



教育部海洋科学类专业教学指导委员会规划教材
高等学校海洋科学类本科专业基础课程规划教材

吴德星 ◎ 总主编

海洋地质学

Marine Geology

翟世奎 ◎ 编著



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

中国海洋大学教材建设基金资助

海洋地质学

翟世奎 编著



中国海洋大学出版社
CHINA OCEAN UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书是为涉海高校地质学专业本科生编写的专业必修课程教材,亦可以作为地质学各相关专业的专业基础课程教材。书中系统介绍了有关海洋地质学的基础知识和基本理论,并吸收了当前海洋地质学研究的新成果或新进展。本书注重基本概念、基本理论和机制原理的论述。在知识结构上,注重由点到面、由表及里、由浅入深的层次和循序渐进的原则。根据作者十几年讲授海洋地质学课程的经验 and 体会,书中内容安排特别注重启发学生学习的兴趣和激发学生探索科学问题的潜力。本书内容丰富而精炼,取材广泛而新颖,结构合理且层次分明,力求使学生在掌握海洋地质学基础知识和基本理论的前提下,同时掌握该学科最新的科学认知。本书既可作为地质学类专业本科生的教材,也可作为涉海高校海洋科学类专业本科生的教材,同时可供从事海洋科学和地质学两大学科教学科研人员和研究生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

海洋地质学/翟世奎编著. —青岛:中国海洋大学出版社,2018.3
ISBN 978-7-5670-1258-5

I. ①海… II. ①翟… III. ①海洋地质学 IV.
①P736

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 027648 号

出版发行	中国海洋大学出版社	
社 址	青岛市香港东路 23 号	邮政编码 266071
出 版 人	杨立敏	
网 址	http://www.ouc-press.com	
电子信箱	coupljz@126.com	
订购电话	0532-82032573(传真)	
责任编辑	李建筑	电 话 0532-85902505
印 制	青岛国彩印刷有限公司	
版 次	2018 年 3 月第 1 版	
印 次	2018 年 3 月第 1 次印刷	
成品尺寸	185 mm×260 mm	
印 张	27.75	
印 数	1~1500	
字 数	624 千	
定 价	78.00 元	

