

山东淄博孝妇河流域孔隙水污染原因研究^{*}

吴耀国

李广贺

o 河海大学环境工程系s 南京 yxawZEp o 清华大学环境工程系s 北京 xawwEBp

沈照理 钟佐 ■

o 中国地质大学环境科学系s 北京 *xxaaxp*

摘 要 对 $xZZZ$ 年— $xZZT$ 年孔隙水的水化学资料的分析、对比,查明了地下水化学组分等分布特征。在孔隙水污染现状评价基础之上,再结合当地的环境条件的分析,认为引起孔隙水污染的主要原因并非是河流渗漏,而是农业污灌水的入渗。

关键词 孔隙水 污灌 水化学资料 孔隙水污染 孝妇河

淄博地区位于山东省中部,主要由孝妇河流域与淄河流域组成。该地区有丰富的煤炭资源,且多分布在孝妇河流域。这些煤炭在开采过程中,排泄大量的矿坑水,随地漫流,最终多汇入孝妇河,导致河流的污染。引该河水到萌山水库,使水库水也遭污染。孝妇河发源于其流域的南部,从南向北流经博山、淄川、张店及周村四区,贯穿整个流域。孔隙水主要赋存于孝妇河冲洪积扇分布区。由于冲洪积扇顶部的冲积层在河流沿岸分布,面积与厚度均较小,供水意义不大。本研究区主要是冲洪积扇广大平原地带,亦为本流域的主要农业区。

据该区域已有的研究成果表明,本流域孔隙水已遭受污染,主要的污染组分为 ϕ_{Δ}^{yt} 、硬度和 αP_s ,孝妇河渗漏为其污染的主要原因。

通过对 2002 年—2011 年孔隙水化学资料的分析、对比, 查明地下水化学组分等分布特征。结合当地环境条件的分析, 认为引起孔隙水污染的主要原因并非孝妇河流渗漏, 而是农业污灌水的入渗。该研究为本区孔隙水化学环境改善措施的制定提供重要理论依据。

x 自然环境条件

研究区处于温暖带大陆型季风气候区, 多年平均降水量为 720 mm , 降水主要集中在 $7\sim 9$ 月, 多年平均蒸发量在 1600 mm 上下。

研究区内主要地表水体除孝妇河外,还有萌山水库。因引进孝妇河水,使萌山水库的水质恶化,主要污染组分为 ϕ $\frac{Y}{A}$ 、硬度和

收稿日期 $HxZZE - wE - wx$

* 致谢 *H* 在收集资料及其整理过程中, 得到了淄博市水资源管理办公室、淄博市水文局及曹修芳总工程师^o、陈继奎科长^o工程师^p 和王孝勤科长^o 工程师^p 等的帮助、指导。

α *Ps*。上述两水体中细小颗粒悬浮物很多。采集的水样经过 γ *Aφ* 的静放后,原来的黑水白了许多,同时在瓶底出现了厚厚的一层沉淀。这样用该水灌溉过的土壤或河流的沉积层的渗透性能大大地降低。

孔隙水含水介质主要由卵砾石和砂卵石组成,渗透性能较好。包气带主要岩性为砂质粘土、粘质砂土,同时还有姜石。在包气带中采集土样时,我们看到其中大空隙相当发育,它无疑增加了包气带的渗透性能。

研究区水资源供需矛盾,尤其在农业方面表现十分突出。为缓解这种情况,× *ZBE* 年和 × *ZIE* 年先后修建了马尚一大张一房镇灌区和贾黄一萌水一高塘灌区的干渠,分别引孝妇河与萌山水库的水进行农业灌溉。称为污灌;其余用地下水灌溉的,称为清灌。如图 × *p*,对本区农业丰收起到了积极作用。

γ 孔隙水化学组分的空间分布特征

分析收集的本区孔隙水水化学资料,得到其分布特征。污灌区地下水组分浓度明显高于清灌区的(表 ×);孝妇河两岸的清灌区,东岸的地下水组分浓度明显高于西岸的(表 γ)。φ *γp* 在水化学剖面上(图 γ)表现为 *H* 污灌灌溉区的地下水的组分的浓度高,清水灌溉区的地下水组分浓度则相对较低。

