

海河口浮游植物生态学特征

王玉芳, 任金刚, 王永献, 周晓翠, 黄磊

(水利部海委海河下游管理局, 天津 300061)

摘要:研究了2014年5月和8月海河口9个站点的浮游植物物种及其群落特征。通过调查发现海河口有浮游植物48种,隶属于7门21科33属,以硅藻门、蓝藻门和绿藻门为主,总占比75.83%,优势种为鱼害微囊藻和中肋骨条藻。各断面浮游植物的平均密度为 $1.654.21 \times 10^4$ cells/L,其中采样断面3号点位在8月份密度最高。生物量平均值5月份为1.235mg/L,8月份略高为1.262mg/L。浮游植物Shannon-Wiener多样性指数(H')平均值为0.97, Margalef丰富度指数(D)平均为2.24, Pielou均匀度指数(J)平均为0.25。研究结果表明,海河口水体处于中污型的中营养水平。

关键词:浮游植物;生态特征;海河口

中图分类号:X826

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2016)04-0070-06

1 概况

河口是入海河流的尾闾,受海洋过程和陆地过程相互作用和影响,自然条件比较复杂,往往是自然灾害的高发区,生态保护的重点区。海河口是天津滨海新区发展的重点,地理位置和经济环境优越,有我国北方最大国际贸易港口天津港和中国渤海石油公司、天津港保税区、天津经济技术开发区、新辟的临港工业区、塘沽盐场、天津港散货物流中心、天津化工基地和滨海风景旅游区等。目前针对海河口的研究多集中在水利工程、治导线、清淤工程等的规划建设方面,而对于区域内的生态现状与生态安全的研究比较少。近年来随着下泄径流急剧减少,河口水流动力已被潮汐动力所控制^[1]而填海造陆以及工农业生产等人类活动的急剧增加更加剧了海河口的环境恶化,死鱼现象和赤潮时有发生。

本研究通过对海河口浮游植物的调查取样,实验室鉴定以及数据分析,掌握了该地区浮游植物的时间和空间分布基本规律,得到调查区域的基础数据,为该区域的水资源保护和水生态环境改善提供重要的基础数据。

2 样品与方法

2.1 范围

本研究布点范围从海河防潮闸开始,向入海口均

匀布点,共设置9个点位,利用GPS定位,分别在5月和8月采样2次,表征春季和夏季浮游植物状况。

2.2 断面设置

共设置9个断面,其中海河防潮闸上1个断面(1号点位)、一港池1个断面(2号点位)、一港池到排污口均匀布设3个断面(3、4、5号点位)、排污口1个断面(6号点位)、三岔口1个断面(7号点位)、闸下1个断面(8号点位)、新港船闸1个断面(9号点位)。具体断面位置布设如图1和表1所示。

2.3 样品的采集及处理方法

本研究采集浮游植物定性和定量样品,采集工具有浮游植物采集网和采水器,浮游生物网的孔径一般为 $64\mu\text{m}$ (25号)。采水器为不锈钢北原式采水器,容量为5L。定性水样用甲醛溶液固定^[2]。

每升水样中浮游植物数量的计算公式如下:

$$N = \frac{A \times V_s \times n}{A_c \times V_a}$$

式中: N 为1L水样中浮游植物数量(cell); A 为计数框面积(mm^2); A_c 为计数面积或视野面积(mm^2); V_s 为1L原水样沉淀浓缩后的体积(ml); V_a 为计数框的容积(ml); n 为计数所得浮游植物的数目(cell)。

2.4 水生植物多样性与优势种的确定

选取 α -多样性测度中的物种多样性指数、丰富度指数、均匀度指数及优势度,采用以下公式计算:



图1 海河口浮游植物调查断面布设示意图

Fig.1 The sections of the phytoplankton investigation in the Haihe river mouth

表1 海河口浮游植物调查断面位置

Table1 The section location for the phytoplankton investigation in the Haihe river mouth

编号	名称	纬度(N)	经度(E)
1	防潮闸上	38°59'10.07"	117°42'42.75"
2	一港池	38°56'52.61"	117°46'51.28"
3	航点 013	38°56'53.58"	117°45'57.02"
4	航点 014	38°57'02.31"	117°45'25.77"
5	航点 015	38°57'18.21"	117°44'33.85"
6	排污口	38°57'43.59"	117°43'34.58"
7	三岔口	38°58'38.66"	117°42'44.29"
8	闸下	38°59'00.89"	117°42'47.32"
9	新港船闸	38°59'27.26"	117°42'50.07"

