

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2019.03.12

引用格式: 景佳俊,管祯,单雨阳,等.丰沛平原区地下水开采利用现状及潜在水源地分析[J].中国地质调查,2019,6(3): 87-91.

丰沛平原区地下水开采利用现状及潜在水源地分析

景佳俊¹, 管祯¹, 单雨阳¹, 景佳媛²

(1. 江苏省地质矿产局第五地质大队, 徐州 221004; 2. 华北理工大学, 唐山 063600)

摘要: 通过总结丰沛平原区水文地质条件和特征,对该区地下水开采利用现状及潜在水源地进行分析,计算了华栖隆起区岩溶水可利用资源量,探讨裂隙岩溶水利用的可行性。研究表明:丰沛平原区地下水主采层位为中上更新统孔隙含水层和新近系一下更新统孔隙含水层,已形成丰县城关—孙楼—常店和沛县—龙固2个大型超采漏斗区,总面积超过750 km²,引发了大面积地面沉降;华栖隆起区为裂隙岩溶水的富水地段,总可采资源量为667.51万 m³/a,可作为潜在水源地进一步开展地下水勘查评价工作;裂隙岩溶水过量开采可能引发地面沉降、岩溶地面塌陷等地质灾害,后期应对裂隙岩溶水开采情况进行长期监测,合理开发利用水资源。华栖隆起区岩溶水距离城区近,水量大,水质好,开发难度小,具有可观的经济价值。

关键词: 地下水开采; 地面沉降; 华栖隆起区; 潜在水源地; 丰沛平原区

中图分类号: P641.8

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2019)03-0087-05

0 引言

丰沛平原区位于江苏省北部,传统产业以农耕为主,主要以潜水作为生产及生活用水,以往地下水供需矛盾并不激烈。随着社会经济的快速发展,该区对水资源的需求量日益增长,地下水作为主要的供水水源,在社会经济发展中具有重要作用。然而,地下水超采造成了区域性水位下降和水环境污染,引发地面沉降和地裂缝等地质灾害。目前,丰沛平原区已形成丰县城关—孙楼—常店和沛县—龙固2个大型超采漏斗区,不仅引发了地面沉降等地质灾害^[1-4],也严重影响了社会经济的稳定发展^[5-7]。就城市供水而言,地下水暂无地表水源可代替时,只能继续开采地下水。为了缓解地下水过量开采导致的地面沉降问题,有效减少第四系孔隙水的开采量,在丰沛平原区寻找新的供水水源地是迫切需要解决的问题。本文通过总结丰沛平原区水文地质条件和特征,分析该区地下水开采利用现

状,并对潜在水源地进行分析,探讨华栖隆起区裂隙岩溶水利用的可行性,为该区下一步水源地勘察工作提供参考。

1 地下水赋存特征

按含水介质不同,该区地下水主要划分为松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类裂隙岩溶水和碎屑岩—岩浆岩裂隙孔隙水3类,相应含水岩组分别为孔隙含水岩组、裂隙岩溶含水岩组和裂隙孔隙含水岩组。因碎屑岩—岩浆岩裂隙孔隙水赋存量小,基本无供水价值,本文暂不作介绍。松散岩类孔隙水和碳酸盐岩类裂隙岩溶水的赋存特征如下。

1.1 松散岩类孔隙水

松散岩类孔隙水赋存于新近系—第四系孔隙含水岩组中。根据地层沉积时代,孔隙含水岩组细分为全新统孔隙含水层、中上更新统孔隙含水层和新近系一下更新统孔隙含水层。

(1)全新统孔隙含水层。全区广布,厚度<15 m,

收稿日期: 2018-05-24; 修订日期: 2018-09-28。

基金项目: 国家地下水监测工程“国家地下水监测工程(江苏省部分)(编号: JCGC16132111)”和沛县国土资源局“沛县矿山地质环境详细调查(编号: HT/DH2017-82)”项目联合资助。

