

赵村水库底泥沉积物调查研究

孙建伟¹, 赵春发², 陈哲¹, 李怡¹, 缪路²

¹南京市江宁区赵村水库管理所, 江苏 南京

²南京市江宁区水务局, 江苏 南京

Email: 13566723@qq.com

收稿日期: 2021年3月10日; 录用日期: 2021年4月14日; 发布日期: 2021年4月21日

摘要

底泥沉积物调查分析是制定水库水质改善策略的重要参考依据。论文以赵村水库为对象, 开展了沉积物原状泥芯样品的采集和检测, 分析了表层底泥性状、底泥性状垂向分布、坝前底泥沉积速率等, 研究了水库底泥沉积物特征, 为探明底泥内源污染程度和成因以及水库水质改善提供参考依据。

关键词

底泥沉积物, 调查, 赵村水库

Investigation of Sediment in Zhaocun Reservoir

Jianwei Sun¹, Chunfa Zhao², Zhe Chen¹, Yi Li¹, Lu Miao²

¹Zhaocun Reservoir Management Office, Jiangning District, Nanjing Jiangsu

²Jiangning District Water Affairs Bureau of Nanjing, Nanjing Jiangsu

Email: 13566723@qq.com

Received: Mar. 10th, 2021; accepted: Apr. 14th, 2021; published: Apr. 21st, 2021

Abstract

Characteristics of sediment in a reservoir are an important reference for the strategy formulation of its water quality improvement. Taking Zhaocun reservoir as an example, the paper carried out an investigation and analysis on the sediment. Undisturbed sediment core samples are collected and detected. Some characteristics of sediment in this reservoir are studied, from the aspects of the surface sediment properties, vertical distribution and sediment deposition rate. The findings can provide reference for exploring the degrees and causes of sediment pollution and improving

the water quality in the reservoir.

Keywords

Sediment, Investigation, Zhaocun Reservoir

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

水库具有重要的生态功能,但水库也面临环境污染和生态威胁,水库富营养化问题也比较普遍,水库生态环境保护越来越受到重视,而开展水库底泥沉积物调查是制定保护水库策略的依据[1]。底泥沉积物一般来自上游来水夹带的泥沙等物质、水体中水生生物的残骸和分解产物以及水体中的污染物等,是水库水环境的主要构成部分,底泥沉积物的组成、成分、性质和含量等对水库的水质具有重要影响,分析这些要素可以有助于了解外源输入情况、内源释放机制以及对水库水体污染物指标的影响等[2] [3] [4] [5]。水库一般水比较深、水体会存储时间较长,即使外源污染能得到治理和有效控制,若水库底泥沉积物受到污染一般很难恢复和处理,不科学的疏浚整治也可能会引起内源污染,使得水库水体水质和水环境受到影响。因此,开展水库底泥沉积物的相关调查研究具有重要的实际意义和理论参考价值。赵村水库地处南京市江宁区南部横溪街道境内、秦淮河支流横溪河上游,南临横山山脉,是江宁区唯一的一座中型水库,集水面积 18.32 km²,总库容 1034.2 万 m³,兴利库容 638.3 万 m³,其主要功能为灌溉、防洪、供水等。赵村水库也是江宁区的备用水源地,并设置了省考断面,水质需要稳定达到 III 类地表水标准。作为江苏省省级水利风景区的蟠龙湖水利风景区,是以赵村水库为主要依托,以横山、横西河等自然山水风光为背景,且拥有吴文化和抗日遗迹等历史内容,形成的综合性的水利风景区。因此,赵村水库水体质量的维持与提升具有重要的实际意义。从近期的水质变化调查情况来看,2010 年以来水质指标超标频率明显增加,水体富营养化趋势明显。因此,本文以赵村水库为对象,通过采样和监测分析方法,从表层底泥性状、底泥性状垂向分布、坝前底泥沉积速率等方面对赵村水库底泥沉积物特征开展研究,为探明底泥内源污染程度和成因以及水库水质改善提供参考依据。

