

新能源

应用技术系列教材

XINNENGYUAN
GAILUN

新能源概论

刘洪恩 主编



化学工业出版社

新能源应用技术系列教材

新能源概论

刘洪恩 主编



化学工业出版社

·北京·

本书介绍了能源的概念、传统能源应用状况、太阳能及光伏发电系统的组成、风能及风力发电系统的构成、电能的储存、逆变、并网技术以及应用实例。对核能、生物质能、地热能、海洋能等其他新能源技术也进行了论述。

本书针对高职、高专新能源应用技术专业或相近专业编写，侧重光伏发电和风力发电，作为风电专业、光伏专业或新能源专业的专业课程的前导课程教材。

本书可作为高职高专院校新能源专业教材，也可供从事光伏、风力发电技术的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

新能源概论/刘洪恩主编. —北京: 化学工业出版社, 2013.7

新能源应用技术系列教材
ISBN 978-7-122-17472-7

I. ①新… II. ①刘… III. ①新能源-高等职业教育-教材 IV. ①TK01

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 111638 号

责任编辑: 张建茹 刘 哲
责任校对: 吴 静

文字编辑: 糜家铃
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 7¼ 字数 169 千字 2013 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888(传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

序

根据《国家战略性新兴产业发展规划》和国家“十二五”先进能源技术领域战略，国家出台了一系列扶持新能源产业发展的政策，在国家产业政策的引导和支持下，中国新能源产业呈现出快速发展的态势，推动了新能源产业规模化发展。新能源产业发展的速度和规模取决于新能源技术的发展，特别是核心技术的突破与进步，中国新能源增量在多个领域位居世界前列，部分新能源关键技术获得突破。中国风能与光伏产业具有较强的国际竞争力。目前中国风电产业链已逐步形成，并呈现出向产业链上游延伸、向垂直一体化发展的趋势。风电零部件制造业逐步成熟，已经有一套比较健全的风机制造供应链，市场整机设备的国产化率已经达到70%~80%的水平。光伏产业成熟度在不断提高，中国光伏产业目前已形成包括太阳能电池制造、光伏组件封装等在内的完备的产业链体系。光伏制造业规模较大，具有一定的技术和成本优势，国内光伏市场正在逐步启动，国外市场占有率稳居世界前列。新能源产业具有很大的发展前景和空间。

近年来国内20多家开设新能源应用技术专业的高职院校组成新能源专业建设协作组，与行业企业一起加强合作与交流，走访40多家光伏、风电企业，根据企业需求进行新能源专业设置和订单培养，与企业共同开发新能源应用技术人才培养方案、课程和实训基地建设方案，加快推进学校专业建设对接风电和光伏产业，人才培养目标对接企业岗位，实训设施对接企业生产实际，促进校企信息互通、人才融通，加强校企各项资源共享、交流与合作。在此基础上成立了新能源应用技术系列教材编委会。

新能源应用技术系列教材主要包括光伏和风电技术应用，涉及到光电子材料与器件、动力、机械、电气、电力电子、自动化等多个专业学科领域，具有技术性、工程性和实践性。为解决当前高职新能源应用技术专业教材匮乏，新能源专业建设协作委员会与化学工业出版社联合策划、组织编写了新能源应用技术系列教材。本系列教材从主编和主审的遴选到编写大纲，都是经教材编委会专家反复研讨确定的。在教材编写中，内容紧扣新能源行业和企业工程实际，以新能源技术人才培养为目标，重在提高专业工程实践能力，尽可能吸收企业新技术、新工艺和案例，并以教学项目、任务为载体，按照基础、应用到综合的思路进行编写，循序渐进，努力突出高职教材的特点。本系列教材取材新颖实用，层次清晰、结构合理；内容精练，具有易于学习、理解、教学、应用的特点。

本系列教材适合高等职业学校、高等专科学校和成人高校等新能源专业教育的需要，也可作为企业员工的培训教材。

教材编写过程中得到社会各界的关心和支持，在此一并表示感谢。

教材编审委员会
2013年5月

前 言

新能源技术是中国 21 世纪重点发展的技术领域，特别是光伏发电和风力发电呈现出了强劲的发展势头，以惊人的发展速度跃居世界前列，大批光伏电站、风电场投入建设和运行，并带动了相关设备制造业的崛起。据调研，各新能源类用人单位出现用人急需；各高等院校特别是高职院校纷纷开设新能源专业，各学校的该专业招生状况良好。但目前这方面教材缺乏，由此带来了这方面教材的急需。

本书介绍了能源的概念、传统能源应用状况、太阳能及光伏发电系统的组成、风能及风力发电系统的构成、电能的储存、逆变、并网技术以及应用实例。对核能、生物质能、地热能、海洋能等其他新能源技术也进行了论述。

