

中国油藏开发模式丛书

高凝油油藏

魏岗高凝油油藏

THE HIGH POUR
POINT OIL RESER-
VOIRS IN WEIGANG

高约友 等编著



石油工业出版社

登录号	126752
分类号	TE345
科	0.08

中国油藏开发模式丛书
Series on Reservoir Development Models in China

· 高凝油油藏 ·

魏岗高凝油油藏

The High Pour Point Oil Reservoirs in Weigang

高约友 等编著



石油0122115

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“高凝油油藏”的典型实例之一，是关于高凝油油藏开发模式方面的专著。

本书以河南油田魏岗高凝油油藏为例，运用20多年油田开发所积累的丰富资料，采用现代先进的油藏地质描述技术、室内物理实验、油藏工程分析及数值模拟等手段，从断块高凝油油藏地质基本特征，三角洲相储层地质模型建立方法，微观水驱油机理，油田开发阶段划分和各阶段的优化部署对策及配套工艺技术等方面，较全面地论述了高凝油油藏开发全过程的技术特点和基本规律，优化建立了油藏温度高于析蜡温度20℃以上的高凝油油藏开发模式和相应各阶段的工艺技术系列。反映了我国高凝油油藏开发的一个方面，为此类油田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

魏岗高凝油油藏/高约友等编著.

北京:石油工业出版社,1997.9

(中国油藏开发模式丛书·高凝油油藏)

ISBN 7-5021-2105-6

I. 魏…

II. 高…

III. 高凝点油田-油田开发-河南

IV. TE345

中国版本图书馆CIP数据核字(97)第19027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14.75印张2插页374千字印1—1500

1997年9月北京第1版1997年9月北京第1次印刷

ISBN 7-5021-2105-6/TE·1770

精装定价:62.00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 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

我国有多种油藏类型，高凝油油藏是其中的一种，它们的共同特点是：凝点和含蜡量较高，原油地下粘度一般并不高。国内普遍认为，由于含蜡量高使原油具有高凝点，把凝点高于 40°C ，含蜡量大于 10% 的原油称作高凝油。

高凝油油藏在世界上分布很广，美国、前苏联、印度、印度尼西亚等都拥有高凝油资源。我国已投入开发的高凝油油田有：辽河的沈阳油田、河南的魏岗油田、大港的小集油田等，研究总结我国高凝油油藏开发模式，无疑将对增强高凝油油藏开发决策工作的科学性和预见性，改善开发效果，提高开发经济效益，形成有针对性的开发程序和工艺技术，具有十分重要的意义。

魏岗油田原油以高含蜡量（45.1%~48%）、高凝点（ $46\sim 47^{\circ}\text{C}$ ）为特征，是国内著名的高凝油油藏，仅次于辽河的沈阳油田。二者其含蜡量和凝点，在高含蜡的我国原油中为最高，在世界原油中也属罕见。

魏岗油田于 1977 年 12 月投入开发，经过近 20 年的开发实践，在开发部署对策和配套工艺技术方面已积累了较多实践经验。当油藏温度超过析蜡温度 20°C 以上，油藏埋藏深度较深，油层物性尚好，油井产量偏高时，高凝油油藏应采用注常温水保持压力，用化学防蜡降凝和热洗清蜡进行常规抽油方法采油，形成了一套具有最佳效益的开发模式，为我国同类油藏的开发起到指导作用。

本书是在高约友组织下编写的，全书共分六章。参加编写的人员有：第一章陈程、刘金兰、张在志；第二章高约友、付柘、蒋庆坦；第三章吕成元、张顺元；第四章郭玉律；第五章曾志明；第六章杨国义。全书的最后修改、定稿由高约友完成。

