

解 读 地 球 密 码

丛书主编 孔庆友

# 清洁能源

# 地热

## Geothermal Energy

### The Clean Energy

本书主编 杨丽芝 杨雪柯

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

地球内部蕴藏的巨大热能，通常以火山、温泉等方式释放，形成美轮美奂的地热景观。部分热能以地热流体、干热岩的形式储藏在地球内部，成为人类可以直接或间接利用的新型清洁能源。



山东科学技术出版社  
www.lkj.com.cn

解 读 地 球 密 码

丛书主编 孔庆友

清洁能源

地热

Geothermal Energy

The Clean Energy

本书主编 杨丽芝 杨雪柯



山东科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

清洁能源——地热 / 杨丽芝, 杨雪柯主编. — 济南:  
山东科学技术出版社, 2016.6

(解读地球密码)

ISBN 978-7-5331-8365-3

I. ①清… II. ①杨… ②杨… III. ①地热能—普及  
读物 IV. ①TK521-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 141665 号

丛书主编 孔庆友

本书主编 杨丽芝 杨雪柯

解读地球密码

清洁能源——地热

杨丽芝 杨雪柯 主编

---

主管单位: 山东出版传媒股份有限公司

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098088

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@sdpress.com.cn

发 行 者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531)82098071

印 刷 者: 山东泰安新华印务有限责任公司

地址: 泰安市灵山大街 39 号

邮编: 271000 电话: (0538)6119313

---

开本: 787 mm× 1092 mm 1/16

印张: 7.25

版次: 2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

---

ISBN 978-7-5331-8365-3

定价: 35.00 元

# 目录

## CONTENTS

### Part 1

## 地热概念解读



### 地热资源 / 2

赋存于地球内部的热能，是一种巨大的自然资源，通过火山爆发、温泉及岩石的热传导等形式向地表传送热量。地热资源是在可以预见的未来时间内能够被人类经济开发和利用的地球内部热能资源。

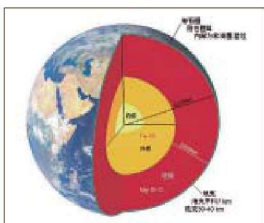


### 地热资源特点 / 7

地热资源的主要载体为水或水蒸气，富含矿物质，既是能源矿产，又是宝贵的水资源，还是工业或化学原料，故有水热矿同源的特点。

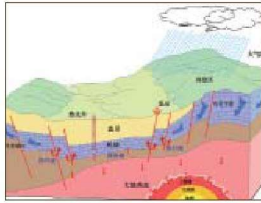
### Part 2

## 地热成因揭秘



### 地球内部热源与温度 / 9

越往地球深部，地温就越高。根据最新资料推算，地心处的温度为4 300~4 500℃。地球内部的放射性元素蜕变时产生的热量累积，是地球内部的主导热源，也是地球增温的主要因素。



### 热流传递方式/ 13

热具有从高温到低温传播的特性。地球内部的高温热量通过传导、对流、火山活动或岩浆活动向地表传递。



### 水热系统的存在形式/ 16

热量在传递过程中，由于温度或压力的变化，使得地热流体的状态发生转换。水热系统一般有五种存在形式：温水系统、热水系统、蒸汽系统、两相系统和地压系统。

## Part 3 地热类型概谈



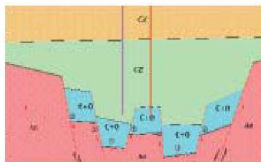
### 板块及其边界/ 19

地球表层刚性的岩石圈由十二大板块组成。板块的运移使得板块边界产生分离或聚合，形成分离型的增生边界，或汇聚型的消减边界。



### 板缘型地热资源/ 21

板块边缘地带火山活动、岩浆侵入、地震等地质活动强烈，常常形成相对比较狭窄但可延伸数千千米的高温地热活动带。



### 板内型地热资源/ 23

远离板块边缘的板块内部，水热活动的热源主要来自大地热流的正常增温，地表无热显示，或热显示较温和。板内型地热资源温度相对较低，与火山活动、地震活动无明显相关性。

Part  
4

## 地热用途大观

**清洁能源/28**

地热无论用来发电还是供暖，都无需用锅炉加热，故而无需燃烧煤炭或其他燃料。这就避免了燃料在燃烧过程中向大气排放大量的二氧化碳、硫化物、氮化物及可吸入颗粒。这也说明了地热能是清洁能源的原因。

**理疗保健/40**

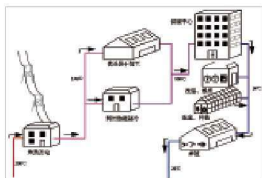
地热的理疗保健作用主要通过洗浴，依靠地热水的温度、压力、浮力以及放射性元素对人体的物理作用，再通过地热水中所含各种气体、矿物质、微量元素的化学作用产生疗效。

