

济南泉域地下水污染现状及对策研究

石建, 逯光明, 姜山, 刘晓, 孟静

(山东省国土测绘院, 山东济南 250013)

摘要: 随着经济的快速发展和工业化、城市化进程的不断加快和人口的剧加, 人类活动产生的污染物对济南市局部地下水造成了一定的污染。该文分析论述了济南市泉域的水文地质条件, 地下水污染现状及综合评价, 提出了防治地下水污染的措施。

关键词: 泉域; 污染源; 地下水; 水质评价; 济南市

中图分类号: X532

文献标识码: B

0 引言

工作区地处山东省济南市。西起长清马山, 东到历城港沟, 南自万德—长城岭一带分水岭, 北至大明湖。面积 1 500 km²。南部为泰山山脉的北翼, 北部为黄河冲积平原, 南部低山丘陵海拔 500~900 m; 中部丘陵海拔 200~500 m; 北部冲积平原海拔 25~50 m, 地形复杂多样。地貌类型主要有冲积平原、冲洪积倾斜平原、构造剥蚀低山和丘陵地貌 4 种类型。多年平均降水量 646.55 mm。各月份降水分配不均, 6—9 月份降水占全年降水量的 70%~80%, 暴雨常发生在 7, 8 月份, 多年平均降雪量 21.5 mm。区内河流主要有黄河、小清河水系。

据水质监测资料表明: 济南市岩溶地下水水质已受到一定程度的污染, 并有加重趋势。主要表现在: ①济南市局部形成了以含大量 Cl⁻, Na⁺ 为特征的水化学污染元素; ②局部地段矿化度、总硬度值明显偏高; ③NO₂-N 的检出率大大增加, 且范围较广, 局部污染严重; ④济南泉群正向着变差的方向发展演化, 污染上升趋势明显^[1]。

1 泉域的水文地质概况

1.1 区域地质

济南泉域属华北地层区鲁西分区泰安小区。地层自下而上为泰山岩群, 寒武系、奥陶系和石炭—二叠系, 新近系和第四系。

济南地区南倚泰山隆起, 北临齐河广饶大断裂。大地构造上处于新华夏系第二隆起带的鲁西隆起与新华夏系第二沉降带的鲁西北拗陷的衔接地带。其地质构造在总体上是一个以古生代地层为主体的 N 倾单斜构造。

1.2 水文地质

根据含水层的特征、赋存条件、地层组合、水动力特征等, 泉域内地下水类型及含水岩组可划分为 4 大类^②。

(1) 松散岩类孔隙水

按其赋存形式可分为近代河流冲洪积层孔隙水、冲洪积孔隙水和残坡积、坡洪积孔隙水。含水层呈条带状沿玉符河、北沙河河床及其两侧分布, 中下游厚 50~140 m, 其中以近代河流冲洪积层孔隙水水量最为丰富, 单井涌水量 1 000~2 000 m³/d, 主要补给来源为大气降水, 地下水流向和地表水流向一致, 排泄方式以人工开采为主。

(2) 碳酸盐岩类岩溶裂隙水

含水介质为鲕状灰岩、结晶质灰岩, 主要分布在南部山区, 向北隐伏于地下。裸露区主要分布在池

* 收稿日期: 2011-10-28; 修订日期: 2012-07-19; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 石建(1982—), 男, 山东肥城人, 工程师, 主要从事水文及环境地质工作; E-mail: shjian121@126.com。

①山东省国土测绘院, 济南泉水污染机理背景调查与评价, 2009。

②山东省 801 水文地质大队, 1:20 万济南幅区域水文地质调查报告, 1975 年。

子—崮山—崔马—大涧沟—涝坡以南一带, 隐伏区位于裸露区以北, 其余被第四系或岩体所覆盖。裸露区单井涌水量小于 $500 \text{ m}^3/\text{d}$; 隐伏区单井涌水量为 $500 \sim 1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

