



地震资料解释新技术 应用成果交流会论文集

中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司 编

The background of the cover is a green-tinted photograph of an oil field. A tall drilling rig is visible on the left side. Overlaid on the bottom right of the image is the year '2001' in large, bold, red 3D-style numerals.

2001

石油工业出版社

地震资料解释新技术 应用成果交流会论文集

中国石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司 编

64130/2

石油工业出版社

内 容 提 要

本文集收录了中国石油天然气股份有限公司 2001 年地震资料解释新技术应用成果交流会上的主要论文 28 篇。这些文章突出了物探与地质的结合、目标处理技术与解释技术的结合、适用技术与新技术的结合三大特点。在这些文章中,地震反演技术、叠前深度偏移技术、三维可视化解释技术、模型技术等先进适用的新技术在油气勘探中得到了较好的应用。

本书可供地球物理勘探技术人员及大专院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地震资料解释新技术应用成果交流会论文集/中国
石油天然气股份有限公司勘探与生产分公司编.
北京:石油工业出版社,2001.10

ISBN 7-5021-3552-9

I. 地…

II. 中…

III. ①地震数据-分析-文集

②地震数据-应用-油气勘探-研究-文集

IV. ①P315.63-53②P618.130.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 069965 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

北京市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 16.75 印张 430 千字 印 1—1000

2001 年 10 月北京第 1 版 2001 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3552-9/TE·2623

定价: 56.00 元

编 委 会

主 任：赵政璋

副主任：邓隆武

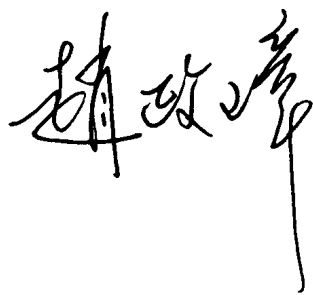
编 委：阎世信 王喜双 曾 忠

序

随着勘探工作的不断深入,油气勘探难度越来越大,我们的主要勘探对象已经从以往构造背景比较大、油气藏类型比较简单、地面采集条件比较好的领域和地区转向地面以山地、沙漠、黄土塬、滩海为特征,地下以低渗透、高陡构造、复杂油气藏类型为特征的地区和领域。这种变化既增大了寻找战略性突破、寻找规模储量的难度,同时也给地震资料解释工作提出了更高的要求和挑战。

近几年,计算机技术及图形技术迅速发展,地震资料处理技术和解释手段也发生了很大变化。传统的地震资料解释已由二维向三维,从时间域向深度域,从叠后向叠前、从构造解释向岩性解释以至烃类检测等综合油气藏描述和研究方向深入和发展。用铅笔和橡皮解释地震资料的做法已经被工作站所取代。

为了及时总结近年来地震资料解释新技术在勘探生产中所取得的丰硕成果和成功经验,推动地震资料综合解释研究工作的不断深入,勘探与生产分公司组织召开了地震资料解释新技术应用成果交流会。本文集收录了这次会议的主要论文,基本上代表了中国石油天然气股份有限公司地震解释技术的总体水平。这些文章内容丰富、翔实,突出了适用技术与新技术、物探与地质、目标处理与精细解释有机结合的特点,而且在油气勘探实践中见到了非常好的效果,因而具有较强的理论性和实用价值。相信本文集的出版将对中国石油地震资料解释水平的提高起到重要的推动作用!



2001年9月10日

目 录

踏实工作 勇于创新 大力提高中油股份公司物探解释水平·····	阎世信(1)
苏里格庙储层地震预测技术及效果·····	王大兴 史松群 赵玉华(7)
地震资料解释新技术在大王庄隐蔽油藏勘探中的应用 ·····	郎晓玲 金凤鸣 曹兰柱 芦天明 杨彩虹 侯凤香(21)
地震综合解释技术在塔里木盆地中的应用效果 ·····	冯许魁 张 玮 温声明(30)
重大预探目标评价的配套物探技术—以滩海燕南潜山带目标评价及井位优选为例 ·····	吴小洲 邹才能等(42)
地震技术在莫北油气田勘探开发各阶段中的作用 ·····	吕焕通 庄锡进 唐建华 孔智勇 马志亮 欧亚平 张瑞智(58)
油藏描述技术及在油田滚动勘探开发中的应用效果 ·····	冉建斌(63)
川西白马庙地区蓬莱镇砂体的地震预测研究 ·····	马 波(70)
地震新技术在黄沙坨地区火山岩中的应用 ·····	蔡国刚 徐立英 宋玉军 付 荣 刘汉芝 常金涣(79)
利用地震测井一体化解释技术寻找隐蔽型油气藏 ·····	王天琦 王建功(89)
哈得 4 油田三维地震资料解释技术 ·····	范贵良 张耀堂 赵 飞 苗 青 满意志 王利刚(98)
精细构造解释在油田滚动勘探开发中的应用及效果·····	刘国玺 翟瑞国 王秀川(107)
地震资料解释技术在官东高成熟区勘探中的应用 ·····	王东林 刘子藏 韦阿娟 于 超 郭金凤 史炳健 滕钟杰 周宝仙(113)
人机联作可视化技术评价及应用·····	耿忠霞 黄革萍 卢淑萍(118)
三塘湖盆地裂缝型油藏的地震解释方法·····	毛世权 姜新平 蒋 兵 张君郎(130)
裂缝性油气藏的地震综合解释技术—以青西油田裂缝性油藏描述为例 ·····	范铭涛 赵谦平 汪满福(136)
三维地震解释技术在跃进油区滚动勘探开发中的应用 ·····	张子成 马力宁 王文第 柳金城 张少阳(146)
三维地震资料解释技术研究及实例 ·····	李晓松 赵占银 李春雷 陈艳华 马树权 王艳红 王海忠 吕佳伟(153)
大庆探区复杂地质目标的处理解释技术 ·····	张尔华 宋永忠 田 芳 于 晶 年静波 辛广柱(162)

