物质成分和化学性质,然后对比“非异常区”的植物样本,从而确定植物生长区的矿物质含量是否异常。例如,我国学者马跃良等在黑龙江乌拉嘎地区成功地应用了生物地球化学遥感技术确定了该地区金的重要指示植物——柞树,此后对植物灰分进行分析后发现,柞树叶灰分中金的平均品位是地壳丰度值的3~5倍!

值得注意的是,不仅不同植物对矿物的指示能力有大有小,甚至同一植物的不同部位也有很大区别。一般来说,大约20~50克干重的植物只可以获得1克灰分,所以要提高试验的精度,我们必须合理、科学地采集样本。

除此之外,采集植物样本还要注意时间问题,由于植物在春夏季时一直生长,元素的含量很不稳定,所以通常在秋冬季节采集样本为宜。

谁让其指示

谈了这么多矿物指示植物之后,想必大家也基本上明白了为什么植物能指示矿藏,尽管原因有很多,但总体说来最重要的只有两条。

第一,对有益元素的主动吸收。地下的金属矿体经地下水的溶解、冲蚀及搬运作用后,常使表层的土壤中也富含此类金属元素。在漫长的地质年代里,这些元素风化成了能被植物吸收利用的离子状态。有些植物在生长发育中对某种矿物元素具有特殊的依赖性,首先表现为在蕴藏这种矿物的矿区,这种植物数量众多;其次它们会将大量吸收的矿物质富集于植物的根、茎、叶和果实内。长期积累某种矿物质,植物就会在其生长情况上反映出来。如果我们分析它们体内矿物元素的含量,就会发现有些异常物质含量为明显高值。例如,美国科学家根据桉树长势繁茂的特点找到铀矿,后来又靠一种粉红色紫云英的“提示”,发现了铀矿和硒矿。

第二,对有害元素的被动吸收。每种植物对土壤中的矿物元素都有一定的忍受极限,少了不行,多了也会出问题。很多不利于植物生长的物质进入植物体内,

先积累于根部,超过了根部的积累限度时再进入内循环并积累于多个部位。有害元素积累的后果就是植物的畸形巨大症、矮小症、失绿症、果实变异、花的颜色改变等。譬如,在盐类和石膏矿床上,植物一般比较矮小;硫化物矿区内因地下水酸度过大,植物易枯萎;磷矿区内的植物往往生长得特别茂盛;青蒿生长在一般土壤中时,植株高大,而生长在富含硼的土壤中时,就会变得又矮又小;当猪毛草生长在富含硼矿的土壤中时,枝叶会变得扭曲而膨大;有的植物种子受到放射性物质照射,可以造成植株异常高大粗壮、细胞核染色体增加。

当然,造成植物异常表现的因素非常多,包括气候、水文、土壤、地形、地貌等,这也就决定了单纯依靠植物的导向作用并不一定能取得很好的效果,但是,这些默默无闻的向导一直在悄无声息地向我们诉说着丰富的信息。正确的方法应该是,重视指示植物在找矿工作的前期作用,结合多种找矿方法,发挥各种找矿方法的优势,去伪存真,才能在错综复杂的自然环境中获得正确的线索。■

作者简介

马志飞,工程师,从事地质与地球物理的勘探工作。

(责编 桑新华)



指示植物一览

撰文 马志飞

经过地质学家多年的努力，现今研究已经比较成熟的、能够在找矿活动中发挥重要作用的指示植物主要有以下几类。

在我国东北大兴安岭北部森林覆盖区内，普遍分布着一种白桦树。白桦树的树皮（包括内、外皮）可以较好地反映金、银、铅、锌矿体的特征；而且在夏季6~8月份其非常好扒，易于取样，因此，用白桦作为植物找矿研究的对象具有可操作性和可推广性。在我国和朝鲜接壤地区，还有一种铁桦树，这种树的木质很硬，是世界上最硬的木材之一。人们把铁桦树木材用作金属的代用品，苏联就曾经用铁桦树制造滚球、轴承，并用在了快艇上。铁桦树的木质之所以如此坚硬，是由于

