

# 太阳能光伏发电系统 及其应用技术研究

陈尹萍 著 ....



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 太阳能光伏发电系统 及其应用技术研究

陈尹萍 著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

太阳能作为可再生能源的主要方式,其大规模的开发利用是目前人类调整能源结构,缓解能源危机,改善生态环境的有效途径。

本书对太阳能光伏发电系统及其应用技术进行了研究,主要内容涵盖了光伏发电系统的类型,太阳能电池、太阳能光伏发电储能电池及器件,太阳能光伏控制器和逆变器。

本书结构合理,条理清晰,内容丰富新颖,可供从事太阳能光伏发电系统设计、开发与应用的工程技术人员参考使用。

## 图书在版编目(CIP)数据

太阳能光伏发电系统及其应用技术研究 / 陈尹萍著.

—北京:中国水利水电出版社,2019.3

ISBN 978-7-5170-7638-4

I. ①太… II. ①陈… III. ①太阳能发电—研究  
IV. ①TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 079695 号

书 名	太阳能光伏发电系统及其应用技术研究 TAIYANGNENG GUANGFU FADIAN XITONG JI QI YINGYONG JISHU YANJIU
作 者	陈尹萍 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994,63202643,68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京亚吉飞数码科技有限公司
印 刷	三河市华晨印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16 开本 12 印张 215 千字
版 次	2019 年 6 月第 1 版 2019 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—2000 册
定 价	58.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

能源是社会和经济发展的重要保障。随着世界人口的持续增长和经济的不断发展,有限的化石能源的消耗量逐年增大,世界能源危机日益加剧;与此同时,化石燃料的燃烧总是不可避免地伴随着环境污染,使自然生态环境日趋恶化。能源短缺和环境污染成为当今世界面临的两大问题,制约着人类社会的发展。现在,人们已经清醒地认识到,如果无节制地使用常规化石燃料,化石燃料资源不但迟早会枯竭耗尽,而且化石燃料的燃烧对环境的严重污染所导致的生态破坏、地球温室效应等将严重地威胁着人类的生存。为了保障社会的不断进步和经济的持续发展,寻求和开发利用新能源成为当今世界关注的焦点。取之不尽、用之不竭的太阳能是一种非常理想的清洁能源。

太阳能光伏发电是利用半导体材料的光生伏特效应将光能直接转换为电能的一种发电技术,发电过程简单,没有机械转动部件,不消耗燃料,不排放包括温室气体在内的任何物质,无噪声、无污染。并且,与风力发电、生物质能发电和核电等新型发电技术相比,光伏发电是一种最具可持续发展理想特征(最丰富的资源和最洁净的发电过程)的可再生能源发电技术。充分开发和利用太阳能资源,发展光伏产业,对于节约常规能源、保护自然生态环境、促进经济稳定持续发展有着极为重要的现实意义和深远的历史意义。相信在不久的将来,太阳能光伏发电将成为世界能源供应的主体,人类将进入辉煌的太阳能时代。

我国的太阳能资源丰富,为太阳能的利用创造了有利条件。根据太阳能的特点和实际应用的需要,我国政府一直把研究开发太阳能技术列入国家科技攻关计划,大大推进了我国太阳能产业的发展。此外,我国政府相继出台了一系列鼓励和支持太阳能光伏产业发展的政策法规,大大促进了我国太阳能光伏产业的发展。我国太阳能光伏技术在研究开发、商业化生产、市场开拓等方面都取得了丰硕的成果,光伏市场稳步扩大,太阳能电池产量逐年上升。太阳能光伏发电相关应用技术的研究越来越引起人们的高度重视,各种创新成果层出不穷。当然问题是存在的,我国光伏产业存在着偏重依赖于出口、国内光伏应用市场相对较小、应用技术水平与国外先进水平还

有一定差距等问题。

在这样的形势下作者特写作本书,希望能为促进我国太阳能光伏发电产业的发展尽绵薄之力。全书共9章,紧扣“光伏发电系统工程”,全面系统地介绍了太阳能光伏发电系统的基础知识与应用技术。主要内容包括太阳能光伏发电系统概论、光伏发电系统的类型、太阳能电池及其组件与阵列、太阳能光伏发电储能电池及器件、太阳能光伏控制器和逆变器、光伏发电系统的控制、太阳能光伏发电系统设计及应用案例分析、太阳能光伏发电系统的应用和太阳能光伏发电新技术的应用等。

