

利用地震信息进行油气预测

刘企英 编著

石油工业出版社



前 言

利用地震信息进行油气预测是当今世界石油地震勘探和数据处理中的一个引人瞩目的问题，也是当今地震资料处理的发展方向之一。

70年代初出现的“亮点”处理，拉开了利用地震技术“直接找油”的序幕。接着，“亮点”勘探风行一时。然而用它来指导钻井，成功率却很不稳定。原因在于，地震地质条件随勘探区不同而有巨大的差异性。经过大量实践，人们逐渐认识到，应用多种地震信息进行油气预测是一条重要途径，它不仅易于综合解释，而且也可利用数理统计方法得到半定量或定量的预测成果。

随着计算机科学的发展，地震数据处理技术也发展很快。由于人机联作解释工作站的普及使用，处理系统和解释专家系统将趋于完善，油气预测的人工智能将为地震勘探展现更加光明的前景。

我国在利用地震信息进行油气预测方法研究方面做了许多工作，并取得了明显的效果。因此，有必要也有可能编写一本利用地震信息进行油气预测的图书，以便推广这一技术。

本书在编写过程中，本着理论联系实际的原则，除对油气预测方法的基本原理、数学分析式加以概念化的阐述外，本文不作繁琐推导，把重点放在应用上。在阐述预测方法应用的同时，也给读者（非应用软件人员）介绍些软件设计思想和程序。笔者认为，在计算机科学发展很快的时代，每位从事地震勘探的技术人员都要懂一点软件知识，更何况地震资料处理的质量高低，很大程度上取决于软件水平呢！

在此，我要衷心地感谢一起工作的同志们，几年来，我们在从事地震勘探工作中，共同切磋，给笔者很大启发，本书包括了他们的聪明和才智。为本书的出版，出版社的编辑付出了辛勤的劳动。我单位绘图室同志清绘了书中全部插图，谨向他们表示衷心的感谢。

笔者是一个实际工作者，虽然先后从事过地震勘探野外采集、资料解释、处理方法研究和应用软件设计等工作，但毕竟理论水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，敬请读者批评指正。

编著者

1987年7月

目 录

第一篇 引论	(1)
第一章 油气预测原理	(1)
第一节 油气预测的基本概念	(1)
第二节 利用地震信息进行油气预测的特点	(4)
第三节 油气预测步骤	(6)
第四节 油气预测的准确性及其价值	(9)
第二章 油气预测的地球物理和地质基础	(12)
第一节 反映油气的地震信息及其特征	(12)
第二节 速度信息与岩石物性及地层的关系	(15)
第三节 吸收衰减信息与岩石物性及地层的关系	(25)
第四节 振幅信息与岩石物性及地层的关系	(30)
第五节 地震地质条件	(36)
第二篇 利用单项地震信息进行油气预测	(38)
第三章 瞬时信息	(38)
第一节 基本原理	(38)
第二节 方法实现	(40)
第三节 瞬时信息的应用	(44)
第四章 波阻抗和瞬时速度	(57)
第一节 基本原理	(57)
第二节 实现方法	(67)
第三节 实际应用	(72)
第五章 频谱分析技术	(79)
第一节 傅里叶变换法	(79)
第二节 最大熵谱分析	(92)
第三节 多种谱分析	(99)
第四节 瞬时频率的物理意义	(106)
第五节 频谱分析的应用实例	(106)
第六章 地震速度信息	(114)
第一节 速度信息的提取	(114)
第二节 速度变换及应用	(121)
第七章 信息比与比信息	(132)
第一节 振幅比信息	(132)
第二节 频谱比信息	(135)
第三节 视周期比信息	(135)
第八章 吸收衰减信息	(140)
第一节 模型的建立	(140)
第二节 方法实现与应用	(144)

第九章 剩余波形信息.....	(152)
第一节 基本原理	(152)
第二节 实现与应用	(153)
第十章 横波信息.....	(156)
第一节 CDP道集信息	(156)
第二节 纵、横波信息综合应用	(166)
第三篇 利用多种地震信息进行油气预测	(172)
第十一章 多种信息油气检测方法.....	(172)
第一节 提取多种地震信息的数学模型	(172)
第二节 方法实现和应用	(175)
第十二章 油气预测的统计方法.....	(191)
第一节 数理统计的常用概念	(191)
第二节 概率统计	(192)
第三节 聚类分析	(203)
第四节 多元判别分析	(210)
第十三章 应用模糊数学进行油气预测.....	(220)
第一节 油气预测信息的模糊性	(220)
第二节 油气预测的模糊聚类分析	(226)
第三节 模糊综合评判	(231)
第四节 油气藏类型模糊识别	(247)
第十四章 地震信息校正和显示技术.....	(257)
第一节 相对振幅保持	(257)
第二节 速度校正	(265)
第三节 地震显示技术	(268)
第四篇 油气预测的辅助技术和解释决策	(273)
第十五章 油气预测的辅助技术.....	(273)
第一节 辅助量板的计算和制作	(273)
第二节 模型技术	(280)
第三节 实验室技术	(289)
第四节 垂直地震剖面	(290)
第十六章 解释决策.....	(293)
第一节 选择油气预测的处理方法	(293)
第二节 解释决策	(294)
主要符号说明.....	(302)
参考文献.....	(304)

