

T. 比尔 著

环境海洋学

海洋出版社

X145

B63

364523

环 境 海 洋 学

T. 比尔 著

陈明剑

郑全安 译

刘占英

张钧华 侍茂崇 校

海 洋 出 版 社

1992 · 北京

内容简介

本书利用物理海洋学的基本概念和原理,对沿岸水的物理性质作了简单的描述,并以简洁的语言说明了近岸和河口环境的各个方面。同时还在一定程度上介绍了近岸和河口的综合开发利用、环境污染、海岸带管理和生态系统评价等方面的问题。

本书适于海洋环境管理人员,海洋科技工作者和海洋专业学生阅读参考;对非海洋专业人员,本书则是了解海洋学各个方面的窗口。

Environmental Oceanography

Tom BEER

PERGAMON PRESS

First edition 1983

(京)新登字087号

环 境 海 洋 学

T. 比尔著

陈明剑 郑全孝 刘占斌 译 张钧华 陆蓓崇校

海洋出版社出版(北京市复兴门外大街1号)

新华书店科技发行所发行 昊海印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 10.25 字数: 230千字

1992年10月第一版 1992年10月第一次印刷

印数: 1—600

*

ISBN 7-5027-1911-3/X·28 定价: 8.00元

前 言

过去的10年是对环境的兴趣和关注日益增长的10年。许多地方政府应公众的要求设立了环境管理机构，一些三段式大学（即设有本科、硕士和博士研究生部三个阶段的大——译注）不失时机地开设了有关课程，以便为这些机构培养工作人员。我就曾参与两所大学的教学工作：西澳工学院自然资源研究生毕业班和澳大利亚国立大学资源和环境研究硕士生班。在这两所大学给学生上课时，一个明显的问题是缺少适用的海洋环境方面的教科书。造成这种情况有两个原因，首先是因为海洋学教材分成性质截然不同的两组——一组是适于培养职业海洋研究学者用的技术高深的教材；另一组是作为入门课程用的大量的一般常识性教材。而可供从事非自然科学的分子和有兴趣的研究生读的书很少。其次，海洋环境问题主要涉及沿岸水域，而教科书中大部分内容只是反映深海大洋的情况。

本书则适于环境管理人员、行政官员和将从事此类工作的学生阅读。这些人需要看懂他们的海洋学顾问提交的技术报告，而且必要时能拟定环境研究计划。本书试图作为沿岸水物理环境的入门书，因而对工程、物理和数学专业学生在开始学习更严格的课程之前有用，那些课程将为本书中介绍的现象提供解析理论。就这种意义上来说，我把本书看作是皮卡德（Pickard）教授撰写的杰出教科书《描述性物理海洋学》*（*Descriptive physical Oceanography*）姊妹篇。

• 该书的中译本已由海洋出版社出版。——编者注

本书的章节顺序是根据其内容在数学难度和概念难度两方面由浅入深地安排下来的。前面几章几乎没有数学内容，而在后面几章中逐步增加。正是由于这个原因，海岸一章只包括了有关波浪性质的简单说明，而详细讨论波浪的一章则放在后面。另一个原因是对物理海洋学的实际工作者来说前面几章的某些公式看上去有些费解。我有意识地变量用可观测量来表达：用波长(λ)代替波数(k)，惯性周期(T_i)代替科氏参数(f)。当概念熟悉之后再将公式改写为标准形式。

每章末尾均附有一个供进一步阅读的资料目录(译文略)。这些目录并不是详尽无遗的参考文献清单，而是反映了我个人认为有用或有意义的著作。想进一步研讨某一专题的学生也需要核对一下该专题的图表的原始来源，这些来源均列在本前言后面的致谢(译文略)中。

澳大利亚维多利亚州墨尔本市

自然系统研究会环境顾问 T. 比尔

符 号 表

a 加速度	h 波高
a_r 自相关系数	h 普朗克常数
A 波幅	H 深度
A 反照率	H_s 透明度板深度
b 冰丘列间距	I 波动的强度 (能通量)
B 鲍恩比率	I_0 基准强度
B_D 底部阻力系数	I_b 黑体的能通量
c 波速 (光、声或水波)	J 砂沿岸输送量
c_r 互相关系数	波数
C_p 比热	K 扩散率
C_D 阻力系数	l 涡旋尺度
d 相对密度 (比重)	L 距离
d 距离	L 汽化的潜热
D 直径	m 质量
D_o 溶解氧浓度	M 动量
D_E 埃克曼深度	n 数
e 汽压, 蒸汽压 (力)	N 单位体积内的颗粒数
E 蒸发	p 压力
f 科氏参数	p 每个波长内的功率
F 力	P_T 总功率
g 重力加速度	P^- 沿岸传播能量的向岸通量
g' 约化重力加速度	(单位长度上的向岸功)

