

辽河油田勘探开发研究院优秀论文集

(2008年)

张方礼 主编

石油工业出版社

辽河油田勘探开发研究院 优秀论文集

(2008 年)

张方礼 主 编

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2008年优秀论文汇编,内容涉及油田勘探开发、试验及地震资料处理研究等方面。作者都是长期从事油田勘探开发的技术骨干,具有丰富的现场实践经验和较高的理论研究水平。

本书可供从事石油勘探开发等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. 2008年/张方礼主编.
北京:石油工业出版社, 2010. 4
ISBN 978-7-5021-7655-6

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. P618.130.8-53 TE34-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第027313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

编辑部:(010) 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

排 版:北京时代澄宇科技有限公司

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2010年4月第1版 2010年4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:120.00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（2008 年）》

编 委 会

主 任：张方礼

副 主 任：李晓光 龚姚进 李铁军 张巨星 陈振岩
武 毅 刘其成 郭 平

成 员：宁日亮 刘纯高 赵洪岩 单俊峰 周发平
蔡国刚 陈永成 雷安贵 高树生 许 宁
孙洪军 孔令福 赵庆辉 李维民 运利华
刘志惠

前 言

2008年,辽河油田公司勘探开发研究院按照辽河油田公司二届五次职代会工作部署和公司党委第一次代表大会精神,深入贯彻落实科学发展观,紧密围绕增储稳产中心工作,以“三新一建”形势主题教育活动为契机,进一步发扬延安精神、大庆精神、铁人精神,解放思想、埋头苦干,各项工作均取得了可喜成果,全年新增探明石油地质储量 $3338 \times 10^4 \text{t}$ 、可采储量 $1255.6 \times 10^4 \text{t}$ 、控制储量 $8175 \times 10^4 \text{t}$ 、预测储量 $4006 \times 10^4 \text{t}$,分别完成年度计划的112%、126%、204%和100%;部署预探井55口,实施29口,钻井成功率56%;部署滚动、油藏评价井44口,开发井421口。并按照油田公司建设科技大油田的总体要求,继续深化项目管理,大力实施“科技创新”工程,全年完成各类科研生产项目128项,项目完成率100%。成果获省部级奖7项,油田公司级创新奖23项。勘探开发研究院也首次荣获“辽宁省五一劳动奖状”。

油气勘探按照“深化坳陷陆上、加快滩海外围、积极准备南海、努力开辟新区”的部署原则,大力实施“3665”工程,在兴古9、陈古2、强1等8个油田12个区块全面超额完成三级储量任务,在兴隆台潜山整体勘探、中央凸起潜山风险勘探、外围张强凹陷“下洼找油”勘探上均取得重大发现,兴隆台潜山勘探成果荣获中国石油天然气股份有限公司重大发现一等奖,中央凸起潜山风险勘探成果荣获中国石油天然气股份有限公司重大发现二等奖。

油田开发继续实践“二次评价、二次开发、深度开发、多元开发、高效开发”的工作理念,进一步解放思想,深化油藏基础研究,加大适用技术攻关,《水平井技术与规模化应用》荣获中国石油天然气集团公司科技进步特等奖,《辽河油田老区二次开发关键技术研究与应用》荣获中国石油天然气集团公司科技进步一等奖。水平井、SAGD、蒸汽驱等多元开发技术更加成熟,应用更加广泛。

为总结2008年勘探开发的成功经验,更好地指导辽河油区的勘探开发生产,我们从50项获得我院科技进步奖的成果中优选出25项形成论文并汇编成书。

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,内容从地震资料处理解释到勘探开发部署,从基础研究到机理研究,从陆上研究到海上研究,覆盖面广,并在总结成功经验的同时,指明了存在的问题及油田今后的勘探开发方向。希望该书的出版能在辽河油区今后的勘探开发研究中发挥积极作用,也为国内外同行提供有益的借鉴和参考。

由于篇幅有限,时间紧,书中难免存在疏漏和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者
2009年11月

目 录

大民屯凹陷高蜡油成因机制研究	韩 霞 张占文 马玉东 李培新 王 贺 (1)
中央凸起潜山内幕油气成藏条件研究及有利地区优选	
.....	李晓光 单俊峰 慕德梁 王占忠 汪百齐等 (11)
杜 229 块兴隆台超稠油油藏多元二次开发研究	龚姚进 韩 冰 庄 丽 (20)
稠油吞吐中后期提高储量动用程度技术研究	
.....	武 毅 孙洪军 户昶昊 臧克一 袁清秋等 (28)
西部凹陷南部资料大面积连片叠前时间偏移技术研究	
.....	李占真 于 娟 张淑梅 柳世光 邹洪学等 (37)
辽河拗陷中央凸起陆上石油地质条件研究	
.....	李 理 于天财 蔡国刚 刘宝鸿 鞠俊成等 (43)
辽河油田低渗油藏储层特征及开发对策	
.....	许 宁 李 董 周万山 张丽娜 王西江 (59)
辽河油区难采储量二次评价研究与实践	
.....	孔令福 于 军 陈 超 汤 志 董 良等 (70)
高升潜山油气成藏条件分析及有利目标评价	
.....	张 坤 潘日芳 吴春亮 汪国文 郭 琳等 (83)
大民屯凹陷前进潜山太古宇储层特征研究	
.....	宋柏荣 边少之 崔向东 王仁厚 韩洪斗 (95)
海外河油田可动凝胶调驱技术研究与应用	
.....	赵庆辉 于涛 刘家林 肖传敏 曲波等 (107)
兴隆台潜山带结构特征及成因探讨	
.....	刘 敬 钱宝娟 杨景勇 张海栋 宁小平等 (117)
太古界潜山岩石物理特征研究及在勘探开发中的应用	
.....	胡英杰 宋柏荣 史际忠 闫家宁 任 好 (129)
龙王庙—葵南浅海地震资料处理方法研究及应用	
.....	刘文霞 李洪柱 王艳华 王 媛 孙晓敏等 (137)
ZJ 拗陷北部有利区带优选及勘探部署	
.....	李晓晨 江建虹 黄淑芳 张亚丽 任 平 (145)
蒸汽驱后期综合调整研究	宫宇宁 詹丽敏 赵春梅 李艳玲 (154)
董家岗—大湾超覆带中段岩性油气藏高效开发模式研究	
.....	谷 团 程建平 田 梅 王 欢 司大志等 (163)
东部凹陷北段油气成藏组合特征及潜力分析	
.....	刘汉之 杨光达 李敬含 崔宇晶 刘 飞等 (173)
辽河盆地老区滚动勘探目标评价	王树贺 龚姚进 林海 (187)

