

# 黄泛平原区(1:25万济南幅) 浅层孔隙水多年动态变化特征

李常锁,王少娟,张海林,游其军,秦品瑞

(山东省地矿工程勘察院,山东 济南 250014)

**摘要:**分析济南幅黄泛平原区浅层孔隙水的补给来源、地下水流场形态变化、地下水排泄途径及水化学多年变化特征,并结合区内浅层地下水开采强度资料综合研究认为,引起济南幅黄泛平原区浅层孔隙水动力场变化的主要原因是地下水开采量的变化与天然补给源的减少。研究表明,局部水位下降甚至产生超采漏斗主要是由于地下水长期过量开采引起的,并对区域地下水流场形态影响较大,区内已形成地下水分水岭。

**关键词:**浅层孔隙水;水动力场;变化特征;济南幅;黄泛平原区

中图分类号:P641.136

文献标识码:A

## 0 引言

20世纪70年代末由山东省地质矿产局八〇一水文地质工程地质大队开展的山东省1:20万水文地质调查编图项目至今已近30年。作为全省基础性水文地质资料,一直被有关部门广为利用,并为山东省社会发展和工农业生产建设服务。但是近30年来,受气候变化、人类工程活动以及地下水开采量大幅增长等因素的影响,山东省各地的水文地质、环境地质条件都已产生了较大变化,同时区域水文地质、环境地质研究程度也有了不同程度的提高和新的认识。原1:20万综合水文地质图已不能全面真实地反映水文地质环境地质条件现状。山东省需要进一步对全省水文地质、环境地质条件现状进行调查研究,编制出新的地下水和环境地质方面的基础图件。为此,山东省国土资源厅和山东省地质矿产勘查开发局决定开展全省性新一轮的水文地质、环境地质调查工作,首先选定济南幅(1:25万幅,图幅编号为J50C004002)开展调查编图试点工作,为下一步在全省范围内更好地顺利开展此项工作打下基础<sup>①</sup>。以此项目为支撑,该文以地下水补给源、地下

水流场、地下水排泄条件及水化学场等变化为基础,论述济南幅(1:25万幅,下同)内浅层孔隙水动力场多年变化特征。

## 1 区域水文地质概况

济南幅东西长约133 km,南北宽约116 km,幅内属于山东省的面积14 500 km<sup>2</sup>。地表为第四系覆盖,由上至下大致发育3个含水层。浅层含水层组为深度50~60 m范围内的粉细砂、中细砂层。含水层的分布受古河道带控制,由古河道主流带向古河道间带含水层厚度渐薄、颗粒变细,富水性减弱。地下水水力性质为潜水、微承压水。地下水水质较复杂,垂向上一般呈淡—咸—淡变化,水平方向由西部局部地段的淡水区过渡为咸—淡—咸区。浅层含水层组底界面埋深一般50~60 m,基本以第四纪上更新统底界面为下限,对应于第四纪上更新统和全新统,它与下伏的中深层含水层组之间一般发育有一层厚度10~20 m的粘性土弱透水层。中层含水层组基本未开发利用,研究程度较低。深层含水层组顶界面埋深在190~220 m以下,据该次研究深度,该含水层组底界面一般450~500 m,是半封闭型的地下水

\* 收稿日期:2010-06-18;修订日期:2010-10-22;编辑:陶卫卫

山东省重点公益性项目;项目编号:2007-149。

作者简介:李常锁(1976—),男,黑龙江伊春人,高级工程师,主要从事水工环地质、地热勘查等工作;E-mail:lics120@163.com。

①山东省地矿工程勘察院,1:25万山东省区域水文地质环境地质调查报告(济南幅),2008年12月。

系统。

根据含水层介质及古河道分布情况,可将其划分为3个水文地质亚区,即东阿—齐河沿黄亚区、聊城—禹城古河道带亚区、冠县—临清古河道带亚区。一般而言,在古河道带的分布区,含水层富水性较好,一般可达到 $3\ 000\ \text{m}^3/\text{d}$ ,古河道间带富水性较差,局部小于 $500\ \text{m}^3/\text{d}$ 。

