

PROCESSING AND INTERPRETATION OF
GEOPHYSICAL DATA FOR PETROLEUM

石油物探资料的处理与解释

EDITOR

EDITORIAL OFFICE FOR TECHNIQUE OF PETRO-GEOPHYSICAL PROSPECTING

石油物探技术编辑部

武汉地质学院出版社

序

抓好解释促进处理迅速提高物探工作的水平

为了进一步推动物探资料处理解释工作的深入发展,发挥数字技术在找油气工作中的作用,提高地震资料的解释水平和效果,1985年4月中旬地矿部石油地质、海洋地质局在南京召开了一次石油物探资料处理解释工作会议。在会上报告的20篇专题论文,部分地反映了近几年来资料处理解释工作方面的进展。为了能够在较大范围内进行交流,《石油物探技术》编辑部在会后征得有关方面的同意,将会上的大部分报告和文章在系列成果之一《石油物探文集》第一辑上发表,相信会受到地球物理工作者的欢迎。

物探资料的处理和解释是物探工作中的两个重要环节。在地震工作实现数字化后,应用电子计算机进行资料处理的重要性已被大家认识和承认,相比之下,地震资料解释的进展却不快,提高不明显,如何采用先进的方法技术尽快实现解释工作的科学化和现代化,已成为当前地球物理勘探发展的重要方向。这本文集的出版仅仅象征着物探技术前进潮流中的一个小小的浪花,浪潮的巨大推动力还在于从事生产和科研的广大科技工作者。

从地球物理勘探工作内部关系来看,解释工作是把物探资料转化成地质成果的核心环节,是通过现象使认识深化的一个过程。充分利用数字技术所能提供的全部信息来了解和研究有关沉积、地层、岩性和含油气情况,促进物探效果的进一步提高,是石油物探资料解释的重要任务。这本文集对所取得的某些成果已有所反映,希望能听到读者的评论意见。

物探资料解释的质量和效果,从根本上说,决定于任务的合理性,采集的可靠性,处理的正确性和解释工作本身的科学性。其中处理和解释的关系更为密切,我们认为处理工作要有明确的目的性和针对性。处理应该服务于解释,应该根据解释的需要提出处理项目,特别是一些必要的特殊处理和精细处理。同时应该立足于解释来检查、分析、评价资料处理的质量和效果。另一方面解释人员也必须了解数字处理的基本原理,熟悉各种处理方法所能解决的问题及其应用的条件。只有这样处理和解释才能紧密结合,解决问题的能力也会由此而得到提高。否则就会事倍功半,徒劳无益。

地球物理资料解释工作一般应该分成三个层次,首先是进行单方法的地球物理解释,包括必要的数学物理计算,正反演计算,定性定量解释等,这是不可缺少的基础。其次是综合解释,因为对于地球内部各种现象的了解,有多种途径和方法,有直观的、物理的和化学的,各种资料所反映的现象都是调查对象的部分特征,决不是它的全部。对各种资料进行综合研究和解释就是减少多解性和片面性,使认识趋于全面的必要过程。但是这一步的工作必须在认真做好单方法的地球物理解释之后才有意义。否则容易得出似是而非牵强附会的结论。第三个层次应是地质解释,用地球物理解释和综合解释所取得的认识来回答所要解决的地质问

题是物探工作的目的。但是为了达到这个目的决不能急于求成，马虎从事，省略了必要的工作内容，把物探现象简单地迭加在预想的地质模式上，这种地质解释是经不起检验的，用来指导工作可能会造成不应有的重大损失，必须坚决反对。

这次会议多数报告着重于地球物理解释，希望今后能有综合解释和地质解释方面的《文集》相继出版，为全面提高物探资料的解释水平而努力。

朱 大 绥

一九八六年二月，北京

目 录

油气沉积盆地的综合地球物理研究·····	刘光鼎 肖一鸣 (1)
子波反褶积(希尔伯特变换法)·····	徐伯勋 林贵标 (11)
宽线地震资料的处理和解释·····	神风殿 (21)
四川盆地大足地区地震反射异常的处理与解释·····	王学言 (40)
四川盆地东北部复杂地震资料处理和解释的一些探索·····	高 鹏 (48)
EM地区三维地震资料解释·····	王世库 张秀荣 (55)
溱潼凹陷地震地层学研究·····	胡震中 (64)
苏北盆地新生界隐蔽圈闭的研究·····	曹昆云 崔志诚 (90)
关于提高层速度精度的问题·····	章家骥 (130)
江苏溱潼地区虚速度测井处理和解释·····	邢文定等 (143)
合成声波测井的实现与应用·····	李荫棠 (167)
地震烃类显示在东海应用初探·····	任慧祥 周 英 (203)
东海井场高分辨率地震资料解释·····	邬庆良 (223)
引力场多解性问题的初步探讨·····	丁少飞 (242)

