

吕炳全 孙志国 编著

24 + 3027

海洋环境与地质

MARINE ENVIRONMENT AND GEOLOGY

同济大学出版社

海洋环境与地质

吕炳全 孙志国 编著

同济大学出版社

内容提要

本书阐明了海洋环境中的水温、盐度、波浪、潮汐、海流、海洋生物和海水地球化学等基本要素的特征和运动规律。介绍了海岸带、三角洲、生物礁、大陆边缘(包括大陆架、陆坡和陆隆)和大洋区等环境特征、地质过程和演化历史,分析了发生在海洋中的陨击事件和缺氧事件,讨论了与海洋开发有关的海洋灾害、海洋污染和海洋及海底的各种资源、能源的基本特征及其开发现状和存在问题。书中还介绍了当前世界各国的研究现状,有大量我国海洋工作者和作者近期的研究成果。

本书适合从事海洋开发、海洋环境和海洋地质研究的工程、技术人员、大学教师、本科生、硕士研究生和博士研究生阅读。

本书谨献给

同济大学建校 90 周年(1907—1997 年)

国际海洋年(1998 年)

序

21世纪是海洋开发的世纪,海洋经济将在国民经济的可持续发展中起着重要作用。海洋哺育了地球上的生命和人类,人类的未来仍寄希望于海洋。人类在陆地上发展、开发了几千年,陆地上的资源和能量日益枯竭,丰富的海洋资源和能源将是未来人类社会重要的原料基地和生产基地,海洋将为人类的生存、发展提供新的空间。发展海洋经济的重要原则是可持续发展,在发展海洋经济的同时,必须重视海洋环境的保护和了解海洋资源、能源开发的基本条件。中国不仅是陆地大国,也是海洋大国,在维护我国海洋权益、开发海洋资源和能源以及保护海洋环境等方面都十分需要了解海洋、研究海洋。本书从这一目的出发,对海洋环境、地质和资源等方面作了系统而简明的介绍,其中有我们自己近期的研究成果和国内外近期的研究成果,特别在海水的基本性质、海水运动及其能源、海洋灾害和污染及其防治、大陆架的基本特征、中国海和全球陆架的概况、深海地质作用过程、缺氧环境、陨击事件和海洋矿产资源等方面作了较详细的描述和分析。全书内容丰富、图文并茂。

本书为庆祝1997年同济大学建校90周年和迎接1998年国际海洋年而作。书中海洋矿产一章由孙志国写稿,其余章节均由吕炳全教授执笔,读者若能从中获得所需知识和得到某些启示,笔者将感到莫大欣慰。

对支持本书写作的同济大学研究生院、同济大学出版社以及对本书写作提供帮助和资料的闵秋宝、颜四姘、王百顺、王红罡、赵永超和余东华等同志表示衷心的感谢。

编者

1996.9.上海

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 海洋环境与地质的研究内容	(1)
1.2 海洋开发、研究的历史回顾	(1)
1.3 21 世纪是全面开发海洋的世纪	(4)
第二章 海水的基本性质及其起源	(5)
2.1 海水的状态和颜色	(5)
2.1.1 海水的状态	(5)
2.1.2 海色	(5)
2.2 海水的盐度、温度和密度	(6)
2.2.1 海水的盐度	(6)
2.2.2 海水的温度	(8)
2.2.3 海水的密度	(11)
2.3 海水的起源	(14)
2.3.1 水的聚集事件	(14)
2.3.2 原始水的形成和存在状态	(15)
2.3.3 太阳系中水的再分配	(16)
2.2.4 水圈的形成和补充	(17)
第三章 海水运动及其能源	(19)
3.1 波浪	(19)
3.1.1 波浪要素与分类	(19)
3.1.2 深水波	(21)
3.1.3 浅水波	(22)
3.1.4 涌的传播	(23)
3.1.5 中国海的波浪	(23)
3.1.6 波浪的折射、绕射和反射	(24)
3.1.7 波浪的能源	(25)
3.2 潮汐	(25)
3.2.1 潮汐的定义与要素	(25)
3.2.2 潮汐分类和它的不等现象	(25)
3.2.3 引潮力	(27)

