

建筑

与太阳能一体化 技术与应用

TECHNOLOGY AND APPLICATION OF SOLAR
ENERGY INTEGRATION WITH BUILDINGS

朱彦鹏 等著



科学出版社

建筑与太阳能一体化技术与应用

朱彦鹏 等 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是作者团队近 10 年来建筑与太阳能一体化应用研究的总结, 主要介绍建筑与太阳能一体化应用的基本概况, 多层建筑与太阳能热水系统一体化设计, 高层建筑中的太阳能光热/光伏系统集成设计及其应用, 构筑物与太阳能一体化设计, 公共建筑与太阳能光热光电一体化设计, 被动式太阳房设计研究等理论和工程应用, 旨在帮助读者了解太阳能作为一种清洁能源, 只有通过建筑与太阳能一体化设计的方式才能达到广泛使用的目的。本书主要介绍了建筑与太阳能一体化设计方法、一体化形式、一体化的应用等, 力图推动我国建筑与太阳能一体化应用事业的快速发展。

本书内容系统, 理论性和实用性结合, 可供建筑与能源应用工程、给排水科学与工程、建筑学和土木工程等专业师生和设计施工等工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑与太阳能一体化技术与应用/朱彦鹏等著. —北京: 科学出版社, 2016

ISBN 978-7-03-047772-9

I. ①建… II. ①朱… III. ①太阳能建筑—研究 IV. ①TU18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 052952 号

责任编辑: 马琦杰 陈晓萍 / 责任校对: 刘玉靖

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 祎 祎

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2016 年 6 月第一次印刷 印张: 15 1/4

字数: 355 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135763-2011

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

能源问题位居世界十大焦点问题（能源、水、食物、环境、贫穷、恐怖主义和战争、疾病、教育、民主、人口）之首。随着社会的发展和人类生活水平的提高，能源的需求越来越大，而化石能源是地球经过亿万年的转化形成的。目前，能源短缺已经成为全球的热点和焦点问题，世界各国都面临资源和环保的双重压力，人类社会的可持续发展遭遇了空前的挑战。太阳能以其储量的“无限性”、存在的普遍性、开发利用的清洁性以及逐渐显露出的经济性等优势，成为理想的替代能源。太阳能唱主角的新能源时代初见端倪。

建筑节能在国家能源节约战略中有着重要地位。要实现建筑节能，除可在墙体材料、门窗和遮阳方面采取措施外，还可以在建筑与太阳能一体化上做文章，可以使太阳能组件成为建筑物的一部分，实现保温和遮阳，并产生清洁的太阳能热水和电力。

我国建筑设计、施工行业对太阳能集热系统缺乏了解，建筑设计部门基本上未介入太阳能热水系统的设计，对太阳能热水器在不同气候条件、不同季节的热水产量，没有掌握可靠的技术依据，导致建筑设计人员感到迷茫，无从下手，国家也缺少完整的建筑与太阳能一体化供热水、供暖和光伏发电的国家级设计施工技术规程。而太阳能行业技术研发力量比较薄弱，有限的资源投放在产品技术的开发、更新换代和市场竞争上，缺乏建筑与太阳能一体化的技术研究。由于整体上建筑与太阳能两个行业的相互脱节，太阳能技术孤立于建筑功能、结构、美学等因素之外，影响了建筑与太阳能一体化的进程，造成太阳能在建筑使用中存在两难现象。

太阳能热水系统造价较低，如果在建筑节能设计中无太阳能热水系统，一般住户会自己安装太阳能热水系统。但是，用户自行安装缺乏规划设计，安装混乱，没有控制系统，会给用户带来很多不便。因此，研究建筑与太阳能一体化的高效供暖和供热水技术、屋顶太阳能光伏发电和季节储能系统，为建筑与太阳能一体化设计提供完整的设计标准、标准图集，使建筑与太阳能一体化设计与应用标准化和规范化，实现太阳能在建筑中广泛使用，降低建筑能源消耗具有重大意义。

作者及团队从 10 年前开始从事建筑与太阳能一体化设计方法研究，特别是 2011 年作者得到了国家科技支撑计划“高效太阳能利用技术与建筑一体化集成应用”（2011BAJ03B08）的支持，使作者能够更深入地进行建筑与高效太阳能一体化集成

