

太阳能热利用工程

太阳能热利用工程

主 编： 董仁杰 彭高军

中国农业科技出版社

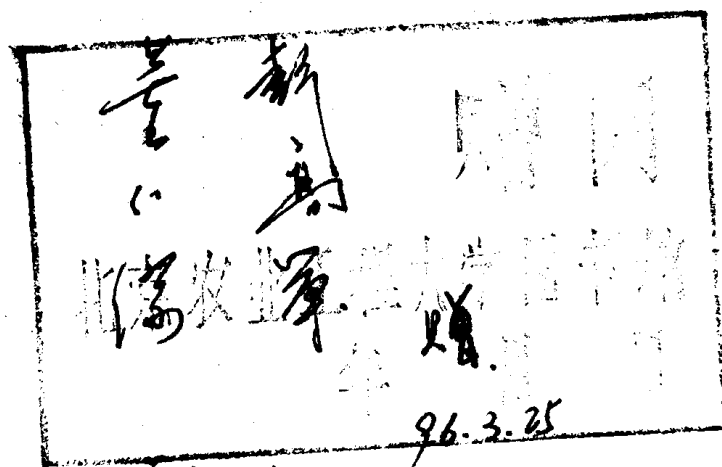
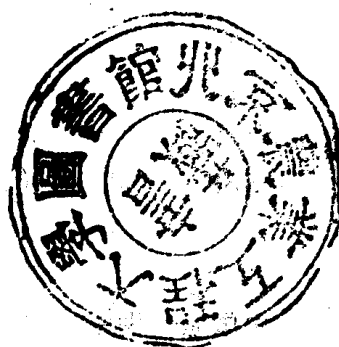
PK519

77/10

10

太阳能热利用工程

董仁杰 彭高军 主编



中国农业科技出版社

(京)新登字 061 号

内 容 提 要

本书系统阐述了太阳能热利用的基本原理和工程技术措施。全书共分十章,分别介绍了太阳能开发的意义、太阳辐射能计算、与太阳能相关的传热学问题、太阳能光热转换设备、太阳能热利用的技术经济分析方法及太阳能在其他领域的利用情况。附录和各章附表中分别给出了太阳能热利用的有关国家标准和技术数据。本书集理论与实践于一体,既可供有关院校相关专业师生参考,也可作为各级能源开发利用部门的工具书。

图书在版编目(CIP)数据

太阳能热利用工程/董仁杰,彭高军主编.

—北京,中国农业科技出版社,1996.1

ISBN 7-80119-4090-4

I. 太... II. ①董... ②彭...

III. 太阳能—应用 IV. TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 24100 号

责任编辑

薛 尧

出版发行

中国农业科技出版社

(北京海淀区白石桥路 30 号)

经 销

新华书店北京发行所发行

印 刷

泰安市东岳印刷厂

开 本

787×1092 毫米 1/16 印张:17

印 数

1—1000 册 字数:400 千字

版 次

1996 年 1 月第一版 1996 年 1 月第一次印刷

定 价

19.80 元

序

《太阳能热利用工程》是适应我国在太阳能利用方面蓬勃发展形势需要的一本推陈出新的教学与科技参考书。

该书反映了国内外大量的最新资料及作者多年积累的工作成果,内容丰富、新颖而又实用。

书的选材适当,重点部分深入而详尽,基础部分简明而扼要,同时又照顾到全面。在内容的编写上表现出讲解透彻而又能深入浅出,因而适合于教学;提供了许多实用数据乃至标准,因而适合于工程设计及产品研制;并且有一定深度可供科研参考。

总之,该书是值得推荐的一本好书。

清华大学热能系

李元哲

1995. 11. 20

前 言

太阳能是一种清洁、持久的新能源,在能源紧缺的今天,太阳能的开发和利用受到了各国政府和科技界、产业界的高度重视,各国在太阳能利用方面的投资逐年提高,太阳能利用具有广阔的前景。

太阳能利用中最成功、最简便的是低温光热利用。太阳辐射能通过不同形式的集热器转化为低温热能,用于供热水、供暖或者进行产品干燥等。近年来,我国塑料大棚、太阳房、太阳能热水器和太阳能干燥设备得到了大规模的推广。我国太阳能研究领域的科技工作者进行了大量研究和试验,取得了丰富的经验。

我们在总结国内外研究成果的基础上,结合近十年的科研成果和实践经验,本着理论与实践相结合的原则,撰写了《太阳能热利用工程》一书,希望本书的出版能有助于我国太阳能热利用事业的发展。

需要特别说明的是,本书中公式繁多,尽管绝大多数符号所代表的含义始终如一,但也有一些在不同的公式中有不同的含义,例如第六章中的 Q 和第七章中的 H 都代表太阳辐射强度;同一符号也可能代表不同的含义,如附录1中的 t 就代表时刻和温度等。为了便于读者了解各种符号的含义,我们在每个公式后面都给予了解释,希望读者在阅读时能加以区别。

本书内容首先在山东农业大学举办的山东省农村能源培训班上试用,后又作为山东农业大学九一、九二级农村能源专科班《太阳能工程学》热利用部分的教材蓝本,成书前经过三次修改。由于水平所限,错误仍然难免,恳请读者给予指正。

