

新能源丛书



热情奔放的

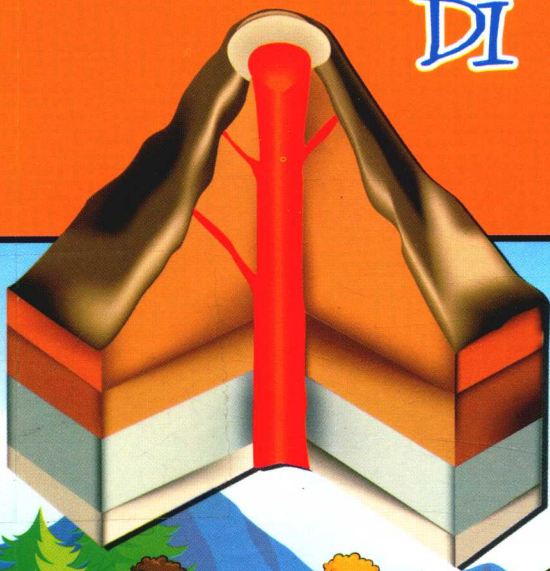
地热能



RE QING BEN FANG DE
DI RE NENG

楼仁兴 李方正 / 编著

吉林出版集团有限责任公司



XIN NENG YUAN
新能源丛书
CONG SHU

热情奔放的 地热能

楼仁兴 李方正◎编著

图书在版编目 (CIP) 数据

热情奔放的地热能 / 楼仁兴, 李方正编著. -- 长春:

吉林出版集团有限责任公司, 2013.5

(新能源)

ISBN 978-7-5534-1960-2

I. ①热… II. ①楼… ②李… III. ①地热能—普及
读物 IV. ①TK521-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第123455号

热情奔放的地热能

编 著 楼仁兴 李方正
策 划 刘 野
责任编辑 林 丽 张又方
封面设计 孙浩瀚
开 本 710mm×1000mm 1/16
字 数 105千字
印 张 8
定 价 23.80元
版 次 2013年8月 第1版
印 次 2014年8月 第3次印刷
印 刷 三河市燕春印务有限公司

出 版 吉林出版集团有限责任公司
发 行 吉林出版集团有限责任公司
地 址 长春市人民大街4646号
邮编: 130021
电 话 总编办: 0431-88029858
发行科: 0431-88029836
邮 箱 SXWH00110@163.com

版权所有 翻印必究

前 言

能源是国民经济和社会发展的重要物质基础，对经济持续快速健康发展和人民生活的改善起着十分重要的促进与保障作用。随着人类生产生活大量消耗能源，人类的生存面临着严峻的挑战：全球人口数量的增加和人类生活质量的不断提高；能源需求的大幅增加与化石能源的日益减少；能源的开发应用与生态环境的保护等。现今在化石能源出现危机、逐渐枯竭的时候，人们便把目光聚集到那些分散的、可再生的新能源上，此外还包括一些非常规能源和常规化石能源的深度开发。这套《新能源丛书》是在李方正教授主编的《新能源》的基础上，通过收集、总结国内外新能源开发的新技术及常规化石能源的深度开发技术等资料编著而成。

本套书以翔实材料，全面展示了新能源的种类和特点。本套书共分为十一册，分别介绍了永世长存的太阳能、青春焕发的风能、多彩风姿的海洋能、无处不有的生物质能、热情奔放的地热能、一枝独秀的核能、不可或缺的电能和能源家族中的新秀——氢和锂能。同时，也介绍了传统的化石能源的新近概况，特别是埋藏量巨大的煤炭的地位和用煤的新技术，以及多功能的石油、天然气和油页岩的新用途和开发问题。全书通俗易懂，文字活泼，是一本普及性大众科普读物。

《新能源丛书》的出版，对普及新能源及可再生能源知识，构建资源

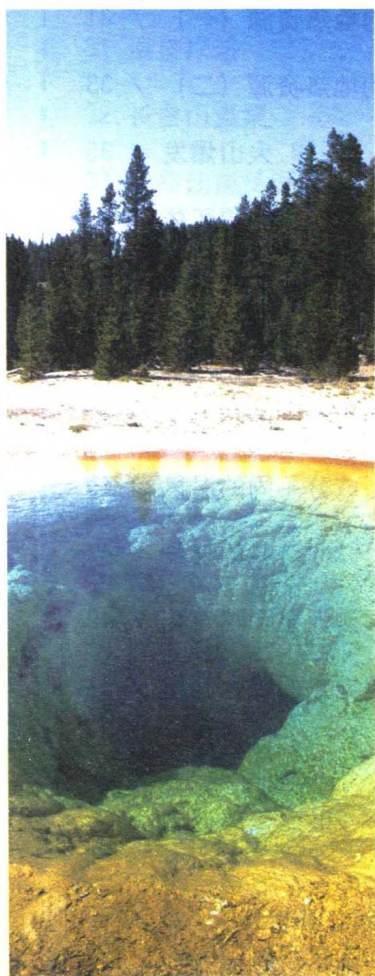
节约型的和谐社会具有一定的指导意义。《新能源丛书》适合于政府部门能源领域的管理人员、技术人员以及普通读者阅读参考。