第一作者简介: 景佳俊(1983—),男,工程师,主要从事水文地质、工程地质研究。Email: 393599289@qq.com。

主要为粉土,结构松散,透水性较好,底部有一层厚约 5 m 的淤泥质亚黏土。该含水层富水性弱,单井涌水量多数为 $10 \sim 100 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

全新统孔隙含水层裸露地表,直接接受大气降水入渗和农灌水回渗补给。径流方向主要受地形控制,总体流向与地形坡向基本一致。全新统孔隙水的排泄途径主要有蒸发、人工开采、越流补给下伏含水层以及向地表水排泄。

(2) 中上更新统孔隙含水层。全区广布,底板埋深 70 ~ 90 m,东南部含水砂层累计厚 5 ~ 10 m,向北、西北逐渐增厚至 15 ~ 20 m。该含水层富水性较好,单井涌水量多数为 $1\,000 \sim 3\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

天然条件下,该区中上更新统孔隙水主要由东北向西南径流;现状条件下,因受人工开采影响,该区地下水由四周向漏斗区汇流。全新统孔隙水的越流补给是中上更新统孔隙水的重要补给源,人工开采及向下伏含水层越流是中上更新统孔隙水的主要排泄途径。

(3) 新近系一下更新统孔隙含水层。全区广布,东部含水层底板埋深 80 ~ 180 m,西部含水层底板埋深 420 ~ 460 m。含水砂层厚 20 ~ 40 m,单井涌水量一般 $>1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

天然条件下,该区新近系一下更新统孔隙水自东北向西南径流;现状条件下,受人工开采影响,该区已形成以沛县和丰县为中心的水位降落漏斗。近些年来,农村地区新近系一下更新统孔隙含水层的开采强度加大,该含水层水位普遍低于上覆含水层水位。因此,现状条件下,该区新近系一下更新统孔隙水不仅接受侧向径流补给,来自上覆含水层的越流也是其主要补给源,径流方向由四周向漏斗区汇流。人工开采是新近系一下更新统孔隙水的唯一排泄途径。

1.2 碳酸盐岩类裂隙岩溶水

碳酸盐岩类裂隙岩溶水赋存于寒武系—奥陶系裂隙岩溶含水岩组中,含水层岩性主要为灰岩、白云质灰岩和白云岩,主要分布于华栖隆起区,顶板埋深 $>80 \text{ m}$,富水性取决于构造和汇水条件,不同地段水量差异较大,单井涌水量一般 $>1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,局部可达 $10\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

该区裸露岩溶区面积 $<0.01 \text{ km}^2$,可忽略不计,以 NE 向的侧向径流补给为主,以上覆含水层越流补给为辅,径流方向自东向西。人工开采是碳

酸盐岩类裂隙岩溶水的唯一排泄途径。

2 地下水现状

2.1 开采利用现状

丰沛平原区地下水主采层位为中上更新统孔隙含水层和新近系一下更新统孔隙含水层。根据调查统计资料^[4],截至 2012 年底,丰沛平原区共有中上更新统孔隙含水层开采井 8 723 眼,新近系一下更新统孔隙含水层开采井 430 眼,且主要集中在丰县、沛县城区及沛县北部大屯镇。中上更新统孔隙水开采量为 $9\,400.52 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,可采资源量为 $9\,289.60 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,补给资源量为 $11\,240 \text{ 万 m}^3/\text{a}$;新近系一下更新统孔隙水开采量为 $8\,544.72 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,可采资源量为 $8\,573.73 \text{ 万 m}^3/\text{a}$,补给资源量为 $10\,374 \text{ 万 m}^3/\text{a}$ 。目前,孔隙含水层已超采或临近超采,且开采极不均衡。沛县龙固、杨屯、大屯、沛城和安国,中上更新统孔隙含水层和新近系一下更新统孔隙含水层均超采;沛县龙固、杨屯和大屯,丰县凤城、宋楼、大沙河、欢口、赵庄、孙楼和常店,中上更新统孔隙含水层超采量 $>50\%$ 。

