

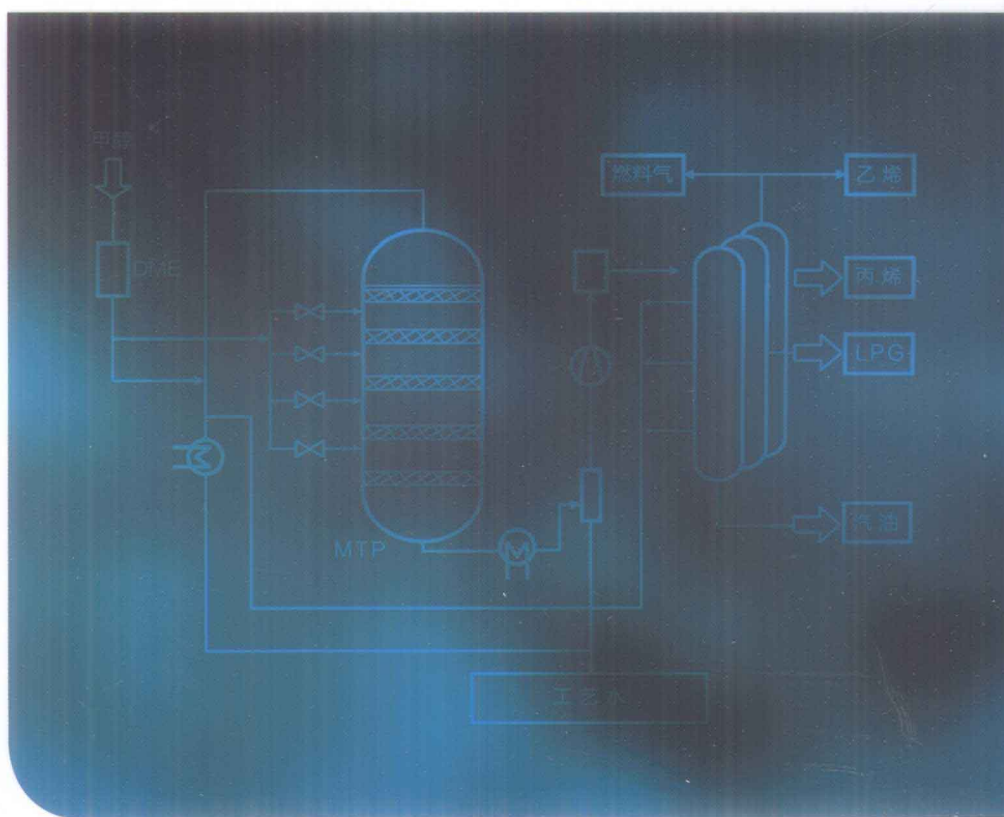
高 • 等 • 学 • 校 • 教 • 材

XIANDAI MEI HUAGONG JICHU

现代煤化工基础

胡瑞生 李玉林 白雅琴 编

第二版



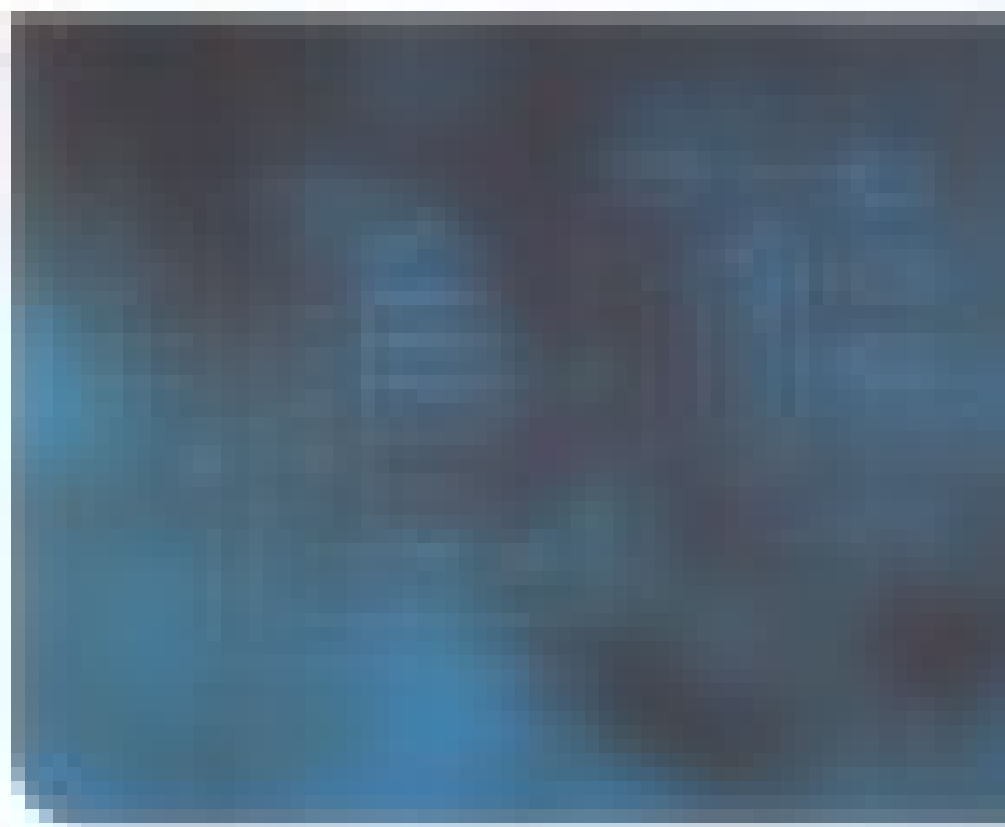
化学工业出版社

第一章 绪论

现代煤化工基础

主编：王 强 副主编：李 强 王 强 王 强

第二版



第一章 绪论

高 ● 等 ● 学 ● 校 ● 教 ● 材

现代煤化工基础

胡瑞生 李玉林 白雅琴 编

第二版

化学工业出版社

· 北 京 ·

本书按照当前化学工程与工艺专业人才培养的指导思想,在广泛吸取教学成功经验的基础上编写而成。全书共分为十章,即绪论、炼焦基础、炼焦化学产品的回收与精制、煤的气化、煤的间接液化、煤的直接液化、煤的热解及热解脱硫、新型煤化工技术、碳一化工主要产品、煤化工安全与环保。本书简要讨论了上述几个方面的基本理论、主要生产工艺流程及技术以及近年来国内外发展现状、市场前景等。

