

(原书第11版)

Pearson

海洋学导论

Essentials of Oceanography
Eleventh Edition

◇ [美] Alan P. Trujillo Harold V. Thurman 著

◇ 张荣华 李新正 李安春 等译



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

(原书第 11 版)

海洋学导论

Essentials of Oceanography, Eleventh Edition

[美] Alan P. Trujillo Harold V. Thurman 著

张荣华 李新正 李安春 等译
万世明 袁华茂 张光涛

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 BEIJING

内 容 简 介

本书根据地质学、化学、物理学、生物学等基础学科与海洋的关系,以及大气圈、生物圈和水圈与海洋之间的相互作用,介绍了海洋的基本知识和运行机制。主要内容包括地球简介、板块构造和海底、海洋、海洋沉积物、海水、海气相互作用、海洋环流、海浪和海浪动力学、潮汐、海滩和海岸线过程、近岸海洋、海洋生命和海洋环境、生物生产率和能量传输、深海动物、底栖动物、海洋与气候变化等。全书按概念、过程和原理的方式组织,照片、插图和真实事例丰富,可读性强。

全书自成体系,不要求学生具备各基础科学的背景知识,可作为高等学校海洋相关专业学生的导论性课程,也可作为相关人员的科普书和参考书。

Original edition, entitled *Essentials of Oceanography*, Eleventh Edition, ISBN: 9780321814050 by Alan P. Trujillo, Harold V. Thurman. Published by Pearson Education, Inc. Copyright © 2014 Pearson Education, Inc.

All rights Reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any forms or by any means, electronic or mechanical, including photocopying recording or by any information storage retrieval systems, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD, and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY, Copyright © 2017.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字专有出版权由Pearson Education(培生教育出版集团)授予电子工业出版社,未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有Pearson Education(培生教育出版集团)激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2014-7300

图书在版编目(CIP)数据

海洋学导论:原书第11版/(美)阿兰·P·特鲁希略(Alan P. Trujillo),(美)哈洛德·V·瑟曼(Harold V. Thurman)著;张荣华等译.—北京:电子工业出版社,2017.7

书名原文:Essentials of Oceanography, Eleventh Edition

ISBN 978-7-121-31675-3

I. ①海… II. ①阿… ②哈… ③张… III. ①海洋学—高等学校—教材 IV. ①P7

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第120541号

策划编辑:谭海平

责任编辑:谭海平 特约编辑:王崧

印 刷:中国电影出版社印刷厂

装 订:中国电影出版社印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:31.75 字数:894千字

版 次:2017年7月第1版(原著第11版)

印 次:2017年7月第1次印刷

定 价:138.00元(全彩)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88254552, tan02@phei.com.cn。

译者序

海洋，占地球表面积的 70.8%，总水量的 97%，是资源的宝库，生命的摇篮。海洋与人类的生活息息相关，海水的温度和蒸发决定着沿岸的气候，潮汐和洋流影响着船只的运行，许多海洋生物是人们食物的重要来源，而风暴潮、海啸等自然灾害也严重威胁着人类的生活。进入新世纪，伴随着人口增加、环境恶化和陆地资源短缺等一系列危机，人类对海洋的开发和利用到达了一个新的高度。我国是海洋大国，拥有大陆岸线 18000 多千米，管辖海域 300 万平方千米。近年来，维护海洋权益、保护海洋环境、发展海洋产业、探索深海奥秘、开采海底宝藏、建设海上粮仓、“海上一带一路”等一系列战略口号的提出，标志着我国正在由海洋大国向发展海洋强国转变。因此，对海洋科学的研究成为当前乃至未来科学研究的热点方向。

人类对海洋的认识最早是从生产生活实践活动开始的，最初的知识来源于人们的观察和经验所得，缺少逻辑性和系统性。19 世纪 70 年代，英国皇家学会组织完成“挑战者”号考察船首次环球海洋科学综合考察，标志着海洋学从传统的自然地理学领域中分化出来，开始成为一门独立的学科。20 世纪 50 年代后，海洋研究科学委员会（SCOR）等国际海洋科学研究组织和一系列海洋科学研究机构的成立，极大地推动了海洋科学的迅速发展。目前，海洋科学形成了一门以物理海洋学、海洋化学、海洋地质学、海洋生物学四大分支学科为主，研究内容逐渐细化，研究领域逐渐拓宽，各分支学科之间彼此交叉渗透的整体化和系统化的学科。然而，目前国内还缺乏对海洋科学进行系统介绍和概述的教材或专著。针对这种情况，我们邀请了多位目前国内从事海洋科学相关研究的资深专家，根据各自的研究领域，翻译了美国 Alan P. Trujillo 和 Harold V. Thurman 教授编写的这本《海洋学导论》。该书编排合理、图文并茂、紧跟时代，用大量实例和浅显易懂的语言讲解了海洋科学相关的一系列基本问题。目前该书已出版第 11 版，是一本经典的海洋学著作，不仅适合于从事海洋科学学习与研究的本科生、研究生和教师作为教科书，同样可以作为一本面向广大青少年和海洋科学爱好者的优秀科普读物。

海洋给人们的第一印象是广阔无垠的海水，海浪拍击海岸以及潮涨潮落的情景。物理海洋学主要以海洋的浪、潮、流及海气间的相互关系等为研究对象，运用物理学的观点和相关方法，研究海洋现象，弄清海洋的动力、热力结构和变化特征，及其与大气和其他海洋过程（如海洋生态和海洋地质等）间的相互关系。本书中的第 6 章、第 7 章、第 8 章、第 9 章和第 16 章等，都属于物理海洋学的范畴。这些章节是物理海洋学方面的一本优秀入门书籍，它不但简单易懂，还具有很强的可读性，生动、丰富而现实的例子让读者能够轻松愉悦地学习和理解书中的内容。例如，本书的一大特色是概念、现象和过程等具体形象化描述，并且穿插了很多生活中的真实事例，有助于初学者对物理海洋学的基本概念、特征和过程及机理的理解（例如，用旋转木马的例子形象直观地解释科里奥利效应；用“跑鞋成为漂流计”的例子解释海流在地球自转影响下有规律性地流动和测量等问题；等等）。此外，气候变化一直受到人们的广泛关注，因为它和人们的生活息息相关，在极端天气事件不断加剧的今天，气候变化更是一个全球性的热点话题，而海洋在气候变

