

华北荆丘
油田开发

实践与认识

董 范 王 树 义 等 著

石
油
工
业
出
版
社



华北荆丘油田开发 实践与认识

董 范 王树义 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以华北荆丘油田的开发为例,对其油藏的地质特征、油藏工程及采油工艺技术进行了综合研究,深入阐述了其油藏的储集—渗流特征,总结了此类油藏的开发过程及经验。提出了一些较重要的结论和认识。对我国开发同类油田具有较好的借鉴和参考作用。

本书可供从事油田开发及相关工作的各级领导干部、工程技术人员、研究人员及石油院校有关师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

华北荆丘油田开发实践与认识/董范等著.
北京:石油工业出版社,2000.10
ISBN 7-5021-3157-4

I. 华…

II. 董…

III. 油田开发—研究—华北地区

IV. TE3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 75110 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)
北京施奈德自动化录入排版中心排版
北京石油工业出版社印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 15 印张 4 插页 380 千字 印 1—1600
2000 年 10 月北京第 1 版 2000 年 10 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3157-4/TE·2401
定价:38.00 元

前 言

荆丘油田晋 45 断块沙河街组第三段(以下简称沙三段)油藏自 1983 年 11 月开始试采,于 1984 年 7 月投入开发,至今经历了近 16 年的开发历程。

在此期间,录取了大量基础资料,开展了多方面的综合研究,确定了油田开发的合理部署,进行了及时有效的开发调整,实现了高速高效开发,提高了开发效果和开发水平,使荆丘油田开发经历了一个边实践、边认识、边开发、边调整、边提高的过程。

沙三段油藏是一个多层厚层中低渗透油藏。为了做好这类油田的开发,一是需要正确划分并不断细化开发层系,实现分层相对均衡开采;二是需要提高驱替压力梯度,改善人工水驱开发效果;可以说,这两条是对晋 45 断块油田开发的基本要求。

在晋 45 断块的长期开发过程中,始终把建立和完善注采井网系统作为油田开发决策的中心环节来抓,并以此为基础部署油田开发上的各项工作,促进了油田开发各方面工作的协调发展,逐步地提高水驱开发采收率;这是晋 45 断块油田开发的基本特点和主要经验。

国内外的油田开发实践表明,为了做好油田开发工作,首先必须选择正确的开发决策。为此,必须对开发层系、井距与井网、开发方式与注水方式、采油速度与稳产界限以及开发方案实施等这些开发部署上的基本问题进行研究和论证。油田开发上的这些基本问题是相互联系、相互制约和相互影响的。组成一个开发决策的有机体系,应当通过多学科的综合研究,建立起正确处理油田开发上这些基本问题及其相互关系的注采井网系统。因此,注采井网系统是油田开发决策的主要体现,只要注采井网系统选择的比较合理并在开发过程中及时地进行调整和完善,即使像晋 45 断块地质条件比较差的复杂油藏,也可以实现高速高效开发并达到比较好的开发效果和比较高的开发水平。

经常地分析油田开发状况和生产潜力分布从而明确挖潜方向和做好调整挖潜工作是油田开发过程中,特别是进入中后期开发阶段后必须坚持的一项重要任务。在晋 45 断块的开发过程中,坚持并逐步深化了油藏水侵状况和潜力分布的研究工作,取得了很好的成果,有效地促进了开发调整挖潜工作的深入开展。特别是九五以来所进行的精细油藏描述和精细数值模拟相结合的潜力研究,得出了对生产潜力分布的定量认识,明确了挖潜方向。根据潜力研究结果所进行的调整挖潜工作,一方面减缓了产量递减速度,改善了中后期开发效果;同时还增加了水驱可采储量,使水驱采收率由 42% 提高到 48%,提高了 6 个百分点,达到了中国石油天然气集团公司九五科研攻关项目所要求的主要目标。

晋 45 断块近 16 年的开发过程表明,为了提高开发效果和开发水平,在油田开发工作上应当抓好油藏地质、驱油机理和工艺技术三个重要环节。油藏地质是确定开发部署和进行开发调整挖潜的基础和出发点;驱油机理和渗流特征是确定开发部署和进行开发调整以及开展提高采收率试验的重要依据;工艺技术、特别是采油工艺技术是实现油田高速高效开发、改善开发效果和提高最终采收率的技术手段。所以我们在晋 45 断块的开发过程中,重视和加强了上述三个重要环节,从根本上改善了开发效果,提高了开发的水平。

需要强调的是,我们在晋 45 断块的开发过程中,重视和坚持技术与经济的结合以及开发效果与经济效益的统一,把经济效益作为油田开发的一条基本方针和重要原则,从而取得了较好的收益。

从中我们得出,尽管晋 45 断块沙三段油藏是一个小型油藏,但在开发工作上积累了比较

丰富的经验,形成了自己的特色。但在油田开发上也存在一些问题,例如注水滞后于采油,地层压力水平比较低,油水井技术状况差,套管变形井占有很大比例等。这些经验和教训对于相似油田的开发和调整具有一定的借鉴作用。

