

# 汉丰湖富营养化综合评价与水环境容量分析

郑志伟, 胡 莲, 邹 曦, 潘晓洁, 彭建华, 张志永, 万成炎

(水利部中国科学院水工程生态研究所, 水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室, 武汉 430079)

**摘要:** 2012、2013 年季节性监测了汉丰湖水体理化指标, 采用综合营养状态指数法对其富营养化状态进行了评价, 采用沃伦威德尔模型(Vollenweider)和狄龙模型(Dillon)计算了化学需氧量、总氮、总磷的水环境容量。结果表明: 汉丰湖水质总体处于地表水Ⅱ类~Ⅳ类标准, TN 0.76~2.24 mg/L、平均 1.41 mg/L,  $\text{NH}_3\text{-N}$  0.17~0.95 mg/L、平均 0.41 mg/L, TP 0.010~0.106 mg/L、平均 0.069 mg/L,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$  2.34~14.60 mg/L、平均 4.22 mg/L。东河区域水质优于小江干流、南河区域, 秋季污染程度最轻; 汉丰湖水体营养状态介于中营养到轻度富营养型, 其中南河区域的营养程度相对较高; 从单个评价因子看, 总氮的营养状态最高, 持续处于轻度、中度至重度富营养状态。汉丰湖化学需氧量、总氮、总磷水环境容量分别为 37 335、109.1 和 1 643.84 t/a, 为达到汉丰湖水功能区Ⅱ类水的管理目标, 总氮、总磷削减率分别为 38% 和 56%。

**关键词:** 汉丰湖; 富营养化; 综合评价; 水环境容量

**中图分类号:** X826 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2014)05-0022-06

水体富营养化是目前国内外环境科学领域关注的热点, 也是我国面临的严峻水环境问题。磷、氮是湖、库水体富营养化的主要影响因子, 而在既定管理目标下的水环境容量是水体富营养化控制的重要依据(金相灿, 2001; 王霞等, 2006), 因此, 水体富营养化评价和环境容量分析正逐渐成为水环境管理的一项重要手段(郝芳华等, 2008)。目前水体富营养化的评价方法主要有单一参数法、综合指数法和灰色聚类分析法、模糊评价法和灰色评价法等(朱丽楠等, 2012), 其中综合指数评价法采用多指标评价, 能够比较全面地反映出水体的营养状况(王明翠等, 2002); 水环境容量是反映设计水文条件下, 水体满足规划水体功能水质目标时所能容纳的污染物负荷, 是水体自净能力的度量(金培坚, 2009), 自 1925 年 Streeter 和 Phelos 首次建立 DO-BOD 水质模型以来, 经过多年的发展, 水环境容量模型建立及应用日趋完善, 我国许多学者对国内多个重要河流、湖泊的水环境容量进行了研究(杨文龙和杨常亮,

2002; 黄真理等, 2004; 欧阳丽等, 2008; 范丽丽等, 2012), 相关研究成果为我国湖库的水污染防治提供了应用基础理论支撑。

汉丰湖位于三峡库区小江中上游的开县城区, 在开县新城下游 4.5 km 处兴建水位调节坝工程后形成。目前该工程尚未正式运行, 汉丰湖仍为小江回水区的一部分, 其水位变化主要受三峡水库调度、上游来水和调节坝坝底拦水的综合影响。有关汉丰湖的研究主要包括湿地生态恢复潜力(Mar J H WILLISON 等, 2012)、湿地植物群落构成(陈春娣等, 2014)、营养物质输入对汉丰湖不同营养级生物的影响(李斌等, 2012; 2013)等。作者于 2012、2013 年季节性监测了汉丰湖水体理化指标, 对其进行了富营养化综合评价和主要污染物的水环境容量计算, 旨在为汉丰湖入湖污染负荷的削减和水质保护提供支撑。

