

中国陆相油气储集层

裴恽楠 薛叔浩 应凤祥 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是基于中国众多陆相含油气盆地大量石油勘探开发的实践，对丰富多彩的陆相沉积油气储层进行了系统的论述。分不同层次规模，从盆地规模、构造区带规模、沉积体系规模直到微相砂体规模，对陆相油气储层的沉积成因、层序演化、空间展布、储层质量和非均质性等基本规律，以及不同地质背景下陆相碎屑岩储层成岩和孔隙演化过程，进行了系统的总结。根据储层沉积学理论，建立了分层次的储层沉积地质模式。可供广大沉积学、石油勘探开发科技工作者和有关高等院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国陆相油气储集层/ 裘怿楠等著 .
北京: 石油工业出版社, 1997.9
ISBN 7 - 5021 - 1957 - 4

I . 中…
II . 裘…
III . 陆相油气田 - 储集层 - 中国
IV . P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 06672 号

石油工业出版社出版
(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)
石油工业出版社印刷厂排版印刷
新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 21 $\frac{1}{2}$ 印张 2 插页 586 千字 印 1—1200

1997 年 9 月北京第 1 版 1997 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7 - 5021 - 1957 - 4 TE·1647

定价: 46.00 元

前 言

中国石油工业以陆相石油地质理论和陆相沉积盆地产油著称于世。如果说陆相石油地质理论的核心是陆相地层生油的话，那么陆相沉积盆地产油则主要是对陆相油气储集层的认识、评价及一套相应对其改造的技术和方法。

中国陆相沉积盆地地质构造复杂，断裂发育、岩相变化大。陆相碎屑岩油气储集层具多物源、近物源、堆积快、变化大的特点；岩石多为长石砂岩或岩屑砂岩，一般分选差、连通性不好、非均质严重。针对这些特点，60年代在大庆汪田开发的初期就提出：“石油工作者的岗位在地下，斗争的对象是油层。”为了认识地下油层，明确规定必须取全取准20项资料72个数据。多年扎实的研究工作，为大庆油田长期高产稳产奠定了基础。70年代以来，随着东部渤海湾盆地和西部众多陆相沉积盆地相继投入勘探开发，碰到的陆相油气储集层类型愈来愈多，其难度也愈来愈大。为此，中国石油天然气总公司从80年代中期开始，在全系统开展了中国陆相油气储集层特征与评价的科技攻关，系统研究并建立了探井单井储集层评价、区域储集层评价、开发储集层评价、储集层敏感性评价和储集层动态评价等五项评价技术方法和规范，推广了储集层实验技术方法，出版了中国陆相储集层论文集和陆相碎屑岩储层图集，在上述研究工作的基础上，本书对中国陆相油气储集层进行了理论总结。

本书分三篇，共十六章。第一篇主要论述中国中新生代陆相盆地的沉积特征、沉积层序和沉积模式。结合构造演化阶段，分析了陆相盆地类型、沉积环境和沉积体系，并剖析了东部渤海湾盆地下第三系和西部吐哈盆地侏罗系沉积层序。第二篇着重分析了中国陆相碎屑岩储层的成岩演化序列和模式。从中国陆相油气储层的分布特点入手，对储层的成岩阶段和成岩序列及其成岩模式进行了理论归纳，同时探讨了储层原生孔隙和次生孔隙的成因和控制因素。第三篇系统介绍了中国各种沉积环境形成的各类储层的非均质性问题。

本书第一篇由薛叔浩执笔，第二篇由应凤祥执笔，第三篇由裘亦楠执笔。需要指出的是，本书是在几十年来参加石油勘探开发生产实践的所有石油工作者提供的大量资料和论著的基础上完成的，因此这本书是集体劳动的成果。在此谨向他（她）们深表敬意和致谢。

1997年5月15日

目 录

第一篇 中新生代陆相盆地沉积特征、沉积层序及沉积模式

第一章 中新生代沉积发育及陆相盆地类型..... (3)

 第一节 晚海西—印支阶段沉积发育..... (3)

 第二节 早燕山阶段（侏罗纪）沉积发育..... (3)

 第三节 晚燕山阶段（白垩纪）沉积发育..... (5)

 第四节 喜山阶段沉积发育..... (5)

