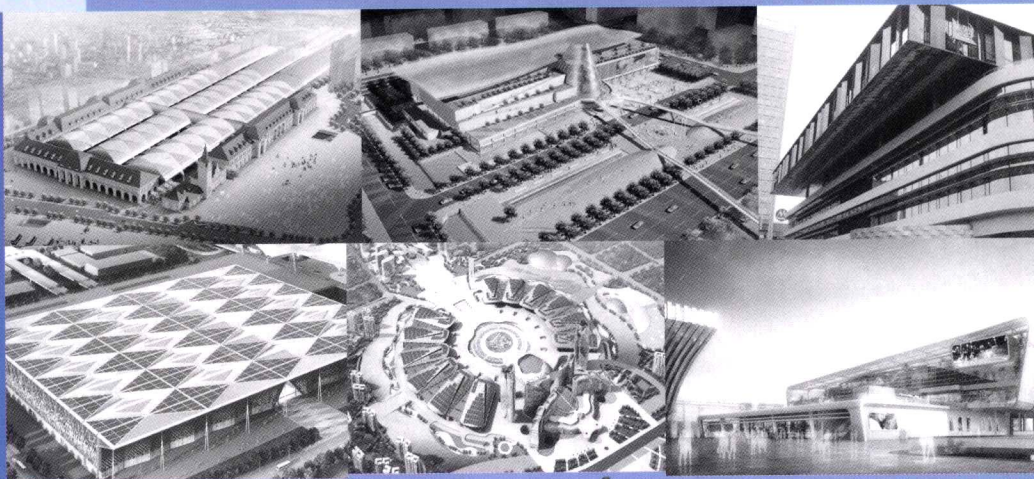


太阳能光伏建筑一体化工程 设计与案例

Building Integrated Photovoltaic Engineering
DESIGN AND CASE



李现辉 郝 斌 主编

中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

太阳能光伏建筑一体化工程 设计与案例

Building Integrated Photovoltaic Engineering
Design and Case

李现辉 郝 斌 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏建筑一体化工程设计与案例/李现辉,
郝斌主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 3
ISBN 978-7-112-14015-2

I. ①太… II. ①李…②郝… III. ①太阳能住宅—
建筑设计 IV. ①TU241.91

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第013751号

本书以推动我国光伏建筑一体化发展为目的,介绍了当前国内外光伏产业发展及其在建筑领域应用情况,并结合光伏建筑发展趋势和存在问题,提出我国推进光伏建筑一体化思路;系统地提出了光伏建筑一体化工程设计的流程及设计要点,重点对规划和设计阶段光伏系统的设计思路进行阐述,并对建筑中常用的光伏构件及安装形式进行分类和展示,旨在引导人们从建筑、技术、美学等多角度综合考虑光伏在建筑中的应用,进而真正将光伏元素融入建筑范畴中;同时还梳理了近年来国内光伏建筑一体化应用典型案例,注重工程实践中一体化设计理念、集成技术以及能效水平的介绍。

本书可供从事建筑节能工作的科研人员、设计人员以及施工人员使用,也可作为高等学校建筑节能类专业高校师生的辅导教材。

* * *

责任编辑: 张文胜 姚荣华

责任设计: 董建平

责任校对: 王誉欣 王雪竹

太阳能光伏建筑一体化工程设计与案例

Building Integrated Photovoltaic Engineering Design and Case

李现辉 郝斌 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京杰诚雅创文化传播有限公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 17¼ 字数: 360千字

2012年3月第一版 2012年3月第一次印刷

定价: 89.00元

ISBN 978-7-112-14015-2

(22061)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)



