

中国石油勘探与生产

工程技术座谈会报告集

2003

物探

石油工业出版社

8



**中国石油勘探与生产
工程技术座谈会报告集
(2003)**

物 探

图书在版编目(CIP)数据

中国石油勘探与生产工程技术座谈会报告集(2003):物探/
中国石油天然气集团公司,中国石油天然气股份有限公司编.
北京:石油工业出版社,2004.5
ISBN 7-5021-4540-0

I. 中…

II. ①中…②中…

III. ①石油工程-学术会议-文集

②油气勘探:地球物理勘探-学术会议-文集

IV. TE-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 123737 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010)64262233 发行部:(010)64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷

787 毫米×1092 毫米 开本:1/16 印张:17

字数:380 千字 印数:1—1500 册

定价:60.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《中国石油勘探与生产工程技术座谈会报告集》(2003)

编 委 会

主 任:刘宝和

副主任:刘振武 胡文瑞

委 员:(按姓氏笔画为序)

冉新权 孙 宁 孙为群 刘圣志 刘希俭 吴 奇
吴国千 张 镇 赵政璋

编 审 组

组 长:冉新权

副组长:刘德来 赵 明 韩 红

成 员:(按姓氏笔画为序)

物 探:王喜双 李建军 赵邦六 阎世信 曾 忠
测 井:刘国强 李国欣 陆大卫 金 鼎 欧阳健 周灿灿
赵培华 姜文达
钻 井:毛蕴才 刘玉石 陈 光 陈祖锡 汪海阁 余金海
林 建 杨光胜 郑新权 胡世杰 唐雪平
采油(气):弓 麟 王连刚 闫熙照 张仲宏 张绍礼 杨能宇
魏顶民
地面工程:王怀孝 李 丰 李建民 汤 林 苏春梅 张可刚
张政羽 孟宪杰

编 辑 组

组 长:闫熙照

副组长:李 丰 王宇芬

成 员:(按姓氏笔画为序)

方代煊 付 红 郑吉妹 赵冬梅 高 迎 鲁海汝

序

中国石油天然气集团有限公司在 2003 年工作会上,提出了建设具有国际竞争力的跨国企业集团的奋斗目标,明确了集团公司及股份公司“十五”后三年的主要工作任务。近年来,我们坚持“油气并举”,发展主营业务,加大先进适用勘探开发工程技术的应用力度,不断有新的突破,油气勘探开发形势良好。专业化工程技术服务队伍持续重组,提高了服务质量,增强了市场竞争力。针对各种复杂的勘探对象和各种复杂油气藏,依托重点项目,组织了一系列勘探与生产工程技术攻关,初步形成了油气勘探开发配套工程技术,在开辟油气勘探领域、保障地质目标实现、提高勘探开发效益等方面,发挥了十分重要的作用。与油气勘探开发地质和油气藏开采技术进步同步发展的是,工程技术进步正在日益为实现集团公司建设具有国际竞争力的跨国企业集团做出新的贡献。

虽然工程技术进步对油气勘探开发做出了重大贡献,但还应该清醒地看到,随着勘探程度的逐步提高和重点勘探区域向西转移以及油气藏类型日趋复杂,工程技术面临着许多挑战,要克服技术瓶颈,满足油气勘探开发在新形势下的需要,任务还相当艰巨。我们还需要解放思想,提高认识,团结协作,共同推动油气勘探开发配套的工程技术进步。

2003 年 7 月 8 日到 11 日,中国石油勘探与生产工程技术座谈会在北京召开。这次会议是中国石油天然气集团公司重组以来,召开的级别最高、规模最大、涉及工程技术专业最全的一次工程技术研讨盛会。

在这次会议上,各单位以文字、图片、实物展览等多种形式,充分展示了近年来在勘探开发工程技术方面所取得的丰硕成果。这些成果,涉及各个专业领域,内容丰富,各具特色,有些在国内领先,有些具有国际先进水平。各单位交流的成功经验和做法,实用性和针对性强,特别是油公司与技术服务公司携手合作,共同推进工程技术进步方面的一些典型经验,很有参考和借鉴意义。

为了更好地推广应用这次会议总结出来的成熟主导技术,推动工程技术进步,会议组织者对这次工程技术会议上介绍的研究成果、生产技术和管理经验等方面的推告精选精编,汇集出版这套《中国石油勘探与生产工程技术座谈会报告集》(2003),按专业分为物探、钻井、测井、采油(气)和地面工程五个分册,以便于各级管理人员、工程技术人员和现场操作人员在总结和交流勘探开发工程技术攻关成果和经验的基础上,分析和了解勘探开发工程技术的应用现状、存在问题和来几年勘探开发对工程技术的需求;了解各专业技术服务公司工程技术能力与水平和发展方向;了解和分析国际、国内勘探开发工程技术与发展趋势,进而报据需求分析与预测,研讨下一步勘探与生产工程技术发展方向以及分工与合作。希望本报告集的出版,能进一步促进中国石油勘探开发与工程技术领域之间的相互了解和协作,共同推进新技术的应用。

A handwritten signature in black ink, reading '吴瑞文' (Wu Ruiwen). The signature is fluid and stylized, with the characters connected together.

2004年1月

目 录

中油股份勘探开发物探技术需求及发展趋势

.....	阎世信 王喜双 曾 忠 易维启 张 研(1)
加强物探技术攻关 促进油气勘探开发跨越式发展	张 玮(17)
柴达木盆地地震勘探技术难点及对策	胡 杰 朱洲飞(34)
山地地震勘探技术	钱荣钧(52)
高陡复杂构造的地震勘探技术进展及发展方向	
.....	李亚林 叶 林 伍志明 朱 敏 谢 芳 张延充(57)
大庆探区地震技术进步与需求	陈树民 刘俊峰 宋永忠 孙显义(77)
大庆探区高分辨率及深层地震勘探技术	勾永峰 刘振彪 张克民 王建民(92)
塔里木盆地物探技术新进展及攻关方向.....	杨举勇 杨金华 胡建强 陆江南 冉体文(109)
塔里木盆地沙漠区地震勘探技术及应用效果.....	施海峰 王新全(125)
黄土塬区地震勘探技术现状与发展.....	窦易升(133)
准噶尔盆地复杂圈闭精细地震勘探技术与应用	
.....	吕焕通 雷德文 夏惠萍 唐建华 蒋在超(145)
辽河探区地震技术发展现状及需求	
.....	孟卫工 邹启伟 王祁军 梁书兰 苗振 郭平(179)
辽河探区地震采集技术应用与下步发展方向.....	乔永富 刘兵 王著芳 王长江 田惠(202)
岩性油藏开发中的动态储层预测技术及应用.....	王西文 刘全新 苏明军(228)
东部地区隐蔽油气藏描述技术及应用效果.....	张延庆(239)
开发地球物理技术现状及其发展方向.....	王尚旭 陈小宏 刘洋 沈金松 狄帮让(244)
国外地震勘探技术发展趋势.....	刘兵(260)

