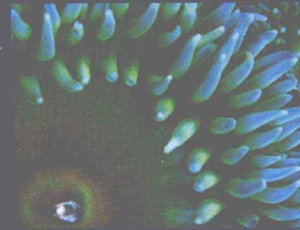
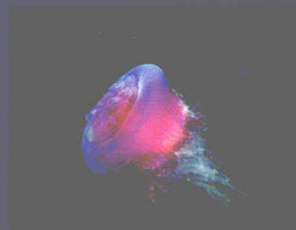


2007年海洋公益性行业科研专项经费重点项目“基于海岸带综合管理的
海洋生物多样性保护研究与示范”(200705029)资助

基于海岸带综合管理的 海洋生物多样性保护管理技术

JIYU HAIANDAI ZONGHE GUANLI DE
HAIYANG SHENGWU DUOYANGXING BAOHU GUANLI JISHU

陈 彬 等 编著



ISBN 978-7-122-24090-9
I. ①基... II. ①王... III. ①海洋生物多样性—保护—管理—研究 IV. ①Q959.76

基于海岸带综合管理的 海洋生物多样性保护管理技术

SHANGHAI UNIVERSITY CLUSTER

SHANGHAI UNIVERSITY CLUSTER

王 健 著



上海大学出版集团
上海大学出版社

2007 年海洋公益性行业科研专项经费重点项目“基于海岸带综合管理的海洋生物多样性保护研究与示范”(200705029)资助

基于海岸带综合管理的 海洋生物多样性保护管理技术

陈 彬 等 编著

海洋出版社

2012 年 · 北京

图书在版编目(CIP)数据

基于海岸带综合管理的海洋生物多样性保护管理技术/ 陈彬等编著. —北京:海洋出版社,2012.3

ISBN 978-7-5027-8185-9

I. ①基… II. ①陈… III. ①海洋生物-生物多样性-保护-研究-中国
IV. ①Q178.53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 278141 号

责任编辑:白 燕 鹿 源

责任印制:赵麟苏

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

北京市海淀区大慧寺路 8 号 邮编:100081

北京画中画印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月北京第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:14.75

字数:320 千字 定价:80.00 元

发行部:62147016 邮购部:68038093 专著中心:62113110

海洋版图书印、装错误可随时退换

项目负责人:陈 彬 温泉 丁德文 杨 琳 王金坑

技术指导:丁德文 周秋麟 温 泉 江锦祥

专 著 主 编:陈 彬

专著副主编:黄 浩 俞炜炜 王金坑

主要编写人员:

周秋麟	杨圣云	郑森林	杜建国	蒋金龙	韩建波
黄东仁	石洪华	宋希坤	傅世锋	唐森铭	陈志鸿
刘正华	戴娟娟	肖佳媚	杨正先	丁光茂	李荣茂
王文卿	马志远	张宜辉	颜 利	周 娟	

前 言

生物多样性是地球上生命经过几十亿年发展进化的结果,是人类赖以生存的物质基础。然而,随着人口的迅速增长及人类经济活动的不断加剧,全球环境持续恶化,生物多样性遭到了严重的威胁,并正以空前的速度消失。据统计,全球 15 000 多个物种正在消失。自 2000 年以来,全球原始森林面积每年减少约 $600 \times 10^4 \text{ hm}^2$; 过去 20 年中约有 35% 的红树林已消失; 1970—2000 年,内陆水域物种数下降了约 50%, 而海洋和陆栖物种数下降了约 30%; 在过去 20 年中高等生物类群中约有 12% ~ 52% 的物种面临灭绝的危险。

我国是一个海洋生物多样性丰富的国家。根据 2008 年统计,中国海域现已发现和记录的物种约 22 600 种,隶属于 46 门,约占全球总数的 1/10。就全球生物地理学而言,中国东南沿海是印度—西太平洋生物区的组成部分,其中具有从印度尼西亚和菲律宾三角区辐射出来的全球最丰富的海洋生物多样性,也为一些具有国际意义的物种提供了洄游迁徙通道。并且在海岸带地区,生物多样性极为丰富,只占海洋面积 10% 的海岸带却拥有 90% 的生产力,由此可见,保护海岸带地区的海洋生物多样性,对于保护全球海洋生物多样性具有重大意义。

