

江西省石城县烧水湖地热水成因及资源量评价

祝爱明¹ 涂玲艳² 付检根¹

1. 江西省核工业地质调查院 江西 南昌 330008;

2. 江西省地质局工程地质大队 江西 南昌 330002

[摘要]江西省赣南地区地热资源丰富,为合理有效对地下热储资源进行开采,需对地热源区的地下热水成因及其资源量进行分析。本文主要在研究区已有地热探勘资料的基础上,通过对地温场特征、热储特征进行地热水形成条件分析,并结合地下水抽水试验进一步分析地下热水资源量的评价。结果表明,研究区地热田主要受F1构造控制,热储呈带(脉)状分布的对流型构造裂隙地热水模型。地热区的热储层分布在103.88~398.85m, SiO₂温标下的热储温度为104.18~106.51℃,热储最大埋深为1614.92m。地下水通过大气降雨及河流侧面补给,经由断裂构造带以对流形式进行径流与排泄,地下热水可开采量为2816.59 m³/d。结果可为研究区内的地下水综合利用提供理论基础和进一步开发依据。

[关键词]地热资源;地热水;成因分析;资源量评价

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1239

前言

地热水是一种自然环境中的可再生的综合性矿产资源,与人类及生态环境可持续发展有着密不可分的联系^[1-2]。江西省赣南地区地热资源丰富^[3],因此对其进行地热水成因及资源量评价对当地地热资源开发尤为重要。

当前国内对地热资源的研究众多,但主要集中在地热水勘查技术及地热水成因^[4-7],江西省内对地热资源的研究主要集中在地热分布特征、勘查及找矿预测等方面^[8-11],对可开采资源量的评价却很少。本文主要通过地温场特征、热储特征及抽水试验对江西省东南部石城县烧水湖地热水的地热水成因研究的基础上进行资源量评价,为当地地热水的合理有效开发利用提供理论依据。

1 研究区概况

1.1 自然地理条件

研究区为江西省东南部地热源区,位于武夷山西麓,属亚热带季风气候,平均气温18.3℃。雨量充足,无霜期长,年均降雨量为1748.6mm。研究区主要为构造剥蚀低山、丘陵及河流冲积平原等地貌,海拔为300~600m,植被发育,地形坡度小于50°。研究区内风化作用较强烈,土质贫,多为红壤、黄红壤。水系较发达,有两条小溪,从北至南纵贯研究区。

1.2 地质条件概况

研究区主要为震旦~南化系洪山组、侏罗系上统兜岑群、白垩系上统圭峰群和赣州群及第四系地层。地处华夏系和华夏复式构造带,主要发育驿前~田埠断裂带的小松断层,构造运动强烈,岩浆活动较为频繁。沿断层两侧常见硅化破碎带,于烧水湖一带见温泉出露。

2 地热地质条件

研究区出露岩浆岩主要为加里东期岩浆岩,地貌上组成构造剥蚀低山丘陵地形,岩性以中粗粒似斑状钾长花岗岩为主。发育北东向F1主干深大断裂,该断裂由北向东一直延伸到区外,是烧水湖温泉形成的控制构造。出露情况较好,倾向南东,倾角约为80°,为压扭性断裂。其中的断层破碎带

内岩石破碎,发育多组节理、裂隙,具备地下水赋存径流空间,沿断裂带走向有温泉出露。

3 地温场特征

3.1 垂向特征

通过钻探系统测温结果(表1),计算出恒温层至各孔内最高温度段的地热增温率。结果表明,地热田地温梯度为7.93、10.76℃/100m之间,均大于区域地温梯度值(2.5~3.0℃/100m),地热田地温异常显著。在垂向上,随深度的增加,地热水温度增高,而且当遇到F1断裂破碎带或裂隙密集带,地下水温及水量都突然增大。表明研究区热田地温场垂向分布主要受F1断裂的控制。

表1 钻孔测温统计及地热增温率结果表

钻孔项目	ZK1		ZK2	
	孔深/m	温度/℃	孔深/m	温度/℃
1	51.2	25	101	28.1
2	103	26	150	30.2
3	146	40.5	202	31.9
4	179	41.5	225	39.8
5	2558	45.4	236	41.8
6	305	46	253	42.4
7	382	47.4	276	45.9
8	/	/	285	45.9
9	/	/	293	48.2
10	/	/	301	47.3
ΔT	7.93		10.76	
深度/m	415.94		316.08	

3.2 平面特征

根据研究区钻孔ZK1、ZK2孔口最高水温48.5℃、44.8℃、泉水水温41.0℃,孔口水温平面等值线以F1压扭性断裂构造为界,其形状表现为一半圆~椭圆状,其长轴方向基本与F1走向垂直;温度极大值位于ZK01孔及其附近,沿该部位向四周扩散温度呈逐渐降低趋势,等值线呈收敛之势,且朝靠近F1断裂方向,水温逐渐下降,揭露温度高处也是F1断裂带揭露深度较深处。

