

渤海湾盆地下第三系深层 油气地质与勘探

田克勤 于志海 冯 明 杨池银 廖前进
周建生 孙晓明 等编著

石油工业出版社

内 容 提 要

随着渤海湾盆地中浅层油气勘探程度的不断提高, 开拓勘探新层系、新领域已成为盆地内各油区勘探工作的重点, 为此原中国石油天然气总公司组织有关专家开展了渤海湾盆地下第三系深层研究, 本书就是在此研究基础上编写而成的。

全书共分两篇。第一篇从构造发育、成烃环境、沉积特征、储层物性等方面论述了渤海湾盆地深层油气藏形成的地质条件; 第二篇分析了深层油气藏形成条件及富集规律, 对深层油气资源进行了评价, 并论述了深层油气勘探成果及认识。

本书可供从事油气勘探、科研的地质技术人员使用, 也可作为石油大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

渤海湾盆地下第三系深层油气地质与勘探/田克勤等编著 .
北京: 石油工业出版社, 2000.6

ISBN 7-5021-3004-7

- . 渤
- . 田...
- . 第三纪—含油气盆地—石油天然气地质—渤海湾
- 第三纪—含油气盆地—油气勘探—渤海湾
- . P618.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 60134 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)

地矿部河北地勘局测绘院印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 18.75 印张 307 千字 印 1—1000

2000 年 6 月北京第 1 版 2000 年 6 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3004-7/TE·2323

定价: 36.00 元

前 言

位于中国东部的渤海湾盆地是中、新生代的断陷沉积盆地，总面积约 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中陆地面积为 $12 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。盆地四周被不同时期的构造隆起所环绕，北有燕辽隆起，西为太行山隆起，东南为鲁西隆起，东为胶辽隆起。渤海湾盆地是我国东部主要含油气盆地之一。

尽管渤海湾盆地以其油气资源丰富、勘探开发成效显著而著称于世，但是随着中浅层勘探开发成熟度的逐年提高，也渐渐暴露出后备资源不足的弊端，因此开拓勘探新层系、新领域已成为盆地内各油区勘探工作的重中之重。勘探成果表明，渤海湾盆地下第三系 3500m 乃至 4000m 以下的深层，是开展老油区二次勘探的重要领域和现实靶区。为此原中国石油天然气总公司新区勘探事业部专门组建渤海湾深层勘探项目经理部，要求在三年左右时间明确渤海湾盆地深层油气资源潜力与含油气前景，在稳定渤海湾油区 $5000 \times 10^4 \text{ t}$ 产量的同时准备出具有较大规模的接替战场。

三年工作期间，渤海湾深层项目经理部根据新区勘探事业部的要求，面对深层资料品质差、地质条件复杂、勘探技术难度大等多方面的困难，较好地贯彻落实了第一年摸清情况、打好基础，第二年开展大区地质综合评价研究，同时开展地震资料处理技术攻关，重新评价重点区带，第三年评价优选钻探目标，争取新突破，打开深层勘探新局面的总体工作部署，取得了一批重要的成果，为今后深层油气勘探与研究打下了良好基础。

通过三年的研究和总结，明确了渤海湾盆地深层油气资源潜力十分丰富，剩余油气资源潜力分别为 $43 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $7444 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，但油气资源序列的构成不够合理，表现为探明和控制储量很少，而潜在和推测资源量多。通过系统的研究和评价，进一步明确了渤海湾深层主攻勘探方向，评选出 I、II 类凹陷 19 个，其中 I 类凹陷 10 个；确定了 21 个有利勘探区带，其中 I 类区带 12 个；经过分类排队，优选出 26 个有利目标，其中 15 个为可供钻探的重点目标。展示了渤海湾盆地下第三系深层是发展老油区比较现实的接替战场，具备良好的勘探前景。此外，还摸索、建立了一套适合深层且行之有效的二维、三维地震资料处理技术和方法；初步分析总结了深探井试油、油层改造工艺技术的成效，提出了有效的深井试油、油层改造工艺技术的措施方案与认识。

总之，渤海湾深层勘探项目比较好的完成了原立项时的预期任务，明确了渤海湾深层油气资源潜力及含油气勘探前景的问题，达到了做好前期地质研究评价工作，准备后备接替战场的总目的。这些成果的取得是与新区勘探事业部的领导以及胜利、辽河、华北、大港、中原油田的合作密不可分的。

本书的编著是在原渤海湾深层勘探项目经理部以及各油田大区评价研究成果的基础上进行的，并引用部分基础图件（书中某些图件不另注资料来源）。意在全面论述渤海湾盆地下第三系深层油气地质特征的前提下，系统总结三年来深层勘探和研究成果，特别是分层次的含油气评价成果，体现深层勘探前景，以期为领导、支持、关心以及直接参与渤海湾盆地深层勘探开发的人士，提供一份有实用价值的文献。

