

储层描述及油气预测方法与应用

谢锐杰 王果寿 龙胜祥 著



湖北科学技术出版社

长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室资助

储层描述及油气预测方法与应用

谢锐杰 王果寿 龙胜祥 著

湖北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

储层描述及油气预测方法与应用/ 谢锐杰, 王果寿, 龙胜祥著.
——武汉: 湖北科学技术出版社, 2011.3

ISBN 978-7-5352-4716-2

I. ①储… II. ①谢… ②王… ③龙… III. ①含油气盆地—油气藏—储
集层—油藏描述—东北地区 ②含油气盆地—油气藏—预测—东北地区
IV. ①P618.130.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第029012号

责任编辑: 曾凡亮

封面设计: 喻杨

出版发行: 湖北科学技术出版社

电话: 027-87679468

地 址: 武汉市雄楚大街268号

邮编: 430070

(湖北出版文化城B座12-13层)

网 址: <http://www.hbstp.com.cn>

印 刷: 湖北恒泰印务有限公司

邮编: 430220

787×1092 1/16

8.5 印张

220千字

2011年3月第1版

2011年3月第1次印刷

定价: 40.00元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

前言

石油的生成和储集一直是石油地质学中的两大核心问题,研究生油层是为了确定一个地区的油气潜量,研究储集层则是为了直接寻找和开发油气资源(石宝珩, 1991)。到油气勘探开发的后期阶段,对油气储集层的描述及评价显得更为重要。

储层描述是现代油(气)藏描述的重要组成部分和核心。储层描述研究的内容概括起来主要有以下几个方面,即沉积体系及微相特征、三维空间分布特征和构型、宏观及微观非均质性以及成岩作用。其核心是储层的非均质性。在油气田的勘探、开发过程中,如何精细地预测井间砂体的几何形态和空间配置关系以及砂体内部的非均质性的变化规律,建立实用的精细三维预测模型,是储层描述的难点,更是我国陆相沉积盆地砂、泥岩薄互层储层的难点,这也是当今国内外正在努力攻关的难关。

“油藏描述”这一术语 20 世纪 70 年代末期才在文献上出现,最早由斯仑贝谢公司提出,主要是以测井为主体的油藏描述技术,其特点是以测井资料为主,综合地震、岩心、录井、区域地质及生产测试等资料,研究整个油田的构造和储集层的几何形态、岩相,定量描述油气藏基本参数的空间分布规律,计算油气地质储量以及研究油田开发过程中油藏基本参数的变化,从而对全油田的油气藏进行静态与动态的详细描述。不难看出,以上技术是以测井信息的应用为主体,以储层参数三维分布为最终成果。1985 年斯仑贝谢公司将三维地震及 VSP 资料引入油藏描述的井间相关对比研究中。因而,世界各国在 80 年代均发展了以不同学科信息为主体的不同类型的油藏描述技术。

现代油藏描述是对油藏各种特征进行三维空间的定量描述、表征及预测。油藏描述的最终成果是建立反映油藏圈闭几何形态及其边界条件、储集特征和渗流特征、流体性质及分布特征的三维或四维油藏地质模型。现代油藏描述是应用地质、物探、测井、测试等多学科相关信息,通过多种数学工具,以石油地质学、构造地质学、沉积学为理论基础,以储层地质学、层序地层学、地震地层学、地震岩性学、测井地质学、油藏地球化学为方法,以数据库为支柱,以计算机为手段,由复合型研究人员对油藏进行四维定量化研究并进行可视化描述、表征及预测的技术。

对油气田(油藏)地质模型的认识,是随着油气开发技术的提高而逐步向前发展的。一方面,在大量油气田的被发现的过程中,许多油气田(油藏)相继进入开发的中后期,揭示了众多的地质现象,特别是油气田的非均质性;地质建模技术的不断提高,揭示了复杂断块非均质油田的面貌和细微结构,带来了复杂断块非均质油田认识

的突破,在一定程度上降低了成本和提高了油田的开发水平。另一方面,对油田地质模型众多问题的讨论,例如,构造类型及组合、储层层间和层内非均质性、沉积相和层序界面对储层发育的控制、储层流动单元、井间储层预测、储层高分辨率地震预测、地质建模方法等,伴随着对地质模型的深入研究,认识逐步提高,反过来又为油气开发的手段,油气开发水平的提高提供新的思路。因此,可以根据油气开发技术的发展阶段来划分地质模型的研究阶段。

