

NET ZERO ENERGY DESIGN

A GUIDE FOR COMMERCIAL ARCHITECTURE

净零能源设计 商业架构指南

【美】汤姆·胡特曼 著

王浩然 吴 巍 译



致杰克逊·胡特曼和雷·胡特曼，为他们的——以及我们世界的——净零能源的未来致意。
这是旭日东升的时刻。

净零能源设计 商业架构指南

【美】 汤姆·胡特曼 著
王浩然 吴 巍 译

电子工业出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京·BEIJING

Net Zero Energy Design: A Guide for Commercial Architecture

978-1-118-01854-5

Tom Hootman

Copyright © 2013 John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license.

No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of John Wiley & Sons, Inc.

本书中文简体版专有翻译出版权由美国John Wiley & Sons, Inc.公司授予电子工业出版社。未经许可,不得以任何手段和形式复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2013-7405

图书在版编目(CIP)数据

净零能源设计: 商业架构指南 / (美) 胡特曼 (Hootman, T.) 著; 王浩然, 吴巍译. — 北京: 电子工业出版社, 2016.6

书名原文: Net Zero Energy Design: A Guide for Commercial Architecture

ISBN 978-7-121-28540-0

I. ①净… II. ①胡… ②王… ③吴… III. ①商业—服务建筑—节能设计 IV. ①TU247

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第071854号

策划编辑: 胡先福

责任编辑: 胡先福

文字编辑: 刘 晨

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 850×1168 1/16 印张: 27.75 字数: 697千字

版 次: 2016年6月第1版

印 次: 2016年6月第1次印刷

定 价: 159.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: 电话 (010) 88254201; 信箱hxf@phei.com.cn; QQ158850714; AA书友会QQ群118911708; 微信号Architecture-Art

致 谢

本书对我很重要，相信本书在推动我们的行业迈向建筑的设计及交付新征程——净零能源建筑学的过程中能够充当一个重要的角色。我在写此书的过程中，很幸运得到了一群志趣相投、富于激情的卓越群体——我的同事、朋友和家人的支持，他们是同样也相信此书及净零能源建筑的目标终有一天会实现的人们。

首先，感谢我的妻子德诺·胡特曼，她自始至终一直支持着我，不仅承担起了家里的所有杂务，使我不用为之分心，专心夜以继日地工作，而且对我提出的想法也能产生奇妙的共鸣，可以恰到好处地消除我的写作障碍；同时也感谢我的两个孩子——杰克逊和雷，以及我的父母及姐姐的支持，因为对我疯狂的写作进度他们都能理解。

其次，我要感谢本书的特约作者，来自国家可再生能源实验室（NREL）的尚蒂·普莱西，以及以前为斯坦泰克（Stantec）效力、现就职于英特格（Integral）集团的大卫·冈田。本书得到了能源部（DOE）和NREL的研究支持设备工程（RSF）成功的支持；他们在净零能源建筑方面都是富于激

情的资深导师和专家。我非常感激他们的努力付出和奉献精神，他们的帮助使本书得以出版。

我有幸为RNL公司工作。在那里，净零能源建筑已成为我日常工作的一部分，发展新一代建筑的主张也十分强烈，感谢公司每个支持此书事项及我写作进度的人。特别是，他们培养了各种可以鼓励这些努力的创造性的文化。在此，感谢RNL的总裁乔希·古尔德在本书写作期间表达的热情和鼓励，正是他对写作日程表的宽容使得我必须坚持完成手稿。同时感谢莱斯利·阿伯特和莎朗·雷哲的私人支持；当我抽出一部分工作时间去写此书时，他们的介入保持了此书的正常运转。也感谢丽莎·葛拉丝，他敏锐的建议有助于推进此书部分插图的完成。感谢汤姆·伍尔特兹，他的助手提供了“服务楼东区”——未来净零能源大厦（我们即将推出的众多净零能源大厦之一）的资料。

我也感谢麦维瑞克公司的艾莉西亚·哈克，在工作中她是位好指导及咨询顾问，助我精雕细琢于净零能源建筑的篇章，特别是其中关于研究支持设施项目的部分。她还帮助我认识了重要的角

