

中国
油藏
开发
模式
丛书

多层砂岩油藏

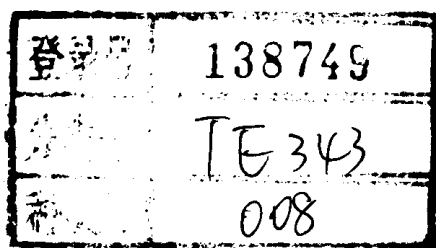
胜坨沙二段多层断块 砂岩油藏

THE MULTILAYERED AND
BLOCK FAULTED SAND-
STONE RESERVOIRS AT
SHA MEMBER II IN
SHENG TUO OILFIELD

段昌旭 冯永泉 等编著

石油工业出版社





中国油藏开发模式丛书

Series on Reservoir Development Models in China

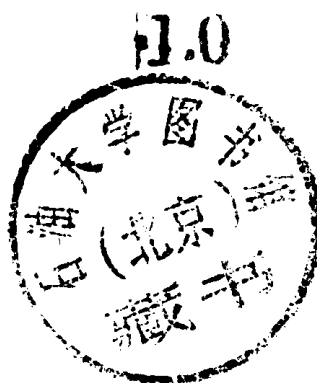
• 多层砂岩油藏 •

胜坨沙二段多层断块砂岩油藏

The Multilayered and Block Faulted Sandstone Reservoirs at Sha

Member II in Shengtuo Oilfield

段昌旭 冯永泉 等编著



石油大学0142153

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“多层砂岩油藏”的典型实例之一。

本书以胜利油区胜坨多层砂岩油藏为对象,采用油藏地质描述技术、油藏工程研究方法、室内实验、现场试验和数值模拟等手段,在论述胜坨油田地质特征,建立油藏地质模型的基础上,系统地总结和阐述了胜坨多层砂岩油藏的水驱油机理、开采特征、注水开发全过程的基本规律,以及不同开发阶段的主要做法。对主要开发部署和技术政策界限进行了论证,由此总结归纳出本类油藏的合理开发程序,进而优化建立了多层砂岩油藏的开发模式及工艺技术系列,为此类多层砂岩油藏的开发建立了科学模式。

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

胜坨沙二段多层断块砂岩油藏/段昌旭,冯永泉等编著
北京:石油工业出版社,1997.7
(中国油藏开发模式丛书·多层砂岩油藏)
ISBN-7-5021-2054-8

I. 胜…

II. ①段…②冯…

III. 多油气层油气田:砂岩油气田-油田开发-研究-山东

IV. TE344

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 12700 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 11 印张 278 千字 印 1—2000
1997 年 2 月北京第 1 版 1997 年 3 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-2054-8/TE·1730
平装定价:30.00 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

编辑组成员

组 长 金毓荪

成 员 李志勋 杨贤梅 李春如

张卫国 咸玥瑛

《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

在国内众多油藏中，多层砂岩油藏是非常重要的一类油藏。在大庆、胜利等主要油区，均以多层砂岩油藏为主要油藏类型。

本书以胜利油区胜坨多层砂岩油藏为例进行论述。胜坨油田主要含油层系沙二段发育 15 个砂层组 74 个小层，是典型的多层砂岩油藏。它的开采特征和开发过程中的主要做法已形成多层砂岩油藏独自的开发模式。

书中阐述了胜坨油田的地层、构造、储层、流体性质、润湿性等主要地质特征，建立了剖面非均质概念地质模型、多层平面地质模型、多层剖面地质模型。在此基础上，系统地论述了多层砂岩油藏的水驱油机理和开采特征。例如，油层产能、多层合采的层间干扰、含水上升规律、采液指数和采油指数，以及吸水指数变化规律、平面和纵向水淹特征、剩余油分布规律和影响因素等。对不同开发阶段的主要做法和效果进行了分析和评价。对主要开发部署和技术政策界限进行了系统的论证。例如，采用数值模拟方法对合理细分开发层系的论证，采用数值模拟结合经济评价方法对合理井网密度的论证，以及对地层压力保持水平的论证和对强化采液的论证，并通过论证和优化提出了量化指标。由此总结归纳出本类油藏的合理开发程序。优化出针对本类油藏的配套工艺技术系列。建立起本类油藏的开发模式。以上这些均可供合理开发同类油藏参考和借鉴，具有非常重要的指导意义。

