

# 湖南株洲湾塘地区地热勘查定井探讨

李传磊<sup>1</sup>, 刘玉仙<sup>1</sup>, 程秀明<sup>1</sup>, 钟秀艳<sup>1</sup>, 刘玉想<sup>1</sup>, 寿冀平<sup>2</sup>

(1. 山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014; 2. 山东省地质科学实验研究院, 山东 济南 250013)

**摘要:**基岩山区地热形成必须具备“储、盖、通、源、滞”五大基本要素, 以湖南株洲湾塘地区地热成因为例, 说明怎样利用地热勘查手段来分析论证株洲湾塘地区地热形成的五大要素, 建立热储概念模型, 确定地热井位置。为提高地热钻探成井率, 在基岩山区钻探施工时, 建议使用气举反循环清水钻进工艺。

**关键词:**地热勘查定井; 钻探施工; 气举反循环; 湖南株洲湾塘

中图分类号:P634.7

文献标识码:B

根据多年在基岩山区勘查施工地热井的成功经验和失败教训, 经综合分析研究认为: 基岩山区地热形成必须具备五大基本要素, 即“储、盖、通、源、滞”。基岩山区地热勘查定井, 就是怎样利用较先进的勘查手段, 来查明上述五大基本要素, 在查明地热地质条件的基础上, 认为地质条件可行, 在条件相对较好地段确定井位, 然后进行钻探施工<sup>[1-5]</sup>。以湖南株洲湾塘地区地热勘查为例进行了分析, 以启对类似地区起指导借鉴作用。

## 1 基本条件

### 1.1 自然地理

气象水文: 湾塘地区属典型的亚热带湿润季风气候, 多年均降水1389 mm, 多年平均气温17.8℃, 湾塘地区属于湘江水系, 涠江为湘江的主要支流之一, 湘潭两江年客水流量553亿m<sup>3</sup>, 对地下水补给占25%左右。地形地貌: 三面环山, 东部、西部、北部高, 南部低, 地面标高一般为63.5~185.5 m, 地貌类型为山间洼地。

### 1.2 地质条件

地层: 湾塘及其附近地区出露地层主要为上元古代板溪群、古生代泥盆纪、石炭纪、中生代白垩纪, 地层倾向W, 倾角为25°~50°(图1)。上元古代板溪群, 岩性主要为条带状、砂质板岩, 厚度大于1000 m。古

生代泥盆纪, 主要包括跳马溪组、易家湾组、棋子桥组、龙口冲组、七里江组、岳麓山组, 其中棋子桥组和七里江组岩性均为灰岩, 厚度分别为135 m及77 m, 其余岩性主要为页岩、泥岩、砂岩, 并夹泥灰岩。古生代石炭纪, 主要包括尚保冲组、樟树湾组、简家冲组、壶天群, 其中壶天群、简家冲组岩性均为灰岩, 厚度分别为576 m及76 m, 其余岩性主要为页岩、泥岩、砂岩, 并夹泥灰岩, 樟树湾组含不可采煤层。中生代白垩纪戴家坪组, 岩性主要为紫红色泥岩、夹粉砂岩及砾岩(俗称“红层”), 厚度1000 m左右。第四纪白水江组, 岩性上部为粉质粘土下部为砂砾石层, 厚度13 m。

构造: 湾塘地区构造特征以断裂构造为主, 主要为北东向断裂及次级NW向断裂, 自东向西依次为F1~F7计7条断裂, 均为高角度断层。

## 2 勘查定井

### 2.1 判断勘查区是否具备“五大要素”

(1) 储: 即“热储”指埋藏于地下、具有一定有效空隙度和渗透性的地质体(地层、岩体或构造带), 其中储存有一定的地热流体可供地热开发利用。根据区域地质资料: 在湾塘勘查区, 地面以下260~800 m处为石炭纪壶天群; 在1300 m处为泥盆纪七里江组; 在1600 m处为泥盆纪棋子桥组。该区石炭

\* 收稿日期: 2012-04-25; 修订日期: 2012-07-19; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 李传磊(1975—), 男, 山东莘县人, 工程师, 主要从事水工环、地热勘查与研究工作; E-mail: 1121553992@qq.com。