东部凹陷南部地区勘探方向与目标优选	时林春 张 卓 肖红平 高建军 宋玉军等 (202)
龙湾筒地区三维低信噪比地震资料处理方法研究及应用	牟经福 刘文霞 李洪柱 赵玉会 高大成 (213)
辽河滩海东部新近系成藏条件及潜力分析	吕晓兰 陈志强 吴兴录 李松 王佳林 (218)
辽河坳陷东部地区古生界勘探潜力分析及目标优选	于 鹏 许长斌 杨时杰 杨一鸣 李宗亮等 (226)
深层巨厚变质岩潜山油藏高效开发研究与实践	许 宁 徐 萍 陈 忠 周万山 梁 飞等 (234)
河口砂坝储层深度开发技术政策研究	王奎斌 温 静 李 蔓 (246)

大民屯凹陷高蜡油成因机制研究

韩 霞 张占文 马玉东 李培新 王 贺

摘要 本研究针对前人在高蜡油成因研究上的薄弱环节,以成藏动力学理论方法为指导,以地质与地球化学分析相结合,动态系统地研究了高蜡油母质成因和动力学作用成因。揭示出大民屯凹陷高蜡油形成至少存在四种成因机制:多种生物表皮的选择性富集保存是高蜡油形成的首要基础;低热演化作用,是高蜡油生成的关键控制因素;析蜡成藏作用,是一定深度带上高蜡油重新富集的重要机制;运移分馏作用,衍生高蜡油和凝析油。

1 引言

大民屯凹陷经过三十多年的勘探开发实践,取得显著的成效,建成了亚洲最大的高蜡高凝原油生产基地。但目前已进入高成熟勘探阶段,勘探难度增大,欲进一步加快勘探步伐,必须在大量细致工作的基础上,结合成熟的新技术、新理论和新方法,以更全面、更独特的视角深化认识和总结石油地质规律,以期找到油气勘探的新突破口。

作为主力产量的高蜡原油一直是大民屯凹陷勘探的重点,而高蜡油成因机制问题是目前国内尚未完全解决的石油生成—成藏的前沿难题;虽然经历几个阶段研究,但真正成因机制依然不完全清楚,这在一定程度上影响着高蜡油勘探进程。只有弄清其油气成因才能理清油气来源去向、有效决策和找油。深入研究高蜡油成因机制,不仅能丰富“石油成因论”,而且对下一步高蜡油勘探具实际借鉴意义。

目前国内外高蜡油成因研究和高蜡油勘探实际都存在如下一些问题。

第一,是研究方法问题:目前,大民屯凹陷分为“正常油和高蜡油”两个含油气系统,有效指导了资源评价。但是其动力学研究不足,无法有效追踪油气来龙去脉,不同成因的高蜡油混在同一油气系统研究,很难理清其真正的成因机制。

第二,是成因母质问题:国内外前人对高蜡油成因研究认为高等植物是高蜡油的成因母质。但陆续发现藻类特征,而真正成蜡有效成分是什么?不同母质源岩形成的原油含蜡量范围到底多少?都没有回答和研究。

第三,是动力学作用成因、非母质成因问题:目前国内外高蜡油成因研究仅限于母质成因;而生、运、聚过程中的动力学作用成因没有认识和系统研究,这影响了对油气富集规律的完整认识,并限制了勘探思路。国内外高蜡油区普遍存在平面、剖面上含蜡量呈一定规律的变化,不单纯是母质成因引起的,应是多种作用的综合结果,包括非母质—动力学作用成因。有必要深入研究。

第四,是勘探实际问题:大民屯凹陷三次资源评价存在资源量预测和实际不匹配问题。三次资源评价计算高蜡油源岩($E_2s_4^2$ 油页岩)生烃量: $26.2 \times 10^4 t$,仅占46.3%,但实际产量(储量)占70%。这种不匹配是否说明有非源岩母质控制形成的高蜡油?另外荣胜堡洼

陷周边共存的高蜡油（凝析油）气成因的解释问题：前进构造高蜡油远离油页岩分布区，以前研究解释是远距离来自安福屯洼陷油页岩，事实上，高蜡油很难远距离运移并形成如此高的含蜡量（42%），其真正的成因机制有待研究揭示，否则将影响勘探思路 and 正确决策。

本研究针对以上高蜡油成因研究上的问题和薄弱环节，尤其未曾涉及的领域，以大民屯凹陷高蜡油为研究对象，以成藏动力学理论方法为研究手段，系统动态定量地研究了大民屯凹陷高蜡油生成、聚集、成藏的动力学—地球化学全过程，以揭示各种成因机制。