渤海湾盆地陆地部分埋深大于 3500m 的第三系深层，在不同拗陷区内的层位归属各不相

同。如黄骅拗陷北部的南堡凹陷为 E_{d_3} — E_{s_3} ；中部板桥、歧口凹陷为 $E_{s_1}^{\text{下}}$ — E_{s_3} 。冀中拗陷的霸县凹陷以 E_{s_2} — E_{s_4} 为目的层；饶阳凹陷和深县凹陷则以 E_{s_2} — E_k 为主。济阳拗陷的东营、沾化、惠民凹陷主要目的层是 E_{s_4} — E_k ；车镇凹陷则为 E_{s_3} — E_{s_4} 。总的有效勘探面积可达 $2.68 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。各拗陷（凹陷）的深层油气地质特征也有较大的差别。为了充分反映其间的共性和个性，本书采用点面结合的方式，并依照所述问题的特点采用汇总、归类或分别论述的方法，对渤海湾盆地第三系深层的油气地质特征及勘探成果和认识进行概要分析。从层位上将论述的重点放在 $E_{s_1}^{\text{下}}$ — E_k 。

鉴于黄骅拗陷目前分属大港和冀东两个探区开展勘探工作，因此书中一般将冀东探区所辖的南堡凹陷单列出来，而黄骅拗陷则专指大港探区所辖的北塘、歧口和沧东—南皮凹陷。此外，由于临清拗陷的勘探活动主要集中在东濮凹陷，书中一般将其单列，较少涉及整个临清拗陷的问题。

本书内容分为两大部分，第一部分（第一章至第五章）论述深层油气藏形成的地质基础，由于志海、杨池银依据前人的研究成果编写，薛叔浩和应凤祥分别为第四、第五章的主要执笔人；第二部分（第六章至第九章）论述深层油气勘探成果及认识，由田克勤、周建生、冯明主笔。孙晓明、程文艳、刘晓军、李会军、李军、王丽、周立英等人自始至终参加了此项工作。于志海、田克勤、廖前进对全文进行了系统的校核、修改和统编。

原中国石油天然气总公司新区勘探事业部华北油气勘探项目经理部以及大港油田勘探公司、地质勘探开发研究院的领导同志，在项目研究及本书出版过程中给予了极大的支持和帮助，对此表示诚挚的感谢。

受编者资料掌握程度和研究深度的限制，错误和缺陷在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第一篇 渤海湾盆地深层油气地质

第一章 构造发育.....	3
一、盆地形成和发展.....	4
二、盆地内各坳陷（凹陷）的形成和发展.....	9
第二章 构造样式	18
一、构造单元及特征	18
二、局部构造及构造带的成因类型	21
三、构造形成与发展的主导因素	27
四、断裂的性质和活动特点	29
第三章 成烃环境及烃源岩	39
一、下第三系深层油气生成的地质基础	39
二、各凹陷有机质成烃演化特征	64
第四章 沉积、储集体类型与分布	87
一、孔店期	87
二、沙四期	92
三、沙三期.....	100
四、沙二期.....	107
五、沙一期.....	109
第五章 储层及物性特征.....	115
一、岩性及物性特征.....	115
二、成岩演化特征.....	122
三、有关深层储层评价、预测问题的讨论.....	145

第二篇 渤海湾盆地第三系深层油气勘探

第六章 勘探概况及主要成果.....	151
一、勘探概况.....	151
二、主要成果.....	154
第七章 深层油气藏形成条件及高产富集因素.....	168
一、深层油气藏形成条件.....	168
二、富集因素初探.....	194
第八章 渤海湾盆地深层油气资源评价.....	208
一、深层油气资源评价基础工作.....	208
二、深层油气资源量预测与评价.....	208
第九章 渤海湾盆地深层含油气评价.....	219

一、深层凹陷评价.....	219
二、深层有利区带评价.....	248
三、深层圈闭地质综合排队与优选.....	283
四、深层油气田经济评价实例浅析.....	286
参考文献.....	289

第一篇 渤海湾盆地 深层油气地质

第一章 构造发育

渤海湾盆地是位于大陆边缘内侧、与弧后扩张有关的裂谷盆地，底板为大陆地壳，厚 30 ~ 37km，地幔上拱明显，热流值大于 1.5HFU。在古生代地台基础上，经印支、燕山期的改造，于白垩纪晚期至早第三纪时期形成。在张扭为主的应力场下，块断活动控制了盆地内的隆、坳分布乃至圈闭构造的形成和发展；以箕状断陷为主要形式的凹陷内，巨大的沉陷深度和适当的沉积速度，造就了良好的生储盖组合，聚集了极为丰富的石油资源和可观的天然气资源；不同凹陷间，在构造和沉积特征上既有一定的成因联系，又有各自独特的内涵。

