

GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

● 高等学校测绘工程系列教材

现代海洋测绘

Modern Marine Surveying and Charting

上册

赵建虎 主编



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等学校测绘工程系列教材

现代海洋测绘

Modern Marine Surveying and Charting

上册

赵建虎 主编

编委 沈文周 吴永亭 周丰年
杨 鲲 陈义兰 田 淳



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据 “十一·五”普通高等教育

现代海洋测绘. 上册/赵建虎主编. —武汉: 武汉大学出版社,
2007.12

普通高等教育“十一·五”国家级规划教材

高等学校测绘工程系列教材

ISBN 978-7-307-05916-0

I. 现… II. 赵… III. 海洋测量—高等学校—教材 IV. P71

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 164641 号

上册

主编 赵建虎

责任编辑:王金龙

责任校对:黄添生

版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:湖北新华印务公司

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:405 千字

版次:2007 年 12 月第 1 版 2007 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-05916-0/P·130 定价:25.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售
部门联系调换。

前 言

海洋约占整个地球面积的 71%，蕴藏着丰富的自然资源。随着陆地资源的逐渐匮乏，人类已将资源开发和利用的重点转向了海洋，世界各国对此均给予了高度的重视，21 世纪是海洋世纪已成为不争的事实。我国已制定了 21 世纪海洋强国战略，其总目标是将我国建设成为世界级的海洋强国。在这一世纪性战略中，海洋测量作为人类一切海洋活动的基础，必将发挥十分重要的作用。

海洋测绘是海洋测量和海图绘制的总称，其任务是对海洋及其邻近陆地和江河湖泊进行测量和调查，获取海洋基础地理信息，编制各种海图和航海资料，为航海、国防建设、海洋开发、管理和海洋研究服务。海洋测绘的主要内容有海洋大地测量、水深测量、海洋工程测量、海底地形测量、障碍物探测、水文要素调查、海洋重磁力测量、各种海洋专题测量和海区资料调查，以及各种海图、海图集、海洋资料的编制和出版，海洋地理信息的分析、处理及应用。从信息的角度出发，囊括了海洋基础信息的获取、管理和应用。近 20 年来，随着科学技术的发展，海洋测绘在仪器、技术和理论方面均取得了飞速的发展。尤其是现代高精度卫星定位技术和水下 GPS 定位技术、船载扫测技术（如多波束、高精度高分辨率测深侧扫声呐）、海洋遥感技术、ADCP 技术和目前的研究热点水下自治机器人（AUV）集成海洋测绘系统、电子海图技术和海洋 GIS 技术，这些现代海洋测控技术极大地推进了海洋测绘的发展，使现代海洋测绘呈现空间立体信息获取、信息自动存储和快速准确应用的态势，基本满足了海洋调查、开发和研究的需求。

《现代海洋测绘》为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。为推广现代高新技术在海洋测绘中的应用，使高等院校的本科生、研究生以及与海洋测绘相关的专业人员能够了解和掌握这些新技术，本书在现代海洋测绘定义框架内，介绍了海洋测绘各内容的历史和现代实施手段，其中对历史手段和方法做了简单的回顾；重点介绍了目前正在应用的技术和方法，尤其是一些比较成熟的现代海洋测绘方法和手段；对于一些具有巨大应用潜力而目前尚未推广应用的技术方法，本书也给予了简单的介绍，以作为研究导引。

本书共分 15 章，涵盖了民用海洋测量、图形绘制和海洋信息管理三大部分，其中，海洋测量部分主要包括海洋大地测量、海洋水文要素观测、海洋声速及声线跟踪、潮汐调和分析及海洋垂直基准面、GPS 定位与海底声学定位、测深手段及海底地形测量、海底地貌及海底底质探测、海洋重力测量、海洋磁力测量和卫星海洋遥感等测量手段、方法及理论；在此基础上，介绍了海洋测量在海域划界、海洋工程测量方面的应用；基于实测的海洋信息，在第 14 章、第 15 章，介绍了海洋图形绘制、海洋信息管理的理论、方法及应用。

本书内容由作者集体讨论，分工编写完成。其中第 1 章由赵建虎和沈文周编写；第 2 章由赵建虎、吴永亨编写；第 3 章由田淳、赵建虎编写；第 4 章由周丰年编写；第 5 章由赵建虎、田淳编写；第 6 章由吴永亨、赵建虎编写；第 7 章由周丰年、赵建虎编写；第 8 章由陈义兰、赵建虎编写；第 9 章由杨鲲、赵建虎编写；第 10 章由赵建虎、吴永亨编写；第 11 章由赵建虎编写；第 12

章由沈文周编写;第 13 章由吴永亭、杨鲲和赵建虎编写;第 14 章由赵建虎编写;第 15 章由赵建虎、陈义兰、杨鲲编写。

本书在编写过程中,得到了徐德宝教授的大力支持,并提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心感谢。

