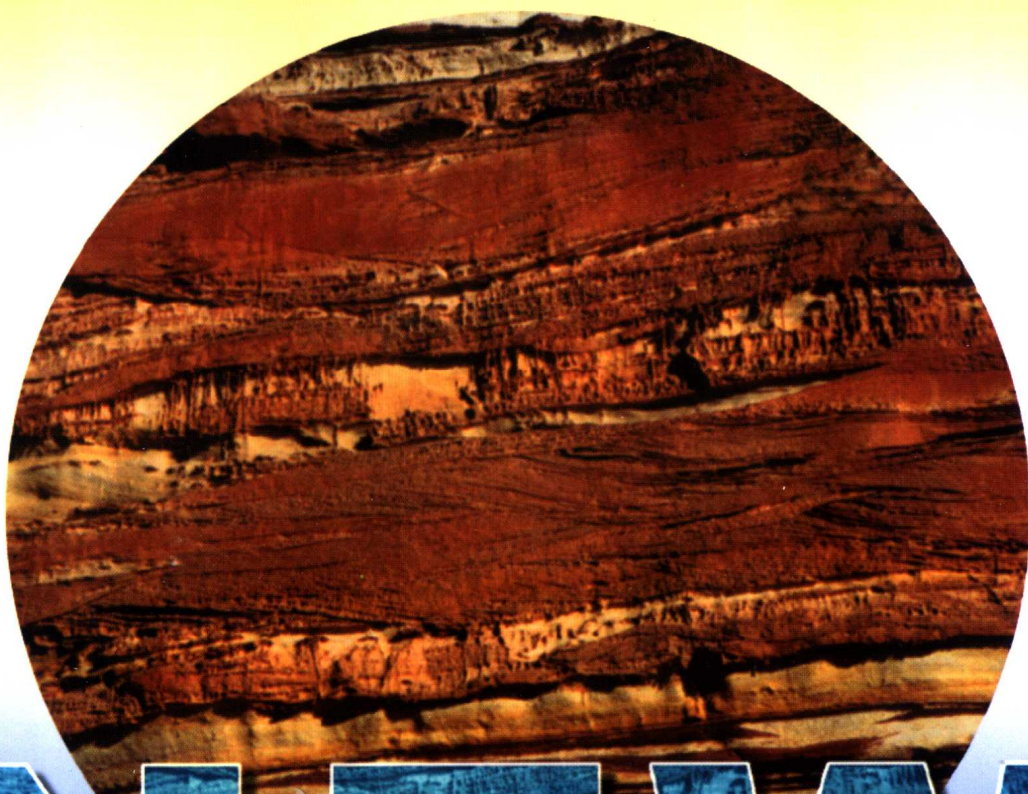


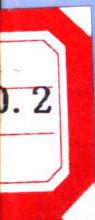
储集岩基础实验分析 新技术与新方法

罗 平 应凤祥 主编



NEW

石油工业出版社



储集岩基础实验分析 新技术与新方法

罗 平 应凤祥 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是在“九五”后期开展的储层实验方法课题的基础上编写而成的,对我国在储层地质实验领域内多年来形成的实验技术和方法做了进一步的完善和提高。

本书主要涉及近年来发展的新技术、新方法,即图像孔隙分析技术、有机酸定量评价技术、储层包裹体分析技术、沉积岩粘土矿物定量分析软件的研制、白云石有序度测定技术和激光显微取样技术。

本书适用于从事油气勘探的地质和储层实验室研究的工程技术人员及大中专石油院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

储集岩基础实验分析新技术与新方法/罗平等主编.

北京:石油工业出版社,2002.9

ISBN 7-5021-3903-6

I. …储

II. …罗

III. 储集层-实验-研究

IV. P618.130.2-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 067719 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)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

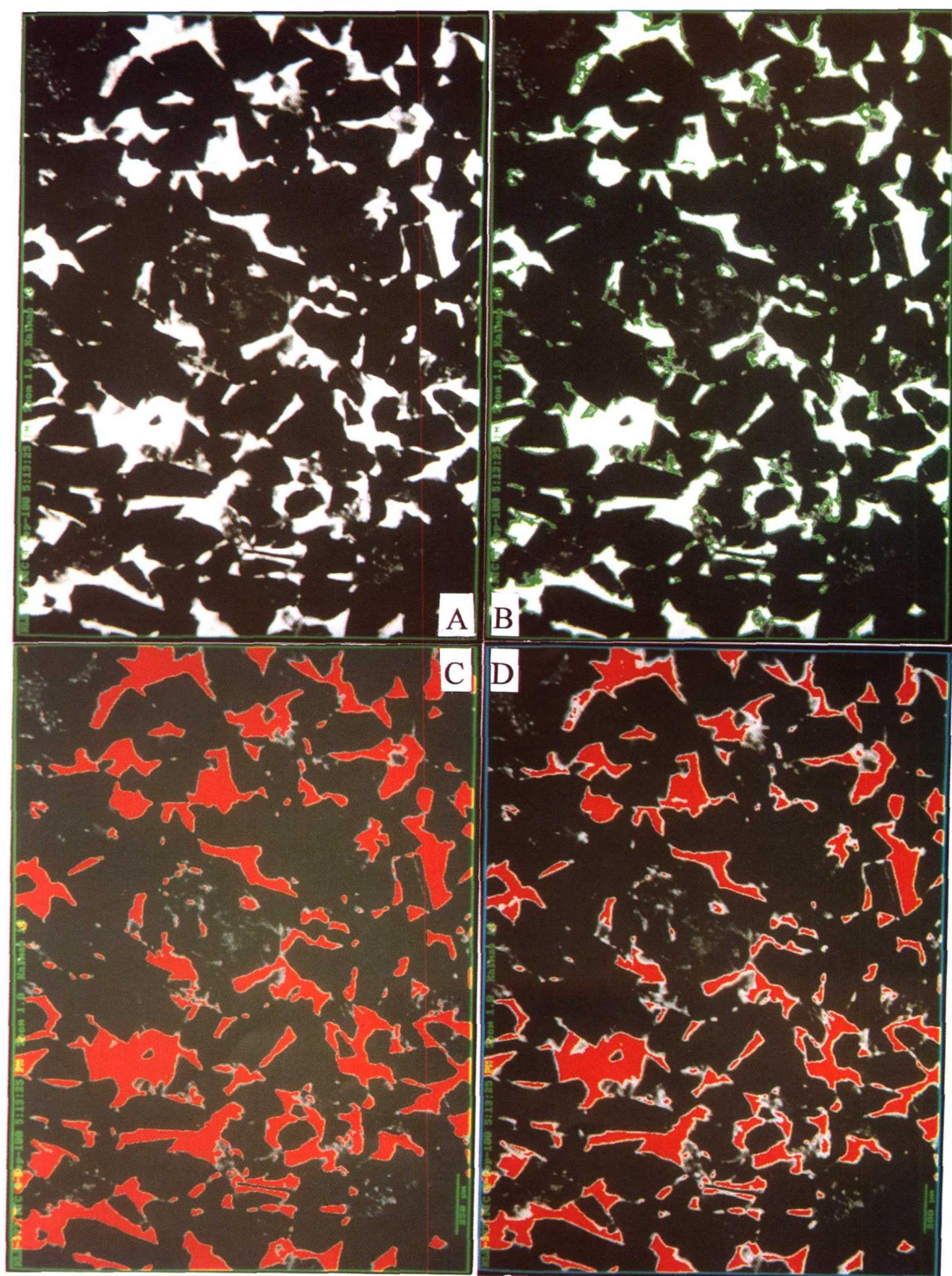
787×1092 毫米 16 开本 9.25 印张 5 插页 234 千字 印 1—1500

