



太阳能科学 开发与利用

Solar Technologies: A Guide to Their
Development and Applications

张耀明 邹宇宇 编著
江苏科学技术出版社

太阳能科学 开发与利用

Solar Technologies: A Guide to Their
Development and Applications

张耀明 邹宇宇 编著
江苏科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

太阳能科学开发与利用 / 张耀明等编著. —南京: 江苏科学技术出版社, 2012.9

ISBN 978-7-5345-9577-6

I. ①太… II. ①张… III. ①太阳能—资源开发②太阳能利用 IV. ①TK519

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第133815号

太阳能科学开发与利用

编 著 张耀明 邹宁宇

责任编辑 宋 平 刘屹立

责任校对 郝慧华

责任监制 曹叶平

出版发行 江苏科学技术出版社(南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009)

网 址 <http://www.pspress.cn>

集团地址 凤凰出版传媒集团(南京市湖南路1号A楼, 邮编: 210009)

集团网址 凤凰出版传媒网 <http://www.ppm.cn>

经 销 江苏省新华发行集团有限公司

照 排 南京紫藤制版印务中心

印 刷 南京精艺印刷有限公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 29

插 页 8

字 数 560 000

版 次 2012年9月第1版

印 次 2012年9月第1次印刷

标准书号 ISBN 978-7-5345-9577-6

定 价 120.00元

图书如有印装质量问题, 可随时向我社出版科调换。

致读者

能源是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。采用不同的能源，不仅受到资源储量的限制，而且还对人类的生产方式、生活方式、人际关系和国际关系产生深刻影响。

以煤炭、石油、天然气等化石燃料和核电为基础的能源体系极大地推动了人类社会的发展。然而，就在人们享受不断提高了的物质生活和精神生活的同时，也越来越强烈感悟到化石燃料和核电带来的严重后果：资源日益枯竭，生态持续恶化，人类生存面临前所未有的严峻挑战。人类必须寻求一种新的、清洁、安全可靠、可持续发展的能源系统，而太阳能正是这种取之不竭的理想能源。

近几十年来，太阳能科学技术欣欣向荣，蓬勃发展，标志着能源结构正在进行脱胎换骨的改造，预示着太阳能时代即将到来。现在，人们对于太阳能科学技术给予了前所未有的强烈关注。

自20世纪后期起，张耀明院士团队就全力投入太阳能科学技术的开发利用，已经取得了一批很有意义的成果。《太阳能科学开发与利用》一书在收集大量资料和自己研究的基础上，比较详细地介绍了太阳能科学技术的现状和发展方向，相信读者从中会受到启迪。

几年以前，张耀明院士和我曾联合十余名院士向国家提出建设“阳光三峡”的建议。作为调整中国能源结构、开发西部的重要措施，建议结合中国国情，在地域广阔、阳光充沛的西部和北部，建设数个发电规模与长江三峡水电工程并驾齐驱甚至更大的太阳能光热发电工程。我们欣慰地看到，近年来中国太阳能产业正在迅猛地发展，取得了举世瞩目的成就，有些技术已经达到世界先进水平，一批“阳光三峡”式大型或巨型太阳能发电工程正在紧锣密鼓地进行。太阳能将会成为中国国民经济的支柱产业，为中华腾飞提供坚实的能源保证。

