

郑州市区断裂深循环型地热资源计算与评价

李学问, 师 晶, 刘玉梓, 庞 良, 彭 妮
(河南省地质矿产勘查开发局测绘队, 河南 郑州 450006)

[摘 要] 地热资源是一利用前景广阔的新型清洁能源。对郑州市区断裂深循环型热储模型进行了分析, 采用积存热量法(体积法)对断裂深循环型地热资源进行了计算与评价, 最后提出建议: 建议河南省加大地热资源勘查投入力度, 严格执行有关行业标准, 进行系统的地热勘查评价工作。

[关键词] 地热资源; 积存热量法; 断裂深循环型

[中图分类号] TK521⁺.2 [文献标识码] B [文章编号] 1004 - 1184(2009)06 - 0140 - 03

Calculation and assessment of fracture deep - circulation geothermal resources in Zhengzhou urban area

LI Xue - wen, SHI Jing, LIU Yu - zhi, PANGLiang, PENG Ni

(Henan Provincial Bureau of Geo - exploration and Mineral Development Mapping Team, Zhengzhou, 450006)

Abstract: Geothermal resources, which has a broad future for utilization, is a new clean eco - friendly energy. This essay will be concentrated on analyzing the fracture deep - circulation reservoir modeling in Zhengzhou urban area, thereby calculate and assess fracture deep - circulation geothermal resources with Storking - heat method(Volume method), in order to provide reference for geothermal resources exploration and assessment.

Key Words: geothermal resources, Storking - heat method, fracture deep - circulation, Zhengzhou urban area

0 引言

地热资源是指储存于地下、具有一定质量和数量、可供开发利用的地热能和地热流体。地热资源是一种可再生的新型清洁能源, 也是一种特殊的矿产资源, 利用前景广阔。

郑州为河南省省会, 是全国区域中心城市之一。近年来随着经济快速发展、城市规模不断扩大、人口急剧增长, 能源消耗大幅增加, 能源和环境保护问题日益突出。郑州市区蕴藏有较丰富的地热资源, 开发利用地热资源对构建资源节约型和环境友好型社会、促进节能减排战略目标的实现等都具有重要意义。郑州市区的地热开发始于 20 世纪 80 年代初, 进入 20 世纪 90 年代, 形成高潮, 持续至今。近年来, 大量针对郑州市区地热资源的勘查评价工作, 对地热资源的合理有序开展, 起到了重要指导作用。

1 自然地理

郑州市位于河南省中部, 地理坐标: 北纬 34°32' ~ 34°57', 东经 113°26' ~ 113°52'。市区建成区面积 294 km², 人口 354 万人。

郑州市区属暖温带大陆性季风气候, 四季分明。多年平均气温 14.25℃, 年平均降水量为 629.7 mm, 多年平均蒸发量 1 853.2 mm, 多年平均相对湿度 66%。

京广铁路以西为南、北高的黄土台塬及中间较低的塬前冲、洪积岗地, 京广铁路以东地区为黄河泛流平原。

2 热储模型

郑州市区尖岗断层以南山前地带属断裂深循环型热储类型。NE 向梨园河断层与近 EW 向三李北断层、三李南断层的交汇, 为地下水运移提供了良好通道。寒武系、奥陶系灰岩岩溶发育, 含水性好, 为地下水深循环提供了运移空间和水源条件。沟谷深切, 为温泉出露提供了地形条件。松散盖层很薄, 不起隔热保温作用。

区域热流从底部供热, 对流传热。南部五指岭 - 白家寨背斜轴, 相当于地表分水岭部位, 为其补给边界, 北部郭小寨断层为其阻水边界。两边界之间为独立的对流型地热系统。大气降水、地表水在补给区沿裂隙、断裂构造破碎带下渗、汇集, 进行深循环, 地下水在径流过程中不断吸取围岩热量, 形成不同温度的地热流体。地热流体在从补给区到排泄区的对流过程中, 形成

[收稿日期] 2009 - 09 - 10

[作者简介] 李学问(1982 -), 男, 河南焦作人, 助理工程师, 主要从事水文地质、工程地质与环境地质工作。

一个环流系统。地热流体自西向东运移过程中,遇北东向断裂受阻后,沿北东向断裂通道上涌,溢出地表形成三季温泉和地热异常区。见图1。模型中,山区地表的箭头表示补给区接受大气降水补给,沿断裂向下的箭头表示地下水沿断裂带向深部运移、循环加热。沿断裂向上的箭头表示循环加热后的地下水向上运移,最终出露地表,形成温泉和地热异常区。下部向上的箭头表示大地热流供热,对流传热。

