

# 济南泉域岩溶水水质演变趋势研究

李常锁, 胡爱民, 游其军, 张中祥, 王珏, 牟强

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

**摘要** 20 世纪 50 年代末期, 济南泉域岩溶地下水水质基本处于天然状态。此后, 特别是 80 年代以来, 由于社会经济发展的速度逐渐加快, 岩溶水开采量不断增加; “三废”排放逐年增加, 致使岩溶水水质逐年变差。西郊岩溶水水质变差的主要原因为点状工业污染。市区地处排泄区, 受北部岩浆岩岩体阻挡, 岩溶水只能以泉或开采的形式排泄, 来自补给区的三废排放量的增加造成了部分离子浓度的不断增加。东部面积小, 是工业和民用水集中区, 地下水水质总体恶化趋势较市区严重, 较西部更严重。

**关键词** 岩溶水; 水质; 演变趋势; 济南市

中图分类号: P968 P641.8 P641.12

文献标识码: A

## 1 区域概况

济南泉域位于鲁中山地北缘和山前倾斜平原的接触地带, 地势南高北低。区内主要河流有小清河、玉符河、北沙河和黄河, 其中小清河为地下水排泄与工业、生活污水的排泄通道。本区属暖温带大陆性季风气候区, 四季分明。

济南泉域位于泰山穹隆的北翼, 总体上是一个以古生代地层为主体的向北倾斜的单斜构造。断裂构造发育, 由西向东主要有马山断裂、炒米店断裂、千佛山断裂、文化桥断裂、港沟断裂和东梧断裂。泉域内含水层主要为寒武纪炒米店组—奥陶系碳酸盐岩裂隙岩溶含水岩组和第四纪松散岩类孔隙含水岩组。岩溶水主要由大气降水入渗补给及河水渗漏补给。地下水接受补给后, 沿地形坡向、地层倾向向北运动, 在市区及东、西部受岩浆岩岩体和石炭纪地层阻挡, 水位抬升, 形成诸泉。在天然条件下, 地下水以泉的形式排泄。80 年代以来, 人工开采成为地下水的主要排泄方式之一<sup>①</sup>

## 2 济南泉域岩溶水水质演变趋势

20 世纪 50 年代末期, 济南地区人口少, 工矿企业数量少、规模小, 经济欠发达, 岩溶水开采量小, 泉

域岩溶地下水水质还处于近天然状态。此后, 特别是 80 年代以来, 由于经济发展的速度逐渐加快, 岩溶水开采量不断增大; “三废”排放量逐年增加, 致使泉域内岩溶水水质逐年变差。

现以西部峨眉山水厂、市区趵突泉、东部七里河与黄台电厂 1958 年以来的一系列水化学资料为例, 分析济南泉域岩溶水中的  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  离子与总硬度、矿化度多年来的变化趋势。

### 2.1 西郊岩溶水水质多年演变趋势

西郊峨眉山水厂常规项目监测资料见表 1。

从表 1 可以看出, 从 1959—2002 年, 所列各组分的含量经历了一个先升高再降低的过程。1990 年之前, 岩溶水中各离子的含量增长速度相对较慢。从 1990—1996 年, 各项组分的含量增加迅速, 除  $\text{NO}_3^-$  外均在 1996 年达到峰值浓度 ( $\text{NO}_3^-$  的含量在 1997 年达到最大)。从 1959—1996 年的 37 年间, 地下水的矿化度增长了 1.18 倍, 总硬度增长了 0.64 倍,  $\text{Cl}^-$  增长了 3.22 倍,  $\text{SO}_4^{2-}$  增长了 61.75 倍,  $\text{NO}_3^-$  增长了 1.94 倍。以上各组分的主要来源为点状工业污染。西郊水源地位于玉符河和党家庄工业区的下游, 人口密集, 各类废水排放量大, 一些重点工业污染源就在其中。例如汽总分厂、生建摩托厂就建在玉符河冲洪积扇上, 山东水泥厂、长城炼油厂则直

① 收稿日期: 2002-09-25; 修订日期: 2003-10-21; 编辑: 汪先起

作者简介: 李常锁(1976-), 男, 黑龙江人, 助理工程师, 主要从事水文、环境、灾害地质工作。

① 山东省地矿工程勘察院, 山东省济南市保泉供水水文地质勘探报告, 1987。

接向腊山河排污,而河道的渗漏性能均较好,地下水易受污染。虽然各厂排放的各污染物浓度不超过《污水浓度排放标准》规定,但污染物的长期排放已经造成当地和下游岩溶水水质的恶化。如表1所

示,1996年之后地下水中各项目的浓度总体下降。究其原因,主要是西郊水厂地下水开采量减小,导致了相应各组分含量的降低。

表1 峨眉山水厂水质监测资料

项目	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	总硬度	矿化度
1959年	8.14	0.71	9.84	185.789	238
1975年	10.50	18.25	3.54	182.406	265
1985年	11.42	18.75	7.75	185.08	336
1990年	13.80	16.80	8.60	187.40	309
1996年	36.85	44.55	28.93	304.75	520
1997年	15.13	30.94	31.0	234.30	405
1998年	14.54	17.89	12.06	211.35	370
2000年	13.70	20.0	10.0	207.39	369
2002年	14.82	33.40	9.58	217.76	386.7

