

作者序

2000年2月

胜利油区 沉积储层与油气

赵澄林 张善文 袁 静 崔 勇 等著

赵澄林

2000.1.4

石油工业出版社

Foreword

Since " the ninth — five — years", in Shengli oil area, under the guidelines of exact exploration theories, new achievements have been acquired in the northern steep — slope zone of dongying sag and bohai foreshore. Some structure — lithology — related oil and gas fields have been found.

In recent years, three dimensions seismic studies have been developed in shengli oil field. the key exploration targets are those pools controlled by little default blocks, little sandbodies, buried hills and other complex geologic bodies. Especially, by the development of some technologies, such as the exploration practice and description of fanlike sandbodies, turbidite lithologic pools and fluvial sandbodies in the steep slope zone of dongying sag, great improvements have been made in the knowledge and description of lithologic pools. The key of exploration technologies of lithologic pools is reservoir description, and the key of reservoir studies is geologic modelling of reservoir.

This book is consisted of eight chapters. They are fan facies models and sandbodies; non — fan facies models and sandbodies; carbonate rock facies and reservoirs; special rocks and reservoirs; analysis of generating conditions of lithologic pools; types and models of lithologic pools; example analysis and exploration practice of lithologic pools, exploration technologies and methods. The key area is dongying sag, but attentions are also given to zhanhua, huimin and chezhen sags. The authors have studied the bohai bay oil — bearing area for many years and have lots of experiences in the research of reservoir sedimentology, lithofacies and paleogeography of petroliferous area. With the key idea of " four fans, one channel" model and its applications in petroleum exploration, this book mainly discusses the generation, evolution and distribution law of fan facies and non — fan facies and their reservoirs. The " four fans" refers to alluvial fan in the continental environment; delta and fan delta in the transitional environment from river to lacustrine; and sublacustrine fan in the semideep — deep lacustrine environment; the " one channel" refers to gravity — flow channels in the longitudinal or transverse trough faults in basin. The sandbodies of branch channels and braided channels either in " four fans" or " one channels" are all best oil — bearing microfacies. If researchers can judge and distinguish the " four fans, one channels" and their reservoirs from complex facies, by the studies of facies remarks, facies sequence, facies models, sandbody types and geologic modelling, with the application of seismic and logging, the efficiency will be improved greatly in the exploration of Mesozoic — Cenozoic oil — gas — bearing basins.

Zhao Chenglin

Petroleum university (beijing)

Doctor station in Mineralogy, Petrology, Gitology

1999. 6

前言

济阳含油气盆地被发现后已有 30 余载,1991 年底胜利油田产油量达到 $3355 \times 10^4 \text{t}$,是我国第二大油气田。如何进一步使胜利油田稳产高产,是胜利油田和全国广大石油科技工作者都十分关注的问题。基于勘探形势的需要,为了增储上产,胜利油田与东部其它油气田一样,也正在从主要以勘探构造油气藏为主转向勘探构造—岩性油气藏,乃至岩性油气藏,由中—浅层转向深层 ($>3500\text{m}$)、由中—高孔渗储层转向低孔低渗储层。

早在 60 年代胜利油田会战初期,就曾发现了象营 2 井这样日产原油 555t 的透镜状浊积砂岩体的高产井。80 年代初期又总结出济阳拗陷是复式油气聚集区的概念,并从一个沉积凹陷和相邻凸起作为一个完整的复式成油体系来认识,从而提出了“五个环形油气聚集带”的理论。即凹外带为上第三系超覆油气藏、披覆背斜油气藏、残丘型古潜山油气藏;凹边带为下第三系超覆油气藏、不整合油气藏、披覆背斜油气藏、古潜山油气藏;洼侧带为滚动背斜、断块、水下冲积扇、古鼻和断鼻油气藏;洼陷带为深水浊积扇、深水重力流水道、前三角洲砂岩透镜体以及深水层状浊积砂岩油气藏;中央隆起带为塑拱背斜、断块和岩性油气藏等。“九五”以来,胜利油田在正确的勘探理论指导下,又在东营凹陷北部陡坡带和渤海海滩等地区取得了新的勘探成果,发现了一批与构造—岩性因素有关的油气田。

近年来,胜利油田又开展了“济阳拗陷深层石油地质综合评价和目标选择”研究,开展了三维地震攻关,在复式油气聚集带上争取作到连片,勘探对象重点是小断块、小砂体、古潜山等复杂地质体所控制的油气藏类型,尤其是通过对东营凹陷陡坡带砂砾岩扇体的勘探实践与描述技术、浊积岩岩性油气藏的勘探技术与描述和河流相砂体描述等项技术的开展,使胜利油田对岩性油气藏的认识、描述和勘探效果大大前进了一步。岩性油气藏勘探的技术关键是储层,储层研究的关键又是储层地质建模。基于这一情况,石油大学(北京)和胜利油田的同志才萌发出结合济阳拗陷构造—岩性、岩性油气藏的勘探实践,撰写出一部以沉积—储层研究为重点、以勘探实践为依托的学术专著,为胜利油田的勘探和开发起到承上启下、继往开来的作用。经反复商量,最终确定全书由扇相模式及砂体、非扇相模式及砂体、碳酸盐岩相及储层、特殊岩类及储层、岩性油气藏成藏条件分析、岩性油气藏类型及成藏模式、岩性油气藏实例分析与勘探实践、勘探技术和方法等章节组成。不难看出,本书虽然立足于整个济阳拗陷,但仍以东营凹陷为重点,兼顾沾化、惠民和车镇凹陷,着力阐述扇相模式和非扇相模式及相应的砂岩、砂砾岩体储层的形成、演变及其分布规律,积笔者多年来在渤海湾地区从事储层沉积学和油区岩相古地理学科学研究的经验 and 经历,结合“九五”以来,以“渤海湾及外围深层储层评价”重要研究成果之一的“四扇一沟”相模式及其在油气勘探中的应用作为本书的主线。所谓“四扇”相模式是指分布于陆地环境的冲积扇相、分布于河湖过渡环境的河控三角洲(主要是扇形或朵状三角洲)相和扇三角洲相,以及分布于深湖或半深湖环境的湖底扇相。“一沟”是指分布于盆内纵向或横向断槽或断谷中的重力流沟道沉积相。总结“四扇一沟”沉积相及砂体类型对中国中—新生代含油气盆地的油气勘探具有较重要的现实意义和指导作用。无论是“四扇”抑或“一沟”中的分支河道或辫状沟道型砂岩、砂砾岩体都是油气储集的最有利微相带。广大油气勘探、开发工作者如能从相标志、相层序、相