2.2 地质环境现状

丰沛平原区孔隙水长期不均衡开采导致超采区中上更新统含水层水位大幅下降。20 世纪 70 年代,该区自然水位标高约 25 m,但目前该区自然水位标高约 0 m,最低水位标高已降至 -14.4 m (丰县县城),形成了丰县城关镇—孙楼镇—常店(面积 325.22 km^2)大型超采漏斗区和沛县—龙固(面积 427.33 km^2)大型超采漏斗区,并引发大面积地面沉降(图 1)。地面沉降主要发生在沛县大屯镇和丰城市规划区地下水强烈开采区,其中沛县大屯镇地面沉降发生时间较早。1988 年,大屯镇已形成与开采区一致的沉降漏斗,最大累计沉降量达 329 mm;至 2006 年,该镇最大累计沉降量达 821 mm,平均沉降速率为 27 mm/a ;2006 年,该镇累计沉降量 $>700 \text{ mm}$ 的区域面积达 1.09 km^2 。根据地面沉降监测资料^[4]及地下水降落漏斗分布范围,推测目前丰沛平原区累计沉降量 $>200 \text{ mm}$ 的区域面积达 200 km^2 ,累计沉降量 $>100 \text{ mm}$ 的区域面积达 600 km^2 。

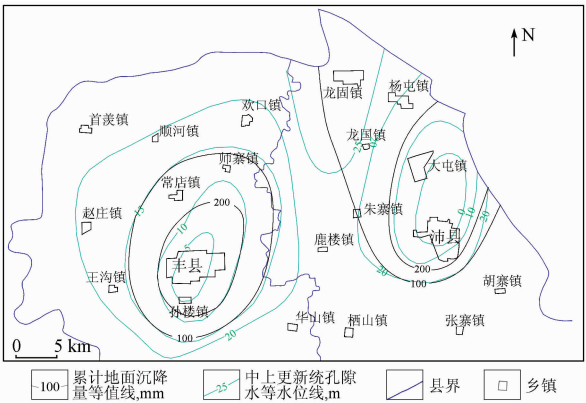


图1 丰沛平原区地面沉降分布图

Fig.1 Distribution of land subsidence in Fengpei Plain area

3 潜在水源地分析

3.1 地质条件

华栖隆起区位于丰沛平原区中部,主要由寒武系、奥陶系和石炭系碳酸盐岩组成,总厚度>1 000 m,沿 NEE—SWW 向呈条带状展布,长约 40 km,宽 5~6 km,总面积为 225.88 km²。西侧丰县断裂与古近系碎屑岩呈断层接触,南、北两侧分别与泰山群片麻岩、二叠系—侏罗系及古近系碎屑岩呈角度不整合接触,东部延至区外,局部有闪长斑岩侵入,为半封闭型水文地质单元(图2)。



图2 华栖隆起区位置及第四系等厚线

Fig.2 Distribution of Huaqi uplift and the contour map of the Quaternary System

华栖隆起区在丰县华山镇和栖山镇有基岩零星出露,其余地区被厚度为 50~280 m 的松散层覆盖,为埋藏型裂隙岩溶水富水地段。裂隙岩溶水接受大气降水越流补给,越流系数为 $(1.297 \sim 4.45) \times 10^{-5} d^{-1}$,水头埋深 10~15 m,高于含水层顶板,属承压水。目前,该区无人工开采活动,基本保持天

然状态。

根据矿区勘探试验资料^[8-10]及区域相关研究成果,发现该区含水层岩溶裂隙较发育,富水性总体较好。寒武系和奥陶系多为灰岩,富水性最佳,单井涌水量一般>1 000 m³/d,钻孔揭露该类岩层均严重漏水;石炭系和二叠系含煤岩组富水性较差,单井涌水量一般<300 m³/d。在肖县组施工的 ZK1302 孔和 ZK1508 孔抽水试验结果^[8-10]显示:ZK1302 孔水位降深为 2.8 m 时,出水量为 898.8 m³/d;ZK1508 孔水位降深为 3.92 m 时,出水量为 4 032.0 m³/d。计算获得的平均渗透系数 k 为 5.40 m/d,导水系数 T 为 560 m²/d,释水系数 S^* 为 0.021。根据马家沟组 ZK4301-1 孔抽水试验结果^[8-10],钻孔水位埋深为 19.83 m、降深为 10.11 m 时,出水量为 4 567.3 m³/d,计算获得的平均渗透系数 k 为 10.89 m/d。