在本书的编写过程中，编者所在学院的领导给予了大力支持和帮助，吉林大学的聂辉、陶高强、张勇、李赫等人也为本书的编写工作付出了很多努力，在此致以衷心的感谢。

鉴于编者水平有限，成书时间仓促，书中错误和不妥之处在所难免，热切希望广大读者批评、指正，以便进一步修改和完善。

目录

CONTENTS



01. 李四光眼里的地热能 / 1
02. 什么是地热 / 3
03. 地热能潜力无穷 / 5
04. 地球内部的结构——地壳 / 7
05. 地幔和地核 / 9
06. 地球是个庞大的热库 / 11
07. 地热田 / 13
08. 地球内热的来源 / 15
09. 什么是放射性元素 / 17
10. 水热型地热资源 / 19
11. 干热型地热资源 / 21
12. 热水田 / 23
13. 蒸汽田 / 25
14. 地热资源的类型 / 27
15. 环球地热带 / 29

热情
奔放的
地热
能



- 16. 中国的地热资源（一） / 31
- 17. 中国的地热资源（二） / 33
 - 18. 火山爆发 / 35
 - 19. 祸兮福所依 / 37
- 20. 温泉是怎样形成的 / 39
- 21. 异常地热梯度的形成 / 41
 - 22. 温度不同的温泉 / 43
 - 23. 成分不同的温泉 / 45
 - 24. 奇异的喷泉 / 47
 - 25. 沸泥泉和喷气孔 / 49
- 26. 低温地热的综合利用 / 51
 - 27. 地热供暖 / 53
 - 28. 温泉与治病 / 55
 - 29. 含矿温泉治病 / 57
 - 30. 温泉疗法（一） / 59



- 31. 温泉疗法 (二) / 61
- 32. 长白山温泉 / 63
- 33. 辽宁汤岗子温泉 / 65
- 34. 辽宁兴城温泉 / 67
- 35. 北京小汤山温泉 / 69
- 36. 温泉之城——福州 / 71
- 37. 台湾的温泉群 / 73
- 38. 重庆南北二温泉 / 75
- 39. 温泉与农业 (一) / 77
- 40. 温泉与农业 (二) / 79
- 41. 温泉与工业 / 81
- 42. 西藏羊八井热田 / 83
- 43. 地热利用的两种模式 / 85
- 44. 美国干热岩热能的利用 / 87
- 45. 干热岩热能的利用方法 / 89