3.2.4	潮汐椭球与潮汐规律	(28)
3.2.5	中国近海潮汐	(28)
3.2.6	潮汐能源的开发	(28)
3.3	海流	(30)
3.3.1	海流及其分类	(30)
3.3.2	风海流	(30)
3.3.3	全球主要表层环流系统	(31)
3.3.4	深海洋流系统	(34)
3.3.5	海流能源	(34)
第四章	海洋生物	(36)
4.1	海洋生物生产力	(36)
4.1.1	海洋初级生产力	(36)
4.1.2	海洋动物生产力	(37)
4.1.3	海洋生物生产力的分布	(37)
4.2	海洋食物链	(38)
4.2.1	海洋食物链的定义和特征	(38)
4.2.2	海洋食物链的类别	(38)
4.2.3	食物网	(39)
4.3	海洋沉积生物	(39)
4.3.1	大型个体海洋沉积生物	(39)
4.3.2	钙质微体生物	(39)
4.3.3	硅质沉积生物	(42)
4.4	深海生态环境	(44)
4.4.1	深海生态的基本特点	(45)
4.4.2	海底热泉生物群落	(45)
第五章	海面变化与全球变化	(47)
5.1	海面变化的基本特征	(47)
5.1.1	海面变化与全球气候的关系	(47)
5.1.2	海面变化对滨岸环境的影响	(48)
5.1.3	海面变化与海底沉积作用	(48)
5.2	第四纪的海面变化	(49)
5.2.1	早—中更新世海面变化	(49)
5.2.2	晚更新世海面变化	(49)
5.2.3	全新世海面变化	(50)
5.2.4	全球海面变化的分区	(52)
5.3	近百年来海面变化	(53)
5.4	海面变化原因	(54)

5.4.1	海洋水体积的变化	(54)
5.4.2	洋盆容积的变化	(54)
5.4.3	海水物理性质的变化	(55)
5.4.4	海水盐度的变化	(55)
5.4.5	天文因素效应	(55)
5.4.6	地球物理因素的变化	(55)
5.4.7	人类社会经济活动的影响	(56)
第六章	海岸带	(57)
6.1	海岸带的定义	(57)
6.2	海岸带的动力因素	(58)
6.2.1	波浪、潮汐和海流	(58)
6.2.2	河流与冰的作用	(59)
6.2.3	地壳运动	(59)
6.2.4	生物作用	(59)
6.3	海岸的分类	(59)
6.4	垂直岸线的泥沙运动	(62)
6.4.1	中立线的概念	(62)
6.4.2	影响中立线的因素	(63)
6.4.3	均衡剖面的塑造	(63)
6.5	平行岸线的泥沙运动	(63)
6.5.1	冲积物流三要素	(64)
6.5.2	冲积物流形成的堆积体	(65)
6.6	滨岸沉积相	(67)
6.6.1	滨岸平原相	(67)
6.6.2	海滩、潮坪沉积	(68)
6.6.3	水下岸坡相	(69)
第七章	海洋地球化学	(70)
7.1	海洋中的 CO ₂ 系统	(70)
7.1.1	总二氧化碳及其分布	(70)
7.1.2	海水中的 CaCO ₃ 与 CO ₂ 系统	(71)
7.1.3	海洋生物与 CO ₂ 系统的关系	(71)
7.1.4	海水的酸碱性与 CO ₂ 系统	(71)
7.2	海水中溶解的气体	(72)
7.2.1	海水中溶解氧的来源及作用	(73)
7.2.2	溶解氧在海水中的分布	(73)
7.3	海水中的微量元素	(74)
7.3.1	含量和逗留时间	(74)