在本书的资料收集、编写及出版过程中，得到了河南石油勘探局及中国石油天然气总公司有关领导和同志的关心及大力支持，在此谨向所有关心、支持过本书的专家、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 地质特征和模型	(1)
第一节 油田早期识别评价	(1)
一、油田的发现	(1)
二、早期油田地质研究	(2)
第二节 油田地质基本特征	(3)
一、油田地质背景	(3)
二、油藏基本特征	(6)
第三节 油藏地质模型	(12)
一、研究程序与方法	(12)
二、油田构造特征	(17)
三、储层地质特征	(22)
四、地质模型	(42)
第二章 油田开发全过程的开采特点及部署对策优化	(44)
第一节 开发概况	(44)
一、高速开采阶段	(44)
二、综合调整、治理, 较低速度开采稳产阶段	(44)
第二节 微观水驱油机理	(48)
一、实验条件	(48)
二、油水两相渗流微观水驱油特征	(48)
三、孔隙结构和注水压差对水驱油效果的影响	(50)
四、结论和建议	(52)
第三节 油田开发阶段划分及开采特点	(53)
一、低含水阶段的开采特点	(53)
二、中含水阶段的开采特点	(55)
三、高含水阶段的开采特点	(56)
第四节 油田开发全过程的基本规律	(63)
一、采油、采液指数变化规律	(63)
二、吸水指数变化规律	(64)
三、含水上升率变化规律	(64)
四、储量动用特征	(65)
第五节 不同开发阶段的部署和对策	(67)
一、高凝油油藏常温注水试验分析	(67)
二、各阶段开发部署和对策	(77)
第六节 油藏动态监测系统	(82)

第七节 开发模式的优化与评价	(82)
一、注采井网格式的优化	(82)
二、合理井网密度的优选	(86)
三、采油速度的优选	(87)
四、最优化开发模式	(89)
第八节 提高采收率方法筛选和剩余油分布研究	(92)
一、提高采收率方法筛选	(92)
二、剩余油分布研究	(93)
第三章 钻井、完井工艺及油层保护技术	(97)
第一节 钻井工艺技术	(97)
一、地层及油层特性	(97)
二、岩石可钻性研究	(97)
三、优选参数钻井技术研究	(99)
四、取心工艺技术研究	(102)
第二节 完井工艺技术	(104)
一、完井前的准备	(104)
二、油层套管标准设计	(104)
三、固井水泥品种及水泥添加剂的选择	(104)
四、保证固井质量的主要工艺技术措施	(105)
第三节 保护油层技术	(106)
一、油层损害的主要机理	(106)
二、钻井液、完井液体系的选择	(106)
三、钻井液固相的清除及设备	(107)
四、钻井中的保护油层技术	(107)
第四章 不同开发阶段测井系列及解释方法	(109)
第一节 不同阶段测井系列及解释方法	(110)
一、开发早期测井系列及解释方法	(110)
二、开发中—后期测井系列及解释方法	(111)
第二节 储层解释参数研究	(112)
一、有效孔隙度 (ϕ_e) 研究	(112)
二、泥质含量 (V_{sh}) 研究	(112)
三、束缚水饱和度 (S_{wi}) 研究	(114)
四、地层水电阻率 (R_w) 研究	(114)
第三节 地质效果	(115)
第五章 采油工艺技术	(123)
第一节 高凝油油藏对采油工艺的特殊要求	(123)
第二节 井筒防蜡降凝工艺技术	(123)
一、化学防蜡降凝工艺技术	(124)
二、磁防蜡技术	(135)
三、油井热洗清蜡工艺技术	(138)

四、高凝油井筒防蜡开采主要方式的选择	(140)
第三节 注水工艺技术	(142)
一、魏岗高凝油油藏在不同开发阶段的注水工艺概况	(142)
二、注水工艺技术	(144)
三、结论与建议	(174)
第四节 以找、堵水为主的其它配套工艺技术	(175)
一、找水、堵水工艺技术	(175)
二、完井工艺技术	(177)
三、油层改造工艺技术	(178)
第六章 地面工艺技术	(179)
第一节 国内外高凝油油藏地面工艺技术现状	(179)
一、国外开采高凝原油的主要特点	(179)
二、国内高凝油油田开采的主要特点	(180)
第二节 油田总规模的确定	(180)
第三节 原油的流变特性	(181)
一、魏岗原油的流变力学特性	(181)
二、原油乳状液流变力学特性	(183)
三、化学助剂及磁处理对魏岗高凝原油流变性的影响	(185)
第四节 油气集输流程的选择	(187)
一、常见的油气集输流程	(187)
二、油气特征	(187)
三、油气集输流程选择	(188)
四、油气集输技术难点及技术措施	(189)
第五节 原油处理、计量工艺与设备选择	(195)
一、原油脱水工艺及设备选择	(195)
二、分队计量工艺及设备选择	(201)
第六节 原油污水处理工艺流程及设备选择	(203)
一、污水处理工艺流程及设备	(203)
二、洗井回水处理	(210)
三、化学药剂在污水处理中的应用	(210)
四、结论与建议	(211)
第七节 注水工艺及设备选择	(212)
一、注水站规模及工艺流程确定	(212)
二、注水阶段划分及其特点	(212)
三、高压注水及注水泵选型	(216)
四、注水科研成果及发展方向	(216)
第八节 油气综合利用	(220)
一、原油稳定	(220)
二、原油伴生气的综合利用	(222)
参考文献	(225)

