



山东省鲁中南地区典型地热田概述

蔡有兄, 钟秀燕

(山东省地矿工程勘察院, 山东 济南 250014)

摘要:山东省鲁中南地区典型地热田包括临沂汤头、肥城安驾庄、泰安岱道庵、泰安徂徕镇桥沟、沂南铜井、沂源南麻-悦庄和淄博张店地热田。该文从区域地质概况、地温场特征、热储特征、地热成因分析以及热储概念模型5个方面对以上7处地热田的地热地质条件进行了概述。

关键词:典型地热田; 概述; 鲁中南地区

中图分类号: P641.8 **文献标识码:** A

引文格式: 蔡有兄, 钟秀燕. 山东省鲁中南地区典型地热田概述[J]. 山东国土资源, 2015, 31(5): 24-30. CAI Youxiong, ZHONG Xiuyan, LAN Shanzhi. Brief Introduction to Typical Geothermal Field in South Region of Shandong Province[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(5): 24-30.

鲁中南典型地热田中, 除临沂汤头位于沂沭断裂带地地区外, 其他如肥城安驾庄、泰安岱道庵、泰安徂徕镇桥沟、沂南铜井等地热田均位于鲁中隆起地地区。以上地热田受断裂控制作用明显, 分布面积小, 盖层地温梯度较高, 热储埋藏较浅, 具带状特征。沂源南麻-悦庄地热田、淄博张店地热田位于鲁中南隆起地地区, 分别位于沂源凹陷、邹平-周村凹陷, 热储类型为奥陶系灰岩层状热储, 与鲁西南潜隆起、鲁中南隆起的凹陷区具有相似的成热条件^①。

1 临沂汤头地热田

1.1 地热田位置及区域地质概况

地热田位于临沂市城东北约26 km的汤头镇汤头村, 面积约2.5 km²。在地质构造部位上, 居于沂沭断裂带内的郯部-葛沟断裂和沂水-汤头断裂之间, 断裂构造较发育^[1-2]。主要断裂构造有NNE向的郯部-葛沟断裂、沂水-汤头断裂、汤头-许家长沟断裂, NE向的汤头-郑家断裂, 近EW向的大徐家五湖断裂。除上述主要断裂外, 在汤头温泉区及近温泉区外围, NNW, NWW向次级断裂构造发育, 将区域切割成一些小断块体。温泉出露在汤头-许家长沟断裂与汤头-郑家庄断裂交会部位。从温泉区

内几组断裂产状和交切关系判断, 区内NE向汤头-郑家庄断裂和NNE向汤头-许家长沟断裂是汤头温泉的主要控水、控热断裂。

1.2 地温场特征

汤头温泉附近地温梯度为15℃/100 m。当偏离汤头-郑家庄断裂时, 水温骤减。如煤炭疗养院内地面相距200 m的2个钻孔, 在汤山西侧, 钻孔内的地温梯度为7℃/100m; 而汤山东侧, 钻孔内的地温梯度仅为3℃/100 m。

1.3 热储特征

汤头温泉的热储类型属于带状热储, 热水主要沿汤头-郑家庄断裂宽约100 m范围分布, 储存于断裂破碎带内。热储埋藏较浅, 顶板埋深在60~80 m之间。1970年以前, 汤头温泉尚处于自流状态, 共有泉3眼, 自流量388 m³/d, 泉口水温70℃左右。目前主要开采汤-1、汤-2热水井, 开采量500 m³/d, 井口水温52~55℃。

1.4 地热成因分析

该地热田地热资源的形成主要受构造控制。温泉东2 km有主干断裂沂水-汤头断裂经过, 走向NE 15°, 倾向NWW, 倾角45°~60°。西盘为白垩纪

收稿日期: 2014-11-12; 修订日期: 2014-12-17; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 蔡有兄(1975—), 女, 青海湟中人, 工程师, 主要从事水文地质、工程地质和环境地质工作; E-mail: bocaiyu_2009@sina.com