应用研究，为本书的出版奠定了坚实的基础。

本书由作者和项目团队成员共同完成，主要包括：多层建筑与太阳能热水系统一体化设计，高层建筑中的太阳能光热/光伏系统集成设计及其应用，构筑物与太阳能一体化设计，公共建筑与太阳能光热光电一体化设计，被动式太阳房设计研究等理论和工程应用等。这些工作是作者团队近 10 年研究工作的总结，希望本书的出版能够对今后建筑与高效太阳能一体化集成应用有推动作用。

本书由朱彦鹏、李绍勇、田喆和韩喜连共同完成，其中第 1、4、5 章由朱彦鹏完成，第 2 章由韩喜连完成，第 3 章由李绍勇完成，第 6 章由田喆完成，全书由朱彦鹏统稿整理。博士生杨校辉，硕士生石磊、杨晓宇、张乙鑫、王海明等参与了本书的图形绘制和参考资料的整理工作，在此对他们的工作表示衷心感谢。

由于编著时间仓促，加之著者水平有限，不足之处在所难免，敬请读者批评指正。

朱彦鹏

2016 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑与太阳能一体化的实现途径	8
1.2 建筑与太阳能一体化的设计方法	9
1.3 太阳能光伏发电与建筑一体化	11
1.4 太阳能光伏发电与构筑物一体化	14
1.5 光热、光伏发电一体化系统设计	17
1.6 光热供暖与空气源热泵辅助采暖系统	18
1.7 建筑与太阳能一体化存在的问题	19
1.8 建筑与太阳能一体化下一步主要工作	21
1.9 结论	24
参考文献	25
第 2 章 多层建筑与太阳能热水系统一体化设计	26
2.1 太阳能热水系统建筑一体化技术的发展过程及发展趋势	26
2.2 太阳能热水系统建筑一体化的意义	31
2.3 太阳能热水系统的组成	32
2.3.1 太阳能集热器的分类	32
2.3.2 循环系统形式	36
2.3.3 控制系统	36
2.3.4 辅助能源系统	36
2.3.5 储热系统	36
2.4 太阳能热水系统的分类	37
2.5 太阳能热水系统的特点	38
2.5.1 自然循环太阳能热水系统	39
2.5.2 强制循环太阳能热水系统	40
2.5.3 直流式太阳能热水系统	42
2.5.4 常用集中式太阳能热水系统比较	43
2.6 太阳能热水系统设计	46
2.6.1 热水负荷计算	46

2.6.2	太阳能集热系统设计	48
2.6.3	储热水箱	50
2.6.4	循环水泵	50
2.7	太阳能热水系统和多层建筑一体化设计	51
2.7.1	概况	51
2.7.2	太阳能集热器和多层建筑的一体化设计	52
2.7.3	太阳能集热器和建筑屋面的一体化设计	56
2.7.4	太阳能集热器和建筑立面的一体化设计	59
2.7.5	太阳能热水系统其他组成部分和建筑的一体化	62
	参考文献	63
第3章	高层建筑中的太阳能光热/光伏系统集成设计及其应用	64
3.1	太阳能光热/光伏系统和高层住宅集成设计技术的发展	65
3.1.1	系统集成简介	65
3.1.2	太阳能光热系统与高层住宅外观结合设计技术	66
3.1.3	太阳能光伏系统与高层住宅外观结合设计技术	74
3.1.4	高层建筑中的太阳能光热/光伏系统集成及其特点	83
3.2	太阳能光热系统和高层住宅一体化设计	83
3.2.1	太阳能热水系统	84
3.2.2	太阳能空调系统	85
3.2.3	太阳能地板采暖系统	86
3.2.4	太阳能空气系统	88
3.2.5	经济性分析	89
3.2.6	典型案例分析	89
3.3	太阳能光伏系统和高层住宅外观一体化设计	96
3.3.1	太阳能独立光伏发电系统	96
3.3.2	太阳能光伏并网发电系统	97
3.3.3	太阳能照明系统	98
3.3.4	太阳能光伏、风力和柴油机一体化发电系统	99
3.3.5	经济性分析	101
3.3.6	典型案例分析	103
	参考文献	107
第4章	构筑物与太阳能一体化设计	108
4.1	概述	108

