

山东省昌邑—平度地区 航空电磁法测量及应用效果

刘慧勤

(山东省物化探勘查院)

提要 航空电磁法测量是一种成本低、效率高的快速找矿方法,它是地质体导电、导磁性能的差异为物理基础的。昌邑—平度地区构造较为复杂,并被第四系覆盖,使用双频(463Hz和1563Hz)电磁仪的Y-11航空物探(电/磁)综合站,在该区飞行3000余公里,其电磁法资料较清楚地显示了区内断裂构造及石墨、铁矿(化)体的赋存展布情况,取得了较好的效果。

关键词 航空电磁法 实分量 虚分量 异常 解释推断 效果

山东省昌邑—平度地区位于胶北隆起的西部,为被第四系覆盖的低山丘陵区。区内地层以下元古界变质岩系和白垩系为主,构造发育。为扩大找矿远景,配合1:5万地质填图及金矿普查,在该地区开展了1:5万电磁综合测量。飞行测量由地矿部地球物理地球化学勘查研究所完成,使用Y-11航空物探(电/磁)综合站,飞行高度 $30 \pm 10\text{m}$,采用1:5万地形图目视领航,DB-402相机航摄定位,测网密度为 $500 \pm 63\text{m}$,航迹平面定位误差为 $\pm 28\text{m}$ 。航空电磁仪为双频(463Hz和1563Hz)补偿电磁系统,采样间隔0.73s,噪声水平小于 30×10^{-6} ,零点飘移小于 $200 \times 10^{-6} \cdot \text{h}^{-1}$,灵敏度变化4小时内小于10%。共飞行剖面3001.7测线公里,控制面积 1500.8km^2 ,其航空电磁法资料在该区构造研究和矿产预测等方面取得了较好的应用效果。

1 航空电磁异常特征

航空电磁法是以地质体导电、导磁性能的差异为物理基础的^[1]。昌邑—平度地区早元古代变质岩系、花岗岩体及白垩系均属高电阻率岩类,航空电磁场上一表现为虚、实分量的低背景区;第四系表土、石墨矿等属低电阻率岩类,形成较显著的航空电磁虚、实分量高异常;铁矿层具有很强的磁极化效应,航空电磁实分量表现为负异常;断裂带内岩石往往蚀变矿化或破碎充水,其电阻率明显低于原岩,故当断裂构造具一定规模时,就会引起航空电磁虚、实分量条带状高值异常。第四系厚度越大,航空电磁场背景越高,对其下部地质体的屏蔽作用也越大,这是异常解释的干扰因素之一。当第四系厚度大于30m时,航空

山东省物化探勘查院,1988,山东省昌邑、平度、掖县地区综合物探成果报告。

本文1996年8月收到,1998年1月改回,游文澄编辑。

电磁法即不能获得令人满意的效果。

航空电磁异常归纳起来,可分为四种类型,见下表。

航空电磁异常类型表

Table of a airborne electromagnetic anomaly

异常实/虚分量比	异常特征	地质解释
> 0	航空电磁场高、低背景分界线,以低频实分量为例,低背景一般小于 400×10^{-6} ,而高背景多大于 1000×10^{-6}	通常由新生界厚度突变引起,反映垂直运动断层的存在,其规模一般较大
0—1	航空电磁实、虚分量均有异常出现,且较规则,其实分量值一般为 $80 \times 10^{-6} \sim 300 \times 10^{-6}$,虚分量大于此值	因岩石破碎充水使得电阻率降低,从而引起航空电磁异常,反映断裂破碎带的存在
> 1	航空电磁场实、虚分量异常规则,幅值较高,实分量值一般为 $500 \times 10^{-6} \sim 1200 \times 10^{-6}$,虚分量小于此值	引起异常的地质体导电性能较强,反映含石墨岩层(地层)的存在
< 0	航空电磁场实、虚分量异常规则,幅值较高,但实分量为负值,虚分量大于零	由铁磁性物质引起,反映铁矿层的存在

2 航空电磁法在断裂构造上的应用效果

在昌邑—平度地区利用航空电磁测量资料共划定断裂构造 20 条,可分为两种情况:其一为高、低背景的分界线;另一为航空电磁场的高值异常带。前者通常由断裂两侧岩性厚度突变引起,且在航空电磁测量资料上反映明显,表明其由规模较大的断层引起;后者以杨家庄异常(图 1)为例说明之。

