

主 编 陈韶生

副主编 汤 琦 牛文金 张 宏 孙大树 王 影

辽河油田公司优秀科技成果汇编

(2009年度)

石油工业出版社

辽河油田公司优秀科技 成果汇编 (2009 年度)

主 编：陈韶生

副主编：汤 琦 牛文金 张 宏 孙大树 王 影

石油工业出版社

内 容 提 要

本书汇集了辽河油田公司 2009 年度获奖优秀科技成果共 95 项, 内容涉及地质勘探、油田开发、钻采工艺、油气集输、科技信息管理、人力资源管理等方面。

本书具有很强的实用性和借鉴意义, 可供从事石油地质、油藏工程、钻采工艺的科技人员和石油院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

辽河油田公司优秀科技成果汇编(2009 年度)/陈韶生主编.
北京: 石油工业出版社, 2011. 12
ISBN 978 - 7 - 5021 - 8750 - 7

I. 辽…

II. 陈…

III. 辽河油田 - 科研 - 汇编

IV. . P618. 130. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 213835 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
发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店
印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷
787 × 1092 毫米 开本: 1/16 印张: 40.5
字数: 1032 千字 印数: 1—1000 册

定价: 80.00 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

《辽河油田公司优秀科技成果汇编 (2009 年度)》 编 委 会

主 编：陈韶生

副主编：汤 琦 牛文金 张 宏 孙大树 王 影

编 委：张春山 王洁雯 张凌达 陈晓甫 陆福刚

王志信 陈本文 时冀淮 王建平 尉小明

杨宗霖 于 萍 顾玉兰 钟 宏 陈鸿雁

王占胜

目 录

兴隆台潜山带结构特征及成因探讨	谢文彦	鞠俊成	刘 敬等 (1)
西部凹陷南部资料大面积连片叠前时间偏移技术研究	孟卫工	张文坡	郭 平等 (8)
深层巨厚变质岩潜山油藏高效开发理论与实践	张方礼	许 宁	孔令福等 (14)
生产管理模型的建设与应用研究	任芳祥	丁云彪	刘 斌等 (24)
水平井产液剖面测试技术	刘喜林	刘德铸	杨志祥等 (34)
太古宇潜山岩石物理特征研究及在勘探开发中的应用	李铁军	孔令福	胡英杰等 (37)
超稠油水平井配套工艺技术	陈永恒	林 军	张 勇等 (44)
水平井注汽配套工艺技术研究	何传兴	孙古华	杨淑英等 (52)
应用综合治理技术降低超稠油汽窜危害	张守军	李殿国	郎宝山等 (62)
辽河油田稠油开发配套技术整合研究	刘海洋	林 平	范增安等 (71)
稠油热采水平井光纤光栅监测技术研究	宋启辉	马 明	曾 魏等 (79)
SAGD 油井双管作业技术研究与应 用	谢伟明	刘 杰	刘国辉等 (83)
齐 40 区块蒸汽驱地面集输处理技术	郭野愚	祁晓明	武俊宪等 (87)
LXZ - 5000 连续管作业机研制	胡德祥	刘福生	狄丽莉等 (96)
辽河拗陷中央凸起陆上石油地质条件研究	李晓光	蔡国刚	李 理等 (102)
辽河油区难采储量二次评价研究与实践	于 军	陈 超	汤 志等 (110)
稠油吞吐中后期提高储量动用程度技术研究	孙洪军	户昶昊	臧克一等 (118)
杜 84 区块 SAGD 开发过程评价及动态跟踪研究	杨立强	杨建平	张国禄等 (125)
杜 229 区块兴隆台超稠油油藏多元二次开发研究	龚姚进	周大胜	韩 冰等 (134)
蒸汽驱、SAGD 及水平井井口研制	孙守国	关 仲	刘组合等 (138)
海外河油田可动凝胶 + 活性水调驱技术研究与应 用	韩树柏	汪小平	唐纪云等 (150)
稠油高温调剖 (暂堵) 堵水技术	赵政超	张洪君	王 浩等 (159)
辽河油田钻井井控风险识别及井控细则的编制	薄 珉	陈 勋	高富成等 (166)
深井高压油气层试油测试技术的研究与完善	赵 鑫	陈世伟	李玉凯等 (172)
可控不压井作业技术	范玉平	杜运儒	姜初隽等 (179)
输油管道密闭输送水力状态与仿真技术研究	张维志	王兰花	潘艳华等 (180)
大坡度长距离隧道内管道施工技术研究	衣红兵	张彦军	谢旺民等 (190)
含油污泥热解处理技术研究	谢加才	卢时林	黄东滩等 (196)
提高特石管线超稠油输送能力技术研究	刘华勇	马祥礼	蒋德林等 (204)
燃煤注汽锅炉研制及推广应用	吴永宁	李 威	潘耀庆等 (207)
ZJ40JD 整体并车钻机的研制	张治国	朱 兴	任 伟等 (212)
腹腔镜下胆总管切开取石术临床探讨	于 涛	杨 光	赵占志等 (219)