第一篇 引 论

第一章 油气预测原理

第一节 油气预测的基本概念

当今,石油勘探有效地利用了现代科学技术,从而促进了石油工业的飞速发展,给国民经济带来了巨大的效益。然而,随着石油勘探水平的不断提高,寻找新的油气田也愈加困难。这就要求人们不断地提高认识水平,用科学方法了解和掌握油气存在的未知状况。于是,对油气存在的未知状况进行科学的预测研究就更为人们所关注。

油气预测是通过对反映油气地质现象的资料进行统计处理,系统地、综合地分析,找出油气固有的规律性来,从而对油气现象的未知状况做出定性或定量的说明。

油气预测工作是一种范围很广的综合性研究,它分为地质、地球物理和地球化学预测等。就其中的地球物理方法而言,它包括重力法、磁法、电法、地震法等。人们希望用这些方法在钻井之前预测地下地质情况,确定构造部位,了解地层变化、岩性变化和预测油气富集带等。地震法是能够对上述问题得到最好的预测结果的方法。

近10年来,地震勘探数据采集、数据处理和数据解释这三个环节的科学技术水平不断提高,逐渐形成了构造地震学、地层地震学和岩性地震学等地震勘探学科。地震勘探可以解决以下几个方面的油气预测问题:

(1) 预测沉积盆地有利油气聚集带。

(2) 预测储集层的分布。包括:

① 预测勘探区的岩相变化、水流体系、沉积体系和沉积环境;

② 预测有利于形成油气藏的三角洲、扇体、浊流体、古河道、沙坝、礁体、盐丘、泥岩刺穿体等。

(3) 预测油气藏。包括:

① 预测构造、断层圈闭型油气藏;

② 预测地层圈闭型油气藏。

迄今为止,地震勘探技术已经涉及到广阔的科学领域:信息论、计算机科学、数学(数学分析、数论、计算数学、统计数学、模糊数学等)、物理学(声学、光学、弹性力学、量子光学等)等,这就大大地突破了地质学和地震学的界限。

据统计资料得知,地震勘探的工作量占石油地球物理勘探总工作量的95%以上。石油勘探可取得二十余种原始资料,地震勘探只是其中的一种,占5%。这二十余种原始数据经过人工分析或者计算机处理,可提供四十余种信息或参数。然而地震资料经过计算机处理后,

提供的可用信息或参数的种类数竟猛增到十五种之多,约占总信息或参数种类数的33%。由此可见地震勘探在石油勘探中占有相当重要的地位。此外,地震勘探具有较高的精度,具有综合研究地质问题,预测油气的能力。它能够被当作近期、中期、远期进行油气钻探的依据。

利用地震资料对未知油气藏进行油气预测的成功与否,取决于所采用的预测方法是否得当,取决于参加预测的人员(地震、地质解释人员)的预测经验和思维水平。预测研究人员技术素质较高,预测方法对头,就能够对储集层及油气未来状况作出较准确的预测,并为最终决策提供良好的背景材料,从而决策者也易于作出科学的决策。使钻井成功率提高,获取的经济效益也必然增长。

例如,70年代初期,由于地震数据采集实现了数字化,地震数据处理上发展了油气检测(国外称HCI烃类指示)技术。据Mobil石油公司统计,在过去的10年中,墨西哥湾的石油勘探广泛地使用了这一技术,使得钻井成功率高达84%。又如在我国六·五规划期间,四川地区地震勘探利用了六种信息,采用数理统计分析方法,进行综合油气判断,对川南二叠系阳新统裂隙发育带进行了含气预测,预测的结果使得钻井成功率由原来的55%上升到70%以上。

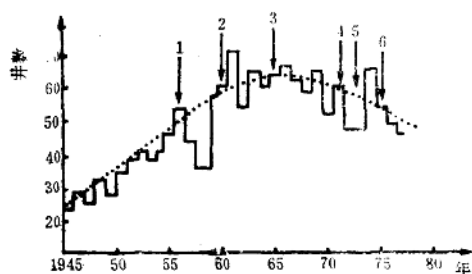


图1-1 在发现大油田过程中采用地震新技术
与钻井数关系图

- 1—模拟地震; 2—共中心点叠加;
- 3—数字地震; 4—油气检测;
- 5—瞬时速度信息; 6—三维地震

勘探实践使我们认识到,在发现新油田的过程中,由于采用新的地震方法、新的技术,使钻井数有所下降,如图1-1所示。

由图可见,使用了油气检测、瞬时速度等新技术后,发现新油田所用的钻井数目显著下降。新技术、新方法固然好,但是缺乏科学观点、实质性分析,也会作出不科学的决策,钻井错误的实例也不少。例如,错把具有“亮点”反映的火成岩当成“亮点”型的砂岩油气藏。

