

可再生能源 及其发电技术

姚兴佳 刘国喜 朱家玲 袁振宏 张亮 王益全 姚建曦 编著



科学出版社
www.sciencep.com

可再生能源及其发电技术

姚兴佳 刘国喜 朱家玲 袁振宏 编著
张亮 王益全 姚建曦

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书对可再生能源发电技术做了比较全面的介绍。全书共分7章,第1章对可再生能源发电技术及其发展现状和展望做了简要的介绍,从第2章到第7章详细介绍了各种可再生能源及其发电技术,包括太阳能、风能、生物质能、小水电、海洋能以及地热能等。

在介绍各种可再生能源发电技术的基本理论、基本方法和应用实例的同时,力求反映出各领域的最新技术成果和发展方向,以及国家在可再生能源领域的方针政策,以启发和激励读者在可再生能源发电领域的研究和创新。

本书可作为高等院校新能源专业本科生和研究生的教材或教学参考书,也可供有关科技人员阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

可再生能源及其发电技术/姚兴佳等编著. —北京:科学出版社,2010
ISBN 978-7-03-027952-1

I. 可… II. 姚… III. 再生资源:能源-发电-研究 IV. TM61

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第115709号

责任编辑:杨 凯 / 责任制作:董立颖 魏 谨

责任印制:赵德静 / 封面设计:郝恩誉

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时捷彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年7月第 一 版 开本: B5(720×1000)
2010年7月第一次印刷 印张: 29 1/4
印数: 1—4 000 字数: 577 000

定 价: 48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着科学技术的飞速发展和人民生活水平的不断提高,人类对能源的需求量快速增加,今天,世界已经开始面临资源枯竭的严峻现实。大量化石能源的消耗,使二氧化碳等温室气体的排放量大幅度增加,人类面临地球气候变化等重大环境问题。人们寄希望于生产技术与环境的协调和可持续发展。

近年来,各国在重视开发和利用高效、节能技术的同时,努力改善能源结构,寻求化石燃料的替代能源,把开发利用可再生能源作为可持续发展战略的重要组成部分。

随着时间的推移,太阳能、水能、风能、生物质能、海洋能以及地热能等不会因人类的开发利用而减少,称为可再生能源。可再生能源发电是可再生能源应用的一种主要形式。可以说,可再生能源取之不尽,用之不竭。与化石能源相比,可再生能源又是清洁能源、绿色能源,其开发利用不仅会带来明显的经济效益,而且具有显著的社会和环境效益。

本书对可再生能源及其发电技术做了比较全面的介绍,是作者在多年教学经验和科研实践的基础上,参考了大量文献资料后编著而成。全书共分7章,第1章对可再生能源及其发电技术的发展现状和展望做了简要的介绍,从第2章到第7章详细介绍了各种可再生能源及其发电技术,包括太阳能及其发电技术、风能及其发电技术、生物质能及其发电技术、小水力发电技术、海洋能及其发电技术以及地热能及其发电技术等。在介绍各种可再生能源及其发电技术的基本理论、基本方法和应用实例的同时,力求反映出各领域的最新技术成果和发展动向,以及国家在可再生能源领域的方针政策,以启发和激励读者在可再生能源发电领域的研究和创新。

本书由姚兴佳教授、刘国喜教授、朱家玲教授、袁振宏研究员、张亮教授、王益全教授、姚建曦副教授等共同编著,王士荣、刘颖明、王晓东、周洁、张雅楠、刘月等收集、整理了部分参考资料。各章节分工如下:前言、第1章和第3章的3.1节、3.2节、3.3节、3.4节和3.8节由姚兴佳编写,第2章由姚建曦编写,第3章的3.5节、3.6节、3.7节由王益全编写,第4章由袁振宏编写,第5章由刘国喜编写,第6章由张亮编写,第7章由朱家玲编写,最后,全书由姚兴佳教授审阅并定稿。