经皮超声引导射频治疗联合适形放疗治疗肝脏恶性肿瘤的临床应用

.....	韩宏斌	张宝库	王 旻 等	(222)
辽河“家”文化整合提升工程研究	孙崇仁	罗文柱	罗颖川 等	(224)
辽河油田公司人工成本研究.....	李孟洲	魏 玮	程亚辉 等	(233)
辽河油田公司预算管理新机制研究.....	范国权	袁广平	李永鹤 等	(241)
辽河油田老区调整改造投资控制研究.....	孔令民	王 谦	姜云鹏 等	(248)
钻井工程造价参数采集及分析系统.....	孙 萍	王元成	朱喜嘉 等	(255)
高升潜山油气成藏条件分析及有利目标评价.....	蔡国刚	回雪峰	金 科 等	(257)
辽河坳陷太古宇潜山地层、岩性及储层特征研究.....	王仁厚	宋柏荣	崔向东 等	(264)
中建坳陷北部有利区带优选及勘探部署.....	张巨星	李晓晨	江建虹 等	(273)
微地震监测技术研究与应用.....	王晓华	杨志祥	宋志军 等	(274)
沈阳油田潜山油藏注水开发技术研究.....	张吉昌	郝春联	新海龙 等	(278)
水驱砂岩油藏深度开发技术研究.....	王奎斌	温 静	李 蔓 等	(286)
锦 45 区块蒸汽吞吐开发后期综合治理配套技术	徐宝森	任德强	李 青 等	(295)
SAGD 动态监测系统的建立及应用	周大胜	李雅芹	杨德卿 等	(303)
2008 年老区滚动勘探目标评价研究	林 海	李明生	王树贺 等	(311)
提高稠油水平井开发效果对策研究及应用.....	许国民	王卫东	雒红梅 等	(321)
.....	赵立文	狄富春	海东明 等	(328)
牛心坨油田牛心坨油层综合调整技术研究.....	王伟林	李树山	李仪仟 等	(337)
辽河油田低渗储层特征及开发对策.....	张丽娜	崔志勇	江 明 等	(345)
开发地震技术在欢喜岭油田的应用研究.....	刘 影	周 旭	蔡玉川 等	(353)
油井堵水工艺技术在锦州油田的研究与应用.....	高玉军	马春宝	曹继红 等	(363)
提高水平井开采效果技术研究与应用.....	曲金明	蒋生健	王少武 等	(369)
沈 84—安 12 区块高含水期综合调堵工艺研究应用	王立军	马文天	陈怀满 等	(375)
曙采超稠油机械堵水综合治理技术.....	朱富林	张守军	吴 非 等	(384)
水平井高效酸化工艺研究应用.....	冯志强	姜 伟	唐晓波 等	(395)
提高海南 3 区块注水开发效果配套技术研究及应用推广	刘占广	李 峰	周广安 等	(403)
茨榆坨采油厂注水开发配套工艺技术的研究与应用.....	邱衍辉	刘 涛	吴庆莉 等	(413)
牛心坨油田低渗高凝稠油稳油控水技术研究与应用.....	陈保钢	潘建华	高本成 等	(421)
曙光油田火驱采油技术研究与应用.....	宁 奎	杨长林	孙希勇 等	(429)
欧利坨油田水力压裂技术的应用.....	庄彩云	吕福荣	王亚金 等	(430)
排水采气配套工艺技术研究与应用.....	卢 凯	郑成立	石忠仁 等	(436)
奈曼油田精细注水研究及应用.....	李作臣	颜明友	赵志斌 等	(445)
多级变径复合套管井捞油及捞砂技术研究.....	管恩东	朱 文	徐宏权 等	(453)
底水油藏人工隔层堵水技术研究.....	李胜文	孙成威	刘 力 等	(460)
锦州油区侧钻井大修工艺技术研究及应用.....	刘秀平	戴德智	于启海 等	(468)
油气井综合防砂治砂技术研究及推广应用.....	王善强	邵国峰	李作齐 等	(475)
井下作业管(杆)自动测长系统研制	范 炜	王小菊	吴秀军 等	(480)

曙光油区油藏深部酸化技术研究·····	王正东	周铁金	雷广发等 (484)
冀东油田高油气比稀油集输工艺技术·····	白玉斌	臧秀萍	张旭等 (490)
曙光油田地面集输采油新技术研究及应用·····	陈铁铮	张守军	李湃等 (494)
中水深度处理技术在 450m ³ /h 污水回用装置中的应用 ·····	董茂森	孙先丽	韩永利等 (504)
定向钻扩孔反扩反输泥浆工艺·····	杨春雷	孙树山	田绍红等 (509)
4500 × 10 ⁴ m ³ /a 氢气并联产 1 × 10 ⁴ t/a 甲醇装置合成工序安全技术改造 ·····	李江林	王叶军	姜振等 (515)
石油天然气冷冻脱水脱重烃系统研制与推广应用·····	王远庆	王英伟	王占斌等 (522)
海工基地码头、船坞建造技术研究·····	赵欣	郭起有	于德望等 (525)
应用新型高效相变加热炉·····	胡桂林	高延宁	胡庆明等 (532)
哈萨克斯坦稠油开采配套热采井口研制及应用·····	潘耀庆	刘福东	李志等 (536)
网络增值业务的开发与应用·····	颜景龙	姜百军	张庆员等 (543)
辽河油区地热资源开发利用技术研究与应用·····	朱颖超	邹洪波	姚艳华等 (549)
iFIX 在综合自动化变电站中的开发与应用 ·····	刘申明	白照东	夏长生等 (556)
LHYL 数控测井平台 ·····	程林	李祖臣	蒋兴才等 (562)
医院 HIS 远程网络快速恢复系统的开发与应用 ·····	邹本警	刘波	兰桢伟等 (571)
宫腔镜在异常子宫出血中的应用·····	王宇珍	侯杰	李涛淘等 (575)
腹腔神经丛阻滞术治疗癌性上腹痛疗效观察·····	邹凤吉	于荣哲	姚丽等 (578)
辽河油田青少年健康危险行为调查·····	王晓丽	李剑平	叶连新等 (583)
热疗对局部晚期恶性肿瘤化疗的增敏作用的临床研究 ·····	张宝库	韩宏斌	孙红戈等 (591)
辽河油田油气水井工程方案在线设计系统·····	檀德库	梁书娟	刘威等 (594)
辽河油田公司科研人员激励机制研究·····	张福刚	陆福刚	陈晓甫等 (599)
水平井经济评价方法研究及应用·····	许艳	黄鹤	郭福军等 (606)
辽河油田非油产业发展模式研究·····	刘希全	林秀峰	赵锁永等 (616)
HSE 体系流程化管理探索与应用 ·····	任树刚	王国成	孙文跃等 (624)
“责任机关、阳光机关、效率机关”创建研究 ·····	徐永安	孙力文	孙仁智等 (628)
彩叶花灌木的引种及组培扩繁 ·····	孙喜庆	罗斌	史宝彦等 (635)

