

济南泉水特征及影响因素系统分析*

李铁锡¹, 李岚¹, 刘业筠²

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014 2. 山东省地质环境监测总站, 山东 济南 250014)

摘要 济南泉水的形成与地形、地层、地质构造和水文地质条件密切相关, 自然因素和人为因素是影响泉水动态的主要原因。特别是不甚合理的开采布局和过量开采是造成泉水断流的主要原因。

关键词 泉水特征 影响因素 系统分析 济南

中图分类号 P968 P641.8 文献标识码 A

0 引言

济南泉域喀斯特水系统出露闻名的四大泉群, 即趵突泉、黑虎泉、珍珠泉和五龙潭泉群。其水位与汇集排泄区喀斯特水水位动态变化一致; 泉水流量一般在每年的1-5月份逐渐减少, 泉水断流一般出现在5-6月份, 6-9月雨季来临, 水位回升, 泉水也相继出流, 最大流量一般出现在9-10月, 然后随水位的不断下降, 泉流量也逐渐减少。

济南泉水多年动态(1959-2001年)可分如下几个阶段: ①1959-1967年, 济南市区喀斯特水开采量小于 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 泉水总流量 $(25 \sim 50) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 年平均水位28.5m以上, 泉水动态基本处于稳定阶段。②1968-1980年, 由于市区开采量增加到 $(20 \sim 30) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 泉水总流量减少到 $(10 \sim 21) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 趵突泉于1972年6月出现首次断流。③1981-1990年, 市区喀斯特水开采量一般小于 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 但因该时段降雨量较常年偏低及市区外围泉域内的开采量增大, 泉水在枯水期断流时间逐年延长, 在丰水期水位也较低, 泉流量也逐年减少。1986年由于降水量减少到402mm, 仅为多年平均降雨量的63%, 泉水全年断流。④1991-1996年平均降水量达734mm, 较常年偏大, 该时段泉水出流时间较长, 特别是1994, 1995, 1996年泉区水位在27.6m以上, 日均泉流量也达 $12.17 \times 10^4 \text{ m}^3$, 达到自1970

年以来的最大值。⑤1997-2001年, 由于降水量减少和开采量增加, 1997年和1998年泉水出流时间仅为几天, 自1998年泉水断流至2001年9月泉水出流, 计940多天, 是历史上泉水断流最长的时间。

影响泉水动态的主要因素是: 当年、前一年、前两年的降水量, 市区开采量, 泉域内的开采量等等。泉水动态是自然因素和人为作用的综合反映, 研究泉水动态对分析泉水的来源、成因及保泉供水具有十分重要的意义。

1 泉水的形成

泉水的形成与地形、地层、地质构造和水文地质条件密切相关, 济南泉域的地形南高北低, 南部山区除分水岭地带为古老的变质岩外, 大面积分布为寒武纪奥陶纪以碳酸盐岩为主的地层, 其产状与地形基本一致, 由南向北呈单斜构造至市区及东西郊奥陶系碳酸岩隐伏于新生代之下。在市区的北部辉长岩体大面积分布于第四系之下, 面积约268km²。南部裸露碳酸盐岩区和北部隐伏碳酸盐岩区喀斯特、裂隙均很发育。南部山区地表喀斯特发育, 易接受大气降水入渗补给, 隐伏区喀斯特发育有利于喀斯特水的储存、运动, 并形成喀斯特水的汇集区。根据泉域喀斯特水系统水动力场分析, 大气降水和地表水入渗补给喀斯特水系统后, 受地形、地层产状、构造等因素控制, 水流由南向北运动, 在岩浆岩体与石

*收稿日期 2003-01-27, 修订日期 2003-06-10, 编辑 孟舞平

作者简介 李铁锡(1962-), 男, 山东蓬莱人, 研究员, 主要从事水文地质、环境地质工作。

炭、二迭系接触带,喀斯特发育形成东西向喀斯特强径流带。在市区受到 NNW 向的干佛山断裂和文化桥断裂的控制,普利门以东,文化桥以西碳酸盐岩地层向北突出,所以由南向北、由西南向东北径流的喀斯特水在这一带受到西、北、东 3 面岩浆岩的阻挡,水位抬高,在较高的水头压力下于低洼地段,沿碳酸盐岩裂隙喀斯特通道和局部火成岩裂隙穿过松散层或被溶蚀的砾石层涌出地面形成济南市诸泉。

