



渤海湾 油气勘探开发工程 技术论文集 (第九集)

董法昌 主编

中国石化出版社

渤海湾油气勘探开发 工程技术论文集

(第九集)

董法昌 主编

中国石化出版社

图书在版编目(CIP)数据

渤海湾油气勘探开发工程技术论文集. 第九集/董法昌主编.
—北京:中国石化出版社,2004
ISBN 7-80164-602-9

I. 渤… II. 董… III. ①渤海湾-油气勘探-文集
②渤海湾-油田开发-文集 IV. P618.130.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 069111 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail: press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

河北天普润印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

787×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 376 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

定价:36.00 元

《渤海湾油气开发工程技术论文集》

(第九集)

编辑委员会

主 编：董法昌

副 主 编：董贤勇

编委成员：刘效国 杨 柳 刘化丽

顾 问：周长江 刘鸿祥

山东石油学会

海洋勘探开发专业委员会会员单位

(排名不分先后)

胜利石油管理局暨有限公司生产管理部
胜利石油管理局暨有限公司安全环保部
胜利石油管理局暨有限公司勘探事业部
中国石化海上石油工程技术检查处
胜利石油管理局暨有限公司技术检查处
胜利石油管理局海洋钻井公司
胜利油田有限公司海洋石油开发公司
胜利油田有限公司海洋船舶公司
胜利油田有限公司井下作业公司
胜利石油管理局胜利石油化工建设有限公司
胜利油田有限公司物探研究院
胜利油田有限公司地质科学研究院
胜利石油管理局钻井工艺研究院
胜利油田有限公司采油工艺研究院
胜利油田胜利工程设计咨询有限责任公司
石油大学(华东)
中国海洋大学
中国科学院海洋研究所(青岛)
国土资源部海洋地质研究所(青岛)
国家海洋局第一海洋研究所(青岛)

前 言

根据 2003 年 10 月份江西省南昌市会议商定结果,2004 年度“第九次渤海湾浅(滩)海油气勘探开发工程技术研讨会”将由天津石油学会主办。为提高技术研讨会效果,根据前八次研讨会取得的经验,山东石油学会海洋勘探开发专业委员会在与各单位协商的基础上,结合研讨会主题,下发了技术研讨会征文通知,并亲自送到专业委员会各成员单位。本次研讨会内容以油田勘探开发为主,并兼顾其他内容。研讨会主要内容有:

- (1) 浅(滩)海构造运动与油气成藏规律评价
- (2) 海上河流相砂岩油气田精细油藏描述技术研究
- (3) 高温、高压、高油气比潜山油气藏的开发技术研究
- (4) 浅(滩)海稠油开发工艺技术研究
- (5) 海上油田注水开发技术研究
- (6) 海上油田管理技术研究
- (7) 分散稠油单井、井组配套海工工程设计
- (8) 海工工程技术研究
- (9) 浅(滩)海安全环保技术

海洋勘探开发专业委员会挂靠单位胜利油田有限公司海洋石油开发公司领导对此十分重视,积极组织有关人员专门负责论文征集、修改和汇编工作。为提高论文集的技术权威性、学术参考价值和技术研讨会知名度,海洋勘探开发专业委员会通过多方协调,由中国石化出版社正式出版发行该论文集。

该论文集收录了来自 16 个单位的论文 38 篇,论文学科专业涉及范围较广,主要包括油气勘探、油藏描述、测井解释、采油工艺、油水井测试、注水技术、油田管理、工程设计、海工工程、安全环保技术等。在编写过程中,由于时间紧、工作量大、加之自身知识水平有限,存在问题和不足之处在所难免,敬请批评指正。

目 录

油气勘探

- 胜利桩海地震资料处理解释地质效果分析····· 邹东波 冯德永等(1)
- 渤海湾盆地济阳拗陷古潜山油气勘探中地震评价方法····· 韩文功 吴时国等(6)
- 埕岛地区构造体系与成藏机理研究····· 齐陆宁 王优杰(14)
- 垦东地区网毯式油气成藏体系研究····· 付兆辉 李照延等(21)

油藏描述

- 利用地震多属性实现储层参数预测
——以埕岛东斜坡下第三系为例····· 孙希瑞 时丕同等(27)
- 胜利滩海地区馆上段河流相砂体油藏勘探方法····· 冯德永(31)
- 埕岛油田馆上段油藏描述的主要方法····· 赵庆月 李瞬灵等(36)

测井解释

- 埕岛油田馆上段原始含油饱和度解释研究····· 张海娜 许卫国等(41)
- 富台油田车古201块测井解释研究····· 王 真(46)

