

# 环渤海山东地区浅层地下水资源潜力分析及利用对策

徐建国<sup>1</sup>, 卫政润, 张 涛, 朱恒华, 刘春华  
(山东省地质调查院, 济南 250013)

**摘要:** 在对环渤海湾山东地区水文地质条件和地下水资源状况进行概述的基础上, 进行了地下水潜力资源分析, 结果表明浅层地下水尚有  $14.26 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$  的开采潜力, 但潜力资源的分布很不均衡, 部分地区超采严重。为保持区内地下水资源的可持续利用, 保护地下水环境, 提出了加大黄泛平原引黄灌区浅层地下水开采力度、加大胶东丘陵区拦蓄利用雨洪资源的力度、积极规划建设地下水库、鲁中南山前冲洪积平原区跨区调水补源、加快浅层微咸水的开发利用研究、加快浅层微咸水的开发利用研究和控制水污染、建立优质饮用地下水水源保护区等 6 条对策建议。

**关键词:** 浅层地下水; 可持续利用; 环渤海; 山东地区

中图分类号: 文献编码: A 文章编号: 1007-6956(2004)03-

## 1 引言

环渤海湾山东地区是山东省的经济核心区, 经济发展水平高, 但面临的问题也很多, 其中水资源是比较突出的一个。为保证经济和社会可持续发展, 在水资源的开发利用过程中, 必须考虑水资源的潜力和未来可持续发展的需要, 量水而行。因此, 摸清区内地下水资源潜力, 对于实现区域水资源的可持续利用和制定区域社会经济发展规划至关重要。

环渤海湾山东地区在地下水资源开发布局方面存在许多不合理的因素, 一方面部分地区地下水开采强度过大, 出现区域性地下水位降落漏斗, 引发海水入侵; 局部地区因人为污染地下水质量急剧恶化。另一方面, 部分地区地下水开采程度较低, 大量的地下水资源未得到利用。所以对于环渤海山东地区这样的缺水地区, 如何充分发掘当地地下水资源潜力, 合理规划开发地下水资源, 对于缓解水资源供需矛盾具有十分重要的意义。

## 2 浅层地下水系统水文地质特征

浅层含水层组是环渤海山东地区主要的地下水资源开采层段, 根据水文地质条件的差异全区可划分为鲁北平原和胶东半岛低山丘陵两个浅层地下水系统区 (图 1)。



图 1 环渤海山东地区浅层地下水系统特征图

### 2.1 鲁北平原地下水系统区 (I)

收稿日期: 2004-07-13

基金项目: 环渤海地区地下水资源与环境地质调查评价 (200112400005)

作者简介: 徐建国 (1965), 高级工程师, 从事水文地质环境地质调查研究, 电话: 0531~6556973, E-mail: xjg\_2008@yahoo.com.cn.

松散岩类覆盖区, 浅层含水层底界面埋深 50 ~ 60 m, 地下水类型为潜水到浅层微承压水。按照浅层地下水补径排特点、地层成因、含水层组成等条件的差异, 基本上以小清河为界划分为黄泛平原地下水系统子区 (I<sub>1</sub>) 和鲁中南山前冲洪积平原地下水系统子区 (I<sub>2</sub>)。

黄泛平原浅层含水层组是由黄河多次泛滥沉积而成, 岩性以细砂与粉砂为主, 局部地段为中砂。在垂向上呈多层透镜体状, 含水层间有多层粘质砂土、砂质黏土或黏土; 在水平方向上砂层受古河道控制, 多呈带状分布。区内古河道带共 7 条, 河道宽 2 ~ 13 km, 古河道带砂层厚度一般大于 10 m, 单井涌水量一般大于 500 m<sup>3</sup>/d; 古河道间带砂层颗粒较细、厚度较小, 单井涌水量一般小于 500 m<sup>3</sup>/d。鲁中南山前冲洪积平原浅层淡水含水层组主要由冲洪积物组成, 含水层受冲洪积扇制约, 呈片状分布; 含水层岩性多为砾质砂、中粗砂, 单井涌水量一般大于 2 500 m<sup>3</sup>/d。

