

地质与矿产

文登地区浅部干热岩地热资源的赋存条件分析

田立强¹, 范士彦²

(1.山东省煤田地质局第三勘探队, 山东 泰安 271000; 2.山东省煤田地质局, 山东 泰安 271000)

摘要:文登地区的5处天然温泉,多分布于河套边沿,水源足,水质优,水温高,证明该地区存在多处地温梯度异常。分析认为该地温梯度异常与太平洋板块边沿俯冲带、苏鲁超高压变质带放射性元素生热异常、深大断裂带的导热作用有关。根据各种岩性的导热性分析,认为含石英岩脉的花岗岩、花岗片麻岩或片麻岩为有利于干热岩资源开发利用的最优目的层。建议在5处天然温泉区域内,利用物探、钻探等勘查手段相结合,查明深大断裂带,调查地温梯度异常区,寻找浅部干热岩地热资源赋存区。

关键词:浅部干热岩;地热资源;赋存条件;文登地区;山东省

中图分类号:TK521 **文献标识码:**A

引文格式:田立强,范士彦.文登地区浅部干热岩地热资源的赋存条件分析[J].山东国土资源,2016,32(8):27-30.
TIAN Liqiang, FAN Shiyan. Analysis on Occurrence Conditions of Geothermal Resources in Shallow Hot Dry Rock in Wendeng Area[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(8): 27-30.

0 引言

尽管干热岩资源开发利用在我国尚属起步阶段,但以其取之不尽用之不竭的地热蕴藏量和清洁可循环利用等优势受到广泛的关注。有科学家预测,2030年左右人类可以利用干热岩大规模发电^[1],开发前景非常诱人。本着地质先行的原则,开展干热岩地热资源预测与勘查工作,寻找埋藏深度2000~4000 m以浅的干热岩地热资源成为目前的当务之急。

该文中浅部干热岩地热资源是专指埋深较浅(4000 m以浅)、温度较高(>150℃)、有开发经济价值的内部不存在流体或存在少量流体的高温岩体。

威海(含文登)地区地热资源地质勘查工作始于20世纪60年代,自20世纪90年代以来,对一些温泉区做了细致的地质勘查工作,认为该区地热资源的形成机理为“深循环断控制型”^[2],地热水的循环深度在1503~3084 m(李学伦1997)。地热异常具规模小、分散和不具备打深井获取高温地热水的特点^[2]。对该地区干热岩的研究工作尚处在起步阶段。

文登地区有天然温泉5处(图1),存在地温梯度异常区,地热资源丰富,该文试图从技术角度,分析山东省文登地区浅部干热岩地热资源赋存的可能性。

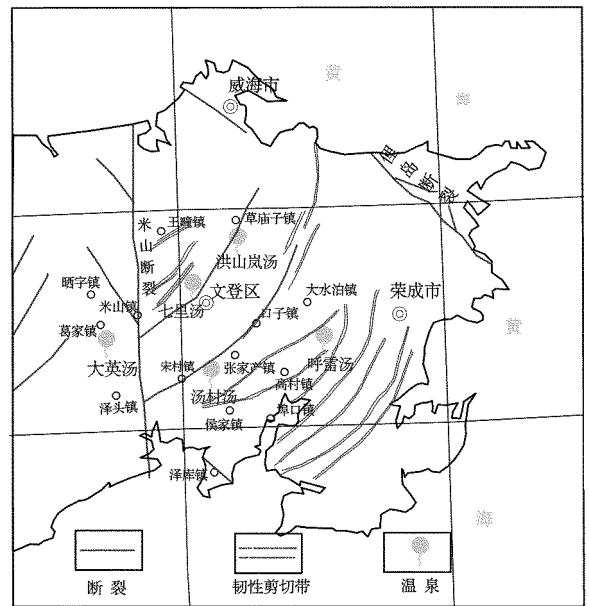


图1 文登地区构造纲要及天然温泉分布示意图

收稿日期:2016-05-06;修订日期:2016-06-15;编辑:陶卫卫

作者简介:田立强(1968—),男,山东文登人,高级工程师,从事煤田地质勘查等工作;E-mail:15053813980@139.com

2 浅部干热岩地热资源赋存的有利条件

甘浩男等结合中国地壳结构背景,将中国干热岩资源的赋存类型分为高放射性产热型、沉积盆地型、近代火山型和强烈构造活动带型^[3]。结合文登地区地质特征分析,认为文登地区位于苏鲁高压—超高压变质岩带上,初步判断其赋存类型为强烈构造活动带型与高放射性产热型的叠加类型。

