

中国石油大学（华东）“211工程”建设
重点资助系列学术专著

济阳坳陷古近系深部储层 成岩—孔隙演化模式

袁 静 陈 鑫 编著



中国石油大学出版社

2581580

中国石油大学(华东)“211 工程”建设重点资助项目

P618. 130. 2
20

济阳坳陷古近系深部储层

成岩-孔隙演化模式

袁 静 陈 鑫 编著



中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

济阳坳陷古近系深部储层成岩-孔隙演化模式/袁静,陈鑫编著. —东营:中国石油大学出版社,2011. 11

ISBN 978-7-5636-3630-3

I. ①济… II. ①袁… ②陈… III. ①坳陷—碎屑岩—孔隙储集层—研究—济阳县 IV. ①P618. 130. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 225130 号

书 名: 济阳坳陷古近系深部储层成岩-孔隙演化模式
作 者: 袁 静 陈 鑫

责任编辑: 王金丽 (0532—86981532)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 0546—8392563)

开 本: 180 mm×235 mm 印张: 9.75 字数: 221 千字

版 次: 2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 30.00 元



总序

“211工程”是新中国成立以来,由国家立项展开的规模最大、层次最高的高等教育建设工程,是国家为振兴高等教育、建设人力资源强国而做出的重大教育发展决策。“211工程”抓住学科建设、师资队伍建设和决定高校水平提升的核心内容,通过重点突破带动高校整体发展,探索了一条高水平大学建设的成功思路。经过十多年的努力,“211工程”取得了显著成效,在学科建设、人才培养、科技创新等方面取得了丰富成果,使中国的高等教育产生了重大变化,大幅度拉近了我国高等教育与世界高等教育的距离,对于相关高校整体水平的提升产生了巨大的推动作用。

1997年,中国石油大学跻身“211工程”重点建设高校行列,形成了学校更好地开展高水平大学建设的重大历史机遇。经过“九五”、“十五”两期建设,进入“十一五”第三期建设,三期建设有机衔接,从重点学科建设到学科群建设,再到创新队伍建设和创新人才培养,学校“211工程”建设始终围绕提升学校水平这个核心,不断拓展建设思路和建设内容,其“以优势带整体,以特色促水平”的建设思想与学校发展整体思路实现了高度吻合。所以,十多年来,“211工程”建设的轨迹就是标识学校发展的一条主要线索。

“211工程”建设所取得的成效带来了学校办学水平的全面提升。依托“211工程”,经过十多年的建设和发展,学校主干学科优势和特色更加突出,带动了相关学科水平的提高,学科结构更加优化,学校进一步获得了国家对“优势学科创新平台”项目建设的支持;师资队伍建设和成效显著,高层次人才明显增加,特别是培育发展起一些高水平团队;科技创新能力大幅提升,突出了在基础理论研究、应用研究等方面的优势,已初步建立起有学校特色的科技创新体系,在十多个研究领域居国内领先水平,有些达到国际先进水平,科技成果转化取得巨大社会效益和经济效益;人才培养质量明显提高,逐步建立起以素质教育为主导的科学的教育教学体系,有效保证了创新人才的培养;国际学术交流与合作不断深入,学校开放办学和国际化程度得到大大推进;办学条件大幅改善,建成了先进的公共服务系统,形成了良好的软硬条件支撑。总体上,在“211工程”建设的推动下,办学水平大幅提升,学校办学特色更加鲜明,开创了学校建设高水平大学的良好局面。

“211工程”建设所取得的经验是学校办学的宝贵财富。首先,重点突破的策略保证了学校可以抓住影响办学水平的学科建设、创新能力等重点工作和任务,集中资源、队伍

和时间进行重点建设及发展,有效提升了学校的核心竞争力;其次,滚动发展的思路保证了学校找准优势并不断强化优势,以点带面不断完善整体结构,促进了学校的协调发展和可持续发展;另外,以项目为平台进行系统组织的机制保证了学校加强统筹规划、资源集成、队伍整合,加强了对各个环节、各种因素的系统优化,建立了一系列行之有效的工作制度。