## 1 材料与方法

### 1.1 监测调查

根据汉丰湖形态特征, 共设置 10 个监测点, 分别位于南河区域(HF1~HF4)、东河区域(HF5~HF6)和小江干流区域(HF7~HF10); 监测时间为 2012 和 2013 年的 3、6、9、12 月, 共 8 次; 监测指标包括总氮(TN)、氨氮( $\text{NH}_3\text{-N}$ )、总磷(TP)、透明度(SD)、化学需氧量( $\text{COD}_{\text{Mn}}$ )、叶绿素 a(Chla)等, 水样采集与指标的测定按照《水和废水监测分析方法》(魏复盛, 2002)进行。

收稿日期: 2014-05-07

**基金项目:** 国家十二五水专项子课题(2013ZX07104-004); 国家十二五科技支撑项目(2012BAC06B04); 三峡后续工作科研项目(2013HXKY2-3)。

**通讯作者:** 万成炎, 1964 年生, 男, 研究员, 主要从事恢复生态学研究。E-mail: chywan@mail.ihe.ac.cn

**作者简介:** 郑志伟, 1982 年生, 男, 助理研究员, 主要从事水污染防治技术研究。E-mail: zhiwei6207@mail.ihe.ac.cn

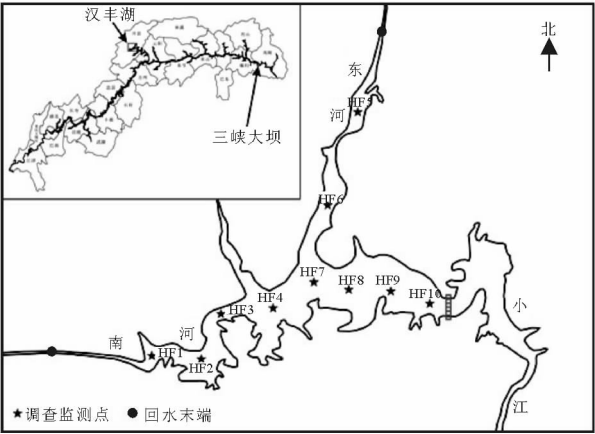


图1 汉丰湖监测调查点位分布

Fig.1 Sampling stations in Hanfeng Lake

1.2 富营养化评价

采用综合营养状态指数法(国家环境保护总局,2002)评价汉丰湖营养状态。综合营养状态指数计算公式:

$$TLI(\sum) = \sum_{j=1}^m W_j \times TLI(j)$$
 (1)

式中,TLI(Σ)为综合营养状态指数,W<sub>j</sub>为第j种因子的营养状态指数的相关权重,TLI(j)为第j种因子的营养状态指数,m为评价因子个数。

各评价因子(张小东,2012;张远等,2006)营养状态指数计算公式:

$$TLI(Chla) = 10(2.5 + 1.086 \ln Chla)$$
 (2)

$$TLI(TP) = 10(9.346 + 1.624 \ln TP)$$
 (3)

$$TLE(TN) = 10(5.453 + 1.694 \ln TN)$$
 (4)

$$TLE(SD) = 10(5.118 - 1.940 \ln SD)$$
 (5)

$$TLE(COD_{Mn}) = 10(0.109 + 2.661 \ln COD_{Mn})$$
 (6)

营养状态评价标准见表1(王明翠等,2002)。

表1 综合营养状态指数评价标准

Tab.1 Assessment standard of eutrophication by comprehensive eutrophication state index

| TLI<br>(Σ)<br>指标值 | 贫   | 中     | 富营养   |       |     |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-----|
|                   | 营养  | 营养    | 轻度    | 中度    | 重度  |
|                   | <30 | 30~50 | 50~60 | 60~70 | >70 |

1.3 水环境容量计算

1.3.1 化学需氧量水环境容量 汉丰湖属于河道型水库,一年中水体交换频繁,进出库水量相近,因此COD<sub>Mn</sub>水环境容量采用沃伦威德尔模型进行计算(郝芳华等,2008),其平衡方程为:

$$V \frac{dC}{dt} = Q(C_i - C) - K_1 VC$$
 (7)

