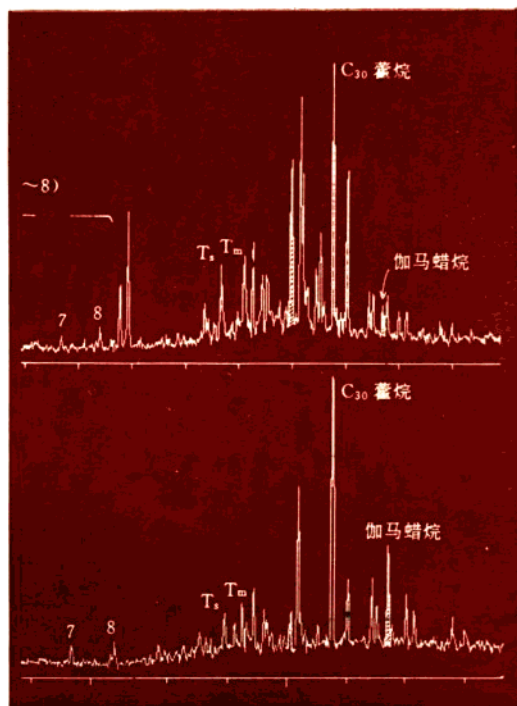


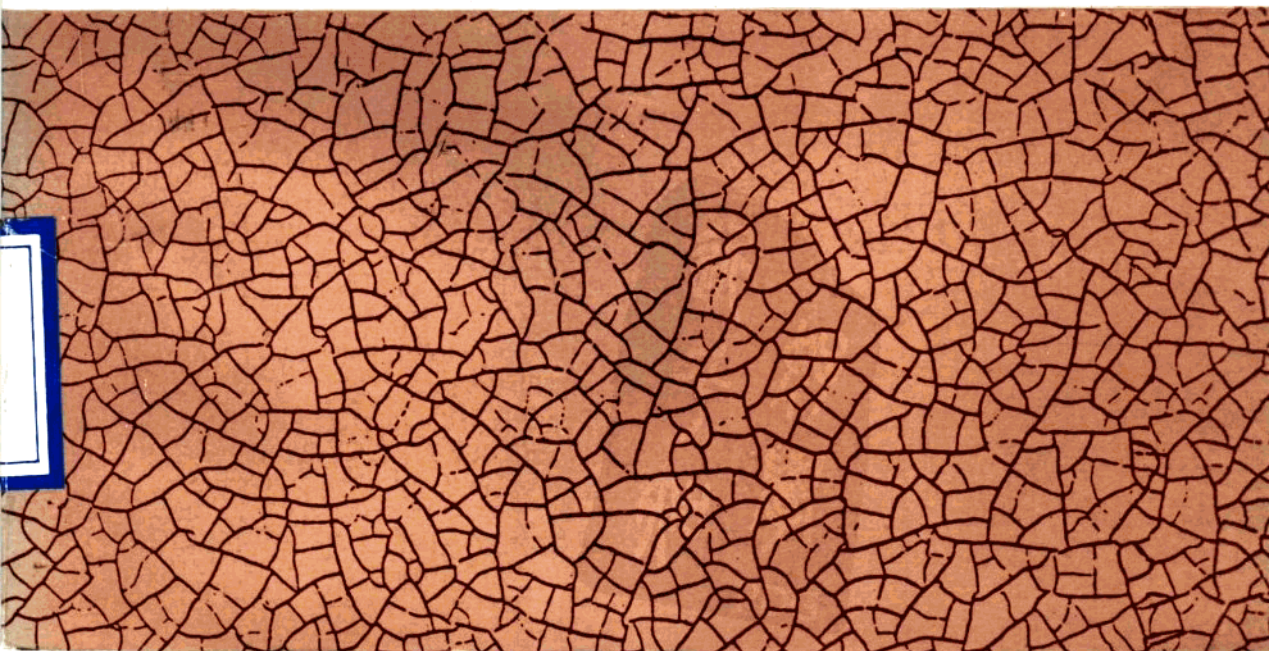
王新洲
宋一涛
王学军
著



石油大学出版社

石油成因与排油物理模拟

——方法、机理及应用



石油成因与排油物理模拟

——方法、机理及应用

王新洲
宋一涛 著
王学军

石油大学出版社

内 容 提 要

本书是作者及其同事多次承担国家级和部级科研攻关课题所取得的科研成果的结晶。是一部探索石油成因和排油机理的专著,同时又是一部在石油资源评价中有实用价值的重要参考书。本书内容包括了1995年最新研究成果和六次获部和局级科技进步奖和十一次参加全国性学术会议的内容,其中有的成果已在国家科委主办的《科学技术研究成果公报》上公布,有的还被国外权威性刊物摘录。

在石油成因方面,本书提出了不同的生物群体对石油生成的贡献、低熟油非干酪根降解机制以及油气成因分带等。介绍了烃源岩快速评价技术,还给出了供资源评价实用的油气生成量图版和计算公式。在排油方面,通过物理模拟和地质实证,揭示了石油初次运移的机制。提出了有效运移门限值的概念与划分方法,还提出可在资源评价中实用的随涌流运移和分子运移两个最新源岩排油模型。

