

胜利油区

勘探开发论文集

(第一辑)

杜贤樾 孙焕泉 郑和荣 主编

地质出版社



登录号	104534
分类号	P6:813-53
种次号	013-1

胜利油区勘探开发论文集

第 一 辑

杜贤樾 孙焕泉 郑和荣 主编

5405/08



地 质 出 版 社

• 北 京 •

内 容 提 要

本书共收集 26 篇文章,分勘探、开发两部分。书中反映了胜利油田管理局地质科学研究院近两年来的研究成果,包括胜利油田深层、浅层、古潜山、构造、沉积环境、地球化学、储集空间、运聚系统、油藏描述、油层保护、提高采收率、计算机应用等方面的新成就、新技术、新方法,以及国外油层保护技术的进展情况等。

本书内容翔实,资料丰富,可作为石油地质科研及生产人员、大专院校有关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

胜利油田勘探开发论文集 第一辑/杜贤樾等主编. -北京:地质出版社,1997. 12

ISBN 7-116-02497-2

I. 胜… II. 杜… III. ①油气勘探-山东-文集②油田开发-山东-文集 IV. P61813-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 25851 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:向维达 程 慧 周德勇 舒志清

责任校对:范 义

*

北京科技印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:20.75 彩色插页:2 页 字数:502000

1997 年 12 月北京第一版·1997 年 12 月北京第一次印刷

印数:1—1500 册 定价:48.00 元

ISBN 7-116-02497-2

P·1849

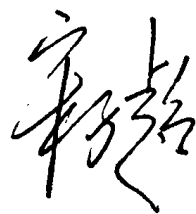
序

胜利油区地处黄河尾间,是渤海湾含油气盆地的重要组成部分。在经历了高速上产和稳产后,目前已进入以实现良性循环为目标的新的发展阶段。

胜利石油管理局地质科学研究院始建于 60 年代初,主要 承担胜利油区勘探开发地质综合研究任务。三十多年来,广大科研人员针对济阳坳陷复杂的地质情况,坚持科研与生产相结合的方针,以增储上产为己任,充分发挥综合研究的优势,大力开展科技攻关,不断深化地质认识。基本查清了探区的区域地质、地层、构造情况和油气资源量,突破了潜山、斜坡和洼陷内找油的禁区,逐步提出和完善了复式油气区油气聚集理论,形成了复式油气区滚动勘探开发技术,丰富和发展了陆相石油地质学;建立了不同类型油藏开发的程序和方法,成功地开发了疏松砂岩油藏、复杂断块油藏及海上埕岛油田,开展了稠油蒸汽吞吐和蒸汽驱开采先导试验及聚合物驱和复合驱等三次采油新技术的研究,开发和引进了水平井技术、油藏数值模拟及油层保护等新技术,为胜利油田的持续稳定发展做出了贡献。自“七五”以来共承担各类研究项目 400 余项,获科技进步奖 260 余项,形成了以资源评价、油藏描述、油藏数值模拟、现代试井、三次采油、水平井地质设计、油气层保护等为代表的多项系列技术。

近几年,胜利油区勘探开发难度越来越大,后备资源接替不足的矛盾日益突出;大多数主力油田已进入“三高”开发阶段。针对这一实际情况,地质科学研究院广大科研人员积极依靠科技进步,开展了卓有成效的研究工作,在隐蔽油气藏勘探、浅层天然气勘探、精细油藏描述和剩余油分布规律研究、三次采油技术及油气层保护研究等方面取得了一大批新的研究成果。

《胜利油区勘探开发论文集》汇编了地质科学研究院近两年的部分研究成果,对胜利油区及具有相似地质条件的中国东部其它含油气盆地的勘探开发地质研究有重要的参考价值,对推动胜利石油管理局的科技进步和促进油田的持续稳定发展也将起到积极的作用。



《胜利油区勘探开发论文集》编委会

主任委员：杜贤樾

副主任委员：孙焕泉 郑和荣

委 员：杜贤樾 孙焕泉 郑和荣 周维四 唐美芳
张曾怡 王端平 张善文 姚益民 范乃福
宋国奇 廖永胜 陈能范 段昌旭 袁向春
郭汝泰 周建国 时佃海

目 录

第一篇 油 气 勘 探

济阳探区勘探现状及储量潜力分析·····	宋国奇	隋凤贵	邱以钢(3)
济阳坳陷深层勘探技术、方法及应用·····	杨品荣	向 奎	(13)
济阳坳陷浅层气藏综合勘探技术及应用 ·····	李文涛	曹忠祥	(27)
含油气扇体勘探经验、技术与方法——以东营凹陷北部陡坡带为例 ·····	王宝言	朱 明	刘玉浩(38)
浊积岩岩性油藏勘探技术——以史南地区为例 ·····	李茂榕	肖焕钦	王居峰(53)
埕岛地区馆陶组河流相储层油藏描述技术 ·····	吴 静	陈广军	(67)
埕岛地区前中生界潜山储层预测方法探讨 ·····	林会喜	孙 怡	(77)
储层描述新技术和新方法 ·····	刘道平	赵铭海	刘书会 刘玉琴(90)
油气运聚系统的地球化学研究·····	廖永胜	才巨宏	刘惠民 宋一涛 唐洪三(104)
油气储集层的储集空间及其保护综合分析技术 ·····	蔡进功	姚益民	谢忠怀 秦 俭 包于进 张守鹏(124)
储量计算技术的新进展·····	林 豪	张丽艳	(144)

