

新能源技术概论

主 编 蔡振兴 李一龙 王玲维



北京邮电大学出版社



“十三五”高等教育能源类专业规划教材

新能源技术概论

主 编 蔡振兴 李一龙 王玲维
副主编 潘红娜 王 华 李小林 杨显鹏



北京邮电大学出版社
www. buptpress. com

内 容 简 介

本书系统地介绍了太阳能、生物质能、风能等可再生能源以及氢能——燃料电池、核能等新能源的利用原理与工程应用技术以及新能源发展政策等。本书对上述相关知识进行了较为系统的介绍,重点介绍各种可再生能源技术的基本原理和开发利用的方式,此外,也简要介绍了目前国内外可再生能源开发利用的现状和发展趋势,介绍了太阳能及其利用技术、生物质能及其利用、氢能及其利用——燃料电池技术、其他新能源及其利用等内容,阐述详细,内容全面。

本书通俗易懂,图文结合,便于自学,适用于从事热能动力工程、环境工程、暖通空调、电力、建筑、化工、冶金等领域的设计人员、管理人员及有关科研人员阅读参考,也可作为热能工程、工程热物理、环境工程、石油化工、暖通空调等专业的高年级本科生和硕士研究生的选修课教材,还适用于相关的科研与管理工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

新能源技术概论 / 蔡振兴, 李一龙, 王玲维主编. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2017. 10

ISBN 978-7-5635-5245-0

I. ①新… II. ①蔡… ②李… ③王… III. ①新能源—技术—概论 IV. ①TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第197203号

书 名: 新能源技术概论

著作责任者: 蔡振兴 李一龙 王玲维 主编

责任编辑: 满志文 穆晓寒

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷:

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 13.75

字 数: 358千字

版 次: 2017年10月第1版 2017年10月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-5245-0

定 价: 36.00元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

我国主要的一次能源是煤炭。煤炭是不可再生的化石能源,在其利用过程中,一方面,会形成 SO_2 、 NO 、 CO_2 及粉尘等污染物;另一方面,以煤炭为主要的能源生产——消费结构使得我国的国民经济的发展和人民生活水平的提高对煤炭能源具有很强的依附性。近年来,煤炭短缺以及运输能力的限制使得很多地区的能源供应紧张。此外,我国的石油和天然气等优质化石能源相对短缺,而近年来我国对石油、天然气的需求急剧增长。国际石油市场的不稳定因素对我国能源安全问题(主要是石油安全)带来很大的不利影响。

我国经济的迅速发展使得对能源的需求增加,常规的化石能源供应不足的矛盾日益突出。能源安全成为我国必须解决的战略问题。发展新能源和可再生能源十分紧迫,也是世界各发达国家竞相研究的热点课题之一。新能源与可再生能源不仅有利于解决和补充我国化石能源供应不足的问题,而且有利于改善我国能源结构、保障能源安全、保护环境,走可持续发展之路。开发利用新能源与可再生能源也是构建资源节约型社会和环境友好型社会的必然选择。

本书将系统地介绍太阳能、生物质能、风能、海洋能、地热能等可再生能源以及氢能、核能等新能源的概念与新能源技术,并介绍新能源发展与政策等。其中,太阳能、生物质能、风能和新型核能是本书的重点内容。作者将用大量而翔实的资料对近年来,特别是 20 世纪 90 年代以来国际上有关的研究成果进行系统整理,对实验室的基础研究成果与理论分析进行深入论述。

本书以新能源学科的发展为契机,结合了多学科优势,力求兼顾科学素质教育的要求,在理论上简单介绍,文字叙述通俗易懂。旨在为广大读者系统地介绍有关新能源科学的基本理论、技术进展、新能源经济与政策。鉴于能源、环境、生命、信息、材料、管理学科是新世纪高等院校科学素质系列教育的重要组成部分,本书适合作为高等院校大学本科高年级学生新能源技术概论方面的教材,也适用于相关的科研与管理工作者参考。

本书由蔡振兴、李一龙、王玲维担任主编,由潘红娜、王华、李小林、杨显鹏担任副主编。具体编写分工如下:李一龙编写第 1、2 章,蔡振兴编写第 3、4 章,王玲维编写第 5 章,潘红娜编写第 6 章,王华编写第 9 章,李小林编写第 8 章,杨显鹏编写第 7 章。全书由蔡振兴统稿。

