

博斯腾湖底泥污染物释放的模拟实验研究

高 湘¹, 刘海滨¹, 赵欣悦¹, 陈勇民², 贾尔恒·阿哈提², 张 明²

(1. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 新疆环境保护科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘 要:通过对博斯腾湖底质的研究, 了解了底泥营养盐释放对湖体富营养化程度的影响. 分析了博斯腾湖底质的初始状态, 得出底质粒径分布特点是南岸偏大、西岸偏小; 表层沉积物为强还原性沉积环境. 对博斯腾湖底质表层沉积营养物质进行了室内模拟释放实验, 营养盐的释放速度为: 总氮 $0.25 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 、氨氮 $0.17 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 、总磷 $0.0036 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 、可溶性总磷 $0.0015 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$.

关键词:博斯腾湖; 底质; 营养盐; 释放量

中图分类号: X524

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2013)01-0121-05

博斯腾湖(以下简称博湖)是我国最大的吞吐内陆湖, 也是干旱半干旱地区最具代表性的内陆湖泊之一, 位于新疆焉耆盆地最低处, 是镶嵌在沙漠绿洲中的一颗璀璨明珠. 既是位于其上游区域的开都河、黄水沟等水系的尾闾, 又是位于其下游区域的孔雀河水系的源头, 相当于一个巨大的“调节水库”, 是开孔河流域的“心脏”. 博湖兼有开都河来水的水资源调控、孔雀河流域的农田灌溉以及工业和生活用水、流域生态环境保护 and 向塔里木河中下游调水等多种功能, 它对焉耆盆地、库尔勒市以及尉犁县的工农业生产及人民生活起着十分重要的作用. 自 20 世纪 60 年代以来, 随着工农业开发活动、自然环境的变迁以及焉耆盆地人口数量的剧增, 加之水资源的不合理开发利用, 导致了博湖及其湖滨地区生态环境的恶化, 直接威胁到当地经济社会的可持续发展, 博湖的水环境问题已经引起国家政府及专家学者们的重视.

本文对博湖底质的最新科学研究旨在掌握博湖内源污染现状, 为我国十二五期间干旱及半干旱湖泊水环境综合整治技术示范研究提供依据, 为博湖水环境综合治理中长期工程技术提供基础支撑.

博湖湖底多年积累了丰富的底质, 进入湖水中的氮、磷等营养物, 在一定条件下由于沉降、吸附及水生动植物的排泄、死亡等作用, 累积在湖泊底部, 进入湖泊沉积物中; 当湖水环境理化性质改变时, 部分氮、磷等营养物又可通过解吸、溶出分解等过程从沉积物中释放出来, 对湖泊的富营养化产生作用.

底质营养盐的释放是一个受多因素综合作用的过程, 其机理十分复杂, 为此国内外学者开展了大量的研究工作. 李金城^[1]等人在 2002 年对博湖底质的释放进行了较为系统的研究, 但研究年代较早, 不能满足博湖水环境综合治理中长期防治规划的时效要求. 本文则较为系统地研究了博湖沉积物的环境现状, 研究了表层沉积物的基本理化参数、粒度组成, 重点研究了营养物的释放速率和释放量, 得到了相关的基础研究数据, 这些最新的研究数据为有效控制博湖的富营养化、实现博湖水环境的科学管理提供基础支撑.

1 材料与方法

考虑到博湖水域辽阔、水体理化参数空间的异质、受污染状态, 按照湖泊富营养化调查采样点的布设原则^[2], 结合博湖原有国控监测点位的分布情况, 在博湖大湖区布设了 7 个有代表性的采样点. 其中: 1 号点位靠近博湖扬水站, 是博湖大湖的出水口; 2 号点位靠近博湖白鹭洲景区; 5 号点位是人为活动强烈的金沙滩; 7 号点位位于博湖西北部湖区, 黄水沟总干排进水处, 盐度高达 1.3% ; 11 号点位在大湖湖滨湿地的最南端, 属微咸水区; 14 号点位为开都河东支入大湖处, 形成盐度最低、污染最轻的河口区, 属淡水水域; 15 号点位位于湖中心区. 采样点分布见图 1.

收稿日期: 2012-03-19 修改稿日期: 2013-01-18

基金项目: 国家科技重大专项(2009ZX07106-004-01-01)

作者简介: 高 湘(1964-), 男, 贵州盘县人, 副教授, 博士, 硕导, 主要从事环境工程学.

