

DOI: 10.3969/j.issn.1004-4701.2021.03-10

江西省典型水库沉积物碳·氮·磷分布及污染评价

胡 强^{1,2}, 吴晓彬^{1,2}, 王 姣^{1,2}, 虞 慧^{1,2}, 彭圣军^{1,2}

(1. 江西省水利科学院, 江西 南昌, 330029; 2. 江西省水工安全工程技术研究中心, 江西 南昌, 330029)

摘 要: 水体富营养化是水库、湖泊水污染问题最为严重的类型之一, 为了解江西省水库沉积物的有机物污染水平, 笔者测定了江西省 15 座中型水库沉积物中 TP、TN、TOC 含量, 分析研究其分布特征和来源, 并采用有机指数法进行综合评价。结果表明: 江西省典型水库沉积物 TP、TN 总体处于轻度污染状态; 在空间分布上, TN、TOC 含量总体变幅不大, 赣江上游及中游水库沉积物中 TP、TN、TOC 含量整体较低。TOC/TN 比值表明, 水生动物和陆地动物是沉积物有机质的主要来源。污染评价成果表明, 有机指数 I_0 平均值 0.13, 总体呈较清洁等级(II 级); 有机氮 W_{ON} 平均值 0.09, 总体呈尚清洁等级(III 级)。

关键词: 江西省; 水库沉积物; 有机指数法; 营养盐; 污染状况

中图分类号: X52 **文献标识码:** B **文章编号:** 1004-4701(2021)03-0214-05

0 引 言

水库沉积物作为容纳污染物的载体, 对水体中氮、磷等富营养化的主要污染因子具有汇集和释放的双重作用^[1]。因此, 研究水库沉积物中碳、氮、磷含量的空间分布特征并评价污染水平, 可为控制水体富营养化和保障水安全提供科学依据。

水体富营养化是水库、湖泊水污染问题最为严重的类型之一, 水库沉积物能间接反映水库水体的安全程度, 营养盐含量成为环境监测中的重要指标, 近年来国内外学者对湖泊、水库沉积物营养元素的时空分布特征开展了大量研究^[2-6], 主要对某一水库不同部位、不同深度进行沉积物采集并检测其营养盐含量, 进而获取库区范围内水平向、垂直向的营养盐含量变化特征。目前对于某座水库营养盐的分布特征研究的多, 在流域层面的研究相对较少。

江西省水库总数位居全国第二, 目前对水库沉积物污染性的研究鲜有报道。为了解江西省水库沉积物

的有机物污染水平, 笔者测定了鄱阳湖流域 5 大水系 15 座中型水库沉积物中 TP、TN、TOC 含量并研究了其分布特征和来源, 采用有机指数法进行了综合评价, 以期为流域水体富营养化风险评价提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

截至 2018 年底, 江西省建有水库 1.08 万座, 其中大中型水库 285 座。鄱阳湖流域由赣江、抚河、信江、饶河、修河五大河以及直接入湖河流组成, 其中, 鄱阳湖流域面积占江西省国土面积的 96.6%。江西省地形以江南丘陵、山地为主, 盆地、谷地广布, 略带平原。地貌上属江南丘陵的主要组成部分。省境东、西、南三面环山地, 中部丘陵和河谷平原交错分布, 北部则为鄱阳湖平原。江西省地处中亚热带, 季风气候显著, 气候类型复杂多样, 降水季节分配不均、易涝易旱。大部分地区的多年平均降水量为 1 400~1 900mm, 局部略小于 1 400mm, 或略大于 1 900mm。

