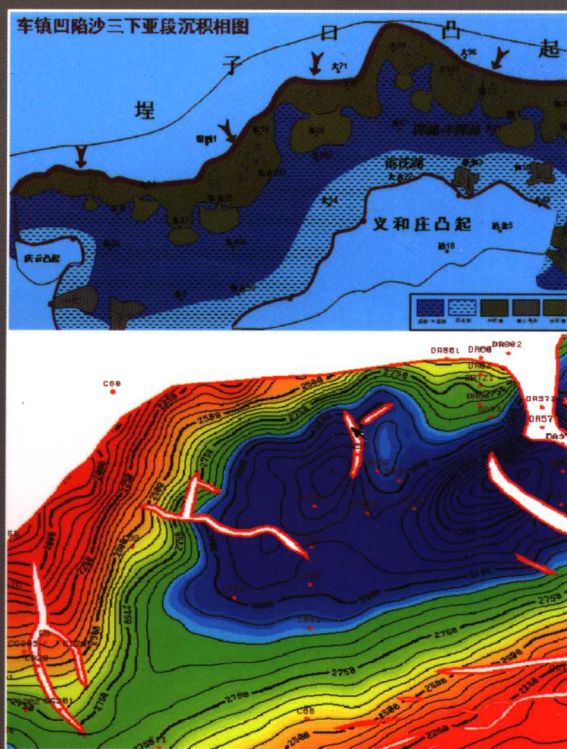


砂砾岩体储层 预测技术

——以济阳坳陷车镇凹陷大王北
西次洼为例

■ 王鑫 著



中国石油大学出版社



砂砾岩体储层 预测技术

——以济阳坳陷车镇凹陷大王北
西次洼为例

■ 王 鑫 著

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

砂砾岩体储层预测技术:以济阳坳陷车镇凹陷大王北
西次洼为例/王鑫著. —东营:中国石油大学出版社,
2007.7

ISBN 978-7-5636-2445-4

I. 砂… II. 王… III. 储集层—预测技术—济阳县
IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 108686 号

书 名:砂砾岩体储层预测技术
作 者:王 鑫

责任编辑:李 锋(电话 0546—8392791)
封面设计:王凌波

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)
网 址:<http://www.uppbook.com.cn>
电子信箱:shiyoujiaoyu@126.com
排 版 者:中国石油大学出版社排版中心
印 刷 者:青岛星球印刷有限公司
发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8392791,8391797)
开 本:180×235 印张:6.875 字数:168 千字 插页:7
版 次:2007 年 8 月第 1 版第 1 次印刷
定 价:28.00 元

前言

Preface

济阳坳陷车镇凹陷为古近系发育的北陡南缓的箕状断陷盆地,其北部陡坡带广泛发育低位域的砂砾岩体。随着车 66 井的成功钻探,揭示了该区砂砾岩体具有较好的成藏条件,显现了巨大的勘探潜力。但由于沙三、沙四段深层砂砾岩储层纵向、横向变化较大,且砂砾岩储层层内、层间及平面上物性差异大,储集空间多以孔隙-裂缝型或裂缝型为主,表现为储层非均质性严重,储层的物性控制了砂砾岩体油藏的产能。因此,寻找砂砾岩体储层发育带是车镇北带砂砾岩体勘探成功的关键,而目前常规储层预测技术对该类砂砾岩体储层发育带、特别是裂缝发育区预测的精度低,不能很好地对其进行描述和追踪,故这类储层的预测比较困难,还没有形成一套适合于砂砾岩体的储层预测方法。

为此本书选择车镇凹陷大王北西次洼陷为试验靶区,进行砂砾岩体储层预测技术研究。首先从砂砾岩体沉积规律研究现状出发,以现有地震资料为基础,综合运用石油地质学、构造地质学、沉积学、地球物理学理论和方法对砂砾岩体类型及成因、储层特征、分布规律及控制因素、地震反射特征、测井曲线响应进行了深入研究,探索砂砾岩体的地质、地震、测井综合预测和识别方法,并对砂砾岩体空间展布特征进行了描述,对研究区内的有利目标区带进行了优选和评价,取得了以下新的认识和成果:

1) 首先对研究区的区域构造特征、沉积特征、地层-沉积特征以及砂砾岩体的储层特征进行了深入的研究。发现该区砂砾岩体油气藏纵向上由南向北层层退积,具有多期次叠置的特点,呈互层状包裹于沙三段的油泥岩之中,平面上自西向东形成了三个沉积中心区。西部车古 20 井区以砂砾岩沉积为主;中央洼陷带具油泥岩、油页岩、砂砾岩互层沉积的特点;南部缓坡带岩性以碳酸盐岩沉积为主。目的层段沉积了多种类型的储集体,具异常储集空间,即双重孔隙介质——裂缝、孔隙发育,埋深一般在 3 500 m 以下。