7.3.2	影响微量元素分布的因素	(77)
7.3.3	海水中微量元素的存在形式	(78)
7.4	海水中的有机物	(78)
7.4.1	溶解有机物	(78)
7.4.2	颗粒有机物	(79)
7.4.3	挥发性有机物	(79)
7.5	海洋中放射性核素	(79)
7.5.1	海洋中天然放射性核素	(79)
7.5.2	海洋中的人工放射性核素	(81)
第八章	三角洲环境与过程	(83)
8.1	三角洲的概念和研究意义	(83)
8.2	三角洲的发育与类型	(83)
8.2.1	河口沙坝与汉道河床	(83)
8.2.2	三角洲的类型	(84)
8.2.3	三角洲的沉积特征	(85)
8.3	控制三角洲发育的因素	(86)
8.3.1	气候	(86)
8.3.2	径流量与输沙量	(86)
8.3.3	河口水流的特征	(86)
8.3.4	潮汐作用	(86)
8.3.5	波浪作用	(87)
8.3.6	海流作用	(87)
8.4	河控三角洲	(88)
8.4.1	黄河三角洲	(88)
8.4.2	密西西比河三角洲	(89)
8.5	浪控三角洲	(90)
8.5.1	韩江三角洲	(90)
8.5.2	滦河三角洲	(92)
8.5.3	塞内加尔河三角洲	(93)
8.6	潮控三角洲	(94)
8.6.1	长江三角洲	(94)
8.6.2	恒河-布拉马普特拉河三角洲	(94)
第九章	大陆边缘	(87)
9.1	大陆边缘的概念	(97)
9.2	大陆架	(99)
9.2.1	大陆架概述	(100)
9.2.2	大陆架的地形特征	(101)

9.2.3	全球陆架分布与特征	(106)
9.2.4	陆架沉积特征	(112)
9.2.5	大陆架的分类	(113)
9.2.6	陆架成因	(118)
9.3	大陆坡	(119)
9.3.1	大陆坡的概念	(119)
9.3.2	陆坡地形和构造特征	(119)
9.3.3	大陆坡的分类	(121)
9.3.4	陆坡沉积特征	(121)
9.3.5	陆坡成因	(123)
9.4	大陆隆	(123)
9.4.1	大陆隆的基本特征	(123)
9.4.2	亚马逊海底扇	(124)
9.4.3	孟加拉扇和印度河扇	(125)
第十章	浅海碳酸盐沉积与珊瑚礁	(127)
10.1	浅海碳酸盐组分	(127)
10.1.1	矿物成分	(127)
10.1.2	结构组分	(128)
10.2	滨岸碳酸盐沉积	(129)
10.2.1	碳酸盐潮坪沉积	(129)
10.2.2	碳酸盐泻湖沉积	(130)
10.2.3	碳酸盐海滩沉积	(131)
10.3	碳酸盐沉积陆架	(131)
10.3.1	无陆源碎屑的碳酸盐沉积陆架区	(131)
10.3.2	碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积陆架	(132)
10.4	现代珊瑚礁	(133)
10.4.1	珊瑚礁的定义和分类	(134)
10.4.2	珊瑚礁发育的控制因素	(135)
10.4.3	岸礁	(137)
10.4.4	堤礁和环礁	(139)
第十一章	大洋地壳与岩石	(142)
11.1	大洋地壳的结构	(142)
11.2	大洋中脊及其岩石组成	(143)
11.2.1	大西洋中脊	(144)
11.2.2	印度洋中脊	(146)
11.2.3	东太平洋隆起	(148)
11.2.4	无震洋脊	(149)

11.3 大洋盆地及其岩石组成	(150)
11.3.1 印度洋诸洋盆	(151)
11.3.2 大西洋诸洋盆	(151)
11.3.3 太平洋诸洋盆	(151)
11.4 大洋中的残留陆块	(151)
11.4.1 洛德豪残留陆块	(151)
11.4.2 福克兰残留陆块	(153)
11.4.3 塞舌尔残留陆块	(153)
11.4.4 罗考尔残留陆块	(153)
11.4.5 杨马延残留陆块	(153)
11.5.6 残留陆块形成的机制和问题	(154)
第十二章 大洋沉积作用和沉积物性质	(156)
12.1 大洋沉积物的来源	(156)
12.1.1 陆源碎屑	(156)
12.1.2 海洋生物	(156)
12.1.3 海底风化作用	(156)
12.1.4 海底火山作用	(157)
12.1.5 宇宙物质	(157)
12.2 大洋沉积物组分和分类	(157)
12.2.1 大洋粘土矿物	(157)
12.2.2 钙质生物软泥和碎屑	(157)
12.2.3 硅质软泥	(158)
12.3 大洋沉积作用	(158)
12.3.1 垂直沉降作用	(158)
12.3.2 远浊流作用	(158)
12.3.3 底层流效应	(158)
12.3.4 等深流与等积岩	(159)
12.3.5 雾浊层效应	(159)
12.3.6 深海暴流	(160)
12.4 钙质软泥	(162)
12.4.1 钙质软泥基本特征	(162)
12.4.2 影响钙质软泥沉积因素	(164)
12.5 大洋粘土	(165)
12.6 硅质软泥	(166)
第十三章 陨击事件与生物灭绝	(168)
13.1 事件及其分类	(168)
13.2 陨击事件的 DSDP 证据	(169)

