

# 辽河油田勘探开发研究院优秀论文集

(2006年)

主 编 张方礼

副主编 李晓光

石油工业出版社

# 辽河油田勘探开发研究院 优秀论文集

(2006 年)

主 编 张方礼  
副主编 李晓光

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书为辽河油田勘探开发研究院 2006 年度优秀科研论文汇编。内容涉及油田地质、油藏工程、采收率实验、油田管理等方面。

本书可供油田地质勘探和油藏开发方面的科研人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

辽河油田勘探开发研究院优秀论文集 (2006 年)/张方礼主编. —北京: 石油工业出版社, 2007. 11

ISBN 978-7-5021-6341-9

I. 辽…

II. 张…

III. ①油气勘探-辽宁省-文集

②油田开发-辽宁省-文集

IV. P618.13-53 TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 178463 号

---

出版发行: 石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: [www.petropub.com.cn](http://www.petropub.com.cn)

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京晨旭印刷厂

---

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 16

字数: 406 千字 印数: 1—1000 册

---

定价: 65.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

# 《辽河油田勘探开发研究院优秀论文集（2006年）》 编委会

主任：张方礼

副主任：李晓光 张文坡 龚姚进 李铁军 张巨星  
陈振岩 武毅

委员：宁日亮 刘其成 林洪利 周发平 蔡国刚  
单俊峰 雷安贵 许宁 张鹰 孔令福  
郭平 张英 李维民 刘志慧 王桂珍  
王威 方贇 常汉章

## 前 言

2006年,是辽河油田勘探开发研究院认真学习贯彻中国石油天然气集团公司工作会议精神,全面落实辽河油田公司二届三次职代会和党委全委扩大会议工作部署,紧紧围绕“51286”、“硬稳定、快发展”工作目标,充分调动广大员工科研生产积极性,在勘探开发、经营管理和科技进步等方面均实现新的突破,企业管理水平全面提升的一年。

全年新增探明石油地质储量  $5370 \times 10^4 \text{t}$ 、可采储量  $1033 \times 10^4 \text{t}$ 、控制储量  $8300 \times 10^4 \text{t}$ 、预测储量  $6049 \times 10^4 \text{t}$ ,分别完成年度计划的 179%、168%、166% 和 101%。新增探明天然气储量  $3.26 \times 10^8 \text{m}^3$ ,可采储量  $1.64 \times 10^8 \text{m}^3$ 。完成二维地震处理 3646km,三维叠前时间偏移处理 2775km<sup>2</sup>,二维地震解释 500km,三维地震解释 5980km<sup>2</sup>。部署探井 56 口,实施 32 口,探井成功率 65%。提供 2007 年产能建设井位 472 口,完成年度计划的 105%。完成各类科研生产项目 147 项,项目完成率 100%,获得各级成果奖 36 项。

为了更好地总结经验,满足油田勘探开发的实际需要,在认真总结过去几十年勘探开发经验的基础上,重点对辽河油田勘探开发研究院 2006 年的科研工作进行了总结,并从中优选出 23 篇优秀论文汇编成书。

本书是辽河油田勘探开发研究院科技人员辛勤劳动、集体智慧的结晶,它忠实地记录了科技工作者对油田勘探开发工作的认识、探索与创新过程。本书内容涉及油田地质、油藏工程、采收率实验、油田管理等方面。在总结成功经验的同时,也指明了存在的问题及油田今后的勘探开发方向。希望该书的出版能为辽河油区今后的勘探开发工作提供有益的经验,也为国内外同行提供有益的借鉴和参考。

由于篇幅所限,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2007 年 10 月

# 目 录

西部凹陷北部油气成藏主控因素分析及勘探目标优选	冉波 王光明 郭琳 潘日芳 汪百齐 于海波 (1)
直井与水平井组合蒸汽辅助重力泄油 (SAGD) 室内试验及开采机理研究	张勇 孙而杰 吴晓杰 孙士强 彭旭 (13)
变质岩潜山内幕油气成藏规律研究	李晓光 单俊峰 徐晓光 刘兴周 梁振宇 胡振华 (21)
辽河滩海西部三维地震资料连片叠前时间偏移处理技术研究	张文坡 郭平 高源 刘文霞 韩敏 王艳华 陈兆塾 卢明德 (30)
齐 40 块蒸汽驱驱替规律及技术对策研究	赵春梅 王中元 户昶昊 宫宇宁 (37)
奈曼凹陷油藏形成条件分析	方炳钟 王世亮 殷敬红 苍瑞波 官振超 裴家学 李瑜 (47)
燕南断裂带油气成藏条件及勘探目标评价	吴冬梅 崔玉哲 王树昆 陈鸿雁 邹文海 刘金英 (59)
曙一区超稠油 SAGD 试验区动态跟踪优化控制研究	张丽萍 韩冰 张晖 (70)
兴隆台潜山油藏评价及开发对策研究	李焕鹏 李鲁斌 汪淑娟 宋柏荣 胡英杰 李洪霞 宝金平 韩东 (81)
辽河油区老油田二次开发研究	武毅 司勇 盛聪 陈忠 (92)
西部凹陷东部陡坡带构造样式与油气分布研究	慕德梁 于天才 张泽慧 杨景勇 谢明良 刘艳侠 汪国文 陈喜玲 (103)
辽河油区 2006 年原油开发部署与实施	于军 陈超 董良 姜广义 汤志 曾宪红 谢永清 (113)
牛居油田深层油气滚动勘探实践	王玉娟 (125)
辽河油田油气勘探业务发展计划研究	李云松 (134)
HG 凹陷勘探部署研究	吴炳伟 李晓晨 黄淑芳 邹荷莉 郑丽辉 (142)
辽河拗陷东部潜山带勘探潜力分析	张坤 刘汉之 杨光达 解宝国 仇劲涛 刘鑫 孟平平 (153)
大民屯凹陷西部油气勘探实践与方向选择	韩彦军 赵立旻 张和金 鄱克 刘飞 (167)
天然气综合挖潜技术研究与应用	闵忠顺 潘洪灏 马全华 汪利 赵振尧 左悦 赵爱婷 (177)
大民屯凹陷沈 257 块复式油气藏开发研究	李清春 (188)

