

Geophysical Exploration Technology Study of Banded Thermal Reservoir Geothermal Resources in Liaoning Province

Lili Jiang, Yuxue Shi, Yixin Li

Geophysical Measuring Exploration Institute of Liaoning Province, Shenyang Liaoning
Email: 6088137@qq.com

Received: Mar. 7th, 2019; accepted: Mar. 20th, 2019; published: Mar. 27th, 2019

Abstract

There are three types of geothermal resources in Liaoning Province: conductive sedimentary basin type, conductive fault type and convective fault type. This paper mainly discusses the exploration methods of fault-type geothermal resources, which have a wide range of points but high risk of development, and provides technical guidance for geophysical exploration of banded thermal reservoir geothermal resources in Liaoning Province.

Keywords

Geothermal Energy, Fracture Type, Warming Rate, Water-Bearing Fault Belt

辽宁地区带状热储型地热资源地球物理勘查技术研究

蒋丽丽, 石玉学, 李祎昕

辽宁省物测勘查院有限责任公司, 辽宁 沈阳
Email: 6088137@qq.com

收稿日期: 2019年3月7日; 录用日期: 2019年3月20日; 发布日期: 2019年3月27日

摘要

辽宁省的地下热水资源主要有传导类沉积盆地型、传导类断裂型和对流类断裂型三种。本文主要探讨点多面广但开发风险较大的断裂型地热资源的勘查方法, 为辽宁地区带状热储型地热资源地球物理勘查提供技术指导。

文章引用: 蒋丽丽, 石玉学, 李祎昕. 辽宁地区带状热储型地热资源地球物理勘查技术研究[J]. 地球科学前沿, 2019, 9(3): 177-182. DOI: 10.12677/ag.2019.93021

关键词

地热, 断裂型, 增温率, 含水破碎带

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

根据地热资源的存在形式分为水热型地热资源和干热岩型地热资源, 前者是以蒸汽和液态水为主的地热资源, 后者是以热岩(干热岩及岩浆)为主的地热资源, 中国近期发现和广为开发利用的地热资源, 主要是水热型地热资源[1]。中国地热专家黄尚瑶、陈墨香等沿用国际地热界地热系统划分的原则和思路, 根据地热系统的地质环境和热量的传递方式, 将中国水热型地热系统分为两类: 即构造隆起区热对流类和构造沉陷区热传导类。五型, 即: 火山型、非火山型、深循环型、断裂型、拗陷盆地型[2]。

2. 辽宁省地热资源的类型

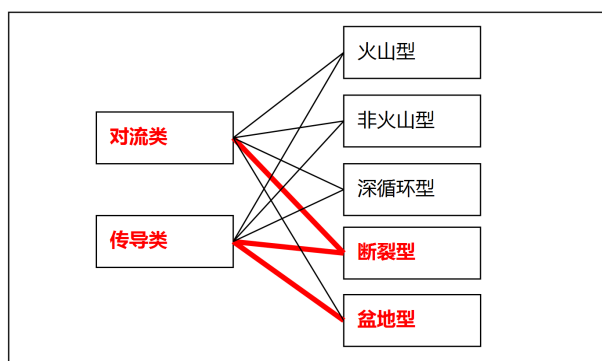


Figure 1. Main Geothermal Types in Liaoning Province

图 1. 辽宁省主要地热类型示意图

在中国地热分区上, 辽宁省属于胶辽温泉密集带的北段、汾渭 - 张北温泉密集带的北端和华北中生带沉积断陷盆地地热资源区三个地热资源分区[3]。地下热水主要为传导类沉积盆地型、传导类断裂型和对流类断裂型三种(图 1)。

传导类盆地型主要分布在板块内部巨型断陷、凹陷盆地内, 地热资源主要受盆地内部断块凸起或褶皱隆起控制, 该类地热资源的热储层常常具有多层性、面状分布的特点, 单个地热田的面积较大, 几十平方公里, 甚至几百平方公里, 地热资源潜力大, 有很高的开发价值。省内共有中、新生代盆地 84 个, 传导类盆地型地热属二类矿产, 地质研究程度较高, 勘查技术相对较为成熟[4] [5] [6]。

