

# 山东小清河河床底质对污染物迁移影响浅析

佟光玉<sup>1</sup>, 赵书泉<sup>2</sup>, 张淑芹<sup>3</sup>, 刘春萍<sup>3</sup>, 武羽晓<sup>3</sup>

(1. 山东地矿建设工程集团有限公司, 山东 济南 250013; 2. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013; 3. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

**摘要:** 山东小清河发源于济南市南部山区, 数十条支流穿过市区, 向北汇入其干流。整个济南市的污废水通过遍布市区的支流排入小清河, 导致小清河严重污染, 丧失自净能力。被污染的小清河水以侧渗、灌溉等方式, 通过土壤、包气带, 污染浅层地下水, 进而对周围居民生存健康造成威胁。研究表明, 小清河淤泥底质及浅层土壤对重金属向地下水的扩散、迁移具有重要的“屏蔽”作用。因此, 小清河流域水环境污染防治的关键在源头。现阶段, 河床内淤泥底质不宜破坏, 重金属含量较高的土壤不宜种植食用农作物。

**关键词:** 污染物; 河床底质; 迁移; 小清河; 山东济南

中图分类号: TP619.23+3 文献标识码: A

## 1 山东小清河上游地区水环境概况

研究区位于济南市城区以及小清河上游两侧, 行政区隶属于济南市的历城区和章丘市。

小清河发源于济南泉群及南部山区, 干流全长 237 km, 流域面积 10 572 km<sup>2</sup>, 自西南向东北斜穿本区, 区内长约 38 km, 是本区地表水和第四系孔隙水的排泄河道。据黄台水文站 1976—1996 年实测资料, 平均流量 9 m<sup>3</sup>/s, 年均流量 3.2 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>, 河道纵比降约 1/7500。近年来, 小清河已成为济南、章丘

等工业和生活污水的主要排泄通道。

## 2 主要污染物在小清河中的分布与迁移规律<sup>[2]</sup>

### 2.1 小清河主要支流中污染物的分布与变化规律

小清河主要支流有西泺河、东泺河、柳行头、窑头大沟、大辛河、巨野河、粉红河等。

据水质检测结果显示, 各支流重金属及氰化物含量较少, 主要污染成分为 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, COD<sub>Mn</sub>, BOD<sub>5</sub>、挥发酚等(各支流水质结果见表 1)。

表 1 各支流水质分析结果(mg/L)

| 支流名称                  | CL <sup>-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> | F <sup>-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | COD <sub>Mn</sub> | BOD <sub>5</sub> | 挥发酚    |
|-----------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------|------------------------------|-------------------|------------------|--------|
| 大辛河(B <sub>7</sub> )  | 133.02          | 149.86                        | 0.40                         | 0.004                        | 1.40           | 16.25                        | 24.53             | 88.96            | 0.040  |
| 窑头大沟(B <sub>8</sub> ) | 138.62          | 109.08                        | 16.62                        | 1.40                         | 0.50           | 45.00                        | 8.38              | 3.31             | 0.016  |
| 柳行头(B <sub>9</sub> )  | 122.42          | 131.19                        | 0.40                         | <0.004                       | 0.40           | 35.00                        | 11.59             | 3.76             | 0.007  |
| 东泺河(B <sub>10</sub> ) | 85.01           | 98.27                         | 20.00                        | 2.00                         | 0.20           | 22.50                        | 5.53              | 2.58             | 0.013  |
| 西泺河(B <sub>11</sub> ) | 95.01           | 113.01                        | 5.50                         | 1.40                         | 0.50           | 22.50                        | 7.82              | 1.68             | <0.002 |
| 巨野河(B <sub>12</sub> ) | 151.02          | 93.36                         | 0.40                         | <0.004                       | 0.30           | 2.80                         | 40.55             | 8.03             | <0.002 |
| 粉红河(B <sub>13</sub> ) | 698.09          | 1093.27                       | 0.40                         | <0.004                       | 1.00           | 475.00                       | 98.00             | 323.6            | <0.002 |

收稿日期 2002-12-25, 修订日期 2004-03-18, 编辑 张天祯

作者简介: 佟光玉(1957-), 男, 山东沂水人, 高级工程师, 主要从事水工环研究工作。

2.2 小清河干流中污染物的分布与变化规律

作为济南市主要排污渠道的小清河,遭受工业、农业及生活污染严重,现将小清河往年污染物监测结果特征值与 2001 年度污染物监测结果统计于表 2 和表 3 中。

从表 2 中可以看出 1990—1994 年间小清河中最大值超过 V 类水标准的污染物有:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{COD}_{\text{Mn}}$ ,  $\text{BOD}_5$ , As, Hg, Pb, 挥发酚, 超标物质较多; 2001 年度最大值超过 V 类水标准的污染物有  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ , 挥发酚。此外,各污染物浓度随水期变化而同步变化,即枯水期 > 平水期 > 丰水期。这是因为丰水期源头及沿途清水流入量大,对污染物

