

住宅太阳能热泵系统

Solar and Heat Pump Systems for
Residential Buildings

【瑞士】珍·克里斯多夫·哈多恩 / 主编

康磊 邵超峰 么旭 / 主译

中国环境出版社

住宅太阳能热泵系统

Solar and Heat Pump Systems for Residential Buildings

[瑞士] 珍-克里斯多夫·哈多恩 主编

康磊 邵超峰 么旭 主译

中国环境出版社·北京

版权登记号：01-2017-0331

图书在版编目（CIP）数据

住宅太阳能热泵系统/（瑞士）珍-克里斯多夫·哈多
恩主编；康磊，邵超峰，么旭主译. —北京：中国环
境出版社，2017.5

ISBN 978-7-5111-3112-6

I. ①住… II. ①珍… ②康… ③邵… ④么…

III. ①太阳能住宅—热泵系统 IV. ①TU241.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 057073 号

Solar and Heat Pump systems for Residential Buildings (ISBN 983433030400/3433030405), by Jean-Christophe Hadorn
©2015 Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Rotherstraße 21,
10245 Berlin, Germany

All rights reserved. Authorised translation from the English Language edition published by John Wiley & Sons Limited.
Responsibility for the accuracy of the translation rests solely with China Environment Publishing Group Co., Ltd and is not the
responsibility of John Wiley & Sons Limited. No part of this book may be reproduced in any form without the written
permission of the original copyrights holder, John Wiley & Sons Limited.

保留所有权利。由 John Wiley & Sons Limited 出版的英文版授权翻译。翻译的准确性责任完全由中国环境出版集
团有限公司承担，而不是 John Wiley & Sons Limited。本书的任何部分不得以任何形式在获得原版权持有人 John Wiley
& Sons Limited 书面许可前再版。

简体中文版由 John Wiley & Sons Limited 授权中国环境出版社出版，全球销售。

未经出版者书面许可，不得以任何形式复制或抄袭本书的任何部分。

出版人 王新程

责任编辑 董蓓蓓

责任校对 尹芳

封面设计 岳师

出版发行 中国环境出版社

（100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号）

网 址：<http://www.cesp.com.cn>

电子邮箱：bjgl@cesp.com.cn

联系电话：010-67112765（编辑管理部）

010-67113412（教材图书出版中心）

发行热线：010-67125803，010-67113405（传真）

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2017 年 5 月第 1 版

印 次 2017 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 16.5

字 数 358 千字

定 价 52.00 元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

编译组名单

编译组组长：康 磊

编译组副组长：邵超峰 么 旭

编译组成员：（以姓氏拼音排序，排名不分先后）

安 龙	陈 瑞	陈 伟	陈 颖	邓春雨
杜 煊	高文旭	谷 峰	贾 睿	姜 晶
李 杰	吴 方	吴 璇	肖 雪	曾 辉
张 芮	张 余	张 宁		

相关书籍

Athienitis, A., O'Brien, W. (eds.)

Modeling, Design, and Optimization
of Net-Zero Energy Buildings
零能源建筑模型、设计与优化 2015
国际标准书号: 978-3-433-03083-7

Hens, H.S.

Performance Based Building Design 2
From Timber-framed Construction to
Partition Walls
建筑性能设计 2: 从木结构的建筑隔
断墙 2013
国际标准书号: 978-3-433-03023-3

Hens, H.S.

Performance Based Building Design 1
From Below Grade Construction to
Cavity Walls
建筑性能设计 1: 从不合格建筑建设
空心墙 2012
国际标准书号: 978-3-433-03022-6

Eicker, U.

