



· 中国海洋产业研究丛书 ·

侍茂崇 主编



# 海洋药物产业

发展现状与前景研究

庄军莲 张荣灿 ○ 编著

**SPM**

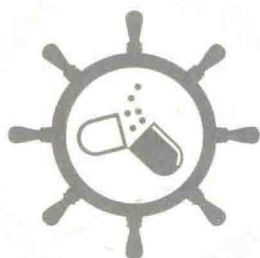
南方出版传媒  
广东经济出版社



国家出版基金项目  
NATIONAL PUBLISHING FUND PROJECT

· 中国海洋产业研究丛书 ·

侍茂崇 主编



# 海洋药物产业

发展现状与前景研究

庄军莲 张荣灿 ○ 编著

**SPM**

南方出版传媒  
广东经济出版社

· 广州 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

海洋药物产业发展现状与前景研究 / 庄军莲, 张荣灿编著. — 广州: 广东经济出版社, 2018. 5

ISBN 978 - 7 - 5454 - 5864 - 0

I. ①海… II. ①庄… ②张… III. ①海洋药物 - 产业发展 - 研究 IV. ①R282. 77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 266468 号

出 版 人: 李 鹏

责任编辑: 毛一飞 王越莹

责任技编: 许伟斌

装帧设计: 介 桑

主 编: 庄军莲、张荣灿

编 委: 许铭本、赖俊翔、庄炜华

海洋药物产业发展现状与前景研究

Haiyang Yaowu Chanye Fazhan Xianzhuang Yu Qianjing Yanjiu

|          |                                         |
|----------|-----------------------------------------|
| 出版<br>发行 | 广东经济出版社 (广州市环市东路水荫路 11 号 11 ~ 12 楼)     |
| 经销       | 全国新华书店                                  |
| 印刷       | 广州市岭美彩印有限公司<br>(广州市荔湾区花地大道南海南工商贸易区 A 幢) |
| 开本       | 730 毫米 × 1020 毫米 1/16                   |
| 印张       | 17. 75                                  |
| 字数       | 250 000 字                               |
| 版次       | 2018 年 5 月第 1 版                         |
| 印次       | 2018 年 5 月第 1 次                         |
| 书号       | ISBN 978 - 7 - 5454 - 5864 - 0          |
| 定价       | 70. 00 元                                |

如发现印装质量问题, 影响阅读, 请与承印厂联系调换。

发行部地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 37601950 邮政编码: 510075

邮购地址: 广州市环市东路水荫路 11 号 11 楼

电话: (020) 37601980 营销网址: <http://www.gebook.com>

广东经济出版社新浪官方微博: <http://e.weibo.com/gebook>

广东经济出版社常年法律顾问: 何剑桥律师

• 版权所有 翻印必究 •

# 总序

## preface

侍茂崇

2013年9月和10月习近平主席在出访中亚和东盟期间分别提出了“丝绸之路经济带”和“21世纪海上丝绸之路”两大构想（简称为“一带一路”）。该构想突破了传统的区域经济合作模式，主张构建一个开放包容的体系，以开放的姿态接纳各方的积极参与。“一带一路”既贯穿了中华民族源远流长的历史，又承载了实现中华民族伟大复兴“中国梦”的时代抉择。

海洋拥有丰富的自然资源，是地球的主要组成部分，是人类赖以生存的重要条件。它所蕴含的能源资源、生物资源、矿产资源、运输资源等，都具有极大的经济价值和开发价值。21世纪需要我们对海洋全面认识、充分利用、切实保护，把开发海洋作为缓解人类面临的人口、资源与环境压力的有效途径。

我国管辖海域南北跨度为38个纬度，兼有热带、亚热带和温带三个气候带。海岸线北起鸭绿江，南至北仑河口，长1.8万多千米。加上岛屿岸线1.4万千米，我国海岸线总长居世界第四。大陆架面积130万平方千米，位居世界第五。我国领海和内水面积37万~38万平方千米。同时，根据《联合国海洋法公约》的规定，沿海国家可以划定200海里专属经济区和大陆架作为自己的管辖海域。在这些

