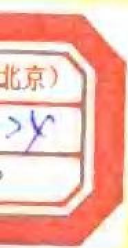


中国湖相碳酸盐岩

王英华 周书欣 张秀莲 著



Zhongguo
Huxiang
Tansuan
Yanyan



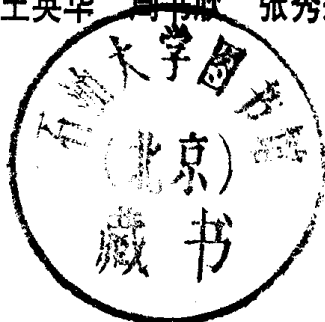
中国矿业大学出版社

登录号	093303
分类号	P588.24
种次号	003

中国湖相碳酸盐岩

(S211/34) S211/26

王英华 周书欣 张秀莲 编著



00864091

中国矿业大学出版社

(苏)新登字第 010 号

内容提要

湖相碳酸盐岩广泛发育于我国各陆相含油气盆地中,其中常具有良好生油和储集性能的岩层。系统总结湖相碳酸盐岩的岩石学特征及其沉积环境,对深入了解湖盆的形成和沉积演化历史,具有重要的理论意义和实践意义。

本书是我国第一本全面总结该类沉积的专著。书中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。在与海相碳酸盐岩相比较的前提下,讨论了湖相碳酸盐的结构构造特征,并对岩石中的化石、化石碎片组合及成岩作用等做了较深入剖析。

在岩石学研究的基础上,对湖相碳酸盐岩的沉积相、沉积模式以及湖相生物礁做了较详尽研究,指出了各不同沉积环境下的岩石类型和组合特征。

相标志在沉积环境和相的研究中是非常重要的。所以,本书对湖相碳酸盐岩的相标志进行了明确而系统的总结。

上述研究有助于读者进一步清楚地了解中国湖相碳酸盐岩的基本特点及形成演化历史,并推动我国陆相盆地的综合研究,这对陆相盆地的油气勘探无疑是有益的。

此外,书中还专章论述了现代陆相碳酸盐岩沉积作用、沉积物特征及其与古气候、古水文条件的关系等,这对于研究第四纪以来的古地理变迁亦具有重要意义。

中国湖相碳酸盐岩

王英华 周书欣 张秀莲 编著

责任编辑 陈贵仁 王景华

中国矿业大学出版社出版

新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 8.75 插页 8 字数 250 千字

1993 年 4 月第一版 1993 年 4 月第一次印刷

印数:1~1000 册

ISBN 7 - 81021 - 500 - 0

P·17

定价:9.00 元

序

国际沉积学会主席、美国著名沉积学家里丁(H. G. Reading)在1985年9月访问中国时曾指出:“对湖泊的研究在欧美比较落后,这一方面可能是由于欧美沉积学家认为湖相沉积没有重大的经济意义,不能从中获得石油;另一方面也可能是因为他们没有鉴别出古代的湖相沉积,而只泛称为非海相沉积。中国的沉积学家之所以重视湖泊沉积,是因为他们了解湖泊的重要性,特别是知道可以从中获得石油。”

事实上,我国的中、新生代湖相沉积发育,加之结合油、气和盐类矿床的勘探和开发,我国对湖相沉积的研究也确实较为深入。迄今为止,我国在有关湖相地层学、古生物学、碎屑岩岩石学、岩相古地理学等方面的研究,已步入国际先进行列。作为沉积学主要研究内容的沉积—成岩作用、沉积体特征、沉积环境分析和沉积相模式等,已渐趋完善;研究工作中依据的基本理论和所采用的技术方法和手段,也不断进行了补充和更新,从而获得了很多可切实指导油、气资源评价和盐类矿床勘探的科学结论。近年来,《云南断陷湖环境与沉积》、《中国东部第三纪海侵和沉积环境》、《松辽盆地白垩纪陆相沉积特征》、《黄骅坳陷第三系沉积相和沉积环境》、《碎屑储集岩的成岩作用研究》等专著的陆续出版,比较全面和深入地总结了我国东部各主要含油、气湖相沉积区的基本特征以及构造、沉积、成岩和成藏的演化史。对我国西部地区,除盐湖的研究具有一定深度和特色以外,各时代湖相沉积研究的程度与东部地区相比较,尚有差距。

在有关湖泊沉积研究中,对碳酸盐岩和粘土岩的研究最为薄弱。尽管近年来就松辽、东营、平邑、苏北、三水、江汉、南襄、内蒙及渭河、酒西、柴达木、准噶尔等盆地的碳酸盐岩在岩石学特征、沉积环境分析、岩石储集性及其与油气的关系等方面均有不少的报导和论述,但仍缺乏系统的综合和对比。

本书试图通过对我国中、新生代主要湖相碳酸盐岩沉积—成岩特征、沉积环境及沉积相模式等方面进行初步总结,以求抛砖引玉、引起沉积学界注意,希望加强这方面的研究。

在本书编写过程中,得到了学部委员关士聪先生的教诲和鼓励;朱国华、周自立、王德发、张国栋、郑瑞琳、袁效奇等教授、高级工程师曾大力支持和帮助;梁百和、邓宏文副教授为本书提供了岩石样品、薄片和岩石照片以及有关资料;北京大学地质系绘图室徐筠同志为本书清绘了插图,在此表示衷心感谢。

本书共分九章,第一章、第七章由周书欣执笔,第二章、第四章由王英华、张秀莲执笔,第三章由张秀莲执笔,第五章由王英华、俞锦标执笔,第六章由张秀莲、王英华执笔,第八章、第九章由周书欣、王建国执笔。王英华对全书进行了统编工作。由于作者水平有限,同时因资料零星、不易收集以及作者实践地区不够全面、平衡,书中难免有不足或不妥之处,切望广大读者不吝指正。

著 者

1991年6月

• I •

Abstract

Lake carbonate rock is widely distributed in oil bearing basins of continental facies in China. And there are a lot of very good source beds and oil reservoir beds in the lake carbonate rock. Obviously, it must have very important theoretical and practical significance to summarize systematically the petrological property and depositional environment of lake carbonate rock, because it can help us to understand the evolutionary history of a lake.

