

G. L. 皮卡德
W. J. 埃默里 著

描述性物理海洋学

海洋出版社

描述性物理海洋学

[美] G.L.皮卡德 著
W.J.埃默里

谭卫崙 译

余宙文 校

海洋出版社

1989·北 京

内 容 提 要

本书由浅入深地给出了物理海洋学描述性方面的知识。全书分为九章，分别介绍了海洋的尺寸、形状及海底沉积物，海水的物理性质，大洋水特征量的典型分布，大洋中水、盐和热量收支平衡，大洋环流及水团，沿岸海洋学，海洋测量中通常使用的仪器与方法，最后阐述了作者本人对物理海洋学进一步研究的若干意见。

本书综合性强，内容广泛，通俗易懂，可作为研究生和理科大学生的入门书，也可作为有关海洋学专业的管理干部进修教材；同时，也可供中学高年级的学生阅读。

责任编辑 陈泽卿

描述性物理海洋学

G.L.皮卡德
(美) W.J.埃默里 著

谭卫嵩 译

余宙文 校

海 洋 出 版 社 出 版 (北京市复兴门外大街1号)

新华书店北京发行所发行 北京航空航天大学印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：11.875 字数：200千字

1989年7月第一版

1989年7月第一次印刷

印数：1—400

ISBN 7-5027-0166-4/P·23 ¥：5.40元

第一章 绪 言

研究海洋的科学通称为海洋学，它重点研究作为环境的海洋特性。根据基础科学的划分，我们可以方便地将海洋学分为物理海洋学、生物海洋学、化学海洋学和地质海洋学。本书主要论述物理海洋学的一个方面。

海洋学研究的基本目的是清楚地、系统地描述海洋，这种描述应该是充分定量的，以便使我们能有某种把握来预测未来的海洋行为。现在，我们能在某些海区就某些特性作出一般性的预测，但还远不能有把握地预测海洋行为的详细情况。换言之，大量的海洋科学研究仍有待于我们去做，大量的海洋现象仍有待于我们去了解。

海洋科学家通常各自从事于其中一门海洋分支学科的研究，但其他海洋分支学科的成果往往有助于他的工作。事实上，海洋学所以令人感兴趣，原因之一就是它的各分支学科之间还没有达到明显分开的程度，或者说没有达到高度专门化的程度，各分支学科的科学工作者之间有着广泛的合作。

有许多理由要求我们加深对海洋的了解。海洋是食物、化学物质和能量的来源，我们对它的开发还相当有限。海上运输无论现在或将来可能还是非常重要的运输手段。海洋是倾倒工业废料的场所，但它不是一个无底洞；在抛弃放射性废料一类的物质时，应该适当考虑这类物质会被海流带到什

单位制才能为所有的海洋工作者所接受。为帮助读者阅读使用以前采用混合单位制的大量文献，本书增加一个附录，给出两种单位制的关系。

在介绍描述性方法时必须强调指出，这种方法只阐述了物理海洋学的一个方面，作为其补充的另一种方法，是使用力学定律的动力学方法。这种方法在其他一些书籍，如瑞斯、麦克莱伦、庞德和皮卡德、斯沃德鲁普等人的著作中均有论述；另外，列在“推荐书目”中的冯·阿克斯的著作中也有讨论。若想全面了解物理海洋学，必须对两方面都加以研究。

本书打算写成物理海洋学的入门教材。对学物理和数学的学生来说，本书将在他们阅读涉及大量数学方法的更深的教科书和原始文献之前，先为他们勾勒出物理海洋学的大致轮廓。对学生物的学生来说，本书将为他们提供足够的物理海洋学知识，作为研究海洋动植物区系的必要基础。特切尔尼亚的著作从区域的角度出发，更详尽地给出各大洋的情况。

读完此书后，如果读者感到所掌握的海洋知识目前还不够完善，那么我们的目的之一就达到了。这就是告诉学生们，关于海洋要学的东西还很多；如果他们对观察和揭示海洋世界的奥秘感兴趣的话，他们还是会有许多机会的。

