



# 千岛湖蓝藻密度制约因素分析

## Research on Restricted Factors of Cyanophyceae density In Qian - dao Lake

王 炜 方志发 余卫东 (浙江省淳安县环境监测站 淳安 311700)

**摘要** 本文运用相关性分析和多元逐步回归统计方法,对蓝藻密度与环境理化指标的关系进行研究分析,分析结果表明,水温、水深和总磷为蓝藻密度的显著相关因子。其中,适宜的高水温是蓝藻生长旺盛的外界诱导因子,高水位运行不利于千岛湖水质保护,而磷元素的限制蓝藻生长规模的最主要营养物质。

**关键词:** 千岛湖 多元逐步回归 蓝藻密度 预测

**Abstract** The article studies the relation between Cyanophyceae density(CD) and environmental physical - chemic factors by correlatoin analysis and stepwise multiple regression statistical method. results shows that the water temperature(WT),the water depth (D) and the total phosphor(TP) are the most significant related factors of Cyanophyceae density(CD) in Qian Dao Lake. Among them, properly high water temperature is the external predisposition for the Cyanophyceae vigorous growht, higher water level is disadvantageous for water quality protection of Qian - dao Lake, phosphor is the chief nutriment limiting Cyanophyceae growth scale.

**Key words:** Qian - dao Lake Stepwise multiple regression  
Cyanophyceae density Forecast

千岛湖又称新安江水库,是1959年因建造新安江水电站而蓄水筑坝而形成的人工深水湖泊,位于东经118°20′~119°20′,北纬27°11′~30°20′,属钱塘江水系。

千岛湖是一个集发电、防洪、饮用、养殖、旅游和工农业用水等多种功能于一体的大型水库,也是作为浙江省和杭州市生命线的钱塘江的重要水源。千岛湖历来以四周树木葱郁,生物多样性丰富,湖水清澈澄明,环境优美而著称。然而,随着库区及上游流域社会经济的不断发展,人民生活水平的提高,以及千岛湖的自然环境特点和

自身的演变,千岛湖已从建湖时期的贫营养发展到现在的中营养状态,1998、1999年局部水域曾出现了季节性的蓝藻生长旺盛现象,引起了政府部门和相关科研机构的关注。

### 1 研究方法

#### 1.1 布点

千岛湖布设10个常规采样点,各测点名称分别为:1#街口,2#12号航标,3#小金山,4#排岭水厂,5#航头岛,6#积岭口,7#茅头尖,8#三潭岛,9#密山,10#大坝前。

1.2 时间

1.3 统计方法

1.3.1 相关性分析

将监测数据表除时间数列外从 Excel 文件中拷入 SPSS 11.0 统计分析程序,形成 SPSS 数据文件,运用 SPSS 程序的相关性分析模块,进行蓝藻和理化指标的相关分析。

1.3.2 建立预测方程

以与蓝藻总量预测相关的环境理化因子为自变量,以蓝藻密度(CD)为因变量,运用 SPSS 程序的多元逐步回归统计分析方法,逐步剔除相关性不大的因子,得到各采样点及全湖平均值的与 CD 关系最接近的环境因子,进而得到回归方程和复相关系数等。

1.3.3 预测方程的检验

将相关环境因子的实测值代入预测方程,计算通过预测方程求得的蓝藻密度统计值,比较实

测值与统计值的差异。

2 分析结果

2.1 千岛湖环境因子对蓝藻密度的影响

通过 SPSS11.0 程序的相关性分析,得出千岛湖主要理化因子的蓝藻密度之间的相关系数和显著性差异数值,见下表 1。(CD 为蓝藻密度 Cyanophyceae density 的简写)

