

新 能 源

主 编 刘 琳 副主编 钱建华



东北大学出版社
Northeastern University Press

新 能 源

主 编 刘 琳

副主编 钱建华

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 刘 琳 2009

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源 / 刘琳主编. —沈阳: 东北大学出版社, 2009.12
ISBN 978-7-81102-784-6

I. 新… II. 刘… III. 能源—研究 IV. TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 243367 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neupn @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 抚顺光辉彩色印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 170mm × 228mm

印 张: 9.75

字 数: 175 千字

出版时间: 2009 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 任彦斌 刘 莹

责任校对: 张 华

封面设计: 肖 畅

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-784-6

定 价: 25.00 元

前 言

能源既是国民经济的命脉，也是构成客观世界的三大基础之一。目前，世界上的资源特别是化石能源正在逐步枯竭，并由此引发了日益严重的环境污染问题。各国在近几年来竞相进行新能源的理论研究和实际探索，新能源作为传统能源的替代能源，将在 21 世纪发挥越来越大的作用。

新能源，又称非常规能源，是指传统能源之外的各种能源形式。目前，可待开发的新能源主要包括太阳能、地热能、风能、水能、海洋能、生物质能、核聚变能和氢能等。本书从新能源的研究出发，以目前新能源学科的发展为契机，对上述各项进行了详尽的阐述和系统的编写。本书适合于高等院校能源及相关专业研究生、大学本科生阅读及参考，也可作为相关工程技术人员和科研、设计工作者的参考书。

本书由刘琳主编，钱建华任副主编。各章节分别由钱建华、刘琳、邢锦娟、张瑜、孟凡非、楚茂阳、朱江丽、吕宏、薛守庆执笔，王玲玲、张蕾、张月、阴翔宇、郑艳秋等同学参加了部分图文输入及编排工作。

本书在编写过程中，得到了辽宁省功能化合物的合成及应用重点实验室的支持，在此表示感谢。

由于新能源在理论和应用方面不断发展，加之编者水平所限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2009 年 11 月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 能源概况	1
1.1.1 能量与能源	1
1.1.2 能源的分类	2
1.2 新能源概况	3
1.3 常见新能源形式概述	4
1.3.1 太阳能	4
1.3.2 核 能	5
1.3.3 海洋能	6
1.3.4 风 能	6
1.3.5 生物质能	7
1.3.6 地热能	7
1.3.7 氢 能	8
1.3.8 海洋渗透能	8
1.3.9 水 能	8
1.4 新能源的发展现状和趋势	9
1.5 新能源的环境意义和能源安全战略意义.....	10
1.6 未来的几种新能源.....	11
第2章 太阳能	12
2.1 概 述.....	12
2.1.1 “广义”太阳能和“狭义”太阳能	12
2.1.2 太阳辐射的光谱分布.....	13
2.2 太阳能的定义及特点.....	13
2.2.1 太阳能的优点.....	13
2.2.2 太阳能的缺点.....	15

2.3 太阳能的利用	16
2.3.1 太阳能的直接利用	16
2.3.2 太阳能集热器	19
2.3.3 太阳能热水系统	20
2.3.4 太阳能的中高温利用的特点	22
2.3.5 太阳能的中高温利用情况	22
2.3.6 太阳能的电利用	23
2.3.7 太阳能电池	24
2.3.8 太阳能提水的雨水收集系统的利用分析	25
2.4 国内发展现状和趋势	28
2.5 国外发展现状和趋势	29
2.6 未来的太阳能电池市场	30
第3章 核 能	33
3.1 核能的定义及特点	33
3.2 潜力巨大的核能	34
3.3 核反应堆	36
3.3.1 概 述	36
3.3.2 核反应堆类型	36
3.3.3 核反应堆用途	37
3.4 核燃料	38
3.5 核能的应用	39
3.5.1 高能量的核电站	39
3.5.2 核武器	40
3.6 国内外发展现状和趋势	42
3.7 未来的发展	44
第4章 海洋能资源	46
4.1 概 述	46
4.2 海洋能资源的定义和特点	46
4.3 海洋能应用	47
4.3.1 潮汐能资源的应用	47
4.3.2 波浪能资源的应用	48
4.3.3 海流能资源的应用	49