渤海湾盆地由下辽河、渤中、济阳、黄骅、冀中、临清等六大坳陷区及埕宁、沧县、邢衡、内黄等四大隆起区组成。每个坳陷中均有多个凸起耸立其中，而隆起上也常有深度不等的凹陷存在（图 1—1）。

一、盆地形成和发展

在渤海湾盆地内，与下第三系地层直接接触的基岩，层位上包括太古界至白垩系的各个地层序列，岩性上则有沉积岩、岩浆岩和变质岩等多种岩石类型（表 1—1）。它们的形成和发展以及构造和沉积特征，均对渤海湾盆地第三系油气地质特征有明显的影响和/或控制作用。

（一）结晶基底的构造特征

渤海湾盆地及其周缘的结晶基底形成于 1700Ma 以前，普遍具有程度不同的变质，根据原岩建造和构造演化上的差异，一般认为可分成三个基岩分布区，即北部的燕山区、西部的太行区和东南部的鲁西区。其交接和相互联结的部位处于黄骅拗陷的范围内，根据航磁资料所判断的界限大致呈 Y 字型（图 1—2）。

图 1—2 黄骅拗陷区变质岩基底及其主要断裂分布略图

燕山区太古界以迁西群、滦县群（单塔子群）为代表，是一条从大同北部向东一直延伸

到渤海的近东西向基岩分布带，构造层次上属双层结构。迁西群主要为麻粒岩、斜长角闪岩、黑云母斜长片麻岩、黑云母变粒岩等，夹磁铁石英岩。由于迁西群中已获有大量3434~3616Ma的同位素年龄值，乃至少量3650~3720Ma的石英岩锆石年龄值，故被公认为我国目前所知的最古老地层。滦县群（单塔子群）为一套变质的沉积岩—中基性火山岩建造，变质程度达角闪岩相或更深，单塔子群所作的同位素年龄值均在2500~2600Ma之间。

太行区太古界以阜平群、五台群为代表，下元古界以滹沱群为代表，构造层次上为三层结构。阜平群主要为浅粒岩、黑云斜长片麻岩、角内斜长片麻岩等，夹蛇纹石化大理岩及薄层磁铁石英岩，测到了2800~2900Ma的同位素年龄资料。五台群主要为一套巨厚的变质细碧角斑岩系列的火山岩，夹有一些沉积变质岩层，绝对年龄为2500Ma左右。滹沱群一般由低级变质的沉积岩系组成，变质程度达绿片岩相，绝对年龄为1850~2400Ma左右。

鲁西地区太古界以泰山群为代表，属单层结构。主要由黑云斜长片麻岩、云闪斜长片麻岩及黑云变粒岩，夹透镜状或薄层状角闪岩和较纯的粗粒角闪岩组成。形成时期约2450~2500Ma。

从结晶基底的构造特征看，沧县隆起以西地区北北东向延伸的基岩隆起带和断裂非常发育，凸凹相间分布，形成南部略有收敛，向北逐渐发散的条带状构造特征。在黄骅拗陷的滨海地区，北北东走向的条带状基岩构造带逐渐转为北东向。渤海北部海域及冀东地区，基岩展布及主要断裂走向逐渐转为北东东向甚至近东西向，其中海域的条带状结构更加松散。在埕宁隆起的西部、北部显示为向北突出的弧形基岩隆升带。再向南至济阳拗陷，也具有凹凸相间分布且向北呈弧形突出的特征，向东到孤岛、埕东、埕北一带，主构造线已转为北西向和北北西向。因此，渤海湾地区结晶基岩的构造格架，总体上表现为西南收敛，向东发散的断块帚状排列。基底构造的这种展布特征，在重磁异常图上得到清楚的显示。

根据重磁资料所解释的基岩断裂，也表现为北北东—北东—北东东方向逐渐扭转的弧形拉分裂系，控制着全区基底岩系的展布和延伸，其间又有同期或稍后的近北西向断裂使主要断裂体系发生错断，形成近似菱形的基岩块体镶嵌展布的景象。已发现的多数基底断裂均对新生代构造格局和沉积展布有明显的控制作用。