中国陆相油气藏复杂多样,尤其是构造复杂,储层非均质性极强,松辽盆地南部十屋断陷孤一后一八地区下白垩统储层就是这种类型的典型代表。

本书以孤一后一八地区为例,系统描述了复杂储层精细描述和油气预测的内容、方法和技术思想。全书共分七章。第一章为绪论,系统阐述了储层描述和油气预测的基本原理、内容、方法和技术路线。第二章为十屋断陷孤一后一八地区的地质概况,介绍了油田的地质特征、勘探开发工作的现状、油气藏的特征等。第三章为三维地震构造精细解释,系统阐述了构造解释的方法以及解释的成果。第四章为高分辨率层序地层格架及沉积微相研究,全面介绍了高分辨率层序地层学的原理及沉积微相研究的思路和方法,描述了岩石微相、测井微相以及孤一后一八地区主要区块的微相特征。第五章为储层测井综合解释,重点介绍了测井资料的预处理和储层测井的油气识别模式。第六章为储层地质建模,阐述了地质建模的基本原理和方法以及孤一后一八地区地质模型的建立、三维模型分析与评价。第七章为储层参数与油气分布预测,描述了地震参数的特征,介绍储层油气预测方法在孤一后一八地区的应用及储层预测效果分析。

本书第一章由谢锐杰执笔,第二章由王果寿、谢锐杰执笔,第三章由龙胜祥、姚军辉执笔,第四章由王果寿、谢锐杰、卿崇文、王黎执笔,第五章由王果寿、杨树春执笔,第六章由龙胜祥、邱立伟、谢锐杰执笔,第七章由谢锐杰、周维奎执笔。全书由谢锐杰统稿及审定。

本书的出版,得到了中石化东北分公司的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,敬请读者批评指正。

作 者

目 录

第一章 绪论	1
第一节 储层描述的概念及与油藏描述的关系	1
第二节 储层描述和油气预测的内容及技术路线	1
第二章 十屋断陷孤一后一八地区地质概况	4
第一节 地质特征	4
第二节 勘探研究现状	6
第三节 油气藏特征	7
第三章 三维地震精细构造解释	8
第一节 构造解释的一般方法	8
第二节 解释成果分析	11
第四章 高分辨率层序格架及沉积微相研究	21
第一节 高分辨率层序地层学的基本原理	21
第二节 高分辨率层序地层格架	26
第三节 精细沉积微相研究	37
第四节 孤一后一八地区沉积微相类型及特征	40
第五节 孤一后一八地区沉积微相平面展布特征	47
第六节 储油气有利沉积微相及其分布	55
第五章 储层测井综合解释	56
第一节 测井系列选择的原则	56
第二节 测井资料预处理	57
第三节 储层测井油气识别模式	60
第四节 综合评价	65
第六章 储层地质建模	68
第一节 储层建模技术简介	68

第二节	储层建模基本原理	71
第三节	油藏地质模型	78
第四节	油藏属性模型分析	81
第七章	储层参数与油气分布预测	95
第一节	K—L 变换属性优化与神经网络储层参数预测	95
第二节	储层横向预测	105
第三节	储层油气预测方法在孤—后—八地区的应用	110
参考文献		127

第一章 绪 论

第一节 储层描述的概念及与油藏描述的关系

储层描述亦称储层特征描述,主要包括沉积岩石微相展布、储层属性参数定量解释、储层非均质特征、岩石物理相平面展布及其储层特性的三维定量表征等,以静态为主。油藏描述的侧重点是储层描述和剩余油分布状况,强调动静结合。因此,油藏描述包含了储层描述的全部内容,储层描述是现代油(气)藏描述的重要组成部分和核心。

目前在储层描述尤其是油藏描述中,新技术的应用主要表现在以下方面:

(1)在地质工作中,以现代沉积学、地震地层学、高分辨层序地层学和石油地质学的最新理论指导油藏的研究,并尽可能地引用分析化验新技术,完成旨在建立油藏地质模型的地质描述。

(2)在地球物理勘探工作中,采用高分辨率、三维和 VSP 地震勘探技术及一系列常规与特殊处理技术,人机工作站的交互解释、成图,定量描述油藏几何形态和横向预测等技术,完成油田构造的精细解释和储集岩体的定量解释。

(3)在测井工作中,采用高精度声波、密度、地层倾角等各种新的测井系列及相应的最优化处理与多功能解释等技术,结合以研究储集岩孔隙结构、渗流能力、流体特征为主体的岩心分析化验技术,完成储层参数的精细解释。

第二节 储层描述和油气预测的内容及技术路线

一、具体研究内容

(1)在陆相层序地层学、储层地质学研究基础上,充分利用钻井岩芯、岩屑录井、测井及二、三维地震资料,开展主要油气储层的划分与对比、主要储层的精细构造解释、进行沉积体系分析、微相研究和储层空间构型及分布规律研究。建立主要油气储层的层序地层格架及储层地质模型。

