

56.581
00887

水文地质工程地质选辑



地下热水·环境地质

地质出版社

地下热水·环境地质

水文地质工程地质选辑第四辑

地 质 出 版 社

地下热水·环境地质
水文地质工程地质选辑第四辑
《选辑》选编小组编
(只限国内发行)

地质局书刊编辑室编辑
地质出版社出版
地质印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1975年2月北京第一版·1975年2月北京第一次印刷

印数1—7,000册·定价0.54元

统一书号：15038·新78

前 言

我国地热资源十分丰富。有些地区已将其利用于医疗卫生、城市取暖、农副业生产等方面，并已取得了显著成效；地热发电也已初试成功。在开发与利用地热的实践中，广大群众对地热形成的地质条件，在理论上得到了更深的认识；对地热的勘探与开发方法也积累了丰富的经验。

在我国一些省区分布有克山病、大骨节病病区。病区与非病区不仅存在有明显的分带性，并且具有大体相似的水文地质条件。病区广大群众在长期与克山病、大骨节病作斗争的过程中除初步掌握了其发病与当地的水文地质条件的关系外，有些病区还总结出了与它作斗争的防病改水措施。

在一九七三年七月举行的水文地质工程地质会议上，有关单位提供了地热及地方病的经验文章。现选编这方面的文章共十二篇，汇集为《水文地质工程地质选辑》第四辑出版。在选编工作中得到了地质科学研究院水文地质工程地质研究所，河北省地质局水文地质第四大队和北京市地质局水文地质大队的大力支持，谨向他们深表谢意。

目 录

前言	1
北京的地下热矿水	1
湖北省汤河、汤池地区的热矿水	10
粤东地热区试验工作初步总结	24
湖南某地区地下热水水文地质计算	42
对福建汤坑热矿水动态变化规律的初步认识	55
天津市地下热水的控制因素及利用途径	65
环境保护与水文地质工作	72
水文地球化学环境与克山病、大骨节病	83
环境、水质与克山病病因	104
吉林省克山病、大骨节病的分布特征及对病因的认识	119
陕西省饮用水水质与克山病、大骨节病关系的初步探讨	125
山西省大骨节病区的水文地质特征及病因的初步分析	141

北京的地下热矿水

北京市地质局水文一大队

在党的“九大”团结、胜利路线指引下，在各级党组织的领导下，我队广大工人、干部和技术人员，认真贯彻执行毛主席“抓革命、促生产”的伟大方针，在首都新找到了39.2—57℃的热矿水，为工农业生产和人民生活提供了新的热源。下面将初步取得的地质资料作一总结，不足或错误之处，请予指正。

一、构造与地层

北京凹陷是一个不对称的地堑（见图1）。其西北有压扭性断裂和张扭性断裂，后者断距较大，布伽重力异常图上表现为等值线的密集带，在西部梯度可达10毫伽/公里之多。其东南的张扭性断裂为北东向，晚近期仍有活动，重力异常梯度在4毫伽/公里左右，北西方向的则为张性断裂。凹陷轴线一带，基底灰岩埋深可超过2500—3000米，向两侧及向东灰岩埋深变浅，有的地方埋深小于1000米。据热8孔揭露，灰岩含硅质燧石条带，属震旦系地层，热3孔587米以下见到较纯而破碎的石灰岩，可能为寒武系地层。热7孔灰岩之上有总厚度271米的多层玄武岩，间有黑褐色泥质页岩（深度470与520米），科学院植物所从中分析出热带、亚热带成分的松杉类，说明当时气候温暖而湿润，植物组合反映的地质时代可能属老第三纪。据钻孔揭露玄武岩厚度由热7孔向西南方向变薄，热5、2孔的玄武岩厚度分别为38米与20米，在断裂下盘厚度增大，如热8孔其厚度达141米（见图1）。在老第三纪的玄武岩与褐灰色页岩之上普遍有棕红色、黄褐色含泥质的砂砾岩、页岩互层，属新第三系地层。它在凹陷内有广泛