(3) 碳酸盐岩类裂隙岩溶水

含水层由奥陶纪及寒武纪灰岩、白云质灰岩组成, 以单斜产状分布于山前倾斜平原区和低山丘陵地区。含水层富水性受构造、岩性及裂隙、岩溶发育程度等控制并存在明显差异。

(4) 基岩裂隙水

主要赋存于变质岩、侵入岩风化裂隙及构造裂隙内, 富水性大都较弱。

1.3 泉域边界条件

根据以往水文地质成果, 对泉域边界的范围和性质有明确的划定, 泉域的边界范围如图 1 所示。

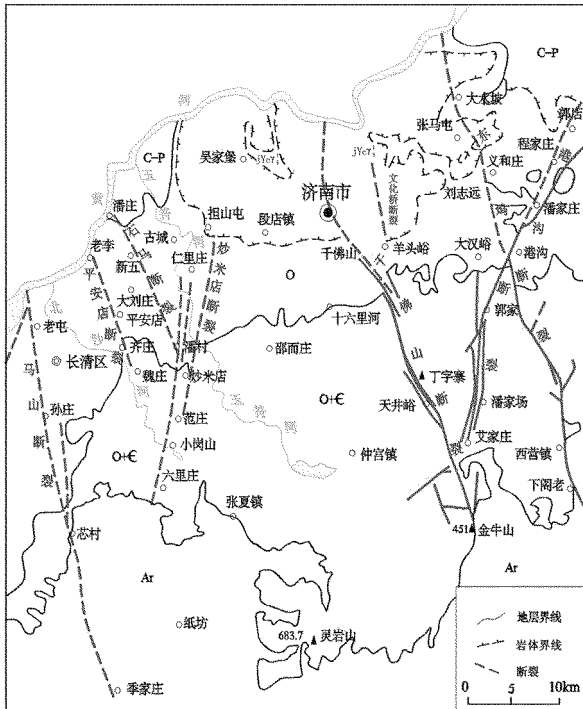


图 1 济南泉域边界示意图

(1) 东边界为东坞断裂, 构成了泉域东边界, 是条相对阻水断裂。

(2) 西边界为马山断裂, 构成济南泉域西边界, 是条相对阻水断裂。

(3) 北边界以北部辉长岩、闪长岩作为边界, 只有西北部是以石炭、二叠纪地层为边界。

(4) 南边界为新太古代泰山岩群变质岩系, 地下

水分水岭和地表分水岭基本趋于一致, 可把南部地表水的分水岭作为泉域的南部边界。

2 地下水污染现状

2.1 污染源

地下水污染是指人类活动影响下, 地下水水质朝着水质恶化方向发展的现象^[2]。污染源的存在是水污染的前提, 人类活动的作用是产生污染源的必要条件。影响济南市环境质量的污染源比较复杂, 既有工业生产带来的废水、废气、固体废物等污染; 也有人类生活活动引发的污染; 还有农业活动带来的农药、化肥等面源污染和城市周边生态环境破坏引发的土壤风沙尘污染^[3]。

据济南环保局有关资料, 2008 年工业固体废物产生总量 520.49 万 t; 2007 年全市废水排放总量 2.42 亿 t; 2007 年城市生活垃圾清运量 89.86 万 t; 2006 年泉域内耕地每亩年施用化肥折纯 41.6 kg。由于生产技术的改进, 近年来, 固体废弃物、废水等排放量有所下降, 但废水和废渣的排放量呈逐年上升趋势, 废水未经处理直接排入河道时有发生。

2.2 污染途径

(1) 点状污染: 固体废物(特别是炼油厂、济钢)、城市生活垃圾、工业废渣、建筑垃圾堆放场。这些废渣、垃圾化学成分极为复杂, 既有有机污染成分, 又有无机污染成分, 此外还有一些微量重金属污染成分经降水淋滤入渗污染地下水。

(2) 线状污染: 主要是市区内的生活污水没有处理, 与工业废水形成线状污染, 连续入渗污染地下水。

(3) 面状污染: 主要是南部山区的农业污染和大气中的有害气体和粉尘。大多数农业污染物是来自作物施肥或动物饲养地的氮和磷, 其次是杀虫剂, 降雨淋溶和地表径流作用, 使地表水和地下水质量受到污染; 另外煤炭、粉尘、烟尘的排放和堆积, 随风向形成大面积的污染带, 经大气降水淋滤, 大面积渗入地下而污染地下水。

2.3 地下水污染现状

20 世纪 80 年代以来, 随着经济发展及城市化进程加快, 人类活动产生的污染物对环境产生比较严重的影响, “三废”的随意排放, 对地下水造成了一定程度的污染, 致使泉域水质逐年变差, 普遍存在的

污染物是硝酸盐氮和总硬度、溶解性固体,局部亚硝酸盐氮、氨氮、锌超标等。济南泉域岩溶水硝酸盐氮含量最大超标 0.41 倍,最大检出点为西郊黄山店,总硬度超标 0.067~0.288 倍。硝酸盐氮污染较重的地段有长清区东苏村一带,硝酸盐氮含量 125 mg/L;长清区桥子里水源地 3 号井,硝酸盐氮含量 115.31 mg/L;市中区七贤镇后龙村-井家沟一带,硝酸盐氮含量 53.70 mg/L;南兴隆庄一带,硝酸盐氮含量 64.66 mg/L;东郊义和庄-八洞堡一带,硝酸盐氮含量 68.88 mg/L。亚硝酸盐氮仅南郊九曲村超标 0.25 倍;锌仅浆水泉山东省地质环境监测总站超标 2.2 倍。