2 研究思路和技术路线

（1）综合分析地质背景基础上，利用地球化学和多种油藏测试资料，应用成藏动力学的理论方法分析成藏条件和成藏作用。并与层序地层沉积旋回相结合，划分成藏动力学系统。以成藏动力系统为主线从静态和动态两方面研究高蜡油的生成、运移、聚集全过程，从而揭示高蜡油的各种不同成因。

（2）静态——高蜡油成因母质分析：以烃源岩和原油地球化学分析入手，深入分析高蜡油的成因母质；利用源岩热裂解气相色谱等实验技术，揭示形成高蜡油的有效成分；通过自源动力系统典型透镜砂岩油藏剖析等，确定母源控制的原油平均含蜡量范围。

（3）动态——高蜡油形成聚集的动力学作用—非母质成因研究：系统研究控制高蜡油形成聚集的动力学和地球化学因素，包括温度场对高蜡油生成的控制；通过追索油气运移方向和路径，分析地层原油流体特征等，研究运移分馏作用衍生高蜡油的机制；利用地面—地层原油高压物性和析蜡数据，结合埋藏史、油气充注史，研究古地温和压力场控制下的析蜡成藏作用及其对高蜡油聚集成藏的控制，预测地层原油析蜡带。

（4）揭示高蜡油形成聚集的多种成因机制、建立高蜡油形成聚集模式。

3 主要研究内容和成果认识

3.1 成藏动力系统划分及原油含蜡量剖面分布

3.1.1 成藏动力系统划分

针对大民屯凹陷含油气系统动力学研究不足，无法有效追踪油气来龙去脉，不同成因的高蜡油混在同一油气系统中的研究，难理清其真正成因机制的问题。本研究按成藏动力学系统方法和原则，依据沉积旋回、烃源岩发育特点、油源对比、超压垂向或平面展布、温度场等地质背景为基础，对成藏条件和成藏作用进行综合分析；并与层序地层学研究成果相结合来识别划分成藏动力系统。

运用层序地层学沉积旋回和异常压力识别和划分了五个成藏动力子系统（图1）：Ⅰ底部它源潜山高蜡油成藏动力子系统、Ⅱ下部自源高蜡油动力子系统、Ⅲ中部混源混合油动力子系统（含两个次子系统：Ⅲ1中部它源—混源高蜡油次子系统、Ⅲ2中部自源—混源正常油次子系统）、Ⅳ上部它源正常油动力子系统、Ⅴ顶部它源常压开放子系统。

3.1.2 成藏动力系统与原油含蜡量分布

大民屯凹陷高蜡油主要分布在动力子系统Ⅰ～Ⅲ1，正常油主要分布在子系统Ⅲ2～Ⅳ。不同油区、不同成藏动力子系统高蜡油含蜡量在深度上的分布呈现1～3个高峰带，分别是1300～2300m、2300～3000m、3000～3700m，三个含蜡高峰带的出现，意味着油藏含蜡量变化受控于不同因素或不同成因机制。

精细油源对比研究表明：大民屯凹陷正常油（Ⅲ2～Ⅳ子系统）来自凹陷南部荣胜堡注

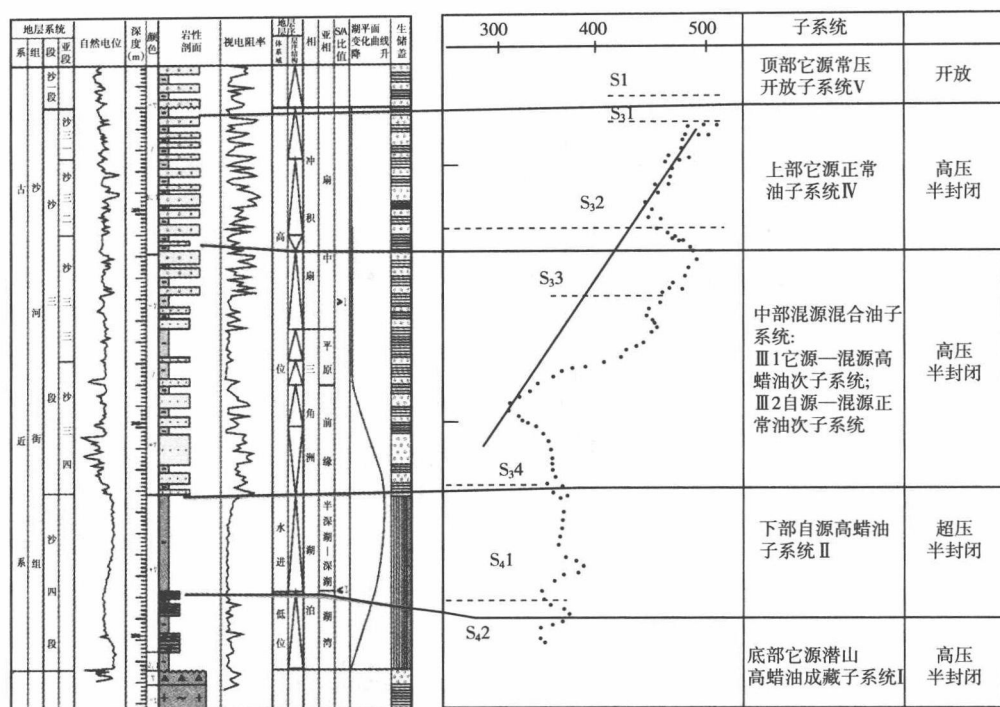


图1 大民屯凹陷成藏动力系统垂向划分图

陷沙三下和沙四上暗色泥岩；高蜡油与凹陷北部广泛发育的油页岩中有机质特有的沉积、演化条件及其有机质的富集密切相关；油页岩是高蜡油的主要母源岩但不是唯一来源。底部 I 和下部子系统 II 高蜡油主要来自沙四下部以油页岩为主的烃源岩，而中部子系统 III1 高蜡油性具有混源或更接近正常油特征，其高含蜡量也许有其他成因。