由于编者水平有限,书中的疏漏和不足之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 总论	1
1.1 能量与能源及其分类	1
1.1.1 能量与能源	1
1.1.2 能源的分类	2
1.1.3 能源的开发利用	4
1.2 能源在社会可持续发展中的作用	6
1.2.1 可持续发展的概念	6
1.2.2 能源更迭与社会发展	6
1.2.3 能源与国民经济	7
1.2.4 能源与人民生活	8
1.2.5 能源与环境	8
1.3 能源形势	11
1.3.1 世界能源资源概况	11
1.3.2 世界能源消费及构成	12
1.3.3 世界性的能源问题	13
1.3.4 中国的能源资源	14
1.3.5 中国能源可持续发展的对策	16
1.3.6 新能源的概念	16
1.3.7 新能源在能源供应中的作用	17
1.3.8 新能源的未来	19
1.4 新能源的发展	21
1.4.1 太阳能	21
1.4.2 风能	22
1.4.3 生物质能	23
1.4.4 核能	23
1.4.5 地热能	24
1.4.6 海洋能	24
第 2 章 太阳能	27
2.1 概述	27
2.1.1 太阳与太阳辐射	27
2.1.2 太阳常数和大气对太阳辐射的衰减	28
2.1.3 太阳辐射测量	29

2.1.4	中国的太阳能资源	30
2.1.5	太阳电池的应的主要领域	31
2.2	太阳能热利用	32
2.2.1	基本原理	32
2.2.2	平板型集热器	32
2.2.3	聚光型集热器	34
2.2.4	太阳能热利用系统	37
2.3	太阳能光伏发电	40
2.3.1	太阳光伏基本原理	40
2.3.2	太阳电池的制造和测定方法	42
2.3.3	太阳电池光伏发电系统	43
2.4	太阳能其他应用	67
2.4.1	太阳池	67
2.4.2	海水淡化	67
第3章	生物质能源	69
3.1	概述	69
3.1.1	生物质	69
3.1.2	生物质能	69
3.1.3	生物质的组成与结构	69
3.1.4	生物质转化利用技术	70
3.2	生物质燃烧	71
3.2.1	生物质燃烧及特点	71
3.2.2	生物质燃烧原理	71
3.2.3	生物质燃烧技术	72
3.2.4	生物质燃烧直接热发电	73
3.2.5	生物质与煤的混合燃烧	73
3.3	生物质气化	74
3.3.1	生物质气化及其特点	74
3.3.2	生物质气化原理	74
3.3.3	生物质气化工艺	75
3.3.4	生物质气化发电技术	75
3.4	生物质热解技术	76
3.4.1	生物质热解及其特点	76
3.4.2	生物质热解原理	76
3.4.3	生物质热解工艺	77
3.4.4	生物质热解产物及应用	77
3.5	生物质直接液化	78
3.5.1	生物质直接液化及其特点	78
3.5.2	生物质直接液化工艺	78

3.5.3	生物质直接液化产物及应用.....	78
3.6	生物燃料乙醇.....	79
3.6.1	生物燃料乙醇的特点.....	79
3.6.2	淀粉质原料制备生物燃料乙醇.....	79
3.6.3	乙醇发酵工艺.....	79
3.6.4	纤维质原料制备生物燃料乙醇.....	80
3.6.5	生物燃料乙醇的作用.....	82
3.7	生物柴油.....	82
3.7.1	生物柴油及其特点.....	82
3.7.2	化学法转酯化制备生物柴油.....	82
3.7.3	生物酶催化法生产生物柴油.....	83
3.7.4	超临界法制备生物柴油.....	83
3.7.5	生物柴油的应用.....	84
3.8	沼气技术.....	85
3.8.1	沼气的成分与性质.....	85
3.8.2	沼气发酵微生物学原理.....	85
3.8.3	沼气的发酵过程.....	86
3.8.4	沼气发酵的特点.....	87
3.8.5	沼气发酵工艺.....	87
3.8.6	沼气的功能和效应.....	87
3.8.7	大中型沼气工程.....	88
3.8.8	沼气的用途.....	93
3.9	生物质能开发利用前景.....	93
3.9.1	生物质能在能源系统中的地位.....	93
3.9.2	生物质能开发利用前景.....	94
3.9.3	我国发展和利用生物质能源的意义.....	94
第4章	风能	95
4.1	概述.....	95
4.2	风能资源.....	95
4.2.1	风能资源分布的一般规律.....	95
4.2.2	风能资源的表征.....	99
4.2.3	中国风能资源.....	100
4.3	风能利用原理.....	102
4.3.1	风力机简介.....	102
4.3.2	风力机工作原理.....	103
4.4	风力发电.....	107
4.4.1	风力发电机组及工作原理.....	107
4.4.2	离网风力发电.....	110
4.4.3	并网风力发电.....	110

