

“八五”国家重点攻关项目
国家自然科学基金
30届国际地质大会出版基金

联合资助

成油体系分析与模拟



费 琪 等编著

中国地质大学出版社

124402
P618.130M
040

“八五”国家重点攻关项目
 国家自然科学基金 联合资助
 30届国际地质大会出版基金

SY12/22

成油体系分析与模拟

费 琪 范士芝 梅廉夫 陈开远 张二华
 马立祥 郝 芳 杨香华 陈红汉等 编著



石油0108713

中国地质大学出版社

内 容 简 介

油气的生、储、盖、运、聚、保是在地质历史中演化的复杂系统,这也是石油地质学家长期研究的对象。成油体系分析就是在上述研究的基础上,从整体、动态、多学科交叉渗透的角度进行定性、定量甚至三维空间上的定位分析。其侧重点是研究圈闭形成过程与油气运、聚过程的时、空配置关系,最终落实到油气的工业聚集规律上。本书系统地总结了成油体系的基本理论和研究方法,为油气勘探提供了新的思路和手段。

全书共分5篇25章,第一篇总论,对成油体系的定义、分类、实用实例及国内外研究现状作了扼要的介绍;第二篇成油体系中的油源分析,包括板块构造、沉积建造分析,古气候、古环境、古洋流与油气分布规律,以及源岩的发育、演化和评价等;第三篇成油体系的储盖条件分析,包括油气储集岩、高分辨率层序地层学、盖层及圈闭等;第四篇圈闭形成过程分析及油气生、运、聚过程分析,包括沉积盆地压力仓分析、成岩演化、应力场分析、古构造演化及从源岩到圈闭、油气运移的地表地球化学显示等;最后一篇成油体系模拟,包括盆地沉降和构造沉降、地热史定量分析、生烃、排烃史模拟与油气资源评价,流体势分析与油气运移、聚集以及成油体系综合模拟等。

本书可供石油地质及油气勘探的专业工作者参考,也可作为石油地质及石油开发工程专业的师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

成油体系分析与模拟/费琪等编著. —武汉:中国地质大学出版社,1997. 10

ISBN 7-5625-1254-X

I. 成…

II. 费…

III. ①分析-模拟-成油体系

IV. P618

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 熊华珍

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 19.875 字数 509千字

1997年10月第1版 1997年10月第1次印刷 印数 1—500册

定价: 28.00 元

前 言

成油体系的概念早在 60~70 年代就已提出,但在 70 年代初期大多数地质学家已对圈闭和储层的概念较为熟悉,而对盖层和源岩却还知之甚少。1972 年 AAPG 年会上美国俄克拉荷马州图尔萨大学的 Jim Momper 和阿莫科研究实验室 Wallace G. Dow 共同组织了“新概念:石油的成因、运移和捕集”专题研讨会,并在会上分别宣读了“威利斯顿盆地石油类型的特征”以及“油源对比在威利斯顿盆地勘探中的应用”等文章。他们将地球化学资料与完整的地质框架相结合的方法,构成成油体系概念的基础。以后,Perrodon、Masse、Demaison、Meissner 和 Ulmishek 等又进一步发展了这些概念。Magoon 于 1987 年首先提出,鉴定成油体系的几个要素包括:生油岩、运移途径、储集岩、盖层和圈闭,并强调指出,这些要素合适的时、空配置,才有可能形成石油的矿床。1989 年 Magoon 对成油体系给出严格的定义及分类,并介绍了成油体系分析与沉积盆地分析、区带评价和圈闭评价的区别。1994 年 Magoon 和 Dow 正式编写了“成油体系——从源岩到圈闭”的 AAPG 专集。他们研究成油体系的方法主要建立在地球化学与石油地质相结合的基础上,目的是减少风险,提高勘探的成功率。

随着世界范围内成油体系研究的广泛开展,我国相继对此作了一定的研究。由于对 petroleum system 这个术语理解不同,因此出现了不同的译名和不同的解释。比较多的用法是含油气系统或石油系统。海洋石油总公司曾在 1994 年 9 月召开了“石油体系应用学术研讨会”、中国石油总公司也召开了类似的讨论会。显然 petroleum system 这个概念已引起国内外更多的石油地质勘探学家的关注和重视。为了进一步加深研究,更好地应用于勘探实践,笔者以 Magoon 和 Dow 于 1994 年出版的专集为基础,首先简要介绍了 Magoon 等关于成油体系的概念、定义分类及其应用实例,再根据笔者对成油体系的理解以及多年积累的理论和实践知识,增加了构造分析、盆地压力场、地表地球化学显示以及盆地模拟等方面的内容,更系统地突出动态过程研究,从而撰写成本书,以期对成油体系的概念、研究方法及其发展与应用前景,能有较好的了解和认识,并能在更适合我国实际的油气勘探、评价和预测新的油气有利区带、提高勘探效益、降低风险等方面发挥更大的作用。