式中:V为湖泊容积(m<sup>3</sup>),C为COD<sub>Mn</sub>浓度

(g/m<sup>3</sup>),C<sub>i</sub>为河流入湖COD<sub>Mn</sub>浓度(g/m<sup>3</sup>),Q为入湖流量(m<sup>3</sup>/d),K<sub>1</sub>为自净系数(1/d)。

当湖泊的COD<sub>Mn</sub>浓度(C)达到规定的水质标准(C<sub>s</sub>)即C=C<sub>s</sub>时,湖泊COD<sub>Mn</sub>最大允许纳污量即湖泊的COD<sub>Mn</sub>水环境容量(W),计算公式:

$$W = C_s(K_1 V + Q)$$
 (8)

1.3.2 总磷、总氮水环境容量 水体营养盐模型以物质平衡基本方程为基础,目前比较著名的有沃伦威德尔模型(Vollenweider)、狄龙模型(Dillon)、国际经济合作与开发组织模型(OECD)和合田健模型等(郝芳华等,2008)。考虑汉丰湖水体沉降系数的难确定性,以及狄龙模型的广泛应用(逢勇和陆桂华,2010),本文采用狄龙模型,其平衡方程为:

$$W = \frac{C_s \times S \times H \times \frac{Q_{in}}{V}}{1 - R}$$
 (9)

式中:W为总磷或总氮的水环境容量(t/a);C<sub>s</sub>为总磷或总氮的水环境质量标准(mg/L);S为湖泊的水面面积(m<sup>2</sup>);H为湖泊的平均水深(m);Q<sub>in</sub>为入湖流量(m<sup>3</sup>/a);V为湖泊容积(m<sup>3</sup>);R为湖泊总磷或总氮的滞留系数,R=1-W<sub>出</sub>/W<sub>入</sub>,W<sub>入</sub>为总磷或总氮的年入湖总量(t/a),W<sub>出</sub>为总磷或总氮的年出湖总量(t/a)。

1.3.3 模型参数值的选取 汉丰湖东河区域白鹤镇至小江干流调节坝前区段划分为缓冲区、汉丰湖南河区域划分为开发利用区,水质管理目标均为Ⅱ类水质标准<sup>①</sup>,故COD<sub>Mn</sub>、总磷及总氮选择水质Ⅱ类标准值(国家环保总局,2002)。R<sub>N</sub>、R<sub>P</sub>根据现状污染负荷及出库监测点氮磷浓度和流量数据估算获得,K<sub>COD</sub>数值参照《全国水环境容量核定技术指南》(郝芳华等,2008)。各项指标的取值见表2。

表2 模型参数及赋值

Tab.2 Model parameters and assignment

| 参数                                                               | 含义           | 数值    |
|------------------------------------------------------------------|--------------|-------|
| C/mg·L <sup>-1</sup>                                             | COD的水质标准(Ⅱ类) | 15    |
| TP/mg·L <sup>-1</sup>                                            | 总磷水质标准(Ⅱ类)   | 0.025 |
| TN/mg·L <sup>-1</sup>                                            | 总氮水质标准(Ⅱ类)   | 0.5   |
| V/10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>                                 | 湖泊总体积        | 0.61  |
| S/km <sup>2</sup>                                                | 水面面积         | 14.83 |
| H/m                                                              | 平均水深         | 4.12  |
| Q <sub>in</sub> /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> ·a <sup>-1</sup> | 入库水量         | 24    |
| R <sub>N</sub>                                                   | 总氮滞留系数       | 0.27  |
| R <sub>P</sub>                                                   | 总磷滞留系数       | 0.46  |
| K <sub>COD</sub> /d <sup>-1</sup>                                | COD自净系数      | 0.004 |

① 重庆市水利局.2010.重庆市水功能区划修编报告(2010).