奈曼地区中生界砂岩储层综合评价

..... 康志勇 闫家宁 蒋 平 张爱华 柳锦云 马 彬 李素杰  
吕 滨 郭小超 (202)

西部凹陷兴隆台太古宇潜山微观储层特征

..... 宋柏荣 边少之 王仁厚 崔向东 王彦芳 (215)

海 1 块“2+3”调驱技术研究与应用 ... 王京博 周雅萍 曲 波 肖传敏 张 莺 (228)

大型集群系统集成、开发与应用 ..... 刘增艳 贺淑云 陈庆伟 郑 新 王 敏 (237)

# 西部凹陷北部油气成藏主控因素分析及勘探目标优选

冉波 王光明 郭琳 潘日芳 汪百齐 于海波

**摘要** 针对本区石油地质条件复杂的勘探现状,本项目研究从构造演化及油气藏的形成条件分析入手,运用勘探新理论和新方法,探索强调多学科的有机配合,树立牛心坨洼陷东侧找构造与陈家洼陷西侧找潜山油藏的找油理念,进行构造、储层及油气成藏研究。在重新认识该区石油地质特征的基础上,预测有利地区和勘探目标优选。共发现和落实有利圈闭 16 个,扩大有利勘探面积 70.9km<sup>2</sup>,预测资源量 1.48×10<sup>8</sup>t。在此基础上,提出 10 口井位部署建议,已完钻 4 口井,其中坨 45、曙古 155 井,均获得高产油气流。

## 1 引言

研究区位于西部凹陷北段,包括 3 个负向构造带(牛心坨洼陷、台安洼陷和陈家洼陷)、2 个正向构造(牛心坨断裂带和冷东断裂背斜构造带),一个斜坡带(高升—高北)、一个断裂带(台安—大洼),面积约为 1200km<sup>2</sup>。到目前为止,除台安县城外基本实现三维地震全覆盖。完钻各类探井:270 余口,揭露 Es、Mz、Pt、Ar 多套含油层系,2001—2006 年在牛心坨、雷家地区部署的坨 32、坨 33、坨 45、雷 64、雷 77 及曙古 155 井,均获得高产油气流,展示了该区的勘探潜力。探明的资源量 3×10<sup>8</sup> 多吨。发现了冷家、高升、牛心坨 3 个大油田。

截至目前,陈家洼陷上报探明储量 17319×10<sup>4</sup>t,高升油田上报探明储量 10802×10<sup>4</sup>t,牛心坨油田上报探明储量 3155×10<sup>4</sup>t。

## 2 石油地质特征

### 2.1 地层特征

#### 2.1.1 地层划分与对比

根据钻井揭露,研究区自下而上发育有太古界、元古界、中生界、沙河街组、东营组、馆陶组、明化镇组和第四系平原组。其中沙河街组又可自下而上进一步划分四段、三段、一段和二段。其中牛心坨地区太古界、中生界、沙河街组四段和三段为研究区主要勘探目的层;曙北地区元古界地层为研究区主要勘探目的层。

地层划分依据:标志层、岩性特征、古生物特征、测井曲线特征,根据此对本区 60 多口探井进行了系统的地层对比与划分。

#### 2.1.2 地层岩性特征

太古界:岩性为浅粒岩、长英质花岗岩和黑云母斜长片麻岩。

中上元古界:岩性为白云岩、变余石英砂岩、石灰岩和板岩。



中生界：北段牛心坨为一套蚀变中酸性火山喷出岩和暗色泥岩，南段为砂砾和角砾沉积。

沙河街组四段 ( $E_{s_4}$ )：为大套长石砂砾岩和灰黄色灰质白云岩，深灰、褐灰色泥岩，夹灰色砂岩、砂砾岩，油页岩。

沙河街组三段 ( $E_{s_3}$ )：为一套灰色、浅灰色或灰绿色砂砾岩、褐灰色泥岩组合。

沙河街组一段、二段 ( $E_{s_{1-2}}$ )：该段在研究区未分，其中二段在斜坡带上部分缺失，岩性主要为一套灰色、灰绿色砂岩或砂砾岩与灰色泥岩互层组合。

东营组 (Ed)：东营组的岩性为一套浅灰色砂岩与灰绿色泥岩互层。

馆陶组 (Ng)：大套块状砂砾岩。

## 2.2 构造特征研究

研究区由新生代盖层和前古近系基底两套地层系统构成。西邻燕辽台褶带，东接辽东台背斜，并有郯庐断裂自其间穿过，处于近 EW 向构造和 NE 向构造交接转换部位，构造演化既有继承性，又有新生性。综合区域特征分析，可将研究区地质历史划分为前中生代地台形成发展、中生代地台活化、新生代盖层沉积三大演化阶段。我们主要研究的是新生代构造特征。

