

· 矿产资源 ·

山东省温泉分布规律及地下热水资源预测

刘善军

(山东省地质环境监测总站)

提要 温泉作为一种含矿的地热流体,是地下热水由地壳深部上升到地表的天然露头。山东省已发现温泉 18 处,划分为鲁东、鲁西及沂沭断裂带三个分布区,其中鲁东和鲁西两个分布区的温泉在分布数量、泉温、密集度及所处的地质构造部位等方面均有明显差别。通过分析温泉分布区深部地壳结构、区域构造背景及热源、水源等形成条件,可将上述三个分布区及鲁北断陷平原区的地下热水资源,初步划分为 4 个预测区及 22 个预测亚区。

关键词 温泉 地下热水 山东省

温泉以其温度和所含的特殊矿物质成分、气体成分、放射性元素等而区别于一般常温水(或地下水),是由接受大气降水补给为主的地下水,在地壳深部进行深循环加热的过程中与围岩发生水—岩反应,并作为热载体和矿物质载体,沿热通道上升至有利的地形地貌部位或在有利的地质构造和水文地质条件下出露地表而形成的。因此,不同的区域大地构造背景,直接制约了温泉的分布数量、密集度、水温、流量及水化学成分等。

1 温泉地质类型与分布规律

1.1 温泉地质类型

温泉依其形成的地质背景条件,可划分为三大类型,即岩浆活动型(I)、隆起断裂型(II)、沉降盆地型(III)^[1]。

(1) 岩浆活动型(I) 包括近代火山型和近期岩浆型(潜火山型),此类型温泉均出现在板块边缘的新生代火山活动带和构造作用带(年轻造山带)内,温泉区具高温地热背景,地热热源与近代岩浆活动有直接关系。如位于欧亚板块和印度洋两大板块边界的藏滇地热带和位处太平洋板块与欧亚板块碰撞边缘的台湾地热带^[1],均具有显著的高热流特点。

(2) 隆起断裂型(II) 广泛分布于板块内部的地壳隆起区,其主要特点是温泉区浅部无近代火山活动或近期岩浆热源,具低热背景,大地热流值及地温梯度接近或略高于地壳平均值。温泉系由地下水通过深循环加热作用形成的,其温度主要取决于地下水的循环深度和补给、迳流、排泄条件。

(3) 沉降盆地型(III) 地下热水多以潜藏形式蕴藏于板内地壳沉降区的断陷盆地或

拗陷盆地内,较少以温泉形式出露于地表。温泉(地下热水)一般是在正常的地温梯度下,通过地下水的深循环和热对流传导作用形成的。

山东省出露的温泉均属隆起断裂型(II类)。为了反映不同地质背景条件的温泉特征,参照我国《地热资源地质勘查规范》(GB 11615—89),将温泉划分为五级,即低温温泉(25—<40)、中温温泉(40—<60)、中高温温泉(60—<80)、高温温泉(80—<100)、沸泉(100)。

1.2 温泉分布规律

山东省共出露温泉18处(表1),其中低温温泉2处,中温温泉6处,中高温温泉8处,高温温泉2处,分别占全省温泉总数的11.11%、33.33%、44.44%和11.11%。温泉(地下热水)的分布受区域地质构造条件控制,鲁东、鲁西出露的温泉在分布数量和水温、密集度等方面均显示出明显的差异(图1)。

表1 山东省温泉分布情况统计

Table 1 Statistic of thermal springs' distribution in Shandong

温泉级别	威海	文登	乳山	牟平	蓬莱	栖霞	招远	即墨	平邑	泰安	肥城	临沂	总计
低温温泉	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
中温温泉	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	6
中高温温泉	1	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	8
高温温泉	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
总计	2	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18

1.2.1 鲁东温泉分布区

该区出露温泉14处,占全省温泉总数的77.8%,为省内温泉集中分布区。泉水水温以中温、中高温居多,其中中温温泉5处,中高温温泉7处,高温温泉2处。温泉主要分布于本区东北部的招远至文登一带,出露的地质构造部位多处于燕山期侵入岩与变质岩之接触带附近,或侵入岩体之构造破碎带内,展布方向受控于NNE向新华夏系活动断裂构造,多呈线(带)状沿主干断裂带分布。

