

# 2001 ~ 2005 年松花湖水质评价

施云芬<sup>1</sup>, 刘月华<sup>1</sup>, 李英赞<sup>2</sup>

(1. 东北电力大学, 吉林省吉林市 132012 ; 2. 吉林市环境监测站, 吉林省吉林市 132001)

**摘要:** 为了了解松花湖近几年水质状况, 基于 2001 ~ 2005 年松花湖水质监测数据, 以单因子评价法, 确定主要污染指标。采取综合污染指数法, 对松花湖水质进行评价。结果表明, 溶解氧全湖年均值 7.604mg/L, 符合国家 II 类水体标准。丰满断面石油类污染最重, 5 年超标率为 5.0%; 各断面除小荒地高锰酸盐指数未超标外, 其余断面均超过国家标准; 总氮各断面均超过国家标准。松花湖 5 个断面水质污染程度比较, 污染最严重的是辉发河口, 综合污染指数 7.69, 污染负荷比为 28.01; 第 2 位是桦树林, 综合污染指数 6.54, 污染负荷比为 23.91; 第 3 位是小荒地、沙石沱和丰满, 综合污染指数均为 4.45, 污染负荷比分别为 15.77、15.77 和为 16.28。可见松花湖水体的主要污染指标为总磷、总氮和高锰酸盐指数, 松花湖的大部分水体的水质处于中度污染状态。

**关键词:** 松花湖; 水质评价; 内梅罗污染指数

**中图分类号:** X824      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1674 - 3075 (2009) 01 - 0011 - 05

松花湖是 1942 年修建丰满电厂大坝后形成的山谷型人工湖泊, 位于吉林市松花江上游 25 km, 流域面积 42 500 km<sup>2</sup>, 回水全长 180 km, 湖面最宽为 5 km, 最大水深 80 m, 平均水深 35 m, 年入库径流约 137 亿 m<sup>3</sup>, 最大库容量 108 亿 m<sup>3</sup>。松花湖汇集了大小河流 40 余条, 主要入湖河流有 14 条(王霞等, 2004); 最大的补给水源为松花江干流, 其次为辉发河、蛟河、漂河、木蓼河、石槽河(即蚂蚁河)。据研究, 松花湖是处于温带地区的大型深水湖泊(Tanaka S & Tominaga H, 1994)。湖区有 17 个乡镇, 932 个自然屯, 总人口 30.1 万。工业主要是采石、制砖业; 农业生产以粮食为主, 湖区共有耕地 4.25 万 hm<sup>2</sup>, 占湖区总面积的 10.3%。湖区旅游业发展很快, 1988 年被列为国家级重点风景名胜区, 每年可接待 80 万游客。

松花湖具有发电、农灌、防洪、渔业、旅游、航运等多种功能, 同时又是吉林市、长春市、哈尔滨市及下游沿松花江两岸近千万人民生产与生活的水源地, 在经济建设和人民生活中占有特殊重要位置。王宁和朱颜明(2000)对湖区及入湖河流重金属污染发展趋势进行了研究。本文根据松花湖 2001 ~ 2005 年水质监测数据的统计分析, 结合实地调查, 研究现阶段污染的状况及成因, 对掌握湖区水质的变化规律, 保护和整治湖区生态环境有十分重要的意义。

## 1 松花湖水质监测概况

### 1.1 监测项目及分析方法

监测项目有水温、透明度、pH 值、电导率、溶解氧、高锰酸盐指数、氨氮、挥发酚、总氰化物、总砷、总汞、六价铬、总铅、总镉、石油类、硫化物、总磷、总氮, 共计 18 项。

分析方法采用国家环境保护局科技标准司编制的《水环境分析方法标准工作手册》(1994)中规定方法。

### 1.2 监测断面布设

松花湖采样断面为 5 个, 按上游至下游顺序排列, 即辉发河口、桦树林、小荒地、沙石沱、丰满, 其中桦树林、沙石沱、丰满为湖体断面; 辉发河、小荒地分别为辉发河和蛟河的入湖口断面。监测断面布设见图 1。



