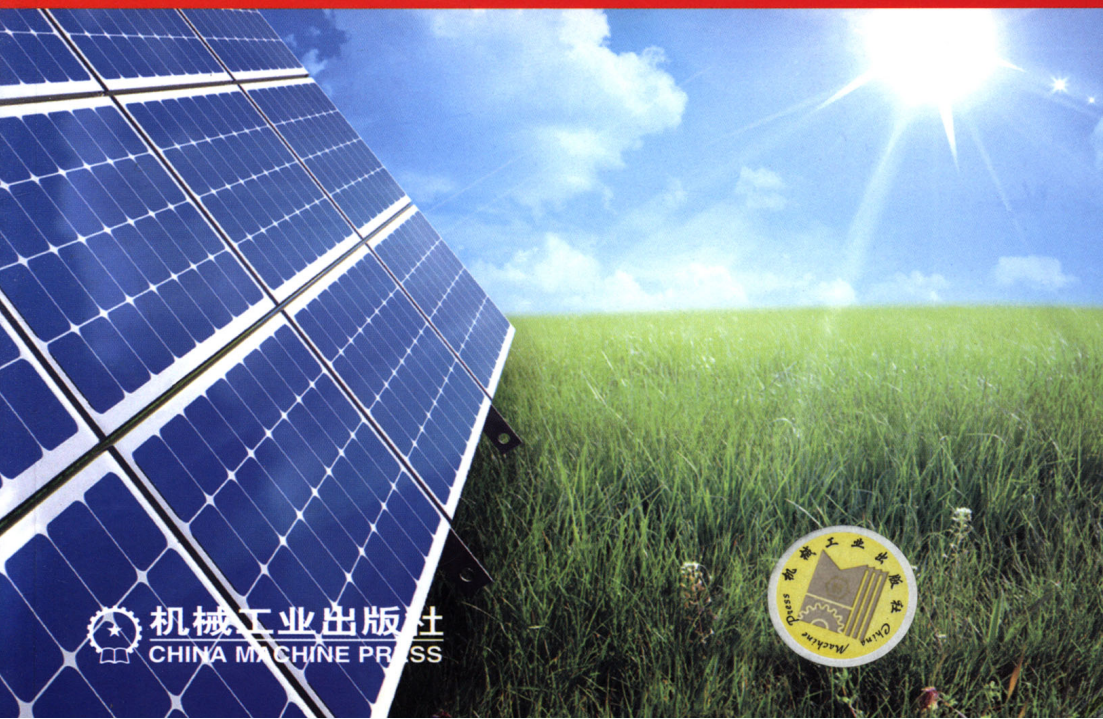
CRC Press
Taylor & Francis Group

（美）David Thorpe
Frank Jackson 编著

刘宝林 朱丽虹 蔡加法 译

太阳能技术知识读本

Solar Technology:
The Earthscan Expert Guide to Using Solar Energy for Heating, Cooling and Electricity



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

关于本书

人们的生活永远都离不开太阳，地球上的绝大部分能源也来自太阳！本书主要介绍了利用太阳能进行加热、制冷以及发电的相关技术，通过实例简述了各种太阳能技术设备的工作原理和使用原则及方法，并论述了太阳能在节能环保中的重要作用。

太阳能技术知识读本

（美）David Thorpe
Frank Jackson 编著

刘宝林　朱丽虹　蔡加法　译



机 械 工 业 出 版 社

Solar Technology: The Euthscan Expen Guide to Using Solar Eneigy foi Heating, Cooling and Electricity, by Dav id Thorpe @ 2011 by Taylor & Francis Group. LLC

Authorize d translation from English Language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC. All Rights Reserved 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下 CRC 出版公司出版，并经其授权翻译出版，版权所有，侵权必究。

本书中文简体翻译版授权机械工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售，未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Franc is sticker on the cover are unauth orized and illegal 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签，无标签者不得销售。