在本书的撰写过程中,得到了许多专家学者的指导和帮助,参考了大量的学术文献。在此,特向提供帮助的专家学者以及所参考文献的相关作者表示真诚的感谢。

太阳能光伏发电技术正处于高速发展阶段,相关理论日新月异,各种技术创新层出不穷,加之作者水平有限,书中难免有遗漏和不妥之处,希望同行业专家学者与广大读者朋友批评指正。

作者

2019年1月

# 目 录

<b>第 1 章 太阳能光伏发电系统概论</b> .....	1
1.1 太阳及太阳能 .....	1
1.2 太阳能光伏发电的重要意义 .....	11
1.3 太阳能光伏发电系统的构成与工作原理 .....	13
1.4 太阳能光伏发电产业发展前景 .....	17
<b>第 2 章 光伏发电系统的类型</b> .....	20
2.1 独立光伏发电系统 .....	20
2.2 并网光伏发电系统 .....	23
2.3 互补型光伏发电系统 .....	31
<b>第 3 章 太阳能电池及其应用</b> .....	37
3.1 太阳能电池 .....	37
3.2 太阳能电池组件 .....	47
3.3 晶体硅电池组件的制造方法与工作原理 .....	55
3.4 太阳能电池方阵 .....	60
<b>第 4 章 太阳能光伏发电储能电池及器件</b> .....	63
4.1 光伏发电储能技术及蓄电池 .....	63
4.2 铅酸蓄电池 .....	67
4.3 胶体型铅酸蓄电池 .....	71
4.4 其他储能装置 .....	72
4.5 储能技术及装置的类比应用 .....	77
<b>第 5 章 太阳能光伏控制器和逆变器</b> .....	80
5.1 太阳能光伏控制器 .....	80
5.2 太阳能光伏逆变器 .....	86
5.3 光伏逆变器的性能特点与技术参数 .....	94
<b>第 6 章 光伏发电系统的控制</b> .....	97
6.1 光伏系统控制概述 .....	97

6.2	蓄电池分组控制策略 .....	100
6.3	最大功率跟踪控制器 .....	102
6.4	逆变器控制技术 .....	104
6.5	光伏控制系统案例分析 .....	112
<b>第7章</b>	<b>光伏发电系统的设计</b> .....	<b>116</b>
7.1	独立光伏发电系统的设计 .....	116
7.2	并网光伏发电系统的设计 .....	124
7.3	光伏系统的硬件设计 .....	131
7.4	光伏发电系统工程设计实例 .....	135
<b>第8章</b>	<b>太阳能光伏发电系统的应用</b> .....	<b>145</b>
8.1	太阳能光伏发电技术的应用优势 .....	145
8.2	太阳能光伏技术在不同领域的应用 .....	146
<b>第9章</b>	<b>太阳能光伏发电新技术的应用</b> .....	<b>173</b>
9.1	太阳能自动跟踪系统 .....	173
9.2	分布式光伏发电与智能微电网技术 .....	174
9.3	聚光光伏发电系统 .....	176
9.4	光伏建筑一体化技术 .....	179
<b>参考文献</b>	.....	<b>183</b>

# 第 1 章 太阳能光伏发电系统概论

太阳能光伏发电是近些年的热点。太阳能光伏发电的主要优点:投入产出比可达 10~20 倍,降低经济成本;光电资源蕴含量高达 96.64%;碳排放量接近零且不污染环境;转换环节最少最直接;运行可靠性、稳定性好。因此,该技术具有很好的发展前景。

## 1.1 太阳及太阳能

### 1.1.1 太阳

太阳(图 1.1)是距离地球最近的一颗恒星,日地距离为  $1.495\ 978\ 92 \times 10^8$  km。太阳是一个炙热的大气球体,它的直径为  $1.392 \times 10^6$  km,是地球直径的 109 倍,太阳的体积约为  $1.412\ 2 \times 10^7$  km<sup>3</sup>,是地球的 130 万倍,太阳的平均密度为  $1.49$  g/cm<sup>3</sup>,比水的密度大 50%,太阳内部的密度约为  $160$  g/cm<sup>3</sup>,日心引力比地心引力大 29 倍左右。太阳的总质量为  $1.989 \times 10^{30}$  kg,相当于地球总质量的 33.34 万倍。太阳的主要物质组成是氢和氦,其中氢占 78.4%,氦占 19.8%,金属和其他元素总计占 1.8%,太阳表面温度为 5700℃,中心温度高达  $2 \times 10^7$ ℃,压强约为 2000 多亿个大气压。

