

盲矿预测(二)

邓尔新

(成都理工学院, 成都 610059)

2 盲矿预测的技术方法及其综合运用

前文较全面地论述了盲矿的特点和预测它所需考虑及分析的种种因素, 因此在寻找盲矿所应采用的技术方法显然既与一般找矿技术方法有共同之处, 也有它特殊性的一面。盲矿同出露地面的矿产一样, 是一种特殊的地质体, 并同样有着自身的成矿规律。因而采用任何一种技术方法的先决条件乃是盲矿与周围地质体以及覆盖它们的介质的相互关系及它们的各种特征, 包括有关地质体和介质的物理、化学性质。前文所论述的预测盲矿的理论基础即是盲矿预测技术方法能有针对性和有效运用的先决条件。由于盲矿有被掩盖和隐藏较深的特点, 为寻找它们, 因而就必须运用穿透性能强的一些技术和方法。目前以遥感和地球物理(包括放射性)方法穿透地质介质和覆盖层的能力最强。它们所提供的信息能指示地下较深处各类地质体的物理差异, 因之应用较广。但若仅以地球物理的方法查明地质体的物性差异, 还是不能作为预测盲矿的决定性的依据。因为根据它们所获的信息常常有多解, 甚至有些与矿化根本无关。各类地质体相互干扰常使人们对某些所获物探异常信息作出错误的判断, 造成预测盲矿的困难。在这样的情况下就必须采取其它能查明物质成分特征的地球化学方法加以验证包括运用钻探、坑探

以揭露地下地质体、矿化体或盲矿。盲矿体的最终勘查仍然是以坑、钻揭露起决定性作用。下面简要地论述现代一些技术方法运用于勘查盲矿及其效果:

2.1 大、中比例尺立体地质和成矿规律图件的制作

这是预测盲矿所有的方法的基础, 在小比例尺制图和相应规模成矿规律研究的基础上, 在已缩小靶区的地域内, 根据实际情况采用不同中($1/10万-1/10万$)、大比例尺($1/5万-1/2.5万$)或更大比例尺地质测量, 进一步为立体地质图件的制作和成矿规律深入的研究以及预测盲矿作好准备并打下基础。为此, 应在地表和深部利用一切可能利用的地质、遥感、地球物理、地球化学甚至坑、钻探方法, 查明地表和深部的地质情况。首先应相应地制作地表详细地质图和系统的剖面图。这些剖面图因为是综合运用了上述各种方法, 甚至有少量深钻为基础, 因而就为制作相应比例尺立体图件创造了条件。与上述相应比例尺地质图配套的最为重要的图件就是矿产图和成矿规律图件。为作好这二种图件, 根据研究地区中, 内生矿产或外生矿产的特征, 分别作出一系列基础图件, 如岩性图; 岩浆岩(包括火山岩)地表和深部产出和分布特征的图件; 构造特征图件等等。在有条件、或在进行大比例尺制图地区, 还可更进一步, 更详尽地分别制作特定岩性的顶板构造等高线(等值线图); 各种有利于成矿的岩性组合

及岩浆、火山岩岩石建造综合图件;火成岩株、岩枝、岩筒、岩基等岩浆岩分布立体图;断裂裂隙分布和分区图;环状构造、线型构造、褶皱形态分布等构造平面或立体图件。在沉积岩分布地区还要根据岩性图结合古生物和其它沉积标志制作一系列岩相—古地图件。以上这些图件应可能配合遥感、卫星图片和航空照片以及物化探成果的解译、物化探异常、矿点分布、矿化信息以及工业矿床特征,制作矿化信息和矿产图。以上这些图件均为相应比例尺成矿规律及成矿预测图的制作打下基础。所有这些地面的平面图件、剖面图和专门地质(如岩性、岩浆—火山岩、构造等等)平面和立体图件的系统完成,将使地质工作者获得深部和亚深部立体地质情况和特征的精确而系统的资料和较完整地认识和了解。这样就能很好地编制立体成矿规律图件。在有矿区的地区,可尽量利用其密集的钻孔和坑探资料,以提供直接依据和对物化探异常的验证,并以此推广运用于坑、钻稀少的地下未知空白区。一旦高质量较精确的成矿规律立体图件制作出来之后,地质找矿工作者就能根据它们预测深部成矿条件和盲矿在深部的可能空间分布规律,进而作出较为准确的盲矿预测。

2.2 预测盲矿的遥感遥测及航空地质学的方法

众多实例业已证实用遥感及航空地质学的方法预测盲矿是极富成效的。在航片和卫星图上能解译各种不同类型的地层、岩石及岩性,发现一些地面所难以观察到的构造,尤其是在卫星图上能观察到规模很大的线型构造和一些环状构造,这是用其它方法不能或不容易作到的。它们往往为大区域基础地质构造的查明提供可贵的资料。地层和各类岩石和岩性在航、卫片上的辨别不仅是基础地质研究和制图的重要

