

淮河流域平原区第四系含水层划分及特征分析^①

葛伟亚¹, 叶念军¹, 龚建师¹, 于俊杰¹, 左正金², 杨则东³, 黄敬军⁴

(1 南京地质矿产研究所, 江苏南京 210016)

(2 河南省地质调查院, 河南郑州 450007)

(3 安徽省地质调查院, 安徽合肥 230001)

(4 江苏省地质调查院, 江苏南京 210018)

摘要:以中国地质调查局资助的《淮河流域环境地质调查》项目为依托,对收集到的区域基础地质和水文地质资料进行了二次开发。并根据近三年来淮河流域环境地质调查项目新取得的水文地质钻孔资料、水化学及同位素样品分析结果,科学地对淮河流域平原区第四系含水层进行了划分和印证。结合项目阶段研究成果,对淮河流域平原区第四系含水层特征进行了初步分析和总结。

关键词:第四系含水层; 淮河流域; 同位素; 划分; 特征分析

中图分类号: P641

文献标识码: A

1 引言

淮河流域地处我国中东部“腹心”地带,区位优势明显,在我国国民经济中占有十分重要的战略地位。它是连接南北、沟通东西各省的纽带,其北接黄河流域与京津相望,南连长江流域与沪宁相依,西通内陆各省,东临大海,山海之间是广阔平原^[1]。相对于东部长江三角洲地区而言,淮河流域第四纪地质和水文地质研究程度不高,区域深浅含水层的划分争议比较大,沿河各省划分不统一,缺乏有效的划分依据,有关整个流域含水层特征的研究还比较少,从而给淮河流域地下水资源评价和地下水的合理开发利用带来了困难。因此,深入开展淮河流域第四系含水层特征的研究,认清淮河流域地下水的赋存规律,对淮河流域地下水资源可持续开发利用有着重要意义^[2~3]。

2 区域地质概况

淮河流域位于华北地台的南部,东南部跨扬子准地台,西部属秦岭褶皱系。流域的西

① 收稿日期: 2006-02-15

基金项目: 中国地质调查局(项目编号 1212010340106)资助。

万方数据

第一作者简介: 葛伟亚(1978~),男,硕士,工程师,主要从事工程地质水文地质环境地质研究工作。

部、西南部的构造线为北西、北西西及近东西走向。大的断裂有桐柏—磨子潭深断裂、确山—固始大断裂和郟城—庐江大断裂^[4~6]。

流域内地层发育比较齐全。太古界登封群出露于河南省境内,为各种深变质的片麻岩、混合岩等。下元古界嵩山群、桐柏群、大别群、佛子岭群、蚌埠群出露于流域西部、西南部的伏牛、桐柏、大别山区。粉子山群为浅至中度变质的结晶片岩等。下古生界寒武、奥陶系以海相碳酸盐岩为主的沉积,上古生界石炭、二叠系海陆交替型的含煤建造,分布于流域西部、中部及北部,为重要的煤炭产地。中生界及老第三系主要为中酸性火山岩建造及红色碎屑岩建造^[7~9]。平原区分布着新第三系和第四系松散堆积物,其厚度在蚌埠至徐州一带较薄,厚数十米,向东及西均增厚,西部最厚处在河南境内,为 3 000 余米,东部沿海达 1 200 m。其中第四系沉积物厚度最厚可达 300 余米,主要为砂质粘土、泥砾、亚砂土、亚粘土、粘土、砂土、粉砂组成^[10~14]。

3 地貌与第四系地质特征

淮河流域地形的总趋势是西高东低。流域内有山区、丘陵、广阔的平原及湖泊洼地,其面积分别占流域面积的百分比为:山区 13%,丘陵 19%,平原 52%,湖泊洼地 16%。西部的伏牛山、桐柏山区高程为 200~500 m,沙颍河上游石人山高达 2 153 m,为全流域的最高峰。淮河干流以北为广平冲、洪积平原,地面自西北向东南倾斜,高程一般 15~50 m。淮河下游苏北平原高程为 2~10 m。豫东平原、淮北平原及淮河下游平原等均为冲积平原。江苏的沿海为海积平原,宽 15~50 km。其它的平原地貌有山前倾斜平原、三角洲平原、河谷平原、湖积冲积平原、海积冲积平原和黄土地貌等。

