

鲁西北平原深层地下水动力场时空演化

张中祥, 罗斐, 张海林

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要: 深层地下水是鲁西北平原区特有的含水系统, 具有分布范围广、埋藏深和开采恢复能力差等水文地质特征。近 30 年来的人工开采使天然流场发生了较大改变, 形成多个规模不一、形态各异的超采漏斗。利用多年来区域研究成果和实测资料, 在研究区域地下水循环系统的基础上, 分析开采初期和开采条件下特征年份深层地下水动力场特征, 研究鲁西北平原深层地下水演化程度。研究发现, 近 30 年来, 区域水头整体下降, 地下水动力场发生了显著变化。除黄河三角洲全咸水区、莘县—阳谷、嘉祥凸起周围降幅较小外, 其余地区均大于 20 m, 其中德州—武城、滨州—博兴、菏泽城区降幅均在 60 m 以上, 德州、滨州漏斗中心降幅大于 100 m。目前已造成德州、滨州、东营、菏泽、济宁等城区不同程度的地面沉降。

关键词: 动力场演化; 循环系统; 等水压线; 变差; 鲁西北平原

中图分类号: X143 **文献标识码:** A

0 引言

鲁西北平原区地下水资源丰富, 但具有实际开发利用价值的浅层淡水资源较为贫乏。为解决社会经济发展与水资源供需之间的矛盾, 自 20 世纪 60 年代中期开始开采深层地下水, 但开采量不大, 地下水动力场基本处于天然状态; 80 年代初期开始大规模开采深层水, 开采布局由“点状”向“面状”发展、由城市向乡村扩展, 开采量剧增, 加之深层水具有埋深大、补给能力差等水文地质特征, 导致区域水头压力持续降低, 原自流区面积逐年缩小或消失^[1]。

近年来, 关于鲁西北平原区深层水的研究成果较多, 但大多是针对几个大型超采漏斗(如德州漏斗、滨州漏斗)进行研究, 而针对整个平原区深层水动力场研究较少。为系统总结深化多年来山东省水文地质研究成果, 山东省地质矿产勘查开发局以鲁地字[2009]29 号文下达“山东省重大水文地质问题研究与应用”综合研究项目, 其中的“山东省水文地质条件演化研究”是其主要内容之一。以该成果为支撑^①, 对近 30 年来鲁西北平原区深层地下水动力

场时空演化规律进行研究。

1 平原区孔隙水循环系统

1.1 鲁北平原区地下水循环系统

由于沉积物来源和成因类型不同, 鲁北平原区和鲁西南平原区地下水循环系统存在一定差异。鲁北平原地形总体南高北低, 第四系沉积物主要来自南部山区。按成因类型由南而北可划分为山前平原区(冲洪积)—黄泛平原区(冲、湖积)—滨海平原区(湖积、海积), 并形成平面上各自独立、内在又相互联系的地下水循环系统(图 1)。

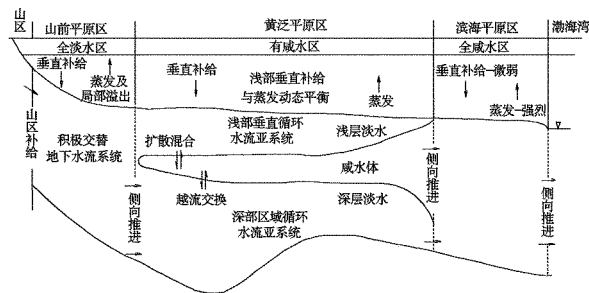


图 1 鲁北平原区地下水循环系统示意图

* 收稿日期: 2011-03-01; 修订日期: 2011-05-18; 编辑: 王秀元

作者简介: 张中祥(1967—), 男, 山东东阿人, 高级工程师, 主要从事水文地质勘查和综合研究工作; E-mail: zhongxiangz67@163.com.