## 2.2 市区岩溶水水质多年演变趋势

1958年以来趵突泉水的矿化度、总硬度总体上呈缓慢的不断上升趋势。从1958—2002年的44

年间,总硬度增长了24%,矿化度增长了53%,二者的总体变化趋势基本保持一致。市区趵突泉总硬度、矿化度监测资料见表2。

表2 市区趵突泉水水质监测资料(mg/L)

项目	1958	1984	1985	1986	1987	1990	1994	1997	2001	2002
总硬度	214	225	229	242	238	258	274	312	296	265
矿化度	317	385	396	415	423	413	447	521	531	483

1958—2002年,趵突泉Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>的变化趋势如图1所示:Cl<sup>-</sup>与NO<sub>3</sub><sup>-</sup>浓度均呈不断上升趋势,表现出水质随着时间的推移而变差,而SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>浓

度的总体亦随时间而升高,但在1990—1994年及1999年有一定程度的降低。从1958年到2002年的44年间,Cl<sup>-</sup>的浓度增长了2.02倍,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>的浓度增

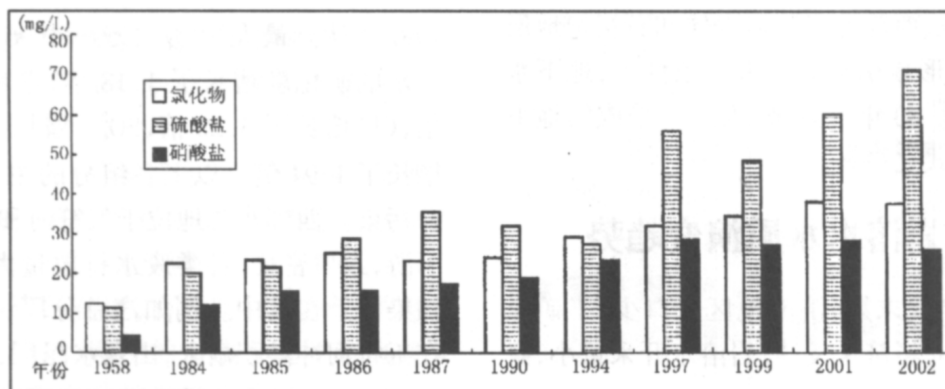


图1 趵突泉水质多年变化图

长了 4.83 倍,  $\text{SO}_4^{2-}$  的浓度增长了 5.25 倍。三者的浓度均增长较快, 反映出岩溶水质量恶化的速度较快, 特别在 1985—2002 年的 17 年间,  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度变化明显, 平均年增幅达到了 2.92 mg/L。  $\text{NO}_3^-$  的浓度, 从 1997—2002 年还相对保持稳定。目前, 市区地下水中的  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  三项指标虽均未超过《国家饮用水水质标准》, 但浓度增长速度均较快, 与之相比, 总硬度、矿化度的增幅较小。市区  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  三项离子增加较快的主要原因是地处排泄区, 来自南部、西南部补给区的地下水中“三废”含量的不断增加, 使市区地下水中各组分含量不断增加, 加之北部受岩浆岩岩体阻挡, 地下水径流不畅, 只能以泉或人工开采的形式排泄, 部分离子在地下水中不断聚集, 导致了水质的不断恶化。

### 2.3 东部岩溶水水质多年演变趋势

兹以七里河与黄台电厂的水质资料(表 3)分析东部水质变化趋势。

由表 3 可以看出, 1958—2002 年, 地下水中 5 项常规组分的浓度总体上呈不断升高的趋势。其中  $\text{Cl}^-$  的含量连续上升, 从 1958—2002 年的 44 年间, 增加了 3.47 倍。其他 4 项组分的浓度在 1989 年达到峰值, 1989—2002 年有不同程度的下降, 但降幅较小。从 1958—1989 年的 31 年间,  $\text{SO}_4^{2-}$  的浓度增加了 9.63 倍,  $\text{NO}_3^-$  的浓度增加了 4.12 倍, 总硬度增加了 0.77 倍, 矿化度则增加了 1.59 倍, 地下水水质总体上仍呈恶化趋势。

表 3 七里河与黄台电厂水质监测资料(mg/L)

项目	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NO}_3^-$	总硬度	矿化度
1958 年	16.65	10.62	9.40	238.503	269
1970 年	12.53	12.50	11.20	244.16	272
1987 年	26.69	14.41	18.50	245.23	397
1989 年	57.10	112.90	48.10	421.21	696
1999 年	62.60	102.23	43.09	389.20	648
2002 年	74.45	84.61	41.16	387.97	650

