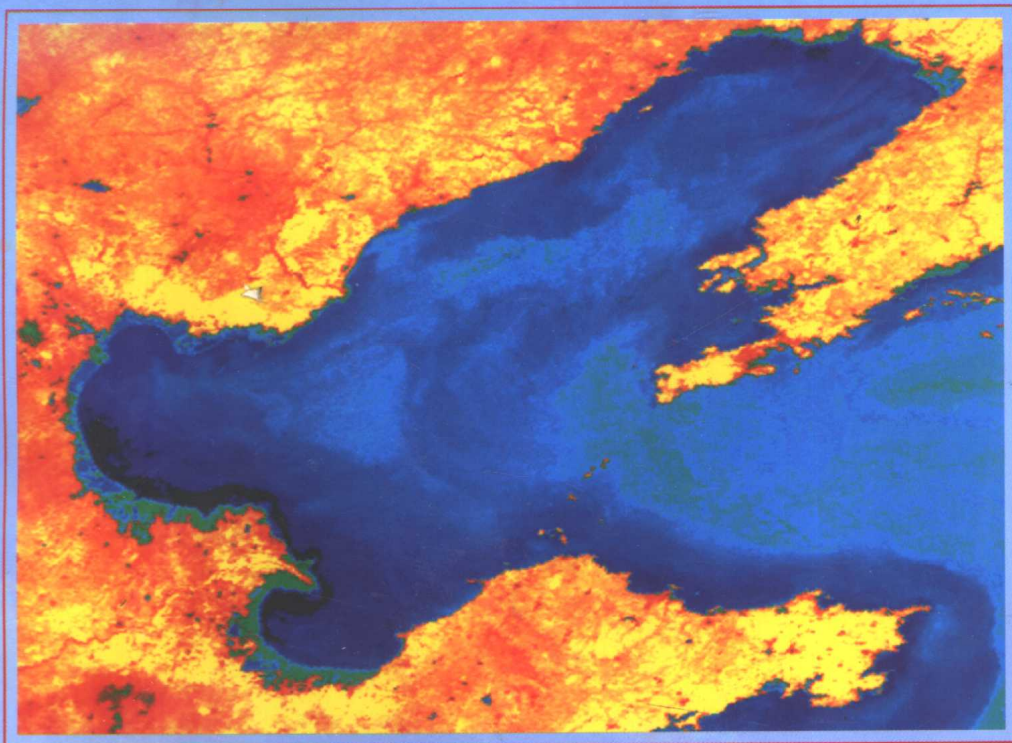


渤海

赤潮灾害监测与评估

研究文集

○ 赵冬至 主编



海洋出版社

封面

渤海赤潮灾害监测 与评估研究文集

赵冬至 主编

海洋出版社

2000年·北京

图书在版编目(CIP)数据

渤海赤潮灾害监测与评估研究文集/赵冬至主编. - 北京:海洋出版社,
2000.1

ISBN 7-5027-4921-7

I. 渤… II. 赵… III. ①赤潮-灾害-监测-渤海-文集②赤潮-
灾害-评估-渤海-文集 IV. X55-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 00146 号

责任编辑 陈莎莎
责任校对 金玉筠
责任印制 严国晋

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

通县向阳印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月北京第 1 次印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 10.25

字数: 260 千字 印数: 1~700 册

定价: 35.00 元

海洋版图书印、装错误可随时退换

前 言

随着海洋环境污染的持续恶化、海水富营养化程度的加剧,赤潮灾害越来越受到人们的关注和重视。赤潮灾害防治是近年来一个十分热门的课题,其研究内容和范围也在逐渐扩大,人们不仅要了解赤潮生物的生物化学过程,还要了解和掌握赤潮的发生规律、范围和对人类健康的危害、对社会经济生活造成的影响等一系列问题。

为了解决这样一些问题,国家海洋环境监测中心等单位在国家“九五”攻关项目 96-922“海岸带资源环境利用关键技术”的 01-03-03 子专题“赤潮灾害监测及评估技术研究”、国防科工委“富营养水体地物光谱测量及卫星遥感监测可行性研究”、辽宁省科委“赤潮灾害地物光谱信息提取及卫星遥感监测技术”等项目支持下取得了初步的研究结果。主要内容为渤海的环境问题与富营养化状况评价;赤潮管理;赤潮发生的成因、动态过程和分布规律研究;叉角藻赤潮水体的地物光谱特征、卫星遥感监测方法、赤潮过程中的海表面温度变化;赤潮贝毒检测方法;赤潮灾害经济损失评估方法等内容。

