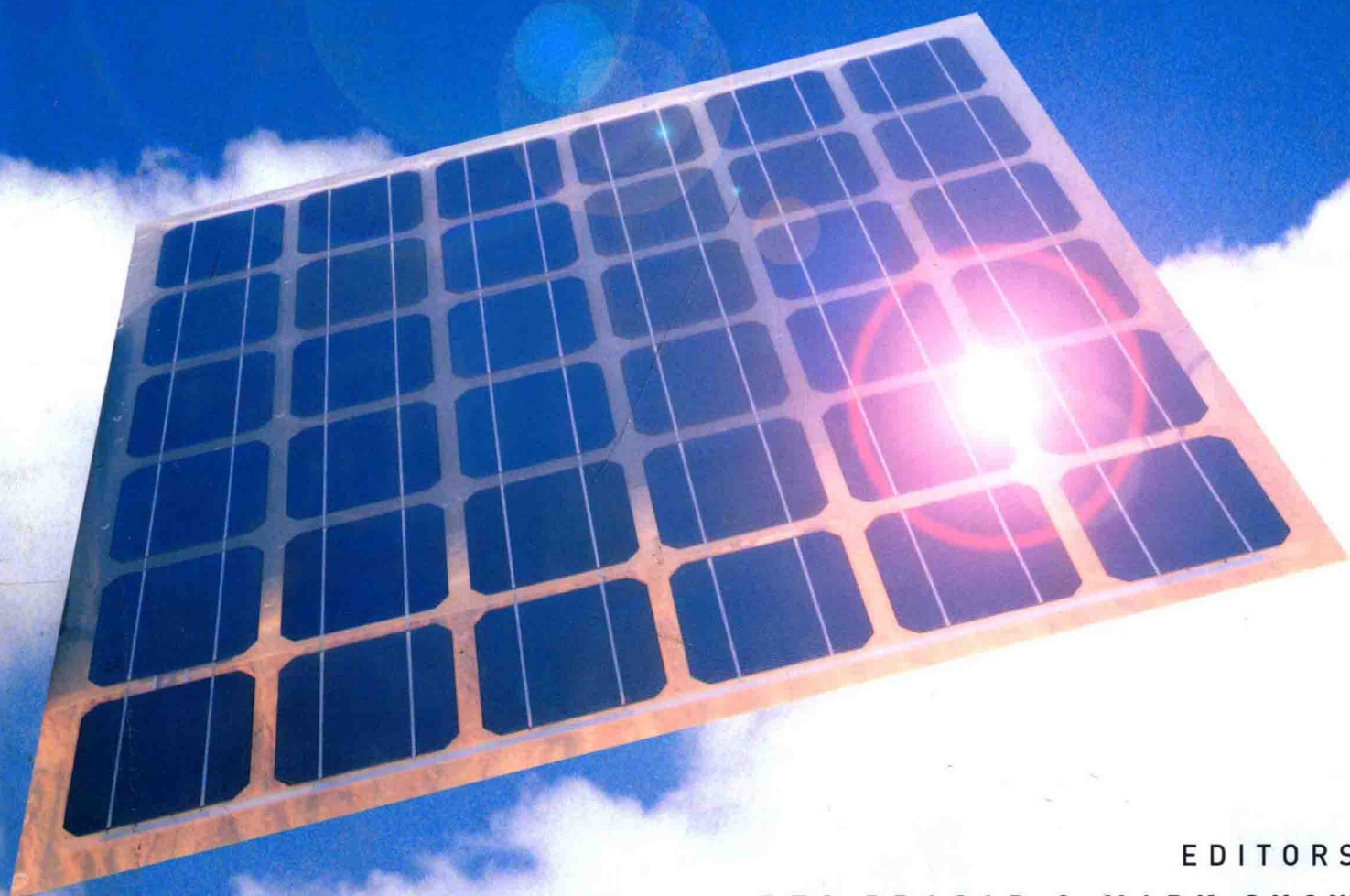


DESIGNING WITH  
**SOLAR POWER**

# 太陽能建築

建築光電一體化源書



EDITORS  
DEO PRASAD & MARK SNOW



images  
Publishing

DESIGNING WITH  
**SOLAR POWER**

A SOURCE BOOK  
FOR BUILDING INTEGRATED  
PHOTOVOLTAICS (BiPV)

**太陽能建築**

建築光電一體化源書

EDITORS  
**DEO PRASAD & MARK SNOW**

SOLARCH Group, Centre for a Sustainable Built Environment  
University of New South Wales, Australia



images  
Publishing

Published jointly in Australia in 2005 by The Images Publishing Group Pty Ltd and Earthscan

The Images Publishing Group Pty Ltd  
ABN 89 059 734 431  
6 Bastow Place, Mulgrave, Victoria, 3170, Australia  
Tel: + 61 3 9561 5544  
Fax: + 61 3 9561 4860  
Email: [books@images.com.au](mailto:books@images.com.au)  
Web: [www.imagespublishing.com](http://www.imagespublishing.com)  
The Images Publishing Group Reference Number: 388

Earthscan  
8-12 Camden High Street  
London, NW1 0JH, UK  
Tel: + 44 (0)20 7387 8558  
Fax: + 44 (0)20 7387 8998  
Email: [earthinfo@earthscan.co.uk](mailto:earthinfo@earthscan.co.uk)  
Web: [www.earthscan.co.uk](http://www.earthscan.co.uk)

22883 Quicksilver Drive, Sterling, VA 20166-2012, USA

Earthscan is an imprint of James and James (Science Publishers) Ltd and publishes in association with the International Institute for Environment and Development

Copyright © The Images Publishing Group Pty Ltd and Earthscan 2005

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.

National Library of Australia  
Cataloguing-in-Publication entry:

Designing with solar power: a source book for building integrated photovoltaics.

Bibliography.  
Includes index.