4.2 加固边坡与太阳能光电一体化设计	108
4.3 候车亭与太阳能光电一体化	110
4.3.1 候车亭与太阳能光电一体化设计	111
4.3.2 太阳能候车亭系统的整体功能	111
4.4 雨棚与太阳能光伏一体化设计	111
4.5 停车棚与太阳能光电一体化设计	113
4.5.1 低碳环保的太阳能充电站	114
4.5.2 建设太阳能充电站的经济和社会效益	115
4.5.3 世界各国太阳能充电站的发展经验	115
4.5.4 停车棚主体结构设计	120
4.5.5 光伏板阵列顶棚倾角和方位角的确定	120
4.5.6 光伏板顶棚钢管支柱及基础尺寸确定	121
4.5.7 太阳能光伏顶棚结构设计	121
4.5.8 太阳能光伏发电电气系统设计	122
4.5.9 总结	127
4.6 隧道口边坡与太阳能光电一体化设计	127
4.6.1 隧道照明设计	130
4.6.2 灯具选取	134
4.6.3 蓄电池选取与计算	135
4.6.4 光伏阵列设计	137
4.6.5 太阳能供电系统研究及方案设计的研究	138
4.6.6 工程案例	139
参考文献	140
第 5 章 公共建筑与太阳能光热光电一体化设计	142
5.1 概述	142
5.2 公共建筑遮阳与太阳能一体化设计	143
5.2.1 太阳能遮阳设施安装面	144
5.2.2 太阳能集热器遮阳	145
5.2.3 太阳能光电板遮阳	145
5.2.4 太阳能光电板遮阳的安装	147
5.2.5 太阳能遮阳系统的影响因素	149
5.2.6 太阳能遮阳实例设计方法分析	149
5.3 公共建筑屋面与太阳能一体化设计	153

5.3.1 公共建筑的特点	153
5.3.2 公共建筑的 BIPV 设计思路	154
5.3.3 屋顶太阳能光伏发电系统	156
5.3.4 外墙系统	158
5.3.5 总结	160
5.4 公共建筑屋面与太阳能一体化设计案例	161
5.4.1 北京南站光伏太阳能一体化设计	161
5.4.2 陇南成州机场生活办公区太阳能光热供暖一体化设计	174
5.4.3 陇南成州机场航站区太阳能光伏一体化设计	180
参考文献	193
第 6 章 被动式太阳房设计研究——以甘肃为例	194
6.1 概述	194
6.1.1 被动式太阳房采暖	195
6.1.2 被动式太阳房研究内容	196
6.2 甘肃省太阳能资源特征	196
6.2.1 太阳能总辐射	196
6.2.2 太阳能直射辐射和散射辐射	197
6.2.3 日照时数	198
6.2.4 日照百分率的分布	199
6.2.5 甘肃太阳能资源划分	199
6.3 甘肃省被动式太阳房建筑设计气候分区	200
6.3.1 被动式太阳房建筑气候分区指标	200
6.3.2 甘肃省被动式太阳房建筑气候分区	203
6.3.3 甘肃省建筑设计气候分区	204
6.4 建筑能耗计算重要参数设置	204
6.4.1 典型城市选择	204
6.4.2 模拟内容	204
6.4.3 建筑模型	207
6.4.4 室内温度及热扰设置	209
6.4.5 空调和采暖设备能效比的设定	211
6.5 直接受益式太阳房集热窗传热系数限值	212
6.5.1 模拟变量	212
6.5.2 数据分析	212

6.6 集热蓄热墙式太阳房热工设计参数优化	215
6.6.1 集热蓄热墙空气夹层厚度与节能	218
6.6.2 集热蓄热墙砖墙厚度与节能	220
6.7 附加阳光间式太阳房热工设计参数优化	220
6.7.1 附加阳光间开孔面积与节能	221
6.7.2 附加阳光间进深与节能	223
6.8 甘肃省不同地区被动式太阳房适用性研究	224
6.8.1 能耗比较	224
6.8.2 温度分析	227
6.9 结论	233
参考文献	234

