

文章编号: 1000-0550(2010)01-0158-08

哈素海沉积物中氮和有机质的分布特征^①

沈丽丽 何江 吕昌伟 孙英

(内蒙古大学生态与环境科学系 呼和浩特 010021)

摘要 针对哈素海富营养化日趋严重的现实,系统开展了湖泊沉积物中不同形态氮及有机质的空间分布和污染特征研究。结果表明,表层沉积物中 TN、Org-N、 NH_4^+ -N 及有机质的水平分布均表现经向分异特征,Org-N 的分布特征主导了 TN 的水平分布格局,有机质与 TN 具有强相关性。沉积柱芯中 TN 随深度增加而递减,有机质和 Org-N 与 TN 的垂向分布相似,尽管 NH_4^+ -N 的垂直变化分异较大,但仍表现于表层富集的特点。Org-N 为表层沉积物和沉积柱芯中氮的主导形态, NH_4^+ -N 为无机氮的主导形态,成岩过程中,沉积物中 TN 只有极少部分在发生矿化。沉积物中有机质主要来源于湖中芦苇等大型挺水植物及陆源输入。哈素海表层沉积物的氮污染对底栖生物已经产生了严重的生态毒性效应,对底栖生物群落及整个水生生态系统构成了严重威胁。

关键词 沉积物 氮 有机质 分布 哈素海

第一作者简介 沈丽丽 女 1981 年出生 硕士研究生 环境地球化学

通讯作者 何江 E-mail: ndjhe@imu.edu.cn

中图分类号 P593 **文献标识码** A

沉积物中的有机质和氮是湖泊生态系统中极其重要的生态因子。氮是引发江河湖泊等发生富营养化的重要因素之一,有机质则有揭示环境气候意义的功能^[1]。沉积物中能参与交换的生物可利用氮的量,取决于沉积物中氮的赋存形态^[2,3]。近年来,国内外学者对湖泊湿地的富营养化机制已经开展了大量的研究工作,并在富营养化模型和内外源负荷方面取得了突破性进展^[4~7],但有关草原区低湿地湖泊研究则相对较少。本文探讨了哈素海沉积物中不同形态氮及有机质的空间分布和污染特征,以期为湖泊水体富营养化的综合防治及湖泊湿地生态系统的恢复与重建提供科学依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

湖区(E 110°56' ~ 111°01', N 40°34' ~ 40°38')地处土默川平原北端,内蒙古呼和浩特市土默特左旗西部,距呼和浩特市 73 km,包头市 81 km,是黄河改道后形成的牛轭湖。湖泊南北长约 9 km,东西宽约 5 km,总面积约 29.7 km²,平均水深 1 m 左右,中西部偏南水深可达 2 ~ 3 m,具有引水灌溉、水产养殖和景观旅游的功能,也是呼和浩特市生态系统的重要组成部分。湖泊水源主要靠从包头磴口提取黄河水通过

南岸的黄河进水口(民生渠)供给;另外,大青山西白石头沟、山涧沟、万家沟等的洪水也通过西北岸的后河等支流分别入湖。哈素海除具有丰富的浮游动植物、底栖动物外,湖中水草丛生,芦苇茂密,适应各种淡水鱼类生长。目前,鱼类品种主要有鲤鱼、鲫鱼、草鱼和花白鲢。2000 ~ 2004 年,年均投放大规格鱼种 10 万斤,但随城市化进程的加快,近年来哈素海水质日趋下降,富营养化特征日趋明显,对水资源、渔业资源、经济作物资源的进一步开发利用构成了极大威胁,致使成鱼产量一直徘徊不前。

1.2 样品采集

依据《湖泊生态系统观测方法》,针对湖泊现有水域面积及湖泊生态系统类型,于 2007 年 8 月对哈素海进行了系统的现场监测和样品采集。沉积物柱芯和表层沉积物样品用挪威 Swedaq 公司产 KCmod-AochB 型无扰动采样器采集,沉积物柱芯现场以 2 cm 间隔分层。沉积物样品装入封口聚乙烯塑料袋后冷藏保存,带回实验室于 -24℃ 冷冻保存。采样站利用全球卫星定位系统(GPS)定位,并结合地形图校正(图 1)。