化中起着至关重要的作用。本书在这一版中特别新增了第16章,主要介绍了地球气候系统的组成、温室气体对全球气候变化的影响、全球变暖下海洋的响应,以及海洋对全球变暖的影响及它们间的相互作用等。这些国际热点问题和内容,有助于启发读者的思路,引领读者于国际前沿,从而不断地开拓进取。因此,本书既是一本通俗易懂的入门读物,又是一本国际前沿的引领读物,是一本不可多得的优秀书籍。

海底的种种奥秘一直吸引着科学家、航海家及广大海洋科学爱好者的的好奇心,这正是海洋地质学研究的范畴。240多年来,人类一直在不停地探索着海洋,随着科学的进步和技术的发展,探索海洋的手段和效率不断改善,对海洋的认知也不断提高。本书正是人类长期以来探索和认知海洋成果的概括性总结,以通俗的语言和生动的实例,描述丰富多彩的海底世界:从海岸变迁、泥沙运移到大洋板块构造和海底地貌;从沉积物组成、分布到海底矿产资源等,涉及海洋地质的各个方面,深入浅出地介绍了这些海底地质现象的特征、分类和形成过程与机理,以及它们的研究方法及发展历程。从书中我们不仅可以领略到海洋的深奥与浩瀚,而且可以认识到海洋的永恒在于无休止的运动。海水无时无刻不在波动,时而会发出狂暴的怒吼,海水与海岸和岛礁发生着强烈的相互作用,改造着海底及海岸的形态;海底无时无刻不在缓慢地扩张、俯冲,老地壳在不断地消亡,新地壳在持续地产生,在此过程中还不断形成海底火山、热液活动,创造海底高山、平原和深邃的沟壑。海底的新生和运动既是海底板块运动的动力所在,又是全球构造运动的动力源泉,是地震、火山和海啸发生的根源。海底还接受来自海底本身的岩石风化剥蚀,以及来自陆地和岛屿的物质沉积,在运动和沉积过程中形成有用的海底矿产资源。海底的沉积物和岩石是地球环境演化的信息库,小小的矿物颗粒和微体生物化石无不记载着千百万年来地球和海洋环境的变迁历史。

另外,本书还特别注重说明海洋资源和能源的利用与开发,几乎每章都会针对某种海洋能源的可利用性和开发性展开讨论,如风能发电、海流能量开发利用、潮汐发电站等。

本书由中国科学院海洋研究所的研究人员翻译。第6、7、8、9、16章由张荣华研究员团队翻译,翻译人员有高川、王宏娜、魏艳州博士。第12、15章由李新正研究员团队翻译,主要成员有寇琦、董栋、甘志彬、龚琳、王金宝、马林、隋吉星、杨梅、徐勇、王跃云、孙悦、张鹏弛等;第1~4章和第10章由李安春研究员团队翻译,其中第2、3、10章由李安春研究员和张凯棣博士翻译,第1、4章由万世明研究员和赵德博博士翻译,赵松岭研究员参与部分校稿工作;第5、11章由袁华茂研究员及王启栋、左九龙、邢建伟、梁宪伟博士翻译;第13、14章由张光涛翻译。

在图书校稿阶段,张荣华、李新正、李安春研究员带队针对物理海洋、海洋生物、海洋地质三大学科涉及的内容进行了审校。

特别感谢王辉博士、赵君博士对本书翻译工作的组织、协调及细节落实做出的努力。

前言

致学生

欢迎开启非凡之旅。在这一学期的课程中，你将了解海洋在巨大地球系统中的重要作用。

本书主要介绍海洋的基本知识，具体内容包括各学科如地质学、化学、物理学和生物学与海洋的关系。掌握这门课程不要求学生具有任何科学背景。

学完这门课程后，学生要了解海洋的各个组成部分（海底、化学成分、物理成分和生命形式）之间的关联性。此外，由于人类活动会影响地球系统，因此除了解海洋的运行机制外，还要了解海洋与地球其他系统（大气圈、生物圈和水圈）间的相互作用。

本书的内容按如下三个基本方面来组织：

1. 概念：由特定事例或现象推出基本思想，例如可用密度的概念来解释海洋的分层现象。
2. 过程：给出结果的动作或现象，例如海浪以某个角度冲击海岸会导致沉积物沿岸输运。
3. 原理：自然现象或机械过程起作用时所涉及的规则或定律，例如海底扩张认为大陆的地理位置随时间变化。

概念、过程和原理之间穿插了几百张照片、插图和真实事例。了解海洋的运作原理后，应掌握海洋环境的各个方面及它们在地球系统中的作用。

致教师

本书是海洋学课程的教材，适用于无任何数学或科学背景的学生，目的是让学生掌握科学原理与各种海洋现象间的关系。

本书得到了许多学生和教师的审核，适用于海洋学导论课程的教学。2012年，本书因内容、呈现方式、愉悦性和可读性，被教材和学术作者协会评为优秀教材。

讲授本书需要15周或16周时间，学时较少时，教师可选择某些章节和主题来讲授。全书各章自成体系并按如下顺序出现：

- 简介（第1章）
- 海洋地质学（第2~4章，以及第10章、第11章的部分内容）
- 海洋化学（第5章，以及第11章的部分内容）
- 物理海洋学（第6~9章，以及第10章、第11章的部分内容）
- 海洋生物学（第12~15章）

与上一版相比，本版新增了“海洋与气候变化”一章（第16章），主要介绍人类导致的全球气候变化及其对环境和海洋的影响。

致谢

本书的修订得到了许多人的帮助，限于篇幅此处不一一列出；同时，本书的出版也得到了许多同事的支持和帮助，这里谨致谢意。特别感谢 Patty Deen、Cari Gomes、Adam Petrusek、Rich Yonts。

尽管本书经过了仔细的评阅和校对，但仍会存在错误，敬请读者指正并与我们联系。

海洋专业职业展望

许多人认为海洋职业不外乎是在海洋公园与海洋动物一起游泳，或是在热带海水中潜水研究珊瑚礁。事实上，这种工作机会很少，且竞争者众多。多数海洋学家使用科学来回答海洋的问题：

- 海洋在抑制人类导致的气候变化方面所起的作用是什么？
- 在海洋生物中能找到哪些类型的自然药物？
- 海底扩张与构造板块运动有何关联？
- 海底有哪些经济矿床？
- 疯狗浪能预测吗？
- 沿岸输运在海滩沙的分布方面有何作用？
- 污染物如何影响海洋环境中的生物？

海洋学领域的职业准备

若立志毕业后从事海洋领域的职业，则要了解以下科学以便奠定基础：

- 海洋地质学。海洋地质学研究海底结构、海底随时间的变化、海底特征的形成、海底沉积物的历史等。
- 海洋化学。海洋化学研究海水的化学成分和性质、如何从海水中提取化学药品，以及污染物对海水的影响。
- 物理海洋学。物理海洋学研究海浪、潮汐、洋流，影响天气和气候的海气关系，以及海洋中光与声音的传播。
- 海洋生物学。海洋生物学研究各种海洋生物、海洋生物间的关系、海洋生物对海洋环境的适应性，以及海洋捕捞的生态平衡。