中油股份勘探开发物探 技术需求及发展趋势

阎世信 王喜双 曾 忠 易维启 张 研

(中油股份公司^① 勘探与生产分公司) (中国石油勘探开发研究院)

一、引 言

中油股份公司成立以来,作为股份公司主营业务的油气勘探与生产不断向新的领域延伸与拓展。随着预探力度的加大和勘探开发一体化的实现,股份公司物探技术有了长足的进步。以库车山地地震为代表的山地地震勘探技术促进了中西部前陆盆地油气勘探,高分辨率三维地震勘探技术推动了松辽盆地的增储上产,二次三维采集和连片处理技术保证了渤海湾盆地老区稳产,储层预测和特殊岩性体识别技术带动了隐蔽油气藏勘探思路及勘探领域的不断突破。

勘探技术的进步特别是物探技术的发展受到了集团公司和股份公司领导的高度重视,近三年物探投资占勘探总投资比例一直保持在30%左右。物探实物工作量的有效投入基本保证了股份公司新增储量及产量的稳步增长。2003年3月中旬在股份公司勘探技术座谈会上,集团公司和股份公司领导对勘探工作提出了新的要求,即在“突出石油勘探、优化天然气勘探、推进风险勘探”和强化勘探开发一体化的工作要求下,物探技术要针对技术难点,积极应对挑战,为中国石油勘探生产提供强有力的技术支持与保障,这是股份公司今后物探技术发展的主要任务。

统计资料表明,从1991年到2002年,股份公司所属各探区提交的探明储量中,单体规模从 $67 \times 10^4 \text{t}$ 下降到 $24 \times 10^4 \text{t}$,低渗透储量所占比例从50%上升到60%,隐蔽油气藏所占比例由30%上升到49%,复杂构造中发现储量所占比例由37%上升到62%。油气勘探工作对物探技术的依赖程度越来越高。面对油气勘探新形势和日益复杂的勘探对象,我们必须在大力推广应用先进适用的物探技术基础上,一方面要冷静分析技术“瓶颈”,调动集团公司、股份公司以及社会各方面的积极性;另一方面要进一步提高自身物探专业技术管理水平。三年来,股份公司通过制定详细的物探技术发展规划,明确了方向,提出了对策;并通过开展一系列针对性的专题技术交流和技术培训,促进了物探技术的发展,取得了较好的成绩和效果。

为了进一步提高中国石油物探技术应用水平,满足勘探与生产需要,推动中国石油工程技术的发展,促进勘探开发与物探技术服务在攻关研究、先导试验、推广应用等方面的交流与合作,根据本次中国石油勘探与生产工程技术座谈会的安排,概要地总结了近三年物探技术进步

^① 中油股份公司是中國石油天然氣股份有限公司的簡稱,下同。

成果,分盆地详细分析股份公司目前物探技术应用现状、存在问题与技术需求,并结合国外物探技术发展趋势,明确提出了物探技术发展要求与建议。

二、近三年物探技术进步成果

三年来,面对地震地质条件和勘探对象日趋复杂、成本控制难度增大等方面的问题,股份公司通过组织勘探技术攻关,特别是物探技术攻关,推广应用先进适用物探配套技术,油气勘探取得了一系列重大突破和进展。特别是山地地震、高分辨率地震、二次三维采集和三维地震资料连片处理、储层预测与特殊岩性体识别描述四套先进适用物探配套技术的应用,为促进新疆陆梁、玉门青西、长庆王窑南、长庆西峰、吉林大情子井、吉林英坨、大庆新肇等七个亿吨级油田以及塔里木克拉 2、迪那 2、青海涩北、四川罗家寨、长庆乌审旗、长庆苏里格等六个千亿立方米级气区的发现和探明,提供了技术上的支持和保障。

三年来,在突出探明储量经济性与可动用性的情况下,新增探明石油地质储量 13.08×10^8 t,年均增储 4.36×10^8 t;新增探明天然气地质储量 1.15×10^{12} m³,是“九五”年均的 2.1 倍、“八五”年均的 3.6 倍、“七五”年均的 11.4 倍,实现了石油储量的持续稳定增长和天然气储量的大幅度增长,呈现出令人振奋的局面。

1. 山地地震推动前陆冲断带勘探重大突破

山地地震勘探技术的进步推动了库车等前陆冲断带油气勘探的重大突破,使得中西部前陆盆地冲断带成为股份公司未来发现整装大中型油气田的重要领域。通过有针对性地开展山地地震攻关,合理采用小道距、大排列、高覆盖等措施,灵活选用深井激发及大吨位可控震源相结合等激发方式,加大表层结构调查,强化有针对性应用多种方式静校正技术,资料品质有了普遍提高,为塔里木库车、准噶尔南缘、酒泉祁连山山前、吐哈火焰山、川西龙门山前等地区油气田的发现发挥了关键作用。近三年来,前陆盆地的天然气探明储量占总储量的一半以上,石油探明储量占总储量的比例已由 1999 年的 4% 增加到 2002 年的 13%。