海域，沿海国家有勘探开发自然资源的主权权利。我国海洋面积辽阔，蕴藏着丰富的海洋资源。

自改革开放以来，中国经济取得了令人瞩目的成就。进入21世纪后，海洋经济更是有了突飞猛进的发展，据国家海洋局初步统计，2017年全国海洋生产总值77611亿元，比上年增长6.9%，海洋生产总值占国内生产总值的9.4%。同时，海洋立法、海洋科技和海洋能源勘测、海洋资源开发利用等方面也取得了巨大的进步，我国公民的海权意识和环保意识也大幅提高，逐渐形成海洋产业集聚带、海陆一体化等发展思路。但总体而言，我国海洋产业发展较为落后。而且，伴随着对海洋的过度开发，其环境承载能力也受到威胁。海洋生物和能源等资源数量减少，海水倒灌、海岸受到侵蚀，沿海滩涂和湿地面积缩减：种种问题的凸现证明，以初级海洋资源开发、海水产品初加工等为主的劳动密集型发展模式，已经不能适应当今社会的发展。海洋产业区域发展不平衡、产业结构不尽合理、科技含量低、新兴海洋产业尚未形成规模等，是我们亟待解决的问题，也是本书要阐述的问题。

海洋产业有不同分法。

传统海洋产业划分为12类：海洋渔业、海洋油气业、海洋矿业、海洋船舶业、海洋盐业、海洋化工业、海洋生物医药业、海洋工程建筑业、海洋电力业、海水利用业、海洋交通运输业、海洋旅游业。

有的学者根据产业发展的时间序列分类：传统海洋产业、新兴海洋产业、未来海洋产业。在海洋产业系统中，海洋渔业中的捕捞业、海洋盐业和海洋运输业属于传统海洋产业的范畴；海洋养殖业、滨海旅游业、海洋油气业属于新兴海洋产业的范畴；海水资源开发、海洋观测、深海采矿、海洋信息服务、海水综合利用、海洋生物技术、海洋能源利用等属于未来海洋产业的范畴。

有的学者按三次产业划分：海洋第一产业指海洋渔业中的海

洋水产品、海洋渔业服务业以及海洋相关产业中属于第一产业范畴的部门。海洋第二产业是指海洋渔业中海洋水产品加工、海洋油气业、海洋矿业、海洋盐业、海洋化工业、海洋生物医药业、海洋电力业、海水利用业、海洋船舶工业、海洋工程建筑业，以及海洋相关产业中属于第二产业范畴的部门。海洋第三产业，包括海洋交通运输业、滨海旅游业、海洋科研教育管理服务业以及海洋相关产业中属于第三产业范畴的部门。

根据党的十九大报告提出的“坚持陆海统筹，加快建设海洋强国”，我国海洋经济各相关部门将坚持创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，主动适应并引领海洋经济发展新常态，加快供给侧结构性改革，着力优化海洋经济区域布局，提升海洋产业结构和层次，提高海洋科技创新能力。本丛书旨在为我国拓展蓝色经济空间、建设海洋强国提供一定的合理化建议和理论支持，为实现中华民族伟大复兴的“中国梦”贡献力量。

本丛书总的思路是：有机整合中国传统的“黄色海洋观”与西方的“蓝色海洋观”的合理内涵，并融合“绿色海洋观”，阐明海洋产业发展的历史观，以形成全新的现代海洋观——在全球经济一体化及和平与发展成为当今世界两大主题的新时代背景下，以海洋与陆地的辩证统一关系为视角，去认识、利用、开发与管控海洋。这一现代海洋观，跳出了中国历史上“黄色海洋观”与西方历史上“蓝色海洋观”的时代局限，体现了历史传承与理论创新的精神。

