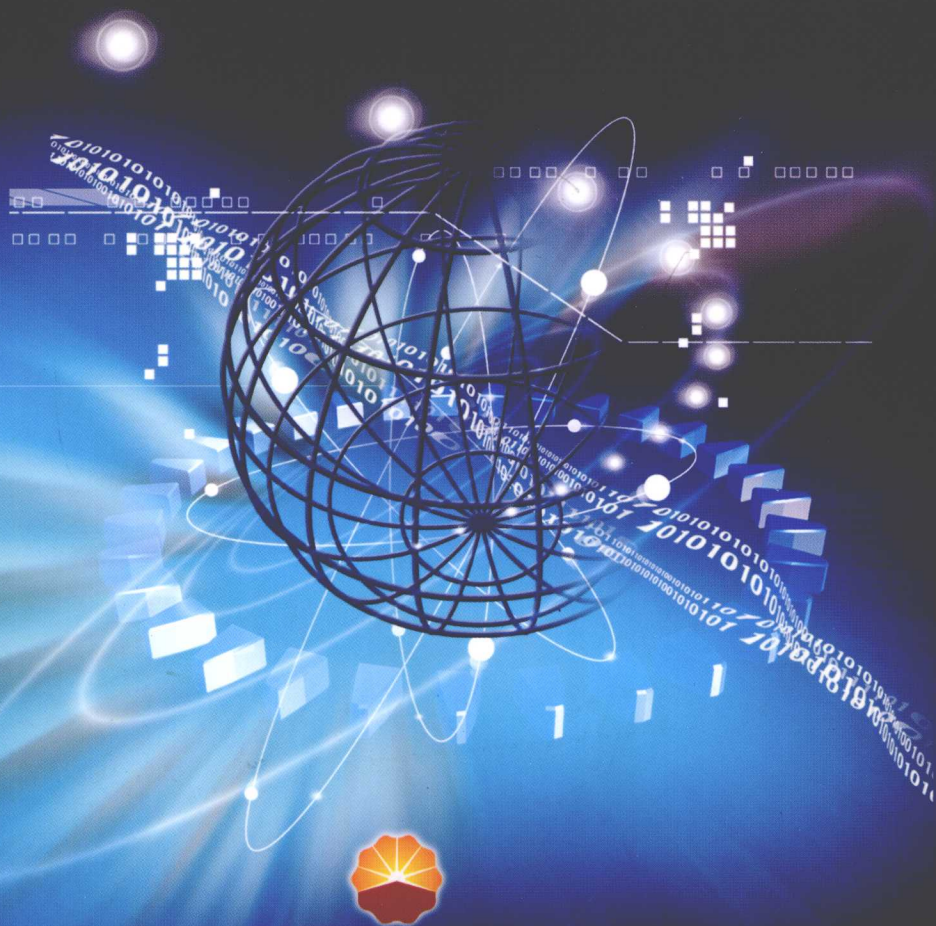


2007年国外石油

科技发展年度报告



中国石油经济技术研究院

目 录

2007 年国外物探技术发展报告	1
一、2007 年地球物理行业重要事件和技术进展特点	1
二、非地震技术	3
三、地震采集技术	5
四、逆时偏移技术	8
五、地震处理解释软件	10
六、海上物探装备与技术	12
七、可控源电磁技术	13
八、低频地震	14
九、可视化技术	15
十、随钻地震技术	16
2007 年国外测井技术发展报告	18
一、2007 年举办的国际或地区性测井会议	18
二、2007 年测井界发生的重大事件	20
三、测井技术新进展	21
2007 年国外钻井技术发展报告	34
一、2007 年全球钻井市场特点	35
二、2007 年国际会议重点关注的钻井议题	37
三、钻井设备及工具的发展	39
四、钻井技术与工艺的最新进展	45
2007 年国外开发技术发展报告	67
一、2007 年国际会议重点关注的开发议题	67
二、非常规天然气开发技术	69
三、老油田集成开发技术	76
四、重油开采技术	78
五、数字油田和智能完井技术	80
六、井下作业技术	84
七、人工举升技术	87

2007 年国外物探技术发展报告

汪 红 李晓光

2007 年,随着油价高企,全球油气勘探活跃,勘探开发投资继续增长,大型国际石油公司和大独立石油公司成为投资增长的主要推手。全球各大石油公司均非常重视勘探业务,根据花旗集团投资研究机构 2007 年初的统计,各大石油公司在地震数据采集、处理和解释方面将持续投入,而且勘探投资在总投资的比重中是开发投资的两倍。统计显示,全球有 44% 的公司计划增加地震勘探支出,仅有 14% 的公司计划减少。而从 2007 年世界各地地球物理勘探活动分布情况看,欧洲、美国、拉丁美洲的地球物理勘探活动所占份额比 2006 年都有所增加,远东地区、独联体的勘探活动却有所减少,中东地区、非洲地区和加拿大的勘探活动所占份额与 2006 年相比基本保持不变(图 1,图 2)。

2006 年世界各地地球物理勘探活动分布情况

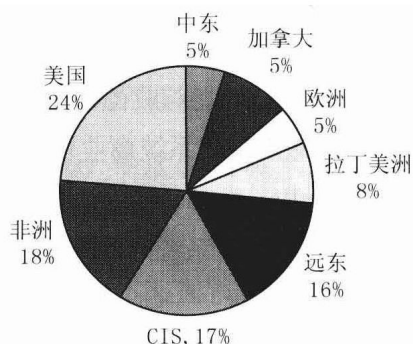


图1

2007 年世界各地地球物理勘探活动分布情况

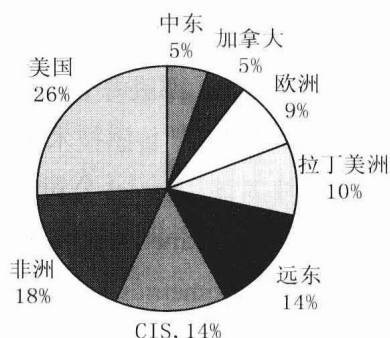


图2

(据《E&P Hart's》2007年12月)

