

濮城西沙二气顶油藏

中国油藏开发模式丛书

气顶砂岩油藏

濮城西沙二气顶油藏

THE SANDSTONE RESER-
VOIRS WITH GAS GAP
AT SHA MEMBER II
IN WESTERN PUCHENG

赵良金 张子贤 等编著

学(北京)

849
05

石油工业出版社

登录号	127468
分类号	TE349
种次号	005

中国油藏开发模式丛书

Series on Reservoir Development Models in China

· 气 顶 砂 岩 油 藏 ·

濮城西沙二气顶油藏

The Sandstone Reservoirs With Gas Cap at Sha Member II in Western Pucheng

赵良金 张子贤 等编著



石油0121300

石 油 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书是《中国油藏开发模式丛书》分类模式部分“气顶砂岩油藏”的典型实例之一，是关于边水气顶砂岩油藏开发模式的专著。

作者以中原油田濮城西区沙二上1油气藏为实例，运用油气藏开发16年来所积累的丰富资料，采用油藏描述技术、室内物理试验、油藏工程分析及油藏数值模拟等手段，从边水气顶砂岩油藏的早期识别、油气藏主要地质特征、开发过程中油气水运动规律和驱油机理，以及不同开发方式对油气藏开发效果的影响等方面，较全面地论述了气顶砂岩油藏开发全过程的技术特点和基本规律，建立了适合于濮城西区沙二上1这类油气藏地质特征的最优开发模式及相应配套的工艺技术系列，为国内此类气顶砂岩油藏的开发提供了借鉴。

本书可供石油地质、油田开发、数值模拟、矿场生产岗位的科研、技术人员和石油院校有关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

濮城西沙二气顶油藏/赵良金等编著.

北京:石油工业出版社,1997.7

(中国油藏开发模式丛书·气顶砂岩油藏)

ISBN 7-5021-2059-9

I. 濮...

II. 赵...

III. 气顶油藏-砂岩油气田-油田开发-河南

IV. TE349

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 13554 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)

北京普莱斯特录入排版中心印刷厂排版

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 12.75 印张 320 千字 印 1—2000

1997 年 7 月北京第 1 版 1997 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2059-9/TE·1735

定价: 35.00 元

《中国油藏开发模式丛书》

编辑委员会

主 任 周永康

副主任 谭文彬 王乃举

成 员 曾宪义 沈平平 金毓荪 张家茂

周成勋 万仁溥 刘万赋 冈秦麟

编务组成员

组 长 金毓荪

成 员 李志勋 杨贤梅 李春如

张卫国 戚玥瑛

《中国油藏开发模式丛书》

一、总论

二、分类模式研究

多层砂岩油藏

基岩油藏

气顶砂岩油藏

常规稠油油藏

低渗透砂岩油藏

热采稠油油藏

复杂断块油藏

高凝油油藏

砂砾岩油藏

凝析油油藏

三、典型实例

序

早在1987年，王涛同志在大庆的一次会议上提出，我国的油田开发有着丰富的实践经验，需要总结一套油藏开发模式，以便对新油田开发和老油田提高水平做出指导。在此之后，中国石油天然气总公司开发生产局、科技发展局、北京石油勘探开发科学研究院组织了全国五十多名专家和数百名工程技术人员，历经八个年头，终于完成了这套《中国油藏开发模式丛书》的编写工作，现在就要出版同广大读者见面了。这是我国油田开发理论研究的系列成果，也是石油工业出版界的一件大事，值得庆贺！

《中国油藏开发模式丛书》包括总论、不同类型油藏开发模式专著和典型油藏开发实例三个部分。丛书共计40册，大约1500万字。它凝结着我国油田地质、油藏和采油工程科技人员的辛劳和智慧，是数十年油田开发实践中成功经验与失败教训的高度概括，从中可以窥见到中国式的油田开发工程的一些特色。

需要指出的是，在本书出版之前，石油科技信息研究所及有关油田曾经编纂出版了一套《国外不同类型油藏开发历程及工艺技术系列研究》成果，它是本丛书的姊妹篇，国外油田开发经验为《中国油藏开发模式丛书》的编著起到了借鉴作用。

前几年我曾经讲过一个认识，“抓产量不等于抓开发”。就是说油田开发有许多科学道理，有它自身的一些规律性，只有老老实实在地按照科学规律，不断提高新老油田的开发水平，才会有产量，也才会有更好的开发效益。我希望从事石油工作的同志，特别是油田开发工作者，能够抽时间读一读或者有选择地读读这套丛书，一定会得到不少的收益。成功和失败都是我们前进的基石，摆在我们石油工作者面前的路是宽广的，也是曲折的，让我们继续奋斗吧！

