

# 济南市水资源概况及开发利用初探

李常锁, 秦品瑞

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

**摘要:**综合分析济南的气候、自然、地理,尤其是水文地质条件,根据济南水资源基本特征与资源量,认为济南市水资源总量相对充足,水资源供求的突出矛盾集中体现为供水结构不合理、水资源开发利用不合理。结合济南市的水资源特征,制定了保障济南市水资源可持续利用方案及相应措施。

**关键词:**水资源;优化配置;开发利用;济南市

中图分类号:P641;P967

文献标识码:B

济南是山东省省会,素有泉城之称,面积8 117 km<sup>2</sup>,其中南部山区面积约3 600 km<sup>2</sup>。截至2006年末,常住人口681.71万人,国内生产总值达到2 185.1亿元,综合经济保持在全省前列,是全省重要的综合性产业城市。随着社会的不断进步,人们越来越重视济南的保泉工作,但同时也提出了更高的要求。即:在保证泉水喷涌的同时,应当让泉城人民喝到优质的地下水,而不是地表水(含黄河水)<sup>[1-3]</sup>。

## 1 济南水资源基本特征

(1)补给年内,年际水量变化大。降水的丰枯决定了济南水资源量的变化,丰水年为枯水年的2~4倍。汛期主要集中在6—9月份,降雨量占全年雨量的70%。

(2)水资源地域分布不均。山丘区可利用资源量很少,地下水多集中在山前平原一带。地表水的可利用量与水利工程密切相关,北部平原商河县内有近1/2的面积无浅层淡水。

(3)结构以地下水为主,泉水是济南水资源的特色。济南地区有丰富的泉水资源,不仅市区有著名的趵突泉、黑虎泉、珍珠泉、五龙潭等四大泉群,章丘市、历城区、平阴县也有多处泉群。

(4)水资源丰富。自然降水较多,多年平均降水量647 mm(1956—2005);具有特殊的、有利的地

质结构,使得济南地下有着巨大的蓄水空间,地下水资源储量丰富<sup>[4]</sup>;有着重要的客水资源,可引黄河上游75万km<sup>2</sup>的径流水,且国家正在为黄河研究增水措施;南水北调工程正逐步实施,近期可实现调水;形成临界雨云几率高,人工增水潜力大,气象专家预测可增水20%~30%。

## 2 水资源量评价

### 2.1 地表水资源量评价

#### 2.1.1 当地地表水

根据1956—2005年降水资料分析,济南市多年平均降水为647 mm,折合水量52.51亿m<sup>3</sup>。济南市1956—2006年多年平均年径流量8.6亿m<sup>3</sup>。多年平均径流深100.5 mm,在保证率20%,50%,75%,95%时,年降水量和径流量见表1。

表1 济南市不同保证率年降水量径流量

项目	多年平均	丰水年 (20%)	平水年 (50%)	枯水年 (75%)	特枯年 (95%)
降水量(mm)	647	764.4	622.8	522.8	398.9
降水总量(亿m <sup>3</sup> )	52.51	62.04	50.55	42.43	32.37
径流深(mm)	100.5	154.2	80.4	43.2	13.08
径流量(亿m <sup>3</sup> )	8.6	13.2	6.88	3.7	1.12

\* 收稿日期:2010-04-12;修订日期:2010-07-28;编辑:陶卫卫

作者简介:李常锁(1976—),男,黑龙江人,高级工程师,主要从事水文地质、环境地质、地热勘查等工作;E-mail:lics120@163.com。

①山东省地矿工程勘察院,徐军祥、孔祥雨、李常锁,济南市水资源评价与可持续利用研究报告,2009年。

### 2.1.2 地表客水

黄河水是济南重要的客水资源,多年洛口水文站平均来水量 359 亿  $m^3$ 。来水主要集中在汛期的 7—10 月份,占多年平均全年来水量的 60.7%。

山东省水利厅鲁水资字[1994]18号文“关于公布我省引黄水量分配方案的通知”,将国务院分配给山东省的 70 亿  $m^3$  的引黄水量向各市地进行了再分配,分配给济南市的引黄水量为 5.8 亿  $m^3$ 。

南水北调工程济南段设计引水规模均为 50  $m^3/s$ ,多年平均引水量 8.8 亿  $m^3$ 。第一、二、三期每年分配(多年平均、扣除损失)给山东省的水量分别为 16.81 亿  $m^3$ 、16.86 亿  $m^3$  和 37.25 亿  $m^3$ ,南水北调工程的实施能够在一定程度上缓解部分地区供水压力较大的现状<sup>[5]</sup>。