1.3 分析方法

全氮(TN)采用半微量凯氏定氮法(FHZDZTR0049),铵氮(NH_4^+ -N)采用氯化钾浸提—

①内蒙古自然科学基金及内蒙古大学“513 工程”基金联合资助。
收稿日期: 2009-02-22; 收修改稿日期: 2009-06-27

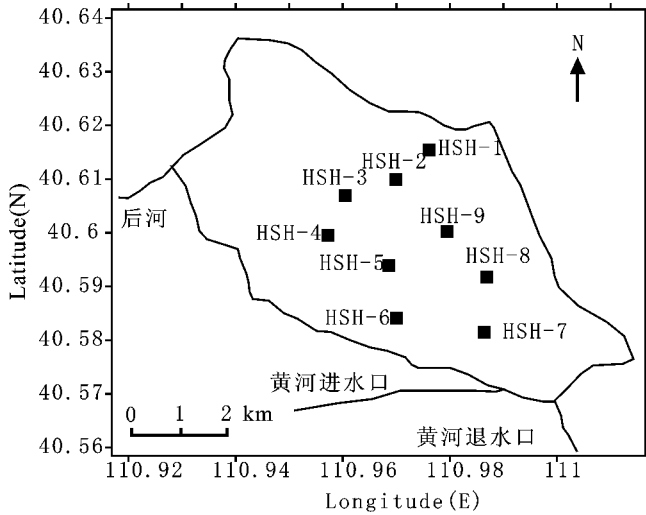


图 1 哈素海采样站示意图

Fig. 1 Sample sites in Hasu Lake

靛酚蓝比色法 (FHZDZTR0055), 硝态氮 ($\text{NO}_3^- \text{-N}$) 采用酚二磺酸光度法 (FHZDZTR0052), 由于凯氏消煮法测定的全氮中基本上不包含固定态铵以及硝态氮

和亚硝态氮, 故有机氮 (Org-N) 的含量可由全氮与铵态氮的差值粗略表示。有机质用重铬酸钾氧化外加加热法测定 (FHZDZTR0046)。所有实验同时进行平行样测定, 实验误差均小于 5%。实验数据用 surfur 7.0 (Kriging Interpolation) 及 Origin 7.0 等软件进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 表层沉积物中氮的水平分布特征

受沉积速率、矿化作用、氧化还原环境及沉积物粒度等诸多因素的影响^[8], 不同湖区表层沉积物中氮的水平分布有所差异。

表层沉积物中 TN 的含量范围为 1 451 ~ 5 424 mg/kg, 平均为 4 464 mg/kg。表层沉积物中 TN 和 Org-N 的水平分布均有由西南至东北逐渐递减的趋势 (图 2)。黄河进退水口 (民生渠) 和后河分别位于湖区的西南岸和西岸 (图 1), 南岸和西岸有大规模农田分布, 大量未被充分利用的农药和化肥以淋溶、渗漏等途径随地表径流或经黄河进退水口和后河入湖,