“亮点”事例也说明了油气预测的结果并非百分之百的正确,这是因为影响油气预测效果的因素太多太复杂了。它不仅仅涉及到地下

和地表的多种因素,而且还涉及到人的因素。尽管如此,如果我们选用恰当的预测方法,逐步地深入研究和详细地分析地震资料,是会达到油气预测的最终目的的。

目前,利用地震信息进行油气预测的较高层次称为综合预测,即地震资料解释。它基本上还是依靠地震、地质人员的个人水平,包括个人知识和经验,用直观的类推法,对油气状况进行推测,仍未形成一整套现代化的科学方法。当然,直观判断的方法在地震解释上有相当长的历史,今后还要继续应用下去。因为直观判断是人的一种思维能力,在油气预测研究中不但具有它可靠的一面,而且占有十分重要的地位。今后怎样提高地震、地质人员的直观判断力呢?那就是使他们不断接受知识,技术更新的继续教育和智力培训。特别是在当今知识和技术陈旧周期越来越短的情况下,这种继续教育就显得尤为重要。一旦他们具备了较高的技术素质,在进行油气预测研究时,潜在的记忆,经过不断自我加工综合后,就会产生创造性的思维。

目前,单一的“相面”解释法已远不适应综合预测研究的需要,实现地震资料解释计算机化和解释自动化(人机联作)是提高油气综合研究工作效率和效果的根本途径,应当大力提倡和发展。

利用地震信息进行油气预测就是通过不同的数学方法提取各种信息,并对各种信息进行综合分析,获得油气的规律性,给钻井提供定性或定量的依据。

利用地震信息进行油气预测,首先要了解地震信息与油气的内在联系,其次要认识影响油气预测准确度的多种因素以及可采取的克服办法等。

众所周知,通常把地震波在不含油气岩层中传播的特征,称为正常特征,将从地震数据中提取的各种信息称为正常信息;反之,地震波在含油气岩层中传播的特征被称为异常特征,对提取的各种地震信息称为异常信息。当地震波穿过含油气储集层时,产生的地震信息异常往往要比岩性变化所引起的信息异常突出;当地震波穿过含油薄层时,其异常随薄层厚度及薄层的组合特点而具有一定的特征。油气预测的特点就是抓住油气在纵向、横向上引起地震信息的强弱或大小的相对变化,特别是横向上引起地震信息的变化。通过分析这些变化,达到预测的目的。

在利用不同的数学方法提取各种地震信息之前,必须清除影响油气预测的各种因素。例如,激发和接收、地表和地下地质条件等。目的是严格要求信息保真,除要求高质量的野外采集外,地震资料的计算机常规处理应实现“三高、三细、三保持”。所谓“三高”就是高信噪比、高分辨率、高保真;“三细”就是精细处理、精细速度分析、精细监视;“三保持”即为保持相对振幅,保持频率、保持波形。通过严格的信息保真处理后的地震数据就可以提取各种地震信息了。

利用所得的多种地震信息进行综合预测研究,一般是应用因果分析方法、类比分析方法、统计分析方法进行的。因果分析就是通过研究油气藏的地质成因来预测油气存在的必然结果;类比分析就是把正在研究的单项地震信息同已知油气藏上所呈现的信息异常特征相类比,通过类比来预测油气存在状况和类型;统计分析就是通过一系列数学方法(概率统计分析、多元统计分析、模糊数学分析方法),结合已知资料,对已取得的数据进行去伪存真,由表及里的分析,揭示出从地震数据中提取的油气信息的规律性,从而给出油气存在的定性特征和定量结果。

具体地说,当前利用地震信息进行油气预测,要解决如下两个问题。

①在勘探阶段,把预测方案作为提供部署发现井的依据。定性说明油气存在的可能性及半定量描述油气的分布范围等。

②在开发油气田初级阶段,把预测方案作为提供打开发井的依据。定量预测油气田的分布范围及定量估算储集层的各种参数。例如,确定油、气、水三者边界;定量计算储集层厚度、孔隙度、渗透率、孔隙压力及饱和度等。

随着油气预测技术的进一步发展,它可以解决油气田开发中期所存在的某些问题。例如,监视油气藏动态变化状况等。

油气预测根据地震信息不同的特征,分为直接预测和间接预测两种。直接预测就是直接利用与油气现象有关的地震信息来判断油气情况。通常这些信息异常就是油气富集带的反映。为了进一步说明这些信息异常和油气状态的吻合程度,按异常的明显程度和在不同地震剖面上的出现特点,划分若干等级,根据这些等级进行直接找油。间接预测就是利用与地层

构造、岩性圈闭或与储集层有关的地震信息来判断油气的可能状况。例如,利用地震信息寻找孤立砂岩体、河道砂体、沙坝、薄层等。其实这也是地震勘探多年来的一贯方法即间接找油法。

本书主要是利用反射波地震勘探方法,通过对野外采集的地震数据进行计算机处理、运用多种数学方法,提取与地层、岩性、油气有关的各种地震信息,并利用这些信息经过综合分析后,预测岩性,预测油气。

