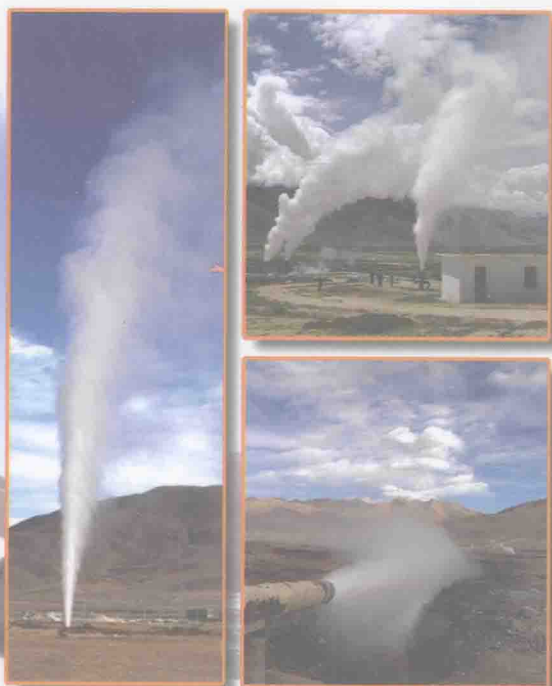


热储工程学

Geothermal Reservoir Engineering
Second Edition

[新] 马尔科姆 A. 格兰特 保罗 F. 比克斯勒 编著
Malcolm A. Grant Paul F. Bixley

王贵玲 蔺文静 译



测绘出版社

热储工程学

Geothermal Reservoir Engineering
Second Edition

[新]马尔科姆 A. 格兰特 保罗 F. 比克斯勒 编著
Malcolm A. Grant Paul F. Bixley

王贵玲 蔺文静 译

测绘出版社

· 北京 ·



著作权合同登记号: 01-2013-7469

This edition of ***Geothermal Reservoir Engineering*** by **Malcolm Grant, Paul Bixley** is published by arrangement with **ELSEVIER INC** of 360 Park Avenue South, New York, NY 10010, USA.

All Rights Reserved

本版《热储工程学》由 Elsevier 公司授权出版。

图书在版编目(CIP)数据

热储工程学/(新西兰)格兰特(Grant, M. A.),
(新西兰)比克斯勒(Bixley, P. F.)编著;王贵玲, 蔺
文静译. —北京:测绘出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5030-3262-2

I. ①热… II. ①格… ②比… ③王… ④蔺… III.
①热储 IV. ①P314

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 314717 号

责任编辑	吴 芸	封面设计	李 伟	责任校对	董玉珍	责任印制	喻 迅
出版发行	测绘出版社			电 话	010—83543956(发行部)		
地 址	北京市西城区三里河路 50 号				010—68531609(门市部)		
邮政编码	100045				010—68531363(编辑部)		
电子信箱	smp@sinomaps.com			网 址	www.chinasmp.com		
印 刷	三河市世纪兴源印刷有限公司			经 销	新华书店		
成品规格	169mm×239mm						
印 张	19.5			字 数	380 千字		
版 次	2013 年 12 月第 1 版			印 次	2013 年 12 月第 1 次印刷		
印 数	0001—2000			定 价	98.00 元		

书 号 ISBN 978-7-5030-3262-2/P·688

本书如有印装质量问题,请与我社门市部联系调换。

序

热储工程学是在 20 世纪 70 年代兴起的一门独立的学科,是从工程学的角度对地热热储的性质、行为及开发利用进行探测、分析和模拟的科学,是研究最经济、最有效地开发地热资源的一套现代工艺技术。其研究内容主要包括热储的基本物理性质,地热流体的物理、化学性质,地热流体在不同温、压条件下的相态特征,多相地热流体在热储中的渗滤和运移规律,以及根据地质、地球物理、地球化学、录井、试井等资料建立热储模型,预测热储开采动态及开发时期可能获得的产量、热田地质环境变化,最终建立地热田开发利用的优化管理模型等。经过 40 多年的发展,热储工程学已经相当完善,成为地热学中的一个重要分支。

该译文沿袭原著的章节结构,从热储的概念模型、定量模型和概化方法,测井原理及资料解释、压力-温度-涡轮测流的井下测量装置及其局限性,地热井的激发、热储模型、工程型地热系统以及相关案例研究等几个方面对热储工程理论、方法和应用进行了系统阐述。全书图文并茂,案例丰富,使读者不但清楚地了解相应的技术原理,也同时知道如何利用所获数据评价整个热田的行为。本书对从事地热地质、热储工程、地热测井等的研究者及地热资源开发利用管理者等都具有重要的参考价值。

