



绿色新能源科普知识馆

YONGZHIBUJIE DE TAIYANGNENG

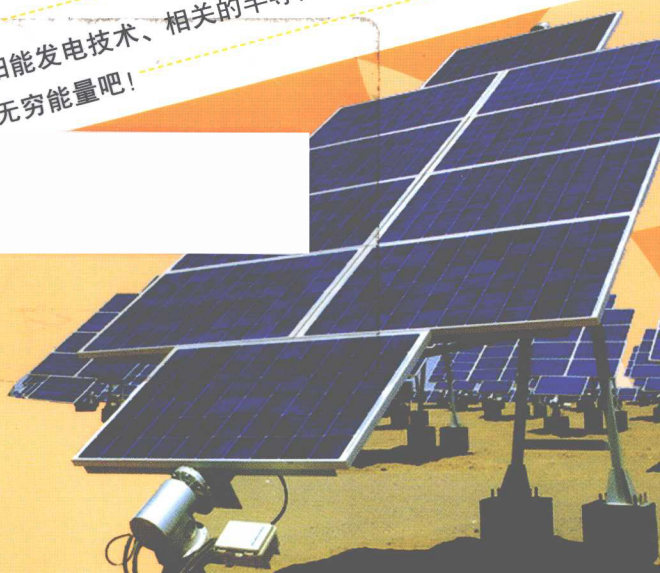


金色的阳光带给人们光明和温暖，
也把能量源源不断地传递给地球

徐帮学◎编

用之不竭的 太阳能

金色的阳光带给人们光明和温暖，
也把能量源源不断地传递给地球。
作为自然能源中被人们寄予厚望的新能源，
你对太阳能有怎样的了解呢？
太阳能电池的原理和应用、太阳能发电技术、相关的半导体知识……
就让这本书为你揭秘阳光中的无穷能量吧！



甘肃科学技术出版社



绿色新能源科普知识馆

YONGZHIBUJIE DE TAIYANGNENG

金色的阳光带给人们光明和温暖，
也把能量源源不断地传递给地球

徐帮学◎编

用之不竭的 太阳能

作为自然能源中被人们寄予厚望的新能源，
你对太阳能有怎样的了解呢？
太阳能电池的原理和应用、太阳能发电技术、相关的半导体知识……
就让这本书为你揭秘阳光中的无穷能量吧！



甘肃科学技术出版社



图书在版编目 (CIP) 数据

用之不竭的太阳能 / 徐帮学编. — 兰州 : 甘肃科学技术出版社, 2014.3

(绿色新能源科普知识馆)

ISBN 978-7-5424-1932-3

I . ①用… II . ①徐… III . ①太阳能—普及读物
IV . ①TK511-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 044904 号

出 版 人 吉西平

责任编辑 杨丽丽 (0931-8773238)

封面设计 晴晨工作室

出版发行 甘肃科学技术出版社 (兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)

印 刷 北京威远印刷有限公司

开 本 700mm × 1000mm 1/16

印 张 10

字 数 153 千

版 次 2014 年 9 月第 1 版 2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数 1 ~ 3000

书 号 ISBN 978-7-5424-1932-3

定 价 29.80 元



前言

REFACE

我们生活的这个精彩纷呈的地球，能源时刻都在伴随着人类的活动而存在。人类的生存离不开能源，我们每天吃饭，是为了补充体能；天冷了，要穿上保暖的衣服，是为了保存体温，不让能量外泄；我们看电视、上网、使用手机，都需要电；汽车在路上前行，需要汽油。

自工业革命以来，能源问题就开始出现。在全球经济高速发展的今天，国际能源来源已上升到了国家战略的高度，各国都纷纷制定了以能源供应为核心的能源政策。在此后的 20 多年里，在稳定能源供应的要求下，人类在享受能源带来的经济发展、科技进步等好处，但也遇到一系列无法避免的能源安全挑战。能源短缺、资源争夺以及过度使用能源造成的环境污染等问题威胁着人类的生存与发展。

