

船舶与海洋工程专业规划教材

海洋工程环境

曾一非 编

上海交通大学出版社

海洋工程环境

曾一非 编

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书以海洋工程环境为主线,重点描述了风、海浪、海流、潮汐、海冰的运动特征和规律以及它们对海洋工程结构物的作用影响;介绍了海水温度、盐度、密度的基础知识及其分布变化特征;介绍了海岸海底地形、海洋光学现象、海洋声学现象、海洋腐蚀与防护等相关方面的知识;讨论了海洋生物、海洋生态与海洋环境及其保护问题。书中还结合最新资料介绍了海洋资源及其产业、海洋技术、海洋科学研究发展特点、海洋政策法规等内容,介绍了中国近海海域的地理、地质、水文等特点。

本书涉及的海洋工程环境知识,内容广泛、资料新颖。本书面向工程应用,提供了常用的计算方法和图表。本书既适合于船舶工程、海洋工程等专业大学本科生与研究生的学习与参考,对从事航海与港航管理、海洋工程与开发、海洋环境保护与管理等相关方面的海洋科技工作者也有一定参考价值。

图书在版编目(C I P)数据

海洋工程环境/曾一非编. —上海:上海交通大学出版社, 2007

ISBN 978-7-313-04855-4

I.海… II.曾… III.海洋工程—海洋环境 IV. X145

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第089702号

海洋工程环境

曾一非 编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路877号 邮政编码200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

上海崇明南海印刷厂印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 12.75 字数: 310千字

2007年8月第1版 2007年8月第1次印刷

印数: 1—3050

ISBN978-7-313-04855-4/P·078 定价: 25.00元

版权所有 侵权必究

前 言

人类社会在不断发展,陆地自然资源日趋紧张,丰富的海洋资源作为未来人类社会实现可持续发展的宝贵财富,寄托着人类未来的希望和梦想,海洋的重要程度已日渐凸现。进入 21 世纪,开发利用海洋进入一个崭新的发展阶段,而研究海洋与认识海洋是开发利用海洋的基础。

中国是个陆地大国,也是一个海洋大国,拥有 18 000 多 km 长的大陆海岸线,管辖的海域面积约为 300 万 km²,海区内有大小岛屿 6 000 多个,蕴藏着丰富的海洋资源,是中国实现可持续发展的宝贵财富。改革开放以来,中国的海洋经济以年均 20% 的速度在快速增长,大大高于同期国民经济的增长速度,主要海洋产业总产值在 2005 年达到近 1.7 万亿元,相当于国内生产总值的 4%。随着国家科教兴海战略的提出和海洋科学技术的进步,沿海地区的海陆一体化开发进程将得到进一步加速,海洋经济将迎来更高速增长。

面向 21 世纪,当代大学生需要对海洋知识有更多的了解,丰富海洋科学知识,以适应海洋开发利用及人类社会可持续发展的需要。基于以上目的,本书结合海洋工程的特点,对海洋工程环境知识作了系统与广泛的介绍。全书共分 8 章,内容包含风、海浪、海流、潮汐、海冰等海洋物理环境因素,也涉及海水温度、盐度、密度、海洋光学与声学、海洋腐蚀、海岸海底地形、海洋生物与海洋生态等海洋基础知识,介绍了中国近海海区的特点,介绍了海洋资源、海洋产业、海洋技术及海洋科学研究发展等方面的知识。我们在阐述海洋开发利用重要性的同时,强调应加强海洋环境保护的基本观点。

在本书的编写过程中参考引用了众多的文献资料,在此向这些作者表示衷心的感谢。在“海洋腐蚀与防护”的编写中得到许立坤研究员的帮助,其他还有许多专家学者给编者提供了相关资料和有益的建议,在此一并表示衷心的感谢。

该书得到上海交通大学教材建设立项支持,特此致谢。对支持本书编写的上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院、水下工程研究所表示衷心的感谢。

由于海洋科学知识包罗万象,海洋科学技术的发展日新月异,加上编者水平有限,书中难免会有一些论述不当与缺点,请广大读者批评指正。

编者

2007 年 4 月于上海

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 海洋工程与海洋工程环境	2
1.2 海洋的基本特性	3
1.3 中国沿岸近海海域特点	9
第 2 章 海洋科学基础知识	13
2.1 地球的运动与形状特征	13
2.2 海岸、海底地貌与海洋沉积.....	14
2.3 海洋的科学研究发展与海洋技术	19
2.4 海洋资源与海洋产业	24
2.5 海洋光学与声学现象	30
2.6 海洋腐蚀与防护	35
第 3 章 海水的温度、盐度、密度及其分布变化特点	40
3.1 海水温度及其在大洋中的分布变化特点	40
3.2 海水盐度及其在大洋中的分布变化特点	47
3.3 海水密度及其在大洋中的分布变化特点	51
3.4 中国近海温度、盐度、密度的特征	53
第 4 章 风	57
4.1 综述	57
4.2 大气压强和大气运动	61
4.3 风速计算与风速资料统计分析	67
4.4 风对结构物的作用力	77
第 5 章 海洋波浪	84
5.1 海洋波动现象概述	84
5.2 波浪理论	94
5.3 随机过程的海浪	103
5.4 浅海近岸的海浪特性	107
5.5 波浪对结构物的作用力	111
5.6 海啸与风暴潮	119
第 6 章 海洋潮汐	124
6.1 海洋潮汐概述	124
6.2 潮汐理论与潮汐现象	127
6.3 潮位特征值	140
6.4 中国近海潮汐与潮流	145