由于《现代海洋测绘》涉及的范围比较广泛,加之作者水平有限,书中有不妥之处,敬请读者批评指正。

人, 3 個葡萄樹的樹皮和樹葉, 將發熱的自來水灌入葡萄藤, 17 個麻面裡裝個編者

2007年7月于武汉

目 录

第 1 章 海洋与海洋测绘	1
1.1 海洋	1
1.2 海洋测绘	13
1.3 本书的结构体系	26
思考题	29
第 2 章 海洋大地控制网	30
2.1 概述	30
2.2 海面控制网	30
2.3 海底控制点的照准标志和作用距离	31
2.4 海底控制点(网)的几何图形	35
2.5 海底控制点(网)坐标的测定	37
思考题	46
第 3 章 海洋水文要素观测	47
3.1 海水温度	47
3.2 海水盐度	49
3.3 海水密度	51
3.4 海水透明度、水色	52
3.5 潮汐及潮汐观测	53
3.6 海洋波动类型及其影响	61
3.7 海流的类别及其特点	64
3.8 ADCP 及流速、流向测量	68
思考题	75
第 4 章 海洋声速及声线跟踪	76
4.1 海洋声学	76
4.2 声呐及其工作方式	81
4.3 海洋声速及声速剖面类型划分	84
4.4 声线跟踪	90
4.5 等效声速剖面法	92
4.6 声线跟踪过程	94

4.7 声速测量误差对水深计算的影响	97
思考题	98
第5章 潮汐调和分析及海洋垂直基准面	99
5.1 平衡潮理论	99
5.2 潮汐、潮流分析	103
5.3 垂直基准	108
5.4 基准传递与推估	115
5.5 海洋垂直基准统一框架	118
思考题	120
第6章 GPS定位与海底声学定位	122
6.1 概述	122
6.2 GPS绝对定位	123
6.3 GPS静态相对定位	128
6.4 局域差分GPS(LDGPS)定位	134
6.5 广域差分GPS(WADGPS)定位	138
6.6 水声定位的基本原理和方法	139
6.7 水声定位系统	141
6.8 水声定位改正	147
思考题	149
第7章 水深测量及海底地形测量	150
7.1 概述	150
7.2 回声测深原理	150
7.3 四波束扫海测深仪	152
7.4 多波束测深系统	153
7.5 高分辨率测深侧扫声呐	165
7.6 基于水下机器人的水下地形测量	169
7.7 机载激光测深	171
7.8 测线布设	173
7.9 测深精度	175
7.10 水位改正	178
7.11 测量数据质量与管理	183
7.12 海底地形成图	184
思考题	187
第8章 海洋地貌及底质探测	188
8.1 声波与海底底质的相互作用	188
8.2 回波强度及其数据处理	191

8.3 声呐图像的形成原理	195
8.4 多波束声呐图像	198
8.5 侧扫声呐及其声呐图像	201
8.6 基于声呐图像判读海底地貌	207
8.7 基于声呐图像划分海底底质类型	210
8.8 海底浅层剖面仪	212
思考题	214
第9章 海洋重力测量	215
9.1 扰动位、大地水准面及垂线偏差	216
9.2 海洋重力测量的干扰影响及消除	217
9.3 海洋重力仪	224
9.4 海洋重力测量的设计与实施	231
9.5 海洋重力测量的数据处理	234
9.6 海洋重力异常的解释及应用	239
思考题	244
参考文献	245

第 1 章 海洋与海洋测绘

1.1 海 洋

1.1.1 海洋概述

海洋测绘的对象是海洋,研究和从事海洋测绘需首先了解海洋的一般状况以及海洋与人类生存和发展的关系。

1. 海洋的含义

海洋是地球表面包围大陆和岛屿的广大连续的含盐水域,是由作为海洋主体的海水水体、溶解和悬浮其中的物质、生活于其中的海洋生物、邻近海面上空的大气、围绕海洋周缘的海岸和海底等部分组成的统一体。但通常人们所称的海洋,仅是指作为海洋主体的广大连续水体。海洋的中心部分称为“洋”,边缘部分称为“海”。

地球表面海陆分布极不平衡。地球表面总面积为 $5.10 \times 10^8 \text{ km}^2$,其中,海洋面积为 $3.62 \times 10^8 \text{ km}^2$,在地球总面积中所占的比例为 70.8%;陆地面积为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$,占地球总面积的比例为 29.2%;海陆面积之比为 2.5 : 1。南、北半球海洋和陆地占全球面积的比例见表 1-1,各大洋的面积、体积以及平均深度见表 1-2。

表 1-1 南北半球海陆面积的比例

	海洋比例 / %	陆地比例 / %
北半球	60.7 (42.1)	39.3 (66.1)
南半球	80.9 (57.9)	19.1 (33.9)

备注:(1) 括号内数字为南、北半球的海洋和陆地分别占其总面积的比例;

(2) 无论如何划分地球,任一半球海洋比例均大于其陆地比例;

(3) 海洋是相通的,而陆地则是相互分离的。

表 1-2

海洋面积、体积和平均深度

洋及相邻的海	面积 / 10^3 km^2	体积 / 10^3 km^3	平均深度 / m
大西洋	179680	723700	4028
太平洋	93360	338523	3626
印度洋	74910	291924	3897
北冰洋	13100	15720	1200
总和及加权深度	361050	1369918	3794

