

# 广东省流溪河水庫庫区水質及其与 浮游生物相互关系的分析

李國藩 林浩然 張維欽 黃仲生 馬燕君 陈欣楚

陈劍儒 沈仁中 黃泉福 沈良保 謝瑞雄

(生物学系)

## 前 言

流溪河水庫是广东省大型水庫之一，于1958年建成，位于从化县山溪性的流溪河中游，四周环山，林木茂盛，多花崗岩和黃沙土。水庫长形，大而深，正常水位为235米，不只可以发电和灌溉，而且可以大規模发展漁业。我們于今年2月到4月，在党的教育方針指导下，接受了綜合調查流溪河水庫的任务，并着重分析水庫水質及其与浮游生物的相互关系，提出在水庫中进一步发展漁业的依据。

調查期間，每隔15天，昼夜取水样分析一次，每次取样時間为上午6时，中午12时，下午6时，晚間12时。取样点为庫区較有代表性的砵头、小車和白鷄潭，每点分表层、中层和底层取样，进行水的化学分析和浮游生物定性定量分析，并取其分析的平均数值。取水样的用具与方法，浮游生物的定性定量分析方法，均采用饒欽止等編著的《湖泊調查基本知識》一书所介紹的。水的化学分析 法采用 徐墨耕、任云峰 編譯的《淡水养殖水化学》一书所介紹的。

本項研究工作得到流溪河水力发电站和流溪河林伤大力协助，謹致謝意。

## 分析結果

### 一. 流溪河水庫水質的主要特点：

根据水的理化分析結果，水質比較正常而稳定（見表1），有些理化性質有一定的垂直变化（見表2）和昼夜变化（見表3）。

水溫一般稍低于气溫，稳定，昼夜变动幅度为 $0.5-2.5^{\circ}\text{C}$ ；但表层溫度較高，底层溫度較低，相差可达 $5-6^{\circ}\text{C}$ 。

透明度大，变动于1.3—2.7米的范围。

溶氧量一般接近于飽和状态，变动于5.76—13.26毫克/升的范围，通常表层水較高而底层水較低，这是因为表层水与空气直接接触，空气中的氧气溶解入水中，同时亦由于庫底的有机物沉积較多，它們分解而消耗較多氧气。

二氧化碳的含量較高，且有明显的垂直变化，表层水的含量低而底层水的含量高，

如砷头为 1.55—9.24 毫克/升, 小車为 3.67—10.16 毫克/升, 白鷗潭为 2.77—9.24 毫克/升。这是由于靠近底层, 有机物含量較多, 氧化分解过程較强烈, 放出二氧化碳。

表 1 流溪河水庫(小車)水質分析結果(昼夜平均数值)

| 分析項目 \ 采水日期<br>分析結果            | 2月20日   | 3月5日    | 3月20日   | 4月5日    |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| PH                             | 7.23    | 7.15    | 7.07    | 7.10    |
| CO <sub>2</sub> (毫克/升)         | 5.35    | 8.07    | 10.56   | 13.26   |
| O <sub>2</sub> (毫克/升)          | 9.83    | 8.63    | 10.23   | 13.23   |
| 硷度(毫克/当量)                      | 0.959   | 0.941   | 0.730   | 0.680   |
| 有机物耗氧量                         | 7.50    | 4.24    | 3.62    | 3.10    |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>   | 0.146   | 0.1059  | 0.122   | 0.088   |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>   | 0.00059 | 0.02408 | 0.01134 | 0.00148 |
| PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>  | 0.02140 | 0.02164 | 0.03340 | 0.03460 |
| 总鉄量                            | —       | 0.2109  | 0.195   | 0.131   |
| SiO <sub>2</sub> <sup>2-</sup> | 16.50   | 15.15   | 11.97   | 12.84   |
| Cl <sup>-</sup>                | 2.98    | 3.16    | 3.28    | 3.21    |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  | 4.44    | 3.15    | 14.25   | 9.97    |
| Mg <sup>++</sup>               | 42.58   | 32.73   | 28.72   | 39.69   |
| Fe <sup>+++</sup>              | —       | 0.149   | 0.095   | 0.087   |
| 总硬度                            | 17.22   | 10.84   | 11.59   | 11.67   |

