

教育部高等学校

化工类专业教学指导委员会推荐教材

能源化学 工程概论

李文翠 胡浩权 鲁金明 编



化学工业出版社

ABET
MOE-CHINA

教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材

能源化学工程概论

李文翠 胡浩权 鲁金明 编



化学工业出版社

· 北京 ·

能源问题是当今社会发展遇到的重要问题,以物质为载体的能量转化与转移过程,多以化学化工知识为基础。《能源化学工程概论》从化学与化工学科的视角对能源转化为动力燃料和电能的开发与利用做了较全面的介绍,介绍了化学与化工在现代能源中的交叉渗透情况。全书共9章,包括:绪论、新型煤化工、石油化工、天然气、生物质能、锂离子电池、燃料电池、超级电容器、CO₂的捕集与资源化利用。本书在内容的取舍和深度的把握上做了一定的工作,使之达到深化基础、更新内容和增加信息等多重目的。

《能源化学工程概论》可作为高等院校化工、制药、生化、应化等专业能源化工课程的教材,也是一本普及性的能源化学工业读物,可供能源、化工、材料、环保、电力等部门从事科研、设计和生产的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

能源化学工程概论/李文翠,胡浩权,鲁金明编. —北京:化学工业出版社,2015.8

教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材
ISBN 978-7-122-24227-3

I. ①能… II. ①李…②胡…③鲁… III. ①能源-化学工程-高等学校-教材 IV. ①TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第123886号

责任编辑:杜进祥 徐雅妮
责任校对:吴静

文字编辑:孙凤英
装帧设计:韩飞

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)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张12 字数300千字 2015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:29.00元

版权所有 违者必究

教育部高等学校化工类专业教学指导委员会 推荐教材编审委员会

主任委员 王静康 冯亚青

副主任委员 张凤宝 高占先 张泽廷 于建国 曲景平 陈建峰

李伯耿 山红红 梁 斌 高维平 郝长江

委 员 (按姓氏笔画排序)

马晓迅 王存文 王光辉 王延吉 王承学 王海彦

王源升 韦一良 乐清华 刘有智 汤吉彦 李小年

李文秀 李文翠 李清彪 李瑞丰 杨亚江 杨运泉

杨祖荣 杨朝合 吴元欣 余立新 沈一丁 宋永吉

张玉苍 张正国 张志炳 张青山 陈 砺 陈大胜

陈卫航 陈丰秋 陈明清 陈波水 武文良 武玉民

赵志平 赵劲松 胡永琪 胡迁林 胡仰栋 钟 宏

钟 秦 姜兆华 费德君 姚克俭 夏淑倩 徐春明

高金森 崔 鹏 梁 红 梁志武 程 原 傅忠君

童张法 谢在库 管国锋

>>> 序

化学工业是国民经济的基础和支柱性产业，主要包括无机化工、有机化工、精细化工、生物化工、能源化工、化工新材料等，遍及国民经济建设与发展的重点领域。化学工业在各国国民经济中占据重要位置，自 2010 年起，中国化学工业经济总量居全球第一。

高等教育是推动社会发展的重要力量。当前，中国正处在加快转变经济发展方式、推动产业转型升级的关键时期。化学工业要以加快转变发展方式为主线，加快产业转型升级，增强科技创新能力，进一步加大节能减排、联合重组、技术改造、安全生产、两化融合力度，提高资源能源综合利用效率，大力发展循环经济，实现化学工业集约发展、清洁发展、低碳发展、安全发展和可持续发展。化学工业转型迫切需要大批高素质创新人才，培养适应经济社会发展需要的高层次人才正是大学最重要的历史使命和战略任务。

教育部高等学校化工类专业教学指导委员会（简称“化工教指委”）是教育部聘请并领导的专家组织，其主要职责是以人才培养为本，开展高等学校本科化工类专业教学的研究、咨询、指导、评估、服务等工作。高等学校本科化工类专业包括化学工程与工艺、资源循环科学与工程、能源化学工程、化学工程与工业生物工程等，培养化工、能源、信息、材料、环保、生物工程、轻工、制药、食品、冶金和军工等领域从事工程设计、技术开发、生产技术管理和科学研究等方面工作的工程技术人员，对国民经济的发展具有重要的支撑作用。

