

勘查地球物理 勘查地球化学文集

第 8 集

航空物探(构造部分)专辑

石青云 范秉学 主编

地 质 出 版 社

勘查地球物理 勘查地球化学文集

第 8 集

航空物探(构造部分)专辑

石青云 范秉学 主编

地 质 出 版 社

勘查地球物理勘查地球化学文集

第8集

航空物探(构造部分)专辑

石青云 范秉学 主编

*

责任编辑: 范秉学

地质出版社出版发行

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店总店科技发行所经销

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: $10^{7/8}$ 插页 8 页 字数: 255,000

1988年7月北京第一版·1988年7月北京第一次印刷

印数: 1—1310册 国内定价: 2.75 元

ISBN 7-116-00124-7/P·108

序 言

航空物探由开始组建航测大队发展到目前的航空物探总队，已经历了30个春秋。30年来，在地矿部和物探局的正确领导下，在兄弟单位的协作与支持，以及全体职工共同努力下，总队为国家作出了重大贡献。

30年艰苦奋斗的这支队伍在为提高我国航空物探研究程度，发现各种矿产以及大地构造研究等方面均取得了巨大成绩。

50至70年代，尽管航空物探测量精度较低，但由于密切结合地质进行深入的分析研究和大规模、系统的开展异常查证工作，所以，取得的地质找矿效果是极其丰硕的。

进入80年代，我们引进了航空电磁仪、能谱仪、计算机、导航定位系统等国外新技术，同时努力研制了各类航空物探仪器及其配套设备。我们研制的氦光泵磁力仪，灵敏度已达 $0.02-0.03\text{nT}$ ，进入国际先进行列；16项飞机磁干扰补偿器，盒式磁带收录系统等均具有自己的特点。应用计算机处理与解释航空物探资料的开发与研究也取得了很大进展。由于技术上的巨大进步，航空物探的服务领域不断扩大，地质成果不断增多。石油航磁由过去仅能研究具中、强磁性的基底构造发展到目前可研究弱磁性的盖层局部构造，并在许多地区取得了良好效果；利用航空伽玛能谱资料进行地质填图和寻找钾盐，以及利用航空电磁测量研究淡水分布、海水入侵陆地界线等均有一定成效；在研究大中城市、核电站及大型水电站的深部地质方面获得了很多成果；此外，中国东部、西北部及西南部1:100万航磁图编制成功，为我国开展深部构造地质研究，提供了一份重要的基础资料。

30年来，航空物探工作所以能取得丰硕的地质找矿成果，是由于十分重视科学研究工作，是科研与生产紧密结合的结果。在生产实践与科研工作中，我们既坚持自力更生，研制各类航空物探仪器，研究航空物探方法技术，又重视引进国外先进装备和技术；既重视掌握西方国家在航空物探中充分应用先进的电子技术及计算机技术，又重视学习苏联在物探基础理论和密切结合地质进行解释推断方面的经验。因此，我们与世界航空物探技术水平的差距日益缩小，某些航空物探仪器已达到世界先进水平，并在方法技术方面形成了自己的特色。

现在，我国航空物探已进入开展第二代勘查的新阶段。新一代的航空物探勘查将以多参数、高精度的测量技术，对资料全面有效地进行计算机处理和解释，密切结合地质的分析与推断为特点，以达到扩大应用领域，获得更多、更好的地质找矿成果和经济效益的目的。我们将继续兼收并蓄世界各国航空物探技术所长，充分发挥我们自己的优势，在“七五”计划期间形成具有中国特色的、达到世界先进水平的航空物探技术。

为纪念建队三十周年，将总队部分成果编辑成论文集。本文集反映了80年代初我国陆地与海洋石油构造航空物探主要地质成果和技术水平，为深部与区域地质研究和油气与矿产预测提供了一份有价值的资料。因篇幅所限，拟先编辑石油构造部分，专属性勘查、地质填图及方法技术等将陆续编辑出版。

由于编辑时间较短，水平有限，文集中不免有错，望广大物探、地质工作者给予指正。

地矿部航空物探总队总队长 卓松年

目 录

30年来我队航空物探取得的主要地质成果和技术进步·····	方迎尧 (1)
中国沿海大陆架及附近海区含油气盆地的形成与演化·····	杨 华 (9)
松辽盆地1:20万高精度构造航磁成果·····	蔡振京 (24)
阿拉善地区磁场与构造特征·····	张德润等 (38)
中国东北部地区大地构造的若干问题——根据航空磁测结果的初步分析 ·····	朱 英 (47)
区域航磁资料中长波异常的提取及其在研究地壳结构中的意义·····	刘寿彭 (80)
地温梯度和航磁局部异常在珠江口坳陷油气评价中的作用·····	李卢玲 (90)
松辽盆地中部基底断裂构造及对深层油气田的控制作用·····	张德润 (97)
柴达木盆地中部区域地质构造特征·····	张用夏 (108)
利用航磁异常估算松辽盆地地温梯度·····	周伏洪 (120)
祁连山地区北东向断裂的生成与大地构造的关系·····	李占奎 (130)
应用航磁资料探讨华北地区地壳深部构造特征的初步尝试·····	姚正煦 (139)
试论磁性基岩的双层结构——河淮平原航磁成果讨论·····	刘元生等 (148)
浙江东部及东海海域深部构造·····	蔡振京 (159)