赤潮灾害的监测与评估是一项复杂而艰巨的工作,无论哪一项具体的工作内容,都涉及多学科、多领域,在海洋的动态背景之下,每一步工作都需付出巨大的努力,包括来自物质、经费的保障和精神上的持续不懈。在这个过程之中,促使我们在这个领域艰难攀登的力量来自于参加这项工作的每一个成员对这项事业的孜孜追求和团结协作的精神,使我们充满无穷的力量,工作水平得到不断的提高。尽管现在所获得的结果是初步的,但这是所有人员辛勤汗水浇灌的结晶,同时也预示着一个充满光明的未来。

本项工作进行过程中,得到了丁德文院士、沈亮夫研究员、刘玉机教授、韩玺山高级工程师和国家海洋环境监测中心有关领导的提携与帮助,对本文集收录的论文进行了认真的审阅,并提出了宝贵的修改意见,对他们无私的奉献和真诚的指导,对年轻同志的热心栽培表示诚挚的感谢。同样,国家海洋局海域使用管理司孙书贤副司长、北海分局宋义葆副局长、中国海监总队李航处长等

人以及北海监测中心、辽宁省海洋与水产厅、山东省海洋与水产厅、河北省海洋局、葫芦岛市海洋办公室等单位对我们的工作给予了大力支持,谨此表示我们的谢意。

希望本文集的出版能够起到抛砖引玉的作用,促进我国赤潮灾害监测和管理技术水平的提高,完善我国赤潮灾害监测业务化技术体系的建设,为减轻赤潮灾害对沿海经济造成的损失提供有益的帮助。由于作者水平和时间有限,文中有些内容难免有错误之处,恳望同行专家和读者给予批评指正。

编 者

1999 年 10 月

序

20 世纪末是中国未来战略转折的关键时期,新中国屹立于世界东方的 50 年,取得了震惊寰宇、令人自豪的成就。然而面对未来,我们必须抓住千载难逢的机遇,同时要严肃应对挑战。其中热点之一,就是人口-资源环境问题。人们惊犹仍存的是 1998 年的南北大洪水和近岸海域的赤潮。如果说长江洪水对上游生态环境敲响了警钟,那么赤潮灾害则是向中国近岸海域环境质量示出了红牌。

随着我国沿海工业、农业、旅游业及海水增养殖业的迅速发展,近海海洋环境质量日趋恶化,带有丰富营养物质的工农业废水、生活污水向海洋排放,使得海水中氮、磷等营养元素的含量大幅增加,造成近岸水体的富营养化,导致赤潮灾害频繁发生,对海洋资源和海洋经济造成了严重的影响。我国赤潮灾害发生的频率、成灾面积均成上升趋势,造成的经济损失数以亿计。海洋作为地球的重要组成部分和生命的摇篮,是人类生存和发展的重要保障。赤潮灾害的监测与防治,是促进海洋资源的可持续利用、保护和保全海洋环境的重要内容。

我国的赤潮监测与研究经过多年的发展,取得了重要的研究成果,研究领域也相当广泛,在我国的赤潮灾害监测与管理工作中发挥了重要的作用,与之相关的论文著作为数不少。“八五”期间,在海洋理化要素、营养盐、微量元素、维生素 B₁、B₁₂ 以及潮汐等与赤潮发生的关系;海洋浮游动、植物的分布特征和发生赤潮时的变化;富营养化与赤潮的关系;养殖水域浮游植物生态型与赤潮的关系;赤潮生态的演绎结构模拟;赤潮的生物多样性预测;赤潮发生时的生态特征等方面取得了较大的进展。在“九五”期间,赤潮监测的手段更加齐全、技术更加先进、方法更加完善。《渤海赤潮灾害监测与评估研究文集》这部新作,在前人工作的基础上,在研究的深度和广度上都有较大的提高。在渤海赤潮发生的环境背景、富营养化评价、赤潮灾害时空分布、成因及动态、发生规律及其灾害评估等方面有深入的论述。其中在不同赤潮生物密度的光谱特征,应用现场实测资料与卫星遥感资料相结合进行赤潮监测,赤潮毒素的检测、赤潮发生的区域气象条件及赤潮兴衰过程与海水温度相互影响等方面作了较完整、

系统的探讨,并具有一定深度和独到之处。

技术的开发源于应用,发展于应用。本文集的突出之处在于研究的理论方法和技术手段得到了实践的检验,在实际工作中发挥了重要的作用。卫星遥感监测、海洋动力环境的自动监测、船舶调查、贝毒检测、灾害信息管理与传输技术的发展、灾害损失评估技术研究的开发与拓展,对提高赤潮灾害的应急响应技术支持系统的建设具有重要的意义,对减轻灾害损失具有重要的现实意义。