淮河流域第四系地层为河、湖相松散岩类沉积物^[15],厚度在 50 m~200 m 之间。其中,淮河以南波状平原区第四系厚度较薄,其厚度为 30 m~100 m,淮河以北平原区第四系厚度多为 100 m~200 m。第四系沉积特征为由西部山麓粗碎屑相递变为细粒相,由广大平原的陆相冲洪积沉积演变为东部沿海的海相与陆相交互沉积^[16]。平原地区浅部松散沉积层的颗粒一般从西向东、或从山前至滨海,其粒径逐渐由大变小。淮河上游山前至中部地区为中砂、细砂、粉砂及亚砂分布,至苏北滨海一带则由亚砂转变为粘性土。

4 淮河流域第四系含水层划分

4.1 传统经验划分

淮河流域相对于东部其它地区含水层的研究程度尚有欠缺,关于第四系含水层层位划分一直有争议。传统经验以埋深 50~60 m 深度一层较厚粘性土为界将第四系划分成浅层含水层组和深层含水层组^[17~20],但缺乏科学依据。

4.2 含水层划分的同位素依据

在本次淮河流域环境地质调查中,我们于 2003~2005 年在淮河流域平原区进行了系统的同位素水样采集,期望从同位素的角度^[21~24]对淮河流域第四系含水层层位作科学划分。

将本次同位素测试数据汇总后,通过对同位素的丰度值与含水层深度关系的分析研究,我们找到了一些规律,对淮河流域第四系深浅含水层的划分有了一些科学依据。

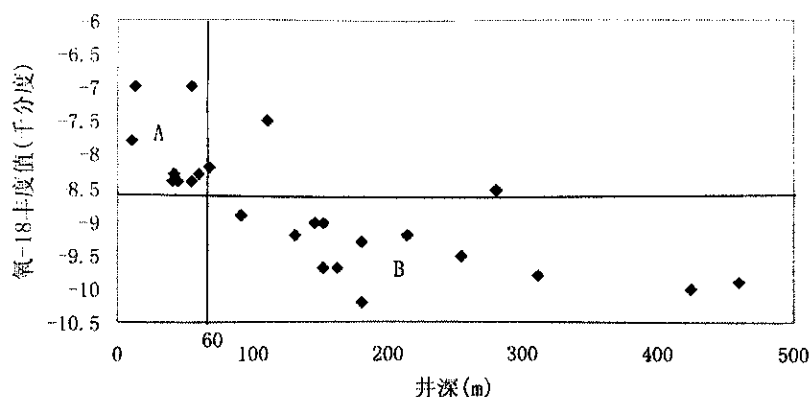
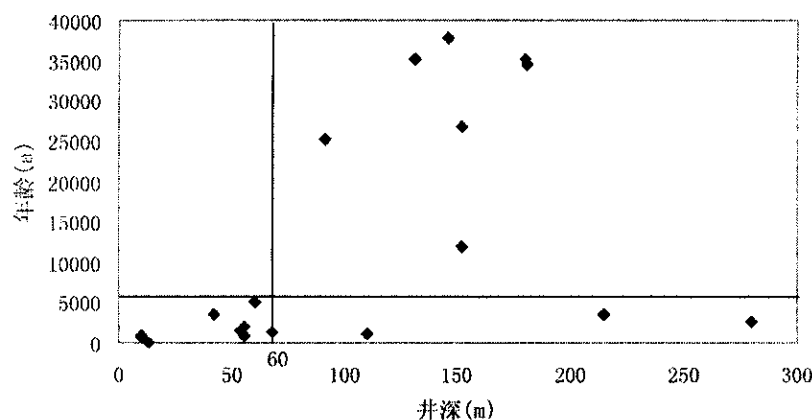
图 2 ^{18}O 与井深相关性图Fig. 2 Correlativity of ^{18}O and well depth图 3 ^{14}C 测年与井深相关性图Fig. 3 Correlativity of ^{14}C and well depth