2002 年 9 月北京第 1 版 2002 年 9 月北京第 1 次印刷

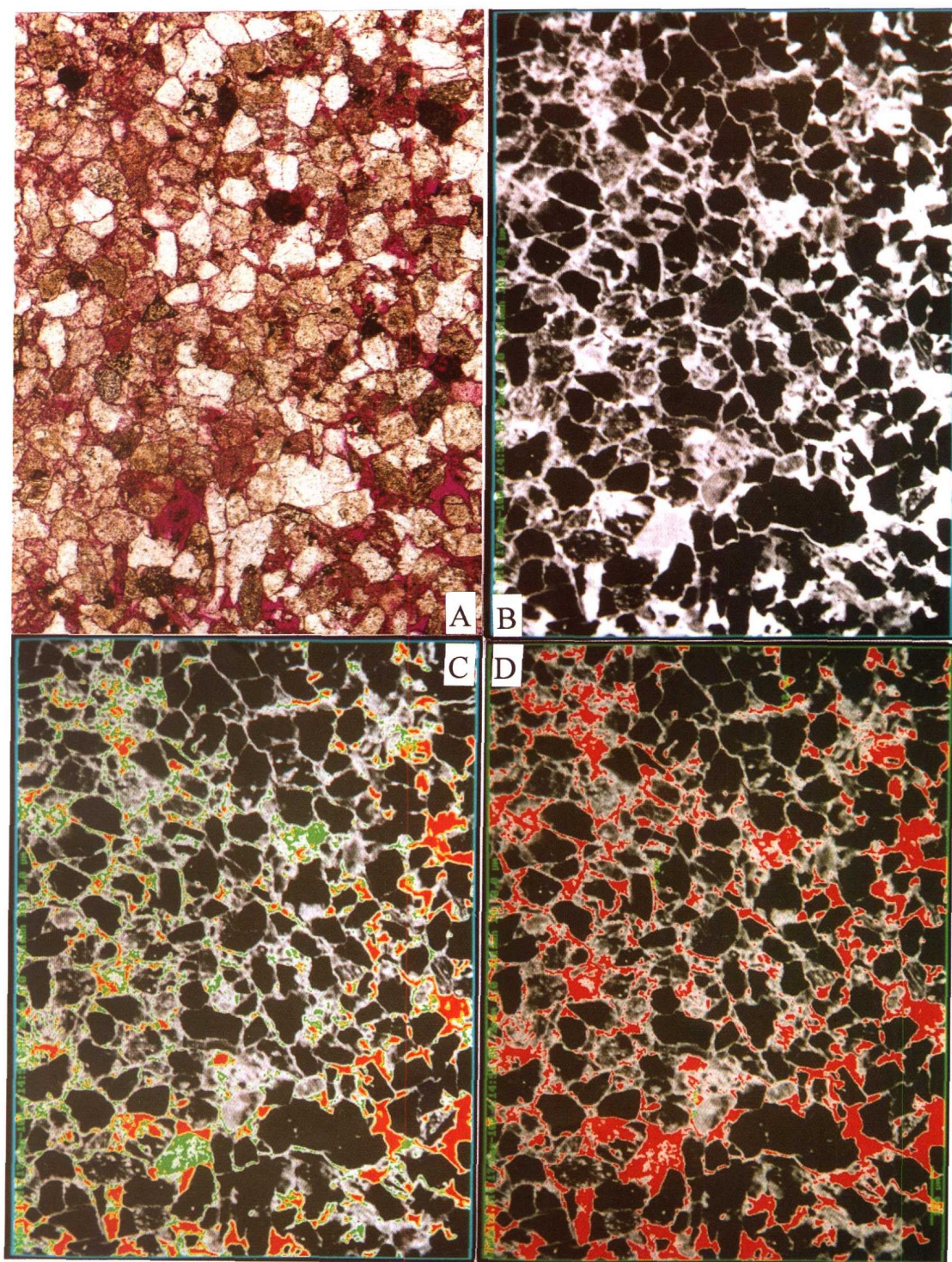
ISBN 7-5021-3903-6/TE·2820

定价: 24.00 元

图版 II - 1

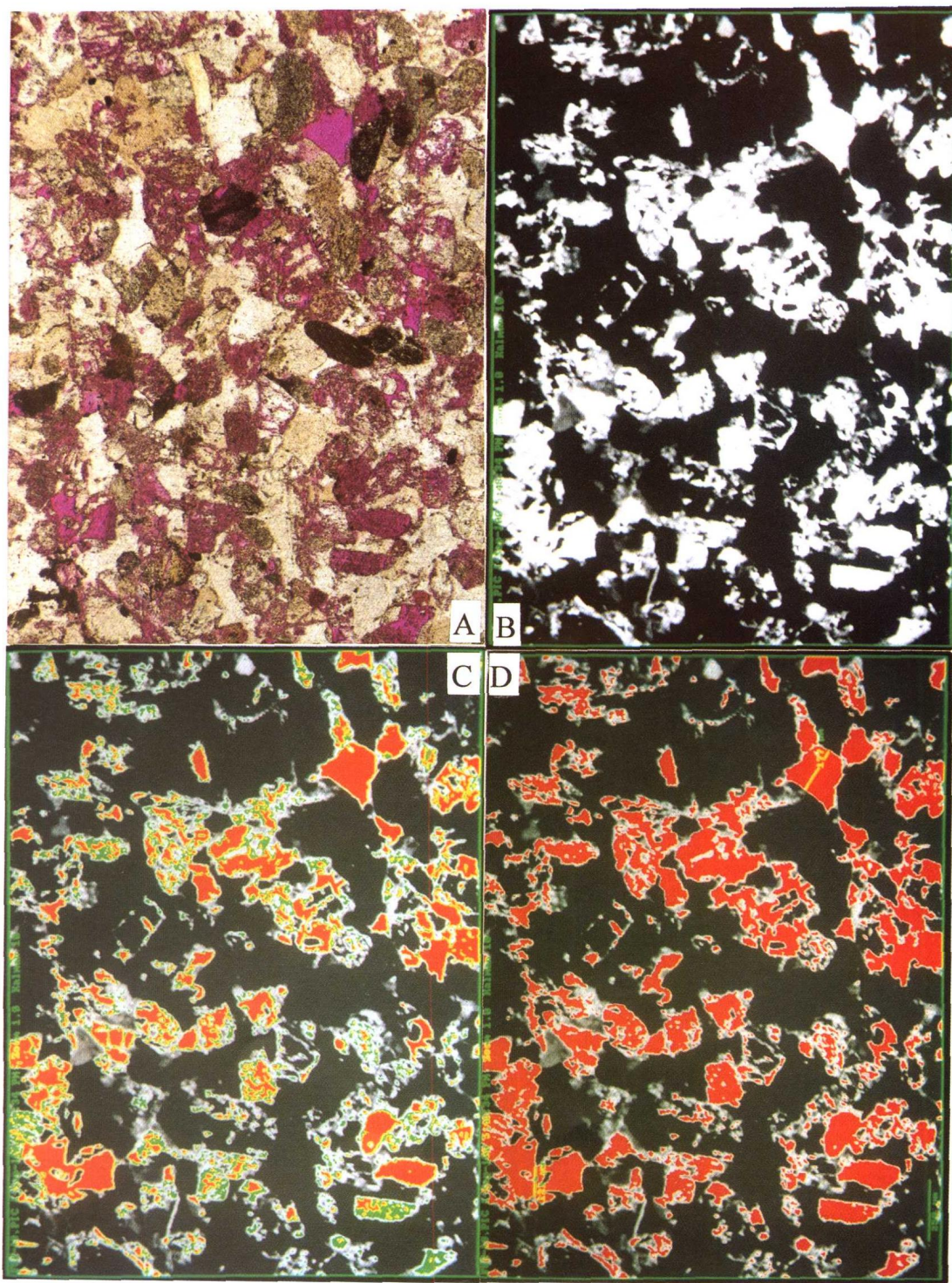


A 激光共聚焦扫描图像，克拉2井3741.72cm，细砂岩；B 绿色为微孔；C 红色为总面孔率，放大50倍，标尺=250 μm；D 红色为大孔



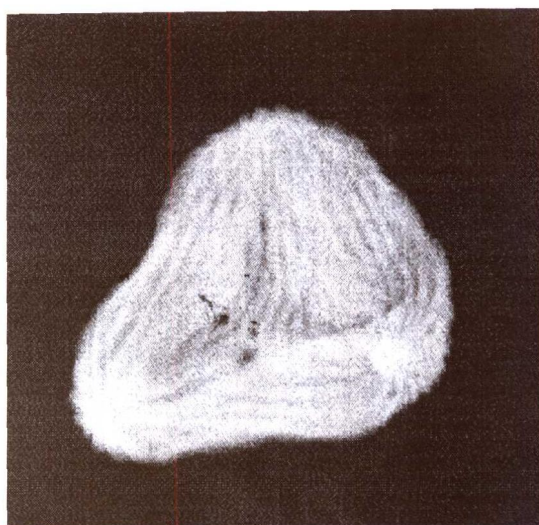