编者 1996年1月于北京

《太阳能热利用工程》编辑委员会

主	任	穆瑞章	李景林	韩宗才	
主	编	董仁杰	彭高军		
副	主	编	邴 伟	侯介仁	李景林 朱文学
编	者	(以姓氏笔划为序)			
		田志宏	刘贤喜	朱文学	杨其长
		李景林	张业民	张守家	林风杰
		和发东	邴 伟	侯介仁	宫福华
		董仁杰	韩宗才	韩明成	穆瑞章
主	审	李元哲			

目 录

第一章 导论:能源危机与太阳能	1
第二章 太阳辐射的计算	7
第一节 太阳与太阳常数	7
第二节 日地相对运动规律与太阳角的计算	7
第三节 斜面上的太阳照射时间	13
第四节 到达地球表面的太阳辐射能	14
第三章 传热学专题	35
第一节 对流传热问题	35
第二节 导热问题	44
第三节 辐射传热	46
第四章 液体平板集热器	51
第一节 平板集热器的构造	51
第二节 平板集热器的能量平衡	56
第三节 平板集热器的热性能分析	64
第四节 平板集热器的结构设计和材料选择	78
第五节 几种特殊类型的平板集热器	92
第六节 平板集热器应具备的特点	96
第七节 太阳能集热器使用中出现的問題	100
第五章 太阳能热水系统	105
第一节 太阳能热水器的结构与分类	105
第二节 管板式自然循环热水器的热分析模型	110
第三节 管板结构自然循环太阳能热水器的结构设计	115
第四节 太阳能热水器的使用与维护	118
第六章 被动式太阳房	122
第一节 概述	122
第二节 Trombe 墙式太阳房热性能分析	125
第三节 花格墙式太阳房热性能分析	129
第四节 被动式太阳房的设计考虑	130
第五节 被动太阳房性能指标	144
第六节 被动太阳房设计参数	146
第七节 被动式太阳房的采暖设计	150

第七章 太阳能干燥	176
第一节 概述.....	176
第二节 湿空气的性质简介.....	179
第三节 太阳能干燥原理.....	183
第四节 太阳能干燥过程计算.....	189
第五节 太阳能空气集热器计算.....	195
第六节 太阳能干燥系统的设计.....	202
第八章 其他太阳能热利用方式	210
第一节 太阳能温室塑料大棚.....	210
第二节 聚光式太阳能集热.....	211
第三节 太阳池.....	215
第四节 太阳能游泳池.....	215
第五节 太阳能加热沥青.....	216
第九章 太阳能利用的经济分析	221
第十章 太阳能利用的其他方式简介	225
第一节 太阳能电池.....	225
第二节 太阳能制氢.....	227
附 I 有关太阳能热利用设施的国家标准(节录)	229
附 II 主要参考文献及向读者推荐的参考文献	257

第一章 导论:能源危机与太阳能

一、能源及其利用

按照经典热力学的定义,所谓能量就是做功的能力;而能源是能量的来源。从实践角度来讲,能量是所有工业设备的基本要素。现代文明可以说是建立在对能量和物质的大量消费的基础上的(表 1-1),至今每人每年消费能量的多少仍被看作是一个国家贫富的标志。例如世界上经济发达的现代化国家美国、前苏联、日本和西欧国家,它们的人口只占世界总人口的 20%,而其能源消耗量却占世界总能耗的 60%以上。美国是世界上综合国力最强的国家,其能源消耗量也最多,平均每年人均耗能达 12 吨标准煤以上,前苏联为 6.6 吨,西欧国家 5—6 吨,日本为 4.8 吨。其中日本的经济也很发达,但其人均能耗却在工业发达国家中最少,一个方面的原因是日本能源非常贫乏,特别重视节约能源。除前苏联之外的其它发达国家都需要进口大量能源,而且特别依赖中东的石油。因此当 50 年代爆发第一次中东战争时便造成了工业发达国家的第一次能源危机,1973 年的第四次中东战争更给发达国家造成了巨大的经济损失(例如美国损失 900 亿美元,日本损失 500 亿美元)。也正因为如此,当海湾战争爆发时,为了保证能源供应,西方国家才出兵干涉。随着越来越多的国家进入大发展时期,人类的耗能量将会大量增加,1975 年为 $0.2Q$ ($1Q = 1.05 \times 10^{18} \text{kJ}$),到本世纪末将达 $0.5Q$ 。另一方面,常规能源的供应并不是无限的,石油和天然气的储量只够开采利用三十多年,而煤将在二、三百年内被耗尽(图 1-1,表 1-2);在矿物燃料消费中,许多能量被浪费了,约 34% 的能量直接用于建筑物的采暖和致冷这样一些低温热利用领域。显然,如果单纯为了获得能量而将既是能源又是贵重的工业原料的矿物燃料一次性地烧掉,未免太可惜和太愚蠢了。

表 1-1 20 世纪世界能耗增长情况

年 份	总能耗(亿吨标准煤)	人均耗能(kg 标煤/人年)
1900	7.75	493
1922	15.65	796
1950	26.61	1080
1975	85.70	3140
2000 *	≥ 200.00	≥ 4000

