

# 中国海相石油地质与 叠合含油气盆地

赵文智 张光亚 何海清 王兆云 等著

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 简 介

本书从我国油气勘探未来需求的角度出发,抓住制约我国叠合盆地油气勘探的关键性科学技术问题进行了大胆探索研究;系统地总结了我国海相地层层序与叠合盆地石油地质特征和油气形成、分布的基本特征,探讨了叠合盆地中发育的复合含油气系统的特征与研究方法,提出了叠合盆地油气勘探技术选择与组合使用所应遵循的原则,初步建立了叠合盆地石油地质研究的基本思路和方法。书中还介绍了世界典型海相含油气盆地的石油地质特征与油气分布规律。可作为石油地质科技人员,油气勘探决策管理者,以及大专院校有关专业的博士、硕士研究生的参考用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

中国海相石油地质与叠合含油气盆地/赵文智等著. - 北京:地质出版社,2002.9  
ISBN 7-116-03537-0

. 中... . 赵... . 海相生油-石油天然气地质-研究-中国 叠合-含油气盆地-研究-中国 . P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2002)第037825号

ZHONGGUO HAIXIANG SHIYOU DIZHI YU DIEHE HANYOUQI PENDI

---

责任编辑:邓宏文 唐子军 王红亮 郁秀荣

责任校对:李 玫

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324557(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010)82310759

印 刷:北京中科印刷有限公司

开 本:787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>

印 张:23.25

字 数:566千字

印 数:1—1000册

版 次:2002年9月北京第一版·第一次印刷

定 价:75.00元

ISBN 7-116-03537-0/P·2255

---

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

## 序

自显生宙以来,多旋回发展的漫长地质历史形成了中国式的广泛发育的由海相-海陆过渡相古生界和陆相中、新生界叠合发育的含油气盆地。所谓叠合含油气盆地是指中、新生代主要构造运动期形成的大中型多层系叠置发育的沉积盆地,包括陆相地层及其叠置下的被改造切割的海相元古宙与古生代古老的地层构造组合。这类盆地拥有丰富的油气资源,目前勘探程度相对较低,是中国今后油气勘探最具吸引力的一类盆地。这一类型的盆地是我国今后勘探发现大油气田和新增油气储量的一个重点,而且是具有中国特色的石油地质理论升华及认识取得突破和发展的领域。无疑,对中国叠合含油气盆地的石油地质问题与特征进行阐述和总结,并依勘探阶段发展的需要,对有效的勘探技术系列进行遴选,对加快叠合含油气盆地油气资源向储量的转化将大有助益。

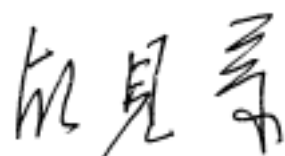
应该说,对叠合含油气盆地油气资源形成、富集与分布的认识,以及有效勘探发现油气藏的思路、技术和方法都还处在探索和发展中。也正是出于要对这种带有前沿性的理论进行探索的原因,几年以前,我在为博士研究生组织石油地质理论前沿进展的授课时,就把“海相石油地质与叠合含油气盆地”作为重要一部分,并约请以赵文智教授为首的一组年轻专家组织授课。我非常高兴地看到他们在组织授课期间不墨守成规,基于自己多年研究的积累和对中国石油地质问题的思考,在探索和深化研究中完成授课任务,并在一些方面产生了有创见性的认识和进步。最后将讲课内容系统深化和整理,以图书的方式公开出版,这种勇于探求和不断研究与积累的精神和做法很值得提倡与学习。

叠合含油气盆地最大的特殊性就是它有深层以及多套沉积层序的叠置发育过程及相应的油气藏形成与分布,不论从形成机制到过程,还是从资源的特性到勘探思路和技术,都与具有一期成藏特点的简单含油气盆地有很大的不同。另外,盆地中、新生代陆相沉积层序之下,叠置发育有海相-海陆过渡相的元古宙和古生代地层。我国海相地层层序发育时代老,在叠合盆地中分布于盖层沉积的最下部,沉积组合中碳酸盐岩所占比例偏高,经历多次构造变动与叠加改造,以及大陆边缘相沉积受陆-洋碰撞与后期盆山耦合作用过于强烈,破坏严重。因此,对海相地层层序中的油气进行勘探不能照搬一般海相盆地油气地质理论和模式,同时在对其中油气分布特征进行分析时,还要考虑叠合过程所导致的复杂性,此外在对其油气资源总量和分布进行评价及预测时将面临较大的风险。海相地层层序中油气成藏的多次调整和变动

过程，使得现今所保留下来的油气聚集很多都可能已经远离了生烃灶，到了一般“源控论”所不能知晓的地方。在叠合盆地深层，既有高温高压环境也有低温高压环境。那些因压力过大，生烃门限明显偏深，生烃“液态窗”跨度明显过大的叠合盆地，油气初次运移动力、机制与有效成藏的过程，都有很多未知的机理有待研究。另外，深层意味着成岩作用时间长、程度高，因此储层的质量明显偏差。但是在具备“早成藏”、“晚埋藏”与受表生作用和构造作用产生的储集体中，尽管它们深埋于叠合盆地的深层，但仍然存在储集油气的可能，这也与我们对叠合盆地深层石油地质条件的一般性理解不同。还应该指出的是，叠合盆地往往经受了多期构造变动的的作用，很多二级构造带不是与生烃灶同期产生的，而往往是后期叠合作用的产物。因此，构造带内部各局部构造产生的时间有差异，构造带沿走向往往可以穿越很多石油地质条件差异很大的层系或单元。因此，对叠合盆地油气聚集带进行评价需要在对盆地演化过程进行追踪的基础上，分段甚至分目标逐一进行研究。再之，由于叠合盆地的发展往往跨越了几个大的构造期，盆地背景、构造环境与热体制都发生过很大变化。不同层系中的油气生成、运聚与分布既有共性，更有特殊性。因此，由一个层系的勘探所取得的石油地质认识，不能简单地用于指导新层系的勘探和油气发现。相应地，叠合盆地中大油气田的发现随着勘探层系的转化也会有多个或呈多阶段发现。勘探技术的选择和使用也会因勘探的目的层不同和勘探阶段的不同而有不同的组合系列。总之，已有的石油地质理论(包括海相和陆相)用于指导叠合含油气盆地(其中可包含海相地层层序)油气勘探时，需要注入新的思想。而这部著作在许多较为复杂的油气藏形成机理及地质条件方面，都做了比较有意义的阐述和讨论。

