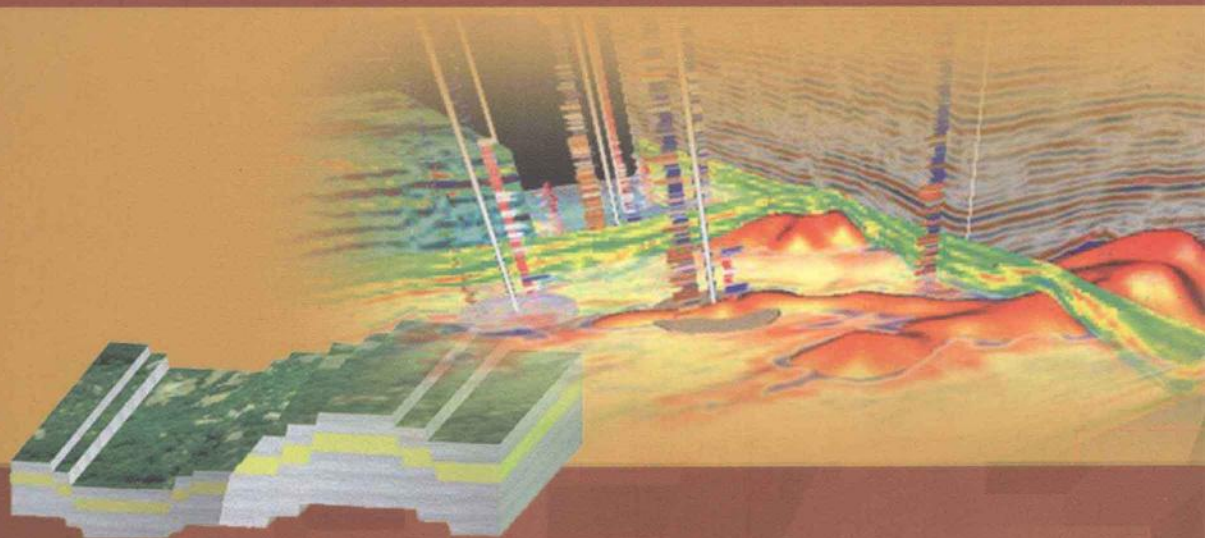


高邮凹陷断层—岩性油气藏 勘探技术与实践

毛凤鸣 梁 兵 刘启东 等著



GAOYOU AOXIAN DUANCENG — YANXING YOUQICANG
KANTAN JISHU YU SHIJIAN

石油工业出版社

高邮凹陷断层—岩性油气藏 勘探技术与实践

毛凤鸣 梁 兵 刘启东 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书通过对苏北盆地高邮凹陷地质背景的分析 and 戴南组层序地层学研究, 提出了一套断层—岩性油气藏勘探方法。断层—岩性油气藏勘探实践表明: 通过层序地层学分析、沉积砂体发育特征与控砂机制研究, 探寻断层—岩性油气藏成藏规律, 大大提高了勘探成功率。勘探的高成功率充分说明勘探思路正确, 叠前地震反演技术、地震 AVO 正演及属性分析技术行之有效。

本书可供从事地震地质综合解释方面的科研人员和油田相关勘探开发科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

高邮凹陷断层—岩性油气藏勘探技术与实践 / 毛凤鸣等著.

北京: 石油工业出版社, 2013. 3

ISBN 978-7-5021-9501-4

I. 高…

II. 毛…

III. 凹陷—岩性油气藏—油气勘探—研究

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 036238 号

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523533 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 12.75

字数: 320 千字 印数: 1—1000 册

定价: 98.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

前 言

在 30 多年的勘探历程中，江苏油田一直非常重视隐蔽油气藏的研究和勘探工作，自 20 世纪 70 年代后期就开始对古潜山进行勘探，随后的研究和勘探工作也一直没有间断，总体上可以分为以下三个阶段：(1) 勘探摸索阶段（1976—2001 年）：早期主要利用二维地震资料，对古潜山、深凹带异常体进行勘探，钻探了雷 1、雷 2、河参 1 井，没有获得成功；后期随着三维地震技术的应用和发展，以地震地层学理论为指导，针对地质异常、地层超覆等展开研究，在此期间钻探了沙 10、马 25、刘 29、关 4 等井，均未取得理想的勘探成果。(2) 断砂控圈、它源成藏阶段（2002—2007 年）：运用层序地层学理论，开展沉积相研究、油藏解剖和成藏规律再认识，根据高邮凹陷复杂断块区隐蔽油气藏的特点，逐渐摸索出了一套行之有效的勘探方法，从有利区带、有利层系优选→隐蔽圈闭识别→隐蔽圈闭评价和钻探，形成了一个完整的技术流程，并在勘探实践中不断总结和提高，断层—岩性油气藏显现出良好的勘探前景。回顾这一阶段的勘探历程不难发现，理论认识的不断提高和勘探技术的进步是隐蔽油气藏勘探成功的关键。近年来，高邮凹陷隐蔽油气藏勘探每年都有新的发现，隐蔽油气藏勘探的高成功率说明研究思路清晰、方法和技术应用得当，成藏模式建立成功、勘探方向正确。(3) 深凹探扇、复合成藏阶段（2008 年至今）：在断层—岩性油气藏勘探取得成功的情况下，一方面认真总结过去的勘探方法和经验，一方面又进一步开展层序地层学和砂体特征研究。首先建立了深凹带扇体的沉积模式，之后又根据深凹带的成藏特征建立了扇控型油藏的成藏模式，在模式指导下进行目标评价。2009 年钻探邵深 1 井获得成功，钻探结果与钻前预测模式一致，说明对扇控型油藏的认识基本正确，打开了扇控型油藏勘探的新局面。邵伯地区的成功钻探大大拓宽了隐蔽油气藏的勘探领域，是高邮凹陷隐蔽油气藏勘探由断阶进入深凹的一个里程碑。