21世纪是海洋的世纪，强于世界者必盛于海洋，衰于世界者必败于海洋。

# 目录

contents

## 第一章

### 海洋是人类的医药宝库 / 1

#### 第一节 走近海洋 / 2

一、初识海洋 / 2

二、海洋环境的独特性 / 4

#### 第二节 海洋生物的多样性和特异性 / 12

一、海洋植物 / 12

二、海洋动物 / 12

三、海洋微生物 / 16

四、海洋中的物种数量 / 17

#### 第三节 海洋药物的药用历史 / 20

#### 第四节 海洋药物的特殊之处 / 22

一、结构独特 / 22

二、生物活性极强 / 23

三、活性物质含量低 / 25

## 第二章

### 第五节 海洋药物研究的生力军 / 25

一、国外较著名的研究团队 / 25

二、国内较著名的研究团队 / 26

## 独具特色的海洋植物药用资源 / 29

### 第一节 美味健康的宝藏——海藻 / 29

一、海洋中的蔬菜 / 29

二、朴实无华的褐藻 / 32

三、绛红美丽的红藻 / 45

四、红藻的药用前景研究 / 53

五、充满活力的绿藻 / 58

六、绿藻的药用前景研究 / 65

### 第二节 海上森林——红树林 / 69

一、果似耳环的桐花树 / 72

二、果似悬笔的秋茄 / 74

三、海洋果树白骨壤 / 76

四、红树植物的药用前景研究 / 77

## 第三章

## 各领风骚的海洋动物药用资源 / 83

### 第一节 炫目的刺胞动物 / 83

一、瑰丽的珊瑚 / 84

二、珊瑚的药用前景研究 / 88

三、最长寿的海洋动物海葵 / 91

四、海葵的药用前景研究 / 93

五、飘逸多彩的水母 / 96

六、水母的药用前景研究 / 100

## 第二节 辐射对称的棘皮动物 / 102

一、海中珍品海参 / 104

二、海参的药用前景研究 / 106

三、分身有术的海星 / 108

四、海星的药用前景研究 / 110

## 第三节 善于自我保护的海绵动物 / 113

一、海绵动物及其活性成分 / 113

二、海绵动物的药用前景研究 / 115

## 第四节 丰富可口的软体动物 / 121

一、天下第一鲜——蛤蜊 / 123

二、贝类珍品——文蛤 / 124

三、海底牛奶——牡蛎 / 125

四、海中鸡蛋——贻贝 / 126

五、软体动物的药用前景研究 / 127

# 第四章

## 看不见的宝贝——海洋微生物药用资源 / 134

### 第一节 海洋微生物 / 134

### 第二节 海洋细菌 / 137

一、海洋细菌及其活性成分 / 137

二、海洋细菌的药用前景研究 / 141

### 第三节 海洋真菌 / 145

一、海洋真菌及其活性成分 / 145

二、海洋真菌的药用前景研究 / 147

### 第四节 海洋放线菌 / 159

一、海洋放线菌及其活性成分 / 159

二、海洋放线菌的药用前景研究 / 161

**第五章****大显神通的海洋药物 / 172****第一节 心、脑血管药物研发进展 / 173**

一、来自海洋植物 / 174

二、来自海洋动物 / 178

**第二节 抗肿瘤类药物研发进展 / 182**

一、来自海洋植物 / 182

二、来自海洋动物 / 183

三、来自海洋微生物 / 204

**第三节 镇痛药物研发进展 / 206****第四节 抗病毒、抗菌、抗炎类药物研发进展 / 208**

一、来自海洋动物 / 208

二、来自海洋微生物 / 211

**第五节 消化和泌尿系统药物研发进展 / 214**

一、来自海洋植物 / 214

二、来自海洋动物 / 215

**第六节 抗老年性痴呆类药物研发进展 / 216**

一、来自海洋植物 / 216

二、来自海洋动物 / 217

**第七节 其他功能药物研发进展 / 217**

一、降糖宁 / 217

二、甲壳素类药 / 218

三、活性钙 / 219

四、珍珠类药 / 219

五、贻贝类药 / 220

六、萤试剂 / 221

**第六章****海洋药物的产业化之路 / 225****第一节 新药研发的漫漫长路 / 226**

- 一、新药研发的流程 / 226
- 二、新药研发的两个阶段 / 226
- 三、新药研发中需要面对的问题 / 232
- 四、阳光总在风雨后——新药研发的光明前景 / 236

**第二节 工欲善其事，必先利其器****——海洋生物技术的发展 / 241**

- 一、海洋天然活性成分的分离纯化 / 242
- 二、海洋生物技术在药物筛选中的应用 / 244
- 三、海洋药物基因工程解决药源问题 / 246

**第三节 海洋药物的产业化 / 249**

- 一、海洋产业情况 / 249
- 二、海洋药物产业情况 / 251
- 三、海洋药物相关产业发展 / 254

**第四节 需要关注的重点问题 / 255**

- 一、海洋药物产业领域研究重点 / 255
- 二、海洋药物产业化进程需关注的问题 / 256
- 三、我国海洋药物研发需要解决的问题 / 258
- 四、我国海洋药物的出路思考 / 259

