



● 宋伦 毕相东 主编

# 渤海海洋生态 灾害及应急处置

Bohai Marine Ecological Disaster and Emergency Disposal



 辽宁科学技术出版社  
LIAONING SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE



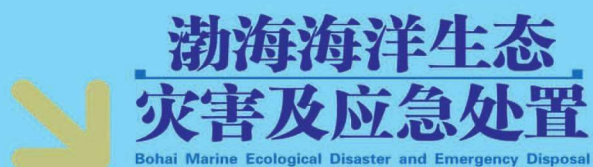
宋伦，1980年生，硕士学位，辽宁省海洋水产科学研究院副研究员、硕士生导师。中国水产专家库专家、辽宁省应急管理专家，辽宁省海水健康养殖模式与病害防控技术创新团队岗位专家，辽宁省第八

批“百千万人才工程”万人层次人才，大连市青年科技之星，大连市科技创新之星，大连市技术新星标兵，中国生态学会、中国环境科学学会、中国海洋学会、中国水产学会会员。主持和参与国家“十五”攻关项目、“十一五”科技支撑项目、国家自然科学基金、海洋公益行业专项、辽宁省自然科学基金等科研项目20余项。发表学术论文20篇，其中SCI和EI收录4篇，出版专著2部，获得授权的国家发明专利、国家实用新型专利及计算机软件著作权10项。



毕相东，1980年生，理学博士学位。天津农学院副教授、硕士生导师。天津市“131”创新型人才培养工程第二层次人选，天津市现代水产健康养殖创新团队骨干，天津市科技特派员，国家自然科学基金

金项目及中国博士后基金项目获得者，中国生态学会会员，中国植物化感学会会员，中国水产学会会员。主持国家自然科学基金项目、中国博士后科学基金项目等科研项目10项，发表学术论文20余篇，其中SCI和EI收录6篇。参与编写全国高等农林院校“十二五”规划教材1部。授权及申报国家发明专利4项。



定价：50.00 元

辽宁省优秀自然科学著作

# 渤海海洋生态灾害 及应急处置

宋 伦 毕相东 主编

辽宁科学技术出版社

沈 阳

© 2015 宋 伦 毕相东

图书在版编目 (CIP) 数据

渤海海洋生态灾害及应急处置 / 宋伦, 毕相东主  
编. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2015.12  
(辽宁省优秀自然科学著作)  
ISBN 978-7-5381-9470-8

I. ①渤… II. ①宋… ②毕… III. ①渤海—海洋  
生态学—灾害学 IV. ①Q178.53 ②X55

中国版本图书馆CIP数据核字 (2015) 第238998号

---

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路29号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳旭日印刷有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm

印 张: 18

字 数: 392千字

印 数: 1~1000

出版时间: 2015年12月第1版

印刷时间: 2015年12月第1次印刷

责任编辑: 李伟民

特邀编辑: 王奉安

封面设计: 嵘 嵘

责任校对: 栗 勇

---

书 号: ISBN 978-7-5381-9470-8

定 价: 50.00元

联系电话: 024-23284526

邮购电话: 024-23284502

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

# 本书编委会

主 编 宋 伦 (辽宁省海洋水产科学研究院)

毕相东 (天津农学院)

编 委 董少杰 (天津农学院)

石洪玥 (天津农学院)

王年斌 (辽宁省海洋水产科学研究院)

孙 明 (辽宁省海洋水产科学研究院)

宋广军 (辽宁省海洋水产科学研究院)

吴金浩 (辽宁省海洋水产科学研究院)

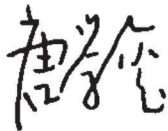
宋永刚 (辽宁省海洋水产科学研究院)

## 序

渤海地处我国东北部，由辽宁、河北、山东和天津三省一市所环绕，是首都北京的门户。渤海具有丰富的海洋生物资源、海洋油气资源、海盐资源、滩涂资源、港口与滨海旅游资源等，为环渤海经济快速发展奠定了坚实的基础。2013年，环渤海地区生产总值占全国GDP总量的25.8%。然而，随着环渤海沿岸地区经济社会的飞速发展，人类活动加剧，近岸海域生态环境污染和富营养化问题日益严重。海上溢油污染事件和赤潮、绿潮与水母等生态灾害频发对渤海沿岸人民财产安全、经济发展和海洋生态构成严重威胁。因此，渤海的海洋生态灾害防治任重而道远。为切实服务于环渤海经济社会需求和公众安全，必须始终将渤海突发事件应急工作摆在重要位置，积极开展海洋生态灾害的防治工作。