图 3 是 ^{14}C 测年的结果,很明显,60 m 以浅和 60 m 以深水样的年龄出现明显差别。并且 60 m 以浅水样年龄基本没有差别,形成时期相近或者有混合,后者的可能性最大,可以推断 60 m 以浅是在纵向上连续的含水层^[29~33]。

4.3 分析结果说明

同位素分析结果证实的 60 m 界限和传统划分方法 50~60 m 界限存在 10 m 左右的偏差。对此需说明两点,其一,取样井由于成井工艺的不完备,在很多地区中深层水受到浅层水的混合(周口一带尤为明显),使得中深层水特征趋浅化;其二,浅层水采样中,很多水井是当地老百姓自己打的饮用水井,井龄长的水井底部已经有淤积,真实深度已经小于统计深度。鉴于此两种原因,可以认定同位素测试结果证实的界限比实际界限偏深。

因此,本次的同位素分析结果从科学的角度对传统的划分方法进行了印证。即淮河流域大致以埋深 50 m 左右且分布稳定之粘性土层为界,划分为浅层含水层和深层含水层 2 个含水层,赋存其中的地下水相应是浅层地下水、深层地下水。

5 淮河流域第四系含水层特征

淮河流域地下水可以分为平原区松散岩类孔隙水、山丘区构造裂隙水和裂隙溶洞水三种类型^[34~35]。松散岩类孔隙含水岩组自豫东经淮北至苏北广布全区,含水层稳定,多个承压含水层组各显分布规律,水量比较丰富,水质具有水平和垂向分带的变化规律。第四系含水层各地段分布有一定差异。流域西部为古淮河水系堆积区,砂层厚度在 10~60 m,地下水埋深一般在 2~6 m,流域东部历史上受黄泛影响,为黄河冲积平原的一部分,砂层厚度一般在 35~10 m,自西向东减弱,地下水埋深为 1~5 m。苏北淮阴、兴化一带冲积湖积平原区,大部分为淤泥质粘土,夹有砂土地层,地下水埋深一般在 1~2 m。东部滨海平原地区,在 5~22 km 范围内属于海相沉积区,岩性为亚砂土,地下水埋深 1~2 m。

基岩断裂构造裂隙水主要分布于桐柏山、伏牛山和大别山区^[36~38]。裂隙溶洞水主要分布在豫西、安徽淮北灰岩溶洞山丘区,在条件适宜的情况下,可以富集成为有价值的供水水源^[39]。

淮河流域松散岩类含水岩组的划分及主要岩性详见表 2。

表 2 淮河流域松散岩类含水岩组划分表
Table 2 Aquifer division of loose rocks in Huaihe River basin

名称	主要岩性	分布地区
全新、上更新统浅层含水层组	亚砂土、粉砂、中细砂、亚粘、亚砂互层	滨海、淮北平原、徐肖
第四系浅层含水层组	亚砂土、粉砂、中粗砂、	淮北平原、盱眙东部
中、下更新统深层含水层组	含砾中粗砂、细粉砂、含泥钙质半胶结砂砾、卵石	滨海、淮北平原
上新统深层含水层组	含砾中粗砂、细粉砂、含砾亚砂、半胶结砂砾石	淮北平原
中、上新统深层含水层组	含砾中粗砂、细砂、砂砾卵石、粉砂、亚砂土	洪泽湖畔、盱眙—天长东部平原、睢宁—涟水黄泛平原

