

聊城市区地下水资源的动态分析与开采

张庆秀¹, 宁红喜¹, 姜振泉²

(1. 聊城市水利勘测设计院, 山东 聊城 252061; 2. 中国矿业大学资源学院, 江苏 徐州 221008)

摘要 概述了聊城市区地下水资源的开采现状, 通过相关分析, 预测未来几年内地下水的动态变化趋势, 并提出了相应的综合开发、利用中深层咸水的措施, 给定了上下两层淡水的开采限量。另外, 为防止地下水污染、矿化度增加和地面沉降等不良环境地质现象的发生与发展, 提出采取人工回灌的补救措施。

关键词 地下水 开采利用 咸水 环境地质 人工回灌 聊城市

中图分类号 :P641 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2010)S1-0146-03

聊城市位于山东省西部、黄河冲积平原上, 是一个发展中的中等城市, 工业及生活用水在 1999 年约为 20 万 m^3/d , 2000 年以前主要开采本区的地下水, 采水范围东西约 15 km, 南北约 12 km。过量开采地下水已引起不良的环境地质问题, 主要表现在水位下降幅度增大, 水质恶化等方面。聊城是一个平原城市, 人们习惯用地下水位的埋深代替水位高程, 亦即以点代面, 便于在整个区域内作比较, 方便施工和使用。笔者就地下水位的埋深研究开采动态并作相关分析。

1 水文地质条件

聊城市的主要含水层为巨厚的第四纪和第三纪松散岩层。在垂直方向上可分为浅层淡水含水层, 埋深在 0 ~ 60 m; 中深层咸水含水层, 埋深在 60 ~ 230 m; 深层淡水含水层, 埋深在 230 ~ 800 m。

浅层淡水含水层主要由黄河冲积物沉积, 有黏质粉土、粉细砂、软质黏土组成。地下水的补给以大气降水、地表水入渗、地下径流为主; 以人工开采、径流排泄为主; 以潜水-微承压水的形式赋存。地下水位埋深在 3 ~ 10 m, 单井出水量在 20 ~ 30 m^3/h , 矿化度为 1.8 g/L, 且 Fe^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量较高。

中深层咸水含水层主要为河流、湖相沉积, 在湖水相对稳定期, 由于蒸发、析出盐分, 后经河流冲积, 形成咸水含水层, 有砂质黏土、粉细砂、硬塑黏土互层组成。地下水以径流的方式进行补给与排泄; 由于受到人工开采地下水的干扰, 目前以越流的方式

和上下两层淡水发生联系^[1], 以承压水的形式存在。地下水位埋深 15 m, 单井出水量 60 m^3/h , 矿化度 3 g/L 左右, Cl^- 含量较高, 口感较咸, 不能饮用, 所以该层地下水至今无人开采。

深层淡水含水层主要由薄层半胶结砂岩(为咸淡界面的标志层)、硬质黏土、粉细砂、含钙质结核坚硬黏土等组成。它与河北平原深层地下水同属一个含水系统, 均由太行山前径流补给。据张之淦等^[2]的研究, 其径流循环周期约在两万年左右, 这与人类似的发展历史相比, 几乎是不可再生的资源。聊城市 1974 年开始开采深层地下水, 当时为承压自流水, 自流量约为 27 m^3/h 。现以人工开采排泄为主; 以承压水的形式赋存。由于近几年的超量开采, 鲁西化肥厂集中开采的漏斗中心的静止水位埋深已达 40 m 之多, 动水位埋深在 70 m 左右, 单井出水量也由 20 世纪 80 年代的大于 80 m^3/h , 减少到现在的 60 m^3/h 。该层淡水矿化度在 1.2 g/L 左右, 是市区较好的饮用水层。

2 开采现状与动态趋势

2.1 浅层淡水含水层

浅井分布在开采范围内的各个角落, 以市区中心比较集中。由于浅层水直接接受大气降水和地表水的补给, 部分浅井已经受到比较严重的污染, 特别是在原农药厂, 在停产 30 a 后的今天, 仍然具有强烈的“六六六”气味, 致使周围的供水井无法饮用。其他地方的矿化度也在随着水位的下降逐年增加, 特