但是近年来,随着我国沿海经济社会的快速发展,海岸带和海洋的生态系统健康和生物多样性受到严重威胁。城市化及围填海工程建设,导致大量的浅海滩涂生境的丧失; 沿海工农业的发展,带来流域性的、区域性的环境污染; 过度捕捞直接造成了资源衰退及海洋生物多样性的降低; 外来物种入侵和转基因释放,导致土著种遭受排挤、灭绝及遗传多样性破坏等。

联合国环境与发展大会于 1992 年通过了《生物多样性公约》,其总体目标是保护生物多样性、促进生物资源的可持续利用及公平分享利用生物遗传基因所带来的惠益。中国自 1992 年年底加入《生物多样性公约》以来,通过建立自然保护区等手段,全国的生物多样性保护取得了显著成效。然而,中国政府也清醒地认识到,由于全球气候变化、经济快速发展带来的资源能源消

耗、环境污染、不合理的开发建设活动,生态环境退化趋势未能有效遏止、物种濒危灭绝速度加快、外来入侵物种危害加重、生物遗传资源流失问题突出,生物多样性保护面临更大的挑战。由于海洋生物多样性保护面临的复杂性,采取局部的而非系统的、仅考虑海洋部分而非流域系统范围的、单部门的而非利益相关者共同参与的方法已很难奏效。在这种背景下,海岸带综合管理与建立海洋自然保护区,被国际上确认为是保护海洋生物多样性最有效的途径之一。目前,世界上诸多国家已纷纷考虑采用海岸带综合管理的方法和手段去解决生物多样性保护的问题,海岸带综合管理作为海洋环境、资源和生物多样性保护管理的手段,其效力不断得到认同。

尽管海岸带综合管理的有效性已经得到普遍接受,但是,现有的海岸带综合管理普遍没有将生物多样性充分地考虑到其中,如何在生物多样性保护及可持续利用的各组分之间找到合适的平衡点仍然十分困难,海岸带综合管理对于维持及提高海洋生物多样性的潜力也尚待进一步认识。本书基于海岸带综合管理的理念,形成了海洋生物多样性主要影响源分析、海洋生物多样性评价、海洋生物多样性保护规划、基于 GIS 的海洋生物多样性保护管理决策支持系统等系列海洋生物多样性保护管理技术,并在泉州湾开展了示范应用,取得了良好的效果。

本书的研究工作得到了 2007 年海洋公益性科研专项经费重点项目(200705029)及 2011 年国家海洋局环境保护司项目“海洋生物多样性监测评价指标研究与示范”的资助,完成过程中,得到了国家海洋局科学技术司、环境保护司及案例研究区——泉州市海洋与渔业局的大力支持;国家海洋局第一海洋研究所的丁德文院士、国家海洋环境监测中心的温泉研究员及国家海洋局第三海洋研究所的周秋麟研究员和江锦祥研究员,从项目的研究及专著的编写过程,均提供了大量宝贵的建议,谨此深表感谢!

