



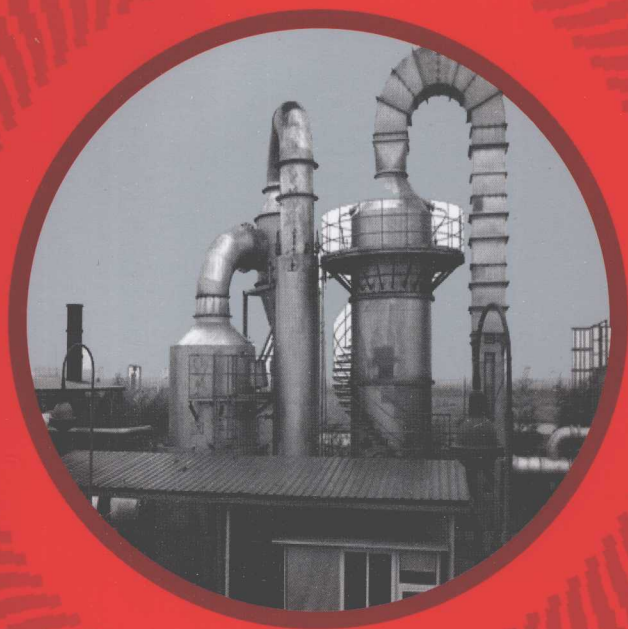
高职高专“十一五”规划教材

——煤化工系列教材

煤化工环境保护

MEI HUAGONG HUANJING BAOHU

谷丽琴 王中慧 主编



化学工业出版社

“十二五”规划教材

——煤化工类教材

煤化工环境保护

王中林 王中林 主编



© 2012 化学工业出版社

高职高专“十一五”规划教材

——煤化工系列教材

煤化工环境保护

谷丽琴 王中慧 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书根据煤化工发展现状,针对高职高专和应用型本科教育的职业针对性和技术实用性特点编写,全书共分八章,包括我国煤炭利用状况及对环境的污染,煤化工废气污染物的控制、煤化工废水的控制、煤化工废液废渣的控制等内容,并引入比较典型的组合控制实例和工程实例。

本书可作为煤化工、煤炭深加工及利用、应用化工技术等专业高职高专教材,也可供相关专业技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

煤化工环境保护/谷丽琴,王中慧主编. —北京:化学工业出版社,2009.9

高职高专“十一五”规划教材. 煤化工系列教材

ISBN 978-7-122-06474-5

I. 煤… II. ①谷…②王… III. 煤化工-环境保护-高等学校:技术学院-教材 IV. X784

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第140856号

责任编辑:张双进

文字编辑:杨欣欣

责任校对:王素芹

装帧设计:王晓宇

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10½ 字数255千字 2009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

高职高专煤化工专业规划教材 编审委员会

主任委员 郝临山

副主任委员 薛金辉 薛利平 朱银惠 池永庆

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

白保平	陈启文	池永庆	崔晓立	段秀琴
付长亮	谷丽琴	郭玉梅	郝临山	何建平
李聪敏	李 刚	李建锁	李云兰	李赞忠
刘 军	穆念孔	彭建喜	冉隆文	田海玲
王翠萍	王家蓉	王荣青	王胜春	王晓琴
王中慧	乌 云	谢全安	许祥静	薛金辉
薛利平	薛士科	薛新科	闫建新	于晓荣
曾凡桂	张爱民	张现林	张星明	张子锋
赵发宝	赵晓霞	赵雪卿	周长丽	朱银惠

前 言

煤化工生产过程产生大量的废水、烟尘、废渣，对环境造成很大的污染。学生只有了解了“三废”的危害，掌握其治理措施，才能在今后的生产、管理、设计及研究等工作中自觉地把环境污染控制放在首位。

本书根据煤化工发展现状，针对高职高专和应用型本科教育的职业针对性和技术实用性特点编写。全书共分八章，包括我国煤炭利用状况及对环境的污染、煤化工废气污染物的控制、煤化工废水的控制、煤化工废液废渣的控制等内容，并引入比较典型的组合控制实例和工程实例。

