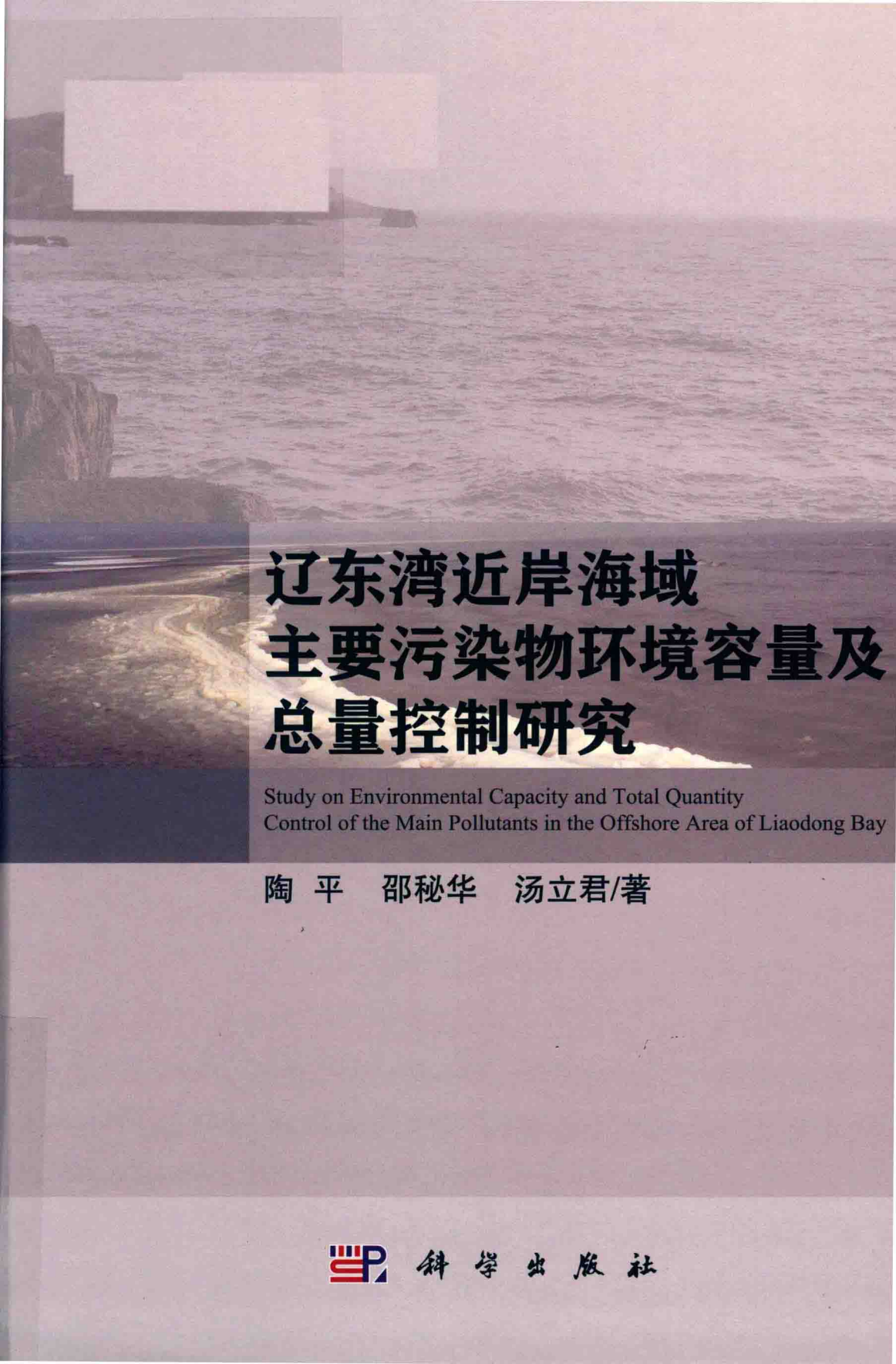




辽东湾近岸海域 主要污染物环境容量及 总量控制研究

Study on Environmental Capacity and Total Quantity
Control of the Main Pollutants in the Offshore Area of Liaodong Bay

陶 平 邵秘华 汤立君/著



科学出版社

辽东湾近岸海域主要污染物环境 容量及总量控制研究

陶 平 邵秘华 汤立君 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以辽东湾海洋功能区划为平台基础,以实现不同类型功能区水环境管理要求为控制目标,系统地论述了海洋环境容量和总量控制概念、原理和计算方法,对海域氮、磷、COD 污染要素容量的管控进行分析。首次应用“环境容量计算反演法”计算各功能区的环境容量及入海污染物排放总量控制的正、负量值;然后将系统网络与计算理论应用在环境容量计算中,验证了污染物输入海洋中输出响应浓度场的系统过程是线性、齐次的连续无记忆系统;再次采用响应系数创新运用响应浓度函数,输出响应浓度运用有效值计算容量,在理论上和技术上具有创新之处;最后为实施海洋科学管理、编制自动化管理系统操作软件提供依据,贴近海域监督管理的实际需要。