2010 年 9 月对上述 7 个国控点采集的底质进行了总磷、可溶性总磷、总氮、氨氮等指标的研究,掌握了目前博湖内源污染状况,得出主要污染物的赋存方式和释放速率.

1.1 实验材料

1.1.1 沉积物

采样时间是 2010 年 9 月,用彼德森采样器对博湖大湖区的 7 个国控点采集表层 5 cm 的底泥混合样,作为底泥试样.样品装入干净的聚乙烯小盒中,把其中的碎石、贝壳及动植物等异物清除后进行均等混合,装入清洁的聚乙烯袋中,低温保存,并迅速运回实验室.对底泥营养盐释放实验的样品采用柱状采样器采集,柱状样品按原状运回实验室.

所采集表层沉积物样品的点位、水力条件、样品性状特征见表 1.

1.1.2 上覆水

在采集博湖表层沉积物的同时采集一定数量的现场水样.采集回来的水样用玻璃纤维滤膜(Whatman GF/F)过滤后保存待用(4℃保存),同时测得水样常规理化指标,见表 2.

1.2 实验方法

1.2.1 样品分析方法

研究中水质监测指标主要有 pH、DO、TN、NH₃-N、TP、PO₄³⁻. pH 值采用玻璃电极法测定,DO 值采用 YSI-ProODO 光学溶解氧测量仪测定,TN 采用碱性过硫酸钾消解-紫外分光光度法测定,NH₃-N 采用纳氏试剂比色法测定,TP 采用过硫酸钾消解-钼酸铵分光光度法测定,PO₄³⁻ 采用钼酸铵分光光度法测定^[3].

1.2.2 实验方案

对博湖底层水体的监测表明,绝大部分点位 pH 在 8~9 变化,溶解氧大部分时期在 5~7 mg/L,水深在 1.5~10.2 m 之间,透明度在 2 m 左右,底泥属于好氧释放,风浪和船只扰动情况较少,这些影响因素中只有温度变化幅度较大.因此,控制这些变化小的影响因素,在不同季度的温度条件下进行模拟底泥释放试验,定量计算出底质中营养性污染物的释放速度(mg/m²·d)和年均释放量(t/a).

2 结果与分析

2.1 底质初始理化性质

2.1.1 表层沉积物的 pH、氧化还原性质

pH 是底质的重要性质,它直接影响到底质磷的释放和铁、锰的赋存形态.在低 pH 时,底质磷容易

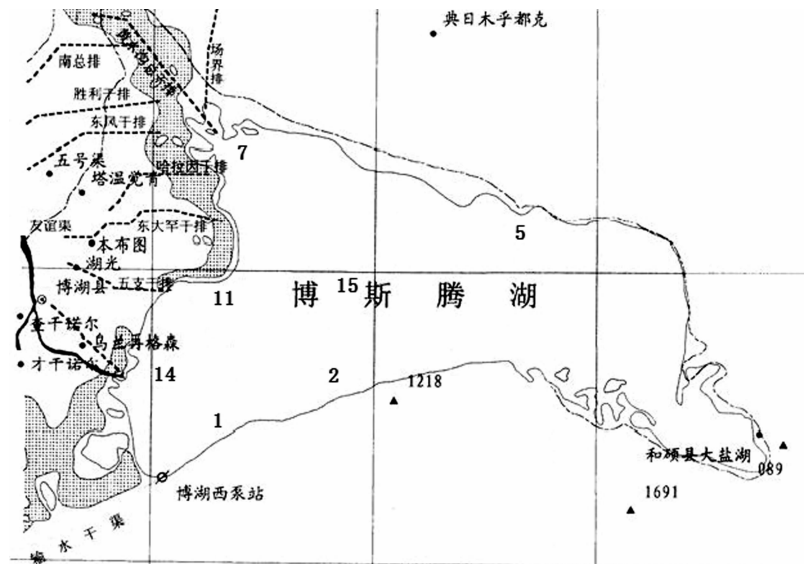


图 1 博斯腾湖大湖区监测点位分布图

Fig. 1 Distribution of monitoring points across the Bosten Lake

表 1 表层沉积物采样点位及样品性状

Tab. 1 Sampling point and properties of surface sediments

点位	经度	纬度	水深/m	透明度/m	样品性状
1	86°51'00"	41°53'20"	6.1	1.5	灰色泥,含细砂
2	86°59'00"	41°54'50"	10.4	3.9	灰色泥,含细砂
5	87°08'00"	42°02'50"	4.0	2.1	渔场,黑色淤泥
7	86°50'30"	42°06'00"	1.2	1.2	黑色淤泥
11	86°50'40"	41°59'00"	3.4	1.9	浅黑色泥
14	86°44'30"	41°53'20"	2.7	0.6	灰色泥
15	86°57'48.5"	42°00'1.1"	5.3	1.5	灰色泥