采油工艺

- 埕岛油田第一口稠油水平井的完井工艺····· 赵元伟 王立军(52)
- 酸化及酸压工艺在埕岛油田古潜山裂缝油藏储层改造中的应用····· 时丕同 孙希瑞等(59)
- 强化工艺技术集成 促成埕南稠油出砂油藏经济开发····· 田小存 孙艺民等(66)
- 飞雁滩滩涂油田大斜度定向井配套采油工艺的研究与应用····· 朱建英 田养林(72)
- 电动潜油螺杆泵在埕岛油田的应用研究····· 陈 俊 曹文江等(81)
- 耐高温潜油电缆 EPDM 绝缘层胶料配方的研制····· 蒋 峰 程向前等(87)

油水井测试

- 毛细管测压技术国产化研究及推广应用····· 李常友 申 强等(91)
- 超完善井情况下三重介质试井解释模型求解方法研究····· 王子胜 姚 军(98)

注水技术

- 桩106地区河流相砂岩体分层注水开发实践及认识····· 牟学益 李克忠等(103)
- 埕岛油田注水系统参数优化方法的研究及实施方案····· 董贤勇 梁立民等(108)
- 埕岛油田注水管道补偿技术的应用····· 董贤勇 孙富旺等(117)

中心一号平台污水处理及注水工艺技术·····	孙富旺	谢可用等(122)
埕岛中心二号注海水系统检测自动化改造·····	董贤勇	王绍忠等(131)
中心二号平台压力斜板沉降罐泥砂去除效率降低原因分析与改造效果·····	孙富旺	刘兴奎等(137)

油田管理

浅谈埕岛油田海上平台配电自动化系统·····	徐爱民(143)
数字化油田在海上平台的建设及前景展望·····	王柏森(148)
油田生产中流量仪表的选用·····	郭富禄 李峰等(156)

工程设计

加固地基土对导管架海洋平台减振的研究·····	王腾 冯秀丽等(162)
导管架平台倾斜受力浅析·····	赵红芬(167)
海底管道稳定性分析评价·····	宋玉鹏 孙永福(172)
胜利海上采油轮增设油气分离装置的探讨·····	李广军 李卓等(177)
海底管道检测器投放、回收装置的方案设计·····	史永晋(181)
采用模块化设计提高经济效益·····	孙慧(185)
海底管线静动力分析与损伤机理研究·····	王海涛 文世鹏等(190)

海工工程

浅析海底管线膨胀弯的设置·····	邵怀海(197)
埕岛油田浅(滩)海海底管道施工技术探讨·····	丁长松(204)
RM-1型海洋腐蚀检测机器人·····	孙虎元 孙立娟等(210)

安全环保

海上设施常用风险评估技术及风险管理·····	李强(214)
浅谈如何在滩海石油工程建设中建立HSE管理体系·····	李军 李燕(223)

胜利桩海地震资料处理解释地质效果分析

邹东波^① 冯德永 吴时国 刘刚 徐梅

(胜利油田有限公司物探研究院)

摘要 胜利油区主要探区已基本实现三维地震资料覆盖,但多为历年积累的小区块三维,不利于探区的整体评价和认识。本文系统地分析了胜利桩海地区三维地震资料大连片处理的地质效果,认为其具有资料的信噪比高、分辨率较高、拼接自然、所反映区域构造合理、断裂系统较清晰、超覆与尖灭等地质现象清楚等优点。连片处理资料消除了区块边界效应,有利于构造整体评价,有利于区域沉积相的系统研究,并可节省大量再次采集资金。

关键词 连片处理 边界效应 信噪比 分辨率 地质效果 桩海地区

1 引言

桩海地区位于东营市东北部,地表条件为陆地、滩海过渡带、极浅海、浅海。从南向北和从西向东由陆地逐步过渡到海洋。区内芦苇塘、水库、沟河、沼泽、盐池、养虾池、树林、稻田、管线、井台、矿区、村庄遍布,老黄河入海口位于该区,黄河几经改道,使地表条件更为复杂。拦海大堤横穿全区。区内潮沟较多,潮间带潮汐变化大,海滩部分地表多为淤泥,水深0~20m。

区域构造上,桩海地区位于郯庐大断裂的西侧,处于渤中拗陷、济阳拗陷、埕子口凸起与渤南凸起的交汇处,形成以4个正向构造带(埕子口凸起、埕北低凸起、渤南凸起、长堤低潜山带)与5个负向构造带(沙南——渤中凹陷、埕北凹陷、桩东凹陷、车镇凹陷、沾化凹陷)凸凹相间的构造格局。埕北凹陷和桩东凹陷等凹(洼)陷新生界埋藏深,生油岩厚度大,生烃能力强,为该区成藏提供了充足的油源;潜山、凹(洼)陷相间的构造格局使本区具有多层系、多油气藏类型的复式油气藏特点。因此,本区是胜利油区最有勘探潜力的地区之一。

2 连片处理目的

根据各阶段的勘探部署,桩海地区三维地震资料由历年施工的近40块资料组成。本次连片处理的范围包括由孤东59等18块陆地三维和海港东等5块海上三维共23块组成,处理资料面积达1500km²,是目前全国一次连片面积最大的三维地震资料。由于每块三维面积小、测线短、两端资料可靠性差,资料结合部分反射不闭合,且普遍存在以下问题:

(1)明显的边界效应,如按连片内9块三维统计,一次覆盖面积是830.41km²,满覆盖

^① 邹东波,工程师,1993年毕业于西北大学地质系,现从事地震资料解释及综合研究工作。通讯地址:山东省东营市牛庄镇胜利油田有限公司物探研究院研究所。

面积 656.39km²，未覆盖面积占一次覆盖的 21%，再考虑偏移因素的影响，该连片范围内老资料的边界效应可能占到一次覆盖面积的 25%左右。

(2) 小三维地震资料不能满足深层构造成像条件的要求，区域构造情况反映不全，如，埕北 35 块三维面积仅为 23.9km²，要对该构造整体研究是无能为力的。

(3) 成果剖面频率差异大，如，胜海东、埕岛南、埕岛北三维资料的有效波主频在 2s 以内为 55Hz 左右，而埕北 35、埕北 35 东、埕北 35 北三维资料有效波主频在同时间段内为 40Hz 左右。

(4) 野外采集方式不同引起的能量不一致等。野外采集方式不同包括震源激发方式(组合气枪、水中炸药、炸药)、覆盖次数(16 次、24 次、36 次、48 次)、CMP 面元网格(12.5m × 50m、25m × 50m、25m × 100m)等(表 1)。

表 1 桩海地区野外采集参数表

区块名称	CDP 网格	覆盖次数	满次面积/km ²	仪器型号	接收道数	施工队号	施工日期
呈北 35	25 × 100	16	23.91	TELSEIS	96	渤海 232	1992.09 ~ 1992.11
埕北 35 井东	25 × 100	16	33.56	TELSEIS	96	渤海 232	1993.04 ~ 1993.07
桩 18	25 × 100	16	60.56	TELSEIS	96	渤海 232	1992.04 ~ 1992.08
桩西埕岛	25 × 100	20	36.94	MARIASEIS	120	236	1993.03 ~ 1993.08
埕北 6 北	12.5 × 50	48	111.3	DFS - V	96	516	1994.04 ~ 1994.10
埕北 35 北	12.5 × 50	48	56.96	DFS - V DIGISEIS	96	516 2299	1994.04 ~ 1994.10
埕北 6 东	25 × 50	20	51.1	DIGISEIS	120	240	1994.04 ~ 1994.11
埕北 6 西	25 × 50	20	51.1	OPSEIS	120	2205	1994.04 ~ 1994.11
埕岛南	25 × 50	24	54.36	DIGISEIS	96	515	1989.04 ~ 1990.09
海港东	12.5 × 50	36	59.64	DFS - V DIGISEIS	72	516 2299	1994.04 ~ 1994.10
胜海东	12.5 × 50	48	96.6	GDR1000	96	511	1994.04 ~ 1994.10
埕北 28	12.5 × 25	48	200.4	GDR1000	96	511	1993.08 ~ 1993.12
埕岛北西	12.5 × 25	36	125.47	DFS - V	72	516	1989.04 ~ 1991.06

显然，小区块的老资料已不能适应目前勘探和开发形势的需要，采用新技术的连片处理势在必行。从地质上讲，进一步落实构造问题是本次连片的主要目的。因此，要求连片处理后的资料全区地质现象清楚、构造合理，资料的信噪比和分辨率较高，中深层资料品质较好，断裂系统清楚，资料边界拼接效果好，陆地、滩海、海上资料过渡自然；消除边界效应，提高小面积三维资料解决地质问题的可信度；区域构造整体评价合理、大断层清楚、古潜山内幕有较好反映；区域沉积能够统一认识，有利于对储层发育进行综合分析。

3 连片资料评价

对桩海地区各区块原始资料观测系统、覆盖次数、网格大小、施工方向、频率、相位、极性、区块时差、资料品质等差异给连片处理所带来的影响进行了分析。应用 CDP 网格一致性、振幅能量相位一致性、去噪、提高分辨率、面元均化、剩余静校正、全三维 DMO、全三维频率空间域内插、多类型偏移及其组合偏移等技术，结合区内井位钻探情况、构造形态以及中间处理成果，在全面质量监控方针的指导下，对桩海三维成功地进行了连片处理。

3.1 信噪比和分辨率较高

第三系，特别是 2500ms 以上地层的分辨率较高、同相轴光滑、连续性好、地层接触关

系明显，信噪比和分辨率的搭配比较合理(图 1)，既保证了浅层的分辨率，又保证了深层资料的信噪比，使构造成像更为准确。深层资料有了较明显的改善。潜山内幕反射也较连片处理前的资料清楚。