本项工作研究起点高,充分利用卫星遥感、地理信息系统等现代高技术,集中突破,解决关键问题;实用性强,用坚实的理论研究成果,解决海洋环境灾害监测与管理中面临的灾害动态活动、灾害发生的气象过程分析、赤潮生物毒素检测、灾害监测的实施方案等。

本文集对于完善赤潮灾害监测的理论与方法提供了宝贵的经验和思路。谨此祝贺。

✓ (刘文)

1999年10月

目次

渤海环境问题与对策

渤海富营养化状况研究	赵冬至 赵玲 张丰收 (2)
渤海问题与生态环境修复技术对策	温泉 (13)

赤潮管理

中国赤潮监测与管理	杨积武 (20)
有害藻华监视监测实施细则	郭皓 (24)

赤潮发生的成因、动态过程和规律研究

渤海、黄海赤潮发生规律研究	赵冬至 陈江麟 郭皓 李亚楠 (52)
1998 年渤海赤潮动态过程研究	
..... 赵冬至 丛丕福 赵玲 张丰收 郭皓 陈则玲 傅云娜	(60)
1998 年渤海赤潮成因分析	赵冬至 赵玲 张丰收 郭皓 (67)
对 1998 年渤海赤潮的发生与气象条件的研究	
..... 龚强 张淑杰 刘玉机 韩玺山	(71)

赤潮光谱特征与遥感监测方法

国外赤潮灾害遥感监测技术现状	赵冬至 赵玲 张丰收 (78)
SST 在赤潮卫星遥感监测中的应用	赵冬至 赵玲 张丰收 (86)
辽宁近海赤潮灾害发生的气象条件及 NOAA 遥感监测的研究	
..... 龚强 陈鹏狮 刘玉机 韩玺山	(96)
AVHRR 图像用于监测渤海赤潮方法研究	赵冬至 赵玲 张丰收 (103)
渤海叉角藻赤潮的光谱特征研究	赵冬至 丛丕福 (109)
赤潮光谱特性研究	黄伟良 毛显谋 (117)

贝毒检测方法研究

渤海辽东湾赤潮贝类体内软海绵酸毒素的 HPLC 分析	陈则玲 傅云娜 (122)
腹泻性贝毒及其高效液相色谱检测方法	陈则玲 傅云娜 巩宁 (128)
应用免疫方法检测 PSP 毒素	郭皓 (134)

赤潮灾害经济损失评估方法

赤潮灾害经济损失评估技术研究	赵冬至	李亚楠 (144)
1998 年渤海赤潮危害及经济损失综合评估	李亚楠	赵冬至 (151)

渤海环境问题与对策

渤海富营养化状况研究^①

赵冬至 赵 玲 张丰收

(国家海洋环境监测中心, 大连, 116023)

摘 要 本文通过对 1993~1997 年渤海营养盐检测结果的分析, 认为自 20 世纪 90 年代以来, 渤海的富营养化情况持续恶化, 主要污染物的浓度较 60 年代和 80 年代分别提高了 1 和 2 个数量级, 富营养化指数也呈增加态势, 全海域最高平均值达到了 4.4, N/P 值与无机氮和活性磷酸盐浓度增加的趋势相反, 呈持续下降趋势, 这反映出磷的输入量在逐年增加。但磷仍是限制性因子。从海区上看, 富营养化程度分别为渤海湾、辽东湾、莱州湾和秦皇岛近岸水域。造成渤海富营养化状况的主要原因是陆源污染、入海河流和近岸海水养殖, 其中对虾养殖是非常重要的污染源。

关键词 富营养化 渤海

渤海是我国的内海, 三面环陆, 为辽东半岛、华北平原和山东半岛所环抱, 面积为 7.8 万 km², 拥有丰富的港口、渔业、矿产和石油等资源。沿海地区为我国北方地区重要的经济带——环渤海经济圈, 涉及河北、辽宁、山东、山西四省, 北京、天津两个直辖市及内蒙古八个盟市。土地面积约 112 万 km², 占全国的 12%; 人口约 2.4 亿, 占全国的 20%; 国民生产总值占全国的 26% 以上(1994 年)。与之交叠的为东北经济区, 包括辽宁、吉林、黑龙江和内蒙三盟一市, 土地面积为 124 万 km², 人口 10 500 万。两个经济区对渤海的依托性非常强烈, 区位优势构筑了渤海在这两个经济区持续发展过程中的重要地位。但是近年来, 随沿海地区经济的高速发展, 人口趋海移动, 沿海地区城市化加剧, 资源开发强度加大, 给海岸带环境带来了较为严重的影响, 使渤海真正成为环渤海经济圈可持续发展的基础能力受到威胁, 控制渤海污染, 减轻污染造成的灾害损失, 保护海洋生态环境的呼声日渐高涨。