中国科学院院士

何祚麻

2012年7月

前言

面向21世纪的太阳、面向21世纪的辉煌

上篇 能源与社会 / 016

1 能源的发展和能源危机 / 019

1.1 能源的发展 / 020

1.1.1 火的应用 / 020

1.1.2 煤炭时代 / 022

1.1.3 油气开发 / 023

1.2 石油能源的危机 / 027

1.2.1 历次石油危机 / 027

1.2.2 紧缺的石油 / 030

1.3 化石能源对环境的破坏 / 032

1.3.1 地球环境的演变 / 032

1.3.2 脆弱的地球环境 / 033

1.3.3 燃烧化石能源导致的后果 / 036

1.4 化石能源与中国发展 / 043

1.4.1 中国的能源现状 / 043

1.4.2 中国的生态环境 / 044

1.4.3 中国的人口 / 048

1.4.4 中国可持续发展呼唤新能源 / 048

2 形形色色的新能源 / 051

2.1 各类新能源 / 052

2.1.1 生物质能 / 052

2.1.2 风能 / 054

2.1.3 水能 / 054

2.1.4 海洋能 / 056

2.1.5 地热能 / 057

2.1.6 天然气水合物、煤层气 / 058

2.1.7 氢能 / 060

2.2 重归太阳能 / 061

2.2.1 认识太阳能 / 061

2.2.2 太阳能利用简史 / 063

2.2.3 中国的太阳能资源 / 066

3 太阳和太阳能 / 071

3.1 太阳的构造及其表面现象 / 072

3.2 太阳的活动 / 076

3.2.1 太阳活动与宁静太阳 / 076

3.2.2 太阳辐射 / 076

3.2.3 太阳磁场 / 078

3.3 地球表面的太阳辐射 / 079

3.3.1 太阳高度的影响 / 079

3.3.2 地球大气层的影响 / 080

3.3.3 地理纬度的影响 / 080

3.3.4 日照时间的影响 / 081

3.3.5 海拔高度的影响 / 081

下篇 太阳能开发与利用 / 082

4 太阳能应用技术基础 / 085

4.1 平板型太阳能集热器 / 087

4.1.1 平板型太阳能集热器概述 / 088

4.1.2 空气集热器 / 091

4.1.3 真空集热管 / 091

4.1.4 全玻璃真空管集热器 / 094

4.1.5 热管式真空管集热器 / 096

4.2 聚光型太阳能集热器 / 100

4.2.1 聚光型集热器概述 / 100

4.2.2 几种典型的聚光型集热器 / 102

4.3 太阳跟踪 / 106

4.3.1 太阳自动跟踪系统 / 106

4.3.2 “东方一号”示范工程

太阳自动跟踪系统 / 106

4.4 太阳能储能 / 108

4.4.1 太阳能储能原理 / 108

4.4.2 太阳能的显热储存 / 110

4.4.3 太阳能的潜热储存 / 112

4.5 太阳能光伏发电的聚光 / 114

4.5.1 光伏发电聚光组件 / 114

4.5.2 光漏斗聚光 / 118

4.5.3 蝶形反射聚光 / 120

4.6 太阳能聚光集热新材料 / 123

5 太阳光照明 / 127

5.1 直射阳光 / 128

5.2 反射阳光 / 131

5.2.1 远距离反射阳光 / 131

5.2.2 近距离反射阳光 / 132

5.3 引入阳光 / 134

5.3.1 引入阳光的类型 / 134

5.3.2 光纤阳光导入技术 / 135

5.4 透射阳光 / 139

5.4.1 电致变色玻璃 / 140

5.4.2 温致变色玻璃 / 140

5.4.3 热致变色玻璃 / 140

5.4.4 气致变色玻璃 / 141

5.4.5 光致变色玻璃 / 141

6 太阳能干燥、太阳能温室及太阳灶 / 143

6.1 太阳能干燥 / 144

6.1.1 物料的干燥过程 / 144

6.1.2 太阳能干燥技术及其应用特点 / 149

6.1.3 中国太阳能干燥技术的应用 / 152

6.2 太阳能物品干燥 / 157

6.2.1 谷物干燥 / 157

6.2.2 果蔬干燥 / 163

6.2.3 药材干燥 / 163

6.2.4 木材干燥 / 164

6.2.5 衣物干燥 / 164

6.3 太阳能温室 / 167