2) 书中根据砂砾岩扇体的形成过程,将其分为冲积扇、近岸水下扇、扇三角洲和滑塌浊积扇四大主要类型。通过正演模型技术对砂砾岩扇体的地震反射特征、沉积旋回以及沉积亚相进行了研究。

3) 利用保幅叠前时间偏移处理技术为后续的储层预测提供了高质量的叠前保幅资料,形成了 1 个叠前保幅处理纯波数据体、5 个方位角纯波数据体、3 个入射角纯波数据体。通过频谱成像技术和拟声波阻抗反演技术的结合,准确刻画了储集体纵向变化及横向变化的空间形态特征,提高了地震储层预测的纵向和横向分辨率,构建高精度的储层模型。

4) 利用地震成像的吸收衰减的梯度属性及叠前弹性波阻抗反演技术得到的泊松比属性,从储层中寻找引起地震高衰减和低泊松比储层(碎屑岩、碳酸盐岩等),并将其定义为有利储层,这类储层往往就是物性较好的含油气储层,以此对储集体内部的流体发育特征进行精确分析与判断,通过验证取得了较好的效果。

5) 在叠前保幅处理的基础上采用叠前地震弹性参数反演技术、应力场数值模拟技术预测裂缝分布。通过建立裂缝储层地质模型、裂缝储层地震波各向异性的地震属性响应以及地震属性参数(方位角的 AVO、频率、瞬时频率)的提取,确定裂缝方向及密度空间分布规律。

6) 在上述研究的基础上,对该区砂砾岩体的展布特征和物源方向进行了分析和确定,在平面上划分了有利的储集空间发育区,形成了一套适用于该区储层预测、流体检测、有效储层综合评价的配套技术,提高了大王北西次洼陷砂砾岩体描述精度,共描述有利砂砾岩体发育带 100 km^2 ,预测 2 个有利区的砂砾岩体 72 km^2 ,圈闭资源量 $6\,000 \times 10^4 \text{ t}$,提供井位 6 口,完钻 3 口且都解释为油层或获得工业油流。该技术在车镇凹陷北部陡坡带砂砾岩体的识别和储层预测方面具有推广价值,以期提高勘探成功率。

本书得到了导师李幼铭研究员的精心指导,还得到了胜利油田张善文副经理、韩文功副总地质师的大力帮助和支持,胜利油田宋明水、刘成斋、刘富贵、杨泽荣、苏朝光等领导和同仁给予了热情关心,书中的部分结果由美国 EPT 公司完成。在此,一并表示感谢。

书中的不足和错误,敬请读者指正。

作 者

2007 年 3 月



PREFACE

Chezhen Sag in Jiyang Depression is a dustpan-shaped fault basin of Palaeogene system, at north part with abrupt slope of which there are widely growing low water level glutenite bodies. The successful drilling of well Che66 reveals fine reservoir and large exploration potentiality in these glutenite bodies. However, the production of glutenite bodies reservoir is restricted by severe reservoir heterogeneity because of large vertical and lateral variations in deep glutenite reservoirs of Sha3 and Sha4 formations, obvious physical property difference and abundant pore or fracture space in glutenite reservoirs. The key of successful exploration of glutenite in Chezhen north part is seeking growth area of glutenite reservoirs. Up to now, the ordinary technologies of reservoir prediction have lower precision when applied to such area, especially to fracture growth area. It is difficult for us to do reservoir characterization and prediction being short of suitable reservoir prediction methods.

In this book, the north Dawang low-lying area in Chezhen Sag is selected to be a test area for the research of glutenite reservoir prediction. First of all, sedimentary laws of glutenite body are studied on the base of seismic data. Then the detailed research is made on glutenite in types, origin, reservoir characters, distribution, controlling factors, characters of seismic reflection and well logging by means of the synthesized theory of petroleum geology, structural geology, sedimentology, and geophysics, in search of composite glutenite predicting and discriminating methods. Through using such methods, the space distribution of glutenite body is described and the favorable area is evaluated. There are six aspects of realization and results in this book.

First, through detailed study of structural characters, formation sedimentary characters, formation types and glutenite reservoir characters in test area, the glutenite reservoir is founded to have vertical prograding sequence from south to north, superimposed characters and be interbedding-packed in oil sludge rock of Sha3 formations. Three central sedimentary areas are formed from west to east in plane. The west area of well Chegou20 is mainly deposited by glutenite. The low-lying area is deposited by interbedded oil sludge rock, oil shale and glutenite. The south area with ramp is deposited mainly by carbonatite. The interval of interest is deposited by several kinds of

reservoir, abnormal reservoir space such as double pore media and fracture below 3 500 meters.