Shannon—wiener 多样性指数 (H')^[2]:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \times \log_2 P_i$$

Margalef 丰富度指数 (D)^[2]:

$$D = \frac{(S-1)}{\ln N}$$

Pielou 均匀度指数 (J)^[2]:

$$J = \frac{H'}{\ln(S)}$$

优势度 (Y):

$$Y = \left(\frac{n_i}{N} \right) \times f_i$$

式中: N 为所有物种的总个体数; S 为采集样品中的物种总数; P_i 为第 i 种的个体数与样品中的总个数的比值; n_i 为第 i 种的总个体数; f_i 为第 i 种在各站位出现的

频率; Y 值大于 0.02 的种类为优势种。

3 结果与讨论

3.1 海河口浮游植物种类组成及分布

本研究经取样分析后共发现浮游植物 48 种, 隶属于 7 门 21 科 33 属, 蓝藻门有 3 科 10 属 15 种, 占总种数的 31.25%; 硅藻门有 6 科 8 属 15 种, 占总种数的 31.25%; 绿藻门有 4 科 5 属 7 种, 占总种数的 14.58%; 甲藻门有 4 科 4 属 4 种, 占总种数的 8.33%; 金藻门有 2 科 2 属 3 种, 占总数的 6.25%。从分析结果可见, 调查水域浮游植物种类以硅藻门、蓝藻门和绿藻门为主。调查水域浮游植物的种类组成情况见表 2 和图 2。根据采样结果统计, 各断面浮游植物种类情况详见表 3。

表2 海河口浮游植物种类组成表

Table2 The species composition of phytoplankton in the Haihe river mouth

序号	门类	种数 / 种	比例 / %
1	蓝藻门	15	31.25
2	绿藻门	7	14.58
3	硅藻门	15	31.25
4	甲藻门	4	8.33
5	隐藻门	2	4.17
6	裸藻门	2	4.17
7	金藻门	3	6.25
	合计	48	100

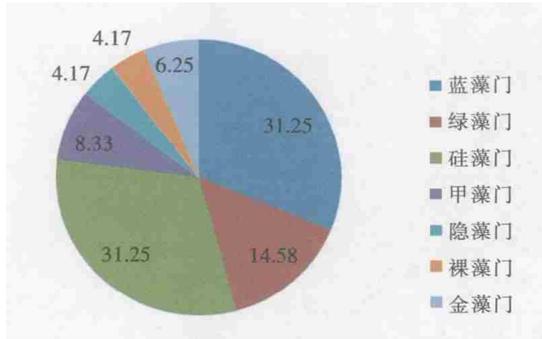


图2 海河口浮游植物种类组成图(%)

Fig.2 The species composition of phytoplankton in the Haihe river mouth (%)

表3 海河口各断面浮游植物种类组成

Table3 The species composition of phytoplankton at the various sections of the Haihe river mouth

种类	点位								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
蓝藻门	5	3	5	4	4	4	5	4	7
绿藻门	1	4	0	1	1	0	1	2	1
硅藻门	1	1	3	4	4	3	2	3	2
甲藻门	1	2	0	0	0	0	1	2	0
隐藻门	0	2	0	0	0	0	0	0	0
裸藻门	0	1	0	0	1	0	1	0	1
金藻门	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合计	8	13	8	9	10	7	10	11	11

表5 海河口各断面浮游植物密度分布表 (10⁴ cells/L)

Table5 The distribution of phytoplankton density at the various sections of the Haihe river mouth (10⁴ cells/L)

站位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均值	
5月	蓝藻门	0.15	0.00	0.01	0.08	0.02	0.04	0.00	702.07	3 003.95	411.813
	绿藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.484	0	6.609
	硅藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	2.833	0.315
	甲藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00
	隐藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00
	裸藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00
	金藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00
	合计	0.15	0.00	0.01	0.08	0.02	0.04	0.00	761.554	3 006.783	418.737
8月	蓝藻门	136.43	1 079.74	3 146.55	549.11	327.71	9.81	652.74	111.34	204.59	690.89
	绿藻门	6.50	77.83	0.00	0.00	8.92	0.00	21.40	0	5.61	13.36
	硅藻门	435.28	1 328.15	2 785.02	2 420.31	4 021.64	2 064.07	2 404.96	3 682.91	477.83	2 180.02
	甲藻门	6.50	3.31	0.00	0.00	0.00	0.00	2.68	8.79	0	2.36
	隐藻门	0.00	9.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	1.10
	裸藻门	0.00	4.97	0.00	0.00	4.46	0.00	5.35	0	2.80	1.95
	金藻门	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00
	合计	584.71	2 503.94	5 931.57	2 969.42	4 362.73	2 073.88	3 087.13	3 803.04	690.83	2 889.68