CONTENTS

- Our Major Geological Results and Technical Advancements in Aero-
geophysical Survey in the Last 30 Years.....*Fang Yingyao* (1)
- Formation and Evolution of Oil-Gas Basins on Chinese Continental
Shelves and Nearby Sea Areas.....*Yang Hua* (9)
- Results of High-Precision Structural Aeromagnetic Survey at 1:200 000
Scale in Songliao Basin..... *Cai Zhenjing* (24)
- The Characteristics of Aeromagnetic Field and Geological Structure
of Alashan Area.....*Zhang Derun et al.* (38)
- Some Geotectonic Problems of North-East Part of China (A Prelim-
inary Analysis of Areal Aeromagnetic Map)*Zhu Ying* (47)
- Extraction of Long Wave Anomalies from Regional Aeromagnetic
Data and Its Significance on the Study of Crust Structure
..... *Liu Shoupeng* (80)
- The Geothermal Gradients and Aeromagnetic Local Anomalies in the
Evaluation of Oil and Gas Possibilities in Zhujiankou Depression
.....*Li Luling* (90)
- Basement Fault Structures and Their Role in Controlling Oil-Gas Field of
Deep Level in Centre of Songliao Basin.....*Zhang Derun* (97)
- The Regional Characteristics of Geological Structure in the Centre of
Chaidamu Basin..... *Zhang Yongxia*(108)
- Estimating Geothermal Gradient of Songliao Basin from Aeromagnetic
Anomaly..... *Zhou Fuhong*(120)
- The Genesis of North-East Faults in Qilianshan Area and Its Rela-
tion with Tectonics.....*Li Zhankui*(130)
- A Tentative Study of Deep Structure Characteristics in North China
.....*Yao Zhengxu*(139)
- On Two Magnetic Basement Structure(A Discussion of the Aeromagnetic
Result in Yellow River and Huaihe River Plain).....*Liu Yuansheng et al.* (148)
- Deep-Seated Structures in Eastern Zhejiang and East China Sea
..... *Cai Zhenjing*(159)

30年来我队航空物探取得的主要 地质成果和技术进步

方 迎 尧

航空物探总队的前身是地质部航测大队，正式成立于1957年初。实际上在此之前，于1953年我国航空物探工作的开创者们，从苏联引进感应式航空磁力仪（AM-9Л），已先后在白云鄂博和承德大庙两个铁矿区进行了试验；继而，1955年分别组成三个航磁队，同时在内蒙古锡林格勒盟及乌兰察布盟、河南舞阳、宁夏景泰等地区进行生产飞行。从此开创了我国航空物探工作的历史。30年来在党的领导下，航空物探由小到大，由弱到强，现在已发展成为一支拥有政治素质高、技术力量雄厚、设备先进、接近世界先进技术水平的队伍，为祖国寻找地下矿产资源，搞清地质构造作出了重大贡献。

一、30年来取得的主要地质成果

（一）航空物探测量完成全国面积90%提供了大量基础资料

30年来我队航空物探测量共完成 688 多万测线km，覆盖全国面积 960 多万km²（包括沿海大陆架水域约120多万 km²）；编绘出大量全国性和区域性航空物探图件，提交230多份航空物探地质成果报告。航空物探为地质找矿、油气普查和地质构造研究提供了大量基础资料和信息，引起了地学界的极大重视，在社会主义建设中已经发挥，并正在发挥着作用。我队曾多次受到中央和地矿部门的嘉奖表彰。

（二）根据航空物探异常找到了大量固体矿产

截止1986年底，共发现航磁异常25 000余处。据不完全统计，从中发现各类固体矿床451个，其中大、中型矿138个。所发现的磁铁矿床占全国50年代以来找到铁矿总数的80%以上，例如淮北铁矿、安徽霍丘和罗昌河、新疆磁海、云南大红山铁矿等；此外，还扩大了一些已知老铁矿区的范围，大幅度增加了储量，使老矿获得了新生，如山东莱阳、江苏利国、河北冀东铁矿等；在依据航磁异常直接寻找磁铁矿的过程中，还发现一批具有工业价值的有色金属、稀有金属和非金属矿床，如河北莫古峪多金属矿、黑龙江翠宏山铜矿等。以航空放射性伽玛异常为线索，还找到一些铀矿床。

（三）航磁在油气普查远景评价中发挥了重要作用

自50年代至今，在我国主要沉积地区，特别是新生代广泛分布的覆盖区，全部进行了航磁普查测量。圈定了沉积盆地的范围；划分出基底拗陷区和隆起区；在研究盆地构造的基础上对含油气远景进行评价，指出寻找油气田的方向。为发现大庆油田、渤海油田、大港油田、珠江口油田等作出了重大贡献。

近些年来，采用高灵敏度航磁仪，大比例尺测量（测线距不大于2km），在有远景的

含油气区带中进行详测，进一步确定了如局部凹陷、凸起、鞍状及鼻状等局部构造达2 500多个，并指出其中630多个为含油气有利的构造。这为地震和地质钻探工作指出了方向，缩小了“靶区”，节约了投资，加快了勘探步伐。例如1959年在松辽平原进行1:100万航磁测量，圈定了松辽盆地的边界，研究了该区的基底构造，发现其中的大通镇长垣为含油气远景带，经地面物探、钻探找到了大庆油田；1982年我队采用提高了20倍灵敏度的航磁仪进行1:20万详测，除反映地震勘探确定的105个局部构造以外，还新发现44个局部构造，从中预测37个为含油气构造，为大庆油田进一步开发指出了新的方向。