 第五节 中新生代陆相盆地类型..... (6)

第二章 湖盆沉积环境及其标志 (10)

 第一节 湖泊内部沉积环境 (10)

 第二节 古生物与湖泊沉积环境 (14)

 第三节 遗迹化石与陆相沉积环境 (22)

 第四节 湖盆沉积的地球化学标志 (41)

第三章 陆相沉积特征与沉积类型 (56)

 第一节 构造环境与陆相沉积特征 (56)

 第二节 古气候环境与陆相沉积特征 (60)

 第三节 古地形及古水系与湖盆充填型式 (63)

 第四节 区域古地理对陆相沉积的影响 (64)

 第五节 陆相沉积类型和含油组合类型 (65)

第四章 陆相盆地沉积层序特征 (69)

 第一节 陆相沉积层序成因 (69)

 第二节 陆相沉积盆地沉积层序特征实例之一
 ——渤海湾裂谷盆地下第三系沉积层序 (70)

 第三节 陆相沉积盆地沉积层序特征实例之二
 ——吐鲁番—哈密盆地侏罗系沉积层序 (92)

第五章 陆相盆地沉积体系及沉积充填型式..... (111)

 第一节 陆相含油气盆地沉积体系..... (111)

 第二节 陆相盆地类型的沉积充填型式..... (137)

参考文献..... (144)

第二篇 碎屑岩储层的成岩演化序列和模式

第六章 含油气储层分布特点概述..... (149)

 第一节 地质时代分布..... (149)

 第二节 储层砂体类型..... (150)

 第三节 砂岩类型..... (150)

第四节	储层埋深分布·····	(156)
第五节	含油气层的成岩阶段·····	(157)
第七章	碎屑岩成岩阶段划分和成岩演化序列·····	(158)
第一节	成岩阶段划分依据·····	(158)
第二节	成岩相类型划分及主要标志·····	(162)
第八章	碎屑岩储层成岩模式·····	(170)
第一节	不同水介质湖盆储层成岩模式·····	(170)
第二节	不同岩石类型储层成岩特征和模式·····	(193)
第三节	控制成岩演化因素综述·····	(195)
第九章	储层物性及孔隙类型、演化和控制因素·····	(198)
第一节	储层物性及孔隙类型·····	(198)
第二节	储层物性控制因素分析·····	(202)
第十章	次生孔隙形成机理分析·····	(210)
第一节	有机酸和二氧化碳酸性水的溶解作用·····	(210)
第二节	不整合面下的表生淋滤作用·····	(214)
第三节	热化学硫酸盐还原作用产生的有机酸酸性水的溶解作用·····	(215)
第四节	地层水热循环对流产生的溶解作用·····	(217)
参考文献	·····	(217)

第三篇 各类沉积环境储层非均质性

第十一章	陆相湖盆碎屑岩储层非均质性总论·····	(223)
第一节	碎屑岩储层在陆相含油气盆地中的主导地位·····	(223)
第二节	陆相湖盆碎屑岩储层的非均质性·····	(224)
第十二章	冲积扇砂砾岩体储层·····	(226)
第一节	湖盆中冲积扇砂砾岩体储层油藏的分布·····	(226)
第二节	冲积扇的沉积模式·····	(227)
第三节	储层特征·····	(230)
第四节	储层实例·····	(234)
第十三章	河流砂体储层·····	(250)
第一节	陆相含油气盆地中河流砂体储层一般特征·····	(250)
第二节	曲流河砂体·····	(252)
第三节	辫状河砂体·····	(258)
第四节	顺直型分流河道砂体·····	(262)
第五节	限制型河道充填砂体·····	(266)
第六节	河流砂体非均质模式·····	(269)
第十四章	三角洲砂体储层·····	(279)
第一节	湖盆三角洲一般沉积特征·····	(279)
第二节	河流—三角洲体系储层·····	(281)
第三节	冲积扇—扇三角洲体系·····	(309)
第四节	过渡类型三角洲·····	(322)

第五节	三角洲砂体储层特征总述·····	(328)
第十五章	湖底扇砂体储层·····	(330)
第一节	湖盆湖底扇储层一般特征·····	(330)
第二节	湖底扇水道式储层·····	(331)
第三节	透镜状湖底扇储层·····	(351)
第十六章	滩、坝储层·····	(357)
第一节	湖盆内滩、坝储层一般特征·····	(357)
第二节	苏北盆地金湖凹陷卞杨区古新世阜二段储层·····	(358)
参考文献	·····	(366)

