

海洋沉积学

王琦 朱而勤 编著



科学出版社

海洋沉积学

王琦 朱而勤 编著

科学出版社

1989

内 容 简 介

海洋沉积学系统地介绍了海洋沉积作用的新进展。全书分六章：(1)绪论；(2)近岸带硅质碎屑沉积作用，论述了河口湾、潮坪、潟湖及海滩沉积体系；(3)陆架的硅质碎屑沉积体系，分十节阐述了各种动力陆架类型的特征、判别标志及东海的动力沉积作用；(4)陆坡及陆隆硅质碎屑沉积体系，主要论述陆坡、陆隆，还阐述了边缘海盆、海沟等地貌单元的沉积作用；(5)大陆边缘的碳酸盐沉积作用，详细介绍了潮坪、潟湖、陆架和陆坡碳酸盐的沉积环境、产物和相模式；(6)大洋沉积体系，主要阐述了各类远洋沉积的分布和控制因素。

本书适合于海洋地质学、海洋沉积学、石油、沉积矿产等专业的教师、研究人员、研究生、大学生作为参考书，亦可供从事沉积岩、沉积矿床调查、勘探方面的工作者参阅。

海 洋 沉 积 学

王 琦 朱而勤 编著

责任编辑 李增全

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街17号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1989年9月第一版 开本：787×1092 1/16
1989年9月第一次印刷 印张：16 3/4 插页：2
印数：0001—1 000 字数：375 000

ISBN 7-03-001372-7/P·247

定 价：17.70 元

序

通过深海钻探、深潜现场观测和海底(或钻井)地球物理测量等方面的工作,大大推进了海洋地质学,并发展了板块构造学和古海洋学,使之成为目前海洋学中的前沿科学。在找寻沉积矿产,特别是石油方面所作的大量工作,以及海洋地质学新进展的影响,使海洋沉积学在近二十年来面貌一新。新思想、新学说、新概念、新理论不断涌现。我们编著本书的目的就是尽可能全面系统地介绍国内、外在海洋沉积学方面的新理论、新观点和新成就。

海洋沉积学已成为沉积学的重要分支。全球沉积岩(含沉积物)总体积为 $1081 \times 10^6 \text{ km}^3$, 海相成因的占 71%, 其中 33% 分布于现代海洋底, 38% 分布于大陆上。因此, 海洋沉积学的每一个新理论会对整个沉积学产生深远的影响, 对陆地沉积岩、比较沉积学等方面的研究有所补益、借鉴, 从而大大有助于沉积矿产(特别是石油, 层控金属矿床)的找寻和开发。

本书编著完成后承秦蕴珊、何起祥两位研究员审阅, 并提出宝贵意见。本书编著过程中得到青岛海洋大学各级领导, 特别是施正铨校长、秦启仁副校长、徐家振副校长以及中国科学院海洋研究所、地质矿产部海洋地质研究所、海洋局第一海洋研究所、地质矿产部全国地质图书馆等单位的有关专家和领导的大力支持和协助。全部图幅由黄际遂清绘。对以上各方面的关怀、帮助, 作者表示衷心感谢。

作者

1988年10月

目 录

序	
第一章 绪论	1
第二章 近岸带硅质碎屑沉积作用	4
第一节 河口湾沉积体系	5
一、河口湾类型	5
二、水动力要素	6
三、河口环流	8
四、粘土质点的动力行为	10
五、动力作用的分带性	11
六、生物效应	13
七、沉积特征	14
八、钱塘江河口湾	16
第二节 潮坪沉积体系	18
一、搬运沉积过程	19
二、沉积构造	21
三、沉积相序列	24
四、中国的现代潮坪沉积	28
五、潮坪沉积的鉴别特征	30
第三节 海岸潟湖沉积体系	31
一、潟湖的形成	31
二、环境的物化参数	31
三、沉积特征	34
四、潟湖沉积的判别标志	35
第四节 海滩沉积体系	35
一、海滩剖面	36
二、波浪的动力效应	38
三、沉积物	41
四、海滩层序	44
五、浙江普陀山岛的海滩沉积	44
六、海滩环境中的过程响应系统	45
第五节 沉积层序的演化	49
一、海侵海岸层序	49
二、海退海岸层序	51
第三章 陆架的硅质碎屑沉积体系	52
第一节 地貌特征	52