成油体系分析的含义,不是将早为人们所熟知的石油地质的基本方法简单地归纳或重复,而是将油气的生、储、盖、运、聚、保的研究提高到一个新的高度,从整体、动态、多学科交叉渗透的角度进行定性、定量甚至三维空间上的定位分析。它不仅涉及到一些石油地质的基本理论问题,而且还需在研究方法技术上不断深化。它将石油地质中的 4 个基本要素与圈闭形成及油气运移 2 个作用过程紧密地联系在一起,寻找出其间在时空配置上的内在联系。在研究中引进了板块构造环境、古气候、古洋流、构造应力场、高分辨率层序地层学、速度-岩性分析、成岩过程动力学、古构造演化、流体动力学、压力封闭仓、有效圈闭、盆地模拟、地表地球化学显示以及油气检测等新理论、新思路、新技术与新手段。成油体系分析的核心是油气从源岩到圈闭,也就是强调了两个作用过程的分析,最终落实到油气的工业聚集规律。因而对成油体系的研究不仅在理论上具有深远的意义,而且在生产实践方面也具重要的指导作用。

全书共分 5 篇,25 章,第一、二、四、五、六、十一、十二、十七、十八、十九章及前言、结束语由费琪编写,第三章及第八章由马立祥编写,第七章由郝芳编写,第九、十三章及第八章中层序地层学部分由陈开远编写,第十章由张二华编写,第十四、十六章由梅廉夫编写,第十五章第一节由陈红汉编写,第十五章第二节至第六节由杨香华编写,第二十章至第二十五章由范土芝编

写,全书由费琪统一定稿。

先后参加与本书有关的研究工作的还有郭守国、何斌、邓新华、吴时国、焦博、张光学、吴世祥、吴克强、阮天健、祁士华、董勇、程建萍、陈静中、柳建华、杜宁平、云露、陶维祥等。

本书的编写是在笔者多年科研工作的基础上撰写而成的。在 20 多年的生产实践中,我们得到中南石油地质局、江汉石油管理局、胜利石油管理局、大庆石油管理局、长庆石油管理局、玉门石油管理局、河南石油管理局、西北石油地质局、辽河石油管理局、渤海海洋石油公司及海洋石油研究中心、南海西部石油公司等领导及同行专家的指导和帮助。我校石油系、地球物理系、地球化学系、计算机系、数理系、地质系有关师生给予了大力协助。借此机会向他们致以衷心的感谢。

本项研究主要在国家重点科技攻关 85-102 项目经费支持下进行的,部分研究得到国家自然科学基金的资助。本书出版过程,也得到中国地质大学(武汉)学术著作出版基金的部分资助,本稿中的部分图件由张咏梅、文莉莉、徐晓玲等清绘,闻立峰、张晓红、陈晓君等同志在书稿的编辑、排版等过程中,付出了辛勤的劳动,在此一并致谢。

成油体系分析与模拟是石油地质勘察中一个极其复杂的系统工程,它涵盖了石油地质的各个领域,由于笔者水平所限,对许多问题研究的深度尚欠不足,甚至某些部分也可能理解有误,恳请读者批评指正。

目 录

第一篇 总 论

第一章 成油体系	(1)
第一节 成油体系概念的提出	(1)
第二节 成油体系的定义、级别与命名	(2)
第三节 成油体系的特征和范围	(2)
第四节 应用实例	(4)
第二章 成油体系的分类	(8)
第一节 以沉积盆地动力学为依据的分类	(8)
第二节 以生油洼陷热动力学为依据的分类	(9)
第三节 以沉积盆地中流体动力学为依据的分类	(11)
第三章 成油体系研究实例	(14)
第一节 犹他盆地湖相沉积体系	(16)
第二节 生油岩	(18)
第三节 储集岩	(19)
第四节 热成熟度史	(21)
第五节 流体压力梯度	(24)
第六节 石油	(25)
第七节 天然气	(25)
第八节 成油体系事件	(26)
第四章 国内研究现状及发展前景	(27)
第一节 成油体系研究的历史	(27)
第二节 成油体系的应用	(29)
第三节 讨论	(30)

第二篇 成油体系中的油源分析

第五章 大地构造环境与沉积建造分析	(33)
第一节 含油气盆地的大地构造环境	(33)
第二节 沉积建造分析	(34)
第三节 古构造环境、沉积建造演化与海相油气前景	(36)
第六章 板块构造、有机物类型与油气分布规律	(44)
第一节 有机物类型与古气候、古地理环境	(44)
第二节 板块构造部位与有机物类型	(45)
第三节 油气分布规律	(48)

