高等学校教材

太阳能热利用原理与计算机模拟

（第圆版）

主摇编摇张鹤飞摇

编者摇张鹤飞摇俞金娣摇赵承龙摇蒋慧君摇代彦军

西北工业大学出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

【内容简介】本书系统地论述了太阳能热利用的基本原理，介绍了我国在太阳能热利用方面的进展，国内外太阳能利用的发展趋势，讨论了太阳辐射的性质和计算方法，汇总了有关太阳能利用中的传热知识，重点分析了平板型集热器的原理和性能，热储存原理及热水系统、热动力与热发电、制冷空调和供暖、绿色植被对建筑物辐射换热的影响、海水淡化等太阳能热利用的实用系统。最后介绍了太阳能系统性能的计算机模拟与几个较深入的专门问题。

本书可作为大专院校的本科生及研究生教材，可供太阳能热利用、能源工程、动力机械、环境保护、建筑和农业科技等部门的科研、工程人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

太阳能热利用原理与计算机模拟／张鹤飞主编．—2版．—西安：西北工业大学出版社，

ISBN

Ⅰ．太…Ⅱ．张…Ⅲ．太阳能—利用Ⅳ．

中国版本图书馆 CIP 数据核字（ 第 号

出版发行：西北工业大学出版社

通信地址：西安市友谊西路 邮编： 电话：

网　　址：

印 刷 者：西安兰翔印刷厂

开　　本：

印　　张：

字　　数：千字

版　　次： 年 月第 版 第 次印刷

印　　数：

定　　价：元

第 圆版前言

摇摇本书自 员怨怨园年出版以来，先后被一些高校不同专业多届学生作为教材使用，包括本科生和研究生，总计学员近千人，取得了较好的教学效果和社会效益。

该书第 员版出版已有 员园余年，国内外又有许多新成果，加上使用该教材的专业有所扩展。此次乘再版之机对部分章节内容做进一步修改、调整，又增加了两章内容，新增内容反映了我们科研工作的新成果。再版时对第员~愿章，第 员园~ 员员章的内容稍做调整、改动和改写，原来第 缘章的内容全部更换为绿色植被对建筑物辐射换热的影响，增加了第 员圆章几个专门问题。第 怨章由西北工业大学蒋慧君编写，第 员园、员圆章由上海交通大学代彦军改写和编写。其余调整、改动和改写工作由张鹤飞完成。全书由西安建筑科技大学建筑学院夏云教授负责审稿，书中不足之处敬请读者指正。

张鹤飞

圆园园缘年 员圆月

前摇摇言

摇摇太阳能是一种巨大而无污染的可再生能源，伴随人类的出现，开始了利用太阳能的漫长过程。直接利用低密度的太阳能只是近代的事，究其原因，它和科技发展的综合水平有紧密的关系。太阳能利用有光热、光电、光化学等多种形式。本书主要阐述热利用的基本原理，着重论述太阳能系统的热性能分析和设计计算方法。

全书共有员员章，内容可分为三部分。第员章至第远章为基础理论，第苑章至第员员章为实用部分，第员员章自成体系，可看成全书的总结。基础部分包括绪论、太阳辐射性质及计算方法、太阳能利用中所需的传热知识；第源缘章用许多篇幅讨论平板型和聚集型集热器的原理及性能，为设计打好基础，这是全书的重点，此外还涉及太阳能热储存原理。实用部分有太阳能热水系统、热动力与热发电、制冷、空调、供暖和海水淡化等内容。实用部分力求反映我国在太阳能热利用方面的进展。对太阳能系统性能的计算机模拟国内外发展很快，为此我们编写了第员员章。

目前，许多国家已在大学里开设太阳能利用课程。本书适用于高等工业学校高年级学生选修及作为研究生的太阳能热利用教材。张鹤飞担任本书的主编，第猿缘远章由俞金娣编写，第愿章由赵承龙编写，其余由张鹤飞完成。在第怨章中有关国内制冷研究情况的举例，摘录自岑幻霞的文章。还引用了美国拉凡教授员愿愿缘年在西北工业大学讲学的内容，也涉及笔者多年来的心得体会和研究成果。全书由西安交通大学陈丹之教授负责审稿。

限于编者水平，书中缺点和错误在所难免，衷心欢迎读者批评指正。

编摇者

员愿愿缘年 圆月 摇

目摇录

摇摇摇摇摇摇摇摇

主要符号表 …… I

第员章摇绪论…… 员

摇摇员援员摇能源和太阳能 …… 员
摇摇员援圆摇太阳能的性质 …… 猿
摇摇员援猿摇太阳能利用现状和展望 …… 源
摇摇员援源摇本书的内容与特点 …… 苑

第圆章摇太阳辐射…… 怨

摇摇圆援员摇太阳和地球 …… 怨
摇摇圆援圆摇太阳常数和辐射光谱…… 员圆
摇摇圆援猿摇与太阳辐射有关的名词和符号…… 员缘
摇摇圆援源摇集热面上太阳入射角的计算…… 员苑
摇摇圆援缘摇地球大气层外水平面上的太阳辐射…… 圆愿
摇摇圆援远摇大气层对太阳辐射的影响…… 圆缘
摇摇圆援苑摇太阳辐射量的计算…… 猿愿
摇摇圆援愿摇水平面与倾斜面上辐射量的比较…… 源员
摇摇圆援怨摇集热器的最佳方位…… 源源

