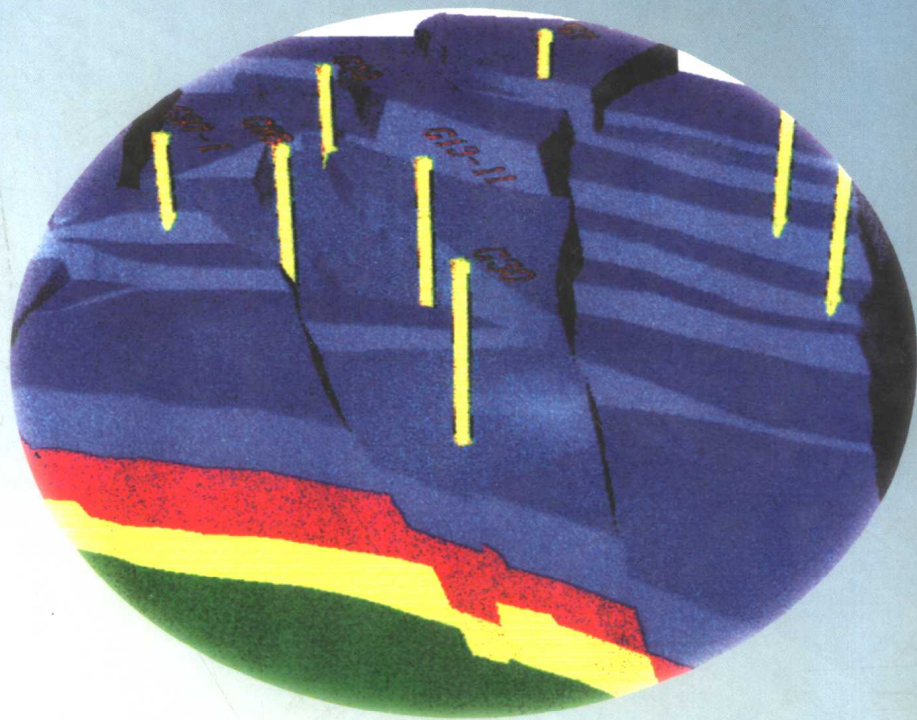


冀东油田科技论文集

# 油田开发技术

李斌 等主编



PETROLEUM INDUSTRY PRESS

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书总结了冀东油田开发十年来的经验和科技成果。冀东油田属于极复杂断块油田，断块小，埋藏深，油藏地质情况复杂，再加上斜井多，深井多，给油田开发带来了困难。针对上述复杂问题，本书从油田地质、油藏工程、采油工艺、地面工程等方面比较系统的总结了复杂小断块油田的开发技术和经验。这对其他类似油田有一定的借鉴作用。本书可供油田开发技术人员、管理人员和大专院校师生参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

冀东油田科技论文集：油田开发技术/李斌等主编.  
北京：石油工业出版社，1999.8  
ISBN 7-5021-2511-6

I. 冀…

II. 李…

III. ①石油工程—文集②油田开发—文集

IV. TE-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 01117 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)  
河北省徐水县印刷厂排版  
石油工业出版社印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行

\*

787×1092 毫米 16 开本 32 印张 810 千字 印 1—1200

1999 年 8 月北京第 1 版 1999 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2511-6/TE·2054

定价：50.00 元

## 前 言

弹指一挥间，冀东石油勘探开发公司已经成立十周年了。十年来，冀东石油人走过艰难的道路。面对冀东油区极复杂的地质条件和纵横交错的地面水域，冀东石油科技人员发扬大庆传统，“两论”起家、以“锲而不舍、刻苦攻关”的精神和主人翁的高度责任感，披荆斩棘、勇往直前，在油田地质、油藏工程、采油工程、地面工程等领域取得瞩目的战绩，促进了冀东油田的发展。事实再次雄辩地证明“科技是第一生产力”的真理。

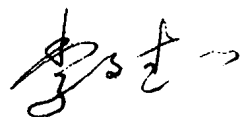
在创业的历程中，中国石油天然气总公司北京勘探开发科学研究院及其他油田、院校的科技工作者与我们共同战斗，同饮滦河水，齐心创辉煌，闯难关，庆胜利，科技成果有他们的心血与汗水。

冀东油区油田开发队伍来自五湖四海，不仅技术力量薄弱、技术装备差，而且油田地质情况复杂，难度大。但是满腔热血、具有求实、开拓、创新、进取精神的冀东石油人，精细地搞好油田开发，先后投产了高尚堡油田、柳赞油田、老爷庙油田与唐海油田等，形成一个初具规模的油区。

十年来，科技人员完成了数百个油田开发科技项目，多次获得总公司与局级科技进步奖。在这众多成果中，从不同方面不同层次选出 76 篇论文，编纂成这本《冀东油田科技论文集油田开发技术》，其中油田地质 19 篇，油藏工程 16 篇，采油工程 15 篇，地面工程 7 篇，开发综合 19 篇。这些论文比较真实地反映了冀东油田的科研历程，它既是作者们辛勤劳动的见证，又是集体智慧的结晶。可喜的是在 143 位作者中，年青科技人员就占了 81%。新生力量的崛起，是冀东油田腾飞的希望，是迎接 21 世纪挑战的主力军，这无疑使人振奋。在这 76 篇论文中有较高水平的佳作，也有稍显稚嫩的文章，但它们都是攀登新的科学高峰的阶梯，是攻克新科技堡垒的武器，它们曾为冀东油田的发展出力建功，也还会继续为冀东油田的发展作出贡献，同时也可以为兄弟油区类似油田开发的借鉴。