根据并极大地提高区域地质调查工作的效率,更为重要的是它还能高效率地辨别那些与成矿有关的地层和岩石建造甚至查明矿源层和含矿层。此外,它们对于构造的调查研究已成为现代地质科技工作中不可缺少的手段。许多深大断裂是依赖卫星图上规模很大的线型构造所发现的。从矿产预测的角度来看,虽然不是所有的线型构造和环状构造都与矿床、矿点或矿化的分布有关,但毕竟有许多线型构造,尤其是其中深大断裂带形成的线型构造和环状构造控制着矿田、矿床的分布。此外遥感方法可利用光波、光谱特征对围岩蚀变、矿床氧化带以及盲矿在地面表现出来的一些信息等提供较为可靠的资料与数据,为找矿提供有效的线索。其中对斑岩铜矿(地表及盲矿)的找矿效应最佳,在某些条件下,甚至可以直接利用遥感方法找到斑岩铜矿盲矿体^[1,2]。因此,无论是在小比例尺卫星图件中发现规模大的线型构造,或是在较大比例尺的航、卫片图象中,发现蚀变围岩、含矿岩系、含矿层、矿层或盲矿隐伏地段等等,它都是十分有用的现代先进的技术方法之一。

2.2.1 辨别地层、岩石及岩性,进一步追索含矿岩系、矿源层、含矿层及与成矿有关的岩体

运用卫星图象与航片相结合查明地层、岩石对于预测地表和地下盲矿是十分重要的基础工作。由于岩层、岩体出露的厚度或规模常常不是很大,因此航片的解译和运用就显得更为重要。通常一般用可见光全波段黑白航空象片,彩红外象片、及热红外黑白象片相互补充地解译调研区的地层、岩石和岩性。彩红外象片具有色彩鲜艳、层次清楚,并能反映地面近红外波段的特征等优点,信息量很丰富,其中尤其能用鲜艳色彩反映植物的差异,以及对地貌和土壤的分辨度高等是这方法的很大优点。

热红外黑白象片能在一天内的时间中多次成象,并可将这些多次成象的象片进行综合对比,这样便可区分各种不同时间(一天24小时内)各种地质体和地物热容量的差异。通过对这些图象色调和其结构变化的分析,可定性区分不同地质体和地物热容量的相对差别,从而达到辨别不同地层、岩石及岩性。但即使运用了上述一些基本图象,对一些重要地质体来说想要仔细加以区别,仍然可能因为目视不够清晰而使解译发生困难或达不到预想的要求。这样就产生了进一步的技术要求,即运用图象的增强与处理来达到使要追索的目的物(如上述含矿岩系、矿源层、含矿层和含矿岩体等)在图象中能使人眼能清晰地辨别。这对于找矿和盲矿预测无疑是极其重要的。目前国内外常用的方法是光学图象处理及计算机数字图象处理。光学图象处理为我国常用的一种信息提取的办法。有非相干光处理法和相干光处理法二类。前者以彩色合成在我国运用最为普遍,它有加色合成法和减色合成法二种方法,以鲜明的彩色差异将目的物与背景物区别开以达到提高人眼分辨能力,增强信息的提取。后者在利用密度识别隐伏地质信息和依据结构区分不同岩类均有成效^[3,4]。计算机数字图象处理对地质信息的增强与提取,优点更多分辨力高,重复性好并基本包括上述光学处理的功能,但因价格昂贵,速度相对较慢,受设备限制较大,故推广尚有些困难^[5]。下面分别举例阐述以上方法对预测矿产和盲矿的实际作用和效果:

1)含矿侵入体的辨别:为查明含矿侵入体或火山岩类的分布及其在地下隐伏、半隐伏的部位范围与轮廓,对地下盲矿的预测有十分重要的意义。为此需采用图象增强与信息提取。对侵入体的分布查明可选取信息量丰富的某波段底片,用光学的

