



林 鹏 编著

**MARINE HIGHER PLANT
ECOLOGY**

海洋高等植物 生态学



科学出版社

www.sciencepress.com

海洋高等植物生态学

林 鹏 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者在近 20 年来的科研和教学工作中,综合了世界上特别是中国的滨海湿地高等植物在分类、形态和生态学方面的基础知识的成果。全书以海洋学和植物学的基本知识贯穿其中,分析了海洋高等植物对近海海洋生境的生理学、形态学适应,并阐述了海洋高等植物的生态学作用和经济利用的基本知识和科学涵义,对滨海湿地的保护、开发和生态修复工作起着指导作用。全书由四章组成:①概论(包括海洋高等植物的概念和相关的滨海湿地的基本知识);②红树植物群落;③海草植物群落;④盐沼植物群落。全书图文并茂,内容深入浅出,丰富新颖,是一本了解、研究、开发和利用海洋高等植物的教科书和参考书。

本书可供从事生态与环境科学、海洋学、植物学的工作者和学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

海洋高等植物生态学/林鹏编著. —北京:科学出版社,2006

ISBN 7-03-017479-8

I. 海… II. 林… III. 水生植物-高等植物-海洋生物-植物生态学
IV. Q948.885.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 068477 号

责任编辑:赵 峰 李久进 沈晓晶/责任校对:刘小梅

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京汇林印务有限公司

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006 年 11 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006 年 11 月第一次印刷 印张:9 1/4 插页:6

印数:1—1 500 字数:176 000

定价:39.00 元

如有印装质量问题,我社负责调换

前 言

海洋高等植物是指生长在滨海潮间带和浅水潮下带的高等植物（包括蕨类至种子植物）。由海洋高等植物构成的群落主要包括三大群落，即红树群落、海草群落和盐沼群落。这三大群落的植物种类和分布区有一个明显的特征和界限：红树林是生长在热带、亚热带潮间带的木本植物群落；海草植物则是广布于热带至温带的低潮带和潮下带（水深 6m 以上、少数可达 30m）的单子叶植物（只包括海生水鳖科和眼子菜科两科的植物）；而盐沼群落主要分布于温带，少量分布于中、北亚热带，个别热带滨海红树林不生长的地方也有少量盐沼群落出现。

本书以上述三大群落类型为对象，分别说明它们的种类组成、形态特征、生态适应及其生态作用和经济价值。同时以海洋学和植物学的知识贯穿其中，内容深入浅出，阐明了滨海湿地三大高等植物群落的概念和基本知识，为滨海湿地的保护、开发和生态修复工作起指导作用。

本书是作者多年来从事滨海湿地高等植物生态学教学的教材的综合，可供从事生态与环境科学、海洋学、植物学的工作者和学生参考。本书编写过程中得到了范航清博士、李振基博士、林益明博士、王文卿博士、张宜辉博士、陈鹭真博士和杨志伟工程师等的帮助，以及近海海洋环境国家重点实验室（厦门大学）和国家自然科学基金的资助，谨此表示感谢。

由于本人知识水平有限，书中难免有错误及疏漏之处，在此仅作为抛砖引玉，以促进我国滨海湿地科学的发展。书中不足之处，敬请读者批评指正。

林 鹏

2006 年 2 月 5 日于
厦大学生物学系

目 录

前言

第一章 概论	1
第一节 海洋高等植物的概念和分布特点	1
第二节 海洋高等植物的主要生存环境	1
第三节 海流、潮汐和赤潮	8
参考文献	13
第二章 红树植物群落	15
第一节 红树植物对海洋生境的适应	15
第二节 红树植物分类及其地理分布	31
第三节 红树群落结构与演替	59
第四节 红树群落的物质与能量	71
第五节 红树林的生态作用和经济利用	76
参考文献	80
第三章 海草植物群落	85
第一节 海草植物对海洋生境的适应	85
第二节 海草植物种类组成及其地理分布	88
第三节 海草的生物量和营养循环	103
第四节 海草的群落类型与群落演替	106
第五节 海草的分子遗传学研究	108
第六节 海草的生态意义和经济价值	113
参考文献	115
第四章 盐沼植物群落	119
第一节 盐沼植物对海洋生境的适应	119
第二节 盐沼植物种类组成及其地理分布	123
第三节 盐沼生态系统的结构与功能	132
第四节 盐沼的生态作用	135
参考文献	139

