十二五

石油高等院校特色规划教材

海洋学基础

曾凡辉 编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

需要全本请访问 www.ertongbook.com

石油高等院校特色规划教材

海洋学基础

曾凡辉　编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以海洋油气工程的工作环境为主要对象，系统阐述了海洋科学的演化、地球系统与海洋科学的内容体系、海水的物理化学性质以及海洋钻完井、采油以及集输面临的作业环境、海洋资源的分类及开采方式等内容。

本书可作为海洋油气工程专业教学用书，也可供广大海洋油气田工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋学基础/曾凡辉编.
北京：石油工业出版社，2015.12
(石油高等院校特色规划教材)
ISBN 978-7-5183-0912-2

Ⅰ.海…
Ⅱ.曾…
Ⅲ.海洋学-高等学校-教材
Ⅳ.P7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 238648 号

出版发行：石油工业出版社
(北京市朝阳区安华里 2 区 1 号楼 100011)
网 址：www.petropub.com
编辑部：(010)64523579 图书营销中心：(010)64523633
经 销：全国新华书店
排 版：北京苏冀博达科技有限公司
印 刷：北京中石油彩色印刷有限责任公司

2015 年 12 月第 1 版 2015 年 12 月第 1 次印刷
787 毫米×1092 毫米 开本：1/16 印张：8.75
字数：224 千字

定价：20.00 元
(如出现印装质量问题，我社图书营销中心负责调换)
版权所有，翻印必究

前　言

“海洋学基础”是一门基础知识普及课程，适用于海洋油气工程专业的学生，使之在进入专业课的系统学习前对海洋基础知识有一个初步认识，培养学生对专业的兴趣以及获得今后学习和研究的方向。

本书集地球系统与海洋科学、海水的物理化学性质、海洋作业环境以及海洋资源与开发等知识为一体，供海洋油气工程专业学生使用，可设计课时为 24 学时或 32 学时。

本书由西南石油大学曾凡辉编写，共五章。熊友明教授审查了第一章、第二章，杨志副教授审查了第三章，刘平礼副教授审查了第四章，朱红均副教授审查了第五章。西南石油大学研究生柯玉彪、龙川、程小昭、王晨星、李欣阳、郭凌峣以及海洋油气工程专业李超凡、屈重玖等同学为本书的文字处理和校对做了大量的工作。此外，在本书的编写过程中，得到了西南石油大学石油与天然气工程学院和海洋油气工程教研室的大力支持，在此一并表示感谢。

本书的出版得到中央财政资金的资助，在此表示感谢！

编写过程中尽管做了不少努力，但由于全书内容涉及范围广，加上水平有限，缺点错误在所难免，诚恳希望使用本教材的老师、学生和读者提出宝贵意见，以便今后修改。

编　者

2015 年 5 月

目　　录

第一章　绪论 …… 1
　第一节　地球科学概述 …… 1
　第二节　世界海洋科学发展史 …… 7
　第三节　中国海洋科学发展史 …… 10
　思考题 …… 12
第二章　地球系统与海洋科学 …… 13
　第一节　地球概况 …… 13
　第二节　海与洋 …… 19
　第三节　海底的地貌形态 …… 24
　第四节　海洋沉积 …… 32
　思考题 …… 39
第三章　海水的物理化学性质 …… 40
　第一节　海水起源及组成 …… 40
　第二节　海水的物理性质 …… 43
　第三节　海水的化学性质 …… 51
　思考题 …… 55
第四章　海洋作业环境 …… 56
　第一节　风暴潮 …… 56
　第二节　海浪 …… 59
　第三节　海流 …… 63
　第四节　海冰 …… 69
　第五节　海啸 …… 76
　第六节　潮汐 …… 79
　思考题 …… 86
第五章　海洋资源与开发 …… 87
　第一节　海洋生物资源 …… 87
　第二节　海底矿物资源 …… 110
　第三节　海洋油气资源 …… 117
　第四节　海洋其他资源 …… 128
　第五节　海洋油气资源开发 …… 130
　思考题 …… 134
参考文献 …… 135