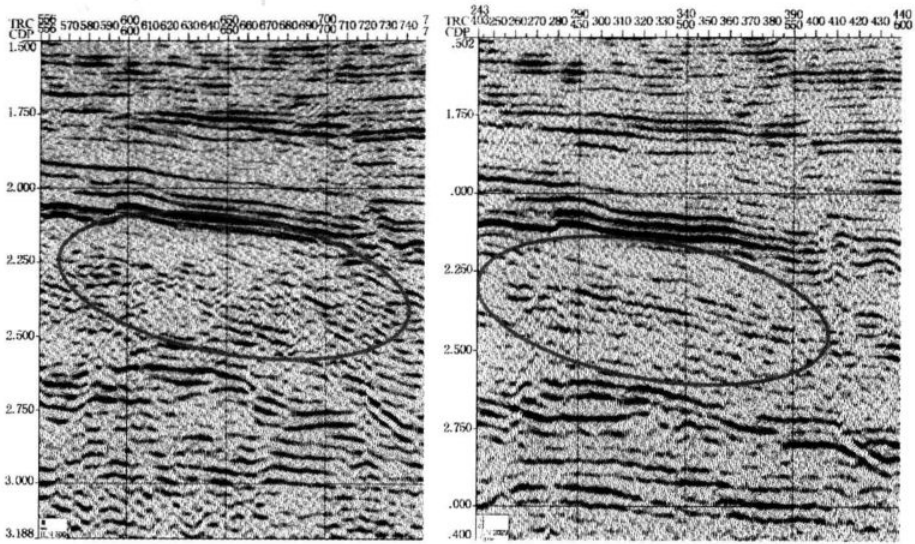


图 1 连片处理前(左)后(右)的桩海三维资料片段

3.2 区域构造合理

连片后的剖面南北长 40km、东西宽 30km 以上。每一条剖面均跨越了不同的构造单元。从整体资料效果看，全区地层丰富、各目的层齐全，具有较好的信噪比和连续性。构造成像清楚，能较好地反映区域构造变化情况。从浅到深分布着上第三系、下第三系、前第三系的地层，构造合理， T_0 、 T_1 、 T_2 、 T_6 、 T_r 等标准反射层均能够有效追踪。

3.3 断裂系统清楚

桩海地区广泛分布着埕北、埕东-渤南、长堤、桩南等大断层，构造形态十分复杂。连片剖面上可以看到断裂系统比较清楚，较老剖面有了较大的改善(图 2)，特别是深层的断裂

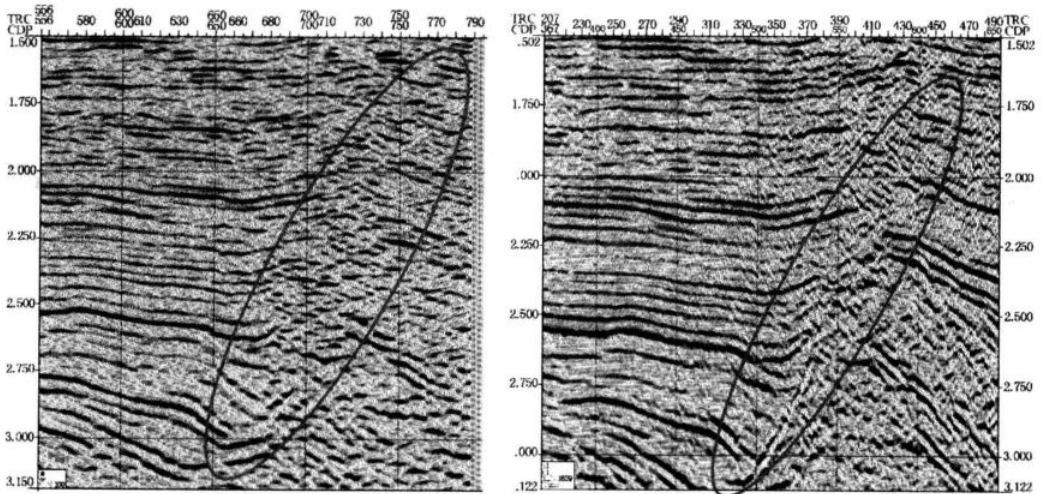


图 2 连片处理前(左)后(右)的桩海三维资料片段

系统成像效果很好，其断点干脆，真实的反映了该区的断裂系统。

3.4 资料拼接自然

剖面中陆地、滩海、海上资料过渡自然，相位极性一致性好，频率、能量匹配，资料的品质有了一定程度的改善，综合拼接连片处理效果较好(图 3)。

3.5 地质现象清楚

本区范围较大，构造部位特殊，断裂复杂，层系众多，且发育多种特殊地质现象，连片后的三维资料中地层的超覆、尖灭、不整合等地质现象清楚，有利于区域上对火成岩、河道砂、生物礁等隐蔽性储集体的整体认识评价。