本书针对高职、高专新能源应用技术专业或相近专业编写，侧重光伏发电和风力发电，作为风电专业、光伏专业或新能源专业的专业课程的前导课程教材，使学生对能源及新能源涉及的技术领域有一个清晰的概念和宏观认识，为后续专业课的学习打好基础。本书总课时 45~60 课时，也可根据教学需要增减。

本书力求说理清晰，通俗易懂，以使读者对能源及新能源的概念，特别是光伏、风力发电技术有一个全面、准确的了解。本书除作为高职高专的新能源专业教材之外，还可供从事光伏、风力发电技术的工程技术人员参考。

本书由刘洪恩担任主编，并编写第 1 章~第 4 章和第 7 章~第 10 章，刘晓艳编写第 5 章、第 6 章，刘洪恩统稿。

本书在编写过程中得到了兄弟院校、新能源相关企业工程技术人员的大力帮助和指导，在此深表谢意！

由于编者水平所限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

编者
2013 年 5 月

目 录

第 1 章 能源概述	1
1.1 能源的概念	1
1.2 能源的分类	1
1.3 传统能源概述	1
1.4 世界能源消耗特点、分布及现状	7
1.5 中国能源消耗特点、分布及现状	7
1.6 新能源	8
习题	8
第 2 章 太阳能与光伏发电系统	9
2.1 太阳能概述	9
2.2 太阳能发电	10
2.3 太阳能光伏电池	11
2.4 光伏电池组件	12
2.5 光伏系统的构成	12
2.6 光伏系统的运行形式	13
2.7 光伏发电的优点与缺点	14
2.8 太阳能发电现状	14
2.9 太阳能的新应用	16
习题	17
第 3 章 风能与风力发电系统	18
3.1 风能概述	18
3.2 风力发电机组	23
3.3 风电控制系统	31
习题	33
第 4 章 光伏和风电系统的运行	35
4.1 太阳能光伏系统的运行	35
4.2 风力发电的运行	38
4.3 电能的储存	40
习题	43
第 5 章 电能逆变	44
5.1 逆变器的概念与分类	44
5.2 逆变器的电路结构及主要元器件	47
5.3 逆变电路原理	48
5.4 逆变器的主要技术指标与配置选型	52
习题	53

第 6 章 风、光电并网运行	55
6.1 风电的并网运行	55
6.2 光电的并网运行	61
6.3 风电、光电并网对电网的影响	64
习题	67
第 7 章 核能	68
7.1 核能知识	68
7.2 核能发电	69
习题	76
第 8 章 生物质能	77
8.1 生物质概述	77
8.2 生物质能的利用	78
8.3 生物质能的应用状况	80
习题	81
第 9 章 其他新能源	82
9.1 地热能	82
9.2 海洋能	87
9.3 氢能	91
习题	94
第 10 章 新能源应用案例	95
10.1 核电站	95
10.2 光伏电站	98
10.3 “十二五”规划七大风电基地	100
参考文献	106

第 1 章 能源概述

1.1 能源的概念

能源是产生各种能量的物质资源。能源是人类赖以生存和社会发展不可缺少的物质基础。它的开发和利用状况是衡量一个时代、一个国家经济发展和科学技术水平的重要标志。

1.2 能源的分类

(1) 按生成方式分

① 天然能源：天然能源又称为一次能源，是指自然界中以原有形式存在的、未经加工转换的能源。如煤炭、石油、天然气、核燃料、生物质能、水能、风能、太阳能、地热能、海洋能等。

天然能源（一次能源）又分为可再生能源和非再生能源。可再生能源指能够重复产生的天然能源，如太阳能、风能、水能、海洋能、生物质能等。非再生能源指使用后不能再生的天然能源，如煤炭、石油、天然气、核燃料等，它们的形成需要上千万年漫长的时间过程，故又称为化石能源，这类能源储量是有限的，而且一旦消耗便不能再生，随着不断开采利用余量越来越少。20 世纪 70 年代出现能源危机以来，各国都开始重视非再生能源的节约，并加速对可再生能源的研究与开发。

