

# 山东省重点城市应急供水水源地研究

卜 华, 孙英波

(山东省鲁南地质工程勘察院, 兖州 272100)

**摘要:** 山东省 2006 年采用挖潜、开发与调输相结合的技术路线, 进行了 17 个地市级重点城市应急供水水源地的调查与评价研究工作。在深入分析全省水文地质条件、查清环境地质问题及水源地开采潜力的基础上, 提出了应急供水水源地的确定、评价原则及开采、规划利用方案; 确定应急供水水源地 53 处, 评价应急供水量  $374 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 相当于目前各城市供水总量的 77.65%, 为各重点城市应急供水机制建设提供了可靠的资源保障。

**关键词:** 应急供水水源地; 应急供水量

中图分类号: P641.8

文献标识码: A

文章编号: 1009 3665(2008) 06 0042 04

山东省属于我国北方严重缺水的省份之一, 许多城市长期经受着供水不足的困扰; 尤其是近些年来, 随着环境条件的不断改变, 地表水污染程度逐步加剧, 目前适宜饮用的地表水源已不足全省地表水总量的 10%。绝大多数工业企业及地市级重点城市均依靠地下水作为主要供水水源, 由于开采量日益增加, 再加上供水中存在的不合理开采等因素, 致使与地下水资源开发有关的环境地质问题频繁发生, 供水问题十分严峻。为加强 17 个地市级重点城市应急供水机制建设, 保障城市供水安全, 2006 年开展了针对各重点城市的应急供水水源地调查研究, 通过充分挖掘地下水资源潜力基本满足了应急供水需求。

## 1 重点城市供水状况及潜在供水危机

### 1.1 重点城市供水状况

山东省 17 个重点城市中, 济南、青岛、淄博等 15 个城市采用地下水与地表水联合的方式供给, 济宁市全部依靠开采地下水供给, 东营市则全部引用黄河水。2005 年, 17 个重点城市用水总量  $17.57 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 其中地下水  $9.89 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 地表水  $7.68 \times 10^8 \text{ m}^3$ ; 工业用水量  $10.04 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 生活用水量  $7.53 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

### 1.2 重点城市潜在供水危机

山东省重点城市所利用的地表水主要是调引的黄河水和水库蓄存的大气降水, 地表水供应量约占供水总量的 44%, 而沿黄、沿海地区重点城市地表水的供

应量则占到近 63%; 由于地表水的丰沛程度受控于气象因素及时空分布的制约, 在特枯年或连续干旱年份往往出现河水断流、水库干涸而无水可供的现象; 另外, 地表水还容易受到外部环境的污染威胁, 所以供水量和供水水质无法从根本上得到长期的安全保障。

山东省重点城市地下水的供给量约占总供水量的 56%, 鲁南、鲁中南地区重点城市的平均供水比例则占到近 78%; 由于过量或不合理开采, 已经引发了如济南市泉水断流、枣庄市岩溶塌陷、青岛市海水入侵、德州市地面沉降等一系列环境地质问题, 部分水源地地质灾害频发, 对重点城市正常供水构成了严重威胁。

目前山东省绝大部分重点城市无应急备用水源地, 水资源储备严重缺乏, 应对突发事件的能力非常脆弱, 一旦出现供水问题, 则将对城市的经济社会发展和社会稳定造成重大影响。

## 2 重点城市地下水资源潜力分析

### 2.1 重点城市已有的供水水源地开采潜力

目前, 山东省 17 个重点城市共有地下水供水水源地 29 处, 根据其现状开发利用特征和多年的开采动态变化过程, 分别采用开采潜力指数法与长期开采动态分析法进行综合评价, 其中的 26 处仍然具有开采潜力, 而以济南市西郊、淄博市大武、聊城市下马头和烟台市大沽夹河几处水源地的开采潜力较大, 其次为淄博市湖田、枣庄市十里泉、潍坊市潍寒等水源地; 德州市城区、菏泽市城区和滨州市城区水源地由于主要开采深层孔隙水, 地下水位长期持续降低, 处于严重超采状态。

