

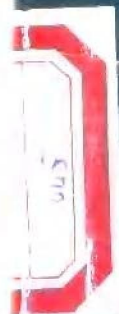


东濮凹陷下第三系

碎屑岩沉积体系与成岩作用

赵澄林 刘孟慧 纪友亮 编著

石油工业出版社



P588.21/005

068367



东濮凹陷下第三系 碎屑岩沉积体系与成岩作用

SY15/13

赵澄林 刘孟慧 纪友亮 编著



200314258



石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

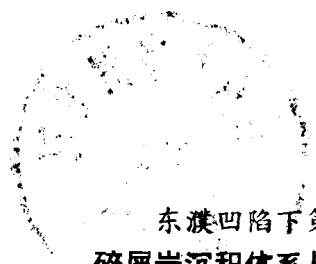
作者应用沉积学新理论,结合东濮凹陷下第三系碎屑岩沉积实例,完整且系统地归纳出了断陷湖盆的 8 种沉积体系,并对其形成条件、识别标志、沉积层序、相类型及相模式进行了总结;作者系统研究了凹陷内储层的成岩作用及其演化规律,划分出 5 种成岩演化模式、6 种储层类型和各类成岩相,并指出了 3~4 个不同深度的有利孔隙发育带。

* * *

可供从事盆地沉积学、成岩作用及储层评价研究的专业技术人员参考,亦可作为有关院校石油地质专业师生的参考书。

* * *

本研究获得高等学校博士学科点专项科研基金资助。



东濮凹陷下第三系
碎屑岩沉积体系与成岩作用
赵澄林 刘孟慧 纪友亮 编著

石油工业出版社出版
(北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开本 $7\frac{1}{4}$ 印张 168 千字 印 1—1,000

1992 年 9 月北京第 1 版 1992 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-0838-6/TE·783

定价: 4.90 元

前 言

为了给国家提供丰富的天然气资源，“六五”和“七五”期间中原石油勘探局开展了大规模的天然气勘探和开发工作。在中—浅层的含气层系获得了一定的储量和产量，但深部天然气勘探和开发尚在深入进展中，所钻十余口以勘探深部天然气为目的的超深井（井深 > 4000m），总的情况是井井见气，但都难以形成一定规模的工业气流。如濮深 7 井勘探盐下含气层系（沙四段），钻深达 5600m 左右时尚有良好显示，但经测试效果欠佳。其它井也多属类似情况。国家的巨额投资，不能取得经济效益，这一情况直到目前尚深深的困扰着中国石油天然气总公司、中原油田等各级领导及广大科技工作者。1984 年笔者应中原石油勘探局领导之邀，在该地区从事“东濮凹陷下第三系低渗透储层砂体微相、成岩作用及其与油气聚集关系的研究”。1986 年本项研究纳入中国石油天然气总公司“七五”重点科技攻关项目“中国陆相储层特征及其评价”（编号 10501）中的第二项课题——东濮凹陷深层的低渗透储层研究和寻找有利储层。因此，本项研究自始至终得到总公司科技发展局蒋其凯、史训知、石宝珩各位主任和中原石油勘探局车卓吾等局领导的关心和指导。

八年来，历经五个阶段，对东濮凹陷十一个油气田开展了储层研究，共编写研究报告七份（正式印刷三份，打印四份）累积约 200 万字。本文就是在上述分项研究和最后二年全区综合研究基础上撰写的总研究报告，其中又重点突出了文留、文西、文东、桥口和白庙等气田沙三至沙四段深部低渗透碎屑岩天然气储层的评价。评价的技术路线旨在通过沉积微相研究建立各类砂体的沉积相模式，通过成岩作用研究建立不同构造单元的成岩演化模式。在阐明沉积和成岩演化机制中，也注意进行构造分析和地球化学分析，最终达到综合评价储层的目的。

总之，本项研究从一个侧面反映了我国东部中—新生代陆相断陷盆地碎屑岩储层形成和演化的特色和复杂性，但又是规律可寻的。所提出的 8 种沉积体系、5 种成岩演化模式、6 种储层类型，以及 3~4 个不同深度的有利孔隙发育带均具有一定科学意义和实际意义。随着我国油气勘探开发事业的发展，将逐步由中—浅层转向深层，由高孔渗储层转向低孔渗储层，故本项研究成果对类似油气区和油田的深部勘探和储层评价有重要参考价值。

整个研究工作，除了按照石油大学（华东）与中原石油勘探局每个阶段科研协议书精神如期完成规定的研究内容，取得了一定经济效益外，还取得了明显的社会效益。通过科研陆续为油田培养和培训了储层科技人才和研究生，目前他们已成为油田储层研究的科技骨干。与此同时，通过毕业设计和撰写论文为学校培养了本科生和研究生，提高了教学质量。对此，石油大学校领导和有关部门十分重视，并对研究工作和教学工作给予了有力支持，概括起来讲，通过研究工作达到了出成果、出人才。

1990 年本项研究又获得高等学校博士学科点专项科研基金的资助，博士生纪友亮随同课题组结合本项研究完成了沉积学（含古地理学）博士论文的撰写，在博士副导师赵澄林教授执行培养计划和具体指导过程中，得到了博士导师冯增昭教授的热情关怀和帮助。

