

文章编号: 1004-7271(2002)03-0219-06

杭州湾漕泾沿岸水化学状况

蔡云龙¹, 臧维玲¹, 戴习林¹, 姚庆祯¹

江敏¹, 罗春芳¹, 徐桂荣², 丁福江²

(1. 上海水产大学渔业学院, 上海 200090; 2. 上海申漕特种水产开发公司, 上海 201507)

摘要 报道了 2001 年 1-12 月杭州湾畔金山漕泾地区用于水产养殖的河口沿岸水化学状况: 总含盐量(12.24 ± 1.92)g/L, 碱度(2.12 ± 0.27)mmol/L, pH 值为 7.99 ± 0.11 , 阴阳离子中含量最高者分别为 Cl^- (6.64 ± 1.04)g/L 与 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (3.76 ± 0.60)g/L, 属典型河口区水质特点, 系海水水质类型($\text{Cl}_{\text{III}}^{\text{Na}}$)。常规水质指标如下: Nt 为(1.32 ± 0.44)mg/L, 其中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 占 19.7%, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 占 78.8%, $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 占 1.6%, 活性磷 $\text{PO}_4^{3-} \text{-P}$ 含量为(2.04 ± 1.57) $\mu\text{g/L}$, 氮磷比(N/P)为 647(原子比); 化学需氧量(COD_{Mn})为(6.89 ± 1.76)mg/L; 五日生化需氧量(BOD_5)为(2.56 ± 0.52)mg/L; 溶解氧(DO)为(7.95 ± 0.56)mg/L。

关键词 沿岸水化学 水质指标

中图分类号 S912 文献标识码: A

Hydrochemistry of the coast along Caojing, Hangzhou Bay

CAI Yun-long¹, ZANG Wei-ling¹, DAI Xi-lin¹, YAO Qing-zhen¹

JIANG Min¹, LUO Chun-fang¹, XU Gui-rong², DING Fu-jiang²

(1. Fisheries College, Shanghai Fisheries University, Shanghai 200090, China;

2. Shanghai Shencao Special Fisheries Development Company, Shanghai 201507, China)

Abstract Hydrochemistry of the coast along Caojing, Hangzhou Bay was studied from January to December in 2001. The results are summarized as follows: total salt content was about (12.24 ± 1.92)g/L; alkalinity was (2.12 ± 0.27)mmol/L, and pH was 7.99 ± 0.11 ; Cl^- (6.64 ± 1.04)g/L and $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (3.76 ± 0.60)g/L were the richest among those anions and positive ions, thus water of this area had obvious estuary characteristics and subordinated to seawater style, namely $\text{Cl}_{\text{III}}^{\text{Na}}$; contents of effective nitrogen (Nt) in the area were rich and Nt content reached (1.32 ± 0.44)mg/L, with $\text{NH}_3\text{-N}$ amounting to 19.7%, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ amounting to 78.8% and $\text{NO}_2^- \text{-N}$ amounting to 1.6%; content of active phosphorus was (2.04 ± 1.57) $\mu\text{g/L}$ and N/P was 647; the chemical oxygen demand (COD_{Mn}) was (6.89 ± 1.76)mg/L; the biochemical oxygen demand (BOD_5) was (2.56 ± 0.52)mg/L; dissolved oxygen (DO) was (7.95 ± 0.56)mg/L.

Key words coast; hydrochemistry; aquatic index

河口区是陆地、海洋和大气之间各种过程相互作用最为复杂的水域, 其生态系统受到来自陆地和海洋双重作用的影响。全球约有二分之一的工业城市坐落在河口及邻近地区, 城市生产与生活的排废使河口区及邻近海域遭受了严重污染^[1]。地处杭州湾北岸的河口区(金山、南汇、奉贤等)也不例外。水质