周永康
一九九一年八月

前 言

我国陆上石油开发四十多年来，积累了丰富的实践经验，已发现和投入开发的油藏有多种类型，边水气顶砂岩油藏便是其中的一种。气顶油藏因油、气处于同一压力系统，开发过程中，油环与气顶地层压力及油气界面的控制和调整比较复杂，具有多种驱油机理，不同的开发程序和开发方式对不同类型气顶油藏的采收率影响较大。通过研究气顶油藏的构造和储集层特征及其对流体分布和运动的控制作用，描述气顶油藏开发全过程中的基本特点和规律，在此基础上对气顶油藏不同的开发方式进行研究，建立适合气顶油藏地质模型的开发模式及配套的工艺技术系列，可以为我国同类型油气藏的开发起指导作用。

本书以中原油田濮城西区沙二上1气顶油藏为实例，全面描述了濮城西区沙二上1油气藏构造特征、储层沉积和分布特征、流体分布特征及流体性质，针对气顶油藏开发过程中的多种驱替方式，运用室内试验结果论述了油、气、水相互之间的驱替机理及其对采收率的影响，结合油藏数值模拟结果系统总结分析了开采全过程中的调整部署和对策及油、气、水运动规律和开发动态变化特点，以濮城西区沙二上1油气藏地质模型为基础，借鉴国外气顶油藏开发经验，提出不同的开发方式，对各种开发方式进行数值模拟研究和经济评价，优选出一套开发效果好、经济效益高的开发方式作为适合于濮城西区沙二上1这类气顶砂岩油藏地质特征的开发模式，并提出了相应的配套工艺技术系列。

全书共分五章，第一章由杨广林、张子贤、庞正宽编写，第二章由张子贤、岳陆编写，第三章由赵良金编写，第四章由赵良金、张子贤编写，第五章由罗晓义编写，全书最后修改、定稿由赵良金完成，书中所有图件的清绘工作由刘於敏完成。

在本书的资料收集、编写及出版过程中，得到了金毓荪、李宗信、肖敏、潘生秦、彭鹏商、曾大乾等同志的热心指导和大力支持，杨贤梅老师给予了仔细的修改和校正。在此谨向所有关心、支持过本书出版的领导、专家和同志们表示衷心的感谢！

由于我们的水平有限，书中有些论点和认识难免有错误和不当之处，恳切地希望读者给予指正。

目 录

前言

第一章 油气藏地质模型	(1)
第一节 区域地质背景.....	(1)
第二节 油气藏勘探历程.....	(1)
第三节 构造模型.....	(4)
一、区域构造特征.....	(4)
二、油气藏构造特征.....	(8)
第四节 储层模型.....	(15)
一、地层特征.....	(20)
二、储层沉积学特征.....	(20)
三、储层物性特征.....	(35)
四、储层非均质特征.....	(40)
第五节 流体分布及其性质.....	(52)
一、油、气层特征.....	(52)
二、流体分布.....	(54)
三、流体性质.....	(57)
四、油气藏压力和温度.....	(64)
第六节 流体性质评价.....	(64)
一、流体组分特点.....	(64)
二、流体相态特征.....	(65)
第二章 储层渗流机理	(69)
第一节 水驱油渗流机理.....	(69)
第二节 气驱油渗流机理.....	(71)
第三节 水驱气渗流机理.....	(74)
第四节 油驱气渗流机理.....	(75)
第三章 油气藏开发历程和开发特点	(77)
第一节 试油、试气及试采.....	(77)
一、试油、试气.....	(77)
二、试采.....	(82)
三、储量复算.....	(93)
第二节 注水开发油环北部.....	(94)
一、方案部署.....	(95)
二、注水开发效果及开发特点.....	(96)
三、油气藏开动态变化特点.....	(102)
第三节 油气藏全面注水开发.....	(103)