② 人工能源：人工能源又称二次能源，指通过消耗一次能源加工转化后诞生的能源。如电能、蒸汽、煤气、焦炭、汽油、柴油、重油、液化石油气、酒精、沼气、氢气等。

(2) 按原始来源分

① 地外能源：直接来自太阳的能量，如太阳的光能和热能；或间接地通过接收太阳能转化成的能源，如煤炭、石油、天然气、风能、生物质能等。

② 地内能源：地球本身蕴含的能量，如地热能、核燃料。

③ 地球和其他天体相互作用产生的能量：如由于太阳、月球引力引起的海洋潮汐具有的能量。

(3) 按对能源的认识或开发过程分

① 传统能源：又称常规能源。一般是指技术上比较成熟且已被大规模利用的能源。如煤炭、石油、天然气以及大中型水电都被看作传统或常规能源。

② 新能源：新能源通常是指当前尚未大规模利用，近若干年来开始被人类着力开发利用的能源。如太阳能、风能、核能、现代生物质能、地热能、海洋能以及氢能等。

1.3 传统能源概述

1.3.1 煤炭

煤炭是千百万年以前植物的枝叶和根茎，在地面上堆积而成的一层极厚的黑色的腐植

质，由于地壳的变动不断地埋入地下，长期与空气隔绝，并在高温高压下，经过一系列复杂的物理化学变化等因素，形成的黑色可燃沉积岩。煤炭属化石能源（图 1-1）。

煤炭被人们誉为黑色的金子，工业的食粮，它是 18 世纪以来人类世界使用的主要能源之一。

（1）煤的形成年代

在整个地质年代中，全球范围内有三个大的成煤期：

① 古生代的石炭纪和二叠纪，成煤植物主要是孢子植物。主要煤种为烟煤和无烟煤。

② 中生代的侏罗纪和白垩纪，成煤植物主要是裸子植物。主要煤种为褐煤和烟煤。

③ 新生代的第三纪，成煤植物主要是被子植物。主要煤种为褐煤，其次为泥炭，也有部分年轻烟煤。

（2）煤炭分类

煤炭是世界上分布最广阔的化石能资源，主要分为烟煤、无烟煤、次烟煤和褐煤等四类。世界煤炭可采储量的 60% 集中在美国（25%）、前苏联地区（23%）和中国（12%），此外，澳大利亚、印度、德国和南非 4 个国家共占 29%，上述 7 国或地区的煤炭产量占世界总产量的 80%，已探明的煤炭储量在石油储量的 63 倍以上，世界上煤炭储量丰富的国家同时也是煤炭的主要生产国。

① 褐煤 多为块状，呈黑褐色，光泽暗，质地疏松；含挥发成分 40% 左右，燃点低，容易着火，燃烧时上火快，火焰大，冒黑烟；含碳量与发热量较低（因产地煤级不同，发热量差异很大），燃烧时间短，需经常加煤。

② 烟煤 一般为粒状、小块状，也有粉状的，多呈黑色而有光泽，质地细致，含挥发成分 30% 以上，燃点不太高，较易点燃；含碳量与发热量较高，燃烧时上火快，火焰长，有大量黑烟，燃烧时间较长；大多数烟煤有黏性，燃烧时易结渣。

③ 无烟煤 有粉状和小块状两种，呈黑色有金属光泽而发亮。杂质少，质地紧密，固定碳含量高，可达 80% 以上；挥发分含量低，在 10% 以下，燃点高，不易着火；但发热量高，刚燃烧时上火慢，火上来后比较大，火力强，火焰短，冒烟少，燃烧时间长，黏结性弱，燃烧时不易结渣。应掺入适量煤土烧用，以减轻火力强度。

（3）煤炭的应用

中国是世界上最早利用煤炭的国家。辽宁省新乐古文化遗址中，就发现有煤制工艺品，河南巩义市也发现有西汉时用煤饼炼铁的遗址。《山海经》中称煤为石涅，魏、晋时称煤为石墨或石炭。明代李时珍的《本草纲目》首次使用“煤”这一名称。

煤炭的用途十分广泛，可以根据其使用目的分为两大类：能源和煤化工原料。



图 1-1 煤

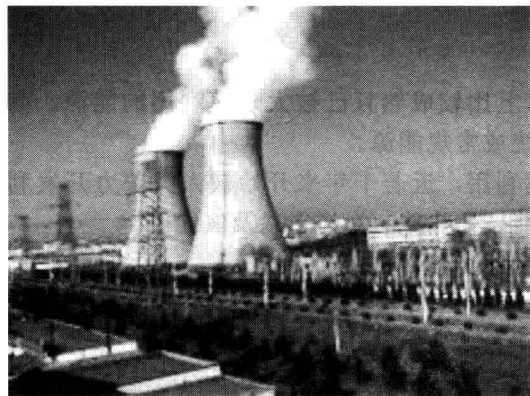


图 1-2 火电厂

① 能源用煤 能源用煤是以其燃烧获取热能作为能源，主要有以下几方面用途。

- 火力发电用煤（电煤）：火电厂利用煤炭燃烧的热能，把锅炉内的水加热，变成高压蒸汽推动汽轮机转动，再带动发电机发电。如图 1-2 所示。

在中国每年开采出来的煤炭中约 1/3 以上用来发电。按照目前的能量利用效率，火电厂每发 1kW·h 电能，平均消耗标准煤 370g 左右。

目前，中国的火力发电量在整个国家电力结构中所占比例为 75% 左右，处于第一位。

- 建材用煤：约占能源用煤的 10% 以上，以水泥生产用煤量最大，其次为玻璃、砖、瓦等。

- 一般工业锅炉用煤：除热电厂及大型供热锅炉外，一般企业及取暖用的工业锅炉型号繁多，数量大且分散，用煤量约占能源用煤的 30%。

- 生活用煤：生活用煤的数量也较大，约占能源用煤的 20%。

- 冶金用煤：冶金用动力煤主要为烧结和高炉喷吹用无烟煤，其用量不到动力用煤量的 1%。

② 煤化工原料 以煤为原料，经化学加工使煤转化为燃料或化工产品，如煤炭炼焦，通过煤炭焦化制取炼钢用焦炭，同时炼焦的副产品为煤气、苯、甲苯、二甲苯、萘等化工产品，其中煤气是城镇居民重要的生活用燃气之一。