本书可供海洋科学与管理、环境科学与工程等领域的工作人员、科研单位及高等院校相关专业师生阅读参考。

审图号:GS(2018)6483 号

图书在版编目(CIP)数据

辽东湾近岸海域主要污染物环境容量及总量控制研究/陶平,邵秘华,汤立君著.—北京:科学出版社,2019.1

ISBN 978-7-03-055644-8

I.①辽… II.①陶… ②邵… ③汤… III.①辽东湾—海域—海洋污染—污染物—环境容量—总排污量控制—研究 IV.①X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 288576 号

责任编辑:狄源硕 孟莹莹 / 责任校对:桂伟利

责任印制:师艳茹 / 封面设计:无极书装

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>

三河市春园印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2019 年 1 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2019 年 1 月第一次印刷 印张:17

字数:343 000

定价:156.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

众所周知，污染物总量控制是环境污染防治和环境质量监督管理发展的必然要求。在环境治理初期，我国的污染控制战略主要建立在污染物排放标准的基础上，即单纯依靠控制污染物的排放浓度来实施环境政策和环境管理。但随着经济社会的快速发展，单靠浓度控制已渐渐不能满足环境质量管理的要求，总量控制的理念便应运而生。

20 世纪 80 年代中期，国务院环境保护委员会颁布的《关于防治水污染技术政策的规定》明确指出：“对流域、区域、城市、地区以及工厂企业，污染物排放要实行总量控制。”这是我国关于污染物总量控制制度第一次出现在国家层面的规范性文件中。

至 90 年代末期，尤其是 21 世纪以来，一些海洋环境科学工作者陆续对我国若干典型的中小型海湾，如大连湾、胶州湾、泉州湾、罗源湾、廉州湾等开展了排海污染物总量控制以及与此相关的海洋环境容量的研究。上述研究取得了积极的成果，初步形成了有参考价值的入海污染物总量控制的技术和方法。然而，由于某些客观条件的限制，迄今为止，尚缺少对大型海域（海湾）入海污染物排海总量控制的研究，也少有对海洋环境监督管理具有实用价值、可操作性的研究成果。

时至今日，国家海洋局、环境保护部、国家发展和改革委员会等十部委联合印发了《近岸海域污染防治方案》，其中将“研究制订重点海域污染物总量控制技术指南”作为“十三五”期间近岸海域污染防治的主要任务之一，并将辽东湾列为综合整治的重点海域。本书的完成可谓“适逢其时”。本书的基本思路是以辽东湾海域功能区划为平台，以实现不同类型功能区水环境管理要求为控制目标，基本做到了尽量贴近海域环境监督管理的实际需要。因此，本书可以为制订《辽东湾近岸海域污染物总量控制技术指南》提供重要科学依据，并作为其基本架构。

辽东湾属渤海辽宁海岸，是一个大型的半封闭海湾，面积达 2.4 万 km^2 ，约占渤海总面积的 1/3。根据《辽宁省海洋功能区划（2011—2020 年）》，辽东湾近岸海域划分有 101 个功能区，其中要求海水环境质量不低于我国二类海水水质标准的功能区有 55 个，不低于三类海水水质标准的功能区有 22 个，其余 24 个功能区要求水环境质量保持现状。面对面积如此广阔，功能区类型多样、大小各异、地域分布交叉的辽东湾，现有的污染物总量控制研究的理念及技术方法显然已不能完全适用。

本书研究工作 2012 年启动时，及时与刚颁布实施的《辽宁省海洋功能区划

(2011—2020年)》对接,将每一个海洋功能区视作全海域污染总量控制的一个小单元。针对不同类型功能区要求的不同水环境质量,模拟计算污染物最大允许排海通量,即功能区的标准环境容量(也称“管理容量”)。在此基础上根据沿海地区社会经济现状及发展趋势,制定功能区内部或相邻功能区之间陆源排污总量的分配与控制方案,基本做到了“有的放矢,大小结合,精准施策”。

本研究集前人之大成,在国内首次应用“环境容量计算反演法”计算各功能区的环境容量及入海污染物排放总量控制的正、负量值;将系统网络与计算理论应用在环境容量计算中,验证了污染物输入海洋中输出响应浓度场的系统过程是一直线性、齐次的连续无记忆系统;将以往学者采用响应系数改为运用响应浓度函数(即时间非定常的浓度函数),输出响应浓度使用有效值计算容量的方法,在理论上和技术方法上开展了有益的尝试和探索,具有创新之处,取得较圆满的成果。此外,为更有效地实施海洋管理的信息化和智能化,本书还开发了自动化管理系统操作软件。

本书是在完成辽宁省海洋与渔业厅委托的“辽东湾及毗邻区入海污染物总量控制研究”系列项目的基础上撰写完成的。2012~2015年,大连海事大学环境科学与工程学院组成课题组,先后完成了囊括辽东湾在内的普兰店湾、复州湾、白沙湾、金州湾、锦州湾、羊头湾、营城子湾、大辽河口、双台子河口、大凌河口、小凌河口、鲅鱼圈海域以及仙人岛海域共13个分海区的相关调查研究工作。2016年项目整体顺利通过验收。

本书由大连海事大学的老师们撰写,各章具体编写人员如下:第1章、第2章由邵秘华编写;第3章、第4章由陶平编写;第5章、第6章由汤立君、陶平编写。陶平和邵秘华负责全书的统稿、定稿工作,汤立君负责绘图。

