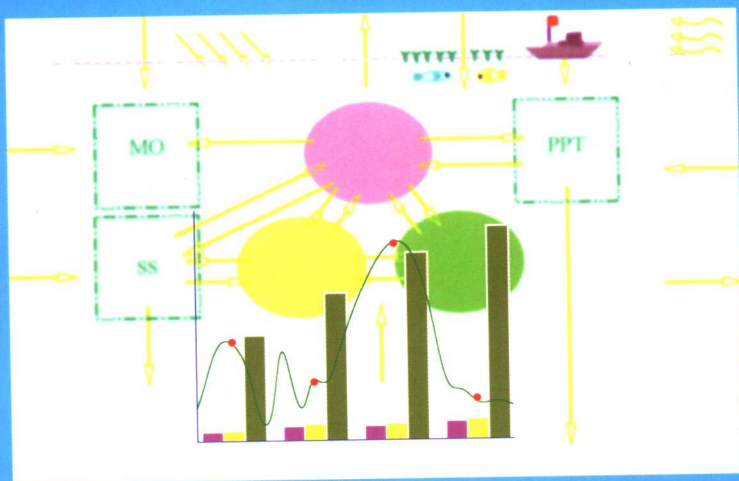


渤海主要化学污染物 海洋环境容量

王修林 李克强 著



科学出版社

中国近海海域污染物排海总量控制理论与应用

渤海主要化学污染物 海洋环境容量

王修林 李克强 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书根据当前普遍关注的渤海污染物排海总量控制的实际迫切需求,系统论述了海洋环境容量理论基础、渤海海洋环境质量分析、渤海主要化学污染物海洋环境容量计算等;分析了自20世纪60年代以来,渤海污染物排海总量及各种污染源组成、海水中污染物浓度时空变化、浮游植物生长效应等变化规律;阐述了海洋环境容量计算原理,提出了海洋环境容量计算的方法体系,计算得到了渤海氮、磷营养盐, COD, 石油烃和重金属的基准和极小海洋环境容量;根据污染源分配容量计算原理,针对环渤海黄河、海河、滦河和辽河四大河流域的实际排海污染物通量,提出了渤海污染物排海总量削减的科学建议。

本书适用于从事海洋环境保护、治理等的相关科研和管理工作者,也可作为高等院校相关专业博士、硕士研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

渤海主要化学污染物海洋环境容量/王修林,李国强著. —北京:科学出版社,2006

(中国近海海域污染物排海总量控制理论与应用)

ISBN 7-03-017478-X

I. 渤… II. ①王… ②李… III. 渤海-海洋污染-化学污染物-环境容量-研究 IV. X55

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 068401 号

责任编辑:王志欣 吴伶俐 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:安春生 / 封面设计:陈 敬

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>

北京佳信达艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年10月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2006年10月第一次印刷 印张:21

印数:1—2 500 字数:388 000

定价:45.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈佳信达〉)

序

渤海是我国唯一的内海,由于人类的不合理开发利用,自20世纪80年代以来,渤海海区,尤其是近海水域污染日趋严重。同时,环渤海地区历来是我国重要的经济区,约占我国国土的12%,其居民约占我国总人口的20%。特别是进入21世纪,继长江三角洲、珠江三角洲经济圈展现活力后,环渤海经济圈正在成为中国经济发展的第三增长极。因此,渤海环境保护与环渤海地区社会经济可持续发展具有同等重要的意义。实际上,为了遏止并改善渤海日益严重的海洋环境质量,1999年《渤海综合整治计划》项目启动,2001年国务院又批复实施了《渤海碧海行动计划》,环渤海地区的山东、河北、辽宁、天津三省一市分别实施了渤海污染物排海总量控制。众所周知,海洋环境容量是制定科学、合理、可操作性的污染物排海总量控制方案的重要理论基础和核心内容,但由于海洋环境容量计算自身的复杂性,时至今日尚没有建立起海洋环境容量计算的方法体系,甚至还存在基本概念混淆、计算结果含义不明确等问题。这导致目前我国污染物排海总量控制方案多是基于经验性的判断,甚至是主观性的估计。

