



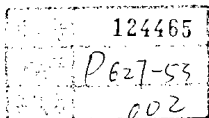
航空物探论文集

地质矿产部航空物探遥感中心物探部

方迎尧 王懋基 主编



地质出版社



航空物探论文集

地质矿产部航空物探遥感中心物探部

方迎尧 王懋基 主编

SY10/10



地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本文集收集了 17 篇航空物探技术论文。它是我国“八五”期间航空物探技术取得的部分成果,代表了当前的发展方向。文中列举了航空物探技术在固体矿产和油气资源调查以及在地质填图与区域构造应用研究等方面的实例和成果,还涉及计算技术用于解释的新方法等。

图书在版编目 (CIP) 数据

航空物探论文集/方迎尧,王懋基主编.-北京:地质出版社,1997.3
ISBN 7-116-02300-3

I. 航… II. ①方… ②王… III. 航空物探-文集 IV. P631-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 23102 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:徐才 刘志义

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 10 字数: 243000

1997 年 3 月北京第一版·1997 年 3 月北京第一次印刷

印数: 1—600 册 定价: 20.00 元

ISBN 7-116-02300-3
P·1727

前 言

我国航空物探始于 50 年代初期, 它为我国矿产资源的开发做出了贡献, 找到大量矿产勘查后备基地, 为地学研究提供了丰富的航空物探基础资料, 推动了我国地质构造问题的研究。在 40 多年中, 随着科学技术的发展和国民经济的需求, 它经历了几次大的发展, 尤以 80 年代以来的发展与变化最为深刻和引人注目。

改革开放以后, 随着我国经济建设的需求, 地质工作的重点发生了变化, 航空物探为适应需要也开始转变。首先, 必须由过去的以找铁矿为主的黑色金属矿产, 转向寻找以铜、金为主的多金属矿产; 其次, 在能源资源调查中, 要求进行大比例尺航测, 解决与矿产地有关的较详细的地质构造问题; 第三, 随着市场的发展, 航空物探也开始步入地质市场洪流, 开始研究解决水、工、环领域内的问题。因此要求航空物探在方法技术、仪器设备和解释手段等各方面必须快速发展, 以便解决各领域提出需解决的地质构造与矿产普查要求。

80 年代是我国航空物探技术发展的最快时期。我国从北美国家引进了当时比较先进的数套航空物探综合测量系统、数据处理与成图计算机系统, 导航定位系统和多项航空物探方法技术, 同时通过学术的互相交流, 极大地推动了我国航空物探技术的全面提高与发展。但是也有不少先进的仪器设备和关键性技术对我国施行封锁和限制。为了适应国民经济发展的需要, 为了打破欧美对我国的“禁运”政策, 经过十多年的不断努力, 到 90 年代初期, 我国的航空物探技术已经达到或接近世界先进水平, 并且具有我国自己的特色。

为了进一步推动航空物探技术继续发展, 广泛交流经验, 本文集编选了地质矿产部航空物探遥感中心在 90 年代前期部分有代表性的学术论文, 从几个方面反映了我国航空物探技术近几年的发展与成果。

本文集所编选的论文, 涉及了航空物探技术进步与成就的综述, 以物探资料为依据论述我国大地构造, 讨论某些盆地的地质构造与油气资源, 填图与固体矿产普查, 航空物探异常的解釋方法与数据的微机处理问题等方面。此论文集在一定程度上是本单位航空物探生产和科研成果的一个缩影, 有较高的参考价值, 可供地质、地球物理勘查方面有关同志、特别是从事航空物探技术的人员借鉴。相信本文集的出版对促进我国航空物探技术的发展、推动有关地质构造问题的讨论, 将有所裨益。

最后感谢航空物探遥感中心的领导为出版此文集所给予的支持和帮助!

编 者

1996 年 4 月

目 录

“八五”期间航空物探技术的进步·····	姚正煦 乔日新	(1)
中国大陆基底构造格架·····	王恩基	(5)
海拉尔盆地航磁特征和德尔布干深断裂·····	周伏洪	(17)
吐(鲁番)哈(密)盆地航磁异常特征与构造的关系·····	丁燕云 李占奎	(26)
辽东湾中南部海域局部磁异常与局部构造·····	周伏洪	(33)
航空 γ 能谱异常与油气田相关性研究·····	梁德超 徐东寒 冯秀轩	(43)
上海地区地球物理特征与区域稳定性评价·····	王卫平	(49)
应用航磁资料的立体地质填图·····	张文斌 熊盛青	(56)
华北地台金伯利岩管航磁异常特征·····	郝春荣	(63)
高精度航空物探综合测量在找金远景预测中的应用·····	熊盛青	(69)
高精度航空物探—遥感综合信息在地质填图及找矿中的应用·····	张天阁	(78)
磁赤道地区 ΔT 磁异常特征与解释的若干问题·····	方迎尧	(92)
灰色系统理论在航空物探找矿预测中的应用研究·····	熊盛青 张文斌	(103)
层次分析法及其在航磁异常评序中的应用·····	范正国 郝春荣	(112)
低磁纬度地区的等效源技术航磁化极方法研究·····	郭志宏	(122)
航磁剖面数据的频谱分析与磁性界面深度的计算·····	宋正范	(131)
航磁资料的自动调平方法与程序设计·····	薛典军 乔广志	(138)
航空物探微机数据处理系统·····	梁秀娟	(147)