等频率假彩色编码方法进行空间信息的提取。一些出露面积约1—2平方公里之间甚至小于1平方公里的小岩株,均能显示出来。如北京西山地区小岩株多数是在淡绿或淡褐背景上,呈现深绿色点,有些地区呈现褐色小点与背景区别。江西德兴县及其以北一带与Cu、Au、Ag多金属矿床有关的小岩株等的图相处理也如同上述一样很易分辨。对于隐伏或半隐伏的岩体经图相处理后也可得到显示。例如北京房山花岗岩体在彩色合成像片上可见到该岩体隐伏部位的范围与轮廓。李恭曾利用物化探资料数字化处理的结果与遥感资料进行复合处理,用所获的图象解译、预测大厂锡矿区隐伏岩体的赋存特征,根据解译和预测认为隐伏岩体远大于现已知的范围(约大10倍左右),且具有三层结构—岩基、岩突与岩株。相同的方法还运用在宁镇地区,查明该地区10个小岩体深部均属同一隐伏的大岩基[刘燕君,1991]。在卫片上如上述小于4km²的侵入体或火山岩之外,其它相当上述规模的穹窿或构造盆地等构造形态因面积小,它们和小侵入体一样可构成点状结构,用光学的多频谱彩色合成方法,可在1/100万的图象上,以特定的彩色将该“点”反映出来。由于上述岩体、火山岩、构造常与隐伏盲矿有密切关系,故查明它们的分布有重要意义。

2)含矿岩系和含矿层的辨别:这对于查明地表和盲矿的分布有十分重要的作用。航空多波段象片的岩性解译与信息提取对达到上述目的将会成为不可缺少的一个手段。它是用各波段象片对比分析并借助于图象处理使某些沉积成因的层状矿床或内生成因的层状矿床的蚀变岩石所在部位与含矿程度能显示在图象上,为成矿预测提供重要信息。刘燕君(1991)论述了利用三个波段进行假彩色合成在图象上显示

出宣成式铁矿层的层位(赤铁矿层—红色调,而无矿粉砂岩—青色调),以及用比值法扩大矿层与围岩差异。并认为,运用物探异常与遥感资料进行复合处理,对于预测盲矿所处部位,将是很有有效的方法。例如在老地层中查明含铁层位和构造用多频谱彩色合成象片配合航天遥感资料及其它手段,是十分有效的。因此,加强这方面的综合研究对矿产预测将会开辟一些新途径。

3)辨别与盲矿有密切空间和成因关系的围岩蚀变带,蚀变与非蚀变岩石之间,同样可用上述图象处理加强信息的提取以区别二者的分布范围。其中综合分析和利用多波段的光谱特征通过图象处理扩大蚀变围岩与其它岩石的差别。例如利用多波段假彩色合成遥感资料(比值增强、比值合成)产生图像上的彩色异常显示:如绿泥石化—暗绿、墨绿色—暗色色调蚀变。蛇纹石化(超基性岩)绿—淡绿色。浅色蚀变带,硅化、绢云母化等—灰褐色、黄褐色等,这可能与黄铁矿化有一定关系。当然这些蚀变带本身也具有颜色和其它一些特征可以在地表观察到。以往对蚀变围岩的研究和圈定,并藉以发现与其有关的矿体,这一方法已早被重视,但却是被局限在地表用肉眼鉴别可见的蚀变带和地表矿化。然而对于盲矿,尤其是对规模较大的地下盲矿带和盲矿田来说真正具重要战略意义的是要圈定范围广大的肉眼难见的蚀变带,从而获得深部的矿化信息。因为这类范围广大的蚀变带常常是低温或超低温的类型,它们在地表产出往往可以指示其下可能有低温—中温矿床存在的可能性。要发现这类肉眼难见的蚀变带就必须要用遥感卫星飞行仪器或飞机在空中加以测定和圈定。这是根据蚀变岩石与正常岩石在物质成分上产生的差异反映出来它们之间的物理性质差异。具体说来热液蚀变岩石(这里主要指低

温或超低温蚀变岩石)一般都具有含水矿物诸如粘土矿物、绢云母、钠明矾石、叶蜡石和含氧化铁的矿物(后者是在有黄铁矿出现的地方才出现)光波在近 $2.2\mu\text{m}$ 波段区内的振动过程可导致在上述含水矿物中产生一个明显的吸收条带。在铁离子中,电子作用在超速可见和近红外短波光谱区域中也能导致广宽的吸收条带。这些特征,在许多未蚀变的岩石中是没有的或是很微弱的。因此蚀变岩石,主要是低温或超低温范围广阔的蚀变带,在近 $2.2\mu\text{m}$ 光谱短波区内产生明显的吸收条带,就可利用它在卫星图像中反映出来的标志,以区别那些未蚀变的岩石,从而为较快速地预测地下可能存在的盲矿带或盲矿田提供间接的依据。当然这一方法也仍然有地质体的相互干扰,从而产生多解而不确定的结论,例如在未蚀变的含氢氧矿物的一些岩石也可产生如同上述的吸收条带,一些碳酸盐类岩石,当光谱分别为 $2.3\mu\text{m}$ 和 $2.35\mu\text{m}$ 时也会在图中反映出宽广的吸收条带^[1,2]。这样的情况下,就必须运用其它方法综合判别蚀变围岩和非蚀变围岩。必要时也可在地表进行物质成分和地球化学的研究加以检查。

