

近海环境 海洋学

〔澳〕 汤姆·比尔 著
甘雨鸣 卢如秀 叶锦昭 译
黄克中 校



中山大学出版社

近海环境海洋学

〔澳〕 汤姆·比尔 著

甘雨鸣 卢如秀 叶锦昭 译

黄克中 校

中山大学出版社

近海环境海洋学

〔澳〕 汤姆·比尔 著
甘雨鸣 卢如秀 叶锦昭 译
黄克中 校

•
中山大学出版社出版发行
广东省新华书店经销
广州红旗印刷厂印刷

•
787×1092毫米 32开 10.875印张 24.4万字
1989年5月第1版 1989年5月第1次印刷
印数 1—1500册

ISBN7-306-00170-1
X·3 定价：2.50元

寄语中国读者

一本书的前言在于使读者对全书有所了解，明白著作的意图，有关这一点，已在英语版的序言中有所述及。不过，由于甘雨鸣教授对我提出了为他的“环境海洋学”译著作序的要求，我也乐意在此简短地谈谈我在亚洲所做的环境海洋工作的一些经验。

不少亚洲国家及政府都制订有为保障其发展所必要的环境法规，以作环境影响评价，并详细地规划它们的环境保护方案。当然，在整个环境评价中，必须考虑相应的物理、生物、社会与经济等方面的影响，不过，由于某些工业并不一定排放废物，而某些近岸的工业排放物却又能在海洋中找到它们的踪迹，因而常常还需进行海洋调查与观测。

早在1981年，印度尼西亚政府就制定了环境法规，我也被邀请参加对建于爪哇岛中部、相当于Cilacap炼油厂三倍大的一项工程的环境影响评价工作。该厂座落于Donan河口，严重的是它有化学物苯随着冷却水而排放。这一来，就要对上游的红树林生态影响作出预测。为考察这个问题，我们作了把废水排进有潮河系统中的相似模拟。还好，这是个对目前设施的扩建工程，因而我们可利用野外的实际冷却水排放观测值作为模拟的校核。在旱季，它是用罗丹明染料示踪为基础进行的，据对湿季的第二次示踪试验结果表明，模拟同样有效。总的说来，由于河口的水体冲刷时间十分短促，因而，排放入河流的废物没有产生任何令人疑惑的问题。

中华人民共和国同样关心自己的环境问题。1984年至1985年间，我曾协助上海环境保护局以研究他们开始进行设计的总体下水道工程，以使1992年上海市的废水能通过水管收集并最终排放到长江深水中。排水口将埋设于离岸1km的20m水深之下。

为估计这样的一种排放所能带来的环境效果而应作资料收集的第一件事，便是装设能测定断面水温与盐度分布的一套装置，进而获得密度的断面变化。同时，我们还要收集排放处的流场资料，这远非为一项简单的作业。长江水流湍急，曾测有2.5m/s的流速记录。由于沉入物体的曳力与水流速度的平方成比例，因而需要把仪器挂放在22.1m长的钢索上，并用双锚锚定小船。吊装在船上的仪器重达200kg，连同镇重物才可使其保持垂直。

利用仪器获得的6个月的观测资料，特作为设计罗丹明示踪试验的依据，并据此确定比较接近于长江排污口处的弥散系数。它将被用于南京水利科学研究所作的长江下游的物理与数学模拟中。

仅希望本书所提供的信息，将有助于那些在将来做类似工作的中国读者。

D. TOM BEER

于澳大利亚·维多利亚

1986年8月

序 言

过去的十年是人们关注环境的十年。为适应这样的一种潮流，不少国家的政府部门建立了环境管理机构及第三类型的研究所，并积极地开设各种课程以培训这些机构的人员。我毕业于西澳大利亚工业技术学院自然资源专业，还在国立澳大利亚大学资源与环境专业获得硕士学位。不过，在就读于这些专业时我便发现：缺乏一本能适用于环境海洋学的课本，这从下面两点表现出来。首先，海洋学的学习大都集中在两个方面，一是为打算作海洋研究工作者而设立的较专门而高深的学习，一是为作导论性质的了解而罗列的一般水平的学习。这对那些聪颖而有志于此但无专业知识基础的学生来说无疑是一种不足。另一方面，环境这一概念，首先是与近岸水体休戚相关，可是，反映在这些书本上的大部分论述，都是述及深海的。

因此，本书是针对那些对上述领域感兴趣的环境管理工作者、环境保护官员及学生编写的。他们必须了解由他们的海洋学顾问所提交的技术报告，甚至，必要的话，他们还得亲自编写本部门的环境调查。这是我要写近岸水体物理环境导论的原因。而且，可以证明，对那些从事工程、物理、数学学习的学生，在学习专业课程之前了解分析这里所述及的现象背景确是有益的。从这些方面去拓展，我认为本书还是G. Pickard教授的名著《描述物理海洋学》的一本很好的参考书。

