

《节能技术丛书》之八

太阳能的热利用

项立成 赵玉文 罗运俊 编著

宇航出版社

72.79
600

《节能技术丛书》之八

太阳能的热利用

项立成 赵玉文 罗运俊 编著

310524/01

中国环境出版社

内 容 简 介

本书是《节能技术丛书》的第八册,全面系统地介绍了各类太阳能热利用设备的原理、结构、设计和选用原则等知识。主要内容包括:太阳能热利用的基础知识、太阳能热水器、太阳灶、太阳能供暖、太阳能制冷、太阳能干燥、太阳能热贮存和各类太阳能热利用产品的介绍。本书内容丰富、说理浅显、内容实用,可供各行业具有中等文化水平的节能技术人员和工人学习,也适合对太阳能热利用有兴趣的同志阅读。

太 阳 能 的 热 利 用

项立成 赵玉文 罗运俊 编著

责任编辑:陈学兰

宇航出版社出版

(北京和平里滨河路1号 邮政编码100013)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京密云华都印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/32印张: 6.875字数: 160千字

1990年4月第1版第1次印刷 印数: 1—2500册

ISBN 7-80034-310-3/TB·056 定价: 2.90元

《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员 (以姓氏笔划为序)

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委 员 (以姓氏笔划为序)

王晓方 向华明 米景九 应曰珪

张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖

俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

《节能技术丛书》编辑委员会

编辑委员	王补宣	(清华大学)
	葛绍岩	(中国科学院)
	吕灿仁	(天津大学)
	陈明绍	(北京工业大学)
	马重芳	(北京工业大学)
	闵桂荣	(中国空间技术研究院)
	马庆芳	(中国空间技术研究院)
	侯增祺	(中国空间技术研究院)
主任委员	闵桂荣	
执行委员	马庆芳	

《节能技术丛书》书目

1. 能源管理与测试技术
2. 节能技术的热工理论基础
3. 工业余热的回收与利用
4. 工业锅炉与炉窑节能技术
5. 锅炉除垢与水处理
6. 新型换热器与传热强化
7. 绝热保温技术
8. 太阳能的热利用
9. 内燃机与汽车的节能
10. 空调、制冷与低温技术中的节能
11. 热管在节能技术中的应用
12. 电工节能技术

前 言

节约能源是人类当前面临的重要任务之一，对于我国，任务尤为艰巨。

虽然从长远看，太阳能、核聚变能、地热能等可以为人类提供几乎无限的能量，但由于技术上的困难，目前这些新能源还不能大规模开发利用，人类近期只能以化石燃料（煤、石油、天然气）为主要能源。以1984年为例，化石燃料占世界能源消费的90%，而在我国则高达95%。化石燃料不可再生，且资源有限。据权威估计，世界现已探明的石油贮量仅可供开采30余年，贮采比为35.4:1；天然气的情况略好一些，贮采比为56.8:1；煤的贮量较为丰富，但按1984年的产量，也只够开采160年。所以，节约化石燃料对于人类是至关重要的。

我国的能源形势尤为严峻，这突出表现在资源不足和供应紧张两方面。从总贮量来看，我国常规能源总贮量占世界第三位，其中煤的贮量仅次于苏联和美国，水力资源居世界首位。但由于我国人口众多，人均可采能源资源占有量很低，仅及世界平均水平的一半，相当于美国的1/10、苏联的1/7。从这个角度看，我国也可说是能源贫国，对能源尤应珍惜。

由于各种原因，我国目前能源供应极为紧张。1985年缺煤2000万吨、石油1000万吨，缺电400亿千瓦小时。由于能源

不足，工业生产能力有30%不能发挥作用。这种情况在相当长的一段时期内不会根本改变。党的十二大提出，从1981年到本世纪末的20年内，要在不断提高经济效益的前提下，力争全国工农业总产值翻两番，即由1980年的7100亿元增加到2000年的28000亿元。而在此期间能源产量只能翻一番，即由1980年的6.36亿吨标准煤提高到2000年的12.1亿吨标准煤。如不提高能源利用率，能源将短缺13亿吨标准煤。所以，靠节约能源（不仅是直接节能，还包括广义节能），降低万元产值能耗来解决这一矛盾，是一项十分迫切的任务。