第二篇 油 气 开 发

胜利油区“九五”规划跟踪分析及实施中几个关键问题的探讨 ·····	孙洪林	王美兰	尹忠祥(155)
埕岛油田河流相砂岩油藏开发前期研究的方法及程序 ·····	唐美芳	王 军	李继胜 隋淑玲 龚士荣(171)
初论精细油藏描述及剩余油分布规律研究的程序、技术和方法 ·····	王端平		(187)
整装大油田特高含水期提高水驱采收率综合研究技术·····	刘显太	程会明	贾俊山(197)
桩西潜山型裂缝性油藏描述技术方法·····	孙 国		(213)
精细油藏数值模拟技术·····	杨耀忠		(220)
胜利油区水平井开发技术研究·····	袁向春		(228)
稠油注蒸汽开发油藏工程研究·····	邱国清		(241)
胜利油区聚合物驱油和复合驱油技术——试验研究进展与应用简况 ·····	曹绪龙	王宝瑜	张以根 宋新旺 曾胜文 江小芳(252)
胜坨油田二区沙河街组二段第 1、2 砂层组水淹层测井评价技术 ·····	郭元岭	苏国英	杨英珍(263)
现代试井技术在滩海地区勘探开发中的应用·····	张德志	李友全	李 慧(271)
地质科学研究院综合信息系统规划方案 ·····	林康敏	傅瑞军	聂建英 刘青昆 洪奇(282)

胜利油区不同类型砂岩油藏储层五敏特征、伤害机理及保护措施研究	
.....	曲岩涛 赵嘉陵(293)
国外油层保护技术进展.....	吴锦莲 周 征(307)
密闭冷冻保形取心岩心处理技术.....	姜志臣 安明泉 王志强 高士敬 林 忠(322)

第一篇 油 气 勘 探

济阳探区勘探现状及储量潜力分析

宋国奇 隋风贵 邱以钢

摘 要 在油气勘探过程中的每一个阶段,一个探区的勘探现状和潜力分析是制定该区下一步勘探方针的基本依据。本文作者通过对济阳探区的勘探程度、近几年的探明储量增长趋势及预测储量升级潜力的分析,阐明了济阳探区的勘探现状:勘探程度在总体上为中等偏高,但在不同构造单元、不同深度、不同层位有较大差别,特别是埋深大于 3 500 m 的深层、自太古宇至下第三系孔店组各层系仍处于低勘探程度;“七五”以来,新增探明储量的埋深明显加大,层位向下转移,油藏规模变小,非构造油气藏所占比例趋增;现有资源序列基本上合理,然而存在着潜在资源量不足和预测储量中难以升级部分所占的比例大等问题。总之,济阳探区仍有较大的勘探潜力;但勘探难度也在不断增大。济阳探区深层、滩海、非构造油气藏及预测储量的评价升级是近几年的勘探方向和主要工作内容。

主题词 济阳坳陷 深层勘探 非构造油气藏 探明储量 远景储量

一、前 言

本文以济阳探区勘探数据库的大量数据的统计结果为依据,结合济阳探区勘探历史和近几年的勘探新成果,对济阳探区的勘探程度、近几年的储量增长趋势及预测储量现状、升级潜力进行了分析。

济阳探区自 1961 年华 8 井首获工业油流到 1996 年底,35 年来共完成二维地震测线 20×10^4 km,三维地震 1×10^4 km²,完钻探井 4 550 余口,进尺 $1\,115 \times 10^4$ m;共发现 68 个油气田,累计探明石油地质储量 30 多亿吨,累计探明天然气地质储量近 1 600 多亿立方米(其中气层气 300 多亿立方米),累计生产原油 6 亿多吨。油气探明程度已达 47.5%。

二、济阳坳陷勘探程度分析和深层勘探

1. 济阳坳陷勘探程度分析

一个油气探区的勘探程度,可以根据探井密度、探明程度、资源发现率等参数确定。

(1)探井密度 截止 1996 年底,济阳探区(包括济阳坳陷范围及黄河三角洲外围浅海区域)共完钻探井 4 551 口,进尺 $1\,115 \times 10^4$ m;预探井 1 756 口,进尺 420×10^4 m。平均探井密度为 0.15 口/km²。但探井密度在全区分布极不均匀(表 1)。

根据国际通用规则,用每万平方千米中预探井数将勘探程度划分为四级:勘探成熟区,5 000 口以上;高勘探程度区,1 000~5 000 口;中等勘探程度区,100~1 000 口;低勘探程度区,100 口以下。以此为参考标准,济阳坳陷预探井数已达 630 口/10⁴ km²,属中等偏高勘探程度区。