成为开展水产养殖的关键因素之一,近些年已被人们所关注。1990年曾有报道杭州湾北岸潮间带水质的调查结果^[2],但近年来未见续报。杭州湾畔养殖用水取自潮间带,养殖所排放的废水常随潮水涨落又反复被纳入贮水河(一段半封闭的河道)作为养殖用水,有关这类水域的水化学状况报道较为罕见。因此,调查研究杭州湾水域水化学状况,对发展沿海水产养殖具有重要意义。臧维玲等^[3]曾于1999年取样测定了1-5月杭州湾沿岸水域水化指标。本文于2001年对杭州湾畔漕泾地区取作养殖的沿岸河口水化学指标进行了全年测定研究,所得结果将为今后开展养殖工作提供更为全面、科学的依据,这也是长江三峡截流工程完成以来首次所获的、较全面的杭州湾沿岸水域水化学测定结果,这也将有助于海湾河口水化学的深入研究。

1 材料与方法

1.1 取样时间与地点

选取金山区漕泾上海申漕特种水产开发公司养殖用水贮水河闸门外水域为采样点,于每月大、小潮高潮水深1~2m处取样分析测定水化指标。

1.2 测定内容与方法

pH用pHB-4型酸度计测定,用海水比重计测定现场比重,浑浊度用SZD-1型散射光台式浊度仪测定,盐度据比重换算,溶解氧(DO)与五日生化需氧量(BOD₅)用叠氮化钠碘量法测定,化学需氧量(COD)用碱性高锰酸钾法测定,硬度及硫酸根离子用络合法测定,碱度(A)用酸直接滴定法测定,氯离子(Cl⁻)以容量沉淀法测定,钠钾(Na⁺+K⁺)以差减法计算求得,总氮(NH₃-N)亚硝基氮(NO₂⁻-N)硝酸氮(NO₃⁻-N)及可溶性磷均用比色法测定^[4-9]。

2 结果与讨论

2.1 主要化学成分含量

2.1.1 水质类型

2001年1月-12月所测得的河口水各常量离子含量与平均值分别列于表1与表2。由表1可知,阴、阳离子含量最高者分别为Cl⁻和Na⁺+K⁺,且HCO₃⁻+SO₄²⁻<Mg²⁺+Ca²⁺,据阿列金分类法^[10],漕泾地区河口水属海水类型,即Cl_{III}^{Na}氯化水,钠组,III型。

2.1.2 常量离子含量周年变化特点

表2表明,由于雨水与河水的影响,河口水主要离子含量失去了海水终年波动范围较小的特点,在2月上旬至6月上旬期间,各常量离子基本均处于较高的值,6月10日后逐步递减至9月中旬基本到最低值,而后逐渐递增。虽然河口水无海水常量成分所具有的恒定性原理之特征,即不同海区盐度可能不同,但常量离子间含量比值基本恒定^[11],例如大洋水Mg²⁺/Ca²⁺比值几乎恒定为3.1,但河口水常量离子间含量的比值波动范围远大于海水。表1中漕泾河口水Mg²⁺/Ca²⁺周年变化范围为2.3~2.9。资料^[3,12]也提出,Mg²⁺/Ca²⁺分别为2.4~3.0与2.8,在北纬31°23'~31°24',东经121°56'~122°15'的长江口水域内Mg²⁺/Ca²⁺为2.6^[13],晋江河口水化成分的研究也发现,河口区在通常水文条件下主要成分间比值会呈现其不同于海水的规律性^[11]。可见,主要因潮汐与径流的影响,河口水也形成了其特有的水质变化特点,周年常量离子间含量比值有一定的变化范围。朱正国等^[12]也曾指出,长江口与杭州湾水域中Mg²⁺、Ca²⁺等化学成分含量及彼此间比值具有明显的沿海河口区特点。此外,尽管河口水主要离子含量与大洋水相差甚大,但各离子大小顺序与海水相一致,阴离子大小顺序为Cl⁻>SO₄²⁻>HCO₃⁻+CO₃²⁻,阳离子为Na⁺+K⁺>Mg²⁺>Ca²⁺。可见,河口水受海水影响超过河水,故仍属海水类型。此为河口水常量成分周年变化的第二特点。

