



“十二五”国家重点图书
出版规划项目

Designing with Solar Power



《新能源出版工程》丛书共 23 分册，分别论述太阳能、风能、生物质能、海洋能、核能、新能源汽车、智能电网和煤制油等新能源相关领域的理论研究和关键技术

太阳能 光伏建筑设计

[澳] 德奥·普拉萨德 (Deo Prasad) 马克·斯诺 (Mark Snow) 著
上海现代建筑设计(集团)有限公司技术中心 译

上海科学技术出版社



国家出版基金项目
NATIONAL PUBLICATION FOUNDATION

“十二五”国家重点图书
出版规划项目



太阳能光伏建筑设计

Designing with Solar Power

[澳] 德奥·普拉萨德 (Deo Prasad)

马克·斯诺 (Mark Snow)

著

上海现代建筑设计(集团)有限公司技术中心

译

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏建筑设计/(澳)普拉萨德(Prasad, D.),
(澳)斯诺(Snow, M.)著;上海现代建筑设计(集团)有限
公司技术中心译. —上海:上海科学技术出版社, 2013.1

(新能源出版工程)

ISBN 978-7-5478-1477-2

I. ①太… II. ①普… ②斯… ③上… III. ①太阳能
发电—太阳能建筑—建筑设计 IV. ①TU29

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第230404号

Original English edition Copyright @ The Images Publishing Group Pty Ltd

All rights reserved. Apart from any fair dealing for the purposes of private study, research, criticism or review as permitted under the Copyright Act, no part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the written permission of the publisher.

And the Chinese version of the books are solely distributed by Shanghai Scientific & Technical Publishers only in China.

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路71号 邮政编码200235)

新华书店上海发行所经销

南京展望文化发展有限公司排版

上海中华商务联合印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 插页 4

字数 400千字

2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-1477-2/TU·167

定价: 178.00元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向工厂联系调换

内容提要

《太阳能光伏建筑设计》一书是在国际能源署光伏电力系统项目 (International Energy Agency's Photovoltaic Power Systems Programme, IEA PVPS) 框架内进行国际协作研究与开发的成果,已在许多建筑上运用。

多年以来,参与国际能源署光伏电力系统项目的太阳能专家们,会同建筑师、研究人员和电力主管部门的代表,致力于研究在建筑内采用一体化光伏的理论和实践。

本书编写内容丰富,图文并茂,每一章都由一位从事太阳能光伏建筑一体化 (Building-integrated Photovoltaics, BiPV) 技术的开发、使用及应用的专家参与撰写。书中内容不仅涵盖了太阳能电力和电学概念的基础知识,还在21世纪的建筑设计中,研讨光伏需求的一体化问题。书中还通过结合其他更广泛领域的问题,研讨BiPV在建筑和其他结构形式中的潜能,如市场应用、国际市场情况和政府策略等。

此外,书中还详细研究了20多个当代国际上的案例,以展示建筑一体化光伏技术是如何在新建和原有建筑中加以应用的,讨论了建筑和技术质量问题,并介绍了多项策略的成功经验。

本书可供建筑师、结构设计师、工程施工人员、相关专业师生和所有对建筑一体化光伏技术感兴趣的人士阅读。

《新能源出版工程》学术顾问 (以姓氏笔画为序)

阮可强	中国工程院院士
严陆光	中国科学院院士
杨裕生	中国工程院院士
林宗虎	中国工程院院士
倪维斗	中国工程院院士
徐大懋	中国工程院院士
翁史烈	中国工程院院士
黄其励	中国工程院院士
潘 垣	中国工程院院士

《新能源出版工程》编委会

主 任

倪维斗

委 员 (以姓氏笔画为序)