断裂型主要分布在板块内侧基岩隆起区或远离板块边界由断裂形成的断层谷地、山间盆地, 这类地热资源的成生和分布主要受活动性的断裂构造控制, 包括传导类和对流类。火成岩、变质岩区构造裂隙型地热属一类矿产, 勘查风险较大, 但点多面广, 对温泉旅游开发有重要意义。

3. 辽宁省断裂型地热资源的特征

辽东、辽南地区构造单元受郯庐断裂的影响, 多数控热断裂为北东向、热储断裂以北东向为主, 其次

为北西向。实例有岫岩县仙人嘴、丁家沟温泉，丹东市金山、独木桥沟、五龙山、炮守营、五龙背温泉，凤城市山东沟、北汤及东汤温泉，东港市椅圈、北井子温泉等地热田的主要热储构造走向均为北东向。

① 导类断裂型

省内传导类断裂型典型矿床有本溪石桥子、沈阳市马耳山、丹东五龙山、金山、本溪水洞、铁岭范屯等，热储岩性一般为混合花岗岩或碳酸盐岩(石英砂岩、白云岩)，热储埋深在2000 m左右，水温在40℃~70℃。

混合岩、花岗混合岩等正变质岩受构造影响较易破碎，易形成含水破碎带，相对较好；副变质岩如片麻岩等，变质前多为泥质类沉积岩，含水性则相对较差；石英砂岩地层因为作为盖层保温性不好，所以通常井深需较大，大于3000 m，如大连3500 m；白云岩为脆性岩石，破碎含水性比较好。

② 对流类断裂型

省内对流类断裂型地热典型矿床有东汤民生、岫岩县西山仙人嘴、丁家沟、凤城市草河乡山东沟、炮守营子、凤城市东汤民生、丹东金山、岫岩沟汤等，热储岩性为闪长玢岩(岩脉)、石英岩等，热储埋深几十至几百米，水温通常60℃以上。

对岩脉的了解，在对流型温泉区探测是十分重要的，与热储有关的岩脉主要有以下四种，见表1。

Table 1. Dikes related to thermal reservoirs

表 1. 与热储有关的岩脉表

岩脉名称	岩脉性质	成岩温度	成岩深度	抗压性	例如
石英脉	酸性	中低温	浅、中、深	易破碎	岫岩县西山仙人嘴、丁家沟、凤城市草河乡山东沟、
闪长玢岩	中基性	中温	浅层	易破碎	炮守营子、凤城市东汤民生、丹东金山、岫岩沟汤
辉长岩	基性	中温	中深层	易破碎	
辉绿岩	基性	中高温	中深层	坚固	

表中的岩脉在对流型温泉区经常见到，由于岩脉易碎，抗压性、抗风化较强。往往有以下三种情形：一是受断裂构造破坏后岩脉以碎裂岩的状态存在，其为地下水形成了通道；二是岩脉在形成过程中本身成岩形成的孔隙较大为地下水形成通道；三是岩脉在沿断裂构造充填时与围岩顶底板的岩石的不整合接触，同样为地下水形成通道。

印支期和燕山期的岩浆岩中断裂构造及岩脉十分发育，多数断裂构造带为张扭性，富水性较好。通过收集多个深井资料统计，岩浆岩的深度在100米以内，是断裂极为发育深度，断裂带分布形态为高角度、低角度或水平分布，五花八门，断裂构造形态多数为张性断裂，断裂带上宽下窄，充填物为强风化的碎裂岩，孔隙度较好，富含大量的地下水。100以下到1200 m内断裂构造仍然十分发育，但构造性质为张扭性或压扭性，富水性较好，目前在岩浆岩地区施工的对流、增温型地热井成功率较高，普遍揭露的均为600~1200 m之间的断裂构造，水温30℃左右。当深度大于1200 m时，小规模断裂构造基本消失了，基本为区域性具有一定规模的断裂构造，断裂构造带以压型或张扭性断裂为主，压型断裂带居多不含水。张扭性较少，但含水，如果在大于1200米深度揭露张扭性断裂带，那就有非常成功的地热井了。如辽宁宗裕地产温泉井在1320~1550 m揭露多层破碎的闪长玢岩脉，钻探过程中井液消耗严重，跳钻，为该井的热储构造层，成井后抽水结果，水量达到1500 t/d以上，水温56℃；岫岩县西山仙人嘴温泉井在201~220米、丁家沟温泉井在504~540米揭露破碎的石英脉时见到温泉水，抽水温度均达到50℃以上；凤城市草河乡山东沟温泉区内及在南侧相距600米的距离分别施工两个温泉井。温泉区的zk7温泉井当钻井深度128米时，测温显示孔底温度为29℃，这时岩石变硬，岩心所见为石英脉。当钻进到133米时井口开始涌水，水温44℃，短短的5米的深度，水温提高15℃。山东沟南部的zk15温泉井当钻进到1027

