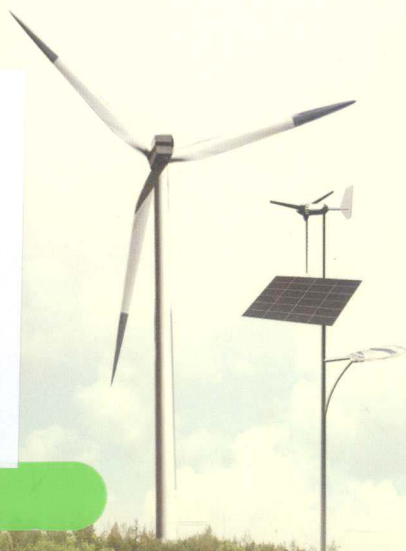




中国石油勘探开发研究院出版物

石油公司的 可再生能源之路

王社教 黎 民 闫家泓 著



石油工业出版社

石油公司的可再生能源之路

王社教 黎 民 闫家泓 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了可再生能源基本内涵、能源发展形势、国内外可再生能源技术与市场发展现状,分析了石油公司发展可再生能源的可行性并对发展前景进行了展望,通过分析国内外石油公司可再生能源现状和存在的问题,提出了中国石油公司可再生能源的发展战略与策略。

本书可供从事新能源研究的技术人员、管理人员及从事新能源投资的管理人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

石油公司的可再生能源之路/王社教,黎民,闫家泓著.
北京:石油工业出版社,2013.5
ISBN 978-7-5021-9517-5

I. 石…

II. ①王…②黎…③闫…

III. 石油工业-再生能源-发展战略-研究-中国

IV. F426.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 039998 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523544

发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:10.75

字数:136 千字

定价:60.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前 言

随着世界经济发展对油气消耗的不断增长,化石能源消费带来越来越严重的环境问题,清洁的可再生能源迎来了前所未有的发展机遇。近 10 年来,许多国家都把新能源与可再生能源作为国家战略,制定规划、加大投资、开发技术、扩大市场,提高其在能源消费结构中的比例。据国际能源署(IEA)资料,化石燃料在全球一次能源消费中的比重将从当前的 81% 左右降至 2030 年的 75%,可再生能源所占比重从当前的 13% 增加至 2030 年的 18%。2009 年 1 月,国际可再生能源机构(IRENA)在德国波恩正式成立,是继国际能源署(IEA)和国际原子能机构(IAEA)之后的第三个国际能源机构,旨在促进可再生能源的开发和利用。因此,可再生能源的发展代表一种新的能源发展趋势,就像煤炭代替薪柴及石油代替煤炭成为全球主要能源一样,可再生能源的发展预示着新的能源时代的到来。

众所周知,无论是石油还是天然气,都是不可再生资源,总有枯竭的时候。石油安全逐渐升级,全球变暖的压力加大,人们正在努力开发新能源作为长久之道。世界范围内很多石油巨头逐渐加大新能源投资,由单纯的“油公司”向“综合能源公司”发展,并且已经开始了非常有意义的可再生能源商业活动。目前,壳牌和 BP 公司是公认的可再生能源领域的领先者,雪佛龙德士古和道达尔开展了地热能、风能、太阳能和氢能等方面的业务。

中国石油、中国石化、中国海油三大国内石油公司也正在加大发展新能源与可再生能源的步伐。

2003 年,中国石油天然气股份有限公司原科技与信息管理部启动

新能源与可再生能源研究项目,并在中国石油勘探开发研究院资源规划所组建新能源研究室,全面开展新能源与可再生能源研究。2006年,中国石油勘探与生产公司成立新能源处,负责公司新能源业务的发展。多年来,中国石油相继开展了国内外可再生能源的技术和产业跟踪研究,筛选了具有战略性发展前景的可再生能源项目,制定了发展战略和策略,启动了一批示范工程,吉林燃料乙醇厂、油区地热能利用、野外物探队太阳能光伏发电、加油站太阳能光伏并网发电、航空生物柴油生产等一批示范工程进展顺利,为规模化发展奠定了基础。

2006年,中国石化集团新星石油有限责任公司(简称新星公司)与冰岛恩莱克斯公司合资成立陕西绿源地热能源开发有限公司,专门从事地热资源开发利用,初步形成了具有自身特色的科学规划、多井集输、梯级换热、尾水净化和采灌结合等配套技术,建立了综合开发示范基地。在生物质液体燃料方面,已涉足燃料乙醇、生物柴油,并开始了纤维素乙醇技术、微藻生物柴油技术和生物航煤技术等研发。