**第五节 海洋药物产业——曙光在前头 / 268**

# 第一章

## 海洋是人类的医药宝库

人们常常会把人的心胸比喻成“像大海一样宽广”，实际上，这不仅仅是一种比喻。许多人都有这种体会，当心情不好时，去海边走走，所有的不愉快都会一扫而光。这一方面是因为在辽阔大海的对比下，所有的烦恼都显得如此渺小，心情会骤然开朗；另一方面，海边清新的空气、摇曳的绿树、柔软的沙滩和碧蓝的海水，也都会让人的情绪变得宁静平和。大海这种与生俱来的疗愈作用，颇有“上工治未病”中的“上工”风范；可以起到自然的医疗保健效果，这也是许许多多疗养院会建在海边的原因。可以说，大海天生就是一位擅长预防 and 治疗的“好医生”。

不止于此，我们知道，当前，心脑血管疾病、恶性肿瘤、糖尿病、老年性痴呆、艾滋病等疾病在日益严重地威胁着人类健康，最近几十年内报道的还有马尔堡病毒病、拉沙热、埃博拉出血热、寨卡病毒病、SARS病毒病、川崎病、克麦罗沃脑炎、卡累利阿热、罗斯河热病毒等，新的疾病在不断地出现。据统计，世界上仅病毒病平均每年就在以23类新种的速度增加。如何预防治疗这些疾病，是人类正在面临的严峻问题。在现有的陆地天然药物与化学合成药物效果不理想、副作用比较大的情况下，寻找新的药源的任务是不是也可以寄托在研究最少、未知领域最多的辽阔海洋中呢？从概率上来说，这自然是毋庸置疑的。不过在实践中，海洋究竟能为人类疾病的治疗带来哪些惊喜，这个答案在人类对海洋的深入研究过程中不断地被刷新。

那么，下面就让我们逐渐揭开深邃辽阔大海的神秘面纱，去发掘在时而水平如镜、时而惊涛骇浪的海洋中，已经被人类了解和掌握的越来越多的海洋药物资源宝库吧。

## 第一节 走近海洋

### 一、初识海洋

地球上的陆地和海洋的总面积约5.1亿平方公里。地球从外太空上看，是一个美丽的蔚蓝色的星球。虽然名为地球，但是，由于海洋覆盖了地球总面积的71%（见图1-1），即约3.61亿平方公里，因而看起来更像是一个水球。地球上海洋的平均深度为3800米，最深处位于北太平洋西部海床的马里亚纳海沟，深度为11034米。

人们常说的海洋，实际上包括海与洋两部分。洋是指地球上连续咸水水体的主体部分，远离大陆，面积辽阔；水体较深，一般在2000米以上，水体透明度大，盐度、水温不受大陆影响且季节变化小；具有独立的潮汐系统和强大的洋流系统；其沉积物多为深海特有的钙质软泥、硅质软泥和红黏土。全世界共有四大洋——太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋，其总面积约占海洋总面积的89%。海位于洋的边缘，隶属于各大洋，以海峡或岛屿与洋相通或相隔，面积较小；深度较浅，一般在2000米以内，透明度小，盐度、水温受大陆影响，有显著的季节变化；由于不断沉积和受到侵蚀，海底形态变化较大，几乎没有自己独立的海流和潮汐系统；其沉积物多为砂、泥沙等。地球上主要的大海共有54个，如地中海、加勒比海、波罗的海、红海、南海等，其总面积约占海洋总面积的11%。

在世界四大洋中，太平洋面积最阔、深度最大，边缘海、岛屿和珊瑚礁最多，是世界第一大洋。太平洋之称起源于拉丁文“Mare Pacificum”，意为“平静的海洋”，是由大航海家麦哲伦及其船队首先叫开而来的。1520年10月，受雇于西班牙的葡萄牙航海家麦哲伦，率领5艘船从大西洋的一个西南出口（麦哲伦海峡）向西航行，在经历了38天的惊涛骇浪，损兵折将后终于到达了一个平静的洋面，饱受了之前滔天巨浪之



图1-1 海洋面积示意图

苦后，麦哲伦和他的船员们兴奋地把新到达的这片大洋称为“太平洋”。太平洋位于亚洲、大洋洲、美洲和南极洲大陆之间，北端以白令海峡与北冰洋相连，南端为南极洲，并且与大西洋和印度洋连成环绕南极大陆的水域。太平洋占地球表面积的1/3，是世界海洋面积的一半。太平洋的平均深度为3957米，其最大深度为11034米，地球上共有6条万米以上的海沟，均位于太平洋。太平洋的海水容量为70710万立方公里。太平洋的面积、海水容量均位于世界大洋之首，因而其中蕴藏着的丰富资源，比如渔获量以及多金属结核的储量和品位等也远胜世界其他各大洋。

