

汉沽化工废水渔业利用的研究*

黄玉瑶 赵忠宪 郭宏亮

(中国科学院动物研究所, 北京)

摘 要

汉沽化工废水成分复杂, 含有较高浓度的 BOD_5 、 COD 、 NH_3-N 、 PO_4-P 、氯化物、汞等。经多级模拟生物氧化塘处理后, 废水得到有效净化。净化后的污水, 因氯化物浓度过高不宜用于农灌, 但可用于养鱼, 进行综合利用, 实现污水资源化。

在净化后污水中进行罗非鱼 (*Tilapia mossambica*) 养殖实验, 历时132天。在未人工投饵的情况下, 试鱼生长、繁殖正常, 而且肌肉中汞的积累不明显, 最高汞含量变化在 $0.35-0.40 \mu g/g$ 之间, 接近食用要求。

污水中藻类等饵料生物丰富, 生物生产力较高。在浮游植物生产量和底栖动物生物量的基础上, 估算了改建后污水岸鱼类的生产能力。

鱼类养殖是氮、磷丰富的含盐、含汞化工废水回用和生物去氮、去磷的重要途径。而且是含汞废水净化效果的重要指标。

关键词: 化工废水, 渔业利用。

一、前 言

随着工业化和城市化的发展, 大量污水排入环境, 造成环境污染, 带来很大的经济损失。但是, 注意污水的净化和回用, 也可化害为利, 减少损失和危害。我国华北、西北地区污水实际上已成为农业灌溉的重要水源, 有些地区利用污水养鱼也有多年的历史。许多经济发达国家也很重视污水回用研究, 把净化后污水用来灌溉草地、林地或养鱼^[1-2]。

以上所说污水一般指生活污水, 或食品、制革、肉类加工等无毒工业废水, 或生活污水与工业废水混合的污水, 利用纯化工废水进行农、渔业利用的报道所见不多。

汉沽地处渤海之滨, 以海盐为原料的氯碱工业比较发达, 另外还有石油、化肥、印染等工业, 日排废水共约1.5万吨。预计近年内还将有较大幅度的增长。

汉沽化工废水成分比较复杂, BOD_5 、 COD 、 Hg 、三氯乙烯、氮、磷及氯化物等含量较高, 毒性较大, 曾引起蓟运河河口的严重污染。1976年建成汉沽污水库, 面积达297万米², 深1—2米。化工废水排入污水库, 生活污水排入蓟运河, 实现“清污分流”。化工废水在污水库停留数月之后, 雨季期间开闸排污, 注入渤海。

废水经污水库的自然净化之后, 水质得到一定程度的改善。但由于未经正式设计, 加上运转不合理, 使污水库净化能力不高^[3], 需要进行必要的改造。我们进行了废水净化模拟实验, 为将污水库改造成为人工控制的生物氧化塘提供了设计参数和建议方案^[1]。

* 曹宏同志参加过部分实验工作, 特此致谢。

本文于1987年2月10日收到。

1) 中国科学院动物研究所, 天津市汉沽区环保局 1985 天津市汉沽污水库技术改造研究 (内部报告)

汉沽化工废水盐分较高,净化以后的氯化物浓度超过农灌高限的10倍以上,使一时难以在农业上进行回用。汉沽污水库中浮游生物、底栖生物及鱼类资源(主要是鲫鱼)丰富,可是鱼体中汞、DDT和六六六含量很高,人们无法食用。1980年污水库鲫鱼肌肉中总汞量高达13.18毫克/公斤,六六六达30.33毫克/公斤^[4],1983年出水口附近人工挂笼养鲫鱼实验,50天后鲫鱼肌肉总汞积累接近平衡,达到7.47毫克/公斤^[5],都远远超过人们食用的最高允许量。汉沽地区气候干燥,水源短缺,污水的净化与回用有现实意义。因此我们就汉沽污水库改造成为生物氧化塘以后,鱼体汞积累情况,氧化塘的鱼产能力以及污水鱼利用问题进行了实验研究,以期为充分利用化工废水、实现废水资源化探索一条可行的途径。DDT和六六六已经停产,因此这里没有考虑这类有机氯农药的积累问题。

