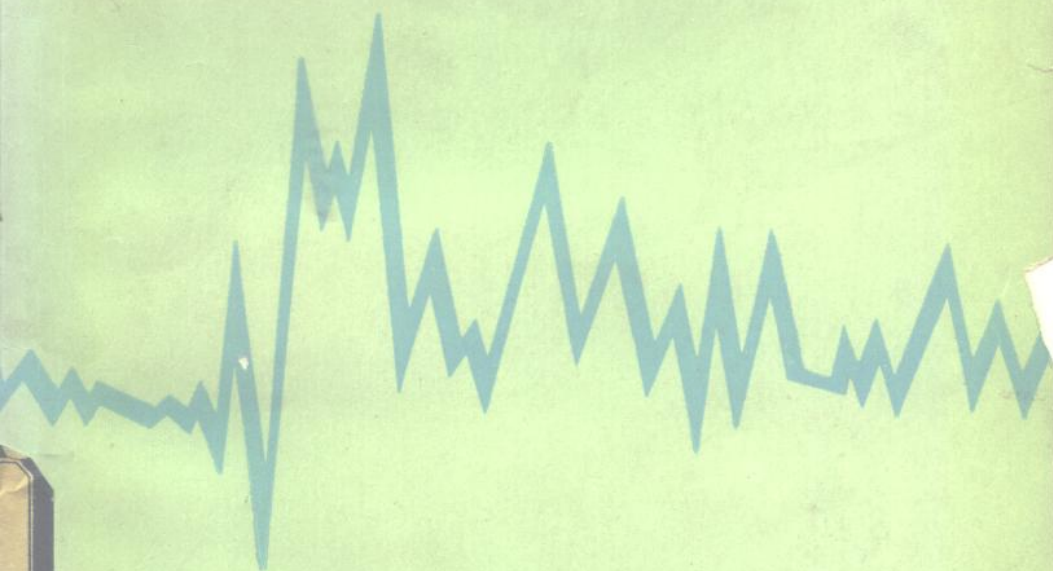


〔苏联〕 A.A. 洛加乔夫 B.П. 扎哈罗夫著

磁法勘探在 地质工作中的应用



地质出版社

00 8609

磁 法 勘 探 在 地质工作中的应用

〔苏联〕A.A.洛加乔夫 B.Π.扎哈罗夫 著

邵梦林 等译

熊光楚 张昌达 校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书原为A. A. 洛加乔夫著《磁法勘探》(1979年修订增补第五版)一书的第六章。书中介绍磁法在大地构造单元的划分,大、中、小比例尺填图,三大岩类填图,断裂带填图,铁、铜、多金属、铝、镍、钨、钼、锡、金、金刚石等矿床的普查,以及考古等方面的应用效果,内容丰富,值得我国物探人员及地质人员参考。

本书由邵梦林、肖树建、李学义、李万有、王钟、傅绍先、汤瑞琼、沈天竹等同志译出,熊光楚、张昌达同志校对。

磁法勘探在地质工作中的应用

〔苏联〕 A. A. 洛加乔夫 B. II. 扎哈罗夫 著

邵梦林 等译

熊光楚 张昌达 校

地质部书刊编辑室编辑

责任编辑 张怀素

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本:850×1168¹/32 印张:3¹³/₁₆ 字数:98,000

1982年4月北京第一版·1982年4月北京第一次印刷

印数1—3,610册·定价0.85元

统一书号:15038·新803

译者前言

A.A.洛加乔夫的《磁法勘探》1979年修订增补第五版，与1962年的版本相比，在章节的编排上作了适当的调整，在内容上作了较大的增补和删节。尤其是该书的第六章（磁法勘探的应用），作者为磁法用于三大岩类的地质填图，圈定断裂构造，寻找油气田和铜矿、多金属矿、铝土矿、镍矿、钨矿、钼矿、原生锡矿、金刚石矿等等充实了许多新的实例，并指出了新的应用途径，另外还增加了磁法在考古方面应用的内容。因此，我们选取该书（1979年版）的第六章，以《磁法勘探在地质工作中的应用》的书名译出，供有关物探人员和地质人员阅读和参考。