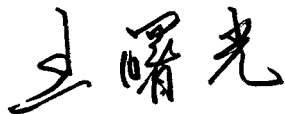
为了满足环渤海地区社会经济可持续发展的需求,《渤海主要化学污染物海洋环境容量》一书适时出版,我作为第一位读者,感到由衷的高兴。该书根据渤海污染物排海总量控制的实际需求,针对当今普遍关注的海水水质恶化、赤潮频发、生态系统失衡等海洋生态环境问题,较系统地总结了我国海洋科学工作者多年来关于渤海主要河流污染物排海通量、海水中污染物浓度时空变化等监测工作的资料。同时,该书进一步阐述了海洋环境容量的一系列基本概念,建立了海洋环境容量计算的方法体系。作为海洋环境科学的一个重要分支,它必将在中国近海海域海洋生态环境质量改善等方面发挥不可替代的作用。尤其值得关注的是,该书在实例计算渤海营养盐、石油烃、COD、重金属海洋环境容量基础上,提出了具有实际指导意义的渤海污染物排海总量控制的建议方案。

该书内容丰富,资料翔实,论述清晰,在比较全面地反映海洋环境容量最新研究成果的同时,力求综合体现我国海洋环境科学研究水平,既注重科学性,又具有实用性。这不仅进一步完善了国内外关于海洋环境容量的理论和应用,而且也标志着我国在海洋环境科学研究方面又取得了具有国际水平的研究成果。对从事海洋环境保护等有关领域的广大管理者来说,该书是一本有实用价值的参考书,对于从事海洋环境科学教学和科研工作者来说,也颇有启发性。

该书作者——王修林教授在长期致力于海洋化学、海洋环境科学等研究和教

学的同时,始终高度关注国家社会经济发展的战略需求,尤其是经济发展与环境相协调所需解决的科学问题。我相信,该书的出版在提高渤海污染物排海总量控制方案的科学性的同时,必将对我国海洋环境质量管理实现从单纯的海洋污染管理转变到海洋生态环境质量管理发挥积极的推动作用。最后,借该书出版之际,我衷心希望,王修林教授能继续保持勤于耕作、善于协作、治学严谨、富有创新的学术精神,在履行好本职工作的同时,为我国海洋环境质量管理水平的进一步提高多做研究、多做贡献。

中国海洋学会理事长 国家海洋局原局长

Handwritten signature of Wang Xuliang in black ink.

2006年8月于北京

前 言

渤海是深入我国大陆的半封闭型浅海,北、西、南三面环陆,东面以渤海海峡与黄海相通,湾口狭小,最窄处仅有 100 km,东北—西南长约 555 km,东西宽约 346 km,面积约 $7.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均水深约 18m,最深处为老铁山水道西侧,达 80 m,大致可分为辽东湾、莱州湾、渤海湾和中央海盆四个水域。环渤海坐落着山东、河北、辽宁、天津三省一市的 13 个主要沿海城市,陆域面积 $13.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,人口 5797 万,有黄河、海河、滦河、辽河等数十条河流汇入渤海。自 20 世纪初,天津、大连、青岛等城市相继步入工业化发展阶段。特别是进入 21 世纪以来,伴随中国现代工业化、信息化、城市化等进程,环渤海经济区社会经济持续高速发展,地区生产总值(GDP)年均增长率达 11% 左右,正在成为中国经济发展的第三增长极。然而,伴随着沿海经济高速发展、人口急剧增长等,污染物排海总量不断增加,由此导致渤海海水水质恶化、赤潮灾害频繁发生、海洋生态系统失衡、渔业资源严重衰退等海洋生态环境问题日趋严重。这已成为制约环渤海地区社会经济可持续发展的重要瓶颈。更为严重的是,时至今日,以高投入、高消耗、高排放、低效率为特征的粗放型经济增长方式仍在继续,对社会经济发展的制约愈加突显。

面对日益增长的环境压力,目前山东、河北、辽宁、天津三省一市纷纷计划开始实施污染物排海总量控制。实际上,自 20 世纪 90 年代以来,按照修订后的《中华人民共和国海洋环境保护法》,国家海洋局已明确将污染物排海总量控制作为重点海域海洋环境管理工作目标。作者已在《胶州湾主要化学污染物海洋环境容量》专著中比较系统地阐述了海洋环境容量理论。然而,鉴于海洋环境容量自身的复杂性等原因,不仅海洋环境容量基本概念、计算原理等缺乏系统性,而且已采用的数值模型不论是在运行空间还是在过程复杂程度上都难以满足计算需求,结果导致已有计算方法只能计算基准,而不能计算极小海洋环境容量。因此,已有海洋环境容量理论尚无法满足中国近海海域污染物排海总量控制的实际需求,难以制定出科学合理、具有可操作性的污染物排海总量控制方案,有必要进一步完善和发展。当前,在科学发展观指导下,保护生态环境,特别是促进经济发展与环境相协调已成为各地实施“十一五”社会经济发展规划的普遍共识。其中,对于像环渤海地区这样经济高速发展的地区,尽快科学、合理地实施渤海污染物排海总量控制就成为促进经济发展与环境相协调的最重要举措。基于这种迫切需要,作者在出版《胶州湾主要化学污染物海洋环境容量》之后不久,

