

· 水环境 ·

百花湖沉积物总氮总磷分布特征及污染评价研究

孟凡丽¹, 李秋华², 肖劲松¹, 杨 梅¹, 商正松¹

(1 贵州省环境科学研究设计院, 贵阳 550081; 2. 贵州师范大学 贵州省山地环境信息系统和生态环境保护重点实验室, 贵阳 550001)

摘要: 为掌握近期百花湖沉积物中氮磷分布特征及污染情况, 对百花湖库区沉积物 TN、TP 进行调查与分析, 结果表明: 百花湖库区沉积物中 TN、TP 污染严重且空间分布差异明显, TN 含量变化范围为 3 634.08mg/kg ~ 4 954.88mg/kg, 均值为 4 168.53 mg/kg, TP 含量变化范围为 520.45mg/kg ~ 1 218.66mg/kg, 均值为 875.87mg/kg。总氮的综合污染指数呈现出严重污染水平, 单项评价指数均大于严重污染的临界值; 总磷的综合污染指数整体处于清洁到重度污染范围, 绝大部分单项污染指数处于有影响到重污染范围。

关键词: 百花湖; 沉积物; 总氮; 总磷

中图分类号: X524

文献标识码: A

文章编号: 1001-3644(2018)05-0100-06

DOI:10.14034/j.cnki.schj.2018.05.018

Study on Distribution characteristics and Pollution Assessment of Total Nitrogen and Total Phosphorus in Sediments of Baihua Lake

MENG Fan-li¹, LI Qiu-hua², XIAO Jin-song¹, YANG Mei¹, SHANG Zheng-song¹

(1. Guizhou Academy of Environmental Science Research & Design, Guiyang 550081, China;

2. Guizhou Key Laboratory for Mountainous Environmental Information & Ecological Protection, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: In order to master the distribution characteristics of nitrogen and phosphorus and pollution status in the sediments of the Baihua Lake recently, the TN and TP of the sediments in the reservoir area of Baihua Lake are investigated and analyzed. The results showed that the pollution of TN and TP in the sediments of Baihua Lake Reservoir area is serious and the spatial distribution is obviously different. The change range of TN content was 3 634.08mg/kg ~ 4 954.88mg/kg with the mean value 4 168.53 mg/kg. The change range of TP content was 520.45mg/kg ~ 1 218.66mg/kg with the mean value 875.87mg/kg. The comprehensive pollution index of total nitrogen showed a serious pollution level. The index of individual evaluation is greater than the critical value of serious pollution. The comprehensive pollution index of total phosphorus is generally in the scope of clean to severe pollution. Most of the single pollution indexes are in the scope of influenced to heavy pollution.

Keywords: Baihua Lake; sediments; total nitrogen; total phosphorus

1 前 言

湖库富营养化成为水环境问题关注热点之一, 氮磷是湖库富营养化的重要限制因子。王长娥^[1]等研究表明从流域中进入湖泊的营养物质, 以及湖泊水生生物的组成物质, 最终都会进入到沉积物中, 致使湖泊沉积物中大量的磷、氮等营养盐逐渐

累积起来, 它的“二次释放”会成为湖泊营养盐的重要的内负荷。一般情况下, 沉积物与上覆水之间保持着一种吸收和释放的动态平衡, 然而在一定条件下, 蓄积在沉积物中的氮磷仍通过形态变化或界面特性改变而释放, 严重影响湖库上覆水的质量^[2]。在有效控制外源的情况下, 内源成为湖库

收稿日期: 2018-04-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(U1612442); 贵州省教育厅(黔教合 KY 字[2017]032); 贵州省环保厅科技项目(黔环科[2015]4 号)。

作者简介: 孟凡丽(1981 -), 女, 山东临沂人, 2007 年毕业于贵州师范大学环境科学专业, 高级工程师, 研究方向为水污染防治。

通讯作者: 李秋华 qiuhua2002@126.com。

污染主要来源, 沉积物中的氮磷会逐渐释放再悬浮, 对水质的影响会持续很长一段时间^[3]。因此, 研究湖库沉积物中的氮磷含量、分布, 对控制水体二次污染、改善水质有重要意义。

