



海岸带污染水体水质修复 理论及工程应用

Theory and Engineering Application of Water Quality
Remediation in Coastal Polluted Waters

盛彦清 李兆冉 编著



科学出版社

国家自然科学基金 (No. 41373100)

本书出版获 山东省科技惠民计划项目 (No. 2013kjhm060308) 共同资助
中国科学院关键技术人才项目

海岸带污染水体水质修复 理论及工程应用

盛彦清 李兆冉 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地论述了海岸带污染水体水质修复基本原理、基础理论和修复关键技术及其工程应用,全面介绍了我国海岸带水污染现状、海岸带水环境综合管理所存在的问题、滨海重污染河道水质修复技术、沉积物原位修复技术及相应的工程实例。本书广泛参考国内外有关书籍及该领域的最新研究进展及相关法律法规编写而成,同时针对我国海岸带水环境管理所存在的问题进行了深入剖析,结合编著者在滨海水污染防治领域的多年实际工作经验,提出了独到见解。

本书章节段落层次分明,逻辑性强,叙述简练准确,通俗易懂,可供从事海岸带环境保护、海洋渔业资源管理、环境水文学及河口海岸学的研究人员与海洋环保等政府职能部门决策人员及海岸工程设计人员等阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

海岸带污染水体水质修复理论及工程应用/盛彦清,李兆冉编著. —北京:科学出版社, 2018.6

ISBN 978-7-03-056765-9

I. ①海… II. ①盛… ②李… III. ①海岸带—水污染防治—研究 IV. ①X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 047227 号

责任编辑:朱 瑾 田明霞 / 责任校对:王晓茜

责任印制:张 伟 / 封面设计:铭轩堂

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>

北京京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

*

2018 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018 年 6 月第一次印刷 印张: 15 1/2

字数: 368 000

定价: 168.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

海岸带是海岸线向陆海两侧扩展一定宽度的带状区域,可称为地球关键带,包括陆域与近岸海域,对于其范围,国际上至今尚无统一的界定。海岸带对于人类社会和经济的发展至关重要,全球经济财富大部分产生于海岸带区域,但海岸带由于受到多种作用力的交互影响,客观上存在各种灾害频繁、生态环境脆弱等问题。作为陆源污染入海的最后一道屏障,海岸带水质污染问题尤为突出。

开展海岸带污染水体治理、修复受损生态环境已经成为我国当前面临的紧迫任务。国务院于 2015 年 4 月正式颁布实施了《水污染防治行动计划》(简称“水十条”),目前该计划已经在部分地区得到了稳步推进。其中在“总体要求”中明确要“强化源头控制,水陆统筹、河海兼顾,对江河湖海实施分流域、分区域、分阶段科学治理,系统推进水污染防治、水生态保护和水资源管理”;在“工作目标”中提出“到 2020 年,全国水环境质量得到阶段性改善,污染严重水体较大幅度减少……近岸海域环境质量稳中趋好”;在“主要指标”中明确提出,到 2020 年,地级及以上城市建成区黑臭水体均控制在 10%以内,近岸海域水质优良(一、二类)比例达到 70%左右。然而,当前我国地表水和近岸海域水体水质污染形势均较为严峻。为进一步落实“水十条”,国家海洋局、住房和城乡建设部及环境保护部等十部委又于 2017 年 3 月联合印发了《近岸海域污染防治方案》,要求进一步加强海岸带污染防治的力度。由此可见,开展海岸带水污染防治不但是海岸科学研究的需要,而且是实施“海洋强国”等国家战略的需要。

感谢众多专家、学者和管理人员在书稿编写过程中提出的宝贵意见。同时,感谢在创作本书过程中给予帮助和支持的所有朋友及家人。本书图片除专门标注外,其余均为自己拍摄。

由于海岸带水污染的复杂性及目前关于滨海污染水体水质修复技术研究的有限性,再加上作者对该领域研究认识水平有限,仅凭现有研究很难全面掌握海岸带水污染特征并提出防治对策,书中可能会存在一些不妥之处,敬请各界人士批评指正,同时欢迎一起交流、学习!