焦炭由焦煤（炼焦专用煤种）或混合煤高温冶炼而成，一般 1.3t 左右的焦煤才能炼 1t 焦炭。焦炭多用于炼钢，是目前钢铁等行业的主要生产原料，被喻为钢铁工业的“基本食粮”。

（4）中国煤炭资源

中国煤炭资源丰富，可采储量居世界第三位，除上海以外其他各省区均有分布，但分布极不均衡。在中国北方的大兴安岭、太行山、贺兰山之间的地区，地理范围包括煤炭资源量大于 1000 亿吨以上的内蒙古、山西、陕西、宁夏、甘肃、河南 6 省区的全部或大部，是中国煤炭资源集中分布的地区。在中国南方，煤炭资源量主要集中于贵州、云南、四川三省。

1.3.2 石油

石油是从地下开采出来的未经提炼的原态油，又称原油，是由碳氢化合物为主混合而成的，具有特殊气味的可燃性油质液体，颜色非常丰富，依其所含胶质、沥青质的不同呈现不同的颜色，上述物质含量越高颜色越深。通常有红、金黄、墨绿、黑、褐红等颜色甚至透明。中国四川黄瓜山和华北大港油田有的油井产无色石油，新疆克拉玛依石油呈褐至黑色，大庆、胜利、玉门石油均为黑色。石油是各种烷烃、环烷烃、芳香烃的混合物。它是古代海洋或湖泊中的生物经过漫长的演化形成，属于化石能源。

石油主要被提炼用来作为燃油和化工原料。

（1）石油的成因

石油的成因目前大多倾向于生物成油理论。研究表明，石油的生成至少需要 200 万年的时间，在现今已发现的油藏中，时间最老的达 5 亿年之久。在地球不断演化的漫长历史过程中，有一些“特殊”时期，如古生代和中生代，大量的植物和动物死亡后，构成其身体的有机物质不断分解，与泥沙或碳酸质沉淀物等物质混合组成沉积层。由于沉积物不断地堆积加厚，导致温度和压力上升，随着这种过程的不断进行，沉积层变为沉积岩，进而形成沉积盆地，这就为石油的生成提供了基本的地质环境。大多数地质学家认为石油像煤和天然气一

样，是古代有机物通过漫长的压缩和加热后逐渐形成的。按照这个理论石油是由史前的海洋动物和藻类尸体变化形成的（陆上的植物则一般形成煤）。经过漫长的地质年代这些有机物与淤泥混合，被埋在厚厚的沉积岩下。在地下的高温和高压下它们逐渐转化，首先形成蜡状的油页岩，后来退化成液态和气态的碳氢化合物。由于这些碳氢化合物比附近的岩石轻，它们向上渗透到附近的岩层中，直到渗透到上面紧密无法渗透的、本身则多孔的岩层中。这样聚集到一起的石油形成油田。通过钻井和泵取人们可以从油田中获得石油。地质学家将石油形成的温度范围称为“油窗”。温度太低石油无法形成，温度太高则会形成天然气。虽然石油形成的深度在世界各地不同，但是“典型”的深度为4~6km。由于石油形成后还会渗透到其他岩层中去，因此实际的油田可能要浅得多。因此形成油田需要三个条件：丰富的源岩，渗透通道和一个可以聚集石油的岩层构造。

(2) 石油的开采与炼制

最早钻油的是中国人，最早的油井是4世纪或者更早出现的。中国人使用固定在竹竿一端的钻头钻井，其深度可达约1000m。他们焚烧石油来蒸发盐卤制食盐。10世纪时中国人使用竹竿做的管道来连接油井和盐井。古代波斯的石板纪录似乎说明波斯上层社会使用石油作为药物和照明。最早提出“石油”一词的是公元977年中国北宋编著的《太平广记》。正式命名为石油是根据中国北宋杰出的科学家沈括（1031—1095）在所著《梦溪笔谈》中根据这种油“生于水际砂石，与泉水相杂，惘惘而出”而命名的。在石油一词出现之前，国外称石油为“黑金”、“魔鬼的汗珠”、“发光的水”等，中国称“石脂水”、“猛火油”、“石漆”等。8世纪新建的巴格达的街道商铺有从当地附近的自然露天油矿获得的沥青。9世纪阿塞拜疆巴库的油田用来生产轻石油。10世纪地理学家阿布·哈桑·阿里·麦斯欧迪和13世纪马可·波罗曾描述过巴库的油田，他们说这些油田每日可以开采数百船石油。