百花湖位于贵阳市西北郊, 106°27'E ~ 106°34'E, 26°35'N ~ 26°42'N, 地处贵阳市观山湖区朱昌镇和百花湖乡之间, 距市区 16km, 总面积达 83km², 其中湖水和岛屿面积 14.5km², 总库容 1.82 × 10⁸ m³, 为贵阳市重要水源地之一。方志青^[4]等研究表明百花湖底泥平均厚度为 34.3cm; 蓄积总体积为 370.8 万 m³, 总氮、总磷蓄积量分别为 5 400t、1 600t, 其氮磷含量对百花湖水水质影响较大^[1]; 因此, 研究百花湖沉积物氮磷分布特征, 并对其污染进行评价, 可为百花湖内源治理、水质改善以及境管理提供技术支撑。

2 采样点设置及样品采集

百花湖形状狭长, 属红枫湖水库下游、猫跳河的上游水域, 人口主要聚集在百花湖的上游入湖口花桥、岩脚寨和麦西河的入湖口麦西河口的周围, 而百花湖的唯一取水口则位于贵铝泵房区域, 故本研究根据百花湖的流域特征、湖体形状和人口聚集程度等因素, 在百花湖库区设置了五个采样点, 分别为花桥、岩脚寨、麦西河口、贵铝泵房和大坝。百花湖采样点分布详见图 1。

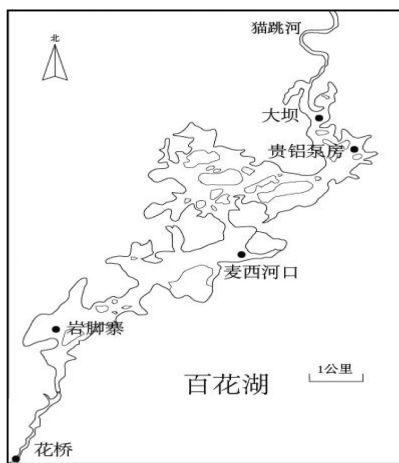


图 1 百花湖沉积物采样点分布

Fig. 1 Distribution map of sediment sampling points in Baihua Lake

用 GPS 确定采样位置, 采样活塞式沉积物采样器取样, 最终于五个采样点分别得到 1 个状态完好的沉积物泥柱。现场用塑料刀分样, 其中 0 ~ 10cm 取 2cm 为一个样品, 10 ~ 30cm 取 4cm 为一个

样品, 30cm 以下则以 10cm 为一个样品, 所有样品低温带回实验室于 4℃ 冷藏, 各个采样点采集的沉积物深度见表 1。

表 1 百花湖各采样点沉积物厚度

Tab. 1 Sediment depth at each sampling point of Baihua lake

项目	花桥	岩脚寨	麦西河口	贵铝泵房	大坝
深度 (cm)	50	50	40	50	30

3 样品分析测试方法

沉积物样品经真空冷冻干燥机 (LGJ-12) 干燥, 研磨, 用 200 目筛网过筛; 样品中总磷采用高氯酸-硫酸消解, 钼锑抗比色法, 总氮的测定采用半微量开式消煮法^[5]。

4 沉积物氮磷分布特征

4.1 沉积物中氮磷横向分布特征

经测定、分析, 百花湖总氮和总磷的平均含量分别为 4 168.53mg/kg 和 875.868mg/kg, 各监测点总氮总磷的含量分布见图 2。

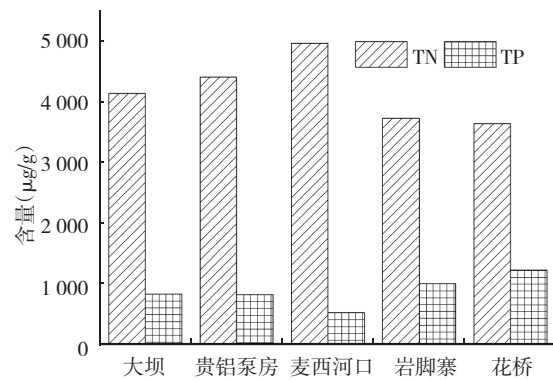


图 2 百花湖各采样点沉积物总氮、总磷含量

Fig. 2 TN and TP content in the sediment of Baihua Lake

由图 2 可知, 各采样点沉积物的总氮含量麦西河口最高, 含量为 4 954.88mg/kg, 花桥最低, 含量为 3 634.08mg/kg; 总磷的含量花桥最高, 含量为 1 218.66mg/kg, 麦西河口最低, 含量为 520.45mg/kg。