断层及裂缝是垂向输导的主要因素，高邮凹陷控制凹陷结构的一级边界断层真①、吴①断层，二级断层真②、吴②、汉留断层，以及由它们派生的一系列羽状断层是 E_1f 烃源岩生成油气垂向运移的主要通道。在高邮凹陷总体南断北超的箕状凹陷背景下，东西部断裂特征的差异使得断裂作为油气运移通道也存在一定的差异。南部断阶带由于东西部的断裂特征相似，因此油气的运移特征也相似；凹陷西部由于汉留断层的发育使深凹带具有双断层控制的

构造特征，汉留断裂是沟通油气向上运移的优势通道，油气在汉留断裂带的富集程度较高，凹陷东部斜坡带由于缺少汉留断裂这样的深大断裂，油气通过多级断裂的阶梯状运移分布在斜坡的更广大地区。

北部缓坡带地形相对宽缓，水动力条件相对较弱，以三角洲沉积为主，河流携带的碎屑物质在越过断裂坡折带后能量突然减弱，形成大量的卸载，在波浪作用大于河道作用的情况下，断裂坡折带对砂体分布的控制作用大于水流对砂体展布的控制作用，砂体多沿断槽展布。以联盟庄地区为例，该地区处于北东向三角洲前缘末端，水动力条件相对较弱，汉留断裂形成的坡折带相对较大，因此砂体的发育分布主要受断裂的控制。沉积微相和单砂体解剖表明：该地区砂体类型主要为三角洲前缘被波浪改造的分支河道砂体和滩、坝砂体为主，同时发育有大量的滑塌变形砂体；砂体主要沿断层的延伸方向展布；砂体的规模与砂体的厚度正相关，单砂体厚度越大，砂体的平面分布越广，且砂体的延伸与物源方向垂直或斜交。纵向上多个砂体叠置发育，但单层厚度普遍较小，横向上一般不超过 500m，平面上砂体的连通程度非常有限。

南部陡坡带地形相对陡峭，以扇三角洲和近岸水下扇沉积为主，水动力条件相对较强，水动力条件对砂体展布的控制作用大于断裂坡折带的影响，砂体主要沿河道方向呈条带状延伸，多垂直于断层分布。以黄珏地区为例，该地区处于扇三角洲前缘相带，多级断阶形成的断裂坡折带相对较小，砂体的发育分布更多地受河道牵引流的控制。该地区砂体类型主要为扇三角洲前缘河道砂体和部分被波浪改造的河道砂体。在黄珏西部地区，由于近物源、水动力条件相对较强，砂体分布受断裂的影响相对较小，砂体主要沿河道方向延伸，呈条带状分布，具有典型的水道砂体特征；在黄珏东部地区，砂体分布受断裂的影响相对较大，砂体具有沿断层呈“之”字形延伸的特点。顺河道发育方向，砂体的可对比性相对较好，连通程度相对较高，砂体长度可超过 800m，垂直物源方向砂体的可对比性相对较差，连通程度相对较低，砂体宽度多在 300 ~ 400m 之间。

在高邮凹陷开展断层—岩性油气藏、扇控型油气藏勘探取得重大勘探成果以来，通过技术理论和技术方法的不断总结和提高，隐蔽油气藏勘探思路逐渐清晰、技术方法逐渐成熟。

高邮凹陷隐蔽油气藏勘探的总体思路是应用层序地层学研究、沉积背景分析、控砂机制分析、已知油藏解剖、储层预测和隐蔽圈闭识别等勘探技术，结合凹陷自身的石油地质特点，建立适合高邮凹陷隐蔽油气藏勘探的技术系列和方法，主要开展了两个方面的工作：(1) 精细地质建模，重点开展沉积建模、砂体建模、成藏建模等三方面的工作；(2) 加强精细储层预测。沉积建模的主要方法是在构造背景、坡折类型、沉积物源、沉积相类型、沉积相带纵横向演化特征研究的基础上，总结高邮凹陷戴南组的沉积模式，进而明确隐蔽圈闭形

成的有利相带。研究认为：受构造背景控制，高邮凹陷北部为宽缓构造坡折发育带，并可以进一步划分为具盆内断裂坡折带和无盆内断裂坡折带两种类型；南部为窄陡构造坡折发育带；并可以进一步划分为多级断阶坡折带、单断阶坡折带两种类型和多个亚类；平面上，多级断阶坡折带对应于正向构造单元，单断阶坡折带对应于负向构造单元，不同断裂坡折对沉积相类型和砂体的发育控制作用不同。戴南组沉积时具有物源—坡折—扇体的对应关系，具备隐蔽圈闭形成的有利条件。南部陡坡带地形相对狭窄、陡峭，主要发育短源近流的小型扇三角洲、近岸水下扇沉积；北部缓坡带地形相对宽缓、开阔，主要发育远源长流的大型三角洲沉积。三角洲和扇三角洲前缘分支河道砂体、三角洲前缘末端滩坝砂体、水下扇扇中水道砂砾岩体为主要的储集砂体。砂体建模的主要方法是在有利相带内，选择勘探程度相对较高、资料相对较多的地区进行砂体解剖，开展小层划分对比、砂体类型、砂体形态和规模、砂体展布特征、砂体与坡折关系研究，继而总结砂体的地质模式。研究表明：不同沉积体系中砂体展布受断裂坡折带（古地貌）和水动力条件的双重控制，当古地貌的影响大于水动力条件的影响时，砂体的展布主要受坡折带地形的控制；当水动力条件大于古地貌的影响，砂体的展布则主要受水流方向的控制，水动力条件和古地貌对砂体发育、分布的影响具有此消彼长的关系。在北部缓坡带，因断裂坡折的影响大于水动力条件（河道水流方向）的影响，席状砂体延伸方向与物源方向垂直，具有单层厚度小、个体多、沿断裂随机分布的地质模式特征，古地貌分析和断裂演化特征研究是预测和追踪这类砂体的重要手段；在南部陡坡带，因水动力作用较强，指状砂体延伸方向与物源方向一致，具有单层厚度相对较大、有规律的沿河道延伸方向分布的地质模式特征，追踪河道发育方向是预测此类砂体的重要手段。成藏建模的主要方法是解剖已知油藏，对成藏特征和成藏控制因素进行分析，总结油气成藏模式。研究表明：已发现隐蔽油气藏主要分布在高邮凹陷深凹带戴南组中，处于阜四段（ E_1f ）和戴南组一段（ E_2d_1 ）成熟烃源岩区，以它源性断层—岩性复合油藏为主；主要分布在砂岩百分含量介于 10% ~ 25% 的地区；控凹断裂是主要的油气运移通道，断层和砂体是控制隐蔽油藏形成的主要因素。高邮凹陷戴南组（ E_2d ）隐蔽油气藏有两种成藏模式：一是以 E_1f_4 烃源岩为主要油源，以各种（扇）三角洲砂体及水下扇、深水浊流沉积砂体为储层，以上部厚层泥岩为盖层，以大型油源断层为主要运移通道，最终形成断层—岩性油气藏；二是以 E_2d_1 烃源岩为主要油源，其上下砂岩为储层，上倾方向岩性变化封挡形成的自生自储扇控型岩性油气藏。这些油气藏在纵向上的分布主要受层序、储盖组合、油源断层的控制，在平面上的分布主要受构造背景、主控断层、沉积相带等因素的控制。