在目前渤海海洋生态灾害事件频发且防治工作极为严峻的时刻，我受辽宁省海洋水产科学研究院宋伦及天津农学院毕相东共同邀请为本书作序，作为一名多年来致力于海洋生态学研究且一直密切关注中国海洋生态灾害防治的研究者，甚感荣幸。本书在概述渤海污染现状的基础上，首次系统阐述了近年来渤海海域频繁发生的赤潮、绿潮、褐潮、水母灾害、溢油事故、生物入侵及污损生物危害等常见海洋生态灾害发生的诱因、规律、危害及其应急处置技术研究现状，并精心详细介绍了以最前沿的方法技术应急处置不同类型的海洋生态灾害的实例，最后论述了减少渤海海洋生态灾害发生的政策、措施及展望。本书是一部特色鲜明的学术著作，不仅对现阶段应对渤海突发的海洋生态灾害事件具有极强的实际参考价值及重要的理论指导意义，同时对应我国其他海域突发的海洋生态灾害也具有重要的借鉴价值。

中国海洋大学海洋生命学院副院长、博士生导师  
教育部新世纪人才计划人才



2015年5月

## 前 言

渤海是我国的半封闭性内海,在辽宁省、河北省、天津市、山东省之间,基本上为陆地所环抱。渤海由北部辽东湾、西部渤海湾、南部莱州湾、中央浅海盆地和渤海海峡5部分组成。渤海通过渤海海峡与黄海相通,分界线常以辽东半岛的老铁山岬与山东半岛北岸的蓬莱角间的连线为准,渤海面积约为77 284 km<sup>2</sup>,海岸线长约3 170.7 km。环渤海地区地理位置及自然环境优越,既有东北老工业基地又有天津的滨海新区。渤海有着丰富的海洋资源,被称为“鱼仓”“盐仓”“油仓”,为环渤海区域经济发展做出了重大贡献。

20世纪80年代以来,随着环渤海经济和海洋产业的迅速发展,大量的污水、废水排泄入海。作为半封闭性的内海,污染缓冲能力较弱,近岸海域生态环境污染和富营养化等问题日益严重,导致渤海海洋生态灾害频繁发生。国家海洋环境质量公报显示,2011年6月发生的蓬莱19-3油田溢油事故对渤海海洋生态环境造成了严重污染。溢油污染海域的浮游生物种类和多样性降低,海洋生物幼虫幼体及鱼卵仔稚鱼受到损害,底栖生物体内石油烃含量明显升高,海洋生物栖息环境遭到破坏;渤海赤潮累计面积为我国四大海域之首,对海洋生态系统和渔业经济造成了巨大损害;褐潮作为外来新型灾害自2009年起已经连续5 a在渤海近岸海域定期(5—6月)大规模暴发,对海水养殖业造成了极大影响;大型水母灾害不仅影响渔业生产,更威胁工业用水安全;绿潮于2014年开始进入渤海海域,2015年7月大连南部海域发现大量马尾藻聚集群,未来影响不容忽视。渤海海域溢油污染和赤潮、褐潮、水母暴发等海洋生态灾害频发,已对沿海人民财产安全、经济发展和海洋生态构成威胁,海洋生态灾害防治任重而道远。

本书是在国家“十一五”攻关计划《辽宁海区赤潮统计预报》(2001BA603B-06-05)、海洋公益行业专项“典型海域水母灾害监测预警技术业务化应用与示范研究”(201005018-3)、国家自然科学基金青年项目“重金属离子在微囊藻群体形成中的作用机制”(31300393)、辽宁省自然科学基金项目“辽东湾典型海域褐潮生物种群生态对策”(2014020182)及辽宁省海洋与渔业科研项目“基于生态稳定性的溢油生态修复效果评估及溢油次生灾害的生态防治”(201415)研究基础上归纳总结部分研究成果,并借鉴和引用前人的部分研究成果系统集成。本书在概述渤海污染现状的基础上,首次系统阐述了近年来渤海海域频繁发生的赤潮、褐潮、水母灾害、溢油事故、生物入侵及绿潮、污损生物危害等海洋生态灾害的诱因、规律、危害及其应急处置技术研究现状,并详细介绍了海洋生态灾害最前沿的应急处置技术,最后论述了减少渤海海洋生态灾害发生的政策、措施及展望。