对总氮、总磷进行显著性分析, 结果表明: 总氮在各采样点之间的差异不存在显著性 (n = 57, P > 0.05), 说明其在全湖分布比较均匀; 花桥的总磷含量显著大于麦西河口 (n = 57, P < 0.05) 这种差异的显著性表明总磷在百花湖积累的时候存在不均匀性。沉积物中总氮、总磷在全湖的分布性与张维^[5]等人的研究相一致。

4.2 沉积物中氮磷纵向分布特征

百花湖沉积物中总氮和总磷含量的垂直分布见图3。由图3可知,大坝的总氮、总磷含量均呈现沉积物表层低,往下逐渐升高,到14~20cm达到

峰值,总氮为5 672.48mg/kg,总磷1 369.29 mg/kg,之后出现越往下越低的现象。贵铝泵房总氮和总磷表层的含量偏高,随着沉积物深度的增加,含量逐

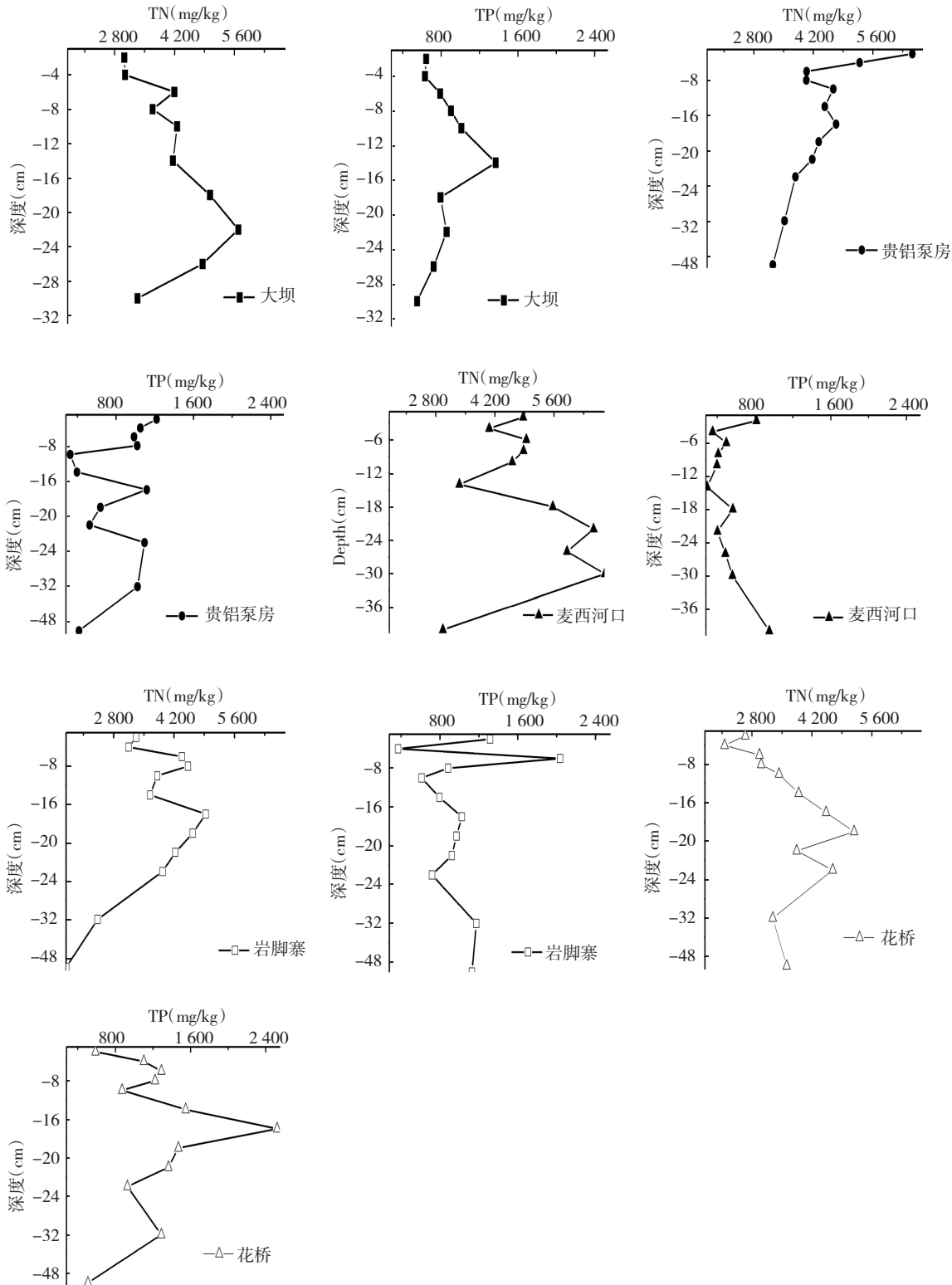


图3 百花湖各采样点沉积物总氮、总磷垂直分布图

Fig. 3 Vertical distribution of TN and TP in the sediments of Baihua Lake

渐降低。麦西河口总氮的波动范围较大,但基本的趋势是表层较低,越往下含量逐渐增加,在 30cm 处出现极大值为 6 799.55mg/kg,而总磷从沉积物的底层到表层含量越来越多,可是在 2cm 时出现一个升高的趋势,说明有可能污染源会逐渐扩大。岩脚寨和花桥的总氮总磷变化有相同的趋势,均出现表层到中层逐渐升高,中层到底层逐渐降低的现象,说明在中间的某个时期,氮磷的污染程度远高于现在和更早时候的污染水平,岩脚寨也在 30cm 处出现极大值 22.58%。