### 2.2.1 新生代构造演化阶段的划分

在编制新生代各类图件后可将该区新生代的构造演化历史划分为初始裂陷、伸展断陷、挤压拗陷 3 个阶段。

#### 2.2.1.1 初始裂陷阶段——古新世房身泡期

古新世在太平洋板块向欧亚板块俯冲作用下，辽河拗陷地处弧后扩张区，在 NW - SE 方向的拉张应力作用下，地幔上拱，地壳减薄，导致隆起带顶部张性断裂系统的形成。此时，台安东断裂、牛心坨东断裂等主要边界断裂开始发育，南部高升斜坡一带次级断层也比较发育，呈西倾斜列式断阶带分布。伴随张性破裂，岩浆沿断裂面上升，形成大量碱性玄武岩岩被，角度不整合覆盖在前古近纪地层之上，厚度向南、北逐渐减薄。

#### 2.2.1.2 伸展断陷阶段——沙四期—东营期

经过古新世初始裂陷后，先期断裂在重力均衡调整作用下不断拉张深陷，自始新世开始形成地堑、半地堑式结构，研究区随即进入伸展断陷阶段。根据沙一段、沙二段底界与沙三段顶界间的角度不整合接触关系，可将此阶段划分为深陷期和再陷期两个沉降旋回。

(1) 深陷期——沙四期、沙三期。沙四期，台安东断裂、牛心坨东边界断裂活动增强，台安洼陷、牛心坨洼陷逐渐加深，湖盆面积不断扩大，接受了一套富含有机质的湖相碎屑岩沉积。从众多联络测线上可以看出，沙四段在牛心坨洼陷的沉积厚度明显大于台安洼陷的沉积厚度，说明沙四期沉降中心由北东逐渐向南西方向迁移；进入沙三期，台安东断裂、牛心坨东断裂活动进一步加剧，因基底断块产生翘倾扭动，在边界主断层西侧发育一系列反向正断层，使牛心坨洼陷和台安洼陷沉降幅度急剧加快，两洼陷联为一体，湖盆范围最大，沉降中心沿主干断层下降盘呈线状展布。

(2) 再陷期——渐新世沙一期、沙二期—东营期。经过沙三末期短暂的回返间歇后，到渐新世，湖盆再次开始下陷，接受沉积，但沉降幅度明显减小。沙一期、沙二时期，湖盆开始沉降，扩张速度缓慢，除主干断裂继承性活动外，新生断层较少。进入东营期，断裂活动进一步加强，除主干断裂加剧活动外，走向 NE，倾向 SE 的新生性断裂也有发育，使湖盆下降幅度增大，接受了巨厚的砂、泥岩建造。

### 2.2.1.3 挤压拗陷阶段——馆陶期

新近纪以来,辽河盆地进入了整体拗陷阶段,大部分地区没有断裂活动,馆陶组以上地层沉积稳定,厚度无明显变化,角度不整合在古近纪地层及前古近系之上。但由于东营期末挤压应力场的持续作用,先存的反转构造继承性发育,使新近纪地层卷入挤压变形系统之内。

### 2.2.2 构造组合特征

根据各组底界构造图构造线的空间展布特征、断裂和褶皱的组合规律分析,沙三段底界和中生界顶界具有相似性,沙一段、沙二段和东营组具有继承性,新近系和古近系具有差异性,因此可将研究区构造组合特征分如下三组进行讨论。

#### 2.2.2.1 中生界顶界、沙三段底界构造

西部凹陷北部地区中生界顶界、沙三段底界构造图上主要边界断裂呈 NE—NNE 向展布,次级断裂呈 NEE 向展布。高 70—高 107 井北断裂为界,其南大部分断裂倾向 SE;其北大部分断裂倾向 NW,且有逆断层发育;而在棚 5 井附近断裂不十分发育,据此可划分南部高升斜坡带、北部牛心坨隆起带、中部台安—牛心坨洼陷带。

(1) 南部高升斜坡带:介于高 107 井以南、长古 1 井以北、陈家洼陷以西地区,以台安中断层与台安—牛心坨洼陷带相接,西侧被沙一段、沙二段超覆尖灭,这些断裂在古近纪长期发育,控制了高升斜坡带的形成和演化。

(2) 北部牛心坨隆起带:西侧以牛心坨西右旋压扭性断裂为边界与宋家洼陷分割,该断层在平面上呈略向 NW 凸出的弧形,走向 NNE—NE,倾向 NW,倾角  $55^{\circ}\sim 65^{\circ}$ ,南侧被高 70 井—107 井北断层所截,北侧延伸出研究区,上盘为中生界火山岩,下盘为沙三段、沙四段碎屑岩。

(3) 中部台安—牛心坨洼陷带:位于南、北斜坡带之间,构造相对简单,除台安中断裂、台安东断裂,断层很少发育。

由沙三段底界、中生界顶界构造图可以看出,沙三期断层发育程度高于沙四期,既有继承性,又有新生性,说明断裂发育具有分期性。

杜家台油层顶界构造:分布范围与断裂组合特征与沙三底界构造图一致。

#### 2.2.2.2 沙三顶界和东营组底界构造

在众多联络测线上均清楚表明,沙一段、沙二段和东营组在棚 1 井以北地区上倾部位遭受强烈剥蚀,致使牛心坨地区缺失沙一段、沙二段和东营组地层。残存的两期底界构造图被台安中断裂分割为高升斜坡带和台安—陈家洼陷带两部分。

高升斜坡带:位于台安中断裂以西,发育走向 NE、倾向 SEE 的正断层,断距大、延伸长;以南发育走向 NEE、倾向 SE 的正断层,断距小、延伸短。

台安—陈家洼陷带:发育于台安中断裂和台安东断裂之间,沙一段、沙二段底界最大埋深 3200m,东营组底界最大埋深 2650m。台安洼陷内发育少量 NE 走向的次级断层,与台安中断裂交接关系表明主断裂具有右旋走滑特点。

