

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2017.02.09

引用格式: 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.

徐州市第四系孔隙水特征研究

景佳俊,陶文杰,管祯

(江苏省地质矿产局第五地质大队,徐州 221004)

摘要: 徐州市是全国40个严重缺水的城市之一。近年来,徐州市水质型缺水较严重,向城市供水的地面水源地遭受污染,而第四系孔隙水主要开采区位于徐州市下辖县城及乡镇,以往工作程度较低。为合理开发和保护徐州市第四系孔隙水资源,在开展徐州市经济发展现状、水文地质调查和区域农田水利调查资料分析的基础上,通过抽水试验及对以往资料进行对比分析,研究徐州市第四系孔隙水文地质特征,总结富水规律及富集特征。徐州市第四系孔隙水主要分为潜水和承压水,潜水富水性强区域集中在沿故黄河高漫滩一带,直接接受大气降水和河流侧向径流补给,其余区域富水性差;东部地区中更新统孔隙承压水的富水性、水质优于西部地区,而西部地区下更新统至中、上新统孔隙承压水的富水性、水质优于东部地区。

关键词: 徐州市; 第四系孔隙水; 含水层; 富水规律

中图分类号: P641.136

文献标志码: A

文章编号: 2095-8706(2017)02-0073-05

0 引言

徐州市位于江苏省西北部,是全省水资源最贫乏的地区。徐州市年平均降水量为836.7 mm,在水资源开发利用中,由于地面水资源匮乏,工业及城市生活用水以开采地下水为主。以往资料显示^[1-5],徐州市年缺水近10亿m³。除城区及贾汪区以开采岩溶水作为城市供水水源外,丰县、沛县、邳州市、睢宁县均以第四系孔隙水为主要地下水水源。徐州市主城区因开采岩溶水引发岩溶地面塌陷^[6]以来,该区做了大量相关工作,目前岩溶地面塌陷已得到遏制。其余县市因处于县城,未开展相关研究工作。近年来徐州各县均出现不同程度的降落漏斗,引发地面沉降^[5],对水资源环境造成了较大影响。因此,本文拟通过对徐州市第四系孔隙水特征研究,总结第四系孔隙水富水规律,为该市水资源的合理开发、管理与保护提供参考。

1 地形地貌特征

徐州市位于116°22'~118°40'E、33°43'~

34°58'N,总面积11 258 km²,属于华北平原的东南部。区域内除中部和东部存在少数丘岗(约占全市面积的10%)外,其余皆为平原。该市主要地貌类型可分为构造剥蚀地貌、剥蚀堆积地貌和堆积地貌^[6]。

徐州地处古淮河支流沂、沭、泗诸水下游,以黄河故道为分水岭,形成北部沂沭泗水系和南部淮-安河水系,两水系间由京杭大运河和徐洪河相连。

2 第四系孔隙水特征

通过研究人类活动影响下的第四系含水层补给排条件,确定第四系含水层结构变化规律,分析第四系孔隙水补给方式、过程和强度的变化,揭示第四系孔隙水补给质与量的变化及其形成机理和时空演变特征,为区域地下水资源的演变提供理论依据。

通过对比研究区地质构造特征、地貌条件、沉积环境、富水条件及地层剖面,将徐州市分为2个第四系区^[7],即丰县-沛县-铜山区地区(I)和铜山区-邳州市-睢宁县地区(II)(图1)。