本书由山西大同大学谷丽琴、吕梁高等专科学校王中慧任主编，王中慧编写第一、二、三章，谷丽琴编写第四、六章，山西大同大学李云兰编写第七、八章，山西煤炭职业技术学院薛慧峰编写第五章。全书由谷丽琴统稿。

本书在编写过程中参考了国内外出版的多种资料文献，并得到了化学工业出版社的大力支持，在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者和同行批评指正，以便改正。

编 者

2009年7月

目 录

第一章 能源与环境	1
第一节 能量与能源	1
一、能量.....	1
二、能量的发源地——太阳.....	2
第二节 能源的分类	2
一、能源分类总述.....	2
二、化石燃料.....	3
三、核能.....	5
四、可再生能源.....	5
第三节 能源消费与社会发展	6
第四节 能源问题	7
一、世界能源问题.....	7
二、中国能源问题.....	8
第五节 能源利用的环境效应	8
一、人类与地球环境的依存关系.....	8
二、大气温室效应和气候变化.....	8
三、臭氧层的耗损与破坏.....	9
四、酸雨.....	9
五、热污染.....	9
六、生物多样性锐减.....	10
七、大气污染的危害.....	10
八、水污染.....	11
第六节 能源开发和运输过程的环境问题	11
一、化石能源.....	11
二、核能.....	12
三、可再生能源.....	13
第七节 发展能源与环境保护	13
复习题	14
第二章 我国煤炭利用状况及对环境的污染	15
第一节 我国煤炭资源利用及其对环境的污染概况	15
一、焦化工业及其主要污染物.....	15
二、气化工业及其主要污染物.....	16
三、液化工业及其主要污染物.....	16
四、燃煤的主要污染物.....	16
第二节 我国煤炭能源利用面临的问题及技术发展方向	17
复习题	17

第三章 煤化工废气污染物来源及控制	18
第一节 煤化工过程大气污染物的来源	18
一、炼焦生产过程	18
二、气化过程	20
三、煤液化过程	20
四、燃煤的主要气态污染物	20
第二节 常见除尘装置的分类与原理	21
一、除尘装置的主要类型及其性能	21
二、除尘装置的工作原理	23
三、除尘装置的选择与应用	28
第三节 煤焦储运过程的粉尘控制	29
一、煤场的自动加湿系统	29
二、喷覆盖剂	30
三、除尘系统	30
四、配煤槽顶部密封防尘	30
第四节 炼焦生产过程烟尘的控制	30
一、装煤过程烟尘的控制	31
二、推焦过程烟尘的控制	32
三、熄焦过程烟尘的控制	34
四、筛焦系统的防尘捕集	35
五、焦炉连续性烟尘的控制	35
第五节 化产回收与精制的气体污染控制	36
一、回收车间的气体污染控制	36
二、精制车间污染气体控制	37
第六节 气化过程废气的处置	40
一、控制煤气炉中加煤装置的煤气泄漏	41
二、煤气站循环冷却的废气治理	41
三、吹风阶段排出吹风气时废气的治理	41
四、发展烟气除尘、脱硫技术	41
五、改革气化的工艺和设备	41
六、利用大气自净能力, 废气高空排放	41
第七节 燃煤大气污染控制	42
一、煤炭加工与转化工业	42
二、提高燃煤效率	42
三、控制煤烟排放物	42
四、节能与优化能源结构	42
第八节 含二氧化硫废气的治理技术	43
一、原煤脱硫	43
二、燃烧脱硫	43
三、烟气脱硫	45
第九节 氮氧化物废气的治理	51

