

话说

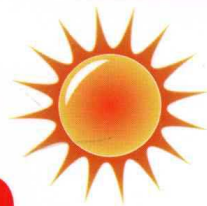
HUASHUO
XINNENGYUAN
CONGSHU

新能源丛书

李代广 编

太阳能

揭秘



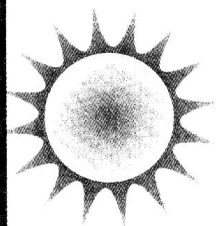
化学工业出版社

TAIYANGNENG
JIE MI

话说

HUASHUO
XINENGYUAN
CONGSHU

新能源丛书



太阳能 揭秘

李代广 编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书是《话说新能源丛书》之一，面向广大喜欢科普图书的读者朋友。

《太阳能揭秘》用生动的语言介绍了太阳能的基础知识。特别介绍了和太阳能有关的各种技术和它们的应用原理：太阳能热水器、太阳能建筑、太阳房、太阳电池、太阳能制冷、太阳能发电、太阳能路灯、太阳能汽车等内容。

本书图文并茂，特别适合喜爱科普图书的朋友和新能源行业人士阅读。

图书在版编目(CIP)数据

太阳能揭秘/李代广编. —北京：化学工业出版社，2009.6

(话说新能源丛书)

ISBN 978-7-122-05057-1

I. 太… II. 李… III. 太阳能—普及读物 IV. TK511-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第036827号

责任编辑：戴燕红 郑宇印

装帧设计：王晓宇

责任校对：顾淑云

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 装：化学工业出版社印刷厂

720mm×1000mm 1/16 印张8 $\frac{1}{4}$ 字数109千字 2009年6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：25.00元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORDS

太阳能是最受人们关注的新能源之一。太阳是距离地球最近的一颗恒星，它就像一个永远燃烧发光的火球，把无尽的光和热传向地球，这种来自太阳的能量无时无刻不在哺育着地球上的生命，这种能源就是太阳能。太阳能有很多突出的特点，比如太阳普照大地、取用方便、不用运输，而且太阳能是取之不尽、用之不竭的，最重要的是没有污染。尽管它也有受阴天、黑夜还有地理位置影响的不足之处，但是太阳能已经基本成为人类未来的最重要的能源之一。

经过科技工作者不懈的努力，现在太阳能已经有了更多的用途，如太阳能发电、供热、制冷、干燥等，而且太阳能已经进入到各个领域，在人们的生活中得到应用，比如人们最常用的太阳能热水器，方便又环保。对于太阳能的前景，专家们也都充满了信心，正在努力研究，使太阳能发挥出更多的力量。

本书除了用生动的语言介绍太阳能的基础知识外，还介绍了和太阳能有关的各种技术和它们的应用情况，相信朋友们阅读后会对太阳能和它的利用有一个更深的认识，从而更加喜欢这种清洁的新能源。

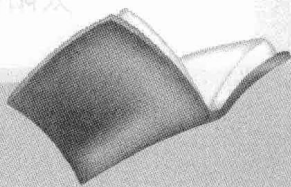
在本书的编写过程中，参考引用了一些文献资料，在此向文献作者致以诚挚的谢意！

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编者

2009年3月

话说
新能源丛书
HUASHUO XINNENGYUAN CONGSHU



目录

CONTENTS

第一章 万古长青的太阳能

太阳的光和热	2
能源之母——太阳	5
太阳能量知多少	7
洒向人间光和热	8
神话与科学	10
太阳能的特点	12
我国的太阳能资源	14

第二章 太阳能利用面面观

太阳能应用的历史	18
太阳能的利用途径	21
太阳能集热器	22
太阳能的储存	26
神奇的太阳池	31
奇特的太阳能汽车	35
太阳能水泵系统	38

第三章 太阳能热利用

太阳能热利用分类	42
----------------	----

太阳能热水系统	43
热水专家——太阳能热水器	47
真空管太阳能热水器	54
平板型太阳能热水器	56
太阳能与建筑一体化	59
热力强劲的太阳灶	61
四季常春的太阳能温室	65
太阳能沼气	68
太阳能采暖	70
太阳能干燥技术	72
被动式太阳房	74
太阳能制冷	77
太阳能蒸馏器	80