在编纂过程中，作者们根据本论文集的统一要求，对原成果进行了认真的修改、浓缩，使其精华显露，更具可读性与实用性。为了该论文集能顺利出版，编委会作了大量工作，尤其是张启隆、朱德献、张晓峰、李昌平、王伟恕等同志更是勤于耕作，进行了技术审校，余其芳、陈敏、赵金华等同志进行了版面的编辑，冀东油田勘探开发研究院绘图室的同志进行了插图的绘制等工作，圆满地完成了任务，在此以表谢意：由于篇幅和编辑水平所限，有些优秀论文可能遗漏，已选论文中也可能出现错误，为此仅表歉意并敬请读者给予批评指正。

“雄关漫道真如铁，而今迈步从头越”，新的科技攻关与征战已经开始。我相信，冀东油区的科技人员尤其是年青科技人员将会在明天开创更加灿烂的业绩，在注重成果经济效益和攀登科技高峰征途中去面对 21 世纪的挑战，再奏凯歌。



一九九八年四月

## 编 委 会

主 任：张国旗

副主任：李 斌、刘树义、陶德伦、张启隆、常学军

编 委：（按汉语拼音排序）

常学军、冯荣辉、李 斌、刘泉海、刘树义、刘英才、  
马建国、马起莹、穆立华、汤景会、陶德伦、张国旗、  
张启隆、张玉楼、周灿灿、朱德献

主 编：李 斌

副主编：张启隆、常学军

编 辑：朱德献、肖恩良、余其芳

排 版：陈 敏、赵金华

制 图：高建华等

# 目 录

## 油田地质

柳南地区 Nm、Ng 油藏地质特征及滚动开发研究 .....	3
高尚堡油田中浅层复杂断块油藏地质研究 .....	8
高尚堡油田高 104-5 区块馆陶组油藏地质特征 .....	15
利用地层倾角资料研究柳赞油田地质构造 .....	22
辫状河三角洲储层描述 .....	28
高尚堡油田高 10、高 7 区块 $E_{s_3}^{2+3}$ 亚段储层地质模型研究 .....	35
老爷庙杜林油田储量复算研究 .....	42
高尚堡油田储量复算升级研究 .....	48
柳赞油田沙三 <sup>2+3</sup> ~沙三 <sup>5</sup> 亚段储层沉积相研究 .....	55
复杂地质条件下地质统计学的应用 .....	61
高尚堡油田 $E_{s_3}^{2+3}$ 沉积体系与沉积相 .....	68
柳赞油田柳 10 区块沙三 <sup>5</sup> 亚段储层特征研究 .....	72
开发地震技术在冀东油田滚动开发中的应用 .....	78
高尚堡油田 $E_{s_3}^{2+3}$ 储层成因类型及其基本特征 .....	85
高尚堡油田主体开发区沙三 <sup>2+3</sup> 亚段储层非均质性研究 .....	91
高尚堡油田 $E_{s_3}^1$ 亚段沉积体系与沉积相描述 .....	97
柳赞油田柳 102 区块油藏地质特征研究 .....	104
滚动勘探开发中的精细构造解释 .....	110
储层随机建模在储层评价中的应用 .....	115

## 油藏工程

自喷井诊断技术——模糊数学在油井生产中的应用 .....	123
高 104-5 区块早期开发研究 .....	130
油藏数值模拟技术在冀东油田的应用 .....	134
柳 13 区块油藏动态特征与开发技术政策研究 .....	142
高 30 区块油藏开采特征及综合治理效果 .....	148
高尚堡油田高 30 区块综合治理研究 .....	153
冀东油田控水稳油研究 .....	160
高 10 区块开发效果分析及综合调整研究 .....	166
应用边界元方法确定复杂断块油藏边界 .....	174
高尚堡油田高 104-5 区块开发技术政策研究 .....	185
改善注水开发效果的基本做法及途径 .....	191
高尚堡油田深层 $E_{s_3}^{2+3}$ 油藏打加密井可行性研究 .....	197
高 104-5 区块周期注水方案研究与实施 .....	202

影响产量递减率的因素与减缓递减的途径·····	209
油气田可采储量的简便预测方法·····	221
高尚堡油田沙三 <sup>2+3</sup> 油藏注入水水质探讨·····	224