2 结果与分析

2.1 汉丰湖水理化指标特征

汉丰湖水体主要理化指标特性及其变化情况见图2~图5。

汉丰湖总体水质处于Ⅱ类~Ⅳ类水标准。TN浓度变化范围0.76~2.24 mg/L、平均1.41 mg/L, NH<sub>3</sub>-N浓度变化范围0.17~0.95 mg/L、平均0.41 mg/L, TP浓度变化范围0.010~0.106 mg/L、

平均0.069 mg/L, COD<sub>Mn</sub>浓度变化范围2.34~14.60 mg/L、平均4.22 mg/L。从不同区域看,东河区域水质较好,多数时间优于南河和小江干流区域,除TN外,其余指标均持续处于Ⅱ类~Ⅲ类水状态;从时间变化趋势看,汉丰湖TN、NH<sub>3</sub>-N和TP浓度多表现为秋季较低。各评价指标中,TN污染程度最高,在调查期间持续处于Ⅳ类甚至劣于Ⅳ类水状态。

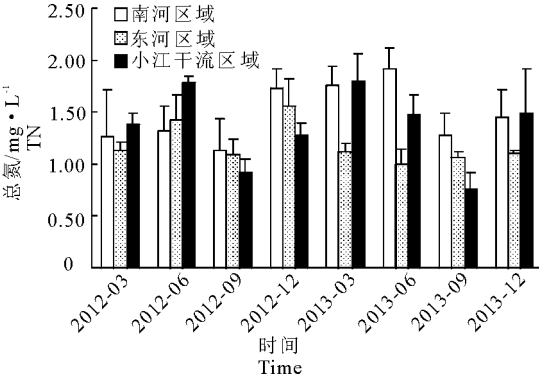


图2 汉丰湖 TN 浓度

Fig.2 Spatial-temporal changes of TN concentration in Hanfeng Lake

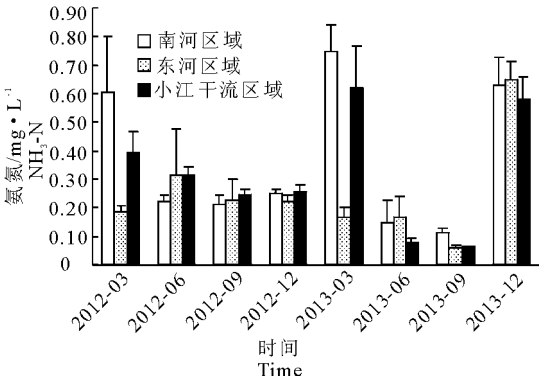


图3 汉丰湖 NH<sub>3</sub>-N 浓度

Fig.3 Spatial-temporal changes of NH<sub>3</sub>-N concentration in Hanfeng Lake

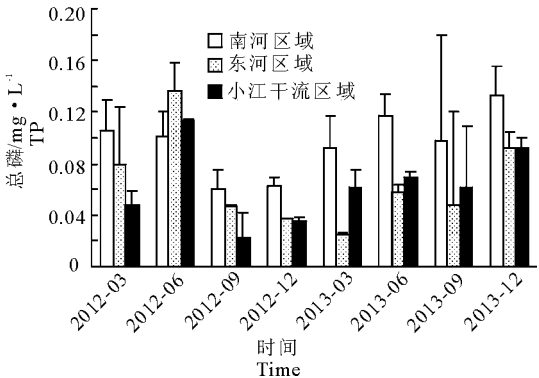


图4 汉丰湖 TP 浓度

Fig.4 Spatial-temporal changes of TP concentration in Hanfeng Lake

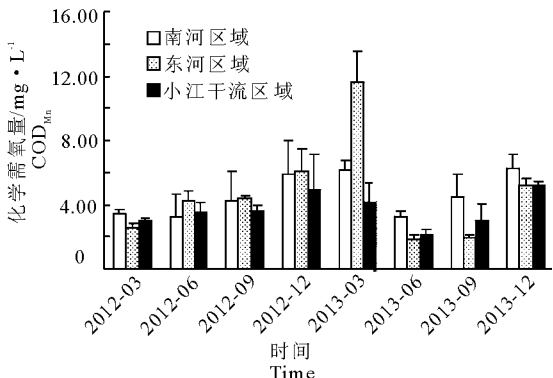


图5 汉丰湖 COD<sub>Mn</sub> 浓度

Fig.5 Spatial-temporal changes of COD<sub>Mn</sub> concentration in Hanfeng Lake

2.2 富营养化综合评价

汉丰湖富营养化状态综合评价结果见表3。2012、2013年,汉丰湖总体均处于中营养-轻度富营养状态。从季节看,夏季营养状态劣于其他季节;从区域看,南河区域劣于其他区域,并在2013年春、夏季达到中度富营养状态。单因子状态指数中,总氮的营养状态最高,在监测调查期间持续处于轻度、中度甚至重度富营养状态,表明汉丰湖氮污染相对较严重。

2.3 水环境容量

将模型参数及赋值代入计算公式,可得到汉丰

湖主要污染物指标总氮(TN)、总磷(TP)和化学需氧量(COD<sub>Mn</sub>)的环境容量分别为37 335、109.1和1 643.84 t/a。

3 讨论

水体的富营养化是充足的营养盐和缓慢水动力条件共同作用的结果(王丽平等,2012)。三峡水库蓄水影响前后,汉丰湖所在区域的温度、光照等环境条件变化不大,而蓄水后迅速呈现富营养化迹象,并在2012、2013年有加剧趋势,水动力学因素是主因,蓄水引发水流减缓和水力滞留时间增长,是导致营

表3 汉丰湖营养状态综合评价结果

Tab.3 Comprehensive assessment of eutrophication in Hanfeng Lake

| 时期          | 区域   | 单因子营养状态指数 |       |                   |       |       | 综合营养状态<br>指数 TLI(Σ) | 营养状态  |
|-------------|------|-----------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------|-------|
|             |      | TP        | TN    | COD <sub>Mn</sub> | SD    | Chla  |                     |       |
| 2012 年<br>春 | 南区区域 | 57.00     | 58.49 | 32.84             | 63.37 | 56.76 | 54.50               | 轻度富营养 |
|             | 东区区域 | 52.37     | 56.63 | 25.02             | 41.93 | 68.96 | 48.42               | 中营养   |
|             | 干流区域 | 44.22     | 60.00 | 29.22             | 35.05 | 40.32 | 41.28               | 中营养   |
| 2012 年<br>夏 | 南区区域 | 56.16     | 59.25 | 31.92             | 56.46 | 61.09 | 53.28               | 轻度富营养 |
