

大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

2003年

石油地质实验技术论文集

冯志强 冯子辉 主编



DAQINGYOUTIANYOUXIANZERENGONGSI
KANTANKAIFAYANJIUYUAN
2003NIAN

SHIYOU DIZHI SHIYANJISHULUNWENJI

石油工业出版社

大庆油田有限责任公司勘探开发研究院
2003 年石油地质实验技术论文集

冯志强 冯子辉 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收集了大庆勘探开发研究院石油地质实验室 2003 年度在有机地球化学技术、岩石矿物分析及储层评价技术、生物地层技术、油气水分析技术、储层物性分析技术和设备研制方面的论文。本书可供从事石油地质实验工作的科技人员和相关专业的高校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

大庆油田有限责任公司勘探开发研究院 2003 年石油地质实验
技术论文集/冯志强等主编. —北京: 石油工业出版社, 2004.7
ISBN 7-5021-4703-9

I. 大…

II. 冯…

III. 石油天然气地质—实验—文集

IV. P618.130.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 055937 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.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 北京华正印刷厂排版印刷

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 16 插页: 4

字数: 405 千字 印数: 1—600 册

ISBN 7-5021-4703-9/TE·3279

定价: 40.00 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

**《大庆油田有限责任公司勘探开发研究院
2003 年石油地质实验技术论文集》
编 委 会**

主 编：冯志强 冯子辉

副主编：方 伟 姜洪启 张作祥 翟培民

前 言

大庆油田有限责任公司勘探开发研究院（简称“大庆研究院”）石油地质实验室包括有机地化室、地质试验室、中心化验室和岩心资料室，现有员工 197 人，其中工程师以上人员占总人数 50.2%，本科以上人员占总人数 44.6%。实验室现有国内外先进的大中型实验仪器设备 104 台（套），资产原值 4234 万元。石油地质实验室主要承担油气勘探开发过程中样品的分析检测及基础研究任务。多年来在各级领导的支持关怀下，实验技术实现了检测对象从宏观向微观方向的发展，检测成分从组分向分子和原子方向的发展，检测指标从定性向半定量和定量方向的发展，初步建立了有机地球化学、油气地表化探、岩石矿物、生物地层、储层物性和油气水分析等六大分析测试技术系列，可完成 145 项分析，提供约 500 个评价参数。油田地质家曾形象地把石油地质实验技术比喻为支撑油气勘探事业前进的“两条腿”，即体现了油田对实验技术的重视程度，也说明了实验技术在油田发展中的重要性。

2003 年，石油地质实验室按照大庆研究院“2·4·1”发展战略的要求及工作部署，积极推进“实验室管理开放化、实验室检测标准化、实验室数据成果化、实验室技术产业化”。在完成分析化验任务的同时，结合油田勘探开发需要，有针对性地开展实验技术攻关，在实验分析新技术开发和实验综合研究方面取得了可喜进展，部分实验成果不但在勘探生产中应用见到良好效果，而且为实验室开放建设也奠定了坚实的基础。为了更好地总结实验技术成果，促进实验技术不断发展，鼓励技术人员的科研生产积极性和创造性，发现和培养人才，扶持有应用前景的优势技术，我们把部分相关论文汇编成册，方便有关技术人员参考使用。

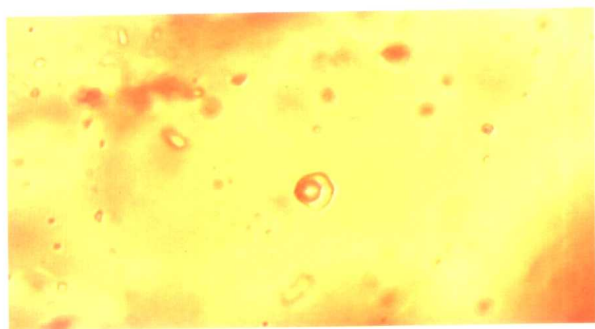
本书在出版过程中得到了大庆油田有限责任公司副总经理侯启军的支持和帮助，在此表示感谢！

由于时间仓促，错误和缺点在所难免，请读者批评指正。

编委会

2004 年 5 月 25 日

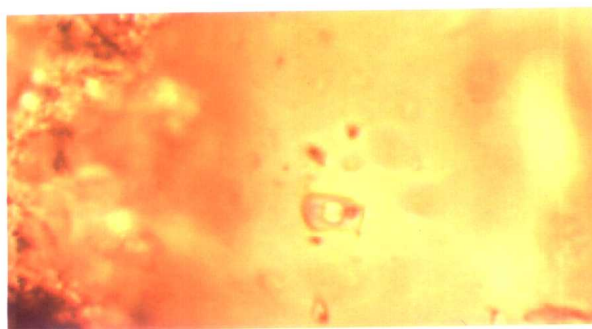
《包裹体的显微镜——傅立叶变换红外光谱分析方法》图版 I



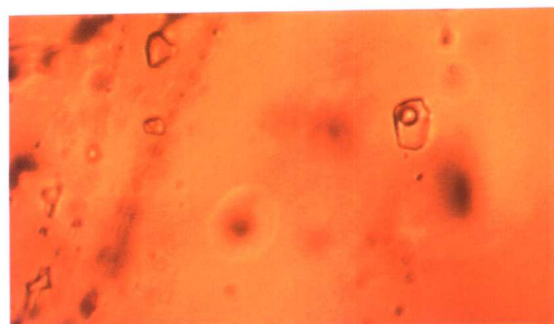
英 51 井 2334.89m, 原生气—液两相盐水包裹体,
单偏光 500 倍



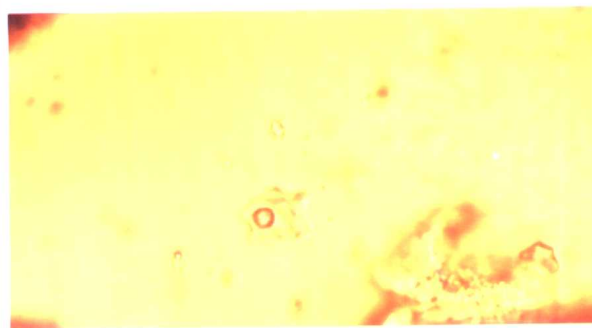
和 2 井 1652.24m, 假次生气—液两相盐水包裹体,
单偏光 500 倍