色，使这些信息得以传播。

交付研究支持设备的经历，激发了我写作此书的热情。整个的项目团队，无论是否列在此段中，都是我曾经与之工作过的同仁中最重要的精英和最努力工作的专家。我感谢整个团队，包括RNL内部建筑师、内部设计师和景观建筑师团队里挑选出的以下个体成员：里奇·冯·卢瑟、克雷格·瑞道克（现在就职于HDR建筑）、迈克尔·辛普森、艾利森·麦可、内森·古拉什、雷切尔·佩特罗、温迪·温斯科考夫、迈克尔·里克特、布莱恩·尼科尔森，以及来自Stantec机构的史蒂夫·布瑞兹卡。我也感谢来自该机构的大卫·冈田和约翰·安德鲁（现均就职于英特格）、波普斯·阿妮塔和劳埃德·迈瑞内；来自Haselden建筑公司的菲尔·梅茜、拜伦·哈瑟登、布莱恩·利文斯顿和杰瑞·布洛切；来自建筑能源（Architectural Energy）公司的达纳·维伦纽夫。

大量的事实证明：以上是借助大客户项目设计伟大建筑的大型团队，DOE/NREL就是一个样板客户项目。那里的专家们对高效能建筑的未来越有着强烈的憧憬，想要通过自家的项目展现通向这种未来建筑的道路。我们幸运地在这段征途中与他们合作，在交付研究支持设备项目的过程中，我和许多在NREL工作的、高级商业建筑研究小组中的精英成为了朋友，他们中的许多人协助推进了此书的出版。感谢DOE/NREL的每一个人，你们不仅使研究支持设备成为了现实，而且针对业界需要的工具和资源不懈研发，力争使净零能源在未来成为可能。我要特别感谢杰夫·贝克尔、比尔·格洛弗、德鲁·德塔莫、罗恩·鲁德考夫、保罗·陶塞利尼、尚蒂·普雷斯、埃里克·泰利斯莫内驰、布雷特·卡姆克、彼得·麦米林、南希·卡莱尔、凯伦·莱特纳、詹妮弗·斯盖布、尼基·约翰逊、米歇尔·斯洛伐克、弗兰克·鲁卡维纳、劳伯·古利耶

梅提、乍得·罗巴托、格雷格·斯塔克、尼克·朗和大卫·格登瓦塞尔。

我还要感谢所有使净零能源建筑成为主流的行业专家们。我从所有者和开发者以及能源模型的角度，与几个关键人物进行了会谈，其中的要义可以从本书中窥见一斑。感谢总务管理局的唐纳·德恩、美国陆军队的理查德·基德、Point32 的克里斯·罗杰斯、环境能源的琳达·莫里森和Stantec机构的鲍瑞丝·阿妮塔。

我也发表了许多非正式的观点，并与各领域的专家广泛讨论和交换了意见，这有助于开发此书专业领域的内容。由于各自领域的广义性，这些专家都愿意花时间与我分享他们的知识，使我得以收集最新、最有创造性、有关各种净零能源项目种种内在挑战和机遇的观点。就这一点而言，我要感谢RNL的雷切尔·佩特罗、仲量联行（Jones Lang LaSalle）的迪恩·斯坦伯瑞、David Graham & Stubbs机构的保罗·米恩斯、日本松久（MKK）咨询工程师株式会社的凯恩·乌尔巴内克、新建筑协会的凯西·希金斯和建筑环境中心的大卫·莱勒。

我也向为本书提供照片和图片的每个人表示感谢，这些插图为此书讲述了那么多故事。尤其是，弗兰克·欧姆斯和罗恩·波拉德身为RNL工作的最杰出的两位建筑摄影师，都被荣幸地特许选用了其在DOE/NREL研究支持设备项目中拍摄的许多精美照片；RNL的朋友和合作者塔尼亚·萨尔加多和帕特·麦凯维，也都拿出他们在旅游时拍摄的私人建筑照片；达拉斯沃斯堡的摄影人丽萨特·丽贝丽芙，捕捉到了路易斯·康设计的金贝尔艺术博物馆的神奇图像。感谢NREL的所有精英和签约摄影师，麦克·莱恩帕格和尚蒂·普莱西，推进了NREL的影像收集部的许多照片的使用。

