里运河底泥 COD 和 NH_3-N 空间分布及对水质的影响

李 勇[1],朱智兵[2]

(1.河海大学环境科学与工程学院,江苏 南京 210098;2.淮安市水利勘测设计研究院有限公司,江苏 淮安 223005)

摘要:通过对里运河底泥中污染物质的含量分析,阐述了不同深度底泥中 COD 和 NH_3-N 的空间分布特征,结果发现城区段底泥中 COD 和 NH_3-N 的含量约为非城区段的 2 倍,表层(0 ~ 30 cm)和次表层(30 ~ 60 cm)底泥污染较深层(150 ~ 210 cm)污染严重,0 ~ 60 cm 底泥中的 COD 和 NH_3-N 平均含量分别是深层底泥 COD 和 NH_3-N 的 2.5 和 2.1 倍。同时通过对表层底泥和对应断面水质的比较分析,得出了表层底泥中 COD 和 NH_3-N 的含量与水质有较好的相关性($R = 0.76$, $n = 12$),说明底泥中污染物质的释放在一定程度上已经影响了里运河的水质。

关键词:里运河;底泥;COD;NH_3-N;水质

中图分类号:X522 **文献标识码**:A **文章编号**:1004-6933(2008)06-0072-04

Spatial distribution of COD and NH_3-N in sediment and its influence on water quality of Liyun River

LI Yong[1], ZHU Zhi-bing[2]

(1. *College of Environmental Science and Engineering, Hohai University, Nanjing* 210098, *China*; 2. *Huaian Surveying and Design Institute of Water Resources Co., Ltd., Huaian* 223005, *China*)

Abstract: The spatial distributions of COD and NH_3-N in sediment at different depths of the Liyun River are discussed by analyzing the contents of pollutants in the sediment. The results show that the contents of COD and NH_3-N in the sediment in the urban reaches of the river are twice those in the other reaches, and the contents in surface (0 ~ 30 cm) and subsurface (30 ~ 60 cm) sediment are, respectively, 2.5 and 2.1 times as high as those in deep (150 ~ 210 cm) sediment. Based on the contents of COD and NH_3-N in surface sediment and the corresponding water body, a well relationship ($R = 0.76$, $n = 12$) between sediment and water is found. It indicates that the release of COD and NH_3-N from sediments has, to a certain extent, influenced the water quality of the Liyun River.

Key words: the Liyun River; sediment; COD; NH_3-N; water quality

里运河横穿淮安市清河、清浦、楚州三区,除担负南水北调东线工程输水任务外,还具有防洪、灌溉、排水和通航功能。每年接纳淮安市小部分的工业污水和约 15 万人的生活污水,以及船舶流动污染源污水[1-2]。由于里运河几十年来未经彻底疏浚[1],随着经济的迅速发展和居民集聚,大量未经处理或只经低级处理后的废污水直接排入里运河,污染物质不断沉降吸附于底泥中,随着水温、pH 值的变化和船舶的扰动,大量有机污染物和重金属重新释放[3],使河流水体受到不同程度的污染[4-5]。

COD 和氨氮浓度是南水北调东线工程水质控制的重要指标,目前长江调水区段的水体中 COD 浓度基本上能达到Ⅱ ~ Ⅲ类水质标准要求,但尚不稳定,若沿途再有较大污染源进入输水干线,调水水质将无法得到保证,因此需要尽量查明沿线的各种重大潜在污染源。本研究对里运河 6 个断面的底泥分层采样,分析了底泥中 COD 和氨氮的空间分布特征,并对表层底泥中两种污染物含量与对应断面水质关系进行了探讨。

作者简介:李勇(1974—),男,江西萍乡人,副教授,博士,主要从事土壤和地下水溶质运移研究。E-mail:liyonghh@126.com

1 材料与方法

1.1 监测采样

里运河淮安段全长约 24 km，共布设 6 个监测断面 老船厂、西安路桥、水门桥、越河泵站、乌砂洞和矶心闸(图 1)，其中西安路桥、水门桥和越河泵站 3 个断面属于淮安市城区河段。监测时间为 2006 年 5 月 17 ~ 20 日，监测项目为 COD 和氨氮，底泥监测频率为 1 次。每个断面分别在河中和离河岸 3 ~ 5 m 处(以下简称河岸)钻孔取样，每个钻孔分别取 0 ~ 0.3 m、0.3 ~ 0.6 m、0.8 ~ 1.1 m、1.3 ~ 1.6 m 和 1.8 ~ 2.1 m 共 5 层泥样，共 60 个样，每个样品 2 ~ 3 kg。表层底泥的采样工具为抓斗式采样器，深层底泥采样工具为圆柱状采样器，采样按《水和废水监测分析方法》(第 3 版)中的有关要求进行。

