

## 辽宁省水库鲢鳙鱼产力的评估<sup>\*</sup>

史为良 夏德昌 董双林 王立柱 金克伟

(大连水产学院, 116023)

**摘要** 本文在对辽宁 58 座水库调查的基础上, 根据 Fuzzy 聚类分析和逐步回归筛选的结果, 采取了国内外实践证明效果较好和比较流行的评估鱼产力的模型, 以现实连续五年的最高渔获量和浮游生物数据作为自变量, 计算了其间的显著程度。认为形态土壤学指数(MEI)效果最佳; 形态流域指数(MDI)在水库交换率大的地区使用时, 应当增加径流深度与 MDI 组成复回归分析。本文用形态土壤学指数和浮游生物两个变量, 以吉林省高产的海龙水库对比, 求出 43 座水库可能达到的鱼产量。高产量达 100kt/km<sup>2</sup>, 低产者亦在 10t/km<sup>2</sup> 以上。

**关键词** 鲢, 鳙, 水库, 鱼产力, 评估, 辽宁省

### 前 言

水域鱼产力的评估, 一直是内陆水域渔业经营的基础。国内外不少学者从不同角度对水域鱼产力问题进行了探讨。其方法不外乎回归分析<sup>[1, 13, 16, 22]</sup> 能量转化法<sup>[3, 7]</sup> 和综合类比法<sup>[15]</sup>, 最近李德尚等采用了综合评估法评估了山东 36 座水库的鱼产力<sup>[8]</sup>。因为放养较好的水库, 鲢鳙产量都在总产量的 90% 以上, 起着举足轻重的作用, 故本文主要讨论鲢鳙鱼产力。

本试验在用同一数据做了聚类定量分析、逐步回归研究的基础上<sup>\*\*</sup>, 对国内外证明有效和通用的模型、方法, 利用几年来调查的数据, 逐一进行了计算、分析、验证, 在辽宁省水库的应用上做了筛选、改进、评价。

收稿日期: 1995-05-10。

<sup>\*</sup> 在调查过程中, 水利厅王玉新同志给予了具体指导, 各水库的职工给予支持协助, 提供水库的水文数据; 本院 78、79、80 级学生作了大量工作; 王宇廷同志作了部分计算, 一并在此致谢。

<sup>\*\*</sup> 王绪昌、史为良, 1988。辽宁省水库鱼产性能的定量研究。国际统计生态学及其在渔业中应用专题第二届全国数理生态学及其应用学术讨论会论文集。淡水渔业研究中心青年科技协会, 52~55。

## 材 料 和 方 法

### (一)测定项目

我们于 1982—1984 共 3 年对辽宁省 53 座水库的理化、生物、鱼类做了调查,收集水库特征和水文资料,主要水库每年明水期调查 5 次,一部分小型水库的测定 2 年内也在 4 次以上。对个别水库(如水丰、碧流河),则使用或参考了别人的部分资料。

本文使用的项目有养鱼面积、正常库容、平均水深、平均水位、年入库水量和出库水量、年交换率、集水面积、水库类型、温度分层状况、透明度、总溶解固体(TDS)、电导率、总磷、总氮、总碱度、化学耗氧量、浮游植物生物量和生产量、浮游动物的生物量、鲢鳙的生长、渔获物组成、放养量、渔获量等。其他测定项目从略。

### (二)渔获物统计

鱼产量用近期最高连续五年渔获量的年平均值(Matuszek)<sup>[20]</sup>,放养量用比渔获量早 2 年的五年以上数据。由于生产技术的发展,最近 5 年往往产量最高,所以多数水库都是采用最近五年的渔获量用作鱼产力的估测。

### (三)方法

分析方法一般为常规方法,绝大部分依据《内陆水域渔业自然资源调查手册》<sup>[11]</sup>进行,由于个别水库干涸、施化肥及其他原因,测定的水库和项目在施行中有所调整,也有少量水库虽有水化学、生物数据,但由于缺少水文记录(如阜新市的碱锅、佛寺、汛河、八一等),没有在本文使用。

参照用同样数据逐步回归的结果<sup>[2]</sup>,剔除了一些不重要的参数,使用了几种回归分析法,其组合计有:浮游生物(包括参照李德尚加权法)和鱼产量、初级生产力与鱼产量、形态一流域指数(MDI,流域面积/养鱼水面对应库容与浮游生物或鱼产量,MDI+径流深度对浮游生物或鱼产量)、形态土壤学指数(MEI,用 TDS 或电导率)对浮游生物生物量或鱼产量、总磷、总氮(加权和不加权)对鱼产量、还有放养量和鱼产量的关系。

土壤学指数用电导率和总溶解固体(TDS)分别计算,其结果,两者对作为因变量的浮游生物都呈 0.01 水平的正相关,但以鱼产量做因变量则用电导率计算时可达 0.1 水平的相关,用 TDS 则无显著相关,TDS 测定技术比较麻烦,电导率是用仪器测定,比较准确。我们计算辽宁省各水库的鱼产力时,使用了后者。

各种自变量(包括模型)所用数目不同,如 MEI 去除了平均深度 2.5m 以内的水库(Oglesby 等)<sup>[21]</sup>,并将平均深度大于 25m 的水库以 25m 计;MDI 计算中去掉许多引流的水库,如疙瘩楼、荣兴、团结、散户起、西泡子等,因为这些水库由河道引水,无法计算集水面积。在 MDI 作自变量时,加入了径流深度进行复回归分析,因为辽宁省缺少大交换率的水库,仅有的大交换率的英那河水库,又由于缺少浮游生物调查而不得不舍弃,所以多数回归分析的径流深度都被剔除,仅剩表 4 中公式(33),径流深度得到保留,但其作用也不大。

## 结 果

### (一)观测数据

辽宁省主要水库特征和水文特性的调查数据列入表 1(58 座);主要水库部分理化、生物和鲢鳙产量见表 2;鱼种投放量和成鱼捕捞量见表 3。主要水库放养量、捕捞量(与放养量错后 2 年,大伙房水库以起捕年龄大错后 3 年)均取连续 5 年数据(见表 3)。

表 1 辽宁省主要水库的特征及水文特征

Table 1 The characteristics and hydrological data of main reservoirs in Liaoning province