第四节 洋流涌升带与海相生油岩的预测	(51)
第七章 源岩的发育、演化和评价	(55)
第一节 源岩的发育	(55)
第二节 有机质的热演化和油气生成	(59)
第三节 源岩发育特征对油气组成和性质的控制和影响	(63)
第四节 源岩的评价	(64)
第三篇 成油体系中的储盖条件分析	
第八章 油气储集岩	(70)
第一节 碎屑岩储集层的成因类型	(70)
第二节 碎屑岩层序地层学	(78)
第三节 碎屑岩的成岩作用	(85)
第四节 碳酸盐岩储集岩	(87)
第九章 高分辨率层序地层学	(92)
第一节 层序地层学与高分辨率层序地层学	(92)
第二节 高分辨率层序地层学的两个基本概念	(93)
第三节 基准面变化在高分辨率层序地层学中的应用	(97)
第四节 伽马能谱测井中的准层序与高分辨率层序地层学	(100)
第十章 速度-岩性分析	(104)
第一节 速度-岩性分析的理论基础及技术方案	(104)
第二节 速度-岩性分析的数据处理	(107)
第三节 应用效果	(111)
第十一章 封盖条件	(114)
第一节 盖层的微观性质	(114)
第二节 盖层的宏观性质	(115)
第三节 区域性封闭层	(116)
第四节 断层封闭性	(119)
第十二章 圈闭类型	(122)
第一节 构造圈闭	(122)
第二节 地层岩性圈闭	(124)
第三节 古地貌圈闭	(126)
第四节 水动力圈闭	(127)
第五节 复合圈闭	(128)
第十三章 层间速度差分析在圈闭评价中的应用	(130)
第一节 地震油气检测及层间速度差分析方法简述	(130)
第二节 层间速度差分析应用方法	(134)
第三节 DIVA 在已知油田开发区的应用试验	(136)
第四节 DIVA 方法在勘探新区的油气检测中的应用	(138)
第五节 DIVA 平面异常的应用	(144)
第六节 DIVA 应用前景	(147)

第四篇 圈闭形成过程分析及油气生、运、聚过程分析

第十四章 沉积盆地压力仓分析	(149)
第一节 压力仓及其形成机制	(150)
第二节 压力仓的模拟	(152)
第三节 松辽盆地压力仓与层间断裂系统分析	(155)
第十五章 成岩作用与成岩演化	(161)
第一节 石油地质动力学与成岩过程动力学	(161)
第二节 成岩作用的研究思路	(164)
第三节 沉积物的组成与结构分析	(165)
第四节 成岩作用的历史过程分析	(167)
第五节 成岩作用类型、演化序列与储层评价	(174)
第六节 成岩作用研究与成岩圈闭	(177)
第十六章 含油气盆地构造应力场分析	(179)
第一节 盆地的基本应力状态	(179)
第二节 系统分析的基本思想	(181)
第三节 地质模型和数学-力学模型	(182)
第四节 构造运动特征分析	(183)
第五节 构造应力场分析	(189)
第六节 构造作用对油气生成、运移、聚集的影响	(192)
第十七章 古构造演化实例分析	(194)
第一节 地层剥蚀厚度的估算	(194)
第二节 区域构造分析	(197)
第三节 构造隆升与剥蚀	(202)
第四节 古构造演化与油气有利聚集部位	(207)
第十八章 从源岩到圈闭	(213)
第一节 沉积盆地中的压力分隔现象	(213)
第二节 从源岩到圈闭的运移过程分析	(218)
第三节 油气聚集过程分析	(221)
第四节 油气运、聚模式	(224)
第十九章 油气运移的地表地球化学显示	(232)
第一节 油气运移的直接证据——地表油气苗	(232)
第二节 微油气苗	(233)
第三节 成油体系分析在地表化探中的应用	(237)
第四节 从油源到圈闭的地表地球化学显示	(241)

第五篇 成油体系模拟

第二十章 成油体系模拟概论	(249)
第二十一章 盆地沉降和构造沉降定量分析	(251)
第一节 盆地沉降类型及机理简述	(251)

第二节	盆地沉降和构造沉降分析的主要数学模型·····	(254)
第三节	回剥技术及其基本原理·····	(255)
第四节	盆地沉降和构造沉降历史分析模拟基本结构·····	(258)
第五节	盆地沉降和构造沉降历史模拟应用分析·····	(259)
第二十二章	地热史定量分析·····	(265)
第一节	概述·····	(265)
第二节	地球动力学法·····	(265)
第三节	热化学动力学和地球动力学结合法·····	(267)
第二十三章	生烃、排烃史模拟与油气资源评价·····	(269)
第一节	成烃历史模拟·····	(269)
第二节	排烃定量模拟·····	(278)
第三节	油气资源定量评价·····	(281)
第二十四章	流体势分析与油气运移聚集·····	(283)
第一节	流体势分析系统(FPAS)的基本原理和工作框架·····	(283)
第二节	流体势的地下分布模式·····	(285)
第三节	地下流体流动系统模式与油气运移、聚集关系·····	(288)
第四节	流体势平面切片分布与油气运移聚集关系·····	(289)
第五节	有利油气远景预测评价·····	(290)
第二十五章	成油体系综合模拟分析·····	(291)
第一节	成油体系综合模拟系统格架·····	(291)
第二节	模拟系统的应用分析·····	(292)
结束语	·····	(299)
主要参考文献	·····	(300)

第一篇

总 论

成油体系分析是在盆地分析的基础上,进一步研究含油气盆地中油气的生、储、盖、运、聚、保的时空配置关系及其演化规律,将它们作为一个统一的整体,而不是孤立地进行单项研究。一个成油体系包括正在生油的生油洼陷,所有与其有关的油气聚集或显示,以及形成油气聚集所必需的地质要素及作用过程。