又完成了这本《渤海主要化学污染物海洋环境容量》，以尽一个海洋科学研究者之责。

本书根据当前普遍关注的渤海污染物排海总量控制的实际问题，系统阐述了海洋环境容量理论体系，并在海洋环境质量分析的基础上，对渤海主要化学污染物海洋环境容量进行了计算。首先，在海洋环境容量理论方面，比较系统地阐述了海洋环境容量基本概念和计算原理，提出了海洋环境容量计算的方法体系，主要包括基于污染物在多介质海洋环境中迁移-转化箱式模型的标准自净容量法、基于主要迁移-转化过程——三维水动力输运耦合模型的排海通量最优化法、基于对流-扩散输运模型的水动力交换法和排海通量最优化法。其中，前两种方法可分别计算基准和极小海洋环境容量；后两种方法可分别计算基准和极小水物理迁移环境容量。其次，在渤海海洋环境质量分析方面，比较系统地分析了渤海主要化学污染物排海总量及主要来源、海水中污染物浓度时空分布、浮游植物生长效应等变化规律。需要说明的是，由于渤海污染物排海通量、海水中污染物浓度时空分布等监测资料分散、分离等原因，目前对渤海海洋环境质量变化趋势分析仍缺乏系统性、整体性、预测性的了解。本书通过综合大量调查和监测资料分析表明，尽管渤海海水中 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、COD、石油烃、重金属等化学污染物年均浓度经过 20 世纪 90 年代中期左右的高峰期后，目前基本上呈现浓度逐渐降低或上升减缓的趋势，但河口等沿岸水域中污染物浓度仍居高不下，所产生的浮游植物生长效应仍相当显著。特别严重的是，DIN 等浓度仍呈上升趋势，由此导致渤海海水富营养化仍然严重。更为紧迫的是，随着环渤海地区经济持续高速发展，污染物排海总量不断增加将不可避免地使渤海海洋生态环境质量继续呈不断恶化的趋势，情况实在不容乐观。最后，在海洋环境容量计算方面，应用上述方法计算得到渤海氮、磷营养盐，COD，石油烃和重金属等污染物的基准和极小海洋环境容量。根据这些污染物的极小剩余环境容量历史变化规律分析表明，当前 COD 的实际排海总量超过国家一类，石油烃和 $\text{Pb}(\text{II})$ 超过国家二类，而氮、磷营养盐超过国家三类海水水质标准条件下的极小海洋环境容量，分别只有在低一等级水质标准条件下才具有一定的容纳数量。在此基础上，根据污染源分配容量计算原理，针对黄河、海河、滦河和辽河四大河流域的实际污染物排海通量，本书提出了渤海污染物排海总量削减的科学建议。

全书共计十一章，其中第一章比较系统地分析了自 20 世纪 70 年代末至 21 世纪初，渤海氮、磷营养盐，COD，石油烃和重金属等主要化学污染物排海总量，主要来源，四大河流域分布等变化规律。第二章比较系统地分析了自 20 世纪 60 年代，特别是 70 年代末至 21 世纪初，渤海海水中主要化学污染物浓度、分布特征等变化规律。第三章比较系统地分析了自 20 世纪 60 年代至 21 世纪初，渤海浮游植物群落结构、优势种组成、生物量等变化规律。第四章比较系统地分析

了自 20 世纪 70 年代末至 21 世纪初,渤海主要化学污染物海洋生态环境效应,主要包括海水富营养化及与赤潮发生的关联性、石油烃和重金属的浮游植物生长效应等。第五章系统阐述了海洋环境容量一系列基本概念和计算原理。前者主要包括自净容量、海洋环境容量和分配容量三个系列;后者主要包括水动力交换法、标准自净容量法、浓度场分担率法和排海通量最优化法。同时,结合污染物在多介质海洋环境中迁移-转化箱式模型、三维对流-扩散输运模型、主要迁移-转化过程——三维水动力输运耦合模型等特征,建立了海洋环境容量计算的方法体系。第六章应用基于污染物三维对流-扩散输运模型的排海通量最优化方法,计算了渤海主要化学污染物的极小水物理迁移环境容量。第七至九章应用基于迁移-转化多箱模型的标准自净容量方法,分别计算了海水营养盐、石油烃、重金属污染物的基准海洋环境容量。同时,结合模型灵敏度分析,分析了决定这些污染物海洋环境容量的主要迁移-转化过程。第十章以三维对流-扩散输运模型为基本框架,结合主要迁移-转化过程分析结果,建立了石油烃主要迁移-转化过程——三维水动力输运耦合模型。同时,根据基于耦合模型的排海通量最优化方法,计算了渤海海水石油烃极小海洋环境容量。第十一章在比较系统地估算四大河流域污染物分配容量的基础上,针对渤海海洋功能区划对海水水质的要求,提出了以污染物削减数量为重点的渤海主要化学污染物排海总量控制建议方案。

