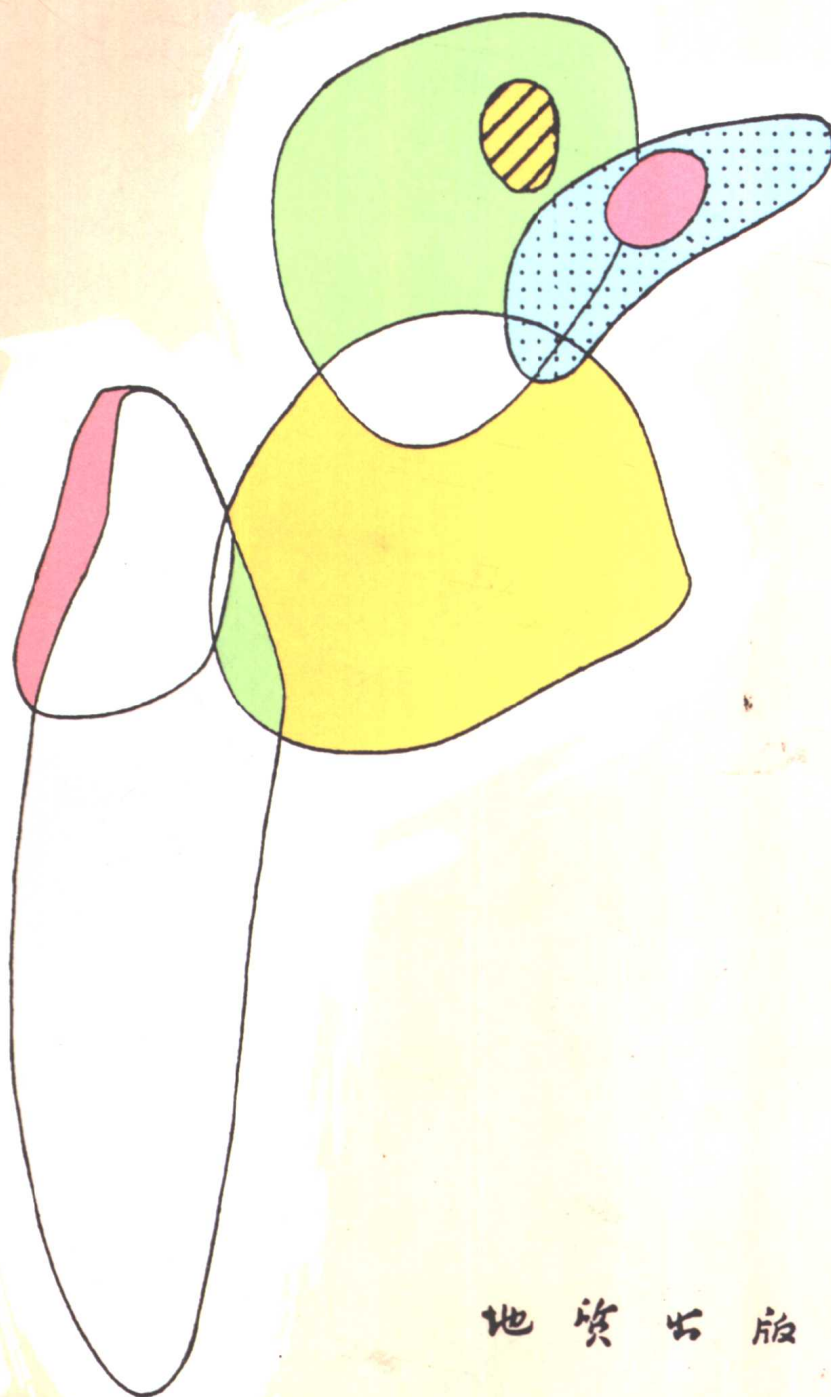


碳酸盐岩储层沉积学

马永生 梅冥相 陈小兵^[美] 王贵文 周 路 著



地质出版社

碳酸盐岩储层沉积学

马永生 梅冥相 陈小兵[美] 著
王贵文 周 路

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书包括碳酸盐岩沉积学、碳酸盐岩旋回性沉积记录及成因地层分析、碳酸盐岩储集岩分类及其特征、碳酸盐岩储层横向预测四篇,共分为十三章。本书以当今世界碳酸盐岩储层沉积学方面的最新成果为基础,结合作者们自己的工作实践,全面介绍了碳酸盐岩岩石学、沉积环境与相、成岩作用及成岩层序、碳酸盐岩台地的成因类型、旋回性沉积作用及沉积层序等沉积学内容;从碳酸盐岩孔隙类型、孔隙结构及储集岩分类入手,系统介绍了碳酸盐岩储集性能的主要控制因素和碳酸盐岩储层的横向预测技术,以及储层综合评价等内容。

本书为从事第一线工作的油气勘探地质学家提供了碳酸盐岩储层沉积学的系统理论和实用的工作方法,同时又可作为高年级大学生及有关专业研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

碳酸盐岩储层沉积学/马永生等著. -北京:地质出版社,1999.9
ISBN 7-116-02896-X

I. 碳… II. 马… III. 碳酸盐岩-储集层-沉积学 N.P588.24

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第42687号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:张新元