2. 调查与数据分析

2.1. 调查方法

按照湖泊沉积物调查相关技术规范中关于水库沉积物的调查方法,对赵村水库开展底泥沉积物取样和分析[6] [7]。根据赵村水库平面形态、竖向水深、水下地形、入湖、坝址等情况选择监测点位,保证监测点位的代表性能覆盖水库总体情况、反应底泥沉积物的情况,所选择的 13 处监测点位分布在全库(图 1)。监测点位于坝前深水区、上游入湖河口区及库中区等,并在坝前深水区设置了相对加密的采样点,包括 ZC1、ZC1 东侧、ZC1 西侧、ZC1 北侧、ZC2、ZC2 东侧、ZC2 西侧、ZC5、ZC5~ZC6 间、ZC6、ZC7、ZC8、ZC9。选择了监测点位后,采用圆筒状泥芯采集装置进行采样,该装置高约 50 cm,直径约 5 cm,在船上进行操作,提取泥芯样后分层装入聚乙烯瓶中贮存带回实验室进行分析,在全库 13 个样点获得了泥芯样。通过沉积物原状泥芯样品的采集,开展底泥沉积过程分析,以及不同年代沉积的底泥属

性测定分析, 所采取的表层底泥性状分析方法、底泥性状垂向分布分析方法和坝前底泥沉积速率分析方法均参考《湖泊调查技术规程》中的实验分析方法[6]。



Figure 1. Distribution of sediment monitoring points in Zhaocun reservoir
图 1. 赵村水库底泥监测布点图

2.2. 表层底泥性状分析

有机质含量是湖库沉积物最重要的环境属性之一。底泥中有机质含量能够反映出底泥的厌氧潜力、营养盐含量以及在高温季节的内源释放强度大小[8] [9]。一般来说, 当底泥中的有机质含量超过 5%, 则可以认为有机质含量是比较高的。赵村水库 9 个调查点的表层 20 cm 软泥平均有机质含量数据显示(图 2), 总体上表层沉积物的有机质含量不高, 平均值为 1.52%; 最高值出现在坝前的 ZC-1 号点, 为 2.44%; 其次为 ZC-3 号点; 最低值出现在 ZC-6 号点, 仅有 0.38%。

赵村水库表层沉积中的总氮含量显示(图 3), 沉积物中总氮含量与有机质含量有所类似, 水库下游 4 个点的总氮含量明显高于上游的 5 个点。最高值也是坝前的 ZC-1 号点, 总氮含量为 3480 mg/kg, 最低值也是 ZC-6 号点, 仅为 524 mg/kg。与相关水体相比, 赵村水库的底泥总氮含量中等。

沉积物中的总磷是表层沉积物环境性状的一个重要指标, 可以反映底泥的磷释放潜力。然而, 底泥中磷的存在形态有很多种, 包括以无机化合物形式存在的多种物质, 以及以有机磷形态存在的各类物质。

赵村水库各点表层底泥中总磷含量及生物活性磷含量数据显示(图4),坝前ZC-1号点位的总磷含量最高,为434 mg/kg; ZC-6号点最低,为91 mg/kg; 平均值为244 mg/kg; 总的来说,除了坝前点位外,赵村水库的底泥磷含量不算高。

与相关文献资料调查数据相比[8] [9] [10] [11] [12],赵村水库在总体上表层沉积物的有机质含量不高,底泥总氮含量处于中等水平,底泥磷含量总体不高,但局部点位略显得高。