第一篇 中新生代陆相盆地沉积 特征、沉积层序及沉积模式

第一章 中新生代沉积发育及陆相盆地类型

中新生代以来，海水相继从北方和南方退出，逐渐为大陆环境所代替。其中，历经晚海西—印支阶段（晚二叠世—三叠纪）、早燕山阶段（侏罗纪、晚燕山阶段（白垩纪）和喜山阶段。由于欧亚板块、太平洋板块和印度板块的相互作用，使位于欧亚板块东南部的中国大陆发育众多性质不同，大小不一的陆相沉积盆地，蕴藏丰富的油气。

第一节 晚海西—印支阶段沉积发育

中国陆相沉积的广泛分布开始于古生代后期。二叠纪北方抬升，脱离海侵，并与兴蒙海槽升起的褶皱带拼合。在稳定克拉通背景上的华北、塔里木和准噶尔诸盆地仍属稳定的沉降区，发育开阔的陆相河湖沉积、陆相含煤沉积及近海含煤沉积。在兴蒙海西褶皱带上发育粗碎屑含煤堆积及中性火山喷发岩。华北地区下二叠统的含煤沉积及西北地区上二叠统的暗色沉积（黑色泥岩、页岩和油页岩），是中国陆相沉积第一次烃源岩发育期并和相关的储盖层形成重要的含油气组合。

早中三叠世中国北方进一步隆升，兴蒙褶皱带基本处于剥蚀状态，华北、西北诸盆地发育干旱、半干旱红色、杂色河湖沉积。

中国南方，二叠纪及早三叠世处于海域环境，中三叠世东南地区迅速隆升，海域向西退缩并形成半封闭的蒸发海盆，青藏地区为海槽及浅海环境。

晚三叠世南方进一步抬升并与北方联成一体，早期西缘及西南缘为浅海及半深海环境，中部湘赣粤地区为湖泊环境，晚期发育近海含煤沉积（湘粤地区）和内陆含煤沉积（北方）。青藏、台湾和三江地区为海域环境。晚三叠世是中国陆相沉积第二次烃源岩发育期并和相关储盖层形成重要的含油气组合。

晚海西—印支阶段含油层系主要发育于准噶尔、塔里木、吐哈、鄂尔多斯、四川和楚雄等盆地（表 1—1）。

第二节 早燕山阶段（侏罗纪）沉积发育

印支运动以后，中国大陆地质发展史进入燕山构造阶段。由于太平洋板块的活动对亚洲大陆东部的影响，在我国东部，即兴安岭—太行山—雪峰山以东出现一系列北东向至北北东向为主，相互分隔的断陷盆地及火山活动带，以西则发育克拉通内的大型拗陷盆地。海域仅分布于西藏、东南沿海、台湾及三江地区。

早侏罗世潮湿气候带广阔，古昆仑—古秦岭以北属潮湿温带，以南属潮湿亚热带、热带。北部潮湿温带是侏罗纪含煤含油沉积盆地发育带，向西延伸至中亚。

西北地区侏罗系分布广泛，沉积类型多样，有稳定克拉通背景上的河流及湖泊沼泽沉积（如鄂尔多斯盆地），有克拉通边缘拗陷带（山前带）沉积（如乌鲁木齐山前拗陷）和古生代褶皱带内部狭长状断陷或拗陷盆地沉积（如柴达木盆地北缘断陷、吐哈盆地）。

表 1—1 中国最主要含油气盆地生油层、油气层地质时代表

盆地 名称	生油层时代										油气层时代											
	Q	N	E	K	J	T	P	C	Pz ₁	Pt	Q	N	E	K	J	T	P	C	Pz ₁	Pt	Ar	
松辽盆地				—	—									—	—							
二连盆地				—	—									—	—		—					
渤海湾盆地			—				—	—				—	—		—		—	—	—	—	—	
苏北盆地			—	—									—	—								
南襄盆地			—										—									
江汉盆地			—										—									
四川盆地					—	—	—	—		—					—	—	—	—	—	—		
百色盆地			—										—			—						
陕甘宁盆地					—	—	—	—							—	—	—	—	—			
酒西盆地				—								—		—	—							
柴达木盆地	—	—	—		—						—	—	—		—							
吐哈盆地					—	—	—								—	—	—					
准噶尔盆地		—	—		—	—	—					—	—	—	—	—	—	—				
塔里木盆地					—	—	—	—	—			—	—	—	—	—	—	—	—			
沿海大陆架诸盆地		—	—									—	—									

