# 航空物探技术在1:25万区域地质调查中的应用

范正国,方迎尧,王懋基,乔春贵,宋正范

(中国国土资源航空物探遥感中心,北京 100083)

摘要:介绍了国内外物探技术在区域地质调查中的应用现状,航空物探技术在1:25万北京市幅区域地质调查中的应用,认为航空物探方法在火山岩、侵入岩和变质岩的岩性填图,以及划分断裂构造和圈定火山机构等方面具有 重要作用,特别是在挖掘地下隐伏信息方面的作用尤为明显,能提高区域地质调查的高科技含量与效率。 关键词;航空物探;1:25万地质填图;航磁;航空伽马能谱

中图分类号: P631 文献标识码: A 文章编号: 1000-8918(2007)06-0504-06

区域地质调查可按1:5万、1:25万等多种比 例尺开展,其中1:25万区域地质调查属于基础性 的地质工作,也是公益性和战略性的地质工作。笔 者通过航空物探在1:25万北京市幅地质填图中的 应用试验,研究了在1:25万区域地质调查中应用 航空物探资料的方法技术。

1 国内外研究概况

物探技术在地质填图中的应用,是地质勘查技 术发展的重要方向之一。多年来国内外已开展了许 多研究工作,并取得了不少有益的经验。

1.1 国外研究简况

前苏联和欧美等国家在区域地质填图工作中广 泛地使用了地球物理资料和遥感资料。

前苏联在大、中比例尺地质填图工作开始之前, 首先对物探资料进行解释,编制出地质构造解释图。

1978年,法国地质矿产局地球物理处根据"地 球物理协助地质填图"的计划,完成了埃德尔河畔 诺尔图幅1:5万重力详细调查,据此确定了萨夫雷 和德尔河畔诺尔新近系和古近系小型盆地的形状和 延伸范围、给出了2个盆地的充填冲积层厚度、并编 制了构造图。此次调查结果作为埃德尔河畔诺尔图 幅1:5万地质填图的第一步,简化了解决该地区复 杂的地质和构造问题的初步工作。

澳大利亚,在其填制的1:25万系列地质图中, 物探和遥感成果占有相当大的比重。据中国地质调 查局有关领导收集到的资料,澳大利亚1:25万系 列地质图由3幅主图(地质图、简化基础地质图和

#### 1.2 国内研究现状

在以往1:20万填图工作中,也使用了物探资料,如用电测深资料确定第四系埋深。但是,在大多数情况下,物探资料并未真正用于地质填图,而仅提取物探异常用于找矿。

近年来开展的1:5万填图工作中,对物探遥感 资料的重视程度有了较大程度的提高,如"七五"期 间曾设立了"1:5万区调中遥感物探化探应用和方 法研究"项目对有关问题进行了专题研究,并开展 了综合应用遥感、物探、化探方法进行1:5万地质 填图的试验工作,填制出了内容丰富的综合地质图, 如大台幅立体地质构造图、朱溪一汛桥幅基底地质 图等。

1995年,为贯彻原地矿部"九五"和2010年地 勘工作发展战略中实施第二代填图计划,设立"遥 感技术在1:25万编(填)图中的应用研究"项目。

风化层地貌图,比例尺都为1:25万)和多张辅图 (主要是假彩色航磁图像、假彩色重力图像、航空伽 马能谱三元素合成图像、高程图像、以及景观照片 等,比例尺为1:100万,在出版印刷图上位于主图 的下面或旁边)构成,其中简化基础地质图是依据 航空物探、重力及地质图综合编制而成;风化层地貌 图是以彩色航空摄影图像、航空伽马能谱图像、原始 地质图、原始地貌数据和地形图为基础,结合少量实 地观测编制而成。该系列图不但充分表示了地质观 察到的内容,而且也展示了物探、遥感等多源信息综 合解释(译)的结果,填图内容丰富多彩,增加了地 质图的应用范围。