如果对南、北两半球分别进行考察,则可发现南半球被海水覆盖的面积为 $4/5$,北半球被海水覆盖的面积略多于 $3/5$ (见图 1-1),因此,人们一般称南半球为水半球,称北半球为陆半球。海洋在地球表面上的分布虽然是不均匀的,但海洋和陆地在地表上的分布,具有对称现象。如图 1-1,南极洲为大陆,北极为海;而欧、亚、非三大洲却与南太平洋的面积对称;北半球的大陆部分呈环状分布,南半球的海洋也呈环状分布。

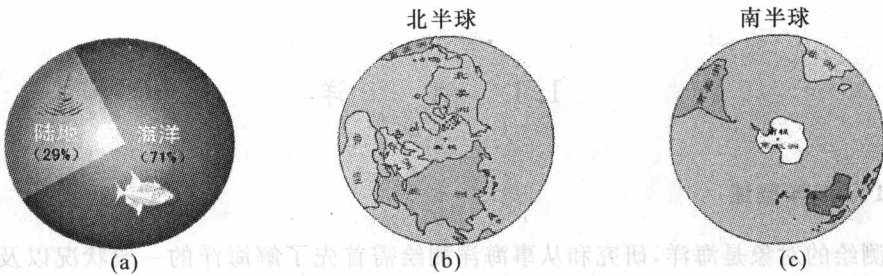


图 1-1 地球上的海陆分布

海、陆在地球表面的不同纬度上,其分布也是不均匀的。除了 45°N 到 70°N 之间,以及南纬高于 70°S 的南极洲地区陆地面积大于海洋面积之外,其余大多数纬度上,海洋面积均大于陆地面积。而在 56°S 至 65°S 之间,几乎没有陆地,地球这部分的表面均被海洋覆盖。在地球上,陆地不同的高度和海洋不同的深度,它们所覆盖的面积也是不同的,其比例正好是 29%,这进一步说明陆地占地球表面积的 29%,而海洋占地球表面积的 71%。就整个地球而言,在海洋覆盖的 $3.6 \times 10^9 \text{ km}^2$ 的面积之下,储存着大约 $1.37 \times 10^{10} \text{ km}^3$ 的海水,它们的平均深度为 3794 m。因此,可以说海洋是一个相当深广的空间。

人们一般习惯于把海和洋统称为海洋,其实海和洋是两个不同的概念。况且就海而言,也还有边缘海和地中海之分,另外还有海湾和海峡的区别。

一般指的洋,亦称为大洋。洋是远离大陆、深邃而浩瀚的水域部分。约占海洋总面积的 89%,深度一般在 3000 m 以上。大洋中海水的盐度、温度等水文要素不受大陆的影响,年变化小,且比较稳定。大洋有独立的风,潮汐和洋流系统。

地球上共有四大洋(图 1-2):即太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋;也有的把地球上的洋划分为五大洋的,即除上述四大洋外,把环绕南极洲的水域称为南大洋。

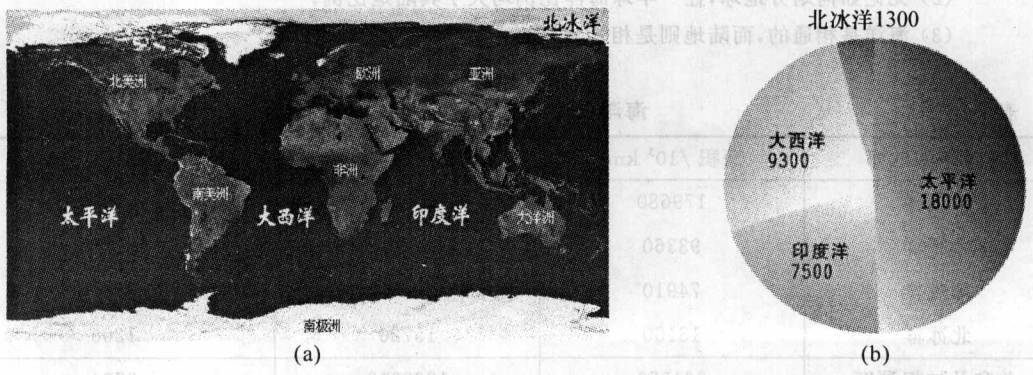


图 1-2 四大洋的分布

太平洋:位于亚洲、大洋洲和美洲之间。北起白令海,南到南极的罗斯海,东至巴拿马,西至菲律宾的棉兰老岛。太平洋的西部,经马六甲海峡与印度洋相通,东面由巴拿马运河与大西洋相连接,太平洋是地球上最大和其中岛屿最多的大洋。

大西洋:位于欧洲、非洲和美洲之间。南临南极洲,北连北冰洋,并与太平洋和印度洋的水域相通。它是地球上的第二大洋。形状细长,呈“S”形,两头宽中间窄,在四大洋中南北长度最长,东南宽度最窄,在赤道附近宽度仅有 1500 n mile 左右。