编写本书过程中所参考的主要著作和论文已列入书后的参考文献,以便读者进一步查阅,对于这些文献作者对本书的贡献,谨致衷心感谢。

由于作者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 能源及可再生能源	1
1.1.1 能源的分类及重要性	1
1.1.2 积极开发利用可再生能源	4
1.2 可再生能源发电技术及其发展概况	7
1.2.1 太阳能发电技术及其发展概况	7
1.2.2 风力发电技术及其发展概况	8
1.2.3 生物质能发电技术及其发展概况	10
1.2.4 水力发电技术及其发展概况	11
1.2.5 海洋能发电技术及其发展概况	11
1.2.6 地热能发电技术及其发展概况	12
1.2.7 可再生能源发电的分布式特征及其存储技术	13
1.3 可再生能源发电用发电机	15
1.3.1 分 类	15
1.3.2 结构特点	17
1.3.3 基本工作原理	19
1.4 我国可再生能源发展现状与展望	20
1.4.1 太阳能产业高速发展	21
1.4.2 风力发电快速规模化发展	23
1.4.3 生物质能的发展现状及其预期	24
1.4.4 海洋能的发展现状及其展望	26
1.4.5 小水力发电的现状及其展望	27
1.4.6 地热能发电的现状及其展望	27
第 2 章 太阳能发电	29
2.1 太阳能基础知识	29
2.1.1 太阳和太阳能	29
2.1.2 太阳与地球的相对位置	31
2.1.3 影响到达地球表面的太阳辐射能的因素	35
2.1.4 太阳辐射强度	39

2.1.5	太阳能资源	42
2.1.6	太阳能发电类型	46
2.2	太阳能光电转换	47
2.2.1	半导体	47
2.2.2	太阳电池的基本工作原理	49
2.2.3	硅太阳电池的结构与特性	50
2.2.4	太阳电池的单体、组件和方阵	56
2.2.5	太阳电池的类型	58
2.3	太阳光发电系统	60
2.3.1	太阳光发电系统的组成	60
2.3.2	几个部件的功用	60
2.3.3	太阳电池方阵	62
2.3.4	蓄电池	64
2.3.5	太阳能发电系统匹配设计	71
2.4	太阳光发电的应用与发展	77
2.4.1	太阳光发电应用领域不断扩大	77
2.4.2	太阳光发电技术开发的进展	79
2.4.3	我国太阳光发电的现状与展望	83
2.5	太阳能热发电	86
2.5.1	槽形抛物面发电系统	87
2.5.2	中央接收器发电系统	90
2.5.3	碟形抛物面发电系统	95
2.5.4	太阳池发电	97
2.5.5	太阳能烟囱发电技术	100
第3章	风力发电	103
3.1	风力发电机组构成与机组简介	103
3.1.1	机组构成	103
3.1.2	运行方式	110
3.1.3	风力发电机组简介	113
3.2	风力机的分类与结构	119
3.2.1	风力机的分类	119
3.2.2	风力机的结构	120
3.3	风能及风能资源	122
3.3.1	风的形成	122
3.3.2	风向与风速	123
3.3.3	风的能量	128

3.3.4	风能资源	129
3.4	风力机的理论基础	132
3.4.1	升力与阻力	132
3.4.2	风力机的基本工作原理	135
3.4.3	风轮功率	137
3.4.4	尖速比	140
3.4.5	风力机的系统效率、有效功率	141
3.4.6	风轮面积	141
3.4.7	螺旋桨式叶片外形设计	143
3.4.8	水平轴升力型风轮及叶片受力	145
3.4.9	风轮的动力特性	149
3.5	风力发电机	153
3.5.1	风力发电机分类	153
3.5.2	笼型感应发电机	154
3.5.3	同步发电机	158
3.5.4	双馈(绕线转子)感应发电机	162
3.6	控制系统	166
3.6.1	对控制系统的基本要求	166
3.6.2	控制系统的构成	167
3.6.3	定桨距失速控制	169
3.6.4	变桨距控制	169
3.6.5	变速变桨距控制	171
3.6.6	偏航控制	174
3.7	风力发电机组并网运行	175
3.7.1	并网运行与电能质量	175
3.7.2	同步发电机并网运行	176
3.7.3	感应发电机并网运行	180
3.7.4	双馈发电机并网运行	182
3.8	风力发电机的选型、供电、场址、安装与使用	182
3.8.1	风力发电机的选型与供电	182
3.8.2	风力发电机的场址	185
3.8.3	风力发电机的安装	188
3.8.4	风力发电机的使用与维护	191
第4章	生物质能发电	195
4.1	生物质能资源及统计方法	195
4.1.1	生物质与生物质能的概念	195