第一章 地质特征和模型

第一节 油田早期识别评价

一个现代油田的发现是有分析、有预测，按照一定计划与方案进行找油的系统工作。它建立在一定的理论基础之上，从而与早期直觉的、随机打井、盲目找油方法之间有着根本区别。油气勘探工作成败的关键是能否正确应用油区模式和油气田分布规律的理论，分析判断有利与不利的地质条件，并从战略上选准勘探主攻地区。魏岗油田是“源控论”找油理论指导下的油气勘探的典范。“源控论”是在60年代初发展和完善的有机地球化学找油理论，弥补了30~40年代产生的“圈闭论”。“源控论”的要点是有利生油区基本控制了油气的区域分布，在这个范围内的圈闭又进而控制了油气富集的场所。魏岗油田的发现正是有目的地实践着这种理论。

由于油田本身的复杂性及认识手段的限制，早期认识的油田地质结构常常是粗浅的。随着资料的积累，对油田地质结构的认识逐渐趋于统一和精细。每一认识阶段石油储量会出现相应的变化。断块油田的复杂性决定了认识过程的多次性和反复性，形成了“勘探中有开发、开发中有勘探”的认识格局。魏岗油田早期评价中有其内在的认识规律，这对同类油田的勘探与开发评价有重要的指导意义。

一、油田的发现

1. 区域普查

魏岗油田位于南襄盆地南阳凹陷中南部。1955~1970年地质矿产部在南阳凹陷周缘露头区做过石油地质调查，钻地质浅井24口；中原物探大队做过1:50000的电法大剖面和1:100000的重力普查，1:500000航磁概查；904队做过1:500000航磁概查，1:100000的磁力普查；第四物探大队做过地震概查。根据这些资料，初步确定了南阳凹陷的轮廓、基底性质、盖层特征，并发现了可供进一步勘探的局部构造。

2. 油田的发现

(1) 前期工作

在南阳凹陷重力图上，西北坡与深凹陷的过渡带，两条地震十字剖面上有一鼻状构造显示，定名为廖庄鼻状构造。为了解基底以上的地层层序，确定生油情况，在该构造上钻探了南1井。南1井的钻探，说明南阳凹陷为下第三系凹陷，并具有一定生油能力，但生油岩厚度较薄。分析认为，井位偏向北部斜坡部位。后来，南2井就定在南1井以东的深凹陷的隆起部位上（以后证实为魏岗鼻状构造南翼）。南2井钻探结果，发现了900m厚深灰色生油岩，解决了定凹问题，明确了找油前景。同时，地震勘探完成了部分地震测线，发现了王庄断鼻构造，因所处地质条件比较有利，确定了南3井，南3井因事故而完钻，但发现了6层10.5m的油迹砂岩，暗示着南阳凹陷具有生油、运移、聚集等石油地质过程，增添了发现工业性油田的信心。

(2) 南 6 井部署

1971 年 5 月,地震野外工作结束,第一次作出了南阳凹陷的地震构造图,基本上勾画了南阳凹陷的构造面貌。凹陷北部为斜坡,中南部为深凹陷,深凹陷南部为断阶带。深凹陷中,以东庄背斜和魏岗鼻状构造为主体,组成南北向的中央隆起带,隆起带以东为牛三门凹子,以西为焦店凹子。

根据新的构造图,认为突破地区应以中央隆起带为重点,同时兼顾南部断阶带做整体部署。在中央隆起带南部的东庄背斜构造上定了南 5 井,在隆起带北部的魏岗鼻状构造的南端部署南 6 井。