## 2.2 地下水资源量评价

### 2.2.1 区域地下水资源量评价

济南市存在低山、丘陵、平原等多种地貌形态,全市各地区的水文地质条件、研究精度、资料掌握程度不尽相同。因此,根据以往研究工作,地下水资源的计算方法也不完全相同。全区原则上以区域水均衡原理计算天然补给资源量,个别地段采用解析法或数值模拟方法。济南市地下水资源比较丰富,全区地下水补给资源量 13.40 亿  $m^3/a$ ,开采资源量 13.32 亿  $m^3/a$ (表 2)。

表 2 济南市地下水资源

县(市、区)	补给资源量 (亿 $m^3/a$ )	开采资源量 (亿 $m^3/a$ )	开采资源模数 [万 $m^3/(km^2 \cdot a)$ ]
济南市(六区)	5.24	5.47	16.89
商河县	1.41	1.56	13.05
济阳县	2.08	2.39	25.22
平阴县	1.30	0.92	11.76
章丘市	3.37	2.98	17.52
合计	13.40	13.32	16.82

济南市全市地下水天然资源量为 13.40 亿  $m^3/a$ ,开采资源量为 13.32 亿  $m^3/a$ ,2006 年开采量为 7.72 亿  $m^3/a$ ,开发利用程度为 51.83%。从资源总量的利用角度来看,地下水资源量开发利用程度不是很高。

### 2.2.2 富水地段地下水资源量评价

济南市地下水在地形、地貌、地质条件控制下形

成 5 个主要富水地段,总允许开采资源量 149.55 万  $m^3/d$ ,各富水地段位置、允许开采资源量见表 3。

表 3 济南市富水地段地下水资源量

位置	面积 ( $km^2$ )	地下水 类型	$Q$	$H$
长清区长孝一带	50	岩溶水	13.7	100
济南市区-西郊	135	岩溶水	50.73	136.99
章丘市明水镇	13.5	岩溶水	24.66	666.7
济南东郊白泉一带	37.5	岩溶水	29	282.3
章丘巴漏河冲洪积扇	473.78	孔隙水	31.46	24.24
合计	709.8	—	149.55	—

注: $Q$ 为允许开采资源量(万  $m^3/d$ ); $H$ 为开采资源模数[万  $m^3/(km^2 \cdot a)$ ]。

从表 3 中可以看出,各个富水地段允许开采资源量,在不考虑保泉的条件下,其量是很可观的。

### 2.2.3 水资源总量

水资源总量为一定区域内的水资源总量,是指当地降水形成的地表和地下产水量,即地表径流量和降水入渗补给量之和。水资源总量评价成果为近期降水条件下 1956—2005 年的水资源总量系列,济南市多年平均水资源总量为 19.6 亿  $m^3$ (未包括南水北调水量),保证率  $P = 20\%$ ,  $P = 50\%$ ,  $P = 75\%$  和  $P = 95\%$  的水资源总量分别为 26.19 亿  $m^3$ , 17.46 亿  $m^3$ , 12.588 亿  $m^3$ , 7.9 亿  $m^3$ 。

## 3 水资源开发利用中存在的问题

### 3.1 地下水位下降泉水断流

自 20 世纪 60 年代以来,工业、农业及生活用水对岩溶水的开采量日益增加,目前,人工开采是泉域地下水位下降的主要原因。自 20 世纪 90 年代以来,济南泉域日开采量达 60 万  $m^3$  左右,至 2006 年日开采地下水依然维持在 46.24 万  $m^3$ 。即使济南泉区开采量有所减少,但整个泉域开采量不加控制,“泉城”面貌也是难以恢复<sup>①②</sup>。

### 3.2 用水结构不合理

地表水、地下水、客水及中水资源多水资源统一

① 山东省地矿局 801 水文地质工程地质大队,奚德荫、李祥芝、邵卓等,济南保泉供水勘探报告,1988 年。

② 山东省地矿工程勘察院,邢立亭、李常锁、胡爱民等,济南地区水资源调蓄及生态环境地质调查,2004 年。

调度配置不合理。黄河水供水管网不能覆盖东部地区。而东部地区工业相对密集,用水量庞大,主要以地下水位供水水源。东部地区地下水的长期集中开采,形成超采区面积超过 200 km<sup>2</sup>,漏斗中心地下水埋深达 20 m,由于缺乏合理的优化配置,没有实现优水优用,造成水质要求较高的居民生活用黄河水、地表水,水质要求较低的工业生产用地下水,没有充分发挥不同水资源的综合效益。另外,中水资源、汛期雨水、洪水资源也没有得到有效利用<sup>[6]</sup>。