2006年,中国海洋石油总公司成立中海油新能源投资有限责任公司,开展风能、生物质能、煤基清洁能源、太阳能、氢能、清洁能源等可再生能源及清洁能源的开发利用,已建大型陆上和海上风力发电场,规模化生产生物柴油、煤制天然气等,2009年成立新能源研究院,开展新能源与可再生能源技术研发。

笔者多年从事新能源与可再生能源研究工作,对石油公司如何介入、如何发展和如何布局可再生能源业务有些粗浅的认识。希望本书能对石油行业的专家和科研人员加深对可再生能源的了解、认识可再生能源在替代化石能源中的作用和地位,对石油行业已经从事可再生能源技术研究和应用的专家及科研人员,以及期望了解石油企业可再生能源发展状况的专家和学者有所帮助。

本书的编写和出版,得益于中国石油科技管理部长期对新能源与可再生能源科技活动的支持,得益于中国石油勘探开发研究院以及资源规划所的领导们的重视和大力支持,在此,对他们长期以来对我们新能源与可再生能源研究团队的支持和帮助表示衷心的感谢。

本书内容涉及领域广,限于笔者研究水平,在资料、数据的掌握和分析问题的深度与广度方面肯定存在不足,欢迎读者批评指正。

目 录

第一章 综述	(1)
第一节 可再生能源基本内涵	(1)
一、可再生能源定义	(1)
二、可再生能源分类	(2)
第二节 能源发展形势	(9)
一、世界能源供给历史回顾	(9)
二、世界未来能源供需展望	(12)
三、中国能源供给历史回顾	(15)
四、中国未来能源供需前景展望	(16)
第二章 可再生能源技术与市场发展现状	(18)
第一节 国外可再生能源发展现状	(18)
一、国外可再生能源技术与市场	(18)
二、国外可再生能源发展趋势	(52)
三、国外可再生能源政策	(57)
第二节 中国可再生能源发展现状	(60)
一、中国可再生能源技术与市场	(60)
二、中国可再生能源发展趋势	(96)
三、中国可再生能源政策	(97)
第三章 石油公司可再生能源发展现状	(102)
第一节 概述	(102)
一、国际石油公司可再生能源发展战略	(102)
二、国际石油公司可再生能源发展现状	(103)
第二节 国际石油公司发展可再生能源的经验和启示	(106)
一、发展可再生能源的动机	(106)
二、发展可再生能源的经验	(109)
三、发展可再生能源的启示	(110)
第三节 中国石油公司可再生能源发展情况	(112)
一、中国石油可再生能源优先发展领域和技术方向	(112)

二、中国石化可再生能源和替代能源产业链	(119)
三、中海油快速推进的“绿色能源”业务	(121)
第四章 石油公司发展可再生能源前景分析	(125)
第一节 可再生能源的作用和地位	(125)
一、世界能源消费结构及发展趋势	(125)
二、中国可再生能源的作用和地位	(128)
第二节 可再生能源在石油行业中的发展前景	(132)
一、石油公司发展可再生能源的优势	(132)
二、石油公司发展可再生能源的前景	(137)
第三节 可再生能源发展存在的问题	(138)
一、对可再生能源的认识不足	(139)
二、研发能力不强,技术水平不高	(139)
三、市场规模小,缺乏实施规范	(139)
四、资源不清,限制规模化发展	(140)
第五章 石油公司发展可再生能源可行性分析	(141)
第一节 可再生能源业务发展环境	(141)
一、可再生能源业务发展的宏观环境	(141)
二、可再生能源业务发展的产业环境	(143)
三、石油公司发展可再生能源的动力	(144)
第二节 石油公司发展可再生能源发展战略	(145)
一、SWOT 分析	(145)
二、发展思路	(147)
三、发展战略	(147)
第三节 石油公司可再生能源项目优选	(148)
一、适合石油公司发展的可再生能源领域	(148)
二、多因素分析法技术优选	(151)
三、特尔菲法技术优选	(153)
第四节 可再生能源业务发展建议	(156)
参考文献	(160)

第一章 综 述

第一节 可再生能源基本内涵

一、可再生能源定义

可再生能源是指在自然界中可以不断再生、永续利用、取之不尽、用之不竭的资源,它对环境无害或危害极小,而且资源分布广泛,适宜就地开发利用。一般认为,可再生能源包括太阳能、风能、生物质能、地热能、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能。联合国开发计划署(UNDP)把新能源分为以下三大类:大中型水电;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、海洋能;传统生物质能。