### 2.2.3 断裂系统组合及演化特征

研究区各期断裂性质有别,同期断裂南北特征相异,各自构成独立的断裂系统,可划分出伸展断裂系统、走滑断裂系统、挤压反转断裂系统。

#### 2.2.3.1 伸展断裂系统

伸展断裂是研究区构造活动的主要特征,分布范围广,规模大。发育时间上具有分期性

和继承性,以沙四期、沙三期断裂系统为主,沙一期、沙二期和东营期断裂系统次之。

#### 2.2.3.2 走滑断裂系统

在沙四段、沙三段底界断裂系统分布图上可清楚发现研究区北部牛心坨地区东、西部边界发育3条逆冲断层,分别为牛心坨西断裂、牛心坨东断裂和牛心坨东主边界断裂,它们在平面上呈NE走向平行展布,其中前2条断裂相向对冲,断层的上盘为中生界—房身泡期火山岩,下盘为沙四段、沙三段沉积碎屑岩,组成一向斜构造。

#### 2.2.3.3 挤压反转断裂系统

在馆陶组底界断裂系统分布图上发育4条逆冲断裂,分别为牛心坨东边界断裂、牛心坨西断裂、牛心坨东断裂和台安中断裂,后两条断裂走向上不连续,规模小。这4条断裂都是在古近纪时期伸展断陷的基础上发育的正反转构造,

#### 2.2.4 主要断裂(层)演化特征

研究区新生代构造是在继承中生代构造格局的基础上发育的,以发育NE向主干断裂为主,同时发育NEE向派生断裂,从断裂发育时间长短分析,可划分为如下几种类型。

(1)沙四—馆陶期发育的断裂。这些断裂在中生代时期就开始活动,沙四期、沙三期发生强烈的拉张断陷,东营末期发生右旋扭扭,馆陶期发生继承性反转,它们控制了古近系的沉积和新生代构造的发育。

(2)沙四—东营期发育的断裂。这些断裂为凹陷边界主干断裂的伴生断裂或派生断裂,活动时间从沙四期开始,终止于东营期,仅在高升斜坡发育,形成东倾的断阶带。

(3)沙四—沙三期发育的断裂。为主干断裂的派生断裂,一般与主干断裂相交的一端收敛,另一端撒开,在高升斜坡形成南东倾斜的断阶带,在牛心坨隆起区形成北西倾斜断阶带,规模不大。

(4)沙一期、沙二—东营期发育的断裂。除台安中断裂发生右旋张扭性活动外,主要发育与其同生的正断裂,断裂走向转为NEE向,与早期断层斜交,分布在高升斜坡南部和台安洼陷内部。

(5)馆陶期发育的断裂。该期断裂活动明显减弱,除继承早期断裂继续活动外,新生的断层仅在郎1井附近有分布,为东倾小型正断层。除正断层外,还沿先期边界正断层发生反转形成正反转构造,此期正反转构造在西部凹陷与中央凸起分界断层表现最明显。

上述断裂在同一时期不同断裂生长指数具有明显差异,如沙一期、沙二期台安中断裂活动强度明显高于其他断裂;同一断裂不同时期生长指数也有差异,如台安中断裂在沙一期、沙二期、东营期的活动比沙三期、沙四期断裂活动强烈,说明了断裂活动在空间上具有不均一性,在时间上具有波动性。

#### 2.2.5 曙光潜山的构造与北部高升—牛心坨有明显的不同

##### 2.2.5.1 古潜山带的划分

本次研究的重点为辽河断陷西部凹陷西斜坡带上曙光地区的潜山带。曙光潜山带前中生界由中上元古界和太古界构成,该区带长期处于古隆起背景下,古新世早期,在伸展拉张性质的地应力的作用下,发育了一系列北东向展布的西掉断层,这些断层切割基岩,使基岩断块体翘倾形成一系列东倾单面山。晚期发育的东西向断层进一步分割潜山,把潜山分为高、中、低3个潜山带。其北西部分为高潜山带。

##### 2.2.5.2 古潜山有关的基本圈闭成因类型

辽河断陷古潜山分为基岩构造和盖层构造,基岩构造又分为侵蚀残山和断块山。实际

上，一般把基岩构造统称为古潜山。从地质意义上讲，只有侵蚀残山才是古地貌定义上的古潜山，而后期的断块山则为构造型或构造与不整合面共同作用的复合型。但作为油气圈闭，我们主要考虑的是储集和封堵条件，故从广义角度将断块山统一到古潜山“构造”类型中。因此，本文将古潜山圈闭基本类型作如下三种划分：

(1) 侵蚀残山。指主要为侵蚀作用成因的古地貌山头圈闭类型，断裂因素主要在前古近纪的古地貌发育期。

(2) 断块山。指在单斜缓坡地貌背景上形成的单断或双断型构造断块圈闭类型，与前古近系形成的古地貌关系不大，圈闭主要受喜马拉雅早期的断块活动控制。

(3) 断块—侵蚀残山复合型。指在古地貌山头基础上又受喜马拉雅早期断块活动改造的双成因复合圈闭类型。

#### 2.2.5.3 中生代以来构造演化对古潜山圈闭形成的影响

从中新生代构造演化规律，可归纳出构造变动对古潜山形成所起的几点作用：

(1) 自晚侏罗世开始的构造作用造就了区域块断作用的基础，而从兴隆台西断层的强烈活动开始至沙三段沉积末，由北西向南东递进变形的规律，导致一系列断块“山”的继承性活动。在中生代末，这种作用对古潜山的形成而言，主要是兴隆台凸起、曙 111 井断块的上升而形成以太古界混合花岗岩为基础的平顶山。而盘山凹陷发育以曙 103 井断块为代表的孤立侵蚀残山和曙 107 断块型的上升盘断块局部剥蚀的侵蚀孤立残山。而向北西方向，块断作用不明显，仍为平夷作用。至房身泡期末，玄武岩溢流及沉积岩的覆盖，使基岩剥蚀区缩小，只在上述出露的高断块上继续发生风化侵蚀作用，对储层进一步改造。使中生代晚期发育了溶蚀充填作用。