第四章 太阳能发电

太阳能发电	86
太阳能光伏发电	88
魅力无穷的太阳能电池	90
太阳能热发电	99
太阳能烟囱	103
宇宙发电探秘	105
在月球上发电	108

第五章 太阳能光伏照明

让太阳照亮黑夜	112
太阳能照明系统	114

太阳能路灯	115
太阳能庭院灯	119
太阳能草坪灯	121
太阳能杀虫灯	124
参考文献	126

太阳的光和热

红彤彤的太阳以巨大的光和热无私地哺育着地球上的万物，给地球带来光明和温暖。地球上生命的成长和繁育，各地气候的形成和演变，全球水分循环的进行，都与太阳巨大的能量分不开。

自古以来，人们就在研究太阳，希望能够揭开太阳的秘密。但是，基本上搞清楚太阳的情况，还是近代的事情。

史书上记载：孔子东游，见两小儿辩斗，问其故，一儿曰：“我以日始出时去人近，而日中时远也。”“日初出大如车盖，及日中则如盘盂，此不为远者小而近者大乎？”一儿曰：“日初出沧沧凉凉，及其日中如探汤，此不为近者热而远者凉乎？”孔子不能决也。两小儿笑曰：“孰为汝多知乎！”

这个故事的大意是：孔子到东方去游学，途中看见两个小孩在争论。孔子上前询问他俩争论的原因。一个小孩说：“我认为太阳刚出来的时候，距离人很近，而到了正午时候，却距离人远了。”另一个小孩却认为，太阳初升的时候距离人很远，而到正午时候离人近。前一个小孩说：“太阳初升时大得像车上的篷盖，等到正午时就像个盘盂，这不是远处的小而近处的大吗？”另一个小孩说：“太阳初升时清清凉凉，等到正午时就热得像把手伸进热水里一样，这不是近的时候热而远的时候凉吗？”孔子听了，不能判断谁对谁错。两个小孩笑着说：“谁说你知道的事情多呢？”

这个问题看似简单，实际却很复杂，不过在今天，科学家们已完全能解答这个问题了，一句话：日出日落时间和太阳的高度在一年内不断变化，而且随纬度不同而不同。中午太阳之所以最热，是因为中午太阳光从进入大气层到照射到地面，被消耗和反射的太阳

光线最少造成的，那么为什么早上或傍晚要感觉凉了一些，那是因为早晨经过一夜的热量散失，傍晚因为阳光不再直射，地球吸收的太阳光逐渐减少造成的。

我们在地面上可以看到，清晨，一轮红日喷薄而出；中午，烈日当空，像一个耀眼的银盘；傍晚，夕阳西下，百鸟归林，太阳又像一个又大又红的车轮，慢慢地下山。那么，太阳到底有多大呢？太阳是一颗巨大的恒星，它比所有的行星都大，它用巨大的引力把水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星和海王星都控制在太阳系运动。太阳的半径大约为 6.96×10^5 千米，是地球半径（6371 千米）的 109 倍，太阳的体积大约为 141×10^8 亿立方千米，地球体积只有 1.083×10^{12} 立方千米，太阳的体积是地球体积的 130 万倍。