责任校对:李 玫

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:24 字数:540千字

1999年9月北京第一版·1999年9月北京第一次印刷

印数:1—800册 定价:68.00元

ISBN 7-116-02896-X

P·2051

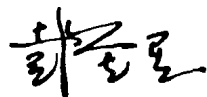
(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序

碳酸盐岩,以其丰富多彩而成因复杂的颗粒类型引人入胜。碳酸盐岩广布于近 20 亿年以来的各地质时代中,并是地球历史记录的重要载体;碳酸盐岩不但蕴藏着全世界占 40% 以上的石油与天然气资源,而且还是许多金属矿床及地下水的储集层,其本身又是化学工业和建筑材料工业的重要原料。自 60 年代 Folk 提出灰岩的成因-结构分类至今,碳酸盐岩沉积学一直是个非常活跃的研究领域。在我国,四川盆地、鄂尔多斯盆地的天然气,还有华北油田及塔里木盆地的石油与天然气,乃至其它油气区的油气藏,有相当重要的部分与碳酸盐岩具有密切的成因联系。在碳酸盐岩地层中,那复杂的成岩作用烙印和复杂的孔-洞-缝体系,还有许多世界性难题都需要我们去探索和研究。马永生博士等青年学者花了数年心血所编著的这本《碳酸盐岩储层沉积学》,洋洋 50 余万言,汇集了当今世界碳酸盐沉积作用、成岩作用、油气储层特征及储层横向预测技术等多方面的内容,是编著者们长期工作实践及刻苦钻研所取得的丰硕成果的结晶。综观全书,章节安排合理,图文并茂,以全面的理论体系和实用的工作方法向读者展示了碳酸盐岩储层沉积学的内容,故这本书对我国从事碳酸盐岩油气勘探与开发的地质学家们具有极为重要的参考价值,是一本难得的好书。我已先睹为快,并向高明的读者推荐。

《碳酸盐岩储层沉积学》是一本优秀的科学著作,主要表现在以下几个方面:第一,理论体系全面而系统,从碳酸盐岩沉积作用及沉积层序、成岩作用及成岩层序,到碳酸盐岩储集岩特征与类型和储层预测,高度总结了碳酸盐岩储层沉积学的方方面面;第二,观点新颖且不乏独特见解,如对碳酸盐岩缓坡沉积体系的高度概括、对碳酸盐岩旋回层序的全面总结、对强迫型海退体系域及对传统 Exxon 层序地层模式的修正与补充的介绍、碳酸盐岩储层预测技术及所面临的难题的阐述等等,诸如此类不胜枚举;第三,既全面介绍了该领域当今全球最新的研究成果,同时又融入了我国碳酸盐岩油气勘探领域的翔实材料,以生动的实例将沉积相、地震相、测井相,以及地震层序到沉积成岩层序等博大精深的内容系统化;第四,既介绍和论述新的理论,又以较大篇幅阐述和分析碳酸盐岩储层沉积领域的新技术,同时又以画龙点睛的方式说明了这一领域所遇见的难题。所有这些方面均充分说明了几位编著者善于实践、善于综合、敢于探索、敢于创新的科学态度和钻研精神,在科技兴国途径中有敢为人先的气概,故这些青年学者,非常值得称赞。

碳酸盐岩分布面积约 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$,其油气前景值得注目。但是,海相碳酸盐岩油气勘探方面,还面临着许多难题,还有许多艰难的工作要做。相信本书的出版,不仅能促进碳酸盐岩储层沉积学的理论和方法的快速发展和更加完善,而且将对我国碳酸盐岩油气勘探与开发起到重要的理论及实践指导作用,故本专著面世是可喜可贺的。



中国科学院院士

一九九九年九月九日

前 言

碳酸盐岩沉积学历来就是非常引人入胜而且具有挑战性的研究领域。碳酸盐岩那比较单一的矿物组分及比较单调的颜色不但并未使人感到枯燥乏味,相反,它们复杂的成因使地质学家们对碳酸盐岩产生了浓厚的兴趣。60年代中期Folk和Dunham关于碳酸盐岩的成因-结构分类,70年代Bathurst的《碳酸盐沉积物的成岩作用》和Chilingar的《碳酸盐岩》,还有70年代中期Wilson的《地质历史中的碳酸盐岩相》,导致了80年代碳酸盐岩沉积学研究的新高潮。这一时期的典型综合性著作有Moore的《碳酸盐岩孔隙地质学》、Carozzi的《石灰岩微相分析》、Schneidermann和Harris主编的《碳酸盐胶结物》等。从70年代末层序地层学的理论体系的提出和建立,到80年代建立在层序地层学基础之上的旋回地层学的复兴和发展,地质学家们在对碳酸盐岩沉积作用及沉积相、成岩作用及成岩相进行更广泛研究的同时,又使碳酸盐岩沉积学在90年代进入了又一新高潮。这一时期的显著特点是沉积相与沉积层序、成岩相与成岩层序的系统而全面的研究,沉积学研究本身被赋予更多的地层学涵义;地层学研究被赋予更深刻更广泛的沉积学涵义。M. E. Tucker主编的《碳酸盐岩沉积学》以及Osleger、Anderson和Goodwin等关于碳酸盐岩旋回的研究,还有Schwartzacher的《米兰柯维奇理论与旋回地层学》等是这一时期众多研究成果的最重要体现。在我国,60年代叶连俊、孙枢、傅家谟等人以及业治铮、孟祥化、何起祥等人就对碳酸盐岩的结构-成因分类进行了系统的研究。尽管“文化大革命”使我国在这方面的研究落后于国外,但随着十一届三中全会之后的科学春天的到来,我国地质学家们奋起直追,在碳酸盐岩沉积学研究方面取得了丰硕的成果。如,叶连俊、孙枢、陈其英等人对碳酸盐岩沉积矿床及层控矿床与生物成矿作用等方面的研究,刘宝珺、曾允孚等人对我国南方各地史时期碳酸盐岩岩相古地理的研究,冯增昭的单因素综合分析法及碳酸盐岩岩相古地理的研究,孟祥化等人对碳酸盐岩风暴沉积以及对内源沉积方面的研究,余素玉、戴永定在化石碳酸盐岩微相的研究,王英华等人在碳酸盐成岩作用方面的研究,陈锦石等人在碳酸盐岩沉积地球化学方面的研究,张锦全等人在碳酸盐岩储层方面的研究,等等。随着任丘油田、长庆油田及塔里木油气田的发现以及四川盆地天然气的大规模开发,以戴金星、包茨等人为代表的地质学家,全面系统地研究了碳酸盐岩储集岩特征,使碳酸盐岩储层沉积学在我国取得了飞速的发展;而梅冥相编著的《碳酸盐岩旋回与层序》,梅冥相、马永生等编著的《碳酸盐岩沉积学导论》,正是碳酸盐岩沉积学的最新理论与成果的系统总结。

