

社会主义新农村建设指导系列丛书

新农村 建设

太阳能利用

北京土木建筑学会

北京科智成市政设计咨询有限公司

主编

Building a New Socialist
Countryside



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

社会主义新农村建设指导系列丛书

新农村建设

太阳能利用

北京土木建筑学会

北京科智成市政设计咨询有限公司

主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是《社会主义新农村建设指导系列丛书》之一,丛书不仅涵盖了新农村建设中“四节”技术的丰富内容,而且还介绍了适合于新农村建设的具有可操作性的技术应用措施等,对新农村建设的人居环境建设、农村能源建设等具有很好的指导作用。本书共分为8章:第1章,太阳能利用与新农村建设;第2章,太阳能热水器;第3章,太阳房建筑;第4章,太阳能与建筑一体化;第5章,太阳灶;第6章,太阳能光伏发电技术;第7章,太阳能制冷与空调;第8章,太阳能干燥技术。

本套丛书既可为广大的农民、农村基层领导干部和农村科技人员提供新农村建设的具有实践性、指导意义的技术参考资料,以及解决问题的方法和相关的知识,也可作为社会主义新型农民、职工的培训等学习教材使用,还可作为建筑设计单位、新型材料生产厂商、建筑施工单位、监理单位以及所有参与社会主义新农村建设的单位或个人学习、应用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

新农村建设 太阳能利用/北京土木建筑学会,北京科智成市政设计咨询有限公司主编.
—北京:中国电力出版社,2008
(社会主义新农村建设指导系列丛书)
ISBN 978-7-5083-6180-2

I. 新… II. ①北…②北… III. 农村—太阳能—利用
IV. TK519

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 174645 号

中国电力出版社出版发行
北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>
责任编辑:高璇 周娟华 责任印制:陈焊彬 责任校对:王瑞秋
北京丰源印刷厂印刷·各地新华书店经售
2008年1月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm 1/16开本·18印张·448千字
定价:32.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010—88386685)

《新农村建设 太阳能利用》

编委会名单

主编单位:北京土木建筑学会

北京科智成市政设计咨询有限公司

顾问:(按姓氏笔画排序)

王庆生 方展和 邓祥发 史新华 张玉海

彭爱京

主编:李 赛

副主编:胡毅军

编委:(按姓氏笔画排序)

王 宏 王 峥 王 鹏 申兰君 艾宗于

李洪涛 栾兴林 资文斌 高 杰 梁泰臣

黄财兴 黄 艳

前 言

党的十六届五中全会和“十一五”规划纲要提出“建设社会主义新农村”这一重大的历史任务。2006年《关于推进社会主义新农村建设的若干意见》，对社会主义新农村建设作了全面深刻系统的阐述，确立了社会主义新农村建设指导原则和发展目标，为当前和今后一个时期的“三农”工作指明了方向。2007年再次强调，“扎实推进新农村建设的各项工作丝毫不能松懈”。

党的十七大报告明确指出，“统筹城乡发展，推进社会主义新农村建设。解决好农业、农村、农民问题，事关全面建设小康社会大局，必须始终作为全党工作的重中之重”。

社会主义新农村建设是一个长期的历史过程。“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”是党和政府解决“三农”问题政策方针的升华，是在新时期建设和谐社会与全面发展农村事业的重大举措。改善农村人居环境，以科学的发展观统领农村建设事业的发展，促进农村经济结构调整和经济增长方式转变，根据中央和建设部提出的发展节能省地型住宅和公共建筑的要求，全面推广和普及节能、节水、节地和节材的技术、措施，是建设领域的工作者在社会主义新农村建设事业中应当承担起的政府职责和社会责任。

2006年，北京土木建筑学会与北京市建设委员会共同组织编写了《新农村建设“四节”技术应用指导手册》，下发到北京市各基层村，受到了广大农民和农村基层领导干部、技术人员的热烈欢迎，对北京市社会主义新农村建设工作起到了很好的指导作用。

随着“节能、节水、节地、节材”工作在建设领域的全面开展与深化，尤其是结合在过去一年来新农村建设中农村人居环境改善的实践探索和新能源在新农村建设中的应用，北京土木建筑学会组织有关专家精心编写了这套“社会主义新农村建设指导系列丛书”。本套丛书共分为7册，内容不仅涵盖了新农村建设中“四节”技术的丰富内容，还介绍了适合于新农村建设的具有可操作性的技术应用措施等，对新农村建设的人居环境建设、农村能源建设等具有很好的指导作用。

本书为第6分册：《新农村建设 太阳能利用》。其首先分析了太阳能与新农村建设的意义及在新农村建设中的意义，重点对太阳能热水系统、太阳能建筑、太阳能发电、太阳灶、太阳能干燥等内容作了深入细致的分析与阐述，以求有助于广大农村基层干部和工程技术人员、参与社会主义新农村规划建设的人员进一步理解社会主义新农村建设的历史意义和工作方向、工作内容等。

本书共分为8章：第1章，太阳能利用与新农村建设；第2章，太阳能热水器；第3章，太阳房建筑；第4章，太阳能与建筑一体化；第5章，太阳灶；第6章，太阳能光伏发电技术；第7章，太阳能制冷与空调；第8章，太阳能干燥技术。