模式、砂体类型和地质建模研究中,以及应用地震、测井等手段从各种相带中能识别“四扇一沟”沉积相及其中的各类储集体,并作出有效的分析和判断,将会进一步提高我国中—新生代含油气盆地的勘探效果。基于这一目的,笔者继《东濮凹陷下第三系砂体微相和成岩作用》(1988)和《东濮凹陷下第三系沉积体系和成岩作用》(1992)之后,又选择有着丰富勘探开发实践历程和具有代表性的胜利油田作为总结“四扇一沟”沉积相、相标志、相层序、相模式和砂体微相和勘探效果的典型剖析地区。胜利油田所属济阳坳陷是个富油气盆地,尤其东营凹陷是我国少见的富油气凹陷,因此,以东营凹陷下第三系“四扇一沟”沉积相及砂体类型为重点阐明扇相模式和非扇相模式在勘探开发构造—岩性油气藏和岩性油气藏中的应用,将会对我国其它中—新生代含油气盆地面向 21 世纪扩大勘探领域、增储上产有一定参考价值和指导意义。

胜利油区从会战伊始,就在大规模勘探碎屑岩油气藏的同时,十分重视古生界碳酸盐岩古潜山、变质岩古潜山型油气藏的勘探,并取得了可观的储量和产量,建成了一些大—中型规模的油气田。火山岩和湖相碳酸盐岩油气藏在胜利油区下第三系也有其特色,在今后增储上产中仍不失为有潜力的勘探领域。故单辟第三章碳酸盐岩储集体和第四章特殊岩类储集体成因类型及分布规律,对两类油气藏的岩性、岩相特征以及储集体分布规律加以概括性介绍,并在第七章也选择了一些实例加以分析。

本书的四位主要作者是老中青有机的结合,第一作者曾在胜利油田所在地的石油大学(华东)教学、科研二十余载,积累了一些胜利油区的资料和研究成果,特别是“八五”、“九五”以来深部储层的一些研究成果;第二作者大学本科毕业于应用地球物理专业,后又从读于第一作者,取得煤田、油气地质与勘查硕士学位,是较早一届的地质—物探复合型人才,毕业后在胜利油田长期从事勘探工作,积累了较丰富的实践经验;第三和第四作者是在第一、第二作者指导下最近 2~3 年内在胜利油田完成了博士论文和硕士论文,选题分别是中国石油天然气集团公司“九五”重点科技工程攻关项目中的东营凹陷和惠民凹陷的下第三系深部碎屑岩储层研究。因此,本书是老中青相结合,学校与现场人员相结合,理论和实践相结合的一部专题总结。在撰写本书过程中也查阅了一些胜利油区历年沉积、储层和油气藏形成等方面的研究报告,根据实际需要引用了其中一些内容,在此谨向胡见义、刘兴才、潘元林、帅德福、王秉海、王德坪、钱凯、杜韞华、向奎、杨申镛、周自立、陈淑珠、陈云林、宋国奇、蔡进功、王宝言、付瑾平、刘玉浩、王居峰、冯有良、孙锡年、刘书会、庄博、隋凤贵、乔军、孙国等同行和专家们表示深深谢意。另外,也值得指出的是,胜利油区勘探多年,积累了十分丰富的沉积、储层、油气藏形成等方面的资料,这里所查阅和可能引用的也十分有限,很可能挂一漏万,甚至使用中有所欠妥之处,如有这种情况,也敬请有关专家谅解,不吝指正。

本书前言由赵澄林编写,第一章至第四章沉积—储层基础部分主要由赵澄林、袁静、崔勇、张有瑜等编写,第五章至第七章成藏分析和勘探实践部分主要由张善文、赵澄林、袁静、王鹏等编写,第八章有关勘探技术和方法主要由张善文、李文涛、赵铭海、杜业波等编写。本书的选题、策划、统编、审订主要由赵澄林、张善文完成,部分资料整理工作主要由袁静、崔勇完成,王鹏、杜业波等也协助作了大量工作。

本专著也属于中国石油天然气集团公司“九五”科技工程项目——华北地区石油地质综合研究与目标选择(970206—02—01)和中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室——“深部储层评价和预测”研究成果的一部分。

