



# 昌邑市地下水开发及其环境地质效应研究<sup>\*</sup>

卫政润,张涛,韩晔

(山东省地质调查院,山东 济南 250013)

**摘要:**昌邑市不合理的地下水开发引发了一系列环境地质效应,如地下水降落漏斗、海水入侵等。分析了昌邑市地下水开发现状及其引发的环境地质效应,提出了合理调整用水布局、人工回灌补源、修建地下水库、建立完善的预警预报体系等措施,为资源型缺水的滨海地区提供了地下水开发与保护的科学依据。

**关键词:**地下水;过量开采;水位下降;降落漏斗;海水入侵;山东昌邑

**中图分类号:** P641.8

**文献标识码:** A

## 0 引言

山东省政府提出“建设海上山东”、“打造山东半岛城市群”等宏伟目标以来,山东省海岸带研究尤其是滨海地区的生态环境研究进入了一个新的阶段,但这些研究大部分局限于基岩海岸或砂质海岸,对泥质海岸区的环境地质方面开展的研究工作相对较少。该文基于“环渤海地区重点地段环境地质调查及脆弱性评价”项目,对泥质海岸区城市地下水开发及其引发的环境地质问题进行阐述,并提出相应的防治对策。

昌邑市行政区划隶属潍坊市,位于胶济铁路之北,莱州湾南岸。工业以食品、纺织、化纤、造纸等为主,较大的企业均集中分布在城区,其他乡镇企业可谓星罗棋布。市区北10 km处的柳疃镇被称为“中国纺织印染之乡”。水资源的不合理开发利用给当地本来就脆弱的地质环境带来比较明显的“负效应”。该区经济的发展,急需解决与水有关的环境地质问题。

## 1 水文地质概况

该区浅层地下水类型以松散岩类孔隙水为主,含水层为第四系松散沉积物。含水层结构因地层岩性、分布部位以及埋藏条件不同,其水文地质特征也

有明显差异。自南部山前至潍河冲积扇中部为淡水分布区;往北滨海平原下部有咸水体向淡水区侵入,将淡水分成浅层淡水(咸水体以上部分)与深层淡水(咸水体以下部分),咸水体顶底界面(即浅层淡水底界与深层淡水顶界)呈“喇叭”形向北展布;北部滨海平原至沿海地带深部均为咸水,部分地段赋存卤水。

## 2 地下水资源开发现状

昌邑市县城以北有一半以上面积为咸水区,且地处暖温带半干旱季风气候区,降雨量偏少,是山东省严重缺水的地区之一。近几年来,随着国民经济的快速发展,地下水的开发利用程度越来越高,地下水开采量大于可采资源量的问题比较突出。

区内集中开采地下水的水源地分布于市区附近及潍河两侧。潍河西侧为第一水源地,位于市区至辛置村一带;潍河东侧为第二水源地,位于南金家口一带;总面积为30.40 km<sup>2</sup>。

第一水源地建于1982年,自1984年正式供水运行以来,供水量逐年递增,1990年由原设计的3 000 m<sup>3</sup>/d增加到20 000 m<sup>3</sup>/d,由于开采量过大,水源地水位急剧下降。为缓解供需矛盾,昌邑市自来水公司于1992年在南金家口一带开辟了第二水源地,水源地含水层主要岩性为第四系砂砾石层,一般厚3~12 m,开采层位为28~42 m,水位埋深15

<sup>\*</sup> 收稿日期:2006-09-30;修订日期:2007-04-13;编辑:张天祯

作者简介:卫政润(1967-),男,山西晋城人,高级工程师,主要从事水文地质、环境地质工作。

地调项目:中国地质调查局国土资源调查项目(批准号:1212010540501)资助。

~ 20 m。  
根据有关资料,整个水源地可采资源量为 10 554.277 万 m<sup>3</sup>/a。随着开采量的不断增大(表 1),该水源地现已处于超采状态。

表 1 昌邑水源地 1995—2005 年开采量统计

年 份	开采量(万 m <sup>3</sup> /a)			
	工 业	农 业	生 活	合 计
1995	1022.00	8559.20	438.00	10019.20
1996	820.00	8560.00	756.00	10236.00
1997	815.00	8645.00	798.70	10258.70
1998	809.00	8731.00	824.00	10364.00
1999	810.00	8902.40	708.00	10420.40
2000	805.00	9073.60	1903.00	11781.60
2001	4240.00	11649.00	1743.00	17632.00
2002	9244.00	12837.00	1401.00	23482.00
2003	1330.00	14433.00	1011.00	16774.00
2004	1530.00	14000.00	1015.00	16545.00
2005	1806.00	13865.00	1205.00	16876.00