鲁北平原区浅层地下水化学场较复杂, 除鲁中南山前冲洪积平原区南部为全淡水区外, 大部分地区为咸淡水组合型或全咸水型。大致以无棣、利津、央子一线为界, 以东滨海地区为矿化度大于 3 g/l 的全咸水区, 无开采价值; 以西则为淡水与微咸水分布区。

## 2.2 胶东半岛低山丘陵地下水系统区 (II)

变质岩、岩浆岩、碎屑岩和第四系松散岩分布区, 依地形地貌为主要依据划分为胶东半岛低山丘陵北坡地下水系统子区 (II<sub>1</sub>)、胶东低山丘陵南坡地下水系统亚区 (II<sub>2</sub>) 和胶莱盆地地下水系统子区 (II<sub>3</sub>)。

胶东半岛丘陵区地形起伏大, 河流源短流急, 水资源的时空分布不均; 区内大部分河流长时间断流, 河道径流集中在汛期的数天时间内。各地下水系统子区边界与地表分水岭一致, 含水层系统分为第四系孔隙含水层系统和基岩裂隙含水层系统, 两含水层系统间水交替频繁。第四系主要分布于山间河谷平原和滨海平原, 厚度由上游向下游变厚, 单井涌水量由不到 500 m<sup>3</sup>/d 增大为下游河谷平原的 1 000 ~ 3 000 m<sup>3</sup>/d。基岩出露区含水层富水性弱, 单井涌水量一般小于 200 m<sup>3</sup>/d。

# 3 地下水资源现状

## 3.1 开发现状

环渤海湾山东地区浅层含水层是地下水主要开采层, 据统计全区地下水开采量为 36.23 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a, 其中浅层地下水开采量 32.92 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a, 占总开采量的 91%。地下水开采强度在区域上差别较大, 除鲁北平原咸水区地下水少有开采外, 开采强度较大的地区主要位于鲁中南山前冲洪积平原、德州市的宁津、乐陵、庆云地区、蓬—黄—掖滨海平原、胶莱平原和胶东半岛的部分河谷地区, 开采模数一般大于 5 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/a·km<sup>2</sup>, 部分集中开采地段大于 100 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/a·km<sup>2</sup>。而黄河沿岸地区、胶东低山丘陵北坡的蓬莱市、牟平区、威海、荣成, 南坡的文登、乳山、栖霞、莱阳、莱西、即墨、胶州、高密等地, 地下水开采强度均较低, 开采模数一般均小于 5 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/a·km<sup>2</sup>, 部分小于 3 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>/a·km<sup>2</sup>。

## 3.2 浅层地下水可开采资源计算

环渤海湾山东地区水文地质条件差别较大, 浅层地下水补给量排泄量的构成不同, 所以地下水可开采资源采用不同的计算方法。

黄泛平原地下水系统子区浅层地下水开采以调控合理水位、夺取潜水蒸发量为中心, 以合理水位埋深条件下的综合补给量为可开采量。经计算, 该区浅层地下水可开采量为 16.74 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a。鲁中南山前冲洪积平原地下水系统子区地下水开采程度较高, 由于浅层地下水长时间入不敷出, 出现大面积的区域性地下水位负值漏斗, 引发北部咸水入侵。从保持浅层地下水持续开采和控制咸水入侵出发, 可开采量应以不超过现状条件下的补给量为限, 将现状水位埋深条件下补给量与蒸发量差值作为浅层地下水可开采量。经计算, 该区浅层地下水可开采量 10.34 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a。胶东低山丘陵地下水系统区的山前冲洪积平原和山间河谷平原地下水, 具有埋藏浅和易采易补的特点, 在同样的补给条件和不引起危害性环境地质问题的前提下, 浅层地下水可开采量的大小主要取决于对地表水、地下水的拦蓄程度和对地下水的开采能力, 可开采量按疏干补偿法计算, 即枯水时段最大限度地疏干储存量, 丰水时段充分拦蓄地表径流, 增加入渗量, 回补疏干空间; 经计算, 该区浅层地下水可开采量为 20.10 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a。综合上面各项, 全区浅层地下水可开采资源量为 47.18 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/a<sup>①</sup>。

<sup>①</sup> 山东省地质调查院. 环渤海地区 (山东部分) 地下水资源与环境地质调查评价报告. 2003.