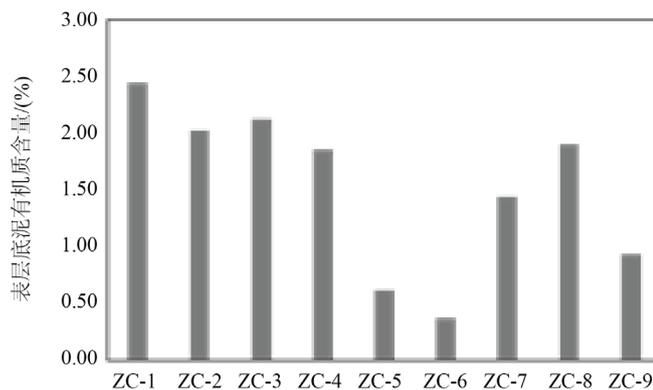


Figure 2. Organic matter in sediment of Zhaocun reservoir

图2. 赵村水库表层底泥有机质含量

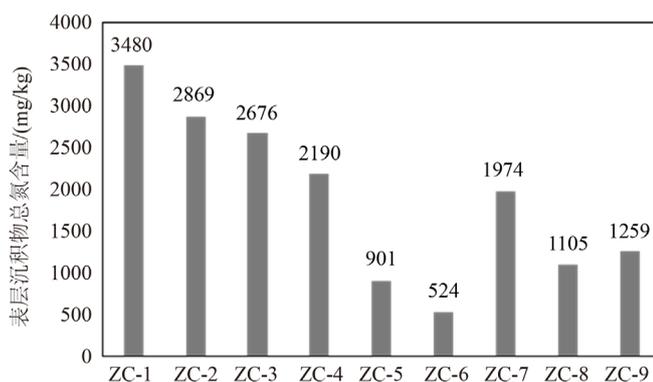


Figure 3. Total nitrogen in sediment of Zhaocun reservoir

图3. 赵村水库表层底泥总氮含量

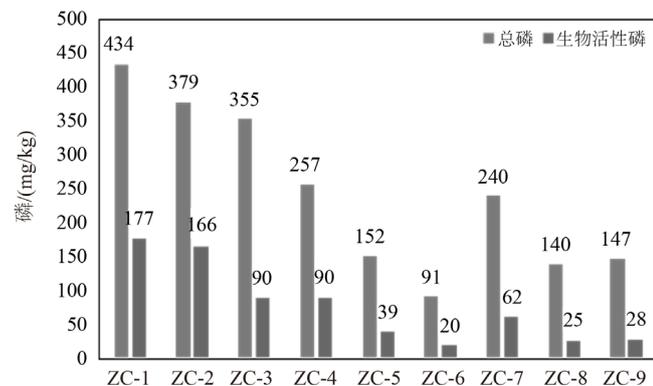


Figure 4. Total phosphorus and bioactive phosphorus in sediment of Zhaocun reservoir

图4. 赵村水库表层底泥总磷、生物活性磷含量

2.3. 底泥性状垂向分布

采集的 13 个泥柱中底泥有机质含量的垂向分布结果显示(图 5), 与表层底泥有机质含量反映的情况类似, 坝前 ZC-1 号点周围表层底泥有机质含量最高。其次是 2 号点及其周边, 这两个点所在区域是赵村水库底泥的主要有机质捕获区。对于 ZC5 与 ZC6 号点中间的 ZC5-6 点位, 底泥中有机质含量与 ZC-2 号点类似, 其原因是该点处于水库中间的深槽区, 为有机质的捕获区。对于其余点位, 也即 ZC5 以上的上游点位, 底泥中有机质含量低, 基本就是表层一层。

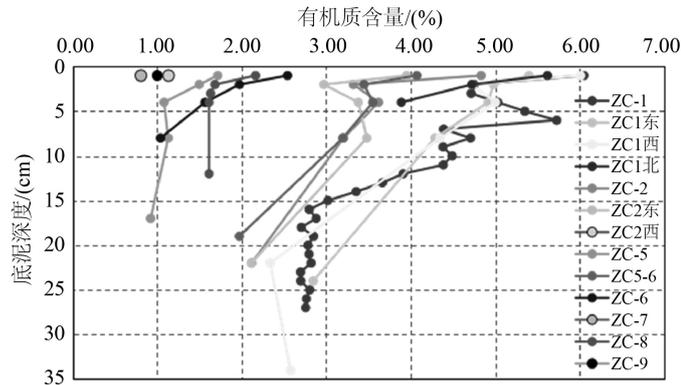


Figure 5. Vertical variation of organic matter content in sediment at monitoring points

图 5. 各点位底泥中有机质含量的垂向变化

采集的 13 个点位沉积物中总氮含量的垂向分布结果显示(图 6), 与有机质的情况类似, ZC-1 号点及其周边的几个点位、ZC-2 号点及 ZC2-东点位, 以及 ZC5-6 号点位, 其沉积物中的氮含量明显高于其余各点; 坝前 ZC-1 号点的表层沉积物中总氮含量明显有高于 ZC2 及 ZC5-6 号点; 总体上, 越靠近坝前, 越靠近深水区, 表层底泥中氮的含量就越高。