可再生能源的特性表现为:一是具可再生性,不会因开发利用的延续而枯竭;二是能量密度相对较低,如1kg生物秸秆的能量密度仅为煤炭的 $1/2$,石油天然气的 $1/3$ 或 $1/4$,风能和太阳能的能量密度则更低;三是具有间断性,即资源量和能量密度随季节和昼夜变化而变化,呈现不连续性和波动性;四是分布分散,具有明显的地域性;五是可再生能源和生态环境密切相关。

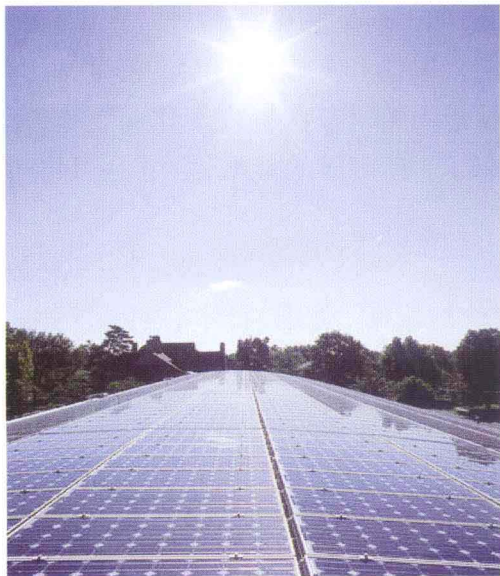
迄今为止,可再生能源经历了三个快速发展阶段。第一次是在1973年的石油危机以后,受高油价的影响,美国、日本、西欧等发达国家和地区经济发展受到沉重打击,发达国家都建立了自己的可再生能源研发机构,并制定相应的专项计划,加强可再生能源的研究与应用,力图减少对化石能源的依赖。虽然可再生能源资源丰富,但能量密度低,限于当时的科技水平,可再生能源的转换效率低、成本高,很难与传统的化石能源竞争,新能源开发如“昙花一现”。第二个阶段是以1992

年在巴西里约热内卢召开的环境与发展大会为标志。会议通过了《里约宣言》和《21 世纪议程》等重要文件,确定了相关环境责任原则,可持续发展的观念也逐渐形成,可再生能源的开发利用再次引起重视,提到议事日程。第三个阶段是进入 21 世纪以后,随着全球气候问题的日益凸显以及能源供需矛盾的日益加剧,世界各国从可持续发展的角度和保障能源供给安全的角度,调整了各自的能源政策,进一步将可再生能源发展纳入国家的发展战略。2005 年 2 月 16 日,《京都议定书》正式生效,促进了承担减排义务的各国完成温室气体减排目标,同时发达国家承担了减排二氧化碳等 6 种温室气体的义务,对可再生能源的支持力度进一步加大,可再生能源开始蓬勃发展。

二、可再生能源分类

(一) 太阳能

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、光电转换以及光化学转换三种主要方式。广义上的太阳能是地球上许多能量的来源,如风能、化学能、水的势能等都是由太



阳能导致或转化成的能量形式。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。

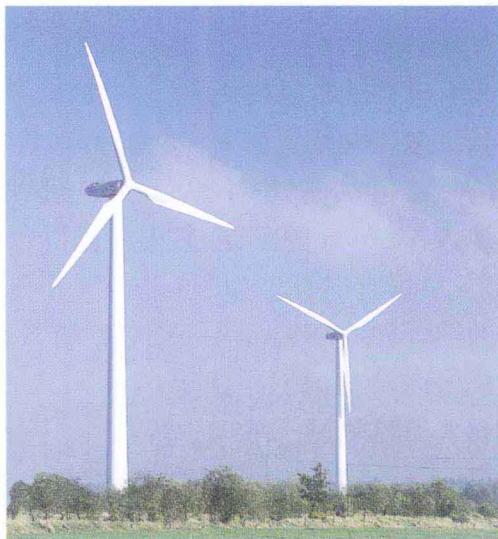
太阳能电池又称为“光伏电池”,是近些年来发展最快和最具经济潜力的能源开发领域。

太阳能光电转换电池主

要分为两类,一类是晶体硅电池,包括单晶硅(sc-Si)电池、多晶硅(mc-Si)电池两种,它们占据约93%的市场份额;另一类是薄膜电池,主要包括非晶硅(a-Si,使用的是硅,但以不同的形态表现)太阳能电池、铜铟镓硒(CIGS)太阳能电池和碲化镉(CdTe)太阳能电池,这类电池占据7%的市场份额。