石油成因与排油物理模拟

——方法、机理及应用

王新洲 宋一涛 王学军 著

*

石油大学出版社出版

(山东省东营市)

新华书店发行

山东省东营新华印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 16.5印张 422千字

1995年1月第1版 1996年1月第1次印刷

印数 1—1000册

ISBN 7-5636-0818-4/TE·165

定价:精装:30.00元

平装:22.00元

前 言

本书是向国际石油地质学界公认的难题进行探索的专著,是作者及其同事十余年来多次承担国家和部级科研课题所取得的科研成果的结晶。其中包括六次获部级和局级科技进步奖和十一次参加全国地球化学、油气运移、层矿、质谱等学科学术会议的内容。

这是一本专门为石油资源评价而写的参考书:要过河就要有桥和船。如果把石油资源评价比作过河,那么,本书提出的随涌流运移及分子运移两个定量排油模型和相应的计算参数、图版和公式,就是为建“桥”和造“船”准备的“原料”。其中油气生成量参数曾在国内很多油田资源评价中应用过,效果良好。

这又是一本研究石油成因和排油机理的参考书,其内容都是在大量物理模拟试验和地质实证的基础上得出的。

在成因方面,通过对大量的生物模拟试验资料的研究,提出了不同生物群体对石油成因的贡献,以及低熟油非干酪根降解的机制。通过大量不成熟生油岩的模拟试验及与地质实证的对比,分别提出了石油和天然气成因分带,以及可供资源评价应用的油气生成量图版、计算公式。并在此基础上,提出了一整套完整的烃源岩快速评价技术。

在源岩排油方面,从有机—无机矿物这一对对立统一的矛盾双方入手,通过模拟试验与地质实证,研究它们相互依存又相互制约的关系与特征。在此基础上提出了“死油”量与“有效运移门限值”的概念、计算方法及其在资源评价中的应用。通过对不同类型盆地油源岩系统剖面X光衍射全岩分析和扫描电镜观察和统计,揭示了陆相油源岩中,粘土矿物含量只占全岩的30%~50%的特征;还提出了源岩孔隙大小及其演化机制等,有别于传统认识的新见解。此外,还对排油的动力、阻力与排油方向进行了系统论述。最后,通过应用具有国际80年代先进水平的“油气生成运移物理模拟系统”的模拟试验结果,提出了可供资源评价应用的石油随涌流运移及石油的分子运移两个定量排油模型,并对其机理进行了详细论述。

本书的特点是:其内容多数是在学科边缘探索的成果,所以,既有它新进展的一面,又有它不完善的一面。由于作者能力和水平有限,而所承担的又是如此重大的难题,深有力不从心的感受,所以作者提出的观点,错误和不当之处在所难免。热诚期望同行批评斧正,以起到抛砖引玉、促进本学科深入发展的作用。正是出于这种考虑,作者才能鼓起勇气,大胆地承担了上述科研攻关任务,并撰著本书。

本书第二章由宋一涛撰写,第十一章和第六章的第三节由王学军撰写,其余各章均由王新洲撰写。

本书在撰写过程中,得到了胜利石油管理局副总地质师兼地质科学研究所所长王秉海、副院长段智斌、院总地质师王捷等同志的大力支持,在此衷心致谢!

在历年的研究工作中,参加过模拟试验研究工作的还有高级工程师:杨福欣、张方吼、梁正芳;副教授:李丽、邓穗民;工程师:任学礼、周迪贤、周梁及张安英、张守春、王宇蓉等同志。参加过各项样品分析研究工作的还有高级工程师:张淑芳、殷沫、包于进、高昭宣、曾辛英、陈致林、李树靖、苗得玉、韩鹏云、李蕴珍、刘守义;工程师:赵德林、曹庆英、魏庆印、李佩珍、王志英、黄开权、李巨源、李素娟、周先富、吴延梅、唐洪三、刘桂兰以及李爱民、吴平、崔爱芹、崔松南、周桂

芹、卫英杰、应磊、王宝山、张晓、胥冬梅、郭志刚、于静华、施桂花、刘宝元、金江超、魏广振、闵金元、刘桂珍、油秉建、董学让等同志。在此深表衷心感谢！

作者 1995.8

目 录

上篇 石油和天然气成因模拟

第一章 模拟方法综述	1
第一节 基本原理	1
第二节 模拟试验方法	3
一、试验方法与仪器	3
二、模拟试验条件的选择	7
三、模拟样品处理	9
第二章 石油的生物成因模拟及应用	13
第一节 概述	13
第二节 生物热模拟的烃产率及性质	14
一、热模拟产物烃的产率和族组成	14
二、热模拟产物烷烃的色谱特征	16
三、碳同位素分馏特征	18
四、甾烷类生物标志物特征	18
五、萜烷类生物标志物特征	21
第三节 生物热模拟的气体产率和组成	24
第四节 颗石藻的成烃模拟实验	24
一、烃产率及族组成的热演化	25
二、热模拟产物氟仿抽提不溶物的元素组成	26
三、烷烃和烯烃的特征	27
四、甾、萜烷生物标志物特征及油源对比	31
第五节 葡萄藻的成烃模拟试验	32
一、烯烃和烷烃的特征	33
二、甾、萜烷生物标志物特征	34
第六节 石油生物成因模拟试验的应用	35
一、判识有机质类型、原油类型及油源对比	35
二、未成熟—低成熟石油成烃模式	36
第三章 油源岩热演化模拟	39
第一节 试验方法与样品选择	39
一、模拟试验方法	39
二、模拟样品的选择	39
三、自然演化剖面样品的选择	41
第二节 有机质的演化	41
一、氟仿“A”的演化	43
二、族组成的演化	45