（四）区域地质构造和矿产预测研究成效显著

30年来根据航空物探资料发现与确定出许多重要的大断裂和一批切割基底的深大断裂带，已逐渐被地质工作者所证实和承认，例如，雅鲁藏布江深大断裂带、西拉木伦河断裂带、大兴安岭东侧深大断裂带、哀牢山深大断裂带等等。特别是1957年根据航磁资料我队首先提出并确定的郯(城)庐(江)深大断裂，曾在地质界引起了震动；通过研究结晶基底的结构性质和沉积盖层厚度，对大地构造单元的划分及其特征的研究，取得了许多重要成果；根据地质构造性质、断裂位置、航空物探异常与矿产分布的关系，在进行综合分析的基础上预测金属矿产的远景地区，为进一步矿产普查指出方向。

（五）完成许多专属性航空物探测量任务

曾配合地质和地面物探普查金刚石矿进行的航空物探普查，经地面验证找到几个金伯利岩岩管，有的已见矿；为配合铬矿的普查，航空物探找到不少基性—超基性岩体；在青海柴达木盆地普查现代蒸发型钾盐矿进行了高分辨率的航空伽玛能谱测量；为普查金矿原生矿，由航空物探发现次级断裂、破碎带；为配合区域地质调查，利用航空物探资料进行岩性和区域地质构造研究；在大、中城市建设中，利用航磁资料解决基底地质及稳定性问题；为配合京津唐地震地质研究，据航磁资料提出断裂分布及其特点；为水库坝址及其他大型工程建筑了解深部构造问题；为一些沿海城市地区划分海水内浸范围、寻找淡水区问题等。以上各任务都取得了相当满意的结果。

二、30年来航空物探技术的发展与进步

随着科学技术的发展，航空物探技术水平也迅速提高。高灵敏度航磁测量、导航定位技术、磁补偿技术、航空伽玛能谱及航空电磁测量、数据采集和处理成图技术、电子计算技术、资料解释新技术等引入航空物探测量中，使我队航空物探能力大大增强，向科学化、自动化、综合测量方向发展。30年来已发展成为具有我国特色的航空物探技术，并已达到或接近世界先进水平。

我国航空物探技术的发展大致可划分为以下5个阶段：

1. 探索和建立阶段（1953—1956年）。

2. 第一次大发展阶段（1956—1960年）。从苏联引进了磁饱和式的AЭM-49型航磁仪和ACFM-25型航空磁放综合台，同时聘请一些苏联专家，分别组成金属和石油两个中苏技术合作队。1960年又聘请了苏联专家当顾问。在这一阶段，我们系统、全面地掌握了苏联航空物探技术，对我国航空物探技术的发展起了重大影响。因此这阶段无论在技术水平上、队伍发展上、或是工作量和找矿效果上都取得了重大进展。

3. 自力更生阶段 (1961—1979年)。由于1960年苏联专家撤走和欧美的经济技术封锁, 这阶段完全依靠自力更生发展航空物探。在这近20年中, 航空磁力仪曾三次更新, 将灵敏度提高了100倍; 航空放射性仪探头由闪烁晶体代替了充气管; 研究成功硬架式航空电磁仪, 并在生产中推广使用; 采用双曲线相位式无线电定位系统, 开展了沙漠与海洋的航磁测量。在这个阶段中, 虽然有不少进步与提高, 但由于受“文化大革命”的影响, 有些方面停步不前, 甚至有些倒退。此外, 也缺乏同各国进行学术交流。所以, 这阶段发展速度是慢的, 同国际先进水平相比差距更大了。

4. 技术改造和调整准备再发展阶段 (1979—1985年)。当时我们的技术水平与国际先进水平相比还有一些差距, 在航空放射性伽玛能谱仪器、航空电磁仪器、导航定位设备和数据处理自动成图计算机技术方面尤为明显。因此从1979年开始, 先后从北美引进了航空磁电放综合测量站、航空伽玛多道能谱仪、多普勒导航系统、航空物探数据处理和自动成图计算机系统。这些引进的先进设备和技术极大地增强了我们解决地质问题的能力, 提高了我们的技术水平; 同时, 继续发挥我队特长, 研制成功高灵敏度航磁仪 (灵敏度由1nT提高到0.1nT)、16项磁补偿仪、以Z₈₀为主体的收录系统及地面预处理系统等。在航测资料的地质解释方面也有较大的发展与提高。

5. 向开展第二代航空物探技术进军阶段 (1986年以后)。积30年之经验, 兼蓄东欧与西方航空物探之长, 基本制订了适合于我国国情的一整套先进的第二代航空物探技术发展目标和实施计划, 并已开始逐步实现。第二代航空物探技术发展要求全面实现以高精度航空磁测 (使用优于0.1nT的高灵敏度航磁测量系统, 测量总精度好于2.0nT) 为主的航空伽玛能谱、航空电磁综合测量; 全部实现数据磁带收录、计算机自动处理成图; 应用能够适应各种环境的高精度三维自动导航定位技术; 进一步提高物探资料解释方法技术的有效性, 扩大应用领域, 取得更好的地质经济效果, 使我国航空物探技术进入世界先进行列, 扩大经营, 走向世界。

下面将按几个方面简述我国航空物探技术的发展与取得的进步:

