

沂沭断裂带成热地质条件研究

杨启俭¹, 杨明¹, 李宁²

(1. 山东省第七地质矿产勘查院, 山东临沂 276006; 2. 临沂市国土资源局, 山东临沂 276001)

摘要: 沂沭断裂带是由四条主干断裂组成的深大断裂带, 带内地热露头较多, 蕴藏着较为丰富的地热资源。本文试图从区域地质角度对沂沭断裂带的地层结构、构造的导水控热性能以及热储特征等成热地质条件进行分析研究, 提出沂沭断裂带内的正确勘查方向, 以便有目的、有计划地开展地热资源勘查工作, 以期促进沂沭断裂带地热资源勘查的新突破。通过分析, 沂沭断裂带内西部马站—苏村地堑的成热地质条件优于东部安丘—莒县地堑, 沂沭断裂带中段是进一步开展地热资源勘查的有利地段, 而 NW、NEE 向次级断裂与主干断裂的交汇处是地热资源勘查的主要靶区, 推断郯郛—葛沟断裂两侧存在深部灰岩热储。

关键词: 地热地质条件; 分析研究; 地热资源; 前景; 沂沭断裂带

中图分类号: P314

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2008)03-0278-07

沂沭断裂带及其两侧地热露头较多, 地热异常明显, 蕴藏着一定的地热资源。尽快勘查并合理开发利用本区地热资源, 对改善地方投资环境、带动地方经济的可持续发展起着重要的作用。但近年来所做的勘查工作一直未取得突破性进展, 因而, 这就需要从区域地质角度对沂沭断裂带的成热地质条件进行分析研究, 通过地热露头点地热地质条件的分析与对比, 确定沂沭断裂带内的正确勘查方向, 以便有目的、有计划地开展地热资源勘查工作, 以期促进沂沭断裂带地热资源勘查的新突破。

1 沂沭断裂带基本特征

郯庐断裂带是纵贯我国东部地区的巨型断裂构造带, 它对我国东部地区的地质发展起着重要的控制作用。该断裂是一条规模巨大的深断裂, 深达上地幔。沂沭断裂带是郯庐断裂带在山东境内部分, 南起郯城, 北入渤海, 纵贯山东中部, 呈北北东 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 方向延伸, 南窄北宽。

沂沭断裂带主要由四条主干断裂组成, 自东向西依次为昌邑—大店断裂、安丘—莒县断裂、沂水—汤头断裂、郯郛—葛沟断裂。除四条主干断裂外尚有白芬子—浮来山等平行断裂束。由于四条主

干断裂的切割, 中段形成了两堑一垒构造, 中央为凸起, 两侧为地堑式槽地, 南北两端为中、新生代凹陷(图1)^[1]。

区内地层出露较齐全。郯郛—葛沟断裂以西分布太古宙胶东群片麻岩、元古宙震旦系砂岩、古生界寒武系、奥陶系灰岩、页岩; 马站—苏村地堑、安丘—莒县地堑内主要分布中生界白垩系青山群八亩地组安山岩、集块角砾岩, 大盛群马朗沟组、田家楼组砂砾岩、砂岩与粉砂岩互层; 中部汞丹山断凸主要分布太古宙泰山群片麻岩; 第四系主要发育在沂、沭河两侧。岩浆岩分布普遍。

沂沭断裂带发育于新太古代晚期, 形成于晚白垩世。中生代是沂沭断裂带发展的重要时期, 在燕山构造运动期, 太平洋板块对东亚板块的推挤俯冲作用, 使沂沭断裂带拉伸拓宽成裂谷, 在此期间, 火山活动强烈, 形成大面积的安山岩覆盖, 构造运动频繁, 槽状沉积发育, 裂谷活动达到顶点。到晚白垩世活动趋向停止。自新生代以来, 裂谷闭合隆起, 沂沭断裂带由裂谷断陷转变为封闭消亡期, 带内多表现为挤压抬升和局部陷落^[2~4]。