第二节 利用地震信息进行油气预测的特点

利用各种地震信息进行油气预测是当今世界石油地震勘探中一个引人瞩目的问题,也是地震数据特殊处理中的一个重要环节。

国外,70年代初出现“亮点”地震勘探,标志着所谓“直接找油”的开始,这就是利用单项地震信息进行油气预测的首先应用。随着“亮点”技术的应用,相继出现了利用多种信息预测油气的方法(见图1-4所示)。然而,利用单项地震信息进行油气预测的钻井成功率很不稳定。经过勘探实践,人们发现由于地上、地下地质条件存在很大的变化和差异,这种变化和差异造成了复杂的激发条件和接收条件,使得单项地震信息在不同的区域、不同的地质条件下具有不同的反映。随着地震数据处理技术的发展和水平的提高,人们认识到,利用多种地震信息综合进行油气预测是一条重要途径。

一、单项信息预测油气的特点

1. 利用单项信息进行油气预测的方法比较简单

如果地质条件比较简单,油气藏类型比较理想,原始地震剖面信噪比较高,利用单项地震信息进行油气预测一般会得到较好的效果。例如对某些油气藏,地震剖面上的“亮点”或“暗点”显示明显,这时可利用保持相对振幅处理的地震“亮点”剖面和瞬时振幅剖面(见第三章瞬时信息)进行油气预测。

2. 应用单项信息预测油气具有很大局限性和不稳定性

由于地质条件的复杂性和油气藏类型的多样性,也由于同一种地震信息与地质因素的关系,与油气藏类型的关系均存在着多解性和随机性,故单解很难得到。想用简单手段或单一信息来解决复杂的油气问题是不太现实的,例如,在渤海湾,显然有的油气藏具有“亮点”反映,然而并非所有的“亮点”都是油气藏的反映,有的“亮点”只是玄武岩的反映。

3. 利用单项信息预测油气的效果差

由四川油田的勘探实例得知,如果仅仅使用振幅信息进行预测,钻探油气成功率只达到41%。

4. 利用单项信息预测油气的预测过程不完善

单项信息油气预测只有信息提取过程,见图1-2所示。提取单项信息是在CDP道集或精细处理的叠加剖面或叠偏剖面上进行的。信息提取后就直接进行黑白或彩色显示,并提交给地震地质解释人员。

由于单项信息的油气预测仅存在信息提取过程,而缺少重要的信息统计分析过程,必然

产生预测效果差和预测不稳定的缺点。

二、多种信息预测油气的特点

1. 利用多种信息预测油气有利于统计分析

利用多种信息进行油气预测有利于用概率统计、数理统计、模糊数学等进行统计分析。地震勘探的基础是建立在多道观测基础之上的，也就是说是立足于统计意义上的。从地震道提取的不同种类的信息直接或者间接地反映不同的油气存在状况。考虑到各种信息之间的交叉效应，把它们进行综合，则能更真实、更客观地反映油气规律。例如，四川勘探区使用了反射波的振幅比信息、瞬时频率信息、瞬时相位信息、视极性信息、构造因子和构造曲率等六种信息进行油气检测，钻井成功率比单项信息预测提高了30%。

2. 多种信息油气预测更有利于油气的定量分析

图1-3表明了多种信息的预测过程。信息的提取过程不仅包括了信息的提取，而且也包含了对多种信息的估算，这对于油气预测效果的好坏起了重要作用；统计分析过程是利用统计分析方法对数据进行定性、定量分析，并进行必要的模式识别。

3. 多种信息油气预测可提供丰富的成果

多种信息油气预测可提供黑白、彩色多种显示和各种信息剖面；提供油气预测平面图，提供信息数据，油气置信度；提供油气状况分类及油气藏类型等。

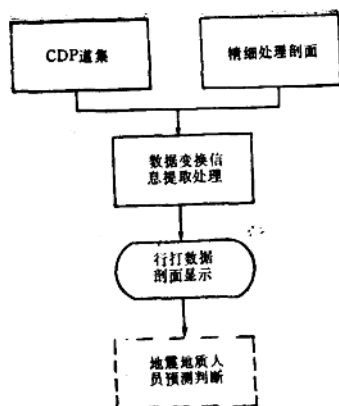
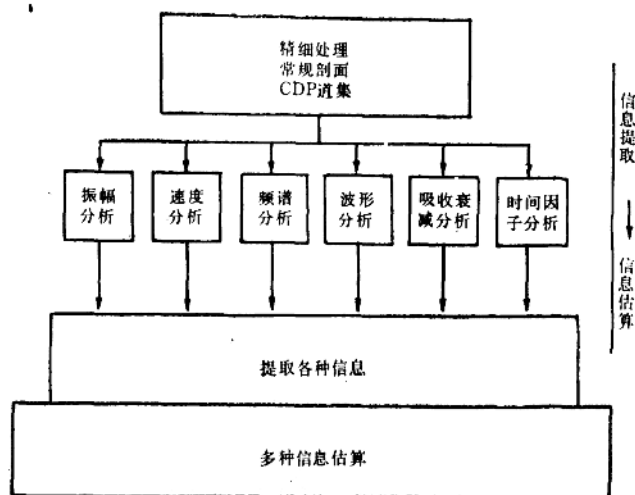


图1-2 单项信息油气预测过程



(a)

