

中国科学院海洋研究所编辑

海洋科学集刊

STUDIA MARINA SINICA

The Institute of Oceanology, Academia Sinica

渤海湾海河口区有机污染调查研究专辑

29

科学出版社

1988年3月

海洋科学集刊

第 29 集

渤海湾海河口区有机污染调查研究专辑

中国科学院海洋研究所编辑

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988 年 3 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

1988 年 3 月第一次印刷 印张：13 1/2

印数：0001—1,050 字数：287,000

ISBN 7-03-000309-8/P·47

定价：4.00 元

科技新书目：164-034



海洋科学集刊 第29集

(1988年3月)

目 录

渤海湾海河口区的有机污染及其防治途径·····	
·····邹景忠、张景镛、吴景阳、张法高、古堂秀、吴玉霖 (1)	
用陆地卫星数据描绘渤海湾海河口区不同污染等级·····	平仲良 (21)
海河口和渤海湾潮流场和 COD 扩散的三维数值模拟·····	
·····张法高、于克俊、冷彦贵 (29)	
渤海湾海河口区氮的迁移·····	古堂秀、徐贤义、戴敏英、周陈年 (45)
渤海湾海河口区磷的分布特征·····	戴敏英、周陈年、古堂秀、徐贤义 (57)
渤海湾海河口区耗氧有机物的分布特征·····	古堂秀、戴敏英、徐贤义、周陈年 (65)
渤海湾的有机氯农药和多氯联苯·····	古堂秀、徐贤义、张添佛 (77)
渤海湾海河口区沉积物中某些有机组分的环境地球化学特征·····	
·····吴景阳、李健博、李云飞、宋怀龙 (87)	
渤海湾海河口区阴离子表面活性剂的环境地球化学·····	
·····吴景阳、李健博、李云飞、宋怀龙 (101)	
渤海湾海河口有机污染水域海洋异养细菌的分布及其菌群组成研究·····	
·····张景镛、钱振儒 (111)	
渤海湾海河口区大肠菌群的数量分布及其与水域有机污染程度的相关性·····	
·····钱振儒、张景镛 (121)	
渤海湾海河口区浮游植物动态及其与有机污染的关系·····	邹景忠、董丽萍 (131)
陆源排污对渤海湾浮游动物生态的影响·····	肖贻昌 (147)
几种河口生物对天津市污水及其若干组分的回避反应·····	
·····吴玉霖、崔可铎、赵鸿儒、侯兰英、姜清香 (159)	
天津市综合污水及其某些组分对鱼虾的毒性研究·····	
·····崔可铎、吴玉霖、赵鸿儒、侯兰英、姜清香 (169)	
渤海湾污染的生态影响·····	邹景忠、张景镛 (175)
渤海湾某些重金属及其他元素的分布与转移·····	黄华瑞 (191)

STUDIA MARINA SINICA, No. 29

(Mar., 1988)

CONTENTS

On Organic Pollution and Its Control in the Haihe Estuarine Area of the Bohai Bay	Zou Jingzhong, Zhang Jingyong, Wu Jingyang, Zhang Fagao, Gu Tangxiu and Wu Yulin (20)
Describing Different Polluted Gradation of the Sea Water in the Estuary Area of the Haihe River in the Bohai Bay with Landsat Data	Ping Zhongliang (27)
A Three-Dimensional Numerical Model for the COD Dispersion in the Haihe River Mouth and the Bohai Bay	Zhang Fagao, Yu Kejun and Leng Yangui (43)
Nitrogen Migration in the Haihe River Mouth Area of the Bohai Bay	Gu Tangxiu, Xu Xianyi, Dai Mingying and Zhou Chennian (55)
The Characteristics of Distribution of Phosphorus in the Haihe River Estuary of the Bohai Bay	Dai Mingying, Zhou Chennian, Gu Tangxiu and Xu Xianyi (64)
The Distribution Features of Oxygen-consuming Organic Matter in the Haihe River Estuary Area of the Bohai Bay	Gu Tangxiu, Dai Mingying, Xu Xianyi and Zhou Chennian (75)
Organochlorined Pesticides and Polychlorinated Biphenyls in the Bohai Bay	Gu Tangxiu, Xu Xianyi and Zhang Tianfo (85)
The Environmental Geochemistry Characterization of Some Organic Components in Sediments in Haihe River Estuary.....	Wu Jingyang, Li Jianbo, Li Yunfei and Song Huailong (99)
Environmental Geochemistry of Anionic Surfactant in the Haihe River Estuary	Wu Jingyang, Li Jianbo, Li Yunfei and Song Huailong (110)
The Study on Marine Heterotrophic Bacteria Distribution and Population Composition Over the Organically Polluted Waters off the Haihe River Mouth	Zhang Jingyong and Qian Zhenru (119)
Correlation Between Quantitative Distribution of Coliform Bacteria and the Organic Pollution Over the Estuary of Haihe River.....	Qian Zhenru and Zhang Jingyong (129)
Phytoplankton Kinetics of the Haihe Estuarine Area and Its Interrelation with Organic Pollution	Zou Jingzhong and Dong Liping (145)
Ecological Effects of Terrigenous Pollution on Zooplankton in the Bohai Bay	Xiao Yichang (158)
Avoidance Reactions of Several Estuarine Organisms to Sewage from Tianjin and Its Some Constituents	Wu Yulin, Cui Keduo, Zhao Hongru, Hou Lanying and Lou Qingxiang (166)

Laboratory Studies on Toxicity of Industrial and Sewage Waste from Tianjin	Cui
Keduo, Wu Yulin, Zhao Hongyu, Hou Lanying and Lou Qingxiang (173)	
Ecological Effects of Pollution in the Bohai Bay	
.....Zou Jingzhong and Zhang Jingyong (189)	
Distribution and Transfer of Some Heavy Metallic and Other Elements in the Bohai Bay	Huang Huarui (209)

渤海湾海河口区的有机污染及其防治途径*

邹景忠 张景镛 吴景阳 张法高 古堂秀 吴玉霖

(中国科学院海洋研究所)

