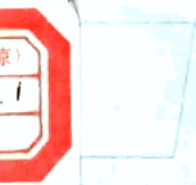


陆相油气 地球化学 研究

中国地质
大学
出版社

侯读杰 王铁冠 等著



中国地质大学出版社

登录号	088946
分类号	P618.13 ^{0.1}
种次号	025

陆相油气地球化学研究

SY13/31

侯读杰 王铁冠等 著



中国地质大学出版社

内 容 简 介

本书汇集了作者近些年来从事油气地球化学研究的研究成果,主要包括低熟油气资源、烃源岩生烃与排烃模拟实验研究、饱和烃生物标志物、固体有机质研究、多环芳烃研究等方面的研究成果。同时,还附有较为实用方便的化合物鉴定表格及中英文对照源岩显微组分分类表。本书内容丰富、资料新颖,反映了作者在陆相油气地球化学研究的最新成果。

本书可供从事有机地球化学、石油、煤炭地质专业的技术人员及大专院校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

陆相油气地球化学研究/侯读杰等著. —武汉: 中国地质大学出版社, 1995. 12

ISBN 7-5625-1033-4

I. 陆…

II. 侯…

III. 陆相-油气田-地球化学-研究-文集

N. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 22391 号

出版发行 中国地质大学出版社 (武汉市·喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 张晓红 责任校对 徐润英

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 9.75 字数 250 千字

1995 年 12 月第 1 版 1995 年 12 月第 1 次印刷 印数 1—300 册

定价: 12.50 元

序

陆相油气地球化学主要应用化学及有关地质学的知识和基本原理,研究陆相沉积中油气的成因、运移、聚集、演化和分布规律,并服务于油气的勘探与开发。自我国开始进行大规模陆相沉积盆地油气勘探半个多世纪以来,经过广大地球化学工作者的努力,陆相油气地球化学研究取得了大量的第一性资料和许多创新性研究成果,并不断发展、完善,成为指导我国油气勘探的重要理论和方法。

与国外的海相沉积盆地相比,我国的中新生代沉积盆地在油气的形成和演化方面,有着自身的特殊规律性。例如,在陆相沉积盆地中,常常具有较为丰富的陆源物质输入,沉积物临近物源,搬运距离短,造成有机质的快速堆积,沉积有机质-显微组分构成和化学组成的非均质性较大。这在我国陆相湖盆中,往往赋存有丰富的低熟油气和煤成油气资源,油气的分布规律较为复杂。现已在陆相沉积的源岩和原油中,检测到十分丰富的以陆源输入为主的生物标志物或其新的生物标志物,并为该领域的研究工作提供了大量信息。本书汇集了侯读杰同志及其合作者近些年来在我国陆相油气地球化学研究领域,对低熟油气资源的成因机理、分布、聚集成藏特征,陆相源岩和原油中的支链烷烃、甾烷、三萜烷标志物及多环芳烃化合物、泥岩和煤的生烃与排烃模拟实验以及陆相源岩有机质显微组分构造与演化等领域的创新性研究成果,是作者主要研究成果的结晶。本专著的出版将会进一步促进我国陆相油气地球化学发展,丰富我国陆相油气成因理论。

侯读杰同志 1984 年毕业于江汉石油学院石油地质专业,毕业留校后一直从事油气地球化学研究工作,在工作中勤于钻研,并专长于生物标志物和低熟油气资源的研究,是一位思想比较活跃、开拓能力强的青年地球化学工作者。我寄厚望于侯读杰同志,希望在此基础上继续发奋图强,力争进取,为有机地球化学学科作出重大的贡献。

郝石生
石油大学(北京)教授
1996 年元旦

引 言

在本世纪40年代,我国许多石油地质工作者已提出陆相能够生油并形成油田的观点。自此以来的半个多世纪,我国坚持对陆相盆地进行油气勘探,首先在松辽盆地取得重大发现,证实陆相沉积不仅可以生油,而且可以形成大油田。随后,又相继在我国东部地区发现了胜利、大港、辽河、华北、中原等油田。陆相油气地球化学的研究工作也随着陆相油气勘探工作的发展而逐渐深入。在70年代,中国科学院兰州地质研究所与有关单位联合,对我国青海湖现代沉积进行综合考察、研究,于1979年正式出版了《青海湖综合考察报告》,论证了地质历史中陆相湖盆的油气生成问题。特别是在80年代,由于国内各单位相继引进先进的色谱/质谱、同位素质谱、显微镜光度计、红外光谱、核磁共振等仪器设备,使得我国陆相油气地球化学研究从宏观到微观,并进入分子级研究水平。陆相油气成因理论得到全面的发展,并成为我国油气勘探工作的重要理论基础。

