

广东省清新县三坑地热田的勘查发现与开发前景

刘俊洪, 陈 斌, 何振邦

(广东省地质物探工程勘察院, 广州 510800)

[摘 要]广东省地质物探工程勘察院采用地质测绘、地球物理勘探、钻探等综合方法, 勘查发现了三坑地热田, 该地热田的热储类型为岩溶裂隙型, 其地热流体储存量丰富, 质量良好, 综合规模达到中型, 并有很高的医疗保健价值, 综合利用前景广阔, 具有很大的开发前景。

[关键词]三坑地热田 勘查发现 热储类型 热储规模 医疗保健价值 开发前景

[中图分类号]P641.1 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2004)S0-0045-04

三坑地热田位于广东省清新县三坑镇西北部, 北江中下游三坑河支流冲洪积平原与丘陵交替处, 是近年来由广东省地质物探工程勘察院勘查发现的热水型地热田, 目前地热田已开发, 建起了“清新温矿泉旅游度假区”和“中国足协清新足球训练基地”。

1 三坑地热田的勘查发现与地质概况

1.1 三坑地热田的勘查发现

1.1.1 勘查方法

自1992年以来至今, 广东省地质物探工程勘察院采用地热地质测绘、地球物理勘探、钻探等综合方法, 在清新县三坑镇西北部开展以寻找地下热水为目的的地质勘查工作。

地热地质测绘主要是对地热田及周边地层和地质结构构造以及地表热显示进行调查、分析和研究。

物探方法选用电法(复合联合剖面法、电测深法)、瞬变电磁法和2m微地温测量法。由于地热流体主要赋存与浅部灰岩构造裂隙和岩溶裂隙中, 其与灰岩电性差异大, 因此, 采用上述方法勘查, 异常特征明显。其中, 电法表现为低阻异常, 显示主体断裂构造和岩溶发育带的走向和展布; 瞬变电磁法也表现为低阻异常, 显示主体断裂构造和岩溶的具体位置; 2m微地温测量能直接圈出近地表的地温场, 高温异常区很可能就是地热流体分布区。各种物探异常的叠加处, 是地热流体的赋存部位。

钻探是在地热异常显示调查、物探成果资料分

析和控热断裂构造研究的基础上进行的。其中, 根据综合物探成果布置探采结合钻孔21个, 成井15口, 成井率71.4%, 可见, 采用综合物探方法勘查, 效果良好。

1.1.2 勘查工作投入和工作成果

勘查工作分期分片进行, 共完成了地热地质测绘35km²、复合联合剖面法物理点1430个, 对称四极测深物理点305个、瞬变电磁法物理点685个、2m微地温测量点692个, 在此基础上, 先后布置了40个钻孔进行水文地质钻探和试验, 发现了面积达1.2km²的中型规模岩溶-裂隙型地热田—三坑地热田, 并在地热田内建成热水生产井18口, 备用井2口, 总涌水量达14005m³/d(不含备用井), 水温38~62.5℃。

1.2 地质概况

三坑地热田地处吴川—四会深大断裂带东北侧的三坑向斜岩溶盆地内。吴川—四会深大断裂带属压扭性断裂构造带, 为活动性断裂, 其深部蕴藏着岩浆、放射性物质蜕变和活动摩擦等多种成因的热源。三坑地热田的地下热水是大气降水沿着岩溶盆地西部丘陵山地的岩石裂隙下渗, 在深循环中受到上述断裂带热源体的加热, 并在静水压力作用下, 流入岩溶盆地, 与其常温水混合而成。

1.2.1 热储岩性

地热田热储层岩性以上泥盆统春湾组(D₃ch)灰岩为主, 部分为中泥盆统鼎湖山群(D₂dh)石英砂岩。灰岩呈深灰色, 隐晶—细晶质结构, 厚层状构

[收稿日期]2004-09-10; **[责任编辑]**曲丽莉。

[第一作者简介]刘俊洪(1974年-), 男, 1995年毕业于湖南长沙工业高等专科学校, 副主任工程师, 现主要从事水工环地质勘察工作。

造,矿物成分主要是方解石,含少量炭质。部分地段见挤压破碎和大理岩化现象。岩溶裂隙发育,溶洞较多。

1.2.2 热储构造

三坑地热田位于三坑向斜北西翼,三坑向斜轴线走向约 NE30°,长约 10km,向斜两翼为中泥盆统鼎湖山群(D₂dh)石英砂岩,呈丘陵山地出露于地表;核部由上泥盆统春湾组(D₃ch)灰岩、砂岩、页岩组成,其中灰岩主要分布于山前三坑河冲洪积平原,形成向斜岩溶盆地热储构造,具有良好的储热和汇水条件。