在此也向石宝珩、傅成德、譙汉生、裘亦楠、陈丽华、薛叔浩、牛嘉玉、罗平等科技部的领导和项目负责人以及胜利油田行政、技术负责人多年来给予的指导和支持致以谢意。

赵 澄 林

石 油 大 学 （北京）

矿物学、岩石学、矿床学博士学科点

（原沉积学、古地理学博士学科点）

1999. 6

目 录

第一章 扇相模式及砂体展布规律	(1)
第一节 基本地质概况.....	(1)
第二节 冲积扇相模式及砂体展布.....	(6)
一、概念及形成条件.....	(6)
二、沉积亚相划分和相模式.....	(6)
三、相标志.....	(7)
第三节 扇三角洲相模式及砂砾岩体展布	(12)
一、概念及形成条件	(12)
二、亚相类型划分和相模式	(12)
三、相标志	(13)
第四节 三角洲相模式及砂体展布	(18)
一、概念及形成条件	(18)
二、地层模式	(18)
三、亚相类型	(18)
四、相标志	(19)
五、沉积体系	(21)
第五节 湖底扇相模式及砂砾岩体展布	(21)
一、概念	(21)
二、形成条件	(21)
三、亚相类型划分及相模式	(23)
四、相标志	(23)
五、相模式	(26)
第六节 “四扇”砂砾岩体的时空展布规律	(27)
一、纵向发育规律	(27)
二、平面展布特征	(28)
三、四种“扇相”模式的对比及储层特征	(31)
第二章 非扇相模式及砂体展布规律	(32)
第一节 深水沟道浊积岩相模式	(32)
一、概念及形成条件	(32)
二、相标志	(34)
三、相类型、相层序和相模式	(35)
第二节 滨浅湖滩坝沉积体系	(41)
一、砂质滩坝	(41)
二、碳酸盐岩滩坝	(42)
第三节 河流相模式及砂体展布	(46)

一、河流的分类及特征	(46)
二、河流相的识别及其沉积特征	(47)
第三章 碳酸盐岩储集体成因类型及分布规律	(54)
第一节 湖相碳酸盐岩生物礁相模式及其控制因素	(54)
一、造礁生物	(54)
二、礁体结构	(54)
三、成因与分布	(55)
四、沉积相类型	(57)
第二节 下古生界海相碳酸盐岩储层分布特征	(58)
一、下古生界海相碳酸盐岩古潜山型储层分布特征	(58)
二、储层的岩性特征	(58)
三、储集空间类型	(60)
四、孤北潜山深层溶蚀作用及连通孔隙体系的形成	(63)
第四章 特殊岩类储集体	(66)
第一节 岩浆岩储集体	(66)
一、基本特征	(66)
二、岩性、电性和地震特征	(67)
三、火山岩相及其分布特征	(69)
四、物性及含油性	(71)
第二节 变质岩储集体	(75)
一、储层分布	(75)
二、储层类型及岩石学特征	(76)
三、电性特征	(76)
四、储集空间特征	(78)
第五章 岩性油气藏成藏条件分析	(79)
第一节 砂岩岩性油气藏成藏条件分析	(79)
一、油源条件分析	(79)
二、储集性能分析	(79)
三、运移动力和通道	(80)
四、生储盖配置关系	(81)
五、构造因素对成藏的控制	(81)
六、油气富集规律	(81)
第二节 其它岩类油气藏成藏条件分析	(82)
一、碳酸盐岩古潜山成藏条件分析 (以车西奥陶系古潜山为例)	(82)
二、岩浆岩油气藏成藏条件分析	(82)
三、变质岩 (太古界基岩) 油气藏成藏条件分析	(83)
第六章 岩性油气藏成藏模式及分布规律	(87)
第一节 岩性油气藏分类	(87)
第二节 济阳坳陷岩性油气藏分布规律及成藏模式	(89)
一、构造岩相带概念	(89)

二、陡坡（断阶）带——扇三角洲构造岩相带岩性油气藏分布规律	(89)
三、缓坡带——三角洲及滩坝—湖底扇构造岩相带岩性油气藏分布规律	(94)
四、深陷带——远岸及滑塌成因湖底扇构造岩相带岩性油气藏分布规律	(95)
五、凹中隆起（中央隆起）带——滩坝及滑塌成因湖底扇构造岩相带岩性油藏分布规律	(96)
第七章 岩性油藏实例分析与勘探实践	(97)
第一节 沉积成因砂岩岩性油气藏实例分析与勘探实践	(97)
一、郑家—王庄冲积扇相砂砾岩体岩性稠油油气藏	(97)
二、上倾尖灭岩性油气藏	(97)
三、透镜状砂体岩性油气藏	(98)
四、乐安油田下第三系三角洲相砂岩体勘探实例	(101)
五、桩西地区东营组下段河流相岩性油气藏勘探实例	(105)
第二节 成岩成因砂岩岩性油气藏实例分析和勘探实践	(107)
一、孔隙砂岩上倾尖灭油气藏	(107)
二、裂缝性油气藏	(108)
第三节 与岩性圈闭有关的复合性油气藏	(110)
一、构造—岩性—地层油气藏	(110)
二、岩性—构造油气藏	(111)
三、地层—岩性油气藏	(115)
四、东营凹陷现河地区三角洲平原亚相水下分流河道砂岩油气藏成藏条件分析及其滚动勘探开发实例	(115)
第四节 碳酸盐岩类油气藏实例分析与勘探实践	(121)
一、车西奥陶系碳酸盐岩古潜山油气藏	(121)
二、车古9奥陶系碳酸盐岩古潜山成藏条件	(123)
三、桩西孤北下古生界碳酸盐岩潜山油气藏	(128)
第五节 特殊岩类油气藏实例分析与勘探实践	(130)
一、岩浆岩油气藏实例分析与勘探实践	(130)
二、变质岩类（太古界基岩）油气藏实例分析与勘探实践	(132)
第八章 油气勘探技术与方法	(139)
第一节 三角洲浊积砂岩体的油气藏描述方法及应用	(139)
一、浊积岩相岩性油气藏描述技术	(139)
二、河流相砂岩油气藏描述技术	(141)
三、浅层亮点气藏描述技术	(143)
四、几点认识	(144)
第二节 沾化凹陷浅层油气藏的勘探实践与分析	(145)
一、油气的横向运移	(145)
二、未来勘探方向	(146)
参考文献	(147)
图版及图版说明	

