

致富丛书

主编 崔富春

太阳能

应用技术

王七斤 李崇亮 编著

ZHIFU CONGSHU
TAIYANGNENG
YINGYONG JISHU

中国 社会 出版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能应用技术 / 王七斤, 李崇亮编著. —北京: 中国工业出版社, 2005. 7

ISBN 7 - 5087 - 0692 - 7

I. 太... II. ①王... ②李... III. 太阳能—利用 IV. TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 083518 号

书 名: 太阳能应用技术

编 著: 王七斤 李崇亮

责任编辑: 邹力新

出版发行: 中国工业出版社 邮政编码: 100032

通联方法: 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦

电话: (010) 66051698 电传: (010) 66051713

经 销: 各地新华书店

印刷装订: 北京印刷一厂

开 本: 850 × 1168 1/32

印 张: 6.75

字 数: 160 千字

版 次: 2005 年 7 月第 1 版

印 次: 2005 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7 - 5087 - 0692 - 7/TK · 1

定 价: 10.00 元

(凡中国社会版图书有缺漏页、残破等质量问题, 本社负责调换)

编委会组成人员名单

编委会主任：崔富春

编委会副主任：程锡景 弓永华 刘 伟

编委会成员：(按姓氏笔划为序)

弓永华 石冰心 孙泰森 刘 伟

邢国民 李生才 李宏全 李新慧

杨树彬 谷茆莉 宗颖生 赵金元

郭晋平 郭玉明 高景然 崔富春

程锡景 赖瑞福

前 言

根据民政部、中央文明办、国家新闻出版总署和国家广播电视总局关于援建农村图书室“要适应农村居民的知识需求，适应于进城务工人员的阅读需求和技能培训的需求”的要求，为了全面建设农村小康社会，服务“三农”工作，满足广大农民对科技知识的渴求，提高农民朋友的科学文化素质，加快农民增收致富的步伐，我们策划出版了这套以青年农民、种养大户、农技人员、乡村干部、进城务工人员以及关心“三农”问题的各界人士等为主要读者对象的丛书，其内容涉及农业科技、农业经济、政策法规和农民培训等方面。以种植、养殖、果树、花卉、蔬菜、食用菌栽培技术及病虫害防治及农民进城务工等单项实用知识立题，以文字叙述为主，内容通俗易懂、方便读者阅读为特色，力求做到让广大农民朋友“能看得懂、能用得上”。

本套丛书的编著者均为从事多年教学和科研工作的教师和农业专家，有着较为丰富的理论知识、实践知识和农业推广知识。同时在本书的编写过程中，参考并广泛吸收了许多相关论著和研究成果，在此我们谨对原著作者表示由衷的感谢。我们真诚希望这套丛书的出版能为广大农民朋友增收致富、加快农村小康建设和构建社会主义和谐农村起到积极促进作用。

编 者

2005年7月

目 录

- 第一章 概 述 / 1**
 - 第一节 太阳能是地球上主要能源的总来源 / 1
 - 第二节 太阳辐射的一般知识 / 11

- 第二章 太阳能热水器 / 14**
 - 第一节 太阳能集热器 / 14
 - 第二节 太阳能热水器的分类 / 16
 - 第三节 平板型集热器 / 22
 - 第四节 平板型集热器的制造 / 29
 - 第五节 太阳能热水系统的安装 / 34
 - 第六节 太阳能热水系统的使用与维护 / 48

- 第三章 太阳灶 / 51**
 - 第一节 几种常见的太阳灶 / 51
 - 第二节 聚光式太阳灶的结构和设计原理 / 54
 - 第三节 聚光式太阳灶的结构及制作工艺 / 60
 - 第四节 聚光式太阳灶的性能检测 / 67
 - 第五节 聚光式太阳灶的使用和维护 / 69

- 第四章 太阳能干燥 / 71**
 - 第一节 干燥过程以及干燥机理 / 72
 - 第二节 太阳能干燥器的分类和特点 / 78
 - 第三节 太阳能干燥器实例 / 82
 - 第四节 太阳能干燥器的评价指标 / 95

- 第五章 太阳房 / 102**
 - 第一节 概 述 / 102

- 第二节 被动式太阳房的分类 / 105
- 第三节 被动式太阳房的设计 / 109
- 第四节 直接受益式太阳房 / 119
- 第五节 集热蓄热墙式太阳房 / 125
- 第六节 附加阳光间式太阳房 / 128
- 第七节 被动式太阳房技术条件和热性能测试方法 / 129

