



Coastal Environmental Bioremediation and
Seaweed Resource Utilization

近海环境生态修复 与大型海藻资源利用

杨宇峰 等 著



科学出版社

近海环境生态修复 与大型海藻资源利用

杨宇峰 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是我国近海环境生态修复与大型海藻资源利用和环境管理方面的综合性专著。作者以广东近海为主要研究海域,采用多学科综合研究和案例分析的方法,以大型海藻环境修复与资源利用为主线,较系统地介绍了广东典型海域环境特征和生物资源,珠江口滩涂湿地环境与生态修复,广东大型海藻资源与环境适应性,大型海藻生物修复的理论与实践,气候变化背景下大型海藻的光合功能适应,大型海藻在饲料、海水养殖和医学方面的应用,以及大型海藻在养殖海域环境保护与管理中的作用等方面的研究成果。

本书可作为科技人员、政府管理干部和高校师生的参考用书,也可作为高校生物和生态环境学科的专业教材。

图书在版编目(CIP)数据

近海环境生态修复与大型海藻资源利用/杨宇峰等著. —北京:科学出版社, 2016.5

ISBN 978-7-03-048089-7

I. ①近… II. ①杨… III. ①近海—海洋环境—生态恢复—研究—中国
②近海—海藻—资源利用—研究—中国 IV. ①X145 ②Q949.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 085646 号

责任编辑:王海光 / 责任校对:郑金红

责任印制:徐晓晨 / 封面设计:北京图阅盛世文化传媒有限公司

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>

北京东华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 5 月第一次印刷 印张: 23 3/4

字数: 539 000

定价: 158.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介

杨宇峰 博士，二级教授，博士生导师。现于暨南大学水生生物研究所从事近海环境生物修复、水生生物地球化学与浮游生物群落分析的研究和教学工作。1993~2015 年曾在奥地利、英国、美国、加拿大、日本、韩国、捷克等 10 多个国家访问和开展国际合作研究。近 10 年先后主持科技部科技支撑项目、国家自然科学基金委—广东省人民政府联合基金重点项目、国家自然科学基金面上项目、广东省科技攻关项目等 10 多项课题，在水环境—浮游生物—大型海藻生物修复与水产养殖环境地球化学方面开展了较系统的研究工作。已在水生生物、海洋环境和渔业科学领域权威刊物 *Reviews in Fish Biology and Fisheries*、*Algal Research*、*Water Research*、*Harmful Algae*、*Aquaculture*、*Journal of Applied Phycology*、*Hydrobiologia* 等杂志上发表论文 130 多篇，其中 SCI 收录论文 40 多篇。曾获省部级以上奖励 3 次。

序

在资源短缺和环境污染的背景下,《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020)》明确将“资源环境”领域“区域资源综合开发、生态脆弱区域环境保护与生态重建、近海海域生态与环境保护、海洋资源可持续利用”等作为我国科技发展的重点领域和优先主题。

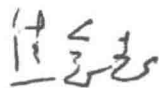
近海环境演变与海水养殖等人类活动密切相关。中国是世界上海水养殖产量最高的国家,到2014年海水养殖总产量超过了1800万t,鱼、贝、虾等经济动物的养殖产量占总产量的80%以上。随着动物养殖规模的增大,养殖海域高浓度氮、磷引发的海水富营养化问题,有害藻华频发问题和养殖生态系统不平衡问题突显,对受损生态系统进行生物修复成为必须面对的研究课题。与经济动物养殖不同,大型海藻规模栽培能大量吸收氮、磷等营养物质,抑制浮游植物和有害微藻生长。大型海藻是国际上推崇的多营养层次综合养殖(integrated multi-trophic aquaculture, IMTA)的关键类群,对修复受损养殖生态系统和近海环境具有重要作用。有关大型海藻生态系统结构功能和生物地球化学过程的研究已成为国际上该领域的研究热点和发展方向。

