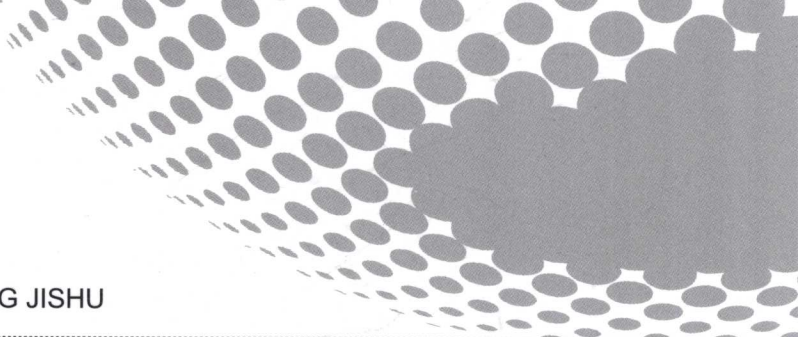




TAIYANGNENG
GUANGFU
FADIAN

GONGCHENG SHIYONG JISHU

太阳能光伏发电工程

实用技术

谢建 马勇刚◎主编



化学工业出版社

TAIYANGNENG
GUANGFU

FADIAN

GONGCHENG SHIYONG JISHU

太阳能光伏发电工程

实用技术

谢建 马勇刚◎主编



化学工业出版社

·北京·

本书介绍了太阳能光伏发电工程实用技术的基本原理、基本知识和技能,发电设备和建设地点的资源环境条件选择,安装、运行、管理和维护的知识与技术,具有较强的技术性和参考价值。

本书可作为太阳能光伏发电工程技术人员和电站机手培训用书,也可供科研人员及高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

太阳能光伏发电工程实用技术/谢建,马勇刚
主编. —北京:化学工业出版社,2010.6
ISBN 978-7-122-08191-9

I. 太… II. ①谢…②马… III. 太阳能发电
IV. TM615

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 063996 号

责任编辑:刘兴春

文字编辑:刘砚哲

责任校对:郑捷

装帧设计:周遥

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:三河市延风印装厂

720mm×1000mm 1/16 印张13 1/4 字数247千字 2010年8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: 38.00 元

版权所有 违者必究

《太阳能光伏发电工程实用技术》编写人员

主 编 谢 建 马勇刚

副 主 编 李永泉 叶凤芬 黄岳海

编写人员 (以姓氏笔画为序):

马勇刚 叶凤芬 苏庆益 李永泉

李景天 张 跃 黄岳海 谢 建

谢 楠 廖 华

前 言

能源是人类生存和社会发展的重要物质基础。

20 世纪 70 年代以来，鉴于常规能源供给的有限性和环保压力的增加，世界上许多国家掀起了开发利用太阳能和可再生能源的热潮。90 年代以来联合国召开了一系列高峰会议，讨论和制定世界太阳能战略规划，推动全球太阳能和可再生能源的开发利用。开发利用太阳能和可再生能源成为国际社会的一大主题和共同行动，成为各国制订可持续发展战略的重要内容。

本书重点介绍了太阳能光伏发电工程实用技术的基本原理、基础知识和基本技能，以通俗易懂的文字介绍了太阳能光伏发电设备和建设地点的资源环境条件选择，安装、运行、管理和维护的知识与技术，并对管理和技能方面做了详细的介绍。通过本书的学习和实际操作中技能的培训，使从事太阳能光伏发电技术的相关人员具备实际工作的专业基础知识、专业基本技能和管理维护的能力，得到不同程度的收获和提高。

本书可作为太阳能光伏发电工程技术人员和太阳能光伏电站管理人员培训用书，也可供科技管理和工程技术人员及高等院校相关专业的师生和用户参考。

本书是集体智慧和长期从事太阳能光伏发电行业的结晶，凝聚着编写者从事光伏电池研究、光伏技术应用、光伏电站建设与管理的经验。在本书编写过程中，得到了部分省市农村能源机构的支持，参考和引用了部分太阳能利用技术的科技著作和工程案例，在此，谨向这些作者和单位表示衷心感谢。