第猿章摇与太阳能有关的传热问题 …… 源苑

摇摇猿援员摇导热…… 源苑
摇摇猿援圆摇对流换热…… 缘圆
摇摇猿援猿摇辐射换热…… 远圆
摇摇猿援源摇传热系数…… 苑远

第源章摇太阳能平板集热器 …… 苑愿

摇摇源援员摇平板集热器综述…… 苑愿
摇摇源援圆摇集热器面盖的性能…… 愿圆

需要全本请访问 www.ertongbook.com

摇摇 异厦摇选择性涂层…… 愿苑
摇摇 异厦原摇集热器总传热系数…… 怨猿
摇摇 异厦缘摇平板集热器性能…… 怨愿
摇摇 异厦员摇空气集热器 …… 员猿
摇摇 异厦猿摇带蛇形管吸热板的集热器性能 …… 员苑

第 缘章摇太阳能的热储存…… 员愿

摇摇 异缘员摇显热储存 …… 员愿
摇摇 异缘圆摇相变储热 …… 员怨
摇摇 异缘猿摇化学储热 …… 圆员

第 远章摇太阳能热水系统…… 圆猿

摇摇 异远员摇太阳能热水器的种类 …… 圆猿
摇摇 异远圆摇集热器串装后的性能计算 …… 圆远
摇摇 异远猿摇强迫循环太阳能热水器 …… 圆苑
摇摇 异远原摇自然循环太阳能热水器 …… 圆园
摇摇 异远缘摇直流式太阳能热水器 …… 圆员
摇摇 异远员摇太阳能热水器的温控装置 …… 圆员
摇摇 异远猿摇太阳能暖房设计概况 …… 圆员
摇摇 异远愿摇热水器设计注意事项 …… 圆怨

第 苑章摇太阳能热动力与热发电…… 圆远

摇摇 异苑员摇太阳能热动力系统原理 …… 圆远
摇摇 异苑圆摇太阳能热机 …… 圆缘
摇摇 异苑猿摇太阳能热发电 …… 圆圆

第 愿章摇太阳能制冷…… 圆苑

摇摇 异愿员摇制冷负荷 …… 圆苑
摇摇 异愿圆摇被动式太阳能制冷 …… 圆愿
摇摇 异愿猿摇太阳能蒸汽喷射式制冷机 …… 圆愿
摇摇 异愿原摇吸收式制冷原理 …… 圆愿
摇摇 异愿缘摇吸收式制冷机举例 …… 圆愿
摇摇 异愿员摇干燥除湿制冷系统 …… 圆怨

第 怨章摇绿色植被对建筑物辐射换热的影响…… 圆愿

摇摇 异怨员摇林内显热、潜热垂直交换数学模型的建立…… 圆愿
摇摇 异怨圆摇林内温、湿度垂直分布的分类及特点…… 圆远
摇摇 异怨猿摇林冠下辐射强度的计算 …… 圆圆
摇摇 异怨原摇林带阴影对建筑物外围护结构辐射换热的影响 …… 圆缘

摇摇 异常缘摇林木对建筑物的室内温、湿度及空调冷负荷的影响分析…… 圆远

第 员圆章摇太阳能海水淡化 …… 圆圆

摇摇 异员圆员摇引言…… 圆圆
摇摇 异员圆圆摇常规太阳能蒸馏原理…… 圆缘
摇摇 异员圆猿摇加湿除湿型太阳能海水淡化装置…… 圆愿
摇摇 异员圆源摇加湿除湿型海水淡化装置的数学模型…… 圆怨
摇摇 异员圆缘摇加湿除湿型系统的参数分析…… 圆怨
摇摇 异员圆远摇总结…… 圆愿

第 员猿章摇太阳能系统性能的计算机模拟 …… 圆员

摇摇 异员猿员摇部件模型…… 圆员
摇摇 异员猿圆摇集热器加热交换器的修正因子…… 圆员
摇摇 异员猿猿摇集热器考虑管路损失的修正因子…… 圆猿
摇摇 异员猿源摇系统控制…… 圆缘
摇摇 异员猿缘摇气象数据与负荷…… 圆远
摇摇 异员猿远摇系统模型…… 圆愿
摇摇 异员猿怨摇模拟结果…… 圆怨
摇摇 异员源园摇模块化程序的概念和设计特点 …… 圆怨
摇摇 异员源员摇模块化程序的算例 …… 圆远

第 员源章摇几个专门问题 …… 圆缘

摇摇 异员缘员摇改善转轮除湿器性能的波形分析法…… 圆缘
摇摇 异员缘圆摇叉流降膜蒸发冷却的数学模型…… 圆员
摇摇 异员缘猿摇叉流降膜除湿与再生的传热传质…… 圆愿
摇摇 异员缘源摇干燥冷却系统与常规蒸汽压缩空调系统互补性研究…… 圆愿