陆源污染物的大量入海排放, 造成海水富营养化, 如 1995 年渤海水质的主要污染物为无机氮、无机磷和油类, 全海域无机氮超标率高达 65%, 赤潮事件频发, 持续时间加长, 扩散面积加大, 损失惨重。自 1990 年以来, 有记载的赤潮数十次, 影响面积达数千平方千米, 直接经济损失达数十亿元。如 1989 年 10 月渤海黄骅一带赤潮面积达 1300 km², 损失 3 亿元。

为了弄清渤海海域富营养化程度, 找到污染物总量控制和赤潮防治的有效办法, 本文根据我国海洋监测部门 1993~1997 年连续海洋环境污染监测资料, 对渤海海区的富营养化状

^① 本文得到国家九五攻关项目 96-922-01-03-03“赤潮灾害监测与评估技术研究”和国家海洋局项目“赤潮卫星遥感专项监测”的资助。

况进行了初步评价和分析。

1 评价指标、标准及模式

海水富营养化评价指标、标准和模式一直是众多学者关心的热点问题,但直至目前为止国际、国内还没有一个统一的认识和标准。

上田和一夫(1973)提出了水体富营养化临界值,拟定化学需氧量 1~3mg/L、无机氮 0.2~0.3 mg/L、无机磷 0.045 mg/L、叶绿素 a1~10 mg/L、初级生产力(C)为 1~10 mg/m³ 作为富营养化的阈值^[1]。

邹景忠(1983)根据我国近海的实际情况,提出评价模式为

$$E = \frac{\text{COD} \times \text{TIN} \times \text{TIP}}{4500} \times 10^6$$

当 E 大于 1 时,水体为富营养化。

本文根据以上指标,同时参照我国于 1997 年 7 月 1 日颁布执行的国家海水水质标准,对渤海的高营养化状况进行评价。

表 1 海域富营养化标准(据邹景忠,1983)^[2]

项 目	COD (mg/L)	无机氮 (mg/L)	无机磷 (mg/L)
贫营养型(黑潮)	<1	0.5~0.15	0.01
富营养型(阈值)	1~3	0.2~0.3	0.054
超营养型	3~10	-	-

2 富营养化状况评价与讨论

2.1 COD 含量变化及其分布

如表 2 所示,COD 的年变化比较明显,从 1993 年到 1997 年呈上升趋势,渤海全海域平均值较低,各年均不超过现有的一类海水水质标准,但超过了富营养化标准的下限,即大于 1mg/L。

表 2 1960~1997 年渤海营养盐监测结果

年代	COD (mg/L)	TIN (mg/L)	NO ₃ ⁻ (μmol)	NO ₂ ⁻ (μmol)	NH ₄ ⁺ (μmol)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	富营养 化指数	N/P
1960 均值		0.0005	0.010			0.0008		3.2
1982 均值		0.0006	0.021			0.0009		3.24
1992 均值		0.0007	0.037			0.0031		11.2
1993 范围	0.36~1.69	0.02~0.48	0.26~30.51	0.1~1.99	0.67~3.39	0.001~0.012	0.01~0.024	5.9~1725
1993 均值	1.00	0.09	4.53	0.46	1.60	0.021	0.09	186.15
1994 范围	0.13~1.4	0.03~1.48	0.2~7.86	0.42~25.66	0.11~3.67	0.0003~0.023	0.003~2.59	23~1082
1994 均值	0.58	0.14	2.17	5.84	1.65	0.006	0.32	133

续 表

年代		COD (mg/L)	TIN (mg/L)	NO ₃ ⁻ (μmol)	NO ₂ ⁻ (μmol)	NH ₄ ⁺ (μmol)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	富营养 化指数	N/P
1995	范围	0.46~5.2	0.01~2.36	0.26~93.59	0.17~15.98	0.23~69.39	0.002~0.114	0.01~63.08	6.29~286
	均值	1.73	0.38	18.37	3.34	6.16	0.016	4.11	81
1996	范围	0.59~4.61	0.04~1.35	0.35~82.36	0.09	0.02~10.6	0.002~0.044	0.01~21.8	3.5~102
	均值	1.87	0.42	24.57	2.05	4.21	0.61	4.4	52
1997	范围	0.42~2.65	0.02~0.32	0.3~18.56	0.13~4.09	0.08~5.79	0.003~0.067	0.01~7.59	4.7~80.9
	均值	1.36	0.126	6.06	1.19	2.05	0.019	1.02	18.9