本书可作为化学工程与工艺、应用化学、能源化工、炼焦化工、应用化工技术等专业的教材或参考书,也可供从事化学工程、化学工艺、工业催化、能源、工业燃气及煤炭综合利用科研与开发的工程技术人员及生产、管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

现代煤化工基础/胡瑞生,李玉林,白雅琴编.

—2版.—北京:化学工业出版社,2012.3

高等学校教材

ISBN 978-7-122-13358-8

I. 现… II. ①胡…②李…③白… III. 煤化工

IV. TQ53

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第017257号

责任编辑:徐雅妮 陈 丽

装帧设计:关 飞

责任校对:陈 静

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:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张14½ 字数329千字 2012年4月北京第2版第1次印刷

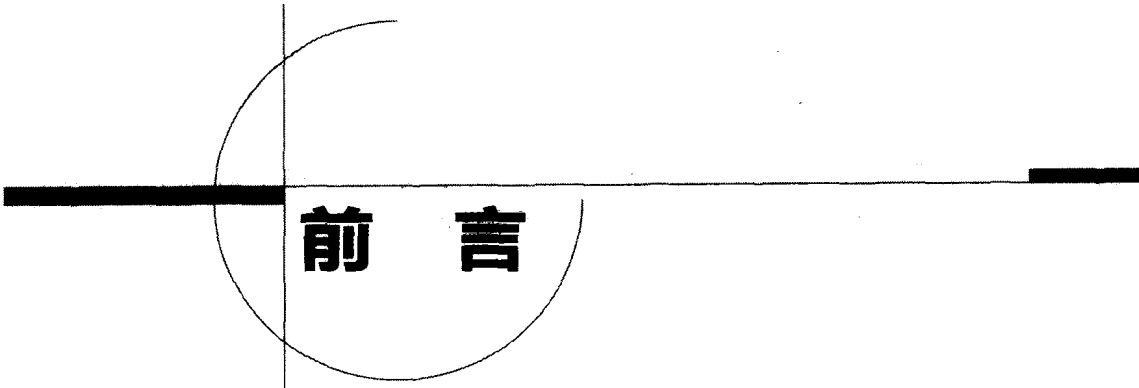
购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

