

应用海洋学

〔美〕约瑟夫·M·毕晓普 著



海洋出版社

图书在版编目(CIP)数据

应用海洋学/(美)毕晓普著;李景光等译.-北京:
海洋出版社,1998.4

ISBN 7-5027-4426-6

I. 应… II. ①毕… ②李… III. 海洋学 IV. P7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 24555 号

图字:01-97-0552

责任编辑 方 菁

责任校对 刘兴昌

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

北京兰空印刷厂印刷 新华书店发行所经销

1998 年 4 月第 1 版 1998 年 4 月北京第 1 次印刷

开本:787×1092 1/32 印张:9.125

字数:200 千字 印数:1—500 册

定价:16.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

内 容 简 介

DUGB/14

应用海洋学是一门新兴的科学,它是海洋科学与从事海洋开发利用工作的各部门的需要相结合的产物。本书分两篇,第一篇为物理海洋学综述,其中包括海洋与大气、海洋动力学、风浪、潮汐、风暴潮和内波、污染物的平流输运与混合。第二篇着重介绍海洋学在海洋开发利用与管理工作中的运用,其中包括海上溢油、海洋倾废、污染监测与评价、海洋生物资源、可再生能源及海洋矿藏资源的开采与管理、最佳船舶航线选择和海洋在军事方面的作用。本书适合于从事海洋管理工作的各级人员,与海洋资源开发、海洋环保、海上交通运输、海上军事活动和海上救助等各项工作有关的海洋学家、工程技术人员和其他人员阅读。也可供高等院校有关专业的师生作为教学参考书使用。

作者序言

海洋学著作分两大类。第一类著作详细阐述海洋中各种现象及其相互间的科学关系,但很少涉及这些关系的应用。第二类著作讨论具体的应用问题,但对书中议题的科学方面则往往注意得很少,甚至全然不关心。因此,阅读第一类著作的人常常发现很难将书中的内容同现实情况联系起来。而阅读第二类著作的读者,也许始终不会完全理解为具体应用工作奠定了基础的科学研究的作用。

基于这一认识,我把本书的主要目标定为:

(1) 为从事海洋开发利用工作的各界人士,提供一本把应用海洋学同物理海洋学联系在一起的参考书。本书把应用海洋学定义为由物理海洋学、海洋生态学、经济学和政府政策等四个部分构成的一个系统。

(2) 为那些想把这门知识用于解决当今世界在海洋污染、海洋资源和海上交通运输等方面所面临的问题的物理海洋学专业的学生和专业人员,提供一本适宜的导论性教材。

(3) 把作为基础的科学知识同它们在实际中的运用分开,但给两者以同等的重视。

(4) 使那些目前正在研究应用海洋学中某些课题的工作者对其他问题也有一个大体的了解,从而促使这一领域的各分支相互吸取营养。例如,一些国家的海军已研究出为反潜战服务的先进的海洋温度结构预报技术。这种预报技术也可

用于寻找对温度反应敏感鱼类。

本书分两篇。第一篇共五章,扼要介绍物理海洋学的基本概念,其中重点介绍与第二篇各章讨论的应用问题有关的知识。第二篇共九章,以应用海洋学为内容,并列举了它在海洋污染、海洋资源和海上交通运输等方面实际应用的例子。

作者撰写本书,旨在与读者交流有关应用海洋学这门发展中的新兴科学的见解。因此,本书并不打算完整而全面地介绍这一领域内各方面的内容,而只是根据作者的经历和兴趣,将作者认为合适的材料向读者作一番综合介绍。尽管如此,对于想了解物理海洋学是怎样用于解决当今世界公众所关心的现实问题,以及正在研究这一课题或对此感兴趣的工作者,可以把阅读本书所阐述的问题作为一个起点。