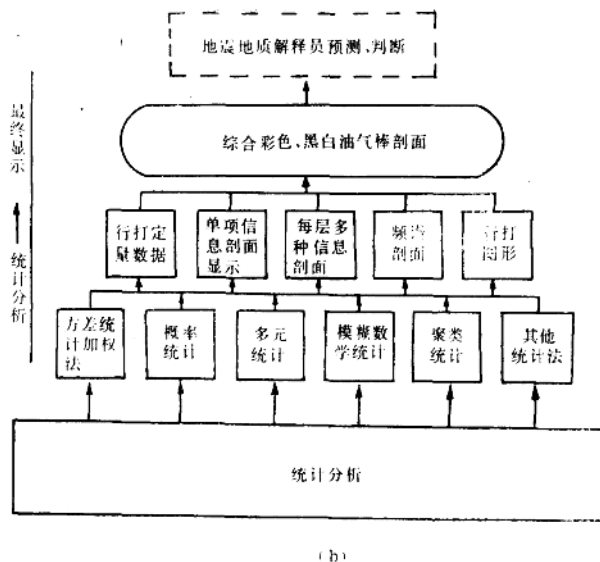


图1-3 多种信息油气预测过程
(a)油气预测的信息提取过程; (b)油气预测的统计分析过程

第三节 油气预测步骤

油气预测大致由四个阶段构成：预测油气区的先行分析，建立预测方法，预测方法的应用和综合预测研究。

一、预测油气区的先行分析

1. 了解区域地质情况

这是从宏观考虑，需要了解三个方面的情况。

区域构造：一级构造，二级构造及局部圈闭等类型。

区域沉积情况：各时代地层相、沉积间断、区域岩性、岩相变化及重要层系的沉积模式等。

基底：基底时代，基底岩性，基底构造及控制表层沉积情况等。

2. 了解地球物理资料

地球物理资料一般包括地震、电法、磁法和重力资料，利用全部地球物理资料进行综合地质研究和分析，将有益于进行油气预测。

我们把了解地震资料放在重要位置，大致要了解三个方面的地震资料。

地震层序和地震相：地震反射特征及其纵横向的变化，地震相的地质解释和沉积模式的建立等。

速度资料：除常规速度谱外还应有砂、泥岩百分比图、剩余层速度图等。

地震资料处理情况：包括常规处理和特殊处理，它们使用的模块、参数及效果等。

3. 了解钻井资料

包括钻井地质和各种测井数据,如岩性柱状图、地层层序表、声波测井和密度测井曲线等。

4. 了解已知油气田的地质情况和物性参数

包括构造圈闭类型,微构造发育情况,油层时代、岩性,油层层数、厚度,地层压力、孔隙度、渗透率,油层温度,原油比重及含气量等。

总之,要尽可能多地熟悉、消化有关资料。如果地震地质解释人员头脑里装有地质、地震、钻井的综合模式,那么他就能正确地使用油气预测方法,得到良好的预测成果。

二、建立预测方法

建立预测方法和采用的理论有关。理论决定方法,不同的指导理论就有不同的方法。究竟那种理论能达到预测目的,这要取决于对所预测的油气储集层的分析与认识。

图1-4表示了油气预测树总模型。它绘出了油气与各种地震信息、辅助性信息的关系。图中虚线表示由地震信息转化的岩性参数和外界物理参数。

如果油气预测存在着先验模式,应当充分加以利用。多种油气预测方法在预测的全过程中,由始至终存在着先验模式的使用问题。关于单项地震信息、多项地震信息、辅助信息的相互关系、理论和应用有待下文详细论述。

选择预测方法进行特殊处理,这是取得油气预测效果的关键步骤,它取决于地震地质解释人员对宏观区域地质、地震先行分析,微观油气地质及预测方法的了解和掌握情况。

三、预测方法的应用

根据实际区域地质和局部地质情况,地震地质解释人员可选用相应的方法,方法大体上可分为三类。

第一类方法为单项信息法,也称为推理法。就预测的整体来说,需要解释专家用推理或者推论的方法做出许多解释,这是因为许多因素是比较模糊的。比如,提取的信息异常是真正油气反映,还是干扰或其他原因引起的呢?这个问题并不能直接了当地回答,需要专家们凭显示的地震信息剖面、工作经验与已知地质、地震解释资料类比来进行推断。这类方法就是我们通常所说的定性解释,在定性解释过程中,地震地质解释专家们可做少量的半定量和定量解释,以弥补定性解释的不足。例如,利用速度(瞬时速度或层速度)资料估算流体性质,应用反射振幅估算薄储集层的厚度等。

第二类方法是统计法(包括用概率论、数理统计和模糊数学等方法)。这种方法完全用数学来描述,可得到有关信息的定量说明,预测结果将为半定量或定量的。然而,我们用数理统计法进行计算时,往往会遇到某些信息的重要性的权系数问题。不同信息的权系数可用两种方法得到:一是凭地震地质解释专家和数据处理专家的经验;二是由人工或计算机进行必要的数据统计。以往我们的地震解释、油气分析工作常常基于地震剖面分析,即用“图形说话”,鲜明直观,但是欠缺定量化。用“数据说话”说服力强,尤其对复杂的多种信息分析,易于使用计算机去代替人的巨大的脑力劳动。人工智能的出现和发展,为数理统计的进一步发展提供了良好的条件。