CONTENTS

Advances in Aerogeophysical Technology in 8th Five-Year-Plan Period	YaoZhengxu, Qiao RiXin (1)
Continental Basement Tectonic Framework of China	Wang Maoji (5)
Aeromagnetic Characteristics of Hailar Basin and Deerbugan Deep Fault	Zhou Fuhong (17)
Characteristics of Aeromagnetic Anomalies in Tuha Basin in Relation to Structures	Ding Yanyun, Li Zhankui (26)
The Local Magnetic Anomalies and Structures in the Middle South of Liaodong Bay	Zhou Fuhong (33)
Airborne Gamma Energy Spectrum Anomalies in Relation to Oil and Gas Fields	Liang Dechao, Xu Dongchen, Feng Xiuxuan (43)
Geophysical Characteristics and Regional Stability Evaluation of Shanghai Area	Wang Weiping (49)
The Application of Airborne Magnetic Data to Geological Stereomapping	Zhang Wenbin, Xiong Shengqing (56)
Characteristics of Airborne Magnetic Anomalies over Kimberlite Pipes in North China Platform	Hao Chunrong (63)
The Application of High-Precision Aerogeophysical Composite Data to Perspective Prediction of Gold Deposits	Xiong Shengqing (69)
The Application of High-Precision Aerogeophysical-Remote Sensing Composite Information to Geological Mapping and Ore Prospecting	Zhang Tiange (78)
Some Problems concerning Characteristics and Interpretation of ΔT Magnetic Anomaly in Magnetic Equator Region	Fang Yingyao (92)
The Application of Gray System Theory to Aerogeophysical Ore-Prospecting Prognosis	Xiong Shengqing, Zhang wenbin (103)
Hierarchical Analytical Method and Its Application in Sequencing of Airborne Magnetic Anomalies	Fan Zhengguo, Hao Chunrong (112)
The Application of Equivalent Source Technique to Reduction to Pole for Airborne Magnetic Anomaly in Low Magnetic Latitude Area	Guo Zhihong (122)
Frequency Spectral Analysis of Airborne Magnetic Profile Data and Calculation of Magnetic Interface Depth	Song Zhengfan (131)
Automatic Harmonic Mean Method of Airborne Magnetic Data and Programming: Virtual Dissection Line Method	Xue Dianjun, Qiao Guangzhi (138)
Microcomputer Data-Processing System for Aerogeophysical Survey	Liang Xiujian (147)

“八五”期间航空物探技术的进步

姚正煦 乔日新

(地质矿产部航空物探遥感中心, 北京 100083)

前 言

“八五”期间, 航空物探遥感中心为克服投资紧张、市场萎缩不利因素, 努力开拓应用领域, 为区域基础调查、油气和固体矿产勘查提供了高质量的基础地质资料, 并且, 提交了一大批重要的找矿线索, 其中有些已成为勘查后备基地。同时, 坚持自主研制与引进相结合的方针, 加强仪器、方法技术和应用研究, 航空物探技术取得了长足进步, 在某些方面继续保持着先进水平。

一、航空物探测量装备水平提高, 勘查能力增强

我国继高灵敏度 HC-85 型航空氦光泵磁力仪之后, 又自行研制出性能更好的 HC-90 型航空氦光泵磁力仪, 并开发、采用了一系列先进技术和配套设备, 根据我国地形等特点和不同的勘查要求, 组装成不同类型的航磁测量系统, 不仅拓宽了航空物探勘查范围, 满足国内基础调查和矿产资源勘查需要, 而且, 具备了在世界任何地区实施高精度航磁作业的技术物质条件, 增强了参与国际市场竞争的能力, 使我国的航磁勘查水平又上了一个新台阶。