南 6 井完钻井深 2034m,试油射开井段 1218.2~1484.0m,油层 2 层,共 7.6m,畅喷日产油 72.2t,从而发现了魏岗油田。

3. 勘探经验

一般情况下,大盆地找油的有利条件多。但魏岗油田的发现,证实了在中小盆地找油的可能性,因此,应建立在中小盆地找油的信心。在中小盆地找油,首先要明确有无生油条件,因为有效生油岩系的规模是决定含油远景诸因素中最基本的条件。当发现生油层后,就要沿着主要构造带,布一定的预探井,以了解含油、气聚集带的基本面貌。

二、早期油田地质研究

1. 初探阶段

该阶段为 1973 年之前,共钻探井 7 口,其中有 6 口见含油层,完成 600km² 的地震详查和细测资料。

根据上述资料,初步总结了魏岗油田地质特征。魏岗油田处于东庄—魏岗隆起带的北半部,形态为穹窿状背斜构造,圈闭面积 23km²,闭合差 300m;构造顶部被一条北东—南西向的西掉正断层切割,断层落差 90~120m,断面倾角平缓,一般为 40°;储层岩石颗粒粒度为 0.05~0.25mm,为细砂岩,泥质含量 5%~6%,钙质含量为 2%~6%,分选中等;主力油层单层厚度大,一般 3.8~7.0m,物性较好,孔隙度一般为 13%~29%,渗透率一般为 $38 \times 10^{-3} \sim 2207 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;油层中部压力平均为 15.6MPa,主力油层能自喷,日产油 70t 左右,非主力油层不能自喷,但日产油也在 15~30t 之间;原油含蜡高(南 6 井原油含蜡量 41.9%),凝点高(南 6 井原油凝点 47~48℃);初步计算含油面积 1.2km²,地质储量 $133.8 \times 10^4 \text{t}$ 。

基于上述认识,确定了魏 1 井~魏 7 井之间为开发试验区,部署 15 口井。在部署过程中,采用探井方式钻井,优先考虑探边的原则,为尽快落实油田面积和储量,了解油层压力系统、产能情况,摸索高凝油的开采工艺做充分准备。

2. 详探阶段

该阶段为 1973~1976 年,已完成钻井 79 口,基本摸清了油田地质结构、储层特征及流体性质等地质研究内容,为编制开发方案奠定了基础。

该阶段共识别出 9 条大断层和 7 条小断层,将整个魏岗鼻状背斜切割成 7 个断块;划分了 50 个油层,102 个油砂体,含油面积 19.61km²,估算地质储量 $2036.17 \times 10^4 \text{t}$ 。

储层性质也不如起初认为的好,岩性大多为细砂岩和粉砂岩,泥质含量和钙质含量均较高,储量较多的核二段 I 油组,平均空气渗透率为 $331 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均孔隙度为 22%。

主要油层位于深度 1200~1700m 之间。地下温度测试结果表明,深度在 600m 处平均油层温度 36℃,1200m 处平均油层温度 58℃,1800m 处平均油层温度 86℃。可见,油层温度略

高于原油凝点和析蜡温度,这为以后魏岗油田需注温水开发提供了依据。

3. 开发调整初期阶段

该阶段为1976~1980年,由于魏岗油田断层多,储层性质变化大,油水层解释不准等原因,生产能力没有达到方案设计的要求。

根据油田开发生产中出现的问题,重新开展了以落实储量为主要内容的地质研究。综合运用岩心、测井、试油等资料,共落实油砂体125个,油田含油面积 11.78km^2 ,地质储量 $701.5 \times 10^4\text{t}$,其中储量大于 $20 \times 10^4\text{t}$ 的油砂体有10个,储量占全油田储量的54.2%。

该阶段评价结果反映出魏岗油田储量丰度低($60 \times 10^4\text{t}/\text{km}^2$),油层的单层厚度薄(1.2m),油层物性中等(平均渗透率 $372 \times 10^{-3}\mu\text{m}^2$)。

4. 启示

对于陆相断块油田,采用常规的勘探开发程序,难以适应其复杂地质特点的需要,效果较差。魏岗油田早期勘探开发实践表明,搞好初探和详探阶段的工作,对整个油田开发设计效果起着决定性的作用。