别是 Fe^{2+} 的含量,随着水的渗透、循环、运移速度的加快, Fe^{2+} 的淋滤,分子扩散也在不断地增高,及至近几年不得不对浅层地下水除铁后应用。根据 1989~1999 年对市中心 G1 号井的观测,和对开采范围内的浅层水开采量的统计表明,1999 年的开采总量为 $4\,380\text{万 m}^3$,以 $12\text{万 m}^3/\text{d}$ 为基础,10 a 来的平均开采递增速度为 $0.2\text{万 m}^3/\text{d}$,依据相关理论分析,求出浅层地下水的开采总量与埋深曲线的关系^[3] :

$$Q_1 = 0.000\,347\,53\,S_1^{4.9375}$$

式中 : Q_1 为浅层水在某年的平均日开采量,万 m^3/d ; S_1 为与此对应的水位埋深,m。

按此开采递增速度,可以预测出 G1 号井 2010~2014 年的水位埋深值,结果见表 1。

表 1 现状开采条件下浅层地下水静止水位埋深预测值					
年份	开采量/ (万 $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$)	水位 埋深/m	年份	开采量/ (万 $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$)	水位 埋深/m
1989	10.00	8.00	2010	14.20	8.59
1996	11.40	8.21	2011	14.40	8.61
1997	11.60	8.24	2012	14.60	8.64
1998	11.80	8.27	2013	14.80	8.66
1999	12.00	8.30	2014	15.00	8.69

从表 1 可以看出,浅层地下水随着每年开采量的增加,地下水位将以指数曲线形式缓慢下降,这是因为浅层地下水有大气降水、地下径流补给的原因。从图 1 可以看出,浅层地下水是不承压的,在没有开采前它的水位是有一定埋深的。

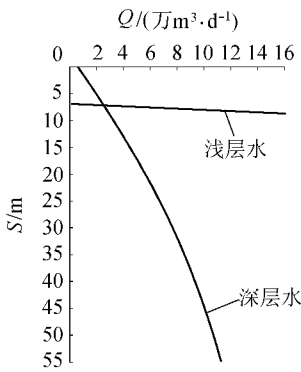


图 1 聊城市地下水区域开采总量与水位埋深关系曲线

2.2 中深层咸水含水层

1990 年,原市化肥厂曾打过一眼中深层咸水井,后因停产,水井报废,全市再无人开采利用。

2.3 深层淡水含水层

深井主要集中在城西发电厂和城东北的鲁西化肥厂,其他深井散布在城区内。深层淡水自 1994 年发现,凡是深井封井在 270 m 以上的供水井,有逐年变咸的趋势,究其原因是深层水位持续下降,中深层咸水越流补给的结果^[1]。以对发电厂 D15 号深井

的观测为例,井口标高 33 m,1999 年的静止水位埋深 32.00 m,根据 1989~1999 年对此井的水位观测和对全市开采量的统计,1999 年的深层地下水开采总量为 $2\,920\text{万 m}^3$,以 $8\text{万 m}^3/\text{d}$ 为基础,10 a 来的平均年开采递增速度为 $0.3\text{万 m}^3/\text{d}$,根据相关理论分析,求出深层地下水开采总量与静止水位埋深的相关曲线方程式 :

$$Q_2 = 0.613\,S_2^{0.741}$$

式中 : Q_2 为深层地下水某年平均的日开采量,万 m^3/d ; S_2 为与此对应的静止水位埋深,m。

按此方程可以预测出 D15 号井 2010~2014 年的深层地下水位埋深值,结果见表 2。

从表 2 可以看出,深层水位随着每年开采量的增加呈幂函数曲线型快速下降,这是因为深层地下水径流缓慢,几乎没有补给的原因。从图 1 看出,深层地下水是承压的,在没有开采前其水位是高出地面的,这与实际情况比较相符。

表 2 现状开采条件下深层地下水静止水位埋深预测值							
年份	开采量/ (万 m ³ ·d ⁻¹)	水位 埋深/m	水位 标高/m	年份	开采量/ (万 m ³ ·d ⁻¹)	水位 埋深/m	水位 标高/m
1989	5.00	17.00	16.00	2010	11.30	51.10	-18.10
1996	7.10	27.30	5.70	2011	11.60	52.88	-19.88
1997	7.40	28.90	4.10	2012	11.90	54.75	-21.75
1998	7.70	30.50	2.50	2013	12.20	56.60	-23.60
1999	8.00	32.00	1.00	2014	12.50	58.50	-25.50

3 合理开采措施

根据以上对开采所出现的不良环境地质问题分析,预估今后这些问题将随着地下水位的快速下降而更加恶化。为了地下水资源的可持续利用,必须科学地管好用好地下水这一宝贵的资源。因此,建议对全市的地下水综合开采、统一规划、统一管理,治理地表污染,采取人工补给、限制开采量、开展节水保水措施,建设节约化城市,真正使地下水资源得到可持续利用。

3.1 综合开采、统一规划、统一管理

聊城市供水井,大多属于单位、企业或个人的自备水源井,处于无序开采状态,近几年虽然限制了部分水井的审批和开采,但仍存在布局不合理,开采和漏斗过于集中等问题。造成浅层水加速循环渗透,污水进入,矿化度增加,污染超标。出水量也由 20 世纪 80 年代的 $30\sim60\text{m}^3/\text{h}$,减少到现在的 $20\text{m}^3/\text{h}$ 。原因是浅层水的主要含水层埋深在 15~40 m,厚度一般在 8~20 m,由于浅层静止水位下降,开采集中在市中区,一般埋深为 9 m,在抽水过程中,动水位要在 25 m 左右,这时大部分的滤水管处于悬空状态,成为承压-无压井^[4],而仅靠下部的少量滤水

