

四川省 2011 年度重点图书项目

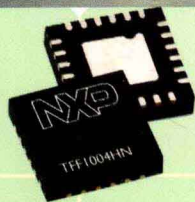
太阳能光伏与照明应用技术系列教材

太阳能 应用技术

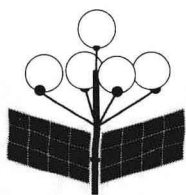
taiyangneng yingyong jishu

于军胜 主 编

王 军 曾红娟 副主编



电子科技大学出版社



四川省 2011 年度重点图书项目

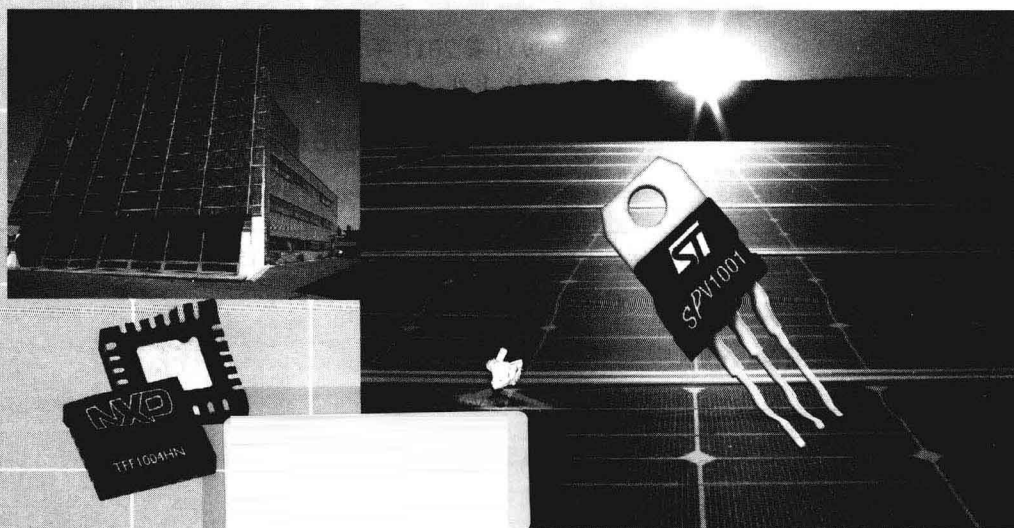
太阳能光伏与照明应用技术系列教材

太阳能 应用技术

taiyangneng yingyong jishu

于军胜 主 编

王 军 曾红娟 副主编



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能应用技术 / 于军胜主编. —成都: 电子科技大学出版社, 2012.2

太阳能光伏与照明应用技术系列教材

ISBN 978-7-5647-1093-4

I. ①太... II. ①于... III. ①太阳能利用—教材
IV. ①TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 008171 号

四川省 2011 年度重点图书项目
太阳能光伏与照明应用技术系列教材

太阳能应用技术

于军胜 主编 王 军 曾红娟 副主编

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)
策划编辑: 郭蜀燕 辜守义
责任编辑: 杨仪玮
主 页: www.uestcp.com.cn
电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn
发 行: 新华书店经销
印 刷: 四川嘉华印业有限公司
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 15.25 字数 372 千字
版 次: 2012 年 2 月第一版
印 次: 2012 年 2 月第一次印刷
书 号: ISBN 978-7-5647-1093-4
定 价: 36.80 元

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行部联系。电话: (028) 83202323, 83256027
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