13.3	损击事件及其阶段划分	(170)
13.4	陨击事件与生物灭绝	(171)
13.5	陨击坑及其物质组分	(172)
13.5.1	陨击坑的结构	(172)
13.5.2	陨击坑的物质组成	(172)
13.5.3	储聚石油、天然气的陨击坑	(173)
13.6	界面粘土层	(173)
13.7	小行星撞击地球的可能性	(173)
第十四章	海洋缺氧环境	(175)
14.1	氧在水体中的循环	(175)
14.1.1	水体中氧的供应	(175)
14.1.2	水体中氧的消耗	(175)
14.2	缺氧水环境的概念	(175)
14.3	大型缺氧湖盆	(176)
14.3.1	坦葛尼喀湖和基伍湖	(176)
14.3.2	黑海水体缺氧环境	(177)
14.3.3	湖盆缺氧环境形成的原因	(178)
14.4	缺氧的开阔海盆	(179)
14.4.1	印度洋的缺氧海域	(179)
14.4.2	大西洋的缺氧海域	(180)
14.4.3	秘鲁-智利岸外的缺氧环境	(180)
14.4.4	华盛顿、俄勒岗和加利福尼亚岸外的少氧环境	(180)
14.5	缺氧环境的剖面与标志	(182)
14.5.1	缺氧环境剖面	(182)
14.5.2	缺氧环境的标志	(182)
14.6	上升流与缺氧环境	(183)
14.6.1	上升流的概念和类型	(183)
14.6.2	上升流的性质	(183)
第十五章	海洋灾害与污染及其防治	(185)
15.1	海洋灾害及其防御	(185)
15.1.1	风暴潮	(185)
15.1.2	海啸	(186)
15.1.3	灾害性海浪	(186)
15.1.4	海面上升,海水入侵	(187)
15.1.5	赤潮	(188)
15.1.6	海冰	(188)
15.1.7	海底灾害性地质因素	(189)

15.2 海洋污染与防治	(192)
15.2.1 海洋环境容量与自净能力	(192)
15.2.2 石油污染	(192)
15.2.3 重金属污染	(193)
15.2.4 有机物污染	(194)
15.2.5 放射性污染	(194)
第十六章 海洋矿产资源	(195)
16.1 多金属结核	(195)
16.1.1 多金属结核的基本特征	(196)
16.1.2 多金属结核的分类与成因	(198)
16.1.3 多金属结核的生长历史与生长速率	(200)
16.1.4 多金属结核的资源量	(201)
16.2 铁锰结壳	(201)
16.2.1 铁锰结壳的特征	(201)
16.2.2 铁锰结壳的生长历史与生长速率	(203)
16.2.3 铁锰结壳的资源量	(204)
16.3 海底热液矿床	(205)
16.3.1 海底热液矿床的成因类型	(205)
16.3.2 海底热液的循环系统	(207)
16.4 海洋砂矿	(209)
16.4.1 滨海砂矿	(209)
16.4.2 浅海砂矿	(211)
16.4.3 海洋砂矿成矿控制因素	(213)
16.5 近海油气资源与海底煤矿	(213)
16.5.1 海洋石油与天然气	(213)
16.5.2 海底煤矿	(214)
16.6 滨海地下卤水	(214)
16.6.1 滨海相地下卤水的化学特征	(214)
16.6.2 滨海相地下卤水的成因	(215)
主要参考文献	(217)