本次调查获得的浮游植物优势种有2种, 鱼害微囊藻 *Microcystis ichthyoblabe* Kutz. (优势度 0.02)、中肋骨条藻 *Skeletonema macostatum* (优势度 0.35), 详见表4。

表4 海河口浮游植物优势种与优势度一览表

Table4 The list of dominant species and dominance of phytoplankton in the Haihe river mouth

序号	优势种	所属门类	优势度
1	鱼害微囊藻	蓝藻门	0.02
2	中肋骨条藻	硅藻门	0.35

3.2 浮游植物密度

各断面浮游植物的密度波动范围为0.0045~5 931.57×10⁴ cells/L, 平均密度为1 654.209×10⁴ cells/L, 其中采样断面3号点位在8月份密度最高, 达到5 931.57×10⁴ cells/L, 其次为8月份采样断面8号点位, 达到3 803.04×10⁴ cells/L, 密度最低的采样断面7号点位5月份, 为0.0045×10⁴ cells/L。调查水域浮游植物密度分布见表5和图3~4。

根据以上各断面浮游植物密度分布情况可见, 从时间分布看, 8月份比5月份的密度要高很多, 说明夏季浮游植物更活跃。

从空间分布情况看, 5月份海河防潮闸上1号点位、闸下8号点位和新港渔船闸9号点位密度较高, 即

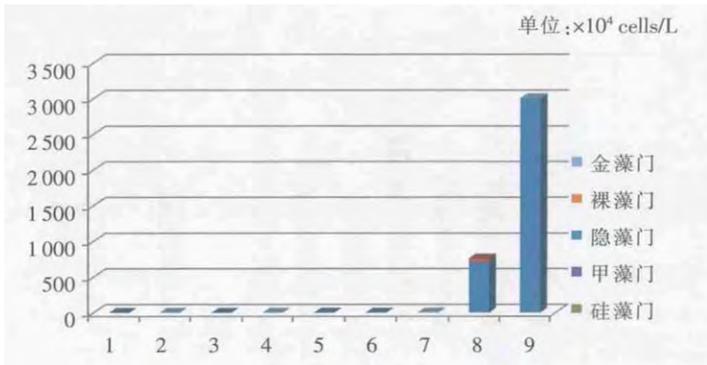


图3 海河口5月份各断面浮游植物密度分布图

Fig.3 The distribution of the phytoplankton density at the various sections of the Haihe river mouth in May

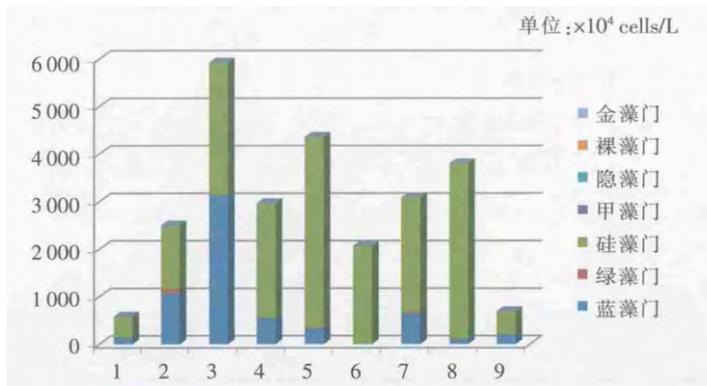


图4 海河口8月份各断面浮游植物密度分布图

Fig.4 The distribution of the phytoplankton density at the various sections of the Haihe river mouth in August

近闸处的3个点位密度较高,闸下通道内其他各点位密度较低;而8月份则相反,除1号和9号点位密度较低外,其他各点位密度都很高。说明浮游植物密度受季节影响很大,夏季更利于浮游植物的生长和繁殖,密度更高。另外可看出在温度较低的5月份,咸淡水的交汇(近闸区)也有利于浮游植物的生长和繁殖。

