

# 南水北调东线工程底泥污染物对水质的影响评价

谭炳卿, 杨智, 沈哲松, 王成

(淮河水资源保护科学研究所, 安徽 蚌埠 233001)

**摘要:** 在南水北调东线工程黄河以南区域, 对河流、湖泊的底泥进行了监测, 并对不牢河的底泥进行了冲刷试验, 根据获得的实测资料和试验数据, 对底泥污染物对水质的影响进行分析评价。结果显示, 底泥中的重金属类汞和砷, 有机类污染指标中的总磷、总氮、 $COD_{Cr}$  和  $COD_{Mn}$  的最大溶出浓度均较高, 它们有可能成为影响水体质量的潜在污染源。从接近于实际调水情况的冲刷试验结果看, 底泥中的污染物对水体水质的影响较小。

**关键词:** 南水北调; 东线工程; 底泥污染物; 水质; 影响评价

中图分类号: X820.3 文献标识码: A 文章编号: 1001-6929(2003)04-0001-04

## Impact Assessment of Pollutants in Sediments on the Water Quality for East Route Project of South to North Water Transfer

TAN Bing-qing, YANG Zhi, SHEN Zhe-song, WANG Cheng

(Institute of Huai River Water Resources Protection, Bengbu 233001, China)

**Abstract:** In the southern part of the East Route Project of South to North Water Transfer, sediments in rivers and lakes were monitored and the washing experiment carried out in the reach of the Bulao River. Based on the data from the sediments monitoring and washing experiment, impacts of pollutants in sediments on the water quality was assessed. The results show that the maximum concentrations of dissolved Hg, As, TP, TN,  $COD_{Cr}$  and  $COD_{Mn}$  are higher and these may become potential polluting sources. It could be concluded that impact of pollutants in sediments on the water quality is relatively small from the washing experiment under the similar conditions of water transfer project.

**Key words:** South to North Water Transfer; East Route Project; pollutants in sediments; water quality; impact assessment

南水北调东线工程是在江苏省江水北调工程的基础上扩大规模并向北延伸的大型跨流域调水工程, 该工程从长江下游扬州附近抽引长江水, 利用京杭大运河及与其平行的河道作为输水主干线和分干线逐级提水北送, 并连通作为调蓄湖泊的洪泽湖、骆马湖、南四湖和东平湖, 通过隧洞穿过黄河后自流到天津, 输水主干线全长1 150 km。

东线调水工程主要利用现有京杭运河及其平行的河道输水, 输水干线联接长江、淮河、黄河、海河四大流域, 按照南水北调中“先节水、后调水, 先治污、后通水, 先环保、后用水”的原则。为实现调水工程的水质目标, 需要分析评价各种污染源对水质的影响, 笔者在此主要介绍底泥(底质)污染物对水质的评价方法、河湖底泥的监测和冲刷试验的结果, 并对防治底泥污染提出建议。

### 1 分析思路与评价方法

根据南水北调东线工程输水沿线河湖水流特征、

污染源分布情况和水质现状, 选择底泥监测取样断面。考虑调水工程实施后的河道水流条件, 利用蔺家坝闸开闸放水对闸下不牢河段进行冲刷试验, 以评价底泥污染物对水质的影响, 评价方法如图1所示。

### 2 南水北调中底泥对水质的影响分析评价

#### 2.1 底泥污染物溶出浓度分析方法<sup>[1-2]</sup>

底泥中污染物的溶出浓度对水质影响较大, 因此评价底泥对水质的影响主要是确定各种污染物的溶出浓度。当污水中重金属离子浓度较低时, 其吸附特性近似于亨利模式, 因此可用分配系数来描述不同条件下土壤对于重金属离子的吸附特性。所谓分配系数, 就是指达到吸附平衡时固相和液相污染物的分配情况, 计算公式见式(1), 部分重金属污染物的分配系数试验数值见表1。