除以上学科外，还需了解海洋工程、海洋考古学和海洋政策。海洋学是一门跨学科的科学，因为它要运用所有基础学科的知识。有些工作和就业机会需要我们具备所有这些学科的知识。

在海洋学及与海洋学相关领域工作的个人，至少需要具备某门基础学科（如地质学、物理学、化学或生物学）或工程的知识和本科学历。所有这类工作都需要掌握数据。海洋考古学需要有考古学和人类学的背景，海洋政策研究需要具有至少一门社会科学（如法律、经济或政治）的背景。对任何职业而言，都需要有流利读写和严谨思考的能力。今天，还须具备熟练使用计算机和调试计算机系统的能力。海洋学领域的许多工作需要从业者乘船出海作业，因此需要有出海经验。同时，具有机械知识和动手能力会更具优势（如在船上不用上岸就可修复设备的能力）。总之，工作性质不同，对人的要求也不同，如有些工作要求从业者具备听说多门外语的能力，具有潜水证书，能在狭窄空间中长时间工作的体力和耐力，并能克服晕船症。海洋学是一门相对较新的科学，留待我们发现的知识还有很多，因此许多人会以高学位（如硕士或博士）进入这一领域。但作为海洋工程师也大有可为，海洋工程师对学位要求不高，学士学位或具备相应的经验即可。努力就会有回报，希望你能找到合适的工作并取得相应的成就。

海洋学家的工作职责

与海洋相关的就业机会正在且必将继续增多。海洋学家的就业领域包括研究机构、政府部门，以及各类公司，如海洋矿业公司、海洋养殖公司、海洋发电公司等。工作不同，海洋学家的具体职责也不同，但通常具有如下职责：

- 海洋地质学家和地球物理学家勘探海底并对海底地质结构成图。研究岩石和沉积物的物理与化学性质，为地球历史提供有价值的信息。这种工作成果有助于我们了解海洋盆地的形

成过程, 以及海洋与海底的相互作用。

- 海洋化学家和海洋地球化学家研究海水的化学组成及其与大气、海底的相互作用。具体工作包括分析海水的成分、海水的淡化, 并研究污染的影响。还研究海洋环境中的化学过程, 并与海洋生物学家合作研究生命系统。他们对海水的微量化学物质的研究, 可帮助我们了解全球的洋流运动形式及海洋对气候的影响。
- 物理海洋学家研究海洋的温度、密度、海浪运动、潮汐和海流等性质。他们研究影响天气和气候的海气关系、光和声音在海水中的传播, 以及海洋与海底、海岸的相互作用。
- 海洋生物学家和海洋渔业学家研究海洋中的动植物, 了解海洋生物的发展方式、彼此间的关系、对环境的适应性及与环境的相互作用, 找到海洋捕捞的平衡方法, 研究生物对污染的响应。与海洋生物学相关的新领域包括海洋生物技术和分子生物学。海洋生物学是海洋学中最为重要的领域, 因此也最具竞争性。
- 海洋工程师将科技知识应用于实际工作中, 工作范围包括设计敏感的设备来测量海洋过程, 构建能承受洋流、海浪、潮汐和风暴的结构。细分领域包括声学、机器人、电气、机械、建筑、化学工程和造船。这些工程师通常具有高度专业的计算机技术。
- 海洋考古学家系统地恢复和研究海洋证据, 如沉船地点、建筑和海底人类遗迹。海洋考古学家使用先进技术来定位水下考古遗迹。
- 海洋政策专家利用海洋学、社会科学、法律等知识, 制订合理开发海洋和沿岸资源的方针与政策。

海洋学家的其他工作领域包括海洋新闻工作者、教师和水族馆负责人等。

就业信息来源

就业信息来源可在大学关于海洋学的目录中找到。网上的就业信息来源包括:

- 海洋科学职业: 美国国家海洋和大气管理局海洋学院提供的工作机会指南, 网址为 <http://marinecareers.net>。
- 加州大学海洋研究所提供的就业信息, 网址为 www.siommg.ucsd.edu/slices/。
- 海洋世界教育部门提供的动物园工作指南, 网址为 www.seaworld.org/infobooks/zoocareers/home.html。
- 科学和工程职业: 美国国家科学院提供的学生就业指南, 网址为 www.nap.edu/openbook.php?record_id=5129。

其他海洋学就业网上信息包括:

- 海洋学会, 网址为 www.tos.org/resources/career_profiles.html。
- 美国海军网站, 网址为 www.oc.nps.edu/careers.html。
- 斯克里普斯海洋研究所的网站, 其中列出了海洋学、海洋生物学等方面的信息, 网址为 <http://ocean.peterbrueggeman.com/career.html>。
- 帕洛玛学院海洋学职业网站, 网址为 www.palomar.edu/oceanography/links/Careers.html。
- 纽约州立大学石溪分校生物科学系, 其中列出了许多海洋实验室和研究机构, 网址为 <http://life.bio.sunysb.edu/marinebio/mblabs.html>。
- 伍兹霍尔海洋研究所的网站, 它致力于女性海洋学家的成就, 包括女性科学家的独特性, 网址为 www.womenoceanographers.org。

Alan P. Trujillo
Harold V. Thurman

目录

CONTENTS

第1章 地球简介 1

- 1.1 地球上有多少海洋? 2
 - 1.1.1 四大洋及另一个大洋 2
 - 1.1.2 海与洋的比较: 七海有哪些? 3
 - 1.2 早期如何进行海洋探测? 5
 - 1.2.1 早期历史 5
 - 1.2.2 中世纪 9
 - 1.2.3 欧洲人的“发现时期” 10
 - 1.2.4 远洋科学的开端 11
 - 1.2.5 仍将继续的海洋学历史 12
 - 1.3 科学探索的本质是什么? 12
 - 1.3.1 观察 13
 - 1.3.2 假说 13
 - 1.3.3 检验 13
 - 1.3.4 理论 13
 - 1.3.5 理论和真理 14
 - 1.4 地球和太阳系是如何形成的? 15
 - 1.4.1 星云假说 15
 - 1.4.2 原始地球 16
 - 1.4.3 密度和密度分层 17
 - 1.4.4 地球的内部结构 17
 - 1.5 地球上的大气和海洋是如何形成的? 20
 - 1.5.1 地球大气的起源 20
 - 1.5.2 地球海洋的起源 20
 - 1.6 海洋是地球生命的摇篮吗? 21
 - 1.6.1 氧气对生命的重要性 21
 - 1.6.2 斯坦利·米勒实验 22
 - 1.6.3 生物进化与自然选择 23
 - 1.6.4 植物和动物的进化 24
 - 1.7 地球有多大年龄? 26
 - 1.7.1 放射性年龄测定 26
 - 1.7.2 地质年代表 27
- 基本概念回顾 28

