

河道砂储层 非均质模型

李
阳
著

科学出版社



河道砂储层非均质模型

李 阳 著

科 学 出 版 社

2 0 0 1

内 容 简 介

中国东部油田均发育在陆相湖盆内,石油主要储藏在河道砂储层和三角洲砂岩储层内,其中胜利油田河道砂储层占我国东部油田总储量的三分之一以上,而且是已进入高含水期的老油田。河道砂储层非均质模型的研究对胜利老油田剩余油挖潜、改善开发效果、提高采收率来说,是最关键性技术之一。作者在胜利油田从事石油储藏研究工作多年,为石油开发做出了突出贡献。本书是作者多年工作的结晶,全书共八章:第一章区域地质概况;第二章油田规模河道砂储层模型;第三章小层规模河道砂储层非均质模型;第四章砂体规模河道砂储层非均质模型;第五章岩心规模储层非均质模型;第六章微观非均质模型;第七章储层三维定量地质建模;第八章高含水期河道砂储层非均质性变化及剩余油分布规律。

本书是油田开发地质学研究和工程技术人员的重要参考书,也可供有关高等院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

河道砂储层非均质模型/李阳著. -北京:科学出版社,2001

ISBN 7-03-002332-3

I. 河… II. 李… III. 河道-砂岩油气层-储集层-地质模型

IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第02126号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001年2月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2001年2月第一次印刷 印张:10 1/2

印数:1-900 字数:234 000

定价:27.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

序 一

《河道砂储层非均质模型》一书是作者在博士论文基础上进一步深化和发展的成果。本书作者李阳从事油田开发地质工作近 20 年,在油田开发地质方面有较高的造诣,为我国石油工业做出了突出贡献,现任胜利石油管理局总地质师,该书是他多年工作的结晶。作者抓住河道砂储层占我国东部油田总储层量三分之一以上,且已进入高含水期,揭示剩余油形成机理,阐明剩余油分布规律,已是我国“九五”和“十五”攻关课题,也是当今国际上的学科前沿和难点。作者以孤岛、孤东和埕岛油田上第三系馆陶组河道砂储层为例,针对这类油藏强非均质特征和剩余油分布现状,以多学科理论为指导,应用现代油藏表征技术,提出建立油田规模、小层规模、砂体规模、岩心规模和微观规模五级储层非均质模型为核心,揭示各级模型的描述内容,表征方法及其对剩余油形成机理和分布的控制作用,采用随机模拟方法定量表征宏观非均质特征和建立定量三维模型。

该书的主要特色是首次系统阐明河道砂储层五级非均质模型的概念、主要特征、研究内容、表征方法及其对剩余油形成机理和分布规律的控制作用,同时还预测了研究区内剩余油富集地区,从而为河道砂储层的剩余油挖潜,提高采收率提供了科学依据。《河道砂储层非均质模型》一书,发展和提高了油田开发地质学研究的理论和学术水平,为该学科领域的重要参考书。

李阳
2000年九月

序 二

储层非均质性是油藏描述的核心内容,也是当今油田勘探开发必须解决的难题。我国东部油田主要发育分布在陆相湖盆内,其中河流和三角洲相储层探明可采储量占总储量80%以上,研究建立储层各级非均质模型是当今石油勘探开发所要解决的难点和热点,也是石油勘探开发科技攻关的学科前沿。李阳多年从事油藏描述、油田开发地质、储层研究,在油田开发地质、油藏描述和储层研究等方面有较高的造诣,为我国石油工业做出了突出贡献。《河道砂储层非均质模型》一书是他多年工作的结晶,也是在他博士论文的基础上深化发展的重要成果。针对胜利油田馆上段河道砂储层非均质性强,其储量占我国东部油田总储量的三分之一以上,且经多年开发现已进入高含水期,有的油田含水已高达93%以上,在老油田寻找挖潜剩余油都必须首先攻克储层各级非均质这个长期未能解决的难题,该书以孤岛、孤东、埕岛油田上第三系馆陶组河道砂储层为例,采用多学科理论为指导,运用现代油藏表征技术,首次建立了研究区五级规模的河道砂储层非均质模型,指出了各级模型应该描述和研究的内容、主要特征和表征方法,揭示了河道砂储层剩余油形成机理和分布规律。采用了最佳的随机建模方法定量描述和表征河道砂储层五级非均质特征,并建立研究区的定量三维地质模型。这是该书的主要特色。