收稿日期: 2016-04-19; 修订日期: 2016-07-20。

基金项目: 徐州市国土资源局“徐州城市地质调查(编号:SGTZH2014-268)”项目资助。

第一作者: 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。

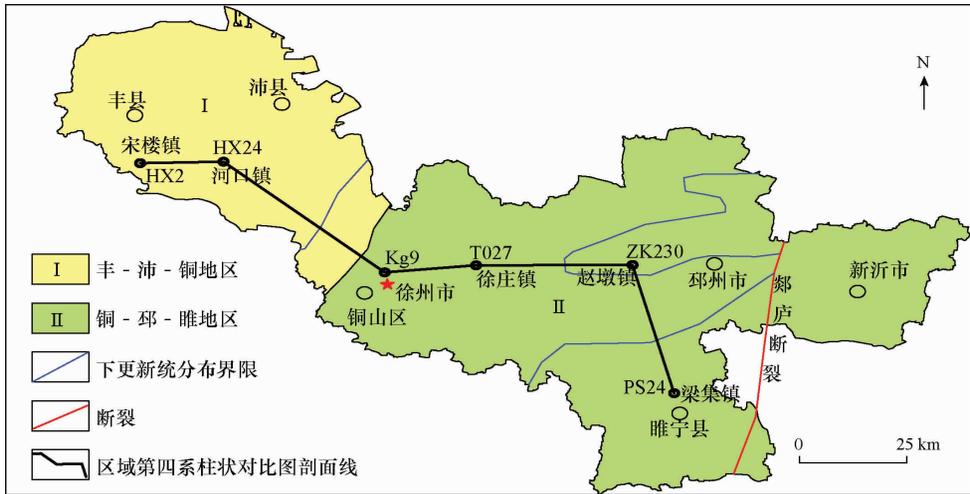


图1 徐州市第四系分区略图

Fig.1 Sketch map of Quaternary partition in Xuzhou

3 第四系含水层特征

新统浅层孔隙潜水—弱承压水、中更新统中深层孔隙承压水、下更新统至中、上新统深层孔隙承压水^[8](图2、表1)。

第四系为松散岩类孔隙水,包括全新统至上更

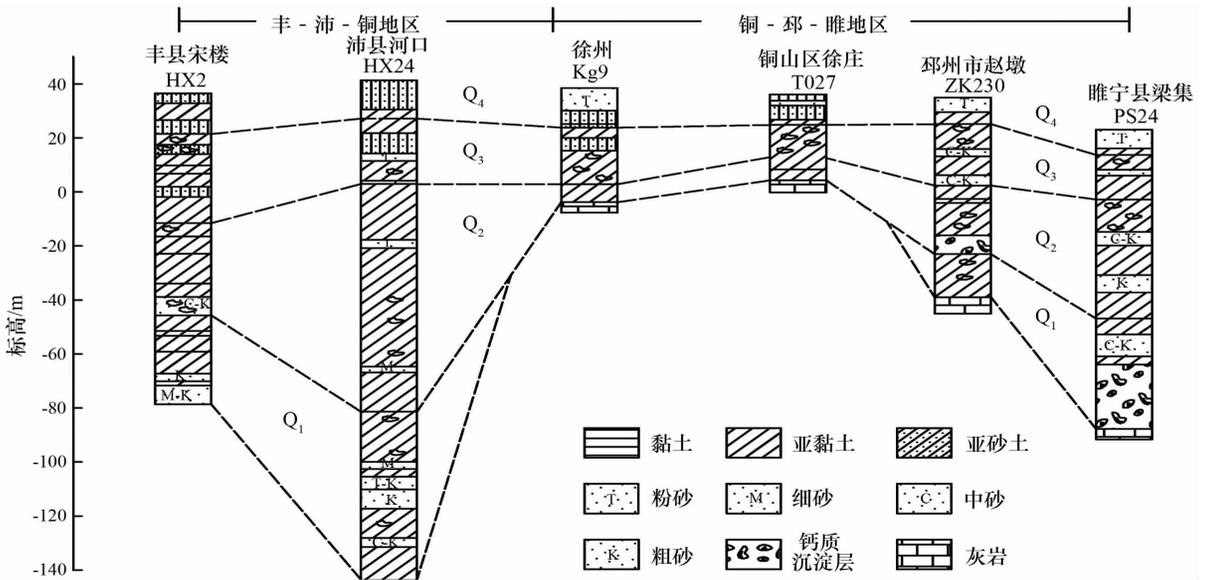


图2 区域第四系柱状对比图

Fig.2 Comparison of regional Quaternary column

表1 徐州市第四系主要含水层统计

Tab.1 Statistics of the main Quaternary aquifers in Xuzhou

| 区域 | 编号 | 孔深/m | 埋深/m | | 含水层位 | 含水层岩性 | 涌水量/ (L·s ⁻¹) | 单位涌水量/ (L·s ⁻¹ ·m ⁻¹) | 渗透系数/ (m·d ⁻¹) | 温度/℃ | |
|------|----|--------|--------|--------|------------------|-------|------------------------------|---|-------------------------------|------|------|
| | | | 起 | 止 | | | | | | 水温 | 气温 |
| 沛县栖山 | 1 | 45.25 | 10.40 | 43.21 | Q ₃₋₄ | 粉砂 | 21.138 | 1.294 | 4.463 | 15.2 | 22.6 |
| | 2 | 106.72 | 56.35 | 106.72 | Q ₂ | 中细砂 | 0.486 | 0.031 | 0.376 | 18.2 | 23.8 |
| | 3 | 157.05 | 113.76 | 142.00 | Q ₁ | 中粗砂 | 8.887 | 0.550 | 2.077 | 20.4 | 4.6 |
| 铜山黄集 | 4 | 136.89 | 74.16 | 87.96 | Q ₁ | 细砂 | 4.350 | 0.289 | 3.850 | 18.0 | -2.0 |
| | 5 | 155.25 | 107.00 | 149.69 | Q ₁ | 细砂 | 15.140 | 0.919 | 6.160 | 19.8 | 16.2 |
| 睢宁双沟 | 6 | 28.00 | 4.83 | 25.00 | Q ₄ | 中砂 | 2.530 | 0.256 | 1.550 | 17.1 | 31.6 |
| 邳州岔河 | 7 | 70.00 | 4.50 | 65.00 | Q | 含砾粗砂 | 8.680 | 2.597 | 13.300 | 17.8 | 18.0 |