CONTENTS

Integrated Geophysical Research for Hydrocarbon Bearing Sedimentary Basins.....	Liu Guangding Xiao Yiming (1)
Wavelet Deconvolution by Hilbert Transformation	Xu Boxun Lin Guibiao (11)
Data Processing and Interpretation by Wide-line Profiling	Shen Fengdian (21)
Processing and Interpretation of Seismic Reflection Anomalies of Dazu Region, Sichuan Basin.....	Wang Xueyan (40)
Exploratory Examination of Complex Seismic Data Processing and Interpretation Obtained From Northeast Sichuan Basin	Gao Peng (48)
Interpretation of 3-D Data of E.M. Region	Wang Shiku Zhang Xiuyong (55)
Seismo-Stratigraphy Study of Qintong Depression	Hu Zhenzhong (64)
Investigation of Buried Traps of Cenozoic Group in North Jiangsu	Cao Kunyun Cui Zhicheng (90)
The Improvement of the Interval Velocity Accuracy	Zhang Jiaji (130)
Data Processing and Interpretation of Pseudo Velocity Logging Qintong Depression, Jiangsu province	Xing Wending Sun Chenglong Gao Tao Pan Shenping (143)
The Present Status and the Application of the Synthetic Acoustic Logging	Li Yintang (167)
Preliminary Approach to the Application of Hydrocarbon Indicating in Seismic Survey at East China Sea	Ren Huixiang Zhou Ying (203)
The Interpretation of Seismic Data in High Resolution From the Wellsite on East China Sea.....	Wu Qingliang (223)
Tentative Approach to the Multi-solvability Problem of the Gravitational Field.....	Ding Shaofei (242)

油气沉积盆地的综合地球物理研究

刘光鼎 肖一鸣

前言

石油天然气勘探问题，首先是含油气沉积盆地问题。而对含油气沉积盆地的认识，则主要应从它的成因和演化史来阐明构造特征和沉积展布，并进而讨论其含油气性。

我国有960万平方公里的陆地和近300万平方公里的海域，沉积岩面积约占450万平方公里，总体积达1500万立方公里，集中分布在350多个沉积盆地之中。粗略估算其油气资源量约为300至600亿吨，随着勘探工作的深入发展，这个数字很可能还要增大。但是，经过30多年的工作，目前探明的储量仅数十亿吨。这一巨大的差距表明，我国的油气勘探今后还必须继续向纵深发展。但是，下一步的工作肯定将十分艰巨，因为中生代碎屑岩沉积盆地已经做了相当多的工作，剩下的问题将面临十分复杂的地质条件和众多的甚至是隐蔽的圈闭和未知的油气藏类型，至于广大地区内古生代海相碳酸盐岩的油气勘探，其难度更大。为了克服这些困难，保证油气储量的发现和增长能跟上四化建设需要的步伐，首先必须使地球物理勘探适应新形势的要求。

六十年代初，自板块大地构造理论崛起以来，油气地质研究和勘探都获得了新的活力，也为讨论我国含油气盆地的形成机制和研究石油地质条件的多样性与复杂性，提供了理论依据。以板块大地构造理论为指导来探讨这些问题，必须着眼于沉积基底的变迁及其对沉积层的控制作用，而沉积基底的形成与变迁则受控于板块运动所引起的深部过程。这样，对地球物理勘探的要求就不仅是搞清盆地中沉积层内部的褶皱、断层、剥蚀等一系列问题，同时还要求搞清其深部地质问题。显然，此项任务并不能由某一种物探方法独立地完成。不同的物探方法基于其地球物理场的特性，都存在一个勘探能力和极限的问题，只有针对地区特点，充分发挥各种方法的能力，扬长避短，才能对上述问题作出合理的定量解释。

一、油气盆地的基本问题

朱夏指出：“中国的构造是三叠纪或印支运动以来、甚至更早的华力西运动晚期以来，由于板块边缘活动对板块内部原来构造进行了改造，即‘变格运动’的结果。也就是中生代以来的构造活动改造了中国原来的构造面貌，从而产生许多新的构造形式，其中主要一个形式就是油气盆地。”从这一观点出发，本文将朱夏对油气盆地的论述简化成图1—1所示。

不难看出，图1—1所反映的是一种地球动力学的观点。从某个特定的时代开始（三叠纪或华力西运动晚期），岩石圈板块的运动于不同的时代在板内或其边缘产生各种形成盆地的构造运动，对原有构造进行改造，最终形成不同类型的含油气盆地。若全面地回答这些问题，则必须将图1—1所列问题全部综合到一起，看成是一个随时空而变化的系统工程来加以讨论。地球物理问题仅是其中一部分，尽管可能是相当重要的部分。然而，据上述观点，含油气盆

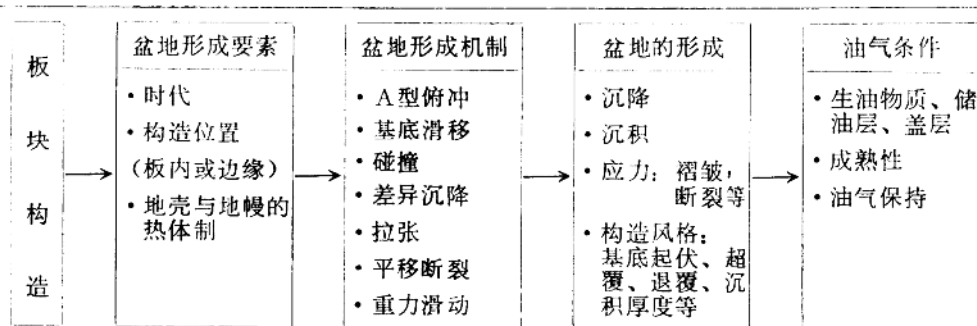


图 1—1 油气沉积盆地的基本问题

地毕竟是物质运动的结果, 其时空过程可以直接从构造形态和物质的分布这两个方面反映出来, 这也就是朱夏指出的: “油气盆地是一个构造形式。”虽然地球物理方法的应用不能完全解决上述系统工程问题, 但对于解决构造形态和物质分布却是最有力的手段, 其中应该包括界面、断裂、地质体与侵入体以及有关的物性参数和力学性质等内容。在此基础上就有可能恢复盆地形成发展的时空过程, 确定其形成机制, 给出其演化史, 并进而在整体上探讨其含油气性。