2 地热露头点概况

研究区内地热露头点共有3处(图1), 其中地

收稿日期: 2008-05-06

责任编辑: 林晓辉

基金项目: 沂沭断裂带成热地质条件研究(鲁地字[2006]110号)

作者简介: 杨启俭(1958-), 男, 高级工程师, 副总工程师, 从事水文地质与环境地质研究。E-mail: yangqij@163.com。

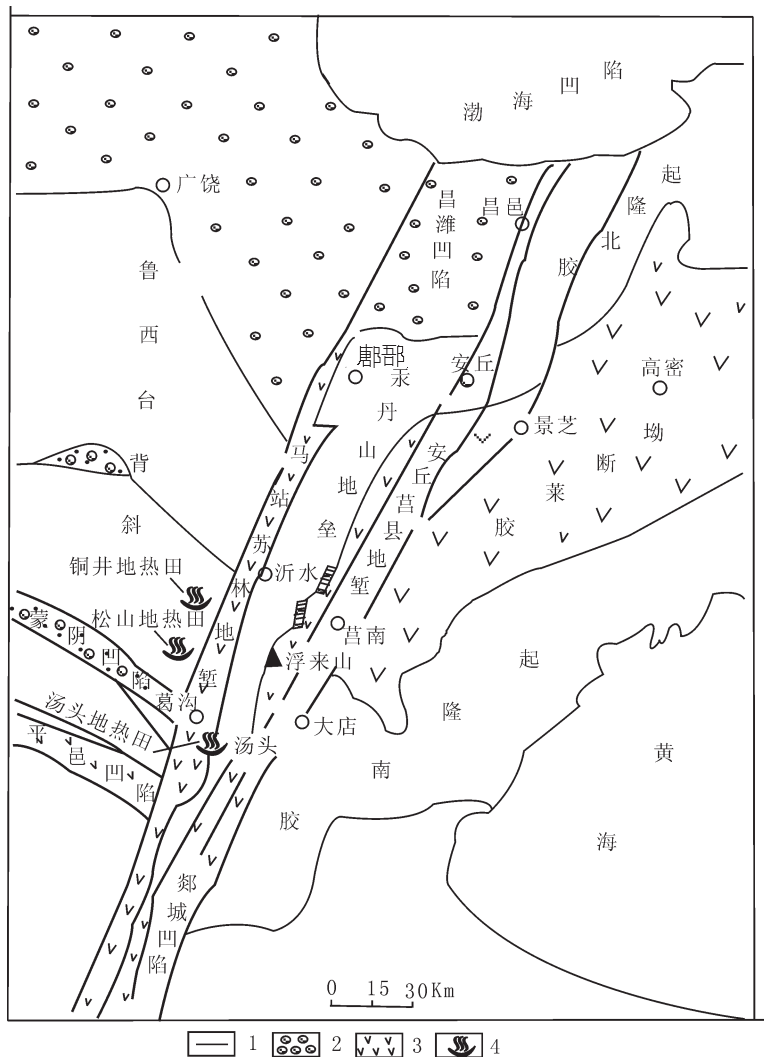


图1 沂沭断裂带地质构造略图

Fig.1 Structure schetch of Yishu River fault zone

1.主干断裂;2.新生代盆地;3.中生代地堑;4.地热田

下热水的天然露头1处(温泉),人工露头2处(钻孔揭露)。目前实测到的地热露头最高水温为74℃,最低水温48℃。

(1) 汤头地热田

汤头地热田位于临沂市河东区汤头镇政府驻地,东依汤山,西傍汤河,风景秀丽,环境幽雅,是著名的疗养胜地。汤头地热水开发历史悠久,最初主要是利用温泉自流量,后为钻孔开采。目前,开采井有3眼,水温60℃,开采量500 m³/d左右。