5.1 第四系浅层含水层特征

浅层含水层在西部、南部山前底板埋深 10~20 m,由山前向平原逐渐加深,平原大部分区域一般 30~60 m,局部达 80 多米。含水层由砂层、粉土、粉质粘土组成。

淮河流域上游含水层以上、中更新统为主,靠近山区,包括下更新统^[40]。含水层分布规律为淮河河谷冲积平原厚度在 2~10 m,其余地带大多含水层很薄或无砂层,以裂隙粉质粘土为主。分布在河谷冲积平原的含水岩组下部为含砾粗中砂、中细砂、粉细砂,上部为粉土、粉质粘土,为典型下粗上细二元结构特征,砂层顶板埋深 5~12 m,底板埋深小于 28 m,富水程度为 500~1000 m³/d;分布在沿淮河北岸呈条带状的冲积湖沼积平原,含水层结构具二元结构,砂层顶板埋深 22~23 m,底板埋深 30~48 m,厚 8~17 m,富水程度为 100~500 m³/d;淮河以南冲洪积倾斜平原的边缘及南山前冲洪积倾斜平原或岗地,含水层为中砂、细砂,顶板埋深小于 10 m,厚 5~10 m,富水程度小于 100 m³/d。

淮河流域中游浅层孔隙含水层大部分由晚更新统亚粘土、亚砂土、粉砂和细砂组成,分布稳定,水位埋深与地形变化基本吻合,自西北向东南水位埋深递减^[41]。分布在古河道的含水岩性主要为砂,有 2~3 层,总厚 10~15 m,局部 20~30 m,单层厚 3~5 m。主要含水层顶板埋深 10~20 m 和 20~30 m。富水程度达 800~1 200 m³/d。位于古洪泛带内的有粉砂

2~6层,总厚8~15 m。富水程度达 $500 \sim 800 \text{ m}^3/\text{d}$ 。分布于古河道之间呈带状或岛状展布的含水层岩性有砂1~2层,总厚不足5 m,局部5~7 m。富水程度达 $200 \sim 500 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

淮河流域下游浅层孔隙含水层主要由上更新统、中更新统和下更新统组成,在睢宁—宿迁一带以中更新统砂层为主。含水层的岩性为含砾中粗砂或中、细砂,含水层厚度10~20 m,富水程度多大于 $1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在宿迁—泗阳一带,由第四纪中更新统和下更新统岩性组成,含水层的岩性主要为粉细砂,中细砂组成。含水层厚15~40 m,富水程度在 $500 \sim 1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在泗洪—盱眙一带含水层岩性由第四纪更新统冲湖积相沉积的亚砂土,中细砂组成,含水层厚5~15 m,富水程度在 $100 \sim 1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在洪泽—金湖一带,含水层由上、中、下更新统的细砂、中粗砂以及泥质含砾粗砂组成,含水层的厚约40 m,富水程度在 $1\,000 \sim 3\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在淮安—阜宁一带,由晚更新世、中更新世和早更新世河湖相沉积的粉细砂、中细砂组成,含水层呈多层状,相互间无稳定的隔水层,构成统一的地下水含水系统,各层地下水分布不均,平面上多呈条带状分布,成层不稳定、有些区段尖灭。在东部滨海—盐城—海安一带,分布多层含水层,主要由粉砂组成,含水层厚度10~20 m不等^[42]。

淮河流域浅层地下水水位埋深与地形变化基本吻合,大部分为2~6 m,黄河南岸、下游淮阴地区与东部沿海一带以及工作区中西部地区,水位埋深小于2 m,苏北灌溉总渠以南的里下河地区,地下水位埋深一般小于1 m,多为0.5~0.8 m。废黄河高河漫滩、洪泽湖西岸的岗丘地区以及西北部兰考、商丘等局部地区地下水位埋深较大,为4~6 m。浅层地下水大部分属矿化度小于 1 g/L 的重碳酸型淡水。在淮河流域下游沿海地带矿化度稍高,有微咸水分布。

