

# 淄河下游污染区地下水污染特征及人畜供水条件分析

马震, 孙晓明, 施佩歆, 葛炜, 方成, 柴婧婧

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

**摘要:**历史上淄河下游的人畜供水一直依赖地下水,但 20 世纪 80 年代以来区内淄河下游河道长期接纳上游污水,地表水和浅层地下水受到污染,浅层地下水已不适于人畜饮用。污染区沿淄河呈条带状展布,污染区边界距淄河约 1.0 ~ 1.5 km,其中距淄河 500 m 以内的区域污染最为严重。中深层地下水水质良好,仅个别井点因井管损坏造成点状串层污染,可做为人畜用水水源。基本可满足 2010 年前区内人畜供水要求。人畜供水开采中深层地下水时,应根据地下水污染特征和中深层含水层水文地质特征,分区分层开采,实现地下水合理开发,防止中深层地下水串层污染,保护宝贵的地下水资源。

**关键词:**淄河;污染;地下水;人畜供水

中图分类号:P641.75

文献标识码:A

文章编号:1672-4135(2006)01-0057-07

## 引言

山东省淄河下游地区地表水污染严重,区内人畜供水完全依赖地下水。近年来,该区浅层地下水受到严重污染,部分区域中深层地下水也出现污染现象,造成人畜供水困难。如何合理开发利用和保护淄河下游污染区地下水资源,保障人畜供水安全具有十分重要的意义。

## 1 研究区概况

淄河发源于莱芜市原山,全长 141.5 km,流经博山、青州、临淄、广饶,汇入小清河。淄河是一条季节性河流,主要汛期行洪,陡涨陡落,山洪携带的大量泥沙沉积在下游河道中,造成河床较高。淄河河床主要由粗砂砾石组成,无天然的粘土保护层,由于透水层、含水层的岩性颗粒粗大,渗透性极强,地下水的垂直和水平补给都很强烈,有“淄河十八漏”之说<sup>[2]</sup>。1956 ~ 1979 年淄河平均径流量 1.035 亿 m<sup>3</sup>/a,20 世纪 80 年代初淄河上游修建太河水库以后,下游河段已没有天然径流。近年来淄河下游河段全部接纳上游地区的工业污水,污水径流量约为 1 800 万 m<sup>3</sup>/a,污水在淄博市临淄区东周一东营市广饶县梧村的河段全部渗入地下。因此,

从淄博市临淄区东周一东营市广饶县梧村的淄河沿岸地区为淄河下游污染区。

淄河下游污染区位于山东省的东北部,地貌类型为山前冲洪积平原,地势较平坦,总趋势由西南向东北微倾,地面标高 6 ~ 20 m。属暖温带季风气候,四季分明、日照充足,多年平均气温 12.3 ℃,年平均降水量 574 mm,主要集中于 6 ~ 9 月,约占全年降水量的 71%,年蒸发量 1 198 mm。

区内埋深 500 m 以上的含水层组可分为潜水—微承压水含水层组、中深层承压水含水层组和深层承压水含水层组。

(1)潜水—微承压水含水层组:埋深 0 ~ 60 m,含水层主要岩性为粉砂、细砂,砂层累计厚度 10 m 左右。主要接受河流侧渗和大气降水补给,其中淄河污水侧渗补给量大于 1 000 万 m<sup>3</sup>/a<sup>①</sup>。浅层地下水水化学类型主要为 HCO<sub>3</sub>-Ca 型,矿化度一般为 0.6 ~ 0.8 g/L。在淄河沿岸地区受污水入渗影响,地下水矿化度偏高,一般为 1.0 g/L 左右。农业灌溉和农村人畜用水主要开采该层地下水,单井涌水量 10 ~ 15 m<sup>3</sup>/h。

(2)中深层承压水含水层组:埋深 60 ~ 260 m,含水层主要岩性为细砂、中砂,砂层累计厚度 20 ~ 30 m,其上部埋深 60 ~ 110 m 层段以粘

收稿日期:2005-12-16

基金项目:山东省国土资源厅基金项目:山东省淄河下游污染区人畜供水水文地质普查

作者简介:马震(1966-),男,高级工程师,主要从事水文地质、环境地质调查研究工作。

①山东省地勘局水文二队.黄河三角洲南部地下水人工调蓄试验普查报告,2000.

