

高邮凹陷高分辨率 层序地层学及储层研究

赵澄林 朱 平 陈方鸿 编著

GAOYOU AOXIAN
GAOFENBIANLU
CENGXU DICENGXUE
JI CHUCENG YANJIU

GAOYOU AOXIAN
OFENBIANLU
NGXU DICENGXUE
HUCENG YANJIU

石油工业出版社



高邮凹陷高分辨率层序 地层学及储层研究

赵澄林 朱 平 陈方鸿 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以高邮凹陷下第三系阜宁组高分辨率层序地层学和储层研究成果为主要内容,并适当扩大到苏北盆地构造、地层、沉积、成岩、成烃、成藏等石油地质方面研究成果,是一部较全面介绍苏北盆地高邮凹陷中、新生代石油地质基本特征的专著。

本书可供石油地质科技工作者和高等院校师生科研和教学中参考。

图书在版编目(CIP)数据

高邮凹陷高分辨率层序地层学及储层研究/赵澄林,朱平,陈方鸿编著.
北京:石油工业出版社,2001.8

ISBN 7-5021-3495-6

I. 高…

II. ①赵…②朱…③陈…

III. ①坳陷-地层层序-研究-高邮市②坳陷-储集层-研究-高邮市

IV. P539.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 058736 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京乘设伟业科技排版中心排版

北京密云华都印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 3 插页 275 千字 印 1—1000

2001 年 8 月北京第 1 版 2001 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3495-6/TE·2588

定价: 22.00 元

前 言

高邮凹陷的油气勘探历程大致可分为普查阶段(1956—1974)、详查阶段(1975—1992)和滚动勘探开发阶段(1993年至今),经过近40年的勘探,在凹陷内找到了较丰富的油气资源,成为江苏油田的主要产油基地。截止到2000年底,高邮凹陷探明地质储量 $10676 \times 10^4 \text{t}$,占江苏油田总探明储量的65.31%,其中标定可采储量 $2762.1 \times 10^4 \text{t}$ 。高邮凹陷截止到2000年底累计产油 $1394.61 \times 10^4 \text{t}$;地质储量采出程度13.06%,可采储量采出程度50.49%。高邮凹陷的开发历程与勘探工作基本同步,自1975年投入开发以来,随着勘探工作的深入进行,先后有真武、黄珏、曹庄、富民、邵伯、肖刘庄、永安、马家嘴、徐家庄、联盟庄、许庄、邱家庄、周庄、码头庄、沙埕、花庄、赤岸、陈堡共18个油田投入开发;年产油由1980年的 $25 \times 10^4 \text{t}$ 稳步上升至2000年的 $115.5 \times 10^4 \text{t}$ 。为长江三角洲下游的经济发展作出了重要的贡献。

本书的第一作者在“八五”期间曾负责中国石油天然气总公司特殊油气储层形成机理的三级课题,对苏北闵桥油田火山岩油气储层形成机理进行了深入研究,“九五”期间与江苏油田合作进行“高邮凹陷北斜坡中段阜宁组储层评价与预测”研究项目,积累了一些苏北盆地的资料和研究成果。本书的第二作者大学本科毕业后一直在江苏油田从事油气勘探工作,十几年来对高邮凹陷的勘探开发积累了较丰富的实践经验。

本专著是在江苏油田与石油大学(北京)“高邮凹陷北斜坡中段阜宁组储层评价与预测”科研协作课题的基础上,吸收了历年来江苏油田在高邮凹陷的一些科研成果综合撰写而成。本书的思路是从层序地层学的概念出发,首先对整个高邮凹陷进行区域层序地层学研究,在此基础上,重点选择北斜坡进行高分辨率层序地层学研究。在层序地层学研究的基础上,对高邮凹陷不同含油气区带、不同层位含油储层进行详细的研究。

本书的重点是应用钻井、测井、岩心、分析化验等大量实际资料,开展了单井储层评价、区域储层评价和储层精细描述研究。最具特色的是综合地质、测井资料精细对比划分阜宁组,采用高分辨率层序地层学新理论,针对主力含油区块沙19、沙20块阜三段开展含油有利砂体横向预测,按短期旋回编制了大比例尺、高精度沉积微相和砂体展布图。这套图件在阜三段有利储层预测中发挥了重要作用,提高了滚动勘探的效益。成岩作用研究则加深了沙埕地区油气藏综合评价的质量。

在高邮凹陷重点研究区带之后,还参考了江苏油田高邮凹陷历年勘探与开发方面的沉积、储层和油藏描述等方面的成果,被引用和参考资料的有关人员有钱基、居春荣、曹冰、南小振、王文军、刘成杰、刘小燕、张建良、卞伟、贺向阳、薛成刚、熊光勤、邱旭明、黄善炳、陆梅娟、颜琳、刘成杰等。在此对他们的辛勤劳动表示衷心的感谢。

参加“高邮凹陷北斜坡中段阜宁组储层评价与预测”研究的石油大学(北京)的人员有赵澄林、朱筱敏、陈方鸿、涂强、王勋杰、杜业波、李冬梅等,江苏油田的人员有朱平、许正龙、张志英、张人玲、居春荣、娄国泉、王昌雄、夏步余、张进、孙虎等。

本专著是集体劳动的成果,主要由赵澄林、朱平、陈方鸿完成。前言、第一章由赵澄林编写;第二章、第三章、第五章、第七章由朱平编写;第四章由陈方鸿编写;第六章、第八章由赵澄林、朱平编写,全书由赵澄林统稿。