4.1.2	生物质的热值	196
4.1.3	生物质资源量统计方法	198
4.1.4	生物质能资源量	200
4.1.5	生物质能发电途径	202
4.2	生物质直接燃烧发电	203
4.2.1	燃煤火力发电与生物质直接燃烧发电	203
4.2.2	锅炉与汽轮机	205
4.2.3	锅炉燃用生物质燃料	209
4.2.4	生物质发电燃烧方式与炉型选择	210
4.2.5	生物质燃烧发电应用案例介绍	212
4.3	生物质气化发电	217
4.3.1	生物质气化原理	217
4.3.2	生物质气化炉	220
4.3.3	生物质燃气的净化	226
4.3.4	固定床气化炉生产燃气用于发电	230
4.3.5	流化床气化炉生产燃气用于发电	238
4.3.6	生物质气化发电新技术的研究举例	243
4.4	沼气发电	244
4.4.1	沼气与沼气发酵	244
4.4.2	发酵装置	250
4.4.3	沼气发电站	255
4.4.4	国内外沼气发电技术发展状况	259
4.4.5	沼气发电及供燃举例	261
4.5	城市生活垃圾发电	264
4.5.1	城市生活垃圾是一种可再生能源资源	264
4.5.2	处理城市生活垃圾的意义与途径	267
4.5.3	垃圾填埋处理及填埋气发电	268
4.5.4	垃圾焚烧发电	273
4.6	生物质发电成本与电价	279
4.6.1	生物质发电不变成本分析	280
4.6.2	生物质发电可变成本	290
4.6.3	生物质发电原料成本区域性	293
4.6.4	生物质发电电价	293
第5章	小水力发电	297
5.1	水力资源及开发利用概况	297
5.1.1	水力发电的特点与作用	297

5.1.2	水力能资源及其开发利用概况	298
5.1.3	关于小水力发电	302
5.2	水力发电基础知识	305
5.2.1	水力发电基本原理	305
5.2.2	水力发电的开发方式	307
5.2.3	水力发电站简介	310
5.3	水电站的建筑物	314
5.3.1	挡水建筑物	314
5.3.2	引水建筑物	319
5.3.3	泄水建筑物	324
5.3.4	水电站厂房	328
5.4	水轮发电机组	334
5.4.1	水轮机的分类与型号	334
5.4.2	水轮机的结构及特点	336
5.4.3	水轮机主要性能参数和基本工作原理	342
5.4.4	水轮机选择	346
5.4.5	水轮发电机	351
5.5	小水电站水轮发电机组的运行及电能输送	355
5.5.1	水轮发电机组的试运行	355
5.5.2	水轮发电机组的正常运行	357
5.5.3	小水电站的电能输送	357
5.6	抽水蓄能电站	359
5.6.1	抽水蓄能电站的功用与开发方式	359
5.6.2	抽水蓄能电站的分类	360
5.6.3	抽水蓄能机组	361
5.6.4	抽水蓄能电站特点	362
5.6.5	抽水蓄能电站发展简况	362
5.6.6	抽水蓄能电站举例	364
第6章	海洋能发电	369
6.1	潮汐能发电	370
6.1.1	潮汐现象与潮汐能	370
6.1.2	潮汐能发电站	372
6.1.3	潮汐能发电的现状与发展	377
6.1.4	潮汐能发电站举例	379
6.2	波浪能发电	384
6.2.1	波浪能及其发电途径	384