最后，让我们怀着对过去八年来整个研究过程美好回忆的心情，衷心地感谢中原石油勘探局历届领导的大力支持和科技处、勘探处的帮助，在研究计划执行中，中原石油勘探开发

研究院的张全根和朱家蔚院长给予了具体指导和帮助。以刘国臣高工为首的科技办公室全体同志在落实项目、制定研究计划、人员安排、成果验收等方面为我们做了大量工作。其它如勘探室、开发室、化验室、岩心管理室等，包括中原石油勘探开发研究院的各个部门几乎都给了我们热情关心和关照。在此一并向他们表示感谢。衷心祝愿中原油田在未来的生产和科研工作中取得更大的成绩。

在这里也向百忙中为本项成果评审和鉴定的何镜宇、胡见义、裘亦楠、薛叔浩、齐兴宇（主持人）和朱家蔚等知名专家教授表示衷心的感谢。

总报告的编写主要由赵澄林、刘孟慧和博士生纪友亮完成。姜在兴除参加东濮凹陷西部储层沉积学研究工作处，还参加了西部砂体图的最后编制工作。自1984年曾先后参加本项研究工作的还有冯正行、寿建峰、李健、袁政文、张金亮、王德仁、吴因业、林承焰、王留奇、张天营和季汉成等。蒋盘良对完善稿件作了有益工作。

限于水平，不当之处敬请指正。

石油大学沉积学研究室
1992年元月

目 录

第一章 地质概况	(1)
第一节 区域地质概况	(1)
一、概述	(1)
二、凹陷演化史	(2)
三、地层发育特征	(2)
第二节 沉积地质特征	(4)
一、沉积背景	(4)
二、沉积特征	(5)
第二章 沉积体系	(7)
第一节 洪水—漫湖沉积体系	(7)
一、概述	(7)
二、沉积背景和形成条件	(7)
三、识别标志	(8)
四、相层序	(12)
五、相类型及相模式	(12)
六、砂体展布	(15)
第二节 湖底扇沉积体系	(15)
一、概述	(15)
二、重力流的形成条件	(16)
三、相标志	(16)
四、相层序	(20)
五、相类型及相模式	(21)
六、砂体展布	(26)
第三节 轴向重力流沉积体系	(27)
一、概述	(27)
二、相标志	(27)
三、相层序	(30)
四、相类型及相模式	(30)
五、砂体展布	(32)
第四节 扇三角洲沉积体系	(33)
一、概述	(33)
二、扇三角洲发育的地质背景	(33)
三、相标志	(33)
四、相层序	(35)
五、相类型及相模式	(36)

六、砂体展布	(37)
第五节 三角洲沉积体系	(39)
一、概述	(39)
二、相标志	(39)
三、相层序	(41)
四、相类型及相模式	(41)
五、砂体展布	(44)
第六节 浅水滩坝沉积体系	(45)
一、概述	(45)
二、相标志	(45)
三、相层序	(46)
四、相模式	(46)
五、砂体展布	(46)
第七节 风暴重力流沉积体系	(47)
一、概述	(47)
二、风暴沉积的标志	(47)
三、层序特征	(50)
四、相模式	(50)
五、砂体展布	(52)
第八节 表层密度流沉积体系	(52)
一、概述	(52)
二、相标志	(53)
三、相层序	(53)
四、相模式	(53)
五、砂体分布与勘探效果	(53)
第九节 沉积环境与砂体分布	(54)
一、沙四下亚段沉积环境	(54)
二、沙四上亚段沉积环境	(55)
三、沙三 ⁴ 亚段沉积环境	(55)
四、沙三 ³ 亚段沉积环境	(55)
第三章 成岩作用及其演化模式	(56)
第一节 主要成岩作用	(56)
一、压实、压溶作用	(56)
二、胶结作用	(57)
三、交代作用	(59)
四、粘土矿物的成岩作用	(59)
五、溶蚀作用	(60)
第二节 主要成岩相	(60)
一、压实固结成岩相	(60)
二、弱压实成岩相	(61)

三、弱压实弱胶结成岩相·····	(61)
四、强压实压溶成岩相·····	(61)
五、早期碳酸盐胶结成岩相·····	(61)
六、晚期碳酸盐胶结成岩相·····	(62)
七、二氧化硅胶结成岩相·····	(62)
八、硬石膏胶结成岩相·····	(62)
九、沥青充填成岩相·····	(62)
十、不稳定组分溶蚀成岩相·····	(62)
第三节 成岩阶段的划分 ·····	(63)
一、早成岩阶段 A 期·····	(63)
二、早成岩阶段 B 期·····	(63)
三、晚成岩阶段 A ₁ 期·····	(63)
四、晚成岩阶段 A ₂ 期·····	(65)
五、晚成岩阶段 B 期·····	(65)
六、晚成岩阶段 C 期·····	(66)
第四节 成岩作用的影响因素 ·····	(66)
一、埋藏深度的影响·····	(66)
二、砂岩的成分、结构和构造的影响·····	(66)
三、生物扰动构造的影响·····	(68)
四、有机质演化的影响·····	(68)
五、油气聚集的影响·····	(70)
六、构造位置和断层活动的影响·····	(70)
七、流体压力的影响·····	(71)
八、盐岩的影响·····	(71)
第五节 成岩埋藏历史 ·····	(71)
一、剥蚀厚度的计算·····	(71)
二、埋藏演化曲线·····	(72)
第六节 成岩演化模式 ·····	(72)
一、西部斜坡带模式·····	(72)
二、文留地区模式·····	(75)
三、桥口地区模式·····	(77)
四、马厂地区模式·····	(78)
五、文东地区模式·····	(79)
六、碎屑岩储层成岩作用综合模式·····	(80)
第四章 砂岩的孔隙结构特征与储层类型 ·····	(82)
第一节 孔隙类型与特征 ·····	(82)
一、原生孔隙·····	(82)
二、混合孔隙·····	(82)
三、次生孔隙·····	(82)
第二节 储层孔隙结构特征 ·····	(83)

