



新 能 源
New Energy
应用丛书

太阳能热利用 技术与施工

Solar Thermal
Technology and Construction

■ 高援朝 沙永玲 王建新 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

新能源应用丛书

太阳能热利用技术与施工

高援朝
沙永玲 编著
王建新

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

太阳能热利用技术与施工 / 高援朝, 沙永玲, 王建新编著. -- 北京: 人民邮电出版社, 2010. 12
(新能源应用丛书)
ISBN 978-7-115-23975-4

I. ①太… II. ①高… ②沙… ③王… III. ①太阳能—应用—技术 IV. ①TK519

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第186913号

内 容 提 要

本书从能源的基础知识入手, 在对太阳灶和太阳能热水器的技术结构进行介绍的基础上, 着重讲解了太阳能热水器和太阳能热水系统的安装施工和运行维护, 以及工程验收与管理。

本书内容翔实, 叙述清晰, 书中提供的各种方法和经验实用有效, 可供太阳能热利用工程技术人员阅读参考。

新能源应用丛书

太阳能热利用技术与施工

-
- ◆ 编 著 高援朝 沙永玲 王建新
责任编辑 毕 颖
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.75
字数: 361 千字 2010 年 12 月第 1 版
印数: 1—4 000 册 2010 年 12 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-23975-4

定价: 38.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号



序

进入 21 世纪后,由于全球经济快速发展和人口不断增长,世界一次能源消费量不断增加,而化石能源仍是能源消费的主体,使得温室气体及各种有害物质大量排放,生态环境不断受到威胁。1997 年的《京都议定书》要求国际社会采取行动,消除人为对气候系统的破坏;2009 年的哥本哈根会议进一步推动了各国在应对气候变化的行动中形成共识,温家宝总理也在大会上作出庄严承诺。在此背景下,世界各国都在积极研究并开发利用新能源特别是可再生能源,约束和减少全球温室气体的排放,中国政府已经把大力推动新能源与可再生能源发展作为国家的一项重大战略任务。

新能源的各种形式都是直接或者间接地来自于太阳或地球内部所产生的热能,包括了水能、太阳能、风能、生物质能、地热能、核聚变能、海洋能以及氢能等。新能源普遍具有污染少、储量大的特点,对于解决当今全球气候变化和环境污染问题,解决化石能源日趋枯竭以及保障能源安全供应等问题具有重要意义。从长远看,我们正处在以化石能源应用为主向新能源应用转变的过渡阶段,应抓住这次能源变革的机遇,加强对能源战略、能源结构、能源布局、能源政策、能源科技、能源价格以及能源合作等一系列重大问题的研究,明确发展目标,理清发展思路和工作方向。

在缓解能源、环境危机的双重压力下,太阳能热利用、沼气、农作物秸秆和生物制液体燃料等由于出色的节能减排效果和经济实用性,多年来已成为国家能源建设,特别是社会主义新农村建设中优先发展的重点领域。

人民邮电出版社顺应时代的需要,出版了这套“新能源应用丛书”。本套丛书包括已具规模效益的太阳能热利用工程和沼气工程,以及前景广阔的燃料乙醇工程和秸秆能源工程等项目,其作者均是相关领域有着丰富实践经验和理论水平的工程技术专家,各册书稿贯穿了实用有效的编写方针,对于新能源工程建设,有很好的指导性、可操作性和成果连续性。

相信“新能源应用丛书”的出版发行,可以为新能源领域的工程技术人员提供一个实用而有效的智力支撑,也可以成为面向广大干部群众的科普读物。

国务院参事、中国可再生能源学会理事长

2010 年 9 月 27 日



前言

能源是人类生存和社会发展的重要物质基础。随着中国经济的快速发展，能源需求将出现一个持续增长的态势。

太阳能是各种可再生能源中最重要的基本能源，生物质能、风能、海洋能、水能等都来自太阳能，广义地说，太阳能包含以上各种可再生能源。

自 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。自 20 世纪 90 年代以来，联合国召开了一系列有各国领导人参加的高峰会议，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，成为各国制定可持续发展战略的重要内容。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威胁。在这样的背景下，1992 年联合国在巴西召开了“世界环境与发展大会”，会议通过了《里约热内卢环境与发展宣言》、《21 世纪议程》和《联合国气候变化框架公约》等一系列重要文件，将利用太阳能与环境保护结合在一起，使太阳能利用工作得到加强。