我国工业节能潜力很大，由于不少部门和地区生产技术落后、设备陈旧、管理水平低、生产规模小以及产业结构的原因，单位产值能耗很高，这种情况在乡镇企业中更为突出。我国平均热效率只有28%，而国外先进水平为50%，相差将近一倍。我国单位产值能耗是世界平均水平的2.7倍、日本的6.5倍，这突出说明了我国节能潜力很大、节能工作大有可为。

节能在我国具有特别重要的地位，我国的能源方针是：开发和节约并重，近期要把节能放在优先地位，大力开展以节能为中心的技术改造和结构改革。为贯彻这一方针，近年来我国各企业普遍设立了节能机构。但在各类节能机构的工作人员中，有很大一部分未受过专业技术教育。乡镇企业的节能技术人员更为不足。这种情况严重地影响了节能工作的开展。

有鉴于此，我们组织航天工业部和中国科学院一些研究所、上海交通大学、北京工业大学、北京太阳能研究所等单位的部分科技人员，编写了《节能技术丛书》，这套技术读

物以具有中等文化水平的企业初级节能工作人员为主要对象，系统地介绍工业节能知识。本丛书侧重介绍通用的技术节能基础知识，不专门叙述广义节能和行业节能知识。由于人类目前能源供应的90%直接或间接来自热能，所以本丛书大部分篇幅介绍热工节能问题，编写原则是：侧重实用、兼顾理论；侧重热工节能，兼顾电工节能；丛书构成的知识体系，每册皆可独立成篇；内容通俗浅显，具有中等文化水平即可接受。

本丛书共十二册，它们是：《能源管理与测试技术》、《节能技术的热工理论基础》、《工业余热的回收与利用》、《工业锅炉与炉窑节能技术》、《锅炉除垢与水处理》、《新型换热器与传热强化》、《绝热保温技术》、《太阳能的热利用》、《内燃机与汽车的节能》、《空调、制冷与低温技术中的节能》、《热管在节能技术中的应用》和《电工节能技术》。

本书是《节能技术丛书》的第八册，它较详细地论述了太阳能热利用中的技术知识。尽管太阳能热利用属于新能源的开发，但利用太阳能将节省可观的常规能源，通常也把利用太阳能作为节能的有效手段。近年来太阳能利用发展很快，特别是太阳能的热利用，技术不太复杂、投资小、见效快、更易于推广普及。太阳能的利用在许多国家的能源消耗中已占有相当比例，而且地位越来越重要。例如，1984年日本已有13%的家庭使用太阳能热水器，10%的住宅使用太阳能供暖。美国1980年太阳能热水器集热面积已达200万米²，到2000年太阳能将占美国能耗的7%，澳大利亚重视发展太阳能应用，到2000年太阳能将占全国能耗的25%。我国近年来

太阳能热利用也有了发展，1987年全国共有太阳能热水器集热面积60余万米²、太阳房集热面积8万多米²、太阳灶10万余台，但太阳能在全国能耗中所占比例极小，发展潜力很大。

本书系统地叙述了太阳能热水器、太阳灶、太阳能供暖、太阳能制冷、太阳能干燥等设备的种类、原理以及设计、安装等技术，并分类介绍了各种太阳能热利用产品。可供工业企业节能技术人员和对太阳能热利用有兴趣的读者参考。

本书由项立成编写第一、二、五章、赵玉文编写第四、七、八章、罗运俊编写第二、六、九章，最后由项立成统稿。全书经侯增祺、闵桂荣审阅，国家经委能源局节能处汪肇平副处长对本书提出不少宝贵意见。限于水平，书中难免有错误和欠妥之处，欢迎读者不吝赐教。

《节能技术丛书》编委会

目 录

第一章 绪论

- 1.1 太阳.....(1)
- 1.2 太阳与地球.....(3)
- 1.3 太阳辐射的光谱分布.....(8)
- 1.4 地面上太阳辐射强度.....(9)
- 1.5 太阳能的特点.....(13)