5 沉积物总氮总磷污染评价

采用综合污染指数评价表层沉积物 TN、TP 污染程度^[6-7],以湖泊未受人类行为干扰(污染)和破坏时,湖泊沉积物中 TN、TP 实测值的平均值为背景值。

单因子污染指数:

$$S_i = C_i / C_s \quad (1)$$

式中, S_i 为单因子评价指数或标准指数, S_i 大于 1 表示含量超过评价标准值; C_i 为评价因子 i

的实测值; C_s 为评价因子 i 的评价标准值。单因子污染指数分级标准

综合污染指数:

$$P_{\text{综}} = \sqrt{\frac{(\bar{P})^2 + P_{\text{imax}}}{2}} \quad (2)$$

式中, $P_{\text{综}}$ 是采样点的综合污染指数; P_{imax} 为 i 采样点重会属污染物单项污染指数中的最大值;

$\bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$ 为单因子指数平均值。

式中总氮和总磷的评价标准采用 550mg/kg 和 600mg/kg^[8],与加拿大安大略省环境和能源部(1992)发布的指南^[9]中沉积物中能引起最低级别生态风险效应的总氮和总磷的浓度相一致。

5.1 污染综合评价

在整个百花湖沉积物中,总氮和总磷的单项污染指数见表 2。总氮的综合污染指数在 6.55 ~ 9.01 之间,呈现出严重污染水平。总磷的综合污染指数在 0.23 ~ 2.04 之间,整体处于清洁到重度污染范围。可以看出,总氮相对污染严重的点为麦西河口及贵铝泵房,总磷污染比较严重的区域为花桥。