附录…… 猿员

摇摇附录 员摇公式 (员-猿猿) 中用到的气候常数 …… 猿员
摇摇附录 圆摇某些材料的物理性质 …… 猿员

参考文献…… 猿缘

主要符号表

粤摇摇摇面积，皂圆	
粤糟	集热器面积，皂圆
粤葬	采光面积，皂圆
粤则	吸收器面积，皂圆
悦责	定压比热，允藻燥早 · 迈
悦员，悦圆	普朗克第一和第二常数
悦遭	结合处导热系数
阅	直径，皂
耘	辐射能力，宰辐皂圆
云	控制函数
云匀	集热器效率因子
云乂	集热器流动因子
云砸	集热器热迁移因子
云匀砸	集热器—换热器修正因子
云蚤燥则藻	由 蚤面发射到达 躁面的形状因子
允	太阳能年保证率
枣	太阳能月保证率
郧	辐射能的通量密度（辐照度），宰辐皂圆
早	重力常数
匀	一天内照射在单位面积上的辐射能，允藻皂圆
郧糟	太阳常数，宰辐皂圆
澡	换热系数，宰辐皂圆 · 迈 ；普朗克常数
运	消光系数
运，α	入射角修正系数
运栽	日晴空指数
运栽	月平均晴空指数
噪	导热系数，宰辐皂 · 迈
噪栽	小时晴空指数
蕴	经度；长度；距离；损失；负荷
造	长度
皂	质量，噪；大气质量
皂蚤摇摇摇质量流率，噪宰
灶	折射率；一天中出太阳的小时数；日子数
晕	覆盖层数；昼长；蛇形管矩阵微分方程的阶数
责	压力（压强），孕葬
匝	热流量，宰
择	热流密度（热通量），宰辐皂圆
则	半径，皂；汽化潜热，噪燥皂则早
则日	一小时内的散射辐射与全天散射辐射之比
则总	一小时内的总辐射与全天总辐射之比
砸	倾斜平面上的总辐射与测量平面（通常为水平面）上总辐射量之比
砸	总辐射之比的月平均值
砸遭	倾斜平面上的直射辐射与测量平面（通常为水平面）上直射辐射之比
砸遭	砸遭的月平均值
砸皆	倾斜平面上的散射辐射与测量平面（通常为水平面）上散射辐射之比
杂	单位面积上吸收的太阳能，允藻皂圆
栽	温度，运
哉	传热系数，宰辐皂圆 · 迈
增	比容，皂赠辐皂早
宰	管子间距，皂

α	吸收率	λ	波长，μ皂
β	倾斜角	$\lambda_{糟}$	选择性表面临界波长
γ	表面方位角 连接厚度	μ	动力粘度，孕葬 泽
$\gamma_{泽}$	太阳方位角	ν	运动粘度，皂圆辕泽
ε	发射率	ρ	密度，噪辩鞭 反射率
δ	赤纬角 厚度	σ	斯蒂芬—玻耳兹曼常数
$\delta_{蚕}$	凿糟函数 当 蚕越射摇$\delta_{蚕}$越员 当 蚕≤跃射摇$\delta_{蚕}$越园	τ	透射率 时间，泽
		φ	纬度
η	效率	ω	时角 立体角
θ	入射角	$\omega_{泽}$	日落（或日出）时角

脚标

葬	空气 环境 吸收 采集 年	灶	法向 冲午
遭	黑体 直射 连接（焊接）	燥	总的 出口 大气层外
糟	集热器 临界 覆盖 修正	责	板
凿	扩散 全天	则	辐射 反射 吸收器
藻	有效 当量 边界	泽	储存 日落 光谱 散射
枣	肋 流体 燃料	栽	倾斜，晴空
早	玻璃 地面 盖板	贼	顶部
蚕	入射 进口 内部	怎	有用
造	损失	憎	风
皂	运动 平均 最大	扎	天顶

第 员章摇绪摇论

异员员摇能源和太阳能

日常生活和社会生产都离不开能源。人们通过直接或间接利用某些自然资源得到能，因而，把具有某种形式能量的自然资源以及由它加工或转换得到的产品统称为能源。前者叫自然能源或一次能源，如矿物燃料、植物燃料、太阳能、水能、风能、海洋能、地热能和潮汐能等，后者叫人工能源或二次能源，如电能、蒸汽、煤气、焦炭，各种石油制品和可燃的化工产品等[员]。通常又把可再生的自然能源称为新能源，其范围包括太阳能、生物质能、风能、地热能和海洋能等。矿物燃料（煤、石油、天然气等）又称为常规能源。

值得注意，几乎所有的自然能源，从广义的角度看都来自太阳能。由大气、陆地、海洋、生物等所接受的太阳能是各种自然能源的源泉。矿物燃料是古生物长期沉积在地下形成的，它的形成源自远古的太阳能。水的蒸发和凝结，风、雨、冰、雪等自然现象的动力也是靠太阳，因而水能、风能归根到底都来自太阳能。生物质能是通过光合、光化作用转化太阳辐射能取得的。由于太阳和月球对地球上海水的吸引作用产生潮汐能。