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一章 绪 论

DIYIZHANG

第一节 地球科学概述

海洋是地球系统的重要组成部分，海洋科学属于地球科学体系，为此，先对地球科学体系作简略介绍。

一、地球科学体系

在苍茫的宇宙之中，迄今只发现地球上有人类繁衍生息，这不能不说是地球的独特与幸运。地球科学就是以人类之家——地球为研究对象的科学体系。从不同角度、对地球内外不同圈层和范围进行研究而形成的各个学科，则是地球科学体系的分支和组成部分。由于地球科学系统本身的复杂性，深入研究其某一部分的学科，便不断形成、发展，有的则逐渐分化而成为相对独立的学科。与此同时，基于地球各部分之间存在的客观联系，特别是不同学科或方法的互相借鉴、交叉与渗透，不断形成一些新的交叉或边缘学科。这样一来，地球科学便形成了众多的分支及相关学科，组成了一个复杂的科学体系。目前占优势的观点认为，地球科学主要包括地理学、地质学、固体地球物理学、大气科学、海洋科学、水文科学，而环境科学和测绘学也与地球科学有着极为密切的关系。

1. 地理学

地理学是研究地球表面自然现象、人文现象以及它们之间的相互关系和区域分异的学科。所谓地球表面，通常是指地球的大气圈、岩石圈、水圈、生物圈和人类圈（又称智能圈）相互交接的界面。广义的地球表面，上自大气对流层顶部，下至岩石圈沉积岩层底部，厚度可达 30～35km。狭义的地球表面，则指大气圈、岩石圈、水圈的交接面，上限离地面不超过 100m，相当于对流层近地面摩擦层下部——地面边界层，下限为太阳辐射能可到

达的深度。由于这一深度在陆地不超过地下 30m，在海洋不超过水下 200m，所以狭义的地球表面的厚度，一般不超过 200～300m，但这却正是生物和人类活动最为集中，也最为活跃的场所。

地理学是一门既古老又年轻的学科，其漫长的发展历程可分为三个时期，即古代地理学时期——自远古至 18 世纪末；近代地理学时期——自 19 世纪至 20 世纪 50 年代；现代地理学时期——自 20 世纪 60 年代至今。历经三个时期的延续和发展，地理学形成了众多的分支，也组成了系统的体系。其主要分支学科有自然地理学、人文地理学、历史地理学、区域地理学、地图学、地名学、方志学等；20 世纪 60 年代以来，又形成了一些横向的理论性、应用性和方法性的分支学科，如理论地理学、应用地理学和地理数量方法等。

需要说明的是，许多研究地球表面某一圈层或某一圈层中部分要素而原属于地理学范畴的学科，也已分出且进一步发展或与其他学科交叉渗透，从而形成了相对独立的学科，如大气科学、海洋科学和水文科学等。

2. 地质学

地质学是关于地球的物质组成、内部结构、外部特征、各圈层间的相互作用和演变历史的知识体系。地质学的研究对象，包括地球的内、外圈层，矿物和岩石，地层和古生物，以及地质构造和地质作用等。由于观察和研究条件的限制，在现阶段仍主要是研究岩石圈，此外，也涉及大气圈、水圈、生物圈以及岩石圈以下更深的部位，甚至包括某些地外物质。

从人类对地质现象的观察和描述历史看，地质学堪称悠久，但是作为一门学科，其成熟则较晚。概因作为研究对象的地球是如此庞大而又古老，从不同侧面和范围，以不同观点和方法，不同的学派和不同的时期，都曾有激烈而反复的争论。地质学的发展，大致可归结为五个时期：从远古至 1450 年为地质科学的萌芽时期；1450—1750 年为地质学的奠基时期；1750—1850 年为地质学的形成时期；1850—1910 年为地质学的发展时期；20 世纪则迎来了地质学的新阶段——现代地质学时期，地质学已形成了包含众多分支的理论体系。

地质学的分支学科大体可分为两类。第一类是探讨基本事实和原理的基础学科，由这些基础学科与生产或其他学科结合而形成的学科，则构成了地质学的第二类分支学科。

第一类有矿物学、岩石学、矿床地质学、地球化学、动力地质学、构造地质学、地貌学、地质力学、古生物学、地层学、历史地理学、古地理学、地质年代学和区域地质学。此外，还有着眼于天体研究的行星地质学、天文地质学等。着眼于地球深部的研究，则是刚刚开拓的新领域。

第二类有水文地质学、工程地质学、环境地质学、灾害地质学、金属矿产地质学、非金属矿产地质学、石油地质学、煤地质学、找矿勘探地质学和矿山地质学等。属于广义地质

学或地质科学范畴的，还有地球物理勘探、地球化学勘查、探矿工程、测绘学、地质资料的航空测量与遥感技术、数学处理方法和计算机技术等。依据中国大百科全书，测绘学及相关学科已另立分卷。