大西洋是世界第二大洋，位于南美洲、北美洲和欧洲、非洲、南极洲之间。大西洋是一个呈南北走向，似“S”形的洋带，南北长约1.5万公里；东西向较窄，其最大宽度为2800公里。大西洋的总面积约为9166万平方公里，稍多于太平洋面积的一半。大西洋的平均深度为3626米，最深处位于波多黎各海沟，深度为9219米。大西洋的海洋资源也很丰富，盛产鱼类，其捕获量占世界捕获量的1/5以上。大西洋的海运特别发达，东边经苏伊士运河连通印度洋，西边经巴拿马运河连接太平洋，其货运量占世界货运总量的2/3以上。

印度洋是世界第三大洋，位于亚洲、大洋洲、非洲和南极洲之间，面积约为7617万平方公里，平均深度3397米，最大深度7450米，位于爪哇海沟。印度洋底中部有大致呈南北向的海岭，大部分处于热带，水面平均温度20~27℃。印度洋的边缘海红海是世界上含盐量最高的海域。海洋资源以石油最丰富而著称，波斯湾是世界海底石油最大的产区。印度洋还是世界最早的航海中心，它的航道是世界上最早被发现和开发的，是连接非洲、亚洲和大洋洲的重要通道。印度洋的海洋货运量占世界的10%以上，其中石油运输居于首位。

位于地球最北面的北冰洋是世界上最小的洋，大致以北极为中心，介于亚洲、欧洲和北美洲北岸之间，是四大洋中面积和体积最小、深度最浅的大洋。北冰洋的面积约为1479万平方公里，仅占世界大洋面积的3.6%；体积1698万立方公里，仅占世界大洋体积的1.2%；平均深度1300米，仅为世界大洋平均深度的1/3，最大深度也只有5449米。但北冰洋是四大洋中温度最低的寒带洋，终年积雪，千里冰封，覆盖于洋面的坚实冰层厚度可达3~4米。

地球上的海，根据其所处的位置可分成内陆海和陆缘海。内陆海大部分被大陆包围，通过海峡与大洋或其他海相连，如渤海和位于亚、非、欧三个大陆之间的地中海等。陆缘海位于大陆的边缘，与大洋直接相连，它们之间的界

限不明显,常以半岛或群岛作为分界线。珊瑚海(Coral Sea)是世界上最大的海,位于太平洋西南部海域、澳大利亚和新几内亚以东、新喀里多尼亚和新赫布里底岛以西、所罗门群岛以南;珊瑚海面积为 $4.79 \times 10^6$ 平方公里,相当于半个中国的国土面积。马尔马拉海是世界上最小的海,它属于土耳其内海,是黑海与地中海之间的唯一通道,面积为 $1.1 \times 10^4$ 平方公里。