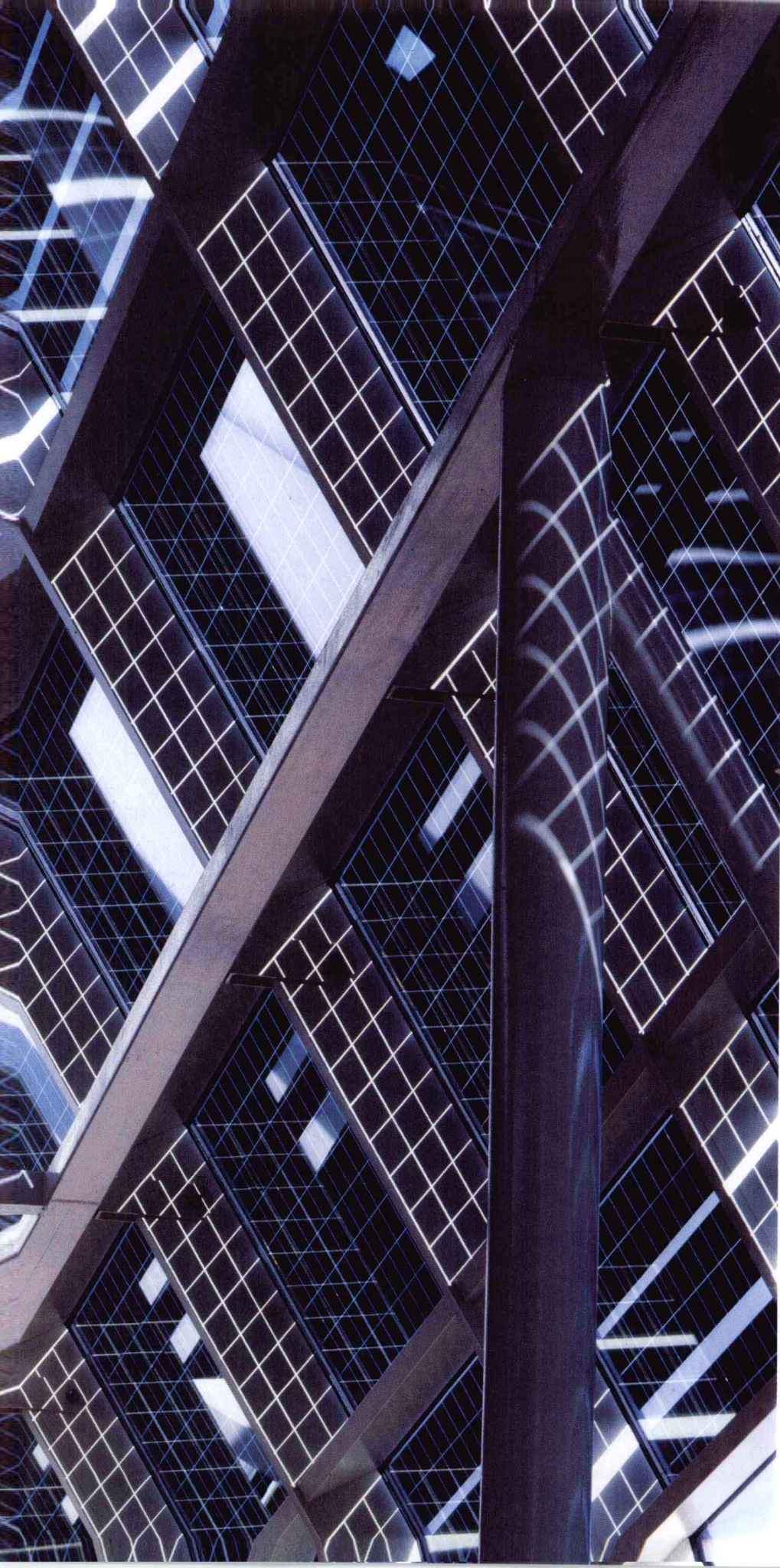
毛宗强	朱 军	贡 俊	李 春
张家倍	张德祥	周凤翱	徐洪杰
殷承良	闫耀保	喜文华	董长青
董亲翔	鲍 杰	戴松元	

序

本书所述的建筑太阳能电力设计是一项国际协作研究和开发工作的成果,该项设计是在国际能源署光伏电力系统项目框架内的,通过该项目中名为“原有建筑环境内部光伏电力系统”的“任务7”才能得以具体实施。在此国际框架内,我们已经将全球范围内、各学科间的,关于光伏建筑一体化技术方面的专家经验糅合在一起,以提供各类技术和设计问题最新、最先进的信息。这些任务反映出国际能源署协同研究工作的总体目标,即在新能源技术领域进行深入分析,并推荐最佳实践方法。