Energy Efficient Buildings with Solar
and Geothermal Resources
利用太阳能和地热资源的节能建筑
2014
国际标准书号: 978-1-118-35224-3

译 序

当前,我国大气污染形势严峻,以可吸入颗粒物(PM_{10})、细颗粒物($PM_{2.5}$)为特征污染物的区域性大气环境问题日益突出,损害人民群众身体健康,影响社会和谐稳定。为切实改善空气质量,2013年国务院印发《关于印发〈大气污染防治行动计划〉的通知》(国发〔2013〕37号),要求到2017年,全国地级及以上城市可吸入颗粒物浓度比2012年下降10%以上,优良天数逐年提高;京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降25%、20%、15%左右。为加大京津冀及周边地区大气污染防治工作力度,环保部、国家发改委、工信部、财政部、住建部、国家能源局联合发布《关于印发〈京津冀及周边地区落实大气污染防治行动计划实施细则〉的通知》(环发〔2013〕104号),要求经过五年努力,京津冀及周边地区空气质量明显好转,重污染天气较大幅度减少。力争再用五年或更长时间,逐步消除重污染天气,空气质量全面改善。

同时,天津市委、市政府高度重视环境保护工作,结合天津市实际,印发了《天津市人民政府关于印发〈天津市清新空气行动方案〉的通知》(津政发〔2013〕35号),并实施“美丽天津一号工程”,即“四清一绿”行动,改善天津市大气环境。在天津市清新空气中行动中,“控煤”是治理雾霾措施中的首要任务。2014年,天津市政府印发《天津市散煤清洁化替代工作实施方案》(津政办发〔2014〕89号),要求到2017年年底,散煤清洁化替代率达到90%。为做好天津市散煤清洁化治理工作,天津市环保局在推动居民使用优质低硫散煤、洁净型煤的同时,已将推广清洁能源技术列入重要工作议程。

《住宅太阳能热泵系统》一书展示了两种可再生能源供热系统的集成整合系统,该系统能够提供建筑物100%的热量需求,是解决居民散煤散烧采暖问题的有效方案之一。此项成果来自太阳能制热制冷计划和国际能源署(IEA)热泵计划的国际合作项目,在此由衷地感谢该项目研究团队全体成员的辛勤工作与无私奉献。该书的翻译得到了天津市环保局的鼓励和支持,天津市环境科学研究院、天津市低碳发展研究中心的许多同事均对本书的出版给予了不同形式的帮助,虽然译者无法在这里将所有给予帮助和支持的单位和个人一一列举,但是没有众多领导以及友人的帮助就没有本书的出版,在此译者谨致最深切的谢意!

译 者

2017年3月22日

编写者和导师

主 编



珍-克里斯多夫·哈多恩 (Jean-Christophe Hadorn) 作为深部含水层大规模存储太阳能热量研究员开始了他的职业生涯 (1979—1981)。几年前哈多恩先生已被瑞士政府任命为太阳能热和蓄热研究计划的对外经理。哈多恩先生是 IEA SHC 任务 7 “中央太阳能供热厂季节蓄热”的参与者 (1981—1985)，也参与了任务 26 “太阳能组合系统” (1996—2000)。他是任务 32 “储热器”的经营代理 (2003—2007)。自 2000 年以来，他经营了一家设计太阳热能和光伏 (PV) 工程公司。

2010 年，他被 IEA 国际协会任命为 IEA SHC 任务 44 “太阳能热泵系统”的经营代理，并且受到附属任务 38 的热泵项目的支持，并因此产生了这本书。

导 师



马泰奥·德安东尼博士 (Dr. Matteo D'Antoni) 是一个高级研究员，他在意大利博尔扎诺欧洲科学院 (EURAC) 的可再生能源机构工作。他活跃在住宅混合可再生能源系统开发和商业运营领域，并且致力于设计建筑太阳热能集成技术。他是数值计算和能源系统顺势模拟领域的专家。他管理欧盟资助和行业委托项目。安东尼博士是可再生能源和能源系统模拟主题的论文设计师。



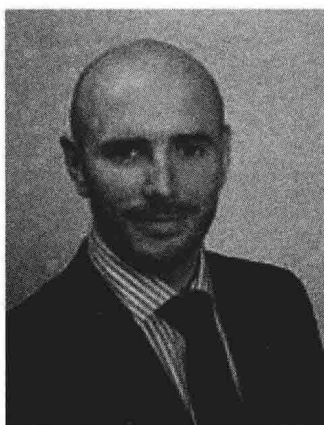
米歇尔·哈勒博士 (Dr. Michel Y. Haller) 是瑞士 HSR 应用科学大学太阳能季节性能系数研究所的研究部主管。他拥有苏黎世联邦理工学院环境科学硕士学位并且在格拉茨科技大学获得了工程学博士学位。他是欧盟项目 MacSheep 协调员, 也是书中 50 多篇引文的作者。哈勒博士是 IEASHC 任务 44/HP 附属任务 38 “太阳能热泵系统”的子任务 C “模型和模拟”的领导者。