Geoframe 地震解释系统在升平气田天然气储量研究中的应用
..... 张海燕 蒋鸿亮 张正和 吴海波(172)

应用 ISIS 地震反演系统进行岩性圈闭识别与描述 蒋鸿亮 吴相梅 于 晶(178)

地震资料解释新技术在马西洼槽区带综合评价中的应用
..... 李晓燕 崔永谦 阎保义 冯小英 李惠琳(188)

大港滩海白唐马沿岸带地震地质解释技术..... 段润梅 石倩茹 张卫江(201)

地震解释新技术在油气勘探应用中的典型实例..... 王劲松(209)

大规模储层预测工作在勘探开发中取得显著成效
..... 吕焕通 雷德文 黄小平 吴建华 牛志杰 任 涛(215)

地震速度建场新方法..... 马海珍 雍学善 杨午阳 鲁烈琴 王小卫(228)

一体化解释技术在南小陈地区的应用..... 陈其军 崔永谦 王 红 杨卫东(238)

气层类型与 AVO 响应特征 欧阳永林(245)

踏实工作 勇于创新

大力提高中油股份公司物探解释水平

——阎世信同志在“中油股份公司 2001 年地震资料解释新技术应用成果交流会”上的讲话

中国石油天然气股份有限公司(以下简称中油股份公司)2001 年地震资料解释新技术应用成果交流会经过大家的共同努力,圆满地完成了主要议程,各油田分(子)公司、中国石油勘探开发研究院和石油地球物理勘探局本着“交流经验,相互学习,共同提高”的精神,介绍了近年来利用地震勘探解释新技术取得的丰硕成果和先进经验。大会达到了预期的目的。

这次会议是继 1992 年河北涿州会议之后,中油股份公司成立以来首次召开的大型解释新技术交流会。股份公司罗英俊副总裁非常重视,亲自批准了这次会议。贾承造总地质师和赵政璋副总经理曾几次过问会议的组织情况和报告内容,并对会议安排作出了重要指示。18 家单位的 100 余名代表共提交报告 30 余篇,从不同方面展示了近年来各油田公司及研究单位地震解释新技术应用的最新水平及在勘探生产中所取得的重要成果。油田公司及研究院、所的领导对本次会议给予了高度重视和支持。石油地球物理勘探局积极地参加了会议,并做了很好的报告。勘探与生产分公司邓隆武总地质师、张国栋、费安琪副总地质师、陆大卫副总工程师及有关处室的同志自始至终参加了会议。我们相信,此次会议必将对中油股份公司地震资料解释水平的提高、各探区石油地质综合研究的深入,以及中油股份公司整体勘探效益的提高起到促进和推动作用!

下面我就本次会议谈四点意见,供大家参考。

一、地震解释新技术应用取得的主要成果

本次大会共有 19 篇技术报告在大会上进行了交流,另外还有 12 篇文字报告在会下得到了交流。近年来,各单位通过深化应用成熟适用技术,积极引进国外先进技术,加强合作和攻关,针对各探区勘探目标,形成了各自一系列有效的地震解释技术系列。从大会的交流报告中可以清楚地看到:物探与地质的结合、目标处理技术与解释技术的结合、适用技术与新技术的结合是本次大会报告的三大特点。

塔里木油田在克拉 2 构造勘探中借助断层相关褶皱理论建立地质模型,采用叠前深度偏移技术确定高点位置和构造轴线,同时用基于构造地质模型的“层位控制法”建立精细速度场,为最终准确成图奠定了基础,基本解决了该地区高陡复杂构造的圈闭描述难题,为克拉 2 气田的发现作出了突出贡献;渤海湾地区复式油气藏构造复杂,破碎小断块是其勘探重点。辽河、大港、冀东、华北等油田积极开展三维地震资料重新采集和老资料重新连片处理相结合的技术措施,充分利用最新的处理和反演技术,认真进行全三维解释技术的攻关和应用,有效地解决老区挖潜问题,为东部稳产作出了贡献;松辽盆地东西两翼斜坡部位及松南地区、鄂尔多斯盆地、准噶尔盆地和四川盆地发育大面积低丰度岩性油气藏,近年来大庆、吉林、长庆、新疆和西