≈ 孔隙水污染现状评价

由于人类活动范围和强度的不断加大,背景值的获得几乎不可能,故用对照值去判断地下水是否污染^[2,3]。对照值用下式计算 *H*

$$\zeta K \varepsilon \pm s \qquad \qquad \qquad \phi \times p$$

式中 ε 为组分浓度算术平均值, *s* 为标准偏差。利用(×)式,对收集到本研究区 Γ *v* 年代地下水资料,结合区内受人类活动影响

表 × 研究区的污灌区与清灌区地下水水质对比。× *ZZγ* *uBp* *

	井号	$s \phi_A^{\gamma t}$	Π^-	$\Phi \Pi \phi_z^t$	$\partial \phi_z^t$	$\partial \xi^+ + \Omega^+$	$\Pi \xi^{\gamma +}$	$\epsilon v^{\gamma +}$	αPs	硬度
孝妇河西岸污灌区与清灌区地下水水质对比										
污灌区	开河井 $\phi A \Delta^{\#}$ 号 p	$\Delta u \Gamma u \delta B$	$x u Z u i \delta v$	$\gamma Z \gamma u E E$	$B v u \delta z$	$\Gamma A u \kappa x$	$z u A u d^t x$	$\Gamma \Gamma u \delta z$	$x A \Gamma x u E B$	$x u \alpha z u \delta E$
	永和井 $\phi A \Delta$ 号 p	$B \Delta x u B \Delta$	$Z \gamma u u E$	$\gamma E Z u E z$	$B Z u \delta B$	$B \gamma u u \Delta Z$	$\gamma \Gamma \Delta u B \kappa$	$B v u A \kappa$	$x \gamma B \kappa u \delta \Gamma$	$E A B u \delta \kappa v$
	贾黄井 $\phi A \Gamma$ 号 p	$\Gamma E A u A A$	$x u A u i \delta Z$	$\gamma E \Gamma u \Delta E$	$\Gamma \gamma u \kappa w$	$B \Delta u Z x$	$z z E u d^t E$	$B A u d^t Z$	$x B v u i \delta B$	$x u \Delta v u \delta \gamma Z$
清灌区	杜家井 $\phi A x$ 号 p	$B \Delta u \Gamma A$	$z \Delta u \delta z$	$\gamma Z \gamma u E E$	$\gamma x u \delta E$	$x Z u \kappa E$	$Z \gamma u u E$	$\gamma z u \delta \kappa v$	$A \gamma x u \Gamma \Delta$	$z \gamma \Delta u E z$
	石庙井 $\phi z Z$ 号 p	$B \Delta u \Gamma A$	$\Gamma \Delta u \kappa \Gamma$	$\gamma z A u Z x$	$z Z u \Delta \gamma$	$\gamma \Gamma u \kappa w$	$E A u u \Delta$	$z \gamma u E x$	$A z z u d^t \Gamma$	$z u \Delta u d^t \Gamma$
	石门井 $\phi A v$ 号 p	$B \Delta u \Gamma A$	$B x u A x$	$z \Delta E u \kappa \gamma$	$z \Delta u \delta \Gamma$	$A x u \delta B$	$\Gamma Z u A$	$z z u \Delta \gamma$	$A E z u d^t \Gamma$	$z A \gamma u E \gamma$
孝妇河东岸污灌区与清灌区地下水水质对比										
污灌区	范家 $\phi z \gamma$ 号 p	$B \Delta z u \Delta$	$x \gamma u u i \delta A$	$\gamma z x u d^t \Gamma$	$\gamma x u u x$	$\Delta A u A \gamma$	$\gamma x E u A A$	$\Delta \gamma u Z \gamma$	$x \gamma x \gamma u \delta \Delta$	$E A B u \Delta \gamma$
	新镇 $\phi \gamma E$ 号 p	$B x E u \Delta z$	$x x x u d^t E$	$z z \gamma u B A$	$A E u u \gamma$	$B v u E Z$	$x \Delta z u \kappa B$	$A Z u \delta \gamma$	$x \gamma B B u i \delta x$	$\Gamma z B u u \Delta Z$
	肉联 $\phi \gamma Z$ 号 p	$B A B u u B$	$Z \Delta u B v$	$z z x u u E$	$x \gamma B u A B$	$x \Delta B u \kappa w$	$\gamma \Delta \Delta u \delta B$	$\Gamma v u u \Gamma$	$x z \gamma B u i \delta B$	$Z A v u u E A$
清灌区	于家 $\phi z B$ 号 p	$x B z u \Delta \kappa v$	$A A u \kappa \gamma$	$\gamma B Z u \kappa \gamma$	$\gamma A u u v$	$\gamma z u \Delta \kappa$	$x u E u \delta \gamma$	$\gamma \Delta u \kappa A$	$B \gamma \Delta u \delta B$	$z E \gamma u \Delta Z$
	大张 $\phi z \Gamma$ 号 p	$x Z \Gamma u Z z$	$E x u B A$	$\gamma z A u Z x$	$z E u Z A$	$z \gamma u E x$	$x z z u \delta \gamma \Delta$	$z z u \Delta \gamma$	$\Gamma A A u \delta \gamma A$	$A \Delta v u u A \gamma$
	大七里 $\phi A A$ 号 p	$\gamma A v u u B$	$\Delta \gamma u d^t E$	$z \gamma Z u u \Delta Z$	$A \Delta u \delta \kappa v$	$B E u d^t \gamma$	$x A z u \delta \gamma Z$	$z \Gamma u A \Gamma$	$\Delta \Delta Z u \Gamma \Delta$	$B u \Delta u d^t Z$