总之,碳酸盐岩沉积学在近几十年来取得了迅猛的发展。究其原因主要有:第一,碳酸盐岩丰富多彩的颗粒类型,以及这些颗粒的成因还存在许多未得到完全解决的问题,各种新方法与新技术的引入使地质学家们对碳酸盐岩复杂的成岩历史逐渐获得较全面的了解;第二,碳酸盐岩分布面积大,并且遍布于近20亿年以来的各时代地层中,使它成为地球历史记录的重要载体;第三,在碳酸盐岩地层中蕴藏着占世界40%以上的石油与天然气资源,同时碳酸盐岩还是许多金属矿床及地下水的储集层,其本身又是化学工业及建筑材

料工业的重要原材料，因而其经济意义巨大。

近年来，地震地层学及层序地层学的发展又使我们对整个碳酸盐岩序列的演化获得了更加充分的了解；计算机的应用帮助我们建立并模拟了各种各样的沉积层序与成岩模式。今天，地质学家们已建立了较完整的环湖坪沉积模式、碳酸盐岩台地的水动力学模式、陆架边缘的沉积作用与成岩作用模式。对地球轨道的效应与旋回所产生的环境变化方面的研究也导致了許多新观念的出现。虽然对其终极的成因机制的认识还处于假说阶段，但是由于碳酸盐沉积作用对沉积环境变化极为敏感，从而使得在碳酸盐岩地层中识别米兰柯维奇旋回成为可能；对异成因机制控制下的非渐变沉积作用及相应的成岩烙印已经取得了许多更接近客观事实的新认识，从而增强了碳酸盐岩沉积模式和成岩模式的可预测性。正是这些令人振奋的发展，成为我们编著《碳酸盐岩储层沉积学》的强大的动力，同时也为展示我们几位青年沉积学者的学习心得和工作成果提供一次难得的良机。

本书力求内容的完整性及体系的合理性。在介绍新理论、新观念及新方法的同时，又注意系统介绍基本原理和基本概念，还尽量融入近几年的最新研究成果。全书共分四篇十三章。第一篇为碳酸盐岩沉积学，包括第一章碳酸盐岩岩石学、第二章碳酸盐岩沉积环境和相、第三章碳酸盐岩成岩作用、第四章碳酸盐岩台地的成因类型；第二篇为碳酸盐岩旋回性沉积记录及成因地层分析，包括两章，即（第五章）碳酸盐岩沉积作用与沉积层序，（第六章）碳酸盐岩旋回层序，它们反映了碳酸盐岩旋回性沉积记录及成因地层分析的主题；第三篇为碳酸盐岩储集岩分类及其特征，包括第七章碳酸盐岩孔隙、第八章碳酸盐岩孔隙结构特征、第九章碳酸盐岩储集岩分类体系及其评价方法、第十章碳酸盐岩储集性能的主要控制因素；第四篇为碳酸盐岩储层横向预测，包括第十一章层序地层理论在储层横向预测中的应用、第十二章碳酸盐岩储层地震横向预测、第十三章测井技术在碳酸盐岩储层评价与预测中的应用。本书第一章、第二章及第五章由梅冥相和马永生撰写；第四章及第十一章由陈小兵和马永生主笔；第三章及第六章由陈小兵、梅冥相、马永生合写；第七、八、九、十章由马永生编撰；周路编写了第十二章；王贵文编写了第十三章。全书由马永生、梅冥相负责统编定稿。

本书在编著和写作过程中，得到了许多老专家的鼓励和支持，同时也得到了许多年轻同仁的无私帮助；承蒙石油地质学家戴金星院士为本书作序，这既为本书增色，也给我们几位作者以巨大鼓励；地质出版社张新元、石油工业出版社罗光文以及杨欣德博士、邢军博士等，在成书过程中均付出了辛勤的劳动；冉文静女士对本书出版给予了支持。在此，我们谨向给我们大力支持及无私帮助的有关老专家及青年同仁致以衷心的感谢！