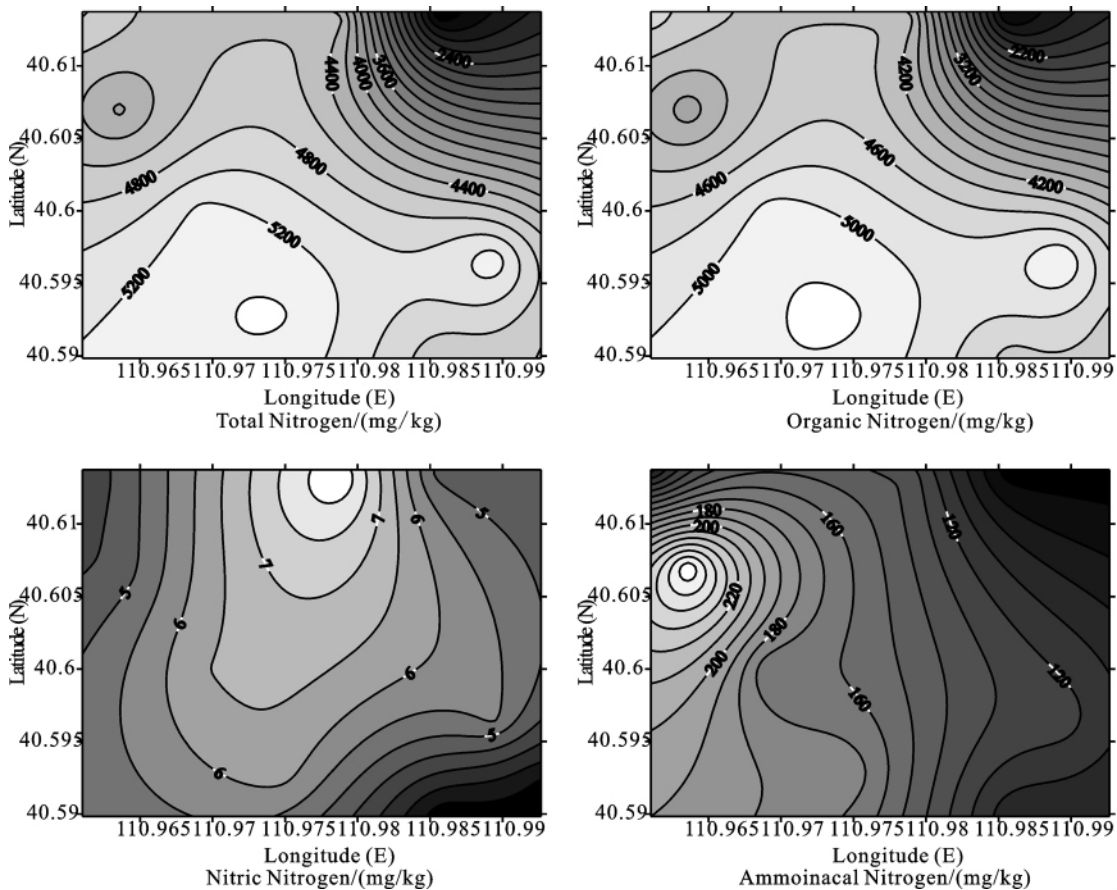


图 2 哈素海表层沉积物中氮素的水平分布

Fig. 2 The spatial distribution of N in surface sediments of Hasu Lake

为湖泊提供了丰富的氮源^[9]。此外,湖泊南岸和西岸居民密集,大量的城市生活污水及家畜排水也会由此排入湖内^[9]。湖心区为TN高值区可能与粘粒易向湖心富集,湖心区沉积物的粒度较小有关。湖区东北部水深相对较浅,沉积环境不稳定,不利于氮的富集,加之该区域芦苇、菖蒲等大型挺水植物对氮的吸收和利用导致该区为TN的低值区。TN和Org-N的水平分布特征完全相似也从另一侧面揭示表层沉积物中氮的主导形态为Org-N,Org-N在哈素海表层沉积物的分布特征主导了TN的水平分布格局。

$\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 主要来源于含氮有机物在微生物作用下的分解即氨化作用,对鱼类及水生生物有很强的毒性,特别是非离子氨(NH_3)^[10]。因此,控制水环境中 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量对哈素海的农灌、渔业、旅游、芦苇生产等功能至关重要。表层沉积物中 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的含量范围为76~269 mg/kg,平均值为139 mg/kg。 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的累积与富集受沉积物氧化还原状况的影响。哈素海表层沉积物中 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的水平分布存在明显的经向分异,自西向东随经度增大, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量递减(图2)。一般而言,氧化还原电位越高,沉积物氧化能力越强,不利于 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的累积与赋存。湖泊沉积物氧化还原能力与水深关系密切,沉积物中 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的水平分布特征受湖泊水深分布影响较大。哈素海西部湖区较东部深,利于 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的累积与富集,从而使西部湖区形成 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的高值区。东部湖区水深较浅,大气复氧易于到达水—沉积物界面,使表层沉积物的氧化能力较强,从而不利于 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的赋存,导致东部湖区 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量较低。

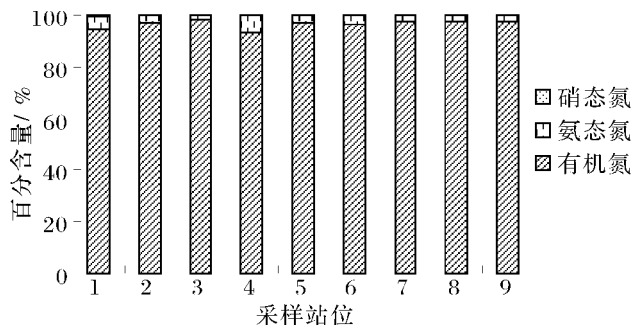


图3 哈素海表层沉积物不同形态氮的百分含量

Fig. 3 The percentage of different nitrogen form in surface sediments in Hasu Lake

表层沉积物中 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的含量范围为3~8 mg/kg,平均值为5 mg/kg。水平分布上,中北部湖区为

$\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的高值区,这可能与该区沉积物粒度较细有利于 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的富集有关。

总体上,表层沉积物中各形态氮的水平分布均有中部偏南湖区较高的特征,这与黄河进退水口由此入湖,沿岸接纳了农田退水和城镇生活污水,且该湖区岸边居民密集,生活和家畜排水也直接入湖有关。

表层沉积物中,Org-N的含量占全氮的93.41%~97.92%,为氮的主导形态(图3)。揭示表层沉积物中TN只有极少部分在成岩过程中发生矿化。 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 为表层沉积物中无机氮的主导形态,占TN的1.99%~6.48%。湖中浮游生物通常优先吸收水体中的 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 对湖泊的初级生产力有重要影响。

2.2 沉积物柱芯中氮的垂直分布特征

受湖泊自然特征、沉积环境及人类活动等作用的影响,尽管沉积柱芯中TN的垂向变化特征有所不同,但总体上表现出随深度增加而递减的趋势。TN在HSH-2、HSH-5和HSH-9柱芯0~10 cm深度范围内的平均含量均高于10 cm以下层位(图4)。哈素海是集渔业、芦苇生产、旅游等功能于一体的浅水湖泊,养鱼投放的大量饵料及动植物残体在湖底的沉积使表层沉积物中有机质含量丰富,相应导致TN含量较高。

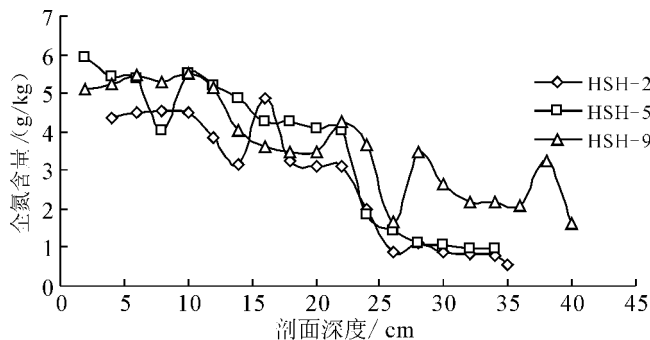


图4 哈素海沉积物柱芯中全氮的垂直分布

Fig. 4 The vertical distribution of TN in the sediment core

Org-N与TN的垂向分布相似(图5)。矿化分解与腐殖化程度是决定沉积物Org-N含量变化的主要因素,矿化分解强于腐殖化程度,沉积物中Org-N因分解而减少,反之则增加^[11]。哈素海水体富营养化日益加剧,湖中水生植物繁盛,湖底沉积的植物残体逐年增加,导致腐殖质不断增加;加之湖底的还原型环境制约了Org-N的矿化。湖底腐殖质的增加和矿化程度的降低使表层沉积物中Org-N的含量较高。