(2) 沙四段沉积期，仍继承了上一阶段的构造—地貌轮廓，而沙三段沉积期，不但兴隆台西断层及相邻断层加速活动，且北西方向的斜坡部位，块断作用趋于明显，构成了一系列北西倾的正断层组合。这些翘倾旋转断块与古地貌形成的正地貌相配合，形成了所谓的古潜山（即包括侵蚀残山和断块“山”以及复合型“潜山”）。然而，当时的构造活动纵横向差异较明显，首先，南东地区的断块活动只发生在沙三段沉积期，中、后期停止活动，因而未能断穿沙三段；其二，横向上仍是近兴隆台西断层的潜山西掉幅度大，此时不管是侵蚀型的还是构造型的潜山均埋于深达 2000m 以上的地层，因而对储层的改造已是在埋藏条件下进行的。此阶段构造作用对潜山圈闭的影响主要有三点：①断层发育导致部分“潜山”圈闭和作为油气运移通道的形成；②断层附近构造裂缝发育有利于储层物性改善；③沿早期形成的构造裂缝发育有机质热演化过程中排出的酸性有机热液的溶蚀作用。

(3) 沙三段至东营组沉积期，由于构造活动已转为断拗期，除近兴隆台凸起部位外，多数早期断层已不再活动。由于新近—古近系内部的断层一般未断至基岩，故此阶段构造活动对古潜山圈闭的影响，主要为随着盘山凹陷的沉降而使各个潜山头进一步加大埋藏深度和总体上向北西方向的翘倾作用。此时沙河街组已开始进入排烃高峰期和油气沿断层和不整合运移至基岩中。东营期末较强的剥蚀作用使各潜山的埋深变浅或沿少数通天断层发生新近—古近系储层中的油气逸散，但对古潜山圈闭的形态和油气的保存条件影响不大。

(4) 馆陶期至现今的拗陷阶段对古潜山形态已基本无影响，只是埋深的增大。

(5) 就油气运移通道而言，由于基岩潜山基本定型在沙三段沉积期，故不整合面是油气运移的主要通道。又由于烃源岩主要为沙四段和沙三段黑色页岩，故油气除了沿房身泡组顶部的侵蚀面运移或直接进入秃顶潜山构造外，主要沿断层带灌入基岩储层。

## 2.3 沉积储层条件研究

针对工区地层发育特征，沉积作用形成的储层主要发育在沙河街组四段和三段。

### 2.3.1 沉积相类型

(1) 冲积扇相：主要发育于沙四段牛心坨油层。

(2) 扇三角洲相：主要发育在两个部位，一个是靠近牛心坨东主边界断裂一侧的牛心坨地区，物源来自中央凸起，沉积范围宽广；另一个位于湖盆缓坡一侧，沉积范围较小，物源来自西部凸起。

(3) 辫状河三角洲相：在沙三段最为发育，以灰色、深灰色、灰绿色砂砾岩、砂岩和泥岩沉积为主，东部中央凸起提供的物源主要沉积在牛心坨地区靠近中央凸起的地区，西部凸起提供的物源形成了规模较小的辫状河三角洲。

(4) 湖泊相：发育在工区的中东部地区。

(5) 浊积扇相：主要分布在牛心坨地区的高升油层，靠近牛心坨东主边界断裂发育，物源来自东部的中央凸起；另一种为碎屑物质经过浊流二次搬运形成的远岸浊积扇。

### 2.3.2 沉积相的展布特征

#### 2.3.2.1 物源分析

继前古近纪之后，工区沉积了大套的新生代地层。由于工区为一 NE—SW 向延伸的狭长凹陷，虽然其内部构造复杂且南北构造背景和沉积环境有所差异，但从整体上来说，由于盆地短轴方向靠近西部凸起和中央凸起，因而其主要的物源方向为东西两侧，地震相分析的结果也证实了这一点。

#### 2.3.2.2 沙三—沙四段各油层的沉积相展布

西部凹陷北部地区新生代地层经历了 3 个演化阶段，分别为初始裂陷阶段、伸展断陷阶段和挤压拗陷阶段，沙三、沙四段地层主要经历了伸展断陷阶段的深陷期。

(1) 牛心坨油层沉积相展布特征。牛心坨油层沉积时期，台安断裂在牛心坨地区先期活动，在前古近纪基底上发育了近北东向小型断陷湖盆，基本上处于湖盆形成的初始阶段。地层沉积厚度较大，一般 230~340m，砂岩厚度一般 100~200m。该阶段主要发育有冲积扇相、浊积扇相及湖泊相沉积。沉积初期，水体较浅，在牛心坨东主边界断裂的控制下，粗碎屑沉积以冲积扇相最为发育，几乎覆盖了整个牛心坨地区包括北部的坨 17 井区，坨 17 井区的沉积物可能来自西北部，东部分布较广的坨 9 井—坨 10 井区的冲积扇物源来自东侧的中央凸起，到牛心坨油层沉积的后期阶段，在前期形成的冲积扇体远端及水下地势较高的部位沉积了碳酸盐岩。