四川省 2011 年度重点图书项目
太阳能光伏与照明应用技术系列教材

丛书编委会人员名单

主 审：吴援明

主 编：于军胜 饶海波 李 伟 李绍荣 祁康成 严高师

参编人员（按姓名笔画排序）：

丁 坤 于军胜 万远涛 万贤龙 王文丽

王 军 王 玮 龙剑平 祁康成 杨昕梅

李 伟 李绍荣 宋继荣 林 慧 周琳淞

钟 建 胡 玥 饶海波 高 原 高寒松

唐普英 顾德恩 黄宇红 曹贵川 曾红娟

谢立坤 廖骏源

序

人类社会发展到现阶段，自然资源与生存环境面临着非常严峻的挑战。当前世界各国致力于资源节约型与环境友好型社会的建设，因此，作为“开源节流”型的太阳能光伏技术和高效固态照明技术，符合社会发展的历史潮流和国家节能减排的大政方针。但是，当前我国在太阳能光伏和新型照明领域的人才非常缺乏，相关的教材和图书配套很不完善，本系列教材所涉及的八本系列性的图书正是在这个背景下规划、出版的，可以满足理工科院校的新专业的需求、高校院所人才培养和科学研究的要求。编委会由多名教授、博导以及博士青年教师组成，在材料的制备、表征、性能优化、器件工艺及应用技术等方面，具备丰富的教学与科研经验。我们相信，该系列教材可以为国家“卓越工程师计划”在相关光电材料与器件领域提供参考与帮助。

吴援明

2011年8月

前 言

能源是人类赖以生存和发展的必不可少的资源，而化石能源是目前的能源结构体系中非常重要的组成部分。地球上的化石能源主要有石油、煤、天然气和海底甲烷水合物等。由于这些化石能源的大量消耗，导致了严重的环境污染和地球的生态恶化，并且化石能源的储量有限、分布不均，人类采用何种新能源和如何架构能源体系，已经成为需要迫切解决的全球性课题。

当前，可开发的新能源有水能、风能、核能、海洋能、太阳能、地热能和生物能等。在各种可再生能源中，太阳能是最重要的基本能源，它不仅“取之不尽，用之不竭”，而且还具有分布广、污染少、成本低的特点。20世纪70年代以来，太阳能开发和利用已成为国际社会的主旋律和共同行动，也一直是各国制定可持续发展战略的重要内容。在此背景下，为了能够使读者全面了解太阳能的利用技术，本书从太阳能利用的历史到太阳能发热、制冷、发电等各个方面进行了阐述，并且还列举了实例来帮助读者进一步的学习。

全书共有8章，各章后附有习题和参考资料供读者选用。第1章介绍了太阳能相关的基础知识，包括太阳的结构及运动规律、太阳光谱、太阳辐射量的计算、太阳能的特点与我国太阳能分布情况等内容；第2章主要讲述了太阳能的收集与传导，在热收集方面本书结合平板型和真空管两种集热器进行了分析，并对其结构设计和性能参数进行了讨论，另一部分内容介绍了热能传递的三种基本方式；第3章主要叙述了太阳能的三种存储方式，即显热储存、相变储存和化学蓄热，其中显热存储方式是日常生活中太阳能应用较多的一种方式，因而进行了详细的介绍；第4章讲述了太阳能热水系统，主要包括家用太阳能热水器、热水系统、热水器的设计与生产三个方面；第5章是针对太阳能在制冷方面的应用展开的，主要对吸收式、吸附式、除湿式、蒸汽喷射式等制冷方式进行了原理、结构及过程的阐述；第6章讲述了太阳能热动力系统原理、构成及发电过程，同时对各式太阳能热发电系统进行了介绍；第7章对生物的光合作用、光合作用的场所与两个光系统作用、光合作用的反应中心、延迟发光等进行了描述，同时对利用生物质和生物质的转化技术获取能量进行了介绍；第8章作为本书的收尾，简要介绍了前述的多种太阳能应用系统在日常生活建筑上的具体应用情况，包括建筑的规划设计要求，太阳能在日常建筑中的采暖设计、热水应用设计、通风降温设计、建筑空调技术设计等方面的应用，给出了国内外使用太阳能的一些实际例子以加强其实用性说明。

本书适合从事各类太阳能器件技术学科和新能源方向的教师和科研人员使用，由多年从事该领域科研教学工作的电子科技大学于军胜教授担任主编、王军和曾红娟副教授担任副主编。

在本书的编写过程中，得到了研究生都超、臧月、蔡欣洋、刘胜强、马柱、赵娟、于欣格、王婉、雷霞等的大力协助，在此向他们表示衷心的感谢。

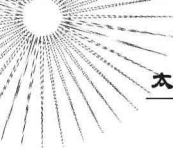
科学技术的发展日新月异，由于编者学识水平有限，书中谬误在所难免，恳望同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2011年12月于成都