塞巴斯蒂安·海格 (Sebastian Herkel) 是德国弗赖堡弗劳恩霍夫研究所太阳能系统 ISE 的研究员和太阳能建筑系主任。他致力于研究建筑能源性能和可再生能源系统。他的关注重点是建筑物和街区整体能源概念、建筑性能的科学分析和在建筑中集成可在生能源的技术研究。



伊凡·麦伦克维 (Ivan Malenković) 是弗劳恩霍夫研究所太阳能系统 ISE 的研究员, 有 10 年的 R&D、检测和热泵技术领域的标准化工作经验。他目前在 ISE 技术中心负责热泵制冷机的性能评估。他参与了许多 IEA SHC 和 HPP 的任务和附属任务, 并且是 IEA SHC 任务 44/HPP 附属任务 38 子任务的领导。他是许多会议程序和评审期刊文章的作者或者合作者。



克里斯蒂安·施密特 (Christian Schmidt) 是弗劳恩霍夫研究所太阳能系统 ISE 太阳能热系统的实验室研究员 (2009—2014)。目前, 他正在攻读博士学位, 正在进行用于建筑制冷制热的多化合价传热器的性能测试开发。2010年, 他在卡塞尔大学获得了可再生能源和能源效率的科学硕士学位。2008年, 他在应用科学大学宾根高等专业学院获得了机械工程文凭。



沃尔夫拉姆·施帕贝尔 (Wolfram Sparber) 是博尔扎诺欧洲科学院可再生能源研究机构自 2005 年建立以来的领导者, 该机构的一个主要研究领域是可持续制热和制冷系统, 并且有几个项目涉及了太阳热能和热驱动或者电驱动热泵的组合。2011 年以来, 沃尔弗拉姆·斯帕博担任欧洲可再生制热制冷技术平台董事会的副主席, 致力于混合动力系统研究, 包括在一个系统中有多个热源的情况。同样在 2011 年, 他接受了 SEL AG 的董事会主席职位, 一个专注于可再生能源生产、能源分配和集中供热的区域能源公用事业。

贡献者名单

托马斯·安杰 (Thomas Afjei)
瑞士西北高等专业学院 (FHNW)
能源工程研究所 (IEBau)
圣雅科布斯大道 84 号
穆顿兹 4132
瑞士

克里斯·贝尔斯 (Chris Bales)
太阳能研究中心 (SERC)
工业技术与商业研究学院
达拉那大学学院
法伦 791 88
瑞典

埃里克·伯特伦 (Erik Bertram)
哈默尔恩
埃梅尔恩塔尔 31860
德国

塞巴斯蒂安·邦克 (Sebastian Bonk)
斯图加特大学
热力学与热能工程研究院 (ITW)
斯图加特 70550
德国

雅克·博尼 (Jacques Bony)
圣罗克中心
瑞士

曹孙良 (Sunliang Cao)
阿尔托大学
工程学院
能源技术系
暖通空调技术
阿尔托 00076
芬兰

丹尼尔·卡博内尔 (Daniel Carbonell)
拉珀斯维尔 8640
瑞士

玛丽亚·乔奥·卡瓦略
(Maria João Carvalho)
里斯本 1649-038
葡萄牙

马泰奥·德安东尼 (Matteo D'Antoni)
EURAC 研究
可再生能源研究所
博尔扎诺 39100
意大利

拉尔夫·多特 (Ralf Dott)
瑞士西北高等专业学院 (FHNW)
能源工程研究所 (IEBau)
圣雅科布斯大道 84 号
穆顿兹 4132
瑞士

哈拉尔德·多克 (Harald Drück)

斯图加特大学

热力学与热能工程研究院

斯图加特 70550

德国

莎拉·艾彻 (Sara Eicher)

圣罗克中心

瑞士

豪尔赫·方可 (Jorge Facão)

里斯本 1649-038

葡萄牙

罗伯托·费德里齐 (Roberto Fedrizzi)