| 序号<br>No. | 水库名<br>Reservoir | 集雨面积<br>Catchment<br>area<br>(km <sup>2</sup> ) | 年平均降水<br>Precipitation<br>mean<br>(mm) | 年平均流量<br>Runoff<br>mean<br>(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) | 养鱼面积<br>Fishery<br>area<br>mean<br>(Km <sup>2</sup> ) | 养鱼面积<br>对应库容<br>Fishery<br>volume<br>(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) | 平均深度<br>Depth<br>mean<br>(m) | 水交换率<br>(径流量/养鱼库容)<br>Water exchange<br>rate per year |
|-----------|------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1         | 桓仁 Huanren       | 10400                                           | 895                                    | 45.40                                                        | 85.33                                                 | 34                                                                     | 39.8                         | 1.34                                                  |
| 2         | 大伙房 Dahuofang    | 5437                                            | 840                                    | 15.7                                                         | 66.67                                                 | 8.26                                                                   | 12.40                        | 1.90                                                  |
| 3         | 清河 Qinghe        | 2376                                            | 722.4                                  | 6.74                                                         | 32.1                                                  | 3.49                                                                   | 10.89                        | 1.93                                                  |
| 4         | 柴河 Chaihe        | 1355                                            | 735                                    | 3.73                                                         | 16.67                                                 | 2.32                                                                   | 13.92                        | 1.61                                                  |
| 5         | 汤河 Tanghe        | 1228                                            | 791                                    | 3.36                                                         | 19.67                                                 | 2.3                                                                    | 11.69                        | 1.46                                                  |
| 6         | 南城子 Nanchenzi    | 625                                             | 677                                    | 1.376                                                        | 10.4                                                  | 0.691                                                                  | 6.64                         | 1.99                                                  |
| 7         | 榛子岭 Zhenziling   | 369                                             | 859                                    | 1.17                                                         | 8.67                                                  | 0.693                                                                  | 7.72                         | 1.69                                                  |
| 8         | 朱隈子 Zhuwaizi     | 260.1                                           | 755                                    | 0.9263                                                       | 12.0                                                  | 0.5677                                                                 | 4.73                         | 1.63                                                  |
| 9         | 转角楼 Zhanjiaolou  | 146                                             | 800                                    | 0.7194                                                       | 9.467                                                 | 0.4695                                                                 | 4.96                         | 1.53                                                  |
| 10        | 刘大 Liuda         | 278.3                                           | 730                                    | 0.7792                                                       | 6.0                                                   | 0.301                                                                  | 5.02                         | 2.43                                                  |
| 11        | 松树 Songshu       | 302.4                                           | 750                                    | 0.9072                                                       | 6.333                                                 | 0.354                                                                  | 5.59                         | 2.56                                                  |
| 12        | 铁甲 Tiejia        | 241                                             | 1041                                   | 1.59                                                         | 13.333                                                | 0.942                                                                  | 7.07                         | 1.69                                                  |
| 13        | 土门子 Tumenzi      | 276                                             | 900                                    | 1.77                                                         | 9.333                                                 | 0.767                                                                  | 8.22                         | 2.31                                                  |
| 14        | 乌金塘 Wujintang    | 940                                             | 600                                    | 1.53                                                         | 8.667                                                 | 0.5554                                                                 | 6.41                         | 2.75                                                  |
| 15        | 大风口 Dafengkou    | 260                                             | 750                                    | 0.6687                                                       | 4.0                                                   | 0.331                                                                  | 8.27                         | 2.02                                                  |
| 16        | 龙屯 Longtun       | 214                                             | 710                                    | 0.513                                                        | 5.2                                                   | 0.278                                                                  | 5.35                         | 1.85                                                  |
| 17        | 石门 Shimen        | 410                                             | 750                                    | 1.13                                                         | 3.333                                                 | 0.470                                                                  | 14.10                        | 2.40                                                  |
| 18        | 宫山嘴 Gongshanzui  | 651                                             | 613                                    | 1.069                                                        | 6.667                                                 | 0.604                                                                  | 9.06                         | 1.77                                                  |
| 19        | 棋盘山 Qipanshan    | 133                                             | 716.4                                  | 0.3280                                                       | 4.0                                                   | 0.192                                                                  | 4.80                         | 1.71                                                  |
| 20        | 英那河 Yingnahe     | 682.7                                           | 860                                    | 3.4271                                                       | 3.333                                                 | 0.133                                                                  | 3.99                         | 25.77                                                 |
| 21        | 永纪 Yongji        | 37.9                                            | 930                                    | 0.1756                                                       | 2.8                                                   | 0.062                                                                  | 2.21                         | 2.83                                                  |
| 22        | 红旗 Hongqi        | 93.5                                            | 740                                    | 0.2905                                                       | 4.667                                                 | 0.205                                                                  | 4.39                         | 1.417                                                 |
| 23        | 鸽子塘 Gezitang     | 53                                              | 640                                    | 0.1023                                                       | 1.0667                                                | 0.0443                                                                 | 4.15                         | 2.31                                                  |

续表 1(continued)

| 序号<br>No. | 水库名<br>Reservoir        | 集雨面积<br>Catchment<br>area<br>(km <sup>2</sup> ) | 年平均降水<br>Precipitation<br>mean<br>(mm) | 年平均流量<br>Runoff<br>mean<br>(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) | 养鱼面积<br>Fishery<br>area<br>mean<br>(Km <sup>2</sup> ) | 养鱼面积<br>对应库容<br>Fishery<br>volume<br>(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) | 平均深度<br>Depth<br>mean<br>(m) | 水交换率<br>(径流量/养鱼库容)<br>Water exchange<br>rate per year |
|-----------|-------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 24        | 英 守 Yingshou            | 55                                              | 800                                    | 0.1448                                                       | 0.9333                                                | 0.038                                                                  | 4.07                         | 3.81                                                  |
| 25        | 腰 堡 Yaobao              | 139                                             | 800                                    | 0.4069                                                       | 1.1333                                                | 0.062                                                                  | 4.65                         | 6.56                                                  |
| 26        | 红 升 Hongsheng           | 78.5                                            | 810                                    | 0.259                                                        | 2.133                                                 | 0.146                                                                  | 6.84                         | 1.77                                                  |
| 27        | 后 楼 Houlou              | 83.25                                           | 800                                    | 0.2664                                                       | 1.20                                                  | 0.0638                                                                 | 5.32                         | 4.18                                                  |
| 28        | 罗圈背 Louquanbei          | 115                                             | 960                                    | 0.552                                                        | 2.667                                                 | 0.1289                                                                 | 10.84                        | 1.91                                                  |
| 29        | 刁家坝 Diaojiaaba          | 48.7                                            | 950                                    | 0.2373                                                       | 4.8                                                   | 0.105                                                                  | 2.19                         | 2.10                                                  |
| 30        | 康家坝 Lianjiaba           | 43.4                                            | 960                                    | 0.238                                                        | 5.0                                                   | 0.113                                                                  | 2.26                         | 2.11                                                  |
| 31        | 何家岗 Hejiagang           | 30.28                                           | 1020                                   | 0.1817                                                       | 3.533                                                 | 0.074                                                                  | 2.09                         | 2.46                                                  |
| 32        | 合 隆 Helong              | 37.5                                            | 996                                    | 0.2235                                                       | 3.6                                                   | 0.052                                                                  | 1.44                         | 4.298                                                 |
| 33        | 友 邻 Youlin              | 405                                             | 510                                    | 0.304                                                        | 2.267                                                 | 0.0450                                                                 | 1.99                         | 6.7                                                   |
| 34        | 三道岭 Sendaoling          | 133                                             | 730                                    | 0.328                                                        | 2.6                                                   | 0.1114                                                                 | 4.28                         | 2.94                                                  |
| 35        | 八一(复县) Bayi<br>(Fuxian) | 5.6                                             | 660                                    | —                                                            | 5.333                                                 | 0.0784                                                                 | 1.47                         | —                                                     |
| 36        | 荣 兴 Rongxing            | 7.5                                             | —                                      | —                                                            | 8.0                                                   | 0.0825                                                                 | 1.03                         | —                                                     |
| 37        | 疙瘩楼 Gedalou             | 13.5                                            | —                                      | —                                                            | 13.667                                                | 0.135                                                                  | 0.99                         | —                                                     |
| 38        | 八宝海 Babaozhai           | 101                                             | 500                                    | 0.0505                                                       | 1.733                                                 | 0.0366                                                                 | 2.11                         | 1.38                                                  |
| 39        | 巨龙湖 Julonghu            | 27.5                                            | 486                                    | 0.15                                                         | 4.0                                                   | 0.0794                                                                 | 1.99                         | 1.89                                                  |
| 40        | 大清沟 Daqinggou           | 15                                              | 441.7                                  | 0.3016                                                       | 0.933                                                 | 0.069                                                                  | 7.40                         | 4.37                                                  |
| 41        | 尚 屯 Shangtun            | 238                                             | 620                                    | 0.357                                                        | 7.6                                                   | 0.2127                                                                 | 2.80                         | 1.68                                                  |
| 42        | 三台子 Santaizi            | 143                                             | 550                                    | 0.1187                                                       | 11.333                                                | 0.190                                                                  | 1.68                         | 0.62                                                  |
| 43        | 花 古 Huagu               | 343.6                                           | 450                                    | 0.1271                                                       | 3.6                                                   | 0.0540                                                                 | 1.50                         | 2.35                                                  |
| 44        | 西泡子 Xipozi              | 1592.7                                          | 450                                    | 0.637                                                        | 62                                                    | 0.5953                                                                 | 0.96                         | 1.07                                                  |
| 45        | 上 寺 Shangsi             | 48                                              | 736                                    | 0.12                                                         | 0.593                                                 | 0.0154                                                                 | 2.60                         | 7.79                                                  |
| 46        | 敖户起 Aohuqi              | 2.55                                            | 486                                    | 0.00186                                                      | 0.32                                                  | 0.0022                                                                 | 0.88                         | 0.0846                                                |
| 47        | 范 屯 Fantun              | 27                                              | 730                                    | 0.0621                                                       | 0.8                                                   | 0.022                                                                  | 2.75                         | 2.82                                                  |
| 48        | 碱 厂 Jianchang           | 126.3                                           | 63                                     | 0.2715                                                       | 2.6                                                   | 0.0916                                                                 | 3.52                         | 2.96                                                  |
| 49        | 欢子洞 Huanzidong          | 163.5                                           | 550                                    | 0.1194                                                       | 17.33                                                 | 0.1812                                                                 | 1.05                         | 0.66                                                  |
| 50        | 龙 潭 Longtan             | 200                                             | 450                                    | 0.1540                                                       | 1.433                                                 | 0.09                                                                   | 6.28                         | 1.71                                                  |