2.2 查明有利成矿的构造或构造系统

区域线型构造和环状构造以及其它构造均可利用航片、卫星图片,根据色调、地貌、水系发育特征断裂、裂隙、片理等等引起不同规模的线型和微纹线条、植物种类的生长和分布、铀、钍等放射性热引起的暖信息等等这些地面工作所难以发现的、或不可能发现的现象,再配合物探和化探来确定和查明。在解译标志确立之后,就要对这些线型和环状以及其它构造的分布、产出特征和规模,数量作出说明并制图表示。卫星、航片解译的上述构造图件要与地面所作的地质图、矿产图和成矿规律图相套

(重)合,分析和确定何种构造与已知矿床、矿点和矿化信息的分布相吻合,从而确定预测区内控矿构造是何种类型,其分布和规模如何,进一步在其中筛选最远景的地区(如探矿规律最为明显、矿化信息显示最为系统,规模大而强烈)为盲矿预测靶区。由于在卫星图片上圈定的这些靶区面积规模较大,其所指示的可能深度相应也就很大。因此它们往往是规模级别大的盲矿带和盲矿田可能存在的靶区。这种靶区就成为今后空中和地面的地质、物化探等进一步工作的主要对象。由于卫星图像及航片能发现上述地面地质工作难以发现或不能发现的构造,而且,这些构造往往规模巨大,切割地壳很深,这往往是控制岩浆—火山—金属成矿的构造,所以遥感是盲矿预测不可缺少的技术方法之一。上述遥感方法的运用是以定性分析为主体,有时找矿工作人员还在卫星图件上进行定量的指标分析其地质构造远景区,并以数字表示之。笔者认为由于定量分析在选择标准模型方法方面存在着局限性(这是由主、客观各类因素决定的),因此,为避免这类偏差,定量分析最好是在全部空中和地面的地质、物化探和矿产研究成果的基础上进行,这样可以减少由于已知现象片面(不能代表全面)而使判断受到局限。即使是这样进行,定量分析的结果,也最好是被作为定性分析的一种参考性的依据。

至于为使卫星和航片图象中的线性和环状构造显示得更为清楚,同样也可采用前述一系列的图象增强与信息的提取诸种方法,如卫片对线性构造的图象处理常用的信息增强的方法有六种;即假彩色合成、彩色密度分割、对比度增强处理、边缘增强、空间滤波及线性特征的自动提取处理等(刘燕君,1991)。以上可详见有关遥感学料的系列专著及有关教材,在此不一一详

述。

2.2.3 直接辨明隐伏(盲矿)的斑岩铜矿群

邓尔新(1982)在综合国内外大量资料后曾指出,除了运用遥感技术圈定蚀变围岩带之外,更理想的是利用遥感技术透过覆盖层直接预测隐伏盲矿群(带),这是遥感技术运用的必然发展趋势。这方面在美国对斑岩铜矿运用遥感电子处理增强图象(彩色密度分割图)直接圈定地下隐伏矿床取得极好的效果。因此这些方法已提高并推广到预测铅、锌、银、钨、钼、铀、石油、天然气、地热电力站和水利资源的评价上。美国亚利桑那州斑岩铜矿和其它金属矿往往是成群出现的。一个典型的铜矿床和矿点成群富集的地区面积可达100平方英里。而一个有经济价值的隐伏铜矿的被发现仍然是极其困难的。但是运用计算机处理和遥感技术,配合其它方法,便可很好地解决这些难题。例如在美国亚利桑那州锡里塔山区对斑岩铜矿研究证实,在电子处理增强图象(陆地卫星图象)中,可看到很大一片黄色和桔黄色调的图象模式与铜的区域和局部富集地区相吻合。废矿堆呈黑褐色,而玄武岩则是黑色。没有铜矿化的背景区呈绿色在这个已标志出铜的富集区内,就可以集中力量以寻找各个隐伏盲矿。此外,在锡里塔山区,在一些背景为兰色的地区,可见到矿山的废矿堆和矿渣呈黄色和桔黄色,并圈出富含铜的不连续的蚀变带。另还可看到绿色色调的一些地区,是厚度不同的土壤层中富含铜的地区。美国西南部许多其它地区都用类似方法预测铜矿取得成效,有些在图象上显出桔黄色的地区,钻探出地下铜矿石。另外一些地区在图象上显出较深红的地带是氧化铁矿染区,是分布于矿床蚀变岩层中的一部分。他们在这红色调区内布置钻探往往均可见矿,矿体有