应该指出, 盆地的研究在油气勘探工作中具有重大的战略意义。没有对盆地油气性的总体评价, 就不可能正确地指导油气普查勘探, 甚至难于确定目的层位, 选择圈闭类型。大量的勘探实践已经从正反两个方面反复地说明了这个问题。

二、应用综合地球物理方法研究盆地的必要性

寻找油气的工作是从认识出露于地表的油气苗开始的。但是, 自从沉积盆地的概念出现以来, 油气勘探活动就不再局限于此, 而在深度和广度上有了很大的发展。这种发展所依靠的重要手段就是地球物理方法。而油气勘探任务又反过来对地球物理方法提出了更迫切的要求, 促使地球物理方法在更高的立足点上, 广泛吸收现代科学技术成就, 迅速向前进步。

在地球物理方法中, 进展最快的, 莫过于反射波地震勘探, 自从电子计算机在地震勘探领域中引用开始, 地震反射资料的采集技术不断地更新, 从光点记录, 经模拟磁带到数字磁带记录, 而数字磁带技术又从二进制增益控制发展到瞬时浮点增益, 这些进步不过才经历了十几个年头。地震仪器装备大约 3—5 年就更新一次。现在的发展趋势则是用微机来控制超多道仪器。至于资料处理, 现在已全部采用电子计算机, 而计算机的型号类别又是品种繁多, 各具特色。通常要求机器具有大容量, 高速度计算能力, 然而, 多功能微型电子计算机的应用也是不可忽视的。

目前, 地震勘探的方法和技术正围绕着两个方面继续往纵深发展, 一是更精确地反映“真实的构造”, 二是“直接反映岩性”以至“直接显示油气”。这样, 地震方法的震源激发从纵波到横波; 方法技术从二维到三维以及近年来的垂直地震剖面; 数据处理技术从单纯提高信噪比到提取波的动力学信息, 解释方法从单纯提供构造形态到地震地层学研究; 理论研究从数学模型到物理模拟和物性的研究。此外, 地震波传播理论研究的进展, 又为以上这一切提供了依据并不断引导地震勘探更深入地发展。

但是, 也不能由此而产生一个错觉, 即“石油物探 = 地震方法 + 计算机”。尽管应用计算

机是重要的,地震勘探效果是显著的,这里有许多具体技术值得探讨和发展,然而,作为油气勘探的中心问题却是解决地质问题,发现油气。油气勘探始终有一个进行再发现或向新的“未知的”领域进军的任务。这个任务的解决依然必须从盆地评价入手。回顾我国过去的油气勘探历史,可以看出,重力、磁力、地震、电法等综合地球物理方法在五十年代中期开始的大规模油气普查中发挥了巨大的作用,发现了一系列中新世代陆相碎屑沉积盆地,为地震详查寻找油气圈闭和钻探油气提供了保证。因此,重新考虑并发展综合地球物理方法来研究盆地就是自然的事,更何况这些年来,重、磁、电等方法在方法技术和数据处理上都有较大的提高,高精度重磁仪器和连续走航重磁电仪器的应用(海、空),大地电磁测深仪的出现,以及应用微机进行数据处理甚至人机联作的发展,位场理论和方法的研究等等,都为盆地研究中配合地震工作创造了有利条件。

这样,从五十年代的综合方法发展到后来几乎单一的地震方法,随着任务的深化又重新上升到综合方法,这应该是符合客观规律的。

我们必须认识到,各种地球物理方法,都存在其固有的多解性。无论是波场法(地震、交流充电法等)或位场法(重、磁等),其方法的原理都建立在正演问题的基础上。正问题的成立是将复杂的地质问题化为简单的物理数学模型,而且是在假设的理想条件,有的甚至是在极限条件下取得的。但是,任何地球物理方法成果的应用则应是反演问题的解答。由于实际情况的复杂性和非理想性,只能在边界条件不充分的情况下对反演问题求解。因而其解答必定不是唯一的。例如,任一种地球物理方法在解决实际问题时,都需要知道被研究对象的产状,形状,物性等参数,需要知道该方法所依赖的地球物理场的空间赋存条件。对有源法(地震等)来说,还需知道传播介质中的物理过程。然而,实际上这些要求总是不能得到充分满足的,甚至会出现所欲求得的解答竟是我们必须事先知道的条件这种难题。近年来,虽然各种方法与其反演理论的研究取得了很大的进展,不乏具有机智的构思,高难度,高技巧之例,因而取得了在以往技术落后的条件下难以取得的成就。但是,这也只是改善和扩展了方法的功能,并没有攻克非唯一性的暗礁。迄今并不存在求解地球物理反演问题而具有唯一性的任何方法。人们可以不断地朝着这种目标前进,但看来难以达到。

地球物理方法的另一个问题就是其能力的局限性。地震法从波数域的观点来看,被研究对象的尺寸不应小于震源波谱中我们加以利用的波的波长,否则就会“测不准”。但是,为了加深穿透能力,除了必须加大震源的能量之外,还必须降低频率,因为地球本身是具有吸收高频成分的滤波特性的。这样,前者由于经济成本的骤增以及方法技术和资料处理的复杂性,使其勘探深度受到限制,而后者却又使分辨能力急骤降低。再者,位场方法(重、磁等)虽然具有深部勘探能力,但由于场的叠加性,对浅部地质剖面的反映又不可能做到如地震方法那样“精确”,总的来说,对被研究对象的几何形状是不甚“灵敏”的。