续表 1 (continued)

| 序号<br>No. | 水库名<br>Reservoir   | 集雨面积<br>Catchment area<br>(km <sup>2</sup> ) | 年平均降水<br>Precipitation mean<br>(mm) | 年平均流量<br>Runoff mean<br>(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) | 养鱼面积<br>Fishery area mean<br>(Km <sup>2</sup> ) | 养鱼面积<br>对应库容<br>Fishery volume<br>(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ) | 平均深度<br>Depth mean<br>(m) | 水交换率<br>(径流量/养鱼库容)<br>Water exchange rate per year |
|-----------|--------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------|
| 51        | 元宝山<br>Yuanbaoshan | 158                                          | 115                                 | 0.237                                                     | 1.667                                           | 0.0904                                                              | 5.42                      | 2.62                                               |
| 52        | 瓦房店 Wafangdian     | 120                                          | 108                                 | 0.1300                                                    | 1.15                                            | 0.0950                                                              | 8.26                      | 1.37                                               |
| 53        | 上 英 Shangying      | 54                                           | 792                                 | 0.1896                                                    | 1.2                                             | 0.1235                                                              | 10.3                      | 1.535                                              |
| 54        | 龙 湾 Longwan        | 318                                          | 550                                 | 0.1654                                                    | 3.867                                           | 0.0916                                                              | 2.37                      | 1.805                                              |
| 55        | 大梁屯 Daliangtun     | 45                                           | 725                                 | 0.1193                                                    | 2.267                                           | 0.0665                                                              | 2.93                      | 1.79                                               |
| 56        | 三道河 Sandahe        | 77                                           | 801                                 | 0.258                                                     | 8.8                                             | 0.0583                                                              | 7.29                      | 4.425                                              |
| 57        | 碧流河 Biliuhe        | 2085                                         | 780                                 | 6.59                                                      | 38.27                                           | 3.82                                                                | 10.4                      | 1.725                                              |
| 58        | 周 家 Zhuojia        | 42                                           | 735                                 | 0.0798                                                    | 0.573                                           | 0.024                                                               | 4.2                       | 3.325                                              |

表 2 辽宁省主要水库部分理化生物数据

Table 2 Some physical, chemical and biological data in the main reservoirs in Liaoning province

Phyto. = Phytoplankton; Zoo. = Zooplankton

| 水 库 名<br>Reservoir | 透明度<br>Z <sub>SD</sub><br>cm | TP<br>ppm | TN<br>ppm | TDS<br>ppm | 电导率<br>Conductivity<br>$\mu\Omega/\text{cm}$ | ALK<br>mmol/L | pH  | 浮游生物<br>Plankton<br>mg/L | 浮游植物<br>Phyto.<br>mg/L | 浮游动物<br>Zoo.<br>mg/L | 初级生产量<br>Pl<br>g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·d |
|--------------------|------------------------------|-----------|-----------|------------|----------------------------------------------|---------------|-----|--------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| 桓 仁 Huanren        | 238                          | 0.06      | 1.94      | 294        | 127                                          | 1.09          | 8.1 | 7.99                     | 5.92                   | 2.07                 | 3.78                                               |
| 大伙房 Dahuofang      | 164                          | 0.29      | 1.65      | 137        | 168                                          | 1.11          | 7.8 | 8.61                     | 5.33                   | 3.28                 | 4.83                                               |
| 清 河 Qinghe         | 104                          | 0.16      | 2.61      | 216        | 181                                          | 1.37          | 8.2 | 6.26                     | 5.05                   | 1.21                 | 3.74                                               |
| 柴 河 Chaihe         | 116                          | 0.09      | 1.10      | 188        | 228                                          | 2.59          | 8.3 | 11.98                    | 9.81                   | 2.17                 | 5.105                                              |
| 汤 河 Tanghe         | 303                          | 0.10      | 0.63      | 274        | 212                                          | 2.45          | 8.0 | 8.14                     | 5.99                   | 2.15                 | 4.18                                               |
| 南城子 Nanchengzi     | 98                           | 0.19      | 2.66      | 127        | 249                                          | 1.84          | 8.0 | 11.97                    | 10.55                  | 1.42                 |                                                    |
| 榛子岭 Zhenziling     | 141                          |           |           | 115        | 176                                          | 1.39          | 8.0 | 6.12                     | 3.56                   | 2.56                 |                                                    |
| 朱隈子 Zhuwaizi       | 118                          | 0.10      | 1.68      | 90         | 69                                           | 0.66          | 7.4 | 5.70                     | 2.46                   | 3.23                 | 3.57                                               |
| 转角楼 Zhanjiaolou    | 80                           |           |           | 128        | 67                                           | 0.61          | 7.6 | 4.98                     | 2.81                   | 2.17                 |                                                    |
| 刘 大 Liuda          | 49                           |           |           | 110        | 169                                          | 1.01          | 7.6 | 6.45                     | 4.20                   | 2.25                 |                                                    |
| 松 树 Songshu        | 63                           | 0.08      | 1.36      | 154        | 162                                          | 0.81          | 7.9 | 2.34                     | 1.01                   | 1.33                 |                                                    |
| 铁 甲 Tiejia         | 248                          | 0.10      | 1.17      | 120        | 122                                          | 0.62          | 7.5 | 2.91                     | 2.08                   | 0.83                 | 1.66                                               |
| 土门子 Tumenzi        | 274                          |           |           | 47         | 181                                          | 0.45          | 8.1 | 4.69                     | 3.08                   | 1.61                 |                                                    |
| 龙 屯 Longtun        | 95                           |           |           |            |                                              |               |     | 22.63                    | 21.5                   | 1.13                 |                                                    |