表 1 2001 年 1-12 月漕泾地区沿岸水主要化学成分含量

采样日期 (月-日)	ΣCi (g/L)	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$ (mg/L)	Ca^{2+} (mg/L)	Mg^{2+} (mg/L)	Cl^- (mg/L)	SO_4^{2-} (mg/L)	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ (mg/L)	A (mmol/L)
01-09	11.17	3 474.68	155.31	419.35	6 158.42	869.34	91.62	1.50
01-20	13.26	4 099.66	180.36	510.51	7 247.53	1 090.28	128.27	2.10
02-07	13.81	4 362.33	178.36	480.12	7 524.76	1 128.71	140.49	2.30
02-20	12.73	3 972.33	171.34	466.75	6 930.70	1 047.05	144.15	2.36
03-12	13.79	4 299.61	192.38	500.79	7 485.16	1 147.92	164.31	2.69
03-22	14.48	4 558.80	185.37	514.76	7 910.90	1 171.93	137.43	2.25
04-10	15.00	4 695.15	191.38	552.44	8 217.83	1 205.55	135.60	2.22
04-19	14.41	4 501.46	182.36	521.45	7 673.28	1 392.87	138.04	2.26
05-08	13.39	4 212.72	173.35	488.02	7 475.26	917.37	121.67	1.99
05-19	14.65	4 308.19	234.47	647.86	7 574.27	1 748.29	137.43	2.25
06-10	13.11	3 728.14	244.49	655.15	7 069.31	1 263.57	152.70	2.50
06-17	12.99	3 718.14	244.49	639.35	7 064.36	1 229.57	96.51	1.58
07-05	11.14	3 208.96	196.39	512.94	5 643.57	1 460.11	117.28	1.92
07-17	11.81	3 685.56	163.33	432.72	6 460.40	953.40	116.05	1.90
08-05	11.19	3 483.25	155.31	414.49	6 123.77	895.76	116.05	1.90
08-15	14.31	4 452.01	185.37	540.90	7 811.89	1 198.35	122.16	2.00
09-02	10.29	3 185.63	147.29	383.49	5 569.31	869.34	134.38	2.20
09-12	8.89	2 758.07	140.28	321.50	4 851.49	703.64	113.61	1.86
10-02	9.16	2 803.50	140.28	352.50	4 925.75	811.71	124.61	2.04
10-12	8.76	2 679.43	130.26	340.34	4 705.92	768.48	137.21	2.25
11-01	9.76	3 036.04	150.30	358.57	5 441.22	648.41	122.77	2.01
11-10	11.13	3 471.16	160.32	407.19	6 127.50	840.53	126.38	2.07
12-01	11.72	3 628.19	170.34	437.58	6 372.60	970.21	139.38	2.28
12-09	12.70	3 957.63	180.36	464.32	6 960.84	984.62	147.32	2.41

表 2 漕泾沿岸水及大洋水常量离子含量均值

常量离子	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	$\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$
河口水	3.761	0.177	0.473	6.638	1.054	0.129
大洋水	11.147	0.413	1.294	19.353	2.712	0.142

2.2 pH、盐度、与浑浊度变化

表 3 表明,漕泾地区河口水温度的周年变化完全符合上海地区气温的变化特点,前 8 个月水温由 7.0℃升至 30.5℃,而后至年底逐降至 10.8℃,温度变化达 23.5℃。pH 的变化幅度则甚小(7.80 ~ 8.22),平均为 7.99 ± 0.11,以往资料也报道这一特点^[2,3]。此主要因河口水中二氧化碳体系较强的缓冲作用控制了 pH 的变化幅度^[14],24 个水样中 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 含量均超过相应海水所含有的量,其中仅 2 个水样 $\text{HCO}_3^- + \text{CO}_3^{2-}$ 含量略低,其余 22 个水样含量为 113.61 ~ 164.31 mg/L,盐度为 35 的大洋水 HCO_3^- 含量仅为 142 mg/L。据公式^[10,15]可求得表征水体缓冲能力的缓冲容量(β)为 0.1 ~ 0.3 mmol/L,其中 40% 水样的 β 为 0.2 ~ 0.3 mmol/L,略低于大洋水的缓冲容量(约 0.4 mmol/L)。稳定的酸碱性环境正是河口区生存有丰富水生生物的原因之一。

