

城市水生态管理问题分析

——济南市保泉供水研究

王东海¹, 李 春², 李大秋¹

(1. 济南市环境保护研究所, 山东 济南 250014; 2. 山东师范大学, 山东 济南 250014)

摘 要:随着经济社会的发展,济南市水生态系统出现了一系列问题,如泉水景观萎缩、水资源量收支失衡、水环境污染、用水配置不合理等,针对这些水生态环境问题,提出了济南市水生态管理的一系列有效措施:以地下水作为居民饮用水,合理使用黄河客水与其它地表水;把南部山区……地下水补给区建成水源涵养生态功能保护区;在强污染负荷条件下,利用生态工程技术恢复稳定健康的水生态系统等。

关键词:水生态管理;生态功能保护区;泉水

中图分类号:P641.1;X141

文献标识码:A

水生态系统是城市生态系统的重要组成部分和关键因素,它必须有足够的生态用水才能维持系统的动态平衡,并发挥其生产、生活、供给、接纳、控制和缓冲等生态功能。济南市在20世纪60年代以前,受人口数量、经济发展程度与取用水资源技术手段等条件的限制,对水生态系统的影响并未危及环境的动态平衡,水生态环境仍然基本能维持在一个可恢复的状态,并发挥其各种水生态功能。此后,由于人口激增,经济快速发展,特别是城市用水大幅度增加等,使生态环境用水大大减少,造成水生态系统出现一系列问题,如泉水景观萎缩、水资源量收支失衡、水环境污染、用水配置不合理和生物多样性衰退等,这些水生态环境问题又进一步威胁到城市的可持续发展。在当今水资源危机的新形势下,如何进行水生态系统的管理,已成为济南市亟待解决的一个十分重要的问题。

1 济南市水生态系统问题分析

1.1 泉水景观萎缩

享有“泉城”美誉的济南市素以优质丰富的地下水而闻名于世。在古老的旧城区2.6km²的土地上,分布着名泉多达136处。济南的泉水来源于大气降

水,大气降水在南部石灰岩山区渗入地下,并沿北倾的地层向市区潜流,在市区北部遇岩浆岩阻挡,然后上升形成涌泉。有“天下第一泉”美称趵突泉水(图1)“泉源上奋,水涌若轮”(《水经注》),日涌量达16.2万m³。加上黑虎泉、五龙潭泉、珍珠泉,日平均涌水量可达30万m³[1],丰水期最大喷涌量高达60万m³/d;涌出的泉水汇成了大明湖,并确保了长达237km的小清河的流水常年奔腾不息。据清代乾隆《历城县志·杂录二》记载,明万历四十六年(1618年)、崇祯十四年(1641年)趵突泉也曾由于大旱出现过断流,但总体未影响泉水景观;20世纪60年代末以前地下水开采对泉水流量一直影响较小,采补基本持平。然而,近30多年来由于地下水盲目、过度开采及城区不断南扩,致使泉涌水量遽急减少,地下水位不断下降(表1、图2)。据观测,泉水自1972年春季开始出现断流,此后,几乎年年有断流现象。特别是近10年多来断流情况尤为严重:趵突泉1986年5月至1987年8月26日,停涌达15个月;1988年8月至1990年8月,断流24个月;1999年5月至2001年9月,济南泉群连续停喷31个月;2002年2月又停涌至今。泉水断流,造成泉水景观萎缩,趵突、黑虎、珍珠和五龙潭四大泉群再也不具有往日的壮观景色。此外,泉水断流,还造

基金项目:山东省环境保护局、济南市科委和济南市委联合资助基金项目(1997376)