第六章 太阳能电池 / 143

- 第一节 太阳能电池 / 143
- 第二节 太阳能电池的基本原理 / 145
- 第三节 太阳能电池的种类 / 153
- 第四节 太阳能光伏系统 / 155
- 第五节 太阳能光伏系统在农村的应用 / 163

第七章 日光温室 / 169

- 第一节 概述 / 169
- 第二节 总体布局 / 171
- 第三节 日光温室的建造参数 / 173
- 第四节 日光温室的保温 / 176
- 第五节 日光温室的结构选型 / 185
- 第六节 日光温室应用实例 / 188

第八章 太阳能的其他应用 / 193

- 第一节 太阳能蒸馏 / 193
- 第二节 太阳能育种 / 194
- 第三节 太阳能酿造 / 195
- 第四节 太阳能水泵 / 197
- 第五节 太阳能制冷与空调 / 201

参考文献 / 206

第一章 概 述

第一节 太阳能是地球上主要能源的总来源

一、太阳的认识

太阳的直径约为 $1.39 \times 10^6 \text{ km}$ ，质量约为 $2.2 \times 10^{27} \text{ t}$ ，为地球质量的 3.3×10^5 倍，体积则比地球大 1.3×10^6 倍，平均密度为地球的 0.25。其主要组成气体为氢（约 80%）和氦（约 19%）。由于太阳内部持续进行着氢聚合成氦的核聚变反应，所以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。由核聚变可知，氢聚合成氦在释放巨大能量的同时，每 1g 质量将亏损 0.0072g。根据目前太阳产生核能的速度

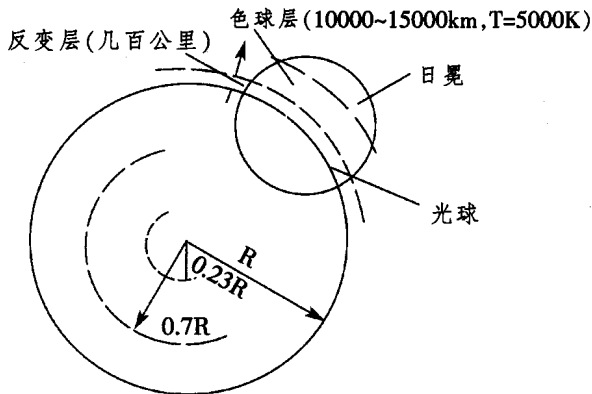


图 1-1 太阳结构示意图

度估算，其氢的储量够维持 600 亿年。太阳是一个在高温高压作用下，不断进行核聚变反应的炽热气球。太阳的结构如图 1-1 所示。在太阳平均半径 23% ($0.23R$) 的区域内是太阳的内核，这个区域也是由氢聚合成氦的核聚变并产生能量的核心，温度约为 $(8 \sim 40) \times 10^6 \text{K}$ (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%，并以对流和辐射方式向外传送。氢聚合时放出 γ 射线，当 γ 射线经过较冷区域时消耗能量，波长增长，变成射线或紫外线及可见光。从 23% ~ 70% ($0.23R \sim 0.7R$) 的区域称为“辐射输能区”，这个区域的温度降到 $1.3 \times 10^5 \text{K}$ ，密度下降为 0.079g/cm^3 。0.7R ~ R 之间称为“对流区”，温度下降到 5000K，密度下降到 10^{-8}g/cm^3 。太阳的外表面叫做光球，它就是人们肉眼所看到的太阳表面，其有效温度为 5762K，厚约 5000km，密度为 10^{-6}g/cm^3 。它是由强烈电离的气体组成，太阳能绝大部分辐射都是由此向太空发射的。光球外面分布着不仅能发光，而且几乎是透明的太阳大气，称之为“反变层”、“色球”或“最外层的日冕”。它是由极稀薄的气体组成，厚约数百千米，它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，称之为“色球层”，厚约 $1 \sim 1.5 \times 10^4 \text{km}$ ，大部分由氢和氦组成。“色球层”外是伸入太空的银白色日冕，温度高达 1 百万开，高度有时达几十个太阳半径。甚至是地球也包括在太阳的日冕中。