第2章 板块构造和洋底 29

- 2.1 支持大陆漂移的证据有哪些? 30
 - 2.1.1 大陆的吻合 31
 - 2.1.2 岩石层序与山脉 32

- 2.1.3 冰河时代与其他气候证据 32
 - 2.1.4 生物分布 33
 - 2.1.5 大陆漂移的反对意见 35
 - 2.2 支持板块构造的证据是什么? 35
 - 2.2.1 地球磁场和古地磁学 36
 - 2.2.2 海底扩张和海盆特征 40
 - 2.2.3 海盆的其他证据 41
 - 2.2.4 理论的接受 43
 - 2.3 板块边界有哪些特征? 44
 - 2.3.1 离散型边界特征 45
 - 2.3.2 汇聚型板块边界 49
 - 2.3.3 转换型板块边界特征 53
 - 2.4 测试模型: 板块构造的应用有哪些? 54
 - 2.4.1 热点和地幔柱 54
 - 2.4.2 海山和平顶海山 57
 - 2.4.3 珊瑚礁的发育 57
 - 2.4.4 卫星观测的板块运动 59
 - 2.5 地球过去是怎样变化的, 将来又会是什么样子? 60
 - 2.5.1 地球的过去: 古地理学 60
 - 2.5.2 未来: 一些大胆的预测 61
 - 2.6 板块构造是如何作为实用模板应用的? 62
- 基本概念回顾 65

第3章 海底地形地貌 67

- 3.1 海洋测深技术有哪些? 68
 - 3.1.1 早期的测深技术 68
 - 3.1.2 回声测深 68
 - 3.1.3 利用卫星从太空描绘海洋特征 70
 - 3.1.4 地震反射剖面 72
- 3.2 大陆边缘有哪些地貌类型? 73
 - 3.2.1 被动大陆边缘与主动大陆边缘 73
 - 3.2.2 大陆架 74
 - 3.2.3 大陆坡 74
 - 3.2.4 海底峡谷和浊流 75
 - 3.2.5 大陆隆 76
- 3.3 深海盆地中有什么地貌特征? 78
 - 3.3.1 深海平原 78
 - 3.3.2 深海平原的火山 79

- 3.3.3 海沟和火山弧 79
- 3.4 大洋中脊有哪些地貌特征? 81
 - 3.4.1 火山地貌 81
 - 3.4.2 热液喷口 82
 - 3.4.3 断裂带和转换断层 84
 - 3.4.4 大洋岛屿 87

基本概念回顾 88

第4章 海洋沉积物 89

- 4.1 如何采集海洋沉积物样品? 海洋沉积物揭示了哪些历史事件? 91
 - 4.1.1 海洋沉积物的采集 91
 - 4.1.2 海洋沉积物揭示的环境条件 93
 - 4.1.3 古海洋学 93
- 4.2 陆源碎屑沉积物的特征 94
 - 4.2.1 陆源碎屑沉积的起源 94
 - 4.2.2 陆源碎屑沉积的组成 94
 - 4.2.3 沉积结构 96
 - 4.2.4 陆源碎屑沉积的分布 97
- 4.3 生物沉积的特征 98
 - 4.3.1 生物沉积的来源 98
 - 4.3.2 生物沉积的组成 99
 - 4.3.3 生物沉积的分布 101
- 4.4 水生沉积的特征 106
 - 4.4.1 水生沉积的成因 106
 - 4.4.2 水生沉积的组成及分布 106
- 4.5 宇宙沉积的特征 108
 - 4.5.1 宇宙沉积的来源、组成、分布 108
- 4.6 深海及浅海沉积的分布 109
 - 4.6.1 海洋沉积混合物 109
 - 4.6.2 浅海沉积 109
 - 4.6.3 深海沉积 110
 - 4.6.4 如何根据海底沉积物反映表层海水状况? 111
 - 4.6.5 全球海洋沉积物的厚度 111
- 4.7 海洋沉积资源 112
 - 4.7.1 能源资源 112
 - 4.7.2 其他资源 114

基本概念回顾 116

第5章 水和海水 118

- 5.1 为什么水具有如此特殊的化学性质? 119
 - 5.1.1 原子结构 119
 - 5.1.2 水分子 120
- 5.2 水还具有哪些重要的性质? 122
 - 5.2.1 水的热力学性质 122
 - 5.2.2 水的密度 126
- 5.3 海水有多咸? 129

- 5.3.1 盐度 129
- 5.3.2 盐度的测定 131
- 5.3.3 纯水和海水的比较 131
- 5.4 为什么海水盐度会有变化? 132
 - 5.4.1 盐度变化 132
 - 5.4.2 影响海水盐度的因素 133
 - 5.4.3 海水中溶解性组分的输入与输出 135
- 5.5 海水是酸性的还是碱性的? 136
 - 5.5.1 pH值的范围 137
 - 5.5.2 碳酸盐的缓冲系统 138
- 5.6 海水盐度在表层如何变化? 随深度如何变化? 139
 - 5.6.1 表层盐度变化 139
 - 5.6.2 盐度随深度变化 140
 - 5.6.3 盐跃层 141
- 5.7 海水密度随深度如何变化? 141
 - 5.7.1 影响海水密度的因素 141
 - 5.7.2 温度和密度随深度变化 142
 - 5.7.3 温跃层和密度跃层 143
- 5.8 用什么方法去除海水中的盐分? 144
 - 5.8.1 蒸馏法 144
 - 5.8.2 膜过滤过程 145
 - 5.8.3 其他海水脱盐方法 145