表 1 济阳探区不同探井密度面积及其占总面积百分比

探井密度/(口·km ⁻²)	<0.01	0.01~0.1	0.1~0.5	>0.5
面积/km ²	12 748	9 621	1 771	973
占总面积/%	51	38.5	7	3.8

按各层系预探井密度(图 1),可将济阳坳陷不同层系的勘探程度划分为三类:

沙河街组上段及以上各目的层系,690 口/10⁴ km²,属中高勘探程度。其中,东营、沾化凹陷分别高达 1 200 口/10⁴ km² 和 1 400 口/10⁴ km²,属高勘探程度区;车镇、惠民凹陷分别为 680 口/10⁴ km² 和 320 口/10⁴ km²,属中等勘探程度区,局部达高勘探程度。

沙河街组三段—沙河街组四段,济阳坳陷 520 口/10⁴ km²,为中等偏低勘探程度;东营、沾化凹陷分别高达 830 口/10⁴ km² 和 1030 口/10⁴ km²,属中高勘探程度区;车镇、惠民凹陷分别为 440 口/10⁴ km² 和 220 口/10⁴ km²,属中偏低勘探程度区。

孔店组及前第三系,整个济阳坳陷仅为 270 口/10⁴ km²,属较低勘探程度区。

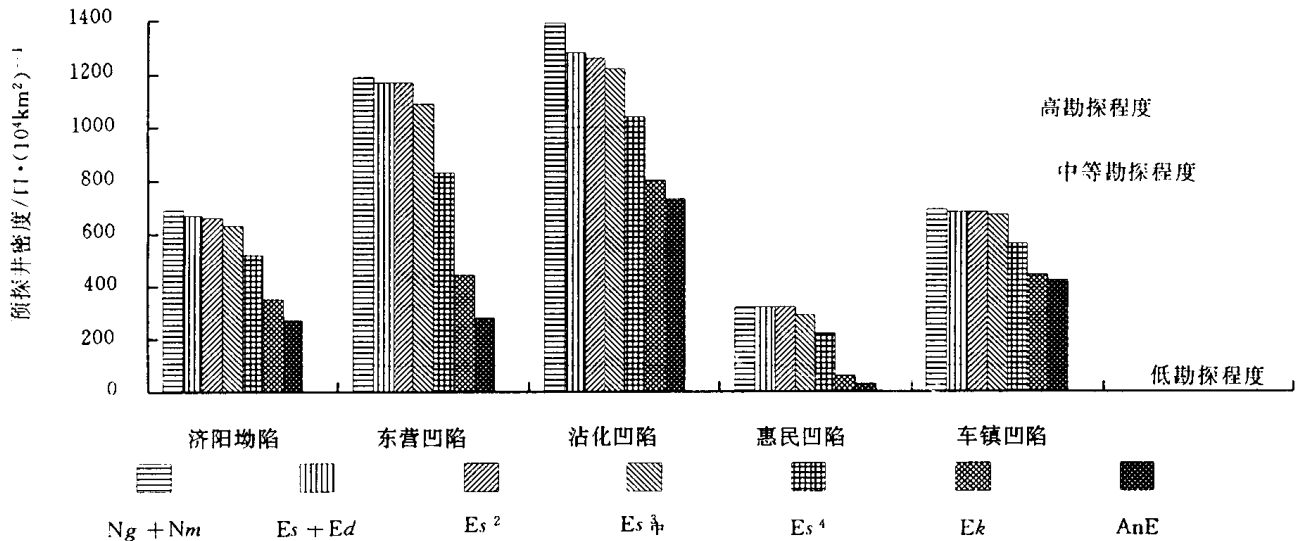


图 1 济阳坳陷及各凹陷不同层系预探井密度对比图

根据石油天然气总公司规定及通常做法,埋深小于 1 500 m 的为浅层,1 500~3 500 m 为中层,大于 3 500 m 的为深层,济阳坳陷深层和中浅层勘探程度有较大差别。

中浅层勘探程度:全坳陷探井密度为 690 口/10⁴ km²,整体上已达中等偏高勘探程度。东营、沾化凹陷高达 1 200 口/10⁴ km² 以上,属高勘探程度区;车镇、惠民凹陷分别为 690 口/10⁴ km² 和 320 口/10⁴ km²,属中等勘探程度区。

深层勘探程度:全坳陷预探井密度 87 口/10⁴ km²,属低勘探程度区。

(2)探明程度 探明程度是探明石油地质储量与总的石油资源量之比。按照全国第二轮油气资源评价结果,济阳探区总的石油资源量为 75×10⁸ t,济阳坳陷为 65×10⁸ t,浅海区域为 8×10⁸ t(图 2)。截止 1996 年底,济阳坳陷共探明石油地质储量 33.1×10⁸ t,浅海地区为 2.4×10⁸ t。探明程度分别为 51%和 30%。济阳坳陷加浅海区域的探明程度为 49%。