PH 为 7.2—7.6, 微鹼性, 但底层水由于受到二氧化碳的影响, 为 6.8—7.0, 微偏酸性。

总鉄量頗丰富, 变动于 0.090—0.319 毫克/升的范围, 平均数值为 0.196 毫克/升, 而以底层水的含量較高。

磷酸盐含量不多, 变动于 0.0069—0.1489 毫克/升的范围, 有时, 表层水的含量較高, 特别是大雨之后, 由于雨水冲刷而带来大量无机盐类, 使磷酸盐含量增加。平均含量为 0.031 毫克/升。

亚硝酸盐的含量低, 为 0.0043—0.0772 毫克/升, 平均数值为 0.01261 毫克/升, 以底层水的含量較高。鉍盐的含量亦低, 为 0.0970—0.2334 毫克/升, 平均数值为 0.1491 毫克/升。亚硝酸盐和鉍盐均以底层水的含量較高。硝酸盐未测定。

矽酸盐的含量十分丰富, 变动于 9.76—58.16 毫克/升的范围, 平均数值达 16.48 毫克/升。

表2 流溪河水庫水質的垂直变化(根据1960年3月5日12时取的水样)

| 取样地点与深度 | 分析項目<br>分析結果 | 水溫    | PH   | O <sub>2</sub><br>(毫克/升) | CO <sub>2</sub><br>(毫克/升) | NO <sub>2</sub> - | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Fe <sup>++</sup> | 总鉄量   | 有机物<br>耗氧量 |
|---------|--------------|-------|------|--------------------------|---------------------------|-------------------|------------------------------|------------------|-------|------------|
|         |              |       |      |                          |                           |                   |                              |                  |       |            |
| 小車      | 表 层 (1米)     | 22.5° | 7.4  | 7.98                     | 3.67                      | 0.0041            | 0.0597                       | 0.0508           | 0.124 | 4.00       |
|         | 中 层 (11米)    | 15°   | 6.81 | 7.04                     | 5.88                      | 0.0081            | 0.0876                       | 0.0113           | 0.140 | 3.48       |
|         | 底 层 (21米)    | 15°   | 6.49 | 8.55                     | 10.16                     | 0.0530            | 0.0910                       | 0.2520           | 0.190 | 4.17       |
| 砵       | 表 层 (1米)     | 22.5° | 7.5  | 12.64                    | 1.56                      | 0.0047            | 0.0494                       | 0.0625           | 0.212 | 3.48       |
|         | 中 层 (5米)     | 20°   | 7.17 | 8.32                     | 5.44                      | 0.0058            | 0.0607                       | 0.0625           | 0.209 | 2.61       |
|         | 底 层 (8米)     | 16.5° | 6.81 | 5.76                     | 9.24                      | 0.0530            | 0.0763                       | 0.1210           | 0.233 | 3.13       |
| 白鵝潭     | 表 层 (1米)     | 21.5° | 7.6  | 8.32                     | 2.77                      | 0.0049            | 0.0494                       | 0.0625           | 0.137 | 3.65       |
|         | 中 层 (12米)    | 13.7° | 6.81 | 7.98                     | 8.31                      | 0.0085            | 0.0596                       | 0.0625           | 0.144 | 2.61       |
|         | 底 层 (21米)    | 13.5° | 6.81 | 7.36                     | 9.24                      | 0.0085            | 0.0608                       | 0.1200           | 0.168 | 4.34       |
| 平均      | 表 层          | 21.7° | 7.5  | 9.64                     | 2.66                      | 0.0046            | 0.0528                       | 0.0586           | 0.158 | 3.71       |
|         | 中 层          | 16.2° | 6.93 | 7.18                     | 6.54                      | 0.0074            | 0.0694                       | 0.0554           | 0.164 | 2.90       |
|         | 底 层          | 15°   | 6.7  | 7.29                     | 9.54                      | 0.0382            | 0.0781                       | 0.1640           | 0.197 | 3.88       |