二、材料与方 法

我们在汉沽化工废水生物净化模拟实验的同时,观察、分析了罗非鱼(*Tilapia mossambica*)鱼种的生长、繁殖与肌肉中汞的积累情况。

用于净化污水的模拟氧化塘共有3个,大小形状一样,都是用厚12毫米的塑料板制成的。每个池型又分隔成大小不一的5个槽,或称5个池级(见图1)。在3个池型的第5级池中各放养罗非鱼鱼种50尾,平均体长54.1毫米,体重4.1克,鱼肉中汞含量0.1417微克/克。

实验于1985年4月13日开始,持续132天,月平均水温17.5—28.9℃;实验期间未投喂人工饲料,试鱼生长状况良好。罗非鱼较活泼,实验期间有一部分鱼跳到靠近的4级池或跳到池外地板上,后者有时未被及时发现而导致死亡。这不是由于污水的毒性所引起的,因此未计入实验结果。

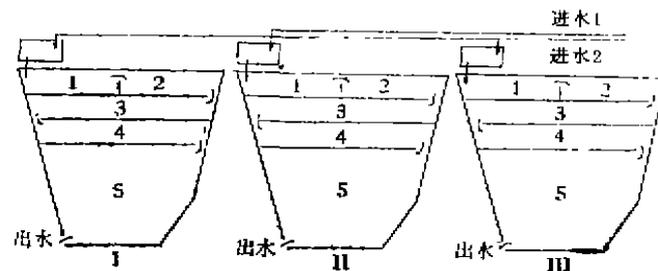


图1 模拟氧化塘平面图(第5级为好氧兼养鱼池)

Fig. 1 The diagram of simulation stabilization pond (All 5th cells are used as polishing and fishing pond)

三个池型的大小体积及污水停留时间见表1。水深都是0.5米。

三个池型污水组成情况不同。池型I为2份化工废水+1份生活污水,池型II全部为化工废水,池型III污水组成同池型I,但在3级池中种植凤眼莲。污水分别经过三个池型45天的净化后,即4级池出水水质大为改善,基本上达到养鱼水质要求(表2)。

在规定的时间内,各池取出试鱼2—3尾,测量长度、体重。样品在低温冰箱保存,用590型测汞仪测定鱼肉汞含量。实验期间,每周测定一次水质。

表1 三种池型的面积、体积及水力停留时间
Table 1 The area, volume and hydraulic retention time of three simulation ponds

| 池级 | 池型 I | | | 池型 II | | | 池型 III | | |
|-----|-----------------------|----------------------|-----------|-----------------------|----------------------|-----------|-----------------------|----------------------|-----------|
| | 面积 (cm ²) | 体积 (m ³) | 水力停留天数(天) | 面积 (cm ²) | 体积 (m ³) | 水力停留天数(天) | 面积 (cm ²) | 体积 (m ³) | 水力停留天数(天) |
| 沉淀槽 | — | 0.10 | 3.4 | — | 0.10 | 3.3 | — | 0.10 | 3.3 |
| 1 | 5134 | 0.26 | 8.8 | 4640 | 0.23 | 7.6 | 4649 | 0.23 | 7.6 |
| 2 | 4793 | 0.24 | 8.3 | 4623 | 0.23 | 7.5 | 4614 | 0.23 | 7.6 |
| 3 | 8442 | 0.42 | 14.6 | 8703 | 0.44 | 14.2 | 8685 | 0.43 | 14.3 |
| 4 | 8138 | 0.41 | 14.0 | 8090 | 0.40 | 13.2 | 8070 | 0.40 | 13.3 |
| 5 | 26280 | 1.26 | 43.9 | 26099 | 1.30 | 42.5 | 25802 | 1.29 | 42.4 |