该书作者秉持生态环境保护与资源可持续利用的理念,以广东典型海湾环境变迁和大型海藻环境修复与资源利用为主线,较系统地介绍了广东近海环境特征和大型海藻生物修复与资源高值化利用。

该书汇集多名从事海洋生态、水生生物、海水养殖、生物医学工程、环境化学、生物资源利用等方面的中青年学者,他们依据近年来的研究成果,并结合对大量国内外文献的综合分析,较全面系统地从理论和实践两个方面总结了大型海藻生物修复和资源利用等方面的成果,撰写完成了近海环境生态修复与大型海藻资源利用和渔业管理方面的综合性专著。

该书记录整理了广东沿海250种大型海藻种类,论证了我国近海应用大型海藻开展生物修复的可操作性和生态经济性,并对大型海藻在生物医药、海水健康养殖方面的作用进行了较全面的总结,具有较高的学术价值。

特作此序,祝贺该书面世。



中国科学院院士

2015年12月于厦门大学

前 言

人口、资源和环境是威胁人类当今和未来发展最主要的问题，提供足够的食品来面对日益增长的人口压力是一个全球性的问题。我国超过 40%的人口居住在沿海地区，海岸带经济社会的快速发展及管理措施的相对滞后导致近海环境污染日趋严重。在此背景下，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020）》明确将“资源环境”领域“近海海域生态与环境保护、海洋资源可持续利用”等作为我国科技发展的重点领域和优先主题。

我国沿海经济社会发展和近海环境演变与海水养殖业的发展密切相关。我国海水养殖业始于 20 世纪 50 年代的海带栽培业，随后又相继发展了紫菜栽培，虾、贝和鱼类养殖等技术。到 2014 年海水养殖总产量超过了 1800 万 t，位居世界第一已经 20 多年。我国海水养殖产量的提高在很大程度上是依靠增加投入和扩大养殖规模来实现的，其发展的局限性和负面效应已日益显露出来，因此开展海水健康养殖和生物修复技术研究与实践显得尤为迫切。

大型海藻是近海海域重要的初级生产者，具有快速吸收营养盐的能力，是海洋环境中重要的生物过滤器，大型海藻收获时能将营养盐从水体中移出海洋系统，在栽培过程中能够吸收鱼、贝类养殖带来的污染物，可从根本上降低海水营养盐浓度，特别是降低养殖水体的富营养化程度，是近海环境生物修复的良好材料。

本书采用多学科综合研究和案例分析的方法，以广东典型海湾环境变迁和大型海藻生态环境修复与资源利用为主线，全书分近海环境生态修复——以广东近海为例、大型海藻资源与环境修复，大型海藻资源利用共三篇 11 章，较系统地介绍了广东典型海域环境特征和生物资源，珠江口滩涂湿地环境与生态修复，广东大型海藻资源与环境适应性，大型海藻生物修复的理论与实践，大型海藻在饲料、海水养殖和医学方面的应用，大型海藻在养殖海域环境保护与管理中的作用等方面的研究成果。

本书出版得到了国家科技支撑计划项目课题“南海附近海岸带生态修复及大型海藻利用技术及示范”（2012BAC07B05）、国家自然科学基金委-广东省人民政府联合基金重点项目“大型海藻龙须菜栽培生态系统结构功能及其关键生物地球化学过程”（U1301235）、农业部公益性行业（农业）科研专项“南海渔业资源增殖养护与渔场判别”（201403008）和国家自然科学基金面上项目（41276179）的支持，特此致谢。

