

河南省开封市汴西新区地热资源特征分析

□张天增 吕志涛 王伟峰

(河南省地质矿产勘查开发局第五地质勘查院, 河南郑州 450000)

摘要:汴西新区是郑汴洛工业走廊的重要支撑区, 是开封市城市经济发展的重要载体。通过不同方法手段对汴西新区地热地质特征的综合分析, 基本明确了的地热资源赋存条件和规律, 明确了地热田边界、热储特征及其埋藏条件, 地热流体流场特征及其动态、地球物理与地温场特征。初步建立热模型, 进行了地热资源和地热可开采资源量计算、评价, 对地热流体质量进行评价。基本明确了开封凹陷带地热资源是十分丰富的。

关键词:地热资源; 分布特征; 分析研究; 汴西新区

1 自然地理

汴西新区位于开封市西部, 东至护城大堤, 西至中牟边界, 南至 310 国道, 北至连霍高速公路。汴西新区总面积 163.33 km²①, 地理坐标为: 东经 114° 09′ 00″ ~ 114° 17′ 00″, 北纬 34° 44′ 00″ ~ 34° 51′ 00″。陇海铁路、连霍高速、G310、郑开大道贯通全区, 郑汴一体化后, 交通十分便利。

开封属暖温带半干旱大陆性季风气候, 四季分明, 光照充足, 气候温和, 雨量适中。年平均气温 14.0℃, 极端最低温度 -16.0℃ (1971 年 12 月), 极端最高温度 43.0℃ (1996 年 7 月)。多年平均降水量 662.8 mm, 多年平均水面蒸发量 1210.8 mm。河流分属黄河、淮河两大水系, 水资源十分丰富。

2 区域地质

汴西新区位于大地构造单元中朝准地台南部的华北拗

陷, 次级构造单元为济源—开封凹陷, 济源—开封凹陷沿黄河呈东西向展布, 分布于济源—开封—民权一带 (见图 1)^[1]。

郑州—民权断裂 (F1): 走向为近东西向, 倾向北, 构成开封次凹陷的南部边界, 使其与通许凸起相邻。该断裂成生于燕山期, 喜山期继承性强烈活动, 对凹陷的发展和凹陷带内新生界的分布与物质构成起着重要的控制作用。

中牟—埴阳断层 (F2): 根据本次工作地震勘探资料, 该断层走向北东, 倾向北西, 倾角 82°, 为正断层。该断层成生于喜山期, 切穿古近系下部及前新生界地层, 对新近系以上地层无影响。其两端分别与控制凹陷的深大断裂相接, 是重要的区域性导热构造。

2.1 前新生代地层

济源—开封凹陷地处华北地层区的豫东地层小区, 基底以古生界、三叠系、侏罗—白垩系为主, 新生界为陆源碎屑堆积物。开封次凹陷内前新生界基底主要为: 古生界二叠系石英砂岩、长石石英砂岩、泥岩、页岩, 中夹可采煤层, 是华北地区的主要含矿层位之一, 与下伏石炭系之