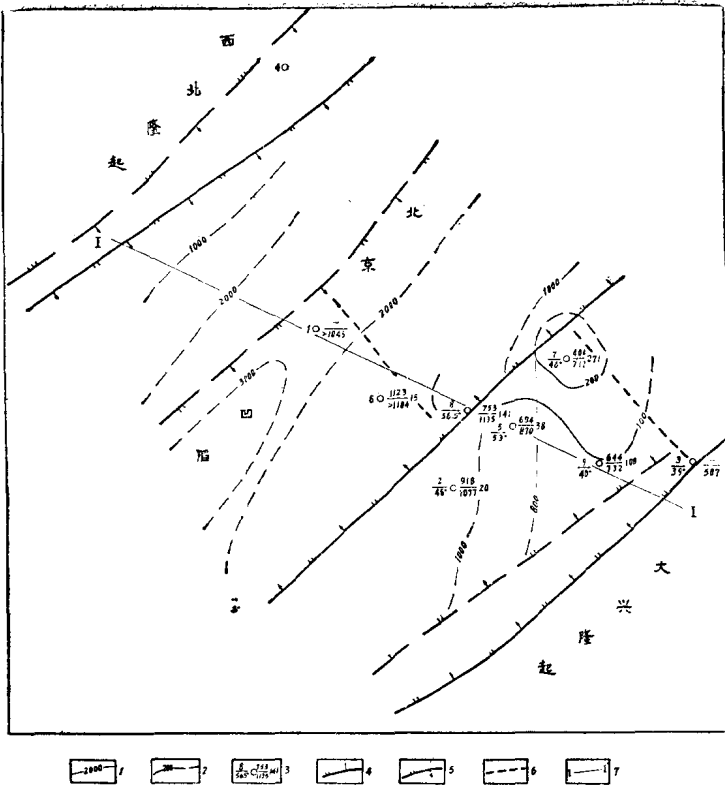


图 1 地质构造图

- 1—灰岩埋深线（米）；2—玄武岩等厚度线（米）；
- 3— $\frac{\text{孔号}}{\text{出水口温度}}$ ， $\frac{\text{玄武岩顶板}}{\text{灰岩顶板}}$ 玄武岩厚度（米）；4—张扭性断裂；
- 5—压扭性断裂；6—张性断裂；7—剖面线

分布，在凹陷轴线的热 1 孔 1000 米以上均为此类地层，其厚度向东南变薄，在热 7 孔仅百余米。第四系地层为松散的砂砾石和粘性土互层，厚度不大，有些地方仅百余米或不足百米。

二、地热条件和水文地质特征

按透水和导热性能本区地层可分为两大类。一类是相对隔水

隔热的第三系地层(包括玄武岩在内)及部分第四系粘性土层, 部分地区还可能有白垩纪地层, 这是保温盖层; 另一类是盖层以下的基底灰岩, 有裂隙和岩溶发育, 它是本区主要的含热水层。地热分布有四种不同的情况。一种是地热异常区, 浅层70米深度的温度在15℃以上, 地层增温率大致在20—33米/℃, 在东南部已经钻探证实, 在587—1135米深的石灰岩中能抽出39.2—57℃的热水(见图2), 西部地区亦有一个较小的浅层温度异常区, 尚待证

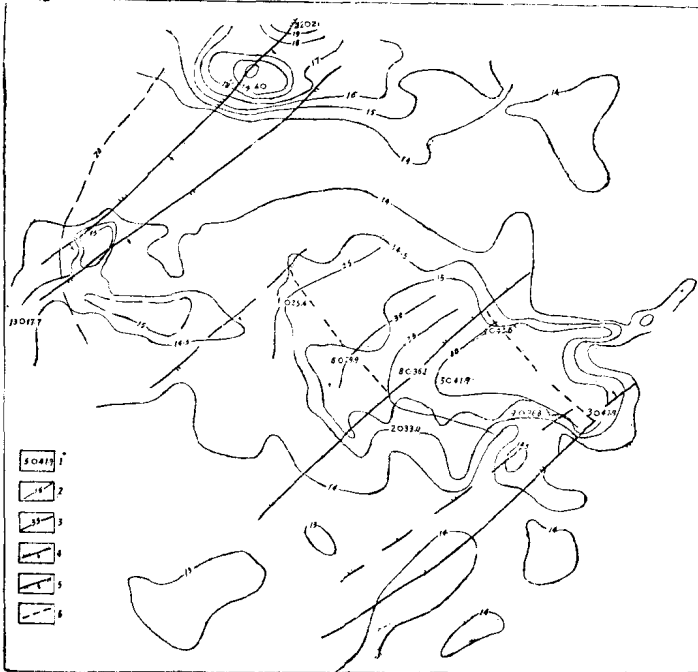


图 2 浅层与700米深度温度图

1—左侧为孔号, 右侧为700米深度的温度; 2—浅层水(约70米深)等水温线(℃); 3—700米温度等值线(℃); 4—压扭性断裂; 5—张扭性断裂; 6—推测张性断裂