ISBN 1 876907 17 7. (The Images Publishing Group)  
ISBN 1 844071 47 2. (Earthscan)

1. Building-integrated photovoltaic systems. 2. Buildings – Energy conservation.  
621.31244

Coordinating Editor: Robyn Beaver  
Designed by The Graphic Image Studio Pty Ltd, Mulgrave, Australia  
Web: [www.tgis.com.au](http://www.tgis.com.au)  
Film by Mission Productions Limited, Hong Kong  
Printed by Everbest Printing Co. Ltd. in Hong Kong/China

IMAGES has included on its website a page for special notices in relation to this and our other publications. Please visit this site: [www.imagespublishing.com](http://www.imagespublishing.com)

翻譯: 周瑩/楊艷霞/左丹紅/劉洋

中國獨家經銷: 北京迪賽納圖書有限公司  
電話: (010)6406-7653; (021)5596-7693; (020)8756-5010; (0755)8297-2755; (027)5920-8457  
本書在中國境內的版權已授權給北京迪賽納圖書有限公司獨家所有。翻版必究。  
The book is exclusively distributed in China by Beijing Designerbooks Co., Ltd.  
北京市西城區鼓樓西大街八步口胡同3號德勝寫字樓2號樓  
Building No.2, No.3, Babukou, Desheng Office Building, Gulouxidajie, Xicheng District,  
Beijing 100009, P.R.China  
Tel: 0086(010)6406-7653  
Fax: 0086(010)6406-0931  
E-mail: [info@designerbooks.net](mailto:info@designerbooks.net)  
<http://www.designerbooks.net>

# 目錄

|     |       |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7   | 前言    | Tony Schoen, Stefan Novak                                                                                                                                                                                                            |
| 9   | 簡介    | David Lloyd-Jones, Steven Strong, Tjerk Reijenga                                                                                                                                                                                     |
| 10  | 第一章   | <b>建築設計與環境概念</b><br>作者: Steven Strong (Solar Design Associates, USA), David Lloyd-Jones (Studio E Architects, UK), Deo Prasad (SOLARCH, University of NSW, Australia)<br>本章介紹了一體化設計過程以及新技術是如何應用在決策過程中; 建築美感和市容規劃美感; BiPV和其他技術的功能和表現。 |
| 22  | 第二章   | <b>技術與一體化的理念</b><br>作者: Tjerk Reijenga (BEAR Architecten, the Netherlands), Daniel Ruoss (Enecolo, Switzerland)<br>在市場內權衡PV技術; 在各種類型建築中總結一體化理念; 建築上的和諧; 成本問題以及不同系統的功效。                                                               |
| 53  | 第三章   | <b>國際BiPV案例研究</b><br>22例國際化案例的分析重點分析了設計和建造過程以及工程的建築技術質量。                                                                                                                                                                             |
| 54  | 澳大利亞: | 悉尼奧運村                                                                                                                                                                                                                                |
| 59  | 奧地利:  | 西部能源區                                                                                                                                                                                                                                |
| 62  | 加拿大:  | 多倫多高層屋頂                                                                                                                                                                                                                              |
| 66  |       | William Farrell大廈                                                                                                                                                                                                                    |
| 70  | 丹麥:   | Brundtland中心                                                                                                                                                                                                                         |
| 74  | 德國:   | Fraunhofer ISE                                                                                                                                                                                                                       |
| 81  |       | Mont-Cenis美術館                                                                                                                                                                                                                        |
| 88  | 意大利:  | 羅馬兒童博物館                                                                                                                                                                                                                              |
| 95  | 日本:   | NTT DoCoMo大廈                                                                                                                                                                                                                         |
| 97  |       | J型房屋                                                                                                                                                                                                                                 |
| 101 |       | SBIC東部建築                                                                                                                                                                                                                             |
| 105 | 荷蘭:   | 能源研究基金會(ECN)31號樓                                                                                                                                                                                                                     |
| 112 |       | 能源研究基金會(ECN)42號樓                                                                                                                                                                                                                     |
| 118 |       | Le Donjon                                                                                                                                                                                                                            |
| 124 |       | Amersfoort, Nieuwland                                                                                                                                                                                                                |
| 131 | 南韓:   | KIER超低耗能建築                                                                                                                                                                                                                           |
| 135 | 西班牙:  | Univer                                                                                                                                                                                                                               |
| 141 | 瑞士:   | ABZ公寓住宅                                                                                                                                                                                                                              |
| 147 |       | 學生宿舍                                                                                                                                                                                                                                 |
| 151 | 英國:   | 諾丁漢大學Jubilee學院                                                                                                                                                                                                                       |
| 154 |       | Doxford國際商務區太陽能辦公大樓                                                                                                                                                                                                                  |
| 164 | 美國:   | 4時報廣場                                                                                                                                                                                                                                |

|     |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 168 | 第四章 | <b>非用于建築物結構的PV設備</b><br>作者: Miguel Angel Romero (EcoCoDE Environment and Architecture, Sweden),<br>Carl Michael Johannesson (Royal Institute of Technology, Sweden),<br>Mats Andersson (Energibanken I Jättendal AB, Sweden)<br>分析并列舉了在建築環境中運用的非用于建築物機構的PV設備包括步<br>驟及運作效果。     |
| 184 | 第五章 | <b>BiPV的潛能和設計工具</b><br>作者: Marcel Gutschner (NET Nowak Energy & Technology Ltd, Switzerland),<br>Peter Lund (Helsinki University of Technology, Finland), Mark Snow (SOLARCH,<br>University of NSW, Australia)<br>分析了PV系統的潛能，包括太陽能發電量在城市規模範圍內作為建築<br>表層及保護層，回顧了BiPV設計工具以及相關問題。 |
| 204 | 第六章 | <b>電學概念、可靠性與標準</b><br>作者: Per Drewes (Sol Source Engineering, Canada), Donna Munro (ESD, UK),<br>Heinrich Wilk (Energie AG, Austria), Herman Laukhamp (Fraunhofer Institute ISE,<br>Germany)<br>總結了技術問題以及最佳的實施方案，包括基本的電學概念、可靠性與<br>國際化標準。                                      |
| 217 | 第七章 | <b>非技術問題和市場開發策略</b><br>作者: Reinhard Haas (Vienna University of Technology, Austria),<br>Patrina Eiffert (ImaginIt, USA)<br>縱覽了國際市場開發以及各國政府實施BiPV系統的策略，其中還討論了<br>非技術壁壘問題以及發展機遇。                                                                                                 |
| 234 | 附錄  |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 236 |     | <b>專業詞匯</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 239 |     | <b>參考文獻</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 249 |     | <b>網絡資源</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 250 | 索引  |                                                                                                                                                                                                                                                                                |