收稿日期:2007-09-01

基金项目:中国地质调查局项目(20002010002026)资助

该项目以1:25万承德市幅为研究区,取得了1: 25万承德市幅遥感解译地质图及研究报告等成果, 总结了遥感技术应用于1:25万编(填)图中的工 作程序。近年来,在1:25万区域地质调查工作中, 在青藏高原、大兴安岭等地区开展了1:25万前期 遥感地质解译工作,取得了很好成果。

#### 2 应用试验

试验区为1: 25 万北京幅(J50C001002)。本

图幅仅西北部为出露区,约占图幅面积的20%;其 他地区为覆盖较厚的平原区。主要河流有永定河、 拒马河、白沟河、潮白河、温榆河、北运河等。

# 2.1 试验区航空物探资料

自 1960 年以来,中国国土资源航空物探遥感中 心在本区先后进行了多次不同比例尺、不同精度、不 同目的的航空物探测量工作,这些工作多数为航空 磁测,航空伽马能谱测量相对较少,未开展航空电法 测量(表1)。

表1 测区及周边航空物探工作概况

时间	IX	比例尺	飞行高度/m	参数	仪器型号	测量精度/nT	测量目的
1960	华北平原地区	1:20万	300	磁	49 型磁力仪	±15.9	石油
1962	冀中及周围地区	1:20万	< 300	磁	49 型磁力仪	±9.6	石油
1971	卡马里兹承风	1:5万	70 ~ 150	磁	402 型磁力仪	±21.9	金属
	北东西即地区			能谱	FD-123 航放仪		
1977	京津唐地区	1:20万	500 ~ 1 400	磁	302 型磁力仪	±4.2	石油地震
1983	北京地区 平原	1:10万	600	磁	MAP-4 型磁力仪	±2.8	城市规划
	山东地区 山区	1:20万	1 700				
1086	<b>带中</b> 小和型内	1:5万	80 ~ 120	磁 光泵式磁力仪 能谱 GR-800D、CRD-6 能谱仪	+2.1	石油	
1980	<b>與11-1L</b> 即吨亾				GR-800D、GRD-6 能谱仪		

#### 2.2 地质构造推断图的编制

在1: 25 万区域地质调查中,可有效使用航磁 资料圈定侵入岩和火山岩,划分断裂等,也可结合其 他资料(主要是遥感资料)划分地层。

# 2.2.1 划分地层

对试验区主要地层的磁化率及磁场特征进行对 比分析,结合区域地质填图中填图单位划分的规定, 研究总结试验区磁测方法辅助地质填图时地层分层 的方案及磁性标志,作为试验区磁法填图中解释推 断单位划分的主要依据。表2列出了试验区磁测方 法地层分层模型。

根据京西及周边出露区磁异常对各时代岩层表 现特点,结合前人对河北和北京地区地层岩石物性 的研究及我们在京西山区的部分岩石物性测定结 果,将本区地层按岩性组合划分为5个单元。从表 1 以看出,这5个岩性组合单元大致可与地层时代 相关联,即新生界、中生界、古生界一元古宇,上太古 界、下太古界。新生界是疏散沉积的未固结层,磁性 最小;中生界基本上以火山岩为主的陆相沉积岩组 成的单元,磁性较强;古生界和元古字是以海相沉积 的碳酸盐岩为主,磁性最弱;由于上太古界与下太古 界磁性差别较大,故划分为2个岩性组合单元。不 过白垩系和侏罗系火山岩地层仅具有中等磁性,且 火山岩类的磁性大小及磁化方向均不稳定,产生的 航磁异常不太强。新近系和古近系前门组内有数层 玄武岩,其磁性较大,但累计总厚度不足 300 m,产 生的航磁异常也不大。因此除岩浆岩外,单从本区 的地层来看,只有巨厚的下太古界深变质地层能引 起强而稳定的航磁异常。

