广东三坑地热田形成条件及开发潜力分析

叶闻文 (广东省地质物探工程勘察院,广东花都 510800)

摘要: 广东三坑地热田位于吴川—四会深大断裂带的东北侧,三坑向斜岩溶盆地内。地下热水主要赋存于NE与NW向断裂构造及其交汇部位的岩溶裂隙发育带中。根据地热地质条件及水热对流系统分析,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。三坑地热田热水资源具有水温适中、水量丰富、水质良好、动态稳定等特点,开发潜力很大。

关键词: 地热田; 热源; 控热断裂; 热储; 水热对流系统; 热水资源

中图分类号: P314.1 **文献标识码**: A **文章编号**: 1000-3665(2000)03-0016-03

Abstract: The Sankeng geothermal field is located on the northeastern side of the Wuchuan-Sihui deep fault and in the Sankeng synclinal karstic basin. The hot groundwater occurs mainly in NE-and NW-trending faults and karstic fissure zones at their intersections. Based on the analysis of geothermal geology and hydrothermal convection system, the hot groundwater is formed from the mixing of the deep-circulating high-temperature structural-fissure water with the shallow-circulating ordinary-temperature karstic water in the hydrothermal convection system. The Sankeng thermal water resources of Sankeng geothermal field, being characterized by their moderate water temperature, abundant water quantity, good water quality and stable regime, has a great potential for exploitation.

Key words: geothermal field; heat source; heat-controlling fault; heat reservoir; hydrothermal convection system; thermal water resources

三坑地热田位于广东省清远市清新县三坑镇境内,是近年由广东省地质物探工程勘察院勘查发现的热水型地热田。地热田已于1997年由当地政府引入港资开发,建起了"清新温矿泉旅游渡假区",很受游客欢迎,成为广东省新的旅游热点之一。

1992年以来至今,广东省地质物探工程勘察院根据委托单位要求,利用社会资金,在三坑镇西北部分期分片地开展了以寻找地下热水为主要目的的地质勘查工作,在此期间也先后进行了工程地质钻探工作,采用地热地质调查、电法(包括复合联合剖面和对称四极测深)、瞬变电磁法、微地温测量等多种物探方法进行勘查。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,布置了22个钻孔进行水文地质钻探和试验。其中,建成了热水主井14口,副井1口,总涌水量为10618m^3/d,水温40~59.4℃,有10口已经开采利用(其中一部分同时进行动态监测工作),取得了丰富的勘查资料以及明显的社会、经济效益。

1 地热地质条件

三坑地热田位于吴川—四会深大断裂带东北侧,三坑向斜的西南部。地热田的形成具备了热源、控热断裂、热储等地热地质条件。

1.1 热源

吴川—四会深大断裂带总体走向NE20~40°,影响宽度15~20km。它是一个具有多旋回活动的构造、岩浆、变质岩带,断裂带发生强烈的挤压破碎处,有多期岩浆活动及强烈动力热变质的明显迹象。该断裂带为活动性断裂,主要表现为地震频繁,水热活动明显。据不完全统计,断裂带及其邻侧,历史上曾发生过频繁的地震,其中,大于4.75级的8次,3~4.75级的86次,小于3级的超过5000次,每年释放能量68.5TJ。沿断裂带走向共见20多处温泉出露,最高水温达81℃。由此可见,该断裂带深部蕴藏着岩浆、放射性物质蜕变和活动摩擦等多种成因的热源,由于岩石的导热作用形成了增温层。

1.2 控热断裂

三坑地热田处于F_1北东向大坑口断层和F_2北西向九牛洞断层交汇处附近。

大坑口断层为逆断层,位于三坑向斜北面翼,中部因受九牛洞断层切割错动而被分成南北两段。

九牛洞断层为正断层,也位于三坑向斜的北西翼,横切北东向大坑口逆断层,两侧岩石张性裂隙发育,部

收稿日期: 1999-09-28

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

分地段尚见到规模较大的断层崖。

F_1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，为储热断裂；F_2断层是较F_1断层新的正断层，张性裂隙发育，为导热断裂。三坑向斜盆地内也发育NE向和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。这些情况说明，地热田具备了储热、导热断裂构造条件。