This book is the first monograph about lake carbonate rock of China. Distribution of time and space, chemical composition, trace elements and carbon and oxygen isotope of the lake carbonate rock are comprehensively studied, synthesized and compared by the author in the book. The characteristics of texture and structure, especially the fossils, fossil fragments, fossil assemblage and diagenesis of lake carbonate rock are deeply discussed on the premise of comparing with marine carbonate rock.

Sedimentary facies and model of lake carbonate rock and reef of lake facies are discussed in detail on the basis of studying to the petrology. The characteristics of petrological types and assemblage of different sedimentary environment are also pointed out.

As everyone, who is interested in sedimentology, knows that the indicator of facies is very important in the study of sedimentary environment and facies. The indicators of facies of lake carbonate rock are summed up clearly and systematically in the book. The above mentioned contents could help readers to understand the basic characteristics and evolutionary history of lake carbonate rock of China. Therefore, it could help people to study a continental basin comprehensively. Undoubtedly, it will be conducive to oil and gas exploration of continental basin.

Moreover, sedimentation and characteristics of present continental carbonate rock as well as the relation with paleoclimate, paleohydrologic condition are discussed in an independent chapter of the book. It would have important significance to understand the paleogeographic changes in Quaternary Period.

目 录

序	(1)
第一章 总 论	(1)
一 陆相碳酸盐岩的涵义	(1)
二 湖相碳酸盐岩的研究现状和意义	(1)
三 陆相碳酸盐岩的时空分布	(2)
四 湖相碳酸盐岩的分布特点	(3)
第二章 湖相碳酸盐岩的成分	(5)
一 湖相碳酸盐岩主要岩石类型的化学成分	(5)
二 湖相碳酸盐岩中的微量元素	(11)
三 湖相碳酸盐岩中的稳定氧、碳同位素组成	(15)
第三章 湖相碳酸盐岩岩石学特征及其分类	(21)
一 湖相碳酸盐岩的基本特点	(21)
二 湖相碳酸盐岩的分类	(28)
三 湖相碳酸盐岩的主要岩石类型及其基本特征	(35)
第四章 湖相沉积中的化石、化石碎片及其组合	(44)
一 研究湖相化石的意义	(44)
二 湖相沉积中的常见化石及其组合	(46)
三 不同沉积相中的化石及其伴生颗粒	(55)
第五章 现代陆相碳酸盐沉积及其特征	(58)
一 钙质结核、团块和钙结壳	(58)
二 泉华和洞穴珍珠	(61)
第六章 湖相碳酸盐岩的成岩作用	(71)
一 湖相碳酸盐岩成岩作用的研究现状	(71)
二 湖相碳酸盐岩成岩作用的控制因素	(72)
三 湖相碳酸盐岩的成岩作用	(75)
第七章 湖相碳酸盐岩的沉积相和沉积模式	(87)
一 沉积环境与影响沉积作用的因素	(87)

二	相模式和主要相带特征	(90)
第八章	湖相生物礁	(107)
一	湖相造礁生物的主要类型	(107)
二	湖相生物礁的发育条件	(108)
三	湖相生物礁的发展阶段	(109)
四	湖相生物礁的沉积作用及其相模式	(110)
五	湖相生物礁的一般特征及其地质意义	(112)
第九章	湖相碳酸盐岩的石油地质意义	(113)
一	湖相碳酸盐岩的生油能力	(113)
二	湖相碳酸盐岩的储油条件	(115)
三	油气藏类型	(117)
四	湖相碳酸盐岩隐蔽油气藏的勘探方法	(121)
照片图版说明		(124)
参考文献		(129)

Contents

Preface	I
Chapter 1 Introduction	1
Chapter 2 Composition of lake carbonate rock	5
Chapter 3 Petrological characteristics and classification of lake carbonate rock	21
Chapter 4 Fossils, skeletal fragments and their assemblage in the lake sediments	44
Chapter 5 Sedimentation and characteristics of the present cotinental carbonate rock	58
Chapter 6 Diagenesis of lake carbonate rock	71
Chapter 7 Sedimentary facies and models of lake carbonate rock	87
Chapter 8 Reef of lake carbonate rock	107
Chapter 9 Significance of lake carbonate rock in oil geology	113
Explanations of plates	124
References	129