第7章 海流	148
7.1 海流概述	148
7.2 地转流与风海流	152
7.3 大洋环流及中国近海环流	157
7.4 海流作用力与流致涡激振动	163
第8章 海冰	165
8.1 海冰概述	165
8.2 海冰的形成特性	169
8.3 海冰的物理力学特性与海冰的作用力	172
8.4 海冰作用力分析	175
第9章 海洋生态与海洋环境保护	180
9.1 海洋生物及其栖居环境	180
9.2 海洋生态系统	182
9.3 海洋环境问题	183
9.4 海洋环境保护	188
参考文献	194

第 1 章 绪论

茫茫宇宙之中,地球因为存在生命与海洋而显得那么与众不同和充满着生机,从太空中眺望地球,你见到的将会是一个以蔚蓝色为基色的水球体,这就是我们人类赖以生存的地球,人类在不断地进行宇宙探索,但至今还未发现其他星球中也同样存在着生命与海洋。

运动不息的海洋占到地球表面积的 70.8%,这使得它成为了地球的主体,与人类的命运和社会发展息息相关。人类受惠于海洋而对它充满着赞美之情,这不仅因为海洋是孕育地球生命的摇篮,也因为海洋是地球上最大的资源宝库,是人类今后实现可持续发展的宝贵财富。

“兴渔盐之利,行舟楫之便。”人们从捕食鱼虾、拾拣贝类等原始利用海洋方式到制造舟筏作为水上运输工具,利用海水制造海盐等,认识与利用海洋已有很悠久的历史,并由此发展壮大成了今天的海洋捕捞业、海洋交通运输业、海水制盐业等传统海洋产业。随着科学技术的进步及海洋勘探和开发技术的提高,20 世纪 50 年代后期海洋油气资源开始得到大规模的开发利用,海水养殖、滨海旅游、滨海砂矿、海水直接利用等海洋新兴产业在逐渐兴起,海洋开发规模与开发领域在不断扩大,海洋高新技术得到发展,海洋资源的开发与利用事业蒸蒸日上,海洋经济已经成为沿海国家国民经济新的增长点,海洋所发挥的作用日益显得强大与重要。

在 1992 年联合国环境与发展大会通过的《21 世纪议程》中明确指出:海洋是全球生命支持系统的一个基本组成部分,也是一种有助于实现可持续发展的宝贵财富。与此同时,海洋环境破坏与海洋生态环境保护的问题也日益突出,海洋环境保护成为人类研究海洋的一个新课题,人类在研究海洋、认识海洋、开发海洋与保护海洋,对海洋的开发与认识及对海洋的保护进入了一个新时代。1994 年的第 49 届联合国大会把 1998 年确定为“国际海洋年”,其主题是“海洋——人类共同的遗产”,以此唤起全人类对海洋的关注。海洋是地球特有的产物,21 世纪是海洋科学的新世纪。是人类进入开发利用海洋的新世纪。海洋需要人类的了解、热爱、关注和保护。

中国是个陆地大国,但同时拥有长达 18 000 多 km 的大陆海岸线,含海岛岸线的总长度约 32 000 km,因此,也是一个海洋大国。

根据《联合国海洋法公约》,中国的可管辖海域约为 300 万 km^2 ,这相当于陆地国土面积的三分之一,在其中蕴藏着丰富的海洋资源,它们是中国实现可持续发展的宝贵财富。

1996 年中国政府将海洋高技术作为第 8 个领域列入了国家高科技开发计划(863 计划),使中国海洋技术进入了一个新的发展阶段。在《中国 21 世纪议程——中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书》中,中国政府高度重视在海洋资源开发与环境协调发展方面所面临的挑战,将“海洋资源的可持续开发与保护”列入了重要的行动方案领域之一。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要》中,将“海洋生态与环境保护”列入重点发展领域,将“海洋资源可持续利用与海洋生态环境保护”列入面向国家重大战略需求的基础研究,期待其发挥引领未来相关海洋高新技术发展的作用。

海洋经济在中国正在扮演着越来越重要的角色,海洋的开发利用与保护,成为中国社会发展的重要组成部分。

1.1 海洋工程与海洋工程环境

1.1.1 海洋工程

海洋工程(Ocean Engineering)是基于科学的原理和工程技术方法对海洋及海洋资源进行研究、开发、利用与保护的一项海上工程活动。这里具体针对的是海洋中各种构造物的建造、施工及其营运等。

海洋工程可谓是人类在认识、探索和开发利用海洋的过程中应运而生的产物,当古埃及人与腓尼基人建造和驾驶船舶在海洋中航行时,就在把工程知识及技能应用于海洋,随后是远洋航海和港口堤岸的建设及各种海洋探险考察活动,在对海洋的不断探索和开发利用中,海洋工程不断地被赋予新的内涵。到了20世纪60年代,海洋工程这个新术语开始普遍使用,这时的海洋科学技术已取得了很大的进步,海洋工程取得很多的进展,尤其是海洋油气正处于大规模开发时期,海洋经济逐渐显露其强大的生命力,各类海洋工程活动在蓬勃开展之中,海洋开发活动步入了一个新时代。

海洋工程的含义总是随着海洋科学技术的进步和海洋的开发利用以及海洋经济的发展而在不断地拓展延伸,它经历了从海岸到近海、再到深海的发展过程,因而可分为海岸工程、近海工程与深海工程三个组成部分。在现阶段,众所周知的海洋工程包括海洋能的开发利用、船舶工程、海港工程、海岸保护及侵蚀防治、港区疏浚及疏浚物处理、海洋环境监测与海洋环境保护、海底管道埋设等领域。随着海洋高新技术的进步与应用,海洋工程又被赋予了深海采矿、海洋经济生物养殖、海水淡化及海水综合利用、海洋水下工程、海洋空间开发等新内容。海洋工程反映的是现代科学技术在海洋领域的综合开发利用,对它的认识随着社会科学技术的发展与进步而发展。