### 2.2 重点城市附近或周围地区地下水资源潜力

#### 2.2.1 富水地段地下水资源潜力

收稿日期: 2007-11-12; 修订日期: 2008-01-05

作者简介: 卜华(1967), 男, 高级工程师, 主要从事水工环地质及地质灾害勘察与评价工作。

E-mail: buhua3779@163.com

通过对水文地质条件的系统分析和深入研究,目前半数以上重点城市的附近或周围地区尚存在部分富水性较好而未被开发的大型或中小型富水地段,或者大型富水地段中开采程度较低的区段;并且多数具有较好的开发利用前景,进一步勘察后均可开辟为重点城市的应急备用水源地。如泰安市的埠阳庄富水地段、枣庄市的东三里屯富水地段、临沂市的泉汪-涝坡富水地段、济宁市汶泗河冲洪积扇中的大南铺区段、临沂市沂沭河冲洪积扇中的相公庄区段等。

### 2.2.2 其他用途水源地开采潜力

山东省大多数重点城市周围地区均分布有多个工矿企业或邻近区、县的集中供水水源地;部分水源地设计供水能力较大,而实际利用程度则较低,必要时可增加开采为重点城市提供部分应急供水水源。如济宁市里能集团的王因水源地、莱芜市鲁中冶金集团的羊里水源地、济南市长清区的长孝水源地、淄博市临淄区的齐陵水源地等。

## 3 应急供水水源地确定与应急供水量评价

### 3.1 应急供水水源地确定

地下水应急供水水源地,是指在特枯年或连续干旱年及水质污染事件突发、现有供水水源地出现问题的情况下,为解决城镇生产及生活用水的燃眉之急,而采取的一种非常规的、有一定开采周期的临时性供水水源地。应急供水量包括可动用地下水的储存量、在一定约束条件下环境损失的换取量、需一年或多年补给的疏干量和经政府协调改变原供水方向的水源地供水量<sup>[1]</sup>。

根据应急供水水源地确定原则<sup>[2]</sup>,经过对重点城市已有供水水源地应急供水的可行性、富水地(区)段的应急开采与供水条件、重点城市附近或周围地区工业、区县水源地实施应急供水的适宜性进行综合分析,为17个重点城市确定了53处应急供水水源地。其中重点城市已有供水水源地22处,可新开辟的供水水源地17处,可利用的其他用途供水水源地14处;按水源类型划分,地下水水源地51处,地表水水源地2处(图1)。

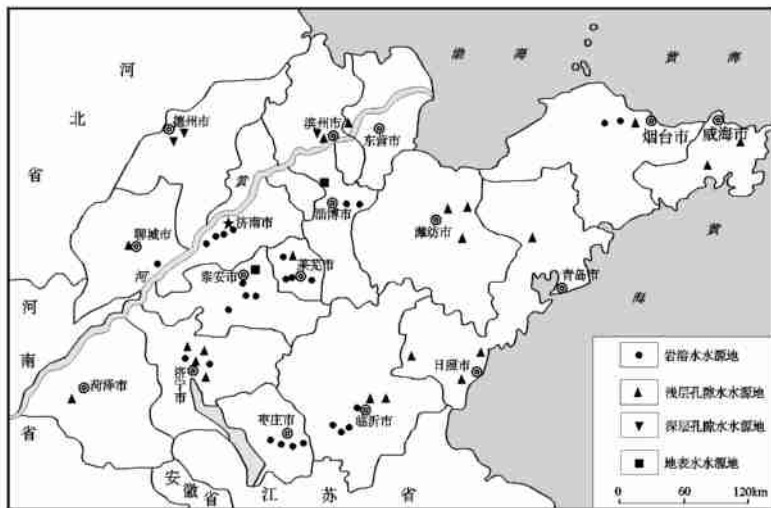


图1 应急供水水源地位置与类型分布图

Fig. 1 Location and type distribution of urgent water supply wellfield

### 3.2 应急供水量评价

#### 3.2.1 应急供水量评价原则<sup>[2]</sup>

(1) 充分利用城市或重要工业已有水源地资源潜力扩大开采应急供水。以多年开采动态资料为依据计算水源地的可扩大开采量,作为其应急供水量。

(2) 开发富水地段应急供水。以计算的富水地段最大可开采量作为向重点城市的应急供水量。

(3) 超量开采或疏干开采应急供水。对于具备较充沛补给源条件及储存量巨大的河谷型水源地,可在

应急时期超量开采,疏干部分含水层储存量作为水源地的应急供水量,如青岛大沽河水源地和烟台大沽夹河水源地。

(4) 临时牺牲部分可承受的环境扩大开采应急供水。对容易出现环境地质问题的水源地,应在分析研究类似水源地超强度开采条件下的动态特征及环境地质问题产生机理的基础上,设定当地可以承受的一定环境损失条件下的水位降深,计算水源地的可扩大开采量,作为应急供水量。