**旅游休闲/50**

利用地热独特的自然景观，开发地热景观旅游；或利用当地的地热，结合秀美的自然景观及历史文化，人工开发以温泉洗浴、观赏、娱乐、度假为一体的地热旅游及休闲度假项目，是目前地热资源综合利用的趋势。

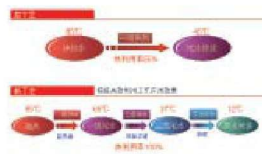
**农业生产/52**

地热资源用于农业生产的历史由来已久，用途广泛，主要用于地热温室种植和水产养殖两大领域，也可用于室外土壤加温等。



### 工业生产/55

地热能在工业领域的用途较多，可以用于任何一种形式的供热制冷、烘干和蒸馏过程。同时，地热水中有用的化学成分可以通过工业流程提取，作为工业原料加以利用。



### 梯级利用/56

地热流体在一次利用后其流量、温度及矿物质含量还存在可再次利用的价值。梯级利用即采取系统合理的经济技术，逐级、逐步地对地热资源进行综合利用，避免地热资源的浪费。



### 回灌技术/58

地热回灌是指人工通过钻井和加压的方式将地热尾水、常温地表或地下水注入地下热储加热的过程。地热资源的回灌不仅保护环境，还是加速地热资源再生的有效途径。

## Part 5 地热分布巡礼



### 全球四大地热带/61

全球高温地热资源主要分布在板块边缘地带，中低温地热资源主要分布在板块内部盆地。全球有四个大的高温地热带，还有许多著名的中低温地热田。



## 中国地热资源/ 66

我国地热资源以中低温为主。高温地热资源主要分布于藏南、川西、滇西以及台湾一带。中低温地热资源主要分布在沉积盆地之中。东南沿海和胶辽半岛中低温水热活动较密集，出露温泉较多。



## 山东四大地热区/ 79

山东的地热资源主要分布于鲁西北与鲁西南平原，属沉积盆地层状地热资源；鲁中南山区和胶东半岛分布带状地热资源，多以温泉出露。全省共有19处温泉。

## Part 6

## 地热景观览胜



## 水热爆炸/ 86

水热爆炸是饱和状态或过热状态的地热水，因热储压力变化产生突发性汽化，体积急剧膨胀并爆破上覆松散地层的一种高温地热现象。爆炸时场面惊心动魄、颇为壮观，爆炸后遗留下深度不等的坑穴以及余热活动。



## 间歇喷泉/ 90

当地质条件及水热条件均具备时，每间隔一定的时间，就有一定体积的热水、沸水或蒸汽从地下喷射到空中，形成间歇喷泉。



## 泉华/ 95

高温地热水中溶解了多种矿物质，当其上升至地表或地下浅部时，由于温度和压力的变化，矿物质因溶解度降低而沉淀，在泉口形成色彩和成分各异的沉积体，这就是泉华。





## 水热蚀变/99

水热蚀变是高温地热水或蒸汽沿通道上升，与围岩中的矿物或元素发生一系列复杂的化学反应，热水和围岩的化学成分都发生相应变化。水热蚀变既是化学反应的过程，也是化学反应的结果。

## 参考文献/101

### 地学知识窗

矿水/4 地下温度/6 拉得瑞罗地热试验电站/31 大滚锅/71 台湾地热谷/72  
加州大湖城水热爆炸/87 曲普水热爆炸/88 羊八井水热爆炸/89 擦巴丹喷泉/93  
扯雀塘/95 蛤蟆嘴/96

Part  
1

# 地热概念解读

地热是赋存于地球内部的热能，是一种巨大的自然资源，通过火山爆发、温泉、间歇喷泉及岩石的热传导等形式不断地向地表传送和散化热量。据估算，赋存于地球内部的热量约为全球煤炭储量（燃烧所释放的热量）的1.7亿倍，每年从地球内部经地表散失的热量相当于1 000亿桶石油燃烧产生的热量。全球每年可开采的地热能总量超过全球每年能源消耗的总量。就技术开发潜力而言，地热能是仅次于太阳能的第二大清洁能源。



## 地热资源

在可以预见的未来时间内，能够为人类经济开发和利用的地球内部热能资源，称之为地热资源。地热资源包括地热流体及其有用组分。

地热流体是地热资源的载体，包括

地热水和地热蒸汽，以及少量的非凝性气体，但不包括天然的碳氢化合物可燃气体，如甲烷等。地热水的温度下限为 $25^{\circ}\text{C}$ ，即温度高于 $25^{\circ}\text{C}$ 的地下水才可以称之为地热水（图1-1）。地热蒸汽



