

提升劳动力素质
是实施科教兴国战略
加快转变经济发展方式
实现经济社会可持续发展的重要举措
为加快推进经济转型升级以及加强高技能人才培养
切实实施提升劳动力素质行动计划
浙江省人力资源和社会保障厅
规划了提升劳动力素质培训系列教材
浙江省职业技能教学研究组织编写了
第一批提升劳动力综合素质及与浙江特色经济支柱产业
紧密联系的专业素质培训教材后
进一步扩大培训教材开发的层次和范围
预计用五年左右时间开发并形成较为完整的
适应区域经济发展需要的劳动力素质提升系列丛书
本套太阳能利用培训丛书共五册
分别为
《新能源概述》
《太阳能热利用技术》
《太阳能光伏技术》
《太阳能工程设计与施工》
《太阳能产品营销策略》
教材针对性强
目的明确
按现代职业教育最新理念编写
突出了职业培训的技能特点
适合于太阳能企业职工及企业经营管理人员提升素质培训
也是技工院校培养太阳能行业技能人才的良好教材



太阳能热利用技术



太阳能利用培训丛书
Taiyangneng Liyong
Peixun Congshu

主 编 张春阳

太阳能是理想和洁净的新能源或可再生能源
也是人类最值得开发利用的最大替代能源
太阳能热利用技术是一门当今社会最热门的现代科学技术
本书共分九个单元
第一单元简单介绍太阳能的一些基础知识
包括太阳能资源、热能的储存、热工学和传热学等知识点
目的让学习者了解太阳能
同时为以下单元内容的学习作相应的铺垫
第二单元作为后续单元中各热利用技术中的核心设备
——太阳能集热器, 这里单独用一个单元来详细介绍
目的让学习者熟悉并掌握各种太阳能集热器的结构、特点及应用知识
第三单元至第九单元, 主要介绍各种太阳能利用技术及设备
(太阳能热水器、太阳灶、太阳能干燥器
太阳能采暖和制冷空调、太阳能温室
太阳能发电系统和太阳能其他热利用技术) 的结构、特点及应用
本书注重基本概念、基本原理的阐述
介绍一些基本实验
并在大量的阅读材料中辅以实例
以便于学习者理解并能在实践中的运用

浙江科学技术出版社



太阳能热利用技术



太阳能利用培训丛书
Taiyangneng Liyong
Peixun Congshu

主 编 张春阳

图书在版编目(CIP)数据

太阳能热利用技术/张春阳主编. —杭州: 浙江科学技术出版社, 2009. 10

(太阳能利用培训丛书)

ISBN 978-7-5341-3708-2

I. 太… II. 张… III. 太阳能—应用 IV. TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 175644 号

丛 书 名 太阳能利用培训丛书
书 名 太阳能热利用技术
主 编 张春阳

出版发行 浙江科学技术出版社

杭州市体育场路 347 号 邮政编码: 310006

联系电话: 0571-85152486

E-mail: zzj@zkpress.com

排 版 杭州大漠照排印刷有限公司
印 刷 杭州丰源印刷有限公司
经 销 全国各地新华书店

开 本	710×1000 1/16	印 张	18.75
字 数	303 000	彩 插	1
版 次	2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷		
书 号	ISBN 978-7-5341-3708-2	定 价	36.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现倒装、缺页等印装质量问题, 本社负责调换)

责任编辑 张祝娟 刘雯静
责任校对 顾 均

封面设计 孙 菁
责任印务 李 静

《太阳能利用培训丛书》编委会

顾 问 罗运俊 傅建中 王唤明 徐朱灵

总 主 编 洪惠明

副总主编 张成方

编 委 (按姓氏笔画排序)

王志娟 王晓华 邢树海 吕国平 朱肖华

羊利明 汤 俊 李德恒 沈志兵 张春阳

张映红 陈甫林 陈海峰 贾建康 夏 青

徐 炜 黄耀华 章勤芳

本册主编 张春阳

本册参编 徐 炜 应晓辉 李德恒 吕秀静 王志娟

序 言

能源是人类生活和社会发展的物质基础。煤炭、石油、天然气等常规能源曾极大地支撑和推动着人类社会的进步和发展,但是由于石化能源的大规模开采和应用,造成资源日益枯竭、环境不断恶化、气候反常逐年加剧,而且还诱发了不少国家和地区的政治纠纷和经济冲突,甚至导致局部战争。