(一) 航空物探仪器的发展与更新

在航空物探技术的发展中, 仪器装备的发展与更新在某些程度上起着决定性作用。

1. 航空磁力仪器。1953年从苏联引进AM-9JI型航空感应式 ΔZ 磁力仪, 其灵敏度只有100nT。1956年又引进了AЭM-49型和ACГM-25型磁饱和式 ΔT 航磁仪, 其灵敏度分别为5nT和25nT。它们全部更换了AM-9JI仪器, 将灵敏度提高了20倍, 并由人工记录改为自动模拟记录。60年代初, 我国研制了航空磁通门式二次谐波原理的 ΔT 航磁仪 (402仪) 和航空质子旋进式T磁力仪 (302仪), 这两种仪器于1964年相继应用于生产, 将航磁仪的灵敏度又提高了5倍。特别是后者, 由于测量的地磁场强度与质子的旋进频率成正比关系, 所以它不存在仪器零点漂移, 而且测量绝对磁场强度。在70年代前期, 研制成功灵敏度为1nT的磁通门式航磁仪 (403及CCK-1), 对固体矿航空磁测起了一定作用。

80年代前期, 采用自己研制的灵敏度为0.25—0.1nT的航空氦 (H⁺) 光泵磁力仪, 全部更换了航空磁通门式磁力仪和质子旋进式磁力仪, 并且普遍采用尾锥装置。从上述过程不难看出, 30年来, 航磁仪至少更新过七次。现在使用的航磁仪灵敏度比50年代早期提高了1000倍 (见表1)。

2. 飞机磁场补偿器。随着航磁仪灵敏度的不断提高, 飞机磁场对测量数据的影响越来越

表 1

Table 1.

航磁仪器名称	仪器型号	使用时间	测量参数	采样时间(s)	灵敏度(nT)	探头安装位置	仪器来源	备注
航空垂直感应式磁力仪	AM-9JI	1954—1957年	ΔZ		100	在飞机舱内	从苏联引进	测量相对磁场
航空磁通门式磁力仪	ACTM-25	1956—1964年	ΔT		25	伸出飞机机身侧旁 1m	"	"
	AЭM-49	1956—1963年	ΔT		5	软吊机下约30m	"	"
航空磁通门式磁力仪	402	1963—1976年	ΔT		10	固定在机身旁 1m	物探所和我队研制	"
	403	1970—1980年	ΔT		2	"	我队研制	"
	CCK-1	1976—1980年	ΔT		1—2	"	北京地质仪器厂制造	"
航空质子旋进式磁力仪	302	1963—1980年	T	1	1	软吊机下30m	长春地质学院研制	测量绝对磁场
	CHHK	1965—1984年	T	1	"	软吊机下30m或固定在机翼尖	北京地质仪器厂制造	"
	MAP-4	1980—1985年	T	0.5	"	固定在飞机鼻筒内	从加拿大引进	"
航空光泵式磁力仪	GQ-30	1975—1984年	T	0.33	1	固定在机翼尖	长春地质学院等	"
	GQ-A	1981—1987年		0.7	0.25—0.1	或伸出尾翼后 >3m	研究,我队改进制造提高	"

表 2

Table 2.

年 代	磁补偿器的类型	补偿内容	探头安装位置	探头处飞机磁场强度 (nT)	补偿精度 (nT)
1965年以前	无	未补偿	机身侧旁	100—200	
1966—1977年	线圈加坡莫合金	恒定场和感应场	"	"	15—25
1977—1982年	DBQ-1型八项补偿器	"	翼尖	40—80	4—6
1982年以后	DBQ-2型十六项补偿器	恒定场	翼尖	40—80	2—4
		感应场 涡流场	尾锥	<20	1—2

越大。在60年代中期之前,当时为了取得较高精度的测量数据,人们把仪器探头软吊到机下数十米处,以便避开或减少飞机的影响。

60年代中期,我队在理论上对飞机磁场的干扰及其补偿方法进行了研究探讨,随后采用环绕线圈组和坡莫合金分别抵消掉飞机磁场的办法,对探头处飞机磁场的恒定场和感应场进行补偿;70年代后期研制成八项电子补偿器;80年代初期解决了涡流场的补偿,从而又研制成十六项电子补偿器。它使高灵敏度航磁仪能够发挥其作用,使之接近国际先进水平(见表2)。对飞机磁场的补偿精度在一定程度上还与探头位置处的飞机磁场大小有关,因此选择安装探头的位置是至关重要的。

3. 航空放射性测量仪器。70年代以前，我们一直使用低分辨率的ACFM-25型航空伽玛辐射仪；70年代中期开始使用国产FD-123型航空伽玛能谱仪，其探测器是由铊激活的碘化钠（NaI）圆柱状晶体（6 000cm³）与光电倍增管连接构成。具有比伽玛辐射仪灵敏度高、稳定性强的探测能力。但由于制造工艺的问题，K、U、Th各分道的分辨率较差，经常只能提供总计数道的记录。

80年代初，从北美先后引进了GAD-6型四道伽玛能谱仪和GR-800D型多道伽玛能谱仪。其探测器都是矩形NaI晶体。总体积为16 780cm³。近几年经改进，晶体体积扩大到33 560cm³和50 340cm³，较大地提高了系统的灵敏度，达到国际先进水平。同50年代相比，航空伽玛探测的灵敏度提了20多倍（见表3）。

表 3

Table 3.

