

文章编号: 1009-3850(2003)01-0105-08

# 湖相碳酸盐岩研究现状及意义

夏青松, 田景春, 倪新锋

(成都理工大学 沉积地质研究所, 四川 成都 610059)

摘要: 目前湖相碳酸盐岩是国内外沉积学研究的薄弱环节。本文在众多专家学者历年研究成果的基础上, 综述了湖相碳酸盐岩的研究现状, 其主要体现在岩石类型、分布及发育特点、相模式、储集层和生油岩几个方面; 并阐明了湖相碳酸盐岩的研究具有重要的理论和经济意义。

关键词: 湖相碳酸盐岩; 岩石类型; 相模式; 储集层; 生油岩

中图分类号: P512.2

文献标识码: A

## 1 前言

湖相碳酸盐岩是分布最为广泛的一类陆相碳酸盐岩, 它是指在内陆湖泊盆地中形成的碳酸盐岩, 包括淡水湖盆碳酸盐岩、半咸水-咸水湖盆碳酸盐岩和盐湖中的碳酸盐岩。

湖相碳酸盐岩由于具备储集条件且多靠近油源, 形成油气藏的可能性较大, 在有合适的圈闭和盖层的条件下, 就能形成油气藏。湖相碳酸盐岩受自身结构、分布规律等条件影响, 一般多以岩性和地层油气藏为主, 也有成岩圈闭油气藏和构造油气藏。近年来, 在我国泌阳凹陷和柴达木盆地西部等地区发现了工业油气流, 表明湖相碳酸盐岩具有巨大的油气潜力, 极具经济价值; 同时湖相碳酸盐岩是陆相石油地质学的重要内容, 不仅在沉积学自身领域具有较大的理论意义, 而且拓展了找油气领域, 发展了我国湖相油气地质学, 在进行盆地模拟研究、陆盆沉积模式研究以及在油气田勘探和开发中具有重要指导作用。因此湖相碳酸盐岩的研究具有重要的理论和经济意义。

## 2 湖相碳酸盐岩的研究现状

目前, 湖相碳酸盐岩是国内外沉积学研究领域的薄弱环节, 对湖相碳酸盐岩的油气生成、油气分布、油藏及资源量的研究更显得落后。

近十几年来, 我国学者对湖相碳酸盐岩研究方面取得了一些进展, 例如: 松辽盆地西部白垩系青山口组和嫩江组湖相碳酸盐岩与油气富集之间的关系<sup>[1]</sup>; 济阳拗陷下第三系湖相碳酸盐岩与油气分布的关系<sup>[2]</sup>; 饶阳凹陷下第三系碳酸盐岩结构、储集空间和含油气关系<sup>[3]</sup>; 对济阳拗陷下第三系礁灰岩的系统研究(钱凯等, 济阳凹陷储层研究新进展, 1990); 对中国中、新生代湖相碳酸盐岩沉积的地史限定性、区域分布特征、结构组分的多源性和生物建造碳酸盐岩、粒屑碳酸盐岩及碳酸盐岩的成因与分布进行的探讨<sup>[4]</sup>; 对松辽盆地太康地区湖相碳酸盐岩的储层孔隙特征的研究<sup>[5]</sup>。特别是 1993 年, 出版了我国第一本全面总结湖相碳酸盐岩沉积的专著——《中国湖相碳酸盐岩》<sup>[6]</sup>。该书系统地总结了湖相碳酸盐岩的岩石特征及其沉积环境, 对中国湖相碳酸盐岩的时空展布、化学成分、微量元素、氧/碳稳定同位素进行了深入的研究、综合和对比。总之, 目

前对湖相碳酸盐岩的岩石学的研究比较深入, 孔隙及其物性的研究较多, 为油气藏的研究打下了基础。当然, 湖相碳酸盐岩方面的研究是与海相碳酸盐岩的研究现状分不开的。

正如人们对海相碳酸盐岩所做的工作那样, 在有关湖相碳酸盐岩的研究方面, 以前的工作重点也主要集中在储集性能方面, 而对它的生油岩研究较少。

黄第藩(1987)首次对柴达木盆地西部第三系湖相碳酸盐岩地层的生油岩特征作了专门讨论<sup>[7]</sup>。李任伟等(1991)把东濮凹陷的湖相碳酸盐岩单独列为一类生油岩, 并首次提出了湖相碳酸盐岩生油岩的概念<sup>[8]</sup>。妥进才等(1995)全面系统地讨论了柴达木盆地西部第三系湖相碳酸盐岩型生油岩特征、地球化学特征及热演化特征等<sup>[9]</sup>。近年来, 中国科学院兰州地质研究所对泌阳凹陷下第三系的湖相碳酸盐岩的研究进一步深入, 以翔实的地质和地球化学资料说明湖相碳酸盐岩不仅能够生油而且也可以成为商业性石油的源岩。此外, 黄杏珍等(2001)还对泌阳凹陷的湖相白云岩的形成条件进行了研究<sup>[10, 11]</sup>, 探讨了白云岩形成的古气候、古水体的物理化学性质和古环境条件; 还利用孢粉相结合有机质成熟度地化指标对泌阳凹陷下第三系核桃园组的湖相碳酸盐岩的生油潜力进行了评价。