管进水,故出水量不大,现有许多井处于报废状态。近几年又出现凿井盲目加深的趋势,这样就会引起中深层咸水的越流渗入,致使浅层淡水也有遭受污染、变咸的可能,到那时将造成难以消除的人为灾害。前已述及,深层地下水已经遭此厄运,那是无法弥补的,如不采取更为有效的措施,更深部的地下水也接受了咸水的话,那时聊城的地下水将再无淡水可言了。

因此,建议抓紧开采中深层咸水层。对水质要求不高的工矿企业,采取强制性措施,要求取其中深层咸水,以减轻它对上下两层淡水的压力,避免其越流的渗入。但这需要一个限度,使咸水层的静止水位控制在 25 ~ 35 m 之间比较恰当,因为过高,会渗入其他两层,过低会吸引其他两层的水。另外,它还会引起地面的沉降,因为它是支撑上层淡水、保持平衡的强大动力。在不出现问题以前,究竟对中深层地下水每天采取多少,现在很难给定一个开采量,主要是保持它的静止水位与其他两层之间的平衡。

多采浅层水,控制开采深层水。根据上述计算结果及含水层实际埋深综合分析,浅层水的开采量宜控制在 15 万 m^3/d 以内,水位埋深宜保持在 9 m 以上。另外浅层淡水可以采取扩大开采面积和人工补给的办法来补充,可以在环城湖、二干渠等无污染的地表水体内部打一些回灌井或自渗井,因为水位下降快,补充回升也快,没有人工补给,浅层地下水单靠天然补给,也是难以维持的。而深层地下水也可以采用人工补给,只是它的代价相当大,所以要尽可能地少取,给子孙后代留下一点可用之水。根据前文推算出的公式,深层水的开采量最好控制在 8 万 m^3/d 以内,平均静止水位埋深控制在 33 m 左右,即海平面以上。其实深层水水位是很难把握的一个数据,只要有开采,它就会下降。深层地下水涌水量从 20 世纪 80 年代的 $3.5 \sim 4.5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$,到现在的 $2.0 \sim 3.0 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m})$,就已能说明问题的存在。如果要求深井仍然维持原来的出水量,就必然依靠加大水位降深,这实际上是一种掠夺性的开采。它对环境造成的破坏,将是无法挽回的。

鉴于聊城市地下水开采状况,一定要加强统一管理。根据用水单位提供的对水质、水量的要求,统一由水行政主管部门调整供水井的深度与布局,确保对地下水的合理开采。今后凡是在开采范围之内所有供水井都要登记造册,建立健全每眼井的技术档案,摸清地层、下管情况,掌握每天的抽水时间、出水量、水质分析情况等,主要是搞清楚全市的开采状况,分析和预测地下水的动态与平衡,制定长期有效的开采目标,真正达到地下水的可持续利用。

3.2 治理污染、节约用水

治理污染、节约用水都是地下水开采当中的重要措施,一个是防止浅层淡水再度受到污染,另一个是开展节水保水措施,建设节水化城市,减少对地下水的开采量。

3.3 引水与调水

随着城市的加快发展,用水量还会进一步扩大。聊城是一个比较缺水的城市,它能提供的地下水量有限,供水与需水的矛盾会更加突出,因此还需要寻找区外的水源来补充。随着南水北调和东聊供水工程的进一步实施和扩大,聊城市今后的用水有望得到缓解。

4 防治环境地质问题措施

防止地下水位下降、水质污染、矿化度增加、地面沉降等不良的环境地质现象,最有效的方法就是控制地下水的开采量,稳定和保持地下水位,采取人工补给等措施。另外还要建立健全长期的地下水动态与均衡观测网,定期分析地下水的化学成分,分析有关变化情况,对城区的主要建筑物和控制点,进行定期测量,研究因开采地下水所引起地面沉降,发现问题,找出对策,及时解决。

参考文献:

- [1] 张庆秀.聊城市区近年来深层水质变化的原因及今后的开采方向[J].地下水,1999(2):59-60.
- [2] 张之淦,张洪平.河北平原第四系地下水年龄、水流系统及咸水成因初探.石家庄至渤海湾同位素水文地质剖面研究[J].水文地质工程地质,1987(4):1-6.
- [3] 房佩贤,卫中鼎,廖资生.专门水文地质学[M].北京:地质出版社,1987:98-106.
- [4] 薛禹群,朱学愚.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1979:79-80.

(收稿日期 2010-03-24 编辑 徐娟)