本书版权登记号：图字 01-2012-5873 号

图书在版编目（CIP）数据

太阳能技术知识读本/(美) 索普（Thorpe，D.），(美)杰克逊(Jack-son，F）编著；刘宝林，朱丽虹，蔡加法译. —北京：机械工业出版社. 2013. 10

书名原文：SolarTec hnology

ISBN 978-7-111-43991- 2

Ⅰ. ①太… Ⅱ. ①索…②杰…③刘…④朱…⑤蔡… Ⅲ. ①太阳能技术 Ⅳ. ①TK51

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2013）第 214911 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：张俊红 责任编辑：张俊红 责任校对：肖 琳
版式设计：霍永明 封面设计：路恩中 责任印制：杨 曦
北京市四季青双青印刷厂印刷
2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷
140mm ×203mm • 10.75 印张 • 298 千字
0 001 — 3 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-43991-2
定价：49.80元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部 调换

电话服务 网络服务
社 服 务 中 心:(010)88361066 教材网:http://www.cmpedu.com
销 售 一 部:(010)68326294 机工官网:http://www.cmpbook.com
销 售 二 部:(010)88379649 机工官博:http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

译 者 序

从20世纪70年代以来，随着全球气候变暖的日益严重以及“可持续发展”的观念逐渐深入人心，太阳能逐渐受到世界各国的关注。太阳能是太阳内部连续不断的核聚变反应过程产生的能量。与矿物能源相比，太阳能有明显的优越性，它是一种没有污染、取之不尽、用之不竭的清洁能源，适用范围广，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染。在各国政府的大力支持下，全球的太阳能产业得到了快速的发展。世界太阳能电池的年增长率已经连续10年超过30%，超过了信息技术（IT）产业，已经成为世界上发展最快的产业之一。2007年，我国的太阳能电池产量超过欧洲和日本，成为世界第一。另外，我国太阳能资源非常丰富，理论储量达到每年17000亿吨标准煤，太阳能资源开发利用的潜力非常广阔。普遍推广太阳能技术，对于改善地球的整体环境有着非常重要的意义。

提及太阳能利用技术，我们首先想到的可能就是太阳能热水器和太阳能光伏发电。实际上，除此之外，太阳能还可以用于建筑物供暖与通风、海水淡化、饮用水净化、食品烹饪、物品烘干，甚至出乎大多数人的意料，太阳能还可以在夏季为建筑物制冷！本书以生动易懂的语言详细地介绍了各种太阳能利用技术的工作原理，以图文并茂的形式和生动翔实的实例解释了各种太阳能技术及其设备的一般使用原则和方法。阅读本书之后我们可以发现，太阳能利用技术不但可以为我们节省金钱，创造温暖舒适的生活和工作环境，甚至可以影响我们的行为方式，产生意想不到的效益。作者还试图告诉我们，太阳能技术的利用不一定意味

着需要付出高昂的代价，也不一定需要高科技的产品或设备，有时候甚至可以自己动手做（DIY）！

由于历史、技术和经济等方面的原因，太阳能技术还未能深入到我们每个人的心中，我国的太阳能利用技术也主要集中在太阳能热水器和太阳能光伏发电这两个主要领域，而太阳能绿色建筑、太阳能热发电等在欧美发达国家大力推行的太阳能利用技术我们还知之甚少，因此希望本书能够给广大社会人士普及一些太阳能利用知识，让人们更进一步认识和利用这取之不尽的绿色资源以减少碳排放、实现节能环保。本书的翻译出版若能够助广大太阳能技术领域的设计、开发和生产以及安装和维护等相关技术人员一臂之力，为我国的太阳能技术尽一份绵薄之力，那将是我们最大的满足。

本书的翻译工作是由刘宝林、朱丽虹和蔡加法共同完成的。另外，参与本书资料整理及部分翻译等相关工作的还有曾凡明、张玲、刘维翠、刘威、陈志远、林飞、王顺清、黄艳东、吕毅军、高玉琳等，在此表示感谢。书中少量专有名词国内尚无统一译法，有些环保组织、慈善机构、公司及网站等在国内没有统一或者相应的称呼，我们参考大量资料，力求准确译出，为避免读者产生歧义，文中仍然保留原英文名称。另外，由于译者水平所限，疏漏、错误和不妥之处在所难免，希望广大读者不吝指正。