第1章 绪 论

能源问题位居世界十大焦点问题（能源、水、食物、环境、贫穷、恐怖主义和战争、疾病、教育、民主、人口）之首。任何事物的生存、发展、变化和运动都离不开能量。宇宙间的能量形式多种多样，其相对应的能源形式也是各不相同，而且不同的能量形式间还可以相互转换。随着社会的发展和人类生活水平的提高。能源的需求越来越大，而化石能源是地球经过亿万年的转化形成的。根据英国石油公司（BP）发布的《2015 年世界能源统计年鉴》报告，截至 2014 年年底，全球石油探明储量还能支持未来 52.5 年的能源需求，而按照目前的探明储量（148 亿桶）和开采速度（ 20×10^8 t/a），中国石油只够用 11.9 年，全球煤炭探明储量可以满足今后 110 年的煤炭生产需求，全球天然气探明储量可以满足今后 54.1 年的生产需求，而且这些石化燃料的使用还伴随着温室气体及酸雨等对环境的严重破坏。目前，能源短缺已经成为全球的热点和焦点问题，世界各国都面临资源和环保的双重压力，人类社会的可持续发展遭遇了空前的挑战。太阳能以其储量的“无限性”、存在的普遍性、开发利用的清洁性以及逐渐显露出的经济性等优势，是人类理想的替代能源。太阳能唱主角的新能源时代初见端倪。

随着我国坚持走可持续发展的经济发展道路，我们能清晰地意识到：目前我国的经济发展虽然达到了各项指标，但仍然面临着能源的过度开采、基础设施建设落后等诸多与未来经济发展不协调的现象。

所以，节能环保问题必须放在实现可持续发展的经济模式的首要地位。从新的经济增长点来看，全球各国都把目光从传统能源转向可再生能源，如风能、太阳能等。根据未来经济的增长趋势，传统能源终会耗尽，能源危机的压力将会日益加重，因此在未来的发展中，可再生能源必定是全球能源利用的主角。

太阳能也将成为我国再生能源的重点开发对象，因为我国太阳能资源的储存量十分丰富，所以其利用前景非常可观。目前，我国的太阳能利用的产业规模已居于全球领先地位，其中占世界首要地位的是我国太阳能热水器的生产和使用，我国还是太阳能光伏电池生产的主要国家之一，我国现阶段比较成熟的两项利用太阳能技术的产业是太阳能光伏发电产业和太阳能热水器产业。

中国光伏发电产业起源于 1970 年左右, 历经 40 多年的开发研究, 如今已经是世界上生产光电产业设备主要国家之一。在全球经济不景气的情况下, 中国光伏业逆势增长, 2015 年前三季度装机量同比新增 161%。第四季度由于受能源局新增光伏装机量影响, 我国光伏产业出现跳跃式增长, 累计总量达到 4300 万 kW, 从而超过德国成为全球光伏应用第一大国。

在太阳能产业高速发展的今天, 太阳能光热技术的开发和推广应用还存在某些不足, 其中包括“建筑与太阳能一体化”等问题还需做大量的研究和推广应用工作。

建筑节能在国家能源节约战略中有着重要地位。建筑能耗占总能耗的 25%~40%, 与交通运输能耗和工业能耗一同被列为我国能源消耗的三大“耗能大户”。在建筑能耗中, 空调制冷、供暖和热水占 75%。2005 年底, 全国城乡房屋建筑面积共计为 448 亿 m^2 , 到 2014 年底达到约 600 亿 m^2 , 建筑能耗正在大幅度地增长, 使日益紧张的能源形势雪上加霜。近年来, 国家相关部门先后发布了《节能中长期专项规划》《可再生能源发展“十三五”规划》等规划目标。

在政策支持加强、国内市场不断启动的情况下, 中国光伏行业逐步走出低谷, 2015 年更是加速回暖。从中国光伏行业协会获悉, 2015 年前三季度我国光伏制造业总产值超过 2000 亿元, 硅片、电池片、组件等主要光伏产品出口额达到 100 亿美元。其中, 多晶硅产量约为 10.5 万 t, 同比增长 20%; 硅片产量约为 68 亿片, 电池片产量约为 28 GW, 均同比增长 10%以上; 组件产量约为 31 GW, 同比增长 26.4%。