本书在广泛征求相关专家、基层太阳能利用技术工作者意见的基础上，经过了多次修订后定稿。本书的编写，虽然注意吸收了新的科研成果和作者多年在太阳能光伏发电技术的研究成果和工作经验，但由于知识水平所限，书中不当之处在所难免，敬请各位读者提出宝贵意见和建议。

编 者

2010 年 2 月

目 录

第一章 太阳辐射基础知识	1
第一节 太阳与地球	1
一、地球与太阳的运动规律.....	1
二、太阳角的计算.....	3
三、太阳常数.....	5
第二节 太阳及太阳辐射能	5
一、太阳.....	5
二、太阳能资源的特点.....	6
三、太阳辐射能.....	7
四、太阳辐射光谱.....	8
五、到达地球表面上的太阳辐射能.....	9
六、我国的太阳能资源	11
第三节 太阳辐射测量仪器简介	13
一、太阳辐射测量仪器的分类	13
二、几种常用的太阳辐射仪	14
三、使用方法和注意事项	14
第二章 太阳电池基础知识	16
第一节 太阳电池基本原理	16
一、半导体基础知识	16
二、p-n 结知识	22
三、光伏效应	24
四、太阳电池的结构和性能	25
第二节 晶体硅太阳电池	28
一、单晶硅太阳电池	28
二、新型高效单晶硅太阳电池	30
三、多晶硅太阳电池	31
四、非晶硅太阳电池	32
第三节 其他太阳电池	33

一、化合物薄膜太阳电池	33
二、砷化镓太阳电池	34
三、聚光太阳电池	35
四、光电化学太阳电池	36
第四节 太阳电池组件	37
一、晶体硅太阳电池组件	38
二、非晶硅太阳电池组件	45
第五节 太阳电池方阵	46
一、太阳电池组件的串/并联	46
二、太阳电池方阵	47
第三章 太阳能光伏发电系统工作原理、运行方式及组成	49
第一节 太阳能光伏发电系统的工作原理	49
第二节 太阳能光伏发电系统的运行方式	50
第三节 太阳能光伏发电系统的组成	51
一、离网太阳能光伏发电系统的组成	51
二、并网太阳能光伏发电系统的组成	53
三、太阳能光伏发电系统的特点	53
第四章 蓄电池	55
第一节 铅酸蓄电池概述	55
一、蓄电池简介	55
二、铅酸蓄电池结构和工作原理	56
三、铅酸蓄电池的分类和命名	57
第二节 阀控式密封铅酸蓄电池	62
一、阀控式密封铅酸蓄电池（VRLA）电池的分类	62
二、电池密封原理	63
三、阀控式铅酸蓄电池目前存在的问题	64
四、VRLA 电池在太阳能领域的使用特点	69
第三节 太阳能光伏发电系统用蓄电池的选型	70
一、太阳能光伏发电用蓄电池的主要技术要求	70
二、不同储能蓄电池在太阳能光伏发电系统中的应用和比较	71
三、蓄电池类型的选择	72
第四节 蓄电池的使用和维护	74
一、蓄电池的寿命	75
二、蓄电池使用和维护	76

三、VRLA 电池的使用和维护	80
四、蓄电池的保养	81
五、蓄电池使用维护中应注意的问题	81
第五章 控制器	82
第一节 控制器的工作原理	82
一、蓄电池充电控制基本原理	83
二、蓄电池放电保护基本原理	84
第二节 控制器的分类	85
第三节 控制器的选择、安装、使用和维护	88
第六章 逆变器	90
第一节 逆变器概述	90
第二节 逆变器类型	92
第三节 逆变器的选型、安装、使用和维护	95
一、逆变器主要技术性能	95
二、逆变器的选型	97
三、逆变器的安装、使用和维护	98
第七章 交流配电系统、备用电源及防雷与接地	99
第一节 交流配电系统	99
一、低压交流配电系统	99
二、低压交流配电柜和电表箱	99
三、低压配电线路	102
第二节 柴油发电机组	106
一、柴油发电机组的作用	106
二、柴油发电机组安装	107
三、柴油发电机组运行及维护	107
第三节 防雷与接地	109
一、防雷和防雷设备	109
二、接地装置	111
第八章 太阳能光伏发电系统的设计	114
第一节 太阳能光伏发电系统的负载要求	114
一、太阳能光伏系统的负载要求	114
二、负载的特性	115
第二节 太阳能光伏发电系统的容量设计	115
一、最佳太阳辐射的获得	115