2.1 板块强烈挤压作用生热

我国东部受太平洋板块的俯冲、挤压作用,形成长白山、五大连池等休眠火山或火山喷发区和京津、胶东半岛等高地温梯度区^[4],以及沿郯庐断裂带发育的喜山期侵入岩和喷出岩,证明山东省位于太平洋板块的边缘俯冲带之上,强烈的挤压作用有利于地温在浅部集聚。

同样位于太平洋板块边缘的日本国,20 世纪 80 年代在山形县打了 4 个钻孔,深度在 2 000~2 200 m 之间,岩体温度为 250℃;在岩手县,钻井深度为 1 500m,岩体温度达 200℃^[5]。说明在太平洋板块边缘存在高地温梯度异常区,寻找浅部干热岩地热资源的可能性较大。

目前,通常将五莲—青岛断裂和即墨—牟平断裂一起称为五莲—烟台断裂,作为胶北地块和苏鲁造山带地表岩性分划性界线^[6]。航磁资料解释认为,苏鲁高压—超高压变质岩之下存在华北板块的磁性体^[5]。说明华北板块与苏鲁超高压变质岩带间亦存在强烈挤压俯冲生热作用。

太平洋板块、华北板块(胶北地块)和苏鲁高压—超高压变质岩带 3 个板(地)块自下而上的俯冲、叠加和挤压等作用,有利于浅部干热岩地热资源的赋存。

2.2 地壳放射性元素生热

华北地区地壳表现出正常的地壳放射性生热元素的分布特征,即岩石生热率随深度的增加而降低^[6]。何丽娟等根据苏鲁地块 CCSD 科研主钻孔资料,除 1 610~2 000 m 榴辉岩段生热率较低外,5 000 m 内岩石生热率总体随深度的增加而增加^[7](图 2)。

该科研孔位于苏北地区郯庐断裂带以东苏鲁超高压变质带内,说明苏鲁超高压变质带存在放射性元素生热异常,有利于浅部寻找干热岩资源。

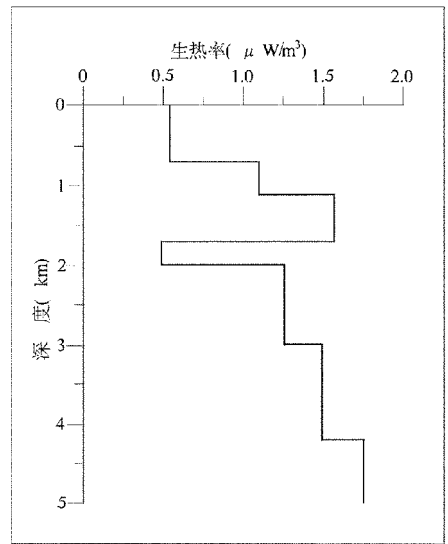


图 2 大陆科学钻探主孔(CCSD-MH)0~5 000 m 生热垂向分布图

2.3 深大断裂带的发育情况

地下热能随深度的增加而升高,深大断裂可以将深处的热量传递到浅部,从而形成局部地温梯度异常,根据文登地区的 5 处天然温泉,多分布于河套边沿,水源足,水质优,水温高(水温 52~72℃,最高达 83℃^[8])的特点。文登地区的 5 处天然温泉多位于 NE 向、NW 向构造交会的复合部位,例如呼雷汤温泉的控矿构造为 NE 向青龙河断裂及近 EW 向汤西断裂^[8]。证实其地下水的热量来源于深大断裂自下而上的传递。一旦确定深大断裂的产状及导水性,沿断裂带方向寻找浅部干热岩资源的可能性非常大。