第三类方法就是实验法、试验法。包括实验室技术、理论计算、模型计算等。这种方法不是一次就能完成的,必须经过多次反复实验。例如模型法,在进行合成地震剖面与实际地震剖面拟合时,选择地质物性参数要经过多次迭代修改后,才能达到解决问题的目的。

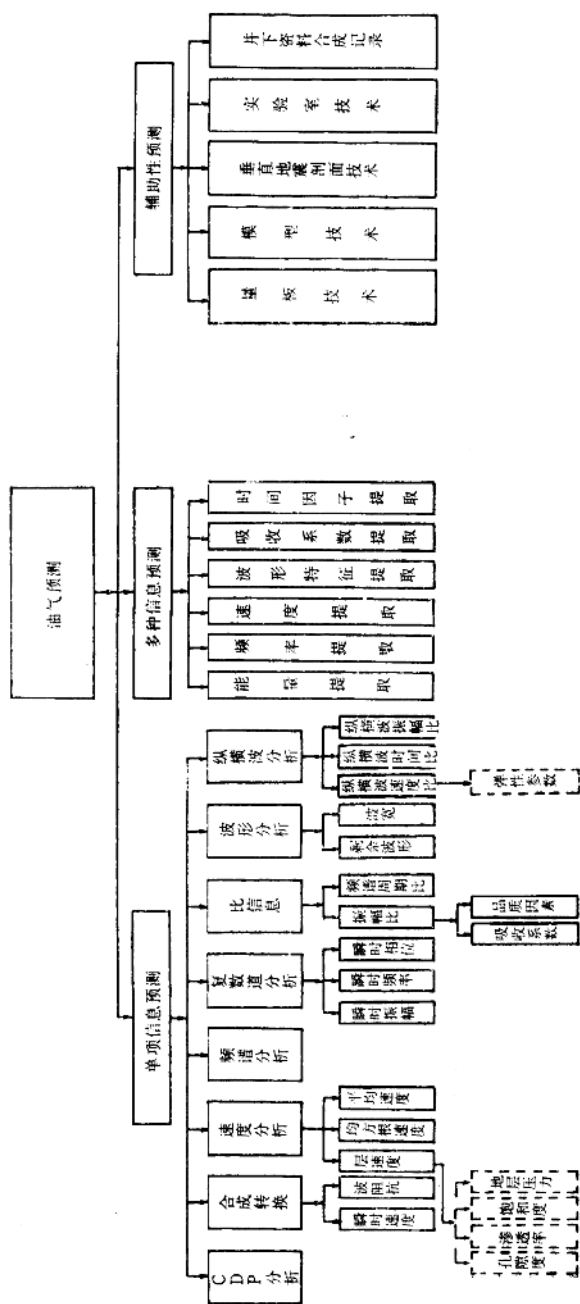


图 1-4 油气预测树总模型

上面所谈的三大类油气预测方法在应用中不是孤立的,因为采用的方法不同,所得到的地震处理效果也就不同。就是利用同一种方法,由于方法本身的多解性及对噪声的敏感性,也可以得到不同的结果,这就是地震处理工作中平时所说的处理参数不同,效果不同。因此,除选择最佳预测方法外,还应综合地运用不同的预测方法。

四、综合研究预测

我们前面所述的由于处理方法不同及使用的参数不同所产生的不适定性问题,只有通过地震解释人员在分析问题时综合利用各种信息,才有可能得到解决。处理方法本身是无法解决的,这是第一个层次的综合。

第二个层次的综合可以这样理解,解释人员要把预测方案提交给决策者,必须把地震信息转化为地质信息,这就要借助于测井、化探、地质等多种有关资料,进行对比分析、综合研究,取得对油气藏状态的准确认识。经过两个层次的研究,所得到的预测结果更加科学、可靠。

第四节 油气预测的准确性及其价值

一、油气预测的准确性讨论

油气预测的准确性关系到预测的作用。过去利用地震信息进行油气预测有许多失败的教训,我们在前面已举出了渤海湾油气预测失败的一个实例。本书第三章还举出了陆地勘探利用“亮点”地震剖面预测砂岩透镜体中可能含油气的另一失败实例,经钻井证实,地震剖面上的“亮点”确实由砂岩透镜体所引起,但是砂岩体内并不含油。

总结近年来利用地震信息进行油气预测成功的情况,还无法用某一固定的概率值或百分数来表达。但是,一般可以分三种情况:第一种情况,地质条件较优越,采用的预测方法适当,则预测成功率就较高,可达到70%~80%;第二种情况,地质条件较复杂,预测成功与失败概率各占一半;第三种情况,地质条件复杂预测成功率可能会低于50%。应该指出,不能因为预测失误,就对预测感到失望。油气预测毕竟是一个有价值的科学工具,它有助于钻探的决策。

为了使油气预测在不同的地质条件下准确性最高,首先,我们应当十分重视预测工作。正确地利用地震资料,建立和恰当地使用预测方法,预测结果就会有较高的准确性,较好地反映油气的规律性,为钻井提供科学依据。其次,我们应该尊重预测结论。应当考虑到油气预测结果可能准确,也可能有误,有待于钻井实践的检验。最后,为了提供油气预测的准确性,必须不断地改进预测技术。要求我们的野外采集方法、计算机处理方法、应用软件开发、分析处理、地震地质解释等方面的专家、学者去探索、研究有关地震和油气预测的新技术、新方法。例如,高分辨率技术,横波勘探技术等。