二、设计步骤·····	118
三、负载用电量测算·····	118
四、蓄电池容量的确定·····	119
五、太阳能电池方阵功率的确定·····	119
六、逆变器确定·····	120
七、控制器确定·····	120
八、电缆选取·····	121
九、后备柴油发电机选择·····	122
十、设计实例·····	122
十一、太阳能电池方阵前后间距的计算·····	123
第三节 太阳能光伏发电系统的设备配置和选型·····	123
一、控制器·····	123
二、逆变器·····	123
三、备用电源·····	124
四、数据采集系统·····	124
第九章 太阳能光伏发电系统的安装·····	125
第一节 场地选择及施工·····	125
一、场地选择·····	125
二、场地布局·····	126
三、场地施工·····	126
第二节 户用太阳能光伏发电系统的安装调试·····	128
一、识读安装图·····	128
二、户用太阳能光伏发电系统的安装·····	128
三、户用太阳能光伏发电系统的调试·····	131
四、注意事项·····	132
第三节 太阳能光伏发电系统安装方案确定·····	133
一、施工安装图的识读·····	133
二、光伏发电系统安装方案的确定·····	134
三、注意事项·····	136
第四节 太阳能光伏发电系统的安装·····	137
一、太阳能光伏发电系统的安装·····	137
二、注意事项·····	140
第五节 太阳能光伏发电系统的调试·····	141
一、光伏发电系统的启动·····	141

二、光伏发电系统的调试·····	142
三、注意事项·····	143
第六节 太阳能光伏发电系统与安全·····	143
一、基本要求·····	143
二、基本安全信息·····	143
三、现场安全须知·····	144
第十章 太阳能光伏发电系统使用、维护与管理 ·····	146
第一节 太阳能光伏发电系统的使用·····	146
第二节 太阳能光伏发电系统的日常维护·····	147
一、光伏发电系统的常见故障·····	147
二、光伏发电系统的常见故障判断·····	147
三、光伏发电系统的常见故障排除·····	148
四、光伏发电系统的日常维护·····	149
五、注意事项·····	151
第三节 太阳能光伏发电系统的管理·····	151
一、配置专职管理人员·····	152
二、建立管理制度·····	152
第十一章 风能太阳能互补发电系统 ·····	158
第一节 风能太阳能互补发电系统组成·····	158
一、风能太阳能互补发电系统·····	158
二、风力发电机组·····	161
三、风力发电机组的性能·····	166
四、光伏发电系统及其组成·····	168
第二节 风能太阳能互补发电系统的设计和安装·····	168
一、风能太阳能互补发电系统的设计·····	168
二、风力发电机位置的选择·····	170
三、光伏场地的选址·····	175
四、风能太阳能互补发电系统的安装·····	175
第三节 风能太阳能互补发电系统调试运行·····	178
一、风力发电机组的调试·····	178
二、光伏系统的调试·····	178
三、风能太阳能互补发电系统的运行·····	178
第四节 风能太阳能互补发电系统维护保养·····	179
一、小型风力发电机的维护保养·····	179

二、光伏方阵的维护·····	180
三、控制逆变器维护·····	180
四、蓄电池的维护保养·····	180
五、常见故障及排除·····	181
第十二章 太阳能光伏发电工程案例·····	183
第一节 云南丽江玉龙县拉市乡上南尧东村三四社光伏电站·····	183
一、电站选址·····	183
二、电站构成及工作原理·····	183
三、光伏电站设计·····	184
四、电站管理·····	194
第二节 云南剑川马登镇后山第八自然村户用光伏发电系统·····	195
一、电站选址·····	195
二、系统设计·····	195
三、运行管理·····	196
附录·····	198
附录一 太阳能利用工国家职业标准——职业概况·····	198
附录二 中华人民共和国可再生能源法·····	200
附录三 各种能源折算标准煤参考值表·····	205
附录四 国际单位制与工程单位制的单位换算表·····	205
附录五 常用计量单位表·····	206
附录六 常用计量单位比较·····	207
参考文献·····	208