2 泉水影响因素的系统分析

据有关地方志记载,济南泉水常年不衰,在 20 世纪 50 年代末 60 年代初,泉水的流量为 $(30 \sim 35) \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,70 年代后期,泉水在每年枯水期出现断流的日期逐渐提前,断流时间逐年增长。造成泉水断流的因素较多,综合分析如下:

2.1 喀斯特水的开采对泉水的影响

2.1.1 市区开采对泉水影响

众所周知,济南泉水是喀斯特水的天然排泄点,济南市区水厂与四大泉群同处一地,且相距极近,如趵突泉距普利门水厂仅 900m,黑虎泉距解放桥水厂也不足 1000m,水厂开采的水位降落漏斗势必影响到泉区,致使泉区水位下降,影响其水位和流量。如 20 世纪 50 年代末 60 年代初,市区开采量 $(7.0 \sim 11.0) \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,年平均水位在 29.72 ~ 31.86m,泉流量在 $(30.54 \sim 35.52) \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$;70 年代末 80 年代初,市区开采量达 $30.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,平均水位约为 26.68m,泉流量为 $10.0 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 左右。可见随着市区开采量的增大,泉区水位下降,泉流量减少。再如:1972 年 1 月 20 日 6 时 40 分,因故全市停电,市区所有水厂停采,停电 4h50min,约少开采 $5.9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,此间省话剧团院内观测孔水位回升 0.40m,济南泉水流量增加 $2.2 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$;1980 年 9 月 24 日 22 时进行了一次部分开采井的停水试验,经观测停抽 8h 市区水位普遍回升,普利门水厂观测孔水位回升 0.466m,皇亭观测孔回升 0.432m,趵突泉流量由 $1.9 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 增加到 $3.4 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,泉水增加量为停水前流量的 81%,黑虎泉增加流量为停水前的 40.58%。

从多年泉水动态观测资料分析表明,中常降水年份,市区喀斯特水增加的开采量和泉水减小的流

量极为相近,表 1 中数据说明,增加的开采量接近泉水的减少量,市区的开采量是牺牲泉水流量而来。所以,从保泉角度出发,市区开采量应尽量减少或停采。从以上的分析可以得出如下结论:市区喀斯特水的开采对泉水的水位、流量影响甚大,市区的开采量实际就是牺牲的泉流量。

表 1 市区开采量、泉水流量对比 ($10^4 \text{m}^3/\text{d}$)

年份	泉水流量	市区开采量	$Q_{泉} + Q_{开}$	泉水减少量	开采量增加量
1960	31.05	9.56	40.70		
1971	16.41	23.52	39.93	14.64	13.87
1976	12.50	28.27	40.77	18.55	18.62
1979	10.05	30.60	40.65	21.00	20.95
备注	泉水减少量和开采增加量均相对 1960 年而言				

2.1.2 西郊水源地开采对泉水的影响

1981 年以前,由于市区大量开采喀斯特水,造成水位下降,泉水断流,所以提出“采外补内”的意见,即市区减采或停采喀斯特水,在西郊开采喀斯特水,来满足市区用水。由于当时没有对泉域喀斯特水系统进行充分的研究,认为西郊地区(大杨庄、腊山、峨眉山水厂)与市区水力联系不密切。但通过以后工作证实,原来的观点是不正确的。在此仅就西郊水源地开采对泉水的影响加以论述:

(1)1984 年 5 月 5 日至 10 日,因东郊水源地水源井检修,而临时停水,为满足用水需要,在市区水厂增采,这阶段市区因增采水位下降 0.63 ~ 0.67m,西郊地区的水位相应下降了 0.40 ~ 0.50m。5 月 10 日至 5 月 15 日,市区减少增采量,水位上升 0.634 ~ 0.69m,西郊地区也上升了 0.35 ~ 0.50m。由此可见市区与西郊水力联系密切,水位基本同步等幅上升、下降。

(2)从多年水位、泉流量、开采量分析,在西郊增加开采,其他地段增加开采的情况下,市区水位明显下降^①。表 2 可以看出:I 阶段与 II 阶段的市区平均开采量和泉水平均流量之和分别为 $39.14 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 和 $38.67 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,二者基本相等,两阶段的降水量基本相同,由于 II 阶段西郊增加开采,使市

① 山东省地矿局八〇一队.山东省济南市保泉供水水文地质勘探报告.1988.