(二) 风能

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,永不枯竭,对交通不便、远离主干电网的岛屿及边远地区尤为重要。风能的利用主要是以风能作动力和风力发电两种形式,其中又以风力发电为主。



风能的利用主要是以风能作动力和风力发电两种形式,其中又以风力发电为主。

以风能作动力,就是利用风来直接带动各种机械装置,如带动水泵提水等。这种风力发动机的优点是投资少、工效高、经济耐用。目前,世界上有100多万台风力提水机在运转。利用风力发电,以丹麦应用最早,而且使用较普遍。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。

(三) 地热能

地球内部隐藏的能量,是驱动地球内部一切热过程的动力源,它起源于地球的熔融岩浆和放射性物质的衰变。地下水的深处循环和来自

极深处的岩浆侵入到地壳后,把热量从地下深处带至近表层。地球内部的温度高达 7000°C ,而在距地表 $130 \sim 160\text{km}$ 的深度处,温度会降至 $650 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ 。透过地下水的流动和熔岩涌至离地表 $1 \sim 5\text{km}$ 的地壳,热力得以被转送至较接近地面的地方。其储量比目前人们所利用的总量多很多倍,而且集中分布在构造板块边缘一带,该区域也是火山和地震多发区。

地热资源分浅层地热资源($0 \sim 200\text{m}$)、水热型地热资源($200 \sim 3000\text{m}$)、干热岩地热资源($3 \sim 10\text{km}$)。

干热岩地热资源是一种特殊地热资源。干热岩是一种没有水或蒸汽的热岩体,主要是各种变质岩或结晶岩类岩体。干热岩普遍埋藏于距地表 $3 \sim 6\text{km}$ 的深处,其温度范围很广,在 $150 \sim 650^{\circ}\text{C}$ 之间。在学术界,干热岩有时被称为“热干岩”,其英文名称为“Hot Dry Rock”。干热岩的热能赋存于岩石中,较常见的岩石有黑云母片麻岩、花岗岩、花岗闪长岩以及花岗岩小丘等(Tenzer, 2001)。一般干热岩上覆盖有沉积岩或土等隔热层。从现阶段来说,干热岩地热资源专指埋深较浅、温度较高、有经济开发价值的热岩体。

中国地热资源丰富,分布广泛,已有 5500 处地热点,地热田 45 个。我国 12 个主要沉积盆地地热资源量 $2.5 \times 10^{22}\text{J}$,折合标准煤 $8532 \times 10^8\text{t}$;可开采资源量 $7.5 \times 10^{21}\text{J}$,相当于 $2560 \times 10^8\text{t}$ 标准煤(王贵玲, 2011)。地热能的利用可分为地热发电和直接利用两大类。

1. 地热发电

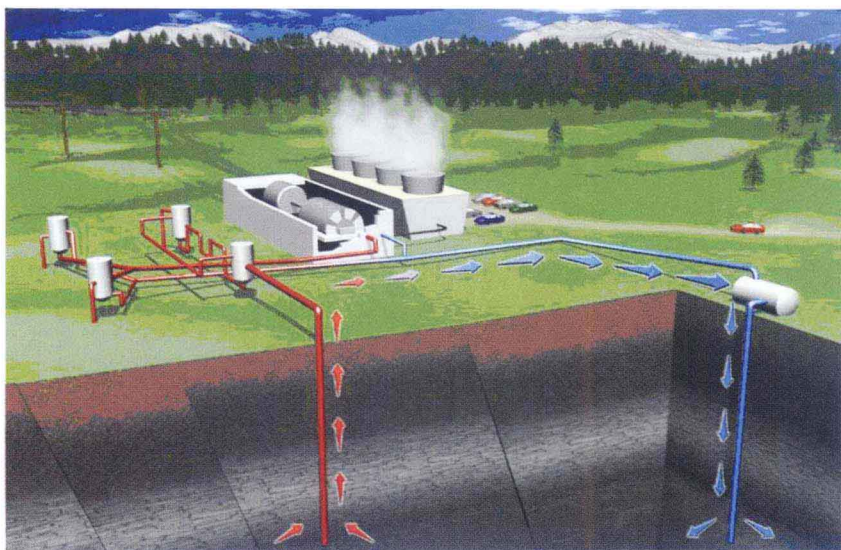
1) 地热蒸汽发电系统

利用地热蒸汽推动汽轮机运转产生电能,技术成熟、运行安全可靠,是地热发电的主要形式。西藏羊八井地热电站采用这种形式。

2) 双循环发电系统

也称有机工质朗肯循环系统和卡林纳循环系统。它以低沸点有机物为工质,使工质在流动系统中从地热流体中获得热量,并产生有机质蒸气,推动汽轮机旋转。有机工质朗肯循环(ORC)是以色列专家 1961