①山东省地矿工程勘察院, 山东省地热资源调查评价报告(鲁中南地区), 2009年6月

王氏群砂砾岩、砾岩,东盘为新太古代变质变形侵入岩。该断裂深切上地壳,汤头附近西盘白垩系中小褶皱发育,在青山一带,西盘白垩系中王氏群页岩、泥岩强烈破碎、褶皱,软岩层发生塑性流动,造成宽 200~300 m 的褶皱破碎带,有利于地下水的储存运移以及地壳深部的热能传递到地壳浅部。次一级断裂有走向近 SN 向的汤头-许家长沟断裂、走向为 NE 55°的汤头-郑家庄断裂、近 EW 向的大许家五湖断裂-苏家埠断裂。断裂带节理裂隙较发育,具有一定的导水能力,有利于地表水和浅层地下水沿节理裂隙渗入深部,地下水经过深循环后被加温形成地热资源,然后沿断裂带径流至汤头西南受阻而富集,在汤头-许家长沟断裂、汤头-郑家庄断裂的交会部位,岩石破碎,利于地下水向上运动从而形成温泉。

1.5 热储概念模型建立

根据前述地热地质条件,临沂汤头地热田热储概念模型可概化为如图 1 所示。

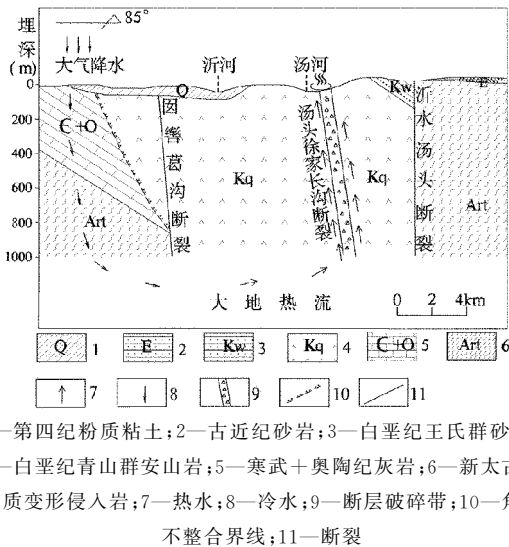


图 1 临沂汤头地热田模型示意图

2 泰安市泰山区岱道庵地热田

2.1 地热田位置及区域地质概况

地热田位于泰安市泰山区岱道庵村附近,面积 1.50 km²,属温热水,其成因类型为深循环对流型带状热储地热田。在地质构造部位上,地热田位处泰莱凹陷与泰山凸起的交接地带^[1],断裂构造极为发育。主要断裂为 NEE 向的泰山断裂和 NNW 向的

岱道庵断裂,地热田位于 2 条断裂的交会部位。区内断裂多具继承性和多期活动性,切割较深。伴随着断裂活动,区内岩浆活动也较强烈,形成了燕山期岩浆岩。

2.2 热储特征

热储层为寒武纪张夏组鲕状灰岩和朱砂洞组含燧石结核灰岩。热储顶板埋深由北向南逐渐加大,埋深在 200~800 m 之间。水动力条件较差、构造条件复杂、有一定厚度盖层分布时,地温明显增大。

2.3 地热田成因分析

区内的 NNW 和 NEE 向断裂多具继承性和多期活动性,切割较深。伴随着断裂活动,区内岩浆活动也较强烈。断裂和岩浆活动形成的断裂破碎带成为地下水的运移、储存通道。断裂的深切割沟通深部热源,地下水经深循环对流作用获得热量并在浅部的灰岩岩溶裂隙储存。热储以上发育较厚的泥页岩地层为隔热保温盖层,从而在上述两组断裂的交会部位形成地热田。

2.4 热储概念模型建立

根据前述地热地质条件,泰安市岱道庵地热田热储概念模型可概化为如图 2 所示。

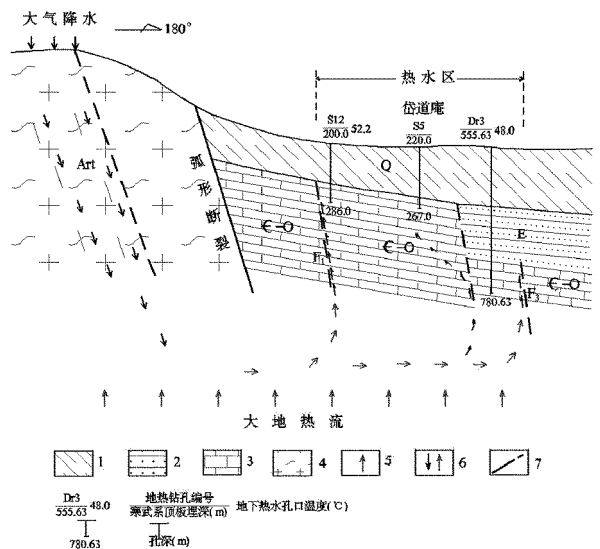


图 2 泰安岱道庵地热田热储概念模型示意图

3 肥城安驾庄地热田

3.1 地热田位置

安驾庄地热田位于济兖公路与泰东公路的交会处,面积约 18.23 km²。在地质构造部位上,地热田位于汶口凹陷与布山凸起的交接地带^[1]。区内断裂构造较发育,走向主要为近 EW, NNE, NE, NW 向和近 SN 向。其中 NNE 向构造体系是安驾庄地热田控热构造体系。

