

王东 编著

# 太阳能光伏发电技术与系统集成

Solar Photovoltaic Technologies  
and System Integration



化学工业出版社

王 东 编著

# 太阳能光伏发电技术 与系统集成

Solar Photovoltaic Technologies  
and System Integration



化学工业出版社

·北京·

本书对太阳能光伏发电技术及光伏系统的集成进行了全面的介绍,从太阳能发电原理、光伏设备、光伏系统的设计、光伏逆变器、光伏储能装置、光伏施工检测与维护到光伏发电系统效益与运营模式及中国光伏市场与市场政策等方面均做了详细的阐述,还列举了一些典型的太阳能光伏发电系统应用实例。

本书内容丰富,图文并茂,学术性与实用性并举,可供研究机构 and 高等学校可再生能源相关专业的教师及学生参考,也可作为太阳能企业管理人员、技术人员以及太阳能光伏发电技术爱好者的参考用书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能光伏发电技术与系统集成/王东编著. —北京:  
化学工业出版社, 2011.6  
ISBN 978-7-122-11143-2

I. 太… II. 王… III. 太阳能发电 IV. TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 074464 号

---

责任编辑: 郑宇印

装帧设计: 张 辉

责任校对: 宋 夏

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$  字数 456 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

## 编写人员名单

- 王 东 北京大学工学院太阳能中心
- 孔小波 普尼太阳能（杭州）有限公司，编写第五、六、七、八、十四章
- 张晓勇 普尼太阳能（杭州）有限公司，编写第二、三章
- 彭 程 普尼太阳能（杭州）有限公司，编写第十、十一、十二章
- 张美艳 普尼太阳能（杭州）有限公司，编写第十、十一、十二章
- 余 杭 普尼太阳能（杭州）有限公司，编写第十、十一、十二、十三章
- 庄庆恒 普尼太阳能（杭州）有限公司，编写第十、十一、十二章
- 贺劲鑫 北京大学工学院太阳能中心，编写第十三章

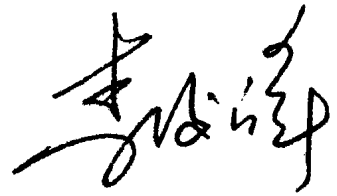
## 序 言

近一个世纪以来，还没有一个话题像今天的能源和气候问题一样，引起全世界高度一致的关注。早在 2007 年初的达沃斯世界经济论坛年会上，气候变化问题就已经成为压倒一切的首要问题。由于气候变化带来的对地球生态的影响已经威胁到人类的生存和安全，这背后其实主要还是能源结构问题，这就使我们意识到必须高效利用清洁能源，以减少对环境的影响。维护人类共同生存的生态环境已经不仅仅是政治层面的呼吁，而是成为社会各个层面共同努力的方向。正是在这种历史背景下，人们对低碳经济这一概念逐渐形成共识，而低碳发展的主要技术选择除了改变经济发展模式、大幅度提高能源效率外，就是大力发展以太阳能、风能为代表的低碳能源技术。本书综述了太阳能利用的一个最重要方面：通过能源材料的光伏效应将太阳能转化为电能。

2011 年元旦前后，光伏产业喜获一系列新年大礼，先是中国财政部、住建部等四部委联合部署，推动光伏发电规模化应用，接着是美国参议院投票通过了延长可再生能源国库津贴项目的提案。此后不久，美国加利福尼亚州新州长宣布 2020 年加州太阳能光伏发电达到 20GW 的目标。美国政府也在新年前提出在美国西部地区发展太阳能的指导方案，欲加速在美国西部六个州（亚利桑那州、加利福尼亚州、科罗拉多州、内华达州、新墨西哥州和犹他州）开发太阳能项目的速度，这项研究被称作“太阳能项目环境影响评价”，其中列出了最适合发展规模性太阳能项目的 24 个太阳能区域。美国土地管理局将在适合发展太阳能的区域内设立太阳能带，太阳能带为未来的太阳能项目提供明确的规划，并简化审批手续。而 2011 年欧洲主要光伏大国则会继续下调光伏上网电价的补贴等。