3. 固体地球物理学

地球物理学是地质学与物理学间的边缘学科，它研究的是各种地球物理场和地球的物理性质、结构、形成及其中发生的各种物理过程。广义的地球物理学，除研究地球的固体部分外，还包括对水圈和大气圈的研究。因为海洋科学、水文科学和大气科学也已各自发展、扩充并相对独立而划出，于是，致力于研究地球固体部分宏观物理学现象的分支，便成为狭义的地球物理学，或直接称为固体地球物理学。

由于固体地球物理学的问题也是综合性的，所以不能完全按物理学的部门来分类。于是，相应于地下资源的勘探、自然灾害的预测、地球内部的探索和地球信息等的研究，固体地球物理学即有勘探地球物理学(或应用地球物理学)、地震预测、地球内部构造、板块大地构造等分支学科。

4. 大气科学

大气科学是研究大气的各种现象和人类活动对它的影响、这些现象的演变规律，以及如何利用这些规律为人类服务的一门综合性的学科。它的研究对象主要是覆盖整个地球的大气圈，此外，也研究太阳系其他行星的大气。其研究领域已经大大超出了通常所称的“气象学”的范围，亦即大大扩充了传统气象学的研究内容，并与其他学科之间有越来越多的相互渗透，因而从 20 世纪 60 年代以来，已普遍采用“大气科学”的称谓。

大气科学也是一门既古老而又年轻的学科。自从人类文明的开始，就有了古代气象经验知识的积累，直到 16 世纪这段时间属于大气科学的萌芽时期。17 世纪至 19 世纪，是大气科学在物理学基础上开始建立的时期。19 世纪至 20 世纪 40 年代，是大气科学主要分支学科的形成时期。20 世纪 50 年代以后，则迎来了新技术促进大气科学迅速发展的新时期。

大气科学有众多分支学科和广泛的研究内容，如大气物理学、动力气象学、天气学、气候学、应用气象学、大气化学、大气探测和人工影响天气等。

5. 水文科学

水文科学是关于地球上水的起源、存在、分布、循环、运动等变化规律和运用这些规律为人类服务的知识体系。水文科学研究的对象，包括从陆地表面的水到地下的水，广义地说，也包括从大气中的水到海洋中的水，以及对水圈同大气圈、岩石圈和生物圈等地球自然圈层的相互关系的研究。现代水文科学还重视研究水资源的利用和人类活动对自然环境的反馈效应。

水文科学的发展可分为四个时期：从远古至公元 1400 年，为水文科学的萌芽时期；此

后至1900年，为水文科学的奠基时期；1900—1950年，为应用水文学兴起时期，它以直接为生产和生活提供多方面的服务为特色，而成为近代水文科学体系中最富生气的一个分支；20世纪50年代以后，水文科学进入了新的发展时期——现代水文学时期。

传统的水文科学，是按其研究对象划分分支学科的，主要有河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、雪水文学、水文气象学、地下水水文学、区域水文学和海洋水文学。这些学科又通称为普通水文学或水文学。与之对应的则是应用水文学，它主要包括工程水文学、农业水文学、森林水文学、都市水文学、医疗(卫生)水文学等。新技术的应用也促进并形成了一些新分支学科，例如遥感水文学、同位素水文学、随机水文学等。需要说明的是，以陆地上的水为研究对象的陆地水文学，是水文科学的主要组成部分。因为以海洋中的水为研究对象的海洋水文学已归属海洋科学之中，而对大气中的水的研究，至今还没有形成完全独立的学科。

6. 相关学科

与地球科学紧密联系的学科中，仅就其研究对象和涉及的范围而言，当首推环境科学及测绘学，因为它们与地球科学最为相近，也最为密切。

1)环境科学

环境科学是在现代社会经济和科学发展过程中形成的一门新兴的综合性科学。环境科学研究的对象——环境，是对以人类为主体的外部世界而言的，即人类赖以生存和发展的物质条件的综合体，它包括自然环境和社会环境。就自然环境而言，与地球科学研究的对象是相合的。就环境科学的分支而言，其“环境地学”分支，无论就其称谓还是研究对象，显然应属于地球科学的范畴；其他的分支，有的也与地球科学有着相当密切的联系。所以，有些学者认为环境科学应属于地球科学的范畴。

环境科学的分支学科，属自然科学方面的有环境地学、环境生物学、环境化学、环境物理学、环境医学和环境工程学；属于社会科学方面的有环境管理学、环境经济学、环境法学等。

2)测绘学

测绘学的任务在于测定地球形状、重力场和地面点的几何位置，直到测绘各种类型的地图。它既可为地球科学和空间科学提供有关地球内部结构、地球动态及其外部重力场等方面的信息，又可为国家经济建设和国防建设提供所需的宝贵资料，例如有关地球表面自然形态和人工设施的几何分布以及多种社会信息和自然信息的地理分布等。