全书共分五章，第一章由郭子政、邱隆英编写；第二章由段昌旭、凡哲元、李岩、刘志宏、骆正兰编写；第三章张广振、邓玉珍、段昌旭、凡哲元、赵红霞编写；第四章由段昌旭编写；第五章由冯永泉、张凤珍、郝兴、陈德坦、王汉民编写。第一章为地质部分，由郭子政最后修改定稿，第二章到第四章为油藏工程部分，由段昌旭最后修改定稿，第五章为工艺部分，由冯永泉最后修改定稿。

在本书的资料收集，编写及出版过程中，得到了宋万超、颜捷先、刘良叔、魏善全、邹鹏程等同志的帮助，杨贤梅同志对原稿给予仔细的审阅，并提出了不少改进的意见。在此谨向所有关心，支持过本书的领导、专家和同志表示衷心的感谢！

由于水平有限，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 地质特征及地质模型的建立	(1)
第一节 概况.....	(1)
第二节 地层.....	(1)
一、地层层序.....	(1)
二、主要研究层位的岩性及化石.....	(1)
第三节 构造.....	(4)
第四节 储集层.....	(5)
一、沉积相研究.....	(5)
二、几种主要沉积砂体的储层特征.....	(5)
三、孔隙类型和孔隙结构	(12)
第五节 流体性质	(20)
一、原油性质	(20)
二、油田水性质	(22)
三、天然气性质	(23)
第六节 润湿性	(23)
第七节 地质模型	(25)
一、剖面非均质概念模型	(25)
二、多层平面地质模型	(25)
三、多层剖面地质模型	(31)
第二章 水驱油机理及开采特征	(34)
第一节 水驱油机理	(34)
一、地下原油粘度是影响水驱油效率的主要因素	(35)
二、油层渗透率是影响水驱油效率的重要因素	(35)
三、亲水油层的水驱油效率高	(37)
四、渗透率级差对水驱油效率的影响较小	(38)
第二节 开采特征	(39)
一、油层渗透率高，产能高	(39)
二、层间差异大，多层合采层间干扰严重	(39)
三、中低含水期含水上升速度快，高含水期含水上升速度减缓，60%以上的可采储量要在高含水期采出	(41)
四、随着含水上升，采油指数减小，采液指数增大，吸水指数的增大受注入水水质影响而复杂化	(41)
五、中低含水期，油层沉积类型对平面油水运动有明显影响，高含水期以后，主要是注采井网控制程度影响平面含水和剩余油分布	(43)

六、油层沉积类型和沉积特征始终控制着油层纵向水淹特征和剩余油分布规律	··· (45)
第三章 不同开发阶段的部署及技术政策	(60)
第一节 不同开发阶段的主要做法	(60)
一、低含水采油阶段	(60)
二、中含水采油阶段	(60)
三、高含水采油阶段	(64)
四、特高含水采油阶段	(67)
五、注水开发效果评价	(67)
第二节 对主要开发部署和技术政策的论证	(68)
一、开发层系	(68)
二、注采井网	(75)
三、地层压力保持水平	(79)
四、强化采液	(86)
五、提高原油采收率方法筛选	(92)
第四章 开发程序	(94)
第一节 开发准备阶段	(94)
一、开发准备阶段需要加深认识以下问题	(94)
二、开发准备阶段必须取全取准资料，开展以下工作	(94)
三、基础井网方案的编制和实施	(95)
四、开辟生产试验区	(96)
第二节 投入开发阶段	(96)
一、编制油田开发方案	(96)
二、实施油田开发方案	(97)
三、复杂区块先打井后定井别	(98)
第三节 开发调整阶段	(98)
一、开发动态监测	(98)
二、开发调整	(98)
第四节 结论	(100)
第五章 采油工艺技术系列	(102)
第一节 分层注水工艺技术	(102)
一、试注工艺技术	(102)
二、胜坨分层注水工艺	(103)
三、增注工艺技术	(108)
四、注水水质	(112)
第二节 分层采油工艺技术	(113)
一、自喷井分层采油工艺技术	(113)
二、抽油井分层采油工艺技术	(116)
第三节 强注强采工艺技术	(122)
一、强化注水，维持油层能量	(123)
二、强采工艺保证了提液稳油的需要	(124)