济南泉域四大名泉硝酸盐氮含量不超标,黑虎泉、趵突泉、五龙潭、珍珠泉氯离子、硫酸根离子、硝酸根离子、矿化度等常规离子含量逐年增高(表 1)。

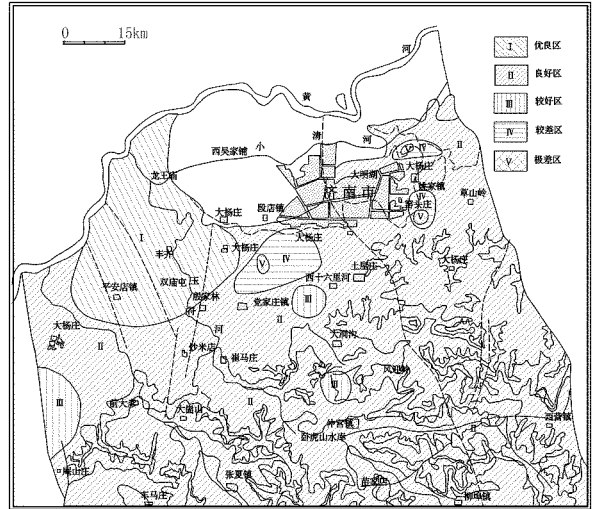


图 2 济南泉域地下水环境质量分区图

表 1 济南泉域(四大名泉)水质检出情况

检测项目	标准值 (mg/L)	取样次数	平均值 (mg/L)	检出率(%)
pH 值	6.5~8.5	4	7.4	100
总硬度	≤450	4	330.08	100
溶解性总固体	≤1000	4	571.1	100
硫酸盐	≤250	4	74.05	100
氯化物	≤250	4	38.28	100
氨氮	≤0.2	4	<0.10	100
硝酸盐	≤20	4	7.90	100
氟化物	≤1.0	4	0.13	100
碘	≤0.2	4	<0.10	100
铅	≤0.05	4	<0.005	100
镉	≤0.01	4	<0.0025	100
铁	≤0.3	4	<0.04	100
锰	≤0.1	4	<0.05	100
铜	≤1.0	4	<0.05	100
锌	≤1.0	4	<0.05	100

表 2 济南泉域地下水环境质量分区说明

质量级别	评价分值	主要分布区域
优良	<0.80	主要分布在西郊冷庄、大杨庄、峨眉山水源地一带
良好	0.80~2.50	济南泉域内大部分属水质良好区,分布在南部山区,东、西郊,长清区及市区四大名泉
较好	2.50~4.25	南郊九曲,仲宫镇刘家峪,长清区苏村、水鸣庄一带
较差	4.25~7.20	主要分布在西郊黄山店-井家庄,市中机床二厂,浆水泉-经济学院一带
极差	≥7.20	呈点状分布在西郊黄山店、长城炼油厂,经济学院一带

4 重点地段地下水化学组分预测

随着人类活动的加剧和地下水开采量的增加,该区岩溶水水质自 20 世纪 60 年代以来逐渐恶化,通过分析区内历年水质资料,得出济南地区水质变化大体上有 2 种,一种是变化不稳定,即无规律的变化,主要分布在南部补给区的丘陵区;另一种是呈现恶化趋势,分布于排泄区附近,因而,选取市区水源地、西郊水源地和东郊工业开采区 3 个代表性地段进行预测,根据水质分析资料研究,分别建立各地段 SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- 及硬度、矿化度监测资料的回归方程(表 3),并对 2012 年水质进行了预测。对比东郊与市区、西郊的总硬度、矿化度,可见东郊高新技术开发区明显偏高,但均未超过饮用水标准,因此,新建工业区要采取适当的预防措施,保护地下水质量,以免对水环境形成污染。

3 地下水污染综合评价

在确定各监测点的单项组分评价分值的基础上,计算综合评价分值(F)。计算公式如下:

$$F = \sqrt{\frac{F^2 + F_{max}^2}{2}} \quad \bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i$$