* 2000 年为预测结果

世界的人口在增长,这是人类将来面对的最主要问题之一。按人口增长趋势,稍长于 30 年,世界人口就要增加一倍;即使维持原有的生活水平,世界的粮食生产也必须在 30 年内增加一倍,而且还要建造出与原有建筑面积相等的建筑物。按现在这种人口增长率和能量消费格局持续下去,人类离资源和环境的窘境已经不远了。为了防止出现这种可悲的结局,人类必须寻找新的能量来源和控制人口增长。两种主要的长期、持久性能源是核能

和太阳能。安全开发和利用核能需要高技术和大量资金,而且容易为少数掌握这类技术和拥有大量资金的国家所控制而可能出现不利的副作用。太阳能却越来越成为一种不需要更多高新技术的可靠的低温利用能量来源,其本身的特性还决定了太阳能在全球利用的公平性。太阳能的利用也不会造成任何污染。节能和利用太阳能是解决能源危机这个问题的两个方面。节能以降低建筑物的矿物燃料的消耗是第一步,然后是推广太阳能利用技术以进一步减少矿物燃料消耗,这就是“开源节流”。

表 1—2 1900—1978 年世界能源构成的变化

年份	总能耗 (亿吨标准煤)	能 源 构 成 (%)			
		煤 炭	石 油	天然气	水力、原子能 *
1900	7.75	95.0	4.0 * *		1.0
1937	20.13	69.7	18.9	5.2	6.2
1950	26.64	59.3	29.8	9.3	1.6
1955	34.26	52.7	34.4	11.2	1.7
1960	44.78	48.9	35.8	13.4	1.9
1965	55.88	40.6	41.2	16.1	2.1
1970	74.22	32.6	46.6	18.7	2.1
1975	85.70	30.7	47.2	19.3	2.8
1978	93.32	29.8	48.8	18.6	2.8

* 水力、原子能按每度电等于 0.123kg 标准煤计算

* * 1900 年的石油所占的百分比中包括天然气

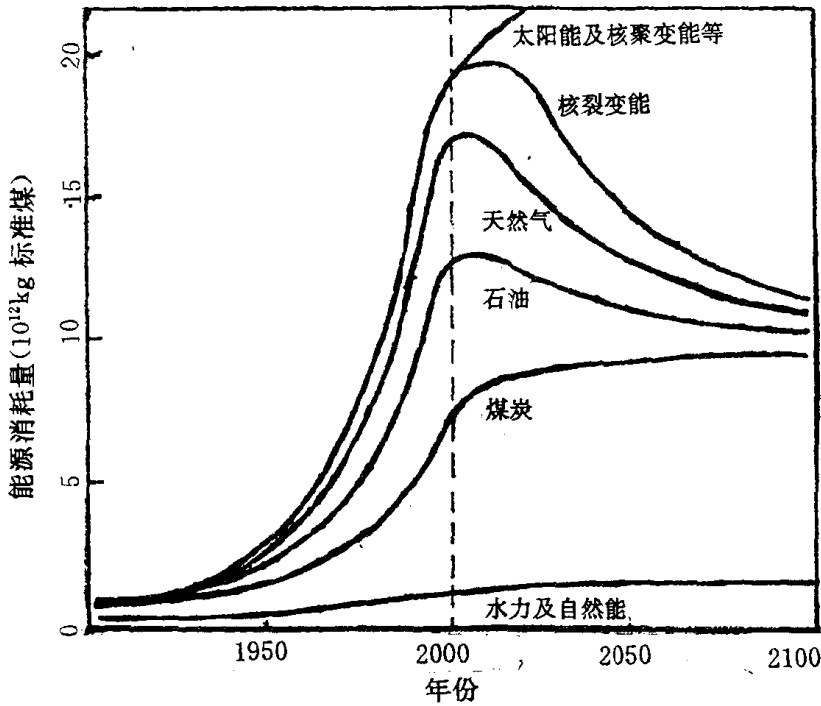


图 1—1 世界能耗情况

二、太阳能利用简史

生命和能量都来自于太阳。我国人民最早懂得有意识地利用太阳能以产生热量,公元

前一千多年以前的西周时代就发明了“阳隧取火”技术,比阿基米德利用太阳光聚焦烧毁敌船击败古罗马军队的传说早八九百年;在距今一千多年的晋代,中国人发明了用冰制作的凸透镜以聚光取火,而西方到13世纪还在研究燃烧镜;在清代我国出现了最早的太阳灶,等等。另外,我国还是最早利用太阳能温室大棚进行种植和养殖的国家。西方在将太阳能最终转化为机械能方面走在前头。17世纪末,法国人制造了

