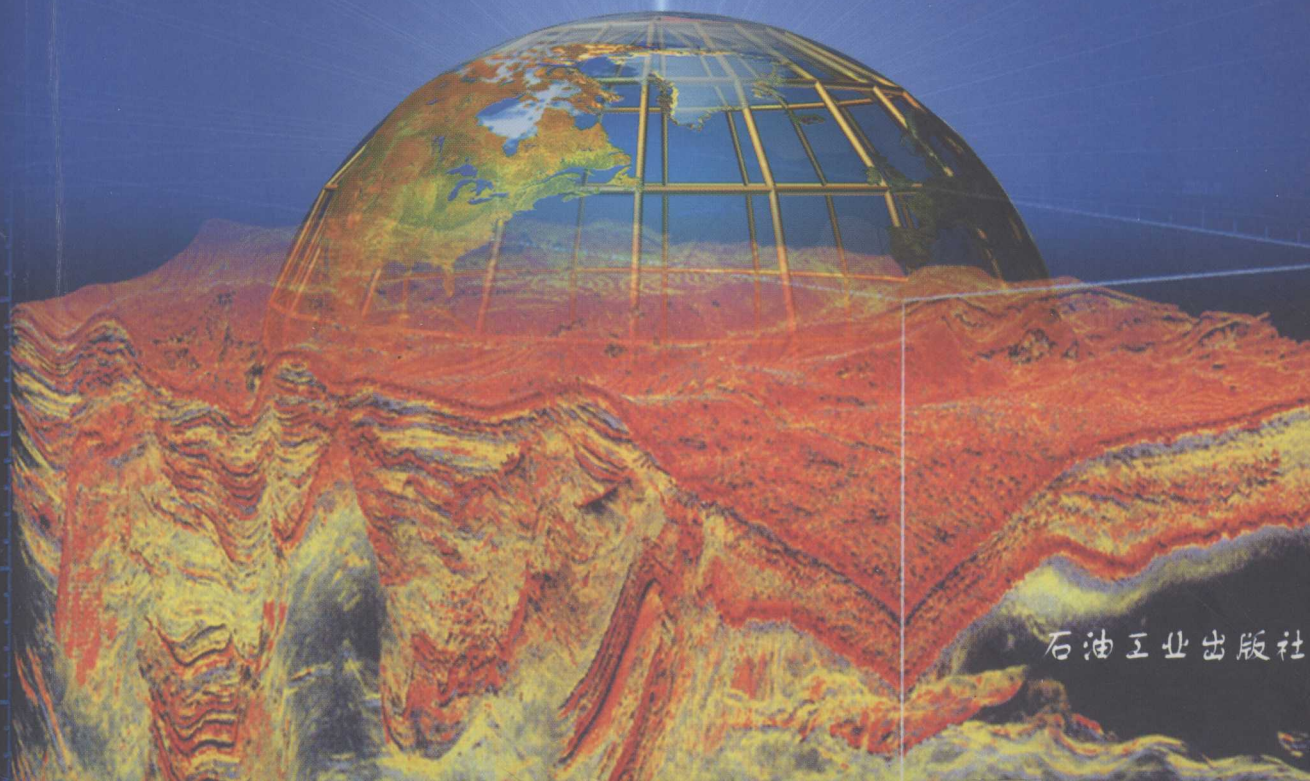


油气勘探开发实用地震新技术

邹才能 张颖 等编著

用智慧透视地球

用技术降低风险



石油工业出版社

油气勘探开发实用地震新技术

邹才能 张 颖 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

《油气勘探开发实用地震新技术》由中国石油勘探开发研究院石油地球物理研究所专家合作编著。该书紧密结合当前油气勘探开发的需要,从实用角度出发,分三个层面对地震技术进行了系统的介绍。一是简要地介绍了油气地质和地震勘探技术的基本理论、基本原理,在两大学科间架起相互沟通的桥梁;二是对十二项地球物理核心技术进行了系统的专题介绍,分析总结了各项技术的适用条件和技术关键;三是针对我国未来六大重点勘探领域,结合实例介绍了这些核心技术在解决各领域不同地质问题中的应用方法和效果。本书实用性强,自成体系,是一本适用于多层次需要的地震技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