DESIGNING WITH  
**SOLAR POWER**

A SOURCE BOOK  
FOR BUILDING INTEGRATED  
PHOTOVOLTAICS (BIPV)

**太陽能建築**

建築光電一體化源書

Published jointly in Australia in 2005 by The Images Publishing Group Pty Ltd and Earthscan

The Images Publishing Group Pty Ltd  
ABN 89 059 734 431  
6 Bastow Place, Mulgrave, Victoria, 3170, Australia  
Tel: + 61 3 9561 5544  
Fax: + 61 3 9561 4860  
Email: books@images.com.au  
Web: www.imagespublishing.com  
The Images Publishing Group Reference Number: 388

Earthscan  
8-12 Camden High Street  
London, NW1 0JH, UK  
Tel: + 44 (0)20 7387 8558  
Fax: + 44 (0)20 7387 8998  
Email: earthinfo@earthscan.co.uk  
Web: www.earthscan.co.uk

22883 Quicksilver Drive, Sterling, VA 20166-2012, USA

Earthscan is an imprint of James and James (Science Publishers) Ltd and publishes in association with the International Institute for Environment and Development

Copyright © The Images Publishing Group Pty Ltd and Earthscan 2005

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.

National Library of Australia  
Cataloguing-in-Publication entry:

Designing with solar power: a source book for building integrated photovoltaics.

Bibliography.  
Includes index.

ISBN 1 876907 17 7. (The Images Publishing Group)  
ISBN 1 844071 47 2. (Earthscan)

1. Building-integrated photovoltaic systems. 2. Buildings – Energy conservation.  
621.31244

Coordinating Editor: Robyn Beaver  
Designed by The Graphic Image Studio Pty Ltd, Mulgrave, Australia  
Web: www.tgis.com.au  
Film by Mission Productions Limited, Hong Kong  
Printed by Everbest Printing Co. Ltd. in Hong Kong/China

IMAGES has included on its website a page for special notices in relation to this and our other publications.  
Please visit this site: www.imagespublishing.com

翻譯：周瑩／楊艷霞／左丹紅／劉洋

中國獨家經銷：北京迪賽納圖書有限公司  
電話：(010)6406-7653;(021)5596-7693;(020)8756-5010;(0755)8297-2755;(027)5920-8457  
本書在中國境內的版權已授權給北京迪賽納圖書有限公司獨家所有。翻版必究。  
The book is exclusively distributed in China by Beijing Designerbooks Co.,Ltd.  
北京市西城區鼓樓西大街八步口胡同3號德勝寫字樓2號樓  
Building No.2, No.3, Babukou, Desheng Office Building, Gulouxidajie, Xicheng District,  
Beijing 100009, P.R.China  
Tel : 0086(010)6406-7653  
Fax : 0086(010)6406-0931  
E-mail : info@designerbooks.net  
http://www.designerbooks.net

DESIGNING WITH  
**SOLAR POWER**

A SOURCE BOOK  
FOR BUILDING INTEGRATED  
PHOTOVOLTAICS (BiPV)

**太陽能建築**

建築光電一體化源書

EDITORS  
**DEO PRASAD & MARK SNOW**

SOLARCH Group, Centre for a Sustainable Built Environment  
University of New South Wales, Australia