3.1.3 成藏动力系统与油气运聚方向

油气在不同的动力系统中具有各自特定的生成、演化、运移和聚集规律，因此在成藏动力系统内或系统间，可以有效追索油气从源岩到圈闭的运移方向。同一动力系统内部：受成藏动力系统的界面压力阻隔，油气沿砂体侧向运移为主；而动力系统间：只有沿断层、边缘粗砂带纵向运移。系统 I 在 $R_o > 0.65\%$ 的成熟源岩 3000m 之下，油气向下倒灌为主；系统 II 与成熟源岩等深， R_o 为 $0.5\% \sim 0.65\%$ ，油气直进或侧向运移；系统 III 位于 $R_o < 0.5\%$ 门限 2300m 之上，没有成熟源岩，油气主要沿断层纵向上移。

3.2 高蜡油成因母质研究

3.2.1 重新认识高蜡油分子特征

通过实验重新认识了源岩和高蜡油分子组成特征，大民屯高蜡油中含 $5\% \sim 25\%$ 高含量的微晶蜡， C_{40} 以上烷烃相对含量很高，见图 2；沙四段源岩中微晶蜡高于沙三段，显晶蜡部分的烷烃分布也比沙三段宽，源岩中的微晶蜡都没有高蜡油中微晶蜡那么显著的高含量，可能原油中微晶蜡高含量是次生聚集的结果。大分子质量烷烃（大于 C_{40} ）中存在丰富的异构烃和环烷烃系列，其形成途径是对“蜡唯一来自植物蜡”的传统观点的冲击。大民屯所有高蜡油显晶蜡和微晶蜡正构和异构烷烃高温色谱分布均无奇偶优势，一方面可能母源成熟度较高，另一方面也许是大民屯高蜡油中的这些长链正构烷烃并不是表皮叶蜡去官能团的产物，而主要是一种稳定聚合物直接液化的产物。

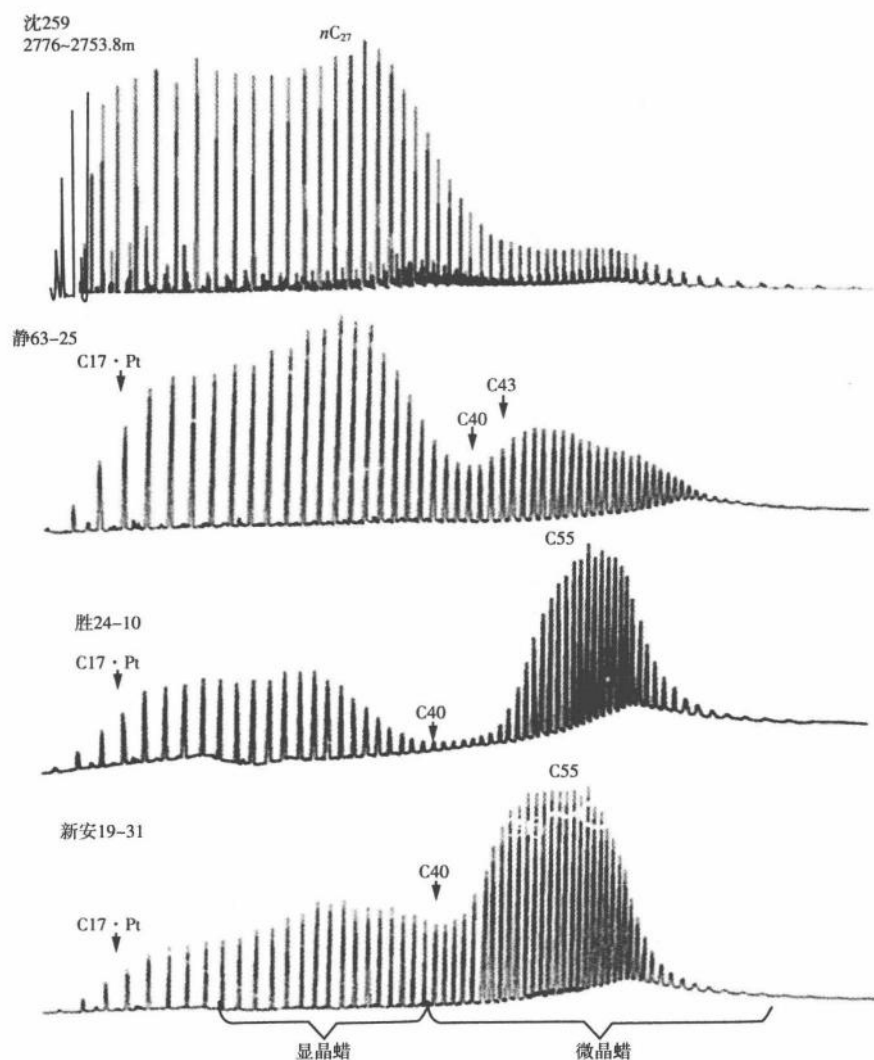


图2 大民屯高蜡油高温气相色谱图

3.2.2 成蜡母质分析

系列证据证实大民屯高蜡油的成因母质不是单一的。

通过源岩干酪根显微组分进一步细分（见表1），可知生成高蜡油的油页岩大部分由腐殖无定形体组成；同时在大民屯凹陷源岩和高蜡油中普遍检测到高等植物特征标志物，这些证据支持前人的认识：高蜡油来自高等植物。