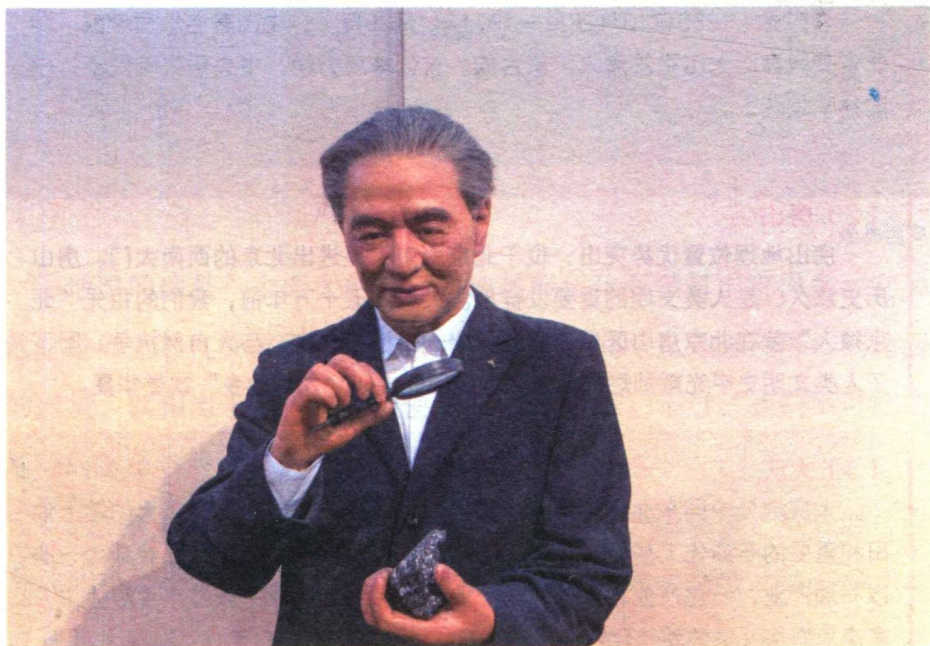
热情
奔放的
地热的能



- 46. 自流井地热开采 / 91
- 47. 非自流井地热开采 / 93
- 48. 地热供暖新技术 / 95
- 49. 地热供暖的难题 / 97
- 50. 地热发电 / 99
- 51. 地热发电受青睐 / 101
- 52. 低温地热水发电 / 103
- 53. 中温地热水发电 / 105
- 54. 高温地热水发电 / 107
- 55. 高温岩石发电 / 109
- 56. 地热发电的先驱 / 111
- 57. 全球地热田之冠 / 113
- 58. 新西兰怀拉基地热田 / 115
- 59. 地热田新秀 / 117
- 60. 地热与化石能源 / 119

01 | 李四光眼里的地热能

在中国著名的地质学家李四光看来，打开地下热库（开发地热资源）同开采煤和石油有着同等重要的意义，因为地热是可供人类利用的一种新能源。他告诉人们：“地球是一个庞大的热库，有源源不绝的热源。”李四光曾在《地热》一书中写道：“从钻探和开矿的经验看来，随着地下的深度不断增加，温度确实越来越高。在亚洲大致



李四光蜡像



40米增加1℃（中国大庆20米，房山50米），在欧洲绝大多数地区是28~36米增加1℃，在北美绝大多数地区为40~50米左右增加1℃。我们假定每深100米地温增加3℃，那么只要往下走40千米，地下温度就可以到1200℃……”

有人计算过，假若把地球上储存的煤燃烧时放出的热量计为100的话，那么地球上储存的石油只有煤的3%，核燃料才为煤的15%，而地热则为煤的1.7亿倍。李四光看到了这个惊人的数字，他大声疾呼：“我们现在不注意对地下储存的庞大热能的利用，而把地球表层像煤炭这样珍贵的遗产，不分青红皂白，一概当成燃料烧掉，这是无法弥补的损失。”

（1）李四光

李四光（1889年10月26日—1971年4月29日），中国著名地质学家，湖北省黄冈县回龙山香炉湾人，蒙古族。首创地质力学，中央研究院院士，中国科学院院士。

（2）房山

房山地理位置优势突出，位于北京西南，是进出北京的西南大门。房山历史悠久，是人类文明的重要发祥地。大约四五百万年前，我们的祖先“北京猿人”就在北京房山区周口店龙骨山一带渔猎谋生，与大自然抗争，写下了人类文明史中光辉灿烂的篇章。房山因此便以“龙的故乡”饮誉华夏。


（3）大庆

大庆地处中国东北松嫩平原中部，黑龙江省西部，是中国最大的陆上油田和重要的石油化工基地。经过20多年的建设和发展，大庆市已经成为一座以石油产业、石化产业、服务外包产业、乳品加工产业、旅游产业等为主，多产业齐头并进的现代化综合经济强市。



02 什么是地热



 地热温泉

地球的确是一个庞大的热库，地热能比化石燃料丰富得多，它大约是世界上油气资源所能提供能量的5万倍，每天从地球内部传到地面的能量，就相当于全人类一天使用能量的2.5倍。不过，我们不可能把地球内部蕴藏的热能全部开发出来。

人们把蕴藏在地球内部的热能叫作地热。一般说来，地热能可以分成两种类型：一是以地热水或蒸汽形式存在的水热型；另一种则是以干热岩体形式存在的干热型。干热岩体热能是未来大规模发展地热发电的真正潜力，但是因为它的勘探和开发利用工艺都比较复杂，所



以过去和现在，利用的还是水热型地热资源。

根据记载，人类以原始方式利用地热资源的历史比利用煤和石油的历史要早得多，如利用天然热水洗浴、医疗、供暖，以及用天然蒸汽加热或煮熟食物等，都已有数千年的历史。中国在东周时代（前770—前256），已有开发地热的记载了。此后，汉代的张衡在《温泉碑》中也有利用地下热水治病的记载：“有病厉兮，温泉治焉。”北魏时酈道元撰写的《水经注》中，便记述了湖南用温泉种稻越冬，一年三熟的经验：“温泉水，在郴县之西北，左右有田数千亩，资之以溉，常以十二月下种，明年三月谷熟。度此水冷，不能生苗，温泉所溉，年可三登。”

（1）地热水

地热水是指温度显著高于当地年平均气温，或者高于观测深度的围岩温度的地下水。地热资源是一种宝贵的自然财富，它可以作为热源、水源和矿物资源加以利用，例如供发电、取暖、淋浴和养鱼等，对发展国民经济有重要意义。