6.3.1 太阳能温室的类型 / 168

6.3.2 太阳能温室的技术要求 / 168

6.3.3 太阳能温室的设计 / 171

6.3.4 太阳能温室实例 / 172

6.3.5 太阳能沼气池 / 174

6.4 太阳能空气取水 / 176

6.5 太阳灶 / 178	8.3.2 吸附式太阳能制冷空调的特点 / 230
6.5.1 太阳灶概述 / 178	8.3.3 太阳能储能转换空调 / 230
6.5.2 热箱式太阳灶 / 179	8.4 除湿式太阳能空调 / 232
6.5.3 聚光式太阳灶 / 181	8.4.1 除湿式制冷系统 / 232
6.5.4 平板式太阳能蒸汽灶 / 184	8.4.2 几种除湿式太阳能制冷设备 / 232
6.5.5 储热太阳灶 / 184	8.5 蒸气喷射式和热机驱动压缩式太阳能空调 / 235
6.6 高温太阳炉 / 187	8.5.1 蒸气喷射式太阳能制冷 / 235
7 太阳能热水装置 / 191	8.5.2 热机驱动压缩式太阳能制冷 / 236
7.1 家用太阳能热水器 / 192	8.6 太阳能光伏制冷和太阳能半导体制冷 / 237
7.1.1 闷晒式家用太阳能热水器 / 193	8.6.1 太阳能光伏制冷 / 237
7.1.2 平板式家用太阳能热水器 / 193	8.6.2 太阳能半导体制冷 / 237
7.1.3 真空管式家用太阳能热水器 / 194	8.7 前景广阔的太阳能-地源热泵空调系统 / 239
7.2 太阳能热水系统 / 198	8.7.1 太阳能热泵 / 239
7.2.1 太阳能热水系统的分类 / 198	8.7.2 太阳能-地源热泵空调系统 / 240
7.2.2 常用太阳能热水系统 / 200	
7.2.3 太阳能热泵热水系统 / 207	9 太阳能海水淡化 / 245
7.3 太阳能热水器与建筑的结合形式 / 209	9.1 海水淡化与太阳能 / 246
7.3.1 分体承压式太阳能热水器 / 209	9.1.1 水资源与海水淡化 / 246
7.3.2 分体非承压式太阳能热水器 / 210	9.1.2 海水淡化技术与太阳能 / 248
7.3.3 整体式太阳能热水器 / 212	9.2 太阳能蒸馏 / 251
7.4 对太阳能热水装置与建筑一体化的几点思考 / 213	9.2.1 几类简单的太阳能蒸馏 / 251
	9.2.2 盘式太阳能蒸馏 / 253
8 太阳能空调 / 221	9.2.3 聚光型太阳能蒸馏 / 255
8.1 太阳能空调的意义 / 222	9.2.4 降膜蒸发 / 257
8.2 吸收式太阳能空调 / 224	9.3 主动式太阳能蒸馏 / 258
8.2.1 吸收式制冷循环 / 225	9.3.1 真空管太阳能集热器蒸馏 / 258
8.2.2 吸收式采暖循环 / 227	9.3.2 带集热器和储热水箱的太阳能蒸馏 / 259
8.3 吸附式太阳能制冷空调 / 228	9.3.3 带外凝结器的太阳能蒸馏 / 260
8.3.1 吸附式制冷系统 / 229	9.4 太阳能技术与几类传统海水淡化技术的结合 / 261

9.4.1	太阳能多级闪蒸海水淡化 / 261
9.4.2	太阳能多效蒸发海水淡化 / 264
9.4.3	蒸汽压缩蒸馏海水淡化 / 265
9.4.4	分压差海水淡化 / 266
9.5	吸收式太阳能海水淡化与吸附式太阳能海水淡化 / 267
9.5.1	吸收式太阳能海水淡化系统 / 267
9.5.2	吸附式太阳能海水淡化系统 / 268
9.5.3	一种全自然能源海水淡化系统 / 269
10	太阳能热发电 / 273
10.1	聚光类太阳能热发电 / 276
10.1.1	塔式太阳能热发电 / 276
10.1.2	槽式太阳能热发电 / 281
10.1.3	碟式太阳能热发电 / 285
10.1.4	聚光类太阳能热发电控制系统 / 287
10.1.5	空间太阳能热动力发电系统 / 290
10.1.6	中国聚光类太阳能热发电技术进展 / 292
10.1.7	对聚光类太阳能热发电系统的几点思考 / 294
10.2	非聚光类太阳能热发电 / 298
10.2.1	低温太阳能发电 / 298
10.2.2	太阳池发电 / 299
10.2.3	太阳能海水温差发电 / 301
10.2.4	太阳坑发电 / 302
10.2.5	太阳能烟囱发电 / 303