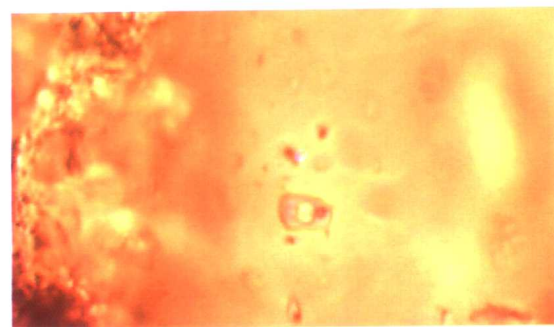
和 2 井 1652.24m, 原生熔融包裹体,
单偏光 200 倍



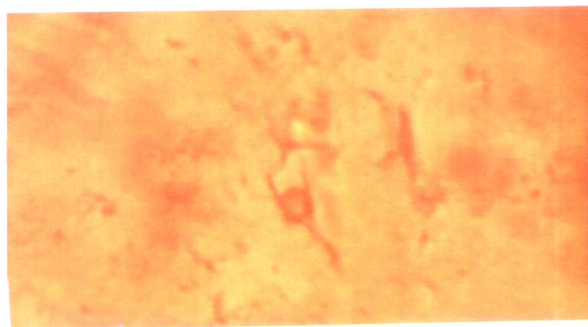
英 51 井 2334.89m, 次生气—液两相包裹体群,
单偏光 500 倍



杜 101 井 1893m, 烃 + 子矿物 + 盐水溶液
包裹体, 单偏光 500 倍

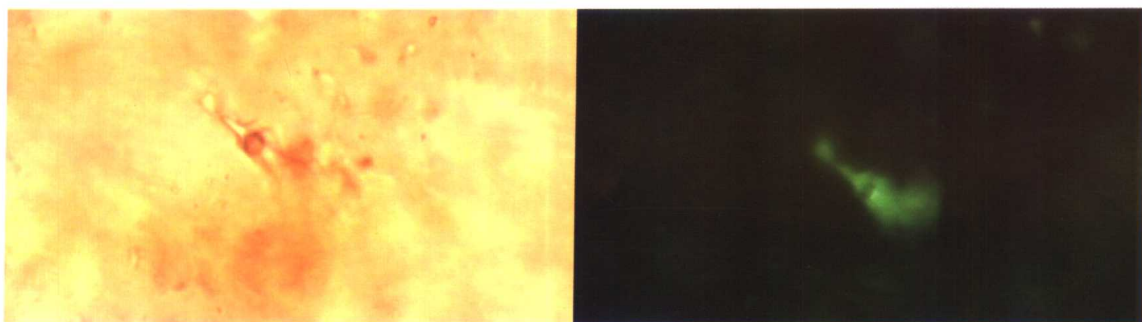


杜 101 井 1893m, 烃 + 子矿物 + 盐水溶液
包裹体, 单偏光 500 倍

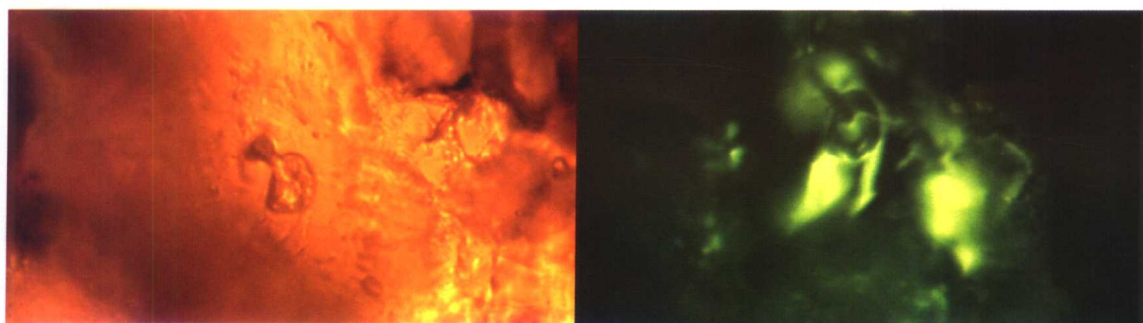


杜 101 井 1893.30~1895.92m, 纯烃类包裹体, 单偏光和荧光 500 倍

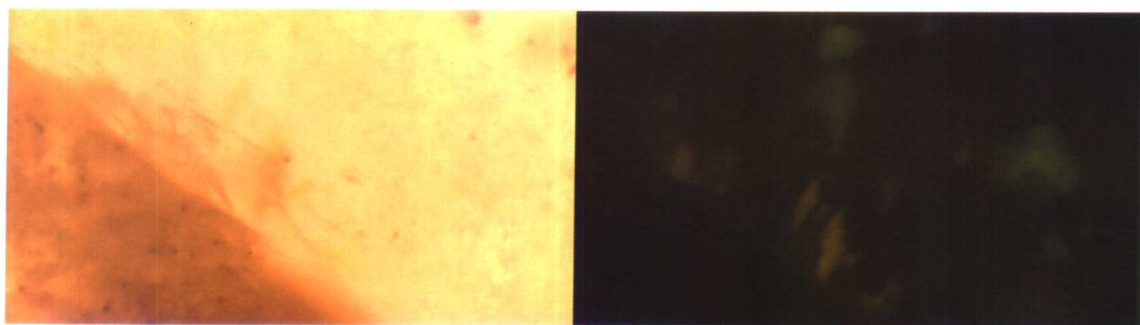
图版 II



