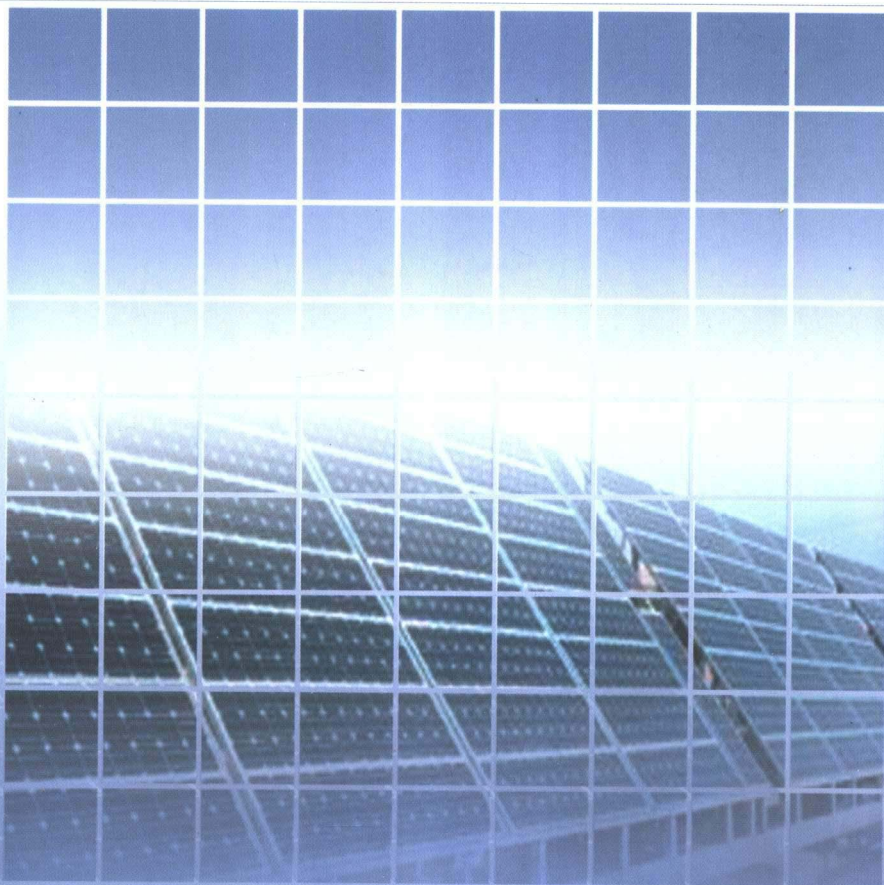


建设部科技发展促进中心

主编 丁国华

太阳能建筑一体化

研究、应用及实例



中国建筑工业出版社

太阳能建筑一体化

研究、应用及实例

■ 建设部科技发展促进中心

藏书

主编 丁国华

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能建筑一体化研究、应用及实例/建设部科技发展促进中心. —北京: 中国建筑工业出版社, 2007
ISBN 978-7-112-08957-4

I. 太... II. 建... III. 太阳能-应用-建筑-研究 IV. TU18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 159933 号

太阳能建筑一体化研究、应用及实例

建设部科技发展促进中心

主编 丁国华

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市书林印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 14½ 字数: 282 千字

2007 年 3 月第一版 2007 年 3 月第一次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 32.00 元

ISBN 978 - 7 - 112 - 08957 - 4

(15621)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

当前，随着太阳能利用科技水平的不断提高，以及人们消费观念的改变，又恰逢绿色奥运的推动，太阳能建筑在我国将会得到前所未有的发展。“十一五”期间，国家还将在产业政策和财政转移支付等多方面给予建筑节能以更大的支持和鼓励。在这样的背景下，建设部科技发展促进中心组织编写了本书，本书较为系统地对太阳能与建筑结合在国际、国内的最新研究动向、应用成果以及实用技术进行了介绍。全书共分三篇，第一篇太阳能与建筑一体化；第二篇示范工程实例；第三篇国外光伏建筑一体化技术介绍。附录中还收录了部分最新的相关法规文件。