最后谨向江苏油田秦顺亭局长、钱基总地质师、毛凤鸣院长的关心指导以及采油一厂、地质研究院、勘探公司、开发事业部等广大科技和管理人员的大力支持表示衷心感谢。

限于水平,如有不当之处,敬请指正。

赵澄林 朱平谨识

2001.8

责任编辑: 谭忠心

封面设计: 赛维钰

责任校对: 王 蕾

ISBN 7-5021-3495-6



9 787502 134952 >

ISBN 7-5021-3495-6/TE · 2588

定价: 22.00 元



目 录

第一章 区域地质概况	(1)
第一节 高邮凹陷构造—沉积演化史.....	(1)
第二节 高邮凹陷基本地质特征.....	(3)
第二章 高邮凹陷沉积相类型和展布	(8)
第一节 北斜坡泰州组—阜宁组沉积相类型和展布.....	(8)
第二节 戴南组—三垛组沉积相类型和展布.....	(11)
第三节 沉积相和油气分布.....	(15)
第三章 高邮凹陷区域层序地层学研究	(18)
第一节 陆相沉积盆地层序地层学分析基础.....	(18)
第二节 高邮凹陷层序地层框架建立.....	(19)
第三节 戴南组层序内部体系域及准层序分析.....	(35)
第四章 阜宁组高分辨率层序地层学及应用	(43)
第一节 阜宁组古沉积环境研究.....	(43)
第二节 阜宁组高分辨率层序地层学划分与对比.....	(57)
第五章 阜宁组短期基准面旋回微相分布	(81)
第一节 沉积体系分析.....	(81)
第二节 沉积亚、微相分析.....	(84)
第三节 微相展布及其与油气的关系.....	(87)
第四节 沉积演化及相模式.....	(97)
第六章 高邮凹陷储层特征研究	(98)
第一节 高邮凹陷东部地区泰州组—阜宁组储层研究.....	(98)
第二节 高邮凹陷北斜坡阜宁组储层研究.....	(111)
第三节 高邮凹陷南部戴南组储层研究.....	(127)
第七章 真武油田主力区块储层精细描述	(135)
第一节 基础研究.....	(135)
第二节 储层模型.....	(141)
第八章 苏北盆地石油地质基本特征及评价	(158)
第一节 区域构造及构造演化.....	(158)
第二节 地层系统及生油条件.....	(159)
第三节 储盖条件及资源丰度.....	(160)
第四节 石油地质基本条件.....	(161)
第五节 油气分布及勘探前景.....	(162)
参考文献	(164)
图版及图版说明	(166)

第一章 区域地质概况

苏北盆地是苏北—南黄海盆地的陆上部分,位于江苏省北部和安徽省东部的天长地区,北纬 $32^{\circ}15' \sim 34^{\circ}25'$,东经 $118^{\circ} \sim 121^{\circ}$ 的范围内,东部宽,呈喇叭口形向海张开,面积 35900km^2 。苏北盆地是燕山期末仪征运动期塑造的箕状断陷盆地,构造上称苏北坳陷。坳陷的北界为鲁苏隆起,其上的岩性西为太古界的片麻岩,东为元古界的片岩、板岩和千枚岩,以断裂与盆地接触。西界为郯—庐断裂。南界为苏南隆起,其上岩性为侏罗系火山岩和白垩系砂泥岩,亦以断裂与盆地接触。坳陷中,建湖隆起横贯东西将盆地分割成两部分,北称盐阜坳陷,南称东台坳陷(图 1-1)。

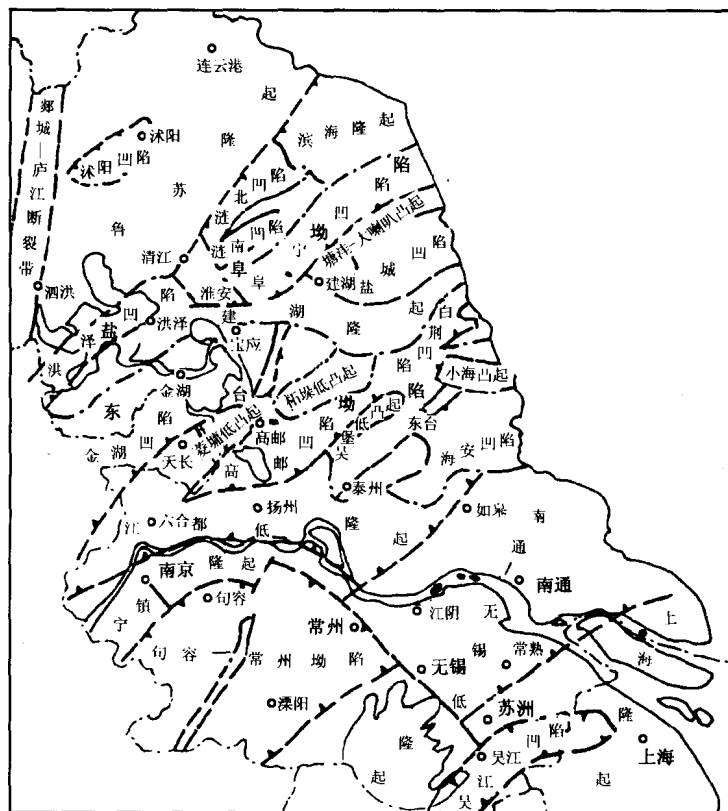


图 1-1 苏北盆地构造区划图

第一节 高邮凹陷构造—沉积演化史

高邮凹陷位于东台坳陷的中部,东西长约 100km ,南北宽约 $25 \sim 35\text{km}$,面积约 2670km^2 。中、新生界沉积厚度达 7000m ,是苏北盆地沉降最大的一个凹陷。