译者的话

在过去的一百多年里,海洋科学得到了较快发展,其描述性基础和理论基础已经建立起来。但是,海洋科学还没有获得它应有的地位,其原因之一是海洋的巨大潜力未被人们真正了解。另一个原因是海洋科学未能很好地为海洋开发利用服务。这不仅影响了海洋开发利用事业的发展,也妨碍了海洋科学本身的发展。现在,随着世界人口的增长和陆上资源的日趋减少,世界各沿海国家日益重视对海洋的研究、利用和开发。把海洋科学用于解决当今世界在海洋污染、海洋资源开采、海上交通运输和海上军事活动等方面所面临的各种问题,已成了各国海洋学家的一项重要任务。

约瑟夫·M·比晓普博士是一位海洋学家,又是一位气象学家。他是美国海洋与大气咨询委员会顾问,美国紧急管理署专家。多年来,他一直在研究应用海洋学,用海洋科学解决实际问题。我国海域辽阔,资源丰富,海洋的开发和利用对我国社会经济的发展有重要意义。我们将本书译出,希望能对我国应用海洋学的发展和海洋开发事业的发展有所裨益。

本书分别由李景光、山广林、阎季惠、张鹏等同志翻译,由逯玉佩(第一章至第五章)和李允武(第六章至第十四章)同志审校,李景光同志核校。

目 次

第一篇 物理海洋学综述	(1)
第一章 大洋——海水和空气	(2)
1.1 能量源泉	(3)
1.2 大气环流	(4)
1.3 单位和量纲	(6)
1.4 状态变量	(7)
1.5 气团和水团	(13)
1.6 大气和海洋中的锋面	(17)
1.7 海洋涡旋	(18)
1.8 卫星图片在海洋学中的应用成果	(20)
第二章 海流动力学述评	(23)
2.1 运动方程式	(23)
2.2 连续方程式	(30)
2.3 无摩擦非加速流动	(31)
2.4 海—气交界面处的摩擦	(35)
2.5 沿岸涌升流	(39)
2.6 季节性沿岸流	(45)
2.7 大洋总环流	(47)
第三章 大洋风浪	(50)
3.1 谐波分量	(50)

3.2	大洋波谱	(52)
3.3	谱增长理论	(57)
3.4	风场分析技术	(59)
3.5	海浪预报方法	(62)
3.6	设计波计算	(71)
第四章	潮汐、风暴潮和内波	(75)
4.1	天文潮	(75)
4.2	沿岸风暴潮	(80)
4.3	大洋中的内波	(88)
第五章	污染物质的平流输运和混合	(92)
5.1	平流输运和湍流混合	(92)
5.2	墨西哥湾的高盐水排放	(94)
第二篇	应用海洋学的研究课题	(106)
	海洋污染	(108)
第六章	海上溢油	(110)
6.1	海上溢油的归宿	(111)
6.2	溢油的模拟	(114)
6.3	一型模式的应用	(118)
6.4	二型模式的应用	(122)
6.5	政府的职责	(126)
第七章	海洋倾废	(131)
7.1	美国的海洋倾废	(132)
7.2	同化能力	(133)
7.3	106 深水倾废场的海洋倾废情况	(135)
7.4	同化能力与无法控制的因素	(147)
第八章	污染监测与评价	(149)

8.1 倾废场监测	(152)
8.2 海洋生态系统分析计划	(155)
8.3 东北监测计划	(159)
8.4 溢油危险评价	(162)
海洋资源	(173)
第九章 海洋生物资源	(174)
9.1 物理环境与海洋生物资源	(174)
9.2 遥感技术的应用	(179)
9.3 厄尔尼诺:海洋生物资源系统	(184)
第十章 可再生能源	(188)
10.1 海洋热能转换	(189)
10.2 海流能	(196)
10.3 波能	(199)
10.4 潮汐能	(203)
10.5 盐度梯度能	(204)
10.6 大洋生物能转换	(206)
10.7 海洋能综合开发计划	(207)
第十一章 开采海底矿藏资源	(209)
11.1 海洋采矿作业	(209)
11.2 海洋采矿中的整体系统法	(212)
海洋运输	(223)
第十二章 船舶最佳航线选择	(224)
12.1 波浪对船舶的影响	(224)
12.2 船舶最佳航线选择:James 法	(227)
12.3 利用计算机选择最佳航线	(233)
12.4 西部边界流区的危险波浪	(236)