随着对湖相碳酸盐岩的研究不断深入, 取得了一系列成果, 现分述如下。

### 2.1 对湖相碳酸盐岩岩类学进行了深入研究

湖相碳酸盐岩的特点是: 单层薄、岩石类型多变、物源复杂、成分不纯, 并以盆内和近源沉积物为主, 其结构和成因的基本特征随沉积环境的变化而异。

中国的湖相碳酸盐岩可分为六大类<sup>[4]</sup>:

(1) 颗粒碳酸盐岩。该类型是由以螺、介形虫、蚌、藻类为主的生物化石和包壳粒、球粒、内碎屑等组成的单颗粒岩, 以及由两种以上的颗粒组成的复颗粒岩。颗粒含量大于 10%。

(2) 骨架碳酸盐岩。该类型由造架生物或藻类障积粘接而成。骨架组分含量大于 10%。目前已发现的这类生物有枝管藻、龙介虫管及形成叠层石的隐藻等, 其产状有生物礁、礁丘、泥丘等。

(3) 生物灰(云)岩。该类型由非骨架生物, 主要是介形虫、螺、蚌等的壳体埋藏石化而成, 生物组分

大于 10%。

(4) 泥晶碳酸盐岩。该类型主要为化学及生物沉积, 其中颗粒含量小于 10%。

(5) 陆屑混染碳酸盐岩。该类型的陆源碎屑含量小于 50%。此类岩石在各类碳酸盐岩湖盆均有发育。

(6) 重结晶碳酸盐岩。由于中国大多数含湖泊碳酸盐岩盆地比较年轻, 此类岩石较少。

表 1 是王英华等提出的我国湖相碳酸盐岩的分类方案。除根据主要的碳酸盐组分对纯碳酸盐岩进行划分外, 该方案还考虑了湖泊碳酸盐沉积中陆源碎屑的混入以及与膏岩、泥岩的过渡类型, 是目前较成熟的分类方案。表内所列颗粒均为湖相碳酸盐岩中常见的颗粒。藻屑归于内碎屑, 并依其粒径命名; 包壳粒包括鲕粒、核形石等, 其岩石命名应随包壳粒类型而具体化(如亮晶同心鲕灰岩)。

### 2.2 详细阐明了湖相碳酸盐岩的分布及发育特点

湖相碳酸盐岩是古湖盆从淡水向咸水直到盐、碱湖演变过程的必然产物, 它的分布主要受控于构造背景、气候和物源供给等方面的影响。在地层时代上, 湖相碳酸盐岩主要集中于中生代和新生代, 自三叠纪到第三纪的古湖中均有分布; 在空间分布上, 湖相碳酸盐岩则遍布全国各类湖盆中。湖相碳酸盐岩以四川盆地侏罗系大安寨组、华北盆地济阳拗陷下第三系纯化镇组、黄骅拗陷下第三系沙河街组、松辽盆地下白垩统、陕甘宁盆地上三叠统、山东平邑盆地下第三系、广东三水盆地下第三系、江汉盆地下第三系潜江组、东濮凹陷下第三系沙河街组、泌阳凹陷下第三系核桃园组等地层较为典型。大多数湖盆的湖相碳酸盐岩以灰岩沉积为主, 但部分湖盆, 如南-襄盆地泌阳凹陷则主要沉积白云岩。

湖相碳酸盐岩的发育特点是: ①在湖盆形成、发育和萎缩这个发展阶段中, 湖相碳酸盐岩一般发育于构造活动相对稳定、湖盆水体持续扩张的阶段; ②在一个层序内部, 湖相碳酸盐岩一般发育于湖侵体系域; ③湖相碳酸盐岩较多地形成于温热的气候条件; ④在陆源物质影响不到的地区, 如湖盆中的水下隆起, 尤其是碳酸盐岩水下隆起等部位, 有利于湖相碳酸盐岩的发育。

### 2.3 建立了湖相碳酸盐岩的相模式

目前, 国内外学者已提出多种划分湖相碳酸盐岩相模式的方案, 归纳起来主要有以下几种。

表1 湖相碳酸盐岩岩石类型<sup>[6]</sup>

Table 1 Types of lacustrine carbonate rocks (after Wang Yinghua et al., 1993)