(1)全新统至上更新统浅层孔隙潜水—弱承压水广布全市,含水层底板在12~50 m以浅。由于沉积物来源和成因不同,含水层岩性、结构、富水性也不相同,以邳州北部车幅山—八义集—睢宁县—桃园一线为界,分为东、西2部分。

西部地区全新统以土黄、灰黄、浅灰色亚砂土为主,夹薄层亚黏土,底部有厚1~4 m的淤泥质亚黏土,厚6~15 m。上更新统以黄褐、棕黄色亚黏土与亚砂土互层为主,夹粉细砂及少许中粗砂薄层或透镜体,粉粒含量较高、空隙大、疏松,似黄土状结构,含钙质结核,厚20~35 m,属于湖河相沉积物。含水层岩性主要为亚砂土、含钙质结核亚黏土,沿故黄河高漫滩一带分布厚2~6 m的粉砂,含水层厚度一般20~30 m,富水性中等,钻孔单位涌水量为0.18~1.733 L/(s·m)(注:该数据为区域内已知抽水试验的极大值和极小值,不代表实际范围,下同)。地下水水质良好,水化学类型主要为 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}(\text{Na})$ 型,次为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 、 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Ca} \cdot \text{Mg} \cdot \text{Na}$ 或 $\text{HCO}_3 - \text{Na}$ 型,矿化度约1 g/L,局部地区(丰县首羨、华山、欢口、沛县崔寨、铜山县刘集西部)矿化度>2 g/L。

东部地区全新统上部为灰黄色亚砂土与亚黏土互层,底部为灰黑色亚黏土,厚度一般5~10 m,分布较广泛,部分地区亚砂土直接覆盖在基岩上。上更新统以褐黄、灰黄色含钙质结核亚黏土为主,夹亚砂土和薄层砂,厚度一般为10~15 m,局部地区直接出露地表,属河流相沉积。含水层岩性主要为中细砂、细砂、亚砂土与亚黏土互层,厚度为10~25 m,由北向南颗粒由粗变细,富水性由强变弱,北部钻孔单位涌水量为0.117~8.27 L/(s·m),南部钻孔单位涌水量为0.05~5.75 L/(s·m)^[9]。水化学类型多属于 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 或 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Na}$ 型,局部为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl} - \text{Ca}$ 型,矿化度<1 g/L。地下水埋深一般为2~5 m,年变幅为2~3.5 m。

(2)中更新统中深层孔隙承压水广布全市,由于沉积环境不同,其富水性和水质差异性较大,以徐州市西部为界,分为东、西2部分。

西部地区中更新统以棕黄、棕红色夹灰绿色亚黏土为主,夹薄层状或透镜状亚砂土、粉砂、中细砂层,亚黏土中含钙质结核和铁锰结核,局部富集成层,厚度由东北或东南向西南或西逐渐增厚,一般为30~110 m,属于河湖相—湖相沉积物。西部包