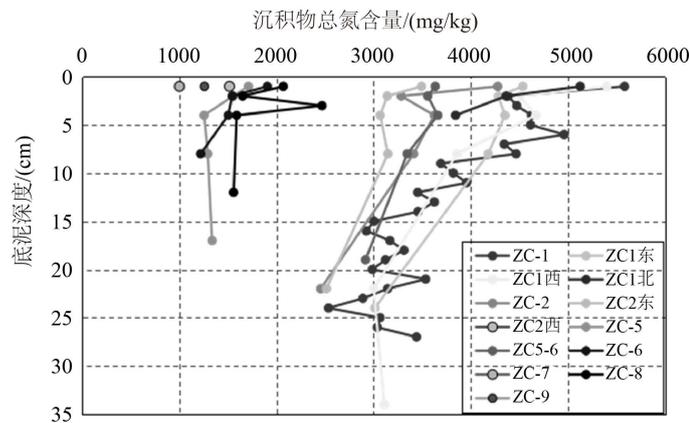


Figure 6. Vertical variation of total nitrogen in sediment at monitoring points

图 6. 各点位底泥中总氮含量的垂向变化

赵村水库底泥中总磷的垂向变化结果显示(图 7), 与总氮、有机质的情况相似, 最大值出现在 ZC-1 号点的表层 1 cm, 为 241 mg/kg。此外, 与总氮及有机质相似的是, ZC-1、ZC-2 及其周边的几个泥柱总磷含量显著高于其余各点。

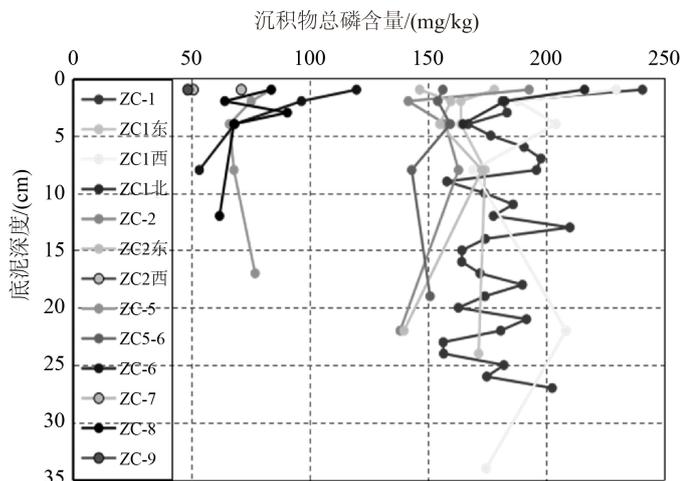


Figure 7. Vertical variation of total phosphorus in sediment at monitoring points
图 7. 底泥中总磷含量的垂向变化

从底泥性状垂向分布规律来看，与相关文献资料调查数据相比[8] [9] [10] [11] [12]，赵村水库的调查结果具有一定的相似性，坝前深槽区的有机质含量较高，是水库底泥的主要有机质捕获区，越靠近深水区其含量就越高。

2.4. 坝前底泥沉积速率

沉积速率一般是指沉积物充填可容空间的速度，而可容空间一般是动态的，可容空间增长速率与沉积速率一起动态变化，展现了沉积物、沉积水体深度的叠置方式。沉积速率一般用某一时间段净沉积作用的平均值表示，常见的计算方法包括直接观测法、理论计算法、放射性测年法、古生物学法、氨基酸消旋法、污染物厚度测定法等，本文采取放射性测年法。赵村水库坝前 ZC-1 号点底泥中过剩 ^{210}Pb 放射性强度 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 随深度的变化如图 8 所示。根据拟合曲线的参数，可以计算出本次采集的泥柱底层(27 cm 深)的沉积年代是 38 年。按照线性沉积推测，该水库 38 年来的平均沉积速率为 0.708 cm/a。也即平均