高邮凹陷是在晚白垩世仪征运动和新生代喜马拉雅期吴堡运动作用下,由于断块差异升

降而形成的一个箕状断陷。高邮凹陷在新生代发育了北东东向、北东向、北西向三组断裂,自南向北发育了1号、2号断裂及汉留断裂,构成了凹陷的边界,并将凹陷切割成次一级构造单元。由南向北为南部断阶带、中部深洼带和北部斜坡带,深洼带自西向东又分为邵北、凡川、刘五舍三个深洼(图1-2)。深洼带偏向南侧陡坡,为南断北超,南深北浅的箕状凹陷。除凹陷南部以1号断裂和江都隆起为界外,北部、东部、西部均由洼陷向斜坡逐层超覆。

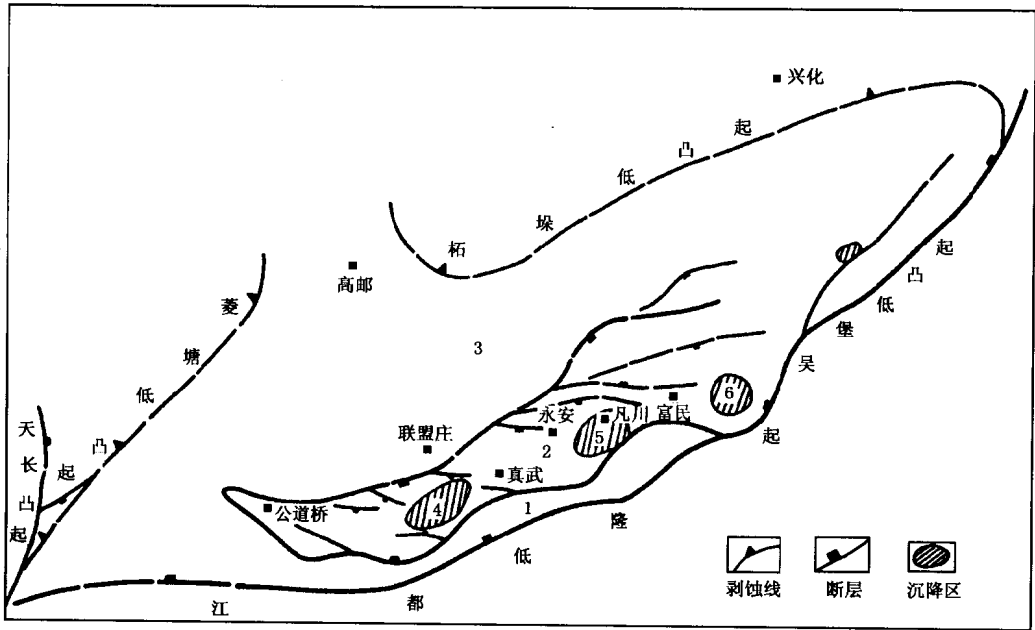


图1-2 高邮凹陷地质结构示意图

1—南部断阶带;2—中部深洼带;3—北部斜坡带;4—邵北深洼;5—凡川深洼;6—刘五舍深洼

其构造—沉积经历了三个发育阶段。

一、弱补偿拉张断陷阶段

仪征运动后,盆地拉张断陷、快速下沉,形成了三个由粗到细的沉积旋回,即泰州组一、二段、阜宁组一、二段和三、四段。其中泰二、阜二和阜四三段沉积时期沉降速度最大,补偿速度慢,水体不断加深,并伴随有海水侵入,形成以黑色为主的深湖—较深湖相沉积。在断陷后期,断裂活动变弱,建湖隆起、通扬隆起可能呈现为水下隆起。

二、过补偿断陷阶段

吴堡运动后,盆地开始了新阶段,沉积速度大于沉降速度,堆积了四个由粗到细的沉积旋回,即戴南组一、二段和三垛组一、二段,属河流、湖泊相沉积。

由于北东向断裂的强烈活动,阜宁组沉积时盆地被分割成凹凸相间的凸起、低凸起和凹陷,碎屑沉积局限于边界大断裂下降盘的凹陷范围内。

由于边界断裂在吴堡、真武、三垛运动期强烈活动,上升盘大规模隆起,并受剥蚀,给戴南—三垛期的戴南组、三垛组的充填沉积提供了丰富的物源。此后,断裂活动减弱,地形高差逐渐缩小,水域收缩,湖盆趋于萎缩。

三、坳陷阶段(湖盆消亡阶段)

三垛运动后,盐城期盆地进入坳陷阶段,湖盆消亡。盐城组为陆上泛滥平原相粗碎屑沉积,盐一段末的盐城运动使盆地变成东倾斜坡。盐二段沉积中心向东迁移,在斜坡上接受沉积。由西向东的单向水流,形成披盖式沉积,结束了第三纪盆地的发育历史。

根据对泥岩地球化学指标、碎屑岩储层以及大套岩性组合关系的研究,发现苏北盆地7000余米中、新生代地层共发育9套生储盖组合,自下而上,泰州组一套,阜宁组两套,戴南组、三垛组五套,盐城组一套,当前主要生产层属于戴南组、三垛组、泰州组和阜宁组油层。