里运河为航运河道，过往船只较多，特别是河道的上游经常有各种大小运输船舶来往，因此，在监测时分别取了较长时间无船舶扰动时的水样(本文暂称为清水样)和有船舶经过时立即取的水样(本文暂称为混水样)，水质监测项目为 COD 和氨氮。

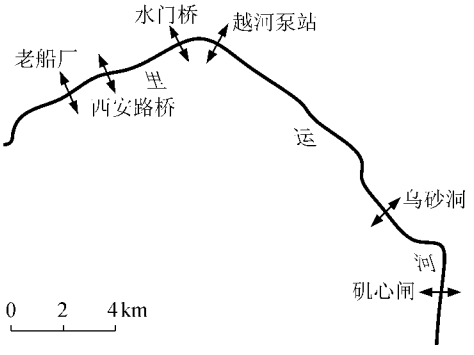

图 1 监测断面位置图

1.2 分析方法

参照土壤农业化学分析方法，底泥中的 COD 的分析方法采用高温氧化容量法，氨氮采用靛酚蓝比色法。水体 COD 和氨氮则分别采用重铬酸钾法(GB 11914—89)和纳氏试剂比色法(GB 7479—87)进行分析。

2 结果分析

2.1 里运河沿程水质变化

里运河水体现状功能执行 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅲ类水质标准 ρ(COD) ≤ 20 mg/L，ρ(NH_3-N) ≤ 1.0 mg/L。里运河 6 个监测断面水体中 COD 的分布情况如图 2 所示，各断面清水样均有不同程度超标，其中西安路桥和水门桥超过Ⅳ类水质标准，越河泵站的污染最为严重，超标(Ⅲ类水质标准)倍数为 1.22。老船厂、乌砂洞和矶心闸 3 个断面水体污染相对较轻，但也超过Ⅲ类水质标准。由于表层底泥都为稀状浮泥，粒径小，呈粉末状和絮凝状，容易上浮，造成混水样中 COD 浓度较清水样增加较大[6]，其中越河泵站、乌砂洞和水门桥 3 个断面的质量浓度增值分别为 27.2 mg/L、26.7 mg/L 和 17.9 mg/L，对水质产生了较大的影响。老船厂、西安路桥和矶心闸 3 个断面混水样浓度增值则相对较小，但也使这 3 个断面的水质发生越级变化。

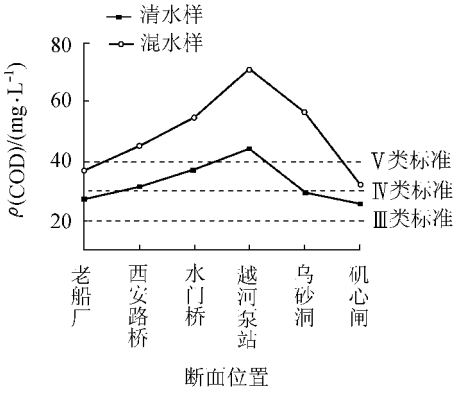

图 2 里运河各断面 COD 浓度沿程变化

水体氨氮的沿程分布情况如图 3 所示，与 COD 相比污染更加严重。除老船厂外，其他 5 个断面的氨氮浓度都超过地表水Ⅲ类水质标准，有的甚至严重超过了Ⅴ类。污染较严重的断面分别为越河泵站、水门桥和西安路桥，超标倍数分别为 6.2、5.4 和 4.4，老船厂和矶心闸污染相对较轻。矶心闸、乌砂洞和越河泵站 3 个断面受到船舶扰动等影响时，水体中的氨氮质量浓度增值相对较大，分别达到 2.67 mg/L、2.46 mg/L 和 2.13 mg/L。