作者在本书的撰写过程中,得到了辽宁省海洋与渔业厅、辽宁省海洋水产科学研究院、辽宁省水利水电勘察设计院提供的宝贵资料,在此一并诚挚感谢。感谢国家海洋环境监测中心鲍永恩先生提供了课题研究方案和方法;陆凤桐先生指导了容量的数学建模与计算,并在该课题技术路线等方面提出建设性意见,谨致以崇高敬意。同时对参与本项目的硕士生、博士生和研究人员一并致谢。

作者出版此书,旨在与国内同仁、专家共同切磋,为逐步改善我国近岸海域环境质量,实现“十三五”期间水质稳中趋好、2020年近岸海域水质优良(一、二类)比例达到70%左右的目标以及渤海辽东湾海域碧海蓝天而共同努力。

鉴于作者水平有限,书中不足之处在所难免,冀望同仁、专家不吝赐教、斧正。

作者

2018年6月

目 录

前言

1 辽东湾环境简述	1
1.1 区域自然环境	1
1.1.1 形态概貌	1
1.1.2 入海水系	3
1.1.3 气象条件	4
1.1.4 海洋水文特征	5
1.1.5 海冰	5
1.2 沿海地区社会与经济环境	5
1.2.1 行政区、人口与主要城镇	5
1.2.2 经济结构及主要产业分布	7
1.2.3 海洋经济	9
1.3 辽东湾海区生态环境	10
1.3.1 环境污染	10
1.3.2 生态破坏	13
1.4 辽东湾海域环境保护与管理的主要实践	16
2 海洋环境容量研究与计算方法	27
2.1 概述	27
2.1.1 基本概念	27
2.1.2 国内外环境容量研究进展	28
2.1.3 海洋标准环境容量、现状环境容量与剩余环境容量	30
2.2 基础模型构建	32
2.2.1 流场模型	32
2.2.2 水质模型	45
2.3 海洋环境容量计算方法	49
2.3.1 系统网络在海洋环境容量计算中应用	49
2.3.2 污染源输入负荷量-输出响应浓度线性系统证明	51
2.3.3 海洋环境容量计算方法	57
2.3.4 有效浓度	71

2.3.5	海域 COD 环境容量计算结果	72
2.3.6	环境容量计算步骤	73
3	辽东湾近岸海域主要污染物环境容量计算与分析	75
3.1	概述	75
3.1.1	计算海域划分	75
3.1.2	主要污染物筛选	76
3.1.3	模拟排污口设置	78
3.2	近岸各海区环境容量计算结果	82
3.2.1	芷锚湾海域	82
3.2.2	六股河口海域	88
3.2.3	连山湾海域	92
3.2.4	锦州湾海域	98
3.2.5	双台子河口海域	104
3.2.6	鲅鱼圈海域	110
3.2.7	复州湾海域	117
3.2.8	马家咀海域	124
3.2.9	葫芦山湾海域	128
3.2.10	普兰店湾海域	134
3.2.11	金州湾海域	141
3.2.12	营城子湾海域	146
3.2.13	羊头湾海域	151
3.3	环境容量计算结果分析	156
4	污染物总量控制研究及计算方法	159
4.1	概述	159
4.1.1	基本概念	159
4.1.2	污染物总量控制的必要性	159
4.1.3	国外污染物总量控制发展历程	161
4.1.4	我国污染物总量控制研究	162
4.1.5	我国污染物总量控制制度发展历程	163
4.2	污染物总量分配技术	164
4.2.1	总量分配的基本原理	164
4.2.2	总量分配的一般原则	164

4.3 入海污染物总量控制方案编制	166
4.3.1 入海污染物总量控制方案概念	166
4.3.2 入海污染物总量控制方案的基本原则	166
4.3.3 入海污染物总量控制方案的编制程序及主要内容	167
4.4 总量控制方法	168
4.4.1 基于效率分配方法	168
4.4.2 等比例分配方法	169
4.4.3 基于污染源分配率方法	170
5 辽东湾近岸海域主要污染物总量控制计算与分析	171
5.1 近岸各海域计算结果	171
5.1.1 芷锚湾海域	171
5.1.2 六股河口海域	173
5.1.3 连山湾海域	176
5.1.4 锦州湾海域	179
5.1.5 双台子河口海域	183
5.1.6 鲅鱼圈海域	186
5.1.7 复州湾海域	190
5.1.8 马家咀海域	193
5.1.9 葫芦山湾海域	194
5.1.10 普兰店湾海域	197
5.1.11 金州湾海域	200
5.1.12 营城子湾海域	204
5.1.13 羊头湾海域	206
5.2 污染物总量控制结果分析	206
6 总量控制系统概念及功能	210
6.1 系统功能框图	210
6.2 系统登录	211
6.3 打开	212
6.3.1 控制区信息	212
6.3.2 功能区划	214
6.4 编辑	215
6.4.1 数据表设计及操作规约	215
6.4.2 海区编辑	216

6.4.3 污染源编辑	218
6.5 浏览	219
6.5.1 污染图	219
6.5.2 流场图	220
6.6 总量控制	220
参考文献	225
附录	228
附录 I 计算海域的潮位验证图	228
附录 II 计算海域的流速流向验证图	232
附录 III 计算海域的流场计算图	237