根据孢粉资料,从泰州组到盐城组沉积阶段,一直为亚热带气候。内部气候旋回性明显,与沉积旋回的演变相呼应,一般在初期气候炎热潮湿,后期转为温湿到凉的气候。

第二节 高邮凹陷基本地质特征

一、地层特征

高邮凹陷泰州组至东台组各组段地层沉积齐全,是整个苏北盆地诸凹陷中沉降幅度最大、沉积最厚、地层最全的凹陷,自上白垩统至第四系,有7000多米厚的地层(图1-3)。下面简要分述各组段地层特征。

泰州组(K_2t):顶部为灰色泥岩、粉细砂岩互层,中上部为深灰色泥岩,下部为浅灰色粉细砂岩、含砾细砂岩夹薄层泥岩。富含女星介、柱形宽轮藻、被子花粉等化石,视厚度为200~500m,下部以河流冲积平原相及浅湖相为主,上部以浅湖一半深湖相为主。

阜一段(E_1f_1):上部为深灰色、暗棕色与灰色粉细砂岩互层,下部为暗棕色砂、泥岩互层。富含吴堡扁球轮藻、黄桥土星介等化石,视厚度为400~1100m,沉积环境为河流相及河流三角洲相为主。

阜二段(E_1f_2):上部为黑色泥岩,下部为灰黑色泥灰岩、油页岩、薄层灰岩。西部码头庄、韦庄地区有鲕状灰岩及碎屑灰岩,底部发育沿岸沙坝,富含阜宁中华金星介,视厚度为150~450m,沉积环境以浅湖一半深湖为主。

阜三段(E_1f_3):西部以暗色泥岩为主,为浅湖一半深湖相沉积;东部为灰、浅灰、白色粉细砂岩夹灰色泥岩,为三角洲相沉积。视厚度150~300m。

阜四段(E_1f_4):深灰色泥页岩,上部夹薄层泥灰岩(或灰岩条带),以深湖一半深湖相为主。在阜四段沉积末期发生一次规模较大的区域构造事件——吴堡事件,高邮凹陷东北部的阜宁组遭受剥蚀,柘垛地区 E_1f_4 段剥蚀殆尽,高邮凹陷内残留厚度为0~500m。

阜二—阜四段均富含阜宁中华金星介、江苏冠轮藻等化石。

戴一段(E_2d_1):上部为1~5层黑色泥岩夹浅灰色砂岩,即戴一段上部“五高导”标志层;下部为浅灰色砂岩与浅灰、灰黑色泥岩成不等厚互层。南部邵伯、许庄、周庄等地区为含砾砂岩与泥岩互层,地层厚度南厚北薄,最大厚度达900多米;北部斜坡带地层逐层上超,尖灭线在苏44井至苏143井。这一时期的沉积环境,在北部缓坡带以退积三角洲沉积为主,南部以近岸水下扇和浅湖一半深湖环境为主,富含德卡里金星介化石。

戴二段(E_2d_2):浅灰色砂岩与棕红色局部为浅灰、灰黑色泥岩呈不等厚互层,真武部分地区含有石膏。戴二段继承了戴一段的沉积格局,最大厚度为900m,向北地层厚度逐渐减薄,地

地层					地层厚度 (m)	一级层序	二级层序	体系域	柱状剖面	气候带 温带 亚热带 热带	沉积速度 (m/Ma) 100200	相带	岩性描述						
界	系	统	组	段															
中生界	白垩系	上统	盐城组	二段	100~900	III		FST				冲积平原	棕红、灰绿、棕黄色粘土，粉砂质粘土与灰色中细砂层、杂色砂砾层不等厚互层						
				一段	100~700								棕红、灰紫色泥岩，粉砂质泥岩，与浅棕色中细砂层、灰白色块状砂岩组成三个不等厚的沉积旋回						
			始垛组	二段	残留厚度 50~800	II		FST				河流相	棕红、灰绿色泥岩与浅灰色粉细砂岩、细砂岩、含砾砂岩呈不等厚互层						
				一段	100~800								TST LST	河流湖沼相	上部浅灰色砂岩夹棕红色泥岩；中部棕红色泥岩夹砂岩及1~3层玄武岩，下部厚层块状砂岩夹棕红色或黑色泥岩				
				戴南组	二段										100~900	II ₂	HST TST LST	河流三角洲	浅灰色砂岩与棕红色局部为浅灰、灰黑色泥岩呈不等厚互层
					一段										0~900				II ₁
			古阜组	四段	残留厚度 0~500	I		TST				湖相	深灰及黑色泥岩与灰质泥岩互层						
				三段	150~300								LST	三角洲	浅灰色砂岩与浅灰色、灰黑色泥岩呈不等厚互层				
				二段	150~450										TST	湖相	深灰、灰黑色泥岩夹灰色、白云质泥岩、生物灰岩等		
				一段	400~1100								LST	河流三角洲			上部为浅灰色、棕红色砂岩、泥岩互层；中下部为浅灰色、棕红色砂岩与棕色泥岩互层		
			泰州组	二段	170~520	I ₁		HST TST LST				湖相			上部为浅灰、灰黑、棕红色泥岩夹砂岩；下部为浅灰、棕红色砂岩、含砾砂岩夹泥岩				
				一段									河流						

图 1-3 高邮凹陷白垩系—第三系综合柱状图

层在东 59、单 1 井附近尖灭。南部以水下扇、扇三角洲为主，深凹带发育有湖底扇，北斜坡发育三角洲，戴二段末期湖盆收缩，顶部为河流相沉积。

垛一段(E_{2s1}):上部为浅灰色砂岩夹棕红色泥岩，中部棕红色泥岩夹砂岩及 1~3 层玄武岩。下部为灰、灰白色粉细砂、粗砂、砾状砂岩夹棕红色或黑色泥岩。由于受构造带的控制，在深凹带仍有湖体存在，并具有粗—细—粗的变化旋回。垛一段后期湖体消亡，为一套河流相沉积。沉积厚度在 100~800m。