参加本书翻译工作的有邵梦林、肖树建、李学义、李万有、王钟、傅绍先、汤瑞琼、沈天竹等同志。熊光楚、张昌达同志校对了全部译稿。山西冶金物探队的同志和陈寿林同志承担了插图的清绘工作。

译者 1981年9月

目 录

§ 1	大地构造单元的划分和小比例尺填图	1
§ 2	石油及天然气矿床的普查	9
§ 3	在大、中比例尺填图中磁法勘探的任务	20
§ 4	沉积岩和变质岩填图	22
§ 5	岩浆岩填图	33
§ 6	断裂带填图	40
§ 7	铁矿床的普查和勘探	46
§ 8	铜矿床的普查	66
§ 9	多金属矿床的普查	68
§ 10	铝土矿床的普查	72
§ 11	镍矿床的普查	80
§ 12	钨、钼原生矿床的普查	84
§ 13	原生锡矿床的普查	88
§ 14	原生金矿床的普查	91
§ 15	金刚石矿床的普查	95
§ 16	其它有用矿产的普查	99
§ 17	根据松散沉积层磁化率的地质填图	106
§ 18	考古调查中的磁测	109
§ 19	微磁测	115

§ 1 大地构造单元的划分

和小比例尺填图

迄今为止，在全苏境内实际上已完成了1:200,000比例尺的航空磁测，并在编制1:500,000和1:1,000,000的地质图和大地质构造图时利用了这些航磁资料。在内海上进行了1:200,000比例尺的航磁和海磁，而在大洋的水域内则作了更小比例尺的水上磁测。

大面积航空磁测最初的一些经验就已经表明，任何地区发现的磁异常，无疑都与地质构造的非均一性有关。实测异常场是各种地质体磁异常的总和，有时十分复杂，有时则相当简单，但是在任何情况下都可以用来推断测区的地质构造。

当将地质图与磁异常图作对比时，既可见到两者的共同之处，又能发现它们之间的差别。这是十分自然的，因为甚至当不存在深部源时，也只有在产状很陡的情况下，磁异常的轮廓才与浅部磁性岩石的外形一致。当出露地表的地质体产状较缓，或者岩石露头的磁性相同，或者异常体分布较深时，这两种资料的图件只在某些方面相似。按现有的地质资料无法解释的那些异常，可以作为认识深部地质构造的资料。

大面积航磁和海磁的结果按测量比例尺成图，或以更小的比例尺制成略图。小比例尺的磁场图将清晰地反映地台区、地槽区、洋底、结晶基底的深拗陷区或其出露区的异常场特征。研究磁

异常图能得出一些重要的地质结论：关于被较年轻的岩层或水层覆盖的大型褶皱建造的走向，关于不同磁性岩石的界线、大型侵入岩体的位置和规模、喷出岩分布的范围，关于断裂带的存在、巨型岩块的相对或绝对埋深，等等。由大洋中脊磁场明显的条带状构造，可以获得一些反映海底扩张过程的重要信息。在磁异常图的分析过程中得出地质结论，所依据的是磁性体磁场分布的已知规律和方法应用的经验。

让我们来看几个例子。图1给出了大致在纬度 64° — 65° 处的基曼山地（Тиманский кряж）的磁场 ΔT ，其测量比例尺为1:500,000。在 ΔT 的负值向正值的过渡处，场的最大梯度线反映了山地的西界。地台结晶基底内的磁性岩石距地表的深度不小于5公里。

