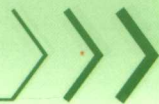




教育部高职高专规划教材



煤炭气化工艺



许祥静 刘 军 主编



化学工业出版社
教材出版中心



教育部推荐教材 全国高等学校教材



煤炭气化工艺

第二版 王 强 主编



化学工业出版社
CHINESE CHEMICAL INDUSTRY PRESS

教育部高职高专规划教材

煤炭气化工艺

许祥静 刘 军 主编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

煤炭气化工工艺/许祥静, 刘军主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 12
教育部高职高专规划教材
ISBN 7-5025-5750-4

I. 煤… II. ①许…②刘… III. 煤炭气化-生产工
艺-高等学校: 技术学院-教材 IV. TQ546

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 127396 号

教育部高职高专规划教材

煤炭气化工工艺

许祥静 刘 军 主编

责任编辑: 于 卉 张双进

文字编辑: 蔡洪伟

责任校对: 王素芹

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

化学工业出版社印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 335 千字

2005 年 3 月第 1 版 2005 年 3 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5750-4/G · 1520

定 价: 25.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

煤的气化过程是煤或煤焦与气化剂（空气、氧气、水蒸气、氢等）在高温下发生化学反应将煤或煤焦中有机物转变为煤气的过程。该过程是在高温、高压下进行的一个复杂的多相物理及物理化学过程。

由于世界各国都充分认识到能源结构必须向多元化结构发展，因此煤的综合利用的一个重要方面——煤炭气化工艺也越来越受到关注。将煤炭进行气化，利用合成气生产清洁、高效的二次能源，如用合成气生产燃料油、制甲醇燃料、二甲醚以及利用合成气作为化工合成原料，不但有效地提高了煤炭利用率，同时提高了煤炭的附加值率，合成气深加工后可增值几十甚至几百倍。这给煤炭气化工艺的发展奠定了基础。因此作为新型煤化工的一项大型而先进的单元技术——煤炭气化技术及气化产品的进一步合成利用，将成为今后煤化工发展的主要方向。

本教材是根据教育部高职高专教材建设的精 神，主要定位于高职高专的学生，用以满足煤化工、化学工程与工艺专业需要，同时也能适用于煤化工及各相关专业技术培训。本教材基于煤炭气化工艺，但也考虑了新型煤化工特点，在内容上着重于对学生知识面的拓宽和实际能力的培养。本书共八章，主要内容为煤炭气化原理、工艺过程、气化过程的典型设备、合成气的净化和碳一化学及其应用技术。同时对气化的主要设备——气化炉的操作管理做了较详细的分析和说明。为了更好地实现“操作型、实用型”应用技术人才的培养目标，本书以实践性为宗旨，强调和细化实用技术的介绍。同时，为体现教材的先进性，介绍了一些即将投入生产实践的高新技术，为学生今后的发展留下了空间。

本教材由贵州科技工程职业学院许祥静、太原科技大学刘军主编。第一、第二、第八章由许祥静编写，第三、第四、第五章由刘军编写，第六章由贵州科技工程职业学院冉隆文编写，第七章由山西综合职业学院李聪敏编写。全书由贵州科技工程职业学院许祥静统稿，河北理工大学梁英华主审。

在本书编写过程中，参考了大量的相关专著和资料，谨在此向其作者表示感谢，同时还要感谢为本书提供大量技术资料的企业和老师以及在出版过程中给予热情支持和大力帮助的单位 and 同志。

限于篇幅和学时数，对于这门传统的工业生产过程，在内容的深度和广度上必然存在一定的局限性。我们的目标是在本书课程内容上，尽可能突出煤炭气化技术发展中的先进性和实用性。但鉴于编者水平有限，本书不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2004 年 9 月

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

教育部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 唐福生 薛利平 梁英华 张星明

委 员 (按姓氏汉语拼音排序)

白保平	陈启文	池永庆	崔晓立	谷丽琴
郭晓峰	郭玉梅	郝临山	何建平	李 刚
李聪敏	李红晋	李建锁	李丕明	李小兵
李云兰	梁英华	刘 军	刘永新	彭建喜
冉隆文	孙晓然	唐福生	田海玲	王家蓉
王荣青	王晓琴	王中惠	谢全安	许祥静
薛金辉	薛利平	薛士科	薛新科	闫建新
殷秀琴	张福仁	张现林	张星明	张子峰
赵晓霞	赵雪卿	朱银惠	朱占升	

