

# 汉沽污水库养鱼试验研究\*

赵忠宪 仪垂贵 滕德兴

(中国科学院动物研究所)

李润兴

(天津市汉沽区环境保护监测站)

## 摘 要

本研究表明:汉沽污水库进水口污水对鱼类毒性很大,它对白鲢、鲤鱼和鲫鱼24小时半数致死浓度分别为3%、30%和58%(V/V)。汉沽污水库对化工废水有一定自净能力,净化后的水质是有益于鲫鱼生存、发育和繁殖的。污水库中的鲫鱼对DDT积累不明显;对666虽有积累但不超过食用标准(2ppm);对汞的积累量较高,100天内鲫鱼肌肉汞含量超过食用标准(0.3ppm)26倍。鲫鱼对汞、DDT、666均有排除能力,其排除速率的快慢顺序为:666>DDT>Hg。

我国五十年代末曾开展过一些利用城市污水培育鱼苗的研究(中国科学院水生生物研究所,1965),并取得一定效果。但利用化工废水进行鱼类养殖的试验研究却很少报道。近几年国外利用污水养鱼虽有些报道,(Krishnamovrthi,1975; Reid,1976; Schroeder,1975)但亦偏重生活污水。

汉沽污水库是为保护蓟运河水质进行清污分流而采取的应急措施,1976年建成并使用。污水库占地面积297万平方米,蓄水量560万立方米,平均水深2米,它主要接纳汉沽几家大型化工厂排放的含汞、666、DDT、石油等有毒物质的工业废水,日入库量1—1.5万立方米。污水通常在库内储存10个月,待汛期兴洪时排入蓟运河,随同下泄河水一并入渤海湾。无汛时则由溢流口排入北塘河口。

汉沽污水库的主要功能是储存工业废水,调查资料表明,该水库具有一定的净化效果,净化后水中繁衍大量藻类、枝角类及摇蚊幼虫等饵料生物(黄玉瑶,1984)。这种水体对鱼类有无毒性?能否养鱼?如能养鱼,有无食用价值?为此,我们自1980到1982年连续3年,每年6—10月先后对污水库进,出水口的水质、毒性、鲫鱼在污水库中的生长、发育及主要污染物(汞、666、DDT)、在鱼体肌肉中的积累,排出等进行了试验研究,现将结果报告于后。

## 一、材料与方法

### 1. 急性中毒试验

选用汉沽下坞渔场的鲫鱼(*Carassius auratus*)、鲤鱼(*Cyprinus carpio*)和白鲢鱼(*Hypophthalmichthys molitrix*)。鱼种先驯养一周,然后挑选反应灵敏,大小相近的鱼,按每种浓度10尾的数量放入不同配比的试验液中(每天换液两次,试验水温为23—25℃,pH值7—8,

\* 本文承蒙朱靖、黄玉瑶二位先生审阅。先后参加这项工作的还有许木启、许培礼等同志。野外工作期间得到汉沽排污管理站、下坞渔场、营城渔场的大力协助,在此一并致谢。

溶解氧4.2—7.6毫克/升) 观察中毒及死亡情况; 用直线内插法 (Hart, 1945) 计算上述 3 种鱼的半数致死浓度 ( $LC_{50}$  值)。

## 2. 生长、发育、残毒积累与排出试验

选用污水库附近渔场——盲肠水库的鲫鱼。按图 1 的标位, 在污水库 1 号和 4 号站分别

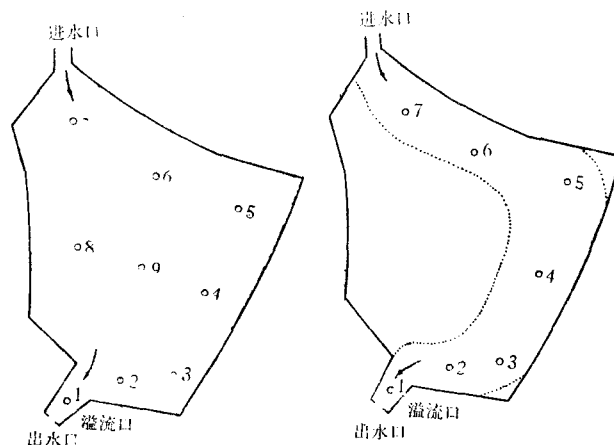


图 1 汉沽污水库取样点示意图 (左图为储满水时情形, 右图为放水后情形)

fig. 1 program showing the sampling point in Hangu stabilization pond (left fig, high water, right fig, low water)