杨家庄异常位于平度县王哥庄—莱州市黑羊山一带,工区之外仍有北延之势。航空电磁场高、低频实、虚分量均有明显异常。北部表现为同背景内的高值异常带,南部因与其它异常叠加而表现为渐变背景。低频实分量 LR 为在 160×10^{-6} 的背景上出现大于 160×10^{-6} 的异常,高频实分量 HR 则为在 180×10^{-6} 的背景上出现大于 160×10^{-6} 的异常。130 线的实、虚分量比值为 $LR/IR \approx 0.8$, $HR/IR \approx 0.9$,均小于 1。异常的半极值宽度为 300~400m。该区第四系厚度为 1~3m,异常位于粉子山群分布区,东部有花岗岩产出,局部地段见有碎裂状花岗岩出露,内有褐铁矿化现象,北部有已知黑羊山金矿点。

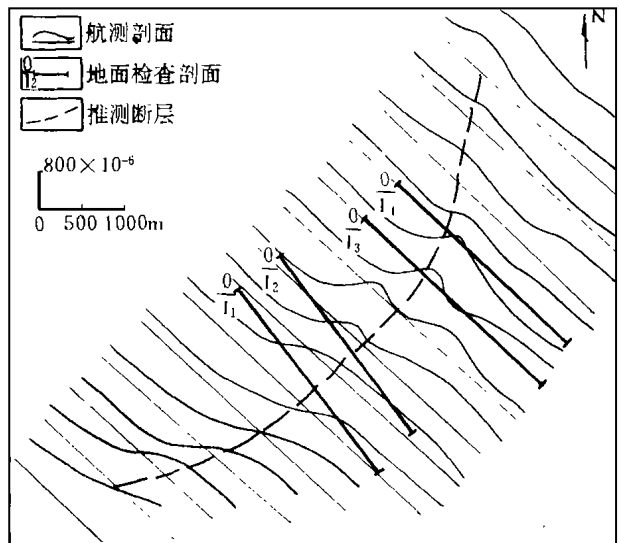


图 1 杨家庄异常低频实分量(LR)剖面图

Fig. 1 Profile of low frequency real component (LR) in Yangjiazhuang anomaly

根据航空电磁异常特征及所处的地质环境,推测该异常为 NE 向的断裂破碎带所引起,西侧为粉子山群地层,东侧为混合花岗岩。对该异常进行了地面异常检查(图 2),直流电阻率联合剖面 ρ_s 曲线,对应航空电磁异常均表现为高、低阻接触带上的低阻正交点, ρ_s 背景左高右低。在正交点的右侧有一高阻反交点,交点两侧 ρ_s 、 ρ_s^* 曲线分离良好,表明东侧有混合花岗岩存在,由于它的作用使得联合剖面曲线低阻正交点相对于航空电磁异常发生左移。地面垂直磁测在异常南部的 I_1 、 I_2 两条剖面上,表现为高背景内的低磁异常,而异常北部的 I_3 、 I_4 两条剖面上则表现为低背景上的高磁异常,这种磁场特征不仅是断层本身的反映,而且还表明断层东侧有混合花岗岩存在。因为混合花岗岩为弱磁性岩类,其北部围岩为大理岩,而南部则为斜长角闪岩、变粒岩等磁性岩类,故形成了上述磁场特征。在 I_1 和 I_4 剖面上施工的变频法,对应航空电磁异常均有明显的 ρ_s 异常,幅值分别达 23% 和 13%,表明断层内部具有矿化现象。

该断层内岩石破碎程度较高,局部地段见有褐铁矿化,断层南部具有石墨矿化现象,褐铁矿化碎裂岩金含量大于工业品位,具有较好的找金前景。

这类断层为本区次级断层,以岩石破碎充水、电阻率降低为其特点,引起航空电磁场同背景内的高值线状异常,同频率的实、虚分量比值大于零而小于 1。它们以水平运动为主,区内共有 10 余条,其中有的对寻找金矿床具有指导意义。

3 航空电磁法在石墨矿化体上的应用效果

昌邑—平度地区利用航空电磁法测量资料,共圈定石墨矿(矿化)异常 14 处,其中已知矿异常 5 处,具有较大找矿意义的异常 3 处。下面以 C_1 异常(图 3)为例说明之。