最后,作为研究对象的地质体所提供的物理信息是丰富多样的。某一种地球物理方法所利用和反映的只是其一个侧面,实难以偏概全。综合各种地球物理方法,从不同角度来研究同一对象就较全面地接近于实际。这也应该是解决单一方法存在多样性的主要途径。应该指出,所谓“综合”,必须从过去几种方法并列地单独解释,进化为各种方法和物性参数之间相互沟通和转换,并从定性解释发展到定量解释。这样就产生一个十分重要的问题:必须针对不同的对象和不同任务要求而采用不同的配套方法,并把这些方法有机地联系起来。因此,“综合”的问题首先是建立一个“综合系统”的问题。

三、沉积盆地的综合地球物理研究

为了阐述方便,这里仅以海底沉积盆地为例说明应用综合地球物理方法的基本途径,其中包括地球物理方法的选择和使用,这些方法相互之间的配合,以及解决问题的思路和步骤等。对陆地沉积盆地来说,只要将电法等考虑进去,就基本类同。为了叙述的方便,有关问题均以框图来表示。

1. 研究问题的出发点

既然油气沉积盆地是一种构造形式,那么,油气盆地的地球物理研究就应以解决盆地的构造形态和物质分布作为基本任务。这也是问题的出发点。

地球物理方法本身内涵丰富,一般在海上普遍使用的有地震、重力、磁力、热流等。综合地球物理研究要求通过这些方法的综合研究获取构造剖面或构造平面,进而求得地质结论。它们之间的关系如图1—2所示。

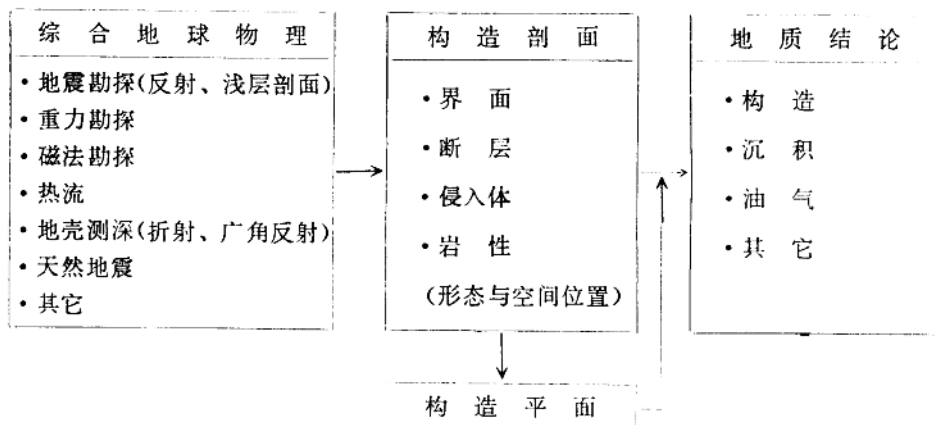


图1—2 综合地球物理方法与地质结论的关系

我们指出,这里所谓的构造剖面,不应理解成某一种地球物理的成果资料(例如地震剖面),而是盆地研究需要的,既有浅部资料又有深部资料的综合地球物理方法解释的剖面显示。构造剖面的内容主要有界面、断层、地质体、岩性分布等,它反映出以上这些构造要素的展布形态和空间相对位置。由于这些形态和位置是地质构造运动的结果和记录,所以,正确地确定它们,就有可能用来恢复沉积盆地在其演化历史中的空间和时间过程。因此,构造剖面就是研究沉积盆地问题的基础。

构造剖面的内涵实际上有两大块:一是构造要素的几何形状,二是物性(速度、密度、磁性、电性、热导率等)的分布。这也就是通过综合方法及其解释所要得到的结果。但是,对地球物理方法而言,这二者又是矛盾的,要精确地获得构造的几何形状,必须要知道物性的分布;要用地球物理方法反演物性,又必须知道其几何形状。目前,在解决含油气盆地的地球物理任务中,往往主要要求解决的是几何形状问题。这时,物性参数的处理一般采用宏观均匀和线性或非线性均匀的假定,同时也依赖于地球物理以外的方法手段(如钻探等)。二者的关系是不易处理而又必须处理好的重要问题。

2. 综合地球物理方法取得构造剖面的途径

应该说明,含油气沉积盆地的研究不仅应阐明沉积层的构造,而且还应给出沉降作用以

及深部构造对沉降的制约关系。因此,构造剖面必须能反映深浅不同部位的构造情况才能适用于盆地的研究。现以近海大陆架勘探为例,将构造界面与地质问题的大致关系列于 1—1 表。

表 1—1

构造界面与其对应的地质问题表

界 面	地 质 问 题
海 底	海底地貌与工程地质
现代沉积基底	第四纪沉积、工程地质
中生代沉积基底	基底以上构造层为中生代油气,基底内幕为古生代油气
莫 霍 面	地壳结构与深部构造
岩石圈下界面	板块运动机制与驱动力