(2) 高升油层沉积相展布特征。进入高升油层沉积时期，边界同生断裂活动进一步向外扩展，湖侵迅速，湖盆处于稳定沉降阶段，地层沉积厚度一般 150~300m，砂岩厚度一般 10~40m。发育了一套以厚层深灰色泥岩、薄层油页岩、局部夹灰质或白云质泥岩为主的深水沉积。值得注意的是，进入高升油层沉积时期后，随着水体的加深，南部高升地区玄武岩喷溢后形成的局部古隆起也开始接受沉积。沉积了大量的碳酸盐岩，一般以鲕粒灰岩为主，少数为泥质灰岩。

(3) 杜家台油层沉积相展布特征。杜家台油层沉积时期，东侧断裂活动加强，西侧逐渐抬升，沉降中心开始向南迁移，湖盆继续下陷，水体不断加深，水域不断扩大。地层沉积厚度一般为 140~400m，砂岩厚度一般为 50~110m。由于边界断裂活动性增强，地形高差加大，因此水系较为发育，碎屑物质供给充足。沉积相发育有扇三角洲相、辫状河三角洲相、

浊积扇相和湖泊相，物源主要来自东部的中央凸起，西部凸起次之。

(4) 莲花油层沉积相展布特征。进入沙三段沉积时期，南部高升地区的台安断裂活动进一步加剧，湖盆地层沉积厚度一般为 200~750m，北厚南薄；砂岩沉积厚度一般为 100~300m。沉积相发育有辫状河三角洲相、扇三角洲相、浊积扇相和湖泊相。辫状河三角洲相分布在坨 32 井—坨 12 井—棚 1 井—坨 10 井区，范围广厚度大，物源来自东部中央凸起，另外在高 93 井—高 84 井—高 81 井区也有发育，厚度较小，狭长状物源来自西部凸起；浊积扇分布比较零散，辫状河三角洲和扇三角洲的远端有浊积扇发育，分布在坨 4 井—坨 6 井—坨 16 井—张 2 井区、高 70 井—高 80 井—高 50 井区、高 25 井区和高 19 井区，为扇体滑塌形成。另外南部的高 6 井—高 34 井区和中部的棚 5 井区也有相当规模的浊积扇发育。

### 2.3.3 储层特征

#### 2.3.3.1 碎屑岩储集体的厚度及分布

储集岩厚度及分布受物源、气候、水体能量和古地形等多种因素的控制。平面上沙四段碎屑岩储层主要分布在牛心坨地区，地层厚度在 500~1000m 之间，高升地区仅有局部井区钻遇沙四段杜家台油层和高升油层，厚度总计 100~220m 之间；沙三段沉积时，由于牛心坨地区的不断抬升，沉降中心转移到了高升地区，沙三段莲花油层在高升地区发育齐全，厚度一般在 200~750m 之间。

#### 2.3.3.2 特殊岩类储层特征

(1) 碳酸盐岩。碳酸盐岩主要为鲕粒灰岩、泥质灰岩、白云质灰岩和泥质白云岩、灰质白云岩等。碳酸盐岩储层中常见的颗粒类型有陆源碎屑、生物碎屑、鲕粒、团块、内碎屑等，根据统计资料，研究区内碳酸盐岩的单层发育厚度除杜家台油层较小外，牛心坨油层和高升油层中单层厚度大多都在 2m 以上，有的甚至超过了 20m，累计厚度也比较大，具备形成油气储层的物质基础。

研究区碳酸盐岩的原生孔隙均不很发育，次生孔隙发育较好，主要为粒间溶孔和粒内溶孔、晶间孔和晶间溶孔，其中高升地区高升油层底部发育的鲕粒灰岩次生孔隙最为发育，勘探开发效果已经证实该层位具有很好的油气储集能力。通过岩心物性及测井解释物性资料的分析统计，研究区石灰岩平均孔隙度在 0.41%~17.1% 之间，渗透率一般小于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，以鲕粒灰岩物性最好。白云岩平均孔隙度一般在 6%~24.4% 之间，渗透率一般小于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ；按照部颁储层划分标准可划归为高孔高渗的 I 类储层。

(2) 中生界火山岩。根据岩心观察和录井资料分析，研究区中生界火山岩岩性主要有玄武岩、英安岩、火山角砾岩、凝灰岩和火山沉积岩等。

玄武岩主要分布于高升地区新生界房身泡组，其次为牛心坨地区沙四段底层及中生界坨 16 井区，钻井揭露厚度 4~375m。岩心呈灰黑色、深灰色、绿灰色，斑状结构，见杏仁构造。斑晶以斜长石为主，次为辉石。

安山岩主要分布于牛心坨地区中生界地层中，岩心呈浅灰色、棕灰色或绿灰色，块状构造。斑晶成分主要为斜长石、角闪石及黑云母，斑晶泥化、碳酸盐化较强烈。

火山角砾岩也分布于牛心坨地区中生界，岩心呈灰色、深灰色、杂色，块状构造，角砾粒径一般 2~65mm，大小不一，棱角明显。角砾成分主要为粗面岩、玄武岩、凝灰岩、玻屑及晶屑，有时可见少量陆源碎屑。角砾间为细小的晶屑、岩屑、玻屑及火山灰。岩石脱玻化和绿泥石化强烈。

凝灰岩也分布于牛心坨地区中生界，岩石呈浅灰、深灰、绿灰、灰黑、褐黑等颜色，块

状，凝灰结构。岩石由岩屑、玻屑、晶屑及火山灰组成。

火山沉积岩主要有复成分砂砾岩、复成分火山砂砾岩、凝灰质含砾砂岩等，填隙物主要有白云石、方解石、硅质、泥质和凝灰质，呈砂—砾状、砂状、砾状、角砾状结构。

按形成机理，火山岩的储集空间可分为原生和次生两大类。研究区火山岩的原生储集空间包括气孔和残余气孔、砾（粒）间孔、冷凝收缩裂缝等。

研究区火山岩的次生储集空间包括各种次生溶蚀孔（缝）、构造裂缝和风化缝隙。研究区内的火山角砾岩、角砾化熔岩及凝灰岩易被溶蚀，主要发育有砾间溶孔、砾内溶孔、晶间溶孔、晶内溶孔、杏仁体内溶孔和溶蚀缝等。