汤头温泉处在马站-苏村地堑内。地热水于汤河东岸汤头-郑家庄与许家长沟-汤头两断裂交汇处出露成泉(图2)。

(2) 铜井地热田

铜井地热田位于沂南县铜井镇新王沟村,水温

74℃,热水涌水量737.16 m³/d,水位喷出地面2.3 m,水化学类型为SO₄·Cl-Na·Ca型,矿化度2.01 g/L。地热田位于郯部-葛沟断裂的近旁,附近分布一定面积的燕山期侵入岩。热储层为朱砂洞组、馒头组灰岩;盖层为闪长玢岩;地热水主要接受北、西部地下水的补给,热源为地下水深循环加热。

(3) 松山地热田

松山地热田位于沂南县张庄乡松山村,水温48℃,水化学类型为Cl·SO₄-Na型,矿化度2.8 g/L。热储岩性为寒武系下统李官组及震旦系佟家庄组石英砂岩,热储埋深190 m。据资料分析,NW向孙祖断裂与NE向郯部-葛沟断裂的次级断裂在地热田东南侧交汇,其交汇部位岩石破碎,裂隙岩溶发育,沟通了深部热储层,从而为深部地下水的活动创造了极为有利的条件。

3 沂沭断裂带成热地质条件研究

沂沭断裂带由于受NW向断裂的切割表现出地层结构的明显差异。以NW向临朐-高崖断裂、蒙山断裂为界,将沂沭断裂带自北向南分成三段,即昌潍凹陷、汞丹山隆起、郯城凹陷,这三段的发育历史略有差异,在成热地质条件方面则有着明显的区别(图1)。

昌潍凹陷是沂沭断裂带相对沉降地带,凹陷向北倾伏,主要地层为白垩系青山群八亩地组,被第四系覆盖。地表未发现地热露头,深部热储埋藏太深,故本文不予论述。

汞丹山隆起是沂沭断裂带纵向运动最复杂的地段,也是沂沭断裂带出露最好的地段。二堑一垒发育最完整,结构最复杂。此区又被无数条NW向次级断裂强烈横向错断,而就在这些次级断裂与主干断裂的交汇部位形成了多处地热田,因而该段是本文分析研究的重点区域。