当前，能源的发展、能源和环境，已成为全世界、全人类共同关心的话题，这也是中国社会经济发展的障碍。但是，当前的状况是世界大部分国家能源供应不足，不能满足经济发展的需要。这一系列问题都使绿色能源和可再生能源在全球范围内受到关注。从目前世界各国既定能源战略来看，大规模的开发利用绿色能源和可再生能源已成为未来世界各国能源战略的重要组成部分。

我们生活在同一个地球上，开发和利用新能源，缓解能源、环境、生态问题已迫在眉睫，新能源、绿色能源如太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能和核聚变能等，越来越得到世人的重视。不论是从经济社会走可持续发展之路和保护人类赖以生存的地球的生态环境的高度来审视，还是从世界上十几亿无电人口和特殊用途解决现实的能源供应出发，开发利用新能源和可再生能源都具有重大战略意义。可以这么说，新能源和可再



生能源是人类社会未来能源的基石，是大量燃用的化石能源的替代能源。

实践证明，新能源和可再生能源清洁干净，只有很少的污染物排放，人类赖以生存的地球的生态环境相协调的清洁能源。

由于现阶段广大青少年对绿色新能源认识比较单一，甚至相当匮乏，多数人处于一知半解的水平，这严重影响了新能源的推广认识和绿色低碳生活的实现，基于熟知绿色新能源知识和提高低碳意识已成为广大读者的迫切需要，我们编写了本书。

本书重点讲述了新能源知识和新能源推广应用，知识版块设置合理，方便阅读、理解与记忆。

本书集知识性、趣味性、可读性于一体，是一本难得的能源环保书籍，希望本书能为你带来绿色能源环保知识，让你在新能源推广应用之路上，为我们能够拥有一个美好的明天一起加油。



目 录 CONTENTS

第一章 不竭的能量——太阳能

第一节 能量之源——太阳	002
一、能量巨大的太阳	002
二、到太阳上看一看	005
三、地球和太阳的关系	006
四、太阳的能量传递——太阳辐射	008
第二节 取之不竭、用之不尽的太阳能	012
一、太阳能哺育地球	012
二、人类对太阳能的利用	013
三、人类利用太阳能的各阶段	016
第三节 太阳能的能源地位	024
一、对清洁能源的呼唤	024
二、太阳能的优势及不足	027



三、我国太阳能资源的分布	029
四、太阳能的利用前景	031
第四节 太阳能的利用技术	033
一、太阳能采集	033
二、太阳能的转换	036
三、太阳能的储存	039
四、太阳能的传输	042
五、太阳能的利用	043

第二章 太阳能热利用

第一节 太阳能的热利用	048
一、太阳能热利用分类	048
二、太阳能热利用现状	050
三、热利用基本原理	051
第二节 太阳能集热器	053
一、什么是太阳集热器	053
二、集热器分类	054
三、平板型太阳能集热器	055
四、聚光型集热器	060
第三节 太阳能热水器	062
一、太阳能热水器及其构成	062
二、太阳能热水器的种类	063
三、真空管太阳能热水器	066
四、平板型太阳能热水器	067



五、太阳能热水器与建筑物一体化	069
第四节 太阳房	072
一、什么是太阳房	072
二、主动式太阳房	074
三、被动式太阳房	076
第五节 太阳能温室	081
一、四季常春的太阳能温室	081
二、太阳能温室的结构类型	084
三、太阳能温室种植业	088
四、太阳能温室养殖业	089
第六节 太阳灶	091
一、什么是太阳灶	091
二、几种常见的太阳灶	092
三、太阳灶的材料	095

第三章 太阳能光伏发电

第一节 光电转化——太阳能光伏发电	100
一、太阳能光伏发电现状	100
二、太阳能光伏发电构成	101
三、太阳能光伏发电系统	102
四、应用领域	106
五、太阳能光伏发电的优势与不足	108
第二节 太阳电池	113
一、太阳电池的发展历史	113