2. 高分辨率地震促进复合油气藏勘探大发展

高分辨率地震勘探技术的进步促进了岩性油气藏勘探和复式油气藏勘探的大发展。随着构造圈闭规模的明显减小,岩性圈闭已逐渐成为股份公司的主要勘探对象。岩性圈闭因其复杂性和隐蔽性,具有勘探难度高、勘探风险大的特点,对地震资料的分辨率和预测精度也提出了更高的要求。近年来,通过大力推广高分辨率地震勘探技术,有效地促进了松辽、鄂尔多斯岩性油气藏勘探的大发展。近几年通过高分辨率地震提交的储量已占股份公司新增储量的一半以上,成为股份公司储量增长的主要来源。

3. 二次三维采集和三维连片处理保障了成熟区不断取得新发现

二次三维地震资料精细采集和三维连片处理解释技术在渤海湾盆地已见到了突出的效果,其中三维连片处理解释技术在松辽盆地、青海油田和玉门油田等多个探区也得到了很好的推广应用。随着勘探的不断深入,油气勘探新目标、新层系不断发现,现有的地震资料由于采集年度早,仪器设备和技术手段落后,已难以满足目前勘探的需要。近几年,依托装备和技术的进步,结合地质认识的提高,通过认真抓好工程设计和施工中各个环节的质量监督,使得针对油气有利区带进行的新一轮二维地震资料精细采集资料品质明显上了台阶,取得了一大批勘探成果。

通过二次采集和三维连片处理解释,使老油区焕发了青春,在渤海湾盆地辽河、冀东、大港和华北成熟区先后探明了 13 个千万吨级储量区块,在一定程度上稳定了老探区储量增长,减

缓了原油产量递减速度。

4. 储层预测与特殊岩性体识别技术为开拓勘探新领域做出了贡献

自“八五”以来,各油田分公司普遍加强了储层预测技术研究,综合储层预测技术得到了长足的发展。综合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一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、提高油气产量发挥了重要作用,在松辽盆地、准噶尔盆地和二连盆地等的岩性勘探中取得了重大发现。在鄂尔多斯盆地,1995年以前,确定钻探井位及上交储量基本不采用地震资料,通过近几年地震采集、处理和综合储层预测技术攻关,综合地震储层预测技术的迅速发展和进步已逐渐成为鄂尔多斯盆地岩性油气藏勘探的关键技术手段。为此,长庆油田分公司已做出了在天然气的勘探中,没有地震储层预测资料不能确定井位,更不许打井的明确规定,探井成功率得到了大幅度提高。

基于高分辨率三维地震的特殊岩性体识别及描述技术带动了多种类型特殊岩性油气藏不断获得重大突破,有力地拓宽了股份公司油气勘探的领域。近几年塔里木油田通过在轮南奥陶系顶部风化壳开展缝洞油藏识别,已获得探明石油地质储量 $1242 \times 10^4 \text{t}$ 。西南油气田在川东北部飞仙关组鲕滩储层的预测中已圈定储层分布面积达 2000km^2 ,探明天然气资源量 $825 \times 10^8 \text{m}^3$,为“川气出川”工程项目提供了重要的资源保障。大庆油田通过多参数反演提取储层信息,发现了松辽北部徐家围子火山岩大气藏,拓展了大庆油田深层勘探新领域。玉门油田在青西柳沟庄利用储层预测技术发现白云岩裂缝油藏,探明地质储量 $3552 \times 10^4 \text{t}$ 。辽河油田在特殊岩性体勘探中也获得重要突破,现已探明火山岩油藏地质储量 $2220 \times 10^4 \text{t}$ 。

三年来股份公司物探技术进步不但带动了勘探开发取得多项重大突破,同时也在勘探开发一体化中发挥着举足轻重的作用,为“稳定东部、发展西部”做出了重要贡献。

三、物探技术应用现状与技术需求

股份公司领导在勘探技术座谈会上提出了“十五”后三年油气勘探的工作目标和技术发展重点,即要在三年中新增探明石油地质储量 $15 \times 10^8 \text{t}$ 、控制石油地质储量 $17 \times 10^8 \text{t}$ 以上,新增探明天然气地质储量 $3000 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上、控制天然气地质储量 $5000 \times 10^8 \text{m}^3$ 以上;并指出针对塔里木、青海、玉门、四川、准噶尔南缘高陡构造和复杂地表区,应开展山地地震攻关,解决构造成像问题;针对渤海湾、准噶尔腹部、松辽等探区岩性和低幅度构造勘探,应开展高分辨率地震攻关等。为了实现上述目标,必须清楚分析股份公司物探技术应用现状与技术需求,找准技术发展对策。

由于各含油气盆地的地质特点、勘探领域、地表条件等各不相同,各自的物探技术现状与技术需求各有差异。因此,有必要按盆地分别叙述各自的主要勘探领域、技术现状、技术难点和技术需求。

1. 松辽盆地

松辽盆地是我国最大的油气生产基地,40多年来为我国油气生产做出了巨大贡献。当前松辽盆地正处在由构造油气藏勘探整体转向岩性油气藏勘探的新阶段。未来主要勘探领域是长垣两侧的岩性油层、西斜坡和滨北、深层天然气等。

松辽盆地中部组合岩性油藏的特点是构造幅度低、储层薄且横向变化快、断层发育且断距小;深层岩性油气藏的特点是既有砂砾岩气藏,又有火山岩气藏,既有烃类气藏,也有非烃类气

藏,它们多形成于断陷期并且与深大断裂有关。因此物探技术在中浅部组合中所面临的主要问题是如何提高地震分辨率,最大限度满足薄储层(3~5m)横向砂体变化及小断层(5~10m)识别的需要,以发现岩性油藏,同时满足对老油区剩余油分布预测的需要。针对深层,主要是提高成像精度,满足构造精细解释的要求;同时,在资料处理方面,要注意保持“三高”,满足火成岩识别、火山岩岩相分析及烃类检测的需要,促进深层特殊岩性气藏的勘探。

面对上述问题,在技术上可以采取4项针对性措施:一是开展高分辨率三维地震勘探,坚持多道(不少于3000道数)、小面元(不大于20m×20m)采集;二是资料处理要求“三高”,即高信噪比、高分辨率、高保真,保证满足勘探和开发的需要;三是针对深层目标的采集,最大炮检距要大于目的层深度的1.5倍以上;四是开展精细油藏描述、井间地球物理监测技术研究,满足剩余油研究的需要。