1994年,一群来自荷兰和瑞士的政府官员聚集一堂,探讨关于光伏建筑一体化技术,并借助国际合作,使这项能源技术为未来提供帮助。瑞士早已开展了大量的工程实践,提出一种作为光伏能源的建筑材料。荷兰则发起了一项国家光伏计划,致力于建筑一体化。那次会议得出的结论是,开展一项国际合作项目——“任务7”,与其他有这方面经验的国家联合成为一个国际共同体,包括德国、奥地利、美国、日本,以及后来加入的澳大利亚、意大利和加拿大。

从一开始,国际共同体成员的思路就很明确,即建筑师应在



太阳能办公室的光伏外立面, 英国, Doxford International Business Park
来源: Dennis Gilbert 摄

开发太阳能建筑的技术和术语上扮演重要角色。尤其是在开发初期,太阳能建筑可能被视为该项技术积极的“拥护者”。随着太阳能建筑的持续出现,不少目前市场上存在的瓶颈和壁垒问题已找到了解决方案。

在1994年会议之后的几年里,致力于建筑一体化研究的太阳能专家们把建筑师、研究人员和使用代表聚集到了一起。这些人员都密切参与着大量的太阳能项目。从这些项目中获得的经验,以及引起建筑界和相关方面的关注,都被收录到了本书中,以用来为明日的建筑设计师们提供案例和灵感,用来反映当今光伏专家对其设计工作的一片赤诚,也用来记录太阳能为未来建筑所能发挥的各方面潜能。

紧接着,在1996年出版的《光伏建筑》(Photovoltaics in Buildings)一书中,提到了一项隶属于国际能源署太阳能加热及制冷项目的“任务16”,介绍了这项技术戏剧性的进步。设计导则的出现,以及许多构思精良的项目正在源源不断地生产太阳能。我们希望这本新书能够解答一些仍未获得解释的问题。我们真诚的态度感动了作为本书编辑的,来自悉尼新南威尔士州大学的Deo Prasad和Mark Snow,以及所有为之付出努力的参与“任务7”项目的专家。

在过去的数年中,使用与电网连接和输配的光伏发电系统已经成为该项技术最迅猛成长的市场热点,成为了原有建筑中的系统主体。这一趋势在将来还将持续下去,太阳能电力系统可能会在将来的建筑实践中成为一种常见的装设。为了把握这一发展进程中的主要问题,国际能源署光伏电力系统项目已经发起了一项新的项目,即名为“城市范围内光伏应用”的“任务10”。该任务旨在找到一些手段,从而强化在城市环境和全球范围内提供具有解决方案的光伏电力生产应用系统的机遇。

本书若能够感动以建筑师、设计师和工程师为群体的目标读者,并激励他们在此领域屡建新功的话,则终有一天将会成就书中的目标。我们希望,越来越多的新兴建筑专业人士加入到此项任务中来,并使本书成为全球太阳能利用设计建筑推广过程中的又一里程碑。

Stefan Nowak

国际能源署光伏电力系统项目主席

Tony Schoen

国际能源署光伏电力系统项目
“原有建筑环境内部光伏电力系统”项目
“任务7”运行官

前言

光伏发电利用广泛的潜能使之成为一种独特且新颖的能源，可以用来植入单体建筑的结构内部，从而改变“规模大，占地多”的发电方式。最终，将一种免费的、清洁的、安静的电力输送到城市、乡镇和任何有建筑物的地方。

太阳能光伏建筑一体化（BiPV）将太阳能光伏电力技术融合进了建筑施工技术中。这一点，在建筑节能和建筑设计领域的人员是很感兴趣的。然而，该项技术的伟大之处在于，它在人们熟知的可持续发展概念中具有举足轻重的地位。可持续发展的理念比过去任何时候都具有重大意义；这是一个充满活力的时代，所有人都能够释放自身的潜能，并且通过一种兼具保护与强化地球生存支持系统的方法来改善人们的生活质量。BiPV就为人们带来了这些必需的要素。