表1 大民屯凹陷不同层位烃源岩有机质亚显微组成

取样地点	井深 (m)	层位	岩性	腐泥组 (%)			壳质组 (%)			镜质组 (%)	惰质组 (%)	类型
				A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄			
胜20	2711	Es ₃ ⁴	泥岩				24.6	1.6	1	72.8		Ⅲ
沈135	2785	Es ₃ ⁴	泥岩				93.7			6.3		Ⅱ1
沈135	2958	Es ₃ ⁴	泥岩				95.4			4.6		Ⅱ1
沈127	3316	Es ₃ ⁴	泥岩				87.1			12.9		Ⅱ2

续表

取样地点	井深 (m)	层位	岩性	腐泥组 (%)			壳质组 (%)			镜质组 (%)	惰质组 (%)	类型
				A ₁	A ₂	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄			
沈 138	3680	Es ₃ ⁴	泥岩				51.4			48.6		Ⅲ
安 1	2470.5	Es ₄ ¹	泥岩				89.2	3.7		7.1		Ⅱ 1
安 1	2515	Es ₄ ¹	泥岩				83.2	6.6		10.2		Ⅱ 2
静 22	2830	Es ₄ ¹	泥岩				76.6	6		18		Ⅱ 2
胜 20	3113	Es ₄ ¹	泥岩				78.1	7.1		14.8		Ⅱ 2
安 115	2175.5	Es ₄ ²	泥岩				40.9			59.1		Ⅲ
沈 166	3005	Es ₄ ²	油页岩				98.4			1.6		Ⅱ 1
胜 20	3291	Es ₄ ²	油页岩				98			2		Ⅱ 1
胜 20	3292	Es ₄ ²	油页岩				95.5			4.5		Ⅱ 1
安 88	2551	Es ₄ ²	油页岩	96.4						3.6		I
安 88	2580 ~ 2582	Es ₄ ²	油页岩	41.7			56.4			1.9		Ⅱ 1

注: A₁ 腐泥无定形体, A₂ 藻类体B₁ 树脂体, B₂ 腐殖无定形体, B₃ 孢粉体, B₄ 角质体。

但是, 另一部分油页岩主要由腐泥无定形体构成 (表 1), 油页岩全岩纵向薄片显微荧光片等显示油页岩中丰富的藻类, 古生物鉴定也发现丰富车轴藻存在, 同时高蜡油生物标志物也显示菌藻贡献特征, 说明藻类同样可贡献高蜡油。

3.2.3 成蜡有效成分

沙四下段油页岩热裂解气相色谱图 (图 3) 显示出成对烷烯烃存在以及烷烃无奇偶优势等——这是生物表皮中的聚合烃所特有的特征, 而沙三段泥岩热解色谱没有上述特征, 揭示出形成蜡的有效成分是生物表皮聚合烃。

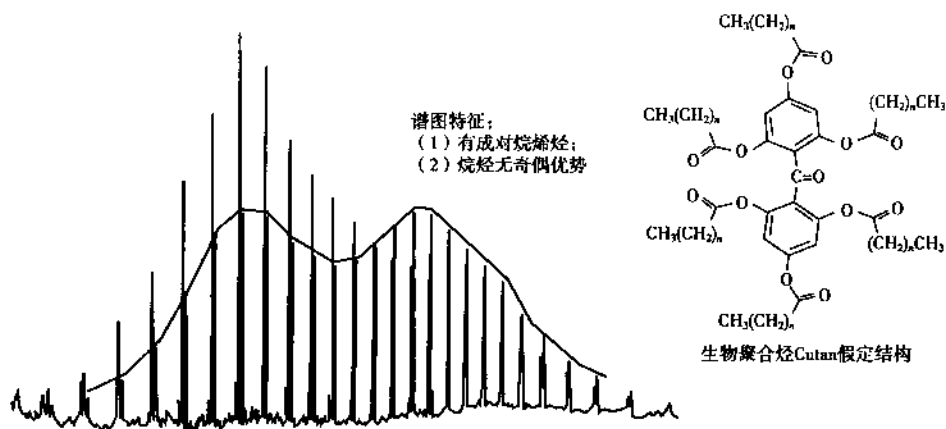


图 3 沈 166 油页岩热裂解气相色谱图

高等植物表皮碎屑和藻类细胞膜中的大量角质素、孢粉素以及湖生藻胶鞘生物聚合烃, 性质极其稳定, 经历了成岩早期的细菌降解和后期热应力作用等地质地化过程, 依然以生物碎屑的形式、本质不变地在干酪根中被选择性保存下来, 并在成熟早期温度达到域值时, 直接液化生成了原油中的蜡质正烷烃, 这些是高蜡油形成的主要母质基础, 也可能是大民屯凹

陷高蜡油形成的重要途径。

在微生物富氢化改造作用下，烃源岩中大量的生物表皮碎屑的选择性保存富集（针叶高等植物为主 + 最接近高等植物性质的车轴藻），为高蜡油形成提供了重要的物质基础和关键控制因素之一。

3.2.4 源控油藏原油含蜡量确定

透镜砂岩油藏被源岩包围，不靠近断层和边缘砂体，油气没有运移出去，其含蜡量接近周围源岩。通过对自源成藏动力系统中典型透镜砂岩油藏剖析和含蜡量统计；同时对源岩进行蜡分离定量分析，源岩产蜡量随有机质丰度变大而升高，油页岩产蜡量最高，沙三段泥岩产蜡量较少。表2综合确定了母源控制的原油含蜡量范围（高蜡油 32% ~ 40%、正常油 5% ~ 13%）。此范围外的原油含蜡量变化受控于非母质成因。

表2 源控油藏含蜡量与源岩蜡分离定量表

		含蜡量（%）		
		最小值	最大值	平均值
自源透镜砂岩油藏剖析	高蜡油藏	33.12	39.76	37.09
	正常油藏	8.26	12.1	9.98
源岩蜡分离定量试验	油页岩	32.1	44.6	37.5
	泥岩	4.7	12.7	8.7
源控形成	高蜡油	32 ~ 40		
原油含蜡量	正常油	5 ~ 12		