浓度有稀释作用<sup>[1-2]</sup>。

表 2 1990—1994 年度小清河污染物监测结果特征值统计(mg/L)

| 污染物                      | 最大值    | 出现年度 | 最小值   | 出现年度       | 年平均    | 出现年度 |
|--------------------------|--------|------|-------|------------|--------|------|
|                          |        |      |       |            | 值      |      |
| $\text{NH}_4^+$          | 185.70 | 1991 | 0.025 | 1990, 1991 | 19.334 | 1991 |
| $\text{NO}_3^-$          | 4.27   | 1992 | 0.00  | 1992       | 0.75   | 1993 |
| $\text{NO}_2^-$          | 1.862  | 1993 | 0.002 | 1990—1994  | 0.172  | 1994 |
| $\text{COD}_{\text{Mn}}$ | 286.30 | 1991 | 0.85  | 1990       | 42.35  | 1993 |
| BO                       | 15.88  | 1992 | 未检出   | 1990—1994  | 1.31   | 1992 |
| As                       | 0.388  | 1991 | 0.000 | 1990       | 0.032  | 1991 |
| Hg                       | 0.022  | 1993 | 0.000 | 1990—1994  | 0.0022 | 1992 |
| Pb                       | 0.3750 | 1990 | 0.000 | 1990—1993  | 0.0308 | 1994 |
| 氰化物                      | 0.105  | 1993 | 0.000 | 1990—1991  | 0.009  | 1993 |
| 挥发酚                      | 0.7830 | 1994 | 0.001 | 1990—1994  | 0.447  | 1990 |
| $\text{BOD}_5$           | 560.70 | 1994 | 0.24  | 1994       | 56.29  | 1992 |

表 3 2001 年度小清河 5 个断面水质监测结果特征值统计结果(mg/L)

| 项目  | $\text{NH}_4^+$ | $\text{NO}_3^-$ | $\text{NO}_2^-$ | $\text{COD}_{\text{Mn}}$ | As     | Hg      | Pb     | 氰化物    | 挥发酚   |
|-----|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------|---------|--------|--------|-------|
| 最大值 | 35.00           | 7.25            | 4.00            | 10.19                    | 0.041  | <0.0001 | 0.025  | 0.075  | 0.200 |
| 最小值 | 27.50           | <0.40           | 1.00            | 8.04                     | <0.005 | <0.0001 | <0.005 | <0.006 | 0.028 |
| 平均值 | 30.5            | 3.89            | 2.1             | 8.77                     | 0.02   | <0.0001 | 0.0097 | 0.02   | 0.07  |

另外,从 2001 年 5 个断面水质监测结果看,重金属含量沿途变化规律性不明显,但总的来讲,在河水中并没有出现通常认为的含量增加的现象,这从另外一个侧面说明,重金属沿途出现了损失。这种损失,具有重要的环境意义。

2.3 小清河底质中污染物的分布与变化规律

在小清河各支流、干流河床,覆有一层淤泥,厚度在 0.2~0.6 m 左右,含有大量的腐殖质、微生物、泥沙等,其来源为沿途工农业生产污水和生活污水所携带的沉积物以及水体本身悬浮物的沉降。

沿小清河从上游到下游取样分析(图 1)发现,重金属污染物在底质中的含量较大,并有从上游济南南段向下游减少的趋势,说明济南市区是重要的重金属污染源,受检测断面的影响,下游傅家村断面含量偏高,这是由于傅家一带受闸门及水流速度滞缓等影响,悬浮物再沉积,从而导致重金属含量升高。

3 重金属在底质中富集的地质意义

应该说,由于重金属在河流底质中的富集,减轻了重金属对地下水的污染。从图 2 中可以看出,小清河沿岸浅层地下水主要受  $\text{SO}_4^{2-}$ , 总硬度,  $\text{NH}_4^+$ ,