垛二段(E_{2s2}):岩性为棕红色、灰绿色泥岩、砂质泥岩与浅棕、灰白色粉砂岩、细砂岩与含砾砂岩呈不等厚互层。主要沉积相为河流泛滥平原亚相。垛二断顶部存在一个广遭剥蚀的间断面，是三垛运动大规模抬升后形成的，其残余厚度在 50~800m。

盐一段(N_{y1}):岩性为棕红、灰紫色泥岩、粉砂质泥岩与浅棕色中细砂岩、灰白色块状砂岩组成三个不等厚沉积旋回,下部砂砾增多,中下部夹 2~3 层玄武岩,主要为河流冲积平原相,厚度为 100~700m。

盐二段(N_{y2}):地层以粗碎屑物为主,岩性为浅棕黄、浅灰棕色粘土、粉细砂层与灰白色砂层,砂砾层间互,下部砂砾增多,主要为河流冲积平原相,地层厚度呈现东厚西薄的趋势,变化范围在 100~900m。

从不同时期的沉积厚度,反映出凹陷自晚白垩世末形成以来的沉积受凹陷南部边界区域性生长断裂控制,沉降中心靠近南部边界大断层,沉积厚度南厚北薄,呈明显箕状断陷特征。

二、构造特征

高邮凹陷的构造格局在南北向呈断、凹、坡的特征,即南部断裂带、中部深凹带、北部斜坡带;东西向自西向东发育有三个南北向展布的构造带:即码头庄—韦庄—马家嘴构造带、卸甲—永安—真武构造带、沙埕—富民—竹墩构造带;中部深凹带发育有三个次凹:邵伯次凹、樊川次凹、刘五舍次凹(图 1-4)。高邮凹陷的断裂系统以北东、北东东或东西向为基本展布方向,一级边界断层真①断层以北东东向展布,东部吴①断层发生了 30° 的偏转,成北东向展布,南部边界断层真①—吴①自西向东延伸长度达 100 多公里,断距在平面上变化较大,一般为 700~3000m。真①断层形成于仪征事件,主要活动于泰州组—盐城组沉积期,尤以吴堡运动期和三垛运动期最为强烈,断层平均生长指数为 1.34~2.26。真②断层长约 70 多公里,断层面在深部与真①断面相交,断距在 500~3000m,上陡下缓的梨式断面特征十分明显,浅部断面倾角为 $30^\circ\sim50^\circ$,深部为 $15^\circ\sim30^\circ$ 。真②断层形成于吴堡运动期,强烈活动期与真①断层相一致,平均生长指数为 1.62~2.63。汉留断层是深凹带真②断层的补偿型断层,主要在凹陷西部发育,在东部花庄附近消失,全长约 60 多公里,发育于吴堡期,断层生长指数最大达 2.6。

高邮凹陷的边界断层按其活动方式可分为三类:一类是滑动型断层,如真①、吴②断层,这类断层是地壳受单剪(切)拉张构造应力和沉积物负载重力作用沿拆离面滑动(水平位移距离大)而形成的深大断裂;二类是滑陷—滑脱型断层,如真②断层,其特点是在重力滑动作用下收敛于滑动型断裂之上,平面上与滑动型断裂大致平行,剖面上呈犁式,同属于重力滑动型断层;三类是补偿型、裂陷型断层,如汉①断层,其特点是断面倾角上、下均较陡,不具犁式。

工区内三、四级断层发育,南部断阶带断层纵横交错,形成网状断块圈闭;中部深凹带多呈羽状断层与大断层斜交,构成逆牵引构造(真武、黄珏等)、正牵引构造和断鼻、断块构造(如刘五舍、联盟庄等);北部斜坡带以弯曲的弧形三级断层为主要断层,构成宽缓断鼻构造。

三、生储盖组合

1. 生油层

高邮凹陷自下而上共有四套生油层,它们是泰二段、阜二段、阜四段、戴一段。四套生油层中以阜二段和阜四段为本区最好的生油层,是戴南组、三垛组油气的主要来源。高邮凹陷总资源量约占苏北盆地总资源量的 38%。