南油田公司有针对性地开展高分辨率勘探、精细储层预测和烃类检测,“贫中找富、富中选优”,使勘探效益显著提高;各探区特殊岩性体勘探全面展开,东至大庆、辽河的火成岩,西至玉门的白云岩、泥灰岩裂缝以及吐哈、青海的多种岩性裂缝的解释和各种组合技术基本成型;塔里木台盆地海相碳酸盐岩勘探在缝洞识别方面也进行了有益的探索。

我们认为,交流报告中有八项先进而适用的新技术得到了较好的应用:

(1)地震反演技术有针对性的应用对精细储层横向预测、工业化制图、提高勘探效益起到了重要作用。长庆、吉林、西南等探区在这方面取得了很好的经验和勘探成果。

(2)叠前深度偏移技术在东部潜山及西部前陆盆地山地的勘探中见到了很好的效果。中国石油勘探开发研究院、石油地球物理勘探局等单位在这方面都介绍了经验并展示了很好的成果。

(3)地震相波形分类技术(stratmagic)作为一项新引进的技术,在吉林、长庆、华北、塔里木等探区得到了较好的应用,见到明显效果。

(4)相干体技术已作为一项较成熟技术,在各探区得到广泛应用,特别是在玉门、吐哈、塔里木等油田的裂缝预测工作中起到了关键作用;

(5)三维切片技术得到了广泛的应用。

(6)AVO技术近年来已被证明在天然气的预测上具有实用性和有效性,日益得到重视并得到长足的发展。其中长庆油田分公司、中国石油勘探开发研究院及其廊坊分院等单位都对此进行了较深入的研究,并在生产中已占有重要的一席之地。

(7)三维可视化解释技术在各油田得到了广泛的应用,其中华北、吉林、新疆、塔里木等探区利用GeoViz、Earthbure、VoxelGeo等可视化软件,在全三维解释和隐蔽性油气藏的预测方面见到明显效果。杭州所还专门对近几年可视化技术的发展情况进行了综合分析和评价。

(8)模型技术的应用已成为现代解释技术的重要环节,其中塔里木油田、中国石油勘探开发研究院及其西北分院等单位充分应用速度模型和地质模型技术,为复杂地区圈闭的准确识别提供了强有力的支持。

另外在前缘技术方面,冀东油田分公司应用二次采集的三维资料,针对上第三系馆陶组以上浅层开展了四维地震处理解释攻关试验工作,在利用地震资料进行油藏动态监测方面进行了有益的尝试并取得了可喜的成果。

二、面临的形势及存在的差距

1. 国内外地震解释技术发展的趋势和现状

近几年来,随着计算机技术及图形技术的迅猛发展,国外的地震解释技术从技术手段到技术观念上都正发生着巨大的变化。物探解释系统正由工作站向微机化和多学科综合解释方向发展,储层预测技术由纵波反演向纵、横波联合反演方向发展,三维可视化技术成为现代解释技术的一个里程碑。通过精细雕刻,上光上色加透明等技巧,物探解释正力图为勘探家提供一个虚拟的地下世界,并逐渐向真正意义的全三维解释方向发展。这些技术的应用,极大地增强了地震地质解释的能力,大幅度提高了工作效率。

近十年来,国内的地震解释工作也有了很大发展。一方面,各探区解释装备有了较大的改善。工作站由90年代中期的SUN10到今天的U1tra80,解释软件从80年代功能不全且只有少量工作站使用的软件如GSI公司的Sidis、CGG公司的Interpret等到今天的Landmark、Geo-

quest、Paradigm、Gristation 等国内外解释系统以及 Jason、Strata、ISIS、RICH、CRIS、Seislog 等各类反演软件的蓬勃发展和应用。据初步统计,中油股份公司的解释工作站已基本得到了普及,平均 3~4 人已拥有 1 台工作站。另一方面,三维构造解释正向全三维解释方向发展,地震道波形分析技术(Stratmagic)将传统的“相面法”计算机化,丰富了储层预测信息。模式识别、人工神经网络、AVO 技术使解释工作直接面向寻找油气藏。