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请同行专家和广大读者批评指正。

杨宇峰

2015 年 11 月于广州暨南园

目 录

序 前言

第一篇 近海环境生态修复——以广东近海为例

第一章 广东近海环境概述（王朝晖）	3
第一节 广东近海环境概况	3
一、地理环境	3
二、气候特征与水文	3
三、海洋环境质量	4
四、海洋生物与资源	6
第二节 重要港湾概况	7
一、柘林湾	7
二、汕头港	8
三、大亚湾	9
四、大鹏湾	11
第三节 广东典型近海海域环境变化历程	11
一、大亚湾海洋环境变化	11
二、珠江口桂山岛海域海洋环境变化	16
第四节 广东近海环境保护与管理对策	23
一、近海环境保护与管理	23
二、广东沿海赤潮防控与管理	27
三、压舱水生物生态入侵管理与控制	32
参考文献	36
第二章 广东典型海域环境特征和生物资源	40
第一节 汕头南澳海域环境和生物资源（王庆 杨宇峰）	40
一、环境概况	40
二、渔业资源与海水养殖发展	46
三、生物资源特征	48
第二节 珠江口环境特征和生物资源（王庆 杨宇峰）	56
一、万山海域环境与生物资源状况	56
二、珠江口低盐水体环境特征与生物资源状况	60
第三节 广东近海水体中典型有毒有害污染物（聂湘平）	65
一、广东近海水体中药物和个人护理用品污染现状	65

二、广东近海水体中持久性有机污染物概况.....	70
三、广东近海水体中农药污染物概况.....	74
参考文献	77
第三章 珠江口滩涂湿地环境与生态修复（王立立 李取生）	82
第一节 珠江口滩涂湿地环境特征.....	82
一、珠江口滩涂湿地环境污染状况.....	82
二、珠江口滩涂湿地重金属化学形态特征.....	83
三、珠江口滩涂湿地重金属潜在生态风险评价	85
四、珠江口滩涂湿地生物资源.....	89
第二节 珠江口滩涂湿地重金属污染生态修复.....	90
一、盐分对珠江口滩涂湿地重金属环境行为的影响.....	90
二、围垦淋洗脱盐对珠江口滩涂重金属环境行为的影响及其修复作用	96
三、不同改良剂对珠江口围垦滩涂土壤重金属的淋洗修复	101
第三节 珠江口滩涂湿地氮的形态转化与生态修复.....	105
一、珠江口滩涂湿地氮的形态转化.....	105
二、珠江口滩涂湿地氮的生态修复.....	110
参考文献	111

第二篇 大型海藻资源与环境修复

第四章 广东大型海藻资源与环境适应性（黄冰心 丁兰平）	117
第一节 广东大型海藻研究概况及发展趋势.....	117
一、大型海藻及其价值.....	117
二、广东大型海藻研究概况.....	118
三、广东大型海藻产业发展趋势.....	119
第二节 广东沿海大型海藻主要分布区及其环境特征.....	120
一、粤东沿海地区	120
二、粤西沿海地区	121
第三节 广东沿海大型海藻物种多样性及区系特点.....	121
一、广东沿海大型海藻物种多样性.....	121
二、广东沿海大型海藻区系特点.....	121
第四节 广东沿海几种大型海藻的环境适应性分析.....	123
一、刺枝鱼栖苔对海水温度和盐度的适应.....	124
二、细基江蓠对海水池塘养殖区 Cu^{2+} 的修复与适应	127
三、绿藻刺松藻的环境适应特征.....	131
四、短节硬毛藻对温度和盐度的适应.....	135
参考文献	140
第五章 大型海藻生物修复的理论与实践（杨宇峰 柴召阳）	146
第一节 大型海藻栽培生态系统结构功能特征.....	146
一、大型海藻栽培和利用概况.....	146