岩石类型	填隙物或基质	颗粒含量(%)	内碎屑		壳粒 (正常鲕、藻 鲕、核型石)	球粒	藻团	生物颗粒		
			砾屑	砂屑				介形虫、螺、蚌 等单体生物	造架生物	
石灰岩	亮晶	> 50	亮晶砾屑灰岩	亮晶砂屑灰岩	亮晶包壳粒灰岩	亮晶球粒灰岩	亮晶藻团灰岩	亮晶生物(完整)或生屑(破碎)灰岩		
			泥晶砾屑灰岩	泥晶砂屑灰岩	泥晶包壳粒灰岩	泥晶球粒灰岩	泥晶藻团灰岩	泥晶生物或生屑灰岩		
	泥晶	50~25	砾屑泥晶灰岩	砂屑泥晶灰岩	包壳粒泥晶灰岩	球粒泥晶灰岩	藻团泥晶灰岩	生物或生屑泥晶灰岩		
		25~10	含砾屑泥晶灰岩	含砂屑泥晶灰岩	含包壳粒泥晶灰岩	含球粒泥晶灰岩	含藻团泥晶灰岩	含生物或生屑泥晶灰岩		
< 10	泥晶灰岩									
白云岩	粉晶	> 50	粉晶砾屑白云岩	粉晶砂屑白云岩	粉晶包壳粒白云岩	粉晶球粒白云岩	粉晶藻团白云岩	粉晶生物或生屑白云岩		
	泥晶		泥晶砾屑白云岩	泥晶砂屑白云岩	泥晶包壳粒白云岩	泥晶球粒白云岩	泥晶藻团白云岩	泥晶生物或生屑白云岩		
	泥晶或粉晶	< 50	残余砾屑白云岩	残余砂屑白云岩	残余包壳粒白云岩	残余球粒白云岩	残余藻团白云岩	残余生物或生屑白云岩		
	泥晶-细晶	< 10	晶粒白云岩							
混积岩	陆源砂泥及灰云质泥	< 50	砾屑泥砂质灰(云)岩	砂屑泥砂质灰(云)岩	包壳粒泥砂质灰(云)岩	球粒泥砂质灰(云)岩		生屑泥、砂质灰(云)岩		
		< 10	砂灰岩 砂云岩 泥灰岩 泥云岩 灰(云)岩 云灰岩 膏云岩等							
非湖相淡水沉积			钙质结构 钙板 石灰华 穴珠 石钟乳等							

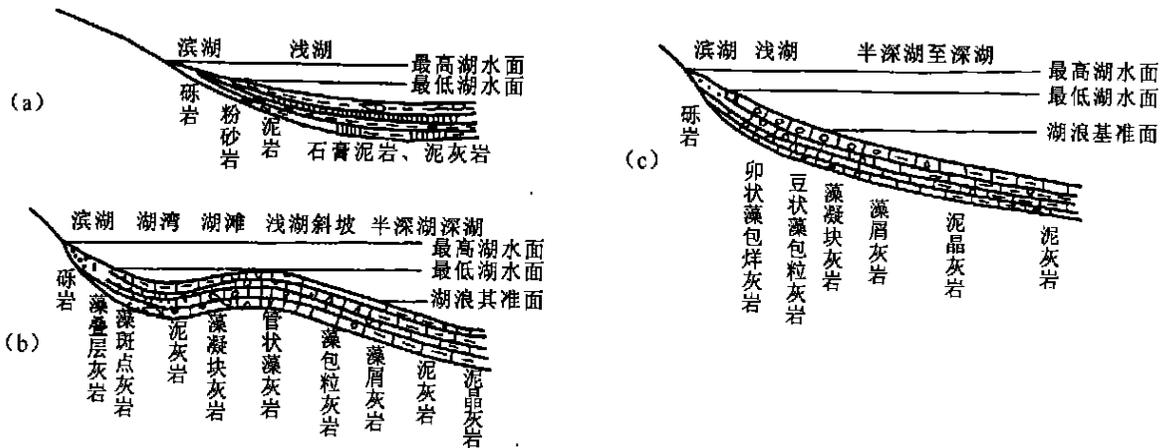


图1 平邑凹陷官庄组中段内陆湖泊碳酸盐岩沉积模式(官守锐等, 1985)

(a) 内源和外源混合沉积型; (b) 藻滩型; (c) 浅水蒸发台地型

Fig. 1 Sedimentary model for the continental lacustrine carbonate rocks in the middle part of the Guanzhuang Formation, Pingyi depression (after Guan Shourui et al., 1985)