印度洋:位于亚洲、非洲、大洋洲与南极洲之间。形状呈扁平形。东西长,南北短,大部分洋区在赤道附近,印度洋是一个热带洋。

北冰洋:位于欧、亚和北美大陆之间,基本上以北极为中心。北冰洋是地球上四大洋中面积最小、温度最低的寒带洋,终年被巨大的冰层所覆盖。

海,一般人们把大洋四周的边缘部分称做海,海濒临大陆,面积比大洋小得多。深度一般在 2000 ~ 3000 m 以下,有的只有数十米,海的面积占海洋总面积的 11%。海中的水温、盐度等水文要素,受大陆和季节的影响,变化较大,水色混浊、透明度小,潮汐和海流均受大洋的支配。没有自己独立的系统。

根据统计,附属于地球上四大洋的海共有 49 个,其中属于太平洋的有:白令海、鄂霍次克海、日本海、黄海、东海、南海、爪哇海、苏禄海、苏拉威西海、巴厘海、佛罗里斯海、摩鹿加海、西兰海、班达海、珊瑚海、阿拉斯加湾、加利福尼亚湾等 17 个海;属于大西洋的有:巴芬湾、哈得逊湾、加勒比海、波罗的海、北海、比斯开湾、地中海、马尔马拉海、黑海、亚速海、里海、咸海、几内亚湾等 14 个海;属于印度洋的有:红海、波斯湾、阿拉伯海、孟加拉海、安达曼湾、萨式海、帝汶海、阿拉弗拉海、大澳大利亚湾等 9 个海;属于北冰洋的有:格陵兰海、挪威海、巴伦支海、白海、喀拉海、拉普帖夫海、东西伯利亚海、楚科奇海、波弗特海等 9 个海。

介于大陆之间的海为陆间海,例如欧、亚、非大陆之间的地中海;深入大陆内部的海称为内陆海,如我国的渤海。陆间海和内陆海,均为地中海,其水文状况主要受陆地的影响。另外,既是大洋的边缘,而与大洋之间又有半岛或岛屿相隔的称为边缘海,例如我国的黄海、东海和南海等。

海湾是指洋或海延伸进入大陆部分的水域。其深度逐渐减小。海湾中海水的性质与其相近的洋或海中水的状况相似。由于海湾不断变窄、变浅,因此容易发生最大的潮汐。

海峡是指海洋中相邻海区之间宽度较窄的水道。海峡地区海洋状况的最大特点是潮流速度很大。海峡有深有浅、有宽有窄,它们是连接洋与洋、洋与海、海与海的咽喉。如马六甲海峡是太平洋与印度洋的通道;直布罗陀海峡是地中海与大西洋之间的要冲。据相关资料统计,地球上主要的海峡就有 36 个之多。另外人们为了交通上的方便,还开挖了苏伊士运河和巴拿马运河,它们也具有类似于海峡的功能。

海岸、海岸带和海岸线是 3 个相关的概念。

海岸,笼统地讲就是陆地与海洋相互作用、相互交界的地带。海岸可以分为海、陆之间现今正在相互作用着的现代海岸和过去曾经相互作用过的古代海岸两种。其实,海岸的概念可以包括在海岸带这一概念之中。海岸带是海陆交互的地带,其外界应在 15 ~ 20 m 等深线一带,这里既是波浪、潮流对海底作用有明显影响的范围,也是人们活动频繁的区域;它的内界,海岸部分为特大潮汐(包括风暴潮)影响的范围。河口部分则为盐水入侵的上界。海岸线是近似于多年平均大潮高潮的痕迹所形成的水陆分界线。可根据海岸植物的边线、土壤、植物的颜色、湿度、硬度以及流木、水草、贝壳等冲积物来确定。在地图上,为了明显起见,用一条界线把海洋和

陆地截然分开,这条界线称之为“海岸线”。整个地球上,海岸线的总长度约为 439100 km。

2. 海洋概貌

海洋地形(图 1-3) 通常分为海岸带、大陆边缘和大洋底三个部分。

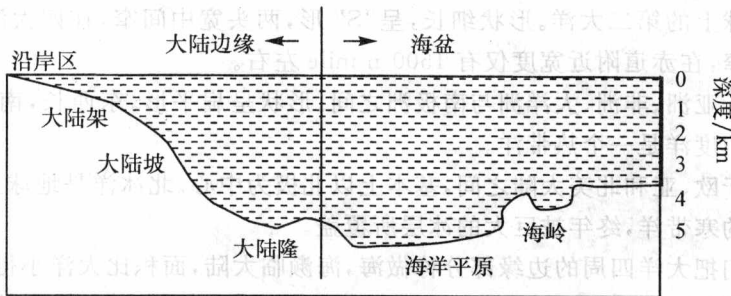


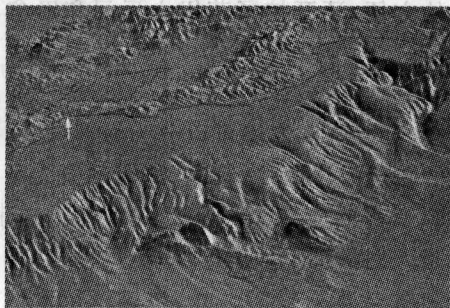
图 1-3 海底两个主要组成部分图

1) 海岸带是海陆交互作用的地带,其地貌是在波浪、潮汐和海流等作用下形成的。海岸带由海岸、海滩及水下岸坡组成。海岸是高潮线以上狭窄的陆上地带,大部分时间里裸露于海水水面之上,仅在特大风暴潮时才被淹没,故又称为潮上带;海滩是高低潮之间的地带,高潮时被水淹没,低潮时露出水面,故又称为潮间带;水下岸坡是低潮线以下直到波浪作用所能到达的海底部分,又称为潮下带,其下限相当于 1/2 波长的水深处,通常为 10 ~ 20 m。