油气勘探开发实用地震新技术/邹才能等编著.
北京:石油工业出版社,2002.9
ISBN 7-5021-3724-6

I. 油…
II. 邹…
III. 地震勘探:油气勘探
IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 018024 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
北京乘设伟业科技排版中心排版
北京密云华都印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 35.25 印张 902 千字 印 1—1500
2002 年 9 月北京第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3724-6/TE·2724
定价:98.00 元

序

地震技术是石油工业勘探开发的主要应用技术。它是石油工业发展最为迅速的一门既古老又年轻的技术。

近二十年来,地震技术获得了巨大的发展。目前,以多次覆盖为核心的三维数字地震技术得到普遍应用。先进的地震装备已基本能适应各种复杂地区的采集工作,采集设计软件日趋完善。地震处理技术在高信噪比、高分辨率和高保真度等方面均有较大进步,并已开始研究非线性信号处理技术。深度偏移已成为复杂构造成像的关键技术之一。波阻抗反演、地震属性分析及地质统计分析等储层预测技术也已得到广泛应用。地震解释正向着多学科综合化方向发展。三维可视化为勘探家提供了一个虚拟的地下世界,显著增强了地震资料的地质解释能力。多波多分量勘探技术正在兴起,特别是转换横波地震勘探技术,为常规纵波地震勘探增加了新的横波信息,明显增强了地震勘探解决复杂地质问题和直接找油找气的能力。开发地震技术正在逐渐成熟,为开发提供油藏地质模型和油气藏生产动态监测。时间推移(四维)地震、井筒地震等技术(3D3C-VSP、井间、随钻地震)也开始在油藏管理和寻找剩余油中发挥着重要作用。

全球地球物理技术整体上从构造油气藏向地层、岩性等复杂的油气藏延伸并进入开发领域,出现了从二维到三维,从叠后到叠前,从声波到弹性波,从各向同性到各向异性,从单一到多学科综合应用的总体发展趋势。

在今后一个相当长的时期内,我国油气勘探将主要集中在中西部复合叠合盆地,重点是低勘探程度的盆地和凹陷、高勘探程度区内的空白区、低渗透低丰度油气藏、海域,其中相当一部分地区是据分析有油气聚集条件,但久攻不下、技术难度较大的地方。石油勘探正面临着勘探领域减少、难度加大、油气发现成本增大的严峻局面。在这种形势下,当前需要重点发展地震技术,尤其是三维地震技术。只要圈闭搞准了,一般来说井是总能打下去的;圈闭搞不准,勘探连方向和目标都没有。因此,地震技术是勘探技术的龙头。

为使油气勘探开发人员能对日新月异的地震技术有多方位了解和理解,为提高勘探开发效益服务,中国石油勘探开发研究院石油地球物理研究所组织本所专家撰写了这本《油气勘探开发实用地震新技术》。该书紧密结合当前油气勘探开发需要,从实用的角度分三个层面对地震技术进行了介绍和叙述。一是系统简明地介绍了油气地质的基本理论和地震技术的基本理论、基本原理,在地质和地震两大学科间架起了一条相互沟通的桥梁。二是根据地震技术本身的地质地球物理特点,总结归纳了十二项地震专项技术,进行了系统简明的介绍。技术的叙述更偏重于实用性,很多内容是地球物理所多年的技术积淀。三是结合我国未来重点勘探领域的应用实践,分别介绍了各核心技术在解决不同地质问题中的应用方法和效果。

本书在地震技术理论的介绍中融入了作者对多年油气勘探实践中实际应用问题的理解和思考,既可作为非地震勘探开发专业人员的通俗读本,又能为地震专业人员提供思路上的启迪,是一本适合于多层面需要的地震技术参考书。