收稿日期: 2021-03-22

项目来源: 江西省水利厅科技项目(201821ZDKT04, 201820YBKT12)。

作者简介: 胡强(1985-), 男, 硕士, 高级工程师。

1.2 样品采集及测定

2020 年 12 月, 采用水上作业平台搭载便携式钻机采集了江西省 15 座中型水库沉积物样品, 采样点分布情况见表 1。采样的水库涵盖了江西省赣江、抚河、信江、饶河、修水五大水系及鄱阳湖环湖区, 能较好地代表江西省水库沉积物的特点。本次分别在水库坝前、库中、库尾位置采集样品 8~10 组, 取坝前的一组进行有机物含量检测。TP、TN、TOC 分别采用碱熔-钼锑抗分光光度法、凯氏法、重铬酸钾氧化-外加热法进行测定。

1.3 评价方法及评价标准

针对沉积物中营养盐污染状况, 我国尚无统一的

评价标准。目前常用的评价方法主要包括有机指数法(包括有机氮)、污染指数法、富集系数法等。其中采用最多的是有机指数法。本文结合加拿大安大略省环境和能源部制定的沉积物环境质量评价指南以及有机指数(I_o)和有机氮(W_{ON})评价水库沉积物有机质和营养盐污染程度^[7-9], 见表 2 和表 3。

2 结果与讨论

2.1 营养盐含量及分布特征

2.1.1 TP 含量及分布特征

江西省典型水库沉积物总磷含量见图 1, TP 含量

表 1 典型水库详情

序号	水库名称	水库规模	所在地市	所在水系
1	金盘水库	中型	赣县石茕乡	赣江上游
2	走马垅水库	中型	信丰县油山镇	赣江上游
3	下栏水库	中型	于都县仙下乡	赣江上游
4	禾山水库	中型	永新县龙门镇	赣江中游
5	白水门水库	中型	永丰县潭城乡	赣江中游
6	龙门口水库	中型	新余市南安乡	赣江下游
7	曾家桥水库	中型	高安市杨圩镇	赣江下游
8	跃进水库	中型	临川区腾桥镇	抚河
9	港河水库	中型	崇仁县河上镇	抚河
10	丰产水库	中型	铅山县汪二镇	信江
11	大山水库	中型	余干县梅港镇	信江
12	玉田水库	中型	浮梁县湘湖镇	饶河
13	大口坞水库	中型	乐平市临港镇	饶河
14	香坪水库	中型	奉新县仰山乡	修河
15	里湖水库	中型	鄱阳县乐丰镇	鄱阳湖环湖区

表 2 淡水沉积物环境质量评价标准

级别	TN	TP
安全级	<550	<600
最低级	550	600
严重级	4800	2000

mg/kg

表3 有机指数及有机氮评价标准

等级(类型)	I级(清洁)	II级(较清洁)	III级(尚清洁)	IV级(有机污染)
有机指数(I_0)	<0.05	$0.05 \leq I_0 < 0.2$	$0.2 \leq I_0 < 0.5$	≥ 0.5
有机氮(W_{ON})	<0.033	$0.033 \leq W_{ON} < 0.066$	$0.066 \leq W_{ON} < 0.133$	≥ 0.133

为178~1310mg/kg,平均值609.13mg/kg。最大值为位于赣江下游的7号水库,最小值为位于赣江上游的1号水库。根据沉积物环境质量评价标准,产生生态毒性效应的阈值为600mg/kg;当沉积物浓度超过2000mg/kg时,底栖生物将遭到明显破坏^[9,10]。江西省典型水库沉积物TP含量平均值稍大于600mg/kg的阈值,表明有机物含量总体处于轻度污染状态。与国内其它流域湖泊水库(海河流域100~1142mg/kg,太湖流域128~2655mg/kg)^[9]相比,江西省典型水库沉积物TP含量处于中等水平。