早在公元前3世纪，就已开始孕育作为测绘学基础的大地测量学。它的发展经历了几何大地测量学和物理大地测量学等阶段，现已进入卫星大地测量学的新时期。工程测量学则是应工程设计、施工、管理或某些特殊要求而形成的分支学科。在测绘方法和技术方面，19世纪仍是实地直接测绘地形，再经综合取舍而制图。20世纪则发展形成了航空

摄影测量学，创立了解析摄影测量理论，制成了解析测图仪。现在已发展到航天遥感测量，并借助计算机实现了测图的完全自动化。地图制图学是研究将测绘结果变为成品——地图的学问，它研究的内容包括地图投影、地图编制、地图整饰和地图印制等。成品地图的具体类型则甚多。

二、海洋科学

海洋科学是研究地球上海洋的自然现象、性质和变化规律，以及有关开发与利用海洋的知识体系。它的研究对象既有占地球表面近71%的海洋（其中包括海洋中的水以及溶解或悬浮于海水中的物质、生存于海洋中的生物），也有海洋底边界（海洋沉积和海底岩石圈）以及海洋的侧边界（河口、海岸带），还有海洋的上边界（海面上的大气边界层）等。它的研究内容既有海水的运动规律，海洋中的物理、化学、生物、地质过程及其相互作用的基础理论，也包括海洋资源开发、利用以及有关海洋军事活动所迫切需要的应用研究。这些研究与力学、物理学、化学、生物学、地质学以及大气科学、水文科学等均有密切关系，而海洋环境保护和污染监测与治理还涉及环境科学、管理科学和法学等。世界大洋既广漠又互相连通，从而具有统一性与整体性。海洋中各种自然过程相互作用及反馈的复杂性，人为外加影响的日趋多样性，主要研究方法和手段的相互借鉴、相辅而成的共同性等，促使海洋科学发展形成一个综合性很强的科学体系。

1. 海洋科学研究的对象及特点

海洋科学研究的对象是世界海洋及与之密切相关联的大气圈、岩石圈、生物圈，它们至少有如下的明显特点：

首先是特殊性与复杂性。在太阳系中，除地球之外，尚未发现其他星球上有海洋。全球海洋的总面积约 $3.6\times10^8\,km^2$，是陆地面积的2.5倍。在总体积 $13.7\times10^8\,km^3$ 的海水中，水占96.5%。水与其他液态物质相比，具有许多独特的物理性质，如极大的比热容、介电常数和溶解能力，极小的黏滞性和压缩性等。海水由于溶解了多种物质，因而性质更特殊，这不仅影响着海水自身的理化性质，还导致海洋生物与陆地生物的诸多迥异。陆地生物几乎集中栖息于地表上下数十米的范围内，海洋生物的分布则从海面到海底，范围可达10000m。海洋中的近20万种动物、1万多种植物，还有细菌和真菌等，组成了一个特殊的海洋食物网，再加上与之有关的非生命环境，则形成了一个有机界与无机界相互作用与联系的复杂系统——海洋生态系统。

其次，作为一个物理系统，海洋中水—汽—冰三态的转化时刻在进行着，这也是在其他星球上所未发现的。海洋每年蒸发约 $44\times10^8\,t$ 淡水，可使大气水分每10～15天完成一次更新，势必影响海水密度等诸多物理性质的分布与变化，并进而制约海水的运动以及海洋水团的形成与长消。在固结于旋转地球坐标系中的一点来观察，海水的运动还受制于海面风应力、天体引力、重力和地球自转偏向力等。诸如此

类因素的共同作用，必然导致海洋中的各种物理过程更趋复杂，即不仅有力学、热学等物理类型，也有大、中、小各种空间或时间特征尺度的过程。其中的运动过程具有特殊的重要性，因为海水时刻在运动着。