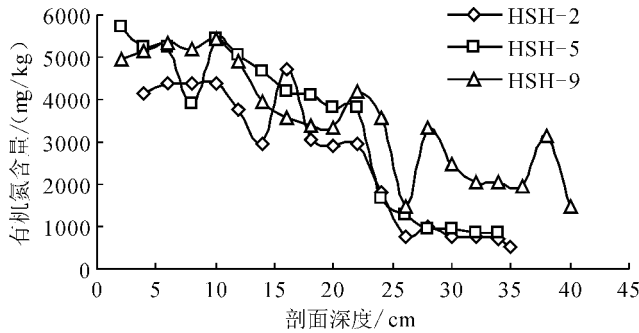


图 5 哈素海沉积物柱芯中有机氮的垂向分布
Fig. 5 The vertical distribution of organic nitrogen in the sediment core

$\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 的垂直变化分异较大,但仍表现出于表层(0~10 cm)富集的特点(图6),这与 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 本身带正电荷易于被表层带负电的沉积物颗粒胶体吸附而不易发生淋失有关。此外, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 在 HSH-2 和 HSH-5 站位的 14 cm 和 20 cm 处出现较大值,在 HSH-9 站位的 12 cm 和 20 cm 处出现了峰值,这可能是由于 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量受沉积物质地、微生物活动、Org-

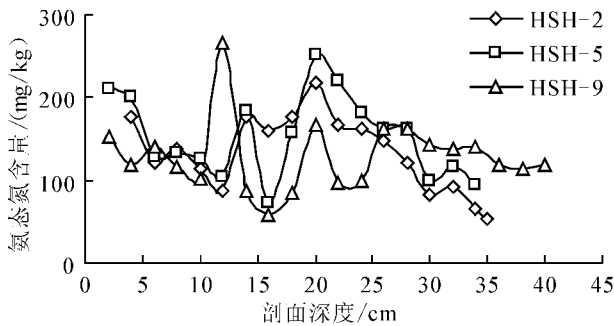


图 6 哈素海沉积物柱芯中氨氮的垂向分布
Fig. 6 The vertical distribution of ammoniacal nitrogen in the sediment core

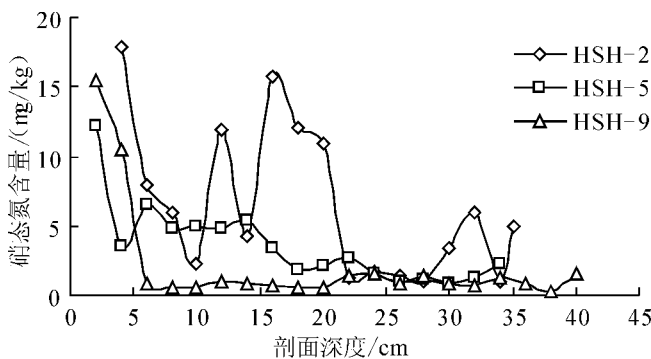


图 7 哈素海沉积物柱芯中硝态氮的垂向分布
Fig. 7 The vertical distribution of nitric nitrogen in the sediment core

N 矿化和植物分布等众多因素的影响有关^[12,13]。

总体上, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 的垂向分布呈现出表层富集的特征(图7)。 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 在 HSH-2 站位的垂向变化波动较大可能与该站点的水位较浅,沉积环境不稳定有关。在 HSH-5 的 18~35 cm 和 HSH-9 的 6~40 cm 的深度内, $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 硝态氮的垂直分布变化很小,这可能与随剖面深度增加,氧化条件变弱,还原环境越明显,不利于硝化作用有关。