4.3.4 温差能资源的应用	49
4.3.5 盐差能资源的应用	50
4.4 国外发展现状和趋势	51
4.4.1 英 国	51
4.4.2 日 本	52
4.4.3 我国海洋能的利用技术现状	52
第5章 风 能	55
5.1 概 述	55
5.2 风能的特点	56
5.3 风能资源概况	57
5.4 风能利用的主要形式	59
5.5 国内外发展现状和趋势	60
5.5.1 我国风电场介绍	60
5.5.2 国外发展现状和趋势	61
5.6 世界风能行业发展前景	63
第6章 生物质能	65
6.1 概 述	65
6.1.1 生物质能的含义	65
6.1.2 生物质能资源	66
6.1.3 生物质能的特点	68
6.1.4 生物质能的利用	68
6.1.5 生物质能的研究	69
6.1.6 我国发展生物质能产业潜力巨大	69
6.2 生物柴油及生物燃料乙醇	71
6.2.1 生物柴油及其特点	71
6.2.2 生物燃料乙醇及其特点	72
6.3 制备方法	73
6.3.1 生物柴油的制备方法	73
6.3.2 生物乙醇的制备方法	77
6.4 国内发展现状和趋势	79
6.4.1 我国生物柴油的产业化前景	79
6.4.2 我国加速发展乙醇产业	80

6.5 国外发展现状和趋势	81
6.5.1 国外的生物柴油的发展前景	81
6.5.2 国外生物乙醇产业发展现状	82
6.5.3 世界燃料乙醇产业现状	83
6.6 我国生物质能技术发展现状和问题	84
6.6.1 我国生物质能技术发展现状	85
6.6.2 我国生物质能技术发展过程中存在的问题	86
6.6.3 发展方向与对策	87
第7章 地热能	90
7.1 概 述	90
7.2 地热能的分类与分布	91
7.2.1 地热能的分类	91
7.2.2 地热能的分布	91
7.3 地热能的作用	92
7.4 地热资源开采过程中出现的问题及解决方法	94
7.4.1 世界地热开发利用进程存在的普遍问题	94
7.4.2 地热能开发产生问题的应对方法	96
第8章 氢 能	99
8.1 概 述	99
8.1.1 氢能概述	99
8.1.2 氢能技术发展简史	99
8.2 氢能的定义和特点	100
8.3 氢的制备方法和储运	101
8.3.1 氢的制取技术	102
8.3.2 氢的储存运输技术	103
8.4 氢能应用	106
8.4.1 燃料电池的应用	106
8.4.2 其他应用	111
8.5 展 望	111
第9章 天然气水合物	114
9.1 概 述	114

9.2 天然气水合物	115
9.2.1 天然气水合物的定义及特点	115
9.2.2 天然气水合物的开采方法	115
9.3 天然气合成油	117
9.3.1 概 述	117
9.3.2 天然气合成油技术及开发进展	119
9.3.3 天然气合成油的发展前景	121
9.4 煤基合成油	122
9.4.1 煤基合成油的意义	122
9.4.2 煤基合成油的技术	122
9.5 液化天然气冷凝回收利用	123
9.5.1 概 述	123
9.5.2 液化天然气冷能利用技术	123
9.5.3 液化天然气冷能的梯级利用	127
9.6 展 望	127
第10章 水 能	131
10.1 概 述	131
10.2 水能的定义和特点	132
10.3 水能资源健康开发利用指标	133
10.3.1 指标计算基础数据采纳	133
10.3.2 研究指标	133
10.4 国内发展现状和趋势	135
10.4.1 我国水电建设成就	135
10.4.2 我国水电建设技术成就	136
10.5 国外某些国家的水能利用现状	139
10.6 21 世纪我国水电发展展望	142

第1章 绪 论

1.1 能源概况

1.1.1 能量与能源

物质、能量和信息是构成自然社会的基本要素，能源就是能量的源泉。

从物理学的观点看，能量可以简单地定义为做功的能力。从广义而言，任何物质都可以转化为能量，但是转化的数量、转化的难易程度不同。比较集中而又较易转化的含能物质称为能源。随着科学技术的进步，人类对物质性质的认识和掌握能量转化的方法也在深化，因此并没有一个很确切的能源的定义。但对于工程技术人员而言，在一定的工业发展阶段，能源的定义还是明确的。还有另一种类型的能源——物质在宏观运动过程中所转化的能量，即所谓的能量过程，例如，水的势能落差运动产生的水能和空气运动所产生的风能等。因此，能源的定义可以描述为：比较集中的含能体，或可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任何形式能量的载能体资源。