一、对油气藏地质特征的新认识·····	(103)
二、油藏数值模拟研究·····	(103)
三、续建产能方案部署·····	(123)
四、油气藏开发动态变化特点·····	(131)
第四章 油气藏开发模式·····	(141)
第一节 濮城西区沙二上1 油气藏开发方式(方案)设想·····	(141)
第二节 油气藏不同开发方式数值模拟研究·····	(145)
一、衰竭式开采·····	(146)
二、油气边界注水障,油环内部点状面积注水保持地层压力,先开发油环后衰竭式 开采气顶·····	(148)
三、油气边界注水障同时开发油环和气顶·····	(156)
四、目前井网早期注水,先开发油环,后衰竭式开采气顶·····	(161)
第三节 油气藏不同开发方案经济分析·····	(165)
第四节 油气藏开发方式优选·····	(167)
第五节 建立合理开发程序·····	(168)
一、搞好油气藏早期评价·····	(169)
二、编制开发方案·····	(169)
三、油气藏开发过程中的监控和调整·····	(169)
第五章 油气藏开采工艺技术历程及工艺技术系列·····	(171)
第一节 油气藏开采工艺技术历程分析·····	(171)
一、钻井及射孔完井工艺技术历程分析·····	(171)
二、油气界面监测工艺技术历程分析·····	(171)
三、油气界面调控和气窜处理工艺技术历程分析·····	(172)
四、机械采油工艺技术历程分析·····	(172)
第二节 钻井及射孔完井工艺技术·····	(173)
一、钻井工艺技术·····	(174)
二、射孔完井工艺技术·····	(174)
第三节 油气界面监测工艺·····	(178)
一、动态监测系统建立与监测分析技术·····	(178)
二、油气界面监测工艺·····	(179)
第四节 油井气窜处理工艺技术·····	(180)
一、国内外气顶油藏气窜处理工艺技术·····	(180)
二、濮城西区沙二上1 油气藏气窜处理工艺技术·····	(183)
第五节 油气界面调控工艺技术·····	(184)
一、隔障注水技术·····	(184)
二、控制调整采气量、采油量和注水量技术·····	(184)
三、选择合理的射孔井段·····	(184)
第六节 高气油比井机械采油工艺技术·····	(185)
一、电潜泵强化提液采油要求·····	(185)
二、抽油井的防气技术·····	(185)

三、深抽工艺技术.....	(186)
第七节 气顶排液采气工艺.....	(187)
一、化学排水.....	(188)
二、气举排液.....	(188)
三、机抽排液采气工艺技术.....	(188)
参考文献.....	(191)

第一章 油气藏地质模型

第一节 区域地质背景

东濮凹陷是渤海湾含油气区的组成部分之一,也是一个多油气藏类型的复式断块油气田。主要部分横跨河南省濮阳、范县、长垣、兰考及山东省莘县、东明等县。在区域构造位置上处于渤海湾盆地临清坳陷南部,凹陷东侧以兰聊断裂为界,与鲁西隆起毗邻,西以内黄隆起的滑县凸起为界,南部与兰考凸起相邻,北以马陵断层与莘县凹陷相隔,凹陷面积约 5300km² (图 1.1)。

濮城油田位于河南省范县境内。是东濮凹陷中央隆起带北部向东北倾没于濮城次洼中的一个长轴背斜构造(图 1.1)。西隔古云集次洼与卫城油田相望,东侧及北端为濮城次洼,南以低鞍向文留构造过渡,是典型的洼中隆起构造。构造南北长 15km,东西宽 4.5km,下第三系沙一下底构造圈闭面积 54km²,闭合高度 250m (图 1.2)。整个构造发育北北东向、近东西向两组断层,共 70 多条。主要断层将濮城油田划分为东、西和南三个开发区,主要含油气层系为下第三系沙河街组的沙一、沙二上、沙二下、沙三上、沙三中和沙三下六套含油层系。西区沙二上 1 油气藏为濮城油田西部开发区沙二上亚段第一砂层组,属断块油气藏。

第二节 油气藏勘探历程

濮城油田于 1974 年开始勘探,1974 年至 1976 年进行了地震勘探及地质研究工作,陆续找到了局部构造。1975 年为了解文留构造向东北方向延伸倾没部位的含油气情况,在现今濮城构造的南部部署钻探了文 3 井,该井录井见微含油和油斑砂岩,电测解释沙一段(2020.8~2023.0m)油水同层 1 层 2.2m,干层 3 层 4.0m。沙二段(2172.7~2794.8m)油层 2 层 6.8m,油干层 6 层 15.0m,油水同层 1 层 7.5m,干层 5 层 10.4m。完钻后射开沙二下 2667.4~2695.8m 处的油层、油干层 2 层 7.8m 试油,抽汲求产,日产水 0.13m³,经酸化后洗出原油 3.74m³。原油密度 0.9222g/cm³,粘度 64578mPa·s,试油结论为油水同层。

1978 年在整体解剖濮城—卫城的部署中,在濮城断层上升盘鼻状构造高部位部署了文 35 井。该井于 1979 年 2 月钻至沙二上亚段,发现充满油的厚砂层,在钻至井深 2660m 时提前完钻,井段 2326.2~2570.3m 处电测解释油层 20 层 62.1m,油水同层 1 层 5.2m。完井后试油,射开井段 2390.0~2438.8m,10 层 36.2m 油层,4mm 油嘴,日产油 23t,日产天然气 2150m³,原油密度 0.8385g/cm³,粘度 5.65mPa·s,从而发现了濮城油气田。