Contents

Chapter1 models of fan facies and distribution of sandbodies	(1)
Section1 general geological situation	(1)
Section2 model of alluvial fan facies and distribution of sandbodies	(6)
Section3 model of fan delta facies and distribution of sandbodies	(12)
Section4 model of delta facies and distribution of sandbodies	(18)
Section5 model of sublacustrine fan facies and distribution of sandbodies	(21)
Section6 spatio—temporal distribution rules of sandbodies	(27)
Chapter2 models of non—fan facies and distribution of sandbodies	(32)
Section1 model of turbidites facies in deep—water channels	(32)
Section2 sedimentary systems of banks in shore—shallow lake	(41)
Section3 model of fluvial facies and distribution of sandbodies	(46)
Chapter3 generation types and distribution laws of carbonate reservoirs	(54)
Section1 models and controlling factors of reef facies in lacustrine carbonate rocks	(54)
Section2 distribution characteristics of marine carbonate reservoirs in lower paleozoic	(58)
Chapter4 reservoirs in special rocks	(66)
Section1 reservoirs in magmatic rocks	(66)
Section2 reservoirs in metamorphic rocks	(75)
Chapter5 generating conditions analysis of lithologic pools	(79)
Section1 generating conditions analysis of lithologic pool in sandstones	(79)
Section2 generating conditions analysis of lithologic pools in other rocks	(82)
Chapter6 generating models and distribution laws of lithologic pools	(87)
Section1 classifications of lithologic pools	(87)
Section2 generating models and distribution laws of lithologic pools in jiyang depression	(89)
Chapter7 example analysis and exploration practice of lithologic pools	(97)
Section1 example analysis and exploration practice of sedimentary sandstone pools	(97)
Section2 example analysis and exploration practice of diagenetic sandstone pools	(107)
Section3 compound pools related to lithologic traps	(110)
Section4 example analysis and exploration practice of carbonate pools	(121)
Section5 example analysis and exploration practice of pools in special rocks	(130)
Chapter8 technology and methods in oil and gas exploration	(139)
Section1 reservoir description and its application in delta and turbidite sandstones	(139)
Section2 exploration practice and analysis of shallow—bed pools in zhanhua sag	(145)
reference	

第一章 扇相模式及砂体展布规律

第一节 基本地质概况

济阳坳陷位于渤海湾盆地东南部（图 1-1-1）。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 $2.7 \times 10^4 \text{km}^2$ 。

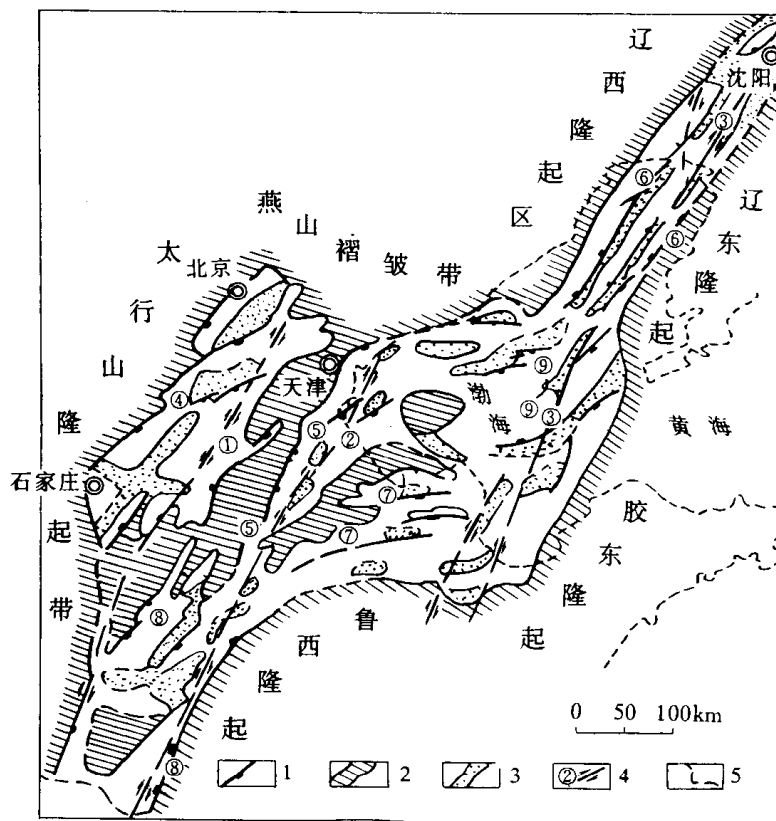


图 1-1-1 渤海湾盆地区构造轮廓简图

- 1—早第三纪断陷边界正断层；2—早第三纪隆起（区）；3—盆地中的凸起或低凸起构造（带）；4—主干基底走滑断层或“隐蔽”的基底走滑断层带；5—海岸线；新生代主要断层系统编号：①霸县—束鹿—邯郸右旋走滑断层带；②黄骅—德州—东明右旋走滑断层带；③沈阳—潍坊右旋走滑断层带；④冀中坳陷伸展断层系统；⑤黄骅坳陷伸展断层系统；⑥下辽河—辽东湾断陷伸展断层系统；⑦济阳坳陷伸展断层系统；⑧临清—东濮坳陷伸展断层系统；⑨渤中坳陷伸展断层系统