世界各国之所以重视光伏发电，主要是其技术发展的可预见性、应用成本的竞争性、环保问题的可控性。在过去 30 多年的发展中，光伏产业积累了丰富经验，已经是一个趋于成熟的产业，许多能源战略科学家认为，也许有一天某种新的能源技术可能出现，但是在目前人类所掌握的技术面前，太阳能光伏发电是最有发展前途的技术。因此发展光伏技术不是一个权宜之计，更不是心血来潮，而是低碳发展的必然选择。在激烈的国际市场竞争中，我国光伏产业应共同努力，加强技术研发、加快技术进步、消除贸易壁垒、扩大光伏发电应用市场。

光伏产业的发展前景虽然光明，但仍需艰苦的努力，需要用市场的机制、创新的精神和发展的视野来关注和支持这一新兴战略性产业。我们对光伏产业发展的要求不是解决今天和明天的能源问题，而是解决更加长远的能源安全和气候变化问题，我们需要光伏产业这样的低碳和无碳能源技术，也需要更多的光伏产业人才。本书以较浅显的语言，系统地介绍了与光伏相关的技术、工程、应用、产业和市场等方面的知识与信息，为光伏领域的专业人才以及对光伏感兴趣的读者提供了很好的参考。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '李晖' (Li Hui), written in a cursive style.

2011年4月于北京  
国家发改委能源研究所

# 前 言

太阳能作为一种清洁能源是非常理想的未来能源，近年来由于人们对能源、环境问题的日益关注，太阳能的应用与普及越来越受到人们的重视，应用领域也越来越广泛。我国的太阳能资源丰富，为太阳能的利用创造了有利条件。

我国政府一直把研究开发太阳能技术列入国家科技攻关计划，大大推动了我国太阳能产业的发展。进入 21 世纪，我国太阳能光伏技术在研究开发、商业化生产、市场开拓方面都获得了长足的发展，现已成为高速、稳定发展的新兴产业之一。太阳能光伏发电技术是具有广泛发展前景和影响力的一项高新技术，太阳能光伏发电技术的研发和光伏发电设备的生产已成为发展前景十分诱人的朝阳产业。

本书首先就如何实现太阳能发电的基本原理及相关设备分别做了阐述，例如光伏发电原理与光伏电池、光伏组件、常见的光伏发电系统及成本、光伏逆变器、光伏发电储能装置、光伏追日系统及其他电气设备与部件。最后几章分别介绍了光伏电站的施工、检测与维护、光伏发电系统效益与运营模式、中国光伏市场与政府政策、光伏发电的其他应用、太阳能光伏发电系统应用实例。将太阳能光伏技术的基础知识、光伏发电系统设备、设计方法和典型应用实例有机结合，在保证科学性的同时，尽量做到针对性和实用性，并注重通俗性。

在本书编著过程中，无论从资料的收集还是技术信息的交流，都得到了国内有关专家学者的大力支持。同时，本书还参考了一些著作和文献，谨向有关作者表示衷心的感谢。

编著者  
2011 年 4 月

# 目 录

<b>第 1 章 太阳能资源</b> .....	1
1.1 太阳能利用的必要性与利用方式 .....	1
1.2 太阳能资源的特点 .....	2
1.3 衡量太阳辐射的指标 .....	3
1.3.1 辐照度 .....	3
1.3.2 光谱强度分布 .....	4
1.3.3 直射辐射（直射光/平行光）与散射辐射（散射光） .....	5
1.4 影响接收地表太阳辐射的因素 .....	6
1.4.1 大气质量数 AM（Air Mass）与纬度 .....	6
1.4.2 AM1.5 标准光谱 .....	7
1.4.3 接收面朝向 .....	8
1.4.4 追踪太阳机制 .....	12
1.5 世界与中国的太阳辐照分布 .....	13
参考文献 .....	14
<b>第 2 章 光伏发电原理与光伏电池</b> .....	15
2.1 光伏技术基本原理 .....	15
2.1.1 光生伏特效应 .....	15
2.1.2 本征半导体、P 型、N 型半导体 .....	16
2.1.3 P-N 结 .....	18
2.1.4 太阳能电池的原理与转换效率 .....	19
2.2 第一代晶体硅太阳能电池 .....	21
2.2.1 单晶硅太阳能电池 .....	21
2.2.2 多晶硅太阳能电池 .....	24
2.3 第二代薄膜太阳能电池 .....	25
2.3.1 硅基薄膜电池 .....	25
2.3.2 铜铟镓硒 .....	29
2.3.3 碲化镉 .....	33
2.4 第三代太阳能电池 .....	36



