

843407

3584

7/276

沿岸 过程中的 海洋锋

M. J. 鲍曼 著
W. E. 埃萨阿斯



84

276

海洋出版社

沿岸过程中的海洋锋

M.J. 鲍曼 著

W.E. 埃萨阿斯

许建平 刘仁清 译

侍茂崇校

海洋出版社

1986年·北京

内 容 提 要

本书是一本介绍沿岸过程中海洋锋调查、研究的专著。

本书分两部分：第一部分主要阐述了海洋锋的一般概念，并细致地介绍了开展这一工作的具体措施和达到的目标；第二部分选列了九篇论文，内容包括锋动力学、锋物理、生物学特性和沿岸各种海洋锋的生成机制及其对沿岸环境状况（如海洋渔业、海洋污染、海洋生物、海洋气候、海洋军事等）的影响等等。

本书可供从事海洋水文、化学、生物、水产、环境保护和航运等部门的科技人员参考。

Oceanic Fronts in Coastal Processes

Edited Malcolm J. Bowman

Wayne E. Esajas

Springer-verlag Berlin Heidelberg 1978

责任编辑：王小南

责任校对：刘兴昌

沿岸过程中的海洋锋

M.J. 鲍 曼 著

W.E. 埃萨阿斯

许建平 刘仁清 译 侍茂崇 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

四季青印刷厂印刷

开本：787×1092 1/32 印张：57/8 字数：100千字

1987年7月第一版 1987年7月第一次印刷

印数：800

统一书号：13193·0631 定价：1.30元

译 者 的 话

众所周知，锋是海洋中不同水团之间剧烈交换的一个区域。由于锋对海洋环境的变化影响重大，故近年来海洋锋的研究已经愈来愈受到人们的关注。

本书从介绍锋的一般概念出发，全面阐述了在海洋锋调查和研究中的一些基本问题，它能使读者对这个新领域的发展有一清晰了解。而且本书内容广泛，从各个专业角度介绍了作者们近年来从事该领域研究的成果。鉴于目前国内外有关这方面的专著甚少，故将本书译出，供从事该领域研究的科技人员及有关同志参阅。

本书在翻译过程中得到了管秉贤副教授的热忱帮助和具体指导，同时也得到了许多同志的大力协助，译者在此深表感谢。由于译者知识浅薄，译文中会存在不少错误和欠妥之处，希读者予以指正。

译 者

1983.6.25

前 言

1977年5月25日，由海岸海洋学家组成的一个小组，应邀在斯托尼布鲁克海洋科学研究中心进行了为期三天的深入细致的讨论。这次专题讨论会的目的是评价海洋锋研究的现状，确定今后研究工作的重点，以及在沿岸海洋¹⁾锋的研究中为了实现这些目标需要解决的理论、仪器、实验和后勤等问题。

虽然海洋锋的存在早已为人们所知，但是随着新的概念和分类法的出现，海洋锋学也在迅速发展。这门科学正从描述性阶段进入理性认识和锋动力学的定量研究阶段。今后研究重点应是锋的物理过程对锋区的化学、生物学、声学以及悬浮颗粒物聚集的影响问题。

沿岸锋在聚集包括有毒废物在内的漂浮和悬移颗粒物物质方面是十分有效的。已经测得受污染的沿岸区的重金属浓度比背景浓度要高一倍至上万倍。锋带又是生物生产力高的海区，因而是商业和娱乐性渔民频繁活动的区域。可以推断，摄入食物链的重金属，多氯联苯和其他潜在的有害污染物要比海洋中的平均浓度高几个数量级。锋还会影响漂油的弥散。所以，了解锋的物理过程，无论是对建立石油的弥散模式还是对意外事故的净化工作，都是十分重要的。

鉴于以上理由，我们感到一个重点明确，计划周密的专题讨论会，能适时地评价目前对海洋锋的认识程度，并就今后的研究方向为在政府机构中从事基础研究、海洋环境保护

1) 本报告中所用“海洋”，既包括外海，又包括河口锋区。

和管理的科学团体以及制定计划人员,提供一些指导性意见。

会议期间,大家集中讨论了锋的物理学和在最低营养阶层上物理推动机制与生物响应的相关尺度。这一问题既部分反映了与会者的科学兴趣,也反映了锋带通常是食物链动力学研究的重要区域这一不可置疑的事实。