第一章 太阳辐射基础知识

第一节 太阳与地球

太阳能取之不尽，用之不竭，既无污染，又不需运输，是理想和洁净的可再生能源，也是人类可利用能量的最大源泉之一。但太阳能又是一种低能流密度的能源，太阳辐射能在到达人类居住的地面上时，还受到日夜和气候变化的影响。所以，要有效地利用太阳能，进行太阳能利用装置的设计、安装、使用和维护，应了解有关地球与太阳的运动规律、地球大气层的气象变化规律以及太阳辐射的基础知识。

一、地球与太阳的运动规律

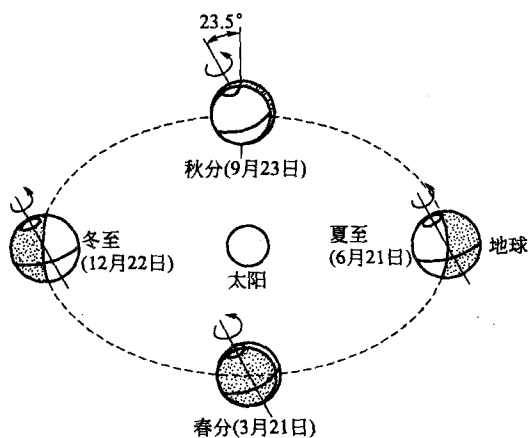
众所周知，地球每天绕着通过它自身南极和北极的假想轴（地轴）自西向东地自转一周。每转一周（ 360° ）为一昼夜，一昼夜又分为 24 小时，所以地球每小时自转 15° 。

地球除了自转外，还围绕着太阳循着偏心率很小的椭圆轨道（黄道）运行，称为公转，地球在黄道上公转一周为一太阳年。

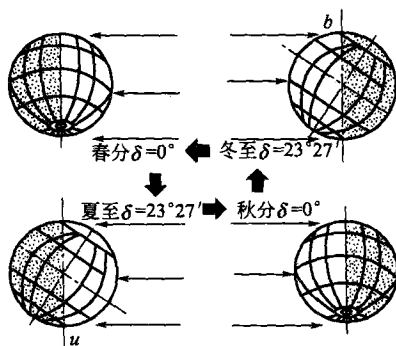
地球在黄道面上绕太阳运行时，地轴与黄道面的法线成 $23^\circ 27'$ 的夹角。而且地球的自转轴公转时在空间的方向始终不变，总是指向天球的北极。因此，地球处于运行轨道的不同位置时，阳光投射到地球上的方向也就不同，这就使得太阳光线有时直射赤道，有时偏北，有时偏南，形成地球的四季变化。

地球公转一周，形成四季，四季的重要特征有两点：一是气温高低不同；二是昼夜长短互异。四季的形成主要是由赤纬角的变化而引起的。太阳光线与地球赤道平面夹角称为太阳赤纬角，简称赤纬，以 δ 表示，它是以年为周期的变化量，并规定以北为正值。图 1-1(a) 表示地球绕太阳运行的四个典型的季节日的地球公转行程图，图 1-1(b) 表示对应于上述四个典型季节日地球受到太阳照射的情况。