2.4.1	染料敏化电池 (Dye-Sensitized Solar Cell, DSSC)	36
2.4.2	有机光伏电池 (Organic Photovoltaic, OPV)	37
2.4.3	量子点电池	39
2.5	Ⅲ-V族多结电池与聚光光伏	40
2.5.1	Ⅲ-V族多结电池	40
2.5.2	Ⅲ-V族多结聚光电池	41
2.6	太阳能光伏电池的研究现状	42
	参考文献	44
<b>第3章</b>	<b>光伏组件</b>	<b>46</b>
3.1	晶体硅光伏组件	46
3.1.1	电池连接方式	46
3.1.2	组件构成	47
3.1.3	组件特性与参数	50
3.2	薄膜光伏组件	52
3.2.1	电池连接方式	52
3.2.2	组件构成	54
3.2.3	组件特性与参数	58
3.3	聚光光伏组件	60
3.3.1	组件构成	60
3.3.2	组件特性与参数	63
	参考文献	64
<b>第4章</b>	<b>光伏发电系统</b>	<b>66</b>
4.1	光伏发电系统基本原理与组成	66
4.2	光伏发电系统的类型	67
4.2.1	并网与离网光伏发电系统	67
4.2.2	地面光伏系统及与建筑结合的光伏发电系统	69
4.3	自发自用的建筑屋顶分散式光伏发电系统	70
4.3.1	工程安装	70
4.3.2	资金投入与回报	71
4.3.3	社会效益	72
4.3.4	潜在经济效益	72
4.3.5	推广自发自用分散式屋顶光伏系统	73
4.4	光伏发电成本	74
4.4.1	光伏发电系统的成本构成	74
4.4.2	均化发电成本 (Levelized Cost of Electricity, LCOE)	76
4.5	光伏系统的应用	77
	参考文献	78
<b>第5章</b>	<b>光伏系统的设计</b>	<b>79</b>
5.1	光伏系统容量与发电量的设计计算	79
5.1.1	系统设计思路、步骤与内容	79

5.1.2	与设计相关的因素与技术条件	87
5.1.3	方阵倾角的选择	89
5.1.4	日照与阴影分析	90
5.1.5	系统装机容量、发电量计算方法	91
5.2	光伏系统的结构设计	92
5.2.1	确定光伏电站现场布置	92
5.2.2	光伏组件强度、重量与尺寸	94
5.2.3	方阵基础与支架设计	95
5.2.4	配电房安排	96
5.3	光伏系统的电气设计	97
5.3.1	直流汇流箱的配置	97
5.3.2	逆变器的选型	97
5.3.3	交直流配电柜设计	98
5.3.4	防雷与接地系统设计	99
5.3.5	蓄电池组的设计	99
5.4	并网接入设计	100
	参考文献	104
<b>第6章</b>	<b>光伏逆变器</b>	<b>105</b>
6.1	逆变器的定义与分类	105
6.1.1	逆变器的定义	105
6.1.2	逆变器的分类	106
6.1.3	逆变器的发展前景	108
6.2	光伏逆变器	108
6.2.1	光伏逆变器的分类	108
6.2.2	逆变器的工作原理	110
6.2.3	国内外逆变器发展现状	110
6.3	光伏离网逆变器	111
6.3.1	额定输出容量	112
6.3.2	输出电压稳定度	113
6.3.3	整机逆变效率	113
6.3.4	过载保护功能	113
6.3.5	设备启动性能	114
6.4	光伏并网逆变器	115
6.4.1	最大功率跟踪	115
6.4.2	防孤岛效应	116
6.4.3	自动运行与停机功能	117
6.4.4	自动电压调整	118
6.4.5	直流检测	118
6.5	逆变器制作及其使用维护	118
6.5.1	逆变器的工作原理	119