昌邑市农业用水在柳疃以南为地表水与地下水相结合,机井密度为 1 眼/km<sup>2</sup>,地下水开采模数约为 15 万 m<sup>3</sup>/a·km<sup>2</sup>,柳疃以北主要依赖潍河水。工业用水主要是开采地下水,且多为集中开采。生活用水方面,高家岔河—草庵以北主要是昌邑水源地供水,以南地区大部分为村自备自来水井,少数为昌邑水源地供水。

3 地下水开发引起的环境地质效应

3.1 负面效应

农业和工业的发展,使得对淡水的需求量急剧增加,使本来就缺少淡水资源的局面更加紧张。集中过量开采地下水,使淡水区水位大幅下降,形成大面积漏斗区;水动力场的改变,引起了明显的海水入侵。

3.1.1 地下水位降落漏斗

昌邑漏斗最初形成于 1984 年,位于昌邑市城区附近,为一南北向展布的长圆形,当时漏斗中心最大水位埋深 8.59 m,最低水位标高 - 2.00 m,以 0 m 线圈闭,漏斗面积 170.0 km<sup>2</sup>。

昌邑市自 1993 年启用第二水源地供水后,原漏斗的面积较以前有所减小,1996 年时曾缩小为 65.5 km<sup>2</sup>,但其后因工农业用水量增大,漏斗面积又逐年增大,形状未变,其展布方向上向东北方向偏移。该漏斗近些年中心点一直位于自来水公司院内,1995 年该点最大

水位埋深 17.52 m,最低水位标高 - 9.32 m,丰水期以 2 m 地下水等水位线圈闭的漏斗面积为 91.8 km<sup>2</sup>;2000 年该点最大水位埋深 23.50 m,最低水位标高 - 15.30 m,丰水期漏斗以 0 m 地下水等水位线圈定,面积达 248.6 km<sup>2</sup>。总的看来,该漏斗近几年来有向加深、加大方向发展的趋势(图 1,图 2)。

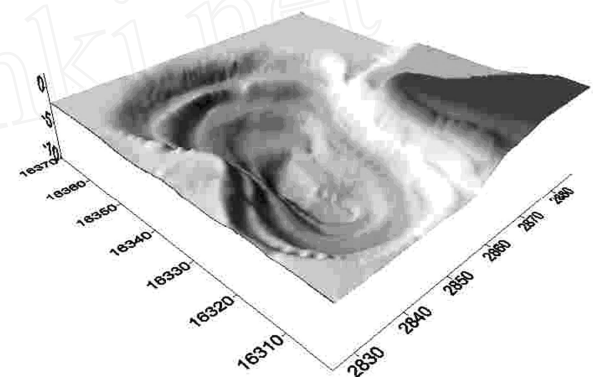


图 1 2000 年 10 月昌邑市地下水位降落漏斗形态

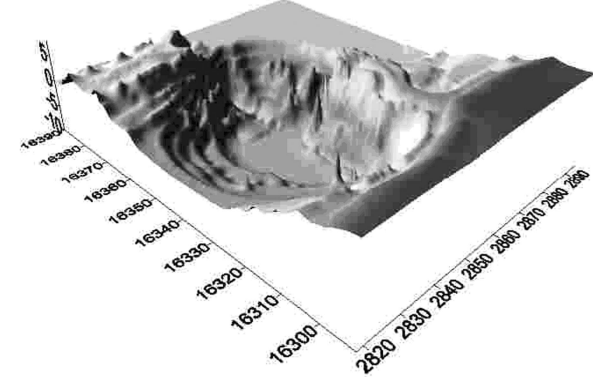


图 2 2005 年 11 月昌邑市地下水位降落漏斗形态

从表 2 可以看出,2005 年漏斗区地下水水位标高 < 4 m 的区域面积是 2000 年的 1.42 倍,< - 6 m 的区域面积是 2000 年的 1.85 倍,< - 8 m 的区域面积是 2000 年的 3.66 倍,< - 10 m 的区域面积是 2000 年的 6.77 倍。这是由于持续高强度集中的开采所致。