第一章 总 论

一 陆相碳酸盐岩的涵义

陆相碳酸盐岩,系泛指各种非海相碳酸盐岩。它包括大陆环境中所形成的以下五类碳酸盐岩:① 洞穴碳酸盐沉积和泉华;② 土壤中形成的钙结层;③ 风成碳酸盐颗粒沙丘沉积经胶结作用而成的钙质风成岩;④ 由再旋回的碳酸盐岩颗粒所组成的冲积扇或河流沉积经成岩作用而成的碳酸盐岩;⑤ 湖相碳酸盐岩。其中,以内陆构造湖盆中的碳酸盐岩较为广泛,而且对油气的生成和聚集具有重要意义,所以本书将主要论述湖相碳酸盐岩。

二 湖相碳酸盐岩的研究现状和意义

与海相碳酸盐岩相比,湖相碳酸盐岩在地质历史中分布较少,所以人们对其重视和研究的程度远不如海相碳酸盐岩。然而,近年来随着对陆相沉积盆地油气资源和其它沉积以及层控矿床(Pb、Zn、Hg、Sb、Cu、Fe 等)普查勘探工作的深入开展,人们逐渐重视了对沉积盆地中沉积体及沉积相的研究,从而在国内外刊物上陆续出现了一些有关古代和现代湖相碳酸盐岩沉积特征及沉积环境方面的论述。但是,目前尚处于资料积累和区域性研究阶段,系统的、综合性的专著则较少。

在有些湖相碳酸盐岩中夹有含盐矿物层,如石盐、天然碱和苏打矿物等,甚至还可达到工业开采价值。更重要的是,根据国内外油气勘探实例,湖相碳酸盐岩在一定条件下既是重要的生油岩,又可成为重要的储油气岩。许多湖相碳酸盐岩都具有丰富的有机质和储藏有机质的场所。如美国犹他州东北部的尤因他盆地,其地层由碎屑岩和碳酸盐岩二者共同组成,其中含油气的主要储集岩为具裂缝的泥岩。有机质的主要来源,一是原地藻类和浮游生物,它们富集低分子量的富含氮的类脂化合物,在适当的埋藏条件下可转变成石油;二是外来的草本有机物,它们主要富集高分子量的富含碳的腐植型化合物,趋于形成天然气。在巴西、美国西部、南美洲、非洲、印度尼西亚、原苏联及中国的一些盆地中,都具有重要的油气聚集,证实了湖相碳酸盐岩可作为重要的储油气岩。

中国大陆自晚古生代海西运动特别是印支运动以后,得到了空前的发展,中、新生代陆相沉积盆地星罗棋布,计达 236 个之多。大庆、胜利、大港等地 160 多个油田就是在这些陆相盆地中找到的,从而形成了我国陆相产油气盆地的一大特点。其生、储油层系以中、新生代陆相碎屑岩系为主,也常夹有多层碳酸盐岩(包括某些藻礁灰岩)。有些湖相碳酸盐岩本身就是产油层。例如,四川盆地的中侏罗统大安寨组的介屑灰岩,华北盆地济阳拗陷下第三系纯化镇组的碳酸盐岩和礁灰岩,黄骅拗陷下第三系沙河街组三段的碳酸盐岩,冀中拗陷下第三系沙河街组三段的碳酸盐岩以及苏北盆地下第三系阜宁组二段的生物灰岩等,都是良好的储

油层,甚至是高产油层。湖相碳酸盐岩的经济价值,已经引起广大地质工作者的高度重视。人们已经认识到,对湖相碳酸盐岩的研究,不仅在沉积学自身领域里具有较大的理论意义,而且在进行盆地模拟研究、陆盆沉积模式研究以及在油气勘探和寻找层控矿床的生产实践中,都具有重要价值。

三 陆相碳酸盐岩的时空分布

陆相碳酸盐岩从高纬度区到低纬度区,从寒带、温带 to 热带,从潮湿区到干旱区,均有分布;从时代上看,从古代到现代都可找到实例。现代湖泊碳酸钙沉积的例子很多,如死海的现代沉积物,其白色的文石层呈周期性的出现(Neev, 1963);犹他州大盐湖中沉积的碳酸钙质鲕粒、球粒砂和藻类生物层(Eardley, 1938)及加里福尼亚南部索尔顿湖中的碳酸钙沉积层(Chilingar, 1967)等。就古代湖相碳酸盐岩的实例来说,如约旦峡谷—死海地堑的晚第三纪—更新世地层,美国落基山脉中部的瓦萨奇—绿河—尤因他组早新生代地层,美国犹他州中南部弗拉格斯塔夫古新世地层,瑞士侏罗山的早侏罗世地层,美国康涅狄格峡谷和弗吉尼亚州的三叠纪地层,加拿大诺瓦—斯科蒂阿东部的石炭纪马堡群、美国宾夕法尼亚州和弗吉尼亚州西部的宾夕法尼亚纪和二叠纪的含煤岩系(Chilingar, 1967),法国南部晚白垩世—早第三纪的湖相及成土碳酸盐岩(Freytet & Plazial, 1982),葡萄牙西部侏罗纪地层(Wright, 1985),澳大利亚南部的寒武纪地层(White & Yomgs, 1980)等,都是古代湖相碳酸盐岩。