（二）地台形成及稳定地台发展阶段的构造特征

自五台运动后，地壳活动性增强，由于当时结晶基底的固结程度差，受基底岩相差异和基底断裂的控制，导致在张家口、沈阳、郑州所夹持的三角形地域内形成了一个以蓟县为中心的北北东向沉降带，沉积了厚度近万米的中上元古界，与周围相比差异很大，沉积物以碳酸盐岩和砂泥质为主，也有中基性岩浆喷溢，有人认为属裂谷型或坳拉槽沉积。长城纪和蓟县纪时的原始构造形迹虽已无法考据，但从沉积拗陷的整体走向看，该时期的构造框架仍受结晶基底的构造格局所控制。青白口系沉积范围局限在燕山南缘，沉积展布的最大特点是呈现北西西向延伸，说明与前期的构造特征已有明显差别。

青白口纪末的蓟县运动使华北地台一度抬升，在渤海湾盆地范围内未见震旦系。到早寒武世时，地台整体缓慢下沉，直至中奥陶世海水广泛侵入，形成一套浅海碳酸盐岩为主的沉积建造，具有岩相单一、厚度稳定的区域性特征。中奥陶世末的加里东运动使地台又广遭剥蚀，直至中石炭世重新下沉，沉积了中石炭统一二叠系海陆交互及陆相大型湖盆含煤碎屑沉积。渤海湾地区二叠系与三叠系为连续沉积，是干旱气候条件下内陆湖盆形成的红层。

张文佑指出，“从寒武纪至二叠纪末（石千峰期）华北地区地壳差异运动微弱，岩浆活动不明显，可能是由于深部地幔物质处于平静分异状态，并且经过前寒武纪地壳演化过程已经

有了比较硬化的较厚基底”。

实际资料的统计分析也表明，渤海湾及周缘地区古生代时期显示为宽缓的北东东向构造起伏，且有明显的继承性。寒武纪时，北京—青龙为一向斜带，地层厚 600~750m；向南在冀东—天津—石家庄一带为背斜带，地层厚仅 450~600m；再向南的渤中—黄骅—临清为一向斜带，地层厚 600~700m。奥陶纪时期，上述构造格局基本保持，只是隆坳的中心线向东南发生了迁移，走向偏转为近东西向，北京—青龙向斜奥陶系厚约 700~900m，石臼坨—天泽—保定背斜厚 600~700m，石家庄—歧口向斜厚 750~850m，沾化—德州背斜厚 600~650m。

多数学者认为，晚古生代至早中三叠世的区域构造走向仍为近东西向。依据地层厚度分析，在临清—济阳、泊头—黄骅、青县—南堡及武清—唐山等地，可能在二叠、三叠纪时期仍然保持着向斜凹陷特征，上古生界总厚 800~1200m，其中济阳拗陷厚约 800~1000m，黄骅拗陷南部厚 1200m，青县厚 1300m，南堡厚 1200m，武清厚 1200m，唐山北厚 1700m，而在上述凹陷间的背斜隆起区，厚度稍薄，一般为 500~800m。

刘绍龙依据华北地区中下三叠统残留地层分布，及下伏上古生界煤层一次深成变质作用所形成的煤种推断，中下三叠统原始沉积盆地的走向为近东西向，其沉积中心位于临清—济南一线。

上述古生代—早中三叠世的构造发育阶段，与王鸿祯所划分的联合古陆形成阶段（晋宁运动—晚印支运动）相一致。他认为，地台通过边缘区，即与地槽之间的过渡带，褶皱隆起形成陆地，与地台拼贴使其不断增生扩大，最后以对接或叠接的方式碰撞在一起，海水全部退出而形成联合大陆。而在联合大陆形成过程中，以南北方向为主的聚散运动时而发生，导致整个构造阶段内均以东西走向为主的构造特征。

（三）地台解体及裂陷盆地早期发育阶段的构造特征

中三叠世末的印支运动结束了华北地台统一的构造、沉积格局，使其进入了一个全新的构造发展阶段。印支运动的划时代意义在于，使延续了漫长地史时期的近东西向构造线和古地理轮廓，被扭转改造为北东及北北东向构造线，此外还配套发育了北西及北西西向构造线。正是这两组构造线共同组成了中生代时期渤海湾地区的新构造格架。