综合地球物理方法的应用与构造剖面的获得,也就是围绕上表来考虑的。现以图 1—3 来说明它们的关系。

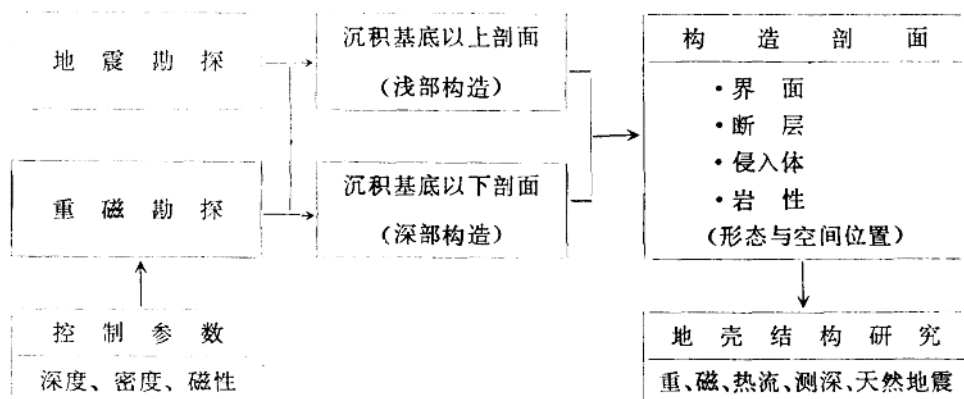


图 1—3 利用综合地球物理方法取得构造剖面的途径

在图 1—3 中,我们以沉积基底为界将构造剖面分成深、浅两大部分。这样划分的考虑,主要是:第一,沉积基底在地质上是一个承上启下的构造沉降面,其上属盆地内部问题,其下关系到盆地形成的机制问题;第二,从地球物理方法的角度来看,盆地内部的问题以地震法为主,可以比较“精确”地来描绘其结构,而基底以下则往往由于难以取得良好的地震记录,宜用位场法来配合研究。

至于构造剖面所反映的构造形态、空间相对位置和物性的分布,都只是地球物理观测时的一种静态表现。在盆地演化史的研究中尚需掌握其动态的过程。这就有必要进一步探讨有关地壳结构与运动的问题,取得有关地壳类型,均衡,应力状态(离散或聚敛),热状态等信息,以便从板块大地构造的角度来分析板块运动对盆地形成的控制作用,恢复盆地形成的空间与时间关系,即其动态的过程。

3. 对沉积层的研究

反射地震方法在盆地研究中主要提供盆地内部沉积层中构造形态方面的信息。其主要过程如图 1—4 所示。

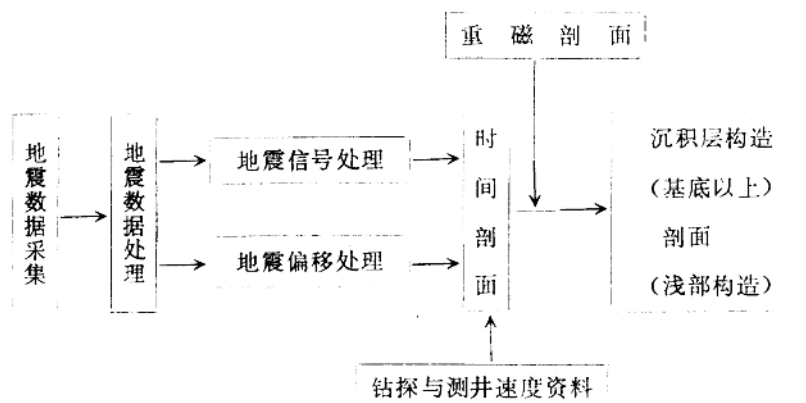


图 1—4 沉积层构造研究

利用电子计算机对野外采集到的数字磁带记录进行一般常规处理, 根据反射地震波传播的运动学参数(时间)可以给出地震时间剖面。直接在时间剖面上可以划分界面, 确定断层, 圈定各种构造体和地质体。在海上则还应利用地震声学(浅层剖面或高频地震)资料补充海底未固结沉积层的情况。另一方面, 根据区域时间剖面中不同波组的特点划分地震层序, 绘制各层的地震相图, 并将它们解释成盆地不同地质时代的沉积环境和沉积体系, 为区域油气性提供依据。如果进一步利用电子计算机提取数字记录中的动力学参数(振幅、频率、相位及其它), 还可以定量地阐明岩性, 甚至进行烃类检测, 直接寻找油气。

在盆地研究中, 如果将区域性地震剖面与区域性重磁剖面相结合, 必将发挥更大的作用。例如:

第一, 当沉积层巨厚致使地震剖面“秃底”时, 可利用重磁剖面来反演基底面;

第二, 可进一步限制地震剖面的多解性, 因而确定局部构造的性质, 如区分背斜、生物礁、盐丘、侵入体等;

第三, 将地震资料与重磁资料进行联合反演, 可以沟通方法之间的联系, 互相印证, 互为补充;

第四, 利用地震剖面来消除海水层与沉积基底以上的重力效应, 提高重力研究深部的可靠性, 其效果通常优于相应的低通滤波。

此外, 应该说明, 当前国内外均已开始探讨建立“地震解释系统”的问题, 其主要内容是详查局部构造, 研究圈闭类型, 定量确定其在空间内的几何位置, 沉积环境条件并直接显示岩性和烃类检测。由于本文旨在阐述盆地研究中的综合地球物理方法, 所以对有关地震解释系统的论述, 予以从略。

4. 对沉积基底内幕的研究

尽管当前数字地震仪往超多道发展, 共深度点(CDP)叠加技术往超多次覆盖发展, 而且宽线剖面和三维观测技术逐渐推广应用。但是, 应用反射地震方法研究沉积基底内幕, 即使像古生代海相碳酸盐岩地层的内幕, 也很难取得良好的资料。在这种情况下, 应该更多地考虑应用场方法, 其研究过程如图1—5所示(以海洋为例)。