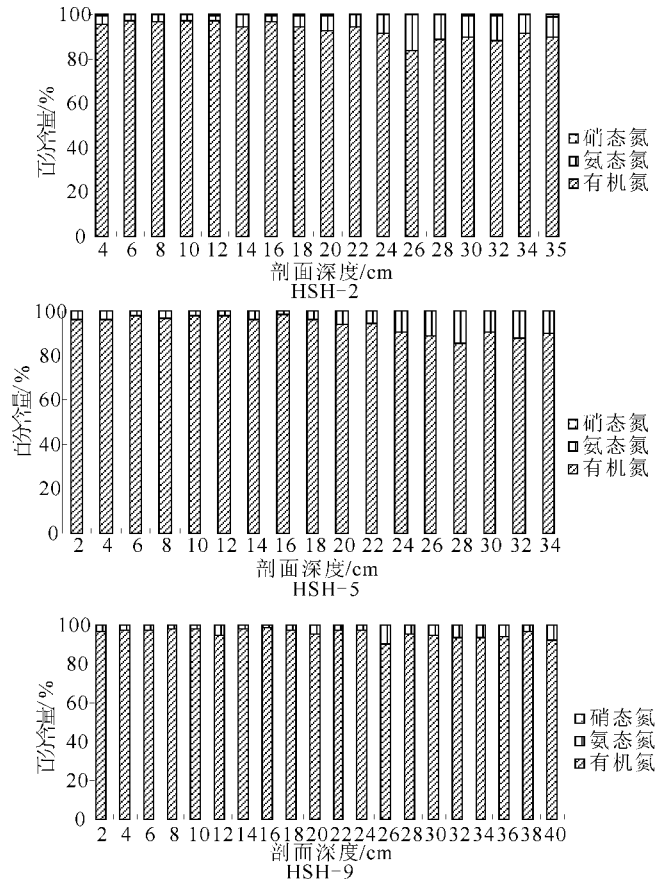


图 8 哈素海沉积物柱芯中不同形态氮百分含量
Fig. 8 The percentage of different nitrogen form in the sediment core

与表层沉积物相似(图8), $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 仍为沉积物柱芯中氮的主导形态, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 为无机氮的主导形态。HSH-2 站点 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 占 TN 的 83.50%~97.43%, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 占 2.27%~16.35%; HSH-5 站点 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 占 TN 的 85.30%~98.23%, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 占 1.69%~14.61%; HSH-9 站点 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 占 TN 的 92.55%~98.40%, $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 占 1.58%~7.35%。

2.3 沉积物中有机质的分布特征

2.3.1 水平分布特征

表层沉积物中有机质的含量介于 1.36% ~ 8.45% 之间,平均值为 5.90%。有机质的水平分布表现出西高东低的经向分异特征(图 9) 这与表层沉积物中 TN 含量的分布特征相一致,进一步揭示了有机质与 TN 间的强相关性。与东部湖区相比,西部湖区由于分布有大量的农田,农田退水和渔场投放的大量饵料所产生的外源有机质是造成该区沉积物中有机质富集的可能原因之一,加之该区沉积环境较为稳定,有利于有机质的赋存;而东部湖区属相对浅水区,沉积环境不稳定,导致该区有机质含量相对偏低。哈素海表层沉积物中有机质平均含量相对较高,约为岱海的^[14](2.70%)的 2 倍,这可能与哈素海的饵料投放以及动植物残体在湖底的累积和富集有关。

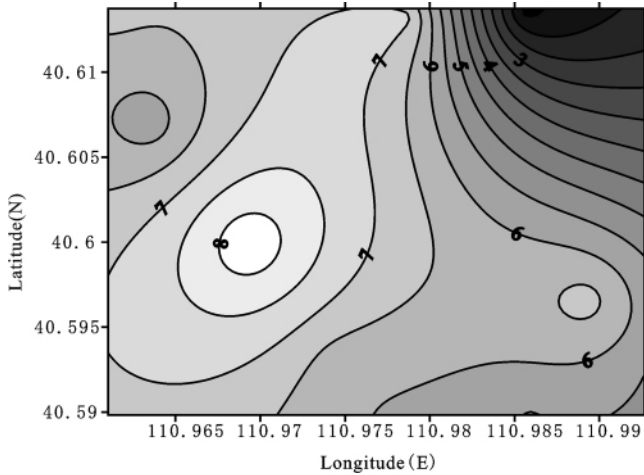


图 9 哈素海表层沉积物中有机质水平分布

Fig. 9 The horizontal distribution of organic matter in sediments

2.3.2 垂向分布特征

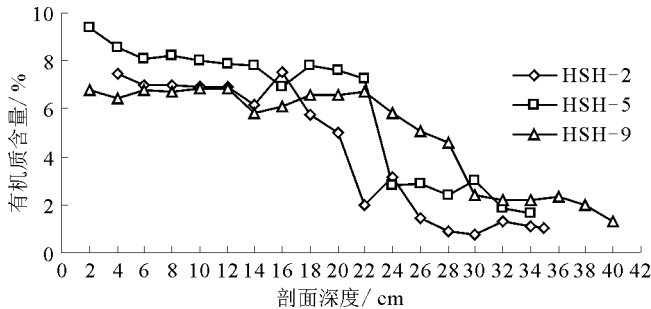


图 10 哈素海沉积物柱芯中有机质垂向分布

Fig. 10 The vertical distribution of organic matter in the sediment core

沉积柱芯中有机质的分布表现出随深度增加而递减的趋势(图 10)。HSH-2 站位有机质含量介于 0.73% ~ 7.48%,平均值为 4.20%; HSH-5 站位有机

质含量介于 1.62% ~ 9.38%,平均值为 6.00%; HSH-9 站位有机质含量介于 1.33% ~ 6.81%,平均值为 5.00%。垂向分布上 0 ~ 20 cm 范围内的有机质含量明显高于 20 ~ 40 cm,这与大量的动植物残体以及饵料在表层沉积物中积累有关。

2.3.3 哈素海沉积物 C/N 特征分析

湖泊沉积物中 C/N 的不同体现了有机质来源的差异性。有纤维束植物碎屑的 C/N 大于 20,无纤维束植物的 C/N 为 4 ~ 12,浮游动物的 C/N 低(低等水生生物的降解产物含有较多的蛋白质,其 TOC/TN 值一般小于 7),浮游植物高,许多湖泊表层沉积物的 C/N 为 6 ~ 14^[15,16]。故可利用 TOC/TN 定性判识沉积物中有机质的来源^[17,18]。