译　者

缩 略 语

AC alternating current 交流电

BCH Banco Central Hipotecario 中央抵押银行

BIPV building-integrated photovoltaics 光伏建筑一体化

BRE Building Research Establishment 建筑研究院

BTES borehole thermal energy storage 孔储热

Btu British thermal unit 英制热单位

CDM Clean Development Mechanism 清洁能源发展机制

CFLR compact Fresnel lens reflector 紧凑型菲涅尔棱镜反射镜

CHP combined heat and power 热电联产

COP coefficient of performance 性能系数

CPC compound parabolic concentrating 复合抛物面集热器

CPV concentrator solar cells 聚光太阳能电池

CSP concentrating solar power 聚光太阳能热发电

DC direct current 直流电

DHW domestic hot water 生活热水

DNI direct normal irradiation 直接辐照度

DTC differential thermostatic controller 微分恒温控制器

ELCC effective load carrying capability 有效负荷承载能力

EPDM ethylene propylene diene monomer 三元乙丙橡胶

ESTELA European Solar Thermal Electricity Association 欧洲太阳能热发电协会

FITs ‘feed-in’tariffs 上网电价

GHI global horizontal irradiation 全球水平面总辐照度

HDDs heating degree days 热度日，用以测定建筑采暖中需要燃料量的单位，1 热度日为温度比室外日平均温度降低 1℃时需要的燃料

HDPE high-density polyethylene 高密度聚乙烯

HVAC heating, ventilation and air conditioning 供暖、通风与空气调节

IEA International Energy Agency 国际能源署

ISE Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (Freiburg) 夫琅禾费太阳能系统研究所（弗莱堡）

LCOE levelized costs of energy 平均化电力成本

LEDs light emitting diodes 发光二极管

LEED Leadership in Energy and Environmental Design 能源与环境设计先锋奖

LFR Linear Fresnel Reflector 线性菲涅耳反射器系统

MD membrane distillation 膜蒸馏

MEDISCO MEDiterranean food and agro Industry applications of Solar COoling technologies 太阳能制冷技术在地中海食品和农业产业的应用项目