我国政府对环境与发展十分重视，提出开发和推广太阳能、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》，明确了重点发展项目。1995 年，国家计委、国家科委和国家经贸委制定了《新能源和可再生能源发展纲要》，提出我国在 1996~2010 年新能源和可再生能源的发展目标、任务以及相应的对策和措施。这些文件的制定和实施，对进一步推动我国太阳能事业的发展发挥了重要作用。1996 年，联合国在津巴布韦召开了“世界太阳能高峰会议”，会后发表了《哈拉雷太阳能与持续发展宣言》，表明了联合国和世界各国对开发太阳能的坚定决心，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，全球共同为实现世界太阳能发展战略而努力。

2009 年 12 月 7 日，联合国气候变化大会在丹麦首都哥本哈根召开，此次会议有 154 个国家的元首、政府首脑亲临，将大会变成了峰会，这本身就具有很大的象征意义，表明这些元首已经把气候变化看作很重要的问题，需要认真对待。保护地球，发展低碳经济成为全球人的共识。国际能源机构（IEA）提供的数据显示，全球变暖问题多拖一年，全球将多花费 500 亿美元用于减少二氧化碳的排放。因此，加大太阳能利用的研究和应用，将会为低碳经济和节能减排做出重要贡献。

太阳能热利用的设备必须讲究与建筑的结合，这是构筑中国太阳能热利用大市场的重要举措。近几年来，全国各地开展了太阳能热水器利用技术与建筑一体化的试验研究和示范工

程，收到了很好的效果。在建筑业高速发展、生态建筑和建设节能成为潮流的今天，符合“节能、节地、节水、治污”要求的太阳能产品将具有更广阔的市场前景。

本书由高援朝、沙永玲、王建新编著。在编写过程中，作者收集并参考了大量信息资料，并得到了人民邮电出版社的大力支持和帮助，肖立宁、杨文杰、李瑞江、韩晓雨、石戎华、杨秀珍和蒋凡也做了大量工作，在此，谨向相关人员表示谢意。由于时间紧促，作者编写水平有限，书中难免存在疏漏，敬请读者批评指正。

编 者



目录

第 1 章 太阳辐射基础知识	1	第 2 章 传热学基础知识	32
1.1 能源及其分类	1	2.1 工质热力参数	32
1.1.1 能源的概念	1	2.2 热量传递的基本方式	35
1.1.2 能源的分类	1	2.3 热管基础知识	41
1.1.3 能源的利用	3	2.4 热管结构与制造	43
1.1.4 全球能源状况	4	第 3 章 流体力学基础知识	46
1.2 太阳与地球	6	3.1 流体的主要物理性质	46
1.2.1 地球与太阳的运动规律	7	3.2 连通器原理	47
1.2.2 太阳角的计算	8	3.3 流量与流速	48
1.2.3 太阳常数	12	第 4 章 测量的基本知识	50
1.3 太阳辐射能	13	4.1 高程测量	50
1.3.1 太阳能资源的特点	13	4.1.1 高差法的原理	50
1.3.2 太阳辐射能	14	4.1.2 水准仪的使用	52
1.3.3 太阳辐射光谱	15	4.1.3 水准点与高程	54
1.3.4 到达地球表面的太阳辐射能	17	4.2 水平面的测量	55
1.4 太阳辐射强度计算	21	4.2.1 经纬仪构造及读数	55
1.4.1 辐射通量密度与辐射强度	21	4.2.2 经纬仪的使用	59
1.4.2 物体对辐射的吸收、反射 和透射	21	4.3 建筑施工测量	63
1.4.3 辐射的基本定律	22	4.3.1 施工测量的特点和准备	63
1.4.4 直接辐射、散射辐射与 总辐射	24	4.3.2 建筑物的定位放线	64
1.4.5 地面对太阳辐射的反射	27	4.3.3 龙门板的设置	65
1.5 我国的太阳能资源	28	4.3.4 基础施工的测量工作	66
1.6 太阳辐射测量仪器简介	30	4.3.5 多层建筑的轴线投测和 标高传递	66
1.6.1 几种常用的太阳辐射仪	30	第 5 章 太阳灶	67
1.6.2 太阳辐射测量仪器的使用方 法和注意事项	31		