“211工程”建设也锻炼形成了一支甘于奉献、勇于创新队伍,促进了全校在这样一个综合平台上的协同配合。在十多年的建设过程中,许多同志全身心投入有关工作,坚持不懈地追求更高水平和更高目标,有关部门协调一致,切实保证了各项建设任务的顺利实施。所以“211工程”也是学校的一项事业工程、合力凝聚工程。

学校现在已经展开“211工程”三期建设,同时正在进入建设“国内著名、石油学科国际一流的高水平研究型大学”的奋斗征程,“211工程”建设将继续成为学校实现新的发展目标的重要支撑。总结前期“211工程”建设的成功经验,充分展示“211工程”建设的丰富成果,对于更好地推动“211工程”建设,实现学校的奋斗目标,具有重要的现实意义。为此,学校决定设立专项资金,资助出版“211工程”建设有关的系列学术专著,分门别类地介绍和展示学科建设、学术发展、科技创新和人才培养等方面的成果和经验。虽然“211工程”建设作为一项综合性的重大工程,对其进行系统全面的总结存在一定难度,但相信这套丛书完全可以从不同的侧面、从一些具体的内容,展示我校“211工程”建设的巨大成绩和发展思路,对今后“211工程”建设和学校总体发展起到应有的启示和促进作用。

中国石油大学(华东)校长



二〇〇八年十月

>

前言

济阳坳陷历经 40 多年的勘探,资源探明程度达 56.97%,已属中高勘探程度区;但剩余石油资源总量仍达 46.72×10^8 t,且纵向勘探程度极不均衡:探明与控制石油储量的 90%和天然气储量的全部分布在第三系,3 500 m 以下深层井较少(李丕龙,2003)。济阳坳陷深层存在的 4 套烃源岩中,以沙四段和孔店组资源潜力较大,且油气藏的埋藏深度大多在 3 500 m 以下,属深层油气藏。因此,在研究与勘探程度均较低的深层开辟新的油气上产阵地已成为勘探生产面临的急迫问题。

另外,济阳坳陷近 20 年新增探明石油储量的油气藏类型构成中,构造类油气藏储量呈明显下降趋势,而以岩性和地层油气藏为主的各种隐蔽油气藏的储量大幅度增加(潘元林,2005);找隐蔽圈闭,首先就是找储层(张善文,2004)。储层研究的一个重要方面就是对储层成岩作用进行研究,储层的成岩作用研究对于了解和认识储层的好坏、孔隙的演化过程、孔隙的分布规律等具有越来越重要的作用。济阳坳陷沙四段和孔店组埋藏深,成岩程度高,成岩作用控制了油气储层的形成和演化;储层温度和压力较高,流体性质和运移方式与中浅层差别很大,仅仅依靠中浅层油气藏勘探和地质研究建立的储层演化和油气运聚成藏理论很难有效地指导深层的油气勘探。因此,针对埋深大于 3 500 m 的深部储层进行细致深入的成岩作用研究,重塑演化过程,建立不同地质背景下的储层成岩-孔隙演化模式,对济阳坳陷深部层系的油气勘探具有重要的理论和实际意义,不仅可以加快深层油气勘探使之成为胜利油田新的后备阵地,也能为其他类似地区深层油气勘探提供指导。

本书以济阳坳陷钻遇古近系深层(埋深 $>3\,500$ m)较多的东营凹陷北部陡坡带(以下简称东营北带)、渤南洼陷和车镇凹陷的沙四段—孔店组储层为研究对象,从成岩事件、成岩阶段划分、成岩环境、储集空间类型及成因机理、物性特征及影响因素等入手,特别考虑异常地层压力 and 多重成岩环境对储层演化的影响,探讨了不同区带储层在各自成岩场中的孔隙分布规律和成因机理,提出了济阳坳陷深层碎屑岩储层成岩-孔隙演化模式。

(1) 划分了济阳坳陷古近系深部碎屑岩储层的成岩阶段,并分析了其成岩环境特征。

将济阳坳陷古近系埋深 3 000 m 以下的碎屑岩储层划分为中成岩 A1、中成岩 A2、中成岩 B 和晚成岩 4 个阶段,埋深分别为 3 000~3 500 m,3 500~4 500 m,4 500~5 000 m