## 2 浅层孔隙水循环条件演化特征

地下水动态是在自然和人为因素影响下,地下水水位、水质、水温等随时间变化的过程,地下水动态是了解地下水变化趋势、变化幅度以及人类对地下水系统影响程度的一个重要手段<sup>[1,2]</sup>。地下水水位动态变化,实际是含水层中地下水资源量变化的一种反映,也就是说地下水水位的上升或下降,直接反映了地下水补给与消耗量的变化<sup>[3]</sup>。

根据1980年和2007年的地下水位观测资料的对比分析(图1),聊城市—茌平县—齐河县以东与沿黄河一带浅层地下水位基本稳定,其他地区地下水位均有不同程度的下降。多数地区地下水位降幅为1~3 m,地下水循环特征基本未变;但是在图幅西部和北部为浅层地下水主要开采区,地下水位降差多在3~15 m,其中莘县西部至冠县一带,部分地段地下水位降幅已经大于15 m,这些地区地下水循环特征发生了较大的变化。

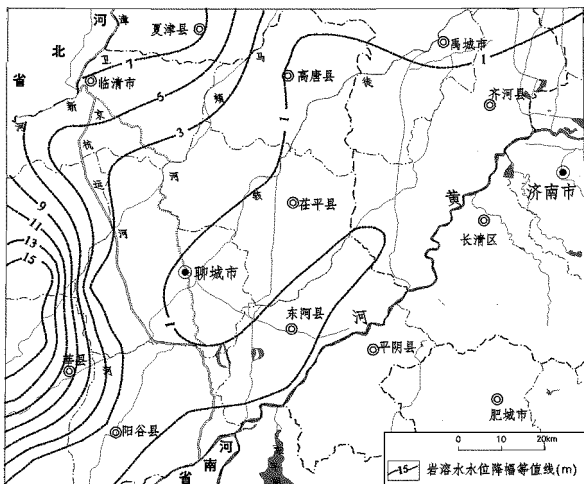


图1 浅层地下水水位降幅图

### 2.1 补给条件变化

浅层地下水补给条件的变化主要表现在降水入渗条件和河渠侧渗条件的变化上。

#### 2.1.1 降水入渗条件的变化

夏津—莘县以西地区降水入渗条件变化较大,1980年该区地下水埋深多在3~6 m,降水入渗系数0.28~0.32,2007年这些地区地下水埋深已达到10~20 m,降水入渗系数降至0.13~0.18,降水入渗量减少了40%左右。

#### 2.1.2 河渠侧渗条件的变化

20世纪80年代以来,黄河来水量明显减少并经常发生断流,造成黄河侧渗量明显减少。据“鲁西北平原浅层地下水资源评价的研究”资料,1985年黄河单侧单宽补排量为 $0.57\sim 2.88\ \text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ,据2002年黄河侧渗剖面观测,黄河单侧单宽补排量为 $0.46\sim 1.26\ \text{m}^3/\text{d}\cdot\text{m}$ ,与1985年相比减少了近50%。

20世纪80年代以来,区内的引黄干渠陆续进行了防渗衬砌处理,渠道侧渗补给量明显减少。根据水利部门资料,20世纪80年代引黄干渠的平均渠系利用系数为0.77,目前已达到0.88,渗漏量明显减少。

## 2.2 浅层孔隙水流场的变化特征

### 2.2.1 天然状态下地下水流场的基本特征

20世纪70年代浅层地下水开采主要用于农业灌溉和农村生活用水,开采量较小,地下水流场基本处于天然状态。根据20世纪70年代末的水位观测资料可知(图2),水位埋深多在2~3 m,地下水自西南向东北流动,水力坡度 $0.15\times 10^{-3}$ 左右。等水位线之间基本相互平行,分布密度均匀,全区均没有形成开采漏斗。