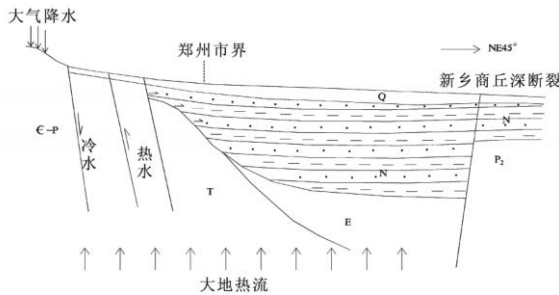


图1 地热系统概念模型

3 计算方法

3.1 计算原则

分别计算500 m和1000 m深度内热储中的储存热量、储存地热流体量、地热流体可开采量及其可利用的热量。

3.2 计算方法

积存热量法(体积法)是目前国内较为常用的断裂深循环型地热系统地热资源的计算方法,其计算公式为:

$$Q_R = [C_w w + (1 -)C_c c]V(t_r - t_j) \quad (1)$$

$$Q_s = V \quad (2)$$

$$Q_r = C_w w V(T - T_0) \quad (3)$$

式中: Q_R 为计算深度内的积存热量(J); Q_s 为计算深度内的积存热水量(m^3); Q_r 为计算深度内积存热水中的热量(J); Q 为热储裂隙率(%); C_w 为热水的比热(J/kg·°C); w 为热水密度(kg/m^3); C_c 为岩石比热(J/kg·°C); c 为岩石密度(kg/m^3); V 为热储体积(m^3); t_r 为热储温度(°C); t_j 为基准温度(当地地下恒温层温度或年平均气温, °C)。

三季温泉出露区属断裂深循环对流型地热系统,热水在浅部与冷水混合程度随深度的增加而减小,其热储面积随深度的增加而增加,因此,热储的几何形态实际上为一个椭圆锥体(图2)。

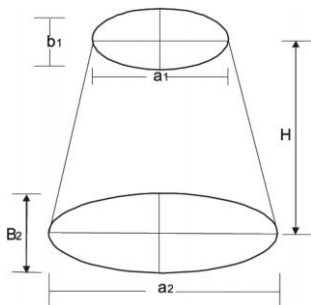


图2 热储体积计算示意图

设地热田沿热水主通道所在的主断裂方向呈椭圆分布,地

热田中心为坐标原点,则地热田面积可用椭圆方程式来描述:

$$x^2/a^2 + y^2/b^2 = 1 \quad (4)$$

式中: a 、 b 为椭圆的长轴和短轴。

$$\text{椭圆面积 } S = \pi ab/4 \quad (5)$$

热储体积(椭圆锥体体积)按下式计算:

$$V = 1/3 H (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}) \quad (6)$$

式中: V 为热储体积(m^3); S_1 为地表热储面积(m^2), $S_1 = \pi a_1 b_1/4$, a_1 地表椭圆的长轴(m), b_1 地表椭圆的短轴(m); S_2 为计算深度处热储面积(m^2), $S_2 = \pi a_2 b_2/4$, a_2 计算深度处椭圆的长轴(m), b_2 计算深度处椭圆的短轴(m); H 为计算热储厚度(m)。

$$\text{则: } V = 1/3 H (\pi a_1 b_1/4 + \pi a_2 b_2/4 + \frac{\pi}{4} \sqrt{a_1 b_1 a_2 b_2})$$

$$= 1/12 H \pi a_1 b_1 (1 + \frac{a_2 b_2}{a_1 b_1} + \sqrt{\frac{a_2 b_2}{a_1 b_1}})$$

令 $\frac{a_2 b_2}{a_1 b_1} = k$, k 为底、顶板热储面积的比例系数,

则:

$$V = 1/12 H \pi a_1 b_1 (1 + k + \sqrt{k}) \quad (7)$$

3.3 主要计算参数

3.3.1 几何参数

(1)椭圆长、短轴(a 、 b)

根据三季温泉、热水钻孔、热水民井出露和分布范围,初步推测三季地热田面积约8.0 km^2 。据漳州断裂深循环对流型地热田前人试验研究资料, $a/b \approx 2$ 。根据三季地热田面积,假设三季地热田热储顶板椭圆北西向长轴(a)长4000 m,北东向短轴(b)长2000 m。

(2)热储顶板埋深(H_1)

三季地热田第四系覆盖厚度有薄有厚,温泉出露区寒武系灰岩有出露,远离温泉出露区第四系覆盖厚度较厚,最厚可达100 m。本次地热资源计算,第四系覆盖厚度取50 m,即热储顶板埋深50 m。

(3)不同计算深度热储底板埋深(H_2 、 H_3)

取500 m和1000 m;

(4)不同计算深度热储厚度(h_1 、 h_2);

取450 m和取950 m;

(5)热储顶板面积

根据椭圆面积公式(5),热储顶板面积为:

$$S_1 = \pi ab/4 = 4000 \times 2000/4 = 6283185.31 \text{ m}^2。$$

(6)不同计算深度处的热储面积

由于三季地热田缺少勘探数据,不同计算深度椭圆长、短轴(a_2 、 b_2)无法确定,底、顶板热储面积比例系数(K)也就无法确定。因此,参照漳州断裂深循环对流型地热田前人试验研究资料,热储底、顶热储面积的比例系数,确定不同计算深度处的热储面积。漳州地热田计算深度500 m处的面积与地表面积之比为1.683 9,计算深度1000 m处的面积与地表面积比

为2.545 0。

参考漳州地热田 500 m 计算深度和 1000 m 计算深度处的面积与地表面积比,计算三李地热田不同计算深度处的热储面积为:

500 m 计算深度处的面积 $S_2 = 10\,555\,751.32\text{ m}^2$;

1 000 m 计算深度处的面积 $S_3 = 15\,959\,290.69\text{ m}^2$ 。

3.3.2 物理参数

- (1)热储裂隙率(),由地热田四周向中心逐渐增加,一般5 % ~ 8 %,取8 %;
- (2)热水的比热(C_w),取4180 J/kg ;

- (3)热水的密度(ρ_w),取1000 kg/ m³;
- (4)岩石的比热(C_r),取920 J/kg (石灰岩);
- (5)岩石的密度(ρ_r),取2700 kg/ m³ (石灰岩);
- (6)热储温度(t_r),取50 ;
- (7)基准温度(t_j),取郑州市区恒温带温度17 。

3.4 地热资源计算

3.4.1 地热资源计算

按上述给定参数分别代入(1)、(2)、(3)式,分别计算 500 m 和 1000 m 深度内的地热资源量。见表 1。

表 1 地热资源计算成果一览表

计算深度(m)	热储顶板面积(m ²)	热储底板面积(m ²)	热储体积(m ³)	积存热量(J)	积存热水量(m ³)	热水中积存热量(J)
500	6 283 185.31	10 555 751.32	3.75 ×10 ⁹	3.24 ×10 ¹⁷	3.00 ×10 ⁸	5.17 ×10 ¹⁵
1000	6 283 185.31	15 959 290.69	10.2 ×10 ⁹	8.83 ×10 ¹⁷	8.17 ×10 ⁸	1.13 ×10 ¹⁷

3.4.2 地热资源可开采量计算

开采年限按 100 年计算,设热水的回采系数为 0.25,分别计

算 500 m 和 1000 m 深度内的地热资源可开采量。见表 2。

表 2 地热资源可开采量计算成果一览表

计算深度(m)	年可开采热量水量(m ³)	天可开采热量水量(m ³)	小时可开采热量水量(m ³)	年可利用热水中热量(J)	年可利用热水中热能(KW _t)
500	9.45 ×10 ⁵	2.05 ×10 ³	85.56	1.29 ×10 ¹³	3.58 ×10 ⁶
1000	20.4 ×10 ⁵	5.60 ×10 ³	233.01	2.82 ×10 ¹⁴	7.83 ×10 ⁷

注:年可利用热水中热能=年可利用热水中热量/3 600 000

3.5 地热资源评价

3.5.1 地热资源量、可开采量及可利用热能评价

500 m 深度内积存热量为 3.24 ×10¹⁷ J,积存热量水量 3.00 ×10⁸ m³,热水中积存热量 5.17 ×10¹⁵ J;年可开采热水 9.45 ×10⁵ m³,每天可开采热水 2.05 ×10³ m³,每小时可开采热水 85.56 m³,年可利用热水中热能 3.58 ×10⁶ KW_t。

1000 m 深度内积存热量为 8.83 ×10¹⁷ J,积存热量水量8.17 ×10⁸ m³,热水中积存热量 1.13 ×10¹⁷ J;年可开采热水 20.4 ×10⁵ m³,每天可开采热水 5.6 ×10³ m³,每小时可开采热水233.01 m³,年可利用热水中热能 7.83 ×10⁷ KW_t。

3.5.2 地热田规模评价

利用地热资源计算年限为 100 年,500 m 深度内年可利用热水中热能 3.58 ×10⁶ KW_t,<10 MW_t,属小型地热田;1000 m 深度内年可利用热水中热能 7.83 ×10⁷ KW_t,属大型地热田。

4 存在问题与建议

4.1 存在问题

郑州市地热开发起步较晚,而且从未按照《地热资源地质勘查规范(GB11615 - 89)》系统的进行地热资源勘查,前期所施工的地热井大多由企业自主投资,所取得的地热资料,残缺不全,

本次工作中由于缺少地热资源评价的岩石孔隙度、岩石密度、渗透性能等有关主要参数,所计算的地热资源量只相当于推测地热资源,有待完善。

4.2 建议

针对郑州市地热资源勘查工作存在的上述主要问题,建议河南省和郑州市加大地热资源勘查投资力度,严格按照《地热资源地质勘查规范(GB11615 - 89)》、《地热资源勘查规范(GB/T11615 - 200X)》(征求意见稿)和《地热资源评价方法》(DZ40 - 85),进行系统的郑州市的地热资源勘查评价工作,为地热资源的合理开发和有效保护提供依据。

参考文献

[1]刘玉梓、彭妮、李学问,等. 郑州市区东部地热资源普查[R]. 郑州:河南省地质矿产勘查开发局测绘队,2008.

[2]田东升、张青锁,等. 河南省郑州市地热资源普查与开发利用保护[R],郑州:河南省地质环境监测院,2006.

[3]陈墨香、汪集旻、邓孝,等. 中国地热资源 形成特点和潜力评估[M]. 北京:科学出版社,1994.

[4]L. Rybach L. J. P. Muffler 编,北京大学地质学系地热研究室译. 地热系统——原理和典型地热系统分析[M]. 北京:地质出版社,1986.