我国热储工程学理论研究和实际应用还很薄弱。近年来,随着人们对环境保护重要性的认识深入,地热资源作为清洁可再生能源,对其的勘探、开发和理论研究又提上了重要的议事日程。以王贵玲研究员为学科带头人的研究小组正是抓住了这一契机,通过一年多的努力,将这一巨著介绍给我国的地热工作者。希望本书的出版能为我国的地热工作者提供系统的热储工程基础知识,同时也希望本书的出版能为我国地热事业的发展做出更大贡献。

中国工程院院士

王贵玲
2013.12.28

译者序

当厚厚的一摞译稿摆上案头的时候,就像心中一块沉重的石头落了地,笔者终于可以如释重负了。

第一次接触马尔科姆·格兰特(Malcolm Grant)等教授编写的热储工程学巨著,是1991年笔者在联合国大学冰岛地热培训中心学习时。当时,我国的地热科技工作经历了初创阶段(20世纪60年代)、初步发展阶段(20世纪60年代末至70年代)、重要进展阶段(20世纪80年代)等三个阶段的发展,有力地指导了我国地热资源的开发利用。自20世纪90年代以来,由于地热资源的自身优势和我国社会发展与经济技术的进步,地热资源的开发掀起了新的热潮,地热井的深度越来越大,范围也远远超出了“地热异常”的概念。由于地热资源勘查与开采的市场化,出现了一些不科学的无序开采现象与地热勘察失败案例。同时,由于对热储性质研究不够,缺乏系统监测与科学管理,产生无序开采现象,造成这一宝贵资源的浪费,因此迫切需要相关理论进行规范引导。然而,当时国内尚无一本系统的热储工程学著作,笔者便想把这篇宏伟巨著介绍给国内的同行。1992年,笔者又赴新西兰奥克兰大学地热学院专门学习热储工程,本书对于热储工程基础理论深入浅出的介绍与系统的案例分析,更加加深了笔者翻译本书的想法。

遗憾的是,由于工作原因,直到进入21世纪后才开始付诸实施。翻译不同于阅读原著,一字、一词、一句、一段都要仔细斟酌。经过半年的努力,2000年年底译稿初稿完成,然而,由于版权原因,未能公开出版,仅供科研小组内部学习参考。“十一五”以来,随着日趋紧张的能源供给形势以及面对的节能减排压力,地热资源的开发利用又一次引起了公众的关注。作为地热资源的重要利用形式,高温地热发电的呼声日高,开展高温热储工程基础理论推广及研究已迫在眉睫。恰逢此时,在第一版出版30年后,本书的第二版也出版了。相比于第一版,第二版已是“面目全非”,重新进行翻译校正又是一项浩大的系统工程。感谢中国地质调查局地质调查项目的资助,使原书第二版的翻译工作能顺利进行,同时,感谢测绘出版社在版权引进等方面所做的努力,才使得这本译稿能正式与读者见面。

感谢所有为本书出版做出贡献的前辈、同仁们!特别感谢汪集旻院士、多吉院士以及张振国、文冬光、吴爱民研究员等对本书翻译工作的关心与大力支持,他们多次过问此书的翻译进展,在此向他们表示由衷的感谢!蔺文静负责原书第一版全部内容的翻译,在该初译稿的基础上,屈泽伟负责第二版第1、2章的翻译,马峰、孙红丽负责第3、4、6章,王婉丽负责第5章,李曼负责第7章,刘昭负责第8、14

章,孟瑞芳、邢林啸负责第9、10章,张薇负责第11章,袁野负责第12章,梁继运负责第13章,刘春雷、何雨江等负责附录,王文中、吴庆华、郎旭娟、李元杰、韩玉英、靳晓英、刘昀、张萌等同学以及刘彦广、李龙、甘浩男、刘峰、朱喜等科研小组同事负责图件清绘,刘志明研究员、阮传侠博士对本书进行了仔细的校对。特别感谢北京大学廖志杰教授,他对译稿全文进行了认真审核并提出了宝贵的修改意见,本书的出版凝结了老先生的一片心血。全书由蔺文静和王贵玲进行统稿、定稿。

