



中国石油大学(北京)学术专著系列

济阳拗陷古近系 碎屑岩储层特征和评价

朱筱敏 钟大康 张 琴 著
张枝焕 张善文 吕希学



科学出版社

www.sciencep.com

中国石油大学（北京）学术专著系列

济阳拗陷古近系 碎屑岩储层特征和评价

朱筱敏 钟大康 张 琴 著
张枝焕 张善文 吕希学

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在确定济阳拗陷古近系碎屑岩储集体成因和成岩作用的基础上,分析了不同沉积体系储层的物性特征;分析比较不同凹陷、不同成岩阶段、不同岩性储层的物性特征,重点分析次生孔隙的成因和次生孔隙发育带在纵向上的分布规律以及储层宏观和微观非均质性特征,分析影响优质储层和低孔低渗储层物性的主要控制因素;研究了成岩作用与次生孔隙发育的主控因素,分析有机流体充注对储层成岩演化过程中矿物形成和转化的影响;对济阳拗陷古近系碎屑岩储层进行综合评价,指出有利储层在纵向上的分布规律,预测了有利沉积储层的分布。

本书可供高等院校的高年级本科生,科研单位从事地质研究、石油勘探和开发的科研人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

济阳拗陷古近系碎屑岩储层特征和评价/朱筱敏等著. —北京:科学出版社, 2008

(中国石油大学(北京)学术专著系列)

ISBN 978-7-03-021996-1

I. 济… II. 朱… III. 拗陷-碎屑岩-孔隙储集层-研究-济阳县
IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第070043号

责任编辑: 谢洪源 李久进 / 责任校对: 陈玉凤

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年6月第一版 开本: B5 (720×1000)

2008年6月第一次印刷 印张: 18 插页: 6

印数: 1—1 200 字数: 345 000

定价: 70.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈双青〉)

丛 书 序

大学是以追求和传播真理为目的，并为社会文明进步和人类素质提高产生重要影响力和推动力的教育机构和学术组织。1953年，为适应国民经济和石油工业发展需求，北京石油学院在清华大学石油系并吸收北京大学、天津大学等院校力量的基础上创立，成为新中国第一所石油高等院校。1960年学校成为全国重点大学。历经1969年迁校山东改称华东石油学院，1981年又在北京办学，数次搬迁，几易其名。在半个多世纪的历史征程中，几代石大人秉承追求真理、实事求是的科学精神，在曲折中奋进，在奋进中实现了一次次跨跃。目前，学校已成为石油特色鲜明，以工为主，多学科协调发展的“211工程”建设的全国重点大学。2006年12月，学校进入“国家优势学科创新平台”高校行列。

学校在发展历程中，有着深厚的学术记忆。学术记忆是一种历史的责任，也是人类科学技术发展的坐标。许多专家学者把智慧的涓涓细流，汇聚到人类学术发展的历史长河之中。据学校的史料记载：1953年建校之初，在专业课中有90%的课程采用前苏联等国的教材和学术研究成果。广大教师不断消化吸收国外先进技术，并深入石油厂矿进行学术探索。到1956年，编辑整理出学术研究成果和教学用书65种。1956年4月，北京石油学院第一次科学报告会成功召开，活跃了全院的学术气氛。1957~1966年，由于受到全国形势的影响，学校的学术研究在曲折中前进。然而许多教师继续深入石油生产第一线，进行技术革新和科学研究。到1964年，学院的科研物质条件逐渐改善，学术研究成果以及译著得到出版。党的十一届三中全会之后，科学研究被提到应有的中心位置，学术交流活动也日趋活跃，同时社会科学研究成果也在逐年增多。1986年起，学校设立科研基金，学术探索的氛围更加浓厚。学校始终以国家战略需求为使命，进入“十一五”之后，学校科学研究继续走“产学研相结合”的道路，尤其重视基础和应用基础研究。“十五”以来学校的科研实力和学术水平明显提高，成为石油与石化工业的应用基础理论研究和超前储备技术研究以及科技信息和学术交流的主要基地。

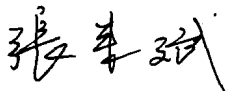
在追溯学校学术记忆的过程中，我们感受到了石大学者的学术风采。石大学者不但传道授业解惑，而且以人类进步和民族复兴为己任，做经世济时、关乎国家发展的大学问，写心存天下、裨益民生的大文章。在半个世纪的发展历程中，石大学者历经磨难、不言放弃，发扬了石油人“实事求是、艰苦奋斗”的优良作风，创造了不凡的学术成就。