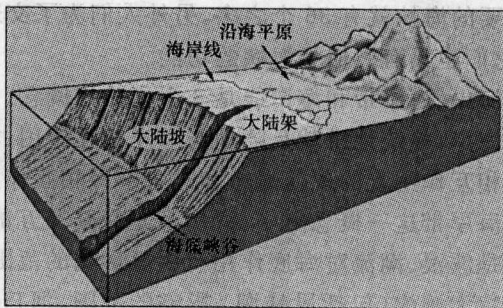
2) 大陆边缘是大陆与大洋连接的边缘地带。大陆边缘是大陆与大洋之间的过渡带,通常由大陆架、大陆坡、大陆隆及海沟等组成。

(1) 大陆架是大陆周围被海水淹没的浅水地带,是大陆向海洋底的自然延伸,其范围是从低潮线起以极其平缓的坡度延伸到坡度突然变大的地方(即陆架外缘)为止。主要特点是平均坡度为 0.1°,平均深度为 132 m,最深为 500 m,平均宽度为 75 km,最宽为 1000 km;大陆架的沉积物主要是来自大陆的泥沙形成的阶状海底平坦面,其上为一些水下沙丘或丘状起伏的地貌形态;水文要素有明显的季节变化,风浪、潮流及海水混合作用强烈;海水营养盐及氧丰富,初级生产力高,易形成良好渔场。全球大陆架水面面积占海洋总面积的 7.6%。

(2) 大陆坡是大陆架外缘陡倾的全球性巨大斜坡,其下限为坡度突然变小的地方(图 1-4)。主要特点:坡度较陡,平均为 3°~7°,最大坡度在斯里兰卡海岸外,达 35°~45°,宽度从几



(a)



(b)

图 1-4 大陆、大陆架、大陆坡的三维图像

海里到几百海里不等;大陆坡表面主要是一些海底峡谷和深海平坦面;大陆坡水域离大陆较远,水文要素分布较稳定;全球大陆坡水面面积占海洋总面积的 15.3%。

(3) 大陆隆是从大陆坡下界向大洋底缓慢倾斜的地带,又称大陆基或大陆裙(如图 1-5)。主要特点是:大陆隆表面坡度平缓,水深在 2500~4000 m;沉积物深厚,形成深海扇形地貌,富含有机质,蕴藏有巨大的海底油气资源;全球大陆隆水面面积占海洋总面积的 15.3%。

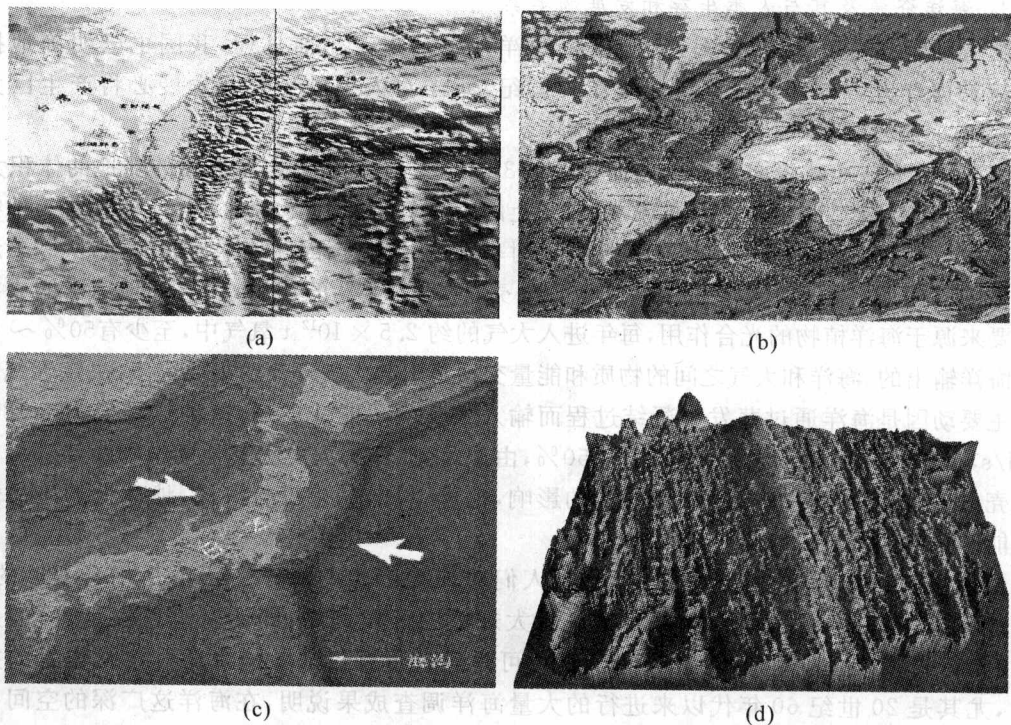


图 1-5 海沟(左)和大洋中脊(右)