时隐藏深可达地下 900 英尺^[1,2][王淑莘等译文, 1978]。

在巴基斯坦卑路支省萨因达克地区是该省铜矿远景地区。美国地质调查所运用遥感技术对已知热液蚀变和矿化区, 蚀变侵入岩株作了测定, 并以其波段数据区分与其相似的其它冲积物和风成物质等浅色调。并制定该地区多波段扫描数据的数字化分类表, 接着用分类表评价 2100 平方公里斑岩铜矿远景较好地区。结果得到 23 个普查靶区 (Schmidt, RC, 1978, 王淑莘等译文集)。

根据上述遥感技术在辨别岩层、岩石岩体及岩性、蚀变围岩、线性构造 (其中尤其重要的是深大断裂带) 和环状构造等方面有它特殊的作用, 对间接预测盲矿有不可代替和不可缺少的一方面, 同时它已展现出对直接圈定和预测盲矿方面也有特殊的作用, 这是遥感技术在找矿方面必然的发展方向。因此遥感技术和方法对预测盲矿显得日益重要^[1]。

3 地球物理方法在盲矿预测中的综合运用

地球物理的磁、重力测量、电法及地震测深等各种方法的综合运用, 对深部地质构造以及盲矿分布规律的查明都有各自不可取代的作用。虽然每项方法单独运用所获的成果, 在被解释地质现象时常有多解的缺陷, 但当有目的地、相互补充地用几种方法联合运用, 甚至用物探以外的方法验证, 那么多解和不确定的缺陷就会消除, 从而可获得十分满意的成果。还因为现代技术改进方法种类增加, 所获成果精度提高, 从而使综合运用的各种物探方法在间接和直接预测深部盲矿所起的作用愈来愈显著, 在成矿规律地质理论的指导下逐渐发挥其主导作用, 这可从下述两方面来论述:

3.1 查明深部地质构造及矿产分布规律, 划分盲矿远景区

3.1.1 运用宇宙、航空及地面立体物探勘查, 可首先使人们获得大范围内有关深部大地构造、地质矿产在大区域内分布的信息。现代地球物理方法已经可以从宇宙即人造卫星、载人宇宙飞船或空间轨道站以及飞机实验室内进行测量, 结合在地面各地段测量, 检查验证, 可以快速获得小比例尺大范围内的深部信息。例如在小比例尺物探综合测量中可以大致获得关于研究区内深部大地构造分区, 基底起伏, 岩浆侵入岩、火山岩以及褶皱和大断裂构造的概略分布等等。获取以上这些信息均需从立体三度空间进行磁、重力测量, 电法勘探和少量地震测深等勘查工作, 以便为进一步在中比例尺 (1:20 万—1:10 万) 及大比例尺 (1:5 万—1:2 万 5 千) 区调, 以及各种按需要应编制的深部立体物探—地质图件准备资料, 创造条件。在每种比例尺地质测量或填图过程中, 综合物探方法均应超前地质测量而先行。

3.1.2 中比例尺地质调查和物探综合方法的先行运用在间接找寻盲矿和预测深部盲矿远景区是极为重要的一个环节。它往往是成功地找到盲矿的不可少的前提。其中 1:20 万的重、磁测量包括航空方法为大地构造分区、区域内岩性填图、主要构造单元及侵入体、断裂褶皱带等的查明起重要作用。除重、磁力测量之外, 必要时还可布置几条 (视经费多少可作增减) 深部地震勘探线, 配合上述重、磁测量, 可编制反映地壳完整的厚度内的地质结构的地质—地球物理基准剖面, 以此为基准可更可靠地解释其它地质—地球物理信息。以上这些工作中磁法勘探能提供很丰富的资料, 例如它可以粗略圈定地壳中不同大地构造单元, 反映其在地史过程中不同的地质发

育特征;区分隆起和各种拗陷单元;追索不同时代的褶皱带及不同构造单元之间的构造关系;追索各类侵入体、火山喷出岩系、超基性岩或杂岩体岩墙侵入带以及断裂构造带等等。航磁并能在稳定的地块内查明其基底地质构造(如基底褶皱构造等的主导方向,岩层埋藏深度等),以及沉积盖层信息、盖层中侵入岩、喷出岩建造的分布位置,以及在疏松层下的不同磁性岩层分层。磁法勘探虽有上述各种优点,但由于对磁场异常存在着多解的这种缺陷,因此必须配合重力、电法及地震勘探等其它有效方法以获取准确的深部地质资料。例如利用重、磁力勘探资料就可以获得表明深部结晶基底内部构造的全面较准确的信息(例如结晶基底内部褶皱断块构造、基底表面起伏、基底内巨大断裂带和岩浆岩建造的分布特征等)。为更准确地查清基底表面起伏还可综合用电法—垂向电测深法。对沉积岩层中之高电阻层也可通过电法中的各类方法诸如大地电磁剖面法、大地电磁联合剖面法以及大地电磁测深等方法。它们可以沿测线或测网进行测量。最后,在经费充足的情况下,进行地震法勘探利用它所获得的成果可以进一步确定地壳深部各层和基底表面起伏的结构、地块沉积盖层的地质结构,确定各地震地质层的位置。这样可使各种物探方法综合运用达到更加准确的效果。