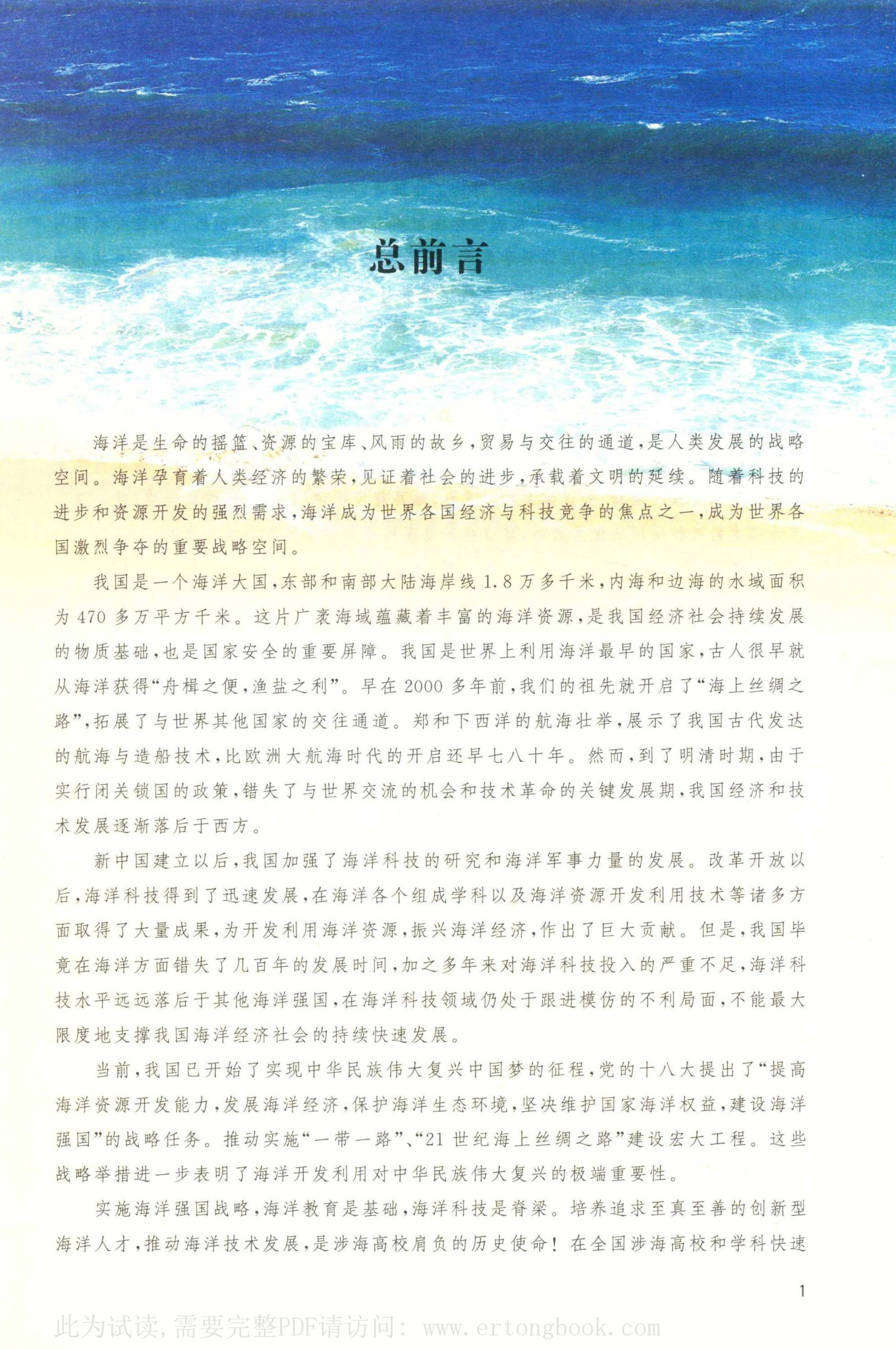
教育部海洋科学类专业教学指导委员会规划教材 高等学校海洋科学类本科专业基础课程规划教材 编委会

主 任 吴德星

副主任 李巍然 陈 戈 杨立敏

编 委 (按姓氏笔画为序)

王 宁	王旭晨	王真真	刘光兴	刘怀山	孙 松
李华军	李学伦	李建筑	李巍然	杨立敏	吴常文
吴德星	张士瑾	张亭禄	陈 戈	陈 敏	侍茂崇
赵进平	高郭平	唐学玺	傅 刚	焦念志	鲍献文
翟世奎	魏建功				



总前言

海洋是生命的摇篮、资源的宝库、风雨的故乡,贸易与交往的通道,是人类发展的战略空间。海洋孕育着人类经济的繁荣,见证着社会的进步,承载着文明的延续。随着科技的进步和资源开发的强烈需求,海洋成为世界各国经济与科技竞争的焦点之一,成为世界各国激烈争夺的重要战略空间。

我国是一个海洋大国,东部和南部大陆海岸线 1.8 万多千米,内海和边海的水域面积为 470 多万平方千米。这片广袤海域蕴藏着丰富的海洋资源,是我国经济社会持续发展的物质基础,也是国家安全的重要屏障。我国是世界上利用海洋最早的国家,古人很早就从海洋获得“舟楫之便,渔盐之利”。早在 2000 多年前,我们的祖先就开启了“海上丝绸之路”,拓展了与世界其他国家的交往通道。郑和下西洋的航海壮举,展示了我国古代发达的航海与造船技术,比欧洲大航海时代的开启还早七八十年。然而,到了明清时期,由于实行闭关锁国的政策,错失了与世界交流的机会和技术革命的关键发展期,我国经济和技术发展逐渐落后于西方。

新中国建立以后,我国加强了海洋科技的研究和海洋军事力量的发展。改革开放以后,海洋科技得到了迅速发展,在海洋各个组成学科以及海洋资源开发利用技术等诸多方面取得了大量成果,为开发利用海洋资源,振兴海洋经济,作出了巨大贡献。但是,我国毕竟在海洋方面错失了几百年的发展时间,加之多年来对海洋科技投入的严重不足,海洋科技水平远远落后于其他海洋强国,在海洋科技领域仍处于跟进模仿的不利局面,不能最大限度地支撑我国海洋经济社会的持续快速发展。