四川盆地和楚雄盆地侏罗纪是一个统一的盆地，由于周围山系和高地环绕属半干旱、半潮湿气候，早中侏罗世发育河流及滨浅湖紫红色砂岩、泥岩夹灰岩，在沉积中心发育半深水—深水黑色页岩。

华北—东北地区在早中侏罗世的隆起背景下形成许多分散孤立的断陷，如济阳拗陷中的沾化、车镇、惠民地区，黄骅拗陷中的北塘、乐亭地区，冀中拗陷中的武清等地，均发育含煤碎屑沉积及红色碎屑沉积。东北地区侏罗系分布局限，在三江地区发育海相及海陆过渡相沉积。

东南地区侏罗系沉积盆地受北东向及北北东向构造带及断裂带所控制，在构造隆起带上发育小型山间盆地的粗碎屑堆积，基本不含煤或仅有煤线。规模较大的拗陷盆地的碎屑粒级较前者细，且夹薄煤层，代表河湖沼泽沉积。在粤北湘南为海陆交互过渡沉积，局部含煤。在粤东闽浙沿海和台湾澎湖发育砂泥岩交互的类复理石海相沉积，代表华南东部大陆边缘沉积类型。

在西藏唐古拉为海相沉积，中上侏罗统的黑色页岩、生物灰岩厚度达 2900m，有机质含量较高，是西藏地区中生代主要生油层。在中上侏罗统发现多种类型油气显示，包括稠油、气、脉状沥青及团块状沥青。现今的侏罗系分布范围是侏罗纪海盆沉积的残留部分。

早中侏罗世是重要成煤期，也是我国陆相沉积第三次烃源岩发育期。含油气层系主要分布于准噶尔、吐哈、塔里木、鄂尔多斯、柴达木西北诸盆地及四川盆地等（表 1—1）。

晚侏罗世除西藏、台湾、三江地区为海域外，广大地区处于隆升状态，并发育内陆干旱红色沉积。东南沿海及东北地区有火山喷发活动。

第三节 晚燕山阶段（白垩纪）沉积发育

一、早白垩世

发生于晚侏罗世中国东部的火山活动带，早白垩世继续强烈活动。北方潮湿气候带向南扩张，由胶莱盆地经鄂尔多斯盆地、酒西盆地至准噶尔盆地出现较为广阔的过渡性（半潮湿半干旱）气候带。南方处于隆升状态，北方是早白垩世主要沉积区。

内蒙—东北地区在断裂与火山活动带及潮湿气候带的双重影响下，出现北东、北东东向中小型断陷盆地群，发育粗碎屑含煤及火山堆积，如二连、延吉、海拉尔、松辽、阜新诸盆地。三江地区早白垩世早中期为海陆交互含煤沉积。二连盆地早白垩世早中期阿尔善组和腾格尔组、海拉尔盆地贝尔组和大磨拐组、松辽盆地沙河子组、阜新盆地九佛堂组暗色泥岩属较深水湖泊沉积。早白垩世晚期三江盆地脱离海侵。早中期的湖盆水体普遍变浅，广泛发育沼泽沉积、滨浅湖沉积及河流沉积。早白垩世早中期的湖泊沼泽交替沉积和较深水湖泊沉积代表我国陆相沉积第四次烃源岩发育期。

上述横贯华北—西北地区的过渡性气候带，以发育浅湖灰绿色、杂色沉积为主夹较深湖暗色沉积。较深湖沉积见于酒西、酒东盆地下白垩统赤金堡组上部及下沟组中部灰黑色泥页岩，河套盆地巴彦淖尔群中部深灰、灰黑色泥岩。