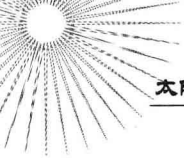
目 录

第 1 章 太阳能基础知识	1
1.1 能源概述	1
1.1.1 能源利用的几个时期	1
1.1.2 太阳能利用的意义	2
1.1.3 太阳能利用的途径	3
1.1.4 太阳能利用的特点	4
1.2 认识太阳	5
1.2.1 太阳的结构	5
1.2.2 地球的自转与公转	7
1.3 天球坐标	7
1.3.1 赤道坐标系	8
1.3.2 地平坐标系	9
1.3.3 太阳角的计算	9
1.4 太阳常数和太阳光谱	12
1.4.1 辐射度量	12
1.4.2 太阳常数	12
1.4.3 太阳光谱	14
1.5 地面太阳辐射的理论估算	16
1.5.1 大气质量	16
1.5.2 大气透明度的引入	18
1.5.3 垂直于太阳光线的地表上的直接辐射强度	19
1.5.4 水平面上的直接太阳辐射	19
1.5.5 工程中常用的计算太阳辐射的方法	21
1.6 中国的太阳能资源及分布特点	23
习 题	24
参考文献	24
第 2 章 太阳能的收集与传导	25
2.1 太阳能的收集方式	25
2.1.1 热收集	25
2.1.2 光电收集	25
2.1.3 光化收集	25
2.2 平板型太阳能集热器	26



2.2.1	平板型集热器的基本结构	26
2.2.2	集热器的基本能量平衡方程及热损系数	28
2.2.3	集热器效率方程及效率曲线	31
2.2.4	集热器热性能试验及技术指标	36
2.3	真空管太阳能集热器	38
2.3.1	全玻璃真空管集热器	39
2.3.2	热管式真空管集热器	44
2.3.3	其他形式金属吸热体真空管集热器	46
2.3.4	真空管集热器的热性能试验	49
2.4	热传导基础知识	51
2.4.1	导热	51
2.4.2	对流换热	53
2.4.3	辐射换热	54
	习 题	57
	参考文献	57
第 3 章 太阳能的存储技术		58
3.1	太阳能的存储方式	58
3.1.1	太阳能热能储存的分类	59
3.1.2	太阳能蓄热材料的分类及特点	60
3.2	显热储存	61
3.2.1	显热储存的基本原理	61
3.2.2	液体显热储存	63
3.2.3	固体显热储存	66
3.3	相变存储	68
3.3.1	相变存储的基本原理	68
3.3.2	相变存储的优点及面临的问题	69
3.3.3	无机盐水合物相变材料	70
3.3.4	有机相变材料	71
3.3.5	微胶囊技术储能技术概述	72
3.3.6	相变蓄热的应用	74
3.4	化学蓄热	74
3.4.1	化学蓄热的基本原理	74
3.4.2	化学蓄热的优点和缺点	75
3.4.3	适合的化学反应及分类	76
	习 题	77
	参考文献	77
第 4 章 太阳能热水系统		79