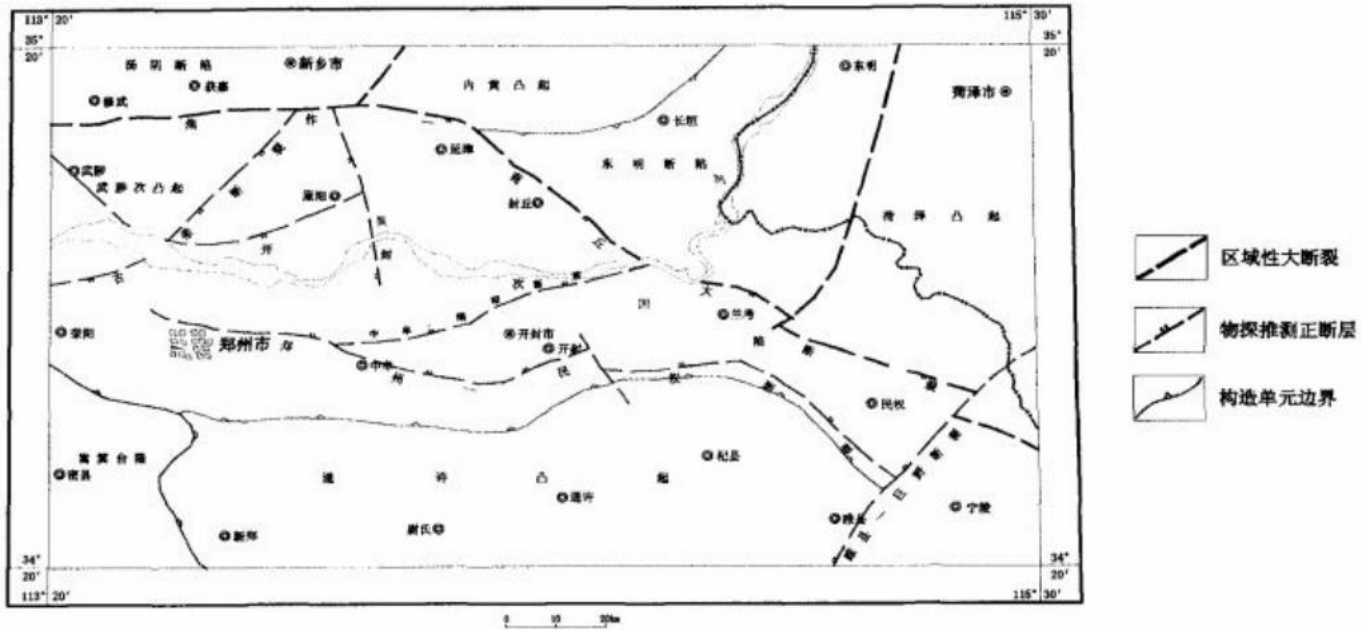


图1 开封次凹陷构造略图

作者简介:张天增 (1970—), 男, 河南封丘人, 高级工程师, 长期从事地质勘查与研究工作。E-mail: ztztzdbd@163.com

① 河南省地矿局第一地质工程院, 河南省开封市汴西新区地热资源普查报告[R], 2011。

间为整合接触；中生界三叠系页岩、黏土岩、钙质砂岩、长石砂岩、长石石英砂岩，与下伏二叠系为整合接触；侏罗白垩系长石石英砂岩、黏土岩、砂质黏土岩、砂砾岩、石英砂岩，与下伏三叠系为不整合接触。

2.2 新生代地层

开封次凹陷新生代一直处于沉降状态，堆积了巨厚的新生界陆源碎屑沉积物，最大厚度大于 6500 m。新生界地层自老至新分述如下：

古近系 (E)：缺失古新统；广泛分布始新统沙河街组 (E_3s)，为一套还原环境形成的浅湖—深湖相沉积物，岩性为深灰、灰褐色黏土岩夹浅灰、灰白色细砂岩、钙质砂岩，厚度 451~1795 m。渐新统东营组 (E_3d) 为一套河湖相沉积物，岩性为棕、褐灰色黏土岩与浅棕、灰白色砂岩互层，厚度 594~1318.5 m。

新近系 (N)：中新统馆陶组 (N_1g) 分布广泛，为河流—湖泊相沉积物，岩性主要为浅棕红、浅灰色粉砂岩、砂岩与棕红色黏土岩、砂质黏土岩互层，夹浅灰、浅棕红色钙质砂岩、杂色含砾砂岩，厚度 250~915 m。开封次凹陷物质颗粒较西部细。上新统明化镇组 (N_2m)，为一套河流—湖泊相棕红、灰色黏土岩、砂质黏土岩与灰色、浅棕红色粉砂岩、砂岩互层，底部为含砾砂岩或砂砾岩，厚度 600~1428 m。该组为本次工作主要勘探目的层。