对松辽盆地重点强调小面元提高分辨率问题。小面元采集可以显著提高薄砂体纵横向分辨率,有利于克服空间假频。面元尺寸 b 的设计应满足 $b < \lambda/4 = v/4f$ (λ 为波长; v 为速度; f 为优势频率);要求面元小于目标尺寸,保证目标内至少有3道以上记录。吉林油田乾西北工区高分辨率三维资料说明了小面元采集提高分辨率的效果,采用40m×40m面元识别断层17条,采用20m×20m面元识别断层117条(图1)。在小面元采集中需要纠正小面元采集成本增大的误区,实际上在多道地震技术前提下,道数增加可以减少放炮工作量,面元减小可适当降低覆盖次数,因此减小面元不仅不会大幅度增加施工成本,而且可以大幅度增加地震信息,提高资料品质。另外,针对深层目标的资料采集,应强调采用基于深目的层模型的观测系统设计。特别是在最大炮检距的设计中,应针对勘探对象发生的变化,根据新的理念,充分考虑到大倾角地层成像以及岩性预测、地层各向异性研究和压制多次波的需要,最大炮检距应大于目的层深度的1.5倍以上。

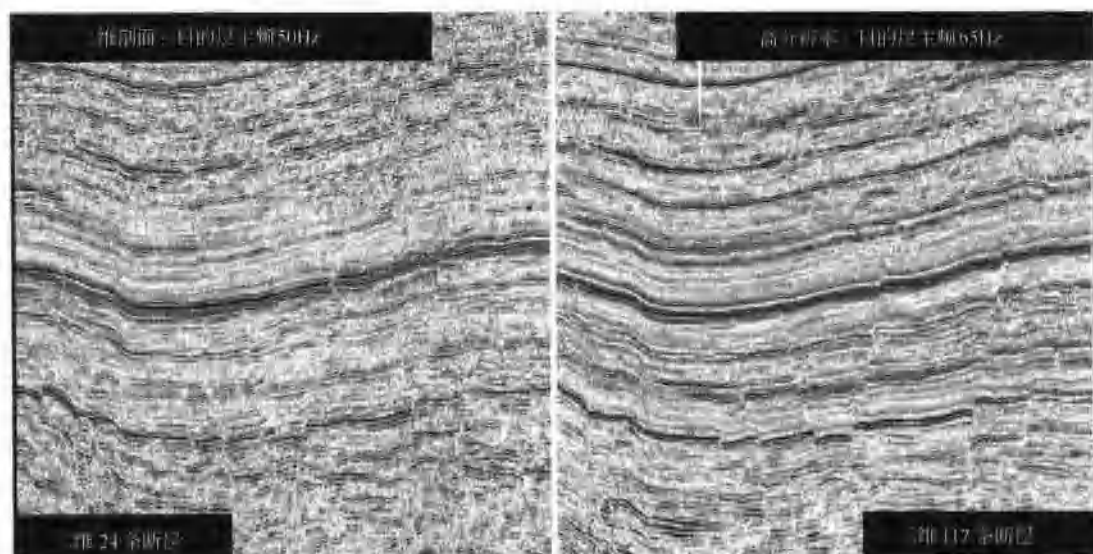


图1 三维高分辨率地震勘探取得明显效果(吉林乾西北高分辨率三维效果)

相信在采用小面元数据采集基础上,通过精细数据处理和质量监督,并进一步加强储层预测技术攻关,建立相应的配套技术体系,松辽盆地的岩性油气藏勘探一定能够取得突破性进

展,为股份公司岩性油气藏勘探生产做出贡献。

2. 渤海湾盆地

20世纪90年代以来,渤海湾盆地总体进入滚动勘探开发阶段。近几年滚动勘探领域更是不断拓宽,勘探目标由大到小,由简单到复杂,进入以复杂小断块、深层潜山和复杂岩性体为主要目标的滚动勘探阶段。针对新的勘探目标,经过近几年努力,渤海湾油区已经形成了二次精细三维地震采集、三维地震连片处理、三维构造精细解释、储层精细预测四套适用配套技术,为充分挖掘老油田的最大潜力、保证渤海湾老油区持续稳产做出了贡献。

通过二次三维高分辨率采集,明显改进了复杂断裂成像,并使深层资料品质得以提高。冀中深南背斜勘探通过严格的采集设计技术论证,确定了 $12.5\text{m} \times 25\text{m}$ 的面元、18次覆盖的采集方案,与以往 $25\text{m} \times 50\text{m}$ 面元、72次覆盖资料相比,断裂关系更加清楚。二次三维采集对识别复杂小断块也起到了重要作用,冀东柳赞通过二次三维采集,理顺了构造关系,深化了地质认识,彻底改变了以往老资料构造成图与开发矛盾大的状况。辽河二次采集后,浅、中、深频率提高了10Hz以上,断层清晰准确,波组特征清晰,潜山形态及结构清楚,低潜山得到落实,但某些地区仍不能满足岩性勘探的需要,表现在地震资料仍然频带窄、频率低,须进一步开展针对性攻关。此外在东部成熟老油区开展二次三维地震采集,尤其要强调的是,不合理的观测系统会导致地震资料在平面上能量不均,遗留采集痕迹,从而导致错误的岩性解释。大道数、方形面元、炮检距和方位角均匀分布是减弱采集痕迹的有效方法。因此,必须强化设计论证和审查,大力优化观测系统。

渤海湾滩海是中国石油的重要勘探领域,要实现三年内探明加控制 $3 \times 10^8\text{t}$ 的目标,其根本的问题仍是需要大力改善地震资料品质。但是,滩海由于风大流急、定位不准、激发能量弱、检波器耦合差,资料信噪比及分辨率较低,目前提高资料品质的针对性技术应该是多道(千道以上)及海底电缆接收(OBC),其优点是海底耦合好、不受风浪干扰,能够二次精确定位、利用海底低速带折射资料求取静校正量,并有效压制海上虚反射和鸣震。图2为冀东油田在老堡—蛤坨地区获得的剖面对比图,从图中可以看出,鸣震得到了较好的压制。