6.5.2	逆变器制作过程 .....	121
6.5.3	逆变器的操作使用与维护检修 .....	123
	参考文献 .....	123
<b>第7章</b>	<b>光伏发电储能装置 .....</b>	<b>124</b>
7.1	铅酸蓄电池 .....	124
7.1.1	铅酸蓄电池简介 .....	125
7.1.2	铅酸蓄电池的性能参数 .....	127
7.1.3	免维护铅酸蓄电池 .....	129
7.1.4	胶体蓄电池 .....	133
7.2	其他储能电池与器件 .....	137
7.2.1	镍镉电池 .....	137
7.2.2	镍氢电池 .....	139
7.2.3	锂离子电池 .....	141
7.2.4	超级电容器 .....	143
7.3	蓄电池充放电控制与管理 .....	146
7.3.1	光伏控制器的分类与电路原理 .....	146
7.3.2	光伏控制器的性能特点与技术参数 .....	147
7.3.3	光伏控制器的选型配置 .....	149
	参考文献 .....	155
<b>第8章</b>	<b>其他电气设备与部件 .....</b>	<b>156</b>
8.1	直流侧设备 .....	156
8.1.1	汇流箱 .....	156
8.1.2	直流配电柜 .....	157
8.1.3	离网控制器 .....	158
8.1.4	储能蓄电池 .....	158
8.1.5	光伏电缆 .....	159
8.1.6	其他元器件 .....	160
8.2	交流侧设备 .....	165
8.2.1	交流配电柜 .....	165
8.2.2	防逆流元件 .....	165
8.2.3	交流防雷元件 .....	166
8.2.4	配电盘 .....	170
8.2.5	单向电能表（发电与用电） .....	172
8.2.6	干式变压器 .....	174
8.3	并网监控系统设计 .....	174
8.3.1	监控主机 .....	175
8.3.2	网络版监控软件 .....	175
8.3.3	系统调度 .....	175
8.3.4	系统通信 .....	176

8.3.5 谐波控制 .....	176
参考文献 .....	179
<b>第9章 光伏追日系统 .....</b>	<b>181</b>
9.1 光伏追日系统的类型 .....	181
9.2 光伏追日系统对组件“有效”效率的影响 .....	183
9.2.1 采用追日系统的平板光伏组件 .....	183
9.2.2 聚光光伏组件 .....	183
9.3 光伏追日系统的工作原理 .....	184
9.3.1 光伏追日系统的组成 .....	184
9.3.2 简单追日机制示例 .....	185
9.3.3 光伏追日系统的设计示例 .....	187
9.4 光伏追日系统的技术参数 .....	191
9.5 太阳能光伏发电系统用对日单轴自动跟踪装置技术要求 .....	193
参考文献 .....	197
<b>第10章 光伏电站的施工、检测与维护 .....</b>	<b>198</b>
10.1 光伏电站施工 .....	198
10.1.1 方阵基础及其光伏发电系统施工 .....	199
10.1.2 配电设备及其设备之间线缆施工 .....	202
10.1.3 防雷接地及其监控检测系统施工 .....	206
10.2 光伏系统检测及其检测仪器 .....	207
10.2.1 设备外观检查 .....	208
10.2.2 设备性能测试 .....	208
10.2.3 光伏方阵绝缘电阻的测量 .....	209
10.2.4 逆变设备绝缘电阻的测量 .....	209
10.2.5 接地电阻测量 .....	210
10.2.6 绝缘电阻测量 .....	211
10.2.7 电能质量与并网保护装置测试 .....	212
10.3 光伏电站管理维护 .....	212
10.3.1 建立光伏电站的管理体系 .....	212
10.3.2 光伏电站维护管理的基本内容 .....	213
10.3.3 光伏电站日常管理的制度 .....	214
参考文献 .....	215
<b>第11章 光伏发电系统效益与运营模式 .....</b>	<b>216</b>
11.1 光伏发电的效益 .....	216
11.1.1 综述 .....	216
11.1.2 经济成本 .....	218
11.1.3 减排效益 .....	219
11.1.4 社会效益 .....	221