海河口位于渤海湾西端,天津市东侧,是仅次于黄河口的渤海第二大河口。渤海湾是一个半封闭性的内湾,水质肥沃,资源丰富,是我国黄海、渤海许多经济鱼、虾类良好的产卵、索饵和育肥场所,在渔业上占有重要地位。自古就有“渔盐之利,舟楫之便”的海河口区,由于其独特的地理位置,对天津市社会经济的繁荣发展起着重要的作用。近 20 年来,随着天津市工农业的发展和经济开发的加强,以及城市的扩大和人口的密集,人类的社会经济活动对海河口区生态环境的影响越来越大,出现了入海径流锐减,水域污染严重等环境问题,渔业资源受到了威胁。为此,中国科学院海洋研究所与其他单位组成协作组,于 1978—1981 年对渤海湾的污染状况及其影响进行了多学科的综合调查,结果表明:污染的主要区域是河口近岸区,主要污染物是有机物、氮、磷和石油等¹⁾。(本集邹景忠、张景镛文)当时由于受调查范围和项目的限制,对河口区的有机污染研究甚少。为进一步查明海河口区有机污染的状况、规律及其影响,研究河口的物理自净,探索污染防治措施,我们又于 1983—1985 年,从陆、海区域水环境的综合研究出发,运用环境地球化学和污染生态学的一些理论和方法,比较全面、系统地对面积 814 km² 的海河口区进行了多学科的专题调查和室内模拟实验研究。

调查范围是 118°E 以西, 38°35′ 以北,水深 10m 以浅的外河口(包括大沽口、北塘口及其口外近岸水域)和受潮汐影响的内河口(包括永定新河河口段和大沽排污口),共 29 个测站(图 1)。调查时间为 1984 年 5 月(枯水期)、8 月(丰水期)、10 月(平水期)三个代表月份。8 月还在 B, D, 8, 17 和 20 号站进行周日连续观测。调查项目如下:

水文、气象、物理部分: 水深、水温、水色、透明度、盐度、海流、风速、风向。

水质部分: 溶解氧 (DO)、化学耗氧量 (COD)、五日生化耗氧量 (BOD₅)、总氮 (TN)、氨氮 (NH₄-N)、亚硝酸氮 (NO₂-N)、硝酸氮 (NO₃-N)、无机氮 (TIN)、有机氮 (TON)、总磷 (TP)、无机磷 (TIP)、有机磷 (TOP)、阴离子表面活性剂 (AS)、悬浮体。

底质部分: 有机碳 (TOC)、有机氮 (TON)、硫化物 (S)、腐殖酸 (HA)、烧失量 (IL)、AS。

生物部分: 大肠菌群 (CB)、陆源异养菌 (THB)、海洋异养菌 (MHB)、叶绿素 a、浮

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1397 号。

参加本项工作的还有于克俊、李云飞、李健博、戴敏英、钱振儒、崔可铎、赵鸿儒、侯兰英、冷彦贵、徐贤义、宋怀龙、周陈年、平仲良、董丽萍、田秀萍等。

收稿日期: 1986 年 12 月 23 日。

1) 中国科学院海洋研究所, 1982。渤海湾环境质量评价及其自净能力的研究。

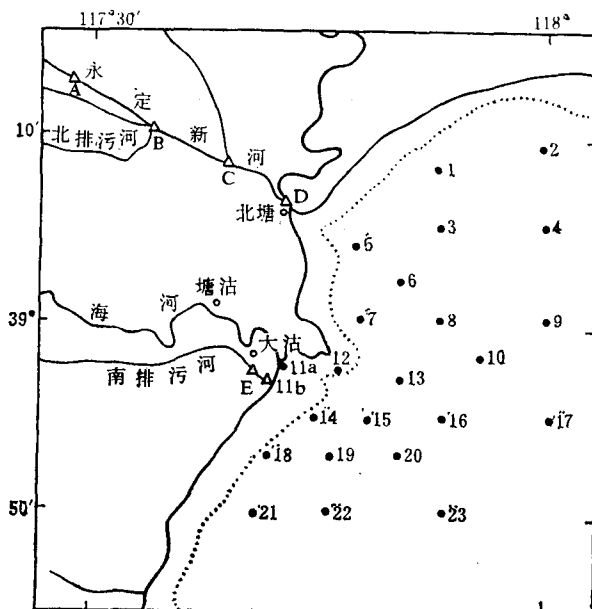


图1 海河口区调查站位

游动、植物。另外,还进行了天津南、北排污河污水对鱼、虾的急性致毒和鱼虾的回避实验。

本调查是国内首次对河口区有机污染进行综合的研究。通过调查研究,获得了大量数据和样品,经过资料处理、分析和研究,查明了目前海河口区的有机污染水平;探讨了有机污染物的时空分布特征和迁移、转化规律;阐明了有机污染对河口生物(微生物、浮游生物、经济鱼虾)的影响状况;计算了海河口和渤海湾的三维潮流场,建立了COD的三维扩散数值模拟;并在此基础上提出了污染防治对策和建议。其中,对某些有机污染物的迁移、转化规律和河口生态现象所提出的一些新见解,以及调查中所建立的综合研究方法、有机污染评价方法和阴离子表面活性剂分析方法等等,对当前和今后更深入地研究有机污染规律及防治措施都有一定参考价值。