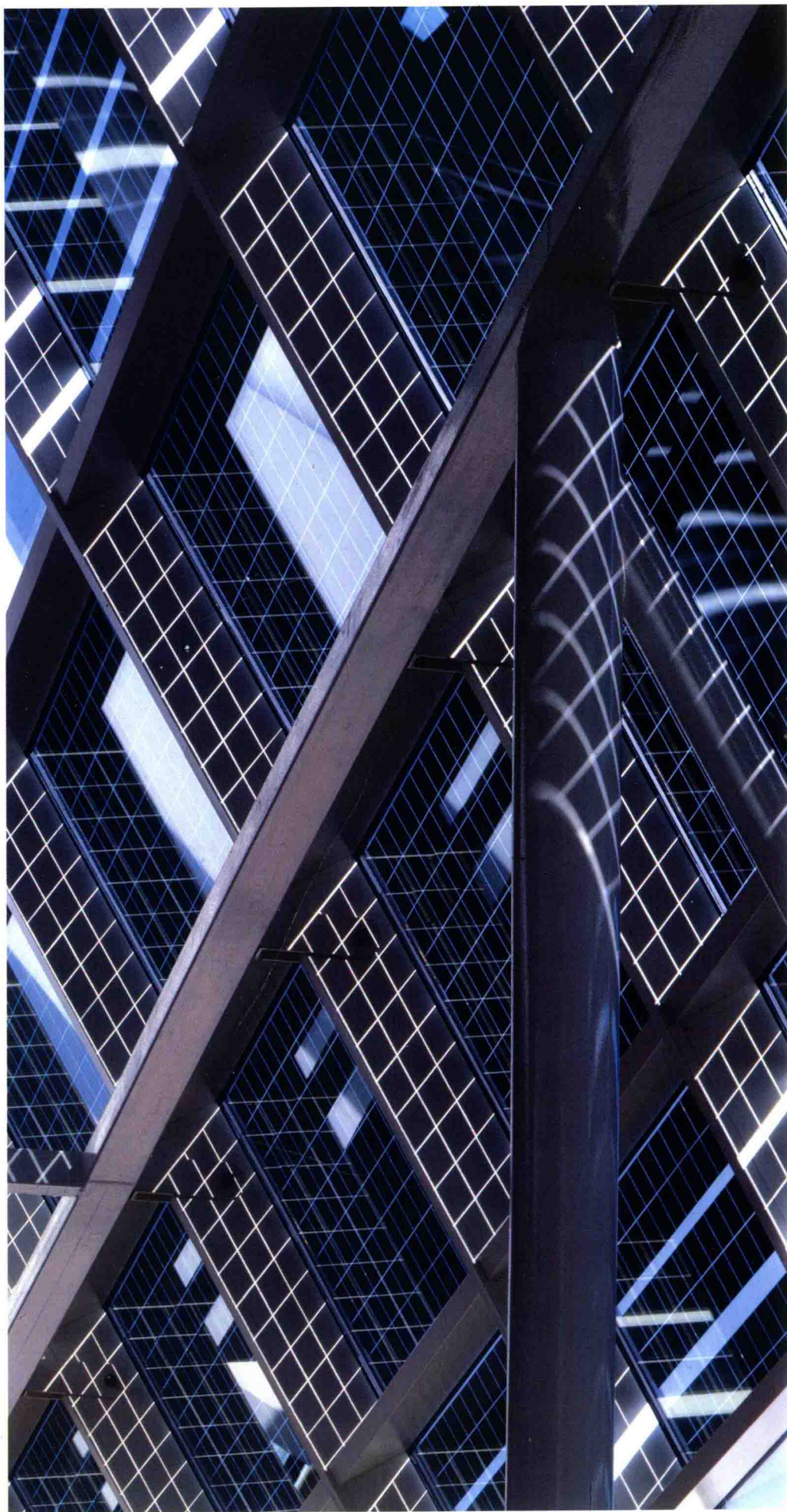


images  
Publishing

# 目錄

|     |       |                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7   | 前言    | Tony Schoen, Stefan Novak                                                                                                                                                                                                            |
| 9   | 簡介    | David Lloyd-Jones, Steven Strong, Tjerk Reijenga                                                                                                                                                                                     |
| 10  | 第一章   | <b>建築設計與環境概念</b><br>作者: Steven Strong (Solar Design Associates, USA), David Lloyd-Jones (Studio E Architects, UK), Deo Prasad (SOLARCH, University of NSW, Australia)<br>本章介紹了一體化設計過程以及新技術是如何應用在決策過程中; 建築美感和市容規劃美感; BiPV和其他技術的功能和表現。 |
| 22  | 第二章   | <b>技術與一體化的理念</b><br>作者: Tjerk Reijenga (BEAR Architecten, the Netherlands), Daniel Ruoss (Enecolo, Switzerland)<br>在市場內權衡PV技術; 在各種類型建築中總結一體化理念; 建築上的和諧; 成本問題以及不同系統的功效。                                                               |
| 53  | 第三章   | <b>國際BiPV案例研究</b><br>22例國際化案例的分析重點分析了設計和建造過程以及工程的建築技術質量。                                                                                                                                                                             |
| 54  | 澳大利亞: | 悉尼奧運村                                                                                                                                                                                                                                |
| 59  | 奧地利:  | 西部能源區                                                                                                                                                                                                                                |
| 62  | 加拿大:  | 多倫多高層屋頂                                                                                                                                                                                                                              |
| 66  |       | William Farrell大廈                                                                                                                                                                                                                    |
| 70  | 丹麥:   | Brundtland中心                                                                                                                                                                                                                         |
| 74  | 德國:   | Fraunhofer ISE                                                                                                                                                                                                                       |
| 81  |       | Mont-Cenis美術館                                                                                                                                                                                                                        |
| 88  | 意大利:  | 羅馬兒童博物館                                                                                                                                                                                                                              |
| 95  | 日本:   | NTT DoCoMo大廈                                                                                                                                                                                                                         |
| 97  |       | J型房屋                                                                                                                                                                                                                                 |
| 101 |       | SBIC東部建築                                                                                                                                                                                                                             |
| 105 | 荷蘭:   | 能源研究基金會(ECN)31號樓                                                                                                                                                                                                                     |
| 112 |       | 能源研究基金會(ECN)42號樓                                                                                                                                                                                                                     |
| 118 |       | Le Donjon                                                                                                                                                                                                                            |
| 124 |       | Amersfoort, Nieuwland                                                                                                                                                                                                                |
| 131 | 南韓:   | KIER超低耗能建築                                                                                                                                                                                                                           |
| 135 | 西班牙:  | Univer                                                                                                                                                                                                                               |
| 141 | 瑞士:   | ABZ公寓住宅                                                                                                                                                                                                                              |
| 147 |       | 學生宿舍                                                                                                                                                                                                                                 |
| 151 | 英國:   | 諾丁漢大學Jubilee學院                                                                                                                                                                                                                       |
| 154 |       | Doxford國際商務區太陽能辦公大樓                                                                                                                                                                                                                  |
| 164 | 美國:   | 4時報廣場                                                                                                                                                                                                                                |