深为25~50 m,岩性为亚黏土夹中细砂、细砂、亚砂土。钻孔单位涌水量为0.004~0.074 L/(s·m),地下水位埋深为3~6 m,水质较差,该层下部水质优于上部水质。水化学类型主要为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型、 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Mg}$ 型,矿化度一般为1~2 g/L。丰县王沟、赵庄、沛县栖山、崔寨、铜山县郝寨等地区矿化度为2~3.5 g/L,属于盐碱水。大沙河以西及沿湖一带矿化度<1 g/L。

东部地区中更新统广泛分布全区,属于河流相沉积。由于沉积环境不同,东、西部岩性差异性较大。邳州邢楼—宿羊山—八义集—睢宁县姚集一线以西,以黄褐、浅棕褐色夹灰绿色亚黏土夹亚砂土为主,普遍含钙质结核和铁锰结核,厚度为15~30 m;该线以东岩性分2部分,上部为黄褐、棕褐色亚黏土夹亚砂土和薄层中细砂,含铁锰结核和钙质结核,厚20~30 m;下部为灰黄、褐黄色含砾中粗砂、中细砂、细砂夹亚黏土、亚砂土,一般厚5~30 m,最厚达30~40 m。在山麓或山间地带,包括徐州市、铜山县东部及邳县、睢宁地区,还有坡、洪积相的褐红色含碎石亚黏土、亚砂土沉积,厚3~15 m。含水层顶板埋深为30~40 m,主要为含砾中粗砂、粗砂,厚10~20 m。该含水层局部地段直接覆于可溶岩之上,构成双层介质统一含水体。含水层的富水性强弱与砂层厚度、颗粒粗细及埋藏条件密切相关,一般厚度大、颗粒粗、埋藏浅的含水层富水性强。该区含水层富水性变化规律为东部强于西部,北部强于南部。钻孔单位涌水量为0.024~4.790 L/(s·m),承压水水位埋深为1~3 m。地下水水质良好,化学类型主要为 $\text{HCO}_3 - \text{Ca} \cdot \text{Na}(\text{Mg})$ 型,矿化度<1 g/L。中深层孔隙承压水主要靠上覆浅层孔隙潜水垂直越流或入渗补给,东部地区中深层孔隙承压水水位常年高于岩溶水水位,因此,拟定水头垂直向下伏岩溶含水层进行排泄。

(3)下更新统至中、上新统深层孔隙承压水主要分布在邳州北部,睢宁县邳州以东及丰县、沛县地区,中部缺失。

西部地区下更新统以灰绿、棕红、棕黄,杂灰白色亚黏土、亚砂土夹中细砂及含砾中粗砂为主,呈松散至半固结状态,砂砾分选性和磨圆度差,长石砂多发生高岭土化。亚黏土中含钙质结核、铁锰结核及石英砾石,具有“东薄西厚”的变化规律(图1),属于冰水—河相—湖相沉积物。该含水岩组顶板埋深为100~180 m,岩性为含砾砂(粗、中、

细、粉砂)及亚黏土,由4~10层组成,总厚度为10~30 m,最厚达48.27 m。富水性强弱与砂层厚度、层次、颗粒粗细密切相关,砂层厚度越大、层次越多、颗粒越粗,其富水性越强。钻孔单位涌水量为0.105~1.24 L/(s·m),水位埋深4~6 m。地下水水质一般良好,水化学类型为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na} \cdot \text{Ca} \cdot \text{Mg}$ 型或 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 \cdot \text{Cl} - \text{Na}$ 型,矿化度 $< 1 \text{ g/L}$,局部地区(沛城以东及丰县常店附近)矿化度 $> 2 \text{ g/L}$ 。该含水岩组下部第三系孔隙承压水勘探资料较少,抽水孔资料表明,地下水水质较差,属于 $\text{Cl} \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型,矿化度 $> 2 \text{ g/L}$ 。该含水岩组地下水氟含量在某些地区(顺河、丰城、华山、栖山、范楼一线西部)偏高,超过饮用水标准。