地热田位于北东向大坑口逆断层 F₁ 和后期的北西向九牛洞正断层 F₂ 交汇处附近(图 1)。大坑口断层是吴川—四会深大断裂带的主要断层之一,规模大,延伸长,切割了深部增温层,为储热构造;九牛洞断层横切大坑口断层,两侧岩石张性裂隙发育,为导热构造。

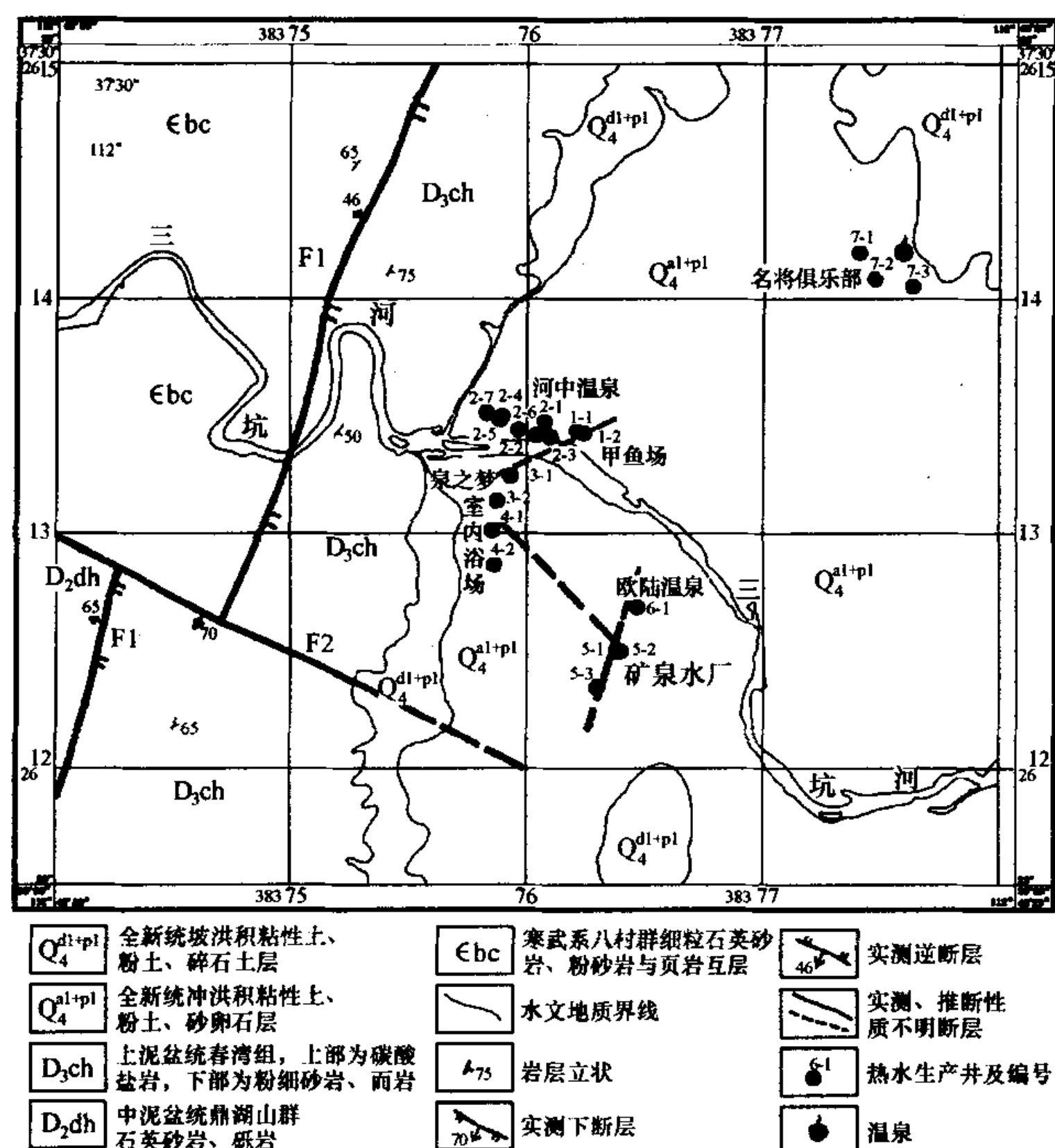


图 1 三坑地热田地质简图

受上述断裂构造控制和影响,三坑向斜盆地内也发育 NE、NW 向两组隐伏断裂,沿断裂走向,特别是两组断裂交汇部位,岩溶裂隙发育,在平面上呈“<”形的条带状分布,其发育深度普遍较浅。

根据勘查资料,地热田分布着河中温泉—甲鱼场,泉之梦—室内浴场,矿泉水厂—欧陆温泉 3 条岩溶发育带。其中,在矿泉水厂—欧陆温泉一带,存在两组分别为 NNE20°和 NW130°向的隐伏断裂,交汇于矿泉水厂附近。