一、大孔较粗喉结构·····	(83)
二、中孔中细喉结构·····	(83)
三、中孔较细喉结构·····	(86)
四、中小孔细喉结构·····	(86)
五、小孔极细喉结构·····	(86)
第三节 储层类型及其形成·····	(87)
一、储层类型·····	(87)
二、形成机理·····	(88)
三、控制碎屑岩储层类型的主要因素·····	(89)
四、储层类型的分布特征·····	(89)
第四节 储层预测及勘探建议·····	(90)
结论·····	(91)
主要参考文献·····	(94)
附图 1 沙三 ⁴ 亚段砂岩百分含量等值线图	
附图 2 沙三 ³ 亚段砂岩百分含量等值线图	
附图 3 沙四下亚段沉积环境图	
附图 4 沙四上亚段沉积环境图	
附图 5 沙三 ⁴ 亚段沉积环境图	
附图 6 沙三 ³ 亚段沉积环境图	
附图 7 沙三 ⁴ 亚段成岩相分布图	
附图 8 沙三 ³ 亚段成岩相分布图	
附图 9 沙三 ³⁻⁴ 亚段储层分类图	

第一章 地质概况

第一节 区域地质概况

一、概述

东濮凹陷地处我国中原地区，横跨河南及山东两省，位于豫东、鲁西南之黄河两岸，包括濮阳、清丰、范县、长垣、滑县、兰考、菏泽、东明和莘县九个县市。

东濮凹陷属华北地台渤海湾含油气盆地南缘临清拗陷的东南部。东侧以兰聊基底断裂为界与鲁西隆起上的菏泽凸起相邻，西侧以长垣基底断裂为界与内黄隆起相接，南隔兰考凸起与开封拗陷为邻，北以马陵断层与临清拗陷内的莘县凹陷相望（图 1—1）。凹陷长约 160km，宽约 70km，面积 5300km²。

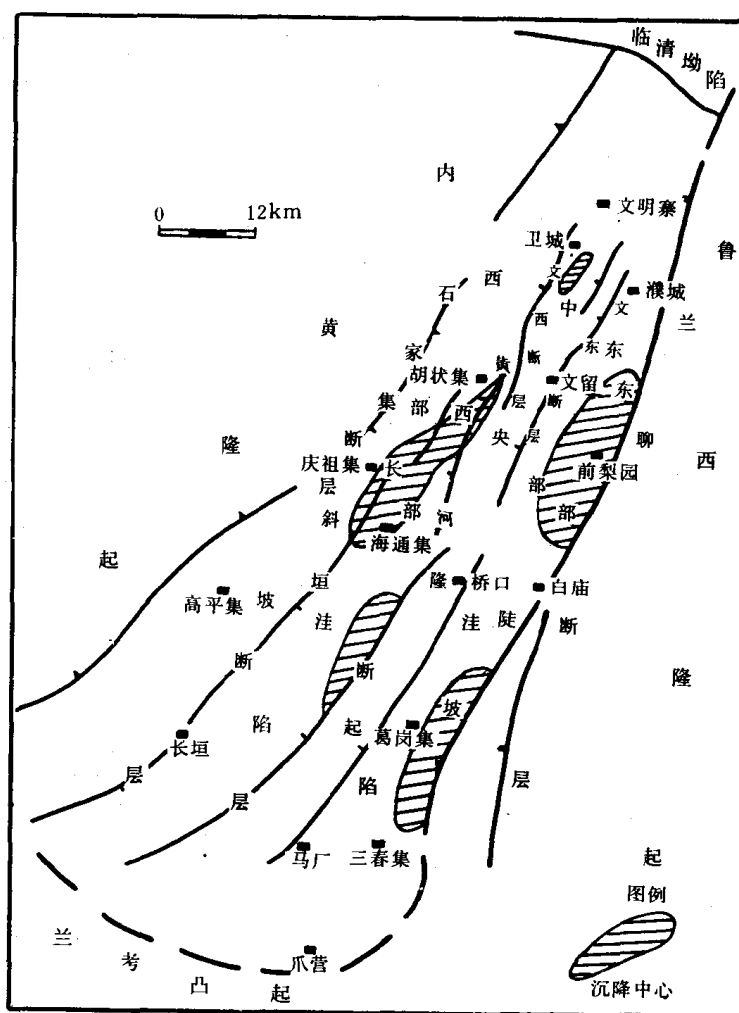


图 1-1 东濮凹陷构造分区图

东濮凹陷由五个次级构造单元组成,即东侧陡坡带、东部凹陷带、中央隆起带、西部凹陷带和西侧缓坡带。不同的构造单元,其砂体分布、沉积体系以及储层性质明显不同,显示了构造对沉积和储层性质的控制作用。