第一章 成油体系

第一节 成油体系概念的提出

近年来,成油体系的研究在西方文献中又形成一个新的热点。“petroleum system”这个术语,不同人赋予不同的定义或译名。有的称之为“石油系统”,有的定为“含油气系统”或“成油系统”,也有的译成“石油体系”等等。早在1972年AAPG年会中Dow提出了“oil system”的概念,他以油-源相关性为基础,认为每个石油系统中包含一套生油岩和一群储集岩,被蒸发盐岩封闭而与其他石油系统分隔。Perrodon(1980)首先应用了“petroleum system”这个术语,以后又与Masse(1984)将其写成文章的标题。文章中提出:“一个含油区是各种地质事件在空间和时间上组织、配置的最终结果,这样可称作石油系统”。同年Meissner等提出“petroleum machine”,将这种系统描绘为一种“石油机”。Ulmishek(1986)把“油气的生成、聚集和保存过程,基本上是独立的,与外围无关”称作“独立的含油系统”(IPS)。Magoon(1987)将生油岩、运移途径、储集岩、封盖和圈闭称之为成油体系的组成要素,并强调其间的时空关系。1988年他又进一步作如下的阐述:“成油体系强调了一个特定生油岩和油气聚集之间的成因关系;盆地研究强调构造凹陷及其中的沉积岩,并不考虑与石油矿产的关系;靶区则强调了在现有技术条件下,是否能发现已存的这些圈闭”。1991年AAPG年会上,Magoon宣读了“成油体系——从源岩到圈闭”的论文,他将沉积盆地、成油体系、勘探靶区及可供钻探的探区,看作石油调查中的不同阶段,每个阶段都强调了勘探。例如,“沉积盆地——主要研究地层层序和构造样式;成油体系——研究生油岩和油气聚集中的成因关系;勘探靶区——一系列圈闭中的地质相似性(一般译作成藏组合或区带);可供钻探的探区——指单个的圈闭”。上述这些术语,除了“成油体系”外其他均已被石油地质学家们广泛地采用。随着“成油体系”或“含油气系统”概念的不断完善,笔者认为将“petroleum

system”译成“成油体系”更为确切。由于“system”这个词在中文中既可译成“系统”也可译成“体系”。一般来说，同类事物按一定的关系组成的整体，可称“系统”。如果这些有关事物互相联系而构成一个具成生联系的整体，则可称之为“体系”。“petroleum”是个普通名词：石油、原油均可。而在上述文章中，不是简单地用于生油岩中生成的石油，而是强调了进入圈闭的石油。“含油气系统”可以作为泛指术语，而“成油体系”则突出了石油成矿过程所需条件的时空配置关系，可能在油气勘探中更具实践意义。

第二节 成油体系的定义、级别与命名

Magoon 和 Dow (1994) 在《Petroleum System—from Source to Trap》一书中对成油体系的概念、鉴定特征、研究方法及其应用作了系统的总结。将其定义为：“一个自然的体系，其中包含有活跃的生油洼陷、所有与其有关的油气、以及形成油气聚集所必需的地质要素及作用”。“活跃生油岩”——指正在生成油气的大团、相互接触的有机物质。这种曾经活跃的生油岩，也许现在已不再活跃或已消耗殆尽。“基本要素”——包括生油岩、储集岩、封盖岩及上覆岩层。“作用”——就是圈闭的形成和石油的生成-运移-聚集过程。无论什么地方只要有成油体系就必定有上述的基本要素和作用过程。它们必须在时间和空间上及时出现，以致使生油岩中的有机物能转换成油气。

根据生油洼陷生油并聚集的把握性，可将成油体系分成 3 个级别：已知成油体系、假定成油体系与推测成油体系。已知的成油体系——在活跃的生油岩与油气聚集之间，地球化学匹配很好；假定的成油体系——地球化学信息证实生油岩的存在，但在生油岩与油气聚集之间并没有地球化学匹配；推测的成油体系——生油岩或油气完全都根据地质或地球物理证据来推测的。以上 3 种级别，在成油体系名称之后分别以 (!)、(.) 和 (?) 表示。

成油体系的命名，首先包括生油岩的名称，接着为主要储集岩的名称，最后以上述符号表示所确定的级别。例如：Deer - Boar (.) 代表一个假定的成油体系，其中泥盆纪 Deer 页岩为生油岩，Boar 砂岩为主要储集岩，它是成油体系中含油气量最大的储集层。

第三节 成油体系的特征和范围

成油体系具有特定的地理、地层和时间范围。图 1-1 是 Deer - Boar (.) 成油体系的埋藏史，图中表示了某个位置的临界时刻、年代和基本要素。临界时刻是指成油体系中大部分油气生成-运移-聚集的时间。图中所有岩层都是虚构的，所谓的 Deer 页岩为生油岩，Boar 砂岩为储集岩，George 页岩为封闭岩，在 Deer 页岩之上的所有岩层组成了上覆岩层。埋藏史图表中有很厚的上覆岩层，生油岩在二叠纪 260Ma 时进入生油窗，最大埋深期为 255Ma，临界时刻为 250Ma。生油、运移和聚集的时间由 260Ma 到 240Ma，这就是成油体系的年代。