三、强注强采的实施效果.....	(135)
第四节 卡堵水工艺技术.....	(136)
一、各类卡堵水工艺特点及适用范围.....	(136)
二、机械卡堵工艺.....	(137)
三、化学堵水工艺.....	(140)
第五节 动态监测工艺技术.....	(152)
一、注水井测吸水剖面.....	(154)
二、油井测产液剖面.....	(156)
三、工程测井.....	(158)
四、碳氧比能谱测井.....	(159)
第六节 胜坨油田不同开发阶段的主要特点及应用的采油工艺技术.....	(161)
一、低含水采油阶段.....	(161)
二、中含水采油阶段.....	(161)
三、高含水采油阶段.....	(162)
四、特高含水采油阶段.....	(162)
参考文献.....	(163)

第一章 地质特征及地质模型的建立

第一节 概 况

胜坨油田位于东营凹陷最北部，坨庄—胜利村—永安镇二级构造带的中段，东邻民丰洼陷，西和西南邻利津洼陷，南接东营断裂带，北部以胜北弧形大断层与陈家庄凸起相连。油田分布有 12 条主要断层，并将其分割成 11 个含油区块。

胜坨油田是一个被断层复杂化的、油气丰富的逆牵引背斜构造油气藏（见图 1.1）。油田最大含油面积 72.5km^2 ，原油地质储量 $45476 \times 10^4\text{t}$ ，天然气储量 $8.89 \times 10^8\text{m}^3$ 。主要含油层位为新生界下第三系沙河街组。已证实有工业油气流的有六套含油（气）层系（图 1.2），自上而下有：明化镇组（气层）、馆陶组（气层）、东营组（油层）、沙一段（油气层）、沙二段（油层）及沙三段（油层）。主力含油层系为沙二段，其储量占胜坨油田总储量的 80.7%，特点是：含油井段长（1400m 左右）、油层厚度大（3—4—6 井 270m）、油层物性好（孔隙度 25%~30%、渗透率 $0.5 \sim 30\mu\text{m}^2$ ）、原油性质较差（密度一般 $0.88 \sim 0.95\text{g/cm}^3$ 、粘度一般 $80 \sim 400\text{mPa} \cdot \text{s}$ ，最高 $2400\text{mPa} \cdot \text{s}$ ）、产能高（3—9—11 井为 1134t/d ，一般 50t/d ）。

到 1992 年 9 月全油田共钻井 2142 口，其中取心井 108 口，取心进尺 15671.32m，岩心长 12972.16m，收获率 82.78%，油砂长 2625.12m。

胜坨油田自 1966 年陆续投入注水开发至今已有 25 年，到 1991 年底，累积采油 $11488.15 \times 10^4\text{t}$ ，采出程度 27.42%，综合含水 92.1%，油田已进入特高含水期。为了使油田发挥更大效益，本章解剖了胜二区有代表性的层段沙二 1^{2-5} 、 2^{2-5} ；建立了各种类型的油层地质模型供数值模拟研究。总结了不同开发阶段的主要做法；评价了注水开发的效果及合理开发程序等。

第二节 地 层

一、地层层序

胜坨油田在震旦、寒武系的花岗岩之上，沉积了第三系的沙河街、东营、馆陶、明化镇、平原组等共五套地层。第三系沉积受三次构造运动的影响，形成四个完整的沉积旋回，由于构造运动的程度不同，形成了不同类型的生、储、盖组合。四个沉积旋回是：沙四沉积旋回期、沙三—沙二段沉积旋回期、沙一段—东营组沉积旋回期及馆陶组—明化镇组沉积旋回期（图 1.2）。