二、半导体基础	114
三、太阳能电池原理	115
四、太阳能电池常用术语	116
五、太阳能电池的基本结构	119
六、太阳能电池的分类	120
七、太阳能电池的发展进程	123
八、太阳能电池发展趋向	124
第三节 光伏技术应用	131
一、光伏技术在太空的应用	131
二、太阳能照明	133
三、太阳能动力	135

第四章 太阳能的其他应用

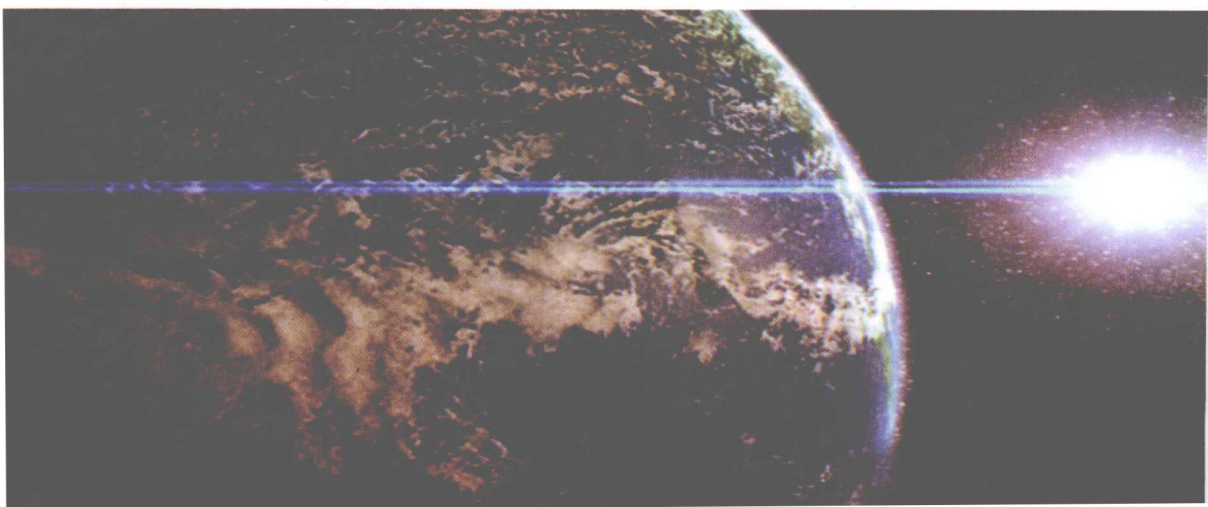
第一节 太阳能热发电	138
一、太阳能热发电分类	138
二、太阳能热发电系统组成	143
三、太阳能热发电的经济性	145
第二节 太阳能利用展望	146
一、太阳风帆	146
二、太阳能采集氦气球	147

第一章

Chapter 1

不竭的能量——太阳能

太阳的辐射能不仅是地球上各种生命之源，而且也是许多能源之源，例如化石能源煤和石油，是古代储存太阳能的产物，因为煤和石油都是植物、动物、微生物死亡后形成的。其他再生能源，如风力、海洋能、生物质能等，都是太阳能的派生能源。当前的科学技术水平，开发利用的太阳照射到地球陆地能量，不足总量的千分之一，所以今后开发利用太阳能的潜力还很大。





第一节 NENGLIANG ZHIYUAN——TAIYANG

能量之源——太阳

亘古至今，太阳以其光和热哺育着地球上的各种生命。地球上生物的生长和繁育、各地气候的形成和演变、全球水分循环的进行，都和太阳巨大的能量密切相关。从地球能源的利用来看，太阳能是绝大部分能源的总来源。