## 开发综合

高尚堡油田原始地层压力分布规律及其应用·····	233
增大科技投入提高冀东滚动勘探开发效果·····	241
复杂断块油田滚动勘探开发程序与作法·····	251
冀东复杂断块油藏堵水技术研究·····	260
计算机辅助彩色绘图系统的研究及应用·····	279
经济可采储量测算在冀东油田开发中的应用·····	286
冀东油田勘探开发经济评价应用研究·····	292
应用试井资料对北 12-1 断块进行油藏早期描述和评价·····	300
探边测试在冀东油田的应用·····	305
运用 IPR 曲线求解地层压力·····	310
RFT 测井资料应用研究·····	319
碳氧比测井技术在冀东油田的应用·····	325
柳东储层含油饱和度测井解释模型·····	332
冀东油田低电阻率油层测井解释方法研究·····	340
高 10、高 30 区块水淹层综合解释方法研究·····	348
利用无因次 IPR 曲线通式确定流动效率和沃格尔参数的方法研究·····	357
AT+ 数控生产测井系统在冀东油田的推广应用·····	365
庙北地区油水层认识及测井解释规律研究·····	370
高温高压井 AT+ 测井技术研究·····	376

## 采油工程

疏松砂层微粒运移特征及对油井动态影响·····	383
冀东油田射孔问题的研究·····	388
固体防蜡技术在冀东油田的研究与应用·····	395
高孔高渗低压油层酸化解堵技术的研究与实践·····	400
地层内聚合丙烯酸酰胺凝胶堵水技术的改进·····	406
抽油杆断脱原因简析及预防措施·····	411
冀东油田井筒举升工艺技术综合研究与应用·····	415
井下作业综合配套技术的研究与应用·····	420
割缝管石英砂充填技术·····	427
油田化学剂在冀东的研制与应用·····	432
冀东油田一级两段分层注水工艺·····	438
冀东油田油层解堵方法研究·····	443
高 104-5 稠油区块采油工程技术的研究和应用·····	448
插入式卡水管柱的研制与应用·····	453

注水井调剖技术的研究及应用.....	456
--------------------	-----

## 地面工程

气提技术在高尚堡原油稳定装置中的应用.....	465
冀东油田降低原油损耗的研究.....	469
高 14 转油站实现分区掺水及密闭集输自动控制技术 .....	477
应用深冷技术提高天然气轻烃回收率的研究.....	481
冀东油田泡沫塑料防腐保温管线的腐蚀与维修.....	486
冀东油田全密闭集输工艺技术.....	489
冀东油田地面工程节能技术及效益.....	498

# 油 田 地 质





# 柳南地区 Nm、Ng 油藏地质特征 及滚动开发研究

薛云松\* 陈能学 刘雪军

(冀东石油勘探开发公司勘探开发研究院)

**摘 要** 在柳南地区 Nm、Ng 油藏仅有少量完钻探井、开发井阶段,依据二维和局部三维地震资料,充分结合钻井地质、测井、试油试采资料,进一步落实断层、断块,深入认识油气富集规律和浅层油藏特征,进行油藏滚动评价,预测储量,提出该地区 Nm、Ng 油藏早期滚动开发布井意见,为合理开发浅层油藏,稳定高产提出了具体实施步骤和要求。

## 一、前 言

柳南地区位于南堡凹陷东北部,柏各庄边界断层与高柳断层交接部位的下降盘,工区面积约 20km<sup>2</sup>。地质情况较复杂。

该地区勘探工作始于 1981 年。这次研究前,已完钻二维地震 23km,三维地震约 5km<sup>2</sup>。现在,又完成二维地震 140km,三维地震 20km<sup>2</sup>,正在处理和解释。从 1981 年至 1983 年,柳南钻两口深层探井,Nm、Ng 浅层未见油层。后逐步进行滚动勘探开发工作。1984 年至 1989 年几次编制的 Nm、Ng 底界构造图,构造形态差别较大。1991 年初,依据三维资料和少数井资料,编制柳南 Nm 底界构造图。主体构造呈现为被断层切割的逆牵引背斜,Ng 底界构造图呈现出一个南西倾的断鼻。依据上述图件等资料,至 1991 年 10 月,在第一次三维工区范围,逆牵引背斜轴部,陆续钻井 11 口,分布在 5 个断块内。其中,预探井 5 口,评价井 2 口,生产井 4 口。试油试采井 11 口,大部分见较好工业油流。

## 二、油藏地质特征

### 1. 地层和构造简述

#### (1) 地层简述

柳南明化镇组下段为曲流河相沉积,总体显示北薄南厚特点,沉积方向呈北东南西向。表现出砂泥岩频繁交互的特点。电性特征以出现较多厚层高阻平顶砂岩与明上段刺刀状高阻砂岩相区别。下部岩性变粗,少数井出现含砾砂岩。明下段砂质岩占剖面厚度 45.2%,泥质岩占 54.8%,泥多于砂。底部与下伏馆陶组为整合接触。

馆陶组厚 411~477m,岩性是一套灰色、灰白色砂砾岩、砾岩夹绿色、灰色、灰紫色泥岩,为下粗上细的正旋回沉积,属辫状河流相。馆陶组砂砾岩占剖面厚度 56%,泥质岩占 44%,砂多于泥,储层较发育,盖层差。馆陶组以巨厚层底砾岩与东营组中薄层砂砾岩分