一、改善燃烧条件（低 NO_x 燃烧技术）	51
二、烟气脱硝技术	53
第十节 CO_2 排放控制及综合利用	55
一、吸收法	55
二、膜分离法	55
三、纯氧/烟气再循环燃烧	55
四、改变煤气化联合循环	55
五、低温分离法	56
第十一节 有机废气的治理	56
一、含烃类废气的直接燃烧	56
二、有机污染物的催化燃烧	57
三、吸附法	57
四、冷凝法	58
五、吸收法	58
六、其他方法	58
复习题	59
第四章 煤气化废水污染及控制	60
第一节 煤气化废水的特征	60
一、煤气化废水的来源及水量水质	60
二、煤气化废水的可生化性分析	61
第二节 煤气化废水与预处理	62
一、酚的回收	62
二、氨的回收	63
第三节 煤气化废水处理技术	65
一、组合生物处理技术	65
二、煤气化废水脱氮技术的进展	71
第四节 废水处理工艺流程	72
复习题	73
第五章 焦化废水的污染及控制	74
第一节 焦化废水的来源及危害	74
一、焦化废水产生的概况	74
二、焦化废水的组成及分类	74
三、焦化废水的排放现状与危害	75
第二节 焦化废水一般处理技术	80
一、两段生物法	80
二、延时曝气	82
三、传统生物脱氮工艺	83
第三节 焦化废水处理深度氧化技术	90
一、化学氧化	90
二、光化学氧化	99
第四节 焦化废水处理脱氮工艺	103

一、同步硝化反硝化工艺·····	103
二、短程硝化反硝化脱氮工艺·····	106
三、短程硝化-厌氧氨氧化脱氮工艺·····	108
四、短程硝化+铁炭微电解脱氮工艺·····	110
复习题·····	112
第六章 焦化废水综合治理及回用技术 ·····	113
第一节 结合物化法的生物脱氮技术·····	113
一、物化预处理·····	113
二、生物处理·····	115
三、焦化废水的后续处理·····	115
四、工程实例·····	117
第二节 结合强化生物法的生物脱氮技术·····	118
一、生物铁强化技术在焦化废水处理中的应用·····	118
二、高效生物菌种在焦化废水处理中的应用·····	118
三、固定化微生物技术在焦化废水处理中的应用·····	119
第三节 焦化废水处理的展望·····	120
一、整体趋势展望·····	120
二、行业管理·····	121
三、处理技术·····	121
四、焦化废水排放标准·····	121
第四节 焦化废水回用·····	122
一、湿法熄焦补充水·····	122
二、钢铁转炉除尘水系统补充水·····	122
三、高炉冲渣、泡渣·····	123
四、洗煤循环水补充水·····	123
五、曝气池消泡水·····	123
六、煤场喷洒·····	124
复习题·····	124
第七章 煤化工废液废渣的处理与利用 ·····	125
第一节 煤化工废液废渣的来源·····	125
一、焦化生产废液废渣的来源·····	125
二、气化生产过程的废渣·····	127
第二节 焦化废渣的利用·····	129
一、焦油渣的利用·····	129
二、酸焦油的利用·····	130
三、再生酸的利用·····	131
四、洗油再生残渣的利用·····	132
五、酚渣的利用·····	133
六、脱硫废液处理·····	133
七、污泥的资源化·····	135
第三节 气化废渣的利用·····	137

一、筑路·····	137
二、用于循环流化床燃烧·····	137
三、建材·····	137
四、化工·····	139
五、轻金属·····	139
复习题·····	139
第八章 煤化工其他类型的污染·····	140
第一节 有毒污染物的危害与防护·····	140
一、有毒污染物的性质及危害·····	140
二、中毒分类及特点·····	143
三、中毒急救·····	144
四、毒物泄漏处置·····	144
五、预防措施·····	145
第二节 粉尘的危害与防护·····	145
一、粉尘的种类·····	145
二、粉尘的危害·····	146
三、粉尘的防护·····	146
第三节 噪声的危害与防护·····	146
一、声音的物理量·····	146
二、噪声的来源及分类·····	147
三、噪声的危害·····	148
四、噪声控制·····	148
第四节 振动的危害与防护·····	151
一、振动及其类型·····	151
二、振动的危害·····	151
三、振动对人体影响的因素·····	151
四、振动控制·····	151
第五节 电磁辐射危害与防护·····	153
一、非电离辐射的危害与防护·····	153
二、电离辐射的危害与防护·····	154
复习题·····	155
参考文献·····	156