东部地区下更新统以棕黄、棕褐、灰绿色亚黏土为主,夹含砾粗砂、中细砂或薄层亚砂土,亚黏土中粉粒含量达10%~30%,细砂含量为5%~10%,厚度为40~60 m,主要分布在桃园、凌城、巷上凹陷内,属于河流相沉积物。含水岩组顶板埋深为70~100 m,主要为砂和钙质结核沉淀层。邳北砂层含泥量较高,厚度薄(3~12 m),上部有20 m厚的稳定隔水亚黏土,补给条件差,富水性弱,钻孔单位涌水量为0.032~0.143 L/(s·m)。睢宁东部含水岩组与中深层承压孔隙水之间分布5~20 m的亚黏土,砂层厚10~50 m,局部可达百米,富水性由西向东逐渐增强。钻孔单位涌水量为0.158~1.116 L/(s·m),地方上多以该层作为日常饮用水,涌水量为500~2000 m³/d。该层地下水位埋深多 $< 1 \text{ m}$,水化学类型主要为 $\text{HCO}_3 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型,局部地区为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4 - \text{Na} \cdot \text{Ca}$ 型,矿化度 $< 1 \text{ g/L}$ 。

4 第四系孔隙水补径排条件

受含水岩组岩性、水动力条件等综合因素的影响^[10],徐州市孔隙水运移及富集在区域上具有明显差异,孔隙水运移及富集规律归纳如下。

(1) 补给条件。因含水层位不同,第四系地下水主要补给源的表现方式不同。第四系潜水主要补给源为大气降水的入渗,其次是农灌水回渗,地表水入渗仅发生在故黄河及大沙河沿岸地带,其地表水水位高于地下水;第四系承压含水层(Q_2, Q_1)主要补给源为上部含水层的越流补给。

(2) 径流条件。第四系地下水径流方向与地表水径流方向基本一致,在I区自西南向东北径流;

II区自北、西北向南、东南径流。在丰县、沛县及睢宁县等地区,由于第四系承压含水层(Q_2, Q_1)开采量大,形成区域性地下水降落漏斗,地下水流向发生变化,由四周向县城方向流动。

(3) 排泄条件。故黄河冲积垄状高地为区内地表水和孔隙潜水的分水岭,在其沿线地带,孔隙潜水向两侧径流,主要排泄途径为蒸发、人工开采、侧向径流、向地表水流泄和越流补给下伏含水层;第四系承压水主要排泄途径为人工开采。

5 第四系孔隙水富集因素

受不同水动力条件控制,特定沉积环境中形成的松散沉积物,呈现岩性与地貌规律性的变化,并决定了赋存于其中的地下水特征^[11-13]。其中孔隙水含水岩组沉积物成因及变化是地形和水流状态共同作用的结果。影响第四系孔隙水富集的主要因素有以下几点。

(1) 地形地貌。徐州市故黄河呈隆起状,总体地势北西高于南东,但徐州市中部多出露山地丘陵地貌。该市地形变化为渐变式,所以孔隙含水层也是连续渐变的,由山前平原区的含砾中粗砂转变为平原区的中粗砂、细砂。沉积厚度由薄向厚渐变。颗粒较粗、沉积厚度较大的沉积物为地下水的富集提供了较好的储水空间。

(2) 河流水系及基岩裸露区。徐州市河流水系较发育,河道中沉积有粉土、细砂,渗透性较好,有利于接受地表水和降雨的入渗补给。雨季河道中汇集的大量降水入渗补给地下水,故黄河水位常年高于地下水平均水位,地表水补给地下水,在故黄河周边形成潜水的相对富水区。

徐州市山前平原区与基岩裸露区相邻,主要以黏性土为主,透水性较差,该区多形成地表径流,故与山前平原相邻的黄泛冲积平原区直接接受地表径流入渗,形成相对富水区。

(3) 第四系孔隙含水岩组特征。根据徐州市水文地质分区结果(图1),徐州市第四系孔隙地下水可分为3部分,即全新统至上更新统浅层孔隙水—弱承压水、中更新统至中、上新统深层孔隙承压水及下更新统中深层孔隙承压水。主要含水岩组由砂及亚砂土组成,因分布位置不同,各含水岩组组成特征不同,靠近山前的含水岩组(主要位于东部)以含砾中粗砂为主,随地形变缓,颗粒逐渐变