(a) mixed endogenic and allogenic sediments; (b) algal-bank sediments; (c) shallow-water evaporite platform sediments

1. 按湖泊的发育阶段划分

我国东部中生代和新生代内陆湖盆一般都经历了早期断陷、中期凹陷和晚期收缩 3 个发展阶段。官守锐等(1985)<sup>[7]</sup>在研究了山东平邑盆地下第三系

官庄组中段碳酸盐岩产出特征以后,提出了湖盆发育的 3 个阶段的湖相碳酸盐岩的沉积模式(图 1)——早期为内源和外源混合沉积型;中期为藻滩型;晚期为浅水蒸发台地型。

2. 按构造背景和在湖盆中的构造位置划分

根据对全国各地湖相碳酸盐岩油气储层沉积特征的研究, 结合各自的构造背景, 以3个重点地区为代表, 总结了湖相碳酸盐岩油气储层的3种沉积相组合及相模式<sup>[12]</sup>。

(1) 断陷咸水湖盆边缘碳酸盐沉积模式。该模式以平方王地区沙四段上部为代表。断陷咸水湖盆边缘碳酸盐沉积包括4个亚相——滨湖亚相、浅湖亚相、半深湖亚相和深湖亚相; 6个微相——藻礁微相、前滩微相、湖湾微相、后滩微相、沙坪微相和泥坪-藻坪微相(图2)。

(2) 断陷咸水湖盆中央台地碳酸盐沉积模式。该模式以JZ20-2构造沙一、二段为代表, 咸水湖盆中央台地碳酸盐沉积包括4个微相——前缘斜坡相、生物滩微相、台地浅滩微相、局限台地微相(图3)。

(3) 拗陷淡水湖盆碳酸盐沉积模式。该模式以川中大安寨灰岩为代表。拗陷淡水湖盆碳酸盐沉积包括3个亚相和5个微相类型。亚相包括滨湖亚相、浅湖亚相和半深湖亚相, 其中滨湖亚相分为泥坪微相、含生物介壳的洼地微相和湖湾滞流碳酸盐坪微相, 浅湖亚相可分为介壳滩微相和介屑滩微相(图4)。

3. 按湖泊的水文状况划分

可分为水文开口湖和水文封闭湖两种。水文开口湖又可划分出湖盆相和湖盆边缘相两种沉积环境。

4. 按水深和水动力条件划分

从整个湖相碳酸盐岩的沉积条件、沉积特征及其与陆源碎屑岩的组合关系考虑, 结合湖水的相对深浅、水动力条件和自然地理部位, 可划分为滨湖相、浅湖相、半深湖相和深湖相4个相带。

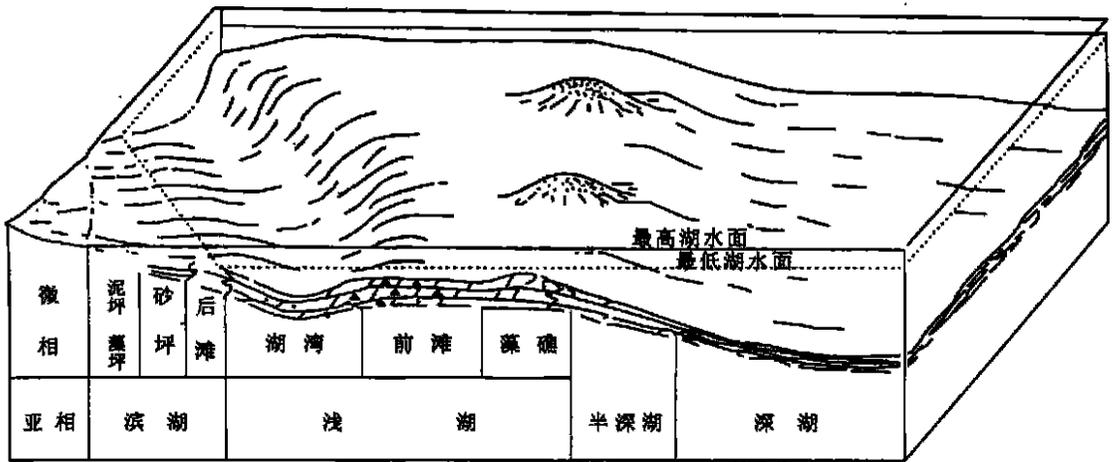


图2 断陷咸水湖盆边缘碳酸盐沉积模式

Fig. 2 Sedimentary model for the carbonate rocks along the margins of a faulted saline lake basin