为了适应新形势下教育观念和教育模式的变革，2008 年，“化工教指委”与化学工业出版社组织编写和出版了 10 种适合应用型本科教育、突出工程特色的“教育部高等学校化学工程与工艺专业教学指导分委员会推荐教材”（简称“教指委推荐教材”），部分品种为国家级精品课程、省级精品课程的配套教材。本套“教指委推荐教材”出版后被 100 多所高校选用，并获得中国石油和化学工业优秀教材等奖项，其中《化工工艺学》还被评选为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

党的十八大报告明确提出，要着力提高教育质量，培养学生社会责任感、创新精神和实践能力。高等教育的改革要以更加适应经济社会发展需要为着力点，以培养多规格、多样化的应用型、复合型人才为重点，积极稳步推进卓越工程师教育培养计划实施。为提高化工类专业本科生的创新能力和工程实践能力，满足化工学科知识与技术不断更新以及人才培养多样化的需求，2014 年 6 月，“化工教指委”和化学工业出版社共同在太原召开了“教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材编审会”，在组织修订第一批 10 种推荐教材的同时，增补专业必修课、专业选修课与实验实践课配套教材品种，以期为中国化工类专业人才的培养提供更丰富的教学支持。

本套“教指委推荐教材”反映了化工类学科的新理论、新技术、新应用，强化安全环保意识；以“实例—原理—模型—应用”的方式进行教材内容的组织，便于学生学以致用；加强教育界与产业界的联系，联合行业专家参与教材内容的设计，增加培养学生实践能力的内容；讲述方式更多地采用实景式、案例式、讨论式，激发学生的学习兴趣，培养学生的创新能力；强调现代信息技术在化工中的应用，增加计算机辅助化工计算、模拟、设计与优化等内容；提供配套的数字化教学资源，如电子课件、课程知识要点、习题解答等，方便师生使用。

希望“教育部高等学校化工类专业教学指导委员会推荐教材”的出版能够为培养理论基础扎实、工程意识完备、综合素质高、创新能力强的化工类人才提供系统的、优质的、新颖的教学内容。

教育部高等学校化工类专业教学指导委员会

2015年1月

>>> 前 言

人类利用能源经历了从木柴向煤炭、煤炭向油气、油气向新能源的三次重大转换。近年来，曾支撑 20 世纪人类文明高速发展的以石油、煤炭和天然气为主的化石能源出现了前所未有的危机，除其储藏量不断减少外，化石能源在使用后产生的二氧化碳作为温室效应气体排放到大气中后，导致了全球变暖，引发了人们对未来社会发展动力来源的广泛关注和思考。随着世界经济对能源需求的持续增长、国际油价的高位运行和低碳社会的逐渐到来，化石能源的清洁利用和新型清洁能源的大力开发逐渐成为能源领域的重要热点和方向。能源的开发和利用需要化工科学和技术的支撑，化工过程在能源开发和转化中起到了不可或缺的作用，随着越来越多的化工过程应用于能源的开发和利用，能源化工的概念就此产生。国家亟需一批能源化工人才，集中力量研究能源安全、能源发展、能源清洁利用和清洁能源开发与利用等能源问题。

2010 年，经教育部批准，首次在包括大连理工大学在内的 10 所高校设立“能源化学工程”专业，并被确定为国家战略性新兴产业相关的高等学校特色专业。目前国内已有近 30 所院校开设了“能源化学工程”专业。该专业是建立在化学、化工、环境和能源基础上的多学科交叉专业，为战略性新兴产业培养专门人才，主要涉及煤、石油、天然气、生物质、氢能等规模化加工、生产过程中的工艺与工程技术问题。