当前,我国已开始了实现中华民族伟大复兴中国梦的征程,党的十八大提出了“提高海洋资源开发能力,发展海洋经济,保护海洋生态环境,坚决维护国家海洋权益,建设海洋强国”的战略任务。推动实施“一带一路”、“21 世纪海上丝绸之路”建设宏大工程。这些战略举措进一步表明了海洋开发利用对中华民族伟大复兴的极端重要性。

实施海洋强国战略,海洋教育是基础,海洋科技是脊梁。培养追求至真至善的创新型海洋人才,推动海洋技术发展,是涉海高校肩负的历史使命!在全国涉海高校和学科快速

发展的形势下,为了提高我国涉海高校海洋科学类专业的教育质量,教育部高等学校海洋科学类专业教学指导委员会根据教育部的工作部署,制定并由教育部发布了《海洋科学类专业本科教学质量国家标准》,并依据该标准组织全国涉海高校和科研机构的相关教师与科技人员编写了“高等学校海洋科学类本科专业基础课程规划教材”。本教材体系共分为三个层次:第一层次为涉海类本科专业通识课教材:《普通海洋学》;第二层次为海洋科学专业导论性质通识课教材:《海洋科学概论》《海洋技术概论》和《海洋工程概论》;第三层次为海洋科学类专业核心课程教材:《物理海洋学》《海洋气象学》《海洋声学》《海洋光学》《海洋遥感及卫星海洋学》《海洋地质学》《化学海洋学》《海洋生物学》《海洋生态学》《海洋资源导论》《生物海洋学》《海洋调查方法》等,将由中国海洋大学出版社陆续出版发行。

本套教材覆盖海洋科学、海洋技术、海洋资源与环境 and 军事海洋学等四个海洋科学类专业的通识与核心课程,知识体系相对完整,难易程度适中,作者队伍权威性强,是一套适宜涉海本科院校使用的优秀教材,建议在涉海高校海洋科学类专业推广使用。

当然,由于海洋学科是一个综合性学科,涉及面广,且限于编写团队知识结构的局限性,其中的谬误和不当之处在所难免,希望各位读者积极指出,我们会在教材修订时认真修正。

最后,衷心感谢全体参编教师的辛勤努力,感谢中国海洋大学出版社为本套教材的编写和出版所付出的劳动。希望本套教材的推广使用能为我国高校海洋科学类专业的教学质量提高发挥积极作用!

教育部高等学校海洋科学类专业教学指导委员会

主任委员 吴德星

2016年3月22日

前 言

海洋地质学(Marine Geology)或称海底地质学(Submarine Geology)是研究被海水覆盖的地球岩石圈及其与地球其他圈层(软流圈、地幔、水圈、生物圈、大气圈等)相互作用的科学。海洋地质学的主要研究内容包括岩石圈的物质组成和性质、地质结构和构造、发展演化及相关效应等,当前的主要任务是研究解决满足人类对矿产资源和环境的需求,包括由此引发的军事和国家权益方面需求中的科学问题。

如果用第一部《海底地质学》(Andree K, 1920)的出版标志海洋地质学这一学科的诞生,那么这个学科迄今发展还不足百年。但是,海洋地质学在短短的发展过程中却取得了许多地学上的重大突破。以海洋地质学调查研究成果为核心内容的大海扩张学说从根本上改变了传统的地学认知,极大地促进了板块构造理论的发展,导致了 20 世纪的地学革命。进入 21 世纪,人类对资源的需求加大,对生存空间(国家权益)和环境的要求也越来越高。与此同时,信息化技术时代的到来使得各种新技术、新方法和新的探测设备应用于海洋地质学领域,极大地推动了海洋地质学的快速发展,新成果、新理论和新观点层出不穷,在许多方面实现了突破性进展。大规模的国际性合作逐步成为海洋地质调查研究的主旋律;通过多学科交叉的综合性研究,共同解决一个问题,已成为海洋地质学研究的新途径。21 世纪被誉为“海洋世纪”,海洋地质学的发展也进入了一个崭新的阶段。可以说,海洋地质学正处于地质学的最前沿,推动着整个地球科学的快速发展。