在编写中,编者虽然已尽心竭力,但限于水平与经验,再加上时间所限,错误与不当之处在所难免,不足之处敬希斧正。

编者

2011 年 4 月于厦门

目 录

理 论 篇

第 1 章 海洋生物多样性与海岸带综合管理	3
1.1 生物多样性公约与海岸带综合管理	3
1.2 海岸带人类活动对海洋生物多样性的影响	5
1.3 海岸带综合管理及其与海洋生物多样性保护	13
1.4 基于海岸带综合管理的海洋生物多样性保护相关技术	17
小结	22
第 2 章 海洋生物多样性影响识别与影响源或风险源估算	24
2.1 海洋生物多样性的影响识别与分析	24
2.2 入海污染物通量估算方法	29
2.3 生境物理破坏估算方法	34
2.4 外来种入侵风险估算方法	38
2.5 过度捕捞影响估算方法	38
小结	39
第 3 章 海洋生物多样性评价方法研究	40
3.1 生物多样性评价研究概况	40
3.2 海洋生物多样性评价内容与方法	41
3.3 海洋生物多样性评价指标选取	43
3.4 海洋生物多样性现状评价	61
3.5 海洋生物多样性影响评价	70
3.6 海洋生物多样性变化趋势评价	77
小结	77
第 4 章 基于海岸带综合管理的海洋生物多样性保护规划技术研究	79
4.1 海洋生物多样性保护规划概述	79
4.2 海洋生物多样性保护规划指标体系	80
4.3 海洋生物多样性保护区划技术与方法	84
4.4 入海污染物总量控制规划研究	89
小结	94
第 5 章 基于海岸带综合管理的海洋生物多样性保护管理体系	95
5.1 海洋生物多样性保护管理制度建设	95

5.2 海洋生物多样性保护监测网络设计	101
5.3 海洋生物多样性保护管理成效评估	102
小结	106
第6章 海洋生物多样性保护综合决策支持系统	107
6.1 决策支持系统开发内容研究	107
6.2 数据服务层	108
6.3 功能服务层	110
6.4 决策支持层	112
小结	113

实践篇

第7章 泉州湾生物多样性概况及存在问题	117
7.1 泉州湾概况	117
7.2 泉州湾环境质量现状	118
7.3 泉州湾海洋生物多样性现状	121
7.4 泉州湾海洋生物多样性存在问题	137
小结	140
第8章 泉州湾海洋生物多样性影响或风险源估算	142
8.1 研究范围界定	142
8.2 海洋生物多样性影响源识别与分析	145
8.3 入海污染物影响源估算与分析	147
8.4 生境物理破坏影响估算与分析	159
8.5 外来种入侵风险估算与分析	166
8.6 过度捕捞影响源估算与分析	166
小结	168
第9章 泉州湾海洋生物多样性评价	169
9.1 泉州湾生物多样性现状评价	169
9.2 泉州湾生境质量评估	171
9.3 泉州湾生物多样性变化趋势评价	174
小结	177
第10章 泉州湾海洋生物多样性保护规划	178
10.1 规划范围和期限	178
10.2 泉州湾海洋生物多样性保护规划目标	178
10.3 泉州湾生态功能区划与主体功能区划	180
10.4 海洋生物多样性保护规划分区	183
10.5 泉州湾入海污染物总量控制	186
10.6 生境保护与生态修复	192

10.7	规划重点工作内容·····	193
10.8	规划保障措施·····	196
	小结·····	197
第 11 章	泉州湾海洋生物多样性保护管理体系 ·····	198
11.1	法律法规和机构机制·····	198
11.2	海洋生物多样性监测网络设计·····	201
11.3	海洋生物多样性保护管理成效评估·····	203
	小结·····	204
第 12 章	泉州湾海洋生物多样性保护综合决策支持系统开发 ·····	205
12.1	系统开发概况·····	205
12.2	数据服务层开发与设计·····	207
12.3	功能服务层开发与设计·····	209
12.4	决策支持层开发与设计·····	214
	小结·····	218
	参考文献 ·····	219

