

水文地质环境地质

## 济南市主要水源地地下水资源潜力评价

张海林, 李常锁, 罗斐

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

**摘要:**综合考虑水源地水质、水量、开采程度、开采地下水产生的环境地质问题及政策等因素,采用综合分析法对济南市主要水源地潜力进行评价。结果表明济南泉域水源地为了保泉,已无扩大开采的潜力;长清-孝里水源地具有较大的潜力,白泉泉域水源地潜力一般。该研究为城市地下水可持续开发利用、环境保护及经济发展提供了科学依据。

**关键词:**地下水;潜力;综合评分法;济南市

**中图分类号:**P641.8

**文献标识码:**A

济南市因其特殊的地质构造及水文地质条件,岩溶水在市区喷涌而出,形成众多的名泉,以“泉城”著称于世。随着济南城市的扩大和经济的高速发展,岩溶水开采量增加和自然因素的影响,济南泉水已多次出现断流。济南地下水不合理的开发利用及对地下水环境保护不够,产生了环境地质问题,威胁到供水安全,并影响到济南的可持续发展。地下水资源潜力是进行地下水资源开发利用规划的重要依据<sup>[1]</sup>,目前地下水资源潜力有关的评价往往仅注重地下水在资源供给方面的评价<sup>[2]</sup>,没有全面考虑其影响因素。研究济南市主要水源地供水潜力,对促进城市社会经济可持续发展,建立和谐社会意义重大。

## 1 研究区概况

研究区位于济南市南部岩溶水分布区,范围西至孝里铺断裂,东至文祖断裂,南面以新太古代泰山岩群变质岩与古生代碳酸盐岩交界线为界,北部大致以隐伏灰岩顶板埋深 400~500 m 一线为界(图 1)。分布的主要地下水供水水源地有济南泉域水源地、长清-孝里水源地、白泉泉域水源地。其中,长清-孝里水源地处于马山断裂以西和孝里铺断层所夹的三角地带内;济南泉域水源地范围东至东坞断裂,西至马山断裂;白泉泉域水源地处于东坞断裂与文

祖断裂之间。这 3 处水源地都进行过供水水源地的勘察工作,主要采用水量均衡法、数值法和解析法对地下水开采资源进行了评价;其中,2003 年在济西应急供水工程大型抽水试验中用数值法对济南泉域水源地进行了复算。其资源评价成果及开采现状见表 1。

表 1 济南市主要水源地资源评价及现状开采

水源地名称	地下水类型	允许开采量 (万 m <sup>3</sup> /d)	实际开采量	剩余允许开采量 (万 m <sup>3</sup> /d)
长清-孝里	岩溶水	13	5.58	7.42
济南泉域	岩溶水	43	35.92	7.08
白泉泉域	岩溶水	33.9	30	3.9

## 2 研究方法

### 2.1 综合评分法

该次水源地潜力分析采用综合评分法,是定量的评价方法。对水源地的影响因素进行分析,并采用专家打分法选择并赋分值,建立指标体系,再运用层次分析法确定各因素权重,最后根据分值来评价水源地潜力。

(1)对评价总目标进行因素分解,从中挑选评价因素作为评价项目。根据评价项目对评价对象的贡献大小确定其权重  $W_i$ 。确定权重的方法常见的有

\* 收稿日期:2011-03-02;修订日期:2011-06-09;编辑:曹丽丽

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2009EM010)

作者简介:张海林(1980—),女,山东青岛人,工程师,主要从事水文地质、工程地质、环境地质勘查工作;E-mail:zhanghailin1980@126.com.