由表 3 可知,仅 9 月 12 日盐度较低(9.60),其余波动范围为 10.40 ~ 15.23,从总体看,本次调查数据表明,2001 年盐度逐月的周年变化较为平缓,年较差为 5.63,此不同于 1999 年 1 月 - 5 月盐度大幅度的变化状况,其原因主要是这两年雨水、径流量不同所致。而且有资料指出^[16]河口水主要受大陆径流影响,而淡水平衡不稳定,不同年份各月降水、径流量差异很大,同时海洋环流各年情况不同,所以表面盐度年变化每年都不尽相同,极值出现时间也不稳定,不象温度那样规律性强。本次调查资料再次表明,

河口区盐度变化相当复杂。

表 3 2001 年 1-12 月漕泾沿岸水质指标测定结果

Tab.3 Analytical results of coastal water quality along Caojing from January to December in 2001

采样日期 (月-日)	温度 ($^{\circ}\text{C}$)	pH	比重	盐度	浑浊度 (NTU)	DO (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)
01-09	8.8	8.05	1.010 0	11.87	129.5	9.11	3.49	1.10
01-20	8.0	8.10	1.011 0	13.04	311.5	8.71	5.67	2.48
02-07	7.0	8.03	1.011 0	12.90	174.0	8.45	5.82	1.95
02-20	12.0	8.22	1.010 0	12.29	63.5	8.72	7.56	2.40
03-12	10.8	7.94	1.011 0	13.41	537.0	8.42	8.29	2.30
03-22	11.2	7.86	1.011 5	14.10	115.5	7.92	7.16	1.94
04-10	14.8	7.95	1.012 0	15.23	174.0	8.53	8.94	3.04
04-19	20.6	8.11	1.010 5	14.62	84.0	8.10	6.67	2.41
05-08	22.0	7.79	1.009 0	13.08	79.0	7.66	6.20	3.48
05-19	22.7	7.85	1.010 0	14.61	21.0	7.74	7.03	2.75
06-10	24.0	7.90	1.009 0	13.70	260.0	7.32	5.37	2.83
06-17	26.5	7.92	1.008 5	13.80	139.0	7.56	7.45	2.93
07-05	28.8	7.80	1.007 0	12.50	120.0	7.60	7.92	3.26
07-17	29.2	7.92	1.007 0	12.62	69.0	7.73	6.02	2.68
08-05	30.5	7.97	1.006 5	12.34	280.0	6.90	6.48	3.06
08-15	30.0	7.95	1.008 0	14.20	740.0	7.05	10.13	2.36
09-02	29.0	7.97	1.006 0	11.23	130.0	7.24	9.97	2.56
09-12	28.0	7.95	1.005 0	9.60	140.0	7.53	9.06	3.02
10-02	24.0	7.97	1.006 5	10.40	509.0	7.86	9.21	2.88
10-12	22.5	8.17	1.007 0	10.60	1035.0	7.90	6.17	3.01
11-01	20.0	8.06	1.007 5	10.51	745.0	8.10	4.93	2.46
11-10	18.6	8.05	1.008 0	10.73	135.0	8.56	4.04	2.24
12-01	14.2	8.10	1.008 0	11.40	798.0	8.24	6.30	1.96
12-09	10.8	8.06	1.008 0	12.44	654.0	7.94	5.43	2.31