1993 年 COD 的最低和最高值分别为 0.36mg/L 和 1.39mg/L, 全海域均低于 1 类海水水质标准。从空间分布上看, 高值区主要在辽东湾北部、渤海湾和莱州湾, 1994 年辽东湾仍很高, 1995 年为这几年来 COD 超标面积最大的一年, 以辽东湾北部、渤海湾东南部、莱州湾北部最高, 最高值为 5.2mg/L, 富营养化面积较大, 部分海域达到了超营养标准, 1996 年渤海湾和莱州湾含量较高, 部分达到了超营养, 1997 年总的含量水平较低, 不容忽视的是在秦皇岛近岸海域出现 COD 高值区, 见图 1。

2.2 营养盐含量及分布变化

营养盐是浮游生物赖以生存的物质基础, 多数学者以为, 氮、磷等营养物质浓度上升是藻类繁殖的原因, 朱树屏实验结果表明, 海洋浮游植物对无机氮和无机磷需求的适应浓度分别为 80mg/L 和 18mg/L 以上^[3], 而邹景忠认为 15mg/L 以上的无机磷是浮游植物生长繁殖的起码浓度^[4]。

从评价结果可以看出, 1993~1997 年间的无机氮含量水平较 1960 年、1982 年呈大幅度上升趋势, 均超过了浮游植物无机氮的需求浓度, 尤其是从 1995 年开始, 渤海的平均浓度超过了 0.2~0.3 mg/L 的富营养化浓度水平。从图 2 可知, 无机氮在空间分布变化是不均匀的, 1993 年超标区主要在莱州湾, 超过现行的二类水质标准, 湾顶达到了四类水质标准。1994 年超标区集中在辽东湾, 为富营养化水平。1995~1996 年辽东湾、渤海湾、莱州湾同时超过二类水, 达到富营养化水平, 而在秦皇岛近岸也出现二类水质区。

磷酸盐自 1993 年以来, 除 1994 年外, 全海域平均浓度均超过 16μg/L 的浮游生物适应浓度, 较 1960 年和 1982 年的浓度上升 2 倍多。从空间分布上看(图 3), 1993~1994 年, 除辽东湾湾顶外, 其余海域均为一类海水, 为富营养型。1995~1996 年在辽东湾、秦皇岛近岸、渤海湾、莱州湾均出现了磷酸盐的超标区, 与无机氮的情况刚好相反, 1997 年磷酸盐的超标范围呈扩大趋势。

2.3 N/P 水平及变化

海洋浮游生物体和大洋中 N 与 P 之比一般恒定在 16:1, 偏离过高或过低都可能引起浮游植物的生长受到相对低含量元素的限制^[5]。如厦门港赤潮发生区每月大潮表层海水 N/P 比值的年均值为 60.87, 赤潮发生期 N/P 值的均值为 56.67, 从浮游植物供求关系看, N