由于编著者水平有限，书中不妥之处在所难免，还希望各专家同仁批评指正！

作者

一九九九年九月九日

目 录

序 前言

第一篇 碳酸盐岩沉积学

第一章 碳酸盐岩岩石学	(1)
第一节 碳酸盐矿物	(1)
第二节 碳酸盐岩的物理组成	(2)
一、颗粒	(2)
二、基质	(6)
三、胶结物	(6)
四、孔隙	(6)
第三节 碳酸盐岩的分类与命名	(6)
第四节 碳酸盐岩的成岩作用及孔隙演化	(8)
一、成岩作用和岩石物理学	(8)
二、石灰岩的成岩固结过程	(10)
三、白云岩的石化固结作用过程	(14)
第二章 碳酸盐沉积环境和相	(16)
第一节 石灰岩的产状与沉积相	(16)
一、碳酸盐沉积物的质点、沉积作用及形成环境	(16)
二、非海洋碳酸钙沉积	(17)
三、浅海和边缘海碳酸钙沉积	(18)
四、广海碳酸盐沉积	(19)
第二节 白云岩的产状及沉积相	(21)
一、同生白云岩	(21)
二、碎屑白云岩及石灰岩中的碎屑白云石	(22)
三、成岩白云岩	(22)
四、后生白云岩	(23)
五、白云石与白云岩形成作用的统一模式	(23)
第三章 碳酸盐岩成岩作用	(25)
第一节 成岩作用概述	(25)
一、成岩作用类型	(25)
二、成岩作用环境	(28)
三、成岩作用研究方法及其应用意义	(30)
第二节 海底成岩作用	(31)
一、现代浅海成岩作用	(31)

二、古代浅海成岩作用	(40)
三、深海成岩作用	(46)
第三节 大气淡水成岩作用	(47)
一、大气淡水成岩环境分带	(48)
二、大气淡水成岩作用机制	(50)
三、控制大气淡水成岩作用的因素	(51)
四、大气淡水成岩作用产物	(51)
第四节 埋藏成岩作用	(58)
一、埋藏成岩环境	(58)
二、压实作用及其产物	(60)
三、埋藏胶结作用及其产物	(64)
四、埋藏溶解作用及其产物	(69)
第四章 碳酸盐台地的成因类型	(70)
第一节 镶嵌陆架型台地	(70)
一、镶嵌陆架型台地的分类	(71)
二、镶嵌陆架型台地的发育特征与海平面变化的关系	(75)
第二节 缓坡型台地	(77)
一、缓坡型台地环境分带及其沉积相	(77)
二、缓坡型台地的分类	(80)
三、缓坡型台地的浅滩沉积复合体分类	(84)
四、缓坡型台地的沉积物类型和水动力作用综合分类	(88)
第三节 陆表海型台地	(89)
第四节 孤立型台地	(91)
第五节 淹没型台地	(93)
一、初期型和完全型淹没作用	(93)
二、缓坡型、镶嵌陆架型、陆表海型及孤立型台地的淹没作用	(95)
第六节 台地类型的演化	(95)
一、缓坡型台地的演化及其与其它台地类型的关系	(97)
二、孤立型台地的演化	(98)
三、影响碳酸盐台地成因类型的因素	(101)

第二篇 碳酸盐岩旋回性沉积记录及成因地层分析

第五章 碳酸盐沉积作用与沉积层序	(104)
第一节 碳酸盐沉积作用的主要控制因素	(105)
一、大地构造背景对碳酸盐沉积作用的控制	(105)
二、全球海平面变化对碳酸盐沉积作用的控制	(105)
三、气候因素对碳酸盐沉积作用的控制	(106)
四、水体的温度、盐度、浑浊度、水流状况等对碳酸盐沉积作用的影响	(107)
第二节 碳酸盐有机生产率及沉积速率	(107)
一、碳酸盐沉积作用速率	(107)
二、碳酸盐沉积作用机制	(108)

第三节 碳酸盐沉积作用及其对相对海平面变化的响应	(109)
一、概论	(111)
二、缓坡碳酸盐沉积作用与海平面变化的响应	(113)
三、镶嵌陆架型台地碳酸盐沉积作用与海平面变化的响应	(116)
第六章 碳酸盐岩旋回层序	(121)
第一节 旋回与层序	(121)
一、旋回	(121)
二、层序	(121)
第二节 旋回层序的级次	(122)
一、级次划分	(122)
二、一级与二级旋回层序	(123)
三、三级旋回层序	(123)
四、四级和五级旋回层序	(123)
第三节 海平面变化	(123)
一、海平面变化机制	(123)
二、爱克森 (Exxon) 海平面变化曲线的推导方法	(124)
三、海平面旋回的级次	(127)
第四节 碳酸盐层序地层学——三级旋回层序特征	(134)
一、类型 I 层序及类型 II 层序	(134)
二、类型 III 层序	(134)
第五节 碳酸盐-蒸发岩序列的层序地层学	(137)
一、未完全水面下降型: 边缘石膏楔及盆地内纹层状石膏	(137)
二、水位完全下降型: 石膏充填于盆地中	(139)
第六节 碳酸盐旋回层序级别的划分	(141)
一、关于“旋回”与“层序”	(141)
二、碳酸盐旋回层序级别的划分	(143)
第七节 碳酸盐米级旋回层序的成因类型及识别标志	(144)
一、L-M 型碳酸盐米级旋回层序	(144)
二、深水非对称型米级旋回层序	(146)
三、潮下型碳酸盐米级旋回层序	(148)
四、环潮坪型碳酸盐米级旋回层序	(150)
五、碳酸盐米级旋回层序的成因机制	(153)
第八节 米级旋回层序在长周期旋回层序中的有序叠加形式——露头层序地层 及旋回地层研究的关键	(155)