C_1 异常总体走向 NE,长约 6.5km,航空电磁高、低频实、虚分量均有明显的异常显示。低频实分量 LR 异常值达 $400 \times 10^{-6} \sim 1000 \times 10^{-6}$,低频虚分量 LI 异常值达 $300 \times 10^{-6} \sim 800 \times 10^{-6}$,异常规则,其半极值宽度 300~500m,北侧梯度较小,南侧梯度较大。高频实、虚分量异常具有与低频实、虚分量类似的特征。高、低频实、虚分量的比值均大于 1,且西部的比值大于东部,如西部 99 线的异常实、虚分量比值为 $LR/LI = 2.2$, $HR/HI = 2.8$,而东部 107 线的实、虚分量比值为 $LR/LI = 1.1$, $HR/HI = 1.2$ 。

C_1 异常位于马戈庄-吉戈庄复背斜上,地形较平坦,第四系较薄,为裸露或半裸露区。

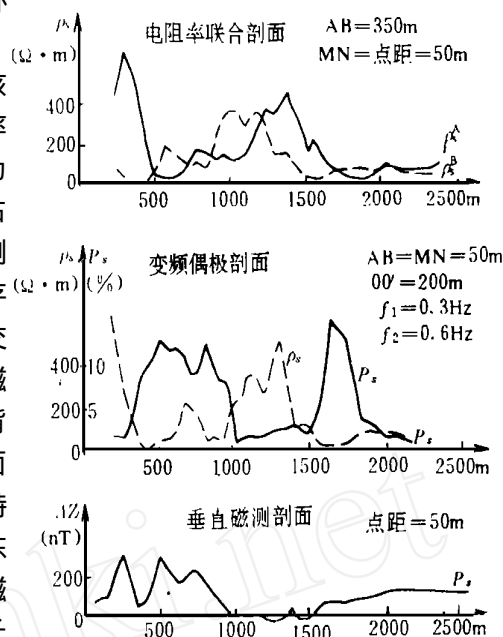


图 2 杨家庄异常地面检查 I_4 综合剖面图

Fig 2 I_4 composite profile of Yangjiazhuang anomaly by ground examination

分布地层为荆山群陡崖组,岩性为长石石英岩、大理岩、石墨透闪岩等。该异常西段为地层裸露区,对应已知石墨矿,其矿体呈脉状,走向NE,测线与矿体走向夹角较大,长度约3km,矿体倾向NW,倾角较大。矿体埋藏浅,石墨在矿石内呈晶质鳞片状,其储量大于500万吨,属大型优质石墨矿床。从图3可以看出,异常峰值部位与矿体在地表的投影位置相对应,矿体的厚薄则直接影响异常的幅值及宽度。如98、99航线穿越矿体宽大部位,异常值达 1000×10^{-6} ,半极值宽度45m;而100、101线穿越矿体较薄部位,其异常值仅为 400×10^{-6} ,半极值宽度350m,异常在矿体倾向一侧较缓。该异常东段被第四系覆盖,盖层厚度为2~7m。