1 辽东湾环境简述

1.1 区域自然环境

1.1.1 形态概貌

辽东湾地处我国管辖海域的最北端，是渤海三大海湾中面积最大的海湾，呈 NNE—SSW 向嵌入东北大地。

有关辽东湾的地域概念众说纷纭。本书将其定义为渤海中辽冀交界处的山海关老龙头与大连市旅顺口区老铁山西南角连线以北的全部海域（图 1-1）。

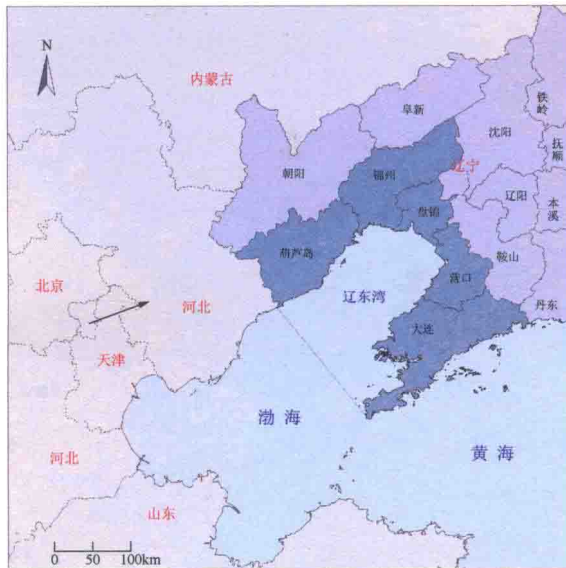


图 1-1 辽东湾地理位置图

辽东湾海域面积约 $24\,710\text{ km}^2$ ，占整个渤海总面积 (7.7 万 km^2) 的 32% 左右，湾内水深不大，平均约 22 m，其中湾北部最浅，-10 m 等深线距海岸达 30 km，仅在海湾东南部老铁山水道附近水深较大。

辽东湾海岸线全长约 1600 km，其中大陆岸线 1236 km，岛屿岸线 364 km。根据成因、形态和物质组成，可将辽东湾海岸分为淤泥质海岸、砂砾质海岸、基岩海岸三种基本类型。其中，淤泥质海岸主要分布在小凌河口至营口市西崴子北角 (属平原淤泥质类型) 和瓦房店耗坨子至金州石河镇北海 (属岬湾淤泥岸类型)，全长约 486 km，占全湾大陆岸线总长的 39.3%。砂砾质海岸集中分布在山海关至

兴城、营口市西崴子北角至瓦房店太平湾（属岸堤砂砾岸类型），以及兴城至小凌河口、瓦房店太平湾至耗坨子，旅顺营城子黄龙尾至金州北海（属岬湾砂砾岸类型），总长 625 km，占辽东湾大陆岸线全长的 50.6%。辽东湾内基岩海岸较短，长约 125 km，仅占辽东湾大陆岸线全长的 10.1%，该类海岸主要分布在旅顺营城子黄龙尾至老铁山西南角。此外，湾内的一些岛屿，如长兴岛、西中岛、凤鸣岛、菊花岛等也属岛礁型基岩海岸（图 1-2）。