太阳并不是一成不变的，而是处在不断的变化之中。1976 年，美国青年天文学家埃迪提出，太阳在不断地收缩。1979 年，他再次发表爆炸性意见：太阳在不断地收缩，每 100 年太阳缩小直径的 $1/850$ ，可以说是很不显眼的一点，折合成米来计算的话，也就是每天太阳直径缩小 4.5 米。对于直径约 139.2 万千米的太阳来说，确实是微乎其微。不过，日积月累的结果也不容忽视。如果照此下去，10 万年后会怎么样呢？岂不是太阳会缩小到“消失”不见吗？这样的爆炸性意见自然会引起许多人的极大关注。埃迪的说法并不是空穴来风，他根据英国格林威治天文台 1836 ~ 1953 年共 117 年的太阳观测记录，发现太阳的直径在不断地减小。此外，根据美国海军天文台从 1846 年以来 100 多年间的观测资料，他同样发现太阳半径在收缩。我国科学家万籁等经过多年的观测计算指出：从总体上来看，太阳半径存在缩小的趋势，缩小的速度是每 100 年缩小 90 ~ 150 千米。

再说太阳的质量，组成太阳的物质比较稀疏，平均每立方厘米的太阳物质重 1.4 克，比水大一些。但是太阳里外的密度是不一样

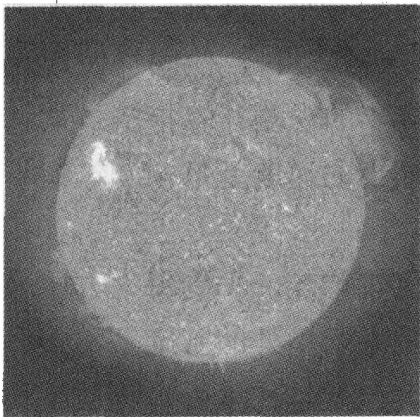
克，这比钢的密度还要大将近 20 倍。总的来说，太阳的质量大约是 2×10^{27} 吨，这个数字占太阳系总质量的 99.86%，是太阳系里所有行星和卫星质量总和的 750 倍，是地球质量的 33 万倍。

关于太阳的组成，科学研究结果表明，太阳由 70 多种元素组成，主要组成物质是氢，其次是氦，还有碳、氮、氧和各种金属等。氢和氦的质量占有所有元素质量的 98%，构成太阳质量的主要部分，其他元素质量只占 2%。

太阳的结构是怎样的呢？太阳的结构从里向外主要分为：中心为热核反应区，核心之外是辐射层，辐射层外为对流层，对流层之外是太阳大气层。在天气晴朗的时候，我们仰望太阳，看到的是一个耀眼的圆盘，这就是太阳的大气层。太阳的大气层里包括光球、色球和日冕。通常在平时我们只能看见太阳明亮的光球，观察色球和日冕就需要借助特殊的仪器了。在发生日食的时候，我们用肉眼也能看见色球和日冕。

光球由不透明的气体组成，能发出强烈的光，因此称为光球。我们说太阳表面的平均温度约 6000 摄氏度，指的就是这一层。光球层位于对流层之外，属太阳大气层中的最低层或最里层，光球的厚度大约为 500 千米，温度与太阳中心距离有关，距离太阳中心越近，温度越高。

光球的外面就是色球。平时由于地球大气把强烈的光球可见光散射开，色球便被淹没在蓝天之中。只有在日全食的时候才有机会直接看到红红的色球。色球气体稀薄，近于透明状态。太阳色球厚度约 2500 千米。它的温度从里向外增加，与光球顶相接的部分约 4500 摄氏度，到外层达几万摄氏度。整个色球层的结构不均匀，因为磁场的的不稳定性，太阳高层大气经常产生爆发活动，产生耀斑现象。



太阳外观

在色球的外面，是气体很稀薄的日冕。日冕是太阳大气的最外层。日冕的密度比色球层更低，而它的温度反比色球层高得多，甚至达到上百万摄氏度。日全食时在太阳表面周围看到放射状的非常明亮的银白色光芒就是日冕。

太阳的组成

太阳

和天然气。地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能以及部分潮汐能都来源于太阳。因此，太阳能可以分为广义的太阳能和狭义的太阳能两种说法。广义上的太阳能是地球上许多能量的来源，如风能、化学能、水的势能等。狭义的太阳能则限于太阳辐射能的光热、光电和光化学的直接转换。