性土为主,构成隔水顶板。埋深 110 ~ 230 m 层段砂层分两段富集,上段埋深 110 ~ 170 m,有 3 个主要含水砂层,单层厚度 2 ~ 5 m,主要岩性为细砂;下段埋深 190 ~ 230 m,有 2 个主要含水砂层,单层厚度 3 ~ 5 m,主要岩性为中砂。中深层地下水主要接受上游地区地下水侧向径流补给。地下水矿化度小于 1.0 g/L,水化学类型主要为  $\text{HCO}_3 - \text{CaMg}$  型。淄河沿岸的部分村庄人畜用水开采该层上段地下水,单井涌水量 40 ~ 60  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

(3)深层承压水含水层组:埋深大于 260 m,含水层主要岩性为细砂、中砂,砂层累计厚度 30 ~ 40 m。主要接受上游地区地下水侧向径流补给。地下水矿化度小于 0.33 ~ 0.47 g/L,水化学类型主要为  $\text{HCO}_3 - \text{Ca}$  型。城镇居民生活用水和工业用水主要开采该层地下水,单井涌水量 40 ~ 60  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

三个含水层组之间均分布有连续的、厚度

大于 20 m 的粘性土隔水层,相互之间水力联系微弱。

## 2 地下水污染特征

### 2.1 地下水污染源

淄河污水是本区地下水的主要污染源。上游地区污水通过排污暗渠在东周排入淄河(东周以上的淄河河道常年干枯),排放量 3 ~ 4 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。这些污水囤积在临淄东周一广饶梧村之间的河道中,多呈条带状分布;在韩家庄、明庄、桥头王和崔家河崖等河段,由于人为挖砂形成大面积砂坑,使水流散乱,积水面积加大,污水呈片状分布。

淄河污水为棕黑色,臭味浓烈,主要污染物为石油类、挥发酚和 COD(见表 1),其中石油类、COD 等污染组分的浓度超过《地面水环境质量标准》(GB3838—88)Ⅴ类水的标准。这些污水除少量蒸发以外,大部分渗入地下污染地下水。

表 1 淄河污水水质分析成果表(mg/L)

Table 1 Analysis on the quality of the polluted water in Zihe River (mg/L)

分析项目 取样位置	石油类	COD	挥发酚	氰化物	$\text{Cr}^{6+}$	As	Cd	Pb	Hg	取样 时间
东 周	16.80	272	0.792							1990
白兔丘	2.26	226	21.17							1990
赵 庄	5.97	635	0.322	0.005		0.023		0.003	0.001 5	1996
东 水	0.06	447	0.233	0.045	<0.006	<0.008	<0.002 5	<0.005	<0.000 1	1999
崔家河崖	0.70	311	0.025	0.035	<0.006	<0.008	<0.002 5	<0.005	<0.000 1	1999

注:引自“广饶县淄河沿岸地下水污染调查与防治对策研究报告”①

### 2.2 地下水污染组分特征

浅层地下水直接接收污水入渗补给,污染程度较重,具有异味,颜色呈黄灰色,主要污染物为石油类和 COD,其中石油类的含量一般为

0.18 ~ 0.50 mg/L,超过《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)。浅层地下水污染物含量见表 2。

表 2 浅层地下水水质分析成果表(mg/L)

Table 2 Analysis on the quality of the shallow groundwater(mg/L)

分析项目 取样位置	石油类	COD	挥发酚	$\text{Cr}^{6+}$	Mo	备注
东 水	0.38	8.68	0.002	<0.004	0.002 2	所有水样中: As<0.002 5、Cd<0.001、 Pb<0.005、Hg<0.000 1、 氰化物<0.002
韩王居	0.18	1.06	<0.002	0.005	0.004 0	
西 水	0.36	0.79	<0.002	0.005	0.002 2	
吕道口	0.48	1.02	<0.002	0.005	0.001 0	
北 贾	1.32	1.04	<0.002	0.014	0.001 3	