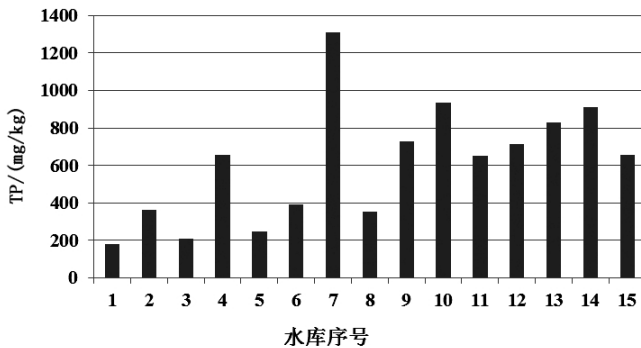


图1 各水库沉积物总磷含量分布图

2.1.2 TN含量及分布特征

江西省典型水库沉积物总氮含量见图2,其TN含量为753~1630mg/kg,平均值950.93mg/kg。最大值为位于抚河下游的9号水库,最小值为位于赣江中游的4号水库。相比于沉积物中TP含量,TN含量差异相对较小,最大值与最小值相差2倍。与国内外部分水库相比,TN含量处较低水平^[7]。除8号、9号水库较大外,其余水库TN含量变化较为平稳,表明研究区内水库沉积物TN含量差异较小,总体变幅不大。与沉积物环境质量评价标准相比^[10],TN含量均处于污染最低级,表明水库沉积物已经受污染。

2.2 TOC含量及分布特征

江西省典型水库沉积物总有机碳含量分布情况见

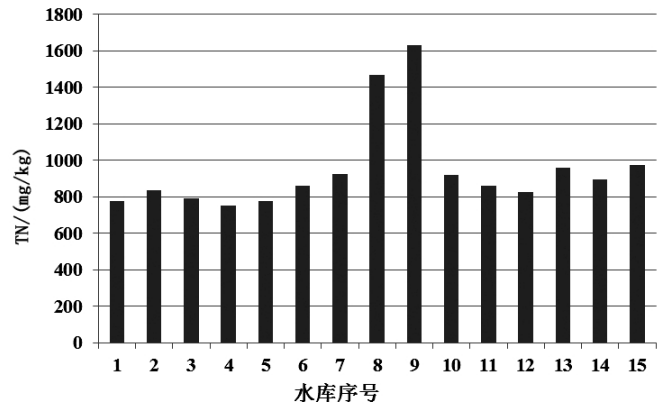


图2 各水库沉积物总氮质含量分布图

图3,TOC含量为8100~27700mg/kg,平均值14907mg/kg。最大值为位于信江下游的10号水库,最小值为位于赣江中游的5号水库,最大值与最小值相差3.42倍,总体来看TOC含量相差不大。与国内外部分水库相比,TOC含量处中等水平^[7]。

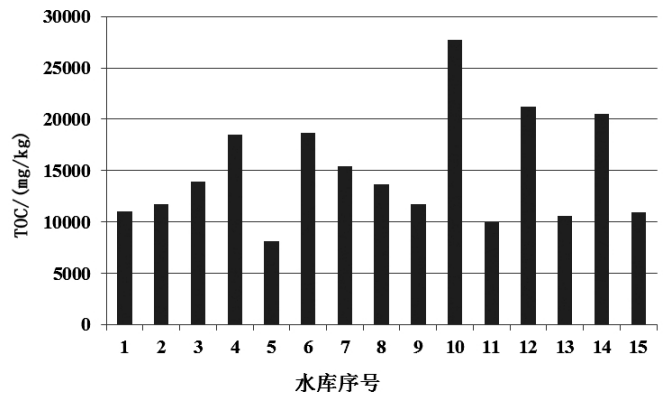


图3 各水库沉积物总有机碳质含量分布图

2.3 来源解析

沉积物有机碳与总氮比值TOC/TN是判断有机质来源的重要依据,其值越大,表明陆源输入的占比越多。现有研究成果表明,水生生物由于含有较高的蛋白质和脂类,通常TOC/TN比值较低,在4~10之间;若

TOC/TN 比值在 10~20 之间,表明为水生生物和陆生生物的混合来源;陆生维管植物 TOC/TN 比值范围一般大于 20^[7,8,11]。

江西省典型水库沉积物有机质的 TOC/TN 比值见图 4,其数值在 7.18~30.04 之间,平均值 16.53。86.67% 的水库 TOC/TN 比值大于 10。其中,TOC/TN 比值 10~20 占总数的 53.33%,表明水生动物和陆地动物是沉积物有机质的主要来源;TOC/TN 比值大于 20 的水库 5 座,占总数的 33.33%,该 5 座水库沉积物有机质的主要来源为陆生维管植物。