表3 流溪河水庫(小車)水質的昼夜变化

| 分析項目                          | 日期時間 | 3月5日<br>12时 | 3月5日<br>18时 | 3月6日<br>0时 | 3月6日<br>6时 |
|-------------------------------|------|-------------|-------------|------------|------------|
|                               | 分析結果 |             |             |            |            |
| 溫 度                           |      | 17.5°       | 18.1°       | 17°        | 16.2°      |
| pH                            |      | 6.9         | 7.1         | 7.3        | 7.3        |
| CO <sub>2</sub> (毫克 1 升)      |      | 6.57        | 7.99        | 7.66       | 10.06      |
| Q <sub>2</sub> (毫克 1 升)       |      | 7.89        | 8.76        | 9.53       | 8.35       |
| 有机物耗氧量                        |      | 3.88        | 4.00        | 2.87       | 5.73       |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>  |      | 0.0815      | —           | —          | 0.1303     |
| NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>  |      | 0.0250      | 0.0240      | 0.0231     | 0.0240     |
| PO <sub>4</sub> <sup>==</sup> |      | 0.0358      | 0.0268      | 0.0090     | 0.0209     |
| Fe <sup>+++</sup>             |      | 0.1353      | 0.2080      | 0.1389     | 0.1146     |
| 总鉄量                           |      | 0.152       | 0.224       | 0.186      | 0.280      |
| 砷度(毫克/当量)                     |      | 1.23        | 0.80        | 0.93       | 0.81       |

硫酸盐含量少, 为 0.26—15.17 毫克/升, 平均数值为 3.323 毫克/升。

氯化物的含量低而稳定, 为 3.3415—3.8480 毫克/升。

总硬度高, 为 10°—17°, 表明有較丰富的氧化鈣含量。

硷度变化不大, 为 0.667—1.092。

有机物耗氧量很低, 变动于 1.70—13.17 毫克/升, 平均数值只 3.56 毫克/升, 說明水中有机物含量很少。有机物耗氧量的垂直变化明显, 以表层水和底层水較高, 中层水較低。

水質的昼夜变化 (見表 3) 比較显著, 表现为: 溶氧量黄昏和夜間較高, 清晨和中午較低; 溶解二氧化碳和有机物含量中午較低, 黄昏时增加, 以后又减低, 而以清晨时最高; 磷酸盐和高鉄盐中午含量較多, 到次日清晨含量减少。

## 二. 流溪河水庫浮游生物的种类和数量

流溪河水庫的浮游动物包括原生动物, 輪虫类, 甲壳动物的枝角类和橈足类等共 62 属, 其数量頗多 (見表 4), 平均为每公升水中含有 3,751 个, 其中以原生动物为主, 占 67% 左右, 輪虫类次之, 占 28%, 枝角类和橈足类的个数很少。数量較多与分布較广的优势种有原生动物的砂壳虫 (*Difflugia* sp.), 棘壳虫 (*Acanthocystis* sp.), 多核太阳