学术事业的发展有如大江大河，前浪后浪，滔滔不绝；又如薪火传承，代代相继，火焰愈盛。后人做学问，总要了解前人已经做过的工作，继承前人的成就和经验，在此基础上继续前进。为了更好地反映学校科研与学术水平，凸显石油科技特色，弘扬科学精神，积淀学术财富，学校从2007年开始，建立了“中国石油大学（北京）学术专著出版基金”，专款资助教师们以科学研究成果为基础的优秀学术专著的出版，形成《中国石油大学（北京）学术专著系列丛书》。受学校资助出版的第一部专著，均经过初审评议、校外同行评议、校学术委员会评审等程序，确保所出版专著的学术水平和学术价值。学术专著的出版覆盖学校所有的研究领域。可以说，学术专著的出版为科学研究的先行者提供了积淀、总结科学发现的平台，也为科学研究的后来者提供了传承科学成果和学术思想的重要文字载体。

石大一代代优秀的专家、学者，在人类学术事业发展尤其是石油石化科学技术的发展中确立了一个个坐标，并且在不断产生着引领学术前沿的新军，他们形成了一道道亮丽的风景线。“莫道桑榆晚，为霞尚满天”。我们期待着更多优秀的学术著作，在园丁们灯下伏案或电脑键盘的敲击声中诞生，展现在我们眼前的一定是石大寥廓辽远、星光灿烂的学术天地。

祝愿这套专著系列伴随新世纪的脚步，不断迈向新的高度！

中国石油大学（北京）校长



2008年3月31日

前 言

油气储集层是油气藏研究的核心，储层质量与油气储量、产能及产量密切相关。开展储层研究，深入研究储层宏观展布特征、微观内部结构和储集孔隙结构及成因机理，是油气高效勘探和开发的重点工作。

自 20 世纪 30 年代史密斯等初步建立了成岩作用模式以后，前苏联学者普斯托瓦洛夫、什维佐夫于 40 年代提出了自己的成岩-沉积分类方案。50 年代，又有美国的童豪富、前苏联斯特拉霍夫等一批学者提出了自己的成岩分类方案。60 年代后期至 80 年代，成岩作用的研究受到广泛重视。国外学者如奇林格 (1967)、布拉特 (1972、1980)、裴蒂庄 (1975)、麦克唐纳 (1979)、达顿 (1985) 和中国学者叶连俊 (1973)、刘宝珺 (1980)、沙庆安 (1983) 等按地球化学、地球物理环境、黏土矿物、有机质热演化等依据，对沉积成岩演化阶段进行过划分。特别是麦克唐纳 (1979) 指出，在储层成岩过程中，由于烃源岩的演化形成大量有机酸，溶蚀储层颗粒，并形成次生孔隙。后来储层孔隙结构和次生孔隙成因等研究取得了突破性进展，从而扩大了油气勘探领域。

20 世纪 80 年代，人们依据层序地层学原理，应用地震、钻井、露头资料以及有关沉积体系研究成果对等时地层格架内的有利储集相带及生储盖组合进行综合解释和横向预测；充分应用测井和岩心信息，对井内储层岩相、储层物性及储层裂缝进行系统的解释。人们通过有机-无机相互作用研究次生孔隙的形成机理，逐步发展了储层地球化学。将储层成岩作用与层序地层格架结合起来，研究层序地层边界和不同体系域类型与储层质量之间关系，形成了成岩层序地层学。

Surdam 和 McDonald (1984) 为代表的一批学者从有机-无机作用（即流体-岩石相互反应）的角度论述了砂岩次生孔隙形成机理，通过实验证实了有机质在成熟过程中产生的有机酸与铝硅酸盐和碳酸盐溶解之间的关系。Surdam 等试验表明，在进入生油窗之前，热降解作用首先使干酪根外部的含氧官能团（羟基、酮基和酚）脱离，形成的大量有机酸进入储层砂岩以后，有机酸离解产生 H^+ 并溶蚀砂岩中的酸溶性部分，同时有机酸的存在可以使铝的溶解度增加 1~3 个数量级，导致长石岩屑的大量溶解。