当前,人类社会发展所面临的四大主要问题,即能源日趋短缺、环境日渐恶化、生存发展空间受限、自然灾害频发,都直接或间接的与海洋有关,海洋过程的关键在海底。在最近十几年日益引起举世关注的海底新的矿产资源——天然气水合物的发现更为海洋地质学的发展打开了新的空间。海洋地质学在海底矿产资源勘探开发和环境保护恢复中占有无可替代的位置,必定具有更加光辉的未来。

“海洋地质学”一直是中国海洋大学地质学专业本科生的特色课程,在该校其他专业和其他院校的地质学和海洋科学各专业多作为本科生的专业基础课程。国内外先后出版了多种版本的“海洋地质学”教材,例如,同济大学海洋地质系海洋地质教研室编写的《海洋地质学》(1982,地质出版社),朱而勤主编的《近代海洋地质学》(1991,青岛海洋大学出版社),沈锡昌、郭步英编写的《海洋地质学》(1993,中国地质大学出版社),李学伦主编的

《海洋地质学》(1997, 青岛海洋大学出版社), 徐茂泉、陈友飞编写的《海洋地质学》(1999, 厦门大学出版社), 吕炳全编写的《海洋地质学概论》(2006, 同济大学出版社), 等等, 都在不同的院校作为教材或主要参考书。国内同时期还出版了一些海洋地质学专著, 例如, 杨子赓编著的《海洋地质学》(2004, 山东教育出版社), 范时清等编著的《海洋地质学》(2004, 海洋出版社), 等等。国外类似的教材如 Norin E 和 Holtedahl H 的 *Submarine Geology* (1960, Berling), Shepard F P 的 *Submarine Geology* (1963, Harper & Row, Weatherhill), Kennett J P 的 *Marine Geology* (1982, Prentice Hall), Kuenen H 的 *Marine Geology* (2008, Baltzell Press); John H. Steele, Steve A. Thorpe, Karl K. Turekian 的 *Marine Geology and Geophysics* (2010, Academic Press), 等等。有一些外文教材或专著已经在国内翻译出版。这些教材和专著都各有特色或侧重, 在海洋地质学的教学和科研中发挥了重要的作用, 同时也是本书编著的基础或重要参考。尤其是李学伦主编的《海洋地质学》多年以来一直作为中国海洋大学地质学专业本科生的教材, 在本书成稿与实际教学中发挥了重要作用。

目前, 国内大学本科教学所使用的“海洋地质学”教材大多都是在十几年甚至更久之前的出版的, 其内容与海洋地质学领域层出不断的新成果不完全吻合。在前人工作的基础上, 编著出版一本知识结构更加合理, 尽可能地包含海洋地质学领域近几十年取得的新成果和新认识的教材成为本书编写的初衷。本书的编写自 2004 年开始, 期间几易其稿(目前是第九稿), 在实际教学中不断地加以充实和完善。在早期的第一稿中, 杨作升教授(第一章)、李三忠教授(第二章和第五章)、李广雪教授(第六章)、范德江教授和郭志刚教授(第七章)、王永红教授(第六章)、于增慧副教授(第十章)、韩宗珠教授和赵广涛教授(第十一章)都曾提供了初稿或素材, 冯秀丽教授(海洋工程地质与地质灾害)、孙效功教授和曹立华教授(海洋地质调查技术)也曾提供了部分章节的初稿, 但因受内容和篇幅的限制, 有些内容没有包括在本书中。每一项成果或工作无不是凝聚了众多人的汗水与劳动。在此, 对上述为本书提供初稿和素材(资料)的各位教授致以衷心的敬佩和谢意。本书由翟世奎进行了总体框架的构建、各章节的统一编排、知识内容的充实和完善, 并负责编写了其余 7 章, 直至定稿出版。在出版过程中, 出版社的杨立敏社长和魏建功副总编辑给予了重要的支持和鼓励, 李建筑编审负责了整个书稿的编辑工作, 张爱滨教授级高工、于增慧博士、张怀静博士、国坤博士、刘晓峰博士、毕东杰博士、王淑杰博士、姜子可博士、姜独祯博士、宋晓丽博士、张侠博士(研究生)等参与了部分章节充实、完善或校验, 韩金平负责了大部分图表的清绘, 在此一并致谢。