和 $>5\,000\text{ m}$ 。沙三段储层埋深 $3\,150\sim3\,600\text{ m}$ 深度段成岩环境总体为酸性,埋深 $4\,250\sim4\,500\text{ m}$ 深度段成岩介质碱性较明显。沙四段埋深 $3\,200\sim3\,600\text{ m}$, $3\,950\sim4\,200\text{ m}$, $4\,500\sim4\,900\text{ m}$ 和 $5\,600\sim5\,650\text{ m}$ 为较为明显的酸性成岩环境。

(2) 研究了济阳坳陷古近系深部碎屑岩储层物性分布特征及储集空间成因机理。

东营凹陷深层最常见斜长石的溶蚀作用,其次为钾长石和长石质岩屑的溶蚀。渤南洼陷和车镇凹陷深层溶蚀作用的强弱程度依次为斜长石、碳酸盐胶结物、钾长石及不稳定岩屑。在研究区发现了石英质组分不同程度的溶蚀现象,尤以胜坨地区最为发育,为济阳坳陷深层增添了一种新的储集空间类型——碱溶性孔隙。

济阳坳陷各区块埋深 $2\,800\text{ m}$ 以下碎屑岩层发育 $2\sim5$ 个次生孔隙带。东营凹陷次生孔隙发育程度强于渤南洼陷和车镇凹陷,并且向下延伸深度也更大。各凹陷埋深 $3\,250\sim3\,600\text{ m}$ 和 $3\,950\sim4\,250\text{ m}$ 均发育程度不等的次生孔隙带。各凹陷埋深 $3\,250\sim3\,600\text{ m}$ 大体处于中成岩 A1 亚期底部或 A2 亚期顶部,成岩介质碱性加强。各凹陷埋深 $3\,950\sim4\,250\text{ m}$ 大致处于中成岩 A2 亚期,东营北带和埕南断裂带成岩环境为碱性,车镇凹陷和渤南断裂带成岩环境酸性较明显。车镇凹陷埋深 $4\,400\text{ m}$ 以下的次生孔隙带为碱性环境下的产物。东营凹陷北带埋深 $4\,800\text{ m}$ 附近的次生孔隙是酸性环境下的产物; $5\,500\text{ m}$ 附近的次生孔隙主要为碱溶性成因。

(3) 提出济阳坳陷古近系深部碎屑岩储层发育 6 种成岩-孔隙演化模式。

济阳坳陷古近系深部碎屑岩储层在弱陡坡/缓坡构造背景下发育早期中强超压-中强压实/胶结/溶蚀-多重介质成岩-孔隙演化模式和晚期中强超压-(较)强压实/胶结/溶蚀-酸性介质成岩-孔隙演化模式,超压形成的早晚是影响储层压实作用强弱的主要因素,而流体环境的差异与构造背景的差异有关。深洼陷发育弱超压/常压-(中)强压实/胶结-强溶蚀-热液酸性介质成岩-孔隙演化模式和中弱超压-较强压实/胶结-强溶蚀-热液酸性介质成岩-孔隙演化模式,热液活动加强了成岩流体对酸溶性组分的溶解,是该类成岩-孔隙演化模式的主要影响因素。处于陡坡常压条件下的深层碎屑岩发育(中)强压实/胶结-弱溶蚀-热液酸性介质和强胶结-中弱溶蚀-多重介质成岩-孔隙演化模式,早期沉积水体、后期成岩水体以及两者混合造成的多重介质是其主要影响因素。

(4) 提出层位和埋深、构造背景、地层压力和流体环境是影响济阳坳陷深部储层成岩演化的主要因素。

其中,层位和埋深是深部储层遭受成岩改造程度强弱的首要控制因素。构造背景是影响成岩压力场和流体场的基本前提;在不同的流体场背景中,深部热液对储层演化会有不同影响;酸碱交替的多重成岩环境增加了次生孔隙带发育个数和次生孔隙垂向分布范围,但原始孔隙度的保存率比以酸性介质为主的成岩环境低 5% 以上。