区平均水位由 1975 年的 28.15m 下降到 1982 年的 26.46m,其平均水位较 I 阶段平均水位下降了

1.0m。因而说明西郊开采喀斯特水对泉区的水位、泉流量影响是十分明显的。

表 2 不同阶段市区水文要素与西郊开采的关系

阶段	年份	泉区平均水位 (m)	市区平均开采量 (10 ⁴ m ³ /d)	泉水平均流量 (10 ⁴ m ³ /d)	平均降水量 (mm)	西郊增采量 (10 ⁴ m ³ /d)
I	1967 - 1974	28 ~ 30 (28.75 ~ 28.68)	21.31	17.83	638.35	
II	1975 - 1982	27.30 (28.15 ~ 26.46)	27.73	10.94	639.90	由 16 × 10 ⁴ m ³ /d 增加到 21.0 × 10 ⁴ m ³ /d

2.1.3 东郊工业开采区开采对泉水的影响

泉域的东边界为东坞断裂,其阻水性排除了东部水源地(属白泉泉域)开采对泉水的影响。在此仅讨论东坞断裂以西东郊工业开采区开采对泉水的影响。

从地质条件分析,在甸柳庄—七里河—全福庄一带地下隐伏有 SN 向较厚的岩浆岩,使市区与东郊工业开采区喀斯特水的水力联系减弱,多年动态资料表明,市区水位一直高于东郊工业开采区 4 ~ 10m (表 3),说明两区水力联系不甚密切,从水文地质条件分析,两区为同源补给,受 SN 向岩浆岩分隔,及开采影响,喀斯特水在甸柳庄以南山区形成分流,一部分流向市区补给泉水,另一部分至东郊工业开采区。东郊工业开采区受补给条件的限制,大量开采后,必然引起喀斯特水流场的变化,降落漏斗向南部补给区扩展,袭夺流向泉区的水流,相应地减少了泉区的补给量,对泉水产生一定影响^[1]。

表 3 市区水位与东郊工业开采区水位对比

年份	枯水期水位 (m)			丰水期水位 (m)		
	市区 (C13)	东郊 (A3-4)	水位差值	市区 (C13)	东郊 (A3-4)	水位差值
1994	24.437	14.858	9.579	28.956	20.848	8.108
1995	25.598	18.848	6.75	28.496	23.648	4.848
1996	25.417	16.998	8.419	28.982	24.548	4.434
1997	26.387	20.228	6.159	26.857	22.418	4.439

通过以上分析,可以明显看出,喀斯特水的开采,对泉水的影响是十分明显的。由于开采地点不同,开采量不同及水文地质条件的差异,不同地段的开采对泉水的影响程度也不同。

2.2 补给量的变化对泉水的影响

由于济南泉域喀斯特水系统的主要补给来源是

大气降水入渗补给和地表水的补给,大气降水量的大小直接影响到地表水的补给量。从气象资料分析,泉域内的降水量多年平均为 646.55mm。济南泉水流量的变化与降水量有一定的对应关系,如 1962 年的降水量 1194.50mm,泉水流量年平均 50.18 × 10⁴m³/d,泉区年平均水位 31.54m;1961 年至 1964 年 4 年平均降水量达 1059.25mm,泉水流量年平均为 44.88 × 10⁴m³/d,水位年平均 31.35m,为历史上泉水最壮观的时期;进入 80 年代,济南地区降水量较常年偏少,加上大量开采,泉水在每年枯水期断流,且时间逐年延长。1989 年降水量 308mm,为历史上最枯年,泉水常年干涸。至 1990 年枯水期泉区水位降至 20.08m,为历史上最低水位。1994 年、1995 年降水量较常年偏大,补给来源较充沛,在丰水期泉水水位上升到 28.60m,泉水恢复喷涌。由此可见,补给量的变化对泉水的影响是十分明显的,也是影响泉水出流的主要因素之一。