1. 研制成功的 HC-90 型氦光泵磁力仪已在实际生产中推广, 诸如采样率、测量范围、操作自动程度、输出可选性和工作区域等技术性能, 较之“七五”的 HC-85 光泵磁力仪又有了新的提高(表 1), 可用于地磁场测量和梯度测量。此外, 利用该技术制成的 HC-95 地面光泵磁力仪与国外同类型仪器比较, 具有灵敏度高、操作方便、功能齐全等特点, 适用于国内地质找矿和工程物探, 受到有关方面的重视, 拟选为更新换代的地磁测量仪器。

2. 普及 GPS 全球卫星导航定位技术。从 1991 年起选用新型 GPS 接收机, 导航定位精度可满足 1:5 万航空物探测量要求。为进一步提高导航定位精度, 以适应 1:2.5 万或更大比例尺航空物探勘查需要, 开展了差分 GPS 导航定位方法试验, 取得了良好效果, 较好地改善了航迹恢复精度。

3. 研制航空总磁场测量数据事后软补偿技术, 应用自制的 1:1000 精度飞机姿态仪和 20 项补偿系数, 已在总场和水平梯度测量实际生产中进行事后补偿, 补偿精度达到水平方向 $< 2.0 \text{ nT}$ 、垂直方向 $< 1.0 \text{ nT}$, 符合航磁规范要求, 使我国软补偿技术有了良好开端,

表 1 两种型号航空氦光泵磁力仪对比表

Table 1 Comparison between two types of airborne helium optically pumped magnetometers

项目 \ 仪器	HC-90K 氦光泵磁力仪	HC-85 氦光泵磁力仪
灵敏度	$< 0.01 \text{ nT}$	0.01 nT
最高采样率	10 次/秒 (1/s, 2/s, 5/s, 10/s 可任意选择)	2 次/s
测量范围	30000—80000 nT 可任意选择换挡	40000—65000 nT
显示分辨率	液晶显示, 分辨率 $< 0.01 \text{ nT}$	数码管显示, 分辨率 0.01 nT
操作自动程度	操作简便, 人机对话, 不需要恒温, 有自诊断功能, 可随时检查测量数据。	操作较繁, 无诊断功能, 收录数据不能查看。
输出可选性	数据存储方式、存储周期、采样率等均可选。模拟输出满偏为 1nT 及 10nT 两道。	存储方式、周期、采样率一经确定不可改动。模拟输出满偏只有 10nT 一道。
重量与体积	探头: $\varnothing 50 \times 220 \text{ mm}$, 重 0.5 kg 机体: $(255 \times 198 \times 80) \text{ mm}^3$ 重 6.5 kg	探头: $\varnothing 50 \times 220 \text{ mm}$, 重 0.5 kg 机体: $(255 \times 198 \times 88) \text{ mm}^3$ 重 6.5 kg
工作区域	全球范围	中、高纬度地区

为事后补偿技术的完善和提高积累了可贵的经验, 也丰富了磁补偿方法。

4. 研制的便携式微机收录系统淘汰了全部进口收录系统, 如 G704、G714 和 MAR-Z80 等磁带收录系统。将磁带收录改由硬盘收录, 避免了空中换磁带过程, 操作简单, 稳定性好, 易于维护和扩充功能, 为今后实现收录系统通用化创造了有利条件, 同时还研制了具有更大容量的 GSL 光盘收录系统。

二、航磁测量系统类型

以上述技术成果为依托, 紧密结合航空物探事业的发展, 不断提高系统集成技术能力, 成功地组装了几套以不同类型飞机为运载工具的高精度航磁测量系统, 在“八五”期间投入生产, 圆满完成了各项勘查和科研任务。

1. 运 12 飞机-航磁水平梯度测量系统

在“七五”飞机改装基础上, 利用 3 台 HC-85 光泵磁力仪完成了航磁水平梯度测量系统的组装和调试, 先后在湖南和辽宁共完成约 1 万测线公里大比例尺试生产测量, 系统性能有了较大改进, 如系统动态噪声水平 $< 0.01 \text{ nT/m}$, 补偿均方差 $< 0.2 \text{ nT}$, 以及重复性、稳定性等主要技术指标达到国际同类系统 80 年代水平。该系统的研制成功, 填补了我国地磁场测量方法中的一项空白, 有利于提高弱磁场区异常分辨能力, 增加信息量, 无疑为地质填图和寻找隐伏矿, 增添了一种有效方法。