结合种类分布情况看,5月份各断面以蓝藻门为主;8月份以硅藻和蓝藻门种类为主,是否可以预示春季海河口更容易发生水华而夏季则更可能发生赤潮。

3.3 海河口浮游植物生物量

本次调查各断面浮游植物的生物量波动范围为0.005~7.392 mg/L,平均生物量5月份为1.235 mg/L,8月份为1.262 mg/L。5月份断面9的生物量最高,为7.392 mg/L。调查水域各断面浮游植物生物量分布见表6和图5~6(图5中10对应的为各点位平均值)。

根据以上各断面浮游植物生物量分布图表可以看出,时间分布上8月份比5月份各断面生物量普遍增高,只有新港渔船闸9号点位有所降低,总体是明显增大,从另一侧面说明夏季浮游植物更多更活跃。

从空间分布情况看,5月份新港渔船闸9号点位生物量独树一帜高,闸下通道内各点位生物量均较低;

表6 海河口各断面浮游植物生物量分布表(mg/L)

Table6 The distribution of the phytoplankton biomass at the various sections of the Haihe river mouth (mg/L)

	站点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均值
5月	蓝藻门	0.006	0.000	0.695	0.001	0.000	0.024	0.029	0.001	7.307	0.896
	绿藻门	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000	0.047	0.000	0.006
	硅藻门	0.000	0.000	0.000	0.000	2.918	0.000	0.000	0.000	0.085	0.334
	甲藻门	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	隐藻门	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	裸藻门	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	金藻门	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	合计	0.006	0.000	0.695	0.005	2.918	0.024	0.029	0.048	7.392	1.235
8月	蓝藻门	0.046	0.011	0.408	0.084	0.100	0.008	0.078	0.061	0.013	0.090
	绿藻门	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001
	硅藻门	0.218	0.664	1.418	1.279	1.988	1.055	1.195	1.843	0.239	1.100
	甲藻门	0.032	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.134	0.308	0.000	0.054
	隐藻门	0.000	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
	裸藻门	0.000	0.040	0.000	0.000	0.036	0.000	0.043	0.000	0.022	0.016
	金藻门	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	合计	0.297	0.749	1.826	1.364	2.125	1.064	1.450	2.211	0.274	1.262

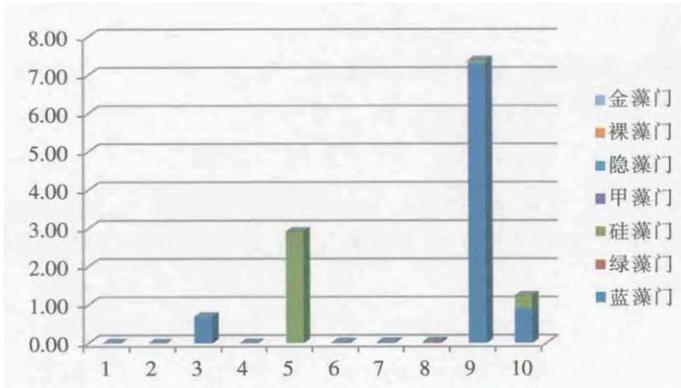


图5 海河口 5 月份各断面浮游植物生物量分布图

Fig.5 The distribution of the phytoplankton biomass at the various sections of the Haihe river mouth in May

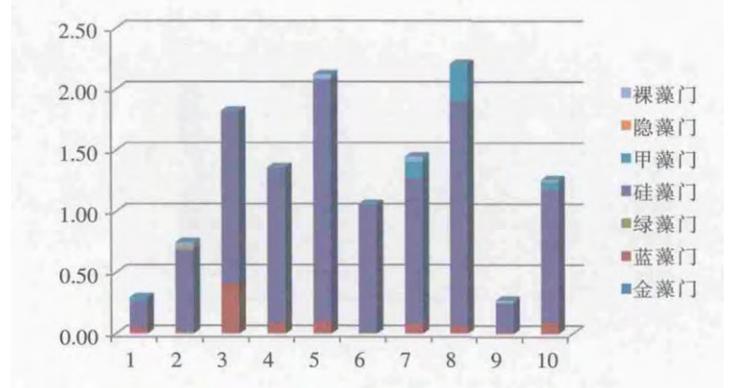


图6 海河口 8 月份各断面浮游植物生物量分布图

Fig.6 The distribution of the phytoplankton biomass at the various sections in the Haihe river mouth in August