|     |     |                                                                                                                                                                                                      |
|-----|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 168 | 第四章 | <b>非用于建築物結構的PV設備</b>                                                                                                                                                                                 |
|     |     | 作者: Miguel Angel Romero (EcoCoDE Environment and Architecture, Sweden),<br>Carl Michael Johannesson (Royal Institute of Technology, Sweden),<br>Mats Andersson (Energibanken I Jättendal AB, Sweden) |
|     |     | 分析并列舉了在建築環境中運用的非用于建築物機構的PV設備包括步驟及運作效果。                                                                                                                                                               |
| 184 | 第五章 | <b>BiPV的潛能和設計工具</b>                                                                                                                                                                                  |
|     |     | 作者: Marcel Gutschner (NET Nowak Energy & Technology Ltd, Switzerland),<br>Peter Lund (Helsinki University of Technology, Finland), Mark Snow (SOLARCH,<br>University of NSW, Australia)              |
|     |     | 分析了PV系統的潛能，包括太陽能發電量在城市規模範圍內作為建築表層及保護層，回顧了BiPV設計工具以及相關問題。                                                                                                                                             |
| 204 | 第六章 | <b>電學概念、可靠性與標準</b>                                                                                                                                                                                   |
|     |     | 作者: Per Drewes (Sol Source Engineering, Canada), Donna Munro (ESD, UK),<br>Heinrich Wilk (Energie AG, Austria), Herman Laukhamp (Fraunhofer Institute ISE,<br>Germany)                               |
|     |     | 總結了技術問題以及最佳的實施方案，包括基本的電學概念、可靠性與國際化標準。                                                                                                                                                                |
| 217 | 第七章 | <b>非技術問題和市場開發策略</b>                                                                                                                                                                                  |
|     |     | 作者: Reinhard Haas (Vienna University of Technology, Austria),<br>Patrina Eiffert (ImaginIt, USA)                                                                                                     |
|     |     | 縱覽了國際市場開發以及各國政府實施BiPV系統的策略，其中還討論了非技術壁壘問題以及發展機遇。                                                                                                                                                      |
| 234 | 附錄  |                                                                                                                                                                                                      |
| 236 |     | <b>專業詞匯</b>                                                                                                                                                                                          |
| 239 |     | <b>參考文獻</b>                                                                                                                                                                                          |
| 249 |     | <b>網絡資源</b>                                                                                                                                                                                          |
| 250 | 索引  |                                                                                                                                                                                                      |



# 前言

本書介紹太陽能發電在建築領域的應用，是全球該領域專家在國際能源機構的光電效應計劃（IEA PVPS）框架內通力合作的研究成果，並遵守Task 7“光電效應系統（PV系統）在建築環境上的應用”中的要求。在國際框架內，我們綜合了全球範圍內跨學科領域的各種光電效應建築一體化的專家學者的經驗，試圖為讀者提供高精尖的科技信息及設計方案。這一目標也反映了國際能源結構（IEA）的總體任務，即進行深入的分析並在新能源技術中提供值得推薦的最佳舉措。

1994年，荷蘭和瑞士的一些政府官員舉行集會，探討了光電效應建築一體化問題，並分析了國際合作，為未來這一技術的發展提供幫助的可能性。瑞士一直致力於將極具潛力的PV材料作為發電建材的項目。荷蘭開始了一項以建築一體化為重點的全國性PV計劃。會議達成的國際合作計劃被稱為“Task 7”，會議還聯合了其他一些經驗豐富的國家，如德國、奧地利、美國、日本以及新成員如澳大利亞、意大利和加拿大成立了國際協會。

從一開始，國際協會就明確了一點，即在發展太陽能建築的技術和信息時，建築師起重要作用。他們密切參與了一些太陽能應用的工程。本書匯集了這些未來建築的設計者們的經驗之談，並為未來建築中太陽能應用的各種潛力提供參考。

本書銜接1996年出版的《光電效應與建築》一書，囊括了豐富的先進科技，能夠為設計提供參考，而且書中提到的許多構思精巧的工程已經開始了日常的太陽能發電。我們希望本書能為有這方面疑問的人士提供一些幫助。在此，我們誠摯地感謝新南威爾士大學及悉尼大學的助理編輯迪奧·普拉塞德（Deo Prasad）先生、馬克·斯諾（Mark Snow）先生，以及所有為此書做出貢獻的專家學者。

近年來，輸電網、分布式PV太陽能系統已經成為這一技術最具市場潛力的組成部分，大多數都用于建築環境領域。這一趨勢在未來勢必還會延續，太陽能發電系統也必將成為未來建築的大勢所趨。為了把握這一發展趨勢，IEA PVPS又開始了一項新的項目——“Task 10”，關於“城市大規模PV設備”。這一項目的目的是在城市環境中發展大規模、終端PV發電產品。

如果能吸引目標讀者，主要是建築師、設計師和工程師的關注並鼓勵他們在這一振奮人心的領域施展自己的才華，本書也就達到了目的。我們希望更多的專業人士能一起努力，希望本書能成為擴大太陽能建築部署的裏程碑。

Stefan Novak  
主席  
IEA PVPS 計劃

Tony Schoen  
Task 7 運營代理  
建築環境光電一體化

\* 前頁圖：英國道克斯福特（Doxford）國際商業園區太陽能辦公大樓的PV外牆  
Source: Dennis Gilbert Photographer



# 简介

光電效應 (PV) 發電具有地理分布範圍廣泛的潛能，使太陽能成為唯一新穎的能源來源而被應用於單個建築中，從大規模、地域化的供電系統脫離出來。正因如此，這一免費、清潔、無聲的電力能源可以引進到城市、鄉鎮以及建築密集的地區。

光電—建築照明一體化 (BiPV) 就是將太陽能光電效應發電技術與樓體的建設結合在一起。這就激發了能源保護和建築設計專家們的興趣。然而這一概念比以往任何時候都更有意義，它是一個充滿活力的全新領域，能幫助人們實現自身的潛力，在保護地球生物系統的同時提高自己的生活質量。BiPV就是致力於這些基本的方面。

現有的舊能源是目前為止阻礙世界可持續發展的關鍵性因素。

在認真分析下述三方面後，BiPV在可持續發展領域中的意義將更加清晰。

建築可以使人免受外界極端氣候環境的影響。它們能激發人類的情緒：興奮、高興並能使人產生幸福感。在發達國家，建築幾乎占總能源消耗的一半。目前通過燃燒燃料來發電成為威脅可持續目標的主要障礙。