2. 米 8 直升机-航磁吊挂式测量系统

我国山区多, 地形复杂, 高差起伏大, 固定翼飞机航磁作业时, 受飞机性能限制, 飞行离地面高度往往偏高, 磁场信息大量丢失, 不利于寻找与弱磁性有关的矿产和地质填图。飞行高度已成为当前影响航空物探勘查测量效果的主要因素。为改变在山区进行航磁测量这种状况, 采用磁测探头软吊方式, 成功地组装了米 8 直升机-航磁吊挂式测量系统, 探头距飞机约 40—45m, 较好地解决了飞机磁干扰问题。在山西中条山地区试生产中完成

1:5 万工作量约 5000km。根据与双水獭飞机-航磁测量系统在同一范围内重复测量结果比较,直升机测量系统平均航高约 145m,磁探头离地平均高度约 105m,其中低于 100m 者占全区的 60%,固定翼飞机测量系统平均航高约 400m;直升机测量系统发现的 20—50nT 异常中,至少有 2/3 在固定翼飞机测量系统测量中不易分辨或被遗漏。由于直升机测量系统能够满足低空飞行要求,获得的磁场信息更为丰富,将是今后在山区开展航空物探详查的有效方法,但高昂的飞行成本,限制了该系统的应用。

3. 轻型飞机-航磁测量系统

以 HU-1 海鸥动力滑翔机为飞行器组成的航磁测量系统,包括光泵磁力仪、便携式微机收录系统和 GPS 接收机等,重量仅 70kg,不需专门仪器操作人员跟机工作,从而向小型化、自动化迈进了一大步。通过几个测区数方公里工作量试验和生产表明,该系统适于地形变化较小的低山和丘陵区工作。该轻型飞机不需专门跑道起降,油耗低,调机方便,可用汽车运输,有一定优越性,但因机型小,抗风能力差,要注意选择有利季节施工。1995 年,中心曾使用事后差分 GPS 技术,完成线距为 100m 的大比例尺航磁试验,定位精度大为改善,可达到 ± 10 m。因此,该系统如能配备实时差分 GPS 技术,进一步提高导航定位精度,替代地面工作是可能的,尤其是在地面难以作业的沙漠和沼泽等地区,实施大比例尺测量,还是有相当前景的。

4. 低纬度大跨度航磁测量系统

为填补我国边远地区航磁空白,研制成功了长距离大跨度航磁测量系统,试验表明该系统可以适应全球范围内大面积航磁作业。

三、航空物探数据处理微机化

为适应航空物探快速和大数据量特点,缩短工作周期,通过消化吸收和开发,航空物探数据处理软件包基本上已经完成向微机移植,处理能力得到了显著提高,大大加快了处理和成图速度,为赢得市场作出了贡献。

1. 野外预处理系统日趋完善

野外预处理功能不断扩充,不仅包括了各项测量质量检查和统计分析、重新编辑入库文件等内容,而且增加了数据换算、绘制航迹和磁场剖面草图等功能,为在野外及时进行成果研究和地面查证,提供了方便。

2. 航空物探数据微机处理系统基本形成

为克服原有中型计算机上机拥挤现象和机器老化、缺乏备件现状,“八五”期间,组织人员逐步将包括磁、伽马能谱和三频航电的航空物探数据处理软件移植到微机上,并且,自主开发了新的处理方法和软件,如为解决野外大数据量的数据处理,研制成功了新的数据库系统,为建立航空物探数据处理工作站奠定了基础,加快了数据处理和成图速度,从野外飞行、数据处理到成果报告提交,可缩短至半年时间内完成。

四、航空物探解释方法定量化、自动化程度进一步提高

为满足地质找矿要求,充分发挥航空物探信息量大的优势,研制开发了一些有实用价

值的处理和解释新方法，配套形成了有一定特色的处理解释系统，在地质填图和异常评价、找矿预测中，都取得了较好的效果。

1. 紧密结合生产实际，研制了新的处理解释方法，促进了解释水平的提高

(1) 针对我国斜磁化特点，对航磁数据逐点或分区变倾角化极和化赤方法进行了比较研究，为大范围航磁数据化极和低纬度地区航磁数据化赤，提出了比较合理的方法和软件，在实际运用中取得了较好效果。

(2) 研究了应用精确数值解求位场频谱、计算磁性体埋藏深度的方法和软件，克服了在高频区产生畸变从而影响到求解磁性体埋深精度的问题，初步解决了火山岩覆盖区航磁解释方法，对火山岩区地质填图和找矿有一定意义。

(3) 提出了利用航磁总导数计算磁性体埋深等方法，并在微机上实现自动计算，为自动计算大面积航磁深度增添了一种新的方法。

(4) 进一步完善以正演迭代拟合法和重力水平微商深度计算为主的重磁联合反演方法技术，计算不同时代构造层深度和厚度值，编制不同时代构造层图件，是含油气盆地详细分层和油气分布研究的重要基础资料。根据几个地区与实际钻井和地震资料对比，界面深度图均方差一般小于 $\pm 20\%$ ，厚度图误差一般为 $\pm 30\%$ ，受到油田部门的好评。