由表 1 可知,千岛湖的蓝藻密度,与水温、pH 值、水深、总磷呈显著正相关关系,其一次线性方程分别如下:

$$CD = 12.69 \times WT - 177.5 (R = 0.543, F = 10.88, sig = 0.003)$$

$$CD = 272.0 \times pH - 2103.4 (R = 0.681, F = 22.47, sig < 0.001)$$

$$CD = 28.30 \times D - 2715.9 (R = 0.542, F = 9.57, sig = 0.005)$$

表1 千岛湖一些理化指标与蓝藻密度的线性相关矩阵

| 项                    | 目   | WT      | PH     | D      | COD   | TN    | TP     | SD    | DO    | CD    |
|----------------------|-----|---------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| Pearson Correclation | WT  | 1.000   |        |        |       |       |        |       |       |       |
|                      | PH  | .833**  | 1.000  |        |       |       |        |       |       |       |
|                      | D   | .332    | .268   | 1.000  |       |       |        |       |       |       |
|                      | COD | .290    | .313   | .029   | 1.000 |       |        |       |       |       |
|                      | TN  | -.202   | -.115  | -.355  | -.004 | 1.000 |        |       |       |       |
|                      | TP  | .150    | .263   | .186   | .074  | -.023 | 1.000  |       |       |       |
|                      | SD  | -.554** | -.460* | -.331  | -.205 | -.181 | -.056  | 1.000 |       |       |
|                      | DO  | -.424*  | -.007  | -.153  | -.124 | .321  | .205   | .049  | 1.000 |       |
|                      | CD  | -.543** | .681** | .542** | .222  | -.162 | .704** | -.296 | .035  | 1.000 |
| Sig(2-tailed)        | WT  |         |        |        |       |       |        |       |       |       |
|                      | PH  | .000    |        |        |       |       |        |       |       |       |
|                      | D   | .105    | .196   |        |       |       |        |       |       |       |
|                      | COD | .135    | .105   | .891   |       |       |        |       |       |       |
|                      | TN  | .303    | .560   | .082   | .984  |       |        |       |       |       |
|                      | TP  | .446    | .176   | .373   | .707  | .907  |        |       |       |       |
|                      | SD  | .002    | .014   | .106   | .296  | .357  | .775   |       |       |       |
|                      | DO  | .025    | .972   | .466   | .530  | .096  | .295   | .804  |       |       |
|                      | CD  | .003    | .000   | .005   | .257  | .410  | .000   | .127  | .860  |       |

注: \*\*. Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).  
\*. Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed).

$CD = 12899 \cdot TP - 138.3 (R = 0.704, F = 25.60, sig < 0.001)$

2.2 千岛湖蓝藻密度的逐步回归统计分析

由于藻类光合作用产氧而影响水体溶解氧的水平,pH值受藻类生长的影响而变化,所以溶解氧、pH值变化,可以说是以藻类生长为“原因”而产生的“结果”,难以预测藻类生长情况。在运用逐步回归统计方法预测千岛湖蓝藻密度的变化时,将溶解氧、pH值等因素剔除,并以蓝藻密度为因变量,计算逐步回归方程,得出表2。

千岛湖蓝藻密度与有关理化因子的逐步回归结果显示,影响千岛湖总体蓝藻水平的因素主要为水温和总磷、水深,各测点除大坝前蓝藻密度与理化因子的关系较不明显外,其余测点复相关系数0.540~0.863,综合F值为7.21~19.28,综合sig值为<0.001~0.004,相关性较好。