续表 2 (continued)

| 水 库 名<br>Reservoir | 透明度<br>Z <sub>SD</sub><br>cm | TP<br>ppm | TN<br>ppm | TDS<br>ppm | 电导率<br>Conductivity<br>$\mu\Omega/\text{cm}$ | ALK<br>mmol/L | pH   | 浮游生物<br>Plankton<br>mg/L | 浮游植物<br>Phyto.<br>mg/L | 浮游动物<br>Zoo.<br>mg/L | 初级生产量<br>Pl<br>g O <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·d |
|--------------------|------------------------------|-----------|-----------|------------|----------------------------------------------|---------------|------|--------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| 石 门 Shimen         | 129                          |           |           | 112        | 165                                          | 1.16          | 8.3  | 3.18                     | 1.98                   | 1.20                 |                                                    |
| 官山嘴 Gongshanzui    | 113.7                        | 0.04      |           |            |                                              | 2.70          | 7.9  | 5.34                     | 2.15                   | 3.19                 |                                                    |
| 棋盘山                | 75                           | 0.48      | 2.52      | 211        | 317                                          | 2.81          | 8.1  | 11.14                    | 9.6                    | 2.08                 |                                                    |
| 碧流河 Biliuhe        | 181                          | 0.15      | 1.92      | 71         | 128                                          | 0.749         | 7.7  | 4.54                     | 3.44                   | 1.10                 | 2.60                                               |
| 红 旗 Hongqi         |                              |           |           |            |                                              |               |      | 6.36                     | 5.93                   | 0.43                 |                                                    |
| 鸽子嘴 Gezitong       | 54                           |           |           | 194        | 289                                          |               |      | 10.96                    | 7.56                   | 3.40                 |                                                    |
| 英 守 Yingshou       | 59                           |           |           | 191        | 204.5                                        | 1.27          | 7.55 | 19.9                     | 16.44                  | 3.48                 |                                                    |
| 腰 堡 Yaobao         | 112.5                        |           |           | 126        | 135                                          | 1.1           |      | 17.0                     | 13.82                  | 3.18                 |                                                    |
| 红 升 Hongsheng      | 118.7                        |           |           | 86         | 105                                          | 1.23          | 7.84 |                          | 13.87                  | 1.15                 |                                                    |
| 团 结 Tuanjie        | 112                          | 0.19      | 1.39      | 366        | 518                                          | 2.62          | 8.7  |                          |                        |                      | 4.343                                              |
| 后 楼 Houlou         | 114.4                        |           |           | 126        | 100                                          | 0.98          | 7.85 |                          | 9.50                   | 1.01                 |                                                    |
| 罗圈背 Luoquanbei     | 199                          | 0.23      | 3.04      | 66         | 41                                           | 0.41          | 8.1  | 2.43                     | 1.79                   | 0.64                 |                                                    |
| 刁家坝 Diaojiaaba     | 77                           |           |           | 94         | 69                                           | 0.63          | 8.3  | 9.92                     | 8.27                   | 1.65                 |                                                    |
| 康家坝 Lianjiaba      | 91                           |           |           | 75         | 53                                           | 0.47          | 7.8  | 7.35                     | 4.70                   | 2.65                 |                                                    |
| 何家岗 Hejiagang      | 124                          | 0.18      | 2.06      | 97         | 87                                           | 0.79          | 8.1  | 5.54                     | 4.77                   | 0.77                 |                                                    |
| 合 隆 Helong         | 88                           | 0.13      | 1.68      | 143        | 165                                          | 0.96          | 8.1  | 10.25                    | 7.99                   | 2.26                 | 3.80                                               |
| 友 邻 Youlin         | 41                           | 0.11      | 0.91      | 262        | 365                                          | 2.17          | 8.8  | 11.47                    | 9.22                   | 2.25                 |                                                    |
| 三道岭 Sandaoling     | 68                           | 0.18      | 4.51      | 208        | 290                                          | 3.08          | 8.2  | 9.17                     | 7.17                   | 2.00                 | 6.42                                               |
| 八 一 Bayi           | 22.5                         |           |           | 715        | 1300                                         | 8.56          | 7.7  | 24.79                    | 24.62                  | 0.17                 |                                                    |
| 荣 兴 Rongxing       | 15                           |           |           |            |                                              | 2.96          |      |                          | 9.40                   | 9.52                 |                                                    |
| 疙瘩楼 Gedelou        | 13.5                         | 0.79      | 2.0       |            |                                              | 2.4           | 8.2  | 5.13                     | 3.57                   | 1.40                 | 1.05                                               |
| 八宝海 Babahai        | 36                           | 0.75      | 1.30      | 262        | 365                                          | 2.78          | 8.8  | 12.36                    | 9.04                   | 3.32                 |                                                    |
| 巨龙湖 Julonghu       | 48                           | 0.16      | 3.25      | 219        | 326                                          | 3.20          | 8.6  | 6.77                     | 3.99                   | 2.78                 | 2.07                                               |
| 大清沟 Daqinggou      | 87                           | 0.33      | 1.72      | 154        | 120                                          | 1.26          | 8.2  | 15.04                    | 13.94                  | 1.10                 | 5.63                                               |
| 尚 屯 Shangton       | 21.8                         |           |           | 310        | 425                                          | 2.56          | 7.7  |                          | 6.31                   | 1.96                 |                                                    |
| 三台子 Santazi        | 10                           | 0.30      | 2.02      | 863        |                                              | 7.62          | 8.6  | 7.57                     | 6.15                   | 1.42                 |                                                    |
| 花 古 Huagu          | 24                           |           |           | 212        | 230                                          | 3.26          | 8.5  | 5.20                     | 4.28                   | 0.92                 |                                                    |
| 上 寺 Shangsi        | 50                           |           |           | 182        | 297.5                                        |               |      | 16.43                    | 9.63                   | 6.77                 |                                                    |

续表 2(continued)

| 水库名<br>Reservoir | 透明度<br>Z <sub>SD</sub><br>cm | TP<br>ppm | TN<br>ppm | TDS<br>ppm | 电导率<br>Conductivity<br>$\mu\Omega/\text{cm}$ | ALK<br>mmol/L | pH  | 浮游生物<br>Plankton<br>mg/L | 浮游植物<br>Phyto.<br>mg/L | 浮游动物<br>Zoo.<br>mg/L | 初级生产量<br>PI<br>$\text{g O}_2/\text{m}^2\cdot\text{d}$ |
|------------------|------------------------------|-----------|-----------|------------|----------------------------------------------|---------------|-----|--------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------|
| 敖户起 Aohuqi       | 102.5                        |           |           | 255        |                                              |               |     | 8.90                     | 5.61                   | 3.29                 |                                                       |
| 范 屯 Fantun       | 30                           |           |           | 366        | 518                                          |               |     | 7.85                     | 3.73                   | 4.12                 |                                                       |
| 水 丰 Shuifen      | 271                          | 0.02      | 1.87      |            |                                              | 0.60          | 7.5 |                          | 14.25                  | 0.435                | 2.93                                                  |
| 周 家 Zhoujia      | 35                           |           |           | 216        |                                              | 2.71          | 7.9 |                          | 5.37                   | 3.28                 |                                                       |

表 3 辽宁省主要水库的鱼种投放量和成鱼捕捞量统计表\*

Table 3 Stocking density of chinese carp fingerlings and food - fish yields  
in the main riservoirs in Liaoning provinos