太阳是太阳系的中心天体,它集中了太阳系质量的 99.86%。

太阳由里向外可分为 6 个区域,如图 1.2 所示。

(1) 核心区。太阳 99%的能量是由核心的热核反应产生的。

(2) 辐射区。核心区外面的一层是辐射区,范围为  $0.25R \sim 0.8R$  ( $R$  即太阳半径),温度下降到 13 万(K),压强为数十万个大气压,从核反应区辐射出的能量是以高能伽马射线的形式发出的,辐射层通过对这些高能粒子的吸收和再发射实现能量传递,经过无数次的这种再吸收、再辐射的漫长过程(一个光子脱离太阳需要约 1000 年),高能伽马射线经过 X 射线、紫外线逐渐转化为可见光和其他形式的辐射。

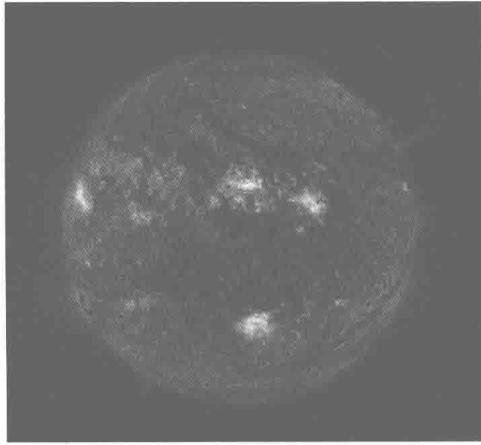


图 1.1 太阳

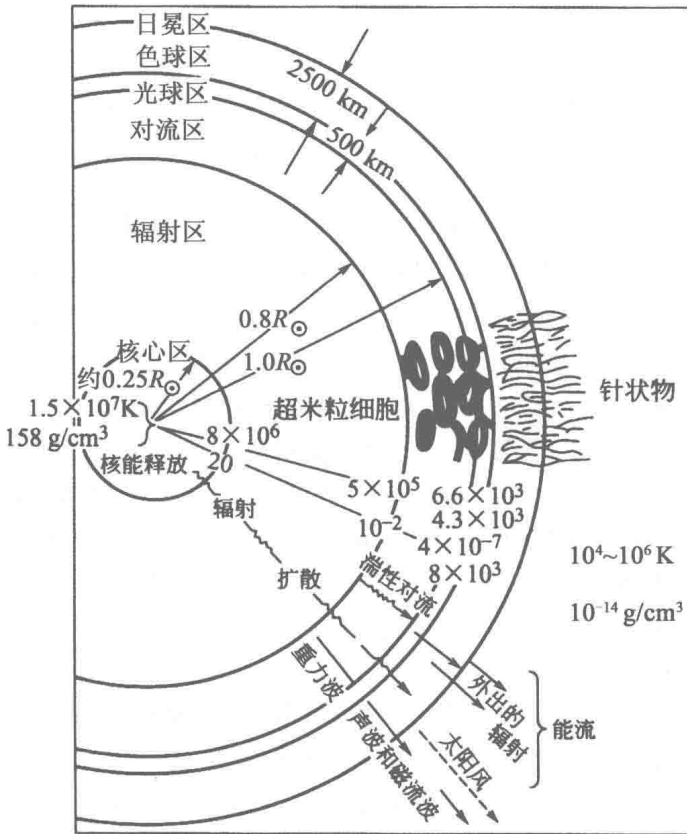


图 1.2 太阳的构造

(3) 对流区。对流区所属范围为  $0.8R \sim 1.0R$ , 温度下降为  $5000\text{ K}$ , 密度为  $10^{-8}\text{ g/cm}^3$ 。在对流区内, 能量主要靠对流的方式进行传播, 对流区的温度、压力和密度的变化梯度很大, 物质始终处于剧烈的上下对流状态。

(4) 光球区。人们平常看到的、能发出明亮耀眼光芒的太阳圆斑就是光球区。光球区厚度约  $500\text{ km}$ , 表面的温度可以达到  $5700^\circ\text{C}$ 。由于大气透明度有限, 因此在观测中有临边昏暗的现象。光球区上常有黑斑出现, 它实际是具有强磁场的旋涡, 由于温度低, 看起来是黑的, 所以叫作太阳黑子。日面上黑子出现的情况不断变化, 这种变化反映了太阳辐射能量的变化。光球层的大气中存在着激烈的活动。

(5) 色球区。色球区在光球区以外, 其厚度约为  $2000\text{ km}$ , 几乎是透明的, 平常看不到, 只有在日全食时或用色球望远镜才能观测到它。色球区又称为日珥, 大的日珥往往高于光球区几十万千米, 还有无数被称为针状体的高温等离子小日珥, 日珥在日面上的投影称为暗条, 在色球与日冕之间有时会突然发生剧烈的爆发现象, 称为耀斑, 耀斑爆发时从射电波段到 X 射线的辐射通量会突然增强, 同时伴随大量高能粒子和等离子体喷发, 对地球空间产生很大影响。

