

高等教育“十二五”规划教材

采矿新技术

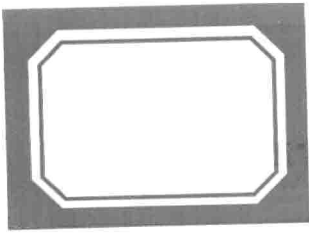
Caikuang Xinjishu

主编 邹光华 田 多

主审 刘国林

中国矿业大学出版社





规划教材

采矿新技术

主 编	邹光华	田 多
副主编	王玉怀	刘玉德
	李红涛	石建军
主 审	刘国林	

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本教材是从能源危机发生为出发点,进行了新能源技术介绍,进而对煤炭这一传统能源从煤与瓦斯共采、厚煤层整层开采、煤炭清洁开采、巷道支护与围岩加固、注浆加固、矿井灾害防治、信息技术在矿山领域中的应用、薄煤层开采等方面进行新技术介绍。

本书可作为矿业类院校地矿类、安全类等专业的教材,也可供煤炭行业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

采矿新技术 / 邹光华, 田多主编. — 徐州: 中国矿业大学出版社, 2013. 7

ISBN 978 - 7 - 5646 -1919 - 0

I. ①采… II. ①邹… ②田… III. ①煤矿开采—新技术应用—教材 IV. ①TD82-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 145035 号

书 名 采矿新技术

主 编 邹光华 田 多

责任编辑 王美柱

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 18.5 字数 450 千字

版次印次 2013 年 7 月第 1 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

近年来,我国煤炭开采与生产技术取得了巨大的进步,有力地促进了煤炭工业的发展,为了把有关技术及时传递并使之发扬光大,促进煤炭科学技术水平进一步提高,我们参考了国内外采矿技术的发展情况及科研成果,在2010年煤炭工业出版社出版的《采矿新技术》的基础上,删减了部分内容,增加了一些新技术、新成果,进行新版《采矿新技术》编写工作。

编写本书的主要目的是适应煤矿生产建设培训及矿业类专业的教学、科研的需要,为矿业工程类专业的学生提供教学参考书。编写本书的出发点是强调技术要新,尽可能把新的采矿技术介绍给读者,使读者能够了解国内外采矿技术的最新发展动态。

本教材是从能源危机发生为出发点,进行了新能源技术介绍,进而对煤炭这一传统能源从煤与瓦斯共采、厚煤层整层开采、煤炭清洁开采、巷道支护与围岩加固、注浆加固、矿井灾害防治、信息技术在矿山领域中应用、薄煤层开采新技术等方面进行新技术介绍,在编写过程中广泛参阅了国内外的有关论著以及煤矿生产的成功经验。全书共分九章,由邹光华(第一章、第六章、第八章、第四章部分)、李红涛(第二章、第三章部分)、王玉怀(第三章部分)、刘国林(第四章部分)、石建军(第五章部分)、田多(第五章部分、第七章部分)、师皓宇(第七章部分)、刘玉德(第九章)分工编写,邹光华、田多任主编,王玉怀、刘玉德、李红涛、石建军任副主编。刘国林教授对全书进行了认真的审阅并提出修改意见。

本书引用和参考了国内外大量文献和相关网站内容,对文献作者和网站管理者表示最真诚的谢意!

本书可作为高等院校矿业类专业的教材,也可供从事煤矿生产管理、科研、设计等部门的技术人员参考。

由于编写本书的时间仓促,加之作者的水平所限以及采矿技术发展的日新月异,本书存在错误和缺点在所难免,恳请读者批评、指正。

编 者

2013年5月

目 录

第一章 新能源技术	1
第一节 概述.....	1
第二节 海洋能利用技术.....	2
第三节 生物质能源技术.....	4
第四节 可燃冰开采技术.....	6
第五节 核能利用技术.....	7
第六节 其他新能源技术.....	8
第七节 新能源发展的趋势	10
第二章 煤与瓦斯共采技术	13
第一节 煤与瓦斯共采的“○”形圈原理与技术体系	13
第二节 煤与瓦斯共采的目的与分类	15
第三节 煤与瓦斯共采的采动卸压瓦斯抽采技术	23
第四节 新庄孜矿煤与瓦斯共采工程实例	35
第三章 厚煤层整层开采技术	52
第一节 概述	52
第二节 综采放顶煤技术	57
第三节 大采高开采技术	68
第四节 厚煤层综放工作面设备配套实例	73
第五节 厚煤层大采高工作面设备配套实例	79
第四章 煤炭清洁开采技术	88
第一节 煤炭清洁开采的含义	88
第二节 清洁开采的技术途径和措施	90
第三节 煤层气开采技术	98
第四节 煤炭液化.....	117
第五节 煤炭气化.....	120
第五章 巷道支护与围岩加固新技术	125
第一节 概述.....	125
第二节 新型锚杆支护新技术.....	129
第三节 锚索复合支护新技术.....	142