由塔里木盆地至南方诸盆地为红色沉积夹部分杂色沉积分布区，包括山麓粗碎屑冲积扇及河流相，棕红色砂泥岩及泥灰岩的滨浅湖相，代表干旱气候带沉积。

东南沿海地区为孤立小盆地，发育杂色、灰色河湖相沉积夹中酸性火山岩，或中酸性火山岩夹河湖沉积。

西藏南部早白垩世海相沉积为石英砂岩夹黑色页岩及石灰岩。

二、晚白垩世

晚白垩世北方潮湿气候带向北退缩，上白垩统主要分布于松辽盆地及三江地区。最重大的地质事件是松辽盆地演化达到顶峰，湖盆广阔，水体较深，是我国陆相沉积第五次烃源岩发育期，同期的河流三角洲储集体广布，为大庆油田的产层。

华北至西北诸盆地，上白垩统地层记录不完整，反映不同地区不同时期处于隆升剥蚀状态。唯塔里木盆地西部出现海侵，喀什地区为泻湖海湾膏盐沉积，喀喇昆仑海槽为红色碎屑岩及碳酸盐类沉积。

西藏南部海相白垩系深灰色页岩及灰岩具有一定生油能力。

在干旱气候环境影响下的南方，普遍发育红色沉积和含盐沉积，规模较大的如江汉—洞庭含盐盆地，规模较小的如东南地区山间盆地，发育冲积扇、河流及湖相沉积层。

第四节 喜山阶段沉积发育

喜山阶段最有意义的地质发展是中国东部大陆裂谷系盆地及大陆边缘盆地的出现，使中国东部及沿海大陆架成为第三系主要产油气区。早第三纪气候分异明确，海域环境对近海陆相沉积也产生了影响。古构造、古气候和古地理的影响使早第三纪出现多种沉积类型，第三纪是我国陆相沉积第六次烃源岩发育期。

第五节 中新生代陆相盆地类型

中国中新生代沉积岩分布面积约 500 多万 km^2 。其中，中新生代沉积层与古生代沉积层叠合的盆地 15 个，面积 130.1 万 km^2 ，占总面积的 24.7%，主要分布于中西部地区。有中生代和新生代沉积层的盆地 73 个，面积 78.5 万 km^2 ，占总面积 14.9%，从陆地西部至沿海大陆架均有分布。基底之上即为中生代沉积层的盆地 219 个，面积 141.1 万 km^2 ，占总面积的 26.7%，基底之上仅为新生代沉积层的盆地 174 个，面积 8.9 万 km^2 ，占总面积的 1.7% (图 1—1)。

就盆地规模而言，盆地面积大于 10 万 km^2 的 15 个，面积 289.6 万 km^2 ，占总面积的 54.9%。1 万~10 万 km^2 的 64 个，面积 171.2 万 km^2 ，占总面积的 32.5%，0.1~1 万 km^2 的 171 个，面积 57.5 万 km^2 ，占总面积的 10.9%。小于 1 千 km^2 的 174 个，面积 8.9 万 km^2 ，占总面积的 1.7%。

在中新生代陆相沉积盆地中，由于各盆地所处构造板块位置的差异，盆地基底结构及盆地成因机制的不同等诸多因素的控制，产生出多种不同类型的盆地，其构造特征及构造演化史、沉积特征及沉积演化史、热力学机制及热演化史各具特色并导致含油气潜力的差别。由于中新生代陆相沉积在地质发展和石油地质上的重要地位，许多构造学家和石油地质学家对中新生代盆地类型作了详细的研究并提出了相应的分类方案，这些研究成果及其分类方案，对认识中国中新生代地质发展，揭示中新生代油气分布规律是十分重要的。

在这里不准备系统引用和探讨已有的中新生代盆地类型详细分类方案，而着重从构造作用及盆地类型对沉积旋回性及沉积层序形成、沉积体系类型及分布、盆地充填型式及生储盖组合类型的控制意义出发，提出本文将涉及的主要沉积盆地类型。