Second, according to its formatting process, glutenite segment is divided into alluvial fan, submarine fan near to the shore, fan delta, and slump turbidite fan. The study is applied to seismic reflection, depositional cycle and subface by forward modeling.

Third, prestack seismic data with high quality, including one prestack amplitude-preserving pure wave data volume, five azimuth pure wave data volumes and three incidence angle pure wave data volumes, are provided by amplitude-preserving prestack time migration for next reservoir prediction. With the combination of spectrum imaging technique and pseudo-acoustic impedance technique, the vertically and laterally varied characters of reservoir are described precisely and vertical and lateral resolution of seismic reservoir prediction are improved to build reservoir models of high precision.

Fourth, Poisson ratio attribution, computed by gradient absorption of seismic imaging and prestack elastic impedance inversion technique, is used for searching reservoirs causing seismic high attenuation and low Poisson ratio. These reservoirs, defined as favorable reservoirs, are usually hydrocarbon-bearing reservoirs (clastic rock, carbonatite, etc.) with fine physical property. Results are obtained by test in analyzing and judging the characters of fluid in these reservoirs.

Fifth, on the basis of prestack amplitude-preserving processing, fracture distribution is predicted by prestack seismic elastic parameter inversion and stress field numerical simulation. The fracture direction and space density distribution law are determined by building fracture reservoirs geological model and choosing seismic anisotropy attribution responses of fracture reservoir and attribution parameters (azimuth AVO, frequency, instant frequency).

Finally, on the basis of the above research, the distribution character and source direction are analyzed and defined to divide favorable reservoir space growth area, and a complete technology is formed which adaptes to reservoir prediction, fluid detection and effective reservoir evaluation. This technology has improved the precision of glutenite characterization in north Dawang Xici low-lying area. In a word, the area of favorable glutenite body is 100 km^2 , the area of two favorable reservoirs is 72 km^2 and trap resource extent is 60 million tons. Six well positions have been provided and three drilled wells have been interpreted to have oil interval or industry oil. This technology has value of deployment in glutenite identification of north part with abrupt slope in Chezhen Sag in order to enhance successful rate in area exploration.

Wang Xin

2007. 3

CONTENTS 目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 概述	(1)
1.2 砂砾岩体沉积规律研究现状	(3)
1.3 储层横向预测技术发展现状和存在的问题	(3)
1.4 研究内容及研究思路	(5)
1.5 主要认识及成果	(7)
第二章 研究区基本地质特征	(11)
2.1 研究区大王北西次洼概况	(11)
2.2 地层-沉积特征	(11)
2.3 构造特征	(16)
2.4 地层特征	(16)
2.5 储层特征	(17)
第三章 砂砾岩体地震地质特征	(19)
3.1 砂砾岩体分类	(19)
3.2 砂砾岩体特征	(22)
3.3 砂砾岩体正演模型	(24)
第四章 砂砾岩体储层预测技术	(29)
4.1 叠前处理技术	(30)
4.2 地质模型的建立	(39)
4.3 波阻抗反演技术	(46)
4.4 频谱成像技术	(51)
4.5 衰减属性分析技术	(57)
4.6 弹性波阻抗反演技术	(62)
4.7 叠前地震各向异性分析技术	(67)
第五章 砂砾岩体空间展布特征描述	(74)
5.1 砂砾岩体展布特征	(74)
5.2 物源方向分析	(75)
5.3 沉积体系类型及分布	(77)

第六章 有利目标区带优选与评价 (82)

6.1 成藏条件分析 (82)

6.2 纵向上有利砂砾岩组的确定 (84)

6.3 平面上有利目标区带的优选 (90)

6.4 井位建议 (95)

参考文献 (98)

附图

第一章

绪 论

1.1 概述

我国石油资源的 75% 和石油产量的 90% 都分布在东部的中、新生代陆相断陷盆地中。由于受区域大地构造和拉张性盆地动力学背景控制,陆相断陷盆地具有不均衡块断升降和多旋回快速沉积等特点。特别是在断陷深陷期,由于物源近、古地形起伏大、构造活动强烈,造成沉积地层厚度大、发育多套烃源岩和多套生储盖组合,并形成了许多与三角洲、扇三角洲、水下扇、浊积扇等砂砾岩扇体密切相关的大中型构造油气藏和隐蔽性油气藏,构成了丰富多彩的油气藏类型,这是陆相断陷盆地的一大特色。随着勘探程度的提高,许多重要的含油气盆地已进入以砂砾岩扇体油藏为主要勘探目标的阶段。

车镇凹陷北带砂砾岩体有利勘探面积为 600 km²,具有 2×10⁸ t 的资源规模。车镇凹陷北带自下而上发育了沙四段、沙三段、沙二段、沙一段、东营组等多期砂砾岩体。其中,沙三、沙四段砂砾岩体的规模大,扇体类型多,含油气显示多是车镇凹陷北带砂砾岩体勘探的主要目的层系。

