

·物化探方法的应用·

## 如何发挥航空物探方法在 一比五万区调中的作用

张文斌 姚正熙 黄永林

(地质矿产部航空物探总队)

七十年代末期, 我队由单一磁测发展为拥有磁、能谱和电磁等方法的航空综合物探测量。

目前, 航磁测量使用光泵或核旋磁力仪, 记录灵敏度分别为 $0.25\gamma$ 和 $1\gamma$ , 测量精度为 $\pm 2\gamma$ 左右。航空伽玛能谱测量使用四道(总计数、钾、铀和钍)能谱仪, 探测器NaI晶体总体积达49.2升, 可以测出的含量变化: 铀—1ppm当量铀; 钍—2ppm当量钍; 钾—0.4%。航空电磁测量, 使用三频(520HZ、2020HZ和8020HZ)补偿式航电仪; 噪声水平20ppm。飞机导航定位采用同比例尺航摄镶嵌照片或地形图结合多卜勒雷达导航, 室内利用跟踪相机连续拍摄的照片恢复航迹。空中测量采用数字磁带和模拟纸带两种方式记录, 由计算机(也可人工)整理成图。

随着测量仪器的更新, 导航定位和数据处理方法的改进, 测量精度大为提高, 使航空物探测量达到一个新的水平。

80年以前, 中等精度的中、小比例尺的航空磁测在寻找具有中、强磁性的矿产和解决某些地质问题中的作用, 已为广大的地质工作者所熟知。近年来, 随着大比例尺(1:2.5~1:5万)、高精度航空综合物探测量的开展, 航测在解决地质问题方面的能力也大为提高, 尤其是作为大面积系统测量的、多参量的、精度较高且均一的航空物探资料, 在配合1:5万区调中能够发挥很好的作用。近三四年来航测结果已充分表明了这一点。现就一些实例说明一下。

根据1980年以来, 在山东等地区进行的1:2.5万1:5万的航磁结果, 不仅编制了较高精度的测量图件(等值线间距 $2.5\sim 5\gamma$ , 经实际重复测量证实异常可信程度达 $2\gamma$ ), 而且更重要的是, 与以往的中精度1:10万和同比例尺的结果相比, 获得了丰富得多的信息。从而揭示了大量过去未曾注意或难以察觉的场的微弱变化, 故显著地增强了解决某些地质问题的能力。

80年和82年先后在河南驻马店西部地区 and 甘肃嘉峪关北部地区进行了航空伽玛能谱、磁力综合测量; 82年在新疆富蕴地区进行了航空电磁、磁力和能谱综合测量。它们的测量比例尺为1:5万, 局部地区1:2.5万。经过对这些测量资料的初步分析发现, 各种参量图件提供了相当丰富的地质信息。仅就航空能谱资料而言, 几个测区的大多数地层、岩浆岩和构造以及某些矿产在总道和钾、铀、钍含量图或比值图上均有不同程度的显示。

83年在甘肃白银地区1:5万航磁与白银幅1:2.5万地磁( $\Delta Z$ )结果对比表明,无论从场的变化规律上还是内容上,都优于地磁结果。这样1:2.5万~1:5万较高精度航磁有可能代替1:5万区调中的地磁扫面工作,从而提高1:5万区调的进度。

根据近几年来对较高精度的航空物探测量结果的初步分析,并结合以往工作经验,在配合1:5万区调中,将有可能在下述几个方面起到一定的作用。

### (一) 航空磁测

#### 1. 指示和划分岩性、区分岩相

不同岩性的岩石和地层产生不同特征(强度、梯度走向、分布范围、磁场相互关系等)的区域磁场,据此进行磁场分区,基本上可圈定出不同岩性或地层的分布范围。在一些岩性较复杂、地表观察不易区分的变质岩和岩浆岩分布地区,能起到较好的分辨作用。如从山东费县—苍山地区航磁结果来看:按磁场推断以牛角峪—武德断裂为界,北部基底为泰山群弱磁性花岗片麻岩,南部则为泰山期黑云母斜长花岗岩组成基底。西峪金伯利岩矿区为大片混合花岗岩分布,从磁场分析,可划分出三种不同岩性:(1) 100 $\gamma$ 以上高值范围为暗色矿物含量普遍较高,常夹有斜长角闪岩的斜长片麻岩类分布区;(2) 小于100 $\gamma$ 的为暗色矿物含量较低的黑云母片麻岩类分布区;(3) 降低场则是暗色矿物很少以长英质矿物为主的混合花岗岩类分布区。地面磁测1:2000结果具相似特征,且被放射性测量资料所证实,说明地表岩性确有较大的差别。再从甘肃白银幅航磁结果分析,可大致圈定中寒武统具磁性地层范围。

