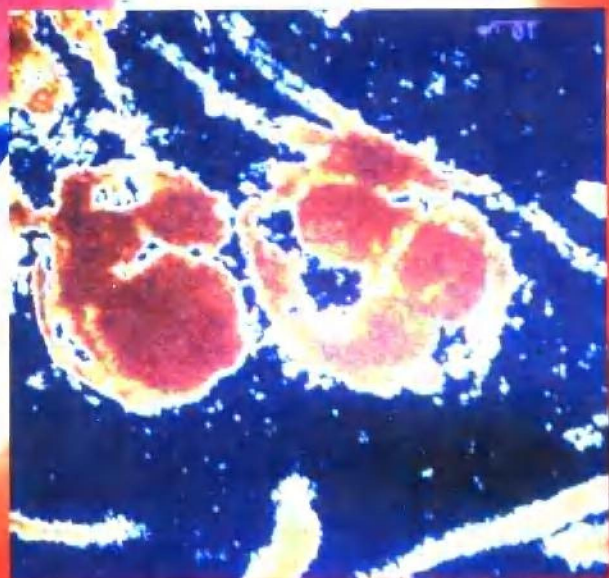


干酪根 地球化学

傅家谟 秦匡宗 主编

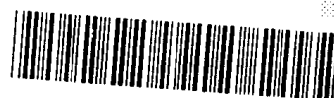


广东科技出版社

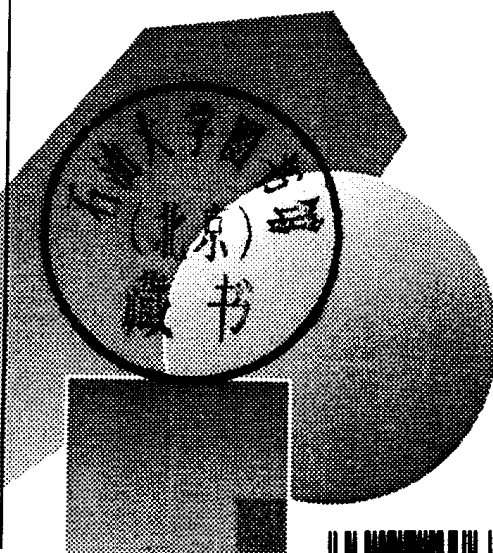
登录号	088799
分类号	P59
种次号	070

5440/15

干酪根地球化学



200316309



00862066

主编：傅家谟 秦匡宗

作者：(按姓氏笔画为序) 王廷芬 王冠鑫

王剑秋 刘德汉 卢家烂 肖贤明

陆绍信 杨秋水 陈德玉 吴肇亮

张鸿斌 秦匡宗 耿安松 傅家谟

盛国英 钱家麟 彭文世 彭平安

广东科技出版社

粤新登字 04 号

图书在版编目(CIP)数据

干酪根地球化学 / 傅家谟、秦匡宗主编 .—广州:
广东科技出版社, 1995.12
ISBN 7-5359-1538-8

I . 干…
II . 傅…
III . 地球化学
IV . P59

出版发行: 广东科技出版社
(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)
经 销: 广东省新华书店
印 刷: 深圳当纳利旭日印刷有限公司
(深圳市振兴路 418 栋 中门二楼 邮码: 518129)
规 格: 787×1092 1/16 印张 41 字数 920 千
版 次: 1995 年 12 月第 1 版
1995 年 12 月第 1 次印刷
印 数: 1—1000
I S B N 7-5359-1538-8
分 类 号: P·30
定 价: 80.00 元
新书信息电话: 16826202

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

广东优秀科技专著出版基金会

顾问：钱伟长

（以姓氏笔划为序）

王元	卢良恕	伍杰	刘杲
许运天	许溶烈	孙大涌	李辰
李金培	李廷栋	肖纪美	吴良镛
宋木文	宋叔和	陈元直	周谊
郎景和	赵善欢	俞福良	钱迎倩
韩汝琦	焦树德	谭浩强	