本书编写的主要目的是为“能源化学工程”专业的本科生和相关专业读者介绍三方面的内容：一是基于传统化石能源制备动力燃料的新工艺和新方法，即能源的清洁利用；二是获取清洁能源，主要是电能的新型工艺和新技术，即清洁能源开发；三是能源使用过程中产生的二氧化碳的捕集及资源化利用。本书的写作团队来自大连理工大学化工学院，全书共分 9 章，李文翠教授确定了本书的大纲，并负责编写了第 1、5、6、7、8 章，胡浩权教授负责编写了第 2 章，鲁金明副教授负责组织编写了第 3、4 章，陆安慧教授编写了第 9 章，张向倩、张玲、李瞳在资料的收集、书稿的校对、图表的编排方面做了大量的工作。本书在编写过程中，广泛参阅了国内外出版的相关图书和论文，在此向这些资料的作者表示衷心的感谢。

本书旨在提供一本本科生学习能源化工的教材，并兼顾化工、化学等技术人员的学习参考。由于编者水平有限，时间仓促，书中论述不当和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正，并提出宝贵的意见，让我们共同努力，促进中国能源化工技术及产业的发展。

编者

2015 年 3 月于大连

目 录

第1章 绪论

1

1.1 能源及能源利用	1
1.1.1 能源的概念及分类	1
1.1.2 能源利用的发展历程	3
1.2 能源的重要性与能源危机	4
1.3 能源转化中的化工过程	5
1.4 能源化工过程的污染与防治	7
参考文献	8

第2章 新型煤化工

9

2.1 煤化工概述	9
2.1.1 煤的储量、生产及消费	10
2.1.2 煤的基本特征	12
2.1.3 煤化工发展简史	18
2.2 煤炭液化	20
2.2.1 煤炭直接液化	20
2.2.2 煤炭间接液化	26
2.2.3 煤炭直接液化和间接液化的对比	30
2.3 煤基醇醚燃料	31
2.3.1 煤制甲醇	32
2.3.2 煤制二甲醚	33
2.4 小结	34
参考文献	34

第3章 石油化工

37

3.1 概述	37
3.1.1 石油的基本知识	37
3.1.2 原油的外观性质	37
3.1.3 原油的组成	38

3.1.4	石油的生成理论	40
3.1.5	石油的储量、生产及消费	41
3.1.6	石油的开采及提高采油率的方法	41
3.2	石油炼制	43
3.2.1	原油的一次加工	43
3.2.2	原油的二次加工	45
3.2.3	原油的三次加工	55
3.3	石油产品	59
3.3.1	汽油	59
3.3.2	柴油	60
3.4	小结	61
	参考文献	61

第4章 天然气

63

4.1	天然气基础知识	63
4.1.1	天然气的成因	63
4.1.2	天然气的开发利用进程	64
4.1.3	天然气的组成	64
4.1.4	天然气的分类	65
4.1.5	世界天然气的储量与分布	66
4.2	天然气的利用	67
4.2.1	天然气的分离和净化	68
4.2.2	天然气的化工利用	76
4.3	非常规天然气	79
4.3.1	天然气水合物	80
4.3.2	煤层气	82
4.3.3	页岩气	83
4.4	小结	85
	参考文献	85

第5章 生物质能

87

5.1	生物质能基础知识	87
5.1.1	生物质	87
5.1.2	生物质能	88
5.1.3	生物质能的加工利用	88
5.2	生物质制取燃料乙醇	89
5.2.1	燃料乙醇的应用和发展	89

5.2.2	生产燃料乙醇的主要方法	91
5.2.3	发酵法制取燃料乙醇	91
5.2.4	燃料乙醇的应用展望	93
5.3	生物质制取汽柴油	94
5.4	生物质制取生物柴油	94
5.4.1	生物柴油的性质	94
5.4.2	生物柴油的原料	95
5.4.3	生物柴油的制备方法	96
5.4.4	国内外生物柴油的研究进展	98
5.5	生物质制取生物油	99
5.5.1	生物质热裂解	99
5.5.2	生物油的物化性质	99
5.6	生物油改质技术及应用	100
5.7	生物质气化技术	100
5.7.1	生物质气化过程	100
5.7.2	生物质气化制取燃气	101
5.7.3	生物质气化合成液体燃料	101
5.7.4	气化技术的特点及存在的问题	102
5.8	生物质制沼气	103
5.8.1	沼气及其理化性质	103
5.8.2	沼气发酵原料	103
5.8.3	沼气发酵的微生物学原理	103
5.8.4	大中型沼气工程的基本工艺流程	104
5.8.5	沼气的高质化利用	104
5.9	小结	105
	参考文献	105