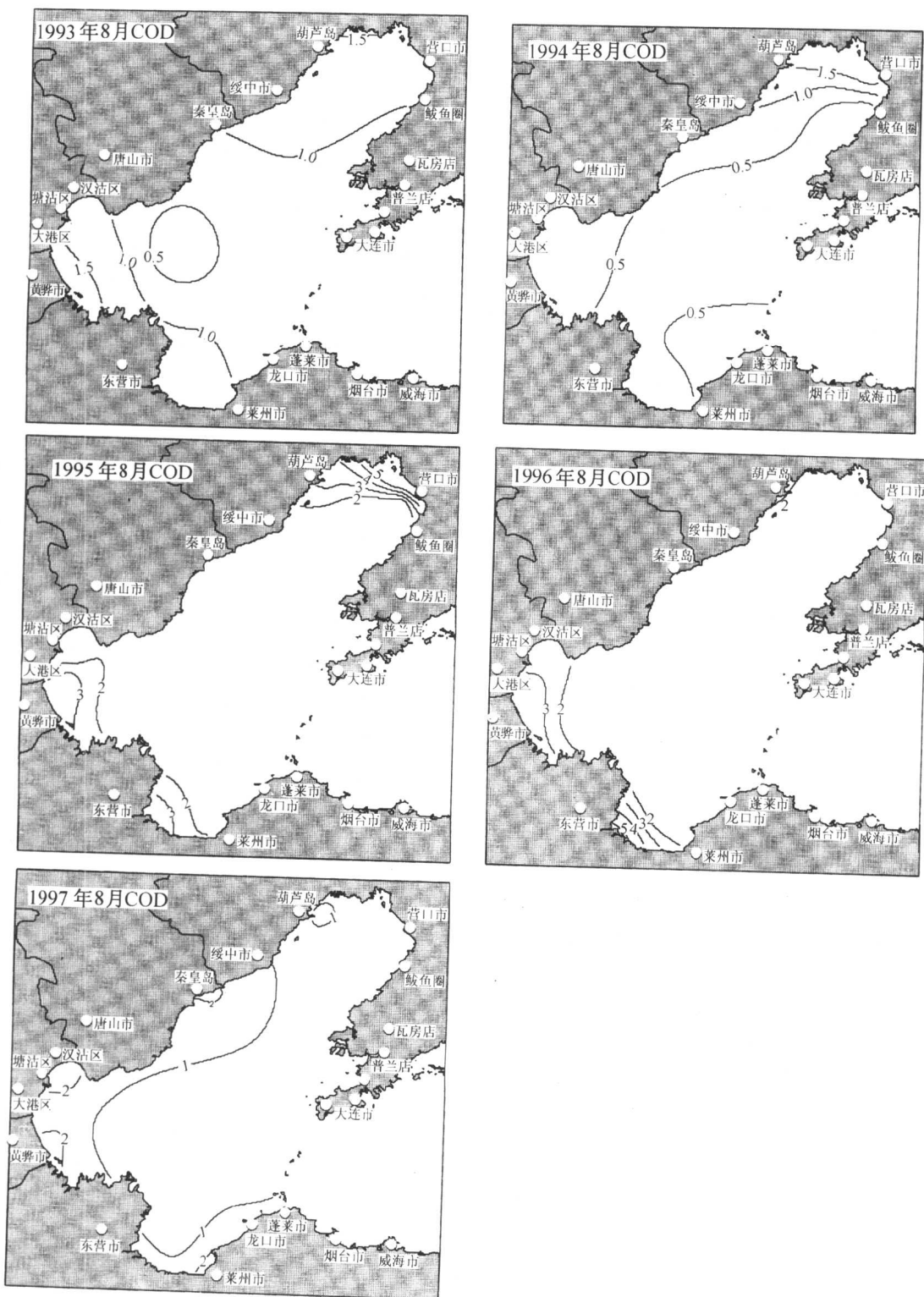


图1 1993~1997年渤海海区 COD(mg/L)变化趋势图

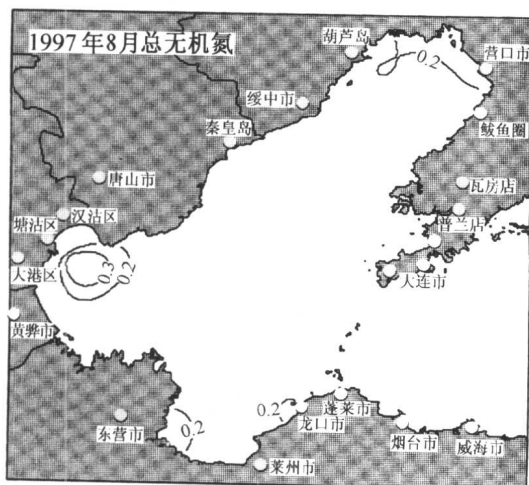
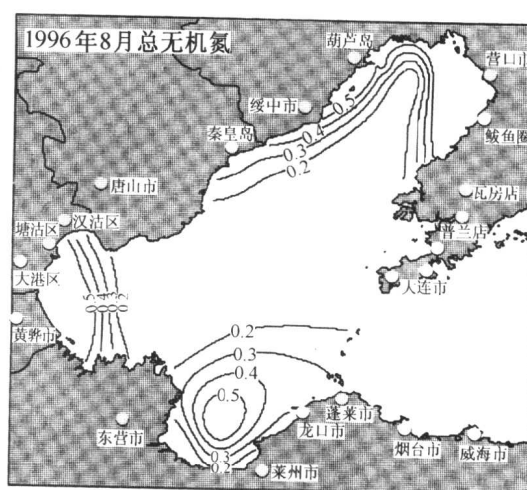