(6) 日冕区。日冕是太阳大气的最外层。日冕的范围在色球区之上, 它的形状很不规则, 并且经常变化, 同色球区没有明显的界限。它的厚度很大, 可以延伸到  $(5 \sim 6) \times 10^6\text{ km}$  的范围内。日冕区亮度很小, 仅为光球区的百万分之一, 但温度却很高, 达到  $100$  多万 (K)。根据高度的不同, 日冕区可分为两部分。高度在  $17\text{ 万 km}$  以下, 呈淡黄色, 温度在  $100\text{ 万 (K)}$  以上称为内冕; 高度在  $17\text{ 万 km}$  以上, 呈青白色的称为外冕, 温度比日冕要低。

严格说来, 各区之间并没有明显界限, 它们的温度、密度随着高度是连续改变的。

## 1.1.2 太阳能

### 1.1.2.1 太阳辐射能

太阳内部不断进行着热核反应, 氢聚变为氦, 通过热核反应, 质量转换为能量, 4 个氢原子核经过核反应聚变成一个氦原子,  $1\text{ g}$  质量的氢原子在热核反应中产生的能量为  $6.3 \times 10^{11}\text{ J}$ , 这是由爱因斯坦质能公式

$$\Delta E = \Delta mc^2 \quad (1.1)$$

计算所得, 其中,  $\Delta m$  为亏损质量,  $c$  为真空中的光速。太阳每秒将  $6$  亿多吨氢变为氦并产生大量的能量, 这些能量辐射出来, 总功率相当于  $3.8 \times 10^8\text{ MW}$ ,

该反应还可以维持 5 亿年。

地球只接受到太阳总辐射的二十二亿分之一。到达地球表面的太阳辐射能大体分为三部分,如图 1.3 所示。

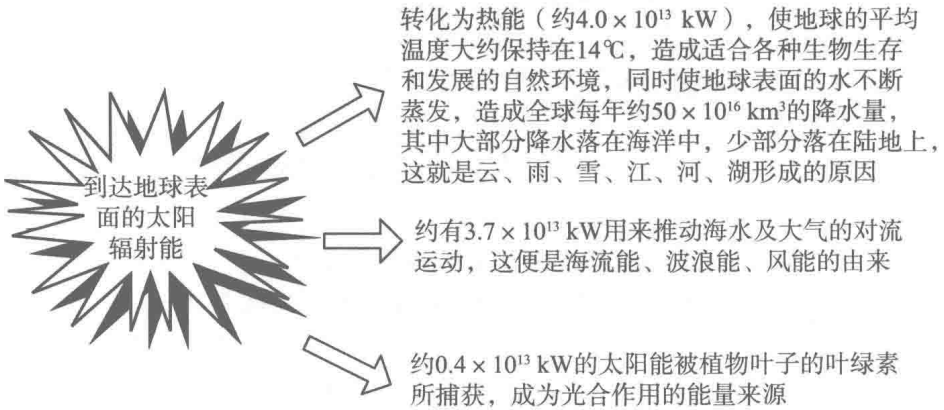


图 1.3 到达地球表面的太阳辐射能的去向

太阳在单位时间内以辐射形式发射出的能量称为太阳的辐射功率,也叫辐射通量,它的单位是瓦特(W)。

投射到单位面积上的辐射通量叫辐照度,单位是  $\text{W}/\text{m}^2$ 。

从单位面积上接收到的辐射能称为曝辐射量,单位为  $\text{J}/\text{m}^2$ 。

在一段时间内(如每小时)太阳投射到单位面积上的辐射能量称为辐照量,单位是  $\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^2$ 。

### 1. 1. 2. 2 到达地表的太阳辐射

到达地表的太阳辐射一部分以平行光的方式直接到达,称为直接辐射;另一部分是太阳光线经大气散射,投射到地面,称为散射辐射;直接辐射与散射辐射的总和为地球接收到的太阳总辐射能量。