（2）干热岩体

干热岩体是指一般温度大于200℃，埋深数千米，内部不存在流体或仅有少量地下流体的高温岩体。干热岩体主要被用来提取其内部的热量，因此其主要的工业指标是岩体内部的温度。

（3）张衡

张衡（78—139），字平子，汉族，南阳西鄂（今河南南阳市石桥镇）人，我国东汉时期伟大的天文学家、数学家、发明家、地理学家、制图学家、文学家、学者，在汉朝官至尚书，为我国天文学、机械技术、地震学的发展作出了不可磨灭的贡献。



03 地热能潜力无穷

作为新能源大家族中的一员，地热能同太阳能、风能、生物质能一样，除个别国家以外，目前在整个能源结构中的地位可以说是很小的。但就作为一种正在快速发展中的新能源，将日益发挥更大的作用。在太阳能、风能、潮汐能与地热能这几种新能源中，地热能的装机容量已占60%以上，年产能值则更是高达80%左右。显然，地热能已成为新能源大家族中最为现实的能源。

地热能是一种很有潜力，同时也是十分现实的新能源。如果从



地热能潜力无穷



1904年世界上第一次地热发电成功算起，地热能的商业性开发利用已有将近一个世纪的历史了。到1997年底，全世界已有46个国家在开发利用地热，地热发电总量已经达到 4.4×10^{13} 瓦·时/年，而地热直接利用也达到了 3.8×10^{13} 瓦·时/年。若分别以9%及6%的增长速率测算，到2020年全球地热发电及直接利用总量将分别达到 3.18×10^{14} 瓦·时及 1.4×10^{14} 瓦·时。地热热泵技术的采用为地热能的开发利用又打开了一个新窗口，因为该项技术可利用低至 $7^{\circ}\text{C} \sim 12^{\circ}\text{C}$ 的地下水作为热源，而这种温度的地下水在地球上（两极除外）几乎到处可见。

地热能是清洁的、廉价的能源，在未来新能源中将起着十分重要的作用。

(1) 热泵

热泵是一种能从自然界的空气、水或土壤中获取低品位热能，经过电力做功，提供可被人们使用的高品位热能的装置。

(2) 地下水

地下水是贮存于包气带以下地层空隙，包括岩石孔隙、裂隙和溶洞之中的水。地下水是水资源的重要组成部分，由于水量稳定，水质好，使其成为农业灌溉、工矿和城市的重要水源之一。但在一定条件下，地下水的变化也会引起沼泽化、盐渍化、滑坡、地面沉降等不利自然现象。

(3) 地热发电

地热发电是利用地下热水和蒸汽为动力源的一种新型发电技术。其基本原理与火力发电类似，也是根据能量转换原理，首先把地热能转换为机械能，再把机械能转换为电能。地热发电实际上就是把地下的热能转变为机械能，然后再将机械能转变为电能的能量转变过程或称为地热发电。



04 | 地球内部的结构——地壳



地壳挤压现象

从地球的表面到地球的中心可分为地壳、地幔和地核三部分，统称为地球内部的圈层结构。

一只煮熟的鸡蛋，用刀把它切开，这个切开的面叫作剖面。从鸡蛋的剖面上，可以看出蛋壳、蛋白和蛋黄三个圈层结构。蛋壳很薄，是钙质组成的硬壳；蛋白较厚；蛋黄处于核心位置。地球内部的圈层结构，非常类似于鸡蛋内部的圈层结构，地球的地壳、地幔、地核，分别相当于蛋壳、蛋白和蛋黄。



地壳表面高低不平，起伏很大。陆地上最高的山峰——珠穆朗玛峰，高度为8848.13米，海洋里最深的海沟在海面以下11 033米，二者高差竟达2万米。同时，经测定，地壳与地幔的接触面也是高低不平的。这样一来，各地的地壳厚度就会大不相同了，大陆地壳的厚度平均为35千米，中国西藏地区地壳平均厚度为70千米，兰州52千米，青岛只有34千米。大洋地壳则比较薄，平均只有7千米。

地壳上的物质可分为上下两部分。上部的化学成分以硅和铝为主，称为硅铝层，平均厚度在10千米左右；下部地壳的化学成分以硅和镁为主，称为硅镁层。

(1) 地壳

地壳是地球固体地表构造的最外圈层，整个地壳平均厚度约17千米，其中大陆地壳厚度较大，平均约为35千米。大洋地壳则远比大陆地壳薄，厚度只有7千米。

(2) 地幔

地壳下面是地球的中间层，叫作地幔，这是地球内部体积最大、质量最大的一层。地幔又可分成上地幔和下地幔两层。

(3) 地核

地核是地球的核心部分，位于2900千米深处以下直至地心。地核占地球总质量的16%，地幔占83%，而与人们关系最密切的地壳仅占1%而已。