二、主要研究层位的岩性及化石

主力含油层系沙二段由 15 个砂层组组成，小层划分为：一区 15 个、二区 74 个、三区 65 个。油藏埋深 1830~2500m，厚度 670m 左右，沉积剖面类型分性清楚。

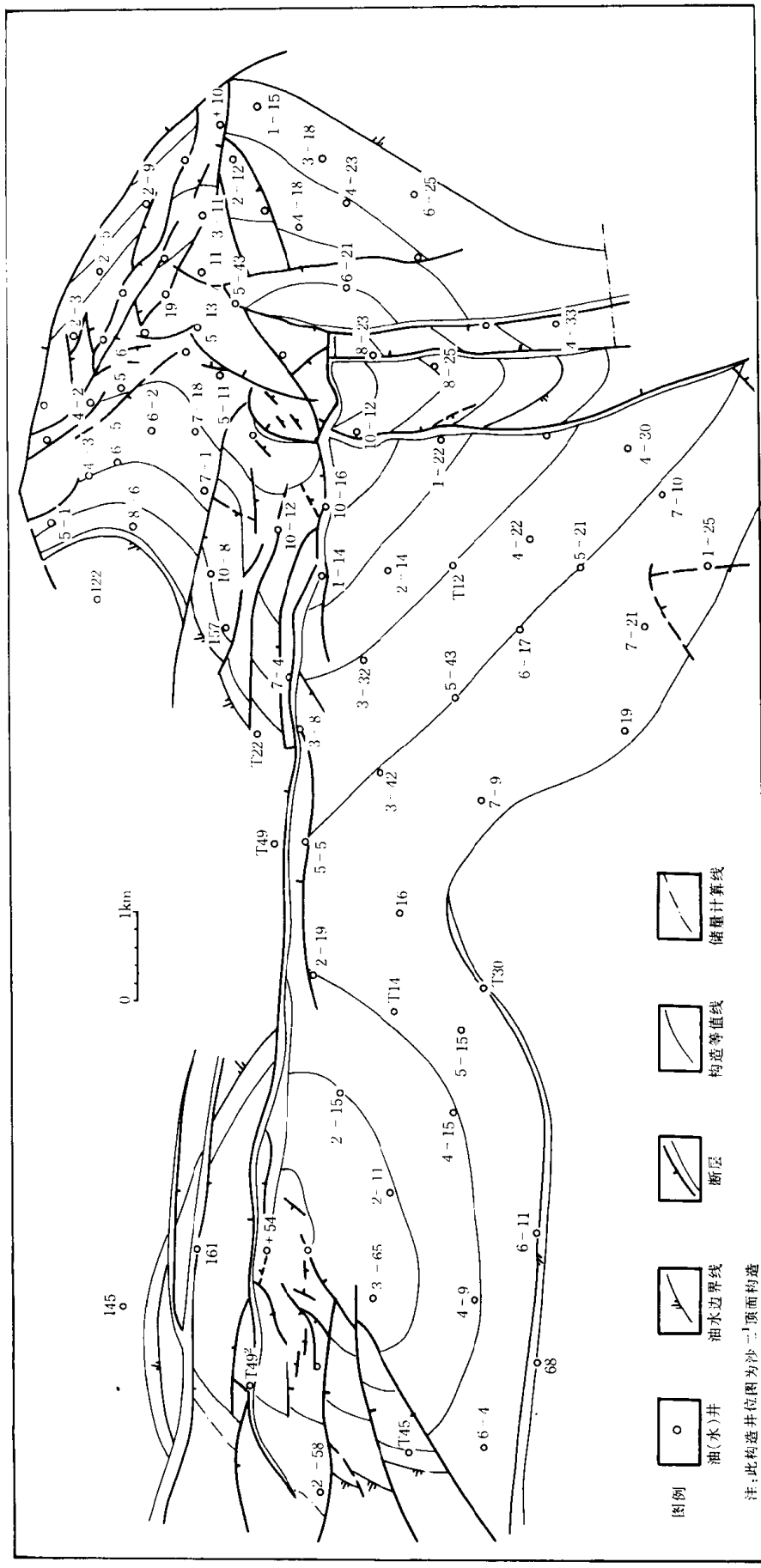


图 1.1 胜坨油田构造井位图

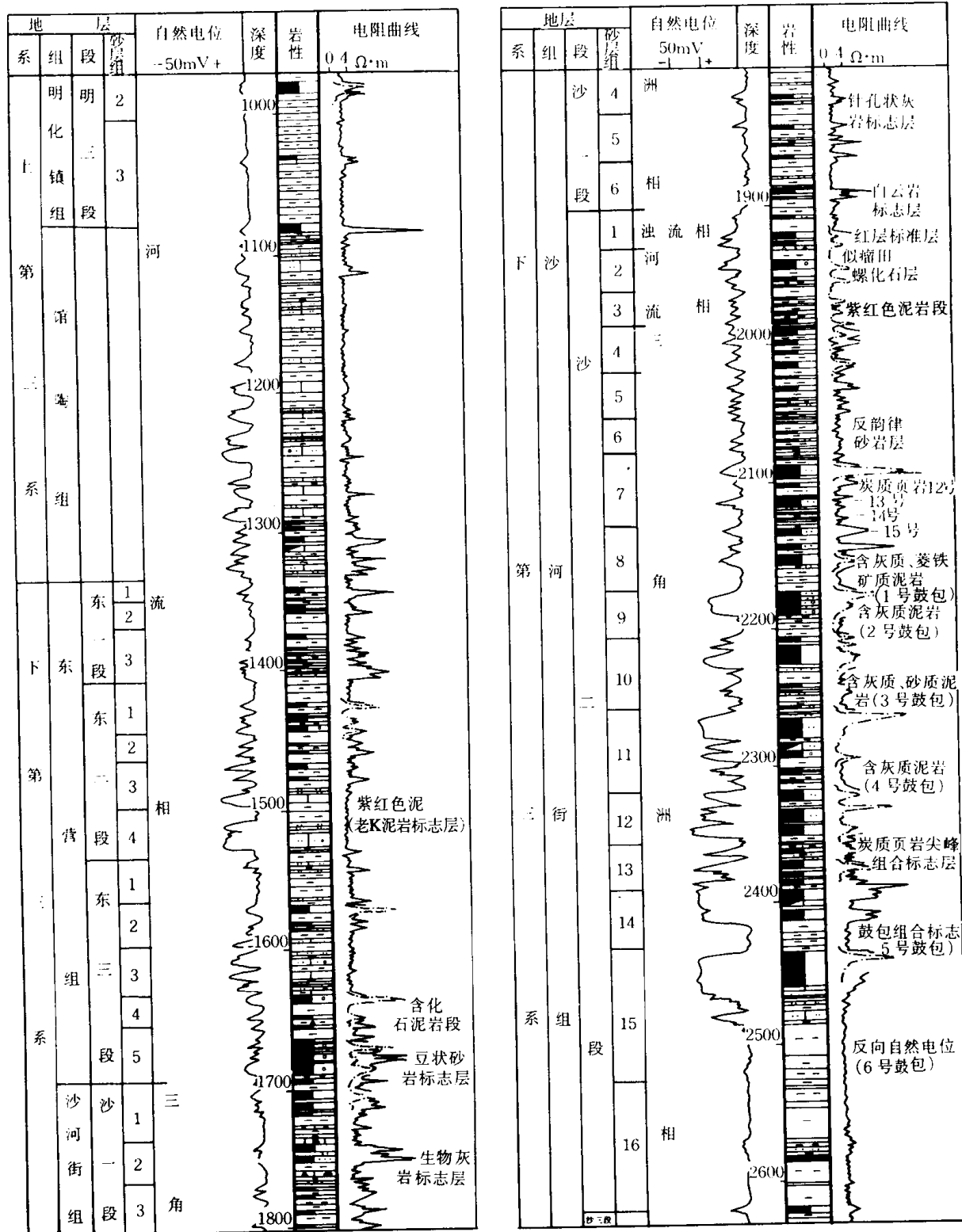


图 1.2 胜坨油田综合柱状图

1. 沙二 8 砂组以下

为厚层一块状粉细砂岩与深灰色泥岩组成的反旋回沉积，砂岩一般厚度为 20~25m，最厚可达 40m，向西相变为泥岩夹薄层灰质岩，砂岩中见斜层理及水平层理，三区北部岩性变粗，为中、细砂岩夹砾状砂岩。砂岩中含石英 50%~55%，长石 25%~30%，岩块 10%~15% 颗粒呈次圆状，分选较好，泥质胶结，含量 10%。胶结类型为孔隙式。化石有中国华北介、惠东华北介、具脊盘螺、扁平盘螺，三区北部发现大量塔螺。

2. 沙二 4~7 砂组

胜坨二区 4~5 砂组，为灰绿、紫红色泥岩夹砂岩，砂体多呈透镜状分布。6~7 砂组以灰色泥岩为主夹砂岩，发育多层炭质页岩。砂岩一般厚 2~4m，以正韵律沉积为主，为中、细砂岩，分选中等，具交错层理。