中国湖相碳酸盐岩的分布,在时代上主要集中于中、新生代,自三叠纪到第三纪的古湖盆乃至现代湖盆中均有分布;其在空间上则遍布全国各类陆盆中。除前已提及的四川盆地、苏北盆地、济阳拗陷、黄骅拗陷、冀中拗陷的碳酸盐岩以外,还有松辽盆地下白垩统的淡水—微咸水碳酸盐岩,陕甘宁盆地上三叠统的淡水碳酸盐岩,山东平邑盆地下第三系的淡水—半咸水碳酸盐岩,广东三水盆地下第三系埭心群、湖南洞庭拗陷下第三系沅江组和库车盆地下第三系塔拉克组等海陆过渡相碳酸盐岩;此外,江汉盐湖盆地下第三系潜江组和东濮凹陷下第三系沙河街组的盐湖相碳酸盐岩等均较典型。总之,在淡水内陆湖盆、咸水内陆湖盆、偶具海侵的内陆湖盆和泻湖相湖盆中,均可赋存有各种碳酸盐岩,其中包括生物灰岩、颗粒灰岩、礁灰(云)岩、泥晶灰岩和白云岩等。其产状多为夹层状或透镜状,也有呈厚层块状者。它们均具有一定的地层意义。

湖相碳酸盐岩的主要物质来源,一是无机沉淀的和由生物光合作用所诱生的无机沉淀碳酸盐,二是来自生物残体的碳酸盐,如某些由介形类、软体动物壳或轮藻植物遗体等富集而成的生物灰岩层;此外,由河流带来的异地再旋回碳酸盐岩碎屑物质,也是它的一种物质来源。

盆地内碳酸盐岩的形成,离不开钙质的供给、迁移和淀积。根据松辽盆地白垩纪碳酸盐岩分布情况和从剥蚀区到深湖区的钙质移动、聚集规律,可将全盆地的钙质移动分为五个带:① 钙质淋滤带;② 土壤中钙质淀积层发育带;③ 湖泊浅水—较深水层状钙发育带;④ 湖泊较深水—深水层状钙发育带;⑤ 湖泊深水钙质结核分布带。各带的地貌分区、水动力条件、钙质沉积和灰岩发育情况,如表 1-1 所示。

表 1-1

松辽盆地下白垩统淡水碳酸盐岩分带表

钙质移动分带		地貌分区	层状灰岩分带	水动力条件	钙质沉积或灰岩发育情况
I	钙质淋滤带	剥蚀区 洪积区 辫状河流区		河流作用强烈	钙质离析并被带走,因而缺乏钙质沉积
II	土壤中钙质淀积层发育带	曲流河区 分流河区		河流作用	由于淋滤和蒸发作用,在地下潜水面一带淀积成钙质结核,不连续成层分布
III	湖泊浅水—较深水层状钙发育带	滨浅湖—较深湖	近岸带	河流与波浪作用	水体混浊,介形虫灰岩及其它灰岩薄,常含粉砂,但在湖湾内湖水清浅,介形虫灰岩、介屑灰岩、鲕状灰岩、藻灰岩等十分发育,是灰岩种类最多的地区
			中间带	波浪与湖流作用	水体清浅,介形虫灰岩等单层厚度与累积厚度大,种类单调的生物碎屑灰岩少
IV	湖泊较深水—深水层状钙发育带	较深湖—深湖	内带	湖流作用	水深,氧气和光线均不充足,生物发育程度差,介形虫灰岩薄,灰岩种类单调,多发育泥灰岩
V	湖泊深水钙质结核分布带	深湖			可见化学淀积钙结核,沿泥岩层面分布,具同心结构

(据王衡鉴、周书欣等,1984)

四 湖相碳酸盐岩的分布特点

湖相碳酸盐岩的产出部位和产状很不稳定,并主要受构造沉积相控制。概括之,其产出和产状特点如下:

1. 湖盆一般都经历了形成、发育和萎缩三个发展阶段。多数盆地与这三个阶段相对应的构造变动性质是断陷、拗陷和上升,湖盆水体由浅而深再到浅。从多数湖泊看,湖相碳酸盐岩最发育的层段一般都相当于湖盆的发育阶段。该阶段湖盆开阔、水域广布,加之适宜的气候条件,可使藻类等生物大量生长和繁殖,从而在滨浅湖区形成各种类型的生物灰(云)岩、颗粒灰(云)岩和礁灰(云)岩;在半深水至深水湖区,可形成泥晶灰岩和泥灰岩。

2. 在构造活动缓和、湖盆沉降与沉积作用缓慢补偿的层段(如松辽盆地青山口组—嫩江组、济阳拗陷的沙河街组一、四段),尤其在缓慢湖侵、湖水开阔的情况下,最有利于湖相生物碳酸盐岩和颗粒碳酸盐岩的形成。

3. 在平面上,不同相带上的碳酸盐岩类型呈连续或不连续的带状环湖岸分布。在滨浅湖区相对隆起的正地形顶部或斜坡地带,是滩相和礁相发育的良好场所。

4. 在以碎屑岩为主、夹有碳酸盐岩层的淡水湖盆中,在不同相带内,碳酸盐岩的垂向分布部位也不相同。以松辽盆地下白垩统为例,在正常浅湖沉积中,碳酸盐岩主要发育于反向小旋回的上部;在三角洲前缘沉积部位,则发育于复合小旋回之间;在较深湖和深湖区,则夹

于黑色泥岩之中；在河流区，则不发育碳酸盐岩。但在地层剖面中，由于气候和沉积条件的周期性频繁变化，碳酸盐岩层可具有层数多、单层薄、岩层呈韵律性变化等特点。

5. 湖相灰(云)岩的产状因沉积相的差异而不同，如滨浅湖区的灰(云)岩，其厚度大，呈不连续片状或连续带状环岸分布，片状者中心厚、边部薄；浅水隆起区的灰(云)岩，呈透镜状，在高点部位厚度较大；半深湖—深湖区的灰(云)岩，成层性好，比较稳定，多呈薄层状夹在黑色泥岩中。