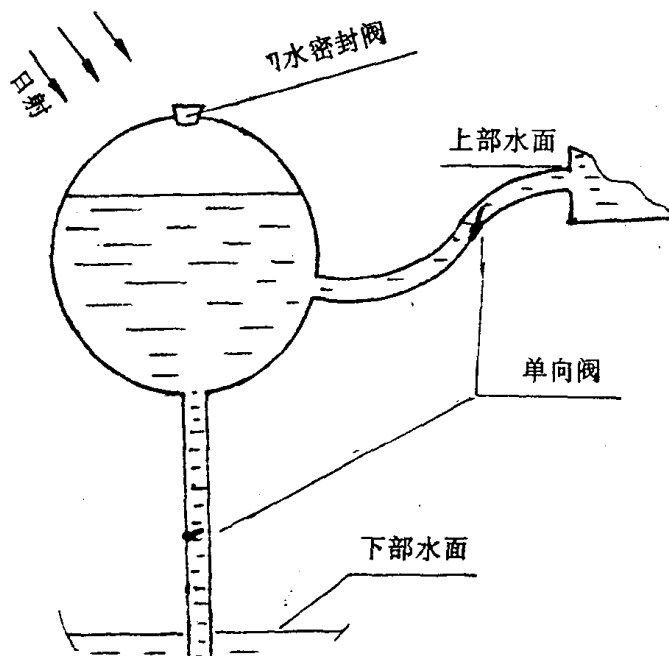


图 1-2 世界上的第一台太阳能水泵

世界上第一台太阳能水泵(图 1-2),19 世纪法国人发明了太阳能发动机并用太阳能制冷机生产出了一块冰。

太阳能用于取暖,全世界早已有之。例如我国近代的窑洞和厚厚的土坯房,不仅起保温隔热作用,而且可有效地保持室温稳定;纸的发明使我国人民最早利用窗子有效地采光。但使之形成一定理论的是哲学家苏格拉底(公元前 470—公元前 399),他说,冬天,太阳光能够照射到朝南房子的门廊上;夏天,由于太阳运行的路径高过屋顶,所以门廊上有阴影。因此最好的办法是使房子的南边高些以便冬天室内获得更多的阳光;房子的北边要低些以减少冬季冷风的影响。

早在 19 世纪中后期,由于工业化的迅速发展,美国人就提出了能源危机的问题并提出要开发太阳能以作为工业的动力。实际利用太阳能在理论上没有问题,却受到了技术上的限制。正当人们致力于太阳能利用技术的研究和改进时,即第一次世界大战后的 20 年内,廉价的石油能源得到了大量开采并迅速成为能源发展的重点,这使当时难以迅速得到推广应用的太阳能利用暂时搁置起来。一直到本世纪 40 年代人们认识到矿物燃料的有限性后,才重新恢复了对太阳能的研究兴趣,在 1954 年国际太阳能学会(ISES)之后,不断召开有关太阳能利用的国际学术会议,太阳能的研究不断深入。

1973 年石油危机后出现了又一次研究太阳能利用的热潮并一直持续至今。许多国家都制定了太阳能发展规划。以美国为例,1978 年美国总统卡特声明作为一项国策,到 2000 年美国能耗的 20% 将由太阳提供;美国的太阳能发展规划也计划到本世纪末,可再生能源将提供全国总能耗的 12%;美国此后用在太阳能利用上的研究经费急剧增加,从 1973 年的不到 400 万美元猛增到 1981 年的 7 亿美元;从事研究和经营的单位骤增。太阳能利用正在形成一门新兴的工业技术和一个新的产业。我国自 1979 年成立太阳能学会以来,太阳能的利用已经成为国家的重点攻关项目,研究机构不断增多,研究领域不断扩大。全

国热水器、太阳灶、太阳房等迅速得到推广应用；太阳电池也早已用于航天、航海、交通、农业等许多领域，一个新的太阳能利用技术的研究与推广的时期已经到来。

三、太阳能利用技术简述

太阳能利用技术可以分为自然收集系统和技术转换系统两类(图 1-3)。在自然收集利用技术中，整个生物圈——包括地球、大气和水——构成了天然的开放式收集器。由于无需建造太阳能收集器，自然收集系统的能量造价完全取决于能量转换器(如风轮机)。在技术转换系统中，收集的总能量取决于所在地单位集热器面积上投射的太阳能量。