赵文智教授等撰写的这部专著比较好地从我国油气勘探未来需求的角度出发，抓住制约我国叠合盆地油气勘探的关键性科学技术问题，大胆探索，研究与总结了我国海相地层层序与叠合盆地石油地质特性和油气形成分布的基本特征，探讨了叠合盆地中发育的复合含油气系统的特征与研究方法，提出了叠合盆地油气勘探技术选择与组合使用所应遵循的原则，初步建立了叠合盆地石油地质研究的基本思路和方法，是一部可读性强、有学术价值的专著，不论是对未来叠合盆地油气勘探新领域的突破，还是对热衷于该领域科学探索的石油科技工作者与在读研究生都会有所裨益。

中国工程院院士



# 前 言

经过三年多的精心准备,《中国海相石油地质与叠合含油气盆地》一书终于和读者见面了。在该书从准备到成稿的过程中,作者的几位好友都曾先后建议我们把书稿拆成《中国海相石油地质》与《叠合含油气盆地》两部分分别出版,最后我们还是坚持把两部分合在一起出版。这主要是基于两点考虑:一是海相层序一般位于我国叠合盆地盖层沉积的最底层,是叠合盆地不可缺少的重要组成部分。叠合盆地之所以能够称之为“叠合”,很重要的一条理由就是在中、新生界陆相沉积层序之下,还发育有海相沉积层序。要讨论叠合盆地的石油地质与油气资源潜力和分布的问题,离不开对海相层序石油地质问题的深刻思考、分析认识和总结。读者在阅读了该书稿之后就会发现,中国的海相沉积层序有很多石油地质条件和特征都与世界典型的海相沉积盆地不同。产生这些差异的根本原因,不在于中国海相原始沉积与世界海相沉积有多大的区别,而主要是因为后期盆地的叠合和改造,导致了一系列经典石油地质理论不能完全包容的问题。所以,研究中国海相石油地质特征不可避免地要与叠合盆地相联系。这两个看似“风马牛不相及”的石油地质内容,实际在内因互动上却有着密切的联系,这便是我们坚持把两者放在一起讨论的初衷。此外,海相沉积层序处在叠合含油气盆地盖层沉积的最底层,除少数地区(如四川盆地)外,广大地区油气勘探程度都很低,对其石油地质条件、特征与规律的认识尚处在发展中。因此,不论从可使用的资料到地质认识的深度、准确性,还是理论升华的水平,都不能说达到了系统与成熟的程度。已经思考的问题和已经总结的认识,都还是初步的和阶段性的。本专著在这个阶段发表,目的是想起到“抛砖引玉”的作用,以促进这一领域研究的进步和相关石油地质理论的发展。应该说,我国叠合盆地中的油气勘探已经有了近百年的历史,但以往的工作主要是在中、浅层进行的。在实践中总结提出的石油地质理论和认识,在应用于那些具有一期成藏特点的陆相简单含油气盆地的油气勘探实践时,还是十分行之有效的。但要应用于指导有多期生烃和成藏与变动特点的叠合含油气盆地的中、深层,尤其是海相层序的油气勘探时,就受到很大限制。主要原因是沉积盆地的叠合过程,不是数套沉积层序在剖面上简单地堆叠过程。实际上,叠合过程使深、浅层序中的油气藏形成与分布出现很大差异和变化,尤其是那些早、晚两套沉积层序之间曾发生过大规模构造变动的叠合盆地,尽管在剖面上是相互为邻的沉积层序,

但其中的油气成藏过程与油气分布特征却有很大不同。因此，由对一个层序的勘探所获得的经验和认识，不能简单地用于指导对另一个层序中油气成藏全过程的认识与勘探实践。所以，从油气资源潜力来说，叠合含油气盆地无疑是中国陆上最具勘探前景的一类盆地，是今后找油、找气和发现新储量的重点。但从油气分布来说，由于叠合盆地叠置发育的沉积层系多、演化历史长，经历的构造变动也多，因而多套烃源岩与多期构造运动相结合，再加上不同阶段盆地所处的构造背景不同，地温场也有很大变化，所以油气的生成、运移、聚集、成藏与调整改造过程也都相当复杂，油气分布也是复杂多变的。在叠合盆地中的油气勘探既要充满信心，又要有打持久战的思想。不论是从我国未来油气勘探降低风险和拓展新领域的需要，还是从深化认识以便更有效地降低成本、发现优质储量来说，对在叠合盆地中产生的石油地质问题，确实已经到了需要专门予以思考、讨论和总结的时候了。而叠合盆地石油地质的特殊性与相关的勘探技术问题，又都与海相层序相联系。想来想去，还是将二者合一，讨论和总结起来也许会更有血有肉。

