

天鹅洲鱼类种质资源库环境质量评价^{**}

吴利桥* 翟良安 李 谷 赵晓春 张 征

(中国水产科学研究院长江水产研究所, 荆沙市 434000)

何绪刚 罗俊波 黄晓南

(湖北农学院, 荆州 434103)

摘 要 本文主要进行了天鹅洲水域生态学方面的研究。通过对天鹅洲水域理化、生物因子的监测, 较为全面地反映了天鹅洲水域的环境质量现状。多数指标符合地面水一级标准, 水中营养盐较丰富, 有毒重金属含量较低, 基本上属寡污性水体, 但已开始向 β -中污带过渡; 生物群落组成较为复杂, 已具有一定的调节功能, 是比较理想的渔业养殖水体。本文还探讨了群落生物量与时间的动态变化规律以及水体净生产能力。为天鹅洲鱼类种质资源天然生态库的选址提供了生态学方面的科学依据。

关键词 淡水鱼类, 种质资源库, 天鹅洲水道, 环境质量评价

前 言

鉴于长江故道之一——天鹅洲水道的生态条件与长江接近。因此“八五”期间决定在天鹅洲建立淡水鱼类种质资源天然生态库。长江水产研究所受委托对天鹅洲作了环境质量方面的评价工作。

目前除针对某种珍稀水生生物的保护区如密西西比河上美国鲟鱼保护区、长江中华鲟保护区等的评价报告外, 国内外尚未见有专门的种质资源库环境评价报告。本文试进行了天鹅洲水域生态环境方面的调查评价。

故道位于源北省石首市下游约20公里长江北岸。地理位置为东经112°、北纬29°; 海拔高度31至36米(吴淞高程)。故道全长20.9公里, 水面约13.7平方公里(约2.06万亩), 成一圆环状。上口基本淤塞, 下口以一串沟与长江相通连, 故道环绕的沙洲即天鹅洲(见图1)。

收稿日期: 1995-06-14。

* 已到北京师范大学环科所攻读硕士学位研究生。

** 本文承长江水产研究所张兴忠研究员审阅。

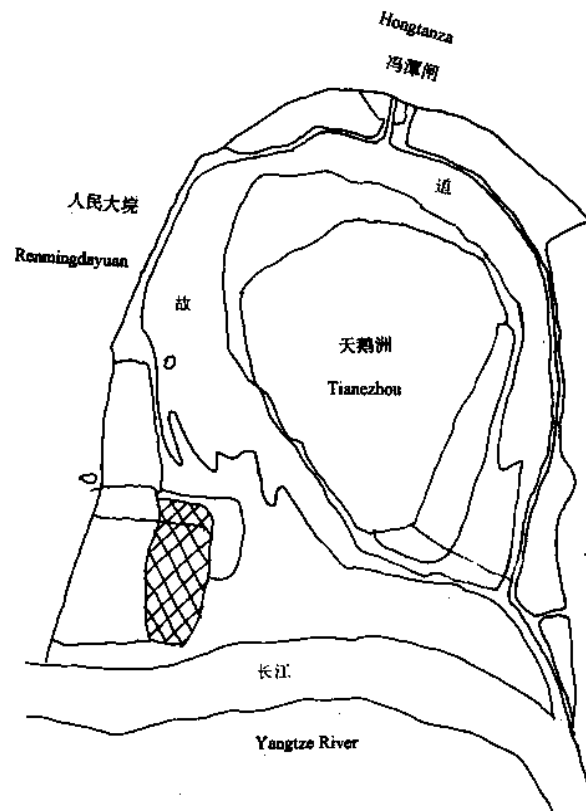


图1 天鹅洲故道平面图

Fig.1 The figure of Tianezhou region

天鹅洲属亚热带季风气候,平均气温 16.4°C ,极端最高温 38.6°C ,极端最低温 -9.8°C ;年降雨量1146毫米,年日照时数1844.3小时;年辐射总量106千卡/厘米²;无霜期261天;相对湿度82%。

故道每年汛期有五个月时间与长江相通。故道外缘为深槽,水深15-25米,内缘为浅滩。长江水为故道主要水源,另有冯潭闸、春风闸排放少量地面水入故道。

天鹅洲故道周围无工矿企业,农业主要有棉、水稻种植业及大面积芦苇,畜牧业较发达。

材 料 与 方 法

1993年,全年调查共分四次(4、6、8、10月)采样分析。监测指标见表1:

其中水温、水深、透明度(萨氏盘)、pH现场测定,pH采用玻璃电极法。COD_{Cr}、总碱度、可溶性磷酸盐、总氮、总磷、钾+钠按“池塘水质分析方法”测定。总碱度、铵氮、亚硝氮、硝态氮、钙、镁、溶氧按“GB—水质分析标准”^[6,7]进行测定,其中溶氧水样单独采集,现场固定。分析时药品均采用分析纯试剂。

表 1 监测指标

Table 1 The assayed and monitored indicators

水质理化因子 Physical-chemical factors	碱度 Aik	硬度 Hardness	化学耗氧量 COD _{Cr}	硝酸盐氮 NO ₃ ⁻ -N	亚硝酸盐氮 NO ₂ ⁻ -N	铵氮 NH ₄ ⁺ -N	可溶性磷酸盐 PO ₄ ³⁻ -P	总氮 TN
	钙 Ca ²⁺	钾+钠 K ⁺ +Na ⁺	镁 Mg ²⁺	pH	溶氧 DO	温度 T		
生物因子 Biotic factors	浮游植物 Phytoplankton	浮游动物 Zooplankton	底栖动物 Zoobenthos	高等植物 Plant	水体初级生产力 Primary productivity of water			

浮游植物样品用 25 号浮游生物网采集定性样品, 采取 1 升水样沉淀、浓缩, 然后进行定量分析。原生动物及小型轮虫用 1 升水样沉淀浓缩, 取 0.1 毫升计数 3—4 片, 取算术平均值定量。甲壳动物取 12.5 升水用 13 号浮游生物网过滤、浓缩, 全部计数。定性样品同浮游植物。

底栖动物采样断面与时间同水质理化状况, 用 1/16 平方米彼得生加重采泥器, 每点采泥样一个, 泥样经 40 目/时铜筛筛洗后, 按常规方法进行定性定量分析。在采泥样时用采草器采取水生高等植物, 作定性分析。

水体初级生产力用黑白瓶测氧法测定。

采水器及生物网系中科院水生所制造。

结 果 与 分 析

(一) 故道水质理化状况

各季度理化监测结果列于表 2, 并结合历史资料, 分析评价水环境质量。

故道水温季节变化较大, 断面间水温没有明显差别, 垂直变化也不明显。水质略呈碱性 (pH7.11—7.96), 水体无风时透明度较大 (0.6—2.0 米), 4、6 月份最大; 水中溶解氧饱和度和在 80% 以上。碱度、硬度、COD_{Cr}、Ca²⁺、K⁺+Na⁺、Mg²⁺ 随季节变化较小; 三氮、可溶性磷酸盐、总磷随季节变化较为显著。其中富营养化的关键指标总磷在四、八月份数值较高, 可能与冬季植物腐败及长江水倒灌有关。水体无机氮: 总磷比值在 5—17 之间, 水体营养较为丰富。透明度、硝态氮、亚硝态氮、COD_{Cr}、pH 等符合地面水一级标准及渔业水质标准^[7,8], 是比较理想的渔业养殖水体。另外, 天鹅洲故道周围无工矿企业, 排入水体物质以农田, 生活有机物质为主, 因排入的绝对量很小, 且水面开阔, 水体净化能力较强, 不会因此引起溶解氧偏低, 影响鱼类的生长发育和活动量。

天鹅洲故道水体中重金属元素含量结果见表 3:

由表 3 可知, 各重金属元素的背景值均较低, 远小于渔业水质标准。

(二) 故道的水生生物状况

1. 浮游植物 (Phytoplankton) 采集的水样中观察到的浮游植物隶属八门 62 属共 98 种, 其数量变动范围为 2.15—256 万个/L, 年均值 73.7 万个/L, 其中以八月份数量密度最大, 达 107.8 万个/L, 四月份最小, 为 6.4 万个/L, 其顺序为 4 月份 < 6 月份 < 10 月份 < 8 月份。检