(3)资源发现率 资源发现率是衡量一个盆地勘探程度高低的另一个重要参数,是指三

级储量(探明、控制、预测)占总资源量的比例。截止 1996 年底,济阳凹陷共上报控制储量 $29\,712\times 10^4\text{ t}$,浅海地区 $8\,368\times 10^4\text{ t}$;济阳凹陷共上报预测储量 $3\,734\times 10^4\text{ t}$,浅海地区 $9\,595\times 10^4\text{ t}$ 。根据以上数据,济阳凹陷的资源发现率为 8.5%,浅海地区为 52%。济阳探区总的资源发现率已达 57.9%(图 2)。

依据上述数据,济阳凹陷中、浅层总体上达到中等偏高勘探程度。其中,东营凹陷和沾化凹陷已达到了高勘探程度偏下阶段,而车镇凹陷和惠民凹陷为中等勘探程度,浅海地区属于低勘探程度区。在垂向上,埋深大于 3 500 m 的深层为低勘探程度区。

滩海地区共有预探井 24 口,平均预探井密度为 50 口/ 10^4 km^2 ,资源探明程度只有 30%,远低于济阳陆上资源探明程度(51%)。在近期滩海地区将是济阳探区寻找大中型目标的有利地区。

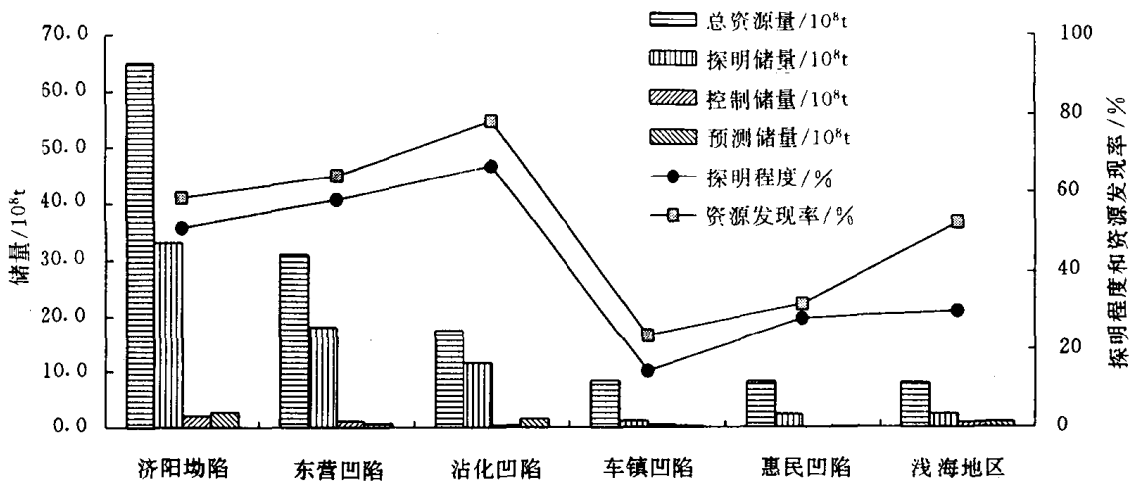


图 2 济阳凹陷及各凹陷资源探明程度对比图

2. 济阳凹陷深层勘探现状及潜力

这里所指的深层,是埋深大于 3 500m 的各个层系。

(1)勘探现状 济阳凹陷深层钻探起始于 1964 年的营 5 井,深度为 3 521.1 m,层位为沙河街组四段下部“蓝灰”层。其后 30 多年,至 1995 年底,3 500 m 以下的探井累计达 287 口(表 2,表 3),其中预探井为 130 口。在垂向上,探井主要集中在 3 500~4 000 m,有 173 口,占深探井总数的 60%。4 000~4 500 m 有 69 口,占深探井 24%。大于 4 500 m 有 45 口,占深探井 16%。在平面上,主要集中在桩西、渤南、临南、牛庄等几个地区,其他地区零星分布,大部分地区为空白。

表 2 济阳凹陷深层钻探工作量统计表

井段/m	3 500~4 000	4 000~4 500	4 500~5 000	>5 000	累 计
井数/口	173	69	24	21	287
进尺/m	642 700	289 550	112 850	104 000	1 149 100

(截止 1995 年底,按深度)

表 3 济阳拗陷深层钻探工作量统计表

构造单元	东营凹陷	惠民凹陷	沾化凹陷	车镇凹陷	埕东凸起	滩 海	累 计
探井数/口	47	39	184	13	2	2	287
进尺/m	176 720	153 830	754 500	48 900	7 950	7 200	1 149 100
井百分数/%	16.4	13.6	64.1	4.5	0.7	0.7	100

(截止 1995 年底,按构造单元)