表 2 实验水样的基本理化指标

Tab. 2 Basic physicochemical index of water sample

pH	DO/mg/L	TN/mg/L	NH ₃ -N/mg/L	TP/mg/L	COD _{Mn} /mg/L
8.31	6.49	0.45	0.32	0.02	7.95

释放,而且量大速率快,尤其钙磷受其影响更为明显.在这种情况下,不仅铁磷会释放,而铁以亚价溶出,使湖水中铁含量增加,作为饮用水的湖泊,甚至在自来水中因此会出现“红水”.在高 pH 时,底质磷的释放比较困难.

pH 和氧化还原电位是湖泊沉积物的重要指标,氧化还原电位对控制化合物和矿物的形成或分解有重要作用.沉积物的氧化还原电位主要受到湖水中溶解氧对沉积物的复氧过程和沉积物中微生物分解有机质耗氧过程共同的影响.经过温度及 pH 校正的氧化还原电位以 E_h 表示,单位为 mV. 博湖表层沉积物的 pH、 E_h 见图 2.

博湖表层沉积物的 pH 介于 7.82 ~ 8.59 之间,平均值为 8.28. E_h 在 -110 ~ -230 mV 之间,平均值为 -192 mV,为强还原性环境条件,1 号、14 号和 15 号点相对其它点 E_h 较高,还原性弱于其它点,主要原因应是这些点都受到开都河东支来水的影响,湖水交换性好、复氧强度高,但 1 号点沉积物的表观性状与 14 和 15 号点不同,含有较多的细砂,因此只用 E_h 指标来反映博斯腾湖氧化还原环境是比较困难的.

2.1.2 表层沉积物的粒度特征

湖泊沉积物粒度往往与流域土壤的粒度、地表径流的作用强度、排入湖泊的污水中所含悬浮物颗粒等密切相关,同时还与湖泊生态学的特征、湖泊动力学过程有关^[4].

底质是由不同粒径的颗粒物组成的.不同粒径的颗粒物具有不同的比表面、不同的表面电荷性质,因而营养盐的含量以及释放特征有较大差异.湖泊中氮磷等营养盐和各种污染物会随着颗粒物的沉降和再悬浮,对营养物质在固液界面上的循环过程产生重要的影响.

博湖各采样点的粒度组成情况见表 3.

博湖底质各采样点粒径组成明显不同,其中 1、2、14 号点粒径较其他点位偏小,5、7、11、15 号点较其他点位明显偏大.分析其中原因:1、2、14 号点位于大湖区的南岸,且靠近西泵站,博湖南岸植被覆盖明显少于其它区域,土质为疏松粉砂亚砂土,地表零星分布着低矮的红柳,远处是沙山,随风扬起的沙尘在湖中沉积,对该区沉积物的影响明显.7、11 号点位于博湖西岸,是各排污渠与博斯腾湖水交汇处,入湖污水中含有大量的泥沙、颗粒物,沉降在湖底,长时间作用下湖岸表层沉积物的粒径就相对其他点位明显偏大.

2.2 表层沉积物中初始氮、磷含量

博湖表层沉积物中的初始氮、磷含量见表 4.沉积物的总磷含量介于 167.02~282.70 mg/kg 之间,平均值为 223.25 mg/kg;总氮含量介于 708.75~1 608.75 mg/kg 之间,平均值为 1 201.61 mg/kg;氨氮含量介于 0~21.81 mg/kg 之间,平均值为 7.93 mg/kg.