理 论 篇

第1章 海洋生物多样性与海岸带综合管理

1.1 生物多样性公约与海岸带综合管理

1.1.1 海岸带环境与生物多样性特征

1.1.1.1 海岸带环境特征

海岸带是大陆地貌、海洋地貌的交错带,是独特的地理单元;同时也是海陆生态系统的交错带,是独特的生态区域单元(黄鼎成,2005)。海岸带拥有最富饶和最有价值的生物圈生境,其中包括河口、沿岸湿地和珊瑚岸礁。这里也蕴藏着巨大天然能源的自然动力机制场所,繁衍着大量而丰富的生物。海岸带地区生物多样性丰富,只占海洋面积10%的海岸带却拥有90%的生产力,由此可见,保护海岸带地区的海洋生物多样性,对于保护全球海洋生物多样性具有重大意义。我国的海岸带全长约18 000 km,约占全国陆地国土面积的13%。但这里却集中了全国70%以上的大城市、50%左右的人口和60%的国内生产总值(GDP)。海岸带已经成为中国经济活力最为充沛的区域之一,为社会的发展提供了强有力的支撑和保障。

人类活动是影响海岸带的主导动力,这里人口、经济活动最集聚,人工复杂性最高。城市化及围填海工程建设,导致大量的浅海滩涂生境的丧失、海岸带生态系统多样性遭到破坏;沿海工农业、特别是养殖业的发展,带来流域性的、区域性的环境污染;过度捕捞,资源衰退,给海洋生物多样性带来严重的威胁;外来物种入侵和转基因释放,导致土著种遭受排挤、灭绝及遗传多样性破坏等(陈清潮,1997;王晓红等,2003;王斌,2006)。由于海洋生物多样性保护面临的复杂性,采取局部的而非系统的、仅考虑海洋部分而非流域系统范围的、单部门的而非利益相关者共同参与的方法已很难奏效。

1.1.1.2 生物多样性特征

1) 生物多样性的概念

1992年,联合国里约环境与发展会议签署了《生物多样性公约》。在公约中,生物多样性定义为:“生物多样性”是指所有来源的形形色色生物体,这些来源除包括陆地、海洋和其他水生生态系统及其所构成的生态综合体;还包括物种内部、外部之间和生态系统的多样性。

生物多样性是社会经济可持续发展的战略性资源,具有多方面的价值,在提供食物、工业原料、医药等来源,维系自然界物质循环、能量转换、净化环境、改良土壤、控制病虫

害、涵养水源、保持水土、调节小气候、促进生物进化和自然演替等方面发挥着重要的作用(环境保护部,2008)。

2) 我国的海洋生物多样性

我国海岸线漫长、海域辽阔、岛屿众多,具有丰富的海洋和海岸生态系统。中国近岸海域也分布着滨海湿地、红树林、珊瑚礁、河口、海湾、潟湖、岛屿、上升流、海草床等多种典型海洋生态系统。我国是一个海洋生物多样性丰富的国家。根据2008年统计,中国海域现已发现和记录的物种约22 600种,约占全球总数的1/10(黄宗国,2008;刘瑞玉,2008)。就全球生物地理学而言,中国的东南沿海是印度-西太平洋生物区的组成部分,其中具有从印度尼西亚和菲律宾三角区辐射出来的全球最丰富的海洋生物多样性。在渤海、黄海、东海和南海之间,东海南部和南海沿岸的热带和亚热带水域生物多样性最高,各种各样的生境哺育了无数地方物种,会聚了具有全球意义的物种,也为一些具有国际意义的物种提供了洄游迁徙通道(中国南部沿海生物多样性管理项目办公室,2008)。但是近年来,随着东南沿海经济社会的快速发展,海岸带和海洋的生态系统健康和生物多样性受到严重威胁。因此,有效地保护与管理海岸带和海洋生物多样性,减轻和防止沿海地区经济社会发展对海岸带生物多样性及其生态系统造成的威胁,不仅对中国,对全世界也具有非常重要的意义。