3.2 地温场特征

地温场在垂直方向上的总体规律是温度随深度的增加而增大,从埋深 10 m 的 17℃ 增加到朱砂洞热储层的 52~72℃,地温梯度为 3~8.58℃/100m。地温异常的分布完全受 NNE 向构造体系的控制。热储层靠近导热断裂时温度相对较高。

3.3 热储特征

安驾庄地热田热储层为隐伏于寒武纪朱砂洞组,岩性主要为白云岩、白云质灰岩和泥灰岩,热储为带状兼层状特征。根据位于肥城市安驾庄镇东赵庄东侧孔深 340.45 m 的 ZK1 地热井抽水试验资料,水位降深 12.87 m 时,涌水量为 2 352.76 m³/d。寒武纪馒头组的砂页岩,隔水性能良好,热导率低,厚度大,覆盖于热储层之上,形成保温性能良好的盖层。

3.4 地热田成因分析

安驾庄地热田位于汶口凹陷与布山凸起的交接地带,区内的 NNE 向断裂为活动断裂,沟通了深部热源,使其沿断裂通道上涌至朱砂洞组热储层中,再横向流动和扩散,使储存于岩溶裂隙中的地下水不断加温,上覆馒头组砂页岩保温盖层,形成了该区地下热水资源。地下热水的补给区为西部、西北部的基岩裸露区^[3]。

3.5 热储概念模型建立

根据前述地热地质条件,肥城安驾庄地热田热储概念模型可概化为如图 3 所示。

4 泰安市岱岳区徂徕镇桥沟地热田

4.1 地热田位置及区域地质概况

地热田地处泰安市徂徕镇桥沟村,已有热水井 22 眼,地热田南北长约 380 m,东西宽约 800 m,面积约 0.30 km²。该地热田位于泰莱凹陷与新甫山凸起的交接地带,基底由新太古代花岗闪长岩构成,

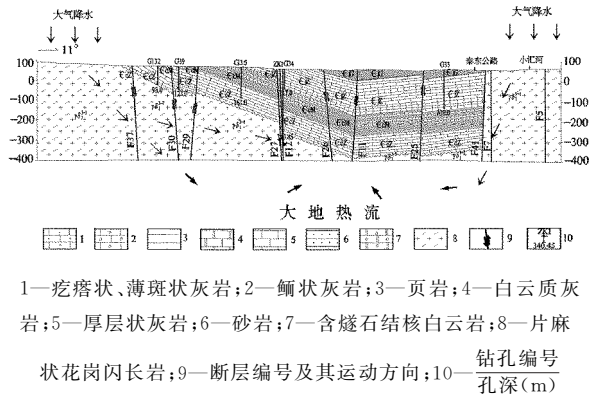


图 3 肥城安驾庄地热田热储概念模型图

受构造作用强烈褶皱,形成泰山徂徕山复背斜^[1]。构造条件极其复杂,地热田位于徂徕山断裂和滂河断裂交会部位的东南部,按目前揭露的浅层热储温度,热水属温水、温热水,其成因类型为构造裂隙带状热储。

4.2 地温场特征

根据目前地热田内温泉及施工的地热井,孔口水温 20~41.4℃。热储主要受 NE 向构造控制。导热构造破碎带附近温度较高,远离导热构造破碎带温度变低。另外,水温还受断裂发育的影响,断裂发育强烈地段,沟通了深部热源,使热源沿断裂构造上涌,水温较高,水量较大。从测温曲线来看,在埋深 25~40 m 之间,热储温度最高,下部热储温度下降。