第一类盆地是指主要受长期继承性升降运动控制的沉积盆地。这类沉积盆地的基底由不同变质程度的刚性块体所组成，控制着盆地的轮廓，基底起伏控制着盆地内部不同级别的正负向沉积单元的分布。盆地开阔，周边山系环绕，多水系入湖，形成多向沉积体系展布。盆地充填型式及充填序列和周边山系的演化紧密相关，随着山系的褶起隆升，在山系向盆地一侧形成前陆拗陷或类前陆拗陷，具有较高沉降速率的沉降带与盆内稳定沉积区逐渐过渡。这类盆地称为克拉通内拗陷盆地或“克拉通山间复合盆地”。属于这一类型的盆地，如塔里木盆地、准噶尔盆地、鄂尔多斯盆地和四川盆地等。

第二类盆地是指主要受深大断裂及块断差异升降运动控制的沉积盆地，由于规模巨大的深大断裂穿越不同大地构造单元，故这类盆地往往具有不同的基底结构。深大断裂控制着盆地的轮廓，呈狭长状延伸，深大断裂的走向就是盆地延伸方向。不同级别、不同方向的断裂系统，塑造出复杂的古地形，形成湖岛相间的古地理面貌。一个凹陷基本就是一个沉积单元，既有盆地外部物源，也有盆地内部物源，沉积体系的分布更为多样。湖盆具有较大湖水深度和较高的沉降速率。深大断裂的活动期往往伴随着强烈的火山活动。上述沉积特征往往为伸张性盆地，特别是大中型裂谷盆地所固有，如渤海湾盆地和二连盆地。裂谷演化的不同阶段具有不同沉积充填形式。

第三类盆地为位于大陆边缘的近海盆地，这类型盆地也属于伸张性盆地，因而具有第二类盆地的沉积特征，由于受古地理环境的控制在陆相沉积层中含海侵夹层，或海泛层，后期由于邻近海域的扩张而转变为海相沉积层，形成下部为陆相沉积层，上部为海相沉积层的沉

图 1—1 中国及毗邻海域含油气盆地分布图 (据赵俭成, 1996)

图 1—2 中国及毗邻海域沉积盆地勘探含油气状态图（据赵俭成，1996）

积组合。如南海大陆架诸盆地。

第四类盆地为各时期褶皱带内盆地。此类盆地主要发育于西部挤压背景的褶皱带内，盆地轮廓多呈狭长状，其延伸方向与区域褶皱及深大断裂方向一致，狭长盆地内部往往有横向隆起、凸起分隔为次级坳陷与凹陷，外部物源是多向的，但周边山系不均衡升降运动对沉积物的性质及分布有重要影响。盆地面积以中小型为主，如吐哈盆地、三塘湖盆地、酒西盆地、百色盆地、库木库里盆地和可可西里盆地等。

中生代各沉积层均有油气分布，其中以白垩系和第三系所占比例最大。各类盆地均蕴藏油气，而已发现的大部分原油地质储量分布于裂谷盆地及各类大型坳陷盆地中（图 1—2）。

第二章 湖盆沉积环境及其标志

湖泊是陆相沉积盆地油气生成和油气聚集的主要场所。研究湖泊内部沉积环境是查明盆地油气分布的关键。

我国的沉积学家和地理学家对许多重要的现代湖泊作过详细的调查研究，如云南省的滇池、洱海和抚仙湖、青海省的青海湖，内蒙古自治区的岱海等。

在陆相盆地油气勘探开发过程中取出的大量岩心和盆地周边露头的调查为认识古代湖泊沉积环境标志提供了充分的依据。这些标志有生物学的（包括各类实体化石和遗迹化石）、岩石矿物学的、沉积学的、无机地球化学和有机地球化学的。因此，将现代沉积调查及古代沉积标志对比研究，对判别古代湖泊沉积环境，确定重要沉积界线，划分沉积相起到重要的作用。

本章将从湖泊内部沉积环境、湖盆沉积的古生物学标志、湖盆沉积的无机地球化学标志、湖盆沉积的有机地球化学标志和湖盆沉积的岩石矿物学标志五个方面论述。

第一节 湖泊内部沉积环境

一、湖泊内部沉积环境的划分

湖泊按湖水深度及水动力条件分为滨湖、浅湖、半深湖、深湖和湖湾等次级环境。滨湖带位于洪水面与枯水面之间，浅湖带指枯水面与浪基面之间，浪基面之下为半深湖和深湖，半深湖为风暴浪所能波及的地带，湖湾是位于水系不发育的三角洲间近岸半封闭地区。