表7 海河口浮游植物多样性指数一览表

Table7 The diversity index of phytoplankton in the Haihe river mouth

项目	站点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	平均
Shannon-Wiener(H')	5月	0.49	0.22	0.35	1.09	0.98	1.21	1.62	1.08	0.70	0.86
	8月	1.24	1.28	1.33	0.77	1.50	0.94	0.97	0.72	0.68	1.05
Margalef(D)		1.81	3.10	1.81	2.07	2.32	1.55	2.32	2.58	2.58	2.24
Pielou(J)	5月	0.13	0.06	0.09	0.29	0.26	0.32	0.43	0.28	0.18	0.23
	8月	0.33	0.34	0.35	0.20	0.40	0.25	0.25	0.19	0.18	0.27

表8 湖泊营养类型评价的藻类生物学指标与标准(况琪军等^[3],2005年)

Table8 The algae biological index and standard of evaluation of lake nutrient type

评级指标	评价标准						
	极贫营养	贫营养	贫中营养	中营养	中富营养	富营养	极富营养
生物量/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	<0.1	<1.0	<3.0	<5.0	<7.0	<10.0	≥ 10.0
细胞密度/ $10^6\cdot\text{L}^{-1}$	≤ 0.5	≤ 1.0	1~9	10~40	41~80	81~99	
种群结构	甲藻、金藻、硅藻		蓝藻、绿藻、硅藻、鼓藻			蓝藻、硅藻、绿藻、裸藻	
丰富度指数 D 值	5(清洁), >4(寡污), >3(β -中污), <3(α -中污)						
多样性 H' 值	>3(轻或无污染), 1~3(中污染), 0~1(重污染)						

而 8 月份则相反,除 9 号点位生物量呈下降趋势外,其他各点位生物量都明显上升。

结合种类分布情况看,5 月份各断面以蓝藻门为主,部分断面有硅藻门;8 月份则各断面硅藻门大爆发,偶尔有蓝藻门存在,这和 3.2 结论一致,预示春季海河口更容易发生水华而夏季则更可能发生赤潮。

3.4 海河口浮游植物现状评价

海河口浮游植物多样性指数见表 7。浮游植物 Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 波动范围为 0.22~1.62,平均为 0.97;Margalef 丰富度指数 (D) 波动范围为 1.55~3.10,平均为 2.24;Pielou 均匀度指数 (J) 波动

范围为 0.06~0.43,平均为 0.25。营养类型评价的藻类生物学指标与标准见表 8。

根据表 8 的评价标准,从海河口浮游植物生物量可见,研究水域 5 月份为 1.235mg/L,8 月份为 1.262mg/L,均 <3,为贫中营养水体;从浮游植物密度可见,5 月份平均密度为 $4.19 \times 10^6 \cdot \text{cells/L}$,在 1~9 区间内,为贫中营养水体,8 月份平均密度为 $28.90 \times 10^6 \cdot \text{cells/L}$,在 10~40 区间内,为中营养水体,全年平均为 $16.54 \times 10^6 \cdot \text{cells/L}$,在 10~40 区间内,为中营养水体;从 Shannon-Wiener 物种多样性指数 H' 值来看,研究水域 5 月份平均值为 0.86,在 0~1 范围内,为重污染,8 月份平均值为 1.05,在 1~3 范围内,为中污染;从 Margalef 丰富

度指数 D 值来看,平均值为 $2.24 < 3$,水质属于 α -中污;从种群结构来看,各采样点均以蓝藻、硅藻门和绿藻门占绝对优势,反映出水体的营养状况为富-极富营养型。

由上可见,依据浮游植物生物量(贫中营养)、密度(贫中-中营养)、种群结构(富-极富营养)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')(中-重污型)、Margalef 丰富度指数(D)(α -中污)综合考虑,同时结合水质现状,本水体处于中污型的富营养水平。

4 结论

本研究调查取样 2 次,对海河防潮闸附近 9 个点位进行了浮游植物的定性定量研究,采得水样 72 个,通过综合分析,初步掌握了研究区域浮游植物分布的基本规律。

研究样本共发现浮游植物 48 种,隶属于 7 门 21 科 33 属。从种类数量上,蓝藻门和硅藻门数量较多,各占总种类数的 31.25%。其中,闸下的种类数(11 种),明显高于闸上(8 种)。优势种有 2 种,鱼害微囊藻 *Microcystis ichthyoblabe* Kutz.(优势度 0.02)、中肋骨条藻 *Skeletonema macostatum*(优势度 0.35)。