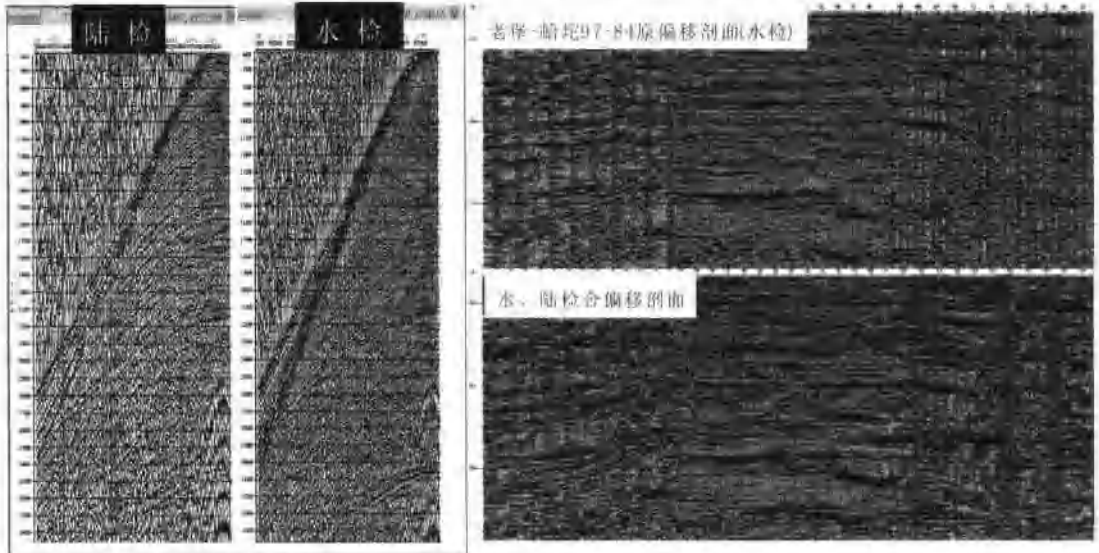


图2 OBC双检能较好去除鬼波及多次波干扰(冀东老堡—蛤坨地区)

目前渤海湾盆地在岩性油气藏预测方面还存在储层岩性及物性预测难度较大的问题;在复杂断块、复杂潜山高精度成像方面还需要提高构造成像精度和改进潜山内幕成像效果;滩海勘探方面还面临着资料信噪比低的困扰;油田精细油藏描述及开发动态监测技术也才刚刚起步。

渤海湾盆地油气勘探主要技术需求有五大方面:一是二次三维小面元观测系统设计,以满足勘探和开发的更高需求;二是基于层序地层学的储层反演技术,以降低模型法反演的多解性;三是重、磁、电、震联合确定低潜山;四是滩海 OBC 装备;五是四维地震、井间地球物理现场试验及三维 VSP 等。

3. 鄂尔多斯盆地

鄂尔多斯盆地是一大型稳定的叠合盆地,素有“满盆气、半盆油”之称。气藏类型主要为地一层岩性气藏,分布在下古生界碳酸盐岩风化壳及上古生界碎屑岩储层中。油藏类型主要为斜坡背景上的大面积岩性油藏,分布在三叠系和侏罗系两套地层。长庆油田针对黄土塬地表和风化壳、三角洲、古河道等低孔低渗储层特点开展了大量的地震勘探技术攻关,探索出一套针对不同对象开展的直测线及弯曲测线等灵活的地震采集方式,并通过大范围开展高分辨率二维地震攻关及工业化储层预测制图,为鄂尔多斯油气勘探开发做出了重要贡献。

然而,地震勘探技术的实施条件及分辨能力限制了地震预测的精度。一方面,与地表起伏有关的非线性干扰及突出的静校正误差使获得的地震资料信噪比低;另一方面,地下储层薄、横向变化大导致描述主砂带精度低,储层识别困难。特别是在苏里格气田的开发评价中,地震资料的品质和预测精度面临着更高的挑战。因此,针对鄂尔多斯盆地当前勘探开发的需求和资料品质的现状,需要大力开展黄土塬地震采集、长波长静校正、主砂带的识别及精细刻画等技术攻关研究。建议选择有利区带开展高分辨率三维地震技术攻关,利用叠前、叠后联合反演、多属性分析等技术预测储层(图 3),同时,通过引进分频储层解释技术及多波多分量地震等技术,研究开发含气储层识别及气藏直接识别技术,解决气藏勘探中存在的技术难题。

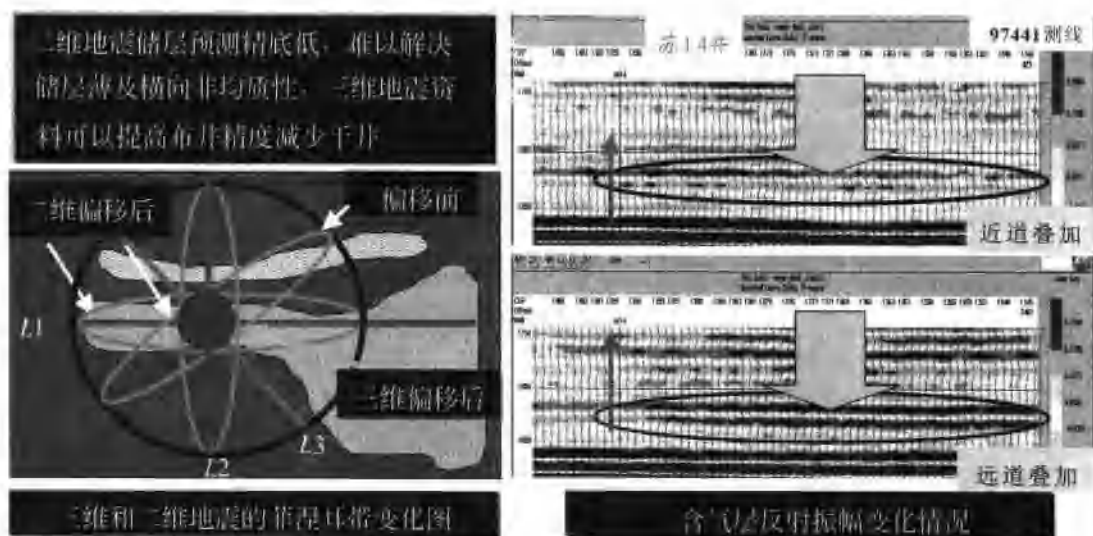


图3 三维地震和叠前反演有利于岩性油气藏勘探(长庆苏里格地区气层识别)