注:引自“山东省淄河下游污染区人畜供水水文地质普查报告”②

① 山东省地勘局水文二队,黄河三角洲南部地下水人工调蓄试验普查报告,2000。

② 山东省地勘局水文二队,广饶县淄河沿岸地下水污染调查与防治对策研究报告,2000。

中深层地下水与地表水和浅层地下水之间水力联系微弱,基本未受污染。但在杨庄—明村的临河地段,由于部分水井(井深 160 m 左右)井管损坏,使中深层地下水与浅层地下水串通,造成中深层地下水点状串层污染。从串层

污染的中深层地下水中可检出石油类和  $Cr^{6+}$  等污染物,其中石油类的含量  $0.44 \sim 1.06 \text{ mg/L}$ , 超过《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)。中深层地下水污染物含量见表 3。

表 3 中深层地下水水质分析成果表(mg/L)

Table 3 Analysis on the quality of the middle and deep groundwater(mg/L)

分析项目 取样位置	石油类	COD	挥发酚	$Cr^{6+}$	Mo	备注
白兔丘	<0.05	0.68	0.004	0.006	<0.001	所有水样中: As<0.002 5、Cd<0.001、 Pb<0.005、Hg<0.000 1、 氟化物<0.002
郑辛		0.52	<0.002	<0.004	<0.001	
东水	0.08	1.13	<0.002	0.012	0.004 4	
黄东	<0.02	0.91	<0.002	0.004	0.002 9	
杨庄	0.51	0.90	<0.002	0.013	0.001 5	
赵庄	1.06	1.09	<0.002	0.014	0.001 8	
明庄	0.53	0.94	<0.002	0.016	0.001 3	
东马	<0.05	0.40	<0.002	0.015	0.000 8	
梧村东		0.72	0.002	<0.004	<0.001	
北城	0.10	0.42	<0.002	0.008	0.005	
段河	0.24	0.86	<0.002	<0.004	<0.001	

注:引自“山东省淄河下游污染区人畜供水水文地质普查报告”①

2.3 地下水污染程度

2.3.1 采用模糊数学法<sup>[3]</sup>评价地下水污染程度

(1)评价因子的选取及地下水水质分级

根据研究区地下水污染特征及水质特点,选择石油类、COD、 $Cl^-$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $NO_3^-$ 、 $F^-$ 、Fe、固形物、总硬度、Cd、 $Cr^{6+}$ 、Pb、Mo 为评价因子,将地下水水质分为三级(表 4)。

1) I 级水:采用区域调查报告②确定的地下水环境背景值,属未污染的水。

2) II 级水:采用《生活饮用水卫生标准》(GB

5749—85)水质标准,属微污染但适于饮用的水。

3) III 级水:采用《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)水质标准的二倍,属污染并不适于饮用的水。

地下水分级标准见表 4。

(2)构造线性隶属函数模型

根据水质分级标准和各因子的实测浓度  $X_i$ ,构造不同等级水的隶属度  $U_{i1}$ 、 $U_{i2}$ 、 $U_{i3}$  函数模型<sup>[3]</sup>。

表 4 地下水污染评价水质分类标准

Table 4 Quality Classify standard of the evaluation on groundwater pollution

分级	I	II	III	分级	I	II	III
评价因子	( $V_1$ )	( $V_2$ )	( $V_3$ )	评价因子	( $V_1$ )	( $V_2$ )	( $V_3$ )
石油类	0.00	0.05	0.10	Cd	0.00	0.01	0.02
$Cl^-$	29.00	250.00	500.00	$Cr^{6+}$	0.00	0.05	0.10
$SO_4^{2-}$	27.00	250.00	500.00	Pb	0.00	0.05	0.10
$NO_3^-$	1.75	20.00	40.00	Mo	0.00	0.10	0.20
固形物	500.00	1 000.00	2 000.00	Fe	0.45	0.60	1.20
全硬度	258.00	450.00	900.00	$F^-$	0.50	1.00	2.00
COD	0.88	4.00	8.00				

① 山东省地勘局水文二队, 黄河三角洲南部地下水人工调蓄试验普查报告, 2000.