第四节	拱形桁架复合支护新技术·····	146
第五节	软岩巷道支护新技术·····	148
第六章	岩体注浆应用新技术·····	155
第一节	注浆技术综论·····	155
第二节	无机注浆材料·····	169
第三节	有机注浆材料·····	172
第七章	矿井灾害防治新技术·····	183
第一节	顶板灾害防治技术·····	183
第二节	矿井瓦斯防治新技术·····	194
第三节	矿井煤尘防治新技术·····	200
第四节	矿井火灾防治新技术·····	203
第五节	矿井水灾防治新技术·····	207
第八章	信息技术在矿山领域中的应用·····	216
第一节	矿山设计 CAD ·····	216
第二节	矿山系统分析软件·····	223
第三节	数字矿山技术·····	230
第九章	薄煤层开采技术·····	238
第一节	我国薄煤层分布及开采现状·····	238
第二节	薄煤层刨煤机综采技术·····	245
第三节	薄煤层滚筒采煤机综采技术·····	260
第四节	薄煤层螺旋钻采煤机综采技术·····	266
第五节	薄煤层巷道综合机械化掘进技术·····	275
参考文献 ·····		285

第一章 新能源技术

由于石油、煤炭等目前大量使用的传统化石能源枯竭,同时局部地区战争和动乱造成能源紧缺,而新的能源生产供应体系又未能建立,能源总量不能满足消费需求,因而产生能源危机。同时环境污染问题已经越来越严重地影响到人们的生命健康与安全,其中煤炭在能源消费中占有很大的比重,是大气污染的主要来源,因而开发利用新能源是减少环境污染的重要选择。因此,节约能源、尽可能多地利用洁净能源是社会可持续发展的基本原则,必须大力发展替代能源,即新能源。

一般来说,新的主要替代能源必须满足 4 个条件:① 这种新能源资源必须足够丰富;② 这种新能源的技术必须足够成熟;③ 这种新能源的价格必须足够低廉;④ 这种新能源的使用必须足够安全、清洁。目前,新能源技术包括核能技术、太阳能技术、氢能技术、地热能技术、海洋能技术等。其中核能技术与太阳能技术是新能源技术的主要标志,通过对核能、太阳能的开发利用,打破了以石油、煤炭为主体的传统能源观念,开创了能源的新时代。

第一节 概 述

能源(energy sources)是可以从中获得热、光和动力三类能量的资源,换句话说,自然界中能够直接或通过转换提供某种形式能量的自然资源统称为能源。其中包括所有的燃料、流水、阳光、风等,它们能通过适当的设备转换为人类生活及生产所需的热能、机械能、电磁能、化学能等各种形式的能量。

自然界中能源的种类繁多,除人们很熟悉的柴草、煤炭、石油外,风、流水、潮汐、波浪、温泉、核能等都是能源。能源有不同的分类方式:

一、按能源形成条件

① 一次能源:直接来自自然界的未经过任何加工或转换的天然能源称为一次能源。如煤炭、石油、天然气、流水、阳光、风等。

② 二次能源:由自然界的天然能源直接或间接转化来的人工能源称为二次能源。如焦炭、煤气、电力、石油、沼气等。

二、按能源利用技术状况

① 传统能源:已经被大规模开采并广泛应用的能源称为传统能源。如煤炭、石油、天然气、水能等。

② 新能源:新近才被利用或正在开发研究的能源称为新能源。如太阳能、风能、地热能、核能、潮汐能等。

三、按能源使用能耗

① 可再生能源:能重复产生并永不枯竭的能源称为可再生能源。如太阳能、风能、水

能、潮汐能、生物质能等。

② 不可再生能源:不能重复再生、随开采利用而减少的能源称为不可再生能源。如原煤、原油、天然气、核燃料铀等。

四、按能源使用性质

① 燃料能源:能通过化学或物理反应(或核反应)释放出能量的物质原材料称为燃料能源。包括可以直接燃烧的矿物燃料(煤、油、气等)、生物燃料(柴草、沼气及各种有机废料等)、核燃料(铀、钍、氘等)三种。

② 非燃料能源:不能直接燃烧的能源称为非燃料能源。如太阳能、风能、水能、潮汐能、地热能等。

五、按能源来源

① 来自太阳和其他天体的能量:人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来源于太阳能。太阳辐射所产生的热效应在大气、土地与海洋之间的界面形成风、波浪;各种植物通过光合作用吸收太阳能转化成生物质能;而煤、石油、天然气等矿物燃料是有古代生物储存的太阳能;太阳系行星、卫星的运行产生潮汐能。

② 地球本身蕴藏的能量:主要包括地热能和原子核能;火山爆发和地震也是地球本身蕴藏的能量释放。

③ 地球和其他天体相互作用而产生的能量:如潮汐能。

六、按能源使用的污染程度

人们根据能源在使用中所产生的污染程度,把太阳能、风能、水能、天然气等称为清洁能源,而把煤炭、油页岩、原子能等称为非清洁能源。

第二节 海洋能利用技术

海洋能是指依附在海水中的可再生能源,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、盐度梯度、海流等形式存在于海洋之中。地球表面积约为 $5.1 \times 10^8 \text{ km}^2$,其中陆地表面积为 $1.49 \times 10^8 \text{ km}^2$,占 29%,海洋面积达 $3.61 \times 10^8 \text{ km}^2$ 。以海平面计,全部陆地的平均海拔约为 840 m,海洋的平均深度为 380 m,整个海水的体积多达 $1.37 \times 10^9 \text{ km}^3$ 。一望无际的大海,不仅为人类提供航运、水源和丰富的矿藏,而且还蕴藏着巨大的能量,它将太阳能以及派生的风能等以热能、机械能等形式蓄在海水里,不像在陆地和空中那样容易散失。