## 4 地下水资源潜力分区

### 4.1 地下水资源潜力分区

地下水资源的潜力包括两个方面：一是指现状开采条件下剩余的那部分资源量，也称为剩余资源量；另一方面主要是指激发补充量或称补充资源，如通过傍河取水夺取地表水，或通过人工调蓄扩大的降水补给量等。因此可以把上述剩余资源量和激发资源量（补充资源），包括其它可能扩大的资源量，统一称为地下水潜力资源。上述浅层地下水可开采量计算方法中，无论是在鲁北平原区还是胶东低山丘陵区，均采用了充分夺取潜水蒸发量、地表水流出量，以及通过人工调蓄增加降水补给量的评价原则，因而获得的可开采量与现状开采量之差代表的地下水潜力资源，实际上包含了现状开采条件下剩余的资源量，以及激发补充量两部分。

地下水开采潜力分区，可依据地下水开采潜力指数、并考虑现状地下水位埋深综合确定，开采潜力指数的计算公式（公式来源）：

$$P=Q_{可}/Q_{采}$$

式中：P—地下水开采潜力指数； $Q_{可}$ —地下水可开采量； $Q_{采}$ —地下水现状开采量。

地下水开采潜力区可划分为5个：1) 有开采潜力、可扩大开采区： $P>1.2$ ，或松散岩类分布区现状地下水位埋深小于3 m区；2) 采补平衡区： $1.2\geq P\geq 0.8$ ；3) 轻度超采区： $0.8>P\geq 0.6$ ；4) 中度超采区： $0.6>P\geq 0.4$ ，或松散岩类分布区地下水位埋深大于10 m的非漏斗区；5) 严重超采区： $P<0.4$ ，或地下水漏斗区。

### 4.2 地下水开采潜力分析

在对环渤海湾山东地区浅层地下水现状开采量，以及可开采量进行系统分析的基础上，对该区地下水开采潜力进行分析。从整体上看，可开采资源量大于实际开采量，开采潜力指数1.43，尚有 $14.26\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ 的资源潜力（表1）。但由于地下水开采强度在空间上分布不均一，造成地下水潜力资源分布极不均匀，黄泛平原引黄灌区地下水潜力指数达2.0以上，而部分地下水漏斗区潜力指数则小于0.4（图2）。

地下水有开采潜力和可扩大开采区，主要分布在黄泛平原、胶莱盆地和胶东低山丘陵南坡地下水系统子区。黄泛平原引黄灌区降水和引黄灌溉入渗量较大，补给资源丰富，但由于灌区普遍重黄河水、轻地下水，以致地下水开采程度较低，有较大开采潜力，开采潜力资源为 $8.56\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ ，占环渤海湾山东地区地下水潜力资源总和的60%，是地下水开采潜力最大地区。

表1 地下水资源潜力分析表（ $\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ ）

地下水系统		可开采量	现状开采量	开采潜力指数	开采潜力资源
胶东低山丘陵地下水系统区		20.10	15.50	1.30	4.60
鲁北平原地下水系统区	鲁中南山前冲洪积平原地下水系统子区	10.34	9.73	1.06	0.61
	黄泛平原地下水系统子区	16.74	7.69	2.18	9.05
合计		47.18	32.92	1.43	14.26

胶莱盆地高密市南部、胶州地区和胶东丘陵南坡大部分河谷平原区，除局部地段地下水开采强度较大外，大部分开采强度相对较低，尚有 $2.35\times 10^8\text{ m}^3/\text{a}$ 的开采潜力资源。只要加大地下水拦蓄力度，合理规划开采布局，可以充分地发掘地下水资源潜力。