表 2 水质理化监测结果

Table 2 The results of assayed and monitored physic-chemical factors in water

分析项目 Analytical indicators	采样时间 Sampling time	四月 Apr.	六月 June.	八月 Aug.	十月 Oct.	年均值 Annual mean value	渔业水质标准 Fishery water quality criteria
Alk(me/l)		3.16 3.11-3.21	2.57 2.46-2.75	2.26 2.24-2.28	2.55 2.49-2.63	2.63	
Hardness(me/l)		3.49 3.40-3.60	2.91 2.84-3.00	2.60 2.57-2.62	2.84 2.76-2.91	2.96	
COD _{Cr} (mgO ₂ /l)		1.58 1.50-1.72	1.97 1.65-2.15	1.40 1.27-1.89	1.42 1.21-1.79	1.59	<15
NO ₃ ⁻ -N (10 ⁻¹ mg/l)		1.86 1.58-2.32	2.94 1.34-5.41	5.97 5.38-7.28	2.86 2.63-3.11	3.41	100
NO ₂ ⁻ -N (10 ⁻³ mg/l)		1.95 0.64-3.09	6.16 3.60-9.26	11.65 7.55-17.9	7.02 2.80-12.6	6.70	100
NH ₄ ⁺ -N (10 ⁻² mg/l)		1.04 0.21-2.10	13.7 7.19-23.3	4.41 1.68-10.74	15.91 9.75-23.2	6.41	[NH ₃] <2.0
TN(mg/l)		0.94 0.35-1.39	1.21 1.08-1.37	1.40 1.15-1.65	0.521 0.40-0.68	1.02	
PO ₄ ³⁻ -P (10 ⁻³ mg/l)		17.25 11.3-23.4	13.6 10.3-23.1	4.25 1.61-8.66	3.50 0.07-9.89	9.65	
TP (10 ⁻² mg/l)		3.45 1.46-5.87	1.84 1.53-2.39	4.62 3.84-5.60	1.70 1.03-2.33	2.90	2.5
Ca ²⁺ (mg/l)		46.5 41.68-47.89	38.04 36.70-39.56	38.57 37.75-39.08	41.32 40.83-41.75	41.1	
Mg ²⁺ (mg/l)		14.13 13.47-15.30	12.31 11.08-12.86	8.16 7.89-8.75	9.41 8.74-10.27	11.00	
K ⁺ +Na ⁺ (mg/l)		0.293 0.18-0.43	0.205 0.107-0.34	0.168 0.048-0.312	0.145 0.101-0.186	0.203	
T (°C)		17.5 16.8-18.2	28.6 27.0-30.0	29.2 27.5-30.4	17.3 17.0-17.5	23.2	
pH		7.54 7.11-7.96					6
Do (mg/l)		7.28 6.23-9.25	6.85 5.70-9.20	7.54 6.13-9.57	7.27 6.42-9.38	7.24	

出种类数亦以八月份最多,达 89 种。各月份优势种如下。4 月份为飞燕角甲藻(*Ceratium hirundinella*),其次为锥囊藻(*Dinobryon*);6 月份优势种仍为飞燕角藻,其次为水溪绿球藻(*Chlorococcum infusionum*);8 月份优势种为颗粒直链藻(*Melosira granulata*),其次为飞燕角甲藻、扎卡四棘藻(*Attheya zachariasii*)、微囊藻(*Microcystis*);10 月份优势种为微囊藻,其次为飞燕角甲藻、颗粒直链藻。

从各点采样分析结果看,浮游植物中蓝、绿藻种类比例较大,硅藻次之,而甲藻门虽然只检出3种(以飞燕角甲藻为主),但数量比例相当高。总的来看,光合藻类种类(占75%)、数量(68%)比例较高,有利于提高养殖产量。但甲藻类数量偏高(约占27%),鱼类对其不易消化吸收,又是养殖的不利方面,特别对于鱼苗不利。这是建立资源库时应特别注意的,能否通过改变某些生态因子,消除有利于飞燕角甲藻生存的生态条件来控制其数量是今后研究的重点。