总之,本书以渤海为研究对象,在污染物海洋环境容量基本概念和计算方法体系等方面介绍了一些有学术意义和实用价值的最新研究成果,这不仅对中国近海海域主要化学污染物海洋环境容量计算具有重要的科学意义,而且对制订科学、合理、具有可操作性的渤海污染物排海总量控制方案等有直接的实际意义。因此,本书不仅适用于从事海洋环境保护、治理等的相关科研和管理工作者,而且也可作为高等院校相关专业博士、硕士研究生的教学参考书。

海洋环境容量研究相当复杂,涉及海洋科学的诸多分支学科,如物理海洋学、海洋化学、海洋生态学、环境海洋学等。因此,本书的完成是多方面合作的研究成果,不仅体现了学科交叉、协作攻关的现代学术精神,而且体现了综合应用基础理论、数值模型、现场调查、实验等的现代海洋科学研究方法。首先,作者所在的中国海洋大学海洋污染生态化学实验室,长期从事中国近海海域污染物排海总量控制研究,多年的积累为海洋环境容量研究奠定了理论基础。应当说,这是一个富有责任、淡薄功利、善于创新、团结协作的学术团队,在 10 年的研究过程中,石晓勇、祝陈坚、韩秀荣、张传松、杨茹君等 10 余名教师,李克强、崔正国、葛明、安宇、郭全、石峰、江玉、张蕾、张莹莹、战玉杰等 10 余名同学参与了有关课题,完成了有关博士、硕士论文,他们为海洋环境容量研究不懈追求、辛勤工作、争献才智。其次,国家自然科学基金委设立了“渤海典型环境负荷物的迁移、转

化过程及环境容量研究”重点基金项目(项目编号: NSFC40136020), 为本书的完成提供了必要的资助。丁德文院士、马启敏教授、江文胜教授、孙效功教授、李克强同学、韩秀荣讲师、孙培艳高级工程师、李瑞香研究员、石晓勇教授、祝陈坚高级工程师、李凤歧教授、高振会高级工程师和崔文林研究员等先后参与这个重点基金项目。他们为项目的高质量、高水平完成各尽其责、不懈努力。例如, 马启敏教授承担了渤海污染物排海总量分析、江文胜教授承担了耦合模型的建立、李克强同学承担了基准海洋环境容量计算、孙培艳高级工程师参与了渤海污染物时空变化分析、孙效功教授负责污染物平均浓度计算方法、韩秀荣讲师负责现场实验、李瑞香研究员指导藻种鉴定等。在本项目实施过程中, 于志刚、李凤歧、高会旺等教授也给予了诸多宝贵的建议。最后, 作者与国家海洋局的诸多专家多年保持着真诚、友好的合作关系, 这从东海开放海域海洋围隔生态实验到本书编写过程都得到了充分体现。具体地讲, 在重点基金项目实施框架下, 中国海洋大学与国家海洋局北海分局等单位在渤海历史监测资料共享、海洋环境容量计算等多方面开展了互信共赢、卓有成效的合作, 为建立在海洋环境容量理论指导下的渤海污染物排海总量控制的业务化奠定了坚实基础。

全书由王修林教授主笔, 并完成全书的统稿和修改工作。同时, 在本书的编写过程中, 马启敏教授主持完成了第一章, 并参与了第五章的编写。孙效功教授在参与第二章编写中, 主持完成了渤海污染物浓度均值的空间网格离散化计算方法。孙培艳高级工程师在参与第二、四章的编写中, 主持完成了大量渤海历史监测数据的整合、图表绘制、规律分析等工作。钱树本教授主持完成了第三章的编写, 韩秀荣、梁生康分别参与了第三章和第四章的编写。江文胜教授在主持第六、十章编写中, 分别完成了污染物极小水物理环境容量和石油烃极小海洋环境容量计算, 并在第五章编写中, 参与了海洋环境容量计算原理分析工作。李克强同学主持完成了第七至九章, 参与了第五、十一章的编写。另外, 崔正国、刘娟、郭良波、王金栋等同学及王友亮工程师参与了本书部分数值计算、图表绘制和文献的校对工作。同时, 在本书编写过程中, 王保栋教授对第二章的编写提出了宝贵意见, 邹景忠教授对第四章的编写提出了有价值的建议, 王俊研究员无私提供了渤海浮游植物调查资料。总之, 没有众多合作者的共同努力, 没有诸多专家学者的真诚帮助, 难以想像能够完成涉及如此众多学科领域的研究工作。同时, 鉴于我现有的工作性质, 没有父母多年的教诲、没有妻子的无私支持、没有儿子的殷切期待、没有领导和同事的理解等, 也难以在学术上再有所作为。因此, 借本书出版的机会, 谨向大家表示诚挚的谢意。