由于本书专业性强、知识面广,加之译者水平有限,译稿中错误在所难免,在此敬请读者批评指正。

译者

2013年12月于石家庄

英文(第二版)序

20 世纪 80 年代《热储工程学》第一版出版,这对于热储工程学科是首次。那时,热储工程领域在一定程度上是新鲜的事物,因为“热储工程师”这个术语刚在地热工业里开始使用,尽管其在石油工业领域已十分普遍,并且已用了几十年。将油储工程学的相关原理引入地热系统可能源于 20 世纪 60 年代后期的 Henry J. Ramey 教授以及 20 世纪 70 年代美国以 UNOCAL 为首的石油公司与地热工业联合后进行的蒸气收集(可以这么说)工作。然而,最初用于热储发展的相关储层工程原理并没有赋予其一个标题。在 20 世纪 70 年代,随着两次石油危机的出现,地热得到了迅速发展,不同等级的地学科学家与地热领域的工程师被召集到一起从事热储工程工作。实际上,这对地学及工程的影响也是热储工程学区别于油储工程学的主要特征之一。本书的作者来自截然不同的背景并不意外:马尔科姆·格兰特(Malcolm Grant)最初从事应用数学工作,保罗·比克斯勒(Paul Bixley)则为地质学家。尽管他们拥有完全不同的学科背景(或者也正因如此),他们俩被认为是世界上经验最丰富的热储工程学专家。对于地热系统本身而言,不同的系统之间有一定的差异,因此,在发展过程中相关程序性问题和实践性的问题会不时出现。应用基础原理的同时识别不同热储的特性是地热热储工程领域的一个重要方面。这就是本书为何如此重要的原因:首先,作者对世界上很多地热储拥有第一手经验;其次,书本身包含了具体的案例,为理论增加了现实基础。

近 30 年来,我们将本书作为斯坦福大学热储工程学研究生的参考教材,我校的学生和其他大学及培训班的学生均从中获益良多。然而,第一版已绝版很多年,除图书馆外很难找到。那些找不到第一版的惋惜者将会乐见于第二版的出版。在过去的 30 年,热储工程学领域又增加了很多重要的理论与新的课程。本书以第二版的形式再版将受到极大的欢迎,尤其是它顺应了新能源的崛起对热储发展的复兴要求。地热界期盼在未来的 30 年本书都会开卷有益!

Roland N. Horne

加利福尼亚斯坦福大学地球科学系 Thomas Davies Barrow 教授

2010 年 7 月

英文(第二版)前言

第二版重点介绍了过去 30 年地热科学获得的进展。第一版有意识地迎合发展阶段的需要,通过相关地热田的文献介绍仅提供了一门热井普遍适用的新学科。如今,热储工程学行业已得到了较好的定义,世界范围内许多大学开设了专业课程,因此,第二版将更多致力于记录目前的实践。

地热的发展提供了定义热储工程过程的基本信息,作为研究岩石中流体运动的学科,其理论仅能通过对流体热动力学变化的实际观察进行验证或驳斥。通过提供大量的证据,并对不同尺度的变化进行测量,将理论的模型转变为实际的方法以用于实践。

作为第一版的继承,第二版计划为学生和专业工作人员提供教材及操作手册。作为教科书,第二版的目的是为有地学、工程或数学背景的学生提供热储工程学完整的内容介绍。书中包含了所有的基础材料,对于每一个要点,都提供了详细的实例分析解释或容易获取的已出版的参考文献。

第二版介绍了目前的研究现状,对目前已经理解的重要概念与问题进行了解释。所有的章节都重点侧重于实践工作,对于用于热田实践且被证实能够产生有价值结果的相关技术进行了介绍。还没有被验证的理论分析结果仅做了简单的讨论。

书中引用的数据和实例主要来源于火山地带的高温地热田,许多方法也同样适用于低温地热田,书中也包含了一些例子。

全书布局大致按一个热田开发的时间先后顺序排列,最开始是一些初始的概念,然后介绍测井,最后是热储模拟及发展。对于热储工程师或学生,对所有的章节都可能感兴趣。对于工程师与其他学科的科学来说,第 2 章与第 10 章涵盖了热储工程的概念以及它们与热田模型的关系。对于希望将其所观察到的现象与井下数据所推断的热储条件相联系起来的地质学家来说,第 4 章是其兴趣所在。