书末的文献目录分为两部分。“推荐书目”中列举了一些教科书，对希望进一步阅读描述性物理海洋学的书的学生来说，这些书是十分有用的；“推荐书目”中还列出了物理海洋学用表的某些出处以及一些登载海洋学方面的文章的期刊。文献目录的另一部分是“评论文章及杂志”，这一部分列出了正文中用作者名和出版年代给出的那些参考文章，以方便欲

详细了解这些内容的学生使用，此外还给出建议读者阅读的更广泛的参考书目。

本书作者三十年来一直在大不列颠哥伦比亚大学任教，为大学生和研究生讲授物理海洋学课程，本书即以作者及其同事的授课教材为蓝本。斯维尔德鲁普、约翰逊和弗莱明的更全面的著作《海洋》是本书的主要依据，本书作者之一**G.L.皮卡德**在此感谢这几位作者，并感谢一年来斯克里普斯海洋研究所的鼓励和支持。他特别感激前加拿大太平洋海洋组的**J.P.塔利**博士将他引入海洋学的领域，并一直给他以鼓励。他还感谢**R.W.柏林**博士及其他人阅读本书的原稿，并对原稿及书的编排提出了建设性的意见。本书的另一作者**W.J.埃默里**很想感谢克劳斯·威特基博士指导他进入物理海洋学的领域，并给他以研究的机会。奥斯陆大学的阿斯博士在光学方面提出了一些很有帮助的建议，这些建议本书已采纳。

最后应该指出，虽然作者在物理海洋学的某些方面和某些海区做过一些工作，有些个人的经验，但为了全面论述物理海洋学，还是在很大程度上依靠了其他人的研究成果和解释，因此作者万分感谢许多海洋学工作者，在积累本书的材料时，引用了他们在著作及文章中给出的工作成果。

目 录

第一章	绪言	(1)
第二章	海洋的尺寸、形状及海底沉积物	(7)
2.1	海洋的尺寸	(7)
2.2	海底的尺寸	(10)
2.2.1	比例尺	(10)
2.2.2	海岸	(11)
2.2.3	大陆架	(11)
2.2.4	大陆波与大陆隆	(12)
2.2.5	深海海底和测深	(12)
2.2.6	海槛	(14)
2.3	海底沉积物	(15)
第三章	海水的物理性质	(17)
3.1	几个术语	(17)
3.2	纯水的性质	(18)
3.3	盐度与电导率	(19)
3.4	温度	(23)
3.5	密度	(24)
3.5.1	密度的单位	(24)
3.5.2	盐度和温度对密度的影响	(25)
3.5.3	压力对密度的影响	(27)
3.5.4	比容和比容距平	(28)
3.5.5	密度和比容距平表	(29)

3.6	其他特征量	(31)
3.7	海中的声	(32)
3.8	海中的光	(35)
3.9	海水的颜色	(39)
第四章	大洋水特征量的典型分布	(41)
4.1	引言	(41)
4.1.1	概述	(41)
4.1.2	资料的收集与分析	(42)
4.1.3	一般的统计数字和有关区域的几个术语的说明	(43)
4.2	密度分布	(44)
4.2.1	表面密度	(44)
4.2.2	表面以下的密度和密度跃层	(45)
4.2.4	静力稳定度	(46)
4.2.4	密度的地理分布	(48)
4.3	温度分布	(49)
4.3.1	表面温度	(49)
4.3.2	上层海洋的温度分布与温跃层	(52)
4.3.3	上层海水温度的时间变化	(53)
4.3.4	深水: 位温	(57)
4.4	盐度分布	(60)
4.4.1	表面盐度	(60)
4.4.2	上层盐度	(62)
4.4.3	深水盐度	(64)
4.4.4	盐度的时间变化	(64)