胜坨一区岩性变粗，夹有薄层含砾、砾状砂岩，具不规则交错层理及水平层理，炭质页岩层位抬高（至 3 砂组底），泥岩无红色。胜坨三区砂岩中局部夹薄层砾岩，砂岩底见冲刷面，局部含泥砾。砂岩中含石英 45%~50%，长石 30%~35%，岩块 15%~20%，泥质胶结，含量 6%~8%，胶结类型为接解—孔隙式。泥岩中富含济南土星介、似近球形金星介、博兴假玻璃介、阶状似瘤田螺、厚唇黄河螺、水龙骨科孢粉等化石。

3. 沙二 1~3 砂组

紫红、灰绿色泥岩与细砂岩、中粗砂岩及砾岩互层，砂岩厚 2~4m，最厚达 10m。含石英 40%~50%，长石 30%~35%，岩块 20%~25%，泥质胶结，较疏松，分选差，颗粒为棱角一次圆。特别是紫红色泥岩含量比下部地层高，砂岩多为正韵律沉积，底部有冲刷面，下切现象明显。2~3 砂组中有粒序组成的大型斜层理及交错层理，一般为 18°~30°。1 砂组中可见粒序组成的递变层理，具鲍马序列。化石丰富，特别是 1~2 砂组，种属多，保存较好，主要有拱形介、博兴假玻璃介、土星介、旋脊似瘤田螺、拟黑螺、伸长似轮藻、麻黄属孢粉等化石。胜一区见少许波状层理及水平层理。胜二区南部砂岩以中粗砂岩为主，砾石增多，砾径增大，一般为 1~2mm，最大 5~6mm，泥质含量局部增高 15%~20%。胜三区北部砂岩增厚，粒度变粗，以中粗砂为主，可见细砾岩，特点是泥、砂、砾混杂，分选极差，韵律不清，无层理，泥岩中含较多的砂及砾石，反映近物源快速沉积。

第三节 构造

胜坨油田处于坨庄—胜利村—永安镇二级构造断裂带的中段，是胜北弧形断层南倾下降盘上的逆牵引背斜构造（图 1.1）。它由东、西两个高点组成，东高点比西高点高 50~70m，两高点间以鞍部相接，东西长 15km，南北宽 4~7km，面积 72.5km²，构造平缓，倾角 2°~5°，东北部由于受胜北大断层影响，倾角 9°左右，上缓下陡，闭合幅度 15~235m。到目前为止，发现大小断层 71 条，落差悬殊，大者 500m（1 号断层），小者 10m 多，均为正断层，倾角 40°~60°。胜坨油田分布有 12 条主要断层，将其分割成 11 个含油区块，坨 1、坨 15、坨 103、坨 107、胜二区、坨 7、坨 11 北、坨 11 南、坨 21、坨 28、坨 30 块等。断层可分为四组：东西向、南北向、北东—南西向、北西—南东向，以东西向和南北向断层为主，这两组断层落差大，延伸长，对油气起控制作用，为含油区块的边界断层。如 7 号断层，走向东西，北倾，倾角 45°，落差 80~100m，延伸长 13km，为坨 1 块与坨 15 块及胜二区与坨 21 含油区块的边界断层。