砂岩中次生孔隙的发现，从理论上为寻找深部油气藏提供了依据，扩大了油气勘探领域。中-深部储集体的储集空间主要是次生孔隙，其在纵、横向上的分布具非均质性。世界上不少地区已在 4000m 以下发现了高孔隙、高渗透性砂岩油藏。塔里木盆地的深埋优质储层则属剩余原生孔隙型。不少学者正在研究盆地

中砂体孔隙演化和分布的预测模型,预测地下孔隙度窗口和有利孔隙带的分布。

目前,国内外含油气盆地储层的研究主要是依靠地震、钻井、测井以及实验分析等基础资料和地层学、沉积学、岩石学评价预测方法,以地震地层学、测井地质学、层序地层学和沉积相分析为主要研究方法,宏观解释评价碎屑岩储层的规模、层位、构造、形态、厚度和展布;以岩石薄片、X衍射、扫描电子显微镜、阴极发光、发射光谱、包裹体、孔隙度、渗透率、含油饱和度为主要测试方法的微观分析技术用来评价砂体的储集性、储集类型、岩石类型、储层内部结构与成分、成岩作用、储集空间类型与数量、油气渗透能力、储油气性等。利用物理和数学模拟方法,研究流体与岩石之间的物理化学作用。综合层序地层学、构造地质学和石油地质学研究成果和地球物理研究方法预测有利储层分布。

随着油气勘探开发的不断深入,国内对储层特征的研究越来越重视。勘探实践证明,中国油气储层是很丰富的,也是很复杂的。近十年来,在沉积相、成岩作用、成岩序列和成岩机理、次生孔隙发育带预测方面,均取得了显著成绩。由于断陷湖盆地地质条件的复杂性和砂体分布规律的受控因素多,陆相断陷湖盆碎屑岩储层的研究难度较大。国家“十五”科技攻关以来,随着胜利油田全面进入隐蔽油气藏的勘探阶段,储集岩的研究工作主要集中在具有“隐蔽性”的储集岩的预测和描述方面,提出了“断-坡控砂”等新的认识,很好地揭示了砂体发育的规律性,解决了勘探中的储集岩类型和分布的预测问题。伴随着认识的突破,一系列新的勘探技术不断形成、发展和完善,对于隐蔽油气藏的勘探发挥了重要的作用。

“济阳拗陷古近系碎屑岩储层特征和评价”属于国家“十五”攻关项目“济阳拗陷古近系沉积体系与油气运聚机理研究”(2001BA605A09-1.7)的一部分。在研究过程中,共观察岩心78口井约4200m,采样2400余块,开展了铸体薄片、扫描电镜、阴极发光、能谱、电子探针、包裹体测温等6项样品分析,收集处理物性数据1216口井98000个,黏土矿物数据229口井3552个,镜质体反射率142口井211个,其他还有大量岩石薄片、铸体薄片、压汞数据等。综合运用上述资料,认为济阳拗陷古近系不同成因类型的碎屑岩储集砂体具有不同的岩石类型,主要包括砾岩、含砾砂岩、中粗砂岩、细砂岩及粉砂岩。其中含砾砂岩、中砂岩和细砂岩是最好的储集岩体。不同地区不同层位碎屑岩储集岩体成因类型包括冲积扇、近岸水下扇、扇三角洲、深水浊积扇、三角洲前缘滑塌浊积扇以及滨浅湖滩坝和三角洲、河流砂体。古近系储层在埋藏过程中经历早成岩阶段和中成岩阶段。砂岩次生孔隙在西部惠民凹陷主要发育于1500~2400m深度;向东至东营凹陷则主要发育于1650~2450m;再向北到沾化凹陷为2300~3500m;车镇凹陷为2200~2700m。次生孔隙的形成主要为烃源岩成熟产生的有机酸对长石颗粒和碳酸盐胶结物溶蚀成因。砂泥岩厚度以及互层状态,影响了砂

岩顶、底界面的溶蚀作用。长石溶蚀作用和碳酸盐矿物沉淀与溶解作用是影响孔隙大小的关键因素。控制储层成岩作用和次生孔隙发育的因素比较复杂，主要包括母岩区的岩性特征、盆地的大地构造背景和构造活动强度、层序地层格架和储层岩性、岩相特征、地层孔隙水性质、早期方解石的充填作用和烃类早期注入等。综合考虑储层非均质性及其主要控制因素，预测质量较好的储层主要分布在沙二段、沙三中亚段及沙四上亚段三角洲和滩坝等沉积砂体之中。