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:28.00元

版权所有 违者必究



前言

2006年我们编写了《煤化工基础》(第一版),被许多高校选作本科教材,并得到肯定,但在这五年多的教学实践中我们深感煤化工技术发展迅速,本书已不能很好地满足当今煤化工教学需求,于是我们在《煤化工基础》(第一版)的基础上进行了修订和补充。

修订和补充的原则仍按照本科化学工程与工艺专业、应用化学专业人才培养的指导思想,同时兼顾在职培训以及高职教育,结合当今煤化工技术的发展,广泛吸取教学过程中的经验。本书仍保持简明扼要、内容新颖的特点,以满足煤化工基础课程32~48个学时的要求。

本书以化学原理—工艺流程—应用现状为主线,简明扼要、通俗易懂地介绍了现代煤化工基础,特别注重煤化工领域的新发展。本次修订,在第1章绪论中更新了煤炭资源数据,延伸了煤化工发展历史的描述,增加了煤化工产业政策。大幅度删减了第2章炼焦基础、第3章炼焦化学产品的回收与精制的内容。强化了第4章煤气化的新内容,如气化原理和气化类型, Lurgi、Texaco、Shell、GSP 气化方法和气化炉,地下气化方法等。补充了第5章煤的间接液化、第6章煤的直接液化的新知识和新成果。增加了第7章煤的热解及热解脱硫和第8章新型煤化工技术两章。煤的热解及热解脱硫这一章主要介绍了煤热解的基本概念、煤热解工艺、热解过程中硫的脱除以及热解脱硫的影响因素等。新型煤化工技术这一章主要介绍了煤制烯烃的工艺流程及基本原理、煤制烯烃催化剂及反应机理、MTO与MTP工艺技术比较、MTO与MTP技术发展与应用情况、煤制乙二醇的基本原理和工艺流程及应用、煤制天然气反应原理与基本工艺流程及应用等。细化了第9章碳—化工产品中甲醇的内容。完善了第10章煤化工安全与环保的有关内容。经过修订和补充我们感觉此书更具有现代和基础双重特色,因此,更名为现代煤化工基础。

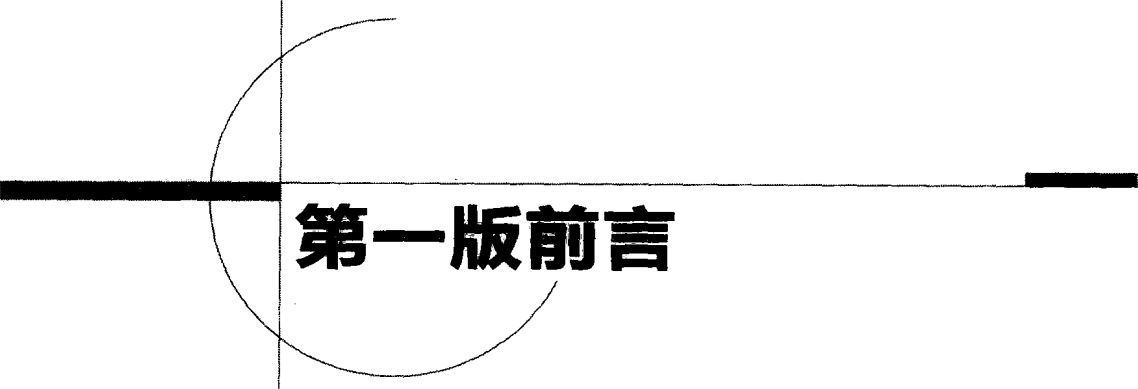
全书共十章,第1章由胡瑞生和白雅琴共同编写,第2章、第3章由胡瑞生和李玉林编写;第4章、第5章、第6章、第8章由胡瑞生编写,第9章由白雅琴编写,第7章、第10章由内蒙古大学刘粉荣编写,全书由内蒙古大学胡瑞生统稿。