4. 四川盆地

经过多年的努力,西南油气田针对川东气区、川中油气区、川西北气区和蜀南气区四大勘

探领域,分别形成了四项主导技术系列,即山地地震采集处理技术、鲹滩储层预测、含气储层识别技术(图4)、致密砂岩储层预测技术及裂缝预测技术,在四川盆地油气勘探开发中发挥了重要作用。

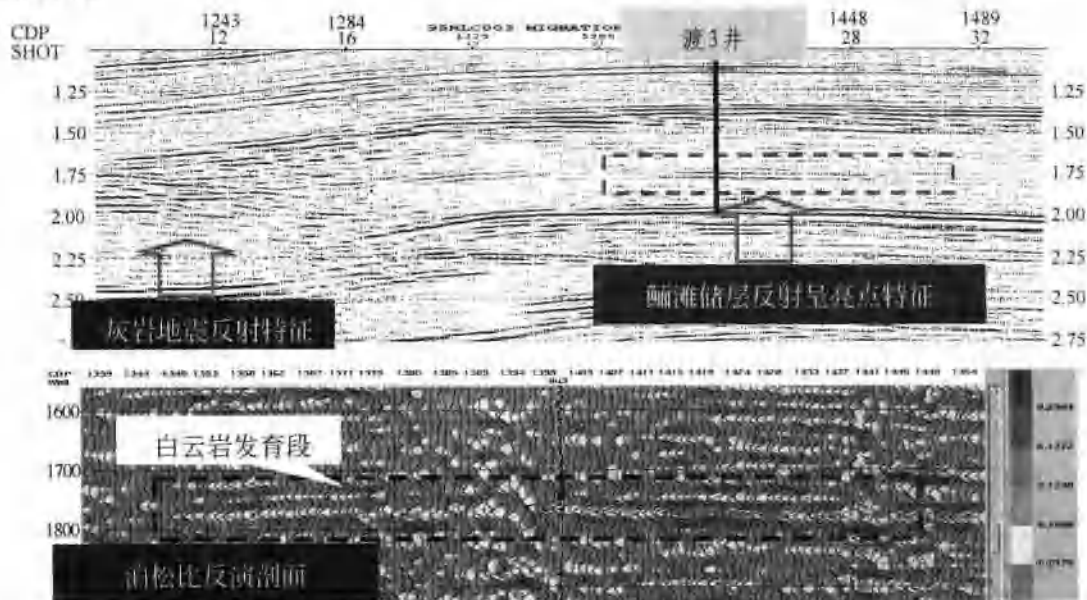


图4 鲹滩气层综合识别(四川东北部飞仙关鲹滩)

尽管高陡构造带地震勘探近几年取得了长足的进步,摸索出一套适用的地震采集技术及经验,研究开发了真地表处理方法、射线偏移技术,但离复杂地质条件下高陡构造精确成像还有差距,必须进一步加强真地表高陡构造精确成像研究。除此之外,在川东北部鲹滩气藏勘探方面,还存在气藏亮点的多解性、含气储层的识别性、鲹滩储层与膏岩的有效区分等问题,制约了鲹滩气藏勘探的进一步发展,必须集中精力攻关,在整体提高地震资料分辨率的同时,加强地震资料的特殊处理及解释,结合测井、地质等资料利用 AVO 等叠前反演技术,有效提高储层物性及含气性的预测精度,提高勘探成功率及勘探效益。

5. 酒泉盆地

酒泉盆地南缘祁连山山前逆掩推覆构造带是玉门油田当前的重点勘探领域,主要包括酒西坳陷窟窿山逆冲断裂带、酒西坳陷老君庙逆冲背斜带以及酒东坳陷金佛寺构造等三个山前逆冲构造带。

1999年,玉门油田分公司在青西油田开展野外地震采集攻关,采用单深井激发,彻底消灭了坑炮,使得地震单炮记录品质得到大幅提高,为2000年开始大面积三维地震采集奠定了基础。2002年,窟窿山宽线和三维通过采用“高覆盖、小面元、长排列”的施工方法,初步使窟窿山逆冲复杂断裂构造获得成像,为确定隆8井钻探井位提供了佐证,隆8井钻探后喜获日产 201m^3 的高产工业油气流。窟窿山三维地震资料处理仍在进行攻关中。近三年来,青西油田共采集二维地震资料 980km ,三维地震资料 1000km^2 ,获三级地质储量 $8500 \times 10^4\text{t}$ 。展示了在祁连山山前开展油气勘探的资源潜力和技术基础。

由于受到祁连山山前客观地质条件和地球物理条件的限制,目前酒泉盆地南缘山前勘探还存在以下技术难题:一是由于山地激发接收条件差,导致地震资料信噪比低,资料处理难度

大;二是现有静校正方法效果不佳;三是高陡推覆体还具有高速的特征,导致下伏构造成像困难;四是对于砾岩裂缝类储层,目前预测裂缝发育带分布的难度还很大。

针对这些问题,考虑可以采用以下几个方面的针对性物探技术措施来解决:一是通过小面元采集来提高高陡地层的偏移成像精度,小面元采集可以通过砖墙式、细分面元观测系统来实现,二是提高覆盖次数,根据目前的经验,覆盖次数至少应在 80 次以上,三是建立准确的表层模型,可以通过表层调查和地质露头调查相结合的方式来实现,四是研究开发基于真地表的静校正新方法;五是应用叠前深度偏移技术实现高陡构造的正确归位成像;六是紧密结合测井资料,如成像测井、双测向测井等,开展地震—测井综合预测裂缝技术的攻关;七是开展电磁阵列法勘探(CEMP),增加逆掩推覆体解释依据。预期通过这些技术措施,能够带动酒泉南缘祁连山山前物探技术获得突破。

6. 柴达木盆地

柴达木盆地具有丰富的油气资源,自 1995 年大力加强天然气综合地质研究和勘探以来,重点围绕北部侏罗系油气、西部第三系油、三湖第四系气藏,取得了显著的勘探效益和经济效益,天然气探明储量成倍增长,现已进入中国陆上天然气勘探四大含气区之一。