1) 地震精查、整体部署、划分断块是早期油田地质评价的主要工作程序。

含油区带常受断块控制,断块的划分取决于二、三级断层的几何要素。实践表明,用地震为主结合钻探的方法来探明断块,常常是有效的方法。在钻井部署过程中,要着眼于整体,规划一批探断块的井,组成几条纵横大剖面,然后分数步实施。钻探剖面部署时,要考虑每一断块部署1~2口井,布在构造有利部位,先打关键剖面井等。

2) 加强地质基础资料的录取工作,提高储层的含油性认识是早期油田地质评价的重要内容。

在钻井整体部署实施过程中,应及时部署系统取心和试油工作,了解油层的四性关系,解决地层对比和油层解释问题,从而有利于落实可靠的地质储量。

3) 断块油田全面开发后,仍需继续进行勘探。

对已全面投入开发的油田,要根据动态资料调整和完善开发系统,做好油田的稳产工作。但因断块油田构造与岩性的复杂性,许多油层的识别评价、断层组合、岩性变化规律等问题并未完全解决,存在着挖潜和找新储量的可能性,如魏岗油田自1980年以来,新增地质储量 $202 \times 10^4\text{t}$ 。

第二节 油田地质基本特征

由于有利的地质背景,使牛三门凹子和东庄凹子生成的大量油气向魏岗断鼻构造带运移,从而使该构造带成为南阳凹陷油气最富集的部位。同时,南阳凹陷的石油地质条件决定了魏岗油田复杂的油藏地质特征,影响着油田开发部署的效果。

一、油田地质背景

1. 构造与地层

(1) 构造

根据反射层主干断层展布方向,结合前第三纪的构造格架,以中部老龙镇—黄台岗至禹桐断裂为界,将南阳凹陷分成南北两个不同特征的构造区(图1.1),即北部斜坡区和南部凹陷区。北部斜坡区总的面貌是由南向北缓慢抬升的斜坡,整个斜坡的第三系均为冲积平原。南

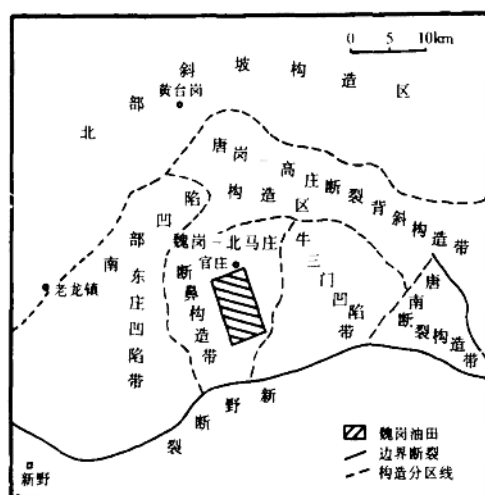


图 1.1 南阳凹陷构造分区

部凹陷区以东庄—牛三门凹陷带为中心，南面以新野边界断裂为界，内部还可划分 5 个局部构造带：唐岗—高庄断裂背斜构造带、唐南断裂构造带、牛三门凹陷带、魏岗—北马庄断鼻构造带和东庄凹陷带。魏岗油田正处于魏岗—北马庄断鼻构造带上。

魏岗—北马庄断鼻构造带，东邻牛三门凹陷带，西接东庄凹陷带，南面以新野断裂为界，北部与唐岗—高庄断裂背斜构造带为邻，是油气聚集的有利地带。它的构造形态继承了长期水下古隆起，为一北端抬升，南端倾伏的鼻状背斜，长轴方向为 NW—SE，被一组 NEE 或 NE 向正断层几乎垂直切割，从而形成众多断层—背斜圈闭。

(2) 地层

经过多年的钻探，揭露本区的地层，主要为第三系沉积。南 1 井古生物资料证实，底部有少量上白垩统地层（胡岗组）与下伏元古界变质岩呈不整合接触（表 1.1）。

表 1.1 魏岗油田地层层序

地质时代单位			岩石地层单位	
第四纪—晚第三纪			平原+上寺组	
早第三纪	渐新世	晚	廖庄组	
		早—中	核桃园组	H ₁
	始新世	晚		H ₂
		早—中		H ₃
	古新世		大仓房组	
			玉皇顶组	
晚白垩世晚期			胡岗组	
元古代变质地层				