三、碳同位素的演化	46
四、非烃的演化	47
五、干酪根的演化	47
六、卟啉的演化	48
七、甾烷的演化	50
第三节 模拟样品演化阶段的划分	50
一、预生油带 ($\bar{R}_m < 0.44\%$)	51
二、生油带 ($\bar{R}_m = 0.44\% \sim 1.25\%$)	51
三、凝析油湿气带 ($\bar{R}_m = 1.25\% \sim 2.00\%$)	52
第四节 用有机相生油模型计算生油量	52
一、建立有机相生油模型的主要理论根据	52
二、有机相生油模型的基本概念	52
第四章 成烃模拟及应用	55
第一节 主要热模拟基础参数	55
第二节 有机质热演化过程中碳氢含量的变化	69
一、有机质的残碳率	69
二、干酪根的降解残碳率	71
三、 $H/C-R_o$ 关系式	72
第三节 有机质生烃气量理论计算方法	73
一、基本原理	73
二、有效氢的求解	74
三、用有效氢在产物中的分配求生烃气量	75
四、公式中所需参数的求法	78
五、对公式的剖析及 Q_{2H_2} 的地质意义	80
六、对计算方法的评述	84
第四节 天然气地质成因分带——以济阳坳陷为例	84
一、有机热化学生气带	84
二、半无机高温合成生气带	85
第五节 烃气与液相石油生成量图版	87
第六节 油气生成的定量计算	92
一、油气生成定量计算公式	92
二、使用公式的有关规定	95
三、存在问题和研究方向	95
第七节 模拟气与天然气的差别及修正	95
一、天然气在运移过程中组分及甲烷碳同位素值的变化	95
二、对模拟气组分与 $\delta^{13}C_1$ 值的修正	96
第八节 用模拟气组分确定气源岩类型和成熟度	99
第五章 烃源岩快速评价	101
第一节 干酪根组分计算法	101
一、贡献系数 W, X, Y, Z 的求法	101

二、计算方法	102
三、误差分析	103
第二节 快速模拟试验方法	103
一、试验方法	104
二、试验样品的选择	105
三、试验结果	105
第三节 煤型气图版的编制	112
一、编制煤型气图版的必要性与有关规定	112
二、编制煤型气图版的资料来源与方法	113
三、煤型气图版的使用方法	115
四、煤型气烃气终极生成量的干酪根组分计算公式	115
第四节 烃源岩快速评价技术的特点及应用实例	115
一、烃源岩快速评价技术的特点	115
二、用烃源岩快速评价技术进行气源对比实例	116
第六章 非烃气的成因模拟和预测	124
第一节 硫化氢的成因和预测	124
一、成因	124
二、控制运移、聚集的主要因素和预测方法	128
三、不同成因类型的实例	129
四、结论	131
第二节 氮气的成因	132
一、模拟试验资料	132
二、生物体中氮的含量	133
三、不同含氮母质的热化学特性	133
第三节 CO ₂ 气的成因及岩石无机 CO ₂ 转化率	136
一、概述	136
二、各种成因 CO ₂ 的特征	136
三、岩石无机 CO ₂ 转化率	140
四、结论	144

下篇 源岩排油机理与模拟

第七章 源岩排油的研究现状和存在问题	145
第一节 源岩排油的研究现状	145
第二节 源岩排油研究中存在的问题	147
一、“压实-排液”模型在应用中存在的问题	147
二、排油机理的研究领域尚需开拓扩展	148
三、对源岩排油的某些基本问题的研究尚需深化	149
第八章 源岩孔隙构成、演化及其对排油的影响	150
第一节 陆相盆地油源岩矿物组成特征	150

第二节 源岩孔隙的形态特征与大小	154
第三节 源岩孔隙在成岩过程中的演化	156
一、成岩作用对源岩孔隙的影响	156
二、自然应力对源岩孔隙演化的影响	157
第四节 源岩孔隙对排油的影响	160
一、石油各组分分子的大小	160
二、源岩孔宽、孔喉及其与石油不同组分分子直径的比较	161
三、石油从源岩孔隙排出过程中遇到的一些问题	161
第九章 源岩排油的动力与阻力	164
第一节 自然地应力场	164
一、静岩自重应力	164
二、构造应力	166
三、温度应力	166
四、应力叠加	166
第二节 流体压力	168
一、静水压力	168
二、水热增压	169
三、气体增压	169
四、孔隙流体压力的构成	169
第三节 源岩连通孔隙的毛细管压力	170
第四节 烃在水中溶解的浓度差	171
第五节 源岩的吸附力	172
一、有机质在沉积岩中的存在状态	174
二、吸着作用的机制	175
三、粘土矿物对石油的吸附	175
第十章 “死油”量与运移门限值	177
第一节 对烃源岩中存在“死油”的论证	177
一、烃源岩中石油排出能力的差别	177
二、烃源岩中的“死油”	178
第二节 源岩中残留“死油”量的估算	182
一、源岩无机矿物中“死油”潜量的估算	182
二、干酪根自身“死油”潜量的估算	184
三、“死油”量的实用值	186
第三节 有效油源岩和有效运移门限值	192
第十一章 石油初次运移的方向	195
第一节 石油初次运移与二次运移的关系	195
第二节 石油初次运移方向的有关概念	196
第三节 石油初次运移的方向	197
一、构造活动平稳期石油初次运移的方向	197
二、构造活动期石油初次运移的方向	201

