

文章编号 :1001-4810(2002)03-0202-04

济南泉域岩溶地下水水质变化分析^{*}

李大秋,高 焰,王志国,王东海

(济南市环境保护科学研究所,山东 济南 250014)

摘 要 济南泉域岩溶地下水水质变化研究认为,随着经济的发展和人类活动的增强,水体的总硬度、 SO_4^{2-} 、 Cl^- 和 NO_3^- 等指标均呈上升趋势,且近期离子浓度升高的速率加快。从泉域间接补给区到直接补给区再到排泄区,地下水污染逐步加重,水质逐渐变差。

关键词 地下水水质;总硬度;济南泉域

中图分类号 P641.12 文献标识码 A

济南以其得天独厚的区域地质条件,众多形态各异的名泉,构成了举世无双的以“泉”为中心的城市文化和以“泉城”而著称的城市风貌。

济南的泉水来源于南部山区。南部山区在漫长的地质年代经过多次构造运动和长期的溶蚀,岩溶地貌发育,形成由地下溶洞、溶沟和溶隙等构成的地下输水网络,大气降水和地表径流在南部山区灰岩裸露或岩溶裂隙发育的地方渗入地下,呈扇型网络状顺地势向北潜流,至城区遇不透水侵入岩体阻挡,在巨大承压作用下,地下水潜流由水平运动变成垂直运动,沿着溶蚀裂隙并穿过第四系覆盖层,以泉群的形式喷涌出地表,形成了闻名于世的“泉城”。

1 济南泉域水文地质概况

济南泉域由上游至下游分为间接补给区(Ⅰ区)、直接补给区(Ⅱ区)和泉水排泄区(Ⅲ区)(见图1),补给区总面积共 1600km²,Ⅰ、Ⅱ区面积分别为 1050km² 和 550 km²。泉域东西分别以相对隔水的东梧断裂和马山断裂为界,Ⅱ区北部以火成岩和石灰岩接触带为界,南边界在卧虎山与锦绣川水库沿线一带;Ⅰ区的南界为济南泰安交界处的地表分水岭。补给区地层构造由老至新主要由太古界泰山群、古生界寒武、奥陶系和新生界第四系组成。泰山群混合片麻岩构

成区域基底层,上覆寒武系石灰岩、鲕状灰岩和竹叶状灰岩与页岩互层及奥陶系下、中统厚层的灰岩、白云质灰岩与泥质灰岩等沿地层倾斜方向按顺序正常出露,构成一平缓的单斜构造(见图2)。研究区以寒武系凤山组、中下奥陶系厚层灰岩裂隙-岩溶含水层为主,总厚度 800~1000m,岩溶裂隙发育,地下连通性好,水力联系密切。受构造、地形和含水层埋藏条件影响,其富水性差别较大,低山丘陵灰岩裸露区水位埋深达 50~100 m,富水性较差,单井出水量小于 100m³/d;向北的丘陵区,水位埋深 10~50 m,富水性中等,单井出水量 100~1000m³/d;山前倾斜平原区,灰岩隐伏于第四系之下,水量丰富,单井出水量 1000~10000m³/d^[1]。钼酸铵和孢子真菌示踪实验表明*,地下水呈扇型交叉网络状结构展开,总体由南向北潜流,水力坡度在南部山区约为 1.5%~2.5%,由南向北和由东至西,水力坡度呈逐步减缓的趋势。济南泉域地质构造决定了该区域大气降水-地表水-泉水转化直接而且迅速。随着经济的发展和地下水补给区生态环境的破坏,地下水严重超采,水位下降,泉水断流,市区形成地下水漏斗,部分区域表层疏干;“泉城”生态用水和水资源短缺问题日渐突出。

天然泉水和地下水水质主要取决于流域内岩石、

* 攻关项目山东省环境保护局、济南市科委与建委联合攻关项目(1997376)