第6章 锂离子电池

107

6.1	锂离子电池发展简史	107
6.2	锂离子电池工作原理及结构	108
6.2.1	锂离子电池的工作原理	108
6.2.2	锂离子电池的结构	108
6.3	锂离子电池正极材料	109
6.3.1	Li-Co-O 体系	109
6.3.2	Li-Ni-O 体系	110
6.3.3	Li-Mn-O 体系	110
6.3.4	LiFePO ₄	111
6.3.5	其他正极材料	111
6.4	锂离子电池负极材料	112

6.4.1	碳基负极材料	112
6.4.2	硅基材料	114
6.4.3	锡基材料	115
6.4.4	其他负极材料	116
6.5	其他新型锂离子电池	116
6.5.1	锂-硫电池	116
6.5.2	锂-空气电池	117
6.6	锂离子电池的应用	118
6.6.1	电子产品方面的应用	118
6.6.2	交通工具方面的应用	118
6.6.3	在国防军事方面的应用	119
6.6.4	其他应用	119
6.7	小结	119
	参考文献	120

第7章 燃料电池

121

7.1	燃料电池概述	121
7.2	燃料电池的分类	123
7.2.1	碱性燃料电池	123
7.2.2	磷酸盐燃料电池	124
7.2.3	熔融碳酸盐燃料电池	124
7.2.4	固体氧化物燃料电池	124
7.2.5	质子交换膜燃料电池	125
7.2.6	直接甲醇燃料电池	126
7.3	燃料电池的氢源	127
7.3.1	氢的制取	127
7.3.2	氢的存储	129
7.4	燃料电池的应用	131
7.5	小结	132
	参考文献	133

第8章 超级电容器

134

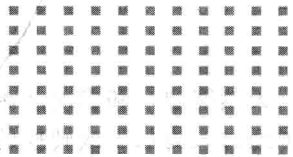
8.1	超级电容器及其发展历史	134
8.2	超级电容器的分类	135
8.2.1	双电层电容器	136
8.2.2	赝电容电容器	136
8.2.3	混合型超级电容器	137

8.3 超级电容器的组成及特点	138
8.3.1 超级电容器的组成	138
8.3.2 超级电容器的性能指标	141
8.3.3 超级电容器的特点	142
8.4 超级电容器的电极材料	143
8.4.1 碳基电极材料	143
8.4.2 金属氧化物材料	147
8.4.3 导电聚合物	150
8.4.4 杂化电极材料	151
8.5 超级电容器的应用	153
8.6 小结	155
参考文献	156

第9章 CO₂的捕集与资源化利用

157

9.1 能源化工行业 CO ₂ 的排放与控制	157
9.2 CO ₂ 分离技术	159
9.2.1 物理吸收法	159
9.2.2 化学吸收法	161
9.2.3 吸附法	163
9.2.4 膜法	171
9.2.5 低温蒸馏法	174
9.3 CO ₂ 的资源化利用	174
9.4 小结	178
参考文献	178



第 1 章 绪 论

能源是人类赖以生存和发展的物质基础，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，能源的开发和利用始终贯穿于社会文明发展的全过程。能源的发展，能源与环境，是全人类共同关心的问题。

能源是整个世界发展和经济增长最基本的驱动力，能源技术的每次进步都带动了人类社会的发展，尤其是以蒸汽机发明为代表的工业革命以来，能源技术推动了社会和经济的高速发展。但是，人类在享受能源带来的经济发展、科技进步等的同时，也越来越认识到大规模使用化石燃料带来的严重后果，例如资源日益枯竭，环境不断恶化。所以，由不可再生能源逐渐向新能源和可再生能源过渡，是当代能源利用的一个重要特点。