全书共分为9章,第1章主要阐述近年来渤海的污染物种类及污染现状,由毕相东撰写。第2章主要概述了赤潮生态灾害发生的诱因、规律、危害及其应急处置,由毕相东、石洪玥共同撰写。第3章绿潮生态灾害及其应急处置由毕相东、董少杰共同撰写。第4章褐潮生态灾害及其应急处置由毕相东撰写。第5章水母灾害暴发及其应急处置由宋伦、王年斌撰写。第6章主要阐述目前渤海海域海洋生物入侵的种类、危害现状及其应急处置,由宋伦撰写。第7章主要阐述渤海海域污损生物的种类、危害现状及其应急处置,由董少杰、石洪玥撰写。第8章主要阐述目前渤海海域溢油的现状、危害及其应急处置,由宋伦撰写。第9章主要阐述降低渤海海域海洋生态灾害的政策、措施及展望,由宋伦、毕相东撰写。

本书在撰写过程中得到了中国海洋大学唐学玺教授、国家海洋局海洋环境监测中心闫启伦研究员及辽宁省海洋水产科学研究院谭克非研究员等专家、学者的悉心指导和热情支持;得到辽宁省海洋渔业厅、辽宁省海洋水产科学研究院、天津农学院及天津市现代水产生态健康养殖团队等单位及相关人员的大力支持,辽宁科学技术出版社为本书提出了建设性的意见,在此一并表示感谢。

尽管作者在本书的科学性、创新性、系统性、前瞻性、系统性和实用性方面做出了较大的努力,但受自身水平和学识所限,书中欠妥之处在所难免;同时在引用前人研究成果过程中可能存在标注不清或有疏漏之处,敬请各位专家、学者给予谅解和指导。欢迎更多的人参与到渤海生态灾害防治的研究工作中,为此项研究提供支持。

作者

2015年6月

# 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>1 渤海污染现状及海洋生态灾害概况</b> | 001 |
| 1.1 渤海海域的污染现状            | 001 |
| 1.2 渤海海洋生态灾害概况           | 007 |
| <b>2 赤潮生态灾害及应急处置</b>     | 009 |
| 2.1 赤潮生物的生物学特征及其发生概况     | 009 |
| 2.2 赤潮的分类及分级             | 025 |
| 2.3 赤潮发生的诱因              | 028 |
| 2.4 赤潮发生过程及其生态危害         | 037 |
| 2.5 赤潮的治理方法              | 043 |
| 2.6 赤潮的预警预报              | 049 |
| 2.7 赤潮的应急处置              | 054 |
| <b>3 绿潮生态灾害及其应急处置</b>    | 062 |
| 3.1 绿潮生物的生物学特征           | 063 |
| 3.2 绿潮发生的诱因              | 074 |
| 3.3 绿潮的发生规律及其生态危害        | 082 |
| 3.4 绿潮的应急处置              | 090 |
| <b>4 褐潮生态灾害及其应急处置</b>    | 097 |
| 4.1 褐潮原因藻种的生物学特征         | 098 |
| 4.2 褐潮发生的诱因              | 099 |
| 4.3 褐潮的生态危害及其机制          | 101 |
| 4.4 褐潮的发生规律及其应急处置        | 106 |
| <b>5 水母灾害暴发及其应急处置</b>    | 116 |
| 5.1 国内外水母灾害的概况           | 116 |
| 5.2 水母灾害的研究现状            | 119 |
| 5.3 影响灾害水母生长的因素          | 121 |