周年浑浊度变化范围极大, 21.0~1035 NTU, 两极值竟相差 48 倍之多。径流、潮汐、风浪与水生生物等均是影响河口区浑浊度的因素。张正斌等^[17]指出: 河水携带不同分散度的悬浮物, 其中含有粗砂粒、较细悬浮胶以及动植物代谢物等运入河口滨海区, 经过化学或生化作用, 改性变质, 水解聚沉; 复由于海流风浪等作用又被带至上层, 因此在河口及河口三角洲一带便形成了一片“胶体王国”。陈结余指出^[16] 杭州湾近长江, 钱塘江与曹娥江水直接注入杭州湾, 三者年输沙量分别为 48 亿吨、766 万吨与 116 万吨, 强劲的潮流, 澎湃的涌潮具有强烈的掀沙能力, 所以潮头一过, 水色顿浊, 含沙量骤增。可见浑浊度与取样时间密切相关。张正斌等^[17]认为, 具有一定浓度的以铁为主的胶体水环境对于虾等水生生物具较好的浮力、一定的渗透压与水色等优点, 是构成优良渔场的重要条件。有关浑浊度的作用尚需进一步研究。

2.3 溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)与五日生化需氧量(BOD₅)

表 3 表明, 1-8 月随水温升高, 河口水溶氧量呈递减趋势, 至 8 月 5 日水温达到最大值(30.5 $^{\circ}\text{C}$), 溶氧量相应出现最低值(6.90mg/L), 但其饱和度达 99.0%。实际上, 此时间段内随水温升高, 溶氧饱和度逐降, 而水生生物光合作用不断增强, 故溶氧饱和度呈递增趋势, 变化幅度在 75.8%~108.4% 之间。9-12 月随水温的降低, 河口水溶氧量而递增, 溶氧饱和度呈递减趋势。化学需氧量(COD_{Mn})随水温升高基本呈递增趋势, 变化范围为 3.49~10.13mg/L, 平均为(6.69±1.76)mg/L, 远高于海水水质标准对渔业和海水养殖用水要求小于 3mg/L 的标准。如此高的 COD 对养殖与苗种培育均造成一定的困难。据生产经验, 如用该处河口水育苗, 必须进行严格的净化处理, 否则难以取得良好效果。五日生化需氧量(BOD₅)变化范围为 1.10~3.48mg/L, 平均值为 2.56mg/L, 尚符合渔业水质标准^[11]。

2.4 氮磷营养元素

2001年所测得的杭州湾北岸漕泾地区闸外附近水域中全年营养元素含量及均值列于表4。表4表明,漕泾地区沿岸水有效氮含量丰富,三态氮总量(N_t)均值达 (1.32 ± 0.44) mg/L,其中总氨氮($NH_3 - N_t$)占总氮(N_t)的19.7%,硝酸氮占78.8%,亚硝酸氮占1.6%。1999年1-5月调查结果是:总氮为 (2.01 ± 0.40) mg/L,总氨氮占52.9%,硝酸氮占46.6%,亚硝酸氮占0.5%^[3]。表4表明,1-5月总氮为1.15 mg/L,总氨氮占14.0%,硝酸氮占84.7%,亚硝酸氮占1.2%。2001年的结果优于1999年,前者不仅总氮低,且三态氮分量的大小顺序较合理,符合一般水域水质状况。

表4 2001年1-12月漕泾沿岸水营养元素含量

Tab.4 Contents of nutrient elements of coastal water along Caojing from January to December in 2001