2 热储类型和特征

2.1 热储类型

地热田西部是丘陵山区,是地下热水补给区,地势高,风化作用强烈;而且有 F₁ 和 F₂ 两组性质和方向不同的断层通过,构造裂隙发育,易于接受大气降水补给,并沿着岩石构造裂隙向深部下渗,逐渐受到增温层的地热加温,形成深循环高温热水。地热田东部是平缓的山前冲积平原,下伏灰岩岩溶发育,属向斜岩溶盆地,并有隐伏断裂通过,具备良好的储水储热空间。地热田地下热水是在水热对流系统中由深循环高温构造裂隙

水与浅循环常温岩溶水混合而成,并赋存于岩溶盆地的岩溶裂隙中,热储层介质以岩溶裂隙为主,热储类型属岩溶—裂隙型。

2.2 热储特征

岩溶型地热田具有地热流体储存量大,水温较低,动态稳定等特征。

1) 地热流体储量:岩溶裂隙型热储地热田热流体储量普遍丰富。三坑地热田到目前已建成 15 口热水井,在完工验收时均进行了自流量观测或延续时间不少于 24h 的抽水试验,单井涌水量 358.10 ~ 1013.52m³/d,总计涌水量为 10976.66m³/d。

2) 热流体温度:地下热水按水温分为:热水(60℃ ≤ t < 90℃),温热水(40℃ ≤ t < 60℃),温水(25℃ ≤ t < 40℃)。三坑地热田根据开发利用状况,一般要求成井水温 ≥ 40℃。目前已建成的 15 口热水生产井水温多为 40℃ ~ 55℃,大多属温热水;仅矿泉水厂地段一口井达到 60℃ 以上(62.5℃)。

3) 钾钠地热温标:根据矿泉水厂 5-1 号孔地热流体水质分析资料,镁离子(Mg²⁺)含量为 42.32mg/L,钾离子(K⁺)含量为 11.38mg/L,代入地热温标公式:

$$t = \frac{4418}{13.98 - \lg(C_1^2/C_2)} - 237.15$$

式中:t 为热储温度,℃;C₁ 为水中钾的浓度,mg/L;C₂ 为水中镁的浓度,mg/L。

计算得出热储基底温度为 90.2℃,因此,该地热田有可能找到温度等于或高于 60℃ 的热水。

4) 地热流体赋存特点:由于地热田岩溶发育深度普遍较浅,大部分溶洞又有较多充填物,因此,地下热水主要富集在浅部溶蚀裂隙发育带中,但受断裂构造的控制和影响,赋存条件比较复杂,具体表现为温度、水位和热流体特征指标在平面上具有明显

的方向性和不均一性。如两组隐伏断裂交汇的矿泉水厂地区,地表热异常明显,其钻孔(如5-1、5-3)地热流体特征指标明显高于其他地区(表1)。由此说明,获取温度更高之地下热水不在于钻孔的深度,而是钻孔是否钻遇导水的隐伏断裂破碎带。

表1 地热流体特征指标对比表

地区名称	钻孔编号	钻孔深度/m	温度/℃	水位标高/m	热水特征性指标含量/mg/l	矿化度	硫酸盐	偏硅酸	锶
河中温泉	2-2	43.35	45.6	17.50	1066.58	613.76	43.98	1.70	
泉之梦	2-5	152.10	46.2	17.30	1076.67	619.84	43.94	1.60	
3-2	66.75	45.0	19.40	1045.30	644.37	45.13	1.64		
矿泉水厂	5-1	43.80	59.4	20.10	1758.19	1144.24	62.12	2.74	
5-3	60.20	62.5	21.08						

数据来源:广东省清新县三坑地热田地质勘查报告,广东省地质物探工程勘察院。

3 地热田的规模评价

3.1 地热流体可采量

三坑地热田目前已建成18个热水井,总计涌水量为14005m³/d。为了保证地热流体开采量的稳定可靠,采用热水井最密集的河中温泉地区井群干扰方法计算可采量。设单井涌水量之和为 Q ,群井干扰抽水涌水量之和为 Q' ,则

$$Q' = (1 - \alpha)Q$$

根据河中温泉试验结果,群井干扰抽水时,实测的涌水量减少系数 α 为0.09~0.19,平均为0.13。为了提高保证程度,取 α 值的平均值再乘于安全系数2,作为评价整个地热田群井干扰抽水时的涌水量减少系数,则可采量

$$Q' = 0.74Q$$

各井按上式计算后,总可采量 Q' 为10364m³/d。

3.2 地热能

根据可采量和地热流体温度计算地热田热能,地热能值计算式如下:

$$E_w = \frac{Q}{860}$$

$$Q = V \cdot C \cdot (t_r - t_p)$$

式中: E_w 为热能(kW); Q 为热量(kcal);860为比热单位换算的近似常数,即由1kW·h/g·℃=859.8/kg·℃换算后得出的常数; V 为热流体涌水量,三坑地热田可采量为10364m³/d,近似于4.32×10⁵kg/h; C 为比热(W·h/g·℃); t_r 为地热流体温度(℃),地热田群井取加权温度 $t_r=45.6$ ℃; t_p 为年平均气温(℃),三坑镇多年平均 $t_p=21.5$ ℃。