在发展新的预测方法的同时,即使油气预测比较准确,我们也还要分析情况,寻找造成微小误差的原因,对方法模型进行局部修改使之完善,把已掌握的一套完整的预测方法向前推进一步。我们应当看到,油气预测的信息统计分析方法将成为预测的主要方法。然而,近年迅速发展起来的模糊数学在预测研究上有着值得重视的应用前景(详见第十三章)。人们还应当预见,随着计算机科学的飞速发展,人工智能和专家系统将成为地震综合预测的重要手段。

二、影响油气预测准确性的主要因素

影响油气预测准确性的主要因素包括原始地震资料质量；常规处理的精细程度；预测方法（特殊处理方法）；有关基本理论及其应用程度和地震、地质解释人员的主观能动性（智力、技术水平）等。

1. 原始地震资料的问题

从野外采集的原始地震记录的内容应是极其丰富的，经过常规方法的处理后，从中提取了与油气有关的异常信息，这些异常信息的可靠程度主要取决于原始地震资料的质量。

原始地震记录受到十多种因素的影响，归纳起来可划分为三大类：

第一大类是地震反射波在传播过程中受到地下构造：地层和岩性的影响。包括地层界面反射，反射界面的凸凹程度，薄层的微屈多次反射，反射波的吸收衰减和透射以及反射扩散等因素。

第二大类是由随机干扰造成的。包括地表、地下散射，各种随机噪声等因素。

第三大类是震源的激发、仪器接收等因素的影响。

Sheriff形象地用图1-5说明了影响地震波的各种因素。

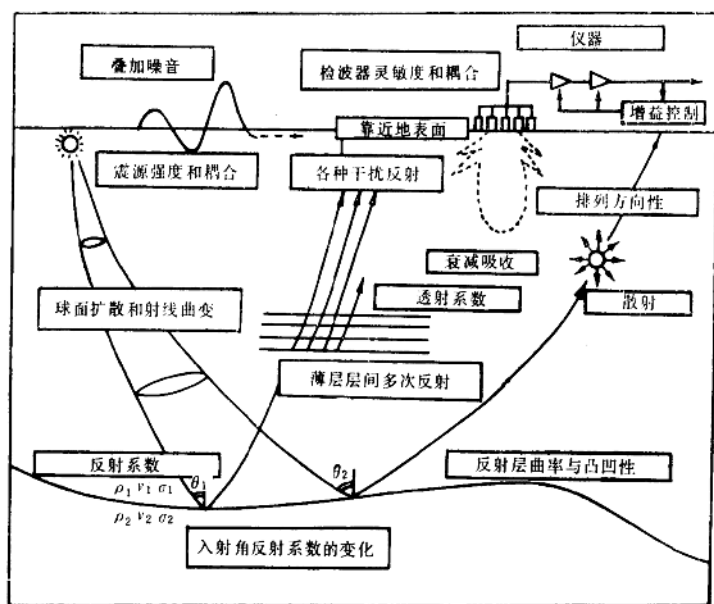


图1-5 影响地震信息的各种因素 (R.E. Sheriff)

对于第二、第三两大类影响地震信息的因素，我们需要彻底的消除和克服。鉴于目前的技术水平，要尽量降低它们的干扰。对于第一大类影响地震波的因素，经常规处理后，提取与地质相关的有用信息，充分利用这些信息解决预测油气问题。

2. 常规处理和特殊处理

目前，地震资料处理可划分为两个阶段：常规处理和特殊处理阶段。常规处理是特殊处理的基础，而特殊处理是与油气预测方法相对应的，常规处理是提取与油气有关的地震信息

的“预处理阶段”，这种提法似乎已被人们理解和承认，然而，实施起来却感到困难很大。因为要使常规处理达到“三高、三细、三保持”，也不是一件易事，有时要三翻五次的试验，才能达到较为满意的结果。当计算机处理能力有限时，这种多次处理恐怕就不适宜了。因此，针对不同地区、不同地质条件，选择不同的常规处理方法和流程，以保证特殊处理和油气预测的精度及确定性是十分重要的。

常规处理包括预处理、叠前处理和叠后处理三部分：预处理包括采集的数据解编、抽共反射点道集、剔除野值等；叠前处理包括振幅恢复、振幅补偿、多种反褶积、速度分析、多种静校正及动校正叠加等；叠后处理包括多种反褶积、宽带滤波、子波处理以及波动方程偏移等。

其中任何一种处理方法使用不当，都会严重地影响特殊处理和油气预测的效果。例如，在预处理中，不良地震道没有被剔除，叠加后造成了反射波的波形畸变，提取的有关地震信息就会受到影响。

经过“三高”常规处理的地震资料，解释人员可根据要解决的问题，有针对性地选择特殊处理方法。这些处理方法包括波阻抗和瞬时速度、三瞬（瞬时振幅、瞬时频率、瞬时相位）、亮点处理、油气检测、频谱分析、纵、横波速度分析、CDP道集振幅分析、波形特征分析、弹性与粘弹性参数提取、岩性参数提取等。