Malcolm A. Grant

Paul F. Bixley

新西兰,奥克兰

目 录

第 1 章 热 储	1
§ 1.1 概 述	1
§ 1.2 发展历史	1
§ 1.3 定 义	4
§ 1.4 结 构	4
§ 1.5 参考文献和计量单位	6
第 2 章 地热系统	7
§ 2.1 概 述	7
§ 2.2 传导系统	7
2.2.1 地球的热状态	7
2.2.2 地下热水盆地	8
2.2.3 深层沉积岩含水层	8
2.2.4 温泉、断裂和断层系统	9
2.2.5 地压系统	9
2.2.6 干热岩和工程型地热系统	9
§ 2.3 液态为主对流系统	10
2.3.1 概 述	10
2.3.2 深循环和岩浆热源	10
2.3.3 开发和循环	12
2.3.4 垂直上升流模型和沸点深度模型	12
2.3.5 具侧向流系统	14
2.3.6 压力分布推论	16
2.3.7 小 结	17
§ 2.4 蒸气为主对流系统	17
2.4.1 流体流动概念模型 ^①	18
§ 2.5 开采对热储的影响	19
2.5.1 液体的流动	19
2.5.2 液态为主热储	20
2.5.3 蒸气为主热储	21
§ 2.6 结 论	22
第 3 章 简单定量模型	23
§ 3.1 概 述	23

^①该节遵照原文。

§ 3.2 储水的定义	23
3.2.1 单相流	24
3.2.2 部分被水充填	25
3.2.3 两相流	26
3.2.4 不同压缩率比较	26
3.2.5 多相流	27
§ 3.3 压力瞬态模型	27
3.3.1 单相含水层流体	28
3.3.2 干蒸汽流	29
3.3.3 非承压含水层	29
3.3.4 两相含水层	29
§ 3.4 集中参数模型	30
3.4.1 基本模型	30
3.4.2 流体类型改变	31
3.4.3 冷水补给	32
§ 3.5 两相蒸气热储	33
3.5.1 蒸汽流方程	33
3.5.2 蒸 干	35
3.5.3 冷水注入	35
§ 3.6 储 量	36
3.6.1 有效能量	36
3.6.2 热储量估算	37
3.6.3 热储法验证	39
3.6.4 功率密度	40
3.6.5 流体储量	40
3.6.6 原位沸腾	41
3.6.7 冷水冲刷	41
§ 3.7 裂隙介质	42
3.7.1 热效应	43
3.7.2 双孔隙度理论	43
3.7.3 改进的双孔隙度理论	45
3.7.4 弥 散	45
§ 3.8 流体化学模型	46
§ 3.9 模型适用性	47
第 4 章 测井解译	48
§ 4.1 概 述	48
§ 4.2 测井目的	49
4.2.1 多学科的方法 ^①	50
§ 4.3 钻孔模型	51
§ 4.4 基本钻孔剖面	53

①该节遵照原文。

4.4.1	传导与对流	53
4.4.2	等温线	53
4.4.3	沸腾曲线	54
4.4.4	两相柱	55
§ 4.5	井口气压	55
§ 4.6	误导性钻孔剖面	56
4.6.1	Wairakei 热田 WK10 井温度	56
4.6.2	Matsukawa 热田热储压力	57
4.6.3	液-汽-液剖面	57
第 5 章	井下测量	59
§ 5.1	仪 器	59
§ 5.2	热井设计	60
§ 5.3	温度-压力测量仪器	61
5.3.1	人工仪器	61
5.3.2	井下电子仪表	61
§ 5.4	井下流量测量	62
§ 5.5	测井误差来源	62
5.5.1	井深测量	63
5.5.2	测井电缆热膨胀	63
5.5.3	井 斜	63
5.5.4	稳定性	64
5.5.5	仪器滞后效应	64
§ 5.6	测井程序设计	65
§ 5.7	涡轮测流方法	67
5.7.1	交绘图法和工具校正	68
5.7.2	影响半径	69
5.7.3	高速流体	71
5.7.4	数据问题	71
第 6 章	钻进测量	73
§ 6.1	概 述	73
§ 6.2	压 力	73
§ 6.3	钻进液漏失	74
§ 6.4	温 度	74
6.4.1	温度恢复	74
6.4.2	实例分析	75
§ 6.5	阶段性测试	78
§ 6.6	RK22 井	78
6.6.1	钻进深度 2 428 m	79
6.6.2	钻进深度 2 791 m	79
6.6.3	钻进深度 3 092 m	80