第二节 作用过程	53
一、物理过程	54
二、化学过程	56
三、生物过程	57
四、地质过程	57
第三节 泥沙的搬运	59
一、床沙搬运	59
二、床沙搬运速率计算实例	60
三、悬浮搬运	61
第四节 陆架的类型	64
第五节 潮控陆架的沉积作用	66
一、底形	66
二、沉积相	73
第六节 风暴控陆架的沉积作用	76
一、风暴的过程响应系统	78
二、风暴沉积	79
第七节 洋流控陆架的沉积作用	81
第八节 泥质沉积	83
第九节 陆架坡折带的沉积作用	84
一、坡折带的类型	84
二、大河三角洲外缘的陆架坡折带	86
三、东海的陆架坡折带	88
第十节 东海陆架的沉积作用	90
一、晚更新世晚期的沉积作用	91
二、全新世的沉积作用	91
三、沉积构造分区	98
第四章 陆坡陆隆的硅质碎屑沉积体系	100
第一节 地貌特征	100
一、陆坡	100
二、陆隆	103
第二节 沉积作用的影响因素	103
一、地质构造环境	103
二、海面变动	105
三、物源	105
四、生物活动	105
第三节 搬运沉积过程	105
一、浑水流羽体	106
二、底层流	108
三、雾浊层	108
四、块体运动	112
五、浊流	114

第四节 沉积物类型	116
一、块体搬运沉积	116
二、等深流沉积	120
三、远洋及半远洋沉积	123
第五节 陆坡沉积相	124
一、陆坡类型	124
二、正常陆坡的沉积相	125
第六节 深海扇沉积	128
一、深海扇的类型	132
二、影响深海扇发育的因素	132
第七节 边缘海盆沉积	134
一、沉积物类型	135
二、冲绳海槽的沉积物	136
第八节 海沟沉积	142
一、概述	142
二、日本海沟的沉积作用	143
第五章 大陆边缘的碳酸盐沉积作用	145
第一节 矿物成分及结构成分	146
一、矿物成分	146
二、结构成分	151
三、碳、氧同位素	158
第二节 颗粒的产生及沉积过程	159
一、生物侵蚀	160
二、颗粒的水力行为	160
三、颗粒的机械固定作用	161
第三节 成岩作用	161
一、亮晶胶结物及新生变形晶体	162
二、海洋环境中的成岩作用	163
三、大气淡水环境的成岩作用	165
四、深埋环境的成岩作用	166
五、成岩过程中微量元素和碳、氧同位素的变化	166
六、灰泥的成岩作用	168
七、白云石化	168
第四节 近岸带碳酸盐沉积作用	174
一、潮坪沉积体系	174
二、潟湖沉积体系	181
三、海滩沉积体系	182
四、近岸各沉积体系的对比	186
第五节 礁碳酸盐	186
一、礁的建造和发展	187
二、台缘礁	189
三、斑礁	191

四、大洋环礁	197
五、南海的珊瑚礁沉积	192
第六节 陆架沉积体系	194
一、沉积模式	195
二、开阔陆架(台地)	196
三、限制陆架(台地)	198
四、孤立台地	201
五、碳酸盐沉积向陆源沉积的过渡	201
第七节 陆坡沉积体系	202
第六章 大洋沉积作用	205
第一节 地貌特征	205
一、洋中脊	205
二、洋盆底	205
第二节 大洋环流	208
一、大洋水体的垂直结构	208
二、大洋表层环流	211
三、底层经向环流	211
第三节 远洋沉积物的分类及分布	211
一、分类	212
二、分布	215
第四节 钙质生物沉积	217
一、类型	217
二、沉积构造	220
三、溶跃面及方解石补偿深度	220
四、影响因素	223
五、沉积速率及成岩作用	223
第五节 硅质生物沉积	225
一、硅质微体化石	226
二、分布	227
三、影响因素	228
四、成岩变化	229
第六节 褐粘土	231
一、组分	231
二、分布	233
第七节 太平洋沉积	233
一、搬运沉积过程	234
二、沉积区	234
三、沉积速率	238
四、沉积历史	239
第八节 沉积间断及事件沉积作用	241
一、沉积间断	241

