

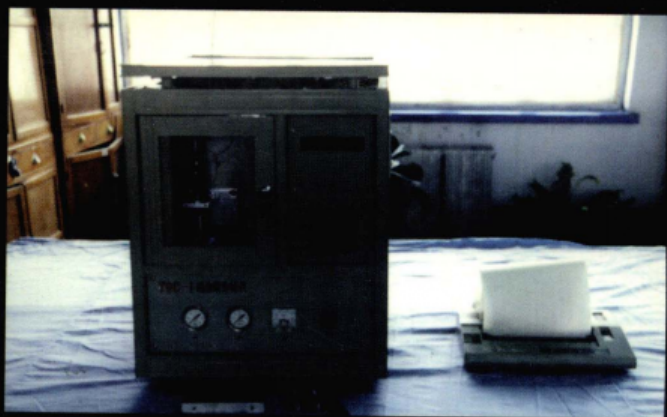
郎东升 金成志 郭冀义 著
王国民 曲永宝 郭树生

储层流体的热解 及气相色谱评价技术



PETROLEUM INDUSTRY PRESS

石油工业出版社



责任编辑: 林永汉

封面设计: 赛维钰

TOC-1 型有机碳分析仪为现场随钻评价储层含油饱和度、生油岩有机质丰度、类型和成熟度的快速评价仪。

(封面照片说明)

YQ-IV 型油气显示评价仪(九七十大专利金奖)为现场评价原油性质、含油饱和度、储层含油性的理想分析仪。

辽宁省海城市石油化工仪器厂

厂长: 杨仁政

电话: 0412-3285008

ISBN 7-5021-2575-2



9 787502 125752 >

ISBN 7-5021-2575-2/TE · 2090

定价: 33.00 元

储层流体的热解及气相 色谱评价技术

郎东升 金成志 郭冀义 著
王国民 曲永宝 郭树生

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统论述了储层流体的热解和气相色谱评价方法;同时,还系统介绍了YQ-III型油气显示评价仪的原理、分析参数、仪器结构及各组成部分的功能、操作方法和常见故障的维修等。此外,本书还以实例重点介绍了储层流体的气相色谱评价方法、技术应用和样品采集处理方法。

本书是作者多年来从事地球化学录井技术的经验总结,其实用性和可操作性强,可供从事地质录井、测井、试油试采和采油地质有关人员参考,同时也可作为培养地质录井技术人员的教材。

图书在版编目(CIP)数据

储层流体的热解及气相色谱评价技术/

郎东升等著. —北京:石油工业出版社, 1999. 4

ISBN 7-5021-2575-2

I. 储…

II. 郎…

III. ①储集层-流体-热解-评价

②储集层-流体-气相色谱-评价

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 11766 号

石油工业出版社

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

北京密云华都印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168 毫米 32 开本 7 印张 180 千字 印 1—2000

1999 年 4 月北京第 1 版 1999 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2575-2/TE·2090

定价: 33.00 元

前 言

储层热解评价技术发展到目前经历了基础研究、推广应用和生产使用三个阶段。由于在钻探过程中该项技术具有快速、直观、定量和随钻可操作的特点而在各油田石油勘探过程中广为应用，并与气测录井和综合录井相鼎立。

1988 年以来，国产地球化学录井仪（YQ-III型油气显示评价仪）的诞生和批量生产为勘探过程中该项技术的应用奠定了基础。各油田地质录井部门在长期的科研和生产实践中均积累了丰富的经验，形成了比较规范的样品采集、信息整理和储层评价方法，并在油田勘探过程中成效显著。

本书以储层评价为重点，以实用为宗旨，从理论和实践上系统论述了储层流体的热解和气相色谱评价方法，其目的在于进一步指导油气勘探，帮助地质技术人员更加自如地应用该项技术，发现、识别、评价油气藏。

大庆油田地质录井公司菅云英、刘丽萍、刘方参加了本书的编写工作，辽宁省海城石油化工仪器厂杨仁政、刘涛在仪器的结构原理和操作规程方面提供了大量的资料，此外，在编写过程中还得到了邬立言、苏念阻等专家的支持和帮助，在此表示感谢。