② 山东省地勘局水文二队, 广饶县淄河沿岸地下水污染调查与防治对策研究报告, 2000.

$$U_{i1} = \begin{cases} 1(x_i \leq V_1) \\ \frac{V_2 - x_i}{V_2 - V_1} (V_1 < x_i < V_2) \\ 0(x_i \geq V_2) \end{cases}$$

$$U_{i2} = \begin{cases} 0(x_i \leq V_1 \text{ 或 } x_i \geq V_3) \\ \frac{x_i - V_1}{V_2 - V_1} (V_1 < x_i < V_2) \\ \frac{V_3 - x_i}{V_3 - V_2} (V_2 < x_i < V_3) \end{cases}$$

$$U_{i3} = \begin{cases} 1(x_i \leq V_2) \\ \frac{x_i - V_2}{V_3 - V_2} (V_2 < x_i < V_3) \\ 1(x_i \geq V_3) \end{cases}$$

式中： $U_{i1}$ 、 $U_{i2}$ 、 $U_{i3}$ ：分别为单因子对不同等级水的隶属度(无量纲)；

$V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ ：分别为不同等级水水质标准浓度(mg/L)；

$X_i$ ：为各评价因子的实测浓度(mg/L)。

通过计算求得隶属度矩阵 R。

(3) 权重计算

为了反映各评价因子在地下水污染中所占的比重,在综合评判中,对各评价因子分别给予

不同的权重( $A_i$ ),权重( $A_i$ )计算公式为<sup>[3]</sup>：

$$A_i = \frac{x_i/s_i}{\sum_{i=1}^{13} \frac{x_i}{s_i}}$$

式中： $A_i$ ：为第 i 种评价因子的权重(无量纲)；

$X_i$ ：为第 i 种评价因子实测浓度(mg/L)；

$S_i$ ：为第 i 种评价因子各级水标准平均值。

即： $S_i = 1/3(V_{1i} + V_{2i} + V_{3i})$

通过计算可求出权重矩阵 A。

(4) 模糊矩阵的复合运算及综合评判

由隶属度矩阵 R 和权重矩阵 A 进行复合运算,最终求得评价点对不同等级水的隶属度。

复合运算公式为<sup>[3]</sup>： $\bar{B} = \bar{A} \cdot \bar{R}$

式中： $\bar{B}$  为综合隶属度矩阵；A 为权重矩阵；R 为隶属度矩阵。

通过计算,求得评价点分别对不同等级水的隶属度,对计算结果进行归一化处理,以“隶属度相近原则”进行分类,以隶属度中最大值所对应的水质级别作为评价点的水质级别,评价结果见表 5。根据水质评价级别确定地下水污染程度,地下水污染程度分区见图 1。

表 5 地下水污染评价计算成果表

Table 5 Calculate results of the evaluation on groundwater pollution

隶属度 取样地点	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	水质分级	隶属度 取样地点	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>	U <sub>3</sub>	水质分级	备注
	东水村南	0.14	0.12			0.74	Ⅲ	皂户李		
韩王居	0.11	0.05	0.84	Ⅲ	桥头王	0.89	0.11	0.00	I	
西水	0.17	0.01	0.82	Ⅲ	北贾	0.08	0.01	0.91	Ⅲ	
王庄	0.60	0.26	0.14	I	纪家	0.98	0.02	0.00	I	
杨庄	0.12	0.21	0.67	Ⅲ	张齐	0.10	0.11	0.79	Ⅲ	
黄东村	0.09	0.14	0.77	Ⅲ	西李	0.05	0.01	0.94	Ⅲ	
郭辛	0.12	0.10	0.78	Ⅲ	朱家	0.22	0.00	0.78	Ⅲ	
吕道口	0.13	0.00	0.87	Ⅲ	殷家	0.22	0.13	0.65	Ⅲ	
明庄	0.03	0.01	0.96	Ⅲ	弓手刘	0.62	0.38	0.00	I	
韩庄	0.18	0.01	0.81	Ⅲ	邢家	0.13	0.01	0.86	Ⅲ	
东辛	0.17	0.01	0.82	Ⅲ	北城	0.93	0.07	0.00	I	
东马	0.05	0.23	0.72	Ⅲ	西朱营	0.06	0.01	0.93	Ⅲ	
崔家河崖	0.10	0.00	0.90	Ⅲ	梧村	0.31	0.14	0.55	Ⅲ	
牛李	0.15	0.00	0.85	Ⅲ	赵庄	0.27	0.32	0.41	Ⅲ	
白兔丘	0.52	0.44	0.04	I	黄东村	0.98	0.02	0.00	I	中深层 地下水
郑辛	0.94	0.06	0.00	I	杨庄	0.15	0.00	0.85	Ⅲ	
梧村	0.98	0.02	0.00	I	明庄	0.17	0.01	0.82	Ⅲ	
东水	0.49	0.21	0.28	I	北城村	0.38	0.08	0.54	Ⅲ	
赵庄	0.08	0.00	0.92	Ⅲ	东马村	0.90	0.10	0.00	I	