本书在内容安排上与先前的教材有很大的不同。特别注重基本概念、基本理论和机制原理的论述, 并尽可能地结合图示加深理解。在知识结构上, 注重由点到面、由表及里、由浅入深的层次和循序渐进的原则。全书内容可分为四个部分, 共计 14 章。第一部分为基础篇, 包括第一、二、三、四章, 主要是讲述海洋地质学和与其相关的最基础的知识, 重在

基本概念。第一章主要讲述海洋地质学的性质、任务、研究内容及学科发展史等;第二章基本等同于引领学生做一次“海底旅游”,目的是让学生了解海底的表形特征,掌握地形地貌及大地构造上的基本概念,其内容是学习此后章节的基础;第三章主要介绍了地球的内部结构,重要的地质作用源于软流圈,因而重点讨论了低速层或软流圈的特性与成因解释,为在第五章中讲授海底构造的基本理论奠定基础;第四章主要介绍了塑造海底地形地貌和影响沉积物分布特征的海洋水文、化学和生物中最基本的环境要素,这也是此后学习第六至十章的基础。第二部分为基础理论篇(第五章),主要是让学生从原理上认识海底结构及其成因演化,如同学习人体的骨骼结构,也是理解此后几章内容的基础和关键。第三部分为各论篇,包括第六至十章,自海岸带到大洋中脊,“由浅入深”地解剖海底各主要大地构造单元的物质与结构特征、主要地质作用过程、发展演化,以及所导致的矿产资源等。第四部分为专题篇,包括第十一至十四章,这部分内容属于海洋地质学的重要“专题”或学科分支讲座,重点讲述海洋地质学重要分支或学术方向上的学术进展和前沿科学问题,特别是第十四章内容旨在让学生了解当前国内外海洋地质学的最新发展动态。

需要说明的是,书中部分插图源自间接资料(图书或同行交流资料,等),难以找到原图的作者或出处,但出于教学的需要仍使用于书中,在此特向原图作者致以敬意。另外,海洋地质学的发展正方兴未艾,新成果、新观念和新理论不断出现,在这种飞速发展的阶段,本书在知识内容上难免有遗漏,更限于作者水平,疏漏之处在所难免,恳盼读者予以指正,同时希望本教材能得到进一步的充实和完善。

翟世奎

2017年11月于青岛

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 学科性质及主要研究内容	1
一、学科性质、特点和任务	1
二、学科地位及与其他学科的相互关系	2
三、主要研究内容	4
第二节 发展简史	5
一、学科发展阶段及学术思想演变	5
(一) 孕育诞生(1920 年以前)	5
(二) 健康成长期(1920~1950 年)	7
(三) 快速发展期(20 世纪 50 年代~1968 年)	7
(四) 近代海洋地质学阶段(1968 年~20 世纪末)	9
(五) 地球系统科学阶段——21 世纪的海洋地质学	11
二、中国海洋地质学的发展过程	12
(一) 孕育期(1950 年以前)	12
(二) 诞生和蓬勃生长期(1950~1966 年)	12
(三) 快速发展期(1977 年~20 世纪末)	13
(四) 融入国际发展期(21 世纪)	13
第三节 学科发展动力和趋势	14
一、学科发展动力	14
二、学科发展趋势	15
小 结	16
思考题	16
第二章 海洋地理与海底地形地貌	17
第一节 海洋与陆地的地理特征	17
一、陆地	18

- 二、大陆边缘 19
- 三、海洋 20
- 第二节 大陆边缘地貌 22
 - 一、稳定型(大西洋型)大陆边缘 23
 - (一) 大陆架 23
 - (二) 大陆坡 24
 - (三) 大陆隆 24
 - 二、活动型(太平洋型)大陆边缘 25
 - (一) 海沟 25
 - (二) 岛弧和火山弧 27
 - (三) 弧后盆地 28
- 第三节 深海盆地地貌 29
 - 一、深海盆地 29
 - (一) 海山与平顶山 29
 - (二) 深海平原 30
 - 二、环礁 31
 - 三、无震海岭、海山链和岛链 31
 - 四、深海盆地地形与海底年龄的关系 33
- 第四节 大洋中脊地貌 34
 - 一、平面展布 34
 - 二、中央裂谷 35
 - 三、转换断层与破碎带 36
 - 四、剖面特征及区域性差异 37
- 小 结 38
- 思考题 39