仪器名称	探 测 器		灵敏度 (脉冲/s)	品质 因数	探 测 内 容
	类 型	大小 (cm ³)			
ACFM-25型 航空伽玛辐射仪	盖革计数管	72支	1γ≐60		总计数率
FD-123型 航空伽玛能谱仪	圆柱形NaI晶体	6000	1γ≐240	4.4	总计数率和K、U、Th含量值(分道灵敏度极低)
GAD-6型 航空伽玛能谱仪	短形NaI晶体	16780	1γ≐500	7.35	总计数率和K、U、Th含量值共四道
	"	33560	1γ≐1200	10.39	"
	"	50340		12.72	"
GR-800D型 航空伽玛多道能谱 仪	"	33560		10.30	"

4. 航空电磁仪器。70年代中期，开始使用硬架式航空电磁系统。它是由地矿部物探所研制成功的HDY-2型单频400Hz航空电磁仪。噪声水平为20—30ppm。于70年代末，使用我队研制成功的航空甚低频电磁仪。它们均与航磁仪安装在同一架飞机上，用于金属矿普查。

1979年从加拿大引进一套航空物探综合测量站。该测量站有两种电磁仪系统：一种是TRIDEM系统，有三种频率（520Hz、2020Hz、8020Hz）同时工作，噪声水平为10—30ppm。其零点漂移为非线性变化。它收录每种频率的实分量及虚分量共六个道的记录；另一种是AE-90型航空甚低频（VLF）电磁系统，测量二次场的垂直实分量及虚分量，同时也测量一次场的水平分量，共三道记录。

5. 航空物探导航定位技术及设备。60年代中期以前，导航定位完全靠领航员按照地形图目视进行，其定位精度一般为300—500m。在沙漠、草原等地形平坦地物单调地区，常采用人工布标方法辅助目视导航定位。

60年代中期我队与中科院武汉测地所共同研制的双曲线相位系统无线电定位仪在西北沙漠戈壁地区使用。当控制范围为300×300km²时，其导航定位精度为100—500m。70年代中期我队设计制造的大功率双曲线相位系统，曾圆满地完成了我国近海大陆架航空磁测任务。但该系统需三个以上的地面台站，并带有高架天线，设备笨重，不适于丘陵山区使用。

70年代逐渐普及照相定位技术，适用于地形地物特征明显和地形图质量较好地区。定

位精度为50—150m。80年代使用多普勒(DOPPLER)雷达导航系统加照相定位系统形成自主式导航定位系统。多普勒雷达导航系统的航程误差为 $\pm 0.4\%$ ，航向误差为 $\pm 0.2^\circ$ 。在使用中，若能每30min左右在已知坐标点上校准一次，那末经过改正后，导航定位精度可保持在300m以内。

1986年引进应答(TRANSPONDER)系统。它适用于地形平坦地区的大比例尺航空物探测量。使用时要求发射台与接收台间通视，但由于地球曲率所限，每个地面台最大只能控制70km左右。导航定位的最佳精度可优于50m。

6. 航空物探高度测量技术及设备。对飞机航高的测量实际上是三维定位中不可缺少的一项参数。测量航高的技术分两类：一为离地面高度测量；另一为海拔高程测量。

离地高度测量又称相对高度测量，至今仍用无线电雷达测高仪进行。70年代以前，使用苏联制造的PB-2型和国产GW-1型无线电雷达测高仪，它们的静态测高精度为 $\pm 5\% \pm 2m$ ；在动态下，模拟记录时，实际测高精度为 $\pm 20\% \pm 2m$ 。70年代以后改用WG-4型(263)无线电雷达测高仪，静态精度为 $\pm 2.3\% \pm 3.1m$ ，实际测高精度为 $\pm 15\% \pm 3m$ 。80年代中期使用265型无线电雷达测高仪，并采用数字磁带记录，实际测高精度达到 $\pm 4\% \pm 0.3m$ 。

海拔高程测量又称绝对高程测量，是用气压高度计进行的。80年代以前使用的是苏制БН-12型气压高度计，测量高度的误差为 $\pm 110m$ (动态)。随着高精度航磁测量的发展，海拔高程测量的精度必须提高。于1985年使用美制1241M型气压高度计，经基站气压日变校正，海拔高程测量误差可达 $\pm 10m$ 左右。也就是说，因海拔高度变化导致地球偶极子场对测量结果的影响为0.25nT时，就能被校正掉，所以可满足总测量精度优于2.0nT的要求。今后随着测量精度的提高，高度测量将越来越受到人们的注意。

(二) 航空物探数据的记录与整理成图技术的进步

80年代以前所有物探仪器的输出全部是模拟曲线记录，即使是质子旋进磁力仪的数字输出，也把它转变成模拟曲线记录下来，这是为了适应当时手工整理资料的需要。

对高灵敏度的航空物探测量，模拟曲线记录已不能满足要求，必须由数字收录方式取代模拟记录。70年代中期我队研制的慢速数字磁带收录仪于80年代初期用于生产，但因电器元件和工艺水平不高而终止使用。从1979年以后相继引进了G704、G714和DAS8三种数据收录系统，均可同时进行数字和模拟记录，数字收录在九轨磁带上，适于综合测量使用。1984年采用Z80收录仪，配盒式磁带机，用于单一航磁测量，由此逐渐普及数字数据收录。

航空物探测量数据的处理分为两个阶段。首先进行野外预处理，检验数据磁带质量，绘出单剖面曲线，然后在全区测量结束后，在中心计算机上进行正式处理：数据入库，作各种校正和调平，绘剖面平面图和等值线图。这些工作是在专业人员的控制下，通过航空物探专用软件和绘图软件由计算机自动完成。

