

· 书评 ·

文/廖志杰

## 促进中低温对流型地热资源的开发利用

地热资源是一种廉价、洁净的资源。中低温对流型地热系统指温度低于 $150^{\circ}\text{C}$ 、地下深处没有年轻岩浆活动作为附加热源、在正常或略为偏高的区域热背景条件下,出现在孔隙-裂隙介质或断裂破碎带中的地下热水环流系统,其在自然界分布较为广泛。

《中低温对流型地热系统》以对福建漳州地热田的研究作为主要基础,从中低温对流型低热系统地址构造-新构造分析、热传递基本原理、区域地温场及大地热流分布、地热地球化学研究等方面,阐述了中低温对流型地热系统理论基础。该书从构造分析开始,论述了中低温地热流体的化学组分,分析了热传递、地表热流值和地温场,探讨了勘探中如何利用地球物理和地球化学方法,讨论了中低温热水的资源类型及分类,介绍了各种资源评价的方法,为研究地质时期中低温热水沉积(或称喷流沉积)成岩成矿作用及改造成矿作用提供了有力武器,对勘探与开发中国中低温对流型地热系统具有指导性与方法性的意义。从实际考虑,一个中低温地热系统的开发不必用漳州地热田那样的投入。但测量其天然排放量、圈定热田的面积、弄清它的断裂系统、布置一定数量的勘探孔、测量孔中的温度剖面、探明热田的热储层、采集和分析温泉和钻孔排放物的化学组分、计算地热田所储藏的地热能是基本要求。

分布在世界各地的温泉中,中低温地热系统占绝大多数。据文冬光等(2010)统计,中国有2710个温泉。其中云南822个,西藏306个,四川305个,广东282个,福建172个。温泉的下限温度被定为 $25^{\circ}\text{C}$ ,这一标准对中国等疆域辽阔、地形起伏很大的国家并不适合。例如在青藏高原,按此标准,就会将许多向自然界放热的低温温泉排除在外;而在闽粤海南和桂南,则会将许多不是温泉的冷泉算作温泉。笔者等对西藏进行了考察,将温度高于 $10^{\circ}\text{C}$ 的泉视为温泉,则西藏有644个温泉。

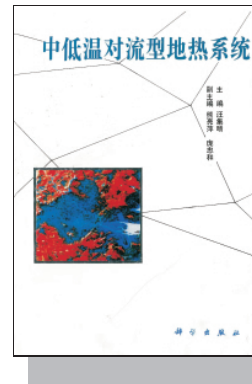
温泉是地热的露头。地热的富集程度足以构成能量资源的系统才是地热系统。按照地热系统内储存流体的温度可以分为高温地热系统( $>150^{\circ}\text{C}$ )、中温地热系统( $90\text{—}150^{\circ}\text{C}$ )、低温地热系统( $<90^{\circ}\text{C}$ )。根据水化学资料,西藏已确定的地热系统

共295个,其中高温地热系统129个(占43.7%),中温地热系统31个(占10.5%),低温地热系统135个(占45.8%)。云南西部已确定的地热系统有520个,其中高温系统88个(占16.9%),中温系统72个(占13.9%),低温系统360个(占69.2%)。四川西部已确定的地热系统213个,其中高温系统38个(占17.9%),中温系统9个(占4.2%),低温系统166个(占77.9%)。福建省206个泉(含10个 $<30^{\circ}\text{C}$ 的泉),属于高温系统的7处(占3.4%),中温系统居多,为161处(占78.2%),低温系统38处(占18.4%)。从统计数据看,中低温地热系统占绝大多数,其中,在云南西部占83.1%,四川西部占82.1%,福建省占96.6%,位于2个板块碰撞带的西藏达到56%。西藏还有349个温泉没有实地调查和取水样,而且它们主要以中低温为主。

美国1975年以来进行了3次地热资源评价工作。1975年,White等进行的评价中,已确定的高、中温对流型地热系统共283个,其中高温系统62个(含1个蒸汽为主的系统),中温系统163个。1978年,Muffler的评价中,高温系统52个,中温系统163个。1982年美国进行了低温地热资源的评价,已确定的低温地热系统共1119个,其中美国西部1069个、中部31个、东部19个。1978年、1982年的评价数据相加,则美国已确定的地热系统共1334个,其中中低温对流型地热系统1282个(占96.1%),而高温地热系统只占3.9%。

将地热系统根据其所处的地质环境和热量传递方式进行分类的应首推Muffler(1976)。他将地热系统分为对流型、传导型两大类。前者亦可分为2类,即:“与浅成年轻酸性岩浆侵入活动有关并出现在具有高孔隙率和渗透率的地质环境中的水热系统”(简称“有岩浆热源的水热对流系统”)、“出现在区域热流高至正常区域以内的低孔隙率-破碎带渗透率环境中的环流系统”(简称深循环水热对流系统)。实际上,前者为高温系统,后者主要为中低温系统。

1982年,Reed对美国低温地热资源进行评价时,将其分为水热对流系统、传导为主系统两类。水热对流系统又可分为



汪集暘 主编。科学出版社,1993年  
第1版,定价:17.00元。

2类,即:“孤立的热泉和井”(可细分为断裂面、深部热储、背斜边缘3类)、“圈闭的地热储”(可细分为侧向补给、地垒高地、盆地构造3类)。

本书结合中国的具体情况,提出了中低温对流型地热系统热储的类型,分为3类:①对流型裂隙介质热储(典型实例为福州地热田、广东阳江新洲热田);②对流型喀斯特热储(典型实例为广西象州地热田);③对流-传导型孔隙介质热储(典型实例为华北盆地许多古潜山热田)。并描述了这3种热储的热水成因、赋存条件、温度场特征。

对福建一带地热资源前景,该书指出:“必须指出,东南沿海地区由于高温热泉出露比较多,水热活动比较强烈,地表又有大量中生代燕山期花岗岩出露,并有几处新生代火山,因此不少国内外地热界人士曾认为,本区有可能出现温度大于 $150^{\circ}\text{C}$ 的高温水热系统,甚至有干热岩体存在,并建议在闽、粤、琼三省进行深部勘探以开发利用高温地热资源。然而我们近年来的研究表明,本区并不存在出现高温水热系统或干热岩体的地质构造条件及高热背景,区域平均热流值在 $75\text{mW}/\text{m}^2$ 左右。从本区已进行过不同程度勘探工作的几个地热系统来看,热储温度均小于或等于 $140^{\circ}\text{C}$ ,地下水循环深度在3.5—4.0km左右,属典型中低温对流型地热系统,其中不少(如福州、漳州、灰汤、邓屋、温汤等)目前已进行开发利用。”(p10)这个论点是正确的,对东南沿海地热资源开发具有指导意义。

**作者简介** 廖志杰,北京大学地球和空间科学学院,教授。

**栏目主持人** 尹传红,中国科普作家协会常务理事、副秘书长,主任编辑。

(责任编辑 陈广仁)