区域构造呈北东向展布。兰聊断层和长垣断层控制了凹陷的形成和演化,文东、文西断层影响着黄河北地区中央隆起带的形成,黄河断层则对黄河南地区的中央隆起带形成和发育产生影响。除北东向构造外,还有属于派生的北西和东西向构造。次级断层形成把盆地进一步分割成隆中有洼,洼中有隆的构造格局。

张性断块活动和不均衡的断块翘倾作用是该凹陷构造运动的主要方式,以此形成东西垒相、南北分区的构造格局。相对而言,南区(黄河南)的基底和表层构造远较北区(黄河北)复杂,从而造成南、北区砂体类型、储层性质、油气形成条件和富集程度差异甚大。

二、凹陷演化史

东濮凹陷从形成到消亡经历由断陷到坳陷两大构造旋回(即 E_k — E_d , N_g — Q)和五个演化阶段。

1. 初陷期 (E_k — E_{s_4})

东界兰聊断裂的活动使凹陷略呈东北倾的单斜。湖盆地势较平坦,水体分布范围广,因此沉积体系单一。沙四期结束时,凹陷已是双断式地堑盆地。基底向东倾斜的幅度达到最大量级,其不均衡的差异断块活动也加剧,从而使统一的凹陷(首先是北部洼陷)解体,两洼(东、西洼陷)一隆(中央隆起带)的构造格局初具雏形。

2. 深陷期 (E_{s_3})

兰聊断层、长垣断层和黄河断层活动强烈,纵贯盆地南北的两洼一隆的构造格架完全确立。构造形态较前更为复杂。由于受控制于兰聊断层活动的基底形态的不同,黄河南地区的构造展布显得更复杂。表现为隆中有洼、洼中有隆的局面。湖盆周缘为众多山系所围,构成“高山深盆”的古地理景观。该时期的沉降中心或沉积中心在前梨园洼陷、葛岗集洼陷、柳屯洼陷和海通集洼陷。深陷期是凹陷主要的含油气组合形成时期。

3. 收缩期 (E_{s_2} — E_{s_1})

区域应力场由沙三期的拉张应力场变为近东西向剪切拉张应力场。盆地基底东西差异升降活动得到调整,中央隆起带相对上升的活动日趋停止,其形态基本定型。盆地发生萎缩,湖水变浅,湖盆西部和南部边缘地区遭到不同程度的剥蚀,但也曾发生过小规模的水浸(E_{s_1})。沉降中心位于前梨园洼陷和西部洼陷,沉积中心分布在文留、濮城和卫城等地区,湖盆与周缘物源区的地形幅度差明显减小。

4. 衰亡期 (E_d)

兰聊、长垣、黄河三断层的活动虽又加强,并在这些断层的下降盘快速堆积了巨厚(>2000m)的沉积物。但湖水急剧退缩,以河流相充填占主导地位。华北运动Ⅱ幕使该区快速抬升,造成东营组区域性的剥蚀。

5. 坳陷期 (N_g — Q)

华北运动Ⅱ幕之后,本区发生整体坳陷,沉积了厚度变化不大的河流相砂砾岩。

三、地层发育特征

东濮凹陷下第三系发育两个沉积旋回,沙河街组四段—沙三段属于第一沉积旋回。沙四段进一步划分为沙四上亚段和沙四下亚段。沙三段进一步划分为第4亚段、第3亚段、第2亚段和第1亚段(简称沙三⁴、沙三³、沙三²和沙三¹亚段)。本文的研究重点是沙三⁴和沙三³