(4) 海沟是大陆边缘底部狭长的海底陷落带,深度通常大于 6000 m,多数海沟分布在太平洋四周(如图 1-5)。

3) 大洋底是大陆边缘之间的大洋全部部分,由大洋中脊和大洋盆地构成

(1) 大洋中脊是贯穿世界四大洋、成因相同、特征相似的巨大海底山脉系列(如图 1-5)。全长 65000 km,顶部水深 2~3 km,高出大洋底 1~3 km,有的露出海面成为岛屿,宽数百至数千公里不等,面积占洋底面积的 32.8%,是世界上规模最巨大的环球山脉。大西洋中脊延伸方向大致与两岸平行,印度洋中脊呈“人”字形,太平洋中脊偏居东侧且边坡较平缓,故有东太平洋海隆之称。各大洋中脊的北端分别延伸至陆地,南端相互连接。大洋中脊的顶部有沿其走向延伸的陷落谷地,深 1~2 km,宽数 10~100 km,称为中央裂谷。该裂谷是海底扩张中心和海底岩石圈增生的场所,扩张和增生主要通过沿裂谷带的广泛火山活动来实现的。

(2) 大洋盆地是大洋中脊和大陆边缘之间的宽广洋底。大洋盆地坡度极小,约 $0.3^{\circ} \sim 0.7^{\circ}$,深度为 6000 m 左右,面积约占世界海洋面积的一半。大洋盆地上通常分布一些海槽、海

底谷、断裂带等负地形及一些海山、海丘、海岭等的正地形。

根据以上的介绍,我们可以清楚地了解到,虽然海面有时看起来是比较平静的,但是在海水覆盖下的海底地形是相当复杂的。因此人们要认识海洋、开发海洋和利用海洋,其首要且繁重的任务就是要透过海水、精确地测绘海底地形。由此可知,陆上测绘和海洋测绘的区别,关键在于前者是在大气中进行,后者则要克服海水这一介质的阻隔。关于海水的一些重要特性,在第3章海洋水文要素观测中将具体介绍。

3. 海洋资源及其与人类生存和发展的关系

随着陆地资源的逐渐枯竭,人类已将海洋开发列入了当前日程,我国也已明确地提出了相应的海洋开发战略。21世纪是海洋的世纪,海洋对人类的生存和发展必将产生巨大的影响。

首先,由于在地球表面储存着总体积约 $1.37 \times 10^{10} \text{ km}^3$,比高出海平面的陆地的体积大14倍的海水,它控制着自然界的水循环,对地球上的生态环境产生绝对的影响。海水是一种密度比空气大得多,且有较大热容量、流动性和反射率很低的物质。因此地球上的海洋,实际上起到了巨大的太阳能“吸收器”、“分配器”和地理外壳的“调节器”的作用,大气和地球水圈中游离氧主要来源于海洋植物的光合作用,每年进入大气的约 $2.5 \times 10^{12} \text{ t}$ 氧气中,至少有50%~60%是由海洋输出的。海洋和大气之间的物质和能量交换是引起大气环流的主要因素,决定天气和气候的主要动因是海洋通过蒸发和凝结过程而输入大气的热能造成的,这种热能值为 $4.1868 \times 10^{16} \text{ J/s}$,是地表太阳总辐射能的30%~50%,由此可见,作为人类和其他动植物生活环境的地理外壳的各种主要特性完全取决于海洋的影响,也可以说,如果没有海洋,地球上的生命也就不可能产生和存在。

长期以来,由于科学技术条件的限制,人们对如此广阔的海洋的认识是相当不够的,因此只能在它的影响下生存,而无法对其进行大规模的开发利用。即使有也仅仅是进行“兴鱼盐之利,行舟楫之便”这样传统的开发利用。可是经过近百年来各国海洋科技工作者的共同努力,尤其是20世纪60年代以来进行的大量海洋调查成果说明,在海洋这广深的空间中储存着极其丰富的资源可供人类使用。这些资源对于人类而言,无疑是一项极其重要和宝贵的财富,在未来的社会发展中,人类对海洋的依赖将逐步增加,从海洋获取的利益也会越来越多,海洋资源必将成为人类赖以繁衍和维持高度物质文明和精神生活的重要物质基础。因此,加深对海洋的认识,发展海洋科学技术,扩大海洋开发的深度和广度,是人类走向未来的一项历史任务。

据初步统计,海洋中储存的海洋能、矿物资源和生物资源大致如下:

1) 海洋能

海潮的涨落、潮流和由风引起的波浪中都蕴藏着巨大的能量,例如由于海潮的作用,在我国的长江中潮流可上溯到镇江一带,而美洲的亚马逊河,由于其河面宽,河道直,因此潮水可沿河上逆1400 km左右。另外,我国钱塘江口的杭州湾其潮高可达8~10 m,最大时达12 m。美洲的Bay of Fundy,是世界上潮汐变化最大的地方,最大潮差可达18 m。又如海浪所具有的能量,我们可从以下例子中了解一斑,即拍岸浪的力量大得惊人,它给予海岸或海岸建筑物的压力,达到每 1 m^2 中 $3 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4 \text{ kg}$,如在黑海的索奇沿岸,测得拍岸浪对海岸的冲击力达 11000 kg/m^2 ;在海滩达 4 t/m^2 ,这就不难看出波浪的力量是何等的巨大,可惜的是,目前人们往往只能从它们对人类生产、生活和社会带来的破坏中,感受到它们巨大的威力。据估计,世界海洋中的潮汐、波浪、温差、海流、盐差能的蕴藏量约 $1.48 \times 10^{11} \text{ kW}$ 。它们确实是人类能源开发