文 35 井钻探获得突破之后,结合邻区钻探成果,对濮城构造进行综合分析认为,濮城构造西区沙二上储层比较发育,物源来自东北方向的范县地区,向西南减薄尖灭,沙一是较好的盖层,推测油气受构造和岩性控制,具有形成较富集油气藏的条件,可能为多层系叠加的含油气构造。为加快勘探步伐,制定了“整体着眼、深浅结合、重点东部、分批实施”的勘探战略方针。围绕控制沙二上储层及物性变化,落实油气控制因素,圈定含油气范围,了解

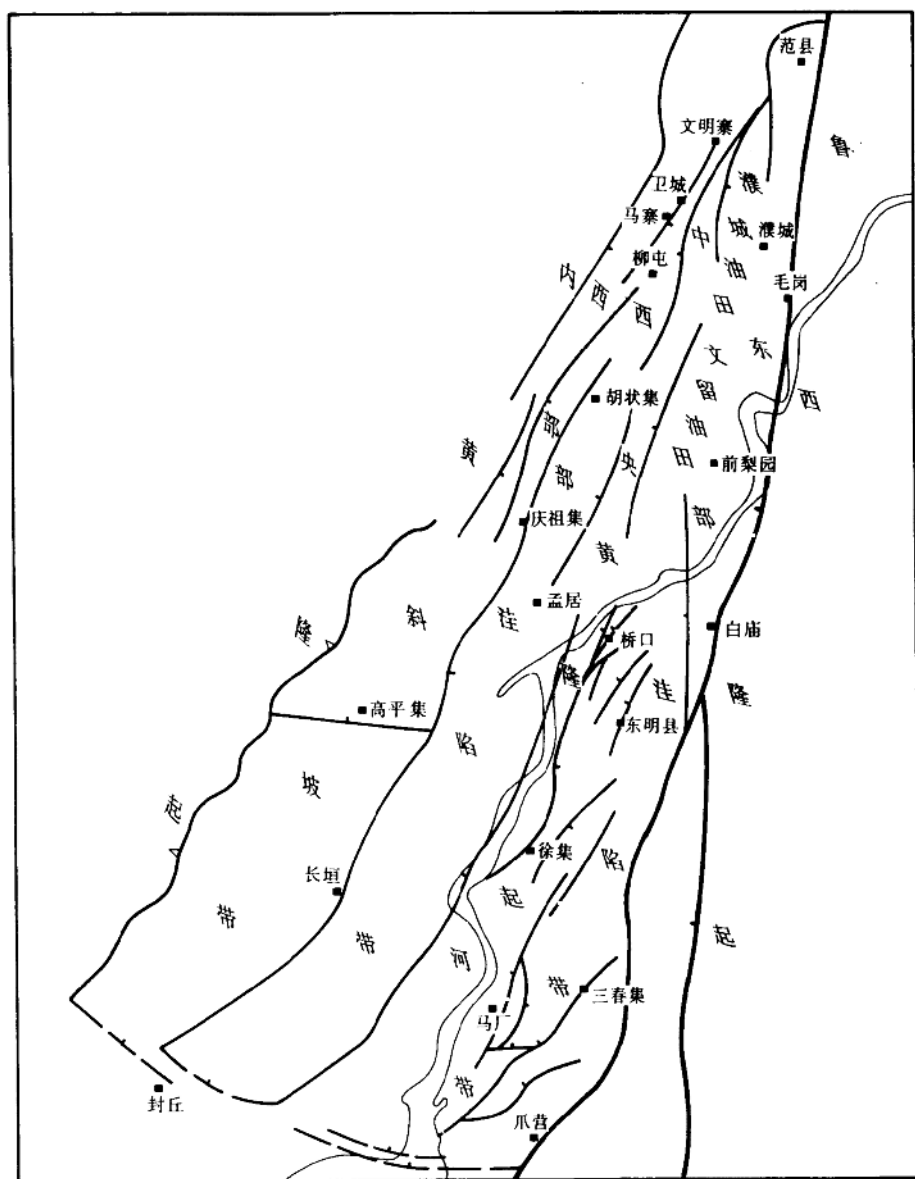


图 1.1 濮城油田区域位置图

油层物性及油层生产特征，控制整个濮城构造含油气情况，搞清构造全貌与邻区关系，落实油气储量，为编制开发方案提供参数，部署上采用大井距（2km）控制的方法，按不同设想布井，分批抽稀实施。至 1979 年 6 月已证实濮城构造具有多套生储盖组合和多套含油气层系，虽然断层发育、构造复杂，但多数断层断距都不很大，未破坏构造的完整性，各含油块均有大致统一的油水界面，油水关系相对简单，是一个重要的油气富集区。