济阳坳陷的陆地部分包括东营、惠民、沾化和东镇等四个主要凹陷及若干分隔凹陷或由外围隆起区伸入坳陷中的若干凸起组成（图 1-1-2）。坳陷中发育有北东向、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早第三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

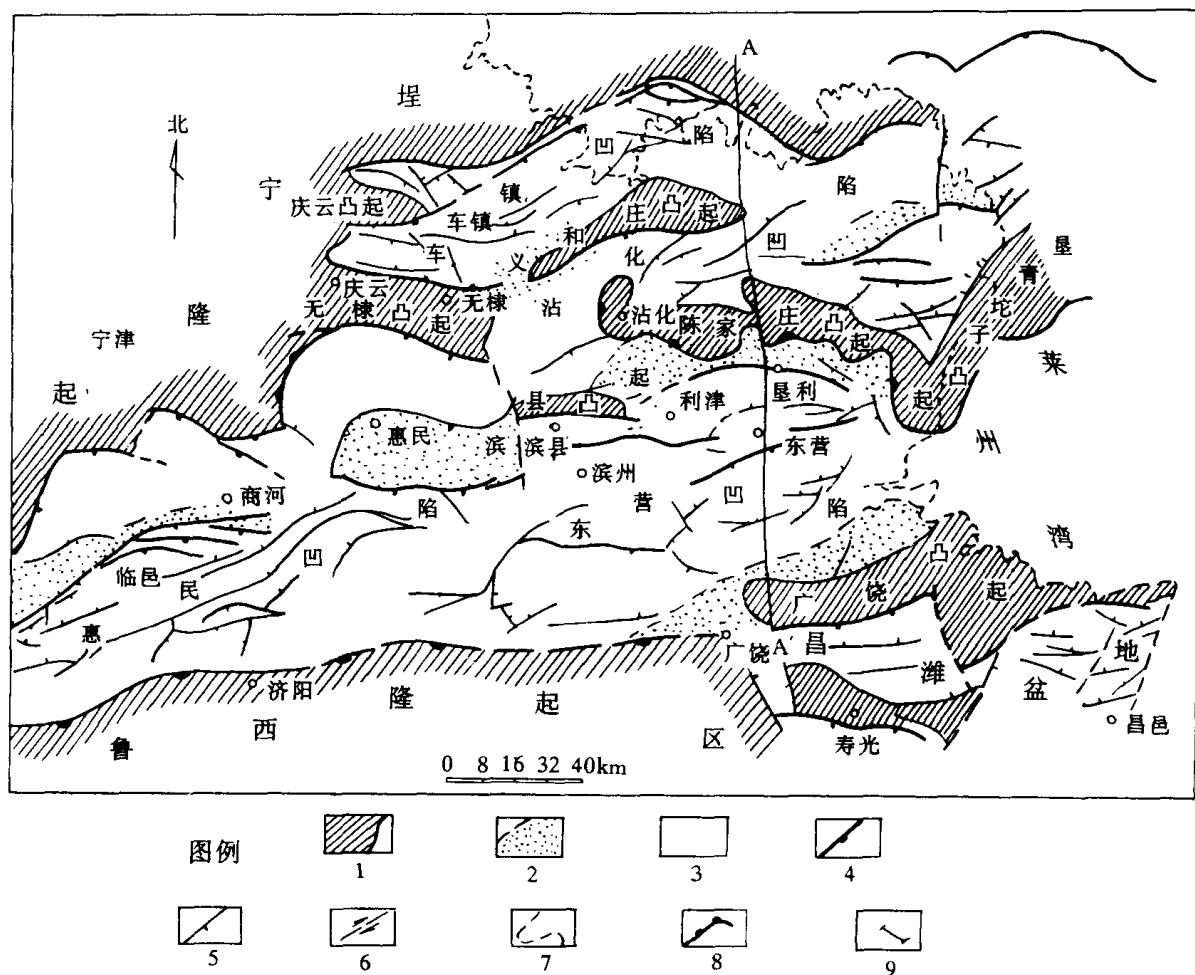


图 1-1-2 济阳坳陷构造略图 (据《中国含油气盆地图集》资料编)

1—隆起 (区) 及凹陷中的高凸起 (早第三纪缺失沉积区域); 2—坳陷中的凸起和低凸起构造带; 3—早第三纪沉积凹陷区域; 4—主干基底正断层; 5—刺激基底正断层; 6—基底 (隐蔽) 走滑断裂及走滑构造带; 7—海岸线; 8—超覆边界; 9—剖面位置

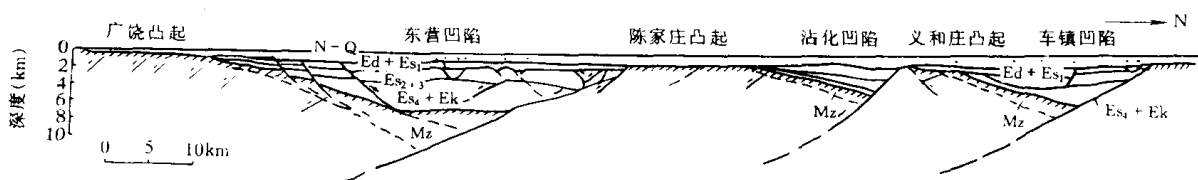


图 1-1-3 济阳坳陷构造横剖面图

列 (图 1-1-3)。济阳坳陷东南侧与胶东隆起之间还发育有一个相对独立的早第三纪小型坳陷, 即昌潍坳陷, 总体上亦是北断南翘 (超) 的构造格局, 总面积 0.5km^2 。