采样日期 (月-日)	N_t (mg/L)	$NO_2^- - N$ (mg/L)	$NO_3^- - N$ (mg/L)	$NH_3^- - N_t$ (mg/L)	$NH_3^- - N_m$ (mg/L)	$PO_4^{3-} - P$ ($\mu g/L$)
01-09	1.56	0.007	1.24	0.32	0.012	1.92
01-20	0.35	0.010	0.33	0.02	0.001	5.26
02-07	0.41	0.028	0.33	0.05	0.002	0.96
02-20	0.69	0.023	0.57	0.10	0.006	6.15
03-12	1.42	0.043	1.25	0.12	0.004	0.26
03-22	1.58	0.002	1.36	0.21	0.005	3.59
04-10	1.45	0.002	1.16	0.28	0.009	1.09
04-19	1.56	0.007	1.23	0.32	0.014	1.67
05-08	1.24	0.003	1.14	0.09	0.002	0.32
05-19	1.22	0.012	1.11	0.10	0.002	0.96
06-10	1.34	0.020	1.10	0.22	0.006	1.86
06-17	1.86	0.027	1.47	0.37	0.011	1.41
07-05	0.61	0.015	0.36	0.23	0.005	1.67
07-17	1.51	0.046	1.21	0.25	0.007	1.41
08-05	1.38	0.020	1.16	0.20	0.007	1.22
08-15	1.36	0.003	1.22	0.14	0.004	1.22
09-02	1.51	0.047	1.03	0.43	0.014	1.41
09-12	1.86	0.078	0.45	1.33	0.041	0.90
10-02	2.10	0.028	1.77	0.30	0.010	2.24
10-12	1.18	0.003	1.12	0.06	0.003	1.73
11-01	1.64	0.017	1.28	0.35	0.014	5.45
11-10	1.40	0.029	1.11	0.26	0.010	2.95
12-01	0.99	0.015	0.83	0.14	0.006	1.28
12-09	1.47	0.028	1.22	0.22	0.009	2.05
平均值	1.32 ± 0.44	0.021 ± 0.02	1.04 ± 0.38	0.26 ± 0.25	0.009 ± 0.01	2.04 ± 1.57

本次测得的可溶性磷含量年均均为 (2.04 ± 1.57) $\mu g/L$, $N/P = 647$ (原子比),远低于1999年 $(21.00 \mu g/L)$, 1-5月平均为 $2.22 \pm 2.08 \mu g/L$, $N/P = 518$ 。有资料指出^[18],长江口水域中, N/P 为40~150,而海洋生物和大洋水氮磷比通常约为16。当 $N/P > 30$ 时,三角褐指藻等多种浮游植物生长均为受到磷含量过低的限制^[18]。还有资料提出^[10],河口区等水域因素径流、污染等因素的影响较大, N/P 受更而呈现复杂的变化多因素的制约。可见,漕泾地区河口水中氮磷含量比例严重失调。显然,该水域已明显遭到污染。有效氮含量如此之高,其一部分是由河水携带所致,再就是河口区水产养殖大量排水造成。养殖用水的排换都集中在潮间带,而地处杭州湾北部为强潮汐区,符合盐楔型河口港湾环流模式^[11],海湾中海水来回运动,不易迅速输入海洋,因而养殖排放水中携带的大量有机物(包括生物尸体、排泄物、残饵等)便聚于河口区,部分下沉,部分分解,致使水体中氮元素含量较高,且高浓度氨氮和亚硝基氮对养殖生物有毒害作用。

由此可见,河口水特别是沿岸水域中营养元素含量、分布等情况是多变的,而这些元素的状况是了

解与调控水质和开展水产养殖的重要因素。可见,今后应进行更多、且连续的调查研究才能更科学与合理的保护该水域的生态环境。

3 结语

(1) 常量成分含量。主要离子中,阴、阳离子含量最高者分别为 Cl^- 和 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, 年均值分别为 $(6.64 \pm 1.04) \text{g/L}$ 和 $(3.76 \pm 0.60) \text{g/L}$, 水质属海水类型($\text{Cl}_{\text{III}}^{\text{Na}}$), $\Sigma\text{Ci} = (12.24 \pm 1.92) \text{g/L}$, $A = (2.12 \pm 0.27) \text{mmol/L}$ 。