第四节 区域构造环境对石油初次运移方向的影响·····	206
第十二章 液相石油随涌流运移·····	209
第一节 沉积压实的阶段划分·····	209
一、我国陆相沉积盆地沉积压实阶段划分·····	210
二、流体间歇压裂的证据·····	211
第二节 流体间歇压裂的动力与特征·····	216
一、连通孔隙的排液过程与特征·····	216
二、水力压裂排液过程与特征·····	216
三、气液压裂过程与特征·····	217
四、涌流中的含油特征·····	218
第三节 涌流运移的地质概念模型·····	223
第四节 涌流运移的数学模型·····	223
第十三章 液相石油的分子运移·····	225
第一节 对分子运移可能性的论证·····	225
一、石油的生成过程是分子运移过程·····	225
二、分子运移的地质证据·····	225
三、石油在水中的溶解度·····	225
四、确定扩散系数的主要因素是地温·····	227
五、粘土矿物对石油初次运移的制约作用·····	227
第二节 影响分子运移的因素·····	228
一、温度·····	228
二、压力·····	228
三、相态与分子量大小·····	228
四、源岩孔隙·····	228
五、高压涌流的推动作用·····	229
六、比表面积 K_0 与供油面积 S_0 ·····	229
七、储集层或运载层的影响·····	230
第三节 求扩散系数·····	230
一、无限稀释时二元液体的扩散系数·····	231
二、用模拟试验的方法求油的扩散系数·····	232
第四节 分子运移模型·····	233
一、石油进入砂岩透镜体的机制·····	233
二、液相石油分子运移的地质概念模型·····	234
三、液相石油分子运移的数学模型·····	235
第五节 问题讨论·····	240
一、供油面积 S_0 的难确定性·····	241
二、 K_0 的确定尚需完善和修正·····	241
三、使用范围·····	241
参考文献·····	242

上篇 石油和天然气成因模拟

第一章 模拟方法综述

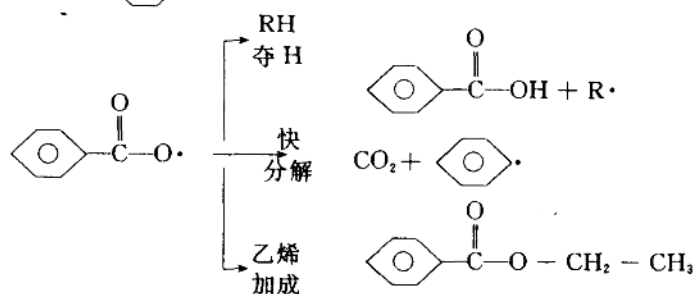
第一节 基本原理

分子基元反应速度的指数定律指出,速度常数 K 可以分解为频率因子 Z 和指数因子 $e^{-Ea/RT}$, 即 $K = Ze^{-Ea/RT}$ 式中 Ea 是这个反应的活化能。这个公式称为反应速度的指数定律公式,也称为阿累尼乌斯(Arrhenius)公式,从这个公式可见,速度常数与随温度的上升而按指数规律递增。

阿累尼乌斯公式的适用范围并不限于基元反应,很多非基元反应也同样可以适用。其中包括干酪根降解的生油过程。这样,就可以用提高有限的温度,来补偿漫长的地质时间的方法,实现在室内对油气生成过程进行模拟。这就是为什么可以用加热的方法模拟油气成因的主要原因。

但是,干酪根降解的油气生成过程是相当复杂的,除温度外还有很多其他影响因素。它不是基元反应,而是自由基反应。所谓自由基指的是由于共价键均裂而产生的带有未成对电子的碎片。热解碎裂和氧化还原等办法都可以产生自由基。自由基链锁反应是一个反复循环过程,反应一开始需用引发剂,引发剂往往是具有最易断裂的最低键能。该键断裂产生的自由基在链锁反应中起引发作用,然后进入增长阶段,增长的第一步产生新的自由基,第二步是新的自由基与原物质作用,生成产物和原来的自由基,这个自由基又与原物质反应,再生成新的自由基,如此循环往复。最后在终止一步为生成的自由基通过化合或歧化,恢复生成稳定的化合物。这种引发、增长、终止的链锁反应,是自由基反应的典型性质。