第三篇 碳酸盐岩储集岩分类及其特征

第七章 碳酸盐岩孔隙	(161)
第一节 碳酸盐岩孔隙类型	(161)
一、基本概念	(161)
二、乔奎特-普瑞孔隙分类方案的运用	(164)
第二节 现代碳酸盐沉积物中的原生孔隙特征	(166)

一、粒间孔隙·····	(166)
二、粒内孔隙·····	(166)
三、含泥沉积物的沉积孔隙·····	(167)
四、骨架孔隙和格状孔隙·····	(167)
第三节 次生孔隙·····	(168)
一、溶蚀作用形成的次生孔隙·····	(168)
二、与白云石化有关的次生孔隙·····	(169)
三、与角砾有关的次生孔隙·····	(170)
四、与裂隙化作用有关的次生孔隙·····	(170)
第八章 碳酸盐岩孔隙结构特征·····	(172)
第一节 孔隙结构的概念·····	(172)
一、孔隙结构及其定量指标·····	(172)
二、孔隙结构的意义·····	(174)
第二节 孔隙喉道和孔隙结构的类型·····	(175)
一、孔隙喉道·····	(175)
二、孔隙结构类型·····	(176)
第三节 孔隙结构的研究方法——毛细管压力曲线的原理和应用·····	(179)
一、毛细管压力的基本原理·····	(179)
二、毛细管压力的测定方法·····	(180)
三、毛细管压力曲线解释·····	(180)
四、根据毛细管压力曲线确定孔喉大小的分布·····	(183)
第九章 碳酸盐岩储集岩分类体系及其评价方法·····	(187)
第一节 Stout 的分类评价方法·····	(187)
一、Ⅰ类有效孔隙度低·····	(189)
二、Ⅱ类排驱压力低·····	(189)
三、Ⅲ类排驱压力高·····	(190)
四、分类概括·····	(190)
第二节 Robinson 按岩石表面结构和毛细管压力特征的分类·····	(192)
一、类型Ⅰ部分白云石化的灰岩·····	(192)
二、类型Ⅱ白云岩·····	(192)
三、类型Ⅲ生物碎屑灰岩、鲕粒灰岩、藻灰岩、细粒-基质灰岩·····	(192)
四、类型Ⅳ致密的碳酸盐岩·····	(194)
第三节 根据孔隙结构与岩石类型相互关系所进行的分类评价方法·····	(195)
一、曲线簇类型·····	(195)
二、曲线簇的特征·····	(197)
第四节 罗蛰潭等根据岩石学特征和毛细管压力参数提出的分类评价方法·····	(197)
一、分类评价方法·····	(197)
二、储集岩的分类评价·····	(198)
第五节 碳酸盐岩储层的成因类型及成岩孔隙演化模式·····	(202)
一、粗屑滩(礁)孔隙型储层(模式A)·····	(203)
二、中生代、古生代生物礁溶孔型灰岩、白云岩储层(模式B)·····	(204)
三、溶孔型滩相、藻坪相灰岩、白云岩储层(模式C)·····	(205)

四、古风化溶蚀型白云岩、灰岩储层（模式 D）	(209)
五、裂缝型灰岩、白云岩储层（模式 E）	(214)
六、碳酸盐岩储层成岩孔隙演化特征的总结	(215)
七、中国碳酸盐岩储层的分类评价与预测	(217)
八、小结	(217)
第十章 碳酸盐岩储集性能的主要控制因素	(218)
第一节 沉积型储层的主要控制因素	(218)
一、礁组合体及斑礁的地史演化	(218)
二、环礁坪相和叠层石的地史分布	(219)
三、碳酸盐沙	(221)
第二节 岩溶型储层的主要控制因素	(223)
一、碳酸盐岩是岩溶形成的物质基础	(223)
二、古水文地质因素对古岩溶的控制作用	(223)
三、地质构造对古岩溶发育的影响	(224)
四、古气候条件	(224)
五、时间条件	(224)
六、古岩溶与油气储层	(224)
第三节 裂缝型储层的主要控制因素	(225)
一、构造成因的裂缝与岩石所受应力的变化有关	(225)
二、成岩作用导致的裂缝	(227)
三、地层负荷的改变也可以产生裂缝	(227)
四、风化作用产生的裂缝	(228)
五、裂缝的分类	(228)
六、裂缝的分布规律	(228)

第四篇 碳酸盐岩储层横向预测

第十一章 层序地层理论在储层横向预测中的应用	(230)
第一节 概述	(230)
第二节 被动大陆边缘层序地层学储层预测模式	(232)
一、大地构造作用简述	(232)
二、裂谷盆地层序地层学	(232)
三、幼年海洋层序地层学	(238)
四、被动大陆边缘层序地层学	(240)
第三节 主动大陆边缘层序地层学储层预测模型	(244)
一、大地构造作用简述	(244)
二、弧前沉积层序地层学	(244)
三、火山弧沉积层序地层学	(252)
四、弧后盆地沉积层序地层学	(254)
五、前陆盆地	(256)
第十二章 碳酸盐岩储层地震横向预测	(260)
第一节 碳酸盐岩储层特征与地震响应	(260)
一、速度信息与储层物性的关系	(261)