而光伏发电端的增长更是迅猛。国家能源局数据显示, 截至 2015 年 9 月底, 全国光伏发电装机容量达到 3795 万 kW, 其中, 光伏电站 3170 万 kW, 分布式光伏 625 万 kW。1—9 月全国新增光伏发电装机容量 990 万 kW, 同比增长 161%。其中, 新增光伏电站装机容量 832 万 kW, 新增分布式光伏装机容量 158 万 kW。

“目前整个产业链中, 光伏电站开发环节的内部收益率可达到 8%~10%, 远高于制造业; 此外, 投资光伏电站也可拉动企业自身消化电池组件等产能。2014 年全国组件制造商前 20 名中, 几乎全部涉足下游电站开发业务。”中国光伏行业协会理事长高纪凡称, 2015 年前 8 个月光伏相关行业投资 684.7 亿元, 同比增长 39.4%, 比 1—7 月低 0.6%, 但仍比去年同期提高 33.4%。

更值得关注的是, 可再生能源将在全球范围内对化石能源发起成本大战。RMI 的一项综合分析显示, 在美国的一些地区, 公用事业级大规模光伏的成本已经比燃煤和燃气的火电厂还要便宜。而在我国, 据天合光能统计, 2007—2015 年的 8 年间,

光伏组件的市场价格从每瓦 36 元下降到 3.5~3.8 元,并网光伏系统价格从每瓦 60 元降到每瓦 7~8 元,逆变器价格从每瓦 4 元下降到了每瓦 0.3 元。

但是,当前经济性仍然是制约光伏发电发展的主要因素,技术进步和产业升级是制约发展的关键问题。与此同时,适应光伏发电规模化发展的管理体系有待完善,适应光伏规模化发展的配套产业服务体系尚未建立。

“未来 5 年是我国推进经济转型、能源转型、体制创新、技术开放的重要时期,将为光伏产业发展提供更加广阔的空间。”2020 年光伏发电规模目标已明确从之前的 1 亿 kW 上调 50%到 1.5 亿 kW,“十三五”规划的首要任务就是通过规模化发展促进成本持续降低,尽早实现光伏发电用户侧平价上网。光伏电站建设和发电成本要在 2015 年的基础上下降 20%以上,中东部地区建设成本在每瓦 7 元以下,西部地区建设成本在每瓦 6 元以下。

即便火力电价在后续 5 年中不上升,随着组件和系统部件成本下降,实现这个目标已无悬念。到 2025 年,可以实现发电侧的平价上网。假如在 2025 年,火力上网电价升到 0.55 元/(kW·h),随着组件和系统部件成本下降,光伏电站投资成本将下降 25%~30%,10MW 级大型地光伏发电成本大约在 0.65~0.60 元/(kW·h)。而实现这一目标的三大关键因素,是光伏“智造”,即“智慧”+“制造”,一是技术与产品创新(降低产品成本的关键因素),二是提升自动化设备的智能互联(降低制造成本和提升质量的关键因素),三是提升运营信息数字化管理(降低非直接制造成本的关键因素)。

未来随着成本不断降低,太阳能应用将从地面电站、大型分布式、居民屋顶走向各种各样新的应用,中小企业可以在应用端找到自己的定位,不管是技术和商务合作的新模式,还是和互联网甚至消费品结合起来,这将是一个巨大的空间。

实际上,光伏应用如今已经呈现出多样化融合发展趋势,如光伏与扶贫、农业、环境和气候结合等。一直以来,我国光伏发电呈现“发电在西部、用电在东部”的局面,消纳限电问题日益严重。而东部地区建设传统地面电站,又面临着人多地少、建设用地不足的问题,但是我国拥有 1.35 亿 hm^2 农用地,超过 200 万 hm^2 的设施大棚,且多数分布在中东部地区。在这种情况下,光伏与农业的跨界联姻应运而生。最近一两年光伏农业大棚规模迅速扩张,光伏农业项目已占到 2015 年上半年备案项目总数的 30%左右,成为光伏应用的主要形式之一。