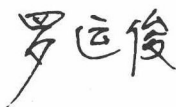
我国是世界上最大的煤炭消费国,煤炭消费量约占总能耗的三分之二,这是导致环境污染、生态恶化的重要原因。因此,大力开发和利用太阳能不仅是全人类的重要任务,也是我国发展国民经济和建设小康社会的战略目标。

我国太阳能资源十分丰富,可利用面积达 96.3%,尤其是在大西北,太阳能的开发利用具有巨大的潜力,是一个十分诱人的产业。为了培养我国太阳能产业的专业技术人才,在全国太阳能企业最多地区的海宁市技工学校设立创办了太阳能专业,组织了国内太阳能专家、专业教师编写了《新能源概述》《太阳能热利用技术》《太阳能光伏技术》《太阳能工程设计与施工》《太阳能产品营销策略》全套培训教材,共五册。教材着重解析了太阳能行业的技术、信息、营销、工艺、生产、安装及国家行业标准有关内容,同时还引入了当前市场上许多新的资料,颇为实用。教材创新教育思想,突出能力本位,强调操作技能训练,采用模块、课题编写方式,以工作过程为导向,以职业活动为核心,以陈述性知识辅导程序性知识为主要教学内容,有利于学习知识、强化技能、提高能力。

本套教材也是提升该行业劳动力素质的有效举措。太阳能利用产业作为新兴产业,从事该行业的劳动力素质偏低,缺乏系统的学习资料与培训机构。海宁市技工学校填补了国内空白,可为在职职工的素质提高、转岗和新生职工的专业培训提供条件。学员通过本教材的系统学习,将会使自身技术素质和营销能力达到一个新的水平。此外,教材内容较系统、全面,实用性和可读性强,对有志于从事开发、利用太阳能行业的人员具有参考价值。

一所技工学校,锐意进取,四处求教专家,编写了这套丛书,精神可嘉。但书中难免有不足和欠妥之处,我们应抱着关怀与爱护之心,善意指教,使他们的工作做得更好,使阳光产业更加光明。

北京市新能源与可再生能源协会太阳能热利用专业委员会主任
原中国农村能源行业协会太阳能热利用专业委员会秘书长



2009年8月10日

前言

提升劳动力素质,是实施科教兴国战略、加快转变经济发展方式、实现经济社会可持续发展的重要举措。为加快推进经济转型升级以及加强高技能人才培养,切实实施提升劳动力素质行动计划,浙江省人力资源和社会保障厅规划了提升劳动力素质培训系列教材。浙江省职业技能教学研究所继组织编写了第一批提升劳动力综合素质及与浙江特色经济支柱产业紧密联系的专业素质培训教材后,进一步扩大培训教材开发的层次和范围,预计用五年左右时间开发并形成较为完整的适应区域经济发展需要的劳动力素质提升系列丛书。本套太阳能利用培训丛书共五册,分别为《新能源概述》、《太阳能热利用技术》、《太阳能光伏技术》、《太阳能工程设计与施工》、《太阳能产品营销策略》。教材针对性强,目的明确,按现代职业教育最新理念编写,突出了职业培训的技能特点,适合于太阳能企业职工及企业经营管理人员提升素质培训,也是技工院校培养太阳能行业技能人才的良好教材。

本教材主要内容包括:能源、太阳能利用、新能源与社会进步三部分内容。其中,能源部分包括常规能源、新能源等;太阳能利用部分包括太阳能产品、太阳能产业等;新能源与社会进步部分包括环境问题、新能源与经济发展、能源安全等。

本教材由海宁市技工学校的老师负责编写,张春阳担任主编。本教材共分九个单元。第一单元,简单介绍太阳能的一些基础知识,包括太阳能资源、热能的储存、热工学和传热学等知识点,目的让学习者了解太阳能,同时为以下单元内容的学习作相应的铺垫。第二单元,详细介绍太阳能集热器,目的让学习者熟悉并掌握各种太阳能集热器的结构、特点及应用知识。第三单元至第九单元介绍各种太阳能利用技术及设备,包括结构、特点及应用。