兴隆台潜山带结构特征及成因探讨

项目编号: 2009101

完成单位: 辽河油田公司勘探开发研究院

完成人: 谢文彦, 鞠俊成, 刘敬, 钱宝娟, 杨景勇, 张海栋, 陈昌, 于海波, 朱红梅,
柳文鹤

获奖情况: 辽河油田公司科技进步一等奖

成果简介: 兴隆台潜山带是辽河油田近年来发现的规模最大、开发效果最好的油气藏之一。随着勘探开发的不断深入, 其结构的复杂性给深入研究及下一步勘探部署工作带来了非常大的困难。针对这一情况, 本项目在借鉴前人研究成果的基础上, 充分利用钻井、地震、测井、锆石同位素测年等资料, 对兴隆台潜山带的结构特征进行了深入的研究和总结, 并对其成因进行了分析和探讨。在攻关过程中, 紧密结合潜山油气成藏的主控因素, 深入分析构造演化及结构特征对油气成藏主控因素的影响与控制作用, 从而揭示了潜山带构造演化与油气藏形成, 以及潜山带结构特征与油气藏类型之间的密切关系, 对潜山带的深入研究及下一步勘探部署具有一定的指导意义。

专题在研究过程中, 利用精细地震解释技术、层拉平技术、地震属性分析技术、潜山内幕岩性测井识别技术、相干体及曲率裂缝预测等技术对兴隆台潜山带复杂的构造和结构特征进行了详细的研究。并在此基础上, 通过对区域构造演化分析、岩石地球化学特征分析、锆石同位素测年等技术方法, 对潜山带结构的成因进行了深入的分析和探讨, 总结了兴隆台潜山带的形成和演化过程, 并在此过程中形成了潜山结构分析及构造演化分析的研究方法和技术系列。

研究取得了以下成果和认识: ①兴隆台潜山带于晚三叠世发育有多条逆冲断层, 并因此形成了双元多层的内幕结构。②在构造运动、岩浆活动和岩性差异等条件的共同作用和影响下, 潜山带的裂缝十分发育, 形成了平面分布范围广、纵向多层且相对独立的特点。其中, 有效裂缝绝大部分形成于新生代。③初步构建了兴隆台潜山带的地层对比划分方案, 太古宇应归属于鞍山群, 定名为兴隆台型。④潜山带具有太古宇和中生界双元多层含油的特点。独特的构造特征决定了其油气藏类型和成藏模式的特殊性。其油气藏类型为双元多层内幕油气藏, 成藏模式为源内型双元多层结构成藏模式。⑤通过本项目的研究, 共部署探井 10 口。

项目的研究成果直接应用到科研生产中, 取得了显著的经济效益和社会效益。马古 6 井、马古 7 井、兴古 12 井获高产油气流, 兴古 9 井、兴古 10 井、陈古 3 井、陈古 5 井获工业性油气流。在此基础上, 兴隆台潜山带 2008 年上报预测石油地质储量 $4006 \times 10^4 \text{t}$, 控制石油地质储量 $6543 \times 10^4 \text{t}$, 探明石油地质储量 $548.06 \times 10^4 \text{t}$ 。累计上报含油面积 35.24km^2 , 地质储量 $1.1097 \times 10^8 \text{t}$ 。兴隆台潜山油气勘探获 2008 年度中国石油油气勘探重大发现一等奖。

本专题在研究的深度、广度及实际应用效果上达到国内的先进水平, 并且在太古宇潜山内幕油藏研究方面处于国内领先水平。

兴隆台潜山带位于辽河拗陷西部凹陷中段，是辽河油田近年来发现的规模最大、勘探开发效果最好的地区之一。马古1井、兴古7井等井相继取得良好的勘探效果，突破了长期以来风化壳含油及2720m为含油底界的认识。但是随着勘探的不断深入，发现该潜山带地质条件极为复杂，特别是潜山结构特征呈现多元结构，同时不同地区其潜山结构特征差异较大，而且潜山内幕逆断层发育，给潜山勘探带来了难度。潜山带具有怎样的结构特征？这样的结构特征是如何形成的？它对潜山带的油气富集有哪些影响？形成了何种类型的油气藏，其主控因素是什么？搞清这些问题对该区的勘探实践具有重要的意义。

1 区域构造背景

辽河拗陷是在华北地台的基础上形成的新生代裂谷盆地，位于华北地台的东北隅。东部是辽东台背斜，西接燕山台褶带，北靠内蒙地轴东缘，南临渤海。根据板块构造理论认为，辽河盆地是由上地幔隆起导致地壳上拱拉张形成的产物，自燕山运动以来，在拉伸应力场作用下形成的裂谷型盆地，属于古板块上发育起来的裂陷型裂谷带，由3个相对独立的半地堑构成。西部凹陷是位于辽河拗陷西部的次一级构造单元。北东向基岩深大断裂控制西部凹陷基底古地貌构造形态。根据潜山在凹陷中所处的位置，将其划分为西部斜坡潜山带、洼陷中央潜山带、东部潜山带。

裂谷在其生成演化过程中，以主干断裂为中心发生大规模的倾向滑动，产生了相互平行、倾向相同的正断层系。随着构造活动进一步加剧，被正断层系所分割的基岩块体发生幅度不等的右旋翘倾运动，形成一系列基岩块体山。潜山形成的机制决定了潜山带在平面上的展布规律，亦即每一条西倾基岩断层的上升盘形成了成排成带分布的潜山。