二、大型海藻栽培生态系统结构功能特征.....	149
第二节 大型海藻生物修复.....	151
一、生物修复的概念	151
二、大型海藻生物修复理论.....	152
三、大型海藻在有害藻华防治中的作用	153
四、大型海藻在海水养殖绿色生产中的作用	154
第三节 大型海藻栽培生态系统关键生物地球化学过程.....	154
一、养殖系统生物地球化学过程.....	154
二、大型海藻栽培系统与碳氮磷生物地球化学循环.....	155
第四节 大型海藻生物修复技术应用与案例分析.....	157
一、汕头南澳岛海域龙须菜栽培与环境修复.....	157
二、珠海外伶仃岛海域环境修复	159
三、浙江象山港真江蒿栽培对大黄鱼养殖海域的环境修复	161
四、上海金山城市沙滩邻近海域环境修复.....	164
五、江苏紫菜栽培与环境修复.....	164
六、龙须菜对黑鲷养殖环境的修复	166
七、菊花心江蒿对福建东山鱼类网箱养殖区的环境修复	167
八、大型海藻对鲍鱼养殖环境的修复.....	167
参考文献	168
第六章 气候变化背景下大型海藻的光合功能适应（陈斌斌 邹定辉）	173
第一节 全球气候变化与大型海藻生态环境条件.....	173
一、大型海藻的光合作用及其对海洋碳汇的意义	173
二、大气 CO ₂ 浓度升高与海水酸化效应	174
三、全球变暖及温室效应.....	179
第二节 大气 CO ₂ 浓度升高背景下大型海藻的光合功能	180
一、光合与呼吸活性	180
二、光合无机碳利用	186
三、气候变化背景下 CO ₂ 水平与其他环境因素的耦合效应	191
第三节 全球变暖背景下大型海藻的光合功能适应.....	193
一、大型海藻对短期温度变化的光合响应.....	194
二、大型海藻对温度长期变化的响应.....	194
三、大型海藻对极端温度的响应.....	195
四、温度与大气 CO ₂ 升高的耦合效应	196
五、气候变化背景下大型海藻的其他响应机制	197
第四节 全球气候变化背景下大型海藻研究展望.....	201
一、气候变化背景下大型海藻光合作用相关酶学特征.....	201
二、大型海藻繁殖生物学及生活史各阶段光合功能适应性.....	202
三、低潮干出状态下潮间带海藻的光合功能特性	202
参考文献	203

第三篇 大型海藻资源利用

第七章 大型海藻饲料化利用 (田丽霞 王胜)	211
第一节 大型海藻的营养特征	211
一、大型海藻的营养组成	212
二、大型海藻的氨基酸	213
三、大型海藻的脂肪酸	214
四、大型海藻的维生素	214
五、大型海藻的矿物质和微量元素	215
第二节 大型海藻在饲料中的应用	216
一、大型海藻在畜禽饲料中的应用	216
二、大型海藻在水产饲料中的应用	219
三、大型海藻活性物质提取技术及其在饲料中的应用	223
第三节 大型海藻在水产饲料应用中存在的问题及展望	228
一、大型海藻饲料化应用的成本问题	229
二、大型海藻饲料化应用缺乏系统研究	229
三、大型海藻饲料化应用的加工工艺问题	229
四、大型海藻饲料化应用的标准问题	229
参考文献	230
第八章 海水鱼类对海藻的有效利用	234
第一节 蓝子鱼对大型海藻的有效利用 (李远友 徐树德)	234
一、蓝子鱼的生物学特性	234
二、蓝子鱼摄食生理与消化酶学特性	235
三、蓝子鱼对大型海藻的摄食偏好性	241
四、蓝子鱼消化利用大型海藻的机制	241
五、大型海藻作为蓝子鱼饲料原料的利用技术	260
第二节 金钱鱼对海藻的有效利用 (蔡泽平 胡家玮)	263
一、金钱鱼的生物学特性	264
二、金钱鱼养殖水体环境特征及大型海藻的增殖生长	273
三、金钱鱼与大型海藻混养	277
四、金钱鱼养殖前景展望	283
参考文献	285
第九章 富硒大型海藻生理生化特征及其抗肿瘤活性 (陈填烽 郑文杰 姜庭 钟钰)	290
第一节 藻类与硒的生物有机化	290
一、海洋生物资源研发概况	290
二、海藻多糖的生物医药应用	291
三、藻类对硒的吸收及生物有机化	292
第二节 富硒石莼的生理生化特征及其抗肿瘤活性	293
一、石莼简介	293