成油体系在临界时刻的地理范围由一条线来圈定(图 1-2)。这条线粗略地圈定了活跃生油洼陷及所有来源于该洼陷的油气显示、油苗和油气聚集。图 1-2 为 Deer - Boar (.) 成油体系在临界时刻古生代末期的平面图，位于生油、气窗之内的为活跃生油岩，其外为未成熟的生油岩。成油体系的地理范围用粗破折线表示，其中包括活跃的生油洼陷及所有有关的已发现的油气显示。图 1-3 为横切图 1-2 的剖面图，图中表示了 Deer - Boar (.) 成油体系的

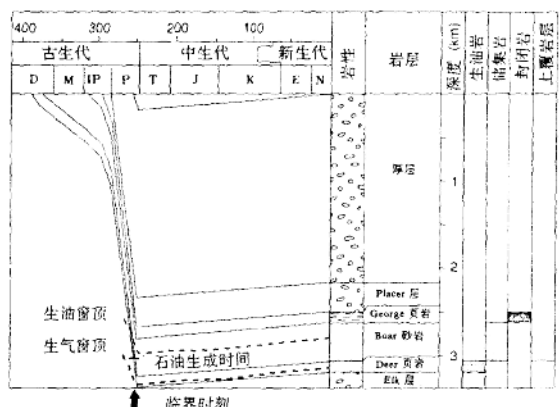


图 1-1 Deer-Boar (.) 成油体系的埋藏史
(据 Magoon and Dow, 1994)

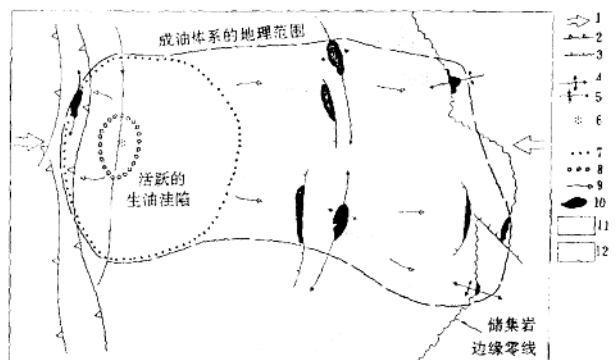


图 1-2 Deer-Boar (.) 成油体系在临界时刻 (250Ma) 的地理范围 (据 Magoon and Dow, 1994)

1. 横剖面线; 2. 逆冲带锯齿对着上盘; 3. 断层, 短齿对着下降盘; 4. 倾向背斜; 5. 倾向向斜; 6. 埋藏史图的位置;
7. 生油窗顶; 8. 生气窗顶; 9. 油气运移方向; 10. 油气聚集; 11. 生油岩; 12. 储集岩

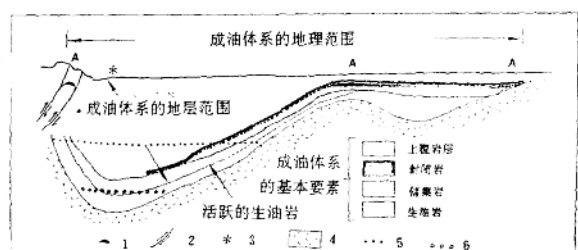
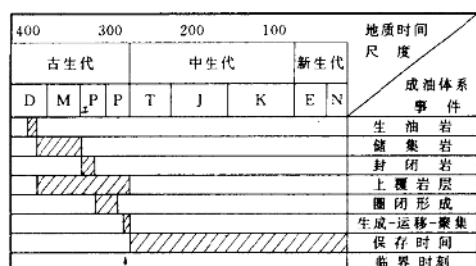


图 1-3 Deer-Boar (.) 成油体系在临界时刻 (250Ma) 的地层范围 (据 Magoon and Dow, 1994)

1. 油气聚集; 2. 褶皱和逆冲带; 箭头表示相对运动方向; 3. 埋藏史图的位置; 4. 基岩; 5. 生油窗顶; 6. 生气窗顶

表 1-1 Deer-Boar (.) 成油体系事件表

(据 Magoon and Dow, 1994)



地层范围及临界时刻的生油岩、储集岩、封闭岩及上覆岩层等基本要素。位于生油窗上倾方向的生油岩为未成熟的源岩，活跃生油岩位于生油窗的下倾部位。储集岩与封闭岩的作用很清楚，然而上覆岩层的功能却难以捉摸，因为它除了为热成熟生油岩提供必要的上覆岩层之外，它也可对下伏运移通道和圈闭的几何形态有相当大的影响。

成油体系事件表(表 1-1)，表示基本要素、作用过程及保存时间与临界时刻之间的关系。表中列出 8 种不同事件：上部 4 种事件记录了几个基本要素的地层沉积时间；下两个事件记录了成油体系发生作用的时间；圈闭形成的时间是根据地球物理资料和构造地质分析来确定；油气生成-运移-聚集或成油体系的时间是根据地层和生油地球化学的研究以及埋藏史来确定；当油气生成、运移、聚集完成之后就是保存时间，即成油体系的油气被保存、减少或破坏的时间。如果成油体系中油气的生成、运移、聚集一直延续至今，则无保存时间，可以认为大部分的石油都被保存；最后的事件是由埋藏史图表中所确定的临界时刻，也就是平面图与剖面图代表的时间。