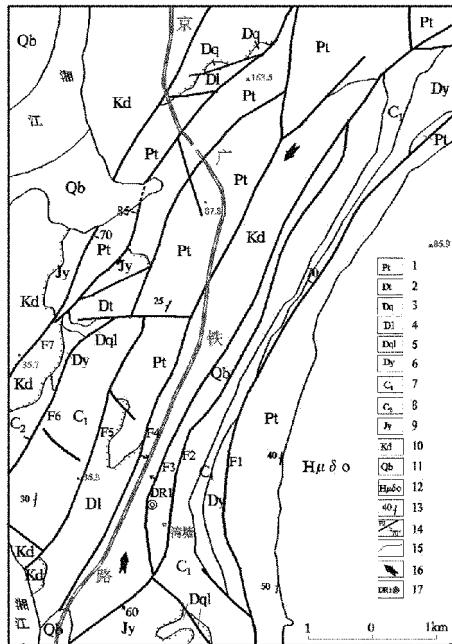


图 1 株洲湾塘地区地质略图

1—中元古代板溪群;2—泥盆纪跳马溪组;3—泥盆纪棋子桥组;4—泥盆纪龙口冲组;5—泥盆纪七里江组;6—泥盆纪岳麓山组;7—下石炭统;8—石炭纪壶天群;9—侏罗系;10—白垩系;11—第四系;12—岩浆岩;13—地层产状;14—断层产状;15—地层界线;16—地下水流向;17—施工地热井位置

纪壶天群、泥盆纪七里江组、棋子桥组总厚度分别为 540 m, 77 m, 135.1 m, 岩性以厚层灰岩为主, 又处于 NE 向断裂束及次级 NW 向断裂附近, 受断裂构造的影响, 一般情况下该处地层的裂隙岩溶较发育, 是较好的层状热储。石炭纪壶天群、泥盆纪七里江组、棋子桥组热储层, 编号分别为 I, II, III(图 2)。

(2) 盖: 即盖层。是指覆盖在热储之上的地质建造的总称, 可以是第四系及包括其他不同时代的、一般属非渗透性或低渗透性的地质建造。也可以简单的理解为: 透水、透气性很差的泥岩、页岩、砂岩、胶结砾岩等碎屑岩类。湾塘地区地面出露第四纪地层, 下伏为白垩纪戴家坪组, 岩性为砂、砾岩, 厚度 260 m, 是石炭纪壶天群灰岩热储层的盖层; 下伏的石炭纪樟树湾组、尚保冲组、泥盆纪岳麓山组, 岩性为泥岩、砂岩、页岩, 累计厚度 476.8 m, 是泥盆纪七里江组灰岩热储层的盖层; 下伏龙口冲组, 岩性为泥质粉砂岩、页岩为主, 厚度 467 m, 是泥盆纪棋子桥组灰岩热储层的盖层; 盖层编号自上而下依次为 G1, G2, G3(图 2)。

(3) 通: 即导热通道。一般是指导热导水的区域性深大活动断裂及有利于地下热水赋存的大型蓄水

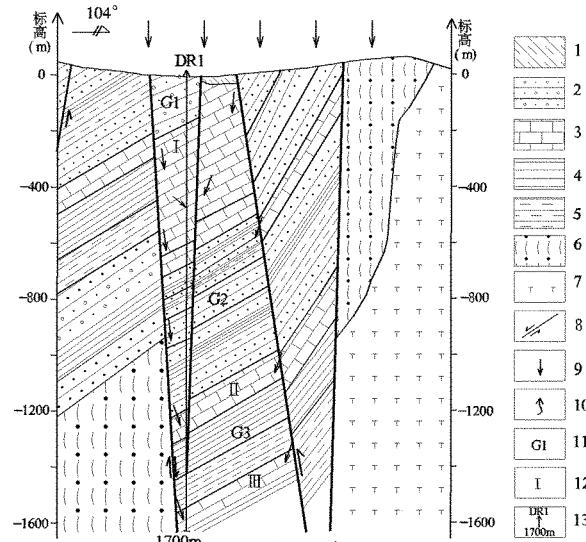


图 2 湾塘地区热储概念模型示意图

1—粉质粘土;2—砂砾岩;3—灰岩;4—页岩;5—泥岩;6—板岩;7—侵入岩;8—断层;9—地下水来源及运动方向;10—大地热流;11—盖层位置及编号;12—热储层位置及编号;13—拟施工地热井编号及深度

构造(如构造盆地等)。湾塘地区恰好位于湾塘山间洼地的边缘地带, NE 向的区域深大断裂内, 具备导热导水的通道。

(4) 源: 即热源。供给热储中地热流体的来源, 可以是现代岩浆活动或仅只是来自地壳深部的热传导。一般在沟通深部热源的现代活动性断裂带, 可构成局部的热源。湾塘地区 NE 向深大活动断裂断距可达 1 000 m, 使得断裂带中充满的地下水具备深部循环的条件, 即湾塘地区具备形成地热水资源的热源环境。