本教材注重基本概念、基本原理的阐述,介绍一些基本实验,并在大量的阅读材料中辅以实例,以便于学习者理解和能在实践中的运用。每个单元后列出了一些练习与提高题,方便学习者对内容进行回顾和复习、掌握。本教材中还列举了大量的拓展思考内容:想一想、议一议、查一查、说一说等,让学习者能在学习的过程中做到手脑并用,力争更多地主动参与教学过程,强化

学习效果。

本教材由浙江省海宁市技工学校张春阳老师主编,在编写过程中,参阅了大量的文献资料,并引用了部分资料,在此表示感谢。

本教材在编写过程中,得到了北京市新能源与可再生能源协会太阳能热利用专业委员会主任罗运俊的指导,得到了浙江正利时环保材料有限公司、浙江雨林电子科技有限公司、海宁德立珑太阳能有限公司、海盐小博士电子科技有限公司、嘉兴北大华丰新能源有限公司、内蒙古大美国际贸易有限责任公司的大力支持,在此一并表示感谢!由于时间紧迫,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正!

浙江省职业技能教学研究所

2009 年 8 月

目 录

C O N T E N T S

第一单元 太阳能基础知识 / 1

- 课题一 太阳的能量 / 2
- 课题二 热能的储存技术 / 14
- 课题三 热工学与传热学 / 25
- 课题四 太阳能资源的分布 / 42
- 练习与提高 / 44

第二单元 太阳能集热器 / 45

- 课题一 太阳能集热器的类型及结构 / 46
- 课题二 平板型太阳能集热器 / 49
- 课题三 平板型太阳能集热器的制造 / 55
- 课题四 真空管太阳能集热器 / 64
- 课题五 真空管太阳能集热器的镀膜设备和镀膜工艺 / 72
- 课题六 金属—玻璃真空太阳能集热器 / 83
- 课题七 热管式真空管集热器 / 86
- 练习与提高 / 93

第三单元 太阳能热水器 / 94

- 课题一 太阳能热水器概述 / 95
- 课题二 家用太阳能热水器 / 97
- 课题三 太阳能热水系统 / 103

- 课题四 太阳能热水器水箱的制造 / 110
课题五 太阳能热水器的检测与标准 / 142
练习与提高 / 147

第四单元 太阳灶 / 148

- 课题一 太阳灶的性能和结构类型 / 149
*课题二 太阳灶的设计 / 156
课题三 太阳灶的材料与制作 / 166
练习与提高 / 172

第五单元 太阳能干燥器 / 173

- 课题一 太阳能干燥概述 / 174
课题二 太阳能干燥理论 / 176
课题三 太阳能空气集热器 / 181
课题四 太阳能干燥器 / 185
练习与提高 / 196

第六单元 太阳能采暖和制冷空调 / 197

- 课题一 太阳能采暖原理和类型 / 198
课题二 太阳能制冷空调 / 209
练习与提高 / 222

第七单元 太阳能温室 / 223

- 课题一 太阳能温室的结构类型 / 224
*课题二 太阳能温室设计 / 228
课题三 太阳能温室的建造与管理 / 237
练习与提高 / 247

第八单元 太阳能热发电系统 / 248

课题一 太阳能热发电系统工作原理 / 249

课题二 太阳能热发电系统组成 / 252

课题三 太阳能热发电系统基本类型 / 257

练习与提高 / 268

***第九单元 太阳能其他热利用技术 / 269**

课题一 太阳能海水淡化技术 / 270

课题二 太阳能烟囱发电技术 / 272

课题三 太阳池技术 / 275

课题四 太阳能菲涅尔透镜技术 / 280

课题五 太阳能焊接机和高温炉 / 282

课题六 太阳能养护混凝土构件 / 283

课题七 太阳能辐照种子和医疗作用 / 284

练习与提高 / 287

参考文献 / 288

[注] 打*单元与课题可作为选修内容。

第一单元

太阳能基础知识

教学目标

1. 了解太阳能资源及太阳能量知识
2. 熟悉太阳能的特点
3. 理解热工学和传热学的概念
4. 掌握太阳热能的储存技术

太阳能是理想和洁净的新能源或可再生能源,也是人类最值得开发利用的最大的替代能源。太阳能热利用技术是一门当今社会最热门的现代科学技术,因为世界能源越来越短缺,环境污染也越来越严重,随着温室气体排放压力逐年增加,全球经济的可持续发展必然会大大加速太阳能热利用技术的发展。在掌握各种太阳能热利用技术基础之前,需要先了解太阳的能量和特点、太阳能热的储存技术、热工学与传热学以及太阳能资源的分布等有关基础知识。