的一个处女领域,直到现在还未对它们进行大规模的开发利用。小规模利用如有的国家已研究成功波力发电机,为海上浮标灯塔提供了电力;同时也有些国家正致力于研究建立潮汐发电站的问题,我国也从 20 世纪 70 年代开始分别在广东、福建和浙江等地建造了一些小型的试验性的潮汐电站。潮汐发电站的原理见图 1-6。

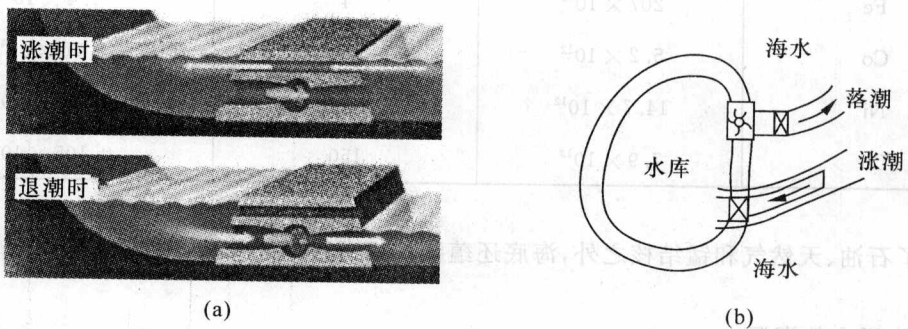


图 1-6 海洋潮汐发电

2) 海洋矿物资源

关于海洋矿物资源这一提法,是一个广义的概念,是指海水中包含的矿物资源、海底表面沉积的矿物资源和海底各种地质构造中埋藏的矿物资源的总称。

海洋在全球物质循环交流系统中占有相当重要的地位,据估计,海水总量为 $1.37 \times 10^{10} \text{ km}^3$,约占地球总水量的 97%,淡水只占 3%。海水如此之多,几乎包含了地球的一切元素。海水中的无机物主要是河流输入的陆源物质,也有火山喷发物和陨石的衍生物等,而海水中的有机物,则多半是由海洋生物造成的。由于海水运动,使得海水中各种元素的分布比较均匀,但是由于海洋生物的活动,大气与海洋、海洋与海底之间的物质交换,又在不断地破坏这种均匀状态,随着这种从均匀到不均匀再到均匀的过程,也就是海洋水中各种矿物元素的积累过程。我们知道海水又咸又苦,经过分析了解到,海水中溶解了大量的杂质和气体物质,杂质中以氯化钠为主,也含有苦味的氯化镁,按重量比例,杂质的总量为 $4.8 \times 10^{18} \text{ t}$,已知的元素有 60 多种。海水中资源种类极多,数量极大,储量相当可观,例如在海水中就储存着 $5.5 \times 10^6 \text{ t}$ 的金、 $4.1 \times 10^6 \text{ t}$ 的银、 $4.1 \times 10^7 \text{ t}$ 的铜和 $4.1 \times 10^7 \text{ t}$ 的锡等。

石油和天然气资源在地球上分布极广,在海洋里的 $2.71 \times 10^7 \text{ km}^2$ 的大陆架、 $2.87 \times 10^7 \text{ km}^2$ 的大陆坡和大约 $2.50 \times 10^7 \text{ km}^2$ 的大陆海隆(所谓海隆是在海盆中的大面积海底隆起部分)中也都可能蕴藏着石油和天然气。据 20 世纪 70 年代初期的估计知,海底石油的储藏量可能和陆上石油的储藏量相等,即 $2.07 \times 10^{12} \text{ gal}$ 。由于我国近年来在渤海、黄海、东海和南海纷纷探明丰富的石油储藏量,因此世界海洋石油的储藏量将会增加。

除石油之外,值得注意的是在大洋底广泛蕴藏着锰结核矿,它在太平洋、大西洋和印度洋中都有,不过它们都处于水深 3500 ~ 4500 m 的深海海底表面。锰结核的组成成分为:锰 57% ~ 76%、镍 0.06% ~ 2.37%、钴 0.008% ~ 2.99%、铜 0.013% ~ 2.92% 以及其他金属元素,表 1-3 中给出了根据海洋调查推算出的锰结核在海底的蕴藏量,从此表中可以看出,其埋藏量大于陆上的埋藏量若干数量级,况且其埋藏量还逐年增长。

表 1-3 海底锰结核矿蕴藏量

元素名	埋藏量 /t	与陆地埋藏量之比 / 倍	结核生长量 /t/a
Mn	358×10^{12}	4000	1.3×10^4
Fe	207×10^{12}	4	1.4×10^4
Co	5.2×10^{12}	5000	0.36×10^4
Ni	14.7×10^{12}	1500	0.102×10^4
Cu	7.9×10^{12}	150	0.105×10^4