\* 薛云松,1970年毕业于北京大学构造地质学专业,现任勘探开发研究院综合规划室主任,高级工程师。

界，为角度不整合接触。

## (2) 构造简述

①构造形态。柳南构造是逆牵引背斜，处于高柳断层和柏各庄断层下降盘。该背斜轴向北东东，高点在柳 25-10 井和柳 21-1 井附近，埋深 1750m 左右，闭合高度 175m。背斜地层产状北陡南缓，北翼地层倾角 15°左右，南翼地层倾角 4°左右。整个背斜被北东东向断层切割成六个断块。

②断层和断块。柳南地区的北界为高柳断层。该断层在工区内走向近东西，延伸长，断面缓，在 Nm、Ng 地层内断距约 200~300m，是第三纪长期活动的一条同生断层，也是柳南 Nm、Ng 次生油藏形成的油源断层。柳南地区还发育一些北东东或北东向断层，它们在平面上与高柳断层以小角度相交，倾向多数与高柳断层相同，深部被高柳断层所截。这些断层平面延伸 1~2km，断距 50~100m，活动早期具开启性，成为油气从深层向浅层运移的通道。高柳断层附近，是浅层最好的油气富集带，各级断层是柳南 Nm、Ng 油气藏形成的主要控制因素之一。

## 2. 油层分布和油藏特征

### (1) 油层分布特点

①纵向上含油井段长，油层较分散。油层顶界最高埋深 1504m，油层底界最低埋深 1994.6m，含油井段长 500m。纵向上油层较分散，原因主要有：断层活动使深部油气形成垂向运移；砂泥岩交互频繁，断层各部位封闭能力不一致。

②油层平面变化快，各井油层可选加连片。柳南 Nm、Ng 油层分布不均，单井累计 I 类油层厚度 0~28m，油砂体分布范围为 0.01~0.15km<sup>2</sup>，较多油砂体仅一口井钻遇，但油砂体在平面上可选加连片。

③油层层数少，厚度薄—中等，少数井单油层较厚。柳南 Nm、Ng 油藏单井含 I 类油层数，最多 4 层，平均 2 层，个别井无 I 类油层，其中 Nm<sup>F</sup> 油层平均厚 5.6m，Ng 油层平均 6.6m，有的井单油层较厚约 10m。

④油层主要分布在逆引背斜轴部的断块内，围斜部位的井，油层变少、变薄。

### (2) 油水性质及油藏压力特点

#### ①油水性质

柳南地区 Nm、Ng 原油有四中二低特点，即相对密度中等、粘度中等、胶质+沥青质含量中等、含蜡量中等，含硫量低、凝固点低。Nm 原油物性比 Ng 稍好。地层水总矿化度较低，为碳酸氢钠型。

②油藏压力。Nm<sup>F</sup>、Ng 的油层原始地层压力较低，压力系数一般为 0.92~0.97，偶见小于 0.9 者。不同断块或相同断块内的不同油层压力系数有差别，反映出柳南各断块无统一压力系数。地层压力系数差异小，反映断层的早期封闭性差，油气水运移过程中，使各断块内压力得到一定调整。

### (3) 油藏特征

柳南 Nm<sup>F</sup>、Ng 油藏是次生的构造层状断块油藏。油藏主要特点是：埋深较浅，一般为 1775~1925m；油层层数少，分散，厚度薄—中等；纵横向变化大；油水关系复杂，油水层多次间互，各小层自成油水系统，表现为层状油藏特点。纵向上含油井段长。油气富集主要受构造、断层、岩性等因素控制。

①构造、断层是控制柳南浅层次生油藏形成的主要因素。柳南 Nm<sup>F</sup>、Ng 次生油藏是在

逆牵引背斜构造背景上，被三、四级断层切割形成的断块层状油藏。背斜轴部的屋脊断块，油气富集最好。如：柳 25-10 断块。该屋脊断块的石油地质储量占柳南目前储量的 30% 左右，储量丰度  $189 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 。断块内高部位的柳 25-10 等 4 口井，试采累计采油达  $2.03 \times 10^4 \text{t}$ ，占柳南试采累计采油量的 71.6%。再如柳 21-1 断鼻，位于背斜南翼的较高部位，油气也较富集。柳 21-1 井  $\text{Nm}^{\text{F}}$  油层厚 23m/3 层，该断块地质储量经测算占柳南浅层储量的 51.3%。

②岩性是控制油气富集的重要因素。柳南  $\text{Nm}^{\text{F}}$ 、 $\text{Ng}$  油层分布明显受河道砂体控制，表现在油层等厚线走向与砂岩等厚线走向一致，与物源方向一致。油气富集受岩性制约的表现有：柳南主力油砂体叠合图上显示了油砂体沿北东向展布，这与古河道方向一致（图 1、图 2）。