4.5	风力提水	111
4.5.1	风力提水的现状	111
4.5.2	发展风力提水业的前景	112
4.5.3	风力提水存在的问题	113
4.6	风电发展战略建议	113
第5章	氢能	115
5.1	概述	115
5.2	氢的制取	116
5.2.1	天然气制氢	116
5.2.2	水电解制氢	117
5.2.3	生物质制氢	117
5.2.4	太阳能制氢	118
5.2.5	核能制氢	119
5.2.6	等离子化学法制氢	120
5.3	氢的储存	120
5.3.1	高压气态储氢	120
5.3.2	低温液态储氢	120
5.3.3	金属氢化物储氢	121
5.3.4	碳质材料储氢	122
5.3.5	有机化合物储氢	122
5.3.6	其他的储氢方式	123
5.4	氢的利用	123
5.4.1	燃料电池技术	123
5.4.2	氢内燃机	133
5.5	氢能的安全	133
5.6	氢能应用展望	133
第6章	新型核能	135
6.1	概述	135
6.2	原子核物理基础	136
6.2.1	原子与原子核的结构与性质	136
6.2.2	放射性与核的稳定性	137
6.2.3	射线与物质的相互作用	140
6.2.4	原子核反应	142
6.3	商用核电技术	143
6.3.1	核能发电的基础知识	144
6.3.2	商用核电站的工作原理	149
6.3.3	商用核电站的安全性	151
6.4	核能的新纪元	152

6.4.1	核裂变发电的选择	152
6.4.2	Gen-IV 的研发目标与原则	154
6.4.3	选定的 Gen-IV 反应堆	154
6.5	未来的新型核能	158
6.5.1	核裂变能园区	158
6.5.2	加速器驱动的次临界洁净核能系统	159
6.5.3	核聚变点火与约束	160
6.5.4	聚变—裂变混合堆系统	160
6.5.5	磁约束聚变能系统	161
6.5.6	惯性约束聚变能系统(IFE)	162
第 7 章	新能源材料	163
7.1	绪论	163
7.2	新能源材料	164
7.2.1	太阳能电池材料	164
7.2.2	生物质能材料	165
7.2.3	核能关键材料	165
7.2.4	镍氢电池材料	166
7.2.5	其他新能源材料	167
7.3	燃料电池材料	167
7.4	新型储能材料	168
7.4.1	概论	168
7.4.2	热能储存技术	169
7.4.3	相变储能材料	169
第 8 章	其他新能源	171
8.1	地热能	171
8.1.1	地热资源及其特点	171
8.1.2	地热的热利用	172
8.1.3	地热发电	173
8.2	海洋能	175
8.2.1	潮汐能及其开发利用	176
8.2.2	波浪能及其开发利用	178
8.2.3	海流能及其开发利用	179
8.2.4	海洋温差能及其开发利用	180
8.2.5	海洋盐度差能及其开发利用	182
8.3	可燃冰	183
8.3.1	可燃冰资源及其特点	183
8.3.2	国际上可燃冰的勘探和开发动态	184
8.3.3	中国的相关活动和资源量估计	185

8.3.4 可燃冰的开采技术现状	185
第9章 新能源发展政策	187
9.1 新能源的发展障碍	187
9.1.1 成本障碍	187
9.1.2 技术障碍	191
9.1.3 产业障碍	191
9.1.4 融资障碍	192
9.1.5 政策障碍	192
9.1.6 体制障碍	192
9.2 国外促进新能源发展的政策措施	193
9.2.1 国外新能源技术发展的政策经验	193
9.2.2 国外的主要政策工具	194
9.3 与《可再生能源法》配套的政策措施	204
9.4 中国的可持续发展战略	204
9.5 中国的能源发展问题	205