5.1 我国太阳灶的发展概况	67	6.2.2 使用平板型集热器的 注意事项	101
5.1.1 从正抛物面设计到偏抛物面 的设计	67	6.2.3 常见的集热板	103
5.1.2 从轴外聚光到轴上聚光	71	6.3 真空太阳能集热管	103
5.1.3 太阳灶研究的新发展	73	6.3.1 全玻璃真空太阳能集热管	104
5.2 太阳灶的分类	76	6.3.2 玻璃—金属真空集热管	107
5.3 箱式太阳灶	77	6.4 真空管集热器的构成	109
5.3.1 普通箱式太阳灶	77	6.4.1 真空管集热器的基本结构	110
5.3.2 加装平面反射镜的箱式 太阳灶	78	6.4.2 联集管	111
5.3.3 抛物柱面聚光箱式太阳灶	79	6.4.3 集热器阵列与反射器的 各种设计	111
5.4 聚光式太阳灶	81	6.5 平板型太阳能热水器	113
5.4.1 旋转抛物面聚光式太阳灶	81	6.5.1 强制循环系统	113
5.4.2 偏轴抛物面聚光式太阳灶	83	6.5.2 定温放水系统	114
5.4.3 折叠式聚光太阳灶	83	6.5.3 自然循环系统	115
5.4.4 新型太阳灶	83	6.6 真空管热水器	117
5.5 太阳灶的壳体材料和反光材料	85	6.6.1 自然循环系统	117
5.5.1 太阳灶壳体材料	86	6.6.2 强制循环系统	118
5.5.2 太阳灶的反光材料	87	第7章 热水器的安装	120
5.6 太阳灶的技术要求和安装使用	88	7.1 家用太阳能热水器的安装	120
5.6.1 太阳灶的技术要求	88	7.1.1 闷晒式家用太阳能热水器 的安装	120
5.6.2 太阳灶的安装和调试	88	7.1.2 平板型家用太阳能热水器 的安装	121
5.6.3 太阳灶的使用注意事项	89	7.1.3 家用真空管太阳能热水器 的安装	122
5.7 太阳灶结构检测和热性能 试验方法	91	7.1.4 热管家用太阳能热水器 的安装	123
5.7.1 测试条件及测试仪表	91	7.1.5 紧凑式热水器的安装	124
5.7.2 结构检测方法	92	7.1.6 承压分离式热水器的安装	127
5.7.3 热性能试验方法	93	7.1.7 非承压分离式热水器 的安装	132
第6章 太阳能热水器	95	7.1.8 管道的安装	134
6.1 闷晒式太阳能热水器	95	7.2 家用太阳能热水器的防腐保温	135
6.1.1 塑料袋式热水器	95	7.2.1 防腐	135
6.1.2 浅池式热水器	96	7.2.2 保温	136
6.1.3 筒式热水器	96		
6.1.4 闷晒式真空管热水器	97		
6.2 平板型集热器	98		
6.2.1 平板型集热器的结构	98		