根据测井资料解释及岩心常规物性化验分析可知，研究区火山岩物性受岩性、构造作用及后期埋藏成岩作用的控制和影响，变化范围大。中生界火山岩现有资料显示的有效孔隙度在 3.1%~11.7%之间，平均 6.9%；新生界火山岩主要为玄武岩，原生玄武岩孔隙性好而连通性差，主要表现在总孔隙度普遍较高，而有效孔隙度却很小，因此其储集物性受后期改造作用影响巨大。

(3) 古潜山。古潜山岩石类型主要包括花岗岩、混合花岗岩、片麻岩、粒状岩、角闪岩及碎裂岩等，局部地区见中上元古界海相碳酸盐，储集空间主要为裂缝和风化溶蚀孔缝。测井及岩心资料表明，本区基岩潜山油藏的裂缝类型有构造缝、层间缝、压溶缝、矿物节理缝、晶间缝、溶蚀缝等。其中构造裂缝最为发育，其次为溶蚀裂缝和风化裂缝。据古地磁定向岩心和地层倾角测井分析，潜山中以东北向和北西向两组裂缝最为发育，局部还发育有近东西向裂缝。由岩心物性可以看出古潜山储集物性较差，孔隙度介于 1.1%~21%，平均 5.1%，渗透率一般小于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但由于古潜山的储集空间以裂缝为主，因而在断裂发育带附近的古潜山依然具备很好的储集能力，能够形成较大规模的油气藏，目前该地区的古潜山中已经发现了工业油流。

### 2.3.4 油气成藏模式及主控因素

#### 2.3.4.1 油气成藏模式

对本区不同区块、不同层位的油藏分布与油藏类型综合分析后，可知研究区的油气成藏模式有以下类型：

(1) 下生上储断裂控制成藏模式。此模式主要是宋家洼陷油气成藏特征，本区经研究油气以成熟油为主，且主要分布在阜新组和沙海组，而成熟烃源岩主要分布在早白垩的九佛堂组，其欠补偿的静水环境，有利于有机质的保存。此模式的关键因素是有沟通各层系封闭层阻挡的断裂存在。

(2) 中生界自生自储近源断控成藏模式。坨 33 井区中生界原油主要为成熟原油，而有效的成熟源岩亦分布在中生界，其沉积中心在坨 16 井—坨 17 井的中间地带。坨 32、坨 33 井中生界油层的相继发现使得本区中生界进入勘探热点。成熟源岩的生烃门限为 1400m，经分析坨 33 井 1700m 处原油成熟度比 1300m 处要高，同样可知油气来自中生界的下部成熟区。中生界生油、中生界储油，即构成了此区自生自储成藏模式，同样断裂在本区亦有举足轻重的地位。

(3) 源控近距离成藏模式（主要模式）。本区油气分布最大特点即为靠近源岩就近分布，这 and 低熟油的物理化学性质，本区温压场演化特征，及断陷湖盆块断发育、砂体小规模分布广泛均密切相关。

(4) 上生下储超压封盖潜山成藏模式。张 1 块底部潜山油气藏一直是高北地区的主力油

藏, 潜力亦比较大。经本次研究表明, 古潜山原油均来自沙四段(牛心坨油层组), 而其能得以保存完好的重要原因即为本段牛心坨油层组存在一定超压, 结合泥岩毛管压差封盖一起为潜山成藏提供了必要的动力和封盖。

#### 2.3.4.2 成藏主控因素

研究区油品性质较为复杂(低熟油、正常油、降解油等), 且辽河油区未—低熟油只分布于本研究区, 分布广泛、储量可观, 油气藏类型也比较丰富。宏观上讲, 辽河西部凹陷北段是在一定的构造背景下形成的富烃洼陷。不同的构造应力场、不同的构造力学机制控制着洼陷性质、构造格局及其沉积充填序列, 进而控制烃源岩的分布及热演化特征、储层和盖层的发育特征以及圈闭的类型, 最终影响油气的富集程度。综合分析本区油气成藏的主控因素主要有: 构造演化、沉积充填控制烃源岩的分布和演化; 构造演化控制了沉积相带展布和储集体的发育; 构造对基岩潜山裂缝型油藏的发育与展布的控制; 断裂对油气运聚的控制; 温压场演化对油气的控制。

### 3 勘探实践

#### 3.1 牛心坨地区

研究区发育多套含油层系, 从上到下有沙三段、沙四段、中生界及太古界潜山, 都不同程度的获得油气显示和工业油气流。牛心坨地区目前已经完钻各类探井约 50 口, 探明储量为  $2438 \times 10^4 \text{t}$ , 预示着有良好的勘探前景。

为了进一步在该区开拓勘探新区, 对该区已钻探井做了细致系统的分析研究, 发现在牛心坨南部地区的坨 27 井、坨 26 井、坨 25 井、坨 19 井的沙四段牛心坨油层都获得油层、差油等油气显示, 其中坨 27 井、坨 19 井进行大型压裂, 目前坨 19 井累计产油 501t, 这些现象都预示坨南地区有着良好的勘探前景。同时, 通过对该区岩电特征曲线的分析, 突破前人的认识, 认为南部的棚 1 井、棚 5 井并未钻遇沙四段牛心坨油层; 通过对地震相的分析, 认为牛心坨地层向南有一定的延伸, 有望在该区找到新的油气藏或复式油气聚集区带(块)。