将中国的海相石油地质与叠合含油气盆地作为一个整体加以阐述和讨论的另一原因，是出于对胡见义院士学术思想的尊重。应该说，这一议题最初是由胡院士提出来的。早在4年多以前，胡院士给博士研究生讲授《现代石油地质理论新进展》的课程，其中有一部分就是《中国海相石油地质与叠合含油气盆地》。我们有幸被他选中主讲这方面的内容。出于对胡院士学识的尊重，我们花了很多精力和时间，查阅了大量的国内外相关文献和资料，并结合自己以往研究的积累，尝试着对一些石油地质现象背后深层次的机制、规律与特征进行思考，后经几年的授课，不断修改、深化和完善，才终于有了今天的书稿与读者见面。如果说该书通篇尚有石油地质认识新“火花”的话，那要归功于胡院士的启迪与他对中国未来油气勘探面临关键科学问题与重点接替领域的深谋远虑。

应该说，撰写本书的目的不仅仅是对已有认识的总结、归纳和升华，更多地是想就我国海相层序与叠合含油气盆地中所存在的石油地质问题和油气形成、聚集与分布方面的特殊性加以阐述，以引来同行对这一领域相关问题的重视并能在日后投入精力，使这些领域的研究和认识都能得到深化和发展。因为叠合含油气盆地无疑是中国未来找油气的重点盆地，而海相层序又是有着良好的找油气前景且又未被充分勘探的重要接替领域。中国未来石油工业的发展，在很大程度上取决于在叠合含油气盆地的中深层和在海相层序中能否找到大中型油气田和发现大量新的油气储量。已有的勘探实践揭示，叠合盆地有很多方面的石油地质特征，已经超出了已有的经典石油地质理论的认识范围，而且中国的海相层序与世界典型的海相石油地质也有很大差异。因

此，将中国 50 年油气勘探总结形成的陆相石油地质理论和世界百余年油气勘探总结出的海相石油地质理论，用于指导中国叠合盆地的油气勘探实践时，不论是看问题的出发点、解决问题的思路，还是技术的选择与使用，都需要注入新的思想。

撰写本书的目的主要有四点：一是对到目前为止，对中国海相层序与叠合含油气盆地石油地质特征已经取得的认识与已发现的超常石油地质问题加以阐述和总结，以备今后从事相关领域油气勘探的同行参考使用；二是通过该书的面世，揭示中国海相与叠合盆地石油地质特殊性，以引来更多的同行，关注这方面的问题，并运用自己的聪明才智，创造性地回答这些问题，以使海相和叠合盆地蕴藏着的丰富油气资源早日转化为可造福我国黎民百姓的油气储量；三是强调叠合盆地的研究思路与勘探技术选择，在某种程度上都不同于以往。首先，由于叠合盆地中油气形成与成藏大多都有复杂的历史，为了客观地评价油气资源潜力，并有效地预测资源的空间分布，必须开展以过程重建和恢复为主导的综合研究。要在油气成藏要素与作用过程确实存在时、空匹配关系的界面上，研究来自生烃灶的油气究竟去了什么地方，在什么部位有最多、最好的富集。并以此为起点，采取“顺藤摸瓜”的方式，一步一步追踪落实到油气现今所在的部位为止。其次是叠合盆地油气勘探技术的应用具有层次性和选择性。在不同的勘探阶段，应根据要落实和完成的主要任务，选择不同的勘探技术。勘探技术的选择和应用应力求以技术组合取胜，不仅可以达到多项技术相互检验和印证的目的，而且要达到“1 + 1 大于 2”的功效，使认识节奏加快，勘探效益提高。需要特别强调的是，叠合盆地中的石油地质综合研究与勘探技术应用决不追求多求全，而是依需求，有选项，详略搭配，力求综合出高效。最后，将该书公开出版，也是想给博士研究生提供一本课外参考书，也许能省去他们在听课时既听又记的劳顿。

本书第一章为总论，拟利用有限空间把本书编写宗旨、我国海相与世界海相石油地质的异同点、陆相石油地质理论产生过程、核心要点及其在应用于海相和叠合盆地油气勘探时的局限性以及叠合盆地的概念、特征与应用技术作一粗线条的勾绘，以便读者在进入各章节更详细的阅读之前，能对该书全貌有一个整体了解；该书的第二至四章重点介绍海相石油地质一般特征、世界典型海相盆地石油地质特征与中国海相石油地质特殊性，目的是想从与共性特征的比较中，清晰了解我国海相层序的石油地质问题并能客观地选择勘探对策。最近几年，国内外研究有越来越多的证据显示，在高压环境下，有机质生烃演化历史有些偏离蒂索已经总结的经典模式，而且高压环境给烃类的运移和成藏也带来一系列重要作用。为此，本书用第五章的篇幅就相关问题专门进行讨论和阐述，以期把这方面的研究引向系统和深入。书的最后

就叠合盆地基本石油地质特征、所包含的含油气系统特征与研究方法，以及叠合盆地勘探技术选择与组合应用的意义及注意点给予了特别强调，希望对未来叠合盆地的油气勘探工作有所帮助。与总论相呼应，第六章是整个书稿的综合性收尾。

本书的学术思想、基本构架与各章节阐述内容由赵文智筹划提出。前言和第六章由赵文智撰写；第一章由赵文智、池英柳撰写；第二章、第五章由何海清、王兆云撰写；第三章、第四章由张光亚撰写。最后全书由赵文智和张光亚统一定稿。