6. 湖相碳酸盐岩和砂质岩在空间上呈规律性分布，多数情况下砂岩发育区灰岩不发育；砂岩零线以外的深水区仅有薄层泥灰岩或泥晶灰岩；在有湖流活动的地区，碳酸盐岩分布的水深可大一些；而在砂岩发育区的边缘或其间的湖湾内，则很有利于碳酸盐岩发育。在浅水隆起部位和斜坡带上缘形成生物滩和生物礁的地方，则极少有砂质混入。

湖泊是个动力系统，对气候的变化特别敏感，加之其构造环境和沉积环境又是多种多样的，所以很难用一组单一的标准来识别其沉积特征和形成环境。本书将对湖相碳酸盐岩的综合性特征、沉积后作用、相模式及其与油气的关系等做全面论述。

第二章 湖相碳酸盐岩的成分

湖相碳酸盐岩受多种沉积环境和古气候的控制,分布比较局限,其厚度亦较多变。在多物源影响下,岩类组合和岩性变化较大,各类岩石的化学成分、矿物成分和微量元素及其稳定同位素组成,也均有很大差异。查明各类岩石化学成分特征、相关元素组合分布特征和演化规律,有助于阐明其物质来源和岩石地球化学特征。此外,岩石中各类元素的分布规律也是深入研究岩石成因和识别与划分沉积环境的重要标志和依据。因此,近年来已对部分地区陆相碳酸盐岩的多种成分进行了详细测试。系统地分析这些数据,并与岩石学研究结果相结合,可获得很多重要的结论。

— 湖相碳酸盐岩主要岩石类型的化学成分

由于湖盆地面积相对较小,其多向物源成分复杂,且为不同方向水系的汇水区,因此湖水的化学成分复杂多变。虽然湖水所含主要离子与海水近似,但湖水的盐度随蒸发和补给(主要受气候因素控制)而变化迅速,使湖水成分在干旱期和降雨期也有很大不同。有利于碳酸盐沉积的湖水,是高盐度的碱性湖水。湖相碳酸盐岩的地球化学特征,通常可通过主要常量化学组分反映出来。

湖相碳酸盐岩的常量元素的组合与海相碳酸盐岩相同,但其含量及变化的幅度均高于海相碳酸盐岩(见表 2-1)。这些显著的变化,除受复杂的物源控制以外,也与湖相的沉积环境有关。唐天福等人在较全面地研究了广东三水盆地第三系 埭心群化学组分后指出, CaO 、 MgO 在横向分布上有明显的差异性,盆地西部 MgO 含量一般小于 1%, CaO/MgO 值为 20~100% 左右;而盆地东部地区的 MgO 含量却大于 3%,部分样品可高达 11% 以上, CaO/MgO 值在 15% 以下,白云岩亦随之增高。盆地西部边缘地区 CaO 多在 50% 左右,酸不溶物小于 5%,属于纯灰岩型的近清水沉积(见表 2-2)。苏北地区阜宁群碳酸盐岩的化学成分的变化亦随岩类不同而多变,其中 K_2O 、 Na_2O 和 MgO 含量的增减直接与气候相关,而 SiO_2 、 Al_2O_3 及 Fe_2O_3 等则与陆源物或可溶组分含量呈正相关关系。

山东平邑拗陷、济阳拗陷、黄骅拗陷等地的碳酸盐岩产出层位虽不尽相同,但岩石类型比较近似,其化学组分亦大体相近。顾澄皋所做的平邑拗陷 200 余个碳酸盐岩样品的分析结果表明:各类岩石中, CaO 最高含量为 55.74%、最低含量为 40.42%; MgO 含量较低,平均值仅为 0.33%,变化范围在 0.1~0.75% 之间。镁钙氧化物比值在平邑拗陷官庄组二段碳酸盐岩中,自下而上呈规律性变化(图 2-1)。这一变化表明,官庄组二段底部下亚段沉积时湖面稳定, MgO/CaO 值低、变化幅度小;中亚段沉积以紫红色、棕色及灰白色砂、泥岩并夹薄层、中厚层泥灰岩、微晶灰岩、轮藻灰岩为主,局部有石膏出现, MgO/CaO 值高、变化幅度大、韵律性强,显示这一时期气候干旱、补给与蒸发的间歇性交替;上亚段 MgO/CaO 值虽然较高,但变化幅度较小、变化频率快,这一规律显示随拗陷收缩和湖面缩小,气候的影响和控制作