12.5 利用海流提高船舶效率.....	(238)
第十三章 海上搜索与营救.....	(243)
13.1 搜索与营救活动.....	(244)
13.2 搜索计划的制定.....	(245)
第十四章 海洋在军事方面的作用.....	(263)
14.1 水声学与反潜战.....	(264)
14.2 海洋温度结构的人工预报.....	(265)
14.3 用计算机预报海洋温度结构.....	(270)
14.4 海浪资料的应用.....	(273)
14.5 密度分层与潜艇活动.....	(277)
结束语.....	(279)

第 一 篇

物理海洋学综述

本书的一个主要目的是向海洋工作者介绍应用海洋学,重点论述物理海洋学。因此,本篇将对物理海洋学进行综述,以便为阐述应用海洋学的各个不同课题奠定一个基础。对于从事研究物理海洋学的人来说,本篇可作为一个复习材料,而还不熟悉物理海洋学的读者,则可把它视为入门材料。其主要包括基础气象学和海洋学、海流、海浪和海洋中污染物质的平流输送和混合。我们将从应用的角度综述。因此,给出的论点将与通常的物理海洋学论著有所不同。

第一章 大洋——海水和空气

在本章中,我们将阐述对气象学和海洋学来说都是十分重要的几个基本关系。首先从讨论太阳辐射到地球表面上的辐射能量开始,这些辐射能最终使大气和海洋发生循环,生成风和大洋环流,而风和大洋环流又是低纬度过剩的太阳能沿地球表面扩散的天然途径。

气象学家和海洋学家通常按照传统的方式用风、海流、温度、压力和密度等物理参数,绘制成专门的图表来研究海洋和大气之间的交换过程。例如,用表面海水和大气的温度差图来估算穿过海-气界面的热交换量,用海面风场图来计算传递给海浪和海流的动量通量。用这种方法可以来研究气象学、现代环境科学与物理海洋学的相互关系。另外,在气团与水团、气象锋与海洋锋之间的相似性,又为深入地认识海洋的物理现象和动力过程提供了启示。

通常绘制的气象参量图中包括有气温、气压和水气含量。根据理论上导出的状态方程式,这些参量与空气的密度有关,其分布状态的变化是形成风的原因。海洋学参量图则包括海水温度、压力和盐度,由状态方程式可知,这些参量与海水的密度有关。海流就是由于这些参量的分布状态的变化而产生的。

1.1 能量源泉

地球按椭圆轨道以大约 1.5×10^8 km 的平均距离半径绕太阳运行,同时它还绕地轴自转,形成昼夜交替。地球自转轴与地球绕太阳公转轨道平面成 23.5° 的倾角。地轴与轨道面的倾斜导致地球各地太阳辐射强度的季节变化,如图 1.1 所示。