二、振幅信息与储层物性的关系·····	(265)
三、吸收衰减信息与岩石物性的关系·····	(270)
第二节 碳酸盐岩沉积环境与地震相特征·····	(272)
一、盆地深海地震相·····	(273)
二、岩屑沉积的地震相·····	(275)
三、陆棚沉积的地震相·····	(275)
四、成岩作用对碳酸盐岩地震响应的影响·····	(278)
第三节 碳酸盐岩储层地震地质层位标定·····	(279)
一、VSP 资料标定法·····	(280)
二、合成地震记录标定法·····	(280)
三、平均速度标定法·····	(281)
第四节 碳酸盐岩储层横向预测地震技术·····	(281)
一、合成声波测井技术·····	(282)
二、地震岩性模拟技术·····	(287)
三、AVO 技术·····	(289)
四、横波双折射·····	(293)
五、高分辨率勘探技术·····	(297)
六、地震信息的综合解释技术·····	(297)
第五节 生物礁的地震识别·····	(300)
一、生物礁的分类·····	(300)
二、生物礁的地震反射识别标志·····	(301)
三、生物礁地震剖面实例·····	(305)
四、生物礁地震勘探方法·····	(305)
第十三章 测井技术在碳酸盐岩储层评价与预测中的应用·····	(310)
第一节 概述·····	(310)
一、孔隙型储层·····	(311)
二、裂缝型储层·····	(311)
三、裂缝-孔隙型储层·····	(311)
四、裂缝-洞穴型储层·····	(311)
第二节 碳酸盐岩储层测井响应特征·····	(313)
一、岩溶型储层的测井响应特征·····	(313)
二、裂缝的测井响应与识别·····	(319)
三、层倾角测井·····	(323)
四、孔喉的测井响应·····	(327)
第三节 碳酸盐岩测井储层评价与预测·····	(328)
一、碳酸盐岩储层评价的一般流程·····	(328)
二、利用综合概率法对裂缝型碳酸盐岩储层进行评价和预测·····	(330)
三、裂缝发育规律及现代地应力场研究·····	(334)
四、岩溶型碳酸盐岩储层的测井地质评价与预测·····	(337)
五、小结·····	(345)
参考文献·····	(346)
英文摘要·····	(355)

CONTENTS

Preface

Foreword

I CARBONATE SEDIMENTOLOGY

1 Carbonate Petrology	(1)
1. 1 Carbonate Minerals	(1)
1. 2 Physical Compositions of Carbonate Rocks	(2)
1. 2. 1 Grain	(2)
1. 2. 2 Matrix	(6)
1. 2. 3 Cement	(6)
1. 2. 4 Pore	(6)
1. 3 Classification and Nomenclature of Carbonate Rocks	(6)
1. 4 Carbonate Diagenesis and Pore Evolution	(8)
1. 4. 1 Diagenesis and Petrophysics	(8)
1. 4. 2 Diagenesis Consolidation of Limestone	(10)
1. 4. 3 Petrifactional Consolidation of Dolostone	(14)
2 Carbonate Sedimentary Environment and Facies	(16)
2. 1 Occurrences and Facies of Limestone	(16)
2. 1. 1 Particles of Carbonate Sediment, Sedimentation and Formational Process	(16)
2. 1. 2 Deposits of Nonmarine Calcium	(17)
2. 1. 3 Carbonate Deposits of Neritic and Marginal Sea	(18)
2. 1. 4 Carbonate Deposits of Open Sea	(19)
2. 2 Occurrences and Sedimentary Facies of Dolostone	(21)
2. 2. 1 Syngenetic Dolomite	(21)
2. 2. 2 Clastic Dolostone and Dolomite in Limestone	(22)
2. 2. 3 Diagenetic Dolostone	(22)
2. 2. 4 Epigenetic Dolostone	(23)
2. 2. 5 A Unified Formation Model of Dolomite and Dolostone	(23)
3 Carbonate Diagenesis	(25)
3. 1 Outline to Diagenesis	(25)
3. 1. 1 Types of Diagenesis	(25)
3. 1. 2 Diagenesis Environment	(28)
3. 1. 3 Research Method of the Study on Diagenesis and Its Application Significance	(30)
3. 2 Submarine Diagenesis	(31)
3. 2. 1 Modern Neritic Diagenesis	(31)
3. 2. 2 Ancient Neritic Diagenesis	(40)