海洋工程总是处在波浪、海流、风暴、地震或寒冷海冰等严峻海洋环境中,并受到海生物污损、海洋腐蚀等多方面因素的影响,深海水下工程还要在黑暗中承受巨大的海水压力的作用。这些海洋环境因素在物理上、力学上、化学上、生物上等各个方面影响着海洋工程结构物的生存,是海洋工程结构物在设计、施工、安装、营运的过程中计算环境载荷等所需考虑的环境条件,它们关系到海洋工程结构物的安全和建造成本与经济效益。

1.1.2 海洋工程环境

各种海洋自然现象既复杂又相互关联,影响海洋工程结构物的海洋环境因素也是复杂与多方面的。

在海洋工程结构设计中常见的环境载荷有如下几种:波浪载荷、海流载荷,由海浪、海流的运动所引起;潮汐,是影响海洋工程结构物受力和水位高程变化的重要因素;有些处于风暴潮、海啸易发海域的近海工程结构物还需考虑风暴潮与海啸的极端海况影响,它们与海水的温度、盐度、密度等构成海洋水文环境要素。来自大气层的风给海洋工程结构物带来风载荷,它与气压、气温、降水等构成海洋上空气象条件,通过海气界面作用于海洋。通过海底界面的海岸及海底地形、地貌及其地质结构、土壤特性等为海洋工程结构提供地理地质条件,不稳定的海床将影响海洋平台的安全性,在海洋平台设计过程中需要开展必要的地质地理调查。还有海洋

生物附着、海洋化学腐蚀及全球变暖带来的海平面变化,在高纬度海区还需考虑海冰的作用,在地震多发地带需要考虑地震的影响等,都是海洋工程结构设计中要考虑的环境要素,这些环境因素无时无刻不在影响着海洋工程结构物的安全生产与营运,影响着远洋运输船舶航线的选择与安全,它们的分布变化规律及运动特性是研究与开发利用海洋的基本问题,也是做好对海洋灾害防灾减灾的基础。

大风、大浪及风暴潮等极端海况威胁到海洋工程结构物的安全,世界上船舶与平台等被大风浪推倒沉没的事件时有发生。在我国,1979年11月,“渤海2号”在寒潮大浪袭击下在渤海沉没。1983年10月,美国ACT石油公司“爪哇海”号在波高8.5m的台风海浪袭击下在南海沉没。严重的冰情亦会使海上钻井平台被海冰推倒,如1969年发生在我国渤海的海冰灾害造成“海二井”钻井平台被海冰推倒事件。

在海洋工程设计中经常要遇到某些海洋要素,如潮位、波高、风速、海冰厚度等的多年一遇的极值问题,这关系到海洋工程建设的安全与投资成本问题,需要对所在海域进行长期观测和资料收集,并对观测资料进行统计分析,应用极值分布理论研究其长期分布规律,进行极值预测。对于海洋平台,它们的典型重现期是50年或100年。如在劳氏船级社近海移动式结构物的设计规范中提出的设计环境载荷组合是:(1)百年一遇的波浪和风与10年一遇的海流组合;或(2)百年一遇的波浪和海流与10年一遇的风的组合。中国船级社对于海上移动平台在自存工况下的设计环境条件,建议取其重现期不小于50年。

海洋工程环境学的研究内容广泛,涉及海洋物理、海洋化学、海洋生物、海洋地质、大气科学、水文科学等各门学科,是一门交叉性与综合性的学科。它的研究对象不仅仅是海洋,也涉及大气以及地球、月球与太阳等天体运动的相关知识。海洋工程环境学是船舶工程与海洋工程等专业的专业基础课程。

1.2 海洋的基本特性

1.2.1 海洋的基本特性

1. 海洋是地球的主体

一望无际的海洋面积广阔。据资料给出,大地水准面下的海洋面积约为 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$,约占地球表面积的70.8%,对应的陆地面积约为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$,约占地球表面积的29.2%,海洋的面积约为陆地的2.5倍。陆地被海洋环抱与隔离而海洋之间相互连通形成一个统一体,海洋成为了地球表面包围大陆岛屿的广大而连续的含盐水体,是地球的主体。见图1-1。

海洋和陆地在地表分布很不均匀,全球陆地面积的67.5%集中在北半球,而世界海洋面积约57%集中在南半球,因而有人就把北半球称为陆半球,把南半球称为水半球。但即使如此,陆半球的陆地面积仍然小于海洋面积,其意义在于说明地球陆地面积的大部分集中在陆半球,而水半球的意义也在于它说明地球海洋面积的大部分集中在水半球,因为海洋面积在北半球约占海陆总面积的60.7%,在南半球约占80.9%。

但严格地说,应以经度 0° ,北纬 38° 的一点和经度 180° ,南纬 47° 的一点为两极进行“水陆”半球的划分,这样才能使地球的海陆面积之比达到最大,使陆半球的陆地面积占到陆半球面积的47%,水半球的海洋面积占到水半球面积的89%。



图 1-1 海洋是地球的主体

海洋不仅宽阔而且深邃,它的平均深度达 3 795 m,远大于陆地的平均高度 875 m,海洋最深处的马里亚纳海沟(Mariana Trench)深达 11 034 m,而最新公布的陆地最高峰珠穆朗玛峰(Mount Everest)的高程数据是 8 844. 43 m。不过,海洋的深度若与其水平尺度相比又显得那么微小,两者的比值约为 10^{-3} ,所以在很多情况下研究海洋时,又可近似把它当作二维问题来计算处理。