1.2.2 沂沭断裂带温泉分布区

该区仅在沂沭断裂带南部的临沂汤头出露一处温泉,原温泉水温64℃,泉区出露于白垩纪砂砾岩与安山岩接触带上。虽然该区出露温泉较少,但由于沂沭断裂带主干断裂对岩石圈的深切作用和长期活动特性,故使其成为一条有别于鲁西和鲁东的重要地热异常带。近年来在断裂带中西部的沂南铜井、张庄等地相继发现了中温、中高温地下热水这一事实,便是有力的佐证。

1.2.3 鲁西温泉分布区

该区出露温泉3处,占全省温泉总数的16.7%,温泉以低温温泉为主。其中低温温泉2处,中温温泉1处,它们分别出露于鲁西旋卷构造之撒开端和中部地段。

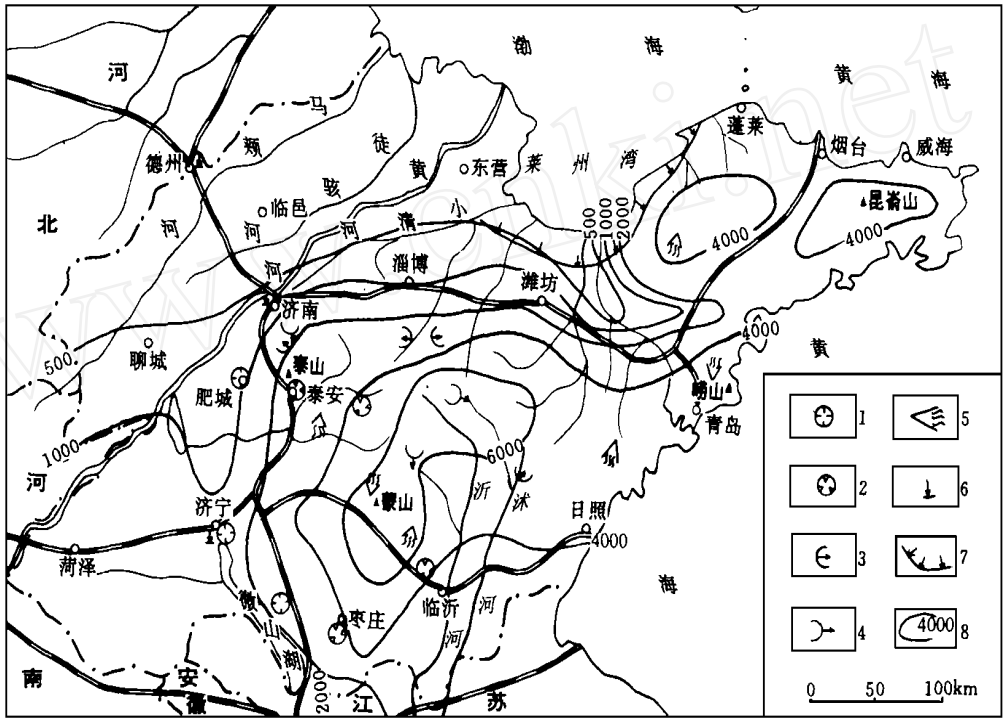


图 1 山东省温泉分布与地下热水资源预测图

Fig 1 Sketch Showing the thermal springs' distribution and prediction of underground thermal water resource

2 温泉(地下热水)形成条件

2.1 温泉形成的热源与水源条件

如前所述, 温泉是地下热水由地壳深部上升到地表的天然露头, 因此, 其形成条件与区域地质构造背景、导热构造特征、热储特征、岩浆作用和成岩成矿、构造活动性等均存在一定的相关性。

温泉(或地下热水)的形成, 首先必须具备一定的热源和水源, 其次是存在有利于地下水进行深循环的深大断裂。虽然山东省温泉大部分出露于与中生代花岗岩有关的断裂破碎带及其接触带附近(13处), 但就板内隆起断裂型温泉的热源而言, 目前公认的事实是: 新生代中新世以前的岩浆活动产生的热量至今业已释放殆尽, 只有中新世—第四纪以来的岩浆侵入或喷发活动对温泉的形成才有所影响, 因此, 山东省温泉的热源主要来自由地球表面向深部正常地温增高的热量, 或来自花岗岩之下深层熔融岩浆房释放的热量, 其次是花岗岩自身所含放射性物质蜕变而释放的热。