### 2.2.2 开采初期地下水流场的基本特征

20世纪80年代以来,随着经济发展和人口增加,开采量增大,地下水流场发生了一定变化,部分地区浅层地下水超采,水位持续下降,并产生超采漏斗。以1985年6月水位观测资料可以看出,东阿—夏津以东地区地下水流场基本未发生变化,地下水水位埋深多在2~3 m,地下水自西南向东北流动,水力坡度 $0.15\times 10^{-3}$ 左右。东阿—夏津以西的临清、聊城、莘县等县区的地下水位埋深已下降到5~10 m,最大水位埋深已超过10 m(莘县西部),在冠县—莘县一带形成小范围的地下水降落漏斗,漏斗区地下水的流向由天然状态下的自西南向东北流动,改变为由漏斗边缘向漏斗中心流动。

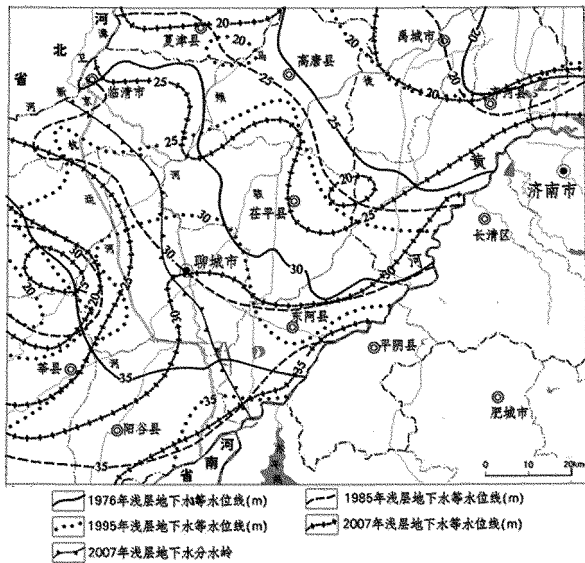


图2 济南幅黄泛平原区浅层孔隙水  
不同时期等水位线图

### 2.2.3 20世纪90年代地下水水流场的基本特征

20世纪90年代以后,随着开采量大幅增加,地下水水流场发生较大的变化,水位均有不同程度的下降,聊城—高唐以西地区水位下降幅度最大,形成了冠县—莘县等地下水降落漏斗区。

根据1995年6月水位观测资料,聊城—高唐以东的地区,水位埋深多在2~4 m,地下水水位比1985年下降了1~3 m,但地下水流向和水力坡度等流场特征基本未发生变化。聊城—高唐以西的地区,水位埋深大于4 m,其中莘县—临清以西的地区,水位埋深大于12 m,比1985年水位多下降了1~3 m,形成了冠县—莘县等地下水降落漏斗,漏斗区地下水流向全部改为由漏斗边缘向中心流动,水力坡度加大。

### 2.2.4 地下水水流场的基本特征

根据2007年6月水位观测资料,聊城—临清一带出现了地下水分水岭,分水岭以东的地区,水位埋深多在2~6 m,地下水水位比1980年下降了1~3 m,地下水总体流向未发生变化,但局部地下水转为向局部漏斗流动(如茌平东部)。聊城—临清分水岭以西的地区,水位埋深大于6 m,其中莘县一带,水位埋深大于15 m,与1980年相比,水位下降了5~15 m,形成了冠县—莘县等地下水降落漏斗,漏斗区地下水流向全部改为由漏斗边缘向中心流动,水力坡度加大。

## 2.3 浅层孔隙水排泄条件的变化特征

20世纪80年代以来,随着地下水开采量的增加,水位逐渐下降,地下水蒸发排泄逐渐减少。在聊城高唐以西地区,地下水埋深多大于6 m,接近或超过潜水蒸发极限埋深,这些地区地下水排泄方式由过去的蒸发与人工开采为主,基本变为人工开采排泄。