胡岗组以高阻的棕、暗紫色砾岩为主，与棕红色泥岩、砂岩互层为特征。玉皇顶组、大仓房组为凹陷断拗阶段的沉积，以暗紫色泥岩、含砾泥岩、粉砂岩、夹浅灰色泥质粉砂岩、粉砂岩为特征，逐渐地向湖相沉积过渡。核桃园组为凹陷稳定下沉到回返初期阶段的沉积，发育一套暗色泥岩、灰白色砂岩和粉砂岩。廖庄组为凹陷回返上升阶段的沉积，以棕红泥岩和灰绿砾岩、粗砂岩互层为特征。上第三系和第四系的上寺组、平原组与下部地层呈不整合接触，由一套红色砾、砂、泥岩交互组成。

从大仓房组的末期开始，凹陷进入稳定下沉阶段的沉积。到核桃园组早、中期，由于沉降速度快，沉积速度慢，致使凹陷以非补偿的湖相沉积为特征，成为魏岗油田主要的生油和含油层位。核桃园组晚期凹陷开始回返上升，湖水变浅，变为红灰的沉积物。根据沉积旋回特征，可以将核桃园组分为核一段（H₁）、核二段（H₂）、核三段（H₃）。

凹陷稳定下沉初期,活动较为剧烈,形成H₃的灰色、深灰色泥岩与灰白、浅灰色粉砂岩、砂岩频繁交替的沉积,其间夹有碳酸盐岩。视电阻率呈高尖刺刀状排列。

H₂为深灰、灰色泥岩与灰白色砂岩、粉砂岩的砂泥岩旋回式沉积,下部砂岩多,向上减少,中、上部有褐色油页岩,反映出明显的3个次级旋回,由此划分为3个油组,其中H₂I, II油组是魏岗油田90%以上的石油储量富集层位。

H₁为凹陷回返上升阶段的沉积,中、下部以灰、浅灰色,上部以棕红色、灰绿色泥岩为主,与灰白色、棕红色、黄绿色砂岩互层,视电阻率低平,具小幅度齿状特征。

2. 古气候与沉积体系

(1) 古气候

在核桃园组沉积时期,南阳凹陷被褶皱带、凸起所包围,南部为新野古凸起,东北部为社旗凸起,西北部为师岗凸起,北部发育一平缓的、较长距离的斜坡带,并向秦岭褶皱带过渡。

核桃园组孢粉分析表明(表1.2、表1.3),从H₃到H₁均含有被子类、裸子类及蕨类,但被子类以槭属、榆属占优势,裸子类以松科、杉科及麻黄为主。这些孢粉分子大部分产于现代亚热带地区,少数分布在热带或温带,尤其是喜热的槭粉和耐干旱的麻黄等含量较高,主体反映了亚热带干旱—半干旱气候。孢粉分异度一般在1.5~2.0之间,也反映了气候较为干旱的环境。

表 1.2 南阳凹陷核桃园组孢粉分析

类 型 层 位	松科	杉科	麻黄	槭属	榆属	胡桃	蕨类	裸子	被子
H ₁	14.3	12.1	23.2	18.1	5.9	1.2	6.2	51.9	40.9
H ₂	15.1	21.8	13.8	20.0	9.6	1.6	5.1	54.0	40.5
H ₃	24.4	8.0	14.1	13.6	14.3	2.6	8.2	50.3	41.4

表 1.3 南阳凹陷核桃园组孢粉分异度特征

分 异 度 层 位	范 围	平 均
H ₁	1.35~1.87	1.63
H ₂	1.44~1.98	1.69
H ₃	1.48~2.14	1.75

(2) 沉积体系

在核桃园组三段和二段沉积时期,湖盆进入深陷扩展阶段。虽然对沉积作用有影响的断裂活动已明显减弱,但边界断裂—新野断裂活动仍很强烈,断距达2000m。因此,湖盆南侧仍保持较高的沉降速度,致使湖水加深,水域扩大。同时经过长期的剥蚀作用,周缘凸起与湖盆的相对高差明显地减少,碎屑物质供给也不如早期丰富,湖盆处于欠补偿状态。

在古地貌、古气候和构造的联合作用下,北部斜坡上发育有广阔的冲积平原沉积体系、湖泊三角洲沉积体系,南缘发育水下冲积扇体系,中部部位是湖泊体系(图1.2)。

三角洲沉积体系发育在凹陷北部斜坡带,由东向西依次分布有张店三角洲、金华三角洲及沙堰三角洲。张店三角洲与金华三角洲砂体是南阳凹陷的主要储集砂体,常彼此靠近,远端侧向毗邻,故又称为金华—张店三角洲复合体,两者共同向牛三门次凹推进,并从牛三门