1.1.1.3 海洋生物多样性保护已成为海岸带可持续发展面临的新的挑战

海洋生物多样性是海洋生态系统服务的产生基础。生态系统服务的产生和实现需要复杂的生态学过程支持,其大小改变也受到生物多样性变化的影响。最近几十年来,生物多样性减少对生态系统所造成的影响已经引起人们的极大兴趣和争论。Naeem等(1997)的研究表明生物多样性可以增强生态系统的稳定性,生物多样性能够为防止种群丧失或功能降低提供保障,物种数目越多生态系统稳定性越强。Kennedy等(2004)认为生物多样性是生物入侵的屏障,生物多样性的丧失可能意味着生态系统对外来物种入侵的抵抗力下降,外来物种可通过改变入侵途径进入先前不能入侵的生境。目前,多数学者认为在稳定环境条件下保证最小数量的物种对于维持生态系统功能是必要的,而在易变环境状态下维持生态系统的稳定则需要更多的物种数量。但是,关于哪个物种在生态过程中起关键作用,还主要依靠经验来判断。

海岸带地区人口密集程度的持续增加,使生态系统服务的损失(如洪水控制、废水处理等)可能造成更加严重的后果。从全球角度来看退化的海洋生态系统虽然仅占微小比例,但区域生态系统如河口、珊瑚礁和沿海等的物种、种群或功能群正在快速退化。尽管某些特殊的物种向人类社会提供了主要的服务,然而在生态系统水平上其生物多样性的作用尚需确认。Worm等(2006)根据长期区域时间序列和渔业数据分析了海洋生物多样性改变对主要生态系统服务的影响。研究发现,海洋生态系统恢复潜力、稳定性和水质随生物多样性的下降呈指数衰减趋势;与之对应的是,通过恢复生物多样性,平均可以增加4倍的生产力,并将生产力的波动性降低21%。海洋生物多样性的丧失对海洋供给食品、净化水质、自我恢复能力的破坏正在增强。

《生物多样性公约》的科学、技术和工艺咨询附属机构在其于2010年5月召开的第十四次会议上深入审查了海洋和海岸带生物多样性工作方案的执行情况,其中《海洋和海岸带生物多样性的全球状况和趋势报告》显示,海洋生物资源严重下降,海岸带生境持续减少,海洋环境总体退化。根据跟踪记录四大洲341个代表性海洋物种种群趋势的海洋生物星球指数,1970—2005年,海洋生物星球指数平均总体下降了14%。海洋生态系统不断改变,种群数量大范围减少,遗传多样性也在减少,目前海洋生物多样性变化比人类历史上任何时候都快,并引起了海洋生态系统服务的退化。生物多样性的流失限制了未来的发展选择,海洋生物多样性保护已成为海岸带可持续发展面临的新的挑战。只有降低海洋生物多样性流失率并把生物多样性产品和服务的全部价值结合到决策过程中,才能有助于可持续发展目标的实现(联合国环境规划署,2008)。

1.1.2 海岸带综合管理是实施生物多样性公约的重要手段

1995年11月,《生物多样性公约》第二次缔约国大会(COP-2)通过了“海洋和海岸生物多样性雅加达指令(Jakarta Mandate on Marine and Coastal Biological Diversity)”全球行动方案,以拯救濒危生态系统。“雅加达指令”包含5大要素,即:①海洋和海岸带综合管理;②海洋和海岸带生物资源;③海洋和海岸带保护区;④水产养殖;⑤外来物种和基因型。同时,该行动方案将海洋和海岸带综合管理及海洋和海岸带保护区两大要素作为重要手段。

此后,公约缔约国第四届大会决定把海洋和海岸带综合管理作为5个关键项目计划的第1个项目计划。公约缔约国第五届大会批准进一步开展制定海岸带指南的工作,其中要求考虑公约实施行动的最主要框架——生态系统途径。2003年3月召开的科学技术和工艺咨询附属机构(SBSTTA)第八次会议指出,一个有效的海洋和海岸带生物多样性管理框架应该包括可持续的管理实践和行动,以保护更大范围内的海洋及海岸带环境中的生物多样性。

根据上述几项《生物多样性公约》的重大决定,世界各国的海洋生物多样性保护和管理均以开展海岸带综合管理和建设海洋保护区及网络为基础,形成基于海岸带综合管理和海洋保护区的海洋生物多样性管理模式、组织方式、职能职责和纵横协调机制。