第 7 章 完井和温度恢复	81
§ 7.1 概 述	81
7.1.1 完井测试目的	81
7.1.2 测试程序	82
7.1.3 高渗透井	82
7.1.4 低渗透井	83
§ 7.2 热储参数定量确定	84
7.2.1 注水试验	84
7.2.2 低渗透井	85
7.2.3 高渗透井	87
7.2.4 生产量估算	91
§ 7.3 井孔热传递	92
§ 7.4 温度恢复	93
7.4.1 测 量	93
7.4.2 压力控制点	94
7.4.3 温 度	95
§ 7.5 注水性能	97
§ 7.6 蒸气为主系统	100
第 8 章 生产试验	102
§ 8.1 概 述	102
8.1.1 基本方程	102
8.1.2 闪蒸校正系数	103
§ 8.2 引 喷	104
8.2.1 加 压	106
8.2.2 气 举	107
8.2.3 蒸气注入	107
8.2.4 维修作业	108
§ 8.3 生产试验方法	108
§ 8.4 单相流	108
8.4.1 低焓井	109
8.4.2 高焓(蒸气)井	109
§ 8.5 两相流	110
8.5.1 总流量热量计	110
8.5.2 汽-水分离器法	112
8.5.3 詹姆士端压法	115
8.5.4 垂向排放法	119
8.5.5 示踪稀释法	119
8.5.6 其他方法	121
8.5.7 过热状态	122
§ 8.6 循环井	122
§ 8.7 流量测量精度	125

8.7.1	测试设备	125
8.7.2	测试步骤	125
8.7.3	其他测试方法	126
§ 8.8	井性能评价	126
8.8.1	单相液态	127
8.8.2	单相蒸气	127
8.8.3	两相流体	128
§ 8.9	产能数据解译	130
8.9.1	概 述	130
8.9.2	最大排放压力	130
8.9.3	质量流量	131
8.9.4	热焓变化	131
第 9 章	实例研究:Ohaaki 热田的 BR2 热井	134
§ 9.1	概 述	134
§ 9.2	钻进及试验期(1966 年 5 月—1966 年 8 月)	135
9.2.1	完井测试及测井	136
9.2.2	首次排放	136
9.2.3	早期测井解译	137
9.2.4	产能测试	138
§ 9.3	排放期(1966—1971 年)	138
9.3.1	后期产能测试	139
9.3.2	干扰试验	141
9.3.3	1968—1971 年	142
§ 9.4	停止运转及压力恢复(1971 年 8 月—1980 年 11 月)	144
§ 9.5	生产(1988—1997 年)	145
§ 9.6	结 论	147
第 10 章	概念模型	148
§ 10.1	概 述	148
§ 10.2	热储制图	149
§ 10.3	温度剖面	151
10.3.1	上升流条件	151
10.3.2	静态条件	153
10.3.3	下降流条件	154
10.3.4	传导或冷水含水层	154
10.3.5	渗透性界定	154
§ 10.4	压 力	156
§ 10.5	已开发的热田	158
§ 10.6	结 论	158
第 11 章	模 拟	159
§ 11.1	概 述	159

§ 11.2	数据输入	159
§ 11.3	概念模型	161
§ 11.4	初始状态	161
§ 11.5	井孔特征	164
§ 11.6	历史数据拟合	164
§ 11.7	双孔隙度	166
§ 11.8	模拟过程验证	168
11.8.1	Olkaria 热田	168
11.8.2	冰岛 Nesjavellir 热田	169
11.8.3	Wairakei 热田	169
11.8.4	小 结	169
§ 11.9	Ngatamariki 热田	169
第 12 章	热田实例	173
§ 12.1	概 述	173
§ 12.2	Wairakei 热田	173
12.2.1	天然状态	173
12.2.2	开采状态	174
12.2.3	开采后的变化	175
12.2.4	概念模型	176
12.2.5	集中参数模型	176
12.2.6	模 拟	177
12.2.7	小 结	178
§ 12.3	Geysers 热田	178
§ 12.4	Svartsengi 热田	182
§ 12.5	Balcova-Narlidere 热田	186
§ 12.6	Palinpinon 热田	188
12.6.1	早期历史	189
12.6.2	成熟热田	190
§ 12.7	Awibengkong(Salak)热田	191
§ 12.8	Patuha 和其他混合热田	194
§ 12.9	Mak-Ban 热田	195
第 13 章	热田管理	198
§ 13.1	概 述	198
§ 13.2	衰减和集中参数模型	198
13.2.1	指数衰减	199
13.2.2	其他衰减形式	199
13.2.3	集中参数模型	200
§ 13.3	偏离趋势	201
13.3.1	沉 淀	202
13.3.2	热焓变化	203
§ 13.4	示踪试验	203