一體化的意思是內在的聯系和內部的相互依賴。在可持續發展的世界裏，已經達成共識，即每項活動的影響都會超過其原來的目的。一棟建築的建設會成功地在其內部容納相關的活動，但它的落成卻會對周圍的環境、氣候、當地的社區、該地區以及地球本身帶來影響。可持續發展竭力想通過彼此之間的一體化中和一部分影響，如果實在無法避免，也要將影響降至最小。

在可持續發展中一體化就是盡量減少對環境的有害影響，也包括在發展新技術時節約能源與材料。在正確的應用下還會帶來高雅的設計。BiPV的一體化目標就是達到可持續發展。

光電效應就是將太陽能轉化成電能的技術。就像植物經光合作用能將太陽輻射轉化成供自身生長的能量一樣，建築也能通過利用特殊的太陽能元件來滿足居住者對能量的需求。雖然陽光穿越大氣層後只有14.4%的太陽能可供我們使用，但這也比我們所需的能量高2800倍。

本書集合了30多名國際研究、發展、設計領域的專家5年的工作成果，除了想傳播BiPV的知識，還希望各國政府和機構能鼓勵這項工作的開展並通過建築師、工程師、環境工作者、規劃者以及他們的客戶的使用增強對這一技術的信心。

前頁圖：荷蘭 ECN 42 大樓將  
PV 系統安裝於屋頂  
Source: Het Hout Blad  
Photographer: John Lewis Marshall

# 建築設計與環境概念

## 可再生的未來

想象一個石油不再是統治性能源的世界。在未來的20多年裏，燃燒石油和天然氣的情況被預測為越來越少，而對於可再生能源的使用會逐漸加速。到2005年可再生能源可以滿足世界能源需求的1/2。太陽部落曾經一度[1]被預言，但是目前，能量仍然來自石油工業[2]。毫無疑問，世界在未來的幾十年內將經歷能源和基礎結構的轉變。石油工業分析人士認為供不應求會造成石油價格上漲。全球礦物能源的分布使能源供應安全產生了策略性的分流。缺乏安全而能够承受的能源供應，城市將極易遭受經濟、環境和社會衰退的攻擊。一種“能够承受的能源供應”現在被認為是既對能源支付能力無害，又對人類賴以生存的生態系統無害。“安全的能源供應”對於維持獨立至關重要，嚴重依賴海外能源進口的國家存在着能源供應安全的危機。

隨着廉價油的時代的結束，建築物、交通運輸、農業和工業方面的其他能源選擇必須進行開發。這些選擇必須更加具有可持續性，對生態環境必須產生最小的影響。雖然對於許多建築師和他們的客戶來說可能對此很驚訝，但是他們所設計的每個依賴礦物能源的建築在其生命週期內都將被淘汰。

建築物和他們的建築過程都需要大約全部能源消耗的三分之一。在建築過程中，當在挖掘、生產、傳送和匯聚材料而需要能量時，產生的總體影響與其總數相比大大超過了。

對於發達國家來說，繼續享受舒適的生活似乎理所應當，而對於發展中國家來說他們一直希望獲得舒適的生活，可持續性就必須是我們設計理念的基石。不能僅僅減少對不可再生能源的利用，和減少污染，我們還需要設計可持續的建築，依賴可再生的能源來提供大部分或全部的能量需求，並排除污染。

最有前途的可再生能源技術之一就是光電（PV）能。光電能的確是一種杰出的利用太陽光產生電能的方法，無須考慮能源供應和環境污染。據估計，地球接受僅僅一小時的太陽能就等于人類一年消費的能量總和。光電是一種固態裝置，只是簡單地運用太陽光來產生電能，無噪音，幾乎不需維護，無污染，幾乎沒有物質資源的損耗。

光電能的發展，最初採用單機形式，或者無須電網系統，發展緩慢。在1992至1999年間，總裝機能量每年增長20%~31%。這種增長速度在2001年和2002年增加到了34%。從表2能够看出，這種增長主要是由於在日本（184MW）和德國（82.6MW）的引人注目的發展。事實上，在2002年安裝的1328MW中，幾乎80%是安裝在了日本和德國。2002年，日本擁有最高的人均安裝能量（5W/人），超過德國（3.37W/人）和瑞士（2.67W/人）。

光電在很多方面都非常實用。例如，同樣的技術能够為水泵、打穀機提供能量，還可以為發展中國家提供通訊和鄉村電氣化，還可以為工業國家提供建築物和輸電線路的能量。很清楚，利用太陽能設計將成為未來的標準。

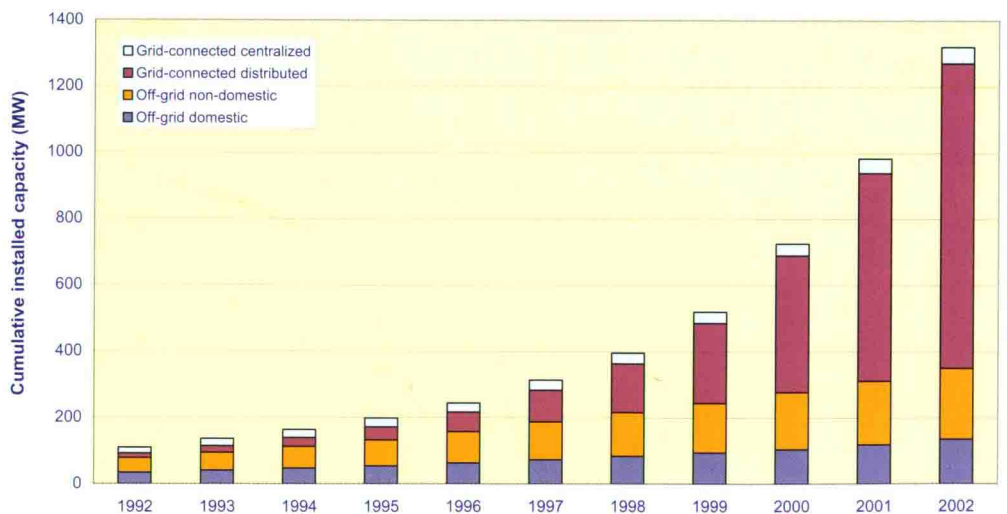


圖1：1992—2002年國際能源局（IEA）按照報告國家的使用區域分布的連續裝機光電能

Source: IEA Photovoltaic Power Systems Program (PVPS); [www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)