2 兴隆台潜山带构造特征

对兴隆台潜山带的认识是一个反复的勘探实践过程。2002年以前认为兴隆台潜山带整体为一个北东走向的古地貌山，太古宇上覆0~400m的中生界，且中生界和太古宇具有相同的构造形态及分布特征。2002年以来，马古2井、马古3井等井相继钻遇厚达1000m的中生界，结合地震资料分析研究，发现中生界和太古宇构造形态及分布特征是不同的。太古宇为北东走向，自南向北依次为马圈子潜山、兴隆台潜山和陈家潜山。其中兴隆台潜山为埋深小于2500m的高潜山，陈家和马圈子为低潜山，主要发育北东向和近东西向两组断层。北东向西掉断层为主干断层，控制着潜山带的形成与分布，近东西向断层对潜山带起分块作用。

3 兴隆台潜山带结构特征及成因探讨

3.1 潜山地层组成及年龄测定

兴隆台潜山带受区域构造演化作用，具有特殊的双层结构，即潜山由太古宇结晶基底和上覆中生界沉积岩、火山岩类所构成。太古宇为变质岩系，部分地层有混合岩、斜长角闪岩及早期侵入的煌斑岩岩脉和后期侵入的中酸性火山岩岩脉；中生界为残留地层，上部以中酸性火山喷发岩为主，下部以砂岩、砂砾岩、火山角砾岩为主。沉积中心在马古6井和兴古

10 井之间,最大厚度超过 1800m,部分地区缺失中生界。

通过对潜山带岩性对比分析及矿物定向测定,结合前人研究成果和认识,构思了兴隆台潜山带的地质对比划分方案,并初步建立了地层层序,纵向上具有片麻岩及混合岩类发育带与角闪岩类发育带交互发育的特点。该区太古宇地层应归属为鞍山群,定义为兴隆台型。

锆石 U—Pb 法是目前应用最广泛的同位素地质年代学方法。锆石的化学成分、Hf 和 O 同位素组成广泛应用于岩石成因、壳幔相互作用、区域地壳演化的研究等,是追溯地球早期历史的有效工具。目前已广泛应用的微区原位测试技术主要有热电离质谱法(TIMS)、离子探针和激光等离子质谱等。

通过单颗粒锆石 U—Pb 原位同位素测年方法的研究,确定出兴隆台潜山太古宇变质岩年龄在 2441~2581Ma 之间,属于新太古代;其中的侵入岩在 206~239 Ma 之间,属于晚三叠世。

3.2 兴隆台潜山带结构特征及成因探讨

3.2.1 潜山带结构特征

以往的研究成果认为兴隆台潜山带为简单的双层结构,太古宇顶面的宏观形态表现为轴向东北、中间高、向南北倾没且上覆厚度不等的中生界。兴隆台潜山与马圈子潜山之间存在的两条近东西向展布的相向下掉的正断层控制着中生界的沉积,而随着评价井和开发井的钻探,揭示了潜山内幕更加复杂的一面,展现了其结构特征的复杂性。

兴古 7-5 井于 2007 年 8 月首次在太古宇之下再次钻遇中生界(3661.65~3664.95m 井段薄片鉴定为中生代地层。2990m 取心,锆石定年为 $2496.0\text{Ma} \pm 9.3\text{Ma}$,为新太古代地层),由此揭开了潜山勘探新的一幕。其后钻探的兴古 7-8 井等多口井均揭示内幕存在地层叠置现象。结合地震资料落实兴隆台潜山内幕存在的逆冲断层,该断层为近东西走向,研究区内延伸长度约 6km,断面北倾。2008 年陈古 2 井和兴古 9 井在陈家潜山也钻遇太古宇和中生界重复段。陈古 3 井和陈古 5 井的斯伦贝谢井壁取心资料证实,原解释为太古宇混合花岗岩的井段实际为中生代侵入的规模较大的岩脉,岩性为酸性花岗岩及中性石英闪长岩。由此可以看出,潜山内幕发育逆冲断层并使其具有双元多层结构,且不同地区的岩性组成与结构特征具有差异性。为此,将兴隆台潜山带潜山内幕结构划分为简单型、地层叠置型和大型岩脉侵入型 3 类。马圈子潜山为简单型,兴隆台潜山为地层叠置型,陈家潜山为大型岩脉侵入型。

目前,兴古 9 井等 5 口井揭示太古宇井段发育了大规模的中酸性侵入岩,岩体厚度过百米,初步分析认为,岩浆侵入与逆断层的活动有密切关系。陈古 3 井、陈古 5 井钻遇了较厚的糜棱岩,说明潜山带受中生代挤压构造运动的改造十分强烈,同时也证实了该潜山带有多条逆断层发育。

3.2.2 逆断层成因及形成时代探讨

据专家学者的研究考证及逆冲断层的发育特征可以断定,兴隆台潜山内幕逆冲断层形成于中生代。具体形成于中生代什么时期,由于资料收集和观点不同,主要有以下两种看法。

一是认为该断层形成于白垩纪。

地质大学吴正文等人曾对燕山造山带东延部分,即辽西地区的凌源—北票逆掩断层、牛营子—郭家店逆掩断层等逆冲推覆构造的形成时代作研究,认为这些逆冲推覆构造定型时代为早白垩世中—晚期(时间约为 110Ma);同时指出这些逆冲推覆构造是受区域南北向压应力作用形成的,其走向不但与区域压应力宏观方向有关,还决定于围限的边界条件。同样

的南北向压应力作用下,燕山主体逆冲断层走向为东西向,而辽西地区逆冲断层则为北东—西南向展布。

燕山造山带东延部分,即辽西地区的东缘已伸入至今西部凹陷的西部。依据紧邻地区构造运动的同步性推断,兴隆台潜山近东西走向的逆冲断层形成时代应是与辽西呈现的逆冲推覆构造系同期,即在早白垩晚期—燕山运动第三幕的南北向压应力场作用下形成,时间大致在距今 110Ma 左右。