有时,一个自由基会有几个反应相竞争。例如,苯甲酰氧自由基,可以发生夺氢、分解和加成的竞争反应,反应方向取决于具体反应条件。但其中以分解放出 CO_2 的反应较快:新生成的自由基 $R\cdot$ 、 $\text{C}_6\text{H}_5\cdot$ 通过化合,夺 H 等反应,生成稳定的烃类。



石油是以 C、H 为主,含有少量 S、N、O。生成石油的原始母质也是以 C、H 为主,但所含 S、N、O 远高于石油。为什么会有这一差别,母质究竟是怎样演化成石油的?只有母质中分子键断

裂,生成自由基,才能组成新的属于石油成分中的分子。键能越低越易断裂,从图 1-1 可以清楚的看到,O-O、S-S、N-N 的键能最低,S-C、N-C 次之,C-H 的键能仅次于 H-H、H-

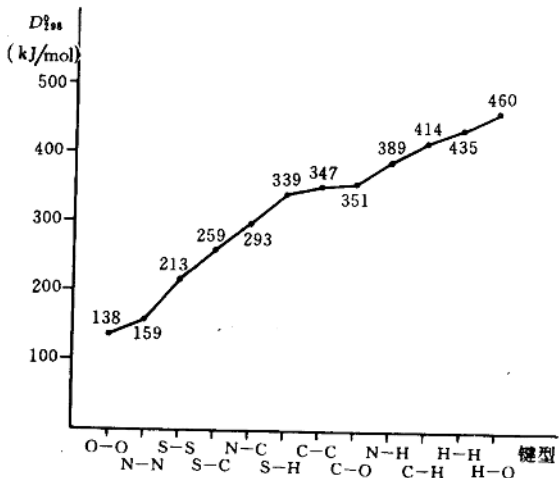


图 1-1 单键的键能

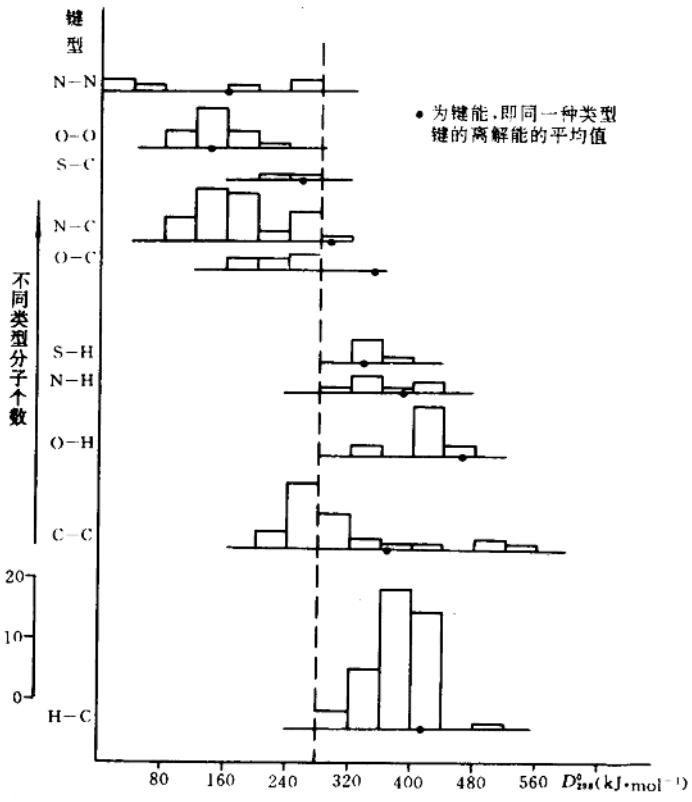


图 1-2 某些多原子分子键的离解能

O,居高位。C—C 键的键能居中。因此在地温较低时,有机质中大部分杂原子首先脱去、散失,不能进入石油成分,这就是为什么石油中杂原子少于其原始母质的原因。但是,组成有机质的分子都是由多原子组成的。由于分子中非键合原子的相互作用,同一类原子间的离解能会有很大差别。键能是同类键离解能的平均值,而离解能则是某一具体键断裂时所需能量。如图 1-2 所示的多原子分子 C—O 键的离解能就低于 C—C 键的键能。

了解上述基本事实的目的,是为了正确确定干酪根热降解生油的模拟试验方案。特别是对模拟试验样品的选择上有重要指导意义。比如说,用干酪根进行模拟,就失去了可作为自由基反应引发剂的很多含氧有机分子和可以产生自由基的金属氧化物。无机矿物基质的清除,改变了反应条件,因而可导致若干自由基竞争反应历程的改变。这就是在做模拟试验时,尽量保持使用不成熟生油岩原样,而不采用干酪根的主要原因。

第二节 模拟试验方法

一、试验方法与仪器

1. 玻璃管加温模拟

将玻璃管或石英管,装入样品,抽真空或充 He 后密封,在炉中加温。模拟温度一般在 200~500℃ 范围内选若干温度点分别做加温试验,然后对气、液、固三态产物分别进行定性定量分析。这种方法设备简单、成本低,其结果也能在揭示油气生成机理等方面起很大作用。但因其玻璃管承压能力差,要想在较高温度下多生成一些气体,必须使其能承受较高压力,这样玻璃管内径必须很小,小到只有几个毫米。这么小的内径,装的样品必然不能多,所以不能用烃源岩原样,只能用干酪根,这就较大的脱离了地质实况。同时因其样品少,不可能同时使用多种地球化学手段对产物进行分析,使之所能提供的信息量大为减少。