该书的主要观点和成果已在研究区推广应用,预测了剩余油的分布,不仅为研究区剩余油挖潜提高采收率提供了科学依据,而且取得了重大经济效益。《河道砂储层非均质模型》一书的出版将能发展和提高油田地质学及其相关学科的理论 and 学术水平,也能指导类似油田的开发实践。该书是石油地质学、储层地质学的主要参考书,众多方面值得借鉴推广。

信若麟
2006年10月

前 言

我国东部各油田均发育分布在陆相湖盆内,油气储层主要是河流、三角洲砂体,其中以河道砂储层为主。以胜利油田来说,目前在上第三系馆陶组河道砂储层中,找到的储量约占胜利油田总储量的三分之一,其典型代表是孤岛、孤东、埕岛等大型油田。这类储层的共同特点是:油层发育差、油砂体分布零散、平面上连通性差、非均质性强、油层胶结疏松、孔隙度大、渗透率高,原油为重质稠油,简而言之,是储层非均质性强。孤岛、孤东油田自投产 20 多年以来,经历了注水开发、井网调整、控水稳油等几个开发阶段,在开发过程中出砂严重、含水上升快、产量递减快、采出程度低、综合含水高(含水率已达 90% 以上),已进入了特高含水期。在寻找新的后备储量难度越来越大、储采比严重失调的形势下,开发剩余油已是孤岛、孤东等进入高含水后期的我国东部老油田的重大发展战略。油气储层或油藏地质模型的非均质性不仅是控制油气富集程度的重要因素,而且还直接影响到油层产能、注水效果和石油最终采收率,从而也是影响和控制剩余油形成分布的主要因素。由于油藏内剩余油的数量多少、空间分布是受储层宏观和微观非均质性的控制,揭示剩余油的数量和分布是设计和优化注水开发调整方案或三次采油方案的重要依据,因此研究河道砂储层非均质模型,不仅能揭示剩余油形成机理和分布规律,而且也是确保老油田挖潜和提高采收率的科学依据。这样的非均质模型也是埕岛油田正要进入注水开发阶段,吸收孤岛、孤东油田开发经验教训的地质依据。

原苏联专家认为:约有 60%~65% 的剩余油分布于因储层宏观非均质性严重引起的注入水未波及带,只有 30%~35% 残留在水淹层内。美国在进行提高采收率试验中发现,油田的石油采收率受各种地质因素的综合影响,并认为决定石油采收率的基本地质因素是储层的非均质性。由此可见,储层非均质研究对老油田剩余油挖潜,改善开发效果,提高采收率是最为关键性技术之一。

本书以胜利油田所属的孤岛、孤东、埕岛等油田上第三系馆陶组上段河道砂油藏为例,针对这类油藏高度非均质地质特征和剩余油形成分布的研究现状,采用多学科理论和方法,以计算机技术和数学地质为手段,综合利用地质、测井、试油试采和生产动态等信息,动、静研究相结合,以建立不同规模级次的储层非均质模型为核心,深入开展沉积微相、储层微观表征精细研究,揭示储集砂体的几何形态、分布规律、平面及层间层内非均质性、孔隙结构,建立五个级别的河道砂储层非均质模型,分别阐述每种模型的描述内容、表征方法和对剩余油形成分布的控制作用;在此基础上,利用地质统计学随机模拟方法定量表征储层宏观非均质的分布特征,建立三维定量非均质地质模型;从五种规模上阐明河道砂油藏剩余油形成机理和控制因素,最后综合分析剩余油形成条件、控制因素和特高含水期剩余油分布现状,为剩余油挖潜和提高采收率提供科学依据,并应用于油田生产上。

本书编写过程中得到了叶连俊院士的悉心指导,信荃麟教授、李任伟研究员、刘泽容

教授等前辈给予本人许多启迪,在此表示衷心感谢;还要感谢胜利石油管理局地质院、孤岛采油厂、孤东采油厂、海洋开发公司等单位和有关同志的大力帮助以及侯加根教授、蔡忠副教授、王忠诚博士等提供的帮助。