表2 汉沽化工废水生物净化模拟氧化塘4级池出水水质平均值 (毫克/升)
Table 2 The average values of main components in the effluents of 4th cells of the simulation ponds

| 成分 | 原化工废水 | 原生活污水 | 池型 I | 池型 II | 池型 III | 渔业水质标准 |
|--------------------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|
| pH | 5.7 | 8.42 | 8.63 | 8.44 | 8.71 | 6.5—8.5 |
| DO | 0 | — | 6.35 | 4.42 | 6.55 | ≥4.0 |
| BOD ₅ | 291.8 | 19.7 | 4.9 | 18.0 | 16.3 | <6.0 |
| COD | 686.3 | 167.9 | 91.7 | 121.3 | 88.5 | — |
| Hg | 0.0492 | — | 0.0003 | 0.0001 | 0.0002 | <0.0005 |
| As | 0.144 | 0.008 | 0.019 | 0.019 | 0.018 | <0.1 |
| CN ⁻ | 0.198 | 0.022 | 0.007 | 0.009 | 0.078 | <0.02 |
| S ⁻ | 1.24 | — | 0 | 0 | 0 | <0.2 |
| NH ₃ -N | 11.87 | 8.78 | 1.69 | 3.62 | 3.01 | — |
| PO ₄ -P | 2.58 | 0.57 | 0.52 | 0.48 | 0.52 | — |
| 三氯乙烯 | 6.22 | — | 0 | 0 | 0 | — |
| 氯化物 | 2446.3 | 307.7 | 2736.4 | 3028.3 | 2487.8 | — |
| 藻类 (万个/升) | 0 | 0 | 2968.4 | 4166.6 | 3497.4 | — |

三、结果与讨论

1. 罗非鱼对汞的积累

所有三个5级池中放养的罗非鱼鱼种,经132天的放养观察,未见死亡现象。虽未喂食,试鱼仍能正常生长,最大个体长145毫米,重104克,接近一般鱼池中罗非鱼的生长速度。跳跃到4级池去的部分罗非鱼亦未见死亡现象。不管是5级池或是4级池中的试鱼均能自行产卵,并孵出幼鱼苗。可见化工废水经过净化以后,适于罗非鱼的生长与繁殖。

鱼体肌肉中汞含量测定结果表明,经132天的放养,池型II、III 5级池中罗非鱼肌肉汞含量有轻微的积累趋势,积累平衡时汞含量达到0.35—0.40微克/克之间(池型II个别鱼最高汞含量为0.485微克/克),若减去实验起始鱼汞含量0.14微克/克,实际积累0.20—0.25微克/克,其生物浓缩因子(BCF)为2000—2500之间。一般认为鱼汞的浓缩因子为3000左右^[8,9]。我们的实验结果基本上与之一致。鱼类对汞的积累受到多种因素的影响,环境中(包括水、沉积物、饵料生物)汞含量的高低^[9-11]、鱼类的食性及所处营养等级的高低^[12-15]、温度的高低^[10,16]等都有影响。在我们的实验条件下,罗非鱼肌肉中汞积累量不高,远低于原污水库天然产鲫鱼^[4]和实验鲫鱼^[6]的汞含量。试鱼汞含量在0.35—0.40

微克/克之间,符合一些国家(如美国、日本等)规定的食鱼卫生标准^[14],但稍稍超过我国规定的标准(<0.3毫克/公斤)。假如试鱼起始汞本底值低一些,经过4—5个月的饲养,罗非鱼肌肉汞含量不超过我国规定的较严格的食鱼卫生标准,是有可能的。

三个池型中试鱼汞积累量不完全一致。其中池型I的积累量最低,放养132天,罗非鱼汞含量未见明显增加(表3)。该池型除兑入三分之一的生活污水以外,在运行3个月之后(放养试鱼之前)曾彻底清除过池底全部沉积物,而池型II和III则未清理过。但从水质(表4)和沉积物(表5)分析结果看,三个池型的5级池汞含量没有什么明显的差别。所以池型I试鱼体内汞积累明显低于其它两个池的原因现在还不太清楚。