年提出,使用氯乙烷、正戊烷和异戊烷等低沸点有机工质。卡林纳(Kalina)循环是 1987 年苏联人 Kalina 提出的使用氨水混合物作为工质。



3) 全流发电系统

将地热井口的全部流体,包括所有的蒸汽、热水、不凝气体等,不经处理直接送进全流动力机械中膨胀做功。该系统可以充分利用地热流体的全部能量,技术上有难度,尚在攻关。

4) 干热岩发电系统(增强型地热发电系统)

利用地下干热岩体发电设想,是美国人莫顿和史密斯于 1970 年提出的。1972 年,在新墨西哥州北部打了两口约 4000m 的深斜井,从一口井中将冷水注入干热岩体,从另一口井取出自岩体加热产生的蒸气,功率达 2300kW。迄今尚无大规模应用。

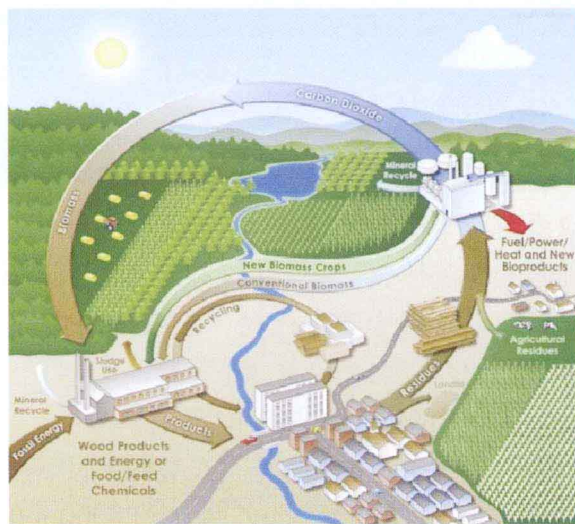
2. 直接利用

是指不需进行热、电能量转换的地热利用,即地热非电利用。地热资源除发电利用外,更为大量的地热资源直接用于加热、冷却和各种形式的工农业利用以及医疗、旅游等方面。热泵技术的应用是目前地热

直接利用的主要方式,已占 50%。热泵技术是一种利用高位能使热量从低位热源流向高位热源的装置,分水源(海水、污水、地下水、地表水等)热泵、地源(包括土壤、地下水)热泵以及空气源热泵等。

(四) 生物质能

生物质能来源于生物质,是指植物叶绿素将太阳能转化为化学能贮存在生物质内部的能量。它直接或间接地来源于绿色植物的光合作用,可转化为常规的固态、液态和气态燃料,它包括自然界可用作能源用途的各种植物、人畜排泄物以及城乡有机废物转化成的能源,如薪柴、沼气、生物柴油、燃料乙醇、林业加工废弃物、农作物秸秆、城市有机垃圾、工农业有机废水和其他野生植物等。



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 $1730 \times 10^8 \text{t}$,其中蕴含的能量相当于全世界能源消耗总量的 10~20 倍,但目前的利用率很低。目前发展中的开发利用技术主要是通过热化学转换技术将固体生物质转换成可燃气体、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,通过压块成型技术将生物质压缩成高密度固体燃料。

(五) 水能

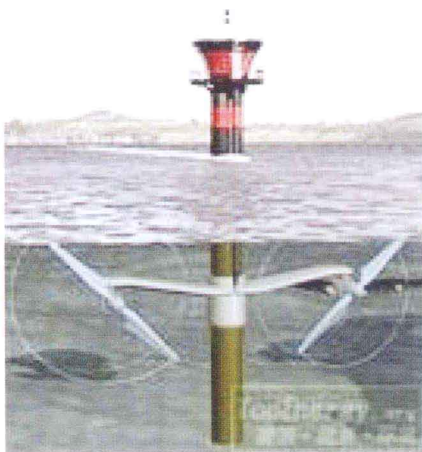
水的流动可产生能量,通过捕获水流动的能量发电,称为水电。它是由建筑物集中天然水流的落差,形成水头,并以水库汇集、调节天然水流的流量。基本设备是水轮发电机组。小水电在中国是指总装机容量不大于 $5 \times 10^4 \text{ kW}$ 的水电站。目前,水电是应用最广的可再生能源。世界上大约 20% 的电力来自可再生的水电,而其他类型的可再生能源发电总和还不到 1%。