第四系 (Q)：主要为古河流和黄河历次泛滥改道沉积物，开封次凹陷第四系底板埋深 280~400 m。

3 区域地热地质条件

开封次凹陷的形成与发展，主要受焦作—商丘深大断裂和郑州—民权断裂的共同控制。由于焦作—商丘深大断裂的长期活动，凹陷内堆积了巨厚的新生界陆源碎屑沉积物，厚度总体上西部大于东部，北部大于南部，在沉降中心厚度大于 6500 m，往凹陷边缘逐渐减小。沉积物颗粒自西向东由粗变细，自上而下由松散到密实直至微胶结、半胶结、胶结。普查区位于开封次凹陷南缘，基底为中生界陆相碎屑沉积建造，顶板埋深 3400~4000 m。新生界古近系、新近系、第四系发育齐全，其中古近系底板埋深 3400~4000 m；新近系中新统馆陶组底板埋深在 1800~2100 m，厚度约 450 m；上新统明化镇组底板埋深 1400~1640 m，厚度 1050~1270 m；第四系底板埋深 280~400 m。总体来看，第四系、新近系各组均以小角度向南上升。

根据本区新生界埋藏、分布条件综合分析，本区新生界热储自上而下可分为三大热储层。

第一热储层：主要为新近系上新统明化镇组热储层，分布于 800~1700 m，岩性为灰色、浅棕红色细砂岩、粉砂岩与黏土岩互层，为本次工作主要勘探目的热储层。

第二热储层：新近系中新统馆陶组热储层，分布于 1700~2100 m，岩性为浅棕红、浅灰色粉砂岩、细砂岩与棕红色黏土岩互层。

第三热储层：古近系热储层，分布于 2100 m 以下至基底，由渐新统东营组、始新统沙河街组浅灰色粉细砂岩与钙质砂岩及黏土岩构成。

4 汴西新区地热地质条件

区域上开封汴西地热区位于开封次凹陷的西南部，地热类型属沉积盆地传导型，热储类型为层状热储，热储结构完整，热储层、盖层齐全。热源供给主要为大地热流传导，深部古近系热储层存在沿断裂通道对流的热传导形式。

4.1 地热边界条件

控制开封次凹陷边界的断裂构造，南为郑州—民权断裂，北为焦作—商丘深大断裂，东西分别为睢县—巨野断裂和古荥断裂。以上断裂只切穿古近系及前新生界地层，并影响新近系和第四系沉积厚度，因而对新近系热储层不构成隔水边界。新近系地层厚度稳定，馆陶组 (N_1g) 底板埋深在 1800~2100 m，厚度约 450 m，明化镇组 (N_2m) 底板埋深在 1400~1640 m，厚度在 1050~1270 m 之间。二者均表现为以小角度向南上升的单斜层。汴西新区东的开封市区，明化镇组 (N_2m) 底板埋深在 1580~1680 m，西部深，东部浅。汴西新区主要是明化镇组热储层，可以视为无限开放的含水层。

4.2 地球物理特征

新生界地层及热储层埋深变化，新近系明化镇组 (N_2m) 底板埋深在 1400~1640 m，表现为一以小角度向南上升的单斜层，厚度在 1050~1270 m 间。新近系馆陶组 (N_1g) 底板埋深在 1800~2100 m，同样表现为一以小角度向南上升的单斜层，厚度约 450 m。沙河街组底板埋深在 F1 断层下降盘为 3600~3900 m，在 F1 断层上升盘为 2500~2900 m。东营组+沙河街组厚度：F1 断层下降盘为 1600~1800 m，F1 断层上升盘为 700~900 m。新生界底板埋深在 F1 断层下降盘为 4900 m 以上，上升盘埋深在 3400 m 以上。表明断层 F1、F2 具有导水导热性质，对深部古近系热储具有一定的控制作用 (见图 2)。

4.3 地球化学特征

4.3.1 浅层地下水地球化学特征

一般而言，地下热水的矿化度较浅层地下水要高，而随着矿化度的增高，水化学类型由 HCO_3-Ca 型、 $HCO_3-Ca \cdot Mg$ 型逐渐过渡到 $Cl-Na$ 型、 $Cl \cdot SO_4-Na$ 型，所以热水中 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 的含量也相对较高。本区浅层地下水 Na^+ 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 含量相对较高的地区主要分布在断层 F1 以北，反映了这一地区深部的水热活动较强，地热流体的化学组分已经影响到浅层地下水的化学组分，从而进一步说明断层 F1、F2 是主要的导热断层，对深部古近系热储具有一定的控制作用。