亚段。地层的发育特征见综合柱状图 (图 1-2)。

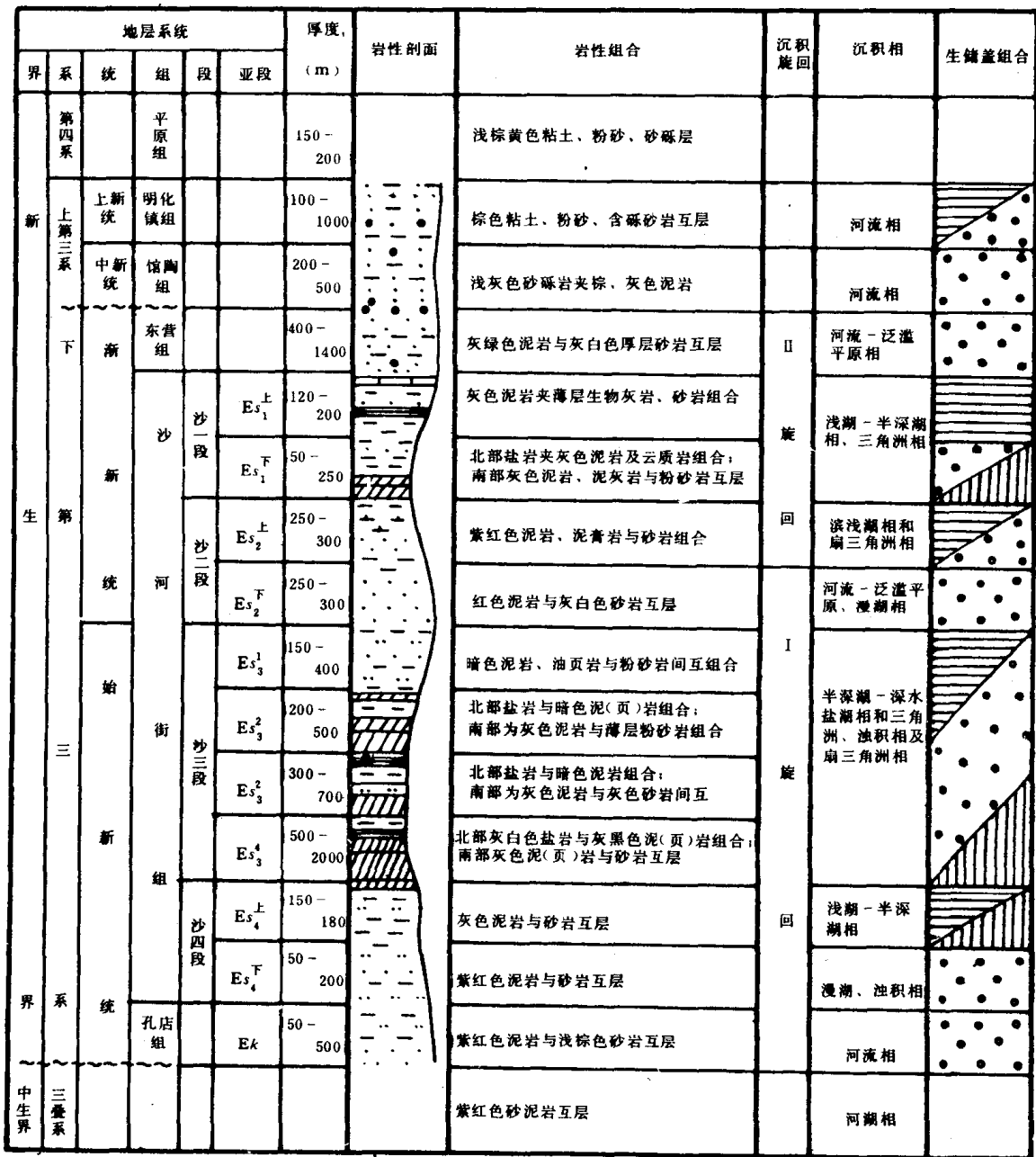


图 1-2 东濮凹陷下第三系地层剖面图

1. 沙四下亚段

分布比较广泛，除在马厂地区发育不全，有沉积缺失外，沉积厚度一般为 100~200m，文留、胡状集地区厚度较大，最厚可达 330m。沉积类型较单一，岩性主要为红色砂岩、粉砂岩和泥岩互层。

2. 沙四上亚段

分布范围等于或略大于沙四下亚段，地层厚度总特征为北厚南薄，东厚西薄。卫城、濮城、胡状集地区厚 70~150m，文留北部厚 160~210m，文留南部厚 200~400m，东濮凹陷南部地区一般厚 100m 左右，沉积中心位于前梨园。

岩性特征大致分为三种：第一种是位于洼陷沉积中心部位的灰、深灰色泥岩夹粉砂岩类型，主要分布于东部洼陷和西部洼陷中。第二种为红、灰色交互的砂泥岩类型，主要分布于西部斜坡带的胡状集、庆祖集等地区 and 中央隆起带的马厂及三春集地区。第三种为灰色泥岩和石膏岩、膏岩和盐岩沉积，分布于凹陷的北部地区。

3. 沙三⁴亚段

除在胡状集地区石家集断层以西和爪营等地区遭受严重剥蚀外，在整个凹陷内都有分布。卫城、濮城地区沉积厚度较薄，一般不超过 400m；胡状集、文留、桥口地区厚度较大，最厚可达 1300~1500m；马厂地区厚 1000m 左右。前梨园和海通集地区为凹陷的沉降中心，厚度超过 1500m。

岩性特征有三种类型：第一种是膏岩、盐岩沉积，分布于前梨园北、文留及胡状集范围内，面积约 400km²，累计厚度最大可达 400m 左右。在文留南部地区沙三⁴亚段下部为灰白色泥膏岩、膏岩、盐岩与灰、深灰色泥岩互层，上部为灰、深灰色泥岩、油页岩夹粉砂岩；文留北部地区沙三⁴亚段下部为灰、深灰色泥岩、油页岩夹粉砂岩，上部为灰白色膏岩层、盐岩夹灰、深灰色泥岩；胡状集地区主要由灰、深灰色泥岩夹粉砂岩组成，下部夹盐岩、泥膏岩。第二种为灰色砂泥岩沉积，分布于前梨园、濮城、葛岗集、海通集地区，岩性主要为较稳定的灰、深灰色泥岩、页岩夹粉砂岩和少量油页岩。第三种为分布于凹陷边缘及马厂构造高部位的红、灰色砂和泥岩沉积，砂岩发育，有少量砾岩和含砾砂岩。

4. 沙三³亚段

分布范围小于沙三⁴亚段，在高平集、胡状集西部、爪营等地区因剥蚀缺失。地层厚度一般在 200~500m 之间。在卫城为 190~500m，濮城为 160~370m，文北为 260~400m，文南为 360~450m，桥口为 260~480m，马厂为 200~400m，胡状集为 400~650m。