国家“十五”科技攻关项目“济阳拗陷古近系沉积体系与油气运聚机理研究”（2001BA605A09）由李丕龙、张善文、姜在兴、庞雄奇负责。在完成课题研究任务过程中，得到项目负责人、胜利油田和中国石油大学有关领导和专家的指导、帮助，在此深表谢意。本书研究成果是集体劳动的结晶，主要研究人员有朱筱敏、张枝焕、钟大康、张琴、张守鹏、张莉、有春英、李艳霞、刘洪军、袁东山、谢燕、程秀坤等。参加本书的编写人员是朱筱敏、钟大康、张琴、张枝焕、张善文和吕希学，具体分工是：朱筱敏、张善文编著前言、第1、2章，钟大康编著第3章，张枝焕、吕希学编著第4章，张琴编著第5章。朱筱敏对全书进行了统稿和修订。

书中不到之处，请批评指正。

目 录

丛书序

前言

第 1 章 区域地质背景	1
1.1 济阳拗陷油气藏勘探现状	1
1.1.1 油气勘探成果和勘探程度	2
1.1.2 油气勘探历程	3
1.1.3 油气勘探理论进展	3
1.2 地层充填序列	5
1.2.1 前古近系	5
1.2.2 古近系和新近系	5
1.2.3 第四系	10
1.3 构造单元划分.....	11
1.3.1 济阳拗陷发育历史	11
1.3.2 构造单元划分	12
1.4 石油地质条件.....	13
1.4.1 生油层	13
1.4.2 储集层	13
1.4.3 盖层	13
1.4.4 生储盖组合	14
1.4.5 局部构造.....	14
1.4.6 油气藏	14
1.4.7 油气藏分布规律	16
第 2 章 碎屑岩储集体成因及物性特征	17
2.1 东营凹陷碎屑岩储集体成因及物性特征.....	17
2.1.1 北部陡坡带近岸水下扇储集岩体	18
2.1.2 洼陷带浊积岩砂体	22
2.1.3 扇三角洲储集岩体	26
2.1.4 三角洲储集岩体	29
2.1.5 滨浅湖滩坝储集岩体	31
2.1.6 不同成因类型储集体物性特征分析	33

2.2	沾化车镇凹陷碎屑岩储集体成因及物性特征	36
2.2.1	近岸水下扇储集岩体	38
2.2.2	深水浊积扇储集岩体	46
2.2.3	扇三角洲储集岩体	50
2.2.4	三角洲储集岩体	53
2.2.5	滨浅湖滩坝储集岩体	56
2.2.6	不同成因类型储集体物性特征对比分析	58
2.3	惠民凹陷碎屑岩储集体成因及物性特征	62
2.3.1	近岸水下扇储集岩体	63
2.3.2	浊积扇储集岩体	65
2.3.3	扇三角洲储集岩体	70
2.3.4	三角洲储集岩体	73
2.3.5	滨浅湖滩坝储集岩体	77
2.3.6	不同成因类型储集体物性特征分析	80
2.4	古近系碎屑岩储层非均质性研究	87
2.4.1	层内非均质性	87
2.4.2	平面及层间非均质性	90
2.4.3	微观非均质性	94
第3章	储层成岩作用及孔隙类型演化	109
3.1	成岩作用类型	109
3.1.1	压实作用	109
3.1.2	胶结作用	114
3.1.3	溶蚀作用	118
3.2	成岩阶段划分	119
3.2.1	东营凹陷成岩阶段划分	119
3.2.2	沾化凹陷成岩阶段划分	119
3.2.3	车镇凹陷成岩阶段划分	121
3.2.4	惠民凹陷成岩阶段划分	122
3.3	储层孔隙类型与演化	124
3.3.1	储层孔隙类型	124
3.3.2	孔隙演化	125
3.3.3	次生孔隙发育规律	126
3.3.4	次生孔隙成因	134
3.3.5	次生孔隙分布控制因素	144