本书内容深入浅出、通俗易懂，侧重实用性和科普性，适合太阳能产品生产企业、房地产开发商、建筑设计人员、工程建设者、大专院校学者等读者参考阅读。

* * *

责任编辑：咸大庆 武晓涛

责任设计：董建平

责任校对：王 侠 王金珠

必须加快转变经济增长方式。我国土地、淡水、能源、矿产资源和环境状况对经济发展已构成严重制约。要把节约资源作为基本国策，发展循环经济，保护生态环境，加快建设资源节约型、环境友好型社会，促进经济发展与人口、资源、环境相协调。推进国民经济和社会信息化，切实走新型工业化道路，坚持节约发展、清洁发展、安全发展，实现可持续发展。

摘自《中共中央关于制定“十一五”规划的建议》

组织和参编单位及人员

主 编 单 位：建设部科技发展促进中心

编 委 会 主 任：张庆风

编委会副主任：王日升 王振杰 申文明 朱培世 刘季林
林祥参 杨德山 黄 鸣 康景合

主 编：丁国华

主 审：李 萍 杨西伟 辛 萍 刘军民

参 编 单 位：山东力诺瑞特太阳能公司

山东华元建设集团

山东皇明太阳能集团

无锡高新技术产业发展股份有限公司

北京九阳实业公司

昆明新元阳光科技有限公司

福建三明市聚光太阳能有限公司

福建福州康安康合太阳能有限公司

参 编 人 员：丁润柏 马迎昌 丁 琨 王卫星 王树军

王振杰 张 波 陈振祖 林祥参 徐志斌

游 祥 薛梦华

前 言

改革开放以来,我国建筑业飞速发展,城乡房屋既有建筑面积已超过400亿 m^2 ,近几年全国每年建成的房屋面积约20亿 m^2 ,我国新建建筑已超过欧美发达国家之和。预计在今后相当长的一段时期内,由于我国城市化进程加快,经济持续发展,人民生活不断提高,城乡房屋建设仍将保持现有的增长规模和发展速度。然而,现有的我国城乡建设中,只有3.2亿 m^2 的居住建筑可算作节能建筑,其余99%以上既有建筑仍属于高能耗建筑,新建建筑每年只有不到1亿 m^2 算得上节能建筑,即95%的新建建筑也属于高能耗建筑;这与欧美各发达国家节能建筑普遍化形成了相当大的反差。目前,我国建筑总能耗约占社会终端能耗的20.7%,建筑用电和其他类型的建筑用能占全社会终端电耗的28%。建筑已与工业、农业、交通运输等民生能耗领域并列,成了最主要的耗能领域之一。在能源紧缺的今天,建筑节能已成为全社会关注的热点话题。

太阳能以其永不枯竭、洁净环保的独具特性,为21世纪以后人类可持续利用能源开辟了崭新的途径。太阳能在建筑中的应用,就是要用太阳能来提供和代替常规能源,使建筑具备供暖、空调、热水供应、供电(包括照明、电器)等一系列功能,以满足现代建筑的居住和使用需求。这已成为当今世界各国普遍关注的研究课题,也是现阶段建筑节能最具发展潜力的实用领域。目前,国内太阳能在建筑的应用中,主要存在两大突出问题:一是太阳能热水器的市场应用仍停留在初级阶段。虽然我国太阳能热水器人均保有量位居世界第十位,产业总体上处于国际先进水平,是太阳能热水器的生产和应用大国。但未能实现太阳能热水系统与建筑一体化的应用普及,基本还处于建筑建成后各户独自安装的原始状态,无统一规划、设计,既影响建筑景观,也很难满足为用户全天候稳定提供热水的要求,这与我国太阳能热水器生产与应用的大国地位极不相称。再就是满足现代建筑综合功能需求的太阳能技术落后,由于国内光伏发电研发、应用滞后,用太阳能光伏发电以综合解决现代建筑供暖、空调、热水供应、供电(包括照明、电器)等一系列功能要求,在我国目前市场上几乎是空白,而这项技术在发达国家已相当成熟,且推广普及应用已有多数年,这就

是光伏建筑一体化,这一领域我国与发达国家的差距十分明显。上述问题的存在,尽管有国内研发水平与发达国家存在客观差距的原因,也与我们对太阳能与建筑结合的宣传与推动不够有关。

目前,推动建筑节能时机十分有利。“十一五”期间,国家将在产业政策和财政转移支付等多方面给予建筑节能以更大的支持和鼓励。当前,随着太阳能利用科技水平的不断提高,以及人们消费观念的改变,又恰逢绿色奥运的推动,太阳能建筑在我国将会得到前所未有的发展。为此,编写《太阳能建筑一体化研究、应用及实例》一书,对太阳能建筑一体化在我国的研究、推广、应用和普及,有着十分重要的意义。