6.2.2	波浪能发电装置中空气的流动	386
6.2.3	波浪能发电举例	388
6.2.4	波浪能发电的发展	391
6.3	海水温差能及其他海洋能发电	394
6.3.1	海水温差能	394
6.3.2	海水温差能发电的方式及其开发途径	395
6.3.3	海水温差能发电的发展	397
6.3.4	海水温差能发电举例	398
6.3.5	海洋流能发电	398
6.3.6	盐度差能发电	401
第7章	地热能发电	403
7.1	地热资源	403
7.1.1	地球组成结构	403
7.1.2	地热资源	404
7.1.3	地下热水的形成	406
7.1.4	地热田	407
7.1.5	全球及我国地热资源分布	408
7.2	地热能发电原理及其设备	411
7.2.1	地热能发电原理	411
7.2.2	地热能发电的主要设备	421
7.2.3	地热能发电应注意的几个问题	428
7.3	地热能发电的进展	431
7.3.1	世界地热能发电进展	431
7.3.2	我国地热能发电进展	437
7.3.3	地热能发电新技术研究	441
7.4	地热能发电实例	444
7.4.1	意大利拉德瑞罗(Larderello)地热蒸汽电站	444
7.4.2	日本Mori和Otake地热电站(中间介质法发电)	445
7.4.3	冰岛现代化地热电站	446
7.4.4	新西兰怀拉基地热电站	447
7.4.5	西藏羊八井地热电站(闪蒸法发电)	449
	参考文献	453

第1章

绪论

1.1 能源及可再生能源

1.1.1 能源的分类及重要性

1. 能源的分类

能源是指可以从其获得能量(如热能、光能、机械能、电能等)的来源。

能源是人类赖以生存和发展的物质基础。人类对能源的利用,经历了一个漫长的历史发展过程,从原始人的茹毛饮血、穴居野外的生活,发展到现代社会高度发达的物质文明与精神文明,对能源利用的范围逐渐扩大,能源的种类和数量越来越多,质量(品位)也逐步提高。史前的人类,依靠采集的植物和猎取的动物取得能量。火的发现是人类自觉地利用能量的开端,有了火,人们开始用野草、树枝(生物质能源)等燃烧加工食物、取暖和照明。

随着大脑的进化、智力的发展,人类渐渐进入了有史社会,慢慢学会了用河水飘移木筏、推动船舶(用水力能);用风帆助航,风力机碾米,磨面(用风能)。到了近代,人类逐渐开始应用煤炭、电力、石油、天然气。如今,已经把太阳能、潮汐能、地热能、海洋能,乃至核能等用于生产与生活之中。

在能探测到的星系里,地球是一颗得天独厚的行星,它有多种能源供人类的生存与发展,人们正是有效地利用了这些能源,把地球装扮得美丽多彩、生机勃勃。宏观地说,地球上的能源来自三个方面。

一是来自太阳的能源。太阳能除了可以直接被人类利用它的光和热外,它还是地球上许多种能源的主要来源。目前人类所需能量的绝大部分,都直接或间接地来源于太阳能。各种植物通过光合作用,把太阳能转变成化学能,在植物体内贮存下来,一部分在地球表面,供人类和动物利用;另一部分由于地壳的变迁埋入地下,成了化石燃料,如煤炭、石油、天然气等矿物燃料,它们是古代埋在地下的动植物,经过漫长的年代,在不同的地质条件下形成的,所以矿物燃料实质上是古代生物固定下来的太阳能;另外,风能、水力能和海洋波力能等,也都是

由太阳能转换而来的。

二是地球内部固有的能源,如地热能与核能。地球是个巨大的热库,里面蕴藏着异常丰富的热能,其热量一方面是地球形成时所固有的;另一方面是地球内部非稳定元素的同位素蜕变所释放出来的。已有的核电站所用的主要原料是重金属元素铀、钚等,通过原子核发生分裂(裂变)释放出能量;目前正在筹建的由氢元素(氘或氚)的原子核发生聚合反应(聚变)而释放能量的核电站,它的主要原料是氢的同位素。核能所用的主要原料可分别从矿石和海水中提取。

三是由月球(主要的)、太阳(次要的),乃至其他天体(更为次要的)对随地球旋转的海洋的引力形成的涨潮与落潮而产生的潮汐能。海洋水位的升降伴随着海水的流动,当其运动受到弯曲的海岸阻碍时,会使涨潮与落潮的水位高度差(潮差)有较大的变化,如加拿大的芬地湾,最大潮差竟达 16m 多。潮汐电站就是为了利用海水位能的变化而建造的。