(2)应用测井储层综合评价技术,建立储层油气识别模式,对主要钻井进行储层综合评价。

(3)应用油气储层预测软件和地质建模软件,研究储层非均质性特征及变化规律,对主要储层进行横向预测及油气预测。

二、研究思路及技术路线

针对我国陆相主要油气储层相变快,非均质性强,各油气田连片对比追踪困难,储层研究工作薄弱以及油气分布规律难于把握等特点,在研究工作中将以石油地质学、构造地质学、沉积学为理论基础,以储层地质学、层序地层学、地震地层学、地震岩性学、测井地质学等多种研究方法,应用地质、物探、测井、测试等多学科相关信息,采用人机联作工作站、神经网络及三维可视化等先进的地震特殊处理及解释技术,在钻井测井相分析、微相分析、地震相分析及储层二、三维地震精细构造解释的基础上,开展研究区主要油气层的储层描述研究,即进行储层小层对比追踪、储层精细构造解释、沉积微相研究、储层非均质性研究、测井储层综合评价以及储层横向预测和油气预测。其具体的技术路线如下(图 1-1):

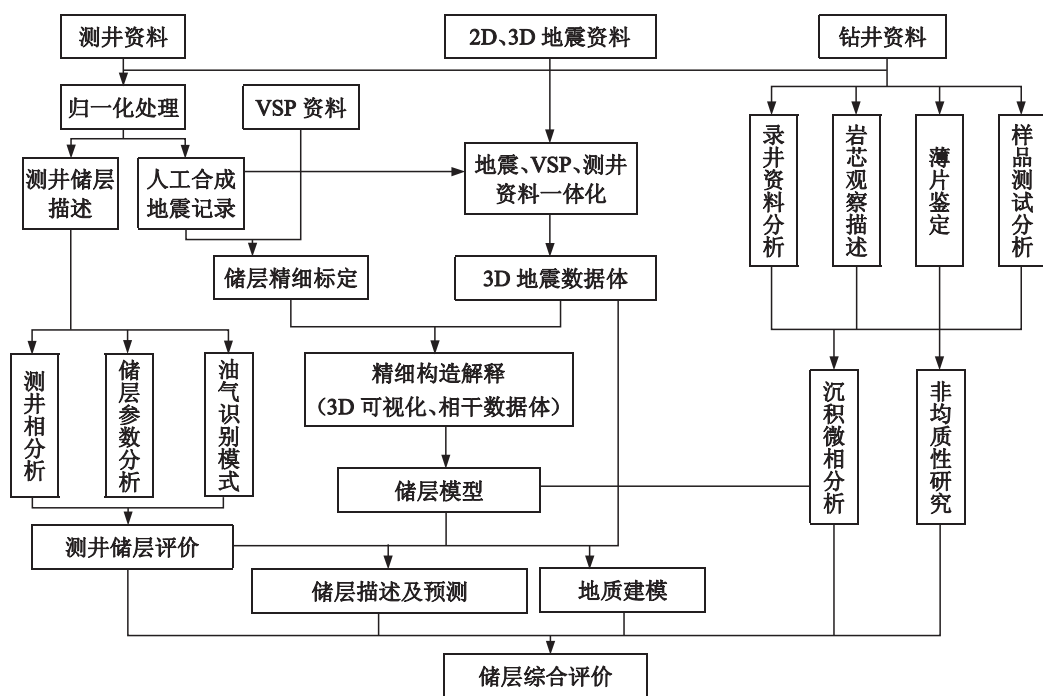


图 1-1 储层描述及预测技术流程图

(1)以钻井、测井分析及二、三维地震解释为主要研究手段,采用“旋回对比,分级控制”的方法,依据岩性、电性特征,确定标志层,建立研究区的标准井剖面,依据标准层、微相、旋回、岩性、电性组合特征及二、三维地震的 VSP 层位标定及解释成果,将主要储层划分对比到最小单元。根据对钻井岩性、电性特征和取芯井段岩芯的沉积结构、构造、微相分析,结合层序地层学解释及特殊处理成果,对研究区主要目的层沉积微相进行深入的研究,建立储层沉积模式,宏观预测储层发育的有利区带。

(2)应用钻井和二、三维地震资料,通过 VSP、人工合成地震记录的储层层位标定和

三维可视化技术以及三维相干体处理与解释技术,进行目的层精细构造解释。

(3)通过测井综合解释及油气层识别和评价等研究,建立适合研究区储层的油气识别模式。

(4)应用油气藏描述软件、神经网络软件以及地质建模软件,利用钻井、测井资料在纵向上的高分辨特点,结合二、三维地震资料及其他地质资料,实现对主要储层的横向预测及油气预测。