2004—2006 年期间,车镇凹陷北带沙三、沙四段深层砂砾岩体的勘探历程是伴随着车古 25 井、车 66 井、车 660 井完钻,在 4 000 m 以下灰质砾岩中获工业油气流的。车 660 井,在 4 231.1~4 253.8 m 井段试油,5 mm 油嘴获日产油 279 t,气 56 775 m³ 的高产。车 66 井,在 4 301.03~4 462.64 m 井段试油,4 mm 油嘴试油日产油 132 t,日产气 18 352 m³。但是在揭开车镇凹陷北带岩性油气藏勘探新局面的同时,还面临着车 663 井、车 65 井、车 67 井、车古 209 井等钻探相继失利的成藏复杂局面。

钻探事实表明:沙三、沙四段深层砂砾岩储层纵向、横向变化较大,且砂砾岩储层层内、层间及平面上物性差异大,属于非均质性强的储集层。例如:车 66 井 sb₃—T6 含油扇体剖面结构为泥包砂,单层厚度较小,多为 3~5 m 的薄层,最大单层厚度为 17 m,与相邻的西北方向车古 205 井在目的层所钻遇的几十至百米厚层块状的扇体形成明显的对比。又如:车 66 井砂砾岩体孔隙度一般为 4%~9%,最高达 16%,车古 25 井 4 000~4 470 m 井段测

井解释孔隙度为0.1%~4.2%。目标层段砂砾岩储层、有效储层空间展布规律制约车镇凹陷北带砂砾岩体下部勘探开发。针对车镇凹陷北带沙三、沙四段深层砂砾岩体的勘探,一直围绕砂砾岩体类型及分布、砂砾岩有效储层分布两个核心问题进行深入研究及相应的勘探开发部署。

砂砾岩扇体油藏勘探实践表明,应用层序地层学方法和现代物探技术,基本上可以较准确地识别和预测砂砾岩扇体,但由于其含油性异常复杂,尚缺少有效的含油性预测技术和方法,因而极大地影响了勘探效益,也反映出现阶段对砂砾岩扇体油气成藏的研究仍存在较大不足。存在的主要问题有:一是对砂砾岩扇体成藏机理认识不足,造成对其含油性评价仅限于定性描述,缺少定量评价其成藏效率的相关参数;二是尚未建立准确的,具有预测和指导作用的,能反映油气生成、运移、聚集与成藏全过程的动力学地质模型——油气成藏模式。上述问题已经成为当前制约砂砾岩扇体油藏勘探的理论与技术瓶颈。

因此,科学、合理地运用多种地震精细描述技术成为解决上述问题的重要途径。为此,本书选取济阳坳陷车镇凹陷大王北西部次级洼陷(以下简称大王北西次洼)沙三段、沙四段砂砾岩体储层作为试验靶点区,充分利用目前比较先进的叠前弹性波阻抗、频谱成像、衰减属性分析、叠后测井约束反演等技术进行攻关研究,目的是通过开展重点地区、重点层系储层综合研究及预测,精细描述重点地区沙三、沙四段砂砾岩体空间展布特征,准确圈定有效砂砾岩体(含油层)分布范围,为车镇凹陷北带砂砾岩体下步勘探开发部署提供科学依据,从而为油田储量、产量的稳步增长做出贡献。

研究区范围:582875,4206000; 582875,214599; 590390,221175; 599500,221175; 599500,206000。面积约230 km²(图1-1)。