2.3 水源地布局对泉水的影响

通过调查证实,泉域内的开采量(包括泉流量)至今仍未超过其允许的开采量,之所以产生泉水断流,重要因素之一就是水源地的开采布局对泉水的影响过大,使泉区水位下降,而产生断流。

表 4 泉域补给模数和开采模数

位置	面积 (km ²)	补给模数 (m ³ /d·km ²)	开采模数 (m ³ /d·km ²)	备注
北沙河流域	152.05	1225.25	56.00	
玉符河至千佛山断裂	341.00	1017.30	850.00	西郊水源地所在
东坞断裂至千佛山断裂	221.78	842.28	1630.50	泉区

从表 4 中可以看出,泉群所在的断块开采模数远大于补给模数,而北沙河流域开采水平相对较低,

其补给模数远大于开采模数,使一部分喀斯特水通过第四系溢出地表和以潜流形式排泄,浪费了大量水资源。所以从开采布局来讲,水源地开采布局是不合理的,市区属过量开采,从保泉供水角度出发,必须合理调整开采布局。

2.4 补给、开采时空变化对泉水的影响

从气象资料分析,济南泉域喀斯特水的大气降水的补给主要分布在 6-9 月份,其降水量占全年的 77.34%。济南泉水在丰水期接受大量补给后,出现喷涌,枯水期由于降水较少,补给较少,加之枯水季节开采用水量增大,加剧了喀斯特水位的下降和泉水断流时间。所以说,补给、开采的时空变化,对泉水的影响也是十分明显的。

3 结论

通过以上分析、论证可以看出,济南泉水明显受自然因素和人为因素的影响。自然因素中以大气降水的年际变化对泉水的影响最为明显;人为因素中以地下水的开采量和开采布局对泉水的影响最为明显。从济南泉水保护和合理开发利用地下水资源的角度出发,必须增加地下水的补给量,合理地调整开采布局和开采量,以保证泉水常年喷涌。

参考文献:

- [1] 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.

Systematic Analysis of Characteristics and Effected Elements of Spring in Jinan City

LI Tie-xi¹, LI Lan¹, LIU Ye-jun²

(1. Shandong Geo-engineering Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract Spring-forming in Jinan city has close relation with physical feature, strata, geological structure and hydrogeological condition. Natural and human elements are major origin which effected spring dynamics, especially unreasonable exploitation distribution and over-exploitation are major origins which caused spring cutoff.

Key words Spring characteristics; effected elements; systematic analysis; Jinan city

黑虎泉群

黑虎泉群是济南市区四大泉群之一,由九女泉、琵琶泉、玛瑙泉、南珍珠泉、金虎泉等十四个泉组成。这些泉分布在旧城东南的南护城河河床内。东起解放阁附近,向西延展 500 余米。这里地势比较低洼,经钻探查明,地表有二十多米的第四纪的砂、砾石、粘土层,往下是几米厚的闪长岩(一般只 3~4 米)。闪长岩下面是奥陶纪白云质石灰岩,泉水就来自白云质石灰岩中。

在黑虎泉东面的护城河岸有玛瑙泉,略靠河中心的叫白石泉,琵琶泉在黑虎泉西边的护城河南岸,紧靠琵琶泉西边的泉叫南珍珠泉,在护城河北岸与南珍珠泉相对的是任泉,南珍珠泉东 30 米,河南岸有无名泉,在黑虎泉西面护城河河身中央,远远地看去,水面呈沸腾状,这地方叫溪中泉。溪中泉之所以呈沸腾状态,是由于河底有很多泉眼向上涌水,并且夹带着大量气泡的原故。在南护城河北岸,解放阁下有九女泉。南门桥东,护城河南岸有汇波泉、胤嗣泉,靠近河中心的泉叫金虎泉,在护城河北岸与金虎泉相对的是对波泉。

黑虎泉群一带由于地势比较低洼,泉水出露护城河沿岸及河中,涌水量大,气泡多,是南护城河的水源。