第4章 储层成岩演化过程中的流体-岩石相互作用	147
4.1 碎屑岩中矿物的成岩演化及其地球化学过程	147
4.1.1 石英的成岩演化特征及地球化学过程	147
4.1.2 长石类矿物的成岩演化特征及其地球化学过程	150
4.1.3 碳酸盐类矿物的成岩演化特征及其地球化学过程	153
4.1.4 黏土矿物的转化特征	160
4.2 控制成岩作用和孔隙发育的地质与地球化学因素	168
4.2.1 孔隙演化特征及地球化学条件	168
4.2.2 有机酸对储层成岩过程及孔隙演化的控制作用	170
4.2.3 石油充注对流体/岩石相互作用的影响	176
4.2.4 影响早期方解石胶结物分布的地质因素	190
4.3 储层成岩过程的地球化学环境分析	193
4.3.1 现今储层中孔隙流体地球化学特征	193
4.3.2 成岩环境流体历史分析	207
4.4 碎屑岩储层成岩演化过程中的有机-无机作用模式	217
4.4.1 储层成岩作用、有机质演化和油气充注在时间上的分布特征	217
4.4.2 流体/岩石相互作用分带及地球化学特征分析	218
4.4.3 成岩演化与孔隙预测的地球化学框架模型	222
第5章 储层性质控制因素及综合评价	224
5.1 储层性质控制因素	224
5.1.1 沉积条件对储层物性的影响	224
5.1.2 压实作用对储层物性的影响	226
5.1.3 胶结作用对储层物性的影响	228
5.1.4 溶蚀作用对储层物性的影响	228
5.2 不同砂泥岩组合形式下储层特征	231
5.2.1 砂泥岩组合类型	231
5.2.2 不同砂泥岩组合形式下储层的物性特征	233
5.2.3 不同埋深不同砂泥岩组合形式下砂岩层不同部位物性差异的机理探讨	237
5.2.4 深埋藏条件下的溶蚀机理	241
5.3 储层综合评价及预测	243
5.3.1 储层评价依据	243
5.3.2 综合评价划分分级	246
5.3.3 不同凹陷、不同层序(层段)储层评价	246
5.4 成岩作用与成岩圈闭	262

5.4.1 浅埋藏条件下的成岩圈闭	263
5.4.2 深埋藏条件下的成岩圈闭	264
主要参考文献.....	266
图版说明和图版.....	271

第 1 章 区域地质背景

1.1 济阳拗陷油气藏勘探现状

渤海湾盆地济阳拗陷作为中、新生代典型的断陷盆地，是我国东部裂谷盆地中勘探程度较高的一个盆地，是我国重要的产油基地。济阳拗陷位于山东省北部，东邻渤海，西至津浦铁路，位于东经 $116^{\circ}40' \sim 119^{\circ}$ 、北纬 $37^{\circ} \sim 39^{\circ}$ ，构造上处于渤海湾裂谷盆地的东南部，东邻郯城—庐江大断裂，南接鲁西隆起，西、北侧以埕宁隆起与黄骅拗陷相隔，面积 $29\,000\text{km}^2$ ，（图 1-1）。拗陷总体走向为北东向，且向北东撒开、南西收敛，是一个具“盆-岭”结构的中新生代内陆盆地。济阳拗陷形成 4 排凸起及 3 排凹陷错列的构造格架，东营、沾化、惠民、车镇四个分割性较强的沉积凹陷及诸多凸起。