2. 海洋是个复杂的系统

总的来说,海洋是个复杂的系统,存在多样性与复杂性。

海洋的组成主体是海水,四周被海底边界、海岸边界及海表面边界所包围,众多的海洋生物生活在其中。通过这些边界作用,海洋与大气、大陆的物质和能量得以互相循环与交换转化,使得地球系统中的水圈(Hydrosphere)、岩石圈、大气圈(Atmosphere)和生物圈(Biosphere)之间相互建立起一定的联系,发生物理、化学、生物过程,相互依存,相互影响,呈现出立体化整体形态,对人类活动产生影响,因此,要求多学科交叉研究和全球合作研究。

除通过相互间的接触界面发生作用外,海洋还受到其他星球天体引力的直接作用,使得海洋产生复杂的潮汐现象,并随着各天体间的相对空间位置变化而产生各种周期性变化规律。因而对海洋的研究不仅在于海洋自身的运动和变化,还需结合大气、陆地及天体运动共同开展研究。

海水中存在着各种粒径的有机与无机的悬浮物质、溶解有气体和存在大量的海洋生物,因而海洋中存在各种物理、化学与生物的过程与现象,物理与化学特性复杂多变,可以说海洋是固态、液态、气态三态物质并存组成的复杂的统一体。

3. 海水的化学组成成分复杂

海水的总体积达到 $13.7 \times 10^8 \text{ km}^3$,这相当于地球总水量的 97%,其中的纯水成分占到 96.5%,同时由于水具有较强的溶解能力而溶解有多种无机盐类和溶解气体等,使得海水组成成分复杂,是复杂的多组分水溶液。

海水与淡水在物理化学性质上存在很大差异,其中一个主要方面是海水中溶解有以离子或带电粒子存在的多种无机盐类,这使得海水电导率大,且含盐量越高越易导电,该特性被利

用来测定海水的盐度。盐类同时造成海水中的金属材料腐蚀破坏比淡水中严重,大量存在的 Cl^- 容易破坏不锈钢、铝合金等金属钝化材料的钝化膜,导致点蚀和缝隙腐蚀现象的发生。据分析,海水中的盐分主要由地壳岩石的风化与火山的喷发产生,入海河流也输送了大量的溶解盐。

目前发现有 80 余种化学元素存在于海水之中,依照其成分组成可划分为主要成分、微量元素、海水营养元素(盐)、海水有机物和溶解气体。它们的分布变化与海洋中的海流、波浪、潮汐等海水运动的物理过程有关,有些元素还与化学反应及生物活动过程密切相关。

海水中有 11 种元素的溶度含量高,每千克溶度含量大于 1 毫克,其溶解成分总和占到海水中所有溶解成分的 99.9% 以上,这些元素被称为海水主要溶解成分或常量元素、大量元素。见表 1-1。

表 1-1 海水主要成分含量

元素	Cl	Na	S	Mg	Ca	K	C	Br	Sr	B	F
存在形式	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^+	HCO_3^-	Br^-	Sr^{2+}	H_3BO_3	F^-
含量/%	19.353 5	10.763 4	2.712 4	1.294	0.412 1	0.399 1	0.135 6	0.067 2	0.007 7	0.025 7	0.001 29

不管海水的盐度值多少,多次不同海域不同水深的海水取样测定结果都表明这些主要成分之间的溶度比值近乎不变,构成了海水组成的恒定性。又由于它们不大受生物活动和总盐度的变化影响,所以也称它们为保守元素。利用海水各主要成分之间的比值就可由一种主要成分的已知含量推算其他各主要成分的含量,进而得到所有主要成分的含量总量,这个特性被用于早期对海水盐度的化学滴定。

海水中溶度含量小于 1 mg/kg,又不属于营养元素的元素称为海洋的微量元素。由于它们在海水中的含量极低,在样品采集、分样、过滤及储存等一系列操作过程中都要避免被玷污。海水微量元素的总量仅占海水总盐量的 0.1% 左右,但在海洋中仍有很可观的总贮量。该类元素种类多,熟知的有,铜(Cu)、铅(Pb)、锌(Zn)、铬(Cr)、汞(Hg)、镉(Cd)等,它们对于浮游植物的光合作用有着重要的作用,但如果其含量超过一定限度时,又对海洋生物有害,导致海洋环境污染。在某些污染海域的海底沉积物、固体悬浮颗粒和海洋生物体中高度富集有这种称为重金属的微量元素。

海水营养元素主要指 N、P、Si 等组成的海洋植物生长必需的营养盐类(硝酸盐、磷酸盐、硅酸盐等),又称为营养盐(Nutrients)、植物营养盐、生源要素等。除 Si 元素的含量可达到常量元素的含量外,其他各营养元素的含量都低,可属微量元素。它们在海水中的含量制约着海洋生物的正常生长,偏低则会影响海洋生物的正常生长,因而又被称为“生物制约元素”。

海水中的有机物质主要来自海洋生物,尤其是浮游生物的分泌、排泄、分解等产物及其衍生物,另外大气和入海河流也带来部分陆源有机物质。它们的组成有氨基酸、叶绿素、腐殖质等,可分类为溶解有机物、颗粒有机物(碎屑)、浮游植物、浮游动物和细菌。

海气界面间存在动态的气体交换平衡,各种气体通过海面或溶解于海水中或进入大气中。溶解于海水中的各种气体,有些参加海洋中的生物过程与化学反应,如 CO_2 、 O_2 等;有些则主要受海洋物理过程影响而被称为保守气体,如 N_2 和惰性气体等。 CO_2 等又称为温室气体,其产生的温室效应影响着大气气候。