现代石油的开采与利用源于19世纪。从寻找石油到利用石油，大致要经过四个主要环节，即寻找、开采、输送和加工，这四个环节一般又分别称为石油勘探、油田开发、石油集输和石油炼制。

① 石油勘探 石油勘探有许多方法，是开采石油的第一关，但地下是否真的有油，最终要靠钻井来证实。钻井要用优质钻杆和高硬度的钻头，以应对地下几千米深度复杂的地质结构和坚硬的岩层，因此一个国家在钻井技术上的进步程度，往往反映了这个国家石油工业的发展状况。

② 油田开采 油田开采指的是用钻井的办法证实了石油的存在、数量大小及分布范围，即可进行一定生产规模的开采。一般来说刚刚开采的油田的油压足够高可以自己喷射到地面。随着石油不断被开采，其油压不断降低，后来就需要使用抽油机来抽油。通过向油井内压水或天然气可以提高开采的油量，如图1-3所示。

③ 石油集输 一个油田往往打好多口油井，这些油井的产油汇流后通过输送管道送到炼油厂进行炼制。

④ 石油炼制 石油是几种具有不同沸点的挥发性组分的混合物。石油炼制采用常压蒸馏和减压蒸馏使原油在蒸馏塔里按蒸发能力即沸点范围不同的油品（称为馏分）逐类分离、收

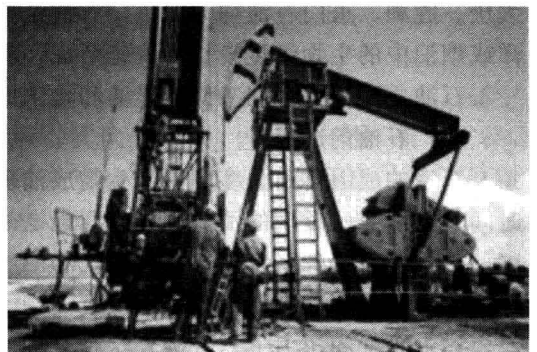


图 1-3 油田开发

集,再经过催化裂化、催化重整、加氢裂化等工艺得到以下不同的产品:液化石油气、汽油、煤油、柴油、润滑油、凡士林、石蜡、沥青等。其中液化石油气为城镇居民重要的生活用燃气之一;汽油、柴油、煤油、润滑油是内燃机、机动车辆、飞机及其他机械等使用的主要燃料和润滑剂;沥青为建筑、道路等修建使用的重要建材。

1.3.3 天然气

天然气,常温常压下是一种多组分的混合气体,相对密度约 0.65,比空气轻,主要成分是烷烃,其中甲烷占绝大多数,另有少量的乙烷、丙烷和丁烷。它主要存在于油田和天然气田,也有少量出于煤层。天然气燃烧后无废渣、废水产生,较之煤炭、石油等能源有使用安全、热值高、洁净等优势。

(1) 天然气的存在形式

天然气有三种存在形式:①油田(与石油伴生,这类油田通常称为油气田,既产石油又产天然气);②纯天然气田;③煤矿瓦斯气。

天然气无色、无味、无毒,但易燃、易爆。

(2) 天然气的主要用途

①工业燃料 以天然气代替煤,用于工厂采暖、生产用锅炉以及热电厂燃气轮机锅炉。天然气发电是缓解能源紧缺、降低燃煤发电比例、减少环境污染的有效途径,且从经济效益看,天然气发电的单位装机容量所需投资少,建设工期短,上网电价较低,具有较强的竞争力。

②天然气化工 天然气是制造氮肥的最佳原料,具有投资少、成本低、污染少等特点。天然气占氮肥生产原料的比重,世界平均为 80%左右。

③城市燃气事业 特别是居民生活用燃料。随着人民生活水平的提高及环保意识的增强,大部分城市对天然气的需求明显增加。天然气作为民用燃料的经济效益也大于工业燃料。

④压缩天然气汽车 以天然气代替汽油,具有价格低、污染少、安全等优点。

据专家预测,中国天然气总资源量达 40~60 多万亿立方米,其中陆上资源量占 38 万亿立方米,主要分布在中部和西部盆地,分别占陆上资源量的 43.2%和 39.0%。其他天然气资源分布于渤海湾、东海等近海。

当前中国气田以中小型为主,大多数气田的地质构造比较复杂,勘探开发难度大。

1.3.4 水能

广义的水能资源包括江河水能、海洋的潮汐能、波浪能、海流能等能量资源,这些都属于水能,都是一次能源。

狭义的水能资源特指江河水流的能量资源,是人们目前已经广泛开发和利用、技术上比较成熟的水能资源,属于传统(常规)能源;而海洋的潮汐能、波浪能、海流能等能量资源,对它们的开发利用则刚刚起步,属于新能源范畴。

水能又是一种可再生能源,水能的利用主要是水力发电。如图 1-4 所示。

水力发电,是运用高位水的势能向低位流动形成的动能推动水轮机转动,再带动发电机发电的方式,是水能的大规模利用。目前,中国水力发电量在整个国家电力结构中所占比例在 23%左右,处于第二位。