胜坨油田在沙二下沉积时期（10 砂层组沉积前）是一个坳陷，之后开始隆起，东营时期

隆起幅度最大，构造运动强烈，直至明化镇早期，随着隆起的发生，断裂活动开始产生，隆起幅度愈大，断裂活动愈强烈，断层相继增多，油田上大部分断层产生于沙二上—东营期。构造断裂活动大体可分三期，即构造启动期（沙二中—沙一段沉积期）、构造强化期（东营期）、构造平静期（馆陶—明化镇），故胜坨油田的拗、隆、断、平的构造发展史，控制了胜坨油田的油气分布。

第四节 储集层

一、沉积相研究

沉积相的研究是建立地质模型的基础，沉积环境对储层特征起着重要的控制作用，不同沉积相带沉积的砂砾岩体有着各自的特点。

主要研究层段相带的划分，据前人研究，认为沙二段 1 砂组为浊流相沉积；2~3 砂组为河流相沉积；4~7 砂组Ⅱ、Ⅲ区为三角洲平原相沉积，Ⅰ区为三角洲前缘相沉积；8 砂组以下为三角洲前缘相沉积（图 1.3）。据前人报告中论述的构造背景及沉积特征，并通过 20 口大直径、闭塞、油基泥浆等取心井资料的分析，认为胜坨油田是一套完整的河流—三角洲沉积，共划分四个沉积体系，6 个相带，若干个亚相和微相（表 1.1）。

表 1.1 各沉积相带划分表

体 系	相 带	亚 相	微 相	代 表 层
冲 积 扇	泥石流		扇根、扇中、扇端	坨 30、坨 28 北部的 2~3 砂组
	水下扇		扇根、扇中、扇端	坨 30、坨 28 北部的沙二段 1 砂组
河 流	辫状河	河床（心滩）、泛滥平原		沙二段 2 ² 、2 ³ 、3 砂组
	曲流河	河床（边滩）、天然堤、决口扇、泛滥平原		沙二段 2 ² 、2 ³
三 角 洲	三 角 洲	三角洲平原相	分流河道、河间洼地、沼泽	沙二段 4~7 砂组、三区东部沙二段 8 砂组
		三角洲前缘相	河口坝、湖滩砂、席状砂、侧缘斜坡、末梢砂坝	一区沙二段 5~7 砂组，二、三区沙二段 8~15 砂组
		前三角洲相		一区沙二段 7 砂组以下
浊流	浊流		水道、中心相、边缘相	沙二段 1 砂组

二、几种主要沉积砂体的储层特征

各种沉积类型的砂体，由于它们所处的沉积部位不同，储层的岩性、结构、沉积构造均有不同，岩石的孔隙性、渗透性（水平、垂直、非均质性等）和含油性亦存在着差异，这种差异直接影响油水运动规律，从而影响开发效果，因此对不同沉积类型的储层特征及夹层特征的研究是十分必要的。

1. 辫状河砂体的储层特征

1) 韵律特征：主要为正韵律或复合正韵律沉积，粒度粗，下粗上细，由于复合正韵律的存在，特高渗透层穿插油层各部位。

2) 砂体形态特征：平面上砂体多呈网状分布（图 1.4），宽窄不一，宽者 1.2~1.5km，窄者 0.15~0.2km。由于双向环流作用，河流两侧冲刷和沉积作用大体相当，砂体剖面接近对称。