第二章 我国太阳能资源

- 2.1 我国主要城市太阳辐射资料.....(15)
- 2.2 我国太阳能总辐射分布.....(15)
- 2.3 我国全年的日照概况.....(19)

第三章 太阳能热水器

- 3.1 前言.....(23)
- 3.2 平板集热器的基本理论.....(24)
- 3.3 平板集热器的试验.....(30)
- 3.4 平板集热器的结构.....(33)
- 3.5 太阳能热水器的分类及特点.....(39)
- 3.6 太阳能热水系统的设计和施工.....(45)
- 3.7 太阳能热水器的使用和维修.....(48)

第四章 太阳灶

- 4.1 太阳灶分类.....(52)
- 4.2 聚光太阳灶的设计.....(60)
- 4.3 几种常见的聚光太阳灶.....(66)

第五章 太阳能供暖

5.1 太阳能供暖系统.....(69)

5.2 太阳房.....(80)

5.3 太阳能采暖设计.....(92)

第六章 太阳能制冷

6.1 概述.....(110)

6.2 太阳能制冷的基本原理.....(110)

6.3 压缩机制冷系统.....(114)

6.4 喷射式制冷系统.....(116)

第七章 太阳能干燥

7.1 概述.....(120)

7.2 太阳能干燥热力过程.....(121)

7.3 太阳能干燥动力过程.....(131)

7.4 太阳能干燥器及干燥系统.....(138)

第八章 太阳能热贮存

8.1 显热贮存.....(158)

8.2 潜热贮存.....(170)

第九章 太阳能热利用产品

9.1 概述.....(180)

9.2 太阳能热水器.....(180)

9.3 太阳灶.....(180)

9.4 干燥器.....(191)

9.5 其他太阳能热利用产品.....(196)

附录(200)

参考文献(206)

第一章 绪 论

太阳，它每时每刻给予地球光和热，使万物得以生存。太阳辐射能是地球上最主要的能源。太阳本身的结构特性和它与地球的关系，决定了它向空间辐射能量的性质。本章主要介绍太阳及太阳辐射能的基本特性。

1.1 太阳

太阳是一个由炽热气体构成的球，主要由氢和氦组成，其中氢占80%，氦占19%。太阳是离地球最近的一个恒星。它的直径为 $1.39 \times 10^6 \text{ km}$ ，相当于地球直径的109倍。太阳体积比地球大130万倍，密度约为地球的四分之一，其质量约为 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ ，是地球的33万多倍。从地球上看来，太阳围绕着自己自身的轴每四星期转一周，其自转方向与地球自转方向相同。由于它不是刚体，在不同纬度自转周期不相同。

太阳表面的有效温度为5762K，中心区域的温度估计在 8×10^6 至 $40 \times 10^6 \text{ K}$ 的范围内。实际上，太阳是一个持续的核聚变反应堆，压力为 $304 \times 10^{15} \text{ Pa}$ 。在高温、高压下，原子失去了全部或大部分的核外电子。太阳的主要组成部分氢，在这种情况下只剩下它的原子核——质子。这些粒子相互碰撞而发生核反应。在太阳内部进行着四个氢核聚变成一个氦

核的热核反应。在反应过程中，氢变成氦时，1g氢质量减少0.0072g，释放的能量为 $6.48 \times 10^{11} \text{J}$ 。根据目前太阳产生的核能速率估计，其寿命约有50亿年之多。上述的能量是太阳内部产生的，这些能量传到太阳表面，然后向空间辐射出去，同时还连续不断地进行辐射和对流。在太阳核心区，所辐射的是光谱中的X射线和 γ 射线部分，随着径向距离的增大，温度不断下降，辐射的波长也相应增长。

图1-1粗略地表示了太阳结构。在0至 $0.23R_s$ (R_s 为太阳的半径) 区域内，温度为 $8 \sim 40 \times 10^8 \text{K}$ ，密度为水的80~100倍，这一区域可称“产能核心”，占太阳全部发射能的90%，并以对流和辐射方式向外传送。在 0.23 至 $0.7R_s$ 区域内，称“辐射输能区”，温度为 $1.3 \times 10^8 \text{K}$ ，密度为 0.078g/cm^3 。