MARINE ENVIRONMENT AND GEOLOGY

CONTENTS

CHAPTER ONE

INTRODUCTION	(1)
1.1 Research Contents of Marine Environment and Geology	(1)
1.2 History of Development and Study on Marine	(1)
1.3 21th, the Century of Overall Development of Marine	(4)

CHAPTER TWO

ORIGIN AND PROPERTIES OF SEA WATER	(5)
2.1 States and Colors of Sea Water	(5)
2.1.1 States of Sea Water	(5)
2.1.2 Colors of Sea Water	(5)
2.2 Salinity, Temperature and Density of Sea Water	(6)
2.2.1 Salinity	(6)
2.2.2 Temperature	(8)
2.2.3 Density	(11)
2.3 Origin of Sea Water	(14)
2.3.1 Water Accumulative Events	(14)
2.3.2 Original Water Formation and Its Existence States	(15)
2.3.3 Water Redistribution in Solar System	(16)
2.3.4 Hydrosphere Origin and Supplement	(17)

CHAPTER THREE

SEA WATER MOTION AND ITS CORRESPONDING ENERGY	(19)
3.1 Waves	(19)
3.1.1 Wave Elements and Wave Types	(19)
3.1.2 Deep-water Waves	(21)
3.1.3 Shallow-water Waves	(22)
3.1.4 Surge Propagation	(23)
3.1.5 Waves of China's Seas	(23)
3.1.6 Wave Refraction, Diffraction and Reflection	(24)
3.1.7 Energy from the Waves	(25)
3.2 Tides	(25)
3.2.1 Definition and Elements of Tides	(25)

3.2.2	Types of Tides and Unequal Phenomenon	(25)
3.2.3	Force Analysis of Resulting in Tides	(27)
3.2.4	Tide Ellipsoid and Tide Patterns	(28)
3.2.5	Tides of China's Offshores	(28)
3.2.6	Utilization of Tide Energy	(28)
3.3	Ocean Circulation	(30)
3.3.1	Definition and Classification of Ocean Circulation	(30)
3.3.2	Wind-induced Circulation	(30)
3.3.3	Main Surface Ocean Circulation	(31)
3.3.4	Ocean Circulation System of Deep-water Regions	(34)
3.3.5	Energy from the Ocean Circulation	(34)

CHAPTER FOUR

MARINE ORGANISMS	(36)	
4.1	Productivity of Marine Organisms	(36)
4.1.1	Preliminary Productivity of Marine Organisms	(36)
4.1.2	Productivity of Marine Animals	(37)
4.1.3	Productivity Distribution of Marine Organisms	(37)
4.2	Food Chain in the Oceans	(38)
4.2.1	Definition and Characteristics	(38)
4.2.2	Types of Food Chains	(38)
4.2.3	Food Web	(39)
4.3	Benthos and Benthic Sediments	(39)
4.3.1	Macroscopic Benthos and Their Sediments	(39)
4.3.2	Calcareous Microscopic Benthos and Their Sediments	(39)
4.3.3	Siliceous Benthic Organisms	(42)
4.4	Marine Ecologic Environment	(44)
4.4.1	Fundamental Characteristics of Deep Ocean Ecology	(45)
4.4.2	Biocenose around Hot Springs of Ocean Floor	(45)

CHAPTER FIVE

SEA LEVEL CHANGE AND GLOBAL CHANGE	(47)	
5.1	Principal Characteristics of Sea-level Change	(47)
5.1.1	Relation of Sea-level Change and Global Climate	(47)
5.1.2	Relation of Sea-level Change and Coastal Environment	(48)
5.1.3	Sea Level Sea-level Change and Sedimentation on the Ocean Floor	(48)
5.2	Sea Level Changes of Quaternary	(49)
5.2.1	Sea-level Change of Early to Middle Pleistocene	(49)
5.2.2	Sea-level Change of Late Pleistocene	(49)
5.2.3	Sea-level Change of Holocene	(50)
5.2.4	Global Sea-level Change Provinces Divided	(52)