本书编委会

主 任：仇保兴

副 主 任：陈宜明 武 涌 韩爱兴 杨 榕 梁俊强 姜中桥

委 员：孙 志 张福麟 王建清 陈 新 仝贵婵 胥小龙

马胜红 王斯成 仲继寿

主 编：李现辉 郝 斌

副 主 编：李仲明 刘 刚 曾 雁

编 写 组：刘幼农 郭梁雨 姚春妮 马文生 肖 晨 梁传志

程 杰 刘 珊 林 泽 戚仁广 李旋旗 陈光明

黄俊鹏 罗 多 吴 军 李恩君 李粉莉 何 清

洪崇恩 李水生 仇展炜 洪砚辉 李 毅 曹红彬

主编单位：住房和城乡建设部科技发展促进中心

参编单位：北京太阳能研究所有限公司

中国建筑标准设计研究院

中国建筑设计研究院

中国科学院电工研究所

国际铜业协会

珠海兴业绿色建筑科技有限公司

威海中玻光电有限公司

武汉日新科技股份有限公司

深圳市拓日新能源科技股份有限公司

广东金刚玻璃科技股份有限公司

公元太阳能股份有限公司

浙江正泰新能源开发有限公司

新奥太阳能有限公司

深圳创益科技发展有限公司

中建（长沙）不二幕墙装饰有限公司

欧贝黎新能源科技股份有限公司

序

我国是能源需求大国，2010年全年能源消费总量超过32亿吨标准煤，“十一五”期间能源消费总量增加近10亿吨标准煤，经济增长方式转变和能源供应结构调整是我国必须面对和解决的问题。党中央、国务院高度重视新能源与可再生能源推广，明确提出2020年非化石能源占一次能源消费比例达到15%的战略目标，要完成这一目标，包括水电、核电以及太阳能、风能、地热能都将面临巨大的发展前景，但推广的任务也十分艰巨。

发达国家城镇化发展历程表明，随着城市化率的提高，建筑领域的能耗和排放均会快速增长，建设终端能耗会占到全社会总能耗的40%左右。当前我国正处于城镇化迅速发展时期，城镇化进程加快必将引起建筑用能的持续增长，加剧能源供求矛盾和环境污染状况。国务院《“十二五”节能减排综合性工作方案》中明确提出，到2015年单位国内生产总值能耗比2010年下降16%。完成这一目标，建筑领域节能减排举足轻重。

在可再生能源中，太阳能无疑是一种安全清洁、普遍广泛和具有潜力的替代能源。我国太阳能资源十分丰富，太阳能的开发及应用，对于满足日益增长的能源需求，减少对传统化石能源的依赖具有重要意义。太阳能自身具有低品位、分布广的特点，最适宜在建筑领域推广。在建筑领域应用光伏发电，不需要对电网进行改造，可直接用于建筑本身用能需求，有效减少大量的输变电损失，而且可在迎峰度夏阶段较好地起到削峰作用，减少高峰电力需求。同时可以有效利用建筑屋顶和幕墙，减少土地利用，光伏构件与建筑一体化安装，具备建筑功能并可改善建筑遮阳、隔热性能。推动太阳能光伏建筑应用是促进建筑节能的重要内容，对缓解城乡建设领域能耗需求，调整能源结构具有十分重要的现实意义。

近年来，太阳能光伏建筑市场迅速发展。2009年，为应对金融危机对我国光伏产业的冲击，按照党中央国务院“保增长、调结构、扩内需”的战略部署，我部联合财政部启动“太阳能屋顶计划”，通过组织实施精品工程，引导地方出台产业激励政策，促进技术标准体系完善，加快了太阳能光伏建筑一体化应用产品的研发和应用，拓展了国内光伏建筑市场，促进了光伏产业健康发展，取得了良好的政策效果。

本书以推动我国光伏建筑一体化发展为目的，介绍了当前国内外光伏产业发展及其在建筑领域应用情况，并结合光伏建筑发展趋势和存在的问题，提出我国推进光伏建筑一体化的思路；系统提出了光伏建筑一体化工程设计的流程及设计要点，重点对规划和设计阶段光伏系统的设计思路进行阐述，并对建筑中常用的光伏构件及安装形式进行分类和展示，旨在引导人们从建筑、技术、美学等多角度综合考虑光伏在建筑中的应用，进而真正将光伏元素融入建筑范畴中；同时还梳理了近年来国内光伏建筑一体化应用典型案例，注重工程实践中一体化设计理念、集成技术以及能效水平的介绍。相信本书的出版对指导我国太阳能光伏建筑一体化工程应用实践研究会发挥积极作用。

借本书出版发行之际，向在为推动我国建筑节能减排领域和光伏建筑应用发展而努力工作、积极改革、大胆实践的同志们表示诚挚的谢意，也衷心地希望本书的出版能够为促进我国太阳能光伏建筑一体化产业的蓬勃发展做出贡献！

住房和城乡建设部副部长

孙金奎 博士

2011年12月

前言

随着我国工业化和城镇化的加快和人民生活水平提高,建筑用能迅速增加。我国太阳能资源丰富,开发利用太阳能是提高可再生能源应用比重,调整能源结构的重要抓手。城乡建设领域是太阳能光伏技术应用的主要领域之一,利用太阳能光伏转换技术,解决建筑物、城市广场、道路及偏远地区的照明、景观等用能需求,对替代常规能源,促进建筑节能具有重要意义。