表 2 百花湖各采样点沉积物总氮、总磷污染指数

Tab. 2 TN and TP pollution index of sediment in Baihua Lake

指标	大坝	贵铝泵房	麦西河口	岩脚寨	花桥
TN	7.51	8.00	9.01	6.77	6.55
TP	1.38	1.36	0.87	0.23	2.04

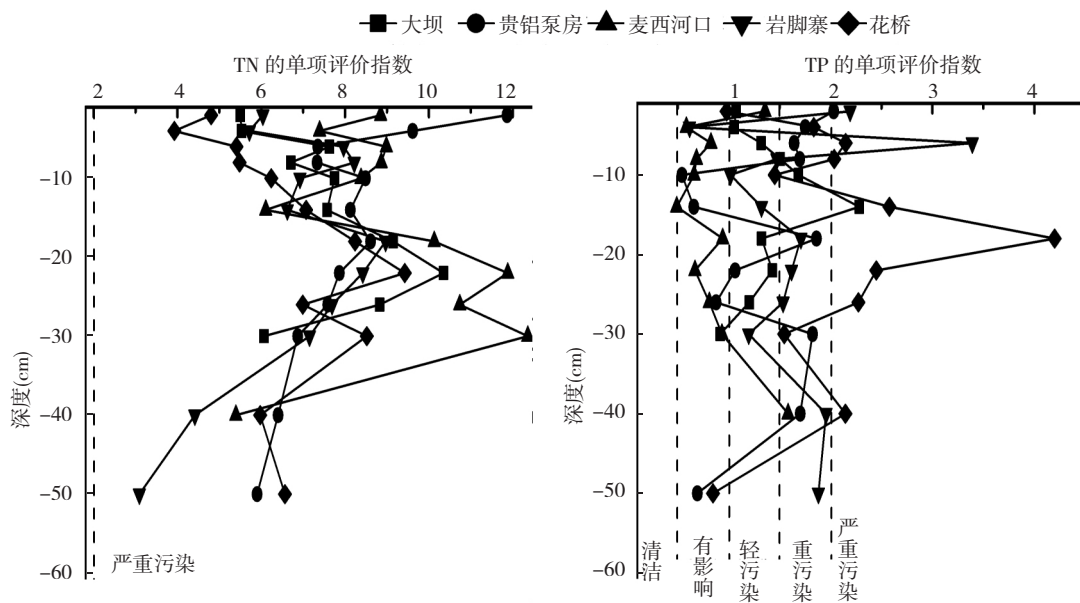


图 4 百花湖各采样点沉积物剖面中总氮、总磷的单项评价指数

Fig. 4 A single evaluation index of TN and TP in the sediment profiles of Baihua Lake sampling points

5.2 各采样点纵向污染评价

百花湖各采样点纵向污染情况见图 4。由图 4 可知, 沉积物中总氮的单项评价指数均大于严重污染的临界值, 均处于严重污染区域, 整体的变化趋势为表层较低, 逐渐升高到 20cm 处又逐渐降低, 表明近年来总氮的污染水平有所降低。总磷的绝大部分污染指数处于有影响到重污染范围, 仅花桥的总磷变化比较大, 在 10 ~ 26cm 达到严重污染水平。

6 讨论

6.1 百花湖近 20 年沉积物氮磷变化

结合张维^[10]、王敬富^[11] 等对百花湖沉积物总氮、总磷研究, 近 20 年间, 百花湖沉积物总氮、总磷变化情况见图 5。从图 5 可以看出, 沉积物总氮含量呈增加趋势, 总磷含量则较为平稳, 略有降低。这与近年百花湖流域外源污染物输入变化, 底泥氮磷释放速率不同等因素相关。

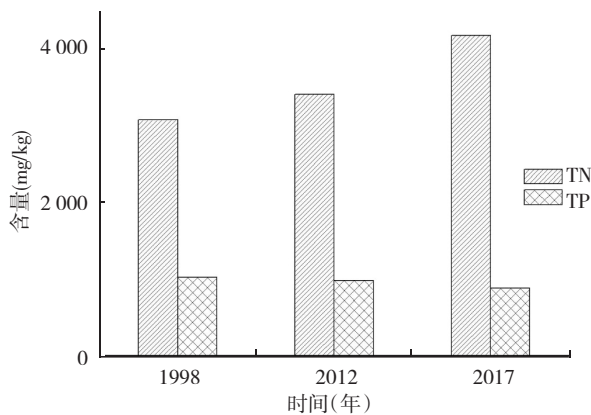


图 5 百花湖沉积物总氮、总磷含量变化

Fig. 5 Changes of TN and TP content in Baihua Lake Sediments

6.2 与其他湖泊水库对比

水库是人工形成的湖泊, 水体是由河流及地下水补给而形成, 库区水质状况具有与湖泊相似的特点, 现将百花湖水沉积物 TN、TP 平均含量与国内其他湖库含量进行比较, 见表 3。

由表 3 可知, 同国内其他湖泊 (水库) 相比, 百花湖库区沉积物中 TN 处于较高水平, 而 TP 则处于中等水平; 其浓度与于桥水库洱海^[16] 最为接近, 百花湖和洱海均为中营养型; 而 TN、TP 浓度均低于百花湖的于桥水库、洪泽湖、太湖等则为轻度富营养和富营养型; 百花湖平均水深 (12.55m) 和洱海平均水深 (10.2m) 远大于于桥水库 (4.74m)、

表 3 百花湖沉积物中 TN、TP 平均含量与同类水库比较

Tab. 3 Comparison of the average content of TN and TP in the sediments of Baihua Lake and similar reservoirs

名称	TN (mg/kg)	TP (mg/kg)	营养状态	资料来源
瓦埠湖	265	470	贫营养	[12]
黄铜降水库	330	150	贫营养	[13]
密云水库	1 900	895	中营养	[14]
高州水库 (良德库区)	1 724	604	中营养	[15]
洱海	3 537.8	901.5	中营养	[16]
于桥水库	1 364.6	480.3	轻度富营养	[17]
太湖	859.7	560.4	富营养	[18]
洪泽湖	1 020.0	580	轻度富营养	[19]
洋河水库	2 131	742	富营养	[20]
百花湖	4 168.5	875.9	中营养	本文