总之,处理与解释工作正从时间域向深度域、从叠后向叠前、从构造解释向岩性解释乃至烃类检测等综合油气藏描述和研究方向深入和发展。

自中油股份公司成立以来,地震解释技术成为股份公司物探技术发展的关键,得到了各级领导的充分重视。罗英俊副总裁告诫我们:“勘探还有差距,勘探还不能满足开发对储量的要求,我们必须加倍努力”。去年 8 月,股份公司在吉林油田召开了勘探工程技术交流大会,贾承造总地质师在其重要讲话中指出:“股份公司要拥有地震资料解释和精细处理、目标处理能力和队伍。并要强调处理、解释、评价一体化。”2000 年初,勘探与生产分公司在银川召开了储层预测技术研讨会,赵政璋副总经理在会上发表重要讲话,指出:“以地震资料反演为基础,多学科有机结合进行储层预测是解决在低渗透中找相对高渗透,在低丰度中找相对高丰度,在低产中找相对高产储层的有效途径。”并提出在股份公司范围内要大力推广储层预测和工业化制图技术。一年多来,我们认真贯彻落实领导的讲话精神,已经取得了显著的勘探成果和效益;今年勘探与生产分公司又举办了储层预测技术及地震解释新技术培训班;同时在吉林、西南、长庆、玉门等探区通过组织中国石油勘探开发研究院及其廊坊分院、西北分院、杭州地质研究所和石油地球物理勘探局地质研究院等研究单位进行综合储层预测技术的攻关研究工作,有力地推动了股份公司地震解释水平的提高,为油田的增储上产作出了重要贡献。

2. 面临的形势及存在的差距

近年来,股份公司油气勘探取得了令人瞩目的成绩,多次得到黄炎总裁在大会上的表扬,而所有这些成绩的取得,都离不开地震勘探技术的进步,更离不开地震解释战线上从事资料解释和地质综合研究的同志的探索与奉献精神。

百尺竿头,更上一层楼。在回顾已取得成绩的同时,我们还应清醒地认识到,面对股份公司未来 3~5 年五大勘探领域迫切需要的地震解释技术还必须有一个较大的提高和飞跃。

股份公司未来 3~5 年所面临的五大勘探领域为:(1)以西部前陆盆地山地为主体的高陡构造油气藏;(2)以渤海湾盆地为主体的高成熟区小断块油气藏;(3)大面积薄互层低丰度的岩性油气藏;(4)以泥灰岩、白云岩、火成岩、砾岩为主的特殊储集层油气藏;(5)以台盆区海相碳酸盐岩为储层的复杂油气藏。从这五大领域可以看出,随着勘探工作的深入,勘探工作的重点已逐渐由相对简单地区转为复杂地表和复杂地下地区的勘探以及老油田的挖潜。这些日益显得复杂的地质问题对地震资料解释工作提出了严峻的挑战。

面对这一挑战,贾承造总地质师曾经指出:“物探地震资料解释和精细处理是勘探评价研究的重要组成部分”,“要减少评价井,多做地震,多作研究,从管理和综合研究中要效益,努力提高探明、控制储量工作的水平和质量。”我们一定要清醒地认识到股份公司的解释水平还存在着较大的差距。这主要体现在资料解释和地质综合研究工作的不同探区之间发展还很不平衡。虽然大部分油田已经普遍使用工作站进行地震资料解释,但仍有相当的探区由于多种原因还没有摆脱传统的手工解释方式。地震解释系统及各类综合储层研究的软件虽已普及,但应用水平还较低,可视化技术的应用还处于初级阶段,还不能够进行工业化制图。三维资料的

解释与国际上全三维解释的发展趋势还有相当的距离。精细目标处理与解释之间的有机结合还有待改进。解释及综合研究队伍的素质还满足不了效益勘探的要求。

三、地震资料解释工作中应注意的几个问题

面对勘探生产对地震资料解释技术要求的日益提高,我们在解释过程中要更加强调精细解释和综合研究工作。根据近几年的勘探实践,从解释技术的角度简单地谈几个问题,希望能引起解释战线同志们的重视。

1. 地震资料构造解释中注意的问题及对策

1) 斜井的层位标定问题

目前各油田为提高勘探开发效益,越来越多地采用斜井或水平井钻井工艺,在使用声波、自然电位、自然伽马等曲线进行地震资料解释时也应沿斜井轨迹进行层位标定,而不能再将斜井校正成直井,按直井进行层位标定,以避免层位标定的准确度降低甚至讹误。辽河油田分公司、石油地球物理勘探局已经开了好头。

2) 复杂地表导致的问题

(1) 长波长静校正量引起的构造变形。在地震资料上发现深浅层构造一致时,应仔细检查静校正量的地表高程的变化情况,以避免错误的解释。

(2) 地表高程变化引起的假断层。

(3) 起伏地表导致构造形态的畸变。

3) 地下速度异常体引起的构造形态畸变问题

由于地下速度异常体的存在,经常发生剖面上的构造形态畸变,甚至出现假断层或假凹陷,例如青海的涩北气田,使得下伏地层产生明显的同向轴下拉现象,这些现象在资料解释时,一定要结合模型正演认真去识别,以便进行合理的校正和解释。

4) 精细速度场的建立问题

我们面临的大部分地区构造变形剧烈,速度横向变化较大。因此,即使剖面解释及 t_0 图再准确,若没有精细的速度研究成果,也不会得到准确的构造图。塔里木库车山前就存在这种问题,应用精细速度分析和建立精确变化的空间速度场对准确落实克拉 2 构造起到了十分重要的作用。