本书是在中国石油天然气集团公司九五科技攻关项目“高含水期剩余油分布的监测、描述和挖潜技术”的一个子课题的综合研究报告的基础上编写的。

全书由董范、王树义同志总体负责,主要编写人员有:董范、王树义、胡书宝、侯守探、蒋培军、刘凤芸、李渊等。其中前言、第三、四章由董范编写,第一章由侯守探编写、第二章由刘凤芸编写,第五、六章由王树义编写,第七、八章由蒋培军编写,第九章由胡书宝、李渊编写。

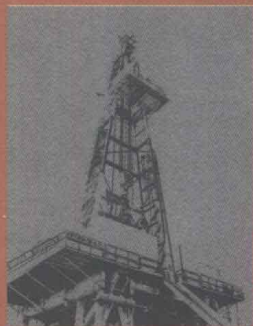
在课题研究及本书编写过程中得到了有关专家的指导和帮助。其中油田地质部分得到了秦珂琳、陈易云等同志的指导,油藏工程部分得到了柏松章、邓华云、孙月明、黄代国、朱亚东等同志的指导,采油工艺技术部分得到了柏松章、朱亚东等同志的指导。全书最后由杨培山、柏松章审阅定稿。在此向他们表示衷心的感谢!

参加课题研究及本书相关工作的有马庆坤、张风雨、张永、尤冬青、陈刚、张志友、曾艺忠、李艳等。

参加本项工作部分内容的还有:马永忠、牛恩志、郑西平、赵政权、孙玉民、焦立芳、田炜、王福旺、苑顺仓、赵尚柱、边亮、李造吉、刘英森、周正启等。

由于编写人的水平有限,本书中定会存在不少的问题和不足,诚恳地期待批评和指正。

编著者 2000年8月



责任编辑：咸明璜 贾迎 / 责任校对：张智琪 / 封面设计：段玲

ISBN 7-5021-3157-4/TE · 2401

定价：38.00元

ISBN 7-5021-3157-4



9 787502 131579 >



目 录

第一章 油田地质基本特征	(1)
第一节 油田概况.....	(1)
第二节 地层、油层划分与对比	(3)
第三节 油田构造与断裂系统.....	(8)
第四节 油层基本特性与油藏类型	(12)
第二章 沉积相研究与储层特征	(20)
第一节 区域沉积背景	(20)
第二节 油田沉积体系	(23)
第三节 建设性河流—三角洲沉积亚相、微相的划分.....	(30)
第四节 储层特征	(36)
第五节 三维地质模型	(62)
第六节 油层水淹特征及剩余油分布规律	(64)
第三章 油藏储集—渗流特征	(85)
第一节 储集—渗流物理性质	(85)
第二节 对低渗透油藏渗流过程的分析	(98)
第三节 沙三段油藏的基本特点.....	(101)
第四章 油田开发过程	(107)
第一节 开发阶段划分	(107)
第二节 油田开发的基本特点.....	(112)
第三节 当前开发的主要矛盾.....	(119)
第五章 油田开发部署及开发调整	(122)
第一节 油田开发部署.....	(122)
第二节 油田开发调整.....	(128)
第三节 几点认识.....	(142)
第六章 水驱特征及可采储量预测	(146)
第一节 水驱特征曲线的筛选.....	(146)
第二节 荆丘油田水驱特征及可采储量预测.....	(147)
第三节 分区块的预测结果.....	(150)
第四节 分井网的预测结果.....	(150)
第五节 分砂组的预测结果.....	(151)
第七章 高含水期油藏潜力分布及开采方向	(153)
第一节 当前开采情况.....	(153)
第二节 油藏水淹状况及剩余油分布研究.....	(160)
第三节 油藏潜力分析.....	(168)
第四节 油藏调整挖潜主攻方向.....	(173)
第五节 提高采收率试验.....	(177)

第六节 抗高温调剖剂的研制与应用..... (180)

第八章 技术经济分析..... (190)

第一节 油田开发经济效益..... (190)

第二节 经济采收率..... (194)

第三节 技术经济界限..... (196)

第九章 采油工艺技术..... (198)

第一节 防止套管变形技术..... (198)

第二节 变形套管的整形修复技术..... (209)

第三节 套管补贴技术..... (215)

第四节 水力割缝技术..... (218)

第五节 非标准(小直径)工具研制..... (223)

第六节 厚油层挖潜决策分析及工艺试验研究..... (227)

参考文献..... (232)

第一章 油田地质基本特征

第一节 油田概况

一、自然地理概况

荆丘油田沙三段油藏,位于河北省邢台地区宁晋县东北的北圈里乡,横跨南圈里、荆丘、北孟庄三个村。

油田地处太行山东麓的冲积平原,地势平坦,海拔约为 25~35m,交通方便,区内土面公路四通八达,柏油路面公路主要干线直接与各县相连,距油田 17km,北部的束鹿县城有横贯东西走向的石德铁路,油田东侧有南北走向的京九铁路。