中国科学院烟台海岸带研究所

盛彦清

2017 年 11 月 23 日于烟台

目 录

第 1 章 海岸带及海岸带水污染特征	1
1.1 海岸带及海岸带水体概念	1
1.1.1 海岸带概念的界定	1
1.1.2 海岸带基本特征	3
1.1.3 海岸带水体概念的界定	4
1.2 我国海岸带水体环境状况及其污染特征	7
1.2.1 我国海岸带水体环境状况	7
1.2.2 我国海岸带水体污染特征	14
1.3 我国主要入海河流污染负荷	15
1.3.1 渤海海区	15
1.3.2 黄海海区	18
1.3.3 东海海区	19
1.3.4 南海海区	20
1.4 海岸带水污染防治的意义	21
1.4.1 维持海岸带水体的生态平衡	21
1.4.2 保护人类的健康	22
1.4.3 促进产业的持续发展及资源的永续利用	22
1.4.4 维护美丽宜人的海岸带风光	23
参考文献	23
第 2 章 海岸带水质评价的方法与问题	25
2.1 海岸带水环境功能区划	25
2.1.1 海岸带水环境功能区划的原则	25
2.1.2 海岸带水环境功能区划的调查内容	26
2.1.3 海岸带水环境功能区划的技术程序	28
2.1.4 海岸带水环境功能区的分类与命名	28
2.1.5 海岸带水环境功能区划中的关键问题	29
2.2 海岸带水域管理	29
2.2.1 海岸带水域管理特征及原则	29
2.2.2 国内外海岸带水域管理的研究进展	31

2.2.3 我国海岸带水域管理建议	33
2.3 海岸带水质监测方法	34
2.3.1 水质监测方法分类	34
2.3.2 海岸带水质监测分析方法的差异	35
2.3.3 我国海岸带水质监测方法的建议	40
2.4 海岸带水质管理法律依据	40
2.4.1 国内外海岸带管理立法的历程	40
2.4.2 我国海岸带法制管理所面临的问题	41
2.4.3 我国海岸带法制管理的建议	43
参考文献	43
第3章 海岸带水体黑臭的原因分析	45
3.1 水体黑臭的界定与认识	45
3.1.1 黑臭的界定	45
3.1.2 黑臭的危害	46
3.1.3 国内外研究进展	47
3.2 海岸带水体黑臭成因、机理及评价指标	48
3.2.1 水体黑臭成因	48
3.2.2 水体黑臭机理	51
3.2.3 黑臭的评价指标	52
3.3 硫、铁(锰)、磷等在水体黑臭演化过程中的关键作用	54
3.3.1 硫在水体黑臭中的作用	54
3.3.2 磷在水体黑臭中的作用	56
3.3.3 铁(锰)在水体黑臭中的作用	58
3.3.4 硫、铁、磷的协同作用与水体黑臭的关系	59
3.4 海岸带水质演化对黑臭水体形成的影响	60
3.4.1 实验设计	61
3.4.2 单因素水质条件对黑臭水形成的影响	61
3.4.3 多因素水质条件对水体黑和臭演化过程的影响	66
3.4.4 结论	68
参考文献	68
第4章 海岸带入海河流污染状况——以环渤海入海河流为例	72
4.1 环渤海入海河流概况	72
4.2 环渤海入海河流污染物的浓度	75
4.3 环渤海入海河流污染物的季节性排放特征	79

4.4 环渤海入海河流污染物入海通量的年际变化	85
参考文献	86
第5章 海岸带重污染河道水质修复理论与技术	88
5.1 水质修复的理论	88
5.1.1 物理方法	88
5.1.2 化学方法	90
5.1.3 生物方法	91
5.2 水质参数的选取与设定	92
5.2.1 水质参数的概念	92
5.2.2 选择水质参数的原则	95
5.2.3 水质参数的设定	96
5.3 沉积物质量表征与再悬浮控制	98
5.3.1 沉积物质量表征	98
5.3.2 沉积物再悬浮控制	100
5.4 原位水质修复技术单元及其集成	101
5.4.1 水质原位修复技术单元	101
5.4.2 水质原位修复单元集成	104
5.5 水体景观恢复与重建	104
5.5.1 水体景观的污染修复	105
5.5.2 水体景观的生态恢复	105
5.5.3 水体的污染防控	105
参考文献	106
第6章 近岸海域赤潮治理理论与技术	108
6.1 近岸海域赤潮时空及生物种类分布特征	108
6.1.1 时间分布	108
6.1.2 空间分布	109
6.1.3 生物种类分布	109
6.2 近岸海域赤潮发生机理及分类	112
6.2.1 赤潮发生机理	112
6.2.2 赤潮分类	114
6.3 近岸海域赤潮治理	115
6.3.1 物理法	115
6.3.2 化学法	116
6.3.3 生物法	118