2. 储层预测中应注意的几个问题

1) 地震属性的应用

(1) 地震属性的物理意义。在使用地震属性时,首先应该注意所用地震属性的物理意义,再研究地震属性所反映的地质含义,这是地震属性分析应用的前提。

(2) 地震属性的优选。地震属性是地震数据体中反映的几何运动的动力学或统计学的特征,地震属性与地下岩石物性之间有着千丝万缕的关系。不同探区、不同岩层、不同流体配置都会影响到它们的关系。要想在它们之间建立定量的对应关系,是一个非常复杂而又困难的问题。根据各探区经验,最好是根据地震属性相互之间的相关程度,将具有较大相关系数的属性参数合并,选择 3~5 种最具特征的地震属性,明确其边界条件,开展有针对性的分析,才能够比较准确地利用地震属性预测储层特征值的精度及有效性。

2) 地震反演

地震反演是储层预测和油藏描述的核心技术,反演结果的优劣直接影响到油藏描述成果

的质量和精度。要做好反演需要注意以下几个问题:(1)测井资料标准化处理和环境校正;(2)地震资料极性的识别;(3)地震资料品质分析及地层正确对比和解释;(4)控制层位的解释标定和选取;(5)子波的提取与选用。

四、对提高股份公司地震资料解释水平的几点意见

中油股份公司所属各探区面临着地表条件恶劣,地质条件复杂等问题,这些问题客观决定了地震解释工作的困难性和多解性。为了进一步提高地震解释技术的可靠性,现就地震资料解释工作提出几点要求。

1. 加强物探与地质的结合

油气勘探实质上是一个从现象描述到综合分析,从综合分析再到精确预测的过程,在地震资料解释中技术人员的地质概念是十分重要的。物探人员要懂地质,地质人员也要懂物探,要知道地震剖面上各种各样的现象,特别是各种假像是如何形成的,否则,也不认为绕射波为有用的波,有时还将多次波、干扰波、断面波当作地质界面去解释。我在这里强调的是:物探与地质的结合要从技术人员的头脑中建立概念,单纯将两个从事不同专业的人员放在一起不会得到最好的解释效果。

2. 加强处理解释的一体化

随着勘探对象的日趋复杂,地震资料解释向处理环节的渗透越发深入,处理解释必须一体化。处理环节中某些有争议的问题,要靠地质解释去甄别,结合不同的地质条件和不同的勘探目的提出不同的评价标准。例如,现在有一种过分追求高分辨率的倾向,认为同相轴多就是高分辨率剖面,而对于深层勘探,“低频反射剖面、相位少”有可能更能反映地质情况,关键问题是要突出地震剖面的动力学特征,突出频带宽度。在储层预测方面,地震道与测井曲线在分辨率方面的差异是客观存在的,不能一味地追求反演地震道要与实际测井曲线相一致,必须要分辨5m以下的薄砂层。根据当前的地震技术发展水平,我们认为5m以上的砂层才可以定量分辨,5m以下的薄砂层只可以进行判识。

3. 提高解释系统应用水平,进一步挖掘地震资料的潜力

曾经有位软件代理商谈到解释系统应用的问题,他认为我们有的单位解释系统应用层次偏低,许多模块仅仅能够跑通,整个系统的功能开发不到三分之一。模块的“能用”与“会用”是最基本的要求,“用好”是要下一番苦功夫的,将系统各模块的有机结合,创造性地应用并有效地解决地质问题是更高层次的要求。

4. 加强解释技术应用的针对性

如何看待股份公司提出的“先进、适用、配套”这样一条技术发展原则,如何在资金有限,研究周期较短的条件下抓住最有效适用的技术,迅速将其配套成型,并在生产实际中发挥作用是关系到能否贯彻股份公司既定的低成本战略和效益最大化的问题。我们要尽可能多地将物探方面的新技术应用于资料解释与地质评价之中,去进行大胆的尝试,但同时强调要有针对性,要有的放矢,更要具体情况具体分析,不能搞大而全。

5. 储层预测要进行动态的滚动预测

地震储层预测技术是多信息的综合预测技术,储层预测应该滚动进行,对储层预测要建立资料数据库,以满足和达到储层的动态预测。国内外一些专家已提出以地质相为约束条件的相控储层预测方法,可能会减少地震资料的多解性问题。

6. 开放市场,促进解释技术的更快进步

“开放市场,必将带来先进的技术、先进的思想和理论”。充分利用市场机制,可以发挥股份公司与集团公司的整体优势,避免油田之间相同技术的重复开发,通过竞争不但可以降低成本,而且可以促进解释技术的进步。长庆油田分公司今年组织 8 家研究单位竞争,已经开了一个很好的头。