表层沉积物中 TOC/TN 介于 5.45 ~ 9.31 之间,平均值为 7.51(图 11);沉积柱芯中 TOC/TN 介于 3.73 ~ 17.84,平均值为 8.95(图 12)。结合哈素海的自然地理条件及湖泊富营养化特征,湖泊沉积物中 TOC/TN 的变化特征可能揭示了沉积物中有机质主要来源于芦苇等大型挺水植物及陆源输入。

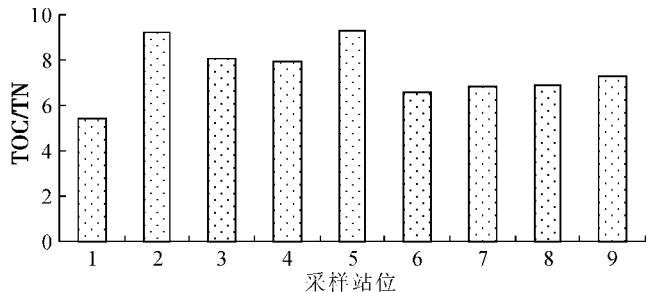


图 11 哈素海表层沉积物中 TOC/TN 分布图

Fig. 11 The distribution of TOC/TN in surface sediments

2.4 表层沉积物中有机物、氮污染特征分析

2.4.1 湖泊表层沉积物营养评价

目前,国内外还缺乏统一的有关水域沉积物环境评价的方法与标准。本文采用有机指数和有机氮对沉积物的环境状况进行了评价^[19]。

沉积物中有机指数的计算方法是:有机指数 = 有机碳(%) × 有机氮(%)。

表 1 水体沉积物有机指数评价分级标准^[19]

Table 1 The grading standards of organic index evaluation in sediments

有机指数	<0.05	≥0.05 ~ <0.20	≥0.20 ~ <0.50	≥0.50
类型	清洁	较清洁	尚清洁	有机污染
等级	I	II	III	IV

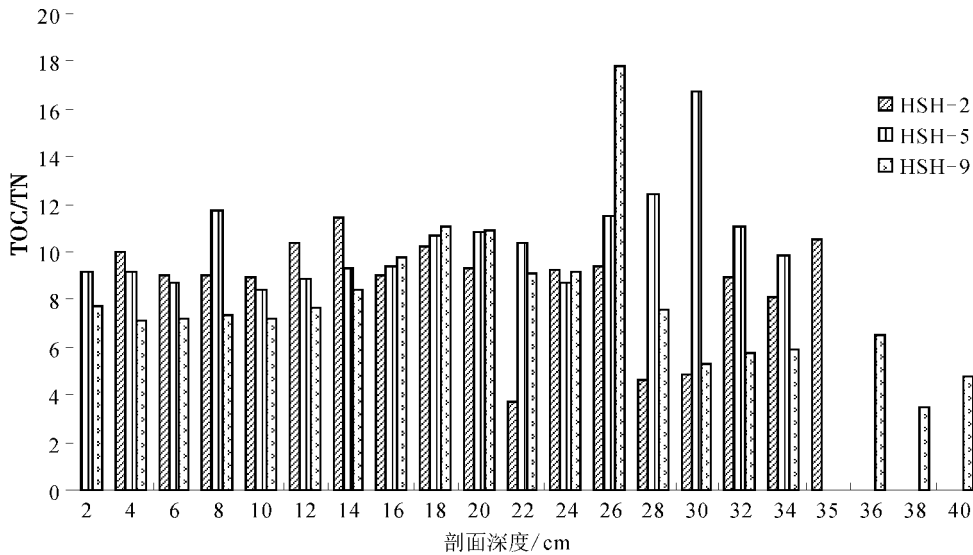


图 12 哈素海沉积物柱芯中 TOC/TN 分布图

Fig. 12 The distribution of TOC/TN in the sediments

上述计算公式中各物质质量分数的单位均为% , 沉积物评价分级标准和有机氮评价标准分列于表 1 和表 2 ,哈素海表层沉积物中有机指数和有机氮污染指数列于表 3。结果表明 除 HSH-1 站位污染等级为 II 级外 其余站位的有机污染均较严重 污染等级达到了IV级 其中 HSH-5 和 HSH-9 站位的有机污染指数分别高达 2.50 和 2.03 ,说明湖心深水区的有机污染更为严重。有机氮是常用来衡量湖泊沉积物是否遭受氮污染的重要指标。研究显示 哈素海表层沉积物的有机氮污染均达IV级 湖泊氮污染较为严重。

表 2 水体沉积物有机氮评价标准^[20]

Table 2 The grading standards of organic nitrogen contamination evaluation in sediments

分级标准	I 级(清洁)	II 级(较清洁)	III 级(尚清洁)	IV 级(有机氮污染)
有机指数	<0.033	≥0.033 ~ <0.066	≥0.066 ~ <0.133	≥0.133