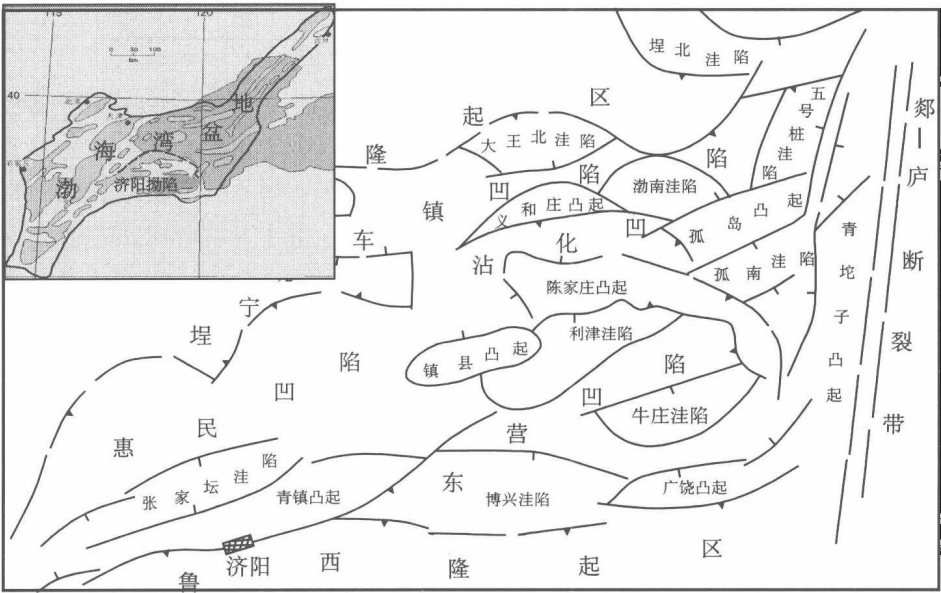


图 1-1 济阳拗陷地理位置及构造分区图

1.1.1 油气勘探成果和勘探程度

自 1962 年获工业油流, 历经 40 余年的油气勘探开发, 济阳拗陷已发现 72 个油气田, 探明含油面积 2178.8km^2 , 探明、控制石油地质储量 $47.3 \times 10^8\text{t}$; 探明含气面积 239.3km^2 , 探明天然气地质储量 $361.41 \times 10^8\text{m}^3$ (表 1-1)。累积生产原油 $7.19 \times 10^8\text{t}$, 生产天然气 $89.8 \times 10^8\text{m}^3$ 。

表 1-1 济阳拗陷勘探基本情况

构造单元	面积 /km ²	资源量 /10 ⁸ t	探明+控制 储量/10 ⁸ t	发现率 /%	探井数 /口	探井密度 /(口/km ²)	预探井数 /口	预探井密度 /(口/km ²)
东营凹陷	5 020	31.3	22.3	71.2	2 584	0.51	805	0.16
沾化凹陷	3 970	17.4	14.3	82.2	1 439	0.36	527	0.13
车镇凹陷	2 030	8.4	1.9	22.6	432	0.21	179	0.09
惠民凹陷	5 940	8.3	3.0	36.1	571	0.10	258	0.04
其他	4 430				128	0.03	111	0.03
浅海地区	4 810	8.0	4.3	53.8	134	0.03	61	0.01
合计	26 200	73.4	45.8	64.4	5 288	0.20	1 941	0.07

“十五”末期, 济阳拗陷及滩海地区已完钻各类探井 5300 余口, 其中预探井 2100 余口, 平均 0.08 口/km², 平均总探井密度 0.20 口/km², 达到中等勘探程度阶段, 总资源量为 $73.4 \times 10^8\text{t}$, 探明程度 49.9%, 属于中-高等勘探程度区。勘探程度在平面上和纵向上分布极不均衡: 平面上, 沾化凹陷和东营凹陷属高勘探程度区, 资源探明程度分别为 64.1%和 50.9%; 纵向上 3500m 以下深层井较少, 还有较大的勘探潜力 (图 1-2)。

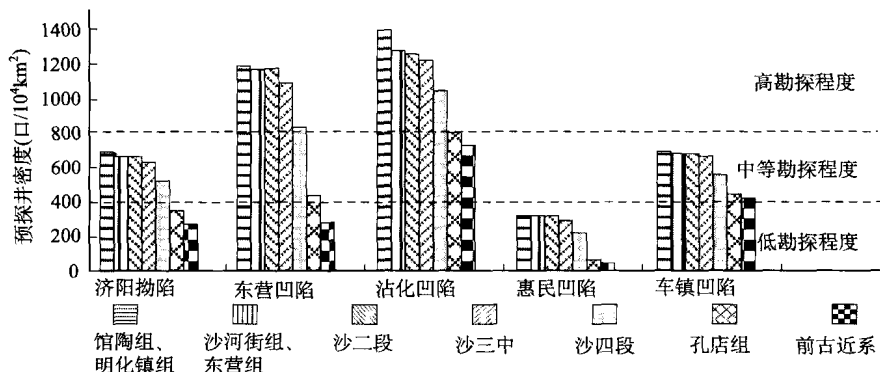


图 1-2 济阳拗陷及各凹陷不同层系预探井对比图

1.1.2 油气勘探历程

济阳拗陷石油地质条件复杂,油气资源丰富,对它的认识是一个由浅入深、逐步深化的过程,油气勘探的历程可分为4个阶段。

1.1.2.1 构造油气藏勘探阶段(1960~1978年)