从不同侧面分析研究,能源有不同的分类,现将其概括于表 1.1 中。

表 1.1 能源分类

类别		来自太阳的能源			星体间相互作用产生的能源	地球固有的能源
一次能源	可再生能源	常规能源	新能源			
		水能	太阳能 风能 生物质能	海洋能		地热能
	海水温差能 海洋波浪能			潮汐能		
非再生能源	煤炭 石油 天然气	油页岩			核能	
二次能源	电石 沼气 生物质燃气 木炭 液化气 重油 煤油 柴油 酒精 蒸汽 氢气 电力 煤气 焦炭					

表 1.1 中所列的一次能源和二次能源,是按能源的生成方式来划分的。一次能源又叫做自然能源,它是自然界中以天然形态存在的能源;二次能源则是指人们将一次能源经过加工转换,变为符合需要的能量形式。例如,煤炭是一次能源,经过干馏处理,变成了焦炭和煤气二次能源;石油是一次能源,经过提炼,得到了二次能源汽油、煤油、柴油和重油等。

一次能源按其是否能够源源有续、用之不竭,分为可再生能源与非再生能源。太阳能、水能、风能、生物质能、海洋能和地热能,随着时间的推移而不断生成,是可再生资源,不会因人类的开发利用而日益减少,具有自然的恢复能力;而煤炭、石油、天然气、油页岩和核燃料,越用越少,没有复生的可能,它们是非再生能源。

常规能源与新能源是这样划分的:技术上比较成熟、已被人类广泛应用的能源,称为常规能源;新能源一般是指在新技术基础上进行开发利用的能源。表中所

列的生物质能,不是指直接、粗放地燃用的生物质,而是指用新技术(如气化、发酵等)开发利用的现代能源。新能源与常规能源是相对而言的。现在的常规能源过去也曾是新能源,如今的新能源将来也会成为常规能源。

另外,能源还有商品能源与非商品能源之称。商品能源是指在流通环节大量销售的能源,如煤炭、石油、电力等;而风能、太阳能等就地开发利用的能源,则称其为非商品能源。

2. 能源的重要性

能源是社会发展的重要物质基础,各种生产活动和日常生活时时处处都离不开能源。对于人类,能源如同空气和水一样重要,没有能量的供给,人的生命也就停止了;人们的衣、食、住、行、用,都得以能源为依托。你很容易想到,没有能源或能源极度缺少的情况下,生活会是什么样的情景。

没有能源作后盾,社会进步、经济发展就无法谈起,若是没有电力和燃料,机器不能运转,工厂只好停工;拖拉机、农机具将立在田间不动;火车停止行驶;飞机不能起飞;轮船不能航行;各种武器成了一堆废铁;夜间城市、乡村将是漆黑一片……

下面再引用一些数据,来进一步说明能源与发展经济和提高人民生活水平的关系。

20世纪是人类发展史上进步很快的年代,在这一时期,各种能源的开发利用,对促进世界经济的繁荣与发达起到了重要作用,与此同时,能源的消费量也是与年俱增。表1.2列出了20世纪不同年代世界能源的消费情况。

表 1.2 20 世纪世界能源消费构成

年 份	能源消费量 (亿 tce)	能源消费构成(%)			
		煤炭	石油	天然气	水力及核能
1900	7.75	95.0	4.0		1.0
1950	26.64	59.3	29.8	9.3	1.6
1960	42.33	48.9	35.8	13.4	1.9
1973	84.48	28.0	48.1	21.4	2.5
1975	85.70	29.1	46.1	21.9	2.9
1978	87.55	32.0	45.2	19.9	2.9
1990	114.76	27.3	38.6	21.7	12.4
1996	119.72	26.9	39.6	23.5	10.0
1997	121.56	27.0	39.9	23.2	9.9
1998	121.11	26.2	40.0	23.8	10.0