①山东省地矿工程勘察院, 山东省重大水文地质问题研究, 2010 年。

山前平原区(全淡水区)由发源于山区的河流冲洪积扇组成,在天然状态下,大气降水垂直入渗和南部山区地下水的侧向径流补给为其主要补给来源,在冲洪积扇上游水位埋深一般大于 5 m,地下水主要以地下径流的方式向下游排泄,蒸发微弱;在扇缘地带地形平缓,水力坡度一般小于 0.5×10^{-3} ,加之含水层颗粒变细,水位埋深变小,蒸发逐渐成为主要的排泄方式,受水头差的驱使地下水向北部平原区产生侧向推进作用^[2]。总体来说,山前平原区为积极交替地下水水流循环系统,具有富水性强、水质优良、易于开采等特点。黄泛平原区的物源条件较为复杂,具有沉积环境多样化和冲、湖积作用并存的特点,垂向上咸、淡水交织沉积,以中部咸水体为界划分为浅部垂直循环水流亚系统和深部区域循环水流亚系统。浅部垂直循环水流亚系统以垂直补给和蒸发为主要补、排方式,局部与咸水体产生扩散混合作用,形成浅部岛状咸水区,水平方向的循环仅仅在地形起伏相对较大的古河道带、沿黄地带及其他现代河道分布区才可能发生;深部区域循环水流亚系统是一个相对封闭的系统,含水层埋藏深度大,区域上具有较为稳定的隔水层,垂向上与浅部循环水流亚系统一般不会发生水力联系,但在局部地带可与上覆咸水体发生越流交换,水平方向上径流补给和排泄作用较弱。滨海地区浅部地下水位埋深一般较小,潜水蒸发作用强烈,降水垂直补给作用较弱,而深层水受海积、海侵作用影响明显,造就了该区 500 m 埋深范围内基本为咸水的特征。

1.2 鲁西南平原区地下水循环系统

在鲁西南平原区,京杭运河—南四湖一线为区域低洼地带,东西两侧第四系物质来源不同:湖东主要来自东部山区,形成多个山前冲洪积扇;湖西以黄河冲积为主,局部来自嘉祥、梁山等风化剥蚀物。该区孔隙水可划分为湖东、湖西两个相对独立的循环水流亚系统^[3](图 2)。湖东为全淡水亚系统,东部山区的侧向径流和降水垂向补给为主要补给源,潜水蒸发和向湖区径流排泄为主要排泄方式,由于该区地形坡度大、含水介质颗粒粗,水动力条件好,地下水循环交替强烈;湖西孔隙水流循环亚系统成因复杂,垂向上可分为浅淡—中咸—深淡 3 个含水组合,主要由浅部垂直循环和深部区域循环系统组成,浅部以垂向补给和蒸发为主要补、排方式,其次为西部侧向径流补给和向湖区的径流排泄,局部存在与

下伏咸水层的扩散混合作用,可形成浅部岛状咸水区,深部含水介质相对封闭,除局部与上覆咸水体发生越流交换外,基本不存在垂向水流循环,在侧向径流方面随区内开采程度变化而变化。

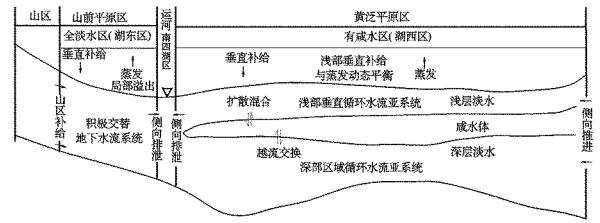


图 2 鲁北平原区孔隙水流循环系统示意图

2 开采初期深层地下水动力场特征

以 1978 年深层地下水水位监测资料为背景值,绘制深层地下水等水压线图(图 3)。该时期地下水平面流场特点为:①区域等水压线分布较均匀,大部分地区呈平行状展布。黄河以北地下水总体由西南向东北径流,水头高度由阳谷—莘县的 38 m 向东北至宁津—乐陵一带降为 8~10 m,平均水力坡度 0.18×10^{-3} ;桓台—寿光—昌邑一线及其以北地下水由山前平原向滨海平原区径流,水头高度由南部的 22 m 向北逐渐降至 4 m 左右,平均水力坡度 0.45×10^{-3} ;鲁西南平原区地下水总体由西向东径流,水头高度由西部东明一带的 54~58 m 向东至郓城、金乡附近降为 36~38 m,平均水力坡度 0.27×10^{-3} ;济宁—汶上一带属中深层地下水,水头高度一般 34~36 m。②水头标高绝大部分地区为正值,只在德州市城区附近出现负值区,但负值区范围较小。③以城市为中心开采深层地下水,形成多个超采漏斗,但漏斗规模不大,初现德州、商河、惠民、滨州、菏泽、济宁等深层漏斗雏形。

3 开采条件下地下水动力场演化

20 世纪 80 年代,尤其是 1985 年以来,鲁西北平原区深层地下水开采量剧增,加之区域开采的综合影响,出现了区域水头压力普降、漏斗区剧降的现实,致使深层水动力场发生了较大变化。