从太阳的构造可见，太阳并不是一个温度恒定的黑体，而是一个多层的有不同波长发射和吸收的辐射体。不过在太阳能的利用中，通常将它视为一个温度为 6000K，发射波长为 $0.3 \sim 3 \mu\text{m}$ 的黑色辐射体。

太阳内部氢变的核聚变反应，连续产生许多的能量，太阳能就是

太阳内部连续不断的核聚变反应过程产生的能量，并以电磁波的形式向宇宙空间发射，其中约有 20 亿分之一 (1.73×10^{14} kW) 到达地球大气层外表面。太阳光透过大气层到达地球表面的能量也是很多的，可以达到 0.81×10^{14} kW，就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量相当于 500 万吨煤，对于地球来说它是一个巨大的能量。地球轨道上的平均太阳辐射强度为 1367 kW/m^2 ，在海平面上的标准峰值强度为 1 kW/m^2 ，地球表面某一点 24h 的年平均辐射强度为 0.2 kW/m^2 。

由于太阳持续、恒定地向地球辐射、输送大量能量，这些能量经植物的光合作用形成了生物质能；被埋藏在地下的动物经漫长的时间转化，形成了煤炭、天然气和石油等矿物燃料；江河湖海中的水，经阳光晒热蒸发，又凝结降落在高山上，形成了水能；空气经太阳照射加热，产生密度差，形成了风能。图 1-2 为地球上的能量图，从这个图上我们也可以看出地球上的风能、水能、海洋温差

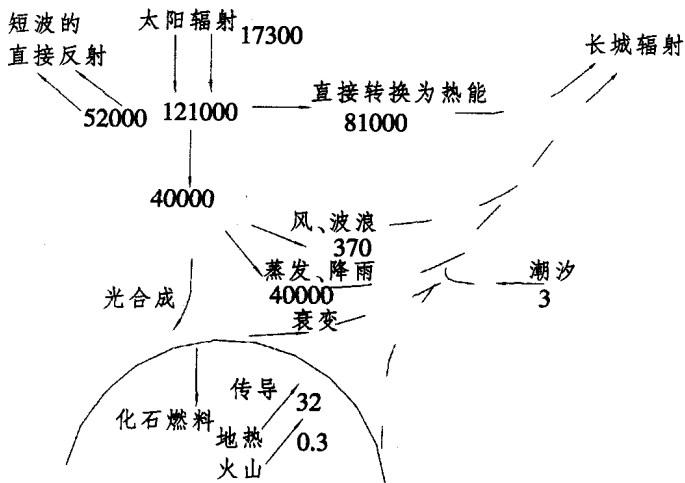


图 1-2 地球上的能量图

能、波浪能和生物质能以及部分潮汐能都是来源于太阳；即使是地球上的化石燃料（如煤、石油、天然气等）从根本上说也是远古以来贮存下来的太阳能，因此，地球上这些主要能源的能量都来自太阳。可以说，太阳能是地球上主要的总能源。

二、太阳能的利用

太阳能既是一次能源，又是可再生能源。它资源丰富，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染。它作为一种能源与煤、石油等常规能源相比具有如下的特点：

(1) 太阳能是一种含量无限、可再生的能源。从地球诞生时候起，阳光就照射地球，并源源不断的向地球提供能源，至今已有 47 亿多年。根据太阳的重量估算，太阳的寿命至少还有 60 亿年以上。因此，可以说太阳能是取之不尽，用之不竭的，它将持久地向地球输送能量。阳光普照大地，无处不在，并无须开采、运输，随处可取，更是广阔农村可利用的廉价、丰富的能源资源。

(2) 太阳能是一种洁净、无污染的能源。大部分能源的利用、开发都或多或少带来对环境的污染，造成公害。太阳能却是洁净的，它本身不会对环境造成污染，也不影响生态平衡。

(3) 太阳能的利用也有一定的缺点。第一，太阳能的能量密度低，即使是在太阳辐射最好的时间其辐射强度仅为 $1\text{kW}/\text{m}^2$ ，而平均值更低；第二，它受地区、季节、昼夜、气候等自然条件限制，不能维持一个比较恒定的能量。太阳能能量虽然巨大，但能量密度很低。因此，为收集足够使用的能量，需要庞大的收集设备，耗资多，占地面积大。而且能量的提供是间隙性的，白天有，晚间无；晴天有，阴天无；供应极不稳定，这就必须有贮能装置，需增加投