11.1.5 能量回报 .....	221
11.2 光伏发电市场的政策扶持 .....	222
11.2.1 国外光伏发电扶持政策 .....	222
11.2.2 国内光伏发电政策 .....	228
11.3 并网光伏系统开发模式 .....	229
11.3.1 地面并网光伏电站 .....	229
11.3.2 分散式并网光伏系统 .....	230
11.4 并网光伏系统的运营模式 .....	231
11.4.1 上网电价 (FIT) 模式 .....	231
11.4.2 节能表现协议 (Energy Performance Contracting, EPC) .....	232
11.4.3 电力购买协议 (PPA) .....	232
11.5 离网光伏系统开发与运营模式 .....	233
参考文献 .....	233
<b>第 12 章 中国光伏市场与政策</b> .....	<b>235</b>
12.1 中国太阳能光伏市场现状 .....	235
12.1.1 “光伏大国” .....	235
12.1.2 “两头在外” .....	236
12.1.3 “突围之路” .....	237
12.1.4 国内光伏市场发展历程 .....	238
12.1.5 上网电价——特许招标 .....	239
12.2 市场前景预测 .....	242
12.2.1 我国太阳能市场潜力 .....	242
12.2.2 世界太阳能市场发展 .....	243
12.2.3 中国太阳能发展现状及前景预测 .....	244
12.3 适合中国国情的光伏政策 .....	245
12.3.1 中国能源现状与经济转型概述 .....	245
12.3.2 观念转变 .....	246
12.3.3 政策的可行性、科学性 .....	248
12.3.4 国内光伏政策的现状和展望 .....	250
参考文献 .....	251
<b>第 13 章 光伏发电的其他应用</b> .....	<b>252</b>
13.1 太空光伏电站 .....	252
13.1.1 微波输电的发展史 .....	252
13.1.2 微波输能的基本原理 .....	253
13.1.3 SSPS 计划的由来 .....	255
13.1.4 SSPS 计划的原理 .....	256
13.1.5 太空光伏电站的技术与经济问题 .....	257
13.2 电动车光伏充电站 .....	258
13.2.1 电动车充电站的基本原理 .....	259

13.2.2	光伏充电站设计 .....	261
13.2.3	电动车光伏充电站投资成本 .....	262
	参考文献 .....	263
<b>第 14 章</b>	<b>太阳能光伏发电系统应用实例 .....</b>	<b>264</b>
14.1	深圳福田园博园 1MW <sub>p</sub> 光伏屋顶并网电站 .....	264
14.1.1	项目安装地情况 .....	264
14.1.2	环境与资源情况 .....	264
14.1.3	光伏电站方案描述 .....	265
14.1.4	光伏电站主要设备 .....	265
14.1.5	环保效益 .....	266
14.1.6	社会效益 .....	266
14.1.7	经济效益 .....	266
14.2	内蒙古乌海科技馆 50kW <sub>p</sub> 光伏屋顶并网电站 .....	266
14.2.1	项目安装地情况 .....	267
14.2.2	环境与资源情况 .....	267
14.2.3	光伏电站方案描述 .....	267
14.2.4	光伏电站主要设备 .....	268
14.2.5	环保效益 .....	268
14.2.6	社会效益 .....	268
14.2.7	经济效益 .....	268
14.3	深圳市宝安区新湖中学 4.32kW <sub>p</sub> 光伏地面离网电站 .....	269
14.3.1	项目安装地情况 .....	269
14.3.2	光伏电站方案描述 .....	269
14.3.3	光伏电站主要设备 .....	269
14.3.4	环保效益 .....	270
14.3.5	社会效益 .....	270
14.3.6	经济效益 .....	270
14.4	杭州万轮科技创业中心 5.12kW <sub>p</sub> 光伏屋顶并网电站 .....	270
14.4.1	项目安装地情况 .....	271
14.4.2	环境与资源情况 .....	271
14.4.3	光伏电站方案描述 .....	271
14.4.4	光伏电站主要设备 .....	271
14.4.5	环保效益 .....	272
14.4.6	社会效益 .....	272
14.4.7	经济效益 .....	272
14.5	义乌市青龙山庄 50kW <sub>p</sub> 地面光伏并网电站 .....	272
14.5.1	项目安装地情况介绍 .....	272
14.5.2	环境与资源情况 .....	273
14.5.3	光伏电站方案描述 .....	273
14.5.4	光伏电站主要设备 .....	274