2.4 利用岩性圈定干热岩勘查范围

优质的干热岩资源一般发育于导热性比较好的岩体中,在传热分析中,热扩散率 a ($10^4 \text{ cm}^2/\text{s}$) 是热导率 λ 与比热容 c 和密度 ρ 之比。

$$a = \lambda / (\rho \cdot c) \quad (\text{公式 1})$$

其中:热导率 λ ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$);比热容 ($\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$);密度 ($10^{-3} \text{ g}/\text{cm}^3$)

根据公式 1,热扩散率与导热性成正比,与比热容和密度成反比关系。

热扩散率又叫导温系数,它表示物体在加热或冷却中,温度趋于均匀一致的能力。这个综合物性参数对稳态导热没有影响,但是在非稳态导热过程中,它是一个非常重要的参数,反映了干热岩在热量

交换中的能力大小。

由表 1 可以看出,玄武岩、辉绿岩和花岗闪长岩的热扩散率较低;粘土板岩与石灰岩的热扩散率较低—中等;花岗岩、片麻岩和白云岩的热扩散率中等;石英岩的热扩散率较高。

宫同伦(1991 年)认为规模巨大的石英脉为张性、张扭性断裂带及层间剪切带中的动力热液成因^[9];根据胶东半岛金矿床的地质资料(石玉臣 2005 年),胶东半岛东部(牟平—乳山—威海)地区以石英脉型金矿为主,发育在张性、张扭性断裂及裂隙内^[10]。文登—荣成地区韧性剪切带广泛发育(图 1),根据花岗岩、片麻岩中韧性剪切带和张性、张扭

性断层传热组合,结合李德威(1993 年)提出的剪切带型动力成矿模式,认为控制文登地区天然温泉的张性、张扭性深大断裂及剪切带(2 000~4 000 m 范围内)为地壳内韧性剪切带向浅部发展的脆性部分,断裂带及外围裂隙带内发育大量规模不等的石英脉,随着深度的增加,断裂带(或剪切带)的宽度变宽、脆性变小。

结合文登地区广泛发育元古代花岗岩、花岗片麻岩、花岗闪长岩和片麻岩等深大地质体的特点,认为位于张性、张扭性断裂带及外围裂隙带内富含石英岩脉的花岗岩或片麻岩岩体为优质的干热岩目的层,其空间分布包含了断裂带外围的次生裂隙带。

表 1 0~50℃ 下常见岩石热学物理性质指标

岩石	密度 ρ g/cm ³	比热容 C		热导率 λ		热扩散率 a	
		温度(℃)	J/kg·K	温度(℃)	W/(m·K)	温度(℃)	10 ⁻³ cm ² /s
玄武岩	2.84~2.89	50	883.4~887.6	50	1.61~1.73	50	5.38~6.83
辉绿岩	3.01	50	787.1	25	2.32	20	9.46
花岗岩	2.50~2.72	50	787.1~975.5	50	2.17~3.08	50	10.29~14.31
花岗闪长岩	2.62~2.76	20	837.4~1258.0	20	1.64~2.33	20	5.03~9.06
片麻岩	2.70~2.73	50	766.2~870.9	50	2.58~2.94	50	11.34~14.07
石英岩	2.68	50	787.1	50	6.18	50	29.52
白云岩	2.53~2.72	50	921.1~1000.6	50	2.52~3.79	50	10.75~14.97
石灰岩	2.41~2.67	50	824.8~950.4	50	1.70~2.68	50	8.24~12.15
粘土板岩	2.62	50	858.3	50	1.44~3.68	50	6.42~15.15

3 浅部干热岩勘查的工作建议

3.1 指导思想

在现有的 5 处天然温泉附近寻找深大断裂,沿断裂走向展开地温梯度调查,在地温梯度较高的区域设计深孔验证。

3.2 勘查工作方法

首先在 5 处天然温泉附近的花岗岩、片麻岩或花岗片麻岩地区开展综合地球物理勘探(二维地震、可控源音频大地电磁法(CSAMT)、大地电磁法(MT)等),通过数据采集、处理和联合反演等技术,建立地球物理勘查模型^[11],解释深大断裂带以及规模较大的石英岩脉的发育情况,查明其分布规律;其次,沿深大断裂带开展 100~300 m 的浅孔地温梯度调查,圈定地温及地温梯度异常区,同时开展岩体的地球化学勘探;第三,寻找干热岩赋存最优靶区,实施一口 2 000~4 000 m 的干热岩勘查钻孔,利用数字测井技术,获得干热岩体温度;第四,建立当地浅