我也由衷地感谢那些奉献图片和自己作品的

公司以及个人。他们是库巴拉·瓦沙库建筑的埃里克·劳伦斯，RMDI的唐·鲍塞拉图和瑞·辛克莱，BNIM的埃里克·格勒，布罗哈波德的蒂芙尼·李，阿德里安·史密斯+戈登·吉尔建筑的凯文南西，贝克莱集团的道格·修勒，里德莱斯考斯基西湖的吉尔·百登豪，柯尔特国际的曼弗雷德·斯达林格和马丁·瑞德，AWV建筑的迈克·艾伦，普鲁斯·阿妮塔和斯坦泰克的利塞尔·华莱士，环境能源的琳达·莫里森，ASHRAE的特蕾西·贝克尔和史蒂夫·斯托克，为布鲁姆能源公关的万博宣伟的莫莉·卡娜蕾丝，Point32的克里斯·罗杰斯，美国陆军在卡森堡要塞的工程师马特·埃利斯和尼克·亚历山大，墨尔本大学的莫里·皮尔医生，莱特卢维尔的迈克尔·霍尔兹和卢塞德设计团队的加文·普拉特。我感谢你们奉献了高质量的工作和与我分享此书的意愿。

从多方面的角度审视，《净零能源设计》始于2010年我与多年的老友、身为建筑师及威利父子出版社特约作者的吉姆·莱格特在机场的重逢，我

俩都为参加美国建筑师协会会议而去迈阿密出差，途中，他鼓励我考虑写一部书，后来又把我介绍给在威利父子出版社工作的编辑约翰·恰尔内茨基，他也因为那次会议身在迈阿密。随后，我接受这个建议开始写书，并向吉姆·莱格特、丹尼尔·塔尔和安妮特·斯坦莫克等朋友和威利父子出版社的编辑征询帮助和反馈。感谢你们每个人，感谢你们的支持、鼓励和伟大的建议。

最后，感谢威利父子出版社，特别要感谢看到了此书的价值和行业需求所在、使其得以发行的出版商阿曼达·米勒。在约翰·恰尔内茨基离开威利父子出版社成为CONTRACT杂志首席编辑后，凯瑟琳·勃艮妮也予以进一步的帮助，为我的这部手稿做了难以置信的最后润色处理。我还要感谢在出版过程中提供帮助的迈克·纽尔和丹妮尔·佐丹奴，以及在制作成书过程中巧妙加入了原稿和插图的资深制作编辑唐纳·孔特。