图 1 松花湖水质监测布点示意

Fig. 1 Distribution of water sampling sites in the Songhua lake

### 1.3 监测频次

水体采样横向为左、中、右 3 点, 纵向为垂直深

收稿日期: 2008 - 01 - 31

作者简介: 施云芬, 1964 年生, 女, 吉林永吉人, 副教授, 主要从事环境工程教研工作。E-mail: shi Yunfen0220@163.com

度相对的上(水面下 0.5 m 处)、中、下(距湖底 0.5 m 处)3 个水层,水质监测频次为每年 6 次,即 5、6、7、8、9、10 月。采样方法按照有关规定(1994)和标准方法(1987)进行。

1.4 评价方法及评价标准

运用单因子评价法(申锐莉等,2006),对照国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的水质标准限值来确定主要污染指标,计算平均超标倍

数: 
$$I = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{S_i}}{N}$$

式中: $C_i$  为水质监测结果; $S$  为标准值; $N$  为有效监测次数。

参照内梅罗污染指数(综合污染指数)法,选用 15 项作为计算水质指标的参数。评价标准依据国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)》,丰满和沙石许采用 II 类标准;小荒地、桦树林和辉发河采用 III 类标准,内梅罗水污染指数公式如下:

$$I = \sqrt{\frac{\left[\frac{1}{n} \sum \left(\frac{C_i}{S_i}\right)\right]^2 + \left[\max \left(\frac{C_i}{S_i}\right)\right]^2}{2}}$$

式中: $C_i$  为水质参数  $i$  的实际监测值; $S_i$  为水质参数的标准值。选取 GB3838-2002 中水质标准限值作为标准值,同时参考《内梅罗水质指数污染等

级划分标准》(李建军等,2001)对松花湖水质进行评价。 $I < 1$ ,清洁; $1 \sim 2$ ,轻污染; $2 \sim 3$ ,污染; $3 \sim 5$ ,重污染; $I > 5$ ,严重污染。

2 调查结果

2.1 总体水质状况

由表 1 可知,松花湖总体水质状况中,总汞、总铅、总镉、总砷、六价铬、总氰化物、挥发酚、硫化物平均值均未检出。丰满断面在 2001~2003 年检出总铅,数值达到 III 类水体标准,2004 年只检出痕量挥发酚。小荒地在 2003 年检出痕量总镉,2001~2003 年检出痕量总铅,2005 年检出痕量总砷。桦树林断面 2001~2003 年检出总铅,2004 年检出痕量挥发酚。辉发河断面 2001、2002 年检出总铅,检出数据达到 III 类水体标准。

高锰酸盐指数、总磷各断面除小荒地高锰酸盐指数未超标外,其余均超过国家标准;总氮各断面均超过国家标准,总体趋势是越往上游数值越高,说明污染源主要来自辉发河。

丰满断面石油类污染最重,5 年超标率为 5%,主要原因是松花湖上共有机动船舶 700 多艘,其中 50 马力以上船舶 300 艘,各种机动船排入湖中的废油每年约为 135 t。

表 1 2001~2005 年松花湖各监测断面的水质指标  
Tab. 1 The statistic form of water quality condition in the Songhua lake

