

文章编号 :1001-4810(2002)03-0188-07

济南市泉群喷涌的控制性参数计算 及供水保泉宏观调控措施研究*

李福林¹, 马吉刚², 李玉国¹, 金 丽¹, 陈学群¹, 王德辰³, 吴兴波³, 卢朝霞³, 赵德岭³

(1. 山东省水利科学研究院, 山东 济南 250013; 2. 山东省水利厅, 山东 济南 250013;

3. 济南市水利局节水办, 山东 济南 250024)

摘 要 济南市泉群喷涌经历了自流期、自流-季节断流期、季节性断流或长年断流期、人工调控期等几个历史阶段。本文在分析济南市四大泉群喷涌历史演变的基础上, 利用统计资料, 首先建立泉群年平均喷涌量与年最低地下水位之间的定量方程, 得出四大泉群喷涌的底限水位与最低景观流量的对应关系, 然后, 计算泉域内地下水的入渗补给量, 再得出保证泉涌的地下水最大允许开采量的控制性参数。最后, 结合保泉供水的实际需求, 提出扩大地表水供应量、开辟新水源、实施多种形式的人工回灌以及调整供用水结构、实施分质供水等宏观调控措施。

关键词 济南泉群; 最低景观流量; 控制性参数; 宏观调控

中图分类号 P641.135; P641.8 文献标识码 A

1 济南市泉域状况及泉群喷涌的历史演变

1.1 济南市泉域状况

济南岩溶地下水的研究程度很高, 不同学者曾从水资源分析与管理^[1,2]、泉域地下水年龄^[3]、泉域系统碳循环^[4]、地下径流场模拟^[5]等不同角度对之进行了研究。但是, 由于岩溶发育的复杂性, 直到现在还有许多问题未得到解决。比如对济南市泉域的范围和边界的确定就长期存在争论^[6]。一种观点是以断裂带为界划分, 还有的是以闪长岩体的分布、向斜的侧翼和地表水分水岭等为界划分的。实际上, 已经有足够的示踪试验^[7]和抽水试验成果表明, 任何一个断层或构造都不是绝对导水或阻水的, 而且早有资料和数据表明, 济南市区的趵突泉、黑虎泉、珍珠泉、五龙潭等四大泉群和济南市西部的峨眉山、腊山泉群及济南市东部的冷水沟、杨家屯、白泉等, 虽然补给区、泉水位和泉涌量有所不同, 但西部、市区、东部之间仍存

在一定的水力联系。否则, 就无法解释近年来市区开采量降低, 而市区四大泉群仍然停喷的现象。

本次研究, 我们主要根据岩溶弱发育带的水文地质特征和几条近于南北向的相对隔水的断层, 把影响济南市泉域补给区的范围界定在以下区域: 南以长城岭地表分水岭为界; 北以小清河一带辉长岩、闪长岩的侵入体出露及隐伏区为界; 西以辉长岩体分布的西边缘为界, 即玉符河与古城断裂附近的岩溶弱发育带为界; 东以相对隔水的东梧断裂为界, 面积约 1050 km², 其中石灰岩分布面积 682 km², 变质岩和岩浆岩分布面积约 368 km² (图 1)。该影响区包括了传统提法上的市区水源地、西郊水源地和东郊工业区水源地。研究对象为市区的四大泉群, 泉涌量为四大泉群年平均流量, 水位为四大泉群的特征水位(平均水位、最低水位), 地下水开采量指的是包括市区、西郊、东郊等水源地在内的泉域补给区范围内的岩溶水开采量。

* 攻关项目: 山东省发展计划委员会科技项目

作者简介: 李福林(1967-), 男, 高级工程师, 青岛海洋大学在读博士, 主要从事水资源与水环境研究。

收稿日期: 2001-07-05

1.2 济南市泉群喷涌的历史

济南市四大泉群喷涌的有关资料记载始于 20 世纪 50 年代末,当时泉水自流量很大,随着城市建设和工农业生产的发展,地下水用水量不断增大,泉涌量也在不断减少。由图 2 可以看出,1968 年泉涌量与地下水开采量持平,在此之前,泉涌量受地下水开采