近年来,我国光伏产业呈现快速增长态势,目前已经成为世界第一大太阳能电池生产国,有一批具有国际竞争力和国际知名度的光伏生产企业,已形成具有规模化、国际化、专业化的产业链条。但目前国内市场需求不足,过度依赖国际市场,加大了市场风险,在一定程度上影响了产业发展。推动光伏建筑应用,拓展国内应用市场,将创造稳定的市场需求,促进我国光伏产业健康发展。

2009年7月,财政部、住房和城乡建设部在条件适宜的地区,组织支持开展一批光伏建筑应用示范工程,实施“太阳能屋顶计划”,目的在于实践中突破与解决光伏建筑一体化设计能力不足、光伏产品与建筑结合程度不高、光伏并网困难、市场认识低等问题,从而激活市场供求,启动国内应用市场。在财政部、住房和城乡建设部的部署和指导下,2011年住房和城乡建设部科技发展促进中心组织并开展了“十二五”国家科技支撑计划——“太阳能综合利用新技术”课题研究工作,旨在推进我国太阳能光伏建筑一体化技术的推广应用。希望本书的出版对提高光伏建筑一体化的设计水平和推动我国光伏建筑一体化的发展发挥作用。

全书分为3篇。第1篇主要从国内外光伏产业发展及建筑领域应用情况出发,重点论述了光伏建筑一体化应用的特点和综合效益,并对光伏建筑发展趋势和我国推进光伏建筑一体化的思路进行介绍。第2篇主要论述了光伏建筑一体化工程设计。首先提出设计流程及设计要点,然后重点阐述在规划和建筑设计阶段进行光伏系统设计的原则和思路,最后对常见的光伏组件与建筑集成方式进行分类和介绍;第3篇汇编了近年来我国光伏建筑一体化应用中的一些典型案例,从工程应用角度出发,对光伏建筑一体化的设计、光伏构件与建筑集成、系统能效以及运行维护等进行了详细介绍。

本书得到了住房城乡建设部建筑节能与科技司、财政部经济建设司各级领导的指导和大力支持,在此表示衷心感谢!“十二五”课题组成员及专家认真参与本书的编制和修改工作,给予很大帮助,十分感谢!本书的出版还得到了美国能源基金会、国际铜业协会的鼎力支持,在此深表谢意!此书的出版凝聚了全体编写人员的智慧和劳动,是所有参编单位共同努力、团结协作的结果,在此深表谢意!

虽然作者们为本书的撰写竭尽全力,但限于水平,书中难免存有不妥和疏漏之处,敬请读者给予批评指正。

编写组

2011年12月于北京

目 录

	第1篇	太阳能光伏与建筑一体化应用现状及趋势
002	第1章	概述
004	第2章	国外光伏产业发展及其在建筑中应用状况
004		2.1 国外光伏产业及光伏建筑发展状况
015		2.2 国外光伏认证
019	第3章	国内光伏产业发展及其在建筑中应用状况
019		3.1 我国的太阳能资源
020		3.2 我国太阳能资源分布量
020		3.3 发展历程
025		3.4 产业现状
032		3.5 国内光电建筑应用现状
033		3.6 国内光伏认证现状
035	第4章	光伏建筑一体化
035		4.1 概述
036		4.2 光伏与建筑系统结合形式分类
037		4.3 光伏与建筑一体化的定义
038		4.4 光伏与建筑一体化优点
039		4.5 光电建筑技术美学
047		4.6 光伏与建筑一体化综合效益
054		4.7 光伏与建筑一体化应用的制约因素
055	第5章	光电建筑发展趋势
055		5.1 并网发电系统
056		5.2 光电建筑技术发展趋势
063	第6章	推进光伏与建筑一体化发展的思路
063		6.1 推进光伏产业快速发展
064		6.2 完善光电建筑应用技术标准
069		6.3 建立光电建筑应用认证体系
	第2篇	光伏建筑一体化工程设计
076	第7章	太阳能光伏系统
076		7.1 并网光伏系统
077		7.2 独立光伏系统
078		7.3 光伏系统的选择
080		7.4 建筑光伏系统设计要点
086	第8章	光伏建筑一体化设计
086		8.1 设计流程