对大湖区营养盐水平分布进行综合分析:黄水沟区 7 号点含量显著高于其它点,总磷的含量也最高,其原因是 7 号点位于黄水沟入湖口,黄水沟水质主要是生活污水和集中在 4~10 月份排放的农田排水,水

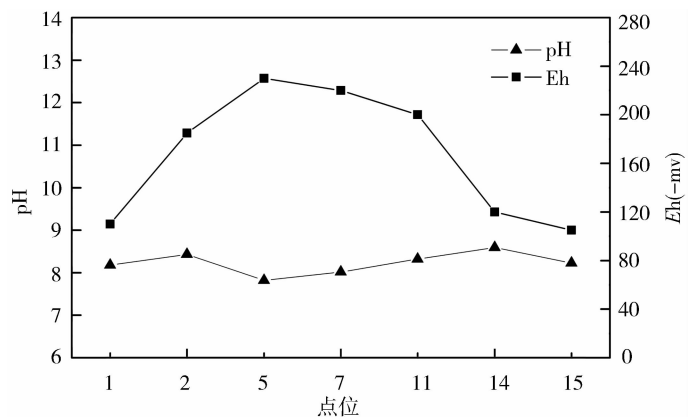


图 2 表层沉积物 pH 及氧化还原电位

Fig. 2 pH and oxidation-reduction potential of surface sediments

表 3 表层沉积物粒度组成

Tab. 3 Grain size composition of surface sediments

点位	D10 / μm	D25 / μm	D50 / μm	D75 / μm	D90 / μm
1	1.42	2.85	6.88	13.43	26.93
2	1.41	2.97	6.70	12.95	25.34
5	1.68	4.38	11.16	24.69	38.21
7	2.51	6.95	17.58	34.74	49.94
11	1.65	4.11	9.79	21.40	34.35
14	1.56	4.11	9.87	18.24	28.34
15	1.65	4.05	10.27	23.47	35.94
均值	1.70	4.20	10.32	21.27	34.15

注: D90: 一个样品的累计粒度分布数达到 90% 时所对应的粒径, 它的物理意义是粒径小于它的颗粒占 90%

中的污染物大多在入湖口处沉积,造成沉积物中总磷和有机质含量较高.小湖的各项指标虽然也高于全湖的平均值,但小湖的环境状况与大湖有明显的区别,小湖区广泛分布水生高等植物,湖底常年淤积物多,有机质多为藻类等的腐解物质,而受进进水质的影响小,属于内源性污染类型.

2.3 表层沉积物营养物质模拟释放实验

利用柱状底泥样品进行模拟现场实验,研究底泥中营养物质释放,确定出博湖底泥中盐类营养物的释放速度 $[\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})]$.据巴州监测站水文监测资料显示:2010年博斯腾湖平均水位为1 045.59 m,水面面积为938.0 km^2 .在此水文条件下,沉积物每年向水体释放营养盐的量见表5.

有研究^[5]表明:近年来博湖全湖总氮年平均沉积量为153.0 t/a,总磷年平均沉积量为3.58 t/a.由底质释放试验可以得出:博湖底质中氮的年均释放量占年均沉积量的56.4%,磷的年均释放量只占年均沉积量的34.9%.

3 结 论

(1)博湖底质中粒径分布呈现出南岸偏大、西岸偏小的特征,分别受生态植被稀疏、水流扰动强度的影响.

(2)博湖各采样点表层沉积物的Eh在-110~-230 mV之间,为强还原性环境条件.

(3)目前环境条件下,博湖来自外部源的营养物质可被沉积、截留,而减少大部分营养盐.

(4)博湖主要污染源主要来自尤尔都斯盆地和焉耆盆地工农业生产产生的污、废水排水,带入大量的总氮、总磷等污染物,内源释放量所占比例不大.对博湖水质的改善应首先切断外源污染.

参考文献 References

- [1] 李金城. 博斯腾湖水环境质量演变及管理研究[D]. 南京:南京大学,2004.
LI Jin-cheng. Study on Water Environmental Quality Evolution and Management of Bosten Lake [D]. Nanjing: Nanjing University, 2004.
- [2] 金相灿,屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 第2版. 北京:中国环境科学出版社,1990.
JIN Xiang-can, TU Qing-ying. Lake Eutrophication Survey Specification [M]. 2nd ed. Beijing: China Environmental Science Press, 1990.
- [3] 国家环境保护总局《水与废水水质监测分析方法》编委会. 水与废水水质监测分析方法[M]. 第4版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
Editorial Board of Water and Wastewater Quality Monitoring and Analysis Methods' of National Environmental Protection Administration. Water and Wastewater Quality Monitoring and Analysis Methods[M]. Fourth Edition. Beijing: China Environmental Science Press, 2002.
- [4] 金相灿,刘鸿亮. 中国湖泊富营养化[M]. 北京:中国环境科学出版社,1990:82.
JIN Xiang-can, LIU Hong-liang. China Lake Eutrophication [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1990: 82.
- [5] 西安理工大学,新疆水利水电勘测设计院. 新疆博斯腾湖富营养化研究报告[R]. 2005:31-41.
Xi'an University of Technology, Xinjiang Institute of Water Resources and Hydropower Survey and Design. Report of Eutrophication Research of Bosten Lake in Xinjiang [R]. 2005: 31-41.