EURAC 研究

可再生能源研究所

博尔扎诺 39100

意大利

卡罗琳娜·苏萨·弗拉加

(Carolina de Sousa Fraga)

瑞士日内瓦大学

环境科学研究院

能源集团

卡鲁日

瑞士

罗伯特·哈波尔 (Robert Haberl)

拉珀斯维尔 8640

瑞士

珍-克里斯多夫·哈多恩

(Jean-Christophe Hadorn)

基地顾问 SA

日内瓦 1207

瑞士

米歇尔·哈勒 (Michel Y. Haller)

拉珀斯维尔 8640

瑞士

迈克尔·哈特尔 (Michael Hartl)

奥地利技术研究院 (AIT)

能源部门

维也纳 1210

奥地利

安德里亚斯·海因茨 (Andreas Heinz)

格拉茨 8010

奥地利

塞巴斯蒂安·海格 (Sebastian Herkel)

弗劳恩霍夫太阳能系统研究所

热力系统与建筑部门

弗莱堡 79110

德国

皮埃尔·胡雷穆勒 (Pierre Hollmuller)

日内瓦大学

环境科学研究院

能源集团

卡鲁日 1227

瑞士

安雅·洛泽 (Anja Loose)

斯图加特大学

热力学与热能工程研究院 (ITW)

斯图加特 70550

德国

伊凡·麦伦克维 (Iran Malenković)

弗劳恩霍夫太阳能系统研究所

热力系统与建筑部门

弗莱堡 79110

德国

以及

奥地利技术研究院 (AIT)

能源部门

维也纳 1210

奥地利

佛罗莱恩·麦默德 (Floriane Mermoud)

日内瓦大学

环境科学研究院

能源集团

卡鲁日 1227

瑞士

马雷克·米亚拉 (Marek Miara)

弗劳恩霍夫太阳能系统研究所

热力系统与建筑部门

弗莱堡 79110

德国

法比安·奥克斯 (Fabian Ochs)

因斯布鲁克大学

节能建筑单元

因斯布鲁克 6020

奥地利

彼得·帕琪 (Reter Pärtsch)

埃梅尔恩塔尔 31860

德国

本特·佩雷尔斯 (Bengt Perers)

丹麦技术大学

丹麦大学土木工程&瑞典电监会

灵比

丹麦

耶恩·鲁申堡 (Jörn Ruschenburg)

弗劳恩霍夫太阳能系统研究所

热力系统与建筑部门

弗莱堡 79110

德国

克里斯蒂安·施密特

(Christian Schmidt)

弗劳恩霍夫太阳能系统研究所

热力系统与建筑部门

弗莱堡 79110

德国

卡伊·塞任 (Kai Siren)

阿尔托大学

工程学院

能源技术系

暖通空调技术

阿尔托 00076

芬兰

沃尔夫拉姆·施帕贝尔

(Wolfram Sparber)

EURAC 研究

可再生能源研究所

博尔扎诺 39100

意大利

伯纳德·西森 (Bernard Thissen)
谢尔 3960
瑞士

亚历山大·索尔 (Alexander Thür)
因斯布鲁克 6020
奥地利

马丁·威克斯 (Martin Vukits)
格莱斯多夫
奥地利

国际能源署太阳能制冷制热计划

太阳能制冷制热建立于 1977 年，是国际能源署开展得最早的多边技术倡议（实施协议）之一。它的任务是“推进太阳能国际合作努力，以在 2030 年达到在低温制热制冷需求中占比 50%的愿景”。

该计划的成员国在研究领域、开发领域、示范（RD&D）领域和太阳热能、太阳能建筑检测方法领域进行了合作项目（如“任务”）。

一共有 53 个这样的项目已经启动，到目前为止有 39 个项目已经完成。研究主题包括：

太阳能空间采暖和生活热水制备（任务 14、19、26 和 44）

太阳能制冷（任务 25、38、48 和 53）

太阳热或者工农业生产（任务 29、33 和 49）

太阳能集中供热（任务 7 和 45）

太阳能建筑/建筑/城市规划（任务 8、11、12、13、20、22、23、28、37、40、41、47、51 和 52）

太阳热能&PV（任务 16 和 35）

日光/灯光（任务 21、31 和 50）

太阳能加热和冷却材料/组件（任务 2、3、6、10、18、27 和 39）

标准、认证和测试方法（任务 14、24、34 和 43）

资源评估（任务 1、4、5、9、17、36 和 46）

太阳热能蓄热器（任务 7、32 和 42）

除了项目工作外，一些特殊活动——理解太阳热能贸易组织、数据收集和分析、会议和研讨会的备忘录——已经开展。每年一次的建筑和工业太阳能制热制冷国际会议在 2012 年开展。其中的第一次会议——SHC2012 在美国加利福尼亚州旧金山举行。