名誉会长：（以姓氏笔划为序）

马万祺	任仲夷	庄世平	刘皇发
何克勤	余国春	柯正平	梁广大
曾宪梓	黎子流		

评审委员会

主任：蒲蛰龙

委员：（以姓氏笔划为序）

邓铁涛	卢永根	卢明高	伍尚忠
刘振群	刘颂豪	许学强	李任先
李岳生	李宝健	张士勋	张展霞
陈兴业	赵元浩	徐秉铮	高由禧
高惠广	容柏生	黄达全	黄衍辉
彭文伟	傅家谟	蒲蛰龙	蔡荣波
欧阳莲			

鸣 谢

广东优秀科技专著出版基金捐助者

中共广东省委、广东省人民政府

广州市人民政府

广东省新闻出版局

广东省财政厅

广东省科学技术委员会

广东省农业委员会

广东省东莞市人民政府

广东省五金矿产进出口公司

新发塑料染料公司

广东省东莞市五金矿产公司

广东省广州市钢铁有限公司

广东省中国旅行社

广东省陶瓷公司

广州对外贸易学院企业管理系

广东省社会福利（集团）公司

澳门南方建筑置业有限公司

香港旅港南海商会有限公司

香港裕华国产百货有限公司

香港珠江船务有限公司

香港南洋商业银行

马万祺

曾宪梓

庄世平

刘皇发

余国春

陆明机

黄幼桐

广东优秀科技专著出版基金会

内 容 简 介

本书内容主要取材于中国科学院有机地球化学国家重点实验室近几年出版的研究成果以及石油大学研究生院学位课程《干酪根化学》的讲稿。同时,吸取国内外有关期刊的最新资料。全书共十二章,主要包括干酪根的有机岩石学研究,磁共振技术、红外光谱、X射线衍射和化学降解在干酪根结构研究中的应用,干酪根的碳氢同位素组成,干酪根热解动力学,干酪根的热解-色谱、热解-色谱/质谱研究,干酪根的热分析,干酪根成烃人工模拟技术以及干酪根热演化成烃模式及其应用等。

本书内容丰富、资料新颖,可供有机地球化学、燃料化学、石油、煤炭、天然气地质专业技术和研究人员参考及作为高等院校有关专业的教学参考书。

前言

5-10/15

干酪根(Kerogen)作为沉积岩中不溶性的有机大分子,是地壳中有机碳存在的重要形式。70年代以来,人们开始认识到干酪根是石油与天然气生成的主要母质,并与油气的赋存密切相关。因此,有关干酪根的成因、特征、结构、成烃与演化规律的研究十分活跃,这一学科已迅速发展成为有机地球化学的一个重要分支。它与地质学、沉积学、岩石学、生物化学、有机化学、结构化学、分析化学、石油化学、煤化学等基础与兄弟学科相互交叉,协同发展。许多新的研究成果,既丰富了有机地球化学的基础理论,又指导了油气资源的勘探开发生产实践。这一学科虽然十分年青,却呈现出了茁壮成长欣欣向荣的气象。

我国在这一领域的研究起步较晚,但是研究工作始终密切结合我国油气的勘探,特别是在陆相油气形成的理论与实践,在各类干酪根结构特征的基础研究与油气资源勘探评价等方面,均作出了重要贡献。

有关干酪根地球化学的唯一专著《干酪根》,是由B.Durand主编,早在1980年出版的。而近十余年来,干酪根的研究已取得了十分重要的进展:例如热解色谱质谱,核磁共振波谱,各种热分析、热模拟与热解反应动力学等新技术的应用;生物聚合物选择性保存作用,显微组分的超微结构,以及干酪根结构的化学模式和三维模型等新概念的提出,使得干酪根地球化学呈现出了崭新的面貌。特别是结合我国地质实际的有关干酪根的研究,更需要进行系统的论述与总结。这些因素促使我们决心编著一本新的干酪根地球化学专著,希望能够反映这一领域中我国研究者们的工作特色,以及国际上前沿研究的最新成果。

