



# 山东省高青县境小清河对沿岸浅层地下水的污染影响分析\*

付东叶,高明波,朱国庆

(山东省第一地质矿产勘查院,山东 济南 250014)

**摘要:**高青县境小清河水体污染严重,其污染源主要来自上游济南段和中游淄博段,已对沿岸浅层地下水造成了不同程度的污染,其污染程度受沿岸地下水的水位、包气带岩性结构和物质组成及距小清河的远近影响;污染的途径为引河污灌溉以及河水的对流弥散作用。

**关键词:**小清河;地下水;污染影响分析;高青县;山东

**中图分类号:** X522;X523;X820.3 **文献标识码:** A

小清河发源于济南市泉群及南部山区,流经高青县南部边界,由高青县西南部水牛韩船闸入境,至东部高城镇堰头村出境,后继续东流注入莱州湾,全长 237 km,高青县境内长 46.4 km(图 1)。高青县地处黄河下游,为黄河冲积平原的一部分,地形较为平坦,地面高程一般在 7~16 m。

和饮用的主要水源。但随着两岸工农业生产的发展,尤其是近年来工业的高速发展,大量工矿、企业废水和生活污水不断排入小清河,使河水受到了严重污染,小清河河水呈黑色,有悬浮物、白沫、异味,尤其在枯水期,高青县境河道中几乎全为污水,水质污染严重。

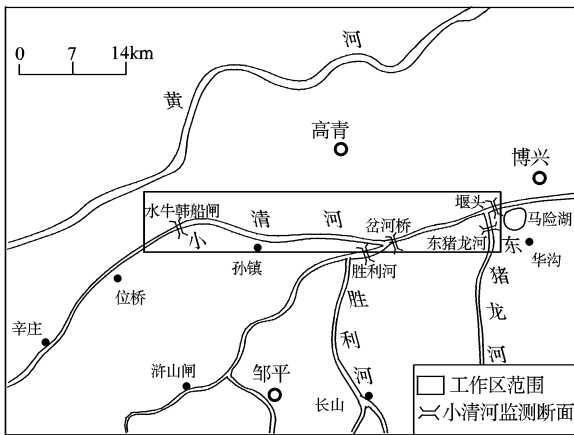


图 1 高青县境小清河水系分布图

## 1.1 小清河污染源

高青县境小清河污染源主要来自上游济南段污染源和中游淄博段污染源。

上游济南段污染源废水排放量占全流域的 46.39%,通过小清河水牛韩闸断面进入高青县境污水年径流量约 3.85 亿 m<sup>3</sup>。

中游淄博段污染源主要有马桥造纸厂污染源、小清河支流东猪龙河与胜利河污染源(表 1)。

表 1 小清河中游淄博段污染源污染物排放量统计

污染源	悬浮物 (t/a)	CODCr (t/a)	有害物质 (t/a)	挥发酚 (t/a)	年排污水量 (万 t)
马桥造纸厂	12.26	88.77		25.61	883.25
东猪龙河	3556	278.00	2396.00		3227.50
胜利河	7661	9057.00	275.00		2479.50

## 1 高青县境小清河污染状况

历史上,小清河曾经水质优良,是两岸居民灌溉

收稿日期:2006-03-31;修订日期:2007-01-18;编辑:孟舞平

作者简介:付东叶(1972-),女,山东平度人,工程师,主要从事矿产勘查工作。

山东省第一地质矿产勘查院,山东省高青县小清河及沿岸地带环境水文地质污染调查评价报告,2003年。

山东省地质环境监测总站,桓台县土地矿产管理局,淄博市桓台县水环境质量与氟中毒防治研究,2001年。



1.2 小清河水体质量现状

水质结果如表 2 所示。

高青县境小清河各断面及其支流提取水样检测

表 2 高青县境小清河各断面及其支流部分水质分析结果(mg/L)