表4 表层沉积物初始氮、磷含量

Tab. 4 Initial concentration of nitrogen and phosphorus in surface sediments

点位	TN/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{NH}_3\text{-N}/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	TP/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$
1	924.38	8.72	246.33
2	1 661.25	Nd	244.21
5	1 290.00	2.06	172.60
7	1 608.75	Nd	167.02
11	1 212.19	9.78	210.68
14	708.75	13.13	282.70
15	1 005.94	21.81	239.23
均值	1 201.61	7.93	223.25

注 Nd:未检测出

表5 表层沉积物营养物质的年释放量

Tab. 5 Annual release flux of nutriment in surface sediments

释放营养盐	平均释放速率/ $\text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$	年释放量/t/a
总氮	0.25	86.28
氨氮	0.17	59.45
总磷	0.003 6	1.25
可溶性总磷	0.001 5	0.51
可溶性正磷	0.001 1	0.39

Simulation test of pollutants release from sediments of the Bosten Lake

GAO Xiang¹, LIU Hai-bin¹, ZHAO Xin-yue¹, CHEN Yong-min²,
Jiarhen • AHATI², ZHANG Ming²

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China

2. Xinjiang Academy of Environmental Protection Science, Urumqi 830011, China)

Abstract: Through the study of the Bosten Lake sediment nutrient release, the impact of sediment nutrient release on eutrophication in Bosten Lake was studied. By analyses of the initial state of the Bosten Lake sediments, sediment particle size distribution obtained was characterized by: on the south coast of the big but, small in the west bank; and high deoxygenized sediments were detected in the sediment surface. Indoor simulation tests on nutrient release of Bosten Lake surface sediments showed releasing velocities of nutrients were TN 0.25 mg/(m² · d), NH⁴⁺-N 0.17 mg/(m² · d), TP 0.0036 mg/(m² · d), DP 0.0015 mg/(m² · d).

Key words: Bosten Lake; sediments; nutrients; release

Biography: GAO Xiang, Associate Professor, Ph. D., Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-13096907737, E-mail: gxiang666@163.com

(上接第 120 页)

- [7] 缪 谦, 胡茂林, 程亚倩, 等. 对苯二甲醛双缩硫代氨基脲的合成与晶体结构[J]. 应用化学, 2004, 21(5): 527-529.
MIAO Qian, HU Mao-Lin, CHENG Ya-Qian, et al. Synthesis and Characterization of Terephthaldehyde bis thiosemicarbazone[J]. Chinese Journal of Applied chemistry, 2004, 21(5): 527-529.
- [8] (日) 中本一雄. 无机和配位化合物的红外和拉曼光谱[M]. 黄德如, 汪仁庆译. 北京: 化学工业出版社, 1986.
Zhong ben yi xiong. Infrared and raman spectra of inorganic and coordination compounds[M]. HUANG De-ru, WANG Ren-qing, Translate. Beijing: Chemical industry press, 1986.

Synthesis and character of the new bis-schiff-base and its complexes

JIANG Yuan-ru, ZHANG Xuan-zhuo-yi, DANG Fang-fang, CHEN Li-jun

(School of Science, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Schiff base and its complexes have special structure and properties. A symmetrical OPA-diaminothiourea schiff base ligand is synthesized by OPA and aminothiurea under different conditions, and its complexes of copper (II), cobalt (III), nickel (II), manganese (II) and zinc (II) are synthesized. The structures of the ligand and its complexes were characterized by IR, MAR. The melting point and then solubility of the metal complexes were determined. The results show that the new mixed-ligand are OPA-diaminothiourea Schiff Base and the metal complexes are sulphur-containing bis-Schiff bases.

Key words: bis-Schiff base; OPA; thiosemicarbazide

Biography: JIANG Yuan-ru, Professor, Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-13609189183, E-mail: jiangyuanru@sina.com