## 二、海洋环境的独特性

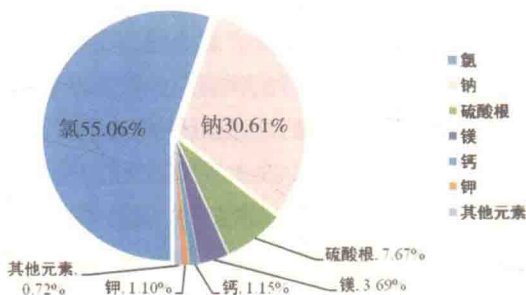


图1-2 海水中各成分的质量比

海洋由陆地环绕,同时也接纳着由陆地带来的各种物质,可以说,海洋是一个时空尺度巨大的开放型的复杂体系。在海水的总体积中,水约占其中的96.5%。此外,海水中还溶解了许多物质,这些物质主要来源于地壳岩石风化产物、火山喷出物以及陆地河流向海洋输送的溶解物。迄今为止,在海水中发现的化学元素已达80多种,各种元素含量差别很大。海水中的化学元素按其含量高低可分为三类:常量元素、微量元素和痕量元素。一般把每千克海水中含量在1毫克以上的元素,称为海水中的常量元素。除氢和氧以外,海水中的常量元素有氯、钠、镁、硫、钙、钾、溴、碳、锶、硼、硅和氟,共12种。海水水体中的各种组成物质(含量见图1-2),构成了对人类生存和发展有着重要意义的海洋环境,其中海水运动是决定海洋环境的核心因素(见图1-3、图1-4)。海水运动的形式主要有波浪、潮汐和洋流三种,海水运动对海洋中多种物理过程、化学过程、生物过程和地质过程,以及海洋上空的气候和天气的形成及变化,都有影响和制约的作用。此外,海水裹挟着营养物质四处奔涌的运动和不断变化着的太阳光线也在极大地影响着海洋生物的分布。

海水中的含盐量(盐度)是海水浓度的标志。海水盐度是以1千克海水中溶解的无机盐总质量(克)来定义。一般而言,普通海水含盐浓度在3.5%左右

(死海等地方会更高些,有的地方则会低些)(见图1-5)。而人在生病时挂的生理盐水浓度一般在0.9%左右,跟人体血浆的渗透压相等,也就是说,海水的含盐量(虽然两种盐的离子不一样,但仅以浓度来说)远大于我们人体。

这些海洋环境与陆地环境的显著差异,直接导致了海洋生物生态系统与陆地生物生态系统的诸多差异。海洋生态系统,是海洋中由生物群落及其环境相互作用所构成的自然系统,根据海域的情况,海洋生态系统可分为盐沼生态系统、河口生态系统、红树林生态系统、珊瑚礁生态系统、上升流生态系统、黑潮生态系统、深海生态系统、热泉生态系统等。



图1-3 海水运动(波浪)



图1-4 海水运动(退潮)

### (一) 盐沼生态系统

盐沼生态系统是海陆相互作用的地带,包括沼泽、湿地、基岩、沙滩、泥滩等复杂的岸滩类型。主要由芦苇、米草等多种盐生草本植物以及大量的潮间带底栖生物组成,其生态环境复杂,生物资源丰富,物种多样性复杂,是重

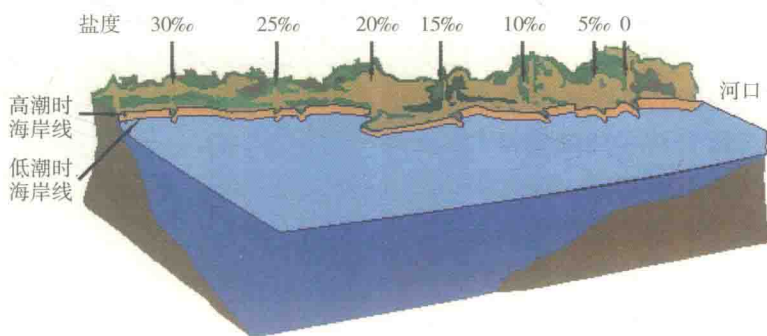


图1-5 入海河口盐度渐变示意图

要的经济动物天然繁育区，也是人工增养殖最富有成效的区域。盐沼生态系统为众多的候鸟提供了食物和栖息地（见图1-6），也是人们进行海水养殖的主要区域（图1-7）。它是海陆相互作用剧烈的地带，也是人类活动最活跃的地带，由于受到各种自然的和人为的因素干扰，所以是海洋脆弱地带之一。

## （二）河口生态系统

河口生态系统位于河流与海洋的交汇处，是陆地流域与海洋进行物质交换的主要通道。由于受到陆地上江河水及海水的共同作用，河口生态系统具有明显的边缘效应，环境复杂。一方面，河口区是海洋潮汐涨落区内的水域，环境变化剧烈，特别是盐度和化学要素对环境影响较大；另一方面，河口区域富含大量从陆地冲积过来的营养物质，能提供非常丰富的食物条件。河口区也是许多溯河物种的主要洄游通道或停留地，有来自上游淡水河川的生物群落，有河口特有的生物群落和进入河口区的海洋生物群落，而成为某些淡水类型、海洋类型及河口区特有物种的栖息地，是重要经济生物的重要繁育和保护区。因此，河口生态系统是比较特殊的生态系统，具有丰富的生物多样性，同时，河口区的生物多样性指数还会随潮汐涨落出



图1-6 滩涂上的海鸟



图1-7 广西钦州茅尾海插柱养殖牡蛎



图1-8 长江入海口（谷歌卫星图）