第 1 章 总 论

1.1 能量与能源及其分类

1.1.1 能量与能源

宇宙间一切运动着的物体都有能量的存在和转化。人类一切活动都与能量及其使用紧密相关。所谓能量,广义地说,就是“产生某种效果(变化)的能力”。反之,产生某种效果(变化)的过程必然伴随着能量的消耗和转化。

在物理学中,能量定义为做功的本领。作为一个哲学上的概念,能量是一切物质运动、变化和相互作用的度量。具体而言,能量反映了一个由诸多物质构成的系统和外界交换功和热的能力的大小。利用能量从实质上来说就是利用自然界的某一自发变化来推动另一人为的过程。显然能量利用的优劣、利用效率的高低与具体过程密切相关,而且利用能量的结果必然和能量系统的始末状态相联系。

对能量的分类方法没有统一的标准,到目前为止,人类认识的能量有如下六种形式。

(1) 机械能:是与物体宏观机械运动或空间状态相关的能量,包括固体和流体的动能、势能、弹性能及表面张力等。前两种称为宏观机械能。

(2) 热能:构成物体分子的微观分子运动的动能表现为热能,其宏观表现是温度的高低,反映了分子运动的强度。

(3) 电能:是和电子流动与积累有关的一种能量,通常是由电池中的化学能转化而来的,或是通过发电机由机械能转化而来的;反之电能也可以通过电动机转化为机械能,显示出电做功的本领。

(4) 辐射能:是物体以电磁波形式发射的能量。

(5) 化学能:是物质结构能的一种,即原子核外进行化学变化时放出的能量。按化学热力学定义,物质或物系在化学反应过程中以热能形式释放的内能称为化学能。人类利用最普遍的化学能是燃烧碳和氢。

(6) 核能:是蕴藏在原子核内部的物质结构能。释放巨大核能的核反应包括核聚变反应和核裂变反应。

从物理学的观点看,能源可以简单地定义为做功的能力。广义而言,任何物质都可以转化为能量。但是转化的数量、转化的难易程度是不同的。世界上一切形式的能源的初始来源是核聚变、核裂变、放射线源以及太阳系行星的运行。还有另一类型的能源及物质在宏观运动过

程中所转化的能量即所谓能量过程,例如,水的势能落差运动产生的水能及空气运动产生的风能等。因此,能源的定义可描述为:凡是能直接或经过转换而获取某种能量的自然资源(可简单理解为含有能量的资源)。

能量的单位与功单位一致。常用的单位是尔格、焦耳、千瓦·时(单位换算如表 1-1 所示)。能源的单位也就是能量的单位。在实际工作中,能源还用煤当量(标准煤)和油当量(标准油)来衡量,1 kg 标准煤的发热量为 29.3 kJ。1 kg 标准油的发热量为 41.8 kJ。千克标准煤用符号 kgce 表示,千克标准油用符号 kgoe 表示。也可以用吨标煤(tce)或吨标油(toe)及更大的单位计量能源。

表 1-1 能量单位的换算

能量单位 名称	英热单位 (Btu)	磅·尺 (bf·ft)	马力·时 (hp·h)	焦耳 (J)	卡 (cal)	千瓦·时 (kW·h)	电子伏特 (V)
1 英热单位 (Btu)	1	777.9	3.929×10^{-4}	1055	252.0	2.930×10^{-4}	6.585×10^{21}
1 尔格(erg)	9.481×10^{-11}	7.376×10^{-8}	3.725×10^{-14}	10^{-7}	2.389×10^{-8}	2.778×10^{-14}	6.242×10^{11}
1 磅·尺 (bf·ft)	1.285×10^{-3}	1	5.051×10^{-7}	1.356	0.323 9	3.766×10^{-7}	8.464×10^{13}
1 马力·时 (hp·h)	2545	1.980×10^6	1	2.685×10^6	6.414×10^5	0.7457	1.676×10^{25}
1 焦耳(J)	9.481×10^{-4}	0.7376	3.725×10^{-7}	1	0.2389	2.778×10^{-7}	6.242×10^{18}
1 卡(cal)	3.968×10^{-3}	3.087	1.559×10^{-6}	4.186	1	1.163×10^{-6}	2.613×10^{19}
1 千瓦·时 (kW·h)	3413	2.655×10^6	1.341	3.6×10^6	8.601×10^5	1	2.247×10^{25}
1 电子伏特 (V)	1.519×10^{-22}	1.182×10^{-19}	5.967×10^{-26}	1.602×10^{-19}	3.827×10^{-20}	4.450×10^{-26}	1
1 千克能量 (kg·m)	8.521×10^{13}	6.629×10^{16}	3.348×10^{10}	8.987×10^{16}	2.147×10^{16}	2.497×10^{10}	5.610×10^{35}