本书内容主要取材于中国科学院有机地球化学国家重点实验室历年(1986~1993)出版的研究报告以及石油大学研究生院学位课程《干酪根化学》的讲稿。同时参考了第一至第五届(1982, 1984, 1986, 1989, 1992)全国有机地球化学会议论文集以及国内外有关期刊的最新资料。

全书包括绪论和十二章,各章执笔者如下:绪论,傅家谟;第一章,刘德汉、肖贤明;第二、五、七章,秦匡宗;第三章,彭文世、陈德玉、王冠鑫;第四章,杨秋水;第六章,盛国英、彭平安;第八章,张鸿斌;第九章,卢家烂;第十章,陆绍信、王廷芬;第十一章,王剑秋、吴肇亮、钱家麟;第十二章,傅家谟、盛国英、肖贤明、耿安松。全书由傅家谟、秦匡宗审阅和定稿;卢家烂参与部分编辑工作。本书编写过程中,胡云霞和洪红同志协助文字电脑打印和编辑,陆宝林同志协助图件清绘,中国科学院有机地球化学国家重点实验室的同志给予多方面的支持和帮助,在此一并致谢!

目录

绪论	(1)
第一节 干酪根的定义	(3)
第二节 干酪根的成因	(4)
一、干酪根母质的地史演化	(4)
二、沉积环境与有机相	(10)
三、有机质的早期转变和干酪根的形成	(15)
第三节 干酪根的类型和演化	(16)
参考文献	(26)
第一章 干酪根的有机岩石学研究	(27)
第一节 概述	(29)
第二节 干酪根的制备技术	(31)
一、物理方法	(31)
二、化学及化学 - 物理方法	(31)
三、干酪根的分离程序	(33)
第三节 烃源岩中干酪根显微组分的分类	(35)
一、干酪根显微组分的分类概况	(35)
二、我国烃源岩分散有机质分类进展	(39)
第四节 干酪根的透射光研究与应用	(43)
一、干酪根薄片的制备	(43)
二、干酪根透射光研究的应用	(43)
第五节 干酪根的反射光研究与应用	(46)
一、干酪根反射光片的制备	(47)
二、干酪根反射光研究的应用	(47)
第六节 干酪根的荧光研究和应用	(50)
一、显微荧光激发方式	(50)
二、显微荧光参数	(51)
三、烃源岩显微荧光研究的某些应用	(53)
第七节 干酪根的电镜、激光扫描显微镜研究与应用	(55)
一、干酪根的透射电镜研究技术	(55)

二、扫描电镜的研究与应用·····	(58)
三、共聚焦激光扫描显微镜的研究与应用·····	(59)
第八节 有机岩石学研究在烃源岩油气评价中的综合应用·····	(61)
一、生油门限的合理划分·····	(61)
二、烃源岩排烃效率研究与评价·····	(63)
三、烃类生成、运移与聚集的有机岩石学研究·····	(65)
四、沉积盆地古地温和地热历史的研究·····	(72)
参考文献·····	(74)
第二章 磁共振技术在干酪根研究中的应用·····	(79)
第一节 固体核磁共振的基本知识·····	(81)
一、固体高分辨 ¹³ C NMR 的基本技术·····	(82)
二、 ¹³ C NMR(CP / MAS)的实验条件 ·····	(86)
三、化学位移(Chemical shift) ·····	(89)
第二节 干酪根的 ¹³ C NMR(CP / MAS)谱 ·····	(94)
一、不同类型干酪根的 ¹³ C NMR(CP / MAS)谱 ·····	(94)
二、不同成熟度干酪根的 ¹³ C NMR(CP / MAS)谱 ·····	(99)
第三节 固体 ¹³ C NMR 技术的进展·····	(102)
一、偶极相移·····	(103)
二、旋转边带的抑制与解析·····	(108)
三、动态核极化·····	(113)
四、关于固体 ¹³ C NMR 的定量误差·····	(115)
第四节 固体 ¹ H NMR 谱·····	(119)
一、固体 ¹ H NMR 宽谱·····	(119)
二、高分辨固体 ¹ H NMR 谱·····	(122)
参考文献·····	(128)
第三章 干酪根的红外光谱与 X 射线衍射·····	(133)
第一节 干酪根的红外光谱·····	(135)
一、绪言·····	(135)
二、傅里叶变换红外光谱·····	(135)
三、红外光谱分析的新技术新方法·····	(137)
四、干酪根的红外光谱分析及其在地球化学研究中的应用·····	(153)
第二节 干酪根的 X 射线衍射分析 ·····	(171)