彩版

第一章 概 论

第一节 海洋高等植物的概念和分布特点

海洋高等植物是对生长在近海海域的蕨类植物、裸子植物和被子植物的总称，主要是指生长在海洋大陆架浅水（深至 6m 以上、少数可达 30m）和潮间带的沼泽植物，或称滨海湿地高等植物。这些海洋植物不仅具有较高的生产力，而且还具有防止基质流失、过滤水体、净化环境以及提供水生动植物、微生物的栖息地和营养源的功能。在当今人们重视海洋开发的时候，有必要充分认识、保护、利用、发展这些珍贵的海洋高等植物资源。

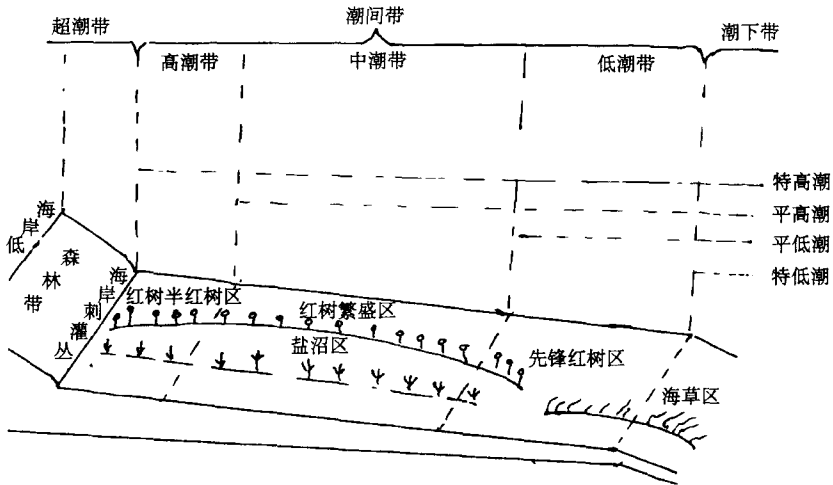


图 1-1 三类海洋高等植物群落在滨海的垂直分布简图

海洋高等植物主要包括三大群落，即红树群落、海草群落和盐沼群落。红树林（mangroves），或称红树群落（mangrove community）是生长在热带、亚热带海岸潮间带的木本植物群落，主要分布于热带，但由于受热带暖洋流影响，也可分布在南亚热带，甚至个别达暖温带。而海草植物则指广布于热带至温带的低潮带和潮下带的单子叶植物群落，只包括眼子菜科和水鳖

科的海生种类。盐沼植物群落是一种主要分布于温带,少量分布于中、北亚热带的潮间带的草本植物和少量双子叶灌木组成的植物群落,个别种可分布于南亚热带。这三类群落的植物种类和分布区有一个明显的界限。在纬度分布上,红树林以热带为主,跨越南亚热带,少数更北些;盐沼群落以温带为主,跨越中、北亚热带,少数更南些,以上二者可以互补;海草群落则广布于热带至温带,但由于种类不同,生长潮区也不同(图 1-1)。

第二节 海洋高等植物的主要生存环境

海洋高等植物一般生长在比较隐蔽的海岸和有淤泥质沉积土或少量沙质的泥滩,这些地段通常是河口地带或海湾区。这里简要介绍一下海湾和河口的特点和类型。

一、海湾的环境特征

海湾有很多种,一般所谓的海湾是指海岸区因多种原因(多地盘升降、水川腐蚀、河口堆积等)使得海洋水体成半封闭的区域和开放的海洋分布。从水域生态的观点来看,海湾代表内陆水体和海洋水体的中间型,不仅形态上介于封闭的湖沼和开放的河川、海洋之间,而且水质也是半咸淡的水,其中理化因子有很大幅度的时空差异。由于情况太复杂,我们这里不可能概括所有的海湾系统,只能限定一种特定的海湾水系[如盐沼或红树林的咸水沼泽海湾(marsh-inlet)]进行讨论。