目 录

087		8.2	设计要点
087		8.3	建筑设计
095		8.4	案例分析
101	第9章		光伏构件的选用与安装
101		9.1	光伏构件选用
105		9.2	光伏构件安装
132	第10章		光伏建筑设计中的问题与对策
132		10.1	加快光伏知识普及
132		10.2	加强多专业分工协作
133		10.3	注重技术与艺术平衡
133		10.4	完善设计规范和构造图集
	第3篇		光伏建筑一体化工程案例
136	第11章		仰天岗自然科学博物馆
136		11.1	光伏构件
141		11.2	并网系统设计
142		11.3	光伏系统能效分析
145		11.4	成本与综合效益分析
149		11.5	系统运行维护
150	第12章		威海市民文化中心
150		12.1	光伏构件
152		12.2	光伏系统设计
154		12.3	并网系统设计
154		12.4	光伏系统能效分析
156	第13章		广州珠江城
156		13.1	光伏构件
159		13.2	光伏系统设计
160		13.3	光伏系统能效分析
162	第14章		青岛火车站
162		14.1	光伏构件
165		14.2	光伏系统设计
166		14.3	并网系统设计
167		14.4	远程监控系统
168		14.5	光伏系统能效分析
170	第15章		住房和城乡建设部主楼屋顶光电建筑一体化项目
170		15.1	光伏构件
174		15.2	并网系统设计

目 录

177		15.3	远程监控系统
179		15.4	系统能效分析
180		15.5	系统运行维护
184	第16章		淮安清河文展中心光伏屋面并网光伏发电
184		16.1	光伏构件
186		16.2	光伏系统设计
188		16.3	光伏系统能效分析
190	第17章		广东金刚玻璃公司园区内400kW厂房改造项目
190		17.1	光伏构件
194		17.2	光伏系统设计
195		17.3	光伏系统能效分析
198	第18章		湖北黄金山科技园一期
198		18.1	光伏构件
203		18.2	光伏系统设计
204		18.3	远程监控系统
204		18.4	系统运行维护
207	第19章		珠海东澳岛文化中心及综合楼光伏建筑一体化改建工程
207		19.1	光伏构件
209		19.2	光伏系统设计
210		19.3	光伏系统能效分析
213	第20章		日新科技光伏工业园
214		20.1	光伏构件
217		20.2	远程监控系统
219	第21章		深圳拓日光伏工业园办公大楼
219		21.1	光伏构件
222		21.2	光伏系统能效分析
224	附录1		国家推动太阳能光伏发电应用的有关政策法规
245	附录2		地方推动太阳能光伏发电应用的有关政策和措施
264	参考文献		

第1篇

太阳能光伏与建筑一体化应用现状及趋势



第1章 概 述

能源是国民经济发展和人民生活水平提高的重要物质基础。当前我国能源供应主要依赖煤炭、石油、天然气等化石能源,但化石能源的资源有限性和开发利用带来的环境问题严重制约着经济和社会的可持续发展。随着全球经济的快速发展,煤炭、石油等不可再生能源供应日趋紧张,开发使用新能源已成当务之急。太阳能作为一种丰富、洁净和可再生的新能源,它的开发利用对缓解能源危机、保护生态环境和保证经济的可持续发展意义重大。

太阳能是资源最丰富的可再生能源,具有独特的优势和巨大的开发利用潜力,目前尚未被人们充分认识。充分利用太阳能有利于保持人与自然的和谐相处及能源与环境的协调发展。人类对太阳能的早期利用主要是光和热,光伏发电技术的出现为太阳能利用开辟了广阔的领域。20世纪90年代以来,太阳能光伏发电的发展很快,已广泛用于航天、通信、交通,以及偏远地区居民的供电等领域,近年来又开辟了太阳能路灯、草坪灯和屋顶太阳能光伏发电等新的应用领域。进入21世纪以来,世界太阳能光伏发电产业快速发展,市场应用规模迅速扩大,太阳能光伏发电有可能在不远的将来从根本上改变能源生产、供应和消费方式,给能源发展带来革命性的变化。近年来在国家政策的引导和推动下,先后启动光电建筑一体化工程和“金太阳”工程,我国光伏发电产业以前所未有的速度迅速发展。目前我国已经成为世界上产量最大的太阳能电池生产国,2010年我国太阳能光电系统累计安装量约达到了500MWp。

然而,与发达国家太阳能光伏发电产业的发展相比,我国太阳能光伏发电产业基础薄弱,关键设备仍需进口,内在需求不稳定,光伏系统和相关部件的产品质量和技术水平还有待进一步提高。同时,上网政策未出台,缺乏长期稳定的激励政策和长效发展机制,光伏发电成本还需不断降低等。因此,对我国太阳能光伏发电产业而言,还有大量工作需要去完成。

城乡建设领域是太阳能光伏技术应用的重要领域。目前建筑耗能已与工业耗能、交通耗能并列,成为我国能源消耗的三大“耗能大户”,尤其是建筑耗能伴随着建筑总量的攀升和居住舒适度的提升,呈急剧上扬趋势。建筑节能事业存在广阔的市场需求,同时也面临着巨大的压力,新的节能材料已受到社会的高度关注。太阳能光电建筑一体化(Building Integrated Photovoltaic, BIPV),正是用优势的能源利用方式来解决巨大的建筑能耗,是“建筑物产生能源”的一种全新的建筑概念。