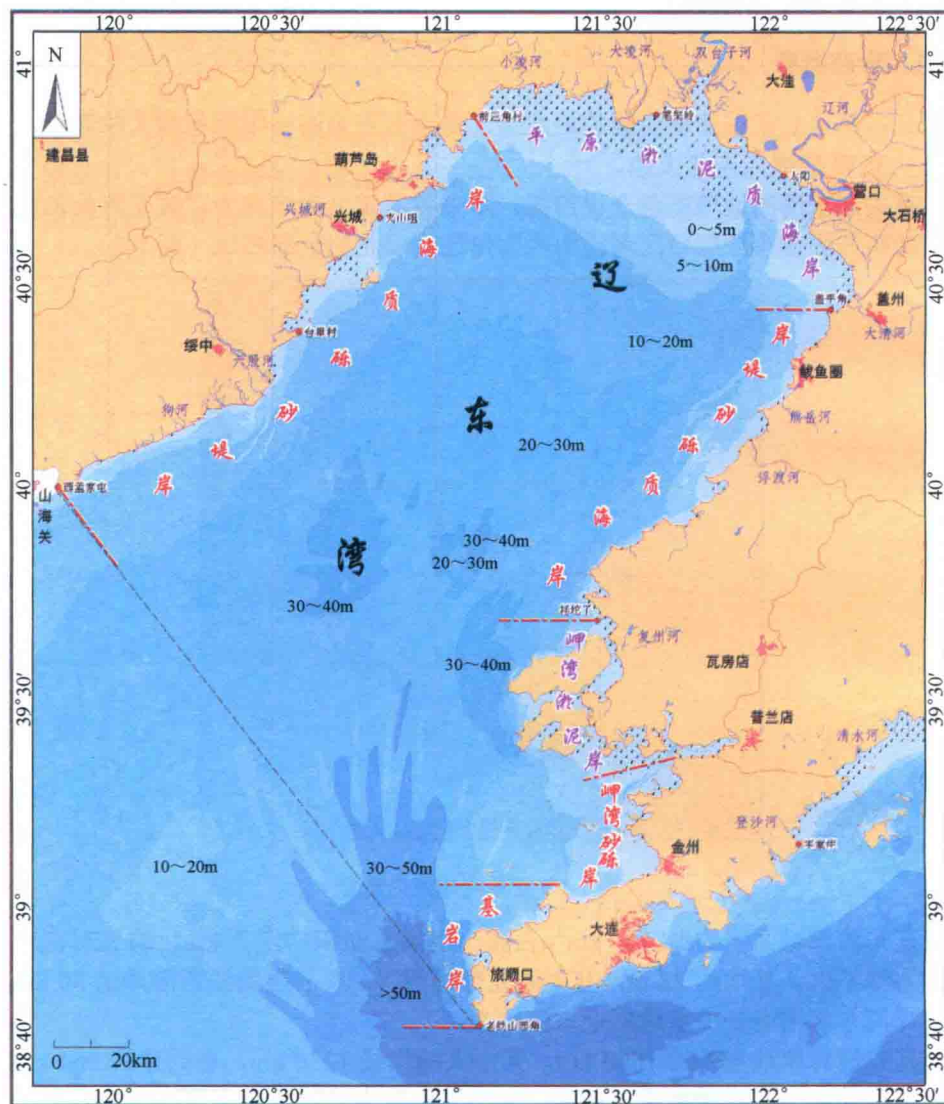


图 1-2 辽东湾水深及海岸类型分布

1.1.2 入海水系

辽东湾周围直接入海的河流约 20 条, 其中流域面积超过 500 km^2 的 9 条。它们是辽东湾营养物质和泥沙的重要来源, 对海洋生物的繁衍生长以及对河口区浅滩的形成具有十分重要的意义。但同时, 辽东湾沿海地区陆地以及城镇、工农业的污水废水也大多通过这些河流最终排放入海, 给湾内的生态环境质量带来负面影响(图 1-3)。