(一) 地理特征

咸水沼泽(滩涂)的基本理化特征大致有 4 个方面:①潮间带的海潮幅度(高度)约 2~3m;②湾内陆地海界面有周期性交替;③水体本身受蒸发、降水、环流、淡水体输入输出的影响而变化;④盐度在 15~70 范围内波动。

(二) 生态活动过程

生态活动过程是指生物在各种环境因子相互影响下所表现出的物质交换和能量流动过程。在一般海湾生态系统中,至少有如下几种不同的区带:

1. 挺水植物区

代表以水和大气间交迭区域中的半干滩涂生物和两栖生物的活动为主的地区。在热带和南亚热带有红树植物, 在温带和中、北亚热带有盐沼植物, 如以禾本科的互花米草 (*Spartina alterniflora*) 为主的着生区, 其间有许多空间为潮沟 (tidal creek)、淤泥岸 (mudbank)、牡蛎礁 (oyster reef)、动物穴洞 (animal burrow) 和蚌蛤沼穴 (mussel slump) 以及地面有机碎屑 (surface detritus) 等, 形成一个异质型地带, 如潮沟边高草可达 2m, 半干滩地堤岸附近杂草可达 30~60cm。由于盐度和间隙水 (interstitial water) 的减少造成莎草科植物逐渐被灯心草科植物所取代, 这里就出现了地下渗流水或盐度下降的河口三角洲, 进而在这些地方逐渐出现草食者和捕食者, 以及不少海鸥等鸟类。该区米草产量约为 $1500 \sim 2500 \text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 因生境而异, 不是生态型。

2. 潮间和潮下水域区

该区除有红树林在中潮区以上分布外, 其余均为盐渍滩涂水域部分, 包括中高潮期被水淹的区域和低潮期潮沟中的水淹区域。蚌蛤、牡蛎、招潮蟹 (fiddler crab)、扇形蟹 (xanthid crab) 等生活在中高潮期被水淹区域, 它们在高潮期被水淹没时行水生生活, 但在退潮后则紧闭介壳行厌氧呼吸, 同时也能避免被捕食。不过螃蟹也能在空气中呼吸。潮沟中的水生生物多为浮游生物、鱼类以及其他甲壳动物, 可随潮水的涨落而移动, 它们是真正的水生生物。

从碳循环的观点来说, 含碳的有机物除了生物部分以外, 还有重碳酸盐、甲烷 (CH_4)、水溶性有机碳 (DOC) 和颗粒有机碳 (POC)。这些物质进入水域至少有 5 个来源:

- 1) 红树植物、盐沼植物的凋落物, 底栖微型藻类 (benthic microalgae) 和浮游植物所固定的无机碳, 以及从呼吸和大气扩散而来的 CO_2 等。
- 2) 底栖藻类和浮游植物释放出的 DOC。
- 3) 涨潮期间红树和米草等分泌的 DOC。
- 4) 死亡或断枝的红树和米草等经微生物分解后产生的 DOC 和 POC。
- 5) 从沉积层中释放出来的 DOC。

浮游植物和底栖藻类在水域中是主要的初级生产者, 但在盐沼海湾中的产量远不及着根的红树、米草等。据估计, 盐沼海湾初级产量的 80% 是海洋高等植物, 浮游植物和藻类各只占 10%, 后者净产量平均约为

46g/(m² · a)。

红树和米草直接转化为次级产量的不多,而大量成为 POC 的来源,少量成为 DOC 的来源(主要是由分泌产生)。此外,微生物的分解活动都是 DOC 的主要来源。

在次级生产者——动物方面,如浮游动物、牡蛎、蚌蛤、环节虫、大型甲壳类等,它们的活动对 POC 和 DOC 的转换也很重要,但是它们对碳素转换,同时加上微生物的部分,也只在 200~250g/(m² · a)。