3.1 1987 年地下水动力场特征

由图 4 分析,地下水流场的变化主要体现在:①水头压力总体呈下降趋势。漏斗区的边缘及其外围区域水压降差一般 4~10 m,漏斗区降差增大,尤以

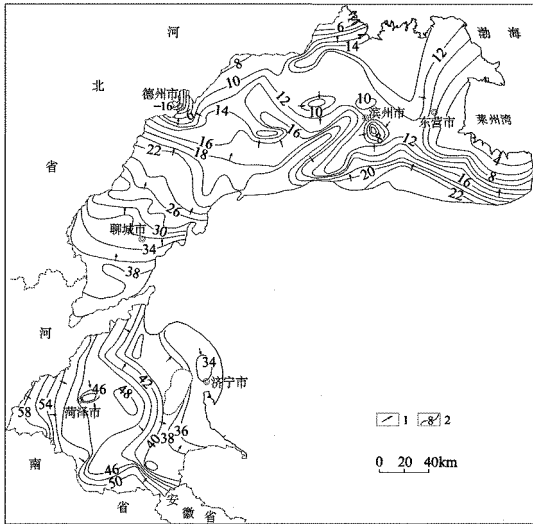


图 3 1978 年深层地下水等水压线图

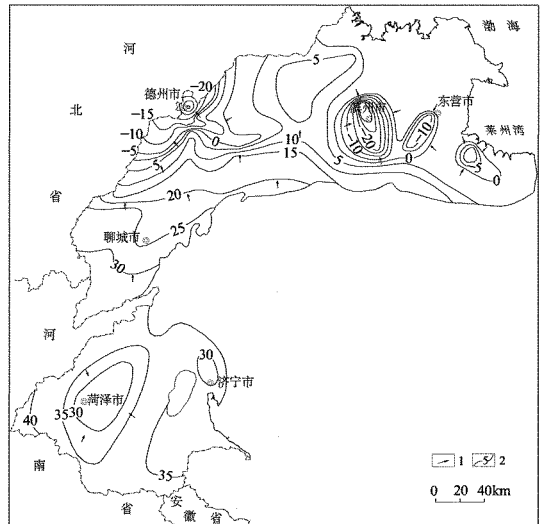


图 4 1987 年深层地下水等水压线图

1—深层地下水压力传导方向;2—深层地下水等水压线及等水压值
 德州、滨州漏斗降差最大,漏斗中心水头降差分别大于 60 m 和 40 m,武城、博兴漏斗中心降差也在 30 m 以上,其余漏斗中心降差 20 m 左右,新生了多个水头负值区,原德州漏斗水头负值区范围继续向外围扩展。②区域地下水流向发生了较大变化。1978 年的准天然流场基本不复存在,齐河—临邑—宁津一线以西向德州漏斗区汇流,以东向滨州—东营牛庄漏斗区、寿光碱厂水源地漏斗区方向汇流,在鲁西南平原区则向菏泽市城区漏斗中心汇集。③超采漏斗形态发生了变化。随着以德州、滨州、菏泽为中心的强开采区的出现,区域上超采漏斗数量在减少,原来几个以县城为中心的小型漏斗逐渐被大型漏斗淹没。鲁北平原区形成了以德州、滨州漏斗为主体,由草桥—牛庄、寿光碱厂、惠民—阳信—无棣等漏斗相呼应的格局;鲁西南平原区形成了以菏泽市、济宁市为中心的两个相互独立的超采漏斗。

1—深层地下水压力传导方向;2—深层地下水等水压线及等水压值

3.2 2005 年地下水动力场特征

深层地下水经历近 20 年大规模开采后,陆续出现了水头降低、超采漏斗和地面沉降等地质环境问题^[4]。近些年来,为控制地面沉降等地质环境问题进一步发展,各地政府主管部门采取了控制深层地下水开采量等措施,水头下降速率明显减缓,但受区域开采和深层水恢复能力差的制约,深层水水头压力仍呈持续下降趋势。

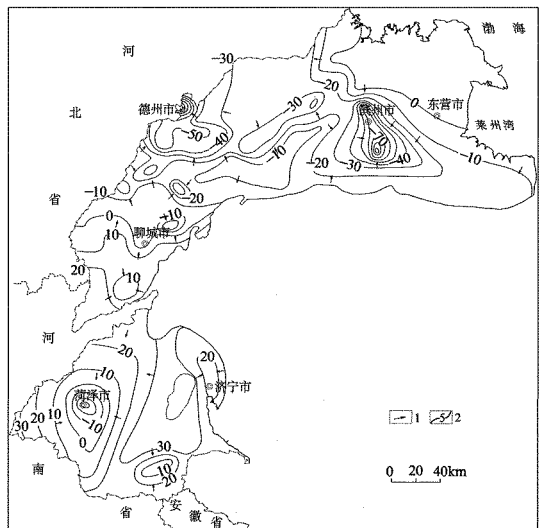


图 5 2005 年深层地下水等水压线图

1—深层地下水压力传导方向;2—深层地下水等水压线及等水压值
 斗区汇流,德州漏斗-30m 等水压线将武城、平原、陵县、宁津连为一体,滨州漏斗-30 m 等水压线将广饶、高青漏斗合并,0 m 等水压线已将除聊城市冠县—莘县—阳谷和黄河三角洲地区之外的区域连在一起,形成了一个以德州、滨州为降落中心的大型超采漏斗。在鲁西南地区逐渐形成了菏泽、单县、济宁超采漏斗。菏泽城区漏斗进一步加深,漏斗中心水头降至-30 m 以下,单县漏斗降至 5 m 以下,济宁城区漏斗降至 20 m 以下,3 个漏斗中心水头比 1987 年分别降低了 60 m、30 m 和 10 m。2005 年等水压线和 1987 年等水压线均为 5 m 等水头差,但 2005 年等水压线明显比 1987 年密集,表明至 2005 年水