量影响很小,此后,随着地下水开采量的增大,泉涌量逐渐减少。1968 年是一个重要的转折年。

利用四大泉群平均喷涌量与岩溶地下水开采量的数据制成散点图(图 3),可以看出,数据点聚集成三大块,分别代表不同年代的泉涌状况。

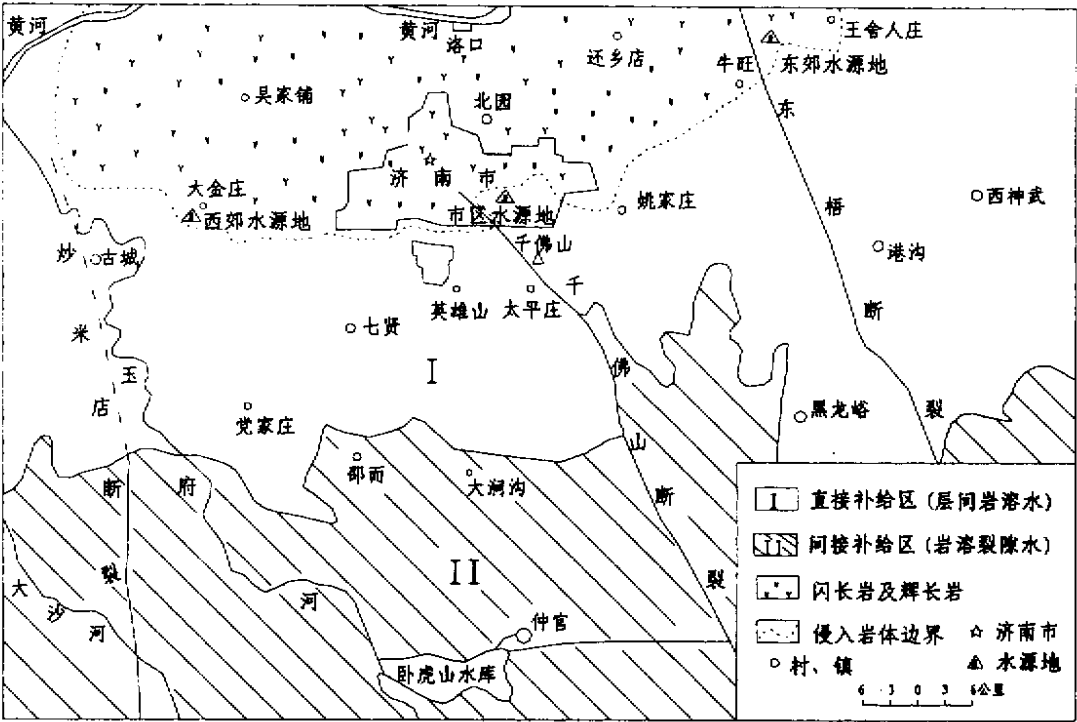


图 1 济南市泉域(局部)水文地质平面示意图

Fig.1 Hydro-geological sketch map of the Jinan spring basin (local)

(注: I 区的含水岩组包括 I₁ 寒武系徐庄组岩溶裂隙水亚组和 I₂ 寒武系崮山—长山组岩溶裂隙水亚组, II 区的含水岩组包括 II₁ 寒武系张夏组岩溶水亚组和 II₂ 寒武系凤山至中奥陶统岩溶水亚组。)

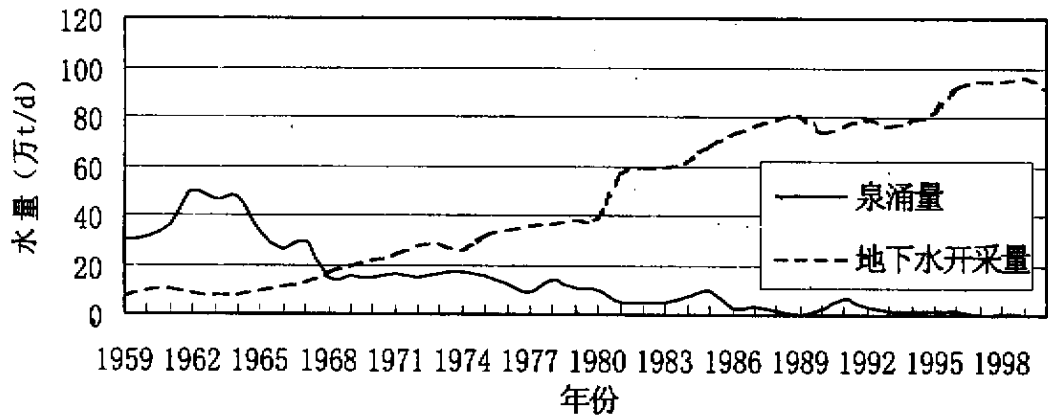


图 2 四大泉群平均喷涌量和地下水开采量的变化

Fig.2 Average spurting amount of the 4 spring groups and variation of the exploiting amount to groundwater
万方数据