英 51 井, 2334.89m, 胶结物中有机包裹体绿色荧光, 第三期, 单偏光和荧光 500 倍



英 51 井, 2334.89m, 溶蚀孔隙中有机包裹体黄绿色荧光, 第二期, 单偏光和荧光 500 倍

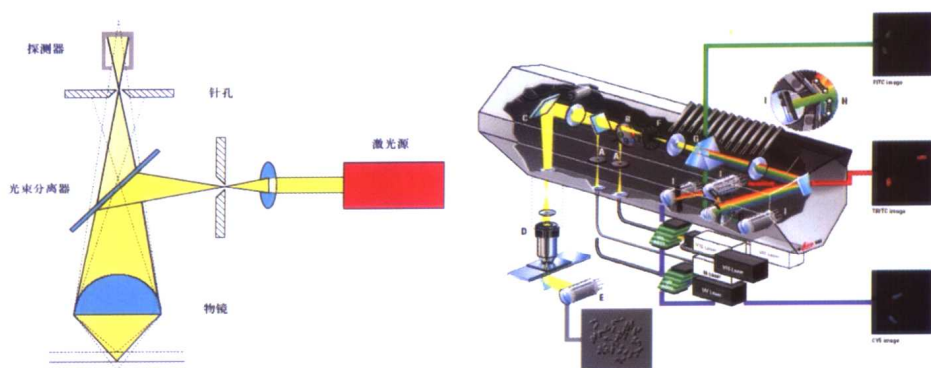


英 51 井, 2334.89m, 胶结物中有机包裹体土黄色荧光, 第一期, 单偏光和荧光 500 倍



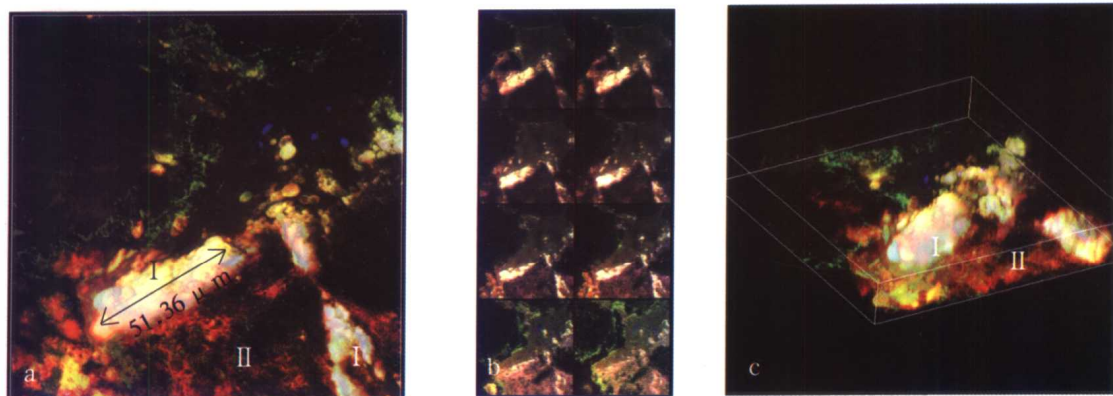
和 2 井, 1641m, 纯 CO_2 包裹体, 单偏光 500 倍

《激光共聚焦 3 D 荧光检测新技术的功能开发及应用》彩图



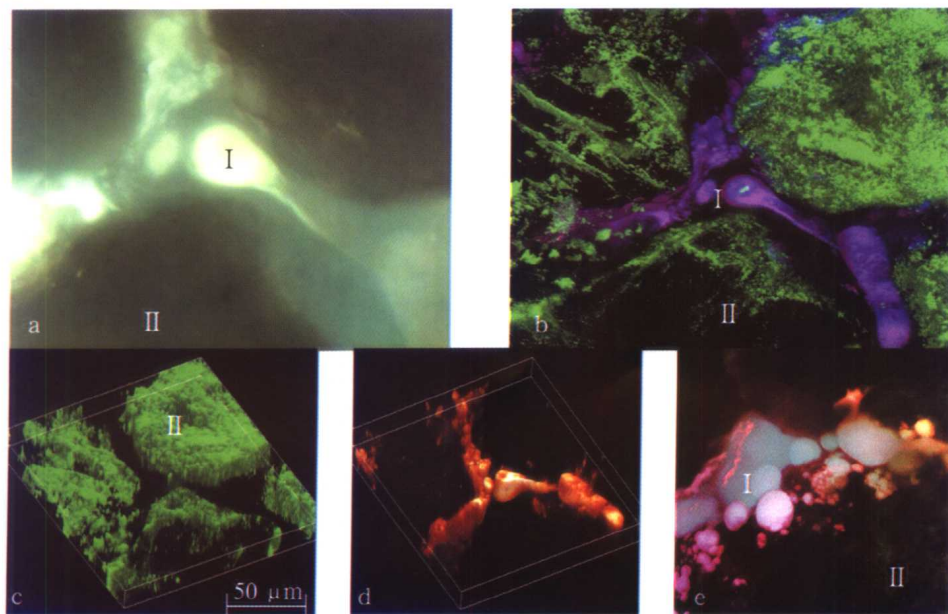
彩图 1 Leica TCS SP 的激光扫描器内部结构图

A—照明针孔；B—主分光器；C—扫描反射镜；D—物镜；E—透射光光电倍增管；F—三棱镜；G—狭缝调节器；H—荧光光电倍增管



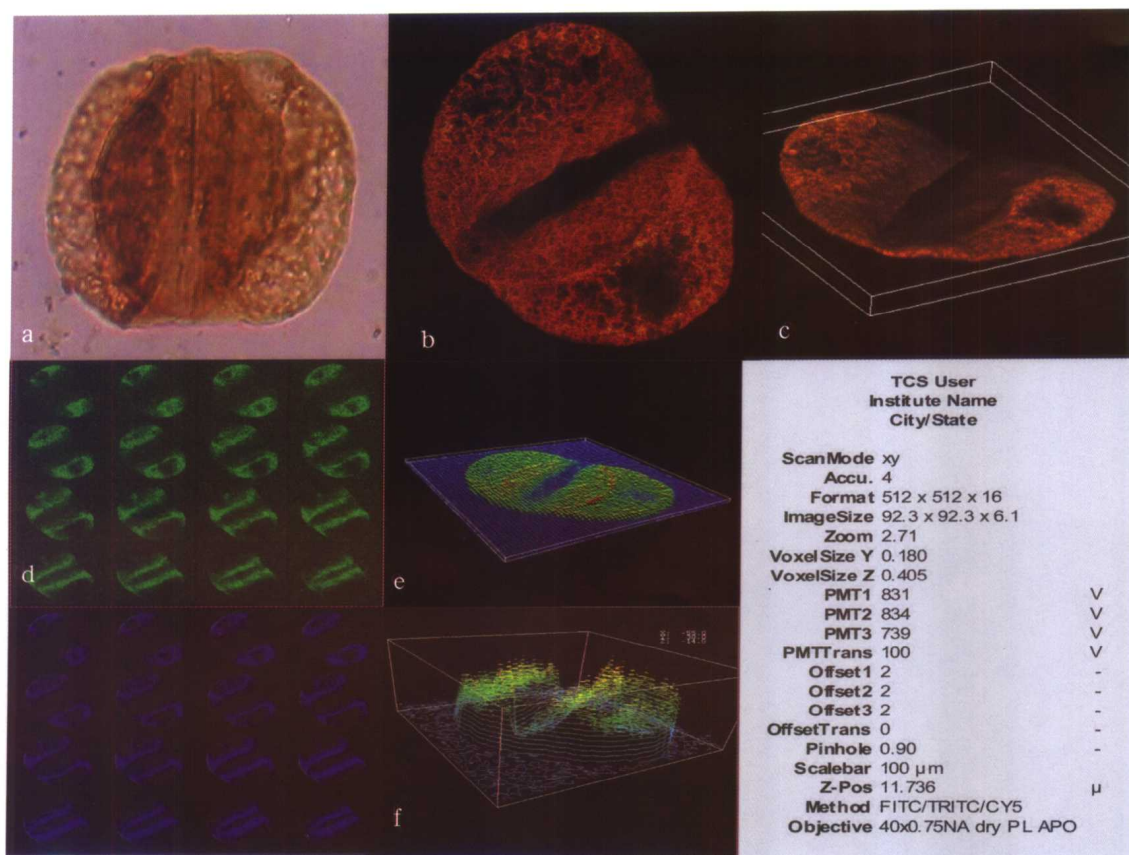