第一章

能源与环境

能源是非常重要的物质资源，是支持社会发展和经济增长的主要物质基础和生产要素。充足稳定的能源供应不仅为工业提供动力，为农业提供保障，而且能推动技术进步，保障国民经济的发展，促进人民生活质量的改善，促进人类社会文明和进步发展，创造众多就业机会。与此同时，能源大量和非洁净的消费给人们赖以生存的环境造成了极大的破坏。经济的迅速发展与人人口的增长加大了对能源的需求。当今世界，资源、环境和人口已成为当前困扰人类社会发展的三大突出问题，也是我国社会经济发展的重要问题。

第一节 能量与能源

能源亦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、转换而取得有用能量的各种资源，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。

能源与人类的各种生活活动密切相关，是人类生存与发展的物质基础，是人类文明进步的先决条件，它的开发和利用是衡量一种社会形态、一个时代、一个国家，经济发展、科技水平与民众生活质量的重要标志。

一、能量

物理学把能量定义为物体对外做功的本领。一个物体能够对外做功，就说这个物体具有能量。流动的河水能够推动水轮机做功，流动的河水具有能量。举到高处的重物下落时能够把木桩打进地里而做功，举高的重物具有能量。被压缩的弹簧放开时能够把物体弹开而做功，被压缩的弹簧具有能量。

到目前为止，人类将所认识的能量分为以下六种形式。

（1）机械能 机械能是与物体宏观机械运动或空间状态相关的能量。它包括固体或流体的动能、势能等。

（2）热能（内能） 热能是构成物质微观分子运动的动能和势能的总和。从微观水平上讲，它反映了分子运动的强度。从宏观水平上讲，它表现在物体温度的高低上。热能是自然界广泛存在的能量形式，机械能、电能、核能等其他形式的能量都能够转化为热能。

（3）电能 电能是与电子流动和积累有关的能量。

（4）辐射能 辐射能是以电磁波的形式所传播的能量。如太阳能就属于辐射能的一种。

（5）化学能 化学能是蕴藏在物质原子核外的结构能的一种。即物质进行化学变化时所释放出的能量。化学能可以转化为电能、热能等。

（6）核能 核能是蕴藏在原子核内部的物质结构能。原子核裂变或聚变时可以产生数量巨大的核能。

上述各种形式的能量之间是可以相互转换的，并且在转换过程中遵循热力学第一定律（能量守恒与转换定律）：自然界的一切物质都具有能量；能量既不能创造、也不能消灭，只

能从一种形式转换为另一种形式，从一个物体传递到另一个物体；在能量转换与传递过程中能量的总量恒定不变。能量守恒与转换定律是自然界最普遍、最基本的规律，这一定律和细胞学说以及达尔文的进化论被称为 19 世纪自然科学上的三大发现。

二、能量的发源地——太阳

世界能源储量最多的是太阳能，在可再生能源中占 99.4%，而水能、风能、地热能、生物能等占不到 1%。在不可再生能源中，利用海水中的氘资源产生的人造太阳能（核聚变能）几乎占 100%，煤炭、石油、天然气、裂变核燃料加起来也不足千万分之一。所以，人类使用的能源归根到底要依靠太阳能，太阳能是人类永恒发展的能源保证。

根据科学界的共识，太阳大约是在 45 亿年之前形成的一个半径约为 $6.96 \times 10^5 \text{ km}$ 、质量约为 $1.99 \times 10^{30} \text{ kg}$ 的巨大炽热球体。其中心密度约 $1.48 \times 10^4 \text{ kg/m}^3$ ，压力约 $2.3 \times 10^{16} \text{ Pa}$ 。构成太阳的主要元素为周期表中较轻的元素，其中氢占 71%、氦占 27%；此外还有少量的碳、氧和铁等较重元素。在太阳平均半径为 20% 的中心区域内进行着由氢聚合成稳定的氦原子核的热核反应，同时不断释放出巨大的能量。太阳热量即以辐射和对流的方式由核心向表面传递，温度也从中心到表面逐渐降低。太阳中心温度可达到 $1.5 \times 10^7 \text{ K}$ ，表面温度为 5780K。