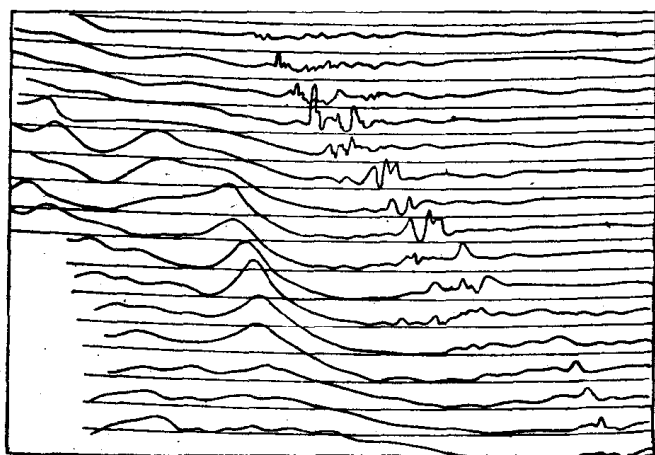


图 1 基曼山地西界的磁场 ΔT

由于我们缺乏必要的资料来确定正常场选择的依据、观测精度以及 ΔT 曲线被圆滑的程度，因此无法对磁性岩石的深度作出更肯定的推断。但是，不管实际深度怎样，我们所研究的这幅图清楚地表明，基曼山地有着大幅度的相对隆起，且有明显的边界。山地上的负场是由埋深很大的磁性岩石引起的异常的必然组

成部分。这些磁性岩石的轮廓由异常的正值部分圈定，在负场的背景上出现北西向的弱异常，这是由出露在山地表面的岩石引起的。

在这一例子中我们可以清楚地看到，在深源异常和浅源异常间存在实质性的差别；同时也证实了上述的一种看法，即磁异常的分布是相当普遍的。该例子中在长度大于250公里的带上，很少见到有出露地表的磁性岩石，这一地段上的基曼山地实际上主要是由非磁性岩石组成的。而我们毕竟没有见到十分单一的磁场，这是由于受山地以外的结晶基底的磁性岩石的影响，磁场被破坏了。

在西西伯利亚低地向叶尼塞山地过渡带上，可以观测到类似的磁场图(图2)。在地台的结晶基底内，磁性岩石的埋深很大，而在叶尼塞山地范围内观测到由出露地表或埋深不大的岩石引起的弱异常。我们所研究的上述两幅图在负值的强度和范围上并不相同，这可能是由于选择正常场的方法不同引起的，也可能是基曼山地图幅中的 ΔT 场本来就强一些的缘故。叶尼塞山地上的负场分布范围较小，可以用磁性岩石分布较广来解释。

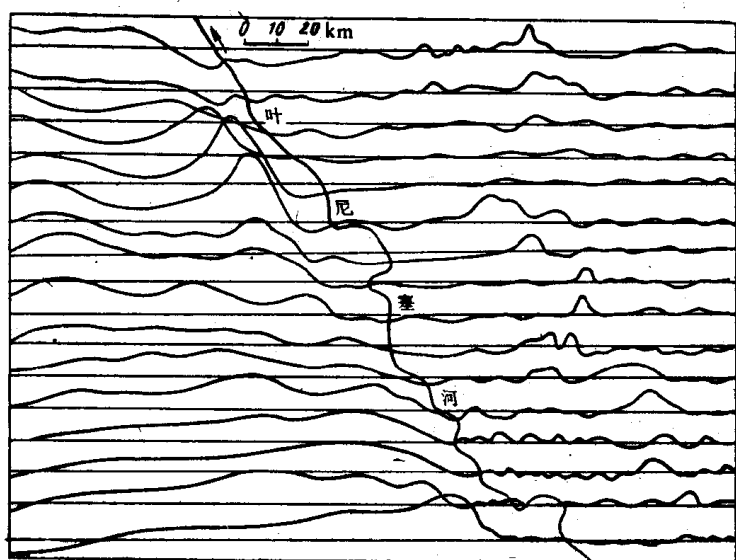


图 2 西西伯利亚低地与叶尼塞山地交界处的磁场 ΔT

在厚度很大的沉积岩发育地区，出现正磁场是常见的现象。库兹涅茨盆地上的 ΔT 场示于图3。库兹涅茨煤田的大致范围与相对平静的升高磁场极其一致，其周围是封闭的褶皱建造上的跳跃的 ΔT 值。 ΔT 场的平稳变化表明，引起磁异常的岩石埋深相当大。由此得出，在库兹涅茨盆地的很厚的沉积层下，强磁性结晶岩约位于10公里深处。盆地外 ΔT 值的跳跃，说明库兹涅茨阿拉套和萨拉伊尔山地（Салаирский кряж）的岩石埋深小，且成分不稳定。