彩图 2 含油薄片激光共聚焦扫描图像

a 含油薄片激光共聚焦扫描图像；b 相同视域 Z 轴系列图像；c 相同视域 45 度立体图像；I 吸附在岩石表面的原油；II 岩石颗粒



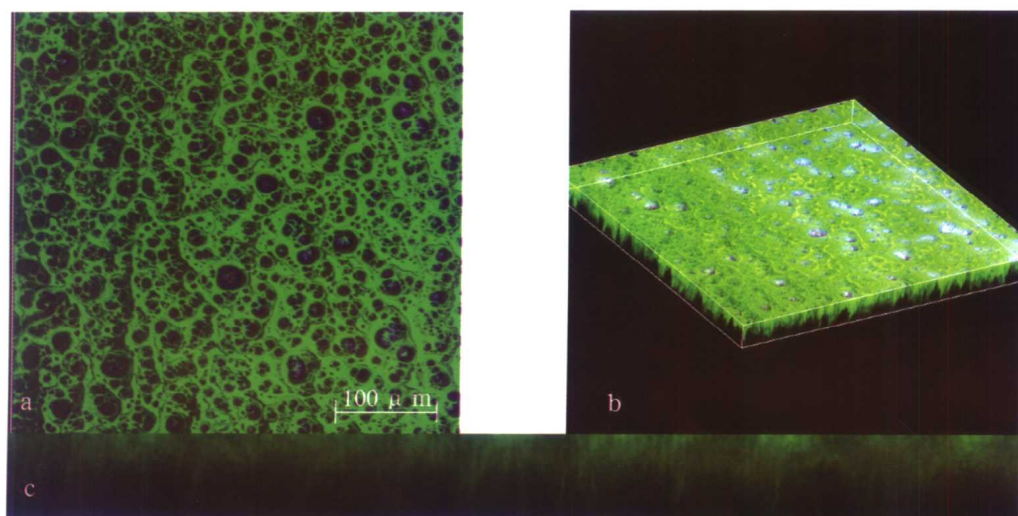
彩图 3 水淹层薄片激光共聚焦扫描图像

a 普通荧光孔隙照片；b 相同视域激光共聚焦反射光和荧光合成图像；c 相同视域激光共聚焦反射光通道 45 度立体图像；d 相同视域激光共聚焦荧光通道 45 度立体图像；e 呈油珠状分布在孔隙中的原油；I 岩石孔隙中呈油珠状的原油；II 岩石颗粒



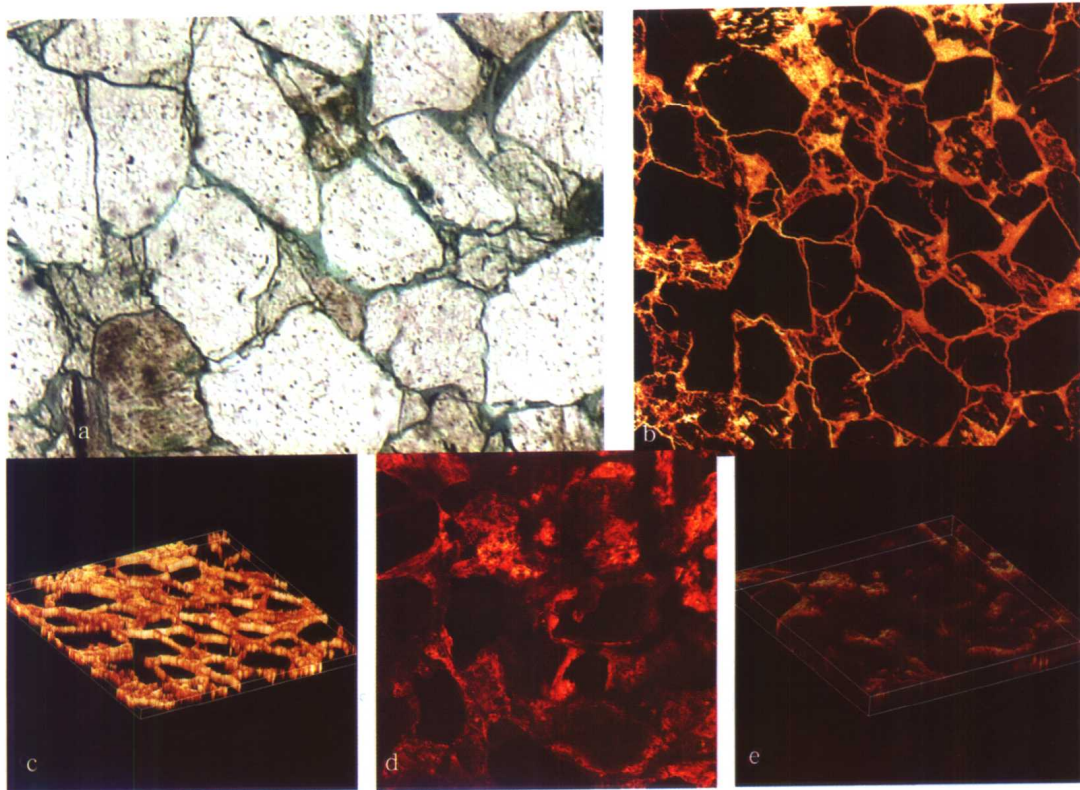
彩图 4 孢粉(假云杉 *Pseudopicea* 粉)共聚焦图像

a 普通光学显微镜孢粉照片; b 孢粉的激光共聚焦扫描图像; c 相同视域激光共聚焦 45 度立体图像;
d 孢粉激光共聚焦 Z 轴系列扫描图像; e 孢粉光强度网格图像; f 孢粉光强度等高线图像