一、干酪根的衍射图及其数据处理	(171)
二、干酪根的衍射峰及其结构参数	(174)
三、结构参数在干酪根和煤地球化学研究中的应用	(178)
四、径向分布函数及其应用	(182)
五、讨论	(185)
参考文献	(187)
第四章 干酪根的化学降解	(191)
第一节 干酪根的氧化降解	(193)
一、高锰酸盐氧化降解法	(193)
二、重铬酸钠氧化降解法	(219)
三、臭氧氧化法	(222)
四、硝酸氧化法	(225)
五、四氧化钨的催化氧化	(227)
六、其它氧化方法	(233)
第二节 干酪根的选择性化学降解	(234)
一、在活性炭上铈的催化氢解	(234)
二、碘代三甲基硅烷降解还原法	(236)
三、还原烷基化法	(237)
四、三溴化硼或三氯化硼降解法	(240)
五、酚基化解聚	(242)
六、小结	(244)
参考文献	(245)
第五章 干酪根热演化的化学机理	(251)
第一节 干酪根热演化反应的物理化学基础	(253)
一、化学键的键能与分解能	(253)
二、范德华力与氢键	(256)
三、活化能	(257)
四、自由基反应机理	(258)
第二节 干酪根热演化的化学反应	(261)
一、脂族烃的热解反应	(262)
二、芳族烃的热解反应	(265)
三、杂原子官能团的热解反应	(267)

第三节	干酪根热演化与成烃的化学机理·····	(273)
一、	干酪根芳族结构的热演化·····	(273)
二、	干酪根脂族结构的热演化·····	(278)
三、	干酪根杂原子官能团的热演化·····	(282)
四、	干酪根结构热演化与成烃的化学机理·····	(284)
参考文献	·····	(293)
第六章	干酪根的热解 - 色谱、热解 - 色谱 - 质谱与生物标志化合物·····	(297)
第一节	在线的(on-line)干酪根热解 - 色谱及热解 - 色谱 - 质谱技术·····	(299)
一、	干酪根热解技术的发展·····	(299)
二、	干酪根的热解技术简介·····	(300)
第二节	离线(off-line)干酪根热解过程中生物标志化合物的化学分离分析·····	(306)
一、	干酪根热降解产烃率·····	(306)
二、	干酪根降解产物的生物标志化合物的分离分析·····	(307)
三、	干酪根人工降解产物中生物标志化合物的分离分析特征·····	(307)
四、	干酪根人工降解产物中生物标志化合物的分离分析流程简介·····	(307)
第三节	干酪根热解产物中生物标志化合物的类型·····	(309)
一、	烷烃类化合物·····	(310)
二、	烯烃类化合物·····	(314)
三、	芳烃化合物·····	(315)
四、	含氧化合物·····	(319)
五、	含氮化合物·····	(322)
六、	含硫化合物·····	(324)
第四节	不同类型干酪根前身物、干酪根、煤岩组分的热解产物·····	(328)
一、	干酪根前身物的热解色谱 - 质谱分析·····	(328)
二、	不同干酪根类型的热解产物·····	(331)
三、	各类煤岩组分的热解产物·····	(336)
第五节	干酪根热解色谱、色谱 / 质谱法的地质应用·····	(340)
一、	干酪根结构研究·····	(340)
二、	干酪根的类型研究·····	(343)
三、	干酪根成熟度研究·····	(347)
四、	干酪根热演化过程的研究·····	(349)
五、	干酪根裂解过程中生物标志物生成动力学研究·····	(351)
六、	沉积古环境评价研究·····	(351)