一、海洋能的特点

① 海洋能在海洋总水体中的蕴藏量巨大,而单位体积、单位面积、单位长度所拥有的能量较小。这就是说,要想得到大能量,就得从大量的海水中获得。

② 海洋能具有可再生性。海洋能来源于太阳辐射能与天体间的万有引力,只要太阳、月球等天体与地球共存,这种能源就会再生,就会取之不尽、用之不竭。

③ 海洋能有较稳定与不稳定能源之分。较稳定的为温度差能、盐度差能和海流能。不稳定能源分为变化有规律和变化无规律两种。属于不稳定但变化有规律的有潮汐能与潮流能。人们根据潮汐、潮流变化规律,编制出各地逐日逐时的潮汐与潮流预报,预测未来各个

时间的潮汐大小与潮流强弱。潮汐电站与潮流电站可根据预报表安排发电运行。既不稳定又无规律的是波浪能。

④ 海洋能属于清洁能源,也就是海洋能一旦开发后,其本身对环境污染影响很小。

二、海洋能的能量形式

1. 潮汐能

因月球引力的变化引起潮汐现象,潮汐导致海水平面周期性地升降,因海水涨落及潮水流动所产生的能量称为潮汐能。潮汐与潮流能来源于月球、太阳引力,其他海洋能均来源于太阳辐射,海洋面积占地球总面积的 71%,太阳到达地球的能量,大部分落在海洋上空和海水中,部分转化成各种形式的海洋能。

潮汐能的主要利用方式为发电,目前世界上最大的潮汐电站是法国的朗斯潮汐电站,我国的江夏潮汐实验电站为国内最大。

2. 波浪能

波浪能是指海洋表面波浪所具有的动能和势能,是一种在风的作用下产生的,并以位能和动能的形式由短周期波储存的机械能。波浪的能量与波高的平方、波浪的运动周期以及迎波面的宽度成正比。波浪能是海洋能源中能量最不稳定的一种能源。

波浪发电是波浪能利用的主要方式,此外,波浪能还可以用于抽水、供热、海水淡化以及制氢等。

3. 海水温差能

海水温差能是指涵养表层海水和深层海水之间水温差的热能,是海洋能的一种重要形式。低纬度的海面水温较高,与深层冷水存在温度差而储存着温差热能,其能量与温差的大小和水量成正比。

温差能的主要利用方式为发电,首次提出利用海水温差发电设想的是法国物理学家阿松瓦尔,1926年,阿松瓦尔的学生克劳德试验成功海水温差发电。1930年,克劳德在古巴海滨建造了世界上第一座海水温差发电站,获得了 10 kW 的功率。海水温差能利用的最大困难是温差太小,能量密度低,其效率仅有 3% 左右,而且换热面积大,建设费用高,目前各国仍在积极探索中。

4. 盐差能

盐差能是指海水和淡水之间或两种含盐浓度不同的海水之间的化学电位差能,是以化学能形态出现的海洋能,主要存在于河海交接处。同时,淡水丰富地区的盐湖和地下盐矿也可以利用盐差能。盐差能是海洋能中能量密度最大的一种可再生能源。

据估计,世界各河口区的盐差能达 30 TW,可能利用的有 2.6 TW。盐差能的研究以美国、以色列的研究为先,中国、瑞典和日本等也开展了一些研究。但总体上,对盐差能这种新能源的研究还处于实验室实验水平,离示范应用还有较长的距离。

5. 海流能

海流能是指海水流动的动能,主要是指海底水道和海峡中较为稳定的流动以及由于潮汐导致的有规律的海水流动所产生的能量,是另一种以动能形态出现的海洋能。

海流能的利用方式主要是发电,其原理和风力发电相似。全世界海流能的理论估算值约为 10^8 kW 量级。利用中国沿海 130 个水道、航门的各种观测及分析资料,计算统计获得

中国沿海海流能的年平均功率理论值约为 1.4×10^7 kW,属于世界上海流能功率密度最大的地区之一,其中辽宁、山东、浙江、福建和台湾沿海的海流能较为丰富,不少水道的能量密度为 $15 \sim 30$ kW/m²,具有良好的开发值。

6. 近海风能

近海风能是地球表面大量空气流动所产生的动能。在海洋上,风力比陆地上更加强劲,方向也更加单一,据专家估测,一台同样功率的海洋风电机在一年内的产电量能比陆地风电机提高 70%。风能发电的原理:风力作用在叶轮上,将动能转换成机械能,从而推动叶轮旋转,再通过增速机将旋转的速度提升,来促使发电机发电。我国近海风能资源是陆上风能资源的 3 倍,可开发和利用的风能储量有 7.5×10^8 kW。长江到南澳岛之间的东南沿海及其岛屿是我国最大风能资源区以及风能资源丰富区。资源丰富区有山东、辽东半岛、黄海之滨,南澳岛以西的南海沿海、海南岛和南海诸岛。