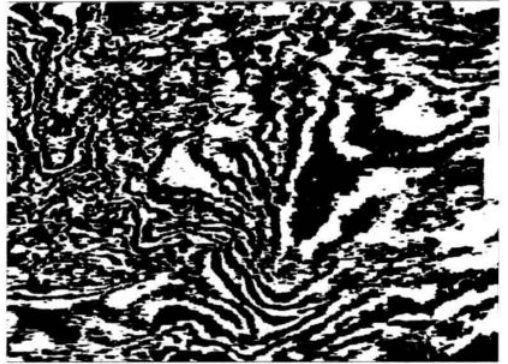


图 3 桩海连片三维 3000ms 水平切片

4 资料应用效果

桩海连片资料克服了以往局部小三维资料带来的边界效应，为该区整体构造研究和储层评价创造了有利条件。

前已述及，桩海地区是胜利油区近期的重要勘探目标和方向，但受各小块三维的限制，难以揭示其区域上的“庐山真面目”，制约了该区的勘探进程。连片资料克服了上述困难，为进一步的区域构造研究提供了支持。

首先，连片资料帮助我们发现了桩西潜山与埕岛潜山之间新的断块潜山带(图 4)。该潜山带是埕北 30 潜山的低台阶潜山，具有与埕北 30 潜山相类似的成藏条件；同时，该区的上第三系、下第三系也具有较大的勘探潜力。通过整体评价，部署了桩古斜 47、桩海 10、埕北 306、埕北 305 等一批重点探井。其中桩海 10 井钻探过程中在沙一段、中生界、下古生界均见到良好油气显示，在奥陶系中途测试折算日产油 252t；桩古斜 47 井钻遇中生界油层 1 层 24.1m，钻遇古生界 II 类渗透层 5 层 8.2m、III 类渗透层 24 层 111.1m，两次中途测试分别折算日产油 49.3t 和 32.7t；埕北 306 井完钻井深 4399.1m，下古生界 10mm 油嘴获日产油 216m³、日产天然气 14200m³ 的高产工业油气流，沙河街组 3338.5~3357.9m 井段(油层 2 层 8.5m，6mm 油嘴试油，油压 2.5MPa)日产油 67.3m³、天然气 1911m³，沙河街组 3239.4~3256.1m 井段(油层 1 层 16.7m，8mm 油嘴试油，油压 2.0MPa)日产油 97.6m³、天然气 3014m³。这些井的钻探成功，进一步证实了桩海地区较大的勘探潜力。初步评价该区带具有 5000 × 10⁴t 以上的储量规模。

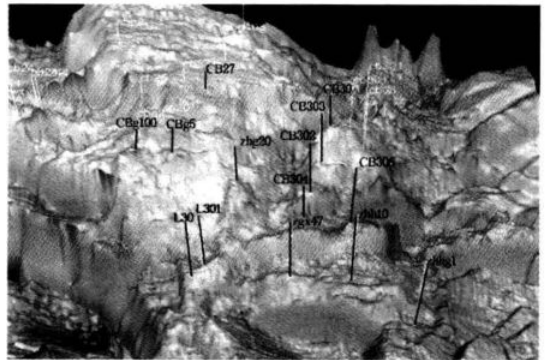


图 4 桩海三维解释的古生界顶面构造立体图

另外，通过对桩海三维连片处理地震资料的初步解释及综合研究取得了以下认识，埕北 30 潜山的规模得到了确认；基本明确了埕北 32 井区的储量规模；桩西埕岛之间的关系有了进一步的落实；新发现落实圈闭 25 个，已设计探井位 18 口，预测有利含油面积

20km²、石油地质储量 3200 × 10⁴t；预测有利圈闭 12 个，远景有利含油面积 25km²、石油地质储量 8000 × 10⁴t。

5 结论

桩海三维连片克服了“邮票式”小三维所造成的构造边界不清的缺点，有利于构造整体评价，有利于区域沉积相的系统认识。有理由相信，随着解释及综合研究工作的不断深入，桩海地区一定会发现更多有利勘探目标，进一步展示出大连片三维地震资料的优越性与巨大勘探效益。

致谢：在成文过程中胜利油田物探研究院付谨平提供了许多指导和帮助，特致谢意。

参 考 文 献

- 1 谭明友，冯德永，邹东波．埕岛油田勘探历程及勘探技术．渤海湾油气勘探开发工程技术论文集(第六集)．北京：中国石化出版社，2001
- 2 徐辉．胜利滩浅海低信噪比地震资料连片处理技术研究．渤海湾油气勘探开发工程技术论文集(第八集)．北京：中国石化出版社，2003

渤海湾盆地济阳拗陷古潜山油气勘探中地震评价方法

韩文功^① 吴时国 王 军

(胜利油田有限公司物探研究院)