5.2 第四系深层含水层特征

深层含水层在西部、南部山前底板埋深40~100 m,由山前向平原逐渐加深,平原大部分区域一般120~260 m,局部达350~400 m。含水层由砂层组成。

淮河流域上游含水砂层厚度20~80 m,呈南厚北薄之势。南部含水层主要为中、下更新统冲洪积相、冰水湖相沉积的砂、砂砾石、泥质砂砾石、中粗砂、中细砂、粉细砂、泥质砂组成的含水层组,其分布由西南、南自桐柏山、大别山前向东北倾斜,至漯河、平舆—淮滨一带含水层泥质含量减少,颗粒分选好,渗透性强。中更新统冲洪积砂、砂砾石含水层分布于漯河、西平—确山一线,含水层顶板埋深60~100 m之间,厚度3~8 m,为富水的黄色粗砂或砂砾石层,颗粒较粗,分选稍好,局部为中细砂或泥质砂砾石层,向东颗粒变细,以粉细砂、粉砂为主,局部为中粗砂,中细砂含水层砾石层,到汝南、上蔡一带尖灭缺失。在正阳—淮滨一带,受大别山影响,含水层顶板埋藏较浅,一般在50~80 m左右^[43],主要为冲洪积相富水的粗砂砾石含水层,厚10~20 m。下更新统湖积、冰水沉积的泥质砂、砂、砂砾石含水层组是主要含水层,其埋藏条件、富水程度及岩性特征均受古地理环境的影响,含水层顶板埋深90~120 m,由一套多层相间、岩性变化大、富水的泥质中粗砂、中细砂含小砾石、泥质砂砾石及泥砾组成,分选较差,局部呈半胶结状态,层次多,总厚度大。富水程度在 $300 \sim 2\,400 \text{ m}^3/\text{d}$ 之间。

淮河流域中游深层孔隙含水层主要为中、下更新统粘性土、砂及半固结钙泥质砂砾层组成,厚度变化大,渗透性能强。从平面上看,北部地区含水层数少而薄,埋深210~260 m,南部地区含水层数多而厚,埋深65 m以下者原来一般均可自流。从剖面上看,50~150 m深度内砂层厚度为沿淮多大于40 m。富水程度 $500 \sim 1\,500 \text{ m}^3/\text{d}$,局部达 $1\,600 \sim 3\,000 \text{ m}^3/\text{d}$;

150 m 以深的砂层厚度南部为 38 ~ 169 m ,北部为 15 ~ 85 m。富水程度在 $100 \sim 1\,800 \text{ m}^3/\text{d}$ 之间^[44]。淮河流域下游深层孔隙含水层主要由第四系中、下更新统中粗砂、亚砂土、粉细砂组成。顶板埋深在 50 ~ 240 m ,含水砂层厚度在 20 ~ 80 m。在宿迁—泗阳一带 ,主要由宿迁组和下草湾组河湖相积物组成 ,岩性由北向南逐渐增粗 ,砂层亦逐渐变厚 ,富水性沿废黄河一线相对较弱 ,向南逐渐变大 ,北部一般在 $100 \sim 1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,南部一般大于 $1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在泗洪—盱眙一带为冲湖相沉积的细中砂 ,含砾粗砂组成 ,顶板埋深 30 ~ 90 m ,岩性胶结差 ,呈松散状态 ,透水性和富水性较好 ,富水程度为 $2\,000 \sim 3\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,是地下水的主要开采层。在洪泽—金湖一带 ,含水层由中上新世河湖相沉积物、含水层的岩性主要有细砂、粗砂和中砂组成 ,含水层的顶板埋深 160 m 左右 ,含水层的厚度 10 ~ 60 m。富水程度为 $100 \sim 1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在淮安—阜宁一带 ,由河流相含泥质砂层组成 ,含水层的顶板埋深大于 70 m ,由西向东含水层顶板埋深逐渐增大^[45]。多数地段砂层分选性差 ,泥砂混杂 ,多处呈弱胶结 ,因而透水性不均富水程度受古河道影响较大 ,古河道内一般大于 $1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$,其它地段一般为 $500 \sim 1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。在东部沿海地带 ,为一套下更新世河湖相沉积物。古河道区上游为含砾中粗砂、中细砂 ,厚度 15 ~ 30 m ,下游地区多为中、细砂 ,厚度 10 ~ 20 m ,富水性较好。富水程度大于 $2\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。古河床两侧的边漫滩区及河间泛滥地块 ,一般以细砂、粉细砂为主 ,厚度 10 ~ 20 m 不等 ,富水程度在 $500 \sim 1\,000 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