本调查研究成果包括调查报告和专题论文两部分。本调查报告,着重讨论海河口区水环境特征,海河口区有机污染的评价和海河口区有机污染的防治途径等三项内容。

一、海河口区水环境特征分析

海河口区是一个有污染源的生态环境特殊的感潮河口,淡、污水径流和潮流的相互作用使之成为对环境因子的变化十分敏感的区域,它具有其他河口所没有的一些特点。

1. 入海河流及其特征

流入海河口区的主要河流除海河和有潮白新河、蓟运河汇入的永定新河外,还有人工排污河——北京排污河和天津南、北排污河,它们分别在大沽口和北塘口入海。海河、潮

白新河和蓟运河在口门处均建有防潮闸,平日蓄水无人海径流,仅在汛期才提闸泄洪,是典型的蓄泄河道。河川径流的变化主要受水源补给的影响。由于天津地区大气降水有限、年内分配集中、年际变化大,且多暴雨,该区的河流也具有丰枯交替、年内分配集中、暴雨洪水突出的变化特征。通常,每年汛期(7—9月)的人海径流量约占全年总径流量的70%以上。据天津市水文站统计,50年代的年平均入海径流量为 $152.8 \times 10^8 \text{ m}^3$,占降水量的73.0%;60年代为 $100.5 \times 10^8 \text{ m}^3$,占降水量的46.5%;70年代下降为 $52.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,仅占降水量的23.9%,与50年代相比,减少了2/3。1980年起入海径流量又大为下降,然而入海的污水量在总径流中所占的比重却大为升高(表1),从而降低了河川径流对污水的稀释作用,并导致外河口海水盐度升高,使一些有机污染物和微量元素(如铁、锰)在理化条件改变的情况下容易发生凝聚,堆积在河口底质中,加重河口污染,影响生态环境,危害渔业。

表1 海河口区入海径流量年变化

年份	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
总径流量 (10^8 m^3)	65.52	67.16	9.20	4.26	5.26	2.64	9.03
污水量所占 比重(%)	17.81	18.12	80.10	75.82	54.80	81.44	47.03

注:污水量系指北京排污河、天津南、北排污河入海水量之和。

另据气象部门研究,自1965年直至2000年京、津地区均处于少雨期,故可预计,在今后若干年内,本地区入海径流仍将保持在一定的低水平上。由此看来,水资源匮乏和环境污染不仅是天津市过去和现在,并且是将来所面临的最严重的环境问题之一。对河口海湾而言,由入海径流锐减和入海污水量剧增所引起的水环境质量问题的,将对河口生态系统的结构、功能产生深远的影响。尽管天津市环境保护及有关部门,为了强化水环境净化功能,减轻环境污染,实行了清(水)污(水)分流,并采取污水与河水同时集中汛期排放的措施,但河口有机污染并没有明显好转。因此,维持和保证一定的人海淡水量,对保持河口近岸海域水环境各要素的相对稳定,减轻河口有机污染,保护河口渔业资源,维持河口海域的生产力和生态平衡,是至关重要的。

2. 水环境变化特征

海河口区的水文、气象和水动力条件,不仅影响着有机污染物在环境中的化学作用,而且直接控制着有机污染物在河口海湾的稀释扩散。

海河口区处于温带季风气候区,夏半年(3—8月)盛行偏南风,冬半年(9—2月)盛行偏北风。大风日数在春季3—5月和秋季的11月最多,夏季8月最少。水温随气温变化显著,一般在 $-1.3 \sim 28^\circ \text{C}$ 之间。海河口区的盐度变化很大,且向海洋化方向演变,除汛期外,外河口已逐渐失去河口低盐(0.5—30‰)的特性。据塘沽海洋站计算表明,自1975年以来,盐度变化有如下特点:一是夏、秋季的月平均盐度最低值逐渐升高,1975年为22.8‰,1982年为31.20‰;二是盐度月平均值的年变幅逐年变小,1978年为

7.05‰, 1982 年为 1.7‰; 三是盐度的年平均值逐年升高, 1975 年为 27.04‰, 1982 年为 32.22‰, 及至 1983 年, 盐度维持在 32‰ 左右的高值 (图 2); 这样高的盐度平均值, 在 1958—1959 年全国海洋普查时, 只有在南黄海中部深水处才能见到。我们分析, 引起河口盐度升高的原因, 第一是黄河改道, 第二是天津地区入海径流量的减少, 第三是外海高盐水势力的加强。

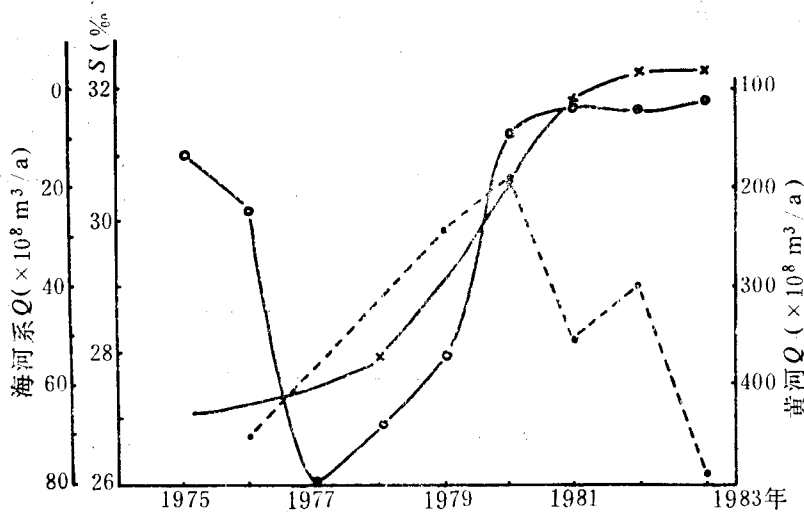


图 2 塘沽水文站年平均盐度和海河、永定新河系与黄河的年径流量
× 塘沽水文站盐度; ○ 海河永定新河系流量; ● 黄河利津站流量

海河口区的潮汐以半日潮为主; 水流以潮流为主, 基本是东西向往复流, 潮流速度一般为 50—70 cm/s, 有的地方达 100 cm/s。常流不大, 一般约 1—3 cm/s, 流向多随风向变化。春、夏季渤海湾西北部表层常流流向西和西北, 在北塘口和塘沽间岸边可能有小范围的涡旋存在; 中南部流向西和西南, 在南排污河入海口处可能有涡旋存在。秋、冬季表层常流流向东和东南, 流速较夏季大, 在湾顶北岸可能仍有海水西流。潮流的往复加速了有机污染物从高浓度区向低浓度区的运动, 对海水的净化全年起着有利的作用。但常流则不同, 冬半年流向湾外, 利于海水净化, 夏半年流向湾顶则对海水净化不利。