加快发展我国太阳能光伏发电产业,是做大经济总量,调优产业结构,推进经济转型,提升国家整体竞争力的必然选择。发展光伏产业的同时注重

相关技术的创新与积累，为以后的可持续发展打下坚实的基础。当下我国正处于城镇化的高潮期，每年的建设面积总量达 20 亿 m^2 之多，而且此阶段还将持续 30 年以上。我国未来 30 年的建筑总量将超过历史形成的既有建筑总量，这些建筑的能源使用效率将决定我国能耗水平和 CO_2 气体排放量。城乡建设领域是太阳能光伏技术应用的主要领域，因此要把握这一“空前绝后”的建设机遇，大力推广太阳能建筑一体化，开发节能建筑的市场潜力，探索能源与环境的可持续发展路径。

第2章 国外光伏产业发展及其在建筑中应用状况

2.1 国外光伏产业及光伏建筑发展状况

光伏产业是世界发展速度最快的行业之一。为了实现能源和环境的可持续发展，世界各国将太阳能光伏作为新能源发展的重点，在各国政府、特别是发达国家政府的大力扶持下，世界光伏产业发展迅猛。2010年，全球太阳能电池产量达到27GW，比2009年增长118%，截至2010年年底，全世界太阳能电池产能达到37GW（见图2-1）。2010年，全球光伏市场延续了过去强劲的增长，据初步统计，太阳能光伏市场新增16.6GW（见图2-2），与2009年新增装机7.2GW相比，年增速超过100%，全球累计装机接近40GW（见图2-3），年发电量达到50TWh，全球光伏新增市场迈进10GW时代。

国外对太阳能光伏建筑一体化系统的研究开始于20世纪70年代，经历了从示范到推广，从屋顶安装光伏到与建筑集成应用，进而将光伏组件作为一种新型建筑材料的发展历程。发达国家相继推出光伏与建筑一体化项目和计划，如表2-1所示，并颁布了相应的激励政策来推动该技术的推广和应用。譬如德国、美国、日本等一些发达国家，在光伏与建筑一体化方面已经有了相当成熟的设计经验和技术水平。

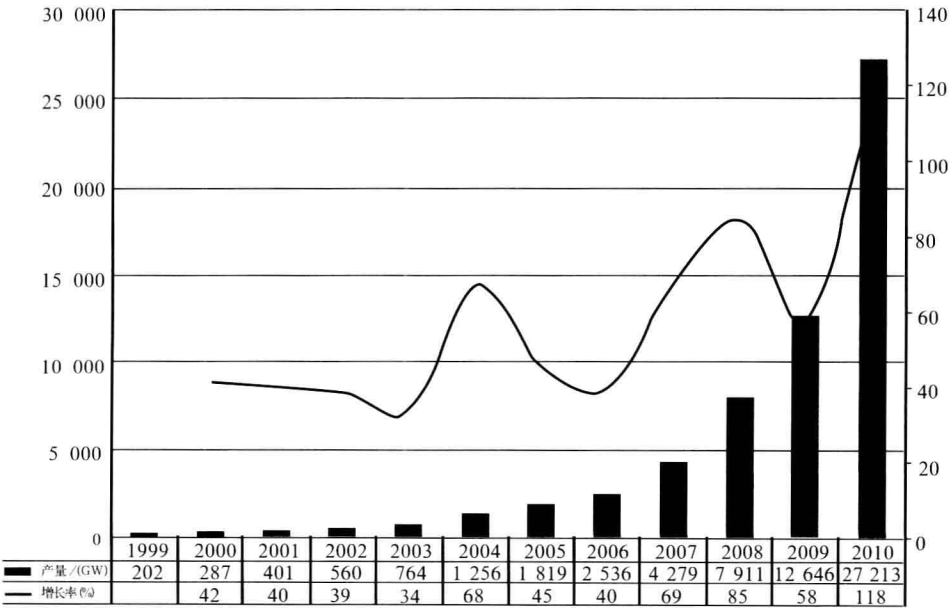


图 2-1
世界太阳能电池
产量变化趋势
[资料来源:Photon
国际]

2.1.1 日本

日本所处纬度区域与我国部分地区相同，也有很丰富的太阳能资源。20世纪90年代中期，日本政府制定了一个庞大的太阳能光伏发电“屋顶计划”，计划在10～15年内，在日本民用住宅的屋顶上安装户用太阳能光伏发电系统，总装机容量将达200MW_p。为此，一方面日本政府拨出80亿日元