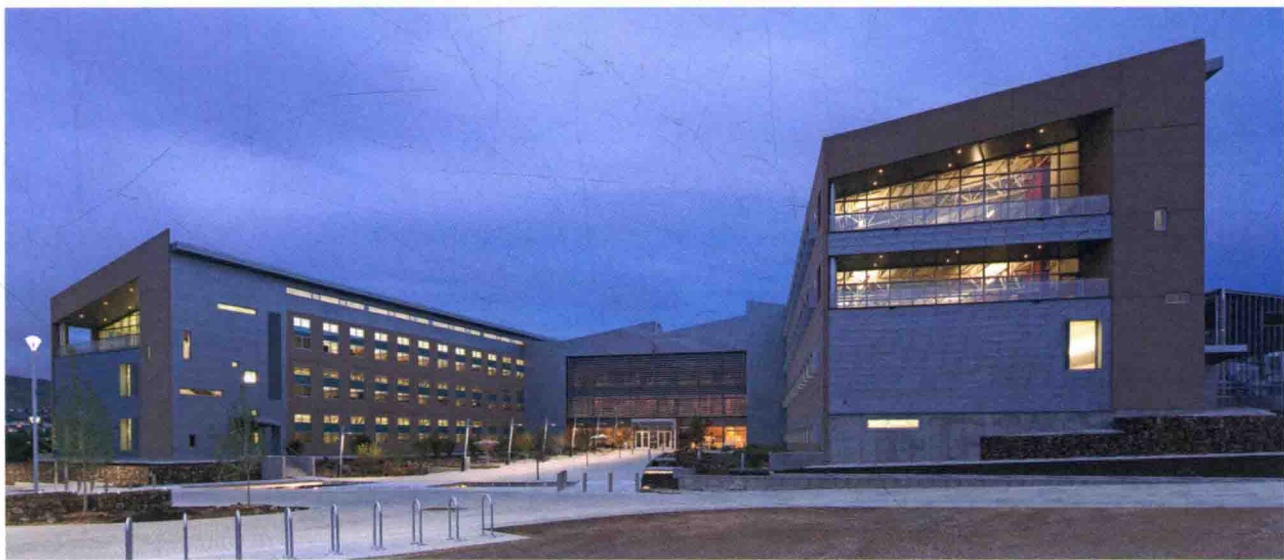


我的净零能源之旅

作为RNL的可持续发展部主管，我有幸参与改变世界建筑的项目中来。这既是一个促进《净零能源设计》一书写作的项目，也是极端重视商业建筑业实现净零能源建筑目标的项目。这个项目由国家建筑行业协会主导，已初具雏形，得到了《建筑业媒体》甚至《华尔街日报》和《纽约时报》等国家级出版物的关注。《大都会》把本项目定义为，依靠大规模推行净零能源的2011年度

游戏改变者。本书所指的项目是能源部的研究支持设备项目，执行场地便是国家可再生能源实验室，如图I.1所示。

这个项目所展示的净零能源不仅在大规模商业建筑上可见，而且还为它们增加了独特的价值。净零能源进一步披露了目前传统建筑交付过程的缺陷，如果我们要开发净零能源解决方案，这个缺陷就需要我们在过程中去填补，具体就是要能回答这个问题：我们怎么去交付净零能源建筑？



■ 图I.1 DOE/NREL研究支持设备。RNL提供的图片；摄影弗兰克·欧姆斯。

我曾参与的DOE/NREL研究支持设备项目极大地影响了我；这个项目的“足迹”遍布全书，无论是项目的具体案例还是对交付进程形成的常规影响，都必须被重组。我已经被这个项目所能达成的惊人成果所激发，特别是对这些发生的交付团队的每一个非凡的个人所产生的影响。这个团队包括RNL、斯坦泰克、哈瑟登建筑的科技精英，有能力的领导者和高质量的设计咨询师以及分包商。可想而知，作为一个追求净零能源的客户，在能源部和国家可再生能源实验室办公大楼里有这样一个部门办公，对此当有着深刻的体会（见图I.2）。NREL是低能耗和净零能源建筑的显著资源，支撑着这个世界上最棒的研究和思维。我逐渐开始相信NREL是被国家保护得最好的秘密。与建筑业的数以千计的人一起塑造这个项目的故事，我通常会对NREL——一个我们最好的能源资源许多未被察觉的地方感到惊讶万分，我确信能源部和国家可再生能源实验室的研究支持设备项目在推进DOE/NREL的使命方面会做出一番成绩，我真切地希望此书能在将我们的行业推向净零能源方面尽一份力。