因为太阳的质量很大，所以在太阳自身的重力作用下，太阳物质向中心聚集，中心的密度和温度很高，使它能够发生原子核反应。这些核反应是太阳能量之源，所产生的能量连续不断地向空间辐射，并且控制着太阳的活动。太阳从中心到边缘可分为核反应区、辐射区、对流区和太阳大气。核反应区是太阳的核心，位于太阳半径四分之一的区域内，这里集中了太阳一半以上的质量。这里的温度大约 1500 万摄氏度，压力约为 2500 亿个大气压（1 标准大气压 = 101.325 千帕，下同），密度接近 158 克/立方厘米。

太阳的核反应区产生的能量占太阳产生的总能量的 99%，并以对流和辐射方式向外传送。在太阳内部，每时每刻都在进行由“氢”聚变成“氦”的原子核反应，这种反应能不停地释放出巨大的能量，并不断向宇宙空间辐射能量。氢聚合时放出伽玛射线，这种射线通过较冷区域时消耗能量，增加波长，变成 X 射线或紫外线及可见光。

紧邻核反应区的是辐射区，辐射区的温度和密度都有所下降。辐射区的温度下降到 13 万摄氏度，密度下降为 0.079 克/立方厘米。在太阳核心产生的能量通过这个区域由辐射传输出去。在辐射区的外面是对流区（对流层），对流区的温度和密度进一步下降，温度下降为 5000 摄氏度，密度为 8 ~ 10 克/立方厘米。在对流区内，能量主要靠对流传递。

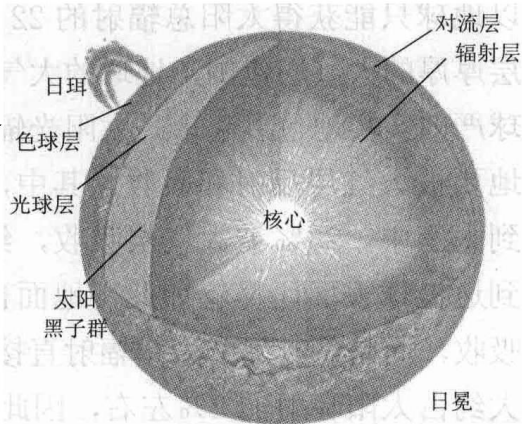
自古到今，太阳一直在源源不断地为地球提供能量。太阳本身的核聚变反应能够生成巨大的能源，这种核聚变可以维持几十亿至上百亿年的时间，因此，太阳将永远无私地为地球提供能源。

太阳能量知多少

太阳是一个巨大的由气体构成的星球，它的中心部分的主要成分是氢气。因为太阳的质量非常大，所以太阳具有很大的重量，产生巨大的吸引力，把这些很轻的氢气牢牢吸引住，使其无法逃逸。太阳中心的温度高达 1500 万摄氏度，压力达到几千亿个大气压。太阳每时每刻都在发生氢聚变成氦聚变反应，每秒有 6.57×10^{11} 千克的氢聚变生成 6.53×10^{11} 千克的氦，连续产生 3.90×10^{15} 亿千瓦的能量。这些能量以电磁波的形式，以 3×10^5 千米/秒的速度穿越太空射向四面八方。其中只有约 22 亿分之一（有 1.77×10^6 亿千瓦）的能量，主要以辐射形式来到地球，成为地球上光和热的主要来源。到达地球大气层的太阳能 30% 被大气层反射，23% 被大气层吸收，其余的到达地球表面，其功率为 8.5×10^{13} 亿千瓦。

太阳内部的热核反应每秒钟要烧掉 6 亿多吨氢核燃料，在聚变为氦时，实际消耗的氢核约 400 万吨。太阳的巨大能量就是这样产生的。有专家预测，到目前为止，太阳中氢的储量足够维持 600 亿年，而太阳内部组织因热核反应聚合成氦，它的寿命约为 50 亿年，因此可以说太阳的能量是取之不尽、用之不竭的。