吸入了大量硅元素的缘故。根据铁桦树的生长特点和区域，就有可能找到硅矿。

红砂是一种在我国干旱荒漠区分布最广的超旱生小灌木，具有良好的固沙功能，是保护干旱荒漠化土地的重要生物屏障。因其植株青绿时粗蛋白质和粗脂肪含量较高，所以它也是一种重要的饲用植物。我国甘肃北山地区戈壁荒漠区面积大，红砂是主要的植物群落。学者宋慈安等人研究发现，这种植物具有较强的吸收和积聚深部成矿元素的能力。利用红砂的这种特征能够判断是否有金或铜矿等，并能对隐伏金、铜矿床进行定位预测。

藤黄檀是一种木质藤本状的落叶攀援植物，有些地方称之为金合欢、子孙藤等，常生于山坡灌丛中或溪沟边。我国学者徐金鸿等对广东鼎湖山斑岩钼矿区进行研究时发现，在矿区中，藤黄檀的叶片出现了一种“黄斑病”，



藤黄檀

经测定发现，其叶片中的最高钼含量居然是对照区的35倍！在电子显微镜下还发现，矿体上部的藤黄檀叶的细胞结构发生明显变化，主要表现为核膜界限消失、核仁解体、叶绿体结构遭受破坏及细胞中有颗粒物存在等。根据这种异常现象，便可以寻找到隐伏在植被下的矿床。

苔藓植物是一类体形细小的绿色自养性陆生植物，通常只有几毫米到几厘米高。苔藓植物种



红砂



白桦



石竹

种类繁多，分布广泛，是仅次于被子植物的第二大陆生植物类群，常见于潮湿和阴暗环境下的岩石和枯枝落叶层中。我国学者黄文琥等对滇、黔、桂“金三角”区发现的储量最大的金矿床——烂泥沟金矿上的苔藓植物进行研究，初步判断细叶牛毛藓对金矿有指示作用，珠藓和长蒴藓可以作为寻找铜矿的指示植物。

野生中国石竹，又名洛阳花、洛阳石竹等，原产中国东北、华北、长江流域及东南亚地区。其分布区域很广，除华南较热地区外，中国各地几乎均有分布。



冬青树

1985年，在胶东三山岛金矿，石竹被首次发现与金矿在空间上的伴生关系。经过5年的调查研究，确定它就是胶东金矿直接指示植物。在7~8月开花期，由于红色石竹花易于识别，用于发现金矿点和异常点特别有效。

1934年，捷克斯洛伐克两位化学家对一片地里的玉米进行研究。他们将玉米烧成灰后在显微镜下观察，结果竟然在玉米灰里面意外地发现了黄金。经计算，每吨灰里大约有10克的黄金，可是当地每吨土壤的含金量却不超过0.02克。经过进一步研究发现，这是玉米在生长过程中吸收了土壤中分散的黄金，并在体内聚集而形成的结果。后来，人们在那里真的发现了一座金矿。

1810年，美国一位地质学家在马里兰州和宾夕法尼亚州的交界地带勘查时发现，那里的冬青树叶脉为绿色，但叶子的其他部分是黄色。这位地质学家猜测，这是不是地下某种矿物元素所导致的结果。他集中精力在叶子黄得厉害的地方进行勘查，果然找到了含量很丰富的铬铁矿。

由于影响植物生长异常的因素较复杂，给异常的发现和解释评价工作带来许多困难，因此可以选择多种与矿化有关的植物组合进行研究。我国学者邹振西等在对贵州省西南部的铀矿区进行研究时，通过对各类植物体内某成矿元素含量变化范围、平均含



玉米



南烛



蕨





榔榆

量水平等量化指标的测定, 确定了芒箕、南烛、榔榆、蜈蚣草、石松、醉鱼草、黄花草等植物组合为找寻铊矿的有效指示植物。

位于湖北黄石市西南20公里处有一个铜绿山古铜矿遗址, 照常理, 像这样富含重金属的尾矿、矿石开采区等地带的植被往往严重退化甚至寸草不生, 但这里历经几千年之后却依然长满了植被。据学者束文圣等研究后发现, 这里的植物分布与土壤中铜



