

文章编号:1005 - 6157 (2013) 03 - 227 - 4

# 合肥温泉之乡半汤地热成因模式及其 外围地热前景探讨

宁金野

(安徽省地质矿产勘查局327地质队, 安徽合肥 230011)

**摘 要:** 本文在前人勘查与研究的基础上, 进一步分析研究半汤地热的热源, 地热成因机制及成因模式等, 进而提出了“基底隆起(正向构造)聚热型地热成因模式”形成有开发利用价值的半汤外围前景地热资源新学术观点为半汤地热外围前景地热资源勘查与评价提出指导方向靶区。利用新学术观点, 试图突破就热找热原则的瓶颈和禁锢, 变被动找热为主动找热, 扩大地热资源勘查的视野, 为加快绿色、环保、可再生的地热能源勘查步伐, 开辟新途径。

**关键词:** 合肥温泉之乡; 半汤地热; 地壳减薄和上地幔隆起; 大地热流; 基底隆起(正向构造)聚热型地热成因模式新学术观点。

**中国分类号:** P314

**文献标识码:** A

## 0 引言

巢湖半汤温泉是我国四大名泉之一, 位于巢湖市东北汤山脚下, 其由一热一冷两个温泉组成, 冷热各半, 故得半汤温泉。

巢湖市划归合肥市后, 合肥市拟将巢湖市发展成为全国著名的旅游、休闲、度假胜地和山川秀美之城, 主打温泉牌, 但目前半汤温泉面临“说大不大, 说小不小”的尴尬局面。要做大温泉度假体量, 充分发挥半汤温泉资源优势, 扩大半汤温泉规模, 扩大地下热水开采量, 就成为合肥市发展旅游业的重要任务之一。

## 1 区域地热地质背景

### 1.1 地壳特点

在区域地温场分布上, 大地构造环境是分析地温场形成条件的基础, 深部地壳结构对地温场起着极其重要的控制作用。

据安徽省区域地质志(1987),

安徽地壳厚度总体上是由西向东, 由南向北减薄, 大别山地壳厚度为 $-37 \sim -39.5\text{km}$ , 皖南地壳厚度为 $-35.5 \sim -37\text{km}$ , 大别山及皖南是两个莫霍面凹陷, 其北部是莫霍面隆起。巢湖半汤地热恰恰位于莫霍面隆起(皖中莫霍面拱起), 其地壳厚度为 $-33.5\text{km}$ , 在莫霍面等深图上位于以南京市为中心, 走向北东南西的 $-33.5\text{km}$ 等值线闭合圈范围内。地壳厚度与莫霍面隆起相关, 地形与莫霍面起伏呈反向镜式关系, 地壳减薄和上地幔隆起, 是巢湖半汤地区存在相对高的地温异常区域地质背景。

### 1.2 区域地质构造

巢湖半汤地热区褶皱构造主要为印支运动形成; 燕山运动以断层活动为主, 晚期伴随有弱岩浆活动, 喜期构造运动强度较弱。

#### 1.2.1 褶皱构造

汤山背斜; 轴向北东 $22^\circ$ , 背斜核部向北东倾伏, 倾角 $30^\circ \sim 35^\circ$ , 背斜西翼地层出露较完整, 从寒武系

到志留系均有出露, 而东翼及背斜核部地层由于断裂纵横交错, 形态不完整且极不对称。

#### 1.2.2 断裂构造

滁河断裂; 为一条隐伏的区域性大断裂, 自北东的江苏省浦口镇进入安徽省, 经和县石杨、含山昭关、仙踪镇、巢湖半汤, 过巢湖向南西延至庐江县冶父山南麓与庐庐断裂带交汇。省内长约 $170\text{km}$ , 宽约 $2\text{km}$ , 总体走向北东 $40^\circ$ 左右, 该断裂由多条区域断层组成, 断裂带内发育奥陶系-震旦系碳酸盐岩地层, 受断裂构造作用影响, 裂隙岩溶极其发育。该断裂规模大、切割深, 推断是一条深部控热构造, 沿这条区域性大断裂带出露有多达八处温泉。

### 1.3 水文地质条件

据《合肥幅区域水文地质报告》(1:20万)和安徽省地矿局第二水文地质工程地质队《安徽省巢湖市半汤地下热水勘察报告》资料, 巢湖半汤地热东、西、北三面环山,

南面为开阔平原,清溪河源于腰子山,由北向南流入巢湖。半汤温泉北东侧的汤山,标高374.6m,由震旦系灯影组( $Z_2dn$ )、寒武系( $\epsilon$ )、奥陶系( $O$ )的碳酸盐岩类组成,温泉出露标高12m。