1961年在东营凹陷钻探华8井发现了馆陶组油层,获工业油流;1962年发现营2井,及相继发现坨1井和坨7井,为胜利油区的发现奠定了基础。随后,在整个济阳拗陷,以二级构造带为单元,以传统油气勘探技术为手段,以构造油气藏为勘探目标,发现了永安、王家岗、广利、滨南、平方王、临盘、孤岛、渤南、义和庄等40个油气田,共探明石油地质储量 $12 \times 10^8 \text{t}$ 。

1.1.2.2 勘探徘徊不前阶段(1979~1982年)

经过十几年的勘探,易发现的大、中型油田不断减少,由于此时对济阳拗陷资源潜力认识不足,油区勘探的主要精力用于查小构造、小油藏、小断块,影响了勘探工作量的重新投入和新储量的发现。该阶段,平均年钻探井93口,共新增探明石油地质储量 $1.86 \times 10^8 \text{t}$ 。

1.1.2.3 多种油气藏勘探阶段(1983~1986年)

该阶段在复式油气聚集理论指导下,应用三维地震勘探技术,努力深化济阳拗陷勘探,相继发现了孤东、桩西等一批不同规模的油田。而且一批老油田的储量成倍或几倍增加。探明石油地质储量 $7.43 \times 10^8 \text{t}$,年新增石油地质储量 $2.45 \times 10^8 \text{t}$ 。

1.1.2.4 深化隐蔽油气藏勘探阶段(“九五”至今)

这个阶段包括“九五”至今后相当长的一段时间。随勘探程度的提高,济阳拗陷主要勘探对象转向了地层、岩性等隐蔽油气藏,进入了复杂隐蔽油气藏的勘探阶段。岩性地层油气藏的勘探,是济阳拗陷目前和今后勘探面临的主要任务。

1.1.3 油气勘探理论进展

济阳拗陷油气勘探取得丰硕成果是与我国学者和专家的不断开拓和创新离不开的。40年来,针对济阳拗陷复杂的地质情况,大力开展科技攻关,不断深化科技认识,逐步形成和完善了一整套陆相石油地质理论。其中最具代表性的主要

包括源控油气理论、复式油气聚集带理论、场环对应分布论、坡折带低水位砂体控油理论。

源控油气理论(张文昭, 1995)是指油气以近距离运移为主。平面上生成油气的最有利地区也是油气田分布的主要地区;纵向上,生成油气的主要层位附近,是油气聚集的主要层位。它曾有效指导勘探初期和早期(20世纪50~60年代)的油气大发现,其实质是强调油源区控制油气田的分布。

复式油气聚集理论(胡见义等, 1986)是指不同构造层、多个含油层系、多种类型油气藏在时间上的叠加和在空间上的复合。它不仅包括受二级构造带控制的油气田带(或群),而且也包括在一定构造背景上地层-岩性因素控制的油气田带(或群)(图1-3A)。它阐明了同一构造带多种类型油气藏的存在,促进了渤海湾盆地勘探早中期(20世纪70~80年代)储量快速增长,极大地加强了对渤海湾盆地油气分布规律的认识,并以此理论提出了针对各种正向二级构造带“整体解剖、滚动勘探开发”的勘探思想,成功地指导了渤海湾盆地许多凹陷的油气