实, 这是开采热水较易的地区。二是与上述热异常区相连的地段, 浅层温度约14.5℃, 向下增温慢, 增温率大致在33—54米/℃, 但由于该地区灰岩埋深较大, 盖层厚, 至灰岩的温度绝对值可能

并不小，预计可达 50°C 以上，如6孔在1130米处地温已达 46°C 。因此，今后随着开采深度的增大，东南部热水区范围也将向西北方向扩大（见图3）。第三种情况是北部一些地区浅层温度很高，

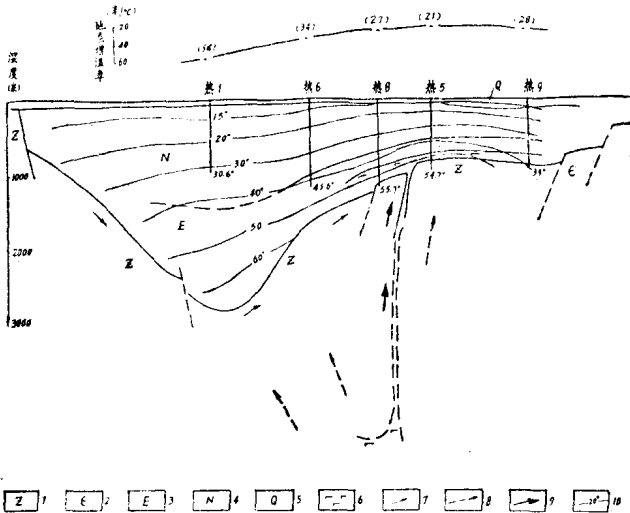


图3 地质构造理想剖面图(I—I')附地层增温率与温度剖面

1—震旦系硅质灰岩；2—寒武系石灰岩；3—老第三系砂页岩；
4—新第三系砾岩；5—第四系；6—基性火成岩；7—地下循环
水方向；8—热流方向；9—深部高温水方向；10—等温线($^{\circ}\text{C}$)

达 20°C 左右，但向下不增温，如361米深的4孔就遇到这种情况，以前在北面不远的地方打过三个钻孔（包括657米深的洼2孔）也遇类似情况（见图2）。这可能是由于这些钻孔位于西北部压扭断裂与张扭断裂之间的地块上，在胶结砾岩中岩溶发育，上下水力联通性好，上无第三系隔热盖层，在侧向有大量冷水补给下，上下层水的对流混合造成的。而从北京城区平均气温仅 11°C ，平均浅层水温也仅 14°C 左右，但该地块上层温度便达 $20-22^{\circ}\text{C}$ 这一情况来看，也说明在深部是有热源通道的。最后一种情况是在西部边缘地段，浅层温度低（ 14.5°C 左右），向下增温非常慢。在13孔（距张扭性断裂水平距离500米）打到1065米尚未见基岩，主

要岩性为第三纪砾岩，在990米处地温仅 18.4℃，说明在该地段侧向冷水补给充沛，下部又无大的热源。

东南部地热异常区的热矿水水文地质条件是较为复杂的。从已知的几个热水井可看到灰岩的水位、水量、水质各有差别。如 1971年 8 月热 5 孔热水位高于地面3.0米，自流量达 400 吨/昼夜，正是这个孔在九百余米深的灰岩中见到直径大于 0.7 米的溶洞，出水温度达53.0℃；热 8 孔热水位亦高于地面，1135米以下的灰岩亦有岩溶现象，出水温度57℃；而热 2 孔水位埋深在地面以下12米之多，1076米见灰岩，无岩溶现象，裂隙灰岩中出水温度46℃。总的来看，热水的矿化度均不高，在0.5克/升左右，为 $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Na-Ca}$ 型水，氟含量较高，达 6.7—7.4 毫克/升，与北京地区有些温泉的水质相似。