内 容 提 要

本书是定位于高职高专，以提高应用能力为目的而编写的教材。全书以煤炭气化过程及合成气应用为主线，对反应原理、反应工艺条件确定、工艺流程组织、产品分离过程及新工艺发展趋势进行了较为简练的介绍。全书主要内容包括煤炭气化原理、煤炭性质对气化的影响、气化炉、气化炉的操作管理、煤气净化、F-T 合成、碳一化学及其应用等。

本书可作为高职高专煤化工专业、化学工程与工艺专业的教材或参考书，也可供从事相关专业工作的工程技术人员和技术工人参阅。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 发展煤化工的重要意义	1
第二节 煤炭气化发展简史	2
第三节 煤炭气化在新型煤化工发展中的应用	3
一、新型煤化工内容简介	3
二、新合成工艺、新生产方法的应用加速煤化工发展	4
三、碳一化学应用发展趋势	4
第四节 本课程内容与任务	5
复习思考题	5
第二章 煤炭气化原理	6
第一节 煤炭气化方法	6
一、气化技术	6
二、地面气化技术的分类	7
第二节 煤炭气化原理	9
一、气化过程主要化学反应	9
二、气化过程的物理化学基础	10
三、煤气平衡组成的计算	15
复习思考题	20
第三章 煤炭性质对气化的影响	21
第一节 煤种对气化的影响	21
一、气化用煤种的主要特性	22
二、不同煤种对气化的影响	22
第二节 煤质对气化的影响	24
一、水分含量对气化的影响	24
二、灰分含量对气化的影响	25
三、挥发分对气化的影响	25
四、硫分对气化的影响	26
五、粒度对气化的影响	26
六、燃料的灰熔点和结渣性对气化的影响	29
七、煤炭其他性质对气化的影响	30
复习思考题	31
第四章 气化炉	32
第一节 概述	32
一、气固相反应	33

二、气化的几个重要过程	35
三、煤炭气化过程的主要评价指标	36
四、气化炉分类	38
第二节 移动床气化工艺	43
一、常压发生炉煤气生产工艺	43
二、加压气化生产工艺	73
第三节 流化床气化工艺	92
一、常压流化床气化工艺	92
二、加压流化床气化工艺	95
第四节 气流床气化工艺	103
一、K-T 气化法	104
二、德士古气化工艺	107
第五节 熔融床气化工艺	114
一、鲁麦尔熔渣气化炉	115
二、熔盐气化法	116
三、熔铁气化法	116
第六节 工业上常用炉型的比较	119
一、国内常用气化炉的型号	119
二、三种主要制气方法的比较	120
三、设备选择的原则和计算	120
复习思考题	122
第五章 气化炉的操作管理	124
第一节 生产过程的控制与管理	124
一、主要控制内容	124
二、仪表控制与自动控制	125
三、实验室控制	125
第二节 点火与开工	126
一、点火前的准备	126
二、点火、升温、升压和送气	126
第三节 正常运行管理	130
一、气化炉运行的调整	131
二、正常操作注意事项	132
第四节 停炉与开炉的操作管理	132
一、压力气化炉的停炉与开炉	132
二、常压煤气发生炉的开炉和停炉	133
第五节 一般事故与故障处理	134
一、炉内结渣	134
二、火层倾斜	135
三、气化剂温度低	135

四、炉算温度过高·····	136
五、煤气中含氧量偏高·····	136
复习思考题·····	137
第六章 煤气的净化 ·····	139
第一节 概述·····	139
一、煤气中的杂质及其危害·····	139
二、煤气中杂质的脱除方法·····	140
第二节 固体颗粒的清除——除尘·····	140
一、除尘的原理及方法·····	140
二、除尘的主要设备·····	142
第三节 脱硫·····	143
一、煤气脱硫方法分类·····	143
二、化学吸收法脱硫·····	144
三、干法脱硫·····	153
第四节 城市煤气·····	161
复习思考题·····	164
第七章 F-T 合成 ·····	165
第一节 F-T 合成原理·····	166
一、F-T 合成的化学反应·····	166
二、影响 F-T 合成反应的因素 ·····	167
三、F-T 合成催化剂·····	167
第二节 F-T 合成典型生产工艺及比较·····	169
一、工艺特点·····	169
二、SASOL 厂各种工艺流程 ·····	169
三、SASOL 一厂与二、三厂 F-T 合成比较 ·····	172
四、F-T 合成工艺上的问题及改进措施 ·····	174
五、MFT 合成工艺流程及特点 ·····	174
六、SMFT 合成工艺流程及特点 ·····	176
第三节 F-T 合成的主要设备·····	177
一、固定床反应器·····	178
二、气流床反应器·····	178
三、浆态床反应器·····	178
四、三种反应器比较·····	179
复习思考题·····	180
第八章 碳—化学及其应用 ·····	181
第一节 概述·····	181
一、合成气在碳—化学化工中的发展应用·····	181
二、合成气的主要应用·····	182
三、化工生产基本概念·····	182