据国内外地热研究结果， Na/K 比值界于 20/1~8/1 之间，一般指示为重要的地热异常区。本区 Na/K 比值介于 20/1~8/1 之间的水样点主要分布在 F2 断层以北地区，表明这一区域为更重要的地热异常区，F2 断层对深

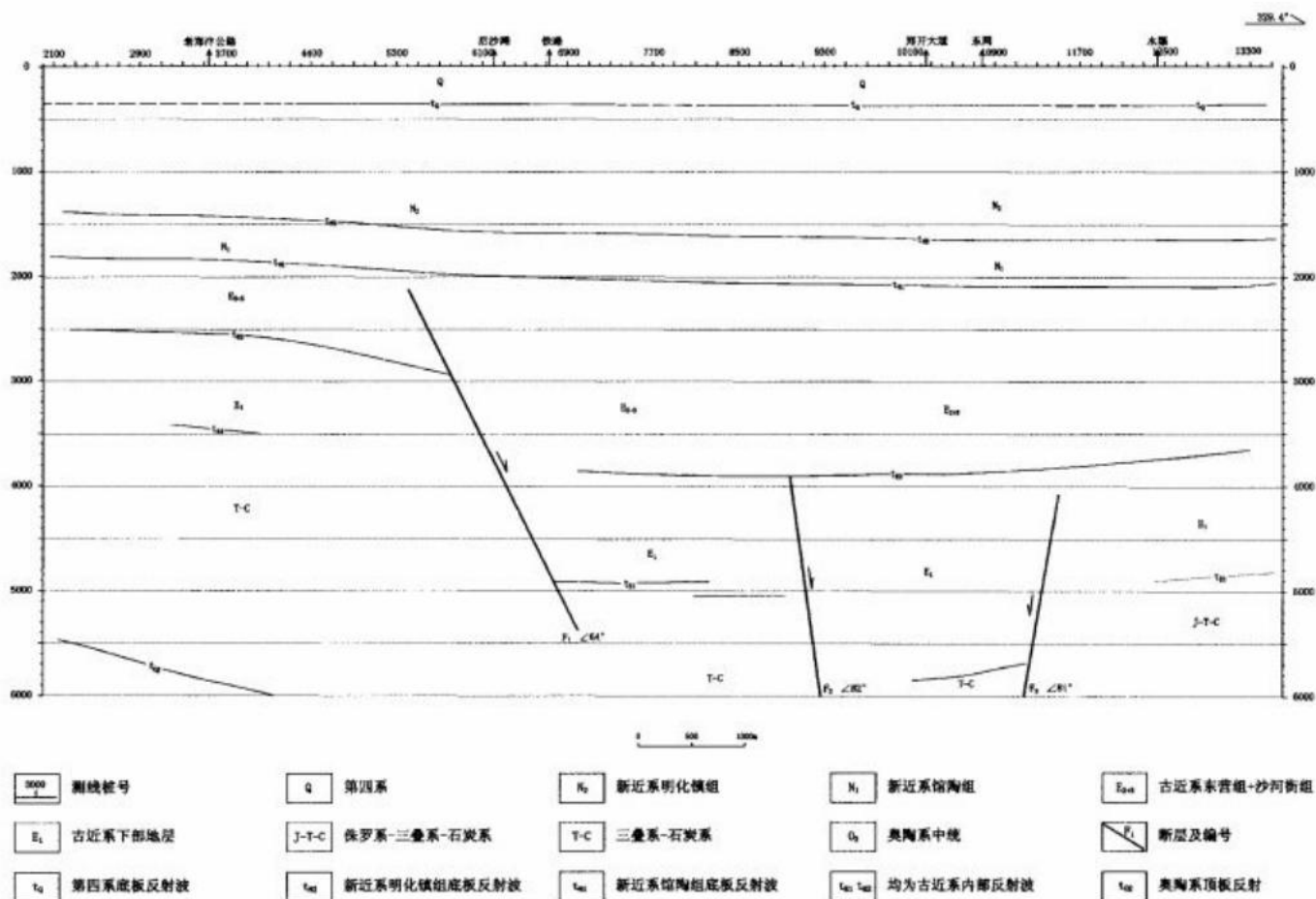


图2 DZ1线地震地质深度剖面图

部古近系热储的控制作用更为明显。

4.3.2 地热流体地球化学特征

地热水来源：开封凹陷带多个地热水同位素测试资料与大气降水关系的研究表明，汴西新区地热水与本地降水无关，而与区外西南、西部山区大气降水关系密切，其补给来源应为郑州西南、西部山区的大气降水，补给区距离100 km左右。

地热水年龄：据有关¹⁴C测年资料，开封一带的地热水由浅至深为15000~25000年，平均为20440±32年^[2]。

4.4 热储结构特征

4.4.1 热储层特征

依据汴西新区近地热井资料，将明化镇组热储层进一步划分为三个热储层段（见图3）。

第一热储层段：分布于800~1000 m，厚度200 m。