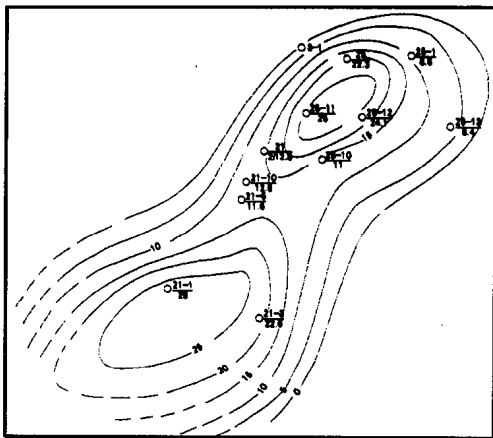


图 1 柳南地区  $\text{Nm}^{\text{F}}$  段油层等厚图

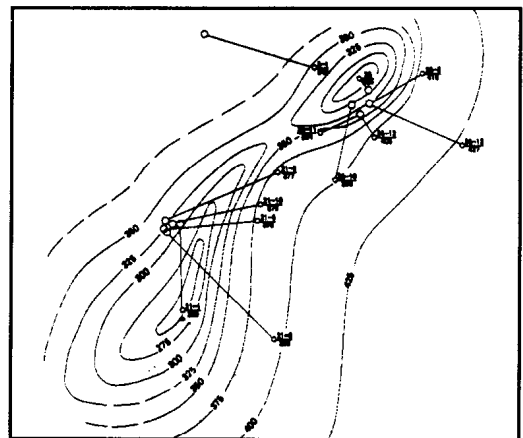


图 2 柳南地区  $\text{Nm}^{\text{F}}$  段砂岩等厚图

③断层启封与储盖匹配也是影响油气层发育的重要因素。柳南  $\text{Nm}^{\text{F}}$ 、 $\text{Ng}$  中形成的断层，产状陡、其封闭作用主要取决于断层两侧“砂泥岩见面”的状况。当“砂砂”对接时，断层侧向开启；当“砂泥”对接时，断层侧向封堵。油气主要赋存在中、薄厚度的砂岩储集层中。各井 10m 厚以上的砂层共 137 层，有油的只有 2.9%。分析原因可能是在砂泥岩频繁交互的地层中，巨厚层砂岩较之中薄层砂岩来说，更容易与断层另一侧的砂岩层对接，造成断层侧向封堵性差，因而很少储存油气。尤其是馆陶组沉积，砂大于泥，储盖匹配差，所以含油气性远不如  $\text{Nm}^{\text{F}}$ 。

### 三、储 量

利用 20 口井的钻井分层资料和三维剖面，重新落实断层和断块，作了新构造图。用容积法对柳南各断块重新预测计算了储量，含油边界用各含油断块低部位井的油层有效厚度，在构造图上适当外推确定。计算结果与勘探上报储量相比，柳南  $\text{Nm}^{\text{F}}$  新增含油面积  $0.38 \text{km}^2$ ，但经复查和试油证实，平均有效厚度只有 12.64m，为原解释有效厚度的 52%，所以储量减少  $19.07 \times 10^4 \text{t}$ 。馆陶组含油面积减少到  $0.3 \text{km}^2$ ，储量减少了  $21.04 \times 10^4 \text{t}$ 。目前阶段计算得迭合含油面积  $1.08 \text{km}^2$ ，地质储量  $254.9 \times 10^4 \text{t}$ 。

## 四、试采生产特点

柳南浅层自 1990 年 9 月初开始,陆续有八口井投入试采,截止 1991 年 9 月底生产原油 17214t,产水 26332m<sup>3</sup>。平均单井试采产油 20t/d,综合含水 34.6%。生产特点主要是:

### 1. 部分井初期自喷生产,有一定天然能量

柳南有 9 口井见工业油流,8 口井投入试采生产。其中 3 口井初期自喷生产。到目前为止,自喷时间长短不一,为 80~334d。自喷井最高日产油 21.2~33.5t。自喷产油的柳 21-2 井累计产油 4227t,水 7851m<sup>3</sup>,表现有一定的边底水能量。

### 2. 主力油层投产初期产量高,油层产油量差别大

柳南 Nm<sup>F</sup>、Ng 油藏有少数主力油层产量高,含水上升慢,多数油层产油少,含水上升快。如柳 21-1 井的明下段 45-47 号小层,解释顶 13m 油层,底 5m 水层,射开 6m/1 层,产油 32.8t/d,含水 8%,二个月累计采油 1255t。而该井 Nm<sup>F</sup> 37~42 号小层,解释油层厚 12m/2 层,射开 10.6m/2 层,投产含水 61%,至 1991 年 5 月,八个月累计产油 1252t 时,含水高达 96.8%,产水 7051m<sup>3</sup>。

### 3. 柳南明下段、馆陶组油藏生产过程中有“三快现象”

①见水快。绝大部分井投产就含水 2~98%;②含水上升快。绝大多数井生产 2~3 个月,月含水即上升到 40%~98%;③产量下降快。多数井生产 1~2 个月,日产油量就下降到投产初的 50%左右,最快的井降到 16%。如柳 21-1 井。

## 五、滚动开发研究和部署

为了进一步做好柳南浅层滚动开发工作,需继续精选井位,有步骤,有目的地钻一些井(图 3)。

### 1. 布井原则

这次布井使用新构造图,布井根据不同断块和目的进行。

①储量落实的断块,打少数井提高储量动用程度,降低单井控制储量,进一步完善井网。

预测储量多,但构造不落实的断块,遵循复杂断块打井程序,采用整体部署、分批实施、逐步外延和调整完善的原则,先打关键井落实构造和储量,然后分批完善井网,以少打空井和低效井。