本书在写作过程中，始终得到胡见义院士的支持和帮助，胡见义院士并在百忙之中为本书作序，在此，表示衷心的感谢。

本书完成写作和出版历经两年多的时间。为写好本书，我们做了很大努力，但书中仍会有不完善之处，希望得到读者的批评指正。

# 目 录

序	
前 言	
第一章 总 论	(1)
第一节 海、陆相盆地油气资源分布的控制因素	(2)
一、中国大陆海水退出较早, 造成陆相盆地比世界上其他大陆更为发育	(3)
二、中国海相盆地时代古老, 油气散失量相对较大	(4)
三、古生界勘探难度较大, 认识程度较低, 可能低估了油气资源潜力	(5)
第二节 中国陆相石油地质学理论的产生与发展	(7)
一、油气勘探认识与实践过程推动了中国陆相石油地质学理论的发展	(7)
二、陆相石油地质学理论在与海相石油地质学理论比较中产生和日臻完善	(15)
三、当代中国陆相石油地质学理论的主要进展	(19)
第三节 中国海相石油地质研究进展及面临的主要挑战	(21)
一、海相烃源岩生烃条件评价研究	(23)
二、碳酸盐岩储层特征与有效储层的预测	(28)
三、海相油气藏分布规律	(38)
四、盆地叠加改造增加了海相油气勘探和研究的难度	(41)
第四节 叠合含油气盆地与油气勘探意义	(45)
一、叠合盆地的概念	(45)
二、中国叠合含油气盆地类型	(46)
三、叠合盆地的油气分布	(53)
四、叠合盆地的油气资源潜力	(59)
第二章 海相石油地质基本特征	(62)
第一节 海相烃源岩类型和特征	(62)
一、海相烃源岩沉积环境	(64)
二、海相烃源岩有机质丰度	(73)
三、海相烃源岩有机质类型	(78)
四、海相烃源岩生烃演化特征	(78)
第二节 海相碳酸盐岩储层特征	(83)
一、碳酸盐岩储层沉积环境	(84)
二、碳酸盐岩储层特征	(92)
三、碳酸盐岩储层的成岩作用特征	(99)
四、碳酸盐岩储层物性的控制因素	(102)
第三节 海相油气运聚成藏的基本特征	(116)

一、广泛分布的优质烃源岩是海相地层中油气富集的物质基础 .....	(116)
二、海相富油气盆地具有典型的“三元结构”式的有利生储盖组合 .....	(117)
三、广泛分布的区域和局部优质盖层是海相油气富集的重要因素 .....	(118)
四、发育大型圈闭是海相盆地油气富集的重要条件 .....	(120)
五、海相盆地演化的长期性和阶段性决定其具有多期成藏特点 .....	(121)
六、海相油气的运移聚集方式和途径与陆相的有明显差异 .....	(122)
<b>第三章 世界典型海相含油气盆地石油地质特征与油气分布 .....</b>	<b>(125)</b>
<b>第一节 世界海相含油气盆地的基本类型与演化特征 .....</b>	<b>(125)</b>
一、海相沉积盆地基本类型 .....	(125)
二、主要海相含油气盆地演化特征 .....	(130)
<b>第二节 世界海相克拉通盆地石油地质特征 .....</b>	<b>(134)</b>
一、克拉通盆地的含义与类型 .....	(134)
二、克拉通盆地基本地质特征 .....	(135)
三、克拉通盆地石油地质特征 .....	(143)
四、克拉通盆地油气分布规律 .....	(157)
<b>第三节 海相前陆盆地石油地质特征 .....</b>	<b>(158)</b>
一、前陆盆地的形成演化 .....	(159)
二、前陆盆地的烃源岩 .....	(163)
三、前陆盆地的储集岩 .....	(167)
四、前陆盆地的构造与圈闭 .....	(168)
五、油气聚集与保存 .....	(170)
六、前陆盆地大油气田形成条件及与中国前陆盆地的对比 .....	(172)
<b>第四节 海相大油气田形成条件 .....</b>	<b>(173)</b>
一、油气赋存的主要层系 .....	(173)
二、大油气田的区域性分布及其与盆地类型的关系 .....	(175)
三、烃源岩发育的主要层系 .....	(175)
四、储层的主要类型 .....	(178)
五、圈闭条件 .....	(180)
六、海相大油气田形成条件——以阿拉伯-波斯湾盆地油气富集条件剖析为例 .....	(181)
<b>第四章 中国海相含油气盆地与石油地质特征 .....</b>	<b>(182)</b>
<b>第一节 中国板块构造格局与盆地演化 .....</b>	<b>(182)</b>
一、中国板块构造格局 .....	(182)
二、中国板块构造演化 .....	(185)
<b>第二节 中国海相沉积盆地原型 .....</b>	<b>(188)</b>
一、早古生代(包括震旦纪)海相原型盆地 .....	(188)
二、晚古生代(含早、中三叠世)海相原型盆地 .....	(194)
<b>第三节 中国海相盆地的叠加和改造 .....</b>	<b>(196)</b>
一、塔里木海相克拉通盆地的叠加与改造 .....	(197)
二、华北海相克拉通盆地的叠加与改造 .....	(199)