参考文献	119
第7章 海岸带沉积物修复理论与技术	121
7.1 底泥修复的理论	121
7.2 原位底泥修复技术	122
7.2.1 原位物理修复	122
7.2.2 原位化学修复	123
7.2.3 原位生物修复	124
7.3 异位底泥修复技术	125
7.3.1 异位物理修复	125
7.3.2 异位化学修复	125
7.3.3 异位生物修复	126
7.4 重污染滨海河道底泥修复	126
7.4.1 底泥在滨海河道水体生态系统中的作用	126
7.4.2 滨海河道底泥污染分析	127
7.4.3 重污染滨海河道底泥修复技术的应用	128
7.5 污染沿海滩涂生物修复	130
7.5.1 沿海滩涂界定	130
7.5.2 我国沿海滩涂的分布	130
7.5.3 沿海滩涂的污染概况	131
7.5.4 污染滩涂的生物修复	132
7.6 近海沉积物生物修复——以石油污染为例	135
7.6.1 近海沉积物中石油污染来源	135
7.6.2 我国近海石油污染现状及危害	136
7.6.3 我国近海沉积物石油污染生物修复	137
参考文献	137
第8章 海岸带污染水体水质修复工程实例	141
8.1 广州芳村 A 涌水质就地改良技术示范	141
8.1.1 项目概况	141
8.1.2 工艺设计	143
8.1.3 工艺优化	144
8.1.4 治理效果	145
8.2 潍坊堤河黑臭河道水质修复工程示范	147
8.2.1 项目概况	147
8.2.2 项目设计	148

8.2.3	项目实施	150
8.2.4	治理效果	152
8.3	烟台逛荡河黑臭河道水质修复示范工程	154
8.3.1	项目概况	154
8.3.2	项目设计与实施	158
8.3.3	治理效果	159
8.4	烟台鱼鸟河及其相邻海域水质修复示范工程	161
8.4.1	项目概况	161
8.4.2	治理方案	163
8.4.3	项目实施	169
8.4.4	治理效果	171
8.4.5	项目实施后的满意度情况	171
8.5	烟台沁水东河水质改善应急工程	175
8.5.1	项目概况	175
8.5.2	治理工艺	176
8.5.3	方案实施	183
8.5.4	治理效果	184
8.6	烟台界河流域生态修复示范工程	185
8.6.1	项目概况	185
8.6.2	项目设计与实施	191
8.6.3	项目效益	193
8.7	渤海中部石油污染沉积物原位修复关键技术及其工程示范	194
8.7.1	项目概况	194
8.7.2	项目设计与实施	195
8.7.3	治理效果	202
附录		204
附录 I	地表水环境质量标准 (GB 3838—2002)	204
附录 II	海水水质标准 (GB 3097—1997)	213
附录 III	海洋沉积物质量 (GB 18668—2002)	219
附录 IV	恶臭污染物排放标准 (GB 14554—1993)	222
附录 V	山东省半岛流域水污染物综合排放标准 (DB 37/676—2007)	226

第 1 章 海岸带及海岸带水污染特征

1.1 海岸带及海岸带水体概念

1.1.1 海岸带概念的界定

海岸带是指海洋和陆地相互交接、相互作用的地带，即由海洋向陆地过渡的关键地带，通常指海岸线向海陆两侧各扩展一定宽度的带状区域，而其宽度的界定目前尚无统一标准。一般国际上划定海岸带的范围依据 4 个标准，分别是自然标准、行政区域、任意距离和人为选择的环境单元（朱坚真和刘汉斌，2012）。

1. 自然标准

自然标准以自然的山脉、分水线、大陆架等作为向海或向陆的分界线。例如，孟加拉国 2/3 的区域位于洪水位以下，因此全国陆域都在海岸带范围内。美国 1972 年提出的《海岸带管理法案》指出，海岸带是指临海水域和临近的岸边土地，彼此间有强烈影响的沿岸水域及毗邻的滨海陆地，包括岛屿、过渡区与潮间带、盐碱地、湿地及海滩，其外界与美国领海的外界相一致，向陆一侧包括所有对近岸水域有直接影响的滨海陆地（左玉辉和林桂兰，2008）。

1995 年，国际地圈-生物圈计划(International Geosphere-Biosphere Programme, IGBP) 将陆海相互作用的地域定义为海岸带，向海部分下限是大陆架边坡，大致与 200m 等深线相一致，向陆部分上限是陆地 200m 等高线，内陆可延伸到河流流域（熊永柱，2011）。联合国在 2001 年启动的“千年生态系统评估”项目中，将海岸带定义为“海洋与陆地的界面，向海洋延伸至大陆架的中间，在大陆方向包括所有受海洋因素影响的区域；具体边界为位于平均海深 50m 与潮流线以上 50m 之间的区域，或者自海岸向大陆延伸 100km 范围内的低地，包括珊瑚礁、高潮线与低潮线之间的区域、河口、滨海水产作业区，以及水草群落”（范学忠等，2010）。

该标准划定海岸带范围的优点是可将具有明显海岸带特征的区域纳入其中，但缺点是没有按照行政区划分，可能导致同一海岸带范围隶属于不同的行政区，因此不利于政府的协调管理。

2. 行政区域

行政区域标准利用国家现有的行政区划来确定海岸带。例如，墨西哥在 2006 年的《墨西哥海洋和海岸可持续发展的国家环境政策》中提出，海岸带包括以下 3 个区域：①陆地区域，该区域被沿海自治市和靠近沿海自治市的内陆自治市覆盖；②海洋区域，