* 注 *H* 表中组分浓度单位为 $\gamma v v \partial$, 其中硬度以 $\Pi \xi \Pi \phi_z$ 计, 下表同。

表 γ 孝妇河沿岸清灌区的地下水组分浓度。× *ZZz* *uBp* 对照表

井名	与河距离	$s \phi_A^{\gamma t}$	Π^-	$\Phi \Pi \phi_z^t$	$\partial \phi_z^t$	$\partial \xi^+ + \Omega^+$	$\Pi \xi^{\gamma +}$	$\epsilon v^{\gamma +}$	αPs	硬度
孝妇河东岸清灌区的观测井										
南营井 $\phi B x$ 号 <i>p</i>	约 γ <i>u v</i> ¹	$\gamma \Gamma E u \Delta$	$x u d^t \Gamma u \kappa \Gamma$	$z \Gamma Z u u B$	$E \Gamma u \kappa B$	$z Z u d^t E$	$x Z u u \kappa E$	$B x u d^t B$	$Z A A u B \Delta$	$\Gamma \Gamma E u u A$
大七井 $\phi A A$ 号 <i>p</i>	约 γ <i>B v</i> ¹	$\gamma z z u d^t \gamma$	$z B u A B$	$\gamma E \Gamma u \Delta z$	$x E u d^t B$	$z \Delta u u z$	$x A \Delta u i \Delta \Gamma$	$z E u i Z B$	$\Delta \Gamma B u E Z$	$B v u u \delta B$
大姜井 $\phi A E$ 号 <i>p</i>	约 γ <i>u u v</i> ¹	$x B z u \Delta \kappa v$	$E z u \kappa x$	$\gamma E \Gamma u \Delta E$	$z x u Z u v$	$z Z u u z$	$Z \Delta u u Z$	$A E u u v$	$\Gamma x z u \Delta x$	$A A v u A A$
孝妇河西岸清灌区的观测井										
仇家井 $\phi B x$ 号 <i>p</i>	约 γ <i>u v</i> ¹	$x z \Gamma u E Z$	$E x u B A$	$\gamma \Gamma \gamma u \kappa \Delta$	$z u u \delta x$	$z \gamma u d^t x$	$x u d^t \delta \gamma x$	$z E u d^t w$	$B \Delta \Delta u u \Delta$	$A v u u \delta E$
石门井 $\phi A v$ 号 <i>p</i>	约 γ <i>u u v</i> ¹	$B v u A \kappa$	$\Gamma z u E \gamma$	$z \Delta B u \delta B$	$z E u B \kappa$	$A z u \kappa E$	$Z x u u E$	$z \Gamma u A \Gamma$	$B E Z u u \Delta Z$	$z \Delta \Delta u E v$