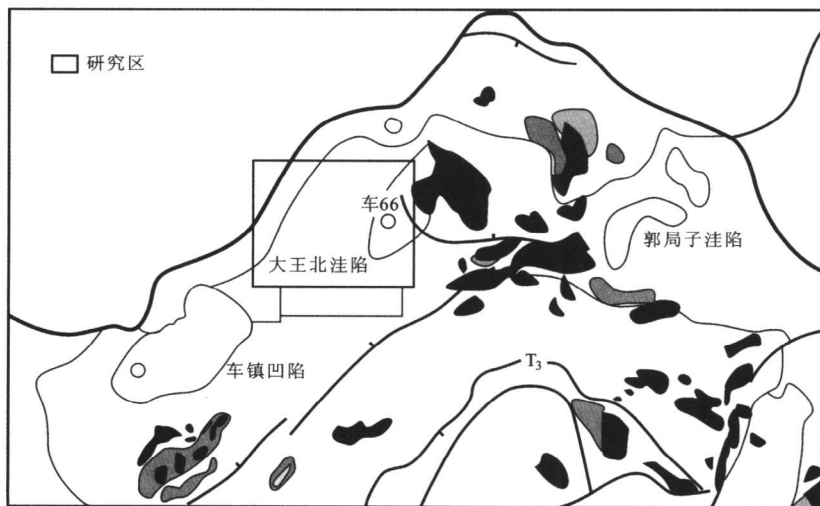


图 1-1 研究区区域位置图

1.2 砂砾岩体沉积规律研究现状

对于砂砾岩体沉积规律研究,许多学者开展了卓有成效的工作。高瑞祺等(2001)按成因将砂砾岩体分为冲积扇、水下扇、浊积扇、扇三角洲、三角洲等5类,并对渤海湾盆地不同砂砾岩体的油气成藏条件进行了系统总结。吴崇筠(1992)系统总结了6种湖泊相砂砾岩体的类型和沉积特征。武法东等(2002)利用沉积体系分析和旋回地层学的理论,研究了东营凹陷利津断裂带复杂砂砾岩扇体的迁移规律,认为砂砾岩扇体主要发育于断陷阶段的缓慢沉积末期和加速沉降初期,扇体发育程度与生长断裂的活动强度密切相关。

20世纪80年代中期以来层序地层学的兴起,使得对含油气盆地的重新认识与研究,尤其是对岩性油气藏的研究进入一个崭新时期。Sloss(1963)等人在研究北美克拉通地层单元时提出层序地层概念,经P. R. Vail, R. M. Mithum, J. C. Van Wagoner, H. W. Posamentier等人发展成为层序地层学之后,不同学者根据自己的研究实践,提出了有别于P. R. Vail等人层序划分方案的认识。以Galloway为代表的成因地层层序(Genetic Stratigraphic Sequence)强调以最大海泛面作为层序的界面;以Johnson为代表的海进-海退(T-R)沉积层序强调以地层不整合或海进冲刷不整合作为层序的边界,并把层序划分为海进体系域(TST)和海退体系域(RST);以Cross为代表的高分辨率层序地层学派把沉积基准面变化作为理解层序成因并进行层序划分的主要依据。国内外不同学者应用不同的层序地层学方法预测和描述等时地层单元内储集体的空间分布取得了良好的应用效果,如在南非的Pletoms、Bredasdrop盆地应用高分辨率层序地层学的方法预测了盆底扇、下切水道充填等砂体,经勘探获取了丰富的油气储量。胜利油田从“九五”以来应用高分辨率层序地层学理论研究东营凹陷古近系层序地层特征取得了重要进展,建立了符合陆相断陷盆地特色的层序地层格架,初步提出了“低位扇”和“坡折带”理论,成为砂砾岩扇体油气藏预测和勘探的重要理论依据。

总体来看,砂砾岩体沉积模式比较成熟,今后主要的发展方向是沉积实验模拟与空间建模,以及利用地震信息进行砂砾岩体空间分布及其含油性的研究。

1.3 储层横向预测技术发展现状和存在的问题

早在上世纪70年代末,我国就开始开展砂砾岩储层横向预测技术的研究,但是不够系统,意识性也差。只是通过对二维地震剖面结构的分析,圈出一些沉积的轮廓,根据砂体通常的分布规律,大致判断哪些沉积体是偏砂的。这是利用地震资料进行岩性解释最早的方式。

胜利油田在国家“七五”重点科技攻关项目“牛庄油田油藏描述”研究中,首次运用地震

地层学的观点和方法建立了牛庄洼陷与周边地区的等时格架。在沙河街组三段划分了6个亚层序,很好地解决了长期以来该区沙三段是平还是斜的问题。在pc—1500机上开发出制作合成记录的程序,利用二维高分辨率地震资料、时深转换后的钻井剖面,开展了地震地质综合标定,在SIDIS工作站上对砂包进行追踪,确定其分布范围,运用时差法、振幅法等确定砂包的厚度。赵晨光(1989)等首先建立了牛庄油田沙三中、下亚段识别浊积砂体的7种反射模式,通过对反射图像进行分区,建立了定量求取砂包厚度的模板。虽然当时的解释方法主要靠“相面”,解释的精度是砂包,但这种全新的概念和思路对于以后开展岩性油气藏的描述工作起到了重大的推动和指导作用。

“八五”期间,在“埕岛油田油藏描述”的推广项目中,杨凤丽等利用从地震资料中提取的多种属性,采用神经网络判识技术,对馆陶组河流相砂体进行岩性和油气目标的识别和检测,使储层横向预测技术深入储层内部,研究其物性和流体性质的变化。