太阳以光辐射的形式将能量传送到地球表面,其辐射光谱分布如图 1.4 所示。

(1) 太阳常数。人们用太阳常数来描述大气层上的太阳辐射强度。太阳常数指在地球大气层之外,平均日地距离处垂直于太阳光线的单位面积上单位时间内所接收的太阳辐射能,又称为大气质量为 0(AM0)的辐射,太阳常数的大小

$$I_{sc} = (1367 \pm 7) \text{W}/\text{m}^2 \quad (1.2)$$

为平均日地距离时的太阳辐射强度。实际上,一年中的日地距离是变化的,  $I_{sc}$  的值也稍有变化,若设大气层上界某一任意时刻的太阳辐射强度为  $I_0$ , 则

$$I_0 = I_{sc} \left[ 1 + 0.033 \cos \left( \frac{2\pi n}{365} \right) \right] = I_{sc} r \quad (1.3)$$

式中： $r$  为日地距离变化引起大气层上界的太阳辐射能量的修正值。

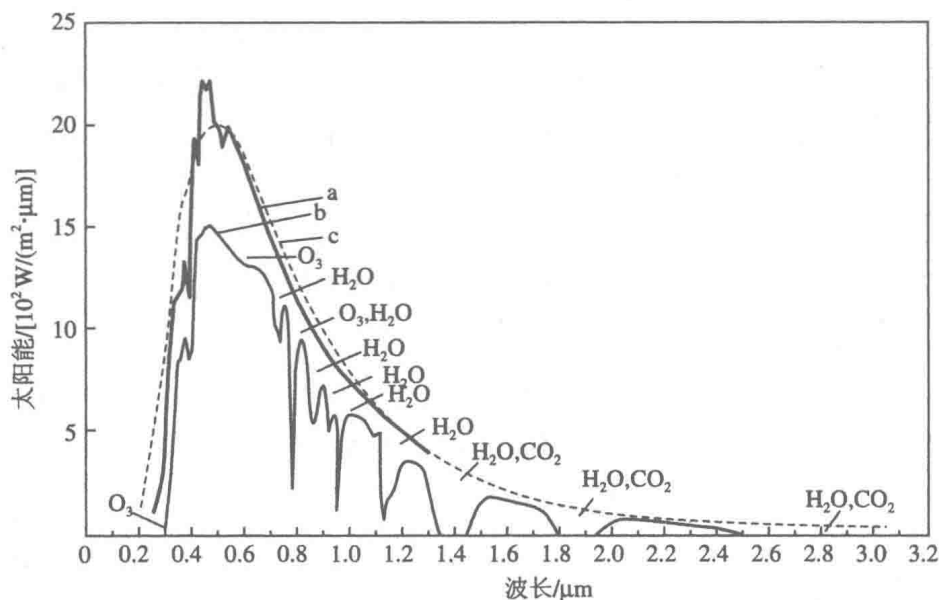


图 1.4 太阳光谱分布图

a—大气层以外；b—在海平面上；c—在 5900 K 时的黑体辐射

(2) 影响地球表面上太阳辐射能的因素。地球大气外的太阳辐射能基本上是一个常数，经过大气层后，要受到一系列因素的影响，实际到达地球表面的太阳辐射能将有所衰减。一般来说，晴朗天气，赤道上空直射时的太阳辐射能只有大气外的 60%~70%；而阴雨或下雪天，地球表面只能接收到一些散射光。据统计，反射回宇宙的能量约占太阳辐射总能量的 30%，被吸收的能量约占 23%，其余 47% 左右的能量才能到达地球的陆地和海洋表面，如图 1.5 所示。

影响地球表面上太阳辐射能的主要因素如下。

- a. 天文因素：日地距离；太阳赤纬角；太阳时角。
- b. 地理因素：地理位置；海拔高度。
- c. 物理因素：大气透明度；接受太阳辐射面的表面物理化学性质，包括表面涂层性质。
- d. 几何因数：接受太阳辐射面的倾斜度；接受太阳辐射面的方位角。

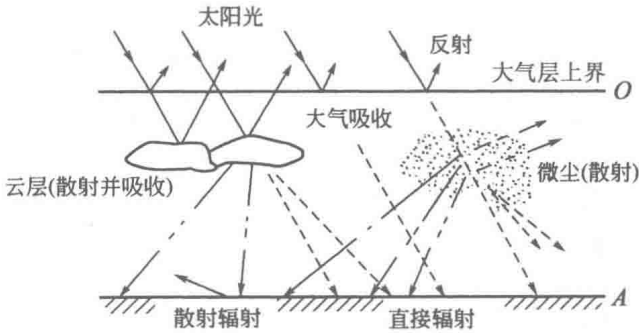


图 1.5 大气对太阳辐射的影响

(3) 大气层对太阳辐射的衰减作用。大气透明度是表征大气对于太阳光线透过程度的一个参数。在晴朗无云的天气,大气透明度高,到达地面的太阳辐射能就多。天空中云雾或灰尘多时,大气透明度低,到达地面的太阳辐射能就少。