表 4 流溪河水庫浮游动物的数量 (每 1,000CC 水中的个数)

| 取样<br>時間与地点 |          | 种 类   |       | 原生动物 | 輪虫类 | 枝角类    | 橈足类 | 合 計 |
|-------------|----------|-------|-------|------|-----|--------|-----|-----|
|             |          | 数     | 量     |      |     |        |     |     |
| 钵<br>头      | 2月20—21日 | 816   | 668   | 35   | 0   | 1,519  |     |     |
|             | 3月5—6日   | 8,442 | 801   | 149  | 0   | 9,412  |     |     |
|             | 3月20—21日 | 3,788 | 145   | 0    | 49  | 3,982  |     |     |
|             | 4月5日—6日  | 116   | 535   | 0    | 87  | 738    |     |     |
| 白<br>鵝<br>潭 | 2月20—21日 | 2,727 | 7,959 | 996  | 225 | 11,907 |     |     |
|             | 3月5—6日   | 4,110 | 530   | 221  | 0   | 4,861  |     |     |
|             | 3月20—21日 | 1,715 | 41    | 0    | 41  | 1,797  |     |     |
|             | 4月5日—6日  | 747   | 120   | 0    | 77  | 944    |     |     |
| 小<br>車      | 2月20—21日 | 2,096 | 1,261 | 82   | 41  | 3,480  |     |     |
|             | 3月5—6日   | 3,647 | 133   | 44   | 44  | 3,868  |     |     |
|             | 3月20—21日 | 1,263 | 135   | 0    | 0   | 1,398  |     |     |
|             | 4月5日—6日  | 791   | 200   | 0    | 138 | 1,129  |     |     |
| 平 均 数       |          | 2,521 | 1,044 | 127  | 59  | 3,751  |     |     |

虫 (*Actinosphaerium eichhorni* Stein), 輪虫类的多肢輪虫 (*Polyarthra trigla* Ehrenberg) 和龟甲輪虫 (*Keratella* sp.), 枝角类的基合溞 (*Bosminopsis* sp.) 等。

流溪河水庫的浮游植物包括七个門的84属, 其数量虽比浮游动物多得多, 但和其他江河与水库相比, 就不很多 (見表5), 平均为每公升水中含有205,357个, 其中以綠藻, 甲藻和矽藻为主, 占总数的90%左右, 其次为藍藻, 約占6.7%。数量較多与分布較高的优势种有綠粒藻 (*Chlorella vulgaris* Beij.), 栅連藻 (*Scenedesmus* sp.), 十字藻 (*Crucigenia* sp.), 四角藻 (*Tetraedron* sp.), 錐囊藻 (*Dinobryon* sp.), 园盘矽藻 (*Cyclotella stelligera* cl. et Grun.), 单衣藻 (*Chlamydomonas* sp.), 素衣藻 (*Polytoma uveilla* Ehr.) 等。

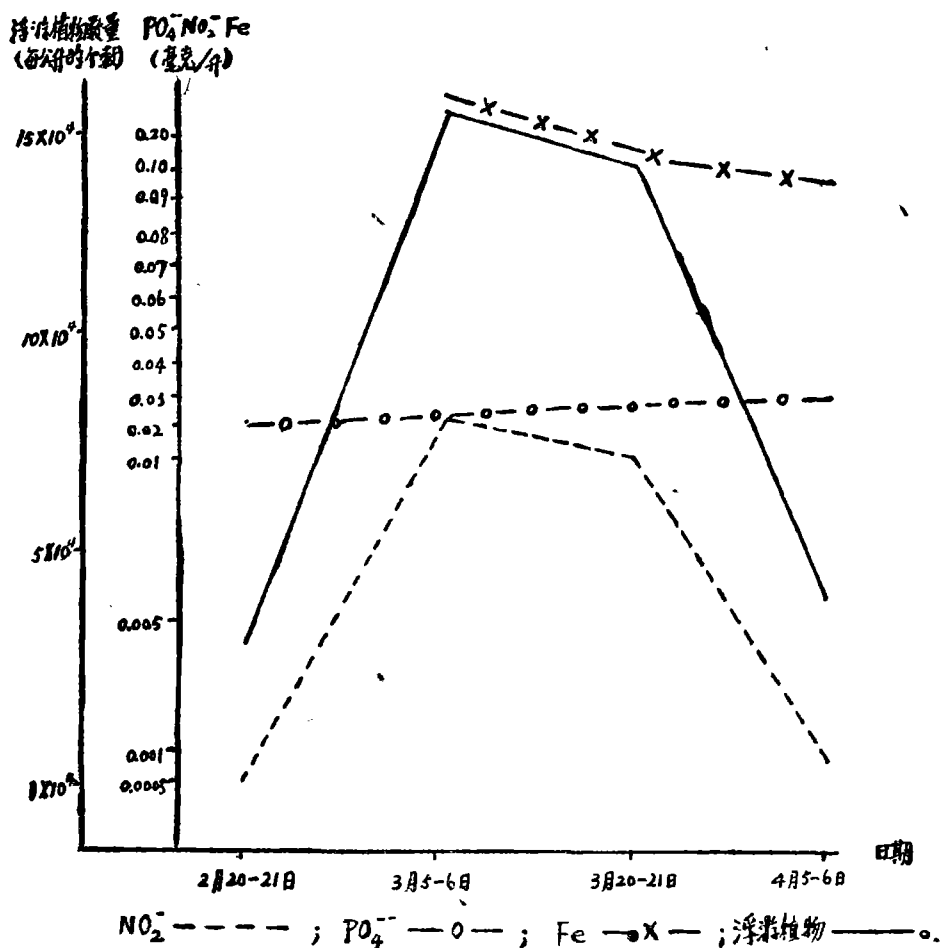
表5 流溪河水庫浮游植物的数量(每1,000CC水中的个数)