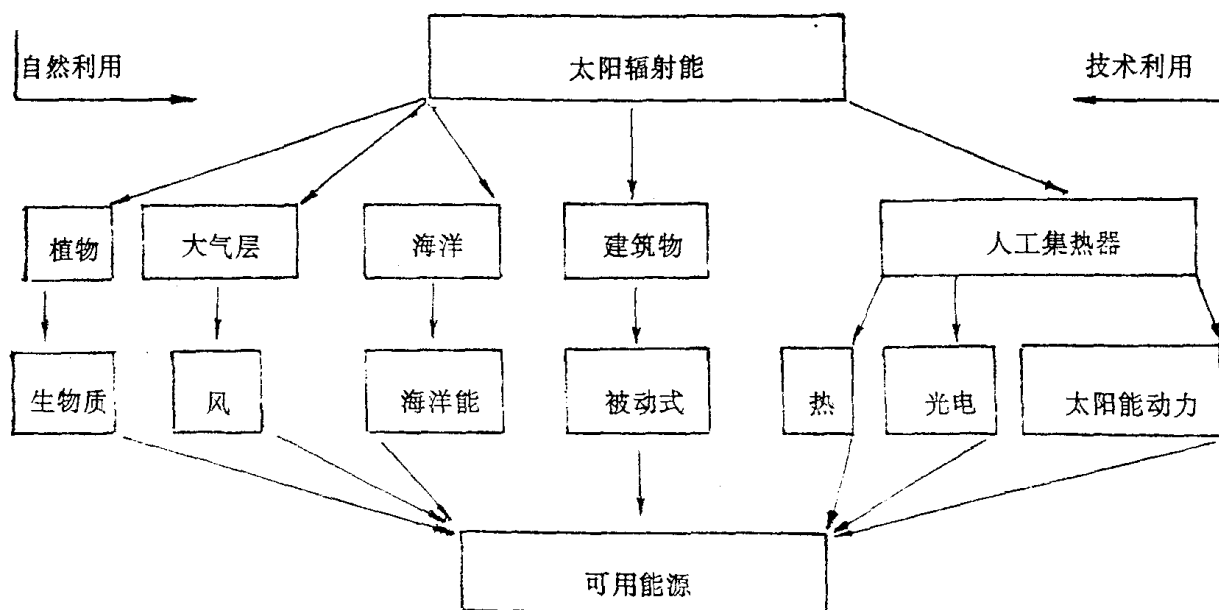


图 1-3 太阳能利用技术

表 1-3 2000 年能源供应预测(以三种不同的石油进口价格为基础)

能源种类	供能量($1.0551 \times 10^{15} \text{kJ}$)			
	1977 年		2000 年	
	\$ 14.5/桶	\$ 18.0/桶	\$ 25.0/桶	\$ 32.0/桶
石油	36.9	44.0	32.1	22.8
天然气	19.6	20.2	18.1	14.5
煤	14.2	43.0	38.5	31.5
核能	2.7	17.0	15.0	13.0
太阳能	4.2	7.3	9.9	12.7
其它		0.5	0.5	0.5
总计	77.6	132.0	114.0	95.0

随着石油供应的越来越紧张和价格的不断上涨，不但石油而且其它能源的消费量将相对减少(表 1-3, 图 1-1)。利用太阳能总量的多少将取决于政府的能源政策和太阳能利用技术的研究进展。实践证明，本世纪太阳能利用的最主要也是最成功的领域是光—热

转换,即太阳能的热利用;而最大规模的太阳能的热利用将是建筑物的采暖和致冷以及供应生活用热水。

四、太阳能资源的特点及其利用方式

所谓太阳能资源有两种不同的含义,一种是从广义上讲,太阳能资源不仅包括直接投射到地球表面上的太阳辐射能,而且包括像水能、风能、海洋能、潮汐能等间接的太阳能资源,还应包括通过绿色植物光合作用所固定下来的能量即生物质能等,总之,严格地讲,除了地热能和原子核能以外,地球上的所有其它能源都来自太阳;从狭义上讲,太阳能资源仅包括直接投射到地球表面的太阳辐射能。本书所讲的太阳能资源就是取的后一种含义。

与常规能源相比,太阳能具有许多无可比拟的优点,同时也有一些需要认真对待的问题。其优点概括起来有以下几个方面:

1. 太阳能数量巨大,每年到达地球表面的太阳能是目前全球总能耗的两万倍;
2. 太阳能是一种取之不尽用之不竭的能源。太阳已经生存了150亿年,还可再存在1000亿年,而地球的寿命还只有50多亿年,所以太阳能是一种持久的能源;
3. 太阳能无处不在,只要技术适当,任何人任何地方都可利用;
4. 太阳能清洁安全,它不会象常规能源那样产生环境污染,也不会象核能那样存在潜在的危险。

太阳能的缺点是其能流密度低和供能的不连续性,这个缺点导致太阳能利用设备的转换效率低和设备投资高。因此当前的一个研究重点就是提高太阳能利用效率和降低太阳能利用设备的成本。

太阳能的利用主要有光热、光电和光化学利用三种方式。太阳能光热利用在我们的日常生活中无处不在,例如我们在太阳底下晾衣服,又如我们利用塑料大棚进行种植和养殖,利用热水器供应热水,利用太阳房在冬季采暖和在夏季降温等等,太阳能光热转换效率最高,一般大于40%;太阳能的光电转换主要应用在太阳能光电池、航天器、航标灯和牧区的太阳能电围栏等方面,光电转换效率在10%左右;太阳能光化学转换效率最低,一般小于4%,也有一些绿色植物的光合效率可以达到10%。

五、我国的太阳能资源

我国处于北半球欧亚大陆东部,有着丰富的太阳能资源。我国大陆太阳能资源分布的大致情况是,太阳年辐射总量西部($600-8500\text{MJ/m}^2$)多于东部($3400-7000\text{MJ/m}^2$),而南部($3400-5000\text{MJ/m}^2$)少于北部($5000-7000\text{MJ/m}^2$)。除了新疆和西藏以外,我国纬度低的地区的太阳能资源比纬度高的地区少,在四川盆地的西南部和贵州北部出现了全国的太阳辐射低值中心。我国2/3的地区的年日照时数达到2000小时,年总辐射量大于 6000MJ/m^2 ,属于太阳能资源富裕地区(表1-4,图1-4)。