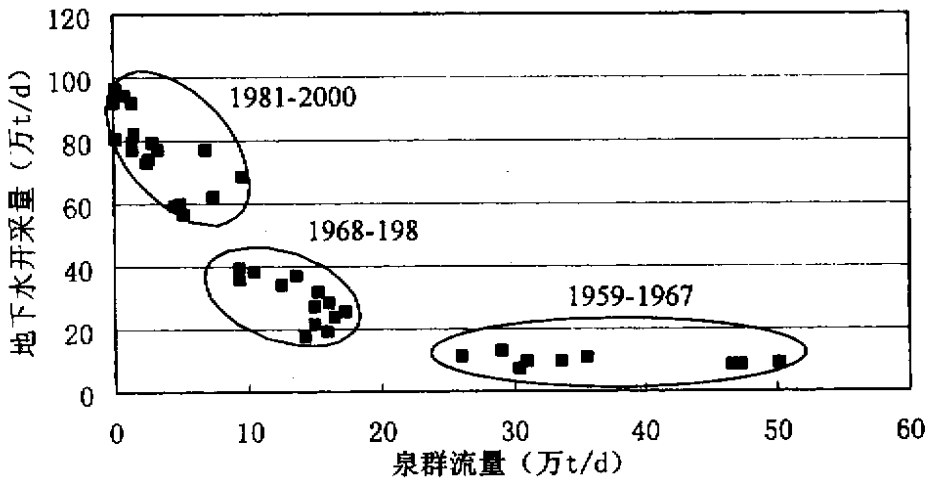


图 3 四大泉群平均喷涌量与地下水开采量散点图

Fig.3 Average spurting amount of the 4 spring groups and scatter spot map of the exploiting amount to groundwater

纵观四大泉群几十年的喷涌历史,可分为三个阶段:

(1)常年喷涌期(1959-1967年)

该时期是四大泉群自流期,年平均降雨量 654.2mm,平均地下水开采量为 9.76 万 m^3/d ,泉水平均流量为 36.7 万 m^3/d ,平均地下水位为 30.50m。

(2)自流-季节断流期(1968-1980年)

该时期四大泉群由全部常年喷涌转为仅个别泉群常年喷涌,高水位泉群出现季节断流。该时期年平均降雨量 657.1mm,平均地下水开采量 29.4 万 m^3/d ,泉水平均流量 13.7 万 m^3/d ,平均地下水位 27.88m。

趵突泉 1972 年 6 月最低水位 27.10m,首次出现断流,1973 年最低水位 26.62m,3 月 30 日至 7 月 5 日又断流 97 天。

(3)季节性断流或常年断流期(1981-2000年)

该时期四大泉群基本上每年均出现春季断流现象,甚至全年断流(图 2)。该时期年平均降雨量 605.3mm,平均地下水开采量 58.4 万 m^3/d ,泉水平均流量 4.06 万 m^3/d ,平均地下水位 26.3m。在 1982、1989、2000 三年全年断流(图 4),趵突泉 1999 年 3 月 2 日至 2001 年 9 月 17 日断流 926 天,是历史上断流期最长的一次。