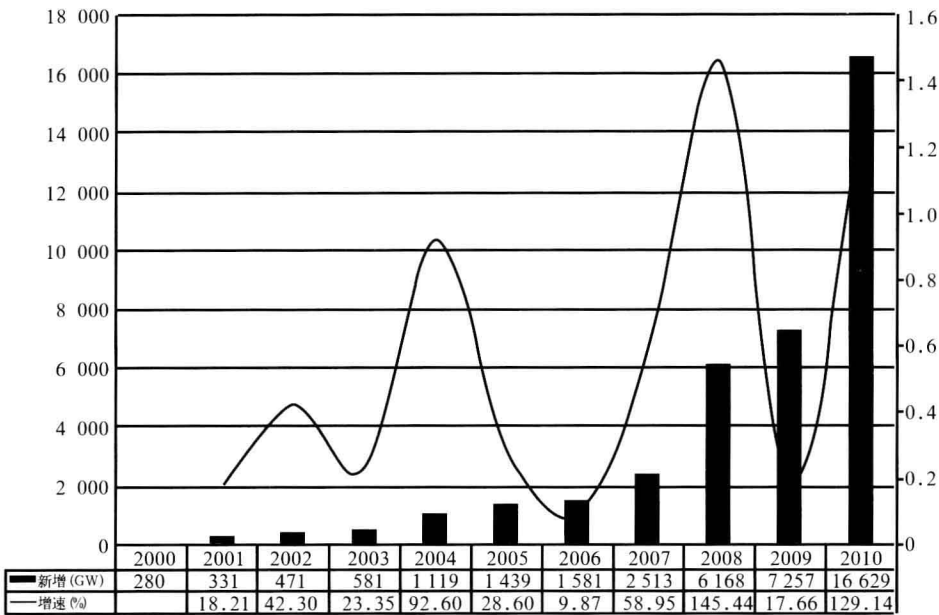


图 2-2
2000～2010年
世界光伏发电
新增装机容量
[资料来源:Global
market outlook for
photovoltaics until
2015, EPIA, 2011]

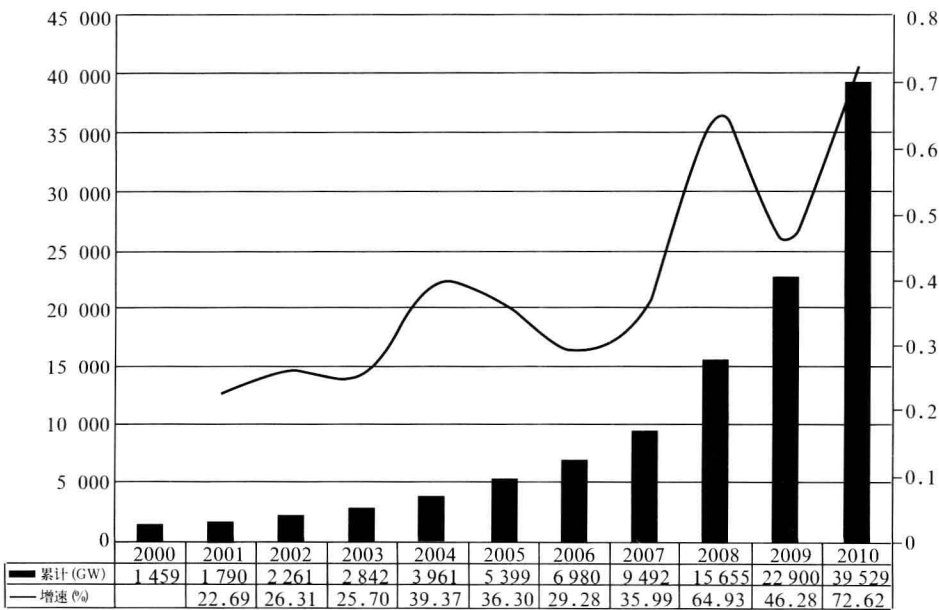


图 2-3
2000～2010年
世界光伏发电
累计装机容量
[资料来源:Global
market outlook for
photovoltaics until
2015, EPIA, 2011]

用于太阳能电池的规模化生产，目的是降低太阳能电池成本；另一方面政府资助一些大学、研究所和企业进行开发研究。如三洋电气公司推出了多种非晶硅电池与建筑材料相结合的产品：一种是做成曲线形瓦片形状，每片面积为 305cm^2 ，输出功率为 2.7Wp ；另一种是 $90\text{cm} \times 35\text{cm}$ 的平板非晶硅光伏组件，组件背面有扣件便于安装，一般用做屋顶材料。三洋电气公司还推出了半透明和不透明玻璃衬底的非晶硅光伏组件，用于商业建筑物的垂直幕墙。