4.3 热储特征

热储为新太古代花岗闪长岩。热储主要沿 NEE 向徂徕山断裂和 NW 向滂河断裂的交会部位的东南分布,顶板埋藏深度一般 10 m 左右。据区内已有地热井揭露,花岗闪长岩类构造裂隙带状热储的厚度为 90 m 左右。区内已有地热井地下水温度在 20~41.4℃。根据桥沟村西施工的 DR1 地热井抽水试验资料,降深 0.30 m 时,涌水量 180 m³/d。地热田内其他地热井涌水量在 120~480 m³/d。

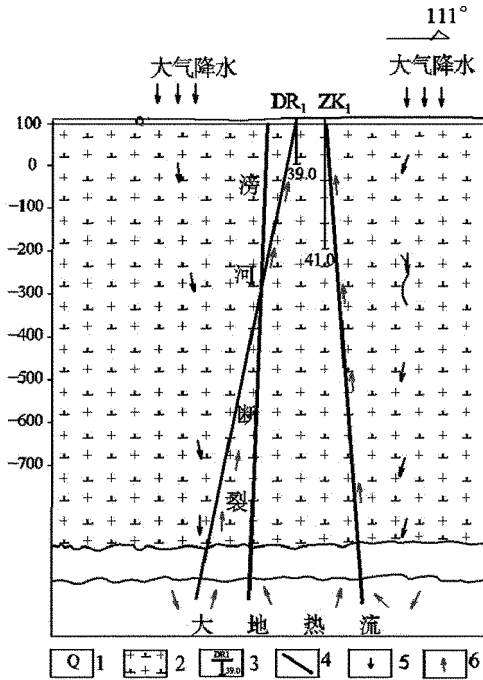
4.4 地热田成因分析

泰安桥沟温泉出露于 NW 向滂河断裂与 NEE 向徂徕山断裂的交会部位,地下热水赋存于新太古代花岗闪长岩中。2 条断裂在桥沟西相互切割,影响深度大,破碎带较宽。滂河断裂是一条导水和贮水断裂,来自西北方向的地下水通过滂河断裂向桥沟方向汇集,得到来自深部热能的加热而升温,后受

徂徕山前及东南部致密坚硬的古元古代及新太古代花岗闪长岩的阻挡上溢于汶河河漫滩低洼处形成温泉^[4]。热水上溢后与砂砾石层孔隙水混合,水温、矿化度均有所降低。

4.5 热储概念模型建立

根据地热地质条件的分析,岱岳区徂徕镇桥沟地热田热储概念模型可概化为如图 4 所示。



1—第四系;2—花岗闪长岩;3—地热孔及其所测的温度;4—断裂;5—地下水补给及循环方向;6—地下热水

图 4 徂徕镇桥沟村地热田热储概念模型

5 沂南铜井地热田

5.1 地热田位置及区域地质概况

铜井地热田位于沂南县铜井镇新王沟村一带,面积约 2.97 km²。铜井地热田的形成与断裂构造关系极为密切。通过前人的调查研究,区内共分布大小的断裂 23 条。在 23 条断裂中,规模较大且与铜井地热田关系较为密切的断裂有 F7, F5, F16 和 F9 等 4 条断裂;F7, F5 是铜井地热田的主要控水、控热断裂。

5.2 地温场特征

根据测温资料,区内的新王沟北村和新王沟东、西村之间,有 2 个盖层地温梯度的高值区,地温梯度在 15~20°C/100m。盖层地温梯度受断裂构造影

响明显,其中影响最大的有 F5, F7, F16, F9, F13 等 5 条断裂。区内的其他地区,盖层地温梯度小于 5°C/100m。

5.3 热储特征

铜井地热田热储为带状兼具层状特征,热储层为隐伏于铜井岩体之下的中、下寒武系热储层,岩性为大理岩、灰岩。热储层总体向 SW 缓倾,倾角 15°左右。由于燕山晚期岩浆入侵,热储层被穿插、分割,灰岩蚀变为大理岩、结晶灰岩。钻孔资料显示:在其蚀变带内,围岩破碎,岩溶裂隙发育,为地下热水储存提供了空间和运移通道^[4]。根据钻孔揭露及物探资料推断,热储层总厚度 220~850 m。根据 1977 年铜 1 号孔成井资料,地热水静止水位高出地面 2.30 m,自流量为 737.16 m³/d,孔口水温 72.2°C。