本书可作为化学工程与工艺、能源化工、煤化工、应用化学等专业的教材或参考书,也可供从事煤化工生产、城市煤气和工业燃气生产及煤炭综合利用等相关工程技术人员及管理人员参阅。

在本书编写过程中，参考了大量的文献，同时还得到了内蒙古大学化学化工学院苏海全院长及其他领导、教师和学生的支持与帮助，研究生付蕊、李春、秦丽婷、谢丽丽、其其格、王欣、李雪、丁冉冉、卢天竹、宋丽峰、陈思也参与了本书的修订工作，在此一并向他们表示衷心的感谢！

由于现代煤化工技术大多尚处于示范阶段以及技术保密等原因，加之作者水平与时间有限，书中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。 *

胡瑞生
2012 年 1 月



第一版前言

我国有丰富的煤炭资源,煤炭产量和消费量均居世界首位。在石油消费量和进口量不断增加的形势下,大力发展煤化工技术是保证我国能源安全及化学工业持续发展的一项重要而紧迫的任务。国家已经将煤化工的研发及产业化列为国家中长期发展规划,是未来国家科技创新和产业化的主要研究方向之一。国内化工、电力、煤炭等行业也纷纷进行这些技术领域的应用、示范,已经形成了对这些技术的巨大需求。正是在这样的背景下,根据社会对人才的需求,国内很多高校的相关专业纷纷开设煤化工方面的选修课程,我们也在化工、应用化学等本科专业开设了煤化工基础2学分课程。

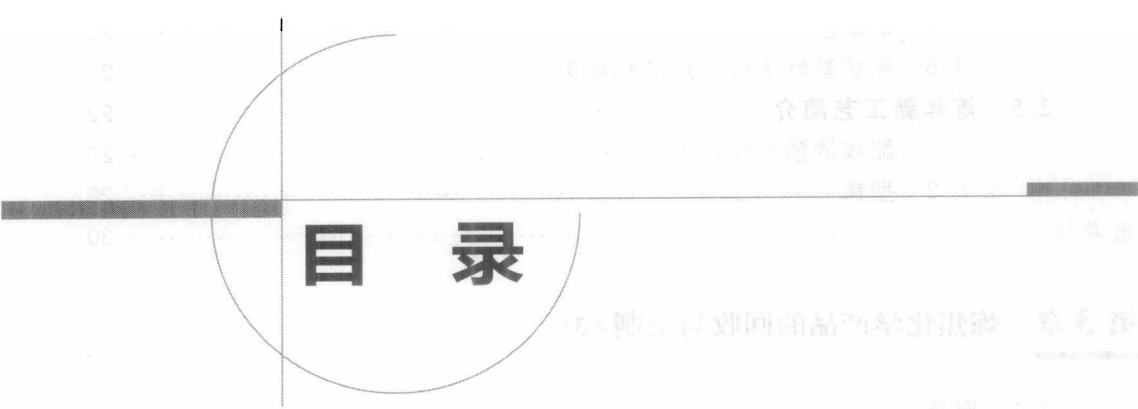
近年来国内简明扼要地介绍煤化工基础知识的本科教材相对较少,特别是包含煤化工研究最新发展的基础教材更为少见。本书就是在广泛汲取教学成功经验的基础上本着简明扼要、力求新颖的原则编写而成。全书共分8章,即绪论、炼焦、炼焦化学产品的回收与精制、煤的气化、煤的直接液化、煤的间接液化、碳一化工主要产品、煤化工安全与环境保护。书中主要讲述了上述几个方面的基本理论、原理、特点、典型生产工艺过程及其操作条件以及近年来国内外的的发展历史、现状、市场前景等。其中第1章由胡瑞生和李玉林共同编写;第2章、第3章和第8章由李玉林编写;其余章节由胡瑞生和白雅琴编写;全书由胡瑞生教授主审并统稿。

本书可作为化学工程与工艺、能源化工、煤化工、炼焦化工、应用化工技术、应用化学等专业的教材或参考书,也可供从事城市煤气和工业燃气生产及煤炭综合利用部门的工程技术人员及管理人员参阅。

在本书编写过程中,参考了大量的相关中文专著和资料,同时我们的科研合作同事美国匹兹堡大学煤化工专家张玉龙博士也提供了较多的外文资料,在此谨向其作者表示感谢,同时还要感谢为本书提供大量技术资料的企业和老师、同学以及在出版过程中给予热情支持和帮助的单位 and 同志。另外在本书编写过程中还得到了内蒙古大学化学化工学院苏海全院长及其他领导、教师和学生的大力支持与帮助,在此也表示衷心的感谢!

