

高等学校教学参考书

区域重磁异常图的应用效果

[美] W.J.欣兹

地质出版社

高等学校教学参考书

区域重磁异常图的应用效果

〔美〕 W.J. 欣兹

陈维雄 等译 吴宣志 校

地质出版社

内 容 提 要

本文由原版书33篇中的18篇译文组成,主要内容有:编制国家图件的方法技术、重磁异常图的诸多用途及应用效果的实例。

本书内容丰富,启示性强,对于深化重、磁异常解释,拓宽其应用范围具有较好的参考价值,是应用地球物理及地学领域的一本极好的参考书,可供地质院校研究生、本科生及广大地质工作者阅读。

The Utility of Regional Gravity and Magnetic Anomaly Map

W. J. Hinze

SEG(1985)

高等学校教学参考书 区域重磁异常图的应用效果

〔美〕W.J.欣兹

陈维雄 等译 吴宣志 校

责任编辑:岑峰

地质出版社出版

(北京和平里)

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发行

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: 16 彩图: 8 页 字数: 383000

1990年10月北京第一版·1990年10月北京第一次印刷

印数: 1—1005册

定价: 4.00元

ISBN 7-116-00671-0/P·573

译者的话

本书译出了原版书33篇文章中的18篇，各篇文章之主题，从准备编制国家图件中的方法技术问题，到举例说明区域图件的各种应用效果，涉及面甚广，详见“前言”介绍。

近年来，我国地质矿产部等也正在建立数据库，准备编制新的全国性重、磁图件。本文集的出版旨在对编制我国各种类型区域图件的工作，以及深化重、磁异常的解释有所助益。

地质矿产部物化探局及所属区域重力中心、航空物探遥感中心对本书的译出极为关注，并给予大力支持，在此表示衷心感谢。

译者1989.5.

目 录

前 言	1
第一篇 美国本土的合成磁异常图	3
第二篇 阿拉斯加和夏威夷磁异常图的预处理	26
第三篇 美国本土网格化重力异常值的准备	33
第四篇 美国一对长波 ($>250\text{km}$) 和短波 ($<250\text{km}$) 布格重力图特征	41
第五篇 加拿大地质调查所新系列1:100万磁异常图的编制技术和解释	57
第六篇 全球重力图与地球的构造	76
第七篇 根据重磁图推断的陆壳断块构造 (以澳大利亚为例)	93
第八篇 巴西中和东部地区重磁勘探资料的解释	103
第九篇 巴基斯坦俾路支省航磁资料在矿产资源勘测中的应用	111
第十篇 根据重磁资料解释对巴黎盆地的基底进行地质填图	122
第十一篇 根据磁重和地质资料解释得到的亚利桑那州地壳地质	133
第十二篇 利用频谱滤波后的航磁数据来研究堪萨斯州基底构造	151
第十三篇 由重力和航磁研究得到的南达科他州西南部的地热系统模型	172
第十四篇 美国中大陆东中部区域重磁异常的地质解释	187
第十五篇 根据磁场导数和滤波图研究美国大西洋陆缘的构造	211
第十六篇 大洋-大陆分界处磁异常模式的特征	218
第十七篇 加利福尼亚州的均衡剩余重力图——解释壳内源所引起异常的剩余图	225
第十八篇 魁北克省阿莫斯 (Amos)-巴罗特 (Barraute) 地区高分辨率航磁测量数据的地质解释	239

前言

作为研究地球岩石圈内部构造和岩性变化的一部分,绘制地球重力场和磁场图有着长且独具特色的历史。在1950年以前,对于地球重力场和磁场中异常的观测,一般集中在特种矿产资源和特定地质对象的有限区域。然而,第二次世界大战后不久,轻便重力仪日益改进和航空磁测技术的发展,导致了广大区域有效而精密的重力和磁法填图。这些大部分由政府组织完成的“区域”测量,经常作为评价和促进地球资源勘探的一种手段。这些测量数据可以普遍地得到而不受专利权限制,并且已由科研机构为基础研究而收集的大量数据所充实。大量的重力、磁法异常数据也由从事矿产资源勘探的工业公司所采集,但是除了少数外,这些数据是不公开的。在美国,公开的数据现在已用于编制新的和改善了的全局异常图。

在1975年,勘探地球物理学家协会(SEG)和美国地质调查所(U. S. Geological Survey)认识到区域重、磁异常图的价值,联合组织了重、磁异常图委员会,准备编制全美异常图。委员会的近期目标是,编制并出版美国本土重力异常图修订版及美国本土和阿拉斯加磁异常图。这些目标于1982年底完成,SEG出版了“美国重力异常图”,美国地质调查所出版了“美国本土合成磁异常图”和“阿拉斯加磁异常图”。这些图的小比例尺版本以彩色图复制在本书中,同时也复制了最近出版的加拿大重力和磁异常图。为了介绍这些国家图件出版物和说明重、磁异常图的诸多用途,1982年秋天在德克萨斯州达拉斯召开的52届国际年会期间,举行了一系列专门技术性会议。在这些会议上发表的53篇文章中的33篇被选入本书——《区域重、磁异常图的应用效果》。