二、硒对裂片石莼生长的影响.....	293
三、硒对裂片石莼抗氧化酶系统的影响.....	294
四、硒对石莼体内叶绿素含量的影响.....	296
五、硒在石莼体中的生物转化.....	297
六、硒对石莼体内活性氧 (ROS) 的影响.....	298
第三节 龙须菜多糖功能纳米硒的抗肿瘤活性.....	299
一、GLP-SeNP 的制备和表征.....	299
二、GLP-SeNP 血液相容性.....	301
三、GLP-SeNP 的体外抗肿瘤活性.....	302
参考文献	310
第十章 大型海藻的医学应用 (汤顺清)	315
第一节 大型海藻多糖的开发应用潜力.....	315
第二节 琼脂糖的来源及特性.....	315
第三节 琼脂糖的改性研究现状.....	316
第四节 琼脂糖改性物的医学应用.....	317
一、降解琼脂糖	317
二、琼脂糖乙酸酯	319
三、琼脂糖接枝透明质酸.....	323
四、胺化琼脂糖	326
参考文献	335
第十一章 大型海藻在养殖海域环境保护与管理中的作用 (杨宇峰 李纯厚)	337
第一节 海水养殖发展状况.....	337
一、世界海水养殖发展状况.....	337
二、中国海水养殖发展状况.....	338
三、中国海水养殖的特点.....	339
第二节 中国养殖海域主要环境问题与大型海藻生物修复	340
一、养殖海域 N、P 污染与富营养化.....	341
二、养殖区及邻近水体赤潮频发.....	341
三、富营养化养殖海域大型海藻生物修复.....	342
第三节 海洋渔业管理与可持续发展对策.....	343
一、发达国家海洋渔业管理.....	343
二、基于生态系统的海水养殖环境管理.....	347
三、中国海水养殖业可持续发展对策.....	348
参考文献	351
附录 广东省大型海藻名录 (丁兰平)	354

第一篇

近海环境生态修复——以广东近海为例

第一章 广东近海环境概述

第一节 广东近海环境概况

一、地理环境

广东地处中国大陆最南部，东邻福建，北接江西、湖南，西连广西，珠江口东西两侧分别与香港、澳门特别行政区接壤，西南部雷州半岛与海南隔琼州海峡相望。全境位于北纬 $20^{\circ}09' \sim 25^{\circ}31'$ 和东经 $109^{\circ}45' \sim 117^{\circ}20'$ 。全省陆地面积 17.98 万 km^2 ，约占全国陆地面积的 1.85%。

广东是海洋大省，邻接南海，海域和海岸呈条状自东北向西南分布，基本位于北回归线以南，属热带、亚热带季风气候区。全省海域面积 41.93 万 km^2 ，其中内水面积 4.89 万 km^2 ，领海面积 1.64 万 km^2 ，200n mile^①专属经济区面积 35.40 万 km^2 ，海岸线长 3368.1km，占全国的 1/5，居全国第一位。岛屿面积 1592.7 km^2 ，约占全省陆地面积的 0.89%。全省沿海共有面积 500 m^2 以上的岛屿 759 个，数量仅次于浙江、福建两省，居全国第三位。其中，广东省珠海市有岛屿 147 个，为国内岛屿较多的城市之一。海洋资源丰富，拥有沿海港口泊位 1506 个，其中万吨级泊位 155 个，拥有渔港 133 个，滩涂面积 20.42 万 hm^2 ，海洋自然保护区 20 个，鱼类种类 1000 多种（詹文欢等，2013）。