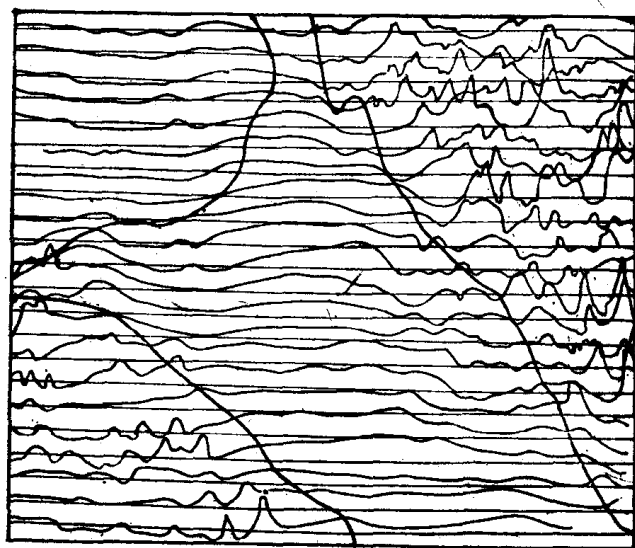


图3 库兹涅茨盆地上的磁场 ΔT
(粗黑线表示库兹涅茨煤田的界线)

上面所举的例子中均未给出深度的计算结果。这些例子都是按以往小比例尺测量的资料给出的，只是为了反映大规模的大地构造单元分界线上的磁场。在上述几个地区还进行过大比例尺的航空磁测，在地质填图和寻找有用矿产时利用了这些结果。

我们研究的这些航磁测区中的一些主要构造单元，都有着不同的磁场反映。上述例子均属于一些特殊情况。在西西伯利亚地台的东部边界，远非在任何场合下都能测得类似的磁场图。在某些地段，深部源引起的正异常强度减弱，但是又出现了可以追索

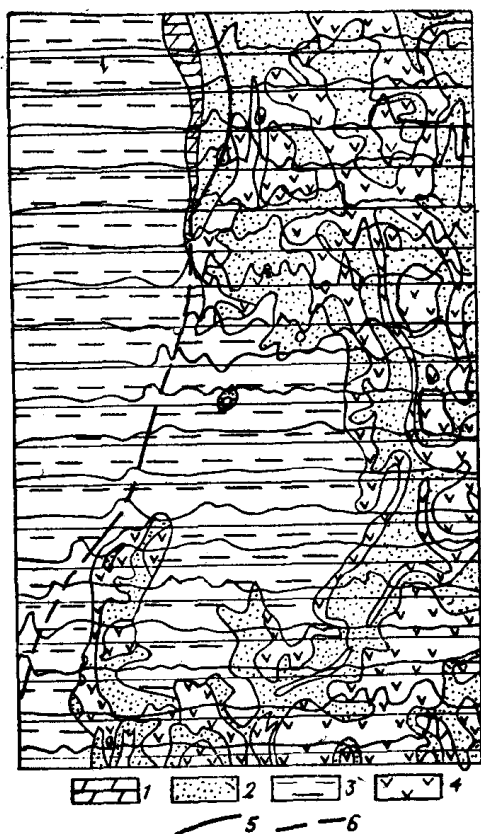


图 4 东西伯利亚西缘的磁场 ΔT

1—碳酸盐岩；2—煤系；3—砂质粘土，页岩；
4—暗色岩；5—由地质资料确定的断裂带；6—
由磁测资料确定的断裂带

起了不规则的、急剧变化的 ΔT 场。在该区北段的每条测线上，自西向东逐渐接近区域断裂带时， ΔT 场缓慢地减弱。在下古生代碳酸盐岩向较年轻岩石中暗色岩发育地区过渡的地方，磁场迅速升高。在地质上已查明的断裂带上 ΔT 场的明显变化，为根据其他测线上场的同类变化来追踪断裂线，以及为几乎沿整条断裂线追索地台的西部边界提供了依据。