总之, 牛心坨区远景资源量丰富, 具有多套含油层系, 勘探空白区面积大, 其中坨南地区又紧邻生油洼陷, 该区已钻井油气显示积极, 因此本区具有油气藏形成的优越条件, 是下一步勘探的重点目标区。

##### 3.1.1 勘探实践

坨南地区位于西部凹陷北部地区, 是台安洼陷向牛心坨洼陷过渡的部位, 主要物源来自中央凸起和西部凸起两个方向, 岩性横向变化大, 分析认为, 沙四早期, 坨南地区发育一支从东侧中央凸起来的物源, 沿短轴方向直插入湖, 在该区形成扇三角洲沉积。同时该区又紧邻生油洼陷, 有着得天独厚的成藏条件。

通过以上的综合分析研究, 在坨南地区优选棚 1 东块, 部署坨 45 井, 该圈闭面积  $3.6 \text{km}^2$ , 被两条南北向断层和一条边界断层及东西向北掉正断层所夹持, 形成断块。该区储层发育, 并处在有利的相带上, 加上靠近生油洼陷, 与烃源岩接触, 是近源聚集成藏的有利地区。

2006 年 12 月, 坨 45 井的成功完钻, 为了进一步扩大战果, 项目组充分利用现有资料, 从生物化石、单井相、地震相分析, 以及结合周边的坨 25 井、坨 26 井、坨 19 等井进行地层对比。认为坨 45 井从 1848m 就开始进入沙四段的牛心坨油层段, 造成牛心坨油层段顶界



埋深较浅的原因,分析认为在坨45井西侧可能存在逆断层。

为了进一步证实该推测的合理性,我们展开了对该区新一轮的构造研究。牛心坨地区有着与西部凹陷南部地区相似的构造演化阶段,所不同的是,该区早期拗陷,晚期抬升、右旋走滑,应力状态也由张应力变为压扭性应力;该区又是西部凹陷向北收敛的部位,应力集中,再加上中央凸起的基岩对其右旋走滑活动有一定的阻挡作用,致使洼陷周边发育一系列逆断层,在坨南地区东侧发育一系列与控边断层成 $45^{\circ}$ 交角的逆断层,平面上呈雁列式排列。以这样的解释方案为指导,通过精细的构造解释,编制出坨南地区牛心坨油层顶界构造图。其中棚1东逆断层和坨15西逆断层将该区切割成3个条带,由东向西依次是外带、中带和内带。通过精细的构造解释,发现有利圈闭9个,圈闭面积累计达 $33.6\text{km}^2$ ,预测资源量 $6812\times 10^4\text{t}$ ,兼顾构造和储层的前提下,首先立足中带,在中带优选圈闭4个,进行勘探部署,部署坨46井、坨47井、坨48井。

### 3.1.2 勘探效果

通过钻探取得了较好的勘探效果。

2006年12月,坨45井完钻,压裂后试油:层序/总层为1/3,层位 $E_{s4}$ ,井段2066.0~2034.3,21.1m/5层。测井解释:干层、差油层。水力泵排液:泵深1799.53m,泵压5MPa,日产油46.2t,无游离水,累计产油122.0t,累计产水 $68.0\text{m}^3$ 。2007年6月,累计产油1353.6t。坨45井的钻探成功,开拓了勘探新领域,展示了坨南构造带良好的勘探前景。

### 3.1.3 下步勘探方向

通过坨46井、坨47井、坨48井的相继实施,进一步完善该区中带的勘探,同时加大坨南地区外带、内带的油气整体评价与研究,加强该区的构造演化,以及地层、有利沉积储层的分布研究,扩大该区的勘探成果,有望达到牛心坨地区的含油气连片。

## 3.2 曙北潜山带

曙北潜山带位于西部凹陷西斜坡北段,从构造、储层、油气藏特征等方面进一步剖析。

(1) 构造特征:潜山顶面由北西向东南倾,总体上具有北西高东南低的特点,局部由于北东向展布的断层控制作用,略有起伏,形成北东向和近北东向的潜山群。其潜山受西掉断层控制。北东向西掉主干正断层将该区潜山分成北东走向的3个带,潜山带的埋深深度变化较大。潜山整体形态具体表现为北西高东南低的翘倾断块山。

(2) 储层特征:本区潜山储层主要是中上元古界海相沉积的碳酸盐岩。该潜山经过长期多次构造运动及风化剥蚀、淋滤、溶解作用,其原生孔隙已不存在。储层主要孔隙类型有溶蚀孔洞、构造裂缝、晶间孔、粒间孔、溶蚀缝、微裂缝、溶孔。

(3) 油气藏特征:根据该区潜山已发现的潜山油气藏地质特点,油气水分布状况和主要控制因素及不同类型油气藏在开发上的实际需要,将曙北潜山带的潜山油气藏分为两大类:块状潜山油气藏和潜山内幕层状油气藏。本区东侧面临盘山洼陷、陈家洼陷,形成了潜山油藏新生古储的有利油源条件。断层面、不整合面将该区的潜山和生油洼陷连接起来,充当输油管道的作用。

### 3.2.1 勘探实践

通过对该区三维连片编图,从新编制的全区潜山顶面构造图上可以看出,该区的断层分布比较复杂。主干断层平面展布方向主要为北东向,这与潜山及油气分布呈北东向带状分布是相对应的。近东西向断层为次级断层,它们将北东向条带分割成若干个断块,把该区的构