中国石油天然气股份有限公司总地质师

2002年4月2日

前 言

用智慧透视地球,用技术降低风险,是物探人员永恒的追求。

地质指方向,物探指目标。物探是油气勘探的先锋、勘探技术的旗帜。

油气勘探史在一定意义上是一部勘探技术进步史。勘探技术进步又以地震为杰出代表,因为地震技术是发现圈闭、寻找储量的主导技术,它贯穿油田生命线的始终。

确定钻探圈闭或目标大致有三种方法。第一是地质法,最早的油气勘探是靠地质家对野外露头的观察和对地下圈闭的推测,来宏观确定钻探目标。第二是重磁电法,即所谓的非地震方法。它们分别利用了不同岩石的密度、磁性和电性上的差异,通过对地下重力、磁性、电性异常体的分析推断,在有利条件下大致确定意向钻探目标。第三是地震法,它利用了岩石的弹性性质,通过对地下地质构造进行成像和对储集层性质进行反演预测,可以较准确地发现和描述油气圈闭,这是目前确定钻探圈闭的主要方法。随着地震技术的快速发展,分辨率的大幅度提高,地震在描述整个地质体的架构、内部储层和流体等方面都有大的跨越,已步入了一个虚拟的地下勘探开发世界。地震已成为勘探圈闭的准确成像、储层空间的精细描述、油气水流体的有效识别的主导技术。正因此,了解并掌握地震技术对石油勘探开发者尤为重要。

编写本书的初衷是著者想架起地质与物探工作者的桥梁,希望能为从事石油勘探的地质、物探等勘探的领导和一般的技术研究人员提供一本地震技术最基本的应用参考书,使它有别于一般纯理论教材和一般纯科研成果报告。希望是一本具实用性、先进性、针对性的应用工具书,所以力图定位突出在以下三个方面:

一是,实用性。期望通过对物探技术方法原理的清晰而简要介绍和技术的有效应用,达到对物探技术的实施过程和每一项技术有一个基本的了解;

二是,先进性。我们总是努力想把当今世界石油工业应用效果较好的物探技术的现状和发展方向给读者一个交代,用科学的和辩证的观点看待技术应用的有效的范围,达到的精度,使大家对物探技术发展的脉搏有所把握;

三是,针对性。结合我国的勘探领域和具体地质问题和目标,提出我们物探技术解决的思路 and 方案,着力强调技术在各种复杂地质目标中的应用,这对于读者解决实际问题可能有所裨益。

全书由邹才能和张颖总体负责思路与章节内容的安排筹划。本书共分八章,每一章基本自成体系。第一章介绍国内外地震勘探技术,由邹才能编写;第二章介绍地质和地球物理基础,由邹才能、徐凌、徐基祥编写;第三章介绍地震采集技术,由孙虎生编写;第四章介绍地震处理技术,由张颖、李家康、陈立康、徐基祥、孙虎生编写;第五章介绍地震解释技术,由吴小洲编写;第六章重点介绍国内外十二大物探核心技术(高分辨率处理技术、叠前深度偏移技术、高精度反演技术、地震属性分析技术、相干体技术、地震层序分析技术、AVO分析技术、测井油气储层评价技术、井孔地震技术、多波多分量技术、时间推移地震技术、可视化解释技术),分别由徐基祥、刘雯林、胡英、陈立康、乐金、殷积峰、姚逢昌、刘晓、甘利灯、李明、赵一民、郑晓东、宁从前、李宁、金达、周成当编写;第七章重点介绍我国六大勘探领域目标评价技术(大面积低丰度岩性油气藏勘探技术、复杂山地山前高陡构造勘探技术、高成熟区小断块勘探技术、台盆区碳酸盐岩勘探技术、复杂岩性体油气藏勘探技术、海域石油勘探勘探技术),分别由张研、李明、王

永春、梁春秀、李家康、钱鑫芳、徐安娜、周学先、金达编写；第八章是对未来地震技术发展的简要展望，由邹才能编写。各章节的具体著者见本书最后附表。

本书的重点是第六章和第七章。第六章详细介绍各技术的内涵、适用条件、解决的主要地质问题、国内外应用现状、技术关键、以及如何用好该技术并在生产应用中需注意的主要问题。第七章详细介绍了每一类勘探领域的主要地质问题，要求达到的地质目标，解决问题的技术思路，采用的主导技术，各关键技术应用的总体效果。

该书在整体构架、文字、图表的表达上都力图让所有从事石油工作的物探、地质、工程、管理、学生等人员都能看得懂，看得进，并期望它能成为读者的实用工具书和工作学习的有益朋友。不同需求的读者可选择不同章节阅读。如能对读者有一点点裨益，就是著者最大的欣慰。