第二章 十屋断陷孤—后—八地区地质概况

第一节 地质特征

孤—后—八地区位于吉林省梨树县和公主岭市,地理坐标大约在东经 $124^{\circ}07' \sim 124^{\circ}38'$,北纬 $43^{\circ}41' \sim 43^{\circ}51'$ 所圈定的范围内。构造位置隶属于松辽盆地东南隆起区十屋断陷深断区的中央隆起带上(图 2-1)。

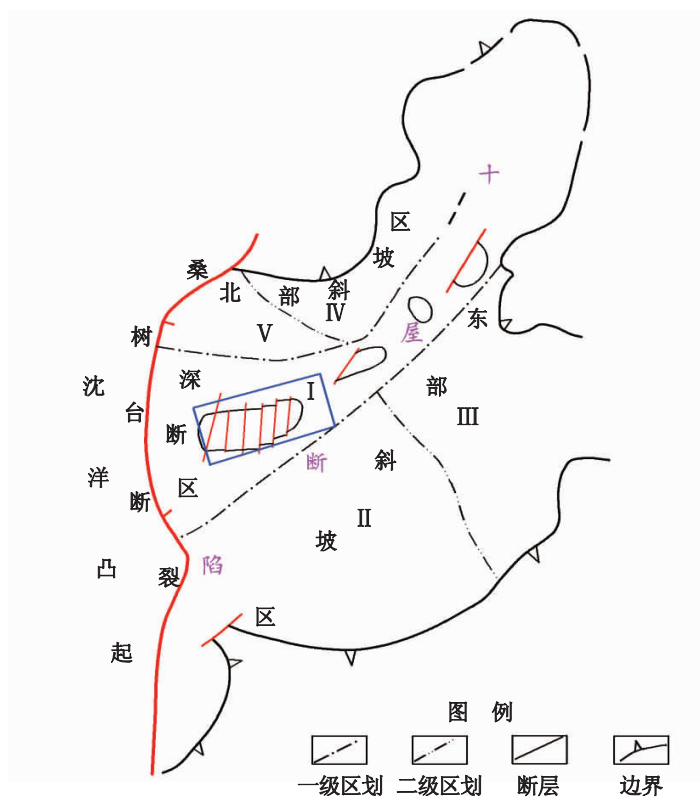


图 2-1 研究区位置图

- I. 中央断裂构造带; II. 南部背斜岩性圈闭带; III. 东部鼻状地层岩性圈闭带;
IV. 北部陡带; V. 北部背斜鼻状构造带

一、地层特征

根据钻井揭示的岩性、电性及地震层序地层学解释,本区发育一套断陷盆地中沉积的

陆源碎屑岩,自下而上发育白垩系下统沙河子组(K_{1sh})、营城组(K_{1yc})、登娄库组(K_{1d})、白垩系上统泉一段(K_{2q}^1)、泉二段(K_{2q}^2)、泉三段(K_{2q}^3)、泉四段(K_{2q}^4)、青山口组(K_{2qn})和第四系(Q),各组段岩性见表 2-1。

区内发育两大套不同沉积特点的地层,即断陷期沉积和拗陷期沉积。断陷期沙河子组、营城组岩性主要发育一套灰黑、深灰色泥岩与灰色、浅灰色细、中、粗砂岩及粉砂岩不等厚互层。暗色泥岩十分发育,是该区主要的烃源岩。登娄库组岩性以深灰、灰黑、褐色泥岩为主,与灰色、灰白色细、中、粗砂岩、砂砾岩不等厚互层;拗陷期主要发育上白垩统泉头组和部分残留的青山口组,区内缺失姚家组及其以上地层。泉头组共分四段,其岩性特征主要表现为一套棕红色、褐色,局部灰绿色泥岩与灰色、灰白色细、中、粗砂岩,含砾砂岩及灰绿色粉砂岩略等厚互层;青山口组除在后五家户地区缺失外,其余地区均有分布,其岩性为灰绿、棕红色泥岩、粉砂质泥岩与灰白色、灰绿色粉砂岩略等厚互层(表 2-1)。