米时孔内严重漏水, 揭露石英脉, 石英脉垂向的孔隙宽度大于 1.6 cm, 为热储断裂, 抽水温度达到 48℃。丹东市炮守营子温泉区勘查中的 zk12 号温泉井, 在 937~942 m 揭露的热储构造为破碎的闪长玢岩脉。凤城市东汤温泉、丹东金山温泉、岫岩沟汤温泉等等见到的热储断裂均为闪长玢岩充填的断裂构造。可以看出, 石英岩脉和闪长玢岩是对热储十分有利的岩脉。

4. 勘探技术

地热资源探测的主要方法与技术包括一些常规方法如地热地质、地球化学、地球物理、钻探和遥感等。其中, 地球物理勘探适宜于圈定地下深部热储的位置, 其任务是确定与地下热水有关的地质构造, 火成岩体的分布、规模和性质, 查明各种断裂的方向和性质, 查明第四系覆盖层各含水层的水文地质特征, 判断地下热水的分布与埋藏状况等[7]。断裂型地热, 顾名思义, 找到断裂构造是关键[8] [9] (在太古代混合岩地区找断裂型传导类地热, 需在了解地热增温率和盖层条件的基础上), 通过物探工作查明断裂构造是否存在, 根据异常推断破碎含水性, 电阻率为主要推断依据(图 2)。

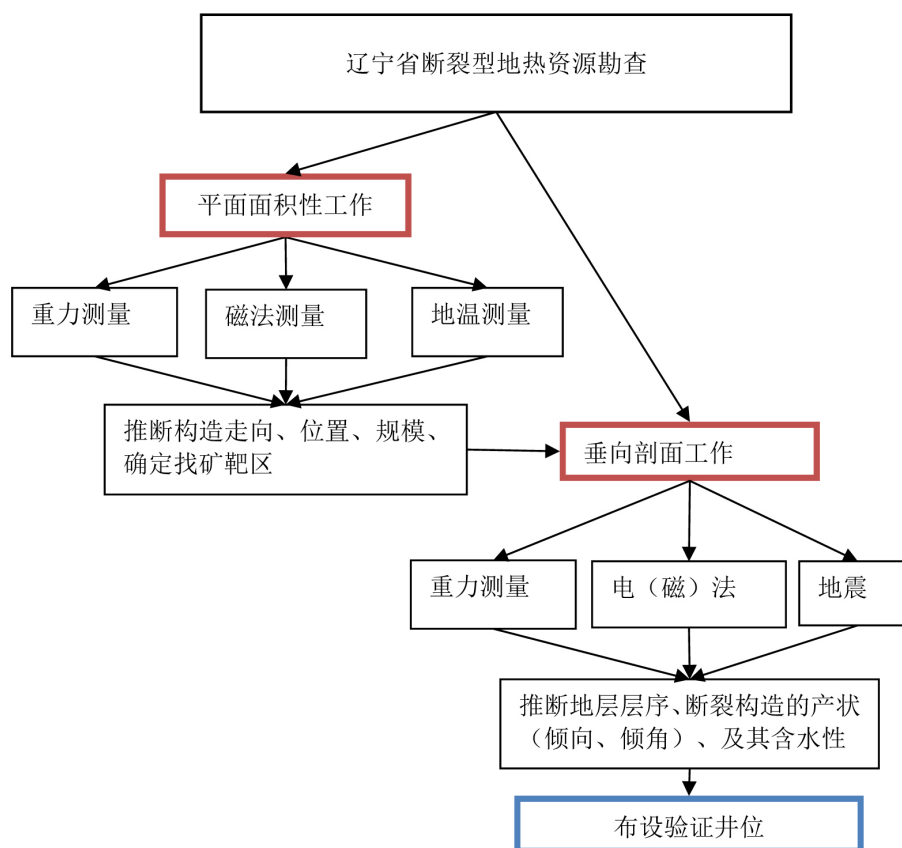


Figure 2. Technical flowchart
图 2. 技术流程图

有效的勘查方法及其异常特征如下:

- 1) 地温测量: 一般是通过深孔或地表浅层钻孔测量地温或低温梯度预测深部热储构造的一种方法, 对流型地地热温异常更加明显(热红外遥感一般会有热异常), 可采用地面测温或红外遥感温度反演;
- 2) 面积性重磁测量: 利用密度、磁化率等物性差异, 圈定基底隆起、凹陷范围, 推断出断裂构造的位置、走向及规模, 圈出岩体范围及脉岩分布;

3) 电法、电磁法剖面测量：电磁测深法主要是探测地下不同岩层电阻率的分布，对推测勘查区是否存在热储构造，进行热储构造空间定位预测，确定地热钻孔的合理布设位置效果较好。电法测量[10]结果的解译尤为重要，本文通过整理以往勘查资料，总结出以下4点经验认识：

① 测深有低阻含水破碎带，断面等值线往往会显示“U”字或“V”字型低阻等值线，这时应由联剖法配合进行综合解译。当联剖法显示正交点或低阻同步下降点时，可以判断“U”字或“V”字型低阻异常由断裂构造引起，该类型的断裂构造宽度较大。混合岩地区低阻异常宽度大于300 m时其成功率相对较高，碳酸盐岩地区低阻破碎带宽度更大(图3)；

② 破碎含水较好的地层，往往会产生电阻率的不稳定，应重视视电阻率拟断面图中的等值线突变、局部扭曲、低阻异常范围的变化等特征，往往反映了含水破碎程度高或不同方向的次一级的裂隙发育；