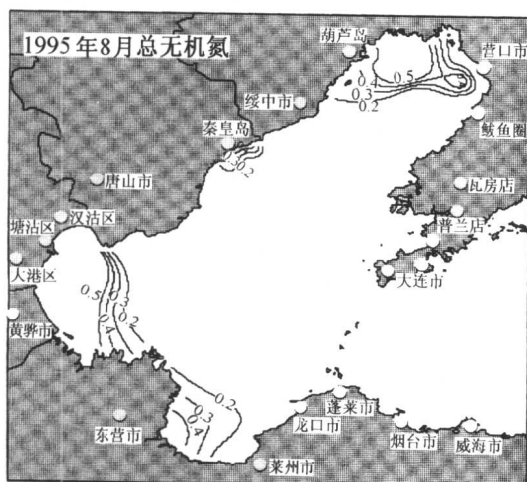
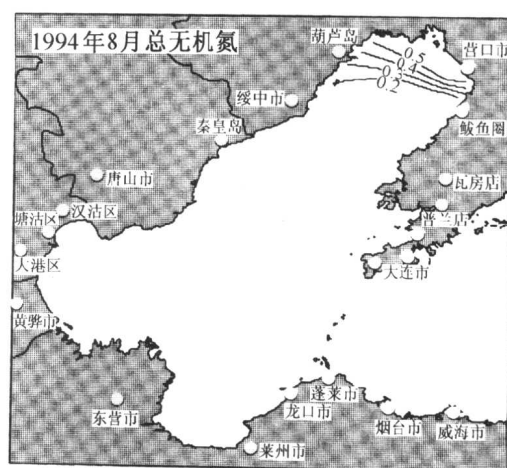
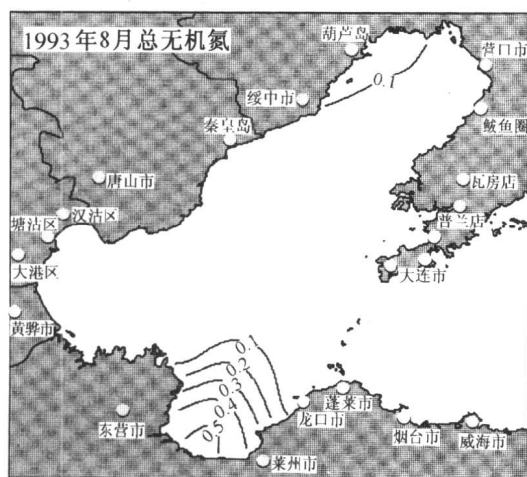