2. 高压釜加温模拟

这种高压釜一般为不锈钢制成。容积多为 0.1L、0.5L、1L。釜内为一空腔,不能定向加压。有高压阀门与外相通,可接压力表观察釜内气体压力。样品装入密封后,可用 He 替出釜内空间气体。然后关闭阀门,放入可自动控温的炉内加温。一般使用温度为 500℃ 以内,最高可达 700℃,在高于 500℃ 时,釜体使用寿命将大大缩短。模拟时间一般多用几十小时,为了某种特殊需要,可超过一个月。事实证明,太长的时间也收不到更好的效果。

这种方法的特点是,设备仍然比较简单,操作方便,成本低廉。因其容积较大,可装入大量(数十至数百克)样品。这样就可以用各种烃源岩样品直接加热。模拟后取得的气、液、固三态产物,也有足够量供各种地化手段同时分析,所以可以获得大量参数。其分析流程如图 1-3 所示。它的缺点是不能定向加压,不能加水模拟。所以仍与地质体的实况有较大差别。

虽然在过去的十几年中,随着资源评价对油气生成和运移定量参数的迫切需要,国内外有关专家、学者用上述两种方法进行了大量探索性研究工作,取得了很多可喜成果,并在资源评价中广泛应用。但是随着研究工作的不断深入,人们越来越感达到与地层下相近的模拟条件实在太难,模拟设备不尽人意,亟待改进。

3. 用油气生成运移物理模拟系统模拟

(1) 模拟油气生成运移的理想条件

① 有高于或相当于地层的温度;

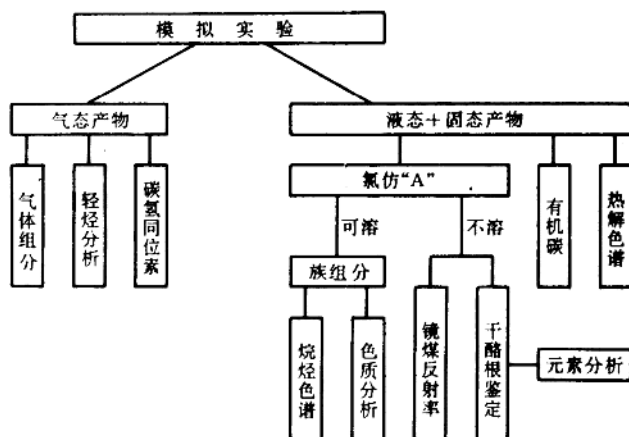


图 1-3 模拟产物分析流程图

② 具备与烃源岩相似的地下水条件；

③ 达到相当于地层的静岩压力。

为此，在“七五”期间我们研制了“油气生成运移物理模拟系统”。该系统可以模拟生油岩最大埋深 5~6km 处的油气生成或运移过程。

(2) 主要技术指标

① 岩样承受的固体压力范围为 10~120MPa，孔隙气体压力为 0.1~30MPa，压控精度为 1MPa。

② 岩样承受的温度范围为室温~400℃，温控精度为 8℃，岩样各部位在恒温时最大温差均在 10℃ 范围内。

③ 生成物只许可由缸体的指定通道排放，缸体其他部位不泄漏。

④ 产出物由上、下排放口分别排放，排出后经冷阱采集液态产物。气体产物通过计量装置收集，精度为 0.5mL。

⑤ 微机程序控制加温、加载、恒温、恒压过程，并能连续记录、跟踪显示、打印及绘图。

⑥ 对可能出现的“危险”状态，能进行自动保护、报警。

该系统于 1990 年 11 月 22 日通过石油天然气总公司鉴定，总的评价是：“该系统设计原理正确、结构合理、安全可靠，具有国内先进水平。缸体在温度 400℃，内压 30MPa，外压 120MPa 下长时间保持不泄漏，生成物按指定通道取样与计量技术具有 80 年代国际先进水平。”该装置如图 1-4 所示。

(3) 应用范围

① 用该系统模拟油气生成，比以往任何方法都更接近地下的真实情况。因为它可以加入配制好的地层水，施加与地层静岩压力相当的定向压力。可获取气、液、固三态的定量参数。

② 除此之外，还可用于模拟石油初次运移。用该系统模拟“压实—排液”机理，是最好的选择。它不仅可以揭示其机理，还可以为资源评价给出定量参数。石油初次运移的方式并非单一，而是相当复杂的。例如，石油借助孔隙水为“导体”以分子状态进行运移，以及油气以“微裂缝”方式进行初次运移的过程，均可通过该系统进行模拟。