浪基面是湖泊内部最重要的界面，浪基面以下的半深水和深水区是主要生油岩和浊积岩储层发育区，浪基面以上的浅水区是各种类型储层，如三角洲、碎屑岩滩坝、生物滩和生物礁发育区。在潮湿气候带的浅水区由于碎屑物质的不断堆积，湖水逐渐淤浅，水生动植物丰富，陆上植被繁茂，在地质历史时期常形成湖泊与沼泽的交替沉积，是陆相沉积中的另一种类型生烃环境。因此，以湖泊为主体的陆相沉积可以形成三种基本的生储组合类型，即深水生油泥岩与深水浊积岩组合，深水生油泥岩与浅水碎屑岩及水上碎屑岩储层组合，湖沼烃源岩与碎屑岩储层组合。各种组合分布于湖盆内部一定的环境中。

受盆地构造沉降、古水系发育及沉积物供给和气候变化的控制，不同构造背景的湖盆及同一湖盆的不同演化阶段，湖泊内部次级环境的分布都有差别，掌握上述的变化及沉积格局对油气勘探是必不可少的。

二、现代湖泊的沉积特征

现代湖泊沉积的调查为认识古代湖泊内部环境变化及其沉积特征提供了可资借鉴的实例和模式。

1. 现代青海湖水体分层及沉积特征

青海湖是我国最大的内陆湖泊，面积 4583km^2 。中国科学院兰州地质研究所作过详细的研究（黄第藩等，1959）。青海湖湖水深度最大达 28m，水深 23m 处向外至湖岸的环形区水体温度基本一致， $15\sim 16^{\circ}\text{C}$ ，即动水层。由 23m 处向里的湖泊中部区，湖水出现分层，即

上部动水层、温跃层（温度由 15~16℃降至 7.8℃）和 7.8℃以下的静水层（图 2—1）。各层水的分布范围及厚度受入湖水系和湖底古地形的影响发生变化，南部水系不发育，动水分布范围狭，北部水系发育及东南部水下高地则动水分布范围广，最大深水区其动水层厚度仅 8m（图 2—2）。因此，湖泊的水动力分区受湖水温度垂直分带和入湖水系、湖流和湖浪的双重影响，并表明为沉积物的分异。该湖在 0~15m 的滨湖—浅湖的高能带，主要沉积物为砾石、砂、粉砂质砂及粉砂，有机碳含量小于 1.5%，缓坡带碎屑物分布较广。15~25m 的半深湖区主要沉积物为灰黑色粉砂质淤泥及泥质粉砂，有机碳含量 1.5%~2.5%。河流入湖碎屑物质可达本区。大于 25m 的深湖低能带主要沉积物为灰黑色粉砂质粘土淤泥及粘土淤泥，有机碳含量最高达 3.1%（图 2—3）。

图 2—1 青海湖水温垂直变化典型曲线
(据中国科学院兰州地质所，1959)

图 2—2 青海湖水深等值线图
(据 1962 年 113 个实测点资料编制)
粗线代表有温跃层出现的位置

2. 云南滇池、洱海和抚仙湖的沉积特征

位于云南高原上的滇池、洱海和抚仙湖是典型的断陷湖泊，形成于晚新生代，中国科学院南京地理与湖泊研究所等单位作过详细的研究（朱海虹、王苏民等，1989）。

上述湖泊的发育受断裂活动的控制，但有着各自的发生、发展历史，且现今也处于不同演化阶段，这对于认识古代湖盆沉积演化及其与油气生成、储集条件的关系有重要意义。

抚仙湖面积 212km²，平均水深 87m，最大水深 155m。自晚第三纪以来，湖盆沉降和两侧山体上升，其相对幅度可达 1000~1200m，沉降速率 0.7mm/a，沉积速率 0.06~0.07mm/a，即沉降速率为沉积速率的 10 倍。全新世以来湖泊不断加深，成为深水湖泊，处于湖盆演化的深陷期。坡陡底平，发育深水暗色泥质沉积及浊流沉积。其湖泊形态指数为 5.5（指最大湖水面积比最大湖水深度与湖泊岸线长度之乘积）（图 2—4）。

洱海面积 249km²，平均水深 10m，最大水深 20.7m，大部分地区水深小于 15m。更新