淮河流域深层地下水大部分属矿化度小于 1 g/L 的重碳酸型淡水^[46]。深层地下局部为矿化度 $1 \sim 2 \text{ g/L}$ 的 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4$ 型和 $\text{SO}_4 \cdot \text{HCO}_3$ 型和 $\text{SO}_4 \cdot \text{Cl}$ 型水 ,总体向深部有矿化度增高趋势。从平面上看 ,从山前至平原 ,深层地下水地下水化学类型由 HCO_3 型演变为 $\text{HCO}_3 \cdot \text{SO}_4$ 型 $\text{HCO}_3 \cdot \text{Cl}$ 型 ,矿化度由小增大。

6 结语

淮河流域经济比较落后 ,地下水开发利用程度也较低 ,但随着沿海经济的开发 ,地表水污染日趋严重 ,地下水开采逐年加剧 ,以城市为中心的区域水位降落漏斗已形成 ,并仍然处于扩大、加深的趋势 ;其次地下水开采诱发的地面沉降已从城市向区域发展 ,尤其是周口、阜阳、盐城城区地面沉降已发展到相当严重的地步 ,因此深入开展第四系地质和水文地质研究对于淮河流域地下水环境的可持续发展很有意义。由于缺乏深层承压含水层的基础地质和水文地质资料 ,对第四系地下水的研究程度较为肤浅 ,还有很多问题需要进一步研究。

(1) 淮河流域受郯庐断裂构造带的影响 ,不仅使上第三系松散沉积物抬升、出露地表 ,而且改变了区域内第四系及上第三系含水层的结构 ,使原有的沉积环境完全破坏、含水系统趋于复杂 ,浅层地下水与深层地下水含水砂层相互联通 ,水力联系密切 ,应加强该地区第四系及上第三系含水层的划分研究 ,摸清含水层结构特征和补径排条件。

(2) 淮河流域第四系和上第三系松散层变化较大 ,沉积的厚度变化很大 ,期间含水层结构变化也较大 ,同一含水层在不同地区埋藏深度差异极大 ,从西向东逐渐加深(局部突变)。因而虽为同一含水层 ,但其补径排条件完全不同 ,应加强整个流域地下水系统划分研究工作。

(3) 淮河流域沿海地区第四系含水层浅层水含水层由于水质较差 ,以前极少研究。深层水为本地区的主要开采层位 ,经多年开采 ,水质已明显咸化 ,其咸化机制是否与第四系沉积环境有关 ,更有待研究。

(4) 淮河流域因深层地下水的过量开采引起的地下水位持续下降引发了一系列的环境地质问题,如地面沉降、地下水资源枯竭等,应加强该地区第四系含水层结构的研究,为地面沉降防治提供依据。

本文承蒙南京地质矿产研究所冯小铭研究员、姜月华研究员给出了具体的修改意见,在此深表感谢!本文所引用的资料主要来源于参加淮河流域环境地质调查项目的河南省地质调查院、安徽省地质调查院、江苏省地质调查院,在此一并向各地调院及参加淮河流域项目工作的同志表示感谢!