3.3 高蜡油形成聚集的动力学—地球化学作用成因研究

除了源岩相、热成熟度和储集层蚀变是影响地下原油性质和组分变化的主要控制因素之外，油、气之间相互溶解和解溶过程所引起的分异作用，蜡在地层中的沉积成藏作用，等等，同样严重影响原油的性质及分布，甚至次生高蜡油。

3.3.1 低热演化作用——高蜡油生成的关键控制因素

通过热模拟实验分析，并与地温场演化研究相结合，研究了大民屯凹陷温度场对高蜡油生成的控制作用。

源岩热模拟实验揭示了高蜡油生成的主要演化阶段，高蜡油的生成量与组成均受控于源岩热演化阶段。任何母质或源岩在不同的演化温度条件下，可生成不同性质的原油。高蜡油主要形成于成熟门限早期 ~ 高峰期。在 $R_o = 1.45\%$ 即生油高峰 ~ 高峰后，不同母质都倾向于生成低碳数烷烃（见图4上部）。

另外对大民屯凹陷低温场演化特征研究表明：大民屯凹陷北部高蜡油的母源岩长期处在较低演化阶段， $R_o < 1.0\%$ （见图4下部），恰好处在倾向于生成高碳数烷烃的阶段，且较低热演化利于高蜡油保存，是高蜡油富集的关键因素之一。荣胜堡洼陷源岩正好处在倾向于生成和排出低碳数烷烃为主的较高演化阶段，因此生成低—中蜡正常油为主。

相对于辽河盆地其他凹陷，大民屯凹陷热演化程度也明显低于东部—西部凹陷，见表3。这也许是大民屯凹陷相对于其他凹陷高蜡油更富集的原因。我国另外两个典型高蜡油产区（南阳凹陷、大港油田）同样具有低地温场热演化特征，其有机质演化程度基本是 $R_o < 1.0\%$ ，说明地温场的较低热演化作用是形成高蜡油的重要控制因素。

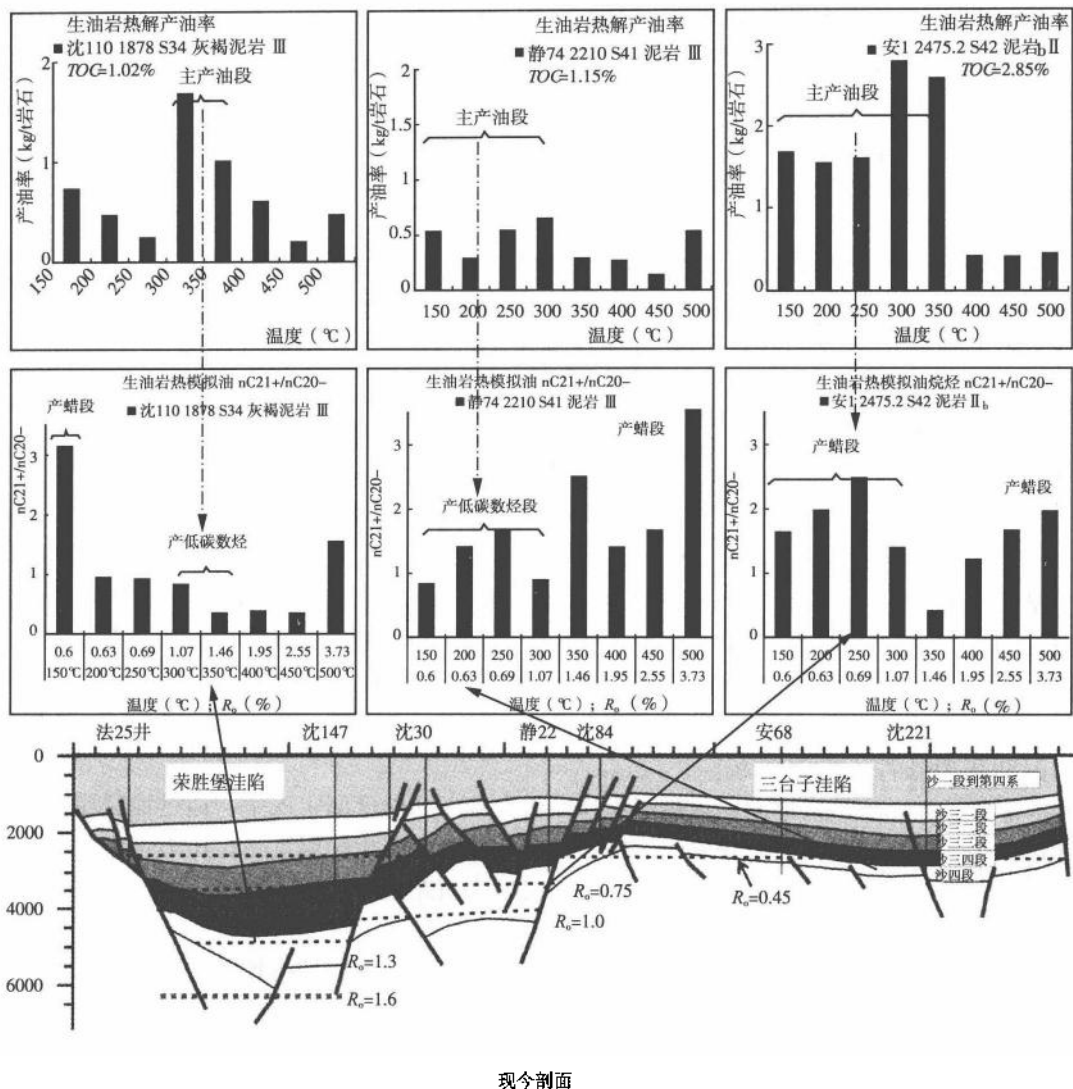


图4 大民屯凹陷有效烃源岩主产油阶段和产物烷烃 $C_{21}+/C_{20}$ 比值—温度关系图

表3 辽河盆地热流值(裂变径迹)