3.1.3,在大比例尺(1:5万—1:2万5千)区调,一般在矿床远景的地区进行,地下隐伏盲矿的寻找便占很重要的位置。物探工作可超前或与地质测量同时进行。综合运用物探方法用于深部地质调查,甚至直接追索矿体。虽然主要运用航磁调查,但地面重、磁力测量,电法勘探以及地震勘探对深部地质立体图件的编制,对各种盲矿的追索等,它们的运用都是不可少的,而且

各有其不可取代的作用。在疏松沉积层之下深部隐伏的地质构造及盲矿都需要各种物探方法的综合运用。对于结晶基底的岩性填图、制作水平层状岩石、垂直岩层分层剖面图,褶皱基底岩石的划分(航磁、航空伽马能谱测量、磁、重力测量,电测深、电阻率电测剖面以及自然电场法等等,还有地震的运用),查明与许多金属矿产有关的侵入体,如与铁、铬、镍、铜、金有关的侵入体在地下深处的分布及岩石成分产状与各类岩石的接角带(各种电法均可配合以重、磁力测量为主的物探综合运用,必要的地震法可以更使上述方法所获成果精确化),追索褶皱和断裂构造带,圈定构造破碎带,尤其是其中与成矿密切相关的构造和构造破碎带,与矿体分布关系密切的热液蚀变带、近矿蚀变带以及稀有、有色金属、放射性金属盲矿体和矿化带(航磁、航空伽马能谱测量,各种电法配合重、磁力测量)等,均能综合运用各种物探方法圆满地对次生矿化富集带、富含硫化物蚀变岩石带,石墨化岩层用电法尤其是激发极化法圈定它们。所有上述盲矿田的地质构造,盲矿的分布均可用地震法精确地加以检查验证,使大比例尺区调物探综合运用效果达到精确、理想的程度。目前磁法和重力测量方法都在不断提高精度,这样就使对它们的应用更为广泛,而且效果更佳。例如过去认为是非磁性的含矿岩体现在已能将其划分出来,高精度的磁测还可以划分出热液蚀变、接触交代蚀变带等。近来国外对重力的研究以提高精度和改进仪器并重,用重力梯度仪代替重力仪,使航空重力测量得以发展和进行,从而开辟和扩大航空地球物理调查的新领域。因而从某种角度来讲,磁、重方法的运用无论是在填图、查明远景区或者直接追索盲矿体或含盲矿的岩体等均是最主要的有效的物探方法,当然正如上文所

述也需要其它方法的配合和验证。例如前苏联和欧美一些国家(在南非)都已用磁法为主的物探预测含金刚石的金伯利岩,并取得很大的成效。金伯利岩筒,具有等轴状横切面(一般面积约1万平方米,少数可达数十万平方米),一般岩筒和围岩的磁性差异很大,这取决于岩筒中含磁铁矿和钛铁矿的含量。但一般用磁法均可有效地圈定它们。当然在较大范围内首先确定远景区时,根据被疏松沉积物,尤其是被暗色岩覆盖的情况,均运用了综合物探方法,如中比例尺重、磁航测和地面测量,大比例尺测量,电测深,垂向电测深、偶极电剖面、无线电波法中的超长波类型电法、激发极化法、过渡过程法等等。并用反射波地震法来确定岩浆岩体的产状要素,进一步确定控制岩体分布的深部断裂位置等等。遥感遥测方法(见前节),重砂测量等工作的配合,不仅编制构造—大地构造概略图,位于深断裂内有利成矿的地质体,并在此基础上以大比例尺(最大可达1:5千)磁测为主,配合重砂和电法直接圈定岩体和含金刚石矿体。由于矿筒与围岩密度差异较小,所以在直接追索含金刚石岩筒时配合以高精度重力测量可使以磁法追索金刚石盲矿取得更好效果^[1,25]。