| Country            | 1992  | 1993  | 1994  | 1995  | 1996  | 1997  | 1998  | 1999  | 2000             | 2001              | 2002               |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------------------|--------------------|
| Australia          | 7.3   | 8.9   | 10.7  | 12.7  | 15.7  | 18.7  | 22.5  | 25.3  | 29.2             | 33.6              | 39.1               |
| Austria            | 0.6   | 0.8   | 1.1   | 1.4   | 1.7   | 2.2   | 2.9   | 3.7   | 4.9              | 6.6               | 9.0                |
| Canada             | 1.0   | 1.2   | 1.5   | 1.9   | 2.6   | 3.4   | 4.5   | 5.8   | 7.2              | 8.8               | 10.0               |
| Switzerland        | 4.7   | 5.8   | 6.7   | 7.5   | 8.4   | 9.7   | 11.5  | 13.4  | 15.3             | 17.6              | 19.5               |
| Denmark            |       | 0.1   | 0.1   | 0.1   | 0.2   | 0.4   | 0.5   | 1.1   | 1.5              | 1.5               | 1.6                |
| Germany            | 5.6   | 8.9   | 12.4  | 17.8  | 27.9  | 41.9  | 53.9  | 69.5  | 113.8            | 194.7             | 277.3 <sup>1</sup> |
| Spain              | 4.0   | 4.6   | 5.7   | 6.5   | 6.9   | 7.1   | 8.0   | 9.1   | 9.1 <sup>2</sup> | 16.0 <sup>3</sup> | 16.0 <sup>4</sup>  |
| Finland            | 0.9   | 1.0   | 1.2   | 1.3   | 1.5   | 2.0   | 2.2   | 2.3   | 2.6              | 2.7               | 3.1                |
| France             | 1.8   | 2.1   | 2.4   | 2.9   | 4.4   | 6.1   | 7.6   | 9.1   | 11.3             | 13.9              | 17.2               |
| United Kingdom     | 0.2   | 0.3   | 0.3   | 0.4   | 0.4   | 0.6   | 0.7   | 1.1   | 1.9              | 2.7               | 4.1                |
| Israel             | 0.1   | 0.1   | 0.2   | 0.2   | 0.2   | 0.3   | 0.3   | 0.4   | 0.4              | 0.5               | 0.5                |
| Italy              | 8.5   | 12.1  | 14.1  | 15.8  | 16.0  | 16.7  | 17.7  | 18.5  | 19.0             | 20.0              | 22.0               |
| Japan              | 19.0  | 24.3  | 31.2  | 43.4  | 59.6  | 91.3  | 133.4 | 208.6 | 330.2            | 452.8             | 636.8              |
| South Korea        | 1.5   | 1.6   | 1.7   | 1.8   | 2.1   | 2.5   | 3.0   | 3.5   | 4.0              | 4.8               | 5.4                |
| Mexico             | 5.4   | 7.1   | 8.8   | 9.2   | 10.0  | 11.0  | 12.0  | 12.9  | 13.9             | 15.0              | 16.2               |
| Netherlands        | 1.3   | 1.6   | 2.0   | 2.4   | 3.3   | 4.0   | 6.5   | 9.2   | 12.8             | 20.5              | 26.3               |
| Norway             | 3.8   | 4.1   | 4.4   | 4.7   | 4.9   | 5.2   | 5.4   | 5.7   | 6.0              | 6.2               | 6.4                |
| Portugal           | 0.2   | 0.2   | 0.3   | 0.3   | 0.4   | 0.5   | 0.6   | 0.9   | 1.1              | 1.2               | 1.7                |
| Sweden             | 0.8   | 1.0   | 1.3   | 1.6   | 1.8   | 2.1   | 2.4   | 2.6   | 2.8              | 3.0               | 3.3                |
| USA                | 43.5  | 50.3  | 57.8  | 66.8  | 76.5  | 88.2  | 100.1 | 117.3 | 138.8            | 167.8             | 212.2              |
| Total <sup>5</sup> | 109.9 | 136.2 | 163.9 | 198.6 | 244.7 | 314.0 | 395.7 | 520.0 | 725.8            | 990.0             | 1,327.7            |

1. 包括無輸電線路估計數據

2. 未提供數據:1999末裝機功率

3. 數據來自IEA統計局

4. 數據來自IEA統計局（數據為前一年數據，2002年數據無）

5. 合計反應的是保守“最佳估計”，根據IEA-PVPS計劃各成員國前一年的最新更新信息

圖2：2002年末IEA成員國  
累計安裝PV數量

Source: IEA PVPS; www.iea-pvps.org

## 光電建築集成的時機

能量規劃師一直設想用大型太陽能工廠來覆蓋廣闊的沙漠。雖然這一設想擁有許多有利的特點，但是在經濟投入方面仍需要細心的調查研究。地面PV系統需要占據土地，從而在土地上來安裝PV系統。土地的成本和場地建設的成本相當可觀。在歐洲、日本和許多其他國家缺乏大面積的開闢地域，使得建設像位于加利福尼亞州薩科拉曼多市那樣的大型獨立式PV系統受到限制（見圖3）。

隨著對太陽能電需求的增加，越來越多的意見認為能夠在使用地點或使用地點附近提供電能的分散式PV系統是商業推廣的首要選擇。分散式PV系統是非常合理的。

- 提供輸電線路支持，特別是在夏季峰值負荷地區。
- 排除傳輸和配電過程中的成本和損耗。
- 建立一個多樣化的有彈性的能源系統。
- 不需任何特殊許可或批准。
- 可以快速推廣使用。