钻探资料该层顶板位于798.0~810.9 m，底板埋深985.0~1000.5 m，为明化镇组中段棕红、灰色黏土岩、砂质黏土岩与灰色、浅棕色细砂岩、中砂岩互层，砂性岩累计厚度88.4~117.9 m，最大单层厚度21.1 m，砂黏比为0.84~1.64，总厚度和砂黏比均较大，富水性较好。该热储层段平均温度48.0℃，平均地温梯度3.20℃/100 m。

第二热储层段：分布于1000~1300 m，厚度300

m。钻探资料该层顶板位于999.8~1017.2 m，底板埋深1272.1~1297.5 m，为明化镇组中段棕红、灰色黏土岩、砂质黏土岩与灰色、浅棕色细砂岩、中砂岩、粉砂岩互层，砂性岩累计厚度89.6~130.3 m，最大单层厚度15.6 m，砂黏比为0.49~0.78，总厚度和砂黏比均较大，富水性较好。该热储层段平均温度53.0℃，平均地温梯度3.13℃/100 m。

第三热储层段：分布于1300~1650 m，厚度350 m。根据钻探资料该层顶板位于1302.0~1317.6 m，底板埋深1612.5~1639.5 m，为明化镇组下段的棕红、灰色黏土岩、砂质黏土岩夹灰色、浅棕色粉砂岩、细砂岩，砂性岩累计厚度83.85~151.8 m，最大单层厚度18.5 m，砂黏比为0.38~0.814，总厚度和砂黏比均较大，富水性较好。该热储层段平均温度64.0℃，平均地温梯度2.98℃/100 m。