三、扬子海相克拉通盆地的叠加与改造 .....	(201)
第四节 中国海相含油气盆地基本石油地质特征 .....	(204)
一、海相烃源岩的形成环境 .....	(204)
二、海相烃源岩的基本特征与演化 .....	(207)
三、海相碳酸盐岩储层基本特征 .....	(209)
四、盖层条件 .....	(211)
五、古隆起区与油气聚集 .....	(212)
六、地层、岩性及复合型圈闭是主要圈闭类型 .....	(213)
七、油气多期成藏特征 .....	(214)
第五章 叠合盆地深层超压形成机制与油气成藏 .....	(220)
第一节 异常压力的形成与分布 .....	(220)
一、全球异常压力的分布及压力带的划分 .....	(220)
二、异常压力的形成机制和特点 .....	(230)
三、地层压力预测方法 .....	(240)
第二节 超压条件下烃源岩演化和油气生成 .....	(242)
一、超压对烃源岩热演化的抑制作用 .....	(242)
二、热压模拟实验反映的压力对油气生成的影响 .....	(244)
三、压力对烃源岩作用的机制探讨及超压条件下油气生成演化模式 .....	(246)
第三节 超压环境油气的运聚与成藏特征 .....	(250)
一、超压区油气运移的动力和机制 .....	(250)
二、超压对储层物性的影响 .....	(254)
三、超压环境油气有利聚集区域 .....	(258)
四、与异常压力有关的油气成藏模式 .....	(259)
第四节 国内外叠合盆地超压特征及油气藏形成与分布 .....	(263)
一、北海北部盆地 .....	(263)
二、墨西哥湾盆地 .....	(264)
三、渤海湾盆地歧口凹陷 .....	(266)
四、塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带 .....	(273)
第六章 中国叠合盆地石油地质与勘探技术 .....	(277)
第一节 中国叠合盆地的石油地质条件 .....	(277)
一、叠合盆地形成的大地构造环境 .....	(279)
二、叠合盆地的烃源岩发育特征 .....	(281)
三、多套储盖组合和多类勘探目的层系 .....	(287)
四、叠合盆地的温压场特征 .....	(288)
五、叠合盆地的石油地质特征 .....	(290)
第二节 中国叠合盆地复合含油气系统基本特征与评价方法 .....	(302)
一、叠合盆地复合含油气系统的概念及其复杂性 .....	(303)
二、叠合盆地复合与复杂含油气系统的基本特征 .....	(318)
三、复合与复杂含油气系统的描述方法 .....	(323)

第三节 叠合盆地的油气勘探技术 .....	( 333)
一、针对不同勘探阶段的任务需要, 选择相应的勘探技术 .....	( 333)
二、针对不同的勘探对象, 选择有效的勘探技术 .....	( 334)
三、针对复合与复杂含油气系统描述的技术 .....	( 334)
四、含油气系统综合模拟技术 .....	( 336)
第四节 中国叠合盆地复合含油气系统研究实践 .....	( 337)
一、准噶尔盆地晚古生代—中生代复合含油气系统——继承型实例 .....	( 337)
二、塔里木盆地古生代—中生代复合含油气系统——延变型实例 .....	( 341)
三、华北地区古生代—新生代复合含油气系统——改造型实例 .....	( 349)
参考文献 .....	( 354)

# 第一章 总 论

自从 1885 年怀特 (White, I. G.) 发表第一篇天然气地质学 (The Geology of Nature Gas) 的论文, 从而提出背斜找油气理论以来, 在一个多世纪的时间里, 石油地质学理论一直都在进步和发展。到 20 世纪中期莱沃森 (Levorsen, 1954) 出版《石油地质学》一书, 应该说对现代石油地质学的基本原理和精髓已经作了系统的阐述。这期间, 石油地质理论孕育、丰富和发展的源泉, 是在海相地层中成功的油气勘探实践以及对相关石油地质条件与油气成藏特征的深刻分析和认识。按理说, 讨论海相石油地质问题应该算是“老生常谈”, 而非前沿性的理论探索了。而实际上, 中国海相石油地质与世界主要海相产油气区的石油地质相比, 既有共性, 更有特殊性。已有的海相石油地质理论的基本原理, 在分析认识中国海相层序的相关共性石油地质问题方面, 仍然放射着真理的光辉。但在剖析认识中国海相石油地质的特殊性, 并相应筛选针对性强、又能有的放矢的勘探技术对策, 以便有效发现其中尚未被客观认识、更未被充分勘探的油气资源方面, 就显得有些“医术不灵、刀锋不利”了。所以, 中国海相石油地质研究不是已有理论的重复和老生常谈, 而应该是海相石油地质理论前沿性的探索。对中国海相石油地质特征的分析 and 总结, 无疑会对丰富和发展世界海相石油地质学理论做出重要贡献。这便是本书作者萌生分析和研究这一科学问题并动笔对其进行探索和总结的原因之一。

自 20 世纪 60 年代中期在松辽盆地发现大庆特大型油田以后, 发展并系统完善起来的陆相石油地质学理论, 应该说是与海相石油地质学的比较中发展起来的, 其精髓是对陆相石油地质特殊性作了理性升华和归纳总结后, 成为对自然界一种客观存在的形象表述。应该承认, 中国陆相石油地质理论的建立和发展, 是对世界石油地质理论知识宝库的丰富和完善。但是这一有中国特色的陆相石油地质理论并不能圆满地回答和解决中国海相层序的所有石油地质问题。随着油气勘探领域的逐渐深入与地质认识的不断深化, 海相层序将成为我国油气勘探的重要接替领域, 对其石油地质特征与油气成藏和分布特殊性的分析、认识和总结, 对于有效发现其中蕴藏着的油气资源, 造福于我国黎民百姓是十分有意义的探索。

大家知道, 中国大陆经历了漫长的地质历史演化, 在现今的各大型沉积盆地内一般都叠合有从古生界到新生界海相、海陆过渡相与陆相多类型的巨厚沉积层系, 构成多类、多个原型盆地及多阶段盆地发展在剖面和平面上叠加与复合的特点, 形成大型叠合复合盆地。叠合盆地最大的石油地质特点, 是平面上多凹陷并列发育与剖面上多套不同类型的生油岩系和多类型的储油层系的叠置与交叉, 形成多变的生储盖组合, 以及历史上多期、多阶段的生烃、运移和成藏。突出的表现, 就是由一期生烃成藏总结得到的“源控论”并不完全适合于叠合盆地深层的油气聚集与分布, 油气生成和运聚的机理与过程有很多方面都超出了我们已有的认识范围。不论是平面上分布于不同凹陷中的同一套生烃层系, 还是剖面上叠置于同一凹陷中的不同生烃层系, 油气的生成、运移和聚集过程往往表现出多变