③ 模拟成岩过程。在有机质演化的过程中排放大量有机酸，它对成岩作用产生重要影响，

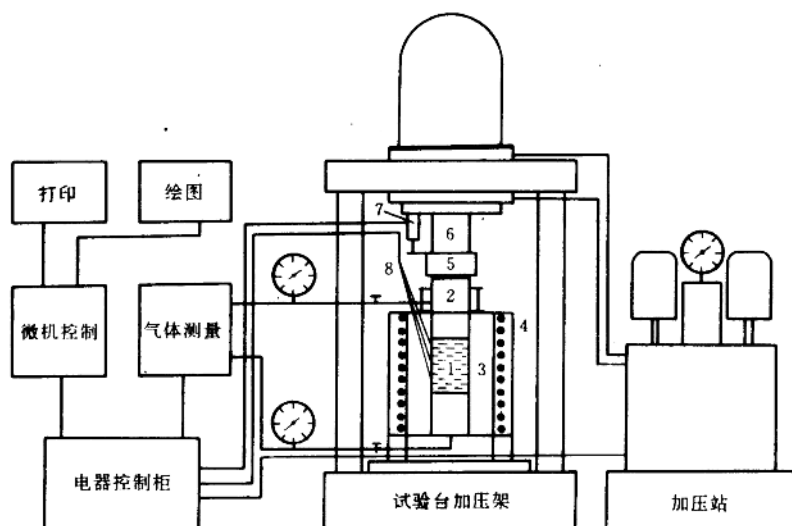


图 1-4 油气生成运移物理模拟系统

1. 恒温样品室; 2. 动密封加压活塞; 3. 缸体; 4. 加热炉; 5. 压力传感器;
6. 加压柱; 7. 位移传感器; 8. 热电偶

如长石的溶解、粘土矿物的转化、石英的次生加大、钙离子的迁移、砂岩的胶结与次生孔隙的形成等。通过试验查清机理、摸清规律,从而提高对储层物性的预测能力。

④ 研究烃类和同位素分馏。运用该设备在一定的温度和压力条件下,进行模拟试验,结合其他分析手段,可以获取关于烃类和同位素分馏的有意义的参数,这些参数在油气勘探中有着极其重要的实际意义。

⑤ 测定岩石力学参数。在盆地模拟计算中,有的地质概念模型对排烃影响因素考虑的比较全面,因此要求相应的数学模型中要应用一些岩石力学参数,如岩石的抗压强度、抗拉强度、杨氏模量、泊松比等。在没有专用设备的情况下,用该系统也可测出,只是精度要受些影响。

总之,“油气生成运移模拟系统”的研制成功与应用,为攻克石油地质学在该领域中的某些难题提供了重要手段,将起推动作用。同时也必将在资源评价中发挥重要作用。

4. 不锈钢高压管加热快速模拟

这是在第二种模拟方法取得了大量实用参数成果,如油气生成量标准图版、干酪根类型划分图版等的基础上,发展起来的一种快速评价烃源岩的方法。它是将 2~5 克烃源岩装入容积为 10mL 的高压(15MPa)带开关排气口的不锈钢样品管内,将 11 个样品(样品都是双样,并有 3 个标样)同时放入同一恒温加热炉中。模拟温度一般为 380℃ 和 580℃,两个温度点,分别加热一小时,取样、定量、做色谱分析。计算模拟生烃气量,然后与标准图版对照,查出其历史油气生成量、油气生成潜量、终极油气生成量和各不同演化阶段的油气生成量。在没有有机质类型的分析资料时,还可粗略地判断出其干酪根类型。

这种方法的特点是,经济、快速、可靠。其参数在国内很多地区的资源评价中应用,取得了良好效果。当然,它同样具备第二种方法不能加水,不能定向加热的缺点。这一问题的彻底解决还有待于使用“油气生成运移物理模拟系统”经过若干年的大量基础研究工作之后,才有可能用新的研究成果对原有油气生成量图版进行修正。

为了使这种方法更加简便、完美,还可使之与色谱联机,使快速热模拟与色谱一体化,成为一个整体的新仪器——烃源岩油气生成量快速评价仪。使石油勘探分析手段这一家族中增添新的一员。其设想示意如图 1-5 所示。