淹没在水下的区域往上到 200m 等深线处；③所有墨西哥岛屿的组合（晏维龙和袁平红，2011）。美国华盛顿等 9 个州则根据州或与州对等的边界来界定海岸带，中国以沿海乡镇的界限或沿海县界为标准。

利用行政区域划分海岸带使得海岸带的管理更加方便，但不能将所有具有经济价值的海岸带区域包括在其中。

3. 任意距离

任意距离标准是指以海岸线为基线，人为划定一定距离向陆海两面延伸。例如，中国海岸带和海涂资源的综合调查将海岸带定义为从海岸线向陆地延伸 10km 左右，由海岸线向海到水深 10~15m 等深线处；河口地区从陆地延伸到潮区界，向海延伸至淡水舌或浑水线（杨义勇，2013）。又如，斯里兰卡海岸带划定为从平均高水位线向陆地延伸 300m，从平均低潮线向海域延伸到 2000m 处。

4. 人为选择的环境单元

人为选择的环境单元标准是指由选出的环境单元组成海岸带的管理区，如美国得克萨斯州按照组合资源区划分。以环境单元作为划分标准需要有一定的科学依据，这样有利于海岸带的综合管理。

虽然不同的国家及组织机构对海岸带范围划分的标准不同，但是总结起来可以分为狭义海岸带和广义海岸带两种定义。狭义的海岸带一般是指地貌学意义上的海岸带，仅限于海岸线附近较窄的、狭长的沿岸陆地和近岸水域。广义的海岸带一般包括径流或漫流直接入海的流域地区，海岸线附近较窄的、狭长的沿岸陆地和近岸水域（狭义海岸带）及大陆架 3 个部分，向海扩大到沿海国家海上管辖权的外界，即 200n mile 专属经济区的外界，向陆离海岸线已超过 10km，甚至可以扩展到沿海县、市和省的行政地理单元管辖范围（熊永柱，2011）。

但在日常生活中，人们通常根据潮汐作用的范围，把海岸带划分为如下 3 个部分（图 1-1）：①潮上带，指平均大潮高潮线以上至特大潮汛或风暴潮作用上界之间的地带，该区域出露水面，蒸发作用强，地表呈龟裂现象，有暴风浪和流水痕迹，生长着稀疏的耐盐植物，但常被围垦；②潮间带，该区域指平均大潮低潮线至平均大潮高潮线之间的地带，此带周期性地受海水的淹没和出露，侵蚀、淤积变化复杂，滩面上有水流冲刷成的潮沟和浪蚀的坑洼，是发展海水养殖业的重要场所；③潮下带，该区域是指平均大潮低潮线以下的潮滩及其向海的延伸部分，该区域水动力作用较强，沉积物以粗砂为主。

作为陆海相互作用最为剧烈的关键地带，海岸带是复杂、动态的地球表层连续体或地球关键带，其记录着过去，展示着现在，孕育着未来。海岸带既是海洋系统的重要组成部分，也是陆地表层系统的重要组成部分，因此人们对于海岸带的研究空间或尺度往往取决于对具体科学问题的具体设置，其边界范围并不是固定不变的。

海岸带是目前人类活动最密集的地带，所以海岸带定义需要考虑人类活动因素。随着人们对海岸带认识的不断深入，广义的海岸带定义更符合社会发展和综合管理的需

要，因此本书所提到的海岸带是指广义的海岸带概念。

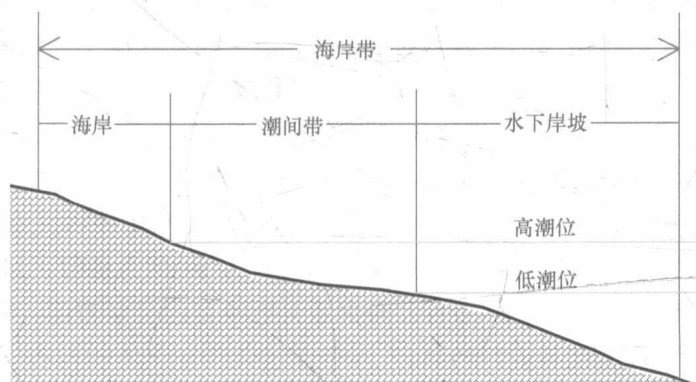


图 1-1 海岸带划分示意图

1.1.2 海岸带基本特征

海岸带是地球上水圈、岩石圈、大气圈和生物圈相互作用最频繁、最活跃的地带，同时具有陆地和海洋的环境属性，主要有以下基本特征。

1. 海岸带类型复杂

在海岸发育过程中，海浪、潮汐、海流、海面变化、地质地貌条件、河流和生物等因素会影响海岸的形态和演化过程，形成复杂的海岸类型。根据海岸形成原因将我国海岸分为平原海岸、山地丘陵海岸和生物海岸三大类型。也有学者将我国海岸分为河口海岸、基岩海岸、淤泥质海岸、砂砾质海岸、珊瑚礁海岸和红树林海岸 6 种类型（安鑫龙等，2005）。我国海岸带以杭州湾为界，杭州湾北部海岸带以泥沙质海岸为主，南部以基岩海岸为主，其中辽河三角洲、黄河三角洲、长江三角洲和珠江三角洲为淤泥质海岸，辽东半岛、山东半岛为基岩海岸。