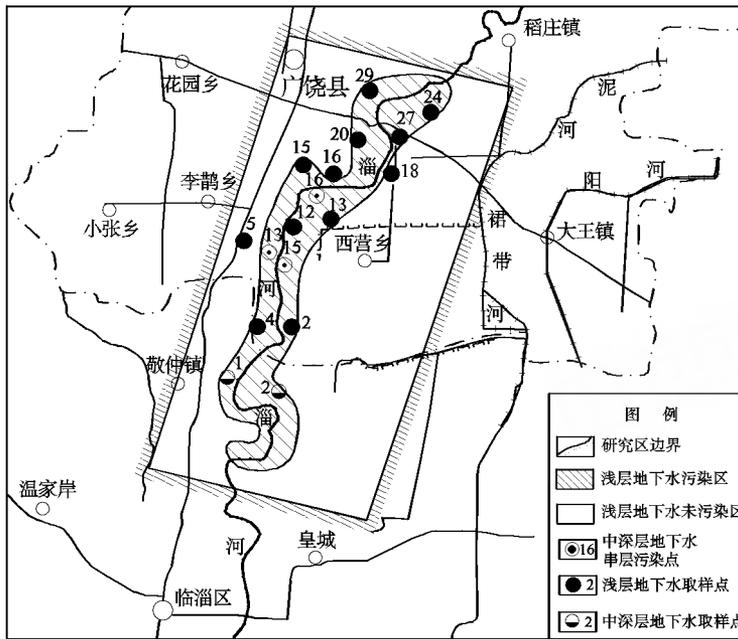


图 1 地下水污染分区图

Fig. 1 Groundwater pollution division

### 2.3.2 地下水污染程度分析

根据评价结果可知,浅层地下水多为Ⅲ级水,部分为Ⅰ级水,表明地下水污染严重。污染区沿淄河呈条带状展布,边界距淄河 1.0 ~ 1.5 km,其中距淄河 500 m 以内区域污染严重。浅层地下水中的石油类含量一般为 0.18 ~ 0.50 mg/L,最高达到 2.8 mg/L(广饶县明村);COD 含量一般为 0.90 ~ 2.00 mg/L,最高达到 8.62 mg/L(广饶县东水村),明显高于地下水背景值,部分点超过《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)。另外,浅层地下水中  $\text{Cr}^{6+}$  和 Mo 的检出率较高, $\text{Cr}^{6+}$  的检出率约为 40%,含量一般为 0.005 ~ 0.025 mg/L,Mo 的检出率约为 80%,含量一般为 0.001 ~ 0.005 mg/L。在距淄河 1.5 km 以远的地区,浅层地下水基本未受污染,各组分含量均接近地下水环境背景值,并符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)要求。由此可见,浅层地下水污染主要出现在淄河两岸 1.5 km 以内的条带状地区,主要污染物为石油类和 COD。

中深层地下水多为Ⅰ级水,个别点为Ⅲ级水。Ⅲ级水取样点均分布在淄河临河地段,距淄河距离小于 200 m,取样井均开凿于 20 世纪 80 年代,井深约 160 m。由于成井时间长、井