第三节 生物质能源技术

生物质能源技术是指把生物质转化为能源并加以利用的技术,按照生物质的特点及转化方式可分为固体燃料生产技术、液体燃料生产技术、气体燃料生产技术。固体生物燃料技术包括生物质成型技术、生物质直接燃烧技术和生物质与煤混烧技术,是广泛应用且非常成熟的技术,生物质常温成型技术代表着固体生物质燃料的发展趋势;液体生物燃料可以替代石油作为运输燃料,不仅能解决能源安全问题,还有利于减少温室气体排放,还可以作为基本有机化工原料,代表着生物能源的发展方向,液体生物燃料包括燃料乙醇、生物柴油、生物质经气化或液化过程再经化学合成得到的生物燃油 BtL(biomass to liquid fuel);气体生物燃料包括沼气、生物质气化、生物质制氢等技术,工业化生产沼气以及沼气净化后作为运输燃料 GtL(gas to liquid fuel)是近期发展气体生物燃料的现实可行技术。

一、固体生物燃料

生物质成型燃料燃烧是把生物质固化成型后采用略加改进后的传统燃煤设备燃用,该技术将低品位的生物质转化为高品位的易储存、易运输、能量密度高的生物质颗粒状(pellets)或型煤状(briquettes)燃料,热利用效率显著提高,能效可达 45%(如瑞典的 Kcraft 热电厂),超过一般煤的能效。欧洲在生物质成型燃料方面起步较早,900 万人口的瑞典年颗粒燃料使用量为 1.2×10^6 t,瑞典 20%集中供热是生物质颗粒燃料完成的;600 万人口的丹麦年消费成型燃料 7.0×10^5 t。瑞典还开发了生物质与固体垃圾共成型燃烧技术,解决了垃圾燃烧有害气体二恶英(dioxin)超标问题。

直接燃烧作为能源转化形式是一项传统的技术,具有低成本、低风险等优越性,但效率相对较低,还会因燃烧不充分而污染环境。锅炉燃烧采用现代化的锅炉技术,适用于大规模利用生物质,如丹麦的 Energy 2 秸秆发电厂,瑞典的 Umea Energy 垃圾热电厂,美国生物质直接燃烧发电约占可再生能源发电量的 70%。

二、液体生物燃料

液体生物燃料主要被用于替代化石燃油作为运输燃料,如替代汽油的燃料乙醇和替代石油基柴油的生物柴油。而生物柴油又分为从植物油得到的生物柴油和通过气化或液化得

到的 BtL。BtL 技术被认为是最有前途的生物液体燃料技术。欧盟委员会积极推进生物燃料发展,制定了 2010 年生物燃料占运输燃料 5% 的目标;美国正在运筹通过法律手段强制在运输燃料中添加生物燃料,具体比例是柴油中添加 2% 生物柴油,汽油中添加 5% 燃料乙醇;英国政府要求从 2006 年起生产运输燃油的能源企业必须有 3% 的原料是来自可再生资源,并且比例逐年提高。

1. 燃料乙醇

从 1970 年代起,巴西首先开始用燃料乙醇部分替代汽油,目前已经成为当今世界上最大的燃料乙醇生产和消费国,也是唯一不使用纯汽油燃料的国家。美国在 20 世纪 70 年代末制定了“乙醇发展计划”,开始大力推广车用乙醇汽油,2004 年美国的燃料乙醇产量达到 35 亿加仑(1 加仑=3.785 L)。目前,中国的燃料乙醇产量仅次于巴西、美国,居世界第 3 位,为 102 万 t/a。2004 年世界乙醇产量已达到 2.76×10^6 t,大部分作为燃料乙醇使用。燃料乙醇是目前最现实可行的替代石油燃料。

2. 生物柴油

生物柴油是燃料乙醇以外的另一种液体生物燃料,是从动植物油脂生产的一种长链脂肪酸单烷基酯,其具有更接近于柴油的性能,十六烷值高,润滑性能好,是一种优质清洁柴油。同时这些长链脂肪酸单烷基酯可生物降解,高闪点,无毒,VOC 低,具有优良的润滑性能和溶解性,所以也是制造可生物降解高附加值精细化工产品的原料。生物柴油在欧盟已大量使用,2004 年欧盟的生物柴油产量为 2.24×10^6 t,仅德国就有 1 800 个加油站供应生物柴油。马来西亚大力推广以棕榈油为原料生产的生物柴油,生产潜力达 2.0×10^7 t/a;印度正积极开发麻风果生物柴油,在 5~10 年内可达到 1.0×10^7 t/a 的生产能力,英国石油公司已介入印度的麻风果生物柴油产业。有一些“冒油”的植物引起了科学家的极大兴趣,这种低分子的碳氢化合物有着与矿物石油相似的性质,但却是没有污染的“绿色能源”。如菲律宾的“柴油树”、巴西的“苦配巴石油树”、我国海南的“油楠树”都可以“割油”。美国加州大学利用生物工程培育出一种“石油明星树”,每英亩(1 英亩=4 046 m²)年产石油 10 桶(1 590 L),可连续收获二三十年。

三、气体生物燃料

气体生物燃料包括沼气、生物质气化、生物质制氢等技术,以及沼气净化后作为运输燃料 GtL。

沼气是指有机物质(如作物秸秆、杂草、人畜粪便、垃圾、污泥及城市生活污水和工业有机废水等)在厌氧条件下,通过种类繁多、数量巨大、功能不同的各类微生物的分解代谢,最终产生的以甲烷(CH₄)为主要成分的气体。沼气发酵过程一般可分为三个阶段,即水解液化阶段、酸化阶段和产甲烷阶段。沼气发酵包括小型用户沼气池技术和大中型厌氧消化技术。