岩性分为三种类型：第一种为膏盐类，分布于濮城西、卫城等地区，面积约 250km²，岩性主要为白色盐岩、膏岩夹薄层灰色泥（页）岩、油页岩。盐岩、膏岩层累计厚度在卫城附近最大，可达 200m。第二种为灰色、深灰色泥岩类夹粉砂岩类型，分布于前梨园、濮城、葛岗集、海通集等地区，岩性分布稳定。第三种为分布于凹陷周缘和马厂构造高部位的红、灰交互砂、泥岩类，砂岩发育，也有少量砾岩和含砾砂岩。

第二节 沉积地质特征

一、沉积背景

1. 古地形

沙四段沉积时期，为断陷的初始期，古地形较平坦，基底为略呈东北倾的单斜。沙三段沉积时期，控制东濮凹陷的兰聊断裂大规模活动，造成了盆地与周围凸起之间有较大的地形高差，尤其是盆地东侧山系陡峭，地形坡降大（2°~4°），西侧坡度次之，南北两端较缓。盆内诸多不同级别、不同序次断裂的活动，使盆地在水体广而深的背景下，分割成多个深浅有别的次级洼陷和隆起区。古构造活动控制同期沉积作用及岩性岩相的变化。

2. 古水文及古气候

从已获得的大量古生物资料来看，沙三段沉积早中期以梯形华北介、滨县玻璃介、渤海藻、副渤海藻等指示深水—半深水咸化环境的种属丰富且分布广泛，唯有马厂地区发育浅水环境的拱星介，反映盆地地貌为南高北低。晚期开始出现了代表浅水环境的济南土星介、细

纹纹星介以及轮藻化石，反映湖水变浅、淡化的过程。

孢粉化石组合为凤尾蕨孢属—无患子粉属—忍冬粉属亚组合和加蓬粉属—杉粉属—拟榛粉属亚属组合。早期麻黄粉属（12.73%）、凤尾蕨孢属（4.68%）含量较高并有典型的干旱植物旱梅；晚期栎粉属大量出现（24.6%），三孔沟类增加，显示古气候由干旱转向湿润。

3.物源方向

从砂岩百分含量等值线图（附图 1,2）中可以看出砂岩发育区具有良好的继承性，盆地周围的边缘地区为砂岩厚度高值区和砂岩百分比高值区，明显反映有四个方向的物源区，即东部物源区、西部物源区、北部物源区和南部物源区。

四个物源的重矿物组合有显著差异。东部物源区为锆石—电气石—白钛矿组合，西部物源为锆石—石榴石—磁（赤）铁矿组合，南北物源区重矿物组合基本相似，为锆石—电气石—石榴石—白钛矿组合。

另外，距离物源远近的不同也造成了矿物成分成熟度的不同。濮城、胡状集、白庙、马厂等地区距离物源近，成熟度低， $Q / (F+R) < 1.8$ ，石英含量低，而长石含量高；文留、桥口位于盆地中心，距物源较近， $Q / (F+R) > 2.0$ ，长石含量低，石英含量高。

总之沙三³⁻⁴亚段沉积时期，水体较深，气候较干旱，具多物源近物源的特点。

二、沉积特征

东濮凹陷沙三段第 3~4 亚段沉积时期，湖水水体较深。沉积特征受构造控制作用明显，以事件性沉积为主，如湖底扇、重力流水道、扇三角洲等。也有正常沉积作用，如三角洲砂体、滩坝砂体等。北部地区有盐类沉积，南部断裂构造活动区还有火山岩分布。沙三段第 3~4 亚段的主要沉积特征如下。

1.砂体较发育，砂、泥岩呈频繁薄互层

东濮凹陷盆地小，湖盆周围为众多的山系或高地所包围，入湖水系发育，具有近物源和多物源的特点，碎屑物质供给丰富且稳定，砂体较发育。尤其是凹陷南部，砂体分布稳定且较广，形成较有利的油气储集体。相对而言凹陷北部物源区平坦，水系规模较小，输入湖盆的碎屑物质细。湖盆虽然砂体发育，但砂层厚度小，单砂层一般小于 5m，多在 1~3m 之间，形成纵向上薄层状砂、泥岩频繁互层，横向上砂体变化大，平面上互相叠合。

2.沉积物粒度偏细，碳酸盐胶结物含量高

东濮凹陷沙四段—沙三³⁻⁴亚段的砂岩体，无论在湖盆中央还是在盆在边缘，都是以粉细砂岩为主（粒径 0.04~0.25mm）。仅在大断裂附近有少量的水道型粗砂岩、含砾砂岩和砾岩。其原因在于凹陷周围的物源区均为古生代、中生代的沉积岩系（碳酸盐和砂泥岩），风化产物粒度偏细，经搬运后变得更细，同时这种母岩还使得水介质中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等浓度增高，造成砂岩中的碳酸盐胶结物含量高（表 1-1），严重影响了储层的物性。

表 1-1 东濮凹陷沙三段不同地区碳酸盐胶结物含量

地区	文留	濮城	卫城	胡状集	桥口	白庙	马厂
碳酸盐含量	$78 \frac{4.2-39.3}{15.6}$	$64 \frac{3.2-30.6}{10.2}$	$70 \frac{5.5-33.7}{13.5}$	$47 \frac{1.6-38.6}{9.7}$	$22 \frac{5.9-37.0}{20.5}$	$102 \frac{4.5-34.8}{14.9}$	$48 \frac{1.3-32.7}{8.2}$