第三章 地球结构与海底岩石圈 40

- 第一节 地球的内部结构 41
- 第二节 地 壳 42
 - 一、陆壳 42
 - 二、标准洋壳结构 43
 - 三、洋壳与陆壳的主要区别 44
- 第三节 地幔和地核 46
 - 一、地幔 46
 - 二、地核 47

第四节 低速层(软流层)	48
一、基本概念	48
二、低速层的成因解释及力学特征	48
第五节 岩石圈	49
一、基本概念	49
二、岩石圈的特性	50
三、岩石圈的形成	51
小 结	52
思考题	52
第四章 海洋环境要素	53
第一节 海洋物理学特征	53
一、波浪	54
二、潮汐	55
(一) 潮间带与潮坪	57
(二) 沉积滞后效应	57
三、洋流	58
四、浊流	61
五、温跃层、密跃层与低氧层	62
六、海水的侵蚀作用	63
(一) 海浪的侵蚀作用	63
(二) 潮流和洋流的侵蚀作用	64
(三) 浊流的侵蚀作用	64
第二节 海洋化学环境	64
一、pH 值	64
二、Eh 值	65
三、CO ₂ 和碳酸系	66
四、碳酸盐补偿深度(CCD)	67
五、化学沉积作用	67
第三节 海洋生物与生物的地质作用	68
小 结	69
思考题	69
第五章 海底构造	70
第一节 洋壳的起源与大陆漂移	70

一、早期的洋壳起源说	70
二、大陆漂移学说	71
(一) 大陆漂移的主要证据	71
(二) 大陆漂移过程与联合大陆重建	75
(三) 大陆漂移的机制	76
第二节 海底扩张学说	76
一、海底扩张学说的基本内容	77
二、海底扩张学说的论证	78
(一) 条带状海底磁异常与地磁场极性反转年表	78
(二) 深海钻探与海底扩张	80
(三) 转换断层与海底扩张	81
(四) 海底扩张速率	82
三、弧后扩张学说	83
第三节 板块构造理论	84
一、板块构造理论的主要内容	85
二、板块划分与边界类型	86
(一) 划分依据	86
(二) 划分方案	86
(三) 板块边界类型及其特征	88
(四) 板块边界组合	91
三、板块运动	92
(一) 板块运动的动力	92
(二) 地幔对流模型	93
四、威尔逊旋回与大洋演化	94
第四节 大陆边缘构造	97
一、稳定型大陆边缘构造	97
(一) 主要特征	97
(二) 主要类型	98
(三) 形成与演化	99
二、活动型大陆边缘构造	101
(一) 类型、空间分布与主要特征	101
(二) 岛弧的主要类型	102
(三) 活动型陆缘的形成与演化	102
三、转换型大陆边缘构造	106
第五节 大洋中脊构造	107

一、中脊地形与扩张速率	107
二、拓展性裂谷与拓展性扩张轴	108
三、重迭性扩张轴	109
四、洋中脊分段	110
(一) 洋中脊分段级别划分	110
(二) 特征与机制	112
第六节 地幔柱	113
一、地幔柱学说	113
二、热幔柱	114
(一) 热幔柱形态	114
(二) 热幔柱的起源与规模	116
(三) 热幔柱的岩石化学成分	116
(四) 热幔柱的运动学特征	116
三、冷幔柱	118
四、地球全局性物质对流	119
小 结	122
思考题	122

第六章 河口与海岸

第一节 河口三角洲海岸	124
一、河口三角洲	124
二、河口动力过程	125
(一) 河口(Estuary)的概念与类型	125
(二) 河口环流与沉积物搬运	127
三、三角洲砂体	131
四、三角洲地层	132
(一) 垂向地层序列	132
(二) 三角洲复合体	133
第二节 砂砾质海岸	134
一、海滩沉积系列	134
(一) 波浪作用和海滩动力分带	135
(二) 海滩淤蚀动态	135
(三) 海滩沉积	136
二、沙坝-潟湖沉积体系	137
(一) 沙坝沉积	137