一、2007 年地球物理行业重要事件和技术进展特点

1. 2007 年地球物理公司兼并重组与战略合作事件

2007 年,地球物理公司展开了一系列并购重组事件,主要包括:

(1) 5 月,斯伦贝谢收购 V.I.P.S.地质力学软件开发和咨询公司。V.I.P.S.并购后成为斯伦贝谢油藏地质力学特色中心,将承担高端项目,并开发有关油藏地质力学方面的技术或软件;

(2) 5 月, 斯伦贝谢收购 Insensys 公司, 结合斯伦贝谢现有的光纤测量与地下监测技术和 Insensys 公司非侵入光纤盐下完整检测技术, 可降低深水区域盐下开发风险;

(3) 6 月, 石油地学服务公司 (PGS) 收购提供电磁采集、处理全套技术的供应商——MTEM 公司。MTEM 公司作业范围包括陆上和海上以及过渡带环境;

(4) 7 月, 斯伦贝谢收购地质系统公司。该公司在地震、重力、大地电磁等多种地球物理勘探方法联合反演方面享有专有技术;

(5) 7 月, TGS-NOPEC 地球物理公司合并 Wavefield Inseis 海上地球物理公司。合并后的 TGS Wavefield 跻身于世界大型地球物理公司之中, 可提供包括 2D、3D 地震、重力、电磁、测井和钻井数据与局部区域解释产品组成的多客户数据库的综合服务;

(6) 8 月, Fusion 公司收购 Renegade 及其子公司。Renegade 公司为业界知名的地震处理、分析与解释公司, 两家公司前沿的地震处理技术和成像技术综合起来可开拓新的服务市场;

(7) 8 月, CGG-Veritas 公司以每股 240 便士的价格购买了海上油气制图公司 (OHM) 6 395 571 股, 并获得 15% 的发行股, OHM 公司掌握了领先的海上可控源电磁成像技术;

(8) 11 月, RXT 公司与 EMGS 公司联合收购电磁技术服务公司——KMS。

2. 新震源和采集系统及产品发布

(1) 1 月 19 日, 挪威海上地震勘探公司 Wavefield Inseis 宣布计划与威德福公司合作, 将采用威德福公司光学传感技术的新一代多分量 (4C) 海底地震采集系统商业化;

(2) 2 月 2 日, Sercel 公司新一代海底地震系统——SeaRay 由 Geokinetics 公司正式投入商业应用, Geokinetics 公司成为 Sercel 公司第一套商用 SeaRay 系统的购买者;

(3) 2 月, Geometrics 推出新的、便携分布式 3D 地震采集系统——Geode DZ。Geode DZ 系统是可用于石油、矿产探测的经济、实用的 3D 地震采集系统, 可以与 GPS (全球定位系统) 同步进行高分辨率连续监测;

(4) 6 月 12 日, 西方地球物理公司宣布同时推出三项创新技术——DSC 动力传播控制系统、新沙漠探测器 DX-80 震源和 MD 最大位移扫描系统;

(5) 6 月 12 日, PGS 公司向市场投放其新一代拖缆技术。通过现场测试, 新一代拖缆技术能提供高质量的地下成像地震数据, 可大大降低勘探开发决策风险;

(6) 7 月 4 日, PGS 将四分量光纤地震监测技术推向了商业化应用。并于 2007 年第四季度在墨西哥湾深水为雪佛龙公司子公司雪佛龙能源技术公司安装一套四分量光纤地震监测系统;

(7) 8 月, CGG-Veritas 公司宣布推出一项突破性的震源采集技术——V1 震源技术, 该技术通过高性能、高密度和宽方位角陆上地震采集技术实现了地下成像在照明及分辨率

方面的飞跃；

(8) 9月23日的SEG年会上, Sercel公司推介了新研制的“鹦鹉螺(Nautilus)”声波范围测量和拖缆定位系统, 这套装置用于控制拖缆在深度和横向上的移动;

(9) 12月, PGS公司宣布完成GeoStreamer®地震拖缆的开发。

3. 商业化应用新处理软件的推出

(1) 4月11日, TGS-NOPEC地球物理公司分公司TGS成像公司向业内宣布推出PRIMA™ 9.0版本;

(2) 5月10日, 油气工业上游先进的技术提供商——Roxar宣布推出最新版本裂缝模拟软件——FracPerm™ 2.0;

(3) 5月, 斯伦贝谢公司推出Petrel 2007.1地震模拟软件, 该软件的新功能几乎涉及了勘探与开发工作中的所有学科领域;

(4) 5月22日, 软件开发商Ikon科技公司发布第一个商业版本的随插即用建模软件, 该软件可以插入斯伦贝谢公司Petrel地震-模拟软件上用于识别岩石物理属性;

(5) 7月, TGS-NOPEC地球物理公司宣布将G-Beam偏移方法商业化, 公司内部开发的G-Beam偏移方法是公司开发的叠前深度成像技术中第一套应用产品;

(6) 10月, 兰德马克公司在SEG年会上推出一款新型四方形全屏高清晰度监视器, 实现了超精确的可视化与地球科学分析。

4. 2007年度物探技术进步特点

总结2007年物探技术的开发应用, 以及新技术、新产品的发布与实践可以看出, 2007年世界物探技术的发展呈现出以下特点:

公司并购引发非地震技术快速发展; 地震采集技术开发应用取得突破进展; 逆时偏移技术获得各大石油公司重视; 针对复杂构造、断层解释的处理解释软件快速升级; 海上勘探升温推动海上物探装备与技术的研发; 可控源电磁(CSEM)技术成为石油公司和服务公司研发新热点; 低频地震勘探技术应用取得进展; 可视化技术的发展仍是地震解释技术重点发展方向之一; 随钻地震技术(SWD)取得新发展。