由于地球绕太阳公转，每天都处在运转轨道的不同点，即每天太阳光线直射



(a) 地球公转行程



(b) 四个典型季节日地球受太阳照射的变化

图 1-1 地球绕太阳运行示意

在地球上的纬度都不相同。例如太阳光线在夏天最大变化到夏至日（约 6 月 22

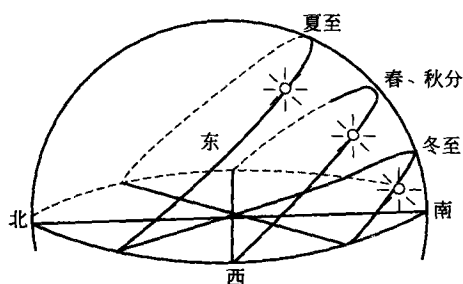


图 1-2 一年内太阳的运行轨迹

日)，正午时投射于北纬 $23^{\circ}27'$ ；冬天最小变化到冬至日（约 12 月 22 日），正午时投射于南纬 $23^{\circ}27'$ ；在春分日（约 3 月 22 日）正午垂直投射于赤道 0° ，在秋分日（约 9 月 22 日）正午再次垂直投射于赤道 0° 。太阳的赤纬角随季节在南纬 $23^{\circ}27'$ 与北纬 $23^{\circ}27'$ 之间来回变动，在地理纬度上将南、北纬 $23^{\circ}27'$ 的两条纬线称为

南、北回归线。图 1-2 给出了中纬度地区一年内太阳的运行轨迹示意。

对于在某一地区随季节变化的太阳赤纬角，可由式(1-1) 计算：

$$\delta = 24.45^{\circ} \times \sin \left[360^{\circ} \times \frac{284+n}{365} \right] \quad (1-1)$$

式中 n ——一年中从元旦日算起的天数，如春分， $n=81$ ，则 $\delta=0$ 。

自春分日算起的第 d 天的太阳赤纬为：

$$\delta = 23.45^{\circ} \times \sin \left(\frac{2\pi d}{365} \right) \quad (1-2)$$

由于地球绕太阳运行的轨道是一椭圆，所以地球和太阳之间的距离在一年内 是变化的，一月初，地球经过近日点，那时它离开太阳比日地平均距离短 1.7%，7 月初，地球经过远日点，那时离开太阳比日地平均距离长 1.7%；4 月

初和 10 月初，地球至太阳的距离接近于日地平均距离。日地平均距离约等于 $1.495 \times 10^8 \text{ km}$ 。日地距离的不同会对到达地面的太阳辐照度有影响。

二、太阳角的计算

1. 太阳高度角

太阳高度角是太阳辐射测量和太阳能利用研究中不可缺少的基本参量。在讨论地球的自转和公转对地球上昼夜和四季变化的关系时，若先不考虑地球的公转，则地球每 24h 自转一周，形成昼夜；因为地球由西向东自转，所以从北半球的某一纬度来说，看到太阳东升西落，太阳光线与地平面之间的夹角，随着时间的不同而有所变化。太阳光线与地平面之间的夹角，就称为太阳高度角或简称太阳高度，用 h 表示，如图 1-3 所示。

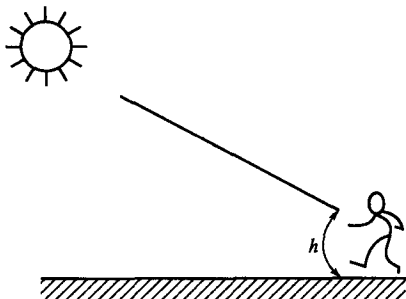


图 1-3 太阳高度角

太阳高度一天中每时每刻都在变化，在天文学中，太阳高度角 h 可通过式 (1-3) 求出：

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos \omega \quad (1-3)$$

式中， ϕ 为观测点的地理纬度； δ 为当日观测时刻的太阳赤角； ω 为观测时刻的太阳时角。其中单位均以度计。

太阳的时角 ω 定义为：在正午时 $\omega = 0$ ，每隔一小时绝对值增大 15° ，上午为正，下午为负。例如：上午 11 时， $\omega = 15^\circ$ ；上午 8 时， $\omega = 15^\circ \times (12 - 8) = 60^\circ$ ；下午 1 时， $\omega = -15^\circ$ ；下午 3 时 $\omega = -15^\circ \times 3 = -45^\circ$ 。

正午时， $\omega = 0$ ， $\cos \omega = 1$ 。式 (1-3) 可以简化为：

$$\sin h = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta = \cos(\phi - \delta)$$