目 录

第一章 有机地球化学基础知识	(1)
第一节 有机化合物的类型	(1)
一、脂肪族化合物	(2)
二、脂环族化合物	(6)
三、芳香族化合物	(7)
四、杂环化合物	(8)
第二节 石油的化学组成	(8)
一、石油的元素组成	(8)
二、石油的烃类组成	(8)
三、石油中的非烃组成	(9)
第三节 原油的物理性质	(11)
一、颜 色	(11)
二、密 度	(12)
三、粘 度	(12)
四、荧光性	(13)
五、热蒸发性	(14)
六、旋光性	(15)
七、溶解性	(15)
第二章 国产 YQ-III型油气显示评价仪结构组成及 主要部件功能	(16)
第一节 YQ-III型油气显示评价仪的结构及各部件功能	(16)
一、YQ-III型油气显示评价仪的结构	(16)
二、主机各部件功能	(17)
三、热解部分	(19)
四、微电流放大器	(24)
五、控温部分	(24)
六、电源系统	(26)
七、微处理部分	(27)
第二节 TOC- I 型残余碳分析仪的组成与结构	(28)
一、TOC- I 型残余碳分析仪的结构	((28)

二、TOC- I 型残余碳分析仪组成及各系统功能	(29)
第三章 YQ-III型油气显示评价仪及 TOC- I 型残余碳	
分析仪原理、分析周期及性能	(40)
第一节 YQ-III型油气显示评价仪原理	(40)
第二节 TOC- I 型残余碳分析仪原理	(41)
第三节 YQ-III型油气显示评价仪分析周期	(43)
一、分析周期一	(43)
二、分析周期二	(45)
三、分析周期三	(46)
第四章 YQ-III型油气显示评价仪操作规程和分析参数	(47)
第一节 安装前的准备工作	(47)
第二节 开机前的准备工作	(47)
第三节 开机检查	(48)
第四节 YQ-III型油气显示评价仪的操作	(48)
一、操作面板说明	(48)
二、开机操作	(51)
三、具体操作参数的输入方法	(52)
第五节 分析参数及地质意义	(53)
一、周期一分析参数及地质意义	(53)
二、周期二分析参数及地质意义	(54)
第六节 计算参数	(55)
一、储层评价计算参数	(55)
二、生油岩评价计算参数	(57)
第五章 TOC-I 型残余碳分析仪操作规程及分析参数	(59)
第一节 TOC-I 型残余碳分析仪操作流程	(59)
第二节 TOC-I 型残余碳分析仪的操作	(61)
一、仪器面板说明	(61)
二、开机等待样品输入操作	(62)
三、具体参数的输入方法	(63)
第三节 样品分析参数及意义	(64)
第六章 仪器故障诊断及维修保养	(65)
第一节 YQ-III型油气显示评价仪故障诊断与维修	(65)

一、微电流放大系统故障诊断及维修	(65)
二、温度控制系统故障诊断及维修	(65)
三、分析计算系统故障诊断及维修	(67)
四、FID 检测系统故障诊断及维修	(68)
五、气路系统故障诊断及维修	(68)
六、电源系统故障诊断及维修	(69)
七、微机板故障诊断及维修	(70)
第二节 TOC- I 型有机残余碳分析仪故障诊断及维修	(71)
第三节 仪器维修过程中的注意事项	(72)
一、FID 检测器的清洗	(73)
二、密封圈的更换	(73)
三、热解炉丝的更换	(73)
四、FID 加热块电烙铁芯的更换	(74)
五、载气控温杆丝的更换	(74)
六、氧化炉炉丝的更换	(75)
七、捕集并加热炉丝的更换	(75)
八、热导池使用注意事项	(75)
九、热解炉与氧化炉使用过程中注意事项	(75)
十、残余碳分析仪化学试剂的更换	(76)
第四节 仪器维护及保养	(76)
第七章 地球化学录井资料的录取及整理	(78)
第一节 地球化学录井准备工作	(78)
一、人员配置	(78)
二、设备配置	(79)
三、地球化学录井队岗位责任制	(79)
四、地球化学录井标准	(80)
五、地球化学录井基础记录	(81)
六、确物料准备	(82)
七、资料收集	(82)
第二节 样品的采集、处理及分析	(83)
一、样品的采集	(83)
二、样品分析	(85)
第三节 现场资料的整理	(86)
一、取样记录	(86)
二、样品分析数据表	(87)