5.4 灾害水母分布概况 .....132

5.5 水母灾害应急处置 .....143

5.6 水母灾害应急预案 .....165

**6 海洋生物入侵的生态灾害及应急处置 .....175**

6.1 海洋生物入侵途径 .....176

6.2 海洋生物入侵的影响及危害 .....178

6.3 渤海主要的海洋外来生物 .....180

6.4 海洋生物入侵应急管理 .....221

**7 海洋污损生物生态灾害及其应急处置 .....224**

7.1 渤海海洋污损生物概况 .....225

7.2 渤海海洋生物污损现状 .....232

7.3 海洋污损生物的危害及处置技术 .....240

**8 海洋溢油的生态灾害及其应急处置 .....244**

8.1 溢油的行为归宿 .....245

8.2 溢油的生态危害 .....247

8.3 溢油的损害评估 .....254

8.4 溢油污染治理方法 .....259

8.5 海洋溢油污染应急处置措施及建议 .....265

**9 减少渤海海洋生态灾害的政策及措施 .....267**

9.1 政策方面 .....267

9.2 措施方面 .....268

9.3 海洋生态灾害风险管理 .....270

9.4 展望 .....272

**参考文献.....274**

# 1 渤海污染现状及海洋生态灾害概况

渤海是我国的半封闭性内海，在辽宁省、河北省、天津市、山东省之间，基本上为陆地所环抱。渤海由北部辽东湾、西部渤海湾、南部莱州湾、中央浅海盆地和渤海海峡5部分组成。渤海通过渤海海峡与黄海相通，分界线常以辽东半岛的老铁山岬与山东半岛北岸的蓬莱角间的连线为准，渤海面积约为77 284 km<sup>2</sup>，海岸线长约3 170.7 km。环渤海地区地理位置及自然环境优越，既有东北老工业基地又有天津的滨海新区。渤海有着丰富的海洋资源，被称为“鱼仓”“盐仓”“油仓”，为环渤海区域经济发展做出了重大贡献。20世纪80年代以来，随着环渤海经济和海洋产业的迅速发展，大量的污水、废水排泄入海。作为半封闭性的内海，污染缓冲能力较弱，近岸海域生态环境污染和富营养化等问题日益严重，导致渤海海洋生态灾害频繁发生。

## 1.1 渤海海域的污染现状

### 1.1.1 渤海海域的污染概况

国家海洋环境质量公报显示，2012年渤海劣四类海水水质标准的海域面积比2011年增加了8 870 km<sup>2</sup>，达到了16 870 km<sup>2</sup>，其中严重污染海域主要集中在辽东湾、渤海湾和莱州湾三大近岸海域。在渤海三大湾中，莱州湾海水环境污染程度最重，渤海湾次之；天津近岸海域海水环境质量最差；其次为山东近岸海域。调查研究发现渤海近海海域主要污染物为无机氮、活性磷酸盐和石油类，另外水体沉积物中的重金属污染问题亦较为严重。目前，渤海近岸海域海水环境污染的突出问题是由氮、磷等营养物质浓度过高而引起海水富营养化。《2012年北海区海洋环境公报》显示，2012年8月渤海富营养化海域面积达18 630 km<sup>2</sup>，其中重度、中度和轻度富营养化海域面积分别为3 520 km<sup>2</sup>，7 750 km<sup>2</sup>和7 360 km<sup>2</sup>，较2011年明显增加。以海洋生物多样性为评价基础的结果表明渤海锦州湾海域处于不健康状态，海水环境质量较差，无机氮污染严重，超第4类海水水质标准；而滦河口—北戴河、渤海湾、黄河口、莱州湾5个典型生态系统均处于亚健康状态，海水均受到不同程度的无机氮或活性磷酸盐污染，浮游生物或大型底栖生物偏离正常水平，表1-1为2008—2012年渤海近岸典型生态系统健康状况。

表 1-1 2008—2012 年渤海近岸典型生态系统健康状况

| 典型生态系统名称 | 所属经济发展规划区    | 监测面积/km <sup>2</sup> | 2008 年 | 2009 年 | 2010 年 | 2011 年 | 2012 年 |
|----------|--------------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 双台子河口    | 辽宁沿海经济带      | 3 000                | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    |
| 滦河口—北戴河  | 河北沿海经济区      | 900                  | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    |
| 黄河口      | 黄河三角洲高效生态经济区 | 2 600                | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    |
| 锦州湾      | 辽宁沿海经济带      | 650                  | 不健康    | 不健康    | 不健康    | 不健康    | 不健康    |
| 渤海湾      | 天津滨海新区       | 3 000                | 亚健康    | 不健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    |
| 莱州湾      | 黄河三角洲高效生态经济区 | 3 770                | 不健康    | 不健康    | 亚健康    | 亚健康    | 亚健康    |