课题一

太阳的能量

知识要点

1. 太阳的能量
2. 太阳能的传递
3. 太阳光谱
4. 太阳常数

一、太阳

太阳是一个炽热的气态球体,它的直径约为 $1.39 \times 10^6 \text{ km}$,质量约为 $2.2 \times 10^{27} \text{ t}$,约为地球质量的 3.32×10^5 倍,体积则比地球大 1.3×10^6 倍,平均密度为地球的 $1/4$,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,所以它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。由核聚变知识可知,在氢聚合成氦时释放巨大能量的同时,每 1g 质量将亏损 0.007 2g。根据目前太阳产生核能的速率估算,其氢的储量足够维持 600 亿年,因此太阳能可以说是用之不竭的。

太阳的结构如图 1-1 所示。在小于太阳平均半径 23%($0.23R$)的区域内是太阳的内核,其温度约为 $8 \times 10^6 \sim 4 \times 10^7 \text{ K}$,密度为水的 80~100 倍,质量占太阳全部质量的 40%,体积占太阳总体积的 15%,其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消耗能量,引起波长增长,变成 X 射线或紫外线及可见光。太阳平均半径的

议一议

你对太阳有多少了解?它对地球有哪些影响?

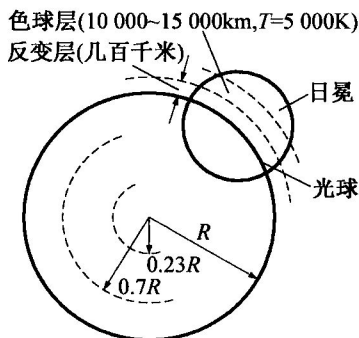


图 1-1 太阳结构示意图

0.23~0.7R 区域称为“辐射输能区”，其温度逐渐降到 1.3×10^5 K，密度逐渐下降为 0.079g/cm^3 ；0.7~1.0R 区域称为“对流区”，其温度逐渐下降到 5×10^3 K，密度逐渐下降到 10^{-8}g/cm^3 。

太阳的外部是一片光球层，就是人们肉眼所看到的太阳表面，其温度为 5 762K，厚约 500km，密度为 10^{-6}g/cm^3 ，由已被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，其有关数据见表 1-1。

从太阳的构造可知，太阳并不是一个温度恒定的黑体，而是一个能发射和吸收不同波长的分层辐射体，地球大气层外太阳辐射的光谱分布图如图 1-2 所示。了解太阳辐射光谱对提高太阳能的利用率是非常重要的，可用于研制各种性能优良的太阳能选择性涂层和更宽波段的光催化剂。通常在太阳能的利用计算中，为方便起见，将其视为一个温度为 6 000K 的黑体。

表 1-1 太阳的有关数据

特 征	数 值
太阳表面积(m^2)	6.087×10^{18}
太阳体积(m^3)	$1.412 2 \times 10^{27}$
太阳平均密度($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	1 409
表面重力加速度($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)	27 398
表面辐射流量($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)	6.284×10^{17}
赤道角速度($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	1.881
表面逃逸速度($\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$)	617.7
太阳转动惯量($\text{km} \cdot \text{m}^2$)	5.7×10^{46}

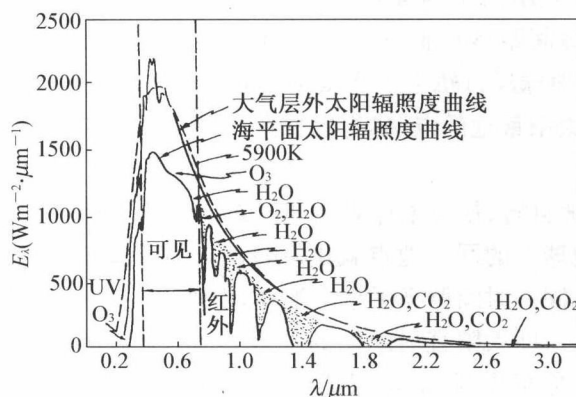


图 1-2 太阳辐射的光谱分布图

二、太阳常数

众所周知,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1周,每转1周为一昼夜,所以地球每小时自转 15° 。地球除自转外,还循偏心率很小的椭圆轨道每年绕太阳运行1周。地球自转轴与公转轨道面的法线始终成 23.5° ,公转时自转轴的方向是不变的,总是指向地球的北极。地球处于运行轨道的不同位置时,太阳光投射到地球上的光的方向也就不同,于是形成了地球上的四季变化。