汤山背斜核部的震旦系灯影组-奥陶系宝塔组的碳酸盐岩类地层,裂隙溶洞十分发育,尤以覆盖或埋藏型岩溶因断层密集更为发育,以蜂窝状溶孔及大溶洞为主,水量极为丰富。因此认为本区热水主要赋存于震旦系灯影组含水岩组裂隙溶洞中。

地下水、地下热水受大气降水补给为主,其补给区可能在邻近的汤山、腰子山一带,沿断裂带入渗向深部循环,加温变热后再经导水构造通道,以上升泉的形式排泄、径流出露地表。

## 2 巢湖半汤地热成因机制分析

省地勘局第二水文队半汤地热勘察报告(1984),“分析认为,热水出露于北北东向的汤山断裂与北东向的巢县-香泉断裂交汇处,这些断裂延伸远、切割深,可能是重要的导热断裂。而北西向的张性张扭性断裂,切割了震旦系灯影组-奥陶系宝塔组的巨厚碳酸盐岩裂隙溶洞含水岩组,因此可能成为主要的导水通道,导热通道与导水通道交切而沟通形成热水。”

“汤山背斜核部,是一个四周封闭较好的储热环境,国内外资料证明,在地热场中,正向构造较之负向构造的地区,总是具有较高的热流值”。

针对半汤地热的大地构造、热源和成热机制进行分析、研究认为其地热成因模式应为:巢湖半汤为

非火山型地热资源,属地热正常区;在地壳上部不存在局部特殊热源,诸如未固结的岩浆房等;燕山晚期伴随有弱岩浆活动,但对现今的地热已无影响。在大地构造上热水区位于淮阳山字形前弧东翼第二隆起带(巢县-宿松隆起带)与新华夏构造带的交切部位。其莫霍面埋深浅,为 $-33.5\text{km}$ ,地壳减薄和上地幔隆起,是巢湖半汤存在相对高的地温异常区域地热地质背景。半汤地热的热源为来自地球深部的大地热流(地幔热),由于重力作用和静水压力,热流在向地壳浅部传导、运移过程中,易于向基底隆起、凸起、地垒、大断裂的上长升盘和背斜等正向构造部位集中、汇聚,在有利的断裂构造控制和作用下,热流再重组、再分配,进而成为“基底隆起(正向构造)聚热型地热成因模式”形成有开发利用价值的半汤地热资源。

《华北平原北段地热资源分布的特点》(陈墨香等1982)一文中提出,华北平原北段是我国中、低温地下热水资源潜力很大的地区。人工地震、测深和重力资料表明,盆地地壳一般为 $30\sim 36\text{km}$ ,太行山区 $41\sim 43\text{km}$ ,燕辽山区 $37\sim 38\text{km}$ 。可见平原区为上地幔隆起区,地形与莫霍面呈反向镜式对称关系。盆地内断陷区与隆起区莫霍面的起伏与前新生界基岩面之间亦具类似特点。地温等值线的展布与基底的构造形态十分相似,这一特点主要由于深部热流在地壳浅部重新分配结果。地壳减薄和上地幔隆起是本区地温相对高的地质背景条件。来自深部的热在其向上传导过程中,部分向基底隆起部位集中,在盖层隔热效应下出现热异常。

《苏北盆地建湖隆起地热资源

赋存特征》(杨丰田等2009)一文中提出,建湖隆起为苏北盆地内的次级正向构造单元,具有良好的储层,较高的区域热背景和丰富的地下水补给源,中低温热水资源富集。从地壳结构来看,该区地壳厚度在 $30\sim 32.5\text{km}$ ,构成了一个向西减薄的近东西向隆起,是造成苏北盆地地温偏高的深部背景(许家法1991)。在区域构造因素上,受隆起区热流汇聚作用的影响,具有较两侧凹陷普遍为高的大地热流值,如隆起东部圩中背斜之上的引水村地震监测井热流值为 $2.37\text{HFU}$ ,高于苏北盆地平均热流值 $1.62\text{HFU}$ ,也高于两侧凹陷中的最高热流值 $2.03\text{HFU}$ 。

《煤矿深部地温场影响因素分析》(段中丰2009)一文中提出,地温场是区域热背景,地质、水文地质等多种条件相互作用的综合反映。本文应用美国劳伦斯伯克利实验室编制的TOUGH2数值模拟软件研究了地层岩性特征、区域构造格局,地下水活动等多个因素对地温场的影响。