在渤海湾盆地范围内，由于基底及区域结构的差异，印支运动所形成的构造形态在各地区并不相同。如冀中地区主要显示为北北东向雁行排列的背斜及向斜构造群，包括北京向斜、保定向斜、石家庄向斜；大兴背斜、牛驼镇背斜、雄县背斜；武清向斜、里坦向斜、文安向斜。在黄骅地区，雁行排列的背向斜群显示为北东走向，由北向南有北塘向斜、白塘口向斜；塘沽背斜、增福台背斜；板桥向斜、中旺向斜；新港背斜、北大港背斜、兴济背斜；歧口向斜、羊北向斜；黄骅背斜、孔店背斜、沧州市背斜；旧城向斜、王官屯向斜、南皮向斜。在济阳地区及渤海西部则发育了北西走向的黄河口向斜、济阳向斜、广饶向斜及莱州湾向斜，它们呈北西向雁行状斜列展布。但与华北地区周缘的一些地区相比，如燕山东段，辽西地区、郯庐断裂带，渤海湾盆地范围内印支运动的强度明显较弱。

燕山运动是中国东部显生宙以来影响最深远的、压倒一切的一次构造作用。对渤海湾盆地而言，其最大特点是构造—岩浆活动非常强烈，是挤压作用达到高潮并转向引张作用的开始，构造形变由以褶皱为主变为以断块翘倾和平移剪切为主；断裂成为构造发展的主要控制因素，并由此开始了裂陷盆地发育的新阶段，地堑或半地堑成为沉积盆地的主要形式；许多断裂深插壳底及岩石圈下，引发大量岩浆和火山活动。

尽管燕山运动使中生代构造变动及沉积建造呈现十分复杂的局面，但印支运动所开创的构造格架并未受到根本的改变。

燕山运动期间，作为渤海湾盆地东部边界的郯庐断裂发生强烈的左旋剪切滑动，对于本区侏罗—白垩纪沉积盆地的形成和发育有重大的影响。尤以邻近郯庐断裂的渤海和鲁西地区为甚，具体表现为北西向张扭断裂十分发育且活动强烈，受其控制产生了一系列北西走向、雁行状左斜排列的断凸和断凹，其中断凸为南断北倾，断凹则为北断南超。由左旋扭动所产生的基底拉分，使地壳伸长减薄，地幔中基性岩浆上涌喷发。以渤海地区为例，燕山期岩浆火山活动先发生于渤海南北两侧，再逐渐波及海中。在莱州湾凹陷充填了中晚侏罗世玄武岩、火山碎屑及集块质砂砾岩，厚达 5000m 以上；在冀东滦河口、石臼坨凹陷充填了中侏罗统髻髻山组玄武岩、安山岩及火山碎屑岩，厚 1500m，此外在断裂交汇部位还分布有一连串环形火山丘群；在埕北凹陷、沙南凹陷，钻井中也见有侏罗—白垩系碎屑岩系中不同程度地夹有火山岩及凝灰岩，厚约 2000~3000m。

在渤海—济阳以西的地区，其构造和岩浆活动明显减弱。以黄骅拗陷为例， J_3-K_1 为一套河湖相沉积，中基性火山岩夹层仅分布于部分地区，没有发现断裂对地层厚度有明显的控制作用，在大范围内岩性比较稳定，应属褶皱盆地的性质。整个渤海湾盆地西部燕山期盆地仍为北东向至北北东向，发育一系列同方向的压扭性断裂与背向斜—断褶构造。

早白垩世末，由于太平洋板块俯冲方向的转变，华北地区东部地壳再次被挤缩扭错、加厚抬升，使渤海湾盆地大部分地区缺失晚白垩世沉积。主压应力作用方向的扭动转向，推断使渤海—济阳地区原来的北西向雁行排列的构造群，被扭动为向北弯曲凸出的弧形压扭构造系，其他地区的北东或北北东向断褶构造带隆升幅度加大，剥蚀加剧。

渤海湾盆地进入裂谷发育阶段后，由于太平洋板块向欧亚板块俯冲加强，地幔涌升，地壳减薄，在以拉张为主的裂陷作用下，沿北东—北北东向产生了沈阳—潍坊、沧州—兰考和廊坊—深县三组深大断裂带，还在鲁西隆起和燕山褶皱带制约下，沿北西—北西西向产生了齐河—广饶和塘沽、北柳深大断裂系。受上述深大断裂控制，发育了一系列大小深浅不一的箕状式地堑型凹陷。沿沈阳—潍坊断裂系，由辽河、辽东湾、渤中、黄河口及莱州湾等拗陷组成了东部裂陷带；沿沧州—兰考断裂系，由黄骅拗陷、莘县凹陷、冠县凹陷及东濮凹陷组成中部裂陷带；沿廊坊—深县断裂系组成了由廊固、霸县、饶阳、深县、束鹿等凹陷组成的西部裂陷带。此外，在东经 117°30' 至 119°30' 之间的近东西向断裂系，还控制着东营、沾化、南堡等凹陷以及陈家庄、沙垒田、石臼坨等凸起的分布。渤海湾裂谷盆地即从这些箕状和地堑型凹陷开始，逐步拉张沉陷形成。到晚第三纪地幔隆起，降温收缩，盆地稳定下沉，形成了全区统一的具有下第三系断陷与上第三系拗陷双层结构的大型拗陷盆地。