1.1.2 主要入海污染物来源分析

目前，渤海主要污染物来源于陆上、海上及大气3个方面，其中陆源污染物是渤海污染的主要来源。陆地污染源主要有工业废水、城镇（包括近岸旅游）生活污水、携带农药和化肥的入海径流、沿海油田排污等；海上污染源主要有船舶排污、海上平台排污、油轮泄漏、近岸水产养殖废水和海上的倾废等；大气沉降主要有空气中许多自然物质和污染物质沉降等。渤海的主要陆源污染源见图 1-1。

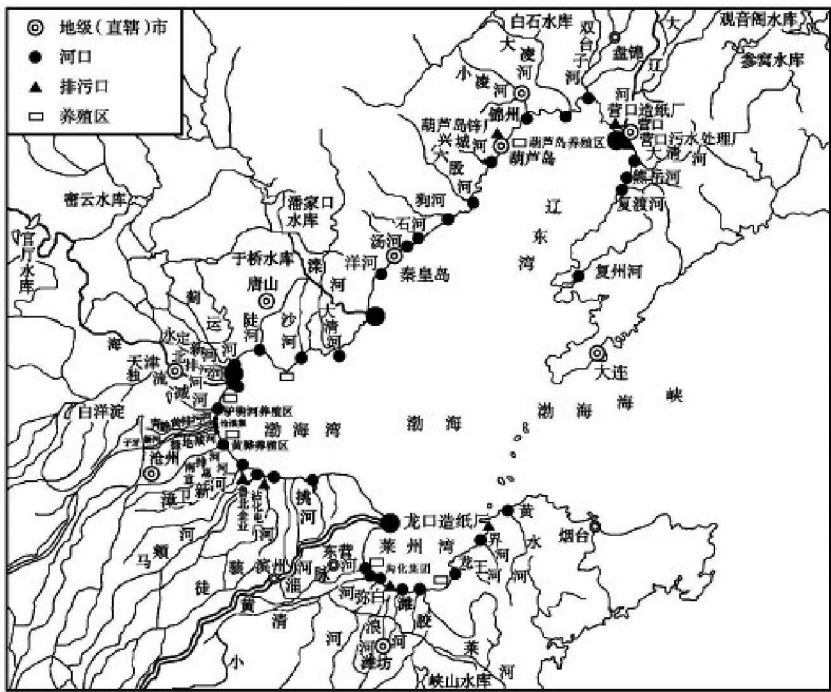


图 1-1 渤海主要陆源污染源

### 1.1.2.1 陆源污染物仍是环渤海环境污染的主要来源

在入海的污染物中,陆源污染物占污染物总量的80%以上。《2012年北海区海洋环境公报》显示,渤海监测的82个入海排污口(河)4次监测结果显示,渤海沿岸入海排污口(河)达标排放次数占监测次数的45%,黄海中北部监测的104个入海排污口(河)达标排放次数占总监测次数的53%。入海排污口邻近海域环境质量状况总体依然较差,渤海和黄海中北部分别有94%和83%的重点排污口邻近海域环境质量不能满足周边海洋功能区环境质量要求。渤海8月超第4类海水水质标准的海域面积约为13 080 km<sup>2</sup>,江河和陆源入海排污口仍是影响海洋环境的主要原因。渤海沿岸主要江河径流携带入海的化学需氧量、石油类、营养盐、重金属、砷等主要污染物总量约114万t。其中,化学需氧量约109万t,占入海污染物总量的96%,说明渤海海水受有机物污染的程度较高。环渤海地区入海污水总量中,生活污水和工业废水基本持平。沿海城市的生活污水和进入河流的农药化肥等流失也成为陆源污染的重要来源。图1-2为环渤海入海河流流域分布图。