4.1	太阳能热水器简介	79
4.1.1	太阳能热水器的发展状况	79
4.1.2	太阳能热水器的分类	80
4.1.3	太阳能热水器的优缺点及性能优势	81
4.2	家用太阳能热水器	82
4.2.1	家用闷晒式太阳能热水器	82
4.2.2	家用平板太阳能热水器	83
4.2.3	家用全玻璃真空管太阳能热水器	85
4.2.4	家用热管真空管太阳能热水器	86
4.3	太阳热水系统	88
4.3.1	热水系统数学模型的介绍	89
4.3.2	自然循环太阳能热水系统	91
4.3.3	强制循环太阳能热水系统	92
4.3.4	直流式太阳能热水系统	93
4.3.5	二次换热太阳能热水系统	93
4.3.6	中央太阳能热水系统	94
4.4	太阳热水器的设计与生产	98
4.4.1	太阳热水器的设计	98
4.4.2	太阳能热水器生产工艺	101
4.5	太阳热水器的安装与维护	105
4.5.1	太阳热水器的安装	105
4.5.2	太阳能热水器的维护	108
4.6	太阳热水器之展望	109
	习 题	109
	参考文献	110
第 5 章	太阳能制冷技术	112
5.1	概述	112
5.1.1	制冷的基本概念	112
5.1.2	太阳能制冷系统的分类	113
5.2	太阳能吸收式制冷技术	113
5.2.1	吸收式制冷技术	113
5.2.2	吸收式制冷原理	114
5.2.3	溴化锂吸收式制冷	115
5.2.4	氨吸收式制冷	121
5.2.5	太阳能吸收式制冷系统	125
5.3	太阳能吸附式制冷技术	128
5.3.1	概述	128
5.3.2	太阳能吸附式制冷系统的分类	128



5.3.3	吸附式制冷原理	129
5.3.4	活性炭-甲醇吸附式制冷系统	130
5.3.5	活性炭-氨吸附式制冷系统	131
5.3.6	氯化镱-氨吸附式制冷系统	131
5.3.7	硅胶-水吸附式制冷系统	131
5.3.8	分子筛-水吸附式空调系统	132
5.4	太阳能除湿式制冷技术	132
5.4.1	除湿式制冷系统的优点与分类	132
5.4.2	太阳能除湿式制冷系统的工作原理	132
5.5	太阳能蒸汽压缩式制冷技术	133
5.5.1	蒸汽压缩式制冷技术	135
5.5.2	太阳能蒸汽压缩式制冷技术	135
5.6	太阳能蒸汽喷射式制冷技术	136
5.6.1	蒸汽喷射式制冷技术	137
5.6.2	太阳能蒸汽喷射式制冷技术	138
	习 题	141
	参考文献	141
第 6 章	太阳能热动力与热发电	143
6.1	太阳能热动力系统	143
6.1.1	太阳能热动力系统原理	143
6.1.2	太阳能热力发电系统构成	144
6.1.3	太阳能热动力水泵	146
6.1.4	太阳能热动力系统的发电过程分析	149
6.2	太阳能发电	152
6.2.1	火力发电系统	153
6.2.2	太阳能热发电技术分类	154
6.2.3	太阳能热发电发展动态及其规模	163
6.2.4	太阳能热发电的发展趋势与前景	169
	习 题	172
	参考文献	172
第 7 章	太阳能的生物利用	174
7.1	概述	174
7.2	光合作用	174
7.2.1	光合作用简介	174
7.2.2	光合作用原理	175
7.2.3	叶绿素蛋白复合物	176
7.2.4	光合作用中的能量传递	177

7.2.5 能量转移的模型	178
7.3 生物质和生物质的转化技术	179
7.3.1 生物质的种类	179
7.3.2 生物质能资源	180
7.3.3 生物质资源的特点	180
7.3.4 生物质转化技术	181
7.4 其他形式的太阳能生物换能技术	197
7.4.1 光合放氢	197
7.4.2 生物太阳能电池	199
7.5 结语	200
习 题	201
参考文献	201
第 8 章 太阳能的建筑应用	203
8.1 规划设计要求	203
8.1.1 设计原则	203
8.1.2 设计要点	203
8.2 建筑设计要求	205
8.2.1 设计原则	205
8.2.2 设计要点	206
8.2.3 太阳能建筑一体化设计	207
8.3 太阳能在建筑中的应用	208
8.3.1 太阳能建筑采暖技术设计	208
8.3.2 太阳能建筑通风降温设计	215
8.4 建筑实例	220
8.4.1 国外太阳能建筑实例	220
8.4.2 国内太阳能建筑实例	223
习 题	227
参考文献	227