在沉积模式、砂体模式和成藏模式研究的基础上，应用地质模式和多种地球物理方法结合是识别隐蔽圈闭、进行储层预测的主要手段。经过不断的完善和积累，储层预测技术正逐

渐成熟，主要包括目标区精细构造解释、地震属性预测、反演预测等方法和技术。实际工作中，有针对性地提取各目标层的振幅、频率、相位等属性，这些属性能够从一定程度上反映沉积体系和砂体的分布，再与地质模式进行对比分析，从而确定隐蔽圈闭目标。而地震反演技术以具有丰富的高频成分信息和完整的低频成分的测井资料补充地震有限带宽的不足，用已知的地质信息和测井资料作为约束条件，推算出高分辨率的地层波阻抗剖面，从而达到描述储层平面展布、埋深以及物性的变化规律。在进行储层预测时，利用联合反演方法，可以较为准确地追踪主要目的层砂体的纵横向变化。

断层—岩性油气藏是高邮凹陷隐蔽圈闭的主要类型，利用高精度三维采集处理地震资料、有针对性的重复处理地震资料开展断层—岩性油气藏精细解释，是识别和落实这类圈闭的方法之一。断层—岩性油气藏勘探实践表明：通过层序地层学分析、沉积砂体发育特征与控砂机制研究，探寻断层—岩性油气藏成藏规律，大大提高了勘探成功率。勘探的高成功率充分说明勘探思路正确，叠前地震反演技术、地震 AVO 正演及属性分析技术行之有效。江苏油田在高邮凹陷西部地区勘探成果不断扩大的基础上，加快了向深凹带中东部进军的步伐，断层—岩性油气藏勘探不断取得新突破，成为增储上产的重要领域。

在本书编写过程中，中国石化江苏油田地质科学研究院的同仁和许多专家给予了热情帮助，编者在此深表谢意。

限于编写者水平，书中难免会存在不少问题，欢迎广大读者批评指正。

目 录

1 地质背景.....	1
1.1 地质结构特征	1
1.2 戴南组 (E ₂ d) 地层特征.....	5
2 层序地层学分析	7
2.1 界面成因类型及其识别标志	7
2.2 层序地层格架与基本特征	14
2.3 层序主控因素分析	20
3 沉积砂体发育特征与控砂机制	23
3.1 沉积体系	23
3.2 砂体类型和发育特征	25
3.3 控砂机制与砂体分布规律	29
4 断层—岩性油气藏成藏规律	42
4.1 断层—岩性油气藏静态特征分析	42
4.2 断层—岩性油气藏动态分析	53
4.3 成藏主控因素及富集规律	78
5 断层—岩性油气藏勘探方法	91
5.1 勘探潜力	91
5.2 勘探思路	93
5.3 具有高邮凹陷特色的勘探技术	99
6 断层—岩性油气藏勘探实践	140
6.1 邵伯次凹勘探实践	140
6.2 樊川次凹勘探实践	179
参考文献.....	188
后 记.....	192

1 地质背景

在高邮凹陷开展断层—岩性油气藏、扇控型油气藏勘探取得重大勘探成果以来，勘探思路逐渐清晰、技术方法逐渐成熟。

高邮凹陷已发现的隐蔽油气藏主要分布在深凹带戴南组中，油藏类型主要为它源型断层—岩性复合油气藏、岩性上倾尖灭油气藏、地层超覆油气藏和自生自储岩性油藏。断层—岩性复合油气藏是主要的油藏类型，油气储量占已发现油藏的 95% 以上。

1.1 地质结构特征

高邮凹陷在构造上属于苏北盆地东台拗陷中部一个次一级凹陷（图 1.1.1），东西长约 100km，南北宽约 25 ~ 35km，面积 2670km²。其南部以大断层与通扬隆起和吴堡低凸起相邻，北部以平缓的斜坡与柘垛低凸起相接，西部以柳堡和菱塘桥二低凸起间的鞍部与金湖凹陷相通，东邻白驹凹陷。凹陷内沉积岩系发育，生油环境好，油气藏类型多，富集程度高，是勘探程度较高的含油气区之一。

高邮凹陷形成于晚白垩世仪征运动，之后经历了吴堡、三垛等几次大的构造运动，由于断块体的差异升降而形成的一个箕状凹陷，真①和吴①断层为凹陷的边界大断层，真②断层及汉留断层为次一级断层，其中，汉留断层为真武断裂的次一级反向补偿断层。以这些大断层为基础，高邮凹陷的总体构造格局为南断北超、南陡北缓的箕状凹陷结构。