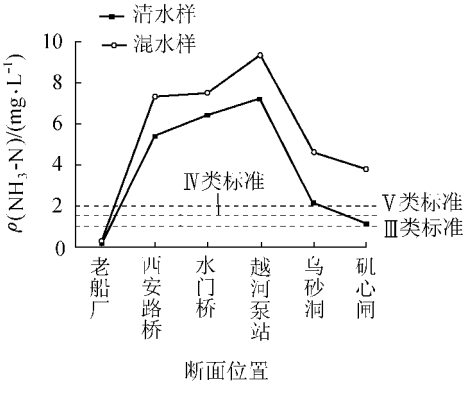

图 3 里运河各断面 NH_3-N 浓度沿程变化

由于表层底泥中耗氧性有机物和氨氮的含量较高，与上覆水体之间存在吸附与解吸、溶解与沉淀的过程，在水体稳定情况下可能达到平衡状态[7]。当水流和水质条件发生变化时，将会导致大量有机物释放[5-6]。从各个断面的总体情况看，里运河水质较差，水体扰动产生底泥释放后水质更差，COD 从原来的基

本上 V 类降为劣 V 类，氨氮则污染更加严重。

2.2 里运河底泥特征及污染物分布

西安路桥、水门桥和越河泵站 3 个断面的淤泥层较厚，平均厚度分别达到 1.6 m、1.4 m 和 1.2 m，局部可能更厚，其他断面的淤泥层平均厚度为 0.8 ~ 1.2 m。靠近河道岸边的淤泥层较厚，而河中靠近航道附近的淤泥明显更少。表层淤泥大多成黑褐色，臭味，含水量大，颗粒小，夹杂大量有机物质等，容易随水体的扰动上浮。

各断面底泥中 COD 的质量比沿程分布变化较大，各断面的平均质量比分别为 18 130 mg/kg(老船厂)、25 620 mg/kg(西安路桥)、29 590 mg/kg(水门桥)、50 710 mg/kg(越河泵站)、21 550 mg/kg(乌砂洞)和 9 900 mg/kg(矶心闸)。若以各断面黄泥层中 COD 的平均质量比作为背景值(8 204 mg/kg)，各断面的污染累积指数分别为 2.21、3.12、3.61、6.18、2.63 和 1.21，越河泵站的污染最严重。氨氮的质量比范围为 200 ~ 637 mg/kg，平均质量比为 365 mg/kg。总体上越河泵站、水门桥和西安路桥 3 个断面污染较重，平均质量比分别为 599 mg/kg、525 mg/kg 和 449 mg/kg。参照黄泥层中氨氮质量比(145 mg/kg)，这 3 个断面的污染累积指数分别为 4.13、3.62 和 3.10，其他 3 个断面的污染累积指数都在 1.3 左右。由此可见，城区 3 个断面的底泥污染更加严重，其中 COD 和 NH_3-N 的质量比分别是其他 3 个断面平均值的 2.1 倍和 1.9 倍。

从垂向分布看，0 ~ 60 cm 污染最严重，其次是 80 ~ 110 cm，至黄泥层污染相对较轻。COD 和 NH_3-N 的质量比在 0 ~ 60 cm 的平均值分别约为 36 271 mg/kg 和 530 mg/kg，深层 150 ~ 210 cm 处平均值分别为 14 531 mg/kg 和 254 mg/kg。0 ~ 60 cm 底泥中的 COD 和 NH_3-N 分别约为深层底泥的 2.5 倍和 2.1 倍。其中水门桥和越河泵站断面淤泥层较深，其深层底泥中 COD 和 NH_3-N 的质量比仍然很高，说明淮安地区近几十年来工业废水和城市污水的大量排放引起了河道浅层底泥的严重污染[3]。

从横向分布看，总体上靠近岸边钻孔的底泥，明显高于河中钻孔底泥的含量，一方面是排污口大多数设在岸边，另一方面是因为岸边水体流速小，水体中污染物质容易沉降吸附于底泥中[8-9]。其中底泥中 COD 的差别较 NH_3-N 更大，主要是受城市生活污水排放的影响。老船厂断面由于河中航道清淤原因，COD 和 NH_3-N 质量比平均都比岸边低。另外，城区段的西安路桥、水门桥和越河泵站断面由于受生活污水岸边排放的影响[3]，河中底泥 COD 和 NH_3-N 的平均质量比都明显低于岸边。

2.3 表层底泥污染物质量比与水质相关性分析

表层底泥与水体之间存在较密切水分和物质交换关系[10]，因此采用表层(0 ~ 30 cm)与对应断面水质进行对比分析。为便于比较，首先对底泥中污染物质的质量比和水体中污染物的浓度进行统一标准化计算，然后进行线性拟合。从图 6 可以看出，COD 和 NH_3-N 两项指标在底泥中的质量比与在水体中的浓度具有较好的相关性，相关系数 R 为 0.76(n = 12)。由于几十年来里运河底泥未经彻底疏浚过，累积了大量的污染物质，同时里运河作为五级航道，过