图z 研究区地下水污染现状分区图

溉的高的多o表xp,而且地下水的污染组分与灌溉所用孝妇河水的污染组分基本一致Hsφ_A^{y_t}、硬度和αPs。同时,(ox)勘探结果证实,本地区第四系地层中没有可溶硫酸盐的存在,而农灌污水,马尚灌所处孝妇河水的硫酸根浓度多年平均为x_{xy}B₁vv∂,萌山水库的为ΓzB₁zT₁vv∂。因此,地下水硫酸根离子只可能来源于污水;(y)该区地面环境,除农业活动之外,几乎没有别的人类活动,所以地下水污染是由农业活动所致;(z)xZEZ年B月xz日—xZ日向马尚—房镇—大张灌区放水,放水量xyw万¹z,经过对十几眼机井的地下水进行观测发现,在放水的Δρ的时间里,地下水位回升最高达xiBΔ¹,影响范围约A₁Bω¹y。说明农灌回归水是该区域地下水的重要补给源之一及该地区包气带的渗透性能好。可见,农业的污灌是引起地下水污染的原因,其污染途径是灌溉污水的入渗。

孝妇河水中含有大量悬浮物,在农灌的过程中,可能发生悬浮物沉积引起包气带的渗透性能减少的问题。但因农业活动不断进行土地的耕植翻动,使得包气带总保持较好的渗透性,因而出现(z)中所描绘的事实。

孝妇河从孔隙水分布地区通过,可能对孔隙水地下水环境产生影响。为此,选择远离污灌区孝妇河沿岸的几个观测井(Akv号、AA号、AE号、Bx号和Bz号)的水质资料进行讨论。从表z可知,地下水组分分布存在一个

明显的规律:随与河距离的增加,地下水中的硫酸根离子的浓度、αPs和硬度等逐渐减小,尤其是硫酸根离子最为明显。这说明孝妇河可能对该流域地下水的污染有贡献。但由于以下原因Hoxp该河段一年中至少有半年是干枯的,仅在丰水期有水,即便有水,河水深只不过x_{uv}¹左右;(y)孝妇河河水中存在大量的固体细粒悬浮物o本次研究没有测定其渗透系数ρ。(z)在马尚处,孝妇河的河床标高为zΔ₁Bx¹,距河不到z₁av¹的z₁w号井的水位多年平均值为zy₁ue¹,两者相差B₁κz¹。可以推断s孝妇河水与孔隙水之间的接触关系如图A,河水补给地下水呈淋滤式^{qzκ}。河流很浅的水深及河床很小的渗透性,就决定了河水补给地下水的有限性。由于本区孔隙水的流向大致是北北东向,河流入渗补给地下水的组分便随水动力向下游迁移,因而出现了东岸观测井地下水的污染组分的浓度高于西岸的。上述规律足以说明s孝妇河水对区域地下水的污染有贡献。

图A 河流淋滤式补给地下水o自Ψ₁Ooξ₁p

综上所述,污灌区的地下水的污染组分的浓度明显高于孝妇河两岸清灌区的。说明污灌对地下水污染的贡献明显大于孝妇河渗漏的贡献,即农业污灌是引起本地区的孔隙水污染最主要的原因。

B 结 论

oxp通过对水化学资料的分析,研究区孔隙水化学组分的空间分布特征为污灌区的高于清灌区的;在清灌区,河东岸的高于西岸的。
o下转第x₁kv页p