按照规划思路,“十三五”期间将在全国范围重点发展以大型工业园区、经济开发区、公共设施、居民住宅等为主要依托的屋顶分布式光伏发电系统,充分利用具备条件的农业设施、闲置场地等扩大利用规模,逐步推广光伏建筑一体化工程,探

索移动平台的光伏发电系统、移动光伏供电基站等新兴商业利用模式。

随着全球光伏产业越来越讲求生态系统,在景气强劲复苏之余,光伏产业代表着中国在全球产业中的地位,未来其重要性会越来越高。未来光伏能源互联网充满无限的可能性和巨大的想象空间。光伏的智能利用,将变成智慧电力、智能城市的一个重要指标。

我国太阳能热水器产业经过这么多年的发展研究,已然成为一个成熟完整的产业体系。我国太阳能热水器行业在 2008 年总产值达 430 亿,出口更是达到 1 亿美元^[1]。而 2009 年的年产量比 2008 年翻了一番,这些数据都表明我国已经成为太阳能热水器的最主要生产国家。除此之外,我国还正式批准并已启动实施太阳能计划,该计划的长远目标是在 2050 年前后使太阳能成为重要可利用能源。在未来,中国的太阳能市场发展必然是前景光明。

从全球范围内看,我国的平均日照时间居世界上各国日照时间的领先地位,我国的大多数地区的平均日辐射量可以达到 $4 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 以上,其中最高日辐射量地区西藏可达 $7 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。相对其他国家,我国属于太阳能资源比较丰富的区域,所以国家在太阳能开发利用的产业发展上有得天独厚的地理条件。但是因为我国各地区的条件也各不相同,所以可以把全国各个地区的日照水平分成另外五个等级。一类地区,是指太阳能资源最为丰富的地区,主要是我国青海西部、新疆东部、西藏西部、甘肃西部、宁夏北部等地区,其太阳辐射年总量达到 $6700 \sim 8400 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 。二类地区,指的是太阳能资源较为丰富的地区,如甘肃中部、宁夏南部、内蒙古南部、西藏东南部和河北西北部等区域均可划分为二类地区。其太阳辐射年总量达到 $5850 \sim 6680 \text{ MJ}/\text{m}^2$ 。三类地区,属于太阳能辐射值偏中等地区,太阳辐射的年总量达 $5000 \sim 5850 \text{ MJ}/\text{m}^2$,有代表性的是山西南部、山东、辽宁、河南、河北东南部、广东南部、吉林和台湾的西南部等区域。四类地区:是指我国太阳能辐射值较低的位置,太阳辐射的年总量是 $4200 \sim 5000 \text{ MJ}/\text{m}^2$,这些地区主要包括湖南、湖北、浙江及广西和福建的北部等地区。五类地区:指太阳能资源贫乏的区域,如四川和贵州两个省,太阳辐射年均总量仅为 $3350 \sim 4200 \text{ MJ}/\text{m}^2$,还不到一类地区年均总量的一半。根据以上这些数据,除五类地区外,我国绝大多数地区均为太阳能利用适宜区,表明我国太阳能资源的运筹量比较大,这也可以说明未来我国的太阳能资源能够满足更加广阔的产业发展和利用。

太阳能是最为方便、最有前途、可再生的建筑能源。我国太阳能资源极为丰富,年太阳能辐照总量大于 $502 \text{ 万 kJ}/\text{m}^2$ 、年日照时数超过 2200 h 的地区占国土面积 $2/3$ 以上,国家已将太阳能热利用纳入建筑节能范畴,为太阳能热水系统建筑一体化奠

定了重要的政策基础。按我国《2000—2015 年新能源和可再生能源产业发展规划要点》要求,我国太阳能热水器保有量到 2015 年达到 2.7 亿 m^2 , 2020 年达到 5.0 亿 m^2 , 而 2005 年我国太阳能热水器的保有量仅 7500 万 m^2 , 太阳能热水器将为建筑节能目标的实现起到至关重要的作用。