温泉的水源与其所处地貌类型有关, 分布于沿海(近海)地带的温泉, 如威海温泉宝泉汤, 海水通常成为其主要的补给来源; 而分布于内陆低山丘陵区的温泉, 则主要接受大气

降水的下渗、循环补给。

2.2 温泉(地下热水)形成的地质背景条件

2.2.1 温泉形成的深部地质背景

温泉的出现虽然是地壳局部地质现象,但其特征(温度、数量、密集度等)的不同,则从一个侧面反映了温泉区深部地质背景的差异,这种差异主要表现在不同地区莫霍面埋藏深度及上地幔高导层的性状等方面。山东地块莫霍面的变化规律,自西向东总体上呈上地幔隆起与拗陷相间的分布格局:鲁西断陷平原为上地幔隆起区,地壳厚度一般 30~35km;鲁西隆起为上地幔拗陷区,地壳厚度 32~36km^[2];鲁东隆起为上地幔隆起区,地壳厚度 33~34.5km。东西两侧莫霍面深度相差最大为 6km,沂沭断裂带正是位于二者之间的梯级带^[3]。

高导层的产生起因于上地幔物质的局部熔融,其埋藏深度与一个地区的构造活动性直接相关。在构造活动区地幔高导层埋藏深度较构造稳定区浅,并与莫霍面起伏变化相一致。高导层位置的深浅是制约来自地球深部传导热流量大小的主要因素,同时其本身又是岩浆源之所在。因此,高导层埋藏深度较浅的地段(区)大地热流值及地温梯度通常较高,如位处上地幔隆起的郯庐断裂带和华北平原(包括山东境内部分),热流值分别为 1.49~1.84HFU^[2]和 1.5~1.8HFU^[4],均高于全球长期稳定地块的平均热流值(1.0HFU)。深部地质背景导致的不同地区上地幔热对流作用的差异,是鲁东、鲁西温泉分布数量、温度和密集度等方面存在明显差异的主要原因。

2.2.2 温泉形成的地质构造条件

温泉的形成除了与深部地质背景直接相关外,所处的大地构造背景亦起着宏观的控制作用。山东省在大地构造位置上横跨新华夏系第二隆起带和第二沉降带,东部与西太平洋地热带(岛弧型板缘高热流带)毗邻,这一大地构造背景决定了我省温泉的区域分布特征。而板内构造演化过程中形成的不同时期、不同力学性质的断裂构造,则直接制约了地下水的循环深度和温泉区地温场状况。一般情况下,温泉区地温场温度以主干断裂带附近最高,随着与主干断裂带距离的增大而趋于降低,在补给源充沛、地下水交替活跃的地段则过渡为常温泉(水),因此,温泉多呈线(带)状出露于主干断裂带附近(图 2)。

就断裂的发育深度而言,扭性、压性断裂的发育深度一般比张性断裂大。前者在山东东部地区尤为发育,且多属新华夏系构造。其中纵贯山东中部的沂沭断裂带,就是最重要的大型新华夏系断裂,它不仅对地层、构造、岩浆活动、地震活动、矿产的形成与分布起着明显的控制作

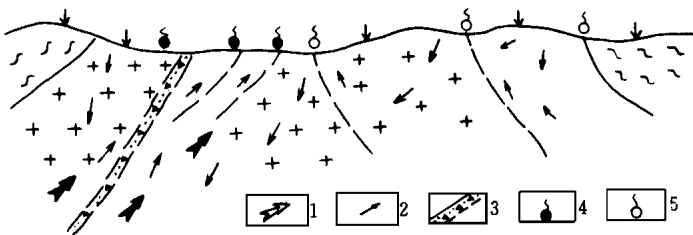


图 2 热流传导与温泉形成关系示意图

Fig 2 Sketch showing correlation between thermal fluid conduction and thermal springs' forming