表 2-1 孤一后一八地区地层简表

地层		视厚(m)	波组	岩性特征
第四系(Q)		10~40		黄灰色、灰黑色表土层,灰黄色、杂色粗中砂层、砂砾层。
上 白 垩 统 K_2	青山口组 (K_{2qn})	0~354	T_2	灰绿、棕红色泥岩、粉砂质泥岩与灰白色、灰绿色粉砂岩略等厚互层。
	泉 头 组 (K_{2q})	泉四段	T_2^1	棕红、灰绿色泥岩与灰白色、灰绿色粉砂岩、细砂岩不等厚—略等厚互层。
		泉三段	T_2^2	棕红色、灰绿色泥岩与灰色、灰白色粉砂岩、细砂岩、砂砾岩略—不等厚互层。
		泉二段	T_2^3	棕红色泥岩为主,与浅灰、灰白色粉、细、中砂岩,含砾砂岩不等—略等厚互层。
		泉一段		棕红色、褐色泥岩、灰黑色泥岩与灰色、灰白色细、中、粗砂岩,含砾砂岩略等厚互层。
	登娄库组 (K_{1d})	38~588	T_3	以深灰、灰黑色泥岩为主,局部棕褐色泥岩与灰色、灰白色细、中、粗砂岩,含砾砂岩略等厚—不等厚互层。
下 白 垩 统 K_1	营城组 (K_{1yc})	430~450	T_4	灰黑褐色、深灰色泥岩与灰色、浅灰色细、中砂岩不等厚互层,泥岩发育。
	沙河子组 (K_{1sh})	未穿	T_4^1	以大套深灰、灰黑色泥岩为主,间夹薄层浅灰、灰色粉细砂岩。

二、构造特征

孤一后一八地区位于十屋断陷中央隆起带西段,发育北东向分布的孤家子—后五家

户复合背斜及八屋断背斜。上述背斜构造的发育经历了营末、登末和嫩末三次主要的构造运动。营城末期由于区域应力由张性转为压性(或压扭性)而形成十屋中央隆起带,同时形成孤一后复合背斜及八屋背斜构造雏形,登娄库末期抬升、挤压,使构造进一步复杂化,同时期发育大量的南北向正断层,将构造分割成多个大小不等的断块和断鼻;嫩末运动使后五家户地区进一步抬升,上部地层遭受剥蚀,构造定型。

研究区内,孤家子构造与后五家户构造连为一体,即为孤家子—后五家户构造,该构造是一北东向展布的复合型背斜构造。构造长约 15km,宽约 9km,圈闭面积约 100km²左右,构造高点位于中断块 SN91 井附近区域。以 SN91 井所在断块为高点,东、西两侧分别发育 3 条东倾和 4 条西倾的南北向主断裂,将构造分割成多个断块和断鼻圈闭。后五家户和孤家子气田分别位于该构造的东、西两翼,也是目前区内油气最富集的区块。

八屋构造则位于工区东北部,该构造雏形于营城末期,与该处早期发育有大型扇三角洲形成的古水下高地有成因上的联系。营城组沉积末期断块的掀斜对该构造面貌也有较大的影响;登娄库期末加强定型;嫩末运动对该构造的影响不大,仅产生一些次级晚期断层或使一些登末形成的早期断层活动上延,形成该构造现今的断背斜形态。

总的来看,本区断层十分发育,均为正断层。在平面上,分布基本上为直线状,有局部弯曲,以南北向或近南北向断层占主导地位,同时发育少量北西向小断层,多局限在南北或近南北向断层之间。以孤家子—后五家户构造顶部断层规模最大,平面延伸一般 10km 以上,东西两端及其余地区断层规模较小,延伸一般小于 5km。断层将局部构造分割成若干个南北向断块、断鼻和断背斜。在剖面上断层互相切割,组合复杂。断层面一般较平,倾角较大,垂直断距一般小于 50m,仅构造核部断层断距大于 50m,甚至大于 100m。 T_3 以上地层断层最发育,向下 T_4 、 T_4^{+1} 减少。

在上述构造背景下,本区所形成的圈闭均为断块、断背斜和断鼻。圈闭的有效性主要取决于断层的封堵性。断裂对油气的运移、成藏和保存均起着重要的控制作用。

三、生、储、盖组合特征

本区沙河子组、营城组半深湖、深湖相泥岩分布范围广,沉积厚度大,有机质丰度高,母质类型好,具有较强的生油气能力,是本区最好的主力烃源岩,此外,登娄库组下部发育的半深湖相泥岩也具有一定的生气能力。登娄库组和泉一段发育的三角洲、扇三角洲分流河道、河口坝、前缘席状砂等砂体是主要的储集层。泉二段发育的大套褐色泥岩段沉积厚度大,横向分布稳定,可作为区域性盖层。由此形成本区大的一级生、储、盖组合。此外,沙河子组、营城组内部发育的水下扇、扇三角洲砂体,与同时期沉积的暗色泥岩以自生自储的成藏方式可组成若干次一级的生、储、盖组合。泉头组、登娄库组内部的若干厚层泥岩均可作为油气储层的直接盖层而形成次一级的储、盖组合。