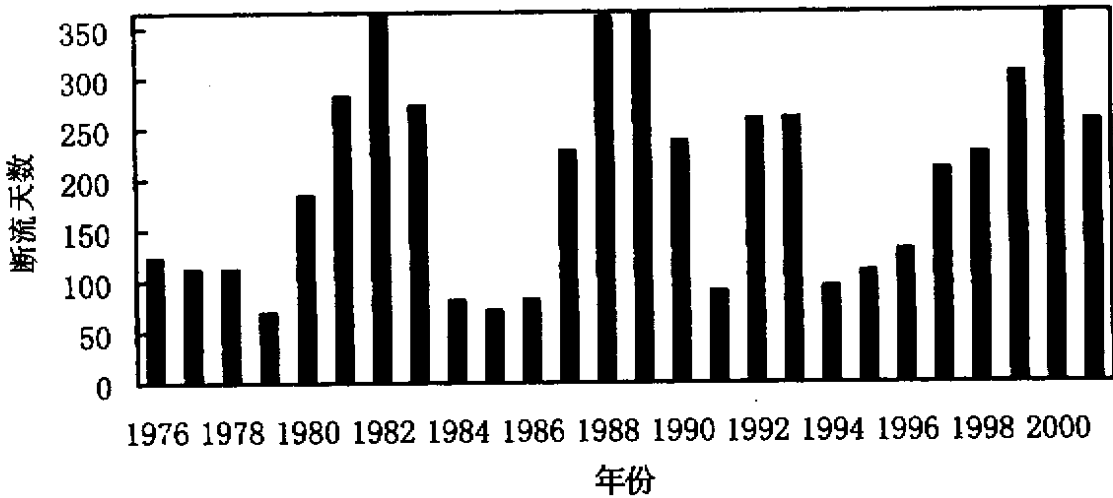


图 4 济南市四大泉群历年泉水断流天数统计

Fig.4 Statistical days for zero-flow of the 4 spring groups in every year

(4)人工调控期(2001-)

自 1999 年春季以来,济南泉群一直干涸,为恢复泉涌,市政府从 2001 年初采取了一系列保泉措施:关

闭了市区二环路以内 119 眼自备井,减少地下水开采量 2100 多万方,增大玉清湖和鹊山水库引黄供水量,使地表水供水达到 50 万 m^3/d ,逐步减少直至停止市

区解放桥水厂和西郊腊山水厂采水,2001 年 8 月 18 日至 8 月 31 日,又沿玉符河一带引放卧虎山水库的库水 800 万 m³ 进行人工回灌。9 月 8 日全市地下水水位升至 26.53m,五龙潭复涌;9 月 10 日地下水水位升至 26.60m,珍珠泉复涌;9 月 17 日,全市地下水供水减至 19 万 m³/d,市区解放桥水厂只供水 1.5 万 m³/d,水位升至 27.03m,趵突泉喷涌;9 月 29 日,地下水水位超过 27.45 m,黑虎泉首次出现不间断喷涌,至此四大泉群在经历 938 天的断流后全部复涌。这标志着四大泉群进入了人工调控时期。

2 市区泉群喷涌参数的厘定

2.1 泉群喷涌最低景观流量参数的确定

2.1.1 市区泉群喷涌底限水位的标定

济南市区泉群包括趵突泉、黑虎泉、珍珠泉和五龙潭四大泉群。它们集中分布在东起青龙桥,西至匡市街,南起正觉寺街,北至大明湖这一 2.60km² 范围内。泉群能否喷涌和降水量、地下水入渗补给量以及地下水开采量密切相关。降水量愈大、地下水入渗补

给量愈大,地下水开采量愈小,则泉群愈易于喷涌,反之,泉群不喷,甚至断流。泉群喷涌最直观的一个指标便是地下水水位能否到达泉口喷涌出流的海拔高度。这里应分清池底标高与出流标高的区别。由于泉池设施管理原因及测量的误差,关于四大泉群出流的海拔高度,过去统计的数据参差不一。最近,济南市水利局对此进行了重新标定,四大泉群中以黑虎泉的出流标高最高,为 27.50m,五龙潭泉口标高最低,为 26.30m;“天下第一泉”趵突泉的出流标高为 26.8m(过去为 27.48m),珍珠泉的出流标高为 26.77m。因此,在一般情况下,只要泉区地下水水位高于 27.50m,四大泉群均可以喷涌,也就是说,黑虎泉达到喷涌水位时,其它泉群均已超过其喷涌水位。我们把 27.50m 这一地下水水位定为市区泉群全面喷涌的底限水位,有些学者把 27.5m 定为“保泉水位”,也是这个原因。