如何使用此书

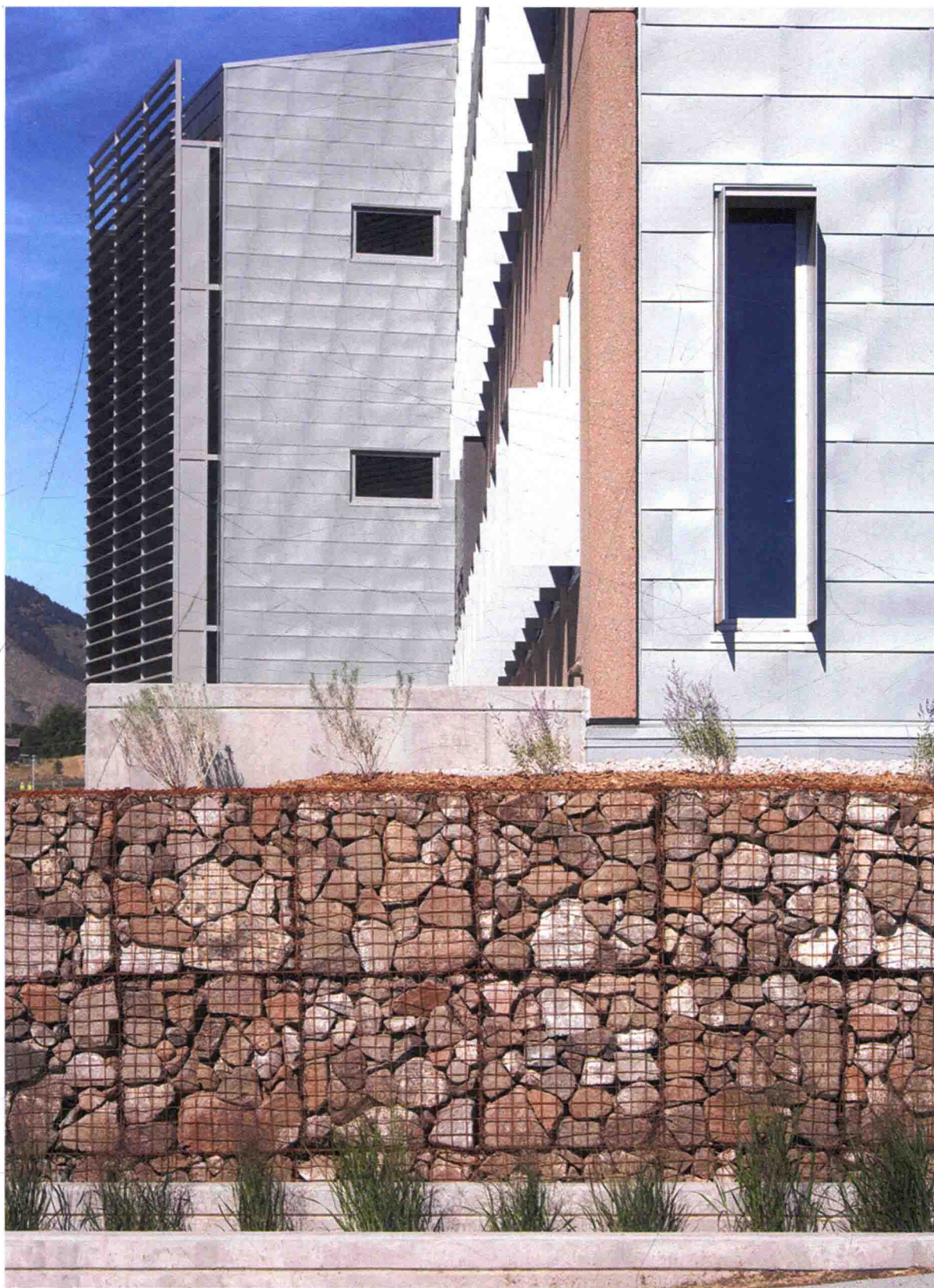
《净零能源设计》的目的是为净零能源商业建筑提供设计和交付指导。此书与其他可持续设计指南的区别在于，唯独关注实现“净零”，配合“净零”能达到的整体综合进程目标的诉求。净零能源建筑的成功根植于全盘化进程，从项目的概念到长期的操作。这不只是一个设计问题，而是整体交付问题，一个包括了建筑物的居住和操作的问题。因此，当这本书关系到净零能源的实现时，就意味着推进了交付进程每个部分最重要的方面。然而，

《净零能源设计》由于关注整个交付进程，不会作为详细的技术指南为交付过程的具体项目服务；还会有许多供选择的好书籍和好资源提供对口的指南，帮助需要完成进程内为数众多的净零能源决策个案的个别团队。

净零能源建筑的完成是充满挑战的，每个项目都有独立的环节必须全力以赴地完成。此书不渴求能解决净零能源建筑所面临所有的条件和情况，从这种意义上说，此书不是一本指导手册；不能提供净零能源建筑进程的保证，书的内容也不可以代替设计专家的判断。此书基于我的个人项目经历和对净零能源进程的持续研究，辅以我的特约作者——尚蒂·普莱西和大卫·冈田的宝贵贡献，他们分享了我推进净零能源建筑实践的动力和渴求，作为一个实践者的观点所记载的内容，希望可以在实践中传递有用的信息。

因此，我有意识地引入我用过和熟悉的工具和资源；也尝试在实际完成的情境中去设置它们；还提到几种对我来说颇具价值的软件程序，相信它们对别人也是如此。然而，我这不是要做备忘或者表示没有其他可选的应用程序满足同样的需要。我也谈到了软件工具的内容，虽然我也意识到这条信息在不久的将来就会过期或作废，我希望有更强大和更有价值的程序出现来代替目前的可用软件。