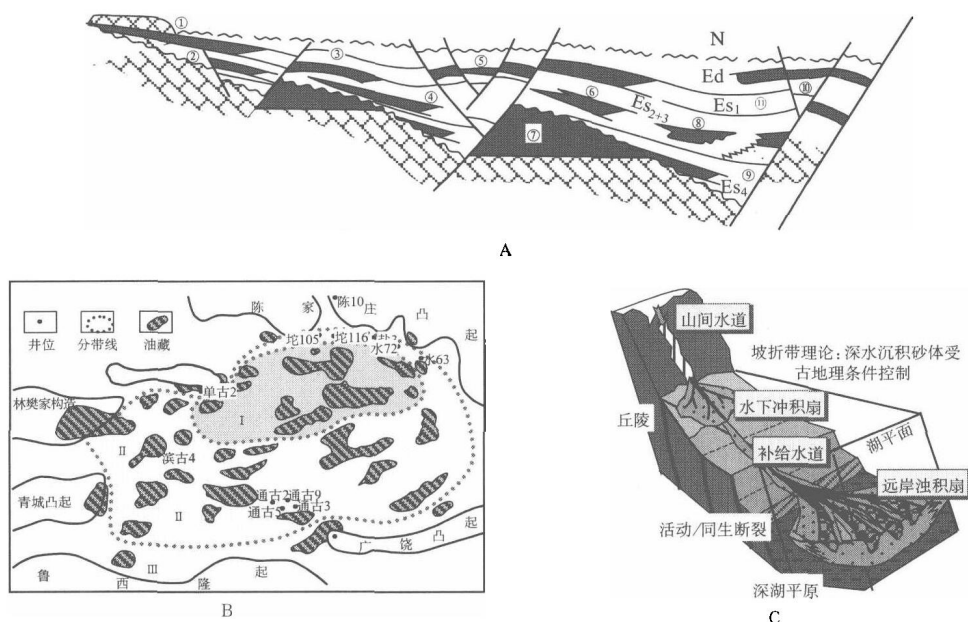


图1-3 济阳拗陷油气勘探理论概念模式图

A. 渤海湾断陷盆地复式油气藏分布模式图(李丕龙等, 2000a, b)

- ①地层不整合(或沥青封闭)油气藏; ②断块油气藏; ③披覆构造油气藏; ④粒屑灰岩岩性油气藏; ⑤挤压构造油气藏; ⑥砂岩上倾尖灭油气藏; ⑦古潜山油气藏; ⑧透镜状砂岩岩性油气藏; ⑨地层超覆油气藏; ⑩逆牵引背斜油气藏;

B. 东营凹陷油藏三环分布模式图(李春光, 1995); C. 坡折带概念模式图(林畅松, 2000)

勘探,极大地提高了油气勘探效率,并使油气地质理论与勘探技术方法达到了一个新水平,成为我国油气勘探历史上的又一个新的里程碑。

场环对应控油气理论(李丕龙,2001)是指平面上从盆地应力场高值的内部到应力场低值的边缘,油气藏围绕主要油源区呈环带状分布,各层序油气的分布也呈环状、半环状的特点(图1-3B)。它在复式油气聚带理论的基础上突出了源控油气作用的观点,从宏观的地质条件上阐明了油气藏分布特征。

坡折带低水位砂体控油理论(林畅松,2000)指出,构造坡折带是指由同沉积构造长期活动引起的沉积斜坡明显突变的地带,断陷湖盆中存在的构造坡折带制约着盆地部分可容纳空间的变化,对层序的发育、沉积体系域及砂体的分布起重要的控制作用(图1-3C),构造坡折带低位体系域砂体是岩性油气藏成藏的有利区带。

1.2 地层充填序列

根据地震、钻井、电测和生物地层等多项研究资料的揭示和证实,济阳拗陷从老到新包括的地层有:太古宇泰山群,下古生界寒武系和奥陶系;上古生界石炭系和二叠系,中生界侏罗系和白垩系,以及新生界新近系和古近系及其上覆的第四系。具体地层发育特征与沉积简史见表1-2(以东营凹陷为例)。

1.2.1 前古近系

前古近系,特别是古生界与华北邻区基本一致。以太古宇为基底,主要由下古生界、上古生界和中生界组成。缺失元古宇、古生界的上奥陶统、志留系、泥盆系和下石炭统及中生界的三叠系(图1-4),具有复杂的地质结构。下古生界以浅海碳酸盐岩地层为主;上古生界以海陆交互相和陆相湖、河碎屑岩发育为主;中生界是由陆上湖沼含煤碎屑岩、中基性火山喷发岩及河流相红色碎屑岩所组成(表1-2)。

1.2.2 古近系和新近系

济阳拗陷的古近系和新近系十分发育,经2000余口预探井的数千米岩心、地震和电测井资料的揭示,总厚度达万米,其中古近系超过7000m,新近系1000~2000m。中始新世和早渐新世湖盆先后两次达到最大水进期,沉积扩至最大范围。古近系和新近系从上向下包括:明化镇组和馆陶组,分别对应新近系上新统和中新统;东营组至沙河街组三段为渐新统;沙四段为渐新统至始新统的过渡层;孔店组划归始新统,缺失古新统(表1-2)。