2.1.2 最低景观流量参数的确定

实际上,四大泉群地下水位的变化是和泉群流量密切相关的。泉群流量愈大,水位就愈高(图 5)。

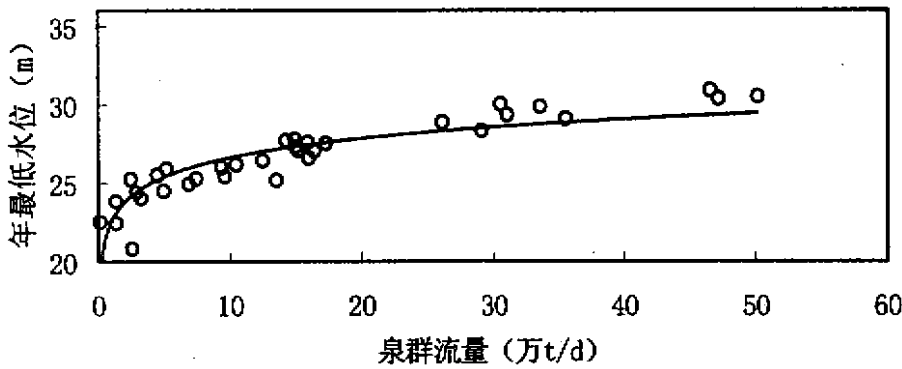


图 5 四大泉群年平均流量与年最低地下水位的关系曲线

Fig.5 Relationship curve between average spurring amount and the lowest groundwater table

我们利用 1959 – 1993 年历年泉群平均流量与年最低水位的系列资料作单相关分析,计算这两组变量的相关关系为 0.903,并建立多个数学计算模型,以对数方程拟合的效果最好,误差小。其表达式为:

$$Q = - 415.599 + 303.276\log_{10}(H)$$

式中:H 为泉群年最低水位(m)

Q 为四大泉群平均流量(万 m³/d)

用四大泉群的出流标高水位代入上式,即得出济南市四大泉群喷涌的最低景观流量(表 1)。

由表 1 可见,由于四大泉群喷涌的水位不一,其对应的泉群平均最低泉涌量也不尽相同,在 15 ~ 20 万 m³/d 之间。换算后的四大泉群喷涌的平均最低景观流量分别为 2.02m³/s、2.42 m³/s、1.74 m³/s 和 2.01

m³/s。

表 1 四大泉群喷涌的最低景观流量

Tab.1 The lowest landscape discharge of the 4 spring groups

参数 泉群	泉群喷涌底限水位 (m)	泉水喷涌最低景观流量 (万 m ³ /d)
趵突泉	26.80	17.52
黑虎泉	27.50	20.92
五龙潭	26.30	15.04
珍珠泉	26.77	17.37

2.2 泉群喷涌的地下水最大允许开采量参数的确定

2.2.1 泉域地下水补给量计算

地下水补给量的大小是直接影响泉群喷涌的重要因素。关于地下水补给量的计算方法很多,结果也相近,但关键问题在于补给区大小的确定。我们研究认为,影响市区地下水位最直接、最明显的补给区域,南起长城岭地表水分水岭,北至小清河一带辉长岩、闪长岩侵入体出露及隐伏区,西起玉符河与古城断裂的岩溶弱发育带,东至东梧断裂,汇流面积 1050km²。

地下水入渗补给量按变参数法计算^[8],公式如下:

$$P_r = \alpha_g \cdot F \cdot P_i$$

$$\alpha_g = A_g \log P_i - D_g$$

式中: P_r ——地下水入渗补给量

α_g ——年入渗补给系数

F ——计算面积

P_i ——年降水量

A_g ——地形、岩性指数

D_g ——土壤蓄水转化系数

降水量以市区四个站点 1956—1998 年的统计平均值为代表,计算不同保证率地下水入渗补给量,结果列于表 2。

表 2 补给区地下水入渗补给量计算成果

Tab.2 Recharge amount of the groundwater in recharge area

保证率	降水量 (mm)	补给量 (万 m ³ /d)
20%	828.25	47.2
50%	666.35	37.98
75%	550.1	31.35
95%	413.38	23.56
多年平均	682.35	38.89

2.2.2 地下水最大允许开采量参数的确定

我们知道,泉群排泄量等于自然泉涌量和人工开采量之和,要维持泉群喷涌,只要地下水入渗补给量与人工开采量之差大于最低景观流量即可。如前计算,四大泉群的最低景观流量与泉区地下水入渗补给量已经给出,因此,保持泉涌的地下水最大允许开采量便可推出。以趵突泉为例,要保持常年喷涌,地下水最大允许开采量参数见表 3。