作者简介:王东海(1964—),男,高级工程师,研究方向为环境科研与规划。

收稿日期:2003-05-06

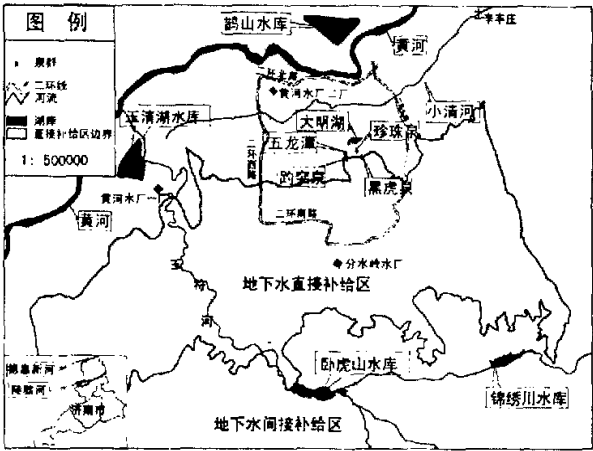


图 1 济南市区泉域水系分布示意图

Fig. 1 Distribution of water system and spring basin in Jinan

成大明湖无新鲜水源补充。过去湖水中藕、菱、苇、螺、蚌、鱼等多种生物被单一的梅尼小环藻或铜绿微囊藻等替代,其优势种比例均大于 70%,水体重度富营养化,死鱼现象时有发生,湖体景观用水功能下降。与此同时,小清河也失去了泉源,几乎成了工业废水和生活污水的排污沟,水体无自净能力,水质常年为劣 V 类水体,2002 年出境断面辛丰庄化学需氧量和氨氮分别达 71.6mg/l 和 19.2mg/l,各超标 0.8 和 8.6 倍,河水黑臭,水中鱼、虾、蟹等各类生物减少甚至绝迹,河流航运、农灌、养殖等生态功能难以发挥,用河水培育的禾苗常常死秧、烂秧,甚至由于河水渗漏污

染了两岸的地下水,危及两岸人民的饮水安全。

表 1 济南市降水量、泉水流量、地下水开采量及水位统计表^[2]

Tab. 1 Statistic table for precipitation, spring water flow, groundwater pimping, and water level

年 度	平均降水 量(mm)	地下水平均开 采量万(m ³ /d)	泉水平均流 量万(m ³ /d)	平均地下 水位(m)
1960—1969	706.5	11.8	32.9	30.0
1970—1979	673.5	30.5	14.2	27.9
1980—1989	587.3	49.1	4.9	26.5
1990—1999	708.2	76.8	时常断流	25.9

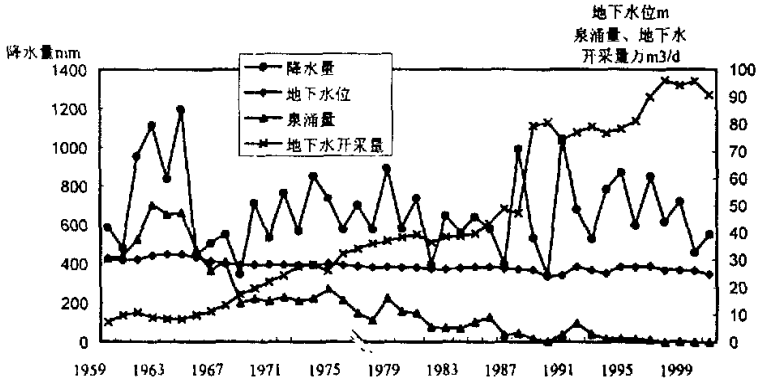


图 2 地下水位、泉涌量、地下水开采量与降水变化图

Fig. 2 The diversification of groundwater table, spring flow, groundwater pumping amount and the precipitation

1.2 水资源量收支失衡

济南市的水资源来自大气降水和过境河流两大部分。大气降水形成地表水、地下水,过境河有黄河、徒骇河、德惠新河。1960—1999 年 40 年的平均降水

量是 669mm,汛期占全年降水量的 75%以上,多年平均降水量折合水总量约为 54 亿 m³,而从丰水年到特枯年为 67.13~37.57 亿 m³ 不等(见表 2)。在多年平均降水量情况下,形成的当地水资源量为 16 亿 m³/

a,其中地表水6.4亿 m^3/a ,地下水9.6亿 m^3/a 。根据水资源储量计算及工程供水能力等,济南市可利用的水资源量为14.7亿 m^3/a ,人均当地水资源占有量仅为283 m^3/a ,为全国人均占有量的七分之一,大大低于国际公认的人均水资源1000 m^3/a 的临界值,为全国严重缺水的40个城市之一。从全市用水情况看,全市农业灌溉用水量约9.8亿 m^3/a ,城市自来水售水量近3亿 m^3/a ,另外,农村生活、乡镇企业和工业自备井等用水约2.3亿 m^3/a ,总用水量15.1亿 m^3/a ,加上黄河客水资源,总量尚可维持。但在1960—1999年的40年中,有56%的年份低于平均降水量,如遇枯水年,水资源供需矛盾十分突出。此外,位于市区趵突泉与黑虎泉等附近的水厂及企业自备井常年超量开采地下水,地下水位逐年下降,在市区形成较大范围的地下水漏斗区,并引起表层疏干等;而位于济南西部的地下水源地却未能充分利用,白白流入黄河中。