11 太阳能光伏发电 / 309

11.1 概述 / 310

- 11.1.1 太阳能光伏发电的特点 / 310
- 11.1.2 太阳能光伏发电的进程 / 312
- 11.1.3 太阳能光伏发电的现状 / 315

11.2 太阳能电池 / 318

- 11.2.1 太阳能电池的工作原理及特性 / 319
- 11.2.2 太阳能电池的分类及特点 / 320
- 11.2.3 太阳能电池组件 / 325

11.3 太阳能光伏发电系统 / 328

- 11.3.1 太阳能光伏发电系统组成 / 328
- 11.3.2 太阳能光伏发电系统形式 / 332
- 11.3.3 太阳能光伏发电系统分类 / 336

11.4 太阳能光伏发电应用 / 339

- 11.4.1 在航天器上的应用 / 339
- 11.4.2 太阳能光伏发电工程 / 341
- 11.4.3 太阳能灯具 / 345
- 11.4.4 太阳能交通工具 / 347
- 11.4.5 在高速公路上的应用 / 351
- 11.4.6 在通信方面的应用 / 352
- 11.4.7 在家电方面的应用 / 354
- 11.4.8 在其他方面的应用 / 355

12 太阳能建筑 / 361

12.1 太阳能建筑的内容与设计 / 363

- 12.1.1 太阳能建筑理念 / 364
- 12.1.2 太阳能建筑的内容 / 365
- 12.1.3 太阳能建筑的整合设计 / 366
- 12.1.4 太阳能建筑的一体化设计 / 368

12.2 太阳房 / 370

- 12.2.1 太阳房的分类与基本组成 / 370

12.2.2 被动式太阳房 / 372	
12.2.3 主动式太阳房 / 377	
12.2.4 使用绝热材料夹层的太阳房 / 384	
12.2.5 使用相变储能材料的太阳房 / 385	
12.3 光伏建筑一体化 / 390	
12.3.1 光伏与建筑相结合 / 390	
12.3.2 光伏建筑一体化技术 / 391	
12.3.3 几类光伏建筑组件 / 394	
12.4 太阳能建筑案例 / 400	
12.4.1 太阳能屋顶计划 / 400	
12.4.2 上海世界博览会 / 404	
12.4.3 太阳能社区 / 408	
12.4.4 中国太阳谷 / 410	
13 太阳能化学利用 / 423	
13.1 太阳能制氢 / 424	
13.1.1 太阳能制氢的意义 / 424	
13.1.2 太阳能直接加热分解水制氢 / 425	
13.1.3 太阳能热化学循环制氢 / 426	
13.1.4 太阳能电解水制氢 / 427	
13.1.5 太阳能光催化分解水制氢 / 428	
13.1.6 生物制氢 / 430	
13.2 太阳能在环境保护中的应用 / 432	
13.2.1 光催化消除环境污染物 / 432	
13.2.2 太阳能消毒灭菌 / 434	
13.3 高效储存太阳能的植物 / 435	
13.3.1 能源植物 / 435	
13.3.2 藻类植物 / 437	

14 展望太阳能时代 / 439	
14.1 大型太阳能电站和发电系统 / 440	
14.1.1 太阳能沙漠电站 / 440	
14.1.2 地球规模的太阳能发电系统 / 442	
14.2 太空太阳能发电 / 444	
14.2.1 太阳塔、太阳碟与太阳盘 / 444	
14.2.2 “太空蜘蛛” / 447	
14.2.3 月球太阳能电站 / 447	
14.3 未来建筑和立体农业 / 448	
14.3.1 太阳能城市 / 448	
14.3.2 超高建筑 / 453	
14.3.3 海洋城和太空城 / 455	
14.3.4 立体农业 / 455	
14.4 人造月亮与宇宙太阳伞 / 458	
14.4.1 人造月亮 / 458	
14.4.2 宇宙太阳伞 / 459	

主要参考文献 / 460	
--------------	--

太阳能科学 开发与利用

Solar Technologies: A Guide to Their
Development and Applications

张耀明 邹宁宇 编著
江苏科学技术出版社