今年上半年,勘探与生产分公司物探技术管理处,通过调研和总结国外物探技术发展的趋势和国内物探技术发展的现状,组织有关专家座谈,针对股份公司未来勘探领域对物探技术的需求制定了中油股份公司 2001~2003 年物探技术发展规划,股份公司以油勘字[001]39 号文件下发,提出了以五大勘探领域为主攻目标,以准确发现与落实圈闭为宗旨,强化应用三维地震勘探技术、储层综合预测技术、复杂地区地震勘探技术、非地震勘探技术等四项适用主导技术,下苦功夫攻克“瓶颈”技术,引进先进技术,并积极跟踪研究前缘储备技术。对地震解释技术而言,我们要力争在 2~3 年间,普及先进的解释工作站,推广应用人机联作可视化技术,并在股份公司建立 1~2 个可视化中心;推广并完善工业化储层预测技术,制定并推行储层预测技术规范,将股份公司的储层预测技术提高到一个新的水平;加强各类解释系统及综合储层预测软件的评估及分析工作,促进地震解释软件的应用水平;加强地震解释新技术的培训及技术交流,提高解释人员的技术素质和水平,推动股份公司的解释水平上一个更高的台阶。

新的形势对中油股份公司油气勘探工作提出了更高的要求,黄炎总裁要求我们要“千方百计降低油气操作成本”,我们一定要加强地震资料解释工作,加大综合研究力度,要善于学习和创新,大力采用新技术、新方法,充分挖掘地震资料所包含的各种信息,孜孜以求、锲而不舍,多找圈闭,找好圈闭,努力提高探井成功率,为降低股份公司油气勘探操作成本,提高整体勘探效益作出新贡献!

苏里格庙储层地震预测技术及效果

王大兴 史松群 赵玉华

(长庆油田分公司)

一、引言

鄂尔多斯盆地上古生界主要勘探目标区位于靖边以北的毛乌素沙漠和靖边—神木地区的黄土塬区,而上古生界二叠系天然气气藏又属于低孔低渗型河流三角洲砂岩隐蔽气藏。由于长庆天然气勘探一直坚持“地震先行”的方针,并于1996~1997年形成了榆林区上古生界山2砂岩储层地震横向预测技术系列,总结、推广地震地质综合分析布井的实用经验,从而使1997年成为长庆上古生界天然气勘探的成功率和提交探明储量的第一个高峰年。1998年,在乌审旗区建立了盒8砂岩预测模式。随着勘探领域向西推进,不断引用先进实用的新技术,在1999年发现了苏里格气田,2000年形成了苏里格庙区盒8砂岩储层地震横向预测技术系列。实用创新技术的推广应用,使长庆上古生界天然气提交储量呈数倍增长。连续五年实现了井位部署及增储上产的良好循环。

二、表层地震地质条件及地震勘探程度

苏里格庙地区地理上隶属于内蒙古自治区(图1),位于毛乌素沙漠,表层条件极为复杂。

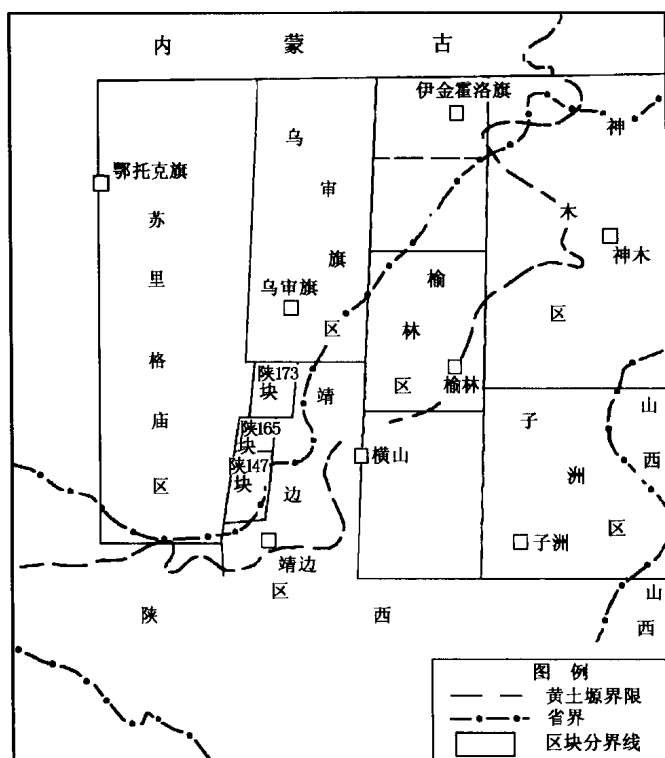


图1 苏里格庙区位置示意图

苏 5~苏 6 井一带,地表为起伏平缓的沙丘区,地震采集质量相对较好;苏 10 井以北地区,地表出露一套疏松干燥的砂岩(罗汉洞砂岩),在地表呈现一条黑土梁带,地震激发条件很差;苏里格庙南区(桃 6 井一带)位于无定河源头,古河床及近代湖沉积区发育巨厚的疏松干燥的沙土沉积,由于潜水面较深,采集条件很差。该区地震勘探工作始于 1992~1993 年的常规采集,经复查仅有少量的测线重新处理后尚可使用。1998 年,开始进行大规模高分辨率地震勘探,1999 年后,采用 1ms 采样的宽频带接收;2000 年,采集时将最大炮检距由 3100m 增大到 3600m。目前,地震勘探工区面积约 20000km²,东西向测线 146 条,南北向测线 58 条,共计 7380km,平均测网密度 0.37km/km²,局部 0.7km/km²;在苏里格庙东部测网达(1~2)km×(4~6)km;苏里格庙北部和西部地区测网仅为(4~10) km×(10~24)km,地震勘探程度相对较低。