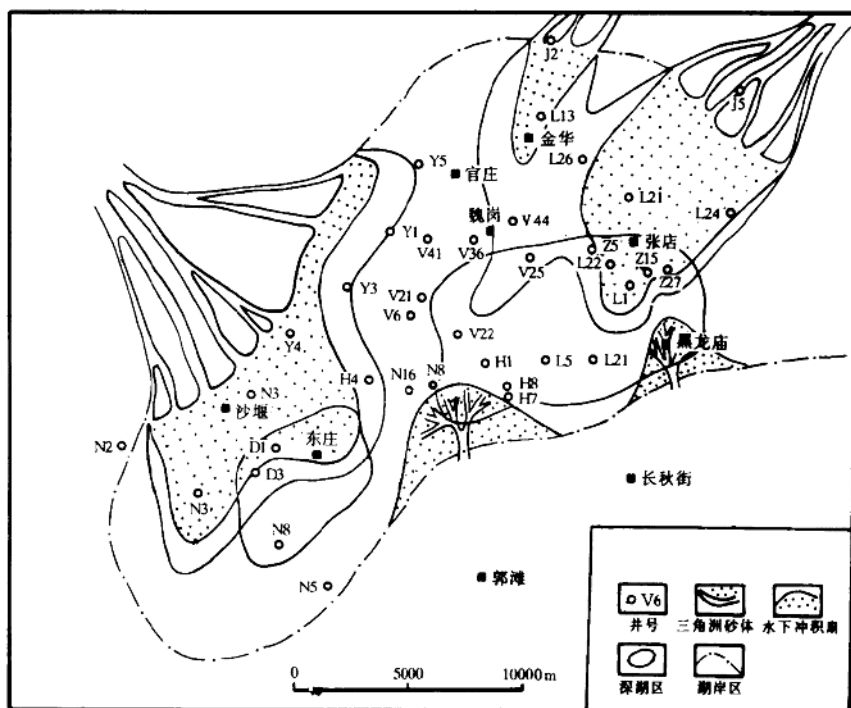


图 1.2 南阳凹陷 H₂ II 油组沉积体系

次凹中吸取大量的油气，从而分别形成魏岗油田和张店油田。

在平面上，由陆向湖中心三角洲依次出现三角洲平原、三角洲前缘及前三角洲。三角洲平原离油源区远，故很难形成工业性油气藏；三角洲前缘离油源区近，是油气富集的有利部位，魏岗油田就位于金华三角洲前缘。

3. 石油地质特征

生油岩的地球化学特征决定了原油性质及油气生成数量。南阳凹陷的生油岩主要分布在东庄、牛三门两个次凹，分布面积 $400 \times 10^6 \text{m}^2$ ，岩性以灰色—深灰色泥岩为主。生油岩有机质含量平均值为：有机碳 0.72%，氯仿沥青“A” 1210mg/L，总烃 415mg/L。从有机含量指标与我国其它第三系沉积凹陷比较看，南阳凹陷属于 II 类凹陷，具有较好的生油岩。

根据干酪根同位素分析结果，有 63.6% 的样品的干酪根类型为 I₁。I₁ 型以富氢腐泥基质和壳质组为主，占 80% 以上，还有少量镜质组、贫氢无定形和藻质体。显微组分中，陆源高等植物来源的占 40%，是魏岗油田原油含蜡较高的重要原因。

二、油藏基本特征

1. 圈闭类型与石油储量分布

由于魏岗油田所处的地质背景，决定了其圈闭的形成受构造、岩性和成岩三重因素的控制，从而构成了丰富多彩的圈闭类型。根据形成圈闭的地质因素数量与类型，可将本区圈闭

划分为3大类11亚类。

- 1) 一元型: 岩性圈闭、断层圈闭、成岩圈闭和背斜圈闭。
- 2) 二元型: 断层—背斜圈闭、断层—岩性圈闭、断层—成岩圈闭和岩性—成岩圈闭。
- 3) 三元型: 断层—背斜—岩性圈闭、断层—背斜—成岩圈闭、断层—岩性—成岩圈闭。