### 3.3 地下水水质恶化

济南市是山东省污、废水排放量最多的城市之一,现状年污废水排放量达 2.5 亿 t,部分污、废水未经处理而直接排入河道,严重污染了水环境。在城市和工业区的地下水已检出多种有机污染物质,有的污染物已超过饮用水标准。由于水质污染,使得济南市在水资源总量并未发生变化的情况下,可用地下水越来越少,从而制约了水资源的开发利用<sup>[7]</sup>。

### 3.4 黄河水利用不合理

(1)把黄河水库作为主要饮用水源,存在水质方面的隐忧。一方面,黄河水水质污染不容忽视;另一方面,相对静止的水环境适宜水生物的大量繁殖,加之蓄水的深度较浅,水体中营养丰富,光合作用十分充分,为着生植物(水草)和浮游植物(微藻)的生长提供了充分条件,由此,可导致水质严重富营养化,饮用水功能面临严重的威胁,水库作为饮用水源地的使用寿命不容乐观。

(2)把黄河水库作为主要饮用水源地,存在削弱对南部山区地下水补给区重要性认识的隐忧。南部山区作为济南市地下水补给区,其良好的自然生态环境是保证济南泉水喷涌、水质优良的必要且充分条件。目前,南部山区开发建设热已不同程度地对市区地下水水质、水量产生了影响。把黄河水库作为主要饮用水源地使用,失去的不仅是不能饮用优质甘甜的地下水,而且将削弱对保护南部山区自然生态环境的重视,这对济南市的持续健康发展是非常有害的。

(3)把黄河水库作为饮用水源地,势必限制水库各种功能的发挥。作为饮用水源地,有着非常严格的管理要求,势必限制水库及其周边地区其他功能的发挥,不能发挥水库的综合效益。首先,限制了

水库的旅游、娱乐功能;其次,限制了水库的渔业功能;再次,限制了水库周边地区工业的发展、房地产开发等功能。

### 3.5 水资源浪费严重

济南市水资源利用率不高。据统计,2006 年全市万元 GDP 取水量 73.59 m<sup>3</sup>,工业用水重复利用率为 74%,与国内节水先进城市相比尚存差距。农业灌溉有很多地区仍采用大水漫灌的方式,农业灌溉的有效利用率只有 45% 左右,喷灌、滴灌等先进的节水灌溉方式仍未大面积实现。工业节水水平差距较大,大中型企业水重复利用率较高,甚至部分企业已经基本达到了零排放,而小型企业(尤其是乡镇企业)水重复利用率很低,工业节水严重不平衡。群众节水意识较差,生活节水器具推广缓慢,用水浪费严重。同时,由于设施老化和缺乏行之有效的管理,城市公共供水管网漏失率高达 30%,浪费惊人。

### 3.6 水资源管理体制不够完善

尽管政府对水环境治理的重要性有了很高的认识,但仍忽视了济南独特的水文地质特征,没有把泉水资源的形成机制——岩溶地下水的补给、储运、运移条件纳入涉及公共安全的重要资源加以管理,而目前现有的管理水资源的行业或部门,对涉及水资源安全的一些开发建设行为基本没有制约能力,加之有关部门重经济效益、轻环境效益与轻社会效益的倾向仍十分突出,再加上对水环境科学基础研究深度不够,给政府决策带来诸多盲点,造成了水资源供需结构的尖锐矛盾;历史遗留的在水资源管理上“条块分割,分兵把口”的管理体制,助推了水资源结构性缺水和水资源浪费矛盾的演进。因此,建立健全水行政管理体系,实现水资源的统筹管理机制,是解决济南水资源问题的关键所在。

## 4 水资源优化配置对策

### 4.1 治水新理念

从济南的气候和水文地质条件的实际出发,要着重关注 3 大问题:要遵循水的运动规律;要尊重地球的生命力和生物多样性规律;建立维护水资源安全的制度和措施<sup>[8,9]</sup>。