二、非地震技术

为了迅速扩大公司规模, 增强综合实力, 并稳固在世界石油勘探领域的领先地位, 大型石油物探技术服务公司凭借自己强大的经济实力和先进的管理经验, 在全球范围内以兼并、收购、联合等战略方式, 积极寻求实力相当、规模庞大、并具有独特技术优势的合作伙伴, 有效地实施战略性联盟和全面业务合并, 以拓展业务领域。随着全球勘探难度的增

加, 仅凭一种勘探方法已经无法达到增储上产的技术要求, 因此联合多种勘探方法进行油气勘探成为一种重要手段。地质力学、电磁等技术的发展受到重视, 试验证实, 采用地震、大地电磁联合勘探、反演, 可大大提高成像质量。几大物探技术服务公司纷纷将目光投向了非地震技术的发展。

1. 油藏地质力学模拟技术

2007 年 5 月, 斯伦贝谢收购了 V.I.P.S. 公司, 该公司是英国最主要的油藏地质力学软件开发和咨询公司, 并购后成为斯伦贝谢油藏地质力学特色中心, 该中心将主要承担一些高端项目, 并开发油藏地质力学方面的技术或软件。此次并购使得斯伦贝谢公司加强了对 3D 和 4D 油藏地质力学的研究。

V.I.P.S. 公司应用地质力学开发了世界上第一个运用地质力学的油藏模拟系统, 该系统综合了地质力学原理和岩石机理以及油藏工程和模拟理论。并且该公司的 Visage 软件成为世界公认的最先进、最全面的有限元法计算软件, 通过解复杂的应力方程, 结合相关的岩石应力数据, 可给出油藏属性参数, 这项技术对建立 3D 和 4D 地质模型、预测生产过程中油藏的地质力学状况具有关键作用。

斯伦贝谢并购后, 希望与 V.I.P.S. 工作人员共同研究 V.I.P.S. 公司的 Visage 软件与斯伦贝谢的 ECLIPSE 油藏模拟软件以及其它油藏模拟软件 (如 Petrel 地震模拟软件) 之间的相互联系。通过综合地质力学、油藏分析和工程设计, 并联合测井、地震等技术建立一套紧密的油藏模拟机制。

2. 电磁勘探与综合地球物理成像技术

2007 年 7 月, 斯伦贝谢并购了地质系统 (Geosystem) 公司, 该公司是米兰一家提供陆上和海上电磁技术与地震成像服务的物探技术服务公司。

随着电磁技术的兴起, 电磁勘探的真正价值将通过与地震、重力等其它勘探方法的综合运用来实现。西方地球物理公司本身在电磁勘探服务方面占有一定地位。联合地质系统公司的陆上采集、处理和解释技术与西方地球物理电磁中心的海上电磁采集技术, 增强了斯伦贝谢的电磁勘探和地震成像技术实力。

3. 多极瞬变电磁技术

2007 年 6 月, PGS 公司收购电磁技术供应商——MTEM 有限公司。MTEM 是多极瞬变电磁技术的缩写。MTEM 公司开发的独特的基于电磁技术的电缆, 经过商业推广运用, 证实它具有强大的功能。MTEM 公司是物探技术服务公司中目前唯一一家提供电磁采集、处理全套技术的供应商, 作业范围包括陆上和海上勘探环境, 也逐渐把服务领域扩展到过渡带环境。

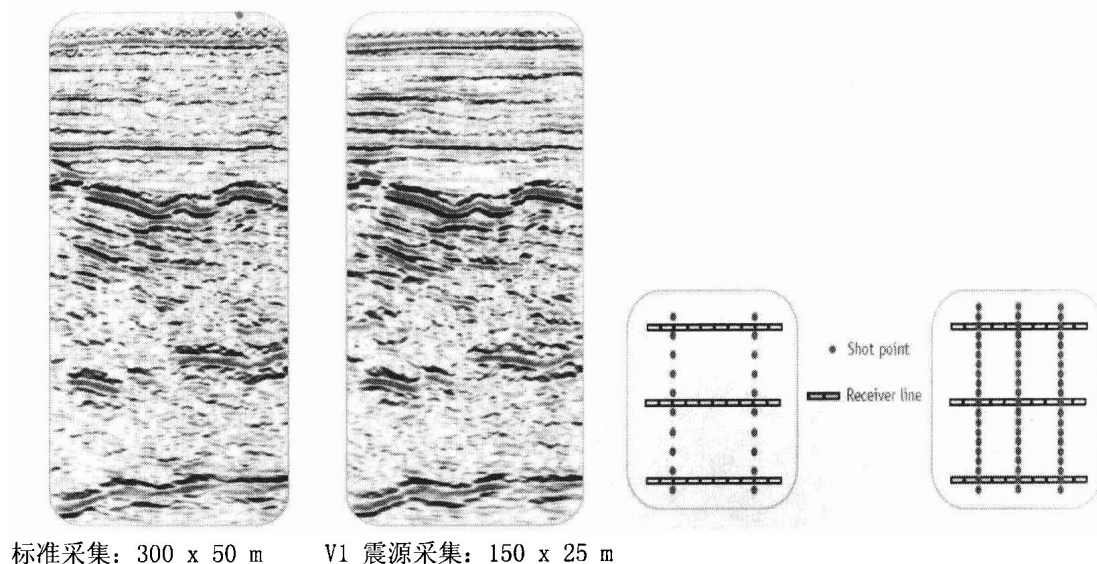
MTEM 公司作为苏格兰爱丁堡大学的一个延伸机构，创立于 2004 年，MTEM 技术不同于日常应用的电缆式 EM 技术，它可以对采集的数据进行实时存取，这有可能实现连续数据记录，直到得到质量令人满意的数据为止。MTEM 公司目前有两个陆上工作队和一个海上工作队。