然而, 作者也理性地认识到, 不仅这些研究成果与渤海污染物排海总量控制的实际要求尚有一定差距, 而且书中缺点, 甚至是错误在所难免, 应由作者负责。这一方面是由于作者学术水平、时间仓促所限; 另一方面, 也是由于海洋环境容量的

复杂性所致。这里,作者诚恳欢迎和希望各位读者、有关专家、管理者等对本书提出宝贵意见和建议,以便再版时修正。

最后,本书能够及时出版,除了作者等努力工作外,也得益于科学出版社各级领导的大力支持,以及编辑耐心、细致的工作,不仅避免了不少错误、遗漏等,而且为本书增色甚多,谨表诚挚谢意。

王修林

2006年6月于青岛

目 录

序	
前言	
第一章 渤海主要化学污染物排海总量	1
1.1 渤海化学污染物的主要来源	3
1.2 渤海化学污染物排海总量估算方法.....	19
1.3 渤海营养盐排海总量.....	26
1.4 渤海 COD 污染物排海总量	31
1.5 渤海石油烃污染物排海总量.....	34
1.6 渤海重金属污染物排海总量.....	36
1.7 小结.....	45
参考文献	47
第二章 渤海主要化学污染物时空变化特征	51
2.1 海水中污染物浓度均值的空间网格离散化计算方法.....	54
2.2 渤海海水中溶解无机态营养盐浓度时空变化特征.....	60
2.3 渤海海水中 COD 浓度时空变化特征	69
2.4 渤海海水中石油烃浓度时空变化特征.....	71
2.5 渤海海水中重金属浓度时空变化特征.....	74
2.6 小结.....	81
参考文献	82
第三章 渤海浮游植物群落结构及生物量分析	85
3.1 渤海浮游植物群落结构特征.....	87
3.2 渤海浮游植物优势种组成特征.....	90
3.3 渤海浮游植物生物量变化特征.....	93
3.4 渤海主要环境因子变化对浮游植物群落结构和生物量的影响.....	98
3.5 小结	104
参考文献.....	105
第四章 渤海主要化学污染物海洋生态环境效应分析	107
4.1 海洋生态环境效应分析方法概述	109
4.2 渤海石油烃污染物生态环境效应分析	110
4.3 渤海重金属污染物生态环境效应分析	114

4.4	渤海海水富营养化状况分析	117
4.5	渤海有害赤潮发生特点与海水富营养化之间的关联性分析	120
4.6	渤海驴驹河口水域赤潮发生与主要环境因子之间的关联性分析	126
4.7	小结	136
	参考文献	139
第五章	化学污染物海洋环境容量理论	143
5.1	基本概念	145
5.2	海洋环境容量计算原理	153
5.3	可应用于海洋环境容量计算的数值模型	163
5.4	海洋环境容量计算的方法体系	171
5.5	小结	176
	参考文献	178
第六章	渤海主要化学污染物水物理迁移环境容量:基于三维对流-扩散运输模型的排海通量最优化法	183
6.1	渤海三维水动力模型	185
6.2	渤海化学污染物三维对流-扩散运输模型	192
6.3	计算条件确定	201
6.4	渤海 COD 极小水物理迁移环境容量计算	202
6.5	COD 极小水物理迁移环境容量计算结果验证	203
6.6	渤海主要化学污染物极小水物理迁移环境容量	205
6.7	渤海污染物水物理迁移速率常数	207
6.8	小结	209
	参考文献	209
第七章	渤海氮、磷营养盐基准海洋环境容量:基于营养盐在多介质海洋环境中迁移-转化多箱模型的标准自净容量法	212
7.1	渤海氮、磷营养盐在多介质海洋环境中迁移-转化多箱模型构建	213
7.2	主要状态变量模拟再现	221
7.3	渤海氮、磷营养盐基准海洋环境容量计算	229
7.4	海洋环境容量计算结果验证	231
7.5	小结	234
	参考文献	235
第八章	渤海石油烃基准海洋环境容量:基于石油烃在多介质海洋环境中迁移-转化多箱模型的标准自净容量法	237
8.1	渤海石油烃在多介质海洋环境中迁移-转化多箱模型构建	237
8.2	主要状态变量模拟再现	241