2.2.3 泉群喷涌的参数方程

由以上分析,我们可以得到泉群喷涌的参数方程,它是一组方程,包括以下三个公式:

(1) 控制性方程:

$$W \leq R - Q_{\text{景观}}$$

其中 W 为趵突泉涌水量, R 为补给量, $Q_{\text{景观}}$ 为四大泉

群平均最低景观流量

该方程是四大泉群喷涌所必需首先要满足的条件,其实际意义便是,只要泉域补给区开采量小于或等于补给量与泉群最低景观流量之差,泉群即可喷涌。

(2) 统计方程:

$$Q = F(H)$$

其中, Q 为泉群流量, H 为地下水位

该方程是指由统计规律得到的经验方程,其实际意义便是四大泉群平均流量与水位的相关关系。

(3) 水资源计算方程:

$$R = (A_g \cdot \log P - D_g) \cdot F \cdot P$$

公式符号意义如前所述。该方程是关于水资源补给量的计算方程,方程中又有不同的水资源计算参数。其实际意义是指不同降雨条件下、不同岩性地貌单元补给区,补给地下水的量值。

表 3 保证趵突泉喷涌条件下地下水最大允许开采量参数

Tab.3 Maximum exploiting amount of the groundwater on condition that enable the Baotuquan spring to spurt

保证率	降水量 (mm)	补给量 (万 m ³ /d)	趵突泉喷涌最低景观流量 (万 m ³ /d)	市区地下水最大允许开采量 (万 m ³ /d)
20%	828.25	47.2	17.52	29.68
50%	666.35	37.98	17.52	20.46
75%	550.1	31.35	17.52	13.83
95%	413.38	23.56	17.52	6.04
多年平均	682.35	38.89	17.52	21.37

2.3 泉群喷涌参数的检验

我们对 2001 年度泉群复涌作如下验证:计算时段选取 2000 年 9 月—2001 年 9 月,以趵突泉喷涌为标志。该时段内降雨量 666.0mm,计算所得研究区内地下水入渗补给量为 38.0 万 m³/d,另外,800 万 m³回灌水全部渗入地下,经分析补给市区泉域的量约占 30%,折合补给量为 0.66 万 m³/d,则研究区内综合补给量为 38.66 万 m³/d。前已算出,趵突泉喷涌的最低景观流量为 17.52 万 m³/d,因此,理论上只要地下水开采量小于 21.14 万 m³/d,趵突泉即可复涌。这一推断与 9 月 12 日后,全市地下水供水减至 21 万 m³/d 以下,趵突泉喷涌的事实基本符合。说明我们计算出的泉群喷涌参数较为合理。

3 供水保泉的宏观调控措施

2001年供水保泉调度成功的关键在于市区水厂停采、关闭自备井、加大地表水供应量及实施玉符河地下水人工回灌补源工程,从而使全市地下水开采量控制在 $20\text{万 m}^3/\text{d}$ 以内。如果仍以趵突泉喷涌的目标进行调控,除要保证不同保证率下地下水开采限量外,还要对市区水资源供需状况及用水结构作科学的分析,并作进一步的调整。

3.1 现状供水能力与需求分析

现状供水工程条件下,济南市市区地表水供水工程包括玉清湖和鹊山两座引黄供水水库,玉清湖水库设计供水能力 $40\text{万 m}^3/\text{d}$,鹊山水库设计供水能力 $40\text{万 m}^3/\text{d}$,两库目前实际总供水能力为 $40\text{万 m}^3/\text{d}$;南部山区有锦绣川水库、卧虎山水库,可向市区供水 $10\text{万 m}^3/\text{d}$ 。这样,现状条件下,地表水实际供水能力 $50\text{万 m}^3/\text{d}$ 。