14.5.5	环保效益	274
14.5.6	社会效益	274
14.5.7	经济效益	274
<b>附录 1</b>	<b>“关于实施金太阳示范工程的通知”</b>	<b>275</b>
<b>附录 2</b>	<b>关于做好 2010 年金太阳集中应用示范工作的通知</b>	<b>276</b>
<b>附录 3</b>	<b>第二批光伏特许权招标结果公告</b>	<b>277</b>
<b>附录 4</b>	<b>金太阳示范工程财政补助资金管理暂行办法</b>	<b>278</b>
<b>附录 5</b>	<b>金太阳示范工程和太阳能光电建筑应用示范工程关键设备入围企业目录</b>	<b>280</b>
<b>附录 6</b>	<b>2010 年金太阳示范工程项目目录</b>	<b>282</b>

# 第1章 太阳能资源

太阳能是指太阳内部和表面发生热核反应后所释放出的电磁辐射能量。这些能量的发散不具有定向性，而是向宇宙空间的各个角落进行辐射传递。其中极其微小的一部分（约二十二亿分之一）到达地球，并被地球上的水、大气、生物所吸收、固定和利用。我们通常所研究的及本书所针对的太阳能就是专指这部分照射于地球表面的太阳辐射能量。



## 1.1 太阳能利用的必要性与利用方式

太阳能是一次能源（Primary Energy）的一种。一次能源是指地球上未经转化或加工而直接可利用的能量资源，地球上的绝大部分一次能源，包括水势能、水动能、风能、生物质能等可再生能源以及煤、石油、天然气等化石能源，均全部或部分来自于太阳能。

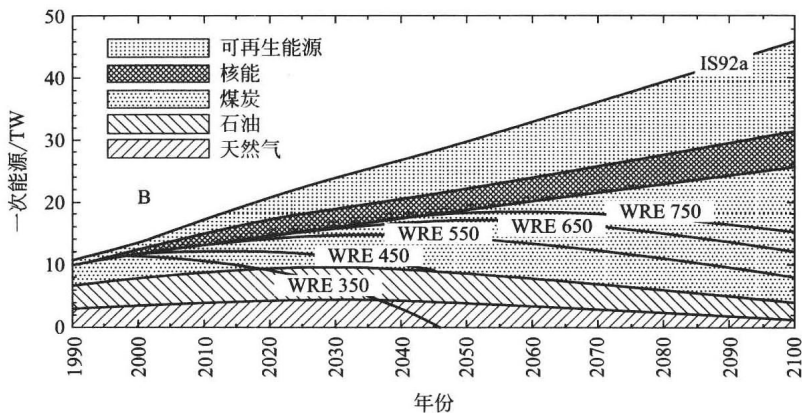


图 1-1 世界一次能源需求与供应预测

由于人类社会的不断发展，世界能源供应形势越来越严峻，地球的环境压力也越来越大，低排放的清洁可再生能源将逐渐在能源供应中占有重要地位。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）1992年根据对世界经济可持续发展的 IS92a 情景分析（图 1-1），预测 2050 年世界能源需求约为 28TW（ $1\text{TW}=10^{12}\text{W}=10$  亿千瓦，下同），是 1990 年实际需求（12TW）的 2.3 倍。即便不考虑温室气体排放的限制，煤、石油、天然气等化石能源及核能无法满足