断面	硫酸盐	氯化物	矿化度	氨氮	氟化物	砷	挥发酚	氰化物	石油	水化学类型
小清河入境处水牛韩船闸	451.57	200.54	1467.85	20.00	1.20	0.009	0.098	0.006	0.51	SO <sub>4</sub> · HCO <sub>3</sub> · Cl <sup>-</sup> · Na · Mg · Ca
小清河支流胜利河	425.24	250.86	1620.30	52.58	1.35	0.005	0.038	0.006	0.44	SO <sub>4</sub> · Cl <sup>-</sup> · Na · Ca
小清河中游岔河桥	359.80	233.10	1323.90	23.80	0.95	0.005	0.146	0.050	0.09	SO <sub>4</sub> · Cl <sup>-</sup> · HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> · Na · Ca
小清河支流东猪龙河	885.43	1114.12	3721.30	67.50	2.00	0.006	0.125	0.045	26.80	Cl · SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> · Ca · Na
小清河出境处堰头	723.75	437.42	2699.92	22.50	0.85	0.005	0.221	0.007	16.40	SO <sub>4</sub> · Cl <sup>-</sup> · HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> · Na
引黄灌渠	191.25	131.96	703.95	0.10	0.95	0.005	0.007	0.006	0.10	SO <sub>4</sub> · Cl <sup>-</sup> · HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> · Na · Mg · Ca

由表中可以看出,小清河水质各项离子在高青县境有明显的变化,从入境处至出境处,硫酸盐、氯化物、氨氮、挥发酚、石油等污染成分含量呈明显增高的趋势;水化学类型由入境处的 SO<sub>4</sub> · HCO<sub>3</sub> · Cl<sup>-</sup> · Na · Mg · Ca,到出境处变为 SO<sub>4</sub> · Cl<sup>-</sup> · HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> · Na,水质趋于恶化,这说明小清河在区内受到了中游淄博段污染源的汇入污染,小清河随着沿途污染源的增多,水体质量逐渐下降,污染程度亦随之加重,而同期高青县境引黄灌渠地表水体水质良好,未受污染。经采用均值型指数法对小清河各断面及其支流进行污染评价,综合污染指数在 2.46 ~ 12.08 之间,均属严重污染级别。

2 小清河对沿岸地下水的污染分析

2.1 小清河水位与沿岸地下水水位的关系

地下水污染与小清河水位及沿岸地下水的水位关系密切。高青县境小清河水位与沿岸地下水的水位关系以金家船闸为界可分为两段,在金家闸上游地段,小清河水位常年低于沿岸地下水水位,沿岸浅层地下水由两岸向河道排泄补给(图 2),故地下水受污染程度较低。

小清河金家闸下游地段北岸,河水位低于地下水水位,仅在丰水期极短时间内高于地下水水位,侧渗补给沿岸地下水;而在南岸桓台县境,随着近年地下水水位普遍下降,河水位逐渐高于地水位,河水则长期侧渗补给沿岸地下水,小清河成为回补地下水的污染源(图 3),则该地段地下水受污染程度高。

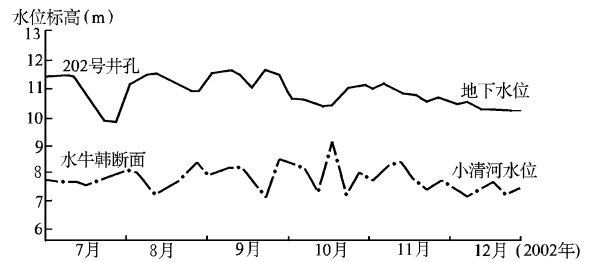


图 2 高青县境小清河上游地下水位与小清河水位关系图

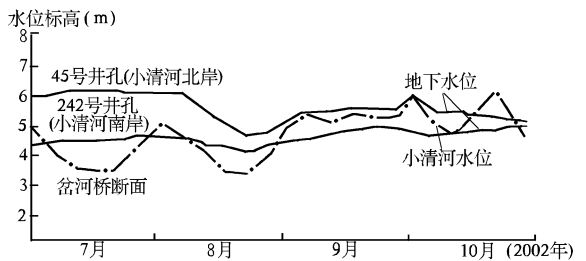


图 3 高青县境小清河下游地下水位与小清河水位关系图

2.2 包气带岩性结构和物质组成对地下水污染程度的影响

区内小清河沿岸地带浅层地下水的污染程度不仅与距小清河的距离远近有关,还与小清河沿岸地带包气带岩性结构和物质组成有关。包气带岩性是以粉质粘土、粘土为主的地带,污染物质通过粘性土层的过滤、吸附作用被净化,地下水受污染的程度相对较低;包气带岩性是以粘质砂土、粉细砂为主的地带,地下水受污染程度明显较重(表 3)。