(三) 航空物探数据解释技术的进步

解释方法技术的发展在很大程度上受航空物探仪器灵敏度和测量精度的影响，近年来计算技术的迅速发展对它也有很大的促进。

在50年代前期使用航磁仪灵敏度为100nT时，对航磁资料的利用仅限于发现强度大的局部异常，以寻找基性—超基性岩体和普查大型磁铁矿。

50年代后半期受苏联的影响较大,把航磁测量划分为两类:一为固体航磁;另一为石油航磁。航磁仪灵敏度好于25nT之后,对局部异常的研究开始采用定量计算方法,获得磁性体深度和产状的信息。用于石油构造航磁中的深度计算方法是B. K. 皮亚脱尼茨基(B. K. Лятвицкий)垂直磁化条件下的切线法。在取得最小深度图的基础上,综合其他资料以评价含油气远景区带。

由于我国处于中纬度地区,航磁 ΔT 资料对倾斜磁化非常敏感。从1959年开始在航磁报告中普遍引入了斜磁化概念及定量计算方法。于60年代初相继导出了理论公式和曲线图,并研究了斜磁化的切线法。倾斜磁化概念及方法的建立是航磁解释中的一次重大变革。

60年代中期,航磁仪灵敏度的进一步提高,促进了位场转换处理方法的发展和应用。首先研究了空间域位场转换计算方法,然后于70年代研究频率域位场转换方法,如求导、化极、延拓、各种滤波计算等,极大地促进了航磁资料解释。

80年代以来,应用统计分类、数学地质等方法,在航空物探解释中发挥了较好的作用。今后无论是寻找固体矿产或油气田普查都正向着综合航空物探方向发展,以便进行综合解释,直接或间接地发现与矿产有关的目的物或目标物。近年来,还用于区域地质调查进行岩性填图、城市和大型工程地质基础稳定性、区分水质等目的的研究,取得了很好的效果。

随着科学技术的迅速发展,预计今后十年内航空物探技术将有较大的发展,必将进一步扩大其应用领域,在区域地质构造研究和矿产普查中充分发挥它的快速、高效、低耗的优越性,在加速实现我国现代化的进程中做出更大贡献。

OUR MAJOR GEOLOGICAL RESULTS AND TECHNICAL ADVANCEMENTS IN AEROGEOPHYSICAL SURVEY IN THE LAST 30 YEARS

Fang Yingyao

Abstract

Over the last 30 years, aerogeophysical survey has completed several million line kilometers for aerogeophysical survey which cover 80% land areas of China and continental shelf sea areas along Chinese coast. A great deal of basic maps, data and information have been provided for geoscience study and prospective evaluation for solid mineral products and oil-gas. Just by the information from aerogeophysical survey, a lot of industrial solid mineral producing fields such as iron, copper, lead-zinc, uranium and so on were directly or indirectly found, also hundreds of oil-gas bearing local

structures; Great contributions have been made to speed up the development of mineral resources and to get a clear understanding of the geological structure characteristics of China. From single magnetic method to integrated method, from manual operation to completely automatic operation, the airborne geophysical prospecting has passed five stages of developments, each with the characteristics of constantly upgrading of instruments, more complete equipments and more advanced technique by far. Until now, our aerogeophysical survey techniques have been up to or close to the world advanced standard. The comprehensive developments of our scientific research, production, geological interpretation, various techniques and advanced equipments have shown that ours is one of the most powerful aerogeophysical survey teams in the world.

中国沿海大陆架及附近海区 含油气盆地的形成与演化

杨 华

一、引 言

海洋航空磁测是我国开展海洋地质和海洋地球物理勘探工作较早的工种之一。1959年渤海航空磁测发现和圈定了渤海含油气盆地。1963年海南岛及北部湾航空磁测,发现并圈定了北部湾含油气盆地。自1974年开始,在配合海洋地球物理工作中,航空磁测先后在圈定南黄海含油气盆地、东海陆架含油气盆地、珠江口陆架含油气盆地、莺歌海—西沙北海槽含油气盆地及北黄海含油气凹陷群等工作中发挥了效用。到1980年止,海洋航磁测量剖面总长度累计已达283 802km,面积约120万km²(包括部分沿海陆地);圈定的含油气盆地(沉积岩厚度大于1 000m)总面积约28万km²。在含油气盆地内计算、绘制了磁性结晶基底的深度及起伏轮廓。深井钻探证明,航磁所提供的上述资料,一般误差都不大于20%。

在解释海洋航磁资料的实践中,笔者发现我国沿海及邻近海域的含油气盆地,具有不同的磁场、重力场及地震地质构造特征。因此可将它们划分成若干类型,并探讨其演化模式,评价其含油气远景和分布规律^①。

二、我国沿海及邻近海域几个大型含油气 盆地的地质构造和地球物理特征

1. 渤海盆地

该盆地显示为升高磁场背景中的块状镶嵌异常,强度200—800nT(图1)。有的正异常强度达500nT以上,如沧州以东埕子口异常及唐山以北迁西异常。对比周围地层露头及盆地内钻井资料,认为磁异常为太古界含磁铁矿及中基性变质火山组份结晶杂岩的反映。“块状镶嵌”显示了基底的断块构造特征。

在重力图内(图2)^②,盆地被反映为一相对略高的正背景区,强度达30mGal,如沧州以东埕子口异常及唐山异常等。范时清等人^[1]解释它是深部地幔隆起的反映。莫氏面埋深由盆外的35km上隆到盆内的32km,个别处如渤中重力高地区,其埋深仅29km。深部的幔隆与上部盆地拗陷形成“倒形结构”。