| 监测断面 | 项 目   | pH        | 总氮   | 溶解氧   | 高锰酸盐指数 | 氨氮    | 总磷    | 石油类   | 总汞 | 总镉    | 总铅   | 总砷   | 六价铬 | 挥发酚   | 总氰化物 | 硫化物 |
|------|-------|-----------|------|-------|--------|-------|-------|-------|----|-------|------|------|-----|-------|------|-----|
| 丰满   | 平均值   | 6.22~8.70 | 1.37 | 7.53  | 5.14   | 0.243 | 0.053 | 0.027 | -  | -     | -    | -    | -   | -     | -    | -   |
|      | 最大值   | 8.70      | 4.73 | 13.6  | 7.89   | 1.61  | 0.153 | 0.104 | -  | -     | 0.05 | -    | -   | 0.006 | -    | -   |
|      | 超标率/% | 0         | 99   | 27    | 98     | 4     | 58    | 5     | 0  | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | 0    | 0   |
| 沙石许  | 平均值   | 6.27~8.67 | 1.54 | 7.17  | 5.50   | 0.28  | 0.049 | 0.018 | -  | -     | -    | -    | -   | -     | -    | -   |
|      | 最大值   | 8.67      | 5.58 | 11.10 | 9.42   | 1.35  | 0.477 | 0.049 | -  | -     | -    | -    | -   | -     | -    | -   |
|      | 超标率/% | 0         | 98   | 28    | 98     | 5     | 79    | 0     | 0  | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | 0    | 0   |
| 小荒地  | 平均值   | 6.08~9.73 | 1.70 | 7.31  | 5.58   | 0.435 | 0.074 | 0.019 | -  | -     | -    | -    | -   | -     | -    | -   |
|      | 最大值   | 9.73      | 5.07 | 12.7  | 10.24  | 2.44  | 0.415 | 0.048 | -  | 0.014 | 0.03 | 0.04 | -   | -     | -    | -   |
|      | 超标率/% | 3.8       | 86.9 | 14.6  | 25.2   | 6.6   | 47.9  | 0     | 0  | 1     | 0    | 0    | 0   | 0     | 0    | 0   |
| 桦树林  | 平均值   | 6.25~10.0 | 1.55 | 8.07  | 6.34   | 0.434 | 0.091 | 0.021 | -  | -     | -    | -    | -   | -     | -    | -   |
|      | 最大值   | 10.0      | 3.48 | 11.12 | 14.08  | 1.9   | 0.501 | 0.050 | -  | -     | 0.02 | -    | -   | 0.004 | -    | -   |
|      | 超标率/% | 2.6       | 96   | 9     | 58     | 7     | 63    | 3     | 0  | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | 0    | 0   |
| 辉发河  | 平均值   | 6.47~9.03 | 1.58 | 7.94  | 6.93   | 0.42  | 0.107 | 0.025 | -  | -     | -    | -    | -   | -     | -    | -   |
|      | 最大值   | 9.03      | 3.35 | 13.0  | 17.6   | 1.59  | 0.595 | 0.05  | -  | -     | 0.04 | -    | -   | -     | -    | -   |
|      | 超标率/% | 0         | 91   | 10    | 71     | 23    | 67    | 0     | 0  | 0     | 0    | 0    | 0   | 0     | 0    | 0   |

注:“-”为未检出。  
Note:“-” not found.

2.2 松花湖水质类别分析

5 个监测断面的 pH 值、总汞、总铅、总镉、总砷、六价铬、总氰化物、挥发酚、硫化物共 9 个项目均符

合 I 类水质标准;油类、氨氮、溶解氧 3 个项目符合 II 类水质标准(辉发河为 III 类);高锰酸盐指数、总磷符合 III~IV 类水质标准;总氮符合 IV~V 类水质

标准。

综合各监测项目看,丰满断面和沙石浒断面水质为Ⅳ类,小荒地、桦树林、辉发河口断面水质为Ⅴ类;5 个断面的主要污染物都是高锰酸盐指数、总氮和总磷。各断面主要污染物统计见表 2。