2000 年 7 月

目 录

序 一	
序 二	
前 言	
第一章 区域地质概况	1
第一节 区域构造特征	1
第二节 断裂与油气聚集	2
第三节 油气藏、含油气层系	5
第二章 油田规模河道砂储层模型	7
第一节 重点研究油田(孤岛、孤东、埕岛)的油气藏特征	7
第二节 馆上段油气成藏规律	11
第三节 储层模型	14
一、区域沉积环境	14
二、馆上段沉积物源和水系	17
三、河流沉积类型	19
四、油田规模河道砂储层地质模型	24
第三章 小层规模河道砂储层非均质模型	26
第一节 沉积微相及沉积模型	26
一、沉积特征	26
二、沉积模式	26
第二节 储层发育及分布宏观特征	32
第三节 砂体平面展布特征	34
第四节 砂体物性分布	41
第四章 砂体规模河道砂储层非均质模型	45
第一节 岩性物性韵律特征	45
第二节 层内夹层	47
第三节 层间隔层	53
第四节 各类砂体非均质模式	56
第五章 岩心规模储层非均质模型	60
第一节 取心技术	60
第二节 岩心规模非均质特征	62
第三节 岩心规模非均质性与剩余油分布	62
一、孤岛油田主力层水洗特征	62
二、孤东油田复合驱试验区水洗特征	71

三、孤东油田七区西水洗特征	72
四、岩心规模剩余油分布规律	75
第四节 不同水洗油层中油、水分布特征	76
第六章 微观非均质模型	78
第一节 馆上段储层岩矿特征	78
第二节 馆上段成岩作用	78
一、馆上段成岩作用类型	78
二、馆上段成岩作用阶段探讨	80
第三节 孔隙结构特征	80
第四节 孔隙结构非均质模式	86
第五节 微观剩余油形成机理	87
第六节 馆上段孔隙结构与剩余油分布	91
第七章 储层三维定量地质建模	93
第一节 储层三维定量地质建模程序	93
第二节 河道砂油藏水淹层解释及评价	95
一、水淹特征分析及水淹层定性判别模式	95
二、水淹层测井解释模型	101
三、水淹层多井处理与解释	103
第三节 馆上段储层地质知识库	105
一、单参数储层地质知识库	105
二、多参数相互关系地质知识	107
第四节 馆上段储层参数空间结构分析	109
第五节 二维模型及二维建模方法研究	114
一、二维建模方法研究及平面模型	114
二、剖面模型的建立	123
第六节 三维定量地质模型的建立	124
第八章 高含水期河道砂储层非均质性变化及剩余油分布规律	130
第一节 注水开发过程中储层性质的变化	131
第二节 馆上段河道砂油藏剩余油分布规律	134
第三节 影响剩余油分布的因素	142
第四节 揭示剩余油形成与分布的表征参数	144
第五节 馆上段剩余油挖潜及应用效果分析	146
参考文献	147
照 片	151

渤中、埕北、黄河口(桩东)、孤北-五号桩、河口、孤南和富林洼(凹)陷。它们既具有相互连通的统一性,又具有一定的分割性,洼(凹)陷具有北断南超箕状形态,深陷部位处于两组断层交汇处或主干断层的下降盘。第三系沉积层序完整、厚度大,是生油中心所在部位。

第二节 断裂与油气聚集

研究区断裂较发育,以张性正断层为特征。断裂不仅控制了研究区生油凹(洼)陷、潜山及第三系披覆构造的发生、发展,而且由于断层效应还产生一系列与断层有关的伴生构造。由于主干断层长期继承性的发育特点,因此它沟通凹(洼)陷中烃源岩与上部储集体,成为油气运移的重要通道。就目前研究区内的油气分布富集而言,无论是潜山油藏还是浅层披覆构造油藏,都沿主干断层走向两侧展布。区内孤南、孤北、孤东、埕北等断裂对油气的聚集起到了重要控制作用。