陆相沉积中由于有大量的陆源有机质输入,且有机质保存条件和沉积环境差异较大,形成有机质显微组分构成各异的陆相烃源岩。因而在我国陆相沉积中,除产出正常油气资源外,还赋存着丰富的富有特色的低熟油气、煤成油气资源。原油和烃源岩中常可检测到种类繁多的生物标志化合物。近些年来,笔者在对我国油气地球化学研究中,主要侧重对低熟油气、烃源岩生烃与排烃模拟实验、陆相烃源岩与原油中的饱和烃生物标志化合物与芳烃化合物、陆相烃源岩有机质显微组分构成与演化等领域的研究。本书即汇集了笔者及其合作者在这些领域的探索性研究成果。

笔者衷心感谢论文合作者李贤庆讲师、王培荣教授、林壬子教授、钟宁宁教授、包建平副教授、黄光辉讲师、张林晔高工、张传林工程师、李生杰高工、田时芸教授等同志几年来的愉快合作。附录汇集了笔者在进行饱和烃与芳烃化合物鉴定时编制的一些实用表格及有机岩石学显微组分分类表(由侯读杰、李贤庆编制)。全书由侯读杰、王铁冠审定。希望本书的出版,对从事油气地质-地球化学研究的同行有所裨益。同时,也恳请广大读者对本书中存在的错误与不足予以批评指正。

本书的出版得到江汉石油学院分析测试研究中心、石油大学(北京)地科系领导与同事的大力支持和帮助。其间的研究工作还得到地质矿产部石油地质综合大队、大港石油管理局地质勘探开发研究院、胜利石油管理局地质科学研究院、江苏石油勘探局地质科学研究院等单位的协助。笔者在此一并致谢。

目 录

低熟油气资源

低熟油含油系统浅析.....	(3)
中国陆相沉积中的低熟油气资源.....	(9)
低熟油的富硫大分子早期降解生烃机制	(17)
洪泽凹陷低熟原油的生物标志物组合	(25)

烃源岩生烃与排烃的模拟实验

茂名油页岩裂解气轻烃组成和热演化模拟实验研究	(35)
烃源岩的有机组成与热演化特征	(40)
烃源岩排烃的模拟实验研究	(48)

饱和烃生物标志化合物

陆相湖盆沉积物和原油中的甲萜甾烷	(59)
黄县褐煤中二萜类的分布与热演化特征研究	(62)
低熟源岩中的五环三萜类分布型式	(70)
板桥地区源岩中的支链烷烃	(77)

芳烃化合物

半咸水-咸水沉积源岩中的芳烃化合物剖析	(85)
黄县褐煤抽提物的芳烃组成和热演化历史	(96)
矿物燃料和沉积物中联苯、氧芴、1, 2-二氢化芘系列化合物的初步定性	(108)

固体有机质研究

洪泽凹陷烃源岩显微组分组成与生烃组分剖析	(115)
利用多元统计方法研究干酪根类型参数的相关性 & 分类问题	(123)
洪泽凹陷烃源岩有机质演化特征及演化阶段	(128)

附 录

I. 实用化合物鉴定表	(137)
II. 烃源岩显微组分中英文对照分类表	(141)
英文摘要	(142)

CONTENTS

Part I Immature and Low Mature Oil Resource

Preliminary study of immature and low mature oil system	(3)
Immature-low mature oil in continental deposit in China; A review	(9)
The oil generation mechanism of immature and low mature oils—Hydrocarbons generation of sulfur-rich geomacromolecular organic matter at the early stages ...	(17)
Biomarker assemblage of immature oils in Hongze Sag, Subei basin, east of China	(25)

Part II Thermal Simulation Experiment

Light hydrocarbons in pyrolysis gas of Maoming oil shale and its thermal evolution significance	(35)
A study of the composition and thermal evolution of organic matters in source rocks	(40)
Simulation experimental study of hydrocarbon expulsion from source rocks	(48)

Part III Biomarkers in Saturate Fraction

Dinosteranes in terrestrial deposits and crude oils	(59)
Distribution of some diterpenoid hydrocarbons in Huangxian lignite and their thermal evolution	(62)
Distribution patterns of pentacyclic triterpenoid hydrocarbons in source rocks	(70)
Branched alkanes in source rocks of Banqiao sag, Huanghua depression, east of China	(77)