③ 通过选择电测深点数据的特征点进行分析类型、连线，可以解译垂向主断裂带的位置、深度以及近似水平方向的次一级的裂隙的发育程度；

④ 联剖有低阻交点，通常为“U”字、“V”字型正交点及低阻同步下降点、“纺锤状”正交点、“t”型正交点、低阻反交点或低阻交点带。

4) 地震剖面测量：随着温度的升高，岩石的纵波速度降低，横波速度也逐渐减小且趋于零。

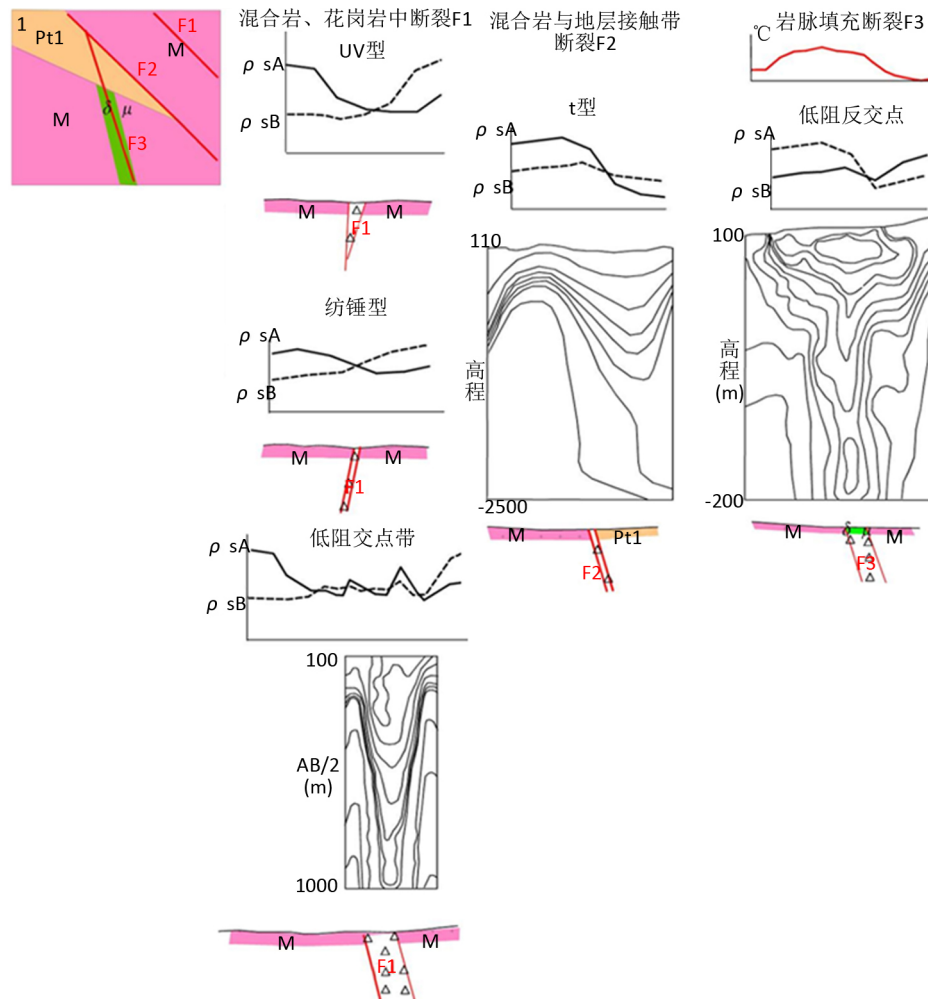


Figure 3. Fault-type geothermal detect on model

图3. 断裂型地下热水探测模型图

5. 结论

辽宁省火成岩、变质岩区构造裂隙型地热分布广泛, 但勘查风险较大, 断裂构造倾角越陡, 井位布设难度越大。

本文总结了省内断裂型地热资源的特征, 断裂型地下热水的地质模型: ① 传导类地热岩性多为混合岩、花岗岩或石英砂岩、白云岩, 而在对流型地热区经常见到岩脉, 如闪长玢岩和石英脉; ② 辽东、辽南地区构造单元受郯庐断裂的影响, 多数控热断裂为北东向、热储断裂以北东向为主, 其次为北西向。

本文通过整理以往勘探资料, 研究勘探方法及成果解译技术, 提出了断裂型地热资源勘查的探测模型: ① 有明显地温异常(对流型地热地温异常更加明显); ② 面积性重磁测量圈出岩体范围, 并有明显断裂异常; ③ 测深有低阻含水破碎带; ④ 联剖有低阻交点; ⑤ 增温型井深一般 2000 m 左右, 对流型井深一般几十米至几百米。

本文提出的地质-地球物理探测模型可以为辽宁省断裂型地热资源的勘查工作提供有效的指导作用。

致 谢

在本次研究中得到了辽宁省地质矿产勘查局付海涛、辽宁省第七地质大队郭永波等有关人员给予的大力支持, 在此深表谢意。

参考文献

- [1] 陈墨香, 汪集旸, 邓孝. 中国地热资源: 形成特点和潜力评估[M]. 北京: 科学出版社, 1994.
- [2] 陈墨香, 汪集旸. 中国地热研究的回顾和展望[J]. 地球物理学报. 1994, 37(S1): 320-338.
- [3] 陈墨香, 汪集旸, 邓孝. 中国地热系统类型图及其简要说明[J]. 地质科学, 1996, 31(2): 114-121.
- [4] 田廷山. 中国地热资源及开发利用[M]. 重庆: 中国环境科学出版社, 2006: 1-116.
- [5] 宋波, 宋建伟. 辽宁省中生代盆地深层地热地质条件调查与研究[J]. 地下水, 2011, 33(2): 157-158.
- [6] 贾雁杰. 辽宁省地热资源成因类型及评价[D]: [硕士学位论文]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2015.
- [7] 汤金柜. 物探综合方法在地热勘探中的应用研究[J]. 资源信息与工程. 2017, 32(6): 73-74.
- [8] 田小林. 石阡断裂地热水赋存特征及开发利用[J]. 四川地质学报, 2016, 36(4): 623-626.
- [9] 赵亚娟, 刘立军, 等. 断裂构造对地热田形成的控制作用[J]. 中国锰业, 2016, 34(4): 29-31.
- [10] 郭守鋈, 李百祥, 等. 电法在甘子河断裂对流型地热资源勘查中的应用[J]. 物探与化探, 2013, 37(2): 229-232.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org