我们对迄今为止的大量资料做了深入广泛的调研与分析,结合自己的科研实践,按化学原理—工艺流程—发展现状这一主线简明扼要地进行了介绍,这正是本书特色所在。但由于煤化工技术应用尚未形成较大规模以及技术保密等原因,加之作者水平与时间有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

胡瑞生
2006年5月



目 录

第1章 绪 论/1

1.1 煤炭资源	1
1.2 煤化工发展	2
1.3 煤化工研究的基本内容及产业政策	5
1.3.1 煤化工研究的基本内容	5
1.3.2 煤化工产业政策	5
思考题	8

第2章 炼 焦/9

2.1 概述	9
2.1.1 炼焦炉的发展	9
2.1.2 炼焦化学工业产品	10
2.2 焦炭的性质及其用途	10
2.2.1 物理性质	10
2.2.2 焦炭的反应性	11
2.2.3 焦炭的用途及其质量指标	11
2.3 炼焦用煤及其成焦理论	14
2.3.1 煤的组成	14
2.3.2 煤的黏结成焦	15
2.3.3 炼焦用煤及其结焦特性	16
2.3.4 配煤	17
2.4 炼焦炉	19
2.4.1 炭化室	19
2.4.2 燃烧室	20
2.4.3 蓄热室	21
2.4.4 斜道区	22

2.4.5 炉顶区	22
2.4.6 焦炉基础平台、烟道和烟囱	22
2.5 炼焦新工艺简介	22
2.5.1 配煤的预处理技术	23
2.5.2 型焦	26
思考题	30

第3章 炼焦化学产品的回收与精制 / 31

3.1 概述	31
3.1.1 炼焦化学产品的产生、组成及产率	31
3.1.2 炼焦化学产品的用途	33
3.1.3 炼焦化学产品回收的方法	33
3.2 粗煤气的初步冷却和分离	34
3.2.1 粗煤气的初步冷却流程	34
3.2.2 对喷洒氨水的要求	35
3.2.3 煤气初冷方法与设备	36
3.2.4 焦油与氨水的分离	36
3.3 煤气的输送与净化	37
3.3.1 煤气的输送	37
3.3.2 煤气的净化	37
3.4 煤气中氨和吡啶的回收	47
3.4.1 氨的回收	48
3.4.2 粗轻吡啶的回收	52
3.5 粗苯的回收	53
3.5.1 概要	53
3.5.2 煤气的最终冷却和除萘	54
3.5.3 粗苯吸收	55
3.5.4 富油脱苯	58
3.6 焦油加工	60
3.6.1 概要	60
3.6.2 焦油脱水、脱盐	61
3.6.3 焦油蒸馏	62
3.6.4 焦油馏分加工	65
3.6.5 焦油加工利用进展	72
思考题	73

第4章 煤的气化 / 74

4.1 煤炭气化概述	74
-------------------------	-----------

4.2 煤炭气化原理	76
4.3 煤炭气化过程的主要工艺流程及类型	77
4.3.1 煤炭气化过程的主要工艺与流程	77
4.3.2 煤炭气化过程的气化类型	78
4.3.3 煤炭气化方法与气化炉	81
4.3.4 煤炭地下气化方法	87
4.3.5 气化炉的类型及性能特征	91
4.4 煤炭性质对气化的影响	96
4.4.1 煤的组成的影响	96
4.4.2 煤的物理性质的影响	97
4.4.3 煤的化学性质的影响	98
4.5 煤气化联合循环发电	98
4.5.1 IGCC 发电工艺	98
4.5.2 影响 IGCC 发电系统效率的因素	99
4.5.3 IGCC 技术的特点	100
4.5.4 IGCC 技术的现状	101
4.6 国内外煤气化发展的现状	101
4.7 市场前景及环境分析	101
思考题	102