三、地震采集技术

1. 可控震源技术

在过去的 20 多年中，可控震源的效率有了较大提高。为了满足环保和经济效益的要求，在地震激发方面，可控震源成为技术服务公司和大石油公司越来越多的选择，特别是可控震源高效采集技术的日趋成熟，不断推动地震采集技术的发展，可控震源取代炸药震源成为地震采集技术发展新方向。在 2007 年 EAGE 年会上，多家物探服务公司和石油公司都有新研发的可控震源技术与设备推出，并初步展示了这些技术的最新应用成果。

CGG-Veritas 的可控震源高效采集技术发展较快，进入了实际应用阶段。在展会上推出的“V1”可控震源高效采集技术是以滑动扫描和谐波衰减技术为基础，是其专利技术 HPVA 的进一步改进，施工效率较常规震源施工有大约 250% 的提升，可以支持多达 12 个滑动扫描震源进行滑动采集，结合震源同时采集的数据分离技术以及谐波衰减可以有效保持数据采集质量。在作业效率相当条件下，可以达到常规作业方式炮点密度的 4 倍（图 3）。



西方地球物理公司着重推出了自主研发的“DX-80”8 万磅级可控震源。DX-80 震源设置在橡胶履带车（RTV）上，被用来补充 Q-Land 系统的综合采集和处理功能。这个震源系统能够产生 8 万磅峰值的液压，信号能够低失真穿过较宽的宽带（图 4）。

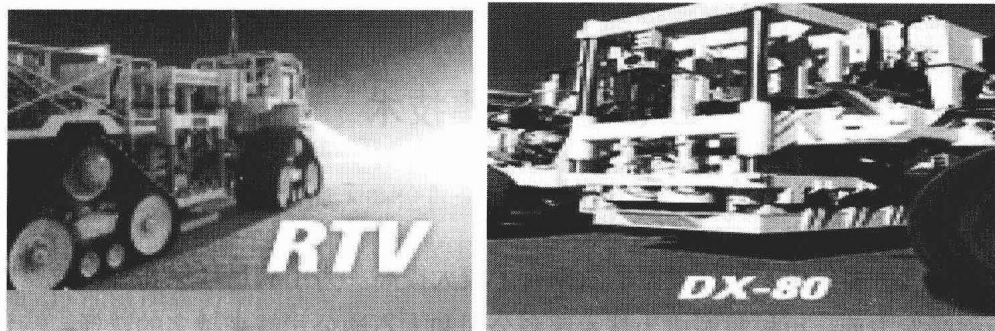


图4 DX-80沙漠探测器

2. 无线采集系统

继美国 ION 公司推出 FireFly™（萤火虫）——无缆陆上地震采集系统以来，鉴于该系统独特的无缆连接、单站单道、重量轻、采集道数大、生产效率高、采集成本低等优点，引起了业界的极大关注，引发多家物探服务公司相继投入研发。

为了进行无线采集系统的研发，Sercel 公司 2006 年收购了英国 Vibtech 公司，目的是将 Vibtech 公司的无线技术融入 Sercel 公司的 428UL 采集系统中，生成小巧的单站单道无线采集站。Sercel 公司将要推出的无线采集系统将与 ION 公司的 FireFly 形成强有力的竞争。

美国 Ascend Geo 公司 2007 年推出了自主研发的无线地震仪 ULTRA SYSTEM，其设计思路与 ION 公司的 FireFly 系统相像，将采集到的数据存储在场站中，仪器车上安装的大型机架，用于下载数据。站体内安装可充电电池，配接单道或三道模拟检波器，但其缺点是不能配接数字检波器（图 5）。

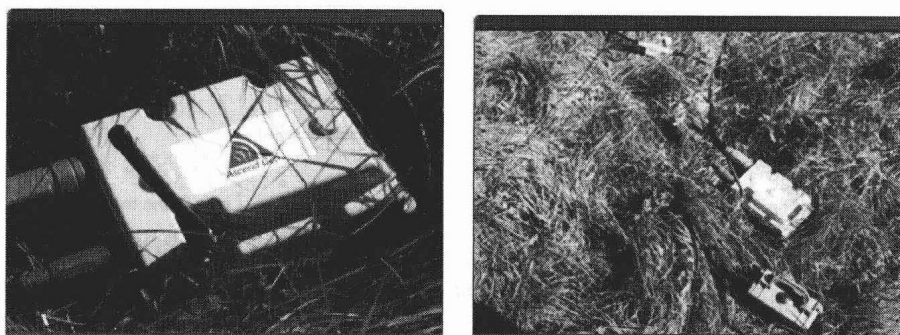


图5 美国Ascend Geo公司研发无线地震仪——Ultra系统

无线地震采集技术已经成为地震采集技术一个重要发展方向，也成为各家技术服务公

司竞相发展的重点。

3. 宽方位角采集技术

近年来,宽方位角技术的研究应用取得了快速发展,多家技术服务公司和油公司都展开了研发与现场应用,取得了较好的效果。PGS 公司的全方位采集在方位角及炮检距分布上的优势已经在海上应用中取得良好效果;道达尔公司也在阿尔及利亚进行了高密度空间采样和宽方位角采集技术的实际应用,利用三组震源交替扫描作业,有效地提高了作业效率。一些大石油公司作为新型技术的先行使用者,有力地推动了新技术的推广和应用。

国外各大技术服务公司与石油公司花费了四年多的时间在墨西哥湾采集宽方位角拖缆勘探数据。目前,已经开发了所有能适合从浅水到深水的、从勘探到开发新的广泛的多方位和宽方位海上技术。海上宽方位角和多方位角地震所采用的四种方法分别是:多方位拖缆(MAT)、宽方位拖缆(WAT)、OBC 海底节点(Nodes)和海底永久测量(图6)。2004 年末 2005 年初,BP 公司和 Veritas 公司率先在墨西哥湾进行了宽方位角拖缆地震勘探,壳牌公司于 2006 年初也获得了宽方位角拖缆勘探数据。