油田气候类型属温暖带大陆性的半湿润性气候,年平均气温为 13℃,4~10 月气温在 14~26℃ 之间,冬季与夏季温差较大,夏季气温高达 42℃,冬季最低气温为零下 23℃。雨量较为充沛,且 80% 集中在夏季,日照时间长,每年达 2500 小时,无霜期长达 200 天。

总之,油田地理位置、地面条件、气候自然环境较为优越,加之本地物产丰富,劳动力充足,这就为油田野外施工,地面建设和油田管理带来了方便条件。

二、勘探开发历程与资料录取

1. 勘探开发历程

1982 年元月第一口探井晋 45 井开始钻探,并在沙三段发现工业油流,从而确定了油田沙三段油藏的工业价值。

1983 年以后先后部署了晋 52 等 4 口详探井,基本控制了油田规模,并发现了沙一下区段、沙二段、沙三上区段三套含油层系,确认沙三上区段为主要含油层系,1984 年上报 II + III 级石油地质储量 $713.11 \times 10^4 \text{t}$,含油面积 3.71km^2 。至今已钻井 133 口,其中获工业油流井 122 口,出水井 5 口,钻探成功率为 91.7%,现地面井网密度已达 35.9口/km^2 。

1983 年 11 月油田投入试采,就驱动方式而言,经历了三个开采阶段:

1983 年 11 月~1984 年 6 月为单井试采阶段;

1984 年 7 月~1985 年 4 月为弹性驱开采阶段;

1985 年 4 月~至今,为人工注水驱动开采阶段。

油田通过 16 年来的滚动勘探开发研究工作,深化了对油田地下及其开采特征的认识,并取得了显著成效,主要为:

(1)油藏东北区的晋 45—55 井断块,滚动扩边获得成功,通过对油藏精细描述,在进一步落实油田构造的基础上,提出了滚动开发井 12 口,新增加了含油面积和石油地质储量。

(2)通过细分层系开发,缓解了层间矛盾,提高了油藏的可采储量:

1991 年为缓解原第一套井网合采(IV)—(VIII)砂组过程中出现的(V)砂组与(VI)—(VIII)砂组之间的层间矛盾,在油层较发育的油藏高部位部署了第三套井网,单采(VI)—(VIII)砂组,

实施后(VI)一(VIII)砂组可采储量由 $23.2 \times 10^4 \text{t}$ 增至 $51.1 \times 10^4 \text{t}$ 。

(3)通过对油藏精细描述,认识到油藏的东区和西区,在油层发育程度和油层储层物性等方面均存在较大差异,为使平面矛盾得以调整,提高储量动用程度和增加可采储量,决定在油藏东部钻加密调整井 15 口,井网加密后,储量控制程度由 78.4% 提高到 87.8%,水驱储量增加了 $21.9 \times 10^4 \text{t}$,可采储量增加了 14.3%,见到明显成效。

2. 资料录取状况

(1)钻井取心。油田范围内共有系统取心井 9 口(晋 45、晋 52、晋 55、晋 56、晋 57、晋 45—21、晋 45—35、晋 45—37 和晋 45—307),取心总进尺 357.77m,岩心长 321.98m,收获率 90%,其中晋 45—307 井为密闭取心井,各井取心数据参见表 1—1。

表 1—1 钻井取心数据表

井 别	井 号	层 位		取心 次数	井 段,m	进尺 m	岩心长 m	收获率 %	含油岩心长度,m					
		层组	油组						含油	油浸	油斑	油迹	荧光	合计
探 井	晋 45	Es ₁ 下												
		Es ₃	IV	10	2661.13~3222.62	40.73	38.23	93.86		12.62	6.37		0.41	19.4
详探井	晋 52	Es ₁ 下												
		Es ₃	IV	16	2757.14~3298.00	84.95	80.81	95.13		6.23	3.85	1.73	2.93	14.73
详探井	晋 55	Es ₃												
		Es ₁ 下	IV	4	3242.07~3840.31	18.92	18.49	97.73			1.63	0.26	1.43	3.32
详探井	晋 56	Es ₃	III—IV	12	3171.29~3331.09	52.44	50.15	95.63		4.56	3.9	2.02	0.24	10.81
详探井	晋 57	Es ₂₋₃	I—IV	4	3049.72~3356.89	19.75	15.77	79.85			3.37			3.37
生产井	晋 45—21	Es ₂	I—II	5	2920.15~3017.49	26.85	22.39	83.39			1.65	0.96	0.3	2.91
生产井	晋 45—35	Es ₃	III—IV	13	3062.07~3159.50	65.51	62.46	95.34		14.68	15.28	2.32	0.33	32.61
生产井	晋 45—37	Es ₂	I—II	9	2947.51~3051.04	48.62	33.66	69.23	0.39	2.57	3.75	2.07	0.94	4.72
密闭取心井	晋 45—30	Es ₃	I—V	21	3064~3254.11	159.07	145.67	91.58		15.28	48.3	3.38	5.4	22.32
合 计				73		357.77	321.98	89.99	0.39	40.74	39.8	9.36	6.58	96.37