三、分析谱图	(88)
四、地球化学录井草图	(88)
第四节 完井资料的整理	(88)
一、前 言	(89)
二、主要成果	(89)
三、结论建议	(89)
第八章 储层含油性的评价方法	(91)
第一节 热解参数校正方法	(92)
一、周期二热解参数影响因素及校正方法	(93)
二、不同类别样品热解参数对应关系	(96)
三、热解参数校正方法	(97)
四、周期一热解分析影响因素及参数校正	(100)
第二节 储层含油饱和度的热解计算方法	(108)
第三节 含油级别的热解参数划分方法	(110)
一、不同地区含油级样品 S_1+S_2 平均值与 $S_1/(S_1+S_2)$ 平均值的相关性	(110)
二、不同含油级别样品 S_1+S_2 的理论分布	(111)
三、含油级别的热解参数划分	(113)
第四节 热解分析对储层原油性质的判别	(113)
一、原油性质与烃类组成的关系	(113)
二、原油性质的密度划分	(114)
三、热解参数比值法判断储层原油性质	(114)
四、图版法判断储层原油性质	(115)
五、公式法判别储层原油性质	(116)
六、原油粘度的热解估算	(117)
第五节 真假油气显示的识别	(118)
一、真假含油显示的区分	(119)
二、不同类别样品污染程度分析	(121)
第六节 储层含油性的热解定量描述方法	(129)
一、渗透率的基本概念	(129)
二、相对渗透率与油水饱和度的关系	(130)
三、润水岩石不同性质原油相对渗透率与含水饱和度的关系	(131)
四、润油岩石不同性质原油油水相对渗透率与	

含水饱和度的关系	(133)
五、润水储层产液性质的热解判别图版	(134)
六、润油储层产液性质热解判别图版	(138)
七、中间润湿储层产液性质热解判别图版	(141)
第七节 储层原油产能的热解估算方法	(145)
一、储层原油产能的达西计算公式	(146)
二、储层原油渗透率与含油饱和度的关系	(146)
三、储层原油产能的热解估算公式	(147)
四、原油粘度校正系数 b 值的确定	(148)
五、岩屑录井井段有效含油厚度的确定	(148)
第八节 储层原油聚集量的计算方法	(150)
一、体积法计算储层原油聚集量	(150)
二、油气聚集量的热解计算公式	(151)
三、储层可采储量的计算	(152)
第九章 储层流体的气相色谱识别方法	(153)
第一节 储层气相色谱分析方法和样品制备	(153)
一、气相色谱分析方法	(153)
二、样品的制备	(154)
第二节 油气水接触带位置的气相色谱确定方法	(155)
一、巨厚砂岩含油气水层气相色谱指纹图特征	(155)
二、气水接触带位置的气相色谱确定方法	(157)
三、油气水接触带位置的气相色谱确定方法	(158)
第三节 储层产液性质的气相色谱识别	(160)
一、气层气相色谱定性识别方法	(161)
二、油层气相色谱识别方法	(161)
三、气水层气相色谱定性识别方法	(161)
四、油水层气相色谱定性识别方法	(163)
五、油气层气相色谱识别方法	(164)
六、水层的气相色谱识别方法	(165)
第十章 生油岩热解评价方法	(167)
第一节 热解法评价生油岩原理	(167)
一、生油岩沉积学特征	(167)
二、泥岩生油岩有机质数量指标	(168)
三、泥岩生油岩有机质质量指标	(169)

第二节 生油岩有机质的热解分类	(169)
一、氢指数 HI 与 $T_{\max}$ 值图版划分有机质类型	(170)
二、用降解潜率 D 和 $T_{\max}$ 值图版划分生油岩有机质类型	(172)
三、高成熟生油岩原始降解潜率、原始氢指数的恢复	(173)
第三节 生油岩成熟度热解分类	(175)
一、应用氢指数判断生油岩成熟度	(175)
二、应用产率指数判断生油岩的成熟度	(177)
三、应用热解峰峰顶($T_{\max}$)判断生油岩成熟度	(178)
第四节 生油岩有机质丰度定量分级	(181)
第五节 生油量计算	(182)
一、已生油量计算	(182)
二、原始状态有机质类型指数计算	(183)
三、生油岩排油量计算	(183)
四、盆地总生油量计算	(186)
第六节 碳酸盐岩生油岩评价	(187)
一、碳酸盐岩生油岩沉积学特征	(187)
二、碳酸盐岩生油岩有机质丰度评价	(188)
三、碳酸盐岩生油层有机质成熟度评价	(188)
第十一章 储层评价实例	(191)
第一节 热解参数校正实例	(191)
第二节 真假油气显示识别实例	(194)
第三节 含油级别热解定量划分实例	(196)
第四节 含油饱和度热解估算实例	(198)
第五节 原油性质热解判别实例	(199)
第六节 储层含油性判别及产能预测实例	(202)
第七节 储层产液性质气相色谱判别实例	(205)
参考文献	(211)