率)	X 截面面积
q 比湿	z 垂直距离
Q 河流量	Z 声阻抗
Q 热能传递率	Z Z 变化(前移算子)
r 半径	
R 反射系数	α 风力系数
r_i 惯性振荡半径	α 风向与流向的水平夹角
s 光散射系数	β 体积散射函数
S 盐度	γ 湿度计算常数
S_H 层结参数	Γ 消光距离
SL 声级	δ 基底函数的维数 (Fraeta ² dimension)
t 时间	Δ 气压梯度(力)
t_f 冲洗时间	ϵ 发射率
T 波动周期	ξ 风力系数
T_i 惯性周期	η 交换系数(涡动粘滞性) ^a
T 温度	θ 角度
TS 目标强度	κ 消光或衰减系数
u, v 水平速度分量	λ 波长
u_* 摩擦(剪切)速度	Λ 弥散系数
U 速率	μ 动力粘滞系数
U_* 卷挟速率	ν 频率
V 体积	ρ 水的密度
V_g 波能传播速率(群速)	ρ_a 空气的密度
w 垂向速率	σ 克努森参数
w' 垂向风速扰动	σ^2 方差
W 风速	τ 切应力
x, y 水平距离	τ 迟角, 滞后
x_i, y_i 数据集	

首字母缩写词

AOU 表观耗氧量	IAPSO 国际海洋物理科学协 会
ARAND 用于随机噪声分 析的计算机程序	IMSL 国际数学与统计图书馆
AXBT 飞机用不回收式深 度温度计	IUGG 国际大地测量及地球物 理学联合会
BOD 生化需氧量	LANDSAT 陆地观测人造卫 星
BTG 温深仪	MBT 机械式温深仪
CAPTAIN 含噪声的时间 系列分析的计 算机辅助程序	MSY 最大持续渔获量
CTD 电导率-温度-深度	NAVSAT 导航卫星
CZCS 海岸带颜色扫描仪	NOAA 美国国家海洋和大气 管理局
DOT 二氧二苯三氯乙烷 (滴滴涕)	TEC 海洋热能转换
DO 溶解氧	PAR 光合作用辐射
EEZ 专属经济区	RADAR 无线电探测和测距 (雷达)
FAS 充分成长的风浪	SAR 合成孔径雷达
FFT 快速傅立叶变换	SCUBA 自携式水下呼吸器 (斯库巴)
GENSTAT 广义统计(程 序)包	SI 国际单位制
GOSSTCOMP 全球业务海 面温度 (SST)计算	SL 声级
	SST 海表面温度
	STD 盐度-温度-深度

目 录

符号表	(1)
首字母缩写词	(3)
第一章 沿岸海洋学	(1)
1.1 引言	(1)
1.2 沿岸水	(3)
1.3 捕捞与生物学	(9)
1.4 经济学与地质学	(14)
1.5 单位与量纲	(19)
第二章 海滨发育过程	(23)
2.1 引言	(23)
2.2 波浪折射	(25)
2.3 破碎波	(28)
2.4 海滩演变过程	(31)
2.5 海岸工程	(37)
2.6 海岸带管理	(41)
第三章 波浪	(44)
3.1 表面波	(45)
3.2 能量传播	(49)
3.3 波浪增水	(54)
3.4 波谱	(58)
3.5 陷波	(62)
3.6 长波	(66)
3.7 内波	(70)

3.8 晕船.....	(72)
第四章 潮汐	(74)
4.1 天文潮.....	(75)
4.2 动力理论.....	(79)
4.3 潮汐预报.....	(82)
4.4 潮汐能发电.....	(88)
4.5 长周期潮汐.....	(92)
4.6 内潮.....	(94)
4.7 潮间带.....	(96)
第五章 海水成分	(99)
5.1 引言.....	(99)
5.2 密度.....	(100)
5.3 垂直温度.....	(103)
5.4 盐度.....	(103)
5.5 溶解气体.....	(109)
5.6 营养物质.....	(113)
5.7 河流.....	(115)
5.8 水质.....	(117)
第六章 水循环	(123)
6.1 引言.....	(123)
6.2 压力.....	(125)
6.3 科氏力.....	(130)
6.4 扩散.....	(137)
6.5 粘滞性.....	(140)
第七章 边界层	(142)
7.1 引言.....	(142)