二是认为该断层形成于三叠纪。

通过对兴隆台潜山带及中央凸起的岩浆岩样品进行锆石定年测试,认为西部凹陷的岩浆活动主要发生在晚三叠世、晚侏罗世、早白垩世 3 个时期,尤其是晚三叠世,几乎所有岩脉的侵入均发生在这一时期,说明该区在晚三叠世发生过强烈的构造运动。

中生代主要有印支和燕山两大构造运动。

印支运动早期(早、中三叠世)渤海湾盆地处于较为宁静时期,构造活动性较弱。

印支运动晚期(晚三叠世):南方扬子板块向华北板块俯冲碰撞,造成巨大的近南北向挤压应力。受此作用,渤海湾盆地主要发育近东西向(包括北西西向和北东东向)褶皱及逆推断层,并造成了下、中三叠统的剥蚀。

燕山运动中期(晚侏罗世—早白垩世):伊泽奈崎板块以北西方向向亚洲大陆强烈俯冲,北北东向郯庐断裂发生大规模的左旋走滑,造成渤海湾盆地水平拉张作用强烈,断裂成为主要的构造形式,褶皱不发育。区域应力场主要表现为北西—南东向拉张为主。中国东部进入大规模的裂陷或断陷盆地发育阶段,沉积了较厚的上侏罗统和下白垩统地层,并伴有强烈的火山活动。

燕山运动晚期(晚白垩世):渤海湾地区在太平洋区板块活动作用下,整体处于隆升剥蚀的构造环境。

综上所述,中生代构造运动以印支晚期和燕山中期最为剧烈,并伴有强烈岩浆活动。这与锆石定年所得的火成岩年龄相一致。印支运动晚期,即晚三叠世,区域应力场表现出强烈的近南北向挤压,这与逆断层的走向及大量岩浆岩的侵入期不谋而合。

据李丕龙、夏斌、周瑶琪等专家学者的研究,同处渤海湾盆地的济阳拗陷在晚三叠世发育了多条近东西(包括北西)向的逆冲断层,这些逆断层是受晚三叠世扬子板块向华北板块俯冲产生的近南北向挤压应力的作用而形成的;而北端的辽河拗陷,由于华北板块的北缘—内蒙(阴山)造山带于古生代已经形成,在此应力场的作用下,极有可能形成类似的逆冲断层。

因此,通过对岩石测年资料的研究,同时结合区域构造演化及应力场的变化,借鉴济阳拗陷逆冲断层的研究成果,推测兴隆台潜山内幕逆断层极有可能发育于晚三叠世(220 ~ 230Ma),并且可能类似于济阳拗陷,同一方向发育多条逆断层,因主要动力源自南部,所以规模比济阳拗陷的逆断层小。

4 潜山储层特征

4.1 岩石学特征

根据钻探成果、岩心观察、薄片鉴定及全岩等分析化验资料的研究,兴隆台潜山带太古宇主要发育区域变质岩、混合岩、碎裂变质岩及火成岩脉。马圈子潜山以混合花岗岩为主;

兴隆台潜山由片麻岩类、混合岩类、角闪岩类、中酸性侵入岩等多套岩性组合而成。潜山岩性非均质性强，储集岩主要包括斜长片麻岩、混合片麻岩、混合岩、碎裂岩等。另外，中酸性侵入岩（花岗斑岩、闪长玢岩）具有较好的含油气性，角闪岩类构成隔层，形成多套储盖组合，控制着潜山内幕油气的分布；陈家潜山以混合岩为主。

中生界岩性比较复杂，主要由中性火山喷发岩、火山角砾岩、集块岩、凝灰岩、凝灰质砂砾岩、砂岩、沉积的砂砾岩、角砾岩等组成，具有中性火山喷发熔岩—火山碎屑岩—凝灰岩变化特点，另外，菱镁矿、白云石、钾长石也有一定含量。岩性组合特征与辽西中生界义县群火山岩、沉积岩组合特征相似。

4.2 储层特征

4.2.1 太古宇储层特征

研究区太古宇储集岩主要为斜长片麻岩、中酸性火山岩岩脉，混合岩、角闪岩及煌斑岩为非储层。储集空间为宏观裂缝、微观裂缝及沿裂缝发育的微孔隙。宏观裂缝的发育控制了油气的分布，碎裂孔隙、微裂缝则为该区主要储集空间。38 块样品孔隙度分析值分布在 1.7% ~ 13.3%，平均为 5.78%。

太古宇块状结晶变质岩经历了变质重结晶、风化剥蚀、溶蚀淋滤、构造破碎等改造，储集空间较发育。岩心观察、铸体薄片及毛细管压力曲线特征等资料均表明储集空间以裂缝和微裂缝为主。根据储集空间、喉道特征、孔喉分布、孔渗及含油特征综合评价，粗裂缝—孔隙类型为Ⅰ类储集孔隙类型；孔隙型、孔隙—微裂缝型为Ⅱ类；微裂缝为Ⅲ类。岩心常规物性分析反映了基质的物性，研究区内变质岩岩心分析孔隙度分布在 0.8% ~ 8.0% 之间，平均为 3.4%，渗透率基本都小于 1mD，平均为 0.5mD。由于小岩样分析不反映宏观缝洞，通过采用双侧向电阻率模型解释研究区的裂缝孔隙度分布在 0.2% ~ 2.0% 之间，平均为 0.65%。按照非碎屑岩储层分类标准，辽河坳陷变质岩储层均属于低孔、特低渗储层。

4.2.2 中生界储层特征

研究区中生界属于残留沉积，沉积物包括砂砾岩、火山碎屑岩及火山岩。由于长期出露遭受风化剥蚀，形成了砾间缝、残留粒间孔、溶蚀孔、洞及构造裂缝等储集空间。在潜山顶局部地区分布的火山岩储集性能好；砂砾岩由于埋藏较浅，压实作用相对较弱，砾间缝、残余粒间孔等成为有效储层。