当下的化石燃料发电水平是目前为止横亘在可持续平衡面前的最大障碍。而光伏能源已经为“可再生”能源的转化作出了巨大贡献——成为了达到可持续社会的关键。

太阳能光伏建筑一体化在可持续世界中的重要性在对如下三个词汇进行深入解读后变得尤为清晰：



建筑[Building (s)]能够抵御极端气候的侵袭。它们会唤起人的情绪;可以令人激动、高兴,并产生幸福安逸的感觉。在发达国家中,建筑消耗大约占据了所有能耗的一半。目前,能源生成过程和对化石燃料的依赖是建筑达成可持续目标的主要威胁之一。

一体化(Integrated)意味着互相依靠与互动。在可持续性的世界里,它被视为所有环节都最终达成了预期的目标。建筑的施工可以顺利完成并强化内部各项设施功能,但是会对其即时的物理设置产生影响,从气候到周围环境和当地社区,再到所属的大区,最终是地球本身。可持续的发展致力于预估这些影响,并通过互相整合的方法,确保不利影响的最小化,即使最终无法避免,至少在某些方面能够做到相对温和与平衡。

可持续发展过程中的整合能够试图降低并中和恶劣的环境影响,并在开发新产业的过程中试图使用经济的方式和材料。这样,就以正确的方式促进了和谐设计。BiPV的整合目标仅仅是可持续发展中的一部分。

光伏(Photovoltaics, PV)是一项将阳光转化为电力的技术。就像植物利用叶绿素来进行光合作用来去掉太阳的辐照,从而为它们的生长提供养料,建筑可以使用含特殊混合物的太阳能成分来满足自身的用能需求。只有14.4%的阳光能透过地球大气层并普照在大地上滋养万物,然而,这些阳光将满足人们2 800倍以上的用能需求!

本书的翻译得到了上海现代建筑设计(集团)有限公司技术中心的大力协助。尤其要感谢王潇俊、王瑾、金丽婷、叶少帆、任国辉、李海峰、夏麟、瞿燕、陶玮珺、冯舟勤、薛亮、徐哲恬的辛勤工作,使此书得以顺利出版。

本书撰写过程历时5年,其间凝聚着30多个国家,来自研究、开发和设计领域专家们的辛勤劳动。本书除了大力协助传播BiPV知识外,还承载着鼓励政府和机构来支持该技术的期望,从而提升建筑师、工程师、环境学者、规划人员和客户们使用该技术的信心。

本书作者对加拿大不列颠哥伦比亚大学建筑学院的Ray Cole教授和新南威尔士州大学光伏工程中心的Muriel Watt博士在校对文稿工作中给予的帮助表示感谢。

尽管为确保本书中所应用的原始版权资料真实和可靠已花费了大量精力,但仍有可能造成一些遗漏或错误,还望出版社和读者给予指导和反馈。

本书中的信息和图表均由编辑人员和各章作者提供。尽管材料引用忠于原文,且花费大量精力以确保其准确性,但出版社在任何情况下,都不对任何错误、遗漏或过时信息负责。

◀ 荷兰能源研究基金会(Energy Research Foundation, ECN) 42号楼嵌入屋顶的光伏系统

来源: Het Hout Blad

摄影: John Lewis Marshall

目 录

序.....	001
前言.....	001

第1章 建筑设计与环境理念

1.1 可再生的未来	001
1.2 光伏建筑一体化的机遇	003
1.3 低能耗设计, BiPV的前提条件	004
1.4 被动式太阳能办公室和高能效 办公场所	005
1.5 建筑物降低能源消耗的方法	008
1.6 全盘化建筑设计准则	009
1.7 一体化可再生能源提供的机会	010

1.8 光伏的建筑一体化属性	010
1.9 光伏一体化的原则	011
1.10 为建筑开发能源策略	011
1.11 BiPV美学标准	014
1.12 BiPV市场	016

第2章 技术与一体化理念

2.1 简介	018
2.2 全盘化光伏设计	018
2.3 光伏的基本要素	019
2.3.1 单晶硅电池	020
2.3.2 多晶硅电池	020
2.3.3 非晶硅电池	020
2.3.4 染料太阳能电池	021
2.3.5 其他薄膜	021