上述各热储层段之间有厚达20~30 m的黏土岩作为隔水层，相互之间无明显的水力联系，水质、水温有明显差异，为垂向上分级止水、分层取水提供了有利条件。

4.4.2 盖层特征

本区热储盖层主要由新近系上新统明化镇组黏土岩、砂质黏土岩、中砂岩、细砂岩和第四系黏土、砂质黏土、细砂、中砂、粗砂组成。其中明化镇组上段砂质黏土岩、

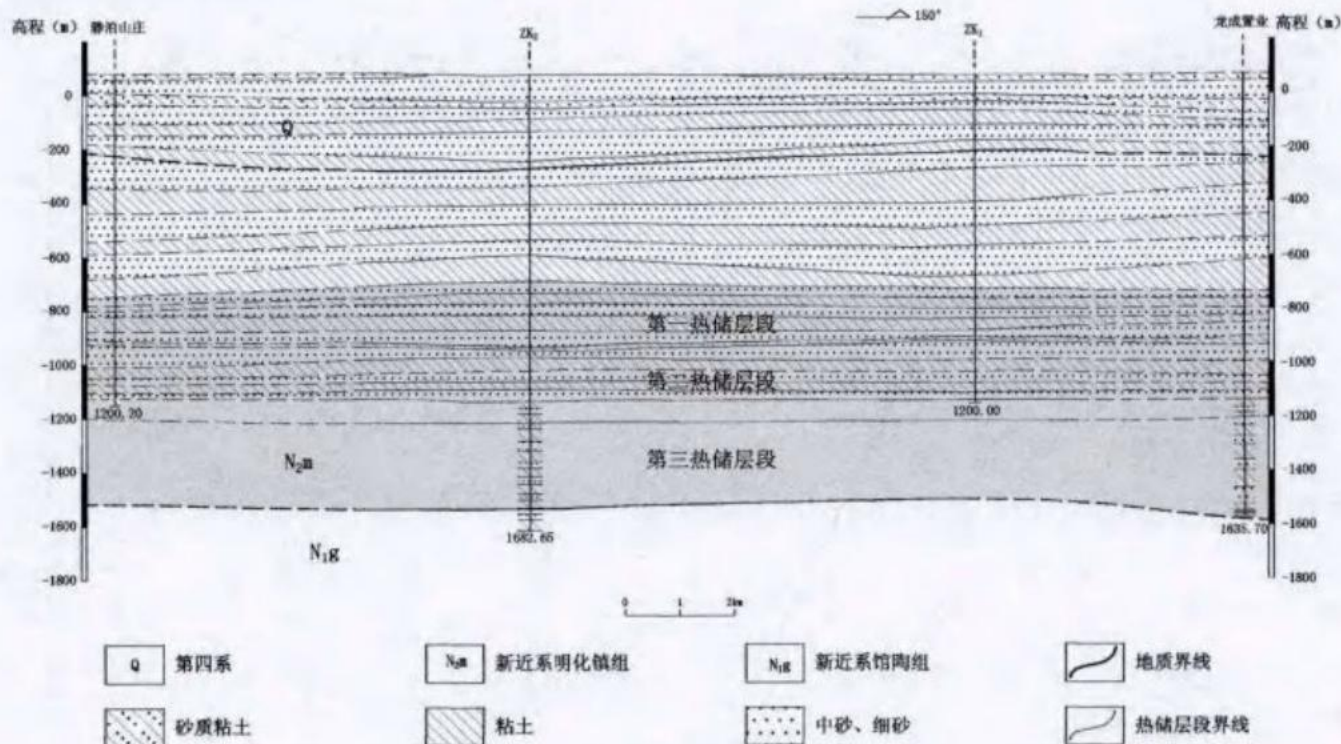


图3 静泊山庄—龙成置业地质剖面图

黏土岩夹中砂岩、细砂岩厚度大,总厚度大于 400 m,第四系松散层厚度一般大于 300 m,盖层总厚度约 800 m,区域上分布稳定,有利于地热资源的富集与储存。

4.4.3 地质构造特征

中牟—埴阳断层 (F2): 该断层走向北东,倾向北西,倾角 82° ,为正断层。该断层成生于喜山期,切穿古近系下部及前新生界地层。其两端分别与控制开封次凹陷边界的深大断裂相接,是重要的区域性导热构造^[3]。

F1 断层: 为正断层,走向北西,倾向北东,倾角 64° ,推断断距在 1000 m 以上。该断层造成 E_{2+3} (即古近系东营组、沙河街组) 在上升盘变薄,厚度 700~900 m,下降盘变厚,最厚达 1800 m。

F3 断层: 该断层走向北西,倾向南西,倾角 81° ,为正断层,断距难以准确确定。受 F2、F3 这两条断层影响, E_{2+3} 以下地层有错断,而对 E_{2+3} 以上地层影响甚微。

4.5 地温场特征

4.5.1 浅层地温特征

汴西新区浅层地下水水温一般在 15°C ~ 16°C 之间,大于 16°C 区分布在测区中部和西南部,小于 15°C 区分布在测区东部和西部,范围不大。汴西新区浅层地下水与年平均气温基本相当,无明显异常,平面上的分布亦无明显规律可循。浅层地温测量结果与大地热辐射测量基本一致,总体趋势是自西部向东部缓慢降低,但温差更小,不超过 2°C ,南北方向无明显变化。这种浅层地温场的细微变化同样反映断层 F1、F2 对深部古近系热储具有一定的控制作用。