A 单偏光，放大 50 倍；B 激光共聚焦扫描图像；C 红色为大孔，绿色为微孔；D 红色为总面
孔率，标尺 = 250 μ m。此图像为大庆地区的汪 902 井样品，井深 2636.95m，粉砂质细砂岩

图版 II - 3



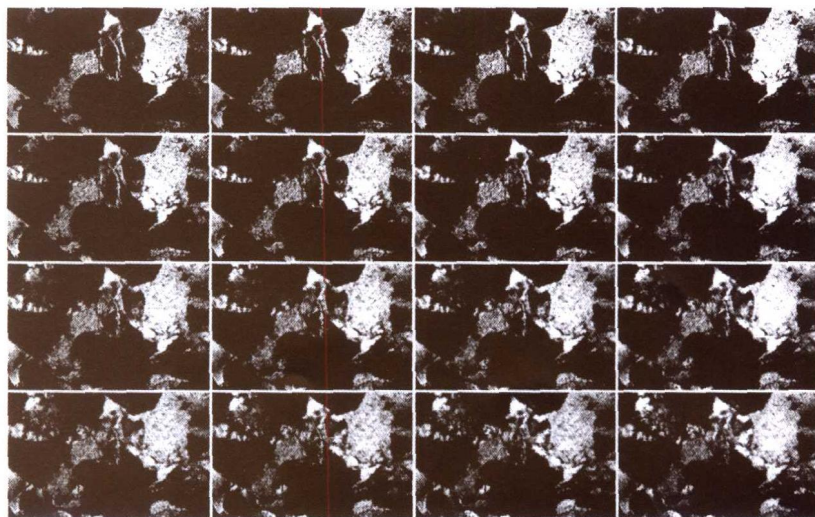
A 单偏光，放大 50 倍；B 激光共聚焦扫描图像；C 红色为大孔，绿色为微孔；D 红色为总面孔率，标尺 $\approx 250\mu\text{m}$ 。此图像为大庆地区的芳深 7 井样品，井深 3294m，细砂岩