放置 2 至 3 个  $100 \times 100 \times 100$  厘米, 孔径 1.5 厘米的尼龙网箱, 每箱投放体长  $13.7 \pm 1.9$  厘米, 体重  $78.7 \pm 13.7$  克的鲫鱼 30 尾, 对照点设在盲肠水库。从放置日起, 第 3、8、18、32、50、70 天及第 100 天进行抽样观察, 测量鱼的体长、体重; 宏观检查鱼体内部各器官的形态变化; 切取鱼背部肌肉, 测定主要污染物汞、666、DDT 的含量。鱼肉中的汞用硝酸-五氧化二钒消化 (环境污染分析方法科研协作组, 1980), 用 590 型测汞仪测定; 666、DDT 用 60% 的高氯酸-冰醋酸混合液消化 (环境污染分析方法科研协作组, 1980), 已烷提取, 用 Perkin—Elmer 900 型气相色谱仪测定。毒物排出试验是把放养存污水库 4 号站达 40 天的鲫鱼移入盲肠水库, 然后每隔 5 天取样一次, 每次取鱼 5 尾。测定项目及方法同上。

## 二、结果与讨论

### 1. 污水对鱼类的毒性及鲫鱼的生长发育

污水库进水口污水对鱼类毒性很大。体长 12—15 厘米的白鲢在 70—30% (体积百分比) 的污水中 2—5 小时即全部死亡; 体长 3.2—4.8 厘米的鲤鱼在 100%、70%、50%、30% 和 10% 的污水中 24 小时分别死亡 10、8、7、4 和 1 尾; 体长 7—10 厘米鲫鱼比白鲢、鲤鱼抗污性强, 它在 100% 的污水中能存活 20 小时, 在 30% 的污水中 96 小时未见死亡。污水对白鲢、鲤鱼和鲫鱼 24 小时的半数致死浓度分别为 3%、30% 及 58%。3 种鱼中毒后有共同表现: 首先是狂游、呼吸频率加快、浮头, 然后尾、鳃、皮肤充血, 体色逐渐变黑、最后失去平衡, 侧卧水底或漂浮水面而死。出水口污水对上述鱼类毒性不明显, 120 小时后, 试验鱼活动自如, 未出现上述中毒现象。说明污水库有净化效果。

养鱼试验表明, 污水库 1 号站和 4 号站试验鲫鱼全部存活, 体态健壮, 生长良好。宏观检查, 内部各器官正常。100 天试验鲫鱼平均体长增长 1.3 厘米, 体重增加 39.2 克, 比对照组多增长 0.9 厘米, 多增重 15.8 克 (表 1)。说明污水库净化后的水质比较适合于鱼类的生长。

表 1 100 天试验鲫鱼生长情况的比较

table 1 comparison of growth of experimental crucian carp in a hundred days

| 地 点        | 体长 (厘米)    | 体重 (克)      | 肥满度 (K) <sup>1)</sup> | 增长 (厘米) | 增重 (克) |
|------------|------------|-------------|-----------------------|---------|--------|
| 污水库 1 号站   | 14.7 ± 0.8 | 94.5 ± 14.1 | 2.92 ± 0.29           | 1.3     | 39.2   |
| 对照点 (盲肠水库) | 13.8 ± 0.8 | 78.7 ± 13.7 | 2.27 ± 0.22           | 0.4     | 23.4   |

$$1) K = \frac{W}{L^3} \times 100 (W \text{——体重, } L \text{——体长}).$$

但从水质分析数据看, 盲肠水库的水质比污水库水质好 (表 2), 然而, 污水库试验鲫鱼却

表 2 盲肠水库与汉沽污水库进、出口水质状况的比较 (1981.9)

table 2 comparison of water quality of import and export between Mang Chang reservoir and Hangu stabilization pond (September, 1981)