二、海河口区有机污染的评价

(一) 有机污染物的含量水平及分布特征

对内河口永定新河河口段、大沽排污口区和外河口近岸海区的水质、底质的测定结果列于表 2—5。对我国一类海水水质标准或渔业水质标准中已有规定标准的项目 (DO, COD, BOD, TIN, TIP, CB) 还计算了超标率。

从表 2—5 可以看出: (1) 所有水质测定项目具有区域分布差别大的特点。除 DO 外, 含量都是内河口高于外河口, 且由近岸向外海递减, 说明内河口水质明显劣于外河口; 大沽排污口与永定新河河口段相比, 前者 COD, BOD₅ 的污染水平明显高于后者, 而 TIN

表 2 永定新河口段水质有机污染状况

项目	5 月			8 月			10 月			全年		
	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)
TN(mg/L)	1.484—2.590	2.22		5.544—8.232	6.66		3.710—12.53	8.90		1.484—12.530	5.92	
TON(mg/L)	0.736—0.996	0.88		3.502—6.058	4.61		2.531—12.503	8.53		0.736—12.503	4.67	
TIN(mg/L)	0.501—1.660	1.34	100	1.742—2.318	2.07	100	0.026—1.178	0.37	50	0.026—2.318	1.26	83
TP(mg/L)	0.327—1.300	0.80		0.163—0.464	0.25		0.091—0.430	0.28		0.091—1.300	0.44	
TOP(mg/L)	0.277—1.058	0.61		0.070—0.317	0.14		0.036—0.148	0.10		0.036—1.058	0.28	
TIP(mg/L)	0.051—0.347	0.19	100	0.102—0.146	0.12	100	0.055—0.294	0.18	100	0.051—0.347	0.16	100
COD(mg/L)	10.2—19.5	14.0	100	7.6—20.0	13.4	100	16.0—33.2	24.6	100	7.6—33.2	17.3	100
BOD ₅ (mg/L)	—	—	—	4.9—51.8	21.5	80	1.5—19.2	8.5	50	1.5—51.8	15.0	65
DO(mg/L)	1.41—8.43	4.26	75	0—1.66	0.42	100	0—5.52	2.16	75	0—8.43	1.63	83
AS(μ g/L)	—	—	—	18.0—172.5	129.4		107.5—1800	880.4		18.0—1800	504.9	
CB(个/100mL)	40—11 $\times 10^4$	—	75	>11 $\times 10^4$	—	100	46 $\times 10^2$ —24 $\times 10^5$	—	100	40—24 $\times 10^5$	—	92

注：表中空格表示未计算；表中划“—”表示无数据。（后表均同）

表 3 大沽排污口区水质有机污染状况

项目	5 月			8 月			10 月			全年		
	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)
TN(mg/L)	1.557—2.128	1.90		3.248—8.456	2.29		10.080—10.220	10.15		1.557—10.220	6.11	
TON(mg/L)	1.481—2.033	1.83		3.175—8.259	6.19		8.469—10.220	9.61		1.481—10.220	5.88	
TIN(mg/L)	0.024—0.096	0.07	0	0.073—0.197	0.11	33	0—1.611	0.54	33	0—1.611	0.24	22
TP(mg/L)	0.107—0.548	0.33		0.072—0.099	0.09		0.138—0.754	0.36		0.072—0.754	0.26	
TOP(mg/L)	0.043—0.171	0.11		0.065—0.096	0.08		0.108—0.378	0.22		0.043—0.378	0.14	
TIP(mg/L)	0.065—0.377	0.22	100	0.004—0.008	0.006	0	0.010—0.376	0.14	33	0.004—0.377	0.12	44
COD(mg/L)	10.1—47.7	28.9	100	10.88—21.6	17.8	100	45.2—238.0	130.4	100	10.1—108.0	59.0	100
BOD ₅ (mg/L)	—	—	—	17.12—163.2	64.3	100	28.0—132.3	63.2	100	17.12—163.2	63.8	100
DO(mg/L)	0.21—2.60	1.41	100	0—2.60	0.87	100	1.38—4.48	2.41	100	0—4.48	1.56	100
AS(μ g/L)	—	—	—	20—185.0	126.7		137.5—900.0	414.0		20—900	270.5	
CB(个/100mL)	24 $\times 10^2$ —46 $\times 10^3$	—	100	15 $\times 10^3$ —46 $\times 10^5$	—	100	11 $\times 10^4$ —11 $\times 10^5$	—	100	24 $\times 10^3$ —46 $\times 10^5$	—	100

表 4 外河口近岸海区水质有机污染状况

项目	5 月			8 月			10 月			全年		
	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)	含量范围	平均	超标率 (%)
TN(mg/L)	0.302—0.829	0.57		0.252—6.468	2.60		0.694—2.128	1.10		0.252—2.128	1.42	
TON(mg/L)	0.116—0.582	0.35		0.180—5.090	2.23		0.506—1.762	0.87		0.116—5.090	1.15	
TIN(mg/L)	0.027—0.347	0.22	89	0.071—1.622	0.37	77	0.127—0.644	0.22	100	0.027—1.622	0.27	89
TP(mg/L)	0.012—0.059	0.04		0.019—0.197	0.05		0.026—0.049	0.03		0.012—0.197	0.04	
TOP(mg/L)	0.002—0.031	0.02		0.001—0.083	0.01		0.001—0.017	0.01		0.001—0.083	0.01	
TIP(mg/L)	0.001—0.033	0.02	74	0.007—0.115	0.03	82	0.013—0.048	0.03	94	0.001—0.115	0.03	83
COD(mg/L)	1.04—2.88	1.69	0	1.12—5.68	2.57	27	1.30—14.08	2.49	6	1.04—14.08	2.30	11
BOD ₅ (mg/L)	0.31—1.34	0.78	0	0.11—1.65	0.75	0	0.08—2.88	0.49	0	0.08—2.88	0.70	0
DO(mg/L)	7.22—8.65	7.83	0	4.97—7.57	6.28	5	3.20—7.84	7.34	6	3.20—8.65	7.15	4
AS(μ g/L)	—	—	—	2.25—24.45	6.67		1.60—19.9	5.66		1.6—24.45	6.2	
CB(个/100mL)	未检出 —230		0	未检出 —24 $\times 10^3$		32	未检出 —24 $\times 10^3$		7	未检出 —24 $\times 10^3$		13