能量的单位与功的单位一致。常用的单位是尔格、焦耳、千瓦·小时等。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，1千克标准煤的发热量为29.3千焦，1千克标准油的发热量为41.8千焦。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。

能源是人类活动的物质基础。从某种意义上讲，人类社会的发展离不开优质能源的出现和先进能源技术的使用。在当今世界，能源的发展、能源和环境，是全世界、全人类共同关心的问题，也是我国社会经济发展的重要问题。对于“能源”这一术语，过去人们谈论得很少，正是两次石油危机使它成为人们议论的热点。能源是整个世界经济和最基本的发展驱动力，是人类赖以生存的基础。自工业革命以来，就开始出现能源安全问题。在全球经济高速发展的今天，能源安全问题已经引起世界各国的高度重视，各国都制定了以能源供应安全为核心的能源政策。在此后的二十多年里，在稳定能源供

给政策的支持下,世界经济取得了较大幅度的增长。但是,人类在享受能源带来的经济发展、科技进步等利益的同时,也遇到一系列无法避免的能源安全挑战,如能源短缺、资源争夺和过度使用能源造成的环境污染等问题。

那么,究竟什么是“能源”呢?关于能源的定义,目前约有20种。例如,《科学技术百科全书》说:“能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源”;《大英百科全书》说:“能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语,人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量”;《日本大百科全书》说:“在各种生产活动中,我们利用热能、机械能、光能、电能等来做功,可利用来作为这些能量源泉的自然界中的各种载体,称为能源”;我国的《能源百科全书》说:“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源。”可见,能源是一种呈多种形式的,并且可以相互转换的能量的源泉。确切而简单地说,能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。

能源(也称能量资源或能源资源),是指可产生各种能量(如热量、电能、光能和机械能等)或可做功的物质的统称,是指能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源,包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源,以及其他新能源和可再生能源。

1.1.2 能源的分类

对能源分类有不同的分类方法。按照能量根本蕴藏方式不同,可以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”的叫法。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长成的根茎及食用它们的动物残骸,在漫长的地质变迁过程中所形成的。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。这里主要指地热资源和原子能燃料,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存的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和核聚变燃料是原子能的储存体。即使将来每年耗能比现在多1000倍,这

些核燃料也足够人类使用 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、月亮等天体间有规律运动而形成的潮汐能。地球是太阳系的八大行星之一。月球是地球的卫星。由于太阳系其他七颗行星距离地球较远,或质量相对较小,结果只有太阳和月亮对地球具有较大的引力作用,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。

1.2 新能源概况

新能源又称非常规能源。是指传统能源之外的各种能源形式。指刚开始开发利用或正在积极研究、有待推广的能源,如太阳能、地热能、风能、海洋能、生物质能和核聚变能等。

新能源的各种形式都直接或者间接地来自太阳或地球内部发出所产生的热能。包括太阳能、风能、生物质能、地热能、核聚变能、水能和海洋能以及由可再生能源衍生出来的生物燃料和氢所产生的能量。也可以说,新能源包括各种可再生能源和核能。相对于传统能源,新能源普遍具有污染少、储量大的特点,对于解决当今世界严重的环境污染问题和资源(特别是化石能源)枯竭问题,具有重要的意义。同时,由于很多新能源分布均匀,对于避免由能源引发的战争,也有着重要的意义。

有关组织断言,石油、煤矿等资源将加速减少,核能、太阳能即将成为主要能源。联合国开发计划署把新能源分为以下三大类: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、地热能和海洋能(潮汐能);③穿透生物质能。

一般地说,常规能源是指技术上比较成熟且已被大规模利用的能源,而新能源通常是指尚未大规模利用、正在积极研究开发的能源。因此,煤、石油、天然气以及大中型水域都被看做常规能源,而把太阳能、风能、现代生物质能、地热能、海洋能、核能和氢能等作为新能源。随着技术的进步和可持续发展观念的树立,过去一直被视做垃圾的工业与生活有机废弃物被重新认识,作为一种能源资源化利用的物质而获得深入的研究和开发利用,因此,废弃物的资源化利用也可以看做新能源技术的一种形式。当今社会,新能源通常指核能、太阳能、风能、地热能和氢能等。