表3 汉沽污水净化模拟氧化塘5级池中罗非鱼肌肉汞的积累

Table 3 Mercury contents in muscle of *Tilapia mossambica* living in effluents of simulation ponds

| 池型 | 取样日期 | 放养天数(天) | 取样天数(尾) | 体长(毫米) | 体重(克) | 汞含量(微克/克) |
|-----|------|---------|---------|---------|--------|-----------------|
| | 4.13 | 0 | 3 | 64—63 | 4—6 | 0.1417 ± 0.0163 |
| I | 4.25 | 12 | 3 | 72—72 | 12—13 | 0.1200 ± 0.0218 |
| | 5.23 | 40 | 3 | 75—80 | 14—19 | 0.1050 ± 0.0354 |
| | 6.23 | 71 | 2 | 88—104 | 35—45 | 0.1726 ± 0.0106 |
| | 8.13 | 122 | 2 | 105—125 | 40—70 | 0.2175 ± 0.0740 |
| | 8.23 | 132 | 2 | 115—145 | 60—108 | 0.1150 ± 0.0212 |
| II | 4.25 | 12 | 3 | 67—70 | 8—12 | 0.1100 ± 0.0200 |
| | 5.23 | 40 | 3 | 82—85 | 7—21 | 0.1750 ± 0.0212 |
| | 6.23 | 71 | 2 | 100—106 | 38—48 | 0.2075 ± 0.1662 |
| | 8.13 | 122 | 2 | 95—136 | 38—86 | 0.3575 ± 0.1803 |
| | 8.23 | 132 | 2 | 110—115 | 52—64 | 0.3500 ± 0.0778 |
| III | 4.25 | 12 | 3 | 71—81 | 15—17 | 0.1325 ± 0.0096 |
| | 5.23 | 40 | 3 | 83—92 | 20—25 | 0.2600 ± 0.0283 |
| | 6.23 | 71 | 2 | 87—105 | 16—42 | 0.3625 ± 0.0177 |
| | 8.13 | 122 | 2 | 87—135 | 27—80 | 0.4075 ± 0.0740 |
| | 8.23 | 132 | 2 | 105—120 | 42—65 | 0.3800 ± 0.0212 |

表4 三个模拟塘出水中汞的平均浓度(毫克/升)

Table 4 Mercury contents in effluents of different simulation ponds (mg/L)

| 池 级 | 池 型 I | 池 型 II | 池 型 III |
|-------|--------|--------|---------|
| 沉 淀 槽 | 0.0087 | 0.0106 | 0.0141 |
| 1 | 0.0013 | 0.0010 | 0.0016 |
| 2 | 0.0008 | 0.0005 | 0.0004 |
| 3 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 |
| 4 | 0.0003 | 0.0001 | 0.0002 |
| 5 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |

三个池型4、5级池罗非鱼肌肉中汞含量之间有明显的不同,4级池鱼汞含量较高,5级池鱼汞含量较低(表6)。三个池型的4级池,罗非鱼放养40天体内汞含量即超过食用标准。汞积累指标说明3级塘出水(经33天净化)不适于养鱼,4级塘出水(经45.8天净化)则适于养鱼。净化实验结果表明,污水中汞去除率较高,但这些汞主要沉积在沉淀槽及

1、2级池的沉积物中(表5)。目前汉沽污水库底泥中汞含量也较高,进水口附近淤泥中汞含量超过16毫克/公斤·干重^[17]。

表5 各级模拟氧化塘沉积物中汞的含量(微克/克·干重)*
Table 5 Mercury contents of sediments in simulation ponds ($\mu\text{g/g}$, dry weight)

| 池级 | 池型 I | 池型 II | 池型 III |
|-----|--------|--------|--------|
| 沉淀槽 | 591.02 | 473.86 | 629.92 |
| 1 | 63.25 | 65.41 | 32.90 |
| 2 | 18.72 | 7.41 | 7.49 |
| 3 | 7.87 | 7.40 | 8.07 |
| 4 | 3.99 | 3.86 | 6.45 |
| 5 | 1.87 | 1.17 | 1.19 |