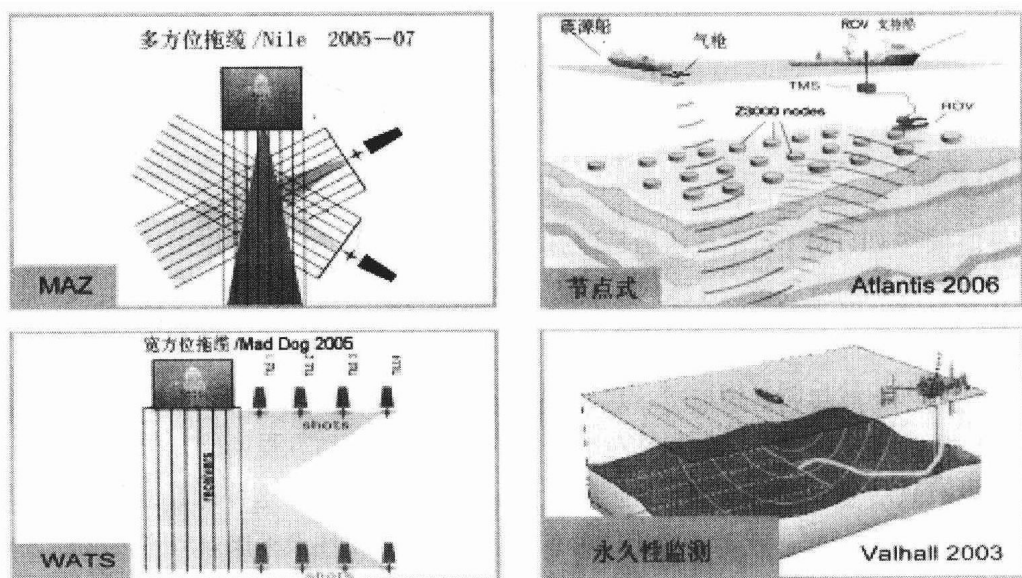


图6 四种海上宽方位角勘探方法

2007 年 8 月,西方地球物理公司扩展其在美国墨西哥湾的多客户宽方位角(WAZ)勘探,以满足客户对高质量盐下成像和最佳数据分辨率的需求。西方地球物理公司通过其专有的 Q-Xpress 技术同时开发了世界第一个船载叠前波场外推(WEM)深度偏移方法,为解释、质量控制、照度等需要提供快速偏移数据体。通过综合大地电磁、重力和 Q-海上数据,更精确地定义了盐岩的基底和边界。CGG-Veritas 2007 年在墨西哥湾深水域也进行了大规模宽方位角勘探,为建立宽方位角数据库展开了一系列野外工作。该地震测量是目

前世界上最大的宽方位角勘探研究, 研究区域覆盖了墨西哥湾 Walker Ridge 富油区域中的 464 个区块, 区域中大部分储量是新近发现的。该宽方位角地震研究项目由 SR/V Veritas Viking 地震测量船记录宽方位角数据, 配合 4 艘新的地震船——Sigma、Bjorkhaug、Tenor 和 Vardholm 作为震源船一起测量。该测量研究采用了改进的采集系统, 改进的采集系统设计上不仅主要针对局部勘探目标, 也适用深水在产油田的油藏描述。与以前的宽方位角地震研究相比, 该地震采集系统采用了每个拖缆记录双重交叉测线的偏移距, 同时能保持最佳的数据质量。

随着海底电缆 (OBC) 采集技术的发展, 宽方位角采集技术在海底勘探中得到了越来越多的应用, 并收到了较好的应用效果。而陆上宽方位角地震勘探由于数据质量 (信噪比) 和采集成本等因素的影响受到一定的限制。随着地震勘探硬件设备的快速发展, 地震采集道数已从原来的几百道发展为几千道、甚至上万道。采集道数的增加, 使陆上宽方位角三维地震勘探已经成为可能。近几年, 陆上宽方位角采集在中东地区得到应用, 西方地球物理公司研发的基于点激发和点接收的小空间采样间隔的 Q-技术采集系统逐步应用了宽方位角采集技术。

四、逆时偏移技术

1. 概念

逆时偏移 (RTM) 技术被认为是地震勘探领域的新篇章, 它可以用目前有限的偏移方法进行复杂地质构造成像。RTM 技术是复杂条件地震成像难题的解决方案, 特别是对于其他波动方程偏移方法不能提供满意的盐下成像结果的问题。在遇到复杂的、险峻的、倾斜的反射面例如盐丘侧翼构造时, 目前的偏移方法具有一定局限性, RTM 技术克服了这种局限, 能够使大于 70° 的倾斜构造准确地成像。常规波动方程偏移方法利用数学近似计算, 假设波只沿一个方向传播。当倾角达到一定角度的时候, 这种计算方法就不适用了, 倾角大于 70° 的时候, 就不能应用这种近似了。而 RTM 技术采用双程声波波动方程, 能够使用偏移校正所有地质倾斜, 包括垂直倾斜和超过 90° 的倾斜, RTM 方法还可以实现倾斜构造成像并保持振幅不变。RTM 选用适当的波场传播通过复杂的速度区域, 包括盐下、构造倾角大于 70° 、并且在边界可能产生复杂多次反射的区域等 (图 7)。