本套丛书既可为广大的农民、农村基层领导干部和农村科技人员提供具有实践性、指导意义的技术参考资料，以及解决问题的方法和相关的知识；也可作为社会主义新型农民、职工的培训等学习教材使用；还可供建筑设计单位、新型材料生产厂商、建筑施工单位、监理单位以及所有参与社会主义新农村建设的单位或个人学习、应用和参考。

本套丛书在编写过程中，得到了很多专家和相关领导的关心、大力支持和指导，同时本书在编制中参考了一些公开发表的文献资料，在此一并表示深深的谢意！

由于编者水平有限以及时间仓促，书中难免存在一些不足和谬误之处，而且随着社会主义新农村建设的不断深入、不断完善和不断发展，本书的实践探索也许并不能全面地反映社会主义新农村建设的要旨，恳请广大读者批评、指正，提出建议，以便再版时修订，以促使本书能更好地为“三农”服务、为社会主义新农村建设服务。

编 者

目 录

前 言

第 1 章 太阳能利用与新农村建设	1
1.1 新能源与可再生能源的概念及分类	1
1.1.1 能源的定义	1
1.1.2 能源的分类	1
1.1.3 新能源与可再生能源含义及特点	2
1.1.4 新能源与可再生能源开发利用的意义	5
1.2 太阳能资源	7
1.2.1 太阳及太阳能量	7
1.2.2 太阳辐射照度	10
1.2.3 中国太阳能资源	12
1.3 太阳能利用的技术原理	13
1.3.1 太阳能利用的发展过程	13
1.3.2 太阳能利用的技术原理	16
1.3.3 太阳能利用的技术措施	18
1.4 新农村建设中的太阳能利用	22
1.4.1 我国农村太阳能的发展情况	22
1.4.2 新农村建设中的太阳能利用	23
第 2 章 太阳能热水器	27
2.1 太阳能热水器及热水系统构成	27
2.1.1 太阳能热水器工作原理及类型	27
2.1.2 太阳能集热器	28
2.1.3 太阳能热水器水箱及补取水	37
2.1.4 太阳能热水系统及其类型	43
2.2 太阳能热水系统设计	51
2.2.1 太阳能热水系统综合设计	51
2.2.2 保温贮水箱设计	58
2.2.3 补水箱设计	60
2.2.4 电加热水箱	61
2.2.5 太阳能热水系统水泵选择	62
2.2.6 太阳能热水系统控制系统设计	66
2.2.7 安装与调试要求	66
2.3 家用太阳能热水器	68
2.3.1 闷晒式热水器	68
2.3.2 平板太阳能热水器	69
2.3.3 全玻璃真空管太阳能热水器	69
2.3.4 热管真空管热水器	70

2.4	家用太阳能热水器安装和维护	71
2.4.1	家用太阳能热水器安装要点	71
2.4.2	家用太阳能热水器维护要点	72
2.4.3	家用太阳能热水器故障分析和排除	72
2.5	太阳能热水系统的安装与维护	73
2.5.1	太阳能热水系统的运行方式	73
2.5.2	集热器的连接方式	74
2.5.3	自然循环太阳能热水系统安装	74
2.5.4	强制循环太阳能热水系统安装	75
2.5.5	太阳能热水系统安装工程质量验收要点	77
2.5.6	太阳能热水系统故障与排除	78
2.5.7	太阳能热水系统防冻措施	79
2.5.8	太阳能热水系统中辅助电加热系统安装	79
2.6	太阳能热水地板辐射采暖系统	81
2.6.1	系统原理	81
2.6.2	系统技术经济分析	81
2.6.3	系统构成与工作原理	82
2.6.4	太阳能热水地板辐射采暖设计计算	83
2.7	太阳能集中热水系统选用与安装示例	85
2.7.1	强制循环系统原理图示	85
2.7.2	直流系统原理图示	96
2.7.3	自然循环系统原理图示	97
2.7.4	太阳能集热器连接平面布置图示	98
2.7.5	管路系统图示	100
2.7.6	太阳能集热器选用技术参数及安装尺寸	100
2.7.7	太阳能集热器屋面安装图示	108
2.7.8	穿屋面管道及管井做法图示	117
第3章	太阳房建筑	120
3.1	太阳房建筑	120
3.1.1	主动式太阳房	120
3.1.2	热泵式太阳能采暖系统	123
3.1.3	被动式太阳房	125
3.2	太阳能温室建筑技术	138
3.2.1	太阳能温室类型	138
3.2.2	太阳能温室设计	140
3.2.3	太阳能温室建造与使用	144
第4章	太阳能与建筑一体化	148
4.1	太阳能与建筑一体化技术的发展	148
4.1.1	太阳能与建筑一体化技术的现状	148
4.1.2	太阳能与建筑一体化的发展方向	149