本书中各篇文章的主题,包括了从编制国家图件的准备过程,到区域图件各种应用的实例等内容。所讨论的异常范围大小从几百公里到几十米。大多数文章举例说明了异常图在填绘大陆地壳内的构造和岩性变化、结晶基底岩石和地壳弱带的轮廓、喷出和侵入火山岩的分布、以及沉积盆地的几何形状等方面的应用效果。大多数实例取自美国和加拿大,但是也包括了欧洲、非洲、南美洲及亚洲的例子。区域重、磁图的应用还由石油、矿产、地热勘探、地震灾害预测和一般地质填图的实例加以说明。

异常图委员会的第二个目标是向地球物理团体提供专门的区域数字数据集。数据集的利用使得快速自动绘制各种比例尺、各种地图投影和各种等值线间距的等值线图和其它曲线图成为可能。并为利用数字二维滤波以编制选定属性(如梯度、波长范围、走向方向等)的异常图件提供了条件,有助于异常的解释。数字滤波在重、磁数据分析中的重要性已由本书目录所证实,有半数以上的文章使用了某种形式的数字处理。作为这些滤波处理的一个例子是美国本土的250km高通重力异常图,在本卷中由M. F. Kane和R. H. Godson加以讨论,并以彩色图复制在此前言中。

区域和大陆规模的重、磁异常图及其相应的数据库(通过它完成了这些图件的数字滤波)的实用性已为本书许多资料所证明。本书中许多文章表明了这些数据广泛的用途,其范围从研究主要的地壳结构到勘探矿产资源,但没谈到重力数据在大地测量上的应用,它

在本书中未予考虑。可以预见，本书的诸多文章建立了一个标准，根据这个标准，通过改善了的区域异常图、数据集，用滤波和反演对区域的数据集做附加处理，以及对重磁异常资料与其它地质、地球物理资料的进一步综合研究等，我们能够加深对地球的了解。

最后指出，现在正努力编制和出版北美重、磁异常图，作为对北美地质学十年计划的献礼，这是由美国地质协会发起和组织的。除美国和加拿大外，我们期待墨西哥、中美洲、格陵兰、丹麦、冰岛和该图覆盖的其它国家的同事们也作出贡献。就此，我们愿意向其它大陆的同事们提出倡议，着手相似的计划。许多地区已经有足够的数据以着手一项大陆范围的计划。另外一些地区没有相应的数据，这一挑战将促进开始一项收集数据的行动。而另外一些地区有数据但从未公开过，推测是由于军事保密的原因，至少重力数据的情况是如此。由于这种限制，对科学甚至于对人类造成的损失是巨大的。

我们，本书的编辑，感谢为完成本书做出努力的许多个人和团体：我们感谢文章的作者，由于他们的努力，提供了可读的、有权威性的和有良好说明的手稿；担任SEG副主席的D. W. Strangway博士，他倡议出版本书；J. Henry, B. B. Mortin和他们在SEG 出版办公室的同事们；D. W. Rose设计编辑；以及其他花费了很多时间对手稿评述和提出修改建议的人们。（下略）

William J. Hinze, 主席

Martin F. Kane

Norbert W. O'Hara

Mike S. Reford

James Tanner

Christian Weber

第一篇 美国本土的合成磁异常图

William J. Hinze 和 Isidore Zietz

摘 要

美国本土及其邻近海域的合成磁异常图已以200nT的彩色等值线间距图出版了,它的比例尺和投影与美国的其它地质和地球物理图件相同,以便于对比。尽管编制此图所用的磁测资料的特征不十分统一,但为某些地区磁测解释提供一种区域性格架,为挑选详查地区和进行区域地质构造分布及特征研究还是相当有用的。

这种磁异常图具有各种各样的磁异常模式、走向和类型,它反映了美国地质单元的变异性。一般来说,科迪勒拉山系以东的克拉通和阿巴拉契亚山脉的异常模式是由多个较强的异常组成。虽然科迪勒拉大部分异常强度低是由多种原因造成的,但居里等温面变浅致使地壳磁化强度减小似乎是主要的。阿巴拉契亚山脉和科迪勒拉山系的异常基本上反映了造山带的主要构造模式,但还有一些重要的例外情况,譬如阿巴拉契亚山脉推覆体下的岩石产生的异常和科迪勒拉山系中偏西走向的异常,都与侵入体、断裂和矿床有关。

根据磁异常及其主要走向的改变能确定出前寒武纪克拉通隐伏的南界和东部边界。美国中部有许多区域性磁异常区,这些磁异常反映了克拉通前寒武纪基岩经历了十分漫长而又复杂的历史演变。这些区域都被突出的强而且长、普遍呈线性的异常所横切,这些异常是由天折裂谷(譬如中大陆裂谷系,南俄克拉何马拗拉槽和隐伏在密西西比河拐弯处下面的里尔富特裂谷)中镁铁质喷出岩或浅侵入火成岩体引起的。这些仅是在美国本土磁异常图上所观察到的许多有趣的区域特征中的几个。