表2 济南市降水总量统计表

Tab. 2 The total amount of precipitation in Jinan City

保证率类别	多年平均	丰水年 p=20%	平水年 p=50%	偏枯年 p=75%	特枯年 p=95%
降水量 (mm)	669	832	647	522	386
折合水量 (亿 m^3)	53.96	67.13	52.21	48.63	37.57

由于地下水补给区生态环境的破坏,南部山区水源涵养地地面大面积硬化,大气降水难以转化为地下水,多形成洪水排向黄河一带;但黄河水主要补给的是第四系冲积含水层,而黄河冲积层与市区岩溶地下水之间又有较稳定的相对隔水层分布,水力联系微弱;过境的徒骇河、德惠新河都位于黄河以北,对市区岩溶地下水补给不大。由于收支失衡,市区水资源供需矛盾较为突出,如1989年7月市区地下水位降至22.5m,自来水供水系统的离心泵不得不大量报废,更换成深水泵;1989、2001和2002年卧虎山水库发生干涸,致使南郊水厂无水可供。

1.3 生产、生活、生态用水配置不合理

过去济南市供水水源基本为优质的地下水,水源单一。随着地下水开采量的不断增大,泉水断流,供水日益紧张,迫使政府加快了地表水的开发利用。1987年济南市开始兴建引黄保泉供水工程,减少地下水开采,在黄河南岸当年建成黄河水厂一期工程,日供水能力10万 m^3 ,从此济南市的部分市民饮用了地表水。1988年为进一步缓解市区供水困难,过去以农业灌溉为主的卧虎山、锦绣川水库转为向城市供水为主,并建成了分水岭水厂。2000年和2001年济南市在水资源危机的关键时刻,引黄河水的鹊山和玉清湖

水库又相继建成供水,日供水能力分别为40万 m^3 ,至此,市民饮用水几乎全部来自地表水,且黄河水又占其中绝大部分,水质安全存在一定问题(据国家环保总局2002年中国环境状况公报,黄河水系监测的128个断面中劣V类水体占50%,石油类、高锰酸盐指数与生化需氧量时常超标,难以满足国家饮用水源地Ⅲ类水质标准。据济南市环境保护监测站监测,“九五”期间黄河济南段全部为Ⅳ类水质,有8项指标超过了国家标准,分别为pH、悬浮物、高锰酸盐指数、 BOD_5 、氨氮、亚硝酸盐氮、总磷和大肠菌群);而市区东部大量的工业用水却仍为符合国家饮用水标准的优质地下水,郊区与农村,特别是地下水补给区的上游农业灌溉用水和养鱼用水也多为地下水。这种用水配置一方面不仅浪费了优质宝贵的地下水资源,满足不了广大市民提高饮用水水质的强烈要求,另一方面,地下水超采、泉水断流、南部山区玉符河等部分河流干涸及大明湖、小清河生态用水缺乏等问题也仍然突出。

1.4 水污染加重

2002年济南市全流域污水排放总量约2亿t,其中工业废水7000万t、生活污水1.3亿t,农药、化肥、畜禽粪便等也对水体产生了重要影响。污水排放量增加、面源污染和不合理利用水资源等造成了严重的水环境污染。这种污染已由局部发展到全市、由下游蔓延到上游、由城市扩散到农村、由地表延伸到地下。2002年水质监测结果表明,在全流域的水质评价断面中,大明湖、小清河均受到严重污染,为劣V类水体;地表水饮用水源地卧虎山、锦绣川、鹊山和玉清湖水库(参见图1)总氮、总磷时常超标,总氮最高年均值达3.6 mg/l ,超标2.6倍,水质劣于国家地表水Ⅲ类标准;浅层和局部区域深层地下水水质的个别项目受到污染,地下水中的硫酸盐、硝酸盐、氯化物和总硬度呈明显上升趋势,近40年平均年递增速率在0.35~5.4 mg/l 之间^[4,9]。

2 新时期济南市水生态管理的目标和措施

针对济南市水生态系统存在的问题,今后济南市城市水生态环境管理的目标为:首先必须有充足安全可靠的供水水源;第二,保证地下水采补平衡,缓解或避免地下水漏斗等生态问题的发生;第三,城市河湖等水体必须有一定的新鲜水补充,维持健康的城市水生态系统及生物多样性^[3],满足河流、湖泊、池塘和野生生物对生态用水的需求;第四,要形成城市供水、配水、用水、排水、治污等环节合理的现代化水网管理体系,做到优水优用;第五,严格控制流域农药、化肥、