1. 埕北断裂

埕北断裂带由 5 条雁列式断层组成,断裂强烈活动于早第三纪(表 1-1)。沙河街组断距可达2 000多米,至东营组断裂活动逐渐减弱,馆陶组顶面构造落差约 45~250m;馆上段沉积时,生长指数为 1.03,活动明显减弱;至明化镇开始沉积时,断裂活动略有增强,之后逐渐停止。

表 1-1 埕北断层特征统计表
(据胜利油田地质研究院杨新民,1990)

反射层 内容 区段	T ₀			T ₁			T ₂			T _R			T _g		
	走向	长度 /km	断距 /m	走向	长度 /km	断距 /m	走向	长度 /km	断距 /m	走向	长度 /km	断距 /m	走向	长度 /km	断距 /m
北段	NWW-SEE	15	50~240	NW	18	150~250	NW-NE	50	50~800	NW	30	300~2100	NW	60	700~4500
中段	NW	6	10~50	NWW	10	100~150									
南段	NWW	7.5	20~60	EW	8	50~100									

埕北断层是一个长期继承性活动的生长断层,它沟通了古生界至上第三系的储集岩与埕北凹陷烃源岩,使埕北低凸起与生油凹陷联系在一起。从埕北 242 的古生界原油与埕北凹陷埕北 4 井沙三段泥岩 m/z217 甾烷系列质量色谱对比看,埕北 242 的古生界原油与埕北凹陷的沙三段生油岩有较好的亲源关系,表明其油气是通过埕北断层由埕北凹陷运移而来。

埕北断层各段在活动强度上也存在差异(如表 1-1、表 1-2),从生长指数上看,南段在馆下段沉积时生长指数为 1.0~1.6,平均值 1.18;馆上段为 1.0~1.02,平均值 1.0,活动减弱;明化镇组为 1.05~1.15,平均值 1.08,活动略有增强。埕北断层中段馆下段生长指数为 1.06~1.25,平均值 1.16;馆上段 1.0~1.14,平均值 1.06,活动减弱;明化镇组为 1.08~1.11,平均值 1.1,断裂活动略有增强。埕北断层北段馆下段时生长指数为 1.0~

1.25,平均值 1.1;至馆上段为 0.9~1.22,平均值 1.02,活动明显减弱;明化镇组为 1.09~1.29,平均值 1.21,断裂活动大为增强。可以看出,同一时期各分支断层活动情况是不一样的,馆下段时,埭北断裂带从北往南活动强度逐渐变强;馆上段沉积时,总体上活动强度明显减弱,南段基本停止活动;明化镇组时,活动又明显增强,断裂进入次强活动期。由此可见,埭北断层是由北向南分段活动的。

此外,在埭岛披覆背斜顶部附近发育的三条北东向次级断层为非同生性断层(表 1-3)。馆陶时期断裂活动也都明显减弱,而进入明化镇后,断距明显变大,断裂活动增强。

表 1-2 埭北断层落差(m)和生长指数

断层 部位	测线	T ₀		T ₁ ¹		T ₁		T ₂ ¹		T ₂		T ₆		T _r	
		落差	生长 指数	落差	生长 指数	落差	生长 指数	落差	生长 指数	落差	生长 指数	落差	生长 指数	落差	生长 指数
北 段	639.6	75	1.09	84	1.02	82.5	1.0							171	
	639.2	122	1.15	74	0.9	111	1.1							120	
	639.0	121	1.15	75	0.95	120	1.12					162			
	198.3	224	1.29	255	1.05	263	1.1								
	637.2	233	1.3	238	1.01	253	1.04								
	630.2A	139	1.22	140	1.0	248	1.25							983	
	630.2B	166	1.24	260	1.22	378	1.17							998	
	平均		1.21		1.02		1.1								
中 段	194.4	96	1.11	105	1.02	188	1.25			634					
	640.9	66	1.08	131	1.14	177	1.14	285	1.15	450		484			
	193.1	72	1.08	107	1.08	125	1.06			425					
	641.7	96	1.11	95	1.0	157	1.18								
	平均		1.1		1.06		1.16								
南 段	640.9	73	1.08	53	0.96	126.5	1.17	119	1.02	176	1.18	266	1.36		
	641.7	48	1.05	45	1.0	136	1.22	116		160	1.39				
	642.3	63	1.08	98	1.06	303	1.6			622	1.5			1748	7.05
	642.7	73	1.08	93	1.04	136	1.10	391	1.76	624	2.0				
	643.9	66	1.08	96	1.06	151	1.14								
	644.9	124	1.15	111	0.96	166	1.12	163	1.02	191	1.14				
	647.1	52	1.06	66	1.02	70	1.0			126					
	平均		1.08		1.0		1.18								