2.4 污染状况评价

研究区水库沉积物有机指数 I_0 的变化范围为 0.06~0.24(见表 4),平均值 0.13,总体呈较清洁等级(II 级)。除 10 号水库外,其它水库沉积物有机指数均在 0.05~0.2 之间,为较清洁,占水库总数的 93.33%。有机氮 W_{ON} 的变化范围为 0.07~0.15(见表 1),平均值 0.09,

总体呈尚清洁等级。其中 8 号、9 号水库为 IV 级,处于有机氮污染状态,占水库总数的 13.33%;其它 13 座水库均处于尚清洁等级(III 级)。

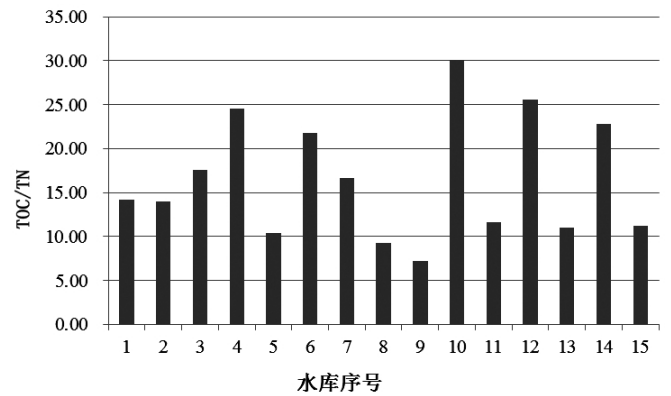


图 4 各水库沉积物 TOC/TN 分布图

表 4 水库沉积物有机质污染评价分析表

评价指数	特征值			各等级对应水库数量/座			
	最大值	最小值	平均值	I 级	II 级	III 级	IV 级
I_0	0.24	0.06	0.13	0	14	1	0
W_{ON}	0.15	0.07	0.09	0	0	13	2

3 结 论

(1)江西省典型水库沉积物中 TP 含量为 178~1 310 mg/kg,平均值 609.13mg/kg,表明有机物含量总体处于轻度污染状态; TN 含量为 753~1630mg/kg, 平均值 950.93mg/kg, 表明水库沉积物已经受污染; TOC 含量为 8 100~27 700mg/kg,平均值 14 907mg/kg。在空间分布上,TN、TOC 含量差异较小,总体变幅不大。从流域尺度上看,赣江上游及中游水库沉积物中 TP、TN、TOC 含量整体较低。

(2)TOC/TN 比值为 7.18~30.04, 平均值 16.53。86.67%的水库 TOC/TN 比值大于 10, 表明水生动物和陆地动物是沉积物有机质的主要来源。与国内其它流域湖泊水库相比,江西省典型水库沉积物 TP、TOC 含量处于中等水平,TN 处于较低水平。

(3)有机指数 I_0 的变化范围为 0.06~0.24, 平均值 0.13, 总体呈较清洁等级(II 级); 有机氮 W_{ON} 的变化范围为 0.07~0.15, 平均值 0.09, 总体呈尚清洁等级(III 级)。

参考文献:

[1] 潘玲. 北大港水库沉积物中有机碳和营养盐的分布特征[D]. 天津师范大学, 2016.

[2] 房吉敦,熊永强,吴丰昌,等. 典型水库沉积有机质组成特征及其来源解析[J]. 环境科学与技术, 2018, 41(2): 41-46.

[3] 丹勇,赵萍,胡子龙,等. 水库建设对河流沉积物磷形态分布的影响:以澜沧江、怒江为例[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2020, 42(4): 1-7.