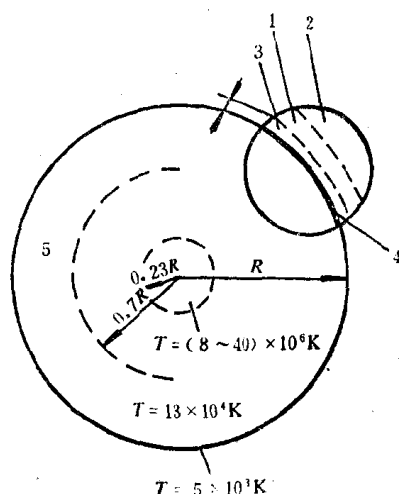


图1-1 太阳结构示意图

1—色球 ($T = 5000 \text{K}$)；2—日冕 ($T = 10^6 \text{K}$)；3—反变层，
4—光球；5—对流区。

0.7至1 $R_{\odot}$ 之间为“对流区”。温度为5000K，密度为 10^{-8}g/cm^3 。太阳圆轮是太阳的表面，称为“光球”。是由许多小光球（不规则的对流小团）组成，这种小光球寿命只有几分钟。光球的有效温度为5762K，它基本上不透明。由于构成光球的气体被强烈地电离，并能吸收和发射连续光谱，所以“光球”是太阳最大的辐射源。“光球”的上面分布着能发光又几乎是透明的太阳大气，依次分为“反变层”、“色球”和最外层的“日冕”（“色球”和“日冕”在日全食时能看到）。

从太阳的物理结构及温度和密度的变化来看，实际上它并非是有固定温度的黑体，而是由发射和辐射许多不同波长的发射源和辐射源组成的综合体。但在太阳能的热利用中，通常把太阳当作温度在5762K的黑色辐射源。

1.2 太阳与地球

要了解日照变化规律，就必须了解地球与太阳的运动规律。到达地球上的太阳辐射能量，主要受下列因素作用：天文因素——日地距离，太阳赤纬，时角；地理因素——经度及纬度，海拔高度；几何因素——太阳高度，接受辐射面的倾角及方位；物理因素——大气的衰减，接受面的表面性质。下面将分别介绍这些参数。

1.2.1 地球的运动

地球上，一天中有昼夜之分。一年又有四季之分。这都是地球自转及绕太阳公转而引起的。地球的自转轴与公转运

行的轨道面（黄道面）的法线倾斜成 $23^{\circ}27'$ 夹角，而且自转轴的方向始终指向天球的北极。这就使得太阳光线总是射向赤道。有时偏北，有时偏南。如图1-2所示。

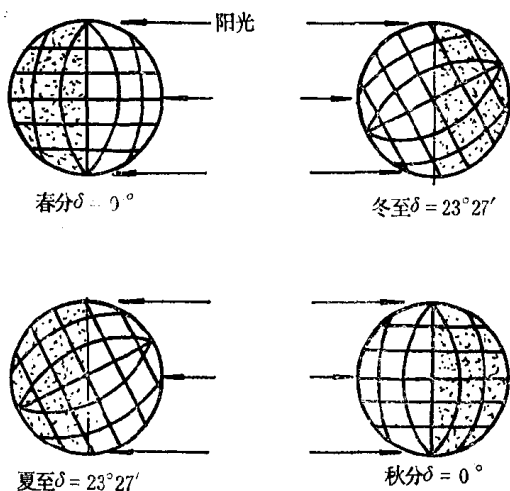


图1-2 地球受日照情况

由于地球绕太阳运行轨道是一个椭圆，所以一年之内地球和太阳间的距离在不断地变化。1月初地球经过近日点，7月初地球经过远日点，4月初和9月初，地球与太阳间的距离等于日地平均距离，它等于 $1.495 \times 10^8 \text{ km}$ ，在天文学中称为1个“天文单位”。到达地球表面的太阳辐射强度与日地间距的平方成反比。由于这种原因引起的太阳辐射量的变化，在年平均值的 $\pm 3.5\%$ 之内。