在深层勘探生产研究方面,尽管探区内二维数字地震(20×10^4 km)、三维地震(1×10^4 km²)、重力、磁力、电法、深反射/折射地震等方面的资料极为丰富,但是限于深层资料的质量,长期以来,构造不落实,沉积格架不清,有机地球化学指标缺乏系统性。

(2)勘探潜力 济阳拗陷深层勘探潜力可从三个方面分析。

第一,济阳拗陷深层具有高产油气流能力,油藏类型多样而又具有不同的成因。例如,渤深 3 井,在 4 450~4 472 m 井段,层位为沙河街组四段,浊积砂岩岩性油藏,获 20.6 t/d 的工业油流。桩古 17 井,4 773~4 998 m 井段,层位为寒武系—太古宇,构造裂缝性油藏,获 286 t/d 和 14 706 m³/d 的高产工业油气流。坨 71 井,井段 3 518~3 613 m,层位为沙河街组四段,属近岸水下扇岩性油藏,获工业油流 19.4 t/d 和天然气流 2 214 m³/d。田 14 井,井段 3 965.8~4 003 m,层位为沙河街组三段上部,产油 35.6 t/d,产水 33.5 m³/d。孤西断裂带上的义 155 井,在 4 696.3~4 706.7 m 井段,层位为二叠系,日产气 14 259 m³,地化分析证实为煤成气。此外,测试见工业油流井 45 口。济阳拗陷深层累计探明含油面积 63.0 km²,储量 $8\,336 \times 10^4$ t。

第二,深层勘探具有相当大的深度空间。4 500 m 以下的地层在各凹陷的主体部位仅仅实施了极少量的钻探,东营凹陷有东风 2 井、东风 6 井、新东风 10 井等;沾化凹陷有新渤深 1 井、渤深 3 井、渤深 4 井、渤深 5 井、义 115 井、义 119 井、义 120 井、义 121 井、义 135 井、义 155 井、桩深 1 井、桩 31 井、桩 66 井;惠民凹陷有商 8 井等。从勘探阶段上看,4 500 m 以下的深度范围尚处于预探期。3 500~4 000 m 井段,尽管探井数量相对较大,但是探井的分布在平面上具有非均一性,勘探潜力正是基于这种不均匀性之中。

第三,深层的资源潜力较大。根据二轮资评及 1994~1995 年的研究成果,埋深大于 3 500 m 的沙河街组三段、沙河街组四段、孔店组资源量为:油 17.58×10^8 t,气 $2\,505 \times 10^8$ m³。考虑到这些油气要向上运移,取 50%~60%,则深层有效资源量可达 $(9 \sim 11) \times 10^8$ t 和 $(1\,250 \sim 1\,500) \times 10^8$ m³。此外,中生界、石炭、二叠系的煤系地层总的生气量为 $357\,000 \times 10^8$ m³,排聚系数取 0.2%~0.5%,则资源量为 $(720 \sim 1\,800) \times 10^8$ m³。深层气累计资源量为 $(2\,000 \sim 3\,500) \times 10^8$ m³。

3. 深层勘探中存在的问题

困扰深层勘探的问题,除了钻探工作量不足、地震资料质量较差及岩心资料不系统外,在构造、沉积及含油性评价的地质正演模型等方面显然也是不成熟的。

(1)构造样式 济阳拗陷深层构造样式与中浅层差异明显。中浅层构造样式主要受北东、北东东向扭张断层控制,块断及块体掀斜运动主要是以北东、北东东向扭张断层为轴线发生、发展的。但是,深层构造样式明显受北西向、北西西向以及南北向断层的控制,而且这些断层的性质及活动特点各不相同。北西向、北西西向断层中,部分属于负反转正断层,部分

属于拉张断层;南北向断层则具有一定左旋扭动特征,且断层倾角一般较大。总体上,断层的产生符合有限均匀剪切应变律,而且中浅层又与深层彼此套叠在一起。所以,要将深层构造样式摸清楚,必须首先对济阳拗陷历次构造运动的动力学条件、周期性及应变模式做到“心中有数”。要达到此目的,必须有高质量的地震剖面,形成以叠前深度偏移为重点的地震资料处理技术,以及以构造动力学和运动学为研究内容的盆地正演模拟技术。

(2)沉积充填样式、储层类型及孔隙结构 由于济阳拗陷深层构造样式与中浅层有差异,因而在沉积学特征上,深层沉积充填样式与中浅层也存在显著区别。中浅层沉积洼陷多为北东、北东东向;深层沉积洼陷则多为北西、北西西向。它们虽然同具半地堑式结构,但是沉积区与物源区的空间关系则存在明显的不同。因而,深层沉积洼陷的地层格架及其碎屑沉积体系的分析及预测,要充分重视北西、北西西向断层边界作用。但研究沉积体系的岩心资料相对缺乏;同时,由于深部地层的成岩作用明显,岩性和电性关系不明确,地震资料分辨率和讯噪比较低。以提高分辨率为主要内容的深层地震资料目标处理技术,以及以测井资料为主要基础资料的单井相分析技术是针对深层这一特殊性的可行手段。深层储层类型包括碎屑岩、碳酸盐岩及硬石膏,局部出现火成岩和变质岩。不同的岩石类型具有不同的孔隙结构特点。具有较大勘探意义的是第三系及中生界的碎屑岩。根据现有研究成果,济阳拗陷深部碎屑岩的储集空间以次生孔隙为主,而次生孔隙的形成机制和影响因素尚不明确。需建立一套相对完整的深部储层分析预测方法,包括各种先进的分析化验方法的建立和应用,用以研究高压封存箱的形成及对次生孔隙的保护作用,有机酸的产生及对储层性能的影响,有机、无机成岩反应与次生孔隙演化的关系,不同应力场对储层的改造及预测方法等。