本书赵文智教授提出了很多宝贵意见并给予了大力支持，刘雯林教授提出了具体修改意见并进行最终审阅，在此表示最诚挚的谢意。

书中有些单位、专家的成果未完全署名，在此一并表示歉意和最诚挚感谢。

由于本书著者学识和经验有限，加之时间紧，书中定有谬误，敬请读者阅后批评指正。

著 者

2002年4月10日

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 国内基本形成的五项物探主导技术	(1)
一、三维地震勘探技术	(1)
二、储层综合预测技术	(1)
三、山地地震勘探技术	(2)
四、海域地震勘探技术	(2)
五、综合物化探技术	(2)
第二节 正在发展的前缘技术	(2)
第三节 我国未来面临的六大勘探领域与技术需求	(3)
一、大面积低丰度岩性油气藏	(3)
二、复杂山前高陡构造油气藏	(3)
三、高成熟区的小断块油气藏	(3)
四、台盆区碳酸盐岩油气藏	(3)
五、复杂岩性体油气藏	(4)
六、海域大型构造油气藏	(4)
第二章 地质和地球物理基础	(5)
第一节 油气地质基本概念	(5)
第二节 油气藏形成的基本条件	(6)
一、充足有效的油源	(6)
二、优质有效的储层	(7)
三、良好有效的封盖	(9)
四、开启有效的通道	(9)
五、聚集有效的圈闭	(9)
六、最终有效的保存	(10)
第三节 油气勘探的基本手段和地震勘探技术	(10)
一、重力勘探	(11)
二、磁法勘探	(11)
三、电法勘探	(11)
四、地震勘探	(12)
第四节 地震勘探的波动理论	(14)
一、地震勘探的波动基础	(14)
二、如何利用这个物理过程勘探油气藏	(16)
三、波动理论与几何地震学的关系	(17)
四、傅氏变换及其物理意义	(17)
第三章 地震采集技术	(18)

第一节 地震采集的目的和基本原则	(18)
一、地震采集的目的	(18)
二、地震测线设计遵循的基本原则	(18)
三、不同勘探阶段的测线布置要求	(19)
第二节 观测系统及其表示方法	(20)
一、观测系统的概念	(20)
二、二维观测系统的设计	(20)
三、三维观测系统的设计及类型	(23)
四、观测系统的表示方法	(27)
第三节 地震波激发与接收过程	(30)
一、试验工作	(30)
二、生产阶段	(31)
三、低降速带的测定	(32)
四、干扰波调查与分析	(34)
第四节 地震波激发与接收技术	(37)
一、地震波的激发	(37)
二、地震波的接收	(40)
第四章 地震处理技术	(46)
第一节 概述	(46)
第二节 观测系统定义	(48)
第三节 预处理	(49)
一、解编	(49)
二、编辑	(51)
三、观测系统质量控制	(52)
第四节 滤波	(55)
一、傅氏变换	(55)
二、频谱分析	(57)
三、滤波和数字滤波器	(58)
四、大地的滤波作用	(60)
第五节 能量关系恢复校正	(60)
一、影响地震波能量的因素	(60)
二、地震波能量恢复和校正技术	(63)
第六节 叠前去噪	(66)
一、地震噪声	(67)
二、地震去噪技术	(69)
第七节 反褶积	(73)
一、反褶积的基本概念	(73)
二、常用反褶积技术	(77)
第八节 静校正	(82)
一、引言	(82)

二、有关的基本概念·····	(83)
三、高程起伏的影响·····	(84)
四、表层速度不均匀的影响·····	(84)
五、折射静校正·····	(86)
六、层析静校正与波动方程基准面校正·····	(89)
七、剩余静校正·····	(90)
八、小结·····	(94)
第九节 速度分析和动校正·····	(95)
第十节 DMO——倾角时差校正·····	(102)
第十一节 叠加·····	(106)
一、叠加·····	(106)
二、叠加对随机噪声和多次波的压制作用·····	(107)
三、主要叠加技术·····	(108)
第十二节 偏移·····	(108)
一、地震波偏移成像进展·····	(108)
二、三类流行的偏移成像方法·····	(110)
三、偏移方法应用的关键·····	(112)
第十三节 叠后修饰处理·····	(113)
一、随机噪声衰减·····	(114)
二、径向预测滤波·····	(114)
三、多项式信号拟合·····	(117)
四、叠后反褶积·····	(118)
五、时空变谱白化·····	(118)
六、小波变换·····	(120)
七、最佳信噪比调频滤波(俞氏子波)·····	(120)
第五章 地震构造解释技术·····	(122)
第一节 构造地质基础·····	(122)
一、构造运动的期次·····	(122)
二、断层·····	(123)
三、褶皱·····	(126)
四、构造·····	(128)
五、圈闭·····	(129)
第二节 地震构造解释·····	(130)
一、三维地震构造解释·····	(131)
二、二维地震构造解释·····	(137)
第三节 平衡剖面制作·····	(140)
一、平衡剖面的目的·····	(140)
二、平衡要素·····	(141)
三、沉积恢复(厚度法)·····	(142)
四、剥失量的恢复(产状法)·····	(142)