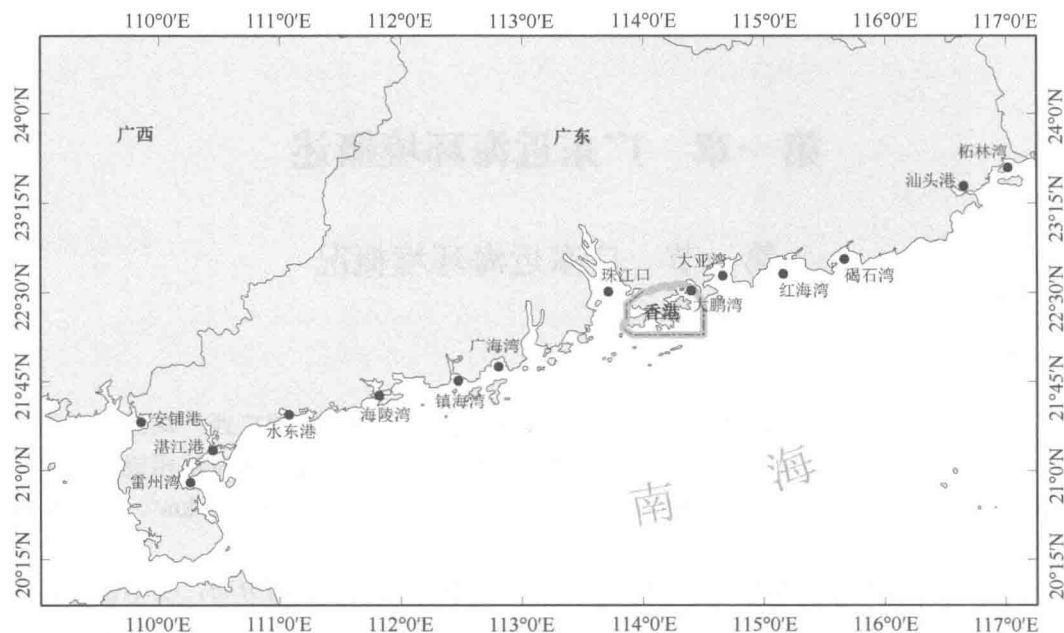
广东沿海的重要港湾包括汕头港、海门湾、碣石湾、红海湾、大亚湾、大鹏湾、珠江口、广海湾、镇海湾、海陵湾、水东港、湛江港、雷州湾及安铺港等（图 1-1）。

二、气候特征与水文

广东属于东亚季风区，从北向南分别为中亚热带、南亚热带和热带气候，是我国光、热和水资源最为丰富的地区之一。从北向南，年平均日照时数由不足 1500h 增加到 2300h 以上，年太阳总辐射量为 4200~5400 MJ/m^2 ，年平均气温为 $19 \sim 24^{\circ}\text{C}$ 。全省平均日照时数为 1745.8h，年平均气温 22.3°C 。1 月平均气温为 $16 \sim 19^{\circ}\text{C}$ ，7 月平均气温为 $28 \sim 29^{\circ}\text{C}$ 。

广东降水充沛，年平均降水量为 1300~2500mm，全省平均为 1777mm。降水的空间分布基本上呈南高北低的趋势。受地形的影响，在有利于水气抬升形成降水的山地迎风坡有恩平、海丰和清远 3 个多雨中心，年平均降水量均大于 2200mm；在背风坡的罗定盆地、兴梅盆地和沿海的雷州半岛、潮汕平原少雨区，年平均降水量 $< 1400\text{mm}$ 。降水年内分配不均，4~9 月汛期降水占全年的 80% 以上；年际变化也较大，多雨年降水量为少雨年的 2 倍以上。洪涝和干旱灾害经常发生，台风的影响也较为频繁。春季的低温阴雨、秋季的寒露风和秋末至春初的寒潮与霜冻，是广东多发的灾害性天气。

^① n mile: 海里, 1n mile=1.852km



水质劣于第四类海水水质标准的海域面积比例为 10.3%，较 2012 年上升 3.8%，主要集中在珠江口海域，污染物主要是无机氮和活性磷酸盐。93.5%的监测站点的近岸海洋沉积物质量符合第一类或第二类海洋沉积物质量标准。主要海水增殖养殖区环境状况基本满足其功能要求，海水浴场和滨海旅游度假区环境状况良好（表 1-1）。