航空伽马能谱测量的各个参量主要是地表伽马

宇(界)	<b>系</b> 主要岩性		κ∕10 <sup>-6</sup> SI	$M_{\#}/(10^{-3} \text{A/m})$	<u>航磁 Δ7</u> 异常特征	
	Q	黄土	90	0.5	无异常反映	
新生界(CZ)		砂岩、砾岩、泥岩	230	0.5	50 nT 的平缓正异常	
	к	玄武岩	1 590	1 860	50 nT 不稳定异常	
中生界(MZ)		火山碎屑岩	670	410	50 nT 的负异常	
	¥7 X	玄武岩	995	838	30 nT的不稳定负异常	
	K—J	酸性熔岩类	1 530	500	50~100 nT的负异常	
		安山岩类	2 540	1 670	100~150 nT的正负伴生异常	
	т	砂岩、泥岩	14	12	无明显异常	
古生界(PZ)		碎屑岩夹煤层	9	11	无明显异常	
	r—t	碎屑岩、灰岩夹煤层	16	12		
	0— E	灰岩	4.4	5.0	无明显异常一般为负磁场	
	Qn		10.7	3.2	无明显异常一般为负磁场	
元古宇(PT)	Jx	白云岩	0.5	1.0		
	Ch		5.4	1.2		
	Fp		360	71	磁场接近零值区	
太百子(AR)	Qx	麻粒岩、片麻岩、角闪岩	2 110	620	100~150 nT的强磁异常	

表 2 磁法地层分层模型

射线强度的反映,而地表伽马场的强弱及其分布、变 化特征等又反映了岩石(土壤)性质及地貌、植被、 湿度等。因此,可以利用航空伽马能谱资料划分第 四系岩性类别和圈定河流、湖泊、洼地等地貌单元。

在北京地区,利用航空伽马能谱资料,结合遥感 资料,圈定了潮白河、崇各庄水库等水体,拒马河洪 冲积扇的前缘洼地,永定河等水系的古、故河道带; 并对冲洪积扇进行了期次划分,如将永定河冲洪积 扇划分8期,拒马河洪冲积扇划分3期,进而编制了 1:25万北京市幅第四系岩性地貌推断图。利用航 空伽马能谱资料,结合遥感、航磁、重力和地质等资 料编制了1:25万北京市幅地表地质构造推断图



图1 1: 25 万北京市幅地表地质构造推断

(图1)。

2.2.2 圈定侵入岩

对试验区主要侵入岩的磁化率及磁场特征进行 对比分析,结合区域地质填图中填图单位划分的规 定,研究总结试验区磁测方法辅助地质填图时侵入 岩分类方案及磁性标志,作为试验区磁法填图中解 释推断单位划分的主要依据。表3列出了试验区磁 测方法侵入岩圈定模型。

利用航磁资料圈定侵入岩的主要标志是:侵入 岩体上磁场及其特征的变化、侵入岩体内外接触带

及。· 医八石或刀矢铁室							
	κ∕10 <sup>-6</sup> SI	$M_{\rm H}/(10^{-3}{\rm A/m})$	<u>航磁 ΔT 异常特征</u>				
花岗岩	1843(中)	210(弱)	50~100 nT 的 ΔT 局部磁异常				
花岗闪长岩	1884(中)	223(弱)	100~350 nT的 ΔT 局部磁异常				
石英正长岩	1056(中)	271(弱)	20~30 nT 的弱异常,并且不稳定				
闪长岩	1421(中)	837(中)	100~700 nT 短轴状局部磁异常				
辉长岩	4 745(大)	954(中)	200~1 000 nT 的局部强磁异常				
超基性岩	5943(大)	2 393(大)	200~1 000 nT 的局部强磁异常				
中酸性岩脉	76(弱)	134(弱)	无磁异常反映				
基性岩脉	879(较弱)	540(较弱)	50 nT 的弱异常				