表 2 2000 年与 2005 年漏斗内不同水位标高区域面积对比

水位标高(m)	不同水位标高区域面积(km <sup>2</sup> )	
	2000 年 10 月	2005 年 11 月
< 0	248.60	
< - 2	149.53	143.01
< - 4	84.135	119.07
< - 6	49.48	91.69
< - 8	18.16	66.18
< - 10	3.74	25.31

3.1.2 海水入侵

20 世纪 70 年代,在昌邑市北部的地下水动态

长期监测井中首先发现水质变咸、 $\text{Cl}^-$  浓度增高等海(咸)水入侵现象,当时仅为几处孤立的点状入侵,在 20 世纪 70 年代末至 80 年代初发展比较缓慢,入侵面积小,为发生阶段。80 年代中后期,入侵面积迅速扩大,入侵速度最大,整个莱州湾东、南沿岸连为一片,为快速发展阶段。90 年代后,海水入侵速度减慢,局部地段有减弱趋势,为缓慢发展阶段。进入 2000 年之后,由于区内经济的快速发展,工农业用水量急剧增长,地下水漏斗进一步扩大,导致海水入侵速度加快。

据该次调查统计,现状阶段昌邑市海水入侵总面积  $356.8 \text{ km}^2$  (表 3)。

表 3 昌邑市海(咸)水入侵统计

年 份	1980—2000	2000—2005	1980—2005
入侵面积( $\text{km}^2$ )	136.5	220.3	356.8

从表 3 可以看出,自 2000 年以来,昌邑市 5 年间增加的海(咸)水入侵面积较过去 20 年增加的面积还要多。

海(咸)水的大面积入侵,对该区工农业生产和人民生活构成了严重危害。据有关部门估算,海(咸)水入侵以后一般年景粮食减产 20% 以上,干旱年份减产 40% 以上,特旱年份基本绝产;由于地下水位持续大幅度下降,水质严重恶化,致使海(咸)水入侵区大批机井干枯或不能用于灌溉和人畜饮用而报废。地下水水质恶化,含盐量升高,水质变坏,造成生产设备锈蚀严重,缩短了利用年限。海(咸)水入侵区地下淡水遭受侵染而变咸,人畜饮水发生很大困难,生存环境趋于恶化。长期饮用劣质水,致使某些与水源有关的疾病发病率增加。

### 3.2 正面效应

浅层地下水超量开采造成区域水位下降、海水入侵等一系列环境问题,同时也产生了一些正面效应,比较明显的是对土地盐碱化的影响。

盐碱地的发生、发展与水的关系十分密切。潜水参加成壤作用,是导致土壤盐碱化的重要原因之一。潜水位的埋深与土壤蒸发量之间是负相关。

该区由于大规模开采地下水,大部分地区地下水位埋深已超过 4 m,地下水蒸发浓缩作用受到控制,降水和农业引潍灌溉的入渗补给,使表层土壤富集的盐分减少,盐碱化程度降低,加之采取了许多农业措施,盐碱地面积逐年缩小,改良盐碱耕地面积

逐年增加。

## 4 对策措施

### 4.1 合理调整用水布局

在该区,由于开采井井距过密,过量集中开采地下水,形成了以昌邑-柳疃为中心的地下水位降落漏斗。漏斗区水位埋深  $> 10 \text{ m}$ ,大气降水很难补给地下水,而大气降水入渗又是该区地下水最主要的补给方式。因此,随着漏斗区的不断扩大,地下水接受大气降水入渗补给量逐渐减小,加之开采量的增大,最终导致了地下水位不断下降,漏斗区面积不断扩大的恶性循环。

经大致估算,漏斗区减少的大气降水补给量,2005 年 11 月该区地下水位埋深  $> 6 \text{ m}$  的区域面积为  $159.49 \text{ km}^2$ ,昌邑市多年平均降雨量为  $555.9 \text{ mm}$ ,结合水位埋深变化与包气带岩性组合变化取形成地下水位降落漏斗前的大气降水入渗系数为 0.34,地下水位埋深  $> 6 \text{ m}$  区域内的大气降水入渗系数为 0.16,则漏斗区年减少的大气降水补给量为:

$$\begin{aligned} Q_{\text{P减}} &= \Delta P \cdot F \\ &= (0.34 - 0.16) \times 0.559 \times 159.49 \times 10^6 \text{ m}^3 \\ &= 1.6 \times 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