②柳南 Nm<sup>F</sup>、Ng 油藏不具备细分层系开发的条件,目前多数井生产高含水,暂不能考虑注水开发实现稳产。在不宜再打井的断块,可用层间接替求得稳产。如柳 25-10 块主力层系 Nm<sup>F</sup> 地质储量 68×10<sup>4</sup>t,目前已有生产井 5 口,单井控制储量只有 13×10<sup>4</sup>t,井网基本完善,不需再打井。

③单井控制的断块,补孔过程中如能发现高产油气层,可考虑再布井。

④柳 21-5 井中深层和浅层均有较好油气显示。该井如中深层试油获得较好产量,打少数深浅层兼顾的井。

### 2. 布井意见

柳 21-1 断块,含油面积 0.55km<sup>2</sup>,储量 130.67×10<sup>4</sup>t,现已有 2 口井。其中柳 21-1

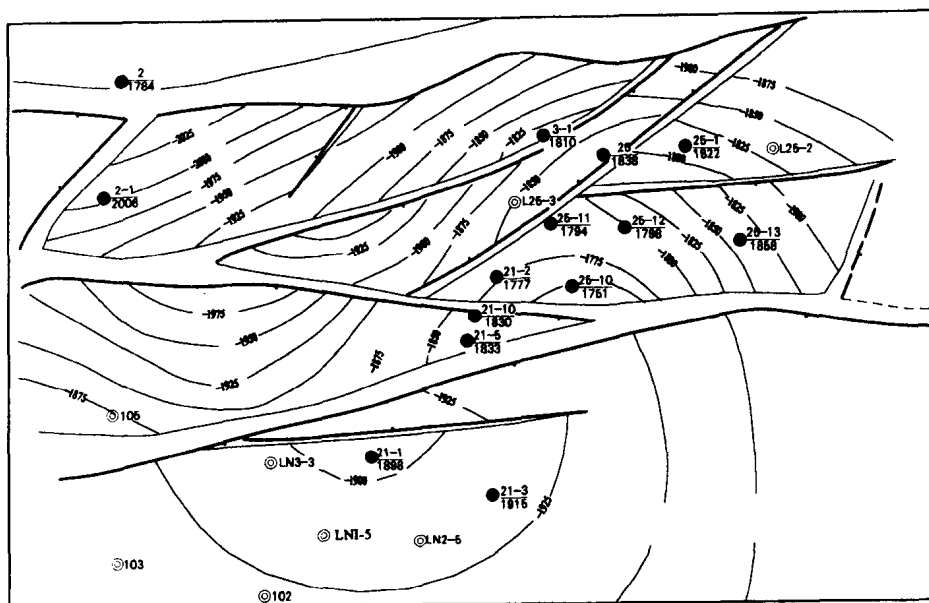


图3 柳南地区Nm、Ng油藏滚动开发井位部署图

并在Nm<sup>下</sup>见高产工业油流。柳21-3井试油尚未见工业油流，需进一步落实构造及含油面积，完善井网，建产能。拟在该断块较高部位先布LN3-3、LN2-5、LN1-5共3口井，计进尺6000m。

柳25断块内现在有一口井，28、32号层合试曾产油60t/d，可考虑布一口深、浅层兼顾的开发准备井。

柳25-1断块内第一次试油补6、补7和14号3层合试为水层，现14号层(Ng)重新单独试油，日产油5.5m<sup>3</sup>/d，无水，油质较稠。考虑再布一口L25-2井。进尺2000m。

## 六、结论与建议

①柳南逆牵引背斜油藏等多个实例证明，高柳断裂构造带浅层是油气富集带。今后应沿高柳主断层两侧作好滚动勘探开发工作。

②柳21-1断块用新资料落实构造后，有望扩大含油面积，增加储量。

③柳南Nm<sup>下</sup>、Ng油藏边底水较活跃，试油或投产时，油层射开厚度要适宜，要选择合理的采油速度，推迟见水时间，提高采收率。

④滚动开发钻井要遵循复杂断块打井程序原则，以提高钻探成功率。

## 参 考 文 献

[1] 陈发景等. 压实与油气运移. 中国地质大学出版社, 1989.7

(本文完成于1991年)

# 高尚堡油田中浅层复杂断块油藏地质研究

贾书棋\* 李昌平 许玉臣 田海滨

(冀东石油勘探开发公司勘探开发研究院)

**摘 要** 本文从地层对比、构造特征、储层和沉积相及油藏类型等多方面,进行了综合细致的地质研究,揭示了高尚堡油田中浅层的地层分布、构造格局及油气富集规律,对高尚堡油田中浅层的油气开发工作具有一定的指导意义。

## 一、概 况

### 1. 高尚堡油田勘探开发简况

高尚堡油田地理上位于燕山山脉以南滦河三角洲上的渤海之滨,地跨唐海、滦南两县,北距唐山市约 65km。构造位置上位于渤海湾含油气盆地黄骅拗陷北部南堡凹陷的高尚堡构造带。