Part IV Aromatic Hydrocarbons

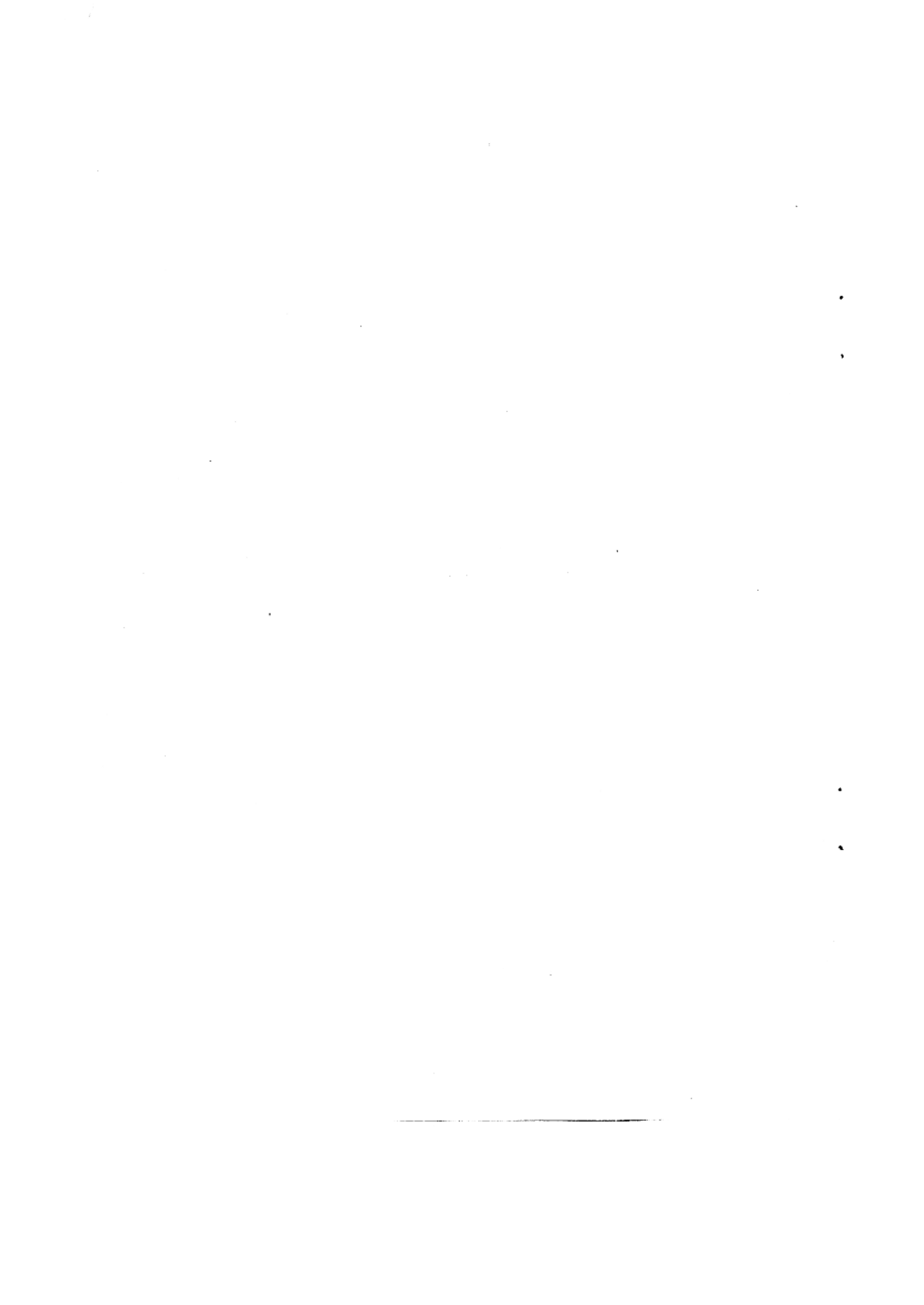
Aromatic hydrocarbons study in brackish-saline deposit	(85)
Aromatic hydrocarbons composition and thermal evolution characteristics of extracts of lignite from Huangxian	(96)
Preliminary identification of biphenyl series, dibenzofuran series, 1, 2-dihydroacenaphthy- lene series in fossil fuels and sediments	(108)

Part V Insoluble Organic Matter

The study on maceral compositions and hydrocarbon-generating macerals in source rocks of Hongze Sag	(115)
--	-------

A study of relationship between kerogen parameters and the validity in the classification of kerogen by multi-variate statistical analysis	(123)
The feature and stage of organic matter evolution in source rocks of Hongze sag	(128)
Appendix	
1 Practical tables for compound identification	(137)
II The classification of macerals in source rocks	(141)
Abstract	(142)