**2.3 内梅罗污染指数(综合污染指数)**

比较松花湖 5 个断面的水质污染程度,污染最严重的断面是辉发河口,综合污染指数 7.69,污染

表 2 松花湖各断面主要污染物统计

mg/L

Tab.2 The statistic form of themain pollutants in the section of the Songhua lake

| 年份   | 丰满                |       |      | 沙石浒               |       |      | 小荒地               |       |       | 桦树林               |       |      | 辉发河               |       |      | 断面均值              |       |      |
|------|-------------------|-------|------|-------------------|-------|------|-------------------|-------|-------|-------------------|-------|------|-------------------|-------|------|-------------------|-------|------|
|      | COD <sub>Mn</sub> | TP    | TN   | COD <sub>Mn</sub> | TP    | TN   | COD <sub>Mn</sub> | TP    | TN    | COD <sub>Mn</sub> | TP    | TN   | COD <sub>Mn</sub> | TP    | TN   | COD <sub>Mn</sub> | TP    | TN   |
| 2001 | 5.41              | 0.027 | 1.30 | 6.46              | 0.034 | 1.00 | 6.59              | —     | 1.15  | 6.83              | 0.016 | 1.40 | 6.93              | 0.039 | 1.26 | 6.30              | 0.025 | 1.22 |
| 2002 | 5.58              | 0.037 | 1.37 | 5.43              | 0.046 | 1.75 | 6.00              | 0.134 | 14.96 | 6.65              | 0.089 | 1.58 | 7.76              | 0.157 | 1.50 | 5.99              | 0.093 | 1.59 |
| 2003 | 4.89              | 0.031 | 1.65 | 5.02              | 0.050 | 1.71 | 4.81              | 0.114 | 2.28  | 5.10              | 0.140 | 1.64 | 7.25              | 0.137 | 1.71 | 5.06              | 0.087 | 1.79 |
| 2004 | 4.67              | 0.030 | 1.14 | 4.89              | 0.043 | 1.40 | 4.89              | 0.047 | 1.58  | 5.63              | 0.118 | 1.22 | 5.62              | 0.089 | 1.63 | 5.04              | 0.065 | 1.39 |
| 2005 | 5.13              | 0.051 | 1.58 | 5.67              | 0.074 | 1.80 | 5.69              | 0.077 | 1.66  | 7.40              | 0.102 | 1.89 | 6.94              | 0.122 | 1.81 | 6.01              | 0.085 | 1.75 |
| 均值   | 5.14              | 0.035 | 1.37 | 5.50              | 0.049 | 1.54 | 5.58              | 0.074 | 1.90  | 6.34              | 0.091 | 1.55 | 6.93              | 0.107 | 1.58 | 5.68              | 0.071 | 1.55 |

表 3 松花湖水质类别评价结果

Tab.3 Evaluated results by water quality for Songhua lake

| 监测断面 | pH | 溶解氧 | 高锰酸盐指数 | 氨氮 | 总氮 | 总磷 | 石油类 | 总汞 | 总镉 | 总铅 | 总砷 | 六价铬 | 挥发酚 | 总氰化物 | 硫化物 | 水质类别 | 综合污染指数 | 污染负荷比 |
|------|----|-----|--------|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|-----|------|-----|------|--------|-------|
| 丰满   | 1  | 2   | 3      | 2  | 4  | 3  | 2   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1    | 1   | Ⅳ    | 4.45   | 16.28 |
| 沙石浒  | 1  | 2   | 3      | 2  | 4  | 3  | 2   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1    | 1   | Ⅳ    | 4.45   | 15.77 |
| 小荒地  | 1  | 2   | 3      | 2  | 5  | 4  | 2   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1    | 1   | Ⅴ    | 4.45   | 15.77 |
| 桦树林  | 1  | 2   | 4      | 2  | 5  | 4  | 2   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1    | 1   | Ⅴ    | 6.54   | 23.91 |
| 辉发河  | 1  | 3   | 4      | 3  | 5  | 5  | 2   | 1  | 1  | 1  | 1  | 1   | 1   | 1    | 1   | Ⅴ    | 7.69   | 28.01 |