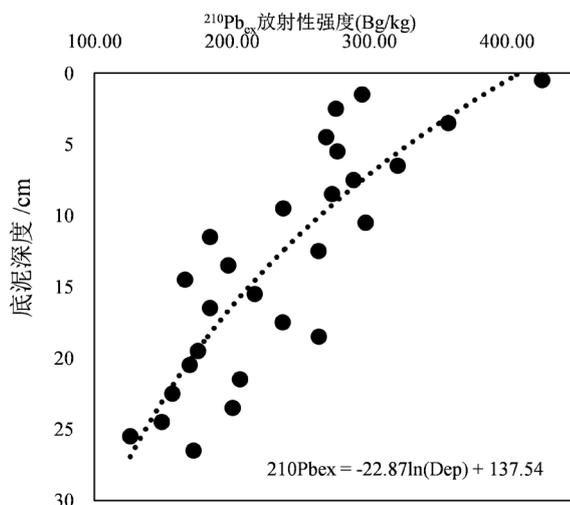


Figure 8. Variation of $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ with the mud depth at ZC-1
图 8. ZC-1 号点 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 随泥深的变化

每年底泥的沉积深度为 7 mm。根据这一速率,可以推断,泥柱的底层年代应该为 1976 年。因此,泥层的 ^{137}Cs 测定并未捕捉到其年限的起始年代 1954 年,以及 1964 和 1975 年的峰值。因此,其垂向变化并无峰值出现,如图 9 所示。

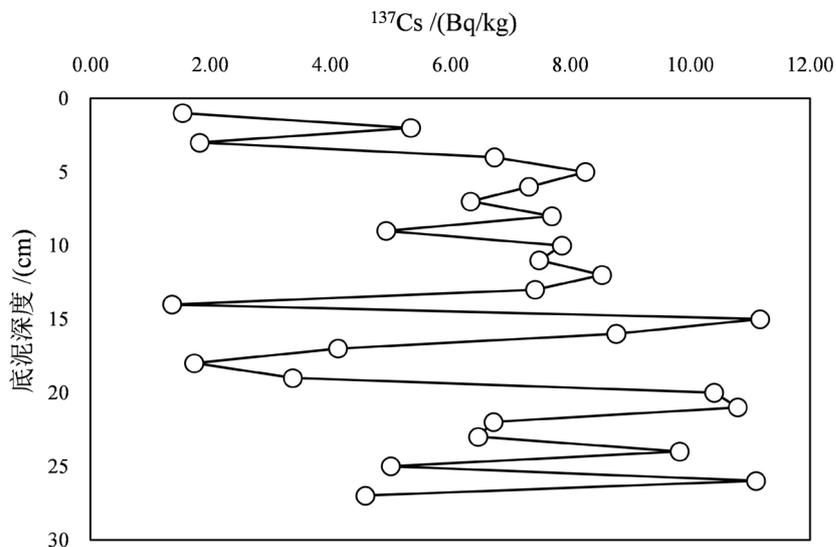


Figure 9. Variation of ^{137}Cs with the mud depth at ZC-1
图 9. ZC-1 号点 ^{137}Cs 随泥深的变化

2.5. 调查结果分析

赵村水库的坝前深水区底泥平均沉积速率为 0.708 cm/a,表明该水库的淤积状况不严重。与苏南地区的天目湖水库、太湖等相比,赵村水库底泥中有机质、总氮、总磷、生物活性磷等营养物质含量略低于周边的水库,表明总体上赵村水库的底泥营养盐累积还不严重。仅坝前 ZC-1、ZC-2 等区域,以及距离大坝 300 m 左右的区域内,底泥中有机质、氮、磷含量偏高。赵村水库有机质和营养盐淤积最严重的坝前区域,在夏季长时间底层缺氧期,泥上相邻水体中的土嗅素、二甲基异茨醇、柠檬醛、紫罗兰酮等常见异味物质并未检出。这与底泥中有机质等污染物含量不是很高的底泥性状特征相一致。

根据上述可以推断,赵村水库的藻类异常增值等富营养化问题主要成因是流域面源控制及湖体食物链结构调整带来的,底泥的内源释放尚未构成明显威胁。如果要提升水库水质,也可适当考虑在坝前 300 m 范围内的深水区进行疏浚,疏浚深度也建议控制在 30 cm 以内,去除表层高有机质含量部分为主。近年来的相关报道显示[13][14][15],水库污染问题比较普遍,要高度重视水库污染风险源的识别和控制工作。