作者简介:李大秋(1963-),女,高级工程师,研究方向为环境科研与监测,发表论文 30 余篇。

收稿日期 2002-03-26

* 济南保泉课题组.济南泉水来源试验研究,1996 年。



图 1 济南泉域分布图(1:12 万)

Fig.1 Distribution of groundwater in Jinan spring basin

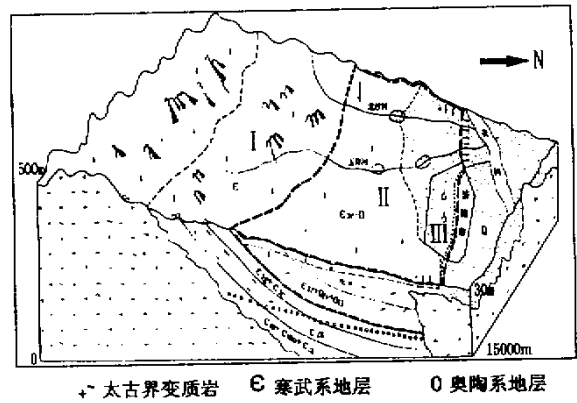


图 2 济南泉域地质剖面图

Fig.2 Geological profile of Jinan spring basin

土壤和植物等多种因素和水循环过程中发生的各种物理、化学和生物反应。济南泉域的深层岩溶地下水素以清冽质纯甘美而著称,水温稳定,常年保持在 17~18℃,无色透明,微量元素含量丰富,矿化度低,是优质饮用水源。经国家有关部门鉴定,水中含有多钟对人体有益的微量元素,每升含有:锂(Li)0.12mg、锶(Sr)0.99mg、锌(Zn)0.13mg、镁(Mg)35.55mg、溴(Br)0.5mg、钙(Ca)62.68mg、偏硅酸(H_2SiO_3)76mg^{**},为锶偏硅酸盐型矿泉水。但由于人类活动的增强,污染物排放总量不断增加,超出了水体有限的自净能力,地下水体的水质发生变化,产生了一定程度的水质污染。

2 济南泉域岩溶地下水水质变化分析

2.1 地下水硬度的变化

硬度是反映地下水水质的一个重要化学指标。据监测,1958 年济南趵突泉水的总硬度为 180.2mg/l,1988 年为 241.1mg/l,1998 年是 260mg/l(趵突泉时有断流),40 年总硬度增加了 44%,年平均递增率为 2mg/l。由近 10 年的监测结果看,济南泉域主要测点解放桥、大杨庄、峨眉山和腊山水厂地下水的总硬度皆呈上升趋势,各测点的总硬度均值为 240mg/l,2001 年比 1992 年平均升高了 54mg/l,年平均递增率为 5.4mg/l(见表 1),近 10 年的年平均递增速率比近 40 年的平均增长率升高了 3.4mg/l,即济南岩溶地下水总硬度有较明显的上升趋势且近期升高速率加快^[23]。

济南泉域岩溶水的总硬度从上游补给区至下游排泄区也具有逐步升高的特征,根据大量的测点资料统计,I、II、III 区的总硬度平均污染指数依次为 0.38、1.40 和 1.69(见表 2)。

表 1 近 10 年济南市地下水总硬度浓度变化表 (单位:mg/l)

Tab.1 Table for annual concentration variation of total hardness of the groundwater in Jinan

地点	年 份										平均
	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	
解放桥	223	231	248	228	260	292	296	288	270	280	262
腊山	232	260	247	293	297	272	298	292	297	301	279
峨眉山	184	194	194	197	212	211	214	204	215	226	205
大杨庄	192	192	197	222	214	212	220	211	215	240	212