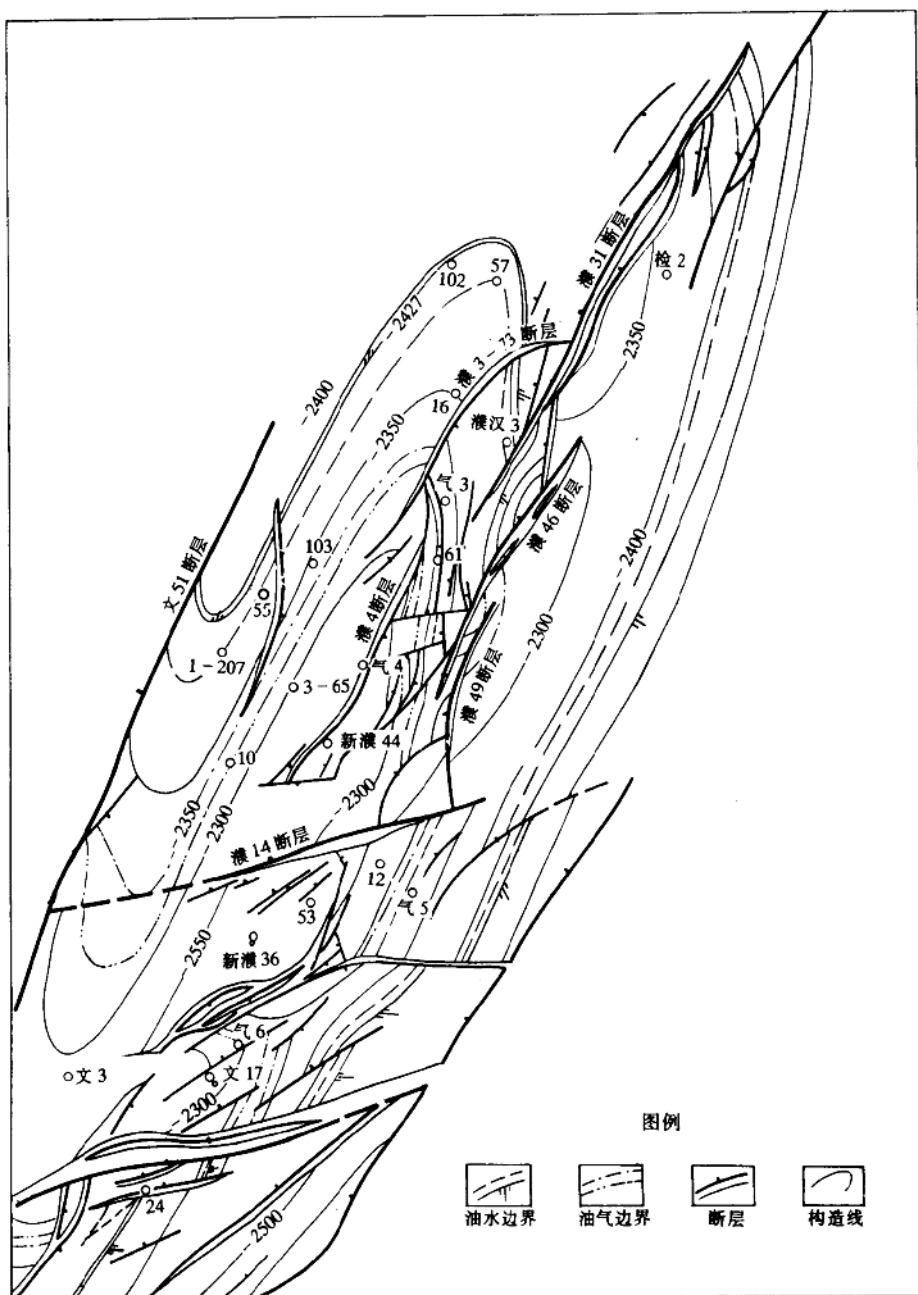


图 1.2 濮城油田沙二上 1 构造图

1979 年 5 月位于构造轴部附近的濮 4 井完钻, 电测解释濮沙二上 1 气层 5 层 10.5m。至 1979 年底西区共完钻 13 口井, 经试油证实西区沙二上 1 为一个带气顶的油藏。1979 年上报探明含油面积 4.18km², 石油地质储量 272.43×10⁴t。含气面积 5.75km², 天然气地质储量