|             | 东区区域 | 61.04     | 60.51 | 38.46             | 60.19 | 62.26 | 56.80               | 轻度富营养 |
|             | 干流区域 | 58.17     | 64.27 | 33.41             | 66.45 | 56.12 | 56.60               | 轻度富营养 |
| 2012 年<br>秋 | 南区区域 | 47.89     | 56.61 | 38.37             | 68.26 | 55.81 | 54.66               | 轻度富营养 |
|             | 东区区域 | 43.51     | 55.93 | 39.35             | 72.23 | 54.33 | 54.71               | 轻度富营养 |
|             | 干流区域 | 32.29     | 53.01 | 34.30             | 65.85 | 47.44 | 48.27               | 中营养   |
| 2012 年<br>冬 | 南区区域 | 48.37     | 63.75 | 47.44             | 54.42 | 41.91 | 51.52               | 轻度富营养 |
|             | 东区区域 | 40.33     | 61.99 | 48.04             | 45.87 | 35.88 | 46.47               | 中营养   |
|             | 干流区域 | 39.12     | 58.67 | 42.50             | 46.17 | 44.14 | 46.21               | 中营养   |
| 2013 年<br>春 | 南区区域 | 54.67     | 64.05 | 48.46             | 69.06 | 63.41 | 60.73               | 中度富营养 |
|             | 东区区域 | 33.45     | 56.43 | 65.41             | 51.57 | 68.96 | 54.97               | 轻度富营养 |
|             | 干流区域 | 48.05     | 64.41 | 37.92             | 55.60 | 34.30 | 48.75               | 中营养   |
| 2013 年<br>夏 | 南区区域 | 58.66     | 65.59 | 57.16             | 70.38 | 71.69 | 65.19               | 中度富营养 |
|             | 东区区域 | 28.35     | 54.58 | 16.76             | 54.20 | 64.43 | 44.65               | 中营养   |
|             | 干流区域 | 47.64     | 61.07 | 19.88             | 61.08 | 65.22 | 51.87               | 轻度富营养 |
| 2013 年<br>秋 | 南区区域 | 57.92     | 66.67 | 39.98             | 52.21 | 70.60 | 57.08               | 轻度富营养 |
|             | 东区区域 | 47.93     | 61.68 | 17.33             | 37.83 | 82.40 | 48.53               | 中营养   |
|             | 干流区域 | 48.47     | 61.94 | 29.49             | 58.26 | 62.52 | 52.70               | 轻度富营养 |
| 2013 年<br>冬 | 南区区域 | 60.68     | 60.78 | 48.93             | 76.38 | 40.21 | 58.97               | 轻度富营养 |
|             | 东区区域 | 54.82     | 56.14 | 44.18             | 69.32 | 37.25 | 53.76               | 轻度富营养 |
|             | 干流区域 | 54.76     | 51.25 | 44.00             | 65.95 | 34.03 | 48.18               | 中营养   |