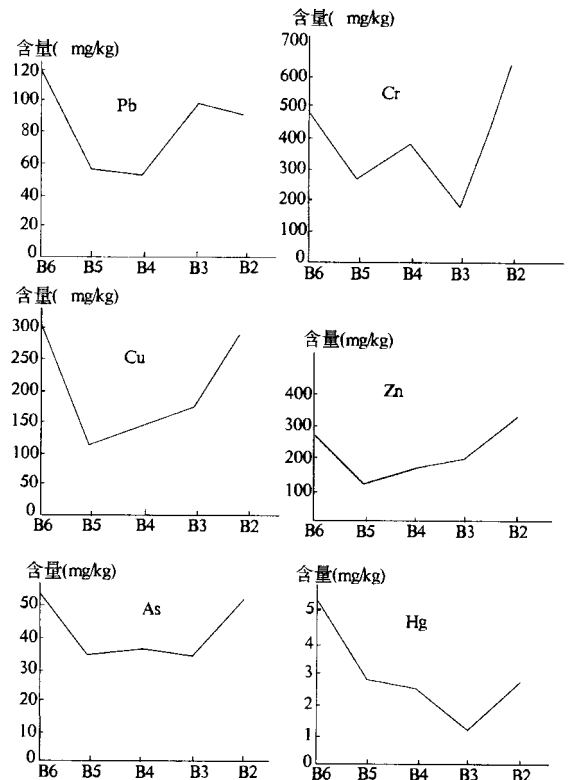


图 1 小清河底质中重金属含量沿程变化曲线图

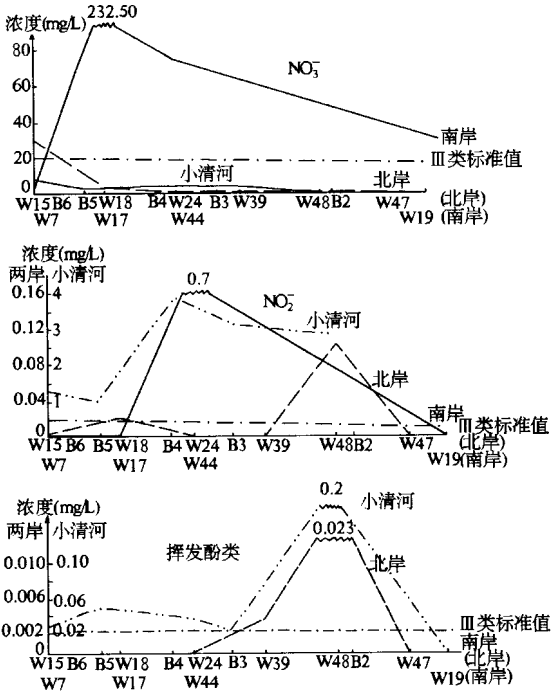


图2 小清河沿岸浅层地下水中挥发酚类、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  浓度沿程变化曲线图

$\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$  的污染, 酚类只在北岸王家、傅家出现超标。沿岸浅层地下水重金属含量低。当然, 污灌因素的影响也不可忽视, 个别不一致现象就是主要由污灌影响所致。

#### 4 结论与建议

小清河淤泥底质及浅层土壤中重金属含量较高, 其对重金属向地下水的扩散、迁移具有重要的“屏蔽”作用, 但对氯化物、氨氮化合物等影响不大。

现阶段, 由于小清河淤泥底质对重金属污染物具有较好的“屏蔽”作用, 因此, 在污染源未得到消除, 河水还未清洁时, 淤泥底质不宜破坏。

#### 参考文献:

- [1] 沈照理, 朱苑华. 水文地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2] 郭芳. 广西主要地下水水质评价及其变化规律[J]. 中国岩溶, 2002, 21(3): 77-80.

## Primary Effects of Silt in Riverbed to Contaminants Transformation in Xiaoqinghe River of Shandong Province

TONG Guang-yu<sup>1</sup>, ZHAO Shu-qian<sup>2</sup>, ZHANG Shu-qin<sup>3</sup>, LIU Chun-ping<sup>3</sup>, WU Yu-xiao<sup>3</sup>

(1. Shandong Geo-engineering Exploration Company, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Exploration Bureau of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250013, China; 3. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Wastewater in Jinan city is poured into the branches of Xiaoqinghe river by citizens and industrial units, which caused heavy pollution to the river. It is studied that silt and shallow soil are good shield to prevent transformation of some heavy metal elements into undergroundwater. Thus, the key to prevent water environment pollution in Xiaoqinghe reach is the headstream. At present, silt in the riverbed should not be disturbed and the soil with high heavy metal content should not plant crops.

**Key Words:** Pollution; silt in riverbed; contaminant; transformation; Xiaoqinghe river; Jinan city in Shandong province