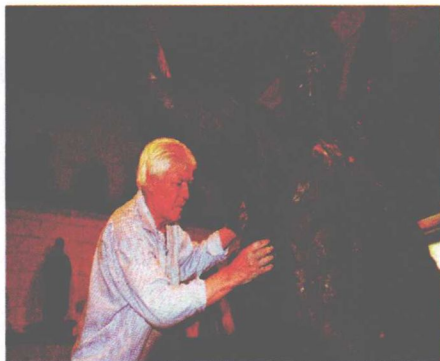
一 能量巨大的太阳

人类历来对太阳抱以敬畏、好奇和崇拜的复杂态度，从未停止过对它的观察和探索。世界上许多国家，如中国、埃及、希腊；都曾有过很多关于太阳的神话传说。

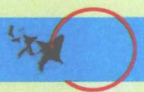
例如古希腊的神火传说：普罗米修斯是一个富有同情心的神，他看到人类在黑暗中摸索，忍受着寒冷，就偷偷地违抗宙斯的禁令，用茴香秆从太阳车的火焰中引出一团烈火，把火种悄悄地送到了人间。宙斯得知人间有了火以后，非常愤怒，便指使潘多拉将装有各种祸患灾害的盒子带到了人间，来抵消神火给人间的温暖，并下令重罚普

罗米修斯。普罗米修斯被铐锁在高加索山顶的悬崖上。宙斯派神鹰每天啄食他的肝脏。后来，大英雄赫拉克勒斯路过高加索山时，用利箭射死了神鹰，马人喀戎又自愿做了普罗米修斯的替身，从而解放了这位盗火的英雄。

这不过是神话故事而已，但却

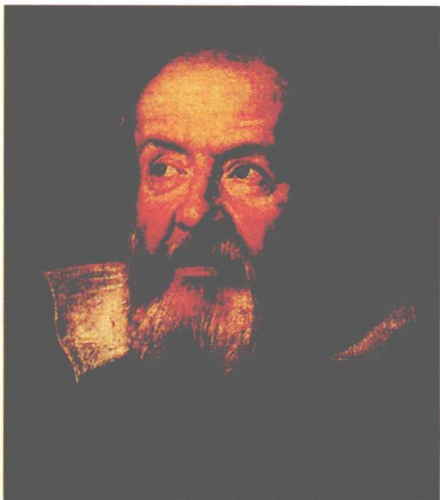


普罗米修斯的雕像



反映了古代人们崇拜太阳的现实。然而，最早有关利用太阳辐射能的文字记载则属于中国。战国时代(公元前 475~前 221 年)的《墨经》曾有记述，当时人们用铜制的凹面镜聚光，把太阳光聚成小焦点，用以引火。中国古代称这种聚光镜为“阳燧”。

公元前 221 年，希腊著名物理学家阿基米德，曾经使用巨大的镜子，聚集太阳光，一举烧掉了敌人的帆船队，这个历史故事至今还广为流传。公元 1 世纪左右，在埃及的亚历山大城，曾有人利用太阳能将空气加热膨胀，把尼罗河水抽取上来灌溉农田。1845 年，奥地利



阿基米德的画像

人发明了太阳灶，使人类应用太阳能的技术向前迈出了一大步。

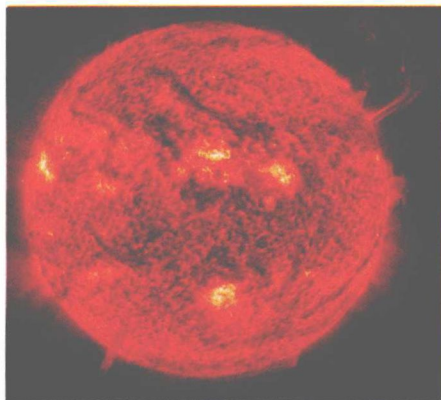
太阳强大的光和热是从哪里来的呢?20 世纪 30 年代末，德国著名物理学家贝特提出了恒星能量生成的理论，回答了这个问题。他谈到，太阳所用燃料来源于氢，太阳上所进行的反应不是一般的化学反应，而是在高温中进行的热核反应。这一理论显示了对太阳研究的突破性进展，成为现代天体物理学、天体演化研究的理论基础，贝特因其特殊的贡献获得了诺贝尔物理学奖。