时至今日,柴达木盆地大部分地区勘探程度仍然很低,仍有 32% 的地区还没开展地震工作,测网密度达到 $1\text{km} \times 1\text{km} \sim 2\text{km} \times 4\text{km}$ 的地区只占到盆地面积的 0.63%。特别是柴西南地区复杂的地表条件制约着地震技术在柴达木盆地的应用,久攻不克。风蚀残丘、碱壳、山地、砾石、戈壁滩等复杂地表严重影响了地震资料采集,加上潜水面深、缝洞多、激发能量散射强,地震取得资料品质普遍较差(图 5)。

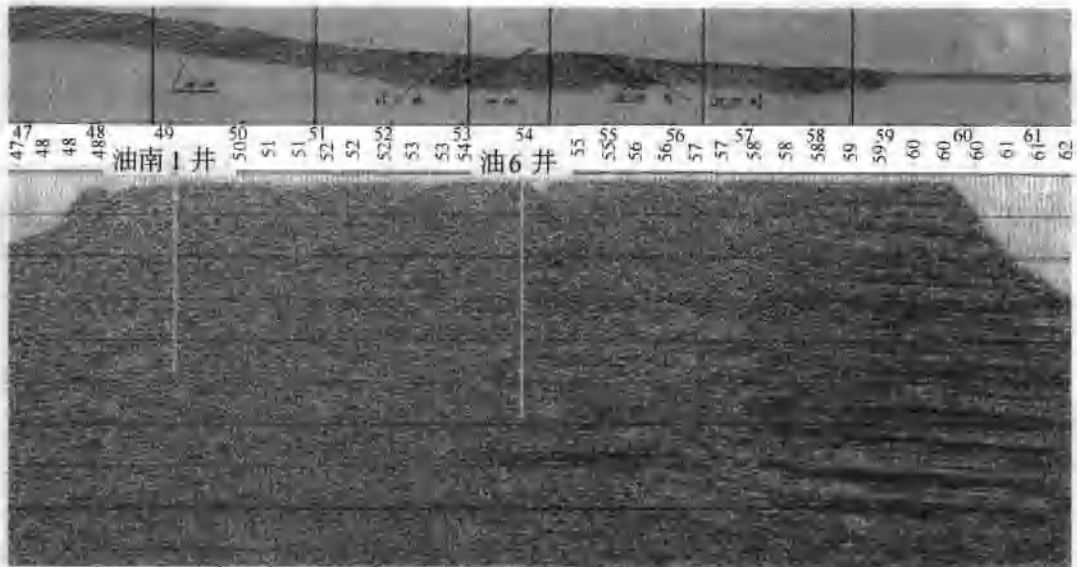


图 5 复杂的地表条件导致地震资料品质差(青海油泉子地区)

各级领导非常重视柴达木盆地的地震工作,召开过多次研讨会,经过近几年地震攻关,有了较大的进步,但是仍然满足不了勘探开发的需要,因此,复杂地表采集攻关应进一步做过细工作,分层次进行:开展表层结构调查和激发接收技术攻关,研究次生散射噪声的识别和压制技术、真地表静校正和成像技术,并开展以地震为核心的重、磁、电、震联合反演。

7. 吐哈盆地

吐哈盆地经过十几年的快速高效勘探,已探明石油地质储量 2.45×10^8 t。勘探重点集中在中浅层侏罗系及深层三叠系两大领域,建成了 300×10^4 t 生产能力。

吐哈盆地具有地表地形复杂、地下逆掩推覆体构造及断裂系统复杂的特点。长期以来,由于侏罗系煤层对深层地震反射能量的屏蔽作用,深层反射弱,影响了对前侏罗系的地质认识。吐哈油田分公司在石北凹陷通过大吨位可控震源激发攻关,取得了显著效果,“震出”了前侏罗系有效反射(图6)。同时,叠前深度偏移技术有效应用使得复杂的大角度的构造成像明显改善,勘探精度进一步提高。物探技术为深层勘探发挥了重大作用。

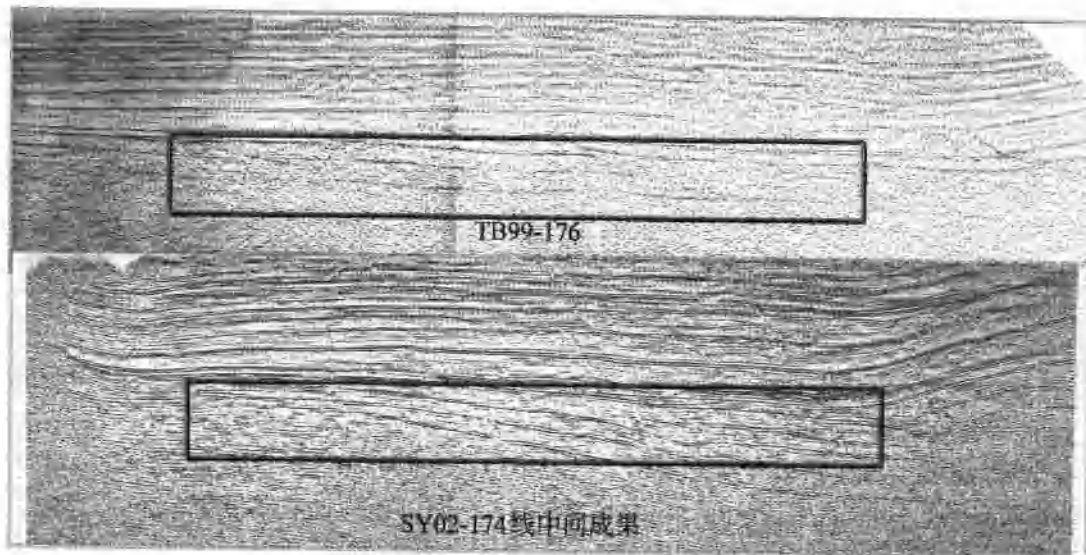


图6 大吨位可控震源克服煤层屏蔽作用,获得深层反射(吐哈前侏罗系深层)