1.1.2 能源的分类

对能源有不同的分类方法,以能量根本蕴藏方式的不同,可将能源分为以下三类。

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”的称法。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。例如目前使用最多的煤、石油、天然气等化石资源,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,而成长的根茎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。这里主要是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)是原子核的储存体。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3位类能源是地球与其他天体引力相互作用而形成的。这主要是指地球和太阳、月亮等天体间有规律而形成的潮汐能。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,非常壮观,是雄厚的发电原动力。

世界能源理事会(World Energy Council, WEC)推荐的能源分类如下:固体燃料;液体燃料;气体燃料;水力;核能;电能;太阳能;生物质能;风能;海洋能;地热能;核聚变能。

能源(Energy Source)还可分为一次能源、二次能源和终端能源;可再生能源和非再生能源;新能源和常规能源;商品能源和非商品能源等。

由于能源形式多样,故有多种不同的分类方法,或按能源的来源、形成、使用分类,或从技术、环保角度进行分类。不同的分类方法,都是从不同的侧重点来反映各种能源的特征。

1. 按地球上的能量来源分

(1) 地球本身蕴藏的能源:核能、地热能。

(2) 来自地球外天体的能源:宇宙射线、太阳能,以及由太阳能引起的水能、风能、波浪能、海洋温差能、生物质能、光合作用、化石燃料(煤、石油、天然气)。

(3) 地球与其他天体相互作用的能源,如潮汐能。

2. 按被利用的程度分(被开发利用的程度、生产技术水平 and 经济效益等方面)

(1) 常规能源(Conventional Energy):又称传统能源。其开发利用时间长、技术成熟、能大量生产并广泛使用,如煤炭、石油、天然气、薪柴燃料、水能等。

(2) 新能源(New Energy):利用高新科学技术系统地研究开发,但是尚未大规模使用的能源。如太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能等,核能通常也被看作新能源。新能源是在不同历史时期和科学技术水平条件下,相对于常规能源而言的。

3. 按获得的方法分

(1) 一次能源(Primary Energy):即自然界现实存在,可供直接利用的能源,如煤、石油、天然气、风能、水能等。一次能源可分为可再生能源和非再生能源。

(2) 二次能源(Secondary Energy):是指由一次能源经过加工转换以后得到的能源。如电力、蒸汽、煤气、汽油、柴油、重油、液化石油气、酒精、沼气、氢气和焦炭等,它们使用方便,易于利益,是高品质能源。二次能源是联系一次能源和能源终端用户的中间纽带。二次能源又可分为“过程性能源”(如电能)和“合能体能源”(如柴油、汽油)。过程性能源和合能体能源是不能互相替代的,各有自己的应用范围。

4. 按能否再生分

(1) 可再生能源(Renewable Energy): 可再生能源应是清洁能源或绿色能源,它包括太阳能、风能、海洋能、波浪能、水力、核能、生物质能、地热能、潮汐能、海洋温差能等,是可以循环再生、取之不尽、用之不竭的初级资源。