二、事件沉积作用	243
第九节 全球沉积物的体积及质量	245
参考文献	248
摘要(英文)	252
图版	254

CONTENTS

PREFACE

CHAPTER 1 INTRODUCTION	1
CHAPTER 2 SILICLASTIC SEDIMENTATION OF LITTORAL ZONE ...	4
I. Estuary System	5
1. Types of Estuaries.....	5
2. Hydrodynamic Factors	6
3. Estuarine Circulation.....	8
4. Dynamic Behaviours of Clay Particles	10
5. Zonation of Dynamics	11
6. Biogenic Effects	13
7. Sediment Characteristics.....	14
8. Qiantang River Estuary	16
II. Tidal-Flat System.....	18
1. Transportation-Deposition Processes	19
2. Sedimentary Structures	21
3. Facies Sequences	24
4. Modern Tidal Flat Sediments in China	28
5. Criteria for Recognition of Tidal Flat Sediments.....	30
III. Coastal Lagoon System.....	31
1. Formation of Lagoon.....	31
2. Physical and Chemical Parameters of Environments.....	31
3. Sediment Characteristics.....	34
4. Criteria for Recognition of Coastal Lagoon Sediments	35
IV. Beach System	35
1. Beach Profile	36
2. Dynamic Effects of Waves.....	38
3. Sediments.....	41
4. Beach Sequences	44
5. Beach Sediments of Putuoshan Island, Zhejiang.....	44
6. Process-Response System of Beach Environments	45
V. Evolution of Sedimentary Sequences	49
1. Transgressive Sequences.....	49
2. Regressive Sequences	51
CHAPTER 3 SILICLASTIC SHELF SYSTEM	52
I. Geomorphological Features	52
II. Processes	53

1. Physical Processes	54
2. Chemical Processes.....	56
3. Biogenic Processes	57
4. Geological Processes	57
III. Sediment Transportation	59
1. Bed-Load Transportation	59
2. Example of Calculating Bed-Load Transportation.....	60
3. Suspended-Load Transportation.....	61
IV. Types of Shelves	64
V. Tide-Dominated Shelf Sedimentation	66
1. Bedforms	66
2. Sedimentary Facies.....	73
VI. Storm-Dominated Shelf Sedimentation	76
1. Storm-Driven Process-Response System.....	78
2. Storm Sedimentation	79
VII. Ocean Current-Dominated Shelf Sedimentation	81
VIII. Muddy Sediments	83
IX. Shelfbreak Sedimentation	84
1. Types of Shelfbreak Zone.....	84
2. Shelfbreak Zone off Large Deltas	86
3. Shelfbreak Zone in the East China Sea	88
X. Sedimentation on the East China Sea Shelf	90
1. Late Pleistocene Sedimentation.....	91
2. Holocene Sedimentation.....	91
3. Sedimentary Structure Provinces	98
CHAPTER 4 SILICLASTIC CONTINENTAL SLOPE AND RISE	
SYSTEMS	100
I. Geomorphological Features.....	100
1. Slope	100
2. Rise	103
II. Controlling Factors on Sedimentation	103
1. Tectonic Environments.....	103
2. Sea-level Fluctuation.....	105
3. Sediment Source	105
4. Biogenic Activity	105
III. Transportation-deposition Processes.....	105
1. Turbid Plume.....	106
2. Bottom Current.....	108
3. Nepheloid Layer	108
4. Mass Movement.....	112
5. Turbidity Current	114

IV. Sediment Types	116
1. Mass-Wasting Deposits	116
2. Contourite	120
3. Pelagic and Hemipelagic Sediments	123
V. Sedimentary Facies on Slope	124
1. Types of Slopes	124
2. Facies Association of normal Slope	125
VI. Deep-Sea Fan Sediments	128
1. Types of Deep-Sea Fan	132
2. Factors Affecting Evolution of Deep-sea Fan	132
VII. Marginal Basin Sediments	134
1. Types of Sediments	135
2. Sediments in the Okinawa Trough	136
VIII. Trench Sediments	142
1. Outline	142
2. Sedimentation in the Japan Trench	143