图1-2 环渤海入海河流流域分布图

### 1.1.2.2 海水养殖是环渤海污染的重要来源

伴随着中国经济的发展和百姓生活水平的提高,人们对于海产品的需求量不断增加,进而促进了海水养殖业的快速发展。随着渤海海域海水养殖规模的不断扩大,人工养殖对海洋环境污染也越来越严重。养殖过程中向海水中投入了大量的饵料及肥料,这些物质仅有20%~30%部分被养殖动物等海洋生物摄取及利用,大部分在海水中沉淀,还有相当大的部分随着海水的流动而流动。随着海水养殖规模的扩大,使得局部海水溶解态和悬浮态物质输出大大增加。2012年,渤海锦州市沿岸海水增养殖区海水质量较差,整体渤海的增养殖区海水中主要超标物质为无机氮、个别增养殖区的pH、粪大肠杆菌和石油烃类浓度超过第二类海水水质标准。国内外学者对海水养殖进行的研究表明

海水养殖对近海环境的影响大致包括以下几方面：氮、磷的排放，造成局部水域水体富营养化；抗生素和药物的使用对养殖区海水造成污染；一些野生种群栖息地遭到破坏，野生物种的生存和繁衍受到干扰，减少了生物多样性。

#### 1.1.2.3 海洋运输及采油平台溢油污染日益突出

海洋石油污染可分为突发性污染和慢性污染。突发性污染包括海上石油钻井平台泄漏、井喷事故和油轮事故，慢性污染有港口和船舶的作业含油污水排放、工业民用废水排放、含油沉积岩遭侵蚀后渗出等。1997—2012年，辽东湾和莱州湾近岸海域沉积物中石油类污染物的含量显著上升。2010年7月16日，大连新港发生输油管道爆炸，大连市环保部门在附近海域设置了7个监测点采集样本，结果显示，除一个点符合海水水质二级标准外，其他6个点均超过海水水质二级标准，石油烃类最大值超标16.5倍。其中较重污染面积达到50 km<sup>2</sup>，主要集中在近海区域，并已开始影响大连湾及附近海域海水水质。2011年6月4日和6月17日先后两次发生了蓬莱19-3油田溢油事故。在超过半年的时间里，由于此事故造成的污染海域从最初的16 km<sup>2</sup>扩大到6 200 km<sup>2</sup>，对渤海海洋生态环境造成严重的污染损害，溢油污染海域的浮游生物种类和多样性降低，海洋生物幼虫幼体及鱼卵仔稚鱼受到损害，底栖生物体内石油烃含量明显升高，海洋生物栖息环境遭到破坏。

#### 1.1.2.4 海洋垃圾也是环渤海近海污染重要原因

海洋垃圾是指海洋和海岸环境中具持久性的、人造的或经加工的固体废弃物，如塑料袋、塑料片、聚苯乙烯泡沫碎片和废弃的渔网等。根据所处位置不同可以分为海面漂浮垃圾、海滩垃圾和海底垃圾3类。海洋垃圾不仅造成视觉上的污染，还能威胁航行安全，对海洋生态系统的健康有着致命的影响。海洋垃圾污染是由人类活动导致。2012年，国家海洋局对滨海旅游度假区、港口、入海河口等重点区域开展海滩垃圾、漂浮垃圾和海底垃圾监测。结果表明，渤海海滩垃圾的总密度达到79.9 kg/km<sup>2</sup>，而漂浮垃圾和海底垃圾主要以塑料制品为主，两类垃圾的总密度达到近100 kg/km<sup>2</sup>。

#### 1.1.2.5 大气沉降物也是渤海氮源污染之一

20 a来的研究成果表明，大气沉降是许多自然物质和污染物质从大陆输送到海洋的重要途径。在某些沿海区域，经由大气输入的若干痕量物质的总量几乎相当于河流的输入量，有的甚至更多。2012年，国家海洋局在大连大黑石、营口、葫芦岛、秦皇岛、塘沽、蓬莱等监测站开展了大气污染物湿沉降通量监测。结果显示，硝酸盐湿沉降通量最高值出现在塘沽监测站，最低值出现在秦皇岛监测站，分别为3.9 t/(km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>)和0.5 t/(km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>)；铵盐湿沉降通量最高值出现在营口监测站，最低值出现在塘沽监测站，分别为1.3 t/(km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>)和0.6 t/(km<sup>2</sup>·a<sup>-1</sup>)。