^{**} 山东省地质矿产局八〇一队,济南保泉供水水灾地质勘探水质模型报告,1989 年。

影响地下水总硬度的因素较多,在环境地质条件不同的区域,起主导作用的因素会有所不同^[4]。在市区泉域地下水地质条件基本相同的情况下,引起总硬度变化的主要原因有(1)地表水环境质量差,特别是在泉水排泄区和直接补给区分布着较多的工业与生活污染源,污水垂直下渗或侧渗污染岩溶地下水;(2)垃圾堆放和土壤污染,促使灰岩中Ca、Mg的溶解;(3)岩溶水大量开采,水位下降,形成地下水降落漏斗,引起区域地下水动力条件改变,上层高硬度水越流补给,使污染物积累;(4)直接补给区地下水补给快,易渗漏,径流时间短,水的自净能力差。如:腊山、峨眉山和大杨庄水厂同位于济南市的西郊水源地,腊山河流域工业与乡镇企业密集,地下水开采量大,至段店镇又有垃圾堆放,使腊山水质的硬度明显高于其它点位,近10年总硬度均值达279mg/L(见表1),且升高速度较快,而大杨庄、峨眉山地区经济欠发达,污水排放量低,水质相对较好,总硬度增长缓慢^[7]。

表2 济南泉域地下水总硬度污染指数统计表
Tab.2 Statistic table for contaminated index of groundwater total hardness in Jinan spring basin

项 目	上游(Ⅰ区)	中游(Ⅱ区)	下游(Ⅲ区)
采样点	上藕池、葫芦峪大泉、葫芦峪小泉、大石梁、簸箕掌、黄巢、穆家庄、大井渡口、出泉沟、南道沟、玉河泉	斗母泉、大涧沟、兴隆庄、天井峪、石青崖、北康而、矿村、渴马、刘家林、罗尔庄、双龙、太平庄、下井庄、龙洞、河西	黑虎泉、趵突泉、珍珠泉、解放桥水厂、蜡山水厂、五龙潭、大杨庄水厂、峨嵋山水厂
总硬度	0.38	1.40	1.69
平均污染指数			

2.2 地下水中NO₃⁻、Cl⁻和SO₄²⁻的变化

NO₃⁻、Cl⁻和SO₄²⁻均是反映地下水水质的重要指标^[6]。济南泉域岩溶地下水各测点的监测结果表明,NO₃⁻、Cl⁻和SO₄²⁻与总硬度的变化有着类似的变化趋势和分布特点,其中SO₄²⁻的变化最为显著,在靠近市区的直接补给区即Ⅱ区,SO₄²⁻由1958年的8.47mg/l增加到1998年47.4mg/l,近40年和近10年的平均年增长速率分别为1.02mg/l和1.55mg/l,而相对远离市区的间接补给区即Ⅰ区,近40年和近10年的平均年增长速率分别为0.35mg/l和0.81mg/l,Cl⁻上升的速度较慢,NO₃⁻增长速率最低(见图3)。可见,污染物排放较多的Ⅱ区比Ⅰ区离子浓度相对较高,增长速度也较快,并且随着近期经济的迅速发展,离子浓度加速升高^[7,8]。

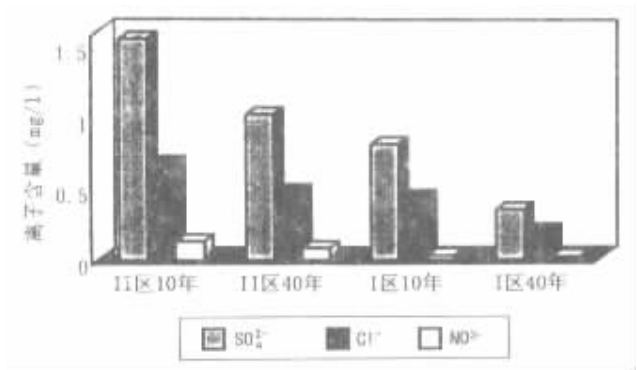


图3 济南泉域地下水化学组分年平均增长速率图

Fig.3 Annual average increase speed of chemical component in the groundwater in Jinan spring basin