**3 分析与讨论**

**3.1 重金属污染**

从检出数据来看,对比“八五”期间,重金属污染状况明显减轻,尤其是总汞,5 个断面 5 年均未检出,说明来自上游由于矿区开采造成对松花湖重金属的污染治理收到成效(王宁和朱颜明,2000)。对于总铅从上游辉发河至下游丰满的检出值和检出年份增加,说明松花湖丰满库区由于人类活动加剧了铅污染。为此,吉林市政府为执行松花江流域水污染防治规划(2006~2010 年),特制定《吉林市松花湖水源地污染治理项目(丰满库区)移民搬迁安置方案》(2007)。

**3.2 溶解氧**

溶解氧全湖年均值 7.604mg/L,除个别点出现超标现象外,年均值符合国家Ⅱ类水体标准。溶解氧超标样品绝大多数为深层水样,这是由于上游水体较浅和上层水温较高而使能量流动和物质循环状况较好的缘故(于力等,2004)。

**3.3 化学污染与生活污水**

据调查,松花湖近湖区农田每年施用化肥 29 782 t,农药 893 t;据测算,化肥的利用率仅为 35%左右,因此有 60%以上的化肥渗入地下或流进湖区,造成湖水总氮污染,至于农药的利用率则更低,由此造成了湖水总磷污染。此外,近湖区有丰满、旺起、海浪 3 个较大的村镇,生活污水年排放总量约 12 690 t,更加重了对湖水的污染。

**3.4 化学耗氧量**

松花湖上游有 3 条主要河流,即松花江干流、辉发河和蛟河。其中,松花江干流注入松花湖的水质大都在Ⅱ类水体;辉发河断面氨氮污染较重,小荒地、桦树林、辉发河口 3 个断面 5 年间超标率分别为 6.6%、3.8%、31.7%。第一支流辉发河污染最为严重,辉发河流经东丰、柳河、梅河口、辉南、磐石、桦甸共 6 个县、市(王宁等,1999),注入松花湖的水质全部超过Ⅳ类,每年约有 16 000 t 化学耗氧量排入松花湖,说明污染源主要来自辉发河。蛟河流经蛟河市,流入松花湖的水质一般为Ⅲ~Ⅳ类水体,每年约有 1 200 t 化学耗氧量排放松花湖;说明点源污染没有得到控制,而呈加剧污染的趋势。

### 3.5 水土流失

由于湖区植被受到不同程度的破坏,水土流失问题相当突出。松花湖区林业用地面积为 354 157  $\text{hm}^2$ ,目前被占用的绿地约占林地面积的 6.2%,其中 1982 ~ 1991 年林业用地变成农田的为 20 153  $\text{hm}^2$ ,近年来松花湖近湖区每年增加农田约 100  $\text{hm}^2$ 。2001 年后由于中央的退耕还林政策的推广,松花湖近湖区每年农田面积在减少,水土流失现象逐渐好转。

### 3.6 旅游业的影响

旅游业的发展对松花湖水质也带来一定的影响。松花湖近湖区现有旅游场所 117 家,每年接待游人达 80 万人次,每天排放废水总量约 3 300  $\text{m}^3$ ;每年丢弃湖区周围的固体废弃物约为 2 625 t,丢弃湖中的固体废弃物约为 1 665 t。

## 4 结语

根据 2001 ~ 2005 年松花湖水质监测数据,参照 GB3838 - 2002 水质标准,选用内梅罗水污染指数法对松花湖水质现状进行评价,表明松花湖水体的主要污染指标是高锰酸盐指数、总氮和总磷。松花湖的大部分水体的水质处于轻度污染状态,局部水体的水质达到重污染状态。总之,松花江流域水污染正处在偿还历史旧账难、防治新污染压力大的关键阶段,全面解决水环境问题需要相当长的时间。在“十一五”期间,松花江流域水污染防治规划对松花湖水质规划指标是:到 2010 年,松花湖等 48 个城镇集中式饮用水水源地水质达到 III 类;流域监测断面重金属等有毒污染物水质指标达到 II 类。“十一