本书由建设部科技发展促进中心组织编写,由丁国华任主编负责全面统稿,李萍、杨西伟、辛萍、刘军民等任主审负责审稿。全书共分三篇。第一篇:太阳能与建筑一体化——共8章,由丁国华编写;第二篇:示范工程实例——8个实例,由各示范工程单位供稿,张庆凤、杨西伟等主持课题研究,丁国华统稿;第三篇:国外光伏建筑一体化技术介绍——共7章,由丁国华翻译整理编写;特别感谢郑瑞澄研究员给予本书的指点、外国专家给予的帮助和各示范工程单位对本书编辑出版的支持。

本书较为系统地对太阳能与建筑结合在国际、国内的最新研究动向、应用成果以及实用技术进行了介绍,文字力求深入浅出,通俗易懂。需要说明的是,本书以太阳能产品生产企业、房地产开发商、建筑设计人员、工程建设者、大专院校学者以及广大业内爱好者为读者对象,内容更侧重实用性和科普性;由于时间仓促,水平有限,书中错误疏漏之处难免,敬请读者批评指正。希望通过本书的出版,对太阳能建筑一体化在我国的加快推广、应用和普及,起到积极有益的作用。

编 者

2006年11月

目 录

第一篇 太阳能与建筑一体化	1
第一章 建筑与能源危机	3
第二章 太阳能	6
第三章 太阳能建筑	11
第四章 太阳能建筑一体化	15
第五章 太阳能热水系统与建筑一体化	18
第六章 太阳能热水系统原理介绍	23
第七章 太阳能光伏系统与建筑一体化	30
第八章 太阳能建筑一体化示范工程简介	34
第二篇 示范工程实例	43
实例一 云南丽江滇西明珠示范工程	45
实例二 北京常营小区示范工程	51
实例三 山东德州皇明园林小区示范工程	62
实例四 山东济南力诺阳光科技园示范工程	76
实例五 山东诸城华元办公区示范工程	82
实例六 福建南平武夷花园示范工程	89
实例七 江苏无锡星湖苑小区示范工程	96
实例八 福建泉州中远名城示范工程	104
第三篇 国外光伏建筑一体化技术介绍	109
第一章 光伏技术	111
第二章 光伏模块	120
第三章 光伏系统	131
第四章 光伏建筑一体化 (BIPV)	137
第五章 BIPV 设计与施工要求	147
第六章 市场和应用	157

第七章 太阳能建筑设计实例·····	163
附录 法规 政策 标准 ·····	171
中华人民共和国节约能源法·····	173
中华人民共和国可再生能源法·····	180
民用建筑节能管理规定·····	186
民用建筑太阳能热水系统应用技术规范·····	190
绿色建筑技术导则·····	210

第一篇

太阳能与建筑一体化

第一章

建筑与能源危机

一、能源危机

人类进入 21 世纪，世界经济飞速发展，社会高度发达，现代化进程突飞猛进，对能源的需求与日俱增。与此同时，传统化石能源的加速枯竭以及获得这些能源造成的日趋严重的环境污染，使得人类面临着越来越严重的能源危机，人类自身的生存环境受到相当严重的破坏，人类的可持续发展面临着严峻的挑战。

1. 全球能源消耗形势

不仅是中国，整个世界的发展都面临着能源瓶颈的制约和环境污染的威胁。一百年来，全球能源消耗平均每年呈 3% 的指数增加。20 世纪末，尽管许多发达国家能源消耗基本趋于稳定，但大多数发展中国家由于工业化进程加快，能耗仍在不断增加。据预测，全球未来能源消耗态势仍将以 3% 的速度增长，世界化石燃料生产和消耗将在 2020 年~2030 年间达到高峰。

全球能耗平均呈指数增长趋势所带来的后果十分严重：一方面会愈来愈快地消耗掉常规化石能源储量；另一方面，伴随着化石燃料消耗的增加，大气中 CO_2 的含量相应增加，地球不断变暖，生态环境恶化，自然灾害及其造成的损失会逐年增加。有数据表明，世界化石燃料耗尽时间从现在开始只有几十年的时间。