对大面积小比例尺航磁结果的认识，使我们得出这样的结

这一边界的新标志。同样，我们也并非在基曼山地的全部边界上都能观测到如图 1 所示那种特征的磁场。例如，与基曼相接的乌拉尔的东部边界主要的不是通过磁场强度的变化，而是凭藉完全确定的磁异常的轴向变化而清晰地显示出来的。乌拉尔褶皱带的延伸远远地超出了乌拉尔的可见范围，向东一直延伸到西西伯利亚低地的沉积层之下。根据磁测资料尚不足以确定该褶皱带的东部边界。

图 4 给出了东西伯利亚地台西缘的磁场。在地台范围内，暗色岩的顺层侵入和交割侵入十分发育，这些岩石引

论：磁异常图有着很大的实际意义。小比例尺地质测量的现行指南规定，至少在地质测量的前一年要完成同样比例尺或更大比例尺的航磁测量。

测量水域上的磁场具有重要意义，因为磁测是研究水域地质构造的最有效和最经济的方法。根据采用AM-13型磁力仪航测资料提供的亚速海上的磁场示于图5。众所周知，水域的北部处在前寒武纪地台的范围内，中部为后海西地台，南部为高加索-克里米亚阿尔卑斯地槽。地质构造上的这种差异清晰地反映在磁场特征上。

在紧靠北岸处，前寒武纪岩层埋深为数百米。这些岩层的磁性不同时将引起水平梯度很大的杂乱磁场，这也表明前寒武纪岩石的埋深不大，因为不整合地覆盖在这些岩层上的古生代沉积层实际上是无磁性的。根据磁场可向南追索前寒武纪岩石至水区的中部，同时 ΔT 异常越来越平稳，因此可以推断前寒武纪基底的顶板在较年轻的无磁性沉积层下迅速倾伏。

在水域的中心地带，这些平稳的异常变成了沿纬向拉长且较宽的平静降低磁场区，与该磁场区对应的是后海西期的斯基夫地台（Скифская платформа）的东部。在这里，前寒武纪的磁性岩石倾伏至很大的深度上，以至在磁场上根本没有反映。磁场特征的这种明显变化可以推断沿深断裂有构造接触，在该断裂带以南的岩块大大地下沉了。

在水域南部观测到 ΔT 的弧形正值带，看来这是高加索-克里米亚阿尔卑斯地槽区内埋深约10公里的磁性大岩体的反映。该大型磁异常的负值区出现在北边斯基夫地台的无磁性岩石上，这与预料中的急倾斜磁性体在该纬度处 ΔT 场的特征是很一致的。在一定的条件下，根据 ΔT 的梯度极大带可以给出斯基夫地台与阿尔卑斯地槽的界线。

在水域北段，在以北西走向为主的前寒武纪岩石埋深不大的区域内，根据磁场可以确定一些近南北向的断裂。其中最有把握的是所谓别洛萨拉伊断裂带（Белосарайская зона разломов），