会议的意见摘要由与会者共同做出。对沿岸锋论文还没有来得及进行审慎的评述。本文只提供沿岸锋研究中几个方案的“快照”,显然它是不完善的。但我们希望,在这些课题讨论中,至少能对沿岸锋的科学现状形成一个正确而又清晰的概要。

我们以全体与会者的名义对发起和组织这次讨论会的人士表示感谢。也欢迎提出各种宝贵意见。我们认为,本书仅是一个进程报告,今后将不断进行修改和补充。

M.J. 鲍曼

W.E. 埃萨阿斯

概述与建议

(一) 引言

本书讨论了沿岸锋(包括河口锋)的物理特征和生物特征。对海洋锋研究的现状、海洋锋的重要环境意义,今后需集中研究的一些最重要的问题,以及实现这些目标需要采取的对策等问题进行了探讨。

(二) 海洋锋的重要性

海洋锋是一门新兴的科学。锋是不同水团之间发生强烈交换的区域,因而它在海洋动力学中是十分重要的。大尺度锋对天气和气候都具有重要的影响。在海洋气候预报中了解锋的起因和作用是非常必要的。

锋对声音在水下的传播有重要的影响,因而对描述、模拟和利用中尺度现象来提高舰队作战能力的海军水下活动,亦有重要的影响。

锋对海洋生物也有显著影响。它们是浮游生物—鱼—海洋哺乳动物这一整个食物链的高生产力区,因而它们总是渔民进行捕捞的区域。渔业管理规划必须考虑沿岸锋的分布和生产力问题。所以,在确定海洋生产力的生物模式时,要清楚地了解生物锋的作用。

表面锋能数千倍地浓集海洋污染物,对于重金属,多氯联苯等有害物质进入食物链具有重要的作用,然而,迄今为止这种作用并未得到重视。如果要避免废水浓缩和沿岸环境

污染，那么，在规划城市、工业、放射性和发电厂等废水排入海洋的出口时，必须考虑永久性的近岸锋带的位置。

锋面环流会影响漂油和倾入海洋的污染物的弥散。因此，要想有效地确定污染物如何输送、聚集和进入海洋食物链，显然环境监测与采样方式也必须与海洋锋的研究结合起来。

（三）海洋锋研究的现状

由于对物理与生物场进行有效的观测非常困难，致使许多科学家不得不回避这些困难而研究那些较容易解决的问题；加之，在实施大面积观测计划中由于组织与后勤保障方面的困难，因而我们对沿岸锋的特征还缺乏详细的了解。此外，由于政府机构中负责环境管理和开发的主管官员不了解海洋锋的重要作用，组织机构不够合理，也是海洋锋的研究至今未得到充分发展的原因之一。

现在，我们掌握的知识已能够描述锋面环流的总特征，具备描述水平运动与垂直运动的简单诊断模式。锋的产生、弯曲、持续和消衰是锋的基本特征，可惜我们对这些机制的了解还远远不够。

浮游植物群落与沿岸锋中有利的生长条件之间的相应关系，已经得到较多的注意，我们正在开始了解和定量地描述这些过程。可是，当我们想用较高水平来解决这类问题时，仍因缺乏采样技术和能够恰当地确定种间作用及反应速率的真实生物模式而受到限制。我们知道这些问题确是很重要的。