用更为显著。这一时期形成的钙结壳和螺化石属种,也均可作为湖水咸化的佐证。

表 2-1 湖相与海相碳酸盐岩化学成分(%)对比表 *

岩 石 类 型		产 地	层位	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O+Na ₂ O
湖 相	泥晶泥质灰岩	松辽源 4 井	K _{1q}	—	—	15.62	3.44	0.90	0.92
	含藻屑微晶灰岩	广东三水	E _b	52.87	0.56	—	—	—	—
	微晶灰岩	广东三水	E _b	50.09	0.84	8.15	1.26	1.07	0.31
	含螺微晶灰岩	山东平邑	E _p	53.21	0.69	2.67	1.01	0.92	0.88
	亮晶砂屑灰岩	苏北钻井	E _f	46.77	1.34	5.30	3.27	1.84	1.03
	亮晶鲕粒灰岩	苏北金湖	E _f	54.02	0.62	2.13	1.47	0.81	0.62
	藻白云岩	内蒙临河	N ₁	18.14	12.22	4.36	12.19	1.25	0.97
	粉晶白云岩	内蒙临河	K	14.25	11.87	22.54	11.16	2.66	1.95
海 相	泥晶灰岩	河北抚宁	O _{1y}	50.62	0.72	6.18	0.99	0.56	0.39
	生物泥晶灰岩	河北平泉	E _{2x}	53.10	0.71	2.97	0.36	0.10	—
	泥晶泥质灰岩	湖南湘潭	D _{2q}	45.06	2.95	2.53	4.91	2.82	1.25
	云斑灰岩	云南昆明	P _{2m}	51.04	6.73	1.73	2.03	0.46	0.74
	泥粉晶白云岩	山东莱芜	E _{3f}	31.13	13.28	2.02	1.66	1.04	0.52
	泥晶泥质白云岩	广西桂林	D _{2d}	22.89	11.77	3.15	2.42	1.93	1.15
	亮晶鲕粒灰岩	北京昌平	E _{2z}	52.55	1.31	2.18	0.43	0.76	0.17
	亮晶砂屑灰岩	河北唐县	O _{1y}	52.96	0.63	1.04	1.62	0.82	0.41

* 表内数据引自 781 地质队、河北建材地质公司及唐天福等文献资料

表 2-2 广东三水盆地 坭心群碳酸盐岩部分样品化学分析结果 *

产 地	标本号	岩 石 名 称	碳酸盐分析结果(%)				CaO/ MgO	层 号
			CaO	MgO	CO ₂	酸不溶物		
太 平	30-08	变藻屑微晶灰岩	51.30	0.94	41.55	2.92	54.57	254
	30-20	藻屑亮晶灰岩	49.46	2.81	42.71	2.00	17.6	296
	30-26	变余藻迹微晶灰岩	53.14	0.75	43.04	2.04	70.85	305
	30-34	层状藻叠层石灰岩	52.35	0.47	42.80	3.18	111.38	313
	30-53	似豹皮状含有孔虫泥晶灰岩	41.85	0.84	34.07	19.48	49.82	323
石 涌	48-07	藻屑微晶灰岩	52.87	0.56	42.63	2.44	94.41	277
	48-14	含屑微晶灰岩	51.82	0.66	42.63	5.62	78.52	282
	48-24	含粉砂质泥晶灰岩	41.33	1.12	34.32	19.33	36.90	291
西南镇	53-31①	含粉砂质含藻屑泥-微晶灰岩	38.84	1.67	32.24	21.78	32.26	116
小涡尾	21-04	微晶灰岩	49.33	0.47	39.05	8.72	104.96	55
	21-11	粉砂质含虫管泥-微晶灰云岩	27.03	7.40	29.67	28.12	3.65	83
	21-24	具虫穴的含粉砂质砂屑泥灰岩	26.90	0.56	21.28	44.70	48.04	120
	21-30	粉砂质含屑微晶灰岩	38.05	0.47	29.92	27.16	80.96	131

续表 2-2

虾 北	40-04	含灰质泥晶白云岩	29.21	15.16	40.35	9.38	1.92	197
马头岭	13-10	条带状泥晶灰岩 *	21.52	3.65	20.30	46.94	5.90	116
	13-15	含粉砂质含白云质砂屑微晶灰岩	44.85	3.19	39.05	10.66	14.04	120
	13-35	藻屑细晶灰岩	47.76	3.28	41.79	3.74	14.56	156
	13-38	生物搅动藻迹泥-微晶灰岩	34.64	11.62	39.05	6.54	2.98	161
盐 步	5-16	含白云质粉砂质泥晶灰岩	29.52	2.81	24.94	36.12	10.51	121
	5-18	含粉砂质泥云岩	12.20	12.37	18.38	44.82	0.99	121

(据唐天福等,1980)

* 含颗粒泥晶灰岩与含粉砂质条纹或透镜体的薄层水云母泥岩互层

内蒙河套盆地白垩系、第三系的湖相碳酸盐岩以白云岩为主。由于该盆地物源多而复杂,且有持续干旱气候条件相配合,故除白垩系分布有较纯微晶灰岩和生物微晶灰岩外,第三系碳酸盐岩成分多数不纯,并以泥云岩、砂质颗粒白云岩、含生物泥质白云岩为主。其中,多数岩石均以含大量石英粉砂为特征,岩石的主要化学成分亦随不溶组分含量的多少而大幅度变化(见表 2-3 和图 2-2)。

表 2-3 内蒙河套盆地湖相碳酸盐岩的化学成分(%)