生物质制氢:通常的制氢方法如水电解法、水煤气转化法、甲烷裂解法都需大量的能耗,而生物法制氢相对成本低廉,克服了其他制氢方法高能耗的弊端,还能以污染物为原料进行生产,去除污染。它主要是利用光合细菌制取氢气,与光合细菌相比,厌氧发酵细菌将有机物转化为氢气、二氧化碳和有机酸,由于不需要光源和生长条件要求简单而使成本更低。国外对利用厌氧发酵细菌产氢主要集中在纯种产氢细菌的固定化技术、纯种产氢细菌、葡萄糖转化为氢的生物合成反应等。

第四节 可燃冰开采技术

可燃冰(combustible ice)是20世纪科学考察中发现的一种新的矿产资源,又称天然气水合物(natural gas hydrate,简称gas hydrate),其外观像冰一样而且遇火即可燃烧。它是在一定条件(合适的温度、压力、气体饱和度、水的盐度、pH值等)下由水和天然气混合时组成的类冰的、非化学计量的笼形结晶化合物。

可燃冰在自然界广泛分布在大陆永久冻土、岛屿的斜坡地带、活动和被动大陆边缘的隆起处、极地大陆架以及海洋和一些内陆湖的深水环境。在标准状况下,一单位体积的气水合物分解最多可产生164单位体积的甲烷气体,因而,可燃冰是一种重要的潜在未来资源,它被誉为21世纪具有商业开发前景的战略资源,是一种新型高效能源,其成分与人们平时所使用的天然气成分相近,但更为纯净,开采时只需将固体的“天然气水合物”升温减压就可释放出大量的甲烷气体。

可燃冰使用方便,燃烧值高,清洁无污染。据了解,全球可燃冰的储量是现有天然气、石油储量的2倍,具有广阔的开发前景,美国、日本等国均已经在各自海域发现并开采出可燃冰,据测算,中国南海可燃冰的资源量为 7.0×10^{10} t油当量,约相当于中国陆上石油、天然气资源量总数的二分之一。

一、可燃冰的形成条件

可燃冰分子结构就像一个由若干水分子组成的笼子。形成可燃冰必须满足三个基本条件,即温度、压力和原材料。

① 低温。可燃冰在 $0 \sim 10$ °C时生成,超过 20 °C便会分解。海底温度一般保持在 $2 \sim 4$ °C。

② 高压。可燃冰在 0 °C时,只需30个大气压即可生成,以海洋的深度,30个大气压很容易保证,并且气压越大,水合物就越不容易分解。

③ 充足的气源。海底的有机物沉淀,其中丰富的碳经过生物转化,可产生充足的气源。

海底的地层是多孔介质,在温度、压力、气源三者都具备的条件下,可燃冰晶体就会在介质的空隙间生成。

二、可燃冰的开采方法

① 热激发开采法。是指直接对可燃冰层进行加热,使可燃冰层的温度超过其平衡温度,从而促使可燃冰分解为水与天然气的开采方法。这种方法经历了直接向可燃冰层中注入热流体加热、火驱法加热、井下电磁加热以及微波加热等发展历程。热激发开采法可实现循环注热,且作用方式较快。加热方式的不断改进,促进了热激发开采法的发展。但这种方法至今尚未很好地解决热利用效率较低的问题,而且只能进行局部加热,因此该方法尚有待进一步完善。

② 减压开采法。是一种通过降低压力促使可燃冰分解的开采方法。减压途径主要有两种:a. 采用低密度泥浆钻井达到减压目的;b. 当可燃冰层下方存在游离气或其他流体时,通过泵出可燃冰层下方的游离气或其他流体来降低可燃冰层的压力。减压开采法不需要连续激发,成本较低,适合大面积开采,尤其适用于存在下伏游离气层的可燃冰的开采,是

可燃冰传统开采方法中最有前景的一种技术。但它对可燃冰的性质有特殊的要求,只有当可燃冰层位于温压平衡边界附近时,减压开采法才具有经济可行性。

③ 化学试剂注入开采法。这种方法通过向可燃冰层中注入某些化学试剂,如盐水、甲醇、乙醇、乙二醇、甘油等,破坏矿藏的相平衡条件,促使可燃冰分解。这种方法虽然可降低初期能量输入,但缺陷很明显,它所需的化学试剂费用昂贵,对可燃冰层的作用缓慢,而且还会带来一些环境问题,所以对这种方法投入的研究相对较少。

④ CO₂置换开采法。这种方法首先由日本研究者提出,方法依据的仍然是可燃冰稳定带的压力条件。在一定的温度条件下,可燃冰保持稳定需要的压力比 CO₂水合物更高。因此在某一特定的压力范围内,可燃冰会分解,而 CO₂水合物则易于形成并保持稳定。如果此时向矿藏内注入 CO₂气体,CO₂气体就可能与可燃冰分解出的水生成 CO₂水合物。这种作用释放出的热量可使可燃冰的分解反应得以持续地进行下去。

⑤ 固体开采法。固体开采法最初是直接采集海底固态可燃冰,将可燃冰拖至浅水区进行控制性分解。这种方法进而演化为混合开采法或称矿泥浆开采法。该方法的具体步骤是,首先促使可燃冰在原地分解为气液混合相,采集混有气、液、固体水合物的混合泥浆,然后将这种混合泥浆导入海面作业船或生产平台进行处理,促使可燃冰彻底分解,从而获取天然气。