13.65×10⁸m³, 凝析油地质储量 5.22×10⁴t。随着钻井、试油和试采资料的增多, 1980, 1982 年对油、气地质储量又进行了两次计算, 1984 年西区沙二、沙三段完钻 172 口井 (其中 3 口取心井), 试油、试采 6 口井, 并做了大量的油层物性、油气性质分析化验工作, 在此基础上对西区沙二上 1 油气地质储量进行了复算。复算结果, 含油面积 6.63km², 平均有效厚度 5.2m, 石油地质储量 483.65×10⁴t, 含气面积 4.2km², 平均有效厚度 6.7m, 天然气储量 13.74×10⁸m³, 凝析油地质储量 13.21×10⁴t, 溶解气储量 7.74×10⁸m³。

第三节 构造模型

一、区域构造特征

印支运动以来, 华北地台进入一个新的构造发展阶段, 地幔上拱造成第三系高低差异, 新生代早第三纪断陷的东濮凹陷就发育在这样的基底构造格局之上。它不仅对凹陷构造演化起着控制作用, 而且对圈闭的形成及油气演化运聚也起重要作用。

1. 基底结构特征

重力资料表明, 东濮凹陷是渤海湾盆地的南延部分, 夹持在鲁西南隆起与内黄隆起之间, 属新生代断陷陆相沉积凹陷。重力资料反演及地壳测深剖面显示东濮凹陷的深部为上地幔隆起带, 地幔起伏达 5~6km, 凹陷区地壳厚 29~30km, 两侧隆起区地壳厚 34~36km。各项资料还证实, 东濮凹陷的基底构造特征为两洼一隆, 西部为一斜坡, 具有裂谷性构造特点。中央隆起带由北东向斜列的次级构造带组成, 两侧洼陷带受断裂活动程度影响, 分为若干个次洼。凹陷内的基底主断裂与凹陷一样, 呈北东向展布 (图 1.3, 1.4)。

2. 凹陷演化

东濮凹陷的古生代基底属中朝地台的一部分, 中三叠世印支运动之前以海相沉积为主, 之后为陆相沉积。喜山运动早期凹陷东界的兰聊断裂持续活动, 开始形成凹陷。新生界不整合覆盖在古生界和中生界之上, 沉积厚度达 7000 余米, 先后经历了上隆阶段 (前第三纪), 初期裂陷阶段 (EK—ES₄^上), 强烈裂陷阶段 (ES₄^上—ES₃), 萎缩阶段 (ES₂), 稳定下沉阶段 (ES₁), 收缩阶段 (Ed) 和消亡—拗陷阶段 (N) (图 1.5, 1.6)。其间华北运动 I 幕使上下第三系之间为不整合接触。单就下第三纪而言, 按断裂活动形式和沉积旋回, 还可分为单断期与双断期和双旋回与上旋回。

(1) 上隆阶段

华北地台解体之后, 相继产生块断运动, 隆起部分遭受剥蚀, 直到古新世。

(2) 初期裂陷阶段

兰聊断裂在中生代活动的基础上继续强烈活动, 形成东濮凹陷初期单断箕状凹陷, 沉积中心在断裂下降盘一侧, 并充填堆积了 350m 厚的红色粗碎屑岩及少量火山岩。

(3) 强烈裂陷阶段

ES₄^上—ES₃ 时期是凹陷最发育时期, 除兰聊断裂继续强烈活动外, 西倾的卫西—文西—黄河断裂系及东倾的长垣断裂相继产生。在断裂不平衡活动下, 断块体掀斜程度不同, 形成了多个沉降中心, 发育多种沉积体系。这一时期沉积厚度大, 有机质丰富, 又发育良好的储集层, 为一套较深湖—深湖相盐湖沉积。