因为 $\cos(\phi - \delta) = \sin[90^\circ \pm (\phi - \delta)]$

所以 $\sin h = \sin[90^\circ \pm (\phi - \delta)] \quad (1-4)$

正午时，若太阳在天顶以南，即 $\phi > \delta$ ，取 $\sin h = \sin[90^\circ - (\phi - \delta)]$ ，从而有：

$$h = 90^\circ - \phi + \delta \quad (1-5)$$

在南北回归线内，有时正午，太阳正对天顶，则有 $\phi = \delta$ ，从而， $h = 90^\circ$ 。

由式 (1-3) 可以计算出任何纬度、任何季节、任何时刻的太阳高度角。需要注意的是，在进行计算时作如下规定：对于北半球，地理纬度取正值；太阳赤纬角在太阳位于赤道以北时取正值，位于赤道时取 0° ，位于赤道以南时取负值。太阳高度角也可通过简单的图算方法得到，读者可查阅有关的资料。

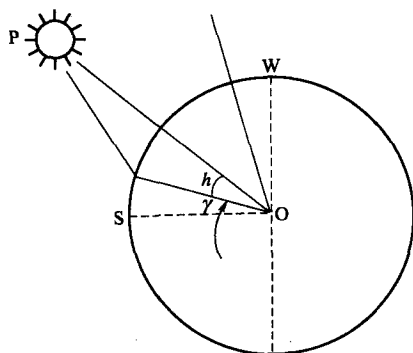


图 1-4 太阳方位角和高度角

2. 太阳方位角

太阳方位角是指某一时刻，从地面某一观察点向太阳中心作连线，该连线在水平面上有一投影，该投影与正南方的夹角为太阳方位角。并规定正南方为 0° ，向西为正值，向东为负值，其变化范围为 $\pm 180^\circ$ 。方位角以 γ 表示。图 1-4 给出了太阳方位角和高度角的示意。

太阳方位角按式(1-6) 计算：

$$\cos \gamma = \frac{\sin h \sin \phi - \sin \delta}{\cos h \cos \phi} \quad (1-6)$$

也可用式(1-7) 计算：

$$\sin \gamma = \frac{\cos \delta \sin \omega}{\cos h} \quad (1-7)$$

根据地理纬度、太阳赤纬及观测时间，利用式(1-6) 或式(1-7) 中的一个即可求出任何地区、任何季节某一时刻的太阳方位角。

一天当中，太阳高度角及方位角是不断变化的，同一时刻地球上不同地点的太阳高度角和方位角也不相同。太阳在天空中的位置，通常也用这两个参量来描述。掌握太阳高度角和方位角的变化规律，对有效地利用太阳能具有重要意义。

3. 日照时间

日照时间是指昼长的时数，为一天中可能的日出到日落的时间。地面的日照时间，因地球自转和公转的关系，不同纬度地区的日照时间不同。夏季，北半球纬度越高，日照时间越长。冬季，北半球纬度越高，日照时间越短。

根据太阳高度角的计算公式(1-3)，太阳在地平线的出没瞬间，其太阳高度角 $h=0$ 。若不考虑地表曲率及大气折射的影响，可以得出日出和日没时角的表达式：

$$\cos \omega = -\tan \phi \tan \delta \quad (1-8)$$

式中， ω 为日出或日没时角，以度表示。正为日没时角，负为日出时角。由式(1-8) 可得

$$\omega = \arccos(-\tan \phi \tan \delta) \quad (1-9)$$

因为 $\cos \omega = \cos(-\omega)$ ，所以式(1-9) 有两个解：正根对应于日落时刻，负根对应于日出时刻。

由式(1-9) 还可求得任何季节、任何纬度上的昼长。求出时角 ω 后，一天中可能的日照时间（昼长）可由下式给出：

$$N = \frac{2}{15} \arccos(-\tan\phi \tan\delta) \quad (1-10)$$

由式(1-8)可知,在两分日(春分日与秋分日), $\delta=0^\circ$,则 $\cos\omega=0$, $\omega=\pm 90^\circ$,相当于日出时间为早晨6点整,日落时间为晚上6点整,即日照时间为12h。另外, $\delta=0^\circ$,说明两分日地球上各地的日出时间都相同,与地理纬度无关。而当 $\phi=0^\circ$ 时,也有 $\cos\omega=0$,它表明地球赤道上一年四季的日出、日落的时间都相同。