4.5	溶解氧的分布	(64)
4.6	其他水体运动示踪物	(67)
第五章	大洋中水、盐和热量的收支平衡	(68)
5.1	体积守恒	(68)
5.2	盐量守恒	(70)
5.2.1	原理	(70)
5.2.2	两个守恒原理的应用实例	(72)
5.2.2.1	地中海	(72)
5.2.2.2	黑海	(73)
5.3	热能守恒：热收支平衡	(74)
5.3.1	热收支平衡项	(74)
5.3.2	短波辐射和长波辐射：辐射理论基础	(77)
5.3.3	短波辐射(Q_s)	(78)
5.3.3.1	海洋得到的太阳辐射	(78)
5.3.3.2	大气吸收、太阳高度和云等的影响	(79)
5.3.3.3	Q_s 值的时空变化	(82)
5.3.4	长波辐射(Q_l)	(83)
5.3.4.1	影响辐射的因素	(83)
5.3.4.2	Q_l 值的时空变化	(85)
5.3.4.3	云的效应	(85)
5.3.4.4	冰雪覆盖的效应	(86)
5.3.5	热传导(Q_h)	(87)
5.3.5.1	涡动传导	(87)
5.3.5.2	对流	(89)
5.3.6	蒸发(Q_e)	(90)

5.3.6.1	蒸发皿法	(90)
5.3.6.2	流动法	(91)
5.3.6.3	热收支平衡法; 鲍恩比	(93)
5.3.7	热收支平衡各项的地理分布	(95)
5.3.7.1	太平洋	(95)
5.3.6.2	大西洋	(99)
5.3.7.3	世界大洋, 北半球	(99)
5.3.7.4	热收支平衡的大尺度研究计划	(102)
第六章	仪器与方法	(104)
6.1	引言	(104)
6.2	仪器	(106)
6.2.1	绞车、钢丝绳等	(106)
6.2.2	深度测量方法	(107)
6.2.3	海流测量方法	(108)
6.2.3.1	拉格朗日法	(109)
6.2.3.2	欧拉法; 螺旋桨型海流计	(112)
6.2.3.3	欧拉法; 非螺旋桨型海流计	(120)
6.2.3.4	系留式海流计和其他仪器	(122)
6.2.3.5	地转法和动力高度图	(125)
6.2.4	海水性质	(134)
6.2.4.1	采水器	(134)
6.2.4.2	密度测量	(135)
6.2.4.3	盐度测量	(136)
6.2.4.4	温度测量	(140)
6.2.5	投弃式仪器	(143)

6.2.6	辐射测量	(144)
6.2.7	平台	(148)
6.2.7.1	海上平台及空中平台	(148)
6.2.7.2	遥感: 人造卫星	(149)
6.2.8	大洋水的年龄	(153)
6.3	资料的图解表示	(155)
6.3.1	空间变化: 铅直分布图和断面图	(155)
6.3.1.1	铅直方向	(155)
6.3.1.2	水平方向	(157)
6.3.2	时间变化	(157)
6.3.2.1	时间序列图	(157)
6.3.2.2	海流资料图	(158)
6.3.3	等熵分析	(161)
6.3.4	特性图	(162)
6.3.4.1	两特征量的特性图 (如 T - S 图, T - O_2 图)	(162)
6.3.4.2	核法	(166)
6.3.4.3	三特征量的特性图 (如 T - S - V 图, T - S - t 图)	(167)
6.3.5	总结	(174)
第七章	大洋环流及水团	(175)
7.1	引言	(175)
7.1.1	热盐环流	(175)
7.1.2	风生环流	(178)
7.1.3	环流与水团	(179)
7.2	南大洋	(182)
7.2.1	南大洋的划分	(182)