| 取样<br>時間与地点 | 种<br>类<br>数<br>量 | 綠藻門     | 藍藻門    | 甲藻門    | 矽藻門    | 金藻門    | 黃藻門 | 裸藻門 | 合 計     |
|-------------|------------------|---------|--------|--------|--------|--------|-----|-----|---------|
|             |                  |         |        |        |        |        |     |     |         |
| 硤<br>头      | 2月20—21日         | 26,850  | 6,682  | 6,707  | 8,498  | 1,015  | 445 | 0   | 50,197  |
|             | 3月5—6日           | 719,923 | 56,253 | 68,186 | 54,837 | 2,133  | 609 | 35  | 901,976 |
|             | 3月20—21日         | 153,042 | 18,159 | 61,793 | 50,630 | 1,883  | 766 | 89  | 286,367 |
|             | 4月5—6日           | 101,223 | 5,832  | 24,741 | 11,416 | 733    | 633 | 671 | 145,294 |
| 白<br>鵝<br>潭 | 2月20—21日         | 35,802  | 24,360 | 2,179  | 14,480 | 170    | 123 | 0   | 77,114  |
|             | 3月5—6日           | 182,423 | 12,758 | 54,956 | 2,073  | 2,470  | 178 | 132 | 272,954 |
|             | 3月20—21日         | 159,544 | 1,290  | 55,334 | 7,376  | 6,466  | 123 | 0   | 230,133 |
|             | 4月5—6日           | 33,518  | 5,880  | 15,727 | 1,731  | 680    | 70  | 722 | 35,999  |
| 小<br>車      | 2月20—21日         | 7,483   | 6,083  | 1,923  | 9,141  | 3,886  | 667 | 245 | 29,428  |
|             | 3月5—6日           | 85,864  | 15,477 | 28,556 | 21,790 | 3,078  | 0   | 70  | 154,835 |
|             | 3月20—21日         | 74,998  | 12,612 | 17,739 | 12,313 | 18,649 | 111 | 327 | 139,634 |
|             | 4月5—6日           | 25,166  | 2,811  | 5,996  | 3,493  | 200    | 0   | 320 | 37,986  |
| 平 均 数       |                  | 133,819 | 13,849 | 27,487 | 16,229 | 3,455  | 301 | 217 | 205,357 |