沿岸锋既普遍存在而又生命短促，从而使数值模式预测漂油轨迹的问题复杂化。我们还提不出一个适合于沿岸以及

河口水道的有效而又通用的模式，在这个模式中可以把锋的聚集和浓缩效应计算进去。

我们也不能根据遥感图像提供的表面特征，来正确地预测锋带附近海水的次表层运动。

(四) 今后研究工作的建议

我们归纳了十四个需高度重视的问题，作为对今后海洋锋研究的建议。这些问题的先后顺序未必按其重要程度排列。详细情况可见第四章第四节。

1. 为了有助于建立各种假设，实验计划以及资料的整理，必须发展概念与动力模式。

2. 改进沿岸锋带环流的观测。

3. 为了取得对物理学和生物学完整而又一致的理解，必须发展能同时观测沿岸锋带特征的辅助技术。

4. 查明对锋带生态系统有重要关系的海气交换、内部交换和底层交换过程，新水团的形成，以及质量平衡等问题，并把他们定量化。

5. 研究根据海面观测资料或遥感资料推断次表层物理场的技术。

6. 阐明锋带的时间演变、持续和消衰过程。

7. 了解锋带与各类波浪、潮汐和气象现象的相互作用。

8. 确定与锋有关的弯曲和涡动形成的基本动力过程。

9. 扩大目前对包括鱼和底栖生物在内的高营养阶层的物理-生物耦合生态模式的研究。

10. 探索改进生物速率测量(如生产力、摄食、营养物质

的吸收和扩散等)的新方法。

11. 将锋带的基本变化和它对生态系的影响更进一步定量化。

12. 优先寻找更快更好的资料处理方法,以便在采样计划中,能更有效地反映时间变化。

13. 研究鱼类在锋带中摄取有毒金属和污染物后对人类健康的危害。

14. 测定锋带中诸如漂油、有毒的及放射性废物、污水等海洋污染物的水平输送和垂直输送。

(五) 结论

上述十四个问题中每一个都是非常复杂的。要想在研究中取得重大进展,就必须切实重视并提高投资水平,还需在全国范围内得到科学团体和制定政策者的支持,并设立相应的组织机构来指导这些问题的研究,以大大提高我们对海洋锋在沿岸过程中的作用的认识。

目 录

第一部分 绪言与会议纪要

第一章	绪言与历史的回顾·····	(2)
第二章	会议纪要·····	(8)
(一)	何谓海洋锋·····	(8)
(二)	海洋锋为什么重要·····	(10)
(三)	进一步认识沿岸锋的主要问题何在·····	(12)
(四)	今后的目标·····	(13)
(五)	锋面综合研究的建议方案·····	(16)
(六)	对取样计划的意见和建议·····	(17)

第二部分 与会代表论文

第三章	锋动力学和锋生·····	(22)
第四章	表面辐合情况下的平流-扩散·····	(33)
第五章	潮汐混合引起的浅海锋·····	(42)
第六章	前进锋和退行锋·····	(57)
第七章	新斯科舍陆架坡折锋的物理特征·····	(78)
第八章	新斯科舍陆架坡折锋的生物特征·····	(93)
第九章	岬角锋·····	(104)
第十章	河口锋和羽状锋·····	(116)
第十一章	锋区横向混合和增密效应·····	(147)
参考文献	·····	(162)
附录一	支持海洋锋在沿岸过程中的作用专题讨论会的单位·····	(171)
附录二	与会代表名单·····	(172)

第一部分 绪言与会议纪要



1975年7月在凯尔特海的海洋锋上正在升起的平流雾的照片。锋北边(背景上)是冷的垂直混合水引起的气团凝结,这个气团的露点温度介于该锋两侧的海面温度之间。详见第五章。

第一章 绪言与历史的回顾

M.J. 鲍曼

锋是相邻的两个不同性质水团之间明显分界带的表现特征。对锋带的物理、化学、生物和光学等要素性质进行研究，就是海洋锋学——锋带科学的基本内容。

锋生是指锋的产生现象；而锋消是指锋的消衰现象。

在能量(包括动能、位能和温盐能等)产生与消衰过程中，出现水平差异的海区才能形成锋。

重要的物理驱动力是那些与海气交换有关的力，其中包括行星力与局地风应力，热量(海面的增热与冷却)，水(蒸发与降水)的季节性和行星式垂直输送。

还要考虑其他的一些过程，其中包括河流的淡水输入，潮流与表层地转流的汇合和切变，因海底地形与粗糙度引起的湍流混合，因内波与内潮切变及非线性不稳定所引起的混合、和因弯曲引起的离心效应等。