4.5.2 地温的垂向特征^[4]

汴西新区测温曲线垂向上随深度增加而温度增高,不同深度温度和深度的关系曲线的斜率基本相同,表明在各自的勘探深度以内,不同深度处地温梯度无明显变化。工作平均地温梯度 3.13°C ~ $2.98^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$,表明往南部凹陷区边缘斜坡带地温梯度有增大的趋势。

4.6 地热流体动态特征

每年 6 至 10 月份为水位回升期,11 月至次年 5 月份为水位下降期。区域地下水位一年内下降了 2.1 m。地下水开采量过大,造成区域地下水位普遍下降。

5 结束语

通过不同方法手段对汴西新区地热地质特征的综合分析,基本明确了的地热资源赋存条件和规律,表明了开封凹陷带地热资源是十分丰富的。建议进行更详细的地热资源勘查工作,提高研究程度。使地热资源这一洁净能源尽快转化为经济优势,促进当地经济发展。

参考文献

- [1] 齐玉峰,王现国,王关杰,等. 开封凹陷区地热资源开发利用与保护[J]. 地下水, 2007, 4.
- [2] 张娟娟,刘记成,王现国,等. 开封凹陷区地下热水的化学特征[J]. 地下水, 2007, 4.
- [3] 田廷山,李明朗,白治,等. 中国地热资源及开发利用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2006.
- [4] 陈墨香,华北地热[M]. 北京: 科学出版社, 1988.

(下转第 71 页)

(2) 水源地勘察中, 必须保证该水源地处于正均衡状态, 故补给量宜大于或等于排泄量, 在冲积平原补给来源主要有大气降水入渗补给、地表水补给、农业灌溉回渗补给、地下水径流补给等; 排泄途径主要有地下水蒸发、人工开采、地表水排泄、地下水排泄等。

综上所述, 地下水资源量的计算直接影响资源评价中允许开采量的精度, 加强地下水资源量的计算, 有利于提高水源地勘察报告的质量, 有利于提高资源评价的精度。□

参考文献

- [1] 王大纯, 张人权, 史彩虹, 等. 水文地质学基础[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [2] 冯斌, 郭新体. 豫东平原上第三系深层地下水若干水文地质参数探讨[J]. 河南地质, 2000(1).

On Calculation of Groundwater Resources in Plain Area by Balancing Method

GUO Xin-ti

(No.4 Geology and Mineral Resources Survey Institute of Geology and Minerals Investigation Bureau of Henan province, Shangqiu 4766000, China)

Abstract: The paper systematically elaborates the contents and requirements of the calculation of groundwater resources from alluvial plain water source. Combined with the water source of Li Zhuang, Shangqiu in Henan Province, we have conducted calculation of groundwater resources, and pointed out its importance in water source investigation.

Keywords: alluvial plain; groundwater resources; investigation of the water source; Xiaolizhuang

(上接第68页)

Analysis of the Characteristics of Geothermal Resources in Bianxi New Developing Region of Kaifeng City, Henan Province

ZHANG Tian-zeng Lü Zhi-tao WANG Wei-feng

(The Fifth Geological Prospecting Institute from Henan Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Xuchang 461000, China)

Abstract: Bianxi new developing region is an important support area of Zhengzhou - Kaifeng - Luoyang industrial corridor, and an important carrier of the economic development of Kaifeng City. Through a comprehensive analysis of the geothermal geological features of Bian Xi new developing region by using different methods, we have basically figured out the occurrence conditions and rules of geothermal resources, and the boundary, thermal storage characteristics and burial conditions of geothermal field as well as the characteristics of geothermal fluid flow field, its dynamic condition, physical geography and geothermal field. We have established an initial thermal model, conducted calculation and assessment of geothermal resources and geothermal recoverable resources, and made an evaluation of the quality of geothermal fluid. Finally, we have worked out that the geothermal resources in the depression belt of Kaifeng City are very abundant.

Keywords: geothermal resources; distribution characteristics; analysis and research; new district of western Kaifeng