日本是最早制定扶持光伏产业发展政策的国家。1990 年，日本修改《Electric Utility Industry Law》的技术规范与规则，取消了对光伏并网发电的限制和障碍， 100KW 以下的光伏并网不需要任何程序申请和批复， $100 \sim 150\text{KW}$ 也只是备案，无需申请和批复。1993 年起开始实施“新阳光计划”，以加速光伏电池、燃料电池、氢能及地热能等的开发利用，其中 2010 年光伏产业发展目标为 4.8GW 。1997 年又宣布实施 7 万太阳能光伏屋顶计划，目标是到 2010 年安装 7.6GW 的太阳能光伏电池。日本实行的是用户补贴政策，即对消费者进行补贴，随着市场的发展和技术的进步而调整。日本非常重视电网系统的稳定性与安全性，并网发电需要履行非常复杂的手续，但为了扶持光伏产业，日本政府在充分考虑失误与风险的前提下，允许光伏发电进入电网系统，对于产业的发展具有极大示范作用。日本政府于 1996 年宣布了可再生能源（包括水电和地热能）的发展目标，计划到 2010 年将占到总的一次能源供应量的 3.1% （或 1900 万吨油当量）。

为了实现以上目标，日本政府制定了相应的研究开发计划、示范工程计划和补贴政策。如 2001 ~ 2005 年的 5 年研究开发计划，包括新一代太阳能电池、大面积非晶硅和多晶薄膜电池的开发，公共应用技术的开发以及远期太阳能电池的开发（如纳米薄膜太阳能电池、染料敏化电池、球状硅电池等）。示范工程包括 BIPV 工程示范、光伏住宅集中并网示范（200 座 3KWp 光伏住宅集中在一个地区进行并网运行）、光伏住宅推广计划（1994 ~ 2002 年已经安装了 80000 套），地方新能源促进计划和企业新能源资助计划等。

日本于 1998 年制订了新的能源战略，要点是努力实现合理有效的稳定供应，将石油需求比例逐步降低到 47% ；大力发展核电；积极开发新能源，使新能源的比例提高到 3% 。为应对石油危机，日本于 1974 年提出了名为“阳光计划”的新能源技术开发计划，在太阳能电池方面的目标是把用于宇航的

部分国家 BIPV 发展计划和政府资助情况

表 2-1

国家	推广计划	目标 (MW)	年度	政府资助
日本	新阳光计划	5000	2010年	33%~50%
德国	10万屋顶计划	300	2005年	38%
意大利	1万屋顶计划	50	2003年	75%~80%
美国	100万屋顶计划	3500	2010年	35%~40%
澳大利亚	1万屋顶计划	20	2004年	50%

技术移植到地面来应用,并加速太阳能电池产业化技术的开发。此后日本又分别于1978年和1989年提出了“节能技术开发计划”和“环境保护技术开发计划”,要求售价降低20%,以便广泛用于通信、路灯和屋外钟等小型电源。同时,由于社会环保意识的提高,人们要求早日用上清洁的可再生能源,政府开展了市场庞大的民用住宅屋顶光电的应用示范工程,并于1993年结束,证明技术上已基本过关,关键是经济性问题。1993年,日本政府将上述三个计划合并成了规模庞大的“新阳光计划”。于1994年启动了“新阳光计划”,提出“新阳光计划”的主要目的是为了在政府领导下,采取政府、企业和大学三者联合的方式,共同攻关,克服在能源开发方面遇到的各种难题。“新阳光计划”的主导思想是实现经济增长与能源供应和环境保护之间的平衡。为保证“新阳光计划”的顺利实施,政府每年要为该计划拨款570多亿日元,其中约362亿日元用于新能源技术开发。“新阳光计划”将发展光伏发电作为国策,以50%的补助额度鼓励居民使用太阳能发电,在光伏发电、太阳能电池的生产发展方面进步很快,目前以每年超过60%的速度增长。日本光伏快速发展的主要经验可以归纳为这样几个方面:作为国策来抓,从长远出发,坚持不懈;通过优惠政策加速推广;在光伏的开发上注重实用化目标。