(5) 滞: 即深层承压水滞流环境。湾塘地区西部、北部为上元古代板溪群, 岩性为板岩, 东部为板溪群板岩和海西期侵入岩, 岩性为花岗闪长岩(图 1), 南部为湘江(灰岩天窗), 地形上东北高西南低, 下伏热储层灰岩在东北部接受大气降水的补给后, 沿裂隙及断裂向西南方向缓慢径流, 西南部灰岩天窗接受大气降水和地表江水的补给, 沿裂隙朝东北方向缓慢径流, 在湾塘地区形成承压水滞流的环境(图 2)。故湾塘地区具备承压水滞流环境条件。

综上所述, 湾塘地区初步具备地热形成的“储、盖、通、源、滞”五大基本要素。

## 2.2 用勘查手段查明“五大要素”

### (1) 收集资料

充分收集区内的地质、水文地质、钻孔资料,尤其是 1:5 万地质图,了解区内地层结构,初步确定热储层、其埋藏深度及其富水性。

根据收集的湖南省株洲市综合水文地质图<sup>①</sup>(1:5 万),湾塘地区附近 ZK406 钻孔资料,孔深 303.61m,地层结构上部为白垩纪戴家坪组砂岩、砾岩、泥岩(俗称红层),下部为石炭纪壶天群灰岩;灰岩单井涌水量为 1 430.78 m<sup>3</sup>/d, 降深 10.18 m, 说明壶天群灰岩富水性强。可初步确定可勘查利用的热储层有 3 层,分别为石炭纪壶天群、泥盆纪七里江组、棋子桥组。

### (2) 野外地质调查

进行野外地质调查,调查地形地貌、地层组合、岩性特征、构造特征及岩浆岩、机民井富水性等。

根据对湾塘地区野外地质调查:该区三面环山,一面出口,地势东北高西南低,根据地下水的运动特征初步确定湾塘附近具备承压水滞留的环境条件。

根据调查铁路西侧 F4 断裂存在,断裂倾向 SE,断裂 W 盘为泥盆纪龙口组砂岩,E 盘为白垩纪戴家坪组砂岩。调查发现 F4 断裂东侧的 ZK1,ZK2 钻孔资料:孔深分别为 500 m,700 m;井口水温 29℃,28℃;即存在地热异常显示。

根据 ZK1,ZK2 钻孔测温调查(图 3):测温地层为白垩纪戴家坪组,增温带深度为 44 m 左右,地温梯度计算为 1.6~2.3℃/100 m,依据该区地温梯度数值推算,井深 1 700 m 时,水温可达约 40℃。

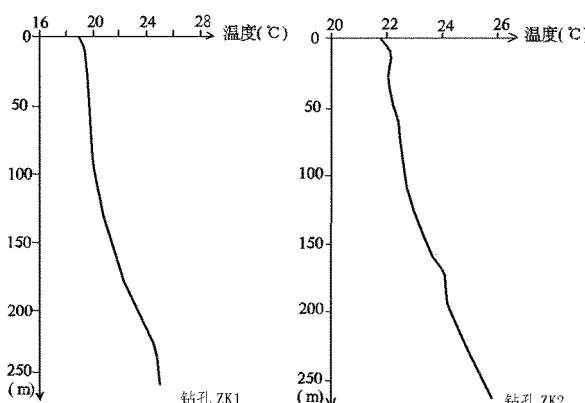


图 3 测温钻孔 ZK1,ZK2 温度随深度变化曲线图

综上所述,该区的地热地质条件指导定井方向为 F4 断裂 E 盘。

### (3) 地球物理勘探

利用可控源音频大地电磁测深(V8 电法工作站)进行物探勘查<sup>②</sup>,查明勘查区断裂构造发育情

况,进而判断岩溶、裂隙的发育情况。进一步了解一定深度内热储层的富水性,为预测水量提供依据。

根据穿过 ZK1,ZK2 钻孔近东西方向物探可控源第三剖面图分析(图 4):水平方向 150 m 及 350 m 处解释为 2 条断裂构造,且在深度 800 m 处相交呈一条断裂。在水平方向 300 m 处,垂向深度 100~360 m 处电阻率表现为高阻反映,推断为岩溶裂隙不发育的壶天群灰岩,垂直深度 360~550 m 处电阻率表现为相对低阻反映,推断为岩溶裂隙相对发育的壶天群灰岩,ZK2 钻孔钻遇地层及抽水资料也验证了物探资料解释的正确性。在水平方向 250~350 m 处,垂直深度 550~1 600 m 处受断裂构造的影响,电阻率也表现为相对低阻反映,推断该处裂隙相对较发育,推断为相对富水位置。