畜禽粪便和水土流失等面源污染^[6]。

为使济南尽快成为合理开发利用水资源的典范城市,拟采取以下城市水生态环境管理的措施:第一,建议以地下水作为居民饮用水,对黄河客水与其它地表水进行统筹兼顾,做到分质分类用水,以使生产、生活和生态用水综合平衡。城市自来水总供给量中,生活用水仅占十分之一,其中居民饮用水又至多占生活用水的十分之一,即城市自来水总供水量的1%为饮用水。通过分质供水对城市自来水总供给量1%的优质地下水进行深度净化处理,并另设管网直接供给用户,以满足人们的健康饮水需求;第二,把济南市南部山区——地下水补给区(见图1)建成水源涵养生态功能保护区,保证大气降水—地表水—地下水三水的有效转换。南部山区面积共1600km²,其中地下水直接补给区550km²,间接补给区1050km²,直接补给区渗透系数在0.38~0.45之间,间接补给区平均入渗系数为0.22,全区多年平均地下水总补给量约为2.3亿m³/a^[7],对济南市区供水具有重要作用。但由于该区环境优美,地价较低而被各路商家看好,各类工程建设项目急剧增多,致使本区水源涵养功能下降。据计算,地面每硬化1km²,降水入渗量将平均减少14万m³/a,而建设水源涵养林除可避免这部分损失外,还能涵养水源,降低或延缓洪峰,提高降水入渗能力和增加枯季流量。第三,在地下水严重超采的二环线(见图1)以内,划定地下水禁采区(供水由其它水厂联网解决),清理不合理的抽水设施,提高流域整体的生态功能,确保流域泉涌的生态用水;第四,事实证明,过去常用的转移和稀释扩散污染物、投放化学

物质、疏浚底泥等传统改善水环境的方法,在济南已不适用,水生态问题必须用生态工程的技术方法^[8]来解决,如:物理生态工程技术(PEEN)中利用大型漂浮植物凤眼莲 *Eichornia crassipes*、喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides* 等一系列生物或微生物来净化水质。第五,卧虎山和锦绣川水库流域为氮、磷严重超标地区,应严格控制流域氮肥、磷肥施用量,地下水直接补给区应加大农业面源污染控制力度,鼓励畜禽粪便资源化,确保养殖废水达标排放等等。

总之,济南市是国家级历史文化名城,历史文化源远流长,文物古迹众多,泉水驰名中外,是融山、泉、湖、河、城为一体的特色城市,科学合理的城市水生态环境管理是解决济南市保泉供水方面出现各类新问题的关键。

参考文献

- [1] 任宝桢编著. 济南名泉说略[M]. 黄河出版社, 2002.
- [2] 济南名泉保护管理办公室编著. 济南名泉大观[M]. 济南出版社, 1998.
- [3] 李传谟. 济南岩溶水资源的分析与泉水名胜的保护[J]. 中国岩溶, 1985(1,2).
- [4] 李大秋, 等. 济南泉域岩溶地下水水质变化分析[J]. 中国岩溶, 2002. 21(3).
- [5] 欧阳志云, 等. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999. 10(5).
- [6] 袁道先, 等. 岩溶环境学[M]. 重庆出版社, 1988.
- [7] 黄春海. 地下水开发研究[M]. 山东大学出版社, 1998.
- [8] 杨士弘, 等编著. 城市环境学[M]. 科学出版社, 1997.
- [9] Lima and Roy F. Spalding, Effects of Artificial Recharge on Ground Water Quality and Aquifer Storage Recovery[J], Water Resources Bulletin, 1997, 33(3).

THE ANALYSIS ON URBAN HYDRO-ECOLOGICAL MANAGEMENT —A Case Study Water Supply and Protection of Springs in Jinan City

WANG Dong-hai¹, LI Chun², LI Da-qiu¹

(1. Jinan Environmental Protection Institute, Jinan, Shandong 250014, China;

2. Shandong Normal University, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: With the economic and social development in Jinan City, a series of problems such as spring water dried up, unbalanced water input and output, water contamination, unreasonable water usage collocation have occurred in hydro-ecologic system. A series of counter-measures beneficial to the hydro-ecological system management is proposed in this paper. Which include the following items: to use the groundwater only for drinking, to reasonable use the allogeneous water from Huanghe River and other surface water, to build Nanshan Mountain, the groundwater recharge district, into an important functional area for water storage, and to rehabilitate a healthy hydro-ecological system by means of ecological technique under strong contaminating situation.

Key words: Hydro-ecological system management; Ecological function protective area, Spring water