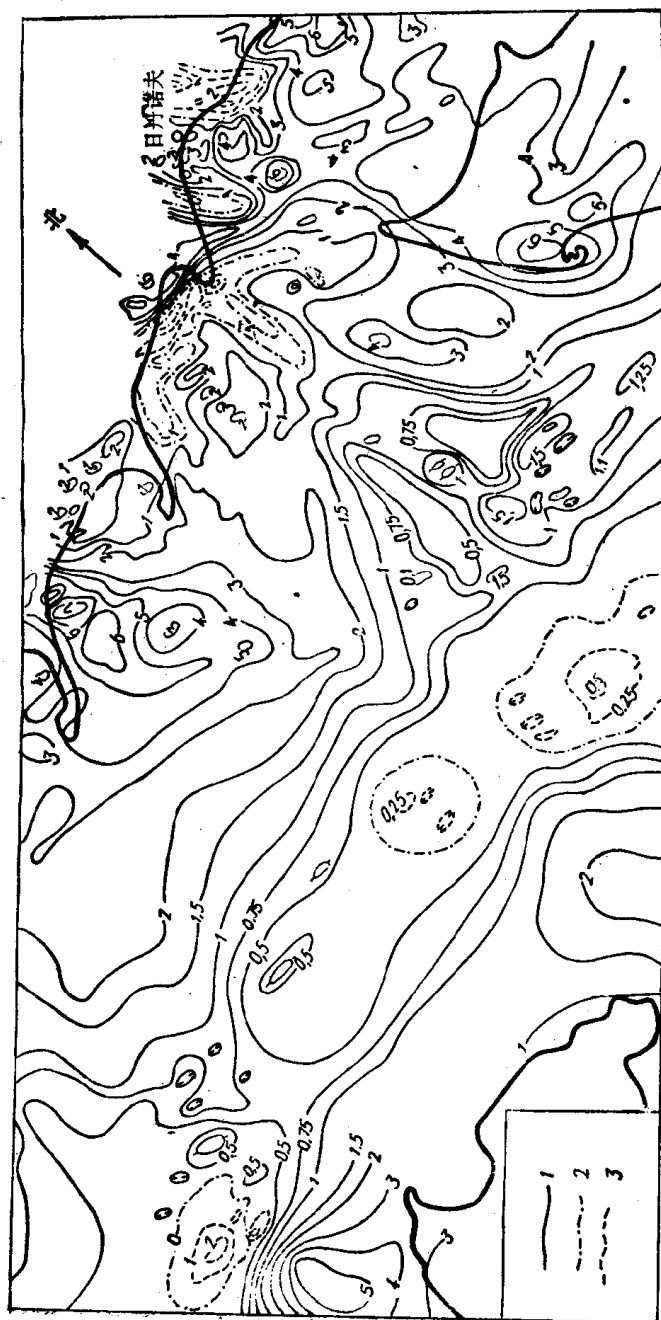


图 5 亚速海水域上的磁场 ΔT 图
 ΔT 等值线 (单位: 毫奥斯特): 1—正值, 2—零值, 3—负值

它位于同名的沙嘴（日丹诺夫城之西）的南边。在该带内， ΔT 等值线的走向明显地从北西向转为南北向，并且分成两条很窄的 ΔT 线型正值带。从这些异常的取向横切一般岩石走向的情况来看，可以推断异常与构造变动带有关。在该带中，岩石遭受破坏和热液作用，且本身磁性减弱。由于地质观测确定了在向北较远处存在规模很大的构造变动带——石墓（Каменные Могилы）断裂带，因而证实了圈定别洛萨拉伊断裂带的可靠性。

§ 2 石油及天然气矿床的普查

在寻找石油和天然气矿床时，磁法勘探的主要任务是研究测区内的大地构造，目的是圈定一些面积较小的、最有可能存在石油和天然气远景构造的区域，并在条件有利时直接发现这些构造。由于在实际工作中应用了高灵敏度的量子航空磁力仪，因而直接圈定油、气远景构造的可能性大大增大了。在应用航空磁测的早期，测量比例尺为1:500,000，后来用1:200,000的比例尺。应用量子磁力仪可以对含油区的构造作出更详细的调查，因此现在的航空磁测使用KAM-28型仪器来完成1:50,000的测量。

目前在苏联的全部油、气远景区内，都用饱和式磁力仪进行了1:200,000比例尺的航空磁测。这些磁测主要是在地台区内完成的，可以获得有关深部地质构造的资料，确定大断裂带、拗陷和隆起，查清沉积盖层下结晶基底的起伏。但是，为解决以上各项任务，仅靠磁场是不够的，因此要同时进行航空磁测和重力测量，在最有远景的地区还要进行地震勘探。综合利用各种地球物理资料，并引用少量的钻孔资料，将大大提高解释磁场的可能性。