图1-1 地热水（ $80^{\circ}\text{C}$ ，可以煮鸡蛋）

(图1-2)的温度没有上限, 目前发现的地热蒸汽最高温度为329℃, 位于我国西

藏羊八井。

温泉是从地下自然喷涌而出的地



▲ 图1-2 地热蒸汽 (西藏蒸汽井施工现场)



▼ 图1-3 温泉 (西藏日喀则芒热温泉, 水温77℃)

热水或地热蒸汽（图1-3）。地热井则是通过人工钻井的方式揭露地热资源（图1-4）。由于天然温泉少见，打地热井抽汲地热水的方式较为普遍。为了广告效应，许多商家将地热井中抽汲的地

热水也称之为温泉。虽然人工抽汲的地热水和温泉具有同样的温度，甚至温度更高，矿物质组分和含量也相似，但从科学概念上，二者是不一样的。

地热田是指在目前技术条件可到



图1-4 地热井（山东威海洪水岚汤地热井，水温70℃）

## ——地学知识窗——

### 矿 水

含有某些特殊组分或气体，或者有较高温度、具有医疗作用的地下水称之为矿水。有益物质成分（如溴、碘、钾、硼）含量达到工业开采和提炼标准的地下水，称之为工业矿水。总矿化度、离子成分、水中气体存在有医学上活泼的微量组分、放射性元素对人体的机体起良好生理作用的地下水，称之为医疗矿水。地热水中含多种微量元素或特殊组分，大多成为医疗热矿水或工业热矿水。

达的采集深度内，富含可经济开发和利用的地热能及地热流体的地域，一般包括热储、盖层、热流体通道和热源四大要素（图1-5），是具有共同的热源，形成统一热储结构，可用地质、物化探方法圈闭的特定范围或区域。

**热储**是指地热流体相对富集，具有一定渗透性并含载热流体的岩层或岩体破碎带。热储层具有一定渗透性，地热流体就储存在热储层里。地热流体可能是岩层形成时的沉积水，也可能是具有稳定补给的循环水。

**盖层**是指覆盖在热储上部，具有隔热性能，对热储起保温作用的岩层，

多为黏性土层或自封闭层。

**热流体通道**是指地球内部热量向地球表层传递的方式。热传递的方式有三种，一是以传导的方式通过固体岩石由内向外传递，也叫大地热流；二是通过加热地下流体之后，以对流方式由深部向浅部传递，也叫温泉活动；三是以炽热岩浆向上位移推进的方式来传递，也叫火山活动或岩浆侵入活动。