| 水库名<br>Reservoir   | 鱼产量<br>Yields<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period | 投放量<br>Weight<br>of fish<br>stocked<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period | 水库名<br>Reservoir  | 鱼产量<br>Yields<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period | 投放量<br>Weight<br>of fish<br>stocked<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period |
|--------------------|-----------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|-------------------|-----------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| 桓 仁<br>Huanren     | 14.136                                  | 1991<br>~1994  | 2.159                                                         | 1991<br>~1994  | 腰 堡<br>Yaobao     | 27.883                                  | 1989<br>~1993  | 6.744                                                         | 1987<br>~1991  |
| 大伙房<br>Dahuofang   | 16.484                                  | 1990<br>~1994  | 3.453                                                         | 1987<br>~1991  | 红 升<br>Hongsheng  | 23.629                                  | 1989<br>~1993  | 3.404                                                         | 1987<br>~1991  |
| 清 河<br>Qinghe      | 14.224                                  | 1989<br>~1993  | 3.028                                                         | 1987<br>~1991  | 后 楼<br>Houlou     | 22.167                                  | 1989<br>~1993  | 9.917                                                         | 1987<br>~1991  |
| 柴 河<br>Chaihe      | 16.425                                  | 1989<br>~1993  | 2.927                                                         | 1987<br>~1991  | 刁家坝<br>Diaojiaba  | 18.542                                  | 1984<br>~1988  | 4.673                                                         | 1984<br>~1988  |
| 汤 河<br>Tanghe      | 11.337                                  | 1989<br>~1993  | 2.074                                                         | 1987<br>~1991  | 廉家坝<br>Lianjiaba  | 15.400                                  | 1984<br>~1988  | 4.340                                                         | 1984<br>~1988  |
| 南城子<br>Nanchengzi  | 16.865                                  | 1989<br>~1993  | 2.762                                                         | 1987<br>~1991  | 何家岗<br>Hejiagang  | 12.454                                  | 1984<br>~1988  | 5.927                                                         | 1985<br>~1988  |
| 榛子岭<br>Zhenziling  | 17.370                                  | 1989<br>~1993  | 3.599                                                         | 1987<br>~1991  | 合 隆<br>Helong     | 17.750                                  | 1984<br>~1988  | 3.667                                                         | 1984<br>~1988  |
| 朱隈子<br>Zhuwaizi    | 20.867                                  | 1989<br>~1993  | 3.183                                                         | 1987<br>~1991  | 三道岭<br>Sandaoling | 11.923                                  | 1989<br>~1993  | 4.392                                                         | 1987<br>~1991  |
| 转角楼<br>Zhanjiaolou | 5.218                                   | 1989<br>~1993  | 2.689                                                         | 1987<br>~1991  | 巨龙湖<br>Julonghu   | 10.700                                  | 1989<br>~1993  | 3.150                                                         | 1987<br>~1991  |
| 刘 大<br>Liuda       | 10.467                                  | 1989<br>~1993  | 8.880                                                         | 1987<br>~1991  | 大清沟<br>Daqinggou  | 55.582                                  | 1989<br>~1993  | 9.924                                                         | 1987<br>~1991  |
| 松 树<br>Shongshu    | 5.290                                   | 1989<br>~1993  | 3.727                                                         | 1989<br>~1993  | 尚 屯<br>Shangtun   | 9.539                                   | 1984<br>~1988  | 2.250                                                         | 1984<br>~1988  |
| 铁 甲<br>Tiejia      | 4.981                                   | 1989<br>~1993  | 2.190                                                         | 1987<br>~1991  | 西泡子<br>Xipaozi    | 5.395                                   | 1989<br>~1993  | 0.475                                                         | 1987<br>~1991  |
| 土门子<br>Tumenzi     | 13.500                                  | 1989<br>~1993  | 2.619                                                         | 1987<br>~1991  | 碱 厂<br>Jianchang  | 28.846                                  | 1989<br>~1993  | 2.423                                                         | 1987<br>~1991  |



续表 3(continued)

| 水库名<br>Reservoir    | 鱼产量<br>Yields<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period | 投放量<br>Weight<br>of fish<br>stocked<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period | 水库名<br>Reservoir   | 鱼产量<br>Yields<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period | 投放量<br>Weight<br>of fish<br>stocked<br>(t/Km <sup>2</sup> ·a) | 统计时间<br>Period |
|---------------------|-----------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|--------------------|-----------------------------------------|----------------|---------------------------------------------------------------|----------------|
| 乌金塘<br>Wujintang    | 13.582                                  | 1989<br>~1993  | 2.744                                                         | 1987<br>~1991  | 獐子洞<br>Huanzidong  | 11.621                                  | 1989<br>~1993  | 0.912                                                         | 1989<br>~1993  |
| 大风口<br>Dafengkou    | 8.250                                   | 1989<br>~1993  | 1.906                                                         | 89-93          | 龙潭<br>Longtan      | 17.446                                  | 1989<br>~1993  | 1.867                                                         | 1989<br>~1993  |
| 龙屯<br>Longtun       | 27.038                                  | 1989<br>~1993  | 4.192                                                         | 1987<br>~1991  | 元宝山<br>Yuanbaoshan | 21.896                                  | 1989<br>~1992  | 4.349                                                         | 1989<br>~1992  |
| 石门<br>Shimen        | 11.581                                  | 1989<br>~1993  | 2.123                                                         | 1987<br>~1991  | 瓦房店<br>Wafangdian  | 19.130                                  | 1989<br>~1993  | 5.391                                                         | 1987<br>~1991  |
| 官山嘴<br>Gongshanzhui | 9.450                                   | 1989<br>~1993  | 1.491                                                         | 1987<br>~1991  | 上寺<br>Shangsi      | 12.500                                  | 1989<br>~1993  | 2.083                                                         | 1987<br>~1991  |
| 棋盘山<br>Qipanshan    | 13.475                                  | 1988<br>~1992  | 3.675                                                         | 1985<br>~1990  | 大良屯<br>Daliangtun  | 12.057                                  | 1989<br>~1993  | 2.382                                                         | 1987<br>~1991  |
| 红旗<br>Hongqi        | 10.778                                  | 1984<br>~1988  | 4.367                                                         | 1984<br>~1988  | 三道河<br>Sandaohé    | 33.375                                  | 1984<br>~1988  | 4.686                                                         | 1984<br>~1988  |
| 鸽子塘<br>Gezitang     | 30.178                                  | 1988<br>~1993  | 8.285                                                         | 1987<br>~1991  | 碧流河<br>Biliuhe     | 8.790                                   | 1989<br>~1993  | 2.812                                                         | 1987<br>~1991  |
| 英守<br>Yingshou      | 60.216                                  | 1988<br>~1993  | 6.924                                                         | 1987<br>~1991  |                    |                                         |                |                                                               |                |

## (二) 环境参数与鱼产量、浮游生物的相关关系

在 33 种自变量、因变量回归组合中,经不同型式的回归分析,其结果只有总磷、总氮与浮游植物之间, $\sqrt{MEI}$ 与浮游植物之间没有发现相关,其他组合都有不同程度的相关关系(见表 4)。

## (三) 鱼产力估测结果

为了求得鱼产潜力,我们把放养充足、鱼产量高、资料完全的水库与低产水库作对照,求出各水库的可能鱼产量。

吉林辽宁边界的海龙水库\*,集水面积 548km<sup>2</sup>,1970-1980 年年平均库容为 7.293 万 m<sup>3</sup>,平均面积 11.07km<sup>2</sup>,平均入库径流为 11 625.5 万 m<sup>3</sup>,1981~1982 年,上、中、下游 6 次测定浮游植物平均生物量为 2.88mg/L,浮游动物为 3.12mg/L\*,电导率为 126Ω/cm,连续 5 年最大渔获量在 1974~1985 年,五年平均为 29.35t/km<sup>2</sup>,以此与辽宁各水库的浮游生物总量(不加权)对比,以比例式求出各水库的可能鱼产量 I,这类似于李德尚等<sup>[8]</sup>的第三层次。我们试验的各种鱼产力模型以 MEI 为最好,这个模型包括李德尚等的第一层次平均水深和第二层次的总溶解固体或电导率。我们也计算海龙水库的 $(\lambda/z)^{-1/2}$ 值,即 $(126/6.59)^{-1/2}=4.37$ ,以海龙水库连续五年最高渔获量的平均值 29.35t/km<sup>2</sup>与辽宁省各水库的 $(\lambda/z)^{-1/2}$ 值以比例的方法求出各水库的可能鱼产量 II,然后把 I、II 两个结果平均,求出

\* 黑龙江水系渔业资源调查报告,1985。吉林部分,58~91。(内部印刷)。



表 4 用各种模型估测辽宁省主要水库鱼产量的回归方程和相关水平

Table 4 The results of assessment of fish productivity based on various models in the main reservoirs in Liaoning province