表 1-4 我国太阳能资源区划

地区分类	全年日照时数 小时	太阳辐射年总量 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{y}$	相当燃烧标煤量 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{y}$	包 括 的 地 区	与国外相当的地区
一	2800—3300	160—200	230—280	宁夏北部,甘肃北部,新疆东南部,青海西部,西藏西部	印度和巴基斯坦北部
二	3000—3200	140—160	200—230	河北北部,山西北部,内蒙古宁夏南部,甘肃中部,青海东部,西藏东南部,新疆南部	印度尼西亚的雅加达
三	2200—3000	120—140	170—200	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,广东和福建南部,江苏和安徽北部,北京	美国的华盛顿地区
四	1400—2200	100—120	140—170	湖北,湖南,江西,浙江,广西,广东北部,陕西,江苏和安徽三省的南部,黑龙江	意大利的米兰地区
五	1000—1400	80—100	110—140	四川和贵州	法国的巴黎 前苏联的莫斯科

* 单位: $\text{kc}/\text{cm}^2 \cdot \text{y}$

* * 指与每平方米每年地表水平面获得的太阳能相当的标煤量

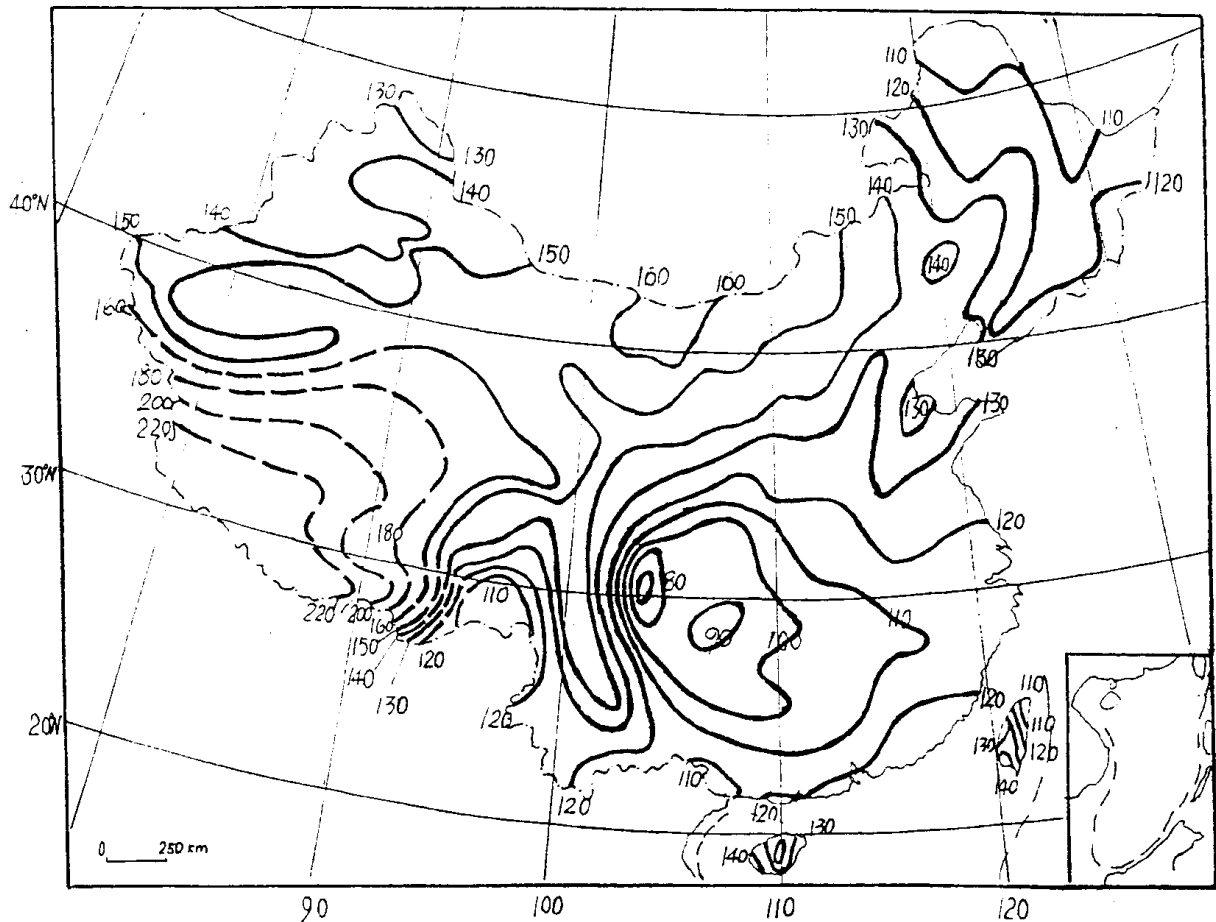


图 1-4 我国太阳能资源分布图(单位 $\text{kc}/\text{cm}^2 \cdot \text{y}$)