2. 生储盖组合

高邮凹陷自下而上共有五套生储盖组合,如表 1-1 所示。

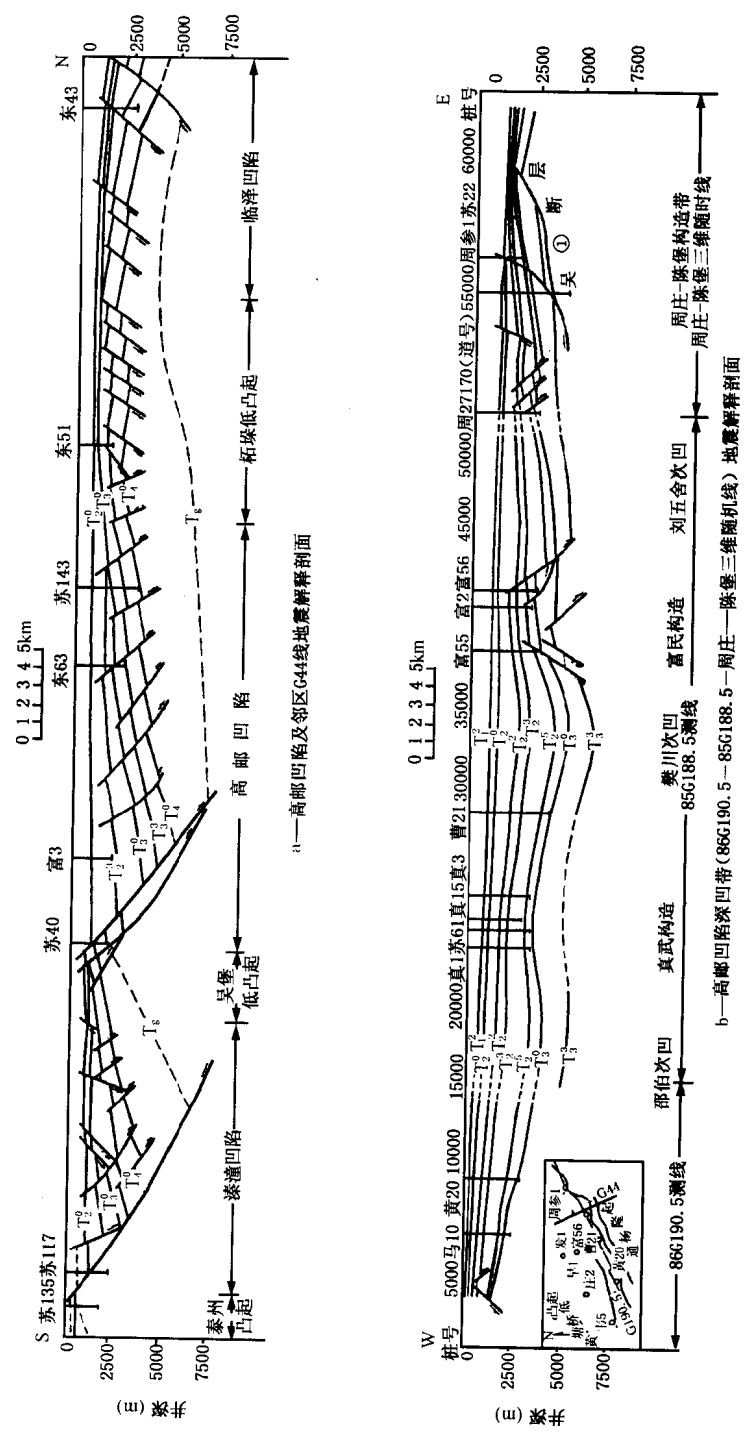


图1-4 高邮凹陷及邻区构造特征示意图

表 1-1 高邮凹陷生储盖组合表

三垛组	垛一段中上部	盖	第五组合	河流泛滥平原相,下部有局部湖侵和三角洲相
	垛一段下部	储		
戴南组	戴二段		第四组合	河流三角洲相、扇三角洲相
	戴一段(高导)上部	生盖		湖相
	戴一段下部	储		三角洲、近岸浊积扇、远岸浊积扇
阜宁组	阜四段	生盖	第三组合	深湖相
	阜三段	储		河流三角洲相
	阜二段	生盖	第二组合	深湖相
	阜一段	储		河流相、湖泊相、三角洲相
泰州组	泰二段	生盖	第一组合	湖相
	泰一段	储		冲积扇相、河流相、三角洲相

此外,还有以古生界为储层、中生界作生油层和盖层的潜山型生储盖组合。储层岩石类型以孔隙型砂岩为主,新生古储型以白云岩、灰岩为主。五套生储盖组合在垂向上差异较大,特征见表 1-2。

表 1-2 高邮凹陷储、盖层的厚度和储层特性

序 号	储层厚度(m)	盖层厚度(m)	孔隙度(%)	渗透率($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)
第五组合	188	50~70	19~21.2	287.6~1152
第四组合	200	130~170	15.2~17.1	50.9~107
第三组合	30~150	130~530	15.5	54.6~<1
第二组合	430	300	16.5	8.2~24.5
第一组合	70~110	50~100	13.25~24.9	11.8~191.32

五套生储盖组合中,以第五组合最好,河道砂体岩性粗,孔渗高,阜宁组油气通过断层运移到上覆三垛组圈闭中而形成次生油气藏。其次是第四组合,油气运移到戴南组,但岩性和岩相变化大,储油物性较差。第三组合较差,区内深凹主体阜三段为三角洲前缘斜坡下部—前三角洲相和湖相沉积,砂层不发育,由于埋藏较深,受压实和成岩作用影响,孔、渗较差。

第一、二生储盖组合中,阜一段、泰州组储层目前勘探程度较低,但海安凹陷安丰油田在泰州组已探明一定储量,高邮凹陷南部断阶带竹墩、许庄、沙埕等含油构造已找到阜一段油层,足以说明阜一段、泰州组应是今后值得重视的新的勘探层系。

第二章 高邮凹陷沉积相类型和展布

第一节 北斜坡泰州组—阜宁组沉积相类型和展布

一、沉积相类型

高邮凹陷北斜坡泰州组、阜宁组发育河流相、湖泊相、三角洲相沉积。沉积相发育类型如下。

1. 河流相

本区河流相发育于泰州组下部和阜一段下部。为一套棕红色的含砾砂岩、粉细砂岩、泥岩组合。亚相类型有河床亚相和堤岸亚相。

河床亚相：岩性以砂岩为主，自下而上呈由粗至细的韵律变化，层理构造呈有规律的变化，下为强水动力条件下的平行层理，向上渐变为交错层理，自然电位曲线呈箱形。

堤岸亚相：由粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩组成，水平层理、虫孔发育。

因资料限制，本区河流相沉积仅见于单1井 3037.2~3044m，吴岔1井 1990.2~1998.8m 井段泰州组岩心中。

2. 三角洲相

本区三角洲相发育于阜三段和阜一段上部。岩石类型有细砂岩、粉细砂岩、粉砂岩、泥岩等。主要亚相类型有三角洲水下分流平原亚相、三角洲前缘亚相。主要微相类型有水下分流河床、水下天然堤、分流间湾、河口沙坝、远沙坝沉积。