 $P_{1g}$  = gross primary productivity

| 序号<br>No. | 自变量 y<br>Independent variable                              | 因变量 x<br>Dependent variable | 回归分析型式<br>Regression analysis type | N  | 回 归 方 程<br>Regression equation | 相关系数<br>Correlation coefficient | 水 平<br>Level |
|-----------|------------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|----|--------------------------------|---------------------------------|--------------|
| 1         | 浮游生物<br>Plankton                                           | 鱼产量<br>yields               | 一元线性<br>Simple linear              | 28 | $y = 0.0208 + 1.828x$          | 0.782                           | 0.001        |
| 2         | 浮游生物<br>Plankton                                           | 鱼产量<br>yields               | 一元线性<br>Simple linear              | 35 | $y = -0.291 + 1.949x$          | 0.758                           | 0.001        |
| 3         | 浮游植物<br>Phyto. $\times 0.6$<br>+ 浮游动物<br>Zoo. $\times 0.4$ | 鱼产量<br>yields               | 一元线性<br>Simple linear              | 28 | $y = 1.029 + 3.079x$           | 0.776                           | 0.001        |
| 4         | 浮游植物<br>Phyto. $\times 0.6$<br>+ 浮游动物<br>Zoo. $\times 0.4$ | 鱼产量<br>yields               | 一元线性<br>Simple linear              | 35 | $y = 2.845 + 2.7105x$          | 0.709                           | 0.001        |
| 5         | 浮游生物<br>Plankton                                           | 鱼产量<br>yields               | 幂函数<br>Power series                | 28 | $y = 2.308x^{0.869}$           | 0.805                           | 0.001        |
| 6         | 浮游生物<br>Plankton                                           | 鱼产量<br>yields               | 幂函数<br>Power series                | 35 | $y = 2.291x^{0.869}$           | 0.820                           | 0.001        |
| 7         | 浮游植物<br>Phyto. $\times 0.6$<br>+ 浮游动物<br>Zoo. $\times 0.4$ | 鱼产量<br>yields               | 幂函数<br>Power series                | 28 | $y = 4.239x^{0.809}$           | 0.788                           | 0.001        |
| 8         | 浮游植物<br>Phyto. $\times 0.6$<br>+ 浮游动物<br>Zoo. $\times 0.4$ | 鱼产量<br>yields               | 幂函数<br>Power series                | 35 | $y = 4.223x^{0.808}$           | 0.808                           | 0.001        |
| 9         | 毛初级产量<br>$P_{1g}$                                          | 鱼产量<br>yields               | 一元线性<br>Simple linear              | 14 | $y = -7.616 + 6.615x$          | 0.711                           | 0.01         |
| 10        | 毛初级产量<br>$P_{1g}$                                          | 鱼产量<br>yields               | 幂函数<br>Power series                | 14 | $y = -0.305x^{1.206}$          | 0.889                           | 0.001        |
| 11        | 毛初级产量<br>$P_{1g}$                                          | 浮游植物<br>Phyto.              | 一元线性<br>Simple linear              | 14 | $y = -0.346 + 1.682x$          | 0.772                           | 0.001        |
| 12        | 毛初级产量<br>$P_{1g}$                                          | 浮游植物<br>Phyto.              | 幂函数<br>Power series                | 14 | $y = 2.167x^{0.713}$           | 0.677                           | 0.01         |
| 13        | 毛初级产量<br>$P_{1g}$                                          | 浮游植物<br>Phyto.              | 一元线性<br>Simple linear              | 14 | $y = 1.191 + 1.761x$           | 0.782                           | 0.001        |
| 14        | 毛初级产量<br>$P_{1g}$                                          | 浮游植物<br>Phyto.              | 幂函数 相关                             | 14 | $y = 3.158x^{1.211}$           | 0.692                           | 0.01         |
| 15        | TP + TN                                                    | 浮游植物<br>Phyto.              | 一元线性<br>Simple linear              | 23 | $y = 6.811 - 0.273x$           | 0.072                           | 无<br>No      |
| 16        | TP + TN                                                    | 浮游植物<br>Phyto.              | 幂函数<br>Power series                | 23 | $y = 5.633x^{-0.166}$          | 0.120                           | 无<br>No      |

续表 4(continued)

| 序号<br>No. | 自变量 y<br>Independent<br>variable                 | 因变量 x<br>Dependent<br>variable | 回归分析型式<br>Regression<br>analysis type | N  | 回 归 方 程<br>Regression equation                                                | 相关系数<br>Correlation<br>coefficient | 水 平<br>Level |
|-----------|--------------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| 17        | TP 0.35 +<br>TN 0.3                              | 浮游植物<br>Phyto.                 | 一元线性<br>Simple linear                 | 23 | $y = 6.735 - 0.785x$                                                          | 0.063                              | 无<br>No      |
| 18        | TP 0.35 +<br>TP 0.3                              | 浮游植物<br>Phyto.                 | 幂函数<br>Power series                   | 23 | $y = 5.448x^{0.236}$                                                          | 0.193                              | 无<br>No      |
| 19        | 放养量<br>Stocking                                  | 鱼产量<br>Yields                  | 一元线性<br>Simple linear                 | 43 | $y = 5.694 + 2.945x$                                                          | 0.628                              | 0.001        |
| 20        | 放养量<br>Stocking                                  | 鱼产量<br>Yields                  | 幂函数<br>Power series                   | 43 | $y = 0.571x^{0.657}$                                                          | 0.612                              | 0.001        |
| 21        | $\sqrt{TDS/z}$                                   | 浮游生物<br>Plankton               | 一元线性<br>Simple linear                 | 26 | $y = 2.508 + 1.3350x$                                                         | 0.511                              | 0.01         |
| 22        | $\sqrt{TDS/z}$                                   | 浮游生物<br>Plankton               | 幂函数<br>Power series                   | 26 | $y = 2.499x^{0.503}$                                                          | 0.503                              | 0.01         |
| 23        | $\sqrt{TDS/z}$                                   | 鱼产量<br>Yields                  | 一元线性<br>Simple linear                 | 26 | $y = 10.070 + 0.831x$                                                         | 0.220                              | 无<br>No      |
| 24        | $\sqrt{TDS/z}$                                   | 鱼产量<br>Yields                  | 幂函数<br>Power series                   | 26 | $y = 7.546x^{0.314}$                                                          | 0.186                              | 无<br>No      |
| 25        | $\sqrt{\lambda/z}$                               | 浮游生物<br>Plankton               | 一元线性<br>Simple linear                 | 26 | $y = 3.540 + 1.147x$                                                          | 0.518                              | 0.01         |
| 26        | $\sqrt{\lambda/z}$                               | 浮游生物<br>Plankton               | 幂函数<br>Power series                   | 26 | $y = 2.872x^{0.653}$                                                          | 0.511                              | 0.01         |
| 27        | $\sqrt{\lambda/z}$                               | 鱼产量<br>Yields                  | 一元线性<br>Simple linear                 | 26 | $y = 9.116 + 0.950x$                                                          | 0.328                              | 0.1          |
| 28        | $\sqrt{\lambda/z}$                               | 鱼产量<br>Yields                  | 幂函数<br>Power series                   | 26 | $y = 5.5187x^{0.500}$                                                         | 0.350                              | 0.1          |
| 29        | MDI                                              | 浮游生物<br>Plankton               | 一元线性<br>Simple linear                 | 33 | $y = 6.1204 + 0.423x$                                                         | 0.511                              | 0.01         |
| 30        | MDI                                              | 浮游生物<br>Plankton               | 幂函数<br>Power series                   | 33 | $y = 3.100x^{0.505}$                                                          | 0.5295                             | 0.01         |
| 31        | MDI                                              | 浮游生物<br>Plankton               | 抛物线<br>Parabolic typ                  | 33 | $y = 13.257 + 10.34x - 1.285x^2 + 0.150x^3 - 0.00536x^4 + 6.79 \times 105x^5$ | F = 3.314                          | 0.05         |
| 32        | MDI( $x_1$ )径流<br>深度 Runoff<br>in depth( $x_2$ ) | 浮游生物<br>Plankton               | 二元线性<br>Dual linear                   | 33 | $y = 9.56 + 0.330x_1 - 0.0792x_2$                                             | 0.5480                             | 0.01         |
| 33        | MDI                                              | 鱼产量<br>Yields                  | 直线相关<br>Simple linear                 | 33 | $y = 12.04 + 0.488x$                                                          | 0.4020                             | 0.05         |