细,含水岩组以亚砂土、粉砂和中细砂为主。

6 结论

(1)徐州市第四系孔隙水主要为潜水和承压水,潜水富水性强的区域集中分布在沿故黄河高漫滩一带,直接接受大气降水和河流侧向径流补给,其余区域富水性较差;东部地区中更新统孔隙承压水富水性、水质优于西部地区,西部地区下更新统至中、上新统孔隙承压水富水性、水质优于东部地区,而丰县、沛县多开采下更新统至中、上新统孔隙水,邳州市、睢宁县多开采中更新统孔隙水。

(2)影响地下水富集的主要因素有地形地貌的起伏导致沉积环境不同,造成含水层厚度起伏变化,河流水系及基岩裸露区的径流入渗形成局部富水区,第四系孔隙含水岩组的补径排条件受局部采水影响,形成相对富水区。

参考文献:

- [1] 刘广民,韩宝平,朱雪强. 徐州市水资源承载力研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(23):11087-11089.
- [2] Rijsberman J, Ven FHMVD. Different approaches to assessment of

- design and management of sustainable urban water system[J]. Environmental Impact Assessment Review,2000,20(3):333-345.
- [3] Harris J M, Kennedy S. Carrying capacity in agriculture: global and regional issues[J]. Ecolog Econom, 1999, 29(3):443-461.
- [4] 宋银燕,周沛勇,仝倩. 徐州市地下水位动态变化影响因素分析[J]. 中国科技纵横,2014(2):223,225.
- [5] 周丹,邢雪,王宏沛. 江苏省徐州市睢宁县城区地面沉降稳定性分析与评价[J]. 中国地质调查,2016,3(1):58-64.
- [6] 胡昌林. 徐州市岩溶水开发过程中的环境地质问题[J]. 水文地质工程地质,1998(5):36-38.
- [7] 江苏省地质矿产局. 江苏省地下水资源研究[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1991:64-67.
- [8] 王大纯,张人权,史毅虹,等. 水文地质学基础[M]. 北京:地质出版社,2003.
- [9] 陈崇希,林敏. 地下水动力学[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1999.
- [10] 张飞,宁显林,臧红飞. 大同县孔隙地下水富集规律研究[J]. 地下水,2012(1):36-37.
- [11] 张贵. 珠琳地区岩溶水分布规律及找水经验[J]. 水文地质工程地质,2003,30(1):73-75.
- [12] 杨丽芝,杨雪柯,刘春华. 山东平原地区浅层地下水有机污染特征分析[J]. 中国地质调查,2015,2(8):25-30.
- [13] 张丽,黄敬军,缪世贤. 江苏省地质环境调查与区划主要研究成果综述[J]. 中国地质调查,2015,2(4):62-69,70.

Study on the characteristics of Quaternary pore water in Xuzhou City

JING Jiajun, TAO Wenjie, GUAN Zhen

(The 5th Geological Team, Jiangsu Geology & Mineral Exploration Bureau, Xuzhou 221004, China)

Abstract: Xuzhou is one of the 40 cities with severe water shortage in China. In recent years, the water shortage caused by the worse water quality is serious, because the surface water, as the source of city water, suffered from pollution. The main mining areas of Quaternary pore water is located in the county and township of Xuzhou, and previous work is not detail enough. On the basis of the analysis of economic development, hydrology geology investigation and irrigation and water conservancy survey, the authors studied the hydrogeological characteristics and summarized the enrichment law and characteristics of Quaternary pore water for reasonable development and protection through pumping experiments and analysis of previous data. The results show Quaternary pore water is mainly divided into two parts, phreatic water and confined water. The enrichment area of phreatic water is located in the high floodplain area of the Yellow River, with water supplies from atmospheric precipitation and river side runoff. And the water abundance of the other areas is poor. The water abundance and quality of Middle Pleistocene pore confined water in eastern area are better than those in western area, and the water abundance and quality of Lower Pleistocene, Pliocene and Miocene pore confined water in western area are better than those in eastern area. This paper can provide scientific basis for the reasonable development, management and protection for water resource.

Key words: Xuzhou; Quaternary pore water; aquifer; water abundance law