参考文献

- [1] 邢大韦. 淮河流域洪涝灾害的地质基础初探[J]. 治淮, 1993(1).
- [2] 万隆. 强化基础工作为治淮建设再创佳绩[J]. 治淮, 2002(4).
- [3] 张宗祜. 第四纪地质研究在水文地质工程地质工作中的意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1987(4).
- [4] 汤加富, 侯明金, 高天山. 郟庐断裂带的主要特征与性质讨论[J]. 安徽地质, 1995(3).
- [5] 袁学诚. 论中国大陆基底构造[J]. 地球物理学报, 1995(4).
- [6] 朱志澄. 构造地质学[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1990.
- [7] 邵时雄, 郭盛乔, 韩书华. 黄淮海平原地貌结构特征及其演化[J]. 地理学报, 1989(3).
- [8] 翟洪涛, 刘欣, 李杰. 淮河流域中强震活动区的地震构造背景[J]. 地震学刊, 2002(3).
- [9] 杨森楠. 中国区域大地构造学[M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [10] 景才瑞. 第四纪地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1990.
- [11] 钱凤仪. 江苏基础地质工作程度概述[J]. 江苏地质, 1997(1).
- [12] 金权, 王平, 王松根. 安徽淮河中游平原晚新生代孢粉组合及古气候[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1987(4).
- [13] 袁佩鑫. 苏北黄淮平原第四系[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1985(3).
- [14] 刘良梧. 黄淮海平原晚第四纪古土壤[J]. 土壤学报, 1999(1).
- [15] 汤加富, 姚穗. 对安徽及邻区若干重要基础地质问题的认识[J]. 安徽地质, 2000(2).
- [16] 韩树葵, 杨有根, 朱彬, 等. 安徽北部中、新生代沉积盆地分析[J]. 安徽地质, 1994(3).
- [17] 于振江. 安徽省淮北平原东部地区第四纪地层[J]. 地层学杂志, 1988(1).
- [18] 于振江, 程勇, 黄多成. 安徽淮北平原更新世—上新世地层划分及第四纪下限[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1991(2).
- [19] 于振江, 黄多成. 淮北平原上第三系划分和孢粉序列[J]. 地层学杂志, 1993(3).
- [20] 陈希祥. 淮河下游区第四系下界的初步研究[J]. 地层学杂志, 1987(3).
- [21] 王恒纯. 同位素水文地质学[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [22] 钱雅倩, 郭吉保. 同位素在环境科学研究中的应用[J]. 资源调查与环境, 2002(4).
- [23] E. Boaretto, L. Thorling, á. E. Sveinbjørnsdóttir, et al. Study of the Effect of Fossil Organic Carbon on ^{14}C in Groundwater from Hvinningdal, Denmark[J]. Radiocarbon, 1998, 40(1–2): 915–918.
- [24] P. K. Bishop, P. C. Smalley, D. Emery et al. Strontium isotopes as indicators of the dissolving phase in a carbonate aquifer: implications for ^{14}C dating of groundwater[J]. Journal of Hydrology, 1994, 154(1–4): 301–321.
- [25] 李政红, 张发旺. 全球降水氢氧同位素研究进展[J]. 勘察科学技术, 2004(1).
- [26] 满开言. 用环境同位素氧 18、氘、氦探讨地下水运动规律[J]. 北方交通大学学报, 1994(1).
- [27] 刘丹, 刘世青, 徐则民. 应用环境同位素方法研究塔里木河下游浅层地下水[J]. 成都理工学院学报, 1997(3).
- [28] 石辉, 刘世荣, 赵晓广. 稳定性氢氧同位素在水分循环中的应用[J]. 水土保持学报, 2003(2).
- [29] 孙继朝, 贾秀梅. 地下水年代学研究[J]. 地球学报, 1998(4).
- [30] Vasily Rogojin, Israel Carmi and Joel Kronfeld. ^{14}C and ^{234}U – Excess, Dating of Groundwater in the Haifa Bay Region, Israel[J]. Radiocarbon, 1998, 40(1–2): 945–948.