作为一名建筑师，我逐渐意识到在促成净零能源建筑学中我们有独特的行业角色；为了转变我们的行业和建筑环境，我们必须担负领导者的角色。进一步说，作为专家我们必须做出一些改变。最重要的是，我们需要以主人翁的精神，解决本方项目中能源设计的内在问题，而非把它们委托给工程师和能源塑造者。同样地，本书虽然将大



■ 图I.2 DOE/NREL研究支持设备。RNL提供的图片；摄影弗兰克·欧姆斯。

部分内容指向建筑学，但也部分起到指导净零能源建筑整体交付过程的作用。我的目标是令全书内容对建筑业的每个人都有所帮助。因此，本书主要集中在商业建筑部分，但许多观点和原理也适用于住宅部分。

此外，为确保本书既能言之有物地引领新人入门，又能使有一定经验的人士更上一层楼，我有意提供了关键的介绍性概念作为引子，为后面更多细节的理解和项目应用作铺垫，辅助新开拓者

们扩展净零能源的知识储备。经验丰富的实践家也会从我提供的交付过程的方方面面中获益。为了读者方便，我还汇集了一些有关净零能源建筑交付的基础资源作为日后的项目参考。

本书围绕净零能源建筑交付进程构思，因此能够作为路线图帮助每个实践者开发他们自己的进程。书内章节依次讲解了进程中的每个阶段，按照净零能源建筑项目的整体交付进程而按部就班地演进。

Ov

第一章 净零能源建筑概览

第一章对净零能源建筑进行了概述、定义和举例，讨论目前它们在行业中的发展趋势。

PC

第二章 项目的概念和交付

第二章捕捉了开发商对净零能源建筑的观点，解释了净零能源目标如何被整合到项目初期的概念里，讲解了行业中各种各样可能的交付方法以及它们对这一目标会造成的影响。

IP

第三章 集成化进程

第三章提出了交付团队在交付净零能源项目中的观点，介绍了集成化进程中的具体议题，这有助于交付项目。

En

第四章 能 量

第四章是能源概念的基础。能源法则有着深厚的基础，是设计和交付净零能源项目的前提。本章还重点关注了进程中的能源实际应用问题，包括设置能量指标。

DF

第五章 设计的基本面

第五章描述了需要在净零能源项目设计前建立和理解的基本原则。提供了气候分析和场地评估的观点，解释了建筑几何、体量和建筑类型，这与净零能源的诉求有关。

PA

第六章 被动建筑

第六章约定净零能源设计从建筑开始，探究被动设计策略在建筑中所扮演的减少能量荷载角色。

EE

第七章 建筑节能系统

第七章为怎样通过节能建筑体系的被动式设计架构有效地减小荷载提供指导。

RE

第八章 可再生能源

第八章介绍了各种有效的可再生能源系统，解释了如何与净零能源项目设计结合。

Ec

第九章 经济学

第九章在净零能源建筑之后关注经济学，集中理解和分析能源效能和再生能源系统。

OO

第十章 运营和入住

第十章解决了净零能源建筑的一个最重要方面：运营和入住。因为一个净零能源建筑是以实际操作来衡量的，深思熟虑这个因素至关重要，本章的工作逾越了设计意图和建筑操作实践之间的障碍。