$$K_d = S/C \quad (1)$$

其中,  $S$  为达到吸附平衡时污染物在固相中的质量分数,  $mg/kg$ ;  $C$  为达到吸附平衡时污染物在液相中的质量浓度,  $mg/L$ 。

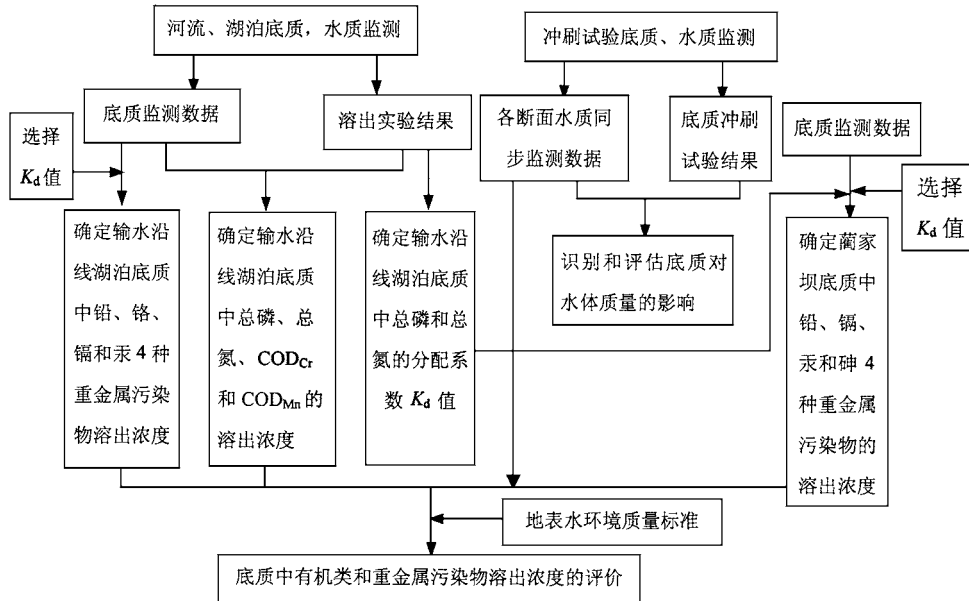


图1 底泥污染物对水质的影响评价方法示意图

Fig.1 Sketch of impact assessment approach of pollutants in sediments on water quality

表1 部分重金属污染物的分配系数( $K_d$ )试验数值表Table 1 Experiment values of  $K_d$  for some heavy metal pollutants

重金属	铅	镉	汞	砷	三价铬	六价铬
$K_d$	4 419 ~ 1 186	1 197 ~ 183	390 ~ 98	166 ~ 7.3	1 714 ~ 292	0.64 ~ 0.09

根据式(1)计算的溶出浓度均为达到吸附平衡后可能进入水体中的最大污染物浓度,可以认为是最大溶出浓度,为底泥污染的最不利情况。

## 2.2 湖泊底泥监测评价

在调水沿线调蓄湖泊洪泽湖、骆马湖、东平湖、南四湖上级湖、南四湖下级湖5个湖泊中同步采集水样和底泥样品,并在湖泊岸边采集未受污染的土壤本底样品。其中,湖中各采样点尽量靠近湖中央位置,各点同步取水样、底质样,所取的底质样品大于1.5 kg。在每个湖泊岸边0.5 m以下取一个土壤质本底样品。在测定项目中还包括总磷、总氮、 $COD_{Cr}$ 和 $COD_{Mn}$ 4项有机物指标的溶出试验。试验取一定量底质样品用纯水充分震荡,待沉淀后测定水中各参数的值。液固质量分数为10 kg/kg(重量比为10:1)。溶出浓度的评价采用《地面水环境质量标准》(GB3838-2002),其中总磷和总氮的评价指标采用“湖泊水库特定项目标准值”中的相应项目指标,其他评价指标选用“地表水环境质量标准基本项目标准值”。评价结果见表2、3。从表2、3可见,重金属汞和4项有机物指标均可能对水体造成污染。

## 2.3 冲刷试验中的底泥对水质的影响

由于上述评价的溶出浓度是一种最不利情况下的

溶出浓度,在实际调水中由于各种因素的影响,溶出浓度肯定要小。为准确评价实际调水中底泥对水质的影响情况,选取调水线路上的蔺家坝闸进行放水冲刷试验,通过对放水全过程水质监测,根据冲刷试验时监测结果分析、评估底泥中物质对水体水质的影响情况。

冲刷试验中悬浮颗粒物的沉积和再悬浮速度(单位时间内沉积、再悬浮的悬浮颗粒物数量)变化情况如图2所示。

蔺家坝水闸是不牢河上的水闸,在南水北调东线工程规划中不牢河是主要输水干线,蔺家坝水闸位于不牢河入微山湖处。冲刷试验时微山湖的水位高于不牢河水位。蔺家坝闸由船闸、水闸、发电站闸构成,由于抗旱需要,蔺家坝水闸、发电站闸自汛后一直没有开闸,平时只有船闸开启过船。因此,试验中在水闸下游设立监测断面。1999年沂沭泗水利管理局对蔺家坝闸进行过加固,同时对蔺家坝闸下河道进行清淤,在闸下的消力池中可以认为没有淤泥,因此在试验中闸下50 m的断面设在消力池下游50 m处,其他断面依次布设(见图3)。