第二节 甲醇合成及其应用	183
一、甲醇性质和用途	184
二、合成甲醇原理	186
三、甲醇生产方法	187
四、联醇生产简介	192
第三节 二甲醚的生产	194
一、二甲醚性质	194
二、二甲醚制备工艺	194
三、煤基合成气一步法生产二甲醚	196
四、二甲醚应用	198
五、合成气直接合成二甲醚技术进展	199
第四节 醋酸的生产	200
一、醋酸的性质	200
二、羰基合成法生产醋酸工艺	201
三、醋酐制备	204
第五节 其他碳一化工生产技术	208
一、甲醛生产	208
二、甲基叔丁基醚	210
三、胺类衍生物	213
复习思考题	214
附录	216
附表一 饱和水蒸气中蒸汽分压和含量的关系	216
附表二 采用不同煤种制得的混合煤气的指标	217
附表三 采用不同煤种制得的水煤气的指标	218
参考文献	220

第一章 绪 论

第一节 发展煤化工的重要意义

煤化工是以煤为原料经过化学加工,实现煤的转化并进行综合利用的工业。煤化工包括炼焦工业、煤炭气化工业、煤炭液化工业、煤制化学品工业以及其他煤加工制品工业等。

我国是世界最大的煤炭生产和消费国,煤储量占世界总储量的 45.7%,居世界第一位。目前世界煤储量估计可供人类使用 200 多年,我国煤储量可供使用 500 年左右,而现已探明的石油和天然气资源,最多可供人类使用 50 年。能源的综合利用已刻不容缓。

当前,世界各国都充分认识到能源结构必须向多元化结构发展。中国石油消费已经超过日本,仅次于美国,近年来我国一直为解决缺油问题在努力,但是,要想从根本上解决困境,使经济可持续发展,必须根据我国特点,利用丰富的煤炭资源,从根本上解决能源危机。

煤的综合利用包括将煤本身作为一次能源,用煤制造二次能源和化工原料等几个方面。随着经济发展,经过化学加工对煤的综合利用越来越受到人们的关注,将煤炭加工转化成清洁、高效的二次能源,用煤制造油和甲醇燃料等化工原料,提高了煤炭利用率和附加值,由于煤炭深加工后可增值几十甚至几百倍,这给新型煤化工发展奠定了基础。

煤化工发展除受石油和天然气的价格供求影响外,很大程度上取决于自身技术的发展,如洁净煤技术的发展、燃煤发电技术的发展、气化技术的发展、碳—化学技术的发展和有关环境保护技术的发展。

新型的煤化工产业必将迎来一个蓬勃发展的新时期,成为 21 世纪的高新技术产业的一个组成部分。作为新型煤化工的一个重要单元技术——大型先进的煤炭气化技术及气化产品的进一步合成利用,将成为今后发展的主要方向。

煤炭气化技术广泛应用于下列领域。

(1) 作为工业燃气 一般热值为 $4620\sim 5670\text{kJ/m}^3$ 的煤气,采用常压固定床气化炉、流化床气化炉均可制得。主要用于钢铁、机械、卫生、建材、轻纺、食品等部门,用以加热各种炉、窑,或直接加热产品或半成品。

(2) 作为民用煤气 一般热值在 $12600\sim 16800\text{kJ/m}^3$,要求 CO 含量小于 10%,除焦炉煤气外,用直接气化也可得到,采用鲁奇炉较为适用。与直接燃煤相比,民用煤气不仅可以明显提高用煤效率和减轻环境污染,而且能够极大地方便人民生活,具有良好的社会效益与环保效果。出于安全、环保及经济等因素的考虑,要求民用煤气中的 H_2 、 CH_4 、及其他烃类可燃气体含量应尽量高,以提高煤气的热值;而 CO 有毒,其含量应尽量低。