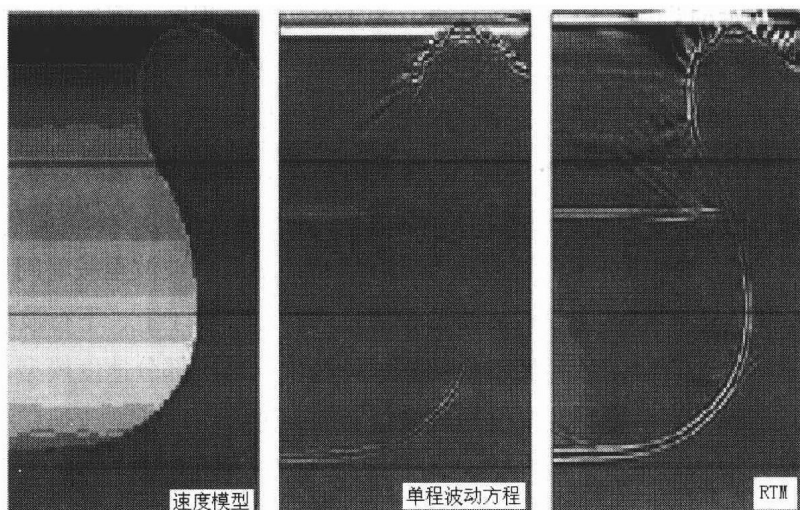


图7 盐丘侧翼成像合成结果对比

(左) 速度模型, (中) 单程常规叠前深度偏移结果, (右) 逆时偏移结果

2. 研发机构

RTM 技术不是一个新概念, 但它的推广应用受到计算机计算能力的限制, 多家公司和研究机构都在进行 RTM 技术研究, PGS 公司率先把该技术推向了商业化应用。2006 年, PGS 公司推出了 RTM 解决方案, 进行高端波动方程叠前深度偏移的商业化应用, 从而加固了公司在波动方程解决方案方面的技术领先地位。RTM 技术前瞻性地考虑了计算方面的需求以更好地应用到石油勘探中。目前 RTM 技术已经开始了更大规模的商业化应用。雷普索尔公司与多个科研组织建立项目合作关系, 组织了 Kaleidoscope 研究项目, 将研发 RTM 新技术作为其中重要的一项任务, 以解决墨西哥湾地区深水域深埋藏复杂油藏的勘探技术难题, 2007 年第一季度已经将 RTM 技术应用到了雷普索尔公司的勘探工作中去。

3. 实例分析

陆上 VSP 勘探中速度分析常遇到的问题是较强的近地表横向速度异常情况, 如永冻层、玄武岩层等。海上 VSP 勘探区域常常位于岩体之下, 其形状很不规则, 因此可以说, 上覆层复合体是地震成像面临的最大挑战。Schuster、Bakulin 和 Calvert 建议, 干涉测量技术可消除近地表异常形变, 从常规无较大横向速度变化的区域, 借助速度信息获取可靠的深度成像。这些技术是基于对观察的地震数据基准面重建, 并假设震源和检波器采集系统位于速度非均质层之下的。

俄罗斯科学院西伯利亚分院的石油地质与地球物理学院通过研究, 对逆时偏移 (RTM) 算法进行了研究, 将改进的 RTM 用于复杂构造区非零偏 VSP (OVSP) 数据偏移。用于偏移 VSP 的 RTM 算法流程描述如下: 上行波场和下行波场的分离; 有限差分流程对波动方

程进行上行波场的逆时勘探；震源波场计算。为了运行这些程序，需要宏速度模型覆盖井中震源至检波器排列深度层段。用给定的宏速度模型，在目的层内利用上行波场和下行波场的逆时勘探校正深度成像。试验显示，如果宏速度模型没有横向波速变化信息，修改的 RTM 与常规模型相比能提供较好的结果。异常反射下的反射层位置和形状已被校正，该方法使用的原始地震数据还可以进行“真振幅成像”。

提出的新算法显示具有不必估算震源子波、初始记录的 P 波波至按时间反向外推（处理后的滤波和反褶积）、数据重处理后质量较稳定等特点。由于上、下行波场可以同时反向外推，因此不需要在目标区域存储波场数据；计算中仅采用部分速度模型，大大降低了计算成本。有些情况下 PS 转换波仅仅是成像盐翼的一种方法。转换波偏移波场不是外推到反射点，而是外推到常规点。

采用井眼附近的速度，用合成数据和现场 OVSP 数据进行了多次数字化试验，发现改进的 RTM 与常规方法相比，即便宏速度模型不包括横向速度变化信息，亦能提供较好的结果。

五、地震处理解释软件

地震处理解释技术一直在向着解决复杂地质条件的方向发展，许多石油技术服务公司多年来一直致力于复杂条件下的数据处理与解释研究工作。世界上有近 2/3 的探明储量蕴藏在一些受裂缝控制区带中，因此裂缝模拟是风险评估和油藏不确定性管理的基础。有效油藏识别是减小风险、提高生产力的关键，尤其是对复杂地质条件和一些老油田。

Roxar 公司是挪威一家最主要的提供油藏管理和生产优化产品与服务的公司，在 3D 油藏识别、模拟软件开发等方面处于行业领先地位，并通过对油气藏描述和流体动力学领域的深入研究逐渐形成其核心竞争力。2007 年，Roxar 公司推出了多项油藏管理与解决方案，以解决裂缝等复杂地质构造中的挑战。

1. FracPermTM 2.0 减少裂缝模拟中的不确定性

2007 年 5 月 Roxar 公司推出最新版本的裂缝模拟软件——FracPermTM 2.0。FracPermTM 是一个集成的、操作简便的裂缝模拟软件包（图 8），能够建立详细的、可靠的渗透率图，用于油藏的流动模拟和历史匹配，以减小油藏模拟中的不确定性。目前的客户包括中国石油、沙特阿莫科、挪威水力公司等多家公司。

新推出的 FracPermTM 2.0 是与 Roxar 公司的 IPAR RMSTM 软件并行的裂缝模拟软件，FracPermTM 2.0 在数据驱动方法上结合应用了地震采集数据、地质属性和地质历史等信息，其设计能够最大化地应用所获得的数据，并在建模的同时进行快速的、交互式的模型质量

控制。



图8 FracPerm模拟工作流程

FracPerm™ 2.0 中特别增加的功能包括重新设计的、易操作的界面、准确模拟和简化的工作流程以及新的插件程序式结构,能够使油藏工程师综合其它软件工具,以满足客户需求。

FracPerm™2.0 可作为独立的工作平台,能建立准确的裂缝模型和趋势带,融合了构造地质、数据集合以及可视化判定工具,并经过特殊的设计,允许工作人员应用他们的油藏知识,建立粗略的模型,通过模拟测试进行确认。