对济南泉域来说,  $\text{SO}_4^{2-}$  的增加主要是大气降水和工业排放废水中  $\text{SO}_4^{2-}$  浓度高造成的;  $\text{Cl}^-$  的增加与生活污水中的  $\text{NaCl}$ , 化肥中的  $\text{NH}_4\text{Cl}$  和纺织、印染等行业含  $\text{Cl}^-$  污水排放等有关;  $\text{NO}_3^-$  增加则主要是受生活污水、工业废水及农业生产等因素的影响。

至于总硬度的增加, 也主要是人为因素造成的。南部山区以碳酸岩为主, 本来就是  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  的重要补给源, 山石开采与水泥生产增加了地面和空气中的粉尘, 遇到降雨, 碳酸岩粉尘比岩石更易溶出钙、镁离子, 随雨水渗入地下补给地下水, 导致岩溶水总硬度增加。如党家庄镇, 周边的山上采石场密度大, 地面破坏严重, 1999 年 6 月对其水井的水质进行分析,  $\text{Ca}^{2+}$  的浓度为 68.55 mg/L, 总硬度为 232.15 mg/L, 而 2001 年 6 月的水质资料显示  $\text{Ca}^{2+}$  的浓度为 86.06 mg/L, 总硬度为 277.78 mg/L, 显示水质进一步恶化。

### 3 西郊、市区与东部水质对比

对比分析西郊、市区与东部多年来水质变化趋势可以看出, 由西向东岩溶水各组分浓度变化的速度呈逐渐增加的趋势。究其原因, 主要与各区地下水开采量有关<sup>[1]</sup>。西郊面积大, 相对集中开采量小, 水质变化速度相对较慢; 市区面积小, 开采相对集中, 且其北部无排泄通道, 有利于各组分的逐渐积累; 东部面积小, 是工业与生活用水集中区, 地下水开采量大(部分地段已经形成多年降落漏斗), 各类组分积累速度快, 含量高。总的来说, 西郊水质较其他两区好, 市区次之, 东郊最差。

### 4 结语

由于岩溶水开采量增加、“三废”逐年排放、山石持续开采等因素的影响, 济南泉域岩溶水水质从 1958 年以来逐渐恶化。目前, 与《生活饮用水卫生标准》相比, 各项组分的含量虽均不超标, 适于饮用; 但与 20 世纪 50 年代末期相比, 各地段内各项组分的含量均明显升高, 岩溶水质量正朝着不良的趋势发展。相比而言, 济南岩溶水各组分浓度增速和增加的倍数, 西部小于市区, 更小于东部。为了使济南泉域的岩溶水水质不再恶化, 甚至逐渐好转, 建议有关部门加大监督力度。应禁止南部山区直接倾倒垃圾, 并对已有垃圾点实施清理; 要实现污水达标排放, 合理布置石料开采, 要关停众多小规模采石点。

### 参考文献:

- [1] 沈照理, 朱宛华, 钟佐荣. 水文地球化学基础[M]. 北京: 地质出版社, 1993, 131—133.

## The Research into the Evolvement Trend of Karsts Water Quality for Fountain Areas in Jinan

LI Chang - suo , HU Ai - min , YOU Qi - jun , ZHANG Zhong - xiang , WANG Jue , MU Qiang  
( Shandong Geo - engineering Institute , Shandong Jinan 250014 , China )

**Abstract** :In the end of 50's , underground water quality of fountain areas in Jinan still remains crude state. Since 1980 , with the gradually growth of economic development , the continuous exploitation in karsts , the more polluted air , water and materials being released , the water quality of karsts has become worse and worse. The content of all components mainly originates from point industrial pollution. West suburb firstly speaking , the content of all components of karsts had turned from climbing to descending from 1959 to 2002. Secondly the components of fountain in Jinan city areas are ascending in general. The areas are located at the regions of letting out polluted water ; the amount of released polluted air , water and materials coming from complementary regions are increasing in the areas ; besides , the polluted air , water and materials are blocked by igneous rock at the north , and these only be released in the form of fountain and exploitation , causing some ions thickness grows continuously. Thirdly the thickness of the five regular components of the underground water at east area shows the trend of climbing in general , and the trend of underground water quality is worsening as a whole.

**Key words** : Karsts water ; Water quality ; evolvement trend

( 上接第 34 页 )

## Application of GPS in Jiaonan Geographical Information System Engineer

WANG De - Bao , HUANG Jun , DONG Chun - sheng , CHEN Rui - cong  
( No. 1 Geo - mapping Institute , Shandong Jinan 250014 , China )

**Abstract** :During the period of establishing third grade plane controlling net and elevation fitting work by using GPS , plane precision and elevation fitting precision are promoted. It is proved that precision test of measuring point in plane net should be carried out and short reference line with low precision in three - dimensional un - forbidding adjusting error should be kept. As to elevation fitting , many methods should be used to test all precision in already known GPS level mark . At the same time , precision of fitting elevation of measured spots are tested. Regarding average value of fitting elevation of measured spots as most probable error , errors , smallest and biggest values of fitting elevation are measured , and regarding all precision testing results , the best fitting plan is chosed.

**Key words** :GPS ; data conducting ; elevation fitting ; precision ; probable elevation ; GIS