三、高分辨率地震采集技术

针对苏里格庙地区的表层条件,地震野外采集的关键是减弱巨厚的干沙层、疏松的风积砂土层及干燥砂岩层的强烈吸收,减弱由此形成的浅层干扰波(如面波、折射波等)的影响,为此,进行了压制干扰波、增强有效波的采集方法试验。

1. “三高、三中、二小、一多”的高分辨率采集方法

苏里格庙地区的地震采集以“高保真度、高信噪比、高分辨率”为原则,发展了鄂尔多斯盆地以往的“三高、三小、二个一致”的高分辨率采集方法。从 1999 年起,该区推广了“三高、三中、二小、一多”的高分辨率采集方法:“三高”指高覆盖次数、高频检波器、高截频滤波;“三中”指中爆炸药量、中道距、中偏移距;“二小”指小组合内距及小组合基距;“一多”指适中深度的多井组合激发。采用 1ms 采样率,保证了接收宽频带的信息。采用适中的炮检距,确保了地震叠前道集资料信息的综合利用。

2. 强化野外采集基础工作

严格执行 HSE 管理制度,确保原始资料的保真度和整体质量;在干燥砂岩出露区采用深井激发、多井优化组合,检波器埋置平稳等,此外原始记录采用分频档监控及分段初叠加剖面的控制,为后续地震处理及储层横向预测提供第一手可靠的高质量资料。

四、以“三高”为核心的高分辨率处理技术

苏里格庙地震处理的关键是去噪,最大限度地提高信噪比,做好静校正,克服地表非一致性的影响。为此,在苏里格庙区除采用高保真、高分辨率、高信噪比的处理方法,如人机交互折射波静校正、地表一致性振幅处理和分频处理外,还采用了一些独具特色的处理技术。

1. 压制浅层折射和面波的去干扰技术

- (1) 减去法去噪;
- (2) 区域滤波压制低频面波干扰;
- (3) 地表一致性异常振幅压制。

在野外原始记录上采取了以上几种针对高保真的处理方法以后,折射波静校正、反褶积、精细速度分析等地震常规处理所必备方法的参数选取和工作细致程度,仍然是保证地震资料分辨率和信噪比的最重要的处理环节。

2. 多次迭代剩余静校正

在折射波静校正解决了大部分静校正问题的基础上,采用速度分析和剩余静校正相结合的多次迭代方法,解决由于静校正量不足或过头造成的剩余静校正问题。

3. 串联反褶积技术

在采用地表一致性反褶积的基础上,串连使用预测反褶积,进一步提高处理质量。

4. 适度的目标前期处理技术

目标前期处理是在高保真叠前处理的基础上,力求消除随机噪音,并适当补偿一些由于叠加处理而造成的频率损失,其主要内容有:

(1)叠后谐振反褶积 这种反褶积方法是对每个样点求出一个反褶积因子,再用于每个样点的处理,它的主要优点在于对弱层的分辨率有较为明显的提高;

(2)叠后滤波及振幅均衡 首先应对纯叠加数据进行分析,主要分析频率和振幅属性,以便突出目的层,有效地压制随机噪声。选取适当的带通滤波器进行滤波,可实现压制随机噪音的干扰,增强弱反射的目的;

(3)小波变换增频及多维多空间去噪 通过恰当地选择小波函数,对地震道进行小波分解,在时间—尺度域,根据不同深度目的层信噪比水平以及信号的有限带宽选择最佳尺度因子。在有效波主要能量分布空间内重构地震剖面,并在重构的地震剖面上进行 SVD 去噪,如果尺度因子选择适当,小波处理则能相对较好地解决信噪比和分辨率的矛盾。

5. 零相位处理技术

具体方法是对一口井的声波测井资料,利用不同相位的子波做合成地震,逐一与井旁地震道进行对比,求取各个记录之间的互相关,相关系数最大时的子波相角,即为地震剖面本身的相位差。对于一个工区,要从现有井出发,先校正过井剖面的相位,再与平面上其它测线作闭合差校正,即可对区内所有测线完成近似零相位处理。