7.2.2	南大洋环流	(185)
7.2.3	南大洋水团	(187)
7.2.3.1	南极带	(187)
7.2.3.2	副南极带	(189)
7.3	大西洋	(193)
7.3.1	概貌	(193)
7.3.2	南大西洋	(193)
7.3.2.1	南大西洋环流	(193)
7.3.2.2	南大西洋体积输送	(195)
7.3.3	北大西洋环流: 概况	(197)
7.3.3.1	湾流系统	(199)
7.3.3.2	湾流的体积输送	(203)
7.3.3.3	湾流的温、盐分布	(204)
7.3.3.4	湾流环与大洋涡	(207)
7.3.4	赤道大西洋环流	(210)
7.3.5	大西洋水团	(211)
7.3.5.1	大西洋上层水	(212)
7.3.5.2	大西洋深处的水团和环流	(213)
7.3.5.3	大西洋次表层水的T-S特性	(219)
7.3.5.4	混合机制	(227)
7.4	北大西洋的毗邻海域	(229)
7.4.1	地中海	(229)
7.4.2	黑海	(232)
7.4.3	波罗的海	(233)
7.4.4	挪威海和格陵兰海	(234)

7.4.5	拉布拉多海, 巴芬湾和哈得孙湾	(237)
7.4.6	毗邻海域: 入流和出流的特性	(240)
7.5	北极海域	(242)
7.5.1	北极海域: 上层环流	(243)
7.5.2	北极海域的水团	(244)
7.5.2.1	北极水	(244)
7.5.2.2	大西洋水	(247)
7.5.2.3	底层水	(249)
7.5.3	北极海域中水、盐量和热量的平衡	(250)
7.5.4	海中的冰	(252)
7.5.4.1	海冰的性质	(252)
7.5.4.2	海冰的分布	(254)
7.5.4.3	冰山	(256)
7.6	太平洋	(257)
7.6.1	太平洋环流	(257)
7.6.1.1	太平洋的赤道环流	(259)
7.6.1.2	太平洋的赤道潜流	(262)
7.6.1.3	与流系有关的辐合与辐散	(269)
7.6.2	北太平洋环流	(272)
7.6.2.1	北太平洋流涡与黑潮	(272)
7.6.3	南太平洋环流	(275)
7.6.4	东边界流: 秘鲁海流与埃尔尼诺现象	(276)
7.6.5	太平洋水团	(279)
7.6.5.1	太平洋上层水	(280)
7.6.5.2	太平洋深层水	(287)

7.7 印度洋.....	(289)
7.7.1 印度洋环流.....	(290)
7.7.2 印度洋水团.....	(293)
7.8 红海和波斯湾.....	(294)
第八章 沿岸海洋学.....	(297)
8.1 引言.....	(297)
8.2 沿岸上升流.....	(301)
8.3 河口.....	(304)
8.3.1 河口的类型.....	(305)
8.3.2 河口环流.....	(309)
第九章 关于进一步工作的若干意见.....	(312)
附录 描述性物理海洋学中使用的单位.....	(321)
参考文献.....	(326)
建议进一步阅读的书.....	(326)
有关的期刊和评论文章.....	(331)
英中术语对照表.....	(348)

第四版序

近年来,对海洋学的兴趣日益增加,学生们希望更多地了解这个学科的知识。迄今为止,现有的海洋学教科书,不是在论述上过于肤浅,就是综合性太强、涉及的内容太广泛,不适宜作为大学生的海洋学入门教材。本书力图给出物理海洋学描述性方面的知识,它可作为研究生和理科大学生的入门书。如果有中学高年级学生希望了解这个科学研究领域中的某些成就和研究目标,那么本书对他们也会有所帮助。

在准备这第四版时,我们采纳了许多读者提出的建议,重点扩充了大量的说明性材料,增加了约四十五幅图,原有的图也重新画过,必要的地方还做了适当的修改。本书已能跟上科学的发展,并在书后附上了精选的参考资料。在本书的编写过程中,原作者有幸得到他的同事 W.J.埃默里博士的合作,因此埃默里博士也就成为本书的作者之一。本版本对书中各节编了号,并对某些材料的安排做了些小小的改动。值得一提的是,关于海水光学性质的讨论已移到第三章,关于上升流的讨论移到了第八章。为了从密度分布定性地推导出海流的情况,本书还对地转法进行的初步的讨论。