注:tce表示“吨标准煤”。

从表1.2中可以看到,20世纪的前50年,世界各国的经济发展还不算很快,1950年的能源消费量(26.64亿tce)是1900年能源消费量(7.75亿tce)的3.44

倍。第二次世界大战以后,许多国家的经济建设以较快的速度向前发展,能源的消费量也相应地大幅度上升,到1998年,能源消费量为121.11亿tce,是1900年能源消费量7.75亿tce的15.63倍。进入21世纪以后,能源消费量更是突飞猛进,2007年,世界一次能源消费总量(不含生物质能)已达158.73亿tce,比1998年增加了30%以上。

从世界范围看,经济越发达,能源消费量越大。我国是个发展中的国家,经济不算发达,人民生活水平还不高。1997年,我国人均能源消费量仅为1.16tce,人均电量仅为893kW·h,不到世界人均能源消费量2.4tce的一半,居世界第89位,而北美的人均能源消费量竟超过10tce,欧洲和独联体的人均能源消费量在5tce左右。近几年,随着中国能源消费的增长,中国人均能源消费量逐渐上升。2006年中国一次能源人均消费量是世界平均水平的79.1%,分别为美国、日本、德国的16.9%、32.2%和32.9%。2007年中国一次能源人均消费量为1.99tce,与世界发达国家相比仍然比较低。

21世纪中叶,我国要实现经济社会发展的第三步战略目标,国民经济要达到中等发达国家水平。预计,到2050年我国人均能源消费量将达到3tce以上,相当于目前的世界平均值,仍远远低于目前发达国家的水平。基于以上分析可见,能源对人类社会的进步、经济建设的发展和人民生活水平的提高是何等的重要。

1.1.2 积极开发利用可再生能源

半个世纪以来,世界各国为了自身的发展,加大了对煤炭、石油、天然气的开采力度,然而它们的储量毕竟是有限的,日益加剧的开采,必然会导致这些化石燃料日渐枯竭。在发展经济的过程中,大量地燃用化石燃料,造成了空气污染,给人类美好的生存环境带来了负面影响,已经成为一个全球性的重大问题。为了缓解和改善这种局面,目前世界各国都在纷纷采取提高能源效率,节省能源消耗,改善能源结构,寻求化石燃料的替代能源,其中包括太阳能、生物质能、风能、水能、地热能和海洋能等可再生能源。这些可再生能源储量巨大,使用过程中污染少,是能陆续再生的清洁能源。

1. 必须寻求化石燃料能源的替代能源

当今世界所用的能源主要是石油、天然气和煤炭等化石燃料。2007年,世界一次能源消费总量(不含生物质能)约为158.73亿tce,其中石油占35.6%、煤炭占28.6%、天然气占25.6%。非化石能源和可再生能源虽然增长很快,但仍保持较低的比例,只占为12.0%。随着经济的发展,人口的增加和生活水平的提高,预计世界能源消费量将以每年3%左右的速度增长,到2020年,世界一次能源消费总量,将要增加到200亿~250亿tce。按目前国际上通行的能源预测方法估算,石油资源将在40年内枯竭;天然气资源将约60年内用光;而煤炭资源也只能使用200年左右。

我国的能源资源虽然比较丰富,但是人口太多,人均能源量相对较少,其中煤炭的人均探明储量为世界人均值的 70%;石油的人均探明储量为世界人均的 11%;天然气的人均探明储量为世界人均值的 4%。面对我国经济快速发展的形势,能源问题不容乐观。

在人类开发利用能源的历史长河中,以石油、煤炭和天然气为主的时期,仅是一个不太长的阶段,终将要结束,化石能源终将被新的能源所代替。根据国际权威机构的预测,到 2060 年,全球新能源(含核能、氢能等)与可再生能源的使用量,将会占世界能源构成总量的 50%以上,成为人类社会未来能源的基石,是目前大量燃用的化石燃料的替代能源。

2. 可再生能源的年可开采量巨大

全球可再生能源每年可开采量是非常大的,其中太阳能为 25.533TJ,相当于 87Ttce;水能为 2.26TW,相当于 540Etce;风能和海洋能为 37.30TW,相当于 370Gtce;地热能为 640TW,相当于 60Etce;生物质能为 162GW,相当于 115Ztce,其中太阳能占绝大的比例。