第五节 核能利用技术

核能(又称原子能)是原子核结构发生变化时放出的能量。

一、核能分类

① 核裂变能:重原子分裂成两个或多个较轻原子核,释放巨大的能量,称为核裂变能,比如原子弹爆炸。

② 核聚变能:两个较轻原子核聚合成一个较重的原子核,释放巨大的能量,称为核聚变能,比如氢弹爆炸。

二、核能发电

1. 发电过程

核能发电利用铀燃料进行核分裂连锁反应所产生的热,将水加热至高温高压状态,利用产生的水蒸气推动蒸汽轮机并带动发电机。核反应所放出的热量较燃烧化石燃料所放出的能量要高很多(相差约百万倍),比较起来所以需要的燃料体积比火力电厂少相当多。核能发电所使用的铀²³⁵纯度只占3%~4%,其余皆为无法产生核分裂的铀²³⁸。其发电过程可简单描述为:核能→水和水蒸气的内能→发电机转子的机械能→电能。

2. 发展过程

1954年,苏联建成世界上第一座装机容量为5 MW(电)的奥布宁斯克核电站。英、美等国也相继建成各种类型的核电站。到1960年,有5个国家建成20座核电站,装机容量1 279 MW。由于核浓缩技术的发展,到1966年,核能发电的成本已低于火力发电的成本,核能发电真正迈入实用阶段。1978年,全世界22个国家和地区投入运行的30 MW以上的核电站反应堆达200多座,总装机容量达107 776 MW。80年代因化石能源短缺日益突出,

核能发电的进展更快。到 1991 年,全世界近 30 个国家和地区建成的核电机组为 423 套,总容量为 3.275×10^8 kW,其发电量占全世界总发电量的约 16%。中国核电起步较晚,自行设计建造的 3.0×10^5 kW 秦山核电站在 1991 年底投入运行,大亚湾核电站于 1994 年全部并网发电。

3. 优缺点

核能发电不像化石燃料发电那样排放巨量的污染物质到大气中,因此核能发电不会造成空气污染,不会产生加重地球温室效应的 CO_2 ;核燃料能量密度比起化石燃料高上几百万倍,故核能电厂所使用的燃料体积小,运输与储存都很方便。但是核能电厂会产生高低阶放射性废料,或者是使用过的核燃料,虽然所占体积不大,但因具有放射线,同时核电厂的反应器内有大量的放射性物质,如果在事故中释放到外界环境,会对生态及民众造成伤害,必须慎重处理;核能电厂投资成本太大,且效率较低,因而比一般化石燃料电厂排放更多废热到环境中,故核能电厂的热污染较严重。

三、海洋核能

铀是高能量的核燃料,1 kg 铀可供利用的能量相当于燃烧 2 050 t 优质煤。然而陆地上铀的储藏量并不丰富,且分布极不均匀。只有少数国家拥有有限的铀矿,全世界较适于开采的只有 1.0×10^6 t,加上低品位铀矿及其副产铀氧化物,总量也不超过 5.0×10^6 t,按目前的消耗量,只够开采几十年。而在巨大的海水水体中,却含有丰富的铀矿资源。据估计,海水中溶解的铀的数量可达 4.5×10^9 t,相当于陆地总储量的几千倍。如果能将海水中的铀全部提取出来,所含的裂变能可保证人类几万年的能源需要。不过,海水中含铀的浓度很低,1 000 t 海水只含有 3 g 铀。只有先把铀从海水中提取出来,才能应用。而要从海水中提取铀,从技术上讲是件十分困难的事情,需要处理大量海水,技术工艺十分复杂。但是,人们已经试验了很多种海水提铀的办法,如吸附法、共沉法、气泡分离法以及藻类生物浓缩法等。

同时,每升海水中含有 0.03 g 氘,0.03 g 氘聚变时释放出来的能量相当于 300 L 汽油燃烧产生的能量。海水的总体积为 1.37×10^9 km³,共含有几亿亿千克的氘。这些氘的聚变所释放出的能量,足以保证人类上百亿年的能源消耗。而且氘的提取方法简便,成本较低,核聚变堆的运行也是十分安全的。因此,以海水中的氘、氚的核聚变能解决人类未来的能源需要将展示出最好的前景。1991 年由 14 个欧洲国家合资,在欧洲联合环型核裂变装置上,成功地进行了首次氘—氚受控核聚变试验,发出了 1.8 MW 电力的聚变能量,持续时间为 2 s,温度高达 3×10^8 °C,比太阳内部的温度还高 20 倍。核聚变比核裂变产生的能量效应要高 600 倍,比煤高 1 000 万倍。因此,科学家们认为,氘—氚受控核聚变的试验成功,是人类开发新能源的一个里程碑。