本书由袁静和陈鑫编著。由衷感谢张善文教授在项目研究和本书编写中给予的关怀、支持与帮助! 研究生李春堂、杨学君、袁凌荣、樊海琳和于文文等也参与了部分研究工作,在此表示感谢! 项目研究和本书编撰过程中得到中国石油化工股份有限公司胜利

油田分公司各级领导和同仁、中国石油大学(华东)诸多领导和老师的热忱支持和无私帮助,虽无法逐一述及,但铭记于心,在此谨表诚挚谢意!本书中有关东营凹陷北带古近系深层成岩作用与孔隙演化方面的研究内容得到山东省自然科学基金(编号 2009ZRA05059)的资助,在此表示感谢!

受作者水平所限,书中难免存在错误与不妥之处,敬请读者批评指正。

作者

2011 年 10 月



第一章 济阳坳陷地质背景	(1)
第一节 济阳坳陷的构造发育历史	(3)
第二节 地层特征和沉积背景	(3)
一、地层特征	(3)
二、沉积背景	(3)
第二章 古近系深部碎屑岩储层成岩作用	(5)
第一节 岩石学特征	(6)
一、沙三段下部岩石学特征	(6)
二、沙四段岩石学特征	(7)
三、孔店组岩石学特征	(8)
第二节 成岩作用特征	(9)
一、压实(压溶)作用	(9)
二、胶结作用	(12)
三、交代作用	(30)
四、溶解作用	(31)
第三章 古近系深部碎屑岩储层成岩环境与成岩阶段划分	(33)
第一节 自生矿物演化与成岩环境	(33)
一、酸、碱性成岩环境的界定及区分标志	(33)
二、自生矿物演化与成岩环境	(34)
第二节 成岩阶段划分	(48)
一、中成岩 A 期	(50)
二、中成岩 B 期	(51)
三、晚成岩期	(52)
第四章 古近系深部碎屑岩储层成岩演化模式	(53)
第一节 东营凹陷深部储层成岩演化模式	(54)
一、胜坨地区沙四段成岩阶段划分与成岩演化模式	(55)

二、民丰洼陷沙四段成岩阶段划分与成岩演化模式	(58)
三、中央隆起带孔店组成岩阶段划分与成岩演化模式	(61)
第二节 渤南洼陷深部储层成岩演化模式	(64)
第三节 车镇凹陷深部储层成岩演化模式	(68)
一、陡坡带厚层砂砾岩成岩演化模式	(69)
二、缓坡/洼陷带薄砂层成岩演化模式	(71)
第五章 古近系深部碎屑岩储层储集空间类型与物性分布规律	(74)
第一节 储集空间成因类型	(74)
一、原生孔隙	(74)
二、混合孔隙	(75)
三、次生孔缝	(75)
第二节 储集空间成因机理	(78)
一、溶蚀孔隙(次生孔隙)的成因机理	(78)
二、裂缝成因机理	(88)
三、沙四段硬石膏岩储层储集空间成因机理	(91)
第三节 深部储层物性垂向演化规律及成因机理	(91)
一、东营北带	(93)
二、渤南洼陷	(95)
三、车镇凹陷	(97)
第六章 古近系深部储层成岩-孔隙演化模式	(99)
第一节 孔隙发育史	(99)
第二节 储层成岩-孔隙演化模式	(100)
一、弱陡坡/缓坡-中强超压成岩-孔隙演化模式	(100)
二、深洼陷-强溶蚀-热液酸性介质成岩-孔隙演化模式	(102)
三、陡坡-常压-中/弱溶蚀-成岩-孔隙演化模式	(104)
第三节 各成岩-孔隙演化模式对储层物性的影响	(108)
第七章 影响深部碎屑岩储层成岩-孔隙演化的主要因素	(109)
第一节 影响深部碎屑岩储层成岩作用的主要因素	(109)
一、原始沉积物的成分和结构	(109)
二、烃类侵位延迟深部储层成岩作用进程	(114)
三、盐膏层造成储层温压异常	(116)
四、异常压力延迟成烃成岩进程	(120)
五、深部热流体复杂化成岩场	(123)
六、盆地的构造演化	(128)
第二节 影响深部碎屑岩储层成岩-孔隙演化的主要因素	(128)