该油田于 1964 年开始地震勘探,1979 年开始钻第一口探井——南 27 井,同年 7 月完钻,8 月试油获工业油流。1985—1986 年进行了三维地震,完成满 12 次覆盖  $64\text{km}^2$ ,二维测线总长 499.5km,测网密度达  $0.5 \times 0.5\text{km}$ 。到 1992 年底共完钻各类井 243 口,总进尺  $81.24 \times 10^4\text{m}$ 。其中探井 70 口,进尺  $25.71 \times 10^4\text{m}$ ,生产井 173 口,进尺  $55.53 \times 10^4\text{m}$ 。目前生产井 196 口,其中油井 163 口,注水井 33 口。到 1992 年底中浅层已累计产油  $56.5 \times 10^4\text{t}$ ,平均日产油 276.0t/d。

### 2. 研究程度及难点

自 1964 年至今近 30 年来,大港油田、北京勘探开发科学研究院、华北职工大学及冀东油田等单位先后对高尚堡油田的地层、构造、沉积相、储层、油藏、储量以及注水、堵水、防砂、降粘等进行过多方位、多学科的单项或综合研究,研究报告或论文达数十篇。这些研究成果对认识高尚堡油田的地质规律和生产规律起了很大作用。但同时也可以看出,在许多问题上各家见解不一,诸如地层分布及分层意见、构造面貌、实有储量等问题,始终没有一个统一的意见。在生产过程中,也确实发现了不少与实际的地质、油藏分布情况等不符合的现象。例如该区中浅层虽已进行了较长时间的生产和注水试验,但除高 56-34 井组见到明显的效果外,其余均未见效或见效不明显,致使产量逐渐递减,地层压力逐渐降低,以致有些井不得不停产关井。

因此可以说高尚堡油田是全国乃至世界上少有的复杂油田之一。其难点就在于地质情况极其复杂,断层多、断块多,构造发育史复杂,岩相变化大,地层对比标志不明显,油层识别难度大,油藏类型多、油水关系复杂,压力系统多,含油面积小,储量计算难度大,等等。以上几个问题的组合,构成了高尚堡油田复杂的网络。本次研究的目的是针对以上问题

\* 贾书棋,1970 年毕业于北京地质学院石油地质专业,高级工程师。

进行再认识，为开发调整中浅层油藏提供地质依据。

## 二、地层分布与对比

### 1. 地层分布

高尚堡地区地层区划属华北平原地层小区。钻遇地层自上而下为第四系平原组、上第三系明化镇组、馆陶组、下第三系东营组、沙河街组。其中明化镇组分上、下两段，馆陶组分一~四段、东营组分一~三段、沙河街组分一~三段。沙三段又分为沙三<sup>1</sup>~沙三<sup>5</sup>五个亚段。文中提及的“中浅层”系指沙三<sup>1</sup>亚段以上地层。

以高柳断层为界的断层上下两盘明化镇组、馆陶组的沉积厚度有明显的差异，下降盘的厚度大于上升盘的厚度（图1），表现尤为突出的是东营组的沉积厚度变化，在上升盘只保存了东三段的一部分，最大厚度358m，并向北剥蚀尖灭。东一段、东二段基本上没有保留或没有接受沉积。而下降盘的东三段沉积厚度很大，已钻揭的（尚未钻穿）最大厚度为673m（高27井），说明高柳断层为一大的同生断层。在下降盘与高柳断层有成生联系的一系列次级断层亦具有一定的同生性，下降盘的地层厚度均大于上升盘相同层位的地层厚度。沙河街组的分布范围限于高柳断层的上升盘。其中沙一段、沙二段—沙三<sup>1</sup>亚段由于受东营期以前发生的同生断裂的影响，在高尚堡背斜的顶部与翼部沉积厚度亦有一定的差异，表现出“顶薄翼厚”的特点。