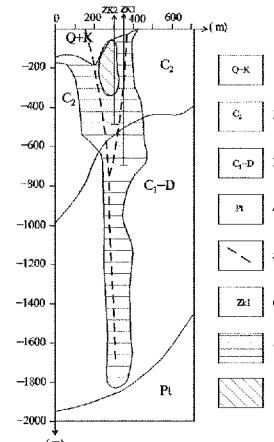


图 4 湾塘勘查区物探可控源第三剖面图

1—第四系+白垩系;2—石炭纪壶天群;3—白垩系+泥盆系;4—上元古界;5—断裂构造;6—勘查钻孔编号;7—电阻率低阻带;8—电阻率高阻带

### (4) 综合研究

根据收集的 ZK2 钻孔抽水试验资料,井口水温 29℃,存在热异常反应。根据物探可控源第三剖面资料,水平方向 150 m 及 350 m 处解释为 2 条断裂构造,且延展深度达 1 700 m;根据正常的地层结构分析,550~1 600 m 处应该存在泥盆纪七里江组及棋子桥组灰岩,受断裂构造的影响,裂隙岩溶较发育,是可利用的Ⅱ、Ⅲ 热储层。经综合分析研究确定:拟钻探采结合井位置定于 ZK2 钻孔的西部 28 m 处,钻孔设计

① 湖南省地质矿产局水文地质工程地质一队,王新建等,湖南省株洲市综合水文地质图,1986 年。

② 湖南省株洲县湾塘地段地热地球物理勘查报告,张艳军等,湖南省核工业地质调查院,2012 年。

深度 1 700 m, 水温预测为 40℃。

### 2.3 建立热储概念模型

根据对该区地热地质条件的认识及勘查论证, 经综合研究后建立地热成因概念模型图(图 2)。该地区可利用的热储层: I 为石炭纪壶天群, II 为泥盆纪七里江组, III 为泥盆纪棋子桥组, 岩性均为灰岩。盖层: G1 为白垩纪戴家坪组, G2 为石炭纪樟树湾组、尚保冲组、泥盆纪岳麓山组, G3 为泥盆纪龙口冲组, 岩性均为砾岩、泥质粉砂岩、泥岩、页岩。通道: 断裂带、岩溶溶洞、裂隙带。热源: 大地热流。滞流环境: 外围的侵入岩及上元古代板溪群板岩所围成半封闭环境。

湾塘地区地热水的形成: 在湾塘村的东南部湘江附近第四系之下下伏石炭纪壶天群, 在湘江附近属于“灰岩天窗”, 大气降水、地表水—湘江水一部分沿热储层 I 的岩溶裂隙向东北方向径流(北部的大气降水向西南方向径流), 另一部分沿热储层 II, III 的构造裂隙及节理裂隙继续向东北方向深部径流(北部的大气降水向西南方向径流), 受外围侵入岩及上元古代板溪群板岩的阻挡在湾塘附近形成地下岩溶水的滞流区, 受大地热流的加热, 及上部盖层 G1 和下部盖层 G2, G3 的保暖作用, 在浅部 300~800 m 形成温热水 28℃, 在深部形成温热水约 40℃, 受人工钻孔揭穿, 温热水以人工开采排泄。

## 3 钻探施工

在基岩山区钻探施工的地热井, 一般的钻探深度都大于 1 000 m, 深度 1 000 m 以下的岩石构造裂隙、溶蚀裂隙一般比较细小, 钻进过程中为了避免人为的堵塞含水层(裂隙), 所以选择施工工艺时, 尽量选择气举反循环清水钻进工艺, 尤其是钻进到热储层, 更要选择此工艺。气举反循环清水钻进工艺原理: 冲洗液清水从孔壁进入孔底, 钻头破碎孔底岩石呈岩屑, 空压机从双壁钻杆中把风压进混合器, 在一定风压作用下岩屑被从钻杆内冲出孔外, 对孔壁裂隙有强大的抽吸作用。其工艺特点: 在风压作用下, 孔内岩粉能最大限度地被抽吸出来, 使热储中的裂隙不被堵塞, 保证最大出水效果。