浅层地下水采补平衡区，主要位于胶东丘陵区河流中上游地区和胶莱盆地周边，这些地区含水层富水性较弱，调蓄能力较差，地下水开采强度也较小，以维持现状开采为主。

地下水超采区主要位于胶东丘陵北坡、鲁中南山前冲洪积平原和黄泛平原距黄河较远的宁津地区，其中中度和重度超采区分布于区内的几个浅层地下水漏斗区和蓬莱市滨海地区。这些地区地下水已无开采潜力，并引发了海（咸）水入侵，需要采取压缩开采量或补源措施来维持地下水的采补平衡。

## 5 地下水资源可持续利用对策

地下水资源可持续利用的涵义,是指既要满足当代人从事各类经济活动和正常生活的需要,又不会使地下水环境质量朝恶化方向发展,不致产生危害性环境地质问题,对后人开发利用地下水资源不致造成危害性影响<sup>[1]</sup>。定义有两层含义:其一是首先满足当代人生活和社会发展的需要;其次是在生态环境可以维持的前提下满足人类目前与长远的需要。即发展经济,提高人民生活水平,保护生态环境基础,为后人人生存发展创造条件,使地下水资源在满足社会发展需求方面发挥重要作用。从这一观点出发,要保持环渤海山东地区地下水资源可持续利用主要应采取以下对策。

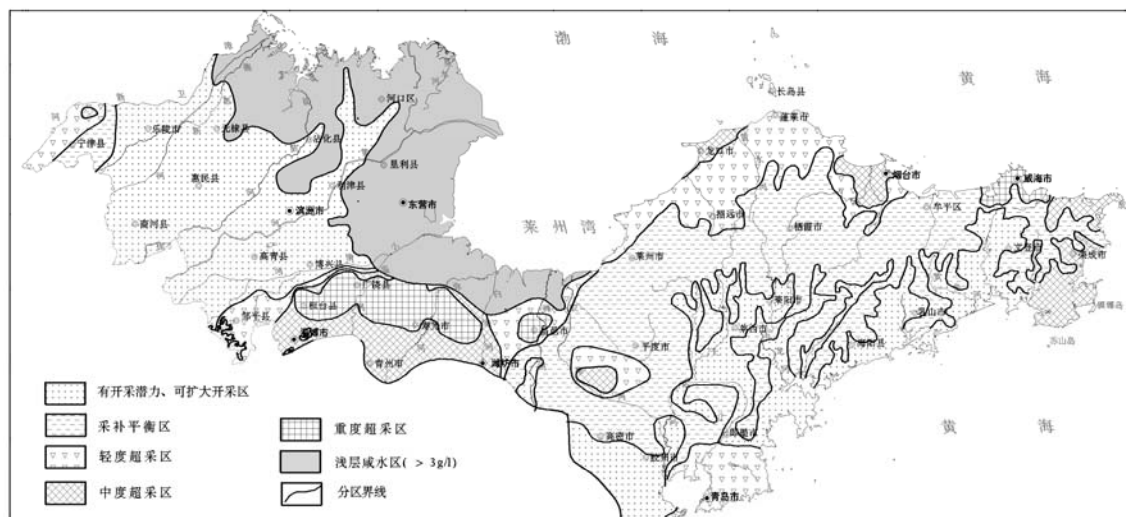


图2 环渤海湾山东地区地下水开采潜力分区图

### (1) 加大黄泛平原引黄灌区浅层地下水开采力度

引黄灌区是地下水资源潜力最大的地区,该区浅层地下水资源蒸发消耗量很大,同时土壤次生盐渍化问题和淡水咸化问题也逐渐突出。可采用适当提高黄河水水价,用经济杠杆引导农民开采地下水,通过开采浅层地下水合理调控地下水位。可以增加地下水补给量,加快地下水循环速度,改善该区的地下水环境质量。