根据布克-兰贝特定律,波长为  $\lambda$  的太阳辐射  $I_{\lambda,0}$ ,经过厚度为  $dm$  的大气层后,辐射衰减为

$$dI_{\lambda,n} = -c_{\lambda} I_{\lambda,0} dm \quad (1.4)$$

将式(1.4)积分,得

$$I_{\lambda,n} = I_{\lambda,0} \exp(-c_{\lambda,m})$$

或

$$I_{\lambda,n} = I_{\lambda,0} p_{\lambda}^m$$

其中

$$p_{\lambda} = \exp(-c_{\lambda})$$

为单色光谱透明度或透明系数。

式中: $c_{\lambda}$  为大气消光系数; $I_{\lambda,0}$  为大气层上界的波长为  $\lambda$  的太阳辐射强度; $I_{\lambda,n}$  为通过大气到达地表法向的波长为  $\lambda$  的太阳辐射强度。将波长  $0 \rightarrow \infty$  的整个波段积分,就可得到全色太阳辐射强度

$$I_n = \int_0^{\infty} I_{\lambda,0} p_{\lambda}^m d\lambda \quad (1.5)$$

设整个太阳辐射光谱范围内的单色透明度的平均值为  $p_m$ ,则上式可改写为

$$I_n = p_m \int_0^{\infty} I_{\lambda,0} d\lambda = p_m^m I_{sc} \quad (1.6)$$

或

$$p_m = \sqrt[m]{\frac{I_n}{r I_{sc}}}$$

式中： $r$  为日地距离修正系数； $p_m$  为复合透明系数，它表征着大气对太阳辐射的衰减程度。

大气透明度与天空云量和大气中所含灰沙等杂质的多少有关。大气层与其他介质一样，也不是完全透明的介质，大气的存在是使地面太阳辐射衰减的主要原因，它对太阳辐射的衰减可归结成以下 3 种作用的结果：

a. 吸收作用。太阳光谱中的 X 射线及其他一些超短波辐射在电离层被氮、氧等大气成分强烈吸收；大气中的臭氧对于紫外区域的选择性吸收；大气中的气体分子、水汽、二氧化碳对于波长大于  $0.69 \mu\text{m}$  的红外区域的选择性吸收；大气中悬浮的固体微粒和水滴对于太阳辐射中各种波长射线的连续性吸收。

b. 散射作用。大气中悬浮的固体微粒和水滴对于太阳辐射中波长大于  $0.69 \mu\text{m}$  的红外区域的连续性散射。

c. 漫反射作用。大气中悬浮的各种粉尘对于太阳光的漫反射，它与大气被污染而变混浊的程度有关。

上述现象就称为大气衰减。大气衰减与太阳光线经过大气的路径长短有关，路径越长，衰减越厉害，随着太阳在地面上方的不同高度，经过路径的长度也不同。如图 1.5 所示，表明了太阳光线在太阳不同高度时经过地面上方大气的情况。图中 A 为海平面，O 为大气层上界。当太阳位于天顶时，它在海平面上方的高度为  $90^\circ$ ，太阳光到达海平面所经过的路程最短，受大气衰减作用的影响也最小，这就是为什么中午太阳光最强的原因。

(4) 到达地表的法向太阳直接辐射强度。大气透明度与大气质量  $m$  有关，为了比较不同大气质量情况下的大气透明度，必须将大气透明度修正到某一给定的大气质量。例如，将大气质量为  $m$  的大气透明度  $p_m$  修正到大气质量为 2 的大气透明度  $p_2$ ，此时到达地表的法向太阳直接辐射强度为

$$I_{b,n} = r I_{sc} p_2^m$$

式中： $r$  为日地距离修正值； $I_{sc}$  为太阳常数； $p_2$  为修正到  $m=2$  时的  $p_m$  值。

### 1.1.3 太阳能资源

全球太阳能资源的分布情况如下：

(1) 太阳能最丰富的国家或地区为阿尔及利亚、印度、巴基斯坦、中东、北非、澳大利亚和新西兰。

(2) 太阳能资源较丰富的国家或地区为美国、中美和南美南部。

(3) 太阳能资源丰富程度中等的国家或地区为巴西、中国、东南亚、欧洲西南部、大洋洲、中非和朝鲜。

(4) 太阳能资源丰富程度中低的国家或地区为日本和东欧。

(5) 太阳能资源丰富程度最低的国家或地区为加拿大和欧洲西北部。

在我国辽阔的土地上,有着十分丰富的太阳能资源。据估算,我国陆地每年接受的太阳能辐射量约为  $5.02 \times 10^{22}$  J,相当于 1.7 万亿 t 标准煤的能量(标准煤的燃烧值:国标为 29 305 kJ/kg;行业标准为 29 271 kJ/kg),数量是非常巨大的。全国各地太阳年辐射总量达  $3\ 350 \sim 8\ 370$  MJ/m<sup>2</sup>,中值为 5 860 MJ/m<sup>2</sup>。因此,研究和利用太阳能对我国今后能源与电力的发展有着特别重要的意义。