7.3 家用太阳能热水器的运行维护···	138	9.2.2 管道施工技术·····	176
7.3.1 家用太阳能热水器的调试····	138	9.3 辅助电加热系统·····	178
7.3.2 家用太阳能热水器的运行····	138	9.3.1 辅助电加热系统的组成·····	178
7.3.3 家用太阳能热水器的维护 和保养·····	138	9.3.2 辅助电加热系统的控制 装置·····	179
7.3.4 家用太阳能热水器故障分析 和排除·····	139	9.3.3 辅助电加热系统的安装·····	180
第8章 太阳能热水系统的设计与选型···	142	9.3.4 水位控制仪·····	181
8.1 太阳能热水系统的设计·····	142	9.4 太阳能热水系统支架和水箱的 制作·····	182
8.1.1 太阳能热水系统的分类·····	142	9.4.1 太阳能热水系统支架的 制作·····	182
8.1.2 太阳能热水系统类型与 建筑适配·····	144	9.4.2 储热水箱的制作·····	182
8.1.3 太阳能热水系统运行条件与 运行方式的选择·····	145	9.5 基础施工·····	186
8.2 太阳能热水系统循环方式·····	145	9.5.1 定位放线·····	186
8.2.1 强制循环系统·····	145	9.5.2 水箱承重梁的施工·····	187
8.2.2 自然循环系统·····	147	9.5.3 集热器支架的施工·····	189
8.2.3 直流式系统·····	148	9.5.4 屋面防水的施工·····	189
8.2.4 二次循环系统·····	149	9.6 太阳能热水系统的安装·····	190
8.3 太阳能热水系统水量与 水力计算·····	150	9.6.1 太阳能热水系统的布局·····	190
8.3.1 基本用水量计算·····	150	9.6.2 集热器的安装倾角·····	192
8.3.2 设计秒流量·····	155	9.6.3 热水系统水箱的安装·····	193
8.3.3 管道管径计算·····	157	9.6.4 集热器的安装形式·····	194
8.3.4 水头损失计算·····	158	9.6.5 集热器安装的注意事项·····	197
8.3.5 循环水泵扬程计算·····	159	9.6.6 集热器的防风和避雷·····	198
8.3.6 管路布置·····	160	9.6.7 水泵基础·····	199
8.4 工程设计和使用注意事项·····	161	9.6.8 电磁阀的安装·····	199
8.5 太阳能集热面积计算·····	163	9.7 太阳能热水系统的调试·····	200
8.6 太阳能热水系统效益分析·····	165	9.8 太阳能热水系统常见故障 判断与维修·····	200
8.7 热水供应系统选择·····	168	9.9 太阳能热水系统的防腐及保温···	202
第9章 太阳能热水系统的安装·····	170	9.9.1 太阳能热水系统的防腐·····	202
9.1 太阳能热水系统的组件选择·····	170	9.9.2 太阳能热水系统的保温·····	202
9.2 设备吊装和管道施工·····	172	9.10 太阳能热水系统新型技术·····	204
9.2.1 设备吊装·····	172	9.10.1 热泵技术·····	204
		9.10.2 PLC 可编程太阳能热水系统 智能控制器·····	207
		9.11 枣庄金尊太阳能热水工程案例···	208

第 10 章 太阳能热利用设备施工管理和验收与维护	214
10.1 施工管理	214
10.1.1 施工准备流程	214
10.1.2 施工准备细则	214
10.1.3 施工技术准备	216
10.1.4 劳动组织准备	217
10.2 工程质量要求与检验	218
10.2.1 质量要求	218
10.2.2 产品与工程检验	219
10.3 安装作业规范与管理制度	221

10.3.1 安装作业规范	221
10.3.2 管理制度	222
10.4 工期进度控制	222
10.4.1 施工项目进度控制方法	222
10.4.2 施工进度控制措施	223
10.5 工程验收	224
10.6 重点检查项目	225

附录	227
----	-----

参考文献	241
------	-----

1.1 能源及其分类

1.1.1 能源的概念

能源指人类获取能量的来源,是可以直接或通过转换提供人类所需的有用能的资源,包括已开采出来可供使用的自然资源与经过加工或转换的能量来源。

人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的。世界上一切形式的能量的初始来源是核聚变、核裂变、放射性源以及太阳系行星的运行。太阳的热核反应释放出极其巨大的能量,射到地球大气层的辐射能量为 $7.28\times10^{14}\text{kJ}$,这种辐射能实际上为地球和太空提供了用之不竭的能源。太阳的热效应产生风能、水能和海洋能,煤炭、石油、天然气等化石燃料也间接来自太阳能;生物质能是植物通过光合作用吸收的太阳能经过转换得来的;太阳系行星的运行相互之间的引力产生潮汐能。

1.1.2 能源的分类

世界上的能源可以分为 10 余种类型:化石能源(煤炭、石油、天然气)、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能、原子能、氢能、潮汐能和受控热核聚变能等,这些是能源的基本形式。根据管理和研究工作的需要,可以从不同的角度对能源进行分类,如表 1-1 所示。

表 1-1		能源分类表		
			可再生能源	不可再生能源
一次能源	常规能源	商品能源	水力（大型发电设备） 核能（增殖堆）	电能

续表

			可再生能源	不可再生能源
一次能源	常规能源	传统能源 (非商品能源)	地热 生物质能(薪柴、秸秆、粪便等) 太阳能(自然干燥、热转换、光合作用、光电转换等) 水力(水车等) 风力(风车、风帆等) 畜力	化石燃料(煤、石油、天然气) 核能 电能
	非常规能源	新能源	生物质能(制取沼气、酒精等) 太阳能(收集器、光电池) 水力(小水电) 风力(风力机等) 海洋能 地热	
二次能源	电力、焦炭、沼气、柴油、煤油、重油、蒸汽、热水、压缩空气、氢能等			

1. 可再生能源与不可再生能源

在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源称为可再生能源。经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源称为不可再生能源，它随着大规模地开采，储量越来越少，总有枯竭之时。