| 项 目          | 盲肠水库<br>(对照点) | 污 水 库     |           |         | 国家渔业<br>水质标准 |
|--------------|---------------|-----------|-----------|---------|--------------|
|              |               | 进口 (7 号站) | 出口 (1 号站) | 4 号站    |              |
| 溶解氧 (毫克/升)   | 7.25          | 近于 0      | 7.30      | 7.80    | ≥ 4          |
| 总硬度 (度)      | 38.4          | 76.0      | 76.2      | 77.0    | —            |
| pH 值         | 8.5           | 7.6       | 8.4       | 8.5     | 6.5—9.5      |
| COD (毫克/升)   | 0.08          | 378       | 125       | 124     | —            |
| 氨氮 (毫克/升)    | —             | 3.11      | 0.78      | —       | 0.05         |
| 磷酸盐 (毫克/升)   | 0.03          | 19.80     | 15.49     | 14.58   | —            |
| 氟化物 (毫克/升)   | 0.02          | 0.62      | 0.007     | 0.008   | 0.05         |
| 氟化物 (毫克/升)   | —             | 3.28      | 2.00      | 1.95    | 1.00         |
| 酚 (毫克/升)     | 0.002         | 0.022     | 0.006     | 0.008   | 0.01         |
| 总汞 (毫克/升)    | 0.00004       | 0.00070   | 0.00016   | 0.00020 | 0.0005       |
| 总 666 (毫克/升) | 0.0015        | 0.4967    | 0.0470    | 0.0476  | 0.02 (丙体)    |
| DDT (毫克/升)   | 未检出           | 未检出       | 未检出       | 未检出     | 0.001        |
| 石油 (毫克/升)    | —             | 2.28      | 0.30      | 0.36    | 0.05         |

比对照点 (盲肠水库) 试验鲫鱼长势好, 原因在于饵料生物丰富所致。资料表明, 污水库 1 号站浮游动物的数量为 5—150 万个/升 (黄玉瑶, 1984), 而盲肠水库却只有 0—3 个/升。

为研究污水库中鲫鱼的性腺发育情况, 1982 年 6 月, 我们用挂网在库区 8 和 9 号站扑获一批鲫鱼, 经解剖观察, 性腺发育良好 (表 3), 雌鱼除 4 尾已产过卵外, 其他 6 尾卵粒发育饱满, 怀卵量在 17,340—44,044 粒之间, 平均怀卵量为 29,532 粒, 这与我们 1980 年 6 月在下坞渔场解剖的雌性鲫鱼怀卵量相近 (平均值 25,000 粒)。33 尾雄性鲫鱼全部性成熟, 轻压腹部精液则能流出体外。

## 2. 污水库中鲫鱼对汞、666、DDT 的积累

1) 对汞的积累 测定结果表明, 放养在污水库中的鲫鱼对汞有明显的积累 (表 4), 以刚接

表3 汉沽污水库鲫鱼性腺发育 (1982.6)

table 3 the development of the sexual gland of crucian carp in Hangu stabilization pond (June, 1982)

| 性 别 | 尾数 | 体长 (厘米)    | 体重 (克)      | 性 腺 特 征               |
|-----|----|------------|-------------|-----------------------|
| ♂   | 33 | 13.6 ± 1.3 | 85.9 ± 43.7 | 精巢乳白色, 轻压鱼腹则有精液流出     |
| ♀   | 10 | 14.8 ± 2.5 | 115 ± 62.7  | 卵巢米黄色, 卵粒饱满, 卵巢发育Ⅳ—Ⅴ期 |

表4 汉沽污水库不同站位的鲫鱼对汞的积累<sup>1)</sup> (毫克/公斤)

table 4 accumulation of mercury in crucian carp at different site in Hangu stablization pond (mg/Kg)

| 天数  | 1 号 站             | CF                     | 4 号 站             | CF                     |
|-----|-------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| 0   | 1.075 ± 0.096 (4) | 0                      | 1.075 ± 0.096 (4) | 0                      |
| 3   | 2.150 ± 0.035 (8) | 6.72 × 10 <sup>3</sup> | 2.420 ± 0.067 (8) | 6.73 × 10 <sup>3</sup> |
| 8   | 3.507 ± 0.102 (6) | 1.52 × 10 <sup>4</sup> | 5.012 ± 0.369 (6) | 1.99 × 10 <sup>4</sup> |
| 18  | 5.452 ± 0.315 (5) | 2.74 × 10 <sup>4</sup> | 6.967 ± 0.183 (7) | 2.95 × 10 <sup>4</sup> |
| 32  | 5.968 ± 0.160 (5) | 3.06 × 10 <sup>4</sup> | 7.753 ± 0.336 (8) | 3.34 × 10 <sup>4</sup> |
| 50  | 7.467 ± 0.247 (5) | 4.10 × 10 <sup>4</sup> | 9.133 ± 0.274 (5) | 4.03 × 10 <sup>4</sup> |
| 70  | 7.700 ± 1.037 (8) | 4.14 × 10 <sup>4</sup> |                   |                        |
| 100 | 7.706 ± 0.415 (5) | 4.14 × 10 <sup>4</sup> |                   |                        |