表3 天鹅洲故道水体中金属元素分析结果⁽¹⁾

Table 3 The analytical results of the metals in Tianezhou water

金属元素 Metal elements	Pb	Zn	Cu	Fe	Al	Ca	Mg	Cr	Mn	Ni
结果 Results(mg/l)	0.003	<0.03	0.007	0.1-1	0.1-1	>10	>10	0.005	0.002	<0.001
标准 Standards(mg/l)	≤0.005	≤0.1	≤0.001					<0.1	0.1	≤0.05

2. 浮游动物(Zooplankton) 分析中共观察到浮游动物90种,其中原生动物种类和数量最多,达到41种,轮虫类23种,桡足类17种,枝角类9种,所占比例分别为45.5%、25.6%、18.9%、10%。其中原生动物以沙壳虫属(*Difflugia*)为主;轮虫类多肢轮虫(*Polyarthra trigla*)、螺形龟甲轮虫(*Keratella cochlearis*)较多;枝角类象鼻水蚤(*Bosmina*)、秀体水蚤(*Diaphanosoma*)较多;桡足类剑水蚤(*Eucyclops*)为最多。故道中浮游动物数量变动范围为3672-10692个/L,年平均数量为6308个/L;高峰值出现在10月份。原生动物占总数约90%,枝角类最少。

3. 底栖动物(Zoobenthos)

(1) 种类组成

共观察到底栖动物23种,其中寡毛类6种,水生昆虫4种,软体动物12种,其它动物1种,其名录如下:

寡毛类(Oligochaeta):

霍夫水丝蚓 *Limnodrilus hoffmeisteri*

前节管水蚓 *Aulodrilus prothecatus*

苏氏尾鳃蚓 *Branchiura sowerbyi*

夹杂带丝蚓 *Lumbriculus variegatum*

淡水单孔蚓 *Monepy lephorus limosus*

中华河蚓 *Rhyacodrilus sinicus*

水生昆虫类(Insecta):

羽摇蚊幼虫(2) *Frocladius choreus*

孿蚊幼虫 *Palpomyia* sp.

蜉蝣 *Ephemera rugata*

软体动物(Mollusca):

长萝卜螺 *Radix pereger*

(1) 中国科学院水生生物研究所, 1988. 建立湖北石首天鹅洲故道白暨豚增殖养护基地可行性论证报告。

方格短沟螺 *Semisulcospira cancellata*

豌豆螺 *Bithynia* sp.

长角涵螺 *Alocinma longicornis*

光滑狭口螺 *Stenothyra glabra*

杜氏蚌 *Unio douglasiae*

刻纹蜆 *Corbicula fluminea*

无齿蚌 *Anodonta*

瓶螺 *Pouch snail*

湖球蜆 *Sphaerium lacustre*

铜锈环棱螺 *Bellamya aeruginosa*

圆田螺 *Cipangopaludina cathayensis*

其它动物 (Others)

蚂蟥 *Hirudinea*

(2) 数量密度和生物量密度

天鹅洲故道每平方米底泥中有底栖动物数 945.7 个/ m^2 , 其中水生昆虫数量最多。底栖生物量干重为 44.61g/ m^2 , 其中软体动物个体最大, 生物量最高, 占 96.96%, 昆虫类占 1.5%。底栖动物数量密度依次为 970.6、1000.4、783.6、1028 个/ m^2 。4、6、8、10 月份生物量依次为 37.59、27.43、49.74、63.69g/ m^2 。生物量的数值变化较好地反映了底栖动物生长变化趋势。

由于底栖动物移动能力差, 其分布与密度取决于各地方的增殖和死亡情况, 很好地反映了该地方的环境条件。由于人类活动造成污染时, 污染物质在底泥中堆积, 使环境恶化, 往往给水体生态系的物质循环和水生生物带来恶劣影响。因此, 作为对底层环境长期影响的指标, 底栖生物是非常重要的。另外, 受二次污染影响大也是底栖动物的特点。从所测结果看, 底栖动物数量比较稳定, 也反映了天鹅洲故道水质状态、底层环境比较稳定。

4. 水生高等植物

四次共采到高等水生植物 7 种, 名录如下:

菹草 *Potamogeton crispus*

马来眼子菜 *P. malainus*

眼子菜 *P. franchetii*

轮叶黑藻 *Hydrilla verticillata*

聚草 *Myriophyllum spicatum*

金鱼藻 *Ceratophyllum demersum*

苦草 *Vallisneria spiralis*

5. 水体初级生产力

现将 92 年和 93 年天鹅洲故道水体初级生产力数值随季节变化情况于表 4。

表 4 显示两年初级生产力的季度均值分别为 1.23 和 1.71gO₂/m²·d, 与太湖 1.79gO₂/m²·d, 保安湖 1.36gO₂/m²·d 以及另一种质资源库——老江河的 1.54gO₂/m²·d* 较为接

* 1993 年。老江河生态库基本情况周年调查及四大家鱼原种生产开发利用的研究, 长江所生物技术实验室《年报》(91-92)。

近。表 4 较为清楚地反映了水体初级生产力随时间变化情况,八月份最高,六月份次之,十月份最低。这与各季日照强度、日照时数密切相关。了解天鹅洲的水体初级生产力对充分利用水体产鱼潜力,以及鱼类种质资源库的管理提供了依据。

据 BNHQEPR 的材料,天鹅洲故道水体年产量为 370—520 千卡/m²,应划为中营养湖。

(三) 天鹅洲生态环境综合评价

1. 从富营养化角度考虑,天鹅洲故道水体基本符合贫——中营养湖特征^[2,9,10]:很深,岸边狭或无,表层水量少于底层水量,水色淡,为兰绿色,透明度高,底质有机质较少,DO 接近饱

表 4 天鹅洲水体初级生产力结果(gO₂/m²·d)

Table 4 The results of net primary productivity in Tianezhou water

年 Year	月份 Month 生产力 Productivity	四月 April	六月 June	八月 Aug.	十月 Oct.	年平均 Annual mean value
1992			1.85	2.28	1.01	1.7
1993		1.01	1.61	1.87	0.65	1.23

和,溶解无机盐总量少,氮磷较丰富,钙量不一,溶解有机质少,腐殖质无或仅有少量,沿岸植物较少,浮游生物种类虽然多,但不太丰富,主要是硅藻、兰绿藻、原生动物、甲壳动物;底栖动物种类较多。

2. 从污染角度出发,利用生物监测,参考科尔科威茨提供的污水分类系统指示生物表^[2,10,11]

沙壳虫属 <i>Diffugia</i>	os
锥囊藻属 <i>Dinobryon</i>	os
角甲藻 <i>Ceratium hirundinella</i>	os
多甲藻属 <i>Peridinium</i>	os
颗粒直链藻 <i>Melosira granulata</i>	bms
微囊藻 <i>Microcystis aeruginosa</i>	os/ams
前节晶囊轮虫 <i>Asplanchna priodonta</i>	os/bms
螺形龟甲轮虫 <i>Keratella cochlearis</i>	os/bms
多肢轮虫 <i>Polarthra trigla</i>	bms

从以上资料分析,天鹅洲故道水体基本属于寡污染性水体,但已开始向乙型中污带过渡。(注:os 表示寡污种,bms 表示乙型中污带指示种,ams 表示甲型中污种)。

3. 以底栖动物为例,我们选用 Wilhm 多样性指数^[3,11]来分析天鹅洲的生物多样性,其公式为:

$$\bar{d} = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{n} \right) \log_2 \left(\frac{n_i}{n} \right)$$

式中, $\bar{d}$:多样性指数

n:样品中生物的总个体数

n_i:样品中等 i 种生物个体数

s:样品中生物种类数

现将有关计算结果列于表 5 中。

表 5 天鹅洲水体底栖动物多样性指数结果

Table 5 The diversity index results of zoobenthos in Tianezhou water

时间 Time 指数 Index	四月 Apr	六月 June	八月 Aug.	十月 Oct.
$\bar{d}$	1.51	1.78	2.82	3.26
$\bar{d}_{\max}$	3.59	4.00	4.09	4.46
$\bar{d}/\bar{d}_{\max} = H$	0.42	0.45	0.69	0.73

根据 Wilhm 提供的资料,全部个体各属不同种者, $\bar{d}$ 值最大,即 $\bar{d}_{\max} = \log_2 s$,未被污染或污染后已恢复的河川, $\bar{d}$ 值在 3—4 之间,受污染的河川, $\bar{d}$ 值小于 1。所以从底栖动物分析结果看,天鹅洲故道底质环境较好,生物群落的调节功能较强,为鱼类种质资源库的选址提供了有益的参考。