根据调查目前基岩山区失败的地热井, 原因主要为定井位置不当所致; 但是在某种意义上来说, 与钻探过程中选择钻井工艺不合适有一定关系。比如

2011 年施工的莒县店子集地热井、临沂汤头观汤 2 号地热井, 其目标热储层分别为白垩纪安山岩、砂砾岩构造裂隙带和奥陶纪岩溶裂隙带(表 1)。二者皆使用泥浆正循环钻进工艺, 其钻进原理是钻头破碎岩石后, 岩屑被泥浆携带从井壁及钻杆中间冲出孔外。热储层中的裂隙被岩粉和大比重泥浆充填得严严实实, 水量较小时, 厚厚的护壁泥皮很难被冲破, 导致测井孔底温度高, 实则无水干眼或水量较小。鉴于此, 株洲湾塘地热井施工时, 建议使用气举反循环钻进工艺。

表 1 钻进工艺不同成井情况对比

编号	地热井位置	深度 (m)	热储地层 岩性	钻进工艺	成井情况
1	临沂市汤头观汤地热井	1800	泰山岩群	气举反循环	水温 52℃、涌水量 480 m <sup>3</sup> /d
			花岗岩	清水钻进	
2	德州市齐河盖世地热井	1800	二叠纪砂岩	气举反循环 清水钻进	水温 37℃、涌水量 360 m <sup>3</sup> /d
3	日照市莒县店子地热井	1800	白垩纪 安山岩	正循环泥浆 钻进	干眼
4	临沂汤头观汤 2 号地热井	1900	奥陶纪 灰岩	正循环泥浆 钻进	水量较小

## 4 结语

(1) 株洲湾塘地区具备形成地热的基本条件, 地热井可利用的热储目的层有 3 层, 自上而下分别为 I, II, III, 岩性均为灰岩。

(2) 拟施工的湾塘地热井设计深度 1 700 m, 预测出口水温为 (40±5)℃, 单井涌水量为 300~500 m<sup>3</sup>/h。

(3) 通过对株洲湾塘地热勘查定井的研究讨论, 今后在基岩山区地热井勘查时, 根据对地质条件的认识分析勘查区是否具备“储、盖、通、源、滞”五大基本要素; 如果勘查区具备成熟的五大基本要素, 则在地下承压水滞流地段布设勘查实物工作, 查明地热地质条件, 综合研究, 建立热储概念模型, 确定地热井位置后一定要进行专家组会诊论证其地质可行性, 将钻探成井风险降到最低。选择钻进工艺钻探成井时, 尽量应用气举反循环清水钻进工艺。

## 参考文献:

- [1] 沈照理, 刘光亚, 杨成田, 等. 水文地质学[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [2] GB/T 11615-2010, 地热资源地质勘查规范[S]. 北京: 中国标

准出版社出版发行,2011.

- [3] 程秀明,林海,姜春永,等.云南玉溪抗旱找水定井典型实例分析[J].山东国土资源,2010,26(9):27-30.

[4] 相其科,韩建江,李春林,等.淄博张店地区形成条件研究[J].山东国土资源,2009,25(9):34-37.

- [5] 刘光亚.基岩地下水[M].北京:科学出版社,1979.

## Study on Geothermal Exploration and Wells Location and Drilling Construction in Wantang Area in Zhuzhou City of Shandong Province

LI Chuanlei<sup>1</sup>, LIU Yuxian<sup>1</sup>, CHENG Xiuming<sup>1</sup>, ZHONG Xiuyan<sup>1</sup>, LIU Yuxiang<sup>1</sup>, SHOU Jiping<sup>2</sup>

(1. Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Shandong Institute and Laboratory of Geological Sciences, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** The formation of geothermal resources in basic rock mountain areas should have five basic elements, such as reserve, cover, tunnel, source and block. Taking geothermal origin in Wantang area of Zhuzhou city in Hunan province as an example, how to analyze the above five elements by means of geothermal exploration in this area have been introduced. Thus, a reservoir conceptual model can be set up, and the location of geothermal wells can be determined. In order to increase success rate of the geothermal wells, it is recommended air-lift reverse circulation drilling technology of clear water during drilling construction can be used in basic rock mountainous areas.

**Key words:** Geothermal exploration in determining wells location; drilling construction; air-lift reverse circulation; Wantang area in Zhuzhou city of Hunan province