1) 括号内的数字为测定鲫鱼尾数

触污水的头几天积累速度最快, 50天后趋于平衡, 这与室内实验结果 (中国科学院动物研究所水生生态组, 1979; 修瑞琴等, 1984) 是一致的。鲫鱼在污水库中对汞积累的关系式: 1号站为  $\log(Y + 3) = 0.6032 + 0.2387 \log X$ , 4号站为  $\log(Y + 10) = 1.0317 + 0.1494 \log X$ , 式中Y为汞的积累量, X为放养天数。

值得提出的是, 1号站和4号站50天鲫鱼肌肉汞含量比放养前分别增高6至8倍, 浓缩因子(CF)分别为  $4.10 \times 10^4$  和  $4.03 \times 10^4$ 。这与山县登的数据(山县登, 1978)相比有些偏高, 这可能与饵料生物残留积累的食物链有关(1号站浮游生物汞含量8.70毫克/公斤, 摇蚊幼虫汞含量8.20毫克/公斤)。

另外, 4号站鲫鱼肌肉汞含量比1号站鲫鱼肌肉汞含量高, 而1号站水中汞含量比4号站水中汞含量低(表2)。这说明, 鱼体肌肉对汞的积累量是随时间的延长和汞液浓度的增加而增加的, 这与有关室内实验结果(黄玉瑶, 1982; 崔可铎, 1983)是一致的。

2) 对666的积累 测定结果表明, 鲫鱼对666的积累与汞略有不同, 头3天内积累速度很快, 以后积累量上升极为缓慢, 几乎处于平衡状态(图2)。经过2个多月的放养, 不论是1号站或是4号站, 鲫鱼肌肉666含量均未超过国家食品卫生标准(2毫克/公斤)。

3) 对DDT的积累 DDT在污水库水体中检出值为痕迹量, 因此, 在鲫鱼肌肉中只测出了少量DDT的异构体P,P'-DDE(图3)。

### 3. 污水库中鲫鱼对汞及666的排除

放养在污水库中的鲫鱼, 虽对汞、666有一定积累, 但移入清水后, 它对这些毒物亦有

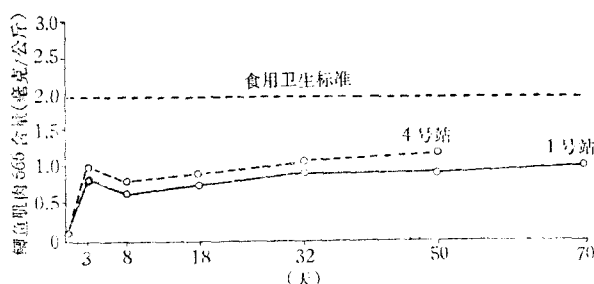


图 2 汉沽污水库 1 号站、4 号站鲫鱼对 666 的积累  
fig. 2 No. 1 and No. 4 site accumulation of BHC in the muscle of crucian carp in Hangu stabilization pond

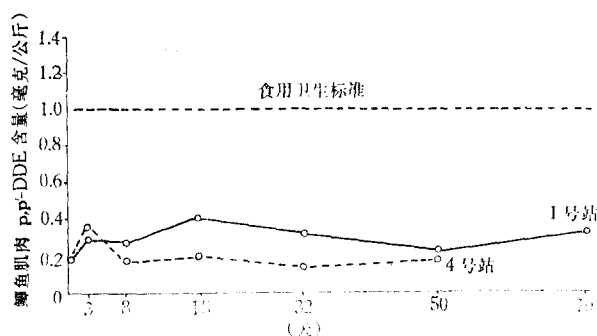


图 3 汉沽污水库 1 号站、4 号站鲫鱼 p,p'-DDE 的积累  
fig. 3 No. 1 and No. 4 site accumulation of p,p'-DDE in the muscle of crucian carp in Hangu stabilization pond

不同程度的排除 (表 5)，尤以 666 排除的速度最快，5 天可排出 89.4%，10 天排出 95.6%，

表 5 鲫鱼对汞及 666 的排除

table 5 remove of the Hg and BHC in muscle of Crucian carp

| 释 放<br>天 数 | 总 汞             |         | 总 666           |         |
|------------|-----------------|---------|-----------------|---------|
|            | 实际含量 (毫克/公斤)    | 去除率 (%) | 实际含量 (毫克/公斤)    | 去除率 (%) |
| 0          | 8.0583 ± 0.0248 | 0       | 1.1541 ± 0.0824 | 0       |
| 5          | 5.2251 ± 0.0453 | 35.2    | 0.1226 ± 0.0235 | 89.4    |
| 10         | 3.9251 ± 0.0325 | 51.3    | 0.0502 ± 0.0318 | 95.6    |
| 15         | 4.0617 ± 0.1080 | 49.6    | 0.0004 ± 0.0010 | 99.9    |
| 20         | 4.0017 ± 0.0125 | 50.3    |                 |         |
| 40         | 3.8250 ± 0.0100 | 52.5    |                 |         |