2.3 千岛湖蓝藻密度的初步预测

由上节分析结果显示,千岛湖的蓝藻密度平均值与环境因子的逐步回归结果,以水温和总

表2 千岛湖蓝藻密度与环境因子的逐步回归统计结果

| 点 位  | 入选变量              | 逐步回归方程                                                              | 复相关系数 | 综合F值  | 综合Sig  |
|------|-------------------|---------------------------------------------------------------------|-------|-------|--------|
| 街 口  | 1WT               | $CD = 12.49 \times WT - 176.6$                                      | 0.540 | 10.71 | 0.003  |
| 12航标 | 1WT               | $CD = 13.16 \times WT - 184.6$                                      | 0.638 | 15.82 | 0.001  |
| 小金山  | 1SD<br>2D         | $CD = -132.78 \times SD \times + 68.73 \times D - 6032.6$           | 0.645 | 7.49  | 0.003  |
| 排岭水厂 | 1TP<br>2D<br>3COD | $CD = 25908 \times TP + 56.62 \times D + 459.2 \times COD - 2333.1$ | 0.863 | 19.28 | <0.001 |
| 航头岛  | 1WT<br>2D         | $CD = 10.12 \times WT + 33.73 \times D - 995.3$                     | 0.625 | 7.390 | 0.003  |
| 积岭口  | 1WT<br>2D         | $CD = 3.14 \times WT + 3.05 \times D - 109.7$                       | 0.630 | 8.21  | 0.001  |
| 茅头尖  | 1WT<br>2COD       | $CD = 2.69 \times WT + 36.06 \times COD - 66.7$                     | 0.621 | 7.21  | 0.004  |
| 三潭岛  | 1TP<br>2D         | $CD = 5103 \times TP + 5610 \times D - 972.8$                       | 0.766 | 18.46 | <0.001 |
| 密 山  | 1WT<br>2D         | $CD = 1.66 \times WT + 5.03 \times D - 326.1$                       | 0.700 | 10.07 | 0.001  |
| 大坝前  | 1SD               | $CD = 49.9 - 535 \times SD$                                         | 0.425 | 5.08  | 0.034  |
| 全湖平均 | 1WT<br>2TP<br>3D  | $CD = 9.20 \times WT + 11166 \times TP + 15.95 \times D - 848.2$    | 0.888 | 26.08 | <0.001 |

磷、水深为显著因子,其回归方程为:  
 $CD = 9.20 \times WT + 11166 \times TP + 15.95 \times D - 848.2$

其中,CD(蓝藻密度)为因变量,WT(水温)和TP(总磷)、D(水深)为自变量,该预测方程复

相关系数0.888,综合F值为26.08,综合sig值为<0.001。

千岛湖蓝藻密度平均值的实测值与预测值的变化曲线见图1,由图1可以看出,蓝藻密度实测值与预测值的变化状况基本吻合,预测模型

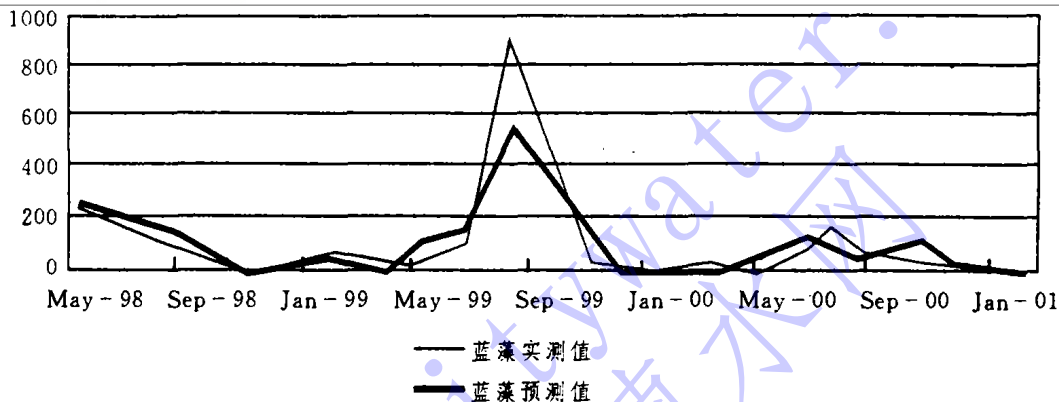


图 1 千岛湖蓝藻密度平均值的实测值与预测值的比较

具有一定的参考价值。

### 3 小结

千岛湖蓝藻密度最显著的制约因素为水温和总磷、水深,其中适宜的高水温是蓝藻生长旺盛的外界诱导因子,磷元素是限制蓝藻生长规模的最主要营养物质,而千岛湖水位的高低决定了陆源营养物质的入湖负荷量的多少(据调查,千岛湖  $\text{COD}_{\text{Cr}}$ 、TN、TP 的入湖负荷总量中 50% 以上来自流域面源污染)。

- 1 金相灿等主编. 湖泊富营养化调查规范. 北京: 中国环境科学出版社. 1990.6
- 2 陈宇炜等. 太湖梅梁湾藻类及相关环境因子逐步回归统计和蓝藻水华的初步预测. 湖泊科学. 2001.3
- 3 洪楠主编. Spass for Windows 统计分析教程. 电子工业出版社. 2000.9
- 4 国家环保局. 水和废水监测分析方法. 编委会. 水与废水监测分析方法. 中国环境科学出版社. 1997.4