表 1-3 次级断层落差(单位:m)

断层	层位	T ₀	T ₁ ¹	T ₁	T ₂	T ₃
	断距 测线					
CB253 南断层	644.9	47	22	32		53
	643.9	48	19	33		54
	194.4	30	28			
CB253 北断层	643.9	58	20			
CB271 北断层	664.9	60	19	33		125
CB230 南断层	647.1	79	49	85	111	
	193.1	81	97	144		

断裂活动与油气运聚期的配置关系是油气成藏的重要因素,在运聚期或之后发生的断裂活动将直接影响油气的分布状态。断裂后期活动强度太大,持续时期太长,都将导致油气的逸失。断裂活动涉及(波及)的层位,都具有捕集烃类、形成聚集的可能。断裂带是传输油气的有利构造带,油气在断裂带中都将高速发生再分配,随着岩石的破裂产生的瞬间真空带与低势区,将伴随着断裂活动的停止而迅速地消失。运移出的油气,将随着势场确定的路线重新分配,由高势区向低势区发生转移。

埕北凹陷有两个主要排烃期,馆陶期早期和明化镇期,明化镇期断裂活动增强为馆上段输送了油气,使馆上段油藏沿埕北断裂带分布,北东向三条次级断层明化镇期活动的突然增强,也使油气沿不整合面进入断层,运聚到馆上段储层中,使主体部位馆陶组油气十分富集。

2. 孤南断裂

孤南断裂近东西走向,全长约 42km,向东与孤东断裂带相交,向西消失于陈家庄凸起北坡。它是分隔孤岛潜山带与孤南洼陷的边界断层,控制了断层下降盘孤南洼陷中沙河街组、东营组及部分馆陶组地层的沉积。断裂带内油气分布具明显的规律性,以顺向断鼻油藏为主要特征。

孤南断裂形成于喜马拉雅运动济阳一幕,主要区段产生于沙四早期,强烈活动于沙三下和东营期,结束于明化镇晚期,具有活动强度大,不同区段、同一区段不同部位断层活动特征差别很大的特点。

在断裂作用控制下,断裂带中段沙河街组、东营组和馆陶组均含油。而断裂带东段,由于断裂活动相对较弱,因此只有沙河街组含油,在上第三系只见油气显示。孤南断裂带下降盘从西向东含油层逐渐变老,油藏埋深逐渐增大。孤南断裂带由于断裂活动持续,因此是孤岛地区最主要的油气聚集带。

3. 孤北断裂

孤北断裂向东延伸消失于孤岛东坡,向西至垦西油田与孤南断裂带相交,延伸长约 35km,是孤北与渤南洼陷带之间的斜坡上产生的顺向断裂带,断层下降盘发育许多鼻状

构造及断块圈闭。

孤北断裂中段产生于沙四晚期-沙三早期,至东营期逐渐达到活动高峰。活动规模远小于孤南断裂带,东、西两段活动规模远小于中段,对潜山与洼陷无明显的分隔。因此,孤北断裂带相对孤南断裂带而言,含油层系少,圈闭带窄,含油区块面积小。

4. 孤东断裂

孤东断裂北北东向展布,产生于早第三纪,馆陶期活动减弱,明化镇时期,构造运动再一次活跃,潜山边界老断层重新复活造成潜山再次抬升,同时,新断层产生。后期由于应力分解和地层差异压实作用分解成三条近平行的断层,也具中段活动强,西端活动弱的特点,进入明化镇后老断层活动比馆陶期强烈了,新断层的产生,使构造再度复杂化,原生气藏遭到破坏,发生以纵向为主的油气再次运移,形成馆上段油气藏。