郯城凹陷内广布白垩系大盛群、青山群,盖层厚度加大,深部热储埋深过大,浅部地热异常不明显,仅在马陵山区新构造运动强烈。在成热条件方

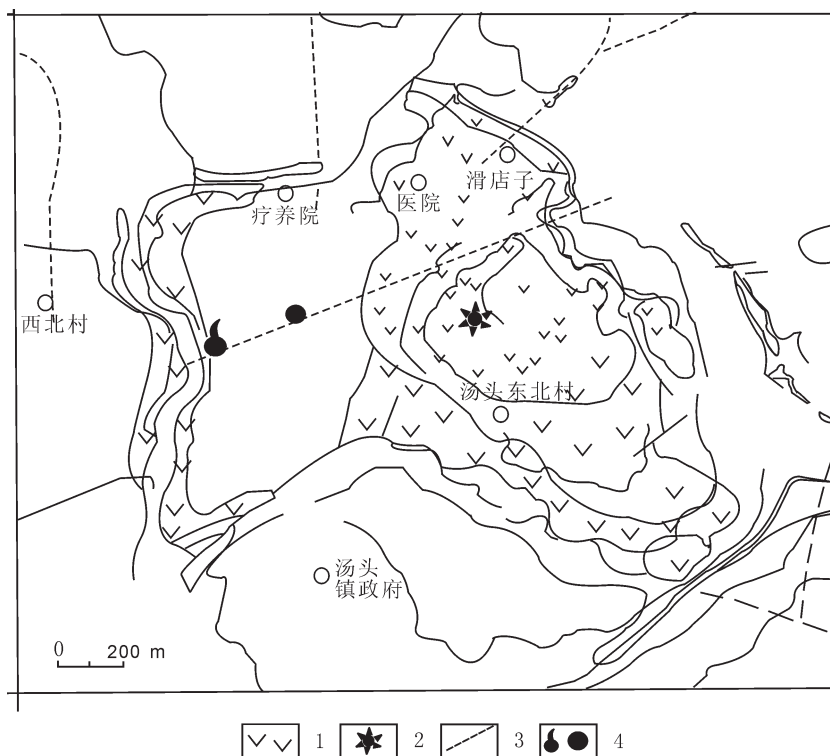


图2 汤头温泉地质构造略图

Fig.2 Geologic structure schetch of the warm spring of Tangtou

1. 火山岩; 2. 古火山口; 3. 推测断层; 4. 温泉、地热井

面明显逊色于中段。

3.1 成热模式分析

沂沭断裂带内地热水与其西侧的地热水在成因上有一定差别。沂沭断裂带以西,目前出露的地热田多为深循环封闭型水热系统;而断裂带内的地热出露点多为深循环对流型系统,属“断控型”。

沂沭断裂带以西裂隙岩溶水自北西向南东径流,受断裂及岩体的阻挡,一部分地下水以冷水的形式排泄,一部分地下水则沿岩体底部及岩层倾向继续向南东方向进行深循环,地下水在深循环过程中,经地温加热后,在静水压力作用下,沿断裂通道和岩层裂隙上升至浅部,或通过钻孔揭露涌出地表,形成浅部地热异常和热矿水自流。如铜-1热水孔,上部为火成岩,致密坚硬,保温隔水性能好,其下伏地层为寒武系中、下统砂、页岩及灰岩,其中的灰岩经岩浆上侵而发生热变质为大理岩。该孔钻至243 m时见馒头组大理岩及结晶灰岩,涌出热水,水温74℃左右,自流量737.16 m³/d。其地下水主要接受北部及西部寒武系、奥陶系灰岩地下水的补给,地下热水水位、水温动态稳定,表明了地下热水

是深部循环形成的^①(图3)。

根据沂沭断裂带内的地层结构和构造条件可知,断裂带内次级断裂发育,尤以北东东向为主,北、东、西三面地下水向南径流,受岩体或断层阻挡进行深循环加热,沿岩体底部或通过近南北向断裂破碎带继续向南运动,在奥陶系灰岩凸起带或断裂复合部位富集。但由于上覆巨厚的白垩系盖层,深部地下水处于相对封闭的环境中,地下热水只能沿断裂向地表排泄加热浅层潜水,形成浅部地热异常区。

3.2 热储特征分析

区内热储可分为安山岩构造破碎带、奥陶系灰岩(推断为沂沭断裂带内深部热储)、寒武系灰岩(大部经热蚀变形成大理岩及结晶灰岩,为沂沭断裂带西侧热储)及震旦系石英砂岩等,热储特征因其所处构造位置的不同而有所差异。

沂沭断裂带内的浅层热储为白垩系安山岩破碎带,构造裂隙发育,该浅层热储实际上是深部地热水沿断裂带上升形成的次生热储或溢出的通道,如汤头温泉。其共同点是:热储埋深较浅,一般100

^①张中祥,沈建文.山东省沂南县铜井张庄地热资源调查报告.山东省地热勘查开发设计院,1999.