第六节 其他新能源技术

一、风能

风是地球上的一种自然现象,它是由太阳辐射热引起的。太阳照射到地球表面,地球表面各处受热不同,产生温差,从而引起大气的对流运动形成风。据估计,到达地球的太阳能中虽然只有大约 2% 转化为风能,但其总量仍是十分可观的。全球的风能约为 $1\ 300 \times 10^8$

kW,比地球上可开发利用的水能总量还要大10倍。

风能(wind energy)是因空气流做功而提供给人类的一种可利用的能量,属于可再生能源。人们可以用风车把风的动能转化为旋转的动作去推动发电机,以产生电力,这就是把风的动能转变成机械动能,再把机械能转化为电力动能,即风力发电。风力发电的原理,是利用风力带动风车叶片旋转,再透过增速机将旋转的速度提升,来促使发电机发电。依据目前的风车技术,大约是3 m/s的微风速度(微风的程度),便可以开始发电。风力发电正在世界上形成一股热潮,因为风力发电不需要使用燃料,也不会产生辐射或空气污染。到2008年为止,全世界以风力产生的电力约有 9.41×10^4 MW,供应的电力已超过全世界用量的1%;2010年达 1.6×10^5 MW。预计未来20~25年内,世界风能市场每年将递增25%。随着技术进步和环保事业的发展,风能发电在商业上将完全可以与燃煤发电竞争。

二、太阳能

1. 太阳能的概念

太阳能是太阳内部或者表面的黑子连续不断的核聚变反应过程产生的能量。地球轨道上的平均太阳辐射强度为 1369 W/m^2 。地球赤道的周长为40000 km,从而可计算出,地球获得的能量可达 $1.73 \times 10^{17} \text{ W}$ 。也就是说,太阳每秒钟照射到地球上的能量相当于燃烧 $5 \times 10^6 \text{ t}$ 煤,每秒照射到地球的能量则为 $4.994 \times 10^{10} \text{ J}$ 。地球上的风能、水能、海洋温差能、波浪能和生物质能都是来源于太阳能;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。

太阳能既是一次能源,又是可再生能源。太阳光普照大地,没有地域的限制,无论陆地或海洋,无论高山或岛屿,处处皆有,可直接开发和利用,且无须开采和运输。开发利用太阳能不会污染环境,它是最清洁能源之一;每年到达地球表面的太阳辐射能约相当于燃烧 $1.3 \times 10^{14} \text{ t}$ 煤,其总量属现今世界上可以开发的最大能源。根据目前太阳产生的核能速率估算,氢的贮量足够维持上百亿年,而地球的使用寿命约为几十亿年,从这个意义上讲,可以说太阳的能量是用之不竭的。

2. 太阳能的利用

(1) 光热利用

它的基本原理是将太阳辐射能收集起来,通过与物质的相互作用转换成热能加以利用。目前使用最多的太阳能收集装置,主要有平板型集热器、真空管集热器、陶瓷太阳能集热器和聚焦集热器等4种。通常根据所能达到的温度和用途的不同,把太阳能光热利用分为低温利用($<200 \text{ }^\circ\text{C}$)、中温利用($200 \sim 800 \text{ }^\circ\text{C}$)和高温利用($>800 \text{ }^\circ\text{C}$)。目前低温利用主要有太阳能热水器、太阳能干燥器、太阳能蒸馏器、太阳房、太阳能温室、太阳能空调制冷系统等,中温利用主要有太阳灶、太阳能热发电聚光集热装置等,高温利用主要有高温太阳炉等。

(2) 太阳能发电

太阳能的大规模利用是用来发电,利用太阳能发电的方式主要有以下两种。

① 光—热—电转换。即利用太阳辐射所产生的热能发电。一般是用太阳能集热器将所吸收的热能转换为工质的蒸汽,然后由蒸汽驱动汽轮机带动发电机发电。前一过程为光—热转换,后一过程为热—电转换。

② 光—电转换。其基本原理是利用光生伏打效应将太阳辐射能直接转换为电能,它的

基本装置是太阳能电池。

(3) 光生物利用

通过植物的光合作用实现将太阳能转换成为生物质或植物靠叶绿素把光能转化成化学能,实现自身的生长与繁衍。目前主要有速生植物(如薪炭林)、油料作物和巨型海藻等。

三、地热能

地热能(geothermal energy)是由地壳抽取的天然热能,这种能量来自地球内部的熔岩,并以热力形式存在,是可再生能源。地球内部的温度高达 7 000 ℃,而在 80~100 km 的深度处,温度会降至 650~1 200 ℃。透过地下水的流动和熔岩涌至离地面 1~5 km 的地壳,热力得以被转送至较接近地面的地方。高温的熔岩将附近的地下水加热,这些加热了的水最终会渗出地面。运用地热能最简单和最合乎成本效益的方法,就是直接取用这些热源,并抽取其能量。

人类很早以前就开始利用地热能,例如利用温泉沐浴、医疗,利用地下水取暖、建造农作物温室、水产养殖及烘干谷物等。但真正认识地热资源并进行较大规模的开发利用始于 20 世纪中叶,人们利用地热进行发电。地热发电是利用液压或爆破碎裂法把水注入岩层,产生高温蒸汽,然后将其抽出地面推动涡轮机转动使发电机发出电能。它实际上就是把地下的热能转变为机械能,然后再将机械能转变为电能的过程。