七、油 / 源对比研究·····	(353)
八、油气原生运移和二次运移的研究·····	(355)
九、裂解气相色谱或色谱 - 质谱在干酪根、油气成因理论方面的应用···	(358)
参考文献·····	(364)
第七章 干酪根结构 ·····	(373)
第一节 概述·····	(375)
一、干酪根结构研究的意义·····	(375)
二、干酪根结构研究的含义·····	(375)
三、干酪根结构研究的方法·····	(376)
第二节 干酪根结构的直接法研究——固体 ¹³ C 核磁共振法·····	(377)
一、绿河油页岩干酪根·····	(378)
二、抚顺油页岩干酪根·····	(380)
三、黄县褐煤·····	(382)
第三节 干酪根结构的降解法研究·····	(384)
一、化学降解法·····	(384)
二、用热解聚 - 超临界溶剂抽提法研究抚顺和茂名油页岩干酪根的结构 ·····	(389)
第四节 干酪根结构的综合化学模型·····	(398)
一、Behar-Vandenbroucke 模型·····	(400)
二、三维模型·····	(405)
第五节 干酪根显微组分的结构·····	(407)
一、显微组分的分离·····	(407)
二、稳定组·····	(409)
三、镜质组·····	(418)
四、惰质组·····	(421)
第六节 干酪根结构的新概念·····	(423)
一、干酪根的平均分子结构单元·····	(423)
二、干酪根的两相结构——活动相与刚性相·····	(426)
三、干酪根与留存生物聚合物·····	(431)
参考文献·····	(436)
第八章 干酪根的碳氢同位素地球化学 ·····	(443)
第一节 概述·····	(445)

一、干酪根的碳氢同位素研究现状·····	(445)
二、干酪根的碳氢同位素示踪原理·····	(446)
第二节 干酪根的碳氢同位素分析·····	(447)
一、干酪根的碳氢同位素分析样制备·····	(447)
二、质量分析基本原理·····	(448)
第三节 干酪根在演化过程中的同位素分馏·····	(449)
一、干酪根在演化过程中的碳氢同位素效应·····	(449)
二、接触变质和地质时代的同位素效应·····	(457)
第四节 干酪根和煤的碳氢同位素组成·····	(459)
一、干酪根的碳氢同位素组成·····	(459)
二、不同来源煤的碳氢同位素组成·····	(460)
第五节 干酪根的碳氢同位素演化规律·····	(462)
一、有机化合物中的稳定同位素变异·····	(462)
二、油气形成及干酪根的碳氢同位素演化规律·····	(465)
参考文献·····	(468)
 第九章 干酪根成烃模拟实验及其应用·····	(471)
第一节 国内外研究概况·····	(473)
第二节 模拟实验的主要方法·····	(475)
一、高温高压水热体系实验装置·····	(475)
二、压实热解实验装置·····	(476)
三、限定体系(Confining System)——黄金管实验装置·····	(482)
第三节 实验体系对干酪根热解过程的影响·····	(485)
一、封闭体系与开放体系·····	(486)
二、含水热解与干燥体系·····	(487)
三、有机溶剂中的热解和成熟作用·····	(491)
第四节 温度对热解产物特征的影响·····	(493)
一、气体产物随模拟温度的变化·····	(493)
二、液体产物的产率随温度变化·····	(495)
三、干酪根的结构变化与温度关系·····	(497)
第五节 压力对干酪根热演化过程的影响·····	(500)
一、模拟实验对于研究深部油气形成和演化的特殊意义·····	(500)
二、压力对油气产率和成熟度的影响·····	(500)
三、压力对热解产物组成的影响·····	(502)