对含油圈闭统计表明, 断层—背斜、断层—岩性、断层—成岩油藏占总数的63%; 与断层有关的油藏占总数的90%。断层—背斜油藏类型的储量为 $524 \times 10^4 \text{t}$, 占全油田总储量的58%; 与断层有关的油藏类型的储量为 $872 \times 10^4 \text{t}$, 占全油田总储量的96%。可见, 魏岗油田储量分布较集中, 明显地受构造控制, 其中断层起了重要作用, 是一个断块油田。

2. 储层基本特征

(1) 储层划分与含油性评价

根据泥质隔层的稳定性, 可将本区 H_2 划分为35个小层、70个单层, H_3 划分为33个小层、59个单层。其中各油组的小层数是 $H_2 \text{ I} : 4$ 个, $H_2 \text{ II} : 15$ 个, $H_2 \text{ III} : 16$ 个, $H_3 \text{ I} : 17$ 个, $H_3 \text{ II} : 10$ 个, $H_3 \text{ III} : 6$ 个。

全油田共有41个含油小层, 其中 H_2 有35个, H_3 有6个。油层厚度0.4~7.2m, 平均1.6m, 从北到南呈叠瓦式分布, 层位逐渐变新。

由于断层切割、岩性变化和成岩作用等原因, 将含油小层分割成101个油砂体, H_3 仅有6个油砂体, 其余分布在 H_2 。含油面积大于 0.3km^2 、地质储量大于 $20 \times 10^4 \text{t}$ 的I、II类油砂体有11个, 地质储量占全油田储量的56%。油砂体面积小于 0.3km^2 的占总数的69%, 有效厚度小于2.0m的占75%, 有75%的油砂体储量小于 $10 \times 10^4 \text{t}$, 可见, 魏岗油田的油砂体具有面积小、厚度薄、规模小的特点。

选用储量、含油面积和油砂体的平均储量3个参数, 应用聚类分析对41个含油小层进行了分类评价, 结果分为4类。

I类: 储量大于 $45 \times 10^4 \text{t}$, 含油面积大于 2km^2 , 每个油砂体的平均储量大于 $7 \times 10^4 \text{t}$, 有5层, 地质储量 $513 \times 10^4 \text{t}$ 。

II类: 储量 $25 \times 10^4 \sim 45 \times 10^4 \text{t}$, 含油面积 $1 \sim 2 \text{km}^2$, 每个油砂体的平均储量 $6 \times 10^4 \sim 7 \times 10^4 \text{t}$, 有5层, 地质储量 $105 \times 10^4 \text{t}$ 。

III类: 储量 $20 \times 10^4 \sim 25 \times 10^4 \text{t}$, 含油面积 $0.45 \sim 1 \text{km}^2$, 每个油砂体的平均储量 $3 \times 10^4 \sim 6 \times 10^4 \text{t}$, 有4层, 地质储量 $82 \times 10^4 \text{t}$ 。

IV类: 储量小于 $20 \times 10^4 \text{t}$, 含油面积小于 0.45km^2 , 每个油砂体的平均地质储量小于 $3 \times 10^4 \text{t}$, 有27层, 地质储量 $204 \times 10^4 \text{t}$ 。

可见, 魏岗油田含油层多, 但主力油层少, 储量分布集中, 这对油田开发部署是有利的。同时, 由于非主力油层的储量占32%, 这部分储量常常动用难度大, 因此, 如何动用好这部分储量将成为开发后期改善油田开发效果的紧迫课题。

(2) 岩石学特征

魏岗油田核桃园组储层来自北东方向, 物源区是北部的秦岭褶皱带, 在凹陷北部斜坡带上经河流较长距离的搬运后入湖, 形成三角洲砂体。在三角洲前缘, 由于河流和湖泊作用相互消长, 分选能量减弱, 因此, 砂岩具有成分成熟度高、颗粒细、分选差、泥质含量高等特点。

应用三角图解, 对 $H_2 \text{ II}$ 、 $H_2 \text{ III}$ 的砂岩进行成分分类, 表明岩石类型主要为长石质石英砂岩、长石岩屑质石英砂岩、长石砂岩、岩屑质长石砂岩(图1.3)。 $H_2 \text{ II}$ 的成分变化范围: Q