(5) 利用航磁资料计算地温梯度，对各时代地层有机质热演化和生气气前景进行预测，但以往获得的地壳平均地温梯度，与石油地质界的要求有较大距离。目前，我们已研制成新的方法和软件，可以获得沉积盆地内地温梯度和不同深度地质界面的地温变化。如在塔里木盆地利用航磁资料计算得到的石炭系底界面和中奥陶统底界面地温图均与钻井实际地温相接近，为评价和预测生油前景，提供了科学依据。

2. 基本形成了以航空物探信息为主的综合填图系统和异常评价找矿预测系统

(1) 以航空物探信息为主，结合地面地质、物探化探和遥感资料进行综合解释和填图，建立了自动分类填图方法，包括各种数据处理，人机交互正反演计算和立体填图等方法组成的填图系统，用于新疆阿尔泰、哈巴河等地区航空物探资料综合解释中，获得了显著的地质效果，丰富和修正了原有地质图内容，尤其是客观地揭示了隐伏地质情况，深化了地质特征的认识，得到了地质界的认可。

(2) 在异常评价和找矿预测中，普遍使用了预测新理论和新方法，如模式找矿、多元统计、层次分析、结构-逻辑法、F参数法和灰色理论等，对找矿起到了指导作用。利用上述方法圈定的找矿远景区和优选的异常中，通过地面查证已经取得了可喜结果，发现了一批矿化线索，甚至成为勘查后备基地。

3. 航磁编图方法技术进一步提高

结合重点片航磁编图，研究解决了利用不同比例尺、不同精度航磁资料编制大范围航磁图的方法技术，对原始资料选用、数据录入、地理坐标转换、正常场改正、数据拼接、磁场调平、网格化方法、误差估计等提出了统一要求和标准，不仅为二次开发和地质研究提交了高质量的航磁图，而且为编制更大范围的航磁图，建立全国航磁数据库积累了经验。

本文据有关材料汇集而成，不当和遗漏之处，请指正。

中国大陆基底构造格架

王 懋 基

(地质矿产部航空物探遥感中心, 北京 100083)

前 言

重、磁测量方法是研究基底构造的有效手段。通过适当滤波处理的重磁数据结合地质和其它地球物理资料研究基底构造, 主要是应用重力异常趋势模式和磁异常特征划分前寒武纪基底; 根据正、负成对重力异常标志识别古缝合带; 利用区域均衡异常和自由空间异常分析古构造体制和深部质量分布, 并结合重磁场分区划分构造单元, 提出中国大陆基底构造格架的新认识。

一、重、磁异常趋势和分区

确定重、磁异常分区的主要准则是异常的趋势(趋势由异常轴确定)。我们利用波长小于 200km 的剩余重力异常和原始磁异常确定异常轴的趋势。重力趋势也可应用重力水平梯度确定, 它们代表地质体的边界。用重力梯度确定的趋势要比重力高和重力低的轴更客观。地质构造是决定地质体的轴和边界方向的主要因素, 因此, 应用重、磁趋势确定的分区可认为是确定构造分区的一种方法。

异常区的边界是重、磁异常的平行趋势被不同方向的趋势所截断的地方。在某些地区, 一种场可以反映明显的边界, 而另一种场则没有, 所以两种场指示的边界位置可能不完全一致。尽管如此, 分区的边界和范围代表了重、磁场和地质体的划分。

某些重力域边界与有碰撞特征的前寒武纪构造边界一致。这意味着包括大陆裂开, 随后的板块扩张和元古宙时闭合的威尔逊旋回作用。因此, 边界的式样可能反映太古宙大陆上的古元古代裂谷的式样, 在克拉通太古宙面积上的趋势也符合一定的式样, 认为岩石圈动力学过程是沿着地球早期这种式样的线性体进行。

根据重力趋势型式可以推断地块的相对时代。趋势被边界截断的地块要老于边界, 趋势平行于边界的地块要比其它地块年青, 并与边界的时代相同。在边界上的趋势式样和时代符合陆-陆或陆-弧碰撞所预期的情况。在大陆碰撞中的被动边缘将保持它固有的构造趋势, 而碰撞中的活动边缘是以平行于碰撞边界的构造和与俯冲板块上方的岩浆弧, 以及与构造活化有关的年青时代为特征。