8.3	渤海石油烃基准海洋环境容量计算	245
8.4	海洋环境容量计算结果验证	247
8.5	小结	249
	参考文献	250
第九章 渤海重金属污染物基准海洋环境容量:基于重金属在多介质海洋环境中迁移-转化多箱模型的标准自净容量法		
9.1	渤海重金属在多介质海洋环境中迁移-转化多箱模型构建	252
9.2	主要状态变量模拟再现	256
9.3	渤海重金属基准海洋环境容量计算	259
9.4	海洋环境容量计算结果验证	260
9.5	小结	262
	参考文献	263
第十章 渤海石油烃污染物极小海洋环境容量:基于石油烃主要迁移-转化过程——三维水动力输运耦合模型的排海通量最优化法		
10.1	渤海石油烃主要迁移-转化过程——三维水动力输运耦合模型 ..	266
10.2	渤海石油烃浓度分布场模拟	269
10.3	渤海石油烃极小海洋环境容量计算	273
10.4	计算结果验证	274
10.5	小结	276
	参考文献	277
第十一章 渤海主要化学污染物排海总量控制建议方案		
11.1	渤海主要化学污染物基准剩余环境容量	279
11.2	渤海主要化学污染物极小剩余环境容量	285
11.3	渤海四大河流流域的污染物剩余分配容量	291
11.4	渤海主要化学污染物排海总量削减方案	304
11.5	小结	307
	参考文献	310
附录		
附录 1	渤海浮游植物和赤潮原因生物种名录	311
附录 2	符号说明	317

第一章 渤海主要化学污染物排海总量^①

提要:本章在比较系统地分析黄河、海河、滦河和辽河四大河流域污染物排海通量年变化规律的基础上,结合污染物主要污染源分析,比较系统地估算了自 20 世纪 70 年代末至 21 世纪初期间,渤海营养盐、COD、石油烃、重金属污染物排海总量。结果表明,渤海 DIN、TDP、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、COD、石油烃、 $\text{Hg}(\text{II})$ 、 $\text{Pb}(\text{II})$ 和 $\text{Cd}(\text{II})$ 重金属等污染物主要来源于以河流为主的陆源排放,其中前五者陆源排放平均占渤海污染物排海总量的 75% 左右,而后三者则高达 98.5% 左右,大气沉降和海上污染源所占比例很小,前五者分别只有 17% 和 8% 左右,而后三者合计只有 1.5%。对于不同污染物,四大河流域所占渤海污染物排海总量比例不尽相同,其中 DIN、TDP、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{Pb}(\text{II})$ 和 $\text{Cd}(\text{II})$ 是黄河流域最高,而 COD、石油烃和 $\text{Hg}(\text{II})$ 是辽河流域最高。自 20 世纪 70 年代末至 21 世纪初,渤海 DIN 排海总量整体上表现出“N”形,石油烃表现出倒“N”形,而 TDP、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、COD、 $\text{Hg}(\text{II})$ 、 $\text{Pb}(\text{II})$ 和 $\text{Cd}(\text{II})$ 表现出倒“U”形变化趋势。其中,分别在 20 世纪 90 年代初期、中期或后期,这些污染物排海总量达到最大,而目前都有不同程度地减小,平均减小 1/3 左右。

渤海是深入我国大陆的半封闭型浅海,西起 $117^{\circ}32'\text{E}$ 、东至 $122^{\circ}08'\text{E}$ 、南始 $37^{\circ}07'\text{N}$ 、北至 $40^{\circ}55'\text{N}$ 。渤海东北—西南长约 555 km,东西宽约 346 km,面积约 $7.7 \times 10^4 \text{ km}^2$,海岸线总长度约 3780 km,其中陆地岸线约 3020 km,平均水深约 18 m,最大水深约 80 m。整个渤海由南面的莱州湾、西面的渤海湾、北面的辽东湾、中部的中央海盆和东面的渤海海峡五个部分水域组成。莱州湾面积约 $7.0 \times 10^3 \text{ km}^2$,水深较浅,平均深度约 13 m。渤海湾面积约 $1.3 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均水深 20 m,洼地水深 26 m。辽东湾水域面积约 $1.8 \times 10^4 \text{ km}^2$,平均水深 22 m,最大深度 32 m。中央海盆为渤海的主体部分,水深一般为 20~25 m,最大水深 30 m。渤海海峡为渤海与黄海的交界水域,庙岛列岛南北纵列于海峡中、南部,把渤海海峡分成 12 条水道,各水道宽度和深度不一,大体北宽南窄,南浅北深,其中北部的老铁山