重磁正反演计算是取得深部资料的关键。不论用哪种地球物理方法, 正反演问题均基于这样的条件: ①产状(如深度); ②物性(密度、磁性等); ③地质体的几何形状。已知这

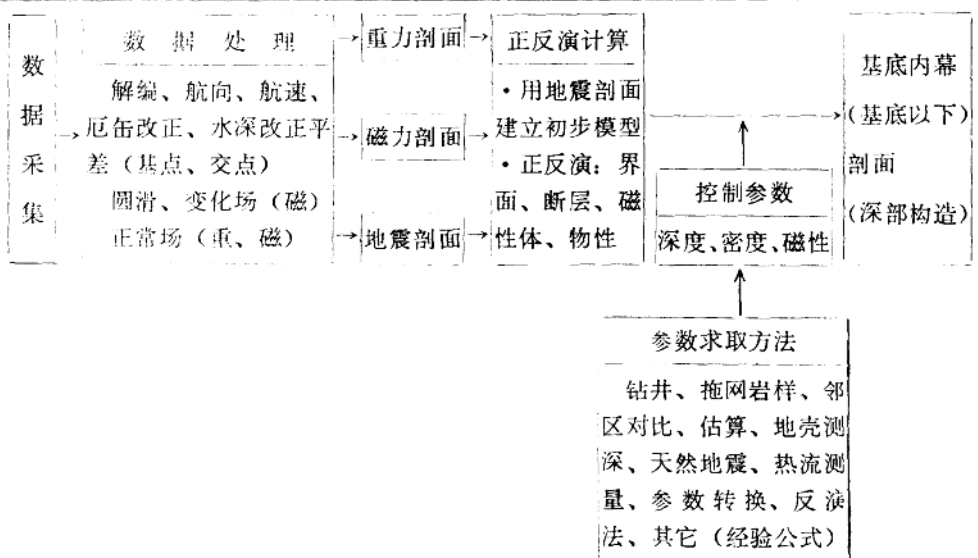


图 1—5 基底内幕与深部构造研究

些条件求取理论异常曲线为正演问题,反之,根据异常曲线确定这些条件参数为反演问题。但是,在实际工作中多数不能满足两个已知条件,往往只有一个已知条件,甚至三者均为未知,从而很难利用这类方法,这是出现多解性的主要原因。因此,对于位场法的种种努力,在很大程度上就在于克服以上困难。

由于盆地研究要求解决几何形状(构造形态)问题,从而将有关界面深度和物性作为求解问题的参数,但是,这两种参数除非使用直接的手段(如钻探、测井等)来取得,否则使用地球物理方法求取则往往并非是独立的。例如,现在广泛使用地壳测深来取得莫霍面的深度,并认为其结果是相对可靠的。然而,这种资料却有赖于对地壳密度的估算,而地壳密度并不是常量。由于密度估算不准所引起的误差,在许多问题上都达到完全不容忽视的程度。例如在确定地壳的属性问题时,仅数公里之差就能将洋壳定为陆壳,或者相反。因此,“在研究深部问题时,应该有一套合理的估求参数的办法。

此外,由于重磁场是一种位场,具有叠加性,这也是构成其多解性的又一个原因。因此在求解所研究的对象之前,首先要将异常的场源限制在所欲求的对象上,也就是首先要进行场的分离,将对象以外的源视为干扰并予以排除。解决这个问题的途径是多样的,一种是根据被研究对象的异常的波长特征,进行异常的分离,如滤波、延拓之类。另一种是充分发挥综合地球物理研究的作用,利用其他已知资料(如地震剖面),首先建立初步的地质-地球物理模型,然后逐层剥离进行正反演计算。计算时,用人机联作考虑地质上的可能性和物性参数的合理性,反复修改模型,直至计算结果与实测异常“一致”。⁴以海底的地壳为例,认为海水为第一层,沉积层为第二层,沉积基底至莫霍面为第三层(视实际情况和需要可以不止这几层),再由上而下逐层计算其异常并加以分离,去除其影响。有必要时,尚须以岩石圈的下界面作为区域背景而去除之。这一途径主要体现在计算过程中,从实践来看,此法被认为是相当有效和比较可靠的。

总之,位场方法的应用成效,在很大的程度上取决于其使用条件,也就是所要解决的地

质问题是否具备接近于方法的原设条件。无论是空间域或频率域的方法或者经验公式，都不存在普遍适用的情况，必须对具体方法作具体分析，这与地震方法有极大的不同。若从地震方法出发，用类推的方式来理解位场方法，就势必引起误解。在使用这类方法时，必须考虑界面起伏的平滑程度，地质体下界面的延伸以及走向的延伸等情况。例如，现在广泛用来计算地壳厚度的线性经验公式，有很大的地域性，又有很大的宏观性，它所反映的，只是一个大区域的平均效应。若将它用之于界面尖锐起伏区，则必将产生很大的误差。其他方法莫不有类似的问题。因此，方法的采用和研制往往是针对性极强而又极其灵活的工作，需谨慎行事。

四、地球物理成果的地质解释

通过综合地球物理方法所得的构造剖面并非就是地质成果。从地球物理成果到地质成果之间还存在一个排除矛盾求得统一的过程。要取得两者之间的“一致”，就地球物理方法本身来说，很重要的一点，是保证尽量克服成果的多解性。也只有这样，才能为油气沉积盆地的研究提供可靠的依据。