第三，海洋作为一个自然系统，具有多层次耦合的特点。地球海洋充满了各种各样的矛盾，如海陆分布的不均匀、海洋的连通与阻隔。海洋水平尺度之大远逾数万千米，而铅直向尺度小，平均水深只有3795m，两者差别实为悬殊。其他矛盾诸如蒸发与降水、结冰与融冰、海水的增温与降温、下沉与上升、物质的溶解与析出、沉降与悬浮、淤积与冲刷、海侵与海退、潮位的涨与落、波浪的生与消、大陆的裂离与聚合、大洋地壳的扩张与潜没、海洋生态系平衡的维系与破坏等。它们相反而相成，共同组成了这个复杂的统一体。当然，这个统一体可以分成许多子系统，而许多子系统之间，如海洋与大气，海水与海岸、海底，海洋与生物及化学过程等，大都有相互耦合关系，并且与全球构造运动以及某些天文因素等密切相关。这些自然过程通过各种形式的能量或物质循环相互影响和制约，从而结合在一起构成了一个全球规模的、多层次的、复杂的海洋自然系统。海洋科学的任务，就是借助现场观测、物理实验和数值实验手段，通过分析、综合、归纳、演绎及科学抽象等方法，研究这一系统的结构和功能，以便认识海洋，揭示规律，既可使之服务于人类，又能保证可持续发展。

海洋科学研究也有其显著的特点。首先，它明显地依赖于直接的观测。这些观测应该是在自然条件下进行长期的，且最好是周密计划的、连续的、系统而多层次的、有区域代表性的海洋考察。直接观测的资料既为实验研究和数学研究的模式提供可靠的借鉴，也可对实验和数学方法研究的结果予以验证。事实上，使用先进的研究船、测试仪器和技术设施所进行的直接观测，的确推动了海洋科学的发展。特别是20世纪60年代以来，几乎所有的重大进展都与此密切相关。

其次，信息论、控制论、系统论等方法，在海洋科学研究中越来越显示其作用。这是因为实施直接的海洋观测既艰苦危险，又耗资费时，且获取的信息再多，若相对于海洋整体和全局而言仍属局部和片断，据此而直接研究海洋现象、过程与动态，显然是远远不够的。借助于信息论、控制论、系统论的观点和方法，对已有的资料信息进行加工，通过系统功能模拟模型进行研究则是可取的，事实上也取得了较好的结果。

第三，学科分支细化与相互交叉、渗透并重，而综合与整体化研究的趋势日趋明显。海洋科学在其发展过程中，学科分支越来越细，各分支学科之间相互交叉渗透，彼此依存和相互促进。因而，着眼于整体，从相互耦合与相互联系中去揭示整个系统的特征与规律的观点与方法论日趋兴盛发展。现代海洋科学研究及海洋科学理论体系的整体化已是大势所趋，并被普遍认同。

2. 海洋科学的分支

海洋科学体系既有基础性科学研究，也有应用与技术研究，还包括管理与开发的研

需要全本请访问 www.ertongbook.com

究。属于基础性科学的分支学科体系的提法不尽相同，如有的认为应包括物理海洋学、化学海洋学、生物海洋学、海洋地质学、环境海洋学、海气相互作用以及区域海洋学等。应用与技术研究的分支有卫星海洋学、渔场海洋学、军事海洋学、航海海洋学、海洋声学、光学与遥感探测技术、海洋生物技术、海洋环境预报以及工程环境海洋学等。管理、开发研究方面的分支有海洋资源、海洋环境功能区划、海洋法学、海洋监测与环境评价、海洋污染治理、海域管理等。

第二节 世界海洋科学发展史

依现今较通行的观点，世界海洋科学发展史可分为三大阶段。

一、海洋知识的积累与早期的观测、研究(18世纪以前)

古代人类在生产活动中不断积累了有关海洋的知识，也得出了不少出色的见解。公元前7—前6世纪，古希腊的泰勒斯认为大地是浮在茫茫大海之中。公元前4世纪，古希腊的亚里士多德在《动物志》中已描述和记载了爱琴海的170余种动物。当然，对海洋更多的了解还是从15世纪资本主义兴起之后。在西方人称为地理大发现时代的15—16世纪，意大利人哥伦布于1492—1504年4次横渡大西洋到达美洲；葡萄牙人达·伽马于1498年从大西洋绕过好望角经印度洋到印度；1519—1522年，葡萄牙人麦哲伦完成了人类第一次环球航行。此后，1768—1779年，英国人库克3次进行海洋探险，首先完成了环南极航行，并最早进行了科学考察，获取了第一批关于大洋深度、表层水温、海流及珊瑚礁等资料。