半个月可基本排完。这与刘金栋等 1981 年在室内所做的实验结果相一致。鲫鱼对 666 的排出关系式为： $\log Y = 104.8050 - 53.9496 \log(X + 85)$ ，式中 X 为排除时间，Y 为排出量。

鲫鱼对汞的排出速度比 666 慢得多，10 天虽可排出 51.3%，但以后的排出速度相当缓慢，几乎处于动态平衡。鲫鱼对汞的排出关系式为  $\log(Y + 4) = 0.9549 - 0.0452 \log(X - 4)$ 。

### 三、小 结

汉沽污水库进水口污水对鱼类毒性很大，它对白鲢，鲤鱼和鲫鱼 24 小时的半数致死浓度

(体积百分比浓度)分别为3%、30%和58%。污水在库内经过物理、化学和生物作用后,水质明显好转,从4号站到1号站广大水域,试验鲫鱼全部存活,而且生长发育较好。

放养在污水库中的鲫鱼,对DDT积累不明显;对666虽有积累,但未超过食用卫生标准;对汞的积累量较高,超过食用卫生标准26倍。虽然鲫鱼对汞有一定排除能力,10天内即能排出51.3%,但10天后的排除速度则极为缓慢。因此,我们认为:汉沽污水库在未改造成人工氧化塘以前,不宜放养食用鱼类。

### 参 考 文 献

- 山县登 1978 生物浓缩——环境科学特论。产业图书株式会社。
- 中国科学院水生生物研究所 1965 生活污水培育鱼苗的研究。太平洋西部渔业研究委员会第六次会议论文集。
- 中国科学院动物研究所水生生态组 1979 鲤鱼对Hg,666,DDT的积累。环境科学 1:12—15。
- 刘金栋等 1981 汞等五种混合毒物对金鱼生长和繁殖影响的研究。劳动卫生与环境医学4(6):166—170。
- 环境污染分析方法科研协作组 1980 环境污染分析方法。科学出版社。
- 修瑞琴等 1984 水生食物链对甲基汞富集作用的研究。全国水生态及环境微生物学术会议论文集。第162页。科学出版社。
- 黄玉瑶 1982 草鱼、鲤鱼对汞的积累与排除。环境科学 2:34—36。
- 崔可铎等 1982 非洲鲫鱼 (*Tilapia mossambica*) 对汞积累的实验研究。环境科学学报。2(1):80。
- 黄玉瑶等 1984 汉沽污水库净化能力的初步研究。全国水生态及环境微生物学术会议论文集。第72—93页。科学出版社。
- Hart W.B.P. 1945 The evaluation of the toxicity of industrial wastes, chemicals and other substances to fresh water fish. The atlantic refining Co, philadelphia, P. 317.
- Krishnamovrthi, K.P. et al., 1975 Productivity of sewage fertilized fish, *Water resources* 9:269.
- Reid, G.V. 1976 Algae removal by fish production, water resources symposium No. 9 ponds as a waste water treatment alternative center for research in water resources, University of Texas, P. 417.
- Schroeder, G.L. 1975 Some effects of stoking fish in waste treatment ponds, *Water resources* 9:591.

## AN EXPERIMENTAL STUDY ON CRUCIAN CARP (*Carassius auratus*) RAISED IN HANGU STABILIZATION POND

Zhao Zhongxian Yi Chuigui Teng Dexing

(Institute of Zoology, Academia sinica)

Li Runxing

(Hangu monitoring station of environmental protection, Tianjin)

This study indicates that the wastewater import of Hangu stabilization pond is very harmful to fish. A value of 24  $Lc_{50}$  of the influent for siver carp (*Hypophthalmichys molitrix*) carp (*Cyprinus carpio*) and crucian carp (*Carassius auratus*) was measured as 3%, 30% and 58% in V/V respectively.

Hangu stabilization pond has ability to self-purification for chemical industry wastewater. After stabilization, the water quality of pond was good for

survival, growth and breeding of crucian carp.

It isn't obvious for the crucian carp to accumulate DDT in Hangu stabilization pond. The accumulation of BHC in crucian carp isn't up to the edible level (2ppm). The content of mercury of the muscle of crucian carp is 26 times over the edible (0.3ppm). Within 100 days.

Crucian carp has the ability of removing Hg, BHC and DDT. The removed rates are different, BHC is the largest one, Hg is the smallest one.