(2) 非再生能源(Non-renewable Energy): 包括原煤、原油、天然气、油页岩、核能等,它们是不能再生的,用掉一点,便少一点。

5. 按能源本身的性质分

(1) 合能体能源:其本身就是可提供能量的物质,如石油、煤、天然气、地热、氢等,可以直接储存,因此便于运输和传输,又称为载体能源。

(2) 过程性能源:是指由可提供能量的物质的运动所产生的能源,如水能、风能、潮汐能、电能等,其特点是无法直接储存。

6. 按对环境的污染情况分

(1) 清洁能源:对环境无污染或污染很小的能源,如太阳能、水能、海洋能等。

(2) 非清洁能源:对环境污染较大的能源,如煤、石油等。

7. 按是否能作为燃料分

(1) 燃料能源(Fuel Energy):用作燃料使用,主要通过燃烧形式释放热能的能源。根据其来源可分为矿物燃料(如石油、天然气、煤炭等),核燃料(如铀、钍等),生物燃料(如木材、秸秆、沼气等)。根据其形态可分为固体燃料(如煤炭、木材等),液体燃料(如汽油、酒精等),气体燃料(如天然气、沼气等)。燃料能源的利用途径主要是通过燃烧将其中所含的各种形式的能量转换成热能。燃料能源是人类的主要能源。

(2) 非燃料能源(Non-fuel Energy):无须通过燃烧而直接提供人类使用的能源,如太阳能、风能、水力能、海洋能、地热能等。非燃料能源所含有的能量形式主要有机械能、光能、热能等。

8. 按是否能作为商品分

(1) 商品能源(Commercial Energy):具有商品的属性,作为商品经流通环节而消费的能源。目前,商品能源主要有煤炭、石油、天然气、水电和核电 5 种。

(2) 非商品能源(Non-commercial Energy):常指来源于植物、动物的能源,如农业、林业的副产品秸秆、薪柴等,人畜粪便及其产生的沼气,太阳能、风能或未并网的小型电站所发出的电力等。非商品能源在发展中国家农村地区的能源供应中占有很大的比重。

此外,还有一些有关术语:如农村能源、绿色能源、终端能源等,也都是从某一方面来反映能源的特征。

1.1.3 能源的开发利用

1. 煤炭

煤炭是埋在地壳中亿万年以上树木和植物,由于地壳变动等原因,经受一定的压力和温度作用而形成的含碳量很高的可燃物质,又称为原煤。由于各种煤的形成年代不同,碳化程度深浅不同,可将其分类为无烟煤、烟煤、褐煤、泥煤等几种类型,并以其挥发物含量和焦结性为主要依据。烟煤又可以分贫煤、瘦煤、焦煤、肥煤、漆煤、弱黏煤、不黏煤、长焰煤等。

煤炭既是重要的燃料,也是珍贵的化工原料。20 世纪以来,煤炭主要用于电力生产和在钢铁工业中供炼焦,某些国家的蒸汽机车用煤比例很大。电力工业多用劣质煤(灰分大于 30%);蒸汽机车用煤则要求质量较高,灰分低于 25%,挥发分含量要求大于 25%,易燃并具有较长的火焰。在煤矿的附近建设的“坑口发电站”,使用了大量的劣质煤,直接转化为电能向各地输送。另外,煤转化的液体与气体合成燃料,对补充石油与天然气的使用也具有重要意义。

2. 石油

石油是一种用途广泛的宝贵矿藏,是天然的能源物资。但是石油是如何形成的,这一问题

科学家还在争论。目前大部分的科学家都认同这个理论:石油是由沉积岩中的有机物质变成的。因为在已经发现在油田中,99%以上都是分布在沉积岩区。另外,人类还发现了现在的海底、湖底的近代沉积物中的有机物,正在向石油慢慢地变化。

同煤相比石油有许多的优点:首先,它是释放得热量比煤大得多,每千克煤燃烧释放的热量为 5000 kcal/kg,而石油释放的热量大于 10 000 kcal/kg;就发热而言,石油是煤的两三倍;石油使用方便,它易燃又不留灰烬,是理想的清洁燃料。

从已探明的石油储量看,世界总储量为 1043 亿吨,目前世界有七大储油区,第一是中东地区,第二是拉丁美地区,第三是苏联,第四是非洲,第五是北美洲,第六是西欧,第七是东南亚。这七大油区储油量占世界石油总量的 95%。

3. 天然气

天然气是地下岩层中以碳氢化合物为主要成分的气体混合物的总称。天然气是一种重要能源,燃烧时有很高的发热值,对环境的污染比较小,而且还是一种重要的化工原料。天然气的生产过程同石油类似,但比石油更容易生成。天然气主要由甲烷、乙烷、丙烷和丁烷等烃类组成,其中甲烷占 80%~90%。天然气有两种不同的类型:一是伴生气,由原油中的挥发性组分所组成,约有 40%的天然气与石油一起伴生,称油气田,它溶解在石油中或形成石油构造中的气帽,并对石油储藏提供气压;二是非伴生气,与液体油的积聚无关,可能是一些植物体的衍生物。60%的天然气为非伴生气,即气田气,它埋藏得更深。