图版 II - 4



A

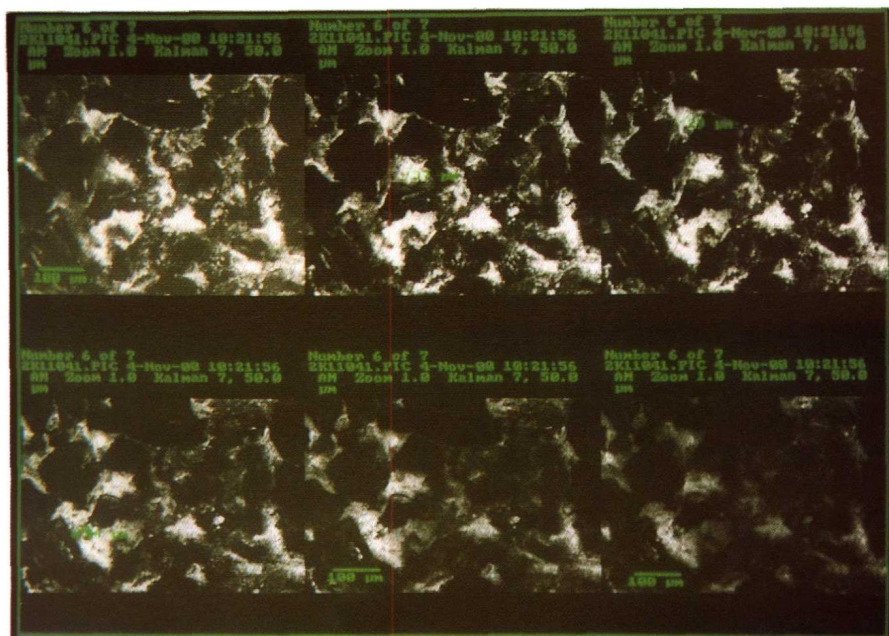
这是一幅电影图片，图中可以清晰地看到化石的纹路和结构，并可以进行动态播放



B

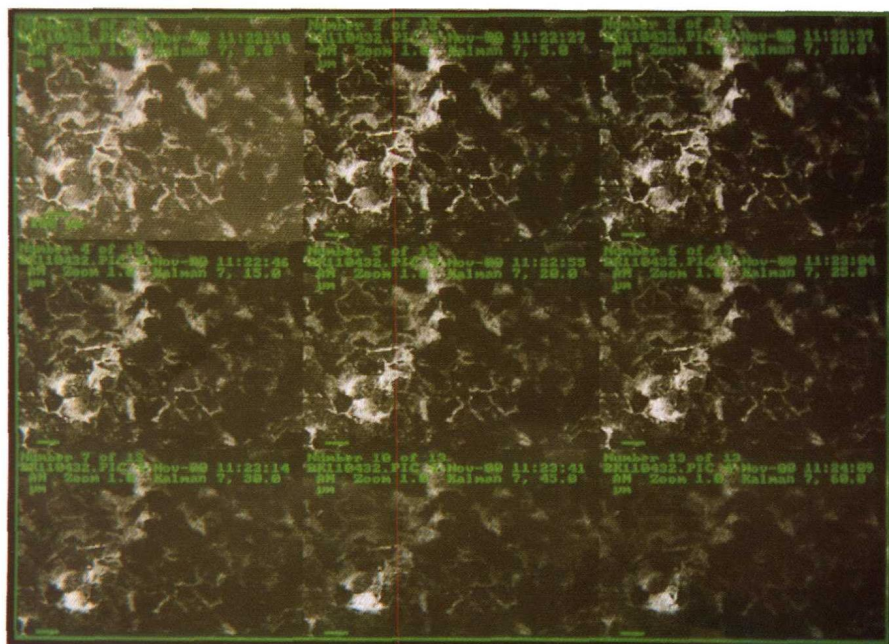
这是某地区 02 井的一个细砂岩样品，用 20 倍物镜，扫描步进 $2\mu\text{m}$ ，总厚度 $40\mu\text{m}$ ，取其中的 16 幅图像

图版 II - 5



A

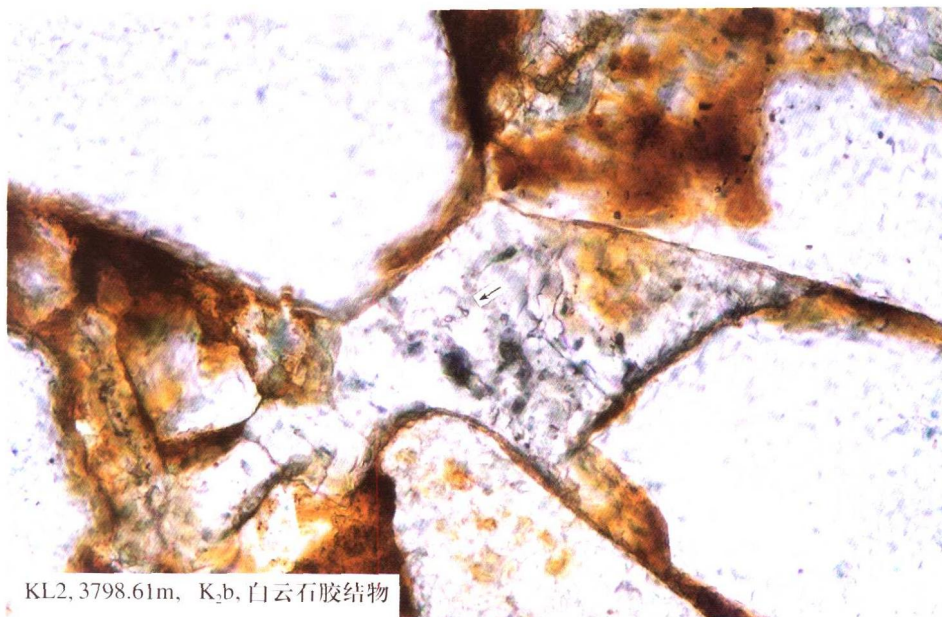
物镜 20 倍，目镜 10 倍，放大 200 倍；标尺 = 100 μ m，扫描总厚度 50 μ m，步进 100 μ m。为某地区 8 井的一块粉砂岩样品