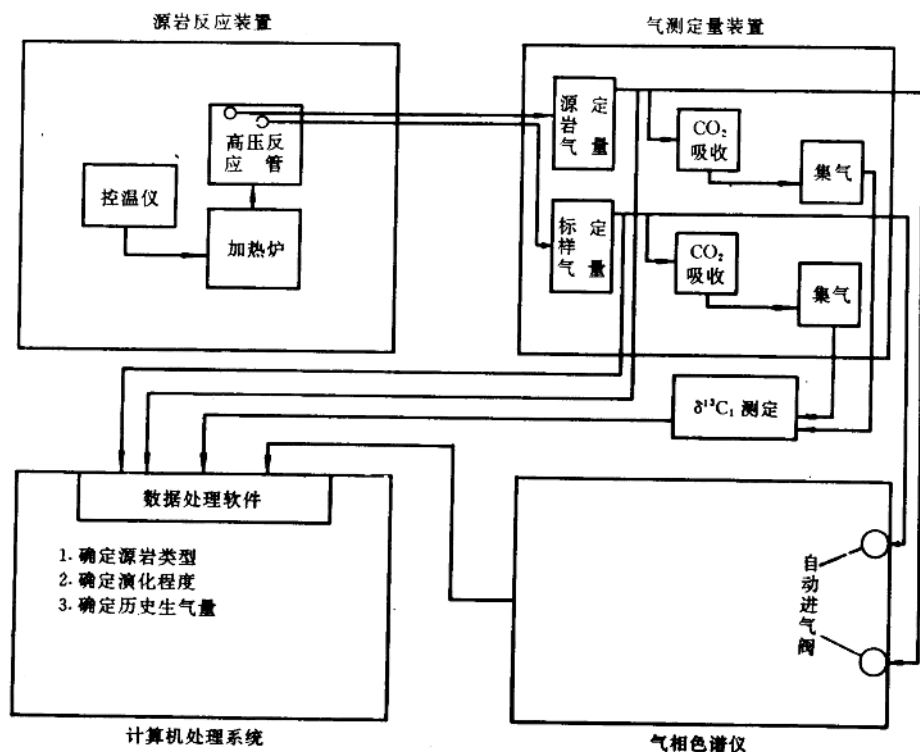


图 1-5 烃源岩油气生成量快速评价仪设想示意图

5. Rock Eval 热解模拟

Rock Eval, 是法国研制的评价生油岩的仪器。它已在国内广为应用。在确定有机质类型、丰度、演化程度以及确定油气显示和地球化学测井等方面都发挥了重要作用,取得良好效果。

正因为如此,有人对它寄予了过高的期望,希望将它提供的定量参数直接用于资源评价的盆地模拟运算。在没有其他可供使用的更佳参数时,也不失为一种办法。但其可靠性将会受到影响。这是因为,该仪器所提供的 S_1 峰,是岩石加热 300°C 时挥发出来的烃。人们认为它代表了岩石中可抽提烃的量。其实不然, 300°C 并不能将岩石中可抽提烃完全挥发出来,其中还有相当一部分重质烃,未挥发出来。就是以化学吸附方式或与粘土矿物结合不能排出的“死烃”,很可能也不能挥发出来。氯仿“A”热抽提中的总烃虽然在资源评价中更为可靠,但也并非完全能代表烃源岩中的残留烃,这是因为在分析过程中, C_{14} 以前的轻质烃类也有严重损失,所以二者成分并不完全相同。表 1-1 给出了济阳坳陷一自然演化剖面 S_1 峰值与氯仿“A”中总烃含量的对比。从表中可以看出,当烃含量较高时,差别相对小些。产生这种差别的影响因素较多,与有机质类型、丰度和演化程度以及源岩中无机矿物成分等都有关。

表 1-1 源岩热解 S_1 峰与氯仿“A”中总烃对比

井 号	层 位	井 深 (m)	HC (mg/g岩)	S_1 (mg/g岩)
B-17	Q	219.53	0.015	0.005
C-13-15	Es_3	1280	0.021	微
L-14	Es_3	2333.65	0.112	微
Y-13-2	Es_3	2481	0.084	0.02
Y-10	Es_3	2720.5	0.131	0.10
L-28	Es_3	2867.8	1.412	1.01
Y-8	Es_3	3126.60	4.348	2.62

二、模拟试验条件的选择

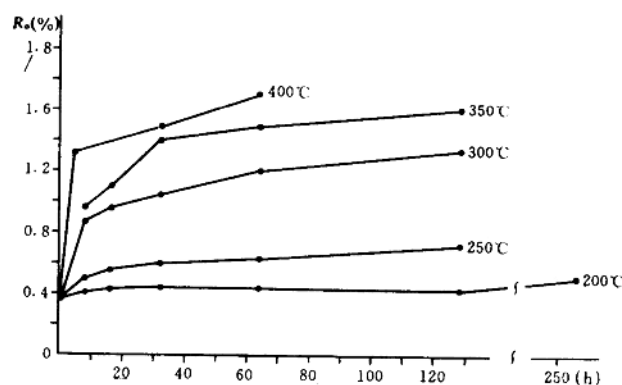
这里指的模拟试验条件,是指用 0.5L 和 0.1L 高压釜,在指定的时温条件下,用源岩样品在不加水的情况下进行模拟,然后取出固体产物,提取干酪根,测 R_o 值。

1. 恒温条件下的不同时温组合对有机质演化的影响

对一个 I 型干酪根样品:草 13-15($R_o=0.37\%$),粉碎后分成 24 份,在 24 个不同时温组合条件下进行模拟试验。模拟后提取干酪根,测 R_o 值。其时温组合条件与实测的 R_o 值关系如表 1-2,图 1-6 所示(表中的 R_o 值是 1981 年由西德尤利希核能研究中心地球化学研究所测定)。

表 1-2 在恒温下不同时温组合与 R_o 值(%)的关系

时 间 (h)	温 度 (°C)				
	200	250	300	350	400
4					
8	0.4	0.49	0.87	0.94	
16	0.41	0.56	0.96	1.10	
32	0.42	0.60	1.01	1.40	
64	0.42	0.63	1.20	1.48	1.71
128	0.42	0.72	1.30	1.60	
256	0.52				

图 1-6 在恒温下不同时温组合与 R_o 值关系

从上述资料可以看出,用烃源岩模拟有机质的演化,8h 之内转化最快,8~64h 转化较慢,