引 言

40年代中期,美国航磁测量技术的发展为大面积有效的高精度磁异常测图铺平了道路(Balsley, 1952)。测量技术的改进很快使调查由“寻找异常”转向绘制综合异常图。磁异常图是编制大陆壳火成岩和其它结晶岩类特征和分布的一种有效工具。于是,利用航磁调查结果进行了沉积岩层中火成岩填图,以及更重要的对组成前寒武纪地盾和大陆地质变动的“基底”的结晶岩类进行调查。由于较年轻的沉积物和沉积岩的覆盖,大多不能直接观察,又很少为钻孔所揭露,因此,这种基底对地质界来说大都还是未知的。但是,基岩关系着大部分地球演化史,而许多有意义的矿床也产生在基岩之中,同时愈来愈多的证据(Flawn, 1965)表明:基底的结构、物理性质及构形、对上覆沉积岩的岩性变化,构造演化和流体运移有深远的影响。这样,磁异常图连同地质信息及其它地球物理资料一起,在地球演化史的解释和地壳岩石的表征方面就起着重要的作用。

在美国,航磁测量大多是由私人企业或政府机构针对特定的地质问题进行的虽然私人企业采集的数据大都是保密的,但各个大学、州和联邦政府作的航磁图都以杂志论文,各



图 1 美国本土的合成磁异常图

灰度级次表示异常强度，从白（最低）到黑（最高）以200nT的间距变化，实黑块状区为无数据区（凤凰公司提供）

种系列图广泛地发表。然而,在美国缺乏全国性的航磁编图计划,使得仍有许多地区未进行测量或公众不能得到数据。此外,各个测量地区的数据也未能联结在一起,而且这些图件的测量和制图规范不统一,妨碍了美国综合磁异常图的制作。

1975年,美国地质调查所和勘探地球物理学家协会共同努力准备制作北美磁异常图(Hinze, 1976)。这个目标的第一步是制作美国本土内及阿拉斯加的磁异常图。由已有的磁异常图目录可知,已出版的图覆盖了美国面积50%略小一点,而其中大部分都是美国地质调查所出版的。几乎与此同时,根据美国能源部的国家铀矿资源评价计划(NURE)也开始对美国进行航空放射性调查。航磁测量与放射性数据采集同时进行,而且这些数据都是公开的。这些数据及由联邦政府和州正在进行的计划所得到的图,以及从私人企业中得到的少量数据都用来编辑美国本部的磁异常图。该图是由美国地质调查所以地球物理图954A出版的。制作这张图估计用了2.5到3.0百万测线公里的航磁数据。阿拉斯加和夏威夷磁异常图以地球物理954B出版(这些图件在本书前言中以彩色形式重印,建议读者参阅这张彩色的美国本土航磁图)。

美国本土和邻近海域的合成磁异常图以两幅彩色图出版,磁异常等值线间距为200nT,低梯度区内加上间距为100nT的等值线,用阿尔伯斯等积投影,比例尺为1:250万。这些图可直接与美国本土的构造图(美国地质调查所和美国石油地质学家协会,1961)、基岩图(Bayley和Muehlberger, 1968)、地质图(King和Beikman, 1974)和重力异常图对比,凤凰公司根据2'×2'数字数据集制作了灰度磁异常图见图1。

美国磁异常图可用来为某些地区磁异常解释提供区域性的构造格局,为更详细的调查提供选区,并用来研究大小为几十或几百公里的区域地质单元的分布和特征。此图以及随同的文本,也为公众提供了可利用的磁异常图索引。这样,该图对地质学家和地球物理学家都是有价值的资料,但作地质解释时应当十分谨慎。我们建议,该图只应用在1:250万(出版比例尺)或更小的比例尺,这是由于数据类型、数据采集规范和编辑技术存在差异的缘故。该图的比例尺和等值线间距使它限于研究宽度大于几公里、幅度高于200nT的异常。我们建议在详细研究时采用比例尺大于1:250万的原始数据。在解释频谱的另一端,指在水平尺寸上大约超过1000km的长波长时必须相当小心。这些异常可能有误差,这是由于从观测数据中消除地核产生的基本磁场和由不同测量基准资料进行拼接过程中所存在的种种限制造成的。

数 据 源

美国磁异常图大约由660个磁异常图编辑而成,其中大部分图是根据总场强度的航磁异常数据得到,而其余的图则是根据地面和海上总场磁异常数据及地面的垂直磁场强度数据制作的。垂直磁场强度异常数据分布在南达科他州和密苏里州的大部分地区,而在新墨西哥州只有一小部分。这些异常图虽然最早可追溯到1943年,但将近一半是1975年以来测量的。航磁测线的方向、高程和线距变化很大,而大多数测线距地面小于1000ft(305m)。50%的图的线距为1mile(1.6km)或更小,20%的线距为3miles或更大。测量的技术规范在随图的文本中也有详细的说明,可供参考(美国地质调查所和勘探地球物理学家协会,1982)。