日本从国土狭小带来的资源短缺和环境容量小等不利条件出发,把发展光伏作为国策,制订长远规划和分段计划,并及时根据当时的主要矛盾采取有效措施推进。如在石油危机后,将光伏作为代替石油的主要措施,纳入阳光计划由日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)统一组织,除抓新技术开发外,还大力资助成熟技术的及时转化,到1988年不仅把过去用于空间的光伏技术转为地面应用,在产量上亦超过美国而居世界第一。1992年巴西环发大会后,环保和生态问题为社会广泛重视,通产省又及时把发展光伏作为改善城乡环境保护和抑制地球生态环境恶化的主要措施纳入新阳光计划,除狠抓新技术的应用开发外,还对居民住宅用屋顶光伏及公共设施用光伏采取了补助造价 $1/3 \sim 1/2$ 的优惠政策。同时从管理上简化,允许按24日元/kWh的家用电价余电上网,使用户约在10年左右收回投资。环境意识的增强加上合理的优惠政策,使光伏产业得到了快速发展;同时生产规模的扩大又促进成本的降低,为加速推广创造了条件,导致2000年的太阳能电池产量跃居世界第一。日本政府为贯彻可持续发展方针,于2000年又颁布了《建设循环型社会基本法》,要求进一步加快发展光伏发电,初步规划到2010年达到5000MW_p,其中住宅用3000MW_p以上,发电成本达25日元/KWh,基本与上网电价相同。2030年达52.5~82GW_p,发电成本达到和常规火电持平的水平。

日本同时颁布了新的净电计量法(2004年12月31日《科学日报》报道),要求电力部门以商品价格购买多余的光伏电量,并实行补贴政策。具体的补贴政策是在安装光伏发电系统时进行工程补贴,这一补贴“逐年递减”,从

一开始补贴 50%，分十年逐年递减，到第十年时补贴减到零。除了光伏系统的安装补贴外，还允许光伏发电系统“逆流”向电网馈电，意味着以同等电价购买光伏系统的发电量。

福島核电站事故发生后，日本政府决定减少对核能的依赖程度，努力发展太阳能及风能等可再生能源，将着手研究开发太阳能发电相关技术，争取到 2020 年时将安装太阳能发电成本降到目前的 1/3，2030 年时降到 1/6，同时还争取在所有能够安装的住宅及大楼顶部安装太阳能电池板。

日本是第一个从能源供应安全、节能减排、技术和产业发展以及民族兴衰安危、国家发展战略的角度认识光伏产业的国家。日本光伏产业的特点是政府全面扶持，企业积极跟进，民众大力配合，政策、技术和市场相互促进。政府政策鼓励技术研发、产品开拓和市场应用，一方面，有效降低了光伏发电的成本，增加了其市场竞争力；另一方面，开拓了产品应用市场，促使产品生产能力不断增强，形成了产业链上各个部分的相互平衡和良性互动。

2.1.2 德国

德国是世界上应用太阳能、实现太阳能建筑一体化的强国，具有“光伏黑洞”之称。从 20 世纪 90 年代，德国就鼓励居民住宅与公共建筑安装光伏发电设备。

“太阳能光伏屋顶计划”是德国率先提出的方案并进行实施。1990 年，德国开始实施“一千屋顶计划”，在私人住宅屋顶上推广容量为 1 ~ 5kW 的户用并网光伏系统。1998 年 10 月提出了在 6 年内安装 10 万套光伏屋顶系统，总容量在 300 ~ 500MW，并于 1999 年开始实施“十万太阳能屋顶”计划；2003 年新增光伏装机容量 120MWp；2004 年通过了《优先利用可再生能源法》，2006 年德国当年光伏装机容量为 750MWp，累计装机 2530MWp，成为世界光伏应用增长最快的国家。

在光伏组件与建筑相结合方面，ASE (Archimede Solar Energy) 所属几家公司分别推出了多种光伏组件，其中有大尺寸 (1.5m × 2.5m) 的无边框非晶硅组件，每块组件功率可达 360W，可用于垂直外墙和倾斜屋顶；也推出了尺寸为 1m × 0.6m 的非晶硅不透明组件，可分别用于屋面、垂直幕墙和窗户。

2000 年首先颁布了《可再生能源法》(EEG 法案)，规定了以对光伏发电上网电价进行补贴的方式，支持光伏产业发展。此后，德国政府在 2004 年对《可再生能源法》进行修正 (2004 年 EEG 修正法案)，掀起了近几年来光伏产业轰轰烈烈的发展。2004 年 EEG 修正法案列出了可再生能源发电量占总体发电量比例的目标：至 2010 年达到 12.5%。然而据德国联邦环境部数据显示，至 2007 年底，可再生能源发电量占总体发电量比例为 14.2%，超过了修正案中列出的比例，提前实现目标。