4.1.3	太阳能与建筑一体化存在的问题与解决方法	149
4.1.4	太阳能热水器与建筑一体化的前景	150
4.2	太阳能与建筑一体化设计	150
4.2.1	基本设计要求	150
4.2.2	太阳能热水系统的技术要求及参数	153
4.2.3	太阳能热水系统的设计技术措施	154
4.2.4	与建筑一体化的规划和设计技术措施	161
4.2.5	太阳能热水系统经济技术分析	167
第5章	太 阳 灶	168
5.1	太阳灶类型	168
5.1.1	太阳灶炊事功能	168
5.1.2	太阳灶结构类型	168
5.2	太阳灶设计、制作	172
5.2.1	太阳灶设计	172
5.2.2	太阳灶材料与制作	179
5.3	太阳灶安装、调试及使用维护	183
5.3.1	太阳灶选择	183
5.3.2	太阳灶安装	184
5.3.3	太阳灶首次炊事试验	185
5.3.4	太阳灶使用注意事项	185
5.3.5	太阳灶技术要求和测试方法	186
第6章	太阳能光伏发电技术	189
6.1	太阳能光伏发电系统原理	189
6.1.1	太阳能光伏发电原理	189
6.1.2	太阳能电池分类及结构	189
6.1.3	太阳能光伏发电系统原理	190
6.1.4	太阳能光伏发电的特点	191
6.2	太阳能光伏发电系统构成	193
6.2.1	太阳能电池组件及方阵	193
6.2.2	光伏发电配套系统	197
6.2.3	独立太阳能光伏发电系统	200
6.2.4	并网太阳能光伏发电系统	201
6.2.5	光伏发电与建筑相结合(BIPV)	205
6.2.6	太阳能光伏发电应用实例	207
6.3	太阳能光伏发电系统工程设计	210
6.3.1	系统工程设计的一般要求	210
6.3.2	太阳能光伏发电系统工程设计	210
6.4	太阳能光伏发电系统工程安装与验收	214
6.4.1	方阵基础设置	214
6.4.2	方阵机架安装	215

6.4.3	太阳能电池方阵安装	215
6.4.4	设备布置安装	217
6.5	输配电系统及防雷与接地	217
6.5.1	交流配电设备	217
6.5.2	低压架空配电线路	225
6.5.3	柴油发电机组	229
6.5.4	太阳能光伏发电系统防雷与接地	234
6.6	太阳能光伏发电系统操作、使用与管理维护	239
6.6.1	太阳能光伏发电系统操作使用	239
6.6.2	太阳能光伏发电系统管理维护	240
第7章	太阳能制冷与空调	246
7.1	概述	246
7.1.1	太阳能空调的意义	246
7.1.2	太阳能空调的优点	246
7.1.3	太阳能空调在现阶段的局限性	247
7.2	太阳能制冷系统分类	247
7.2.1	制冷的基本概念及分类	247
7.2.2	太阳能制冷系统的类型	248
7.3	太阳能吸收式制冷系统	248
7.3.1	溴化锂吸收式制冷	248
7.3.2	氨-水吸收式制冷	250
7.3.3	太阳能吸收式制冷的工作原理	251
7.3.4	多级太阳能吸收式制冷系统	252
7.4	太阳能吸附式制冷系统	254
7.4.1	连续式制冷系统和间歇式制冷系统	254
7.4.2	太阳能吸附式制冷的工作原理	254
7.5	太阳能除湿式制冷系统	255
7.5.1	除湿式制冷系统的主要优点	255
7.5.2	除湿式制冷系统分类	255
7.5.3	太阳能除湿式制冷系统的工作原理	255
7.6	太阳能蒸汽压缩式制冷	256
7.6.1	蒸汽压缩式制冷的工作原理	256
7.6.2	太阳能蒸汽压缩式制冷的工作原理	257
7.7	太阳能蒸汽喷射式制冷系统	258
7.7.1	蒸汽喷射式制冷的工作原理	258
7.7.2	太阳能蒸汽喷射式制冷的工作原理	259
7.8	太阳能空调技术经济分析	260
7.8.1	太阳能综合系统与常规能源系统的设备比较	260
7.8.2	太阳能综合系统需增加费用的估算	260
7.8.3	太阳能替代常规能源消耗费用的估算	261

7.8.4 投资回收期估算	261
第8章 太阳能干燥技术	262
8.1 概述	262
8.1.1 太阳能干燥的意义	262
8.1.2 太阳能干燥的优点	262
8.2 太阳能干燥基本原理	263
8.2.1 干燥的基本概念	263
8.2.2 太阳能干燥的基本原理	263
8.2.3 物料的干燥特性	263
8.3 太阳能干燥器的分类	266
8.3.1 按物料接受太阳能方式分类	266
8.3.2 按空气流动动力类型分类	266
8.3.3 按太阳能干燥器结构形式分类	266
8.4 温室型太阳能干燥器	267
8.4.1 基本结构	267
8.4.2 工作过程	267
8.4.3 适用范围	268
8.4.4 应用实例	268
8.5 集热器型太阳能干燥器	269
8.5.1 基本结构	269
8.5.2 工作过程	270
8.5.3 适用范围	270
8.5.4 应用实例	270
8.6 集热器-温室型太阳能干燥器	272
8.6.1 基本结构	272
8.6.2 工作过程	272
8.6.3 适用范围	273
8.6.4 应用实例	273
8.7 整体式太阳能干燥器	274
8.7.1 基本结构	274
8.7.2 工作过程	274
8.7.3 适用范围	274
8.7.4 应用实例	275
8.8 其他形式太阳能干燥器	275
8.8.1 聚光型太阳能干燥器	275
8.8.2 太阳能远红外干燥器	275
8.8.3 太阳能振动流化床干燥器	276
参考文献	277