5.4 地热成因分析

沂沭断裂带为一深大断裂,与之伴生的 NW 向断裂规模亦较宏大^[5]。区内 NW 向的 F5 断裂具有导水、导热性能,是铜井地热田地热流体的主要补给通道。

位于铜井地热田北西方向的新甫山凸起断块为地热田的补给区,大气降水在补给区垂直入渗地下,沿 NW 向 F5 构造破碎带深部向南东径流,并沿途加热;进入地热田后,在 F7 断裂阻隔下,沿构造破碎带(F5 与 F16 断裂交会部位)水位迅速抬升,储存于浅部大理岩及灰岩等寒武系热储层中,并继续接受来自 F7 断裂深部热源的加热。

铜井地热田处于 2 种不同方向断裂构造的交会部位,在以 F7 断裂为代表的 NNE 断裂及以 F5 断裂为代表的 NW 向断裂共同控制下,形成了铜井地热田。

5.5 热储概念模型建立

根据地热地质条件的分析,铜井地热田热储模型概化为如图 5 所示。

6 沂源南麻-悦庄地热田

6.1 地热田位置及区域地质概况

沂源县南麻-悦庄盆地为鲁中隆起区的局部凹陷地段^[1]。其北部和东部出露有新太古代花岗岩类,南部和西部出露下寒武系、奥陶系,盆地内出露地层为第四系,下伏古近系、白垩系、石炭系及奥陶

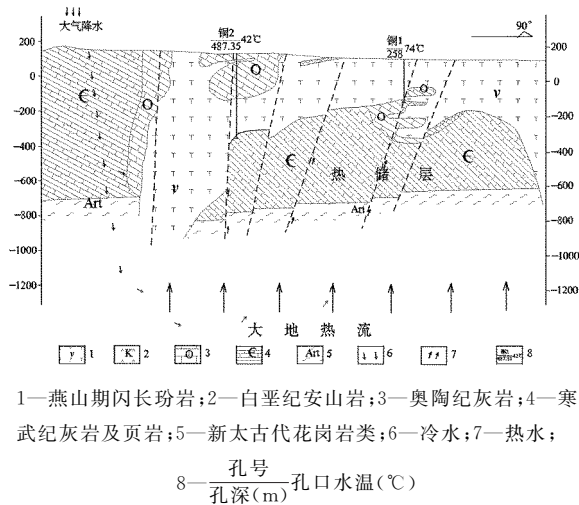


图 5 铜井地热田热储概念模型示意图

系。其中奥陶系厚度在 1 000 m 左右,岩性为灰岩、泥质灰岩、白云岩及白云质灰岩。地热田范围为奥陶纪灰岩顶板埋深 400 m 等值线所圈闭的区域,面积为 26.09 km²。

6.2 地温场特征

根据机民井及小口径勘探井测温结果,该地热田地温梯度在 1.75~2.53℃/100m,而南部奥陶纪灰岩出露或浅埋区则较低,50 m 水井水温一般小于 15℃。目前盆地内有地热井 1 眼,孔深 1200.68 m,孔口水温 42℃。埋深 445.00 m 揭露奥陶纪灰岩,上覆地层为中生界白垩系及侏罗系,由此推算地温梯度为 3.24℃/100m(按奥陶纪灰岩地温梯度 1.4℃/100m),该井处一近 SN 向断裂右侧,地温梯度较高。

6.3 热储特征

区内奥陶纪灰岩顶板埋深呈现西部浅、东部深,四周浅、中间深的特点;西部及南部盖层厚度在 300~500 m;盆地内东北部盖层厚度最大,平均厚度大于 1 000 m。

沂源凹陷自古生代中奥陶世以来,主要表现为不断的下降运动,沉积了厚度较大的古近系、白垩系—石炭系,主要岩性为粘土岩、页岩、粉细砂岩。根据地面物探资料,其厚度由西向东逐渐增加,由西部的 300~500 m,过渡到东北部的大于 1 000 m,最厚可达 1 200 m。这些地层导热率低,保温性能较好,成为良好的盖层,对区内地下热源起到了较好隔热保温作用。

6.4 地热成因分析

通过地面物探解译,盆地内的奥陶纪灰岩裂隙岩溶、隐伏断裂较发育。奥陶纪石灰岩在凹陷以南的低山丘陵区大面积出露,广泛接受大气降水入渗补给而形成裂隙岩溶水,由南向北径流,一部分在较浅部位补给奥陶纪灰岩含水层,形成常温裂隙岩溶水;另一部分沿层面及断裂构造带或裂隙带继续径流并向地壳深部下渗,在北部受到大面积花岗岩长岩及上部盖层的联合阻挡。地下水径流过程中对石灰岩进行溶蚀,岩溶裂隙较发育,成为地下热水的径流通道和储存空间。地下水在径流过程中被大地热流加热,形成地下热水资源^[6]。