B

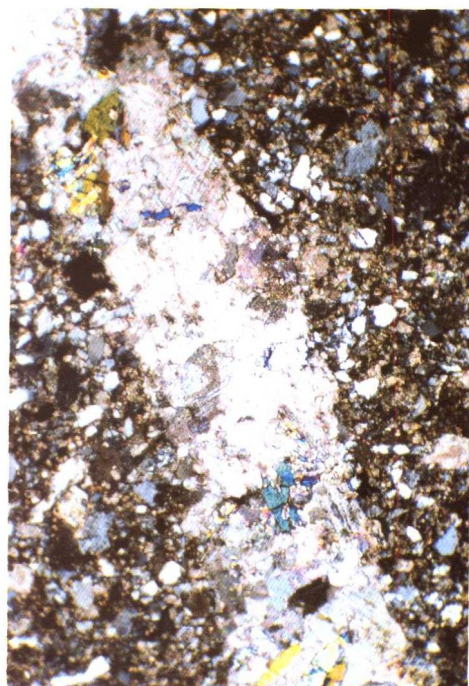
物镜 10 倍，目镜 10 倍，放大 100 倍，标尺 = 100 μ m，扫描总厚度 60 μ m，步进 5 μ m，取其中 1~7 以及 10 和 13 九幅图像