泥沙质海岸主要是由江河所携带的泥沙在风浪和沿岸流的作用下形成的，物质组成为细砂、极细砂和黏土，岸滩平坦；基岩海岸主要由地质构造活动及波浪活动形成，特点是海岸曲折，沿海岛屿众多，岸滩狭窄，沿岸水深，有不规则岬角、海湾和岛屿，基岩海岸为固着类海藻及野生动物提供了生活栖息地。河口海岸由于富含大量有机质和营养元素，因此是鱼虾等产卵的重要场所，如莱州湾等区域已经成为我国重要的养殖基地。

珊瑚礁海岸可有效抵御风浪的冲击，主要分布在台湾、广东及其附属岛屿。红树林海岸能够阻挡潮流，起防浪护岸的作用，主要分布在福建、广东、广西沿海的海湾或潟湖内的湖滩上（沈瑞生等，2005）。

2. 海岸带资源多样

海岸带由于特殊的地理环境而赋存了多种可供人类开发利用的资源，包括各种土地资源、湿地资源、矿产资源、油气能源资源、海洋水产资源、海水化学资源、港湾资源、

滨海旅游资源, 以及其他资源。

湿地资源主要包括潮上带盐渍积水洼地、潮间带、河口、潟湖、红树林沼泽地、珊瑚礁等。我国是环太平洋油气带主要分布区之一, 海岸带和浅海大陆架蕴藏着丰富的油气资源。我国油气盆地面积近 70 万 km^2 , 大中型油气盆地有 16 个, 石油资源量为 150 亿~200 亿 t (连琰等, 2006), 天然气资源量约为 6.246 亿 m^3 。此外, 我国还有丰富的滨海砂矿资源, 包括砂质海岸及近岸海底开采的金属砂矿和非金属砂矿, 主要品种有铁砂矿、锡石砂矿、砂金和稀有金属砂矿、金刚石砂矿等 (于婷婷和张斌, 2009)。我国海洋生物资源丰富, 所有海区总生物生产量多达 130 万 t (傅秀梅等, 2006), 近海已发现鱼类 1500 种, 重要经济鱼类 70 多种。海水还具有丰富的化学资源, 可以从海水中生产食盐、淡水、溴、钾、镁等多种产品。

3. 人口密集、经济发达、陆海污染集中

海岸带是人类活动最频繁的地带, 也是经济发展的集中区域, 我国海岸带面积约占我国陆地面积的 13%, 却集中了全国 70% 的大城市和 50% 的人口及 55% 的国民收入 (洪华生等, 2003)。因此, 海岸带会受到经济快速发展及海洋资源开发带来的双重污染。另外, 海岸带也易受到地质灾害和气候灾害的影响, 所以自然和人类活动的双重影响使得海岸带成为生态环境易遭受破坏的敏感脆弱地带。

我国海岸带主要有以下环境及资源问题: 海岸侵蚀、地面沉降、海水入侵、台风、风暴潮、暴雨、海冰、滨海湿地萎缩、沿海土地盐渍化、渔业资源衰减、港口淤积与港口资源破坏、近海水质及底质环境恶化等。这些环境问题往往是伴随发生的, 如近海水质污染会导致渔业资源衰减及底质环境恶化; 地面沉降会导致海水入侵、海岸侵蚀、沿海土地盐渍化; 全球气候变暖也会使得风暴潮、洪涝、海水入侵等灾害暴发的频率增加, 这些灾害又可相互叠加, 使海岸带环境面临更严峻的挑战。

1.1.3 海岸带水体概念的界定

海岸带水体主要是指在海岸带区域内的各种水体类型, 根据广义海岸带的定义, 径流或漫流直接入海的流域地区, 海岸线附近较窄的、狭长的沿岸陆地和近岸水域 (狭义海岸带), 大陆架范围内的水体都属于海岸带水体, 主要包括入海河流、潟湖、海湾、近岸海域、潮间带及滩涂。