几十亿年来，太阳内部发生的核聚变反应释放出大量的原子能，使太阳不断地发射光和热，给地球送来光明和温暖。太阳表面几千摄氏度的高温，



太阳结构

使太阳里的金属都变成蒸气。太阳内部的温度达到 1500 万摄氏度，这样高的温度简直有些不可思议。我们都知道，把水加热到 100 摄氏度，水就会沸腾。钢铁厂里的火红的炼钢炉将铁矿石熔化成铁水，温度才达到 1000 摄氏度。地球上最难熔化的金属是钨，需要 3370 摄氏度的高温，但是和太阳的温度相比，简直算不了什么。

太阳如此高的温度，成为人类无法逾越的探索太阳的障碍。我们可以乘坐宇宙飞船遨游太空，登上月球，但是我们无法接近太阳，太阳表面的高温会在一瞬间把宇宙飞船熔化掉。

洒向人间光和热

太阳向宇宙空间发射的辐射功率为 3.90×10^{23} 千瓦的辐射值，其中 22 亿分之一到达地球大气层。辐射到地球上的太阳光线是由红、橙、黄、绿、青、蓝、紫 7 色各种波长的光波组成，其中波长为 0.55 微米的绿色光线区能量密度最大。太阳光的绿色和植物叶片叶绿素是相同的，所以植物捕捉阳光主要捕捉的是绿色光线。

相对于太阳来说，地球只是一颗遥远的微不足道的小行星，所以地球只能获得太阳总辐射的 22 亿分之一。因为地球的外部被一层厚厚的大气层包围，地球的大气层就像是一层厚厚的棉被，把地球严严实实地包裹起来。太阳光辐射最先辐射到大气层，不可避免地要被大气层反射和吸收。其中，太阳辐射的 30% 被大气层反射到太空中，23% 被大气层吸收，结果只剩下 47% 左右的太阳辐射到达地球表面。尽管如此，地面也没有将这 47% 的剩余部分全部吸收，而是将一部分太阳辐射直接反射回太空，反射回太空的部分大约占太阳辐射的 2% 左右，因此，最后被地球吸收的太阳辐射只占全部太阳辐射的 45%。

到达地球大气上界的太阳辐射能量也叫做天文太阳辐射量。在地球位于日地平均距离处时，地球大气上界垂直于太阳光线的单位面积在单位时间内所收到的太阳辐射的全谱总能量，称为太阳常数。太阳常数的常用单位为瓦/平方米。观测方法和技术不同，得到的太阳常数值也就不同。世界气象组织（WMO）1981年公布的太阳常数值是1368瓦/平方米。

因为天气原因，到达地球表面的阳光和热量经常会受到影响。晴天，阳光明媚；阴雨天，不见阳光，这样，地面接收的太阳能就会存在很大差别。另外，因为地球是一个球体，并且斜着身子公转，纬度不同，接收到的太阳辐射也不一样。低纬度地区的太阳辐射高于高纬度地区的太阳辐射。在赤道地区，太阳光几乎是垂直照射。而在南北两极地区，太阳光的照射是斜射，极地地区得到的热量非常少。根据生活经验，我们都知道，光线斜射，照射的面积就大；光线直射，照射的面积就小。同一数量的光线，照射面积大，热量就分散；照射面积小，热量就集中。到达地表的全球年辐射总量的分布基本上呈带状。在赤道地区，由于多云，年辐射总量并不是最高的。在南北半球的副热带高压带，特别是在大陆荒漠地区，年辐射总量较大，最大值在非洲东北部。

万物生长靠太阳。太阳的光和热哺育了地球上的万千生命，因此人们称太阳是“地球的母亲”，用最美好的词语来赞颂太阳。太阳给地球带来了光明和温暖。植物生长需要利用太阳能、水和二氧化碳进行光合作用，但是植物利用太阳能比较少。正是各种植物通过光合作用把太阳能转变成化学能在植物体内储存下来。这部分能量为人类和动物界的生存提供了能源。煤炭、石油、天然气、油页岩等化石燃料也是由古代埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的，它们实质上是由古代生物固定下来的太阳能。