1.3　热储

三坑地热田的热储构造为三坑向斜，轴线走向大致为NE30°向斜两翼地层为中泥盆统鼎湖山群(D_2dh)，岩性以石英砂岩为主，以丘陵山地形式出露于地表；向斜槽部地层为上泥盆统春湾组(D_3ch)，下中部为砂岩、页岩，上部为灰岩，分布于中部三坑河冲洪积平原中，形成良好的向斜岩溶盆地热储构造。

热储层的岩性以春湾组(D_2ch)灰岩为主，少部分为鼎湖山群(D_2dh)石英砂岩。灰岩普遍呈深灰色，隐晶质微粒结构，块状构造，矿物成分主要是方解石，含少量白云石和碳质，部分地段见挤压碎裂和大理岩化现象。灰岩岩溶裂隙发育，见较多的溶洞，但溶洞普遍有充填物。鼎湖山群(D_2dh)石英砂岩在断裂带部位呈强风化和中风化，裂隙发育。

热储层的顶面埋深为10.80～65.10m，钻探揭露的最大厚度为52.70m，最小为8.40m。

热储层介质以岩溶裂隙为主，其发育程度主要受NE和NW两组断裂控制，岩溶裂隙发育深度为14.50～62.20m。岩溶裂隙发育带在平面上呈"<"形的带状分布。地下热水主要赋存于岩溶盆地的岩溶裂隙中，热储类型属岩溶—裂隙型。由于岩溶发育深度较浅，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。地下热水受断裂构造和岩溶裂隙发育和充填情况的控制和影响，所以，呈带状分布，并具明显的方向性和不均一性，赋存条件比较复杂。

2　水热对流系统

地热田西部是丘陵山区，其地势高，面积广，风化作用强裂，因有F_1和F_2两组性质和方向不同的断层通过，构造裂隙发育。这些地貌地质因素，使西部丘陵山区易接受大气降水补给而成为地下热水的补给区。

F_1断层深切了地壳增温层，具有良好的控热作用；F_2断层张性裂隙发育，并与F_1交汇，且切断了F_1，具有良好的导热导水作用。补给区大气降水在沿着岩石的构造裂隙向深部下渗过程中，由于地下水逐渐受到增温层的地热加温，水温不断升高，同时，溶滤作用增强，使矿物质增加，形成深循环高温热水。

地热田东部是地形平缓的冲积平原，也是向斜岩溶盆地，具备了良好的汇水条件。下伏灰岩岩溶发育，并有隐伏断裂通过，具备了良好的贮水空间。来自西部丘陵山区的深部地下热水，因对流循环加热，密度降低，在静水压力作用下。流入岩溶盆地，沿构造裂隙和岩溶通道上涌。深部热水在上涌过程中，由于浅循环常温地下水混合冷却作用的加强而使水温逐渐降低，地下热水对流形式也由垂向上升转变为侧向迳流，赋存于岩溶裂隙发育带中，形成中温热水，而与周边浅部地下常温水混合，则形成低温热水。

根据22个水文地质钻孔和本区107个工程地质钻孔资料，地热田的第四系覆盖层厚度普遍为10.80～65.10m，局部大于65.10m，平均为23.73m，覆盖层底部即灰岩顶部普遍有数米至数十米的冲积或残积粉质粘土层分布，具有良好的隔水性和隔热性。局部地段由于隔水层过薄或缺失，热水向地表排泄，因此，有地表热显示，如三坑河以北3～4km处浪口村有水温为38℃的温泉出露，三坑河河床底在冬天时冒出较多气泡，并有少量热水涌出；三坑河以南800m处有常年热水湿地，冬天冒气。

综上所述，三坑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。

3　地下热水资源评价

三坑地热田的地热资源是热水型低温地热资源，地下热水具有水温适中、水质良好、水量丰富、动态稳定的特点。

3.1　水温

已建成的14个热水生产井，其水温为40～59.4℃，地热田北东部的热水出露点(上升泉)水温为38℃。

3.2　水质

根据水质分析资料，地热田地下水水质与常温水水质有明显的区别(表1)。其主要特征如下：

(1)常温水水质类型为重碳酸钙(HCO_3-Ca)型，而热水水质类型为硫酸钙(SO_4-Ca)型；

(2)常温水矿化度很低，热水的矿化度很高；

(3)热水中偏硅酸、锶的含量明显高于常温水，部分已达到国家饮用矿泉水的标准和医疗矿泉水标准，其中原三坑镇勘探的ZK1号孔热水，已进行了饮用天然矿泉水评价，获得了国家级矿泉水鉴定证书。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(4)由于热水中矿化度、硫酸盐、偏硅酸、锶的含量与水温有密切的正相关关系(表1),这些元素和组分,可作为确定地热异常的依据之一。