3. 2. 3	Deep-sea Diagenesis	(46)
3. 3	Fresh-water Diagenesis	(47)
3. 3. 1	Environment Zonation of Fresh-water Diagenesis	(48)
3. 3. 2	Mechanism of Fresh-water Diagenesis	(50)
3. 3. 3	Controlling Factors of Fresh-water Diagenesis	(51)
3. 3. 4	Products of Fresh-water Diagenesis	(51)
3. 4	Buried Diagenesis	(58)
3. 4. 1	Environment of Buried Diagenesis	(58)
3. 4. 2	Compaction and Its Products	(60)
3. 4. 3	Buried Cements and Their Products	(64)
3. 4. 4	Buried Dissolution and Its Product	(69)
4	Genetic Types of Carbonate Platform	(70)
4. 1	Rimmed-shelf Carbonate Platform	(70)
4. 1. 1	Classification of Rimmed-shelf Carbonate Platform	(71)
4. 1. 2	Relationship Between the Development of Rimmed-shelf Carbonate Platform and the Sea-level Change	(75)
4. 2	Ramp Carbonate Platform	(77)
4. 2. 1	Environment Zonation and Sedimentary Facies of Ramp Carbonate Platform	(77)
4. 2. 2	Classification of Ramp Carbonate Platform	(80)
4. 2. 3	Classification on Bank-deposit Complex of Ramp Platform	(84)
4. 2. 4	Sediment Types and Comprehensive Classification of Hydrodynamic Action About Ramp Platform	(88)
4. 3	Epicontinental Carbonate Platform	(89)
4. 4	Isolated Carbonate Platform	(91)
4. 5	Inundated Carbonate Platform	(93)
4. 5. 1	Inundation of Preliminary Type and Complete Type	(93)
4. 5. 2	Inundation of Ramp, Rimmed-shelf, Epicontinental and Isolated Platform	(95)
4. 6	Evolution of Carbonate Platform Types	(95)
4. 6. 1	Evolution of Ramp Platform and Its Relation to Other Types of Platform	(97)
4. 6. 2	Evolution of Isolated Platform	(98)
4. 6. 3	Influence Factors to Genetic Types of Carbonate Platform	(101)

II CYCLIC SEDIMENTARY RECORDS OF CARBONATE ROCKS AND ANALYSIS OF GENETIC STRATIGRAPHY

5	Carbonate Sedimentation and Sedimentary Sequence	(104)
5. 1	Major Controlling Factors of Carbonate Sedimentation	(105)
5. 1. 1	Tectonic Control to Carbonate Sedimentation	(105)
5. 1. 2	Eustacy Control to Carbonate Sedimentation	(105)
5. 1. 3	Climate Control to Carbonate Sedimentation	(106)

5. 1. 4	Control of Temperature, Salinity, Cloudiness and Hydrodynamic Status of Waters to Carbonate Sedimentation	(107)
5. 2	Carbonate Bioproductivity and Depositional Velocity	(107)
5. 2. 1	Carbonate Depositional Velocity	(107)
5. 2. 2	Carbonate Sedimentational Mechanism	(108)
5. 3	Carbonate Sedimentation and Its Response to Relative Sea-level Change	(109)
5. 3. 1	Introduction	(111)
5. 3. 2	Sedimentation of Carbonate Ramp and Its Response to Relative Sea-level Change	(113)
5. 3. 3	Sedimentation of Rimmed-shelf Platform and Its Response to Relative Sea-level Change	(116)
6	Carbonate Cycle and Stratigraphic Sequence	(121)
6. 1	Cyclic Sequence	(121)
6. 1. 1	Cycle	(121)
6. 1. 2	Sequence	(121)
6. 2	Orders of Cyclic Sequence	(122)
6. 2. 1	Classification of Cyclic Sequence	(122)
6. 2. 2	Cyclic Sequence of the First Order and Second Order	(123)
6. 2. 3	Third-Order Sequence	(123)
6. 2. 4	Cyclic-Sequence of the Fourth Order and Fifth Order	(123)
6. 3	Sea-level Changes	(123)
6. 3. 1	Mechanism of Sea-level Changes	(123)
6. 3. 2	Exxon Inference Method of the Curve of Sea-level Change	(124)
6. 3. 3	Orders of Eustatic Cycle	(127)
6. 4	Carbonate Sequence Stratigraphy——Characters of Third-order Sequence ...	(134)
6. 4. 1	Type I and Type I Sequences	(134)
6. 4. 2	Type II Sequence	(134)
6. 5	Sequence Stratigraphy of Carbonate-Evaporite Succession	(137)
6. 5. 1	Noncomplete Drawdown Type of Water-level; Margin Gypsum Wedge and Intrabasinal Laminated Gypsum	(137)
6. 5. 2	Complete Drawdown Type of Water-level; Gypsum Filled in Basin	(139)
6. 6	Classification of Carbonate Cyclic-Sequence Orders	(141)
6. 6. 1	Discussion on “Cycle” and “Sequence”	(141)
6. 6. 2	Classification of Carbonate Cyclic-Sequence Orders	(143)
6. 7	Genetic Types of Carbonate Meter-scale Cyclic-Sequence and Their Recognition Criteria	(144)
6. 7. 1	L-M Type of Carbonate Meter-scale Cyclic-Sequence	(144)
6. 7. 2	Deep-water Asymmetrical Type of Carbonate Meter-scale Cyclic- Sequence	(146)
6. 7. 3	Subtidal Type of Carbonate Meter-Scale Cyclic-Sequence	(148)

6. 7. 4	Peritidal Type of Carbonate Meter-Scale Cyclic-Sequence	(150)
6. 7. 5	Genetic Mechanism of Carbonate Meter-Scale Cyclic-Sequence	(153)
6. 8	Meter-scale Cyclic-Sequences and Their Regular Vertical Stacking Patterns in Long-Term Cyclic-Sequences	(155)