2. Tempest™ 6.4 模拟系统

2007 年 10 月 Roxar 公司推出了 Tempest™ 系统的新版本 Tempest™ 6.4,用于油藏模拟。

Tempest™ 系统由 4 个完整的软件模块组成,分别是 Tempest™-MORE, Tempest™-View, Tempest™-PVTx, Tempest™-Venture, 涉及到油藏模拟的各个阶段。Tempest™-MORE,是一个全油田的新型模拟程序,能够进行连续的重油或岩石成分模拟; Tempest™-View 是一个交互式图解程序,提供模拟前后的处理; Tempest™-PVTx 是一个流体特征描述程序; Tempest™-Venture 是一个经济评估与风险分析综合系统。

Tempest™ 6.4 系统能够快速进行模拟,提供的信息更为详细,并具有兼容性,与其他模拟软件互相兼容,提高现有投资的回报率,并能够模拟油田注蒸汽过程。其模拟结果能更加可靠地进行生产预测和油藏性能最大化。Tempest™ 6.4 能够进行大规模的复杂构造模拟,提供更详细的油气储层流体信息。

Tempest™ 6.4 的主要性能还包括:

快速进行模型模拟并提供更详细模型信息。Tempest™ 6.4 通过完善网格计算提高了并行处理能力,在处理器未复制网格存储器的情况下能够进行并行处理。

Tempest™ 6.4 加快了并行处理和连续处理的速度,同时提高了大模型模拟的能力,在模型中可提供更详细的信息,从而加强了油藏地质体的识别能力。

通过改进兼容性和易操作性协调现有的模型与投资。Tempest™ 6.4 提高了系统的兼容性,减小了运行现有的 ECLIPSE 输入数据集的误差。此外, Tempest™ 6.4 还具有显示第三方模拟结果的功能。Tempest™ 6.4 的应用同时也提高了测量和模拟数据的联合可视化能力,可以将以前的测量数据直接输入观测器内并在自定义图上显示结果,用于重要结果的直接评价。

模拟油田注蒸汽。Tempest™ 6.4 模拟系统的另一个先进性能是模拟油田注蒸汽,追踪器可以放入任何油藏流体中随流体流动,模拟采收过程。

Tempest™ 6.4 系统可以与 Roxar 公司的 IRAP RMS™模拟系统联合使用。

3. Z-Seis 和 READ 公司联合研发先进的裂缝监测技术

Z-Seis 公司在井间成像技术服务方面具有独特优势,经过十多年的发展,已能够提供识别深部油藏的高分辨率成像,其传送信息的分辨率能达到常规近地表地震的 100 倍以上。油藏评价与开发公司 (READ) 是建井 (well construction)、修井 (well intervention) 以及地震和油藏监测等技术的服务公司。

Z-Seis 和 READ 公司结合他们各自的井间成像技术和微地震裂缝监测技术联合开发了 FracView™技术,为行业提供复合式处理程序以获得深部裂缝的重要信息。FracView™技术经过验证,能提供详细的裂缝成像。FracView™技术 在应用中,进行裂缝处理程序之前,需要综合 READ 公司的微地震裂缝监测系统监测的裂缝信息,并利用 Z-Seis 公司的井间成像技术生成详细的岩性图像,根据这些信息,能够确定储层边界裂缝的详细处理和开发情况。

六、海上物探装备与技术

1. 海上地震采集技术

随着海洋逐渐成为油气勘探开发的重要区域,海上地震技术的研发成为物探技术发展必不可少的一部分。常规的海上拖缆技术不断改进,海底电缆技术 (OBC) 进一步推广。

几家拥有海上装备制造技术的公司 Sercel 公司、ION 公司、HydroScience 和 Teledyne 等,不仅继续改进拖缆技术,也更加注重 OBC 电缆制造工艺的提高。Sercel 和 ION 公司拥有自主研发的充油和固体电缆制造技术。固体电缆因为在避免破损 (被划破、鲨鱼咬伤

等)、防油污染、易维护和提高施工效率等方面具有显著优势,成为下一步拖缆技术发展的方向。

PGS 公司推出了新一代固体双检拖缆,系统最多可带 20 条缆。拖缆可以沉放到 15m 或更深的深度,但这个深度会产生鬼波响应,所以配备了双检波器以压制鬼波,以降低噪音。

海上广阔的油气勘探远景吸引着多家海上技术公司展开合作,联合研发成为海上地震技术发展的新特色。HydroScience、Teledyne、PGS 以及 ION 公司相继开展了战略合作,进一步研发漂缆生产技术,HydroScience 公司 2007 年底推出固体电缆;Teledyne 公司与 ION 合作制造充油或固体拖缆,以提高海上技术装备实力;PGS 和 Teledyne 合作研发了两分量拖缆,将投入海试,一旦海试成功,如果再能突破相应的地震处理技术,将成为下一代海上地震采集的新亮点。

2. 导航软件

导航软件以前只有 ION 公司和 Sercel 公司垄断,英国公司 QUEST GEO 推出了新的应用于拖缆和 OBC 等不同领域的 4 套极具特色的导航和定位软件,增加了客户的选择性,从而打破了 ION 和 Sercel 公司垄断的局面。

澳大利亚一家技术公司也推出了自主研发的海上导航优化软件系统,能根据工区情况和测线优先顺序、潮汐、障碍物等情况来设计、寻找最优化的施工线路和顺序,从而节约施工时间,提高船舶和设备的使用率,节约了经费。该软件推出后在全球物探船上、岸上基地和油公司的销售量已超过了 140 套。