人们都知道，太阳是由氢、氦、氧、碳、氮、氖、镁、镍、硅、硫、铁、钙等 60 多种物质组成的，其中最丰富的元素有 12 种。氢的含量占 1/2 以上，氦的含量也不少。太阳上的所有元素都以炙热的气体存在。在太阳内部高温、高压的环境下，所有气体发生电离，进行不断的核聚变反应。每 4 个氢核聚合成一个氦核时，会释放出巨大的能量。

太阳是一个巨大的天体，它比太阳系所有行星都大。它以强大的吸引力把周围的大小行星控制在太阳系中运动。太阳的半径大约为 69.598 万千米，是地球半径 (6371



千米)的 10^9 倍。太阳的体积为 141×10^8 亿立方千米,是地球体积(1.083×10^{12} 立方千米)的130万倍。如果用月球到地球的距离(38.4万千米)的75倍作为半径,画一个圆球,这就是太阳的大小。



万物之源的太阳

太阳是太阳系中唯一能发出光和热的星体。太阳在寒冷的空间(宇宙背景的温度约为 -273°C),辐射着巨大的光和热。

太阳是一个巨大的气体光球,它的中心部分主要是由氢气构成的。因为太阳的重量十分庞大,所以连氢这么轻的气体也被它的引力拉住,而不能逃脱到外面去。太阳中心部分的压力达到几千亿大气压(1大气压=0.1兆帕)。几十亿年来,太阳内部释放的原子能,由内部传到

表面,使太阳不断地放射光和热。此外,还有能量很高的微小粒子也会被放射出来。

太阳表面的温度很高,高达 6000°C ,比炼钢炉中的温度还高很多。人们观察到,在如此高的温度下,太阳表面存在的各种金属都变成了蒸汽。太阳中心的温度高达1500万摄氏度。在地面上,温度达到 100°C 时,水就沸腾了,炼钢时温度达到 1000°C 时,铁矿石就会熔化成铁水流出,最难熔的金属钨,它的熔点也只有 3370°C ,这比起 6000°C 和1500万摄氏度来,简直就是望尘莫及。

太阳的光和热向四面八方辐射,太阳系家族成员接收到光和热后,发生反射,产生一定的光热效应。地球接收到太阳的光和热很少,只有太阳放出光热的二十二亿分之一。但这些光和热对地球产生的影响却是巨大的。

经过科学家计算,目前太阳每秒钟要释放出 3.8×10^{26} 焦耳热量,每秒钟需要消耗6亿吨的氢。太阳在一年之内可以产生出 3.8×10^{23} 千瓦的巨大太阳能,发出光辉并向太阳系辐射能量。

如果太阳全部由氢组成的话,



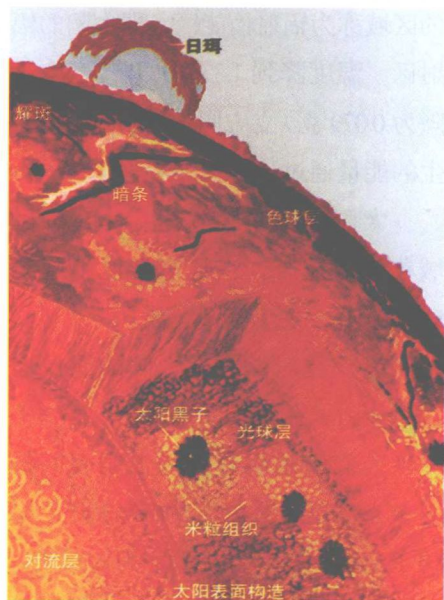
那么它的能量还可以继续放射 1000 亿年。实际上，太阳并不是全由氢组成的，因此估计，太阳还可以在几百亿年内继续放射出光和热。

科学家研究证实，太阳内部蕴藏着大量氢，在太阳内部高温高压的条件下，那里正在进行着热核反应，四个氢原子核聚变为一个氦原子核。热核反应进行的时候，释放出大量的能量，但是，这种反应比较缓慢。几百亿年以后，当这种反应停止了，太阳中心就形成氦核，不再产生能量了，太阳表面积迅速增大，成为红巨星。这时它的表面温度变低，颜色偏红，体积很大，平均密度很小。此后，大约经过 10 亿年，经过爆发，变成白矮星，再变成黑矮星，最后消失。随之太阳的光和热也就消失了。