① 本文于1982年初写成,同年,在上海召开的中国沿海大陆架石油地质学术报告会上宣读。由于一些客观原因未及时整理,公开发表。目前,海洋石油勘探已有很大进展。但作者认为对本文还是以不修改、补充为好,这样读者可依据各自的观点仁者见仁、智者见智地作出评价。

② 引自李嘉琪:《海洋地质与第四纪地质》,1984。略有删补。

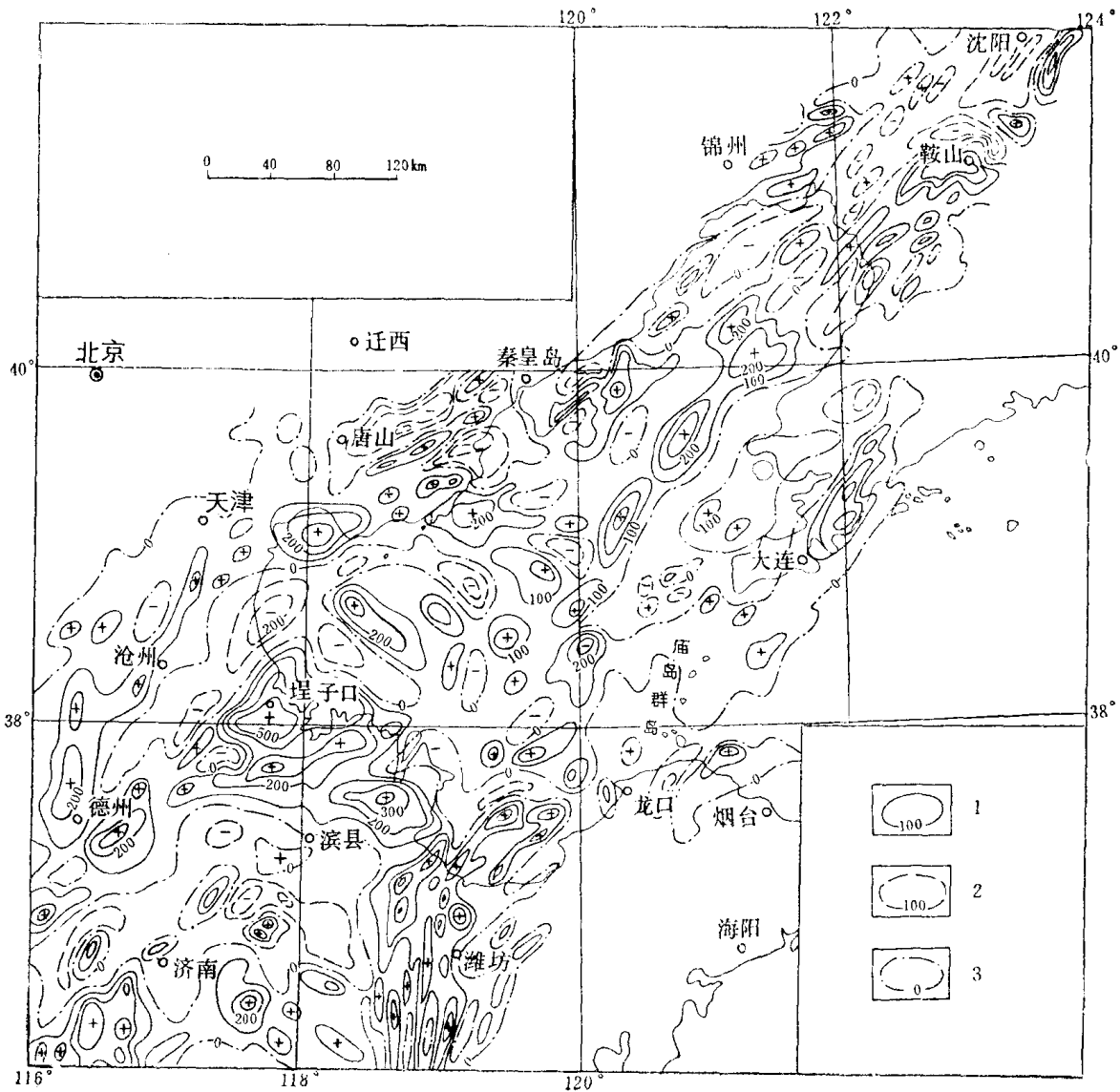


图 1 渤海及邻区航空磁测 ΔT 等值线平面略图

1—正等值线(nT); 2—负等值线(nT); 3—零等值线

Fig. 1 Schematic map of aeromagnetic ΔT anomaly in Bohai Sea and its adjacent areas

1—Positive contour(nT); 2—Negative contour(nT); 3—Zero contour

笔者对比了磁源假重力图^[2], 发现在重力升高区内, 磁源“假重力”也显示为一个升高异常。重磁场一致性升高, 表明它们是由某些相同的地质构造因素所引起。如前所述, 升高磁场是磁性基岩的反映。一般认为磁性基岩埋深的下限, 不超过地温为 650℃ (居里温度面) 的深度, 故磁性壳层通常都位于莫氏面之上。

需补充指出, 在埕子口、大港、黄骅及渤海多处钻井钻遇前震旦角闪片麻岩、含铁石英岩及中生代辉绿岩、玄武岩等高密度强磁性岩石。埕子口和渤海重磁力高均由此基底杂岩引起, 它们仅在构造形态上不同, 前者为断块隆起; 后者为一基底深断陷。因此, 解释渤海盆地重力高时, 还应考虑基底内存在高密度物质等因素。