(3) 作为化工合成和燃料油合成的原料气 早在第二次世界大战时,德国等就采用费-

托工艺 (Fischer-Tropsch) 合成航空燃料油。随着合成气化工和碳一化学技术的发展, 以煤炭气化制取合成气, 进而直接合成各种化学品的路线已经成为现代煤化工的基础, 主要包括合成氨、合成甲烷、合成甲醇、酯酐、二甲醚以及合成液体燃料等。化工合成气对热值要求不高, 主要对煤气中的 CO 、 H_2 等成分有要求, 一般德士古气化炉、Shell 气化炉较为合适。目前中国合成氨用甲醇产量的 50% 以上来自煤炭气化合成工艺。

(4) 作为冶金用还原气 煤气中的 CO 和 H_2 具有很强的还原作用。在冶金工业中, 利用还原气可直接将铁矿石还原成海绵铁; 在有色金属工业中, 镍、铜、钨、镁等金属氧化物也可用还原气来冶炼。因此, 冶金还原对煤气中的 CO 含量有要求。

(5) 作为联合循环发电的燃气 整体煤炭气化联合循环发电 (简称 IGCC) 是煤在加压下气化, 产生的煤气经净化后燃烧, 高温烟气驱动燃气轮机发电, 再利用烟气余热产生高压过热蒸汽驱动蒸汽轮机发电。用于 IGCC 的煤气, 对热值要求不高, 但对煤气净化度 (如粉尘及硫化物) 含量的要求很高。与 IGCC 配套的煤炭气化一般采用固定床加压气化 (鲁奇炉)、气流床气化 (德士古)、加压气流床气化 (Shell 气化炉), 加压流化床气化工艺等, 煤气热值在 $9240 \sim 10500 \text{ kJ/m}^3$ 左右。

(6) 作煤炭气化燃料电池 燃料电池是由 H_2 、天然气或煤气等燃料 (化学能) 通过电化学反应直接转化为电的化学发电技术。目前主要由磷酸盐型 (PAFC)、熔融碳酸盐型 (MCFC)、固体氧化物型 (SOFC) 等。它们与高效煤炭气化结合的发电技术就是 IG-MCFC 和 IG-SOFC, 其发电效率可达 53%。

(7) 煤炭气化制氢 氢气广泛用于电子、冶金、玻璃生产、化工合成、航空航天、煤炭直接液化及氢能电池等领域。目前世界上 96% 的氢气来源于石化燃料转化, 同时煤炭气化制氢也起着很重要的作用, 一般是将煤炭转化成 CO 和 H_2 , 然后通过变换反应将 CO 转换成 H_2 和 H_2O , 再将富氢气体经过低温分离或变压吸附及膜分离技术, 即可获得氢气。

(8) 煤炭液化的气源 不论煤炭直接液化和间接液化, 都离不开煤炭气化工艺。煤炭液化需要煤炭气化制氢, 而可选的煤炭气化工艺同样包括移动床加压鲁奇 (Lurgi) 气化、加压流化床气化和加压气流床气化工艺。

第二节 煤炭气化发展简史

煤的气化是煤或煤焦与气化剂在高温下发生化学反应将煤或煤焦中有机物转变为煤气的过程。

煤化工发展始于 18 世纪后半叶, 用煤生产民用煤气; 在欧洲当时用煤干馏方法, 生产的干馏煤气用于城市街道照明; 1840 年由焦炭制发生炉煤气来炼铁; 1875 年使用增热水煤气作为城市煤气。中国 1934 年在上海建成第一座煤气厂, 用立式炉和增热水煤气炉生产城市煤气。

二次世界大战时期, 煤炭气化工业在德国得到迅速发展。1932 年采用一氧化碳与氢通过费-托 (Fischer-Tropsch) 合成法生产液体燃料获得成功, 1934 年德国鲁尔化学公司应用此研究成果创建了第一个 F-T 合成油厂, 1936 年投产。1935~1945 年期间德国共建

立了 9 个合成油厂，总产量达 570kt。

南非开发煤炭间接液化历史悠久，早在 1927 年南非当局注意到依赖进口液体燃料的严重性，基于本国有丰富的煤炭资源，开始寻找煤基合成液体燃料的新途径，1939 年首先购买了德国 F-T 合成技术在南非的使用权，在 20 世纪 50 年代初，成立了 SASOL 公司，1955 年建立了 SASOL-I T，1980 年和 1982 年又相继建成了 SASOL-II 厂和 SASOL-III 厂。