水力发电是目前一种技术上成熟、可以大规模开发的可再生能源。世界上水电资源开发量较多、开发程度较高或水电比重较大的国家主要有中国、加拿大、美国、巴西、挪威等。

(六) 海洋能

海洋能是潮汐能、波浪能、温差能、盐差能和海流能的统称,海洋通过各种物理过程接收、储存和散发能量,这些能量以潮汐、波浪、温度差、海流等形式存在于海洋之中。例如,潮汐的形式源于月亮和太阳对地球的吸引力,涨潮和落潮之间所负载的能量称之为潮汐能。潮汐和风又形成了海洋波浪,从而产生波浪能。太阳照射在海洋的表面,使海洋的上部和底部形成温差,从而形成温差能。所有这些形式的海洋能都可以用来发电。



1. 波浪发电

据科学家推算,地球上波浪蕴藏的电能量高达 $90 \times 10^{12} \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。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问世。中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

据世界动力会议估计,到2020年,全世界潮汐发电量将达到 $1000 \times 10^8 \sim 3000 \times 10^8 \text{ kW} \cdot \text{h}$ 。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 $24 \times 10^4 \text{ kW}$,已经工作了30多年。中国在浙江省建造了江厦潮汐电站,总容量达到3000kW。

(七) 氢能

氢能是通过氢气和氧气反应所产生的能量。氢在地球上主要以化合态的形式出现,是宇宙中分布最广泛的物质,它构成了宇宙质量的75%,氢能属二次能源。工业上生产氢的方式很多,常见的有水电解制氢,煤炭气化制氢,重油及天然气、水蒸气催化转化制氢等。在众多可

再生能源中,氢能以其重量轻、无污染、热值高、应用面广等独特优点脱颖而出,将成为21世纪的理想能源。主要是用电解法、热化学法、光电化学法、等离子体化学法等制备氢气,用压缩、低温液化或贮氢合金吸收等方法贮存,或直接用作燃料,或制成氢燃料电池,用于发电和用作各种机动车、飞行器燃料及家用燃料等。



第二节 能源发展形势

一、世界能源供给历史回顾

能源是指可以转化为机械能、热能、电能和化学能的各种能量资源。按能源的形成过程,可以把能源划分为不可再生能源和可再生能源。在地球自然演化过程中形成的、随着消费不断减少的能源是不可再生能源,如石油、天然气和煤炭等。在自然演化过程中不断形成、不随消耗而减少的能源属于可再生能源,如风能、太阳能和水能等。人类社会的发展是建立在能源的开发利用基础之上的,能源是人类发展的动力。

随着生产力的发展和科学技术的进步,人类在能源消费上经历了三个阶段,目前正酝酿走向第四阶段。人类利用能源的历史已经有 50 多万年了,其实人类最先利用的能源是可再生能源。人类首先学会了钻木取火和使用火,薪柴作为能源燃料开始广泛利用,人类开始进入农业文明社会。在农业社会的初期阶段,由于经济水平很低,经济规模很小,能源消耗非常有限。此时的薪柴能源仅用来取暖和照明。随着人类社会的演化,人们学会了烧制陶器、玻璃和冶炼金属,能源的使用量逐渐增加。同时,人们又掌握了用木材制作农业工具、工业机械、家庭用品和车船等交通工具,木材成为了重要的工业原料,与能源利用形成了竞争。木材的消耗越来越大,森林的砍伐越来越严重,木材的价格也随之上扬。到 1630 年,英国木材的价格比 15 世纪上涨了 2.5 倍。在此情景下,作为替代能源人类开始尝试使用水力和风力资源。水轮机用来带动水磨加工粮食、抽水灌溉农田和手工业作坊的动力,利用风能推动轮船等,人类社会开始了多元化的能源利用时代。到了 16 世纪,人类也开始用煤炭作为家庭燃料。即使这样,薪柴仍然是 18 世纪以前人类社会能源消费中占绝对的主导地位(图 1-1)。

煤炭是在 16 世纪作为家庭燃料开始使用的,但是由于煤炭开采、