这一时期的许多科技成就，有的直接推动了航海探险，有的则为海洋科学分支奠定了基础，前者如：1567年鲍恩发明的计程仪，1569年墨卡托发明绘制地图的圆柱投影法，1579年哈里森制成当时最精确的航海天文钟，1600年吉伯特发明的测定船位纬度的磁倾针等；后者如：1673年英国人玻意耳发表了他研究海水浓度的著名论文，1674年荷兰人列文虎克在荷兰海域最先发现海洋原生动物，1687年英国人牛顿用引力定律解释潮汐，1740年瑞士人贝努利提出平衡潮学说，1770年美国人富兰克林发表湾流图，1772年法国人拉瓦锡首先测定海水成分，1775年法国人拉普拉斯首创大洋潮汐动力理论等。

二、海洋科学的奠基与形成(19—20世纪中叶)

这一时期的特点，既表现在海洋探险逐渐转向为对海洋的综合考察，而更重要的标志是海洋研究的深化、成果的众多和理论体系的形成。

在海洋调查方面，著名的有达尔文随“贝格尔”号 1831—1836 年的环球探险；英国人罗斯 1839—1843 年的环南极探险；特别是英国“挑战者”号 1872—1876 年的环球航行考察，被认为是现代海洋学研究的真正开始。“挑战者”号在三大洋和南极海域的几百个站位，进行了多学科综合性的观测，后继研究又获得了大量的成果，从而使海洋学得以由传统的地理学领域中分化出来，逐渐成为独立的学科。这次考察的巨大成就，又激起了世界性的海洋调查研究热潮。在各国竞相进行的调查中，德国“流星”号 1925—1927 年的南大西洋调查，因计划周密、仪器新颖、成果丰硕而备受重视。“流星”号的成就，又引发挪威、荷兰、英国、美国、苏联等国家先后进行环球航行探险调查。这些大规模的海洋调查，不仅积累了大量的资料，而且也观测到许多新的海洋现象，还为观测方法本身的革新准备了条件。

在海洋研究方面，重要成果很多。英国人福布斯在 19 世纪 40—50 年代出版了《海产生物分布图》和《欧洲海的自然史》，美国人莫里 1855 年出版了《海洋自然地理学》，英国人达尔文 1859 年出版了《物种起源》，它们分别被誉为海洋生态学、近代海洋学和进化论的经典著作。在海洋化学方面，迪特玛 1884 年证实了海水主要溶解成分的恒比关系。在海流研究方面，1903 年桑德斯特朗和海兰汉森提出了深海海流的动力计算方法，1905 年埃克曼提出了漂流理论。海洋地质学方面，默里于 1891 年出版了《深海沉积》一书。特别是斯韦尔德鲁普、约翰逊和福莱明合著的《海洋》一书，对此前的海洋科学的发展和研究给出了全面、系统而深入的总结，被誉为海洋科学建立的标志。

专职研究人员增多和专门研究机构的建立，也是海洋科学独立形成的重要标志。1925 年和 1930 年，美国先后建立了斯克里普斯和伍兹霍尔两个海洋研究所，1946 年苏联科学院海洋研究所成立，1949 年英国成立国立海洋研究所等，就是典型的例子。

三、现代海洋科学时期(20 世纪中叶至今)

第二次世界大战对海洋科学有很大的影响，一方面是“军用”学科迅速发展，另一方面，也延缓了“非军用”学科的发展，战后海洋科学又得以恢复和迅速发展，遂进入现代海洋科学的新时期。

虽然早在 1902 年就成立了第一个国际海洋科学组织——国际海洋考察理事会(ICES)，但大多数组织，包括政府间组织和民间组织，则成立于第二次世界大战之后。政府间组织以 1951 年建立的世界气象组织(WMO)和 1960 年成立的政府间海洋学委员会(简称海委会，IOC，隶属于联合国教科文组织)为代表。民间组织如国际物理海洋学协会(IAPO)于 1967 年改为国际海洋物理科学协会(IAPSO)，1957 年成立海洋研究科学委员会(SCOR)，1966 年建立国际生物海洋学协会(IABO)，国际地质科学联合会(IUGS)下设海洋地质学委员会(CMG)等。

这一时期，海洋国际合作调查研究更大规模地展开，如国际地球物理年（IGY，1957—1958）、国际印度洋考察（IIOE，1957—1965）、国际海洋考察 10 年（IDOE，1971—1980，包括 6 个分计划 31 项活动）、热带大西洋国际合作调查（ICITA，1963—1964）、黑潮及邻近水域合作研究（CSK，1965—1977）、全球大气研究计划（GARP，1977—1979，第 1 次全球试验 FGGE 及 4 个副计划）、世界气候研究计划（WCRP，1980—1983，包括 4 个子计划）、深海钻探计划（DSDP，1968—1983）。在 1980 年以后，有关机构又提出了多项为期 10 年的海洋考察研究计划，如世界大洋环流试验（WOCE）、大洋钻探计划（ODP）、全球海洋通量研究（JGOFS）、热带大洋及其与全球大气的相互作用（TOGA）及其组成部分热带海洋全球大气耦合响应试验（TOGA－COARE）。1993 年决定实施的气候变率和可预报性研究计划（CLIVAR），为期 15 年，而 1994 年 11 月正式生效的《联合国海洋法公约》，则涉及全球海洋的所有方面和问题。