第1章 太阳能利用与新农村建设

1.1 新能源与可再生能源的概念及分类

1.1.1 能源的定义

从物理学的观点看,能量可以简单地定义为做功的本领。广义而言,任何物质都可以转化为能量,但是转化的数量及转化的难易程度是不同的,比较集中而又较易转化的含能物质——能量的来源——称为能源。随着科学技术的进步,人类对物质性质的认识及掌握能量转化的方法也在深化,因此尚没有一个很确切的能源的定义。

但在一定的工业阶段,按照人类在社会经济生活中对能源的开发、利用技术来定义,能源可描述为:比较集中的含能体或能量过程称为能源,是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力电能、化学能等某种形式能量的载能体资源。

1.1.2 能源的分类

1. 按能量根本蕴藏方式分类

第一类能源是来自地球以外的太阳能。人类现在使用的能量主要来自太阳能,故太阳有“能源之母”的说法。现在,除了直接利用太阳的辐射能之外,还大量间接地使用太阳能。例如使用最多的煤、石油、天然气等化石资源,它们就是千百万年前绿色植物在阳光照射下经光合作用形成有机质而长成的根茎以及食用它们的动物遗骸在漫长的地质变迁中所形成的。此外如生物质能、流水能、风能、海洋能、雷电等,也都是由太阳能经过某些方式转换而形成的。

第二类能源是地球自身蕴藏的能量。这里主要指地热能资源以及原子能燃料,还包括地震、火山喷发和温泉等自然呈现出的能量。据估算,地球以地下热水和地热蒸汽形式储存的能量,是煤储能的1.7亿倍。地热能是地球内放射性元素衰变辐射的粒子或射线所携带的能量。此外,地球上的核裂变燃料(铀、钍)和核聚变燃料(氘、氚)是原子能的储存体。即使将来每年耗能比现在多1000倍,这些核燃料也足够人类用100亿年!

第三类能源是地球和其他天体引力相互作用而形成的。这主要指地球和太阳、月球等天体间有规律运动而形成的潮汐能。地球是太阳系的九大行星之一,月球是地球的卫星。由于太阳系其他八颗行星或距地球较远,或质量相对较小,结果只有太阳和月亮对地球有较大的引力作用,导致地球上出现潮汐现象。海水每日潮起潮落各两次,这是引力对海水做功的结果。潮汐能蕴藏着极大的机械能,潮差常达十几米,不仅非常壮观,而且是雄厚的发电原动力。

2. 按相对比较的方法分类

(1)一次能源与二次能源。在自然界中天然存在的、可直接取得而又不改变其基本形态的能源称为一次能源,如煤炭、石油、天然气、风能、地热等。为了满足生产和生活的需要,有些能源通常需要经过加工以后再加以使用。由一次能源经过加工转换成另一种形态的能源产品叫做二次能源,如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。大部分一次能源都需要转换成容易输送、分配和使用的二次能源,以适应消费者的需要。二次能源经过输送和分配,在各种设备中使用



即成为终端能源。终端能源最后变成有效能。如图 1-1 所示。

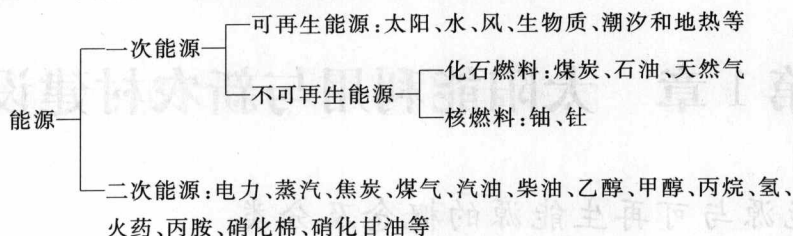


图 1-1 一次能源与二次能源分类

(2)可再生能源与不可再生能源。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，如太阳能和由太阳能转换而成的水力、风能、生物质能等。它们都可以循环再生，不会因长期使用而减少。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，如煤炭、石油、天然气、核燃料等。它们随着大规模地开采利用，其储量越来越少，总有枯竭之时。

(3)常规能源与新能源。在相当长的历史时期和一定科学技术水平下，已经被人类长期广泛利用的能源，不但为人们所熟悉，而且也是当前主要能源和应用范围很广的能源，称为常规能源，如煤炭、石油、天然气、水力、电力等。一些虽属古老的能源，但只有采用先进方法才能加以利用，或采用新近开发的科学技术才能开发利用的能源；还有些能源近一二十年来才被人们所重视，新近才被开发利用，而且在目前使用的能源中所占比例很小，但却很有发展前途的能源。这些能源称为新能源，或称替代能源，如太阳能、地热能、潮汐能等。常规能源与新能源是相对而言的，现在的常规能源过去也曾是新能源，今天的新能源将来又成为常规能源。