第 1 章 太阳能基础知识

1.1 能源概述

能源是人类活动的物质基础。在某种意义上讲，人类社会的发展离不开优质能源的出现和先进能源技术的使用。在当今世界，能源的发展、能源和环境的关系，是全世界、全人类共同关心的问题，也是我国社会经济发展的重要问题。

那么，究竟什么是“能源”呢？关于能源的定义，目前约有 20 种。例如《科学技术百科全书》中说：“能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源。”《大英百科全书》中说：“能源是一个包括所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量。”我国的《能源百科全书》中说：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”可见，能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换的能量源泉。

能源亦称能量资源或能源资源，是指可产生各种能量（如热量、电能、光能和机械能等）或可做功的物质的统称，是指能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源，包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源以及其他新能源和可再生能源。

1.1.1 能源利用的几个时期

如果从人类利用能源的变迁角度观察其发展历史，大致可以划分为三个时期，即天然能源时期、矿物能源时期（该时期又可细分为：煤炭时期和石油时期）和可再生能源时期。

1. 天然能源时期

人类主要以树枝、杂草等植物当燃料，用于煮食和取暖，靠人力、畜力和一些简单风力或水力机械作动力从事生产活动或满足一般的生活需要。这个时期的生产和生活水平相当低下，它延续了很长的时间，约在公元 18 世纪以前的漫漫岁月中大抵都是如此。

2. 矿物能源时期

18 世纪产业革命导致的工业大发展，开始大量地使用煤炭。19 世纪电力开始进入社会生活的各个领域，石油和天然气的利用逐渐超过了煤。20 世纪 70 年代核裂变技术蓬勃发展，引起许多缺煤少油国家的重视并纷纷建造核电站。以煤、石油、天然气等为主的矿物燃料时期预计可延续到 21 世纪中叶，届时，由于它们储量的衰竭，将会出现其他能源取而代之，占据人类生产、生活的主导地位。

3. 可再生能源时期

可再生能源包括太阳能、风能、水能、生物能、海洋能、地热能、氢能。其中太阳能约占可再生能源总量的 99%，因此，也可以说太阳能就是可再生能源的主体。一种能源利用方式的改变，会对人类生产、生活的文明发展带来巨大影响。从图 1-1 可看出，这些可再生能源会随着时间的推移逐渐地成为主要能源。可再生能源的一个特点是可保持人类经济、生活的持续发展。

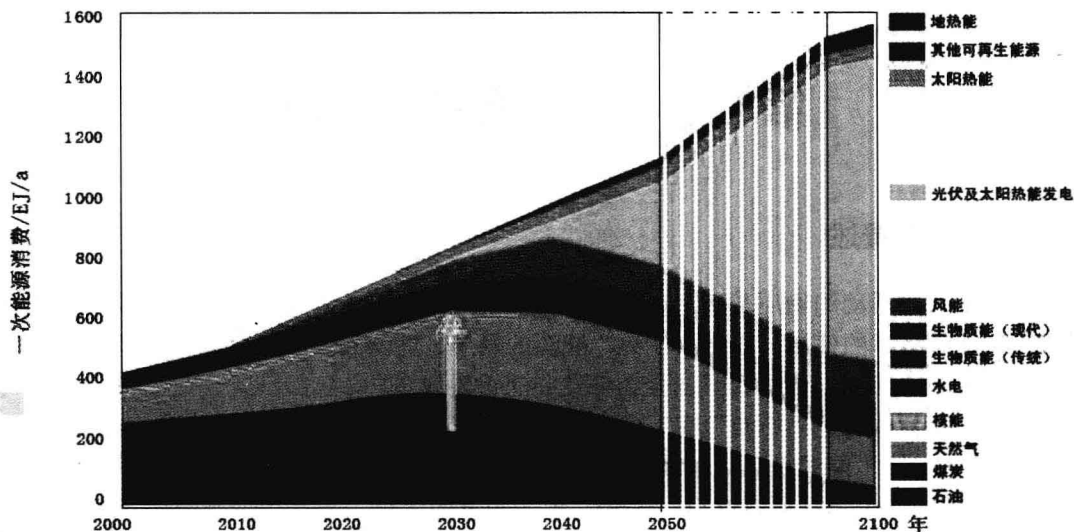
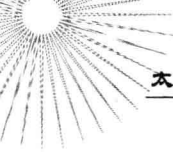