1.2 海岸带人类活动对海洋生物多样性的影响

1.2.1 海洋生物多样性面临的主要威胁

海洋生物多样性的绝大部分威胁来自海岸带地区,而且是人口和人口发展趋势的直接后果。第二次世界大战以来,世界人口已经翻了一番,而且预计要从1992年的55亿人增长到2025年的85亿人(UN Population Bureau, 1993)。但是,更重要的是人口密度趋向于海岸带地区。2000年,沿海岸线30 km以内的区域集中了世界20%的人口;沿海岸线

100 km 以内的区域集中了世界 40% 的人口;约 50% (31 亿人) 的人口居住在沿海岸线 200 km 以内。到 2025 年,约 3/4 的世界人口愿意住在海岸带地区(LOICZ II Science Plan and Implementation Strategy)。人口增加迅速增大了对海岸带资源利用的压力,导致生境退化、片段化和毁坏。

Halpern 等(2008)研究了人类活动对全球海洋生态系统的影响,发现世界海洋几乎没有地区不受人类活动影响,高达 41% 的区域同时受到多种因素的强烈影响,影响较大的区域主要集中在海岸带地区。Lotze 等(2006)分析了北美、欧洲和澳大利亚的 12 个河口和沿海生态系统生态变化的数据,研究发现所有生态系统都出现了类似的变化模式,先缓慢退化,在最近 150 ~ 300 年间退化加速;而过度开发和栖息地丧失这两个变化能解释 95% 的物种灭绝及生态系统功能的变化。千年生态系统评估指出,一系列人类活动和自然变化已使海洋—海岸带生态系统呈现退化趋势。引起退化的直接因素包括:土地利用改变、水产业发展、过度捕捞和破坏性捕捞、生物入侵、污染和富营养化及气候变化;间接因素包括:人们对食品偏好和市场的改变、人口增长、技术改变、全球化的影响以及人类对海洋及海洋生物缺乏正确的观念等(马程琳等,2003)。人类活动是海洋—海岸带生物多样性改变、生态系统退化甚至丧失的主导因素,其中最关键的威胁是生境的破坏或丧失。联合国大会第 59 届和第 60 届会议秘书长关于海洋和海洋法的报告均对国家管辖外海洋生物多样性面临的威胁作了全面的概括。在类型上,国家管辖范围内海洋生物多样性所受威胁与国家管辖范围以外基本相同,但污染和捕捞等威胁在国家管辖范围以内表现更加突出(国家海洋局海洋发展战略研究所课题组,2010)。

1.2.1.1 污染

海洋污染是海洋生物多样性面临的最主要威胁之一。1982 年,《联合国海洋法公约》对海洋污染定义为:“人类直接或间接地把物质或能量引入海洋环境,其中包括河口港湾,以致造成或可能造成损害海洋生物和生物资源、危害人类健康、妨碍包括渔业和海洋其他正当用途在内的各种海洋活动、损坏海水使用质量和伤及环境美观等有害影响。”按此定义,海洋污染指的是由于人类的活动向海洋引入了改变海洋原来状态的物质或能量,使人类和生物在海洋中的各种活动受到不利影响,这些污染海洋的物质或能量包括石油及其炼制品、重金属、农药、放射性物质、热废水、固体废弃物、病原生物等,这些污染物可以通过陆源污染物排放、航运、海上倾倒及海上活动等渠道进入海洋环境。例如,氮和磷会在河流和海洋交汇的地方形成“死水区”。在这些地带,藻类发生分解作用,耗尽了水里的氧气,致使大面水域几乎没有任何海洋生命。目前,全球的死水区已经超过 500 个,其中中国沿岸 7 个(图 1-1)(生物多样性公约秘书处,2010)。