注：分子为碳酸盐含量变化范围，分母为平均值，分数式前的整数为样品数（据中原石油勘探开发研究院，1988）。

3. 砂岩的成分成熟度中等, 结构成熟度偏低

砂岩碎屑中石英含量 65~80%, 长石含量 7~30%, 岩屑含量 3~30%, 岩屑成分有石英岩岩屑、片麻岩岩屑、流纹岩岩屑和粉砂岩岩屑等。此外, 尚含有一定数量的盆内碎屑, 如砂屑和鲕粒。砂岩以长石质石英砂岩类和长石岩屑质石英砂岩类为主, 长石砂岩类次之, 少见岩屑砂岩。成分成熟度指数 $Q/(F+R)$ 一般介于 2.50~4.30 之间, 砂岩的分选差一中一好不等, 圆度次圆—次棱—棱角状不等。杂基含量小于 15% 者占 60%, 大于 15% 者占 40%, 显示结构成熟度偏低。

4. 沉积构造类型丰富多彩, 重力流、牵引流兼而有之

本区沙三³⁻⁴ 亚段既有在重力流水流机制下形成的递变、块状层理和底冲刷充填构造等, 又有在牵引流水流机制下形成的各种交错层理、波痕等。局部层段有十分发育的生物扰动构造, 这些痕迹化石可划分出 20 个属和 24 个种, 对研究古环境有重要意义。

5. 构造控制沉积明显, 砂体类型及地层展布具有东西分带、南北分区的特征

从已获得的大量岩性资料来看, 东濮凹陷在断裂控制下形成的东部、西部洼陷带及中央隆起带各层段的砂体类型、特征和岩性组合有明显的差异, 多呈带状、透镜状分布。如沙三³、沙三⁴ 亚段的湖底扇沿兰聊及长垣断层下降盘分布, 而三角洲沿凹陷南北两端的马厂、文明寨等地区发育, 而轴向重力流沿文留、桥口等地区的水下沟槽不均一分布。盐膏盐在中央隆起带沉积厚度薄或缺失, 而在洼陷带内沉积厚度大。南部地区与北部地区的岩性组合有较大的差异, 北部地区发育多套膏盐层, 而南部地区未见或少见。因此不仅影响了后期的成岩条件, 而且导致了油气富集程度的不同, 北部地区油气丰富叠加连片, 而南部地区油气分布较分散。

6. 盐、膏盐均位于盆地的沉积中心, 碎屑岩呈环带状分布在其周围

形成上述分布特征, 原因之一是盐类沉积时, 湖水的比重大, 对外来的碎屑物质有顶托及漂浮作用, 使碎屑物质难以在湖心沉积。另一个原因是湖心离物源区远, 在正常情况下较粗碎屑物质难以到达湖心区, 而主要沉积在盆地边缘。

总之, 东濮凹陷下第三系沙三段砂体类型丰富, 但砂体薄, 颗粒细, 横向连通性差, 非均质性强。发育大套盐岩沉积是其特色。

第二章 沉积体系

“沉积体系”系指空间上相关联的沉积相的组合。储层的分布和特征在宏观上受沉积体系的控制，微观上受成岩作用的影响，要评价储层首先要研究沉积体系。我们综合利用地质、测井和地震信息对东濮凹陷下第三系沙四段—沙三³⁻⁴亚段进行了较全面系统的研究，确定出洪水—漫湖沉积体系、湖底扇沉积体系、重力流水道沉积体系、滩坝沉积体系、扇三角洲沉积体系、三角洲沉积体系、风暴重力流沉积体系及表层重力流沉积体系。

第一节 洪水—漫湖沉积体系

一、概述

近年来国外有不少人提出了洪水沉积和洪水岩的概念^(42,51)，它是指洪水进入开阔平坦的湖盆，在高压条件下沉积的一套似鲍马层序的浅色砂岩、粉砂岩及粗碎屑岩。我们通过对东濮凹陷沙四下亚段—孔店组红层的研究，不仅发现了洪水沉积的标志，同时也发现了类似海岸潮坪环境的沉积标志，因此判断东濮凹陷沙四下亚段和孔店组红层为洪水—漫湖沉积⁽²⁵⁾。

洪水—漫湖沉积是湖泊环境中的一种特殊类型，它既不同于一般的河流相、滨浅湖相，也不同于一般的三角洲相和扇三角洲相。它是在湖盆发育早期，古地形平坦的浅水湖泊中，气候干旱、半干旱的条件下形成的，与近源、短源阵发性洪水的注入及随之而来的沉积作用有关。但又不完全类同于正常分异作用的滨、浅湖沉积，而类似海洋环境的潮坪沉积。即在开阔平坦的湖岸环境中，在洪水期高水位面附近的低能带沉积了泥和粉砂，形成泥坪；在低水位（枯水位）面附近的高能带形成砂坪或滩砂；在两个水位面之间的间歇能带形成混合坪。洪水注入高峰期，由于洪水流的冲刷充填，形成洪水水道沉积。泥坪、混合坪暴露在大气中发生龟裂，产生片状砾，经磨蚀后，被洪水再搬运，充填于水道中，形成泥质和砂质的内碎屑。洪水流的高密度、粗组分充满水道后，细的低密度悬浮物质漫出水道四处溢散，形成漫溢沉积。由水道向远处，沉积物质逐渐变细，并叠加覆盖在其他水道沉积物之上。每个洪水事件过后，沉积环境变稳定，潜穴生物开始大量出现并活动。多期洪水的暴发事件形成洪水水道沉积与漫湖沉积互相叠置的垂向沉积序列。