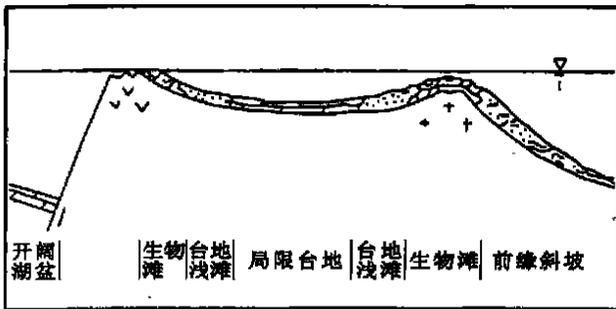


图3 断陷咸水湖盆中央台地碳酸盐沉积模式

Fig. 3 Sedimentary model for the carbonate rocks on the central platform of a faulted saline lake basin

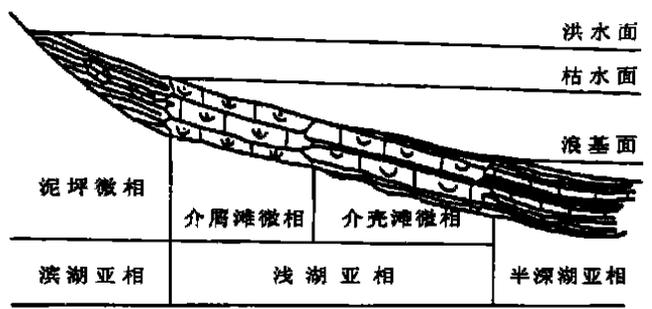


图4 拗陷淡水湖盆碳酸盐沉积模式

Fig. 4 Sedimentary model for the carbonate rocks in a down-warped fresh-water lake basin

5. 综合模式

杜韞华(1990)在总结了我国渤海地区下第三系湖相碳酸盐岩沉积特征后,提出了综合性的湖相碳酸盐岩沉积模式<sup>[3]</sup>(图5)。该模式即反映了碳酸盐岩体的成因特征,又表达了其空间分布,并且对预测岩体的分布起指导作用。

2.4 对湖相碳酸盐岩的储层特征进行了系统研究

研究表明,中国主要湖相碳酸盐岩储层的储集空间为孔、洞、缝三大类,14种<sup>[4]</sup>(表2)。

原生孔隙的成因取决于岩石结构,其分布与沉积相有关,如骨架孔主要见于礁核相和礁丘核相。各种粒间孔主要见于浅湖及深湖层状、纹层状碳酸盐岩。次生孔隙形成于表生溶蚀,也可受深层溶蚀

形成,受成岩作用的影响很大。

湖相碳酸盐岩体主要经历了同生、潜流、淡水渗流、浅埋藏及深埋藏等5种成岩环境和18种成岩作用。对储集性能影响较大的成岩作用是白云岩化、同生胶结、大气渗流溶蚀及深层溶蚀作用。当深层孔隙形成以后,烃类在孔隙中大量聚集,即形成储油岩体;在构造条件及油水关系不变的情况下,储集体的成岩作用趋于终止,储集空间得以保存。

湖相碳酸盐岩储集层,按孔隙类型可分为4种储层类型。

(1)孔隙型储集层。这种储层的及物性参数受结构组分控制。常见的孔隙类型有粒间孔隙、晶间孔隙、生物格架孔隙等。这种储层的储集性能较好,

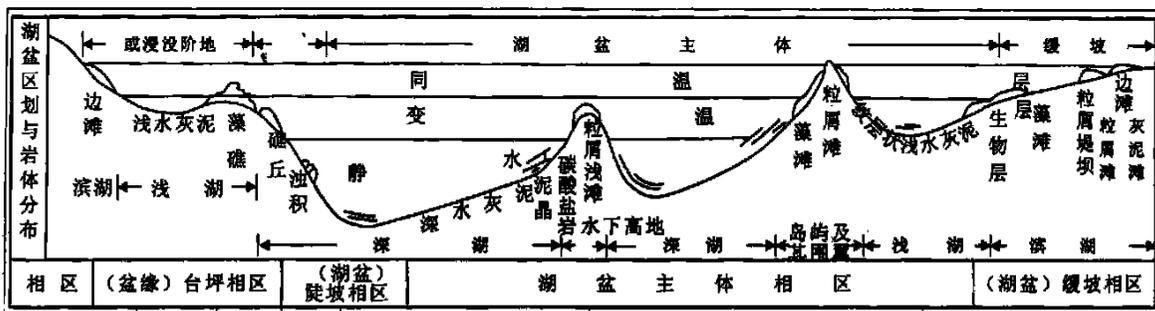


图5 湖相碳酸盐岩沉积综合模式图<sup>[3]</sup>

Fig.5 Generalized sedimentary model for lacustrine carbonate rocks (after Du Yunhua, 1990)