济阳坳陷和昌潍坳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。济阳坳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, 致使早第三纪不同构造演化时期出现不同的沉积相和沉积体系 (漆家福等, 1996)。古新世中—始新世中期的裂陷伸展 I 期, 凹陷内以断块面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—晚期为裂陷伸展 II 期, 各凹陷内多以断块掀斜运动为主要特征, 多形成相互

表 1-1-1 从形成条件、岩性特征、汇集条件和砂体类型对比冲积扇、三角洲、扇三角洲和湖底扇

扇类型 特征	冲积扇	三角洲	扇三角洲	湖底扇
	在干热气候下,地壳升降运动强烈地区,风化剥蚀作用强烈,其形成产物被山区暂时性洪水水流带走。当水流流出山口时,地形坡度急剧变缓,水流向四方散开,流速骤减,碎屑物质大量沉积,形成扇状堆积体,称为冲积扇	在河流流入海(湖)盆地的河口地区,河流水体能量大于海(湖)水体能量,因坡度减缓,水流扩散,逐将所携带的泥砂物质沉积于此,形成近于顶尖向陆的三角形状沉积体,称为建设性三角洲,形态多呈朵状或扇形	冲积扇或辫状河直接入湖(海),形成由水上到水下的中—粗碎屑岩沉积体系	由于洪水或滑塌事件产生的砂、泥、砾混杂的重力水流体系,直插湖底沉积而成的一种粗碎屑岩沉积体系
形成条件	古构造 造山运动强烈地区,大型冲积扇受山前大断裂带的控制,有多个山口地带可形成冲积扇裙	蓄水盆地的构造特征,主要是蓄水盆地的稳定性沉降速度,对三角洲的存在形式及保存有较大影响	山前大断裂带对其形成有控制作用	区域性挤压或拉张都可以形成一定规模的断陷盆地,而且边界大断层对湖盆发展演化具有很强的控制作用。另外,地震、火山作用对湖底扇的形成也具有很强的控制作用
	古地形 发育在山前陡坡带	河口区的地形坡度平缓,有利于建设性三角洲沉积体的推进和形成	靠近山前冲积扇或辫状河的裂谷湖盆或断陷湖盆的陡坡带,冲积扇或辫状河直接入湖,易形成扇三角洲或辫状河三角洲	具有一定规模的湖盆,具有较广阔的半深水—深水沉积区,湖底具有足够的坡角,一般为 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 即可。在湖盆陡岸或缓岸形成沉积扇重力流都可以形成湖底扇沉积体系
	古气候 干旱或半干旱气候条件下形成干扇,半潮湿气候条件下形成湿扇	潮湿、半潮湿气候条件	干旱或半干旱气候条件	干旱—潮湿气候条件
	古水流 阵发性洪水,陆上牵引流与重力流双重力流机制	以牵引流水流机制为主	靠近山区,坡降大,水流急,流量大,陆上和水下牵引流和重力流双重力流机制	洪水型、滑塌型或火山喷发型重力流机制

续表

扇类型 特征	冲积扇	三角洲	扇三角洲	湖底扇
砂体类型及亚相划分	冲积扇按沉积的位置和沉积物特征划分为河道沉积、漫流沉积、筛状沉积和泥石流沉积。根据现代冲积扇的地貌特征和沉积特征,可将冲积扇进一步划分为扇根、扇中和扇缘亚相	根据沉积环境和沉积特征将三角洲分为三个亚相。三角洲平原亚相进一步可分为分支河道、陆上天然堤、决口扇、沼泽、湖泊等几个沉积微相;三角洲前缘亚相进一步划分为水下分支河道、水下天然堤、支流间湾、分支河口坝、三角洲前缘席状砂、远沙坝等六个沉积微相	根据沉积环境和沉积特征将扇三角洲划分为三个亚相:扇三角洲平原亚相(泥炭层相及前缘)、扇三角洲亚相	可分为三种亚相:内扇或上部扇、中扇或中部扇和外扇或外部扇。所包括的微相有:主沟道、沟堤、沟间、辫状沟道、中心微相和末稍等
油气有利相带	在每个扇体的扇中部发育砂砾岩体,厚度较大,向扇体两侧减薄。扇中砂砾岩体粒度适中,分选较好,孔隙度和渗透性较好,为油气储集的良好相带。河道充填砂砾岩体是一级储集体;筛状沉积砂砾岩体是二级储集体;碎屑流为三级储集体。多个扇叶叠加可形成多个向上变厚变粗或向上变薄变细层序,并组成多个生储盖组合	三角洲地区靠近岸线,河流输入大量泥沙过程中同时带来大量的有机质,使三角洲泥质带和邻近的较深水带生物繁盛,富含有机质的泥质沉积层是良好的生油层,再加上三角洲叶体之间的隔层和无论上下和周围,油源都很充分。三角洲砂层发育,粒度和厚度适中,物性好,与泥岩相互穿插,生储层的接触面积大,对油气的运移和聚集十分有利。从砂体模型来说,在河流河道砂体发育,分流河道和水上分流河道砂体在波浪状砂体占有重要位置,在三角洲砂体不缺乏盖层,顶部的水进层,是最好盖层,其次为叶间体的隔层,三角洲平原的泥质和泥炭层均可作为盖层	扇三角洲相的石油地质条件虽不如正三角洲相好,但也有比较好的砂泥质沉积层既可作为生油层,又可作为盖层。河道水下碎屑岩体和有利的储集相带,是砂砾岩体有湖相沉积,且靠近正源充足	每期扇叶代表一个重力流的事件,可有多期事件叠置,因此可形成多套生储盖组合。中扇辫状沟道砂砾岩相是最佳的储集相带,深切扇叶砂砾岩体是较有利的储集相带,深切扇叶砂砾岩体是潜在的勘探目标