时代	岩 石 名 称	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	不溶物	CaO/MgO
N ₁	1 亮晶鲕粒砂云岩	9.14	3.91	16.87	7.18	40.21	2.34
	2 亮晶砂屑砂云岩	8.05	4.21	17.30	7.32	38.47	1.91
	3 泥晶生物泥云岩	8.55	3.82	17.03	7.23	39.22	2.24
	4 亮晶鲕粒泥云岩	7.86	3.85	17.22	7.72	43.14	2.04
	5 含生物泥云岩	7.23	4.46	16.88	7.08	44.83	1.62
	6 亮晶颗粒砂泥云岩	7.48	3.58	16.28	6.86	42.14	2.09
	7 生物微晶砂云岩	7.90	4.24	16.46	6.79	38.52	1.86
	8 微晶泥云岩	14.66	3.72	12.99	3.80	41.76	3.94
	9 微晶泥灰云岩	8.10	2.81	14.17	4.87	43.07	2.88
E	10 微晶泥灰云岩	16.16	3.62	16.67	7.13	38.78	4.46
	11 微晶泥灰云岩	17.27	3.67	16.94	6.60	39.24	4.71
	12 亮晶颗粒砂云岩	16.18	12.41	13.94	5.05	24.15	1.30
	13 微晶泥云岩	14.39	5.17	12.89	5.77	28.66	2.78
K	14 微晶砂云岩	26.37	9.42	5.64	4.65	42.33	2.79
	15 微晶灰岩	58.07	3.19	5.05	2.03	3.06	18.20
	16 微晶砂泥云岩	20.64	9.78	7.92	3.04	41.67	2.11
	17 生物微晶灰岩	58.07	3.65	3.04	1.78	2.52	15.91

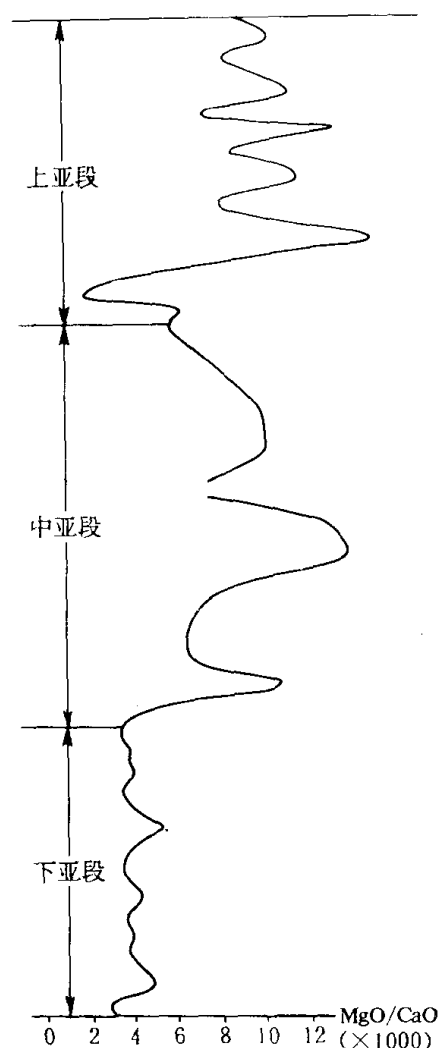


图 2-1 山东平邑坳陷官庄组二段碳酸盐岩
MgO/CaO 比值变化图
(据顾澄皋, 1985)

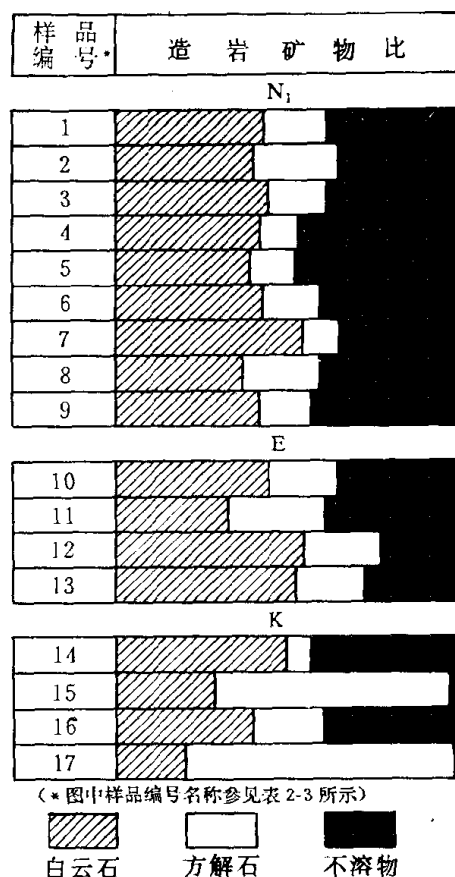


图 2-2 内蒙河套盆地临河坳陷碳酸盐岩中
常见矿物和不溶物的相对含量

从表 2-3 不难看出,内蒙河套盆地与其它地区湖相沉积一样,都普遍发育有过渡型混积岩,如泥质灰(云)岩、砂质灰(云)岩、砂泥(云)岩等。就化学成分而言,这些岩石已不属于碳酸盐岩,但因其多与较纯碳酸盐岩伴生或为其薄夹层,结构又与碳酸盐岩具同一性质,故将其与纯碳酸盐岩成分进行综合研究,仍具有重要的沉积学意义。

对比广东三水盆地 埭心群和内蒙河套盆地白垩系、第三系碳酸盐岩的岩石类型和化学成分,可以看出:三水盆地 埭心群碳酸盐岩岩性较纯并以灰岩为主,白云岩及过渡型混积岩少见;而河套盆地第三系的碳酸盐岩多以混积岩为主,碳酸盐组分多已云化,故 CaO/MgO 比值均偏低,较纯石灰岩仅见于白垩系地层中。这一显著差异表明了河套地区中、新生代湖沼在内陆干旱气候的控制下,强烈的蒸发作用使湖水咸化、湖面不断缩小,陆源物质较单一,其中相当数量的石英砂可能为风成沉积,它们更加快了湖沼的消亡。