部干热岩地热资源赋存地质模型,与当地石英脉型金矿产地相结合,扩大勘查范围,寻找更多的浅部干热岩地热资源。

4 结语

(1)文登地区存在多处地温梯度异常,分析其成因:位于太平洋板块边沿俯冲带内,与亚欧板块强烈挤压生热;苏鲁超高压变质带存在放射性元素生热高异常;通过深大断裂带,将深部地热传递到浅部。

(2)位于张性、张扭性断裂带及外围裂隙带内富含石英岩脉的花岗岩或片麻岩等热扩散性好的岩体,有利于干热岩地热资源的开发利用;

(3)建议首先在 5 处天然温泉区域开展勘查工作,充分发挥物探、化探及样品测试和钻探等勘查手段,创造性地开展勘查工作。

(4)建议走勘查与开发相结合的工作思路,获得最好的投资效果。

参考文献:

- [1] 王淑玲, 张炜, 张桂平, 等. 非常规能源开发利用现状及趋势[J]. 中国矿业, 2012, 8(4): 389-341.
- [2] 栾光忠, 刘红军, 刘冬雁, 等. 山东半岛温泉的地热属性及其特征[J]. 地球学报, 2002, 23(1): 79-81.
- [3] 甘浩男, 王贵玲, 蔺文静, 等. 中国干热岩资源主要赋存类型与成因模式[J]. 科技导报, 2015, 33(19): 22-27.
- [4] 杨方, 李静, 任雪姣. 中国干热岩勘查开发现状[J]. 资源环境与工程, 2013, 2(2): 5-8.
- [5] 许天福, 张延军, 曾昭发. 增强型地热系统(干热岩)开发技术进展[J]. 科技导报, 2012, 30(32): 41-45.
- [6] 徐扬. 胶东地区的胶北地块和北苏鲁超高压变质带前寒武纪基底对比研究[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2015, 35(1): 99-106.
- [7] 何丽娟, 胡圣标, 杨文采, 等. 中国大陆科学钻探主孔揭示的大陆地壳生热模型[J]. 岩石学报, 2006, 22(11): 2808-2814.
- [8] 刘昌军, 李仁丽. 文登市地热资源现状及开发建议[J]. 山东国土资源, 2010, 26(5): 52-54.
- [9] 宫同伦. 陕西小秦岭金矿的富化与动力成矿作用的关系[J]. 西安地质学院学报, 1991, 13(1): 8-14.
- [10] 石玉臣, 刘长春, 杨承海, 等. 胶东地区蚀变岩型与石英脉型金矿的空间分布关系及形成机制[J]. 山东国土资源, 2005, 21(8): 19-21.
- [11] 冉恒谦, 冯起赠. 我国干热岩勘查的有关技术问题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(10): 17-21.

Analysis on Occurrence Conditions of Geothermal Resources in Shallow Hot Dry Rock in Wendeng Area

TIAN Liqiang¹, FAN Shiyan²

(1.No.3 Exploration Team of Shandong Provincial Bureau of Coal Geology, Shandong Tai'an 271000, China; 2. Shandong Provincial Bureau of Coal Geology, Shandong Tai'an 271000, China)

Abstract: Five natural hot springs in Wendeng area distributed on the edge of the Hetao with enough water, high water quality and high water temperature. It is considered that there are multiple abnormal geothermal gradient in the region. The geothermal gradient anomaly has close relation with the subduction of the Pacific plate edge belt, Sulu UHP metamorphic belt heat of radioactive elements of abnormal and deep fracture zone thermal interaction. According to the analysis on thermal conductivity of various lithology, it is regarded that quartzite granite, granitic gneiss and gneiss are favorable optimal objective layers for development and utilization of hot dry rock resources. It is suggested that in five natural hot springs in the area, by using geophysical prospecting, drilling and other exploration means, the deep fracture zone has been found out, geothermal gradient anomaly area has been surveyed, and shallow geothermal resources of hot dry rock storage area has been looked for.

Key words: Shallow dry rock; geothermal resources; geological conditions; Wendeng area; Shandong province