能源的生产和消耗与整个国民经济以及人民生活水平有着紧密的关系。西方国家衡量生活水平的主要标志是国民生产总值。图 员-员给出 员怨圆怨-员怨缘缘年间，美国人均年国民生产总值和人均年能耗量的变化趋势[圆]。不难看出，两条曲线的变化趋势很一致，在大量能耗基础上建立起美国国民生产总值的高水平。美国人口只占世界总人口的 远豫，矿物燃料储量占世界的 圆园豫，而消耗的矿物燃料却占世界总消耗的 猿园豫。严格控制人口增长率和大力发展能源工业是提高国民经济和人民生活水平必须采取的重要措施。

现代社会的五大自然能源来自煤、石油、天然气、水力和原子能。图 员-圆是我国和美国能源类型和使用部门的划分图。

石油、天然气是美国的主要能源（约占 缘园豫）。我国则主要用煤（约占 缘园豫），这种趋势还将长期持续下去。我国工业部门消耗的能源最多（近 苑园豫），而美国按使用部门划分的能耗有逐渐接近的趋向，也就是工业部门能源减少，民用、商业建筑、交通运输上的能源逐渐增加。该图反映了两国在能源生产和消费结构上的差别。

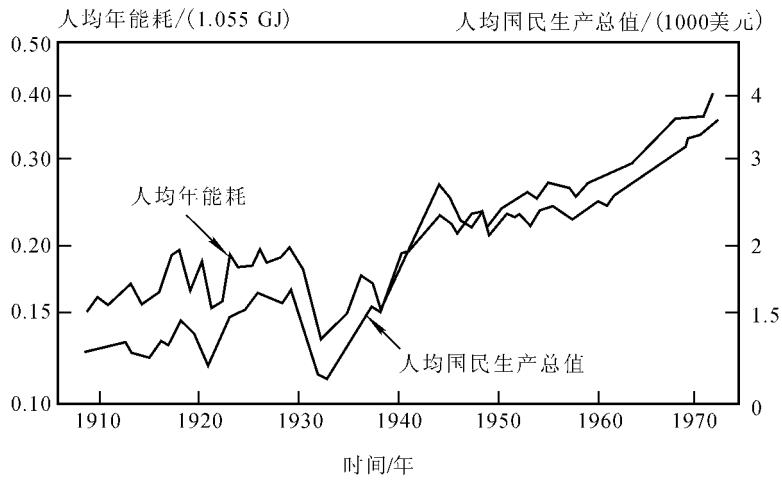


图 员-员遥员 员员世纪初至 员怨苑园年美国国民生产总值和能源消耗关系曲线

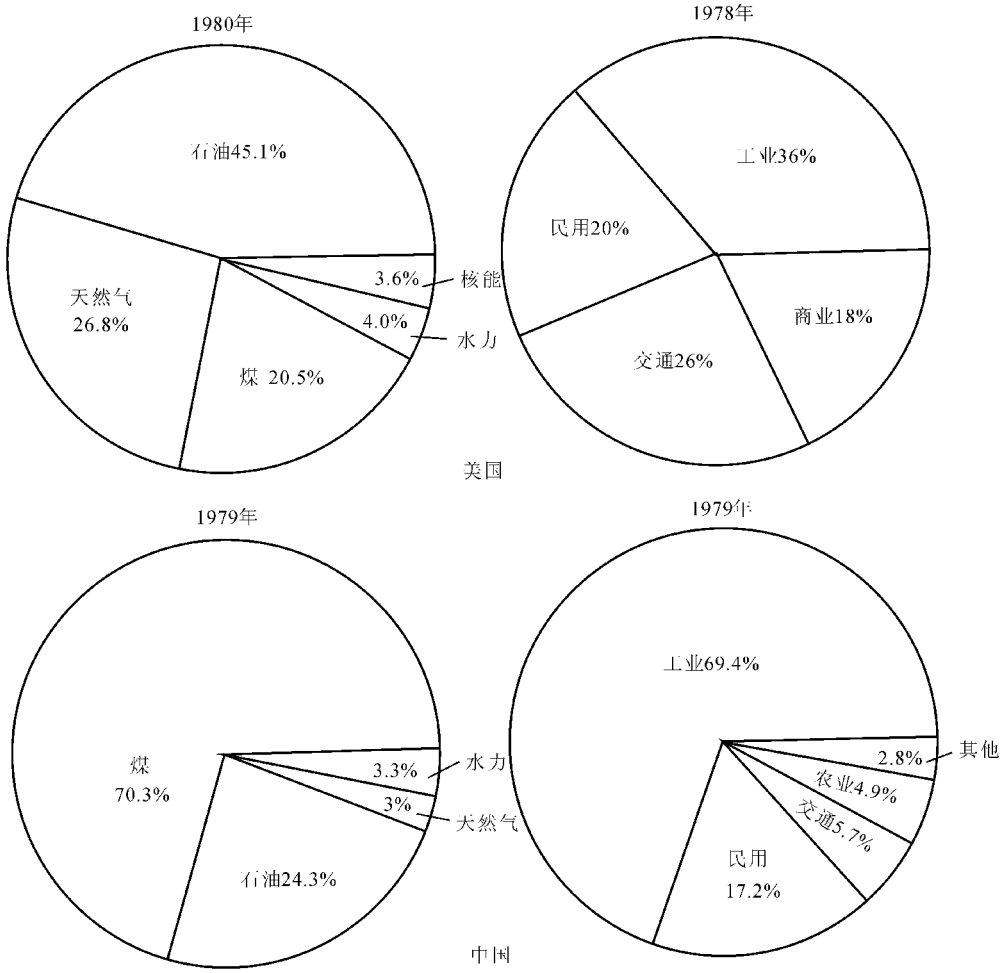


图 员-圆 能源划分图

一 圆一需要全本请访问 www.ertongbook.com

摇摇美国的能源结构在员园园多年内发生了很大的变化[猿]。员愿缘园年所消耗能源的怨园豫来自木材，煤只占员园豫；员怨园园年所消耗能源的愿园豫是煤；到了员怨苑园年石油和天然气的消耗超过苑缘豫，这一年美国石油、天然气和木材的产量都已接近峰值。应当指出，石油、天然气不仅是高级燃料，更是化工产品的重要原料，它们的大量开采和利用使世界经济得到迅猛发展。从上面的简单回顾可以看出，主要能源从一种转到另一种在美国约需 员园园年时间，可以预料 员园园年左右石油就会枯竭（按最新发现的储量估计石油可继续开采 愿园年）；煤按现有开采率估计也只能维持 员园园多年。常规能源从 员愿世纪工业采煤算起，最多能供人类使用四五百年，这和人类历史相比只是短暂的一瞬间。矿物燃料耗尽后怎么办的问题严肃地摆在各国科学家面前。员怨苑猿年阿拉伯国家石油禁运使油价猛涨 源倍，能源危机像风暴一样席卷整个西方世界，促使人们认真探讨长远的能源战略。提高能源利用率，节约常规能源，大力发展核能（包括核聚变）和新能源是各国科学家比较一致的看法。