冲刷试验前先取一次闸上、闸下水样,同时取闸下底泥表层样品进行监测。开闸放水同时开始计时,流量为 $90 \text{ m}^3/\text{s}$ ,河道中断面流速为 $1.0 \text{ m/s}$ ,岸边(据岸2

表 2 输水沿线湖泊底泥中重金属污染物评价表

Table 2 Assessment results of heavy metal

断面/采样点	pollutants in sediments of lakes $\mu\text{g/L}$							
	铅		铬		镉		汞	
	溶出质量浓度	功能分类	溶出质量浓度	功能分类	溶出质量浓度	功能分类	溶出质量浓度	功能分类
洪泽湖 - 蒋坝	4.95	I	19.56	II	0.25	I	0.38	IV
洪泽湖 - 二河闸	3.67	I	17.28	II	0.10	I	0.59	IV
洪泽湖 - 周原乡	1.56	I	21.33	II	0.15	I	0.31	IV
洪泽湖 - 二河本底	3.70	I	11.32	II	0.12	I	0.19	IV
骆马湖 - 三分场	3.09	I	8.42	I	0.81	I	3.82	> V
骆马湖 - 滨湖桥	3.56	I	15.08	II	0.41	I	3.67	> V
骆马湖 - 皂河闸	1.85	I	7.35	I	0.09	I	0.63	IV
骆马湖 - 皂河本底	1.43	I	10.34	II	0.06	I	1.29	> V
东平湖(北)	2.01	I	8.02	I	0.07	I	1.48	> V
东平湖(中)	2.55	I	9.29	I	0.13	I	3.81	> V
东平湖(南)	4.37	I	8.27	I	0.18	I	2.90	> V
东平湖(本底)	5.10	I	6.02	I	0.13	I	0.35	IV
上级湖独山湖北	3.43	I	12.55	II	0.11	I	6.25	> V
上级湖独山湖南	3.21	I	17.74	II	0.12	I	3.90	> V
上级湖航道	4.52	I	15.63	II	0.07	I	1.55	> V
上级湖本底	1.91	I	6.57	I	0.11	I	0.18	IV
下级湖二级坝下	3.99	I	18.98	II	0.05	I	0.23	IV
下级湖航道	5.64	I	13.60	II	0.11	I	0.72	IV
下级湖微山湖	2.07	I	7.15	I	0.13	I	0.74	IV
下级湖本底	3.46	I	18.06	II	0.12	I	0.16	IV

表 3 输水沿线湖泊底泥中有机物污染指标评价表

Table 3 Assessment results of organic

断面/采样点	pollutants in sediments of lakes $\text{mg/L}$							
	总磷		总氮		$\text{COD}_{\text{Cr}}$		$\text{COD}_{\text{Mn}}$	
	溶出质量浓度	功能分类	溶出质量浓度	功能分类	溶出质量浓度	功能分类	溶出质量浓度	功能分类
洪泽湖 - 蒋坝	0.41	> V	5.42	> V	74.00	> V	24.00	> V
洪泽湖 - 二河闸	0.75	> V	8.51	> V	77.00	> V	23.00	> V
洪泽湖 - 周原乡	0.25	> V	3.90	> V	65.00	> V	31.00	> V
洪泽湖 - 二河本底	0.65	> V	0.55	IV	20.00	III	14.00	V
骆马湖 - 三分场	0.25	> V	11.16	> V	76.00	> V	44.00	> V
骆马湖 - 滨湖桥	0.25	> V	5.83	> V	107.00	> V	86.00	> V
骆马湖 - 皂河闸	0.25	> V	3.60	> V	89.00	> V	18.00	> V
骆马湖 - 皂河本底	0.27	> V	0.59	IV	24.00	IV	10.00	IV
东平湖(北)	0.25	> V	2.98	> V	43.00	> V	12.00	V
东平湖(中)	0.25	> V	9.02	> V	52.00	> V	38.00	> V
东平湖(南)	0.25	> V	9.61	> V	65.00	> V	25.00	> V
东平湖(本底)	0.25	> V	5.01	> V	30.00	IV	34.00	> V
上级湖独山湖北	0.44	> V	6.26	> V	120.00	> V	47.00	> V
上级湖独山湖南	0.25	> V	8.77	> V	99.00	> V	54.00	> V
上级湖航道	0.34	> V	4.29	> V	60.00	> V	31.00	> V
上级湖本底	0.61	> V	0.50	IV	32.00	V	17.00	> V
下级湖二级坝下	0.29	> V	0.50	IV	22.00	IV	13.00	V
下级湖航道	0.40	> V	6.47	> V	57.00	> V	33.00	> V
下级湖微山湖	0.25	> V	1.94	> V	33.00	V	7.00	IV
下级湖本底	0.44	> V	0.50	IV	44.00	> V	12.00	V