由于地球以椭圆形轨道绕太阳运行,因此太阳与地球之间的距离不是一个常数,且一年中每天的日地距离也不一样。某一点的辐射强度与距辐射源的距离的平方成反比,这意味着地球大气上方的太阳辐射强度会随日地间距离不同而异,然而又由于日地间距离太大(平均距离为 $1.5 \times 10^8 \text{ km}$),所以地球大气层外的太阳辐射强度几乎是一个常数。因此,人们就采用所谓的“太阳常数”来描述地球大气层上方的太阳辐射强度。太阳常数是指平均日地距离时,在地球大气层上界垂直于太阳辐射的单位面积上所接收的太阳辐射能。近年来通过各种先进手段测得的太阳常数的标准值为 $1\,367 \text{ W/m}^2$,该常数一年中由于日地距离的变化而引起太阳辐射强度的变化不超过标准值的 $\pm 3.4\%$ 。

三、太阳与地球

地球除自转外,还围绕太阳公转,公转周期为一年。地球绕太阳公转是循着偏心率很小的椭圆形轨道运行的,太阳位于椭圆轨道的一个焦点上,因此太阳与地球间距离并非一定,在一年之中是变化的。

1月初,地球经过轨道上离太阳最近的点,称为近日点;7月初,地球经过轨道上离太阳最远的点,称为远日点,4月初和10月初,地球在日地平均距离处。

地球不断地自转,使得地球表面朝向太阳的部分是白天,而背向太阳的部分是黑夜,地球上的同一地点就出现日夜交替现象。因为地球是一个球体,太阳虽然在同一时间照亮了半个地球,但地面上接收太阳光线并与其相切的只是一个点,即太阳直射地面的只有一点。由于地球的自转轴与公转运行轨道面(又称黄道面)的法线成 $23^\circ 27'$ (可近似为 23.5°)的夹角,而且地球公转时自转轴的方向始终不变,因此地球处于运行轨道上的不同位置

说一说

太阳与地球的运动规律。

时,投射到地球上的太阳光的方向或直射点也就不同。在地球围绕太阳公转一圈(一年)中,这个直射点将在地球表面的北纬 $23^{\circ}27'$ 和南纬 $23^{\circ}27'$ 之间来回移动一个周期,从而产生四季交替现象,如图 1-3 所示。春分和秋分日,太阳直射赤道,赤道地区的中午太阳刚好在头顶上,出现炎日当空的天气,而南北半球的地区,则处于不冷不热的气候。北半球的夏至日,太阳光垂直照射在北纬 $23^{\circ}27'$ 的地面上,在南极圈中整天见不到太阳,而在北极圈内则整天太阳不落,这时北半球就出现相对比较热的天气,而南半球则出现比较冷的天气。夏至这一瞬间以后,直射点又开始南移,至北半球秋分时太阳光直射到赤道。在北半球冬至日时,太阳在地球上的直射点已移至南纬 $23^{\circ}27'$, 北极圈内整天不见太阳,而南极圈内则整天太阳不落,这时南半球出现比较炎热的天气,而北半球则比较寒冷。从北半球的冬至开始,直射点又开始北移,到北半球春分时太阳光又直射到赤道,这种气候上的明显变化就形成了春、夏、秋、冬的季节交替。人们把北纬 $23^{\circ}27'$ 和南纬 $23^{\circ}27'$ 所表征的太阳直射点处于地球上北和南两个极限位置的纬度线,分别称为北回归线和南回归线。