表 3 包气带岩性结构与浅层地下水污染程度关系

井孔编号	199	219	209	179	253	180
距小清河距离(m)	50	100	200	500	1400	1750
包气带岩性结构	粘-砂-粘	砂-粘	粘-砂-粘	砂-粘-砂	粘性土	粘-砂-粘
主要岩性	砂质粘土	粘质砂土	砂质粘土	粘质砂土粉细砂	砂质粘土	砂质粘土
包气带厚度(m)	4.00	5.30	4.95	4.70	7.00	2.40
综合污染指数	43.33	59.45	35.34	129.64	20.29	6.90
污染程度	重污染	重污染	重污染	重污染	中等污染	轻微污染

另据资料显示,包气带土层对污染物的截留率因物各异。通过离子代换吸附作用,Na<sup>+</sup>,Ca<sup>2+</sup>,Cl<sup>-</sup>,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>等离子被土壤胶粒吸附,包气带土层对它们的截留率在 7.80%~36.30%不等,同时又通过土层的盐溶作用,将包气带土层中的Mg<sup>2+</sup>、氟等成分溶滤出来,造成地下水中总硬度和氟化物含量升高(表 4)。

表 4 包气带岩性(土柱)对主要污染物的截留率(%)

污染物	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	总硬度	矿化度
一次截留率	18.90	18.20	-83.30	36.30	0.30	-110.00	2.20	12.50
最高截留率	24.50	22.40	-111.00	36.30	7.80	-60.00	4.80	15.90

由上所述,包气带岩性虽对污染物具有一定的截留率,但地表污水中的各项污染物均具有较高迁移性,包气带土层对它们的截留率较低,未被截留的污染物势必通过包气带源源不断地输入地下水含水层中,造成地下水的污染。

### 3 小清河污染浅层地下水的途径

#### 3.1 引污灌溉

高青县利用小清河污水灌溉的历史已久,从 20 世纪 60 年代以后,约有 50 年历史。在区内污水灌溉面积约 4 533 hm<sup>2</sup>,每年灌溉 5~6 次,灌溉用水量约 0.3 亿 m<sup>3</sup>,其灌溉方式通过渠道直接漫灌于农田中,灌渠长约 1 000~1 500 m。污灌区内包气带岩性厚度在 4 m 左右,岩性以砂性土为主,粘性土厚度小。经多年污灌,土壤具有吸附有害组分的能力已达临界值,土壤纳污自净能力已较弱,致使土壤向环境输出污物,更促使和加快了污水对浅层地下水的污染。

根据小清河引污灌渠的长度及污灌范围,可确定小清河对沿岸地下水的污染范围已达 1 500 m。

#### 3.2 对流弥散

由小清河水与沿岸地下水的补排关系可知,测区内小清河水位在高青县境低于沿岸潜水含水层水位,潜水由两岸向河道排泄;仅在桓台县境近年河水高于地下水位,小清河回补地下水。该次污染评价重点考虑高青县境,故将小清河污染潜水的问题简化为一维问题,即污染物质通过扩散向潜水方向扩展(图 4)。

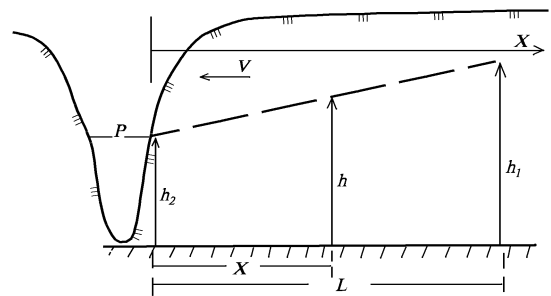


图 4 小清河污染浅层地下水的一维图形

据对流弥散试验资料<sup>[1]</sup>,污染方程及定解条件可归结为:

$$\begin{cases} \frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial r} (D_x \frac{\partial C}{\partial x}) - V \frac{\partial C}{\partial x} \\ C(0, t) = C_0 \quad t > 0 \\ C(\infty, t) = 0 \quad t > 0 \\ C(x, 0) = 0 \quad 0 < x < \infty \end{cases}$$

$$D_x = a_L \cdot V \cdot V = \frac{K(h_1^2 - h_2^2)}{2nL \sqrt{h_1^2 - x/L(h_1^2 - h_2^2)}}$$