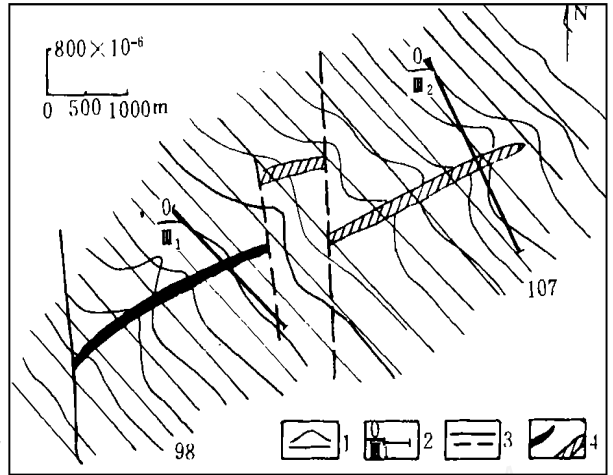


图3 C₁异常物探地质综合平面图

Fig 3 Geophysical and geological composite plane view of C₁ anomaly

- 1—航测低频实分量剖面; 2—地面检查剖面;
- 3—实测、推断断层; 4—已知、推断石墨矿层

在已知石墨矿和异常东段各布设一条剖面进行地面异常检查,其结果:对应航电异常,直流电阻率联合剖面 ρ_s 曲线均具有明显的低阻正交点,其中已知矿上 ρ_s 交点的电阻率值为 $40\Omega \cdot m$;交点两侧 ρ_s 、 ρ_{ϕ} 曲线分离良好, ρ_s 背景值为 $300 \sim 400\Omega \cdot m$;位于东段的III₂剖面, ρ_s 曲线表现为长约300m的低阻正交段,其 ρ_s 值为 $10 \sim 40\Omega \cdot m$,背景值达 $300 \sim 500\Omega \cdot m$,正交段两侧 ρ_s 、 ρ_{ϕ} 曲线分离良好(图4)。垂直磁测均表现为平缓的低磁带,由III₁剖面可以看出低磁带与矿体相对应,反映了矿脉无磁性的特征;III₂剖面变频测量结果,有明显的 P_s 异常,幅值达21%,而其背景值仅2%左右, P_s 曲线左侧梯度小,异常半极值宽度约400m(图5)。

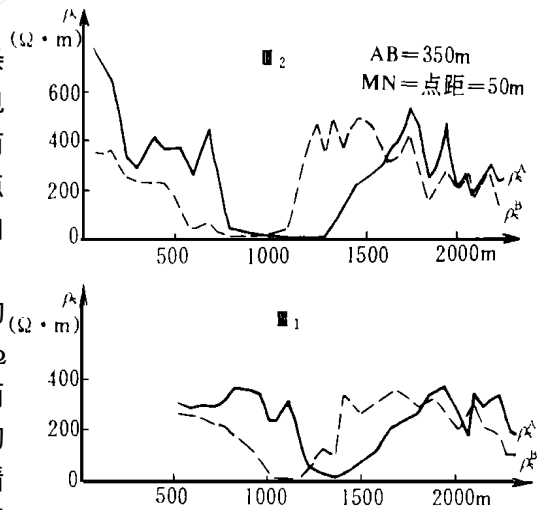


图4 C₁异常地面检查电阻率联合剖面顺序图

Fig 4 Examining order of C₁ anomaly by composite profiling method

上述特征表明,C₁异常由低阻、高极化率的板状体引起。结合所处的地质环境和地面查证情况,认为该异常东段存在一隐伏的石墨矿体。该隐伏矿体与已知矿体原来可能为同一矿层,后期的构造运动把它错断而呈现在的三段。推断该隐伏矿层走向NEE,倾向NNW,在107~108线间为矿层的膨大部位,矿体长度约3.5km,其规模可能较已知石墨

矿大些, 而异常实、虚分量比值却较已知矿小, 这是盖层屏蔽的结果。

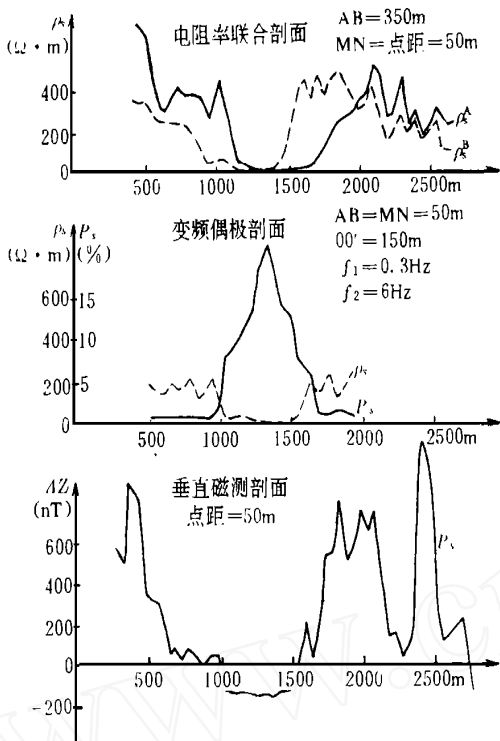


图 5 C₁ 异常地面检查III₁ 综合剖面图

Fig 5 III₂ composite profile of C₁ anomaly by ground examination

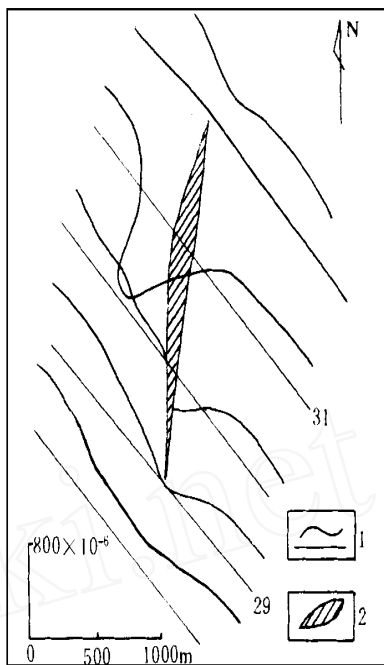


图 6 日戈庄异常低频实分量剖面图

Fig 6 Profile of low frequency real component in Rigezhuang anomaly
1—航测剖面; 2—已知铁矿层