人们肉眼所看到的太阳表面是一光球层，由强烈电离的气体组成，太阳能量的绝大部分都是由此向太空发射的。由核聚变可知，氢聚合成氦并释放出巨大能量的同时伴随着氢质量的消耗。氢对于太阳来说是一种不可更新的燃料能源，根据目前太阳产生核能的速率计算，其氢的储量足够维持 50 亿年，因此太阳能可以说是取之不尽、用之不竭的。

虽然从太阳辐射到地球大气层的能量仅为其总辐射能量（约 $3.75 \times 10^{26} \text{ W}$ ）的二十二亿分之一，但已高达 $1.73 \times 10^{17} \text{ W}$ 。这个能量意味着太阳每秒钟照射到地球上的能量相当于 500 万吨标准煤。除了核能和地热能以外，地球上的其他所有能源包括风能、水能、潮汐能以及通过光合作用和食物链转化的生物能都来源于太阳。地球上的煤炭、石油和天然气这些化石燃料从根本上说也是远古时代储存下来的太阳能。

第二节 能源的分类

一、能源分类总述

能源种类繁多，包括太阳能、风能、地热能、水能、煤炭、石油、电力、核能、柴薪、沼气、天然气、人工合成煤气等。经过人类不断的开发与研究，更多新型能源已经开始能够满足人类需求。根据不同的划分方式，能源也可分为不同的类型。

(1) 按来源分 能源按其来源可分为三类：来自地球外部天体的能源、地球本身蕴藏的能量、地球和其他天体相互作用而产生的能量。

① 来自地球外部天体的能源（主要是太阳能）。除直接辐射外，为风能、水能、生物能和矿物能源等的产生提供基础。人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳。正是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。煤炭、石油、天然气等化石燃料也是由古代埋在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的。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来的。

② 地球本身蕴藏的能量。通常指与地球内部的热能有关的能源和与原子核反应有关的能源。如原子核能、地热能等。温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现。地球可分为地

壳、地幔和地核三层，它是一个大热库。地壳就是地球表面的一层，一般厚度为几千米至70km不等。地壳下面是地幔，它大部分是熔融状的岩浆，厚度为2900km。火山爆发一般是这部分岩浆喷出。地球内部为地核，地核中心温度为2000℃。可见，地球上的地热资源储量也很大。

③ 地球和其他天体相互作用而产生的能量，如潮汐能。

(2) 按开发利用的程度分 能源按其开发利用的程度不同，通常把已被人类广泛利用的能源，如煤炭、石油、天然气、水能、核电等称为常规能源；把借助新技术可以开发利用的能源，如太阳能、风能、地热能、水能、核能、沼气、人工合成煤气等称为非常规能源，也称为新能源。

(3) 按形态分类 按能源的形态特征或转换与应用的层次也可以对能源进行分类。如世界能源委员会推荐的能源类型分为：固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物能、风能、核能、海洋能和地热能等。其中，前三种类型统称化石燃料或化石能源。

(4) 按是否可再利用分类 根据能源是否可再利用分为可再生能源和不可再生能源。可再生能源包括太阳能、生物质能、水能、氢能、风能、海洋能等，其特点是不会由于它本身的转化或人类的利用而日益减少。不可再生能源包括煤炭、石油、天然气等化石能源。它们在地球上的储量有限并且随着人类的利用而越来越少，亦称为枯竭性能源。

(5) 按生产方式分类 根据产生的方式可分为一次能源和二次能源。一次能源是从自然界开采取得而直接加以利用的能源，如煤炭、石油、天然气、风能、水能、天然铀矿等。二次能源是由一次能源经过加工、转换而来的能源，如电力、蒸汽、焦炭、煤气等，它们便于运输和使用，是相对品质高、污染少的能源。

(6) 按污染程度分类 根据能源消耗后对环境的污染程度可分为污染型能源和清洁型能源。清洁型能源是利用现代技术开发的对环境无污染或污染小的新能源，如太阳能、氢能、风能、潮汐能等。污染型能源是指对环境污染较大的煤炭、石油等。