式中: C(x, t) —距小清河 x 处 t 时刻污染浓度;

C<sub>0</sub> —小清河的污染物浓度;

x —至小清河的距離;

山东省地质环境监测总站、桓台县土地矿产管理局、淄博市桓台县水环境质量与氟中毒防治研究, 2001 年。

$K$ —潜水含水层的渗透系数;

$L$ —地下水长观站距小清河的距离( $L = 400$  m)。

经计算机模拟计算,当时间  $t$  取为 1 年时,计算的潜水相对浓度见图 5。计算结果表明,当相对浓度  $C/C_0$  变化范围为 0.999 ~ 0.001 时,在潜水向小清河排泄的条件下,污染物质由小清河向潜水含水层扩散 1 年约 2.80 m。

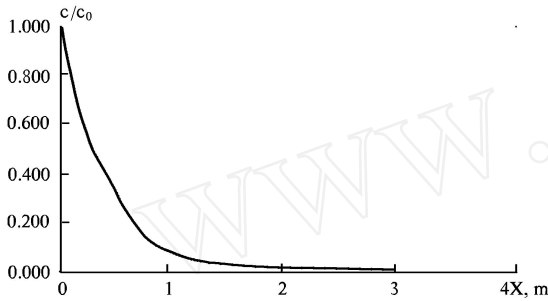


图 5 小清河污染浅层地下水的浓度

## 4 结论

(1) 区内小清河及其支流污染严重,其主要污染成分为硫酸盐、氯化物、矿化度、氨氮、挥发酚、氟化物及石油等。

(2) 在高青县境小清河水位常年低于沿岸地下水水位,接受地下水的侧流排泄补给,仅在金家闸下游地段在丰水期极短时间内河水位高于地下水位,侧渗补给地下水。

(3) 高青县境浅层地下水污染主要是由引污灌溉及小清河长期的对流弥散作用造成的,污染物质向浅层地下水扩散的速度 1 年约 2.80 m,其污染范围主要分布在小清河沿岸 1 500 m 污灌区范围内。

## 参考文献:

- [1] 田家怡. 山东小清河流域水污染问题与质量管理研究[M]. 东营:石油大学出版社,1996.

# Analysis on Underground Water Pollution Effected by Xiaoqinghe River in Gaoqing County of Shandong Province

FU Dong - ye, GAO Ming - bo, ZHU Guo - qing

(No. 1 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** Xiaoqinghe river in Gaoqing county is polluted strongly, and pollution source is from Jinan section in upper course and Zibo section in middle course. It has polluted shallow underground water in different degrees. Underground water level, rock property of aeration zone, material composition, and distance from Xiaoqinghe will effect pollution degree. Irrigation and dispersion are major pollution ways.

**Key words:** Xiaoqinghe river; underground water; pollution analysis; Gaoqing county; Shandong province

## 山东省加强矿山测量管理

近日,山东省国土资源厅专门下发通知,以规范矿山测量行为,确保矿山安全生产,提高矿产资源开发管理效能。

近年来,山东省矿山测量成果存在着测绘基准及测绘系统不统一,技术标准不一致,测绘成果质量不高等问题。为进一步加强对矿山测量工作管理,山东省国土资源厅下发了《关于加强矿山测量管理工作的通知》。《通知》明确了矿山测量的概念;强调从事矿山测量必须依法取得相应的测绘资质,测量人员必须依法取得执业资格;必须采用国家统一的测绘基准、测绘系统、测量规范等,保证测绘成果质量,测绘成果质量实行终身责任追究制度;矿山测量实行项目登记和成果汇交制度,其成果必须按照国家有关规定进行质量检验后方可使用,中型矿山测量成果应经省级以上专门测绘质检机构检验;各市要加强矿山测量工作的监督管理,山东省国土资源厅将不定期组织对矿山测量成果进行质量抽检,并公布抽检结果,对质量不合格的依法予以处罚。

(吕树建)