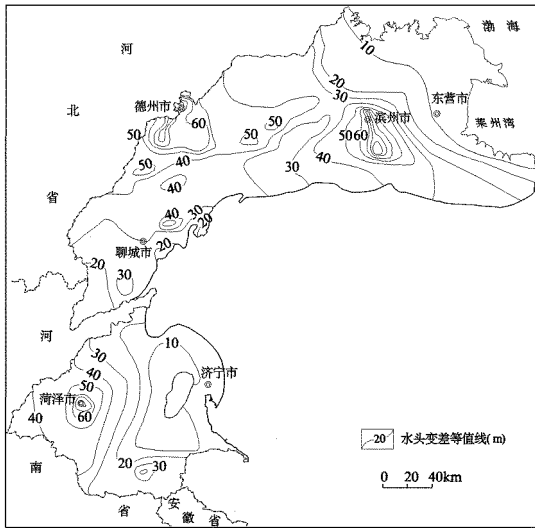


图 6 1978—2005 年深层地下水水头变差等值线图
力坡度增大。如漏斗区外围莘县—临清段,1987 年水力坡度约 0.3×10^{-3} ,2005 年则变为 0.57×10^{-3} ,增加了近 1 倍,在漏斗区增加幅度则更大。

4 结语

近 30 年来,随着社会经济发展,鲁西北平原区深层地下水开采量逐年增加,区域水头整体下降,地下水动力场发生了显著变化。由图 6 可以看出,除

黄河三角洲全咸水区、莘县—阳谷、嘉祥凸起周围降幅较小外,其余地区均大于 20 m,其中德州—武城、滨州—博兴、菏泽城区降幅均在 60 m 以上,德州、滨州漏斗中心降幅大于 100 m。目前已造成德州、滨州、东营、菏泽、济宁等城区不同程度的地面沉降,如德州城区 1991—2006 年中心累计沉降量为 992 mm,降速 $66.1 \text{ mm/a}^{[4]}$ 。

如何认识人类活动与地下水动力场之间的联系,进一步探索开采量、开采布局与地下水水位变化间关联度,抑制地下水降落漏斗不断扩大和科学调控地下水开采量,是摆在广大水文地质工作者面前的重要课题^[5],是当前急需解决的问题。

参考文献:

- [1] 徐军祥,康风新. 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,2001:33.
- [2] 李常锁. 黄泛平原区(1:25 万济南幅)浅层孔隙水多年动态变化特征[J]. 山东国土资源,2011,27(1):11-14.
- [3] 张宗祜,沈照理,薛禹群. 华北平原地下水环境演化[M]. 北京:地质出版社,2000:14-18.
- [4] 徐军祥. 山东省地质环境问题研究[M]. 北京:地质出版社,2010:56-63,237.
- [5] 商广宇,黄学军. 浅议山东省地下水合理开发利用与保护[J]. 山东国土资源,2010,26(3),1-4.

Space and Time Evolution of Groundwater Dynamic Field in Northwest Plain in Shandong Province

ZHANG Zhongxiang, LUO Fei, ZHANG Hailin

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

Abstract: Deep groundwater is unique aquifer system of northwest plains. It has the hydrogeological characteristics of wide distribution, buried deep and poor mining recovery. Due to labor exploitation in 30 years, natural flow field has changed a lot, and formed several over-exploitation funnels with different size and different patterns. By using regional research and measured datas in many years, on the basis of studying regional groundwater circulation system, deep groundwater dynamic field characteristics of early years or in the characteristics year under exploitation condition, the evolution degree of deep groundwater in northwest plains has been studied. As showed by the study result, it is found that nearly 30 years, regional water head had been overall declined, and groundwater dynamic field had a significant change. Amplitude reduction is small in the whole salt water area in the Yellow River Delta, Shexian—Yanggu area and Jiexiang uplift, while it is over than 20m in other areas. In Dezhou—Wucheng, Binzhou—Boxing and districts in Heze city, the amplitude reduction are over 60m, while its is more than 100m in Dezhou and Binzhou funnel center. At present, ground subsidence has been caused in Dezhou, Binzhou, Dongying, Heze and Jining city.

Key words: Evolution of hydrodynamic field; circle system; equal hydraulic pressure line; variation; northwest plain