最近 10 年液化天然气技术有了很大发展,液化后的天然气体积为原来体积的 1/600。因此可以用冷藏油轮运输,运到使用地后再予以气化。另外,天然气液化后,可为汽车提供方便的、污染小的天然气燃料。

4. 水能

水能资源最显著的特点是可再生、无污染。开发水能对江河的综合治理利用具有积极作用,对促进国民经济发展,改善能源消费结构,缓解由于消耗煤炭、石油资源所带来的环境污染有重要的意义,因此世界各国都把开发水能放在能源发展战略的优先地位。

世界河流水能资源理论蕴藏值为 40.3 万亿千瓦·时,技术可开发水能资源为 14.3 万亿千瓦·时,约为理论蕴藏量的 35.6%;经济可开发水能资源为 8.08 万亿千瓦·时,约为技术可开发的 56.22%,为理论蕴藏量的 20%。发达国家拥有技术可开发水能资源 4.82 万亿千瓦·时,经济可开发水能资源 2.51 万亿千瓦·时,分别占世界总量的 33.5%和 31.1%。发展中国家拥有技术可开发水能资源共计 9.56 万亿千瓦·时,经济可开发水能资源 5.57 万亿千瓦·时,分别占世界总量的 66.5%和 68.9%,可见世界开发水能资源主要蕴藏量在发展中国家;而且发达国家可开发水能资源到 1998 年已经开发了 60%,而发展中国家到 1998 年才开发 20%,所以今后大规模的水电开发主要集中在发展中国家。中国水能资源理论蕴藏量、技术可开发和经济可开发水能资源均居世界一位,其次为俄罗斯、巴西和加拿大。

5. 新能源

人类社会经济的发展需要大量能源的支持。随着常规能源资源的日益枯竭以及由于大量利用矿物能源而产生的一系列环境问题,人类必须寻找可持续的能源道路,开发利用新能源和可再生能源无疑是出路之一。随着煤炭、石油、天然气等常规能源储量的不断减少,新能源将成为世界新技术革命的重要内容,成为未来世界持久能源系统的基础,在技术上可行,在经济上合理,环境和社会可以接收;能确保供应和替代常规化石能源的可持续发展能源体系。

1.2 能源在社会可持续发展中的作用

1.2.1 可持续发展的概念

比较通俗的提法是:可持续发展是既满足当代人的需求又不危害后代人满足自身需求能力的发展。这一定义强调了可持续发展的时间维,而忽视了其空间维。可持续发展的内涵表现为如下几个方面:

(1)“发展”是大前提,是人类永恒的主题,为了实现全球范围的可持续发展,应把发展经济、消除贫困作为首要条件。

(2)“协调性”是中心。可持续发展是由于人与环境、资源间的矛盾引出的,因此可持续发展的基本目标是人口、经济、社会、环境、资源的协调发展。

(3)“公平性”是关键。其关键问题是资源分配和福利分享,它追求在时间和空间的公平分配,也就是代际公平和代内不同人群、不同区域和国家之间的公平。

(4)“科学技术进步”是必要保证。科学技术不但通过不断创造、发明、创新、提供新信息为人类创造财富,而且还可以为可持续发展的综合决策提供依据和手段,加深人类对自然规律的理解,开拓新的可利用的自然资源领域,提高资源的综合利用效率和经济效益,提供保护自然和生态环境的技术。

能源是国民经济的命脉,与人民生活 and 人类的生存环境休戚相关,在社会可持续发展中起着举足轻重的作用。

1.2.2 能源更迭与社会发展

回顾人类的历史,可以明显地看出能源和人类社会发展间的密切关系。人类社会经历了三个能源时期。

1. 薪柴时期

古代从人类学会利用“火”开始,就以薪柴、秸秆和动物的排泄物等生物质燃料来烧饭和取暖,同时以人力、畜力和一小部分简单的风力与水力机械作动力,从事生产活动。该时代延续了很长的时间,生产和生活水平极低,社会发展迟缓。