综合上述可以看出，渤海湾盆地第三纪时期构造格架的形成，不但与同期构造应力场密切相关，而且在许多方面因袭了太古宙以来的构造特征。如第三纪构造面貌与结晶基底有惊人的相似性，而受两组断裂切割而成的基岩菱形块体，往往是形成第三纪裂陷翘倾断块体的基础；渤海湾盆地各拗陷普遍存在的“南北分区”的特点，可能与联合大陆形成时期南北向主压应力形成的东西向舒缓褶皱有一定关联；现今渤海湾盆地的构造格局，许多人认为体现了左旋扭动的形迹，而非第三纪右旋扭动的结果；不少在中生代挤压应力场下形成的北东、北北东向断褶盆地，成为新生代拉张断陷盆地发育的雏型，并被大量保存下来。总之，既有继承和因袭又有改造和改变，是渤海湾地区构造发育的重要特色。

二、盆地内各拗陷（凹陷）的形成和发展

渤海湾盆地各拗陷（凹陷）间或凹陷内部在形成和发展上均有明显的不均衡性。

（一）中生界构造格局对现今构造特征的控制作用

1. 郯庐断裂对辽河及济阳拗陷的影响

受郯庐断裂强烈的左旋剪切活动的影响，位于其东侧的辽河及济阳拗陷早在中生代时期已开始了大规模的翘倾断陷过程。

晚侏罗世时，辽河断陷已属郯庐断裂带的一部分，受拉张应力作用的影响，本区结晶基底沿着燕山褶皱带和辽东隆起带两大块体的过渡带解体，产生北东向和北西向两组断裂，以北东向为主干断裂。它们分为东西两支，西支以西八千—高升—大民屯断裂为主向北延伸，经过沈北凹陷与伊兰—伊通断裂带相连；东支以二界沟—驾掌寺西—茨榆坨东断裂为主向北经浑河断裂与敦化—密山断裂相接，在这两组断裂的下降盘形成了一系列中生代的断陷，呈串珠状分布。与此同时还诱发了强烈的火山喷发。

济阳拗陷内已发现基底落差近千米和千米以上的主要断裂 26 条，可分为北东、北西和近东西向三组，它们的发生时代和活动延续时间各不相同，在平面上则互相交会、切错。其中发生于中侏罗世末的基岩反向正断层，特别是北西到近东西向的断层，是主要凸起带的成山断层，包括北东东向的义和庄凸起，近东西向的陈家庄凸起西段、滨县凸起、青城凸起、广饶凸起及北西向的陈家庄凸起东段，均为该期构造运动（燕山二幕）的产物。而拗陷东部海域部分，受营潍断裂的控制，发育北东向断层，相应的也出现了北东向的凸起，如垦东青坨子凸起、潍北凸起等。在上述燕山期基岩断层的下降盘充填了巨厚的 J_3-K_1 地层，如在沾化凹陷的孤岛周围，沿北西向展布的断陷内，其厚度可达数千米，以火山岩及其碎屑为主，受基岩断层的明显控制（图 1—3）。

图 1—3 济阳拗陷南北向地质剖面图

上述中生界断陷一方面构成了辽河、济阳拗陷的雏形，另一方面也形成了起伏较大的第三系沉积基底，使隆凹相间的格局更加明显，为潜山油气藏的形成奠定了基础。

2. 冀中地区潜山成因

前第三纪大型复式背斜隆起的存在，是形成冀中地区潜山林立的主要原因。

冀中地区在中生代始终都处于隆起状态，除石家庄、杨村、大厂及淀北等处有小片保存外，全区普遍缺失中生界，且古生界及中晚元古界遭受严重剥蚀。上古生界及三叠系仅保留在拗陷东部及南部边缘，下古生界在上述界限内呈半环带状出露。拗陷内广大地区第三系直接覆盖在中上元古界之上，有的地区，如河间及其以西的凹槽中，风化剥蚀深达长城系中下部，与渤海湾其他地区相比，冀中地区多剥蚀了 3500~5500m 的古老地层，而少沉积了 5000~8000m 的中生界。