这一巨大的能源增长需求,预计需要8~10TW的可再生能源来填补这一缺口。如果考虑抑制温室气体排放,将二氧化碳浓度维持在某一水平[如550W,即保持二氧化碳浓度为550ppm(1ppm= $10^{-6}$ μL/L,下同)],对可再生能源的需求将进一步扩大。

太阳能可利用总量丰富,在所有可再生能源中的比重超过90%,因此是可再生能源利用中的主要课题,而太阳能实际已经在日常生活和生产中被普遍利用。太阳能的人工利用形式多种多样,基本可以分为以下几类。

(1) **直接利用于照明** 将太阳光中的可见光部分引入建筑内,节省照明用电。例如安装于屋顶的太阳光收集系统,将收集到的阳光通过高反射率材料制成的管道引入室内。这种利用方法不存在能量形式的转化。

(2) **太阳能转化为化学能** 太阳光被特定吸光分子(染料)吸收后,引发一系列的化学反应,从而将太阳能以化学键的形式储存及固定在反应所产生的新物质内。例如模拟绿色植物光合作用的人工光合成,以及利用太阳光在催化剂作用下将水分解为氢气与氧气的水离解过程。

(3) **太阳能转化为热能** 吸光材料将太阳光吸收后转化为热能储存于一定的介质中加以利用。例如目前广泛使用的太阳能热水器、太阳灶等。

(4) **太阳能转化为电能** 将太阳能转化为电能目前主要有两种方式:一种是将太阳能先转化为热能传递给动力介质,再通过介质蒸汽推动发电机发电;另一种则是通过半导体材料吸收太阳光后产生电压的效应,即通常所说的光伏效应,将太阳能直接转化为电能。光伏技术与光伏系统将是本书介绍的主要内容。



## 1.2 太阳能资源的特点

与化石能源和其他可再生能源相比,太阳能具有以下特点。

(1) **总量巨大** 到达地球大气外层的太阳辐照总强度约为174000TW,其中约30%被大气层反射回外太空,其余到达地表的能量被大气、陆地、海水、植被等吸收,约为每年 $3.8 \times 10^{24}$ J,这相当于全世界2009年全部能源消耗( $4.7 \times 10^{20}$ J)的8000倍,也就是说地球表面一小时接收的太阳能足够人类一年使用。如果排除海洋、森林、冰川等地区,仅计算适于利用太阳能的陆地面积,大约有600TW的太阳能资源可用,即每年 $1.9 \times 10^{22}$ J,总量上满足世界能源需求全无问题。而其他形式的可再生能源及核能的丰度远不及太阳能,均无法单独依靠自身满足能源需求缺口。

(2) **容易获取和利用** 从空间上来讲,太阳能容易获取,在地表无处不在,无勘探和开采成本,而且不需也无法运输。但是太阳能在时间上具有不连续性,只能在白天利用,夜间几乎为零,如需不间断利用太阳能,则必须有储能机制以备夜晚使用。所以太阳能是随处可见,但定时可用的能源。

(3) **清洁无排放** 获取和利用太阳能的过程本身不会产生任何污染物的排放,也不会留下残余物。

(4) **取之不尽,用之不竭** 太阳能来自于太阳内氢元素聚变为氦元素的热核反应。太阳的质量约为 $2 \times 10^{30}$ kg(是地球质量的33万倍),其中约3/4为氢元素,根据目前太阳热核反应速率,每秒有 $6.57 \times 10^{11}$ kg的氢聚合生成 $6.53 \times 10^{11}$ kg的氦,那么氢的储量足够维持