为响应国际物理海洋科学协会的建议,本版本以国际单位制(SI)为基本单位制。为简便起见,不属于国际单位制的单位“斯维尔德鲁普”(Sv)仍旧用来表示体积输送;溶解氧仍用毫升/升表示;在地转法的讨论中仍以动力米为单位,因为现在多数文献都是这样用的。大概还要过一段时间,国际

么地方。海洋巨大的热容量对大陆气候有极大的影响。在营造码头、防波堤及其他海工建筑时，必须考虑沿岸的流和浪的不停的运动。

在上述及其他许许多多的应用中，都需要了解大洋的环流。物理海洋学家的任务就是系统地、定量地描述海水的特征及其运动。海水的运动包括：不停地运动的主要洋流（其运动速度和径流的位置均可变化）；中尺度和小尺度环流；可变的沿岸流；往复运动的潮流；上下涨落的潮汐以及风或地震造成的波等等。海水的特征包括温度和含盐量，这两者共同决定海水的密度，进而决定海水的铅直运动。此外还包括其他一些可提供关于海流的信息的溶解物质和生物种。

我们可以从两个方面着手研究海洋的物理性质。在进行所谓概要性或称描述性的研究时，我们对具体的现象进行观测，并用这些观测结果对现象本身的特征及它们与其他现象之间的关系进行尽可能简单的描述。在进行动力学或称理论的研究时，我们运用已知的物理定律，将海洋视为受力作用的水体，并努力求解所得的数学方程，以期了解在力的作用下产生的运动。这两种方法在实践中都有其困难之处和局限性，我们对海洋的了解得以发展到今天这样的水平，是靠着概要性和动力学两种方法的结合。理想的研究方法是先进行观测，以便了解需要解释什么样的海洋现象，然后，用被认为适用的基本物理定律，在作用力与观测到的运动之间建立一个方程。此方程的解，即使是近似的，也将表示出运动在时间和空间上的变化情况。这个解还会启发我们做进一步的观测，以检验所选用的定律或建立方程时所依据的现象是否

合适。若不合适，就根据检验观测的结果修改这个理论。不断地交替进行现象观测和理论研究，直至得到令人满意的理论为止。这是典型的科学研究方法。

我们现有的物理海洋学知识是资料积累的结果，其中大部分资料是在过去的约一百年内观测得到的。本书将要概述其中的一部分资料，以介绍我们现在对大洋水物理特征和环流的分布的了解程度。利用力学定律进行的另一种平行研究取得的成就，在其他书中有所论述，例如麦克莱伦(MacLellan)，庞德(Pond)和皮卡德(Pickard)或冯·阿克斯(Von Arx)的著作。

物理海洋学的发展经历了几个阶段。人类从开始航海的时候起，大概就接触到洋流了，因为洋流影响着航向。这种纯属实用性的研究，与其说是海洋学的一个分支，倒不如说是水文学有关领域的一个分支，其内容包括绘制航海图和编制潮流潮汐表。但正是从这里开始了对洋流的研究，其目的不仅是要弄清洋流如何运动，还要弄清它们这样运动的原因。许多早期的航海家，如库克(Cook)和范库弗(Vancouver)，在他们十七世纪后期的航海活动中，就做了很有价值的科学观测，但一般认为是F. M. 马修(F. M. Maury) (1885)用航海志作为资料来源，首次系统地大规模搜集洋流资料。过去许多关于表面流和风的资料都是这样得到的，现在还是这样。

“H. M. S. 挑战者”号首次对海洋进行了全面科学考察，这次环球航行从1872年起直到1876年。第一次主要为搜集物理海洋学资料而进行的大规模考察是德国的“流星”号完成的，它从1925年到1927年，考察了大西洋。后来考察活动不断增