图 1-1 世界能源结构预测 (资料来源: 欧盟联合研究中心, 2004 年)

1.1.2 太阳能利用的意义

太阳能是可再生能源的一种。开发利用太阳能, 对于节约常规能源、保护自然环境、缓解气候变化等, 都具有极其重大的意义。

1. 可以节约大量使用的化石能源

在当今世界的能源结构中, 人类利用的能源主要是石油、天然气和煤炭等化石能源。据有关资料统计, 2002 年世界一次能源消费量为 94.05 亿吨石油当量。随着全球经济的发展、人口的增加、社会生活的提高, 未来世界能源消费量还将继续增长。预计到 2020 年, 世界一次能源消费总量将达到 200 亿~250 亿吨标准煤。

我国的能源资源储量不容乐观, 根据最新资料, 现有探明经济可开发剩余总储量为 1392 亿吨标准煤, 约占世界总量的 10.1%。我国能源剩余可开采总储量的结构为: 原煤占 58.8%, 原油占 3.4%, 天然气占 1.3%。我国能源资源保证程度仅为 129.7 年, 其中煤仅为 114.5 年, 原油为 120.1 年, 天然气为 49.3 年。

由此可见, 在人类开发利用能源的历史长河中, 以石油、天然气和煤炭等化石能源为主的时期, 仅是一个不太长的阶段, 这些化石能源终将走向枯竭而被新的能源所取代。太阳能资源丰富、分布广泛, 取之不尽、用之不竭, 包括太阳能在内的可再生能源, 是人类社会未来能源的基石, 必将成为化石能源的替代能源。

2. 可以保护人类赖以生存的自然生态环境

化石能源的大量开发和利用, 是造成大气和其他类型环境污染与生态破坏的主要原因之一。同时, 全球气候变化是当前社会普遍关注的重大全球环境问题, 它主要是发达国家在其工业化过程中燃烧大量化石燃料产生的 CO_2 等温室气体的排放所造成的。因此, 限制和减少化石燃料燃烧产生的 CO_2 等温室气体的排放, 已成为国际社会减缓全球气候变化的重要组成部分。

而包括太阳能在内的可再生能源却只有很少的污染物排放, 清洁干净, 是保护人类赖

以生存的地球的自然环境和生态环境的清洁能源。

3. 可以解决无电人口和特殊用途供电问题

迄今,世界上不发达国家还有 20 多亿人口尚未用上电,其中我国约占 6000 多万人。由于无电,这些人大多仍然过着贫困落后,日出而作、日落而息,远离现代文明的生活。这些地方,缺乏常规能源资源,但自然能源资源丰富,人口稀少,并且用电负荷不大,因而发展新能源和可再生能源是解决其供电问题的重要途径。

另外,有些领域,如海上航标、高山气象站、地震测报台、森林火警监视站、光缆通信中继站、微波通信中继站、边防哨所、输油输气管道、阴极保护站等,在无常规电源等特殊条件下,其供电电源由包括太阳能等可再生能源提供,不消耗燃料,无人值守,最为先进、安全、可靠和经济。

1.1.3 太阳能利用的途径

人类主要通过以下途径利用太阳能。

1. 光—热转换

它的基本原理是将太阳辐射能收集起来,通过与物质的相互作用转换成热能并加以利用。这种方式最为古老,但技术水平相当成熟、成本低廉、普及性广、工业化程度较高。目前使用最多的太阳能收集装置,主要有平板型集热器、真空管集热器和聚焦集热器 3 种。通常根据所能达到的温度和用途的不同,而把太阳能光热利用分为低温利用(小于 200°C)、中温利用($200\sim 800^{\circ}\text{C}$)和高温利用(大于 800°C)。目前低温利用主要有太阳能热水器、太阳能干燥器、太阳能蒸馏器、太阳房、太阳能温室、太阳能空调制冷系统等,中温利用主要有太阳灶、太阳能热发电聚光集热装置等,高温利用主要有高温太阳炉等。