摘 要 济阳拗陷是渤海湾盆地中重要的含油气聚集区,不仅在第三系含有丰富的油气,而且在前第三系潜山中发现大量的古潜山油气田,潜山油气藏已逐渐成为重要的勘探目标。受潜山埋藏较深、储层横向变化大、地震资料品质较差等因素的影响,潜山的构造落实和储层预测难度很大。针对极为复杂的潜山构造,采用了重力-地震联合解释技术、前第三系精细的地层速度分析、潜山内幕反射层的标定,以及变速成图技术。为揭示潜山储层地球物理特征,开展岩石物性参数和地震特征和地震正演模拟技术研究,并指出测井约束反演、吸收系数、地震相分类、相干分析等地震方法在评价潜山储层方面具有良好的应用效果。

主题词 潜山 地震构造解释 储层地震预测 渤海湾盆地

1 引言

渤海湾盆地是中国东部中、新生代裂陷或走滑伸展盆地,蕴藏着丰富的油气。济阳拗陷是渤海湾盆地的一个重要油气富集区(图1),不仅在新生代地层中发现大量的油气聚集,在前第三系地层中也存在着丰富的潜山油气藏,并且已逐渐成为十分重要的勘探目标。潜山储层横向变化大,埋藏较深,地震资料品质较差等因素的影响,往往难以识别,如何识别潜山内幕构造和储层的地球物理特性,是油气勘探中理论和实践的需要。

潜山油气藏是指年轻的沉积层生成的油气在潜山圈闭中聚集。渤海湾盆地中潜山油气藏构造复杂,储层横向变化大,埋藏较深,地震资料品质较差等因素的影响,潜山往往难以识别,预测难度很大。为此,应用重力、地震联合反演,精细层位标定、变速成图等技术精细地刻画潜山内幕构造;在对岩石物性参数及储层发育特征分析的基础上,利用地震正演技术搭起了地质与地震之间的桥梁,探索应用测井约束反演、吸收系数、地震相分类、相干分析等技术对潜山进行预测。在潜山构造演化和预测潜山储层裂缝方面,取得了良好的效果。

2 潜山构造解释技术

2.1 重力、地震联合分析技术

重震联合反演技术被广泛应用于渤海湾盆地复杂构造和深层构造研究中。本次主要应用重力、地震联合落实潜山分布。技术思路即在重力差值趋势面场源分离的基础上,以分布独立的断裂系统为构造单元,提取地震剖面目标层系界面深度和其对应的重力异常信息,建立

^① 韩文功,教授级高级工程师,1983年毕业于武汉地质学院石油地质专业,长期从事油气地质和地球物理技术研究与管理,现任胜利油田有限公司物探研究院院长。通讯地址:山东省东营市北一路210号物探研究院。

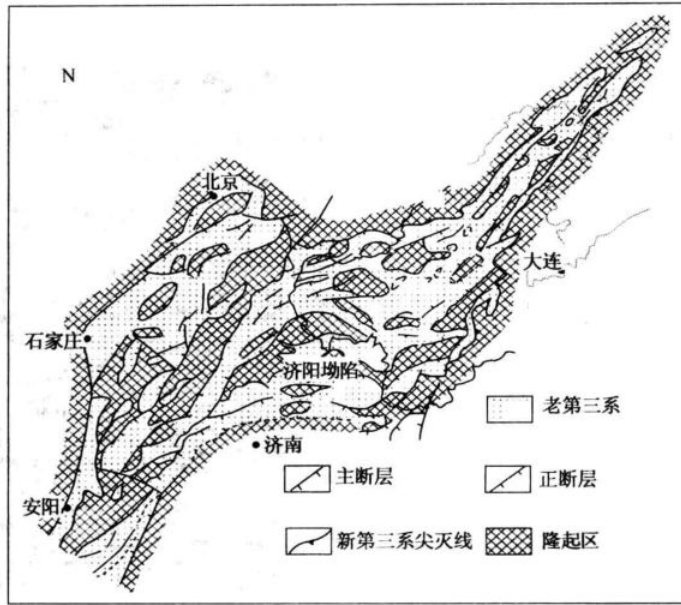


图1 渤海湾盆地构造区划及研究区位置

重力二元复合逆函数，从而实现重力、地震平面统计推断联合反演，得到目标层位构造图。

非地震技术可作为地震技术的重要补充手段，并发挥其独特的作用。通过对油田重力资料的重新处理，在落实车镇北带、东营凹陷北斜坡及桩海地区潜山构造上，发挥了积极作用。在埕南断裂带下降盘共落实潜山构造 10 个，其中 3 个潜山构造是利用重震联合反演新发现的。这些潜山构造沿埕南断层整带断续分布，有利圈闭面积 90km^2 ，预测资源量 $1.5 \times 10^8\text{t}$ 。

2.2 前第三系地层层速度分析

济阳拗陷前第三纪的构造沉积演化同渤海湾盆地相似，在前震旦系变质基底之上沉积了寒武系、奥陶系海相碳酸盐岩层序，石炭二叠系海陆交互碳酸盐岩及含煤碎屑岩层序；侏罗-第三系陆相碎屑岩层序。但缺失震旦系、上奥陶-下石炭统及三叠系。由于各套地层在不同区块的发育厚度及遭受风化剥蚀的程度不一样，因此不同区块不同地层的密度、孔隙度等岩石物性参数，以及地震波的传播速度等地球物理参数也不尽相同。