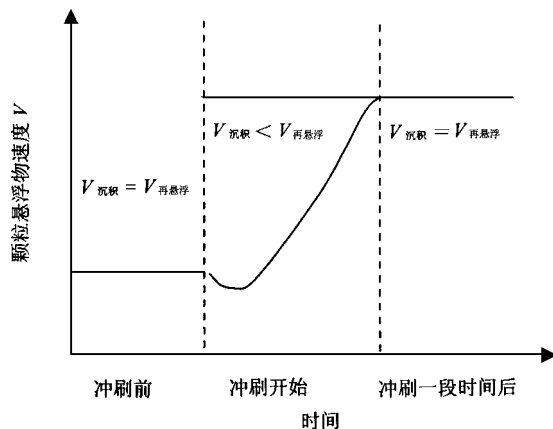


图 2 颗粒悬浮物沉积和再悬浮速度随时间的变化示意图

Fig. 2 Variation of sediment and re-suspending velocity of particulate pollutants

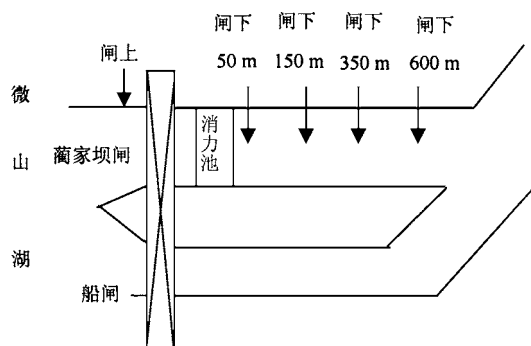


图 3 蔺家坝冲刷试验示意图

Fig. 3 Sketch of the washing experiment site

m 处) 流速为 0.5 m/s。待流量稳定后各水质断面开始每隔 10 min 取一次水样,直到放水结束。通过综合选取的分配系数  $K_d$  值计算,表 4 给出了蔺家坝闸控制断面底泥中污染物的溶出浓度(质量浓度)及其对应的水体功能分区。从表 4 中可见,总磷污染明显下降,重金属类新增加的监测项目砷污染较为严重。

表 4 蔺家坝底泥监测数据分析评价表

Table 4 Assessment results of pollutants in sediments of Linjiaba downstream

监测项目	底泥中含量/ ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	溶出质量浓度/ ( $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	功能分类
镉	1.28	1.86	II
铅	13.8	4.92	II
汞	0.12	0.49	IV
砷	14.6	168.49	> V
总磷	2.86	2.68	II
总氮	550	13 126.49	> V

由于冲刷试验中水质监测数据较多,并且流速,上

游水质与污染物的扩散、迁移和降解等因素都将影响试验结果的准确性,水质监测数据的定性分析结果见图4。

图4中每张小图中共有3条曲线,这3条曲线分别是开闸放水10、20 min 和水质参数趋于稳定(30 min)后各个监测断面同时采样得到的水质数据。每一横坐标对应的纵向3个水质监测数值,也同时反映出