13.4.1	数据标准化	204
13.4.2	运移时间和回收率	204
13.4.3	裂隙模型	206
§ 13.5	联合模拟	206
13.5.1	Ribeira Grande 热田 ^①	207
§ 13.6	地表影响	209
§ 13.7	地面沉降	211
§ 13.8	注水管理	212
13.8.1	注水井位置	212
13.8.2	增加注水	213
第 14 章	井的激发及工程型地热系统	214
§ 14.1	概 述	214
§ 14.2	热激发	217
§ 14.3	酸激发	219
§ 14.4	对已有热储的激发	220
§ 14.5	工程型地热系统	221
附录 1	压力瞬态分析	225
A1.1	概 述	225
A1.2	基本解决方案	225
A1.2.1	线性解	226
A1.2.2	半对数分析	226
A1.2.3	BR19—BR23 干扰试验分析	227
A1.2.4	叠加效应	228
A1.2.5	无量纲变量	229
A1.2.6	标准曲线拟合	229
A1.3	井孔存储效应和表皮效应	230
A1.3.1	井孔存储效应	230
A1.3.2	表皮效应	231
A1.3.3	生产率	232
A1.4	注 水	233
A1.5	两相流	234
A1.6	拟压力	235
A1.7	变流量	236
A1.8	裂隙介质	237
A1.9	井孔热量和流量影响	237
A1.9.1	冷 凝	238
A1.9.2	闪蒸柱	238
A1.9.3	注水试验	238
A1.9.4	剖面应用	239

①该节遵照原文。

A1.9.5 井孔热存储效应	240
A1.10 气压、潮汐及其他影响	240
A1.10.1 潮汐效应	240
A1.10.2 大气压效应	240
A1.10.3 其他效应	241
A1.11 温度瞬态	242
A1.12 地下水学科单位转换	244
A1.12.1 压力和水头	244
A1.12.2 渗透性	244
A1.12.3 储水率	245
附录 2 流量测量气体校正	246
A2.1 非凝气体影响	246
A2.2 分离器法气体校正	247
A2.3 端压法气体校正	248
附录 3 动态运移方程	252
A3.1 概 述	252
A3.2 守恒方程	252
A3.2.1 单相流质量守恒	252
A3.2.2 单相流能量守恒	253
A3.2.3 两相流质量守恒	253
A3.2.4 两相流能量守恒	253
A3.2.5 化学物质守恒	253
A3.3 达西定律	254
A3.3.1 单相流	254
A3.3.2 两相流和相对渗透率	254
A3.4 本构关系	255
A3.4.1 单相液态	255
A3.4.2 单相蒸气	256
A3.4.3 两相流体	256
A3.4.4 非凝气体	256
A3.5 沸点深度模型	257
附录 4 中外热田名称对照表	260
符号表	262
参考书目	264

Contents

Chapter 1	Geothermal Reservoirs	1
§ 1.1	Introduction	1
§ 1.2	The Development of Geothermal Reservoir Engineering	1
§ 1.3	Definitions	4
§ 1.4	Organization of this Book	4
§ 1.5	References and Units	6
Chapter 2	Concepts of Geothermal Systems	7
§ 2.1	Introduction	7
§ 2.2	Conductive Systems	7
2.2.1	The Thermal Regime of the Earth	7
2.2.2	Warm Groundwater Basins	8
2.2.3	Deep Sedimentary Aquifers	8
2.2.4	Warm Springs and Fracture and Fault Systems	9
2.2.5	Geopressed Systems	9
2.2.6	Hot, Dry Rock or Engineered Geothermal Systems	9
§ 2.3	Convective Systems: Liquid Dominated	10
2.3.1	Introduction: The Dominance of Convection	10
2.3.2	Deep Circulation and Magmatic Heat	10
2.3.3	Exploitation and System Circulation	12
2.3.4	The Vertical Upflow Model and Boiling Point for Depth Models	12
2.3.5	Systems with Lateral Outflow	14
2.3.6	Inferences from Pressure Distribution	16
2.3.7	Summary	17
§ 2.4	Convective Systems: Vapor Dominated	17
2.4.1	The Conceptualized Fluid Flow System	18
§ 2.5	Concepts of Changes Under Exploitation	19
2.5.1	Flow of Liquid	19
2.5.2	Liquid-Dominated Reservoirs with Boiling	20
2.5.3	Vapor-Dominated Reservoirs	21
§ 2.6	Conclusions	22
Chapter 3	Simple Quantitative Models	23
§ 3.1	Introduction	23
§ 3.2	Simplifications and Concepts of Storage	23
3.2.1	Closed Box of Single-Phase Fluid	24