表 5 海河口区底质有机污染状况

项目	永定新河口段		大沽排污口区		外河口近岸海区		全部调查区	
	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均
TOC (%)	0.64—0.86	0.74	1.03—2.05	1.437	0.52—0.83	0.711	0.52—2.05	0.807
TON (%)	0.05—0.08	0.06	0.09—0.15	0.12	0.04—0.10	0.0712	0.04—0.15	0.074
TP (%)	0.054—0.066	0.058	0.063—0.093	0.076	0.049—0.07	0.059	0.054—0.093	0.0604
S ²⁻ (ppm)	9.9—35.0	19.7	453—1387	908	4.75—175.2	60.18	4.75—1387	148.39
AS(光度法, ppm)	3.0—5.09	4.225	13.8—60	29.6	2.4—4.68	3.61	2.4—60	6.70
HA (%)	0.072—0.17	0.12	0.28—0.56	0.37	0.09—0.2	0.139	0.072—0.56	0.165
IL (%)	5.92—7.86	6.86	7.56—9.23	8.20	5.96—11.99	7.85	5.92—11.99	7.73

和 TP 的平均含量和超标率则相反,是永定新河河口段高于大沽排污口。(2) 具有季节变化显著的特点。在外河口,除 DO 外,所有水质测定项目的浓度值都是 8 月份最高,表明有机污染严重;其余季节都较低,水质基本良好。8 月份含量高显然与该月地表径流和排污量增大有直接关系。而在内河口,不同有机污染物平均浓度的变化并不相同,情况较为复杂,如永定新河河口段的 COD, TN, TON 的平均含量,都是 10 月最高,8 月次之,5 月最少,而 TIN 是 8 月最高,TP, TOP, TIP 是 5 月最高。(3) 所有底质测定项目的平均值皆以大沽排污口为最高,而永定新河河口段的含量除 $S^{=}$ 明显低于外河口外,其余皆与外河口的含量相当。永定新河河口段底泥中有机污染物含量较低的原因主要是,该河是 1970 年开凿的人工河道,历史短,河水的下泄及潮汐的作用使有机物不易在河道底部沉积。

各种有机污染物的分布显示了某些共同特征: 内河口的含量高于外河口,且由近岸向外海浓度递减,形成带状分布形式;丰水期高含量区明显向外扩展,与陆地卫星数据显示的海河口区不同污染等级相一致;各有机污染物含量之间呈显著的正相关,而与盐度之间呈负相关关系等等。这些特征进一步证实海河口区的有机污染物都主要来自同一污染源,以及它们在向外河口迁移过程中含量逐渐消减的共同规律。

(二) 有机污染的评价

1. 评价因子和标准的选择

为能客观地反映海河口区有机污染的程度和特点,我们参考国外资料(江角比出郎, 1979; Owens, 1984), 根据调查区的实际情况, 选用 COD, DO, AS, CB, TN 和 TP 等六项作为水质评价因子;选用 AS, TOC, TON, TP, S, HA 和 IL 等七项作为底质评价因子。

考虑到调查区水域是对虾等重要经济动物的产卵和索饵场所,并有一定规模的水产养殖业,因此水质评价的标准以我国一类海水水质标准为主要依据。凡我国海水水质标准和渔业水质标准没有规定的项目,我们酌情选用或参照其他相应标准作为评价的基准值,如 AS 参照我国《生活饮用水卫生标准》;TN 和 TP 则根据调查所得 TIN 与 TN 和 TIP 与 TP 之比,以我国一类海水水质标准中的 TIN 和 TIP 标准值为依据,经换算得出的数值作为评价基准值。底质的评价,由于地理差异大,国内外都尚未有统一的标准,有

表 6 水质、底质评价标准及其基准值

水	质	底	质
TN	0.5mg/L	TOC	0.7%
TP	0.02mg/L	TON	0.08%
COD	3mg/L	TP	0.06%
DO	>5mg/L	$S^{=}$	200mg/kg
AS	0.3mg/L	AS	4mg/kg
CB	1000个/100mL	HA	0.16%
		IL	8%

的项目至今尚未见到报道 (Bellanca, 1981; Topping, 1976)。除了 $S^=$ 选用日本的标准外, TOC, TON 和 TP 则主要根据渤海及渤海湾的历史调查资料, 选用细粒沉积物中的背景值上限作为评价基准值; AS, HA, 及 IL 等则以本调查区外河口近岸海区沉积物中的平均值作为评价基准值。内河口, 特别是排污河口的功能显然与外河口不同, 但为了反映出河口区污染来源及分布状况, 我们采用了与外河口相同的标准。水质、底质各评价因子的评价标准及基准值列于表 6。

2. 评价模式及计算结果

水质评价是采用叠加型指数法¹⁾进行多因子综合评价, 其计算公式为:

$$P = \sum P_i, P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中: P ——综合水质质量指数, P_i ——污染因子 i 的质量分指数, C_i ——污染因子 i 的实测含量, S_i ——污染因子 i 的评价标准。

其中, DO 的质量分指数 (P_i) 是以溶解氧亏的绝对值来表示的, 其计算式为:

$$P_i = \left| \frac{C_s - C_i}{C_s - S_i} \right| \quad (\text{条件: } S_i < C_s)$$