一、层位和埋深·····	(128)
二、构造·····	(130)
三、地层压力·····	(130)
四、深部热液·····	(130)
五、多重成岩环境·····	(131)
参考文献·····	(132)
附录·····	(143)

第一章

CHAPTER ONE

济阳坳陷地质背景

济阳坳陷是中、新生代形成的沉积盆地,位于渤海湾盆地东南部(图 1-1)。盆地西北侧由埕宁凸起与黄骅坳陷相隔,东南侧与鲁西—胶东隆起区相邻,东北侧伸入渤海湾过渡至渤中坳陷,西南端则与临清—东濮坳陷衔接。该坳陷总体走向为北东向,且向北东撒开,南西收敛,总面积为 $2.7 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

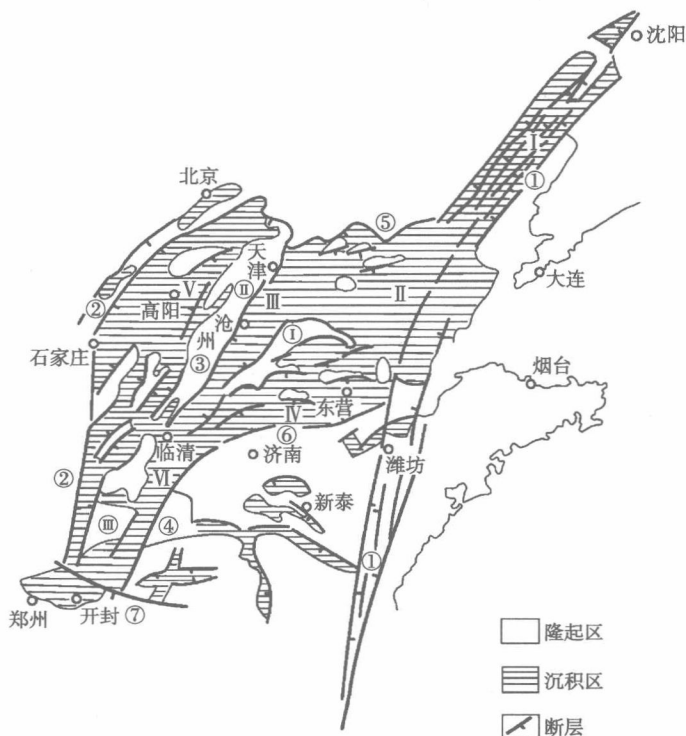


图 1-1 渤海湾盆地地质结构图(据李丕龙, 2003)

- ①—埕宁隆起; ②—沧县隆起; ③—内黄隆起; I—辽河坳陷; II—渤中坳陷; III—黄骅坳陷; IV—济阳坳陷;
V—冀中坳陷; VI—临清坳陷; ①—郑庐断裂带; ②—太行山东麓断裂带; ③—沧东断裂带; ④—兰聊断裂带;
⑤—宝坻—昌黎大断裂; ⑥—齐河—广饶大断裂; ⑦—黄河大断裂

济阳坳陷的陆地部分包括东营、惠民、沾化和车镇等四个主要凹陷及若干分隔凹陷或从外围隆起区伸入坳陷中的凸起(图 1-2)。盆地中发育有北东向、北西向和近东西向三组基底正断层,它们在空间上彼此交错并构成古近纪断陷的锯齿边界断层。四个主要凹陷均表现北断南翘的地堑式结构,并与断块面倾向北或北西的“单面山”式半地垒相间排列(图 1-3)。