模拟结果显示,在基底隆起区、大断裂的上升盘和背斜构造等一系列正向构造单元,热流密度相对集中,局部聚热,形成明显的高温异常区。负向构造单元则出现热流密度相对疏散的现象。

以上三篇论文均印证了“基底隆起(正向构造)聚热型地热成因模式”形成有开发利用价值地热资源的新学术观点。

## 3 半汤外围地热前景探讨

半汤地热外围前景地热资源勘查评价靶区的热源为来自地球深部的地幔热,热流在向地壳浅部传导、运移过程中由于重力作用和

静水压力,易于向地壳结构为基底隆起(巢县-宿松隆起),背斜(汤山背斜)等正向构造部位集中、汇聚,在有利的断裂构造控制和作用(香泉-巢县断裂、汤山逆断层)下,在碳酸盐岩类含水岩组裂隙岩溶溶洞发育部位再重组、再分配,进而成为“基底隆起(正向构造)聚热型地热成因模式”(见图1),形成有开发利用价值的半汤外围前景地热资源。

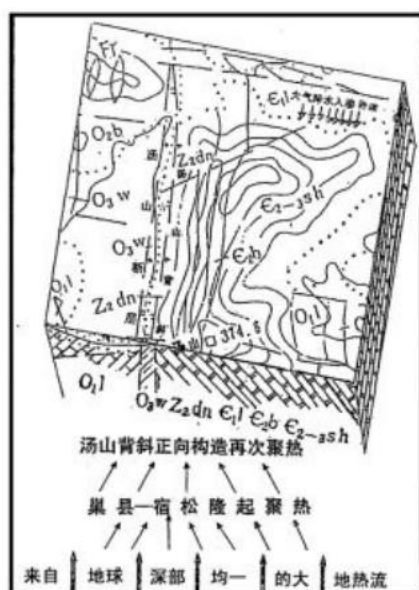


图1 基底隆起聚热地质成因示意图  
Fig.1 Basement uplift heat-accumulation geological genesis model

巢湖半汤以北的汤山至腰子山部位,为半汤地热外围前景地热资源勘查评价靶区,与半汤地热田属同一个地质构造单元。该靶区亦位于淮阳山字形前弧东翼第二隆起带(巢县-宿松隆起带)与新华夏构造带的交切部位,汤山逆断层与汤山背斜核部轴向近于吻合,汤山背斜核部亦有震旦系灯影组(Z<sub>1</sub>dn)、寒武系半汤组(ε<sub>1</sub>b)、奥陶系仑山组(O<sub>1</sub>l)和宝塔组(O<sub>2</sub>b)碳酸盐岩类含水岩组分布。

在巢县-宿松隆起带,沿北东走向的滁河断裂出露有江苏省浦

口镇汤泉温泉、亭子山温泉、安徽省和县香泉、石杨温泉、含山县昭关温泉、清溪温泉、巢县半汤温泉、庐江县暖塘岗温泉等八处温泉,亦均产出在背斜构造(正向构造)部位。

巢湖半汤与江苏建湖隆起两地热,存在诸多相同或相似之处;同样地处基底隆起之上,一是巢县-宿松隆起,一是建湖隆起;同样受华夏系、新华夏系断裂构造控制;同样处于正向构造;大地热流值高;两地热区的热储层地层、时代、岩性、结构与分布,都几乎类同;均为震旦系灰质白云岩、寒武系和奥陶系灰岩,隐伏、埋藏分布,岩溶裂隙发育且富

测地热田潜力。结合合肥温泉之乡半汤地热田实际情况,选择(A.1)、(A.2)式二氧化硅地热温标进行估算和预测。

二氧化硅地热温标预测半汤地热田深部热储温度,经两个取样点,两个浓度40.0~52.0mg/l,两种计算公式(A.1)、(A.2)式,预测的热储温度比较接近。在91.47~104.52℃之间(见表1),说明本地热田往地下深处有可能揭露更高温度的地热流体。目前揭露的热水温度比预测的温度低,推测深部热流在向上传导、运移过程中混入低温地下水所致。因此,推测半汤地热田的深部地热资源开发利用潜力巨大。

表1 利用地球化学温标预测半汤地热田深部热储温度一览表

Table 1 Prognosis of temperature of deep geothermal reservoir in the Bantang geothermal field using geochemical thermometric scale

| 温泉或井位            | 水温    | 水中离子或分子浓度                       | 无蒸汽损失的石英温标                                      | 最大蒸汽损失的石英温标                                     |
|------------------|-------|---------------------------------|---|---|
|                  |       | 二氧化硅(SiO <sub>2</sub> )<br>mg/L | t=1309/5.19-IgSiO <sub>2</sub><br>-273.15(A.1)℃ | t=1522/5.75-IgSiO <sub>2</sub><br>-273.15(A.2)℃ |
| 1978 半汤温泉<br>疗养院 | 58~62 | 40.0                            | 91.47   | 104.08  |
| 1984 ZK001       | 60~61 | 52.0                            | 93.60   | 104.52  |