由于断裂活动的复杂性,因此孤东断裂带类似于孤南断裂带,含油层系多,油水系统多,含油区带较宽,横向变化复杂。

第三节 油气藏、含油气层系

1. 油气藏

多年的勘探实践证明,研究区是一个以潜山为背景的与披覆构造相关的复式油气聚集区,从浅到深具有多套含油层系、多种有利构造圈闭、多种油藏类型、油气分布广、富集程度高的含油气特征。油气藏的分布有明显的规律性,在潜山披覆构造主体发育了多层系的披覆背斜油藏及多层系的潜山油藏。在控制潜山披覆构造形成的基底断层的下降盘发育了多层系成带分布的断块、断鼻及滚动背斜油藏,而在潜山披覆构造的翼部则发育了多层系的断块、断鼻、潜山、地层超覆、不整合、岩性等油藏。本区的油源主要来自区内发育的各次级洼陷、埕北凹陷及周边的渤中凹陷、桩东凹陷等,油源十分丰富。

2. 含油气层系

研究区已发现太古宇、古生界、中生界和新生界的沙河街组、东营组、馆陶组以及明化镇组等多套含油气层系,馆陶组是主要含油层系,有近 90% 的油气储量分布于馆陶组上段。

(1) 太古宇含油层系

该含油层系仅在埕岛油田证实含油,而且油井产量高。储油岩性为花岗片麻岩,储油空间类型为双重介质类型即裂缝-孔隙型。岩心孔隙度为 0.3%~8.2%,裂缝发育段测井解释孔隙度为 7.8%~11.7%。

(2) 古生界含油层系

它是研究区重要高产含油层系,油井日产达千吨,纵向上含油层系多,储集类型多。上古生界为砂岩孔隙型储油,而下古生界储层岩石类型为海相碳酸盐岩,储集空间类型多,结构复杂,原生孔隙发育程度差,后期经受构造变动以及多期的岩溶作用导致储集空间多样化,储集性能变好,即具有孔、洞、缝三大类储集空间。这些储集空间构成了一个较复杂的“网络”系统,在钻井过程中往往发生放空,泥浆漏失等现象。该含油层系一般埋藏较深,

均在 3 000m 以下。

(3) 中生界含油层系

由于中生代地层遭受过强烈的剥蚀,因此在不同的构造和同一构造不同的部位岩性差别很大,含油层位差别也较大。该套含油层系储层岩性类型有碎屑岩和火成岩,碎屑岩为孔隙型储油,而火成岩则为孔隙-裂缝型储油空间,已在埕岛、桩西等油田发现含油面积较小的区块,油井产量较高。

(4) 沙河街组二、三段含油层系

该含油层系为砂岩含油,油层发育于沙二段与沙三段,沙三段与中生界的间断面附近。但是,不同的断块之间含油性差别很大,以断块的高部位及同生断层下降盘滚动背斜或断鼻含油性好,并能获得高产。

(5) 沙一段含油层系

为沙一段底部生物灰岩发育段含油,油层段集中,油层的厚薄取决于生物灰岩或灰质砂岩的发育程度,生物灰岩或灰质砂岩发育时,含油性好,产量高。

(6) 东营组含油气层系

纵向上油层主要发育于东营组上部砂、泥岩互层的薄层砂岩中,但中下部的泥岩夹砂岩段中也分布有一定数量的油层,视其圈闭因素而定,以背斜(牵引背斜)及断块高部位含油性最好。

(7) 馆陶组下段含油气层系

馆下段含油层系纵向上集中于块状砂岩的顶部。平面上仅分布于个别断块的高部位。油层埋藏深度在 1 450m 以下,单层厚度较大,一般在 10m 左右,单井累计厚度可达 60m 以上。

(8) 馆陶组上段含油气层系

馆上段是该区主要含油层系,油层埋藏浅,约 1 200~1 450m 之间,为河流成因砂岩含油。储油砂岩纵、横向变化较大,储油物性具有高孔隙度、高渗透率特征,孔隙度一般为 30%~35%,渗透率一般为 $1\,000 \times 10^{-3} \sim 3\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,但由于油层胶结疏松,因此易出砂,据孤岛油田初期投产井统计,油井出砂井数占投产井数的 80%,其中 25% 的井因出砂严重而无法投产。油层成组性好,自上而下可以分为 6 个油层组,第一、二油层组主要以含气为特征,纵、横向上油气层变化大,油水关系复杂。第三至第六油层组是主力含油层组,油层单层厚度大,分布范围广,油水关系比较简单。研究区内该含油层系的共同特点之一是洼陷中的油气经主干断层或不整合面运移至该层系成藏。原油性质具密度大,黏度高的特点;其二是油藏类型为在构造背景基础上的岩性-构造油藏。