表2 湖相碳酸盐岩储集空间类型及其分布<sup>[4]</sup>

Table 2 Reservoir spaces, rock types and distribution of lacustrine carbonate rocks (after Du Yunhua, 1992)

类型	储集空间	主要岩石类型	与沉积相关系
孔	原	生物骨架孔	藻灰(云)岩、礁灰(云)岩
		生物体腔孔	生物介壳灰(云)岩
		角砾间孔	砾屑白云岩、球粒白云岩
	生	粒内孔	鲕粒碳酸盐岩、生物灰岩
		粒间孔	介形虫灰岩、藻屑白云岩
		遮蔽孔	团块白云岩
	次生	溶孔	骨架碳酸盐岩
		铸模孔	颗粒碳酸盐岩
		收缩孔	泥晶碳酸盐岩
晶间孔		泥晶白云岩	
洞	溶洞	各种碳酸盐岩	
缝	原生	层间缝	纹层状泥晶碳酸盐岩
	次生	构造缝	各种碳酸盐岩
		溶沟	

孔隙度及渗透率较大且稳定。

(2)溶蚀孔隙型储集层。孔隙类型以溶蚀孔隙及溶洞为主。这种孔隙层厚度变化大、物性条件好。另外,深部的埋藏作用也可以由溶蚀孔隙层形成。

(3)裂缝型储集层。这种储层多见于较薄的脆性碳酸盐岩,裂缝既是储集空间,又是油气运移通道。多属于中、低孔隙度的储层,层位一般不固定,分布面积有限。

(4)复合型储集层。碳酸盐岩储层多为复合型的,原生孔隙、次生孔隙和裂缝三者同时出现或出现其中的两种。

## 2.5 确立了湖相碳酸盐岩为生油岩

自李任伟等(1991)把东濮凹陷的湖相碳酸盐岩单独列为一类生油岩,并首次提出了湖相碳酸盐岩生油岩的概念以后,对湖相碳酸盐岩的研究,增加了新的“湖相碳酸盐岩型”烃源岩<sup>[14]</sup>,拓展了找油气领域。如今关于湖相碳酸盐岩生油岩已经取得了一些非常有益的研究成果,主要表现在以下几个方面:

(1)形成环境。原生的湖相碳酸盐岩沉积基本上都是化学沉积的产物。按其沉积时的水介质条件可分为硬水湖中的沉积产物和卤水湖中的沉积产物。而具有生油能力的湖相碳酸盐岩沉积多形成于卤水湖中,如东濮凹陷第三系沙河街组、柴达木盆地西部下第三系和泌阳凹陷下第三系核桃园组。

(2)组成特征。由于湖泊环境具有较强的不稳定性,湖泊沉积物的组成常受水介质条件和湖水系的影响,因此湖相碳酸盐岩生油岩几乎是不纯的,多数情况下由湖相泥岩与湖相碳酸盐岩呈互层甚至是纹层状的沉积。如东濮凹陷下第三系湖相碳酸盐岩生油岩主要以泥灰岩和灰质泥岩为主,在整个下第三系生油岩中,湖相碳酸盐岩型生油岩占26%。可见,泥岩与碳酸盐岩的混合沉积是湖相碳酸盐岩生油岩的重要组成特征。

(3)有机质含量。由于湖相沉积环境的分割性和多样性,湖相碳酸盐岩生油岩中有机质变化很大。柴达木盆地西部第三系湖相碳酸盐岩生油岩中有机质的含量普遍比较低,其总有机碳含量一般均在0.4%以下,平均值只有0.32%;泌阳凹陷下第三系核桃园组湖相碳酸盐岩生油岩中有机质的含量则比较高,其总有机碳含量一般均在0.5%以上,平均值达1.75%。

(4)有机地化特征。湖相碳酸盐岩生油岩形成于内陆湖泊环境,且多出现在盐湖,而其岩石组成又常常是以泥岩、碳酸盐岩及膏岩、盐岩等混合沉积为

主,所以湖相碳酸盐岩生油岩常具有与泥岩、膏岩和碳酸盐岩等生油岩相似的有机地化特征。

(5)热演化特征。有机质与矿物之间的相互关系在以混合沉积为主要特征的湖相碳酸盐岩生油岩的热演化过程中具有非常重要的作用。不同的矿物成分对有机质的热演化过程可产生明显的不同的催化效应。贵阳地化所根据模拟实验结果,提出催化能力递减的矿物顺序为:钠蒙脱石→钙蒙脱石→方解石→高岭石→微斜长石。由于这种催化能力的差异,造成同一湖盆不同相带之间的生油岩在热演化程度上存在巨大差异,即相对于泥质生油岩,碳酸盐岩生油岩在有机质的热演化程度上存在明显的迟缓效应,这是湖相碳酸盐岩生油岩在有机质的热演化方面的一个十分重要的特征。