^① 马启敏 王修林 刘娟 崔正国 李克强

水道为最宽最深的水道,最大深度 80 m。

渤海东侧的北半部为辽东半岛,北侧为下辽河平原,西侧的北半部为辽西山地,西侧的南半部为华北平原,南侧为山东半岛。地处渤海沿岸的山东、河北、辽宁和天津三省一市构成了环渤海地区,与相邻的北京、内蒙古、山西部分地区组成了环渤海经济圈。环渤海经济圈,尤其是环渤海地区,在我国北方社会经济发展中起着主导作用,作为海、陆、空交通枢纽,同时起着沟通太平洋和大西洋亚欧大陆桥便捷通道的作用。

随着环渤海地区经济高速发展、人口大量增加、海上活动日益扩大,渤海承纳的化学污染物总量不断增加,由此导致了海水水质恶化、海洋生态系统失衡、赤潮灾害频发等重大海洋生态环境问题。初步统计表明,近年每年排入渤海的各种污水量达 28 亿吨左右,占全国排海污水总量的 1/3 左右,其中各类污染物合计 70 多万吨,占全国排海污染物总量的 1/2 左右(国家海洋局,1991~2005;国家环保总局,2001)。结果,渤海海洋生态环境问题已成为环渤海地区社会经济可持续发展的重大制约因素。于是,自 20 世纪 90 年代后期,渤海环境保护作为国家战略任务之一,国家环保总局和国家海洋局分别联合环渤海三省一市以及高等学校、研究院、所等机构,相继分别制定了《渤海碧海行动计划》和《渤海综合整治规划》等,着重开展包括主要化学污染物排海总量控制在内的渤海海洋生态环境质量预防、控制和治理等研究。此外,一些国家机构和地方省市等单位对渤海局部海域入海污染物也进行过大量调查和研究。然而,目前关于渤海污染物排海总量仍然是一个不太清楚的重要问题。首先,从年份上讲,缺乏系统性,由于尚没有对渤海入海化学污染物年度变化进行系统分析,渤海化学污染物排海总量是否存在年度变化的规律性不清楚。其次,从污染物种类上讲,缺乏完整性,有些污染源不能较完整地包括主要污染物种类,如溶解无机氮(DIN)、总溶解磷(TDP)、COD 或石油烃等,同时,对于 Hg(II)、Pb(II)和 Cd(II)等重金属,主要涉及溶解态,几乎没有涉及入海悬浮颗粒可交换态。结果导致对渤海不同入海污染物是否存在内在关系不清楚。再次,从资料数据上讲,缺乏可比性,主要体现在对于同一年份同种污染物排海通量,不同文献报道的浓度数据等结果有显著差别,从而对其科学性没有清楚地认识。例如,就目前已有的渤海污染物排海总量资料而言,《渤海综合整治规划》(国家海洋局,2001)仅给出了 1995 年、1998 年和 2000 年的数据,而《渤海碧海行动计划》(国家环保总局,2001)仅给出了 1998 年、2000 年和 2005 年的数据,而且同一年数据,二者结果尚有较大差异。

总之,目前还没有见到对自 20 世纪 70 年代末以来的渤海污染物排海总量变化趋势的系统分析。这样,鉴于遏制、改善渤海日益恶化的海洋生态环境的迫切性和重要性,有必要对渤海地区经济快速发展的 20 多年来渤海主要化学污染物排海总量进行系统分析。这对评估乃至预测渤海入海化学污染物未来的变化趋势,进而采取相应的战略决策具有重要意义。