地球旋转可以显著地影响较大锋带的动力过程。而小尺度锋似乎仅受非线性惯性效应和摩擦效应控制(虽然有人对此表示怀疑)。

锋的边界带是运动强化的区域，具有许多重要的动力学特征。这些问题将在后面的文章中进行讨论。锋的边界带也是生物生产力的富集区，因而也是理想的渔场。

对海洋锋的成因及效应的科学研究工作，始于十九世纪中期。美国海洋学家 M.F. 莫里，1858 年曾把锋描述为一种“奇异的海洋现象”。1975 年 G.F. 纽迈耶提出锋是“两股海流相互碰撞和争斗的现象”。

首次有文字记载的在锋带附近的捕鱼活动，可追溯到公元 34 年春天。圣·约翰作了如下记述：“西蒙·彼特说：‘我准备去捕鱼’。‘我们和你一起去。’其他人说。于是他们就上船出发了。但是他们一无所获。

“第二天早晨，耶稣站在海滩上，但这几个信徒不认识他。耶稣对他们说：‘把网撒到右舷，你们就会捕到鱼’。他们把网从右舷撒下去，发现无法把网拖上来，因为网里的鱼太多了。”

锋带常有强烈的表层流辐合。锋还限制了鱼类的分布。不难推测，信徒们的船进入了加利利海的海面辐合带，他们开始是在港口附近生物贫乏的水域中捕鱼。从右舷撒网，就能从海洋锋的高生产力一侧捕到鱼。锋(常被叫做热力坝)在春季的增温季节确实可在大湖泊中形成，因此，对海洋锋进行深入研究，无论在科学上还是在历史上都是颇有趣味的。

日本海洋学家宇田道隆(1938, 1959)最早描述了日本周围近海的海洋锋，并进行了动力学研究工作。

除了根据动力和地形条件(即不同锋带可能形成的位置)对锋进行分类外，宇田还提供了丰富的描述性材料。这些材料大多来自日本渔民的经验，下面是几个例子：

在水团与水团的边界上，常可发现具有独特波纹或波浪的明显界限。它可以是一个辐合带(海流或激潮)，也可以是辐散带(油一样光滑带)，日本人把这条界限叫做“激流”(siome)。

漂流物沿着激流辐合线聚集。这些漂流物中有废物、泡沫、木料碎片等，以及浮游植物、浮游动物、软体动物、鱼、海马、昆虫、海豚、鲸鱼和人(男女渔民？和尸体)。因而激流就成了富饶的渔场。

锋带的海面状况可变得十分恶劣，特别是当穿过锋带的海流有较大的切变时更是如此。当波浪逆流传播，或者强海流逆强风而流动时，都可形成徒峻的尖塔型驻波。在风暴天气可能出现极其危险的海面状况。汹涌滔天的白浪可卷上甲板。用日本人的说法，这种状况叫“海啸”(sionami)。

在索尔海耶达尔记述康提吉探险的书中有引人入胜的描述。从各种迹象分析，他所记述的是穿过中大洋锋的情况(尽管当时没有认识到这一点)：

“在秘鲁与南方诸岛之间 4300 海里的海面上不应有任何类型的陆地。然而当我们接近西经 100° 时，在太平洋海图上我们惊奇地发现航线正前方有一个暗礁。暗礁是用一个小圆圈标出来的。我们就查找和海图同年出版的《南美航海指南》中的附注。上面写道：1906 年和 1926 年曾报道过在加拉帕戈斯群岛西南大约 600 海里处，即南纬 $6^{\circ}42'$ ，西经 $99^{\circ}43'$ 处的地方发现破碎波。1927 年一艘轮船在该点以西 1 海里的海面上经过，但未看到破碎波的迹象。1934 年另一艘轮船在该点以南 1 海里处经过，也未发现任何破碎波的迹象。1935 年内燃机船‘科里’号经过这里时，测量海深超过 160 英寻。”