这期间，各国政府对海洋科学研究的投资大幅度地增加，研究船的数量成倍增长。20 世纪 60 年代以后，专门设计的海洋研究船性能更好，设备更先进，计算机、微电子、声学、光学及遥感技术广泛地应用于海洋调查和研究中，如盐度（电导）－温度－深度仪（CTD）、声学多普勒流速剖面仪（ADCP）、锚泊海洋浮标、气象卫星、海洋卫星、地层剖面仪、侧扫声呐、潜水器、水下实验室、水下机器人、海底深钻和立体取样的立体观测系统等。

短短几十年的研究成果早已超出历史的总和，重要的突破屡见不鲜。板块构造学说被誉为地质学的一次革命。海底热泉的发现，使海洋生物学和海洋地球化学获得新的启示。海洋中尺度涡旋和热盐细微结构的发现与研究，促进了物理海洋学的新进展。大洋环流理论、海浪谱理论、海洋生态系、热带大洋和全球大气变化等领域的研究都获得突出的进展与成果。科研论著面世，令人目不暇接，特别是一些多卷集系列著作，如 M. N. 海尔主编的《海洋》、A. C. 莫宁主编的《海洋学》等，堪称代表性著作。

四、海洋科学的未来

当今世界，人口激增，耕地锐减，陆地资源几近枯竭，环境状况渐趋恶化。众多有识之士预见到这些危机，并把目光再次投向海洋。一些国家相继制订了 21 世纪的海洋发展战略，许多知名的科学家、政治家，异口同声地称 21 世纪为“海洋科学的新世纪”。联合国及有关国际组织也更加关注海洋事务。仅从 1994 年算起，就有《联合国海洋法公约》生效，成立国际海底管理局，建立国际海洋法庭，召开“海洋和海岸带可持续利用大会”、“保护海洋环境国际会议”和“世界海洋和平大会”，并把 1998 年定为“国际海洋年”等大事。何以如此？盖因全世界面临的人口、资源、环境三大问题，几乎都可以从海洋中寻求出路。如何将上述可能变为现实？海洋科学则是架设在它们之间的桥梁。海洋科学在历经古代、近代和现代的发展之后，必将迎来一个更为辉煌的新时代。

第三节　中国海洋科学发展史

一、历史的贡献

在人类早期认识海洋的历史中，中国人民做出了巨大的贡献。公元前4世纪，中国先民已能在所有邻海上航行。早在2000多年以前，中国已发明指南针，且至少在1500年以前就用于航海，从而使人们更能远离海岸涉足重洋。至汉朝，中国不仅陆路通西域，海路也通达日本、印度尼西亚、斯里兰卡和印度，甚至远达罗马帝国。公元1405—1433年，郑和先后率船队七下"西洋"，渡南海至爪哇，越印度洋到马达加斯加，堪为人类航海史中的空前壮举。12世纪，中国的指南针经阿拉伯传入欧洲，又促进了欧洲的远洋航行探险。

关于海洋知识，早在公元前11世纪—公元前6世纪的《诗经》中，已记载"朝宗于海"，公元前2世纪—公元前1世纪，《尔雅》中记有海洋动物和海藻。公元1世纪，王充已明确指出潮汐与月相的相关性。8世纪，窦叔蒙的《海涛志》进一步论述了潮汐的日、月、年变化周期，建立了现知世界上最早的潮汐推算图解表。11世纪，燕肃在《海潮论》中分析了潮汐与日、月的关系，潮汐的月变化以及钱塘江涌潮的地理因素。在宋代，已开始养殖珍珠贝。《郑和航海图》中不仅绘有中外岛屿846个，而且分出11种地貌类型。1596年，屠本峻撰成区域性海产动物志《闽中海错疏》。蜿蜒于我国东部和东南沿海的海塘，工程雄伟，堪与长城、大运河相比，而海洋科学知识，则是其根基和后盾。