(9) 明化镇组含油气层系

该含油层系主要为下部的透镜体砂岩含油气,且多为气层和气水同层。埋藏深度一般在 700~1 200m 之间,单层厚度一般为 3~6m,累计厚度可达 30m 左右。气层主要沿孤东断裂带和孤南断裂带东端的两侧分布。

第二章 油田规模河道砂储层模型

油田规模储层模型是以油田为研究对象,主要描述油田范围内沉积相类型、河道发育类型、河道砂总体分布特征、砂层发育规模、砂泥比、砂地比等典型河道砂储层特征参数。建立每种类型河流相储层典型概念模型。揭示油田规模内各油层宏观展布情况、层间的非均质性及剩余油形成分布。

本书旨在通过对几个典型的馆上段油田的解剖,探讨河道砂储层非均质模型特征及建模方法和剩余油分布规律,因此,选择了胜利油区储量最大、产量最高的三个馆上段油田——孤岛油田、孤东油田、埕岛油田为研究对象。这三个油田的原油年产量占胜利油田一半以上,而且,孤岛、孤东已进入高含水开发后期,阐明其剩余油形成机理和分布规律不仅对这两个油田进一步挖潜、提高采收率有重要意义,而且对将要进入注水开发阶段的埕岛油田有重要指导意义。

第一节 重点研究油田(孤岛、孤东、埕岛)的油气藏特征

1. 孤岛油田

孤岛油田位于沾化凹陷东部孤岛潜山构造带上,孤岛潜山构造带北北东向展布,周围被三个凹(洼)陷包围,即西北为渤南凹陷,东北为五号桩凹陷,南为孤南凹陷(图 2-1)。三个凹陷均具有良好的生油条件,生油岩系主要是新生界下第三系的沙三下和沙一段,其次是沙四段、沙三上、沙二段和东营组。良好的生油岩系为形成该油田提供了雄厚的油气资源。

孤岛潜山披覆构造是在前第三系残丘古地形背景上继承性发育起来的。潜山山顶中新统馆陶组砂、砾岩直接覆盖于奥陶系灰岩之上,山腰为石炭-二叠系,周边及断层下降盘为中生代地层展布。披覆构造为一较完整的背斜形态,高点位于中一区南部,构造平缓,顶部倾角 $30' \sim 1^{\circ}30'$,翼部倾角 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$,闭合面积 80km^2 ,闭合高度 120 m。断裂系统有北东、北西、东西向三组,大、小断层 23 条,其中,孤南、孤北、孤西三条断层对孤岛构造的形成、发展及油气藏的形成起到了重要的控制作用。构造主体部位及其东翼断裂不发育,西南部断层比较发育,这些断层主要是由沉积作用形成的小断层,并未破坏构造的整体面貌,但对油气的聚集程度起到了一定的控制作用。

孤岛油田含油层系主要是馆陶组上部砂泥岩互层段,其次为明化镇组,周边含油层系为沙河街组、东营组。馆陶组含油层系地质储量占孤岛油田总储量的 97%,油气在纵向上具有明显的分异特征,即下部为油,中部油气混存,上部为气。而周边部位由滚动背斜、断块或地层岩性圈闭起主导因素形成的油气藏,含油规模小而复杂。