本书的章节安排取决于数学及概念的深浅程度。最初的

几章极少遇到数学，主要是因为这几章是作为一个初始阶段来介绍的。因此，近岸海洋一章有关的波浪性质只作简单叙述，在第三章再作详细说明。另外，前几章的数学公式，在那些实用海洋学家看来是显得有点古怪的。我特意决定利用可观测值以表达变量，如以波长(λ)去代替波数(k)，以内波周期(T_i)代替科氏参量(f)等。最后，当涉及某一通用概念时，我就用标准形式的公式。

每一章的结尾均有参考书目，该书目并非为最详尽的清单，不过，它反映了我认为最具实用而有趣的部份。任何一个大学生都可以确定一个题目并进而寻求与这个主题有关的更早的文献，这些文章目录列于本书的后面。

Dr. TOM BEER

目 录

第一章 近岸海洋学	(1)
第一节 导言	(1)
第二节 近岸水域	(3)
第三节 渔业和生物学	(9)
第四节 经济和地质学	(14)
第五节 单位和量纲	(20)
 第二章 海岸变化	(25)
第一节 导言	(25)
第二节 波浪折射	(27)
第三节 破波	(30)
第四节 海岸过程	(33)
第五节 海岸工程	(40)
第六节 海岸带管理	(43)
 第三章 波浪	(47)
第一节 表面波	(48)
第二节 能量的传播	(53)
第三节 波增水	(58)
第四节 波谱	(62)
第五节 陷波	(66)
第六节 长波	(70)
第七节 内波	(74)

第八节	晕船	(76)
第四章	潮汐	(78)
第一节	天文潮	(79)
第二节	动力理论	(84)
第三节	潮汐预报	(87)
第四节	潮汐发电	(94)
第五节	长周期潮	(96)
第六节	内潮	(100)
第七节	沿岸带	(102)
第五章	海水组成	(104)
第一节	导言	(104)
第二节	密度	(105)
第三节	垂直温度	(107)
第四节	盐度	(108)
第五节	溶解气体	(114)
第六节	营养物质	(118)
第七节	河流	(120)
第八节	水质	(121)
第六章	水环流	(126)
第一节	导言	(126)
第二节	压力	(129)
第三节	科氏力	(134)
第四节	扩散	(141)
第五节	粘滞性 (流体的摩擦)	(144)

第七章 边界层	(146)
第一节 导言	(146)
第二节 厄克曼层	(148)
第三节 海底边界层	(156)
第四节 海岸边界层	(158)
第八章 混合	(161)
第一节 湍流	(161)
第二节 对流	(164)
第三节 湍流卷吸	(166)
第四节 弥散	(169)
第五节 海洋锋面	(173)
第六节 大尺度混合	(177)
第九章 海岸气象	(181)
第一节 导言	(181)
第二节 水分循环	(181)
第三节 风	(190)
第四节 大气悬浮物	(198)
第五节 溢油	(200)
第六节 海岸低压	(206)
第十章 河口和礁	(210)
第一节 导言	(210)
第二节 河口的地貌分类	(211)
第三节 河口水文学	(214)
第四节 河口污染	(223)

第五节	珊瑚礁	(232)
第十一章	直接测量和遥感检测	(237)
第一节	仪器和方法	(237)
第二节	遥感检测	(243)
第三节	声学	(244)
第四节	电磁辐射	(251)
第五节	海洋光学	(253)
第六节	雷达	(264)
第七节	卫星	(265)
第十二章	数据处理	(272)
第一节	数据的表示	(272)
第二节	数据分析与统计	(274)
第三节	时间序列分析	(277)
第四节	模拟	(286)
第五节	生态系统分析	(292)
第十三章	海岸评价	(294)
第一节	导言	(294)
第二节	成本-收益分析	(296)
第三节	水生生态系统	(298)
第四节	污染	(302)
附录		(308)

第一章 近岸海洋学

第一节 导 言

海洋学（中国和苏联称之为海洋水文学）是研究我们这个星球上深海和近岸水域的一种科学。它由四部分构成：物理海洋学、化学海洋学、生物海洋学和地质海洋学。本书论述的内容主要是物理海洋学，通过海洋的物理特征描述海洋，并试图用物理机制说明它的作用。详细论述海洋物理与海洋学其余三个部分的相互关系和相互影响。