#### 2. 指示隐伏磁性体存在及其产状特征

如山东费县朱保岩体,在59年1:10万航磁中已有发现,但场的面貌反映不清,71年1:2.5万航磁中,岩体轮廓较为清楚,而在80年较高精度的航磁中,此岩体的三度体磁场特征得到了充分的反映,为研究朱保岩体的空间分布规律提供了依据。

#### 3. 指示线性构造存在及其相互关系

圈定断裂构造,航磁是较有把握的,在大比例尺测量中反映得更为细致,不仅是主要构造。而且次级构造在磁场图上也有较清晰的图象。如山东西峪矿区通过1:2.5万航磁,除证实了已知断裂外,还确定了以往中比例尺航磁和地质观察中尚未发现的北西向和南北向断裂,为探讨金伯利岩管群形成的构造背景提供了新线索。同时,根据不同方向断裂交叉关系和完整清晰程度,一般不难确定它们的先后顺序。

#### 4. 为成因分析提供线索

鲁西地区泰山群地层在航磁和航放测量结果中,常出现两种不同的面貌:一种是磁场高、伽玛场低;另一种是磁场低、伽玛场高。它们分别由不同场源产生,前者以富含暗色矿物的片麻岩类为主,后者以长英质矿物为主、具很少暗色矿物的片麻岩类为主。究其原因,穷其因,可能与混合岩化剧烈程度有关。如新甫山等地区,地质上认为混合岩化作用剧烈,岩性已达到混合花岗岩,暗色矿物被置换殆尽,大量钾、钠成分注入,所以该地区的航测结果表现为磁场低,伽玛场高。据此,推测西峪矿区北东的磁场低、伽玛场高也是混合岩化强烈作用的结果。

#### 5. 筛选异常,指示找矿线索

在较高精度航磁结果中,发现了大量强度仅数 $\gamma$ 的弱小异常,这在以往中等精度的航

磁测量中是无法分辨的，这对于寻找与磁性有关的矿产，扩大航磁找矿领域，无疑是较好的线索，如对金伯利岩等弱磁性矿种的探查。

综合考虑局部异常与区域磁场的关系，局部异常的所处构造环境，有利于局部异常的评价。

## (二) 航空能谱 (以河南驻马店西部地区测量结果为例)

### 1. 划分不同的地层

对于不同类型的岩石，放射性元素的含量和分布特点是不同的。同一岩性的岩石，但生成年代不同，成因不同，地质演化过程不同，其放射性场也不相同。如根据驻马店西部地区航空能谱测量结果，可清楚地划分出元古界、震旦系、寒武系及第三、第四系地层，同时元古界的不同岩组的放射性场面貌也不尽相同：(A) 变质较深的刘庄组  $Pt_1l$  (二云钾长混合片麻岩、石英片岩和黑云片岩)，以强度变化较大的高放射场为特点 (铀平均含量 1.8PPM、钍 10PPM、钾 1.7%)；(B) 比较稳定均一的角闪质岩石具有相对弱而起伏不大的放射性场为特点 (铀 1.2PPM、钍 6.4PPM、钾 0.6%)；(C) 变质中基性火山岩 (变质细碧角斑岩系) ( $Pt_2M$ )，以特征性的低放射性场为特点 (铀 0.9PPM、钍 4.8PPM、钾 0.6%)。(D) 本区广泛出露的下元古界未分层  $Pt_1$  为一套浅至中等变质的片岩、大理岩和石英岩系。由于地层受混合岩化，已变质成为混合片麻岩及混合花岗岩，难以恢复构造及地层分层。在能谱图上表现为总道升高 (2000~4000 计数/秒)，钍含量提高 (15PPM)，钾含量升高 (2.5%)，铀含量低，铀/钍和铀/钾比值图上出现明显的低值带。某些研究表明：浅变质带中铀含量较高，随着变质程度变深，铀含量逐渐降低，而由于钾和钍地球化学性质相对稳定，在中、浅变质带中的含量变化不大，这一现象具有普遍意义。

### 2. 划分侵入体的期次和岩相

从驻马店西部地区的航空能谱测量结果中可以较有把握地区分出该测区出露的大部份侵入岩。其中以燕山晚期第一次侵入的花岗岩 ( $\gamma_1^{-1}$ ) 放射性最强，燕山晚期第二次侵入的花岗岩 ( $\gamma_2^{-2}$ ) 及吕梁期花岗岩 ( $\gamma_3$ ) 次之，吕梁期的基性岩 ( $v_2$ ) 最弱。需要指出的是，在 1:20 万地质图上的桃园岩体 ( $\gamma_1^{-1}$ )，无论从放射性的几个参数还是从磁场上看，都明显地区别于其它所有的  $\gamma_1^{-1}$ ，而与磨盘山岩体 ( $\gamma_2^{-2}$ ) 相似，据此，我们有理由怀疑桃园岩体是否为  $\gamma_1^{-1}$ 。最新资料已证实它为华里西早期侵入岩 ( $\gamma_1$ )。