并由此提出济南市治水的新理念为:尊重自然规律,加强规划在保护水资源中的引导作用,合理调整开采水资源的布局,优化用水结构,加大中水回用

力度,提高利用效率,改革管理体制,实施按区域分质供水。

## 4.2 水资源优化配置思路

基于区域水资源特性、水资源承载能力和水资源供需态势,立足于区域内水资源的高效利用,遵循“优先生活、保障生态、促进生产发展”的原则,据此确立水资源优化配置的条件和顺序,发挥市场调节的主导作用,采取“先节水后调水、先治污后供水”的水资源配置原则。

## 4.3 水资源优化配置方案

根据济南市水资源结构与用水特点,按区域实施分质供水。生活和高精尖工业使用优质地下水;一般工业生产用水使用北部地表水与中水;南部山区地表水库主要用于生态用水。

### 4.3.1 生活和高精尖工业用水水源

优质地下水作为生活和高精尖工业用水。济南的地下水资源能够完全保障包括东部新城生活区、主城区、西部长清城区和大学科技园区的生活用水。

济南泉域:根据济南泉域地下水管理模型计算,枯水年份趵突泉水位控制在27.5 m以上,四大泉群常年连续壮观喷涌条件下,南部山区补源量9.95万~16.15万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,济南泉域地下水在满足自备井7万 $\text{m}^3/\text{d}$ 与农业灌溉11万 $\text{m}^3/\text{d}$ 的情况下,济南泉域岩溶水优化开采量可达26万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。

白泉泉域:白泉泉域总资源量39.523万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,除农业开采、矿井排水外,白泉、武家、黄土崖水源地供水总量为28.29万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。

长孝水源地:当地工农业开采量较小,水源地仍处天然状态,建议增采8万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,达13万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。

上述3处合计开采60万~65万 $\text{m}^3/\text{d}$ 优质地下水资源,可用于生活和高精尖工业用水,若生活用水按人100 L/d计算,优质岩溶地下水资源可满足600万人生活用水。截至2006年末,济南市城区人口324万人,经优化后的水资源量完全能够满足济南城区居民生活用水。(2006年6城区城市居民生活用水总量约为1.1627亿 $\text{m}^3/\text{a}$ ,日供水量31.85万 $\text{m}^3$ 。不含工矿企业职工生活用水(因济钢、炼油厂、电厂、化肥厂等利用自备井开采地下水,未进入城市供水管网)。

### 4.3.2 工业用水水源

玉清湖、鹊山水库作为工业用水水源。对于水

质要求不高的工业用水,应以地表水资源为主,玉清湖、鹊山水库规划供水量80万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,现阶段设计供水能力40万 $\text{m}^3/\text{d}$ (各20万 $\text{m}^3/\text{d}$ )。

中水利用:现已建成和待建的水质净化厂,到“十一五”末污水处理量达90万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,按回用30%~50%计算,保障能力将达到30万~45万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。考虑众多因素,拟按30万 $\text{m}^3/\text{d}$ 的保障能力计算。

泉水利用:济南泉域涌出的水资源,依据可利用30%~50%水资源量测算,即有8万~15万 $\text{m}^3/\text{d}$ 的供水能力。可按最低保障量即8万 $\text{m}^3/\text{d}$ 的供水能力计算。

将上述地表水、中水和泉水利用这些水资源合并计算,到“十一五”末可供水量最低不少于70万 $\text{m}^3/\text{d}$ ;如果玉清湖、鹊山水库全部实现规划供水量,最低供水量不少于110万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。若这一供水量还不能满足工业生产需要,还可调整玉清湖和鹊山水库的引、供水设备,增加供水保障能力。此外,南水北调水源也是重要的补充水源。

### 4.3.3 南部山区水库作为泉域回灌补源用水

南部山区卧虎山、锦绣川、狼猫山水库的水源,除保障当地农业灌溉用水外,主要用来向市区泉域回灌补源。根据玉符河与北沙河多年测流资料,结合回灌试验期间取得的资料分析,玉符河补源量可设计在18万 $\text{m}^3/\text{d}$ 以下,北沙河补源量可设计为11.7万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。另外,兴隆庄、展村—腊山、浆水泉等泉域岩溶水调蓄补源区的实际资料尚有欠缺,根据室内渗透性试验,这些地段补源量初步测算为10万~15万 $\text{m}^3/\text{d}$ 。一旦回灌补源措施实施之后,对于市区四大泉群乃至泉域范围内的地下水位恢复是十分有利的,同时也能够保障泉水的持续出流。若遇特殊干旱年份,卧虎山水库水源不足时,可先将黄河、长江的水源输送到卧虎山水库,然后实施回灌补源。