渤海盆地东侧是著名的郯城—庐江深大断裂带的向北延伸带, 显示为一条线性磁异常带及重力线性梯度带。刘星利等人^[3]称它为营口—潍坊断裂带。该断裂带长 450km 以上,

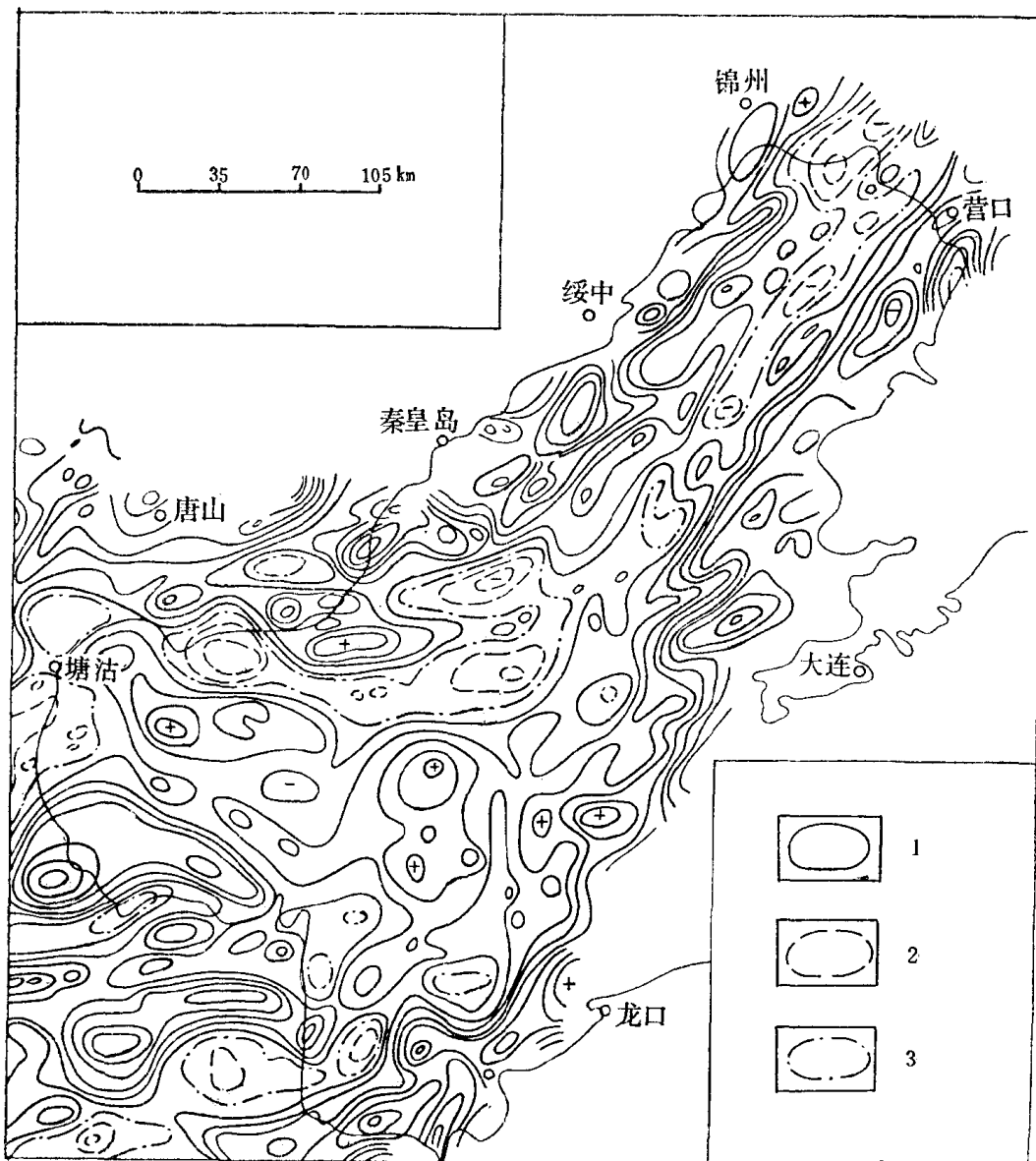


图 2 渤海重力异常略图

1—正等值线；2—负等值线；3—零等值线

Fig. 2 Bouguer gravity anomaly of the Bohai Sea

1—Positive contour; 2—Negative contour; 3—Zero contour

宽20—50km，显示为一系列地堑及地垒构造带。钻井揭示沿断裂带发育有中晚元古代花岗岩、中生代中基性火山岩与橄榄玄武岩、新生代玄武岩及贯穿第三系的岩墙群等。从发育不同时代与类型的岩浆岩表明，断裂带长期活动，构造十分复杂。它对形成渤海盆地关系十分密切。

渤海盆地磁性基底镶嵌条块的走向，在其东西两侧为NNE走向，如天津—沧州以东及庙岛群岛以西地区。在其南北两侧的滨县—德州及唐山以南，则显示为近东西向。盆地中央的磁性条块，以北西走向为主。地震工作揭示，上述磁性条块的线性梯度带往往是基底断裂的反映，主要为正断层。李德生^[4]指出渤海为一裂谷盆地，基底断块排列成以渤中重磁力高为中心向外侧断错翘起的形态。它们是在拉张环境中形成的。拉张的距离占总长度