2. 常规能源与非常规能源(新能源)

在一定历史时期和技术水平下，已经被人们广泛应用的能源称为常规能源。许多古老的传统能源和太阳能、风能、生物质能等，若采用先进的方法加以广泛利用，以及用新发展的先进技术利用的能源，如氢能等，称为新能源。

3. 商品能源与非商品能源(传统能源)

商品能源与非商品能源以经济流通领域中的地位加以区分。商品能源是指进入市场用货币进行交易的能源，如煤炭、石油及其制品、焦炭、电力等。非商品能源是指那些一般不通过市场的能源，如秸秆、薪柴、牲畜粪便等传统能源，虽然它们有时在当地市场上也有买卖，但规模很小，也未将其列入正式商品。

4. 一次能源与二次能源

自然界现成存在，可直接取得而又不改变其基本形态的能源称为一次能源，或称初级能源。由一次能源经过加工转变成另一种形态的能源产品叫二次能源，也称次级能源。

5. 农村能源

农村能源这个名词不是能源分类学上的一个概念，它是能源管理工作上的一种划分，其研究对象和内容是农村当地各种自然资源的开发和利用，包括农村地区商品能源的供应和消费，能源技术应用、推广，能源使用中的管理以及能源技术和产品的服务社会化和市场化问题等。因此，农村能源是个涵义很广的概念。

1.1.3 能源的利用

1. 能源的计量单位

能源统计要反映多种能源的相互关系，就必须用共同的单位去计量不同的能源。不同的对象能找到一种通用的度量单位的先决条件是这些被研究对象必须要有共同的属性。

各种能源的共同属性之一是都有货币形式表现的价值，所以，能源价格可以作为能源的一种通用度量单位。这一属性是所有社会产品所共有的性质，因此，在整个国民经济的综合平衡投入—产出分析中常采用价值表现形式。但是在能源统计分析中用这种通用单位并不理想，一方面因为各种能源的价格是在不断变化的，变化的比例还常常不同；另一方面它也不反映能源系统内各种技术工艺过程的相互联系，以及能源使用与相互替代所依据的基本属性。

各种能源的另一个共同的属性是都含有能，在一定的条件下都可以转化为热。这就是各种能源使用、替代及相互间进行物理或化学转化过程时所依据的基本属性。所以，很自然地选用各种能源所含的热量作为统计计量的通用单位。

在用热量作为通用单位时有两种方法：一种是直接用热量单位，另一种是折合成某种燃料当量作为通用单位。因为我国能源中以煤为主，所以称为“标准煤”或“标煤”，多年来均沿用此单位。我国规定每千克煤当量为 29.3MJ。

实际应用的通用单位还是比较复杂的。燃料的热值又有总热量和净热量（在我国称它们为高位热值与低位热值）之分。卡（cal）是很多国家能源计量单位的基础，但它所包含的能量大小却随它的定义不同而稍有差异。

1969 年，国际计量委员会建议废除卡作为热量单位，采用国际单位制（SI）中的 J（焦耳）作为能、功和热的单位，其定义为 1 国际安培电流在 1 国际欧姆电阻上 1s 内消

耗的电能。采用国际统一单位，在保证信息传递的一致性和准确性方面有很大好处，可以避免混乱，节省大量人力物力。为了向国际标准单位过渡，许多国家和国际组织在采用其他单位的同时，也应用了这个单位。我国国家标准总局发布的国家标准（GB—2586至2589—81）中对此也做了相应规定。我国现已正式推行以国际单位制的单位为基础，同时选用了一些非国际单位制的单位构成了“中华人民共和国法定计量单位”（简称法定单位）。法定单位中的能量单位为J（焦，焦耳）。

2. 燃料的发热量——热值

完全燃烧一个单位的燃料所发出的热量称为燃料的发热量或热值。燃料的发热量分高位发热量和低位发热量。高位发热量指燃料的最大可能发热量。由于燃料中含有的水和燃料燃烧后生成的水都要吸收热量汽化，汽化的水蒸气将随排烟进入大气，汽化潜热就不可能被利用，因此，在高位发热量中扣除汽化潜热后就是低位发热量。在计算中，一般都用低位发热量作为燃料的热值。