资，也使使用不便。

由于太阳能的这些特点，特别是缺点，给其使用中的技术、经济带来许多问题，使这种古老能源的利用处于探索、试验及利用的初级阶段。要完善地利用它为人类造福，还要走很长的路，做很多工作。

人类对太阳能的利用有着悠久的历史，利用的方式也是多种多样。我国早在两千多年前的战国时期，就知道利用四面镜聚焦太阳光来点火；利用太阳能来干燥农副产品。最古老、最简单的利用太阳能的方法，就是利用晒太阳取暖、晾衣服、晒粮食以及其他东西，也就是将太阳的辐射能转化为热能利用。可以说利用太阳能就是将太阳能转化为其他形式的能量的过程，这也就形成了太阳能利用技术。太阳能利用技术，就是采用一定的装置、设备和技术将太阳的辐射能转化为其他形式的能量，并对其进行收集、贮藏及利用。目前，太阳能的利用已日益广泛，它包括太阳能的光热利用，太阳能的光电利用和太阳能的光化学利用等。按太阳辐射能转换成其他形式，可分为三种利用方式：化学能转换、热能转换与电能转换。

化学能转化就是将太阳能转化为化学能。在地球上，最主要、最常见的就是植物的光合作用。在太阳的照射下，植物的叶绿素吸收光能，将二氧化碳和水转化为碳水化合物之类的生物质的化学能，而贮存于植物或其果实中。光化学反应是一种化学能转换。它是指阳光照射使得某些物质吸热分解，但是在低温的时候又可复合并放出吸收的太阳能。如三氧化硫吸热时生成二氧化硫与氧，后又生成三氧化硫，同时放出热量。地球陆地上的植物通过光合作用利用太阳能约为到达地球上太阳能的千分之四到五，但其利用效率却仅千分之五左右。

光电转换是把太阳辐射能转化为电能。主要通过光电元件将太

阳能直接转换为电能；也可先把太阳能转换为热能，再通过热发电设备转换为电能。目前太阳电池的转换率仅为 10% ~ 15%，而且成本很高。

光热转换是目前广泛采用的一种太阳能利用方式，应用范围广阔，利用设备多种多样，是最主要的利用方式。已有的太阳能光热利用设备有：太阳能热水器，太阳能烹调器，太阳能干燥装置，太阳能温室，太阳能热泵与制冷装置，太阳房，太阳能水泵，太阳能热机，太阳炉等。

虽然资料记载人类在 3000 多年前就开始利用太阳能。但将太阳能作为一种能源和动力加以利用，却只有 300 多年的历史。而真正将太阳能作为“近期急需的补充能源”，“未来能源结构的基础”，则只有几十年的历史。20 世纪 70 年代以来，太阳能科技突飞猛进，太阳能利用日新月异。近代太阳能利用历史可以从 1615 年法国工程师所罗门·德·考克斯在世界上发明第一台太阳能驱动的发动机算起。该发明是一台利用太阳能加热空气使其膨胀做功而抽水的机器。在 1615 年 ~ 1900 年之间，世界上有许多人在研究太阳能动力装置和一些其他太阳能装置。但是发展缓慢。在 20 世纪的一百年间，太阳能科技发展历史大体可分为七个阶段：

第一阶段（1900 年 ~ 1920 年），太阳能研究主要集中在太阳能动力装置，采用的聚光方式开始多样化，也开始采用平板集热器和低沸点介质，装置逐渐扩大，最大输出功率达 73.64kW，有明确的设计制造目的，但是成本仍然很高。1901 年，在美国建成一台太阳能抽水装置，采用截头圆锥聚光器，功率只有 7.36kW。

第二阶段（1920 年 ~ 1945 年），由于受到世界大战的影响和各种矿物燃料的大量开发利用，太阳能不能解决战争对于能源的需

求，因此参加研究工作的人数和研究项目大为减少，太阳能研究工作处于低潮。

第三阶段（1945年~1965年），在这20年间，一些科学家开始注意到石油和天然气资源正在迅速减少，并认识到这一问题的严重性，从而逐渐推动了太阳能研究工作的恢复和开展，同时成立了一些民间的学术组织，再次兴起太阳能研究热潮，并取得一些重大进展。研制成实用的黑镍等选择性涂层，为高效集热器的发展创造了条件；1954年，美国贝尔实验室研制成实用型硅太阳能电池，为光伏发电的大规模应用奠定了基础；最突出的是平板集热器有了很大的发展，技术上逐渐成熟。