式中:  $\Delta P$  为大气降水入渗系数变化量;  $P$  为该区多年平均降雨量;  $F$  为地下水位埋深  $> 6 \text{ m}$  的区域面积。

可见,昌邑-柳疃漏斗的存在使该区大气降水入渗补给地下水的量每年至少损失  $1600 \text{ 万 m}^3$ ,这个量相当于昌邑水源地每年的工业开采量和生活开采量之和。

因此,改变供水井布局,是控制地下水降落漏斗进一步扩大的有效措施。如采用疏散式布井,沿潍河两岸合理打井,部分企业用水可以在市区外围疏散打井解决。

改换供水渠道是这一问题的又一解决办法。能利用地表水的尽量用地表水,能引客水的引用客水,选择合适地段修建蓄水池,引黄济青灌区放水时适量引入蓄水池以备需要时利用。采用地表水与地下水相结合供水的办法可以极大减少地下水开采量。

### 4.2 人工回灌补源

人工回灌,是补充地下水源不足,修复地下水位降落漏斗的重要措施。昌邑市区附近潍河冲洪积扇

水文地质条件很好,含水层厚度在 10~30 m,岩性多为中粗砂、卵砾石,具有很好的储水能力,可在潍河下游柳疃东修建拦水工程,将水引入适当位置,采用渗坑、渗渠等办法补源,可使地下水位得到回升。

#### 4.3 修建地下水库

虽然潍河上游有峡山水库拦截上游来水,但每年汛期仍有大量弃水,潍河多年平均入海排泄量 14 545 万  $\text{m}^3/\text{a}$ 。在潍河下游海水入侵线南边李家埠以北建造地下截水墙,形成地下水库,同时修建地上拦水坝、渗井、渗渠等拦蓄补源配套工程,可扩大水资源调蓄利用率,充分利用上游水库弃水。建成后潍河地下水库总库容可达 74 5546 万  $\text{m}^3$ ,最大调节库容 2 623 万  $\text{m}^3$ ,多年平均情况下每年可增加地下水开采量 320 万  $\text{m}^3$ <sup>[1]</sup>。

该区地下水库的修建,不仅可以提高昌邑-柳疃漏斗区的地下水位,缓解水资源供需矛盾,并直接阻止北部海水的入侵,防止城区地下水水质恶化。

#### 4.4 建立完善的预警预报体系

充分利用现代科技技术,以水文地质监测信息自动采集传输为基础、以 GIS 平台为支持、以地下

水流模拟与动力弥散耦合及预报为核心,将莱州湾南岸昌邑-柳疃剖面逐步建成具有国际先进水平的水海入侵预警预报系统<sup>[2]</sup>,基本实现地下水水位、水温、水质监测自动化,地下水动力场、化学场数值化,预报精度明显提高的目的,为莱州湾南岸乃至全国海水入侵预警预报提供示范,为海水入侵的防治提供依据。

### 5 结论

昌义市不合理的地下水开发引发了一系列环境地质效应,且负面效应大于正面效应,要想维持该市地下水资源可持续开发利用,必须采取一定的科学保护措施。同时,这些措施的实施,将为资源型缺水的滨海地区提供地下水开发与保护的经验和

### 参考文献:

- [1] 徐建国,卫政润,张涛,等.环渤海山东地区地下水库建设条件分析[J].地质调查与研究,2004,27(3):197.
- [2] 李国敏.海水入侵研究现状与展望[J].地学前缘,1996,3(1-2):161.

## Study on Underground Water Exploitation and Environmental and Geological Efficiency in Changyi City

WEI Zheng-run, ZHANG Tao, HAN Ye

(Shandong Geological Survey Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** A series of environmental and geological efficiencies are caused by unreasonable exploitation of underground water in Changyi city, such as funnels and sea intrusion. On the basis of analyzing present condition of underground water exploitation and environmental and geological efficiencies, countermeasures are put forward as follows: adjusting water utilization distribution, recharge artificially, building underground water reservoir and setting up perfect predicating system. It will provide scientific basis for exploitation and protection of underground water.

**Key words:** Underground water; over exploitation; water level decending; drawdown surface; sea intrusion; Changyi in Shandong province