二、艰难的历程

当西方进入海洋科学形成阶段时，中国封建社会的闭关锁国，严重阻碍了海洋科学的发展。鸦片战争之后，国家陷入半殖民地状态，海洋科学处境更为艰难，发展甚为缓慢。进入20世纪之后，才陆续有中国地学会、中国科学社成立，开始宣传海洋科学知识、开展一些海洋研究。1922年，海军部设立了海道测量局，开始进行海道测绘。1928年青岛观象台设立海洋科。1931年成立中华海产生物学会，1935年成立太平洋科学协会海洋学组中国分会，同年6—10月，中央研究院动植物研究所组织了首次青岛至秦皇岛沿线的调查。之后，由于日本侵华，战乱迭起，研究工作大都停顿，只有马廷英、唐世凤等在福建组织了一次海洋考察。抗战胜利后的1946年，山东大学、厦门大学和台湾大学分别创立了海洋研究所，厦门大学还建立了海洋学系。

三、美好的前景

新中国成立后不到一年，1950 年 8 月就在青岛设立了中国科学院海洋生物研究室，1959 年扩建为海洋研究所。1952 年厦门大学海洋系理化部北迁青岛，与山东大学海洋研究所合并成立了山东大学海洋系。1959 年在青岛建立山东海洋学院，1988 年更名为青岛海洋大学。1964 年建立了国家海洋局。此后，特别是 80 年代以来，又陆续建立了一大批海洋科学研究机构，分别隶属于中国科学院、教育部、海洋局等，业已形成了强有力的科研技术队伍。目前国内主要研究方向有：海洋科学基础理论和应用研究，海洋资源调查、勘探和开发技术研究，海洋仪器设备研制和技术开发研究，海洋工程技术研究，海洋环境科学研究与服务，海水养殖与渔业研究等。在物理海洋学、海洋地质学、海洋生物学、海洋化学、海洋工程、海洋环境保护及预报、海洋调查、海洋遥感与卫星海洋学等方面，都取得了巨大的进步，不仅缩短了与发达国家的差距，而且在某些方面已跻身于世界先进之列。

回顾历史，在“挑战者”号环球调查 80 多年之后，中国于 1958—1960 年才进行了近海较大规模的综合调查，1976 年第一次赴太平洋中部调查，则落后了整整 100 年。然而，此后两年，中国就参加了全球大气研究计划中的中太平洋西部调查。之后则有：1984 年首次派出南极考察队且以后每年派出；1985 年 2 月建成南极长城站；1986 年加入南极条约组织，次年成为南极研究科学委员会(SCAR)的正式成员国之一；1989 年建成南极中山站；1990 年联合国决定在中国建立世界海洋资料中心；1991 年 2 月，联合国国际海底管理局批准中国申请太平洋国际海底矿区 $15\times10^4 km^2$；1991 年 11 月，中国首次参加世界大洋环流实验调查；1992 年 11 月—1993 年 3 月参加“TOGA－COARE”的西太平洋强化观测；1992 年完成了历时 7 年的中日黑潮合作调查研究；1994 年 10 月在天津正式成立国际海洋学院中国业务中心；1995 年又开始了中日副热带环流合作调查研究；1995 年 5 月中国首次远征北极科学考察队到达北极点；1996 年 11 月，世界海洋和平大会在北京召开，通过了《北京海洋宣言》。

依《联合国海洋法公约》与《中华人民共和国领海和毗连区法》等，属中国管辖的海域面积相当于陆地国土面积的 1/3。捍卫国家主权，维护海洋权益，是国人的神圣义务。发展海洋科学技术，繁荣海洋经济，促进国民经济的持续、快速和健康发展，更是海洋科技工作者的天职。1994 年批准的《中国 21 世纪议程》，对海洋领域给予高度重视，其后制定的《中国海洋 21 世纪议程》，则更全面地阐述了我国海洋未来可持续发展的战略目标和行动计划。继“七五”、“八五”之后，在“九五”、“十五”、“十一五”、“十二五”的国家科技攻关计划中，也列入了海洋高技术研发的项目和专题。特别是党的十八大报告提出要“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”的方针更是激动人心。国家委以重任，人民寄以热望，任重而道远，中国的海洋科学事业前程似锦。

思 考 题

1. 如何理解地球科学是一个复杂的科学体系？
2. 海洋科学的研究对象和特点是什么？
3. 海洋科学研究有哪些特点？
4. 回顾海洋科学发展历史，你能够得到哪些启示？
5. 中国海洋科学发展的前景如何？

需要全本请访问 www.ertongbook.com