五、不同样式构造的恢复	(144)
第六章 物探核心技术	(148)
第一节 高分辨率处理技术	(148)
一、高分辨率概念	(148)
二、高分辨率资料采集的特点	(151)
三、高分辨率资料处理的关键技术	(152)
四、高分辨率资料处理质量控制	(167)
第二节 叠前深度偏移	(167)
一、地震波偏移成像技术的发展过程	(168)
二、深度偏移	(170)
三、叠前深度偏移技术在中国的应用	(175)
四、叠前深度偏移技术的进展	(178)
五、小结	(181)
第三节 高精度反演技术	(182)
一、反演的内涵	(183)
二、反演技术分类	(185)
三、各种反演技术的基础、应用条件及局限性	(185)
四、作好反演的技术关键	(201)
第四节 地震属性分析	(202)
一、基本概况	(202)
二、地震属性优化	(207)
三、常见地震属性的含义与基本公式	(208)
四、地震属性分析方法	(218)
五、地震属性技术现状与发展趋势	(237)
第五节 相干体技术	(240)
一、地震相干数据体的计算	(241)
二、国外实例与研究成果	(248)
三、反射层的复数道属性估计	(252)
四、相干体解释断层的过程与步骤	(257)
第六节 地震层序分析技术	(258)
一、地震层序概念的提出	(258)
二、地震层序相关概念及基本原理	(259)
三、地震层序研究方法	(261)
四、地震相的地层解释	(266)
五、海平面相对变化的全球性周期	(269)
六、人工神经网络地震相分析技术	(271)
七、SFA 构造层序解释软件	(274)
八、结论	(275)
第七节 AVO 分析技术	(275)
一、概述	(275)

二、AVO 的基本理论	(277)
三、AVO 分析的岩石物理学基础	(287)
四、AVO 分析基本方法	(293)
五、AVO 的处理和解释技术	(312)
六、AVO 技术研究前缘	(321)
第八节 测井油气储层评价技术	(325)
一、国内外测井新技术的发展与应用现状	(325)
二、几种测井新技术的基本原理及应用	(325)
三、测井油气储层评价技术	(336)
第九节 井孔地震技术	(354)
一、垂直地震剖面法(VSP)技术	(354)
二、井间地震技术	(361)
第十节 多波多分量技术	(384)
一、概况	(384)
二、资料采集	(390)
三、资料处理方法	(393)
四、资料解释方法	(399)
五、应用实例	(401)
第十一节 时间推移地震技术	(411)
一、为什么推行时间推移地震	(411)
二、时移地震岩石物理基础	(413)
三、时移地震可行性研究	(415)
四、时移地震资料采集与处理	(421)
五、时移地震资料解释	(425)
六、注水开发过程时移地震实例分析	(428)
七、我国开展四维地震的必要性和可能性	(433)
八、时移地震实际应用存在的问题	(434)
九、结论与展望	(435)
第十二节 可视化解释技术	(435)
一、可视化原理	(436)
二、数据体可视化方法	(437)
三、三维可视化解释	(438)
四、全三维解释	(439)
五、浸入式可视化技术	(442)
第七章 我国六大勘探领域目标评价技术	(450)
第一节 大面积低丰度岩性油气藏勘探技术——以松辽盆地南部构造—岩性复合油 气藏勘探为例	(450)
一、松辽盆地南部构造—岩性复合油气藏发育的地质背景	(450)
二、松南地区构造—岩性复合油气藏勘探的技术难题与技术对策	(451)
三、低勘探程度区有利勘探区带及预探目标的优选	(452)