据估算,每年辐射到地球上的太阳能为 17.8 万亿千瓦·时,其中可以开

发利用的为 500 亿~1000 亿千瓦·时。但因为其分布很分散,目前能利用的甚微。地热能资源指陆地下 5000 米深度内的岩石和水体的总含热量。其中全球陆地部分 3000 米深度内、150℃ 以上的高温地热能资源为 140 万吨标准煤,目前一些国家已经着手商业开发利用。世界风能的潜力约为 3500 亿千瓦·时,因为风力断续分散,难以经济地利用,今后输能储能技术如有重大改进,风力利用将会增加。海洋能包括潮汐能、波浪能、海水温差能等,理论储量十分可观。限于技术水平,现尚处于小规模研究阶段。当前,由于新能源的利用技术尚不成熟,所以已开发出的新能源只占世界所需总能量的很小部分,今后有着很大的发展前途。

1.3 常见新能源形式概述

1.3.1 太阳能

广义上的太阳能是地球上许多能量的来源,如风能、化学能、水的势能等由太阳能导致或转化成的能量形式。

(1) 太阳能的主要利用形式

太阳能一般指太阳光的辐射能量。太阳能的主要利用形式有太阳能的光-热转换、光-电转换和光-化转换三种主要方式。

① 光-热转换。太阳能集热器以空气或液体为传热介质吸热,可以采用抽真空或其他透光隔热材料来减少集热器的热损失。太阳能建筑分为主动式和被动式两种,前者与常规能源采暖相同;后者是利用建筑本身吸收储存能量。

② 光-电转换。太阳能电池类型很多,如单晶硅、多晶硅、硫化镉和砷化锌电池。非晶硅薄膜很可能成为太阳能电池的主体,缺点主要是光-电转换率低,工艺还不成熟。目前,太阳能利用转化率为 10%~12%。据此推算,到 2020 年,全世界能源消费总量大约需要 25 万亿升原油,如果用太阳能替换,只需要约 97 万平方千米的一块吸太阳能的“光板”就可以实现。“宇宙发电计划”在理论上是完全可行的。

③ 光-化转换。光照半导体和电解液界面使水电离直接产生氢的电池,即光化学电池。

利用太阳能的方法主要有:太阳能电池,通过光-电转换把太阳光中包含的能量转化为电能;太阳能热水器,利用太阳光的热量加热水,并利用热水发电等。

(2) 太阳能的分类

① 太阳能光伏。光伏板组件是一种暴露在阳光下便会产生直流电的发电装置,由几乎全部以半导体物料(例如硅)制成的薄身固体光伏电池组成。由于没有活动的部分,所以可以长时间地操作而不会导致任何损耗。简单的光伏电池可以为手表及计算机提供能源,较复杂的光伏系统可以为房屋照明,并且能为电网供电。光伏板组件可以制成不同形状,而组件又可以连接,以产生更多的电力。近年来,天台及建筑物表面均会使用光伏板组件,甚至被用做窗户、天窗或遮蔽装置的一部分,这些光伏设施通常被称为附设于建筑物的光伏系统。

② 太阳热能。现代的太阳热能科技将阳光聚合,并运用其能量产生热水蒸气和电力。除了运用适当的科技来收集太阳能外,建筑物也可以利用太阳的光和热能,方法是在设计时加入合适的装备,例如,巨型的向南窗户或使用能吸收及慢慢释放太阳热力的建筑材料。

③ 太阳光合能。植物利用太阳光进行光合作用,合成有机物。因此,可以人为地模拟植物的光合作用,大量合成人类需要的有机物,提高太阳能利用效率。

1.3.2 核能

核能是通过转化其质量,从原子核释放的能量,符合阿尔伯特·爱因斯坦的能量方程 $E = mc^2$, 其中 E 为能量, m 为质量, c 为光速。

(1) 核能的释放形式

① 核裂变能。所谓核裂变能,是指通过一些重原子核(如铀-235、铀-238、钚-239等)的裂变释放出的能量。

② 核聚变能。由两个或两个以上氢原子核(如氢的同位素——氘和氚)结合成一个较重的原子核,同时发生质量亏损,释放出巨大能量的反应,叫做核聚变反应,其释放出的能量被称为核聚变能。