碳素在水中的转换,主要是经过沉积和扩散,只有在扰动的水体中,碳素才在沉积物和水体之间有显著的交换。

(三) 土壤的沉积区

海湾中的土壤和沉积物是生物活动的主要场所,大约有 30%~60% 的红树和米草的净生产量是以在土壤和沉积物中的地下茎和根的形态而存在的。这部分的有机成分经过微生物的发酵和氧化还原等过程,对物质和能量转换及对氮、硫、磷、碳的固定都有调节作用。虽然大部分的过程是厌氧的,但在土壤沉积的上层数厘米处,通过红树和米草等的根茎,氧气仍然存在。所以,在土壤沉积物中,化学的和生物的氧化还原作用都存在。

有机碳并非都在当地转换,有时大量的碳是从死亡的生物中由穴居蟹类和环节虫转换的,它们把这些有机碳移动到沉积的下层或表层,水和空气也使以 CO₂ 和 CH₄ 等形式存在的碳转换,但其分量不到总量的 1/3。

二、河口的环境特征

(一) 河口的分类

河口是河湾的一种,它的主要特性也是在一个半关闭的水域中,河水和海水相汇后呈现规律性的混合。这种混合的程度各地不同,但通常由河流淡水的流量、海潮的高度和幅度及区域内水分的蒸散率这三个主要因子来决定。因此,根据这三个因子和混合的情况,河口可分为三种类型:

(1) 正态河口 (positive estuary)

这一类型的河口,水面蒸发少于河川的排水和降水 ($E < R + P$)。该水域表面有大量淡水流向海洋,使密度较大的海水从底部进入后逐渐向上垂直混合。如珠江口、长江口、密西西比河口、亚马孙河口等。

(2) 负态河口 (negative estuary)

这一类型河口,由于水面蒸发和海潮大于河川的排水和降水 ($E > R +$

P), 使得表层水的盐度和密度增高而向下沉, 其混合的过程和正态河口刚好相反。如杭州湾、渤海湾等。

(3) 中型河口 (neutral estuary)

这一类型的河口, 是上述两种的中间类型。蒸发等于河川排水和降水 ($E=R+P$), 使海水和淡水达到平衡, 盐度梯度与河水流向成垂直分布, 这种情况是很少的。

一般来说, 由于季节和气象的影响, 有时一个河口可以改变形式, 因而河口的分类在实际情况下并非一成不变。

(二) 河口混合型

根据 Dyer (1979) 的研究, 河口有四种不同的混合型:

1) 分层显著或盐楔型 (salt wedge type): 这种混合使盐度梯度与水流速度成陡峭垂直分布, 也就是稍有混合。

2) 半封闭峡湾型 (fiord type): 河口注入半封闭的海湾, 由于出口有阈堆 (sill), 海水进入海湾受限制, 近水面的混合与 1) 相似, 但下层水体的混合受季节性的潮汐的限制, 使湾内底部呈缺氧现象。

3) 部分混合型 (partially mixed type): 河水和海水陆续混合, 盐度和水流速度的垂直梯度较不显著, 加上受地球转动的偏向力影响, 平面水流在北半球有反时针方向的流动, 而在河口中间的速度比两岸的大。

4) 均匀混合型 (homogeneous type): 当河口宽大, 水流混合比较完全, 除了水流方向呈反时针方向外, 上层密度较轻的河水由河口方向向海方流出, 下层密度较大的海水由海向河口流入而混合。河口混合除受河水流量、潮汐高度和幅度、水分蒸散的影响外, 与海流的方向和速度的关系也很大。

(三) 河口沉积

水中悬浮物在河口沉积决定于悬浮物的多少和水流速度。悬浮物的来源不外是河川流水所含的泥沙、海潮冲击海岸腐蚀的土壤, 以及海水和河水混合时发生的绒结作用 (flocculation) 的产物。

据 Postma (1967) 的实验报告, 沉积物颗粒的直径在 1cm 左右时, 水流速度 150cm/s 可使其分化悬浮, 当流速小于 90cm/s, 则可以沉淀。较小的颗粒, 如直径 0.1mm, 则可以在 30cm/s 的流速中悬浮, 当流速小于 15cm/s 时则沉淀。

沉淀率或沉积速度和颗粒的直径关系如下:

$$V = 33\sqrt{d} \quad (1-1)$$

式中：V——沉积速度 (cm/s)；

d——颗粒直径 (cm)。

式 (1-1) 又称冲击律 (impact law)，主要对象是石英 (quartz) 颗粒，即无机物的颗粒。

更细小的颗粒 (granule) (如污泥、黏土和沙粒) 的沉积速度又和液体的黏度有关，可用斯托克斯定律 (Stoke's law) 来描述，即： $V=8100 d^2$ 。