根据原油性质和油层分布特征可将孤岛油田划分为中一区、中二区、东区、西区 and 南

区以及渤 21 块。中一区是披覆构造主体部分,油层厚度大,油水关系简单,而南区及渤 21 断块由于构造较复杂,因此油水关系也复杂。

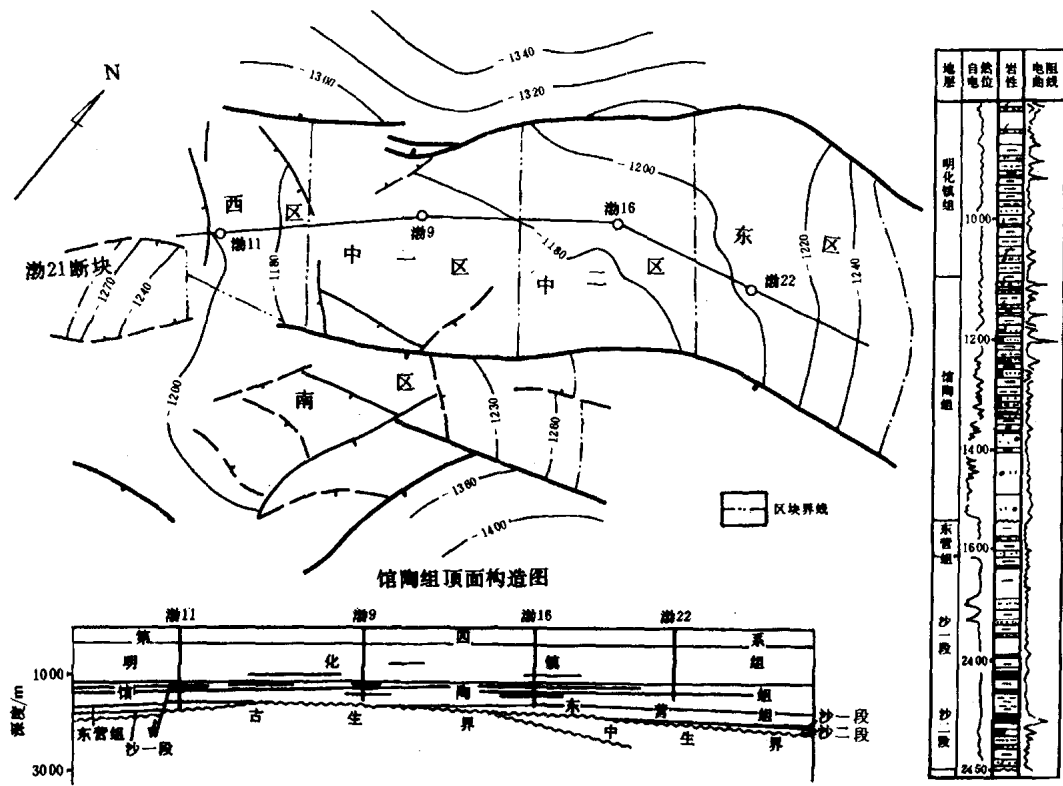


图 2-1 孤岛油田馆上段油藏综合图

油藏原始饱和压力高,地温梯度高(4.8~5.3℃/100m),原油为重质稠油,地层水矿化度低。馆上段油层为高孔高渗疏松砂岩,油田注水开发时易出砂。油层平均孔隙度以馆 1+2 砂组最高(35.1%),向下逐渐降低,馆 6 砂组最低(32.7%);平均空气渗透率馆 6 砂组最高,为 $3\,118\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,其余各砂层组比较接近,一般 $1\,510\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,平均在 $1\,397\times 10^{-3}\sim 1\,840\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间。油层产能高,表面属强亲水。

孤岛油田馆上段油藏 1971 年 11 月投产,1975 年 1 月注水开发,到目前已进入特高含水开发阶段。

2. 孤东油田

孤东油田位于沾化凹陷东部,东、北两面紧邻渤海海域,东南靠垦东青坨子凸起,西南为孤南洼陷,西北为五号桩洼陷,东北与桩东凹陷相邻。

孤东油田是在中生界潜山背景下发育起来的近南北走向的第三系披覆构造。虽被断层切割,但构造主体部分背斜形态仍较完整,背斜构造中部发育有两条近南北走向的西倾大断层,将背斜构造切割为东西两大部分(图 2-2)。东翼断层少,平缓而简单,地层倾角一般小于 3°,馆陶组地层倾角 1°~2°。西翼断层多,陡而复杂,地层倾角一般在 12°~15°之间。东翼被三条近东西走向的断层由北向南切割为六、七、八和九区,西翼构造较复杂,但