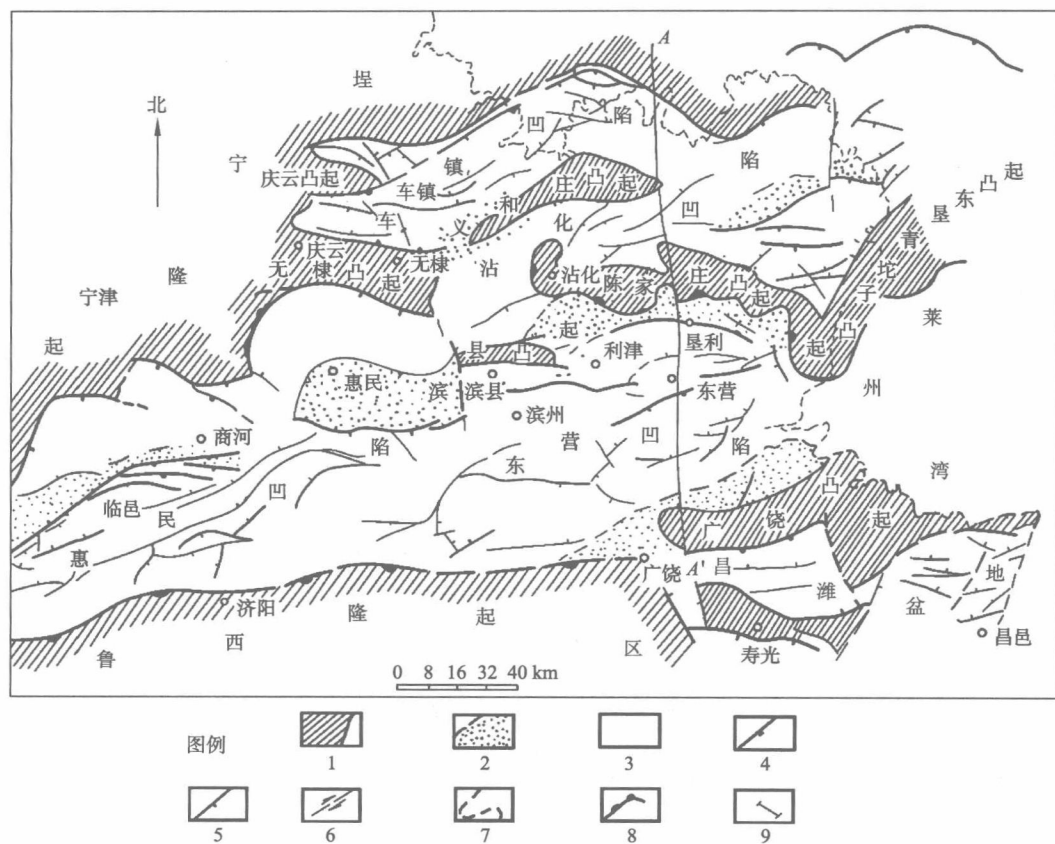


图 1-2 济阳坳陷构造略图(据李国玉等,2002)

1—隆起(区)及盆地中的高凸起(古近纪缺失沉积区域); 2—盆地中的凸起和低凸起构造带;
 3—古近系沉积凹陷区域; 4—主干基底正断层; 5—次级基底正断层; 6—基底(隐蔽)走滑断裂及走滑构造带;
 7—海岸线; 8—凸起边界; 9—剖面位置

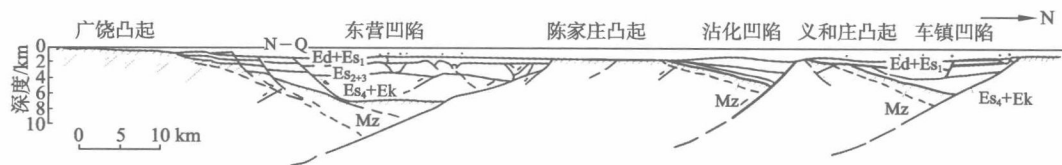


图 1-3 济阳坳陷构造横剖面图(据李国玉等,2002)

第一节 济阳拗陷的构造发育历史

济阳拗陷是在华北古生代基底上发育而成的中、新生代叠合盆地,为一典型的陆相盆地,经历了三个发展阶段(王秉海等,1992)。

(1)“断陷”发展阶段:属裂谷前期,其地质年代是中生代,发育特点为断裂和火山喷发。燕山运动二幕产生的块断山高部位发展为古潜山,低洼处充填了上侏罗统和下白垩统的陆相碎屑岩,自此,济阳拗陷初具雏形。