该区基岩顶面的构造轮廓总体呈北东走向，其南部和北部以掀斜断块为主，主要反映第三纪的构造形迹，而中部翘倾活动较弱的地区，自高阳—博野—藁城—栾城仍可看出宽缓背

斜的轮廓，该背斜隆起至少在中生代末即已存在，并与西部阜平隆起、唐县—曲阳隆起以及赞皇隆起的走向和排列相一致（图 1—4）。

在古背斜构造的宏观控制下，冀中拗陷潜山圈闭的形成，主要与多期、多向基底断裂及其所控制的菱形断块有关。这些断块体由于基岩古地形或后期的掀斜作用，往往在特定部位形成潜山圈闭构造，为大规模的潜山油气聚集创造了条件。

3. 褶陷型沉积区的形成特征

中生界（主要是 J_3-K_1 ）的褶陷型沉积区，包括黄骅拗陷、临清拗陷、冀中拗陷区的保定—石家庄凹陷等，凹陷区内前第三纪基底起伏高差小，侵蚀古地貌型潜山不发育。

黄骅拗陷与前述辽河拗陷、济阳拗陷、冀中拗陷在构造发育史上有显著差别。该拗陷及周缘地区至今尚未钻达下元古界或更老的变质基底。下古生界在绝大部分地区层序完整，总厚 1238（津 4 井）~ 1540m（港 59 井），顶部普遍保存峰峰组，据北大港至徐杨桥—黑龙村潜山带的 19 口井统计，厚度为 106~143m，表明加里东运动后在较大范围内呈现十分平坦的侵蚀地形，且后期也未受到明显的再侵蚀！印支期前该区属统一的华北地台的一部分。中晚元古代时沉积古地形东高西低，中上元古界向拗陷区减薄直至尖灭。早古生代为稳定地台盆地的发育期，保存十分完整的沉积层序表明，加里东运动未使该区遭受明显的褶皱。整个拗陷区，不管是现今的隆起还是凹陷区，普遍存在石炭—二叠系是该区突出的特点。从富煤带成近东西向展布的情况看，该期成南北向舒缓褶皱的结论是可信的。早中三叠纪末的印支运动主幕对本区的构造发育有着十分重要的影响，它造成了上古生界和中下三叠统沉积展布与印支期构造展布方向的不同。该时期的沉积展布承袭了早期东西走向舒缓背向斜的基底，形成东西向的沉降凹陷，且此时沧县隆起、埕宁隆起与黄骅拗陷仍连为一体。经印支运动的改造，褶皱、断裂的方向以北东向和北东东向为主，奠定了黄骅断陷盆地的原始形态。印支期后本区进入地台活化—块断盆地发展阶段。上侏罗—下白垩统红层大面积且较均衡的分布是该区地史发展中的另一显著特点。从地层厚度及岩性、层位较稳定的特征看，该套地层属褶陷型盆地沉积，有南皮、港西、北塘及乐亭四个沉积中心。

前已述及，冀中拗陷在印支—燕山期为一大型复式背斜隆起，大部分缺失中生界沉积；济阳、下辽河拗陷及渤海海域在燕山期已开始了大规模的拉张断陷活动，许多潜山构造此时业已形成。相比之下，燕山运动在黄骅拗陷区是十分微弱的，既没有强烈的断、也没有显著的褶。显然这是黄骅拗陷内侵蚀古地貌型潜山不发育的主要原因。

临清拗陷中上元古代是鲁西隆起的一部分，寒武系不整合于泰山群之上。古生代与华北地区有统一的发育特点。印支运动后兰聊断层开始形成，在临清拗陷沉积了厚达 1500~3000m 的三叠系。燕山运动在该区经历了弱—强—弱的演化过程，其中晚侏罗—早白垩世为强烈活动期，几条北北东向的东掉大断层陆续发生（堂邑东、馆陶东、武城东、广宗等），几条近东西走向的老断层继续活动，盆地进一步分割，构造地貌反差进一步增大，沉积了巨厚的晚侏罗—早白垩世地层。始新世时期，兰聊断层南延形成东濮凹陷，孔店组为红色碎屑沉积，沙四段为暗色膏、泥岩和油页岩沉积。临清拗陷其他地区孔店—沙四期一般继承中生代末期的构造地貌格局，但除冠县凹陷的白马湖次凹等局部地区发育暗色生油岩系外，多数凹陷孔店—沙四段沉积总厚度不超过 1000m。沙三段深凹陷仍局限于东濮凹陷，其他地区最大沉积厚度为 1300（莘县凹陷堂邑次凹）~ 1400m（冠县凹陷白马湖次凹）。上述表明，临清拗陷第三纪沉积早期虽有较大的构造地貌反差，但在主要沉积凹陷内部，分割性并不明显。