为了将各种地球物理方法有机地结合在一起并得到比较符合客观实际的构造剖面；为了针对特定的问题采用配套的方法；为了保证我们的计算能符合工作要求并控制在一定的误差范围内，应将综合地球物理方法的地质解释置于一个“解释系统”内来进行。该系统的大致思路如图 1—6 所示。

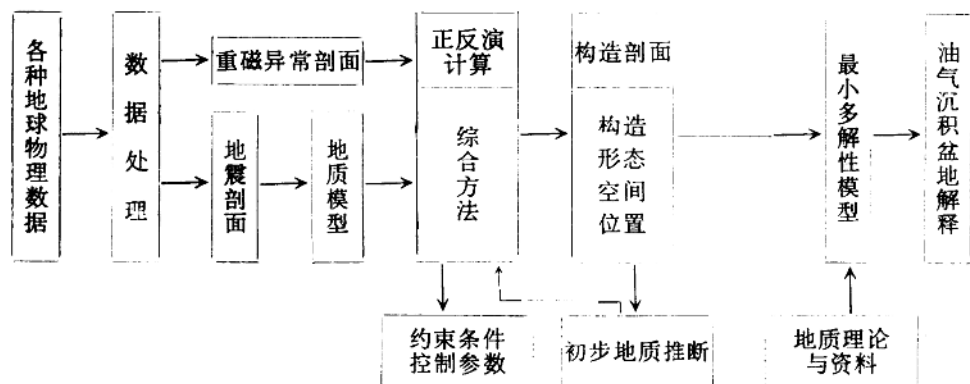


图 1—6 油气沉积盆地综合地球物理地质解释

此系统包括这样几个主要环节：

- ① 综合地球物理方法的应用，要求针对不同的问题采用不同的配套方法和计算步骤；
- ② 数据处理可以从原始资料到各种剖面；
- ③ 建立约束条件，包括各种控制参数，特别是将地质信息的反馈也作为一种约束。

以上的数据处理是保证资料的可靠和适用问题，而综合方法和约束条件则力图在尽可能限制多解性的情况下求得解答，从而可配合地质资料进行沉积盆地的解释。

前面已述，用综合地球物理方法研究盆地，主要是搞清构造形态和物质分布。这样，通过综合解释系统处理资料得出多解性尽量小的构造剖面之后，就环绕以下三个方面来解决问题：

① 对沉积盆地内部来说,主要是确定其构造风格,即盆地边缘地层的超覆和退覆、盆地中部沉积的厚度、分层和褶皱、盆地基底的起伏变化,以及盆地边缘内外及盆地内部的断裂系统和与之有关的侵入活动;

② 对盆地外部来说,主要是基底内幕深大断裂的分布和性质,以及贯穿盆地内外的深大断裂。这一级的深部构造,对确定盆地形成的机制具有重大意义。

③ 更深一级的构造,就是地壳结构和地壳运动的研究,对于利用地球动力学观点来研究热体制的变化,用板块学说阐明盆地形成和演化历史,几乎是必不可少的。

我们希望以上特征能够比较正确地反映在构造剖面中。因此,这是一项比较艰巨而又必须去完成的工作。从当前各种地球物理方法发展所具备的勘探能力来看,这项工作是大可为的,对比利用综合地球物理方法系统地研究沉积盆地并探讨其油气性,是可以充满信心的。

参 考 文 献

- [1] 王尚文,1983,中国石油地质学,石油工业出版社。
- [2] 张宗命,1982,中国石油大地构造,石油工业出版社。
- [3] 刘光鼎,1978,海洋地球物理勘探,地质出版社。
- [4] 德林格尔, P.[美],1981,海洋重力学,海洋出版社。
- [5] 多布林, M.B., 1983,地球物理勘探概论,石油工业出版社。
- [6] 沃斯特, K.H., 1983,反射地震学—能源勘探的工具,石油工业出版社。
- [7] 林赛思, R.O., 1984,地球物理资料数字处理,石油工业出版社。
- [8] Perrodon, A. and Masse, P., 1984, 7, Subsidence sedimentation and petroleum systems, Journal of Petroleum Geology.
- [9] Kingston, D.R., Dishroon, C.P., and Willimas, P.A., 1983, Global basin classification system, AAPG Bulletin, V.67 No.12.
- [10] Gabrielyants, G.A., Karus, E.V., Kuznetsov, O.L., 1984, Geophysics and geochemistry in exploration of oil and gas fields, 27th International Geological Congress, Report vol. 2, Moscow.
- [11] Berkhout, A. J., 1980, Seismic migration, Elsevier Scientific Publishing Company.
- [12] Nettleton, 1976, Gravity and Magnetism in oil prospecting, McGraw Hill.

INTEGRATED GEOPHYSICAL RESEARCH FOR HYDROCARBON BEARING SEDIMENTARY BASINS

Liu Guangding Xiao Yiming

Abstract

The exploration of oil and gas is essentially a full study of oilbearing sedimentary basin. A sedimentary basin is in one kind of tectonic form, therefore,

the task of geophysical prospecting in the basin in to ascertain the geologic structure and the sediment distribution, to research into the evolution process with time and space, and to discover the oil and gas resource in the basin. To accomplish such task, synergic geophysical methods must be used. Only we research into the evolution process of the basin, can we know its genesis. The research of the evolution process needs both sediment information and the information inside basement rock. Each geophysical method has its demerit and limitation in detecting these information. Only the comprehensive use of the merits of all methods brings satisfactory result. All geophysical methods are used in one system, and the final interpretation results should be transformed into geologic information.