低熟油气资源



低熟油含油系统浅析

侯读杰 王铁冠

本文结合作者近几年的工作,对低熟油含油系统中的源岩评价,低熟油的成因机理、油气运移,低熟油的成藏特征等几个方面进行简要剖析。因为源岩在低熟阶段仅能生成一部分烃类,因而对各个地区的低熟源岩评价标准应适当调整。形成低熟原油的源岩主要存在于淡水湖相、沼泽相、半咸水-咸水湖相,它们能通过多种成因机理早期生烃。低熟油的排烃仍受源岩层与储层流体的压差驱动,因而排烃较为有利,且运移距离较短。已发现的油藏表明,低熟油藏常位于储层物性好、靠近油源区、继承性好的同沉积构造圈闭上。

含油系统是指所有已形成的油藏以及油藏形成所必不可少的一切地质要素及地质作用。地质要素包括:①烃源岩;②储集层;③盖层及上覆岩层。地质作用则包括圈闭的形成及烃类的生成、运移和聚集(Magoon, 1992)。低熟油作为一种油气资源,其油气藏的形成同样需要这些地质要素和地质作用有适当的时空配置;但它同时又是一种非常规油气资源,与正常的成熟油气藏的形成条件相比,低熟油含油系统有其自身的特殊规律性(黄第藩等, 1987; 周光甲等, 1990; 侯读杰等, 1993)。笔者结合近几年来对我国东部地区低熟油及源岩的研究,对低熟油含油系统的几个主要特征进行简要的剖析和探讨。

一、低熟油的源岩评价

对烃源岩的评价是石油地球化学研究的一项重要内容。源岩的评价通常包括有机质的丰度评价、有机质类型评价和成熟度的评价。其中,有机质丰度评价则是源岩评价的基础,因为源岩的有机质丰度直接与盆地蕴藏的油气资源息息相关(Price, 1994)。源岩的有机质丰度也与源岩排烃有关,因为源岩的有机质丰度与源岩的含油饱和度相关,从而影响有机质的排烃与否及排烃的时期。通常认为,有机碳超过0.4%时,生油岩即具备一定的生油能力,这种临界值是根据大量的成熟产油区和非产油区数据统计而得出的。表1为我国陆相泥岩的有机

表1 我国泥岩有机质丰度划分标准

源岩级别	有机碳 C_{org} (%)	氯仿沥青 A (%)	总烃 HC ($\times 10^{-6}$)	PG (g/g 干岩)
好	>1.0	>0.1	500	>6.0
中	$0.6 \sim 1.0$	$0.05 \sim 0.1$	200~500	$2.0 \sim 6.0$
差	$0.4 \sim 0.6$	$0.01 \sim 0.05$	100~200	$0.5 \sim 2.0$
非烃源岩	<0.4	<0.01	<100	<0.5

(引自黄第藩等①, 1990)

① 黄第藩等, 1990, 酒东盆地石油地质地球化学综合研究和远景评价, 北京石油勘探开发研究院研究报告

质丰度划分标准, 该标准被广泛地用于我国的泥岩类源岩评价, 并取得良好的勘探效果。

近些年来, 在我国东部地区相继发现了丰富的低熟油气资源, 因而低熟源岩的研究和评价引起了石油勘探工作者的重视。近几年来, 笔者对苏北盆地和渤海湾盆地低熟源岩的研究发现, 应用上述标准进行多参数源岩丰度评价时, 常造成各有机质丰度参数间的矛盾。以苏北盆地洪泽凹陷为例 (图1), 从氯仿沥青 (A)、有机碳 (C_{org})、总烃 (HC) 三个有机质丰度参数来看, 应用有机碳的成熟泥岩丰度标准将明显高估低熟源岩。