(5) 增加深层孔隙水开采量应急供水。摆脱传统观念束缚,用发展的眼光重新审视深层孔隙水资源的开发利用问题,以开采含水层的水头不低于上覆弱透水层的底板作为应急开采的最大水位降深约束或参照已有水源地的开采动态拟定开采降深,计算深层孔隙水的可开采量作为水源地应急供水量。

### 3.2.2 应急供水开采方案

(1) 应急开采时限: 应急供水属于一种暂时应急行为,可以在一定程度上缓解城市的供水危机,但不宜长期开采。参照近几年国内部分城市所出现供水事件的延续时间以及各城市以后可能出现的环境问题、水源危机等情况,规划应急供水的总体开采时限为 3~ 6 个月或者更长。

(2) 应急开采降深及开采井距: 确定的 51 处地下水应急供水水源地分别分布于 37 个不同的地下水系统中,所处的自然环境和水文地质条件均存在着较大差别;在进行区位分析和类型划分的基础上,根据含水层的发育分布、富水性以及补给源恢复能力等方面分别拟定了每个水源地的应急开采降深约束与开采井布局。按类型归纳列于表 1 中。

表 1 应急供水水源地开采方案

Table 1 Exploitation scheme on urgent supply water wellfieldB

水源地类型	水位附加降深	应急开采井距
	(m)	(m)
岩溶水	8~ 20	50~ 300
河谷平原	3~ 10	200~ 500
山前冲洪积扇	10~ 20	300~ 700
黄河冲积平原浅层水	6~ 20	> 800
黄河冲积平原深层水	30~ 85	> 1000

### 3.2.3 应急供水量评价方法与成果

根据水源地类型和研究程度分别选用了水量均衡法、补偿疏干法、降落漏斗法、数值法、相关外推法等评价方法,部分水源地应急供水量还采用两种以上的方法进行了评价;评价过程中,已有水源地充分利用了原来的勘查研究成果及相应地下水系统的多年动态观测资料,新开辟应急水源地则以借鉴、比拟类似水源地水文地质参数和开采动态为基础进行。经评价,确定的 51 处地下水应急供水水源地,在应急时期,可提供应急供水量  $358.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,加上 2 处地表水水源地的应急供水量,总应急供水量为  $374 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,约占目前 17 个重点城市供水总量的 77.65%(表 2)。

表 2 山东省重点城市应急供水量评价成果表

Table 2 Results of evaluation of volume of urgent water supply for key cities in Shandong Province

序号	城市	现状供水量( $\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )			应急供水量( $\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ )			应急水源 地(个)	应急供水量/ 现状供水量 (%)
		地表水	地下水	合计	地表水	地下水	合计		
1	济南	22.20	51.0	73.20		93.66	93.66	4	127.95
2	青岛	28.99	21.01	50.0		22.67	22.67	1	45.34
3	淄博	11.20	34.85	46.05	13.80	41.15	54.95	3	119.33
4	枣庄	8.0	9.36	17.36		13.34	13.34	4	76.84
5	烟台	11.50	1.41	12.91		20.15	20.15	3	156.08
6	潍坊	0.82	47.24	48.06		19.87	19.87	3	41.34
7	济宁	0	34.90	34.90		37.70	37.70	6	108.02
8	泰安	8.0	11.90	19.90	2	5.40	7.40	5	37.19
9	威海	20.84	0.33	21.17		16.65	16.65	2	78.65
10	日照	7.83	7.48	15.31		8.29	8.29	3	54.15
11	莱芜	3.20	9.92	13.12		12.38	12.38	5	94.36
12	德州	29.86	8.49	38.35		7.57	7.57	2	19.74
13	临沂	8.0	11.75	19.75		29.60	29.60	6	149.87
14	菏泽	3.30	14.83	18.13		7.79	7.79	1	42.97
15	聊城	9.90	6.0	15.90		13.0	13.0	2	81.76
16	滨州	25.20	1.17	26.37		6.98	6.98	2	26.47
17	东营	11.17	0	11.17		2.0	2.0	1	17.91
	合计	210.01	271.64	481.65	15.80	358.20	374.00	53	77.65