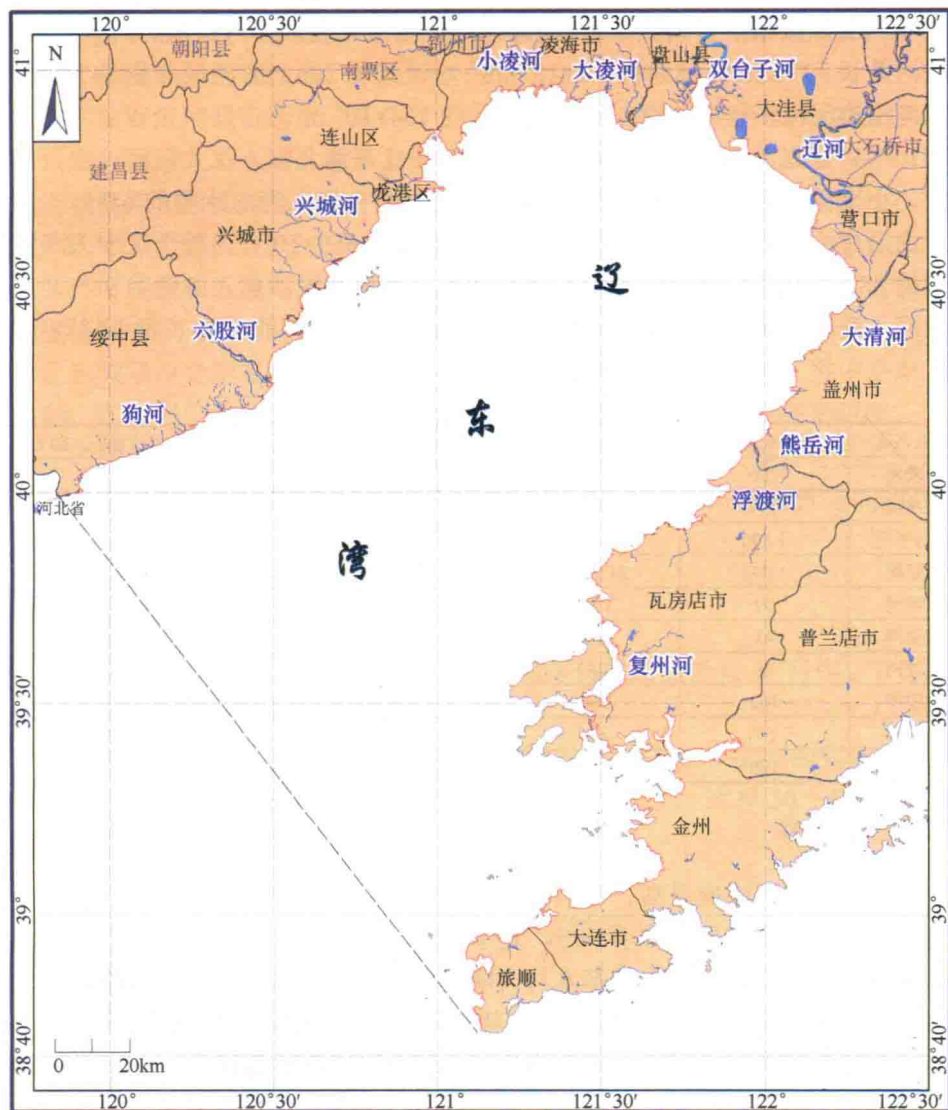


图 1-3 辽东湾主要入海河流分布

注入辽东湾的河流自西向东有九江河、石河、狗河、二河、六股河、烟台河、

兴城河、五里河、女儿河、小凌河、大凌河、双台子河、辽河、大辽河、大清河、沙河、熊岳河、李官村河、复州河、三十里堡河等。除独流入海的河流外，均分属于大辽河水系、辽河水系和绕阳河水系。辽东湾周围较大的河流有辽河、大辽河、大凌河和小凌河 4 条。其中辽河是我国七大江河之一，全长 1390 km，流域面积 $21.96 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；大辽河与浑河、太子河构成了一个独立水系，其主河道全长 94 km，流域面积 1926 km^2 。其上游太子河流域面积 $1.39 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，浑河流域面积 $1.15 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。流域中多工业城镇，因此该河流是工业废水排入辽东湾的主要通道；大凌河总长 397 km，流域面积 $2.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ；小凌河长 206 km，流域面积 5475 km^2 。辽东湾沿岸河流多年平均流入湾内的水量约 $154 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占辽宁全省总入海水量的 51.9%。辽东湾内的入海水量则主要集中在辽东湾北部，仅大辽河、双台子河和大、小凌河的年均入海水量就达 $94 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，占全湾入海总水量的 61%。

由沿岸河流携带入辽东湾的泥沙多年平均约 $4560 \times 10^4 \text{ t}$ ，占整个辽宁入海泥沙总量的 88%。辽东湾北部河流的入海泥沙量占到该湾泥沙总入海量的 96%。其中大凌河入海泥沙量最大，多年平均达 $2603 \times 10^4 \text{ t}$ ，占全湾的 57%（表 1-1）。

表 1-1 辽东湾主要入海河流一览表

河流名称	河流长度/km	流域面积/ km^2	入海水量/ ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	入海泥沙量/ ($\times 10^4 \text{ t}$)
小凌河	206	5 475	4.03	364
大凌河	397	23 549	19.63	2 603
双台子河	1 390	21.96×10^4	18.93	889
大辽河	1 345	21.9×10^4	48.82	338
大清河	99	1 452	1.45	20.43
熊岳河	43	346	0.62	2.28
浮渡河	45	467	0.96	11.00
六股河	162	3 069	3.22	12.2
兴城河	57	697	0.86	6.85
复州河	129	1 648	1.78	5.44

1.1.3 气象条件

辽东湾是我国纬度最高、气温和水温最低的海域，气候属温带-半湿润气候区，冬夏两季气候变化明显，冬季干冷，夏季多雨。

沿海地区年均气温等温线基本与大陆岸线平行，自海向陆呈递减趋势。大部分地区年均气温为 9°C ，辽东湾顶部年极端最低气温可达 $-29 \sim -27^\circ\text{C}$ 。

辽东湾沿岸降水量较低，北部湾顶和西部地区年降水量仅为 600~700 mm，东部稍高。一年中降水量夏多冬少，秋多春少，干湿季节比较明显。而自然蒸发量则与此相反，年蒸发量达 1500~1900 mm。年内春季蒸发量最大。

该湾沿岸地区盛行风向随季节发生周期性变化，秋冬季盛行偏北风，春夏季

多偏南风。年均风速 4~5 m/s。年内春季风速最大,冬夏季较小。

1.1.4 海洋水文特征

辽东湾北部海域有辽河、双台子河、大凌河和小凌河入海,每年都有大量的淡水下泄,致使沿岸海区盐度偏低。淡水与海水混合而成的低盐水的消长及降水、蒸发等是决定本海区盐度分布的主要因素。

辽东湾水深较浅,水温受气候影响较大,盛夏季水温较高,但隆冬严寒水温骤降,北部浅水区出现冰冻,水温年较差可达 23~27℃。

海水盐度近岸低于远岸,河口为低盐区。辽东湾近岸盐度平均为 31.95。夏季北部入海河流进入丰水期,由于大量淡水入海,河口区盐度降至 29.0 以下,等盐线呈舌状向南和西南伸展,水平盐度在 3.0 以上;海湾东、西两岸盐度均在 31.0 以上。辽河口盐度锋面位于三道沟上游 2 km 至下游 2 km 范围内,在 2009~2015 年径流条件下高潮和低潮时刻盐度值分别为 16~26 和 10~16;三道沟附近高潮时刻盐度值在 5、7 和 8 月份径流条件下分别为 21~22、18~19 和 15~16。

辽东湾潮汐类型复杂多样。兴城市南部近岸属非正规混合潮,绥中沿岸为正规日潮,辽西团山角附近至辽东湾北岸以及辽东湾东岸则为非正规半日潮。

辽东湾东西两岸平均潮差呈对称分布,往湾顶加大,最大潮差可达 5.5 m。

辽东湾的海流是由黄海暖流形成的辽东湾环流。春季形成顺时针方向的环流,夏季则为逆时针方向。

1.1.5 海冰

辽东湾是我国海冰冰情最重的海区,一般年份冰情通常自 11 月中、下旬开始至翌年 3 月中、下旬结束,冰期约 4 个月。

辽东湾北部海域,轻冰年固定冰宽度一般为 1~5 km,盛冰期浮冰外缘线南伸至 40 n mile^①;河口浅滩区固定冰宽度可达 10 km 以上,冰厚 30~40 cm。重冰年辽东湾浮冰外缘线可向南延伸至 108 n mile。