7.2	埃克曼层	(144)
7.3	海底边界层	(152)
7.4	近岸边界层	(153)
第八章	混合	(157)
8.1	湍流	(157)
8.2	对流	(160)
8.3	湍流卷挟	(163)
8.4	弥散	(165)
8.5	海洋锋	(170)
8.6	大尺度混合	(173)
第九章	沿岸气象学	(177)
9.1	引言	(177)
9.2	水文循环	(178)
9.3	风	(186)
9.4	大气微粒	(194)
9.5	油溢	(197)
9.6	沿岸低压	(204)
第十章	河口与珊瑚礁	(207)
10.1	引言	(207)
10.2	河口的地貌学分类	(208)
10.3	河口水文学	(211)
10.4	河口污染	(219)
10.5	珊瑚礁	(228)
第十一章	直感与遥感	(234)
11.1	仪器与方法	(234)
11.2	遥感	(240)

11.3	声学	(241)
11.4	电磁辐射	(248)
11.5	海洋光学	(251)
11.6	雷达	(260)
11.7	卫星	(262)
第十二章	数据分析	(268)
12.1	数据的表示	(270)
12.2	数据分析与统计	(273)
12.3	时间序列分析	(281)
12.4	模拟	(287)
12.5	生态系分析	(289)
第十三章	沿岸评价	(289)
13.1	引言	(291)
13.2	沿岸效益分析	(293)
13.3	水生生态系统	(297)
13.4	污染	(303)
附 录		(303)
附录1	国际单位制	(304)
附录2	采样设备表	(307)
附录3	波浪词汇表	(309)
附录4	海洋学词汇表	(313)

译后记

第一章 沿岸海洋学

1.1 引 言

海洋学 (Oceanography)，或者象中国人和俄国人喜欢称呼的海洋水文学 (Oceanology)，是研究地球上深海和沿岸水的科学。海洋学由四个分支组成：物理海洋学、化学海洋学、生物海洋学和地质海洋学。本书主要讨论物理海洋学，从物理特性上来描述海洋并试图从物理机制上来解释海洋的动态，还特别讨论了物理海洋学和海洋学其他三个分支间的相互关系和相互影响。

物理海洋学本身是一门引人入胜、值得研究的挑战性学科，并且它也将为开发海洋资源所面临的某些问题提供解答。例如：海洋表层流在海洋航运中起重要作用；次表层流会把工业污水搬运到引起麻烦的地方；海浪能损坏海上钻井平台，并且能破坏沿岸的陆地建筑。

过去30年里我们的物理海洋学知识得到了极大的丰富。其中一部分来源于室内工作和实验，但大部分则来自在世界各大洋艰苦收集的资料。在相当长时期内，人们在深水海洋方面的兴趣、探险活动和发现都远远超过沿岸和河口海洋。但是，当人们开始关注近岸环境时，科学家便开始把他们的物理海洋学知识应用到近岸和河口环境。但他们时常发现已有的知识不够用。因为沿岸水本身具有多变性，这就使得科

学家难以把它们的运动规律搞清楚。因此，将在盐度变化很小的大洋中获得的知识应用到河口情况时要非常谨慎，因为河口盐度变化是很大的。

物理海洋学本身被认为由两部分组成。海况海洋学涉及海洋学数据的观测、处理和解释，通常是大部分地理学家感兴趣的海洋学分支。动力海洋学则把海洋作为受到各种力作用的流体，将已知的物理学定律应用于海洋，再求解相应的数学方程式。当然，不论哪一支都不是孤立存在的。动力海洋学家的预言需要由海况海洋学家来验证，而海况学家的结论要由动力学家来解释。

气象学（研究大气的科学）也同样可分为天气和动力两部分。气象学和海洋学之间有着密切的共生关系，两者都研究环境流体——一种是液体，另一种是气体——且在两个领域中可以看到相同的数学工具。两者之间的联系也很密切，海洋温度影响着大气，飓风就是这一过程的最生动的例子，因为仅当海面温度超过 27°C 时飓风才能形成。同时，大气也影响着海洋，风驱动上层流，并且决定了海面波的性质。海洋和大气是一个极其复杂、彼此相互作用着的系统。

但是，在对各自的对象描述中，气象学家和海洋学家之间有一个重要的差别：海洋学家所说的流向是海流运动所指向的方向；而气象学家指的风向是指风吹过来的方向。气象学家所称的西风对海洋学家来说将产生海水向东的漂流。

在本书中我们将提出沿岸水的物理描述，并以简洁的形式说明控制沿岸水运动过程的动力理论。一般的生物学、化学、地质学和环境科学工作者在处理海洋问题时会发现，刚

开始时没有物理海洋学家的指导他们还能干得了，但当问题深入下去之后，将会出现许多无法解答的麻烦的物理问题，并且对这些问题的不恰当的认识会引起一些疑问。正因为如此，大多数现代的沿岸海洋和河口研究工作都是依靠跨学科的研究队伍共同协作完成的。但是，为了使这支队伍取得最佳成果，每一位专家都必须一点即破地与另外的专家沟通思想。本书的目的就是为环境工作者提供与物理海洋学者沟通思想所必须的基础知识，同时也向物理海洋学家介绍各界都关心的一些问题。