第二节 勘探研究现状

该区自第二轮石油普查以来,东北石油局(原吉林石油指挥所)于 1982 年底在梨树地

区部署地震工作进行地震普查,测网密度 $12\text{km} \times 16\text{km}$,1983 年吉林油田施工梨参 1 井,在泉一段试获工业气流,拉开了油气勘探与开发的序幕。1984~1991 年东北局在该区相继开展了 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 、 $2\text{km} \times 1\text{km}$ 及 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 地震详查,先后发现了后五家户、八屋、孤家子等一系列构造,并在后五家户构造 SN23 井钻获天然气流。1991~1993 年开展了地震精查,浅层高分辨地震测网密度达到 $1\text{km} \times 0.33\text{km}$,并在后五家户气田区先后打井 15 口,继泉一段获得工业天然气流后,又在泉三段、登娄库组顶部钻获工业气流。1994 年 4 月在八屋构造核部施工第一口探井,即 SN54 井,该井于 1995 年 4 月在登娄库组小城子油气层试获工业气流。1993 年以来,地震三维资料,剖面特殊处理,如三瞬、seislog、GLog、BCI、神经网络以及 VSP 加 CT 处理等先进技术和方法相继开展。1996 年东北局在孤家子构造低部位断块部署 SN76 井,在泉一段农Ⅷ气组钻获高产工业天然气流。后五家户、八屋和孤家子油气田先后于 1993 年、1995 年和 1996 年进入滚动勘探开发阶段。到目前为止,三个油气田共完钻各类钻井 100 多口,三维地震约 250km^2 。

勘探开发的迅猛发展也促进了本区的科研工作。前人本区开展了大量的研究工作,分别在 1992 年、1997 年和 1999 年先后提交了后五家户、八屋、孤家子气田储量报告,新增储量报告及储量复算报告。并以油气田为单位分别开展了沉积微相研究、储层研究、油藏描述研究、开发经济评价、低渗透致密储层压裂及储层保护改造工艺技术研究等多项技术难题攻关的研究工作。以上研究工作基本上是以孤家子、后五家户、八屋气田为研究区块,分别立项而展开的。本书以《十屋断陷孤-后-八地区储层研究》项目为依托,将该区内三个孤立的油气田作为一个整体,对其主要油气储层进行描述和研究,并将三块三维地震资料进行连片解释尚属首次。整体研究有利于油气田之间的地层划分与对比,有利于油气田之间接合部位的研究,更有利于该区油气的整体勘探、开发与部署。

第三节 油气藏特征

研究区油气分布特点:

(1)在纵向上发育层位多,从泉头组、登娄库组、营城组到沙河子组均有分布,自上而下划分出杨Ⅰ—杨Ⅴ、农Ⅰ—农Ⅺ、小Ⅰ—小Ⅴ、五Ⅰ—五Ⅳ和四Ⅰ—四Ⅲ共 28 个气层组,而每个气层组内又包含有多个气层,故该区气层层数多,单气层薄,横向变化快。从目前三个油气田区钻井揭示的含油气情况来看,油气层主要分布在 T_3 界面上下,泉一段下部的农Ⅷ、农Ⅸ、农Ⅹ、农Ⅺ和登娄库组上部的小Ⅰ、小Ⅱ气组,上述六个气层组是本区最重要的气层组,也是本书进行储层描述研究的重点。

(2)平面上看,天然气分布较为复杂,其分布明显受断块控制。各断块间天然气富集程度差异较大,孤中断块 SN76 井区、孤东断块 SN86 井区、后东断块 SN42 井区、后中断块 SN33 井区、八屋中断块 SN54 井区及 BQ1 井区是天然气分布的高丰度区。

总之,由于层位、断块以及岩性的多因素控制,导致本区油气藏众多,油气藏规模小、气藏砂体连通性差,气田气水关系复杂。生产过程中,一般产量不高且递减快,压力下降快,单井累积产量不高,为油气田开发带来一定困难。

第三章 三维地震精细构造解释

第一节 构造解释的一般方法

三维地震资料精细构造解释包括层位标定、层位追踪和断层解释。

在进行构造解释前,应全面地收集已有的地质、钻井、测井、试油、分析化验等资料,把这些资料按人机联作的要求进行整理,包括钻井坐标、地质分层、岩性柱状图、目的层厚度、孔隙度、测井曲线等,对这些数据进行认真对比,并设置好各种有关的初始参数,为后续人机联作解释工作的开展打下基础,并随着解释工作的进展及时对基础数据进行补充和完善。

层位标定的方法很多,常用的有地质岩性分析法,速度谱法,地震测井、声波测井、VSP 测井及人工合成地震记录等,针对本区三维资料的品质和精细解释的需要,地震解释采取骨干剖面控制下的地震和钻井交互解释方法。先建立骨干地层对比剖面,以合成记录标定为桥梁,建立对应的骨干地震剖面的解释方案。