测区北部的角子山岩体 ( $\gamma_1^{-1}$ ) 无论从磁场还是放射性场上看，均可分为明显不同的南北两个部份，而这恰恰与地质上划分的粗中粒花岗岩和中粒斑状花岗岩的分布范围相对应。

在 1:20 万地质图上铜山岩体 ( $\gamma_1^{-1}$ ) 的边界与放射性场的升高范围不完全相同，后者东和北面的范围要大些，据此，可提示地质人员考虑 1:20 万地质图上铜山岩体边界是否准确。

### 3. 指示基岩类型

驻马店西部地区广泛分布着第四系地层，它主要分布在河淮、泌阳等几个盆地中。引人注目的是，测区东部和西部第四系地层的放射性场面貌不尽相同：西部平稳，强度较低；东部较活跃，强度也较高。我们认为物理场的这种差别很可能指示了下伏基岩的不同。研究表明，在土壤中的铀、钍、钾的含量对下伏基岩具有继承性，也就是说，盖层与

基岩放射性元素含量之间存在正相关关系。

#### 4. 指示线性构造带的存在

测区西南部桃园岩体以南、桐柏县以北的元古界地层分布区,在总计数和各元素含量图上呈现出一系列近乎平行排列的北西走向条带状升高和降低场的交替,这在总计数图上表现尤其明显。对比地质资料,这与中、下元古界地层中一系列断层(实测和推断)位置相吻合,只是航空能谱图上反映的条带数量更多些和更具有特色。

国外研究表明,包括结晶基底的隐伏断裂在内,各种线性构造以三种形式的放射性异常显示出来:线性延伸异常;等轴状异常链;总场强度交替变化。

#### 5. 用于寻找多种金属和非金属矿产

从地球化学观点看来,所有的有用矿产矿床都是综合性的。在矿体和它们的外围除了成矿元素以外,集中了很多其它元素,其中也有放射性元素。已查明的放射性元素的含量异常与金属矿床共生的规律性是航空伽玛能谱测量用于普查有色、稀有和贵金属矿的依据。国外这方面的工作已开展了多年,并取得了良好的效果。我们利用航空能谱资料配合1:5万区调及间接寻找各种非放射性矿产的工作刚刚开始。在驻马店西部地区的震旦系地层中圈出三个钾升高场,其中之一已证实为钾岩矿。另外,在山东、辽宁的某些已知金伯利岩管上航空能谱有明显反映(钍和钾道),航磁、航电亦有不同程度的反映。上述事实表明航空能谱测量方法用于解决各种地质问题的潜力有待进一步发挥。

综上所述,随着航空物探测量精度的提高,它能比以往提供更多的地质信息,一般说来,航空物探成果反映的深刻内容如运用得当,其解决各种地质问题的能力将会大大提高,可作为1:5万区调中的手段之一,为地质填图提供一些补充和修正意见或提出一些疑点供地质人员参考。

然而,利用航空物探方法配合1:5万区调也存在一些具体问题:

1. 必须具有良好的地球物理前提。航磁建立在岩石磁性差异基础上,而航放建立在岩石放射性元素含量不同的基础上,如没有这些基础,航空物探方法则无能为力。同时,利用单一磁测结果其解释难免多解性,故尽可能应用综合方法成果,以便互相引证。

2. 磁场是地表和地表以下隐伏磁性体的综合反映,因此航磁结果能区分地表和浅部岩性的不同,还能揭示隐伏地质体的存在。但受斜磁化作用和异常叠加现象影响,故磁性体具体边界的圈定并非易事,需视具体情况作具体分析。至于航空能谱方法,其探测深度很小,在圈定岩体,划分岩相和地层时代时,要认真考虑盖层与基岩的关系和地形地貌等条件,一般不宜仅根据放射性场的相对强弱简单地予以划分。

3. 为更好配合1:5万区调,应根据1:5万区调技术要求,结合地球物理前提,统筹安排1:5万航空物探测量,尽量赶在1:5万区调前1~3年,这样才有利于航空物探测量结果的分析,为1:5万区调提供各类参量图件和解释推断图件,同时也可验证航空物探推断结果,互相促进,共同提高。

总之,航空物探方法配合1:5万区调是一个新课题,我们还没有成熟经验。但从以上的实际例子中可看出是有前途的,会促使地质与航空物探更紧密地结合,共同为加速1:5万区调步伐,提高1:5万区调质量作出应有贡献。