水下分流河床微相：由交错层理、平行层理中、细砂岩组成具下粗上细的正粒序结构，底部常具冲刷构造，含泥砾，上见波状层理。

水下天然堤微相：发育于水下分流河道两侧，垂向上位于水下分流河床沉积上部，以粉砂质沉积为主，常有泥质夹层，发育波状层理及生物扰动构造。

分流间湾微相：为水下分流河道之间的相对低洼地带，沉积物以泥质为主，含少量粉砂质沉积，具波状层理及生物扰动构造。

沙7井阜三段和庄2井阜一段岩心剖面中可见发育完整的水下分流河床—水下天然堤—分流间湾沉积层序。

河口沙坝微相：岩石类型以粉砂岩、细砂岩为主，垂向上呈下细上粗的反粒序韵律结构，层理构造以槽状交错层理、平行层理为主。由于水下河道的推进作用，河口沙坝的顶部或上部可遭受侵蚀，上部层序缺失。

远沙坝微相：岩石类型以粉砂岩、细砂岩为主，垂向上呈下细上粗粒序韵律结构，层理构造有小型槽状交错层理、波状层理。

河口沙坝、远沙坝微相可见于庄2井阜一段、沙4井、沙11井、花2井、联5井阜三段岩心剖面中。

前三角洲沉积：为黑灰、深灰色泥岩、粉砂质泥岩沉积，具波状层理、水平层理。

3. 湖相

滨—浅湖亚相:暗棕、灰绿、灰色泥岩、粉砂质泥岩、粉细砂岩组合,主要发育于 E_1f_1 、 E_1f_2 地层中。

浅湖亚相:主要岩石类型有粉砂岩、细砂岩、泥岩、鲕灰岩、生物灰岩及灰质泥岩等。主要微相类型有浅湖沙坝、生物丘、鲕滩及浅湖泥等。

浅湖沙坝:主要岩石类型有粉砂岩、细砂岩,具正、反两种粒序结构。

具正粒序结构的砂体颗粒组成较粗,以细砂岩为主,单层厚度较大,沉积构造有交错层理、平行层理及生物扰动构造,底具冲刷面,含泥砾。此类砂体的沉积特征与水下河道沉积很相似,可能是由于水下河道经湖浪改造而成。

具反粒序结构的砂体颗粒组成较细,以粉砂岩为主,单层厚度较薄,沉积构造有小型槽状交错层理、波状层理、微变形层理及滑塌变形构造。此类砂体的形成机制为湖流搬运和波浪的改造作用。此类沉积主要发育于本区西部码头庄—卸甲庄 E_1f_2 底部。

鲕滩:鲕状灰岩沉积,形成于反复动荡的水介质条件。码头庄 1 井、苏 91 井区 E_1f_2 发育此类沉积。

生物丘沉积:发育于浅湖沙滩(如庄 2 井 1643.0~1643.8m)或鲕滩(如庄 2-1 井 1664.8~1616.0m)之上,为碳酸盐生物骨架的原地堆积,地质记录中许多生物丘周围为细粒陆源沉积物,根据镜下和录井资料,推测本区生物灰岩沉积与上述情形类似。

浅湖泥沉积:主要为深灰色、黑灰色钙质泥岩。

半深湖—深湖亚相:深灰、灰黑色泥岩沉积,常具水平层理。

二、沉积相展布

1. 泰州组沉积相展布

泰一段:本区为大面积的冲积平原沉积,其沉积范围由下向上逐渐扩大,沉积由 $K_2t_1^1$ 时在高邮—兴化一线以南, $K_2t_1^3$ 时扩至全区。泰一段沉积厚度为 50~160m,砂岩全区发育,厚 20~110m,砂岩百分比大于 30%,一般为 40%~70%。

泰二段:泰一段沉积后,受水进和湖侵影响,本区沉积以浅湖为主,码头庄以西发育冲积平原沉积,吴岔河—博镇以东则为半深湖相沉积。泰二段厚度为 40~290m,砂岩厚 0~89m,砂岩百分比为 0~54%,一般为 20%~40%。

2. 阜一段沉积相展布

阜一段沉积厚度为 200~600m,南厚北薄,西粗东细,砂岩百分比西高东低,单庄—河口一带以西砂岩百分比小于 30%。 E_1f_1 早期全区为冲积平原沉积,在兴化—花庄之间有季节性积水洼地发育。 E_1f_1 中期本区为滨—浅湖沉积,柘垛地区物源注入处形成三角洲沉积。 E_1f_1 晚期湖盆面积继续扩大,以浅湖沉积为主。柘垛地区和码头庄地区发育三角洲沉积(图 2-1)。

3. 阜二段沉积相展布

阜一段沉积后,因受湖侵作用影响,阜二段发育一套以深灰色、灰黑色泥岩、灰质泥岩为主的湖相沉积。该层分布稳定,厚 130~300m,是一套良好的生油层和区域性盖层。本区西部 E_2f_2 底部发育了一套碎屑岩与碳酸盐混合沉积,已成为码头庄油田的产层之一。