表1 热水特征性指标含量与水温关系表

Table 1 Relation between the contents of characteristic components in hot water and the water temperature

地段名称及钻孔编号	取样时间(年.月.日)	指标含量(mg/L)				水温(℃)
		矿化度	硫酸盐	偏硅酸	锶	
原三坑镇勘探ZK1	1993.9.14	1758.19	1144.24	62.12	2.74	59.4
原三坑镇勘探ZK3	1994.11.25	1045.3	644.37	45.13	1.64	45
三坑河游泳场ZK2	1997.6.4	1066.58	615.76	43.98	1.70	45
三坑河游泳场ZK3	1997.6.4	1076.67	619.84	43.94	1.60	45
三坑镇浪口村上升泉	1993.8.5	580.00	318.63	31.92	0.73	38
三坑镇工业开发区高达塑料厂ZK1	1998.1.20	201.40	1.44	7.98	0.18	24

3.3 水量

物探及钻探成果资料表明,热储层岩溶裂隙发育,钻探的22个钻孔中,已有14个建成热水井。各个热水井在完工验收时均进行稳定时间不小于72h的抽水试验,总计涌水量为10618m^3/d,椰林风光、游泳场的5口热水井相距较近,除进行了单孔抽水试验外,还进行了干扰抽水试验。抽水试验结果证实,5个钻孔干扰抽水的总涌水量为4237.56m^3/d,与单孔抽水的总涌水量相同,水位基本没有削减。由此可见,地热田热水水量丰富。但是,由于岩溶发育程度不均一,7个钻孔因岩溶裂隙不发育而水量贫乏。

3.4 动态

原三坑镇ZK1号热水孔进行过一个水文年的动态观测,现在已使用的10个热水井,大部分的使用时间已达3~6a,使用情况良好(水位、水温未见明显变化)。地热田以北浪口村热水出露点(上升泉),1993年3月18日和8月5日,分别对其流量和水温进行测定,测定结果:3月18日流量4.88L/s,水温38℃;8月5日流量5.09L/s,水温38℃。据调查,该泉水温、水量常年变化不大,说明地下热水动态稳定。

4 地热田开发潜力预测

当前三坑地热田的勘查与开发仅限于热田的西北部,随着今后地热田勘查工作全部展开,开发潜力将会增大。

4.1 地热田范围将会扩大

目前已勘查控制的热水分布面积已达1km^2左右,但其边界尚未确定,预测地热田分布面积可达数平方公里。随着今后地热田勘查面积的扩大,地下热水开采储量也会逐渐增大。

4.2 地热田有可能找到高温热水

前期的勘查只根据委托单位的要求和需要进行,地热田的勘查工作未全面展开,地热田的热中心位置至今尚未确定。

已施工的22个钻孔中,终孔深度为27.50~89.50m,现有的各种物探成果资料的解释深度也在50m以内。由此可见,目前的勘探深度较浅。由于勘探深度较浅等原因,地热田导热构造仍未得到揭露。

根据原三坑镇ZK1号孔热水水质分析资料,镁离子(Mg^{2+})含量为42.32mg/L,钾离子(K^+)含量为11.38mg/L,代入地热温标公式:$t=\frac{4418}{13.98-\lg(\frac{C_2}{C_1})}-273.15$计算,得出热储基底温度为92.3℃。公式中,$t$为热储基底温度(℃),$C_1$为水中钾的浓度(mg/L),$C_2$为水中镁的浓度(mg/L)。

地热田普遍有数米至数十米粉质粘土盖层,隔水保温性能良好。

上述四种情况表明,地热田有可能找到水温等于或高于60℃的高温地下热水。

4.3 热水综合利用前景广阔

目前已利用的热水为中温热水(40℃< t≤60℃),低温热水(25℃≤t< 40℃)尚未利用。今后低温热水可作为渔业养殖用水和三高农业灌溉用水;已达到医疗和饮用标准的热矿水,可以作为医疗保健用水和饮用矿泉水产品用水,热水的综合开发利用前景广阔。

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,1988.

[2] GB 11615—89.地热资源地质勘查规范[S].

编辑:高岩松

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net