(4) 萎缩阶段

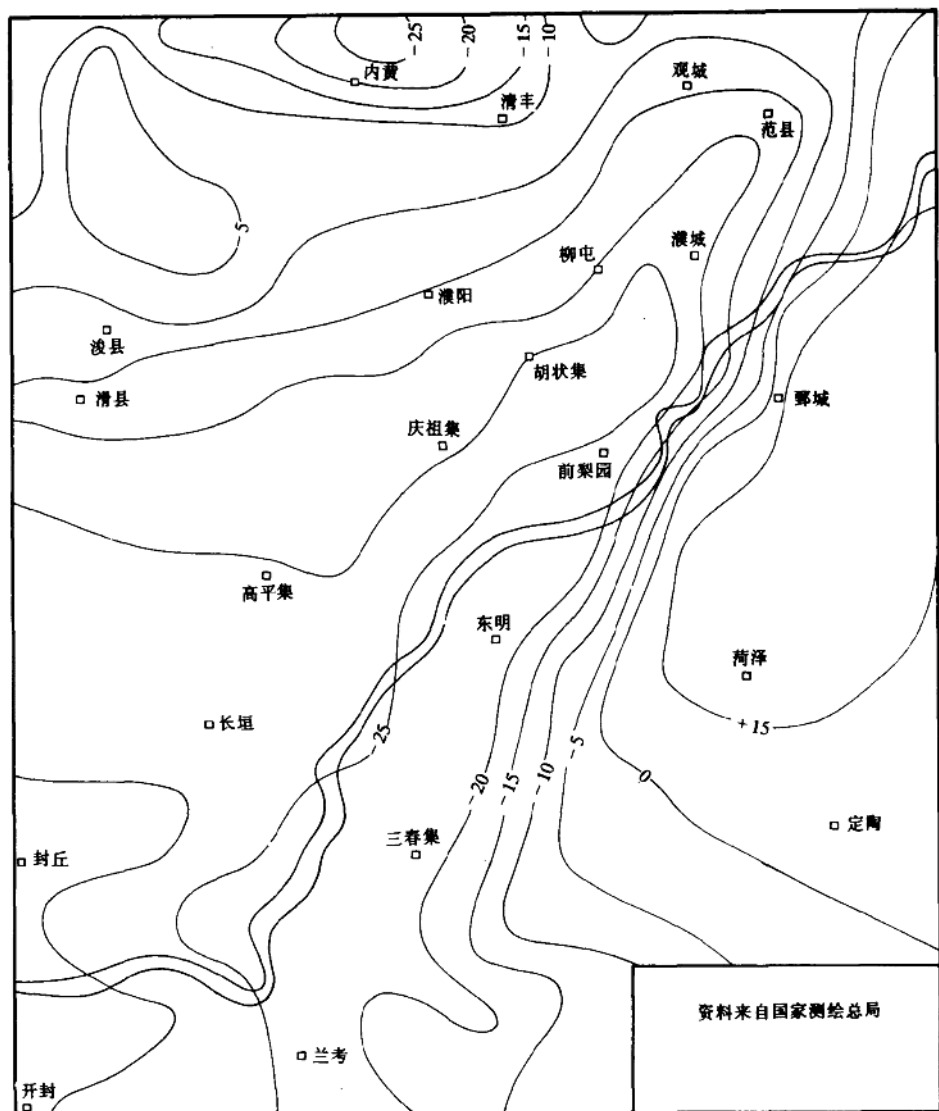


图 1.3 东濮凹陷布格重力异常图

到 ES_2 时期凹陷萎缩，水域缩小变浅，沉积了一套紫红色、灰绿色砂泥岩与膏盐岩，受断裂活动影响，在不同地区地层厚度及岩性有所变化。

(5) 稳定下沉阶段

ES_1 时期是凹陷又一次下沉时期，为半深湖相沉积，在濮城—习城集—胡状集—柳屯地区早期有灰白色盐岩及膏盐沉积。

(6) 收缩阶段

华北运动 I 幕使本区抬升，为一套河流相为主的沉积，在习城集—桥口—白庙一带 Ed 早

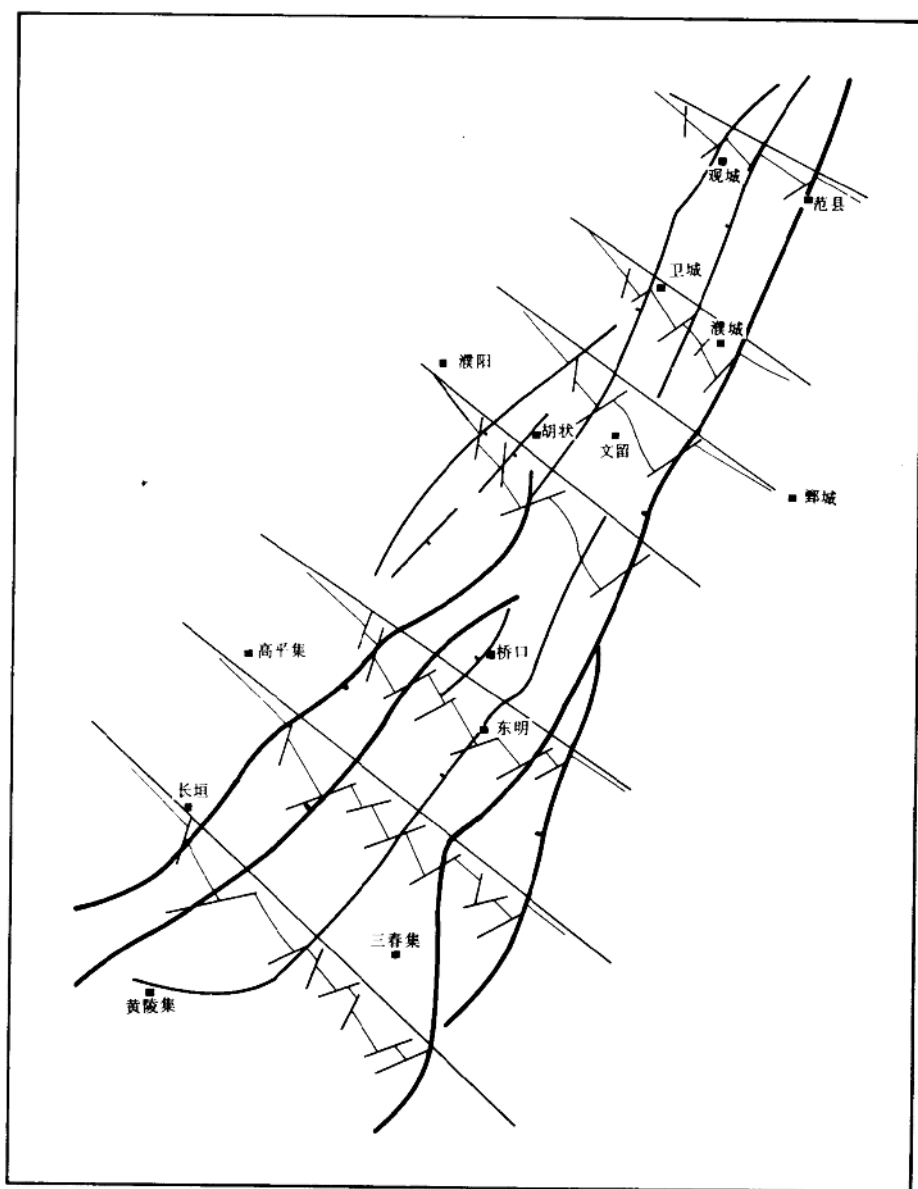


图 1.4 濮城凹陷基底结构示意图