根据本次 ZK808 孔肖县组下段含水层水质分析结果,该区裂隙岩溶水为 HCO₃·SO₄·Cl-Na (或 Na·Ca)型水,矿化度为 1~1.5 g/L,总硬度>450 mg/L,pH 值>7.5,符合饮用水水质标准。

3.2 区域岩溶水资源量计算

根据区域抽水试验结果,该区岩溶水给水度为 2.5×10^{-3} ,贮水系数为 4.65×10^{-4} ,导水系数为 250 m²/d,水力坡度为 3.35×10^{-4} ,越流系数为 $1.81 \times 10^{-5} d^{-1}$ 。

根据水均衡法^[11],本次拟定的水均衡区为岩溶覆盖区,总面积为 225.88 km²,均衡期拟定为一个水文年,以覆盖型与裸露型岩溶区段补给量之和作为开采量,其中 15% 的岩溶水为不可采量,公式为

$$Q_k = Q_y + Q_c, \tag{1}$$

$$Q_c = 0.85 Q_{CB} - Q_k, \tag{2}$$

$$Q_y = 3.65 \times 10^4 \cdot K \cdot \Delta H \cdot F, \tag{3}$$

$$Q_B = Q_k / F, \tag{4}$$

式中: Q_k 为开采资源量,万 m³/a; Q_c 为侧向补给资源量,万 m³/a; Q_{CB} 为侧向补给量,万 m³/a; Q_k 为开采量,万 m³/a; Q_y 为越流补给资源量,万 m³/a; K 为越流系数,d⁻¹; ΔH 为设计水头差,5 m; F 为岩溶区面积,225.88 km², Q_B 为开采模数,万 m³/(a·km²)。其中裸露岩溶区面积仅 0.01 km²,本文忽略不计。

通过计算,研究区越流补给资源量为 640.61 万 m^3/a ,侧向补给资源量为 26.90 万 m^3/a ,总可采资源量为 667.51 万 m^3/a ,开采模数为 2.96 万 $\text{m}^3/(\text{a} \cdot \text{km}^2)$,可作为潜在水源地进一步开展地下水勘查评价工作。

3.3 岩溶水开采可行性

华栖隆起区裂隙岩溶水主要富水区段为基岩面以下约 20 m 地段,向下富水性骤降,单井涌水量多数 $>4\,000\text{ m}^3/\text{d}$,是区域上良好的供水水源,预计开采井的建井深度与孔隙水开采井的开采深度相近,建井成本略高。华栖隆起区与丰县及沛县县城具有一定距离,预计供水管网建设及运营成本较孔隙水略高,但裂隙岩溶水开采可有效缓解区内供水压力,有利于孔隙水资源的科学开发与保护,裂隙岩溶水开采具有可行性。

岩溶裂隙水疏干至 -200 m 时,姜梨园铁矿井下疏干排水资料^[9]显示:距矿井边界北 800 m 处设置的岩溶水观测井水位埋深由 18.6 m 下降至 22 m,第四系底部含水观测井(基岩面以上与风化裂隙接触带)水位埋深由 18 m 降至 82 m;距矿井边界北 1 km 处设置的岩溶水观测井水位埋深由 18.2 m 下降至 32 m。因此,裂隙岩溶水过度开采将导致孔隙水水位下降,可能引发地面沉降等地质灾害。

裂隙岩溶水水位下降引起孔隙水水位下降,二者之间的水力联系密切,裂隙岩溶水过度开采将导致裂隙岩溶水水位下降,当水位降至基岩面附近时易形成土洞,可能引发岩溶地面塌陷等地质灾害。大规模开采岩溶水还可能导致裂隙岩溶水的水质发生变化。