1.2 沿 岸 水

什么是沿岸？什么是沿岸水？尚无统一的定义，而且军事、政治、科学和经济等各领域所使用的术语也不同。为将尽可能宽的范围划进来，本书就把沿岸看作图1.1所示的海岸带。图1.1中，海岸带是从陆架（如果有的话）边缘直至现代海洋从地质学角度上所能影响到的极限位置（这种定义是不严格的。——译者注）。不过，其他定义和看法也很重要，——如当一个国家的沿岸受到侵犯时，他们将奋起抵抗——我们将较详细地研究一些术语。

海岸带

海岸带管理人员需要一种法律定义来确定他们行使权利的范围。严格的措词因地而异。通常使用的，也是西澳大利亚州采用的海岸带定义为：由前滨的高潮线向陆地延伸千米，向海上延伸至30米等深线处的范围内所有陆地和水域，

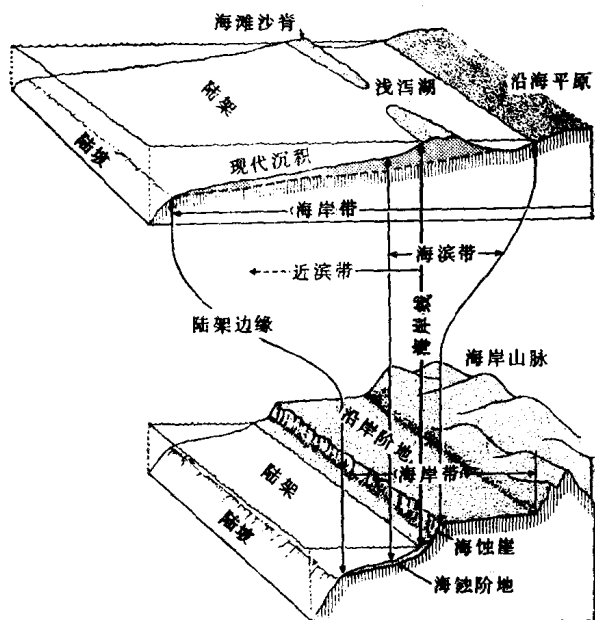


图1.1 标出了各种地貌特征名称的沿岸水深典型剖面
图中画出的海域中的水体有时称为近岸水

其中也包括受潮汐涨落影响的所有河流、河口、内湾、溪流、海湾或湖泊的水体，以及河（或湖、湾）底和河（或湖、湾）岸。

值得一提的是，这个定义中，沿岸水域向陆延伸与向海延伸范围差不多大。最值得重视的是，定义中用运动观点考虑了潮汐的贯入深度。也可以用盐度增减来检验潮汐的影响。因为潮汐的影响深入陆地多远，沿岸水的范围就有多大，所以可把海湾型河口、三角洲河口认为是沿岸水组成部

分。但要注意，我们采用的定义比上述法律定义要宽。我们的向海一侧边界延伸至可能深于30米的陆架坡（后面将详叙）。同样，现代海洋影响到达的向陆一侧范围可能大于1千米。

陆架

陆架既是一种物理概念，现在也是一种法律概念。陆架的物理概念是大陆地块向海洋方向的延伸。由围绕世界陆架边缘进行的大量测量结果，人们得出了陆架的一种合成的平均型式：这个想象的实体宽度为65千米，它以 $1/500$ （或 $0^{\circ}7'$ ）的坡度向外海延伸，其外缘水深为128米。陆架截止于陆架坡折，即坡度增加到 $1/20$ 时的位置。陆架坡折向海方向为大陆坡。

遗憾的是，就陆架的法律概念来说，陆架由海岸向外延伸的距离变化很大。在某些地方符合定义的陆架并不存在。许多太平洋岛屿实际上是从深海中冒出来的山，而在其他地方，如澳大利亚西北海岸，陆架可能延伸几百千米。

本书将集中讨论陆架水域，生物学家称之为近岸水域。有时候沿海国家认为它们的沿岸水域由其陆架和陆坡上的水体所组成。这一延伸的边界称为大陆边缘，参加联合国海洋法会议（UNCLOS）的律师们正试用一些可供选择的定义。包括：

- （1）从海岸算起的200海里（370千米）等宽线。
- （2）500米水深廓线，即500米等深线。
- （3）大陆坡的底线。