(7) 按本身的性质分类 能源按其本身的性质不同可分为含能体能源和过程性能源。含能体能源是指其本身就是可提供能量的物质，也称为载体能源，具有可以储存、便于运输等特点，如化石燃料、核燃料、氢等。过程性能源是指能够提供能量的物质运动所产生的能源，它不能直接储存，存在于某种过程之中，如电能、太阳能、风能、潮汐能等。

(8) 按是否作为商品流通分类 能源按其是否作为商品流通还可以分为商品能源和非商品能源。凡进入能源市场作为商品销售的如煤、石油、天然气和电等均为商品能源。国际上的统计数字均限于商品能源。非商品能源主要指薪柴和农作物残余（秸秆等）。

下面具体介绍各类能源。

二、化石燃料

化石燃料包括煤炭、石油和天然气。目前，世界能源消费总量中，化石燃料占据主导地位，它约占全球一次能源消费的85%。

本质上，化石燃料都是由生物体内的碳水化合物经过漫长的地质年代变迁，在缺氧条件下经过腐化作用形成。这些碳水化合物是由远古时代的植物通过光合作用将太阳能直接转换成化学能而形成的。从植物开始储存太阳能到在特殊条件下缓慢地将其转变成煤炭、石油和天然气，大自然需要花费好几百万年甚至几亿年的时间。因此可以说，人们在几个世纪的时期内，就可以将自然界在数亿年期间制造的产品消耗掉。换句话说，在几个世纪的时期内，

人类将把需要自然界的生命体花费数亿年的时间所累积储存的太阳能全部转化成 CO_2 抛向大气层。

1. 煤炭

煤炭是世界上储量最多、分布最广的化石燃料。煤不只是燃料，它还是多种工业的原料。用煤作原料制成产品，其经济效益可大幅度提高。以用煤炼焦为例，除主要产品冶金焦炭外，还可获取煤焦油和焦炉煤气。煤焦油可以用来生产化肥、农药、合成纤维、合成橡胶、塑料、涂料、染料、药品、炸药等产品；焦炭除主要用于冶金外，还可用来制造氮肥；焦炉煤气可用于平炉炼钢和焦炉本身的燃料、城市煤气、发电、制取双氧水 (H_2O_2)，也可作为化肥、合成纤维的原料等。煤的气化、液化在煤的综合利用中更是重要内容。

煤炭主要是由远古时代的高等植物在漫长的地质年代不断繁殖、生长、死亡，其遗体被水淹没而堆积，并随着缓慢下沉的地壳运动而被埋入地球深处并与空气隔绝，经过长时间的、复杂的生物化学和地球物理化学的作用而形成。

煤作为一种重要的能源，使用最早也是最广泛的一种转换技术即煤的燃烧，燃烧过程中将化学能转化为热能为人类的生存和发展提供能量。但煤在燃烧过程中会产生大量的产生温室效应的 CO_2 和能够形成酸雨的 SO_2 、 SO_3 及氮的氧化物等有害气体。同时，煤在燃烧过程中还产生大量烟尘，排放到空气中，严重威胁着人类的身体健康。为此，多种洁净煤技术应运而生，成为当今世界解决煤炭利用和环境问题的主导技术。目前，洁净煤技术包括煤炭使用各环节的净化和防治污染技术，贯穿于煤炭的开采、加工和利用的全过程中。

2. 石油

石油是推动现代工业和经济发展的主要动力，在世界能源中占有非常重要的地位。石油是优质动力燃料的原料，汽车、内燃机、轮船、飞机等交通运输工具均以石油的加工产品为燃料。此外，石油还是主要的化工原料，以石油为原料的石化产品多达 7 万多种。

石油的形成过程复杂并且形成率低。石油主要形成于沉积于海底或湖沼底部的浮游生物。低等的动植物死后聚积于海洋或湖沼的黏土底质之中，这些浮游生物构成的有机物和其他海底淤积物一起随着地壳的变迁埋藏在很深的地层之中，并经历生物和化学转化，由于水中缺乏溶解氧，有机物在厌氧微生物的作用下形成含碳的大分子物质——油母岩。微生物活动停止后，油母岩便进一步在地温和压力作用下加热裂解，油母岩中的氮和氧元素会被分解除掉，形成以碳和氢为基本化学元素的原油。有机物转变为石油的过程中，只有碰到适合储存油气的地方才能形成储油层。