(4)燃料能源与非燃料能源。从能源性质来看，能源又可分为燃料能源和非燃料能源。属于燃料能源的有矿物燃料（煤炭、石油、天然气），生物燃料（薪柴、沼气、有机废物等），化工燃料（甲醇、酒精、丙烷以及可燃原料铝、镁等），核燃料（铀、钍、钚等）共四类。非燃料能源多数具有机械能，如水能、风能等；有的含有热能，如地热能、海洋热能等；有的含有光能，如太阳能、激光等。

按使用能源时对环境污染的大小，又把无污染或污染较小的能源称为清洁能源，如太阳能、水能、氢能等；对环境污染较大的能源称为非清洁能源，如煤炭、油页岩等。石油的污染比煤炭小些，但产生氧化氮、氧化硫等有害物质。一般而言，非燃料能源较燃料能源对环境的影响小些。所以，清洁与非清洁能源的划分也是相对比较而言，不是绝对的。

1.1.3 新能源与可再生能源含义及特点

1. 新能源与可再生能源的基本含义

新能源与可再生能源的基本含义为：以新技术和新材料为基础，使传统的可再生能源得到现代化的开发利用，用取之不尽、周而复始的可再生能源来不断取代资源有限、对环境有污染的化石能源。它不同于常规化石能源，它可以持续发展，几乎取之不尽、用之不竭，对环境无多大损害，有利于生态良性循环。重点是开发利用太阳能、风能、生物质能、海洋能、地热能和氢能等。

2. 新能源和可再生能源的特点

新能源和可再生能源共同的特点主要有如下几个。

(1)能量密度较低并且高度分散。

(2)资源丰富，可以再生。

(3)清洁干净，使用中几乎没有损害生态环境的污染物排放。



(4)太阳能、风能、潮汐能等资源具有间歇性和随机性。

(5)开发利用的技术难度大。

3. 新能源和可再生能源的种类

(1)联合国开发计划署(UNDP)的划分:

1)大中型水电。

2)新、可再生能源:包括小水电、太阳能、风能、现代生物质能、地热能 and 海洋能等。

3)传统生物质能。

(2)我国的划分。我国目前对新能源与可再生能源的界定是指除常规化石能源和大中型水力发电及核裂变发电之外的生物质能、太阳能、风能、小水电、地热能、海洋能等一次能源以及氢能、燃料电池等二次能源。

1)生物质能。是绿色植物通过叶绿素将太阳能转化为化学能储存在生物质内部的能量。有机物中除矿物燃料以外的所有来源于动植物的能源物质均属于生物质能,通常包括木材及森林废弃物、农业废弃物、水生植物、油料植物、城市和工业有机废弃物、动物粪便等。

生物质能的利用方式主要有直接燃烧、热化学转换和生物化学转换3种途径。

生物质的直接燃烧在今后相当长的时期内仍将是我国农村生物质能利用的主要方式。当前改造热效率仅为10%左右的传统烧柴灶,推广效率可达20%~30%的节柴灶这种技术简单、易于推广、效益明显的节能措施,被国家列为农村能源建设的重点任务之一。

生物质的热化学转换是指在一定温度和条件下,使生物质气化、炭化、热解和催化液化,以生产气态燃料、液态燃料和化学物质的技术。

生物质的生物化学转换包括有生物质-沼气转换和生物质-乙醇转换等。沼气转换是有机物质在厌氧环境中,通过微生物发酵产生一种以甲烷为主要成分的可燃性混合气体,即沼气。乙醇转换是利用糖质、淀粉和纤维素等原料经发酵制成乙醇。

2)太阳能。太阳能的转换和利用方式有光-热转换、光-电转换和光-化学转换。

接收或聚集太阳能使之转换为热能,然后用于生产和生活的一些方面,是光-热转换即太阳能热利用的基本方式。太阳能热水系统是目前我国太阳能热利用的主要形式,它是利用太阳能将水加热储于水箱中加以利用的装置。太阳能产生的热能可以广泛地应用于采暖、制冷、干燥、蒸馏、温室、烹饪以及工农业生产等各个领域,并可进行太阳能热发电和热动力。

利用光生伏打效应原理制成的太阳能电池,可将太阳的光能直接转换成为电能加以利用,称为光-电转换,即太阳能光电利用。

太阳能光-化学转换尚处于研究试验阶段,这种转换技术包括半导体电极产生电而电解水制氢,以及利用氢氧化钙或金属氢化物热分解储能等。

太阳辐射能作为一种能源,与煤炭、石油、天然气、核能等比较,有其独具的特点。其优点可概括以下几点。

①普遍。阳光普照大地,处处都有太阳能,可以就地利用,不需到处寻找,更不需火车、轮船、汽车等日夜不停地运输。这对解决偏远地区以及交通不便的乡村、海岛的能源供应,具有很大的优越性。