4. 海洋是全球气候的调节器

太阳辐射是地球的能量来源,并影响着地球气候的形成。海洋和大气之间不断进行着海

水和能量之间的交换。

占地球表面大部分的海洋吸收了辐射到地球上的太阳能的五分之四,这些能量在进入海洋后就转化为海水的热能,且主要被海洋表层所吸收。据说,整个地球上大气圈的总热容量相当于海面下 3 m 深左右海水的热容量。在海水的蒸发潜热、热传导等固有热传递性质及海面面向大气的长波辐射作用下,海洋的能量又通过海表面返回大气,从而影响着大气。

海洋本身热量的收入与支出总是处于与大气的动态平衡中,有机地调节着大气的温度,影响着地球气候的形成和变化。海水的热容量在物质世界名列前茅,比所有固体和其他液体的热容量都大,与空气相比约是其 3100 倍,那就意味着把 1 cm^3 的海水温度升温 1°C 时所需的热量可使约 3100 cm^3 的空气升温 1°C ,这就使得太阳的辐射变化不能立即改变海水的温度,而大气温度相对易受太阳辐射的影响而发生激烈变化。

海洋在得到热量时就慢慢将之储存起来,在失去能量时就将其慢慢释放出去,海洋起着热能缓冲器作用,调节着地球的大气气候。海水的水-汽-冰三态在一刻不停地相互转化,蒸发掉的海水水量巨大,平均每年可蒸发掉约 126 cm 厚的海水,蒸发掉的海水再以降水的形式返回陆地和海洋,使大气中的水分每隔一段时间就完成一次更新。海洋不仅为陆地输送水资源,而且调节空气的湿度,海洋在失去水分的同时,也在失去热量,这对地球的气候状况产生极大的影响。

由于所处纬度不同,使得各海域得到的太阳辐射热量不同,造成各处的海水温度不同。这表现在低纬度海域的海水温度高,越往两极则温度越低,温度较高的海水除上下铅直方向的热量交换传递外,水平方向则借助海流输送到较高纬度的海区,然后通过蒸发潜热和感热交换等方式释放给大气,海流也对气候起着调节作用。一般暖流经过的海区气候温暖及多雨水,寒流经过的海区则气候寒冷及雨水缺少。全球性的大气环流和海洋环流在改变地球气候方面起着积极的作用。

所以说海洋是全球气候的调节器,气候变化与海洋的关系十分密切,海洋是地球环境的重要组成部分。

海洋还是巨大的碳库,溶解有 CO_2 等温室气体,起着调节大气 CO_2 浓度的作用,对维持海水的恒定酸度发挥着重要作用。

5. 运动是海洋的最基本特征

海洋中存在着各种现象和运动,它们相互联系、相互影响和相互制约,这中间既有海水运动的物理过程,也有发生在化学物质间的化学过程与生物间的生物过程,并存在大、中、小各种空间与时间的特征尺度。

海水受到的作用力既有其本身重力的,也有通过边界作用的,如海面风应力、地表摩擦力,还有不通过边界作用而受到的其他天体的引力。此外,大规模的海水运动还要受到地球自转产生的地转惯性力的作用,这也是海洋流体力学与一般流体力学的一大差异。在这些多方面作用力的共同作用下,海水总是处于不断的运动之中,时而波涛汹涌,时而潮起潮落,呈现多种自然景象,波浪、潮汐、海流等是其主要运动方式。正是这些无处不存在的海水运动使大洋各处海水物质和能量得以交换和流通,使得各处海洋水域的物理化学性质能趋于近似一致,互动均衡。运动成为了海洋的最基本特征。

海水除水平方向运动外,还存在诸如上升流、下降流的垂直方向运动。海水的垂直混合随时随地都在发生,尤其是在海洋的上表层,因为受到海气界面的强烈海洋动力与热力的作用,

它的混合最为强烈,其效应是使海洋上表层中诸多水文要素如温度、盐度和密度等的分布特征趋于均匀一致,导致上下海洋水体间垂向层化现象的发生。

其中,湍流是海水混合运动的主要形式,对海水的动量、热量交换及物质输送都起着重要的作用,但运动机制复杂。

6. 海洋是地球上最大的资源宝库

海洋孕育了地球上的生命,并为之提供了生存、生长和繁殖发展的环境。

海洋中的生物种类已知有 20 多万种,其中海洋动物 18 万余种,海洋植物 2 万余种,包括海洋浮游生物、海洋游泳生物、海洋底栖生物等,可谓种类繁多。据估计,地球上 80% 的生物资源存在于海洋之中,它们构成了人类蛋白质的重要来源,海洋生物还作为制药等的重要原料,在发挥着重要的作用。

据介绍,海底石油资源的总量约为 1350 亿 t,占世界石油资源的 27%~45%,海上天然气约 140 万亿 m^3 ,占全球天然气总储量的 50%~55%。广阔的海洋亦为世界各国的贸易和人员往来提供了便利,沿海港口和海上运输在世界经济一体化和国际贸易中扮演着重要角色。除此以外,海洋潮汐能、波浪能、潮流能、温差能等海洋能量巨大,又无污染且可再生。据估计,可供开发利用的海洋能量总量在 1500 亿 kW 以上,开发利用前景大。海水淡化与海水化学元素提取的综合利用等海水资源的开发利用、海洋油气与海底矿物资源的开发利用,海洋空间资源的开发利用等都是海洋提供给人类的宝贵财富。人类在开发利用海洋资源的过程中产生与发展了海洋工程。