总之，岩石相决定了储层岩性的分布及变化。中生界火山碎屑岩、火山岩、凝灰质砂砾岩、凝灰质砂岩、砂砾岩、砂岩构成中生界的储集体，且中上部储集岩发育，底部由角砾岩、泥岩构成非储层，从而将中生界和太古宇分割开来，形成兴隆台潜山带独特的结构模式。

5 油气聚集条件

(1) 临近富油气洼陷，油气多期充注有利于潜山内幕油气成藏。

兴隆台潜山周边地区发育了清水、陈家、盘山等多个生烃洼陷。各洼陷又发育了沙三段、沙四段两套生烃系统。沙四段油源岩好，有效油源岩薄，分布面积小，按其贡献应属于重要生油岩；沙三段为较好油源岩，有效油源岩厚度大，分布面积广，是兴隆台地区主要的油源岩。多期构造运动使烃类组成更加复杂化，并形成多源—藏现象，为潜山形成千米含油

幅度和潜山带整体含油提供了极优越的油源条件。

(2) 潜山双元多层结构、多期裂缝发育及岩性的多样性和差异性形成储隔层交互分布,为潜山内幕油藏的形成奠定了基础。

通过岩心观察、薄片鉴定、测井响应,以及对 5700 井中声波成像测井等资料综合分析,潜山内部具多层次裂缝发育特征。兴古 7 井在变质岩潜山内部 1000m 深处裂缝储层发育,彻底地改变了以往太古宇内部为致密层的观点,使太古宇潜山内部及其深部成为可供探索的空间和领域。此外,变质岩潜山为刚性地层,受埋深压实作用影响较小,有利于多期、多层次发育的裂缝型储层的保存,因而使其具有较强的储集能力,为潜山内幕油藏的形成奠定了基础。

2007 年以来,在兴隆台高潜山和陈家潜山相继完钻的兴古 7-5 井、陈古 2 井等井均钻遇了中生界和太古宇的重复段,表明该潜山内存在着逆断层,并证实了该潜山具有双元多层含油的油藏特征。逆冲断裂带的发育将为老油区的油气勘探开拓另一个新领域。

(3) 区域供油“窗口”是潜山成藏的关键,并控制潜山内幕含油底界。

辽河坳陷潜山油源主要来自于上覆及侧向古近系的生油层系,为“新生古储”成藏组合,因此潜山能否成藏决定于能否与上部的古近系沙三段、沙四段生油岩相接触。

兴隆台潜山带上的马古 3 井在上覆厚达 911m 的中生界之下的太古宇仍然获得工业性油气流,主要是由于潜山带西侧的大断层拉开了上覆的中生界,使潜山与生油岩直接接触,提供了区域供油窗口,因此上覆隔层的厚薄不是决定因素,而供油“窗口”的存在与否是潜山能否成藏的关键。

(4) 良好的封盖体系和保存条件是潜山内幕油气成藏的必要条件。

辽河坳陷潜山大多具有“早隆、中埋、后稳定”的特点,构造活动主要分为两大阶段。沙一段、沙二段沉积前断裂活动有以下几个特点:一是控制潜山古地貌形态变化和断块型潜山的形成,其走向主要为北东向和近北西向;二是具有同生和继承性,潜山翼部边界断层的活动,控制了沙四段和中生界的沉积演化及分布;三是与上覆地层断裂活动关系不大,多数断裂在沙三段沉积时期就结束了,因此在这个阶段形成的圈闭属于早期圈闭。潜山圈闭主要为该期形成,而且基本上定型,晚期断裂活动对其影响较小,使潜山具有良好的保存条件,与东营组末期油气大规模运移期形成良好的时间上的配置关系。沙二段沉积期以后断裂活动主要发生在东营组末期,多为东西走向。

6 勘探效果

6.1 勘探思路与实践

通过供油窗口、运移条件和裂缝发育等多方面石油地质条件综合研究,认为烃源岩底界深度以上的太古宇和中生界都是多层内幕油气藏勘探的有利领域,但不同区域、不同地层的油气藏类型和主控因素存在一定差异性,为此,针对不同情况,制订了不同的部署研究思路。

(1) 太古宇潜山为内幕油气藏,油气聚集不受高点控制,低部位与高部位同样有利。

随着马古 1 井、马古 3 井、兴古 7 井、兴古 8 井的陆续钻探,彻底突破了变质岩潜山仅“潜山风化壳含油”的传统认识,进一步证实太古宇潜山为内幕油气成藏,主要受油源和储层控制,而不受高点控制。按照这一研究思路,在综合研究的基础上,2008 年在兴古 9 区块和马古 1 区块低部位相继部署了兴古 12 井和马古 7 井。

马古 7 井在太古宇 4182m 气测值高达 97%，在 3981.35 ~ 4608m 井段试油获得了日产油 33.6m³、日产气 15662m³ 的高产油气流；兴古 12 井在太古宇 4365 ~ 3755.08m 井段试油获得高产油气流。

(2) 中生界具有多层含油的特点。

随着兴古 7-5 井等开发井的实施，以及对内幕结构认识的深入，发现该区不仅潜山上覆的中生界能够成藏，逆冲断层下部的中生界也获得了很好的勘探效果，纵向上形成了多层含油气层段的油藏特征，因此中生界也是重要的勘探领域。通过综合研究太古宇和中生界的成藏条件，在逆冲断层发育区部署了兴古 10 井，该井在 4100m 以下的中生界获得了工业性油气流，将中生界含油底界下延至 4171m。在马圈子潜山部署的马古 6 井在 4300m 以下的中生界电测解释油层 4.3m/1 层，低油 46m/8 层，试油获得高产油气流，进一步打开了研究区中生界勘探的局面。