五”期间是治理松花江流域水污染的关键时期,任务尤其艰巨。

#### 参考文献:

- 《吉林市松花湖水源地污染治理项目(丰满库区)移民搬迁安置方案》吉市政函[2007]63 号. 2007 年 4 月 25 号.
- 李建军,冯慕华,喻龙. 2001. 辽东浅水区水环境现状评价[J]. 海洋环境科学,20:42 - 45.
- 全国主要湖泊水库富营养化调查研究课题组. 1987. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京:中国环境科学出版社.
- 申锐莉,张建新,鲍征宇,等. 2006. 洞庭湖水质评价(2002 - 2004 年)[J]. 湖泊科学,18(3):243 - 249.
- 松花江流域水污染防治规划(2006 ~ 2010 年)(国函[2006]77 号. 2006 年 8 月 23 号.
- 王宁,于书霞,朱颜明. 2001. 松花湖水质污染变化规律及成因分析[J]. 东北师范大学学报(自然科学版),33(1):64 - 69.
- 王宁,朱颜明,李顺. 1999. 松花湖水体营养物质动态变化及成因分析[J]. 环境科学研究,12(2):27 - 30.
- 王宁,朱颜明. 2000. 松花湖水源地重金属非点源污染调查[J]. 中国环境科学,20(5):419 - 421.
- 王霞,吕宪国,张学林,等. 2004. 松花湖富营养现状及其影响因素分析[J]. 湿地科学,2(4):273 - 278.
- 于力,南条吉之,石飞裕,等. 2004. 松花湖水体富营养化状况的监测与评价[J]. 北方环境,29(4):73 - 80.
- 中国环境监测总站. 1994. 环境水质监测质量保证手册(第 2 版)[M]. 北京:化学工业出版社.
- Tanaka S & Tominaga H. 1994. Seasonal changes in water temperature, pH, dissolved Oxygen and transparency in a Japanese high mountain lake Mikuri - ga - ike Jpn[J]. Limnology, 55(6):61 - 65.

(责任编辑 万月华)

Water Quality Assessment in Songhuahu Lake(2001 ~2005 )

SHI Yun-fen<sup>1</sup>, LIU Yue-hua<sup>1</sup>, LI Ying-zan<sup>2</sup>

( 1. Northeast Dianli University ,Jinlin City 132012 ,China;  
2. Environmental Monitoring Central Station of Jinlin , Jinlin City 132001 ,China)

**Abstract:** Understanding the water quality of the Songhua lake in recent years. Basing on 2001 ~2005 Songhua lake water quality monitoring data, with a single-factor evaluation, identify key indicators of pollution. A comprehensive pollution index, evaluate the water quality of Songhua lake. The whole lake’s annual mean of DO is 7.604 mg /L, in line with the state class II water standards. The five-year average of oil and ammonia nitrogen is not overproof. Fengman’s cross section of most oil pollution is serious, overproof five-year rate of 5.0% . Permanganate index, the total phosphorus in addition to the five-year cross-section of small wasteland permanganate index of overproof, the remaining are more than the national standard, the TN section exceeded the national standard. Compared with Songhua lake’s degree of water pollution in five cross sections, the most serious pollution-section of the river mouth is huifa estuary, the comprehensive pollution index is 7.69, pollution load ratio is 28.01 , second place is Birch Forest, the comprehensive pollution index is 6.54, pollution load ratio is 23.91 ; the third place is small wasteland, sand Hu and Fengman, the comprehensive pollution index were 4.45 , the pollution load ratio is 16.28. Songhua lake’s main water pollution index is total phosphorus, TN and Permanganate Index . Songhua lake’s most of the water quality of water pollution in a moderate state.

**Key words:** Songhuahu lake ; waterquality assessment ; Nemerow index