图 1 是重、磁异常趋势及分区图。图中显示古老地块的异常趋势较零乱, 如华北陆台

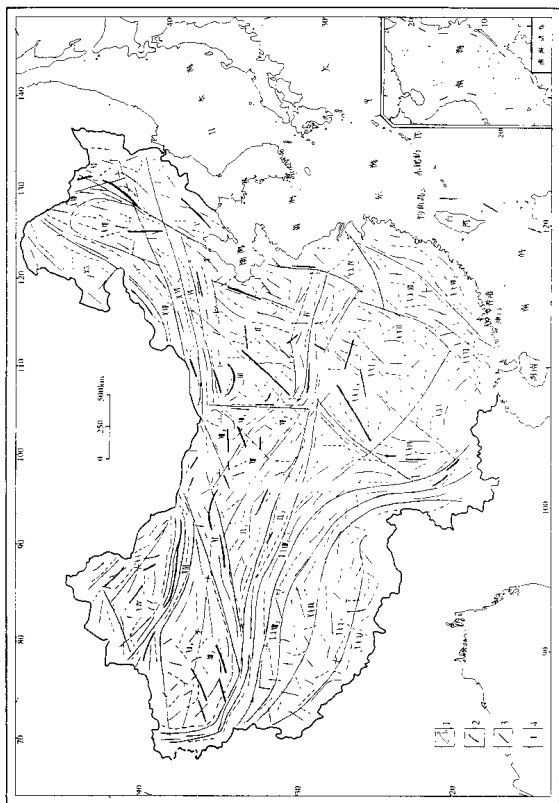


图 1 重磁异常趋势及分区

Fig.1 Trend and divisions of gravity and magnetic anomalies

1—重力异常带 (a 正, b 负); 2—主要航磁异常带; 3—分区界线; 4—分区号

(I、II、III、IV、V)和塔里木陆台(VII)。华北陆台中某些异常趋势与边界平行的区域反映元古代裂谷带(如IV区)。年青造山带和活动边缘的异常趋势都与边界平行,如天山(VIII),阿尔金山(XI),昆仑山(IX₂),松潘-甘孜陆缘活动带(XXVIII)等。

二、前寒武纪地块的划分

利用图1的重、磁异常趋势圈定前寒武纪地块及其边界,又根据磁异常的幅度、形态和分布特征划分出五类前寒武纪地块:(1)强磁性地块,具有磁性基底,对应时代为Ar—Pt₁。磁异常显示高强度,块状分布,反映刚性地块,如川中地块,华北地块,南塔里木地块,准噶尔地块;(2)中等磁性地块,基底磁性一般不强,时代对应Pt₁₋₂。磁场显示平稳场中的宽缓正负异常,反映刚性度较低的块体,如柴达木地块,阿拉善地块,兰州-西宁地块,佳木斯地块;(3)弱磁性地块,为弱的正负磁场背景,地壳密度较低,反映柔性地块特征,时代对应Pt₁₋₃,如北塔里木地块,江南地块,松辽地块等;(4)无磁性地块显示平静负磁场,时代对应Pt₃,如羌塘地块,冈底斯地块,右江地块等;(5)经改造的地块,前寒武纪地块已卷入到造山运动而被强烈改造,如华夏地块,阿尔金隆起带。

根据上述重、磁场标志,可划分出如下的前寒武纪地块。

1. 华北陆块。主要由胶辽、华北和包银三个地块组成,以明显不同的重力异常趋势为特征。阿拉善地块和兰州-西宁地区根据重磁场特征可归属于华北陆块,中元古代的裂陷活动使之从华北陆块分离出来。

华北陆块的北界在深部应在白云鄂博-翁牛特旗一线,形成北倾的斜坡。南界为中祁连南缘断裂和北秦岭南缘断裂(武山-丹凤-商城),西界为临河-武威-西宁断裂。

2. 塔里木陆块。以塔中断裂为界划分为南塔里木地块和北塔里木地块,前者的磁性和密度均大于后者,基底固结时代分别为Ar—Pt₁和Pt₁₋₂。

3. 伊犁地块。重磁场为NW向强磁异常和方向变化的重力异常,具有下元古代变质基底,推测可能在早古生代晚期从塔里木陆台解体出来。在地块上有断续分布的基性岩和超镁铁质杂岩体,表明在晚古生代具有裂谷特征。

4. 扬子陆块。东界为北海-郴州-宜春一线,东南界沿抚州-江山-绍兴断裂延伸,北界为丹凤-信阳-商城断裂至青岛-荣城断裂,西界为龙门山-红河断裂带,川中为强磁性结晶基底,其它地区在元古代褶皱基底下可能存在晚太古一下元古代弱磁性结晶基底。由六个地块组成:上扬子、康滇、鄂西南-黔北、江南、下扬子、浙西-皖南。