2.4 从太阳能电池到光伏模块和阵列	022
2.5 主要设计问题	025
2.6 优秀BiPV设计的选择标准	028
2.6.1 自然融合	028
2.6.2 顺眼的建筑形式	028
2.6.3 完美协调	029
2.6.4 网格与构图相和谐	029
2.6.5 与环境相融合	029
2.6.6 良好的设计	030
2.6.7 创新的新设计	030
2.7 BiPV项目的规模	031
2.8 BiPV的核心设计问题	031
2.8.1 维护	032
2.8.2 城市方面	032
2.8.3 朝向和角度	032
2.8.4 建筑间距	033
2.8.5 树木	033
2.8.6 分区	034
2.8.7 强光	034
2.8.8 形式与颜色	034
2.9 BiPV的整合技术	034
2.9.1 坡屋顶	035
2.9.2 平屋顶	042
2.9.3 外立面	049
2.9.4 屋檐	052
2.9.5 遮光板和百叶窗	052
2.9.6 透明光伏	056
2.9.7 前庭和天窗光伏设计	057
2.10 光伏热电联产应用	058
2.10.1 原有样本	059
2.10.2 光伏-热模块	059
2.10.3 集中技术	059

2.10.4 光伏-日光系统	059
2.10.5 BiPV-热应用	059
2.11 小结	060

第3章 国际BiPV案例研究

3.1 澳大利亚悉尼奥运村	061
3.1.1 项目总体背景	061
3.1.2 项目简介	061
3.1.3 可持续房屋设计思路	062
3.1.4 BiPV设计过程	062
3.1.5 性能特征	064
3.1.6 经验教训	064
3.1.7 后续安装	065
3.1.8 安装后的反馈	066
3.1.9 项目组织	066
3.2 奥地利: 西部能量公园	067
3.2.1 项目总体背景	067
3.2.2 BiPV设计过程	068
3.2.3 安装设计	069
3.2.4 经验教训	069
3.2.5 安装后的反馈	069
3.2.6 项目成本拆分	070
3.3 加拿大: 多伦多高层屋顶	070
3.3.1 项目总体背景	070
3.3.2 BiPV设计过程	071
3.3.3 安装设计	072
3.3.4 安装	073
3.3.5 实际过程中遇到的问题	073
3.3.6 性能特征	074
3.3.7 项目成本拆分	074
3.3.8 安装后的反馈	074
3.3.9 项目组织	074

3.4 加拿大: 威廉·法雷尔大厦	075	3.6.13 从项目中获得的经验	092
3.4.1 项目总体背景	075	3.6.14 项目成本拆分	092
3.4.2 BiPV设计过程	076	3.7 德国: 塞尼峰学院	092
3.4.3 安装设计	077	3.7.1 项目总体背景	093
3.4.4 安装	079	3.7.2 建筑理念	093
3.4.5 性能特征	079	3.7.3 BiPV设计过程	095
3.4.6 项目成本拆分	079	3.7.4 组件特性	097
3.4.7 安装后的反馈	079	3.7.5 安装设计	098
3.4.8 项目组织	079	3.7.6 包括电网集成的电气配置	099
3.5 丹麦: 布伦特兰中心	080	3.7.7 规划审批和制度流程	100
3.5.1 项目总体背景	080	3.7.8 性能特征	100
3.5.2 项目简介	081	3.7.9 安装后的反馈	100
3.5.3 规划过程	081	3.7.10 项目组织	100
3.5.4 BiPV设计过程	081	3.7.11 项目成本拆分	101
3.5.5 能源策略	082	3.8 意大利: 罗马儿童博物馆	101
3.5.6 BiPV设计过程中的注意事项	083	3.8.1 项目总体背景	101
3.5.7 设计过程中的经验教训	083	3.8.2 项目简介	102
3.5.8 性能特征	084	3.8.3 BiPV设计过程	102
3.6 德国: 弗劳恩霍夫太阳能系统研究所	084	3.8.4 安装设计	104
3.6.1 项目总体背景	084	3.8.5 安装	106
3.6.2 建筑理念	085	3.8.6 经验教训	107
3.6.3 太阳能设计特点	085	3.8.7 性能特征	107
3.6.4 能源理念	086	3.8.8 项目组织	109
3.6.5 建筑设计过程	086	3.9 日本: NTT DOCOMO大厦	110
3.6.6 BiPV设计过程	087	3.9.1 项目总体背景	110
3.6.7 中庭屋顶设计过程	088	3.9.2 BiPV设计过程	111
3.6.8 模块设计	088	3.9.3 BiPV设计	111
3.6.9 电力设计优化	089	3.9.4 安装	112
3.6.10 安装	090	3.9.5 性能特征	112
3.6.11 实际过程中遇到的问题	092	3.9.6 项目成本拆分	112
3.6.12 性能特征	092	3.10 日本: J-HOUSE	112
		3.10.1 项目总体背景	113
		3.10.2 BiPV设计过程	113