(2)分析化验资料。钻井取心油层常规物性分析 692 块,压汞 78 块,油水相渗透率 3 口井 9 块样品;密闭钻井取心井晋 45—307 井岩心油层常规物性分析 497 块,含水饱和度 479 块,压汞 70 块,油水相渗透率 6 块,示踪剂分析 481 块,岩石表面润湿性 5 块。

(3)高压物性取样 5 口井(晋 45、晋 45—35、晋 45—42、晋 45—49、晋 45—62)。

(4)截止 1999 年 5 月份油田共测产液剖面 46 口井,140 井次;吸水剖面 40 口井,172 井次。

三、油田开发现状

油田于 1983 年 11 月开始试采,1984 年 7 月~1985 年 4 月全面投入开发。1985 年 5 月开始注水,目前已形成多套井网,多套层系的开发格局:构造轴部分三套井网开采,第一套井网采(IV)一(VIII)砂组,第二套井网采(I)一(III)砂组,第三套井网采(VI)一(VIII)砂组,边部合采。

在油层发育,储层物性较好的西区,开发井距为 300m,油藏东区为 180~300m。

第二节 地层、油层划分与对比

一、地层划分与对比

1. 地层层序及含油性

在油田区内所揭示的地层层序自上而下为第四系平原组；上第三系明化镇组、馆陶组；下第三系东营组（东二段、东三段），沙河街组沙一上区段、沙一下区段、沙二段、沙三上区段、中区段和下区段。除东一段地层缺失外，其它各层系地层层序较连续完整，其中第四系地层与下伏上第三系明化镇组地层，上第三系馆陶组地层与下第三系东营组地层均呈角度不整合接触；沙一下区段与沙二段分别与下伏地层呈假整合接触。钻达最大深度为 4001m（晋 55 井），属沙三下区段地层，未穿。

含油层位为沙一下区段、沙二段和沙三上区段，其中沙一段仅在晋 52 井获日产 17.1t 工业油流，沙二段在晋 45—69 井获日产 12t 工业油流，沙三上区段是主要含油层系，油层集中分布在 250~300m 井段内，为一套砂泥岩不等厚互层，砂层发育，砂地比在 0.5 左右，最大单砂层厚度和有效厚度分别可达 27.8m 和 18.0m。

2. 地层分布

地层分布的显著特点是其在纵向上的分布较为稳定，唯沙二段地层厚度变化幅度相对较大，约在 260~340m 范围内，其余各层系地层分布稳定，厚度变化幅度较小，如主要含油层系沙三上区段地层厚度在 300~360m 之间，尤以沉积稳定的沙一段地层厚度仅在 320~350m 范围内变化，地层层序及特征如表 1—2。

表 1—2 地层层序表

系	组	段	厚度,m	主要岩性	含油性	
第四系	平原组		320~340	黄土和流沙		
上第三系	明化镇		880~920	棕红、浅黄色泥岩与浅灰、浅黄色砂岩互层,底部为浅灰色砂岩或浅黄色含砾砂岩		
	馆陶组		640~660	上部棕红色泥岩夹浅灰色砂岩、含砾砂岩、砾岩;下部浅灰色砂岩、含砾砂岩夹棕红色泥岩;底部杂色砾岩		
下第三系	东营组	二段	350~400	紫红、褐灰色及灰绿色泥岩夹灰色砂岩。上部夹 4~5m 厚的碳质泥岩		
		三段	240~280	灰色、灰褐色及灰色砂岩,间夹 2~4 层泥灰岩		
	沙河街组	一段	上	330~350	褐色、灰褐色泥岩夹薄层砂岩,间夹 1~3m 厚的泥质白云岩和泥灰岩	
			下	320~350	褐色、棕色及灰色泥岩夹灰色砂岩,间夹少量薄层页岩、泥质白云岩及泥灰岩	个别井获工业油流
		二段	260~340	上部:灰色泥岩、泥膏岩和灰白色石膏、泥灰岩、泥质白云岩,厚 140~170m;下部:灰褐色泥岩夹浅灰色砂岩	个别井获工业油流	
		三段	上	300~360	灰、深灰色泥岩与灰色、褐色砂岩不等厚互层,顶部为近 50m 厚的泥岩段	主要含油层段
				250	深灰色泥岩与灰色砂岩互层	
				338 (未穿)	为一套多种岩性的细段。以灰、深灰色泥岩、泥膏岩为主,砂岩次之,间夹泥质白云岩及少量油页岩	

3. 沉积的旋回性及对比标志层

1) 沉积旋回级次的划分

根据旋回的规模和成因,陆相盆地沉积旋回级次,一般划分为五级:

一级旋回:是不同构造阶段的沉积层,其构造层之间存在明显的不整合面,如下第三系地层大体属于一级沉积旋回。

二级旋回:是指盆地在沉降与抬升背景上所形成的沉积旋回,其间的地层沉积类型有明显变化或呈不整合接触,荆丘油田沙二段和沙三段即相当于两个二级旋回,沙三段向沙二段沉积环境的过渡,即代表了盆地的回返过程——沙三段以反—复合旋回类型为主,沙二段则表现为正旋回的沉积类型,指示盆地的抬升过程。

三级旋回:代表湖盆水域的扩张与收缩所形成的沉积旋回,大体相当于油层组规模的地层单元,地层一般是连续的,但常被湖浸泥岩隔开,成为油组间的稳定隔层,是划分油组的必要条件。

四级旋回:因沉积条件变化所形成的沉积层,是由不同类型单层所组成的复油层,相当于砂组,是控制划分小层的基本单元。

五级旋回:同一沉积环境下形成的微相单元,也是相对独立的油水运动单元,大多数情况系指一个小层单元,由于砂层在横向上频繁的分支合并故很难做到每个小层内仅包含一个单砂层,但在实际工作中,只要能达到 50% 以上的小层内包含一个单砂层,在一般情况下即可适应油田注水开发和油田动态分析的需要。

2) 对比标志层

荆丘油田地层沉积环境以较稳定的水下沉积环境为主,地层对比标志层相对发育,且较典型。选择分布稳定,电测曲线形态易于辨认的层段,作为地层对比的标志层,经大量对比实践,确定了 5 个地层划分、对比标志层,如表 1—3。

表 1—3 地层、油层对比标志层特征

单元	编号	名称	岩性	感应曲线形状	厚度, m	分布层位	级别
地层对比	1	馆陶底砾岩	砂砾岩	高阻尖峰状	40	上第三系	(I)
	2	低阻泥岩	碳质泥岩、泥岩	低幅度指状	4~5	东二段上部	(I)
	3	稳定泥岩	泥岩夹薄层砂岩	高低相间电阻段	最大厚度 150	东三段地层标志	(I)
	4	特殊岩性段	细砂岩及 Ca 质砂岩	呈高低相间锯齿状	4~6	沙一段顶部	(I)
	5	凹兜泥岩	褐色棕色泥岩	低阻凹兜状	5~10	沙一上区段	(I)
油层对比	1	泥膏岩段	暗色泥岩石膏层	呈高低相间状	140~170	沙二上区段	(I)
	2	掌状泥岩	泥岩夹泥质粉砂岩	呈高低不等尖峰似手掌	12~14	I 油组底部	(I)
	3	低阻泥岩段	泥岩	低锯齿状	10~12	II 油组顶部	(I)
	4	深凹兜	泥岩	低阻凹兜状	1~2	III 油组顶部	(I)
	5	山字形泥岩	泥岩	呈山字状	6~7	(I) 砂组顶部	(I)
	6	稳定泥岩	泥岩	低阻段	12~14	IV 砂组	(II)
	7	双尖泥岩	泥岩夹泥质砂岩	呈两个高尖	5~7	(III) 砂组上部	(I)

二、油层划分与对比

1. 油层划分对比原则与依据

1) 划分原则

油层层组划分是正确划分认识单元,合理划分开发层系的一项基础工作,根据含油层系内岩石组合类型,电测曲线组合形态特征,以及组合开发单元的需要,可将含油层系划分为不同级次的含油单元。从油田开发地质角度通常划分为油组、砂组和小层三个级次。划分原则遵循由高级次到低级次逐级细分的原则。

(1) 油组:

是由若干油层彼此相近的砂组组合而成的地层单元,油组间多被稳定的湖浸泥岩隔开而具可分性。在同一含油断块内,一般具统一的油水界面和压力系统,是划分开发层系的基本单元。

(2) 砂组:

砂组是在油组控制下的次一级沉积旋回,它是控制划分小层的地层单元。是由若干相互邻近的单油层组合而成,同一砂组的油层及岩性特征基本一致,砂组间一般发育较稳定的隔层,也可以是组合开发层系的基本单元,地层厚度一般在 40~60m。

(3) 小层:

根据单砂体的发育程度,在保证砂体完整连续的前提下,确定小层单元合理的地层厚度,一般情况下小层控制的地层厚度多在 10~20m。是具有生产实用价值相对最小可分的地层沉积单元和认识单元。在油田内具一定的分布范围,横向上可追踪对比,成为控制油水运动和分布的基本单元。

2) 划分依据

以由岩石组合类型所表现出的沉积旋回性为基础,岩电性标志层或组合标志层段为手段,对含油层系在油组控制下,逐级细分为若干砂组和小层。

2. 各油组的岩电组合类型及其含油性

荆丘油田沙三段油藏含油层系,按上述油层层组划分原则,共划分为五个油组,其中沙二段划分 I、II 两个油组,其岩性组合均为下粗上细的正旋回,自然电位和电阻率曲线组合形态显示为正旋回特征,其地层厚度分别为 85~95m 和 60~70m,砂地比为 0.15~0.35 不等。油层主要发育在油组下部, I、II 油组有效厚度系数分别为 0.84~1.0 和 0.39~1.0。I 油组油层分布主要受岩性因素控制,在平面上呈零星分布、全油田仅有 4 口井钻遇 II 类油层。II 油组油层分布受岩性、构造双重因素控制,平面上油层分布范围较广,全油藏有 10 口井钻遇 I 类油层,26 口井钻遇 II 类油层。由于含油性较差,纵向上油层分布又相对集中,故 I、II 油组均未进一步细分砂组和小层。