燃料发热量的大小取决于燃料中碳、氢的含量，其数值一般由试验测定。热值的单位用kJ/kg、kJ/m³或标准煤等。

1.1.4 全球能源状况

现代经济社会的发展建立在高水平物质文明的基础之上，要实现高水平的物质文明，就要有现代化的农业、工业和交通物流，以及现代化的生活设施和服务体系，这些都需要以能源为基础。能源是人类生存和发展的重要物质基础，没有能源作为支撑，就没有现代社会和现代文明。所以能源已经成为当今国际政治、经济、军事、外交关注的焦点。

人类能源利用经历了从薪柴时代到煤炭时代，再到石油时代的演变，社会在发展，能源利用总量在不断增加，能源结构也在不断变化。但是，随着化石能源的使用数量占的比重逐渐增加，能源对人类社会经济发展的制约和对资源环境的影响也越来越明显。

据经济学家和科学家估计，到本世纪中叶，即2050年左右，石油资源将会开采殆尽，其价格升到很高，不再是大众普遍使用的能源。未来的能源危机将席卷全球，最严重的状态是使工业大幅度萎缩，甚至会引发抢占石油资源的战争。因此，客观的现实要求地球重建新的能源体系。

1. 能源问题已成为世界重大战略问题

能源是世界经济增长的动力，工业化时代的经济增长与能源的消耗呈近似线性的关系。据国际能源机构（IEA）的预测，在未来25年里，世界能源需求总量将增加1倍，

而能源的供给形势却不容乐观。据该机构估计,石油储量大约在 2050 年宣告枯竭;天然气的储备估计为 $1.318 \times 10^{11} \sim 1.529 \times 10^{11} \text{m}^3$,若年开采量维持在 $2.3 \times 10^9 \text{m}^3$,天然气将在 57~65 年内枯竭;煤的储量约为 $5.6 \times 10^{11} \text{t}$,可以供应 169 年;铀的开采量目前为每年 $6 \times 10^4 \text{t}$,而核聚变到 2050 年还没有实现的可能。化石能源与原料链条的中断,必将导致世界经济危机和冲突的加剧。

对于中国而言,能源问题更是不容忽视。2003 年中国已经成为世界第一煤炭消费大国,世界第二石油电力消费大国,同时消耗了占世界当年消耗总量近 50% 的水泥、35% 的铁矿石、20% 的氧化铝和铜。能源对经济发展的制约作用已经开始显现。当前,我国正面临新一轮的经济增长,要实现以能源翻一番保障 GDP 翻两番的目标,面临的挑战巨大。中央、国务院高度重视能源问题,将其视为关系我国经济发展、社会稳定、国家安全的重大问题。

2. 国际可再生能源发展状况

提高能源效率和发展可再生能源已经成为全球能源可持续发展的两个年轮,世界终将转入可再生能源的永续利用。国际上可再生能源的利用状况如下。

(1) 水电能。

目前,经济发达国家水能资源已基本开发完毕,水电建设主要集中在发展中国家。水力发电是目前最成熟的可再生能源发电技术。到 2005 年年底,全世界水电装机容量约为 $8.5 \times 10^8 \text{kW}$ 。

(2) 生物质能。

生物质能是指植物叶绿素将太阳能转化为化学能储存在生物质内部的能量,目前开发利用的主要技术有:通过热化学转化技术将固体生物质转化成可燃气体、焦油等,通过生物化学转换技术将生物质在微生物的发酵作用下转换成沼气、酒精等,通过压块细密成型技术将生物质压缩成高密度固体燃料等。

现在生物质能的发展方向是高效清洁利用,将生物质能转化为优质能源,包括电力、燃气、液体燃料和固体成型燃料等。到 2005 年年底,全世界生物质发电总装机容量约为 $5 \times 10^7 \text{kW}$,主要集中在北欧和美国;生物燃料乙醇年产量约 $3 \times 10^7 \text{t}$,主要集中在巴西、美国;生物柴油年产量约 $2 \times 10^6 \text{t}$,主要集中在德国。沼气已是成熟的生物质能利用技术,在欧洲、中国和印度等地已建设了大量沼气工程和分散的户用沼气池。

(3) 风电能。

风能是利用风力机械将风能转化为电能、热能、机械能等各种形式的能量,用于发电、提水、助航、制冷和制热等。风力发电是目前最成熟的风能开发利用方式。

风电包括离网运行的小型发电机组和大型并网发电机组,技术已经基本成熟。到

2005 年年底, 全世界装机容量已达 $6 \times 10^7 \text{kW}$, 最近 5 年来平均年增长率达 30%。风电场已从陆地向海上发展, 目前, 欧洲的德国、西班牙、希腊等国的技术比较成熟, 我国也在大力发展风能。