能源的开发和利用需要化工科学和技术的支撑，化石燃料及其衍生的化工产品不仅是能源，还是化学工业的重要原料，能源转化利用与化工过程密不可分。能源化工是多学科交叉、多种新技术综合应用所形成的学科体系。围绕能源开发和利用过程的化学和化工问题，从化学和化工学科的角度对能源的开发与利用展开研究和剖析，探讨化学和化工在能源领域的交叉渗透情况，对能源化工的发展具有重要的作用。新能源的开发也将促进世界能源结构的转变，新能源化工技术的日臻成熟将带来能源和化工产业领域的革命性变化。

1.1 能源及能源利用

1.1.1 能源的概念及分类

关于能源，常常有不同的表述，目前对于能源的定义有 20 多种。例如，《科学技术百科全书》中将能源解释为：“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》对能源的注释是：“能源是一个包括所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类采用适当的转换手段，给自己提供所需的能量”；《现代汉语词典》中认为：“能源是能产生能量的物质，如燃料、水力、风力等”；而《能源百科全书》中说：“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”。

总之，不论何种表述，其内涵基本相同，即能源是能量的来源，是可产生各种能量（如电能、光能、机械能、热量等）的物质的统称，是能够直接取得或者通过加工、转换而取得的有用的各种资源。由于能源的形式多样、种类繁多，而且随着科学技术水平的提高，还不

断地有新型能源被开发出来，所以，对于能源的分类方式也多种多样，或按能源的产生和再生分类，或从成熟程度和环保角度分类，但不同的分类方法都从不同的侧面反映出各种能源的不同特征。

(1) 按能源的产生方式分类

根据能源产生的方式可将能源分为一次能源（天然能源）和二次能源（人工能源）。

一次能源，即自然界中以天然形式存在的、未经过人为加工或转换的、可供直接利用的能量资源，主要包括煤炭、石油、天然气、水力资源，以及风能、太阳能、生物质能、地热能 and 核能等能源，它们是全球能源的基础。

二次能源，即由一次能源直接或间接转换而来的、其他种类和形式的能量资源，如电、蒸汽、焦炭、汽油、柴油、煤气、洁净煤、沼气和氢能等，它们使用方便，易于利用，是高品质的能源。

(2) 按能源能否再生分类

根据能源的循环方式及能否再生，一次能源又可进一步分为可再生能源和非再生能源。

可再生能源，即可以不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源，如水能、太阳能、风能、地热能、潮汐能、生物质能等都是可再生能源。反之，随着人类的利用会越来越少的能源称为非再生能源，如煤、石油、天然气、油页岩、核能等。

(3) 按现阶段的成熟程度分类

根据能源被开发利用的程度及现阶段生产技术的成熟程度，可将能源分为常规能源和新型能源。

常规能源是指在现有的科学技术水平下，已经能够大规模生产和长期广泛利用的、技术比较成熟的能源，主要包括一次能源中的可再生的水力资源及不可再生的煤炭、石油、天然气等，以及焦炭、汽油、煤气、蒸汽、电力等二次能源。

新型能源是相对于常规能源而言的，指那些采用新技术和新材料获得的，目前正在研究和开发、尚未大规模应用的能源，包括太阳能、风能、生物能、地热能、氢能以及核能等能源。

(4) 按消耗后对环境的污染情况分类

从环境污染的角度，又可将能源分为污染型能源和清洁型能源。污染型能源，即对环境污染较大的能源，包括煤炭、石油等。清洁型能源，即对环境无污染或污染很小的能源，包括太阳能、水能、海洋能、风能以及核能等。

污染型能源和清洁型能源是相对的。如果在利用过程中能有效地加以控制，污染型能源同样可以做到清洁利用；而清洁型能源若利用不当，也会造成重大的污染。

(5) 按地球上的能量来源分类

根据地球上能源的成因，可将能源分为以下三类。

① 地球本身蕴藏的能源，如核能、地热能等。

② 来自地球外天体的能源，如宇宙射线及太阳能，以及由太阳能引发的水能、风能、波浪能、海洋温差能、生物质能、光合作用、化石燃料（如煤、石油、天然气等，它们是一亿年前由积存下来的生物质能转化而来的）等。

