

广东省从化市流溪温泉热矿水资源 特征及成因

苏 扣 林

(广州市地质调查院, 广州 510440)

摘 要 地热资源为可用于旅游、医用浴疗等功能的宝贵矿产资源, 它的形成需要特定的地质构造条件。本文通过对从化市流溪温泉热矿水资源地热田特征、热流体特征等质量评价, 并利用水文地球化学方法、可控源大地电磁测深 (CSAMT) 等方法对地热田成因进行了分析, 为合理开发利用地热流体资源提供了地质依据。

关键词 从化流溪温泉 地热资源 成因分析 地热田 热流体;

流溪温泉热矿水资源地热田位于广东省从化市良口镇高沙村, 沿流溪河呈带状展布, 天然温泉产于流溪河中, 有三眼泉呈北东向排列, 水温 $30 \sim 65^{\circ}\text{C}$ 。该区自 1976 年至 1997 年由广东省多家地质队开展了多次地质调查、物探、钻探工作, 共建热矿水井 12 个。据初步统计, 全区热矿水井单孔出水量累计 $63\,244.6\text{ m}^3/\text{d}$, 水温 $37 \sim 65^{\circ}\text{C}$, 热矿水主要用于旅游、医用浴疗等。

1 地质构造

热田区内的断裂分为北东向广从断裂 (F_1) 和北西向 F_2 断裂 (图 1)。广从断裂为区域内主要断裂, 其南起广州越秀山, 北至从化良口, 长约 120 km, 总体走向 $20 \sim 30^{\circ}$, 倾向北西, 倾角 $60 \sim 75^{\circ}$; 构造带类型复杂, 有硅化, 构造角砾岩化和糜棱岩化构造带, 该断裂经历了多次不同性质的活动。 F_2 断裂为区内次一级断裂, 据可控源大地电磁测

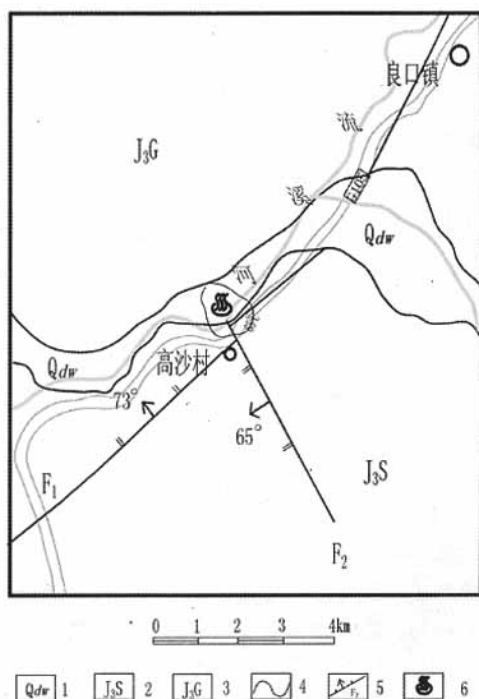


图 1 区域地质构造图

1. 第四纪大湾镇组洪冲积层; 2. 石门单元花岗岩;
3. 高桥单元花岗岩; 4. 地质界线; 5. 断裂及编号; 6. 热泉

深(CSAMT)资料,该断裂切割较深,具有低阻性,走向 320° ,倾向南西,倾角 $60\sim 75^{\circ}$,构造带类型为硅化构造带,该断裂错断广从断裂,与热矿水有较密切关系。

第四系大湾镇组(Q_{dw})洪冲积层沿流溪河呈带状分布,由砂质粘性土、粉细砂、中粗砂、砾石和卵石等组成,平均厚度21.65 m,第四系下伏地层为石炭系石磴子组(C_{sh})灰岩、大理岩化灰岩,北面分布有燕山期汤塘序列石门单元(J₃S)粗粒斑状黑云母二长花岗岩,南面分布有燕山期汤塘序列高桥单元(J₃G)中粒斑状黑云母二长花岗岩。

以上岩(土)层及地质构造构成了一个较完整碎屑岩类孔隙—裂隙承压—自流水含水层系统。

2 地热基本特征

地热田区内流溪河流域基本沿广从断裂带(F₁)分布,地热田中的地下水补给主要来源应为流溪河水渗入补给,次之为岩层孔隙水补给,大气降水、地表水和地下水的入渗富集,经深循环,水温不断升高,形成深层热水。热流体沿广从断裂带(F₁)向上运移,并通过次一级北西向F₂断裂带向石磴子组(C_{sh})灰岩、大理岩化灰岩传导并储集地热,形成受断裂控制的带状热储,推算热储温度 104°C ,第四系洪冲积层和花岗岩为热盖层。

3 热流体特征

3.1 地下水化学类型

常温水水化学类型为 $\text{HCO}_3 - \text{Na}$, pH值在 $5.4\sim 7.1$,平均值6.4,为弱酸—中性水, Cl^- 为 $2\sim 19\text{ mg/l}$,平均值 6.6 mg/l , F^- 为 $0.06\sim 0.87\text{ mg/l}$,平均值 0.31 mg/l ,总硬度为 $5\sim 155\text{ mg/l}$,平均值 59.0 mg/l 。热矿水水化学类型为 $\text{HCO}_3 - \text{Na}$, pH值在 $7.7\sim 8.3$,平均值7.9,为弱碱性水, $\text{K}^+ + \text{Na}^+$ 为 $59.29\sim 68.30\text{ mg/l}$,平均值 63.80 mg/l , HCO_3^- 为 $140.96\sim 167.20\text{ mg/l}$,平均值 158.25 mg/l , F^- 为 $10.68\sim 12.00\text{ mg/l}$,平均值 11.34 mg/l ,偏硅酸为 $99.76\sim 101.32\text{ mg/l}$,平均值 100.54 mg/l ,总 α 为 0.07 Bq/l ($0.189\times 10^{-11}\text{ g/l}$),总 β 为 0.14 Bq/l ($0.378\times 10^{-11}\text{ g/l}$), ^{228}Ra 为 $9.4\times 10^{-3}\text{ Bq/l}$ ($2.538\times 10^{-13}\text{ g/l}$),天然U为 $2.9\times 10^{-7}\text{ g/l}$,天然Th为 $1.9\times 10^{-7}\text{ g/l}$,属弱放射性水, ^{222}Rn 异常点119个,异常最高值2178脉冲/秒,含量在 $4.7\sim 53.4$ 马赫($63.3\sim 719.2\text{ Bq/l}$)。