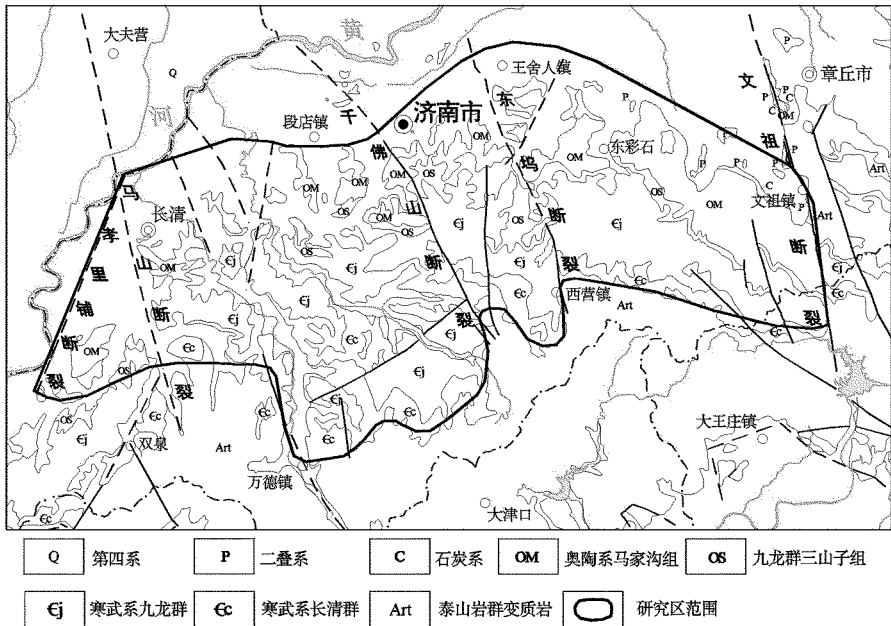


图 1 研究区地质略图

专家打分法、回归分析法和层次分析法等。

(2)评价指标的确定。评价指标是指各评价项目的内容在数量上的变化,反映其质量上的差异,或适宜性、限制性的级别,评价指标是评价水源地的具体依据,应尽量做到数量化、标准化。

(3)计算每一评价单元的每一评价项目的评价分值  $W_i \times P_i$ ,  $P_i$  为评价指标的得分值。

(4)计算综合评价分值。指数和法就是把各单项评价的分值和作为综合评价分值,其数学模型为:

$$M = N \sum_{i=1}^n W_i P_{ij}$$

其中  $N$  为否决指标,  $N=0$  或 1。

## 2.2 潜力评价影响因素分析

(1)地下水水质。某地区地下水是否具有开采潜力,只从量上保证是远远不够的,还要考虑其质的问题。水资源是量和质的统一,与水资源供需矛盾尖锐相比,水质危机更加严重,甚至因水质问题所导致的水资源危机大于水量危机<sup>[3]</sup>。因此,在地下水开采潜力评价中,水质是潜力评价的重要影响因素。

(2)地下水可开采量。一个地区只有具有一定的可开采量的前提下,才具有开采潜力,否则当可开采量很小时,也就无开采潜力可言<sup>[4]</sup>。

(3)地下水开采潜力指数。地下水的开采潜力

指数为地下水可开采量与已开采量的比值<sup>[5]</sup>。对某水源地而言,地下水的开采潜力指数越高,其开采潜力越大;反之,开采潜力指数越低,其开采潜力越小。

(4)环境地质问题。环境地质问题是一个极其复杂的问题,包括区域地面沉降、地面塌陷,水位持续下降、海水入侵等。当出现严重的环境地质问题时,对全区的地下水开采潜力进行分析,就应该把环境地质问题作为重点影响因素。

(5)政府决策。政府决策对地下水开采起着关键性作用。例如 2003 年以来,济南市区关停自备井,减少了岩溶地下水的开采,从而使济南四大泉群得以喷涌。市区地下水即使有很大潜力,但为了保证济南市区泉群能正常喷涌,不得不作为禁采区。

## 3 水源地潜力评价指标体系构建

### 3.1 评价指标

该次评价采用综合评分法进行评价。影响因素即评价指标主要有水质、可开采量、开采潜力指数、环境地质问题(图 2)。

### 3.2 评价指标的评分及潜力评价标准

采用专家评分法对四类评价指标不同的等级赋予不同的分值(表 2)。其中,水质分为 5 类水,由于

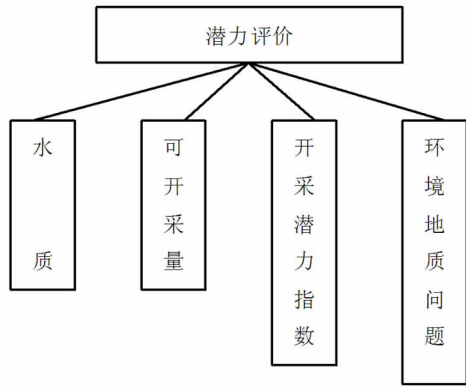


图 2 潜力评价指标体系

V 类水已经不宜作为生活饮用水,在此作为否决指标,评价该水源地无潜力,其他 4 类根据表 2 进行评分;若水源地出现严重的环境地质问题,该水源地已经没有潜力可言,因此出现严重的环境地质问题,也作为否决指标。

表 2 评价指标评分

否决指标 N:水质达到 V 类或出现严重环境地质问题及决策需要限采,则一票否决,N=0					
评价指标	10	7	4	1	否决指标
水质	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
可开采量 (万 m <sup>3</sup> /d)	>15	10<M≤15	5<M≤10	0<M≤5	
开采潜力指数	>2	1.2<M≤2	0.8<M≤1.2	0.6<M≤0.8	≤0.6
环境质量	无	较轻	中等	较严重	严重