## 3 浅层孔隙水水化学场变化

浅层地下水处在地下水积极交替带,受人类活动的影响,水化学类型和常规组分含量均产生了相应的变化。

### 3.1 水化学类型变化

浅层地下水在自然条件下,水化学成分变化是相当缓慢的,这种变化在大多数地段显示为离子含量有不同程度的增减,同时造成水化学类型的改变<sup>[4]</sup>。幅内黄泛平原区浅层孔隙水水化学类型发生变化的地段,大多位于地下水的开采区,在高唐—茌平以西,临清—高唐以南的地区,部分地段地下水水化学类型由 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl}$ 型变为 $\text{HCO}_3$ 型,其原因是由于该区处于地下水开采区,水位埋深较深,水位下降一方面减少了蒸发,另一方面腾空了地下储水空间,增加了降水入渗,从而使水质变好,如东昌府区斗虎屯镇浅层地下水,1980年水化学类型为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl}$ 型,近年来水化学类型转变为 $\text{HCO}_3$ 型水。幅内其他地区浅层地下水水化学类型没有明显变化。

### 3.2 常规组分变化

根据幅内多年以来的水质资料统计分析,受气候及人类活动等因素影响,幅内黄河以北浅层地下水常规组分变化主要表现为常规组分含量升高(图3,图4),即地下水的盐污染。有关研究资料表明,由于盐污染一般不具有有机污染物的可降解性,所以对地下水的影响是长期的。盐污染的判别指标一般为矿化度、总硬度、氯离子、硫酸根离子和硝酸根离子等,其时空分布规律性较强,一般呈面状或带状分布。以齐河县晏城小周浅层地下水为例,20世纪90年代初,矿化度0.59 g/L,硬度297.74 mg/L,硫酸根、氯离子含量分别为76.22 mg/L和64.84 mg/L;2000年时,硫酸根、氯离子分别上升达到215 mg/L和228.24 mg/L,矿化度和硬度呈上升趋势,分别为1.05 g/L和672.77 mg/L,矿化度和硬度均

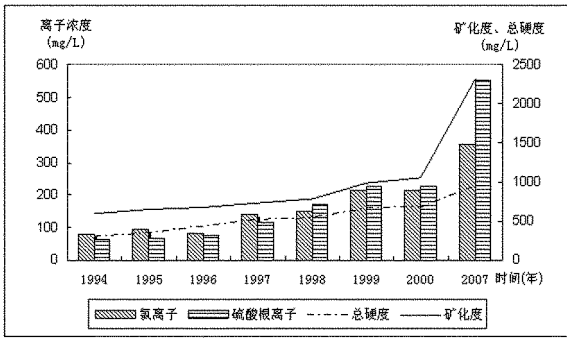


图 3 齐河县晏城镇小周村浅层孔隙水水质动态线柱图-上升型

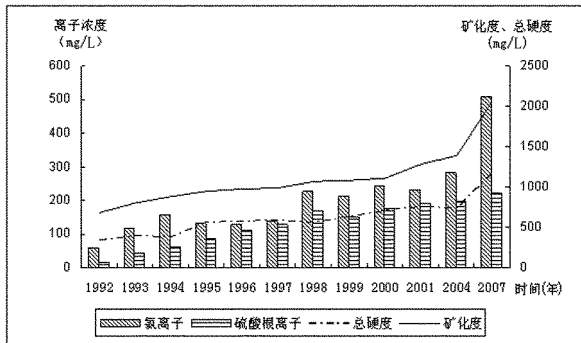


图 4 阳谷县城区浅层孔隙水水质动态线柱图-上升型

超过饮用水水质标准;该次调查取样监测,氯离子、硫酸根离子含量分别为356.1 mg/L和552.3 mg/L,矿化度 2.3 g/L,硬度 948 mg/L,硬度、矿化度、硫酸根离子、氯离子各项指标均大幅上升。盐污染产生的主要原因是地下水长时间得不到更新,使盐分聚集,水质变差。

但在图幅西部个别地段(20世纪80年代矿化度 > 1 g/L),由于近年来受浅层地下水降落漏斗的影响而水位下降。水位的下降一方面减少了蒸发,另一方面腾空了含水层储水空间,增加了降水入渗补给量,使得该处地下水常规组分含量近年来呈下降趋势,如幅内西部聊城东昌府斗虎屯、于集等地(图5)。以聊城东昌府斗虎屯镇浅层地下水为例,20世纪90年代初,矿化度 1.78 g/L,硬度 803.14 mg/L,硫酸根、氯离子含量分别为 391.72 mg/L 和 470.69 mg/L;2000年时,硫酸根、氯离子分别下降到了 151.4 mg/L 和 85.49 mg/L,矿化度和硬度也呈下降趋势,分别为 1.25 g/L 和 690.37 mg/L;该次调查取样监测,氯离子、硫酸根离子含量分别为 62.04 mg/L 和 52.83 mg/L,矿化度 1.08 g/L,硬度 530.42 mg/L,硬度、矿化度、硫酸根离子、氯离子各项指标均有所降低。由此分析,浅层含水层内地下