精细解释以骨干剖面为基础,开展层位的追踪对比、闭合。该方法能很有效地表现整个区域的基本地形特征。

利用部分井的地质分层,合成记录和 VSP 对应的时深关系作层位标定。其中在制作合成记录过程中着重注意了以下几方面的问题:合成记录的基准面应与地震剖面一致;合成记录的极性与地震记录一致;合成记录子波要从井旁地震道提取,其振幅谱和相位谱也尽可能与记录上的子波相似;对声波测井数据应进行环境校正和归一化处理;先标定地质分层准确、波组特征明显的波组,然后标定分层不清的反射波组;利用过井地震剖面上的断点与地质分层断点的对应关系,交互验证标定的结果;利用多井标定结果,互相检查,进一步提高标定精度,准确地将钻遇的地层对应到相应的地震反射层位上。

以标准井作标定剖面确定的层位解释方案出发,结合时间切片、地震属性、地震剖面等特征,以 10 条 inline 方向的测线和 10 条 crossline 方向的测线为网格间隔,向四周直至工区有效范围内进行外推精细解释,最终使得各层解释密度达到比较理想程度。最后利用拉任意线对解释层位进行检查,保证解释的精度。

本次地震解释采用 LandMark 解释系统,应用了地震剖面的彩色显示、放大(缩小)显示、相交线显示、连井线剖面显示和“多边形裁剪对比”等技术,以突出地震剖面的特征,保证地震波组对比追踪的质量,其闭合差较小。在解释过程中既要考虑闭合差的影响,又要遵守相位追踪原则,以确保能满足构造成图精度。

经过层位标定,确定了各套地层的地震反射层位,根据地震波组的反射特征及其在横向上的连续性,进行层位的追踪对比和断层解释。

由于研究区致密砂岩天然气藏的非常规性和构造复杂性,三维地震数据体尽管也能为解释人员提供区域上的断层展布特征,但对伴生的小断层的解释仍有困难,尤其小宽断裂带断层的解释及组合仍是困扰解释人员的最大问题。因此,解释时,坚持先宏观后微观,先地震剖面,后平面组合的原则;先通过线道方向、振幅时间切片和相干体切片的动画浏览,了解断层的空间分布。相干体时间切片比常规振幅时间切片在平面上能更好地展示断层的特征,其可以更清楚地反映断层的细节,如断层的延伸长度、规模大小和平面组合。断层的平面组合,特别是伴生小断层的处理主要依据相干体切片来完成。解释过程中采用了主测线、联络测线、联井测线和任意线、振幅时间切片(图 3-1)、相干体切片联合的方法解释,使剖面上的层位严格闭合和断层的合理解释。