二 到太阳上看一看

太阳是太阳系的中心天体，是离地球最近的一颗恒星。它是一个炽热的气态球体。太阳也是太阳系里唯一自己发光的天体。如果没有太阳的照射，地球的地面温度将很快降低，人类及大部分生物将无法生存。

太阳的主要组成气体为氢（约 80%）和氦（约 19%）。太阳内部持续进行着氢合成氦的核聚变反应，不断地释放出巨大的能量，并以辐射和对流的方式由核心向表面传递热量，温度也从中心向表面逐渐降低。太阳的结构从中心到边缘可分为核反应区、辐射区、对流区和太阳大气。



太阳的构造示意图

在太阳平均半径 23%（即太阳半径的 0.23，也可表示为 0.23R）的区域内是太阳的内核。这里也是太阳的核反应区，其温度约为 $8 \times 10^6 \sim 4 \times 10^7$ 开（开，即国际温



度单位开尔文，水的冰点摄氏温度为 0°C 时，开氏温度为273.15开），密度为水的80~100倍、占太阳全部质量的40%、总体积的15%。这部分产生的能量占太阳产生总能量的90%。氢聚合时放出 γ 射线，当它经过较冷区域时由于消耗能量，波长增长，变成X射线或紫外线及可见光。

太阳平均半径0.23~0.7R之间的区域称为辐射输能区，即太阳的辐射区，温度降到 1.3×10^5 开，密度下降为0.079克/立方厘米。太阳内核产生的能量通过这个区域辐射出去。

太阳平均半径0.7~1.0R的区域称为对流区，在这里温度下降到 5×10^3 开，密度下降到 10^{-8} 克/立方厘米。在对流区，太阳的能量通过对流方式传播。

人们肉眼所看到的太阳表面是一个光球层，其温度约5762开，厚约 1.5×10^4 千米，密度为 10^{-8} 克/立方厘米。它由强烈电离的气体组

成，太阳能绝大部分辐射都是从光球层向太空发射的。光球外面分布着透明的、能发光的太阳大气，太阳大气被称为反变层，由极稀薄的气体组成，厚达百千米，能吸收某些可见光的光谱辐射。“反变层”的外面是太阳大气上层，称为色球层，厚约 $(1 \sim 1.5) \times 10^4$ 千米，大部分由氢和氦组成。色球层之外是银白色日冕，伸入太空，有几个太阳半径那么高。

从太阳的构造我们可以看出，与其说太阳是一个温度恒定的黑体，不如说是一个多层的有不同波长发射和吸收的辐射体。不过，在太阳能利用中，太阳一般被视为一个温度为6000开、发射波长为0.3~3微米的黑体。

三 地球和太阳的关系

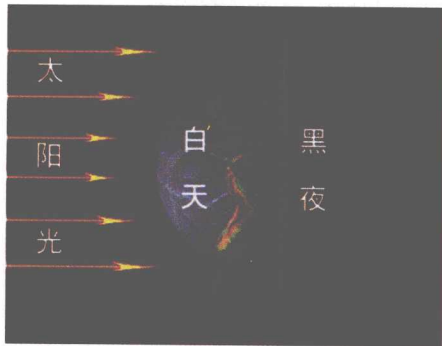
地球自转产生了昼夜，而地球的自转轴与地球围绕太阳公转轨



太阳属于恒星，在没有光污染的地区，晴朗无月的夜晚一般人用肉眼大约可以看到6000多颗恒星。借助于望远镜，则可以看到几十万乃至几百万颗以上。估计银河系中的恒星大约有1500亿~2000亿颗。



道的转轴呈 $23^{\circ} 27'$ 的夹角则产生了季节。地球每天绕着“地轴”自西向东逆时针自转一周，每转一周为一昼夜，因此地球每小时自转 15° 。地球除自转外，还循着偏心率很小的椭圆轨道绕太阳运行。每年运行一周，地球自转轴与公转轨道面始终成 $23^{\circ} 27'$ 。公转时，地球自转轴的方向不变，总是指向地球的北极。所以，地球处于公转轨道的不同位置时，太阳光投射到地球上的方向也就不同，地球上的四季变化也就形成了。