1.1.1 构造单元划分

高邮凹陷平面上由南往北分为南部断阶带、深凹带、斜坡带三个构造带。南部真①—吴①断层是高邮凹陷与江都—吴堡低凸起的分界

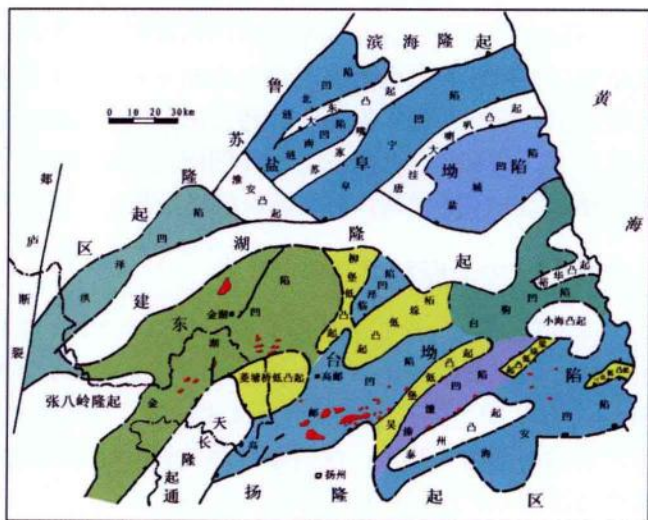


图 1.1.1 苏北盆地构造区划图

断层, 黄②—真②断层是深凹带与南部断阶带的分界断层, 汉留断层是深凹带与北斜坡的分界断层, 吴②断层是斜坡带与吴堡断阶带的分界断层。在东西方向上, 以三垛—沙埕—富民一线为界, 西部属双断地堑式断陷结构, 由南往北断阶、深凹、斜坡三分清楚; 东部属单断单斜式断陷结构, 由于汉留断裂向东逐渐消亡, 深凹与斜坡无明显分界。

南部断阶带为东西长约 100km、南北宽 2 ~ 3km 的长条形的二级构造单元; 斜坡带是面积最大的一个二级构造单元, 北部与柘垛低凸起和菱塘桥低凸起相连, 斜坡和低凸起之间没有明显的规模较大的断层作为构造单元的划分界线。

1.1.2 凹陷结构特征

高邮凹陷总体上具有复式不对称地堑断陷结构特征, 其中凹陷东南边缘的真武断裂带和吴堡断裂带对凹陷结构和内部构造变形有一定的控制作用。凹陷内发育了大量与边界断层同向或反向倾斜的次级断层, 不同尺度、不同层次的断层交织在一起, 构成丰富多彩的伸展构造样式。

高邮凹陷不同部位的结构形态具有明显差异。凹陷西部向西收敛, 与菱塘桥低凸起以断阶带相连, 凹陷内部断层以北倾为主, 南倾断层终止其上, 形成 Y 型断层组合。北倾断层表现出明显的旋转特征, 并且地层厚度明显向断层方向变厚。凹陷向东范围逐渐扩大, 地震剖面上可见真②断裂, 其上盘具明显的牵引现象。整个凹陷内地层受北倾同沉积断层控制向南倾斜, 形成南厚北薄的楔状充填沉积。

凹陷中部总体特征为汉留断裂与真武断裂基本平行展布, 控制高邮凹陷南部深凹带; 北部对倾断层组构成次级地堑。地层向北减薄, 构成凹陷北部斜坡, 斜坡带的倾斜程度由西向东增大。真①断裂与真②断裂所夹持的断阶带在剖面上表现为正断层组成的铲式扇, 而汉留断裂主要表现为一组产状相近的南倾断层组, 为真武断裂上盘的调节断层, 并与真②断裂的活动性在不同时期、不同位置具有一定的互补性。汉留断裂的下盘为一相对稳定的断块, 断块北侧出现两个对倾断层组所控制的次级地堑。

凹陷东部吴堡断裂对高邮凹陷的构造变形起到绝对的控制作用, 形成了相对完整的半地堑结构。吴堡断裂上盘断层表现为截然分开的两套断裂系统。下构造层内断层统一北倾, 而上构造层为南倾断层占据绝对优势。凹陷内地层向南倾斜增厚, 向北逐渐减薄过渡到柘垛低凸起之上。柘垛低凸起向北, 临泽凹陷内地层以北倾为主, 受控于南倾断层。这些南倾断层是临泽凹陷的主要特征, 而北倾断层终止其上, 形成反 Y 型断层组合。

1.1.3 主要断裂体系

高邮凹陷中、新生代断裂系统由 NNE、NE、近 EW 和 NW 向的四组不同级别的断裂构造构成, 其主导断裂为 NNE、NE 向的基底主干大断层, 由此派生形成的次级断层以 NNE、NE、近 EW 向为主。主要断裂有真武断裂、吴堡断裂和汉留断裂。真武断裂和吴堡断裂是高邮凹陷的南部边界断裂, 汉留断裂是北斜坡与深凹带的分界断裂。这些主断裂带对高邮凹陷的构造沉积演化起着绝对的控制作用。

1.1.3.1 真武断裂带

真武断裂带是高邮凹陷的南部边界, 同时也是苏北盆地的南部边界断裂带, 分隔了苏北盆地和苏南隆起区。真武断裂带总体走向为 NE—NNE, 倾向为 NW, 总长度约为 80km。真武断