第一章 有机地球化学基础知识

为了更好地了解、掌握热解分析在储层产液性质评价中的应用，本章首先介绍与热解和气相色谱分析技术相关联的若干有机地球化学基础知识。

石油是天然形成的有机化合物，在有机物中最简单的是甲烷(CH_4)。它是由一个碳原子和四个氢原子单键相连组合而成，碳原子的结合具有共价性质。在复杂的有机物中碳原子同样具有四键，与其相连的主要是氢原子，其次是氧、硫、氮或其它官能团，碳原子数、杂原子种类及官能团的不同构成了各种各样的有机化合物。

第一节 有机化合物的类型

有机化合物虽然种类繁多，异常复杂，但基本上由三种类型的碳氢化合物衍生而来。

第一种为脂肪族化合物。在这类化合物中碳的骨架是一个或长或短的链子，因为油脂里有这种开链化合物，所以又称之为脂肪族化合物。

第二种为碳环化合物。这种化合物中碳的骨架闭合成环，这一类按碳键结构又分为脂环族化合物和芳香族化合物。

第三种为杂环化合物。这类化合物环状结构中除碳原子外，还含有其它杂原子。

这三种基本类型的化合物都含有一个或多个官能团，有机化合物中常见的官能团有：烷基(如甲基， $-\text{CH}_3$)；羟基($-\text{OH}$)；羰基($>\text{C}=\text{O}$)；羧基($-\text{COOH}$)和氨基($-\text{NH}_2$)等。一种

化合物的性质通常主要由它所含官能团的特征来决定。这主要是因为官能团是分子中比较活跃的部分，容易与其它物质作用发生反应。同时，含有相同官能团的分子通常表现出相同的性质。因此，在有机化学中，把含有同样官能团的化合物归为一类。这样，就可以把非常复杂的有机化合物划分成以下几种类型。

一、脂肪族化合物

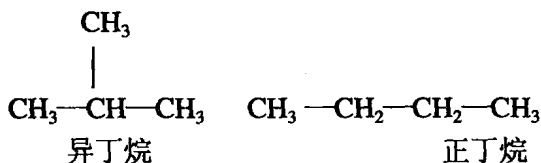
(一) 脂肪烃

分子结构中只含碳和氢两种元素原子的有机化合物统称为烃或碳氢化合物。烃类化合物分子中的碳原子呈链状结构的叫脂肪烃。按碳原子和氢原子的比例，又可分为如下几种类型。

1. 烷烃

碳原子彼此以单键相结合，其余碳价均被氢原子所饱和的烃叫烷烃。碳链呈直线型的叫正构烷烃，碳链上带有支链的叫异构烷烃。

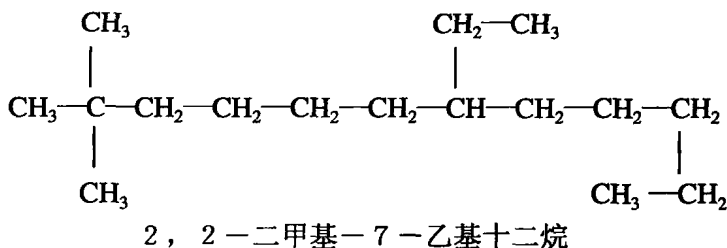
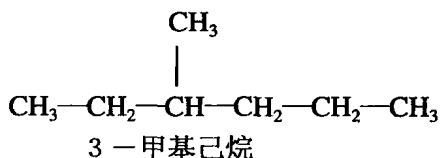
例如：



随着碳原子数的增多，烷烃形成一系列的同系物：甲烷；乙烷；丙烷；丁烷……。因此，烷烃的通式可以写成 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 。

根据国际通用的日内瓦命名法，烷烃的命名原则是：①选择一个含碳原子数最多的直链为主链，取相当于这个碳链所含碳原子数目而称之为某烷，一般碳数在 10 以内的，以甲、乙、丙、丁、戊、己、庚、辛、壬、癸表示，10 以上的则以数字表示；②看主碳链上有无其它侧链烷基；③由最近于各取代烷基的一端开始，把主链的各碳原子依次以阿拉伯数字编号，侧链的位置就用各主碳链所得编号表示。

例如：

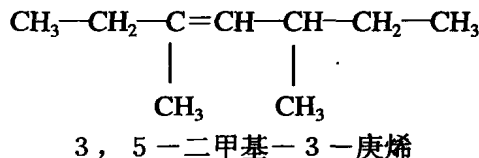


在 2, 2-二甲基-7-乙基十二烷的命名中, 阿拉伯数字“2”和“7”代表侧链位置, 而“二”代表所指的第二个碳原子上共有二个甲基。

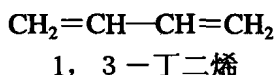
2. 烯烃

碳原子之间以双键相结合的烃称为烯烃, 其通式为 C_nH_{2n} 。烯烃的日内瓦命名方法为: 取含双键最长的碳链作为主链, 以主链所含的碳原子数称为某烯; 由接近双键的一侧起, 把主链碳原子依次编号, 再把双键所在的碳原子数目放在某烯的名前, 侧链取代基及其所在的碳原子数目放在最前面。