沙三上区段划分的 III、IV、V 三个油组,是油藏的主要含油层系和开采对象。

III 油组:由 (I) — (III) 三个砂组组成,厚度 110~120m,为灰色块状泥岩与中厚层砂岩呈不等厚互层,岩性组合为较明显的正旋回,砂地比为 0.22~0.41,构造高部位油层有效厚度系数可高达 0.828,而在构造低部位仅为 0.37,油组下部的 (III) 砂组是油田的主力砂组之一。

IV 油组:由 (IV) — (VII) 四个砂组组成,厚度 110~120m,为灰色、深灰色块状泥岩与厚层一块状粉砂岩、细砂岩组合,中上部厚层一块状砂岩发育,总观岩性组合具有较明显的反旋回特征。砂地比为 0.39~0.58,构造高部位油层有效厚度系数 0.66,低部位 0.33,中上部的 (V)

砂组是油田主力砂组。

V 油组:厚度约 120m,为深灰色、褐色块状泥岩与中—薄层粉细砂岩组合,岩性组合具两分性,可划分出两个叠加正旋回,上部含油性较好,为(VIII)砂组,下部旋回为(IX)砂组,基本为水层。砂地比为 0.28~0.47,构造高部位油层有效厚度系数 0.37,构造低部位为水层。

三、油层层组划分结果

1. 层组划分结果

根据油层层组划分的原则,结合油藏含油层系特点,将沙二、沙三段含油层系划分为五个油组,9 个砂组,25 个小层,如表 1—4。

表 1—4 层组划分结果汇总表

层 位	油 组	砂 组	地层厚度 m	小层号	小层数	砂地比
沙二段	I					
	II					
沙三段	III	(I)	55~60	(I) ₁ 、(I) ₂	2	0.1~0.3
		(II)	25~30	(II) ₁ 、(II) ₂ 、(II) ₃	3	0.3~0.75
		(III)	25~30	(III) ₁ 、(III) ₂	2	0.25~0.85
	IV	(IV)	12~15	(IV) ₁ 、(IV) ₂	2	0.1~0.35
		(V)	30~35	(V) ₁ 、(V) ₂ 、(V) ₃	3	0.55~0.85
		(VI)	30~40	(VI) ₁ 、(VI) ₂ 、(VI) ₃ 、(VI) ₄	4	0.3~0.65
		(VII)	30~40	(VII) ₁ 、(VII) ₂ 、(VII) ₃	3	0.3~0.7
	V	(VIII)	24~38	(VIII) ₁ 、(VIII) ₂ 、(VIII) ₃	3	0.4~0.5
		(IX)	26~38	(IX) ₁ 、(IX) ₂ 、(IX) ₃	3	0.35~0.6

2. 层组划分结果评述

1)油组各具自身特性,是组成开发层系的基本单元

目前沙三上区段所划分的三个油组在岩性组合特征和旋回性均具有其自身的特性。同一油组其岩性、物性以及含油性在平面分布上虽有变化,但总的存在诸多共性,如油层在纵向分布比较集中,油层性质比较接近。而且油组间又有明显的可分性,每个油组顶部大多发育代表最大湖泛面的稳定泥岩,使各油组之间彼此分开,据统计 4.0m 以上泥质岩类隔层钻遇率在 90% 以上。由于泥质岩类的排驱压力很高而成为油田注水开发中油水运动的屏蔽遮挡层,可使每个油组成为独立的开发单元。

2)小层划分结果,可以适应油田注水开发的需要

油层细分的目的除了确定认识的基本单元外,同时也要适应油田注水开发的需要,为油田动态分析,分层改造,提供基本单元。从这个基点出发,要求所划分的小层应最大限度地只包括 1 个单砂层(单油层),并尽量避开厚油层的“劈层”,以保持自然单砂层的完整性,从小层实际划分结果看,除(V)砂组和(VI)砂组个别小层存在劈层外,约有 85% 以上的井层,符合小层划分规范,从而可以满足油田注水开发和动态分析的需要。此外,从大量的产液剖面和吸水剖面可以看出,同一砂组内各小层的产液强度和吸水强度有明显差异,如表 1—5、表 1—6,也说明了同一砂组内各小层的可分性。