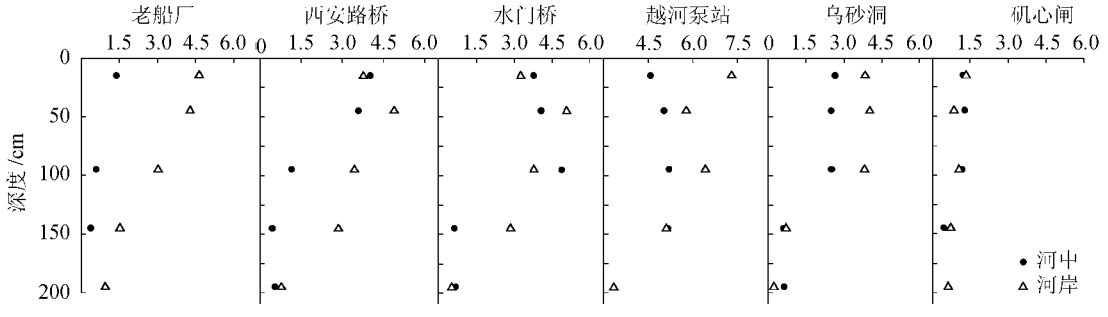

图 4 里运河沿程各断面底泥中 COD 的质量比分布(10^4mg/kg)

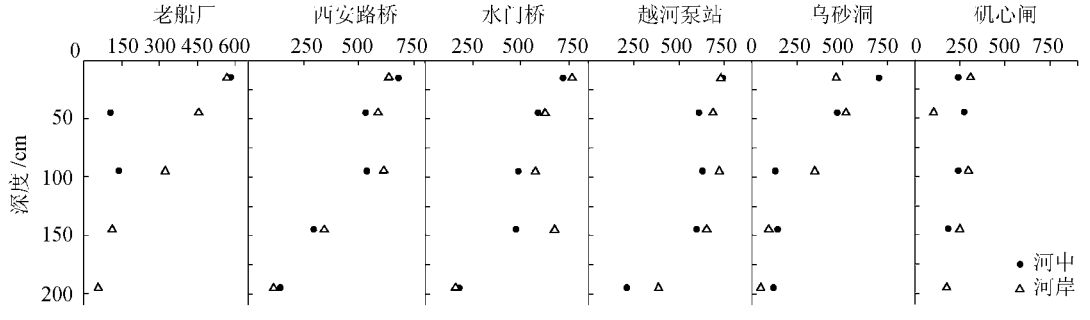

图 5 里运河沿程各断面底泥中氨氮的质量比分布(mg/kg)

往船只较多较频繁，底泥容易上浮并释放污染物质到水体中，引起二次污染，并且较难再沉降[10]，表层底泥与水体之间具有较好的交换作用。

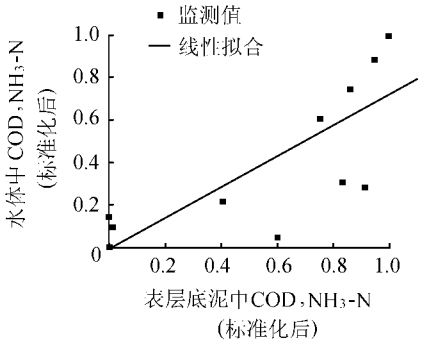

图6　底泥中COD和NH_3-N含量与对应断面水体中浓度的相关性

3　结　语

里运河底泥中COD含量沿程分布变化较大，各断面的平均质量比分别为18 130 mg/kg（老船厂）、25 620 mg/kg（西安路桥）、29 590 mg/kg（水门桥）、50 710 mg/kg（越河泵站）、21 550 mg/kg（乌砂洞）和9 900 mg/kg（矶心闸），污染累积指数分别为2.21、3.12、3.61、6.18、2.63和1.21。底泥中NH_3-N的质量比范围为200～637 mg/kg，平均值为365 mg/kg。总体上越河泵站、水门桥和西安路桥断面NH_3-N质量比较大，平均值分别为599 mg/kg、525 mg/kg和449 mg/kg，污染累积指数分别为4.13、3.62和3.10。