第四阶段（1965年~1973年），在经过20年利用太阳能的热潮之后，太阳能的研究工作再次停滞不前，主要原因是太阳能利用技术处于成长阶段，尚不成熟，并且投资大，效果不理想，难以与常规能源竞争，因而得不到公众、企业和政府的重视和支持。

第五阶段（1973年~1980年），1973年10月爆发中东战争，石油输出国组织采取相应措施，使那些依靠从中东地区大量进口廉价石油的国家在经济上遭到沉重打击。这个时候出现了世界“能源危机”（有的称“石油危机”）说。这次“危机”在客观上使人们认识到：现有的能源结构必须彻底改变，应加速向未来能源结构过渡。使许多国家，尤其是发达国家，重新加强了对太阳能及其他可再生能源技术发展的支持，在世界上再次兴起了开发利用太阳能的热潮。在这一阶段，美国、日本投入了大量人力、物力和财力，进行太阳能利用技术的研究、开发和推广。同时这次开发利用太阳能的热潮，对我国也产生了巨大影响。我国开始设计制造各种太阳能装置和设备并加以利用。1975年，在河南安阳召开“全国第一次太

阳能利用工作经验交流大会”，进一步推动了我国太阳能事业的发展。这次会议之后，太阳能研究和推广工作纳入了我国政府计划，获得了专项经费和物资支持。一些大学和科研院所，纷纷设立太阳能课题组和研究室，有的地方开始筹建太阳能研究所。当时，我国也兴起了开发利用太阳能的热潮。这一时期，太阳能开发利用工作处于前所未有的大发展时期。

第六阶段（1980年~1992年），进入20世纪80年代后不久，世界石油价格大幅度回落，而太阳能产品价格居高不下，缺乏竞争力，太阳能技术没有重大突破，提高效率 and 降低成本的目标没有实现，20世纪70年代兴起的开发利用太阳能热潮开始回落，逐渐进入低谷。世界上许多国家相继大幅度削减太阳能研究经费。受20世纪80年代国际上太阳能研究低落的影响，我国太阳能研究工作也受到一定程度的削弱，但研究工作并未中断，有的项目进展比较大，这就促使人们认真地去审视以往的计划和制定的目标以及调整研究工作重点，争取以较少的投入取得较大的成果。

第七阶段（1992~至今），由于大量燃烧矿物能源造成了全球性的环境污染和生态破坏，对人类的生存和发展构成了威胁。在这样的背景下，我国政府提出了10条对策和措施，明确要求要“因地制宜地开发和推广太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能等清洁能源”，制定了《中国21世纪议程》，进一步明确了太阳能重点发展项目。1992年以后，世界太阳能利用也进入了新的发展期，其特点是：太阳能利用与世界可持续发展和环境保护紧密结合，全球共同行动，为实现世界太阳能发展战略而努力；太阳能发展目标明确，重点突出，措施得力，有利于克服以往忽冷忽热、过热过急的弊端，保证太阳能事业的长期发展；在加大太阳能研究开发力度

的同时，注意科技成果转化为生产力，发展太阳能产业，加速商业化进程，扩大太阳能利用领域和规模，经济效益逐渐提高；国际太阳能领域的合作空前活跃，规模扩大，效果明显。

上世纪一百年间，太阳能发展每次高潮期后都会出现低潮期。太阳能利用的发展历程与煤、石油、核能完全不同，人们对其认识差别大，反复多，发展时间长。这一方面说明太阳能的开发难度大，短时间内很难实现大规模利用；另一方面也说明太阳能利用还受矿物能源供应、政治和战争等因素的影响，发展道路比较曲折。尽管如此，从总体来看，20世纪取得的太阳能科技进步仍以以往任何一个世纪都大。