以地下水向市区供水有城区、西郊、南郊三处水源地及部分自备井,西郊水源地(腊山、大杨庄、峨眉山水厂)设计供水能力 $32.0\text{万 m}^3/\text{d}$,城区水源地(解放桥、饮虎池、普利门、泉城路水厂)设计供水能力 $26.8\text{万 m}^3/\text{d}$,南郊水源地(八里洼水厂)设计供水能力 $1.5\text{万 m}^3/\text{d}$,三处水源地设计供水能力 $60.3\text{万 m}^3/\text{d}$,自备井开采能力 $25.6\text{万 m}^3/\text{d}$ 。这样,现状条件下,市区地下水供水能力为 $85.9\text{万 m}^3/\text{d}$ 。另外,济南市东部尚有黄台电厂等近东郊工业区自备井水源地以及济钢、裴家营等远东郊水源地,供水量 $20\text{万 m}^3/\text{d}$,主要供东部工业区的工业和生活用水,未向市区供水。

如果在多年平均降雨(682.35mm)条件下,要保证趵突泉喷涌,需把地下水开采量控制在 $21.37\text{万 m}^3/\text{d}$,启动地表水供水工程向市区供水 $50\text{万 m}^3/\text{d}$,这样恰好能够满足济南市区范围内生活和工业用水 $70\text{万 m}^3/\text{d}$ 的最低要求;如果在 75% (约合降雨 550.1mm)和 95% (约合降雨 413.38mm)保证率下,要保证趵突泉喷涌,需把地下水开采量分别控制在 $13.83\text{万 m}^3/\text{d}$ 和 $6.04\text{万 m}^3/\text{d}$ 以内,即使启动全部地表水供水工程供水 $50\text{万 m}^3/\text{d}$,也不能满足市区目前用水 $70\text{万 m}^3/\text{d}$ 的要求。换言之,如果维持目前供水结构,在 75% (约合降雨 550.1mm)和 95% (约合降雨 413.38mm)保证率年份,要想保证趵突泉喷涌是不现实的。而且随着人口增加和城市化进程的加快,市区用水量还在逐年增长,显然,目前的供水能力还不能同时保证泉群的喷涌和满足用水需求两大目标的同

时实现,尚需采取措施,作进一步的调整。

3.2 供水保泉宏观调控措施

3.2.1 继续扩大地表水供水潜力

一方面,玉清湖和鹊山两座引黄供水水库还未达到其总设计供水能力,实际供水能力由现在的 $40\text{万 m}^3/\text{d}$ 还可再扩大 $20\text{万 m}^3/\text{d}$,达到 $60\text{万 m}^3/\text{d}$ 的供水能力;另一方面,章丘境内供水 $40\text{万 m}^3/\text{d}$ 的东湖引黄水库正在筹建过程中,建成后向市区实际供水能力可达到 $30\text{万 m}^3/\text{d}$,再加上锦绣川水库、卧虎山水库、狼猫山水库的供水,济南市远景地表水实际供水能力每天可达100多万。

3.2.2 在详细论证的基础上,慎重开发济西水源地

有的学者认为,济南泉域的西、西南边界位于靠市区西部的刘长山-青龙山-郎茂山-万灵山-分水岭-兴隆山一带,西郊的腊山、峨眉山、大杨庄水厂以及卧虎山水库的广大汇流区、玉符河流域均不属于济南市泉域补给区范围,而属于可开采量 $75\text{万 m}^3/\text{d}$ 的济西大型水源地,开采地下水对济南泉域没有任何影响,同时,玉符河回灌补给源也无助于泉群的复涌。但是,直到目前为止,尚无确凿的证据能够证明这一边界的划分。毋庸置疑,在济南西部长清县的孝里铺和归德一带,岩溶水开采潜力很大,这已是共识,多年前就已经作过勘察,但是现在区内的开采条件有所变化,具体的开采规模和开采边界,以及开采后对济南泉域影响如何,还需作进一步的研究论证。

3.2.3 积极探索多种回灌补源的途径,扩大地下水补给量

市区土地硬化面积的增加以及南部山区的工程建筑,对水土流失影响很大,减少了泉域的地下水入渗补给量^[9]。在补给区内实施人工回灌是恢复泉涌的重要措施之一。目前,在玉符河上游已经实施了两次回灌试验,分别为 800万 m^3 和 900万 m^3 ,但是,回灌对于泉群喷涌有无作用以及影响程度如何,还存在较大的争论,因为,且不说泉域边界的问题,即便是剥离出哪些是降雨补给的影响、哪些是停采地下水的影响、哪些是春灌回归的影响,就十分困难了。我们认为,回灌补源的方向没有错,除了应当深入研究玉符河回灌的效果外,还应当积极探索利用南部山区的雨洪和水库弃水,实施溶洞回灌、沟谷强渗漏带回灌、断层破碎带的注水回灌等多种回灌模式,增加地下水补给量。