1—热流运动方向; 2—地下水运动方向; 3—主干断裂带; 4—温泉; 5—常温泉

用,而且对温泉(地下热水)的形成与分布亦有着直接或间接的影响。新生代以来,山东境内以沂沭断裂带为代表的新华夏系断裂,其活动性亦相当活跃,并具多期活动特点。

鲁东和鲁西除了深部地质背景明显不同外,地壳浅部构造的差异也很明显,其主要表现为鲁东地区的新华夏系断裂比鲁西地区发育,其中有些规模较大的断裂,还表现出深切断裂的特征。特别是经历过华北板块与扬子板块碰撞造山运动的胶南造山带,其内部发育有众多大小不等、成群成带分布的榴辉岩体^[5]和燕山期多种成因类型的岩浆岩,它们分别揭示了构造活动的继承性(多为沿原结构面活动)、多期性和断裂构造的深切性等。构造的这一活动特点,一方面可使构造形迹进一步扩大和加强;另一方面还使同一断裂不同部位的破碎程度存在较大差异。一些弹脆性良好的岩石(如花岗岩、石灰岩)较具塑韧性强的岩石往往更易破碎,而且裂隙发育较深,尤其是不同构造体系的联合、复合部位,常成为地下水进行深循环加热运移的有利通道和储存空间。目前山东已发现的 18 处温泉中,有 13 处直接出露于燕山期花岗岩体之构造破碎带内(或岩体与围岩接触带附近),其产出特点与国内众多同类温泉的分布规律基本一致。如福建省(温泉 172 处)和江西省(温泉 82 处),分别有 58% 和 2/3 左右的温泉出露于燕山期花岗岩内^[1]。

相形之下,鲁西隆起区(不包括沂沭断裂带)则表现为以鲁西旋卷构造及其众多伴生断裂为特征的构造格局,新华夏系断裂发育较差,而且缺乏象鲁东地区那样强烈的(与燕山运动同期)大规模构造-岩浆活动事件,这一迹象表明,鲁西隆起区不同构造体系断裂的活动强度远不及鲁东隆起区强烈。两地不同的深部地质背景和区域地质构造,共同决定了全省东、西部温泉出露特征的根本差异。

3 地下热水资源预测

依据不同地区深部地质背景和区域地质构造条件,山东省的地下热水资源,可初步划分为四个预测区 22 个预测亚区。其中鲁北断陷平原区(IV)进一步划分出预测亚区 3 个,鲁西隆起区(III)6 个,沂沭断裂带区(II)5 个,鲁东隆起区(I)8 个。

3.1 鲁东隆起地下热水资源预测区(I)

本区共划分出 8 个预测亚区,其中胶南造山带内 5 个,胶西北隆起区 3 个。

3.1.1 胶南造山带

胶南造山带是秦岭-大别造山带的东延部分,范围包括郯庐断裂带之安丘-莒县断裂以东,五莲-桃村断裂东南,以及嘉山-响水河断裂以北的广大地区。

胶南造山带经历了早元古代统一大陆-中元古代裂陷-晚元古代华北板块与扬子板块碰撞造山-隆升剥蚀^[5]等四个阶段的构造演化过程,并最终于印支期碰撞增生在胶东地块南缘上。因此,造山带内构造形迹复杂,其中的大规模断裂以 NE 向、NNE 向最为发育,它们不仅控制了印支、燕山期的岩浆活动,而且控制了本区温泉的分布。据此,从造山带东北至西南,可划分出 5 个地下热水资源预测亚区。

3.1.2 胶西北隆起

胶西北隆起位于昌邑-大店断裂以东及五莲-桃村断裂以西的地段,包括胶莱拗陷和胶北隆起两个次级构造单元。

本区主要构造形迹为胶西北“S”型构造和NNE向新华夏系断裂,其次为区域东西向断裂(主要分布于北部龙口—蓬莱地段)。它们与NNE向断裂构造一样,亦具多期活动特征,而且晚近时期活动性较强。根据本区新构造活动特点,可在龙口—蓬莱新生代岩浆活动区,区域东西向平度断裂与NNE向主干断裂及胶西北招远—平度“S”型断裂之复合部位,以及栖霞北部早白垩世火山岩系与燕山期侵入岩之断层接触带附近,划分出3个地下热水资源预测亚区。

3.2 沂沭断裂带地下热水资源预测区(II)

沂沭断裂带位于郯庐断裂带中段,是一条经历了长期而复杂活动过程的巨型新华夏系断裂带。山东境内自西向东主要由郯部—葛沟断裂、沂水—汤头断裂、安丘—莒县断裂及昌邑—大店断裂等组成,四条主干断裂构成了“二堑一垒”的构造格局。由于该断裂带切割了岩石圈,故形成了独具特色的高热流值带。

据上分析,沿沂沭断裂带的构造薄弱部位,如断裂带的转折部位及与纬向构造、区域东西向构造反接复合部位等地段,可划出5个地下热水资源预测亚区。

3.3 鲁西隆起地下热水资源预测区(III)