用层段加权法来计算地层速度，具有独特的优越性，避免人为因素造成误差积累，使得研究的精度明显提高。经统计分析计算，获得以下层速度：白垩系为 4200m/s ，侏罗系为 4000m/s ，上古生界为 4400m/s ，下古生界为 5750m/s 。

2.3 潜山内幕反射特征的研究及精细层位标定

古潜山不同系组之间的地层结构、岩石组分有所不同，因而其岩石物性参数也就有着一定的差别，即使在同一系、组之中，由于裂缝的发育和欠发育也会引起岩石物性参数的差异。根据华北地台相对稳定的特点，寒武-奥陶系厚度在 1500m 左右，在地震上古生界的顶底分别表现为 T_{g1} 、 T_{g2} 两组强波， T_{g1} 、 T_{g2} 之间大约为 400ms 。从车古 201、202、203 井分析，下古生界岩性主要为灰岩及白云岩，内部反射系数一般小于 0.08，只有寒武系毛庄组顶为 0.17，由于没有强的反射界面，在 T_{g1} 、 T_{g2} 之间主要为弱的地震反射(图 2)。

在负极性剖面上， T_{g1} 波组中最下面一个强反射相位对应八陡组上部的反射，接近下古生界的顶。 T_{g2} 波组中最下面一个强反射相位对应馒头组页岩顶的反射，与前震旦顶比较近

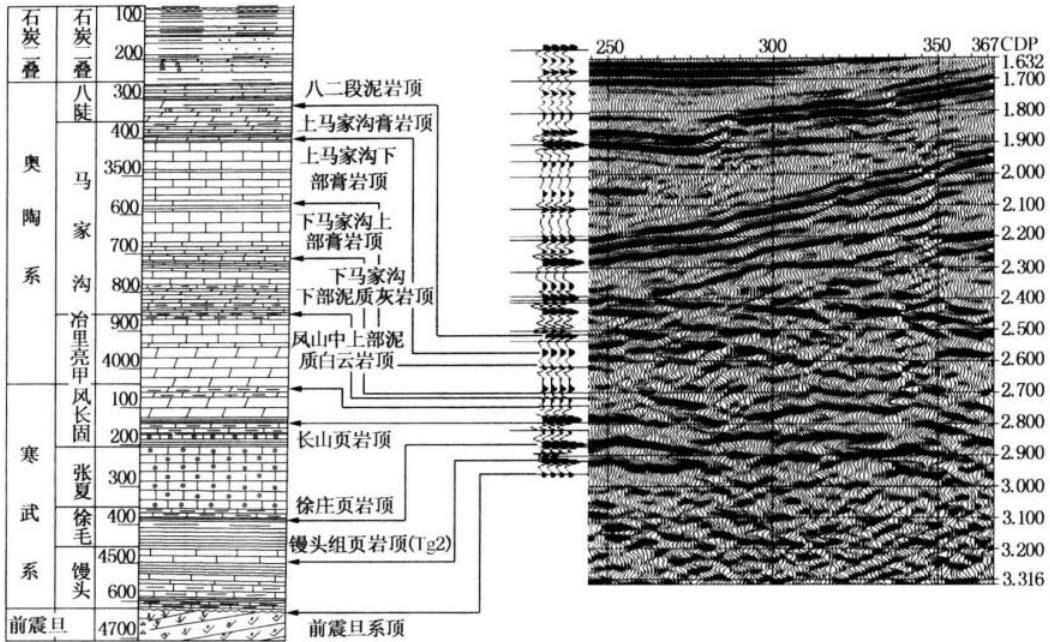


图2 潜山内幕地震反射的精细层位标定(车3井)

(120m), 可以基本反映前震旦顶的构造形态, 要反映前震旦系的真实深度还需做深度校正。在频率大于 10Hz 的剖面上, 八陡组二段上部的反射与馒头组页岩顶的反射之间的时差为 400ms。从层位标定结果来看, 下古生界在车 3 地震剖面上共有 9 个反射同相轴(图 2)。

2.4 变速成图技术

地震正演技术搭起了地质与地震之间沟通的桥梁, 从深度到时间模型是一个正演过程。地震正演模型是在速度分析的基础上, 利用地质、测井、钻井等信息建立地质模型来模拟地震响应。首先调整符合解释的深度层位, 产生一个深度模型, 然后产生合成地震与实际地震进行比较。目前潜山一般埋藏较深, 受到上覆地层或断层的影响, 产生不同的地震响应。通过正演模拟技术, 可以检验地震资料的地质解释是否合理, 是否客观地反映地下地质情况。

针对济阳坳陷不同的潜山发育的地质特征, 我们设计了 3 种不同的模型, 来验证不同潜山受“速度陷阱”的影响程度, 并进一步指导合理的地震解释。这三种模型分别是: ①潜山上覆厚度不均一的高速层的正演模拟; ②断层两盘为不同速度的地层的正演模拟; ③受断层影响潜山地层厚度不一致的正演模拟。