二、沉积背景和形成条件

早第三纪沙四段—孔店组沉积时期，东濮凹陷初具雏形，除盆地东部的边界断裂——兰聊断层已开始活动外，其余断层尚未形成，即便形成了落差也很小，对沉积的控制作用不明显。从整体上看，此时的东濮凹陷是一个单断式的箕状凹陷。地形起伏较小，沉积中心和沉降中心均偏向兰聊断裂系下降盘一侧。湖盆水域范围可能很广，但水体浅，属浅水湖泊环境，其湖水面必然受季节性洪水补给作用的影响。洪水期的高水位面和枯水期的低水位面相差甚大，滨湖浅水环境十分开阔，这就是洪水—漫湖沉积的古地理条件。

从北区沙四下亚段砂岩百分比等值线图（图 2-1）可以看出，物源不仅来自西北和西部，而且也有来自东部的物源。物源的方向基本反映古水流的方向，说明沉积作用受多方向

的阵发性洪水注入和物质补给的影响。

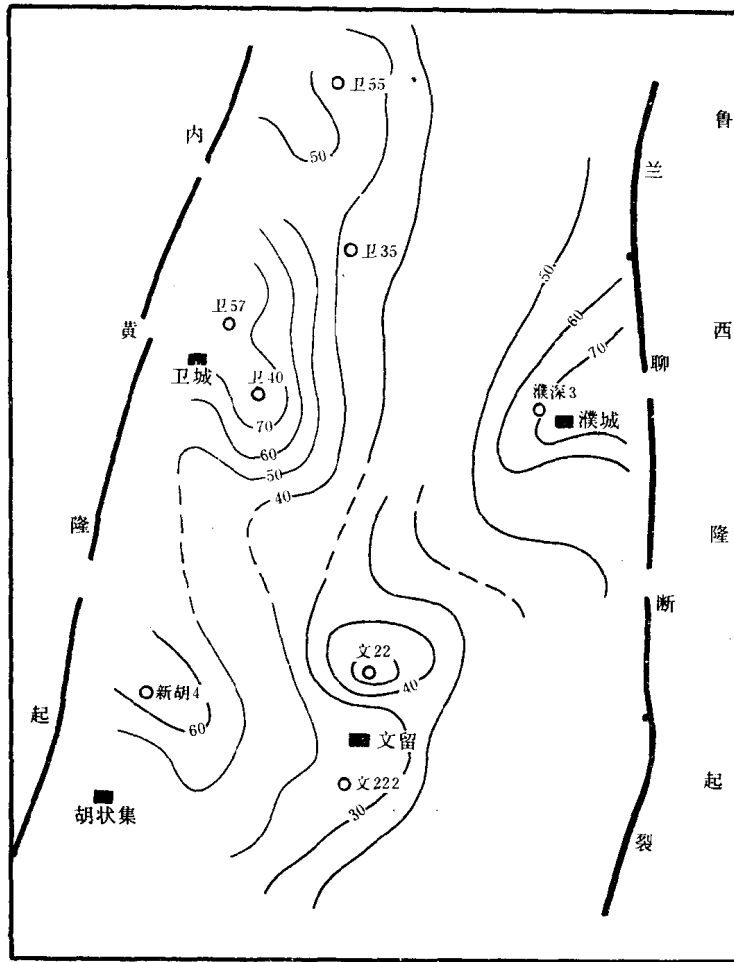


图 2-1 东濮凹陷北部沙四下亚段砂岩百分比等值线图

三、识别标志

1. 浅色的岩石类型

东濮凹陷沙四下一孔店组主要是由紫红色或红色粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩及泥岩夹盆内成因的砾屑岩和陆源的粗碎屑岩所组成。细碎屑岩系岩性单一，略显正韵律，是漫湖环境的沉积产物。粗碎屑岩系是事件性的洪水水道型沉积。颜色浅说明沉积于浅水氧化环境。

2. 明显的冲刷充填特征

红色砂岩层底面的冲刷构造十分发育。冲刷面起伏程度不一，深可达几十厘米，构成冲刷坑或冲刷槽，为红色泥砾或砂岩砾（盆内碎屑）所充填。被冲刷的岩层不仅有泥岩，在卫 57 井还见到平行纹层砂岩被冲刷的现象（图 2-2,a）。

在冲刷面之上出现的内碎屑层，一般厚 5~50cm。内碎屑为砂质的、泥质的或灰质的，取决于被冲刷的岩层的岩性（这里将这种由于冲刷作用使盆内底部岩石或沉积物破碎形成的砂级或砾级的碎屑称为内碎屑。其涵义有别于碳酸盐盆地的内碎屑）。内碎屑常呈椭圆状，0.5~10cm 不等。可见到正粒序或反粒序特征（图 2-2,b）。有些砂质内碎屑具氧化圈，指示了浅水或暴露于大气的氧化环境。这些具内碎屑的冲刷面，看起来很象许多冲积层序中