辽宁各水库的可能鱼产量( $t/km^2$ ), 依次为: 尚屯, 99.2; 英守, 77.8; 上寺, 76.0; 范屯, 70.4; 腰堡, 69.4; 鸽子塘, 54.8; 棋盘山, 54.8; 后楼, 54.8; 大清沟, 50.7; 三道岭, 50.1; 南城子, 49.8; 红升, 49.6; 刁家坝, 43.1; 柴河, 42.9; 刘大, 35.3; 何家岗, 35.2; 廉家坝, 34.2; 汤河, 34.2; 大伙房, 33.4; 清河, 29.0; 土门子, 27.2; 桓仁, 27.1; 朱隈子, 26.8; 转角楼, 24.5; 松树, 23.8; 榛子岭, 23.8; 铁甲, 21.1; 石门, 19.3; 罗圈背, 12.5。

根据计算结果, 以中小型水库鱼产力最大, 深水水库(石门、罗圈背)鱼产力最低; 北部和西部水库比东南部多雨的丹东市许多水库鱼产力高。

除上述用两种方法计算的水库平均鱼产力外, 剩下的水库或水深不到 2.5m, 不适用于土壤学指数计算, 或缺少电导率数据, 只好仅用浮游生物生物量一种方法估测, 这些水库的鱼产潜力如下:

龙屯, 110.7; 荣兴, 92.1; 上寺, 80.2; 范屯, 70.7; 八宝海, 60.5; 八一, 60.5; 友邻, 56.1; 合隆, 50.1; 三道河, 44.9; 三台子, 37.0; 巨龙湖, 33.2; 团结, 38.4; 疙瘩楼, 25.1; 花鼓, 25.4; 散户起, 43.5。

## 讨 论

1. 这些预测的可能鱼产量都大得惊人。海龙水库水生生物和水化学测定时间是 1981—1982 年, 我们测定时间则在 1982 和 1983 年, 1982 年各水库同为枯水年, 浮游生物生物量不太高, 1983 年与 1981 年水文条件则基本相似<sup>[6]</sup>, 故以海龙水库与辽宁省诸水库相比是合理的。用表 4 中公式(25)求海龙水库的浮游生物量为 8.55mg/L, 而两年实测数为 6.0mg/L, 说明实测的 1982~1983 年数据可能比一般年份低一些。但因为海龙水库 5 年的渔获量是确实的生产记录, 鱼产力估测不会误差过大。

用土壤学指数和浮游生物生物量两种求法其结果有的相差悬殊, 有的非常接近, 如转角楼水库二者分别为 24.36 和 24.72 $t/km^2$ , 棋盘山水库为 54.98 和 54.60 $t/km^2$ , 等等。两种计算结果越接近越为可信。相差悬殊的可能是测定次数不够, 或遇到连年干旱的缘故。

2. 浮游生物(自变量)与鱼产量的相关分析。无论线性回归、幂函数回归, 单独用东部数据或用全省数据, 相关系数都达到 0.001 水平。虽然大部分水库放养量不足, 相关分析结果仍非常显著( $n=43$ ,  $r=0.628$ )。这也说明鲢鳙产量仍受浮游生物丰度的影响, 推测这是在放养不足的情况下, 饵料生物得以较好地发展, 促使鱼类加快生长, 致使鱼产量也在一定程度上得到弥补。这是浮游生物生物量和鱼产量显著相关的原因。

王绪昌等用本数据进行逐步回归, 得出浮游动物是估测鱼产量较好的指标之一, 而浮游植物没有达到显著水平。按浮游植物是浮游动物的主要饵料, 二者数量之间相互消长。寻求其与鱼产量的关系上应当合并处理, 分别处理是不可取的。这就是单用浮游植物与鱼产量不相关的原因。

我们用焦念志等<sup>[14]</sup>浮游植物乘以 0.60 加浮游动物乘以 0.40 的办法与浮游动物、浮游植物等同相加的办法分别与鱼产量进行回归分析(表 4), 其结果无论直线回归或幂函数回归, 在对应公式数据相同的情况下加权处理的公式 3、4、7、8 都比不加权的公式 1、2、5、6 相关系数小。说明这样的加权系数, 起码对辽宁省的水库并不适合。

初级生产力的毛产量与鱼产量也是显著相关的。只用辽宁东部水库的数据( $n=27$ )与

用全省水库数据( $n=34$ )差别不大,都达到了 0.001 的水平,说明在面积达 14.5 万  $\text{m}^2$ ,跨越 4 个半纬度,7 个经度的辽宁省,东西部景观迥然不同。东部总碱度最低 0.41mmol/L(罗圈背),西部则最高达 3.28mmol/L(花古);东部径流深度高达 596mm(合隆),西部最低仅 50mm(八宝海)。这样广大区域,浮游生物丰度和鱼产量的关系还是一致的(降水和温度状况的差异可不予考虑)。

3. 总磷、总氮与浮游植物的关系。按照焦念志<sup>[14]</sup>的加权或不加权都远远达不到显著相关的水平。这与我们聚类分析、逐步回归分析中总磷总氮被剔除的结果是一致的<sup>[2]</sup>。焦氏的化学层次还有 TDS 或电导率以及 COD。我们的 COD 数据不全,焦氏的加权系数不高(0.15),TDS 也仅为 0.20。因为总磷、总氮与浮游生物和鱼产量的相关系数多呈负值,与正相关相差太远,所以把这几项水化学数据相加进行回归分析也是没有意义的。

湖沼学工作者对总磷、总氮给鱼产量的影响还存在分歧,大多数学者认为总磷重要,但也有人认为总氮更好一些<sup>[18]</sup>,这在很大程度上是地区差异造成的。我们在调查时发现这两个化学数据在同一水库变化很大,它们与浮游生物不相关可能是测定次数不够多,或遇到干旱年份的关系。

4. 形态流域指数(MDI)在测定鱼产力的应用上评价很高<sup>[18,20]</sup>,我们也发现辽宁省的大伙房水库,河流中带入的磷、氮分别占其总来源的 92.7% 和 95.2%,说明流域面积带入的营养物质在水库营养来源中起着决定性的作用<sup>[12]</sup>。在我们的工作中,MDI 也与鱼产量直线相关,达到 0.05 的水平。但是根据我们的工作<sup>[6]</sup>,鱼产量和鱼的生长因水库放水而降低,流域面积大,库容小,进水库的营养物质虽然较多,但由于过多的水容纳不下,必然增加了库水的交换率,而使鱼产性能降低,所以使用 MDI 应同时使用径流深度两个自变量,进行复回归分析。根据我们的计算,径流深度所起作用不大,在表 4 公式(32)中,径流深度的  $t$  值 = -1.306,  $> t_{0.2}$ ,这是因为辽宁省水库的交换率大多数都在 3 以下(表 1),仅有几个交换率大的水库如英那河为 25.77,又因为缺少浮游生物和鱼产量的数据而被舍弃,大清沟水库的交换率为 4.37,又与集水面积 $\times$ 径流深度不符,估计地下径流较多,加上这个水库为硅砂区的水库,大坝、沿岸、库底均为硅砂,情况特殊,也不得不予以舍弃;上寺水库是一小型水库,交换率为 7.79,又因为施肥投饵的影响,无法使用。南方降水多,径流系数大,水库交换率高,径流深度这个自变量就会更重要,必须加入它以复回归估算鱼产量。干钢<sup>[1]</sup>用复蓄指数(即年交换次数)、MDI 和平均年放养量求鱼产量可谓抓到了主要矛盾。我们用逐步回归分析的方法,发现鱼种年放养量对鱼产量影响最大<sup>[2]</sup>,但在回归分析中使用了鱼种放养量得到的结果是现实鱼产量,而不是鱼产力。