从任何一方面来说，物理海洋学都是一个迷人的、且具有挑战性的科学领域。它将对今后在海洋资源的开发过程中提出的许多问题提供答案。例如：海洋的表层流对海洋运输所起的重要作用；次表层流可能携带工业废水流入它不该流入的地方；波浪能够毁坏海上的钻井平台和摧毁海岸上和陆地上的建筑物。

在过去的三十年中，对物理海洋学的认识和理解有了长足的进展。其中，少数来自实验室的工作与实验，而大部分则来自对世界各地的深海经过艰苦收集来的资料。长期以来，在深海中令人激动的发现和成就已使近岸与河口海洋学黯然失色。不过，当人们所面临的近岸环境重新被关注时，科学家已开始把他们的物理海洋学知识应用到近岸及河口中来，虽然他们有时也会感到这方面知识的不足。近岸水体有其自身内在的变化，它们是复杂的，这就有必要进一步去了

解它们。另外，我们从对海洋的研究中知道，海洋中的盐度变化是十分微小的，因此，当把海洋研究中的成果应用到盐度变化激烈的河口地区时，必须十分谨慎。

物理海洋学本身可以看成是由两部分组成。综合海洋学 (Synoptic Oceanography) 是涉及海洋资料的观测、制备及解释的一门科学，这是许多地理学者感兴趣的一个常见的海洋学分支。动力海洋学则是把已知的物理定律应用到海洋中的一门科学，它把海洋当成一个受力作用的水体，并解出数学方程的结果。当然，它们的任何一部分都不能单独地存在。动力海洋学家的预报必须有综合海洋学的检验；动力海洋学也可以解释综合海洋学的结论。

上述的划分，对气象学（对大气的研究）来说也是适用的，我们常把它分为天气学与动力学两部分。海洋学和气象学是紧密地共存的。两者都同时研究环境流体（一种是水，另一种是气），而且可以使用同样的数学工具。它们彼此有内在的联系。飓风是其中一个引人注目的例子，因为它只能在表层水温超过 27°C 时才能生成。然而，大气同样影响海洋。风驱动海洋上层的水流，并决定海洋表层波浪的性质。

尽管如此，气象学家和海洋学家之间仍然有重要的区别。海洋学者所说的流向是指水流的去向。相反，气象学者所讲的风向是指风的来向。因此，气象学家们提出的西风将产生向东的水体流动。

在本书中，我们将对一些近岸水体进行物理描述，并以简单的形式解释某些是支配它们的动力学理论。一般的生物学家、化学家、地质学或环境科学家遇到一个海洋问题时，可以容易找到他（或她）所能作出的适当处理，而不必都求助于物理海洋工作者。不过随着研究的继续深入，就会有不

少恼人的物理问题难于回答，那是由于欠缺这方面知识而引起的。有鉴于此，目前大部份的近岸海洋与河口研究工作都是通过一个共同工作的、相互制约的小组执行。然而，要使这个小组得到良好的工作成绩，每一位专家应该与另外的专家交流心得。本章的目的是向环境工作者提供必要的技术，以便与物理海洋学家相互交流，而且，也向物理海洋学家介绍社会上广泛受到关注的各类问题。

第二节 近岸水域

什么是海岸？什么是近岸水域？这还没有统一的定义，而且，在军事、政治、科学、经济上的使用也各不相同。为了便于概括，本书以图1.1所描绘的海岸带来说明，它的范围是从大陆架边缘开始向内海方向直到对现代海运会发生影响的边界为止。虽然如此，其它的定义和观点同样也很重要（因为海岸被侵犯时，国家之间便发生冲突），我们将详细地研究其中存在的若干问题。