C_s ——实测 DO 取样温度和盐度下的饱和 DO 浓度,

C_i ——实测 DO 浓度,

S_i ——DO 的评价标准。

对 CB 因子的质量分指数, 则按下式计算得到:

$$P_i = \frac{\lg C_i}{\lg S_i}$$

本调查区各测站水质各种污染因子的质量分指数 (P_i) 及综合水质质量指数 (P), 经计算列于表 7 (其中 8 月、10 月为 6 个因子; 5 月份缺 AS 资料, 为 5 个因子)。

由于底质有三个站缺某些因子资料, 为了便于一起比较, 采用了均值型指数法²⁾进行多因子评价。其综合质量指数 (P) 按下式计算。

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i, P_i = \frac{C_i}{S_i}$$

式中: P ——综合底质质量指数, n ——评价因子种类数量, 其他符号的意义同前。

各测站底质诸污染因子的质量分指数及综合质量指数的计算结果列于表 8。

从污染因子分指数的含义可知, 各因子的分指数值大于 1 时, 即表明该项已超标。据此, 我们从表 7 中可以清楚看到, 内河口区段的 TN, TP 和 COD, 5, 8, 10 三个月全部站位都超标, 且超标倍数很大; CB 和 DO 也大部分超标。经计算, 外河口近岸海区 TN 和 TP 的超标率极高, 5, 8, 10 月的 TN 超标率分别为 70%, 91% 和 100%, 特别是 8 月份超标倍数很大; TP 的超标率分别为 82%, 95%, 100%。而外河口近岸海区的 DO、COD

1) 中国环境科学学会环境质量评价专业委员会编, 1982。环境质量评价方法指南。70—94, 118—120 页。

2) 中国环境科学学会环境质量评价专业委员会编, 1982。环境质量评价方法指南。70—94, 118—120 页。

表 7 海河口区水质各污染因子的质量分指数及综合质量指数

因子 P_i (分指数)	TN			TP			COD			AS			CB			DO			P (综合指数)		
	月份																				
	5	8	10	5	8	10	5	8	10	5	8	10	5	8	10	5	8	10	5	8	10
1	1.131	5.740	1.389	2.95	1.90	1.60	0.45	0.84	0.54	0.02	0.02	0.02	0.534	0.743	0.534	0.148	0.582	0.058	5.213	9.825	4.141
2	5.152				1.99			0.83		0.02			0.751				0.783			9.526	
3	1.154	6.888	3.808	2.65	1.67	1.45	0.46	0.63	0.44	0.01	0.01	0.01	0.534	0.725	0.534	0.103	0.504	0.038	4.901	10.427	6.28
4	5.320			1.76				0.69		0.02			0.759				0.482			9.031	
5	1.579	11.928	4.256	1.65	9.85	2.45	0.96	1.89	0.90	0.08	0.01	0.01	0.790	1.46	0.651	0.236	1.011	0.21	5.215	26.219	8.477
6	1.052	1.344	2.128	0.90	1.80	1.65	0.71	0.80	0.69	0.02	0.01	0.01	0.534	0.615	0.534	0.133	0.414	0.103	3.329	4.993	5.115
7	1.109	5.068	4.032	1.20	6.95	1.98	0.69	1.67	0.83	0.03	0	0	0.730	1.35	0.774	0.125	0.696	0.164	3.854	15.734	7.78
8	0.795	1.680	1.652	2.10	1.86	1.60	0.68	0.81	0.53	0.04	0	0	0.534	0.65	0.534	0.034	0.148	0.090	4.143	5.188	4.06
9	2.016			1.40				0.71		0.02			0.23				0.57			4.946	
10	1.310	3.360	2.744	1.50	1.90	1.50	0.35	1.05	0.85	0.02	0.01	0.01	0.534	0.65	0.534	0.205	0.405	0.001	3.899	7.385	5.639
12	1.658	11.648	2.632	2.80	2.70	1.90	0.76	1.28	4.69	0.03	0.02	0.02	0.615	1.35	1.46	0.296	0.984	1.63	6.129	17.992	12.332
13	1.120	10.528	1.512	2.05	2.00	1.45	0.39	0.68	0.45	0.02	0.01	0.01	0.615	1.06	0.615	0.129	0.09	0.044	4.304	14.378	4.081
14	1.445	3.248	1.624	2.60	1.55	1.49	0.52	0.67	0.61	0.01	0.03	0.03	0.534	0.826	0.651	0.004	0.338	0.088	5.103	6.642	4.493
15	0.941	7.392	1.378	1.70	1.75	1.45	0.45	0.96	0.48	0.01	0.02	0.02	0.534	1.06	0.680	0.247	0.431	0.036	3.872	11.601	4.044
16	0.974	15.568	1.428	1.20	1.75	1.65	0.39	1.07	0.49	0.01	0.01	0.01	0.534	1.06	0.534	0.179	0.015	0.087	3.277	19.477	4.199
17	5.432			1.35				0.37		0			0.65				0.242			8.044	
18	1.232	1.624	1.568	2.10	1.20	1.35	0.56	0.61	0.65	0.01	0.02	0.02	0.534	0.743	0.592	0.209	0.263	0.048	4.635	4.45	4.228
19	1.299	0.784	2.086	2.30	0.95	1.45	0.53	0.52	0.50	0.02	0.03	0.03	0.534	0.534	0.534	0.087	0.338	0.10	4.86	3.146	4.70
20	1.109	2.856	2.086	0.90	1.90	1.75	0.51	1.25	0.43	0.03	0.02	0.02	0.534	0.783	0.534	0.058	0.245	0.055	3.111	7.064	4.875
21	0.829	0.504	1.484	1.25	1.10	1.30	0.62	0.49	0.59	0.02	0.02	0.02	0.534	0.534	0.534	0.050	0.313		3.283	2.961	3.928
22	0.605	1.680	1.428	0.60	1.05	1.55	0.53	0.63	0.44	0.02	0.02	0.02	0.534	0.534	0.534	0.171	0.637		2.44	4.551	3.972
23	4.536			1.25				0.43		0.01			1.010				0.138			7.374	
A	5.180	12.096	23.800	64.95	23.20	21.50	4.30	2.53	10.13	0.06	4.67	0.06	1.550	1.680	1.890	1.571	2.213	2.23	77.551	41.779	64.22
B	2.968	13.888	25.060	41.90	9.70	19.00	6.51	6.67	11.07	0.58	6.00	0.58	1.680	1.680	2.130	2.158	2.767	2.04	55.216	35.285	65.30
C	4.900	15.464	14.896	36.20	8.15	9.40	4.51	3.79	6.27	0.56	0.77	0.56	1.680	1.680	1.730	0.199	3.007	1.65	48.669	33.651	34.716
D	4.676	11.088	7.420	16.35	8.99	4.55	3.39	4.93	5.33	0.53	0.36	0.53	0.574	1.680	1.220	1.443	3.498	0.85	26.433	30.716	19.73
E	4.256	14.336	20.440	7.90	4.95	37.70		7.20		0.62	3.00	0.62	1.550	2.220	1.680		3.50	1.13	13.706	32.826	62.82
11a	3.114	16.912	20.160	5.35	7.45	6.90	3.36	3.96	15.07	0.07	0.46	0.07	1.120	2.060	2.010	1.839	1.90	2.02	14.783	32.352	46.62
11b	4.010	6.496	20.300	27.40	3.60	9.55	15.90	6.93	36.00	0.58	0.68	0.58	1.460	2.220	1.890		4.01	2.17	51.53	23.836	70.59