(2) pH 与盐度。河口水缓冲能力较强, pH 较稳定。盐度与气候、径流量变化密切相关。

(3) 三态氮含量丰富、氮/磷严重失调。 $\text{Nt} = (1.32 \pm 0.44) \text{mg/L}$, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 占 19.7%, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 占 78.8%, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 占 1.6%, $\text{PO}_4^{3-} - \text{P} = (2.04 \pm 1.57) \mu\text{g/L}$, $\text{N/P} = 647$ 。

参考文献:

- [1] 陈宗团, 江毓武, 徐立, 等. 河口及近岸海域环境污染研究动态[J]. 海洋通报, 1997, 16(6): 86-89.
- [2] 中国海岸带办公室《海水化学调查报告》编写组. 中国海岸带和海涂资源综合调查专业报告集(海水化学调查报告) [R]. 北京: 海洋出版社, 1990. 180-182, 188-198.
- [3] 臧维玲, 江敏, 戴习林, 等. 杭州湾漕泾沿岸水化学状况[J]. 上海水产大学学报, 2000, 3(3): 200-203.
- [4] Alsberg G. Method for the determination of dissolved oxygen in water in the presence of nitrous acid[J]. Biochem Zool, 1925, 159: 36-47.
- [5] 雷衍之, 于淑敏, 徐捷. 无锡市河埭口高产鱼池水质研究[J]. 水产学报, 1983, 7(3): 185-199.
- [6] 臧维玲. 养鱼水质分析[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 44-96.
- [7] 汤鸿霄. 废水化学基础[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1979. 75-76.
- [8] Alabaster J S, Lloyd R. Water Quality Criteria for Freshwater Fish(2nd Edit) [M]. London: University Press of Cambridge, 1982. 85-87.
- [9] Atkins W R G, Wilson E G. The phosphorous and arsenic compounds of sea water[J]. J Mar Biol Ass UK, 1927, 14: 609-613.
- [10] 陈佳荣, 臧维玲, 金送笛, 等. 水化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. 44-46.
- [11] 陈佳荣, 臧维玲, 金送笛, 等. 水化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993. 165-172, 182-183.
- [12] 朱正国, 臧维玲, 戴习林. 河口区中国对虾养殖水源的水质状况研究[J]. 海洋渔业, 1991(1): 13-14.
- [13] 赵乃刚, 堵南山, 包祥生, 等. 河蟹的人工繁殖与增养殖[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1992. 92-98.
- [14] Stumm W, Morgan J J. Aquatic Chemistry[M]. New York: Interscience, 1981. 195-197.
- [15] 山东海洋学院海洋热学教研室. 海洋学[M]. 青岛: 山东海洋学院出版社, 1982. 82-85.
- [16] 陈结余. 从事河口海岸研究五十五年论文选[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2000. 105-238.
- [17] 张正斌, 顾宏堪, 刘莲生, 等. 海洋化学[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984. 331-325.
- [18] 胡明辉, 杨逸萍. 长江口浮游植物生长的磷酸盐限制[J]. 海洋学报, 1989, 11(4): 439-443.

欢迎订阅 2003 年《水产文摘》

《水产文摘》是我国水产行业外文文摘信息的权威检索刊物, 文摘信息源刊包括美、英、荷兰、加拿大、日、法、德、俄、澳大利亚、印度、菲律宾、中、韩国等十多个国家的 140 多种核心期刊、论文汇编、专著等, 能全面、及时报道世界各地渔业科研、生产的新技术、新成就、新动向, 学科包括水产总论、渔业生物学、水产资源、捕捞技术、水产养殖、水产生物病害及防治、水产品加工、渔业生态环境等九个栏目。年终编辑出版本年度主题索引。

《水产文摘》由中国水产科学研究院南海水产研究所主办, 1963 年创刊, 月刊, 每月 10 日出版, 国内外公开发售, 邮发代号 46-65。每期定价 8.00 元, 全年 12 期 96.00 元(含邮费)。

编辑部地址: 广州市新港西路 231 号 邮编 510300

联系电话 (020) 84458694, 传真 (020) 84451442

E-mail: scwz@163.net