IEA SHC 计划的当前成员：

澳大利亚	德国	中东可再生能源和能源效率中心
奥地利	德国海湾研究与发展组织	新加坡
比利时	法国	南非
加拿大	意大利	西班牙
中国	墨西哥	瑞典
丹麦	挪威	瑞士
西非国家经济共同体可再生能源开发中心（ECREEE）		

葡萄牙
欧盟委员会

荷兰
欧洲铜研究所

土耳其
英国

更多信息

包括很多免费出版物和 IEA SHC 其他更新的信息请参考 www.iea-shc.org。

前 言

太阳热能系统经过 30 多年的稳步发展，逐渐成熟并且在技术上是可靠的。然而，太阳热能系统经常是被作为传统热水或者空间供暖系统的附加产品出售。

在未来，我们需要开发基于可再生的完整供热系统的混合系统，它能够提供建筑物 100% 的热量需求。

一个非常有前景的方向就是太阳能系统和热泵系统的组合。

本书展示了将这两种技术结合的不同方法，并且呈现了实现高性能混合系统的方法。

本书的成果来自太阳能制热制冷计划和国际能源署（IEA）热泵计划的国际合作项目。作为 IEA SHC 执行委员会前主席，我是有很大压力来介绍这本书的。

这个国际项目已经促成许多基于检测数据和模拟的太阳能热泵组合有趣的发现。这本书展示了所有这些发现和评估这些组合能源性能的方法。这本书对可再生热的科学知识方面做出了巨大贡献，这也是 IEA 40 年来一直支持的。

我确信读者将会通过本书获得基于可再生能源的未来导向混合热系统的新知识和新想法。

维尔纳·魏斯

（Werner Weiss）

IEA SHC 主席（2010—2014）

要想实现基于能源消耗和温室气体（GHG）排放的高性能或者零碳建筑，需要高能效技术和可再生能源技术的使用。热泵和太阳能的结合是实现这一目标非常有前景的方案。这项技术正是国际能源署热泵项目附加任务 38、任务 44 和太阳能制热制冷实施协议共同探索的。本书展示了这一研究成果，对 HVAC 和再生能源系统应用有参考价值 and 显著贡献。

索菲·哈斯特

（Sophie Hosatte）

IEA HPP 主席（2005—2014）

致 谢

所有 T44A38 的参与者，四个子任务的领导者和经营代理向以下在项目中给予科学和技术研究机会的人和机构表示诚挚谢意：

- IEA 太阳能制热制冷计划协会、热泵计划协会和它们的秘书处接受将 SHP 主题作为一个国际合作的研究主题，并且做出了一部分的金融支持。
- 所有向研究提供资金支持的国家体制机构的每一个团队，即大多数参与国家的能源部门。
- 与我们一起合作的商业伙伴，并且理解在 SHP 领域知识是商业必不可少和持续的财富。
- 所有 T44A38 的国际参与者和提供 SHC 项目或者模拟工具的参与者。
- 所有同意监测和公布监测结果的安装了 SHP 装置的房屋所有者。
- 三位 T44A38 报告和书籍的评审员，来自瑞士的安德烈亚斯·艾克曼斯，来自澳大利亚的肯·格思里和来自意大利的米歇尔·林茨，三位专家都是各自国家 SHC 执行委员会的代表。

营运代理向所有 T44A38 的参与者和四个子任务领导者和组织这一国际项目、撰写技术子任务报告和本书的很多部分的助手们致谢。

珍-克里斯多夫·哈多恩
(Jean-Christophe Hadorn)
瑞士营运代理
2014 年 5 月