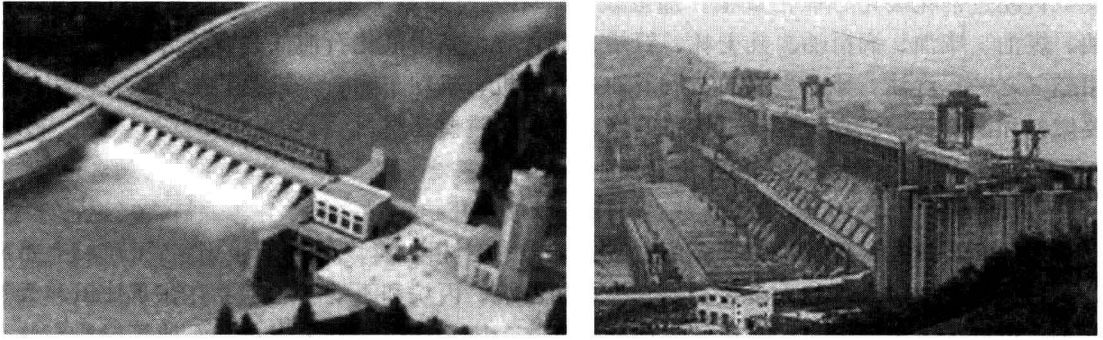


图 1-4 水力发电

以水力发电的工厂称为水力发电厂，简称水电厂，又称水电站。水力发电的优点是成本低、可连续再生、无污染。缺点是分布受水文、气候、地貌等自然条件的限制大。水容易受到污染，也容易被地形、气候等多方面的因素所影响。

水电站的建设往往与水利工程联合设计，协调好发电、防洪、灌溉、航运、生态等各方面关系，具有显著的经济效益和社会效益。

(1) 水能资源的优缺点

水能资源最显著的优点：成本低、可再生、无污染；开发水能对江河的综合治理和综合利用具有积极作用，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。缺点：水能分布受水文、气候、地貌等自然条件的限制大。水容易受到污染，也容易被地形、气候等多方面的因素所影响；大坝以下水流侵蚀加剧，河流的变化及对动植物的影响等会带来生态破坏；需筑坝移民，基础建设投资大，搬迁任务重；丰水期和枯水期发电量差距较大；下游肥沃的冲积土减少。

(2) 水电站的分类

① 按水头高低分类：水电站利用水头（水在上游与下游之间的落差）的大小，可分为高水头（70m 以上）、中水头（15~70m）和低水头（低于 15m）水电站。

② 按水电站装机容量分类：按照水电站装机容量的大小，可分为大型、中型和小型水电站。一般装机容量 5000kW 以下的为小水电站；5000~100000kW 为中型水电站；10 万千瓦或以上为大型水电站或巨型水电站。

(3) 中国的水电站

至 2010 年，中国水电总装机容量突破 2 亿千瓦，居世界第一位。三峡水电站、葛洲坝水电站和小浪底水电站为著名的大型水电站，其中三峡水电站是迄今为止世界上最大的水电站。

(4) 中国水能现状

① 中国的水资源分布大部分集中于西部和中部。在全国可以开发的水能资源中，东部的华东、东北、华北三大地区共仅占 6.8%，中南 5 地区占 15.5%，西北地区占 9.9%，西南地区占 67.8%，其中，除西藏外，川、云、贵三省占全国的 50.7%。

② 中国水能资源极为丰富，理论蕴藏量为 6.8 亿千瓦，其中可开发的约有 4.1 亿千瓦，但分布不均，主要分布在西南、中南（长江三峡、西江中上游）、西北（黄河上游）地区。

③ 大型电站比重大，且分布集中。各省（区）单站装机 10MW 以上的大型水电站有

203座,其装机容量和年发电量占总数的80%左右;而且,70%以上的大型电站集中分布在西南四省,大部分电站需要大容量、远距离地向外特别是东部地区输电。

④资源的开发和研究程度较低。到目前为止,全国仅开发利用了50%左右,因此中国开发水电的潜力很大。

⑤中国气候受季风影响,降水和径流在年内分配不均,夏秋季4~5个月的径流量占全年的60%~70%,冬季径流量很少,因而水电站所发电量因季节性相差悬殊。

⑥中国人多地少,建水库往往受淹没损失的限制,而在深山峡谷河流中建水库,虽可减少淹没损失,但需建高坝,工程较艰巨。

⑦中国大部分河流,特别是中下游,往往有防洪、灌溉、航运、供水、水产、旅游等综合利用要求。在水能开发时需要全部规划,使整个国民经济得到最大的综合经济效益和社会效益。