从细胞密度分析,各断面浮游植物的密度波动范围为 $0.0045 \sim 5931.57 \times 10^4$ cells/L,平均生物密度为 1654.21×10^4 cells/L。从时间分布看,8 月份比 5 月份的密度要高很多,说明夏季浮游植物更活跃;从空间分布看,5 月份闸上及近闸处点位高于闸下通道内远离闸的各点位,而 8 月份则相反,说明 8 月份海水温度较高时,闸下通道的广阔空间更适宜浮游植物生长,而 5 月份闸下通道内海水温度较低,闸上淡水或闸下近闸处混合区水温相对更高更适宜浮游植物生长繁殖;从种类分布情况看,5 月份各断面以蓝藻门为主;8 月份以硅藻门种类为主,偶有蓝藻门。细胞密度及其种类分布特征充分说明浮游植物密度受季节和温度影响较大,夏季及水温相对高的环境更利于浮游植物的生长和繁殖,密度更高,且春季海河口更容易发生水华而夏季则更可能发生赤潮。

从生物量分析,各断面浮游植物的生物量波动范围为 $0.005 \sim 7.392$ mg/L,平均生物量 5 月份为 1.235 mg/L,8 月份为 1.262 mg/L。显然生物量受季节影响比较大,8 月份比 5 月份各断面生物量普遍增高,只有新港渔船闸 9 号点位 8 月份比 5 月份有所降低,可能与水体交换太过频繁有关,即水温较低的时候水体交换频繁区

域更适宜浮游植物,尤其是蓝藻的生长繁殖,而水温较高时则在水体交换不太频繁的区域更适宜浮游植物,主要是硅藻的生长繁殖。

从浮游植物多样性和丰富度指数分析,浮游植物 Shannon-Wiener 多样性指数(H')波动范围为 0.22~1.62,平均为 0.97。研究水域 5 月份 H' 平均值为 0.86,在 0~1 范围内,为重污染,8 月份平均值为 1.05,在 1~3 范围内,为中污染,故水质属于中污型;从 Margalef 丰富度指数 D 值来看,平均值为 $2.24 < 3$,水质属于 α -中污。

从种群结构来看,各采样点均以蓝藻、硅藻门和绿藻门占绝对优势,反映出水体的营养状况为富-极富营养型。

从浮游植物的营养评价数据分析,本次研究水域水体属于中污型的富营养水平,8 月份比 5 月份情况略好一些。

通过以上研究分析可以看出,浮游植物数量的分布和变动,主要受其繁殖(特别是优势种)和浓聚作用所左右,而繁殖又受外界环境条件(如温度、水体交换情况等)的影响,因此浮游植物的数量通常具有时空变化激烈的特点^[4]。总体来说,夏季、温度较高的环境更适宜浮游植物的生长繁殖,水量增大、水体交换频繁更有利于水质向好的水平发展。

参考文献:

- [1] 温随群,邢焕政.海河口水沙特征及运动规律分析[J].海河水利,2004,(2):28-31. (WEN Suiqun, Xing Huanzheng. The characteristics and motion law of water and sediment in Haihe River mouth [J]. Haihe Water Conservancy, 2004,(2):28-31.(in Chinese))
- [2] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会.水和废水监测分析方法(第4版)[M].北京:中国环境科学出版社,2002.(Editorial Board of Water and Wastewater Monitoring and Analysis Method of State Environmental Protection Administration. Water and Wastewater Monitoring Analysis Method (4th edition) [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2002. (in Chinese))
- [3] 况琪军,马沛明,胡征宇,等.湖泊富营养化的藻类生物学评价与治理研究进展[J].安全与环境学报,2005,5(2):87-91.(KUANG Qijun, MA Peiming, HU Zhengyu, et al. Research progress on the research progress in the assessment and treatment of eutrophication of lake eutrophication [J]. Safety and Environment, 2005,5(2):87-91. (in Chinese))
- [4] 顾新根.对马渔场冬季浮游植物的分布生态研究[J].海洋渔业,1994,16(2):55-58,62. (GU Xingen. The study on the distribution of phytoplankton in the winter of Ma fishing ground [J]. Marine Fisheries, 1994,16(2):55-58, 62. (in Chinese))