目前,地震勘探面临的主要问题有:山前带地震采集和处理,火焰山下盘构造成像以及三叠系圈闭识别和岩性油气藏描述。针对这些问题,地震勘探技术在今后的发展上,应进一步推广大吨位可控震源采集技术系列,加强冲断带采集处理联合攻关,进一步搞好地质、测井及地震的有效结合,大力提高储层及物性预测水平。

8. 准噶尔盆地

当前,准噶尔盆地面临两大重点勘探领域:一是位于盆地腹部的构造—岩性复合油气藏;二是位于准噶尔盆地南缘的山前逆冲构造带。

准噶尔腹地勘探包括陆梁、石南、石西、莫索湾、莫北、彩南、沙北、五彩湾等油气田的构造—岩性复合油气藏勘探。目前,深层低幅度构造采集处理攻关已见成效,储层预测和油藏描述技术有所进展。

准噶尔盆地南缘具有与库车坳陷类似的构造和油气成藏条件。南缘山前地震勘探经历沿沟弯线山地地震初期阶段和山地直线攻关探索阶段后,迎来了山地地震勘探突破阶段。1996年在盆地南缘发现了呼图壁气田,2000年在西南缘钻探卡6井获得成功,发现了卡因迪克油田。新疆油田公司已初步具备对付山前复杂区地震采集、处理、解释的一系列方法手段。主要表现在山地采集处理技术有所突破(图7),断层相关褶皱理论指导地震解释和综合评价技术获得应用。

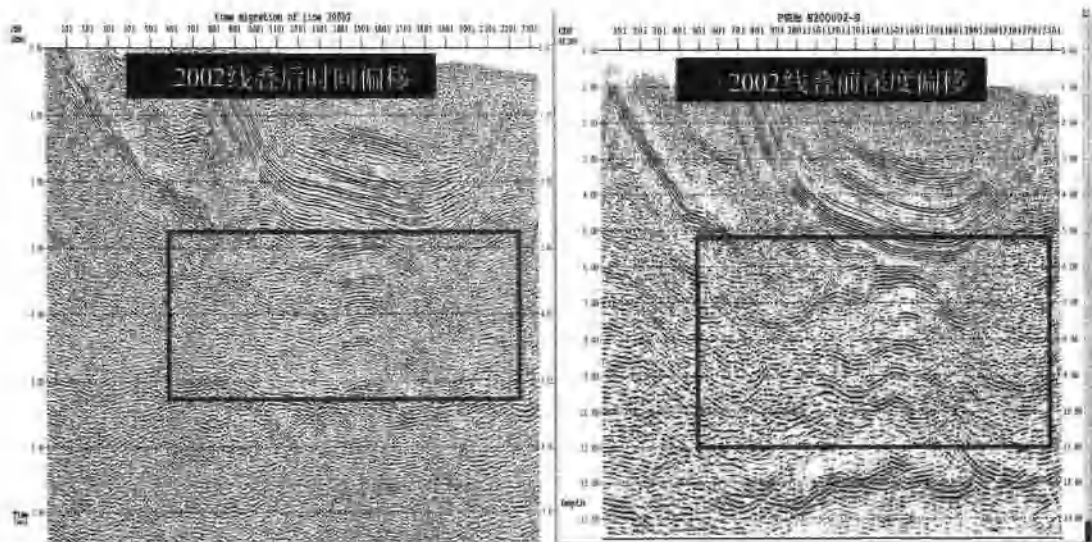


图7 叠前深度偏移使东湾双重构造准确成像(新疆东湾地区)

目前准噶尔油气勘探物探技术难点主要表现在两大方面:一是盆地腹部高分辨率勘探和岩性储层预测,侏罗系低幅度构造成图、白垩系层间成图和隐蔽岩性圈闭成图方法还需攻关;二是淮南山地地震勘探,由于地表砾石导致激发难,散射强,资料信噪比低,再者是高陡构造采用统一基准面处理,速度畸变容易造成假的构造。

因此,准噶尔盆地勘探有如下技术要求:盆地腹部高分辨率勘探和储层预测,要做到小面元采集、消灭浅井组合、采用中深井组合和大吨位可控震源激发,提高地震资料品质,应用层析静校正等方法提高低幅度构造的精度,并用层序地层学指导砂体的精细描述及储层物性预测,提高岩性勘探效益;淮南山地攻关,应充分认识正演是地震勘探的理论基础,搞好基于模型的采集设计,精细地表调查、真地表静校正和深度偏移成像、地震和非地震联合反演等技术措施。

9. 塔里木盆地

塔里木盆地勘探程度低,油气资源丰富,具有形成大油气田的条件,是今后寻找大油气田的主要战场。主要预探方向包括中新世前陆盆地和古生界克拉通盆地两大领域。

近几年来,塔里木油田大力加强复杂山地、大沙漠和碳酸盐岩地震勘探技术攻关,不断取得技术创新,提高了地震资料品质,见到了很好的效果。如通过山地地震勘探技术攻关,形成了山地地震配套技术系列,探明了克拉2、迪那2等气藏,为西气东输奠定了资源基础;乌什凹陷乌参一井获得油气发现后,通过精细表层调查、加强采集技术攻关、优化激发方式,采用8台大吨位可控震源激发,“震”出了乌什凹陷南缘深层二台阶的地震反射,地震攻关取得新进展,为乌什凹陷油气评价提供了可靠的地震资料。塔中16井区三维地震资料采集、处理、解释攻关取得效果,潜山顶部成像清楚,内幕反射信息较丰富,对1号断裂坡折带有新的地质认识,并提供了一批井位(图8)。

塔里木盆地物探技术的主要难点表现在以下方面:库车山地高陡构造区地震采集及逆冲断裂下伏构造成像、台盆区碳酸盐岩裂缝带、溶孔发育带有效识别和东河砂岩尖灭线的准确识别,沙漠区深层地震采集和低信噪比资料处理,特别是长波长静校正。

因此,在发挥山地三维地震采集处理解释一体化、碳酸盐岩缝洞识别预测、大沙漠区高分辨率地震采集处理等三大地震主导技术作用的同时,还应加强和发展表层结构调查和静校正、