三、我国太阳能资源及其分布

我国国土面积辽阔，大部分地区位于北纬 45° 以南，每年的日照数在2000小时以上。总的来说我国是一个太阳能资源比较丰富的国家。

为更好的利用太阳能，根据太阳总辐射量多少，将全国分为5个热能等级和7个区域（见表1-1和表1-2）。

表1-1 我国太阳能热能等级表

等级	年日照数 小时/年	年辐射总量 $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$	包括的主要地区	备注
一等	3200 ~ 3300	6680 ~ 8400	宁夏北部、甘肃北部、新疆东南部、青海西部、西藏北部	太阳能资源最丰富区
二等	3000 ~ 3200	5852 ~ 6680	河北西北部、山西北部、内蒙古南部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、西藏东南部、新疆南部	太阳能资源较丰富区

表 1-1

续表

等级	年日照数 小时/年	年辐射总量 $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$	包括的主要地区	备注
三等	2200 ~ 3000	5016 ~ 5852	山东、河南、河北东南部、山西南部、新疆北部、吉林、辽宁、云南、陕西北部、甘肃东南部、广东南部	太阳能资源中等地区
四等	1400 ~ 2200	4180 ~ 5016	湖南、广西、江西、浙江、湖北、福建北部、广东北部、陕西南部、安徽南部	太阳能资源较差地区
五等	1000 ~ 1400	3344 ~ 4180	四川、贵州	最差地区

表 1-2 我国的 7 个热能区域

区域	范围	年辐射总量 $\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{年}$	备注
东北	东三省	5015 ~ 5434	冬季长达 4 ~ 5 个月，气温低，辐射低。晴天多，年日照时数在 2400 以上
华北	华北平原	5434 ~ 5852	冬季比东北区短，气温辐射好于东北区，年日照时数为 2600 ~ 2800
黄土丘陵	内蒙古	5435 ~ 6270	冬季时间与东北区相近，地势高，太阳辐射强度高，其他条件好于华北区
西北	新疆、甘肃西北部、宁夏北部、内蒙古西部	5852 ~ 6680	年日照时数可达 3200 以上，冬季气温低，昼夜温差大，但是大气透明度较差
南方	北纬 33° 以南	4180 ~ 5016	气温高，但雨季长，日照时数为 2200，日照强度高，但是总量不大
西南	四川、贵州、云南	3344 ~ 4180	云量大，雨季更长，日照时数仅为 1400，是我国利用太阳能最差的地区
青藏高原	青藏高原	6680 以上	大气清晰，日照时数长，是我国利用太阳能最好的地区

第二节 太阳辐射的一般知识

太阳是一个巨大的能量源，时时刻刻不停在向地球表面辐射大量的光和热。但是，在太阳能的利用中，最主要的还是要明白太阳辐射到地面单位面积上的能量，它的大小决定着利用太阳能的可能性。但是由于地理位置、季节、昼夜以及晴阴天等种种原因，到达地表的辐射强度相差很大。为了更好的利用太阳能，首先应了解一些基本的知识。

大家都知道，昼夜是由于地球绕着地轴自转而产生的，而季节则是由于地球的自转轴与地球围绕太阳公转的轨道的转轴呈一定的夹角而产生的。地球每天绕着通过它本身南极和北极的“地轴”自西向东自转一周。所以地球每小时自转 15° 。地球除自转外还沿着椭圆轨道每年绕太阳运行一周，因此，地球处于运行轨道的不同位置时，太阳光投射到地球上的方向也就不同，于是形成了地球上的四季变化（见图 1-3）。每天中午时分，太阳的高度总是最高。在热带低纬度地区（即在赤道南北纬度 $23^\circ 27'$ 之间的地区），一年中

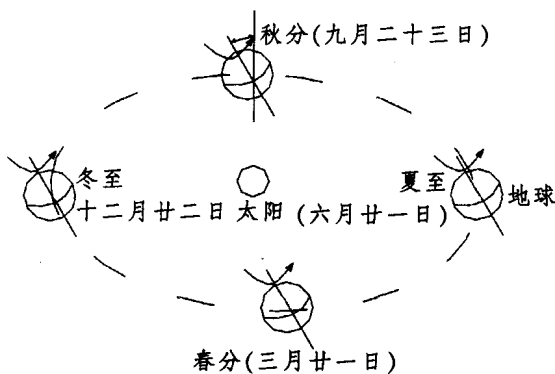


图 1-3 地球四季的变化