## 4 应急供水水源地开发利用规划及保护对策

### 4.1 应急供水水源地开发利用规划

#### 4.1.1 开发利用工程规划

根据含水层类型及其发育埋藏特征,山东省应急供水水源地主要适宜采用管井、大口井、集水廊道、辐

射井等几种工程形式开发利用。潍坊市潍寒、济宁市城区等山前冲洪积扇型水源地、菏泽市何楼、聊城市东昌城区等黄河冲积平原区水源地以及济南市济西、泰安市东武等岩溶型水源地均适宜采用管井取水;青岛市大沽河、威海市林村等河谷平原型水源地采用大口井取水,效果较好;日照市两城河、临沂市第二水源地等山间谷地中河滩或近河床型水源地应主要采用渗渠或集水廊道取水;东营市南宋沿黄(河)岸边水源地则可采用辐射井取水;烟台市大沽夹河、日照市付疃河等滨海河谷地区水源地,还应采用建设地下水库的形式蓄存地下水资源,增大应急供水量。

经初步分析统计,要实施53处应急供水水源地开发利用规划,其中17处水源地需要开展水文地质勘察,35处水源地需要进行改建或扩建,30处水源地需要铺设或连接至城区的供水管道;共计需新增开采井1102眼,关闭原有开采井4眼,铺设供水管道487km。

#### 4.1.2 开发利用程序

重点城市供水危机事件的发生或应急时期的出现具有不确定性,对应急供水的要求或应急供水量的大小也存在着一定的随机性;即使在应急供水时期,不同时段、不同应急状态下的应急供水量也会出现较大差异;所以应急供水水源地开发利用也要根据实际需求优化选择、合理调度。本着“解决应急供水需求、节约开采和输水成本及便于管理”的原则,将应急供水水源地划分为四个级别:第一级别为重点城市已有供水水源地;第二级别为新开辟应急供水水源地;第三级别为城市附近区、县及主要工业供水水源地;第四级别为城市附近或周围地区一般性工业供水水源地。重点城市在进行应急供水时,应根据实际需要,逐级开发利用,当一级供水量不足时,再启用下一级别应急水源地供水。

#### 4.2 应急供水水源地保护对策

(1) 加强水源地及其流域生态环境建设,提高植被覆盖率,调查、清理污染源,设立水源地卫生保护区。

(2) 在流经地下水系统的河道上,选择适宜位置修建拦河、引流工程,扩大水源地补给来源,增加应急供水潜力。

(3) 鲁西北平原深层孔隙水水源地,应利用地表水进行人工回灌补源,抬升地下水位,增强恢复能力。

(4) 利用水位降落漏斗建设地下水库,在滨海河谷地区下游修建截渗墙工程,将丰水期或丰水年多余的地表水体纳入地下蓄存,实施地表水、地下水联合调度,缩短水源地调蓄周期,增加应急供水水源储备。

(5) 开展应急供水水源地勘察评价,进一步查明水文地质条件,实现科学开发、合理利用,避免环境地质问题产生和发展。

(6) 开展应急供水水源地地质环境和地下水动态监测,建立应急开采预警预报体系,保障应急供水功能正常发挥。

## 5 结语

应急供水水源地研究是保证城市应急供水机制建设的一项重要工作。就我国北方省份来说,由于地表水资源缺乏并且容易受到污染,城市应急供水水源应以地下水作为首选,在进一步研究水文地质条件的基础上,充分挖掘现有地下水资源潜力,将供水条件适宜的富水地段及可增加开采的各种类型水源地纳入城市应急供水规划。

水源地应急开采方案制定要结合当地的客观条件和水源地的具体特征综合确定,既要考虑应急供水需要,也要考虑含水层的补给恢复能力、可能产生的环境地质问题以及对已有水源地持续运行的影响;应急供水量评价则应尽量使用长序列动态观测资料,并根据水源地类型和特征选用合理的评价方法,条件许可时,同一水源地还应采用多种方法进行评价,以利于相互验证。

#### 参考文献:

- [1] 段永侯,王家兵,王亚斌,等.天津市地下水资源与可持续利用[J].水文地质工程地质,2004,31(3):29-39.
- [2] 康凤新,卜华.山东省重点城市应急供水水源地调查研究[R].兖州:山东省鲁南地质工程勘察院,2006.

责任编辑:汪美华