20世纪以来，随着社会经济的发展和人民生活水平的提高，对能源的需求量不断增长。化石能源资源的有限性以及他们在燃烧过程中对全球气候和环境所产生的影响日益为人们所关注。从资源、

环境、社会发展的需求看，开发和利用新能源和可再生能源是必然的趋势。太阳能是万古长青的能源，也是最清洁的能源，我们应该充分利用太阳能，不能让宝贵的太阳能从我们的身边白白浪费掉。虽然目前人们对太阳能的利用取得一定成绩，但是全面来看，我们对太阳能的利用不足全部太阳辐射的千分之一。由此可见，利用太阳能的潜力非常巨大，我们不但可以利用太阳能发电，把水加热，取暖，还可以把太阳能应用到其他领域，让这种取之不尽、用之不竭的能源为人类造福。

神话与科学

人类利用太阳能有着悠久的历史。世界上如中国、希腊等文明古国都流传着很多取天火的神话传说。古希腊有许多优美动人的神话，普罗米修斯为人间盗取天上的神火就是其中之一。在希腊神



普罗米修斯

话中，人类是普罗米修斯创造的，他也充当了人类的老师，凡是有益于人的，能够给人类带来幸福的，他都教给人类。同样的，人们也用爱和忠诚来感谢他，报答他。但最高的天神宙斯却要求人类敬奉他，因此宙斯迁怒于普罗米修斯。作为对他的惩罚，宙斯拒绝给予人类为了完成他们的文明所需要的最后的物品——火，但普罗米修斯却想到了一个办法，用一束长长的茴香枝，在烈焰熊熊的太阳车经过时，偷到了火种并带给了人类。

宙斯知道后大发雷霆，他差人将普罗米修斯捉到高加索山，用一条永远也挣不断的铁链把他绑在一个陡峭的悬崖上，让他永远无法入睡，疲惫的双膝也不能弯曲，在他起伏的胸脯上还钉着一颗金刚石的钉子。他忍受着饥饿、风吹和日晒。此外，宙斯还派一只神鹰每天去啄食普罗米修斯的肝脏，但被吃掉的肝脏随即又会长出来。宙斯让他忍受三万年的苦痛。就这样，日复一日，年复一年。后来，终于有一位名叫赫拉克勒斯的英雄砍断了锁链，将这位盗火的英雄解救出来。

这则神话故事反映了古人对太阳的原始崇拜。在各种原始崇拜观念中，最广泛的就是太阳崇拜观念了。这主要是由于太阳和自然万物的密切关系，太阳对人类的生存繁衍起着至关重要的作用，所以先民们自远古以来就对太阳怀着敬畏崇拜之情，并由此产生了各种崇拜形式。

太阳是人类感受到的宇宙间一颗最光辉灿烂的星球，古希腊哲学家赫拉克利特说“水是万类生灵之母，太阳是万类生灵之父”。古人在《诗经》里就发出“杲杲（音搞）日出”的咏叹。没有太阳的化育，地球不会成熟，不会有生灵，自然也不会有今天如此聪明的人类。

太阳能够发光发热，是因为太阳内部发生核聚变。那么，核聚变是如何发生的呢？1938年，德国著名物理学家贝特提出恒星能量生成理论：他认为，太阳能源可能来自它的内部氢核聚变成氦核的热核反应，太阳内部发生的核聚变不是一般的化学反应，而是在高温中进行的热核反应，但并不是直接反应。他提出了“碳循环”的解释，即1个碳-12相继地与3个氢核（质子）发生反应，形成氮-15，再通过第4个氢核聚变释放出1个氦核（ α 粒子），这个氦核再回过头来和最初的碳-12发生反应而产生出能量。

贝特的关于恒星能量生成的理论，有助于人们对太阳的认识和