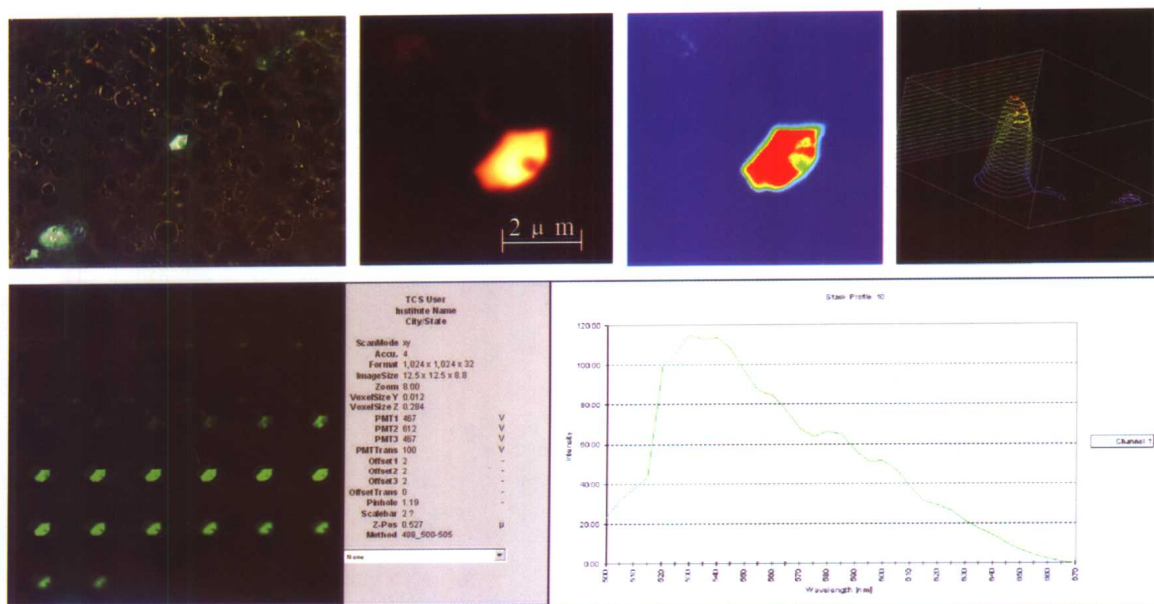
彩图 5 乳化油共聚焦图像

a 三维荧光重构图像由 32 层图像组成, 样品厚度 76.6 μm , 层间距 5.02 μm 。格式为 512 $\times$ 512 $\times$ 32; 图像大小为 990.1 $\times$ 990.1 $\times$ 76.6; 针孔孔径为 1.04 μm ; 目镜 10 $\times$ 0.3NA dry PL FLUOTAR; b 相同视域斜 45 度立体图像; c 相同视域侧面图像



彩图 6 铸体薄片图像

a 偏光显微镜照片； b 激光共聚焦照片； c 激光共聚焦立体图像； d 被氢氟酸溶蚀的孔隙框架； e 孔隙框架的三维图像



彩图 7 包裹体激光共聚焦扫描图像

《重矿物分析及地质应用——以海拉尔盆地贝尔断陷为例》图版



锆石 硬度 7~8
单偏光 $\times 172$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 32 井
层位: 白垩系南屯组二段
(井深 1564.20m)



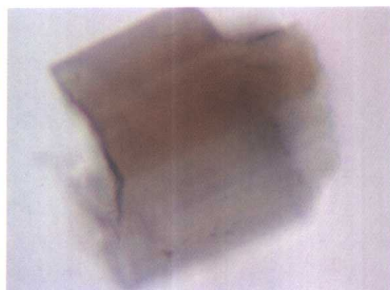
锆石 硬度 7~8
正焦偏光 $\times 172$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 32 井
层位: 白垩系南屯组二段
(井深 1564.20m)



磷灰石 硬度 5
单偏光 $\times 172$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 32 井
层位: 白垩系南屯组二段
(井深 1562.70m)



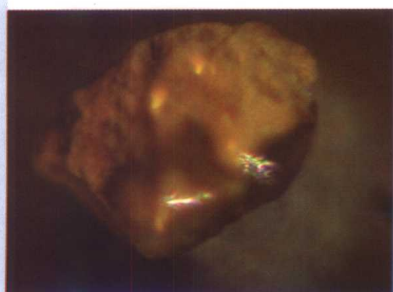
石榴石 硬度 6~7.5
单偏光 $\times 172$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 32 井
层位: 白垩系南屯组二段
(井深 1560.10m)



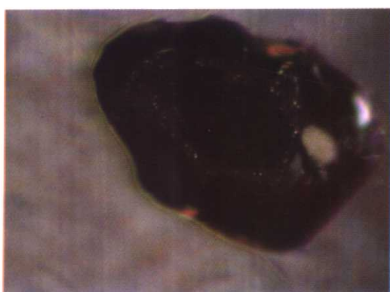
电气石 硬度 7~7.5
4a. 单偏光 $\times 172$ 倍
4b. 正焦偏光 $\times 172$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 27 井
层位: 白垩系大磨拐河组二段
(井深 1012.21m)



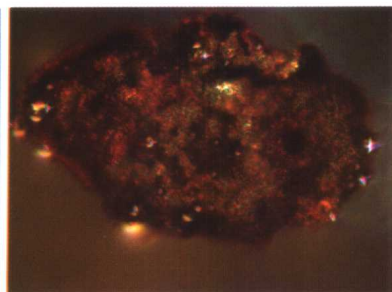
角闪石 硬度 5.5~6
单偏光 $\times 172$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 27 井
层位: 白垩系大磨拐河组二段
(井深 1012.21m)



白钛石
反光 $\times 82$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 32 井
层位: 白垩系南屯组二段
(井深 1561.76m)

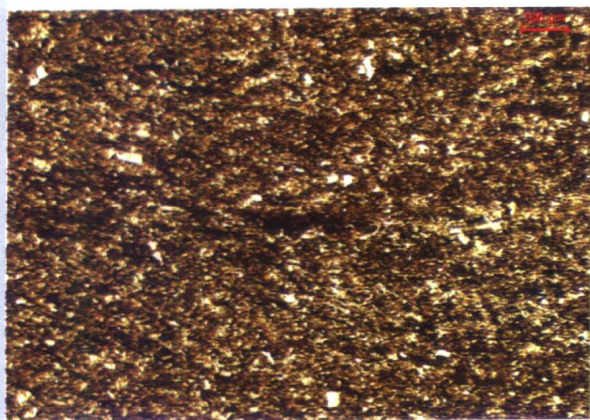


钛铁矿 硬度 5.5~6
反光 $\times 110$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 32 井
层位: 白垩系南屯组二段
(井深 1561.76m)