本区构造形式以鲁西旋卷构造为主要特征,新华夏系断裂和燕山期岩浆岩类发育较差。鲁西旋卷构造是部分利用了新华夏系两组扭裂面(泰山式断裂和大义山式断裂)而形成发展起来的,它是一个以尼山穹隆为砥柱,由一系列呈NW走向的凹陷和凸起为旋回层组成的,向NW撒开而向SE收敛的大型旋卷构造。各凹陷与凸起之间的弧形断裂发育,并控制了本区温泉的形成与分布。据此,将鲁西隆起区蕴藏于地表之下1000m以浅的地下热水资源初步划分出6个预测亚区。

3.4 鲁北断陷平原地下热水资源预测区(IV)

鲁北断陷平原是华北平原的一部分,具有较高的地温场和大地热流值。平原区2000m深度地温等值线在平面上的展布规律表明,凹陷区中部地温较高,向边缘地温存在降低的趋势。在凹陷区内,含油气背斜构造顶部及凹陷中古潜山隆起(凸起)部位的地温梯度较高^[6]。鲁北平原区分布的各地热孔大多位于隆起或凸起的一侧,并常与断裂带相伴生,表现出区域地温场与地质构造之间存在着相关性。

根据本区区域地温场特征,结合地质构造条件,将鲁北断陷平原(1000m深度以浅)区划分出3个预测亚区。

本文承蒙刘彦博高级工程师审阅,并提出宝贵的修改意见,在此谨表感谢。

参 考 文 献

- [1] 黄尚瑶. 中国温泉资源(1—600万中国温泉分布图及说明书). 北京: 中国地图出版社, 1993. 1~14
- [2] 郭振一. 郯城—庐江断裂带的形成演化与运动学分析. 山东地质, 1987, 3(1): 56
- [3] 山东省地质矿产局. 山东省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1992. 459
- [4] 汪集琦, 黄尚瑶等. 华北平原地热区形成的深部地质背景. 见: 地热专辑(2). 北京: 地质出版社, 1989. 43
- [5] 张成基等. 胶南造山带研究新进展. 山东地质, 1997, 13(1): 1~10
- [6] 刘善军. 山东地下热水资源的形成条件与开发前景. 山东地质, 1997, 13(2): 51

D ISTRIBUTON RULE OF THERMAL SPRINGS AND ITS PRED ICATION IN SHANDONG PROVINCE

L iu Shanjun

(*Shandong Monitoring Center of Geological Environment*)

Abstract

A thermal spring, as a mineral-bearing thermal fluid, is the natural outcrop of thermal water which flows up from deep part to the ground. 18 thermal springs have been found in Shandong. They can be divided into three distribution areas which are Ludong (east of Shandong), Luxi (west of Shandong) and Yishu fault belt. The thermal springs in Ludong and Luxi have distinct differences in distribution, amount, temperature, concentration and tectonic locations. By analyzing deep crust structures, regionally structural background, heat sources, and water sources, underground thermal water resources in the three distribution areas and Lubei rift plain can be divided into 4 predication areas and 22 predication subareas.

key words Thermal spring, underground thermal water, Shandong province

(上接第 30 页)

FANGZI FORMATION UNEXISTED IN XINTAI- MENGYI BASIN

W ang Xianqi and N iu Baoxiang

(*Shandong Institute and Laboratory of Geological sciences*)

Abstract

Through observation and fossils collection of coal-bearing strata in north part of Chaoyangcun to Zhuangjiazhuang in W ennan town of Xintai city, more than 20 plant fossils were collected which were identified as *Sphenophyllum oblongifolium* (Gem., et Keulf) Ung., *Neuropteris ovata* Huffin.; *N. plicata* Sternb., *N. cf. plicata* Sternb., *N. sp.*, *Pecopteris cf. candolleana* Brongn., *Cordaites schenkii* Halle and *Samaropsis sinensis* Halle, and grouped to five genera and eight species. The plant fossils association belongs to Paleocathaysian plants group with age at late Carboniferous period. The strata bearing such plants association should be known as Taiyuan formation. Therefore, it proves there is no Fangzi formation in Mengyi-Xintai basin.

Key words Stratigraphic contrast, Taiyuan formation, Fangzi formation, Xintai-Mengyi basin