5. 准噶尔地块。由达拉布特断裂,博乐-库米什断裂,博格达断裂和克拉麦里断裂围限,显示块状强磁异常,具有太古一下元古代结晶基底。

6. 柴达木地块,具有弱-强磁性基底,主要由中、下元古代深变质岩系组成。在早元古代裂陷活动时沿阿尔金断裂从塔里木陆块中分离出来。

7. 松辽地块。显示为负磁场背景上分布有正异常,基本是弱磁性基底,其中也有磁性变质杂岩,它与东面的佳木斯地块可能原属同一地块,经海西裂陷作用而分离。

8. 佳木斯地块。显示降低的区域正磁场背景,晚太古代麻山群和下元古界兴东群构成地块的变质基底。

9. 羌塘地块。显示平静负磁场背景,属无磁性晚元古代地块。

10. 冈底斯地块。显示平静负磁场, 属无磁性晚元古代地块。念青唐古拉主脊有元古宙念青唐古拉群出露。

11. 若尔盖地块。重力异常 NW 向弧形分布趋势在此处变得零乱, 航磁为平缓正磁场, 属弱磁性中、下元古代地块。

12. 保山地块。位于滇西澜沧江与怒江之间, 有中元古界变质岩系出露, 重力异常为局部重力高, 负磁场背景, 属无磁性中上元古代地块。

三、成对重力异常的构造意义

地壳块体的边界通常与平行成对正负重力异常间的梯度带重合。这些异常要比相邻异常有更高的幅度, 并且延伸很长, 其主要成因是: (1) 相邻接的不同密度块体; (2) 在块体边界上的逆冲, 其基底出露在上升盘, 而在下降盘往往是沉积盆地; (3) 两者的综合。

成对重力异常通常伴随有大的磁异常。沿地块边界的重磁异常不同于地块内的异常, 具有更大的幅度和连续性。

研究表明, 成对异常的重力高一般位于年青地块, 地表的边界通常位于重力低一侧。所以, 接触面通常是倾向重力高, 年青地块具有更致密和更厚的地壳 (图 2)。这种模型与大陆碰撞是一致的。洋壳在叠置的大陆 (活动边缘) 下面消减, 当会聚力继续作用时产生陆壳的有限俯冲, 在重叠区的地壳增厚, 形成更大的浮力, 最终导致均衡的恢复, 转面可以将叠置板块的致密下地壳带到近地表, 引起正重力异常。其相伴的重力低与被动边缘有关, 反映被叠置的活动边缘下面的地壳根。因此, 成对重力异常标志提供了一种识别古缝合带的方法。但由于碰撞和碰撞后过程的复杂性, 不是所有缝合带都符合这一模式, 需要对具体情况作具体分析。例如陆-陆碰撞和陆-弧碰撞的地壳结构和重力异常就具有不同特点, 图 2 的模式主要符合于前者。

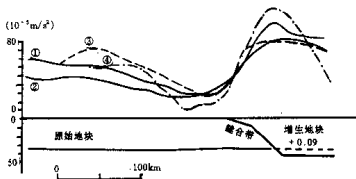


图 2 古缝合带的地壳模型和重力异常

Fig. 2 Crustal model and gravity anomaly of the paleosuture zone.

①—④为世界不同地区的重力异常; 其中②为造山带, 其它为地盾区

缝合带上的磁异常标志还注意得不够, 一般情况下也存在正负线性磁异常带, 与碰撞带有关的正异常部分可以用俯冲带上发育的岩浆弧来解释, 负异常的原因还不十分清楚。

四、古板块缝合带和地壳接合带

根据板块缝合带的重、磁异常标志识别出大陆内以下的缝合带。

1. 克拉麦里缝合带。为西伯利亚板块与哈萨克斯坦-准噶尔板块间的缝合带，显示剧烈变化的正负磁异常，正异常位于准噶尔板块一侧，负异常位于断裂带上，沿断裂带有蛇纹混杂岩体分布，北侧发育I型花岗岩和蛇绿岩。

2. 中天山南缘缝合带（图3）。为准噶尔板块与塔里木板块的缝合带。重力为正负成对异常，重力高位于准噶尔板块，重力低位于缝合带上，缝合带向北倾，深部变陡。伊宁-巴伦台-库米什-烟墩分布一条NNW向正磁异常带，反映岛弧岩浆岩带。在哈尔克山-库米什-卡瓦布拉克发育加里东晚期蛇绿岩带。