地热能的利用可分为地热发电和直接利用两大类,而对于不同温度的地热流体可能利用的范围如下:200~400 ℃直接发电及综合利用;150~200 ℃双循环发电、制冷、工业干燥、工业热加工;100~150 ℃双循环发电、供暖、制冷、工业干燥、脱水加工、回收盐类、罐头食品;50~100 ℃供暖、温室、家庭用热水、工业干燥;20~50 ℃沐浴、水产养殖、饲养牲畜、土壤加温、脱水加工。现在许多国家为了提高地热利用率,采用梯级开发和综合利用的办法,如热电联产联供、热电冷三联产、先供暖后养殖等。据美国地热资源委员会(GRC)1990 年的调查,世界上 18 个国家有地热发电,总装机容量 5 827.55 MW,装机容量在 100 MW 以上的国家有美国、菲律宾、墨西哥、意大利、新西兰、日本和印尼。到 1997 年末,全世界地热发电的装机容量为 7 950 MW。我国的地热资源也很丰富,目前我国年利用地热能约 4.45 亿 m³,居世界第一位,而且每年以近 10% 的速度增长。全国可开发利用的地下热水资源量每年约 67 亿 m³,折合 3 283 万 t 标准煤。我国用于发电的地热资源主要集中在西藏、云南的横断山脉一线。目前,全国地热发电装机容量 88% 集中在西藏。其中,羊八井地热电站已稳定运行了 30 多年。

第七节 新能源发展的趋势

随着能源供应的日益紧张,新能源不断得到发展,但同时也引起一些专家的反思。如关于生物质能在经过了几十年的探索后,国内外许多专家都表示这种能源方式不能大力发展,它不但会抢夺人类赖以生存的土地资源,更会导致社会不健康发展;地热能的开发和空调的使用具有同样特性,如大规模开发必将导致区域地面表层土壤环境遭到破坏,必将引起再一次生态环境变化;核能发电一旦发生事故,造成环境污染是巨大的。但风能和太阳能对于地球来讲是取之不尽、用之不竭的健康能源,它们必将成为今后替代能源主流。一般认为,世界新能源发展具有以下趋势。

一、技术水平不断提高,成本持续下降

以风力发电为例,自20世纪80年代初以来,风力发电的单机容量从10 kW上升到103 kW。2007年世界安装的风机平均单机容量已经达到1 492 kW,风电成本从20世纪80年代初的20 cent/(kW·h),下降到2012年的4 cent/(kW·h)左右。据预测,2012至2016年风电成本还可以下降20%。届时,风电成本基本上可以和火力发电相当。

二、发展速度加快,市场份额增加

2006年底,全球风力发电7 500万kW,生物质能发电约5 000万kW,地热发电1 000万kW,太阳能发电700多万kW。此外,生物液体燃料年产达到约3 500万t;太阳能热水器使用量超过1.5亿m³。可再生能源开始从补充能源向替代能源过渡,尤其是风电呈现出规模化发展态势,开始发挥战略替代作用。2006年世界当年新增风电装机容量1 500万kW,超过了当年投产的核电和大水电。在欧洲和美国,新增风电装机容量已连续几年成为仅次于新增天然气发电装机容量的第二大新增电源。在全球能源供应与消费结构中,新能源所占的比例大幅度提高。2006年,核能和可再生能源占全球最终能源消费的比重增至21%,占全球发电量的32%。

三、新能源已成为各国实施可持续发展的重要选择

部分新能源,由于其清洁、无污染、可再生,符合可持续发展的要求而受到发达国家的青睐。世界各发达国家都制定并实施了一系列宏大的计划和工程。欧盟是世界新能源发展最快的地区,也是受益最多的地区。1997年欧盟颁布了新能源发展白皮书,2050年新能源在整个欧盟国家的能源构成中要达到50%;英国和德国承诺2020年新能源的比例达到20%;北欧部分国家提出了利用风力发电和生物质发电逐步替代核电的战略目标。日本于1993年实施“新阳光计划”,该计划的主要目的是解决清洁能源问题,加速光伏电池、燃料电池、氢能及地热能等的开发利用,以降低现有能耗和减少二氧化碳排放;1997年又宣布了7万个太阳能光伏屋顶计划,2010年安装 7.6×10^6 kW的太阳能电池;日本的汽车工业普遍开始了燃料电池汽车的研制。美国提出了逐步提高绿色电力的发展计划,主要是通过风力发电、光伏发电、生物质能源发电等来达到目标,其中太阳光伏发电预计到2020年将占美国届时发电装机增量的15%左右,累计安装量达到 3.6×10^7 kW,保持美国在光伏发电技术开发、制造水平的世界领先地位。专家们估计,到2020年全球太阳光伏电池将超过 7×10^7 kW,其中美国占50%。美国发展可再生能源技术的基本战略,一方面是占领技术发展的制高点,同时建立可再生能源的发展广阔市场。在这一发展战略指导下,美国不仅拥有各种高科技的可再生能源技术的研究和制造能力,同时也要拥有巨大的市场份额。

四、新能源是一种朝阳产业,孕育着巨大的潜在经济利益

当今世界,新能源作为新兴产业在国民经济中的作用和影响已越来越大。据欧洲风能协会统计,2002年全世界风电市场产值在70亿欧元,开发出的电力可以满足4 000万人的需求;预计2020年全世界风机规模将达到 12×10^8 kW,年营业额在670亿欧元。光伏发电市场发展前景也很广阔,据欧盟估计,全球光伏市场到2020年将增加到 7.0×10^7 kW,光伏发电将解决非洲30%、OECD国家10%的电力需求。美国进一步加强了光伏发电技术的开发与制造,估计到2020年美国将占领全球太阳光伏电池的一半。另外,全世界生物质能源的商业化利用将达到1亿t油当量,并形成千万吨级规模的生物液体燃料的生产能力。根