“九五”期间,随着计算机技术的飞速发展,大量地球物理方法软件的涌现,特别是胜利油田勘探重点向隐蔽油气藏的转移,促使了储层横向预测技术的发展。张善文(2002)在《济阳坳陷第三系隐蔽油气藏勘探及配套技术研究》中,详细阐述了不同隐蔽油气藏类型的分布规律、成藏特点,形成了与勘探相应的配套技术系列;刘书会(2001)等在《济阳坳陷第三系地震地质储层横向预测技术研究及应用》中,提出不同的勘探阶段,对不同的储集体类型应采用不同的方法和技术组合,每项技术都有其适用性和局限性的观点,并初步建立了针对不同储集体类型的储层预测技术系列。

砂砾岩体由于其特殊的地震地质特点,一直是地球物理技术攻关研究的对象。对于砂砾岩体的储层预测,一些学者也在致力于这方面的研究,孔凡仙(2001)从东营凹陷北部陡坡带砂砾岩体的地质特征(包括构造特征、地层特征、沉积特征)、沉积类型、空间展布以及地形分类方面对砂砾岩体的地质特征进行了阐述,并分析了与之相对应的地震剖面上砂砾岩体的特征,指出了砂砾岩体的成藏规律。谭俊敏(2004)通过三维可视化技术、地震属性技术、相干技术对埕南地区砂砾岩扇体的时空展布进行了预测和分析,利用测井约束反演技术、时频分析技术对单个砂砾岩扇体进行了描述,确定了研究区古地貌的6个古冲沟及部分砂体的展布特征。彭传圣等(2003)结合区域地质特征、层序控制因素及其沉积特征,以层序结构特征为基础建立地质模型,进行测井约束反演并充分利用地球物理资料,通过先剥出泥、灰岩,再剥出致密砂砾岩的方法对罗家—垦西地区的砂砾岩体层序与储量进行了定量的评价。崔红庄等(2003)对砂砾岩扇体的地震地质特征及预测描述技术进行了总结。穆星等(2006)在《济阳坳陷储层地震地质综合预测技术研究》一文中利用层拉平解释技术、相干分析技术进行了构造精细解释;利用平衡剖面技术、三维可视化技术进行了古地貌恢复;采用时频分析、波阻抗反演技术等手段进行了砂砾岩体预测,但其中储层变化的分辨率低,不能很好地对砂体进行描述和追踪。

所以,总的来看,目前对砂砾岩体的研究程度和预测技术还不足以满足油气勘探的需

求。综合起来研究区存在 3 个方面亟待解决的技术问题:

- (1) 砂砾岩体的岩性组合结构(岩相特征)与其相应反射波形特征研究得不够深入。
- (2) 砂砾岩体储层的沉积体系和物源方向尚未进行系统的研究。

(3) 对砂砾岩体的预测多局限于一两项技术的相对独立的应用,技术与技术之间缺少联系,应用效果带有较大的偶然性和不确定性,这在很大程度上限制了预测技术的推广应用,距砂砾岩体预测技术系列的形成有较大差距。

1.4 研究内容及研究思路

本书本着理论研究与实际应用密切结合的原则,根据砂砾岩体油气勘探生产的需要,将车镇凹陷大王北西次洼作为主要研究区,选择沙三段、沙四段砂砾岩体作为主要研究层序进行研究。具体研究内容如下:

1.4.1 数据准备阶段的窄方位叠加地震属性分析

进行裂缝分析处理前的地震数据检验和准备,包括检验数据质量、噪声特征、方位角各向异性特征的出现和缺失。在数据检验后,将会对三维地震 P-P 波进行成像处理。成像处理后输出结果是 P 波成像数据体和超 CDP 道集。在这一处理过程中,主要注意不同方位角相对振幅的信息,并研究和去除上覆岩层中各向异性的影响。然后,叠前地震数据又分选成多个窄方位角数据体,根据观测几何系统和区域构造可分为 5~6 个不同方位角数据体,以及 3~4 个不同的角道集数据体或 3~4 个不同偏移距数据体,然后对这些数据体分别处理分析速度 AVO 梯度随方位角的变化,依据数据品质,可选择方位角 AVO 分析,输出结果为用于参考裂缝走向的图和与裂缝密度有关的图。

1.4.2 砂砾岩储层的空间分布特征描述

在构造精细解释的基础上,通过频谱成像技术和叠后测井约束反演技术,可准确刻画储集体纵向变化及横向变化的空间形态特征。地震反演由于有井资料约束,在纵向上有高分辨能力,但也有具模型化现象、横向分辨能力较差等缺点;频谱成像技术没有井约束,纵向上有高分辨能力,但纵向分辨率取决于地震资料的最高有效频率,介于地震和井约束反演之间。所以井约束地震反演和频谱成像技术恰好是优势互补,综合利用这两种方法就能大大提高地震储层预测的纵向和横向分辨率,构建高精度的储层模型。同时,井约束地震反演和频谱成像技术是通过两种完全不同的思路研究储层,如果两种方法得到的结果都是正确的,那么其结果应该是大同小异,若其结果相差悬殊,就说明预测结果有问题,所以综合利用井约束地震反演和频谱成像技术进行储层预测,预测结果相互验证,可以大大提高预测结果的可靠性。