1. 入海河流

河流是陆地表面上经常或间歇有水流动的线性天然水道, 是流域自然地理因子综合作用的产物, 它的发育和演变对气候、地质条件、地形、植被、土壤及土地利用方式等流域控制变量有着强烈的依赖性 (逢勇等, 2008)。与其他水体相比, 河流的特点是处于不断流动之中, 河流水质与水团的运动状态 (流速、流量、径流等) 密切相关, 这决定了河流水质在时间上的易变性, 河流水质在丰水期、枯水期、平水期有着季节性差异。

入海河流主要是指径流或漫流直接入海的河流, 河流的入海口 (入湖口或注入其他

河流处)称为河口,河口是淡水径流、泥沙和化学物质从河流输送到海洋的必经之道,据估算,每年由陆地进入海洋的物质约有85%是经由河口入海的。在河口,由于陆海物质交汇、咸淡水混合、径流和潮流相互作用,发生了重要的物理化学及沉积过程(陈吉余和陈沈良,2002)。我国四大海区中渤海区主要入海河流有辽河、滦河、海河和黄河等,黄海区入海河流主要有鸭绿江、大同江、汉江和淮河等,东海区入海河流主要有长江、钱塘江、甌江和闽江等,南海区入海河流主要有韩江和珠江等。

河流是陆地上最重要的水体,是地球表面水循环、碳循环、营养物质循环和泥沙循环的主要通道(陈静生,2006),是人类生活用水、农业用水及工业用水的重要来源,同时也是各种水生生物赖以生存的家园,河流的健康状况将直接影响人类的生活质量。所以,目前世界各国的水质监测及污染控制大部分是针对河流的。入海河流由于会将营养盐及污染物输送到海洋中,引起近海水质的变化而受到更多关注。此外,入海泥沙在河口沉积会形成河口三角洲,而近年来世界多国尤其是我国都出现了入海泥沙量显著减少的现象,原因主要是森林覆盖率变大增强了水土保持作用,以及大量水坝对泥沙的拦截作用,这会导致河口三角洲海岸从过去的淤涨型海岸演变为平衡型或侵蚀型海岸(陈吉余和陈沈良,2002),可能会出现大面积滨海湿地丧失的现象。因此,关于入海河流的水质情况及入海泥沙量的研究一直是沿海国家所关注的热点问题。

2. 潟湖

湖泊是指陆地上洼地积水形成的,水域比较宽广、换流缓慢的水体。按成因可分为:构造湖、火山口湖、堰塞湖、岩溶湖、冰川湖、风成湖、河成湖、海成湖(通常称为潟湖)。

潟湖是指被沙嘴、沙坝或珊瑚分割而与外海相分离的局部海水水域(Adlam, 2014)。当波浪向岸运动时,泥沙平行于海岸堆积,形成高出海水面的离岸坝,坝体将海水分割,内侧便形成半封闭或封闭式的潟湖,如杭州西湖、宁波东钱湖、里海,因此,潟湖属于海岸带水体的范畴。潟湖可以宣泄区域排水,具有防洪的功能;由于沙洲的阻挡,可防止风暴潮侵蚀冲刷海岸,并可改建为人工港;潟湖由于有适宜的温度、盐度及丰富的营养物质,可作为鱼、虾、贝类的天然养殖场。

湖泊形成之后,会在各种自然和人为因素影响下不断发生演变。自然因素造成的演变可能是湖内沉积的大量泥沙及生物残骸使得湖盆淤浅,最终变成陆地,也有可能伴随沿岸水生植物的生长而变成沼泽,还有可能由于气候变化、补给水量不足等,导致湖泊逐渐盐化,最终变成干盐湖(逢勇等,2008)。而人为因素造成的变化主要是湖泊富营养化和湖区萎缩,人类大量兴修水坝、水库等水利工程,拦截了入湖的水量,使湖泊发生盐化和干涸,而湖泊萎缩又会加速湖泊富营养化,进而导致水生生态系统失衡。潟湖属于海岸带水体,对防洪和保护海岸均有重要作用,同时也是水产的一个重要来源,对于人类具有重要的应用价值。目前,关于潟湖的研究在各种海岸带水体研究中所占比例很小,未来应把预防潟湖的富营养化及湖泊萎缩问题作为海岸带环境问题研究的一个重要方向。

3. 海湾

海湾是指三面环陆一面为海的海洋,一般呈“U”形或圆弧形,通常以湾口附近两个对应海角的连线作为海湾最外部的分界线。《联合国海洋法公约》第十条第二款对海湾有着严格的定义:“海湾是明显的水曲,其凹入程度和曲口宽度的比例,使其有被陆地环抱的水域,而不仅为海岸的弯曲。但水曲除其面积等于或大于横越曲口所划的直线作为直径的半圆形的面积外,不应视为海湾。”