四、增储上产重点地区构造和砂体精细描述及圈闭综合评价	(465)
第二节 复杂山地山前高陡构造勘探技术——以在克拉2的应用为例	(474)
一、引言	(474)
二、克拉2气田概况	(474)
三、复杂山地山前带地质特征	(475)
四、地震采集处理难点	(477)
五、采集攻关	(477)
六、目标处理攻关	(478)
七、深度偏移成像	(480)
八、地震资料解释及构造描述	(481)
九、综合勘探技术在克拉2气田勘探中的应用	(482)
十、小结	(484)
第三节 高成熟区小断块勘探技术——以渤海湾地区为例	(484)
一、引言	(484)
二、小断块勘探领域的特点	(484)
三、地球物理勘探技术	(487)
四、实例	(494)
第四节 台盆区碳酸盐岩油气勘探技术——以轮南地区为例	(497)
一、引言	(497)
二、轮南地区碳酸盐岩油气藏油气富集条件	(498)
三、轮南地区碳酸盐岩油气勘探面临的技术难题和技术需求	(499)
四、轮南地区碳酸盐岩油气勘探技术攻关思路 and 对策	(500)
五、地球物理关键技术应用及效果	(500)
六、地球物理配套技术综合应用效果	(517)
七、结论	(520)
第五节 复杂岩性体油气藏勘探技术——以四川东北部飞仙关鲕滩为例	(520)
一、地域分布及区域地质背景	(520)
二、川东北鲕滩勘探历程与地质目标	(521)
三、鲕滩宏观描述技术	(522)
四、鲕滩储层勘探技术	(524)
五、鲕滩储层气藏的地震检测技术	(529)
六、特殊岩性体鲕滩气藏勘探展望	(531)
第六节 特殊岩性体识别与预测技术应用——以松辽盆地北部深层火山岩气藏 为例	(531)
一、松辽盆地北部深层火山岩地质与勘探概况	(531)
二、松辽盆地北部深层火山岩气藏勘探的技术难题与对策	(533)
三、技术在研究区应用及其效果	(534)
第七节 海洋勘探技术	(540)
一、海上地震勘探的数据采集	(540)
二、海上地震资料处理特点	(540)

三、地震技术在海洋石油勘探中的作用	(542)
第八章 物探技术展望	(544)
第一节 地震技术面临的挑战	(544)
一、三维地震成为当今主流	(544)
二、面临的挑战	(545)
第二节 地震技术发展的趋势	(546)
一、复杂区地震技术	(547)
二、开发三维地震技术	(547)
三、叠前储层反演技术	(547)
四、多波多分量技术	(548)
五、四维地震技术(时移地震)	(548)
六、井筒地震技术	(548)
七、虚拟现实技术	(549)
参考文献	(550)

第一章 概 论

国内外的勘探实践表明,没有物探,就没有圈闭,也就没有钻探井位;同样,没有物探技术的进步,就没有更多圈闭的发现,就没有钻探成功率提高,也就更不会有油田和储产量的快速增长。宏观看,物探的作用在勘探阶段是客观的目标评价,在开发阶段是精细的油藏描述。因此,油气勘探开发离不开,也难以离开地震技术和地震技术的进步与发展。如果说勘探技术是石油工业的第一生产力,那么物探技术就是获得油气储量的第一直接生产力。

第一节 国内基本形成的五项物探主导技术

我国从1951年组建第一个地震队以来的50年中,已从引进模仿,到针对我国地质特点开发创新了一套适合不同勘探对象的包括地震采集、处理、解释的物探技术系列。

我们最早从前苏联学到了光点记录二维地震勘探技术,之后又先后从西方引进学到了模拟地震技术、多次覆盖技术、数字地震技术以及三维地震勘探技术。进入80年代以来,我国又从传统的地震勘探常规方法转到加强与国外的合作与交流,加大地球物理勘探的投资力度,适时地引进了各类国外先进的主流物探装备、地震资料处理、解释软件。在引进、消化和吸收的基础上,物探技术水平迅速提高,应用技术已基本接近国外先进水平。同时结合我国陆相复杂油气藏勘探的需要,研发了部分适合我国油气勘探的独有物探技术,在勘探生产中起到了明显的效果。