4 航空电磁法在铁矿(化)体上的应用效果。

昌邑—平度地区为变质岩分布区, 区内既有沉积变质型铁矿, 也有中低温热液型铁矿, 矿石类型为磁铁矿、褐铁矿等。由于铁矿(化)体磁化率大, 磁极化作用强, 因而使得矿体上的航空电磁实分量表现为负异常, 且低频实分量更为明显, 这就为利用航空电磁法确定地质体导电、导磁性能奠定了基础。

本次工作圈定 8 处铁矿(化)异常, 它们大多数对应应在已知铁矿(化)脉上, 其共同的特征是航空电磁实分量场出现负异常, 如日戈庄铁矿, 在低频实分量LR 剖平图上表现为线型负异常, 其背景值为 400×10^{-6} , 异常极小值为 -800×10^{-6} (图 6)。高频实分量亦具有类似的异常特征, 异常半极值宽度均为 200~ 300m。

参 考 文 献

[1] 傅良魁主编. 电法勘探教程. 北京: 地质出版社, 1983

MEASUREMENT AND GEOLOGICAL EXPLANATION OF AIRBORNE ELECTROMAGNETICS IN CHANGYI- PINGDU AREA, SHANDONG

Liu Huiqin

(Shandong Geophysical and Geochemical Exploration Institute)

Abstract

Airborne electromagnetics is a rapid minerals prospecting method with low cost and high effect. The differences of conductance and magnetism of geologic bodies are its physical base. The structure in Changyi- Pingdu area is relatively complicated and the area covered by Quaternary system. Detailed airborne electromagnetic data have been gained by the Y- 11 airborne geophysical exploration station which is equipped with dual frequency electromagnetic meter after flying over 3000km. These information clearly show the structure of faults and the distribution of graphite and iron deposits.

Key words: airborne electromagnetics, real component, virtual component, anomaly, interpretation, effect

我省两名青年地质工作者 荣获中国地质学会第六届青年地质科技奖

由所在单位及有关单位推荐,并经中国地质学会组织专家委员会评审和常务理事会议批准,全国共有 50 名青年地质工作者荣获第六届青年地质科技奖,其中金锤奖 10 名,银锤奖 40 名。山东地质学会推荐的林承焰和于学峰两名候选人在本届评选中分别获金锤奖和银锤奖。

林承焰生于 1963 年 9 月,1985 年毕业于华东石油学院(今石油大学),1988 年获硕士学位,1997 年获博士学位,现为石油大学(华东)教授。“八五”以来,先后参加或负责多项国家级和省、部级重点攻关项目(课题),在油藏描述、含油气盆地分析、储层地质模型及地质学、沉积学等研究领域取得了多项具有国内领先或国际先进水平的成果。这些成果中,获“国家科技进步二等奖”、“国家级优秀教学成果二等奖”、“第三届高校优秀教材一等奖”各一项,另有多项获省、部级科技进步二、三等奖。他先后编写论著四部,并在《地质论评》

《沉积学报》《石油与天然气地质》等国内重要刊物上发表论文 39 篇,其成果多次被同行、专家所引用。

于学峰出生于 1962 年 10 月,1983 年毕业于山东地质学校,现为省第二地质矿产勘查院高级工程师,长期从事金矿勘查和科研工作,在“归来庄式”新类型金矿的勘查评价及对矿床成因、成矿地质条件、控矿因素、成矿规律的研究和成矿模式的建立等方面,做出了重要的贡献。其找矿、勘查和科研成果曾荣获多项奖励,其中获“全国储委矿产勘查报告质量一等奖”、“地矿部勘查成果二等奖”和“地矿部‘八五’定向科研优秀成果一等奖”、“地矿部科技成果三等奖”各一项。他编写专著一部,为科技期刊和会议撰写学术论文 9 篇,其中一篇曾在第 30 届国际地质大会上展讲。

(方宝明)