5.3	Sea Level Change of the Recent Century	(53)
5.4	Sea Level Change Analysis	(54)
5.4.1	Change of Ocean Water Quantity	(54)
5.4.2	Change of Oceanic Basin Volume	(54)
5.4.3	Change of Sea-water Properties	(55)
5.4.4	Change of Sea-water Salinity	(55)
5.4.5	Effect of Astronomical Factor	(55)
5.4.6	Change of Geophysical Conditions	(55)
5.4.7	Effect of Economic Activities of the Human Species	(56)
CHAPTER SIX		
COASTAL ZONE		
6.1	Definition of Coastal Zone	(57)
6.2	Dynamic Conditions of Coastal Zone	(58)
6.2.1	Waves, Tides and Ocean Circulation	(58)
6.2.2	Rivers and Glaciers/Icebergs	(59)
6.2.3	Crustal Movement(Tectonism)	(59)
6.2.4	Biologic Activities	(59)
6.3	Coastal Zone Types	(59)
6.4	Silt Drifts Perpendicular to the Coastal Line	(62)
6.4.1	Concept of Neutral Line	(62)
6.4.2	Influence Factors upon the Neutral Line	(63)
6.4.3	Establishment of Equilibrium Profile	(63)
6.5	Silt Drifts Parallel to the Coastal Line	(63)
6.5.1	Three Elements of Alluviation	(64)
6.5.2	Accumulative Sedimentary Bodies of Alluviation	(65)
6.6	Seashore Facies	(67)
6.6.1	Coastal Plain Facies	(67)
6.6.2	Beach and Tidal Flat Sedimentary Facies	(68)
6.6.3	Subsea Slope Sedimentary Facies	(69)
CHAPTER SEVEN		
MARINE GEOCHEMISTRY		
7.1	Carbon Dioxide (CO ₂) System of Oceans	(70)
7.1.1	Total Amount and Distribution of CO ₂	(70)
7.1.2	Calcium Carbonate (CaCO ₃) and Carbon Dioxide (CO ₂) System in the Sea-water	(71)
7.1.3	Relation of Oceanic Organims and CO ₂ System	(71)
7.1.4	Acidity-alkalinity and CO ₂ System of Sea Water	(71)
7.2	Solution Gas of Sea-water	(72)
7.2.1	Origin and Significances of Solution Oxygen of Sea-water	(73)
7.2.2	Distribution of Solution Oxygen of Sea-water	(73)

7.3	Trace Elements of Sea-water	(74)
7.3.1	Content and Retained Time	(74)
7.3.2	Influence Factors upon the Distribution of Trace Elements	(77)
7.3.3	Existence Forms of Sea-water Trace Elements	(78)
7.4	Organic Materials of Sea-water	(78)
7.4.1	Soluble Organic Materials	(78)
7.4.2	Grained Organic Materials	(79)
7.4.3	Volatile Organic Materials	(79)
7.5	Radioactive Elements of Oceans	(79)
7.5.1	Natural Radioactive Elements	(79)
7.5.2	Artificial Radioactive Elements	(81)

CHAPTER EIGHT

DELTA ENVIRONMENT AND FORMING PROCESS	(83)	
8.1	Concept of Delta and Research Significance	(83)
8.2	Development and Types	(83)
8.2.1	Debouch Bars and Branched Tributary Channel Beds	(83)
8.2.2	Types of Deltas	(84)
8.2.3	Sedimentary Characteristics of Delta	(85)
8.3	Controlling Factors to Form Delta	(86)
8.3.1	Climates	(86)
8.3.2	Flow Rate and Silt Carrying Capacity	(86)
8.3.3	Features of Debouch Flowing	(86)
8.3.4	Tide Influence	(86)
8.3.5	Wave Influence	(87)
8.3.6	Coastal Current Influence	(87)
8.4	Fluvial-dominated Deltas	(88)
8.4.1	Huanghe River Delta	(88)
8.4.2	Mississippi Delta	(89)
8.5	Wave-dominated Deltas	(90)
8.5.1	Hanjiang River Delta	(90)
8.5.2	Luanhe River Delta	(92)
8.5.3	Senegal Delta	(93)
8.6	Tide-dominated Deltas	(94)
8.6.1	Yangtze River Delta	(94)
8.6.2	Ganges-Brahmaputra River Delta	(94)

CHAPTER NINE

CONTINENTAL MARGINS	(97)	
9.1	Concept of Continental Margin	(97)
9.2	Continental Shelf	(99)