图 2 华盛顿州与邻区的磁异常图

没有把异常数据解析延拓到一个共同的高度,但把数据调整到同一个磁场基准,因为原始异常图的数据都是根据各不相同,常常是任选的磁场水平得到的。美国海军海洋处和NURE计划最近进行了全国性的磁场测量,并把编辑的磁异常图与该资料对比指出:编辑图的真正零水平比根据1975年国际地磁参考场(IGRE)求出的零水平高大约1000nT (Barraclogh和Fabiano, 1978)。

许多地区可供编辑的图不止一幅。一般来说,选用最详细的,且与邻区的图差别最小的图幅。美国本土的大部分地段,特别是海湾沿岸和大平原,编辑所用的数据和图件都是NURE计划获得的,这些测量的线距通常为3或6miles (4.8或9.6km)。

1981年末,当全国磁异常原图送到出版者手中时,由于几个地区还没有可供编图的磁异常图,致使这些地区仍为空白。此后,对佛罗里达州、俄亥俄州、伊利诺依州、得克萨斯州、新墨西哥州、加利福尼亚州、华盛顿州、俄勒冈州、伊利湖和安大略地区进行了磁测,故在该图的修正版中将包含上述地区。

原始彩色图上用于编辑的异常图的边界用亮线表示,以利识别由数据类型、数据采集技术规范 and 编辑技术不同引起的,或由地质上的异常源引起的磁异常模式。在华盛顿州有一个极好的例子。该州中部有一块航磁数据,向南西方向延伸到俄勒冈州东部(图2)。测量高度为地形上方平均1000ft(305m),航线间距为0.5miles(0.8km)。该图显示了哥伦比亚高原表层玄武岩引起的短波磁异常。与此相反,紧邻该区的南部三分之一地区,虽然出露岩石与之相似,但却未出现这样复杂的异常图形,而是一种相对简单的长波异常,它反映了在该区进行的是高观测面(15000ft或4575m海平面上)和宽线距(5miles或8km)的测量。这是该图解释中需要用到各个图边框和技术说明的引人注目的例子。

图 的 编 辑

美国本土磁异常图的编辑包括下列几个步骤:(1)检查用于编图的磁异常图,必要时换算到测量日期的IGRE;(2)选出间距为100nT或200nT的等值线;(3)选出的等值线图用照像的方法调整为1:100万的编辑比例尺,并在美国本土及其邻近海域的阿尔伯斯等积投影主底图上定位;(4)相邻测区边界附近的等值线用目估法联结使其尽可能地圆滑;(5)对异常值有较大不连续的地方,根据NURE等值线图联结异常等值线;(6)对以1:100万编辑比例尺的图进行照像以缩小成1:250万(出版比例尺)的图。

NURE数据是在美国本土上7年内采集的,且主要参照最新的IGRE-1975 (Tinned和Hinze, 1981),该数据提供了一个基线网以控制单个磁异常图的编辑。为了对所编辑的图进行独立检验,从该图中挑选了几条剖面,把它与美国海军海洋处(NO0)一系列南-北向航磁控制线对比。这些测线是1976和1977年间飞的,它横贯美国本土,经度间距大致为1°。对比结果表明,做了IGRE-1975校正之后,编辑的数据与NO0数据在100nT范围内是一致的。然而,肉眼观察发现,从美国东部向北西部,平均磁场值在大范围内增加了。从观测数据中消除IGS-75地磁场之后,用NO0数据制作的磁异常图中也发现有类似的趋势(Sexton等, 1982)。这种长波异常可能是由大陆规模的地质变化引起或由1975地磁参考场中的误差所造成。在该图出版时未解决这个问题。后来,在IGRF-1975中发现了这种类型的误差,并定出一个修正了的临时1975—1980年国际地磁参考场(Peddie, 1982)。

这个修正的参考场与IGRF-1975不同，后者用于换算大多数NUE数据并在正确性检验中起到了判别的作用。其差异从沿东海滨约为 -680nT 变到南加利福尼亚州的 -150nT ；而在华盛顿州西北则为 $+150\text{nT}$ (Peddie, 1983)。IGRF-1975的此种误差使磁异常图上叠加了一个长波异常，使磁异常值从美国西部，特别是西北角，向东海岸逐渐减小。它正是合成图上看到的大范围变化的特征。在明尼苏达州磁异常中还发现了数据调平过程中存在的一个更局部的待解决问题 (Schnetzler等, 1984)，明尼苏达州的数据与周围磁异常图比较，有高达 $+100\text{nT}$ 的误差。