4. 长江水质和故道水质的比较研究

由表 6 可知,故道中主要离子含量,特别是动植物生长必需的营养元素分别比同期长江水中离子含量稍高($K^+ + Na^+$ 另外),这可能是因为每年汛期长江水带入营养元素,枯水期浓缩作用加强,排入的农田生活用水也引入部分营养物质所致。另外,由于故道汛期才与长江相通,长江水中的有毒污染物质能充分稀释,减少其危害。所以天鹅洲故道水体水质较长江水质优良,含丰富的营养物质,有利于提高鱼产量。每年的灌江纳苗亦可节省大笔资金投入,是天鹅洲故道鱼类种质资源库得天独厚的优势,而另两个资源库无法比拟。

表 6 长江和故道水体主要离子组成与含量比较 (毫克当量/升)

Table 6 Main ionic ingredients and the comparison of their concentrations in yangtze river and Tianezhou water (mN/L)

离子 Ion	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$K^+ + Na^+$	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-
长江 Yangtze river	1.44 28.8	0.80 9.7	0.37 8.51	2.12 129.3	0.28 13.4	0.12 4.26
天鹅洲故道 Original canal (93 年) Tianezhou in 1993	2.04 40.88	0.92 11.18	0.268 6.16	2.64 161.09	0.297 14.26	0.298 10.57

小 结

1. 天鹅洲故道生态环境条件优越,适合建立鱼类种质资源库。
2. 在天鹅洲故道周围地区及上游的石首市不能发展污染重的工业项目,已有的工业项目要加强技术改造,所排废水、废渣、废气等要经处理达标后方可排入长江。
3. 以后由天鹅洲白暨豚保护区管理处统一管理鱼类种质资源库,避免政出多门。
4. 建立一套定期监测系统,随时预测预报水质发展趋势,以便资源库的良性运转。

参 考 文 献

- [1] 章宗涉等, 1991. 淡水浮游生物研究方法. 科学出版社。
- [2] 日本生态学会环境问题专门委员会. 1987. 环境的指示生物(水域部分). 中国环境科学出版社。
- [3] 张志杰, 1989. 环境污染生态学. 中国环境科学出版社。
- [4] 山东水产学校, 1976. 淡水浮游生物图谱。
- [5] 沈嘉瑞等, 1962. 中国动物图谱. 科学出版社。
- [6] 宗仁元等译. 1985. 水和废水标准检验法. 中国建筑工业出版社。
- [7] 环境保护国家标准汇编. 中国标准出版社。
- [8] 湖北省环境保护局, 1992. 环境保护标准汇编。
- [9] Brian Moss, 1980. Ecology of freshwater. Blackwell scientific publications.
- [10] John Cairns Jr et al, 1982. Biological monitoring in water pollutions. pergamon press.
- [11] E. D. Le Cren & R. H. Lowe - Mc Connell, 1980. The functioning of freshwater ecosystems. Cambrige University press.

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL QUALITY OF FRESHWATER FISH GERMPLASM RESOURCES POOL IN TIANEZHOU

Wu Liqiao Zhai Liangan Li Gu Zhao Xiaochun Zhang Zheng

(Yangtze River Fishery Institue, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shashi 434000)

He Xugang Luo Junbo Huang Xiaonan

(Agriculture College of Hubei, Jinzhou 434103)

ABSTRACT This paper mainly dealt with the ecology of Tianezhou water. We did a comprehensive evaluation of the condition of environmental quality in Tianezhou by assaying and monitoring physical, chemical, and biotic factors of Tianezhou Water; most indicators are within the range of first criteria on surface water. There are abundant trophical salts and less toxic heavy metals. Therefore, it is an ideal place for cultivating fishes. The water of Tianezhou basically belongs to the slight pollution zone waters, but transits to the β - mild pollution zone waters. The complicated bio - community has some adjustable functions. The article also disussed the dynamic rule of change between biomass and time, and the primary productivity of water. It provided scientific evidences of ecological environment for selection of pool sites of freshwater fish germplasm resources.

KEYWORDS Freshwater fish, Germplasm resources pool, The Tianezhou canal, Environmental quality assessment