③ 核衰变。核衰变是一种自然的慢得多的裂变形式,因为其能量释放缓慢而很难加以利用。

(2) 核能利用存在的主要问题

① 资源利用率低。

② 反应后产生的核废料成为危害生物圈的潜在因素,其最终处理技术尚未被完全解决。

③ 反应堆的安全问题尚需要不断监控及改进。

④ 核不扩散要求的约束,即核电站反应堆中生成的钚-239受其控制。

⑤ 核电建设投资费用仍然比常规能源高,投资风险较大。

1.3.3 海洋能

海洋能指蕴藏于海水中的各种可再生能源,包括潮汐能、波浪能、海流能、海水温差能和海水盐度差能等。这些能源都具有可再生性和不污染环境等优点,是一项亟待开发利用的具有战略意义的新能源。

① 波浪发电。据科学家推算,地球上波浪蕴藏的电能高达 90 万亿千瓦·时。目前,海上导航浮标和灯塔已经用上了波浪发电机发出的电来照明。大型波浪发电机组也已经问世。我国也在对波浪发电进行研究和试验,并制成了供航标灯使用的发电装置。

② 潮汐发电。据世界动力组织估计,到 2020 年,全世界潮汐发电量将达到 1000 亿~3000 亿千瓦·时。世界上最大的潮汐发电站是法国北部英吉利海峡上的朗斯河口电站,发电能力为 24 万千瓦·时,已经工作了 30 多年。中国在浙江省建造了江夏潮汐电站,总容量达到 3900 千瓦。

1.3.4 风 能

即地球表面大量空气流动所产生的动能。由于地面各处受太阳辐照后气温变化不同和空气中水蒸气的含量不同,因而引起各地气压的差异,在水平方向,高压空气向低压地区流动,即形成风。风能资源决定于风能密度和可利用的风能年累计小时数。风能的利用主要是风力发电和风力提水。

风力发电是当代人利用风能最常见的形式,自 19 世纪末丹麦研制成风力发电机以来,人们认识到石油等能源会枯竭,才重视风能的发展,利用风来做其他事情。1977 年,联邦德国在著名的风谷——石勒苏益格-荷尔斯泰因州的布隆坡特尔——建造了一台世界上最大的发电风车。该风车高 150 米,每个桨叶长 40 米,重 18 吨,用玻璃钢制成。经过几十年的发展,在风能资源良好的地点,风力发电已经可以与普通发电方式竞争。全球装机容量每翻一番,风力发电成本下降 12%~18%。风力发电的平均成本从 1980 年的 46 美分/(千瓦·时)下降到目前的 3~5 美分/(千瓦·时)(风能资源良好的地点)。1994 年,全世界的风力发电机装机容量已经达到 300 万千瓦左右,每年发电约 50 亿千瓦·时。2010 年,岸上风力发电成本将低于天然气成本,近海风力发电成本将下降 25%。随着成本的下降,在风速低的地区安装风电机组也是经济的,这极大地增加了全球风电的潜力。过去 10 年间,全球风电装机容量的年平均增长率为 30%。2003 年全球新增风电装机容量约为 8250 兆瓦,总风电装机容量约为 40290 兆瓦。

风能是在太阳辐射下流动所形成的。风能与其他能源相比,具有明显的优势,它蕴藏量大,是水能的10倍,分布广泛,永远不会枯竭,对交通不便、远离主干电网的岛屿及边远地区尤为重要。

1.3.5 生物质能

生物质能来源于生物质,也是太阳能以化学能形式储存于生物中的一种能量形式,它直接或间接地来源于植物的光合作用。生物质能是储存的太阳能,更是一种唯一可再生的碳源,可转化成常规的固态、液态或气态的燃料。地球上的生物质能资源较为丰富,而且是一种无害的能源。地球每年经光合作用产生的物质有1730亿吨,其中蕴涵的能量相当于全世界能源消耗总量的10~20倍,但尚未被人们合理地利用,多半直接当做薪柴使用,效率低,影响生态环境。现代生物质能的利用是通过生物质的厌氧发酵制取甲烷,用热解法生成燃料气、生物油和生物炭,用生物质制造乙醇和甲醇燃料,以及利用生物工程技术培养能源植物,发展能源农场。