表 1-1 2013 年广东近岸海域海洋功能区水质达标情况表（广东省海洋与渔业局，2014）

主要海洋功能区	要求水质类别	水质达标率/%	主要超标因子
工业与城镇用海区	第三类	58.3	无机氮
旅游休闲娱乐区	第三类	82.6	无机氮、活性磷酸盐
农渔业区	第二类	62.3	无机氮、活性磷酸盐
海洋保护区	第一类	55.6	无机氮、活性磷酸盐
港口航运区	第四类	55.9	无机氮
矿产与能源区	第三类	33.3	无机氮、活性磷酸盐
保留区	第三类	10.2	无机氮、活性磷酸盐

注：海水水质标准依据 GB 3097—1997 执行，按照海域的不同使用功能和保护目标，海水水质分为 4 类；第一类适用于海洋渔业水域、海上自然保护区和珍稀濒危海洋生物保护区；第二类适用于水产养殖区、海水浴场、人体直接接触海水的海上运动或娱乐区，以及与人类食用直接有关的工业用水区；第三类适用于一般工业用水区、滨海风景旅游区；第四类适用于海洋港口水域、海洋开发作业区

2013 年全省近岸海域水质符合《海水水质标准》第一类、第二类、第三类和第四类的海域面积比例分别为 66.7%、12.3%、7.7%和 3.0%（图 1-2）（广东省海洋与渔业局，2014）。水质劣于第四类海水水质标准的海域面积比例为 10.3%，主要污染区域为珠江口海域，主要污染物为无机氮和活性磷酸盐。与 2012 年相比，全省近岸海域水质状况有所下降，珠江口海域无机氮含量劣于第四类海水水质标准的监测站点比例有所增加。