据 King (1975) 介绍，颗粒直径为 $15.6 \mu\text{m}$ 时，沉积速度约 18.8m/d 。这个速度可以在一个潮汐周期内沉积。直径小于 $4 \mu\text{m}$ 的颗粒是不可能在一个潮汐周期内沉积的。因此河口水域的浑浊度是很高的，而且悬浮物的大小分布和潮汐周期也有关。

绒结作用对沉积的发生也有很大影响，海水中盐离子与淡水中的污泥及黏土粒子发生凝聚，有增大沉积速度的作用。当 $1.5 \mu\text{m}$ 的颗粒在绒结作用下，可以达到 $7 \mu\text{m}$ 的颗粒的沉积速度，也就是增加将近 5 倍的速度。因此河口浑浊度越高，其沉积速度也较快。

浑浊度最大区 (turbidity maxima area) 多在河水 and 海水相会的地方，由悬浮物的质量、河口水流，以及沉积物质和速度而定，对光的透射有很大的影响。这个区域中的沉积物常有悬浮沉积周期，随河水流量和海潮强度而变。

(四) 有机物

河口的有机物很多，除了河流和潮水带来的以外，不能适应此地盐度的淡水生物和海水生物在此区死亡分解成为有机物。水中的有机物通常分为溶解有机物 (DOM) 和颗粒有机物 (POM)。据 Head (1976) 介绍，水中有有机物的测定，可用 $0.5 \mu\text{m}$ 滤孔的过滤器分开，能通过的是 DOM，不能通过的是 POM。一般都以 DOC 和 POC 表示，即溶解有机碳和颗粒有机碳。

河口海湾的有机物还包括动植物的分泌物和排泄物，它们可以在当地循环，有些也可成为泥板 (mud flat)。从整个海湾来讲，56% 的沉积物来自河川，31% 来自海岸风化，13% 来自潮水。

(五) 理化因子

一般都认为河口的水是稀释的海水，其实并不如此简单。比较一下海水和淡水的成分，就可知当盐度增高时，重碳酸盐的成分增加不多，但氧化盐的增加却很大，其他化合物，如磷酸、硝酸和硅酸等，反而减少。金属离子

(铁、锰、钴、镍、铜、锌和镉等)多与悬浮物的浓度和分布有密切关系。

河口水中的溶解氧本来是相当充分的,原因是当扰动增加水和大气接触时,加强了气体交换和环流,同时水中植物的光合作用也放出大量的氧气,这些都使水中的溶解氧增加。但由于有机物的浓度增加,微生物的呼吸和分解作用,特别是在靠近海底的部分,溶解氧消耗得很快,所以在河口只有水面上层有充分的氧气,河口下层常常是缺氧的。

河口的温度变化也很大,由于河口水的扰动和深度都不大,所以河口水中的吸热和散热都较快。

营养盐在河口水域中是比较丰富的,据 Leach (1971) 报道,在苏格兰 Ythan 河口,河水供应 70% 的硝酸盐和 80% 的硅酸盐,而 70% 的磷酸盐来源于海水。有机碳则主要来自海水,据估计约为河水带来的 10 倍,而有 95% 的有机物是碎屑。一般来说,河口水域中的营养盐比河水和海水中的都高。沉积和悬浮对营养料的供应有调节作用。如磷酸盐过多则沉淀,过少则释放 (Butler *et al.*, 1972)。

(六) 河口分区

一般根据沉积和盐度将河口分为下列 5 区段:

1) 头段 (head reaches): 淡水从河川注入,河水主流和海潮开始会合,但海水贯入受限制。盐度最高为 5。沉淀逐渐向河口外依大小分布。

2) 上段 (upper reaches): 淡水和海水混合,水流减缓,造成最大浑浊区,泥板形成。盐度 5~18。

3) 中段 (middle reaches): 潮流为主,污泥沉积,但在潮流速度高的地方有泥沙。盐度 18~25。

4) 下段 (lower reaches): 潮流较快,泥沙沉积。但在潮流降低处有污泥沉积。盐度 25~30。

5) 出口 (mouth): 潮流更快,清沙或岩岸明显。盐度和附近海水相同,在 30 以上。

当然,这种概括性的分段只是理论性的,事实上各地情况不同,除了地形、水量和地点等以外,还有许多其他因素,如河水的理化因子、海流波浪等都可以影响上述区段的分布。

第三节 海流、潮汐和赤潮

一、海 流

(一) 海流的定义

海流是指在一段较长时间内(一个月、一个季度、一年或更长时间)具有大体一定方向和速度的较大规模海水运动。因为它是大体恒定的(定常的)海水流动,所以又称为常流。海流并非指所有的海水运动,像波流、潮流等短时间的、周期性的海水运动和潮汐都不属海流范畴。海流按其形成的原因大致可分为两大类:地转流与风海流(或称漂流)。地转流是由压强梯度力与地转偏向力共同作用而产生的海水流动;风海流是指在风的作用下形成的海水流动。由于风的连续作用,某海区海水的流失,另一海区的海水将流动来补充,于是形成补偿流。这种补偿流可在水平方向上发生,也可在垂直方向上发生,后者被称为上升流(涌升流)或下降流。海流按其水温低于或高于所流经海域的水温,可分为寒流和暖流,前者来自水温低处,后者来自水温高处。由于寒流和暖流的划分是以相对温度为标准的,所以这种分类只具有相对的概念。例如,北大西洋海流潜入北冰洋时,其本身水温低于 3°C ,但被称为暖流;而沿南美太平洋海岸北上的秘鲁海流,当海流抵达加拉帕戈斯群岛时水温为 22°C ,却被称为寒流。实际上寒流和暖流是相对其海流起源从高温到低温或从低温向高温方向的流动而言的。

(二) 中国近海的海流系统概况

我国海区的海流主要由沿岸流和洋流(黑潮等)两大流系控制。东海的主要海流近似地呈东北向带状分布,东部有黑潮主干、对马暖流、黄海暖流以及黑潮逆流(位于黑潮主干和琉球群岛之间,流向西南);西部有台湾暖流、东海沿岸流等。此外,台湾海峡的海流是由黑潮的台湾海峡分支、南海季风漂流的延续部分及台湾海峡的沿岸流组成的。

黄海表层流受风力制约,具有风海流性质。在盛行偏北风季节,多向偏南流;在盛行偏南风季节,多向偏北流。黄海环流由黄海暖流和黄海沿岸流组成。

渤海的环境和水系大体上是由高盐的黄海暖流余脉和低盐的渤海沿岸流组成。渤海环流的变化受制于气候条件,冬季流速较大而夏季流速较小。

总而言之,东中国海的海流可以分为两大流系,一是以黑潮主干及其分

支所组成的暖流系统，另一则是沿岸区域被大陆径流冲淡的沿岸流系统（图 1-2）。

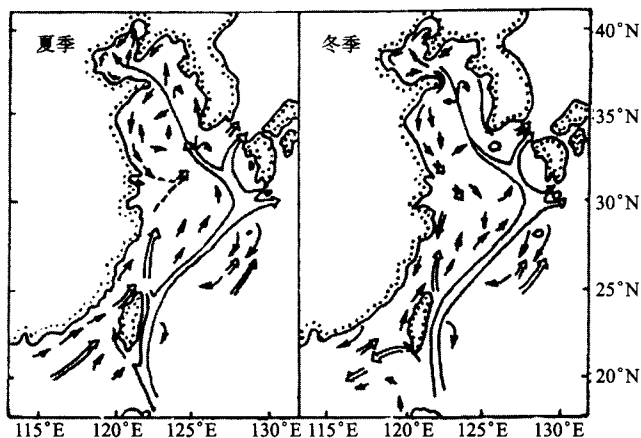


图 1-2 东中国海的表层流系示意图（胡建宇，1995）

南海位于热带季风区，夏季盛行西南风，冬季盛行东北风，季风方向与海区长轴一致，有利于稳定流系的发展。所以，在季风作用下，南海的表面环流基本上具有季风漂流特性。夏季盛行西南风期间，南海表面流为东北流；冬季盛行东北季风期间，南海大部分海域为西南流（图 1-3）。