针茅草是镍矿的指示植物。



常用的找矿方法

无论是煤炭、石油、天然气等化石燃料，还是金银铜铁锡等金属矿，都深埋于地下。若要开发，人们必须首先圈定矿产资源的分布位置。在长期的实践活动中，人们已经总结了十分丰富的找矿经验，并形成了独立、系统的学科体系。简单地说，人们找矿的方法可以分为4大类：人工遗迹找矿法、地质方法、地球物理方法以及地球化学方法。

人工遗迹找矿法：古人采矿技术水平较低，对矿石组分的利用也不充分。如果找矿工作者利用某些历史资料或历史遗迹（老矿坑、废石堆、矿渣、炉渣、特殊的地名等），再结合对成矿规律和地质条件的研究，可进一步深入寻找更深层、更大范围的矿产，发现有工业意义的新矿床。

地质找矿法：即根据地球表面的各种地形地貌特征来找矿，矿产的露头、特殊的矿物、特殊的地质构造等都会成为矿产赋存的直接或者间接线索。

地球物理找矿法：主要利用各种先进的仪器探测因矿产资源富集所表现出来的物理场，如密度、磁性、电阻率和放射性等。当某种特殊的矿产富集到一定的规模时，这些指标就会表现出明显的异常，然后根据仪器探测的结果反过来推测这些矿产的分布位置及储量等相关信息。地球物理找矿法种类繁多，通常情况下是多种方法综合使用，包括磁法、电法、地震法、重力法、

核地球物理法等。

地球化学找矿法：围绕矿体周围，成矿元素会出现局部含量增高的现象，并可能在地表的岩石、土壤、水体以及动植物体内表现出来。如此一来，就形成了岩石地球化学测量法、土壤地球化学测量法、水化学测量法、生物地球化学测量法等多种方法。将成矿元素作为指示元素而圈定的地球化学异常经常能够成为一种直接的找矿标志。

在地球化学找矿法中，生物地球化学测量法显得与众不同，因为这是将非生命的矿物质与有生命的动植物联系起来，不仅如此，甚至还出现了一门特殊的学科——生物冶金学。生物学和冶金学本来看似风马牛不相及，如今却巧妙地结合起来，并已经在稀有金属和贵金属生产中日益受到人们的重视。有报道说，以色列科学家发现了一种可以吸收金、银、铜、镉、锌、铬、铀等重金属的蕨类植物，他们将这类植物收集起来，并通过干燥、燃烧，居然可以将有用的金属物质从灰分中提取出来。通过植物找矿，很大程度上就是依靠生物冶金学这门学科，因为，即使你能够用肉眼观察到植物的生长异常，但也不能立即确定它就是矿物指示植物，只有通过大面积的观察、采集样本并经过精密的测量和数据分析，才能称之为科学的工作方法。



羽扇豆生长好的地方，也许土壤中有大量的锰。

的含量有一定的相关性，并形成了一批优势物种，这里的海州香薷、蝇子草、鸭跖草和头花蓼对铜矿都有一定的指示作用。在此基础上，他们还提出，这些植物可用于富铜土壤如矿业废弃地的生态环境治理。不仅如此，考古学家发现这种显著的植被特征之后，还认为：早在科技手段还十分落后的先秦时期，我国古人就已经发现了该铜矿，或许正是由于古代工匠们在长期的实践中认识到了某些植物嗜铜的特性，从而找到矿源进而发现铜矿的。■

(责编 桑新华)

更正

2011年第3期总257期《乌中渔夫的水上芭蕾》一文中，图片“鸬鹚的丰收日”的摄影作者应为张宜勇，图片“鸬鹚戏金鲤”的摄影作者应为楚贵元，特此更正并向读者和作者致歉。



在富含锌的地方，车前草生长特别旺盛。