CHAPTER 5 CARBONATE SEDIMENTATION ON CONTINENTAL MARGIN

I. Mineralogical and Textural Compositions	146
1. Mineral Components	146
2. Textural Components	151
3. Carbon and Oxygen Isotopes	158
II. Formation and Sedimentary Processes of Grains	159
1. Biogenic Erosion	160
2. Hydraulic Behaviour of Grains	160
3. Mechanic Stabilization of Grains	161
III. Diagenesis	161
1. Sparite Cements and Neomorphic Spar	162
2. Marine Diagenesis	163
3. Meteoric Diagenesis	165
4. Burial Diagenesis	166
5. Changes of Trace Elements and Carbon and Oxygen Isotopes During Diagenesis	166
6. Diagenesis of Lime Mud	168
7. Dolomitization	168
IV. Carbonate Sedimentation in Littoral Zone	174
1. Tidal-Flat System	174
2. Lagoon System	181
3. Beach System	182
4. Comparison Between Sedimentary Systems	186
V. Reef Carbonate	186
1. Reef Sedimentation	186

2. Platform Margin Reef	189
3. Patch Reef	191
4. Atoll.....	191
5. Reef Sediments in the South China Sea.....	192
VI. Shelf System	194
1. Sedimentary Models	195
2. Open Shelf (Platform).....	196
3. Restricted Shelf (Platform).....	198
4. Isolated Platform	201
5. Transition of Carbonates to siliclastic Sediments.....	201
VII. Continental Slope System	202
CHAPTER 6 OCEAN SEDIMENTARY SYSTEM	205
I. Geomorphological Features.....	205
1. Mid-ocean Ridges	205
2. Ocean Basin Floor.....	205
II. Ocean Circulation	208
1. Vertical Structure of Ocean Water.....	208
2. Surface Circulation.....	211
3. Longitudinal Bottom Circulation.....	211
III. Classification and Distribution of Pelagic Sediments	211
1. Classification	212
2. Distribution.....	215
IV. Biogenic Carbonate Sediments.....	217
1. Types	217
2. Sedimentary Structures	220
3. Lysocline and Calcite Compensation Depth	220
4. Factors Controlling Sedimentation	223
5. Sedimentation Rate and Diagenesis.....	223
V. Siliceous Biogenic Sediments	225
1. Siliceous Microfossils.....	226
2. Distribution	227
3. Controlling Factors	228
4. Diagenesis	229
VI. Brown Clay.....	231
1. Composition	231
2. Distribution.....	233
VII. Pacific Ocean Sediments.....	233
1. Transportation-Deposition Processes	234
2. Sedimentary Provinces	234
3. Accumulation Rate.....	238
4. Sedimentary History	239
VIII. Sedimentary Hiatus and Event Sedimentation	241

1. Hiatus	241
2. Event Sedimentation	243
IX. Volume and Mass of Global Sediments	245
References	248
Abstract (in Chinese)	252
Plate	254

第一章 绪 论

海洋沉积学是海洋地质学的重要分支，是海洋学和沉积学之间的边缘学科。海洋沉积学是研究现代海底沉积物(及沉积岩)的组分、结构、分布规律、岩相、形成作用及形成机理的科学。从1968年开展深海钻探以来已采集了大量沉积物、沉积岩岩心，使海洋沉积学的研究对象由表层沉积物扩展到深部的沉积岩，当然，表层沉积物仍然是研究的重点。

一、历史进程

海洋沉积物的系统研究，即现代海洋沉积学开始于1872—1876年的《挑战者》号考察。对这次考察所采集的样品进行室内分析后，Murray 和 Renard (1891) 发表了《深海沉积》(Deep-Sea Deposits) 一书，论述了各类软泥、红粘土、铁锰沉积的成分、成因及分布规律等。该书是现代海洋沉积学的基石(图1-1)。以后，美国的《信天翁》号、《卡内基》号、德国的《流星》号和荷兰的《斯内卢斯》号等调查船在上世纪末至本世纪初相继作了广泛的调查，推动了海洋沉积学向前发展。