1.2 沿海地区社会与经济环境

1.2.1 行政区、人口与主要城镇

辽东湾沿海地区全部由辽宁省管辖。自东向西分属大连市(旅顺口区、大连市区、金普新区、普兰店市^②和瓦房店市)、营口市(市区、盖州市、鲅鱼圈区)、

^① 1 n mile=1.852 km

^② 2015 年 10 月,撤消普兰店市,设立普兰店区。在研究本书内容期间,仍为普兰店市。

锦州市(凌海市)、盘锦市(大洼县^①、盘山县)以及葫芦岛市(连山区、龙港区、兴城市、绥中县)五个省辖市(其中大连市为计划单列市),共15个县(市、区)。陆域面积共25 505 km²(图1-4)。

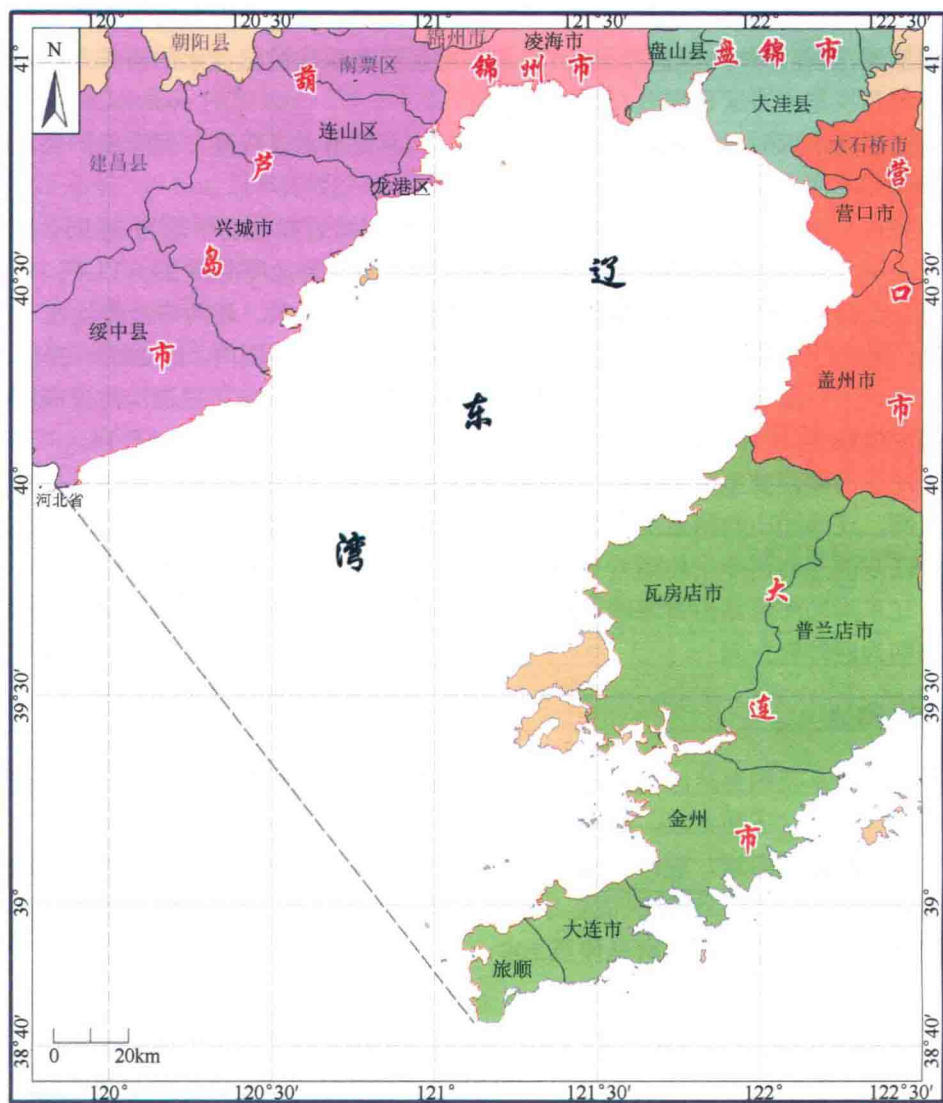


图1-4 辽东湾沿海地区政区分布图

辽东湾上述沿海地区共有人口1751万,人口平均密度为697人/km²。辽东湾沿海地区有主要城镇15个,其中建城区常住人口百万以上的有1个,50万~100万

① 2016年3月,撤消大洼县,设立大洼区。在研究本书内容期间,仍为大洼县。

的 4 个, 20 万~50 万的 2 个, 20 万以下的 8 个。沿海各县(市、区)人口密度分布见图 1-5。

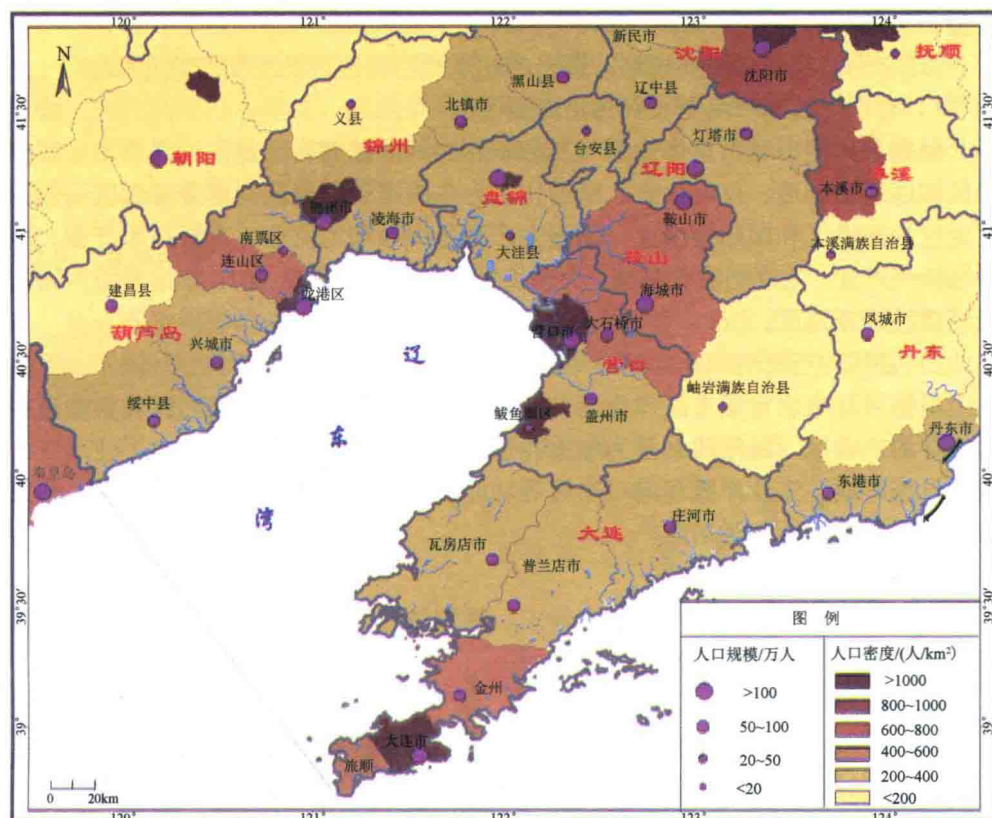


图 1-5 辽东湾沿海各县(市、区)人口密度及主要城镇分布图

辽东湾沿海地区密集的人口和众多的城镇致使人们的生活和生产活动对邻近海域的生态环境带来的负面影响也相应较显著。

1.2.2 经济结构及主要产业分布

辽东湾沿海地区是我国主要经济区之一“环渤海经济区”的北翼,也是辽宁省经济基础较雄厚、活力较强的地区之一。据统计,2016 年辽东湾沿海 5 市地区生产总值合计占辽宁全省的 45%。

随着《辽宁沿海经济带发展规划》的实施,作为该沿海经济带的主要组成部分,辽东湾沿海地区的经济发展也步入快车道。《辽宁沿海经济带发展规划》从空间布局、产业发展、城乡发展、工业生产、基础设施、开放合作、资源环境等方面确立了辽宁沿海经济带的发展方向。《辽宁沿海经济带发展规划》的实施不仅将

加快辽宁沿海经济的全面快速发展,对于振兴东北老工业基地、完善我国沿海经济布局具有重要战略意义,同时也为辽东湾生态环境的治理和管理提出了严峻的任务。