### 三. 流溪河水庫水質与浮游生物的相互关系:

流溪河水庫的水質对浮游生物和各种魚类的生长发育都沒有不良影响, 而且絕大多數的理化特性对水生生物來說, 是良好的生存条件, 只是由于水庫建成不久, 貯水時間尚短, 各种有机物质和无机盐类的沉积与貯存还不丰富, 使水質的“肥力”不足, 影响了浮游生物的数量增长。

图1. 流溪河水庫(小車)亚硝酸盐, 磷酸盐, 总鉄量和浮游植物数量变动的曲线图



从图1中可以看出庫水中主要生原物质( $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ , 总鉄量)的含量和浮游植物数量的变动, 有着明显的联系, 即生原物质丰富, 浮游植物的数量就增多。所以, 目前浮游植物的数量较少, 主要是无机盐类不足。今后, 随着水庫庫区进一步的开发经营, 雨水对山区林木的冲刷作用和庫底的沉积作用, 水质将逐渐变肥, 浮游植物的数量将逐渐增加。

浮游动物的数量頗大, 但是, 在很大程度上受水中有机物含量变动的影响, 例如2月20—21日在白鷗潭取的水样, 每公升水中的浮游动物达11,907个(見表4), 当时, 水的有机物耗氧量平均为6.5毫克/升, 最高达13.17毫克/升, 说明是由于有机物含量較其他地点和其他時間都为丰富; 又如4月5—6日在砵头和白鷗潭取的水样, 每公升水中浮游动物数量很少, 分别为738个和944个, 当时, 砵头和白鷗潭水的有机物耗氧量亦很低, 分别为2.95和1.65毫克/升, 说明是由于有机物含量低的緣故。由于有机物在

水中的分布不均匀与不稳定,使浮游动物的数量有较大变动。我们认为,随着水库的继续开发经营,水流的冲积,有机物质日渐积聚,这种情况将逐渐改变。

水质的垂直变化、特别是底层水的溶解二氧化碳较多,水微偏酸性,目前看来,对水生生物尚没有不良影响,而且近底层由于有机物较丰富,还是许多藻类,原生动物和轮虫类数量较多的地区。

## 小 結

根据水质的理化分析和浮游生物的定量定性分析,我们认为:

1、流溪河水库是良好的淡水鱼类养殖场所,没有对水生生物起不良影响的因素。

2、流溪河水库浮游生物的数量和种类都不算丰富,其中浮游植物的数量偏低,主要原因是水中有机物质和无机盐类不足。

3、流溪河水库的渔业生产还有很大的发展潜力。这是因为目前限制浮游生物数量增长的原因是由于水库建成不久而暂时出现的。今后,随着水库的进一步开发经营,水质的肥度将日渐提高,鱼类放养的种类、数量和密度都可以随着浮游生物的繁殖增长而不断增加;同时,可以在水库附近建立小型鱼苗培育坊,就地培养鱼苗鱼种,解决鱼苗来源困难,便所以大大提高水库的生产力。

## 参考文献

- ① 伍焯田 1959 黑龙江的浮游动物及未来水库中浮游动物的可能组成 水生生物学集刊,1956 (2): 141—146。
- ② 章宗涉,沈国华 1959 黑龙江的浮游植物及经流调节后的可能变化 水生生物学集刊,1959 (2): 128—140。
- ③ 章宗涉,沈国华,张家汉 1959 黑龙江及达赖湖的水化学材料 水生生物学集刊,1959(2): 231—236。
- ④ 徐墨耕,饒云峰 1958 淡水养殖水化学 上海科学技术出版社。
- ⑤ 饒欽止等 1956 湖泊調查基本知識 科学出版社
- ⑥ E.B.波魯茨基 长江三峡水库库区水生生物調查和漁业利用的规划意見 水生生物学集刊,1959(1): 1—32
- ⑦ E.B.波魯茨基 丹江口水庫庫区水生生物調查和漁业利用的意見 水生生物学集刊。1959 (1): 33—56。