②无害。利用太阳能作能源,没有废渣、废料、废水、废气排出,没有噪声,不产生对人体有害的物质,因而不会污染环境,没有公害。

③长久。利用太阳能作能源,可以说是取之不尽、用之不竭的。

④巨大。一年内到达地面的太阳辐射能的总量,要比地球上现在每年消耗的各种能源的总



量大几万倍。

它的缺点如下。

①分散性。即能量密度低。晴朗白昼的正午,在垂直于太阳光方向的地面上, 1m^2 面积所能接受的太阳能,平均只有 1kW 左右。作为一种能源,这样的能量密度是很低的。因此,在实际利用时,往往需要一套面积相当大的太阳能收集设备。这就使得设备占地面积大、用料多、结构复杂、成本增高,影响了推广应用。

②随机性。到达某一地面的太阳直接辐射能,由于受气候、季节等因素的影响,是极不稳定的,这就给大规模的利用增加了不少困难。

③间歇性。到达地面的太阳直接辐射能,随昼夜的交替而变化。这就使大多数太阳能设备在夜间无法工作。为克服夜间没有太阳直接辐射、散射辐射很微弱所造成的困难,就需要研究和配备储能设备,以便在晴天时把太阳能收集并储存起来,供夜晚或阴雨天使用。

3)风能。是太阳辐射造成地球各部分受热不均匀,引起各地温差和气压不同,导致空气运动而产生的能量。利用风力机可将风能转换成电能、机械能和热能等。风能利用的主要形式有风力发电、风力提水、风力制热以及风帆助航等。

4)小水电。所谓小水电通常是指小水电站及与其相配套的电网的统称。

1980年联合国召开的第二次国际小水电会议,确定了以下3种小水电容量范围:①小型水电站(small), $1001\sim 12000\text{kW}$;②小小水电站(mini), $101\sim 1000\text{kW}$;③微型水电站(micro), 100kW 以下。我国国家发改委规定,电站总容量在 5万kW 以下的为小型; $5\text{万}\sim 25\text{万kW}$ 的为中型; 25万kW 以上的为大型。我国20世纪70年代以来,小水电一般是指单站容量在 1.2万kW 以下的小水电站及其配套小电网。但随着国民经济的发展,自1996年起小水电的容量范围提高为按单站 5万kW 计算。我国农村村级以下办的小水电,目前多数属于容量为 100kW 左右的微型水电站。按照集中水头的办法,小水电的开发方式可分为引水式、堤坝式和混合式3类。

5)地热能。地热资源是指在当前技术经济和地质环境条件下,地壳内部能够科学、合理地开发出来的热能量和地热流体中的热能量及其伴生的有用组分。

地热资源按贮存形式可分为水热型(又分为干蒸汽型、湿蒸汽型和热水型)、地压型、干热岩型和岩浆型4大类;按温度高低可分为高温型(大于 150°C)、中温型($90\sim 149^\circ\text{C}$)和低温型(小于 89°C)3大类。地热能的利用方式主要有地热发电和地热直接利用两大类。不同品质的地热能可用于不同的目的。流体温度为 $200\sim 400^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于发电和综合利用; $150\sim 200^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于发电、工业热加工、工业干燥和制冷; $100\sim 150^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于采暖、工业干燥、脱水加工、回收盐类和双循环发电; $50\sim 100^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于温室、采暖、家用热水、工业干燥和制冷; $20\sim 50^\circ\text{C}$ 的地热能主要用于洗浴、养殖、种植和医疗等。

6)海洋能。是指蕴藏在海洋中的可再生能源,它包括潮汐能、波浪能、潮流能、海流能、海水温度差能和海水盐度差能等不同的能源形态。

海洋能按储存能量的形式可分为机械能、热能和化学能。潮汐能、波浪能、海流能、潮流能为机械能,海水温度差能为热能,海水盐度差能为化学能。海洋能技术是指将海洋能转换成为电能或机械能的技术。

7)氢能和燃料电池。氢能是世界新能源和可再生能源领域正在积极开发的一种二次能源。

除空气以外,氢以化合物的形态储存于水中,特别是广阔海洋的海水中,资源极其丰富。在自然界中,氢和氧结合成水,必须用热分解或电分解的方法才能把氢从水中分离出来。如用煤



炭、石油和天然气等化石能源产生的热或所转换的电去分解水制氢,既不经济又污染环境,显然不可行。现在看来,高效率制氢的基本途径将是利用太阳能,走太阳能-氢能的技术路线。氢能不但清洁干净、效率高,而且转换形式多样,可以制成以其为燃料的燃料电池。在 21 世纪,氢能将会成为一种重要的二次能源,燃料电池将成为一种最具竞争力的全新发电方式。

1.1.4 新能源与可再生能源开发利用的意义

1. 中国能源基本情况

当前,我们面对的资源和环境压力比过去任何时候都更加严峻,尽管资源约束并非中国经济发展的绝对障碍。但中国并不具有特别的资源优势,人口众多、人均资源不足是基本国情。多年来,依赖大量的资源消耗推动了中国经济的快速增长,经济增长的代价是资源消耗过度,环境破坏严重。因此,能源短缺危机与环境约束压力同时并存。