基本概念回顾 146

第6章 海气相互作用 148

- 6.1 是什么引起了太阳辐射在地球上的变化? 149
 - 6.1.1 是什么引起了地球季节循环? 149
 - 6.1.2 纬度如何影响太阳辐射的分布? 151
 - 6.1.3 海洋热流 152
- 6.2 大气拥有怎样的物理特性? 153
 - 6.2.1 大气组成 153
 - 6.2.2 大气中温度的变化 153
 - 6.2.3 大气中密度的变化 154
 - 6.2.4 大气中的水蒸气含量 154
 - 6.2.5 大气压 155
 - 6.2.6 大气运动 155
 - 6.2.7 一个例子: 不自转的地球 155
- 6.3 科里奥利效应是如何影响物体运动的? 156
 - 6.3.1 例1: 旋转木马的参照系 156
 - 6.3.2 例2: 两枚导弹的故事 157
 - 6.3.3 科里奥利效应随纬度而变化 158
- 6.4 全球大气存在怎样的环流形态? 159
 - 6.4.1 环流 160
 - 6.4.2 气压 160
 - 6.4.3 风带 160
 - 6.4.4 边界 160

- 6.4.5 环流圈:是理想的还是真实的? 161
- 6.5 海洋上发生什么样的天气和气候形态? 163
 - 6.5.1 天气与气候 163
 - 6.5.2 风 163
 - 6.5.3 风暴和锋面 164
 - 6.5.4 热带气旋(飓风) 166
 - 6.5.5 海洋的气候形态 172
- 6.6 海冰和冰山是如何形成的? 173
 - 6.6.1 海冰的形成 173
 - 6.6.2 冰山的形成 174
- 6.7 风中的能量能否作为能源加以利用? 176
- 基本概念回顾 177

第7章 海洋环流 179

- 7.1 海流是如何测量的? 180
 - 7.1.1 表层流的测量 180
 - 7.1.2 深层流的测量 182
- 7.2 海洋表层流是如何组织的? 183
 - 7.2.1 表层流的起源 183
 - 7.2.2 表层流的主要组成 184
 - 7.2.3 影响海洋表层流的其他因素 186
 - 7.2.4 海流与气候 189
- 7.3 什么引起上升流和下降流? 190
 - 7.3.1 表层水辐散 190
 - 7.3.2 表层水辐合 190
 - 7.3.3 沿岸上升流和下降流 190
 - 7.3.4 上升流的其他原因 192
- 7.4 各大海盆主要的表层环流形态是什么? 192
 - 7.4.1 南极环流 193
 - 7.4.2 大西洋环流 193
 - 7.4.3 印度洋环流 197
 - 7.4.4 太平洋环流 200
- 7.5 存在哪些深海海流? 207
 - 7.5.1 热盐环流的起源 207
 - 7.5.2 深层水的来源 207
 - 7.5.3 全球范围的深层环流 209
 - 7.5.4 深层水的溶解氧 210
- 7.6 海流可以用来发电吗? 210
- 基本概念回顾 211

第8章 海浪和水动力学 213

- 8.1 海浪是如何生成和传播的? 214
 - 8.1.1 扰动形成海浪 214
 - 8.1.2 波浪运动 215
- 8.2 海浪具有什么特征? 216
 - 8.2.1 海浪的常用术语 216
 - 8.2.2 圆形轨道运动 217
 - 8.2.3 深水波 218

- 8.2.4 浅水波 220
- 8.2.5 过渡波 220
- 8.3 风生浪是如何发展的? 221
 - 8.3.1 海浪的发展 221
 - 8.3.2 干涉模式 225
 - 8.3.3 疯狗浪 225
- 8.4 海浪在碎波带是如何变化的? 227
 - 8.4.1 海浪靠近海滨时的物理变化 227
 - 8.4.2 碎浪和冲浪运动 228
 - 8.4.3 海浪的折射 229
 - 8.4.4 海浪的反射 230
- 8.5 海啸是如何形成的? 232
 - 8.5.1 海岸的影响 232
 - 8.5.2 海啸的几个例子 234
 - 8.5.3 海啸预警系统 239
- 8.6 海浪的能量是否可作为能源加以利用? 240
 - 8.6.1 海浪发电厂和海浪农场 241
 - 8.6.2 全球沿岸的海浪资源 242
- 基本概念回顾 242

第9章 潮汐 244

- 9.1 什么导致了海洋潮汐? 245
 - 9.1.1 引潮力 245
 - 9.1.2 潮隆:月球的影响 249
 - 9.1.3 潮隆:太阳的影响 250
 - 9.1.4 地球自转与潮汐 250
- 9.2 潮汐在月潮周期内如何变化? 251
 - 9.2.1 月潮周期 251
 - 9.2.2 复杂的因素 253
 - 9.2.3 理想潮汐的预测 254
- 9.3 海洋中的潮汐是什么样的? 255
 - 9.3.1 无潮点和等潮线 255
 - 9.3.2 陆地的影响 256
 - 9.3.3 其他影响因素 257
- 9.4 潮汐有哪些类型? 257
 - 9.4.1 半日潮 258
 - 9.4.2 混合潮 258
- 9.5 沿海地区有哪些潮汐现象? 259
 - 9.5.1 潮汐的极端例子:芬迪湾 260
 - 9.5.2 沿海潮汐 261
 - 9.5.3 漩涡:是真实的还是虚拟的? 262
 - 9.5.4 银汉鱼:跑到海滩上来做什么? 262
- 9.6 潮汐是否可以作为能源来加以利用? 264
 - 9.6.1 潮汐发电厂 264
- 基本概念回顾 266

第10章 海岸:海滩和海岸过程 267

- 10.1 沿岸地区是如何定义的? 268

- 10.1.1 海滩术语 268
- 10.1.2 海滩的组成 269
- 10.2 海滩上的沙子是怎样运移的? 269
 - 10.2.1 垂直于海岸线的运移 269
 - 10.2.2 平行于海岸线的运移 270
- 10.3 侵蚀海岸和堆积海岸有什么地貌特征? 272
 - 10.3.1 侵蚀海岸的特征 272
 - 10.3.2 堆积海岸的特征 274
- 10.4 海平面如何变化才会形成新生海岸线和淹没海岸线? 279
 - 10.4.1 新生海岸线的特征 280
 - 10.4.2 淹没海岸线的特征 280
 - 10.4.3 海平面的变化 280
- 10.5 美国海岸具有什么特征? 282
 - 10.5.1 大西洋海岸 282
 - 10.5.2 墨西哥湾海岸 284
 - 10.5.3 太平洋海岸 284
- 10.6 加固构筑是怎样影响海岸线的? 285
 - 10.6.1 拦沙坝和拦沙坝阵 285
 - 10.6.2 防波堤 287
 - 10.6.3 防浪堤 287
 - 10.6.4 海堤 289
 - 10.6.5 加固构筑的替代方案 290