* 1985年12月6日三个池型同时取样。

表6 模拟氧化塘4、5级池罗非鱼肌肉中汞含量的比较
Table 6 Comparison of the mercury contents of *T. mossambica* between living in 4th and 5th cell of simulation ponds

| 池型 | 放养天数(天) | 测定尾数(尾) | 汞含量(微克/克) | | t 测验 |
|-----|---------|---------|---------------------|---------------------|--------|
| | | | 4级池 | 5级池 | |
| I | 12 | 3 | 0.1960 \pm 0.0180 | 0.1200 \pm 0.0218 | 差异非常显著 |
| | 40 | 3 | 1.1417 \pm 0.3333 | 0.1050 \pm 0.0354 | 差异非常显著 |
| II | 12 | 3 | 0.1176 \pm 0.0178 | 0.1100 \pm 0.0200 | 差异非常显著 |
| | 40 | 3 | 0.3283 \pm 0.0448 | 0.1750 \pm 0.0212 | 差异非常显著 |
| III | 12 | 9 | 0.2950 \pm 0.0260 | 0.1325 \pm 0.0035 | 差异非常显著 |
| | 40 | 3 | 0.4150 \pm 0.0607 | 0.2600 \pm 0.0283 | 差异非常显著 |

以上结果说明,只要厂内严格按国家规定标准排汞,污水库进行彻底清淤,并按我们建议的设计方案把污水库改造成多级的生物氧化塘,其出水水质适合养鱼要求、所产鱼汞含量达到食用卫生标准是可能的。

2. 污水库产鱼能力估计

汉沽化工废水中氮、磷含量丰富,有毒物质经过一定的净化之后,污水中的藻类(包括浮游和固着藻类)、浮游动物、底栖动物数量及生物量大为发展,为鱼类提供丰富的饵料基础。据1979年调查,汉沽污水库藻类数量各站位全年平均在1619.8—6325.0万个/升之间,单位水柱初级毛生产力为2.76—10.71克氧/米²·日;浮游甲壳动物最高的站位达230个/升,此外有大量轮虫和其它原生动物;底栖动物种类单纯,主要是摇蚊幼虫,平均为10825个/米²,合生物量为54.13克/米²^[14]。刚毛藻数量也很大,秋季污水库中部刚毛藻生物量高达1800克/米²^[13]。

目前,污水库鱼类品种单纯,发现过鲫鱼、鲤鱼、梭鱼、草鱼等^[4],但绝大部分为鲫鱼。为了充分利用饵料资源,应适当放养不同食性的鱼种。库内藻类数量丰富,可考虑以白鲢作为主养对象,搭配鳙鱼、鲤鱼、鲫鱼和罗非鱼。后者食性较杂,库内部分刚毛藻可能得到利用^[19]。

1979年6月,用黑白瓶法测定了污水库出水口附近单位水柱(水深1米)浮游植物毛生产量为10.71克氧/米²·日,水温为20℃^[4]。若以这个点的资料代表污水库改造后养鱼池单位水柱浮游植物毛生产量,鱼池面积231.1万米²,深1米,全年水温10℃以上共245天,则全鱼池全年浮游植物毛生产量为6063.9吨氧。

根据武昌东湖按初级毛产量计算鲢、鳙鱼生产力经验式^[19],汉沽污水库养鱼池鲢、鳙鱼生产力可估计如下:

$$\text{鲢鱼生产力} = 0.03261 \times \text{浮游植物毛产量} \div 0.7 \text{ (吨/池·年)} \quad (1)$$

$$\text{鳙鱼生产力} = 0.02413 \times \text{浮游植物毛产量} \div 0.7 \text{ (吨/池·年)} \quad (2)$$

式(1)、(2)中常数0.7是由于黑白瓶法测定结果偏低的缘故。另外根据清河水库以摇蚊幼虫生物量计算鲤、鲫鱼生产力经验式^[19],污水库养鱼池鲤、鲫鱼生产力可估计如下:

$$\text{鲤鲫鱼生产力} = \frac{\text{底栖动物生产量} \times \text{摄食率}}{\text{饵料系数}} \times \text{养鱼池面积 (吨)} \quad (3)$$

式中 底栖动物生产量 = 摇蚊幼虫产量 × 3

摄食率 = 0.25

饵料系数 = 5

养鱼池面积 = 231.1万米²

将有关参数分别代入式(1)、(2)和(3),得出污水库养鱼池鱼类年生产力为:鲢鱼282.5吨,鳙鱼209.0吨,鲤、鲫鱼18.8吨,合计510.3吨,平均亩产潜力294.1斤,若加上罗非鱼,亩产潜力约为300斤,远高于一般天然湖泊和水库的生产能力。