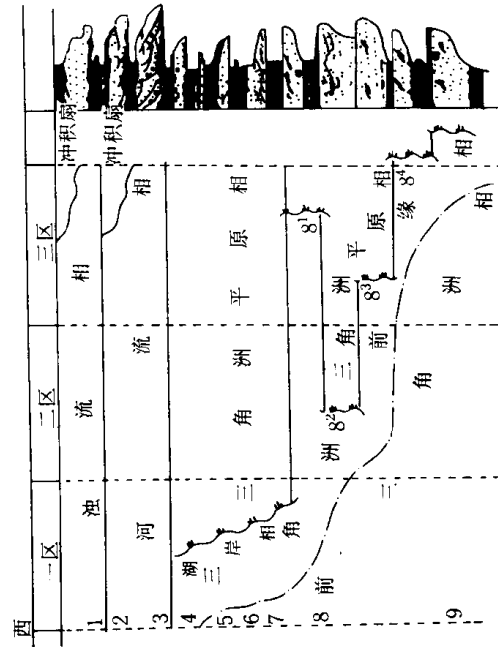
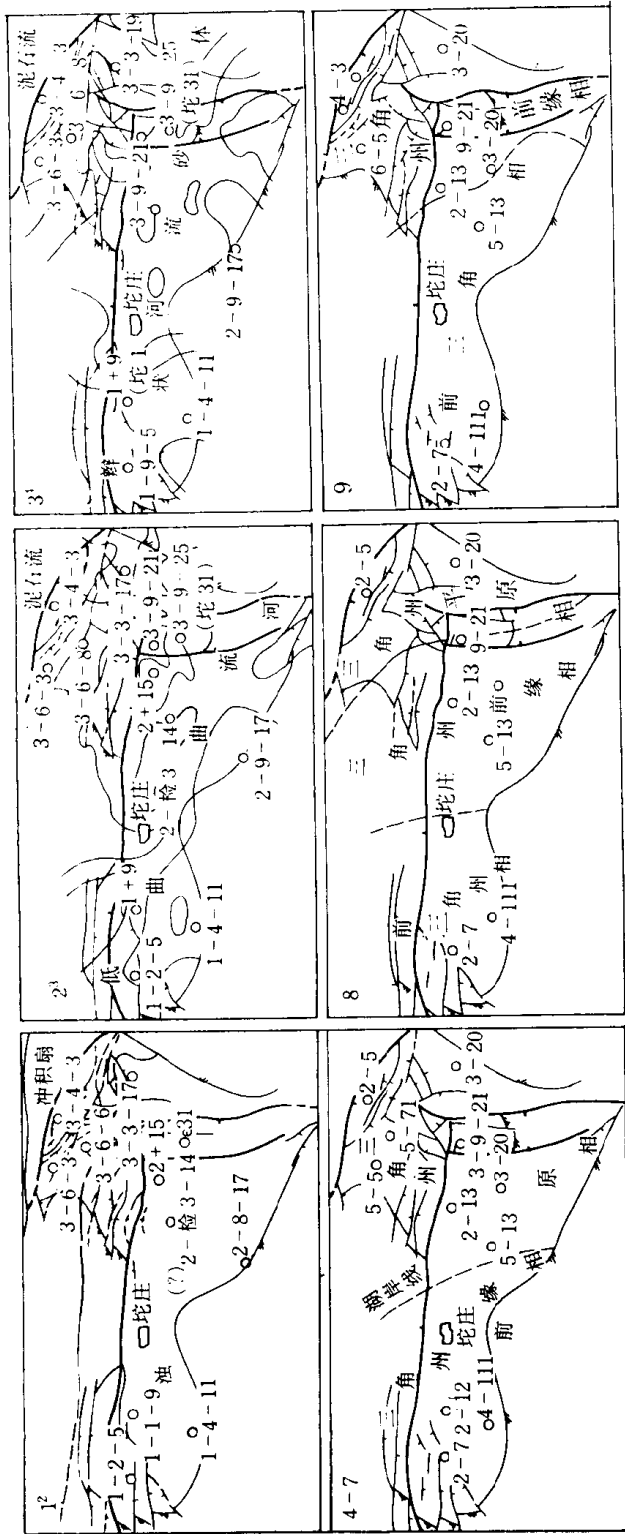


图 1.3 胜坨油田各沉积时期纵横相演变图