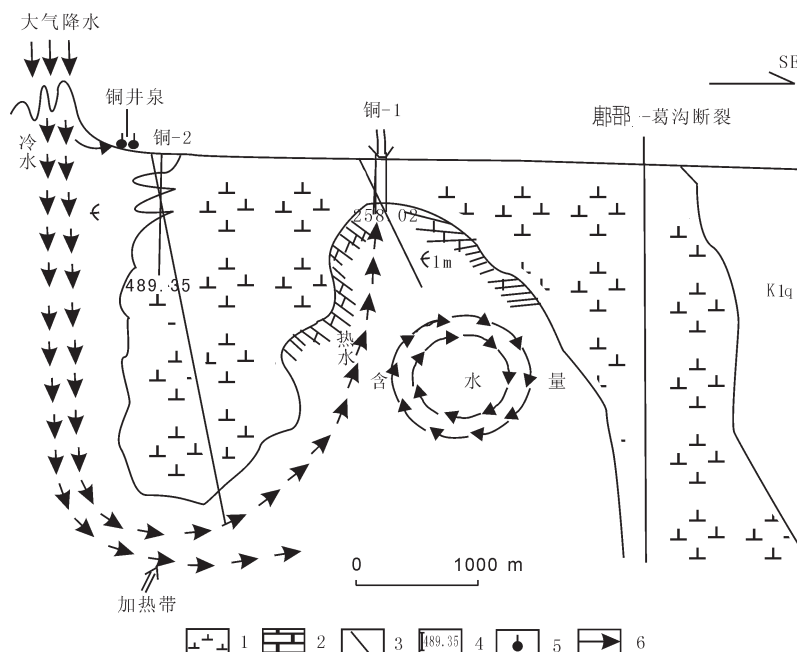


图3 铜井地热田成热模式示意图

Fig.3 Schematic drawing of the geothermy-forming pattern in Tongjing's geothermy field

1. 闪长岩; 2. 灰岩; 3. 断裂; 4. 钻孔; 5. 泉; 6. 地下水流向

~ 200 m; 地热水温度相近, 在 48 ~ 74 °C 之间。

据推测, 断裂带内深部热储主要为寒武系、奥陶系灰岩, 一般为地下水经深循环加热后富集于该层中。由于区内安山岩盖层厚度大, 变化也大, 故热储埋深变化不定, 很难掌握。

沂沭断裂带西侧热储多为寒武系李官组灰岩及震旦系石英砂岩。如铜井地热田兼具层状和带状热储特征, 热储为隐伏于铜井岩体之下的寒武系结晶灰岩, 顶板埋深 217 ~ 336 m, 底板埋深 392 m, 热储厚度大于 50 m。

3.3 盖层特征分析

盖层是成热条件必备之一, 不同类型的热储其盖层厚度变化较大。

沂沭断裂带内浅层 " 构造型 " 地热田的盖层一般厚度不大, 几十米至百余米, 保温隔水性能好, 主要岩性为安山玄武岩、安山质凝灰岩、集块岩等。

沂沭断裂带内深部热储的盖层主要为白垩系火山岩建造和碎屑岩泥岩建造, 致密坚硬, 厚度变化大, 受喷发旋回的影响, 厚度确定困难。白垩纪青山期大量喷发的火山岩充填在地堑槽地中, 造成了厚达 3 000 ~ 7 000 m 的中基性 - 碱性火山岩系。马站 - 苏村地堑和安丘 - 莒县地堑沉积了巨厚的白垩系火山岩建造和碎屑岩泥岩建造, 最厚达万米

以上。据粗略估计, 各地堑凹陷内中、新生界的厚度为, 安丘 - 莒县凹陷 1 000 ~ 10 000 m; 马站 - 苏村凹陷数百米至一千余米; 郯城凹陷 1 000 ~ 3 000 m。

据物探资料^①, 蒙山断裂与郯部 - 葛沟断裂交汇处安山岩盖层厚度大于 1 200 m, 而马朗沟砂砾岩、页岩分布区, 与八亩地安山岩联合构成盖层, 厚度则更大(图 4)。

沂沭断裂带西侧, 局部可由闪长玢岩构成盖层; 而深部层状热储则以寒武系页岩为主要盖层, 张夏组、朱砂洞组灰岩构成深部热储。如铜井地热田盖层为闪长玢岩, 深循环上升的地热水遇盖层阻隔, 在灰岩中富集。

3.4 地热水通道及热源分析

地热水上升通道多以北西向、北东东向张性、张扭性断裂为主; 热源视各地热田的成因而有所不同。区内地下热水的热源应为地下水深循环地温加热。据推算, 沂沭断裂带及周围地区的地下热水循环深度在 2 000 m 左右。其形成年龄要大于 20 年。

3.5 地热分布规律

区内地热异常的分布有以下规律:

(1) 北西向断裂、北东东向断裂与北北东向主干断裂交汇处。区内北北东向的主干断裂被东西向断裂和北东向、北西向断裂切割, 使断裂在平面上呈

^①杨启俭, 窦连波. 山东省临沂市汤头 - 白塔地热资源普查报告. 山东省第七地质矿产勘查院, 2001.