除了石油、天然气和锰结核之外,海底还蕴藏着相当数量的铁砂、磷矿、锡砂和硫磺等矿产资源。

3) 海洋生物资源

海洋中有大量的鱼类和海藻类植物可供人类食用,而水产生物资源的一大特点是即使进行高效率的捕获,也不致于导致资源的枯竭,因为鱼种是一种自新生的资源(图 1-7)。但在这里也必须指出海洋环境的污染,将会对海洋生物资源起到极大的破坏作用,一些捕捞专家们估计,如果管理得法,世界渔业每年可提供 2×10^9 t 以上的鱼产品。另外,海藻类植物的繁殖速度也是相当快的,它们也可以为人类提供数量可观的食品。因此,一些科学家们认为 21 世纪在人类的食物中,将有很大一部分是取自于海洋。



图 1-7 海洋渔业

综上所述,海洋的存在对人类的生存产生着巨大的影响,尤其是随着世界人口不断地增长,陆上资源日渐枯竭,因此人类必须到大陆以外寻求新的资源来源。当代科学技术的发展,使人们可以有能力去打开海洋这“绿色的资源宝库”。可以预料,过去人类是被动地受海洋存在的影响,而现在已进入了人类主动向海洋进军,从海洋索取物质资源的新纪元。因此,海洋与人类的关系将会越来越密切,这就促使有关海洋的调查研究工作迅速地开展,从而也对海洋测量工作提出更新的课题和更加繁重的任务。

1.1.2 世界海洋新格局

随着人类文明、科学技术的发展,人们对海洋的认识也由浅入深地完善起来,尤其通过近一个世纪以来,人们对海洋进行了广泛的调查和近几十年来海洋石油的开采成功,使人们深知海洋除了作传统的载舟之航道外,更重要的是在海洋中储藏着无数的海洋生物资源、海洋矿产资源和海洋中可被利用的各种能源。这些都是地球上迅速增长的人类总量今后生存和发展所需依赖的。因此,近几十年来,一些沿海国家纷纷提出扩大领海范围的要求。即使一些内陆国家也提出了海洋资源的共有问题,鉴于上述情况,有关海洋法的制订工作,就成为当今世界上一项重要的政治任务。自第二次世界大战以来,经历了将近 30 年的时间,终于在 1982 年 11 月由联合国组织有关国家和组织,起草了《联合国海洋法公约》并在牙买加蒙得哥湾开放签字,至此,世界海洋的新格局已经形成。

1. 内海

内海亦称内水,指领海基线以内的水域。《联合国海洋法公约》第 8 条第 1 款规定,领海基线向陆一面的水域为国家内水的一部分。内水从海岸线起向海一侧延伸至领海基线。换言之,领海基线为内水的外部界限,即内水与领海的分界线。国家对其享有完全的排他性主权。除外国船只在直线基线制度确立前不被视为内水的区域内有无害通过权外,一国对其内水行使全部的主权(《联合国海洋法公约》第 8 条第 2 款)。有关的海峡制度适用于被直线基线所包围的海峡。

2. 领海

为沿海国的主权及于其陆地领土及其内水以外邻接的一带海域,在群岛国情形下则及于群岛水域以外邻接的一带海域,称为“领海”(《联合国海洋法公约》第 2 条第 1 款),即沿海国主权之下的,与其陆地或内水相邻接的一定宽度的水域。1982 年《联合国海洋法公约》规定,领海宽度不超过 12 n mile。目前各国已宣布的领海宽度有 3、4、6、12、15、20、24、50、70、100、150 和 200 n mile。领海外部界限是一条,其每一点同基线上最近点的距离等于领海宽度的线(《联合国海洋法公约》第 4 条)。由主权国按照一定原则,在确定领海基线和领海宽度之后,以规定的方式划出。各国可根据本国的地理特点、经济发展和国家安全需要自行确定其领海范围和划定方法。领海是沿海国领土的组成部分。国家对领海的主权及于其上空、海床和底土。

3. 毗连区

为一种毗连国家领海并在领海外一定宽度的、供沿海国行使关于海关、财政、卫生和移民等方面管制权的一个特定区域。《联合国海洋法公约》第 33 条规定,毗连区的宽度从领海基线量起不超过 24 n mile。它以按确定的宽度所形成的水域之外缘,为其外部界限。

4. 大陆专属经济区

为领海以外并邻接领海,介于领海与公海之间,具有特定法律制度的国家管辖水域。该区域内,沿海国家具有勘探和开发、养护和管理自然资源的主权权利,以及一些特定事项的管理权;其他国家则享有航行、飞越、铺设海底电缆和管道等自由。专属经济区的宽度从领海基线量起,不应超过 200 n mile(《联合国海洋法公约》第 57 条),其外部界限为按照确定的宽度形成的水域之外缘。

5. 大陆架

指沿海国陆地向海的自然延伸部分,又称陆架、陆棚、大陆棚。国际海洋法中,大陆架定义为沿海国的大陆架包括其领海以外依其陆地领土的全部自然延伸,扩展到大陆边外缘的海底