图版 III - 1



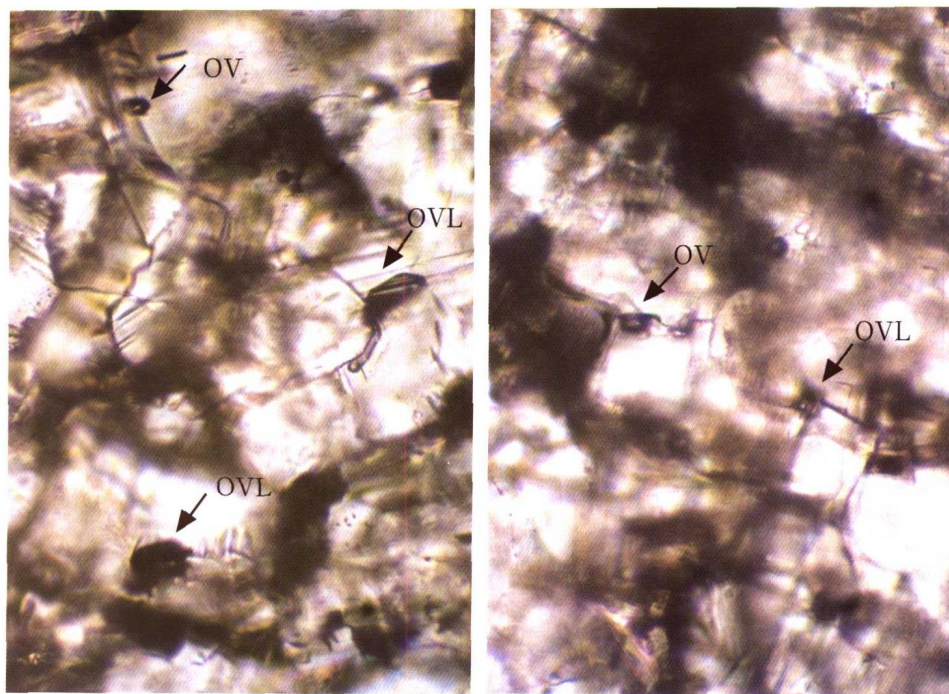
KL2, 3798.61m, K₂b, 白云石胶结物

A KL2 井白云石胶结物中的 OV 型包裹体, 不发荧光



B KL202, E₁k 方解石脉中的它形 OL 型包裹体

图版Ⅲ - 2

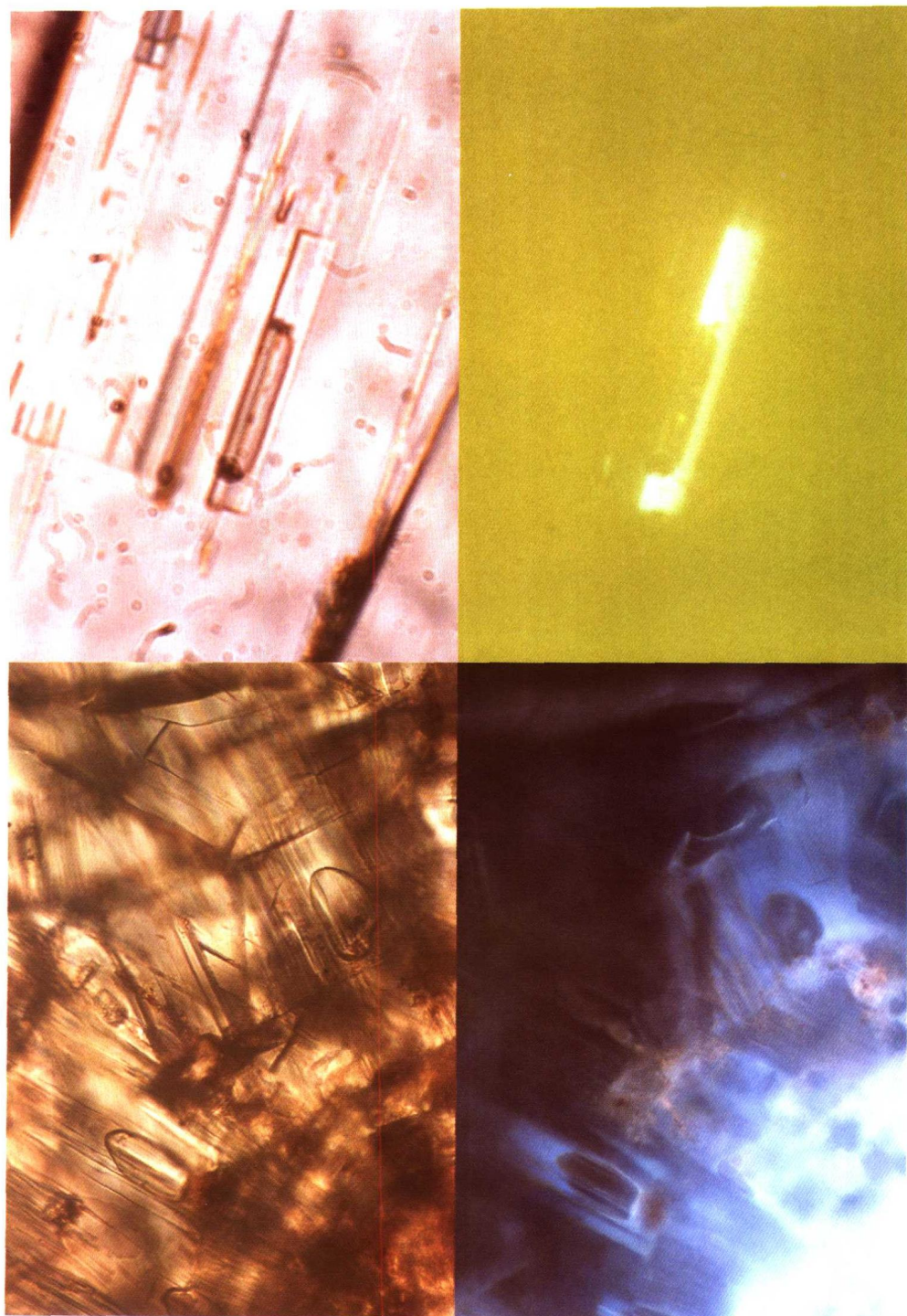


A KL202, E₁k 在白云石硬石膏中的白云石中它形气液烃包裹体, V=80%



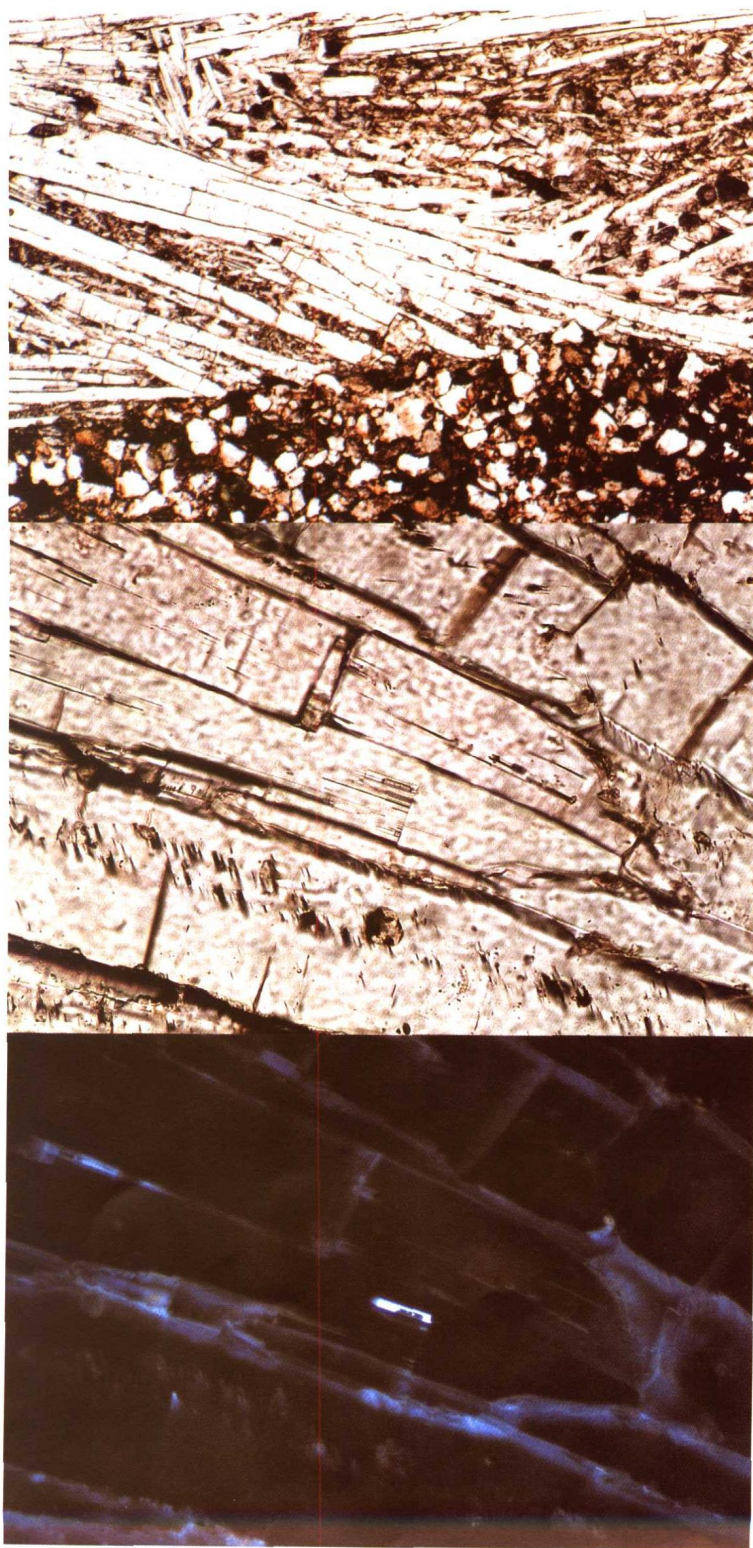
B 在石英愈合缝中的次生OL型包裹体, 不发光

图版Ⅲ—3



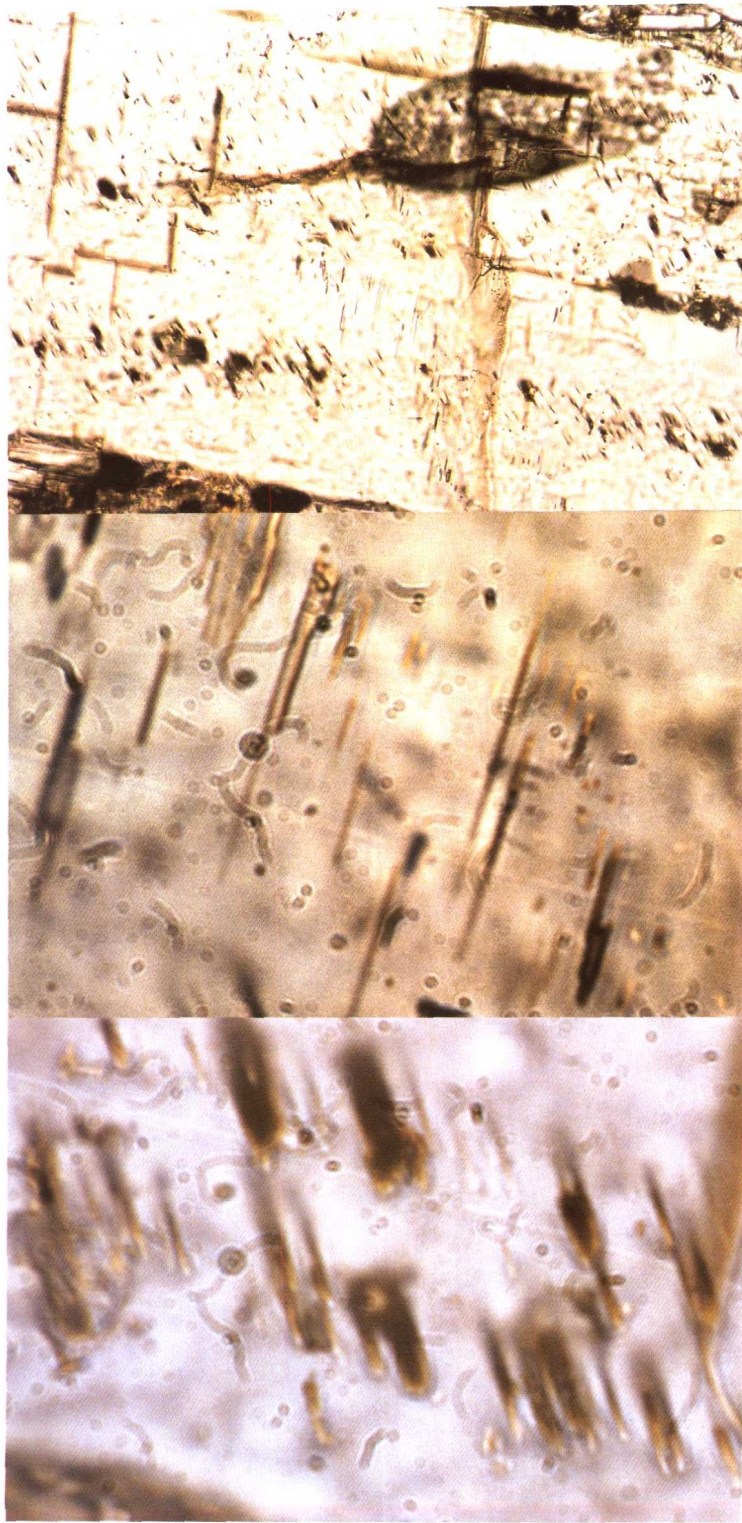
在白云石硬石膏脉中的硬石膏中管状OV+L型包裹体，发蓝白色荧光。V=60%~70%，
KL3, 3943m, K₁bs

图版Ⅲ—4



在白云石硬石膏脉中的硬石膏中管状 OV+L 型包裹体，发蓝白色荧光。线状分布的褐色烃类包裹体。KL3, 3943m, K_1bs

图版Ⅲ—5



在白云石硬石膏脉中的硬石膏中线性排列的异形褐色 OL 型包裹体，不发光；管状浅褐色液态烃包裹体，发蓝白色荧光。KL3, 3943m, K₁bs

《储集岩基础实验分析新技术与新方法》

编委会

主 编：罗 平 应凤祥

副主编：郭宏莉 陈丽华

委 员：强子同 林西生 杨式升 王汇彤

何道清 唐黎萍 张 鼎 崔京钢

王雪松 魏宝和 何锦发

前 言