2. 煤炭时期

18 世纪的产业革命,以煤炭取代薪柴作为主要能源,蒸汽机成为生产的主要动力,于是工业得到迅速的发展,劳动生产力有了很大的增长。特别是 19 世纪末,电力开始进入社会的各个领域,电动机代替了蒸汽机,电灯取代了油灯和蜡烛,电力成为工矿企业的主要动力,出现了电话、电影,不但社会生产力有了大幅度的增长,而且人类的生活水平和文化水平也有极大的提高,从根本上改变了人类社会的面貌。这时的电力工业主要是依靠煤炭作为主要燃料。

3. 石油时期

石油资源的发展,开始了能源利用的新时期。特别是 20 世纪 50 年代,美国、中东、北非相继发现了巨大的油田和气田,于是西方发达国家很快地从以煤为主要能源转换到以石油和天然气为主要能源。汽车、飞机、内燃机车和远洋客货轮的迅猛发展,不但极大地缩短了地区和国家之间的距离,也大大促进了世界经济的繁荣。近 40 年来,世界上许多国家依靠石油和天然气,创造了人类历史上空前的物质文明。

进入 21 世纪,随着可控热核反应的实现,核能将逐渐成为世界能源的主角,一个清洁能源的时代也将随之到来,世界将变得更加繁荣和丰富多彩。

1.2.3 能源与国民经济

能源是现代化生产的主要动力来源。现代工业和现代农业都离不开能源动力。

在工业方面,各种锅炉、窑炉都要用油、煤和天然气作燃料;钢铁冶炼要用焦炭和电力;机械加工、起重、物料传送、气动液压机械、各种电机、生产过程的控制和管理都要用电力;交通运输需要动力、油和煤;国防工业需要大量的电力和石油。此外,能源还是珍贵的化工原料,从石油中可以提取 5000 多种有机合成原料,其中最重要的基本原料有乙烯、丙烯、丁二烯、苯、甲苯、二甲苯、乙炔等。

在现代农业中,农产品产量的大幅度提高,也是和使用大量能源联系在一起的。例如,耕种、收割、烘干、冷藏、运输都直接需要消耗能源;化肥、农药、除草剂又都要间接消耗能源。

世界各国经济发展的实践证明,在经济正常发展的情况下,能源消耗总量和能源消耗增长速度与国民经济生产总值和国民经济生产总值增长率成正比关系。这个比例关系通常用能源消费弹性系数来表示。该系数的大小与国民经济结构、能源利用效率、生产产品的质量、原材料消耗、运输以及人民生活需要等因素有关。

世界经济和能源发展的历史显示,处于工业化初期的国家,经济增长主要依靠能源密集工业的发展,能源效率也低,因此能源消费弹性系数通常大多大于 1。到工业化后期,一方面经济结构转向服务业,另一方面技术进步促进能源效率提高,能源消费结构日益合理,因此能源消费弹性系数通常小于 1。尽管各国的实际条件不同,但只要处于类似的经济发展阶段,它们就具有大致相近的能源消费弹性系数。发展中国家的能源消费弹性系数一般大于 1,工业化国家能源消费弹性系数大多小于 1。人均收入越高,弹性系数越低。我国能源生产弹性系数如表 1-2 所示。

表 1-2 我国能源生产弹性系数

年份	能源生产比上年增长/(%)	电力生产比上年增长/(%)	国内生产总值比上年增长/(%)	能源生产弹性系数	电力生产弹性系数
1985 年	9.9	8.9	13.5	0.72	0.66
1990 年	2.2	6.2	3.8	0.58	1.63
1991 年	0.9	9.1	9.2	0.1	1.00
1992 年	2.3	11.3	14.2	0.16	0.80
1993 年	3.6	15.3	13.5	0.31	1.13
1994 年	6.9	10.7	12.6	0.55	0.85
1995 年	8.7	8.6	10.5	0.83	0.82
1996 年	2.8	7.2	9.6	0.29	0.75
1997 年	-0.2	5.0	8.8	0.57	—
1998 年	-6.2	2.9	7.8	0.37	—
1999 年	-12.2	6.3	7.1	0.89	—
2000 年	-2.0	9.4	8.0	1.18	—
2001 年	13.0	9.2	7.3	1.78	1.26