	大民屯凹陷	东部—西部凹陷
最高热流值 HFU	1.91	2.05
现今热流值 HFU	0.89	1.50

3.3.2 运移分馏作用——改变原油含蜡量并次生高蜡油藏

一般在同一动力子系统内,通过连通砂体与不整合面进行的侧向运移过程,是在相对统一压力的子系统内的运移,压力降低相对较缓,引发的色层效应也相对轻缓,需要相对较远的平面距离才能显示出显著差别;而在不同动力子系统之间,通过断层进行的垂向运移,往往伴随显著的压力下降,并易诱发较强的运移分馏效应,对油气性质的改变也相对严重。

通过对同一油区纵向上地层原油高压物性特征的分析研究,可以揭示地层原油含溶解

气的情况,从而揭示油气经历过的运移分馏作用。对于同源油气,一般随地层深度的增加,压力和热成熟作用会使深部油藏更加富含溶解气,原油品质较轻;但是如果经历过断层泄压诱发的运移分馏或显著色层作用之后,则违背上述规律,反而下部残留油藏会贫气而油质变重,上部油藏则富含溶解气和轻烃。因此可利用地层原油高压物性和地面原油物性等在各油区剖面上的分布特征,在运移方向上剖析分馏效应对原油含蜡量改变和控制作用,识别运移分馏次生的高蜡油。

研究发现:大民屯凹陷各成藏动力子系统内部的侧向运移主要发生色层效应,由于近源充注,含蜡量降低幅度轻缓;东营期断裂活动,使静安堡之前形成的底部油藏沿断层向中上部砂岩油藏运移,发生运移分馏作用,使断层底部残留油藏更富集蜡,形成含蜡量超过母源的特高蜡油;更典型的分馏效应发生在前进构造,由原始正常油衍生为高蜡油和上部凝析油气,这是前进构造带的凝析油—高蜡油形成的重要机制之一。

3.3.3 析蜡成藏作用成因——一定深度带上高蜡油形成聚集的重要新机制

在油田开采、油气输送中,常遇到原油析蜡问题,造成地层或管道蜡沉积伤害,影响生产,为此相关研究非常多。但是,至今还没有任何研究,把析蜡—蜡沉积作用作为高蜡油成藏的一种机制来关注和讨论。事实上,除了油田开发运输,析蜡作用也会同样发生在油气运移、聚集、成藏的过程中。因此我们利用石蜡沉积相关理论指导,研究地层原油析蜡作用及其对高蜡油成藏的控制。只是地层条件下原油析蜡问题,相对于地面原油集输中的析蜡问题更复杂,理论研究更多困难。尤其是油气充注时期的古地温和压力条件下的蜡沉积。

本部分研究思路是从地面原油蜡沉积特征研究和析蜡温度测定入手,通过地层原油高压物性资料等,换算和研究地层条件下的析蜡过程,先确定其析蜡温度带、压力带;然后根据埋藏史、油气运聚史,确定油气主运聚时期油气发生析蜡成藏作用的地层古、今深度带,从而确认大民屯凹陷高蜡油析蜡成藏的机制。

本研究收集了自20世纪70年代以来大民屯凹陷所有开采初期的地层原油PVT、高压物性资料,并进行了部分地面原油样品析蜡温度测试。

地面原油析蜡温度测定和PVT分析资料计算表明:大民屯凹陷地层原油析蜡温度带28~74℃,对应的析蜡古深度带400~1400m;结合成藏期—埋藏史,确定古、今析蜡深度带相差700~1000m不等。换算出析蜡今埋深1100~2400m,见图5。

据统计,大民屯古近系高蜡油探明储量主要分布在1100~2300m之间,占古近系高蜡油总探明储量的97.4%,基岩潜山油气藏在1300~2300m之间,占基岩总探明储量的23.1%。刚好与本研究的析蜡温度带—析蜡压力带所对应的析蜡今深度带重叠。这部分油藏主要包括静安堡构造带、前进构造带中部它源自系统Ⅲ1高蜡油。研究认为该1100~2400m深度带上的含蜡量高峰的成因是析蜡成藏作用重新聚集形成高蜡油的结果。

原油从源岩中排出后,或下部油藏中的原油经断层向浅层运移途中,到达的储集层温度低于原油析蜡温度时,就开始析出固体蜡晶,并逐渐扩大、结合成晶体网状结构,初次析蜡凝固下来的原油以固体包裹液体形式停止流动,最终凝固聚集成藏。由于蜡完全凝固会沉淀出约20%~27%的蜡,因此析蜡形成的油藏含蜡量会高于最初运移而来的原油,该析蜡带的原油含蜡量比下部相邻的原油含蜡量突然增高。含蜡量增高多少,视原始含蜡量以及地层温度与其析蜡点温度差决定。