我国西部地区,特别是西北地区,地域辽阔,光照充足,光能资源丰富,年日照时数为 1700~3300 h,自东南向西北增多,各地区资源分类见表 1.1。新疆、西藏和河西走廊年日照时数为 2800~3450 h,是我国日照最多的地区,西部其他地区(除四川部分地区外)日照为 1800~2700 h,都是太阳能可利用地区,充分利用这些地区地广人稀、可利用的土地较多的优势,建设大规模的光伏发电厂已经成为一种趋势。2015 年全国新增光伏发电总规模为 1780 万 kW,大多太阳能光伏发电厂建于甘肃河西走廊、新疆、宁夏和内蒙古地区,到 2015 年为止,甘肃新增太阳能光伏发电装机 578 万 kW,敦煌和河西走廊地区地广人稀,戈壁沙漠较多,为光伏发电厂建设提供了很好的条件(见图 1.1)。但是,由于这些地区一般远离城市,给电力输送带来了困难。另外,由于可利用的土地有限,我们需要研究利用城市建筑的屋面和外立面获取太阳能的方法,因此,建筑与太阳能一体化应用就成为获取太阳能的另一途径^[10]。

表 1.1 我国各地区太阳能资源分类

类 型	地 区	年照时间数	年辐射总量 $\text{kJ}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$
1	西藏西部、新疆东南部、青海西部、甘肃西部	2800~3300	620~837
2	西藏东南部、新疆南部、青海东部、宁夏南部、甘肃中部、内蒙古、山西北部、河北西北部	3000~3200	586~670
3	新疆北部、甘肃东南部、山西南部、山西北部、河北东南部、山东、河南、吉林、辽宁、云南、广东南部、福建南部、江苏北部、安徽北部	2200~3000	502~586
4	湖南、广西、江西、浙江、湖北、福建北部、广东北部、山西南部、江苏南部、安徽南部、黑龙江	1400~2200	418~502
5	四川、贵州	1000~1400	335~418

“十一五”科技支撑计划“可再生能源与建筑节能技术研究与示范”项目围绕降低建筑能耗、提高能源系统效率、新能源开发利用等关键技术及促进建筑节能工作的政策保障等方面开展研究,在降低北方地区采暖能耗、长江流域室内热湿控制能耗和大型公共建筑能耗三方面取得重点突破,形成了完整的技术体系、产品系列和政策保障机制,并在示范工程中实现预定的节能目标。该项目研究开发的节能型围

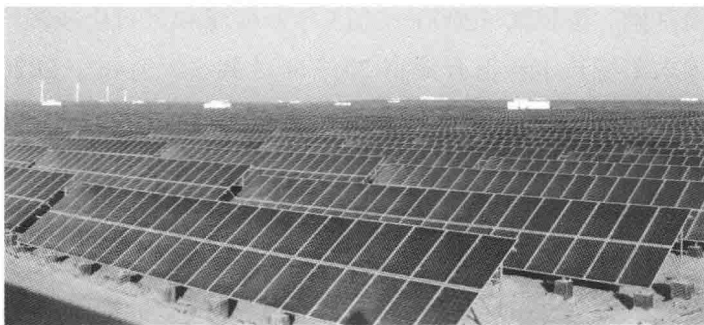


图 1.1 甘肃敦煌太阳能光伏发电厂

护结构、复合型节能材料构造、长江流域住宅室内热湿环境低能耗控制技术、高温离心冷水机组等，具备较高的经济效益和社会效益。在无锡、北京、张家口等地建立了 29 个试验示范基地，提升了节能降耗关键技术研究能力，培育了一批生产各类建筑节能产品的企业，带动了建筑节能咨询管理、节能技术服务等产业发展。“可再生能源与建筑集成技术研究示范”项目建设了 389 万 m^2 的可再生能源与建筑集成示范工程，研究了太阳能光热光电利用技术、地源热泵技术和其他可再生能源复合技术应用，开展了 400 项太阳能光热技术、地源热泵技术、太阳能光伏技术等可再生能源建筑应用示范，示范面积约 4000 万 m^2 ，总峰值功率约 9000 kW。“现代建筑设计与施工关键技术研究”项目围绕绿色建筑设计、高效施工技术及技术保障与集成方面开展相关研究，在地下空间逆作法施工集成技术、绿色建筑综合评价指标体系、新型组合构件、多重组合混凝土剪力墙抗侧力体系研究等方面取得重要进展。在国家科技支撑计划支持建筑节能研究开发的同时，各地围绕建筑节能工作发展需要，结合地区实际，积极筹措资金，安排科研项目，为建筑节能深入发展提供科技储备。“十二五”期间，国家科技支撑计划把建筑节能、绿色建筑、可再生能源建筑应用等作为重点，在建筑节能与新能源开发利用、绿色建筑技术，既有建筑综合改造、地下空间综合利用等方面突破了一系列关键技术，研发了大批的新技术、新产品、新装置，促进了建筑节能和绿色建筑科技水平的整体提升。