③ 地球与其他天体相互作用的能源，如潮汐能。

(6) 按是否作为燃料分类

从是否可以作为燃料的角度，又可将能源分为燃料能源和非燃料能源两类。

燃料能源，可以作为燃料使用，如各种矿物燃料，生物质燃料以及二次能源中的汽油、

柴油、煤气等。非燃料能源，不可以作为燃料使用的能源，其含义仅指其不能燃烧，而非不能起燃料的某些作用，如加热等。

能源的分类方式多种多样，没有固定统一的标准。世界能源委员会推荐将能源类型分为：固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。表 1.1 将各类能源按不同的分类方式进行了归纳。

表 1.1 能源的分类

按成熟程度分	按产生方式分		
	一次能源		二次能源
	非再生能源	可再生能源	
常规能源	煤炭、石油、天然气、油页岩、油砂	生物质能、水能	电能、蒸汽、焦炭、汽油、煤油、柴油
新能源	核能	太阳能、风能、地热能、潮汐能	沼气、氢能、激光

1.1.2 能源利用的发展历程

回顾人类社会发展的历史，可以清楚地看到能源与社会发展间的密切关系。人类社会已经历了三个能源时期——薪柴时期、煤炭时期和石油时期，能源消费结构经历了两次大转变，并正在经历着第三次大转变。

追溯历史可以发现，人类有意识地利用能源是从发现和利用火开始的。在 18 世纪前，人类主要以薪柴和秸秆等生物质燃料来生火、取暖和照明，同时，以人力、畜力和部分简单的风力和水力机械作为动力来从事简单的生产活动，这样的生产方式延续了很长一段时间。由于木材在这一时期的世界能源消费结构中长期占据首位，所以这个时期也被称为薪柴时期。这一时期的生产和生活水平都很低，社会发展迟缓。

直到 18 世纪 60 年代，产业革命的兴起推动了人类历史上第一次能源大转变。蒸汽机的发明和使用，大大提高了劳动生产力，工业得到了迅速发展，同时也促进了煤炭勘探、开采和运输业的大发展。19 世纪末，蒸汽机逐渐被电动机取代，油灯、蜡烛被电灯取代，电力逐渐成为工矿企业的主要动力，成为生产动力和生活照明的主要来源，这时的电力工业主要是依靠煤炭作为主要燃料的。1860~1920 年，世界煤炭产量增加了近 8.2 倍，到 1920 年，煤炭占世界能源构成的 87%，至此，煤炭已取代薪柴，成为世界能源消费结构的主体，完成了从薪柴时期到煤炭时期的转变。这一时期，不仅社会生产力有了大幅度的发展，人类的生活水平也得到了极大的发展，从根本上改变了人类社会的面貌。

随着石油、天然气资源的开发和利用，世界又进入了能源利用的新时期——石油时期。特别是从 20 世纪 20 年代开始，石油、天然气资源的消费量逐渐上升。到 20 世纪 50 年代，由于石油勘探和开采技术的改进，中东、美国和北非相继发现了大型油气田，再加上石油炼制技术的发展，致使各种成品油供应充足、价格低廉，促使其消费量大幅提升，最终引发了人类的能源消费结构发生了第二次大转变，即从以煤炭为主逐步转变为以石油、天然气为主。到 1959 年，石油和天然气在世界能源构成中的比重由 1920 年的 11% 上升到 50%，而煤炭的比重则由 87% 下降到 48%，至此，石油和天然气首次超过煤炭，占据第一位。这次转变极大地促进了世界经济的繁荣发展，创造了历史上空前的物质文明，也使人类社会进入了高速发展的快车道。