### 1.1.3 主要污染物种类及含量的变化规律

#### 1.1.3.1 无机氮

环渤海区近海营养盐含量偏高且有每年递增的趋势，而且水体中氮磷比例失衡，大

部分地区水域无机氮超四类海水水质标准,以致影响到生态系统的平衡和生物群落结构。虽然渤海无机氮污染区域分布随机性较大,但主要围绕着辽东湾、渤海湾和莱州湾3个区域变动。2000—2011年3个海湾无机氮平均浓度均具有线性增长趋势,尽管围绕期望值上下波动较大,但线性增长趋势明显。

通过IDW插值和回归分析,计算2012—2016年渤海无机氮大于0.4 mg/L的高风险区( $P \geq 75\%$ )主要集中在莱州湾底部海域、黄河口及支流附近海域、渤海湾内天津附近海域、辽东湾营口附近海域、锦州湾海域、大连普兰店湾和旅顺口附近海域,面积约5 800 km<sup>2</sup>,占渤海总面积的7.5%。这些无机氮高风险区主要位于各大河口附近且交换能力不强的海湾内近岸海域,这些区域受陆源排污口和入海河流影响较大。

### 1.1.3.2 活性磷酸盐

磷是海洋浮游植物生长和繁殖所必需的成分,也是海洋初级生产力和食物链的基础元素。磷元素基本以溶解态和颗粒态的形式存在于海洋中,其中活性磷酸盐( $\text{PO}_4^{3-}$ )为主要活性形式。在对渤海27个站位的表层沉积物和25个站位的柱状沉积物中总磷及无机磷的含量及其分布特征进行了研究,发现渤海表层沉积物总磷含量的变化范围为10.83~20.27  $\mu\text{mol/g}$ 。渤海沉积物中总磷在黄河口及莱州湾附近海域含量最高,渤海西部也有较高含量,中部次之,东部及海峡沉积物中磷含量最低。1978—2011年渤海夏季断面表层海水磷酸盐浓度变化为0.02~0.68  $\mu\text{mol/dm}^3$ 。渤海夏季断面表层海水磷酸盐高浓度出现在辽河口和黄河口附近,大型河口磷酸盐排放效果明显。总体上来看,影响渤海沉积物中磷含量的主要因素有陆源输入与水动力条件。

### 1.1.3.3 石油烃类

石油烃成分复杂,含有多种致癌物质,且难以降解,它会引起生物有机体尤其是海洋生物和鱼类幼体等中毒。高浓度的石油烃污染甚至会引起海洋生物的死亡,对海洋生态造成严重的破坏。自2010年7月大连新港发生输油管道爆炸引发的溢油事故和2011年6月发生的蓬莱19-3油田溢油事故发生后石油烃污染问题已成为渤海亟待解决的环境污染问题。

根据污染源统计调查资料,在河流入海口以及各油气平台处设置连续稳定点源输入,采用与水动力模块相耦合的保守污染物扩散—输移模型模拟得到的2010年渤海表层石油烃浓度分布结果表明,莱州湾石油烃浓度明显高于其他海域,范围在17~80  $\mu\text{g/L}$ 之间,其中黄河入海口附近石油烃浓度超一、二类海水水质标准,渤海湾海域石油烃浓度范围为13~15  $\mu\text{g/L}$ ;辽东湾大部分海域内石油烃浓度范围在8~10  $\mu\text{g/L}$ ,入海口附近浓度偏高,可达18  $\mu\text{g/L}$ ;渤海中部海域水质情况良好,石油烃浓度范围在2~10  $\mu\text{g/L}$ 。2010年7月16日,大连新港发生输油管道爆炸,大连市环保部门在附近海域设置了7个监测点采集样本,结果显示,除一个点符合海水水质二级标准外,其他6个点均超过海水水质二级标准,石油烃类最大值超标16.5倍。其中较重污染面积达到50 km<sup>2</sup>,主要集中在近海区域,并已开始影响大连湾及附近海域海水水质。2011年6月4日和6月17日先后两次发生了蓬莱19-3油田溢油事故。在超过半年的时间里,由于此事故造成的污