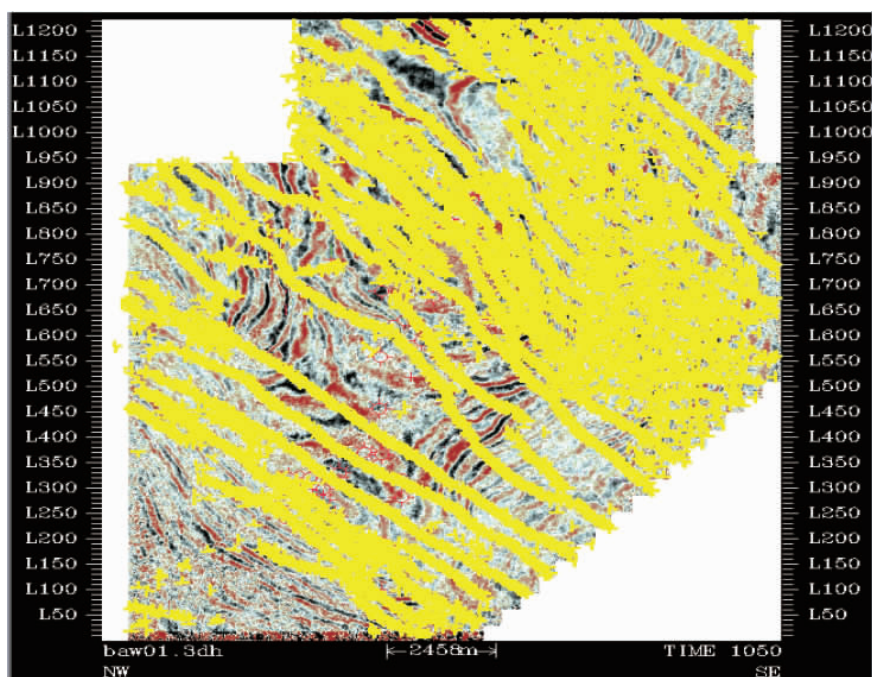


图 3-1 孤一后一八工区 1050ms 反射振幅时间切片图

一、相干处理

三维地震相干体主要是利用相邻道地震信号的相似性来描述地层、岩性的横向非均质性,特别是在识别断层性质、断层走向以及了解砂体展布等方面非常有效。由于三维相干技术是对三维地震数据进行计算比较,其结果无人为因素影响,可信度高,可以比较客观地反映断层细节及地层特征。三维相干数据体切片(图 3-2)与普通三维振幅切片联合应用进行构造和岩性解释,可以帮助解释人员迅速认识整个工区断层及岩性的整体空间展布特征,从而达到提高解释速度及精度,缩短勘探周期。

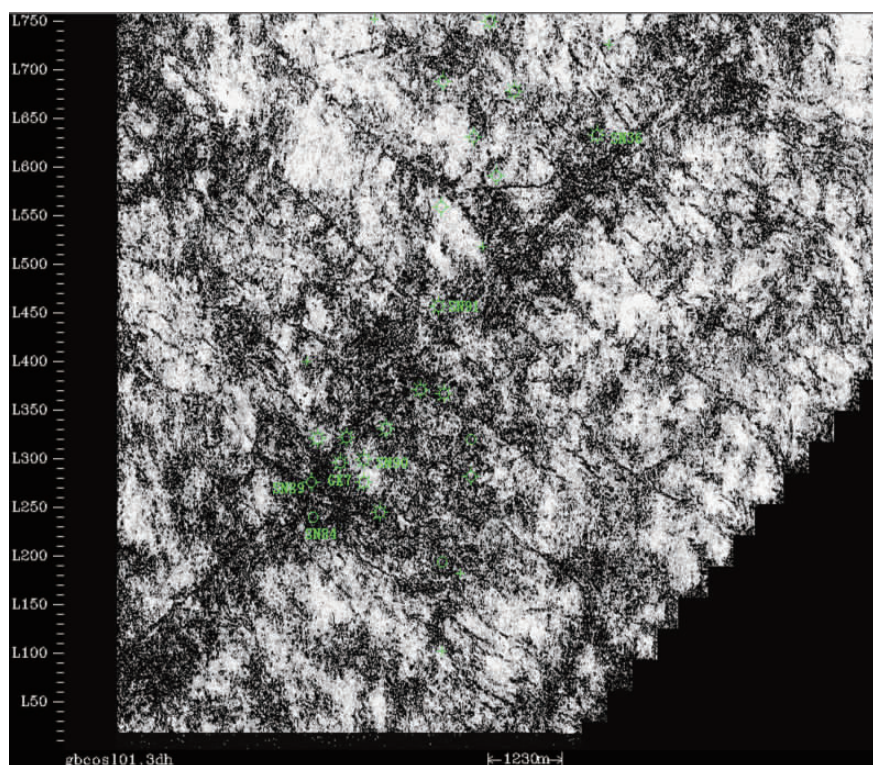


图 3-2 孤一后一八工区 700ms 三维地震相干体切片图

二、速度研究

速度研究是三维地震资料解释中极为重要的一环,速度的精度直接制约着构造图的精度,因而也影响着圈闭评价和开发部署。根据单井的人工合成记录成果进行时深关系分析,建立各单井的时间—速度、深度—速度关系,通过对比各井深度—速度可知:研究区速度分布范围广,浅层速度变化大,即使是相邻的断块,同一层段速度差也较大,如 SN90 井的速度明显比 SN76 井高,利用 SN90 井的速度模型所作的合成记录速度也偏高,这与 SN90 井的 VSP 速度较高有关。由于无速度谱资料(仅有叠加速度体数据),速度解释难度较大,在建立工区三维速度模型时,以叠加速度为基础,以单井的合成记录速度对叠加速度体进行标定,建立了工区的三维速度模型,在构造成图(时深转换)时,根据提取的单层速度值用井点速度进行校正。

深度剖面是解释人员的终极目标。由于工区内岩性变化大,速度梯度不明显,尽管对速度体进行了处理,但层速度剖面上仍有较明显的奇异点,处理结果未能尽如人意。根据前人的经验,要取得理想的深度偏移效果,关键在于建立较准确的层速度剖面模型,这就要求层速度剖面较平滑、无明显的奇异点。所以速度处理的重点在层速度剖面的制作上。为了制作较准确的层速度剖面,对原叠加速度体数据进行内插处理和时深转换,获得随深度变化的层速度剖面,然后对初步获得的深度—层速度进行分析,将明显的速度奇异值予