图2 1993~1997年渤海海区无机氮(mg/L)变化趋势图

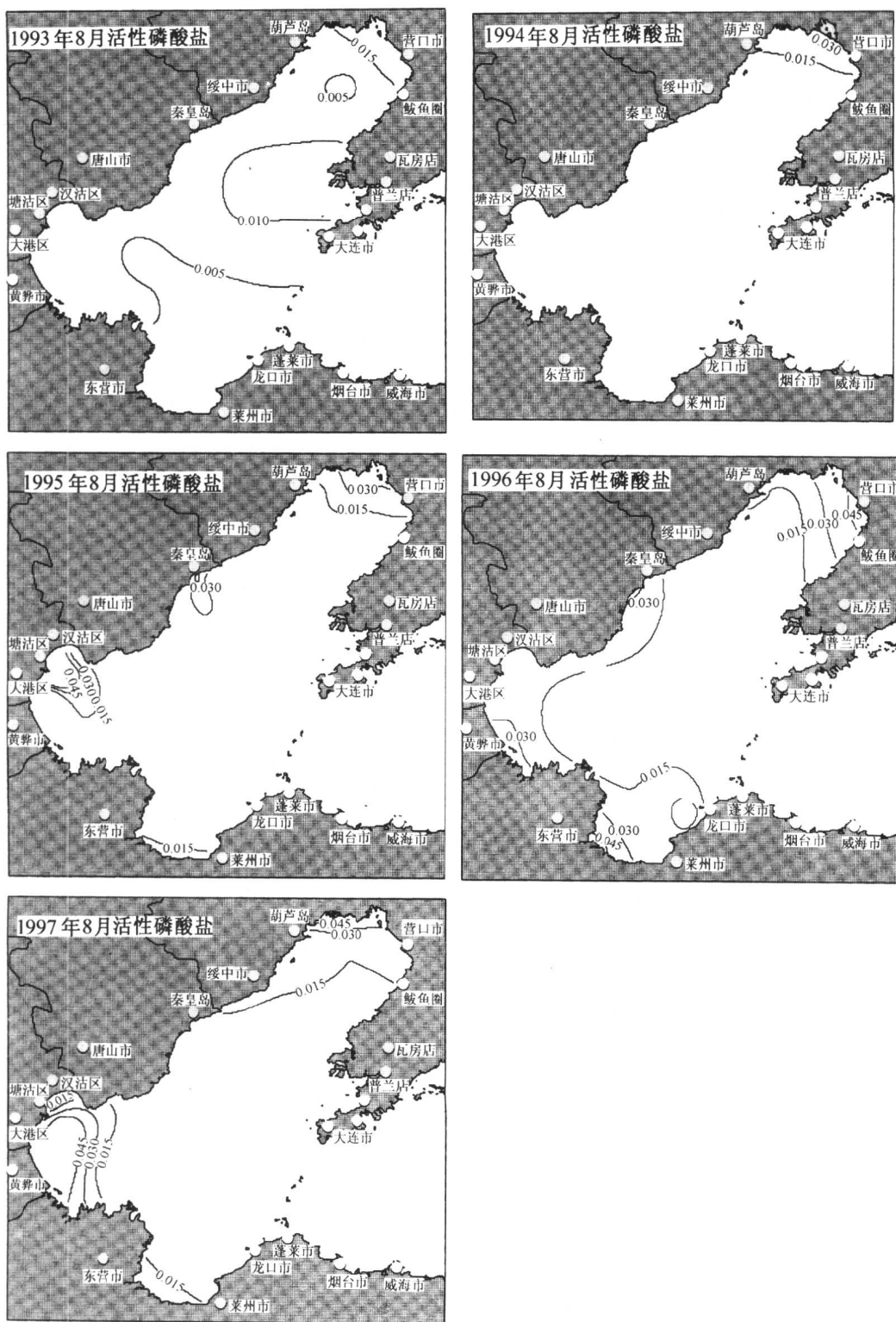


图3 1993~1997年渤海海区活性磷酸盐(mg/L)变化趋势图

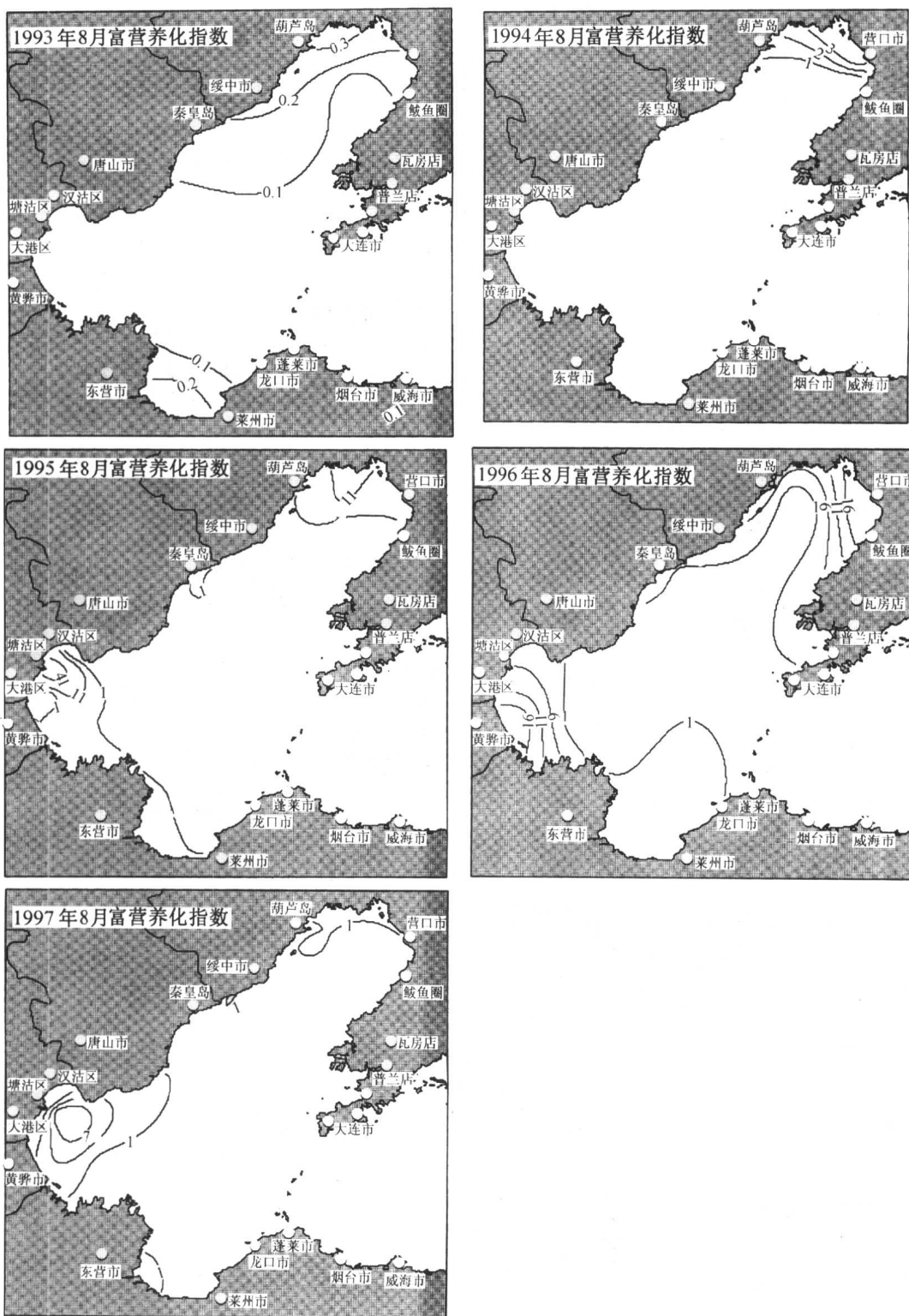


图4 1993~1997年渤海海区富营养化指数变化趋势图