城区河段底泥中COD和NH_3-N的含量较高，污染相对非城区段较严重，表层（0～30 cm）和次表层（30～60 cm）底泥中的含量约为深层（150～210 cm）底泥的2.5倍（COD）和2.1倍（NH_3-N），表明近几十年来的污废水排放对里运河底泥造成了严重的污染。COD和NH_3-N两项指标在底泥中的含量与水体中的浓度具有较好的相关性，相关系数为0.76（$n=12$），在一定程度上说明了底泥的污染引起了水体的二次污染。

由此可见，为更好的保障南水北调水体的水质，减少沿途潜在的污染源是十分必要的，建议根据里运河底泥的具体情况，清除城区段1.2～1.5 m深的淤泥层并同时加强淮安市截污导流工作。

参考文献：

[1] 郝达平，陶建国. 改善淮安里运河水环境状况的尝试[J]. 水资源保护，2004，20(4)：46-47.

[2] 徐洪云. 淮安市城市河道水环境治理对策研究[J]. 排灌机械，2002，20(1)：40-42.

[3] 朱广伟，陈英旭. 沉积物中有机质的环境行为研究进展[J]. 湖泊科学，2001，13(3)：272-279.

[4] EINAX J W，KAMPE O，TRUCKENBRODT D. Assessing the deposition and remobilisation behaviour of metals between river water and river sediment using partial least squares regression [J]. Fresenius J Anal Chem，1998，361：149-154.

[5] ENGUIX GONZÁLEZ A，TERNERO RODRÍGUEZ M，JIMÉNEZ SÁNCHEZ J C，et al. Assessment of metals in sediments in a tributary of guadalquivir river (Spain). heavy metal partitioning and relation between the water and sediment system[J]. Water，Air，and Soil Pollution，2000，121：11-29.

[6] 毕春娟，郑祥民，陈振楼. 苏州河市郊段底泥中COD_{Cr}和NH_3-N的空间分布特征[J]. 上海环境科学，2000，19(7)：305-308.

[7] 吴群河，曾学云，黄钥. 河流底泥中DO和有机质对三氮释放的影响[J]. 环境科学研究，2005，18(5)：34-39.

[8] 许世远，陈振楼，俞立. 苏州河底泥污染与整治[M]. 北京：科学出版社，2003.

[9] 刘凌，崔广柏，王建中. 太湖底泥氮污染分布规律及生态风险[J]. 水利学报，2005，36(8)：900-905.

[10] 李剑超，褚君达，丰华丽. 河流底泥冲刷悬浮对水质影响途径的实验研究[J]. 长江流域资源与环境，2002，11(2)：137-140.

（收稿日期：2007-06-29　编辑：高渭文）

·简讯·

新疆为艾比湖实施调水突破亿万方水

2008年新疆遭遇的持续高温干旱天气使具有沙尘暴“控制阀”之称的艾比湖面积不及往年的一半，有关部门实施紧急调水后，湖面萎缩的态势得到有效抑制和缓解。

艾比湖古称“可可淖尔”，是准噶尔盆地西部的最低洼地和水源汇集中心。由于水量得不到充足补给，艾比湖水域面积极度萎缩，2008年9月，其湖面面积不到400 km^2，只相当于丰水期时的1/3，大面积裸露的湖底可能再次成为沙尘源，艾比湖湿地生态环境岌岌可危。目前艾比湖水域最深处不足2 m，总水量只有6亿m^3，而艾比湖正常年份的蒸发量就超6亿m^3，如果旱情持续下去，艾比湖将可能变成夏秋季干涸的季节湖并最终消失。

地处博尔塔拉河中下游的新疆兵团农五师八十六团和八十一团，过去主要引用博尔塔拉河的水进行浇灌，近年来，当地实施了大规模的现代化节水农业，同时实施退耕还林工程，一定程度上减少了用水量。将博尔塔拉河水注入艾比湖，这是目前最能有效措施阻止艾比湖萎缩的措施之一。进入冬季以来，八十一团的3个水库往后推迟蓄水，周边农业用水相对减少，来自上游的库水、博尔塔拉河水和大河沿子河水渐渐多了起来，流经这里的博尔塔拉河、精河的河水不断注入，使得艾比湖湖面正在不断回升中。近两个月来，注入艾比湖的水有上亿万方。

（新疆博乐农五师八十一团　通讯员　龚冬供稿）