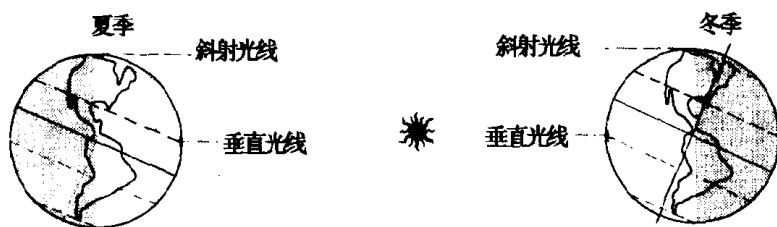


图 1.1 照射到地球表面上的太阳辐射,在北半球夏季的直射程度较冬季强

太阳辐射是以电磁波的形式进行的,其能量的频谱范围可以从短波(高频)的 X 射线到长波(低频)的红外线及波长更长的无线电波。在能量频谱图中,可见光(紫、蓝、绿和红光)位于最高能量频段。在地球大气圈的上层,太阳总辐射能的 40% 被大气微粒散射或者反射回太空,进入大气层时又有大约 15% 被大气吸收。剩余的辐射能到达地球表面并使之变热,而受热的地球又以红外频段的电磁波将能量辐射出去。地球表面回辐射的能量分别被近地面层大气中的二氧化碳和水汽所吸收。由于大气的这种作用像温室的玻璃罩,只允许辐射能射入,而不让热量散出,通常称其为“温室效应”。近地

球表面的大气层的温度随高度增加而降低,其原因就在于“温室效应”。

1.2 大气环流

如图 1.1 所示,由于地球赤道地区受太阳的直射,所以远比两极地区温暖。在赤道地区,地球表面大量受热的空气上升到高层大气中,形成赤道辐合带。赤道辐合带(ITCZ)一般位于地球赤道以北,从卫星天气图上看上去通常是一条围绕地球的云带。上升的空气在到达 15~20km 的高空后,分别向南北两极方向运动。其中一部分在南纬 30°和北纬 30°附近向地球表面下沉,形成副热带高压带,而在极地上空向地面下沉的冷空气,则形成另一个地面高压带。在暖大洋上形成的副热带高压带所生成的气团具有温暖而潮湿的特性;而在极地上空形成的气团具有冷而干燥的性质。在副热带高压区和极地高压区之间是低压带,其位置大约在南纬 60°和北纬 60°处,称之为极地锋区。夏季极地锋区向极地方向移动,冬季则向赤道方向移动。像赤道辐合带一样,极地锋区可以由覆盖在它上面的云层以及在该区域频繁出现的风暴、地球表面上升气流和相对较低的地球表面大气压力来辨别。

由于全球高压带和低压带的相间分布,因而在高压带和低压带之间就产生大气压力差。在这种压力差的作用下大气发生流动,产生由高压带吹向低压带的风。压力梯度(在一定距离上的压力变化)越大,则风速越大。由于地球的自西向东旋转,产生科氏效应,因而改变了气流由高压向低压运动的方向,在北半球风向向右偏,而在南半球则向左偏。科氏效应在大尺度的大气环流和海洋环流的动力学中起着关键作用。在

北半球、科氏效应导致吹向极地的气流转向东,而吹向赤道的气流转向西。在南半球则完全相反。

以北半球的东北信风为例,我们来研究全球大气压力梯度和科氏效应综合作用是怎样产生全球范围的风系的。在副热带高压带和赤道辐合带之间,压力梯度的方向指向赤道,最初风是沿着压力梯度的方向吹,但由于科氏效应而转向右(西),结果生成东北信风带。对于在南北半球所盛行的西风带和极地东风带可作同样的解释。总之,在图 1.2 中所表示的大气环流,可以认为它反映了全球范围的压力梯度变化和地球旋转效应所形成的风系概况。