第六节	模拟实验时间对干酪根热演化特征的影响	(503)
一、	对干酪根热演化气体产率的影响	(503)
二、	受热时间对液体产率的影响	(505)
三、	受热时间对生物标志物分布特征的影响	(507)
第七节	矿物对干酪根成烃的催化作用	(510)
一、	粘土矿物的接触催化作用	(510)
二、	对碳酸盐矿物催化作用的新见解	(512)
参考文献		(515)
第十章	干酪根的热分析	(520)
第一节	干酪根与生油岩的热重分析	(521)
一、	热重法划分干酪根类型	(521)
二、	两步热重分析技术	(524)
三、	两步热重法划分干酪根类型	(525)
四、	两步热重法测定干酪根芳碳率	(526)
第二节	干酪根的差示扫描量热分析和差热分析	(528)
一、	差示扫描量热分析在干酪根热演化研究中的应用	(528)
二、	差示扫描量热法划分干酪根类型	(530)
三、	差分差示扫描量热法在干酪根结构研究中的应用	(533)
第三节	热解法快速评价干酪根与生油岩	(535)
一、	氢指数、氧指数与 H/C 、 O/C 的相关性	(535)
二、	氢指数、氧指数法划分有机质类型	(537)
三、	生油岩的成熟度评定	(538)
参考文献		(539)
第十一章	干酪根热解动力学	(541)
第一节	概述	(543)
第二节	干酪根热解动力学基础	(544)
第三节	干酪根热解动力学模型研究	(546)
一、	总包一级反应动力学模型	(546)
二、	分段一级反应模型	(547)
三、	总包 n 级反应模型	(547)
四、	最大反应速率模型	(547)
五、	平行一级反应模型	(549)

六、无数平行一级反应模型·····	(549)
七、以沥青为中间产物的平行连续反应模型·····	(550)
八、活化能随转化率变化模型·····	(551)
第四节 以热解动力学特征判别干酪根类型·····	(552)
一、热解温度范围法(ΔT 法)·····	(554)
二、热解特征参数(PTP)法·····	(554)
三、活化能差异法·····	(555)
第五节 不同热解动力学模型对不同类型干酪根的适应性·····	(556)
第六节 压力对干酪根热解的影响·····	(559)
一、热解气恒压法·····	(559)
二、水介质增压法·····	(560)
第七节 热解动力学应用于油气生成量的计算举例·····	(561)
一、自然演化生烃率及生油气量概述·····	(561)
二、例一：龙岗洼陷阜二段生油气量计算·····	(562)
三、例二：临南洼陷沙三段生油气量计算·····	(564)
参考文献·····	(566)
第十二章 干酪根成烃模式与油气评价 ·····	(570)
第一节 概述·····	(571)
第二节 干酪根的成烃作用模式·····	(573)
一、干酪根成烃作用的一般模式·····	(573)
二、不同类型干酪根的成烃模式·····	(574)
三、碳酸盐岩干酪根的成烃作用模式·····	(579)
四、干酪根显微组分的成烃作用模式·····	(580)
第三节 干酪根早期成烃与生物聚合物成烃·····	(581)
一、未成熟原油与低(准)成熟原油·····	(583)
二、生物聚合物与高硫干酪根·····	(585)
三、富烃藻类生物降解及富氢干酪根早期成油·····	(590)
第四节 煤与煤系干酪根成烃·····	(592)
一、煤与煤系干酪根成烃研究·····	(592)
二、腐殖型成烃母质的复杂多样性·····	(593)
三、腐殖型有机质类型与成烃性能·····	(595)
四、煤和煤系干酪根成烃模式·····	(601)
第五节 干酪根与烃源岩油气评价·····	(605)

一、烃源岩中干酪根的丰度.....	(605)
二、烃源岩中干酪根的成熟度.....	(610)
三、烃源岩中干酪根的类型.....	(619)
参考文献.....	(629)

绪 论

傅家谟