高性能的电气产品能耗只相当于老产品的一半，假如把美国所有冰箱都换成现在生产的高效节电产品，节省的能量相当于 员缘个大规模原子能发电厂发电量的总和；加强房屋围护的绝热性能，减小门窗的空气渗透量，用于采暖的能量可减少一半左右。从图 员—圆中能源消费结构来看，用于民用和商业建筑采暖及制冷的能量占总能耗的比例很大，美国为 猿园豫，中国为圆园豫（民用和其他），这部分能量原则上可由太阳能来替代。工农业用能其中一半左右只要求低温热水，也可用太阳能。尽管两国消费结构差别很大，但是太阳能的潜在替代率几乎相同（缘园豫左右）。太阳能的开发利用和节能是同义语，是一个问题的两个方面。毫无疑问，太阳能必然会在未来能源中占有重要的地位。

异员园园园遥太阳能的性质

世界上最丰富的永久能源是太阳能。地球截取的太阳辐射能通量为 员源愿伊员园员苑千瓦，比核能、地热和引力能储量总和还要大 缘园园园多倍。其中约 猿园豫被反射回宇宙空间；源园豫转变为热，以长波辐射形式再次返回空间；约 圆园豫是水蒸发、凝结的动力，风和波浪的动能，植物通过光合作用吸收的能量不到 员豫。地球每年接受的太阳能总量为 员伊员园员苑千瓦·时，这相当于缘伊员园员桶原油，是探明原油储量的近千倍，是世界年耗总能量的一万余倍。

太阳的能量是如此巨大，正如通常所说的“取之不尽、用之不竭”，但是太阳辐射能的通量密度较低，大气层外为 员猿缘瓦辐射。太阳光通过大气层时会进一步衰减，还会受到天气、昼夜以及空气污染等因素的影响，因而，太阳能对地球又呈间歇性质，时高时低，时有时无。太阳能通量密度低要求太阳能利用装置有较大的集热面积；为了克服太阳能供热的间歇性，系统中必须加有储热装置，这些都使太阳能利用系统的初期投资变得昂贵。由于生活和部分工业用能只要求供应低温热水，采用太阳能很容易做到热能能级的合理匹配，从而取得最佳效益。综上所述，太阳能利用具有以下明显的特点：

（员）总能量很大，但太阳能通量密度较低；

（圆）是可再生的能源，但又具有间歇性；

（猿）无污染的清洁能源；

（源）太阳能本身是免费的，有效利用它的初期投资较高；

（缘）太阳能热利用较容易实现热能能级的合理匹配，从而做到热尽其用。

异员遥摇太阳能利用现状和展望

一、历史的回顾

据西北大学科技史教授姚远考证：“问经堂丛书”(清·孙星衍·孙冯翼辑，十八辑三十一卷) 引“淮南万毕述”载西汉时“削冰令圆，举以向日，以艾承其影，则火生。”这是我国最早利用太阳能的历史记录。又据史料记载，在西周时代 (公元前 员缘世纪) 我们的祖先已经掌握了“阳燧”取火的技术。“阳燧”实际上是一种金属凹面镜，也是一项杰出的发明，在世界科学史上占有重要的地位[源]。

第一个大规模应用太阳能的人，是希腊著名科学家阿基米德。据说公元前 圆园园年，他用许多小的平面镜将阳光聚集起来烧毁了攻击西西里岛西拉修斯港的罗马舰队。员怨远缘年希腊科学家伊奥尼斯·萨克斯用实验验证了这种说法。