三、热矿水成因的初步分析

东南部地热异常区的热矿水是在一定的地质构造和水文地质条件下形成的，有它的发生、发展的历史过程。下面我们归纳成几个方面进行论述：

（一）热矿水的通道

热矿水的通道是凹陷内的张扭性深断裂。目前出水温度较高的热 5、热 8 孔正处于晚近期活动断裂带附近。这二个孔的水平距离仅1200米，但其灰岩埋深差却达265 米之多，看来热 8 孔处在下降较大的一盘上。附近有老第三纪玄武岩的分布说明这个断裂带可能断得很深（达数十公里），沟通了深部的热源，成为深部高温水带着一些特殊成分向上运移的通道。

热水中氡的含量与这个断裂带的关系亦甚为明显（见图4）。在断裂带附近热 5、热 8 孔氡含量分别为23.6与 22.0 埃曼/升。氡是镭射气，应该来自深处。

（二）热水的补给源

热水的主要补给来源是大气降水，主要含水层是基底灰岩层。从现有钻孔普遍揭露到的基底灰岩看，这个含热水灰岩层在

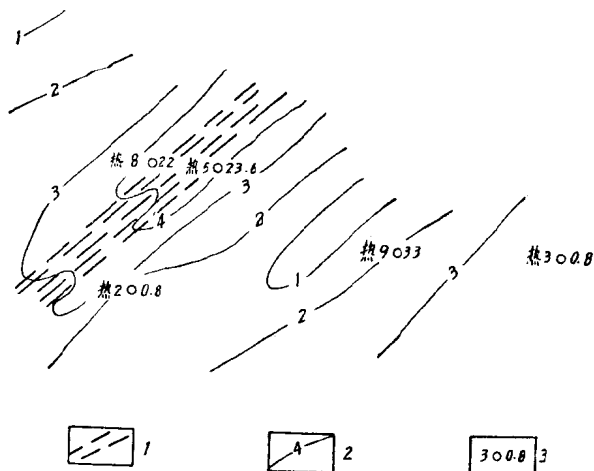


图 4 热水中氩含量与断裂带关系图

1—断裂带；2—重力异常等梯度线（毫伽/公里）；3—左侧为孔号，右侧为氩含量（埃曼/升）

北京凹陷内可能是普遍分布的，岩溶发育往往是在断裂带的相对上升盘上（如热 5、热 7）。多次的构造活动造成基底灰岩断裂、裂隙发育。我们认为这个灰岩热水层的补给来源可能是西北部的广大山区，在那里有大面积的石灰岩出露，有良好的补给条件。热水井的水量较大，矿化度低说明地下热水有不远的补给和较强的径流条件。热水中气体含量以氮为主，5 号热井水中氮、氩之比

$$a = \frac{Ar}{N_2 \times 0.0118} = 0.93 - 0.98, \text{ 与空气中的氮氩之比相似, 也}$$

说明热水主要是大气成因。

（三）与深部基性岩浆源的关系

地热异常的形成可能与深部基性岩浆源有关。它源源不断地通过断裂带向上供给热能，造成了该地区较大面积的地热异常。为了从水化学角度查明热水成因，曾请科学院地质所、地质局实验室等单位对京热 3、5、8 的灰岩和玄武岩及京热 5 的热井水

进行了光谱和化学分析。几个热井水可溶硅酸 (H_2SiO_3) 的含量与水温大致成正比关系 (图 5)。热 5、热 8 孔的 H_2SiO_3 含量较高, 达 40 毫克/升以上。根据对 5 块玄武岩的化学分析, 二氧化硅 (SiO_2) 的平均含量达 47.9%, 较之 4 块灰岩的平均含量 (10.07%) 大 5 倍, 说明在断裂带附近的热 5、热 8 孔热井水中可溶硅酸含量高可能主要是与深部岩浆源有关。一般认为可溶硅酸主要是与从岩浆中迁移出的 SiO_2 有关, 在新西兰、意大利、日本等现代火山地区高温热水中含量可达 500—800 毫克/升。此外, 用原子吸收法和光谱定量分析测得 5 号热井水中锶 (Sr) 含量为 1.1—1.53 毫克/升。用光谱分析法测得 5 块玄武岩中的锶含量为 0.03—0.2%, 而 4 块灰岩中都没有发现锶。5 号热井水中还发现锂、硼、铁的含量较高, 分别为 0.3 毫克/升、0.55 毫克/升、1.1—2.4 毫克/升。还有, 5 号热井水中的放射性物质, 如镭、铀、总 β 射线、钾⁴⁰ 等均高出一般地下水许多倍, 分别为 1×10^{-10}