(3) 中酸性侵入体具有较好的含油气性。

研究表明，中酸性侵入岩在兴隆台潜山勘探中效果良好，其岩性易于裂缝的形成，具有较好的储集能力。2007 年利用最新三维地震资料在陈家地区重新落实陈古 1 区块和陈古 1 南区块，部署了兴古 9 井、陈古 2 井。这两口井均在太古宇获工业性油气流。陈古 2 井在太古宇 168m 厚的中酸性侵入体中获得良好油气显示，据此在陈家潜山部署了陈古 3 井和陈古 5 井。这两口探井在钻探中均钻遇厚度过百米的中酸性侵入体，试油获得工业性油气流。

通过新井的钻探，突破了以往 4300m 以上整体含油的认识，将含油底界下移至 4800m 以下，扩大了潜山的含油面积。兴隆台潜山带 2008 年上报预测石油地质储量 4006×10^4 t，含油面积 16km²；上报控制石油地质储量 6543×10^4 t，含油面积 15km²；上报探明石油地质储量 548.06×10^4 t，含油面积 4.24km²，取得了良好的勘探效果。

6.2 下步勘探方向

(1) 由于地震资料品质的限制及前古近系地层分布的复杂性，对于曙光低潜山带的大部分地区来说，太古宇潜山顶面的识别难度较大，给今后的勘探部署带来了相当大的难度，但该区也是重点勘探部署的区块之一。

(2) 目前兴古 10 井等井均在中生界见良好油气显示，兴古 7-5 井在中生界试油获工业性油气流，展示了中生界具有较大的勘探潜力，该套储层也是今后研究工作的重点。

7 结 论

(1) 兴隆台潜山带于晚三叠世发育有多条逆冲断层，并因此形成了二元多层的内幕结构。

(2) 在构造运动、岩浆活动和岩性差异等条件的共同作用和影响下，潜山带的裂缝十分发育，形成了平面分布范围广、纵向多层且相对独立的特点。其中，有效裂缝绝大部分形成于新生代。

(3) 初步构建了兴隆台潜山带的地层对比划分方案，太古宇应归属于鞍山群，定名为兴隆台型。

(4) 潜山带具有太古宇和中生界二元多层含油的特点，独特的构造特征决定了其油气藏类型和成藏模式的特殊性，其油气藏类型为二元多层内幕油气藏，成藏模式为源内型二元多层结构成藏模式。

西部凹陷南部资料大面积连片 叠前时间偏移技术研究

项目编号: 2009102

完成单位: 辽河油田公司勘探开发研究院

完成人: 孟卫工, 张文坡, 郭平, 宁日亮, 张国俊, 张淑梅, 柳世光, 季占真, 于娟,
刘长江

获奖情况: 辽河油田公司科技进步一等奖

成果简介: 研究区资料以往处理都是分块进行的, 不同区块间资料品质差异较大, 且存在边界效应, 不利于整体解释和评价。为此, 开展了大面积连片叠前时间偏移技术研究。研究区涉及 13 个三维区块, 满覆盖面积为 2057km^2 , 区块间存在巨大差异, 地表、地下情况复杂, 采集因素多种多样, 给项目的研究提出了严峻的考验。为了解决这些问题, 项目组研究开发出三大技术系列、6 项创新技术。

针对原始资料信噪比低的问题, 研究开发了“叠前提高信噪比技术系列”, 为后续处理奠定了坚实基础; 针对连片资料振幅、频率、相位等方面差异大的问题, 开发了“叠前一致性处理技术系列”, 增强了共反射点的同相性, 提高了时间分辨率; 针对研究区资料构造复杂、横向速度变化剧烈导致速度建模不精确的问题, 开发出“精确成像技术”, 提高了资料的横向分辨率。其中包含 6 项创新技术:

(1) 高精度重新定位技术。利用观测系统的对称性, 根据给定炮检距的初至时间自动计算炮点真正位置, 精度可到几米。

(2) 可变信噪比宏面元法压制多次波技术。既有效地去除了多次波, 又克服了产生空间假频和降低信噪比的缺点。

(3) 三维一步法剩余静校正技术。模型拾取以曲面为单元进行面扫描, 进一步调整了不同区块资料的时差问题及其频率差异, 改善了连片处理拼接带部位的成像效果; 并且运算速度快、精度高、便于质量控制, 更符合全三维处理要求。

(4) 时频空间域振幅调整技术。同时考虑不同区块间的振幅、频率等差异, 在时频空间域实现能量调整, 保证叠前数据的一致性。

(5) 基于覆盖次数振幅归一化技术。以覆盖次数和偏移距为参考进行振幅归一化处理, 消除因覆盖次数不均引起的偏移画弧现象, 突出了有效反射波, 为后续的准确速度建模及整体偏移成像奠定了基础。

(6) 大面积连片叠前时间偏移建模技术。在速度建模方面, 形成了针对大面积资料的多重约束速度建模技术, 准确构建偏移速度场, 为精确成像提供了保障。

研究成果应用在当年的生产实践中, 取得了非常好的效果, 完成了预期的地质任务, 创产值 2674.1 万元。成果经初步解释, 已发现和落实有利圈闭 25 个, 面积 301.6km^2 , 设计和部署探井 17 口。研究技术整体达到国内先进水平, 目前已成功推广应用到 2009 年“中央凸起及东部凹陷中南部地区叠前时间偏移连片处理”等生产项目中。

辽河拗陷历经 40 年发展,早已经进入勘探上的高成熟期,资源接替极为紧张,为实现“原油年产量 $1200 \times 10^4 \text{t}$ 再稳产 10 年”的目标,油田公司确定了“整体研究、整体认识、整体勘探、整体评价”的工作思路。运用“潜山内幕成藏理论”,把太古宇和中生界整体勘探研究作为科研攻关的出发点和落脚点,致力于辽河老区精细勘探和整装区带突破及规模储量发现。