4 结论

(1)丰沛平原区地下水主采层位为中上更新统

孔隙含水层和新近系一下更新统孔隙含水层,已形成丰县城关—孙楼—常店和沛县—龙固 2 个大型超采漏斗区,总面积超过 750 km^2 ,引发了地面沉降等地质灾害。

(2)华栖隆起区为裂隙岩溶水的富水地段,总可采资源量为 667.51 万 m^3/a ,可作为水源地进一步开展地下水勘查评价工作。

(3)华栖隆起区岩溶水距离城区近,水量大,水质好,开发难度小,具有可观的经济价值。

(4)裂隙岩溶水过量开采可能引发地面沉降、岩溶地面塌陷等地质灾害,应对裂隙岩溶水开采情况进行长期监测,合理开发利用水资源。

参考文献:

- [1] 黄晓燕,冯志祥,李朗,等.江苏省地下水超采区划分方法对比研究[J].水文地质工程地质,2014,41(6):26-31.
- [2] 孟磊,冯启言,张海荣,等.徐州大屯中心区地面沉降机理分析与危险性评价[J].中国地质灾害与防治学报,2008,19(3):60-63.
- [3] 景佳俊,陶文杰,管祯.徐州市第四系孔隙水特征研究[J].中国地质调查,2017,4(2):73-77.
- [4] 张阿根,刘毅,龚士良.国际地面沉降研究综述[J].上海地质,2000(4):1-7.
- [5] 陈崇希.关于地下水开采引发地面沉降灾害的思考[J].水文地质工程地质,2000,27(1):45-48,60.
- [6] 杨林权.荷载和地下水开采作用下的地面沉降数值模拟及应用研究[D].武汉:中国地质大学(武汉),2014.
- [7] 花修权,黄敬军,缪世贤,等.徐州市地质灾害分布特征及成因分析[J].地质灾害与环境保护,2015,26(2):74-80.
- [8] 景佳俊,陶文杰,管祯.对江苏沛县新庄铁矿区富水性规律的初步认识[J].中国地质调查,2016,3(6):68-74.
- [9] 周贤金,乔祥云.姜梨园铁矿区矿坑涌水量预测模拟[J].矿产勘查,2011,2(3):311-315.
- [10] 潘万乾,王文庆,陆华,等.江苏省沛县封新庄矿区铁矿详查地质报告[R].南京:江苏省地质调查研究院,2006:35-47.
- [11] 中国地质调查局.水文地质手册[M].2版.北京:地质出版社,2012:690-693.

Exploitation and utilization of groundwater and potential water source analysis of Fengpei Plain area

JING Jiajun¹, GUAN Zhen¹, SHAN Yuyang¹, JING Jiayuan²

(1. No. 5 Geological Team of Jiangsu Geology and Mineral Bureau, Xuzhou 221004, China;

2. North China University of Science and Technology, Tangshan 063600, China)

Abstract: By summarizing hydrogeological conditions and characteristics of Fengpei Plain area, the authors has

analyzed the exploitation and utilization conditions of groundwater and potential water source. And the available resources of karst water in Huaqi uplift were calculated and the feasibility of karst water utilization was discussed. The results show that the main groundwater level in the study area is middle and upper Pleistocene pore aquifer and Neogene – Lower Pleistocene pore aquifer, which have already formed two super large funnel areas of Chengguan of Fengxian – Sunlou – Changdian and Peixian – Longgu, with the total area exceeding 750 km², causing large ground subsidence area. Huaqi uplift is the karst water-rich area, with the total recoverable resources of 667.51 × 10⁴ m³/a. This area can be regarded as potential water source area for further groundwater exploitation. Excess exploitation of karst water can cause problems such as land subsidence, karst ground collapse, so long-term monitoring of karst water exploitation in the future and reasonable usage of groundwater are necessary. The karst water in Huaqi uplift is close to the urban area with large volume and good quality, and it is relatively easy to develop, which means it has considerable economic value.

Key words: groundwater exploitation; land subsidence; Huaqi uplift; potential water source; Fengpei Plain area
(责任编辑: 刘永权)