5. 何志辉<sup>[7]</sup>用浮游生物生物量 $\times P/B \times$ 面积 $\times$ 平均深度求浮游生物生产量,然后乘以利用率,最后除以鱼的饵料系数求鱼产力的方法,固然求出的是鱼产力而不是回归方法用鱼获量作因变量求出的一般鱼产量。方法简易,容易推广,但他的方法假设太多,如饵料利用率将随鱼的密度而变化, $P/B$  值处于同一纬度的水体变化很大<sup>[5]</sup>。如何志辉假定清河水库浮游植物的  $P/B$  值为 50,我们测定则为 79,条件差不多的水库,大伙房为 46,汤河为 34,柴河则为 35<sup>[5]</sup>。由于浮游生物量年变化很大<sup>[6]</sup>,应该看到,我们的测定值仅是三年的数据,并不能代表水库的平均水平,只有用持续多年测定的平均值去评估鱼产力才能获得可靠的结果。

6. 李德尚的综合评估法<sup>[8]</sup>除了加权系数值得进一步研究外,其需要数据较多,而且这些数据的年变化很大,也必需经过长期测定才能准确,这就对一般应用带来困难。因此我们仍认为,MEI 和 MDI 两个模型简单实用,但 MEI 不适于内陆湖泊及沿海半咸水水体;MDI 则不

适于从河流引流和地下汇水区大的水库。为了简便准确, MEI 中的 TDS 可以用电导率代替, MDI 必须考虑水交换次数或径流深度。

7. 放养量和滞后二年的捕捞量相关非常显著, 说明放养不足, 加大放养可普遍高产; 全省 43 个水库平均放养效益为 4.38, 在全国处于中等偏低水平, 最高达 12.74(雍子洞), 最差 1.17(刘大), 发展很不平衡。放养效益低的水库首先应该改进鱼种运输和放养技术, 加强护库管理, 以提高鱼种回捕率和鱼产量。

### 参 考 文 献

- [1] 干钢, 1992. 水库鱼产量估测模型的初步研究. 水利渔业, (2): 19-23.
- [2] 王卫民, 魏青山等, 1982. 宿鸭湖水库浮游植物初级生产力和鲢鳙生产力的估算. 水利渔业, (2): 7-10.
- [3] 王骥等, 1981. 用浮游植物的生产量估算武昌东湖鲢鳙生产潜力与鱼种放养量的探讨. 水产学报, 5(4): 343-450.
- [4] 史为良等, 1986. 辽宁 13 个水库的若干生态学效率. 大连水产学院学报, (1): 71-74.
- [5] 史为良、董双林等, 1987. 有水草和无水草两个浅水水库生物生产量的比较. 大连水产学院学报, (1): 11-18.
- [6] 史为良等, 1984. 大伙房和柴河两水库的环境因子同鲢鳙生长和产量变动的关系. 海洋与湖沼, 25(1): 77-86.
- [7] 何志辉, 1983. 清河水库的浮游生物. 水生生物学集刊, 8(1): 71-84.
- [8] 李德尚等, 1993. 山东省大中型水库鱼产力的综合评估. 水产学报, 17(2): 95-104.
- [9] 李德尚, 1990. 关于水库鱼产力的研究. 海洋湖沼通报, (3): 76-81.
- [10] 李德尚等, 1985. 估计内陆水域鱼产力的“形态土壤学指数”. 水库渔业, (2): 53-57.
- [11] 张觉民等, 1991. 内陆水域渔业自然资源调查手册, 1-461. 农业出版社.
- [12] 严朝晖、史为良, 1995. 大伙房水库主要外源性氮、磷来源的研究. 大连水产学院学报, 10(1): 43-48.
- [13] 高桂庭, 1983. 水库渔获量与环境因素的多元回归模型. 水库渔业, (2): 35-38.
- [14] 焦念志等, 1993. 水库鱼产力评价标准与模式的研究. 海洋与湖沼, 24(1): 79-86.
- [15] 秋凌, JI. B 等, 1963. 水库渔业分类及鱼产力估计方法. 太平洋渔业会议论文集, 52-56. 科学出版社.
- [16] Ramakrishnih M, 刘家寿译, 1991. 形态一流域指数—印度水库鱼产量的一个预测指标. 第二届亚洲水库渔业会议论文集, 水利渔业, (4): 48-51.
- [17] Thirapham Bhukaswan 著, 滕永坤、陆家机译, 1980. 亚洲水库渔业管理, 33-41. 上海水产大学.
- [18] Lecren, E. D, & Lowe - McComme 11, R. H, 1980. The Functioning of Freshwater Ecosystems, 85-140. Cambridge University press, London.
- [19] Liang Yanting et al. 1981. Primary production and Fish yields in Chinese Ponds and Lakes. Transactions of American Fisheries Society. 110: 346-350.
- [20] Matuszek. J. E. 1978. Empirical predictions of fish yields of large North American lakes. Transactions of the American Fisheries Society. 107: 385-394.
- [21] Qglesby R. T. 1982. The Morphoedaphic index - concepts and practices, jenhins R. M the morphoedaphic index and reservoir fish production. Transactions of the American Fisheries Society. 111: 133-140.
- [22] Ryder. R. A. 1982. The morphoedaphic index - use, abuse and fundamental concepts. Transactions of the American Fisheries Society. 111: 154-164.



## A ASSESSMENT OF FISH PRODUCTIVITY OF RESERVOIRS IN LIAONING PROVINCE

Shi Weiliang Xia Dechang Dong Shuanglin Wang Lizhu Jin Kewei

(Dalian Fisheries Colleghe, 116023)

**ABSTRACT** Basing on the investigation of 58 reserviors in Liaoning province and the result of in the sieving fuzzy cluster analysis and stepwise regression, we adopted the prevalent methods used at home and abroad to assess the model of fish productivity, with the maximum fish production of 5 serial years and the data of planktons as the independence. We elvaluated the relevant prominent results.

Trought our study, the morpho - edaphic indes (MEI) is regarded as the best result, when the application of morpho - drainage basin indes (MDI) was used in high rate water - in and - out reservior, the complex regression analysis should be emphasized in runoff - depth and MDI. In this paper, prospective fish production fo 43 reserviors could be made out in comparison of the variations between MEI planktons and high fish production in Hailong Reservior in Jilin province.

**KEYWORDS** Silyer carp, Bighead carp, Reservoir, Fish productivity, Assessment, Liaoning province

### 1997 年度《水产学报》征订启事

《水产学报》是中国水产学会主办的水产科学技术的学术性刊物。主要刊载渔业资源、水产养殖和增殖、水产捕捞、水产品保鲜与综合利用、渔业水域环境保护、渔船、渔业机械与仪器以及水产基础研究等论文、调查报告、研究简报、评述与综述。并酌登学术动态和重要书刊的评介。

本刊为季刊,国内外公开发行。每期单价 9.00 元,全年 36 元。国内统一刊号:CN31-1283/S。邮发代号 4-297,读者可在当地邮局订阅,也可直接汇款到编辑部订阅。编辑部地址:上海军工路 334 号,48 信箱。邮政编码:200090。