异常源

由于编图区地质单元变化较大，可以预料在全国观测到的磁异常模式及类型具有差异性。地壳内磁化强度变化（主要反映磁铁矿存在的属性和数量）是产生这些异常的主要原因。一般来说，在这种比例尺和等值线间距的美国磁异常图中，异常是由火成岩和变质岩基底产生的，在它们上面已沉积了大量无磁性沉积物和沉积岩类。另外一些异常由侵入到沉积岩中的或喷出的火成岩引起。可测量的磁化强度变化推断是由于发生在地壳内的构造作用、火成岩的分异、变质作用和蚀变引起的。如果上地幔如所推测的那样为非铁涂氧磁性的话，磁性层的底可能就是莫霍面 (Wasilenski等, 1979)，或者在居里等温面 ($\cong 580^\circ\text{C}$) 受地幔到地壳的热传导增加影响的上隆处，磁性底界在地壳内部。推测主波长达几百公里的磁异常是由下部地壳引起的。这是因为这一层的磁化强度比上部地壳高了一个数量级 (Shuey等, 1973; Hall, 1974)。形成鲜明对比的是，在全国图上不能辨认出在更大比例尺、更详尽的异常图中可圈定的由沉积岩或基底表面起伏引起的磁异常。

地壳岩石的磁化强度是由当前地球磁场的感应或反映古代或现代地磁场的剩余磁化的结果。我们推测，美国磁异常图上的许多磁异常基本上都是磁铁矿的感应磁化强度引起的。特别是在该图的中部和东部，这些磁异常都是由早于几亿年的古老岩石产生的，它的剩余磁性由于长期衰减或后来叠加的地质作用发生了改变。这种结论符合美国磁异常的一般性质，它们具有以地磁场方向感应所产生的异常特征。一般来说，强异常具有正值，与正异常相伴生的极小值比极大值数值要小，且极小位于异常的北边。孤立异常的正峰与该异常北面伴生的极小点的连线，通常沿着当地地磁子午线方向，而且，正象Wasilewski等人 (1979) 所指出的那样，下部地壳岩石中古代剩余磁化强度因时代老、环境温度高和构造变形而减弱，当然，也有可能这些岩石具有与现代地磁场同方向的粘滞剩余磁化强度。

在美国的不同地区，同一个特定地质构造的感应磁化强度产生的磁异常会由于感应地磁场方向和强度的变化而有所不同，但这类变化是有限的。在美国，地磁场方位角的变化范围为 -20° — $+20^\circ$ ，而其倾角则为 60° — 75° ，总场强度从南到北大约增加20%。值得注意的是，地下某特定的正磁性界面产生的异常从南到北振幅增加，对称性明显。此外，随着磁纬度的增加，异常的极大值向北偏移，极大值北边的极小值减小，而且从美国北东到北西部，异常正负极值连线的方向从偏西约 20° 变到偏东 20° 。

Vacquier等人 (1951) 和Andreasen, Zietz (1969) 用模型磁异常图说明变化的感应地磁场的影响，后者还显示出了剩余磁化强度的影响。这些理论异常和类似的研究还证明场源几何形状对磁异常特征也有重要影响。其中一个较有意义的特征是场源埋深，异常振

幅将随场源埋深的增加而减小——对于长而宽的场源大致呈线性增加，对于长而窄的水平地质体则与距离平方呈反比，而对于等轴状集中的场源则与距离的立方呈反比。根据与距离呈反比的关系，浅源，譬如在得克萨斯州中部Lano（拉诺）隆起中所见到的，其幅值远远大于路易斯安那州中部的异常。路易斯安那州中部的磁性基岩埋深约为10km。

感应磁化强度源产生的异常幅值也是磁铁矿和共生磁性矿物含量的函数，与磁性矿物性质具有复杂的关系。磁铁矿是一个固溶体序列的最后一个成员。该系列的磁性和居里温度随着钛的百分比含量的增加而减小。磁铁矿在大多数岩石中含量较少，因此，与岩性和岩石分类无直接关系。磁铁矿含量（和由此产生的磁异常强度）与岩性间的关系充其量也是弱关系，但具有某种总体上的关系可用于识别异常源。这些关系在磁性——岩石性质一览表中都可看到（Lindsley等，1966；Strangway, 1981；Carmichael, 1982）。碎屑和化学沉积物及沉积岩仅含小量磁铁矿，因而在区域磁异常图中都没有明显表示。然而，有一些例外情况，其中有一些还较显著，譬如：含磁铁矿的沉积的条带含铁建造是美国磁性最强的岩类之一。在苏必利尔湖地区，几个强而长的线性正磁异常勾画了前寒武纪沉积单元露头或隐伏露头的分布。一般来说，结晶岩石中从长英质到铁镁质岩石，其磁铁矿含量逐渐增加，这样，花岗岩磁性通常最小，辉长岩磁性最强。然而，例外的情况确实存在，譬如，内布拉斯州（Lidiak, 1972）和堪萨斯州东部（Yarger, 1981）元古代花岗片麻岩的磁性常常比太古代变质镁铁质火山岩和花岗岩强，前者含有2%或更多的磁铁矿，因此会形成正磁异常。