养盐滞留库湾的重要因素。这一点与其他研究者在小江调节坝以下河段(冉祥滨等,2009)、香溪河(熊超军等,2013)、大宁河(张述太等,2010;王丽平等,2012)等回水库湾的研究结果相似。汉丰湖 TN/TP 总体平均值约为 20,超过淡水藻类体内的 N/P 值(约为 7)。一般认为,当氮磷比大于 10~14 时,磷可以考虑为藻类增长的限制因素(Martin R J et al, 2001;刘信安等,2005),由此可认为磷元素为汉丰湖水体营养状态进程的关键元素,磷元素的持续增量汇入,将导致其富营养化程度的加剧。富营养化水体在适宜的外界环境条件下,有可能暴发水华或浮萍,如 2013 年 5 月汉丰湖就暴发了较大规模的浮萍,究其环境条件,一是气温高,日照充足等自然因素;二是雨季初到,初期雨水地面径流中污染物浓度较高,导致局部水域富营养程度骤然加剧;三是连日降雨,周边水田、坑塘中的浮萍随雨水而下,在缓流状态下聚集生长,为大规模暴发提供了条件。目前,汉丰湖相对稳定的生境还未形成,调节坝按照设计方案运行后,汉丰湖与外界的水体交换进一步减弱,湖区的富营养化趋势可能加剧,暴发水华、浮萍的风险进一步加大。

汉丰湖 COD<sub>Mn</sub> 现状负荷为 17 681 t, TN 现状负

荷为 2 669 t,TP 现状负荷为 248 t<sup>①</sup>。根据本文水环境容量计算结果,除化学需氧量(COD<sub>Mn</sub>)还具有一定环境容量外,总氮、总磷的现状污染负荷量均大于目标要求的水环境容量,其中 TN 需削减 1 025.16 t、削减率 38%,TP 需削减 138.9 t、削减率 56%。针对汉丰湖实际,参考国内外湖库污染防治研究及实践,建议重点采取以下几项措施:(1)从源头上控制污染物的输入,包括完善汉丰湖流域城镇污水、垃圾处理设施,划定禁养区或对养殖场污染进行集中治理,达标排放,在农村逐步推广测土配方施肥技术等;(2)构建湖周生态防护带和支流沿岸生态沟渠系统,提高对地表径流的截留、吸收作用,削减入湖污染物总量;(3)研究优化水位调节坝调度方案,结合湖区生态渔业措施,提升汉丰湖自我调控能力,降低内源污染负荷;(4)加强监测,研究水环境演变规律,及时发现富营养化及污染情况,防治突发性水污染事故。

影响水体富营养化和水环境容量的因素较多,在评价、分析方法上也有待于进一步探讨。如优化

① 重庆市开县环境保护局,中国环境科学研究院. 汉丰湖水环境保护规划(2010-2020).