性，而不完全具备继承性和一致性。尤其是那些先后在不同时期沉积的烃源岩层系之间或生储盖层组合之间发生过重大变革运动的叠合盆地中，这样的特征就更显突出。由于上、下两套层系中的生烃、排烃与成藏过程不完全是继承性发展的，且叠合盆地的底部层系中的油气自生成和排出后，因经受多期构造变动，使油气的分布与资源潜力都较中浅层有很大不同。此外，不同期、不同构造背景下的原型盆地与叠加盆地所处的地温场有很大变化，那些处于低地温场环境中的叠合盆地，如塔里木和准噶尔等盆地，深层相对低温和高压，生烃和成藏已经超越了已有的蒂索（Tissot 等，1978）模式，油气运移、聚集与成藏的基本特征在很多方面是已有石油地质认识的盲区。因此，叠合盆地油气资源极丰富，但分布却极其复杂。由单旋回一期盆地或由同类型多期、多旋回继承盆地总结得到的石油地质认识，很难涵盖在叠合盆地中出现的所有石油地质现象。这就难免使我们在叠合盆地的油气勘探中，存在决策的盲区和更大的风险。实际上，我国陆上油气资源的主体都分布在叠合盆地中。据统计，陆上石油资源总量的 68% 和天然气资源总量的近 90% 分布在八大叠合盆地中。可见，今后勘探找油、气的主要领域都集中在叠合盆地中，这一方面说明叠合盆地在我国陆上油气勘探中的重要地位，另一方面也说明，加强叠合盆地的石油地质综合研究，并有针对性地选择技术系列，是今后一段时间中国石油地质研究的重要内容。这也便是作者选题论述的原因之一了。目的是抛砖引玉，以便把这一问题的研究引向广泛和深入。

由于中国陆上发育的大型叠合盆地石油地质特点的特殊性，因此，对叠合盆地中油气分布规律的认识往往是呈渐进式深入的。对一个层系、一个凹陷和一个领域的认识往往有一个相当长的过程，而由勘探实践全过程总结得到的认识，又往往很难完全照搬用于指导新领域、新层系或新凹陷的勘探。这就决定了叠合盆地有效发现油气资源的勘探技术选择不能简单化，往往是依层系、凹陷和领域不同而有不同的组合，目的是使技术的搭配对深化认识和发现油气资源更加有效。应该说对叠合盆地油气勘探的技术选择与对油气成藏和分布规律的认识的进步，是同等重要的，都是决定勘探发现节奏和效益的关键环节，也可以说是本专著作者选择这一课题开展多年研究，并愿意将初步认识奉献给读者的原因之三。

以上三方面原因促使作者选择《中国海相石油地质与叠合含油气盆地》为题，在作了长时间的思考与资料准备和整理之后，尝试着对这一科学问题进行归纳和总结，并希望能为上升为理性认识，对今后陆上油气勘探领域的深化和扩展有益。

## 第一节 海、陆相盆地油气资源分布的控制因素

中国石油资源主要分布于中、新生代陆相盆地，而古生代海相盆地相对较少，与国外油气资源主要分布于海相盆地明显不同。海相层系目前已发现的油气储量和预测的总油气资源在我国已经发现的油气储量和预测的油气资源总量中并不占主导地位，分析起来主要有以下几方面原因：处在叠合盆地的最底层，勘探程度低；石油地质认识待深化，评价方法不适应，资源潜力测算不准；大陆边缘盆地被改造，台地相沉积保留偏多，成藏条件与规模受到限制。

## 一、中国大陆海水退出较早，造成陆相盆地比世界上其他大陆更为发育

中国大陆主要由 3 个古老陆块（华北、塔里木、扬子）及其他小型微陆块镶嵌而成。从震旦纪到古生代阶段，大地构造演化的主要形式是这些陆块间的离散、聚合及陆块内部的裂隙，发育以海相为主的含油气盆地，其中大陆边缘因离散和敛合发育被动陆缘和前陆型海相沉积盆地，大陆内部则多为陆表海台地，偶尔在一些台地区如塔里木的满加尔、鄂尔多斯和四川盆地开江 - 梁平地区，因离散或碰撞诱发产生伸入台地的裂隙槽或边缘拗陷。海西运动和印支运动之后，海水相继退出中国大陆，进入陆相盆地广泛发育阶段。中、新生代主要以板内构造变动为其特征，有沿板块拼合带的挤压造山，也有大规模的陆内沉降造盆。与此同时，中国大陆东侧经历太平洋板块向西的俯冲，西南侧发生印度板块向北的碰撞。从而形成了东部、西部、中部和沿海大陆架 4 个分布面积很大的陆相含油气盆地群。而世界其他大陆中、新生代海相盆地相当发育，沉积并积聚了世界上的主要油气资源。

根据大地构造演化史和油气地质特征，可以把全世界的陆地和大陆架分为 4 个构造域，即特提斯域、北方域、南冈瓦纳域和太平洋域（图 1-1）。特提斯域目前的分布范围东起东南亚，经中亚、中东、南欧、北非直达墨西哥湾，包括了苏门答腊、卡拉库姆、南里海、阿拉伯 - 波斯湾、三叠、伊利兹、苏尔特、马拉开波、马图林、二叠和墨西哥湾海岸等著名产油气盆地。该构造域介于南冈瓦纳和北方大陆之间，是从志留纪到全新世持续存在的纬向海区，经历原特提斯、古特提斯和新特提斯洋的 3 个旋回洋盆打开和碰撞关闭