(3)石油有机地球化学 由于探井数的限制,深层石油有机地球化学资料不足,严重影响了深层生油岩评价及资源量测算。这一问题,只有通过钻井系统采样、系统分析才能解决;相比之下,深层的测井资料却相对丰富一些。因此,应在已建立的中浅层测井资料与有机质丰度对应关系的基础上向下拓展,以弥补取心资料的不足。

三、济阳探区储量增长趋势分析和非构造油气藏勘探

1. 储量增长趋势分析

济阳探区是复式油气聚集区,资源发现率目前仍保持在前30a的平均水平上。应用特尔菲法和灰色龚帕兹曲线对“九五”期间可完成的探明储量预测,平均每年完成 $8\,000\times 10^4\text{ t}$ 石油地质储量是较有把握的;经过努力,完成 $1\times 10^8\text{ t}$ 石油地质储量是可能的。对“七五”以来通过区带勘探完成的探明储量进行分析,可以发现存在许多复杂的不利因素:

第一,探明储量的平均埋深加大,但仍以中浅层为主要增储目标。对比“七五”和“八五”情况,新增储量的平均深度分别是1 819 m和2 270 m(不含滩海),深度增加451 m,反映出勘探目的层系有向下部转移的趋势。

第二,新发现的油藏规模在变小,每年上报储量的区块个数在增加,单个区块控制的探明储量呈下降趋势,几乎各区块都要用精细的油藏描述手段才能探明。

第三,新发现的含油气区块中,非构造油气藏所占比例增加,工作难度加剧。

综上所述,目前对增加储量起主体作用的仍将是中浅层,但油藏控制因素复杂,隐蔽性增加。今后要保持现阶段的高资源发现率,必须加强对非构造油气藏的地质综合研究,提高

油藏描述技术。这也就是非构造油气藏的勘探问题。

2. 非构造油气藏类型和控制因素

非构造油气藏,即所谓的隐蔽油气藏。尽管济阳探区对于非构造油气藏的认识较早,而且业已取得了一定的勘探成果,但是,在勘探主观意识上将非构造油气藏作为主要勘探对象则是近几年的事。事实上,从国外已有统计资料来看,一个含油气盆地,非构造油气藏占有一定的份量。其中,岩性油藏储量所占比例可达盆地总储量的三分之一。而济阳坳陷非构造油气藏储量远未达到这一比例。这说明了非构造油气藏是我局今后勘探的主要方向。

近年来,济阳探区发现的非构造油气藏,以砂(砾)岩岩性油气藏为主,次为地层油气藏、泥岩裂缝油气藏及火成岩岩性油气藏。

(1)岩性油气藏 济阳坳陷岩性油气藏,以浊积岩及河道砂岩岩性油气藏为主体。浊积岩岩性油气藏,主要分布在沙河街组四段上部—沙河街组三段下部,为深湖—半深湖相富含有机质泥岩所围限,常被盆倾断层复杂化。浊积岩岩体形态各异、规模不等,已发现的有近岸浊积扇(五号桩地区)、远岸浊积扇(渤南地区、梁家楼地区、营 11)和滑塌浊积扇(牛庄地区、大芦湖地区和东辛地区)等三种砂体类型。济阳坳陷湖相浊积岩多出现于湖侵体系域,大致有三种构造岩相模式:其一,凹(洼)陷陡坡近岸浊积扇构造岩相带,一般属于深水型,砂体规模相对较小,但往往数量较多,多期活动,且常呈裙边状分布,如五号桩地区;其二,凹陷缓坡远岸浊积扇构造岩相带,属半深水至深水型,有较长的补给水道,砂体延伸方向与凹陷长轴方向近于正交,扇体分布面积较大,如渤南及梁家楼地区;其三,凹陷中央滑塌浊积扇构造岩相带,分布于凹陷轴向锥形三角洲前方深水区,单砂体面积小,但叠合面积较大,如牛庄、东辛、樊家及营子街地区。断层控制的差异块断运动决定了浊积岩的形成和分布。首先,在断陷活动(扭张活动或拉分活动)鼎盛期,快速的差异抬升和碎屑堆积为浊积岩的形成准备了足够的物质基础,同生断裂强烈活动为浊积岩的形成提供了触发条件,而且块断幅度越大,断层活动越强烈,浊积岩可能越发育。古湖底洼地形态不同,浊积岩体往往有别。如东营三角洲前缘的滑塌浊积岩体,在牛庄地区数量多、个体小,东辛地区数量少、个体大,缘于古地形差异。滑塌浊积岩体形成前,牛庄—东辛地区为东营凹陷沉积中心,淤积了巨厚的盐膏和泥岩。随着陈南断层掀斜作用的发展及盐膏岩系上覆沉积物的不断加厚,盐膏岩系发生塑性隆升,凹陷中央背斜带初具规模,进而凹陷分化出牛庄洼陷和利津洼陷。东辛地区处于利津洼陷东北隅,地形较为狭窄,盆底坡度较大,是浊积发育之所。多期浊流活动叠加,形成厚大的砂体。牛庄洼陷是一个开阔的向斜区,盆底坡度小,地势平缓,滑塌砂体多分散成薄层状。在岩性油气藏中,尚有一种与河道砂体有关的新类型。该类油气藏有的分布在单斜断块体的上倾方向,即凸起或半地垒的缓倾斜坡带;有的分布在断层槽谷。砂体在平面形态上为长条状,宽度往往仅 400 ~ 500 m,在地震剖面上极易被忽视。近年来业已探明了多个河道砂体地层油气藏,如桩 106 块、飞雁滩油田、垦东地区及太平油田。