NZ

第十一章 净零能源

第十一章综合了上一章内容，以求得到一个项目中净零能源平衡的最终计算方法，为建筑项目提供理解和评估碳平衡的基础架构。

CS

第十二章 DOE / NREL研究支持设备工程

第十二章分析了实例通常是学习和推进净零能源交付实践的最好方法，阐释了能源部/国家可再生能源实验室（DOE / NREL）研究支持设备工程的案例研究。

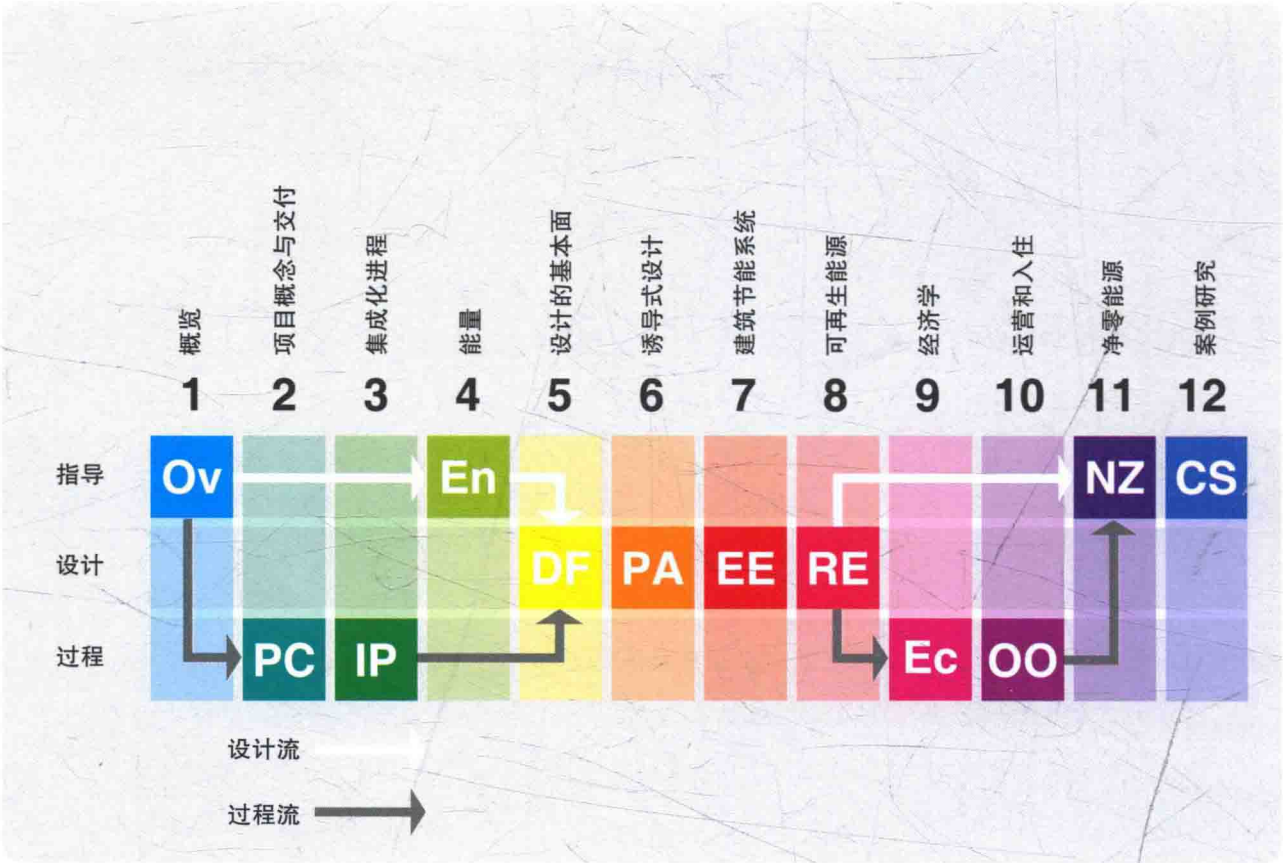
当然在实践中，交付工程不是严格按顺序的，相反地，本质上是重复性和周期性的。因此，本书适用于大致相同的方式：可以通读全书，或者从若干路径接近本书，图I.3显示的指示图，说明了书中的章节以指导、设计和进程议题为中心组织起来。