MESoR Management and Exploitation of Solar Resource Knowledge 太阳能资源知识管理与利用

MPPT maximum power point tracking 最大功率点跟踪

MVHR Mechanical Ventilation with Heat Recovery 机械通风与热回收

nm nanometers 纳米

NREL National Renewable Energy Laboratory 国家可再生能源实验室

PCM phase-change material 相变材料

PEX cross-linked polyethylene 交联聚乙烯

PHPP Passive House Planning (Design) Package 被动房规划设计方案

PPE/PS polyphenylene ether/ polystyrene 聚苯醚/聚苯乙烯

PRINCE Promoters and Researchers in Non-Conventional Energy 非常规能源的推广人员和研究者

PV photovoltaic 光伏

PVC/PU polyvinyl chloride/ polyurethane 聚氯乙烯/聚氨基甲酸酯

PVG-IS Photovoltaic Geographical Information System 光伏地理信息系统

PV/T PV power generation and solar water heating 太阳能光伏发电和太阳能热水器

RO reverse osmosis 反渗透

SHGC solar heat gain coefficient (US) 太阳能热增益系数

SOLEMI Solar Energy Mining 太阳能能源开采

SPH solar pool heating 太阳能泳池加热系统

STC standard test condition 标准测试条件

SVTC Silicon Valley Toxics Coalition 硅谷毒物联盟

SWH solar water heating 太阳能热水器

THERM Two-dimensional building HEat tRansfer Modelling 二维建筑导热模型

TISS Thickness Insensitive Spectrally Selective 厚度不敏感光

谱选择性

UV　ultraviolet　紫外线

VAT　value added tax　增值税

WAPI　Water Pasteurization Indicator　水巴氏灭菌指示器

W/m^2：watts per square metre　瓦/米^2

目　录

译者序

缩略语

第 1 章　引言 …… 1

1.1　技术范围 …… 3

1.2　太阳辐射和地球 …… 5

1.3　间接太阳能 …… 14

1.4　直接辐射和散射辐射 …… 22

1.5　总结 …… 23

参考文献 …… 25

第 2 章　被动式太阳能建筑 …… 26

2.1　五条基本原则 …… 28

2.2　房屋整体设计方案 …… 31

2.2.1　对环境影响最小化 …… 31

2.2.2　太阳能辐射得热 …… 33

2.2.3　烟囱效应 …… 35

2.3　气候的重要性 …… 37

2.3.1　炎热气候条件 …… 37

2.3.2　寒冷气候条件 …… 53

参考文献 …… 84

第3章 太阳能热水器 …… 85

3.1 太阳能热水系统的发展历史 …… 88
3.2 太阳能热水器的工作原理 …… 90
3.3 什么是热量以及应该如何收集它 …… 91
3.4 太阳能集热器的类型 …… 92
3.4.1 平板集热器 …… 92
3.4.2 闷晒式太阳能热水器 …… 96
3.4.3 真空管集热器 …… 96
3.4.4 聚合物材料集热器 …… 102
3.5 太阳能热水系统的分类 …… 104
3.5.1 被动式系统（通常指热虹吸系统） …… 105
3.5.2 主动式系统 …… 106
3.5.3 直接型系统 …… 107
3.5.4 间接型系统 …… 107
3.5.5 热虹吸系统 …… 108
3.5.6 直接型系统的设计 …… 110
3.5.7 主动式间接加热热水系统 …… 110
3.5.8 选择合适的系统 …… 114
3.6 集热器大小 …… 117
3.7 可能存在的风险 …… 122
3.8 水泵和控制器 …… 123
3.9 太阳能热水系统的安装 …… 125
3.9.1 集热器的装配 …… 125
3.9.2 设备维护 …… 126
3.9.3 系统的预期效果 …… 126

3.10　水暖气暖双系统 …… 127
3.11　太阳能电热收集系统 …… 128
3.12　涓流式太阳能集热器 …… 128
3.13　太阳能泳池加热系统 …… 130
3.14　太阳能制冷 …… 131
3.15　未来展望 …… 137

第4章　太阳能供暖系统 …… 139

4.1　太阳能供暖的要求 …… 139
4.2　小型或家用太阳能供暖系统 …… 140
4.2.1　空气导热系统 …… 140
4.2.2　水导热系统 …… 145
4.2.3　案例分析：约翰·凯尼文（John Canivan）系统 …… 147
4.2.4　案例分析：美国威斯康星州的一个被动式与主动式太阳能房 …… 149
4.2.5　工业规模的太阳能供暖 …… 150
4.2.6　生产用热 …… 152
4.3　区域太阳能供暖 …… 153
4.3.1　案例分析：菲德烈斯哈芬市（Friedrichshafen）的区域供暖系统 …… 155
4.3.2　案例分析：德瑞克·兰丁太阳能社区 …… 156
4.3.3　太阳能热电联产供暖与制冷系统 …… 160

第5章　太阳热能的拓展应用 …… 161

5.1　海水淡化和污水净化 …… 161

5.2 水冷温室 …… 163
5.3 太阳能干燥器 …… 166
5.3.1 基本结构 …… 167
5.3.2 帐篷式太阳能干燥器 …… 167
5.3.3 支架式太阳能干燥器 …… 168
5.3.4 间接式太阳能干燥器 …… 168
5.3.5 太阳能干燥炉 …… 169
5.4 太阳能巴氏灭菌器 …… 169
5.5 太阳能灶 …… 172
5.5.1 设计和原理 …… 173
5.5.2 太阳能灶的应用 …… 173
5.5.3 热箱 …… 175
5.5.4 制造商 …… 176