由于云和雾的影响,地面上实际的日照时间 n (可用日照计测量),一般都小于可能的日照时间 N ,两者的比值 n/N 称为相对日照(或日照百分率)。

三、太阳常数

太阳常数 I_0 的数值是指在日地平均距离时,地球大气上界垂直于太阳光线的单位面积上在单位时间内所接受到的太阳辐射的辐照度。其单位一般采用千瓦/米²(kW/m²)。

如前所述,地球除自转外并循椭圆轨道绕太阳运行,这就说明太阳至地球之间的距离不是一个常数。如:一月一日是近日点,日地距离 147.1×10^6 km;七月一日是远日点,日地距离 152.1×10^6 km,一年中每天的日地距离都不一样。对于光和热来说,某一点的辐射强度与距光源(或热源)的距离平方成正比,这就意味着地球大气上界的太阳辐照度随日地距离不同而异。然而,由于日地间距很大,当日地距离等于其平均距离时,太阳张角才 $32'$,这就是说,地球大气层外的太阳辐照度几乎是一常数。因此人们使用“太阳常数”来描述大气上界的太阳辐照度。

过去,由于世界各地所定的太阳常数标度不统一,太阳常数的数值有不少差异。现在已能用气球、火箭、卫星等高新技术在空间进行测量,提高了太阳常数的测量精度。1981年10月召开的世界气象组织仪器和观测方法委员会会议上确定太阳常数的数值为 1367 W/m^2 。

决定太阳常数的数值具有很重要的意义,因为掌握太阳辐射在大气中减弱的规律后,就可以根据已知的太阳常数计算出地面上的太阳辐照度。

第二节 太阳及太阳辐射能

一、太阳

太阳是距地球最近的一颗恒星。它是一个巨大的炽热球状体,直径大约为

$1.39 \times 10^6 \text{ km}$ ，是地球直径的 109 倍之多。太阳的体积为 $1.41 \times 10^{18} \text{ km}^3$ ，是地球的 130 万倍。它的质量为 $1.982 \times 10^{27} \text{ t}$ ，比地球质量大 33.3 万倍。而它的平均密度约为 1.41 g/cm^3 ，只为地球平均密度的 1/4。太阳的主要组分是氢和氦等多种元素，其中氢含量约为 81%，氦的含量为 17%。

二、太阳能资源的特点

太阳能作为一种能源，与煤炭、石油、天然气、核能等矿物燃料相比，具有以下明显的优点。

(1) 普遍

太阳光普照大地，无论陆地或海洋，无论高山或岛屿，都处处皆有，可直接开发和利用，且无需开采和运输；

(2) 无害

开发利用太阳能不会污染环境，它是最清洁的能源之一，在环境污染越来越严重的今天，这一点是极其宝贵的；

(3) 巨大

每年到达地球表面上的太阳辐射能约相当于 130 亿吨标煤，其总量属现今世界上可以开发的最大能源；

(4) 长久

根据目前太阳产生的核能速率估算，氢的储量足够维持上百亿年，而地球的寿命也约为几十亿年，从这个意义上讲，可以说太阳的能量是用之不竭的。

太阳能资源虽然具有上述几方面常规能源无法比拟的优点，但作为能源利用时，也有以下缺点。

(1) 分散性

到达地球表面的太阳辐射的总量尽管很大，但是能流密度很低。平均说来，北回归线附近，夏季在天气较为晴朗的情况下，正午时太阳辐射的辐照度最大，在垂直于太阳光方向 1 m^2 面积上接收到的太阳能平均有 1000W 左右；若按全年日夜平均，则只有 200W 左右。而在冬季大致只有一半，阴天一般只有 1/5 左右，这样的能流密度是很低的。因此在利用太阳能时，想要得到一定的转换功率，往往需要面积相当大的一套收集和转换设备，造价较高。

(2) 不稳定性

由于受到昼夜、季节、地理纬度和海拔高度等自然条件的限制以及晴阴云雨等随机因素的影响，所以到达某一地面的太阳辐照度既是间断的又是极不稳定的，这给太阳能的大规模应用增加了难度。为了使太阳能成为连续、稳定的能源，从而最终成为能够与常规能源相竞争的替代能源，就必须很好地解决蓄能问