在用饱和式磁力仪进行测量时，作为地台盖层的沉积岩，实际上可以认为是无磁性的，与异常有关的是结晶基底岩石。假定在基底岩石的表面就存在磁性差异，则可算出这些地质体上界的埋深，从而也就求出基底顶板的深度。根据这些资料，可以编制基底顶板的等高线图；而如果认为沉积盖层的褶皱构造重复了基底的起伏，则能圈定可能存在的、对聚集油气最为有利的背斜构造区。

上述种种假设，并非任何地区都具备。磁性岩石也可能并不

出现在基底表面，但是正如在前寒武纪地盾的工作经验所表明，在大多数情况下，这一条件是可以满足的。基底表面的构造也不一定被继承下来。已知在一些地区这样的关系并不明显，或者这种关系仅在盖层断面的下部才有。当沉积盖层中存在喷出岩时，尤其当它们距基底表面较近时，磁场的解释将是困难的。

经常会遇到一些复杂的叠加异常。在东西伯利亚地区，深源异常和地表场源异常的划分并不困难，因为异常场源的埋深差异明显。但是，只要场源的埋深比较接近，场的划分就将变得十分困难，或者根本就不可能实现。只有量子磁力仪的高精度测量结果，才能将俄罗斯地台上的磁异常与结晶基底岩石或其上覆沉积层中的喷出岩联系起来。

应该承认，饱和式磁力仪的工作还是十分有用的，并且已给出了一些重要的实际结果，其中还包括了对许多含油构造的圈定。这些磁测结果主要用于编制俄罗斯地台基底起伏的初步图件。在另外一些含油区，也利用航磁完成了这种图件的编制。反映基底起伏的详细程度，与测量比例尺、磁场的观测精度及测线的定位精度有关，也与基底岩石的绝对深度有关。例如，西西伯利亚低地古生代基底的第一张高度图是按500米和1000米的一些剖面给出的。随着测量比例尺的增大、观测质量的提高，以及由磁测资料计算深度的方法的完善，物探推测的构造将会包含更多的信息。从沉积层中的构造与基底起伏有直接关系的这一假设出发，可以利用基底表面的等高线图，再配合其他地球物理方法，来寻找沉积层中的构造。

应该指出，磁场的变化并不是直接反映结晶岩石的起伏，异常是由于基底岩石的磁性差异引起的。若组成基底的岩石磁性相同，且其上升和下陷的变化很小，则基底的起伏情况将不可能引起明显的异常。而且，对于一个很大的地质体，假定它具有相同磁性的可能性也是很小的。利用磁场的解析表达式（或根据给定物体的形状和空间位置来确定场强的量板），不难计算出磁性岩石表面的起伏变化可能引起的磁异常强度。

隆起和拗陷是一些相对的概念，为了可靠地反映它们，需要在许多点上计算深度。假定根据已有的异常十分令人满意地确定了一批深度，而且所有这些深度实际上都可当作基底表面的深度，则可以认为有关基底起伏的基本问题是能够解决的。若磁性体产在沉积岩中（例如喷出岩）或者并未出露于基底表面，则将造成很大的误差。

在最近几年内，为了发现沉积盖层的褶皱构造，越来越广泛地采用1:50,000比例尺的航空磁测（用量子磁力仪）。与盖层有关的异常是由含很少量磁铁矿的某些陆源岩层引起的。沉积岩的产状很平缓，且就整个面积而言，其磁性是不稳定的，再加存在强得多的基底异常，这些都说明提取与沉积盖层构造有关的磁场的困难。通常采用削弱深部基底岩石影响的各种变换方法，即计算磁场梯度或剩余异常（即磁场的原始值与换算至某个高度上的场值或按一定的半径求得的平均值之间的差值）来突出沉积层的磁异常。为了削弱经常含有磁性物质的第四系的影响，磁场要作光滑处理，用很小的半径作平均，半径应超过飞行高度，并根据试验具体选定。