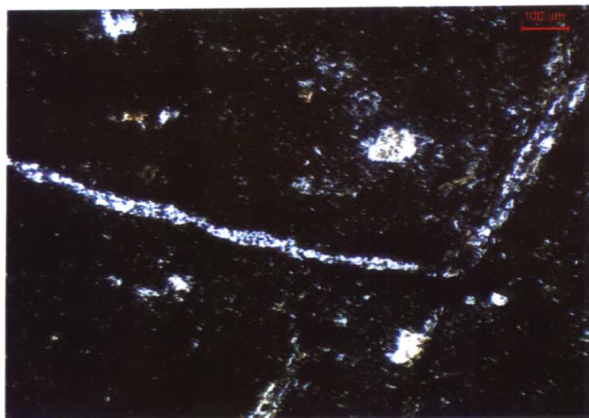


磁黄铁矿 硬度 3.5~4.5
反光 $\times 53$ 倍
产地: 海拉尔盆地贝尔断陷,
贝 32 井
层位: 白垩系南屯组二段
(井深 1561.76m)

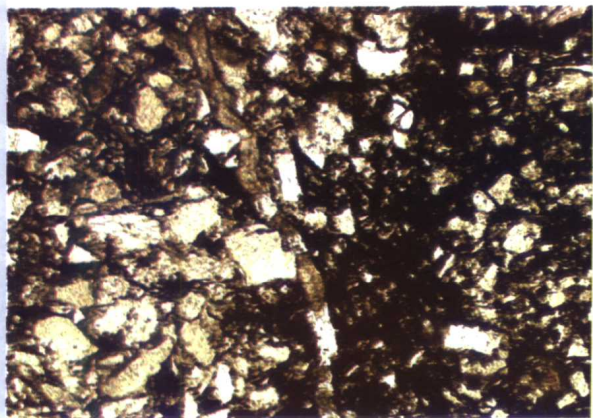
《X 衍射结晶度法及其在变质作用研究中的应用》图版



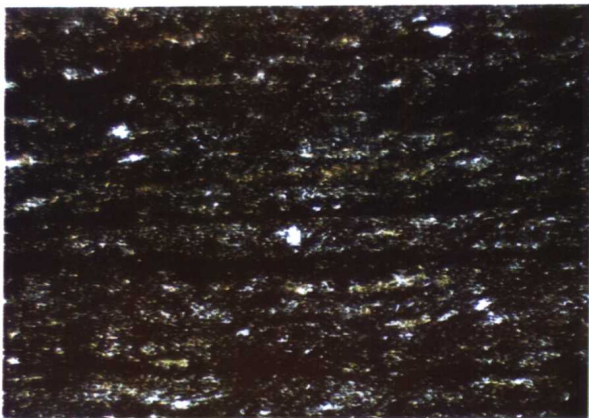
图版 1 肇深 6 井



图版 2 鱼深 1 井



图版 3 杜 101 井



图版 4 庄深 1 井

目 录

松辽盆地北部深层凝析油及油型气的成因研究	冯志强 冯子辉 (1)
油气地球化学的发展趋向及展望	冯子辉 (7)
高温气相色谱分析技术及其应用	方 伟 冯子辉 张居和 黄春艳 (17)
混源天然气烃源岩贡献比例定量研究	张居和 闫 燕 王树森等 (21)
包裹体的显微镜—傅立叶变换红外光谱分析方法	邹育良 俞 莹 李松花 王淑芝 (30)
色谱—质谱—质谱分析方法在生物标记化合物研究中的应用	宋桂侠 李振广 徐春龙 周玉凯 (38)
原油中微量含氮化合物分离方法研究	黄春艳 孙永红 迟宏一 凤晓云 (44)
族组成分析技术的研究	冯 杰 徐春龙 俞 莹 王 磊 (48)
干酪根热解气组分碳同位素分析	赵秦岭 徐春龙 辛玉坤 鄢仁勤 (54)
轻烃分析及其在地质中的应用	闫 燕 宁晓玲 王树森 (60)
多元统计分析在有机地球化学中的应用	李振广 宋桂侠 李景坤 李松花 (66)
液态烃热模拟产物的化学特征及地质意义	乔万林 柳凤香 周玉凯 刘 丽 (72)
烃源岩脱气装置的研制及应用	周玉凯 乔万林 白树庆 杜洪文 (81)
无压实型高温高压反应釜的改造	杜洪文 霍秋立 乔万林 周玉凯 白树庆 (86)
海拉尔盆地油藏垂向非均质性研究——以苏 131 井为例	霍秋立 申家年 付 丽 汪振英 (89)
烃源岩有机质丰度统计的新方法	李景坤 刘 伟 李振广 宋兰斌 (93)
大庆探区 2003 年深层重点探井地化跟踪分析评价研究	刘 伟 李景坤 宋兰斌 李 敏 (97)
有机地化评价技术在海拉尔盆地勘探中的应用	汪振英 孙永红 霍秋立 迟宏伟 (111)
油藏地化评价技术在松辽盆地中浅层勘探研究中的应用	王 雪 孙永红 李 敏 宋兰斌 (121)
有机地化评价技术在外围盆地勘探研究中的应用	孙永红 汪振英 刘 伟 王 雪等 (126)
实验室分析样品接收调配的现代化管理	李松花 郭 伟 胡云娣 (136)
松辽盆地火山岩储层类型划分及有利储层分布预测	姜洪启 王 成 邵红梅 洪树新 刘 杰 (139)
粘土矿物膨胀性微观检测技术	焦玉国 王殿斌 (145)

激光共聚焦 3D 荧光检测新技术的功能开发及应用

- 孙先达 索丽敏 刘彤彦 王 成 于 笠 姜洪启 (150)
- 重矿物分析及地质应用 陈春瑞 李 茹 要 丹 刘 赫 (155)
- X 衍射结晶度法及其在变质作用研究中的应用 ... 焦玉国 乔建华 滕洪达 田 雨 (169)
- 岩石膨胀率实验方法研究及应用 潘会芳 薛文涛 朱玉玲 靳文学 (176)
- 松辽盆地北部肇深 5 井早白垩世孢粉组合及其地质意义
- 乔秀云 金玉东 王 平 万传彪 (181)
- 注入水中微量金属元素含量对原油性质的影响研究 张作祥 (190)
- 松辽盆地北部地层水的物理化学性质研究 张作祥 (194)
- 油田化学示踪剂铵离子检测与应用技术研究 孔 艳 巩继海 王 庆 王秀兰 (200)
- 顶空气相色谱法自动分析油田水中苯系物
- 张 秋 孔 艳 杨玉松 王 庆 张维琴 (205)
- 填充毛细管液相色谱—高温气相色谱在线联用分析原油的研究
- 张 秋 赵静波 杨玉松 赵 兰 曲红艳 (211)
- 天然气扩散系数测定技术研究 曲 斌 蔡 星 刘 玉 杨玉松 张 秋 (220)
- 低孔渗储层岩心流体饱和度测定技术及其应用
- 刘 玉 曲 斌 刘凤霞 李芝华 张志红 (227)
- 岩心图文数据库采集及查询系统技术改进 路 杰 张世祥 伍建秋 付昌琼 (237)
- 岩石样品自动编号喷码机的研制 梁万林 张元玉 刘 晓 李亚香 (244)