一、三维地震勘探技术

1966年我国在胜利油田东辛地区开始三维地震勘探,1974年进行了第一块多次覆盖束状三维地震勘探。之后胜利、四川、江汉、华北等油田采集了三维地震资料。自90年代以来,三维地震已在我国各油田相继得到了广泛应用,形成了采集、处理、解释为一体的三维地震勘探配套技术系列。目前,东部各大油田已经进入以三维地震勘探为主的时期,并开始向以构造岩性油藏为目标的高分辨率三维地震勘探发展,高分辨率三维地震信号主频平均提高10~20Hz,成为岩性油藏预测和高成熟区小断块复杂油气圈闭识别的基础。西部条件较好的地区在勘探早期已直接引入三维地震勘探,并逐渐向复杂地表地区推广,如在长庆开展的黄土塬网状三维攻关为三维地震勘探提出了新思路,开拓了新领域。

同时,以三维静校正与三维DMO及三维偏移技术为核心的全三维处理技术、三维连片处理技术和以人机联作可视化技术为核心的全三维解释技术随着计算机能力的提高,应用范围也在不断扩大。

二、储层综合预测技术

自90年代以来,各油田普遍加强了储层预测技术研究。以地震反演、属性分析、模式识别为核心的地震综合储层预测技术有了长足的进步,90年代中期发展起来的地震—测井联合反演技术明显提高了分辨薄层的能力。储层预测技术已渗透到了勘探、开发各个阶段,成为大面

积岩性油气藏、非均质储层以及大型地层岩性圈闭识别与预测的主要技术手段,为各油田增加后备储量发挥了重要作用。在鄂尔多斯盆地,近几年应用储层预测技术进行岩性油气藏勘探见到了显著效果。

三、山地地震勘探技术

我国分布有 10 余个前陆盆地及类前陆盆地,油气资源丰富,但地下构造复杂,地形起伏剧烈,地表施工条件恶劣。地震资料信噪比低,静校正问题突出,难以准确成像,构造圈闭准确识别的难度很大。地震技术一直是制约该领域油气勘探发展的瓶颈。近几年,由于物探装备和技术的迅速发展,山地地震采集、处理、解释技术一体化攻关在库车等地区已见到显著成效。库车克拉 2 等大气田的发现充分证实了山地地震技术在攻克西部复杂勘探领域难题中的巨大潜力。总体上看,西部复杂地质条件下的物探工作仍不能够完全满足勘探的需要,目前资料的信噪比和成像精度离西部复杂区的勘探需求还存在较大差距,例如塔西南等山地地震勘探仍未过关,尚需下大功夫继续有针对性地开展攻关。

四、海域地震勘探技术

为了发展海洋和滩海的石油勘探,我国引进和开发了海域地震技术,实现了双缆双震源地震采集和高分辨率地震采集,探索出了一整套海上包括海底电缆或水下接受系统的多分量地震采集与处理技术。发现了很多大型构造和不少亿吨级油气田,尤其是近来通过三维地震发现了一批象 PL19-3 的大型油田。

五、综合物化探技术

多年来,我国在地震勘探困难地区开展了综合物化探技术攻关,以高精度重力和 CEMP 技术为主体,通过综合地震、地质、钻井等资料进行联合反演,取得重要进展,为地震资料无法获取的地区提供了认知地下构造的又一重要途径。初步形成了以重、磁、电、化、震联合反演为核心的综合配套技术。

第二节 正在发展的前缘技术

随着勘探难度的不断增大,具有前瞻性、战略性的前缘物探新技术的应用在提高勘探效益中将有着举足轻重的作用。我国各油田在推广应用适用主导物探技术的同时,坚持跟踪和试验开发对油公司发展有战略探索价值的前缘物探新技术。这些技术有多波多分量地震技术、时间推移(四维)地震(动态油藏描述)、井下地球物理技术(3D3C-VSP、井间、随钻地震)等,他们目前大多数用于开发阶段,俗称开发地震技术。

实际上,开发地震是在勘探地震学的基础上发展起来的,它是充分利用针对油藏的观测方法和属性处理技术,紧密结合地质、钻井、测井、岩石物理和油藏工程等多学科资料,在油气田开发和开采过程中,对油藏特征进行横向预测,做出完整描述和进行动态监测的一门新兴学科。开发地震研究的目的是以较少的投入在成熟区找到较多的剩余油,在已落实的储量中采出更多的油气。

我国石油储量统计结果表明,常规平均水驱采收率仅有 33%,未波及的可动剩余油储量达 28%,不可动残余油储量占 39%。造成剩余油和残余油储量之高的主要原因是我国陆相湖