废水经氧化塘处理后,生产力是否会降低?我们于1985年4月间测定模拟实验的池型Ⅱ5级池浮游植物毛生产量为2.1325克氧/米²·日,水温20℃。这个数据仅为上述污水库出水口附近水柱生产量的1/5。以此推算养鱼池年产鱼能力为100吨,合亩产潜力57.6斤。

影响生物生产力的因素很多,以上仅仅是初步的估计,是否符合实际,尚待今后验证。不过从中可以看到汉沽化工废水有很大的鱼产潜力,是应当注意利用的。

3. 污水鱼的利用

汉沽污水库改造成生物氧化塘后,养鱼池中的鱼体内汞含量将大大下降,甚至达到人们食用的要求。但若清淤不彻底,也可能仍有相当的汞含量。有资料介绍,鱼类的肝脏能把无机汞转化成毒性更大的甲基汞,鱼体中大部分的汞是以甲基汞的形式存在的^[20-21]。因此,对污水鱼汞含量要注意监测和控制。

另外,把污水鱼用作水貂的饲料,可以获得实际的经济效益。实验结果表明,适量的染汞鲫鱼是水貂的良好饲料,但用来喂养种貂时则必须小心,长期喂食可能导致“水俣病”。根据污水库的鱼产量和水貂的食量估计,汉沽污水库每年可提供几千只水貂的饲料用鱼。关于污水鱼养殖水貂的实验结果将在另文报告。

四、结 论

氮、磷丰富的含汞、含盐化工废水,经过多级生物稳定塘的沉淀、净化以后,废水中99.8%以上的汞可沉淀在沉积物中;用净化后污水养殖罗非鱼,鱼体汞积累不明显,汞含量

接近食用卫生标准。汉沽污水库按设计要求进行技术改造以后, 有三分之二以上即 231.1 万平方米² (约合 3500 亩) 水面将成为良好的大养鱼池, 鱼体汞含量将大大下降。

汉沽化工废水氮、磷含量丰富, 毒物浓度下降后, 污水生物生产力较高。污水养鱼能把一部分氮、磷移出污水系统, 鱼产品本身又可间接甚至直接为人们所利用。污水养鱼是化害为利、变含汞含盐化工废水为水源的一条重要途径。鱼体残毒含量也是污水净化效果的重要标志之一。