富营养化评价指标体系和各因子之间的权重分配,并辅以生物方法进行定性评价分析,可更加全面准确地反映和预测汉丰湖的营养状况;采用二维非稳态模型研究不同水期、不同湖区及水位调节坝不同调度方式的水环境容量,可为汉丰湖污染总量控制方案核定、周边产业布局及结构调整提供更为全面的科学依据。

## 参考文献

- 陈春娣,吴胜军,Meurk Colin Douglas,等. 2014. 三峡库区新生城市湖泊岸带初冬植物群落构成及多样性初步研究—以开县汉丰湖为例[J]. 湿地科学,12(2):197–203.
- 逢勇,陆桂华. 2010. 水环境容量计算理论及应用[M]. 北京:科学出版社.
- 范丽丽,沙海飞,逢勇. 2012. 太湖湖体水环境容量计算[J]. 湖泊科学,24(5):693–697.
- 国家环境保护总局. 2002. GB3838-2002 地表水环境质量标准[S]. 北京:中国环境科学出版社.
- 郝芳华,李春晖,赵彦伟,等. 2008. 流域水质模型与模拟[M]. 北京:北京师范大学出版社.
- 黄真理,李玉梁,李锦秀,等. 2004. 三峡水库水环境容量计算[J]. 水利学报,3:7–14.
- 金相灿. 2001. 湖泊富营养化控制和管理技术[M]. 北京:化学工业出版社.
- 金培坚. 2009. 水库水源水环境容量分析与水质控制研究[D]. 杭州:浙江大学.
- 刘信安,湛敏,马艳娥. 2005. 三峡库区流域藻类生长与营养盐吸收关系[J]. 环境科学,26(4):95–99.
- 李斌,王志坚,金丽,等. 2012. 人为营养物质输入对汉丰湖不同营养级生物的影响—稳定 C、N 同位素分析[J]. 生态学报,32(5):1519–1526.
- 李斌,徐丹丹,王志坚,等. 2013. 三峡库区蓄水 175 m 对汉丰湖不同生物类群  $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{15}\text{N}$  值的影响[J]. 中国环境科学,33(8):1426–1432.
- 欧阳丽,诸葛亦斯,刘德富. 2008. 三峡水库香溪河库湾水环