基本概念回顾 291

第 11 章 近海 293

- 11.1 管理海洋所有权的法律有哪些? 294
 - 11.1.1 公海和领海 294
 - 11.1.2 海洋法 294
- 11.2 沿海水域有哪些特征? 296
 - 11.2.1 盐度 297
 - 11.2.2 温度 297
 - 11.2.3 沿海地转流 298
- 11.3 沿海水域有哪些类型? 299
 - 11.3.1 河口 299
 - 11.3.2 潟湖 303
 - 11.3.3 边缘海 304
- 11.4 滨海湿地面临哪些问题? 306
 - 11.4.1 滨海湿地的类型 306
 - 11.4.2 滨海湿地的特点 306
 - 11.4.3 湿地的严重消失 308
- 11.5 什么是污染? 309
 - 11.5.1 海洋污染的定义 309
 - 11.5.2 环境生物检测 309
 - 11.5.3 海洋中废弃物的处理 310
- 11.6 海洋污染的主要类型有哪些? 310
 - 11.6.1 石油 310
 - 11.6.2 污水污泥 317

- 11.6.3 DDT 和 PCB 319
- 11.6.4 汞和水俣病 320
- 11.6.5 非点源污染及垃圾倾倒 322
- 11.6.6 生物污染: 非本地物种 327

基本概念回顾 328

第 12 章 海洋生物和海洋环境 330

- 12.1 什么是生物, 它们是如何分类的? 331
 - 12.1.1 生命的有效定义 331
 - 12.1.2 生命的三域 332
- 12.2 海洋生物是如何分类的? 335
 - 12.2.1 浮游生物 335
 - 12.2.2 游泳生物 336
 - 12.2.3 底栖生物 337
- 12.3 究竟存在多少种海洋生物? 338
 - 12.3.1 为什么海洋生物很少? 339
 - 12.3.2 水层生活生物和海底生活生物 340
- 12.4 海洋生物如何适应海洋的物理条件? 340
 - 12.4.1 物理条件的支撑 341
 - 12.4.2 水的黏度 341
 - 12.4.3 温度 343
 - 12.4.4 盐度 344
 - 12.4.5 溶解气体 347
 - 12.4.6 水的高透明度 347
 - 12.4.7 压力 349
- 12.5 海洋环境主要划分为哪些部分? 351
 - 12.5.1 海水环境 351
 - 12.5.2 海底环境 353

基本概念回顾 354

第 13 章 生物生产力和能量传递 356

- 13.1 什么是初级生产力? 357
 - 13.1.1 初级生产力的测量 357
 - 13.1.2 影响初级生产力的因素 359
 - 13.1.3 海水中的光传播 360
 - 13.1.4 为什么边缘海生命如此丰富? 362
- 13.2 海洋存在哪些类型的光合作用生物? 364
 - 13.2.1 种子植物(显花植物) 364
 - 13.2.2 大型藻类 364
 - 13.2.3 微藻 366
 - 13.2.4 海洋富营养化和死亡区 369
 - 13.2.5 光合细菌 371
- 13.3 初级生产力在不同区域如何变化? 372
 - 13.3.1 极地(高纬度)海洋生产力 373
 - 13.3.2 热带(低纬度)海洋生产力 374
 - 13.3.3 温带(中纬度)海洋生产力 375
 - 13.3.4 地区生产力比较 376
- 13.4 物质和能量是如何在海洋生态系统中

传递的? 377

13.4.1 海洋生态系统中能量的流动 377

13.4.2 海洋生态系统中营养物质的流动 378

13.4.3 海洋捕食关系 379

13.5 影响海洋渔业的因素有哪些? 383

13.5.1 海洋生态系统和渔业 383

13.5.2 过度捕捞 383

13.5.3 附带渔获物 386

13.5.4 渔业管理 388

13.5.5 海产品选择 391

基本概念回顾 392

第14章 水体环境中的动物 393

14.1 海洋生物如何才能不下沉? 394

14.1.1 储气装置的使用 394

14.1.2 漂浮的能力 395

14.1.3 游泳的能力 395

14.1.4 浮游动物的多样性 395

14.2 海洋水体生物有哪些觅食的适应性? 400

14.2.1 机动性: 突袭和巡游 400

14.2.2 游泳速度 402

14.2.3 冷血生物和温血生物 402

14.2.4 深层游泳生物的适应性 403

14.3 海洋水体生物有哪些逃避敌害的适应性? 404

14.3.1 集群 405

14.3.2 共生 405

14.3.3 其他适应性 406

14.4 海洋哺乳动物具有哪些特征? 407

14.4.1 哺乳动物的特征 407

14.4.2 食肉目 408

14.4.3 海牛目 409

14.4.4 鲸目 410

14.5 为什么灰鲸要迁徙? 416

14.5.1 迁徙路线 417

14.5.2 迁徙的理由 417

14.5.3 迁徙的时间 418

14.5.4 灰鲸是濒危物种吗? 418

14.5.5 捕鲸和国际捕鲸委员会 419

基本概念回顾 420

第15章 海底环境中的动物 422

15.1 岩石海岸有哪些生物群落? 424

15.1.1 潮间带 424

15.1.2 浪花带(潮上带): 生物及其适应性 425

15.1.3 高潮带: 生物及其适应性 426

15.1.4 中潮带: 生物及其适应性 427

15.1.5 低潮带: 生物及其适应性 428

15.2 沉积物覆盖的海岸有哪些生物群落? 430

15.2.1 沉积物的物理环境 430

15.2.2 潮间带分区 430

15.2.3 沙滩: 生物及其适应性 431

15.2.4 泥滩: 生物及其适应性 432

15.3 近岸浅海的海底有哪些生物群落? 433

15.3.1 岩石底质(潮下带): 生物及其适应性 433

15.3.2 珊瑚礁: 生物及其适应性 436

15.4 深海海底有哪些生物群落? 442

15.4.1 物理环境 442

15.4.2 食物来源和物种多样性 442

15.4.3 深海热液口生物群落: 生物及其适应性 444

15.4.4 低温渗口生物群落: 生物及其适应性 448

15.4.5 深海生物圈: 一个新的前沿 450

基本概念回顾 450

第16章 海洋和气候变化 452

16.1 地球气候系统由什么组成? 453

16.2 地球近期气候变化: 是自然现象还是人为影响? 455

16.2.1 确定地球历史气候: 代用资料和古气候学 455

16.2.2 气候变化的自然原因 456

16.2.3 IPCC 报告: 人为气候变化文件 461

16.3 什么引起了大气温室效应? 462

16.3.1 地球的热收支和波长变化 463

16.3.2 哪种气体导致温室效应? 464

16.3.3 由于全球变暖, 会出现哪些记录的变化? 468

16.4 由全球变暖引起的海洋正在发生怎样的变化? 469

16.4.1 海洋温度的上升 469

16.4.2 飓风活动的增加 471

16.4.3 深海环流的变化 472

16.4.4 极地冰的融化 473

16.4.5 海洋酸度的近期增加 475

16.4.6 海平面上升 477

16.4.7 预测和已观测到的其他变化 479

16.5 应该怎样做来减少温室气体? 480

16.5.1 海洋在减弱全球变暖中的作用 480

16.5.2 减少温室气体的可能性 482

16.5.3 京都议定书: 限制温室气体的排放 483

基本概念回顾 484

术语表 486

第1章 地球简介



这幅根据卫星数据合成的图像显示了与地球相关的大气、海洋和陆地（包括人类印迹）。它由大陆、海冰、大洋、云层、城市灯光和模糊的地球大气边缘等组成

学习目标:

- 1.1 比较地球上各大洋的特点。
- 1.2 论述早期海洋探测是如何完成的。
- 1.3 论述科学探索的本质。
- 1.4 解释地球和太阳系是如何形成的。
- 1.5 解释地球上的大气和海洋是如何形成的。
- 1.6 试述“生命源于海洋”的原因。
- 1.7 了解地球的年龄。

海洋占地球表面积的 70.8%，因此把我们所在的星球命名为“地球”有些令人费解。地中海附近居住的早期人类所设想的地球由巨大的大陆组成，其周围被海水环绕(见图 1.1)。如果进入世界上比陆地大得多的海洋，可以想象他们一定会十分惊讶。因为我们在这个星球的陆地上生活，所以才把它误称为“地球”。

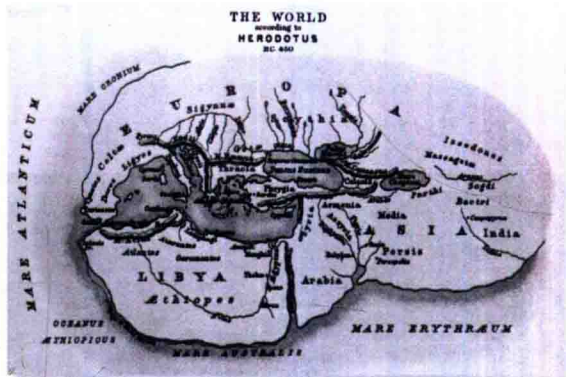


图 1.1 早期的世界地图。公元前 450 年，希腊历史学家希罗多德所描绘的世界是被欧洲、非洲和亚洲所包围的地中海。海洋为环绕陆地的带状水体，用单词 MARE 表示

1.1 地球上有多少海洋？

我们在查看世界地图时(见图 1.2)，很容易就会看到非常显眼的海洋。此时，我们会意识到海洋在地球表面上处于支配地位。对于那些曾乘船横渡(或乘飞机横跨)海洋的人来说，浩瀚的海洋绝对是让他们感到震撼的一幕。同样，我们也会发现海洋之间是相互连通的，并构成了一个连续的洋体。例如，一艘船能从一个海洋航行到另一个海洋，而在不穿越海洋的前提下，几乎不可能从一个大陆航行到另一个大陆。此外，海洋的体积巨大，它占据地表或近地表总水量的 97.2%，是地球上最大的生物栖息地。

基本概念 1.1A

四大洋包括太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。此外，还有一个公认的大洋为南大洋或南冰洋。

1.1.1 四大洋及另一个大洋

根据洋盆的形状及其与大陆的相互位置，地球上的海洋分为四个主要的大洋及另一个大洋(见图 1.2)。

太平洋 太平洋是世界上最大的海洋，它占地球上海洋总面积的一半还多(见图 1.3b)。它是地球上的一个最大地理单元，占地球总表面积的 1/3 还多。太平洋的面积比陆地的总面积还要大。太平洋也是世界上最深的海洋(见图 1.3c)，其中分布有很多热带岛屿。1520 年，当斐迪南·麦哲伦探险队进入这片大洋时，恰逢好天气，为了庆祝他们所遇到的好天气，他把这片大洋命名为太平洋。

大西洋 大西洋的面积约为太平洋的一半，深度也比太平洋浅(见图 1.3)。大西洋隔开了旧大陆(欧洲、亚洲、非洲)与新大陆(北美洲、南美洲)，名字是根据希腊神话中的泰坦族人阿特拉斯命名的。

印度洋 印度洋的面积略小于大西洋，其平均深度与大西洋相差无几(见图 1.3)。印度洋的大部分分布在南半球(赤道以南，即图 1.2 中 0°纬线下方的区域)。因为它紧邻印度次大陆，所以把它命名为印度洋。

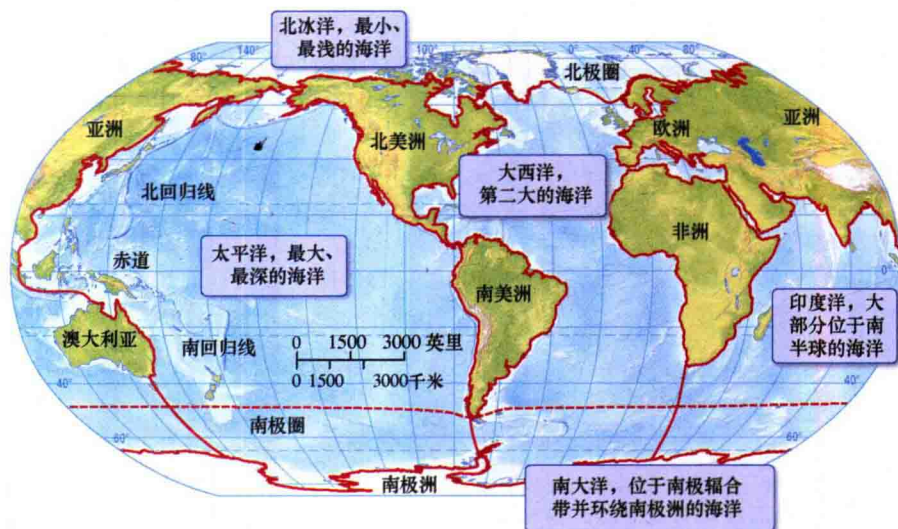


图 1.2 地球上的海洋。该图显示了四大洋（红色轮廓）及南大洋或南冰洋

北冰洋 北冰洋的面积仅为太平洋的 7%，深度仅为其他大洋的 1/4（见图 1.3）。尽管在其表面分布着一层永久性海冰，但冰的厚度仅有几米。由于它分布在大熊星座下方的北极地区，因此命名为北冰洋。