美国磁异常图上大部分磁异常基本上是感应磁化引起的，这一普遍性也有一些值得注意的例外情况：譬如，在太平洋西海岸和胡安德富卡板块的线性、正负交替变化的磁异常是洋壳正常与反常磁化交替变化产生的。与此相反，东大陆架附近特征不明显的磁异常模式反映了在侏罗纪该段地壳形成时，稳定磁场极化造成的连贯的剩余磁化强度（Larson和Hilde, 1975），或对原有剩余磁化强度进行的改造（Bleil和Petersen, 1983）。

剩余磁化强度对磁异常影响最惹人注目的例子也许是位于德克萨斯州西北部的异常（图3）。它是位于 33.5°N ， 101°W 的克罗斯比顿异常，已经证实该异常是由早古生代镁铁质侵入体引起的，该侵入体有强的反向剩余磁化强度（Shurber等，1976）。在克罗斯比顿异常西北 34.5°N ， 102.5°W 又观测到可能由反向剩余磁化强度引起的另一个异常。这个异常具有很强的负值，表明剩余磁化强度很强。在美国西部第三纪和第四纪火山岩上也观测到大都由剩余磁化强度产生的异常的其它例子，但古代火山岩也可能有强烈的剩余磁化强度分量。譬如，苏必利尔湖区的1,100百万年的基韦诺统火山岩和中大陆断裂产生的异常横切了一般异常模式，并从苏必利尔湖西向南延伸到堪萨斯州，它被剩余磁场分量强烈地畸变，而剩余磁化强度至少是感应磁化强度的三倍大，前者方向与后者的斜交（King和Zietz, 1971）。这些火山岩的漫长地质历史和它们的低度绿片岩变质作用并未有效地破坏剩余磁化强度分量。从这些例子可以推测：具有感应磁化强度场源特征的许多其它异常可能在某种程度上由具有与现代地磁场的方向和极性相同的剩余磁化强度引起。

显而易见，在美国磁异常图上，绝大多数异常都是由上部地壳内结晶岩石变化引起的，而局部的高强度异常是沉积岩中的火成岩产生的，长度为几百公里的长波异常来源于下部地壳内。这些异常的振幅和梯度随埋深增加而减小。虽然，一般讲这些异常的强度直接与它们的场源的镁铁质相对含量有直接关系，但有足够的例外情况要求当直接根据异常

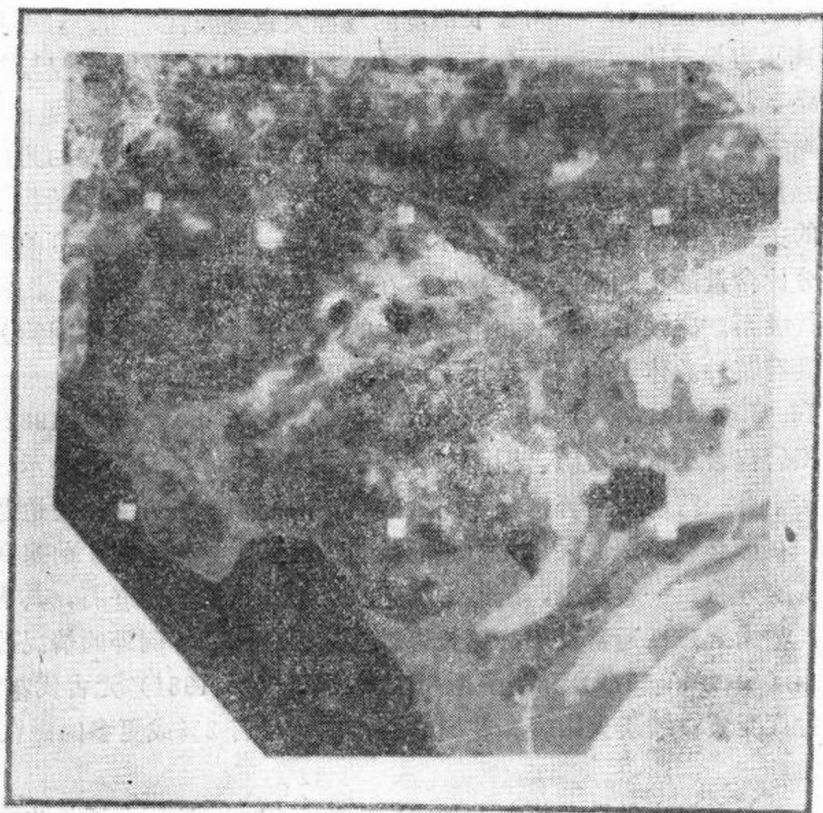


图 3 得克萨斯州和俄克拉何马州及邻近区磁异常图

进行岩性解释时应当谨慎小心。置信度最高的是根据已知地质特征进行外推的解释。解释过程中，辅助信息，特别是重力资料也是有用的。尽管根据磁异常图识别岩性存在着某些问题，但这种特征和异常模式还是可以用来识别源岩的结构和几何参数的。