前苏联(В. В. Онхиновски, 1972)对Приамурья地区锡矿床成因的研究中,运用了区域重力测量资料分析地壳深部构造、隐伏岩浆岩和矿化成因。对该区锡矿工业远景作出了准确的评价。同时还修正了以往对锡矿床成因和预测中错误观点。他们认为重力负异常与构造隆起带,如西伯利亚陆台,Становой过渡带,Северо-Кавказский地垒—复背斜,Амурский中间地块的中部和东部以及所有的复背斜区,二者之间反映出清楚的一致性。这些构造隆起带最主要的特点是地壳具有最大的厚

度。相反,在坳陷带和复向斜构造地区,地壳的厚度急剧地缩小,重力异常增大。因此,在地壳构造隆起带内,一系列布吉负异常非常清楚地反映出花岗岩块体,在深部,它们常常扩大规模并相合并为一体。所以这些负异常就被解释为巨大的花岗岩深成岩体,并由此而确定了大多数内生矿床和矿化现象如锡、钨、钼以及绝大多数金、锑、汞矿化现象与区域最小重力值的正相关关系。进一步分析这些地区内的花岗岩后认为,它们绝大多数是淡色和正常的含锡花岗岩,常是超酸性和碱性的。同它们共生的是含锡的伟晶岩、云英岩和石英脉,并常含有黑钨矿。类似的情况在世界上其它地区也很多。与此相反,在该地区具有较小的地壳厚度的地段,却发育着大量中生代和第三纪的火山岩,偏基性的花岗岩、闪长岩和辉长岩和一系列成分之相同的成矿前的岩脉。在这种条件下发育着与其有关的最为丰富的锡石—硫化物建造矿床。因此,他们认为最有利于富集含锡矿结构和矿床的地区,乃是地壳厚度比较小,又具有重力负异常的地区,或者更倾向于布吉负异常和正异常之间的边缘带,在地质上就是坳陷带和复向斜(重力正异常区)与复背斜、地块或其它构造隆起带(重力负异常区)之间的边缘带中。以上实例很好地说明重力测量对查明深部大地构造、隐伏含矿岩体类型及预测盲矿田的分布的重要意义^[1,2]。

1971年,东京国际学术交流会上前苏联学者G. A. Sokolov(英语译名),对前苏联乌拉尔山南延至哈萨克斯坦北西部的Кемпирсай(英语译名)的含铬深成超基性岩体的研究,可以代表对阿尔卑斯类型的含铬侵入体的地质、地球物理的综合预测和圈定的一个好实例。他们认为Кемпирсай的超基性橄榄岩浆是从上地幔侵入到地壳之后冷凝而形成。岩浆是在岩浆源产

生分异,从而表现在侵入体内有不同相带的规律性分布。一般上部带为较酸性的橄榄岩相带(或部分辉岩带)。中间带为方辉橄榄岩—纯橄榄岩。而绝大多数纯橄榄岩是在较低水平的深部。每一个岩相带都具有特征的副矿物铬尖晶石的特殊化学成分与其它相带十分不同。最大最富的铬铁矿体往往赋存在强烈分异作用所残留的岩浆中。超基性岩浆的分异作用伴随着切穿到上地幔的深断裂的重复封闭和张开。这样,深断裂成为岩浆上升到地壳的通道。通过地球物理磁法和重力测量查明深断裂在Kempirsay深成岩体的南东部。从岩浆源分异残留的岩浆,最后侵入,形成纯橄榄岩相带也分布在深断裂所在地区,其中蕴藏有高品位、储量最大的铬铁矿体。磁法和重力法综合物探方法准确地提供了深断裂和富铬矿的纯橄榄岩相带在深部分布规律的可靠信息^[1,2]。

D. A. Barr(1978),对加拿大不列颠哥伦比亚 Chappelle 金—银矿床运用了精度较高的磁法勘查火山岩、侵入岩及其与围岩的接触带以及含金石英脉带。如划分出未蚀变的 Takla 群(上三叠纪)透闪石安山斑岩(数值范围从1000—3000 伽马),蚀变硅质岩(数值范围仅400—800 伽马),侵入岩、接触带、冰碛物覆盖区内断层的延伸范围和岩石接触界线均以磁力测量资料加以圈定并投影在图上。含金石英脉同磁力低谷(值)区符合一致。这一研究为提供在冰碛覆盖区圈定与矿有关的火山岩、岩浆岩、蚀变带以及直接圈定矿脉提供了良好的经验^[6]。

以上仅是列举一些综合运用各种物探方法在查明深部大范围内或盲矿田的有利成矿地质条件,或是对覆盖层之下甚至是隐藏较深的含矿侵入体,含矿浅成火成岩筒、含矿火山岩以及各类地质体中之矿脉

分布特征等方面的十分有效的作用。在运用综合物探方法编制各种中——大比例尺立体图时为了进一步追索盲矿田、盲矿体,还应在编制上述立体地质图件时编制一系列专门性的综合地质—物探图件,例如:

(1)基底表面起伏和基底内部地质构造图件,反映其各类岩石、褶皱和断裂构造分布。

(2)盖层中各类地质体分布及其相互关系。

(3)岩体(各类火成侵入体)地下分布及产状。

(4)某些控矿或含矿岩系在地下的分布和产状以及岩层等厚线或其顶板等高线图件等。

(5)断裂、破碎带以及裂隙带分布和产状图。

(6)各种蚀变围岩分布带和矿化带。

在立体地质图和各种专门地质—物探图件及化探成果图的基础上编制相应中——大比例尺成矿规律图及盲矿预测图并可以此指导进一步预测和追索及圈定盲矿。

3.2 综合运用物探方法直接追索地下金属与非金属盲矿

严格来说直接运用物探方法追索与圈定盲矿,这种方法相对是较少用的。常常是因为在运用物探方法间接查明有利成矿的地质构造的同时,由于某些具高磁性的矿体,如某些磁铁或含磁黄铁矿等磁性矿物的矿体引起高磁异常,致使找矿工作很快地进入直接追索与圈定盲矿体的阶段。很多的情况是综合运用物探方法进行了深部地质构造的勘查,编制立体地质—物探预测图件之后,根据对成矿规律和盲矿类型的研究,判断盲矿物性特征,然后采用针对性的综合物探方法直接追索与圈定盲矿体。

对一些具有固定层位的风化矿床、砂

矿床以及沉积层状或层控型铁、锰、铜等矿床,首先要查明的是其赋矿的层位在深部的分布和产状,在此基础上再进一步追索矿体。下面分别简略论述综合运用物探方法追索这些矿层(体):

3.2.1, 风化矿床镍、铁、锰、铝,往往构成巨大工业意义的矿床^[7],盲矿往往分布于底层岩石的风化表面,但其上又被上层(一般为沉积岩)所覆盖。因此盲矿床具三层物性差异明显的特征,底层具高电阻率、磁性分异良好并常常是致密的火成岩和变质岩,而盖层沉积岩层(一般为海相沉积岩)则是无磁性和具低电阻特征,中间所夹风化壳矿床物性分布有垂直分带。因此用磁、重力测量、电法有时还用地震法勘探就可区分上层(海相沉积层)与底层(火成岩或变质岩基底)。夹于其中的盲风化壳矿床(体)可根据其具体矿种物性特征采用不同方法加以追索。例如铝土矿风化壳矿体在当它缺钾时,常常有异常的放射性高钍含量,用航空伽马能谱和伽马能谱测量配合上述方法便能有效地圈定地下盲矿—风化型铝矿。风化铁、锰矿可以用重力和电法(对镍矿亦有效)追索它们,此外,由于风化铁、镍、锰等风化矿体矿石质疏松多孔,能吸收地震波,这样又可以地震法配合上述方法追索圈定矿体^[5,6]。

3.2.2 沉积或层控型矿床都发育在一定地史期中大地构造沉积盆地环境中。古沉

积盆地可用重、磁航空测量以及电测深、地震法加以查明。在此基础上针对各矿种物性异常综合运用物探方法加以圈定。例如对铁、锰矿层用磁、重、电法可综合圈定它们。对于一些含铜砂岩类的盲矿,因它们常常有特定的含矿层,含矿层又具有特殊的物性,所以也能有效地追索它们。比较好的例子是前苏联哲兹卡兹干层含铜砂岩建造,它具有高电阻性故可作为基准层,并具有较高的密度、高弹性波传播速度,岩层磁性分异较差,因此采用电法(各种电测深法)和地震勘探法初步查明含矿层位之后,又可用大比例尺的重力测量、地震法和垂向电测深法将含铜有远景的地段详细加以圈定^[8]。

3.2.3 被埋藏的砂矿,一般矿床也具三层结构,砂矿之下为底岩,一般应为原生岩石具较高电阻率、较高密度和较高地震波传播速度,圈定底岩一般均用重力测量和电测深法。砂矿之上一般为泥炭类。砂矿体与周围疏松沉积层物性大致相同,但有时有较高的放射性(含独居石矿物所引起),或具较高的磁性(由含磁性矿物引起),故用航空伽马、车载伽马配合电法测量(用二个供电电极距的对称剖面法,同时运用垂直电测深法)、磁法、直流电法就可很好地将隐伏砂矿圈定。只有当电法失效时,才配合采用昂贵的地震法勘探砂矿盲矿^[5]。

(未完待续)

開發礦業
紀念

紀念毛澤東
“開發礦業”題詞
45周年!