2.4.2 沉积物中营养盐(氮) 对底栖生物的生态毒性效应评价

表层沉积物与底栖生物关系密切 其沉积物质量对底栖生物生境有重要影响。沉积物中污染物超过一定含量将会对底栖生物产生毒性效应。加拿大安大略省环境和能源部(1992) 按生态毒性效应将沉积物质量评价标准分为三级^[21](表 4) ,即①安全级 此时在水生生物中未发现中毒效应; ②最低级 此时沉积物已受污染 但多数底栖生物可以承受; ③严重级 此时底栖生物群落已遭受明显损害。

表 3 哈素海表层沉积物有机污染和有机氮污染评价

Table 3 The assessment of organic contamination and organic nitrogen contamination in surface sediments

采样站位	有机指数	有机污染等级	有机氮污染指数	有机氮污染等级
HSH-1	0.11	II	0.137	IV
HSH-2	1.78	IV	0.433	IV
HSH-3	1.83	IV	0.473	IV
HSH-4	1.28	IV	0.388	IV
HSH-5	2.50	IV	0.510	IV
HSH-6	1.87	IV	0.524	IV
HSH-7	1.43	IV	0.451	IV
HSH-8	1.44	IV	0.452	IV
HSH-9	2.03	IV	0.520	IV

表 4 加拿大安大略省环境和能源部(1992)

制定的沉积物环境质量评价标准

Table 4 The environment quality evaluation criterion of nutrition made by ONT (1992)

指标	安全	最低	严重
总氮/(mg/kg)	/	550	4800
总有机碳/%	/	1	10
总磷/(mg/kg)	/	600	2000

哈素海表层沉积物中全氮的含量介于 145 ~ 5424 mg/kg 之间 所有站位的全氮含量均明显高于最低级别的生态毒性效应标准值(550 mg/kg) 。部分站位 如 HSH-3、HSH-5、HSH-6 和 HSH-9 站位的全氮含量已高于严重级别的生态毒性效应标准值(4 800 mg/kg) 表明哈素海表层沉积物中全氮对底

栖生物已经产生了严重的生态毒性效应,对底栖生物群落及整个水生生态系统构成了严重威胁。哈素海表层沉积物的总有机碳均值为 3.42%,说明总有机碳对底栖生物的生态毒性效应已由最低级别向严重级过渡。因此,哈素海表层沉积物中氮污染和有机碳含量已对底栖生物群落产生较严重的生态毒性效应。此外,本次湖泊沉积物采集过程中,很少发现螺、蛆等较大型底栖生物存在,也表明了湖泊底泥污染严重影响了底栖生物的生存。

3 结论

表层沉积物中 TN、Org-N、 NH_4^+ -N 及有机质的水平分布均表现经向分异特征,Org-N 的分布特征主导了 TN 的水平分布格局,揭示有机质与 TN 的强相关性。

沉积柱芯中 TN 表现随深度增加而递减的趋势,有机质和 Org-N 与 TN 的垂向分布相似;尽管 NH_4^+ -N 的垂直变化分异较大,但仍表现于表层富集的特点。

Org-N 为表层沉积物和沉积柱芯中氮的主导形态, NH_4^+ -N 为无机氮的主导形态,揭示沉积物中 TN 只有极少部分在成岩过程中发生矿化。

沉积物中有机质主要来源于芦苇等大型挺水植物及陆源输入。哈素海表层沉积物的氮污染对底栖生物已经产生了严重的生态毒性效应,对底栖生物群落及整个水生生态系统构成了严重威胁。

参考文献(References)