海湾主要分布于北美洲、欧洲和亚洲沿岸,世界上面积超过 100 万 km^2 的大海湾有 5 个,分别是孟加拉湾、墨西哥湾、几内亚湾、阿拉斯加湾和哈得孙湾。我国主要有以下海湾:渤海的渤海湾、辽东湾和莱州湾,黄海的胶州湾和海州湾,东海的杭州湾、兴化湾和三沙湾,南海的北部湾和大亚湾。

海湾是人类经济活动和发展旅游业的重要场所,海湾的水质状况将直接影响港口贸易发展和旅游业的发展,所以近年来,对于海湾水体各种污染物分布的研究也表明人们对海湾水质环境的重视程度在不断地提高。

4. 近岸海域

中国环境科学出版社所出版的《近岸海域环境监测规范》(HJ 442—2008)对近岸海域的定义是“近岸海域是指与沿海省、自治区、直辖市行政区域内的大陆海岸、岛屿、群岛相毗连,《中华人民共和国领海及毗连区法》规定的领海外部界限向陆一侧的海域。渤海的近岸海域,为自沿岸低潮线向海一侧 12n mile 以内的海域”。

近岸海域是人类活动频繁、开发利用强度大的区域,但同时所受的污染负荷也非常高,沿海工矿企业的污染排放及海上船舶和海洋石油开采都会给近岸海域水环境带来巨大的挑战。近岸海域污染主要有以下两个特征:①污染物种类复杂,污染来源众多,主要污染物种类有石油类、金属和酸碱类、有机氯化物、有机物和营养盐类、放射性物质、废热和固体废物;②海水的流动性使得污染物易随水流迁移扩散,会使得受污染范围不断扩大,一旦污染,不易对受污染区域控制并且难以修复和治理,污染呈现区域性特征。所以近岸海域水质一直是海岸带水环境水质研究的热点。

5. 潮间带

潮间带是陆、海交汇处一个相当狭窄但具有很高生产力的区域,是一个典型的两相地带。通常所说的潮间带是指大潮期的最高潮位和大潮期的最低潮位间的海岸区域,也就是从海水涨至最高时所淹没的地方开始到潮水退到最低时露出水面的范围,包括从最高高潮水面至最低低潮水面之间的区域。潮间带以上,海浪的水滴可以达到的海岸,称为潮上带。潮间带以下,向海延伸至约 30m 深的地带,称为亚潮带。潮间带最显著的特点是潮汐的规律性涨落,海底时而被淹没时而暴露出来,生境类型多样化,水质水文条件复杂,人类活动的影响也十分显著。广义潮间带还包括浪花水雾所及的潮上带及喜光藻类能生长的潮下带,有人甚至将潮下带扩展到大陆架的外缘。

潮间带资源非常富饶,是重要的环境净化区、鱼虾繁殖地和大量食用甲壳类的来源地,也是人类娱乐休闲场所和重要的生物栖息地。同时潮间带也很脆弱,陆源污染排放、土壤流失或潮汐运动都会毁坏该地带。潮间带一旦被污染,采自该地带的食物会直接威胁人类的健康。退潮后,在低潮线以上积水的小水池称为“潮池”。潮池的生物必须具有忍受每日温差和含氧量剧烈变化的能力,此处栖息地环境时而干燥时而潮湿、温度时高时低、盐度也是时时变化,可以说微环境的变化非常大。

6. 滩涂

滩涂是我国对淤泥质沉积海岸、湖岸和河岸的习惯性称谓,并不是国际通用的科学概念。一般在习惯上将海岸滩涂分为以下三部分:潮上带滩涂是指平均大潮高潮线以上的淤泥质沉积地带;潮间带滩涂是指平均大潮高潮线与平均低潮线之间,即潮间带之间的泥质、砂质和岩滩等沉积地带;潮下带滩涂是指平均低潮线以下的浅水区泥砂质沉积地带。

1.2 我国海岸带水体环境状况及其污染特征

1.2.1 我国海岸带水体环境状况

我国海岸线北起中朝交界的鸭绿江口,经辽宁、河北、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、广西至北仑河口,全长约 18 000km,形成一条“S”形弧线,我国海岸带就围绕这条弧线向两侧展开。我国海岸带跨越寒温带、温带、亚热带、热带 4 个气候区,海岸带在水文、地形、地貌及地质等方面差异较大。我国的海岸分为四大海区:渤海区、黄海区、东海区、南海区,主要海岛由北向南主要有长山群岛、庙岛群岛、崇明岛、舟山群岛、台湾岛、万山群岛、海南岛、南海诸岛。

1.2.1.1 海岸带水环境总体状况

近十年我国近岸海域污染较为严重(图 1-2)。《中国海洋环境状况公报》(国家海洋局,2017)表明,2016 年我国近岸海域总体水质基本保持稳定,水质级别为一般,局部海域海水环境污染依旧严重,近岸以外海域海水质量良好。近岸海域劣于第四类海水水质标准的海域面积在春季、夏季、秋季和冬季分别为 42 060km²、37 080km²、42 760km²、51 200km²,各占近岸海域的 14%、12%、14%和 17%。污染海域主要分布在珠江口、浙江沿岸、杭州湾、长江口、江苏沿岸、莱州湾、渤海湾、辽东湾等近岸区域,无机氮、活性磷酸盐和石油类为主要污染要素。