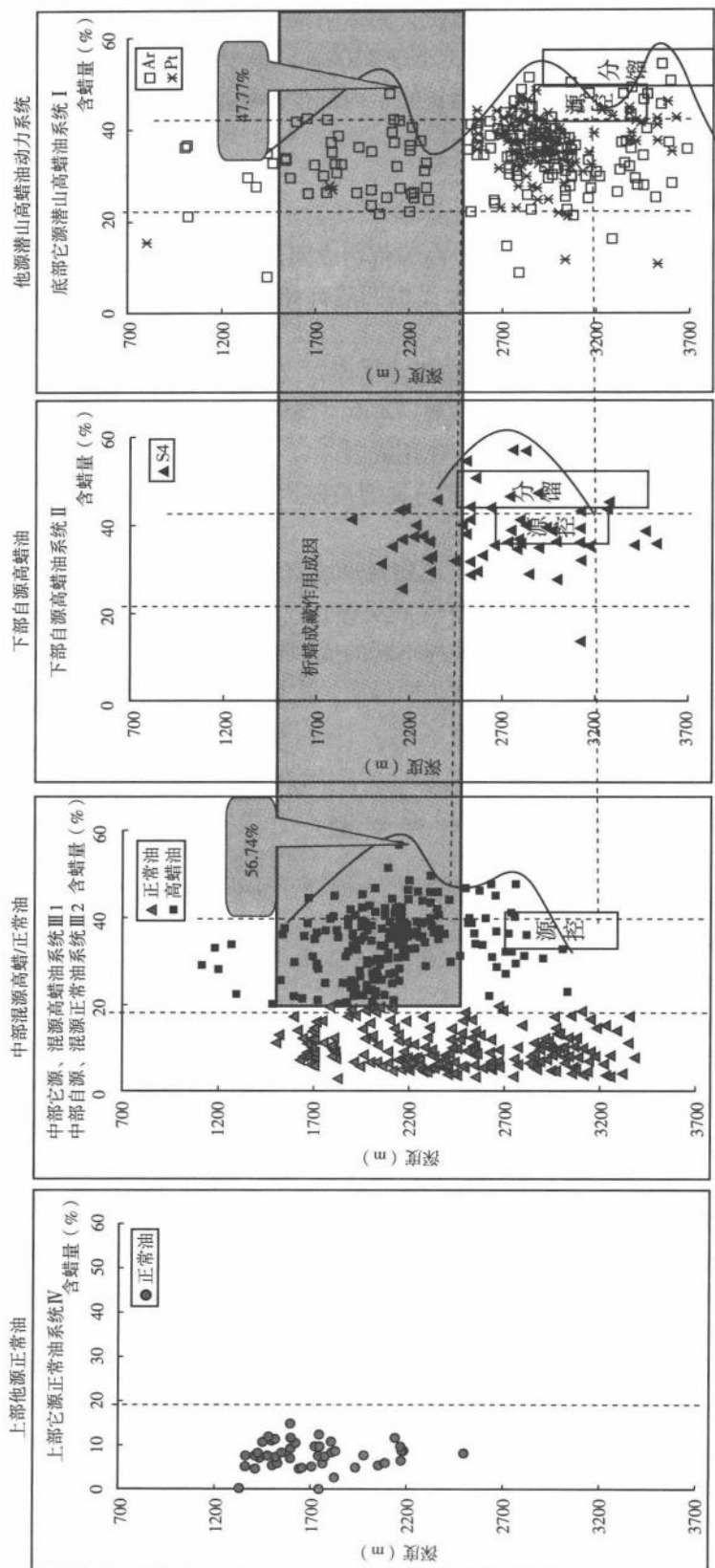


图 5 大民屯凹陷不同动力系统原油析蜡带今埋深度及含蜡量剖面图

同时由于蜡沉积包裹了未凝固的液体,且固体阻塞了运移通道,从而阻止了油气继续向上运移,这是凹陷北部地区析蜡带以上(小于1100m)很少发现更浅层油藏的一个重要原因。仅在浅层圈闭发现有少量降解气,为析蜡带内部少量原油生物降解产生。

4 结 论

多年来关于高蜡油成因研究主要限于高等植物成因说上,仅仅初步认识到藻类可贡献高蜡油。本论文通过系统动态研究表明:大民屯凹陷高蜡油形成聚集至少存在以下四种成因机制。

(1) 母质成因:大量生物表皮的选择性富集保存(高等植物+特定藻)是高蜡油形成的首要物质基础。源控高蜡油含蜡量:32%~40%;源控正常油含蜡量:5%~12%;此范围外的原油含蜡量受控于非母质或动力学作用成因。

(2) 较低热演化作用:是高蜡油生成的关键控制因素,源岩长期处在成熟早期倾向于生成长链蜡。

(3) 析蜡成藏作用:是一定深度带上高蜡油形成富集的重要新机制。

(4) 运移分馏作用:快速泄压条件下(断层等),衍生底部高蜡油和上部凝析油(气)。

不同成藏动力系统的高蜡油受控于多种不同的成因机制。非母质—动力学作用成因是凹陷南部前进构造带高蜡油形成的主要机制,而母质是次要成因。根据不同成因机制,可有效指导勘探开发。

参 考 文 献

- [1] Hedberg H D, Significance of high - wax oils with respect to genesis of petroleum [J] . AAPG Bulletin, 1968, 52: 736 ~ 750
- [2] 黄海平, 郑亚斌, 张占文, 等, 低等水生生物: 高蜡油形成的重要来源 [J] . 科学通报, 2003, 48 (10): 1092 ~ 1098
- [3] 张水昌, 运移分馏作用: 凝析油和蜡质油形成的一种重要机制 [J] . 科学通报, 2000, 45 (6): 667 ~ 670
- [4] 田世澄, 孙自明, 傅金华, 韩军, 胡春余, 论成藏动力学与成藏动力系统 [J], 石油与天然气地质, 2007, 28 (2): 129 ~ 138
- [5] 谢文彦, 姜建群, 张占文, 胡礼国, 大民屯凹陷高蜡油成因及分布规律 [J], 石油学报 2007, Vol. 28, No. 2: 57 ~ 61