表 1—5 产液状况统计表

井 号	砂 组	小层号	油层厚度 m	相对产液 量, %	产液强度 t/(m·d)	井 号	砂 组	小层号	油层厚度 m	相对产液 量, %	产液强度 t/(m·d)
晋 45—5	(Ⅱ)	1	4.6	13.3	0.08	晋 45—16	(Ⅴ)	1	7.2	18.2	0.28
		2	2.8	5.7	0.05			2	8.2	74.2	1.0
		3	6	0	0		(Ⅵ)	2	3.6	1.6	0.05
		3	5.8	13.8	0.06			3	6.6	3.7	0.06
	(Ⅲ)	1	4.2	30.0	0.19			4	4.4	0	0
		2	9.0	31.1	0.09		(Ⅶ)	2	7.6	0.2	0.003
	(Ⅴ)	1、2	11.4	6.1	0.01			3	8.6	1.9	0.24
晋 45—8	(Ⅱ)	1	6.0	27.4	0.43	晋 45—20	(Ⅴ)	1、2	10.0	60.0	0.72
		2	2.8	8.0	0.27			3	11.0	2.2	0.02
	(Ⅲ)	1	4.0	0.5	0.01		(Ⅵ)	2	1.6	13.4	1.01
		1	4.0	5.1	0.12			3	17.2	6.2	0.04
	(Ⅴ)	2	11.6	54.5	0.26			4	2.4	0	0
		3	1.6	4.5	0.26		(Ⅶ)	2	3.0	0.7	0.003
								2、3	12.8	17.5	0.16

表 1—6 吸水状况统计表

井 号	砂 组	小层号	砂层厚度 m	相对吸水 量, %	吸水强度 m ³ /(m·d)	井 号	砂 组	小层号	砂层厚度 m	相对吸水 量, %	吸水强度 m ³ /(m·d)
晋 45—11	(V)	1	3.6	76.0	4.89	晋 45—45	(I)	1	4.8	7.6	1.54
		2	10.4					2	5.6	8.9	0.97
		3	4.8	2.7	0.51		(II)	2	4.2	0	0
		3	8.	2.3	0.26			3	5.0	28.3	2.14
	(VI)	2	4.4	11.7	1.17			3	7.8		
		3	4.6		(III)		1	11.6	30.2	2.55	
		4	11.6	3.9			0.3	2	4.2	9.4	2.17
	(VII)	1	2.6	0	0		(IV)	2	4.2	0	0
		3	12.8	3.4	0.24			(V)	1	4.8	15.6
	晋 45—23	(VI)	2	4.4	0		0		2	7.4	
(V)		1	6.6	20	2.91		3		1.4		
		2	2.6	21.6	7.98		3		6.6		
		3	15.0	20.8	1.33		(VII)	1	2.6	0	0
(VI)		3	2.6	4.8	1.77		晋 45—58	(I)	2	7.4	2.3
		3	3.8	10.4	1.35	(II)		3	6.2	1.5	0.15
		4	3.6					3	6.8	6.9	0.65
(VII)		1	6.2	11.2	1.73	(III)		2	5.0	0	0
		2	2.4	0	0	(IV)		2	4.2	6.9	1.05
		2	12.0	11.2	0.52			(V)	3	11.8	82.4
	3	8.8									

第三节 油田构造与断裂系统

一、油藏构造形态特征

1. 区域构造背景

束鹿凹陷处于冀中坳陷的最南端,是一个夹持在新河凸起与宁晋凸起之间,南端以小刘村陆梁封口,北部以衡水断裂与深县凹陷相接,为东断西超呈北北东向延伸的箕状凹陷。凹陷内发育两组断裂系统:一组是与凹陷延伸方向一致的北东向断层,另一组为北西向断层。受北东向断层的切割,将束鹿凹陷划分为三个次一级构造单元:西部斜坡带,中部鼻状构造带,东部为陡带。在陡带发育有受次级断裂控制的两个潜山隆起构造带,一是台家庄潜山,另一是荆丘潜山,荆丘沙三段油藏即位于凹陷东部陡带的荆丘潜山隆起构造带上。

2. 构造形态与构造要素

1) 构造形态

油田构造形态为向西、向南和向东倾没的宽缓鼻状构造。由于沙三段沉积期的构造活动较弱,而且晚期断裂又未波及到下部沙三段地层,因此除北部构造被断层分割成三个台阶外,油田的主体部分构造形态简单而完整。如图 1—1 是Ⅲ油组底构造图,从不同层界构造图看出,各层界的构造形态极为相似,说明构造具明显继承性。

2) 构造要素

在Ⅲ油组底界构造图上,构造高点埋深为 3100m,位于晋 45—213~晋 45—304 井一带,以 3350m 闭合等深线计算,闭合高度为 250m,闭合面积 7.5km²,地层向东、南、西三个方向倾没。顶部构造比较平缓,倾角 4°~6°,翼部较陡,东翼约为 10°左右,西部为 7°~8°。

3) 微构造研究

微构造是对构造的精细解释,也是控制剩余油分布的重要地质因素之一,为此开展了对微构造的精细解释,并分别编制了(Ⅰ)~(Ⅶ)砂组底界构造图,构造等深线间距为 10m,与 1995 年绘制的等深线为 20m 的构造图相比,构造形态基本相似,未有微断层和明显的局部高点,仅深层构造图的鼻状构造更加宽缓,反映出鼻状构造初期特点。图 1—2 为(Ⅴ)砂组顶界微构造图。