本书是中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室成立以来,组织编写的第一本专著。在集团公司科技发展部的指导下,在“九五”后期开展了储层实验方法的研究,目的是将我国在储层地质实验领域内多年来已形成的实验技术和方法进一步完善和提高,形成系统的、可操作的实验技术和方法,以及形成油气地质实验新的技术能力和平台,为找油找气服务。本书就是针对这一研究成果的总结。本书共分八章,其中前七章由中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室主体实验室完成,第八章由储层重点实验室西南分室编写。除署名的主要研究骨干外,参加研究和辅助工作的人员有:王兰生、张中华、王一刚、郑平、马文杰、张吉群、涂建琪、高志勇、周红燕、李选、朱德升、游建昌、马龙、闫继红、郑乃宣、侯纯敏、姜乃煌、肖廷荣、李豫喜、徐冠军等人。

储层基础实验有众多方法,本书主要涉及近年来发展的新技术、新方法,即图像孔隙分析技术、有机酸定量评价技术、储层包裹体分析技术、白云石有序度测定技术和激光显微取样技术。

第一章主要讨论利用扫描电子显微镜背散射所获得的图像,测定岩石薄片的孔隙,并独自开发了图像孔隙结构统计的软件。这一实验方法的建立,扩大了扫描电镜的应用领域。以往扫描电镜主要对储层岩石的矿物作形貌观察,并对一些成岩现象进行描述;现在通过自我开发的软件系统,利用背散射图像测量储层的各级孔隙,并建立孔隙结构定量参数,且能对局部微孔隙进行定量化描述。通过对12口井13块样品的实际测量,该方法所测得的面孔率值与常规物性的孔隙度值极为接近,误差小;这一技术可以对没有取心井段的岩屑样品测量其孔隙度,达到勘探生产中少取心、多钻井、多快好省的目的。