根据各指标的得分计算综合评价分值,按表 3 分级标准划分水源地潜力的大小。

表 3 地下水潜力评价标准

潜力级别	潜力较大	潜力一般	潜力较小	潜力小	无潜力
综合评价分值 M	>8	6<M≤8	4<M≤6	0<M≤4	M=0

### 3.3 评价指标权重的确定

采用层次分析法确定评价指标的权重。层次分析法是一种新的定性分析与定量分析相结合的系统分析方法,是将人的主观判断用数量形式表达和处理的方法,简称 AHP (The Analytic Hierarchy Process) 法<sup>[6]</sup>。

设评价目标层(V)权重为 1,评价层次权重采用九度标度定义、判断矩阵确定。该次所建立的评价模型中,水质(A1)、水量(A2)、开采潜力指数(A3)、环境地质问题(A4)是评价地下水潜力的 4 大评价指标,综合众多专家对潜力综合评价的意见,构造 V

- A 层判断矩阵:

$$A = \begin{matrix} \begin{matrix} A1 & A2 & A3 & A4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 & 1/3 & 1/2 & 1 \\ 3 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{matrix} \end{matrix} \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix}$$

采用求和法计算矩阵 A 的特征向量的近似值 wi,计

$$\text{算结果为: } w = \begin{bmatrix} 0.15 \\ 0.42 \\ 0.27 \\ 0.16 \end{bmatrix}$$

即水质、水量、开采潜力指数、环境地质问题等指标的权重分别为:0.15,0.42,0.27,0.16。经一致性检验,该次判断具有整体满意的一致性。

### 3.4 数据处理及评价

水质资料为 2008 年丰水期水源地取样分析资料,水源地水质较好,均达到地下水质量 II 类水标准。济南泉域水源地由于保泉需要,在评价过程中选取 N=0,因而济南泉域在保泉的情况下无潜力,只有在应急供水开采的情况下,才具有开采潜力。在不保泉的情况下,参照建立的模型进行评价。水源地各评价指标数据见表 4。经计算,水源地的综合得分以及潜力评价结果见表 5。

表 4 水源地评价指标

水源地	水质	水量(万 m <sup>3</sup> /d)	开采潜力指数	环境地质问题
长清-孝里	II	13	2.33	无
济南泉域	II	43	1.197	名泉断流
白泉泉域	II	33.9	1.13	无

表 5 水源地潜力综合评价成果

水源地	综合得分	潜力评价
长清-孝里	8.29	潜力较大
济南泉域	6.97	潜力一般
白泉泉域	7.93	潜力一般

## 4 结语

济南泉域在保泉的情况下没有潜力,在应急供水的情况下潜力一般;长清-孝里水源地有较大的潜力,白泉水源地潜力一般。采用综合评分法评价水源地潜力,考虑了影响地下水开采潜力的多种因素,避免单因素评价的片面性,突出了水质和环境地质问题的约束。同时,为城市地下水可持续开发利用、环境保护及经济发展提供了科学的依据。

**参考文献:**

- [1] 张礼中,张永波,武强. 基于 GIS 的地下水资源潜力评价[J]. 煤田地质与勘探,2006,34(3):52-54.
- [2] 范伟,肖长来,熊启华,等. 吉林省平原区地下水功能可持续性评价[J]. 水资源保护,2009,25(3):14-17.
- [3] 姜文来. 中国 21 世纪水资源安全对策研究[J]. 水科学进展,2001,12(1):66-71.
- [4] 鲍其云. 地下水资源开采潜力评价的综合因素浅析[J]. 浙江地质,2001,19(1):73-76.
- [5] 徐军祥,康凤新. 山东省地下水资源可持续开发利用研究[M]. 北京:海洋出版社,2001.
- [6] 汪应洛. 系统工程理论方法与应用[M]. 北京:高等教育出版社,1998.

## Evaluation Potentiality of Groundwater Resources in Major Water Sources in Jinan City

ZHANG Hailin, LI Changsuo, LUO Fei

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

**Abstract:** On the basis of analyzing quality, quantity and development level of groundwater in groundwater, environmental and geological problems and the government policies, by using composite grade method, potentiality of groundwater sources in Jinan city has been evaluated. It is showed that there is no potentiality in order to protect springs. Changqing - Xiaoli water source area has great potentiality, while Baiquan spring region has general potentiality. This study can provide a scientific basis for groundwater sustainable development, environmental protection and economic development.

**Key words:** Groundwater; potentiality; composite grade method; Jinan city