表 8 海河口区底质各污染因子的质量分指数及综合质量指数

因子 (分指数) 站号									P (综合指数)
	S	TOC	TP	TON	HA	AS	IL	ΣP_i	
1	0.6	0.95	0.97	0.88	0.88	1.14	0.93	6.36	0.91
2	0.17	/	0.81	/	/	0.6	/	1.58	0.53
3	0.15	1.0	1.02	1.0	1.04	1.17	1.03	6.41	0.92
4	0.02	/	0.75	/	/	/	/	0.77	0.39
5	0.108	1.03	1.08	1.25	1.26	1.03	1.08	6.84	0.98
6	0.220	0.99	1.02	1.0	0.99	1.05	1.05	6.32	0.90
7	0.03	1.03	0.98	1.13	0.91	0.68	1.50	6.26	0.89
8	0.1	0.88	0.99	0.75	0.93	0.87	1.0	5.52	0.79
9	0.05	/	0.77	/	/	0.61	/	1.43	0.48
10	0.16	0.84	0.97	0.88	0.76	1.14	1.05	5.8	0.83
12	0.53	0.80	0.85	0.88	0.62	1.08	0.77	5.53	0.79
13	0.57	0.82	0.78	0.75	0.87	0.81	0.86	5.46	0.78
14	0.88	0.65	0.78	0.5	0.62	0.75	0.75	4.93	0.70
15	0.58	0.94	0.88	0.88	0.87	1.04	0.91	6.1	0.87
16	0.69	0.88	0.94	1.0	0.88	0.75	0.94	6.09	0.87
18	0.127	0.82	0.86	0.75	0.82	0.75	0.81	4.98	0.71
19	0.368	0.89	0.91	0.75	0.76	1.10	1.02	5.8	0.83
20	0.266	0.88	0.86	0.88	0.81	0.84	1.0	5.54	0.79
21	0.036	0.88	0.91	0.88	0.93	0.93	1.04	5.61	0.80
22	0.113	0.84	0.91	1.0	0.89	0.81	0.95	5.51	0.79
11a	4.42	1.54	1.11	1.9	1.76	3.25	1.15	15.13	2.16
11b	2.27	1.29	0.97	1.13	1.73	4	0.98	12.37	1.78
E	6.49	2.56	1.43	2.5	3.51	15	0.95	32.89	4.7
A	0.120	0.99	1.02	0.75	0.88	0.75	0.98	5.49	0.78
B	0.05	0.85	0.89	0.63	0.45	1.15	0.80	4.82	0.67
C	0.175	0.80	0.83	0.63	0.64	1.05	0.74	4.87	0.69
D	0.05	1.08	0.84	1.0	1.05	1.27	0.91	6.2	0.89

和 CB 在枯水期 (5 月) 均未出现超标; 丰水期 (8 月) 超标率分别为 5%, 27% 和 31%; 平水期 (10 月) 水质又有好转, COD 和 CB 只有个别站位超标。外河口近岸海区各测站的 AS 含量都在标准值以下, 其质量分指数值均小于 1。

须要特别说明的是, TN 和 TP 的标准是根据我国一类海水水质标准推算出来的。然而我们和其他一些研究者根据自己的工作, 都认为一类海水水质标准中 TIN 和 TIP 的标准 (0.1 mg/L 及 0.015 mg/L) 订得过严。这样, 在本调查中所采用的 TN 和 TP 的标准也就偏严了。但是在新的海水水质标准尚未制订之前, 我们仍然依据现行的标准来计算各因子的质量。可是, 即使放宽标准, 例如把标准值增大三倍, 调查区 8 月份水质的超标情况仍然是较重的。

3. 环境质量的分级

5 月缺 AS 的测定值, 但 AS 的分指数在综合质量指数中所占的比例甚微, 所以 5 月

可以与 8, 10 月按同一水质质量分级标准 (表 9) 进行评价。

表 9 水质质量的分级

分级	综合质量指数	污染评价
I	<3.5	良好,符合一类海水水质标准
II	3.5—5.0	尚好,水质污染的最高允许上限
III	5.0—10.0	轻度污染
IV	10—15	中等污染
V	15—25	重污染
VI	>25	严重污染

底质质量的分级列于表 10。

表 10 底质质量的分级

分级	综合质量指数	污染评价
I	<0.6	未污染,各要素含量低于背景值上限
II	0.6—0.8	良好,受排污影响较弱
III	0.8—0.9	尚好,已受排污影响
IV	0.9—1.0	轻度污染
V	1.0—2.0	中等污染
VI	>2	重污染