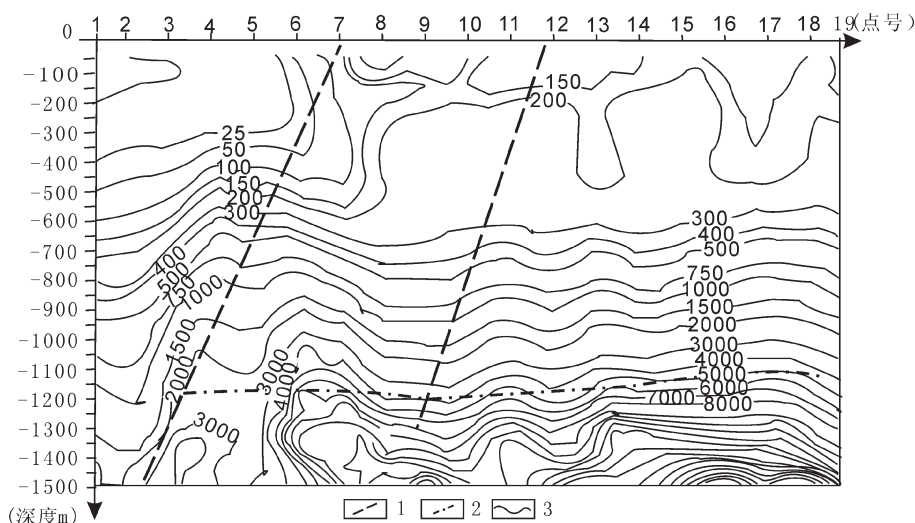


图4 安山岩盖层视电阻率剖面图

Fig.4 Section schetch of the apparent resistivity in Anshanqiu's no-seeped layer

1. 推测断裂; 2. 推测安山岩盖层深度; 3. 视电阻率等值线

折线状。这一现象在卫星象片上反映得比较清晰。据分析,沂沭断裂带两侧的地热出露点均位于上述断裂的交汇部位。

(2)古火山口附近、火山岩喷发带、侵入体的围岩蚀变带是地热出露的有利地段。据地质调查资料分析,中生代至新生代,马站-苏村地堑构造活动性比安丘-莒县地堑更强烈。马站-苏村地堑内和地堑西侧,中生代和上新世有大量花岗岩侵入和中基性岩浆喷出,深部热能易沿岩体与围岩的接触带和裂隙带上升形成地热异常区。汤头地热田即出露于汤山古火山口近旁,铜井地热田的形成亦与铜井岩体有着密切的关系。

(3)盖层分布理想部位。从多方面资料分析,沂沭断裂带是一条高温异常带。沿断裂带因地质条件的不同,地温有所起伏,断续出现高温地带。可以预见,沂沭断裂带的马站-苏村地堑及其西侧,尤其沂南到河东太平地段可能有比较丰富的地热资源。

3.6 构造控热规律探讨

区内地热露头的形成均受断裂导水或阻水的影响,一般位于近SN向断裂与NE向或NW向断裂的交汇处。因此,分析研究构造成热模式对沂沭断裂带内地热资源的勘查起着重要的指导作用。

组成沂沭断裂带的四条主干断裂规模宏大,连续性好,被北东、北西向断裂切割部位正是地热形成的有利地段。因而,研究主要伴生构造的特征至关重要。沂沭断裂带的主要伴生构造有次一级的北