1.4 世界能源消耗特点、分布及现状

世界能源消耗特点:长期以来,世界能源消耗主要来自一次不可再生能源(如煤炭、石油、天然气);能源消耗水平差异大,占世界1/4的工业化国家消耗了世界能源的3/4;世界能源消耗仍在不断增长。

世界能源分布:世界能源储量分布是不平衡的。石油在中东地区占56.8%;天然气和煤炭储量最多的是欧洲,各占54.6%和45%。亚洲、大洋洲除煤炭稍多(占18%)以外,石油、天然气都只有5%多一点。

世界能源现状:当前世界能源的消耗以化石能源为主,按现在的消耗量,石油、天然气最多维持不了50年;煤炭也只能维持一二百年。不管哪种能源结构,人类都面临着日趋严重的能源危机。同时,化石能源的大量消耗带来的环境污染、生态恶化,直接威胁着人类生存环境的安全,因此,21世纪新能源的开发与利用,已不再是一个将来的话题,而是关系人类子孙后代命运,刻不容缓的一件大事。

1.5 中国能源消耗特点、分布及现状

(1) 中国能源消耗特点

中国是一个能源消耗大国,其能源消费总量居世界第二,仅次于美国,其中,煤炭占66.3%,石油占23.5%,天然气占2.6%,水电、核电合占7.6%。并且年均增长3.6%。

(2) 中国能源分布

煤炭85%分布于中西部;石油、天然气集中在东北、华北(包括山东)和西北,合占全国探明储量的86%;水能资源的分布主要在西部和中南部,可开发资源量(3.7亿千瓦)中合计占到93.2%,其中西南占67.8%。

(3) 中国能源生产、消费现状

近20年来,中国能源生产发展很快,煤炭开采量居世界第一,在能源消耗结构中一直以煤炭为主。中国原油产量居世界第5位,天然气产量居世界第20位,水力发电居世界第4位,核电第18位,发电总量世界第2位。中国成为能源消耗大国,石油、天然气等需要大量进口。

能源的消耗主要以工业为主，由于技术水平和生产设备落后，目前中国单位能耗创造的经济效益还远低于发达工业国家，国家有关部委正采取有力措施淘汰高耗能的技术和设备，大力推广节能新技术，并制定了有关鼓励政策和中长期发展规划，大力扶持新能源产业的开发与建设。

1.6 新能源

1980年联合国召开的“联合国新能源和可再生能源会议”指出：以新技术和新材料为基础，使传统的可再生能源得到现代化的开发和利用，用取之不尽、周而复始的可再生能源取代资源有限、对环境有污染的化石能源，重点开发太阳能、风能、生物质能、潮汐能、地热能、氢能和核能。

据此，新能源一般是指在新技术基础上加以开发利用的可再生能源，包括太阳能、生物质能、水能（主要指小型水电站）、风能、地热能、海洋能、氢能等。随着常规能源的有限性以及环境污染问题的日益突出，以环保和可再生为特点的新能源越来越受到各国的重视。

目前，中国新能源发电量在整个国家电力结构中所占比例在2%左右，其中核电约占1%，其余的是风电、光电等。

风能和太阳能是最具开发潜力和当前最具开发热点的绿色新能源。本教材重点介绍风能 and 太阳能的应用，特别是风能转化为电能（风电）和太阳的光能转化为电能（光电或光伏）的风、光电新能源技术。

习 题

1-1 目前中国火力、水力、新能源发电量在整个电力结构中所占比例分别为多少？

1-2 人类大量使用矿石能源，会带来哪些危机？

1-3 以下能源哪些属于传统能源和新能源？哪些属于一次能源和二次能源？哪些属于矿石能源？哪些属于可再生能源和非再生能源？

石油、煤炭、电能、江河水能、汽油、柴油、太阳能、风能、核能、液化石油气、天然气、煤气

1-4 水能资源最显著的优点是什么？中国著名的大型水电站有哪些？

1-5 火电厂是如何发电的？水电站是如何发电的？

1-6 中国煤炭主要集中在哪些地区？主要的用途是什么？可开发利用的江河水能资源主要集中在哪些地区？

1-7 石油、天然气的主要用途有哪些？

1-8 当前中国城镇居民生活使用的三大燃气是哪些？

1-9 化石能源的过分开采和使用会带来哪些社会问题？

1-10 1980年“联合国新能源和可再生能源会议”对新能源是如何界定的？

第 2 章 太阳能与光伏发电系统

2.1 太阳能概述

太阳能一般是指太阳光的辐射能量，人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳。我们生活所需的煤炭、石油、天然气等化石燃料都是因为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储存下来后，再由埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成。它们实质上是由古代生物固定下来的太阳能。此外，水能、风能、波浪能、海流能等也都是由太阳能转换而来的。