/3 当世八米世祖



a—航磁 ΔT 等值线图;b—地质构造略图;1—航磁 ΔT 等值线;2—岩体出露边界线;3—推断岩体边界线;4—断裂;5—向斜轴;6—地层符号; 7—第—次侵人的石英闪长岩;8—第二次侵入的边缘相花岗闪长岩;9—第二次侵入的过渡相斑状花岗闪长岩;10—第二次侵入的巨斑状花 岗闪长岩;11—花岗岩

图2 房山岩体航磁 ΔT 等值线(a)和地质构造概况(b)

上磁场及其特征的变化。一般情况下,可根据化极 后磁异常拐点来圈定侵入岩边界。

利用航磁资料,在1: 25 万北京市幅内圈定了 大量侵入岩,但除房山、高庄、东永阳等少数岩体在 地表有出露,其他大多数为隐伏岩体(如房山岩体 的隐伏部分)。

房山岩体是以花岗闪长岩(γδ<sup>3</sup><sub>5</sub>)为主的多期次 侵入的中酸性岩体,具有岩相分带特点,石英闪长岩 分布在外缘,中部为花岗闪长岩;以穹隆状产出,地 表出露总体呈近圆形。根据航磁 ΔT 异常反映(图 2),房山岩体上表面面积约 108 km<sup>2</sup>,而在地表出露 的面积只有 50 km<sup>2</sup> 左右,显然尚有一半面积被覆 盖。航磁三维正演结果,房山岩体在深部为一大岩 基,其规模比地表出露的要大得多,岩基的侵入中心 位于出露岩体的东部下方,岩体的浅部产状较陡。

2.2.3 推断断裂构造

航磁推断断裂的标志主要为不同磁场分界线、 线性梯度带、串珠状异常带等。在1:25万北京市 幅内利用航磁资料划分了大量断裂,其中多数为隐 伏断裂,例如利用航磁资料推断了夏垫一定兴隐伏 断裂带。

夏垫一定兴隐伏断裂带是本图幅内规模最大的 断裂带,由  $F_8 与 F_9$ 、 $F_{10}$ 和  $F_{12}$ 组成,航磁  $\Delta T$  异常图 中为 NE 走向的强磁正异常带,航磁  $\Delta T$  垂向导数图 上均表现为串珠状异常带(图 3 是其中一段)。沿 断裂带有许多规模不大的中酸性岩体呈串珠状分 布。对4条穿过该断裂带的航磁大剖面进行了正演 拟合计算,结果表明  $F_8$  与  $F_{10}$ 断裂为高角度断裂,两 者之间有中酸性岩体侵入。

2.2.4 圈定火山机构

火山机构引起的航磁异常特征主要有2种,即



图3 夏垫一定兴隐伏断裂带礼贤一榆垡段航磁异常特征 四周环绕正异常的负异常和四周环绕负异常的正异 常。此外,放射状线性异常带也可作为圈定火山机 构的标志。在1:25万北京市幅地质填图过程中, 利用航磁资料在百花山一髫髻山火山岩盆地内圈定 了1139高地、髫髻山、黄塔等火山机构。图4(王佐 堂等,1990)为地面实测1139高地火山机构地质、磁 法综合剖面,磁异常呈双峰状,其两侧正异常对应古 火山口安山玢岩(次火山岩),中间低值对应古火山 口相角砾岩。

#### 2.3 地质构造立体透视推断图的编制

为了直观地反映本区地质构造的轮廓特征,编 制了北京地区地质构造立体透视推断图。该图的编 制,是根据本区地质构造的空间展布特点,选取2组 相互垂直的剖面,采用机械制图绘制立体图的原理, 按平行透视的规则和二等轴侧投影方法完成的。一 组剖面为 NE40°,大致平行于本区主要构造走向;另 一组剖面为 SE130°,大致垂直于本区主要构造走向;另 一组剖面为 SE130°,大致垂直于本区主要构造走向;另