二次世界大战后，煤炭气化工业因石油、天然气的迅速发展减慢了步伐，进入低迷时期，煤气主要作为城市煤气及合成氨原料的生产等，直到 20 世纪 70 年代成功开发由合成气制甲醇技术，由于甲醇的广泛用途，使煤炭气化工业又重新引起人们重视。

1975 年，美国 Eastman（依斯曼）公司开始了合成醋酐的实验室研究，重点是开发适用的催化剂，以便在工业化生产时能达到需要的条件下，减少副产物生成。他们采用醋酸甲酯与一氧化碳为原料羰基合成制取醋酐，并于 1977 年中试成功。到 20 世纪 80 年代末，由煤炭气化制合成气，羰基合成生产醋酸、醋酐开始大型化生产，这是煤制化学品的一个非常重要的突破。

现在，随着气化生产技术的进一步发展，以生产含氧燃料为主的煤炭气化合成甲醇、二甲醚，有广阔的市场前景。其中二甲醚不仅是从合成气经甲醇制汽油、低碳烯烃的重要中间体，而且也是多种化工产品的重要原料。甲醇从近年供需情况来看，除作基本有机化工原料、精细化工原料外，作为替代燃料应用，预计需求量将达 800~1000 万吨/年，到 2020 年，甲醇需求预计达 5000 万吨/年。

煤炭气化是发展新型煤化工的重要单元技术，煤化工联产是发展的重要方向。研究表明，煤炭气化技术在单元工艺（如煤炭气化和气体净化）、中间产物（如合成气、氢气）、目标产品等方面有很大互补性。将不同工艺进行优化组合实现多联产，并与尾气发电、废渣利用等形成综合联产，达到资源、能源综合利用的目的，有效减少工程建设投资，降低生产成本，减少污染物或废物排放。如 F-T 合成与甲醇合成联产等就是一个较好的应用示范。

第三节 煤炭气化在新型煤化工发展中的应用

一、新型煤化工内容简介

新型煤化工的主要特点如下。

① 清洁能源是新型煤化工的主要产品。新型煤化工生产的主要产品是洁净能源和可替代石油化工产品。如柴油、汽油、乙烯原料、甲醇、二甲醚等以及一些化工产品。

② 煤炭-能源-化工一体化。新型煤化工是未来中国能源技术发展的战略方向，依托煤炭资源，形成煤炭-能源-化工一体化的新兴产业。如煤炭气化联合循环发电（简称 IGCC）技术。

③ 高新技术及优化集成。新型煤化工生产采用煤转化高新技术，在能源梯级利用、产品结构方面对不同工艺优化集成，提高了整体经济效益。

④ 环境污染得到有效治理，人力资源得到发挥是新型煤化工的一个主要发展方向。

二、新合成工艺、新生产方法的应用加速煤化工发展

煤炭气化是发展新型煤化工的重要单元技术。国内近年来加大了对煤炭气化开发和利用，一些新合成工艺和新生产方法的应用技术，使煤炭气化得到迅速发展。

1. 煤炭气化技术

传统的气化技术是利用炼焦炉、发生炉和水煤气炉气化。进入 20 世纪以后针对不同煤种和气体用途发展了几百种气化方法，其中以鲁奇碎煤加压气化炉、常压 K-T 炉、温克勒气化炉等应用最广。20 世纪 70 年代以来围绕提高燃煤电厂热效率、减少对环境的污染技术问题，促使了新一代气化工艺诞生。美国 45 个洁净煤技术示范项目中有 7 个煤炭气化联合循环发电项目，配套有 6 种煤炭气化技术，它们是德士古水煤浆气化技术、CE 两段式气流床气化技术、Destec 两段加压气流床气化技术、KRW 气化技术、U-Gas 气化（灰熔聚）技术及 BG/L 固定床熔渣气化技术等。

国内目前采用的煤炭气化技术主要以常压固定床煤气发生炉和水煤气发生炉为多，开发和引进了水煤气两段炉、鲁奇加压气化炉和德士古水煤浆气化技术。今后的发展趋势是效率较高、煤气成分较好的干粉煤炭气化技术。

2. 利用 F-T、MFT 等方法用合成气生产液体燃料、化工产品

F-T 合成始于第二次世界大战时的德国。20 世纪 60 年代南非选用了德国的固定床技术和美国凯洛格循环流化床技术建立 SASOL（萨索尔）I、II 厂，产品主要是汽油 218 万吨/年；柴油 150 万吨/年、乙烯 23 万吨/年用于深加工聚乙烯和氨乙烯；丙烯 46 万吨/年用于深加工聚丙烯和丙烯腈；其他化工产品 46 万吨/年以及氨 50 万吨/年、硫 26 万吨/年、城市煤气 56 万吨/年。