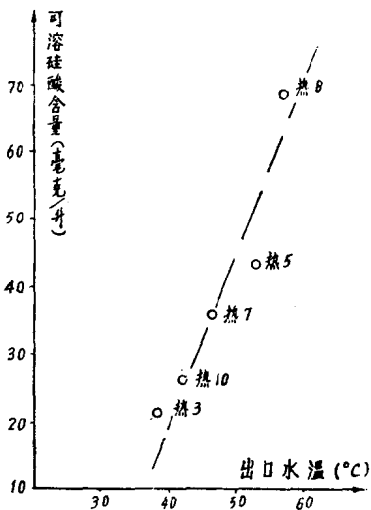


图 5 热井水可溶硅酸 (H_2SiO_3) 与温度关系图

克/升, 3.5×10^{-7} 克/升, 6.1×10^{-11} 克/升和 1.2×10^{-11} 克/升。上述这些特殊成分都可能与深部热源相通的高温水的补给有关。热 7 孔硫化氢含量达 2 毫克/升, 并发现有含纯硫的杂质, 也有可能是过去火山活动的遗迹。

综上所述, 东南部地热异常区的热矿水应属近期 (老第三纪) 火山活动构造类型, 这一地区在老第三纪时期是一个火山活动区。据钻孔打到的多层玄武岩看, 这种火山喷发可能经历过多次。但在火山活动期过后, 在新第三纪北京凹陷继续下降时, 沉

积了数百米厚的棕红色含泥砂砾岩、页岩等，正是这个第三纪盖层和上部冷凝了的玄武岩对下部岩浆热源起了一定的保温作用，但它终于不能完全盖住深部强大的热流，便在浅层形成了热异常区。

在现代，受大气降水补给的冷水沿着基底灰岩的层面或裂隙由北京凹陷西北侧向下运移，逐渐增温，经其轴部后向上运动，逐渐散热降温，之后在断裂带与由下而上的、含特殊成分（如硅、锶和微量放射性元素等）的高温热水（岩浆水）相混合（见剖面 I—I'）。

就是上述原因，所以从浅层至深层（70—700米），温度分布高的地方都正是有玄武岩分布和灰岩埋深相对较浅，并在其一侧有深断裂通过的地方。

四、寻找热矿水的标志

在地表无热矿水出露的地区勘探热矿水，必须通过地质调查、测温、物探等工作，寻找热矿水的标志。工作中应特别注意：

（一）寻找浅层热异常区

这是寻找深层热矿水的入门方法。我们曾对六百余眼约百米深的机井进行测温（用半导体热敏电阻测温仪每隔10米测一温度），并详细访问了解井本身及其周围的情况，以便分析资料时去伪存真，排除锅炉、蒸气管道、气候等对浅孔上层水温的影响。气候、锅炉影响深度一般不超过50米，蒸气管道等人为影响一般不超过70米，最大影响深度达80米。一般向下增温的，下部温度是真正受深部热源影响，反映深部地质构造情况的（见图6）。在分析浅孔温度资料中还应注意浅层潜水有无向井孔入渗，井孔施工中有否往钻孔中注水，成井后是否抽过水等情况。当发现多次测温温度变化时，应结合周围温度的情况追究其原因。

另外，应尽量取同等深度的井进行温度对比。一般说来，井底的深度能比较可靠地反映该深度的地层温度。而孔底以上的水温，由于水的热对流较之地层的热传导能力为大，往往较之同深