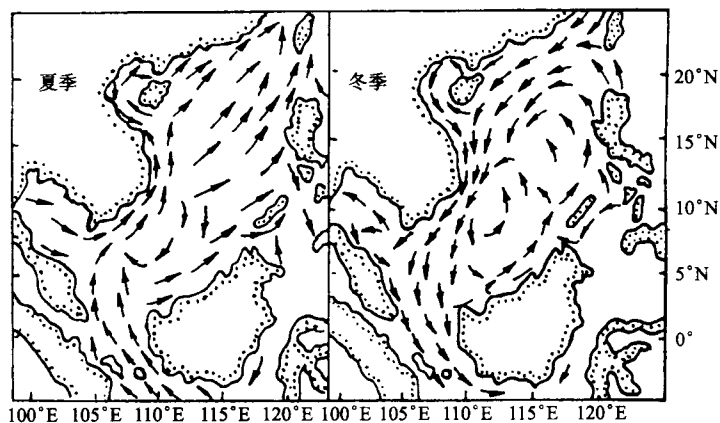


图 1-3 南海冬、夏季的表面流（胡建宇，1995）

(三) 海流的生态作用

(1) 海流有扩大海洋生物分布的作用

海流对海洋生物最重要、最直接的影响在于海流散播和维持生物群的作用。暖流可将南方喜热动物带到较高纬度海区；而寒流则可将北方喜冷动物带到较低纬度海区。海流也有助于某些鱼类完成“被动洄游”。例如，欧洲鳗鲡 (*Anguilla anguilla*) 的产卵均在大西洋西部的热带水域，幼鱼洄游时是海流把它们带到欧洲沿岸，其行程达数千公里，历时 3 年。浅海区的底栖动物的卵和幼体能被海流带到远处，到达适宜栖息的地方，幼体在变态后定居下来。

(2) 海流指示种

在不同性质的海流里，栖息着不同种类的浮游生物，这些浮游生物可以作为海流的指示种。研究海流指示种有助于了解海流及水团的移动，尤其是判断不同性质海流的交汇锋面，这对探索海流的分布具有重要的标志作用。

(3) 海流交汇区形成良好的渔场

海洋中几个强大的暖流和寒流交汇的海区，多形成世界上良好的渔场，如太平洋的北海道渔场、大西洋的纽芬兰渔场和挪威渔场。在中国海，台湾暖流和不同性质水系的交汇面，也都有良好的渔场，如烟威渔场和舟山渔场等。闽南—台湾浅滩上升流区也是一个重要的渔场。

二、潮 汐

(一) 潮汐现象和我国的潮汐类型

潮汐现象是指海水在月球和太阳引潮力作用下所产生的周期运动现象。它包括海面周期性的垂直涨落和海水的周期性水平流动，习惯上把前者称为潮汐，后者称为潮流。潮汐现象无论是潮时、潮高或潮差都有周期性的变化。根据潮汐涨落的周期和潮差的情况，可以把潮汐大体分为如下的 3 种类型 (图 1-4)。