(1)国内能源供应紧缺。中国的能源供应现状是能源消费量远远大于能源供应量。自 1992 年起中国能源消费总量超过能源生产总量,至今能源供应低于能源消费的趋势有增无减。由于能源投资不足,中国能源生产增长低于能源消费增长,20 世纪 90 年代至今的 10 余年间,能源生产总量的年均增长为 3.3%,能源消费的年均增长为 4.2%,相差约 0.8 个百分点。中国能源的核心问题表现在如下几个方面。

1)能源结构以煤为主。在全球一次能源系统中,化石能源占 90%,核电、水电仅占 10%。化石能源包括煤炭、石油、天然气,其中煤炭占 62.8%,石油占 19.6%,天然气占 17.6%。由此可见,在全球化石能源中,煤炭占据绝对优势。中国一次能源生产与消费构成中也不例外,煤炭比例超过 2/3。2004 年,中国一次能源生产构成中原煤占 75.6%,原油占 13.5%,天然气占 3.0%,水电占 7.9%。能源结构以煤为主是由资源约束决定的,能源消费结构也基本与生产结构相同。

2)石油安全问题日趋显著。未来能源供应安全问题主要取决于油气可靠供应。中国自 1993 年首次成为石油净进口国、1996 年成为原油净进口国以后,2004 年进口原油达 1.23 亿 t,首次突破亿 t 大关,增幅为 34%;燃料油进口已经突破 3000 万 t,煤油、柴油的增幅分别达 40% 和 22.4%。原油 2004 年进口依存度已超过 40%,预计到 2020 年将达到 60%。统计数据显示,20 世纪 90 年代初以来,中国原油进口量从 300 万 t 增至 1.23 亿 t,年均增长 28%。同期原油进口贸易额由 4 亿多美元增至 339 亿美元,增长了 80 倍;原油净进口量从 1996 年的 228 万 t 增至 11732 万 t,增长了 50 倍。与此同时,原油价格也连创新高,从 20 世纪 90 年代的年均 140 美元/t 升至 2004 年的 276 美元/t,翻了近 1 倍。由于世界石油出口集中于少数国家,再加上地缘政治因素,如何长期稳定地保证石油供应是一个不易解决的问题,也是涉及国家安全的重大问题。

3)人均资源低。长期以来,我们总是以为中国地大物博、资源丰富,国民和政府都未能树立资源危机的意识。然而,中国是世界上人口最多的国家,人均资源水平极低,几乎所有人均资源都低于世界的平均水平。中国矿产资源紧缺矛盾日益突出,石油、煤炭、铜、铁、锰、铬储量持续下降,缺口及短缺进一步加大,中国 45 种主要矿产的现有储量,能保证 2010 年需求的只有 24 种,能保证 2020 年需求的只有 6 种,资源瓶颈已经是一个不得不面对的现实。

(2)人均能源消费偏低。中国一次能源消费量已超过俄罗斯,居世界第二位。能源消费总量虽大,但人口过多,人均能耗水平很低。从全球来看,经济越发达,人均能源消费量越多。到 2050 年,中国要实现第三步的发展目标,国民经济要达到中等发达国家的水平,人均能源消费



量必将有大大地增长。

1994 年人均能源的消费量为 1433 千克油当量(kgoe),世界发达国家为 5066kgoe,发达国家在 1980 年人均能源消费量已经达到 4644kgoe。

有关能源机构预测,到 2050 年世界人均能源消费量为 2~2.5 吨油当量(toe),OECD 国家平均为 5.6~6.7toe;如果特别强化生态因素制约,则 2050 年世界平均能源消费量为 1.4toe,OECD 国家为 3toe,中国届时人均能源消费量至少是 2.0~2.5toe。这个数值仅达到目前 OECD 国家的低限值,低于目前 OECD 国家人均消费量 50%的水平。

根据以上设想,如果到 2050 年时中国人口总数为 14.5 亿~15.8 亿人,则一次能源需求总量为 29 亿~39.5 亿 toe,约为目前美国能源消费总量的 1.5~2 倍,为届时世界能源消费总量的 16%~22%。可见从量的方面来看,这是一个严重的挑战。

(3)能源利用效率不高。能源总效率由三部分构成:开采效率、中间环节效率、终端利用效率。中间环节和终端利用效率的乘积通常称为“能源效率”。中国研究人员对中国 1980 年、1995 年的能源效率也进行了计算,并与 OECD 国家 70 年代初、90 年代初的相应数据进行比较,得出的结论是:中国 1995 年的能源效率相当于 OECD 国家 70 年代后期的水平,终端利用环节的效率仅略高于 OECD 国家 70 年代初的水平,工业部门的能源利用效率比 OECD 国家 70 年代初的水平尚低 5 个百分点。

中国的能源利用效率远低于西方发达国家,从单位 GDP 的能源消费上看,无论用官方汇率还是用购买力平价 PPP 法计算,中国的能源效率都属世界上最低的一类,再从主要耗能产品的单位产品能源消耗上看,也比发达国家高 12%~55%。

能源效率低与以煤为主的能源结构有密切关系,不仅以煤为燃料的中间转换装置效率低,且以煤为燃料的终端能源利用装置效率也低于液体或气体燃料。中国煤炭资源综合回收率一般在 30%左右,小型矿井不足 15%。