二、断层分布特征

1. 断层分布基本特点

分布密度小:以钻井资料为主,结合地震资料,在约 4.0km² 的构造范围内发育 5 条断层,断层密度仅为 1.25 条/km²。

断层组系单一:除派生的 5 号小断层为北东走向外,其余各级次断层均为近东西走向。

断层性质属张应力形成的正断层,其在发生、发展过程中多呈开启状态,成为油气运移的主要通道,构造活动停止后断层主要起封隔作用。因此断层活动对油气藏形成有着重要的影响。

2. 断层分级与作用

在油田范围内发现的 5 条断层,根据断层规模与作用,可划分为两个级次:1 号断层规模比较大,是油田北部横贯东西走向的边界断层,是油田的主断层,对油藏形成起重要控制作用。

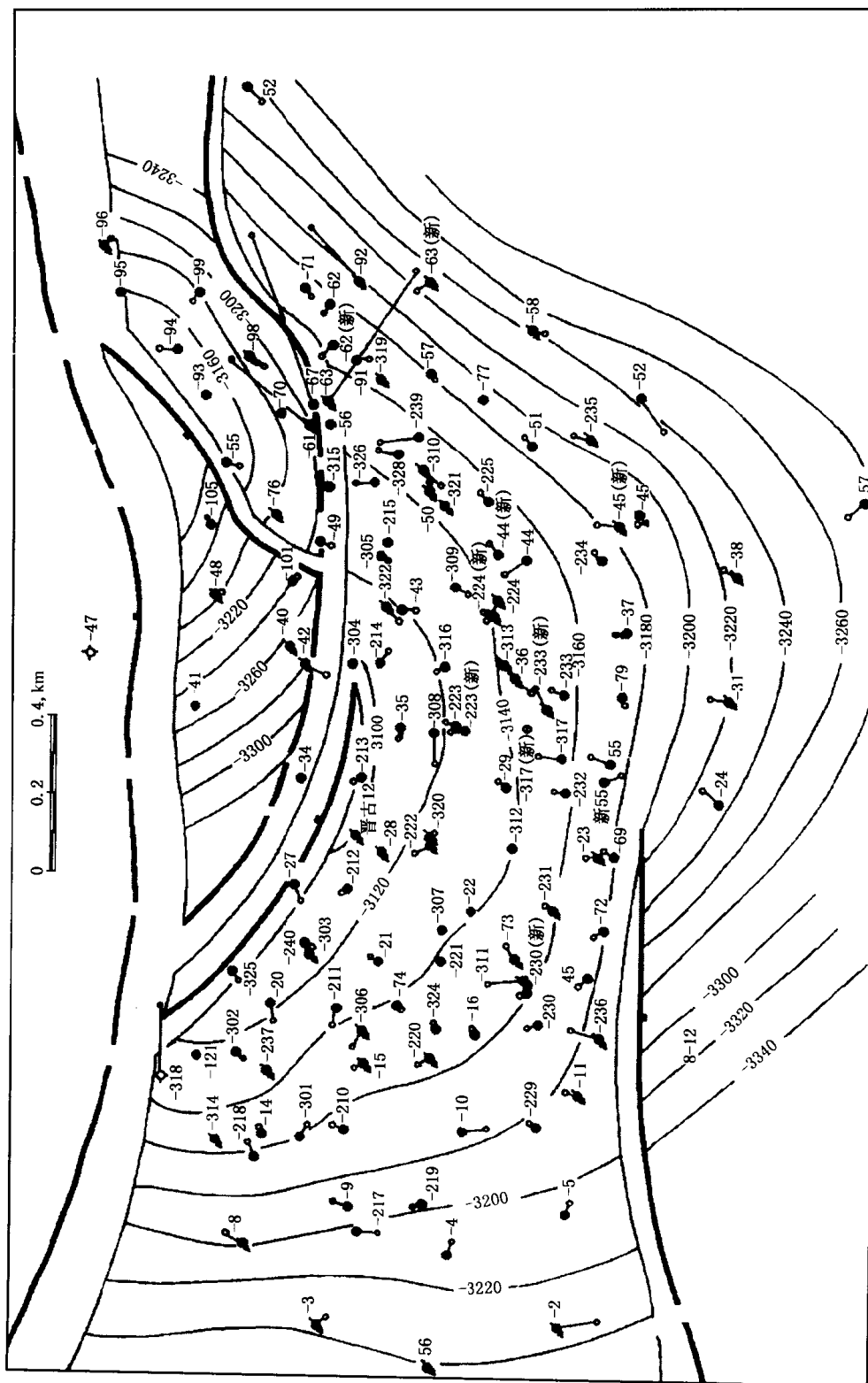


图 1-1 Ⅲ 油组底界构造图