但人类在对海洋加快开发利用的同时,也给海洋带来了一系列的资源与环境问题,海洋污染问题日趋严重,海洋生态环境日趋恶化。海洋生态的自我调节是有限的,当来自外界的干扰过大时,就会损害它的自我调节功能,从而引起生态失调,导致生态危机的发生,最终威胁到人类的生存。所以人类必须在开发利用海洋的同时,重视海洋环境保护,采取措施和制订法规,加强监督管理,做好经济、资源、环境三者的协调发展,以实现海洋自然资源的可持续利用与人类社会的可持续发展。

1.2.2 海洋划分

海洋可划分为洋(Ocean)(大洋)、海(Sea)、海湾(Gulf, Bay)及海峡(Strait, Channel),其划分的依据是各自的海洋要素特点、海底地貌及形态特征。

1. 洋

洋是海洋的主要组成部分。广阔的大洋洋面约占整个地球海洋总面积的 89%,水深深度一般大于 2000 m,呈现出既深又宽广的特点。由于离大陆较远,海洋水文要素不受大陆影响,所以大洋水色高,透明度大,表面盐度平均值约为 35,各海洋要素的年际变化也小,洋的沉积物多为钙质软泥、硅质软泥和红黏土等海相沉积。受天体引力作用,大洋具有独立的潮汐系统,形成强大的洋流系统。

世界大洋依惯例可划分为太平洋(Pacific Ocean)、大西洋(Atlantic Ocean)、印度洋(Indian Ocean)和北冰洋(Arctic Ocean)这四个部分,它们具有不同的海洋要素特点及地理地貌特征。

位于亚洲、北美洲、南美洲、大洋洲和南极洲之间的太平洋是全球最大、最深的大洋,其东西最大宽度约 1.99 万 km,南北长为 1.59 万 km,连同附属海的面积达到 17 967.9 万 km^2 ,大

于大西洋和印度洋的面积之和,占到地球总面积的 35%,世界海洋面积的 49.8%,其平均深度为 4028 m,最深处在太平洋西部的马里亚纳海沟,深达 11 034 m,也是世界海洋的最深点。

位于欧洲、非洲、北美洲、南美洲和南极洲之间的大西洋是世界第二大洋,形似“S”,连同附属海的面积为 9 336.3 万 km^2 ,占到世界海洋面积的 25.9%。大西洋的平均深度为 3 627 m,最大深度 9 218 m,位于其西北部北美利加海盆南缘的波多黎各海沟(Puerto Rico Trench)。

位于亚洲、非洲、大洋洲和南极洲之间的印度洋是世界第三大洋,连同附属海的面积为 7 491.7 万 km^2 ,占世界海洋面积的 20.7%,大部分水域处在赤道以南,因所处纬度较小而具有热带海洋气候特征。印度洋的平均深度为 3 897 m,最大深度为 7 450 m,位于爪哇海沟(Java Trench)。

被亚洲、欧洲和北美洲各大陆环抱的北冰洋是世界上面积最小、又最寒冷的大洋,并具有世界上最宽广的大陆架。连同附属海的北冰洋面积有 1 310 万 km^2 ,占世界海洋面积的 3.6%,平均深度为 1 296 m,最大深度为 5 449 m。由于地处高纬,所以气候寒冷,大部分海域常年被多年冰雪覆盖,其他海域也多有冰山和浮冰。

2. 海、海湾与海峡

海与海湾、海峡是海洋的附属组成部分。

海是海洋的边缘部分,其面积约占世界海洋总面积的 11%,是由大陆、岛屿与其他海域隔开的水域。根据国际水道测量局(IHB)统计,全世界的海约有 54 个。

海的深度较浅,一般小于 2 000 m,由于其紧靠大陆,海洋水文要素受大陆的影响大,存在明显的季节变化,大陆物质造成海的水色低,透明度小。海由于面积小而使得受到的月球引潮力等的影响小而难以形成自己独立的潮汐与潮波系统,由外海大洋传入的潮波占据了毗邻海潮波的主要地位。海的潮汐涨落显著,潮差比大洋大,潮流有自己的环流形式。海底沉积物多为陆生的砂、泥沙等。

海可根据其地形特征等划分为陆间海、内海(Inland Sea)和边缘海(Marginal Seas)。

陆间海指位于大陆之间的海,面积与深度都较大,如位于欧非大陆之间的地中海(Mediterranean Sea),最大深度达到 4 594 m。陆间海与内海一般都只有狭窄的水道(Passage)与大洋相通,其物理性质与化学成分与大洋有明显差别。内海指伸入大陆内部的海,面积较小,水文特征受到周围大陆的强烈影响,如渤海与波罗的海。

位于大陆边缘的边缘海与大洋敞开相通,中间以半岛、岛屿或群岛相分隔,水流的交换通畅,靠大陆的一边受大陆影响显著,水文要素存在明显的季节性变化,靠大洋一边受大洋的影响大,水文要素相对较稳定,如我国的东海、南海等。

海洋部分延伸进入大陆就会形成海湾,其地形特征是深度和宽度在逐渐减小。海湾中常会出现最大潮差,如杭州湾钱塘潮的最大潮差达 8.9 m,世界最大的潮差出现在北美芬地湾,达 19 m 左右。海湾与毗邻海域可自由相通,这造成两者的海洋状况很相似。

海峡(Straits)是两端与海洋都相连通的狭窄水道,其海流速度大,特别是潮流速度大,可分为上、下层或左、右侧流入或流出,这是海峡最主要的特征。如我国的渤海海峡、琼州海峡与台湾海峡等。