煤、石油和天然气等化石能源的大规模使用，虽然创造了人类社会发展史上的空前繁荣，但也给全球环境带来了严重的污染。温室效应、化石能源枯竭、生态环境破坏等，已成为威胁人类生存和发展的严重问题。为了解决这一系列的问题，人类不得不大力开发和发展太阳能、地热能、海洋能、风能、生物质能和核能等新能源。随着新能源的开发和利用，从

20 世纪 70 年代开始, 人类能源消费结构进入了一个新的转变期, 即从以石油、天然气为主转向以清洁的、可再生的新能源为主, 这次转变将经历一个漫长的过程, 至少需要上百年的时间。与常规能源相比, 新能源普遍具有污染少、储量丰富、可再生的特点。如果新能源能够取代传统的常规能源, 那么也就意味着人们的生活将发生根本性的变革。

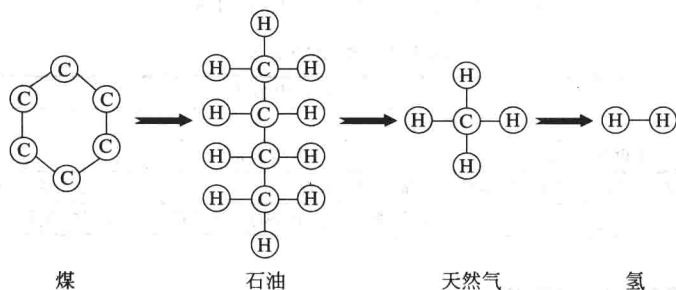


图 1.1 能源利用的发展历程

纵观人类利用能源的历史, 从化学化工的角度讲, 就是一个脱碳的过程 (如图 1.1 所示), 即氢/碳比不断提高, 能源利用逐步走向清洁、高效、可持续的发展状态。

1.2 能源的重要性与能源危机

能源是国民经济发展不可或缺的重要基础, 是现代化生产的主要动力来源, 现代工业生产和现代农业生产都是以能源为直接动力或间接动力的。

在现代工业生产中, 各种锅炉都要用油、煤或天然气作为燃料; 钢铁的冶炼更要用到焦炭和电力; 机械加工、气动液压机械、各种电机、生产过程的控制和管理也都要用到电力; 交通运输需要以油为动力; 国防工业同样需要大量的电力和石油。除此之外, 能源还是珍贵的化工原料, 从石油中可以提炼生产出五千多种有机合成原料, 其中, 作为重要化工原料的三烯 (乙烯、丙烯、丁二烯)、三苯 (苯、甲苯、二甲苯) 经加工就可以得到三大合成材料 (合成塑料、合成纤维和合成橡胶) 及各种工业制品。现代化农业生产更是离不开能源, 农产品产量的大幅度提高, 也是与大量使用能源联系在一起的。例如, 耕种、收割、烘干、冷藏、运输等都需要直接消耗能源; 而使用的化肥、农药、除草剂等都要间接消费能源。

世界经济的历史证明, 国民经济需要以能源为基石, 人民生活也与能源休戚相关。人们的衣、食、住、行处处离不开能源。合成纤维的布料需要间接的以能源为原料; 做饭、取暖都需要消耗煤气、天然气等能源; 汽车、火车、飞机等各种交通工具都要以能源为动力。不仅如此, 文化娱乐、医疗卫生等都与能源有着密切的关系。随着人们生活水平的提高, 对能源的需求也就越来越多。现代社会的生产和生活, 究竟需要多少能源? 按目前世界的生产、生活情况, 大致有以下三种水平: 维持生存所必需的能源消费, 每人每年约需 400kg 标准煤; 现代化生产和生活的能源消费, 每人每年需 1200~1600kg 标准煤; 以及更高级的现代化生活所需的能源消费, 至少需 2000~3000kg 标准煤。

能源是国民经济的命脉, 与人民生活 and 人类的生存环境息息相关, 在社会可持续发展中起着举足轻重的作用。从 20 世纪 70 年代以来, 能源就与人口、粮食、环境、资源一起被列为世界上的五大问题。