盆储层存在着较强的非均质性。在未波及的各类碎屑岩可动剩余油储量中,河流相砂岩油藏储量占到 51.5%,表明我国碎屑岩油藏的调整挖潜余地还相当可观。

开发地震主要包括:地震目标处理、地震属性分析、地震反演、AVO 分析、井下地震、四维地震(或时间推移地震、动态油藏描述)、多波多分量、地震综合解释与可视化等。这些新的技术方法需要紧密结合开发钻井资料深入研究和开发。近十年来我国在开发地震研究方面取得了长足的发展,在静态油藏描述方面取得了丰硕成果,但在多波多分量、井下地震、四维地震等方面与西方大石油公司有一定差距。只有大力加强开发地震新技术的研究和应用,才能更好地满足开发阶段油藏描述和动态监测的需要。

第三节 我国未来面临的六大勘探领域与技术需求

随着勘探程度的提高和不断的摸索总结,我国未来 5~10 年油气勘探领域逐渐明朗,主要集中在以下六大勘探领域。由于各自所具有的地面地球物理条件和地下地质特点不同,它们对物探技术也有自身不同的要求。

一、大面积低丰度岩性油气藏

大面积、低丰度、低渗透岩性油气藏是我国未来相当一段时期内探明储量增长的重要领域之一。主要地区有松辽盆地长垣两侧岩性油藏、鄂尔多斯盆地中生界岩性油藏、鄂尔多斯盆地上古生界岩性气藏与川西北浅层气藏等。这类油气藏的特点是储量品位相对较低,但规模大,埋藏相对较浅。其中主砂带、裂缝发育区与构造和岩性复合型油气藏的产量相对较高,是低丰度中的优质储量。勘探发现这类油气藏并取得良好效益的关键在于砂体的准确识别与客观描述,并配以先进实用的钻探技术、试油和开发技术,将有较好的经济回报。

二、复杂山前高陡构造油气藏

复杂山前高陡构造是未来勘探的重要新领域。该勘探领域具有地面条件恶劣、地下地质条件复杂、地震施工困难、地震成像难、资料品质差的特点,因此地下地质构造的识别难度大。要搞好山地高陡构造区的油气勘探在地质研究上需要运用断层相关褶皱理论进行正确指导,做好构造建模与地质模型指导下的构造解释;在物探技术上则要解决好山地地震高信噪比资料的采集与处理,搞好复杂构造的清晰成像,以使复杂构造目标能得以较好地识别与落实。该领域主要包括塔里木盆地库车、塔西南、准噶尔盆地南缘、酒泉盆地南缘、柴达木盆地北缘、吐哈盆地北缘、陕甘宁盆地西缘、四川盆地川西大巴山山前、楚雄盆地北部等区带。

三、高成熟区的小断块油气藏

主要是渤海湾盆地各大坳陷中的复杂断块油气藏。这类油气藏的特点是成藏及分布复杂。勘探的关键在于高精度三维地震采集,做好小断块和小断层的精细成像与描述识别工作。

四、台盆区碳酸盐岩油气藏

主要有四川盆地、鄂尔多斯盆地地下古生界及塔里木盆地台盆区等勘探领域。这类油气藏的特点是储集空间为碳酸盐岩缝洞和孔隙,非均质性强。勘探的关键是确定碳酸盐岩溶洞型储层内幕及风化壳孔、洞、缝系统的展布。精细的三维地震勘探和非均质储层预测技术将会对该领域的勘探大有帮助。

五、复杂岩性体油气藏

主要包括渤海湾盆地的砂砾岩体油气藏、火成岩油气藏,酒西盆地的砂砾岩与白云岩裂缝性油气藏、川东飞仙关鲕滩油气藏等。这类油气藏的特点是储集层非均质性强,勘探目标具有较强的隐蔽性。勘探的关键在于复杂岩性体的成像与识别、非均质性储层的横向预测。叠前地震信息的提取有助于对岩性体的圈定。

六、海域大型构造油气藏

我国海域总体勘探程度较低。由于受勘探技术的限制,尚有很多大型油气构造有待发现。国外的海域勘探已向深层和深海发展。我国主要取决于滩海和浅海的海上地震采集、钻探与开发技术的提高。

从这六大领域可以看出,随着勘探工作的深入,勘探工作的重点已逐渐转为复杂地表和复杂地下地区的勘探以及老油田的挖潜。这些日益复杂的地质问题对地震技术提出了严峻的挑战。