通过上述五项特殊的地震处理技术,结合以往高分辨率处理技术,形成了一套适合苏里格庙地区的、以“三高”为核心的高分辨率处理流程。该处理流程的推广应用,使苏里格庙区的大部分剖面目的层段内幕反射清楚,反射波组关系、振幅能量变化合理,主频达 50~60Hz 左右,频宽大于 2.5 个倍频程。这种高信噪比、高保真度的处理,可为后续岩性反演处理和解释提供可靠的保证。

五、储层地球物理特征

苏里格庙地区上古生界的主要气层是二叠系下石盒子组盒 8 和山西组山 1 的砂岩储集层。

1. 苏里格庙地区盒 8 储层

苏里格庙盒 8 砂岩储集层无论是在岩性方面,还是在物性和含气性方面都与邻区存在明显的差异,使得苏里格庙地区盒 8 砂岩储层的地球物理特征具有其自身的特点。一般石英砂岩声波时差 $230 \sim 260 \mu\text{s}$,密度 $2.3 \sim 2.5 \text{ g/cm}^3$,速度 $3800 \sim 4400 \text{ m/s}$,平均波阻抗 $8800 \sim 11000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$;层内泥岩(泥质含量 $> 80\%$)声波时差 $220 \sim 240 \mu\text{s}$,密度 $2.6 \sim 2.7 \text{ g/cm}^3$,速度 $4200 \sim 4500 \text{ m/s}$,平均波阻抗为 $11000 \sim 12500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$,泥质粉砂岩平均速度 $4550 \sim 4700 \text{ m/s}$,密度 $2.6 \sim 2.65 \text{ g/cm}^3$,波阻抗值 $11800 \sim 12500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。盒 8 含气砂岩主要电性特征为“三低、两高、一大”,即低自然伽马、低密度、低补偿中子,高阻率、高时

差,大幅度自然电位异常。

从以上分析得知,苏里格庙地区盒8渗透性砂岩一般表现为明显低阻抗,但从测井资料分析,盒8段巨厚的砂岩体中,渗透性砂岩厚度不到砂层总厚度的1/4,一般在10m以下。也就是说,低阻抗高渗储层被一些高速的、渗透性较差的砂岩所围。现有的地震资料分辨率无法分辨出其中10m以下的气层。

从盒8段气层厚度与砂层总厚之间的对比关系看,砂岩厚度越大,气层厚度也越大。而相对高阻抗层与山西组顶部暗色泥岩之间的波阻抗差异一般为 $250\sim 350\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$,二者之间可以形成中弱-弱振幅的反射,加之砂层厚度较大,在地震剖面上经过精细对比和解释,可以识别盒8砂岩的总厚度。

2. 苏里格庙地区山1储层

山1段含气砂岩的声波时差 $218\sim 235\mu\text{m/s}$,密度 $2.42\sim 2.5\text{ g/cm}^3$,速度 $4250\sim 4580\text{ m/s}$,平均波阻抗 $10000\sim 11500\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$;山1段地层内泥岩(泥质含量 $>80\%$)声波时差 $227\sim 245\mu\text{m/s}$,密度 $2.57\sim 2.66\text{ g/cm}^3$,速度 $4050\sim 4400\text{ m/s}$,泥岩平均波阻抗 $10400\sim 11700\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$;致密砂岩平均速度 $4550\sim 4830\text{ m/s}$,密度 $2.6\sim 2.68\text{ g/cm}^3$,波阻抗值 $11830\sim 12950\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

山1含气砂岩储层的主要电性特征为“三低、一高、一大、一中”,即低自然伽马、低补偿中子、低密度,高电阻率,大自然电位幅度,中波阻抗。

本区预测的难点在于盒8砂岩中高渗储层厚度和山1砂岩厚度的预测,因此,必须进行目的层段的高分辨率精细反演,才能细致地反映出储层的厚度。通常,在常规剖面上,地震响应模式的建立及模式识别是井位部署时至关重要的技术手段;而对于高渗含气储层的预测,则须从已知井出发,作详细的模型分析,除根据振幅异常及波阻抗剖面作定性解释外,还必须利用AVO技术进行综合预测。

六、储层厚度的预测技术

在经过优选国内外有关储层预测技术和方法基础上,逐步形成了适用于苏里格庙储层厚度的预测技术系列。

1. 储层综合标定技术

(1)测井—地震匹配处理包括声波时差和密度曲线的编辑和校正、测井数据的深时转换及时间域的重采样;

(2)测网内剖面间的振幅调整;

(3)储层反射层位标定。

2. 储层厚度反演技术

地震目标处理的最终目的是解决地层的岩性问题。把高分辨率采集、“三高”处理及后期精细处理的资料,利用各种反演方法转换为能够直观地反映地层岩性以及厚度变化的波阻抗剖面,是实现这一目的唯一的途径。具体做法有:

(1)神经网络地震相分析技术(Stratmagic);

(2)相对波阻抗反演技术(道积分);

(3)合成声波测井技术(SeisLog或G-Log反演);

(4)基于模型的井约束反演技术—Strata;