海岸带

海岸带的管理人员必须具有适合于他们管辖的法定概念。其精确的词语，州与州之间也有差别。但是，有一个共同的海岸带概念，已被西澳大利亚采用，这就是：

从前滩的高水位向内陆延伸 1 km 的土地与水域，并向海延伸到 30m 等深线，包括水域、河流的河床和堤岸、河口、小水湾、海湾或受潮汐涨落影响的湖泊。

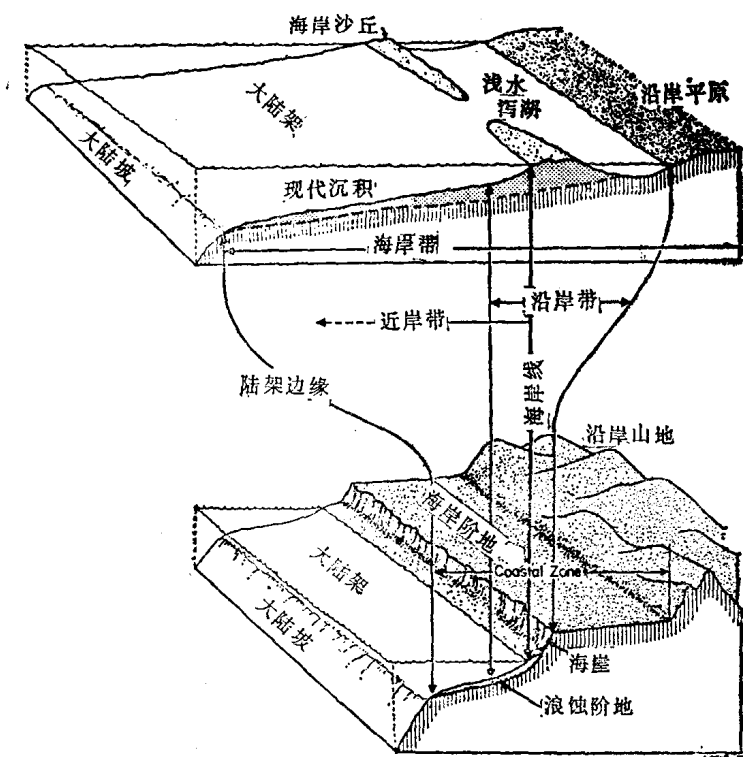


图1.1. 按各种地貌特征命名的典型岸滩剖面。由它描述的水域称为浅水水域。

在这里，人们对沿岸水域内侧范围的确定与外侧同样关心。占优势的一种意见认为，潮汐的内侧范围决定于潮水上溯的距离，这是应用水体运动来下的定义。同样，也可以利用水中盐分的波动来确定潮汐的影响。近岸水域向内陆延伸的远近与潮汐的影响有关，因此，河口三角洲可视为近岸水域的一部分。但是，应当注意，我们所下的工作定义比上述

法律所给定的定义宽广得多。向海的范围止于大陆斜坡（后面将对此详细说明），它远比30m要深。同样，目前海洋影响的向内陆范围也可能大于1 km。

大 陆 架

大陆架涉及到物理概念，又涉及到当代的法律概念。物理的概念是指大陆陆地物质向海洋伸延的问题。根据在大陆架边缘附近进行大量调查的资料，得出一个平均大陆架的综合设想。这是一个由陆架宽度为65km组成的具有象征性的实体，它以1/500（或 $0^{\circ}7'$ ）的梯度下降到最外侧水深为128m的边缘为止。大陆架终止于陆架坡折点处。这里的梯度增加至1/20，陆架坡折之外为大陆坡。

大陆架的法律概念是不清楚的，因为从海岸伸延的大陆架的距离变化非常大。有些地方不存在充分确定的大陆架。太平洋上的大小岛屿实际上是深海中山岳的延伸部分。而另外一些地方大陆架却可以伸延数百公里，澳大利亚的西北部海岸外海就是这种情况。

本书主要着眼于大陆架水域，即水生生物学家所称的浅海水域。当沿海国家考虑它们的近岸水域，包括它们的大陆架及大陆斜坡以上的水域时，显然是极为诱人的。这里扩展的边界称为大陆边缘，包括联合国海洋法（UNCLOS）在内的律师们对此作了几种定义的选择尝试。它们包括：

- (1) 离开海岸200海里（370km）的一条固定线；
- (2) 500m水深等值线，又称为500m等深线；
- (3) 大陆斜坡的脚线。

领 海

从17世纪初到本世纪中叶，传统的海洋国际法是以领海和公海两者之间的显著差别作为依据而建立的。领海是由沿海国家直接相连的带状水域组成。在这个水域中，沿海国具有与其在陆地上完全同等的主权，并且，这个绝对的权利可以延续到海床和沿海的底土。沿海国权力所受的限制是世界上所有国家的船只从国外港口驶往或开出该领海时均享有“无害通过”的权利。

虽然在法律内容上的领海概念具有普遍的一致性，但是在实际工作中，要求的宽度往往有很大的变化。支持3海里的国家占大多数，可是，不少国家却要求把区域范围扩展到4海里，6海里，12海里，25海里，近年来甚至要求扩展至200海里。

与近岸水域具有同等含义的领海的概念，由于沿海国开始认识到大陆架上矿物资源和生物资源的存在和可开发的价值而提出不可侵犯。这里值得指出的是，1945年的杜鲁门公告，美国宣布对毗连海岸区域的大陆架上资源勘测和开发的专有权，而这一区域至今仍被视为公海的一部分。从那时候起，人们便转向考虑要明确表示提出大陆架和大陆边缘的定义，以及考虑解决由于对同一水域竞相争夺而引起的违约行为的措施。

专 属 经 济 区 (EEZ)

专属经济区的概念是表示一种“功能”主权；也就是