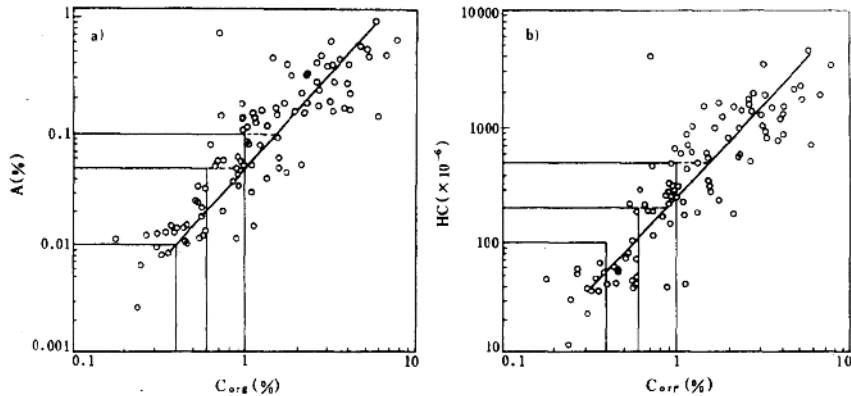


图1 洪泽凹陷泥岩的有机碳和氯仿沥青 (a) 及总烃和有机碳 (b) 的相关关系图

实际上, 在低熟源岩中出现上述现象并不奇怪, 这是由于低熟源岩的生烃特点所决定的。源岩中的有机质按照生烃的活性和惰性可分为能够转化形成烃类部分和不能转化形成烃类部分 (图2)。可转化成烃的有机质按其生烃的阶段又可细分为低熟阶段 (包括未熟阶段) 生烃和成熟阶段生烃。低熟源岩与相同母质的成熟源岩相比, 其形成的可溶有机质相对较低, 而且低熟源岩的可溶烃族组分中非烃和沥青质含量相对较高, 从而造成了源岩的总烃含量低的特征。因此低熟源岩要形成丰富的低熟油气, 要求低熟源岩有较高的有机碳含量, 同时还要求源岩中存在有易于在低熟阶段生烃的有机母质。

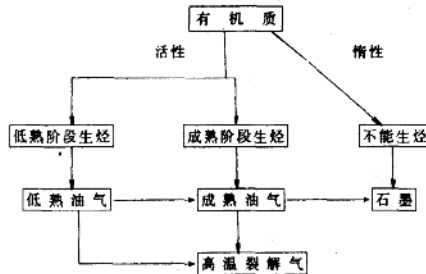


图2 有机质生烃作用的简化模型

从目前发现丰富的低熟油气资源的凹陷来看,其源岩有机质丰度普遍较高。以苏北盆地金湖凹陷阜二段源岩为例,源岩的有机碳平均含量为1.64%,氯仿沥青为0.237%,总烃为1016 $\mu\text{g/g}$ ^①。笔者对茂名盆地油页岩不同有机碳含量源岩的排烃模拟实验证实,有机碳含量高的源岩排烃也较早(侯读杰等,1991)。这是由于有机质丰度高,单位体积岩石生成烃类的数量较多,岩石中的孔隙易于被石油所润湿,发生排烃的时间较早。因此,要形成丰富的低熟油气,源岩必须有较高的有机质丰度。

二、低熟油气源岩的沉积环境和母质

低熟油气源岩按水介质的条件可分为淡水湖相、沼泽相、半咸水-咸水湖相沉积环境。淡水湖相以我国云南景谷盆地三号沟组源岩为代表,烃源岩的生源是藻类和高等植物,同时,源岩有机质经受了较为强烈的厌氧微生物改造。这类微生物对藻类和高等植物的厌氧降解和改造,提高了有机质的腐泥化程度,同时,细菌本身及其代谢产物的加入,改变了总体有机质的生源构成,使得有机质热降解或热解聚、脱官能团的活化能降低,利于低熟油的生成。

沼泽相的低熟源岩主要为煤系地层。煤系地层能够早期生烃主要有两个原因:一是因为煤系地层有机质丰度较高,利于源岩的生烃和排烃。二是由于煤系地层某些特殊生源如树脂体、木栓质体等显微组分在较低的热力学条件下发生低活化能的反应,形成低熟原油(Snowdon and Powell, 1982; Khorasani and Michelsen, 1991)。树脂体来源于高等植物分泌的树脂。树脂体主要由挥发性与非挥发性萜类馏分组成。以含树脂体的黄县褐煤为例,其抽提物富含异海松烷等二萜类树脂化合物。木栓质体则主要来源于高等植物的木栓组织,它生成的低熟油富含正构烷烃。

半咸水-咸水湖相环境是低熟油形成最为重要的一种沉积环境,无论从发现低熟油田的数量,还是从低熟油的资源量来看,均是如此。半咸水-咸水沉积体系赋存丰富的低熟油气资源可能有如下几个主要原因:①半咸水-咸水环境有利于有机质的保存。②半咸水-咸水环境生长某些藻类,如丛粒藻、颗石藻等,易于早期生烃(周光甲等,1990)。③半咸水-咸水环境中由于硫酸盐还原菌的作用,形成富硫大分子的早期降解生烃等。因此半咸水-咸水沉积体系有利于烃类的早期生成。