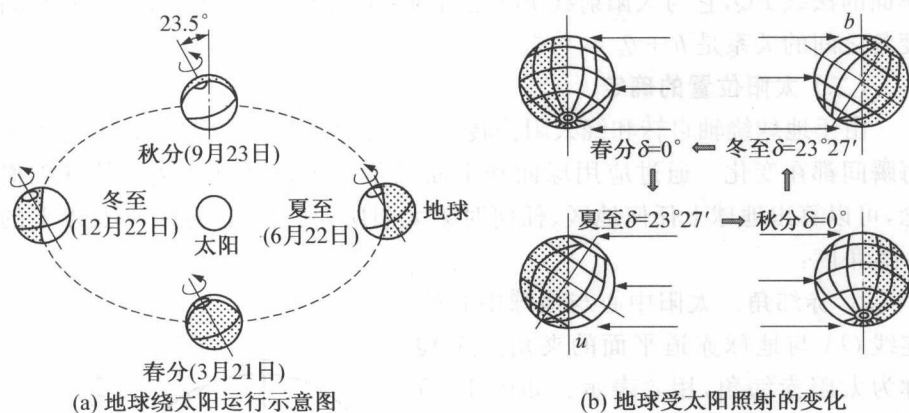


图 1-3 地球绕太阳运行及四季交替示意图

四、太阳位置的描述

(一) 太阳在天球上的位置

为了符合人的直观感觉,根据运动的相对性,可以把地球看作不动,以观察者所在的地平面作为水平地面,而把太阳看成围绕观察者做旋转运动,这就是太阳的视运动。为了便于研究太阳视运动规律,假定太阳(包括所有

的其他天体)处在人们仰望四方所感觉的球形天空(即天球)上,且这个天球的半径应该足够大。按地平坐标系的习惯,并用太阳高度角、天顶角与方位角表示太阳的视运动如图 1-4 所示。

1. 太阳高度角。从地面观察点 P 向太阳中心作一条射线 PO ,该射线在地面上有一投影线 Pg ,这两条线的夹角称为太阳高度角,用 h 表示。它的变化范围是 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

2. 太阳方位角。从地面观察点 P 向太阳中心作射线,该射线在地面上的投影线 Pg 与从观察点在地面上向正南方向的射线 PS 的夹角称为太阳的方位角,用 γ 表示,并规定正南方为零角度,向西取正值,向东取负值,它的变化范围是 $-180^\circ \sim +180^\circ$ 。

3. 太阳天顶角。通常用太阳高度角和方位角就可以确定太阳在天球上的位置,但有时用天顶角来代替太阳高度角。从地面观察点向天顶作地平面的法线 PQ ,它与太阳射线 PO 之间的夹角称天顶角,用 θ_z 表示,它与高度角之间的关系是 $h + \theta_z = 90^\circ$ 。

(二) 太阳位置的确定

由于地球绕轴自转和绕太阳公转,所以太阳在天空的位置每季、每天和每瞬间都在变化。通过应用球面和平面三角学知识以及天文学的基础概念,可以算出地球上任何地区、任何时刻太阳所处的位置,这要涉及以下的一些角度:

1. 赤纬角。太阳中心与地球中心的连线 OA 与地球赤道平面的夹角 $\angle AOQ$ 称为太阳赤纬角,用 δ 表示。如图 1-5 所示,太阳光线在地球表面直射点 A 和地球中心 O 的连线 OA 与该连线在赤道平面上的投影 OQ 之间的夹角 δ 是由于地球绕太阳运行造成的,随时间的变化而变。因为地轴方向不变,所以赤纬角是由地球在运行轨道上所处的位置不同而具有不同的数值。在春分和秋分时,太阳垂直照射赤道(地球中心与太阳中心连线 OA 与其投影线 OQ 重合,此时太阳

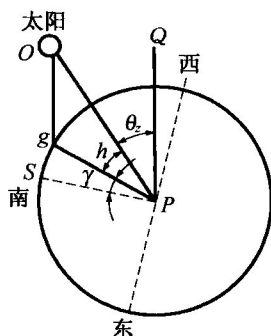


图 1-4 太阳的高度角、天顶角与方位角

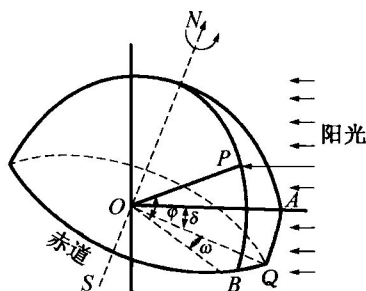


图 1-5 太阳与地球间各种角度示意图