4. 阜三段沉积相展布

本区沉积相为一套湖泊—三角洲沉积。阜三段沉积厚度为 120~360m,总的沉积特点是沉积中心与沉降中心分离。沉积中心位于码头庄—联盟庄之西南,岩性以灰黑色泥岩为主,砂岩厚度小于 10m;沉降中心位于东部凡川—花庄一带,地层沉积厚,砂岩厚度为 50~110m,砂岩百分

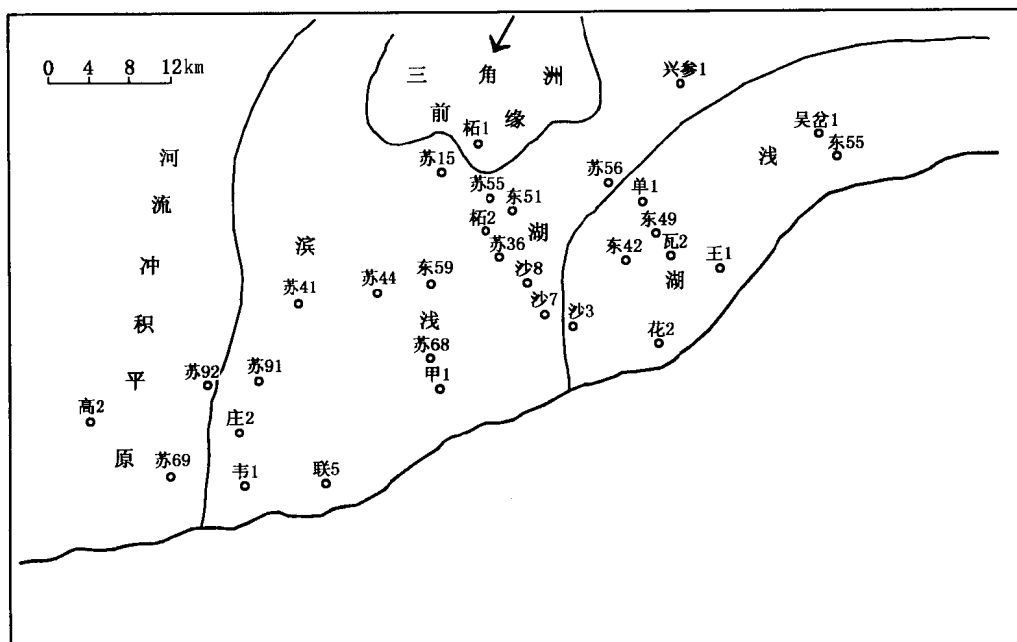


图 2-1 高邮凹陷北斜坡阜一段沉积相图

比大于 20%。 E_1f_3 为阜三段水退开始的早期沉积,三角洲沉积主体位于北余庄—三垛、沙埝—河口—花庄一带。沉积厚度为 30~80m,砂岩主要位于本层上部,厚度为 8~20m。 E_1f_3 为三角洲继续向前推进,前缘范围扩大到柘垛—沙埝—花庄—兴化—吴岔河一线。沉积厚度为 100~200m,砂岩主要分布于高邮—卸甲庄一线以东地区,厚 20~90m,码头庄、联盟庄及其以西地区不发育。 E_1f_3 三角洲推进至苏 15 井—苏 41 井—汉留一线,沉积厚度为 20~80m,砂岩厚 0~35m,单庄—河口—花庄一带砂岩最厚,码头庄—联盟庄一线之西南减薄以至尖灭(图 2-2)。

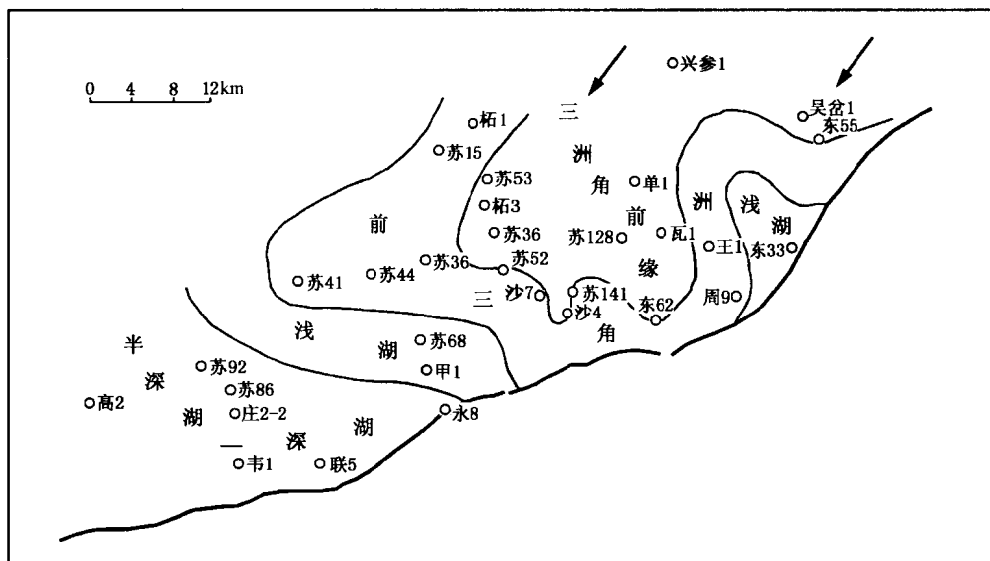


图 2-2 高邮凹陷北斜坡阜三段沉积相图