有关专家根据 20 世纪末期的太阳能分布数据,将我国陆地划分为 4 个太阳能资源带。各太阳能资源带的全年太阳能总辐射量见图 1.6。

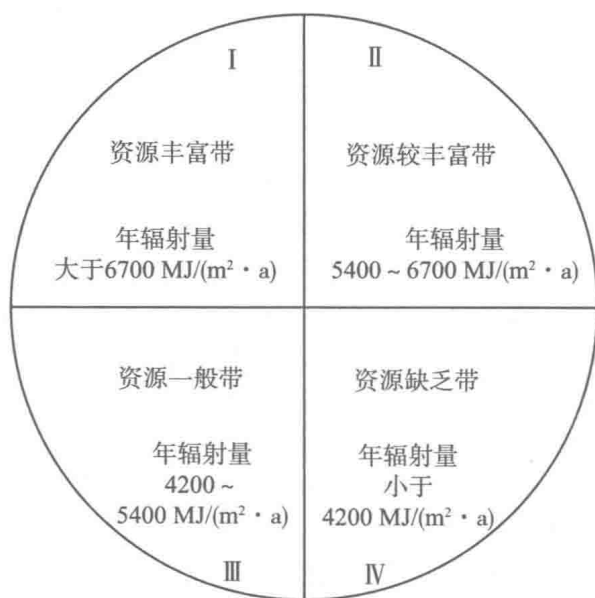


图 1.6 我国陆地 4 个太阳能资源带的年辐射量

20 世纪 80 年代,中国的科研人员根据各地接受太阳总辐射量的多少,将全国又划分为如下 5 类地区:

(1) 一类地区。我国太阳能资源最丰富的地区主要包括青藏高原、甘肃北部、宁夏北部和新疆南部等地。全年日照时数为 3200~3300 h,辐射量为  $6700 \sim 8370$  MJ/(m<sup>2</sup> · a),相当于 230~285 kg 标准煤燃烧所发出的热量。

(2) 二类地区。我国太阳能资源比较丰富的地区主要包括河北西北部、山西北部、内蒙古南部、宁夏南部、甘肃中部、青海东部、西藏东南部和新疆南部等地。全年日照时数为 3000~3200 h, 辐射量为 5860~6700 MJ/(m<sup>2</sup>·a), 相当于 200~230 kg 标准煤燃烧所发出的热量。

(3) 三类地区。我国太阳能资源中等类型地区主要包括山东、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、福建南部、苏北、皖北、台湾西南部等地。全年日照时数为 2200~3000 h, 辐射量为 4950~5860 MJ/(m<sup>2</sup>·a), 相当于 170~200 kg 标准煤燃烧所发出的热量。

(4) 四类地区。我国太阳能资源较缺乏的地区主要位于长江中下游, 包括湖南、湖北、广西、江西、浙江、福建北部、广东北部、陕西南部、江苏北部、安徽南部以及黑龙江、台湾东北部等地。

(5) 五类地区。我国太阳能资源最少的地区主要包括四川、贵州、重庆等地。全年日照时数为 1000~1400 h, 辐射量为 3344~4190 MJ/(m<sup>2</sup>·a)。两次测量的数据发生了变化, 从原来的五个分区变为如今的四个。从太阳能资源开发利用的角度看, 不仅要考虑年日照时数, 还要考虑月平均气温等因素, 这样还可将全国分为 4 个区: 太阳能丰富区; 太阳能较丰富区; 太阳能可利用区; 太阳能贫乏区。

#### 1.1.4 太阳能供暖技术对太阳辐射能的应用

太阳能供暖系统直接利用太阳辐射能供暖, 也称太阳房。太阳房(太阳能供暖系统)主要分为两大类: 主动式和被动式。

主动式太阳房一般包括太阳能集热器、储能装置、供暖房间的配热设备以及输送热媒的动力设备、备用系统(辅助热源)等。主动式太阳房的结构形式很多, 图 1.7 所示为典型的无辅助锅炉的主动式太阳房。它利用集热器产生的热水采暖, 结构简单, 蓄热器置于室外, 室内又是由地板供暖, 故不占用室内居住面积是这种系统的一大优点。