层带主要包括真①断层和真②断层，二者限制了高邮凹陷南部断阶带西段的范围（图 1.1.2）。

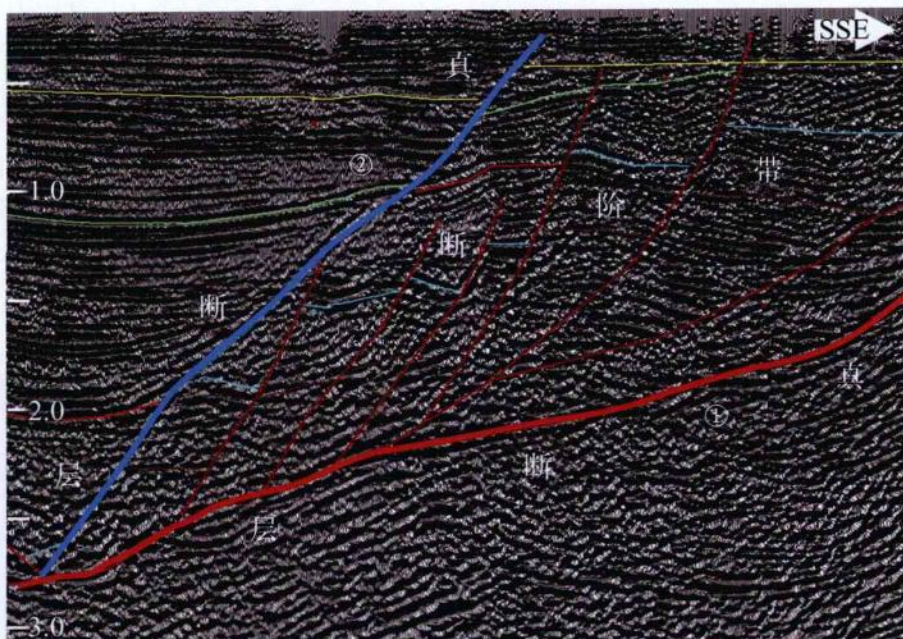


图 1.1.2 高邮凹陷西部真武断层结构特征

作为苏北盆地南部边界的真武断层带其活动时期长、规模大。真武断层是在早期逆冲断层基础上反转形成的边界正断层。真①断层西起黄珏，东至吴堡，长达 71km，断层下切至古生界，上切至新近系盐二段。真①断层倾角在纵向上变化显著，在浅层超过 50° ，向深部很快变缓，在 4500m 深度已经接近 30° 。真②断层西起黄珏，东至周庄，向下终止于真①断层，上切至新近系盐二段。真②断层在盆地的浅部表现为 3 条断层以北东向首尾相叠（图 1.1.3）。

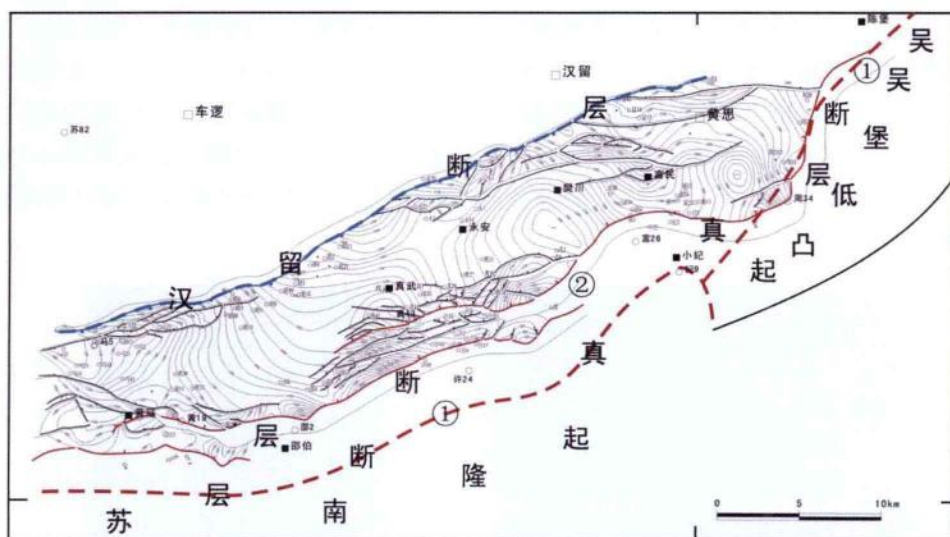


图 1.1.3 真②—汉留断层上盘 T_2^3 埋深图

1.1.3.2 汉留断裂带

汉留断裂为发育于真①断层上盘的反向断裂，与真②断层共同控制了高邮凹陷西段深凹带的分布。汉留断裂由多条南倾断层组成复杂断裂，断裂沿走向控制的地层形态发生明显变化（图 1.1.4）。在断裂带西部汉留断裂终止于真②断层之上，汉留断裂为平面式，而真②断裂近铲式，上盘地层向真②断层方向倾斜。在断裂带中部，汉留断层与真②断裂规模基本相当，形态相近，深凹带地层基本为水平或对称的下凹。在断裂带东部的部分位置，汉留断裂表现出比真②断裂更强的活动性，上盘地层向汉留断裂方向倾斜。汉留断裂和真②断层都是在真①断层上盘发育的，三者在不同的地质历史时期和不同的部位具有复杂的联动关系，共同构成了苏北盆地中最为复杂的伸展断裂系统。