从油田中开采出来的石油（又称原油）通常是淡色或黑色的流动或半流动状的黏稠液体，石油的密度为 $0.8\sim 1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。通常，石油中沥青质和胶质含量越高，颜色越深。石油的组成极其复杂，难以进行确切的分类。通常在市场上按石油的密度、含硫量或含蜡量的高低进行石油的分类。世界各地所产的石油不尽相同，石油的成分和质量因矿脉的不同而异，但它所含有的基本化学元素都是碳和氢。或者说，各种石油主要是由烷烃、环烷烃、芳香烃和烯烃化合物组成，是这些碳氢化合物的混合物。

石油是液体燃料，其热值比煤炭高，而且运输和储存起来更为容易，因此是一种更适宜的能源。目前，交通运输业仍然是石油的第一大用户。

3. 天然气

天然气是继煤炭和石油之后的全球主要能源之一。天然气在地球上分布广泛，成本低廉，优质而清洁。

天然气与石油在同一地质时期形成，它的生成过程同石油类似，天然气的生成范围比石

油的生成范围要宽得多，且比石油更加容易移动。天然气是蕴藏在地层中的烃和非烃气体的混合物，主要由甲烷、乙烷、丙烷和丁烷等烃类组成，其中甲烷含量最大，可达到 70%~95%。人们已发现和利用的天然气有很多种，通常所说的天然气可以分为天然气田气、油田伴生气和煤田伴生气三种类型。其中 60% 以上的天然气为非伴生气，即天然气田气。

天然气的分子结构上氢碳比值高，其热值和热效率都高于煤炭和石油，无需加工即可直接作为燃料，燃烧时也比煤炭和石油清洁，CO₂ 和烟尘等污染物排放量显著减少。同时，开采和运输天然气的成本比煤炭低 70%，因此，天然气是一种开采和使用都很方便的能源。

三、核能

核能来源于原子核内部变化，更为具体地说核能的释放通常有两种方式，即核裂变能和核聚变能。铀、钚等重核原子的原子核通过链式反应，分裂成两个或多个较轻原子核，释放的巨大能量称为核裂变能。而像氘、氚这样两个较轻原子核聚合成一个较重的氦原子核，释放出巨大能量称为核聚变能。

核能也属于不可再生能源。

四、可再生能源

可再生能源泛指多种取之不竭的能源。严格来说，是人类历史时期内都不会耗尽的能源，包括太阳能、生物质能、水能、风能、地热能、海洋能等非化石能源。

1. 太阳能

太阳能是各种可再生能源中最重要的基本能源，也是人类可利用的最丰富的能源。太阳每年投射到地面上的辐射能高达 $1.05 \times 10^{18} \text{ kW} \cdot \text{h}$ ($3.78 \times 10^{24} \text{ J}$)，相当于 $1.3 \times 10^{14} \text{ t}$ 标准煤。按目前太阳的质量消耗速率计，可维持 6×10^{10} 年。所以可以说它是“取之不尽，用之不竭”的能源。但如何合理利用太阳能，降低开发和转化的成本，是新能源开发中面临的重要问题。

2. 生物质能

是指植物叶绿素通过光合作用将太阳能转化为化学能储存在生物质内部的能量。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，通过压块细密成型技术将生物质压缩成高密度固体燃料等。生物质能为可再生能源，如能产出与消耗平衡则不会增加二氧化碳。但如消耗过量而毁林与耗竭可返还土壤的有机物，就会破坏产耗平衡。