深小,井管多发生损坏,造成井内中深层地下水与浅层地下水串通产生污染。例如广饶县杨庄供水井距淄河约 50 m,井深原为 150 m,由于露砂,现井深 100 m,井内水位埋深高于周边地区 10 m 左右,水样中石油类含量 0.51 mg/L,  $\text{Cr}^{6+}$  含量 0.013 mg/L,说明该井中深层地下水与浅层地下水已串通并受到污染。由此可知,中深层地下水基本未受到污染,仅个别点由于井管损坏发生串层污染,污染物主要为石油类,含量一般为 0.44 ~ 1.06 mg/L。

## 3 人畜供水条件分析

### 3.1 人畜供水水源的选择

目前区内共有 131 个村庄,人畜供水全部开采地下水,开采量约 103 万  $\text{m}^3/\text{a}$ ,其中临河 300 m 范围内的白兔丘、郑辛、杨庄、梧村等 27 个村庄人畜用水开采中深层地下水,开采井深 160 ~ 180 m,其他村庄人畜用水开采浅层地下水,开采井深 60 ~ 70 m。

目前,区内浅层地下水受到不同程度的污染,已不适于人畜饮用。中深层地下水由于隔污性较好,基本未受污染,水质良好。虽然杨庄、郑辛、东水等个别点出现中深层地下水污染现象,这主要是由于开采井使用时间长、井管破

损产生井内串通引起的。因此,本区人畜供水应以中深层地下水为供水水源。

### 3.2 人畜供水保证程度分析

根据区域调查报告<sup>①</sup>,区内中深层地下水可开采资源模数约为  $1.39 \text{ 万 m}^3/\text{a} \cdot \text{km}^2$ 、开采模数约为  $1.07 \text{ 万 m}^3/\text{a} \cdot \text{km}^2$ 、2010 年区内人畜供水预测开采模数约为  $1.23 \text{ 万 m}^3/\text{a} \cdot \text{km}^2$ ,可开

采资源模数大于 2010 年人畜供水预测开采模数。区内除郑辛、杨村、东水等个别出现串层污染的井点受石油类污染以外,其他地区中深层地下水水质符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—85)要求(表 6)。因此,中深层地下水可满足 2010 年前区内人畜供水水量和水质要求。

表 6 浅层地下水水质分析成果表(mg/L)

Table 6 Analysis on the quality of shallow groundwater(mg/L)

位置 \ 项目	PH	硬度	Fe	Mn	Zn	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	固形物	F <sup>-</sup>	COD	石油类	综合评价
生活饮用水标准	6.5~	8.5	450	0.3	0.1	1.0	250	250	1000	1.0	4.0	0.05
白兔丘	7.5	309	\	\	\	21.85	51.40	393	0.25	0.68	\	适于饮用
郑辛	8.1	222	0.20	\	\	12.01	12.41	277	0.24	0.52	\	油超标
黄东	7.9	245	0.15	\	0.06	20.91	14.18	324	0.25	0.91	\	油超标
杨庄	7.9	252	0.16	\	0.07	35.82	15.59	360	0.12	0.90	0.51	油超标
东水	8.1	242	0.09	\	0.03	19.21	35.45	329	0.13	1.13	0.80	油超标
赵庄	7.9	242	0.09	\	0.06	31.22	10.64	327	0.25	1.09	1.06	适于饮用
明庄	7.9	245	0.15	\	0.04	36.02	12.61	348	0.50	0.94	0.53	适于饮用
东马	7.8	260	\	\	\	42.00	11.06	363	0.20	0.40	\	适于饮用
梧村东	7.5	262	0.44	\	\	62.44	19.50	401	0.25	0.72	\	适于饮用
北城	8.1	245	0.26	\	\	110.47	19.30	435	0.50	0.98	\	适于饮用