式中:F—综合评价分值; \bar{F} —各单项组分评分值(F_i)的平均值; F_{max} —各单项组分评价分值(F_i)的最大值;n—单项组分数。

根据综合评价结果,将济南泉域内地下水水质分级为优良区、良好区、较差区、极差区(图 2,表 2)。

表 3 岩溶水常规组分预测

位置	项目	回归方程	相关系数	2012 年 预测值 (mg/L)
东郊	SO ₄ ²⁻	$C=1.36399t-76.9466$	$R=0.85$	75.82
	Cl ⁻	$C=60.7599\ln t-246.13$	$Rr=0.82$	40.55
	NO ₃	$C=0.6471t-35.6542$	$R=0.87$	36.83
	硬度	$C=508.641228\ln t-2013.14017$	$R=0.91$	386.86
	矿化度	$C=\exp[1.69275\ln t-8.50693]\times 1000$	$R=0.925$	612.8
市区	SO ₄ ²⁻	$\ln C=0.043996t-0.22156$	$R=0.95$	110.61
	Cl ⁻	$\ln C=0.0327279t+0.288756$	$R=0.96$	52.16
	NO ₃	$C=\{\exp[0.05387652t]\}\times 0.107813$	$R=0.875$	45.01
	硬度	$C=\exp[0.01027542t+1.6521025]\times 17.848$	$R=0.86$	294.31
	矿化度	$C=\exp[1.53207\ln t-7.8125]\times 1000$	$R=0.81$	557.98
西郊	SO ₄ ²⁻	$\ln C=0.0499482t-1.36077$	$R=0.97$	68.96
	Cl ⁻	$C=0.0421842t-0.312965$	$R=0.925$	85.22
	NO ₃	$C=148.035\ln t-647.642$	$R=0.967$	50.86
	硬度	$C=\exp(0.0142178t+1.09099)\times 17.848$	$R=0.8$	261.2
	矿化度	$C=(0.702199\ln t+2.83901)\times 1000$	$R=0.99$	474.32

5 防治地下水污染的措施

(1)加强污染源的治理,防止岩溶水质量恶化。济南泉域南部低山丘陵区灰岩大面积裸露,是岩溶水的直接补给区,局部沟谷地段被冲洪积层覆盖,但厚度较小,地表岩溶发育,污染物在该地段极易下渗污染地下水,属一级保护区,应严禁污水直接排放。该区内污水应用管道排污,经污水处理厂处理后达标排放;加大管理力度,禁止向直接补给区倾倒垃圾,清除已有的垃圾点,贯彻“以防为主”的原则,对岩溶水资源分级保护^[4]。

(2)逐步调整南部山区农业生产结构。应逐步

调整南部山区产业结构,实施退耕还林,减少农业耕作,禁止放牧,直接补给区内采石点众多,地质、地貌景观破坏严重,采石造成植被减少、大气污染、水土流失加剧,建议关停灰岩山区采石场,大力发展林果业。实施生物工程,增加植树造林面积,保护好自然植被,可以防止水土流失加剧,起到涵养水源的作用。

(3)加强水源地的保护工作。城市供水水源地的生态环境十分脆弱,要加倍呵护。严禁向玉符河、北沙河排放工业“三废”和城乡生活污水、垃圾。由于“天窗”的存在,随着开采转移到西郊地区以及西部新城的建设,建议加强地质环境监测工作,做好水资源的保护工作,防止水质污染,防止和预防环境地质问题的产生,研究环境水文地质条件变化趋势。

(4)贯彻执行环保法规,加强环境管理。运用立法、经济、行政、教育等手段,对损害和破坏环境质量的人为活动施加影响,从而做到调节、控制、保护和改善环境。

参考文献:

[1] GB5749-2006. 生活饮用水卫生标准[S]. 2006.
 [2] 沈照理,朱宛华,钟佐森. 水文地球化学基础[M]. 北京:地质出版社,1993.
 [3] 李铁锡,邢立亭. 济南保泉供水研究[M]. 济南:山东科学技术出版社,1996:25-27.
 [4] 姜文来. 中国 21 世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展, 2001,12(1):66-67.

Study on Present Condition and Countermeasures of Groundwater Pollution in Jinan Spring Areas

SHI Jian, LU Guangming, JIANG Shan, LIU Xiao, MENG Jing

(Shandong Mapping and Surveying Institute of Land and Resources, Shandong Jinan 250013, China)

Abstract: Accompanying with rapid economic development and industrialization and increased population, pollutants caused by human activities have polluted the local groundwater in a certain degree. In this paper, hydrological conditions of Jinan spring areas have been analyzed, present condition of groundwater pollution has been evaluated comprehensively, and relative countermeasures for prevention and controlling groundwater pollution have been put forward.

Key words: Spring area; pollution source; groundwater; water quality assessment; Jinan city