3.2 地热田热储量温度

根据《地热资源地质勘查规范》(GB11615-89)附录A,利用地球化学温标来估算温泉区热储温度,预测地热田的潜力。

该地热田计算方法采用中低温地热田类型的钾镁地热温标计算方法,公式为:

$$t = \frac{4418}{13.98 - \lg(c_1^2/c_2)} - 273.15$$

式中: t —热储温度, $^{\circ}\text{C}$;

c_1 —水中钾的浓度, mg/L;
 c_2 —水中镁的浓度, mg/L。
该区热储温度计算结果见下表 (表 1)^①。

表 1 地热田区热储温度计算结果				
孔号	钾的浓度 (mg/l)	镁的浓度 (mg/l)	计算结果 t (℃)	
			单值	平均值
ZK3	3.52	0.05	108	104
ZK8	3.62	0.09	100	

3.3 地热田水质评价

依据《地热资源地质勘查规范》附录《医疗热矿水质标准》(热矿水温度 25℃), 该地热田氟、偏硅酸等多种成分矿水浓度均超过标准规定的有医疗价值浓度。
热矿水富含偏硅酸、含氟离子和特殊性气体成分及少量射气氦, 多项指标达到或超过《医疗热矿水水质标准》有医疗价值浓度, 其中氟超过 5 倍以上, 偏硅酸超过 2 倍, 水质较好。
热矿水井口水温介于 37~65℃, 一般多为 50~60℃, 温度适中, 属温热水。适宜开发作为旅游业、医用浴疗用水。

4 地球物理特征

4.1 地球物理特征

可控源大地电磁测深法 (简称 CSAMT) 是以有限长接地电偶极子为场源, 在距偶极中心一定距离处同时观测电、磁场参数的一种电磁测深法, 本次收集流溪地热田区 CSAMT 实测剖面 11 条^②, 区内基本可见三个电性层: 高阻层、低阻层、极低阻层。高阻层主要是石灰岩和花岗岩, 少数为地表砂卵石层, 视电阻率大于 1 000Ω·m; 低阻层有表层粘性土, 含水的砂等, 电阻率 50~100Ω·m 左右; 极低阻层往往是断裂构造的反映。由于地下热矿水赋存、运移与断裂构造密切相关, 故极低阻层也是热矿水的反映, 视电阻率小于 30Ω·m。氦气异常除在温泉出露点反映出异常峰值达 700 脉冲/2 分钟外, 温泉点外围其他地段异常峰值多在 100~200 脉冲/2 分钟, 而背景值为 20~50 脉冲/2 分钟。
流溪温泉地热田区内电性差异明显, 深部氦气沿断裂向上迁移至地表土壤层中, 具备电法测量和土壤氦气测量的条件。

4.2 地温场特征

根据地热田区热矿水井孔口水温, 并利用地质界线和热泉点, 圈出热矿水井孔口水温等值线图 (地温 65.0℃) 有呈北西向展布的迹象, 与 F_2 断层走向基本相吻合; 等温热线中心线形态总体则是呈北东向展布的, 与该方向的广从断裂带 (F_1) 走向基本相吻合。

5 讨论与结论

1. 成因分析: 地热田区内地质构造是形成热田异常的基本条件, 广从断裂带 (F_1) 和

① 广州市地质调查院, 广东省从化市流溪温泉旅游度假区热矿水资源地质详查报告 [R], 2003
② 广东省有色地质勘查局九三五队, 广东省从化市温泉—良口热矿水物探勘查报告 [R], 1996

次一级北西向 F_2 断裂带为地下地热水提供了良好的赋存场所和运动通道, 石磴子组 (Csh) 灰岩、大理岩化灰岩为热田区主要热储, 第四系洪冲积层和花岗岩为热盖层。

2. 氦气异常: 地热田区 ^{222}Rn (氦) 含量异常最高值 2 178 脉冲/秒, 含量在 4.7 ~ 53.4 马赫 (63.3 ~ 719.2 Bq/l), 说明区域性深大断裂是主要控热、控热水断裂, 而该断裂目前仍有进一步活动迹象。

3. 氟气异常: 地热田区常温水与热矿水最大的区别就是含氟量的差异很大, 常温水微含氟 (F^-) 0.06 ~ 0.87 mg/L; 热矿水富含氟 (F^-) 8.50 mg/L, 两者相差 10 倍以上, 造成氟 (F^-) 异常原因大致有两个方面原因, 一是碳酸盐岩中少量的萤石溶解、热解形成氟气源, 从野外施工的钻探中地热水对石磴子组灰岩有明显的热接触蚀变作用, 在 95℃ 以上可分解碳酸盐岩中少量的萤石, 生成氟气; 二是来自上地幔挥发性物质如氟气, 通过深大断裂上移造成地热田氟异常。

4. 该地热田区地下热水资源有较大潜力, 可在已有资料的基础上, 规划出合理的开发利用方案, 并加强环境保护, 预防热水中的氟对环境的影响。