虽然建筑节能的研究工作取得很好的成绩，但是我国北方地区既有建筑节能改造工作任重道远，可再生能源在建筑中应用推广任务依然繁重。我国在建筑领域推广应用可再生能源总体上仍处于起步阶段，据测算，目前可再生能源建筑应用量占建筑用能比重在 2% 左右，这与我国丰富的资源禀赋相比、与快速增长的建筑用能需求相比、与调整用能结构的迫切要求相比都有很大的差距。可再生能源建筑应用长效推广机制尚未建立，技术标准体系还不完善，产业支撑力度不够，有些核心技术仍未掌握，系统集成、工程咨询、运行管理等能力不强。目前全国现有 600 亿 m^2

建筑中,只有城镇新建建筑符合节能要求,旧建筑和农村建筑几乎不节能,太阳能热水器保有量约 6000 万 m^2 ,只有极少数建筑采用了太阳能光热与建筑一体化设计,而大多数太阳能光热水器随意摆放,杂乱无章。根据国家“十二五”建筑节能目标,力争全国城乡居民太阳能热水器使用率达到 30%以上,到 2020 年,全国城镇新建建筑实现节能 65%。显然,我国太阳能推广普及任重道远,时间紧迫,太阳能和建筑行业责无旁贷,建筑与太阳能一体化潜力巨大。

目前家用的太阳能热水器主流产品——真空管太阳能热水器由于集热采用热虹吸循环,用水采用落水式,结构采用水箱高置、真空管直插式,热水器只能高高地架在屋顶或楼顶,摆放非常零乱,破坏了建筑美观(见图 1.2),影响了城市形象,故不少城市或物业部门明令禁止安装太阳能热水器。显然,现有常规产品自身的结构缺陷已经成为太阳能热水器大规模推广的技术瓶颈,要想从根本上突破,必须开发分体式系列新产品,实现建筑与太阳能一体化。

太阳能光伏发电建筑一体化的优点^[10]:

- ① 造型美观,适应建筑风格,与建筑完美结合。
- ② 可单户使用,也可集中供电,分散使用。

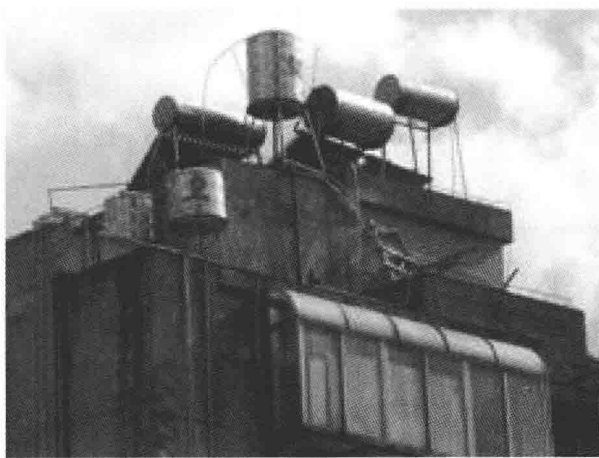


图 1.2 无一体化设计的建筑太阳能热水器

- ③ 可实现自动控制,安装、操作、使用方便。

建筑与太阳能一体化应用技术适用对象:

- ① 可适用于城建较严格,要求安装规范、美观、不损害市容市貌的单位、集体、小区等。
- ② 可适用于在建筑设计之处,就将太阳能作为建筑的一部分考虑在内,与建筑一同设计。