我国入海河流断面水质较差,IV~劣V类水质断面占 50%以上(图 1-3)。根据《中国近岸海域环境质量公报》(中华人民共和国环境保护部,2017),我国入海河流水质状况为轻度污染,较 2015 年有所好转。在受监测的 192 个入海河流断面中,无 I 类水质断面,与 2015 年持平;II 类水质断面 26 个,占 13.5%,较 2015 年上升 2.3%;III 类

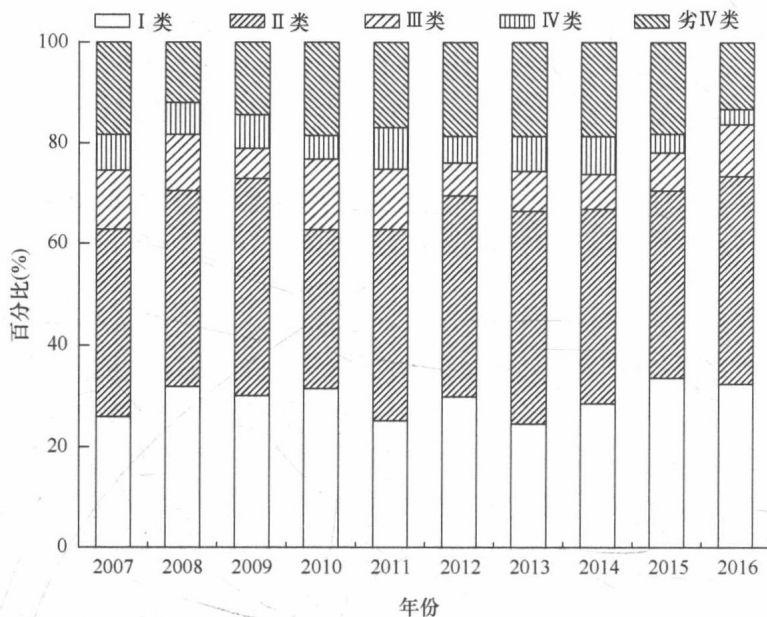


图 1-2 2007~2016 年全国近岸海域水质类别[《中国近岸海域环境质量公报》
(中华人民共和国环境保护部, 2008-2017)]

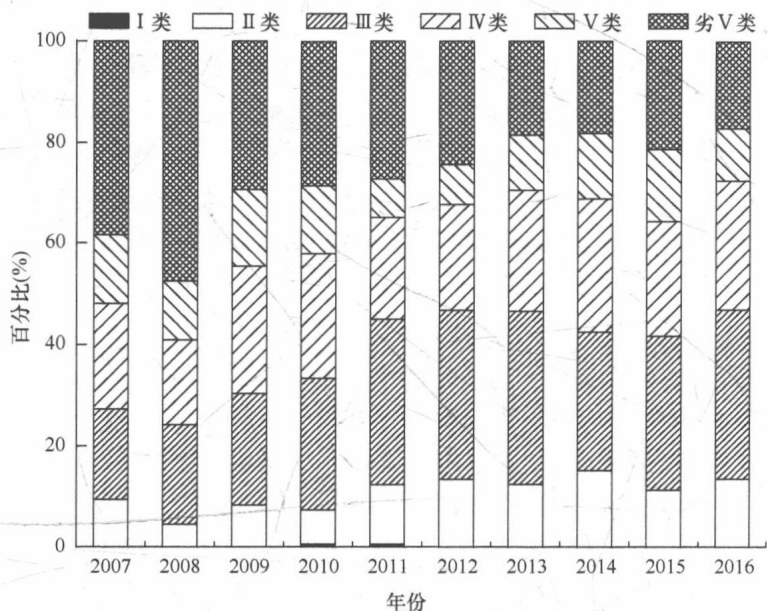


图 1-3 2007~2016 年全国入海河流断面水质类别[《中国近岸海域环境质量公报》
(中华人民共和国环境保护部, 2008-2017)]

水质断面 64 个, 占 33.3%, 较 2015 年上升 3.1%; IV类水质断面 49 个, 占 25.5%, 较 2015 年上升 2.9%; V类水质断面 20 个, 占 10.4%, 较 2015 年下降 3.9%; 劣V类水质断面 33 个, 占 17.2%, 较 2015 年下降 4.3%, 化学需氧量 (chemical oxygen demand, COD)、五日生化需氧量 (BOD₅)、高锰酸盐指数为主要超标因子。