2. 太阳能发电

电能是一种高品位能量,利用、传输和分配都比较方便。将太阳能转换为电能是大规模利用太阳能的重要技术基础,世界各国都十分重视,其转换途径很多,有光电直接转换、光热电间接转换等。

①光—热—电转换,即利用太阳辐射所产生的热能发电。一般是用太阳能集热器将所吸收的热能转换为工质的蒸汽,然后由蒸汽驱动汽轮机带动发电机发电。前一过程为光—热转换,后一过程为热—电转换。

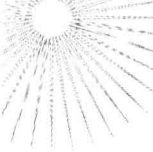
②光—电转换,其基本原理是利用光生伏打效应将太阳辐射能直接转换为电能,它的基本装置是太阳能电池。

3. 光化学利用

光化学利用基于光化反应,其本质是物质中的分子、原子吸收太阳光子的能量后变成“受激原子”,受激原子中的某些电子的能态发生改变,使某些原子的价键发生改变,当受激原子重新恢复到稳定态时,即产生光化学反应。光化反应包括光解反应、光合反应、光敏反应,有时也包括由太阳能提供化学反应所需要的热量。通过光化学作用转换成电能或制氢也是利用太阳能的一条途径。二三十年前曾有不少人在这方面做了很多研究工作,目前仍处于可研阶段。

4. 光生物利用

通过光合作用收集与储存太阳能。地球上的一切生物都是直接或间接地依赖光合作用



获取太阳能，以维持其生存所需要的能量。所谓光合作用，就是绿色植物利用光能，将空气中的 CO_2 和 H_2O 合成有机物与 O_2 的过程。光合作用的理论值可达 5%，实际上小于 1%。近年来在这方面的研究有所增加，人们期盼着出现突破性的进展。

1.1.4 太阳能利用的特点

太阳能作为一种能源，与煤炭、石油、天然气等化石能源相比较，有其独占鳌头的特点。太阳能的优点可概括为以下几点。

1. 储量的“无限性”

太阳能是取之不尽的可再生能源，可利用量巨大。太阳每秒钟放射的能量大约是 $1.6 \times 10^{23} \text{kW}$ ，其中到达地球的能量高达 $8 \times 10^{13} \text{kW}$ ，相当于 6×10^9 吨标准煤。按此计算，一年内到达地球表面的太阳能总量折合标准煤共约 1.892×10^{13} 亿吨，是目前世界主要能源探明储量的一万倍。太阳的寿命至少尚有 40 亿年，相对于人类历史来说，太阳可源源不断供给地球能源的时间可以说是无限的。相对于常规能源的有限性，太阳能具有储量的“无限性”，取之不尽，用之不竭。这就决定了开发利用太阳能将是人类解决常规能源匮乏、枯竭的最有效途径。

2. 存在的普遍性

虽然由于纬度的不同、气候条件的差异造成了太阳能辐射的不均匀，但相对于其他能源来说，太阳能对于地球上绝大多数地区具有存在的普遍性，可就地取用。这就为常规能源缺乏的国家和地区解决能源问题提供了美好前景。

3. 利用的清洁性

太阳能像风能、潮汐能等洁净能源一样，其开发利用时几乎不产生任何污染，加之其储量的无限性，是人类理想的替代能源。

4. 利用的经济性

可以从两个方面看太阳能利用的经济性。一是太阳能取之不尽，用之不竭，而且在接收太阳能时不征收任何“税”，可以随地取用；二是在目前的技术发展水平下，有些太阳能利用已具经济性，如太阳能热水器虽然一次性投入较高，但其使用过程不耗能，而电热水器和燃气热水器在使用时仍需耗费资金。有关研究结果表明，太阳能热水器已具很强的竞争力。随着科技的发展以及人类开发利用太阳能技术的突破，利用太阳能的经济性将会更明显。