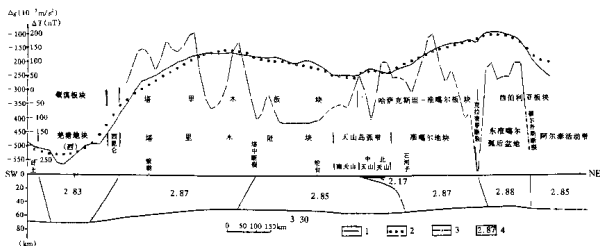


图3 阿勒泰-日土地壳断面

Fig.3 Altay-Rutog crustal section

1—观测 Δg 异常曲线；2—计算 Δg 异常曲线；3— ΔT 异常曲线；4—密度值 (10^3 kg/m^3)

3. 苏尼特右旗-林西缝合带（图4）。为西伯利亚板块与中朝板块的缝合带，缝合带向南倾，具陆弧碰撞特征。沿西拉木伦河分布一条EW向正磁异常带，为钙碱性岛弧型火山岩的反映。沿缝合带也是电性梯级带，两侧电性差异明显。温都尔庙地区发育完整的加里东期沟弧盆系、蛇绿岩套和双变质带。

4. 康西瓦-武山-丹凤-商城缝合带。为塔里木-中朝板块与华南板块的缝合带，图3表示了西段塔里木板块与藏滇板块之间为一巨大重力梯级带，缝合带向南倾。昆仑地壳比塔里木地壳密度小而厚度大，反映太古宙塔里木陆块与元古代岛弧地体的碰撞，沿布尔汉布达山分布有线性正磁异常和长达450km的蛇绿岩。

东段北秦岭南缘武山-丹凤-商城断裂是华北陆块与扬子陆块的碰撞缝合带。北秦岭为一强烈变形带，显示重力低和低密度地壳；南秦岭为重力高和较高的地壳密度。南秦岭向北秦岭俯冲，北秦岭上地壳向南秦岭逆冲。航磁异常在俯冲带上为负异常，南秦岭为300nT的正异常，反映太古代元古界变质岩系。

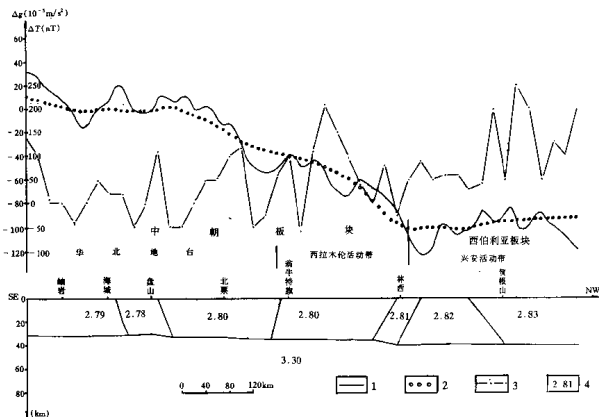


图4 贺根山—岫岩地壳断面

Fig.4 Hegenshan-Xiuyan crustal section

1—观测 Δg 异常; 2—计算 Δg 异常; 3— ΔT 异常; 4—密度值 (10^3 kg/m^3)

5. 昌玛尔-温泉-昌都-澜沧江缝合带。为冈瓦纳古陆与泛扬子古陆的缝合带。图5表示位于沱沱河沿南面的缝合带上为重力低, 藏滇板块的地壳密度和厚度大于华南板块, 缝合带向南倾, 具陆-陆碰撞特征。碰撞可能发生在晚二叠至早三叠世之间, 以致晚石炭世冈瓦纳沉积相及冷水动物群都未越过澜沧江缝合带, 澜沧江西侧有冈瓦纳基底出露。

6. 雅鲁藏布江缝合带。为印度板块向北的碰撞缝合带。重力显示巨大重力梯级带, 在藏滇板块一侧的羊八井地区为重力低, 向印度板块重力急剧升高, 莫霍界面也向南隆起, 缝合带向北倾, 倾角较陡 (见图5)。沿雅江分布一条EW向航磁强度大的正异常带, 反映冈底斯陆缘火山弧和雅江蛇绿岩带。

以下是其他可识别的地壳接合带。

7. 阿尔曼太俯冲带。剩余布格异常图显示沿乌伦古河展布NW向正负异常对, 航磁为同方向线性正异常, 中部与超基性岩带相接, 东南经白塔山断裂进入蒙古, 倾向NW。

8. 二连-西乌旗俯冲带。剩余布格异常显示正负异常对, 航磁为明显梯级带, 也是电性梯级带。它是西伯利亚板块与中朝板块在海西期的俯冲带, 向北倾, 是海西期板内残余海盆闭合的地方。