(2)地层油气藏 济阳坳陷地层油气藏类型极为丰富,大致有 2 类 14 种(表 4)。尽管类型多样,勘探历史较长,但是地层油气藏探明石油地质储量在济阳坳陷总探明石油地质储量中的比例较低,尚不足 20%,因此勘探潜力不容忽视。地层油气藏主要受不同级别的正向构造单元或凹陷斜坡带的控制,显然不同级序主断层活动一直在其中起着重要的支配作用。不整合油气藏分布于凹陷斜坡带,主要受断块多期掀斜作用的控制。多期掀斜使沉积基面相应地发生变化,产生不整合,进而形成与不整合有关的地层圈闭。潜山油气藏主要受正向构造

单元控制,大都分布于凸起、地垒及鼻状构造带上。不整合产生于复杂的构造背景,这里有前盆地期的构造不整合,也有盆地期的构造不整合。在不整合面作为遮挡条件时,只要生储配置较好,油源补给充分,就能形成较富集的地层油藏。前盆地期(主要是前侏罗纪)的构造不整合控制各类潜山内幕油藏的发育,盆地期(主要是沙河街组—东营组沉积期)的构造不整合控制残丘山油藏的形成。

表 4 济阳坳陷地层油气藏类型表

一级分类	二级分类	三级分类	实 例
不整合油气藏	地层超覆油气藏	上第三系超覆油气藏	单家寺,草桥,尚店,林樊家
		下第三系超覆油气藏	尚店,林樊家,王庄,郑家
	不整合遮挡油气藏	下第三系不整合遮挡油气藏	金家,八面河,罗家,草桥
		中生界不整合遮挡油气藏	长堤桩 4 块
		上古生界不整合遮挡油气藏	义和庄义古 76 块
	复合地层油气藏		单家寺单 7 块,尚店,林樊家
潜山油气藏	残丘山油气藏	太古宇变质岩残丘山油气藏	王庄
		下古生界残丘山油气藏	平方王
		中生界残丘山油气藏	垦利
	潜山断块油气藏	中生界潜山断块油气藏	义北,孤南
		上古生界潜山断块油气藏	义和庄,大王庄
		下古生界潜山断块油气藏	套尔河,平南,义和庄,垦利
		下古生界潜山内幕油气藏	义和庄
		断褶山油气藏	桩西

(3)泥岩裂缝油气藏 以泥岩裂缝为主要储集空间和渗滤通道的油气藏。本区主要位于沙河街组三段压力异常带,油层横向变化大,受裂缝发育带控制,如永安镇河 54 块沙河街组三段、大王庄鼻状构造东翼新郭 3 块沙河街组三段、罗家鼻状构造西翼沙河街组三段泥岩裂缝油气藏等。

(4)火成岩岩性油气藏 在 multi 构造活动中,伴随有规模不等的火成岩侵入和喷发活动,而且多期火成岩叠加后则形成复合火山岩体。济阳坳陷已发现了多个具有一定孔渗性的火成岩(侵入、喷出)复合岩性体,当遮挡条件具备时则形成油气藏,如玉皇庙、滨南地区。单个的含油火成岩体更多,如罗镇义 13—罗 15 块、夏 38 块辉绿岩油气藏及大 72 块安山岩油藏。火成岩空间分布受主断层控制,在时间上以沙河街组四段沉积后期为主(有的延续到沙河街组三段沉积早期),次为馆陶组沉积初期。沙河街组四段沉积后期火成岩多为喷发型,因此其原生孔隙一般较发育,即储集条件较好;而馆陶组沉积初期火成岩多为溢流型,其原生孔隙一般不发育,储集条件差。控注主断层带的火成岩因近临油源,一般较易成藏。