“我们驶着筏向西北偏北方向航行了两天两夜。当贸易风向在东南和东之间变化时，波浪增高了，海面变得难以预料，我们随着袭来的海浪上下颠簸。一刻不停地在桅顶上瞭

望。当筏被掀上浪尖时，视野要开阔得多。浪锋超过竹子做的船舱顶部六英尺。如果两个巨浪一起袭来，会掀起更高的水柱，嘶叫着，又从预想不到的方向倾泻下去……。

“第二天，风从东方吹来，海浪也不象先前那样杂乱了。我们都松了口气，因为下午晚些时候就能到达目的地了。或许是我们观察得仔细的缘故，发现海里的生物比平常多了。午前我们看见一条大箭鱼贴近水面向筏游来……当我们吃着又湿又咸的午饭时，看着咆哮的海浪在正前方把大海龟的甲壳、头和伸开的鳍掀出水面，接着又是两只。前面那一只象它突然出现一样又突然消失在水中。我们还看到海豚的白色肚子在水中翻滚闪烁。这里，一种体长一英寸的小飞鱼特别多，大群大群地在水里游来游去，常常跃到筏上来。我们还看到零零散散的贼鸥和拖着巨燕似的尾巴的军舰鸟不时地飞临木筏上空盘旋。人们通常认为军舰鸟是船靠近陆地的象征，筏上的欢乐气氛也增加了。

“午后，艾利克越来越频繁地爬到厨房顶上，站在那里通过六分仪观察着。下午六点二十分，他报告我们的位置在南纬 $6^{\circ}42'$ ，西经 $99^{\circ}42'$ ，也就是在海图上的暗礁正东一海里处。我们把竹帆桁放下，卷起风帆。这时风从东来，把我们船慢慢地带到那个地方。当太阳迅速地消失在海洋里时，一轮满月已经升起，明亮的月光把海面照亮。远处的海面起伏着，泛着银色和黑色的光芒。在桅顶上的能见度很好。看到到处是一排排长长的碎浪，但却没有看见指示暗礁或浅滩的规则的碎波带。没有人去睡觉，都急迫地搜索着，同时有两三人站在桅杆的最高处。当驶过海图上标有暗礁的中心区时，我们不停地探测着。铅锤都系在长500多英寻的54股丝绳上，

即使减去因筏的行驶而发生的倾斜,无论筏速如何,铅锤入水深度都有 400 英寻左右。但在中心区、东部和西部都没有到达海底。我们最后又环顾了一下海面,认定我们能安全地通过这个海区,而不会有碰到任何浅滩的危险,才调整航向,乘风破浪向前驶去。”

锋区极不稳定,有各种尺度的弯曲(从河口和浅海区的 100 米左右到湾流内达 500 公里左右),并可能发育成涡旋,离开锋进入其中一个或同时进入两个水团,日本渔民在陆架区记录到直径为数米的旋涡。这种旋涡很容易把渔网卷成一团,象倒转的龙卷风一样,把它们吸入海底。

宇田还记录到锋区声学特征的详细情况。在比较沉寂的锋带附近,不规则的波浪起伏有水沸腾的声音(“噗托-噗托,啫噢-啫噢,沙-沙”),与激流中的水声相似,这可能是水泡破裂和激烈的波浪起伏中浪花的撞击声。

“sionami”总是伴有一种特别的声音(“啫-啫”)。当存在破碎三角浪的情况下,就成为一种咆哮声(“呼-呼”),几海里外都能听到。

早期的研究人员很快就发现,在锋带中进行海流测量是很困难的。获取大范围的资料要多艘船进行调查。他们利用了西太平洋与日本海汛期渔民们关于锋的位置和特征的大量报告(本书提出的建议之一,就是要利用渔民来收集浅海锋位置和特征的资料)。

宇田很快就认识到,激流(siome)很少是纯的分界线或边界,其特征通常是复杂的,具有相嵌性、间断性和多重性,诸如强弱梯度条带、条纹和各种尺度的运动。他证明了在锋生和横向切变(也就是涡旋产生的势能)相一致的海区,用等值