3. 结语

水库水生态环境的恢复和保护是当前很多水库所面临的重要生态环境问题,而底泥沉积物调查分析是制定水库水质改善策略的重要参考依据。论文对赵村水库开展了沉积物原状泥芯样品的采集和检测,分析了表层底泥性状、底泥性状垂向分布、坝前底泥沉积速率等,研究了水库底泥沉积物特征。结果显示,赵村水库底泥中的相关指标在空间分布上游一定的差异,总体上底泥营养盐累积不严重,但坝前区域以及距离大坝 300 m 左右的区域内底泥中有机质、氮、磷含量偏高;外源方面是水库富营养化问题的主要成因,底泥内源释放未显示明显的影响;坝前 300 m 范围内深水区的疏浚和 30 cm 以内的疏浚深度

是适宜的底泥疏浚整治控制指标。

总体来看,与相关文献资料调查数据相比,赵村水库表层沉积物的有机质含量不高;在底泥性状垂向分布方面,坝前深槽区的有机质含量较高,越靠近深水区其含量就越高;平均沉积速率数据显示水库的淤积状况不严重;但是水库污染的风险仍然需要高度重视。水库控制外源污染是非常重要的手段,同时要做好水库内源污染的治理工作,库区生态修复和治理、污染源头控制、底泥生态疏浚、水生态修复、环境教育和宣传、水环境监测等多种措施综合施策才能有效开展水库水环境保护工作。赵村水库底泥沉积物的调查与分析可为探明底泥内源污染程度和成因以及制定水库水质改善和环境保护措施提供参考依据。

参考文献

- [1] 张勇,黄淑玲,傅静,等.宿州市沱河表层沉积物营养盐含量特征分析[J].赤峰学院学报(自然科学版),2014(20): 39-41.
- [2] 阳辉. 潇河表层沉积物中氮素分布特征及其污染评价[J]. 人民黄河, 2014, 34(5): 89-92.
- [3] 周来,冯启言,王华,等.南四湖表层底泥磷的化学形态及其释放规律[J].环境科学与技术,2007,30(6): 37-39.
- [4] 蔡金榜,李文奇,刘娜,等.洋河水库底泥污染特性研究[J].农业环境科学学报,2007(3): 886-893.
- [5] 吴俊锋,谢飞,陈丽娜,等.太湖重污染湖区底泥沉积物特性[J].水资源保护,2011,27(4): 74-78.
- [6] 中国科学院南京地理与湖泊研究所.湖泊调查技术规程[M].北京:科学出版社,2015: 5.
- [7] 范成新.湖泊沉积物调查规范[M].北京:科学出版社,2017: 11.
- [8] 周骏,陈小兰,李松,等.典型山区轻度营养型水库底泥氮磷释放规律[J].青岛科技大学学报:自然科学版,2018,39(1): 65-72.
- [9] 李任飞,檀文炳,高如泰,等.汶河沉积物中有机物、氮、磷浓度分布特征[J].环境工程技术学报,2018,8(3): 14-20.
- [10] 姜涛,张生,赵胜男,等.冰封期乌梁素海沉积物-水界面氨氮的交换特征[J].湖泊科学,2019,31(1): 83-89.
- [11] 关秀婷,邵伯阳.3种挺水植物对石佛寺人工湿地沉积物中有机质、氮、磷含量变化影响研究[J].海河水利,2019(1): 27-33.
- [12] 江立文,李铭敏,杨银,等.江西省不同营养类型湖泊底泥沉积物中磷的赋存形态及其差异性[J].环境工程,2020,38(9): 51-55.
- [13] 吴少松,邓欢,刘丽,等.沉积物产电信号原位在线监测水体铜污染研究[J].环境科学学报,2018,38(6): 2454-2461.
- [14] 伍娟丽.通州区河流沉积物重金属污染评价[J].水生态学杂志,2020,41(1): 71-78.
- [15] 崔会芳,陈淑云,杨春晖,等.宜兴市横山水库底泥内源污染及释放特征[J].环境科学,2020,41(12): 189-198.