公元 员世纪罗马发明了玻璃，这是对人类生活和利用太阳能有深远影响的发明[圆]。公元 圆世纪罗马法律规定公民享有使用阳光的权力。由此可以判断，用阳光取暖在当时就很普遍。对太阳进行认真的研究，应该从 员苑世纪意大利著名科学家伽利略算起。不久以后，有人用太阳能熔化钻石；员愿世纪初发明了用太阳能驱动的发动机；到了 圆园世纪初智利建立了太阳能蒸馏水厂，埃及成功地运行了灌溉用的太阳能水泵。

员怨圆园—员怨缘园年，美国加州地区开始用太阳能集热器为用户供应热水。类似的装置也可用于房屋取暖，员怨缘怨年美国麻省理工学院建成了第一座用太阳能采暖的建筑。从这以后到 员怨苑园年，世界上建成 圆园座试验性建筑，由它们得到的实测数据，为今天的太阳房设计奠定了良好基础。

空间时代给太阳能开发利用带来了新的活力。太阳能电池为卫星、宇宙飞船供电的成功，使科学家大胆提出许多利用太阳能的新方案。如建立大型地面太阳能热电厂。有人还建议在空间建造太阳能电站，以微波形式发射到地面，再在地面将微波转换为电能，以及用阳光产生的微小压力作为星际飞行器的动力等。有些设想已经实现，有些由于规模太大，投资太高尚未能实现。但是在探索新方案过程中产生的一些技术，已成功地应用在许多方面。

员怨苑猿年爆发的能源危机，促使美国政府着手建立有关节能和寻找替代能源的宏伟计划，这是有史以来，对太阳能利用和研究的最大发展。员怨苑缘—员怨愿缘年 员园年间，美国政府在太阳能研究计划上花了 远园亿美元，其中 源园亿美元用于开发研究，圆园亿美元用于减税。太阳能利用已由实验阶段走向千家万户。这一时期的显著特点是：

(员) 国家重视把太阳能的开发利用放在战略地位上考虑，试图用新能源作为部分替代能源，对太阳能、风能、地热和海洋能的利用寄于巨大希望。员怨愿园年美国总统卡特宣布，到 圆园园园年美国总能源的 圆园豫将由太阳能来提供。与此相适应，许多著名的国家实验室和大学都承担了重要课题。以国家级太阳能研究所为中心，成立了中部、东北部和西部的太阳能情报网络，并在每个州都设有专门负责太阳能的机构。

(圆) 在新能源的各个领域全面开展了研究，涉及的范围有[远]：

太阳能空间加热和空调 (被动和主动系统)；

太阳能热发电；

太阳能光发电；

太阳能制冷；

海洋热能发电；

波浪和潮汐发电；

风力发电；

生物质能；

地热能；

残余物的高温分解（气化）。

（猿 已形成了一定竞争能力的太阳能行业，建立起一批技术先进、规模较大有示范推广意义的系统。

到 员怨怨源年，已有热水器 愿园万套，约有 员缘园万户装有被动式太阳能利用装置。员怨愿园—员怨愿缘年三年间仅在加州就有 愿园园个商业用风机投入使用，总发电量为 远园园园园千瓦。生物质能约占总能耗的 缘豫，其中 员猿豫来自木材。再生能源已能提供全美总能源需求的 员园豫。

新墨西哥州桑迪亚国家实验室首先建成 缘园园千瓦 定日镜——塔式热发电厂。在此基础上，加州 月狝灶运输城建成功率为 员园园园千瓦 的发电站。它由 员愿园面定日镜组成，要求能为远园园户供电，实际使用能满足 苑园园户家庭的需要。

曼彻斯特建成 圆园园千瓦 的风力发电厂。

丹佛公共学院建成大型太阳能热泵供暖系统，房屋建筑面积为 圆苑愿园平方米，平板集热器面积为 猿愿园园平方米。

明尼苏达州 悦枣枫谷运输公司厂房面积为 圆园园园平方米，屋顶安装 圆猿园平方米抛物槽型集热器，为整个建筑空调提供热源。试验表明，除保证全年热水供应外，还能满足冬天取暖负荷的远园豫，夏天空调负荷的 猿园豫，比达到同样要求的常规建筑节能 猿缘豫。

员怨怨源年太阳能光电池的定单是 员园园园千瓦。

夏威夷群岛是利用再生能源的典型。电力中的 员园豫来自风力发电，源园豫是利用甘蔗渣得到的。各种新能源都得到了广泛的应用。

二、我国近年来太阳能利用的发展

我国能源从总体上说相当丰富，水力资源理论储量居世界第 员位，煤炭居第 猿位，石油居第 愿位，天然气为第 员园位，还有许多资源尚待进一步探明。我国是 员园亿人口的大国，按人口平均资源又相当不足，尽管国家把发展能源放在优先的地位，由于耗资巨大，基础较差，我国能源供应紧张状态将会延续相当长的时间。只有充分认识这一点，才会更加珍惜和有效地利用常规能源。也正是由于这一点，近几年来我国新能源的开发利用取得了较大进展[怨]。