- 境容量研究[J]. 人民长江,39(20):12–15.
- 冉祥滨,陈洪涛,姚庆祯. 2009. 三峡水库小江库湾水体混合过程中营养盐的行为研究[J]. 水生态学杂志,30(2):21–27.
- 魏复盛. 2002. 水和废水监测分析方法:第4版[M]. 北京:中国环境科学出版社.
- 王霞,吕宪国,闫伯茹,等. 2006. 基于富营养化闭值的松花湖水环境容量分析[J]. 湖泊科学,18(5):504–508.
- 王丽平,郑丙辉,张佳磊,等. 2012. 三峡水库蓄水后对支流大宁河富营养化特征及水动力的影响[J]. 湖泊科学,24(2):232–237.
- 王明翠,刘雪琴,张建辉. 2002. 湖泊富营养化评价方法及分级标准[J]. 中国环境监测,2002,18(5):47–49.
- 熊超军,刘德富,纪道斌,等. 2013. 三峡水库汛末 175 m 试验蓄水过程对香溪河库湾水环境的影响[J]. 长江流域资源与环境,22(5):648–656.
- 杨文龙,杨常亮. 2002. 电池水环境容量模型研究及容量计算结果[J]. 云南环境科学,21(3):20–23.
- 张述太,薛俊增,姚建良,等. 2010. 三峡水库大宁河库湾水环境的时空变化特征[J]. 水生态学杂志,31(2):1–7.
- 张远,郑丙辉,富国,等. 2006. 河道型水库基于敏感性分区的营养状态标准及评价方法研究[J]. 环境科学学报,26(6):1016–1021.
- 张小东. 2012. 福建棉花滩水库富营养化状况评价及分析[J]. 水生态学杂志,2012,33(5):20–23.
- 朱丽楠,官滂,王永军,等. 2012. 典型湖库富营养化的模糊综合评价研究[J]. 长江流域资源与环境,21(9):1131–1135.
- Mar J H WILLISON,李波,王强,等. 2012. 重庆开县汉丰湖湿地生态恢复的潜力[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,29(3):4–7.
- Martin R J, Keller H C, Clarke A R, et al. 2001. Long-term performance summary for the boot wtland t reatment system[J]. WaterScience and Technology, 44(12):413–420.
- (责任编辑 张俊友)

Eutrophication Assessment and Analysis of Nutrient Loading in Hanfeng Lake

ZHENG Zhi-wei, HU lian, ZOU xi, PAN Xiao-jie, ZHANG Zhi-yong, WAN Cheng-yan

(Key Laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-Projects and Restoration of Aquatic Ecosystem of Ministry of Water Resources, Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences. Wuhan 430079, P. R. China)

**Abstract:** Eutrophication, a serious water quality problem, has been receiving increased national and international attention. Nitrogen and phosphorous are the primary nutrients leading to eutrophication in lakes and reservoirs and, the established management goals for water quality provide impetus for the control of eutrophication. Therefore, the evaluation of eutrophication and the analysis of water resource capacity have gradually become important means for managing water resources. In 2012 and 2013, seasonal monitoring of physical and chemical parameters in Hanfeng Lake was carried out and parameters included total nitrogen (TN), ammonia nitrogen (NH<sub>3</sub>-N), total phosphorous (TP), transparency (SD), chemical oxygen demand (COD<sub>Mn</sub>) and chlorophyll a(chl-a). Samples were collected at 10 sites, located in the Nanhe area (HF1 – HF4), Donghe area (HF5 – HF6) and the main stem of Xiaojiang (HF7 – HF10), respectively. Monitoring data during March, June, September and December of the two years were collected. A comprehensive eutrophic state index was applied to assess the trophic status, and the Vollenweider-Dillon model was used to analyze the nutrient loading and assimilation capacity of Hanfeng Lake. Results show that the water quality of Hanfeng Lake meets water quality standards II-V for surface water. The mean values (range in parentheses) for TN, NH<sub>3</sub>-N, TP, COD<sub>Mn</sub> were 1.41 mg/L (0.76 – 2.24 mg/L), 0.41 mg/L (0.17 – 0.95 mg/L), 0.069mg/L (0.01 – 0.106 mg/L), and 4.22 mg/L (2.34 – 14.60 mg/L), respectively. Water quality in the Donghe area was better than in Xiaojiang and the Nanhe area, with the pollution level lowest in autumn for all three areas. In general, Hanfeng Lake is mesotrophic to slightly eutrophic, with higher nutrient levels in the Nanhe area. Total nitrogen levels were particularly high and, as a single indicator, were always in the eutrophic range, from slight, to moderate and even severe. Analysis showed that loading of COD<sub>Mn</sub>, total nitrogen and total phosphorus in Hanfeng lake were 37 335 t/a, 1 643.8 t/a and 109.1 t/a, respectively. Nutrient loading should be reduced by 36% for nitrogen and by 58% for phosphorus to achieve water quality meeting Level II standards throughout Hanfeng Lake.

**Key words:** Hanfeng Lake; eutrophication; comprehensive assessment; nutrient loading