综上所述,把低熟油的成因机制总结如图3所示。同时,对渤海湾盆地临清凹陷(东部)的石油勘探也揭示了上述低熟油的形成规律(图4)。临清凹陷东部地区有9个次级洼陷,由于盆地内部构造分隔性强,各个洼陷沉积环境、沉积-沉降史、有机质生源输入均有一定的差异,而造成各洼陷低熟油气形成差异较大。图中Ⅰ₁的德南洼陷为微咸-咸水湖相沉积,存在着丰富藻类生源,且由于源岩的半咸水环境,形成相当量富硫大分子,利于烃类的早期生成,并在德1井发现了低产的工业油流,而位于Ⅰ₁和Ⅰ₃的禹城洼陷和沈庄洼陷,虽然源岩有机质丰度中等,但由于该洼陷主要为淡水湖相环境,不存在形成低熟油特殊生源母质,因而在这两个洼陷的探井均未发现低熟油气显示。由此可知,低熟油气勘探不应忽视对源岩沉积-成岩环境和生源母质的研究。

三、低熟油的运移特征

低熟油作为一种非常规原油,其运移(特别是初次运移)与成熟原油的运移既有共性,又

① 张传林, 1992, 苏北盆地金湖凹陷阜二段中部未成熟生油岩生烃特征, 江苏油气, 3 (2), 第2~9页

有一定的差异。

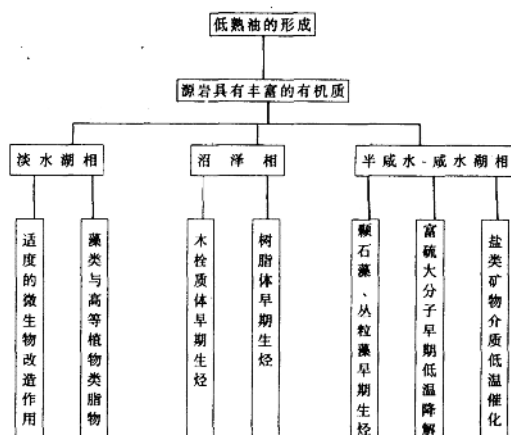


图3 低熟油的成因图解

首先，低熟源岩的排烃同样与源岩的有机质丰度有关，只有当有机质丰度高，特别是形成可溶烃类含量高时，才利于排烃。另外，决定低熟油排烃过程的重要因素即为源岩层和储集层的接触面积，接触面积越大，越利于排烃。作为低熟油的储集层大多数是由砂岩组成，而我国陆相砂岩储层大多数在岩性和物性上变化大，非均质性强，且大多数地区的区域性水动力作用范围较小，因而原油二次运移距离较短。

与成熟原油相比，低熟油的排烃既有着有利的一面，又有着不利的另一面。由于低熟油生成较早，而这时烃源岩的孔渗较好，因而这对于低熟油的排出是极为有利的。它们很可能以油相和水相呈多相流方式排烃。不利的方面主要是由于大多数低熟油含非烃和沥青质含量较高，富含杂原子化合物，不利于排烃，但总体上来说，低熟油的排烃还是比较有利的。笔者通过对黄骅坳陷的板桥凹陷、临清坳陷的德南洼陷、苏北盆地的洪泽凹陷的低熟源岩欠压实带研究，发现低熟源岩层均存在泥岩欠压现象，即低熟源岩同样存在着异常高地层压力（图5）。而且低熟源岩的欠压实幅度还与源岩有机质丰度相关，这说明低熟源岩的烃类早期生成是形成源岩的过剩压力的原因之



图4 临清坳陷东部地区的沉积洼陷分布
(据宋国奇等①, 1992改编)

1. 一级断层；2. 二级断层；3. 洼陷；4. 尖灭线；
5. 凸起、潜山隆起区；6. 井位

① 宋国奇等，1992，临清坳陷（东部）石油地质特征及含油气评价，胜利石油管理局地质科学研究院研究报告

一。异常压力作为低熟油的排出的主要动力，使流体（油、水等）从高位能向低位能运移。它一方面随着早期生烃过程造成异常高压后进行运移，另外一方面排烃可以向上、向下或上下同时进行。洪泽凹陷的 E_d 和 E_f 两个层段低熟原油即可能由于 E_f 源岩层的上、下同时排烃所致。