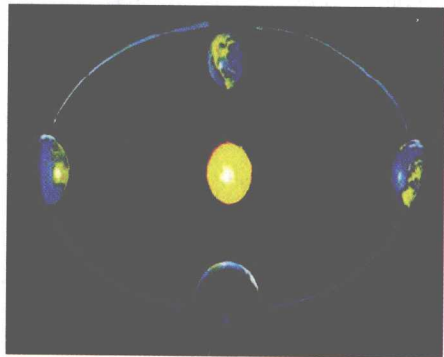


地球的自转

太阳的高度在每天的中午时分最高。太阳一年中有两次垂直照射到热带低纬度地区（即赤道与南北纬度 $23^{\circ} 27'$ 之间的地区），并且总是靠近赤道方向。在北极和南极地区以及南北纬度 $23^{\circ} 27' \sim 90^{\circ}$

的地区，冬季太阳比地平线的时间长低，而夏季是则比地平线的时间长要高。

地球是以椭圆形轨道绕太阳运行的，这使得太阳与地球之间的距离并非一个常数，而且一年里每天的日地距离也不一样。某一点的辐射强度与该点和辐射源之间距离的平方成反比，也就是说，地球大气上方的太阳辐射强度会因日地间距离的不同而不同。然而，因为日地间距离太大（平均距离为 1.5×10^8 千米），所以地球大气层外的太阳辐射强度几乎不变。由此一来，人们便采用“太阳常数”来描述地球大气层上方的太阳辐射强度：指平均日地距离时，在地球大气层上界，与太阳辐射垂直的单位面积上所接受的太阳辐射能。通过各种先进



地球的公转

**贴士**

散射会产生很多有趣的现象。如一束光通过稀释后的牛奶后为粉红色，而从侧面和上面看，却是浅蓝色的。太阳辐射通过大气时遇到空气分子、尘粒、云滴等质点时，都要发生散射。

手段测得的太阳常数的标准值是 1353 瓦 / 平方米，因日地距离的变化而引起太阳辐射强度的变化一年内低于 $\pm 3.4\%$ 。

四 太阳的能量传递——太阳辐射

太阳辐射是地球表层能量的主要来源。太阳辐射在大气上界的分布是由地球的天文位置决定的，称此为天文辐射。除太阳本身的变化外，天文辐射能量主要取决于日地距离、太阳高度角和昼长。

太阳照射到地平面上的辐射由两部分组成——直接辐射和漫射辐射。太阳辐射穿过大气层而到达地面时，由于大气中空气分子、水蒸气和尘埃等对太阳辐射的吸收、反射和散射，不仅使辐射强度减弱，还会改变辐射的方向和辐射的光谱分布。因此，实际到达地面的太阳辐射通常是由直射和漫射两部分组成。

直射是指太阳照射到地球，方向不发生改变的辐射；漫射则是被大气反射和散射后方向发生了改变的太阳辐射，它由三部分组成：太阳周围的散射（太阳表面周围的天空亮光）、地平圈散射（地平圈周围的天空亮光或暗光）及其他的天空散射辐射。另外，非水平面接收来自地面的辐射称为反射辐射。

直接辐射、漫射辐射和反射辐射的总和称为总辐射。可以依靠透镜或反射器来聚焦直接辐射获得能量，如果聚光率很高（聚式收集器），就可获得高能量密度，同时会减弱漫射辐射；如果聚光率较低（非聚式收集器），则只可以对部分太阳周围的漫射辐射进行聚光。漫射辐射的变化范围很大，当天空晴朗无云时，漫射辐射约为总辐射的 10%。但如果天空乌云密布见不到太阳，此时因为没有直射辐射，只有漫射辐射，因而漫射辐射等于总辐射，此时聚式收集器采集的能