水的不断更替,能够有效遏制盐污染的发展,并能够使水质向变好的方向发展。

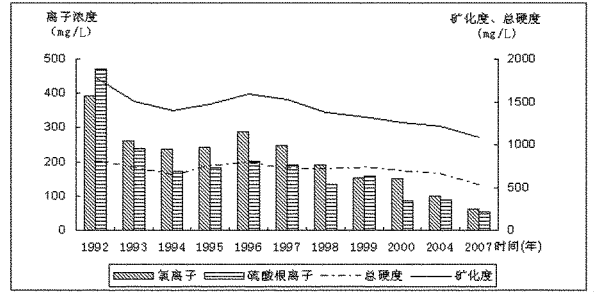


图 5 聊城市东昌府区斗虎屯镇浅层孔隙水水质动态线柱图-下降型

## 4 结语

济南幅黄泛平原区的地下水流场发生了明显的变化,西部地区水位下降明显,地下水的补给、径流及排泄条件发生明显变化,并在莘县—临清一带形成了区域性的地下水超采漏斗;与之相关,水化学场也发生了一定的变化。地下水的开采带来的不仅是地下水流场变化,水位下降、资源量减少、甚至引起大范围的区域水位下降。如何进一步认识人类活动对地下水流场变化的影响,仍然是一个探索性的前沿课题,它的研究对于抑制地下水降落漏斗不断扩大趋势和科学调控地下水开采量,实现人与自然和谐发展具有重要的意义<sup>[5,6]</sup>。

地下水的开采带来的效果是正负两方面的,在地下水的开采中,应当根据区域水文地质条件,加强地下水开采量、水位埋深与水质变化趋势相关性的研究工作,为地下水开采合理布局提供基础支撑。

## 参考文献:

- [1] 杨玲媛,王根绪. 近 20 年来黑河中游张掖盆地地下水动态变化[J]. 冰川冻土,2005,27(2):290-296.
- [2] 李胜男,王根绪,邓伟,等. 黄河三角洲典型区域地下水动态分析[J]. 地理科学进展,2008,27(5):49-56.
- [3] 李凯,卞玉梅,杨静. 下辽河平原地下水多年动态变化特征分析[J]. 地质与资源,2009,18(2):140-143.
- [4] 张宗祜,沈照理,薛禹群,等. 华北平原地下水环境演化[M]. 北京:地质出版社,2000:88-99.
- [5] 张光辉,费宇红,张行南,等. 滹沱河流域平原区地下水流域异常变化与原因[J]. 水利学报,2008,39(6):747-752.
- [6] 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.

# Characteristics of Shallow Pore Water Dynamic Changes in Flood Plain of the Yellow River ( Showed in Jinan Map with the Scale of 1: 250000 )

LI Changsuo, WANG Shaojuan, ZHANG Hailin, YOU Qijun, QIN Pinrui  
(Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China)

**Abstract:** On the basis of analyzing the source of groundwater recharge, the change of groundwater flow field, groundwater discharge, and characteristics of hydro - geochemical changes, combining with comprehensive study on exploitation intensity of shallow groundwater, it is regarded that hydro - dynamic field change of shallow pore water in the flood plain of the Yellow River is mainly caused by the change of groundwater with drawal and decrease of nature recharge source. The down of groundwater level and funnels are mainly caused by over exploitation of groundwater. It also influenced regional groundwater flow field, and formed groundwater watershed in this areas.

**Key words:** Shallow pore water; hydrodynamic field; characteristics of changes; Jinan piece; flood plain of the Yellow river