- ① 叠后测井约束反演,包括精确的标定、最佳的单井子波、最优的建模及反演,以及精

细的岩性体解释,刻画不同时期砂砾岩体(薄互层)的纵向分布。

② 目标储层段频谱成像的调谐振幅谱分析,描述不同时期砂砾岩体的平面展布特征。

③ 叠前弹性波阻抗反演,包括精确的井中横波反演研究、目标储层段的纵横波阻抗及拉梅系数等分布特征,分析不同岩性、物性、含油气性的地震响应特征,研究不同时期不同砂砾岩体上有效储层的分布。

④ 结合石油地质研究成果,综合评价砂砾岩体、有效储集体的空间分布。

1.4.3 砂砾岩储层的裂缝发育特征分析

对于裂缝型储层,除了要研究储层本身特性之外,还需要研究储层中裂缝的发育情况。可利用叠前地震各向异性分析和应力场分析描述储层裂缝发育的特征。

(1) 基于应力场分析的储层内部裂缝分布预测。

采用叠前地震弹性参数反演技术构建力学模型,采用应力场数值模拟技术研究构造、断层、地层厚度、区域应力场等因素与裂缝分布的关系,预测裂缝分布。

(2) 基于地震各向异性的储层内部裂缝分布预测。

① 裂缝储层地质模型和岩石物理模型的建立:通过钻井、岩心、测井、储层岩性的空间变化、裂缝的空间定向性,裂缝的宽度和长度(岩心和 FMI, FMS)、胶结物充填、含油性和裂缝发育密度等特征和性质的研究,建立裂缝储层地质模型和岩石物理模型。

② 裂缝储层地震波各向异性的地震属性响应研究:用地震波模拟技术,模拟裂缝储层地震波的各向异性的地震响应,确定可用于解决目标区地下裂缝的地震属性。

③ 地震数据分析、叠前地震弹性参数反演、属性估算:

a. 叠前地震数据处理:检验数据质量、噪声特征、地震数据在各方位角的分布特征,以确定地震数据处理中的超 CDP 道集的抽取和方位角道集的抽取。

b. 地震属性的提取:提取地震属性参数(方位角的 AVO、频率、瞬时频率)。

c. 叠前地震数据波阻抗反演:提取裂缝储层的岩性变化特征。

d. 地震属性综合分析:基于本地区裂缝储层正演地震响应特征,综合分析所有的地震属性,解释裂缝定向性及密度空间分布。

(3) 储层中裂缝空间分布特征的综合研究。

综合岩心、测井和开发动态资料分析单井的裂缝发育和空间分布特征、基于应力场分析的储层内部裂缝分布预测结果和基于地震各向异性的储层内部裂缝分布预测结果,确定裂缝的发育和空间分布特征。

1.4.4 砂砾岩储层中流体发育特征研究

在有效储层空间分布特征研究的基础上,通过频谱成像技术中的流体检测参数、叠前弹性波阻抗反演技术中的泊松比参数,对砂砾岩目标储层中的含油气分布及发育特征进行综合而精确的分析与判断。在很多地质情况下,大部分储层的物性不好或不含油气,怎样

在储层中进一步寻找物性较好、含油气的储层就显得非常重要。本书通过地震衰减梯度属性和泊松比属性分析技术,从储层中寻找引起地震高衰减和低泊松比的储层(碎屑岩、碳酸盐岩等),将其定义为有利储层,有利储层往往就是物性较好的含油气储层。

① 应用频谱成像技术,通过频率域的能量衰减情况,分析目的层段与流体有关的吸收衰减特征,预测油气存在的可能性。

② 应用叠前弹性波阻抗反演技术,结合岩石物理分析结果,研究不同岩性泊松比的差异、不同岩性含油气后泊松比的差异及其空间分布特征。

1.4.5 砂砾岩储层综合地质分析与评价

在石油地质综合研究的基础上,通过将砂砾岩储层的空间分布特征、裂缝空间发育特征、流体空间分布特征等诸“因素”有机地、动态地联系起来,进行地震-地质综合分析,指出有效的储集空间分布区及油气富集高产区。

1.4.6 目标评价

在上述研究的基础上,考虑油气成藏其他要素,评价并确定有利的勘探目标。结合应用效果,建立现今资料条件下砂砾岩体储层预测技术流程。

1.5 主要认识及成果

(1) 通过研究整理了叠前时间偏移的处理流程,总结了叠前保幅处理技术系列,并获取了1个叠前保幅处理纯波数据体、5个方位角纯波数据体、3个人射角纯波数据体。处理资料面积达538.24 km²,包括车3北、车3、车17、车408、胜新滩、套尔河、套尔河东、大王一埡西、新户9块三维地区。