(二) 潟湖环境及其沉积	138
(三) 沙坝-潟湖沉积层序	140
第三节 粉沙淤泥质海岸	142
一、沉积动力过程	142
二、碎屑潮坪沉积	143
(一) 碎屑潮坪沉积动力机制	143
(二) 碎屑潮坪分带	144
(三) 砂砾质潮坪沉积	144
第四节 岩石海岸	145
一、主要类型与动力环境	145
(一) 岩石海岸的主要类型	145
(二) 岩石海岸的侵蚀	146
二、岩石海岸形态	148
第五节 生物海岸	148
一、生物海岸类型	148
二、海岸形成过程中的生物作用	149
第六节 海面变化与海岸响应	150
一、海面变化	150
(一) 地质时期的海面变化	151
(二) 验潮时期的海面变化	153
二、海面变化在海岸带的响应	154
小 结	156
思考题	157

第七章 大陆架地质

第一节 地质概况	159
一、地形地貌	159
二、构造格架	160
第二节 控制陆架沉积作用的因素	162
一、海平面变动	162
二、沉积物补给与气候	162
三、陆架水动力环境	163
(一) 潮汐	163
(二) 波浪	164
(三) 风海流	165

(四) 密度流	165
(五) 洋流	165
四、生物作用	165
五、海洋化学与生物化学作用	166
第三节 陆架碎屑沉积	166
一、潮流作用下的砂质沉积	167
(一) 横向底形	167
(二) 纵向底形	168
二、风暴作用下的砂质沉积	169
三、洋流作用下的砂质沉积	170
四、陆架泥质沉积	171
五、陆架碎屑沉积的一般模式	173
第四节 陆架碳酸盐沉积	174
一、陆架碳酸盐矿物、沉积物类型与分布	174
二、控制碳酸盐分布的主要因素	175
三、陆架碳酸盐沉积的分布	176
四、陆架碳酸盐沉积模式	178
第五节 中国黄、东海陆架沉积模式	179
一、沉积动力环境	180
二、沉积物的横向分布	180
三、近代沉积层序	181
(一) 长江河口区现代沉积	181
(二) 中陆架沉积	182
(三) 外陆架沉积	183
四、纵向地层与沉积环境演化	184
(一) 近代沉积地层	184
(二) 中深层地层结构	185
(三) 沉积环境演化	187
小 结	188
思考题	188
第八章 沟-弧-盆体系	189
第一节 地质概况	189
一、分布与边缘海盆地的主要类型	189
(一) 分布	189

(二) 边缘海盆地的主要类型	190
二、构造与地球物理特征	191
三、成因机制	193
(一) 千岛-日本-琉球-台湾俯冲带	194
(二) 马里亚纳和伊豆-小笠原俯冲带	194
(三) 汤加俯冲带	195
(四) 智利型俯冲带	195
第二节 俯冲带地质作用	196
一、俯冲加工厂与俯冲再循环	196
二、双变质带	197
三、蛇绿岩套与混杂堆积	199
(一) 蛇绿岩套	199
(二) 混杂堆积体	200
四、增生楔状体	200
第三节 陆坡、陆隆、海沟和弧后盆地的沉积作用	201
一、陆坡、陆隆和海沟的沉积作用	202
(一) 主要影响因素	202
(二) 陆坡沉积物的输运	202
(三) 沉积物特征	204
(四) 大陆坡海底峡谷沉积作用和浊积扇沉积	204
二、边缘海的沉积作用	205
三、冲绳海槽地质	206
(一) 地形地貌	207
(二) 构造与地球物理特征	209
(三) 沉积作用	210
(四) 形成与演化	212
第四节 沟-弧-盆体系内的岩浆作用	213
一、岛弧的岩浆作用	213
二、弧后盆地的岩浆作用	214
小 结	216
思考题	216
第九章 大洋盆地沉积	217
第一节 大洋沉积物分类	217
一、国际分类	218