《辽宁沿海经济带发展规划》提出的辽东湾沿海地区的主要产业布局如下。

1) 老铁山西南岬角至长兴岛沿海地区

根据《大连市城市总体规划(2009—2020)》,普湾新区定位为现代服务业集聚区和以装备制造、仪器仪表、精细化工为主的产业集聚区;将金普新区一保税区定位为海港区和国际空港区、临港生产服务中心和物流业、高新技术产业、战略性新兴产业、先进制造业基地。大连长兴岛临港工业区从2010年起升级为国家级经济技术开发区。

2) 复州湾至瓦房店北部沿海地区

根据《瓦房店市城市总体规划(2009—2030)》,瓦房店将成为以装备制造业为主导的产业区。海岸线划分为生态养殖岸线、生态旅游岸线、生态居住岸线、城市设施岸线、工业岸线和港口岸线等功能类型;海域划分为渔业增养殖区和斑海豹自然保护区两大类功能。

3) 营口鲅鱼圈沿海地区

该区域以滨海旅游和港口航运为主,规划建设以杂货码头、修船工业、物流作业和综合服务为一体的临港工业区。

4) 营口沿海地区

营口沿海产业基地主要发展化工、冶金、重装备等产业。沿海主要功能区有营口工业与城镇建设区、辽滨工业与城镇建设区等。

5) 盘锦双台子河口邻近地区

根据《盘锦辽滨沿海经济区总体规划(2009—2020)》,该区域重点发展海洋石油工程装备制造、船舶制造及配套产业、石油化工产业、新材料产业;以盘锦新港为依托的现代临港物流产业。2006年辽宁省政府将盘锦辽滨沿海经济区纳入“五点一线”沿海重点开发区域,并命名为“盘锦船舶工业基地”。

6) 锦州湾沿海地区

锦州湾沿海地区包括锦州西海工业区和葫芦岛北港工业区。西海工业区规划为建设汽车及零部件产业园、光伏产业园和精细化工产业园为主导产业的园区。葫芦岛北港工业区定位为发展船舶制造及船用配套产业、石油化工和精细化工产业、有色金属精深加工产业、临港仓储物流业及以轻工业为主的出口加工业。

7) 兴城和绥中沿海地区

兴城临海产业是辽宁省“五点一线”沿海经济带的重点支持区域,多年来形成以酒水酿造、针织服务、塑胶制品、金属冶炼为主的支柱产业。

绥中滨海经济区西部重点发展电子信息、新能源与新材料等高新技术产业;