(2)“断拗”发展阶段:裂陷与隆升时期,其地质年代是古近纪,发育特点为快速沉陷及陆相沉积物的快速堆积。燕山运动尾幕(喜马拉雅山运动)期间(始新世—渐新世),各凹陷边界断层的不均衡活动使各沉积盆地边断边拗,形成不对称的(箕状)盆地。

(3)“拗陷”发展阶段:大面积拗陷时期,其地质年代是新近纪至第四纪,发育特点为区域性拗陷与披盖式沉积,断裂活动减弱。喜马拉雅山运动东营幕(发生于渐新世末期)以后,济阳地区和华北广大地区一起抬升,遭受剥蚀,到中新世又同华北地区一起下沉,成为渤海湾拗陷区的一部分。

第二节 地层特征和沉积背景

一、地层特征

新生代以来济阳拗陷有大量沉积,并在新近系与古近系之间有一个沉积间断。断陷阶段沉积了孔店组(距今 65~50.5 Ma)、沙四段(距今 50.5~43.7 Ma)、沙三段和沙二段(距今 43.7~36.7 Ma)以及沙一段和东营组(距今 36.7~24.6 Ma);拗陷阶段(距今 24.6~14 Ma)盆地抬升接受剥蚀,而后再沉积了馆陶组(距今 14~6 Ma)及明化镇组和平原组(距今 6 Ma 至今)。

二、沉积背景

济阳拗陷的边界断层都主要倾向南或南东,构造演化控制沉积作用。济阳拗陷各凹陷中的断块运动方式直接影响盆地的古地形、古水系、物质补给速率和沉积作用,致使古近纪不同构造演化时期出现不同的沉积相和沉积体系。

古新世中期—始新世中期,凹陷内以断块间差异升降运动为主要特征,多形成相对闭塞的地堑式和不对称地堑式凹陷,物源区较近,物质补给充分,多发育冲积扇-扇三角洲沉积体系。

始新世中—晚期各凹陷内多以断块掀斜运动为主要特征,多形成相互串通的半地堑式盆地。盆地的缓坡多发育冲积扇-扇三角洲沉积体系;盆地陡坡则发育扇三角洲-水下扇沉积体系;盆地的长轴方向还常发育河流-三角洲沉积体系;各凹陷内深洼陷区靠近主干断裂一侧为各凹陷沉降-沉积-生油中心所在位置,发育半深湖-深湖相泥岩沉积,夹有透镜状或薄层状浊积岩。

渐新世由于基底断块的掀斜运动被盖层断块的反向掀斜运动所抑制,各凹陷的沉降-沉积较均衡,同时由于走滑构造带的影响,各凹陷以大型三角洲-滑塌浊积扇沉积体系发育为特征。各凹陷由于边界断裂系的差异升降,尚发育有断槽或沟道型沉积物重力流沉积体。

古近系深部碎屑岩储层成岩作用

成岩作用(diagenesis)一词由 Guembel(1868)提出,最初是指沉积岩转变为结晶片岩和片麻岩过程中的一切变化,相当于现在的变质作用。目前成岩作用的定义分为狭义和广义两种。狭义的成岩作用是指“在较低的岩石压力和岩浆热力下沉积物向岩石转变过程中经历的物理变化和化学变化”(Walther,1984)。这种概念将成岩作用的范围缩小到沉积物向沉积岩转变这一阶段,至于这一概念是否包括同生作用仍存在分歧。广义的成岩作用概念以 Friedman(1978)的定义为代表,即“成岩作用包括沉积物堆积后发生的所有物理、化学和生物化学变化,不包括变质作用”。这样,沉积物变成沉积岩的过程只是成岩作用过程的一个阶段,完整的成岩作用范畴还包括后生作用。国内目前广泛采用郑浚茂等(1989)对成岩作用的定义,即沉积物在沉积后到变质作用之前这一漫长阶段所发生的各种物理、化学作用及生物化学作用,而不是指狭义的、仅指沉积物的石化和固结作用。这也是本书采用的“成岩作用”概念。初期的成岩作用研究建立在 Sorby 开创的岩石学研究基础上;20 世纪 60 年代以前,成岩作用的研究一直停留在对成岩现象的定性描述阶段。我国油气储层成岩作用的研究始于 20 世纪 70 年代末到 80 年代初,当时随着世界上一些大油气田的发现,认为储集空间的发育多与次生孔隙有关。在埋藏成岩过程中,随着埋深增加,成岩作用使储层的原始储集空间特征及分布规律受到改造,原生孔隙逐渐减少而次生孔隙相应发育。次生孔隙发育带的存在极大地改善了储层物性,尤其是次生孔隙的分布深度和延伸范围要比原生孔隙深而广,加之油气分布的层段也往往是次生孔隙发育的层段(次生油气藏除外),这就引起了石油地质界的广泛重视和关注。因为它对油气勘探开发及增产措施的拟定有重大指导意义,尤其对评价和预测有利勘探区和有利的油气分布层段十分必要和有效(应凤祥等,2004)。