储集条件

串通的半地堑式拗陷，拗陷的缓坡多发育扇三角洲沉积体系，拗陷陡坡则发育扇三角洲—湖底扇沉积体系，拗陷的长轴方向还常发育河流—常态三角洲沉积体系，深洼陷区靠近主干断裂一侧，为沉降—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。渐新世为伸展 III 期，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影响，使各凹陷在裂陷伸展 II 期的基础上，以大型三角洲—滑塌湖底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，尚发育有断槽或沟谷型沉积物重力流沉积体系。

概括起来，济阳拗陷由早第三纪至晚第三纪的构造演化，导致岩相古地理条件的变迁而形成不同类型的沉积相和沉积体系，也控制了生储盖和油气藏的形成、演化和分布，在储层中，最具特色的是“四扇一沟”碎屑岩沉积相带的展布。将“四扇”的形成条件、岩性特征、储集条件和砂体类型汇集于表 1-1-1，作为本书的要点。

第二节 冲积扇相模式及砂体展布

一、概念及形成条件

冲积扇是山前一种快速堆积的粗碎屑岩沉积体系，主要控制因素是洪水事件。在干热气候条件下，地壳升降运动强烈地区，风化、剥蚀作用强烈，其形成的碎屑产物被山区的暂时性水流（雨水或洪水）或山区河流带走。当水流流出山口，地形坡度急剧变缓，水流向四方散开，流速骤减，碎屑物质大量堆积，形成锥状或扇状粗碎屑沉积体，称为洪积锥或洪积扇。它具有山区河流冲积成因的特点，故又称为冲积扇。

冲积扇相的形成和发展受自然地理，气候条件和地壳升降运动等因素的制约。构造运动越强，地形高差越大，气候越干旱，冲积扇沉积体就越发育。

二、沉积亚相划分和相模式

按照现代冲积扇地貌特征和沉积特征，可将冲积扇进一步划分为扇根、扇中和扇缘三个亚相（图 1-2-1）。

1. 扇根

也称为扇头或扇首，分布于临近断崖处的冲积扇顶部地带，其特征是冲积坡角度大，常发育有单一的或 2~3 个直而深的主河道。因此，其沉积类型主要为河床充填沉积及泥石流沉积。沉积物类型主要为砂砾质和泥质，分选极差，常显杂基支撑。

2. 扇中

位于冲积扇中部，构成冲积扇的主体，以沉积坡度角较小和辫状河道发育为特征。以辫状分支河道和漫流沉积为主，与扇根相比，砂砾比值较大，岩性以砂岩、砾状砂岩为主，可见颗粒支撑的块状砾岩透镜体，砾石磨圆较好，由这种砾石所组成的砾岩体物性好，称其为典型筛状沉积砾岩体，系扇中河道的特征沉积。可见辫状河流形成的不明显的平行层理和交错层理，河道冲刷—充填构造发育。

3. 扇缘

也称扇端，出现于冲积扇的末部。由于扇缘地带地势平缓，沉积坡度较低，沉积类型以洪泛或漫流沉积为主。沉积物较细，通常由砂夹粉砂、粘土质组成，局部见膏盐层。沉积物分选较好，可见平行层理、冲刷—充填构造等，粉砂、粘土沉积物中可见块状层理、水平纹理和变形构造以及干裂、雨痕等暴露构造。

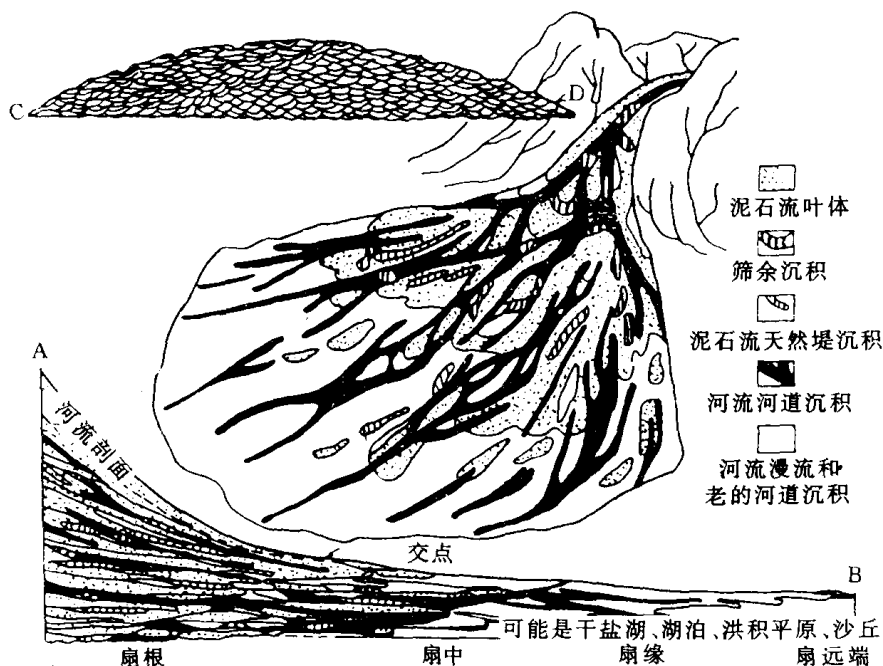


图 1-2-1 理想的冲积扇沉积类型及剖面形态
AB—纵剖面；CD—横剖面（据 D. R. 斯皮林，1974）

济阳拗陷东营、沾化、惠民各凹陷陡坡带均有冲积扇相沉积，东营凹陷北部陡坡带以郑家—王庄沙四段冲积扇沉积体最为典型，下面以其为例，说明济阳拗陷下第三系冲积扇相的相标志。