(4) 太阳能。

太阳能利用包括太阳能光伏发电、太阳能光热发电以及太阳能热水器和太阳房等热利用方式。光伏发电最初作为独立的分散电源使用, 近年来并网光伏发电的发展速度加快, 市场容量已超过独立使用的分散光伏电源。2005 年, 全世界光伏电池产量为 $1.2 \times 10^6 \text{kW}$, 累计已安装 $6 \times 10^6 \text{kW}$; 太阳能热发电已经历了较长时间的试验运行, 基本上可以达到商业运行要求, 目前总装机容量约为 $4 \times 10^5 \text{kW}$; 2005 年全世界太阳能热水器总面积已达到约 $1.4 \times 10^8 \text{m}^2$ 。

(5) 地热能。

地热能是指来自地下的热能资源。我们生活的地球是一个巨大的地热库, 仅地下 10km 厚的一层, 储热量就达 $1.05 \times 10^{26} \text{J}$, 相当于 $9.95 \times 10^{15} \text{t}$ 标准煤所释放的热量。地热能是世界上很多地区应用相当广泛。

地热能利用包括发电和热利用两种方式, 技术都比较成熟。到 2005 年年底, 全世界地热发电总装机容量约 $9 \times 10^6 \text{kW}$, 主要应用于美国、冰岛、意大利等国家。近 5 年来, 全世界地热能热利用年平均增长约 13%。

(6) 海洋能。

海洋能通常指蕴藏在海洋中的可再生能源, 主要包括潮汐能、波浪能、海流能、海水温差能和海水盐差能等。海洋能蕴藏丰富, 但能量密度低, 地域性强, 开发有一定的困难和局限。

潮汐发电、波浪发电和洋流发电等海洋能的开发利用也取得了较大进展, 初步形成规模的主要是潮汐发电, 全世界潮汐发电总装机容量约 $3 \times 10^5 \text{kW}$ 。

1.2 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。

1.2.1 地球与太阳的运动规律

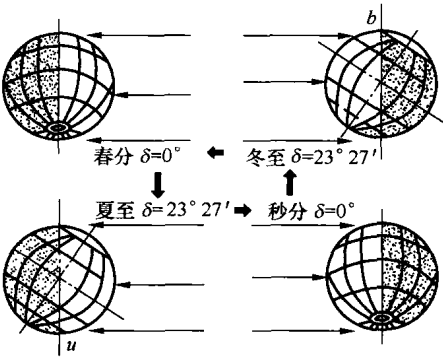
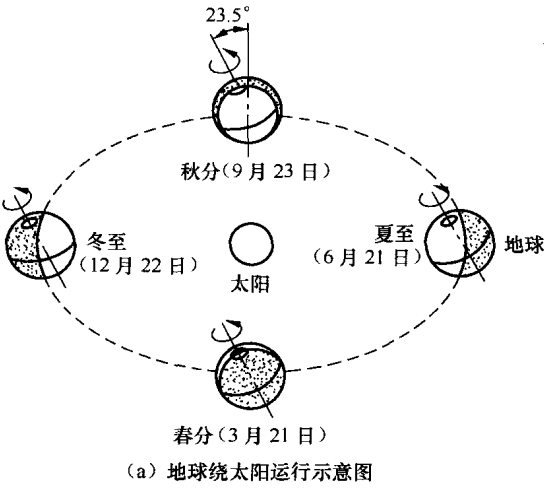
众所周知，地球每天绕着地轴自西向东地自转一周。每转一周（ 360° ）为一昼夜，一昼夜又分为 24 小时，所以地球每小时自转 15° 。

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，而地球的自转轴在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 δ 的变化引起的。太阳光线与地球赤道平面夹角称为太阳赤纬角，简称赤纬，用 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 4 个典型的季节日的地球公转行程，图 1-1（b）表示对应于上述 4 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，每天地球都处在运转轨道的不同点，即每天太阳光线直射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 21 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 21 日）正午垂直投射于赤道 0° ；在秋分日（约 9 月 23 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 为中纬度地区一年内太阳的运行轨迹示意图。



(b) 地球受太阳照射的变化
图 1-1 地球公转及日照变化示意图