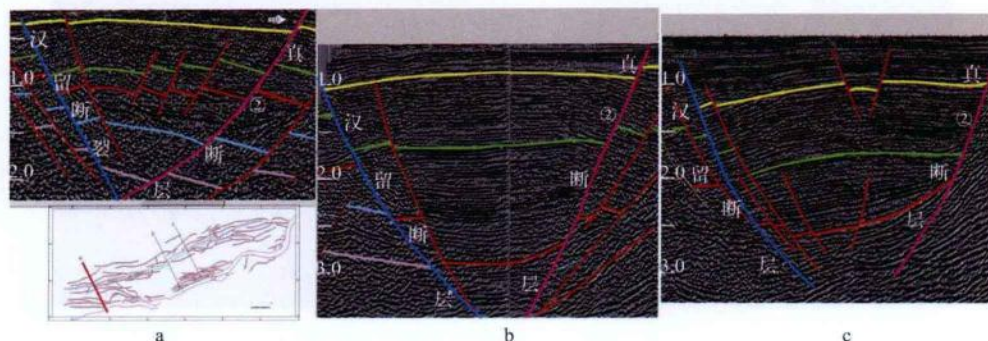


图 1.1.4 汉留断层与真②断层相互关系

a—西部地震解释剖面；b—中部地震解释剖面；c—东部地震解释剖面

1.1.3.3 吴堡断裂带

吴堡断裂带总体为 NE 走向，总长度约 100km，是高邮凹陷与吴堡低凸起以及白驹凹陷与海安凹陷的分界断裂。吴堡断裂带由 3 条主要断层首尾相互叠置构成（图 1.1.5）。吴①断层西部与真①断层交会，东至陈堡东分解为树枝状消失，长约 30km。吴①断层以铲式正断层为特征，上盘泰州组—阜宁组厚度变化不大，而戴南组向柘垛低凸起方向明显减薄。上盘 T_3^0 反射界面发生牵引，而 T_2^3 反射界面发生逆牵引，下盘泰二段—阜一段厚度变化不大，而阜二段—阜四段发生明显的向北翘起被削截，下盘无戴南组，三垛组也表现为明显的顶部削蚀。吴②断层西起陈堡，由 NE 方向转为 NEE 方向经白驹凹陷延伸至小海凸起的西部，长约 60km。吴②断层主体以坡坪式断层为特征，断层形态的变化在上盘形成凹—隆—凹的格局。

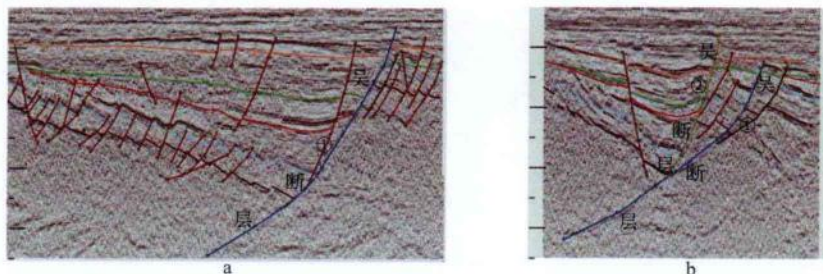


图1.1.5 吴堡断裂带不同位置结构特征

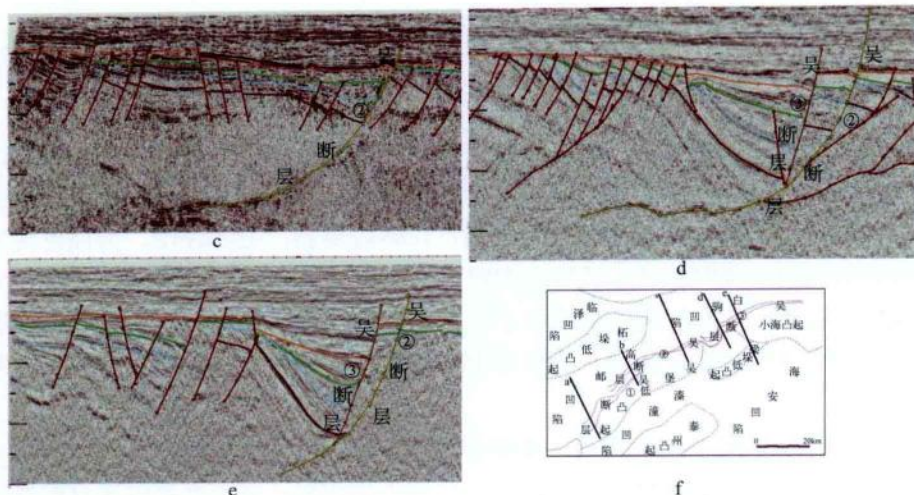


图 1.1.5 (续) 吴堡断裂带不同位置结构特征

1.2 戴南组 (E_2d) 地层特征

高邮凹陷上白垩统一第四系广泛发育, 厚度超过 6000m, 主要发育有泰州组 (K_2t)、阜宁组 (E_1f)、戴南组 (E_2d)、三垛组 (E_2s)、盐城组 (Ny) 和东台组 (Qd) 等地层。

高邮凹陷在 E_2d 是苏北盆地沉降幅度最大的一个凹陷, 最大厚度大于 2000 m, 自下而上分为戴一段 (E_{2d_1})、戴二段 (E_{2d_2})。该段古生物组合, 介形类以德卡里金星介 (*Cypris decaryi*) — 后双脊湖花介 (*Limnocythere Posterobicosta*) — 网纹中华金星介 (*Sinocypris reticulata*) 组合为代表, 该组合繁衍于整个 E_2d , 以中华金星介的灭绝, 金星介的兴起为特征; 轮藻类以华南新轮藻 (*Neochara huananensis*) — 常州横棒轮藻 (*Rhabdochara changzhouensis*) — 潜江扁球轮藻 (*Gyrogona qianjiangica*) 组合为代表, 该组合繁衍于整个 E_2d , 表明阜四段 (E_{1f_4}) 中的特征属在本段组合中大为减少, 代之以新轮藻、横棒轮藻和扁球轮藻的兴起; 另外 E_2d 孢粉以榆—杉—松组合为特征, 显示该时期湿热程度较前一时期呈上长趋势, 为湿润的中—亚热带气候。

1.2.1 戴南组一段 (E_{2d_1})

戴南组戴一段 (E_{2d_1}) 是在吴堡事件后地势相差悬殊的背景下接受充填沉积的, 主要在深凹带的中部发育较好, 该段总厚一般为 0 ~ 750m, 纵向上可分为上、下两部分。上部为 1 ~ 5 层黑色、深灰色泥岩夹浅灰色砂岩, 岩、电性特征突出, 泥岩段视电阻率值 $1\Omega \cdot m$ 左右, 且分布稳定, 构成 E_{2d_1} 上部“五高导”标志层, 中下部为不等厚互层浅灰色砂岩与浅灰、灰黑色泥岩。从上往下可分为“五高导”泥岩段、砂岩集中段、砂泥岩互层段、低阻泥岩段和梳状高阻段, 形成粗—细沉积旋回。并根据岩、电性特征自下而上可进一步划分为 $E_{2d_1^3}$ 、 $E_{2d_1^2}$ 和 $E_{2d_1^1}$ 三个亚段, 该段与下伏阜宁组不整合接触, 沙埝、花庄地区向北、向东逐层超覆。 E_{2d_1} 时期南部陡坡带主要沉积了近岸水下扇、扇三角洲, 北部斜坡主要发育曲流