参 考 文 献

- [1] DeBoer, J. and Linstedt, K.D., 1985, Advances in water reuse applications, *Water Res.*, 19, 1455—1461.
- [2] Bull, K.R., Dearsley, A.F. and Inskip, M.H., 1981, Growth and mercury content of roach (*Rutilus rutilus* L.), perch (*Perca fluviatilis* L.) and pike (*Esox lucius* L.) living in sewage effluent, *Environ. Pollut.*, 25, 229—240.
- [3] 黄玉瑶等, 1984, 汞、DDT、六六六在葛运河河口生态系统中的迁移、积累与循环, *环境科学学报* 4 (1): 57—64.
- [4] 黄玉瑶等, 1984, 汉沽污水库净化能力的初步研究, 全国水生生态及环境微生物学术会论文集, 72—93页, 科学出版社。
- [5] 赵忠亮等, 1986, 汉沽水库养鱼试验研究, *生态学报* 6 (2): 171—177.
- [6] Johnels, A.G., Westermark, T., Berg, W., Persson, P.I. and Sjostrand, B., 1967, Pike (*Esox lucius* L.) and some other aquatic organisms in Sweden as indicators of mercury contamination in the environment, *Oikos* 18, 323—333.
- [7] 山鼻登编著, 1978, 生物浓缩——环境生物学特论, 产业図書株式会社。
- [8] 崔可祥等, 1982, 非洲鲫鱼 (*Tilapia mossambica*) 对汞积累的试验研究, *环境科学学报* 2 (1): 80—84.
- [9] 黄玉瑶, 1982, 草鱼、鲤鱼对汞的积累与排除, *环境科学* 3 (2): 34—36.
- [10] Cember, H., Curtis, E.H. and Blaylock, B.G., 1978, Mercury bioaccumulation in fish: temperature and concentration effects, *Environ. Pollut.*, 17, 311—319.
- [11] Kudo, A. and Mortimer, D.C., 1979, Pathways for mercury uptake by fish from bed sediments, *Environ. Pollut.*, 19, 239—245.
- [12] Jernelov, A., 1971, Mercury accumulation in food chains, *Oikos*, 22, 403—406.
- [13] Phillips, G.R. and Buhler, D.R., 1978, The relative contributions of methylmercury from food or water to rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in a controlled laboratory environment, *Trans. Amer. Fish. Soc.* 107, 853—861.
- [14] Phillips, G.R., Lenhart, T.E. and Gregory, R.W., 1980, Relation between trophic position and mercury accumulation among fishes from the Tongue River Reservoir, Montana, *Environ. Res.*, 22, 73—80.
- [15] Potter, L., Kidd, D. and Standiford, D., 1975, Mercury levels in Lake Powell, bioaccumulation of mercury in manmade desert reservoir, *Environ. Sci. Technol.*, 9, 41—46.
- [16] Boudou, A., Delarche, A., Ribeyre, F. and Marty, R., 1979, Bioaccumulation and bioamplification of mercury compounds in a second level consumer, *Gambusia affinis*-temperature effects, *Bull. Environ. Toxicol.*, 22, 813—818.
- [17] 谭燕翔, 1984, 汉沽污水库生态系统中Hg、DDT、六六六的分布研究, *中国环境科学* 4 (4): 49—53.
- [18] 高玉荣, 1982, 用丝状绿藻监测汉沽污水库汞的净化能力的研究, *环境科学丛刊* 4 (10): 23—26.
- [19] 陈金桂, 1981, 水库几种主要经济鱼类生产潜力的估算方法, *水库渔业* (2): 50—54, 70.
- [20] Wood, J.M., 1971, Environmental pollution by mercury, (In) *Advances in Environmental Science and Technology*, Vol. 2, I.N. Pitts, Jr. and R.L. Metcalf Ed. Wiley-Interscience, New York.
- [21] Westoo, G., 1973, Methylmercury as percentage of total mercury in flesh and viscera of salmon and sea trout of various ages, *Science*, 181, 567—568.

A STUDY ON THE FISH CULTURE IN INDUSTRIAL WASTE WATER

Huang Yuyao Zhao Zhongxian Guo Hongliang
(Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing)

This paper deals with the possibility of fish culture in the effluent purified by simulation stabilization pond which is consisted of 4 cells with 45 days of hydraulic retention time. The effluent quality is improved remarkably through simulation pond. Before purifying, the raw waste water contains high levels of BOD₅, COD, NH₃-N, PO₄-P, chloride, mercury etc (Table 2.). Some 50 young fish (*Tilapia mossambica*) are reared in the effluent. 2 or 3 fish are caught out in different sampling time for examination of growth and mercury content. No food has been added to the fish outside the simulation pond system during experimental interval of 132 days. The results obtained are as follows.

1. The growth and breeding behaviour of the *T. mossambica* are quite well. No dead sample has been found in the effluent during the exposed test. It indicates that the effluent quality is good for fish growth and reproduction.

2. The mercury content of *T. mossambica* is slightly increased with increasing exposure time. The average mercury contents vary between 0.35 and 0.40 $\mu\text{g/g}$ including initial mercury content of 0.14 $\mu\text{g/g}$ of test fish. This mercury contents of test fish are much lower than those of crucian carp (*Carassius auratus*) living in Hangu Sewage Lagoon which receives the same kind of waste water as the simulation pond and the mercury content of crucian carp reaches to 7.7 $\mu\text{g/g}$ through 100 day exposure time.

3. The biological productivity of effluent is very high because of high levels of nitrogen and phosphorus. The potential fish productivity in designing fish pond is estimated based on the data of the primary production of phytoplankton and biomass of benthos. If some fish contains mercury too high for human consumption, it still could be used as food for mink.

4. Data obtained indicate that the fish culture is one of the important approaches in the reuse of industrial waste water which contains high concentrations of nitrogen, phosphorus, chloride and mercury through purifying by multicell stabilization pond.

Key word: chemical waste water, fishery utilization.