3. 非构造油气藏勘探中存在的问题

(1)不整合面 在陆相裂陷湖盆中,不整合面成因主要有两大类型:构造运动和沉积间断。不同期次构造运动的强烈程度和延续时间各不相同,所形成的不整合面的规模也有巨大差别。一般来说,陆相湖盆中沉积间断不整合面的规模小于构造成因的不整合面,且多出现于盆地边缘缓坡带,向盆地中心过渡为相应的整合面。不整合面,特别是其下的风化壳,是油

气储集的理想空间和横向运移的良好通道。这里有必要指出的是,人们往往注意到两期构造运动间的不整合面。但是,在济阳拗陷这样的多期次断陷盆地中,一个构造运动期内也具有不整合形成条件,这就是所谓的“同生不整合”。同生不整合一般分布于半地堑带的斜坡边缘,在时间上属于该构造运动幕断陷运动最强烈之时,缘于构造沉降速率大于同期沉积速率,整个盆地处于欠补偿态,沉积体向半地堑深部快速进积。随着构造沉降速率的下降及沉积速率的提高,盆地沉积处于补偿态,从而出现沉积体退积,快速进积和退积之间出现局部地层不连续,即同生不整合。有相当多的资料证明沙河街组三段—沙河街组四段间存在沉积间断,不同的凹陷,这种间断的时空分布可能略有差异。与同生不整合有关的圈闭和油气藏的勘探,较之于与其它类型的不整合有关的圈闭及油气藏勘探,其实践及经济意义可能更大。但是,限于目前的资料及人们的认识,对上述不整合,特别是同生不整合的勘探上还存在着一定的难度。其中,有关不整合的成因类型、时空分布及其与油气成藏的关系等问题亟待研究解决。盆地沉降史与拉伸系数、热特征的盆地定量动力学模拟,以沉降速率间断和有机质热演化间断为主要内容的沉积间断分析,不整合形成时间与主要生排烃期的配套史研究等技术的应用,可为此类油藏的勘探提供有效的研究手段。

(2)复杂沉积体系的砂体穿时 在三角洲—三角洲前缘滑塌浊积岩沉积体系、近岸水下扇沉积体系及扇三角洲—扇三角洲前缘滑塌浊积岩沉积体系中,由于砂砾岩体分布具穿时性,在地震剖面讯噪比和分辨率不高的情况下,也往往出现“穿时”现象。因而,砂砾岩体的等时追踪问题一直困扰着相关油气藏的勘探。例如,东营凹陷西部三角洲—三角洲前缘滑塌浊积岩沉积体系的砂体穿时,导致该区的地层划分一直存在争议。同样地,有关砂体的成因模式的正确建立也受到限制。解决这一问题,应有一套以高分辨率地震资料为主的、适合陆相断陷盆地的高精度等时地层分析技术,包括等时地层格架的建立、地震剖面、测井曲线、岩心、古生物等不同级别层序界面的划分与对比。同时,要应用定量层序模拟技术,探讨盆地沉降史、演化史,并对各层序类型内部的典型沉积体系分布进行模拟预测。

(3)岩性体成因类型及其识别 济阳拗陷存在多种类型的岩性体。其中的砂砾岩岩性体就有三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、湖底扇、河道砂以及滨浅湖滩坝等多种类型。不同的砂砾岩岩性体具有不同的空间形态及储集性能。三角洲、扇三角洲、近岸水下扇虽然有明确的沉积学定义,但具体到一个地区、一个构造单元,区别它们则存在困难,目前在济阳拗陷尚未形成一个系统概念模式。另外,岩性体的叠加,有整装的,也有分散的。对于整装岩性油气藏,不仅砂体叠合连片,而且往往含油连片。而分散的岩性油气藏,除了单个砂体分布有随机性外,往往还受盆倾断层的复杂化,因而含油性较为复杂,难以预测。只有开展有效的油藏描述(三角洲、扇三角洲、近岸水下扇、湖底扇、滨浅湖滩坝及河道砂体),多学科(地质、地震、测井)结合,才能取得显著成效。

(4)泥岩裂缝及其预测 泥岩裂缝有层间缝、构造裂缝及欠压实孔隙等多种类型。泥岩裂缝主要分布于沙河街组三段—沙河街组四段欠压实带内,在测井响应上表现为声波时差异常、自然电位异常、自然伽玛异常及不同程度的电阻率异常。层间缝、构造裂缝及欠压实孔隙的形成条件还不明确。地震上可以进行追踪,主要是低速、低频、强振幅显示。

(5)基底碳酸盐岩风化壳识别与追踪 基底碳酸盐岩主要包括寒武系及奥陶系碳酸盐岩和部分石炭系碳酸盐岩。它们在地质历史上多次出露地表,遭受风化和淋滤,形成了类型各异的储集空间。但是,由于构造体制的多次转换,这种抬升—剥蚀和沉降—充填的形式是