将海洋沉积学的成果应用于大陆古海相沉积岩的研究首推 Sorby，他(1861)提出，产于英国的白垩是远洋颗粒软泥。

从本世纪20年代到二次大战结束，沉积学处于正常科学积累时期，服务于军事及航运对底质的需要，也曾开展了一些调查，但未取得重大突破。

本世纪40年代 Daly (1936) 指出，沉积物重力流侵蚀了海底峡谷。以后 Kuenen 进行了低密度、高密度水流的一系列水槽实验，并结合现场观察提出了(1950) 浊流理论，引起了沉积学理论的重大变革。Bouma (1963) 提出的砂质浊积岩标准层序的模式，迄今仍作为浊积物判别根据。近年来对泥质浊积物的研究又有重大发展。

在对浊积物开展广泛研究后仅10年，又发现这一模式并非万能，如在同一“浊积层

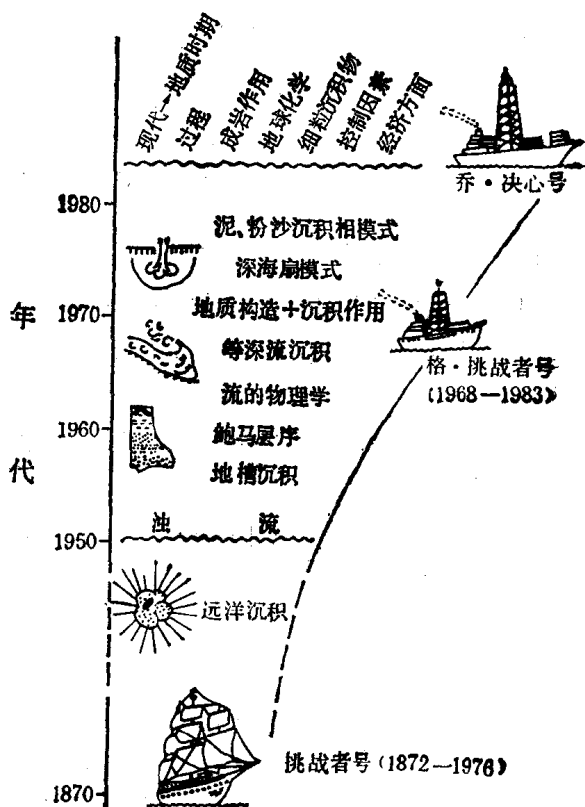


图 1-1 海洋沉积学发展史的概略图

序”内,从底到顶古流向不一致,甚至相互垂直。Heezen 等(1966)总结了沿陆坡坡麓的等深流的特征及对陆隆的塑造作用。等深流和等深流沉积的识别也象浊流理论一样,引起了深海沉积作用认识的飞跃。

60年代板块构造的兴起,冲击着地学领域的各学科,也为海洋沉积学理论增添了新概念。不同构造环境下的沉积相模式、板块运动造成的远洋沉积物的配置规律等,开拓了沉积学成果服务于全球构造研究的新方向。

深海钻探实施115航次(1987)以来,完成钻孔千余孔,为海洋沉积学研究提供了大量实际资料和理论总结。在这一信息爆炸时代,海洋沉积学的新思潮、新学说不断涌现;向海洋深处和地球深部扩展;各学科相互渗透、交叉,并与宇宙、天文科学相结合。这些必然会把海洋沉积学推进到一个新阶段。

立足于现代科学技术基础上的调查、实验分析已使一百多年前发展起来的海洋沉积学发生了革命性变化。海洋沉积学已从静态描述走向动态分析,由定性到定量,由区域性研究到全球模式,精度已逐渐达到毫米-毫克-百年级。海洋沉积学又涌现出一些新分支,如比较沉积学、沉积动力学、大陆边缘沉积学、古海洋学、碳酸盐沉积学、陆屑沉积学、化学沉积学及构造沉积学等。

近年来出版的沉积学方面的丛书有数个系列。《海洋》(The Sea)已出版八卷(1983),其中第三、七卷均以主要篇幅论述了海洋沉积学有关问题,第五、六、八卷也涉及了这方面的内容。《沉积学进展》已出版40多集;SEPM专辑30多集;AAPG文集30多集;AAPG进修丛书20多集;伦敦地质学会的专辑、专题报告、文集近30集。其它还有如《大洋盆地和边缘》丛书,分别论述各大洋和边缘地区的地质构造和沉积作用。