可再生能源数量巨大,但是,它一般很分散;与化石燃料相比,它的能量密度低(单位质量或单位面积所能获得的能量少);有的是间歇性的、变化的,给收集或开采带来极大的不便。

3. 可再生能源清洁干净,污染物排放少,有利于保护环境

全球气候变化是当前国际社会普遍关注的重大环境问题,出现的主要原因是大量燃用化石燃料产生的 CO₂等温室气体排放所造成的。在 1990 年全世界一次能源消费向大气排放了 60 亿~65 亿吨碳。在过去的 100 年中,全球平均气温上升了 0.3~0.6℃,全球海平面平均上升了 10~25cm。如果不对温室气体采取减排措施,在未来的几十年内,全球平均气温每 10 年将升高 0.2℃,到 2100 年,全球平均气温将升高 1~3.5℃。

我国是全世界少数几个以煤炭为主的能源消费大国,我国煤炭消费量占世界煤炭消费总量的 27%左右。2000 年中国能源生产总量为 10.9 亿 tce,其中煤炭占 67.2%;能源消费总量为 12.8 亿 tce,其中煤炭占 67%。1999 年,在中国排放的 CO₂中含有 6.69 亿吨碳,居世界第 2 位,其中 85%是由燃煤排放的;2000 年,我国排放 SO₂为 1995 万吨,居世界第 1 位,其中 90%是由燃煤排放的;排放烟尘 1 165 万吨,其中 70%是由能源开发利用排放的。煤炭燃烧所产生气体的排放量比燃烧同热值的天然气高 61%,比燃油高 36%。大量使用化石燃料(特别是煤炭)对环境造成的污染非常严重,排放到大气中的 SO₂形成的酸雨也给经济造成了相当大的损失。

可再生能源清洁干净,应用过程中排放的污染物很少。目前各种发电方式的碳排放率[g/(kW·h)]:煤发电为 275g/(kW·h),油发电为 204g/(kW·h),天然气发电为 181g/(kW·h),太阳能热发电为 92g/(kW·h),太阳能光伏发电为

55g/(kW·h),波浪发电为41g/(kW·h),海水温差发电为36g/(kW·h),潮汐发电为35g/(kW·h),风力发电为20g/(kW·h),地热发电为11g/(kW·h),核能发电为8g/(kW·h),水力发电为6g/(kW·h)。这些数据是将各种发电方式所用的原料与燃料的开采和运输、发电设备的制造、电源及网架的建设、发电设备运行和维护保养、废弃物排放的处理等所有环节中消费的能源的碳排放量和各种发电方式在寿命期的发电量计算得出的。从中可见,使用可再生能源是保护人类赖以生存的地球生态环境,走经济社会可持续发展之路的重大措施。

4. 可再生能源分布广泛,可就地采用

可再生能源多种多样,分布极为广泛,在世界各个地方,都有一种或几种可再生能源资源,人们可根据需要就地开采,就地使用。

迄今为止,世界上欠发达地区还有20多亿人口尚无电可用,他们多数仍过着贫困落后、远离现代文明的日出而作、日落而息的生活;还有一些特殊的领域,如高山气象站、地震测报台、森林火警监视站、光缆通信中继站、微波通信中继站、边防哨所、输油输气管道阴极保护站、海上航标等,那里一般没有常规电源可用,开发可再生能源是解决供电问题的重要途径。

开发利用可再生能源,对于偏远地区、山区、电网覆盖不到地区和居民分散、落后贫困、交通不便的地区更为有利,既可以解决能源供给问题,又有利于增加劳动就业机会,有助于改善那里居民的生活质量。

5. 实施激励政策,促进可再生能源的开发利用

近20年来,积极开发利用可再生能源,在整个世界范围内越来越被重视,很多国家把可再生能源开发利用作为可持续发展总战略的组成部分,在立法、规划、税收、应用等诸多方面予以支持、鼓励和实施优惠政策,许多重大项目列入国家计划,例如:1992年美国颁布新的政策支持光伏电池发展计划;1997年6月26日,美国总统克林顿宣布了“太阳能百万屋顶计划”。2000年,德国修订并实施了“可再生能源优先权法案”,同时正在实施“1000个屋顶光伏计划”。日本自1993年开始执行“新月光计划”,1994年开始实施“韩日七年计划”。丹麦政府对风力发电实施安装补贴政策……