北东向平行断裂,泰山式和大义山式两组扭断裂。

北北东向压扭性断裂在沂沭断裂带两侧均有分布,这些断裂的共同特征是:平行主断裂呈北北东 $15 \sim 25^\circ$ 方向分布,断裂倾角较陡,断裂破碎带发育,挤压特征明显,为区内主要的控热构造,往往与北西向断裂复合构成地热田。

泰山式断裂及大义山式断裂,为两组扭性断裂构成棋盘格式构造,区内大义山式断裂尤为醒目,其中益都断裂、韩旺断裂、新泰-垛庄断裂、蒙山断裂规模较大,呈北北西 $310 \sim 340^\circ$ 方向分布,与沂沭断裂带相交。此组断裂为导热构造,中生代白垩纪青山期火山岩的喷发中心有规律地分布在此组断裂与沂沭断裂带交汇部位,也是地热田的构成区段。

3.7 岩浆岩分布规律研究

岩浆岩对地热水系统的形成起着重要的作用。因而,深入研究岩浆岩的特征及分布规律对寻找新的热储有着重要的意义。

沂沭断裂带控制着青山群八亩地组火山岩系的分布,因而在断裂带内或两侧的低级与高级构造复合部位可能为火山岩系的喷发中心。这些喷发中心在空间上具有等距性、方向性,长轴为北西西向,明显受北西西向断裂控制。这些部位往往是寻找地热的有利地段。

铜井地热田位于沂沭断裂带伴生构造与派生构造的复合部位,为一火山构造,表现中心的花岗

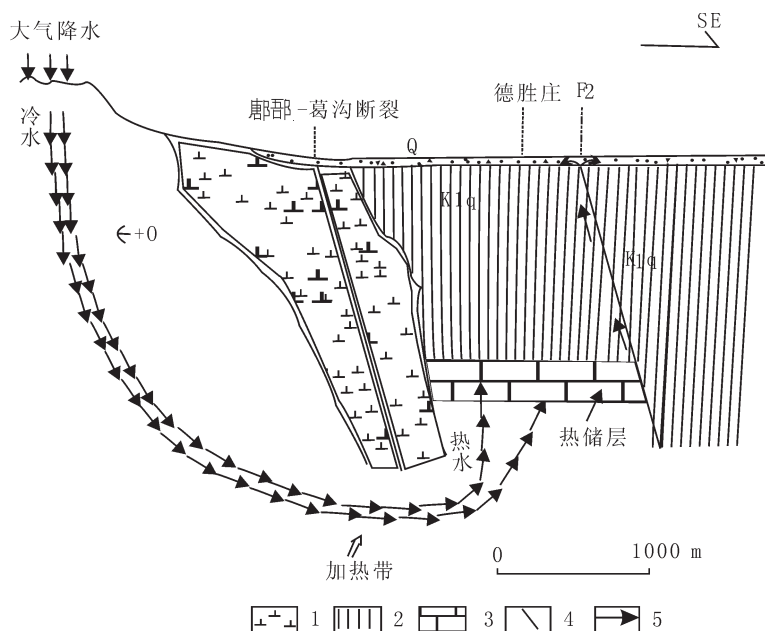


图5 德胜庄地热预测区热储概念模型图

Fig. 5 Concept model schetch about the geothermal storage in Desheng Village

1. 闪长岩; 2. 凝灰岩; 3. 灰岩; 4. 断裂; 5. 地下水流向

岩岩体呈近圆形,周围发育着放射状、环状裂隙,内有斑岩及闪长玢岩岩脉。闪长玢岩盖层是形成铜井地热田的条件之一。

4 地热资源勘查前景分析

4.1 沂南县城东德胜庄地热预测区

该区位于铜井岩体以南、郯部-葛沟断裂以东。白垩系安山质凝灰岩广泛分布。据物探资料分析,郯部-葛沟主干断裂F1西侧为奥陶系、石炭系灰岩,以东上覆白垩系火山碎屑岩,F1与其次级断裂F2间灰岩顶板埋深平均900m,F2以东大于1500m,郯部-葛沟断裂及次级断裂为沟通深部热源提供了良好的构造条件。由上述地层结构推知,F1、F2间为一灰岩凸起带,上覆白垩系火山碎屑岩盖层,因此,该地段具备地热形成的地质条件(图5)。