截至2006年底,全国已经建设农村户用沼气池1870万口,生活污水净化沼气池14万处,畜禽养殖场和工业废水沼气工程2000多处,年产沼气约90亿米³,为近8000万农村人口提供了优质的生活燃料。

中国已经开发出多种固定床和流化床气化炉,以秸秆、木屑、稻壳、树枝为原料生产燃气。2006年用于木材和农副产品烘干的有800多台,村镇级秸秆气化集中供气系统近600处,年生产生物质燃气2000万米³。

1.3.6 地热能

地热能是离地球表面5000米以内,15℃以上的岩石和液体的热源能量。据有关组织推算,约为 14.5×10^{25} 焦,约相当于4948万亿吨标准煤的热量。地热来源主要是地球内部放射性同位素热核反应产生的热能。我国一般把高于150℃的称为高温地热,主要用于发电;低于此温度的叫做低温地热,通常直接用于采暖、工农业加温、水产养殖及医疗和洗浴等。早在1990年底,世界地热资源开发利用于发电的总装机容量就已达到588万千瓦,地热水的中低温直接利用约相当于1137万千瓦。

地热能的开发利用已有较长的时间,地热发电、地热制冷及热泵技术都已经比较成熟。在发电方面,国外地热单机容量最高已经达到60兆瓦,采用双循环技术,可以利用100℃左右的热水发电。我国单机容量最高为10兆瓦,与国外有较大差距。另外,发电技术目前还有单级闪蒸法发电系统、两级闪蒸法发电系统、全流法发电系统、单级双流地热发电系统、两级双流

地热发电系统和闪蒸与双流两级串联发电系统等。我国适合于发电的高温地热资源不多,总装机容量为 30 兆瓦左右,其中西藏羊八井、那曲、郎久三个地热电站规模较大。

地球内部热源可以来自重力分异、潮汐摩擦、化学反应和放射性元素衰变释放的能量等。放射性热能是地球的主要热源。我国地热资源丰富,分布广泛,已有 5500 处地热点,地热田 45 个,地热资源总量约为 320 万兆瓦。

1.3.7 氢 能

在众多新能源中,氢能以其重量轻、无污染、热值高、应用面广等独特的优点脱颖而出,将成为 21 世纪最理想的新能源。氢能可以应用于航天航空、汽车的燃料等高热行业。

1.3.8 海洋渗透能

如果有两种盐溶液,一种溶液中盐的浓度高,一种溶液中盐的浓度低,那么把两种溶液放在一起,并且用一种渗透膜隔离后,会产生渗透压,水会从浓度低的溶液流向浓度高的溶液。江河里流动的是淡水,而海洋中存在的是咸水,两者也存在一定的浓度差。在江河的入海口,淡水的水压比海水的水压高,如果在入海口放置一台涡轮发电机,那么淡水和海水之间的渗透压就可以推动涡轮机来发电。

海洋渗透能是一种十分环保的绿色能源,它既不产生垃圾,也没有二氧化碳的排放,更不依赖天气的状况,可以说是取之不尽,用之不竭。而在盐分浓度更大的水域里,渗透发电厂的发电效能会更好,比如地中海、死海、我国盐城的大盐湖、美国的大盐湖。当然,发电厂附近必须有淡水的供给。据挪威能源集团的负责人巴德·米克尔森估计,利用海洋渗透能发电,全球范围内年发电量可以达到 16000 亿千瓦·时。

1.3.9 水 能

水能是一种可再生能源,是清洁能源,是指水体的动能、势能和压力能等能量资源。广义的水能资源包括河流水能、潮汐水能、波浪能、海洋能等能量资源;狭义的水能资源指河流的水能资源,是常规能源、一次能源。水不仅可以直接被人类利用,它还是能量的载体。太阳能驱动地球上水循环,使之持续进行。地表水的流动是重要的一环,在落差大、流量大的地区,水能资源丰富。随着矿物燃料的日渐减少,水能是非常重要且前景广阔的替代资源。目前,世界上水力发电还处于起步阶段。河流、潮汐、波浪和涌浪等