能源的潜在危机和生态环境的恶化迫使世界各国积极开发可再生能源。在今后的 20~30 年里，全球的能源结构必然发生根本性的变化。专家预测，在 21 世纪 50 年代，新能源与可再生能源在整个能源构成中会占据半壁江山。

2. 中国的能源消耗状况

我国人口众多，人均能源资源占有量低于世界人均值，而且已经探明的常规能源剩余储量（煤炭、石油、天然气等）及可开采年限十分有限

(表 1-1-1), 不到 130 年。

我国能源剩余资源探明储量和可开发年限

表 1-1-1

资源种类	煤炭(亿 t)	石油(亿 t)	天然气(亿 m ³)	水力(GW 装机)
探明可开采储量	1145	33	11704	353
可开采年限	54~81 年	15~20 年	28~58 年	38~104 年

2004 年, 我国一次能源生产量达到 18.46 亿 t 标准煤, 一次能源消耗总量达到 19.7 亿 t 标准煤, 一次能源自给率达到 90%, 我国能源生产和消耗总量约占世界能源生产和消耗总量的 11%, 成为世界第二大能源生产、消耗国。同时, 我国能源消费结构以煤炭为主(表 1-1-2), 是世界上最大的煤炭生产和消费国, 煤炭占商品能源的消费达 67.7%, 已成为我国大气污染的主要来源。

我国以煤炭为主的能源消费结构

表 1-1-2

消费的主要能源	煤炭	石油	天然气、水电、核电、风能、太阳能等
所占比例(%)	67.7	22.7	9.6

到 2020 年, 我国一年的能源需求在 25 亿~33 亿 t 标准煤之间。我国能源的潜在危机比世界总的形势更为严峻, 我国的发展面临着能源瓶颈的制约和环境污染、生态破坏的威胁, 中国要满足急速增长的能源需求, 惟一现实的可能就是选择可再生能源作为能源供应的基础。

二、建筑能耗

建筑能耗是指建筑物在使用过程中所消耗的能源, 包括照明、电器、采暖、制冷、设施、热水、炊事等。

1. 我国的房屋建筑规模

我国人口众多, 经济发展迅速, 城乡房屋既有建筑面积已超过 400 亿 m², 其中城市建筑面积约 160 亿 m², 并将继续快速增加。近几年全国每年建成的房屋面积约 20 亿 m², 其中公共建筑 3~4 亿 m², 我国新建建筑已超过欧美各发达国家之和。预计在今后相当长的一段时期内, 由于我国城市化进程加快, 经济持续发展, 人民生活水平不断提高, 城乡房屋建设仍将保持现有的增长规模和发展速度。

2. 我国建筑能耗的特点

据《中国统计年鉴 2004》及有关资料分析, 我国的建筑耗能具有如下

特点:

(1) 节能建筑数量极少

我国城乡建设中, 只有 3.2 亿 m^2 的居住建筑可算作节能建筑, 其余 99% 以上既有建筑仍属于高能耗建筑, 一年新建成的节能建筑不到 1 亿 m^2 , 即 95% 的新建建筑也属于高能耗建筑。

(2) 建筑能耗在全社会能耗中举足轻重

我国建筑总能耗约占社会终端能耗的 20.7%, 建筑用电和其他类型的建筑用能(炊事、照明、家电、生活热水等)折合成电力约为 5500 亿度/年, 占全社会终端电耗的 28%。建筑已与工业、农业、交通运输等民生能耗领域并列, 成了最主要的耗能领域之一。

(3) 北方城镇采暖是建筑耗能大户

我国建筑年耗能约 9200 亿度电, 其中: 北方城镇建筑采暖用煤约 1.3 亿 t 标煤/年, 占我国 2004 年煤产量的 9.3%。折合 3700 亿度电 (1kWh 电 = 350g 标准煤), 占建筑总能耗的 40.2%。

我国北方城镇建筑单位面积采暖平均能耗折合标准煤为 $20\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{年})$, 为北欧同纬度条件下建筑采暖能耗的 3 倍左右。其主要原因: 一是建筑外围护结构保温不良, 保温水平为北欧同纬度发达地区的 1/3; 二是供热系统效率较低, 集中供热系统损失的热量高达 30%; 三是燃煤、燃气锅炉热源效率不高, 热源节能仍有 15%~20% 的潜力可挖。