**热源**指地热田热能来源。地热能有两种不同来源，一种来自地球外部，以太阳辐射为主；另一种来源于地球内部，以热的传导和对流为主。

**干热岩**也叫热干岩，顾名思义，

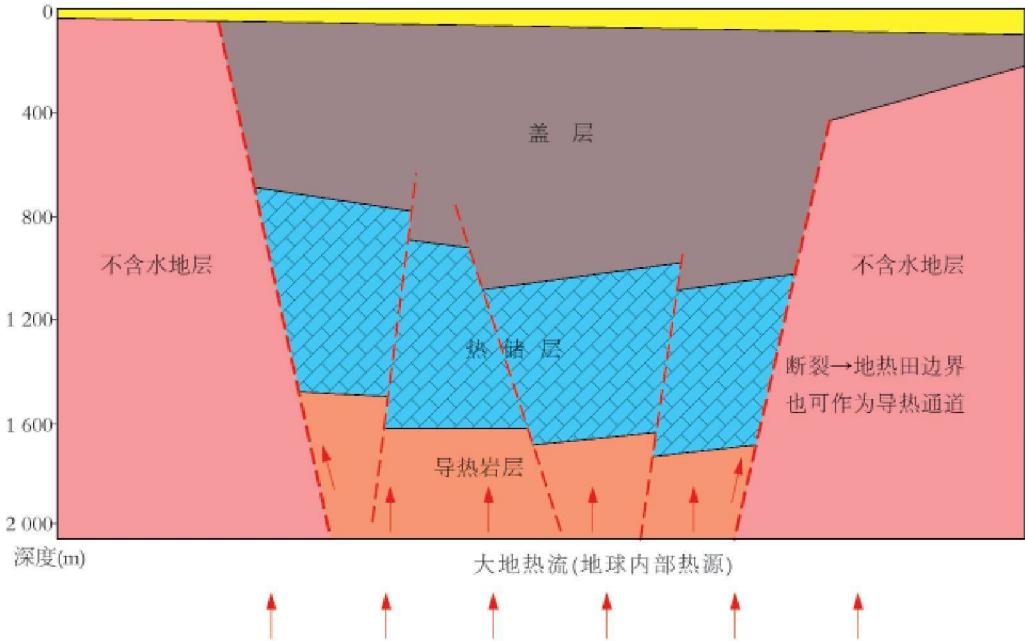


图1-5 地热田四大要素示意图

## ——地学知识窗——

### 地下温度

由于太阳的辐射，地球表层15~30米深度内地温随昼夜、四季气温的变化而交替变化，称之为变温层；从地表向内，太阳辐射的影响逐渐减弱直至消失，温度终年不变，称之为恒温层。恒温层的深度和厚度各处不同，厚度一般在20~40米。恒温层向下，地温受地球内部热量传导的影响逐渐升高，称之为升温层，每深入100米的地温增加值称为地温梯度或地热增温率。地温梯度超过某一正常值，或大地热流值显著高于地球热流平均值的地区，称为地热异常区，地热异常是寻找地热田的直接标志。

就是热的干的岩石，通常是指地下深处（3~10千米），不含水或不透水的热岩石。干热岩也是一种地热资源。通过人工的方式将不透水的热岩石压裂，使之透水，将人工注入的凉水经热岩石加热后再

抽汲出来，加以利用，该系统称为人造水热系统（图1-6）。一般来说，干热岩的温度在200℃以上，每天能抽出来的热水不少于7 000立方米，才具有可观的经济利用价值。

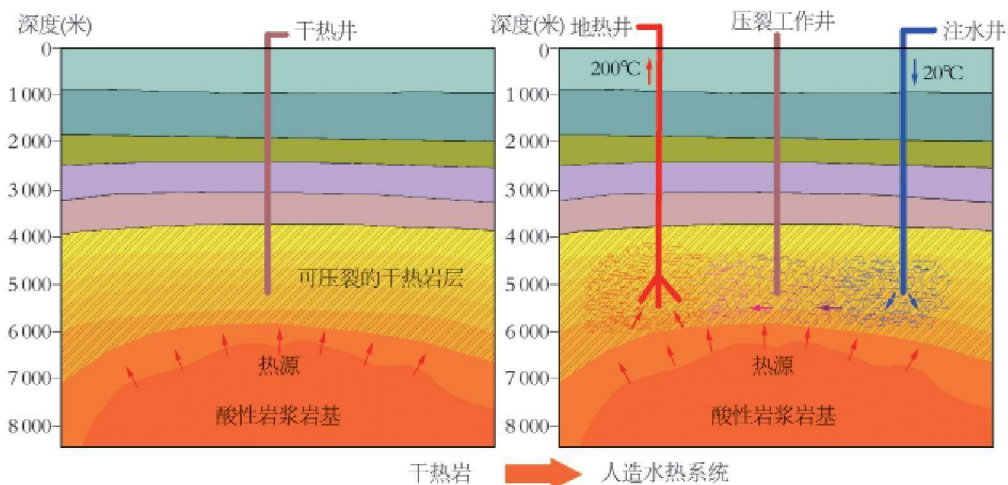


图1-6 干热岩资源利用

地热资源按温度，又可分为高温地热资源（温度大于150℃）、中温地热资源（温度在90~150℃）、低温地热资源

（温度小于90℃）。低温地热资源又可分为热水（温度大于60℃）、温热水（温度40~60℃）、温水（温度25~40℃）。

## 地热资源特点

### 水热同源

地热资源的主要载体为水（水蒸气），因此，地热资源作为能源矿产的同时，还是宝贵的水资源。那些矿化度低、常规组分达标、不含有毒有害组分的地热水可以作为普通生活饮用水或者矿泉水加以利用。同时，地热水的来源除一部分为地层沉积时保留下来的沉积水和封存水外，大部分来自水资源循环过程中的新生水（大气降水），由水资源转化而来。

### 热矿同源

地热水在热储中循环十分缓慢，滞留时间长，较高的温度和封闭的环境有利于水岩作用，地壳中被发现的所有元素都能在地热水中测试到，某些元素不断聚集，形成有益或有害的矿物质。一般来说，温度越高，矿物质含量也越高。根据地热水中矿物质组分和含量，可以将地热水分为饮用矿泉水、医疗热矿水、工业热矿水分别开发利用。



## Part 2

# 地热成因揭秘

地热资源的形成与地球内部结构密不可分，同时也受着大地构造运动的控制。

地球内部放射性物质的蜕变所产生的热量，是地球内部温度升高的主要热源。地球内部的热能，通过一定的方式到达地球浅部，或储存在地表以下，或通过一定的通道向地球外部散热，在地表形成各种热异常。