松辽盆地北部深层凝析油及油型气的成因研究

冯志强 冯子辉

摘要: 松辽盆地北部深层发现的凝析油及油型气扩大了油田的勘探潜力。应用单体烃碳同位素、生物标志化合物等分析技术,结合地质背景对凝析油、天然气和固体沥青进行的地球化学研究表明:深层凝析油,包括煤成凝析油和泥质烃源岩形成的凝析油,前者芳烃含量高、单体烃碳同位素重,后者饱和烃含量高、单体烃碳同位素轻,生物标志化合物对比,二者均来自于沙河子组烃源岩;油型气甲烷碳同位素轻,一般小于 -45‰ ,且甲烷与乙烷之间碳同位素分馏明显,属原油裂解成气特征,油型气与煤型气混合可能是深层天然气碳同位素系列倒转的重要原因之一;火山岩储层中的固体沥青有机地球化学分析,有机碳含量 $0.08\%\sim 0.16\%$,氢指数 $49\sim 297\text{mg/g}$, R_o 大约为 1.87% ,表征固体沥青现今的成烃潜力较小,原油向天然气转化主要发生在高成熟阶段的晚期,对应的地质年代大约是嫩江组—明水组沉积末($80\sim 65\text{Ma}$)。原油向天然气转化的事实启示,深层天然气勘探要兼顾古油藏的研究。

松辽盆地深层系指白垩系泉头组二段以下地层(高瑞祺等,1997),主要包括下白垩统泉头组一、二段、登娄库组、营城组、沙河子组和上侏罗统火石岭组。20世纪80年代以来,这套地层天然气勘探不断取得新发现,目前已成为大庆油田油气勘探重要的潜在领域之一。

长期以来,松辽盆地深层天然气勘探以寻找煤型气为主,相应地对天然气资源潜力的认识、油气成藏条件与分布规律的认识无不受煤型气的影响。但近几年的钻探表明,深层天然气不但有煤型气,而且有油型气和二者的混合气;部分天然气井中产出少量轻质油或凝析油,表明深层有油藏形成过程。这些发现为深层油气勘探提出了新的资源类型,因此有必要重新认识松辽盆地深层烃源岩的生烃条件,研究凝析油及油型气的有机地球化学特征和来源特征。

一、深层烃源岩形成的地质背景及生烃条件

松辽盆地深部地层形成于盆地演化早期的断陷阶段和断拗转换阶段,潜在的烃源岩包括下白垩统登娄库组、营城组、沙河子组和上侏罗统火石岭组。4套烃源岩有机碳平均含量分别为 0.45% 、 0.85% 、 2.12% 和 0.50% ,指示沙河子组烃源岩具有最高的生烃潜力。有机质成熟度普遍较高,各层烃源岩 R_o 的平均值均大于 1.76% 。干酪根元素分析, H/C 原子比一般小于 1.0 ,反映烃源岩的有机质类型基本为腐殖型,主要成烃方向是煤型气,但这个推论需要考虑烃源岩较高成熟度的影响。沉积环境、古生物以及有机岩石学综合研究表明,深层各套烃源岩的有机质来源不同,反映它们具有不同的成烃方向。

以营城组、沙河子组和火石岭组为例,沉积环境与古生物化石研究表明(表1),火石岭组烃源岩主要沉积于河流、三角洲相,暗色泥质岩分布范围小且厚度薄,厚度一般仅几米至十几米。主要生物化石为大孢子和银杏类、松柏类植物化石,有机质来源基本为陆源植物体。沙河子组烃源岩沉积于湖泊、三角洲相,包括湖相沉积的暗色泥质岩和三角洲相沉积的煤层。烃源岩厚度 $30\sim 350\text{m}$,最大厚度可达 485m 。主要生物化石有孢粉、大孢子、沟鞭藻、介形类、叶肢介、蕨类植物、淡水双壳类等化石,反映沉积水体深度变化较大,有机质

来源既有湖生生物，又有陆源植物。营城组烃源岩形成的湖泊、三角洲相仅在局部地区发育，烃源岩包括暗色泥质岩和煤层，厚度 3~150m，最大厚度可达 290m。生物化石主要有孢粉、大孢子、叶肢介、蕨类植物等化石，与沙河子组比较，典型的深水湖相化石减少，反映沉积水体深度变浅，有机质来源以陆源植物为主。

表 1 深层烃源岩的沉积环境与化石组合特征表

烃源岩层	沉积环境	岩石类型	厚度（m）	化石组合							有机质来源
				双壳类	叶肢介	介形类	沟鞭藻	大孢子	孢粉	植物	
营城组	湖泊、三角洲相	泥质岩、煤层	3~150		✓			✓	✓	✓	陆生为主
沙河子组	湖泊、三角洲相	泥质岩、煤层	30~350	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	湖生、陆生
火石岭组	河流、三角洲相	泥质岩	<20					✓	✓	✓	陆生

对各套烃源岩样品进行有机岩石学分析，从而进一步证实了有机质组成上的差异。火石岭组、营城组的煤系烃源岩，有机质显微组分一般由镜质组（大于 60%）、惰质组（大于 20%）和少量壳质组（主要是孢子体，小于 4%）组成，反映生物来源主要为陆源植物。沙河子组泥质烃源岩有机质显微组分主要由镜质组（小于 25%）、腐泥组（小于 20%，包括少量藻类体）、壳质组（小于 20%）和惰质组（大于 50%）组成，反映生物来源既有陆源植物又有湖相生物，其中三深 2 井沙河子组烃源岩（3849.13m）壳质组含量达 76%，反映这套烃源岩具有生油生气的双重潜能（金奎勋，1997）。

二、凝析油的地球化学特征及其来源

松辽盆地深部储层样品在荧光显微镜下进行观察发现，砂岩的泥质胶结物及孔隙、裂隙中，普遍具有弱或较弱的荧光显示，部分井中（如升深 1、芳深 3、芳深 5、卫深 4 等井）的登娄库组砂岩见中等强度的蓝绿色、黄绿色或褐色荧光，表明深部储层中曾发生过相当规模的石油运移、聚集。目前在深层部分探井中见到的与天然气伴生的凝析油，即是对这一过程的客观反映。