各类建筑能耗状况见表 1-1-3。

我国各类建筑能耗状况

表 1-1-3

耗能建筑类别	农村居住建筑	城镇民用建筑(非采暖)			小计	另: 北方城镇民用建筑采暖
		住宅用电	一般公建	大型公建		
建筑面积(亿 m^2)	240	100	55	5	400	65
年耗电(亿度/年)	900	2000	1600	1000	5500	3700
单位面积能耗[(度电/ $\text{m}^2 \cdot \text{年}$)]	7.5	10~30	20~60	70~300	25	57
能耗比例(%)	9.8	21.7	17.4	10.9		40.2

有人测算建筑能耗每降 1% 就相当于节省了一个三峡大坝的发电量, 建筑节能对于促进能源资源节约和合理利用, 加快建设节约型社会, 有着举足轻重的作用。

第二章

太 阳 能

在能源紧缺的今天，煤荒、电荒、燃油涨价、天然气紧缺，已成为人们关注的热点，节水、节电、节约能源成了时下的流行话题，于是新型替代能源、可再生能源前所未有地受到全社会的关注。控制和适度利用传统能源，开发、推广可再生能源已成我国的当务之急。

一、能源的分类

人们通常将能源分为可再生能源与不可再生能源两种。

1. 可再生能源

可再生能源是指在自然界中可以不断再生、永续利用、取之不尽、用之不竭的资源。可再生能源具有对环境无害或危害极小，资源分布广泛，适宜就地开发利用等特性。可再生能源包括太阳能、风能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。太阳能是可再生能源中极为重要的一种。

2. 不可再生能源

不可再生能源是指那些一旦被消耗，在短时间内不可能再恢复的能源。如煤炭、石油、天然气及核能等，这些是我们目前最常用的能源。

因为地球上的不可再生能源十分有限，因此，我们更加关注可再生能源的开发和应用。

二、太阳能资源

太阳能是一种可利用的非常宝贵的可再生能源，是一种取之不尽、用之不竭、清洁的永久能源。

1. 什么是太阳能

太阳能是指太阳所负载的能量，它的计量一般以阳光照射到地面的辐射总量，包括太阳的直接辐射和天空散射辐射的总和。

太阳的能量：太阳是一个巨大的能源，它以光辐射形式每秒钟向太空发射约 3.8×10^{20} MW 能量，有 22 亿分之一投射到地球。在地球大气的边缘，每平方厘米的面积上，每分钟从太阳接受大约 8.15J (1.95cal) 的热量。地球一年从太阳获得的能量达 1.8×10^{18} kWh，这是一个极其巨大的、其他任何能量形式不可取代的能源。

2. 太阳能资源的特点

太阳能是各种可再生能源中最重要的基本能源，生物质能、风能、海洋能、水能等都来自太阳能，广义地说，太阳能包含以上各种可再生能源。太阳能作为可再生能源的一种，则是指太阳能的直接转化和利用。太阳能以其清洁、储量巨大、成本低、无地域限制和能源质量高等众多优点成为可再生能源利用的首选资源。

3. 中国的太阳能资源

有关资料显示，我国具有丰富的太阳能资源，年日照时数在 2200h 以上地区约占国土面积的 2/3 以上，年辐射量超过 600MJ/m²，每年地表吸收的太阳能相当于 17 万亿 t 标准煤的能量，约等于上万个三峡工程发电量的总和。相比较而言，欧洲大部分地区的太阳能年辐射总量仅相当于我国的四类、五类地区（表 1-2-1、表 1-2-2）。

我国不同类别地区的太阳能年辐射总量 (MJ/m²) 表 1-2-1

地区类别	一类地区	二类地区	三类地区	四类地区
年辐射量	>6700	5400~6700	4200~5400	<4200

注：1. 前三类地区占国土面积的 76%；
2. 四川西南、贵州北部低值中心：3340MJ/m²；
3. 西藏南部最高值：9200MJ/m²。

欧洲大部分地区的太阳能年辐射总量 (MJ/m²) 表 1-2-2

地区类别	赫尔辛基	汉堡	斯德哥尔摩	伦敦	维也纳
年辐射量	3320	3428	3553	3637	3887
地区类别	巴黎	米兰	威尼斯	雅典	里斯本
年辐射量	4013	4473	4807	5810	6897

三、太阳能的利用

太阳能利用可以说是一个新兴的产业。特别是 20 世纪 90 年代以后，由于太阳能利用技术的日趋成熟，世界太阳能利用进入了一个新的发