三、相标志

1. 岩性特点

沉积岩总的特点是组成的物质粗而杂乱，粒度分布宽，以紫红色砂质、泥质砾岩、砾质砂岩、含砾砂岩、含砾泥岩等为主。砾石成分复杂，由石灰岩、中酸性喷出岩和花岗片麻岩等组成。砾石大小不等，一般为 3~8cm，个别大于 20cm，磨圆度较差，呈棱角一次圆状。砾石间为砂、泥杂基充填，其含量多大于 25%，主要成分为岩屑、长石、石英及粘土质等。

2. 结构特点

粒度粗，成熟度低，磨圆度不好，分选差是该区冲积扇相沉积的重要特征。在垂向和平面上，粒度变化较快。从扇顶至扇缘粒度逐渐变细，分选、磨圆逐渐变好。但有时因河床切割—充填沉积的影响，常会使粗粒沉积物出现于扇体的中下部。

3. 沉积构造

郑家—王庄沙四段冲积扇属于间歇性洪水型急流成因，层理发育程度较差。一般显示块状和模糊状粒序层理，在与泥岩接触处常见明显的冲刷构造，在细粒泥质沉积物夹层中可见水平层理。每个砂砾岩段表现为流水沉积物与泥质沉积物复杂交互的沉积构造序列，十分似典型的冲积扇层理构造的垂向序列（图 1-2-2）。

4. 粒度的分布特征

冲积扇沉积典型粒度分布特征是：从扇根到扇端逐渐变细，分选性变好（图 1-2-3）。在 C—M 图上总体上平行 C=M 线，但距 C=M 线较远（图 1-2-3）；在概率曲线上从扇根到扇

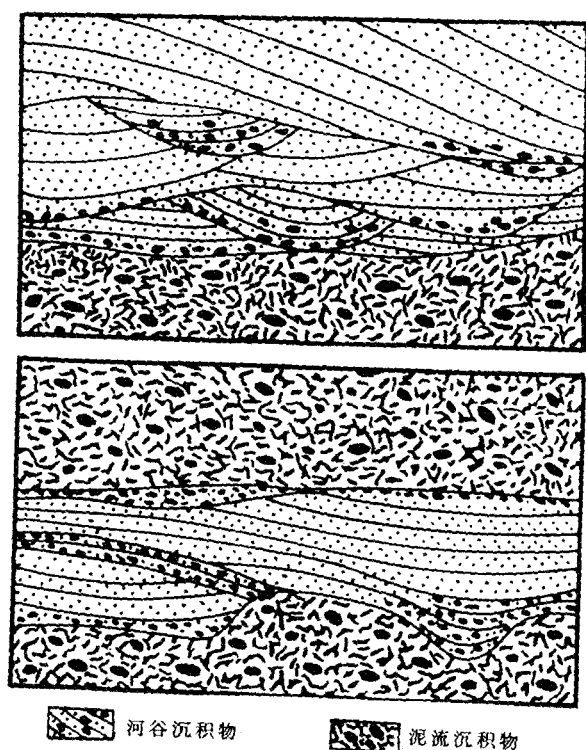


图 1-2-2 冲积扇层理构造的垂向序列
(据 Blissenbach, 1954)

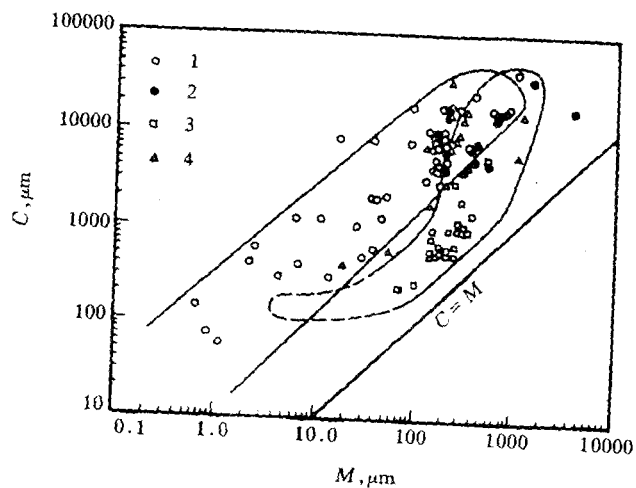


图 1-2-3 加利福尼亚弗斯诺郡西部冲积扇各沉积类型的 C-M 图 (据布尔, 1964)

1—泥流沉积；2—河床沉积；3—漫流沉积；4—泥石流和牵引流过渡沉积

端，曲线斜率变化为缓—陡—缓，表明悬浮组分变化为多—少—多，跳跃组分变化则为少—多—少。对东营凹陷王庄地区砂四段冲积扇相砂砾岩段的粒度参数判别计算（表 1-2-1）也证实其为冲积扇的产物。