(2) 储层综合预测技术优选。在基础资料品质分析的基础上,优选出一套适用于本研究区储层预测、流体检测、有效储层综合评价的配套技术及流程(图1-2)。

(3) 分层系精细构造解释及地层展布特征研究。以精确的层位标定为载体,开展了精细构造解释。明确大王北西次洼是受埡南断层控制而形成的北断南超式箕状断陷,受区域背景和局部构造演化的影响,大王北西次洼的形态、洼陷中心发生改变,如图1-3。

(4) 砂砾岩空间展布特征描述。应用拟声波反演、频谱成像分析等多种新技术进行储集体空间展布特征描述。清晰地展现北东、北西向的多个物源流入口;精细地刻画了沙四上、沙三下、沙三中亚段砂砾岩空间展布特征。在此基础上,结合岩心、薄片、地震等资料,初步划分沉积体系类型(图1-4)。

(5) 影响砂砾岩异常储集空间发育的主控因素分析。在分析储集空间类型及其演化特征的基础上,分析母岩成分、单砂体厚度、沉积相带等因素控制异常储集空间分布的影

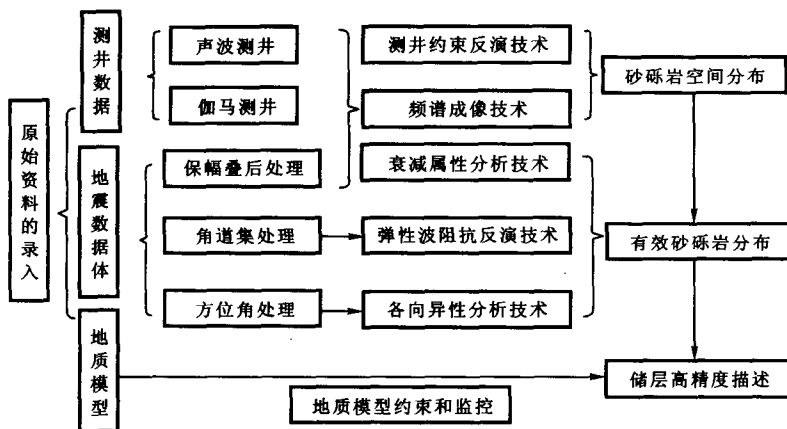
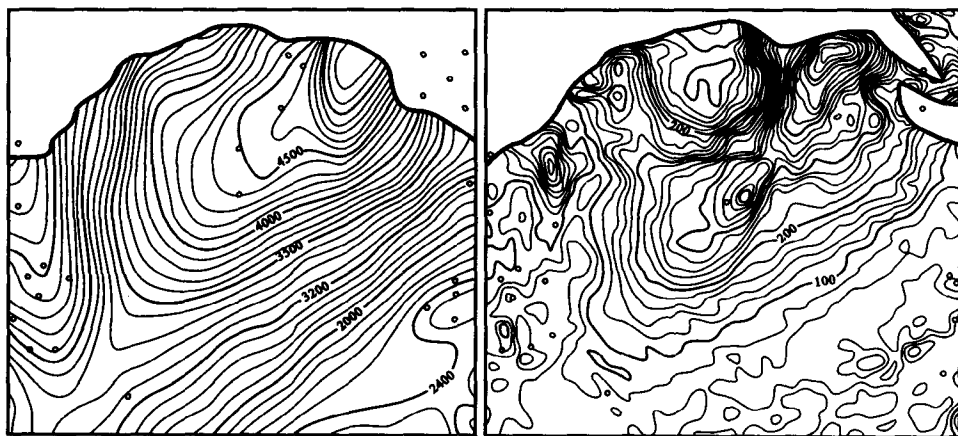


图 1-2 砂砾岩体储层高精度预测流程



a T7—T6 地层等厚图(沙四上)

b T6—sb₃ 地层等厚图(沙三下)

图 1-3

响,并探讨了异常压力与异常储集空间的发育密切相关性。异常高压阻止了机械压实作用,有效地保护了已形成的孔隙;异常高压有助于溶解作用的形成,并可抑制石英次生加大,利于次生孔隙的发育。异常压力的普遍存在,使得地层承受较低的有效压应力,形成欠压实。此时的岩层强度明显降低,产生破裂,易形成无规则的超压缝(图 1-5)。

(6) 有效砂砾岩空间展布特征描述。运用衰减属性、弹性波阻抗反演、裂缝预测等技术进行有效储集体空间展布特征描述。从平面、剖面上刻画了车 663、车 662 等重点探井有效砂体的展布。

(7) 形成了一套预测砂砾岩体储层的技术系列。