河三角洲，深凹带为滨浅湖—半深湖沉积和湖底“扇”沉积。

1.2.2 戴南组二段 (E_2d_2)

该段地层主要为浅灰色砂岩、粉砂岩与棕色夹浅灰、灰黑色泥岩呈不等厚互层，地层厚一般为 100 ~ 700m，最厚达 900m。纵向上岩性具有三分性，下部为浅灰色粉砂岩、砂岩夹深灰、浅灰色泥岩，中部为深灰色泥岩夹浅灰色粉砂岩薄层；上部较厚，为棕色泥岩与浅灰色砂岩、粉砂岩组成不等厚互层。该段古生物组合，包括介形类、轮藻和孢粉与下伏 E_2d_1 地层一样，属同一组合。 E_2d_2 沉积范围略大于 E_2d_1 ，岩性变化较稳定，仅在真武、陈堡等地区粒级较细，真武常见黑色泥岩夹层，邵伯等地有砂砾岩层发育。在纵向上形成粗—细—粗的旋回沉积。

根据岩、电性特征自下而上可进一步划分为 $E_2d_2^5$ 、 $E_2d_2^4$ 、 $E_2d_2^3$ 、 $E_2d_2^2$ 和 $E_2d_2^1$ 五个亚段，该时期南部陡坡带主要发育扇三角洲、近岸水下冲积扇，北部斜坡带发育曲流河（辫状河）三角洲，深凹带为滨浅湖沉积，存在少量湖底“扇”沉积。

2 层序地层学分析

高邮凹陷断层—岩性油气藏勘探的总体思路是应用层序地层学研究、沉积背景分析、控砂机制分析、已知油藏解剖、储层预测和隐蔽圈闭识别等勘探技术，结合凹陷自身的石油地质特点，建立适合高邮凹陷隐蔽油气藏勘探的技术系列和方法。

2.1 界面成因类型及其识别标志

一个完整的沉积层序由界面和岩层两个要素所组成，虽然不同的学者对此有不同的理解和不同的划分方案，但对界面的地质属性及其在层序地层学研究中的重要意义的认识是一致的，都将界面划分为两种成因类型：(1) 从水退折向水进和具有冲刷作用的海（或湖）侵面或侵蚀面；(2) 由水进折向水退的洪泛面（海泛面或湖泛面）。

2.1.1 层序界面

在 Cross 1994 年提出的高分辨率层序地层学理论中，基准面旋回的转换点均可形成层序分界面。如基准面由下降到上升形成与冲刷作用有关的侵蚀不整合界面，而由上升到下降则形成连续沉积的整合界面或无沉积间断面，这两种界面将基准面旋回分割为上升和下降两个半旋回，即基准面旋回的二分时间单元分界线均可作为时间地层对比的优选层序界面位置（郑荣才等，2000）。依据地表露头 and 钻井岩心观察描述，以及录井剖面、测井曲线和地震剖面的综合分析结果，可将高邮凹陷戴南组地层中的层序界面划分为 4 个级别（表 2.1.1）。

表 2.1.1 层序界面级别划分、成因特征和识别标志（据郑荣才等，2001）

界面类型	成因	产状及等时性	主要识别标志		
			地表和岩心剖面	测井剖面	地震剖面
II	与盆地构造演化各阶段相关的应力场转换有关	遍及盆地和对应构造演化各阶段的构造不整合面，具较大幅度的穿时性	风化壳，底砾岩，下伏地层部分缺失的假整合，岩性、岩相的突变面	反映不同沉积体系和不同测井相组合特征的转换面、突变面	盆地范围内的大型构造

续表

界面类型	成因	产状及时性	主要识别标志		
			地表和岩心剖面	测井剖面	地震剖面
Ⅲ类	与盆地同一演化阶段中的次级构造活动强度周期性幕式变化有关	限于盆地范围内的次级构造不整合面和相关整合面,在盆地范围内基本等时,为重要等时对标志	古暴露标志,大型冲刷间断面或侵蚀面,岩性、岩相突变面	反映同一或相邻沉积体系的大套进积→退积组合的测井相转换面、突变面	限于盆地边缘的构造削截侵蚀面,沉积超覆面,反映地层不协调关系的连续强反射界面和反射类型
Ⅳ类	与偏心率周期中气候波动引起的基准面升降和物质供给变化有关	局部发育的沉积间断面和相关整合面,在盆地某一坳陷部位基本等时,但不同的坳陷部位之间具低幅穿时界面性质	间歇暴露面,较大规模的冲刷面,岩性、岩相的突变面或均变面	反映同一沉积体系中相似或相邻相序的进积→退积组合的测井相转换面、突变面	未作特殊处理的剖面很难识别,或表现为地震反射结构变化的分界面,地震相类型转换面
Ⅴ类	与斜率周期中气候波动引起的基准面升降和 A/S 值变化有关	局部发育的沉积间断面和相关整合面,界面的等时性仅限于局部的坳陷范围内	间歇暴露面,小型冲刷面和非沉积作用间断面,相似岩性和岩相组合的分界面	反映韵律性沉积旋回的进积→退积组合的测井相组合转换面	一般不能识别