松辽盆地深层芳深 2 井、升深 1 井、宋 3 井等见到的凝析油一般为无色或浅黄色，相对密度小于 0.8，粘度小于 3mPa·s。有机地球化学分析表明，这些原油可以分为两种类型。

原油的族组成和色谱分析见表 2，第一类原油以芳深 2 井、升深 1 井为代表，特征为饱和烃含量高，芳烃和非烃含量低，反映成烃有机质脂类成分较多，属湖相烃源岩生成的常规凝析油；正烷烃组成低碳数成分多，C₂₁/C₂₂⁺大于 27，奇偶优势不明显。第二类原油以宋 3 井为代表，特点是芳烃和非烃含量高，饱和烃含量相对偏低，反映成烃有机质芳烃和杂原子成分较多，可能属煤系烃源岩生成的凝析油；正烷烃分布高碳数成分增加，且有弱的奇偶优势，反映成熟度相对偏低。

表 2 松辽盆地深层凝析油一般地化特征

井号	井深（m）	油层	族组成（%）				色谱分析			原油类型
			饱和烃	芳烃	非烃	沥青质	OEP	C ₂₁ /C ₂₂ ⁺	碳数范围	
芳深 2	2768.8~3038.4	登娄库	94.50	2.70	2.40	0.40	1.00	27.46	13~34	常规凝析油
升深 1	2645.2~2824.2	登娄库	98.08	0.09	1.42	0.41	1.01	46.72	9~24	
宋 3	2649.0	沙河子	59.70	27.20	12.20	1.00	1.16	5.52	13~36	煤成凝析油

据国内外文献报道 (赵孟军等, 1994; Wilhelms, 1994; 张文正等, 1992), 原油的单体烃碳同位素主要受生成母质性质的影响, 因此这项参数为追溯松辽盆地深层凝析油的成因提供了有效信息。深层凝析油单体烃碳同位素分析结果 (图 1) 表明, 2 类原油具有明显的差异。芳深 2 井原油碳数小于 nC_{24} 的正烷烃, 单体烃碳同位素基本稳定在 -31‰ 左右, 略重于松辽盆地正常原油或与之接近, 高于 nC_{25} 的正烷烃, 单体烃碳同位素有变轻的趋势, 反映凝析油的主体部分来自于湖泊相沉积的有机质。宋 3 井原油的单体烃碳同位素明显重于芳深 2 井原油, 在相同碳数情况下一般重 5‰ 以上。随碳数降低, 宋 3 井原油表现出碳同位素逐渐变重的趋势, 在 nC_{15} 达到 -23‰ 左右, 具有三角洲相沉积、高等植物为主要生油母质的特征。

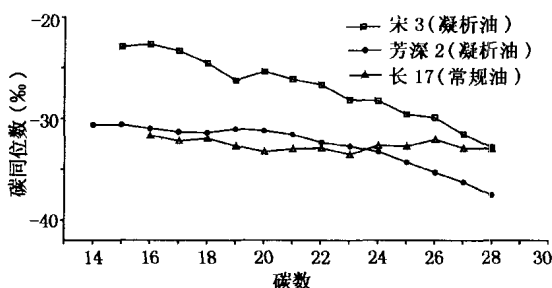


图 1 松辽盆地深层凝析油单体烃碳同位素分布图

对深层凝析油的生物标志化合物分析, 发现甾烷的异构化参数已达到演化的终点, 不能指示原油的成熟程度, 但从反映母源构成的甾烷分布中仍可见到 2 类凝析油的差别。宋 3 井原油甾烷分布上以 C_{29} 甾烷为优势, 其中 $\alpha\alpha\alpha 20R - C_{27}/C_{29}$ 甾烷、 $\alpha\alpha\alpha 20R - C_{28}/C_{29}$ 甾烷均小于 0.51, 代表成油母质以陆源有机质为主; 芳深 2 井原油上述两个参数均大于 0.75, 可能是湖生有机质对生油有重要贡献的反映。非常有趣的是, 利用生物标志化合物参数进行油岩对比的结果 (图 2), 2 类凝析油均来自于邻井的沙河子组二段烃源岩, 即反映沙河子组烃源岩成油类型的多样性, 也表征断陷地层原油的运移距离可能不大。

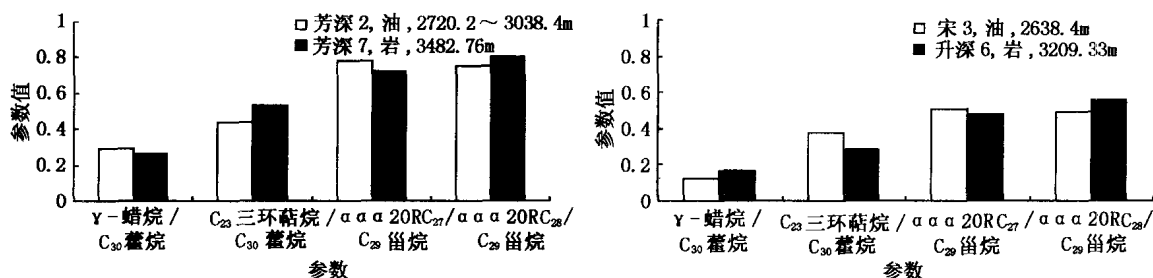


图 2 松辽盆地深层利用生物标志化合物参数进行油岩对比图

三、油型气的地球化学特征与来源

松辽盆地油型气与煤型气的甲烷碳同位素分界限大约为 $-38\text{‰} \sim -40\text{‰}$ (高瑞祺等, 1997), 因此可以把甲烷碳同位素小于 -40‰ 的深层天然气作为油型气, 代表井有芳深 6 井、升深 101 井、宋 3 井、宋深 1 井和昌 103 井等。油型气一般分布于下部储层, 如营城组、沙河子组或火石岭组, 气藏埋深大于 2300m。天然气的主要地球化学特征见表 3 所示。

对深层油型气的组成分析, 发现甲烷含量一般在 $80\% \sim 90\%$ 之间, 低于盆地典型煤型气的甲烷含量 (高瑞祺, 1997), 乙烷以上重烃含量变化较大, 最高达 15.2% , 反映油型气具有甲烷含量低、重烃含量高的一般特征。氮气和二氧化碳气含量较低, 一般不超过 8% 。值得说明的是, 氢气含量一般较低, 但部分天然气中, 如昌 103 井氢气含量达 0.8% , 反映