被现代侵蚀面揭露的大型褶皱构造的圈定是最可靠的，因为这些构造的两翼均有缓倾斜板状体特征的磁异常显示。图6给出了成功地圈出大型的科休-罗戈夫斯克大向斜（Косью-Роговская мегасинклиналь）南部封闭端的例子。该地区位于车尔尼雪夫山地（горы Чернышева）和极圈内乌拉尔（Приполярный Урал）之间，主要是古生代碳酸盐岩地层。陆源建造是二叠纪沉积，它们也可以作为一些夹层出现在泥盆纪灰岩中。还有更年轻的下三叠纪砂岩（仅保存在局部的向斜中）和第四纪沉积。

对于几乎呈南北走向的大向斜的两翼和封闭端的圈定，证明是可能的，因为它们是由磁化率差异达 200×10^{-6} CGSM的一些二叠纪岩石组成的。根据 ΔT 剩余异常正值和负值的相互位置，可以明确指出局部受侵蚀的构造岩石的向斜产状。显然，褶皱的封

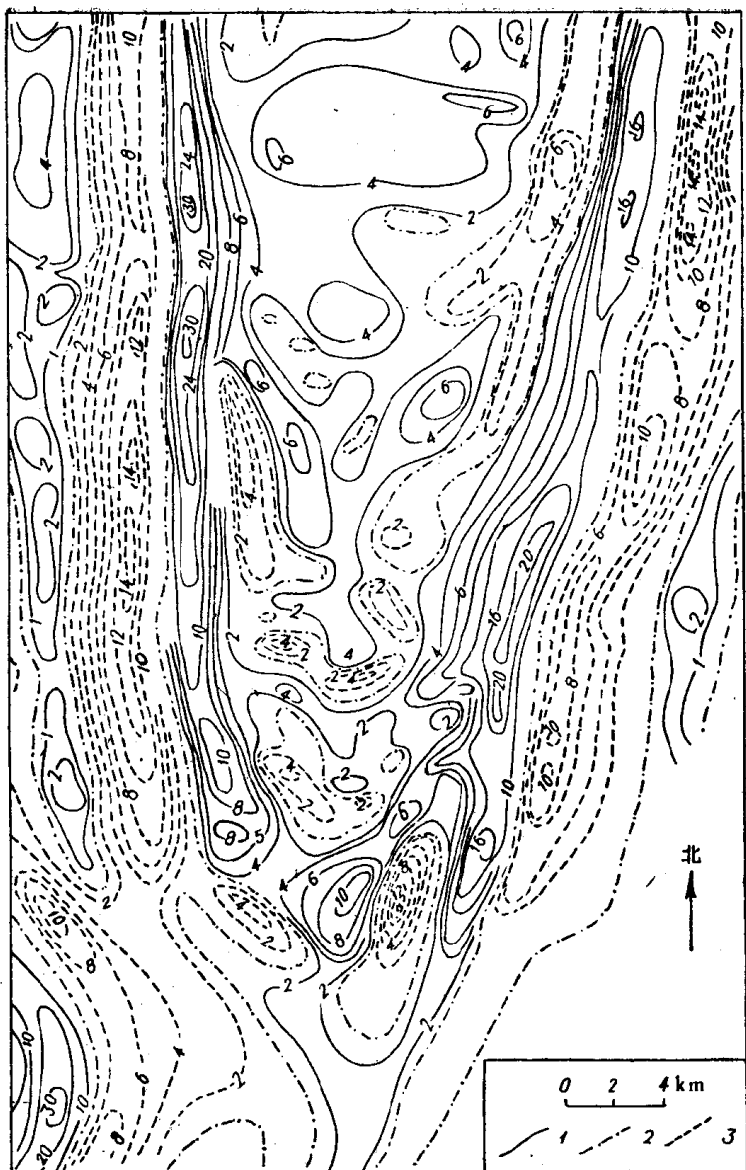


图 6 科休-罗戈夫斯克大向斜南部 ΔT 剩余异常图

ΔT 等值线 (单位: 伽马); 1—正值; 2—零值; 3—负值