若干异常的地质意义

利用上面讨论的有关磁异常源的基本概念，采用特定地区更为特殊的地质磁化强度信息给以推广，将有可能对磁异常模式进行地质解释。当然，尽管许多地区的磁异常图和剖面早已做了讨论和解释，但是对于全国许多部分的异常在大范围、多州的基础上进行评价可能还是第一次。这种评价可以根据磁异常和表征地质分区的长波异常的研究对观测的异常源进行联系对比。

把美国本土的地质图与磁异常图对比，磁异常图的重要性就显得特别明显 (King 和 Beikman, 1974)。异常或异常模式与地质体间的直接相关只可能出现在基底岩石出露地区 (如阿巴拉契亚山脉) 和第三纪、第四纪地表火山岩 (如爱达荷州的斯内克河平原)。在美国绝大多数地区，地面地质中没有任何结晶基底异常源的指示。这样，磁异常图提供了只有通过地球物理研究和个别深钻孔才能得到的信息。这一点在与 37°N 纬度平行的，横穿美国的磁异常剖面上表现得很清楚 (图4)。该图上还示出了由1982年图上 (勘探地球物理学协会, 1982) 得到的布格重力异常剖面 and 圆滑了的高程剖面。根据地表地质得到的地质区划与磁异常之间，除基底很深地区 (例如，大约 100°W 的大平原) 磁异常具有低梯

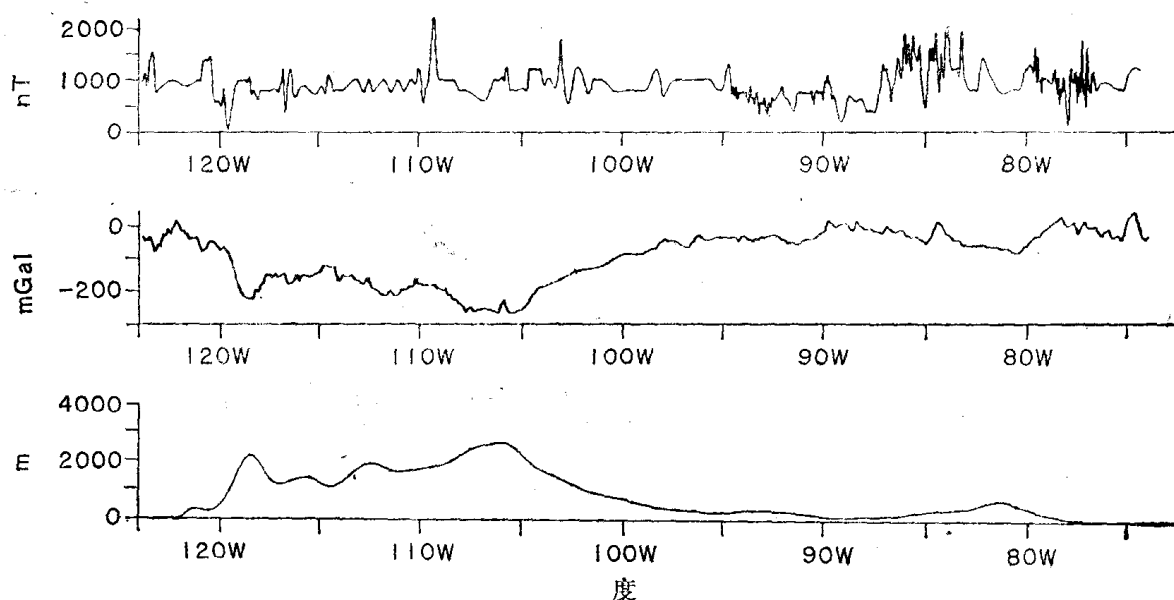


图 4 沿北纬37°的磁异常, 布格重力异常 (海上为自由空气异常) 和高程综合剖面图

度以外, 两者很少有相关性。

为了阐明美国磁异常图的潜在效用、下面回顾若干异常的地质意义, 对该图的详细分析有待于对研究区内能够得到的各种地质和地球物理资料进行综合以及利用更大比例尺图上的异常信息进行定量模拟。

大西洋和墨西哥湾沿岸

美国大西洋沿岸的磁异常图 (图5) 主要被东海岸磁异常 (ECMA) 所占据。这个线性正磁异常与从纽芬兰到佐治亚州东的3000km长的大陆坡大致重合 (图6(1))。该异常在大约31°N纬度处分裂成北方的北卡罗来纳州沿海和南方的佐治亚州沿海两部分; 南方的部分弯回大陆, 并以一系列不规则的正磁异常 (不伦瑞克异常) 成弧形分布延伸等过佐治亚州南部到亚拉巴马州 (图6(2))。很早以前, 人们就发现了东海岸磁异常 (Keller 等, 1954), 并进行了广泛研究和争论。Taylor等人 (1968) 评述了前人对该异常的解释, 并进行了模拟研究。他们认为该异常最可能的源是沿前古生代大陆-海洋分界线的一个长英质基底侵入体。然而, Folger等人 (1979), Behrendt和Klitgord (1980) 和Schlee等人 (1979) 支持异常是海陆地壳过渡带边缘效应引起的观点。最近, Behrendt和Grim (本卷书中) 认为边缘效应可能引起大部分的东海岸磁异常, 但它的短波成分却是由更复杂的构造, 或许由火成岩侵入体引起。东海岸磁异常朝大洋部分的异常场没有什么特色。与此相反, 东海岸磁异常的朝岸部分及南部, 异常模式复杂, 说明大陆地壳磁性不均匀, 但该异常由于大陆架沉积岩向大洋逐渐变厚, 特别是在盆地中, 而使异常变的宽广且平缓。正象Klitgord和Behrendt (1979), Behrendt和Grim所讨论的那样 (见本书有关部分)。