1.1 渤海化学污染物的主要来源

渤海化学污染物主要来源于陆源、海源和气源三大途径(图 1-1)。陆源和海源污染源又可分为点源和面源;气源污染源包括大气干沉降和湿沉降。

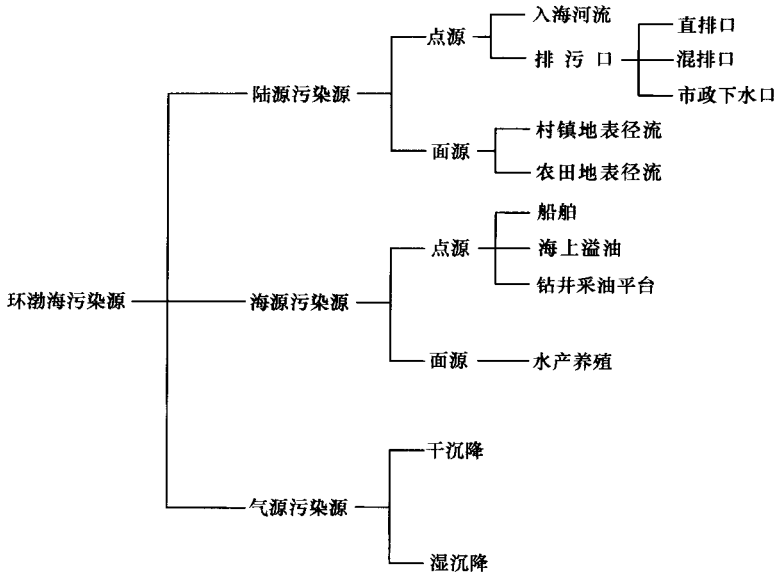


图 1-1 环渤海地区污染源分类示意图

1.1.1 陆源污染源

陆源污染源是渤海最重要的人海污染源之一,包括陆源点源和面源两大类。前者又可分为入海河流和排污口,是各种化学污染物的主要来源;后者主要是指村镇、农田地表径流,是营养盐、COD 等污染物的重要来源。

1. 陆源点源

(1) 入海河流 环渤海地区拥有黄河、海河、滦河和辽河四大水系共 80 多条河流汇入渤海(图 1-2),其中主要河流有 40 多条(表 1-1)。具体地讲,黄河水系河流主要汇入莱州湾,主要包括黄河、小清河和广利河等 10 条河流。海河水系河流主要汇入渤海湾,主要包括海河、永定河水系、南排河和北排河等 13 条河流。辽河水系主要汇入辽东湾,主要包括辽河、六股河、大凌河、小凌河等 9 条河流。滦河水系在直接汇入中央海盆水域的同时,也汇入辽东湾西南部和渤海湾北部水域,主

要包括滦河、青龙河等 10 条河流。

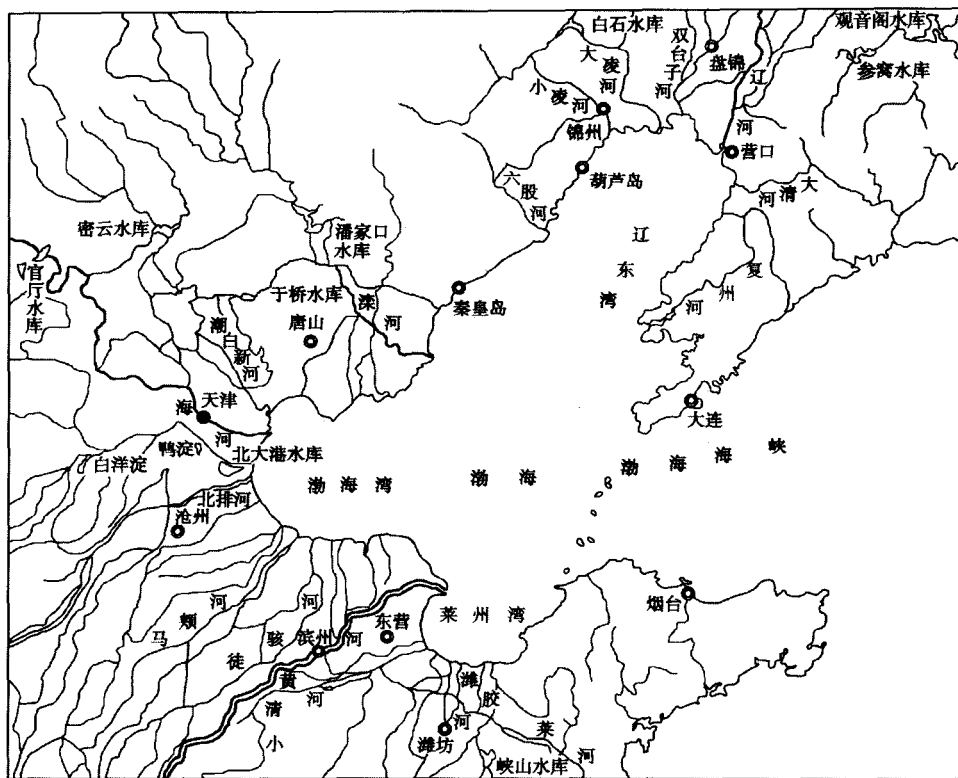


图 1-2 环渤海地区主要水系

表 1-1 环渤海地区主要入海河流

水系	河流名称	区域河流长度/km	流域面积/km ²
黄河水系	黄河	628	13 380
	小清河	44	227
	广利河	47	47
	弥河	177	3 863
	白浪河	127	1 237
	虞河	75	301
	潍河	164	6 367
	黄水河	55	1 034
	界河	42	577
	王河	50	327