子波反褶积(希尔伯特变换法)

徐伯勋 林贵标

地质矿产部北京计算中心

前 言

子波反褶积关键是如何求准子波,得到较精确的子波不但可用来解决子波反褶积,还可对子波的波形特征进行研究来识别地层岩性。

众所周知,地震记录 X_t 被粗略地模拟为地震子波 b_t 和反射系数序列 r_t 的褶积,即

$$X_t = b_t * r_t$$

尽管这样褶积模型误差较大,限制条件又多,还不很理想,但目前还是以它为主。

由于褶积模型中只知道记录 X_t 而 b_t 和 r_t 都不知道,因此在三者之中,只知其一,是无法确定 b_t 和 r_t 的,为此要作各种假设,设法解决模型的多解性,而使其唯一确定出 b_t 和 r_t 来,我们知道反褶积处理的主要目的是为了提高地震资料的分辨力,尽量消除子波的影响,而得到一串近似于脉冲的反射系数序列,显然对 b_t 和 r_t 不同假设,我们可以得到不同的反褶积方法,但总的目的要使剖面中的子波成为尖脉冲或先使子波转化成零相位或最小相位,然后再作反褶积,尽可能使反射波能更好地与地下界面相一致。

子波反褶积首先要用各种方法,直接地或者间接地求出子波来,然后再来消除子波的影响,本方法是在子波为最小相位的条件下,用希尔伯特变换法,并且还用多道记录的信息求取子波的对数谱的偶部(振幅部分),然后进一步用三种不同的方法求出子波,得到的子波当然都是最小相位的,这是由希尔伯特变换的性质所决定。

一、求取子波的条件和原理

1. 在地震记录 $X_t = b_t * r_t$ 中,不妨设 r_t 是归一不相关的。由此可推得记录自相关等于子波自相关,即

$$r_{XX}(\tau) = r_{bb}(\tau)$$

如将上式写成功率谱的形式为

$$H(\omega) = |B(\omega)|^2 = B(\omega) \overline{B(\omega)} = X(\omega) \overline{X(\omega)} = |X(\omega)|^2$$

这就说明子波的功率谱可用记录的功率谱来代替,这时有

$$|B(\omega)| = |X(\omega)|$$

2. 在 b_t 为最小相位的条件下,其Z变换 $B(Z)$ 可通过下式中已知的 $|B(\omega)|$ 表示出来,即

$$B(Z) = \sum_{n=0}^{\infty} b_n Z^n = \exp \left[\frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log |B(\varphi)| \frac{e^{-i\varphi} + Z}{e^{-i\varphi} - Z} d\varphi \right] \quad (2-1)$$

由于 $B(Z)$ 是最小相位的,所以在单位圆内它既无零点又无极点,因此 $\log B(Z)$ 可展成幂级数(换言之,当子波 b_n 最小相位时,对数谱序列或复谱 b_n 才是因果的),即

$$\hat{B}(Z) \stackrel{\Delta}{=} \log B(Z) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log |B(\omega)| \left| \frac{e^{-i\varphi} + Z}{e^{-i\varphi} - Z} \right| d\varphi \quad (2-2)$$

$$= \sum_{n=0}^{\infty} \hat{b}_n Z^n, |Z| < 1 \quad (2-3)$$

由于

$$\frac{e^{-i\varphi} + Z}{e^{-i\varphi} - Z} = \frac{2}{1 - e^{i\varphi}Z} - 1 = 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} e^{in\varphi} Z^n$$

将(2-3)代入(2-2)式得

$$= \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log |B(\varphi)| d\varphi + \frac{1}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \int_{-\pi}^{\pi} \log |B(\varphi)| e^{in\varphi} d\varphi \cdot Z^n \quad (2-4)$$

比较(2-4)和(2-2)式得

$$\begin{cases} \hat{b}_0 = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log |B(\varphi)| d\varphi \\ \hat{b}_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \log |B(\varphi)| e^{in\varphi} d\varphi \end{cases} \quad (2-5)$$

由于 $\log |B(\varphi)|$ 为实偶函数,因此 $\hat{b}_0, \hat{b}_n$ 是实数。

$$\Delta$$

$$\text{当 } Z \rightarrow e^{-i\omega} \text{ 时, } B(\omega) = B(Z) \Big|_{Z=e^{-i\omega}} = |B(\omega)| e^{i\varphi(\omega)}$$

由(2-2)式得

$$\begin{aligned} \hat{B}(\omega) &\stackrel{\Delta}{=} \log B(\omega) = \log |B(\omega)| + i\varphi(\omega) \\ &= \hat{b}_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \hat{b}_n e^{-in\omega} \end{aligned}$$

把上式分成实部和虚部得

$$\begin{cases} \log |B(\omega)| = \hat{b}_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \hat{b}_n \cos n\omega \\ \varphi(\omega) = - \sum_{n=1}^{\infty} \hat{b}_n \sin n\omega \end{cases}$$

比较(2-7)式中的第一、二两式可知

$$\log |B(\omega)| \xrightarrow{H_0 \quad T_0} \Phi(\omega)$$

我们还可以推得由 $\hat{b}_n$ 求 b_n 的递推公式(推导略)

$$\begin{cases} b_0 = e^{\hat{b}_0}, \\ b_{K+1} = \frac{1}{K+1} \sum_{n=0}^K (K+1-n) \hat{b}_{K+1-n} b_n, K=0, 1, \dots \end{cases} \quad (2-8)$$

这样可由(2-6)式,根据振幅谱 $|B(\omega)|$ 或 $\log |B(\omega)|$,求得 $\hat{b}_n$ ($n=0, 1, \dots$),再由