3 结 论

总结济南泉域岩溶地下水水质的变化^[9],可以得出以下初步结论:

- (1)地下水的总硬度、NO₃⁻、Cl⁻和SO₄²⁻等组分均呈上升的趋势,且近期离子浓度增长速度较快;
- (2)济南泉域地下水由间接补给区(Ⅰ区)、直接补给区(Ⅱ区)到泉水排泄区(Ⅲ区)的区域分异明显,污染逐步加重,即从上游至下游地下水水质逐渐变差。

参考文献

[1] 中国地质学会岩溶地质专业委员会.《中国北方岩溶和岩溶水研究》[M].桂林:广西师范大学出版社,1993.2.
[2] 陈鸿汉等.济南泉域岩溶系统碳循环[J].中国岩溶,1998,17(4).
[3] 蒋忠诚.论南方岩溶山区生态环境的元素有效态[J].中国岩溶,2000,19(2):123-127.
[4] 毕二平.人类活动对河北平原地下水水质演化的影响[J].地球学报,2001,22(4):365-368.
[5] 周训,Kent S.Murray.沿Rouge河下支流地下水中某些水质参数的变化[J].地下水,2001,23(3):131-133.
[6] 于开宁等.石家庄市地下水中氮污染分析[J].水文地质工程地质,2001(2):31-34.
[7] Lima and Roy F.Spalding, Effects of Artificial Recharge on Ground Water Quality and Aquifer Storage Recovery[J],Water Resources Bulletin,1997,33(3):561-572.
[8] Alan Wright and Trine due Toit, Artificial Recharge of Urban Wastewater, the Key Component in the Development of an Industrial Town on the Arid West Coast of South Africa[J], Hydrogeology Journal,1996,4(1):118-129.
[9] 袁道先等.《岩溶环境学》[M].重庆出版社,1988.

ANALYSIS ON THE VARIATIONS OF GROUNDWATER QUALITY
IN JINAN SPRING BASIN

LI Da-qiu , GAO Yan , WANG Zhi-guo , WANG Dong-hai
(Jinan Institute of Environmental Sciences , Jinan , Shandong 250014 ,China)

Abstract : Study on the variation of groundwater chemical components of Jinan spring basin shows that the concentration of all the items , such as total hardness , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , is increased with the enhancement of human activity , and ionic concentration rises rapidly in the recent time. The groundwater is polluted more and more intensely and the water quality gets worse and worse from indirect recharge area via direct recharge area to discharge area.

Key words : Groundwater quality ; Total hardness ; Jinan spring basin

=====

(上接第 201 页)

ASSESSMENT ON THE WATER QUALITIES OF MAJOR SUBTERRANEAN
RIVERS IN GUANGXI AND THEIR CHANGING TREND

GUO Fang , JIANG Guang-hui , PEI Jian-guo , ZHANG Cheng
(Institute of Karst Geology , CAGS , Karst Dynamics Laboratory , MLR , Guilin , Guangxi 541004 , China)

Abstract : Water qualities , changing trend and causes of change of 20 major ions in the water of subterranean rivers in Guangxi Autonomous Region are evaluated based on the analysis to 64 samples gathered at the end of 1970 's and the beginning of 1980 's and the beginning of the 21st century from 32 typical underground rivers. The results show that most of ions accord with I , II standards prescribed by Groundwater Quality Standard (GB/T 14848-93) , water quality is comparatively good , but the ion concentration is increasing generally , and the water quality is getting worse correspondingly. Among them , SO_4^{2-} , NO_3^- and total dissolved solid are increased most remarkably , HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , total hardness and permanent hardness are increased , but Cl^- , pH value decreased. The reason for the variation of ions is related to environmental acidification and the oxidation of increasing nitrogenous fertilizer run off from farmland.

Key words : Subterranean river ; Water quality ; Single factor index ; Guangxi