太阳能资源虽然具有上述几方面常规能源无法比拟的优点，但作为能源利用时，也有以下的缺点。

1. 分散性

到达地球表面的太阳辐射的总量尽管很大，但是能流密度很低。平均说来，北回归线附近，在夏季天气较为晴朗的情况下，正午时太阳辐射的辐照度最大，在垂直于太阳光方向 1m^2 面积上接收到的太阳能平均有 1000W 左右，若按全年日夜平均，则只有 200W 左右，而在冬季大致只有一半，阴天一般只有 1/5 左右，这样的能流密度是很低的。因此，在利用太阳能时，想要得到一定的转换功率，往往需要面积相当大的一套收集和转换设备，造价较高。

2. 不稳定性

由于受到昼夜、季节、地理纬度和海拔高度等自然条件的限制以及晴、阴、云、雨等随机因素的影响，到达某一地面的太阳辐照度既是间断的又是极不稳定的，这给太阳能的大规模应用增加了难度。为了使太阳能成为连续、稳定的能源，从而最终成为能够与常规能源相竞争的替代能源，就必须很好地解决蓄能问题，即把晴朗白天的太阳辐射能尽量贮存起来以供夜间或阴雨天使用，但目前蓄能也是太阳能利用中较为薄弱的环节之一。

3. 效率低和成本高

目前太阳能利用的发展水平，有些方面在理论上是可行的，技术上也是成熟的。但有的太阳能利用装置，因为效率偏低、成本较高，总的来说，经济性还不能与常规能源相竞争。在今后相当长一段时期内，太阳能利用的进一步发展，将主要受到经济性的制约。

至于太阳能利用中的经济性问题，还必须考虑下列两种因素：

第一，世界上越来越多的国家认识到，一个能够持续发展的社会应该是一个既能满足社会需要，而又不危及后代人前途的社会。因此，尽可能多地用洁净能源代替高含碳量的矿物能源，是能源建设应该遵循的原则。随着能源形式的变化，常规能源的贮量日益下降，其价格必然上涨，而控制环境污染也必须增大投资。

第二，我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国，煤炭约占商品能源消费结构的76%，已成为我国大气污染的主要来源。大力开发新能源和可再生能源的利用技术将成为减少环境污染的重要措施。能源问题是世界性的，向新能源过渡的时期迟早要到来。从长远看，太阳能利用技术和装置的大量应用，也必然可以制约矿物能源价格的上涨。

1.2 认识太阳

1.2.1 太阳的结构

从人类赖以生息繁衍的地球向外看，天空中最引人注目的就是光辉灿烂的太阳。太阳是一颗自己能发光发热的气体星球，其内部不断进行着热核反应，因而每时每刻都在稳定地向宇宙空间发射能量。太阳从中心到边缘可以分为核反应区、辐射区、对流区和大气层。太阳99%的能量是由中心和辐射区的热核反应产生的。太阳中心的密度和温度极高，其核心不停地发生着氢核聚变成为氦核的热核反应，每秒烧掉6亿多吨氢燃料，而反应足以维持100亿年，太阳目前正处于中年期。

太阳也像地球那样有大气层，其大气层由光球、色球和日冕三层合起来构成。人们看到的太阳表面叫光球，光球层厚约5000km，太阳的可见光，几乎全是由光球发出的。光球表面有颗粒状结构——迷离组织。光球上亮的区域叫做光斑，暗的黑斑叫做太阳黑子，太阳黑子的活动周期平均为11.2年。从光球表面到2000km高度为色球层，只有在日全食时或用色球望远镜才能观测到它。色球层有谱斑、暗条和日珥，还时常发生剧烈的耀斑活动。色球层之外称为日冕层，它温度极高，延伸到数倍太阳半径处，用空间望远镜可观察到X射线耀斑。日面上有冕洞，而冕洞是太阳风的风源。日冕也只有在日全食时或通过日冕仪才可以观测到。太阳的构造如图1-2所示。