3.10.3	安装设计	115	3.13.6	性能特征	134
3.10.4	安装	115	3.13.7	项目成本拆分	135
3.10.5	BiPV设计	115	3.14	荷兰: 勒东容大厦	136
3.10.6	项目成本拆分	116	3.14.1	项目总体背景	136
3.10.7	性能特征	116	3.14.2	BiPV设计过程	138
3.10.8	安装后的反馈	117	3.14.3	项目组织	139
3.11	日本: 东部小企业投资公司大厦	117	3.14.4	BiPV设计	139
3.11.1	项目总体背景	117	3.14.5	安装设计	140
3.11.2	BiPV设计过程	117	3.14.6	光伏安装	141
3.11.3	项目组织	119	3.14.7	性能特征	141
3.11.4	BiPV设计	119	3.14.8	项目成本拆分	142
3.11.5	安装	120	3.14.9	安装后的反馈	143
3.11.6	性能特征	120	3.15	荷兰: 尼乌兰住宅项目	143
3.11.7	项目成本拆分	121	3.15.1	项目总体背景	143
3.11.8	安装后的反馈	121	3.15.2	BiPV设计过程	144
3.12	荷兰: 能源研究基金会 31 号楼	122	3.15.3	1 MW _p 尼乌兰光伏项目	145
3.12.1	项目总体背景	122	3.15.4	建筑设计理念	146
3.12.2	项目简介	122	3.15.5	BiPV设计	148
3.12.3	BiPV设计过程	123	3.15.6	安装设计	148
3.12.4	光伏屋顶设计	126	3.15.7	规划审批和制度流程	150
3.12.5	BiPV设计	126	3.15.8	安装	150
3.12.6	设计和安装	128	3.15.9	项目成本拆分	150
3.12.7	性能特征	129	3.16	韩国: 韩国能源研究院超低能耗建筑	151
3.12.8	项目成本拆分	129	3.16.1	项目总体背景	151
3.12.9	安装后的反馈	129	3.16.2	BiPV设计过程	152
3.13	荷兰: 能源研究基金会 42 号楼	130	3.16.3	安装设计	152
3.13.1	项目总体背景	130	3.16.4	安装	153
3.13.2	42 号楼的生态方法	132	3.16.5	性能特征	154
3.13.3	BiPV设计过程	132	3.16.6	项目成本拆分	154
3.13.4	BiPV设计	133	3.16.7	安装后的反馈	154
3.13.5	安装	134	3.17	西班牙: UNIVER项目	155
			3.17.1	项目总体背景	155

能办公大楼	177
3.21.1 项目总体背景	177
3.21.2 项目简介	177
3.21.3 BiPV设计过程	178
3.21.4 安装设计	180
3.21.5 项目成本拆分	185
3.21.6 安装后的反馈	186
3.21.7 小结	188
3.22 美国: 时报广场4号	189
3.22.1 项目总体背景	189
3.22.2 BiPV设计过程	190
3.22.3 安装	190
3.22.4 性能特征	191
3.22.5 项目的经验教训	191
3.22.6 项目成本拆分	191

4.1	简介	193
4.2	设计思考	193
4.3	实施的问题与挑战	194
4.4	非建筑光伏构筑物设计策略	194
4.4.1	保护	194
4.4.2	技术改进	195
4.4.3	设计的灵活性和适应性	195
4.4.4	美观与实际改进	196
4.5	城市街头设施	196
4.5.1	停车计时器	196
4.5.2	采用光伏照明的公交时刻表	197
4.5.3	利用光伏发电的时刻表照明	198
4.5.4	光伏街面信息牌	198