(下转第 84 页)

- [9] 李国芳,陈阿平,华家鹏. 设计潮位计算中若干问题探讨[J]. 水电能源科学, 2006,24(3):35-38. (LI Guofang, CHEN Aping, HUA Jiapeng. Problems and improvements in design tidal level calculation[J]. Water Resources and Power, 2006,24(3):35-38. (in Chinese))
- [10] 龚政,张茜,赵亚昆,等. 江苏沿海无资料地区海堤工程设计潮位推算方法[J]. 水利水电科技进展, 2013,33(3):14-17. (GONG Zheng, ZHANG Qian, ZHAO Yakun, et al. A calculation method of design tide levels for seawalls at Jiangsu coast without tide level observation data [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2013,33(3):14-17. (in Chinese))
- [11] 李松仕,林永泉,胡美英. 福建沿海设计潮位查算图研制[J]. 水文, 2000,20(1):26-30. (LI Songshi, LIN Yongquan, HU Meiyong. developing of the calculating diagram on design high tide level in Fujian coastal areas [J]. Hydrology, 2000,20(1):26-30. (in Chinese))

Analysis of Design High Tide Levels in Ningbo Coastal Area

CHEN Wangchun, XU Qiliang, WANG Ying

(Ningbo Hydrology Bureau, Ningbo 315020, China)

Abstract: Selecting 16 representative tidal stations in the Ningbo coastal area, annual maximum extreme value distribution method, annual highest tide level Pearson- distribution method, extreme difference ratio method, and high tide level synchronous correlation method were used to make frequency analysis. Then a chart of high tidal level in different coastal area according to the calculation results was developed, which can provide a construction reference for coastal engineering and design high tidal level of the area without observation data.

Key words: Ningbo coastal; design high tidal level; frequency analysis; calculation diagram

(上接第 36 页)

Precipitation Change Trend in Pearl River Delta Area and Relation with Aerosol from 1980 to 2010

LI Shenlin^{1,2}, CHEN Xiaohong^{1,2}, LAI Chengguang^{1,2}, WU Xiaoqing^{1,2}

(1. Center for Water Resources and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Key Laboratory of Water Cycle and Water Security in Southern China of Guangdong Higher Education Institutes, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on the monthly precipitation data in the Pearl River Delta Area from 1980 to 2010, a Mann-Kendall trend test was made in this paper. The results show that the rainfall in the Pearl River Delta Area has a significant declining trend from February to April and a significant decreasing trend from June to September. This paper analyzed the causes of this trend from the perspective of aerosol. The precipitation, which is from February to April, has different rainfall patterns, compared to the precipitation from June to September, this paper hypothesized the increase of aerosol substance, to some extent, inhibited the formation of frontal gland precipitation from February to April and may also has some influence in the typhoon rain from June to September. There is also an explanation of the hypothesis.

Key words: rainfall; trend of change; Pearl River Delta; aerosol; frontal gland precipitation; Mann-Kendall

(上接第 75 页)

Ecological Characteristics of Phytoplankton in Haihe River Mouth

WANG Yufang, REN Jingang, WANG Yongxian, ZHOU Xiaocui, HUANG Lei

(Lower Reaches Management Bureau of HWCC, Tianjin 300061, China)

Abstract: The phytoplankton species and their community characteristics in May and August of 2014 were studied at the 9 sites in the Haihe River mouth. The results show that 48 species of phytoplankton were found in the Haihe River mouth, belonging to 33 genera, 21 families, 7 genera. The dominant species are diatoms, cyanobacteria and green algae, which is accounts for 75.83%. *Microcystis ichthyoblabe* Kutz and *skeletonema costatum* are main species. The average density of phytoplankton is 1654.21×10^4 cells/L. The density is highest at Site No.3 in August. The average of biomass is 1.235 mg/L in May and 1.262mg/L in August. It is slightly higher in August. The average of Shannon-Wiener diversity index (H') is 0.97. The average of Margalef index (D) is 2.24. The average of Pielou index (J) is 0.25. The result indicates that the water body of the Haihe River mouth is medium pollution and mesotrophice level.

Key words: phytoplankton; ecological characteristics; Haihe River mouth