第四节 应用实例

一、匈牙利东南 To'thomlo's - Szolnok (.) 成油体系

图 1-4 概括地表示了匈牙利东南部 To'thomlo's - Szolnok (.) 成油体系的地理范围。匈牙利东南部的几个油区属晚中新世—上新世中欧 Pannonian 盆地的一部分。中中新世早期(17~12Ma)海相生物碎屑碳酸盐(厚度>1 250m)沉积时，形成了张性的 Pannonian 盆地。前中新世基岩由前寒武纪到中生代的岩石组成。覆盖在基岩及海相碳酸盐岩之上的为一套晚中新世—上新世厚的(<4 500m) Pannonian 湖相岩石。油气及凝析油主要产自构造圈闭和复合圈闭。匈牙利东南部的部分成油体系由中—上新世生油岩和储集岩组成。具裂隙的前寒—武纪岩层也是一个重要的储层。油气生成时间开始于 6Ma，一直延续至今。

钻探深度大于 2 500m 时，岩层中具区域性超压。由于欠压实作用及来自中—上新世生油岩的活跃生油岩而引起超压。某些超压可能由于古生代碳酸盐岩基岩的变质作用产生 CO₂ 而引起。垂向裂隙和砂岩传导层，使油气从超压的生油岩运移进入基岩和中中新世储层。超压作用迫使气和油向下、向上和侧向运移。在深度浅于 2 500~1 800m 时，油气主要依靠浮力运移。

已发现的 26 个油气田，大部分属构造控制的油气聚集。这些油田具有 35.3×10⁶t 油和 66.2×10⁶m³ 气的原始储量。由于只钻了很少几口大于 5 000m 的深探井，而且对地层圈闭的勘探才刚刚开始，因而对未发现的资源还不清楚。

二、全球与上侏罗统源岩有关的成油体系

Klemme (1994) 对分布在全世界 14 个巨型的上侏罗统成油体系中的源岩特征及原油采收率进行了分析研究。表 1-2 列举了以上侏罗统为源岩的 14 个成油体系事件表。他指出世界

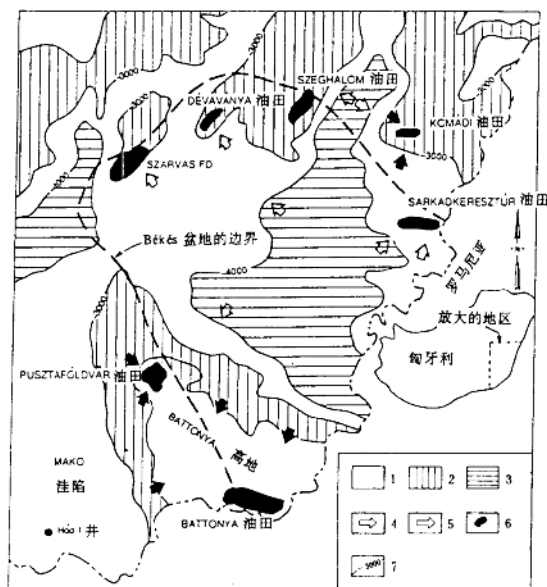
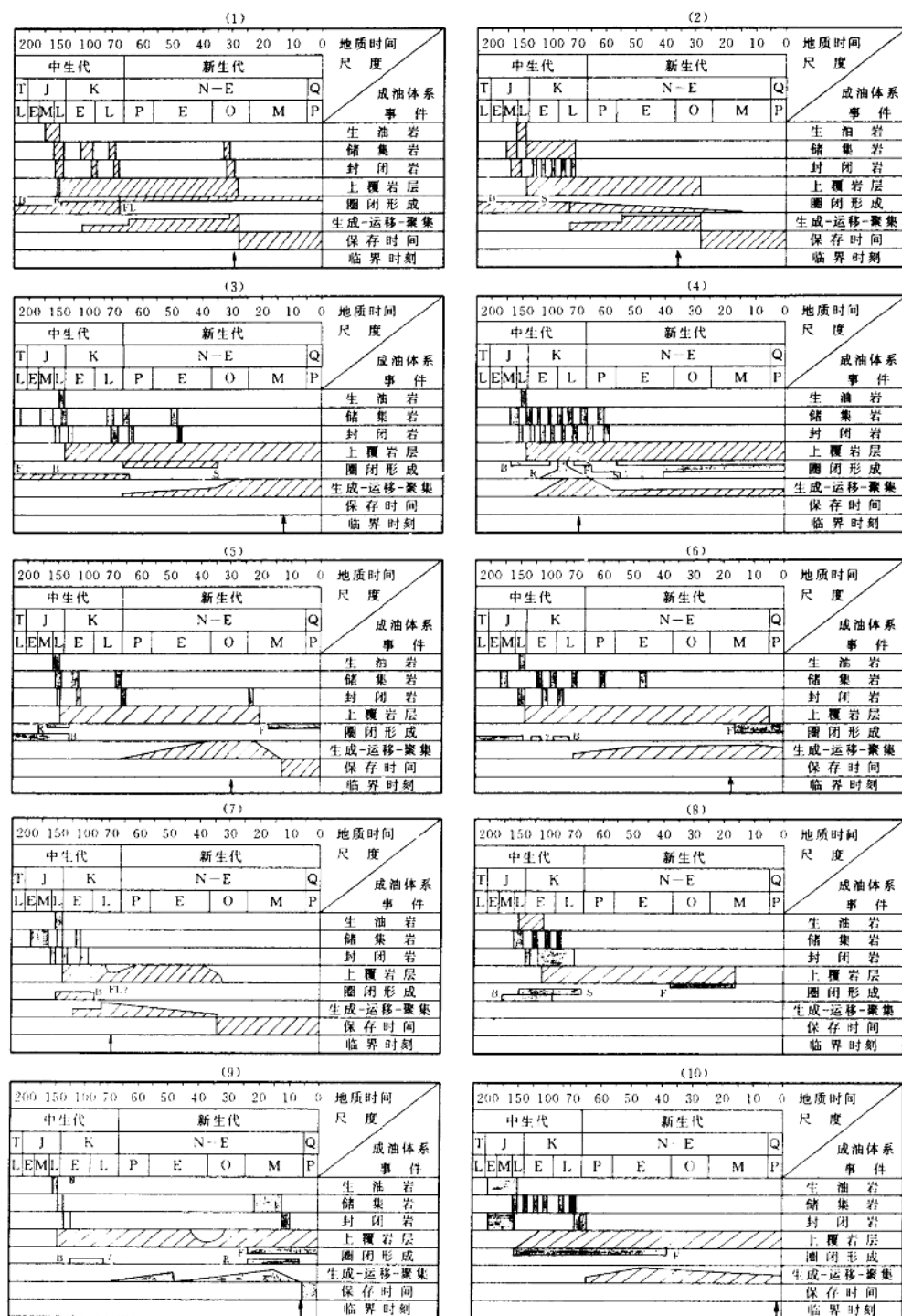