南大洋或南冰洋 海洋学家认为，在南半球的南极洲附近还存在一个大洋（见图 1.2）。南大洋位于南极洲附近的海水汇合区——南极辐合带，实际上是太平洋、大西洋、印度洋在南纬 50° 附近的海域。南大洋是根据其位于南半球而命名的。

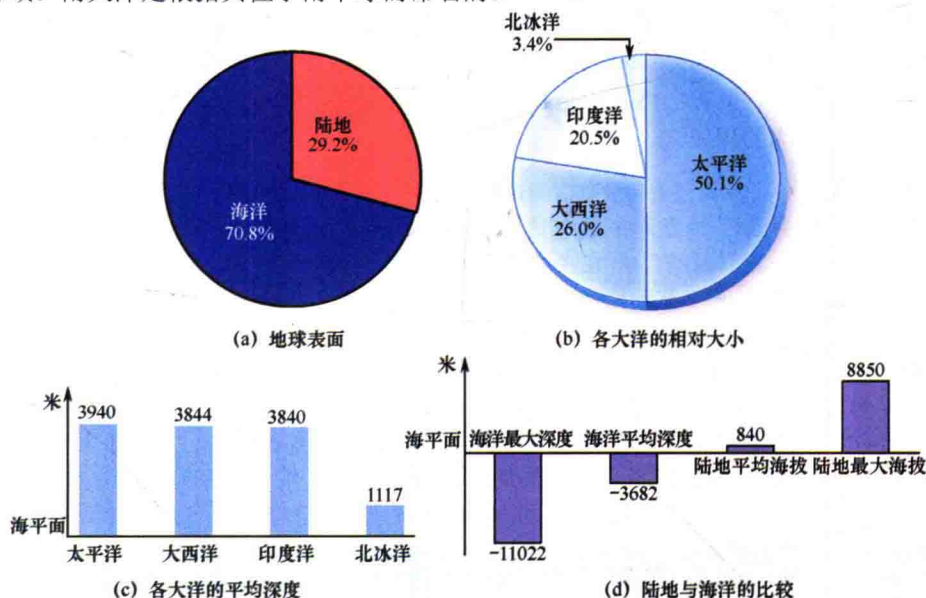


图 1.3 大洋的大小和深度。(a)海洋和陆地占地表面积的相对比例；(b)四大洋的相对大小；(c)各大洋的平均深度；(d)海洋平均深度及最大深度与陆地平均海拔及最大海拔的比较

1.1.2 海与洋的比较：七海有哪些？

海和洋有何不同？通常情况下，“海”和“洋”可以交换使用。比如，海星生活在大洋里；大洋里充满了海水；大洋结了海冰；一个人在海滨散步，而在洋边居住。

然而，海的学术定义如下：

- 海比洋小且浅（这就是人们更倾向于认为北冰洋是海的原因）。
- 由咸水组成（尽管存在一些所谓的内陆“海”，如亚洲的里海，但它实际上是一个盐度很高的湖泊）。
- 或多或少被陆地围绕（尽管存在一些与大陆无关的海，如位于大西洋中的马尾藻海，但它之所以被称为海，是由于其处在强烈的海流区域）。
- 与世界上的大洋直接相连。

文章或歌曲中经常出现“航行在七海”一词，但真的存在七海吗？古时候，“七”的意思是“很多”。15世纪前，欧洲人认为世界上较大的海有以下七个：

- | | |
|--------|----------|
| 1. 红海 | 5. 亚得里亚海 |
| 2. 地中海 | 6. 里海 |
| 3. 波斯湾 | 7. 印度洋 |
| 4. 黑海 | |

今天，世界上的大洋通常分为四大洋及南大洋。如果把洋视为海，并将太平洋和大西洋以赤道为界分开，那么更具现代意义的七“海”是：（1）北太平洋，（2）南太平洋，（3）北大西洋，（4）南大西洋，（5）印度洋，（6）北冰洋，（7）南大洋。

比较大洋和大陆 从图 1.3d 可以看出，世界大洋的平均深度为 3682 米。这意味着大洋中肯定存在很深的深水区来弥补靠岸的浅水区。从该图还可以看出，大洋的最大深度（关岛附近的马里亚纳海沟深渊）是 11022 米。

大陆与大洋比较一下会如何呢？从图 1.3d 可以看出，大陆的平均海拔高度仅为 840 米，这说明陆地的平均高度距海平面并不很远。全球最高峰是亚洲喜马拉雅山脉的珠穆朗玛峰，其海拔高度约为 8850 米。即便如此，珠穆朗玛峰的海拔高度也要比马里亚纳海沟的深度差 2172 米。从海下的山底到出露的山顶，总高度最高的山是美国夏威夷岛的莫纳克亚山，其海拔高度为 4206 米，从海下山底至海平面的高度为 5426 米，因此这座山的总高度为 9632 米。莫纳克亚山的总高度比珠穆朗玛峰要高 782 米，但它仍然要比马里亚纳海沟的深度小 1390 米。因此，地球上没有哪座山的高度比马里亚纳海沟的深度大。

人类过去有没有探测过最深的海沟？那里有生命吗？

人类确实曾经“拜访”过海洋中最深的区域——那里的压力极大，没有一丝光线，且温度接近冰点——人类的第一次“拜访”是在半个多世纪以前。1960 年 1 月，美国海军中尉唐·沃尔什和探险家雅克·皮卡德乘坐“里雅斯特”号深海探测器下潜到了马里亚纳海沟挑战者深渊的底部（见图 1.4）。在 9906 米深处，他们听到了由于船舱震动而产生的一声巨响。他们当时并未察觉到 7.6 厘米厚的树脂玻璃窗出现了裂纹（神奇的是，这块玻璃居然坚持完了剩余的探测过程）。在历经 5 个多小时的下潜后，他们终于到达了底部，即水下 10912 米深度——一项人类下潜深度的记录。他们确实在这深度观察到了一些在该地生活的小生物体：一条比目鱼、一只虾和一些水母。

2012 年，美国传奇导演詹姆斯·卡梅隆历史性地独自一人乘坐“深海挑战者”号下潜到了马里亚纳海沟（见图 1.5）。在 7 小时的航行中，卡梅隆在地球的最低点花了约 3 小时拍照和采样。

基本概念 1.1B

海洋最深处位于太平洋的马里亚纳海沟，深度为 11022 米。人类曾两次到达过该区域：一次是 1960 年，最近一次是 2012 年。

概念检查 1.1

- ① 早期地中海文化所认为的海洋，对地球的命名有何影响？
- ② 海和洋有何不同？说出古代七海和现代七海的名称。
- ③ 比较马里亚纳海沟的深度和地球最高山峰的高度。