4. 环境质量图的绘制及评价

海河口区海域面积不大,我们绘制环境质量图时以调查站位为基础进行划区,即一个站为一个评价单元。由于站位不是等距离均匀布点,故以相邻两站的中点划线绘制方框。这样,河口区海域部分 (包括 11a 和 11b 两站) 共划分为 24 个评价单元,每一单元即用所

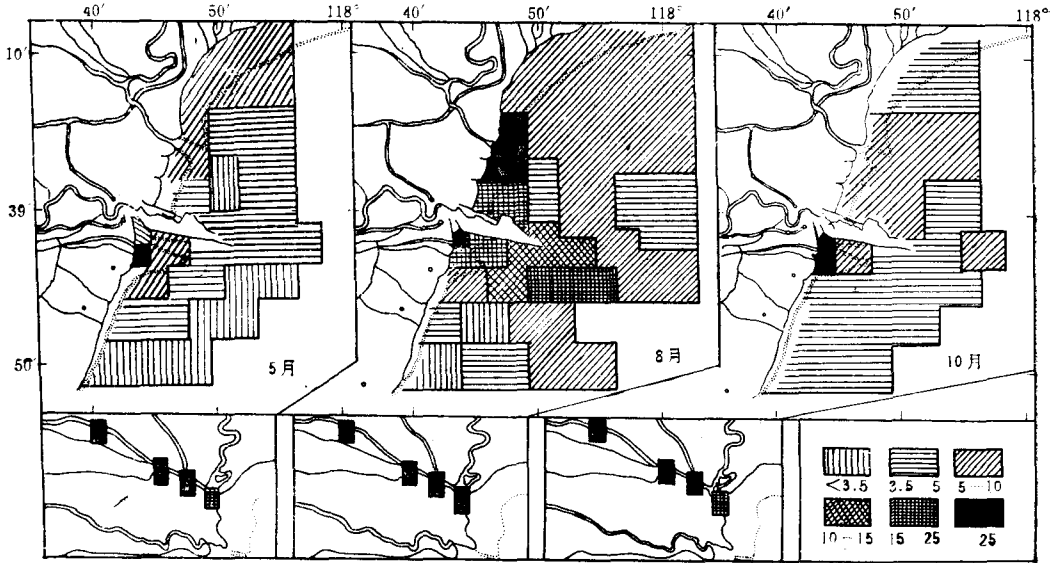


图 3 海河口区水质质量评价图 (1984 年)

在站位号编号,因而各评价单元所代表的面积也就不尽相同。

根据表 7 各测站的综合质量指数和表 9 的分级标准,可分别得到 1984 年 5 月,8 月和 10 月的水质质量评价图(图 3)。

水质质量评价结果表明,5, 8, 10 月海河口区的水质污染程度有很大差异。5 月(枯水期),北塘口外海域的 1, 5 区和近岸的 12, 14 区属轻度污染,南排污河口的 11b 区属严重污染,海河口的 11a 区属中等污染,其余海区的水质基本良好。5 月份中等污染以上的区域约占调查区总面积的 1.4 %。8 月份(丰水期)调查海区受污染的程度明显加重,北塘口的 5 区和海河口的 11a 区是严重污染区,北塘口的 7 区和南排污河口的 11b 区,以及 12, 16 区属重污染,13, 15 区属中等污染,其余海区除 6, 9, 18, 22 区水质尚好,19, 21 区属良好外,都属轻度污染。8 月份中等污染以上的区域约占调查区总面积的 26 %。10 月份(平水期)调查海区的水质有所好转,北塘口外海域的 3, 5, 6, 7, 10 区属轻度污染,而大沽排污口附近仍污染严重,其余海区大多水质尚好;其中等污染以上区域的面积与 5 月份相同。由此可见,丰水期海河口区污染的程度与范围都大于平水期和枯水期,这显然是由于丰水期间河川径流量剧增,农田沥水大量排注入海,这些入海淡水携带的有机污染物总量大为增加,而此时海域内又风向不定,风海流较弱。此时除点源污染外,面源污染也十分突出。对比北塘口外和大沽口外海域水质的污染程度,可以发现,后者较前者严重。

根据表 8 绘制的底质质量评价图见图 4, 从图可以看出,底质污染最严重是南排污河

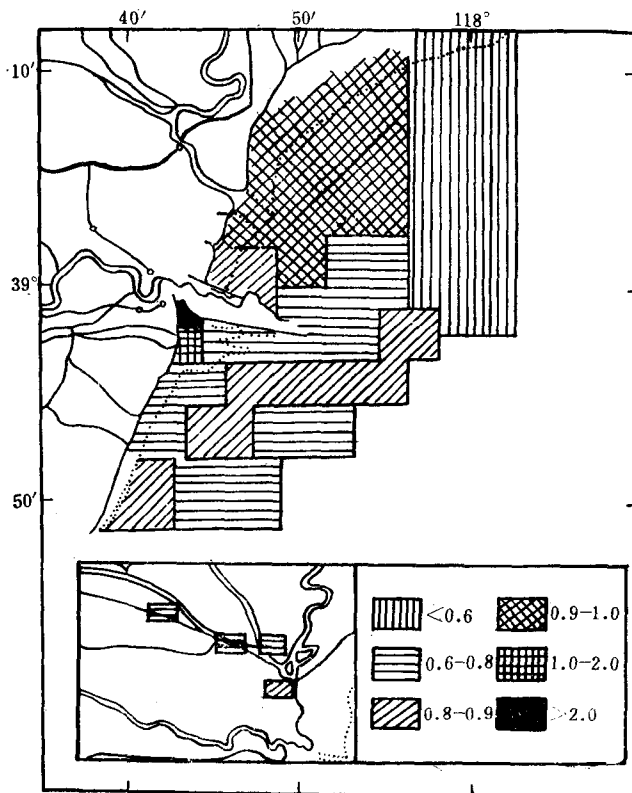


图 4 海河口区底质质量评价图(1984 年)