## 4.4 济南市水资源可持续利用对策

### 4.4.1 确立可持续的发展方式

根据济南市水资源的实际情况,济南市保护、开发利用水资源的的原则是:优先生活、保障生态、促进生产发展。据此确立利用水资源的条件和顺序,生活用优质地下水,依此控制地下水的过度开采,使地下水位维持在泉水能够常年喷涌的状态;工业生产用地表水,按照先用黄河水和长江水、后用本地地表水的原则掌握。南部山区的水库在满足当地农业灌

溉的条件下,作为生态用水,主要向西部的玉符河和东部的龙洞片区输送,进行回灌补源。涉及东部新城的生态环境建设问题,可考虑利用南部山区的锦绣川水库和狼猫山水库与东部新城进行连接,建设生态走廊,这样不仅有利于提高东部新城的生态环境,更有利于对济南泉域的补源,对保泉产生直接保护作用。

#### 4.4.2 可持续利用对策

①调整优化产业结构,大力发展高新技术产业,调整改造传统产业;②城市发展关注泉水,采取一切措施保护好当地地下水;③建立泉水信息管理系统,做到科学取水供水;④实施水资源市场化,通过市场理顺水资源的供需矛盾,实行水的分类、分质、分时论价,“以供定需”,运用经济杠杆促进水资源的合理配置、合理利用,最大限度地发挥其社会效益;⑤分区域实施分质供水,体现优先生活、保障生态、促进生产发展的原则;⑥积极实施人工增雨、雨洪水资源利用和中水回用,最大限度地扩大水资源量;⑦强化水资源管理,调整现行不合理的用水结构,并实施开源与节流并重,以节流为主,建立节水型社会。

## 5 结语

济南市水资源总量相对充足,但用水结构不合理,工农业生产掠夺了居民生活本应优先利用的优质地下水,属于结构性缺水城市;部分地区的地下水和地表水受到污染,进一步加剧了优质地下水的紧缺,属于水质性缺水城市;泉水和中水没有得到有效

利用,属于粗放式配置产生的缺水城市。三者叠加,生活、生态、生产用水矛盾突出。城市建设向地下水直接补给区的漫延和南部山区生态环境保护工作的不力,使济南地下水资源涵养环境面临威胁。维护济南地下水涵养的量和质,改变济南市水资源利用中的矛盾,关键在于全面总结造成济南市水资源紧张的根本原因,摒弃不可持续的发展方式,坚持以人为本和人与自然协调的可持续的发展方式,建立生态文明社会与节约型社会,实现水资源利用效益的最大化,济南泉水的常年喷涌才有基本保障。

## 参考文献:

- [1] 李望,刘济坤.济南市节水保泉实现水资源可持续利用的对策及建议[J].山东环境,2002,(2):40-41.
- [2] 李建江.济南泉水保护研究[J].水土保持研究,2003,10(3):142-145.
- [3] 邢立亭.济南泉域岩溶水环境保护[J].水利科技与经济,2006,9(12):601-605.
- [4] 邢立亭,康凤新,李庆国,等.济南城市规划与泉水保护[J].水资源保护.2005,21(5):136-138.
- [5] 侯新民,韩风来,郑良勇,等.南水北调东线济平干渠工程沿线生态修复配置模式研究[J].水利水电技术,2008,39(4):27-30.
- [6] 范玉枝,韩美.济南市水资源现状与可持续发展对策[J].资源开发与市场.2004,20(3):194-196.
- [7] 李常锁,胡爱民,游其军,等.南泉域岩溶水水质演变趋势研究[J].山东国土资源,2004,20(1):35-38.
- [8] 刘冬松,刘涛,王少东.济南市水资源管理探讨[J].中国水利,2003,(4):7-8.
- [9] 郑昭佩,宋德香,韩芳.济南市水资源可持续利用研究[J].山东师范大学学报,2004,19(3):48-50.

# Primary Study on General Situation Exploitation and Utilization of Water Resource in Jinan City

LI Changsuo, QIN Pinrui

(Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** On the basis of analyzing climate, nature and geography condition, especially the hydrogeological condition in Jinan city, combining with basic characteristics and quantity of water resource, it is regarded that water resource is comparatively plentiful in Jinan city. The contradiction between water supply and demand is caused by unreasonable water supply structure and unreasonable water resource exploitation. Combining with characteristics of water resource in Jinan city, countermeasures for guaranteeing sustainable utilization plan of water resource are put forward in this paper.

**Key words:** Water resource; optimal allocation; exploitation and utilization; Jinan city