由于潜山多为剥蚀程度强、埋深差别较大的大型不整合面, 平均速度在各个点上都是不相同的, 另外潜山内幕油藏的构造受内幕断层的影响, 地层厚度也发生变化。因此, 用同一速度进行潜山顶部及其内幕构造的描述工作是不可行的, 只有通过地震速度的分析, 利用变速成图技术, 才能真正做到对潜山油藏的精细描述, 为潜山分析提供可靠的构造模型。

要生成潜山面的速度场, 利用声波测井地震资料来求取平均速度是一种实用、有效的方法。因为声波测井曲线 $\tau_{(h)}$ 是一已知的曲线, 则潜山面上埋深为 H_m 的点的平均速度为:

$$v_{av \cdot H} = H / \int_0^H \tau_{(h)} dh$$

潜山面平均速度场与潜山面的等 TO 图在人机联作工作站上进行叠加, 就得到了经变速

时深转换的潜山面构造图。在车古 201 井区奥陶系顶面构造图上通过用 12 口已知井的实钻深度与计算深度对比分析,最大绝对误差为 30m。如车古 20 潜山,经精细描述后,潜山的圈闭面积达 18.8km²,校正前增加了 12km²,圈闭资源量 2400 × 10⁴t。

3 潜山储层地球物理特征

3.1 岩石物性参数分析及地震特征建立

古潜山储层岩石物性参数因裂缝的发育、溶蚀等因素造成岩石的各向异性。通过多实际岩心模拟地下温压条件进行测试得到以下几点认识:①裂缝段经历原始裂缝闭合期、弹性变形期、破碎期三个时期,而致密段仅经历弹性变形期和破碎期两个时期;②裂缝段在低压下就容易破碎;③非储层段纵波速度 6200 ~ 6400m/s,储集层段纵波速度 5500 ~ 5800m/s,即储集层发育时,降低 600 ~ 700m/s 左右,约 10%;④非储层段 $V_p/V_s = 1.9 \sim 2.0$,储集层段 $V_p/V_s = 1.8$,说明以垂直裂缝为主的储层的横波速度降低幅度比纵波小。可以用纵波信息预测储集体发育;⑤纵波传播速度、品质因素、振幅与主频和裂缝张开度的关系。裂缝张开度越大,说明裂缝强度高,渗透性好,导通性好,裂缝张开度小,则闭合性强,渗透性差。随着张开度减小量的增加(张开度变小)纵波的主频、振幅、品质因素都是增加的,因此,利用这些属性参数的变化可检测或反演裂缝发育的强度。

3.2 地震正演模拟技术

地质研究与地震分析需要紧密结合才能达到有效综合评价的目的,而其中的桥梁就是合成记录。但合成记录仅仅是在井点位置做局部的分析及外推,而要全面了解储集体的空间发育展布特征,还需要以岩石物性参数为基础,建立准确的地质模型,通过模拟野外地震记录的形成流程,正演出地震模型的地震记录,从而确立储集体的地震特征。

实际模型中根据下古生界地层平均速度结构设计了八陡马家沟、冶里亮甲山、凤山、长山崮山张夏、徐庄、毛庄、馒头组等多套地层组合,赋予实际测井所得速度,同时还设计了潜山顶部分风化壳及潜山内幕水平溶蚀层及部分淋滤缝洞,达到地表岩溶、渗流岩溶、潜流岩溶带的三统一。

经过数值模拟后得到如下储集体地震特征认识:在潜山顶面风化壳发育的部位,反射波能量变弱;无风化壳或不发育部位,反射波能量强。当潜山顶面低速风化层变厚时,顶面反射波同相轴增多,为多个弱反射。无风化壳或不发育部位,为单个强反射。潜山风化壳及潜山内幕储集层都表现为低频反射特征。潜山内幕储集体发育区为强反射,反射杂乱,同相轴连续性差。

4 储层地震预测方法

地震波的层速度与地层岩石的密度、孔隙度、流体性质有密切关系,地震反射的振幅、频率、相位、积分能谱、时频能量等特征也反映了地下不同的介质响应信息。研究表明,裂缝的张开度不同,对地震波传播速度和波的振幅、频率、衰减因子的影响也不同。振幅对裂缝张开度的变化最敏感,其相对变化率可达 1400%;衰减因子可达 70%;主频率达 50%;速度的相对变化率最小,只有 5%。正演模拟也表明,在裂缝发育带,反射波能量变弱,这说明用地震波动力学信息研究储层裂缝比运动学信息更有利。在对埕北 30、车古 201 等潜山油层进行精细构造解释的基础上,应用以地震波动力学信息为基础的测井约束反演、吸收系数、地震相分类、相干分析等技术,取得了较好的储层预测效果。