目前,成岩作用已成为当今沉积学及盆地研究比较活跃的前沿研究领域之一。发生在油气盆地中的成岩作用是极其复杂的物理化学过程,特别是深埋储层,其成岩作用及其影响因素的多变性和过程的复杂性主要体现在岩石成分的复杂性、流体来源的广泛性、温度和压力等成岩环境条件的多变性等。储层孔隙演化的过程同时

受到沉积体系、古气候、流体的化学成分、温度、压力条件以及有机质的热降解、盆地的沉降折返等多因素的作用和影响,体现了有机界和无机界长时间作用的结果。将油气盆地成岩史及其相关的温度场、压力场、源岩排烃史、油气运聚史的研究纳入到统一的时空发展演化过程进行综合全面的石油地质研究,是现今成岩作用研究的一个显著特点(李忠等,2006)。从今后的发展趋势来看,成岩作用的研究内容已经远远超越了岩石学的范畴,与构造、沉积相、层序地层学、成矿(藏)作用等方面的联系更加密切,已发展成为沉积岩石学、石油地质学、矿床学与各种测试技术相互渗透的一门边缘学科。

第一节 岩石学特征

一、沙三段下部岩石学特征

东营凹陷和渤南洼陷沙三段下部储层岩石类型主要为不等粒砂岩或中粗砂岩,车镇凹陷沙三段下部岩石类型主要为中细粒砂岩或含砾粗砂岩;分选中一差,颗粒以次棱角状为主,少数为次圆状;以颗粒支撑为主,点一线接触,孔隙一接触式胶结。

东营凹陷沙三段下部砂岩石英含量为 30%~53%,钾长石含量为 10%~24%,斜长石含量为 13%~30%,岩屑含量多在 12%~20%之间。凹陷北部岩石碎屑以变质岩和沉积岩为主,南部以岩浆岩碎屑为主,变质岩碎屑次之。这反映北部物源主要来自陈家庄凸起,南部物源主要来自于广饶凸起。杂基主要为泥质,含量为 0.5%~28%(表 2-1)。

表 2-1 东营凹陷古近系沙三下一孔店组岩石组分特征

层位		石英含量/%	钾长石含量/%	斜长石含量/%	岩屑含量/%	泥质含量/%	灰泥含量/%	云泥含量/%
Es ₃	平均	42.17	17.14	17.51	14.75	9.57	3.5	—
	最小~最大	30~53	10~24	13~30	12~20	0.5~28	3~4	—
Es ₄	平均	37.11	15.63	18.02	25.98	6.42	9.81	12.44
	最小~最大	5~80	4~22	1~35	5~80	0.5~54	2~35	0.5~28
Ek	平均	54.02	37.86		7.7	6.41	—	—
	最小~最大	40~80	15~50		2~17	1~20	—	—

渤南洼陷沙三段砂岩储集层主要分布在孤西断裂带,石英含量为 29%~48%,平均为 43.4%;长石含量为 17%~42%,平均为 29.9%;钾长石略微高于斜长石;钾长石含量为 11%~22%,平均为 15.6%;斜长石含量为 9%~25%,平均为 14.5%;岩屑含量多在 14.5%~40.5%之间,平均为 27.5%;杂基主要为泥质,含量为 0.5%~25%,平均为 5.6%;胶结物以碳酸盐为主,硅质次之,胶结物含量为 0.5%~35.5%,平均为 5.1%(表 2-2)。