- 白军红,邓伟,朱颜明. 湿地土壤有机质全氮含量分布特征对比研究——以向海与科尔沁自然保护区为例[J]. 地理科学, 2002, 22(2): 231-237 [Bai Junhong, Deng Wei, Zhu Yanming, et al. Comparative study on the distribution characteristics of soil organic matter and total nitrogen in wetland: A case study of Xianghai and Horqin nature reserve [J]. Scientia Geographica Sinica, 2002, 22(2): 232-237]
- 刘敏,侯立军,许世远,等. 河口滨岸潮滩沉积物—水界面 N, P 的扩散通量[J]. 海洋环境科学, 2001, 20(3): 19-23 [Liu Min, Hou Lijun, Xu Shiyuan, et al. The proliferation flux of N, P on sediment-water interface on coastal estuary tidal flat [J]. Marine Environmental Science, 2001, 20(3): 19-23]
- 吕晓霞,宋金明,袁华茂,等. 南黄海表层沉积物中氮的潜在生态学功能[J]. 生态学报, 2004, 24(8): 1635-1642 [Lü Xiaoxia, Song Jinming, Yuan Huamao, et al. The potential ecological functions of nitrogen in surface sediments of Southern Yellow Sea [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(8): 1635-1642]
- Chapin F S, Brain H W, Richard J H. Biotic control over the function of ecosystems [J]. Science, 1997, 277: 500-504
- Koelmans A A, Van der Heijde A, Knijff L M, et al. Integrated modeling of eutrophication and organic contaminant fate & effects in aquatic ecosystems [J]. Water Research, 2001, 35: 3517-3536
- Nerbug G K. Phosphorus from internal source in the Laurentian Great Lakes and the concept of threshold external load [J]. Great Lakes Research, 1991, 17: 132-140
- Smith V H, Tilman G D, Nekola J C. Eutrophication: Impacts of excess nutrient inputs on freshwater marine, and terrestrial ecosystems [J]. Environmental Pollution, 1999, 100: 179-196
- 马红波. 渤海沉积物中氮的赋存形态及其在循环中的作用[D]. 北京: 中国科学院海洋研究所, 2001 [Ma Hongbo. The Nitrogen Forms in the Sediments of Bohai Sea and Their Function in the Nitrogen Cycle [D]. Beijing: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2001]
- 韩瑞梅,姚亦淳. 内蒙古哈素海水质环境状况及其污染特点[J]. 干旱区资源与环境, 1994, 8(1): 103-109 [Han Ruimei, Yao Yichun. Water quality and pollution of Hasuhai Lake in Hohhot [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1994, 8(1): 103-109]
- Chen B, Robert B T. A simulation model of organic matter and nutrient accumulation in mangrove wetland soils [J]. Biogeochemistry, 1999, 44: 93-118
- 白军红,邓伟,欧阳华,等. 吉林向海沼泽湿地上壤氮素的剖面分布[J]. 湖泊科学, 2004, 16(4): 377-380 [Bai Junhong, Deng Wei, Ouyang Hua, et al. The vertical distribution of nitrogen in Xianghai wetlands in Jilin [J]. Journal of Lake Science, 2004, 16(4): 377-380]
- Bai J, Deng W, Zhu Y, et al. Spatial variability of nitrogen in soils from land/inland water ecotones [J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2004, 35(5): 735-749
- 高兴东. 岱海湖泊营养盐的环境地球化学特征研究[D]. 内蒙古: 内蒙古大学, 2005 [Gao Xingdong. Environmental Geochemical Characteristics of Nutrient in Daihai Lake [D]. Inner Mongolia: Inner Mongolia University, 2005]
- Ishiwatari R, Ogura K, Horie S. Organic geochemistry of a lacustrine sediment (lake Haruna, Japan) [J]. Chemical Geology, 1980, 29: 261-280
- Talbot M R. A review of palaeohydrological interpretation of carbon and oxygen isotopic ratios in primary lacustrine carbonates [J]. Chemical Geology, 1990, 80(4): 261-279
- Meyers P A, Ishiwatari R. Lacustrine organic geochemistry: An overview of indicators of organic matter sources and diagenesis in lake sediments [J]. Organic Geochemistry, 1993, 20(7): 867-900
- Mayer L. Surface area control of organic carbon accumulation in continental shelf sediments [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1994, 58(4): 1271-1284
- 姚书春,李世杰. 巢湖富营养化过程的沉积记录[J]. 沉积学报, 2004, 22(2): 343-347 [Yao Shuchun, Li Shijie. Sedimentary records of eutrophication for the Last 100 Years in Chaohu Lake [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(2): 343-347]
- 隋桂荣. 太湖表层沉积物中 OM, TN, TP 的现状与评价[J]. 湖泊

- 科学, 1996, 8(4): 319-324 [Sui Guirong. Statement and evaluation of organic matter, total nitrogen and total phosphate in surface layer sediments in Taihu lake [J]. Journal of Lake Sciences, 1996, 8(4): 319-324]
- 20 吴芸. 平原河网区浅水湖泊氮污染特征研究 [D]. 南京: 河海大学, 2007 [Wu Yun. Study on Characteristics of Nitrogen Pollution of Shallow Lakes at Plain River Network Area [D]. Nanjing: Hehai University, 2007]
- 21 Mudroch A, Azcue D J M. Manual of Aquatic Sediment Sampling [M]. Boca Raton, Florida: Lewis Publications, 1995: 224

Distribution Characteristics of Nitrogen and Organic Matter in Sediments of the Hasuhai Lake

SHEN Li-li HE Jiang LÜ Chang-wei SUN Ying

(Department of Ecology and Environmental Science , Inner Mongolia University , Huhhot 010021)

Abstract Hasuhai Lake is one of the representative shallow lakes in grassland areas of China, and its eutrophication is becoming more serious. The study on the character of spatial distribution and pollution of the nitrogen forms and organic matter revealed that the content of the total nitrogen (TN), the organic nitrogen (Org-N), the ammonium nitrogen and the organic matter in the surface sediment of the lake had an obvious differentiation in longitudinal direction. The distribution characteristics of TN in surface sediments were mainly dominated by the distribution characteristics of Org-N, and TN had a significant correlation with organic matter content. In the sediment cores, the TN content and the organic nitrogen content both had the same trend that their content decreases with the increasing depth. The vertical distribution of ammonium nitrogen in the sediment core was various, but it was also enriched in the surface sediments. The organic nitrogen is the main existing form of nitrogen in surface sediments and sediment core, and ammonium nitrogen is the main existing form of inorganic nitrogen. There was very little TN mineralized in the diagenesis. The typical sources of organic matter in surface sediment of Hasuhai Lake may be macrophytes such as reed and terrestrial source. The pollution of nitrogen in the surface sediments of Hasuhai Lake has serious biology toxicity effect on the bottom biology communities and aquatic ecosystem.

Key words sediment; nitrogen; organic matter; distribution; Hasuhai