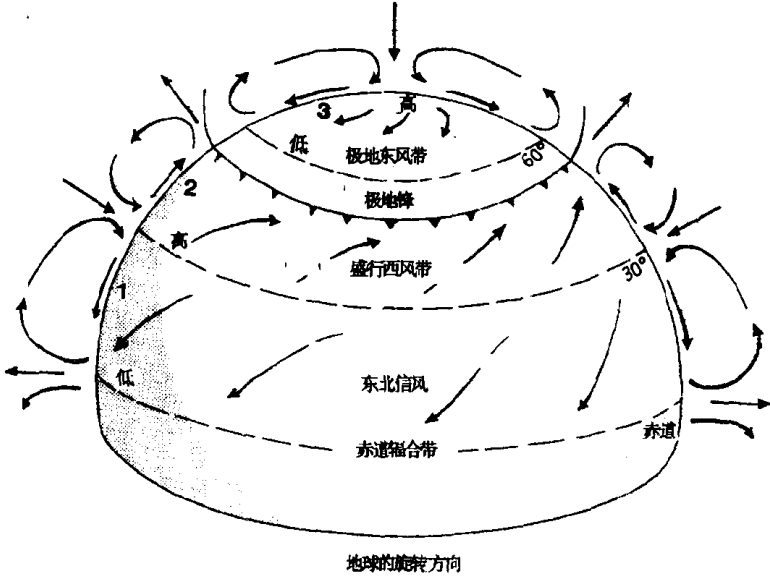


图 1.2 北半球三个由压力梯度和地球的旋转效应所形成的
的大气环流

1.3 单位和量纲

本书中将采用在气象学和海洋学中常用的由公制单位 cm、g、s 组成的 CGS 单位制*。另外,由 m ($1\text{ m}=100\text{ cm}$)、kg ($1\text{ kg}=1\,000\text{ g}$)和 s 组成的 MKS 单位制,在经过适当转换后也将与 CGS 单位制交替使用。像 km ($1\text{ km}=1\,000\text{ m}$)、ft(30.48 cm)、n mile ($1\,852\text{ m}=1.852\text{ km}$)、mile($1\,609\text{ m}=1.609\text{ km}$)和 kn(51.44 cm/s)这样一些单位在本书中有时也使用。

任何物理量都能够以长度(L)、质量(M)、时间(T)和温度(t)等基本量纲来表示。表 1.1 列出了常用的一些物理量的量纲和单位。值得指出的是在知道了量的单位和量纲后可以对方程式进行验证,而在某些情况下还能够导出变量间新的关系。

表 1.1 气象学和海洋学中常用量的量纲和公制单位

量	量 纲	CGS 单位	MKS 单位
长 度	L	cm	m
质 量	M	g	kg
时 间	T	s	s
温 度*	t	a	a
体 积	L^3	cm^3	m^3

* 目前均采用国际单位制(SI),在力学上即为 m、kg、s 制。——译注

续 表

量	量 纲	CGS 单位	MKS 单位
密 度	$\frac{M}{L^3}$	$\frac{g}{cm^3}$	$\frac{kg}{cm^3}$
比 容	$\frac{L^3}{M}$	$\frac{cm^3}{g}$	$\frac{m^3}{kg}$
速 度	$\frac{L}{T}$	$\frac{cm}{s}$	$\frac{m}{s}$
加速度	$\frac{L}{T^2}$	$\frac{cm}{s^2}$	$\frac{m}{s^2}$
力	$\frac{ML}{T^2}$	$\frac{g \cdot cm}{s^2} (dyn^{**})$	$\frac{kg \cdot m}{s^2} (N)$
压 强	$\frac{M}{LT^2}$	$\frac{g}{cm \cdot s^2} \left(\frac{dyn}{cm^2} \right)$	$\frac{kg}{ms^2} (Pa)$
功	$\frac{ML^2}{T^2}$	$\frac{g \cdot cm^2}{s^2} (erg^{***})$	$\frac{kg \cdot m^2}{s^2} (J)$

* 温度还可以用摄氏(℃)或华氏(℉)来表示。用 $\frac{℃}{100} = \frac{℉ - 32}{180}$ 公式来互相转换。

** dyn 为非标准计量单位, $1 dyn = 10^{-5} N$ 。

*** erg 为非标准计量单位, $1 erg = 10^{-7} J$ 。

1.4 状态变量

在研究海洋学和气象学时,通常使用的传统方法是通过绘制状态变量图来研究流体的流动。其做法是将观测到的有关状态变量的数据标绘在实况图上。这样的实况图则表示所观测的资料大体是在同一个时间取得的;而标绘在气候图上的资料则表示经过一定时间和空间的平均状况。用这些图就可以研究状态变量之间的数学关系和深入了解流体动力学过程。例如,在图 1.3 中所绘制的是一月份海表面平均水温 and