太阳能集热器是最普遍、直接利用太阳能的设备，全国已有 员园园多个生产厂家，北京太阳能研究所从加拿大引进铜铝复合太阳能集热器生产线，年产能力为 员园园园园平方米。按每平方米集热器每年节约标准煤 圆园园千克计算，全国集热器的年节煤能力为 圆园万吨标准煤。

太阳灶是利用太阳辐射能进行炊事活动的一种装置。由于结构紧凑，工艺简单，造价低廉，使用方便等优点，在能源紧缺的农村很受欢迎。据不完全统计，员怨怨远年全国太阳灶拥有量为 员园园园万台，数量上已居世界领先地位[员园]。

被动式太阳房是通过合理的建筑设计，使建筑物本身具有集热器、储热器和散热器的综合

特性，从而部分满足冬暖夏凉的要求。北京地区典型实测数据表明，没有辅助热源情况下，采暖季太阳房室内平均温度为 怨~ 员园益左右，夏季比普通房屋降温 员益多，节能率在 远园豫以上，投资比普通建筑增加 员缘豫 ~ 圆园豫。据初步统计全国已有太阳房 猿缘园幢左右，总建筑面积约 员园园万平方米[圆]。

利用太阳能干燥工农业产品是容易取得经济效益的项目，选择价值较高的商品作为干燥对象，经济效益更加明显。目前在干燥木材、药材、干果、橡胶和混凝土养护等许多方面都已取得成果，而太阳能制冷、动力机等方面，仍属于小型、试验性质，基本上处于实验室阶段。

太阳电池是我国太阳能利用中开发较早、技术要求较高的项目，也是军转民技术的典型例子。太阳电池是利用半导体材料将太阳光能直接转换成电能的器件。我国于 员怨缘愿年开始研制供人造卫星使用的硅太阳电池，员怨苑园年 猿月正式用于我国发射的第二颗卫星，经过 愿年空间运行的考验，证明太阳电池系统性能良好。直至 员怨怨缘年 远月卫星坠毁时电池仍正常工作，地面还能收到机载发射机的信息[园]。缺电的边远地区是推广、应用太阳电池的广阔天地。据初步统计，在铁路信号、航标、农牧设备、广播、电视、通讯、家用电器、计算器、照明和仪器、仪表等行业已开发的产品不下于 员园园种。员怨愿缘年在新疆阜康县已建成我国第一座太阳能实验电站，其发电能力为 缘园园瓦。云南半导体厂从加拿大 载运国际太阳能系统公司引进年产 缘园园千瓦 的单晶硅太阳电池生产线。哈尔滨从美国克罗拉公司引进大面积非晶硅太阳电池生产线，芯片面积有 猿园园平方厘米 和 猿园园平方毫米 两种，年产能力为 员园园千瓦。技术引进使我国太阳电池生产的数量、质量都有明显的提高，但影响进一步推广使用的关键问题仍然是价格过高。

生物质能在再生能源中占重要地位。吸收太阳能的生物通过光合作用形成的物质叫生物质，它所具有的能量叫生物质能。生物质包括的范围很广，如农业和林业产物及其衍生物，甚至包括生活及工业垃圾等。生物质能利用方法有直接燃烧、热化学（热解、气化）、发酵、沼气化等 源种。据统计 员怨愿园年我国能使用的小沼气池约有 缘园园万个，数量上已居世界领先地位，提供的能量相当于每年节省 愿园万吨标准煤。近年来，在城镇及农牧场沼气应用方面取得较大进展，利用工业废物和人畜粪便建立的大、中型沼气工程已有 员园园园多处。陕西惠安化工厂、上海金山酒厂、南阳酒糟厂等利用工业废料建成大型沼气池。金山酒厂采用新培育的高温厌氧菌种，将酒糟废液在 远园益下高温发酵、三级处理、滞留期 源天，生产操作全部自动控制。沼气可供该县城关 员园园万户居民生活用气。南阳厂扩建工程年产气可达 员园园园万平方米，沼气可供南阳市 缘园园人口使用。稻壳气化发电，木材气化以及城市垃圾的利用都已取得可喜的成果。

风能也是一种变相的太阳能，在风力资源丰富的地区应很好地利用。我国南方沿海一带，古代就用风车车水。员怨缘园年江苏仍有 员园园万台传统风车，员怨愿园年减少至 员园万台，遗憾的是现在已寥寥无几。用风驱动的帆船更是我国的传统技术。我国 员园米高度处的风能总储量约为 员园亿千瓦[圆]，但地域差别十分明显。东南沿海及其岛屿是我国风能资源最丰富的区域，全年高达 远园园园~ 愿园园园小时，出现有效风速 猿~ 员园米/秒的时间占全年 员园园豫 左右[圆]，有效风能密度大都在 员园园瓦/米[圆] 以上。目前，我国已推广应用百瓦级的小型风力发电机 员缘园园多台，其中内蒙古自治区有 员园园园多台，占全国总数的 怨园豫。全国已有几十家风力机制造厂，由于风能是一种随机能源，风机的输出一般呈不稳定状态。要有效利用风能必须将变速、恒频、发电设备、蓄电池以及并网技术进行综合配套研究。研制出性能稳定、寿命长、成本低的风力发电机组仍是推广应用的关键[圆]。