[4] 刘鹤,孟婷,程文,等. 汤浦水库沉积物碳、氮、磷的分布与评价[J]. 水土保持通报, 2017, 37(2): 333-338.

[5] 王亚平. 金盆水库表层沉积物中营养盐的分布特征与迁移转化[D]. 西安建筑科技大学, 2017.

- [6] 姜峰. 广西大龙洞岩溶水库表层沉积物碳氮磷地球化学特征[D]. 桂林理工大学, 2017.
- [7] 兰建洪, 刘丰, 郭晓玮, 等. 清林径水库表层沉积物营养盐分布特征及污染评价 [J/OL]. 中国水利水电科学研究院学报. <https://doi.org/10.13244/j.cnki.jiwhr.20190176>
- [8] 贾茜茜, 姜宇强, 袁刚, 等. 浙江大洋水库沉积物重金属、营养盐生态风险评价 [J]. 大连海洋大学学报, 2016, 31 (4): 410-415.
- [9] 吕豪朋, 申丽娜. 天津于桥水库流域河流表层沉积物中碳·氮·磷分布及污染评价[J]. 安徽农业科学, 2017, 45 (27): 98-102+167.
- [10] 郑飞燕, 谭路, 陈星, 等. 三峡水库香溪河库湾氮磷分布状况及沉积物污染评价[J]. 生态毒理学报, 2018, 13 (4): 49-59.
- [11] 何宜颖, 陈建耀, 高磊, 等. 惠州白盆珠水库沉积物营养元素时空变化特征及来源解析 [J]. 生态环境学报, 2020, 29 (7): 1419-1426.
- [12] 孙文, 王理明, 刘吉宝, 等. 北运河沙河水库沉积物营养盐分布特征及其溯源分析 [J]. 环境科学学报, 2019, 39 (5): 1581-1589.
- [13] 方家琪, 祁闯, 张新厚, 等. 太湖竺山湾沉积物碳氮磷分布特征与污染评价[J]. 环境科学, 2019, 40 (12): 5367-5374.
- [14] 于坤, 张坤, 孙庆业, 等. 董铺水库及入库河流表层沉积物污染状况评价 [J]. 生态环境学报, 2019, 28 (10): 2045-2052.
- [15] 朱翔, 张敏, 渠晓东, 等. 潘大水库表层沉积物营养盐污染状况及赋存形态 [J]. 应用生态学报, 2018, 29 (11): 3847-3856.

编辑: 张绍付

Distribution and pollution evaluation of Carbon, Nitrogen and Phosphorus in typical reservoirs in Jiangxi province

HU Qiang^{1,2}, WU Xiaobin^{1,2}, WANG Jiao^{1,2}, YU Hui^{1,2}, PENG Shengjun^{1,2}

(1. Jiangxi Academy of Water Science and Engineering, Nanchang 330029, China;

2. Jiangxi Provincial Research Center on Hydraulic Structures, Nanchang 330029, China)

Abstract: Water eutrophication is one of the most serious types of water pollution in reservoirs and lakes. In order to understand the level of organic pollution in reservoir sediments in Jiangxi province, the author measured the content of TP, TN, and TOC in the sediments of 15 medium-sized reservoirs in Jiangxi province, analyzed and studied their distribution characteristics and sources, and used the organic index method for comprehensive evaluation. The results showed: Typical reservoir sediments TP and TN in Jiangxi province are generally slightly polluted; in terms of spatial distribution, the overall changes in TN and TOC contents are not obvious, and the contents of TP, TN and TOC in the sediments of reservoirs in the upper and middle reaches of Ganjiang river are generally low. The TOC/TN ratio indicates that aquatic animals and terrestrial animals are the main sources of organic matter in sediments. Pollution evaluation results show that the average organic index IO is 0.13, and the overall level is clean (level II); while the average organic nitrogen WON is 0.09, ranked as Level III (relatively clean).

Key words: Jiangxi province; Sediments; Organic index; Nutrients; Pollution evaluation

翻译: 胡 强