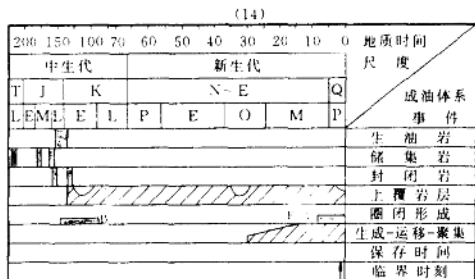
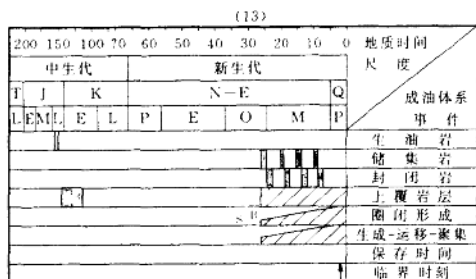
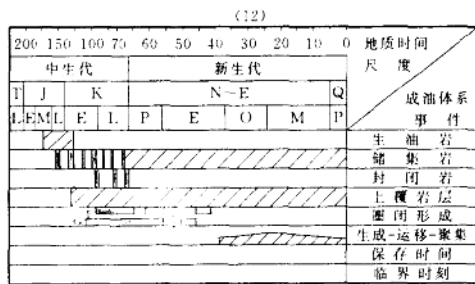
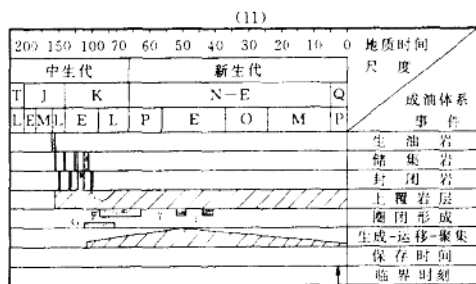
图 1-4 匈牙利东南部 To'thomlo's - Szoinok (.) 成油体系的地理范围 (据 Clayton, 1994)

1. 成熟与未成熟区过渡带; 2. 未成熟生油带; 3. 成熟生油岩带; 4. 气或凝析油的二次运移方向; 5. 油的二次运移方向; 6. 油气田; 7. 上第三系底的构造等高线 (海平面以下, 单位 m)