第二章内容是利用激光共聚扫描显微镜观察岩石的孔隙结构特征。在铸体薄片,在环氧树脂中加入玫瑰红色荧光剂,利用激光共聚扫描显微镜的高分辨率和多重扫描技术优势,可建立储集岩二维和三维的孔隙结构。通过对塔里木盆地库车坳陷和松辽盆地等10多块样品的实际分析,实验结果误差很小,面孔率值与常规柱塞孔隙度值十分接近,绝对误差在1%左右,超出同一样品多次测量的误差范围。该方法比常规孔隙度测量有更大的优势,因此它可以区分出微孔隙并计算出其所占比例,对评价储层的质量提供了更加直观可靠的数据。

第三章内容是开发多种手段综合分析储层油气包裹体成分,以期达到定量或半定量描述油气运移过程中的古地质流体。主要是将传统包裹体均一温度法与激光拉曼测量、群体包裹体的萃取、色谱-质谱测量、红外显微镜等多种实验分析手段,有机组合配套建立一套实验方法解决细小包裹体中的成分定量或半定量分析难题。并在克拉2气田进行了实例应用,取得了良好的成果。

第四章讨论利用红外显微镜测定不同成岩阶段煤的各显微组分和干酪根中官能团的分布及其产生有机酸的关系。分析数据表明处于晚成岩A₁亚期的煤产有机酸能力最强,煤的各种显微组分对有机酸的产出都有贡献,孢子体在早成岩期有较多有机酸产出,在晚期成岩阶段则以镜质体、惰质体等有较多有机酸产出。提出了不仅Ⅲ型干酪根有大量有机酸产出,而

且其它类型干酪根也能产出大量有机酸的重要认识,对评价不同生储盖组合和不同成熟阶段的储层质量提出了背景依据。

第五章是叙述直接测量有机岩中有机酸浓度和种类的实验方法,即毛细管电泳法测定有机酸。该方法虽已开发有一定时期,但其并不完善;最近通过大量实验,解决了过去长期困扰的乙二酸峰的定量问题。认为干扰乙二酸峰的主要原因是由于在干酪根处理过程中吸附了Cl和Br等离子的干扰引起的,通过排除干扰,使有机酸的精确定量分析得以实现。该成果应用于渤海湾盆地第三系储层的研究,指出了有机酸与次生孔隙发育带的关系,效果很好。

第六章详细讨论了用X射线衍射方法测定白云石晶体化学参数。该方法用2%稀醋酸快速处理方解石与文石来相对富集白云石,采用NaCl作内标物,即校正了仪器与样品制备引起的误差,又消除了峰形变化;根据文献数据建立了自己的白云石Ca(mol%)的工作流程,其结果与国内发表数据相比,最大相对误差为0.5%;采用分峰技术提高了分析准确度。该实验方法的开发,将促进我国的白云岩储层地质的深入研究。

第七章着重介绍如何设计和开发国内首个粘土矿物定量分析的专用软件。这个软件名称为XCAN,按照中华人民共和国行业标准(SY/T 5163—1995)沉积岩粘土矿物相对含量X衍射与方法的要求,解决了不同粘土矿物组合的计算问题;该软件具有比通用粘土X衍射分析软件更方便、快捷的优点。

第八章详细介绍了油气储层重点实验室西南分室开发的国内首家稳定同位素激光显微分析取样系统的设计、开发和应用。该系统是将YAG激光器与显微镜同轴安装,高能量激光束聚焦在真空样品盒内的薄片上(样品),使目标区碳酸盐岩矿物发生热高温分解,产生的CO₂气体经真空提纯净化后,供质谱仪测定碳、氧同位素值;达到显微微区取样的目的。该系统具有20 μ m的高空间分辨率;同位素分析精度高, $\delta^{13}\text{C}$ 的精度为0.22‰, $\delta^{18}\text{O}$ 的精度为0.38‰; $\delta^{13}\text{C}$ 无明显分馏效应; $\delta^{18}\text{O}$ 有分馏效应,需要进行同位素校正,校正系数为+1.7‰。用该系统已成功地对寒武系、二叠系以及三叠系的碳酸盐储集岩溶蚀结构组分、世代胶结物和交代物进行了碳、氧同位素的准确测试和分析,在油气储层地质学研究中具有重要的应用价值。

本专著的完成得到了中国石油天然气集团公司科技发展部和中国石油天然气股份有限公司科技与信息管理部的大力支持,油气储层重点实验室学术委员会组织了编写和审查工作,重点实验室所在的中国石油勘探开发研究院主管部门和实验中心、西南石油学院和西南油气田分公司研究院的领导和科研人员都给予了大力支持,在此一致表示衷心感谢。同时感谢实验中心李选同志为本书进行的文字编辑和绘图工作。

罗平
2002年9月

目 录

第一章 背散射图像法定量分析砂岩孔隙结构	1
第一节 研制孔隙结构图像分析软件	1
第二节 实验方法	2
第三节 量值传递保证体系	8
第四节 孔隙结构图像分析方法在储层研究中的应用	10
小 结	13
第二章 激光共聚焦扫描显微镜的岩石孔隙结构的分析方法	15
第一节 激光共聚焦扫描显微镜的特性	16
第二节 利用激光共聚焦扫描显微镜进行二维岩石孔隙结构研究的试验和方法的建立	18
第三节 利用激光共聚焦扫描显微镜探索岩石三维孔隙结构特征的研究	25
小 结	26
第三章 储层包裹体性质多手段测定方法	27
第一节 有机包裹体的成因与分类	27
第二节 有机包裹体成分研究方法的多种测试方法	30
第三节 应用实例	38
小 结	53
第四章 应用傅里叶变换红外光谱显微技术鉴定煤及干酪根的显微组分及其有机酸分析	54
第一节 傅里叶变换红外光谱仪及红外显微镜	54
第二节 红外显微镜在煤显微组分研究中的应用	64
第三节 干酪根显微组分的显微红外光谱	82
小 结	89
第五章 煤和干酪根中有机酸的毛细管电泳法测定	90
第一节 实验准备	90
第二节 实验条件选择与讨论	91
第三节 应用实例	93
附录 5-1: 煤和干酪根中有机酸的毛细管电泳法测定操作规程	95
第六章 白云石有序度的 XRD 测定技术	97
第一节 白云石及 XRD 分析概述	97
第二节 方法的建立	98
第三节 实际样品测量结果及初步分析	108
小 结	110
第七章 沉积岩粘土矿物定量分析软件——CXAN	112
第一节 运行环境	112