三、油气预测的价值

在油气预测中，除了常规的地震地质解释外，地震地层学获得了广泛的应用，地震岩性学研究与应用也有了可喜的进展。从而，提高了利用地震资料找油找气的能力，使得地质学家对地球物理勘探方法更加信任。多年的勘探实践证明，利用地震信息进行油气预测的价值在于以下三个方面。

（1）利用地震信息进行油气预测具有科学性和综合性。生产实践证明，充分利用地震信息是减少盲目地寻找油气的有效途径。

（2）提高钻井成功率。由国、内外经验指出，利用多种油气预测方法综合预测油气可使钻井成功率达到70%~80%。

（3）提高经济效益。从野外采集开始，经过常规处理和特殊处理、利用单项信息、多项信息及辅助信息进行油气预测以及解释决策这一套完整的过程，所耗费的资金与钻井的费用相比较，只不过为“九牛一毛”而已。

然而，地质家们却经常给地球物理家们提出这样或那样的问题，既然地震勘探精度很高，为什么用它提供的井位还是常常钻空？这个问题是不难回答的，其实不足为怪。虽然地震勘探技术发展很快，勘探精度也不断提高，但是地质任务的要求也水涨船高，往往地质任务的要求超过当前的地震勘探技术水平。如果油气预测结果与钻井结果不一致，我们不应因此而责备预测结果不准确，相反，应当发挥预测结果对预测油气的反馈作用，这就是常言所说“总结经验教训，以利再战”，“吃一堑，长一智”的道理。

$S/N > 1$ 的条件下,反射系数数量级变化范围在0.08~0.23之间。地震剖面上的“亮点”或“暗点”在正常情况下出现在双程反射时间2.5s左右。在特殊情况下,比如,当地层孔隙压力大于正常孔隙压力时,地震速度急剧降低,虽然反射时间超过2.5s,在地震剖面上仍有可能出现较强反射振幅,呈“亮点”形式。

利用反射振幅可以提取与它有关的多种信息,这些信息从不同的侧面反映出油气状况。例如,振动能量、有限频带能量、瞬时振幅信息,当油气藏为“亮点”型时,上述三项信息表现的异常值应为正高值;若油气藏为“暗点”型,三项信息为低值(一般称为负异常)。又如,低频带通能量、低频带通能量百分比和特定低频谱值三项指标,无论油气藏为“亮点”还是“暗点”型,只要符合厚层反射特征,其信息异常应为正高值。如果储集层为薄层,上述的六项指标是不确定的,这要由薄层的类型,反射界面的复合特性来决定。

2. 速度

地震波传播速度不仅是地震波的运动学的主要特征之一,而且在油气预测中也是极重要的信息之一,它是研究地层、岩性及油气的基础。

通常认为,地震波速度横向相对变化达到5%~30%时,就可确认速度存在异常。如果速度变化达到30%,那么可认为速度存在重大异常(这只是对纵波而言,对于横波来说,将超过这个百分数)。若速度变化只有5%左右,应更加仔细地分析产生的原因。因为按目前的速度分析精度看,相对误差约为1%~3%。根据误差理论,地层横向速度变化5%仍没有大于速度最大相对误差的两倍。

实践告诉我们,砂、泥岩发育地区,速度分析精度较高的范围约在双程反射时间1~2.5s之间,对于更浅的层位,由于表层的相干噪声影响,使速度分析精度降低。对于双程反射时间大于3s的资料,由于信噪比降低,提取速度的精度也随着降低。

通常,均方根速度、平均速度、层速度经过油气藏带时出现降低现象,速度异常表现为负异常。但是,在薄储集层时不易发现速度降低现象,甚至有时由于薄层反射相互干涉,速度反而增大。如果地震分辨率提高,这种概念也应随之改变。

应用瞬时速度研究薄层是个好方法,因为瞬时速度的变化是由岩性引起的。当信噪比较高时,含油气的薄层的瞬时速度理应有所变化。

3. 频率

频率的横向变化,无疑是指示油气可能存在的另一重要信息。

利用频率信息研究中,浅层油气藏带会更直接些,因为中、浅层反射波主频通常在20~50Hz(目前地震勘探使用的频率仍为中、低频)。当地震波通过较厚的含油气层时,主频向低频方向移动,并且移动较大。根据统计资料得知,穿过砂岩油气藏的地震波主频可降至12~14Hz左右,两者频差明显。关于深层油气藏,由于反射频率随深度的增加高频衰减很快,反射波主频可降至15~17Hz,两者频差较小。如果深层信噪比很低,波形保真处理又不太好,那么利用频率信息识别油气异常就困难了。

应用频率信息研究含油气薄层具有很大潜力,它对强、弱反射波均具有鉴别能力,不同类型、不同厚度的薄层在频谱上具有各自的特点(请参看第四节)。

由理论和实验得知,频率的应用不象其他信息那样受到较多的约束条件,但是,目前的勘探并没有充分发挥它的作用。当利用频谱研究较厚含油气层时,频谱的低截频部分是相当有用的,因此,无论是野外采集和室内分析处理都要十分注意低频部分的获取。当利用频谱