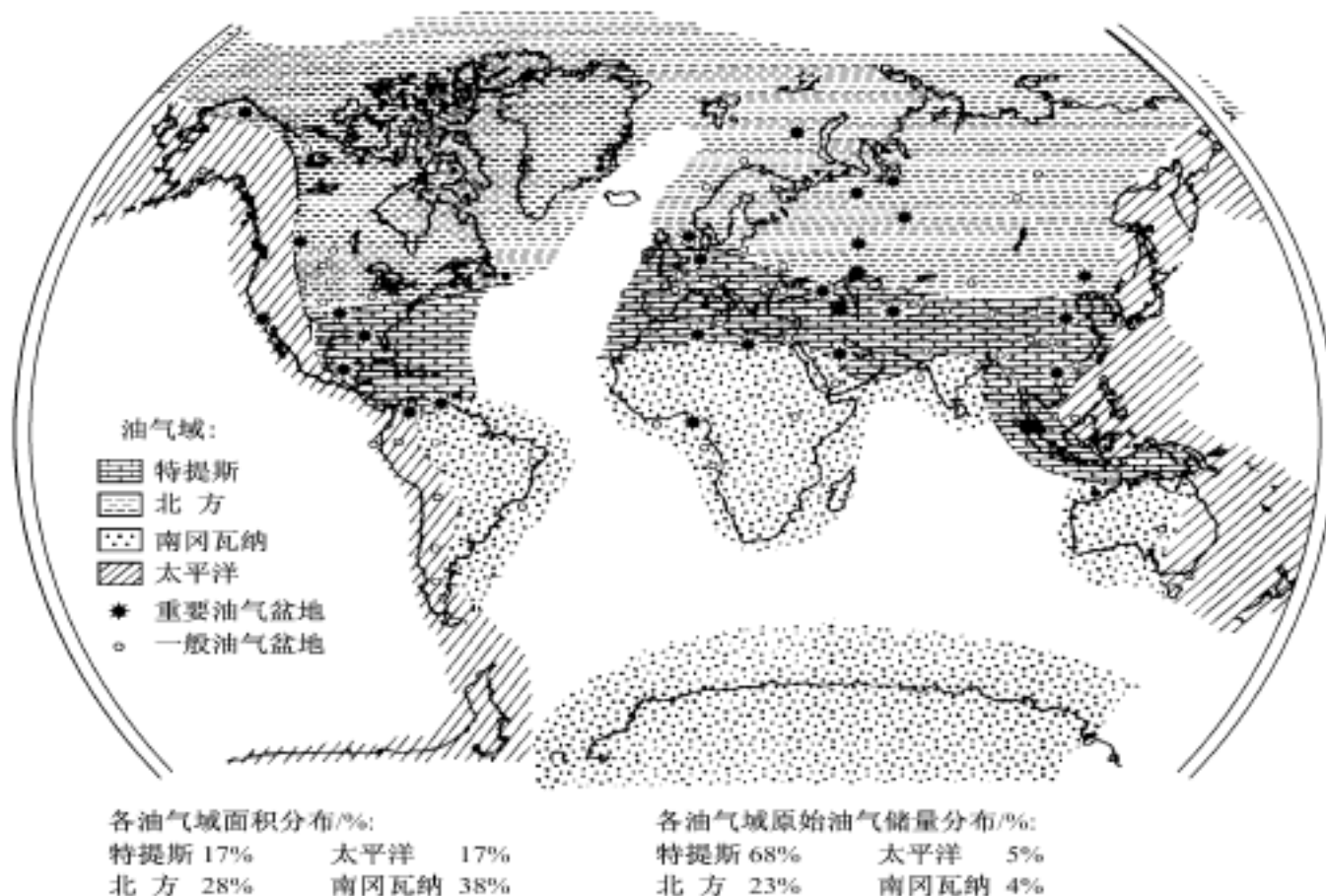


图 1 - 1 全球四大含油气构造域分布图

(据 Klemme 等, 1991)

的发展历史，由此发育的断陷 - 坳陷滞水海盆，促进了多套烃源岩的沉积。储集岩除了碎屑岩，还有广泛分布的碳酸盐岩储层，并与蒸发岩封盖层组成良好的储盖组合，十分有利于油气聚集。特提斯构造域所占的陆地和陆架面积不足全球面积的五分之一，但所拥有的油气资源（以中、新生界海相为主）却超过全球的三分之二。我国南方的广大地区也属于这一最富含油气的构造域，但遗憾的是中、新生代以来构造挤压抬升，造成大量的油气散失，使得这一区域找油气远景和现实性与特提斯域其他地区远不能同等齐观。

北方构造域包括西伯利亚、东欧、西欧、北美大部及中国北方大陆数个含油气盆地，面积比例达 28%，拥有全球油气资源的 23%，其油气丰度位居第二。北方域的油气储量主要分布在古生界海相碳酸盐岩和碎屑岩储层中，但也有一些中生界碎屑岩油气藏。我国则以中、新生代陆相含油气盆地为主。古生界的油气多与沉积于低纬度地区的上泥盆统一石炭统底部的烃源岩有关，而中生界油气主要由侏罗系与白垩系烃源岩生成为主。

太平洋和南冈瓦纳构造域的油气丰度相对较差。太平洋域以 17% 的面积拥有 5% 的油气资源，主要含油气盆地为活动陆缘的第三纪断陷盆地、三角洲以及与东太平洋边缘造山带有关的前陆盆地。南方冈瓦纳域的面积达 38%，而所拥有的油气资源仅占 4%，主要集中在中生代 - 老第三纪被动陆缘断陷盆地及新第三纪三角洲中。这两个构造域有不少高蜡油，由 I 型或 II 型干酪根生成。