3. 水能

水能的源泉是太阳能。在人类生活的地球上，其中 71% 的面积是蓝色的海洋。

由于地表的高差不同，不同高差上的水体具有势能，在水体流动中，这种势能转变为动能。这种由于水流及其落差所形成的能量，称之为水能。

与火力发电明显不同之处是，水能将通过水轮机带动发电机被直接转换成电能，而不需要热能转换过程的中间环节。因此，建设一座水电站是同时完成了一次能源和二次能源建设。

在可再生能源之中，水能是世界上利用最多的商业性能源。由于水能资源的可再生性和其环境效应优于煤炭、石油、天然气等化石能源，世界各国都把水能资源的开发利用放在重要的战略地位上。

我国水力资源十分丰富，可能被开发的潜在水资源数量居世界首位，占世界总量的

14%。新中国成立后，多次对水力、水电资源进行了大规模普查，相继开发建设了三峡、二滩、葛洲坝、小浪底等多处大中型水电站。水电在我国经济建设和人民生活中发挥了巨大的作用。1989年，我国在现有水电的基础上，规划了十二大水电资源基地。

4. 风能

风能是利用风力机将风能转化为电能、热能、机械能等各种形式的能量，用于发电、提水、助航、制冷和制热等。风力发电是主要的风能开发利用方式。中国的风能总储量估计为 $1.6 \times 10^9 \text{ kW}$ ，居世界第三位，有广阔的开发前景。

5. 地热

地热是指来自地下的热能资源。我们生活的地球是一个巨大的地热库，仅地下 10km 厚的一层，储热量就达 $1.05 \times 10^{26} \text{ J}$ ，相当于 $9.95 \times 10^{15} \text{ t}$ 标准煤所释放的热量。地热能在全世界很多地区应用相当广泛。老的技术现在依然富有生命力，新技术也已成熟，并且在不断地完善。在能源的开发和技术转让方面，未来的发展潜力相当大。地热能是天生就储存在地下的，不受天气状况的影响，既可作为基本负荷能使用，也可根据需要提供使用。

6. 海洋能

海洋能通常指蕴藏于海洋中的可再生能源，主要包括潮汐能、波浪能、海流能、海水温差能、海水盐差能等。海洋能蕴藏丰富，分布广，清洁无污染，但能量密度低，地域性强，因而开发困难并有一定的局限。开发利用的方式主要是发电，其中潮汐发电和小型波浪发电技术已经实用化。波浪能发电利用的是海面波浪上下运动的动能。1910年，法国的普莱西克发明了利用海水波浪的垂直运动压缩空气，推动风力发动机组发电的装置，把 1kW 的电力送到岸上，开创了人类把海洋能转变为电能的先河。目前已开发出 60~450kW 的多种类型波浪发动装置。

可再生能源比重的提升传递着“绿色经济”正在兴起的信息，2012年《京都议定书》到期后新的温室气体减排机制将进一步促进绿色经济的全面发展。

根据中国中长期能源规划，2020年之前，中国基本上可以依赖常规能源满足国民经济发展和人民生活水平提高的能源需要，到2020年，可再生能源的战略地位将日益突出，届时需要可再生能源提供数亿吨乃至十多亿吨标准煤的能源。因此，中国发展可再生能源的战略目的将是：最大限度地提高能源供给能力，改善能源结构，实现能源多样化，切实保障能源供应的安全。

第三节 能源消费与社会发展

能源是工业的“粮食”，是国民经济发展的基础。纵观当今世界，经济最发达、工业化程度较高的国家无一不是消耗能源较多的国家。美国、英国、德国、法国、日本、意大利、俄罗斯的总人口只占世界人口的 1/5，而他们的能源消耗却占世界能源消耗的 2/3。特别是美国，它是世界上最大的能源消费国。美国的人口仅占世界人口的 5%，而他们对能源和其他物质的消费量却占了世界的 1/4。最新统计显示，美国的石油消费已达全世界石油产量的 35%。全球人均年耗标煤 2t 多，而发达国家已达到 6t，其中美国高达 12t，我国只有 0.8t。

回顾人类的历史，可以明显地看出能源总是人类社会发展的一个主要因素。人类的能源消费从第一次工业革命开始，特别是在 20 世纪得到了迅速发展。然而同现代社会相比，人类的祖先在过去几千年的漫长岁月中能源的消费发展却是相当缓慢的，能源的消费水平也是相当低下的。