太阳的能量主要来源于氢聚变成氦的聚变反应，每秒有 6.57×10^{11} kg 的氢聚合生成 6.53×10^{11} kg 的氦，连续产生 3.90×10^{23} kW 能量。这些能量以电磁波的形式，以 3×10^5 km/s 的速度穿越太空射向四面八方。地球只接受到太阳总辐射的二十二亿分之一，即有 1.77×10^{14} kW 达到地球大气层上边缘（“上界”），由于穿越大气层时的衰减，最后约 8.5×10^{13} kW 到达地球表面，这个数量相当于全世界发电量的几十万倍。

根据目前太阳产生的核能速率估算，氢的储量足够维持 600 亿年，而地球内部组织因热核反应聚合成氦，它的寿命约为 50 亿年，因此，从这个意义上讲，可以说太阳的能量是取之不尽、用之不竭的。

人类依赖这些能量维持生存，其中包括所有其他形式的可再生能源（地热能资源除外），虽然太阳能资源总量相当于现在人类所利用的能源的一万多倍，但太阳能的能量密度低，而且它因地而异，因时而变，这是开发利用太阳能面临的主要问题。太阳能的这些特点会使它在整个综合能源体系中的作用受到一定的限制。

太阳能是一种绿色可再生能源，但在地面上分布较分散，受季节、天气、昼夜等因素影响也较大。

太阳能利用的基本方式可分为光-热利用、光-电利用、光-化学利用、光-生物利用四类。在四类太阳能利用方式中，光-热转换的技术最成熟，太阳能转化效率较高，产品种类多，成本相对较低，应用范围也最广。如：太阳能热水器、干燥器、太阳灶、太阳能温室大棚、太阳暖房、太阳能海水淡化装置以及太阳能采暖和制冷器等。太阳能光-热发电的工作原理则是利用汇聚的太阳光，把水烧至沸腾变为蒸汽，然后用来发电，但应用还不普遍。

(1) 光-热利用

它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、真空管集热器和聚焦集热器三种。

(2) 光-电利用

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

的热能转换为蒸汽，然后由蒸汽驱动气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特效应将太阳辐射能直接转换为电能。它的基本装置是太阳电池。

(3) 光-化学利用

这是一种利用太阳辐射能直接分解水制氢的光-化学转换方式。

(4) 光-生物利用

通过植物的光合作用来实现将太阳能转换成为生物质的过程。主要有速生植物（如薪炭林）、油料作物和巨型海藻。

(5) 太阳能热水器的工作原理

太阳能热水器是把太阳的光能转化为热能，将冷水加热成热水，以满足人们生产、生活需要的太阳光-热转换装置。如图 2-1 所示。

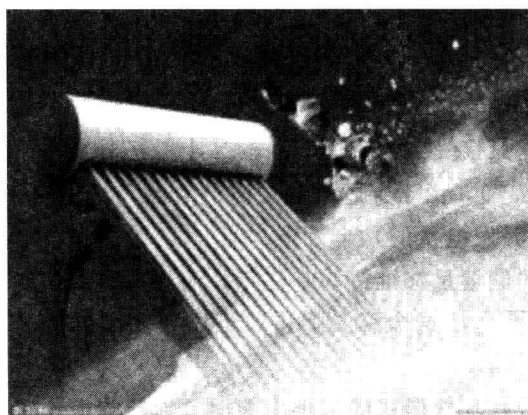


图 2-1 太阳能热水器

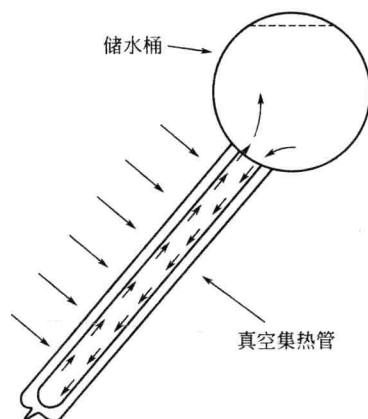


图 2-2 太阳能热水器集热原理

太阳能热水器按结构形式分为真空管式太阳能热水器和平板式太阳能热水器。以真空管式太阳能热水器为主，占据国内 95% 的市场份额。真空管式家用太阳能热水器是由真空集热管、储水桶及支架等相关附件组成，把太阳能转换成热能主要依靠真空集热管。集热管利用热水上浮冷水下沉的原理，使水产生微循环而达到所需热水。真空集热管集热原理如图 2-2 所示。

阳光穿过吸热管的第一层玻璃照到第二层玻璃的黑色吸热层上，将太阳光的热量吸收，由于两层玻璃之间是真空隔热的，热量不能向外传导，只能传给玻璃管里面的水，使玻璃管内的水加热，加热的水密度变小沿着玻璃管受热面往上移动进入保温储水桶，桶内温度相对较低的水沿着玻璃管背光面流入玻璃管补充，如此不断循环，使保温储水桶内的水不断升温，从而达到加热水的目的。

2.2 太阳能发电

2.2.1 太阳能发电的分类

利用太阳能发电有两大类型，一类是太阳能光发电，另一类是太阳能热发电。

太阳能光发电是将太阳能直接转变成电能的一种发电方式。它包括光伏发电、光化学发