MFT 称为改良 F-T 合成，主要是通过 F-T 合成之后加进 ZSM-5 择形催化剂，使产物分布向预定目标调整。用这种方法可以将 $C_5 \sim C_{11}$ 的份额由一般 F-T 合成时的 30%~40% 调整到 70%。

3. 煤制含氧化合物

煤制甲醇发展甲醇化学是煤制含氧化合物的主要途径，称羰基合成法。主要有 Eastman-KODA 路线，即煤→合成气→甲醇→醋酐→醋酸纤维→胶片和 Monsanto-BP 路线，即合成气→甲醇→醋酸。羰基合成路线与乙炔法和乙烯法合成醋酸相比，成本低、设备投资少，目前已广泛推广和利用，有较好前景。

三、碳一化学应用发展趋势

碳一化学是以含有一个碳原子的物质（如 CO、CO₂、CH₄、CH₃OH、HCHO）为原料合成化工产品或液体燃料的有机化工生产过程。

碳一化学是一个很大的领域，其产品包括由合成气合成燃料、甲醇及系列产品，合成低碳醇、醋酸及系列产品，合成低碳烯烃、燃料添加剂等方面。碳一化学是在 20 世纪 70 年代两次石油危机中得到迅速发展的，其目的在于寻求化工原料“多样化”和能源资源“非石油化”的战略转移。近年来，随着能源结构的多元化发展趋势以及碳一化学系列生产技术的突破，其应用领域越来越广。碳一化学发展趋势用图 1-1 表示。

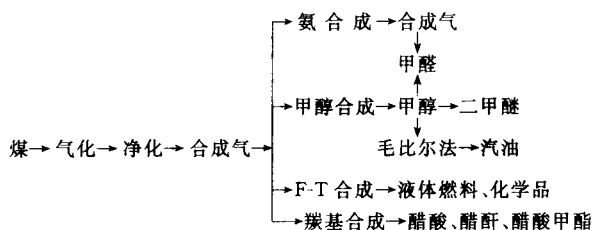


图 1-1 碳一化学发展趋势

第四节 本课程内容与任务

煤炭气化工艺是煤化工专业的必修专业课程，本书共八章，主要内容为煤炭气化工艺原理、工艺过程、典型设备以及合成气的净化和应用，用较大篇幅介绍了碳一化学的发展，同时对气化主要设备——气化炉的操作管理作了介绍。具体内容可分为以下几部分。

- ① 气化原理。讨论气化方法、气化热力学、动力学过程对气化过程的影响。
- ② 煤炭性质对气化的影响。介绍了煤种及煤质对气化的影响。
- ③ 气化炉。讨论各类气化炉结构特点、工艺流程、工艺条件选择对气化的影响等。
- ④ 气化炉的操作管理。介绍了气化过程中如何正常、安全、经济地操作、调控方法及参数选定等。
- ⑤ 煤气的净化。讨论了气化产品——煤气的净化方法、流程及典型设备。
- ⑥ F-T 合成原理。介绍 F-T 合成生产原理和典型工艺流程。
- ⑦ 碳一化学及其应用。根据新型煤化工发展趋势，以合成气合成化工原料、精细化工原料为重点，结合碳一化学发展及应用作了介绍。

本教材立足于煤炭气化工艺，同时考虑新型煤化工特点，在教学内容上更加重视对学生知识面的拓宽和实际能力的培养。学习本课程的主要任务是掌握煤炭气化的操作过程、熟悉气化原理、了解典型设备及合成气进一步应用。通过学习能够分析和解决煤化工生产过程中的一般问题，以便对生产过程进行管理。

作为专业课程，限于篇幅和学时数，面对一门古老而又充满生命力的工业，在内容的深度和广度上必然存在一定的局限性。希望通过我们的努力，尽可能地反映出其先进性、科学性和实用性，满足高职高专煤化工、化学工程与工艺专业需要，同时能适用于各相关专业技术培训。

复习思考题

1. 何谓煤化工？发展煤化工工业在中国目前有什么重要意义？
2. 什么是煤炭气化？包含的内容有哪些，有什么特点？
3. 试以煤炭气化产品——煤气为原料，说明碳一化学的发展方向和趋势。
4. 煤炭气化工艺课程的学习内容有哪些？本课程与本专业主要专业基础课、专业课有何区别和联系？