第二章 太阳辐射能的计算

第一节 太阳与太阳常数

太阳是离地球最近的一颗恒星,它是一个巨大而炽热的球形等离子体,表面温度达 5760K,质量 2200×10^{33} 吨。太阳的主要成分是氢和氦,其中氢约占 80%。太阳的内部中心区域的温度达几千万度,压力 304×10^{13} kPa。在这样的高温高压条件下,原子失去了全部或大部分的核外电子而使太阳中的氢原子只剩下了氢原子核即质子。各种粒子在高温下产生的高速热运动导致其互相碰撞而发生热核反应,同时伴随质量亏损和产生能量。太阳内的热核反应有几种类型,但最主要的是氢聚合成氦的热核反应,在这种反应中,每一克氢变成氦时质量亏损了 7.2mg,释放出 6.48×10^8 kJ 的能量。根据科学家的推算,太阳每秒钟将 6.57×10^{11} kg 氢借助热核反应生成 6.53×10^{11} kg 氦,亏损四百万吨质量,产生 3.9×10^{33} kW 的功率。太阳内部热核反应产生的能量以电磁波的形式向外传递,地球大气上界只能接收到其中的二十亿分之一,而这是地球上人类所用各种能源功率总和的五到六万倍。由于穿越大气层时的衰减,最后约有 8.5×10^3 kW 的能量到达地球表面,这个数量相当于全世界发电量的数十万倍。太阳的直径为 1.392×10^{22} m,它并不是一个一定温度的黑体,它由许多层不同波长放射、吸收的辐射体组成。但在应用太阳能系统时,通常将太阳看作是温度为 5760K、辐射波长为 0.3—3 μ m 的黑色辐射体。

太阳与地球之间的距离不是一个常数,地球大气层上界的太阳辐射强度随日地距离的变化而变。然而日地间距在一年中的变化值与日地平均距离相比很小,以致地球大气层外的太阳辐射强度几乎不变。因此人们用“太阳常数”来描述大气层上界的太阳辐射强度。

太阳常数是指在平均日地距离时,地球大气层上界垂直于太阳光线表面的单位面积上单位时间内所接收的太阳辐射能。1979 年确定采用太阳常数的数值为 $I_{sc} = 1370 \text{ W/m}^2$ 。若设大气层上界在一年中的任意一天的太阳辐射强度为 I_{0n} ,则

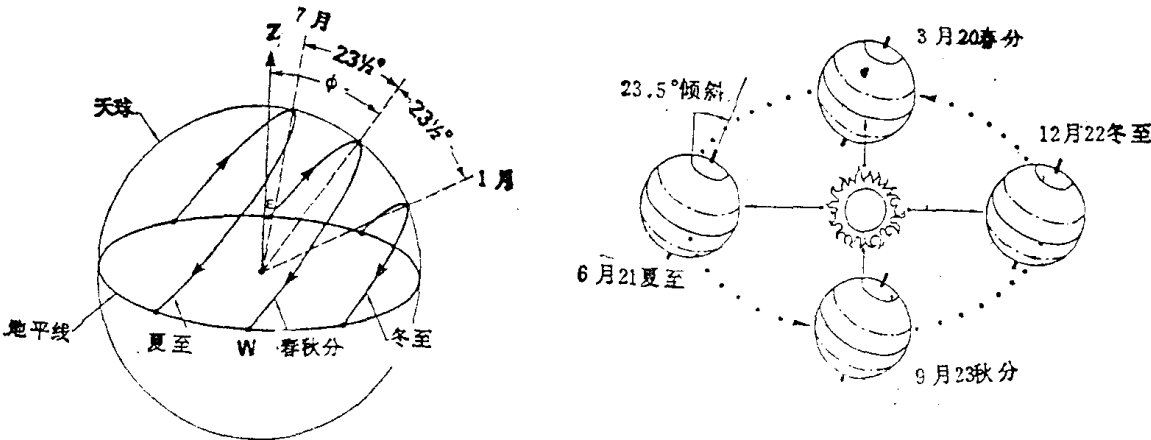
$$\begin{aligned} I_{0n} &= I_{sc} \left[1 + 0.033 \cos \left(360^\circ \frac{N}{370} \right) \right] \\ &= I_{sc} \cdot r \end{aligned} \quad 2.1$$

式中, N 是从 1 月 1 日起算的天数,例如 8 月 25 日的 N 值是“31+28+31+30+31+30+31+25”等于 237; 0.033 表示大气层上界的太阳辐射强度在一年中随日地距离的变化而变化的百分率不超过 3.3%, r 就是反映这种变化的修正值。

第二节 日地相对运动规律与太阳角的计算

地球每天围绕通过它本身南极和北极的一个假想轴——地轴自西向东自转一周,每

转一周为一昼夜，一昼夜又分为 24 小时，所以地球每小时自转 15 度。在自转的同时，地球围绕太阳在一个椭圆形轨道上公转，每公转一周为一个太阳年，它等于 365 天 5 小时 48 分，即 365.241 天，因此每四年须闰一日。地轴与公转轨道平面有一个 23.45° 的夹角，这也是太阳赤纬角的最大值。在地球围绕太阳公转的一年中有四个特殊的日期，这就是受地球倾斜运动影响最大的冬至和夏至以及不受地球倾斜运动影响的春分和秋分。在北半球，春分大约是 3 月 21 日，夏至是 6 月 22 日，秋分是 9 月 23 日，而冬至是 12 月 21 日。夏至的白天最长而冬至的黑夜最长；春分和秋分的昼夜各 12 个小时。



(a) 一年中太阳的视运动规律 (b) 地球绕太阳运行图
图 2-1 太阳与地球的相对运动

为了研究日地相对运动规律进而计算地球上任意位置在任意时刻的太阳角，引入地理坐标和天球坐标。地球上任意地点的地理位置都可以由地理坐标的经度和纬度决定；而决定天空中的星球位置则采用天球坐标，在天球坐标上，可以方便地研究日地之间的相对运动规律即太阳的视运动规律。