例如:

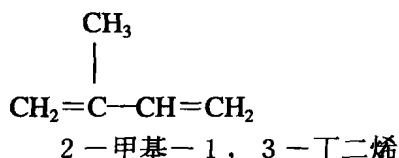


分子中含有两个双键的烯叫二烯烃。其中最重要的是含有共轭双键, 即两个双键被一个单键隔开的化合物。例如:



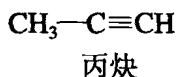
双烯的日内瓦命名法是取含两个双键最长的碳链作为主链,

称为某二烯。由距离双键最近的一端起，将碳原子依次编号，侧链的位置就以所得的号数决定。例如：



3. 炔烃

碳原子之间以三价相结合叫做炔烃，基本通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ ，命名原则类似于烯烃。例如：



(二) 卤化物

由一个或多个卤族原子取代脂肪烃分子中的氢原子，所生成的化合物叫做脂肪族卤化物。例如：



(三) 醇

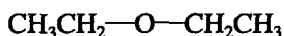
醇类分子可以认为是羟基衍生物，它的分子中都带有羟基。脂肪族一元醇是脂肪族烃类化合物中的一个氢原子被羟基所取代的衍生物；若烃类分子中两个氢原子被羟基取代，其衍生物叫二元醇；三个氢原子被羟基取代，其衍生物叫三元醇。例如：



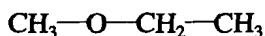
(四) 醚

醚可以看作是羟基取代醇类分子羟基中氢原子的衍生物，其

通式为 $R' - O - R$ 。式中 R' 或 R 代表烃基。例如：



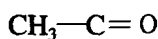
二乙醚



甲乙醚

(五) 醛和酮

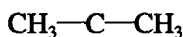
醛和酮的分子中都含有羰基 $>C=O$ 。醛的通式为 $R-\text{COH}$ ；酮的通式为 $R-\text{CO}-R'$ 。例如：



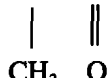
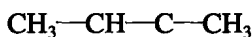
乙醛



丙烯醛



丙酮



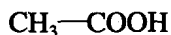
3-甲基-2-丁酮

醛或酮的羰基可被氧化成羧酸，也可被氢还原成醇。

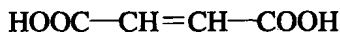
(六) 羧酸



羧酸分子中的官能团叫羧基，羧基的结构式是 $-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ 。烃类分子中的一个氢原子被羧基取代后形成的羧酸叫一元酸。若两个氢原子被羧基取代称为二元酸，以此类推。例如：



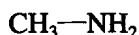
乙酸



丁烯二酸

(七) 胺及含氮化合物

胺是氨分子中的一个或多个氢原子被烃基置换后生成的衍生物。根据取代基的数目，胺可以分为一级胺、二级胺和三级胺。例如：



甲胺（一级胺）



丙烯胺（一级胺）



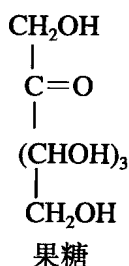
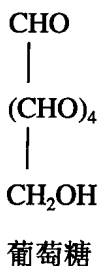
二乙胺（二级胺）



三正丙胺（三级胺）

（八）糖

糖也称碳水化合物，这是因为糖都是由碳、氢、氧三种元素构成，而且氢和氧的比例是 2:1，恰似碳和水的结合物，其通式为 $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ 。绝大多数糖都含有一个正碳链。例如：

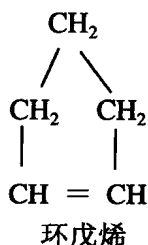
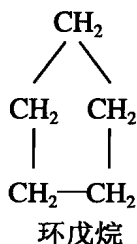


二、脂环族化合物

（一）脂环烃

分子中的碳链呈环状结构的脂肪族碳氢化合物总称为脂环烃。碳键饱和的脂环烃叫做环烷烃，其通式为 C_nH_{2n} ，因此，可以看成是烯烃的同分异构体。有双键存在的脂环烃叫做环烯烃。

例如：



脂环烷烃中以五环和六环最为稳定。

（二）萜类化合物

此类化合物广泛存在于植物体中，它是异戊二烯烃的聚合物。这些聚合物可以是开链的，也可以是环状的。