利用太阳能另一可能的形式是海洋温差发电。这是一种古老的想法，从海洋表面的温水

和 缘圆℃~ 怨圆℃之下的低温海水间提取能量，系统效率为 猿豫 ~缘豫。它能带动以氨作介质的朗肯循环发动机为近海地区供电，也可用它在平台上生产很耗能的铝等。波浪拥有巨大的能量，但迄今为止还没有能很好利用波浪能的发电机组。潮汐发电站已在一些地区运行。法国 月圆圆郧灶噌朝汐电站有 员圆套 圆员员园运宰 的机组一直在运行发电。我国从 员怨缘愿年就开始潮汐电站的试验，先后建成十几个小型电站，其中江厦电站稍大，为 猿员圆圆运宰。有些电站注意了对建站形成海涂的综合开发利用，取得了较好的经济效益。

上述内容是本书第 员版（员怨怨园年）对我国太阳能利用情况的概括。员园年来，随着我国总体国力的增强，太阳能的开发利用也得到了飞速发展[圆]。

到 圆园园园年底，我国已拥有太阳能热水器 猿园员员万平方 皂[圆]太阳灶 猿园余万台；户用沼气 愿园园万户；大中型沼气工程 员园园园多项；太阳房约 员园皂[圆]；地热采暖面积 员园皂[圆]；小型风力发电机组 圆员万台；大型并网风机组 源员园园运宰；太阳电池 圆园园园运宰；小水电装机总量 圆园园缘万千瓦；地热发电装机容量 猿园园运宰；潮汐电站 愿座，总装机容量 缘园园运宰；海洋能、氢能的研究和开发也取得了一定的成绩；高性能太阳能飞机的研究也已列入国家发展计划。

圆员世纪我国能源结构将呈多元化趋势，而新能源和可再生能源将逐步登上主力能源的地位。按照正常速度发展模式，到 圆园园园年我国能源结构的比例为煤炭 源园豫，石油 圆园豫，可再生能源 员园豫，天然气 愿豫，核能 缘豫。按照生态驱动模式发展，能源结构的比例为可再生能源 猿园豫，煤炭 圆园豫，石油 圆豫，核电 员园豫，天然气 员愿豫。

全国从事太阳能研究的科研单位包括大学已发展到 员愿个，具有一定规模的生产企业有员园多家，几乎所有的省、市、自治区都已开展太阳能利用的工作。一些大学开设了太阳能利用课程，以太阳能利用为主题的毕业设计或研究生论文也为数不少。可以预料，在我国能源长期紧缺和可持续发展的形势推动下，太阳能利用的前景是十分美好的，特别在广大农村会以更快的速度发展。

异员园源摇本书的内容与特点

直接利用太阳能的形式有光热、光电、光化学三种，本书仅涉及太阳能的热利用。将太阳辐射能直接转化为热能，以满足人们需要的学科称为太阳能热利用工程。它是能源科学的一个组成部分，是能源工程的一个分支。它是着重研究利用热媒介（水、空气或其他介质）在集热器中将太阳辐射能转化为热能，再通过储热装置或转换设备输送到用户的工程技术。热利用可以是供热水、供暖、制冷、空调、干燥、海水淡化、动力、发电等多种应用。

全书共 员园章，内容可分为三部分。第 员~ 远章为基础部分，第 苑~ 员园章为应用部分，最后两章的内容较新，涉及太阳能系统性能的计算机模拟和几个较深入的专业问题，内容相对独立，主要供研究生使用和参考。第一章绪论介绍太阳能利用的发展情况；第二章从地球和太阳相对运动出发，分析太阳辐射性质，得到的公式可用来确定当地的太阳能资源；第三章把太阳能热利用中所需的传热知识简要地汇总在一起，对已掌握这部分内容的读者就不必细读，供复习查用。集热器是一种特殊的换热装置，是太阳能热利用的核心部件。第 源章用许多篇幅讨论平板集热器的原理和性能，为系统设计打好基础，这是全书的重点；第 缘章介绍太阳能热储存原理；第 远章介绍太阳能热水系统；第 苑~ 员园章包括热动力装置、制冷、空调、绿色植被对建筑物室内外温湿度的影响、海水淡化等实用的太阳能系统的装置和性能等内容；最后两章介绍

了太阳能系统性能的计算机模拟和最新的几个专题成果。

不难看出，本书涉及许多门学科，与气象、天文、物理、化学、机械、建筑、材料、经济和计算机科学都有密切联系，工程热力学、传热学和流体力学等课程是本课程的先修课。

万物生长包括人类本身都离不开太阳，因而太阳能的利用是伴随人类同时出现的。它是一种最古老的能源，它的开发利用长期处于不自觉状态，直接利用低密度的太阳能只是近代才开始的，一个重要原因是有效利用它必须在多学科的综合技术上有所进展。某些太阳能产品质量不高，也与缺乏掌握这种综合技术的设计人员有关。学科的综合性、强调理论分析、设计计算和实际应用是本书的显著特点。

— 愿 需要全本请访问 www.ertongbook.com