七、可控源电磁技术

可控源电磁勘探理论与方法是在 20 世纪 70 年代后期由 Young 和 Cox(1981)提出的,主要用大功率的水平电偶极子(HED)发射低频电磁信号,通过海底设置的阵列多分量接收器获取的电磁信号,确定海底以下几十米到几公里的地层电阻率分布。根据目前的仪器发展水平,海洋电磁频率域测量的主要频率范围为 0.01 ~ 10Hz 左右。由于可控源电磁(CSEM)技术对含油气薄电阻层成像能力的提高,近年来人们对海上和部分陆上 CSEM 技术的研究与应用越来越感兴趣。CSEM 能对其它地震技术遇到难题的地区起到补充作用,特别是玄武岩覆盖高地震速度区,与海上 CSEM 方法不同,陆上 CSEM 方法还常常通过寻找电阻性明显的沉积来寻找构造和地层学信息。可控源电磁技术正逐步被油气行业所接受,并被广泛用于勘探阶段。目前应用的 CSEM 技术是在海底利用电磁源和接收器排列,能够检测泥线以下数公里的薄油气层。

从 2006 年与 2007 年美国 SEG 年会发表的文章及会议报告看,2006 年年会有两个专

题会场, 涉及 19 篇相关文章, 2007 年已发展到四个专题, 32 个报告, 还有大量的张贴报告。从使用可控源电磁探测技术所涉及的公司看, 主要有国际石油巨头挪威国家石油公司、壳牌、埃克森美孚、斯伦贝谢、BP、EMGS、EMI 与 Phoenix 等技术服务公司, 还有国际著名的研究机构 and 大学包括犹他、劳伦斯、伯克利、代夫特、科罗拉多、MIT 以及斯坦福大学等。

目前的主要研究仍然围绕复杂介质响应特征认识的正演模拟, 实际资料处理偏移、反演和空气波消除, 仪器设计和资料质量控制涉及的灵敏度以及可探测特征研究, 四维电磁油藏开发监测的四维电磁可行性研究等。

目前应用效果较好的地区主要有: 几家大石油公司在巴西海域、西非海域及北海等区域配合地震处理结果实施的油气藏识别和深海布井的成功实例。

八、低频地震

随着地震技术在油田开发中的应用越来越广泛, 低频地震近几年引起了地球物理行业的重视, 成为研究领域的新亮点。

在世界上许多地区, 高频地震通常有严重的衰减、散射和频散, 尤其不能提供探测盐下深层油气藏勘探目标所需要的有用信号。地震信号中的低频信息在反演处理中扮演了重要角色, 通过加入低频信息的地震反演, 可以将地震数据转换为声阻抗剖面, 并最终推导出油藏特性。

1. 技术特点与研究意义

低频声波勘探方法属于发现油气藏的直接方法。其突出特点是记录介质振动的频率不是外力作用的频率, 而是与激发信号频率不同的、某些介质所特有的频率。即用专门开发的地面仪器激发油气藏的波场, 并记录所产生的低频信号。

把地震采集数据的有效带宽拓展到远低于 10Hz, 面对着多方面的挑战。标准的地面震荡震源和海上气枪阵列输出的低频波能量有限, 采集时的噪声电平又是随频率降低而指数上升, 低频的信噪比是多年来未解决的问题, 只能采用记录 5Hz 左右降低频率响应的高通滤波器。而在海上, 还存在“虚反射”问题, 扩展低频时必须进行补偿。

低频成分在将地震资料转换成波阻抗剖面并最终获取储层属性反演过程中起着重要作用。地震时激发的低频波比高频波在地下传播的更远, 就是说, 高频地震波的衰减、散射等弥散的程度高于低频波。地面地震资料通常缺乏精确反演所必须的低频成分, 一般采用测井数据弥补。关于低频地震技术, 目前关注的方面有低频地震采集、低频地震反演、低频非常规地震测量、低频数据的处理与解释、地震谱低端解决方案等。

2. 技术新进展

近年来对低频地震技术的研究有了新的进展，主要体现在以下几个方面：

- (1) 能将频率从 10Hz 左右向下拓展到约 5Hz 的地面振动震源；
- (2) 爆炸时间更长的地面炸药，增加下传至地下的低频能量；
- (3) 海上气枪震源非同步引爆，产生重复脉冲，而不仅仅是初始的峰值脉冲；
- (4) 基于 MEMS 技术、能记录低至 0 Hz 的无失真信号的地震数字加速度检波器的研发；
- (5) 能减弱低频噪声深水拖缆的研发；
- (6) 海上采集时，布设不同深度的拖缆以扩展高低频信号的采集，补偿检波器的虚反射效应。

3. 主要研发机构

近几年，低频地震成为各石油、服务公司和研究机构研究的热点。多家石油公司和服务公司在低频勘探研究中取得了新的研究成果。

英国剑桥大学研究了为产生穿透玄武岩和深部地壳的低频能量而设计的气枪组合。气枪容积极大，置于水下较深处（约 20m）。低频震源能够提供非常有效的、高质量的长偏移距、穿透玄武岩下和深部地壳的数据。研究发现层状玄武岩的有效品质因素 Q 非常低，低频信号比高频信号更可能在这一类岩石中传播并保持相位一致性。

斯伦贝谢公司在墨西哥湾进行了低频研究试验，地震带宽在低频和高频端都得到了扩展，数据在处理中去除了虚反射效应。通过扩展带宽提高了地震成像分辨率。

BP 勘探公司在低频测量的处理和应用方面进行了积极探索，研究发现不论通过何种方法采集，经过特殊处理都能够增强低频地震数据，特别推出了空间滤波方法。通过 3D 和 4D 地震中的低频研究证实，利用低频空间采样可提高信噪比。

地震采集技术的快速进步使得地震信号采集向地震波低频带的扩展成为可能，使现有的算法得到了更好的处理结果，能进行更精确的反演。进一步的研究方向是保持信号的振幅和相位特性消除低频噪声的技术研发。

九、可视化技术

可视化技术是实现高精度精细地震解释的关键。随着微机性能的提高、成本的降低以及可视化解释软件的发展，三维可视化解释技术仍是地震解释流程中的研发重点。兰德马克公司在 2007 年仍致力于开发地震解释技术，主要包括油藏模拟、综合可视化等技术。

2007 年 6 月，兰德马克公司和挪威国家石油公司签署了联合开发项目协议，两家公司将联合开发地质解释软件系统。兰德马克和挪威国家石油公司计划在开发该系统时综合采