6.5 热储概念模型建立

根据地热地质条件分析,沂源南麻—悦庄地热田热储模型可概化为如图 6 所示。

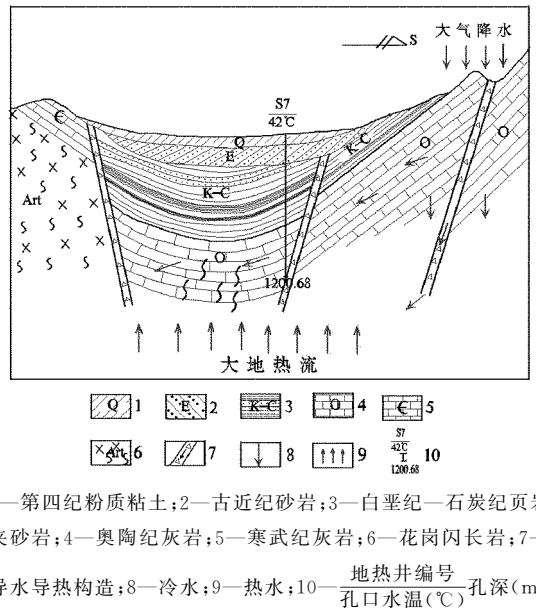


图 6 沂源南麻—悦庄盆地热储概念模型示意图

7 淄博张店地热田

7.1 地热田位置及区域地质概况

地热田位于淄博市张店地区,地热田范围西起王母山断裂,东界大致在沅水镇,南界为漫泗河断裂,北到炒米庄断裂,地热田面积 140.77 km²。在地质构造上位于淄博向斜北部,鲁中南隆起的北部,其北与济阳拗陷相接,地处邹平—周村凹陷内^[1]。区内主要的断层有张店断裂、王母山断裂、炒米庄断裂等。

7.2 地温场特征

据测温资料分析,地温梯度值总体呈现出南高北低的趋势。在南部袁家庄—小屯—唐家庄—南定一带地温梯度值最高,一般大于 $4.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。由此向北地温梯度迅速递减,至北部九级塔附近地温梯度值较低,一般为 $2.5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$,再向北地温梯度降至最低 $2.4^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 。结合该区地质条件,综合分析认为由于南部基岩埋深浅,基岩又具有较高热导率,使该地段呈现较高的地温梯度;而在北部基岩埋藏深度大,加之在 $20\sim 40\text{m}$ 深度受浅层地下水的的影响,使该地段呈现较低地温梯度。

7.3 热储特征

热储盖层由奥陶系上覆的石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、新近系、第四系组成,热储盖层岩性主要为砂岩、页岩和砾岩等。由于上述地层隔水性能良好,热导率低,厚度大,这些岩土体覆盖于热储层之上,形成保温性能良好的盖层。

热储层为奥陶纪灰岩,为层状兼带状热储,岩性主要以厚层、中厚层石灰岩、泥灰岩及泥灰质角砾岩为主。埋藏深度由南往北、自东向西逐渐加大,顶板埋深 $500\sim 1400\text{m}$,总厚度 800m 左右。在张店区九级塔地区施工的 HR-1 地热井深度 1800.18m ,根据该井抽水试验资料,当降深为 58.81m 时,涌水量为 $1536.00\text{m}^3/\text{d}$,孔口水温 60°C 。另一眼 HR-2 地热井深度 2003.68m ,当降深为 141.62m 时,涌水量为 $1008.00\text{m}^3/\text{d}$ 。两眼地热井相距 120m 。两眼地热井涌水量差别较大,说明热储层岩溶发育极不均匀。

7.4 地热成因分析

由于王母山、炒米庄等断层深切导致地层中裂隙较发育,有利于地下热流沿断层裂隙向上传导,对储存在奥陶纪灰岩中的岩溶裂隙水加热;同时来自东南部山区的地下水在向北径流的过程中,沿王母山、炒米庄等断层裂隙得以深循环加热。同时由于受断层的切割,断裂带附近裂隙相对发育,利于地下水的储存,但由于其埋深大,地下水的运动滞缓,被围岩加热并与围岩发生水盐反应,溶解矿物质及微量元素,形成温度较高,矿物质较丰富的地下热水;加之其厚度较大的石炭、二叠系有很好的保温作用,构成该区良好的地热形成条件。