(1) 正规半日潮

在一个太阳日 (约 24 小时 50 分) 内，有两次高潮和两次低潮，从高潮到低潮和从低潮到高潮的潮差几乎相等。

(2) 混合潮

混合潮可分为不正规半日潮和不正规全日潮两种。不正规半日潮在一个月中的大多数日子里，每天有两次高潮和两次低潮，但当月赤纬较大的时

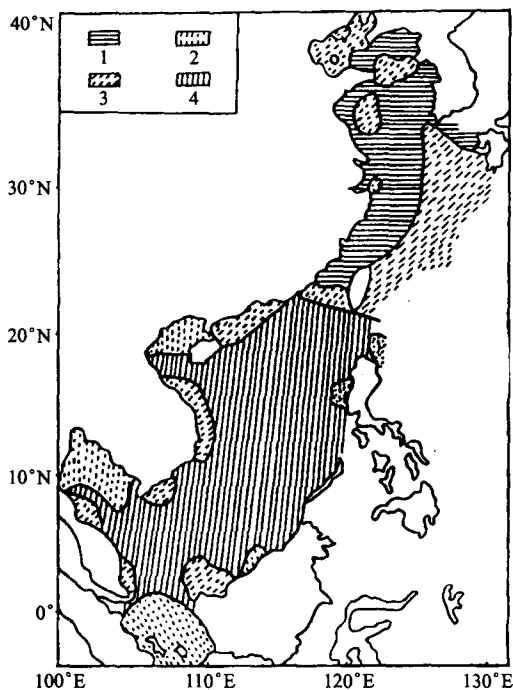


图 1-4 中国近海沿岸潮汐类型示意图 (胡建宇, 1995)

1. 正规半日潮; 2. 正规日潮; 3. 不正规半日潮; 4. 不正规日潮

候, 第二次高潮很小, 半日潮特征不显著。不正规全日潮具有日潮型的特征, 但当月赤纬较小或接近零的时候就变成半日潮。

(3) 正规日潮

在一个太阴日内只有一次高潮和一次低潮。有时也称之为全日潮。

我国沿岸潮汐类型分布的总特点是: 渤海沿岸多属不正规半日潮, 黄海、东海沿岸多属正规半日潮, 南海沿岸较复杂, 正规日潮、不正规日潮和不正规半日潮都有。因此, 就整个中国近海来说, 潮汐性质是相互交错的。

(二) 潮间带及其分区

潮间带是海洋与陆地相交的中间过渡地带。根据潮汐水位的变化, 可把正规半日潮沿岸的潮间带划分为高、中、低三潮区。在潮间带划分时使用的方法有两种:

(1) 生物划分法 (Stepheson, 1949)

高潮带: 上限为滨螺分布上限或是海岸陆生地衣或种子植物分布的下

限，下限是藤壶分布的上限。全年中有大量的滨螺和海蟑螂分布。

中潮带：藤壶分布的上限至褐藻海带类分布的上限。

低潮带：海带类分布上限至大潮低潮线。

(2) 水文划分法 (Vaillant, 1896)

高潮带：大潮高潮最高水面至小潮高潮平均水面。

中潮带：小潮高潮平均水面至小潮低潮平均水面。

低潮带：小潮低潮平均水面至大潮低潮最低水面。

(三) 潮间带生物的分带特征

生活在潮间带的动植物在不同程度上都适应于昼夜期间生活环境的交替变化，因此，它们在潮间带的分布是非常有规律的。对外界环境剧烈变化适应力最强的种类（如滨螺和海蟑螂）栖息在潮间带的上部（高潮带）；适应力小的（如海绵、水螅虫、棘皮动物等）则栖息在潮间带的下部（低潮带）；藤壶、牡蛎等适应力中等的分布在中潮带。因此，在潮间带通常能看到层次分明的种类垂直分布层，特别是在岩石相潮间带。由此可见，潮汐对潮间带生物的分布有重要的生态作用。

三、赤 潮

赤潮，又名红潮，是由海水中某些浮游植物、原生动物或细菌在一定环境条件下，短时间内突发性增殖或聚集而引起的一种水体变色的生态异常现象，是一种危害性大而广的海洋污染现象。

实际上，赤潮是各种色潮的统称，不仅有赤色，而且还有白、黄、褐、绿色。赤潮的颜色是由形成赤潮的生物种类和数量决定的。

赤潮大多数发生在内海、河口、港湾或有上升流的水域，特别是暖流内湾水域。发生的季节随水温等环境因素和生物种类而异，一般以春、夏季为发生盛期。

赤潮的成因至今尚未定论，但大多数学者认为水体的富营养化是赤潮生成的物质基础。在正常情况下，海洋环境中营养盐（氮、磷）含量低，往往成为浮游植物繁殖的限制因子。但当大量含富营养物质的生活污水、工业废水（主要是食品、印染和造纸有机废水）和农业废水进入海水，加之海区的其他理化因子（如温度、光照、海流和微量元素等）对生物的生长和繁殖有利，赤潮生物便急剧繁殖而形成赤潮。近年来，海湾养殖区投饵过量也是赤潮频发的重要原因之一。