第6章 光伏发电 …… 181

6.1 光伏发电的简介 …… 181
6.1.1 光伏发电的简要历史 …… 182
6.1.2 太阳能电池的工作原理 …… 183
6.2 光伏发电的应用 …… 192
6.2.1 并网发电系统 …… 192
6.2.2 建筑一体化光伏发电和光伏建筑 …… 210
6.3 成本效益 …… 215
6.3.1 温带地区 …… 215
6.3.2 炎热或日照充足的国家 …… 218
6.3.3 电网同价 …… 221
6.3.4 容量可信度 …… 222

6.4　光伏电站 …… 223
6.4.1　追日跟踪系统 …… 224
6.4.2　现有光伏电站所处的位置 …… 226
6.4.3　聚光光伏发电 …… 226
6.4.4　光伏发电的价格 …… 230
6.5　光伏发电的前景 …… 230
6.6　光伏发电对环境的影响 …… 239
6.6.1　能源回收期 …… 239
6.6.2　全球气候变暖的影响 …… 240
6.6.3　加工和处理过程的污染 …… 241
6.7　新的光伏发电技术 …… 242
6.7.1　染料敏化太阳能电池 …… 242
6.7.2　纤维基太阳能电池组件 …… 243
6.7.3　具有加热和制冷能力的层压光伏板 …… 243
6.7.4　纳米技术和电池印刷技术 …… 244
参考文献 …… 244

第 7 章　独立光伏发电 …… 245

7.1　离网光伏系统 …… 245
7.1.1　便携设备 …… 247
7.1.2　街道设施 …… 249
7.1.3　供水装置 …… 251
7.1.4　制冷 …… 255
7.1.5　家用系统 …… 256
7.2　基本的系统设计 …… 256
7.2.1　评估选址 …… 259

7.2.2 减少用电需求 …… 259
7.3 蓄电池 …… 259
7.3.1 充电控制器 …… 261
7.3.2 维护 …… 261
7.4 交流系统 …… 261
7.5 混合系统 …… 263
7.6 小型电网 …… 264
7.7 未来展望 …… 265

第8章 聚光太阳能热发电 …… 266

8.1 发展历史 …… 267
8.2 工作原理 …… 273
8.2.1 抛物面槽式系统 …… 276
8.2.2 线性菲涅尔反射镜（LFR） …… 278
8.2.3 中央集热器或塔式系统 …… 280
8.2.4 抛物面碟式系统 …… 282
8.3 环境效益和影响 …… 283
8.4 CSP 适用地区 …… 284
8.4.1 最近正在进行的项目 …… 285
8.4.2 经济效益 …… 286
8.5 发展前景 …… 287
8.6 太阳能塔 …… 289
8.7 温差发电 …… 290

第9章 总结 …… 293

9.1 氢能经济 …… 297

9.2　脱离对化石燃料的依赖 …… 299

第 10 章　太阳能相关信息资源 …… 301

10.1　可用能源量 …… 301
10.1.1　MESoR …… 302
10.1.2　HelioClim-3 …… 303
10.1.3　PVGIS 和 PVWatts …… 303
10.1.4　NASA 上关于地表气象和太阳能的数据库 …… 307
10.1.5　METEONORM …… 308
10.1.6　TRY …… 309
10.1.7　度日（degree days） …… 309
10.2　其他网络资源 …… 312
10.2.1　范例研究和技术信息 …… 312
10.2.2　实时光伏发电系统案例 …… 312
10.3　印刷资源 …… 313
10.3.1　图书 …… 313
10.3.2　杂志 …… 313
10.4　仿真工具 …… 313
10.4.1　bSol …… 314
10.4.2　DAYSIM …… 314
10.4.3　EnergyPlus …… 315
10.4.4　DASTPVPS …… 315
10.4.5　DesignBuilder …… 316
10.4.6　Design Performance Viewer …… 316
10.4.7　Ecotect …… 317
10.4.8　Energy Design Guide Ⅱ …… 317