(6)二次成烃。湖相碳酸盐岩在成熟阶段后期至高成熟阶段束缚有机质的二次成烃作用不容忽视,是形成深层油气资源的另一重要来源。

## 3 湖相碳酸盐岩的进一步研究

虽然湖相碳酸盐岩的研究取得了一系列成果,但还有许多方面涉及较少,需要进一步深入研究。在今后的工作中,以下几方面有待进一步完善。

### 1. 研究湖相碳酸盐岩在地史时期中的演化规律

我国境内值得研究的湖相碳酸盐岩沉积作用始于三叠纪,发展于白垩纪,全盛于早第三纪(古近纪),衰落于晚第三纪(新近纪),表现了很强的地史限定性。但在地理分布上,却扩展迅速,很快形成遍及中国大陆的区域性分布格局。造成这种现象的原因:一是海陆变迁,二是气候带的展布与变化,三是构造变动与古地形的差异,四是生物的进化及其对湖泊的适应。其中起决定性作用的是海陆变迁。

事实上,中国湖相碳酸盐岩开始发育的三叠纪,正是海西构造运动后,海水从中国北方退出,形成著名的“南海北陆”的时期。三叠纪晚期,印支运动引起中国大部分处于大陆环境。从侏罗纪起,海侵主要限于西藏、青海南部和台湾、湖南、广东一带,仅在早期有短暂的海侵。因此“南海北陆”的状态基本结束,华南、华北连成一片。而这正是侏罗纪、白垩纪湖相碳酸盐岩沉积大发展的基本条件。古近纪能成为中国湖相碳酸盐岩发育的全盛时期,除了中国大陆的广阔稳定外,主要是因为全球海平面的最后一次高值,使中国境内湖沼纵横、生物繁荣和4种气候带横贯中国,带来发育湖相化学和生物化学沉积的有利条件。而新近纪湖相碳酸盐岩沉积作用的显著

减弱, 则是因为强烈的构造运动和欧亚大陆普遍存在的干旱性气候使得中国大陆剥蚀区多、游走性盆地多、红色盆地多、稳定湖泊少的特殊古地理条件造成的。今后应加强同一时代不同湖盆湖相碳酸盐岩分布规律和同一湖盆不同时代湖相碳酸盐岩的演化规律的研究。

2. 研究不同环境内的湖相碳酸盐岩形成的物理化学条件

湖相碳酸盐岩的形成明显受控于古气候、古水动力和古水介质条件的变化。气候对湖泊的影响远比海洋显著得多, 湖相碳酸盐岩形成于半潮湿和潮湿的较炎热的古气候。淡水到半咸水湖相碳酸盐岩的发育状况与生物的发育程度密切相关, 它主要发育在适合于大量生物繁殖的环境中, 水体清浅、阳光充足、能量较高、营养丰富、生物繁茂, 生物灰岩或藻灰岩发育。当气候干燥且有洪水入侵时, 陆源碎屑大量入湖, 水体浑浊, 不利于生物生长, 可沉积少量无颗粒灰岩。盐湖中的碳酸盐岩形成于气温高、蒸发作用强的常年咸水湖、季节性盐湖, 盐体边缘的风化壳和含盐泥坪中。沉积水体的水化学条件应为碳酸盐型, 其离子组成具有富  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $HCO_3^-$  和  $CO_3^{2-}$ , 而贫  $Ca^{2+}$  和  $SO_4^{2-}$  的特点, 古水介质应为偏碱性, pH 值大于 9。今后应加强对淡水湖盆、咸水湖盆和盐湖中的湖相碳酸盐岩形成的物理化学条件的研究。

3. 研究湖相碳酸盐岩的形成与海侵的关系

海侵作用与湖相碳酸盐岩的形成有密切的关系, 尤其是近海湖泊。但海侵的影响并不能改变湖泊水体的根本性质。在湖侵体系域发育期, 遭受海侵影响, 最大湖泛面是在湖平面快速上升, 岸线不断向陆迁移, 退至最大限度时形成的。此时, 新增可容空间足够大, 水体变深、变广, 同时盐度却增加了, 而陆源碎屑物质供应不足, 湖盆处于欠补偿沉积状态, 以有机沉积和碳酸盐沉积为主, 在陆源碎屑供给相对不足的地区发育碳酸盐礁体, 在滨浅湖发育大量薄层湖相碳酸盐岩。今后应加强海侵过程为湖相碳酸盐岩的形成提供了哪些物质, 创造了什么条件的研究。