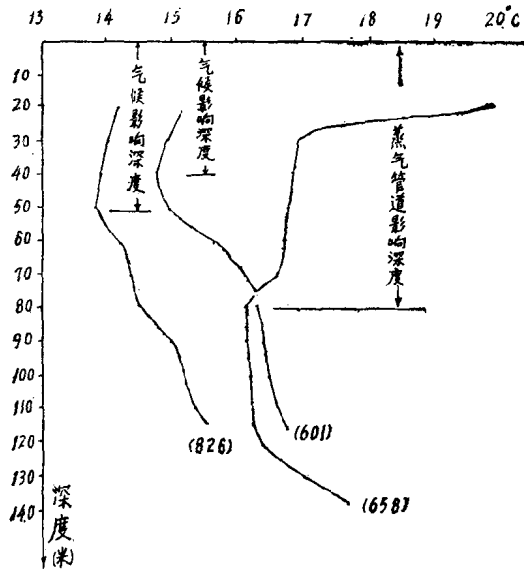


图 6 浅孔温度变化曲线图

度的地温为大。

(二) 地质构造和水文地质条件的综合研究

一个热水区的存在是由地质构造、水文地质条件等多种因素决定的，因此在寻找热矿水过程中应注意该地区地质构造及水文地质条件的综合研究，特别要注意研究对热矿水形成起控制作用的地质构造。对附近山区的地质构造要进行地质普查，以便由此及彼地加深对平原深部地质构造的认识。还要通过重力、电法等物探工作查明区域地质构造的轮廓、灰岩起伏、盖层厚度、断裂位置和火山岩分布等情况。对于本地区来说，热水区的主要形成条件是：有一定厚度的覆盖层起保温作用，下伏灰岩含水层（有大气降水通过深循环的足够补给）和深部岩浆源通过断裂带和灰岩给热。因此，在寻找地下热矿水时必须充分注意反映这些条件的标志。

湖北省汤河、汤池地区的热矿水

湖北省水文地质大队

我省地热资源十分丰富，其中尤以汤河、汤池两个地区温泉出露较多，温度较高。我们以毛泽东思想为指针，专业队伍与群众队伍相结合，在两地分别进行了勘探工作，取得了大量资料，初步掌握了热矿水的分布范围和规律，查明了水质和水量，对热矿水的成因进行了初步的研究和探讨，摸索到了热矿水勘探中的一些特点和方法。通过勘探并扩大了热矿水的流量和提高了水温，为综合利用热矿水提供了广阔前景。

一、形成热矿水的地质构造条件

(一) 汤河地区

汤河地区包括东、西、南、北四个温泉带，除南汤河位于河床中尚未勘探外，东汤河、西汤河、北汤河均已分别进行了勘探。

本区位于山字型脊柱的中南段，为一套太古界大别群含水或透水极弱的结晶岩系地层，主要岩性为片岩、片麻岩和深变质所成的花岗岩。只有在特定的地质构造环境中才有利于热矿水的补给、径流、排泄和赋存。因此，查明地质构造与热矿水的成生关系是十分重要的。

本区曾有过三次较大的地壳运动——大别运动、吕梁运动和燕山运动。燕山运动较晚，它使本区产生了一套南北向的褶皱、冲断层和挤压带，构成为山字型脊柱，从而奠定了本区的构造骨架。温泉即位于山字型脊柱的中南段。

本区附近有七、八条明显的南北向压性构造线，如陶沙河背

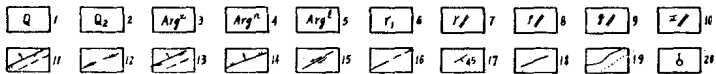
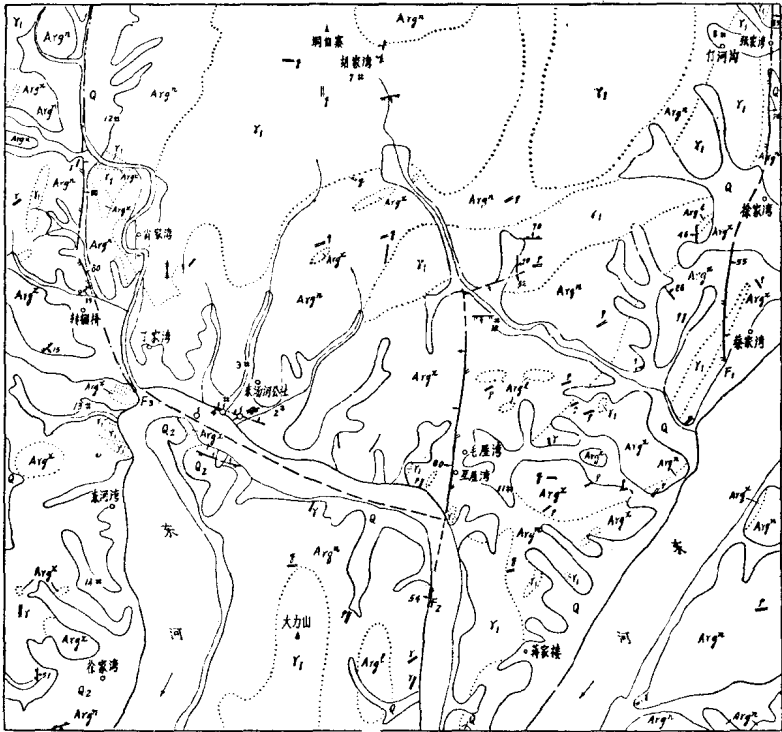