3.2.4 调整供用水结构,实施分质供水

自玉清湖引黄水库向市区供水以来,市民普遍反映黄河水的口感不如泉水,要求提高生活用水质量的呼声很高。实际上,这是供用水的结构问题。据

1990-1999 年统计,济南市市区自来水供水总量从上世纪九十年代初的 45.3 万 t/d 增长到上世纪九十年代末的 85.7 万 t/d,但年生产用水量一直比生活用水量要大,其所占比例一直维持在 55% 和 45% 左右。此外,自备井开采地下水也主要用于工业生产。因此,应当进一步改造供水管网,提高地表水的供水比例,压缩生产用水比例,逐步实现生产用水、生活用水的分质供水,以及生活用水中的饮用水、洗衣用水等的分质供水,保证市民饮用水质较好的地下水。另外,实施“泉水先观后用”的纯净水厂工程建设,还可增大 10 万 t/d 的供应量,这样,在平水年(降雨 680mm)条件下,加上市区地下水可采量 20 万 m³/d,总供水可达到 30 万 m³/d 之多,可供 120 万人口的生活用水。如果考虑到未来城市人口的增加,既要保证市民生活饮用水的质量,同时又要使泉群喷涌,在泉域影响范围外,还应当积极开辟新的地下水源地。

参考文献

[1] 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(12).

[2] 王国利, 张文国. 济南泉域裂隙岩溶水系统管理模型[J]. 大连理工大学学报, 1995(5): 689-693.

[3] 房佩贤, 曹玉清, 唐克旺等. 济南泉域地下水年龄计算[J]. 中国岩溶, 1989(1): 47-52.

[4] 陈鸿汉, 董英, 张永祥. 济南泉域岩溶系统碳循环[J]. 中国岩溶, 1998(4): 320-324.

[5] 王洪涛, 曹玉清, 曹以林. 济南地区岩溶地下水径流场模拟[J]. 中国岩溶, 1993(2): 111-121.

[6] 黄春海. 济南泉群成因及保泉措施. 地下水开发研究[M]. 山东大学出版社, 1988 年.

[7] 张乃兴, 黄春海. 济南四大泉群源地连通试验研究[J]. 山东师大学报(自然科学版), 1998(4).

[8] 李道真. 山丘区三水转化及应用变参进行区域水资源计算方法研究[J]. 资源与环境, 1990(1): 36-44.

[9] 李福林等. 石灰岩山区工程建设对水土流失的影响[J]. 水土保持通报, 2000(5): 16-18.

STUDY ON CONTROLLING PARAMETERS OF JINAN SPRING GROUPS GUSHING AND MACRO-METHODS OF SPRING PROTECTION AND WATER SUPPLY

LI Fu-lin¹, MA Ji-gang², LI Yu-guo¹, JIN Li¹,
CHEN Xue-qun¹, WANG De-chen³, WU Xing-bo³, LU Zhao-xia³, ZHAO De-ling³

- (1. Water Conservancy Research Institute of Shandong Province, Jinan, Shandong, 250013, China;
2. Water Resources Bureau of Shandong Province, Jinan, Shandong, 250013, China;
3. Water Resources Bureau of Jinan, Jinan, Shandong 250024, China)

Abstract: The process of Jinan springs spurting can be divided into several periods including artesian flowing period, artesian flowing-exploiting mixed period, seasonal or perennial zero-flow period and artificial controlling period. Based on the analysis of the historical evolution of Jinan springs' spurting, a quantity equation between the annual average spring discharge and the annual lowest water table is built according to the statistic data, which enable us to gain the corresponding relation between baseline water level and the smallest scenic discharge of spring gushing. Then the groundwater recharge in the spring area is calculated and the controlling parameter of maximum available amount of groundwater exploiting is obtained. Finally, in the light of actual demand, some macro-methods are put forth as follows, expanding surface water supply, exploiting new water source, implementing various types of artificial recharge engineering, adjusting the pattern of water supply and practicing water supply by different quality.

Key words: Jinan spring groups; The lowest landscape discharge of springs; Controlling parameters; Macro-arrangement