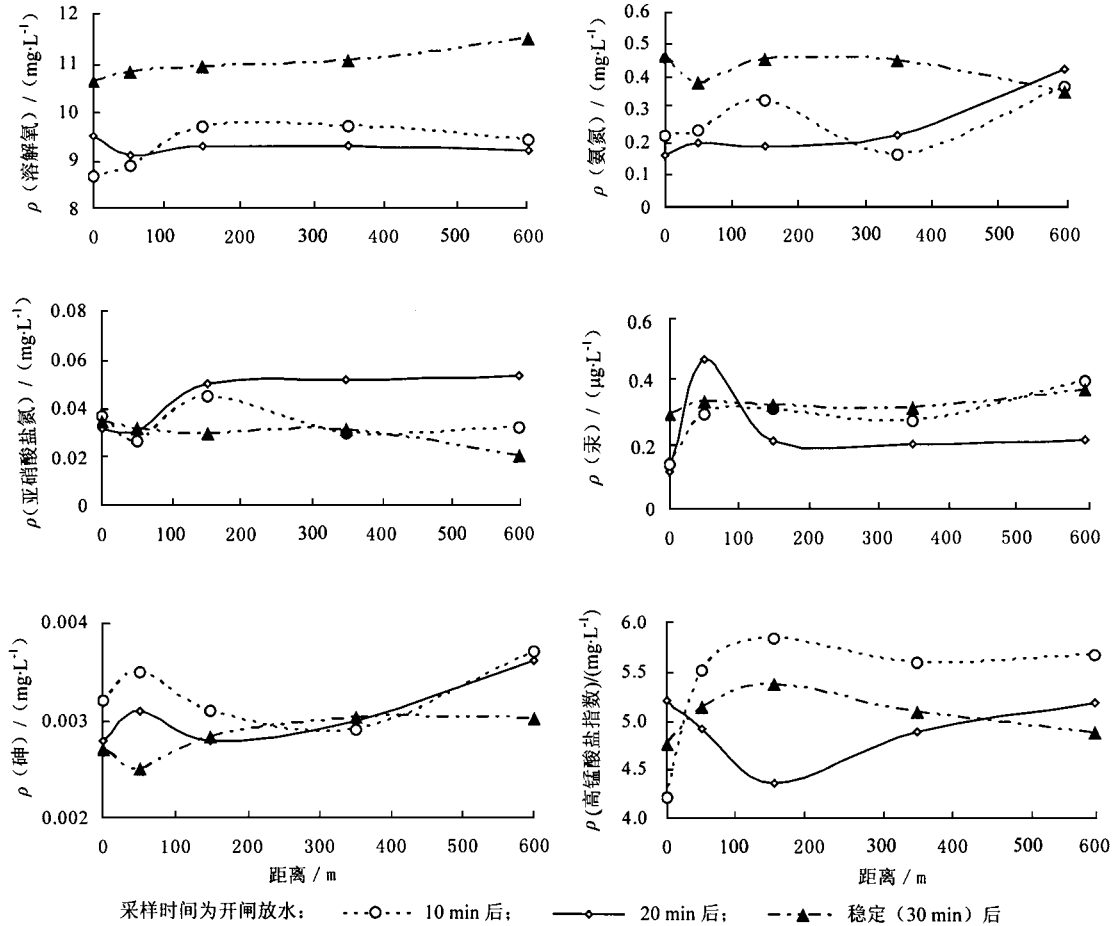


图4 各断面水质参数变化过程图

Fig. 4 Observations of water quality parameters in sections of the washing experiment

### 3 评价结论与建议

#### 3.1 南水北调中底泥对水质的影响

在南水北调底泥污染物中,个别重金属类污染物如汞和砷可能成为影响水体质量的污染物;有机类污染指标中,总磷、总氮、 $COD_{Cr}$ 、 $COD_{Mn}$ 的最大溶出浓度均较高,有可能成为影响水体质量的主要污染源。

通过接近于实际调水情况的冲刷试验看,底泥对水体质量变化影响较小,河道各断面高锰酸盐指数、溶解氧、氨氮、亚硝酸盐氮、汞和砷6个指标均好于Ⅲ类水。

#### 3.2 底泥污染防治措施与建议

根据冲刷试验情况看,底泥中的污染物浓度较大的时候是在冲刷开始后,也就是流态变为紊流时,同时

了各监测断面水质随时间的变化情况。

冲刷试验的结果表明,底泥对水质的影响较小,在冲刷试验时河道各断面高锰酸盐指数、溶解氧、氨氮、亚硝酸盐氮、汞和砷6个指标均好于Ⅲ类水,冲刷试验中各断面六价铬监测值均小于 $0.004 \text{ mg/L}$ ;挥发酚监测值小于 $0.002 \text{ mg/L}$ 。

水质受到上游来水水质、水量、水流速度等影响较大,因此在实际调水中应考虑在工程措施和调度管理上采取办法减少底泥污染物对水质的影响,如:在加强沿线水污染防治,保证上游来水水质;调水调度中合理利用调蓄湖泊,避免水流状态的突然变化;调水时尽量保证大流量、小流速调水等。

#### 参考文献:

- [1] Brian S Caruso. Risk-based targeting of diffuse contaminant sources at variable spatial scales in a New Zealand high country catchment[J]. Environ Manage, 2001, 63: 249 - 268.
- [2] McMahon G, Harned D A. Effect of environmental setting on sediment, nitrogen and phosphorus concentrations in Albemarle-Pamlico drainage basin, North Carolina and Virginia, USA[J]. Environ Manage, 1998, 22 (6): 887 - 903.