备注:表中资料引自淄河普查报告<sup>①</sup>;中深层地下水无色无味,感官指标符合生活饮用水标准;表中“\”表示未检出。

### 3.3 人畜供水建议

今后区内人畜供水应主要开采中深层地下水,并根据地下水污染特征实施分区分段供水。在距淄河 2 km 以远的地区应开采中深层含水层组上段地下水进行供水,开采井深度 125 m,取水层段 100 ~ 120 m。在距淄河 2 km 以内的地区应开采中深层含水层组下段地下水进行供水,开采井深度 240 m,取水层段 200 ~ 230 m。

为防止中深层水发生串层污染还应采取必要的保护措施:

(1)尽快开展淄河污水治理,切断地下水污染源;

(2)在距淄河 2 km 以内的地区限制使用井深 80 ~ 120 m 的开采井,避免浅层与中深层水混合开采,防止中深层地下水串层污染;

(3)对使用中的中深层水开采井应定期进行水质监测,发现污染及时封井并进行处理,防

止井内出现串层污染;

(4)施工新供水井时,井位距淄河距离应大于 500 m,并应严格控制施工质量,防止发生串层污染。

## 4 结论

(1)淄河下游地区由于长期接纳上游污水,已造成地表水和浅层地下水严重污染,同时局部中深层地下水也出现污染现象。

(2)浅层地下水污染沿淄河呈条带状展布,污染区边界距淄河 1.0 ~ 1.5 km,其中距淄河 500 m 以内区域污染严重,主要污染物为石油类和 COD,石油类含量 0.18 ~ 0.50 mg/L;受污染影响,浅层地下水已不适于人畜饮用。

(3)中深地下水水质整体良好,仅个别井点由于井管损坏产生串层污染。中深层地下水水质水量满足本区 2010 年前人畜供水要求。

① 山东地勘局水文二队. 淄河下游污染区人畜供水水文地质普查报告,2000.

(4)地下水污染区开采地下水时应进行认真的供水勘察,开采井的位置、取水层段应经过论证后确定,开采井施工应遵循严格的成井规程。避免盲目无序开采,造成地下水串层连通,造成污染沿垂向发展。

#### 参考文献:

- [1]高宗军,高洪阁,李白英,等.污染河水对地下水化学环境的影响[J].中国地质灾害与防治学报,2002,13(1):89-93.
- [2]毛伟兵,符连申.临淄地下水污染因素及治理措施[J].地下水,1997,19(1):34-36.

- [3]林年丰等编.环境水文地质学[M].北京:地质出版社,1990.
- [4]高洪阁,李白英,刘立民.在不同地质条件下污染河水对其附近流域地下水化学环境的影响[J].环境工程,2002,20(5):70-72.
- [5]吴耀国,沈照理,李广贺,等.山东淄博孝妇河流域地下水污染及环境对其的控制作用[J].环境科学学报,1998,18(3):285-289.
- [6]张光辉,费宇红,王桂玲.城市排污对下游地下水水质影响分析[J].河北水利水电技术,2003,1:44-45.
- [7]郝华.我国城市地下水污染状况与对策研究[J].水利发展研究,2004,3:23-25.

## Analysis on Characters of Groundwater Pollution and Water Supply for Human and Livestock in the Polluted Area in the Downstream of Zihe River

MA Zhen, SUN Xiao-ming, SHI Pei-xin, GE Wei, FANG Cheng, CHAI Jing-jing

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

**Abstract:** In the polluted area of the downstream of Zihe River, water supply for human and livestock depend on groundwater. Since 1980s, the watercourse has accepted the polluted water from the upriver, the surface water and shallow ground water have been polluted, and the middle and deep groundwater appeared pollution too last years. The polluted belt distributes along the Zihe River with width about 1.0 - 1.5 km, and the most serious polluted belt is within 500 meters from the banks. The shallow groundwater is not suitable for drinking in the belt. The middle and deep groundwater quality is better and can be used for living, except for a few wells polluted slightly by the tube damage resulting in the aquifers mixing up. The quality and the quantity of the middle and deep groundwater are enough for the need of the water supply until 2010 locally. We'd better exploit the groundwater in different layers based on the characters of the polluted water and hydrogeology characters of the middle and deep aquifers in order to prevent the pollution caused by the aquifers mixing, and protect the valuable groundwater resource.

**Key words:** Zihe River; pollution; groundwater; water supply for human and livestock