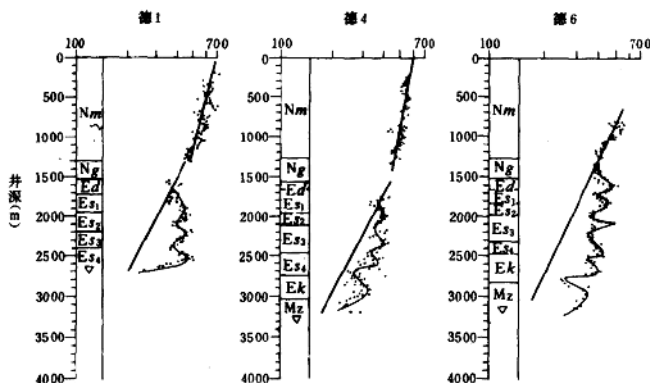


图5 德南洼陷泥岩的欠压实特征

四、低熟油的聚集成藏特征

由于低熟源岩在埋藏较浅、较低的地温条件下形成低熟原油，而且原油的运移距离较短，因而低熟油藏往往埋深较浅，易于开发，而且受源岩分布的影响较大，常常在位置上占据靠近源岩区的圈闭。

同时，低熟油藏一般位于形成期很早、继承性较好同沉积构造或圈闭内。在某些地区，后期（低熟油生成、运移之后）形成圈闭，如果没有先前形成油藏的再分配，则很可能是空的圈闭（图6）。例如，在科威特就发现一个现象，有两个构造紧密相连，中间仅隔一个简单的向斜，而且均存在白垩系产油层，但其中一个构造储量很大，另外一个构造仅发现水层，经过详细的研究发现，赋存油、气资源的圈闭为形成期较早的同沉积构造圈闭（Wilson, 1990）。

低熟油气藏的另外一个显著特征就是具有高孔隙度和高渗透率。这一方面是由于低熟油、气的生成和运移发生在浅埋藏压实作用不剧烈、储层孔渗较好的阶段。另外一个方面，由于低熟油的热演化阶段较

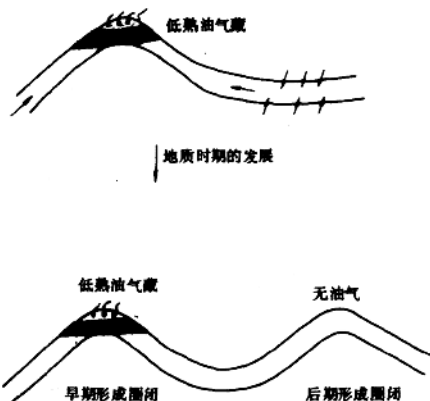


图6 低熟油气赋存在形成期较早同沉积构造模型

低,并有一定量的有机酸对储层进行溶蚀,而且一旦储层被油、气所聚集,将会抑制储层的进一步成岩作用。这类低熟油藏的分布特征将会进一步影响到石油的开采。以我国的辽河油田重质油为例,经研究发现,辽河油田的重油至少可分为二类:一类为成熟油,经过相对较长距离的运移,后来受生物降解作用的影响,形成重质原油;另外一类为低熟重质原油。低熟重质原油占据圈闭的高孔渗带,可以采用气驱,采油效率较高,而成熟原油进入圈闭后经水洗、生物降解作用,气驱效率较低,甚至难以开采 (Lu Songnian *et al.*, 1990)。

以上仅是笔者根据几年来的工作,对低熟油含油体系中的几个问题进行的初步剖析,且尚待今后工作进一步深化。另外,有关低熟油研究中还有两个有意义的观点值得重视。一是低熟油的生成和成藏是相当普遍和常见的,即目前石油勘探中发现许多成熟原油可能系低熟油进入储层后进一步熟化而形成。目前的石油勘探证实确有这类油气资源的存在,但对于这类油气资源与源岩成熟后进入油藏形成的成熟原油的重要性区分尚需进一步研究。另外有些学者认为某些低熟油可能系低熟油和成熟原油的混合,或是由于成熟原油排经过低熟源岩层并“萃取”了低熟源岩的可溶有机质,造成某些分子地球化学指标较低的假象。但目前国内业已发现的低熟油气资源的地质-地球化学研究表明与这类成因机制无关。

结 论

低熟油含油系统与正常的成熟油含油系统既有一定的共性,又有一定的差异。

(1) 低熟油由于仅是有机质生烃的一部分,因而形成低熟油藏要求源岩的有机质丰度较高。

(2) 形成低熟油藏要求源岩有一定的沉积环境和生源母质。低熟油的源岩按水介质条件可分为淡水湖相、沼泽相、半咸水-咸水湖相。目前国内发现的低熟油以赋存在半咸水-咸水沉积体系居多。