一、地理坐标系

如图 2-2 所示，地球自转轴与地球表面的交点是地球的北极 N 和南极 S，O 为球心，设球的半径为单位长度 1。过 O 垂直于地轴的大圆叫做赤道，凡平行于赤道的小圆叫做纬度圈。通过南北两极垂直于赤道的大圆是经度圈，即子午线。英国伦敦格林威治天文台所在位置 (G) 的子午线 NGG'SsnN 为经度零度线，又称为本初子午线。球心 (O)、地轴 (NS)、赤道 (EM'G'WweE) 和本初子午线构成了地理坐标系。根据这一坐标系，地球上任意一点 (M) 的位置可以确定：首先确定 M 点的纬度，过 M 点作纬度圈 (MmmM) 和子午线 (NMM')

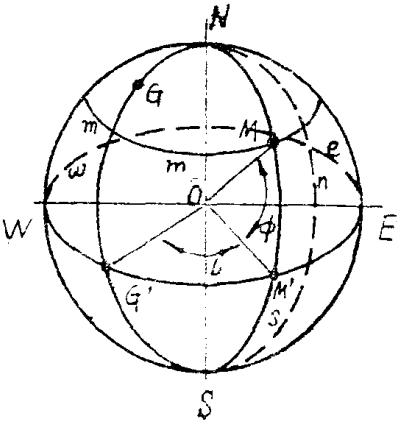


图 2-2 地理坐标系

SN)并与赤道交于点M'。则MM'弧度(或 $\angle MQM'$)即是点M的纬度 ϕ ,其径度可用M'G'弧度(或 $\angle M'OG'$)表示。

二、天球坐标系

天球坐标系是为确定太阳与地球的相对位置而引入的。所谓天球,是指人们站在地球表面上仰望天空所看到的一个假想的半径为单位长度1的球体,我们所研究的对象——太阳则在这个球体的表面运动(图2-3)。天球坐标系必须选择一些基本的参考点、线和圈以构造一个天球,在这个天球上再构造两种天球坐标系,即赤道坐标系和天平坐标系。天球坐标系的基本的点、线和圆(图2-3):

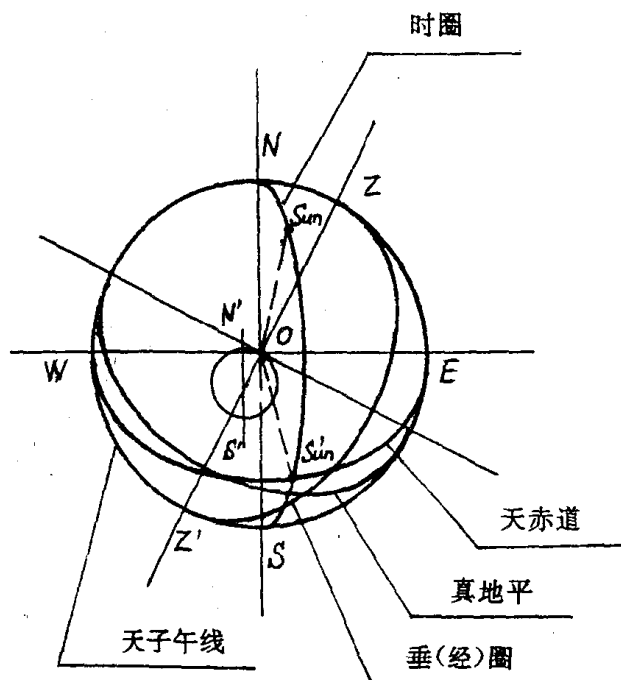


图2-3 天球的基本点和线

1. 天轴和天极:以地平面上的观测点O为球心,以日地距离为半径做一个天球,并假定天球的半径为1。过O点的一条与地轴平行的直线NOS称为天轴。天轴与天球面的交点N和S分别成为天球的北天极和南天极,它们分别与地球的北极和南极相对应。

2. 天赤道:天赤道是通过天球球心垂直于天轴的平面与天球面相交的大圆,显然,天赤道与地球的赤道平行。

3. 时圈(赤纬圈):它是通过天轴和太阳所在的点的平面与天球相交的大圆,它与天赤道相垂直。太阳与天赤道的距离就由在时圈平面上的太阳与天赤道的夹角($\angle SunOSun'$)确定,这个夹角称为赤纬角。

4. 天顶和真地平:地面上的铅垂线与天球面在观测点头顶上的交点Z称为天顶,在相反方向上的交点Z'称为天底;通过观测点O垂直于地球铅垂线的平面与天球面相交的大圆叫做真地平。

5. 径圈和天子午线:所有通过天顶和天底的平面与天球面相交的大圆都是天球的径圈,又叫地平径圈,它垂直于真地平,因此也叫垂圈。通过天顶和天底的特殊径圈称为天子午圈,它与真地平的交点是N和S,其中靠近北天极的N点叫北点,靠近南天极的S点叫南点。天赤道与真地平的两个交点分别是天球坐标系的西点W和东点E。

三、赤道坐标系

赤道坐标系以天赤道为基本圈,天赤道和天子午圈的交点为基本点,北天极是基本圈的极。