4.2 郯部-葛沟断裂与蒙山断裂交汇处地热预测区

通过大量的地质调查与物探工作初步证实,该预测区存在有利的成热条件:1)构造位置理想;2)盖层较好,极有可能存在深部灰岩热储;3)浅部地热异常显示明显;4)具备深循环径流条件。

4.3 北西向断裂与北北东向断裂交汇处地热预测区

根据构造控热规律,除以上两处地热预测区

外,沂水县龙家圈、姚店子,沂南县河阳、砖埠南等断裂复合部位可以考虑作为今后地热资源勘查的重点地段。

5 结论

综上所述,沂沭断裂带内西部马站-苏村地堑的成热地质条件优于东部安丘-莒县地堑,沂沭断裂带中段(沂水-汤头区段)是进一步开展地热资源勘查的有利地段,而NW、NEE向次级断裂与主干断裂的交汇处是地热资源勘查的主要靶区,推断郯部-葛沟断裂两侧存在深部灰岩热储。

参考文献:

- [1] 宋莫南,朱德文,肖丙建,等.临沂、板泉、李庄、马站四幅区域地质调查报告[R].临沂:山东省第七地质矿产勘查院,1996.
- [2] 胡思颐.从沂沭断裂带内部结构认识郯-庐断裂[J].山东地质情报,1981(1).
- [3] 郭振一.沂沭断裂带的基本特征及其力学分析[J].山东地质情报,1981(1).
- [4] 张化民.沂沭裂谷的形成与演化机制[J].山东地质情报,1981(1).

Study on the Geotherm-forming Geological Condition in the Yishu River Fault Zone

YANG Qi-jian¹, YANG Ming¹, LI Ning²

(1. The Seventh Geology Mineral Survey Institute of Shandong Province, Linyi 276006, China;

2. Linyi Department of Land and Resources, Linyi 276001, China)

Abstract: The Yishu River fault zone is composed of 4 faults where it is rich in geotherm and geothermal outcrops appear frequently. This article attempts to investigate the geological condition of the geotherm forming, strata structure of the zone, fault structural water- and heat-conductivity in order to develop geothermal resource surveying work. It is suggested that, in the Yishu River fault zone, the geotherm-forming condition in the western part of the fault zone, Mazhan-Sucun graben, is better than that in the eastern part, Anqiu-Yingxian area. And the best part to prospect the geotherm next is in the middle part of the zone. And the intersection of the NW and NEE direction sub-faults and the main faults are the important target of geothermal resource investigation. And there may be a geothermal storage in the deep-seated Karst rock in both sides of Tangwu-Gegou fault.

Key words: Geothermal geological condition; geothermal resource; prospect target; Yishu River fault zone

学术论文摘要的要求

摘要一般分报导性和指示性两种,有时也把二者综合使用。发现型和论证型论文大都采用报导性的形式,要指明本文的主题范围和内容梗概,即把研究目的、研究对象,所用研究方法、新的发现和研究成果、推出的相关结论或最终结论等(重点是结果和结论)列入其中,一般以 300 字左右为宜。这种摘要经常采用的句型如下:采用(什么)方法,对(哪些项目)进行了(哪些)方面的研究,取得了(什么)结果(简述成果)或发现(什么问题)(简述问题),得到了(什么)结论(简述结论)或提出了(什么)解决方案(简述方案)。综述性、资料性和评论性的文章可写成指示性文摘,指示本文陈述主题及取得的成果的性质和水平,篇幅可短些,200 字左右即可。为了更加清楚地说明问题,有时用报导性文摘表述文章中信息价值较高的部分,以指示性文摘表述其余部分。

(刘新秒)