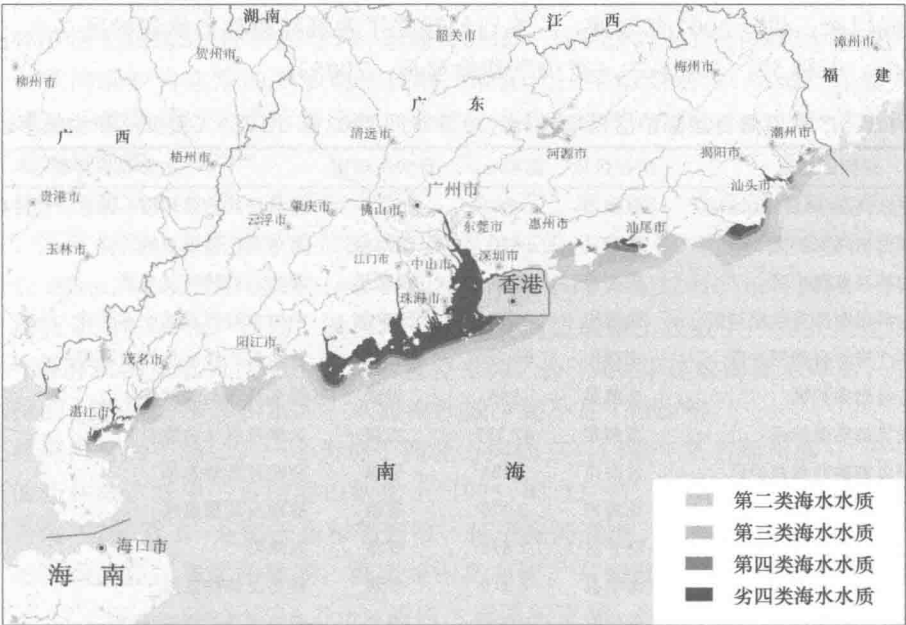


图 1-2 2003 年广东沿海海洋环境质量（广东省海洋与渔业局，2014）

全省近岸大部分海域海水溶解氧含量高于 6mg/L，符合第一类海水水质标准。广州、深圳、东莞近岸海域个别监测站点海水溶解氧含量低于 4mg/L，劣于第三类海水水质标准。全省近岸大部分海域海水化学需氧量符合第一类海水水质标准，珠江口局部海域海水化学需氧量超第二类海水水质标准。全省近岸大部分海域海水活性磷酸盐含量符合第一类海水水质标准，珠江口、汕头港和湛江港等近岸局部海域海水活性磷酸盐含量劣于第四类海水水质标准。全省近岸大部分海域海水无机氮含量符合第一类或第二类海水水质标准，珠江口大部分近岸海域海水无机氮含量劣于第四类海水水质标准。全省近岸大部分海域海水石油类含量符合第一类海水水质标准，大亚湾、东港等近岸局部海域海水石油类含量符合第三类海水水质标准，珠江口局部海域海水石油类含量劣于第四类海水水质标准（广东省海洋与渔业局，2014）。

四、海洋生物与资源

广东海岸线长，海域辽阔，海洋资源丰富，海洋生物包括海洋动物和植物，共有浮游植物 406 种，浮游动物 416 种，底栖生物 828 种，游泳生物 1297 种；远洋和近海捕捞，以及海洋网箱养鱼与沿海养殖的牡蛎、虾类等海洋水产品年产量约 400 万 t；可供海水养殖面积 77.57 万 hm²，实际海水养殖面积 20.82 万 hm²，是全国著名的海洋水产大省。

广东沿海沙滩众多，气候温暖，红树林分布广、面积大，在中国大陆的最南端灯楼角又有中国唯一的大陆缘型珊瑚礁。全省现有红树林面积 9084hm²，占全国红树林总面积的 41.2%。红树林主要分布在西起廉江市高桥镇、南至徐闻县五里镇、北至饶平县海山镇的泥质滩涂上，其中以粤西湛江段最为茂盛（麦少芝和徐颂军，2005）。广东沿海红树林植物种类繁多，主要有 19 科 28 种。现存天然红树林的主要类型包括秋茄林、木榄林、桐花林、白骨壤林及上述红树林的混合林。自 1984 年在深圳福田建立红树林鸟类自然保护区以来，截至 2001 年年底，广东已经建立了各级红树林自然保护区 7 个，其中国家级 2 个，市级 5 个（表 1-2）（麦少芝和徐颂军，2005）。

表 1-2 广东沿海自然保护区情况统计（统计时间 2002 年 12 月）（麦少芝和徐颂军，2005）

保护区名称	所在区域	面积/hm ²	保护区级别	主要保护对象
深圳内伶仃岛-福田自然保护区	深圳市	864	国家级	猕猴及其栖息环境、滩涂、红树林及鸟类
惠东港海龟自然保护区	惠东县	400	国家级	海龟及产卵繁殖地
湛江红树林自然保护区	湛江市	20 000	国家级	滩涂、红树林及鸟类
珠江口中华白海豚自然保护区	珠海市	46 000	国家级	中华白海豚及其生态环境
大亚湾水产资源自然保护区	深圳市	60 000	省级	珍珠贝、经济鱼虾及藻类
南澳候鸟自然保护区	南澳县	256	省级	候鸟及岛屿动植物
雷州白蝶贝自然保护区	雷州市	47 333	省级	大珠母贝（白蝶贝）
台山上川岛猕猴自然保护区	台山市	2 234	省级	猕猴及其栖息地
珠海担杆岛自然保护区	珠海市	2 270	省级	猕猴及其栖息地
饶平海山海滩岩田自然保护区	饶平县	2 875	省级	海滩岩
海丰公平大湖自然保护区	海丰县	6 310	省级	候鸟及其栖息地
徐闻珊瑚礁自然保护区	徐闻县	10 900	省级	珊瑚礁及其周围环境
碛洲岛沿海自然保护区	湛江市	1 500	市级	鲍鱼、龙虾等海洋水产资源