期伴有岩浆岩侵入。

(7) 消亡—拗陷阶段

在下第三纪末普遍遭剥蚀的基础上整体下拗，为一套冲积平原相砂、泥岩沉积。

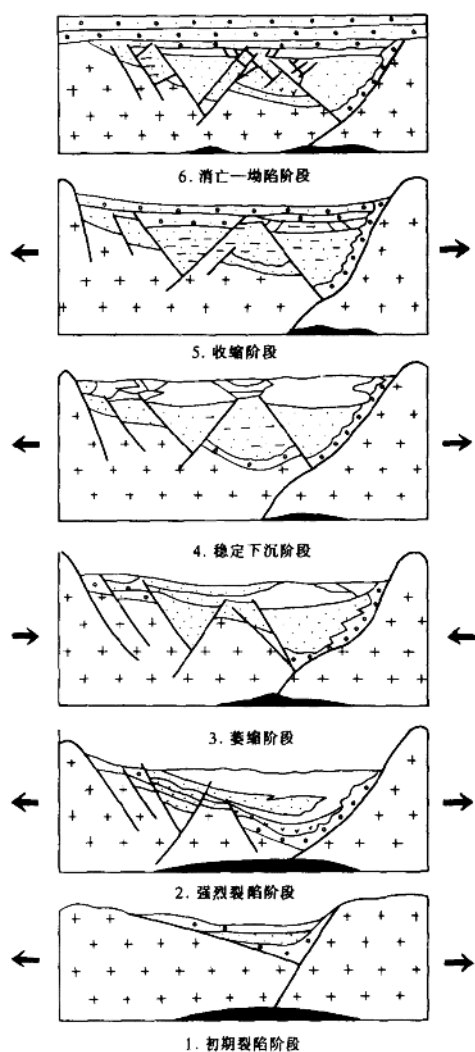


图 1.5 东濮凹陷演化阶段示意图

3. 凹陷断裂发育特点与构造带划分

东濮凹陷断裂十分发育，按是否深切基底，可分为基底断裂和盖层断裂两类。前者一般规模较大，具有继承性、多期性和向上呈分枝状特点。后者多受基底断裂控制，是同沉积伴生断层。按其断裂展布方向来分，主要是北北东向，其次是北东—北东东向，还有少数为北西向及东西向。

根据基底断块构造特征结合盖层构造特点，东濮凹陷可分为五个构造带，即兰聊断裂带、东部洼陷带、中央隆起带、西部洼陷带和西部斜坡—断阶带。