水。两地热同样处在地热正常区,属非火山型地热资源,地壳上部同样不存在局部特殊热源,诸如未固结的岩浆房等;其热源均为来自地球深部均一的大地热流(地幔热),其地热成因模式亦均符合“基底隆起(正向构造)聚热型地热成因模式”新学术观点。具备寻找中大型地热资源潜力。

## 4 合肥温泉之乡半汤地热资源潜力评价

评价地热田开发潜力,需依据“地热资源地质勘查规范”(GB/T1165-2010),对温泉和地热井利用地球化学温标来估算热储温度,预

## 5 结论

科技要进步,就必须不断的创新。通过对合肥温泉之乡半汤地热的热源,成因机制及成因模式分析研究,利用“基底隆起(正向构造)聚热型地热成因模式”认为半汤地热外围前景地热资源勘查方向和靶区应在汤山-腰子山一带,汤山背斜部位。深部热储预测温度为91.47~104.52℃,因此半汤地热资源开发利用潜力巨大。

致谢:本文承蒙水文地质工程地质专家许仁朝教授审阅和修改,在此表示衷心的感谢!

## 参考文献:

[1] 陈墨香,等.华北平原北段地热资源分布的

- 特点[R].1982.
- [2] 安徽省地矿局第二水文地质工程地质队.安徽省巢湖市半汤地下水热水勘察报告[R].1984.
- [3] 安徽省地质矿产局.安徽省区域地质志[M].合肥:安徽科技出版社,1987.
- [4] 宁金野,等.安徽长山地热初探[J].安徽地质,2008(2).
- [5] 杨丰田等苏北盆地建湖隆起区地热资源赋存特征/[C].倪四道,中国地球物理2009.合肥:中国科学技术大学出版社,2009.
- [6] 段中丰,等.煤矿深部地温场影响因素分析[C]//倪四道,中国地球物理2009.合肥:中国科学技术大学出版社,2009.
- [7] 宁金野,等.合肥地区地热资源潜力评价[J].安徽地质,2011(1).

## Genetic model of the geothermal energy in Bantang, a spa town in Hefei and the exploration potential in the periphery

NING Jin-ye

(No.327 Team of Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province, Hefei, Anhui 230011, China)

**Abstract:**After Chaohu City is put under administration of Hefei City, it is planned to develop toward a famous eco-city with beautiful mountains and waters for tourism, leisure and holiday spending in the country. To this end, increasing the productive capacity of geothermal water is one of important tasks. On the basis of previous exploration and research, this paper further analyzed the geothermal source, formation mechanism and genetic model in Bantang, then put forward a “Jinye geothermal prospecting model”—“basement uplift (positive structure) heat accumulation geothermal genetic model”, a new thought with values guiding geothermal exploration in the periphery of Bantang and delimiting targets. The Jinye model tries to break through the bottleneck and confinement of the previous rule of the known spot-based prospecting, switch from passive exploration to active exploration, broaden horizons of geothermal prospecting, and open up a new path for quickening exploration of a green, environmental-friendly and renewable geothermal energy.

**Keywords:**crust thinning and upper mantle uplift; geothermal flow; Jinye geothermal prospecting model; Bantang geothermal energy; Hefei spa town

(上接P223页)

## Application of unmanned air vehicle remote sensing system in land and resources law enforcement and supervision

YANG Xiao-hong

(Basic Surveying and Mapping Information Center of Anhui Province, Hefei, Anhui 230031, China)

**Abstract:**Unmanned air vehicle (UAV) remote sensing system is a new way of rapid acquisition of high resolution image data. It is efficient, quick, accurate and economic. This paper introduced the composition and characteristics of UAV remote sensing system, designed a technical process for application of UAV remote sensing system in land and resources law enforcement and supervision, and made a testing analysis with the town of Wanzhi, Wuhu County as the aerophotographic area. After remote sensing image pretreatment, such as geometric correction, aerial triangulation encryption, image mosaicking and data precision analysis, and registration with landsat image data of 2011 and the second land survey's land utilization status database, it made an initial assessment of the land use change in the area under supervision and proved good in the result.

**Keywords:**UAV remote sensing system; land and resources law enforcement and supervision; land use change; high-resolution image