圖3：薩科拉曼多市  
(SMUD) 光電光生伏  
打陣列及背景中的核  
冷却塔

Source: Warren Gretz

最受人關注的配電應用是獨立建築物的PV能量系統，具有以下優勢：

- 建築和建築內部的運作消耗主要電力。
- 房地產不受建築物的限制。
- 對於支持PV系統的土地或PV系統本身無須支付房地產稅。
- 沒有場地開發成本——是建築物建設的一部分。
- 相互聯系的作用已經存在以服務建築（大多數情況）。
- PV能夠給用戶的零售電價帶來實惠。
- PV可以減少用戶電費，並且在時段電價情況下也相當經濟。
- PV能夠減少二氧化碳排放量。

將PV元素在建築中集成，就是所謂的光電建築一體化（即BiPV），常常作為建築物外牆而分布在世界各地。在過去的幾年中來自14個國家的PV專家曾經在國際能源局的光電能系統執行協議中精誠合作來優化此系統。歐洲、日本、美國和澳大利亞的建築師們現在也開始將太陽能系統融入其建築中的創新設計方案。

BiPV還有許多其他的優點：

- 建築本身成為能够承載PV的結構。
- 系統電氣界面方便實用——僅連接在一個配電盤上。
- BiPV的組件替代了傳統建築材料和人力，減少了PV系統的淨安裝成本。
- 就地取電可以引入更多的能量。
- 建築精美，一體化程度高的系統使市場反應更佳。
- BiPV系統為建築物的主人提供了更高的視覺效果。

配備BiPV系統的建築物，開發商已經為其建築立面和屋頂材料以及安裝支付了費用。土地費用也同樣已經支付，基礎結構也已經就位，建築物也已經連接了電力設備，並且也已經開始運行了，開發商只需將PV作為整體項目的一部分來投資。另外的一個優點來自於將BiPV分布在一個開闊的地理區域內的大量建築物上，減輕當地天氣條件對其的影響，從而獲得彈性比較強的供應來源。

## 低能設計，BiPV的先決條件

很清楚，將PV與建築環境進行一體化設計可以緩解相當大範圍內的能源需求，並且可以減少二氧化碳排放。同樣很清楚的是，正在設計中的新建築和現存建築翻新方法都更加豐富，可以在能源消耗和環境影響方面產生相當的影響。

在發達國家中，許多政府支持的設計公司都從事研究工作，以設定各種類型建築物的能源使用標準。這些標準大多數指出了可能緩解能源需求，以及減少二氧化碳排放的方法。建築物的設計在過去的一個世紀裏對能量的使用和對環境的影響考慮的很少。因此經研究表明，現存的以極低效率運行的建築物大有提高效率的可能性，這一點兒都不令人意外。在澳大利亞，一項由澳大利亞溫室辦公室發起，并由SOLARCH集團和EMET顧問公司進行的調查表明，為了滿足在非住宅性建築物中部分性地降低二氧化碳排放量的目的，需要縮減30%的建築物能源使用量。根據《京都議定書》

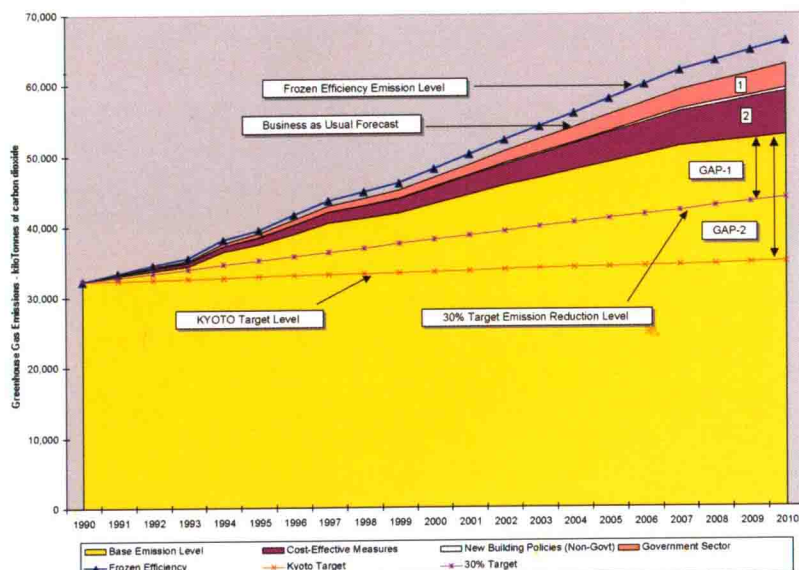


圖2：1990-2010澳大利亞商業部GHG預測目標  
Source: EMET Consultants Pty Ltd and SOLARCH Group, New South Wales, Australia

的要求，在1990-2010年期間還要達到更高的要求。圖4就強調了這一結果。

低能設計無疑成為了所有可持續建築的先決條件，特別是那些配備了BiPV的建築。這意味着不能再有能源浪費，特別是當能源來自於非常寶貴的創新技術，例如PV。

## 被動式太陽能辦公室與節能車間

被動式太陽能設計包括利用自然力量例如太陽力和風力來為生活空間供暖、制冷以及照明。設計精良的建築物充分利用了材料自然能量特點，由日照產生的空氣減少了購買公共能源來控制溫度和照明的需求。

最近，英國能源技術支持部門委托研究了三個郊區辦公建築開發項目。顧問們請求為特定的客戶在特定地點設計三個低能寫字樓。隨後對設計及其節能性進行了分析，並將其與傳統設計的空調建築進行了對比。在低能設計和作為參考對比的寫字樓之間，平均節能差值為52%，能量成本節省49%。建設資金成本與傳統建築相當，二氧化碳排放量減少15%。