海洋污染与陆地污染、大气污染等其他环境污染相比,有其独特的地方。具体表现如下。

(1) 污染源具有广泛性、多样性和复杂性。不仅人类在海洋的活动可以污染海洋,而且人类在陆地和其他活动方面所产生的污染物,也将通过江河径流、大气扩散和雨雪等降水形式,最终都将汇入海洋。

(2) 污染的持续性强。海洋中的污染物很难再向其他场所转移,不能溶解和不易分

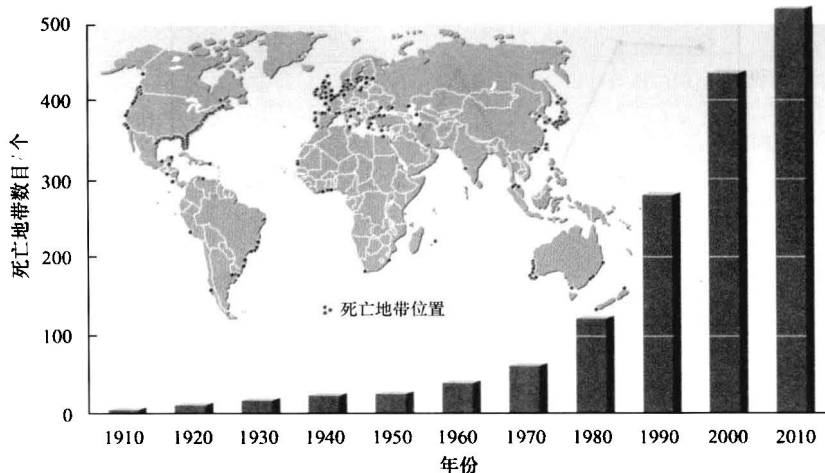


图 1-1 全球海洋死亡区(生物多样性公约秘书处,2010)

解的物质长期在海洋中蓄积,往往通过生物的浓缩作用和食物链传递,对人类造成潜在威胁。

(3)在空间上是全球性的,流动性大、扩散范围广。全球海洋是相互连通的一个整体,一个海域污染了,往往会扩散到周边,甚至有的后期效应还会波及全球。

以上特点决定了海洋污染控制的复杂性和危害的严重性。海洋污染使海洋生物死亡、生物多样性减少,使水产品体内的残留毒物增加。海洋污染的影响是深远的,甚至是灾难性的。最直接的后果是减少人类赖以生存的动物蛋白质的重要来源,食用富集污染物的水产品危害人类身体健康,如黄渤海沿岸渔民的头发中汞、镉等重金属含量远高于内陆居民。而误食被污染的蚶、蛤和鱼类等也可导致中毒。通过食物链富集致癌物,对人类的危害更严重。海洋污染有很长的积累过程,不易及时发现,一旦形成污染,需要长期治理才能消除影响,且治理费用大,造成的危害会影响到各方面,特别是对人体产生的毒害,更是难以彻底清除干净。要防止和消除海洋污染,必须进行长期的监测和综合研究,对污染源进行管理,以防为主;要有效保护海洋环境,国际间的协调、控制和合作尤为重要。

海洋环境的主要污染源有以下几个方面:①来自陆地工业、城市和农业污水;②船舶排放的污染物;③海洋石油勘探开发的污染;④人工倾倒废物污染。但是85%以上的海洋污染源于陆源途径,仅小于20%的污染可能源于海上运输及海上石油钻探等非陆源途径(Castro and Huber, 2007)。

近年来,我国全海域未达到清洁海域水质标准的面积呈逐步下降的趋势,海水水质清洁指数逐步上升(图1-2),海洋赤潮发生的面积和次数均有所下降(图1-3)。全国近岸海域海水总体水质逐年好转,但污染形势依然严峻,近岸海域生态系统健康状况恶化的趋势尚未得到有效缓解,仍处于赤潮多发期(环境保护部,2008)。

《2009年中国海洋环境质量公报》表明,我国海洋生态环境近岸海域生态系统健康状况