我国政府对新能源与可再生能源的发展也十分重视,已先后出台了相关法律和一系列方针政策。1994年,国务院批准发布的《中国21世纪议程——中国21世纪人口、环境与发展白皮书》中强调,“可再生能源是未来能源结构的基础”,要“把开发可再生能源放到国家能源发展战略的优先地位”,“广泛开展节能和积极开发新能源和可再生能源”。1995年颁布的《电力法》中明确指出,国家积极提倡利用可再生能源和清洁能源发电,并进一步提出,农村利用太阳能、风能、地热能、生物质能发电,将得到国家的支持与鼓励。同年,国家计委、国家科委、国家经贸委制定印发了《新能源和可再生能源发展纲要(1996—2010)》,通过计划组织安排落实。2005年,全国人大通过了《可再生能源法》,已于2006年1月1日开始全面贯彻实

施。2007年9月,中国政府发布了《可再生能源中长期发展规划》。在《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020)》中,把能源列为第一优先发展领域,而且,把可再生能源的规模化利用技术作为重点攻关、重点研究的主题,也同时作为863计划能源领域和973基础研究计划中的重点内容。与此同时,国家和地方还制定并实施了一系列经济激励政策,分别从财政补贴、科研经费投入、贴息和减息贷款、技改贷款、优惠价格和减免税收等方面,支持新能源和可再生能源的开发利用。

世界各国制定的有利政策和具体计划,推动了可再生能源的开发利用。

1.2 可再生能源发电技术及其发展概况

从20世纪70年代出现的两次石油危机以来,世界能源消费结构逐渐向多元化方向发展,进入21世纪以来,随着化石燃料(特别是石油和天然气)的逐渐枯竭,核能将得到较快的发展,可再生能源作为能源新秀,也已经遍地开花。有关能源专家推测,到21世纪中叶,全球电力产出将超过1985年的3倍,其中可再生能源发电将占50%~60%。关于用太阳能、风能、生物质能、水能、海洋能和地热能等的发电技术,本书各章内将分别进行较详细的介绍,这里仅做扼要的说明。

1.2.1 太阳能发电技术及其发展概况

太阳能发电有两大类型:一是太阳能光伏发电;二是太阳能热发电。目前应用比较普遍的是太阳能光伏发电。

太阳能光伏发电是将太阳光能直接转变成电能的一种发电方式。自1939年“光生伏打效应”的发现和1954年第一块实用的光伏电池问世,发展到今天,太阳能光伏发电技术及应用取得了长足的进步。尤其是近十几年来,光伏电池的种类、产量、效率都增加较快,制造成本日趋下降。据欧洲光伏产业协会(EPIA)统计,2008年全球装机总量约为15GW,新增光伏装机容量达5.5GW,比2007年2.8GW几乎增加了一倍。商品单晶硅太阳能电池组件1995年的平均效率(光电转换)为15%左右,仅过5年时间至2000年,提高到18%左右,到目前已经提高到24.7%。伴随光电池结构的改进,制造工艺的完善,生产批量的加大,光电池组件的生产成本平均每年以7.5%的速率下降,1980年的成本为12美元/瓦,截至目前,其生产成本已降至2.1美元/瓦左右。许多国家已将发展太阳能光伏发电作为能源结构战略调整的一条重要途径。美国太阳能产业协会制定的发展目标是到2020年累计投资1.1万亿美元,累计装机容量达到350GW,能够满足美国10%的电力需求,年均减排二氧化碳3.8亿吨。欧洲光伏产业协会制定的目标是:到2020年累计投资2910亿欧元,累计装机容量达到390GW,能够满足欧盟12%的电力需求,年均减排二氧化碳至少2.2亿吨。可以相信,太阳能光伏发电在21世纪将成为重要的新兴产业之一。