7.5 热储概念模型

根据地热地质条件,张店地热田热储概念模型可概化为如图 7 所示。

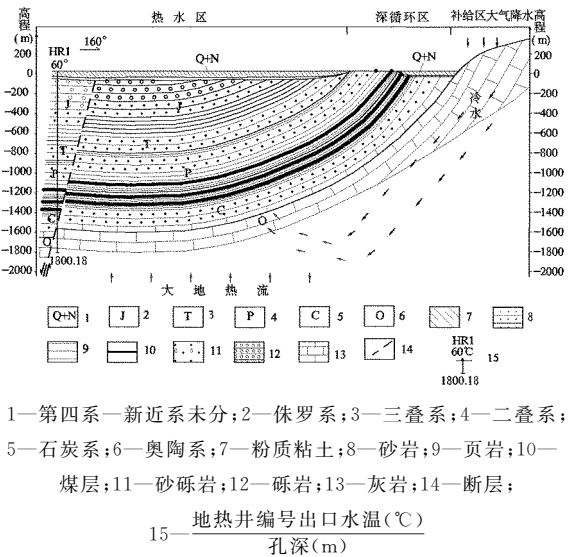


图 7 张店地热田模型示意图

8 结语

鲁中南地区典型地热田主要有临沂汤头、泰安泰山地区岱道庵、肥城安驾庄、泰安市徂徕镇桥沟、沂南铜井、沂源南麻—悦庄、淄博张店 7 处。其中临沂汤头位于沂沭断裂带地热区,其他如肥城安驾庄、泰安岱道庵、肥城安驾庄、泰安徂徕镇桥沟、沂南铜井等地热田均位于鲁中隆起地热区。以上 5 处地热田为断裂构造深循环对流型带状热储地热田,主要分布于凸起与凹陷的交接部位、断裂交会部位或新构造活动地段,均受控于断裂构造,分布面积相对较小,盖层地温梯度较高,热储埋藏较浅,具带状特征。成因类型为深循环对流型,岩性为新太古代侵入岩类、中生代岩浆岩以及寒武纪灰岩。热水赋存于构造裂隙、风化裂隙之中。

沂源南麻—悦庄地热田、淄博张店地热田位于鲁中南隆起地热区,分别位于沂源凹陷和邹平—周村凹陷区内,属大地热流传导型奥陶纪灰岩层状热储,分布面积较大,盖层厚度一般大于 500m 。成因类型主要为大地热流传导型,热水赋存于奥陶纪灰岩的溶蚀裂隙、溶孔、溶洞以及构造裂隙之中。该层状热储与鲁西南潜隆起地区热储具有相似的成熟条件,对鲁西南潜隆起地区的凹陷区成熟条件预测具有一

定的指导意义。

参考文献:

- [1] 宋明春,王沛成,梁邦启,等.山东省区域地质[M].济南:山东省地图出版社,2003.
- [2] 李洪奎,杨永波,杨锋杰,等.山东沂沭断裂带构造演化与成矿作用[M].北京:地质出版社,2009.
- [3] 陈墨香.华北地热[M].北京:科学出版社,1988:89-93.
- [4] 孔庆友,张天祯,于学峰,等.山东矿床[M].济南:山东科学技术出版社,2006:177-216.
- [5] 徐军祥,康凤新.山东省地热资源[J].北京:中国地质,2000,10(2):41-42.
- [6] 刘善军.山东地下热水资源的形成与开发前景[J].济南:山东地质,1997,13(2):48-53.

Brief Introduction to Typical Geothermal Field in South Region of Shandong Province

CAI Youxiong, ZHONG Xiuyan

(Shandong Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014 ,China)

Abstract: Typical geothermal field in middle and south of Shandong province includes Tangtou geothermal field in Linyi city, Anjiazhuang geothermal field in Feicheng city, Qiaogou geothermal field in Zulai town of Taian city, Tongjing geothermal field in Yinan, Nanma - Yuezhuang geothermal field in Yiyuan county and Zhangdian geothermal field in Zibo city. In this paper, from the aspects of regional geological survey, characteristics of ground temperature field and thermal reservoir, origin of geothermal heat, and conceptual model reservoir, geothermal geological conditions of the above 7 geothermal fields have been analyzed.

Key words: Typical geothermal field; brief introduction; south region of Shandong province