此外, 为保证室内能稳定供暖, 并在供暖的同时还能供热水, 对比较大的住宅和办公楼通常还需配备辅助热水锅炉。图 1.8 所示为有辅助锅炉的主动式太阳房。这种太阳房可全年供热水。

根据输送热量的传热工质的不同, 主动式太阳房的供暖系统又可分为空气式和热水式两种, 如图 1.9 所示。此外, 还有热水集热、热风供暖太阳房以及热风集热、热风供暖太阳房等。

不用任何机械动力, 仅靠太阳能自然供暖的方式称为被动式太阳房。

被动式太阳房的结构如图 1.10 所示,被动式太阳房不需辅助能源,主要靠太阳能供暖。

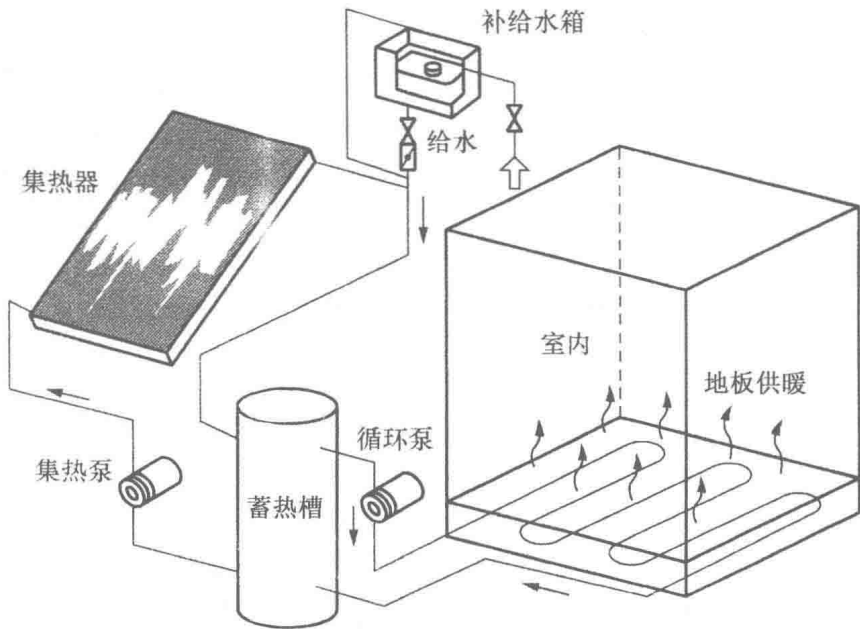


图 1.7 无辅助锅炉的主动式太阳房

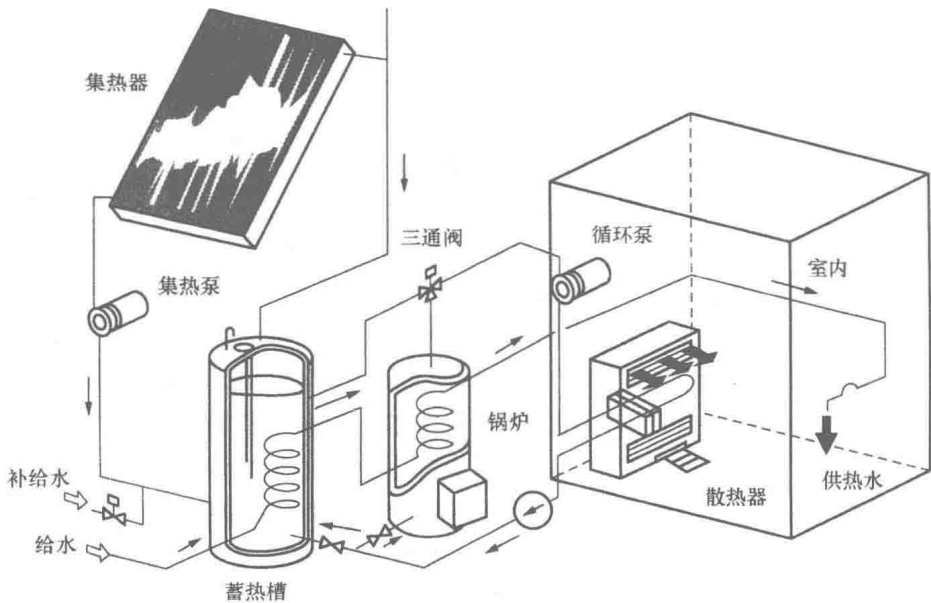


图 1.8 有辅助锅炉的主动式太阳房