表2 单孔及多孔抽水试验资料汇总表

孔号	抽水孔								观测孔	
	水头高度 m	含水层厚度	稳定延续时间	水位降深	流量	单位涌水量	孔口水温	钻孔半径	孔号	水位降深 m
		m	h	M	L/s	L/s·m	℃	m		
ZK1	3.60	20.5	68.0	6.37	17.11	2.69	48.2	0.055	ZK02	2.03
	4.00		45.0	8.48	21.39	2.52	48.5		ZK02	2.83
ZK2	1.50	47.5	34.0	32.8	4.459	0.136	44.8	0.045	--	--

表3 各钻孔水文地质参数汇总表

孔号	含水层厚度 (m)	降深 (m)	流量 (m ³ /d)	不考虑观测井		考虑观测井		取值	
				渗透系数 (m/d)	影响半径 (m)	渗透系数 (m/d)	影响半径 (m)	渗透系数 (m/d)	影响半径 (m)
				ZK01	20.5	6.37	1478.30	15.54	251
		8.48	1848.10	15.06	329	18.18	362	18.18	362
ZK02	47.5	32.8	385.26	0.33	188	--	--	0.33	188

4 热储特征

4.1 地热储层特征

根据两钻孔裂隙密集带（断裂带）位置及地温场垂向变化特征可知，研究区热储层具多层性，其中 ZK01 的热储层主要分布在 103.88~112.79m、138.29~142.28m 和 391.25~398.85m，总厚度 20.5m；ZK02 的热储层主要分布在 203.00~225.77m、255.00~268.77m 和 287.08~298.04m，总厚度 47.5；总体地热区的热储层分布在 103.88~398.85m。

4.2 热储温度及埋深估算

研究区揭露地热资源属低温地热资源，为温热水，以液态相产出，不存在蒸气损失，热储埋藏深度较浅。由于热储具半开放特征，地热水中混入了一定浅层地下水中的 K⁺、Na⁺。因此，本地热田采用无蒸气损失的石英温标公式来估算热储温度，热储埋深取 SiO₂ 温标所对应的最大埋深。结果表明，热储温度计算结果为 SiO₂ 温标法 104.18~106.51℃，由此估算得热储最大埋深为 1614.92m。

5 地热水资源量评价

5.1 实验参数确定

由于研究区两钻孔距离较近，本次研究先以 ZK2 进行单孔抽水实验，后续以 ZK1 作为抽水孔、ZK2 作为观测孔进行多孔抽水试验，由于工程因素条件制约，ZK2 单孔抽水试验仅做一次降深的稳定流抽水试验，多孔抽水试验仅做两次降深实验，且中间存在短时间的间隔。钻孔间距为 59.98m，抽水实验结果如表 2、表 3。

根据裘布依公式计算渗透系数及影响半径，按照曲度公式计算结果来确定曲线类型，再求取经验公式的待定系数。结果表明，关系曲线类型为指数型，其方程为：

$$Q = 347.18^{1.273} \sqrt{S_w}$$

5.2 地热水可开采量评价

本次研究以经验公式外推法进行可开采量计算。设计最

大降深为实际最大降深 8.48m 的 1.75 倍，即 S_设 = 14.84m。计算可得研究区地热田最大可开采量为 Q = 2865.30 m³/d。

由于 ZK2 水位随季节性波动程度轻微，变异系数为 6.1%。因此，以 ZK2 稳定段水位变异系数对地热流体可开采量进行折减，公式如下：

$$Q = \gamma_s Q_0 \quad \gamma_s = 1 - \left(\frac{1.704}{\sqrt{n}} + \frac{4.678}{n} \right) \delta \dots \dots \dots (1)$$

式中：Q 为修正后地热流体可开采量，m³/d；Q₀ 为修正前地热流体可开采量，m³/d；γ_s 为统计修正系数；δ 为变异系数；n 为观测次数，为 39。

结果表明，研究区地热流体自然边界条件下的统计修正系数为 0.983，可开采量为 2816.59 m³/d，水温取 ZK1 稳定出水时的孔口水温，即 48.5℃。

结论

(1) 研究区热储层具多层性，总体热储层分布在 103.88~398.85m。SiO₂ 温标法下热储温度 104.18~106.51℃，热储最大埋深为 1614.92m。

(2) 结果表明本地热区热储以对流传导为主、平面上呈条带状延伸、具有有效空隙和渗透性、属花岗岩构造裂隙型热储构成的小型中低温地热田。

(3) 研究区地下水抽水实验关系曲线为指数型，其方程为：，修正后的地下水可开采量为 2816.59 m³/d，地下水出露温度为 48.5℃。

参考文献

[1] 辛田军. 江西省温汤地热田地热水成因机理及开发利用前景[D]. 南京大学, 2016.
 [2] 李国宝. 江西省地热资源形成与分布特征浅析[J]. 科技资讯, 2015, 13(23): 25-27.
 [3] 杨连伟, 周玉才, 余瑜, 等. 江西井冈山曲潭地热水成因及水化学特征分析[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(23): 8-13.