以往针对勘探目标的小区块三维地震勘探,难以对区域构造进行整体评价;不同三维区块连接处可能丢失地质信息或出现假的地质构造。区域大面积三维地震勘探已经成为一个新方向,但由于巨额的采集成本和现阶段采集技术水平限制,到目前为止,还不可能重新进行大面积三维地震资料采集。为了查清地下地质构造,就目前的条件而言,可以通过连片处理形成超大规模的三维数据体,为新一轮的勘探和评价提供高质量的地震数据。

目前,处理目标由“单块三维”向“连片三维”转移,“目标处理”向“区域评价”转移。研究区位于西部凹陷南部,是十分有利的区带。构造上跨越西八千、欢喜岭、齐家、曙光、双台子、兴隆台等多个高低潜山以及鸳鸯沟、清水、盘山 3 个洼陷。

从以前分块处理连片显示的横线剖面上可以看到:不同区块间存在着振幅、频率、相位、信噪比等方面的差异,拼接带部位反射成像精度差,资料的可信度低,所以进行大面积连片叠前时间偏移处理十分必要。

通过对比同一条测线的叠后时间偏移和叠前时间偏移剖面:在中深层部位,叠后时间偏移品质差,成像精度低,这就严重制约了下一步整装区带的突破,因此需要做叠前时间偏移。通过连片叠前时间偏移处理,消除不同区块间的差异,提高拼接带部位地震反射成像精度,解决单块资料难以实现区域整体构造研究以及各构造带之间的转换关系研究的问题,有利于对区域性的地质规律进行统一的认识,确定有利的勘探目标,对油田未来的发展有着重要的意义,既可以节省大量的勘探资金,又可以扩大已有地震资料的可使用性。

1 攻关难点

1.1 原始资料特点

为了更好地完成研究任务,首先对研究区的原始资料做了网格化的详细分析。原始资料主要有如下 7 个特点:

(1) 施工年度跨度长,从 1988 年到 2007 年,跨了 19 个年度。

(2) 采集因素差异大,有常规采集、高分辨率采集、高密度宽方位角采集、城市三维、滩海三维,以及 35Hz 检波器接收的三维资料。

(3) 覆盖次数极不均匀,设计 20 ~ 144 次,实际差异更大,欢喜岭宽方位角采集资料西斜坡地区局部覆盖次数达到 200 次,兴隆台城市三维局部覆盖次数高达 210 次,在不同区块重叠部位更是高达 260 次。

(4) 能量相差悬殊,相同区块不同位置、不同区块间、不同震源间,能量存在差异,在村镇、矿区、养殖基地、河流等障碍物处资料能量较低。

(5) 频率差异大,从整体上看,二次采集的新资料好于老资料,有效频带较宽,具体表现在相同区块不同位置、不同区块间、不同检波器接收、不同震源激发差异较大,特别是 2002 年采集的曙光三维,采用 35Hz 检波器接收,低频信息严重缺失。仙鹤地区水检和陆检

两种检波器接收,存在相位差,频带不一致。

(6) 信噪比高低不一,二次采集的新资料信噪比较高,以前采集的老资料信噪比较低。西侧斜坡、西部高垒带、坡洼过渡带中深层信噪比较低;洼陷带、东部陡坡带信噪比较高;特别是2001年采集的鸳鸯沟三维,由于缺失近偏移距数据,信噪比特低。

(7) 干扰波多种多样,原始资料存在短记录、重叠炮、野值、高频噪声、随机噪声、多次波等干扰波。

1.2 攻关难点

(1) “地表复杂、干扰波发育”,需要开展叠前提高信噪比技术研究。

(2) “多块资料拼接、激发和接收因素不同,表现在频率、相位、能量等方面差异巨大”,需要开展叠前一致性处理技术研究。

(3) “地下复杂,研究区跨越多个构造带,构造破碎,成像困难”,需要开展精确成像技术研究。

2 大面积连片叠前时间偏移技术

针对攻关难点,开展了针对性的技术研究,主要抓好3个关键环节:精细的叠前处理、准确的速度建模、精确的偏移成像。

采取的技术措施主要有:叠前提高信噪比、叠前一致性处理和精确成像。通过叠前提高信噪比和一致性处理得到高品质的叠前道集,在此基础上,利用多重约束速度建模技术构建准确的偏移速度场,以搞清潜山结构及断裂系统成像为主要目标,进行技术攻关。

2.1 叠前提高信噪比

2.1.1 高精度重新定位

由于研究区地表条件复杂,有滩海和城市三维,部分炮点位置不准,项目组自编坐标转换程序对炮点进行重新定位。先分别对横方向、纵方向试出偏移量,而后通过自编程序将其投影到大地坐标系中,同时加入坐标库中,完成单炮坐标重新定位。以往只对坐标偏离大于一个道距的才调整,本次为了得到好的成像效果,开发了高精度重新定位技术,对坐标偏离小于半个道距,甚至更小的都做了调整,这一步工作至关重要,为后续研究工作奠定了坚实的基础,共调整了2948炮。

2.1.2 多域组合去噪

叠前去噪不仅仅提高了信噪比,而且有利于后续的叠加速度分析、静校正量的求取及偏移成像精度的提高,为此,研究了多域组合去噪技术。根据各种噪声的特点,采取相应去噪手段分别在不同的域进行去除,从而提高资料信噪比。首先,在振幅补偿过程中,通过多域统计能量法来剔除一部分异常道;其次,利用 $t-x$ 域最大熵叠加法对野值进行衰减,针对强能量面波干扰,开发了锥体去面波技术,该方法对保护深层有效低频成分效果很好;再利用各种功能的自动编辑进行去噪,达到净化单炮的目的;最后,对短记录、重叠炮这些干扰,通过人机交互的方法手工编辑掉,达到提高信噪比的目的,为后续研究奠定坚实的基础。