(4)人均能源资源不足。中国拥有居世界第一位的水能资源,居世界第二位的煤炭探明储量,石油探明采储量居第 11 位。已探明的常规商品能源资源总量是 1550 亿 t 标准煤,占世界总量的 10.7%。但中国人口众多,人均能源资源探明量只有 135t 标准煤,相当于世界平均拥有量 264t 标准煤的 51%。中国煤炭人均探明储量为 147t,是世界人均值 208t 的 70%,石油人均探明储量 2.9t,为世界人均数的 11%,天然气为世界人均数的 4%;即使水能资源,按人均数也低于世界人均值。

(5)环境约束日益显现。中国高度依赖煤炭的消费,煤炭在一次能源消费中占到 75%,过度使用煤炭不仅能源利用效率低,而且会造成环境污染的严重后果。

1997 年全国二氧化硫排放量为 2346 万 t,居世界第一位,其中 78.9%来自工业排放。城市二氧化硫年均值浓度在 3~248 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围之间,全国年均值为 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。52.3%的北方城市和 37.5%的南方城市年均值超过国家二级标准(60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。很多城市二氧化硫浓度大大超过世界卫生组织(WHO)推荐的标准值(40~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)。二氧化硫排放引起的酸雨污染已扩展到全国整个面积的 30%~40%。

1997 年全国烟尘排放量达 1873 万 t,其中工业烟尘排放量占 83.6%,城市总悬浮颗粒物 TSP 年均值浓度在 32~741 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 范围之间,全国年均值为 291 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,超过国家二级标准(200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)的有 67 个城市,占城市总数的 72.0%,北方城市年均值为 381 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,南方城市年均值为 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。北京、天津、重庆、济南、太原等均居世界上烟尘污染最严重的城市之列,其 TSP 值比 WHO 推荐值(40~60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)高很多倍。



(6) 交通运输压力过大。中国煤炭生产基地远离煤炭消费中心,形成了西煤东运、北煤南运、煤炭出关的强大物流,不仅运量大,而且运距长。历年煤炭运量占铁路运量的40%以上,沿海和长江中下游水运运量中煤炭约占1/3。特别是煤炭基地山西北部的煤运到上海要超过2000km,到广州要超过3300km,过多的使用煤炭,必然会给运输带来巨大的压力。

2. 新能源与可再生能源开发利用的意义

(1) 新能源与可再生能源是人类社会未来能源的基石,是化石能源的替代能源。随着人类大规模开发和长期利用,石油、天然气和煤炭等化石资源会逐渐减少并趋于枯竭,以化石能源为主的时期在人类的历史长河中仅是一个不太长的阶段,终将会被新的能源所取代。新能源与可再生能源资源丰富、分布广泛、可以再生、不污染环境,是国际社会公认的理想替代能源。据预计,到21世纪60年代,新能源与可再生能源的比例将会发展到世界能源构成的50%以上,将成为人类社会未来能源的基石。

(2) 新能源与可再生能源清洁干净,有利于保护生态环境。化石能源的大量开采、开发和利用,是造成大气和其他类型环境污染和生态破坏的主要原因之一。采用新能源与可再生能源逐步减少和替代化石能源的使用,是保护生态环境、走经济社会可持续发展之路的重大措施。

3. 太阳能开发利用的意义

太阳能是太阳内部连续不断的核聚变反应过程产生的能量。太阳以光辐射的方式不断地把能量输送到地球表面上来,利用太阳能就是利用太阳光辐射所产生的能量,太阳能是新能源与可再生能源的一种。

太阳是一个巨大、久远、无尽的能源。尽管太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量(约为 $3.75 \times 10^{26} \text{W}$)的22亿分之一,但已高达173 000TW,也就是说太阳每秒钟照射到地球上的能量就相当于500万t煤。地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能以及部分潮汐能都来源于太阳;即使是地球上的化石燃料(如煤、石油、天然气等),从根本上说也是远古以来贮存下来的太阳能,所以广义的太阳能所包括的范围非常大,狭义的太阳能则限于太阳辐射能的光热、光电和光化学的直接转换。

近年来,人们对太阳能技术的研制和利用已显示出积极有效的作用。这一新型能源的发展既可解决人类面临的能源短缺问题,又不会造成环境污染。尽管太阳能技术的成本还较高,性能还有待进一步提高,但随着太阳能科学的不断进步,太阳能技术应用愈来愈显示出诱人的发展前景,太阳能技术将扮演更为重要的角色。

1.2 太阳能资源

1.2.1 太阳及太阳能

1. 太阳简介

太阳是离地球最近的一颗恒星,是太阳系的中心天体,也是太阳系中唯一自己发光的天体。太阳以灿烂的光芒和巨大的能量给人类以光明、温暖和生命。没有了太阳,便没有了白昼;没有了太阳,地球上的一切生物都将死亡。地球上人类所用的能源,除原子能、地热能和火山爆发的能量外,煤炭、石油、天然气、风能和水力等都直接或间接来自太阳。人类所吃的一切食物,无论是动物性的还是植物性的,都有太阳的能量在里面。所以说,太阳的光和热是地球上一切生命现象的根源,没有太阳便没有地球上人类的存在。