Taylor等人 (1968) 把ECMA及其朝大陆延伸的部分, 不伦瑞克异常, 解释为前古生代大陆-海洋分界线。Higgins和Zietz (1983) 利用新的地质资料和重磁异常编辑图把北美大陆与部分非洲或非洲/南美板块 (直到晚古生代) 间的分界线确定在查尔斯顿磁性体的北

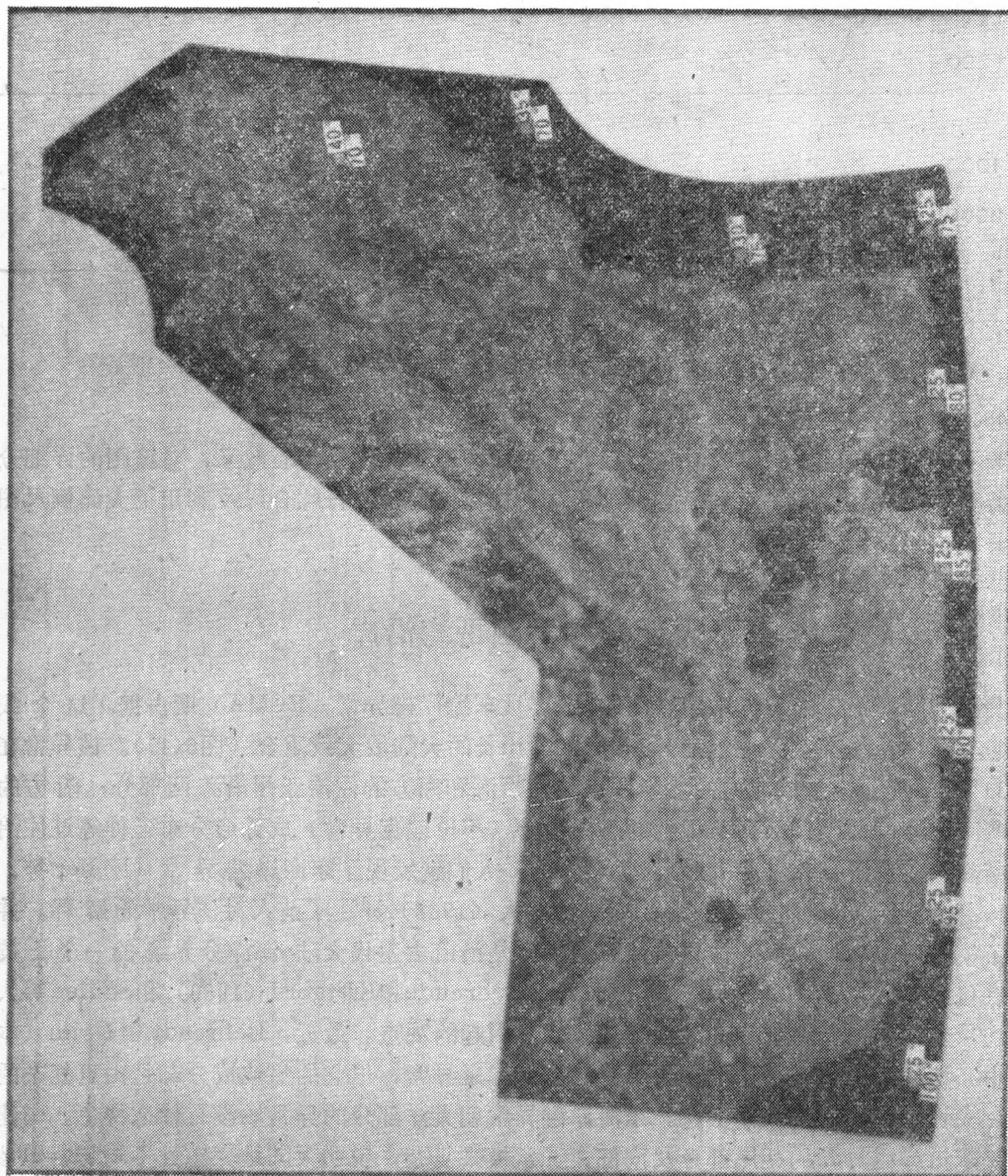


图 5 美国东部磁异常图