图 4 1139 高地火山机构地质、磁法综合剖面 14 号剖面重磁异常拟合解释结果。

在地质构造立体透视推断图上,共表示了地表 以下5个地层分界面、6个地层单元,包括第四系、 新近系、古近系、中生界、古生界—元古宇和太古宇。 由于古生界、元古宇之间及其内部各时代地层间无 明显密度或磁性差异,重磁方法无法对其内部进行 分层,只能将古生界—元古宇作为—个地层单元。

第四系、新近系、古近系和中生界之间的界面主 要根据钻孔资料确定,在部分钻孔较少地段参考地 震资料和重力正演拟合结果;古生界一元古字顶面,



1一重力曲线(实线为实测,虚线为计算);2一磁场曲线(实线为 实测,虚线为计算);3一断裂;4一第四系+新近系;5一古近系+ 中生界;6一寒武系+奥陶系;7一元古字;8一太古字;9一花岗闪 长岩;10一花岗岩

#### 图 5 14 号剖面重磁异常拟合解释结果

在隆起区根据钻孔和电测深资料确定,在坳陷区根 据重力界面反演结果和地震资料确定;太古宇顶面 主要根据航磁 ΔT界面反演结果确定。



图6 北京地区地质构造立体透视推断

图 6 为根据上述方法编制的北京地区地质构造 立体透视推断图。

### 3 几点认识与建议

航磁和航空伽马能谱方法在火山岩、侵入岩和 变质岩的岩性填图中具有重要作用,对于划分中基 性和中酸性火山岩,划分不同磁性侵入岩,划分出变 质岩系中强磁性磁铁石英岩和角闪片麻岩效果明 显,也能圈定沉积岩范围。其主要困难是对弱磁和 无磁性花岗岩类与沉积岩类的分辨;对火山岩,其磁 性变化大,难于根据磁场特征精确地划分岩性。

航磁资料在划分断裂构造和圈定火山机构方面 的作用也明显,其主要困难是不易划分地表小断裂 构造、对一些大的岩性界线有时也难区分。

根据试验研究结果,总结了填图过程的技术流

程,可作为今后地质填图工作应用航磁资料的参考。 由于各地区的地质地球物理条件不同,具体内容不 能完全相同,尤其是数据处理和解释方法要根据具 体情况采用最有效和实用的方法,还应当有所创新。

#### 参考文献:

- [1] 郭友钊,韩学东,赵兰圃,等,河北平原区土壤磁性调查及农业 应用的初探[J],物探与化探,2001,25(5):397.
- [2] 孙文珂. 地质填图和矿产调查的综合方法[M]. 北京: 地质出版社, 1994.
- [3] 田本裕,娄守玉,鲍玉冈,等.北京市区域地质志[M].北京:地 质出版社,1991.
- [4] 刘元龙,王谦身,赵建华.根据重力资料探讨北京一天津及其 邻近地区的地壳构造[J].地球物理学报,1978,21(1).
- [5] 马杏恒, 卢登社. 区域地质调查野外工作方法(第三分册)[M]. 北京: 地质出版社, 1980.

# THE APPLICATION OF AEROGEOPHYSICAL TECHNIQUES TO 1: 250 000 REGIONAL GEOLOGICAL MAPPING

FAN Zheng-guo, FANG Ying-yao, WANG Mao-ji, QIAO Chun-gui, SONG Zheng-fan (China Aero Geophysical Survey and Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper describes the present situation of applying aerogeophysical techniques to 1: 250 000 regional geological mapping. It is believed that aerogeophysical techniques are important in identifying volcanic rocks, intrusive rocks, metamorphic rocks, fractures and volcanic structures, and that the application results are especially obvious in detecting underground information. Therefore, these techniques can make regional geological mapping more effective and scientific.

Key words: aerogeophysical survey; 1: 250 000 regional geological mapping; aeromagnetic survey; airborne gamma-ray spectrometric survey

作者简介:范正国(1962-),男,贵州省沿河县人,1985年毕业于成都地质学院放射性物探专业,硕士学位。现就职于中国国 土资源航空物探遥感中心,教授级高级工程师,已发表论文10多篇,合著专著一部。