2.1.1.1 Ⅱ类层序界面

由构造运动造成的大规模不整合面和与之对应的整合面,常代表盆地基底面或盆地收缩时的古风化剥蚀面,这种界面常与区域构造事件相吻合,是构造旋回划分的标志,为区域性不整合面,在盆地内可做区域追踪对比,如吴堡事件所形成的不整合面,地震波组为 T_3^0 ,其反射结构表现为下覆地层的削截或上覆地层的上超(图 2.1.1 和图 2.1.2),此类界面一般为超长期旋回的顶底界面。

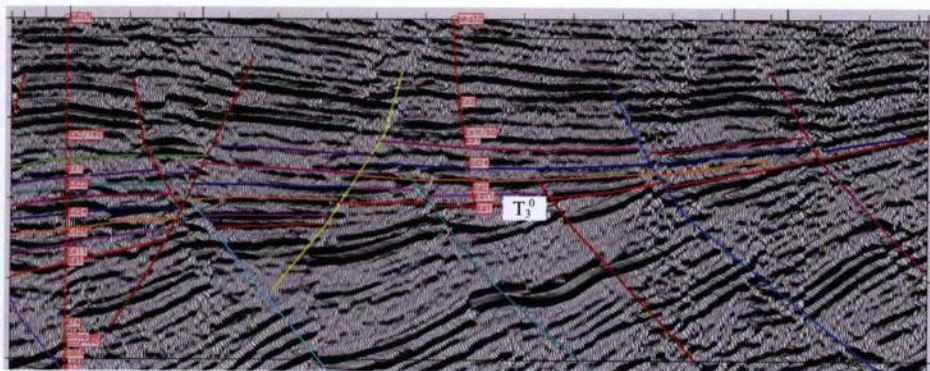


图 2.1.1 高邮凹陷北斜坡地震剖面上 T_3^0 削截现象

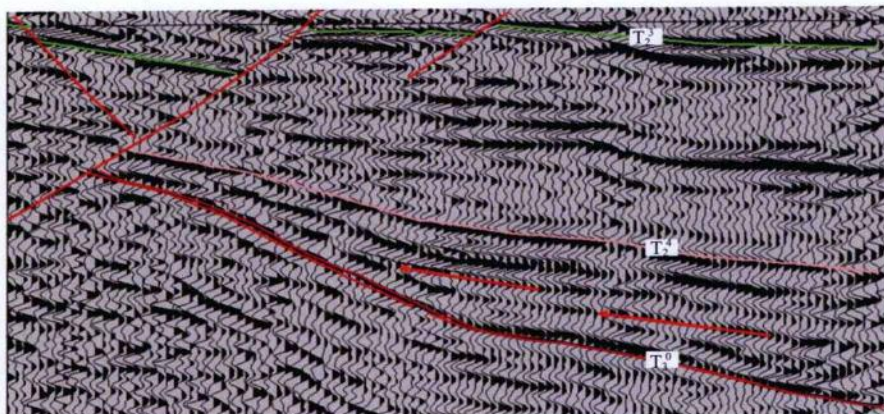


图 2.1.2 高邮凹陷西部马家嘴地区地震剖面上 T_3^0 超覆现象

2.1.1.2 III类层序界面

限于盆地范围内的次级构造不整合面和相关整合面，伴随着盆内局部构造运动，这类层序界面在凹陷不同部位表现出不同性质，从斜坡到深凹带可由无沉积作用到连续沉积，地震剖面上表现为限于盆地边缘的削截面或沉积超覆面，其分布范围局限，反映局部地层不协调关系的连续强反射界面和反射终止类型。研究区能识别出的III类层序界面主要有地震波组 T_2^3 和 T_2^4 (图 2.1.3 和图 2.1.4)，此类界面一般为长期旋回的顶底界面。

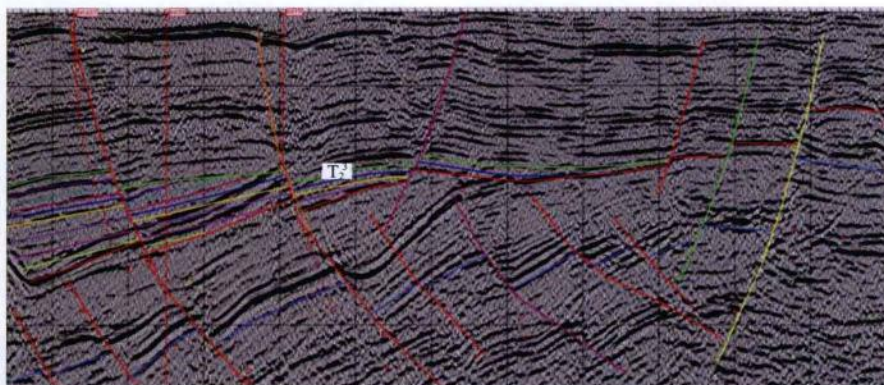


图 2.1.3 高邮凹陷北斜坡地震剖面上 T_2^3 削截现象

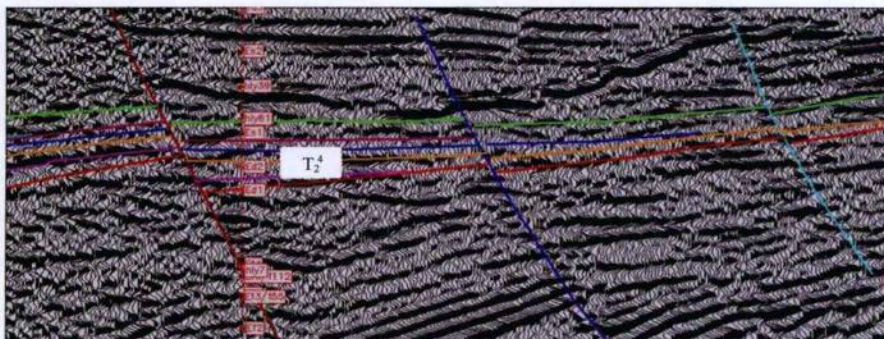


图 2.1.4 高邮凹陷北斜坡地震剖面上 T_2^4 超覆现象