4. 研究湖相碳酸盐岩的生、储性能与形成环境的关系

湖相碳酸盐岩生油岩主要发育在半深湖-深湖相, 位于浪基面之下, 水体较深, 能量弱, 靠湖流使上下湖水得以缓慢交换, 氧气和光线不充足, 生物不发育; 以泥晶灰(云)岩和泥灰(云)岩为主, 富含泥质、

有机质、黄铁矿、硬石膏及介形虫等; 具裂缝型储集岩及良好生油岩。在沉积剖面上, 多呈透镜状夹在大套泥岩中, 有充足的油源和良好的盖层。浅湖相的浅滩亚相是最有利的储集相带。由于较深的波浪与湖流作用, 水体强烈搅动、能量较高, 加之水体清浅、阳光充足, 适于生物生长, 所以常见多种类型的颗粒灰(云)岩和生物灰(云)岩, 有良好的粒间孔隙、粒内孔隙, 具良好的储集性能。今后应加强研究不同类型湖盆中形成的湖相碳酸盐岩的生、储性能, 建立两者的关系, 为油气勘探提供重要的依据。

## 4 结 语

湖相碳酸盐岩的研究取得了很大的成果, 为石油勘探和开发提供了新的储集层和烃源岩, 显示出非常良好的前景, 取得了很大的经济效益。虽然在某些领域处于薄弱环节, 但随着研究的进一步深入和新的方法的运用, 相信将不断有新的概念和新的成果出现, 将对陆相石油地质及包括海相和陆相整个碳酸盐岩体系的生油理论作进一步补充和完善。

## 参考文献:

- [1] 王衡釜, 周书欣, 等. 松辽盆地西部白垩系青山口组和嫩江组淡水碳酸盐岩的研究[J]. 石油勘探与开发, 1983, (5): 1-5, (6): 9-13.
- [2] 周自立, 杜韞华. 湖相碳酸盐岩与油气分布关系——以山东胜利油田下第三系为例[J]. 石油实验地质, 1986, (2): 124-132.
- [3] 秦云龙. 饶阳凹陷湖泊碳酸盐岩储层特征[J]. 石油勘探与开发, 1988, (3): 44-51.
- [4] 杜韞华. 中国湖相碳酸盐岩油气储层[J]. 陆相石油地质, 1992, 3(6): 25-37.
- [5] 王成, 范铁成. 湖相碳酸盐岩储层孔隙特征[J]. 大庆石油地质与开发, 1998, 17(3): 12-14.
- [6] 王英华, 周书欣, 等. 中国湖相碳酸盐岩[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1993.
- [7] 妥进才, 黄杏珍. 湖相碳酸盐岩生油岩研究进展[J]. 地球科学进展, 1996, 11(6): 585-589.
- [8] 李任伟. 含蒸发岩建造湖盆生油特征及其意义——东濮凹陷油气生成地球化学研究[J]. 北京: 石油工业出版社, 1991, 104-124.
- [9] 妥进才, 邵宏舜, 黄杏珍. 湖相碳酸盐岩生油岩及其有机地球化学特征——以柴达木盆地第三系为例[J]. 石油实验地质, 1995, 17(3): 26-30.
- [10] 黄杏珍, 邵宏舜. 泌阳凹陷下第三系湖相白云岩形成条件[J]. 沉积学报, 2001, 19(2): 207-333.
- [11] 闫存凤, 邵宏舜, 黄杏珍. 泌阳凹陷核桃园组碳酸盐岩系孢粉相及烃源岩评价[J]. 沉积学报, 1998, 16(3): 115-118.
- [12] 赵澄林, 等. 油区岩相古地理[M]. 北京: 石油大学出版社.

2001, 295–311.

- [13] 杜韞华. 渤海湾地区下第三系湖相碳酸盐岩及沉积模式[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(4): 34–41.

- [14] 王寿庆, 何祖荣. 深化泌阳凹陷认识, 开拓油气勘探领域[J]. 河南石油, 2002, 16(1): 1–6.

## Lacustrine carbonate rocks in China: An overview

XIA Qing-song, TIAN Jing-chun, NI Xin-feng

(*Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*)

**Abstract:** In spite of great economic significance, very little is known about the lacustrine carbonate rocks both at home and abroad. The present paper, referenced to the previous data, gives an overview of the lacustrine carbonate rocks in China on the basis of rock types, distribution, facies models, reservoir rocks and source rocks. Future researches should focus on the evolution of the lacustrine carbonate rocks during geologic times; physical and chemical conditions for the formation of the lacustrine carbonate rocks in distinctive environments; relationship between the formation of the lacustrine carbonate rocks and transgressions, and that between oil-generating and reservoir capacities and environments in which the lacustrine carbonate rocks were deposited.

**Key words:** lacustrine carbonate rock; rock type; facies model; reservoir rock; source rock