III CLASSIFICATION AND NATURES OF CARBONATE RESERVOIR ROCKS

7	Pores of Carbonate Rocks	(161)
7. 1	Pore Types of Carbonate Rocks	(161)
7. 1. 1	Basic Concepts	(161)
7. 1. 2	Application of Choquette-Pray Pore Classification Scheme	(164)
7. 2	Natures of Primary Pore in Modern Carbonate Sediments	(166)
7. 2. 1	Intergranular Pore	(166)
7. 2. 2	Intragranular Pore	(166)
7. 2. 3	Depositional Pore in Mud-bearing Sediments	(167)
7. 2. 4	Skeleton Pore and Lattice Pore	(167)
7. 3	Secondary Pore	(168)
7. 3. 1	Secondary Pore Resulted from Dissolution	(168)
7. 3. 2	Secondary Pore Genetically Related to Dolomitization	(169)
7. 3. 3	Secondary Pore Genetically Related to Breccia	(170)
7. 3. 4	Secondary Pore Genetically Related to Fissuring	(170)
8	Pore Structural Natures of Carbonate Rocks	(172)
8. 1	Concept of Pore Structure	(172)
8. 1. 1	Pore Structure and Its Quantitative Index	(172)
8. 1. 2	Significance of Pore Structure	(174)
8. 2	Types of Pore Throat and Pore Structure	(175)
8. 2. 1	Types of Pore Throat	(175)
8. 2. 2	Types of Pore Structure	(176)
8. 3	Research Method of Pore Structure——Principle and Application of Capillary Pressure Curve	(179)
8. 3. 1	Fundamental Principle of Capillary Pressure	(179)
8. 3. 2	Measure Method of Capillary Pressure	(180)
8. 3. 3	Curve Explanation of Capillary Pressure	(180)
8. 3. 4	Determine of Pore Throat Space According to Capillary Pressure Curve	(183)
9	Classification System and Evaluating Method of Carbonate Reservoir Rocks	(187)
9. 1	Classification and Evaluating Method by Stout	(187)
9. 1. 1	Type I Is Low in Effective Porosity	(189)
9. 1. 2	Type II Is Low in Drainage Pressure	(189)
9. 1. 3	Type III Is High in Drainage Pressure	(190)
9. 1. 4	Summary on Classification	(190)
9. 2	Robinson's Classification Scheme by Rock Surface Texture and Capillary	

Pressure	(192)
9. 2. 1 Partly Dolomitized Limestone Belonging to Type I	(192)
9. 2. 2 Dolostone of Type II	(192)
9. 2. 3 Clastic Limestone, Oolitic Limestone, Algal Limestone and Fine-grained Limestone Belonging to Type III	(192)
9. 2. 4 Dense Carbonate Rock Belonging to Type IV	(194)
9. 3 Classification and Evaluating Method According to Pore Structure and Rock Type	(195)
9. 3. 1 Types of Curve Cluster	(195)
9. 3. 2 Natures of Curve Cluster	(197)
9. 4 Luo Zhitan's Classification Scheme and Evaluating Method by Petrological Characters and Capillary-Pressure parameters	(197)
9. 4. 1 Classification and Evaluating Method	(197)
9. 4. 2 Classification and Evaluating of Carbonate Reservoir	(198)
9. 5 Genetic Types of Carbonate Reservoir and Evolution Model of Diagenetic Pores	(202)
9. 5. 1 Pore Type Reservoir in Coarse Clastic Beach (Reef) (Model A)	(203)
9. 5. 2 Limestone and Dolostone Reservoir of Solution-openings Type in Paleozoic and Mesozoic Reef (Model B)	(204)
9. 5. 3 Limestone and Dolostone Reservoir of Solution-openings Type in Beach Facies and Algal-flat Facies (Model C)	(205)
9. 5. 4 Limestone and Dolostone Reservoir of Paleozoic Solution Type (Model D)	(209)
9. 5. 5 Limestone and Dolostone Reservoir of Crevice Type (Model E)	(214)
9. 5. 6 A Summary on Diagenetic Pore Evolution of Carbonate Reservoir	(215)
9. 5. 7 Evaluation and Prediction on China's Carbonate Reservoirs	(217)
9. 5. 8 Conclusions	(217)
10 Main Controlling Factors to Characters of Carbonate Reservoir	(218)
10. 1 Main Controlling Factors to Depositional Reservoir	(218)
10. 1. 1 Evolution of Reef Association and Patch Reef	(218)
10. 1. 2 Distribution of Paritidal Facies and Stromatolite	(219)
10. 1. 3 Carbonate Sand	(221)
10. 2 Main Controlling Factors to Karst-Type Reservoir	(223)
10. 2. 1 Carbonate Rock is the Material Basis for Karst Formation	(223)
10. 2. 2 Control of Paleohydrogeological Factors to Paleokarst	(223)
10. 2. 3 Influence of Geological Structure on Paleokarst	(224)
10. 2. 4 Paleoclimate Condition	(224)
10. 2. 5 Time Condition	(224)
10. 2. 6 Paleokarst and Reservoir	(224)
10. 3 Main Controlling Factors to Fracture Type Reservoir	(225)
10. 3. 1 Relationship Between Structure-induced Fracture and Lithological Pressure	(225)
10. 3. 2 Diagenetic Fracture	(227)