松辽盆地碳酸盐岩层数多而单层薄,累计厚度一般虽小于地层总厚度的 10%,但岩石类型齐全,各类碳酸盐岩的常规氧化物组分呈规律性变化。其中,分布于下白垩统青山口组二、三段的鲕粒灰岩和各类藻灰岩的岩性较纯;除个别藻灰岩中 SiO₂ 和 Al₂O₃ 较高以外,大多数岩石的化学成分都接近于一般灰岩(见表 2-4)。在生物灰岩,特别是介形虫或螺灰岩

中,常含一定数量陆源石英和粘土,因而 SiO_2 、 Al_2O_3 普遍偏高,但仍低于泉头组或嫩江组的泥灰岩或含砂泥灰岩。各类岩石中 $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 含量均明显地高于海相碳酸盐岩。

表 2-4 松辽盆地碳酸盐岩与海相碳酸盐岩化学成分对比表

岩 类	层 位	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	Na_2O	K_2O
松辽杜 410 井鲕状灰岩	青二、三段	2.94	1.44	0.63	1.19	0.41	0.10
唐山海相鲕状灰岩	张夏组	2.22	1.56	0.30	0.27	0.18	0.06
松辽杜 412 井藻灰岩	青二、三段	8.96	2.90	0.46	1.11	0.62	0.40
吉林海相藻灰岩	震旦系	7.90	1.24	0.16	0.05	0.20	0.45
松辽红 134 井介形虫灰岩	青二、三段	11.60	3.61	1.26	3.38	0.70	0.60
松辽杜 412 井泥灰岩	嫩一段	12.18	4.66	1.49	5.71	0.50	0.79
松辽源 4 井泥灰岩	泉头组	15.62	3.44	0.90	1.32	0.48	0.44
唐山海相泥灰岩	景儿峪组	21.68	1.87	0.17	0.39	0.14	0.40
克拉克 1924 年所做 345 个海洋灰岩平均值		5.19	0.81	0.54		0.05	0.33

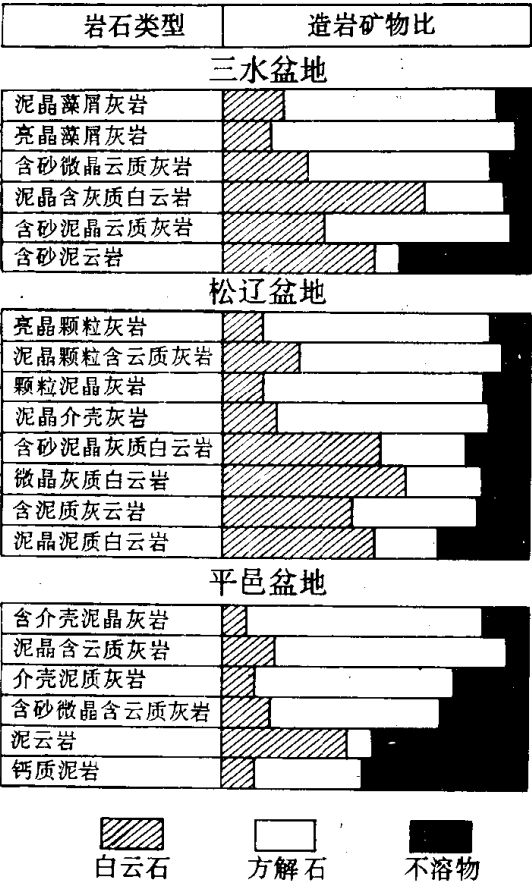


图 2-3 常见湖相碳酸盐岩中方解石、白云石和不溶物的相对含量

量偏高。

埭心群中一定数量海相化石的发现,虽可证明该区埭心期曾遭受过一定程度的海侵,但与苏北阜宁群和华北沙河街组相比较,其海侵范围有限。自苏北至黄骅坳陷,随海侵作用加

综合和对比不同地区典型湖相碳酸盐岩常量化学组分可知,湖泊的相带狭窄,受这一因素制约,其岩石的化学组分变化幅度大,并清楚地反映了与物源相关的湖盆地的沉积分异作用和古气候对沉积物形成的控制作用,即导致了湖相碳酸盐岩中 SiO_2 、 Al_2O_3 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 等常量组分普遍增加,并随陆源砂、泥混入量的增减而大幅度地变化。岩石中 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ 多在 1% 以上,最高者可达 8%; Na_2O 和 K_2O 亦多偏高; MgO 的含量,随古气候条件的变化而明显地变化。在干旱、蒸发条件下,淡水湖泊向咸水湖转化,随湖水盐度增高,白云石化作用增强,直至形成泥晶白云岩、泥云岩或砂、泥质白云岩等, MgO 的含量可高达 12% 左右, CaO/MgO 可低至 1~2%,甚至小于 1%。(见表 2-2 和表 2-3)

不同的湖盆地,因湖泊面积、物源、气候、海水等影响因素不同,所形成的岩石也各异,其化学组分亦变化甚大。广东三水盆地除盐步、虾北等地分布有较纯泥粉晶白云岩和泥云岩以外,多数为灰岩。岩石中含砂、泥多少不一,常见颗粒(如藻屑、砂屑等)时呈云质,富藻的各类灰岩中则有时含泥