1.3 中国沿岸近海海域特点

1.3.1 中国海域

1. 中国海域概况

中国大陆位于欧亚大陆东南部,东南两面濒临辽阔的海洋,近海毗邻太平洋,处于环太平洋经济圈,地理位置优越,海上交通便利。

中国海域范围广大而辽阔,海域内岛屿众多,面积 500 m^2 以上岛屿有 6500 多个,有人居住的有 400 多个,岛屿岸线总长约 $14\,000 \text{ km}$ 。在这些岛屿中,大岛可以设港泊船,小岛可以设标指航,可在海洋交通中发挥重大作用,依据《联合国海洋法公约》之“岛屿制度”规定,岛屿与大陆领土一样可以平等地拥有领海、专属经济区和大陆架等海域,因此岛屿还起着陆海相连、捍卫海洋国土的作用。岛屿及其周围海域具有渔业、旅游、港址及海洋可再生能源等资源,资源潜力较大。

中国大陆海岸线北起中朝边境的鸭绿江口,经辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西等省、市、自治区,南到中越边境的北仑河口,全长约 $18\,000 \text{ km}$,是世界上海岸线较长的国家之一,滩涂面积 $20\,779 \text{ km}^2$ 。中国沿岸海岸受到的河流、潮汐、波浪等的影响大,形成的海岸类型有基岩海岸、砂质海岸、淤泥质海岸和生物海岸。

中国人口有 40% 生活在这些沿海发达地区,并在未来将有更多的人口从中西部涌入,只占全国 14% 的土地面积,却在每年创造国内 60% 的工农业总产值,海洋经济在其中做出的贡献越来越大。自改革开放以来,海洋经济就以年均 20% 的速度在增长,大大高于同期国民经济的增长速度。在 1978 年,我国主要海洋产业总产值为 60 多亿元,到 2005 年时跃升到近 1.7 万亿元。随着国家科教兴海战略的提出和海洋科学技术的进步,沿海地区的海陆一体化开发进程将得到进一步加速,海洋经济将迎来更高速增长。

2. 《联合国海洋法公约》与“国家管辖海域”

1994 年 11 月 16 日,《联合国海洋法公约》正式生效,建立起一套新的现代海洋法律体系,确定了一系列对海洋权益重新划分与管理的新制度,即 12 海里的领海(Territorial Sea)制度、200 海里的专属经济区(Exclusive Economic Zone)制度和大陆架制度及公海(High Seas)的管理制度等,将世界海洋面积的 35.8% 划归为沿海各国管辖,称为“国家管辖海域”,可作为国土对待,以国家行为来进行维护、开发和管理,并指出国际海底区域及其资源是全人类共同继承的财产,是国家主权之外的国际共管海域,包括内陆国家在内的世界各国都可分享其利益并有遵守有关规定、有保护海洋生态环境的义务。

根据《联合国海洋法公约》,中国拥有 300 万 km^2 左右的国家管理海域,即通常人们所说的 300 万 km^2 海洋国土,占到我国陆地国土面积的近 $1/3$ 。开发、利用和保护好我国海洋国土具有十分重要的现实意义和深远的历史意义。

3. 中国近海海洋资源

中国近海及其管辖海域的海洋资源丰富,蕴藏着丰富的油气资源、矿产资源、海洋生物资源、滨海旅游资源及海洋空间资源等。

根据国内外勘探预测,在海岸带和浅海大陆架上的石油资源蕴藏量为 240 亿 t,天然气 14

万亿 m^3 , 具有良好的开发远景。我国海盐产量居世界首位, 经鉴定的海洋生物资源达 20278 种, 它们是中国实现可持续发展的宝贵财富。此外, 在国际海底区域, 我国还拥有 7.5 万 km^2 的多金属结核矿区。

1.3.2 中国近海海区

根据地理位置和水文特征等自然环境的不同, 中国近海自北向南可划分为渤海(Bohai Sea)、黄海(Yellow Sea)、东海(East China Sea)与南海(South China Sea)四个海区。其中海属于中国的内海, 黄海、东海、南海属于太平洋的边缘海。

1. 近海海区水文特点

中国海区平均水深 960 多 m, 近海沉积物主要是由沿海河流携带而来的陆源物质, 形成宽阔的大陆架, 是世界上最宽广的大陆架区之一, 占到海域面积的 58%, 渤海与黄海海底都由大陆架构成, 东海海底的 2/3 与南海海底的 1/2 亦为大陆架。中国大陆的地形自西北向东南倾斜, 海底地势也是大体自西北向东南倾斜变深, 并逐渐变得复杂。

中国近海南北纵跨温带、亚热带和热带三个气候带, 南北地理差异大, 四季变化明显, 入海河流达 1800 多条, 长度 100 km 以上的有 60 多条, 入海径流量和输沙量巨大且具有明显的季节变化, 直接影响着近海的海洋水文要素分布变化及海岸海底的地质地貌形成。入海河流径流量前三位的是长江、珠江和闽江, 其中长江年均入海径流量达 $9414 \times 10^8 \text{ m}^3$, 位居世界第三位。输沙量则以黄河、长江、珠江, 占据前三位, 尤其是黄河的含沙量为世界第一, 年平均输沙量达 15.9 亿 t。

季风气候明显是中国气候的一大特点, 带来降水量的明显季节变化。入海径流量和输沙量主要集中在夏季, 尤其是汛期, 如长江洪水季(5~10 月)的径流量占到全年的 71.7%, 输沙量占到全年的 87.2%。