计算得出三坑地热田的地热能 $E_w=10411$ kW≈10.41MW。

3.3 地热田规模评价

按地热流体可采量划分:根据国土资源部2000年4月印发的国土资发[2000]133号文规定,医疗矿泉水大型规模为可采水量>5000m³/d,三坑地热田规模属大型;按热能规模划分:根据国家标准《地热资源地质勘查规范》(GB11615-89)规定,中型规模热能为每小时10~20MW,三坑地热田规模属中型。地热田热储类型属岩溶-裂隙型,具有储量丰富,温度较低的特征,综合评价为中型。

4 地热流体质量及医疗保健价值

4.1 热流体质量与评价

三坑地热田热矿水矿化度以及偏硅酸、锶的含量明显高于常温岩溶水,其阴离子以SO₄²⁻为主,摩尔分数为87.86%~94.07%;阳离子以Ca²⁺为主,摩尔分数为81.20%~86.01%;,矿化度达1076.67~1758.19mg/l;偏硅酸、锶的含量分别为43.94%~62.12%和1.60%~2.74%。地热田地下热水水化学类型属含锶、硅酸的硫酸钙(SO₄-Ca)型。

1993年,地热田5-1号井热矿水,按饮用天然矿泉水国家标准通过了评审。评价结果表明,该矿泉在枯、丰水期三项指标的变化:硅酸59.6~64.3mg/l,锶离子2.74~3.18mg/l,矿化度1758.19~1769.83mg/l,均达到饮用天然矿泉水国家标准指标,其他各项指标也符合国家标准的要求,属硫酸钙型偏硅酸、锶复合型矿泉水,是一种理想的天然保健饮品。

4.2 医疗保健价值

三坑地热田的热矿水对医疗应用有重要作用的是较高温度,以及硫酸钙、硅酸和锶等化学成分,该水温、水质特征适合采用浴疗和饮疗结合的医疗方法。从疗养学来说,热矿水的这些物理性质和化学成分对人体某些疾病具有治疗性能,其适应症颇广,尤其对关节炎、神经系统疾病和心血管疾病等慢性病的医疗效用为佳。

5 结语

5.1 三坑地热田的开发利用现状

三坑地热田主要利用40℃~60℃的温热水,用于温泉洗浴、保健理疗和热带鱼、观赏鱼的养殖等,在此基础上开发了旅游度假、医疗保健、体育训练等

项目。目前地下热水用量平均约 $4000 \sim 5000 \text{m}^3/\text{d}$ 。

5.2 开发前景

1) 热储类型为岩溶-裂隙型,地热流体是在水热对流系统中由深循环高温构造裂隙水和浅循环常温岩溶水混合而成,具有储存量丰富、动态稳定等特点;

2) 地热田热储层位于浅部,不需要深钻井,资源开发投资不大;

3) 目前地热田用水量仅为地热流体可采量的一半,且 $25^\circ\text{C} \sim 40^\circ\text{C}$ 的温水尚未开采利用,其逐级

综合利用前景广阔;

4) 随着勘查工作的继续进行,预计地热田储量将会扩大,可能达到大型规模。

总之,三坑地热田自然地理环境优美,空气清新,地形平坦,风光秀丽,热水资源丰富,具有广阔的开发前景。

[参考文献]

- [1] 广东省地质矿产局. 广东省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1998.
- [2] GB11615—89. 地热资源地质勘查规范[S].

DISCOVERY AND PROSPECTIVE OF THE SANKENG GEOTHERMAL FIELDS IN QINGXIN COUNTY OF GUANGDONG PROVINCE

LIU Jun - hong, CHEN Bin, HE Zhen - bang

(*Geological & Geophysical Engineering Exploration Institute of Guangdong Province, Guangzhou 510800*)

Abstract: The Sankeng Geothermal Field in the Qingxin county of Guangdong province was discovered by using such integrated methods as geological mapping, geophysical surveys and drilling. The geothermal field is of karst fissure type. With its large geothermal reserves and rather good quality, the geothermal field will be valuable for medical and health cares and other comprehensive utilizations, and thus worth developing.

Key words: Sankeng geothermal field, discovery by exploration, type of thermal reservoir, size of thermal reservoir, value to medicine and health, prospective of development