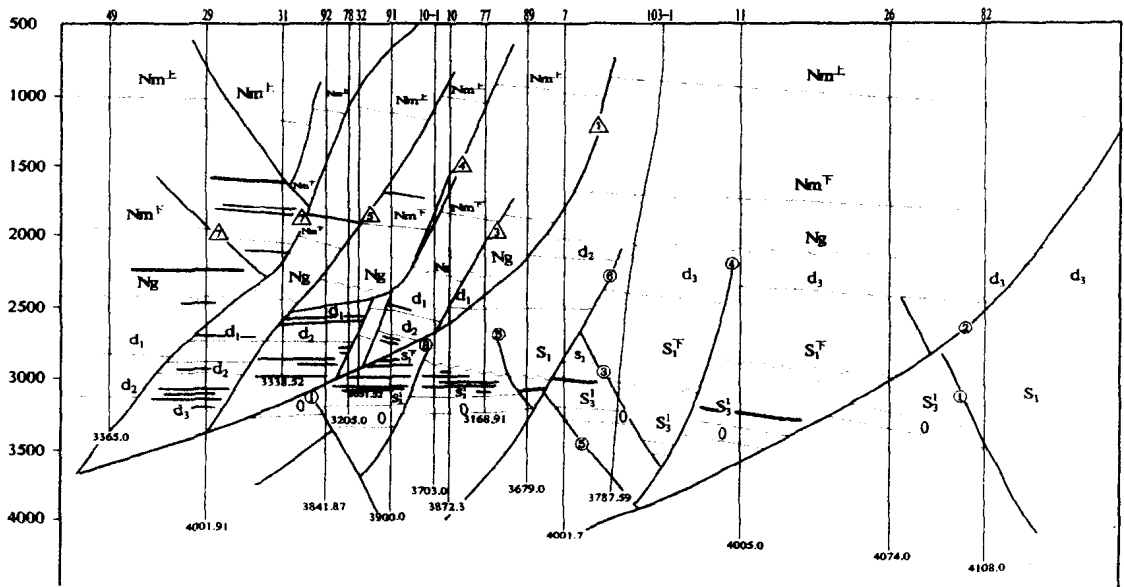


图1 高尚堡地区高49~高82井连井构造剖面图

### 2. 地层划分与对比

区域上的地层划分与对比主要是根据前人所做大量的化石鉴定结果及邻区对比而定。

①在沙二段—沙三<sup>1</sup>亚段地层中普遍见有中华华北介、远伸玻璃介等介形类，此外有渤海藻、维藻等藻类。据大港油田地质研究所张元春1982年编写的《黄骅凹陷北部北塘、南堡凹陷下第三系介形类化石组合特征及地层划分》一文中介绍，在高19、高10井中找到了



华北地区沙二段的标准化石（椭圆拱星介）。由于在沙二段～沙三<sup>1</sup>亚段电性上没有明显的标志层可用，两段地层无法分开。关于高尚堡地区乃至整个南堡凹陷有无沙二段的问题，这些年一直没有定论。据该段地层的电性特征与大港地区对比，所谓“红脖子”“灰脖子”泥岩段，应该属于沙二段地层。但本次工作亦由于电性无标志层可用，难以将沙二段与沙三<sup>1</sup>亚段分开。

沙三<sup>1</sup>亚段的底界是比较清楚的，主要因为有沙三<sup>2</sup>亚段顶部0油组标准层作参考。沙二～沙三<sup>1</sup>亚段钻遇厚度202m～764m（高87井的未穿厚度）。

②沙一段在高尚堡地区高柳断层上升盘分布较广。上段为一套由浅湖相向上过渡到河流相的砂泥岩互层沉积，不易对比。下段为一套浅湖相粉细砂岩与泥岩互层的沉积，常含化石层，易于对比。介形类化石有惠民小豆介、长刺华花介及近三角河北介等。腹足类化石有大民屯小豆螺、细弱恒河螺等。钻揭厚度243m～600m。

③东营组东三段为一套由河流相向上过渡到浅湖相的以砂岩为主、夹少量泥岩的沉积层，该套地层不易识别和对比，介形类化石为长刺华花介、近三角河北介组合，藻类化石为网面球藻-皱面球藻亚组合，钻遇厚度0～700m（高29井未穿）。东二段为一套半深湖相、以泥岩为主夹少量粉砂岩、细砂岩的沉积，很易识别和对比。含化石较丰富，多为弯脊东营介-唇形东营介组合，钻遇厚度0～>400m。东一段为一套由湖相向上过渡到沼泽相、河流相的反旋回砂砾岩与泥岩沉积，不易对比，常含较多的碳化植物碎屑，有时可见较完整的碳化的植物叶片化石，钻遇厚度0～580m。

④馆陶组自下而上为一套由粗到细的由辫状河流相砾岩及砂岩为主夹少量泥岩向上过渡到砂泥岩互层的曲流河相的正旋回沉积。其中在馆三段的砂砾岩中常夹2～4层玄武岩层。整套地层（尤其是上部的馆一段、馆二段）易于识别和对比，但具体单个砂层不易在大范围内追踪对比。钻遇厚度288m～538m。

⑤明化镇组下段为一套曲流河相及漫滩相沉积的泥岩为主的夹层砂岩，较易于对比，向上过渡到上段的一套辫状河流相砂岩为主夹少量泥岩的沉积。明下段钻遇厚度707m～1095m。

### 三、构造特征

高尚堡油田位于高尚堡构造带。该构造带是一个大型复杂构造带。构造面积约120km<sup>2</sup>。以高柳断层为界，下降盘上发育了一系列与高柳断层有成生联系的分枝断层。上升盘的总体面貌则表现为一大型地垒式断背斜，背斜总体呈西高东低的特点（如图1）；北西-南东向长约13km，北东-南西向宽约3km，圈闭面积约40km<sup>2</sup>。

#### 1. 断裂系统

##### (1) 高柳断层

高柳断层是南堡凹陷内的一条控制浅层断阶构造发育的Ⅲ级正断层，同时也是浅层构造断裂系统与深层构造断裂系统的分界线。断层面在纵向上表现为上陡下缓的躺椅状，在平面上则表现为中部向南西方向弧形凸出的弯弓状。断面倾角在大约2000m以上为50°～60°，在2000m以下为20°～35°。这是一条东营期起始发育、明化镇后期结束活动的生长性断层。最大断距不小于400m，在高尚堡构造主体部位断距一般为180～250m，平面延伸大于12km。