二、近年来的进展

近二十多年来海洋沉积学领域所取得的突出进展主要有以下几方面:

(1) 沉积作用与全球构造运动的关系。板块构造理论对海洋沉积学产生了深远的影响,一方面板块构造理论解释了洋底古沉积分布异常的原因;另一方面,也可运用沉积作用特征来查明板块运动的演化历史。在此基础上发展了构造沉积学,建立了一些判别陆源碎屑成分与板块构造环境关系的标准。Dickinson 等(1979)建立了根据砂岩组分判断物源区和沉积盆地构造环境的三角形模式图。Valloni(1981)提出了鉴别构造环境的深海砂矿物成分特征值:(1)被动边缘, $Q_{12}F_{26}L_{12}$ (Q——石英, F——长石, L——岩屑);(2)活动边缘俯冲带, $Q_{16}F_{53}L_{31}$; (3)转换断层型活动边缘, $Q_{34}F_{39}L_{27}$; (4)弧后盆地, $Q_{20}F_{29}L_{51}$; (5)弧前盆地, $Q_8F_{17}L_{750}$ 。

(2) 事件沉积学(Event Sedimentology)。事件沉积作用是指由于某种事件(包括生物、化学、气候、地震、火山、宇宙等)引起的偏离正常沉积过程的地质作用,包括正偏离和负偏离两类,前者形成各类事件沉积物;后者形成特殊的界面,如硬底、冲刷面等。若干个沉积事件的系列称为沉积幕,沉积幕将沉积盆地的演化划分为几个不同性质的演化阶段。因此,沉积幕、沉积事件是盆地分析的基础。近十多年来,为解释地层上的一些主要界线,特别是白垩系-第三系界线、始新统-渐新统界线时,常使用宇宙事件来解释,如大陨星撞击地球、微玻陨石雨等。事件沉积学的发展对事件地层学、天文地质学、海底沉积矿

床(如锰结核、石油)的勘探有重要意义,因而也得到了迅速发展。

(3) 沉积动力学。是从动态的观点来研究沉积物的形成过程、沉积物与海洋间发生的各种物理、化学和生物作用。它具有多学科相互渗透、互相补充和以现代科学技术为基础,对沉积过程的各项参数进行定量测定的特点。开始是以河口和陆架为主要工作对象,现已发展到研究深海沉积动力学和联合全球海洋通量研究(JGOFS)。

(4) 历史沉积学。是在远洋取样技术进步的基础上发展起来的,70年代(1978年开始)使用的液压活塞取样器(HPC)可以采集300 m长未扰动的岩心。近年研制和使用的延伸式岩心筒(XCB)可采取575 m长的高质量岩心。运用精确的技术测定各种参数,从而能恢复数千万年的沉积历史。古海洋学在查明的二亿年来特别是第三纪以来海洋环境的演变历史,包括环流、水温、盐度、生物生产力的分布模式方面取得了重大进展。近年来又取得下列成果:(1)古构造事件、古海洋学事件的确立;(2)区域古海洋学的研究;(3)冰期海洋的研究及气候变化的预测;(4)古海洋学标定和研究方法的进展。

(5) 浊流、等深流沉积。通过近年来的研究,逐渐认识到不同类型的重力流在陆隆、海沟、深海平原等环境中的突出作用。等深流沉积的发现(1966)大大充实丰富了海洋沉积学理论。近年来对雾浊层的定量观测,认识到雾浊层对形成等深流沉积的控制作用。

(6) 碳酸盐沉积学。50年代发生了革命性进展。50—60年代对现代浅水碳酸盐进行了大量的工作,并从岩类学研究逐步转移到岩相学、古地理学领域,同时,沉积后作用(各阶段成岩作用)的研究,特别是白云石化的研究发展到全新的水平,形成了许多新概念。现代浅水碳酸盐沉积学的发展也推动了古碳酸盐岩的研究。近十年来提出的关于台地碳酸盐、浅水碳酸盐的沉积模式有多种。研究重点也转移到陆坡、陆隆及边缘海盆等深水环境,开展了大量调查,提出了深水碳酸盐的沉积模式,并使之不断完善。相信这些成果必将有助于该环境中石油的勘探和开发。