中国近海属于东亚季风气候带, 东亚冬季风由西伯利亚侵入我国, 由北向南推进, 经渤海、黄海直到南海, 东亚夏季风从南海向北一直影响到黄海、渤海。全年平均风速从北至南呈增大趋势, 且近岸小于洋面, 冬季盛行偏北风, 夏季盛行偏南风, 对应的在冬季盛行偏北浪, 在夏季盛行偏南浪, 波浪自北向南随风速的增强而增大。气温及降水的区域差异很大, 气温南高北低, 降水量和降水天数是南海最多, 越往北越少, 且主要集中在夏季。风速等值线分布明显呈沿海岸线走向的趋势, 风速从海洋向内陆递减, 夏季多遭受台风和风暴潮的袭击, 冬季受寒潮大风等袭击, 在海区内产生狂风、大浪、暴雨、低温等灾害性天气, 其中渤海与北黄海沿岸水域海水会出现不同程度的结冰, 历史上曾出现整个渤海几乎都被冰封的异常冰情。有些地区在枯水季节往往因海水入侵、土地盐碱化而造成经济损失。

中国近海东侧还受到来自北太平洋的强大黑潮暖流及其支流的影响, 具有高温、高盐的水文分布特点。近海潮波由太平洋传入, 自身由月、日引潮力产生的独立潮波很小。各海区的潮汐性质分布不同, 存在半日潮、全日潮及混合潮, 其中南海北部湾是世界典型的正规全日潮海区。潮汐不等现象明显。东海和黄海东部的沿岸潮差最大, 南海的潮差最小。

2. 各近海海区特点

1) 渤海

渤海是深入中国大陆的内海, 位于北纬 $37^{\circ}07' \sim 41^{\circ}0'$ 、东经 $117^{\circ}35' \sim 121^{\circ}10'$ 之间。周围环绕有辽宁、河北、山东三省和天津市, 仅通过渤海海峡与黄海相通, 其分界线为辽东半岛南端

的老铁山和山东半岛北端蓬莱角之间的连线。

渤海在这四个近海海区中的面积最小,约为 $7.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,水深亦最浅,平均 18 m,最深处(83 m)位于老铁山水道,属于浅海。渤海的沉积物是粒级较小的泥、砂等陆源物质,大部分为现代沉积,主要由黄河、滦河等河流径流携带而来。

渤海由沿海的三个海湾即辽东湾、渤海湾和莱州湾及中央盆地和渤海海峡五部分组成。渤海的海底地形由四周向渤海中央和渤海海峡倾斜,地势变化平缓,地形单调,整个位于大陆架上。

渤海的周围大部分被陆地环绕,水文状况受陆地影响大,冬季寒冷少雨风大,夏季炎热多雨风力较弱,水温年变化大,表层水温的年较差达 24.6°C 左右,每年冬季寒潮来袭,渤海沿岸大多出现冰冻现象。由于黄河、辽河、滦河和海河等大陆河川的大量淡水流入,使得渤海海水中的盐度比其他海区都低,年平均值约为 30.0。渤海的石油、盐、水产资源丰富,渤海油田是我国第一个海上石油生产基地。

2) 黄海

黄海西临山东半岛和苏北平原,东邻朝鲜半岛,北端是辽东半岛,属于太平洋的边缘海。西北方向与渤海相连,与东海分界处是长江口北角启东嘴至济州岛西南角间的连线,在东南通过济州海峡、朝鲜海峡与日本海相通。

黄海平均水深 44 m,最深在济州岛北面,为 140 m,属于浅海,海底地势比东海、南海平坦,地貌形态比渤海复杂。流入黄海的河流主要有鸭绿江、淮河、大同江、汉江等。

根据其地形特征,以山东半岛成山头角到朝鲜西岸的长山之最窄处的连线为分界线,黄海可分为南、北黄海两部分。北黄海是指山东半岛、辽东半岛和朝鲜半岛之间的半封闭海域,海底平缓,面积约 $7.13 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均水深 38 m。南黄海为长江口至济州岛连线以北的椭圆形半封闭海域,面积约 $30.9 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均水深 46 m。

黄海沉积物亦以来自河流径流携带的泥、砂等陆源物质为主,粒级较小,除近渤海海峡存在残留沉积外,北黄海几乎都为现代沉积,南黄海则大部为现代沉积。

黄海的水温年变化小于渤海,为 $15^\circ\text{C} \sim 24^\circ\text{C}$ 。黄海海水的盐度也较低,平均值为 32.0。高温高盐的黄海暖流流经黄海海域,寒暖流交汇,水产资源丰富。黄海沿岸还是我国的海盐主要产区。

3) 东海

东海北连黄海,东到琉球群岛(Ryukyu-gunto)与太平洋相通,西接我国大陆,南面通过台湾海峡南端与南海相通,为闽粤交界处。

东海属于西太平洋的边缘海,西部有广阔的大陆架,约占东海面积的 $2/3$,北部陆架最大宽度达 640 km,外缘转折点水深约为 $100 \sim 170 \text{ m}$,东部向太平洋过渡,地势自西北向东南倾斜,具有大陆斜坡和深海槽,冲绳海槽将东海大陆架与琉球群岛岛缘陆架自然分界。

东海海域比较开阔,面积约 $77 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均水深 370 m,最深处在冲绳海槽,为 2719 m,兼有浅海和深海特征,但以浅海特征显著。东海的沉积物性质以砂质为主,软泥成分较少。大陆架部分主要是陆源沉积,大陆坡还分布有大量的自生沉积和生物沉积。

东海大陆海岸线曲折,潮差大,港湾众多,岛屿星罗棋布,我国一半以上的岛屿分布在这里。流入东海的江河多,径流流量大,长度超过百公里的河流有 40 多条,其中长江、钱塘江、瓯江、闽江等四大水系是注入东海的主要江河。