■ 第一、四、十一、十二章致力于净零能源的全盘指导；提供了定义、基本概念和概念综合体。

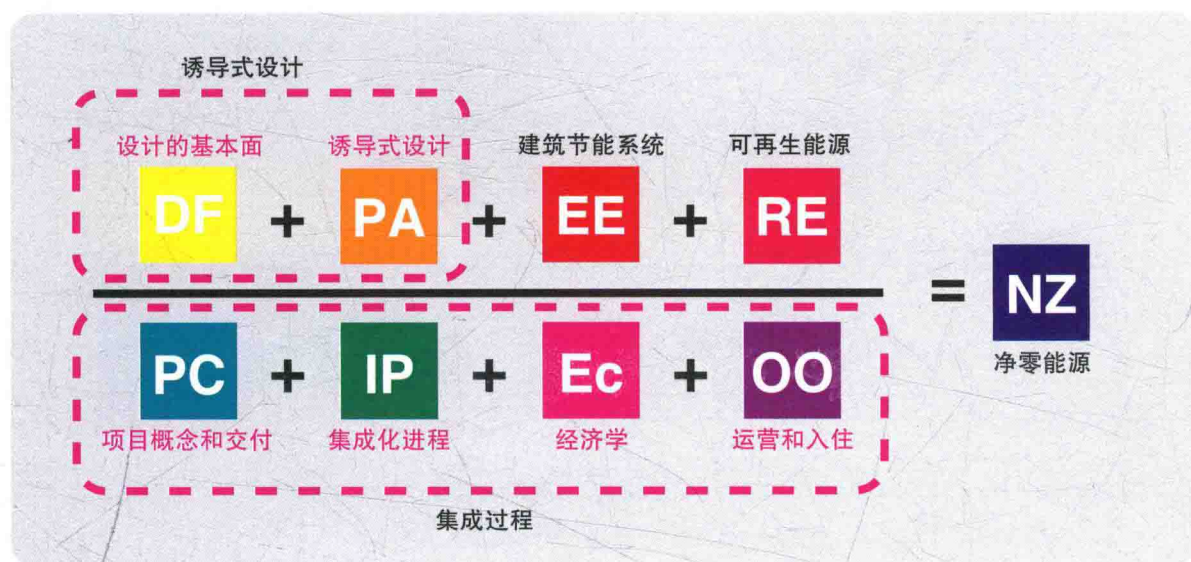
■ 第五至八章提供了设计指导；它们本身被作为此书的核心内容。

■ 第二、三、九、十章为净零能源商业建筑给予了进程指导。

我发现了向新读者介绍净零能源的有效方法，也就是利用简单的概念等式：净零能源=被动式设计累积+能效建筑系统+再生能源系统。这统称为集成化进程。本书的章节被视为概念等式构筑块（图I.4）。



■ 图I.3 章节路线图



■ 图I.4 净零能源概念等式



目 录

致 谢

In 引 言

我的净零能源之旅
如何使用此书

Ov 第一章 净零能源建筑概览 1

净零能源建筑的案例 1
净零能源定义 4
净零能源建筑的划分 10
净零能源的替代方案 12
净零能源建筑的认证 15
建筑行业研究和趋势 16
建筑行业项目 19
建筑行业规范与法规 21
建筑分级和能源贴标制度 23

PC 第二章 项目的概念和交付 27

净零能源的目的 27
工程概念 36
工程规划 40
工程团队的选择 44
交付方式 49
风险和回报 53

IP 第三章 集成化进程 57

集成式交付和管理 57
项目交付阶段 63
集成式设计方法 69
建筑物能源建模 73

En 第四章 能 量 89

能量基础 89
能量利用强度 102
能量目标 109
能源和热舒适性 125

DF 第五章 设计的基本面 133

能源设计条件 133
气候评估 133
场所评估 158
建筑体量和几何学 166
建筑类型和分区 177

PA 第六章 被动建筑 183

诱导式设计 183
设计学 186
建筑包层 202
诱导式策略 215

EE 第七章 建筑节能系统 231

有源系统 231
基本概念 235
HVAC概述 240
低能量配置 243
低能量主型设备 248
家用热水 256
照 明 258
区域能源 266

RE 第八章 可再生能源 271

可再生能源基础 271
太阳能发电 272

太阳能热 284
风能 293
水力 300
地热 306
生物能 309
燃料电池和氢气 314

Ec 第九章 经济学 319
财政考量 319
财务模型 329
财务分析 333
净零能源和房地产市场 341

oo 第十章 运营和入住 347
建筑运营 347
插件负载 352
绿色行为 357
净零能源绩效计划 363

NZ 第十一章 净零能源 367
净零能源结算 367
净零能源英尺度 367
碳结算 377

CS 第十二章 案例研究:DOE / NREL研究支持设备工程 387
介绍 387
进程 388
项目经济学 389
气候、场所和规划 391
设计响应 394
运营和入住 406
性能标准 411

■ 参考书目 417
■ 关于作者 427