（二）渤海湾盆地的拉伸、沉降特征

渤海湾盆地的拉伸、沉降过程有从边缘向中心发展的趋势。

1. 冀中拗陷

从始新世开始,冀中地区构造运动进入了一个新的发展阶段,即断陷—坳陷发展阶段。其早期活动的突出特点是西北部边界断层强烈活动,从孔店期开始到沙三末期,定兴—石家庄断层基岩面断距达 8km,大兴断层断距达 10km,下降盘沉降速度达 0.25~0.33mm/a,从而使冀中古隆起从太行山解体出来,由一个剥蚀区转而成为沉降区,形成了石家庄、保定、徐水、廊固及大厂等凹陷。沿轴向南北相连,除石家庄凹陷仅局部地区沉降幅度达到 2000m 外,其余凹陷均包括在沙四段—孔店组 2000m 厚度线之内,廊固凹陷厚度最大,一般可达 3000~5000m(图 1—5)。当时的冀中坳陷中部为一隆起带,雁岭—高阳—博野—栾城—宁晋均包容在沉积厚度小于 500m 的范围内。冀中坳陷东部由于本期断层活动较弱,任丘—饶阳间沉降幅度为 0~1000m。至沙三段沉积时期,西部断层活动减弱,东部断裂活动增强,使东部凹陷带沙三段沉积厚度明显大于西部凹陷带(图 1—6)。此外,由沙四段末期(喜山—幕)构造运动所形成的南抬北降的格局在沙三段时期明显加强,廊固凹陷沙二—沙三期最大沉降幅度可达 4000m。

2. 黄骅坳陷

黄骅坳陷内的断裂构造,在时空上显示明显的由西向东和由南向北的发展迁移趋势。

沧东断层是黄骅坳陷内长期存在、并在新生代最早活动的边界主控断层。沧东断层的活动首先使黄骅坳陷的西侧发生断陷,形成坳陷中几个最为明显的二级凹陷带,即吴桥凹陷、南皮凹陷、沧东凹陷和板桥凹陷等。随着沧东断层的进一步发展,沧东断层的上盘发生变形,相继形成同向和反向的次级断层,并不断地向东扩展。断裂由南向北的发展趋势是指南区首先发生断裂,然后逐渐向中区和北区推移。这种论点主要是根据南区最早在始新世接受沉积,而中区和北区只含有渐新世沉积的现象得出的,因为所有沉积都明显地受断裂控制。

断裂由西向东发展的趋势主要与沧东断层的演化有关。地震剖面清楚地揭示沧东断层的几何形态为明显的铲形,并且上盘地层在沿断层发生位移时形成均衡调整成因的拱升背斜。这种现象是促使低级次断层(同向或反向)产生的重要原因,因为在背斜处逐渐形成了较强的与区域拉伸方向基本一致的张性应力场。随背斜曲率的不断增大,新生成的断层将不断地向背离沧东断裂的方向发展,即向东迁移。另一值得特别注意的现象是,在横穿黄骅坳陷南区的地震剖面上,一般在距沧东断层 30~40km 的距离上有一个产状陡并对沉积起明显控制作用的反向正断层(图 1—7)。这种断层似与沧东断层构成共轭关系,并且形成的时间比较早。这种共轭的反向断层通常也较深地切入盆地的基底之中。在其两侧,断裂的特性常发生转变,即在它与沧东断层之间的区域,断裂通常比较复杂,可出现铲形、平面状等各种断层类型,同时断裂之间的关系比较复杂,经常互相切割影响。与此相比,在共轭反向断层的另一侧,断层多呈平面状,且很少发生旋转。这后一区段的拉伸量要比沧东断层与共轭反向断层之间区域的拉伸量要小很多,如沧东凹陷的拉伸量为 35%,而盐山凹陷的拉伸量仅有 6%。因此,所导致的早期构造沉降的幅度也要小得多。很明显,共轭反向断层在黄骅坳陷的构造发展中起着很重要的作用,其与沧东断层之间的部分很明显与黄骅坳陷整体构造沉降相关,而其东侧则很可能与埕宁隆起构造发展关系更为密切。共轭反向断层的形成很可能与黄骅坳陷下伏构造拆离面出现斜坡有关。

黄骅坳陷内构造拉伸由南向北的迁移趋势很可能与前第三纪,即新生代构造拉伸前黄骅坳陷南区和中、北区的地壳厚度和热状态的差异有很大的关系。地壳厚度较大而且受岩浆和火山作用“加热”的地区一般较早地被拉开断陷,而地壳相对较薄并且岩浆和火山活动缺乏的地区则断陷发生较晚。发生这种现象的主要原因是,加厚的地壳或岩石圈可在重力的作用

图 1—5 冀中坳陷下第三系沙四段—孔店组等厚图 (单位: m)
容城—牛驼镇东南部地区根据剖面做了恢复