世界性的能源问题主要反映在能源短缺及供需矛盾所造成的能源危机。世界能源危机是人为造成的能源短缺, 当前世界能源消费以化石能源为主, 其中, 中国等少数国家是以煤炭为

主,其他大部分国家则是以石油、天然气为主。石油资源的蕴藏量不是无限的,其中易开采和利用的储量已经不多,而剩余储量的开采难度越来越大,当开采难度达到一定限度时,就会失去继续开采的价值。根据专家预测,按目前的消耗量,石油、天然气资源最多只能维持不到半个世纪。煤炭资源的储量虽然比石油多,但也不是取之不尽的。根据预测,已知的煤炭资源也只能维持一二百年。目前,能够代替石油的其他能源,除了煤炭之外,能够大规模利用的还很少。太阳能虽然用之不竭,但目前的技术不成熟、代价太高,并且在一代人的时间里也不可能迅速发展和广泛使用起来,其他新能源也如此。人类必须估计到非再生能源枯竭可能带来的危机,尤其是石油资源枯竭。因此,必须要改善能源结构,提高能源利用效率,开发和推广节能新工艺、新设备和新材料,探求新的制油发电过程,如煤制油、天然气制油等;在可再生能源的开发上进行积极的探索和实践,尽早开发利用新能源;并进一步制定并实施节能经济政策,调整高耗能工业的产品结构,节约商业用能,重视能源开发和利用过程的环境保护。否则,就可能因为向大自然索取过多而造成严重的后果,以致使人类自身的生存受到威胁。

中国是一个能源生产和消费大国,能源生产量仅次于美国和俄罗斯,居世界第三位;基本能源消费占世界总消费量的1/10,仅次于美国,居世界第二位。中国又是一个以煤炭为主要能源的国家,发展经济与环境污染的矛盾比较突出。自1993年起,中国由能源净出口国变成能源净进口国,能源总消费大于供给,能源需求的对外依存度迅速增大。煤炭、电力、石油和天然气等能源在中国都存在缺口,其中,石油需求量的大增以及由其引起的结构性矛盾日益成为中国能源安全所面临的重大难题。

目前,可再生能源在一次能源中的比例总体上偏低,一方面与不同国家的重视程度和政策有关,另一方面与可再生能源技术的经济性有关,尤其是技术含量较高的太阳能、生物质能、风能等。随着科学技术的发展,可再生能源发电的成本将大大降低,从而增加它的竞争力。可再生能源利用的成本与多种因素有关,因而成本预测的结果具有一定的不确定性。但这些预测结果表明了可再生能源利用技术将呈现不断上升的趋势。当今科学研究与开发的重点主要有以下三个方面:提高能源系统总效率,包括采集、转化、终端利用效率;能源结构多样化;可再生能源由辅助走向主流。

中国能源现状是:人均一次能源占有率较低;能源消费随经济发展而迅猛发展;以煤为主的能源结构短期难以改变;生态环境压力明显增大所带来的一系列问题。中国政府高度重视可再生能源的研究与开发。2001年,原国家经贸委便制定了新能源和可再生能源产业发展的十五规划,2005年又制定颁布了《中华人民共和国可再生能源法》,重点发展太阳能光热利用、风力发电、生物质能高效利用和地热能的利用。在国家的大力扶植下,中国在风力发电、潮汐能发电及太阳能利用等领域已经取得了很大的进展。发展新能源和可再生能源也是国家“十二五科学技术发展规划纲要”中的重点部分。

在世界范围内,化石燃料仍将占能源的重要地位。随着时间的推移,由于化石燃料资源的限制,除常规能源外,非常规能源的发展也已经越来越受到重视。非常规能源指核能和新能源,包括太阳能、风能、地热能、潮汐能、波浪能、海洋能和生物能等。在各种新能源利用的开发和大规模应用的过程中,新能源化工生产技术将得到进一步的发展。

1.3 能源转化中的化工过程

化工过程在能源开发和转化中起到了不可或缺的作用,随着越来越多的化工过程应用于能源的开发和利用,能源化工的概念就此产生。能源化工主要指利用石油、天然气和煤炭等一次