### (2) 加大在胶东丘陵区拦蓄利用雨洪资源的力度

胶东半岛丘陵区河道独流入海,源短流急,降雨后河水暴涨暴落,拦蓄利用不便,如何提高地表径流拦蓄利用率是充分发挥地下水开采潜力的关键。山间河谷地区有着良好的入渗条件和调蓄空间,可以在汛期到来前加大地下水开采强度,腾出地下空间,待汛期到来充分接纳雨洪水资源。不过由于含水层接纳地表水的速度较慢,难以在短时间内获取大量的地表水,所以必须通过地表水库与河道拦河坝等蓄水工程拦蓄河道径流量,以较缓慢的方式回灌入地下含水层。

### (3) 积极规划建设地下水库,充分利用当地水资源

胶东半岛短径流河流下游冲洪积平原含水层颗粒粗,调蓄能力强;鲁中南山前冲洪积平原区因长年超量开采地下水,浅层地下水位逐年下降,部分含水层被疏干。经计算 1980~2002 年间疏干空间就达  $808.3 \times 10^8 \text{m}^3$ ,腾出地下库容约  $44.5 \times 10^8 \text{m}^3$ 。因此,应在这些地区开展以地表水—地下水联合调度运用为基础,以水资源的地下调蓄为中心,以建设地下水库为主要方式的水资源开发模式。

### (4) 鲁中南山前冲洪积平原区需采取跨区调水的方式进行补源

鲁中南山前冲洪积平原具有较大的调蓄潜力,由于地下水长期入不敷出,水位持续下降,导致地下水补给量持续减少,水环境恶化。为改善该区水环境现状,增大补给量,在目前河流上游地区无法调剂地表水资源回灌的条件下,需采取引调江水或黄河水的方式进行调蓄补源。尤其是在近期江水无法到达的情况下,可在引黄灌区征调部分黄河水补源<sup>[4]</sup>。

### (5) 加快浅层微咸水的开发利用研究

鲁北平原分布有大面积的矿化度大于 2 ~ 3 g/l 的浅层微咸水资源, 大量的灌溉试验资料显示, 微咸水可以用于农田灌溉。开发浅层微咸水可以根治盐碱化, 促进浅层地下水循环, 改良地下水水质, 具有增加淡水资源和改善生态环境双重效益。

#### (6) 控制水污染, 建立优质饮用地下水源保护区

目前工作区地下水水质总体上有向恶化方向演化的趋势。现有的优质饮用地下水源一旦受到污染, 治理起来过程相当长、难度相当大, 所以应尽快建立饮用地下水源保护区, 防止地下水污染。

#### 参 考 文 献

- [1] 冯尚友. 水资源持续利用与管理导论[M]. 北京: 科学出版社, 2000, 35-37.
- [2] 贾嵘, 沈冰, 蒋晓辉, 等, 区域水资源潜力综合评判, 西北农业大学学报, 1999, 27(5):44-45.
- [3] 张效龙, 邱汉学, 张权. 环渤海经济区水资源现状及其可持续利用对策[J]. 海岸工程, 2001, 20(1):67-70.
- [4] 徐军祥, 康凤新. 山东省地下水资源可持续开发利用研究. 北京:海洋出版社, 2001, 23-25.

## The Groundwater Potential Analysis and sustainable Utilization in Shandong Province of Circum-Bohai-Sea Region

XU Jian-guo, WEI Zheng-run, ZHANG Tao, ZHU Heng-hua, LIU Chun-hua  
(Shandong Institute of Geological Survey, Jinan 250013)

**Abstract:** Based on summarizing the hedro-geology condition and groundwater resource status in Shandong Province of circem-Bohai-Sea region, the groundwater resource potential analyses were made in this paper. it shows that the shallow groundwater has a pumping potential of  $1.426 \times 10^9 \text{ m}^3/\text{a}$ , but its distribution is not proportion, some area pumping excessively. In order to use the groundwater rationally, 6 suggestions are put forword. They are: incresing the ability of pumping shallow water in the Yellow River overflowed land, blocking the rain water in the hill area, building the underground reservoir, speeding up the utilization of brackish water in shallow part, controlling the water polution, and constructing protection basement of high quality water for drinking.

**Keywords:** groundwater resources; sustainable utilization; Circum-Bohai-Sea Region; Shandong Province