## 二、中国海相盆地时代古老，油气散失量相对较大

中国海相地层分布面积达  $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，低丰度海相烃源岩分布面积广，但高丰度优质烃源岩分布相对比较局限。主要原因是海相层系多分布于叠合盆地沉积层序的底层，在漫长的地质历史发展中，大陆边缘盆地在多次的陆 - 洋敛合与陆 - 陆碰撞过程中多被破坏。而现今保存于盆地中的多是广大台地相的碳酸盐岩沉积组合，岩性岩相横向变化不大，烃源岩丰度普遍较低，而在陆 - 洋转换带上堆积的富有机质烃源岩多数在陆 - 洋敛合与后续的陆 - 陆碰撞过程中被破坏。仅有那些插入大陆内部的裂陷槽或边缘坳陷的侧翼与相对平缓的陆坡上倾部分被保留，形成了较高丰度的烃源岩。从其分布范围与广大的大陆面积比较而言，规模似乎小了一些，但从其质量和产烃潜力与总量来说又是相当可观的。同时，也应该承认，由于古生界海相层系处于叠合盆地沉积的最底层，所经受的热演化历史最长，经历的构造变动最多，油气自生成后，受到破坏和调整的机会也最多，因而发生部分散失和破坏的可能性是绝对存在的。因此海相层系从热演化程度、经历的变动次数与强度以及原型盆地被改造的程度来说，资源总量肯定比国外那些保存完好的一期或多期继承性的同类盆地要小。在我国，陆相盆地总数多，石油资源潜力也比海相层系大。但是海相层系找气的远景是很值得重视的。还应该指出，我国建国以来 50 余年的油气勘探几乎都是在陆相盆地中进行的，对油气资源潜力测评的方法与参数研究和选择标准也都是基于对陆相盆地特征的认识进行的；相反对海相层系的研究较少，因此海相油气资源还有一个测不准的问题，难免会影响我们对海相层系油气资源规模的客观认识。

世界油气储量在不同地质时代分布的统计结果表明，75% 以上的油气储量集中在中、新生界。古生界除二叠系外，其余各层系的油气储量丰度均不足白垩系的 8%，而且时代越老，储量丰度越低。卡梅尔特和圣约翰（Carmalt 和 St. John, 1986）统计了世界上 509

个大油气田，虽然存在一些明显差错，但仍是目前最详细的公开出版的资料。这 509 个大油气田的总储量约占世界探明总储量的 80% 以上，所以大油气田的统计数据对认识世界油气分布的特点有重要参考价值。从油气当量储量来看，中生界遥遥领先，达 66.1%，新生界次之，为 20.5%，而元古宇和古生界仅占 13.4%。从油的储量看，元古宇和古生界的比例更低，仅为 9.3%，而气的储量比例却达到了 20.1%，充分反映了元古宇和古生界油气储量以气占绝对优势的特点，也就是说，多数元古宇和古生界层位以产气为主。

中国油气资源分层系预测的结果表明，总体趋势与全球分布特点基本一致。中、新生界合计石油资源量为  $813.8 \times 10^8$  t，占全国石油资源总量的 86.6%，天然气  $18.08 \times 10^{12}$  m<sup>3</sup>，占全国天然气总资源量的 47.5%（图 1 - 2）。世界上油气保存条件良好的古生代盆地，主要分布于东欧和北美两大古老克拉通区，其共同特点是后期构造相对稳定。如美国二叠盆地是一个保存完好的古生代含油气盆地。主要成盆期之后沉积的上二叠统和下侏罗统没有明显断裂，油气没有受到明显破坏，地表很少发现油苗。盆地边缘地表水冲刷作用虽然强烈，但没有波及到油田发育带。由于组成我国大陆的陆块规模较小，因而自古生代以来构造活动不仅频繁而且强烈，油气保存条件中等或差。塔里木盆地是古生界油气保存相对较好的盆地，但在海西期构造运动中，隆起区顶部被侵蚀，造成油气大量散失，形成了大面积分布的志留系沥青砂。中、新生代以来又经历了印支、燕山和喜马拉雅 3 期构造运动的改造，造成某些油气藏的进一步调整、改造甚至破坏。既有聚集于成盆层系的古生界油气藏，也有沿断裂或不整合面向上运移而聚集起来的中生界次生油气藏。

### 三、古生界勘探难度较大，认识程度较低，可能低估了油气资源潜力

世界油气资源不论在地域分布上还是在不同时代地层中的分布都极不均衡，这一现象几十年来一直为中外石油地质学家所关注。最近 20 年的油气地质研究和勘探实践已明确显示，油气储量分布的不均衡性在不同规模的地质单元（全球、大陆、盆地）中普遍存在，这是一个基本的地质事实。但勘探程度和研究程度对实际油气资源分布的认识也有相当大的影响，这也是不争的事实。

不同研究者统计世界油气资源的分布，总体上看法基本一致，中、新生界均占明显优势。但时间较新、数据较全的统计结果常显示出中生界的储量占比例较大。这是否意味着古生界油气的勘探难度较中、新生界大，因而勘探发现亦相对滞后于中、新生界？按哈尔布蒂（Halbouty）1970 年的统计结果，世界古生界石油资源占 8%，天然气占 25%，油当量占 13%；涅斯捷罗夫 1975 年的统计结果，古生界占 9%；据博伊斯（Bois）1982 年的统计结果，古生界石油资源占 14%，天然气占 28.6%，油当量占 20.5%；据克莱米与乌米谢克（Klemme 和 Ulmishak, 1991）统计，古生界（包括元古宇）所生成的油气储量占世界总储量的 26.9%，而以古生界（包括新元古界）为储层的油气储量也达到世界总储量的