洪泽湖 (3 ~ 4m)、太湖 (1.5 ~ 2.5m)。由此可见, 沉积物含量对水体营养水平的影响受水深制约; 沉积物中氮、磷含量对水体富营养化的影响并不一定起主导作用, 不能决定水体富营养水平, 因为各湖泊水库中影响沉积物氮、磷吸附释放的因子不同, 因此沉积物中氮、磷含量对上层水体的影响也不尽相同。

7 结论

7.1 百花湖总氮和总磷的平均含量分别为 4 168.53 mg/kg 和 875.87 mg/kg, 总氮分布较为均匀, 总磷分布不均匀。沉积物中总氮、总磷含量垂向分布呈现两头低、中间高的趋势。近年来, 百花湖沉积物中总氮含量呈增加趋势, 总磷含量则变化较小。

7.2 百花湖总氮的综合污染指数呈现出严重污染水平, 单项评价指数均大于严重污染的临界值; 总磷的综合污染指数整体处于清洁到重度污染范围, 绝大部分单项污染指数处于有影响到重污染范围。

参考文献:

- [1] 王长娥. 贵州省红枫湖、百花湖和阿哈水库污染源的现状调查、分析与评价[D]. 贵阳: 贵州师范大学 2009.
- [2] 张仕军, 齐庆杰, 王圣瑞, 等. 洱海沉积物有机质、铁、锰对磷的赋存特征和释放的影响[J]. 环境科学研究 2011 24(4): 371-377.
- [3] Kuwabara J S, Woods P F, Berelson W M, et al. Importance of sediment-water interactions in Coeur d'Alene Lake, Idaho, USA: management implications[J]. Environmental Management 2003,

- 32(3):348-359.
- [4] 方志青,李存雄,张明时,等. 百花湖、阿哈水库底泥及营养盐蓄积量的估算[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2009,27(4):30-33.
- [5] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社,2000.
- [6] 杨洋,刘其根,胡忠军,等. 太湖流域沉积物碳氮磷分布与污染评价[J]. 环境科学学报,2014,34(12):3057-3064.
- [7] 李任伟,李禾,李原,等. 黄河三角洲沉积物重金属、氮和磷污染研究[J]. 沉积学报,2001,4(4):622-629.
- [8] 岳维忠,黄小平,孙翠慈. 珠江口表层沉积物中氮、磷的形态分布特征及污染评价[J]. 海洋与湖沼,2007,4(2):111-117.
- [9] Cette Publication Technique. Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario[S]. Queen's Printer for Ontario, the Ministry of the Environment,1993: 3.
- [10] 张维. 红枫湖、百花湖环境特征及富营养化[M]. 贵阳: 贵州科技出版社,1999.
- [11] 王敬富,陈敬安,曾艳,等. 贵州百花湖沉积物磷氮及有机碳的空间分布特征[J]. 环境化学,2012,31(5):509-603.
- [12] 潘成荣,李凌,叶琳琳,等. 瓦埠湖沉积物中氮与磷赋存形态分析[J]. 水资源保护,2007,4(4):10-14.
- [13] 魏岚,刘传平,邹献中,等. 广东省不同水库底泥理化性质对内源氮磷释放影响[J]. 生态环境学报,2012,21(7):1304-1310.
- [14] 徐清,刘晓端,王辉锋,等. 密云水库沉积物内源磷负荷的研究[J]. 中国科学(D辑:地球科学),2005,31(5):281-287.
- [15] 苟婷,李思阳,许振成,等. 高州水库沉积物中总氮与总磷的分布特征研究[J]. 环境科学与管理,2014,39(7):31-35.
- [16] 赵海超,王圣瑞,焦立新,等. 洱海沉积物中不同形态磷的时空分布特征[J]. 环境科学研究,2013,26(3):227-234.
- [17] 吴光红,曹珊珊,于雅琴,等. 天津典型水环境表层沉积物中营养盐含量及动态特征[J]. 环境科学,2009,30(3):726-732.
- [18] 袁和忠,沈吉,刘恩峰,等. 太湖水体及表层沉积物磷空间分布特征及差异性分析[J]. 环境科学,2010,31(4):954-960.
- [19] 余辉,张文斌,卢少勇,等. 洪泽湖表层底质营养盐的形态分布特征与评价[J]. 环境科学,2010,31(4):961-968.
- [20] 李凤彬,代礼,肖勇,等. 洋河水库底泥对富营养化影响的研究[J]. 水资源保护,2003,4(3):31-34.