(3) 总体来说,低熟油的排烃较为有利,源岩中存在流体压差仍是低熟油运移的主要动力之一;而且低熟油的运移距离普遍较短。

(4) 低熟油的聚集成藏特征为普遍赋存在高孔渗、继承性较好的同沉积构造圈闭中,而且在位置上常常靠近源岩区。

主要参考文献

- 侯读杰、王铁冠, 1993, 中国陆相沉积中的低熟油气资源, 石油勘探与开发, 20(6), 38~45。
侯读杰、林壬子、王培荣, 1991, 烃源岩排烃的模拟实验研究, 新疆石油地质, 12(4), 307~315。
黄第藩、李晋超, 1987, 陆相沉积中的未熟石油及其意义, 石油学报, 8(1), 1~9。
周光甲等, 1990, 成油藻对油气生成贡献的研究, 第四届全国有机地化会议论文集, 武汉: 中国地质大学出版社。
Magoon, L. B., 杨瑞召等译, 1992, 含油气系统研究现状和方法, 北京: 地质出版社。
Khorasani, G. K. and Michelsen J. K., 1991, Geological and laboratory evidence for early generation of large amounts of liquid hydrocarbon from suberinite and suberous components, Org. Geochem., 17(6), 849~863。
Lu Songnian, He Wei, Huang Haiping, 1990, The geochemical characteristics of heavy oil and its recovery in Liaohu basin, China, In: Advances in Organic Geochemistry 1989, Org. Geochem., 16, 437~449。
Price, L. C., 1994, Basin richness and source rock disruption—a fundamental relationship, Journal of Petroleum Geology, 17(1), 5~38。
Snowdon, L. R. and Powell, T. G., 1982, Immature oil and condensate-modification of hydrocarbon generation model for terrestrial organic matter, AAPG, 66(6), 775~788。
Wilson, H. H., 1990, The case for early generation and accumulation of oil, Journal of Petroleum Geology, 13(2), 127~156。

中国大陆相沉积中的低熟油气资源

侯读杰 王铁冠

低熟油气是我国的一种重要油气资源,在我国陆相沉积,尤其是东部第三系盆地中较为富集。原油的类型包括重质原油、蜡质原油、正常原油、轻质原油等。低熟油气的总馏分中常含有较多的生物标志物,成熟度参数 C_{29} 甾烷 $20S/(20S+20R)$ 常小于0.4。其生烃组分有树脂体、木栓质体、一些种类藻类以及经细菌改造的有机质。本文对低熟油的成因与生烃机制进行了探讨。

低熟油气主要指有机质在早期演化阶段 ($R_o=0.3\%\sim 0.6\%$),发生低温化学反应形成的液态和气态烃类。

传统的干酪根晚期成油学说认为,干酪根在达到一定的成熟度 ($R_o>0.5\%$),即生油岩埋深超过了成油门限深度后,才可能大量生成烃类。然而,随着石油勘探程度的提高,人们发现某些凹陷计算的剩余资源量小于目前已探明的控制储量,出现了资源评价方法上的“危机”(周光甲,1992)。同时还发现了许多浅于生油门限或在生油门限附近生成的石油(统称为低熟原油),这说明用干酪根晚期成油学说,已难以概括全部油气生成历史。

一、国内低熟油的研究现状

低熟油气的研究始于60年代末期,首先在加拿大的波蒙特—马更些三角洲盆地(Beaufort-Mackenzie Basin)白垩纪—第三纪地层中发现了商业性的环烷基原油、凝析油和天然气。Snowdon 和 Powell (1982)证实这些油气属于低成熟油气。加拿大、美国、澳大利亚、印度尼西亚、西班牙等国相继发现了低熟油气资源。我国低熟油气研究工作主要始于80年代。史继扬(1982)对胜利油田原油的生物标志化合物进行研究,发现原油的甾、萜烷异构化参数较低。傅家谟(1985)报道,江汉盆地广33井原油的成熟度较低,源岩浅于该区的生油门限深度。马万怡(1986)对泌阳凹陷白云岩中产出的低熟原油的特征进行了初步的研究。黄第藩、廖前进(1986,1987)对我国渤海湾盆地济阳凹陷、苏北盆地、南襄盆地、柴达木盆地的低熟原油的特征和成烃机制进行了较为系统的分析研究。周光甲(1986,1989)以济阳凹陷的低熟原油研究为例,对陆相断陷盆地中低熟原油的油藏类型和成因进行了分析和探讨。进行此项研究的还有王屿涛(1989)、黄飞等(1990)、江继纲(1991)、王铁冠等(1992)、李茂芬等(1992)以及廖前进、田克勤等(1992),他们均对低熟原油特征和成因进行了研究。从文献报道来看,低熟油气是我国陆相沉积中的一种重要油气资源。对此进行研究的重要性已日益被人们所认识。

二、低熟油气分布的地质特征

低熟油气在我国陆相地层中分布较广,从东部的渤海湾盆地、江汉盆地、南襄盆地,到