- [31] C. B. Taylor. On the Isotopic Composition of Dissolved Inorganic Carbon in Rivers and Shallow Groundwater : A Diagrammatic Approach to Process Identification and a More Realistic Model of the Open System[J]. Radiocarbon ,1997 ,39 :3.
- [32] Guilderson , Thomas P , Cole , Julia E , Southon , John R. Pre - bomb Delta 14 C variability and the Sues effect in Cariaco Basin surface waters as recorded in hermatypic corals [J]. Radiocarbon ,2005 ,47 57 - 65.
- [33] Sivan , Orit , Herut , Barak , Et al. Radiocarbon dating of pore water - correction for diffusion and diagenetic progress [J]. Radiocarbon ,2001 ,43 :765 - 771.
- [34] 王大纯. 水文地质学基础 [M]. 北京 地质出版社 ,1995.
- [35] 房佩贤. 专门水文地质学 [M]. 北京 地质出版社 ,1996.
- [36] 张本昀 , 潘春彩 , 郑维萍. 许昌地区全新世以来的新构造运动研究 [J]. 黄河水利职业技术学院学报 ,2004(4).
- [37] 左景勋. 河南箕山地区中元古界五佛山群沉积环境及岩相古地理特征 [J]. 地质科技情报 ,2002(3).
- [38] 王贵成 , 白光华. 嵩山地区地质构造初探 [J]. 辽宁师专学报(自然科学版) ,2000(3).
- [39] 雷能忠 , 阮丽缘 , 章玉成 , 等. 安徽省淮北地区地下水资源开发潜力研究 [J]. 资源科学 ,2004(1).
- [40] 朱中道 , 王继华 , 魏秀琴 , 等. 河南省地下水资源评价 [R]. 河南省地质环境监测总站 2002.
- [41] 彭玉怀 , 杨兆军 , 陈伟 , 等. 安徽省地下水资源评价 [R]. 安徽省地质环境监测总站 2002.
- [42] 顾阿明 , 陆徐荣 , 陶芸 , 等. 江苏省地下水资源评价 [R]. 江苏省地质调查研究院环境地质研究所 2002.
- [43] 左正金 , 王献坤 , 程生平 , 等. 淮河流域(河南段) 环境地质调查阶段成果报告 [R]. 河南地质调查院 2005.
- [44] 杨则东 , 赵华荣 , 彭玉怀 , 等. 淮河流域(安徽段) 环境地质调查阶段成果报告 [R]. 安徽地质调查院 2005.
- [45] 陆徐荣 , 黄敬军 , 陆华 , 等. 淮河流域(江苏段) 环境地质调查阶段成果报告 [R]. 江苏地质调查院 2005.
- [46] 叶念军 , 龚建师 , 葛伟亚 , 等. 淮河流域环境地质调查阶段成果报告 [R]. 南京地质矿产研究所 2005.

The Quaternary aquifer division and character analysis of plain in Huaihe River basin

GE Wei-ya¹ , YE Nian-jun¹ , GONG Jian-shi¹ , YU Jun-jie¹ ,
ZUO Zheng-jin² , YANG Ze-dong³ , HUANG Jing-jun⁴

(1 Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources Nanjing 210016 China)

(2 Henan Institute of Geological Survey , Zhengzhou 450007 China)

(3 Anhui Institute of Geological Survey , Hefei 230001 China)

(4 Jiangsu Institute of Geological Survey , Nanjing 210018 China)

Abstract

With the help of environment geology investigation project in Huaihe River basin , we have studied the data on regional geology and hydrogeology. Based on the lately hydrogeology drilling data , water chemistry data and isotope samples testing results , we have divided and verified the Quaternary aquifer of plain in Huaihe River basin. According to the phase research results of the project , we have analyzed and summarized the Quaternary aquifer characteristics of plain in Huaihe River basin.

Key words Quaternary aquifer , Huaihe River basin , isotope , division , characteristics