已发现石油的四分之一来自上侏罗统源岩。其中 80% 的可采原油来自前陆盆地、裂谷盆地或克拉通盆地, 20% 的可采原油来自离散边缘盆地。主要分布在北冈瓦纳、特提斯南缘 (阿拉伯-伊朗盆地、也门裂谷区、巴布亚盆地及澳大利亚西北陆棚)、东西伯利亚盆地、西北欧陆棚 (北海北部及挪威陆棚)、墨西哥湾及里海中部等地区。图中前 4 个超巨型的成油体系是: ① 阿拉伯-伊朗盆地的 Hanifa - Arab (!) 成油体系; ② 西西伯利亚盆地的 Bazhenov - Neocomian (!) 成油体系; ③ 西北欧陆棚区的 Kimmeridgian 热页岩 - Brent (!) 成油体系; ④ 墨西哥湾的 Smackover - Tamman (!) 成油体系。这些成油体系在活跃生油岩上的储集岩含有 80% 的可采原油。以上成油体系中有 63% 的储集岩为侏罗系, 33% 为白垩系, 3% 为第三系。碳酸盐岩占 60%, 余者为硅质碎屑砂岩。开始生油期一般在晚白垩世—第三纪 (76%) 或晚侏罗世—早白垩世 (17%), 晚第三纪生油只占 7%。大多数圈闭出现在生油期之前 (90%), 在生油期或生油后出现的圈闭各占 5%。一般来说, 这些成油体系中的采收率只有 0.10%~0.86%。据估计世界上的采收率范围大约在 4%~0.04%。伊朗盆地最南部的成熟源岩区的采收率为 2.3%。在大陆离散边缘盆地中的采收率较低。Demaision (1991) 对世界不同地区 54 个盆地中的 35 个成油体系进行了研究和成因分类。通过分类可以清晰地认识和评价不同成油体系的油气资源潜力及油气聚集规律, 以便更好地评价及优选新的勘探靶区。

表 1-2 与上侏罗系源岩有关的成油体系表 (据 Klemme, 1994)





B. 断块隆起或背斜圈闭: F. 褶皱背斜圈闭; FL. 犁形流动背斜圈闭; G. 生长背斜圈闭; R. 礁块; S. 地层圈闭
 (1) Hanifa - Arab (?) 成油体系; (2) Baxhenov - Neocomian (?) 成油体系; (3) Kimmeridgian 热页岩 - Brent (?) 成油体系; (4) Smackover - Tamman (?) 成油体系; (5) Khodzipaik - Shatlyk (?) 成油体系; (6) J³ "黑色页岩" - J³ToK² (?) 成油体系; (7) Lam - Amla'ah (?) 成油体系; (8) Vaca muerta - Sierras - Blancas (?) 成油体系; (9) Maril - Toro (?) 成油体系; (10) Qingo - Windalia (?) 成油体系; (11) Egret - Hibernia (?) 成油体系; (12) Verril Canyon - Mic Mac (?) 成油体系; (13) Obermalm - Badenian (?) 成油体系; (14) Flamingo - Plover (?) 成油体系

第二章 成油体系的分类

成油体系分类的方法很多。Magoon (1989) 根据上覆岩层的纯与不纯、储集岩性中的硅质岩与碳酸盐岩以及干酪根类型——Ⅰ、Ⅱ型和Ⅲ型的复杂性来分类。Magoon (1992) 又按生油岩的年代再分类。Demaison 和 Huizinga (1991) 根据油气的充载程度分成：超充载、正常充载和欠充载；以运移排驱样式分成垂直与侧向排驱；以及以油气捕集样式分成高阻抗与低阻抗捕集。Perrodon (1992) 将成油体系分为大陆裂谷体系、地台体系和造山体系三种模型。

第一节 以沉积盆地动力学为依据的分类

Perrodon 和 Masse (1984) 在以“成油体系”为题的文章中将成油体系定义为：一个含油区可看作是许多地质条件（在空间和时间上）有机组合的结果，这些地质事件就是成油体系。在这样一个体系中，沉降运动和伴随的各种流动的顺序，对一系列油藏的形成具有决定性的作用，如同油藏中的岩性因素和几何因素一样。文章提出了影响油气远景的地球动力学和沉积过程的序次的概念，并列举了北海、阿拉伯台地和刚果盆地等成油体系的具体实例。在沉积盆地中对于油气生成、捕集和保存起着积极和决定性作用的不只是生油岩、储集岩和封闭而是整个的沉积柱体。成油体系的形成是一系列的物理和化学转化过程（成岩作用、构造变形、压实作用等等）。各种转化影响这些沉积物并密切控制了油气的生成、集中和散失。控制这些转化甚至促使转化的重要因素是隆升和沉降运动。他强调影响这些运动产生和生长的条件，并指出它们与构造、热流和重力等少数基本的机理相一致。文章还讨论了热构造区、沉降作用、沉积速率和沉积与气候因素。研究实例包括裂谷盆地、地台盆地、被动边缘盆地和拉分盆地。Perrodon (1992) 根据沉积盆地的动力学背景将成油体系按含油气盆地的性质分为 3 种主要类型：① 大陆裂谷盆地中的大陆裂谷型成油体系（图 2-1）；② 克拉通

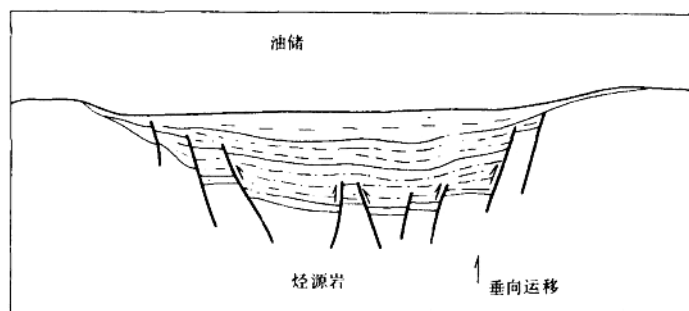


图 2-1 大陆裂谷型成油体系—具垂向运移和不同层次油储（据 Perrodon, 1992）