图 1 东汤河地热水文地质图

1—冲积层、洪冲积层、坡洪积层；2—冲积卵砾石层；3—七里坪组(?)黑云母斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、角闪岩，局部夹花岗岩片麻岩、长英质片岩；4—七里坪组(?)黑云花岗岩片麻岩、角闪花岗岩片麻岩及其过渡类型，局部出露长英质片岩；5—七里坪组(?)角闪榴辉岩、条带状辉闪长岩、角闪斜长岩；6—吕梁期混合花岗岩、黑云母混合花岗岩、角闪混合花岗岩，局部含石榴石混合花岗岩；7—花岗岩脉；8—伟晶岩脉；9—石英脉；10—钠长斑岩脉；11—压性断裂及推测断裂；12—挤压带；13—压扭性断裂及推测断裂；14—张性断裂及其产状；15—扭性断裂；16—性质不明的或推测的断裂；17—片麻理产状(度)；18—第四纪与基岩界线；19—地层界线及岩性界线；20—温泉

斜、梅家山褶皱带、大莲花山挤压带和彭家山冲断层等。此外在与之平行的赵民岭、黄柏山、小莲花山、杨柳百丈河、红花嘴至占河、上土市至漫水河等均有明显的南北向压性构造形迹存在。

在测区内南北向构造带特征为压性兼扭性的冲断层和挤压带。断裂显示东盘相对北移，并错开了较晚期的伟晶岩脉和石英脉，同时断层角砾岩有再次破坏现象，说明该断裂具有多次构造活动特征。断裂倾角在80度左右，延伸远，切割深，是沟通深部热源和地下水进行深循环的主要通道，当与低序次的北东、北北东及北西向张、张扭性断裂交接时，在地形低洼处便泄露形成热泉。

东汤河温泉的生成与出露受张家湾断裂 (F_1)、瓦屋湾断裂 (F_2)、转棚桥断裂 (F_3) 等三条主断裂及低序次的北 64° 东和北 70° 西的张、张扭性断裂共同控制 (图1)。

北汤河、南汤河及西汤河温泉带受四条南北向主断裂——周家湾断裂 (F_1)、柯家湾断裂 (F_2)、谢家湾断裂 (F_3)、接官亭断裂 (F_4) 以及低序次的北东、北北东张、张扭性断裂的控制 (图2)。

热水沿断裂上升流动，扩散形成热场，各温泉点热场的展布在直观上与北东、北北东和北西向张、张扭性断裂更为密切，等温线最高值以这些断裂为中心，在空间展布上具有明显的规律性。东汤河温泉区，在浅层圈定的热异常形态的长轴方向为北西西和北东方向，恰好与两组张、张扭性断裂吻合，通过8个钻孔圈定的等温线图也反映了同样规律 (图3)。西汤河、北汤河等温线图长轴方向呈北东向延伸，也与张、张扭断裂一致 (图4)。

(二) 汤池地区

汤池热矿水位于山字型构造前弧西翼与新华夏系构造盆地相毗邻。前者为一套震旦系至三叠系地层，组成为汤池西北的褶皱山区，主要构造形迹为北北西，包括一系列平行展布的复式背、向斜，冲断层和与其配套的张、张扭断裂等，组成为一个完整的构造体系 (图5)。