第 5 章 煤的间接液化 / 103

5.1 煤间接液化与 FT 合成基本原理	103
5.1.1 FT 合成反应	104
5.1.2 FT 合成的基本工艺	104
5.2 几种间接液化的典型工艺	106
5.2.1 南非 Sasol 厂间接液化工艺	106
5.2.2 其他合成液体燃料工艺	109
5.3 FT 合成过程的工艺参数	110
5.4 FT 合成催化剂	111
5.5 FT 合成反应器	112
5.6 间接液化的特点	115
5.7 国内外煤间接液化发展现状分析	116
思考题	118

第 6 章 煤的直接液化 / 119

6.1 煤直接液化的基本原理	119
6.1.1 煤的直接液化反应机理	119
6.1.2 煤直接液化的影响因素	120

6.2 煤直接液化的一般工艺过程	122
6.3 几种国内外典型的直接液化技术	123
6.3.1 德国 IG 和 IGOL 工艺	124
6.3.2 美国 H-Coal、CTSL 和 HTI 工艺	126
6.3.3 美国 EDS 工艺和日本 NEDOL 工艺	128
6.3.4 煤油共炼工艺	130
6.3.5 中国神华煤液化项目工艺	130
6.4 煤直接液化催化剂	132
6.5 煤直接液化产物的特点	132
6.6 煤直接液化粗油提质加工	133
6.6.1 过滤	133
6.6.2 反溶剂法	133
6.6.3 超临界萃取脱灰	134
6.6.4 真空闪蒸	134
6.7 国内外煤直接液化发展现状	134
思考题	136

第 7 章 煤的热解及热解脱硫 / 137

7.1 煤热解概述	137
7.2 煤的热解工艺	138
7.3 煤热解产物分析	138
7.3.1 气态产物分析	139
7.3.2 半焦分析	139
7.4 煤热解动力学	140
7.5 煤热解脱硫	141
7.5.1 煤脱硫方法	141
7.5.2 煤中硫的存在形态	142
7.5.3 热解过程中硫的脱除进展	143
7.6 煤热解及热解脱硫的影响因素	148
7.7 煤热解脱硫的意义及应用前景	151
思考题	151

第 8 章 新型煤化工技术 / 152

8.1 煤制烯烃	152
8.1.1 煤制烯烃的工艺流程及基本原理	152
8.1.2 煤制烯烃催化剂及反应机理	156
8.1.3 MTO 与 MTP 技术比较	157
8.1.4 MTO 和 MTP 产物特点	158

8.1.5 MTO 与 MTP 技术发展与应用情况	158
8.2 煤制乙二醇	160
8.2.1 乙二醇合成路线选择及应用介绍	161
8.2.2 煤制乙二醇的基本原理及工艺流程	163
8.2.3 煤制乙二醇的产品检验与经济效益分析	165
8.3 煤制天然气	165
8.3.1 煤制天然气反应原理与基本工艺流程	166
8.3.2 煤制天然气的应用情况	172
思考题	173

第 9 章 碳一化工主要产品 / 174

9.1 甲醇合成	174
9.1.1 合成原理	175
9.1.2 煤制甲醇工艺技术	175
9.1.3 两种重要的甲醇合成工艺——ICI 工艺和 Lurgi 工艺	178
9.1.4 甲醇车用燃料应用	180
9.2 甲醇转汽油 (MTG)	182
9.3 二甲醚生产	183
9.3.1 甲醇气相催化脱水工艺 (二步法)	184
9.3.2 合成气直接合成二甲醚工艺 (一步法)	185
9.3.3 二甲醚的应用	187
9.4 醋酸生产	188
9.4.1 合成原理	188
9.4.2 工艺流程	189
9.5 甲醛生产	190
9.5.1 甲醛的生产原理	190
9.5.2 甲醛生产的工艺条件	190
9.5.3 工艺流程	191
思考题	192

第 10 章 煤化工安全与环保 / 193

10.1 煤化工管理与安全生产技术	193
10.1.1 生产安全技术	194
10.1.2 安全生产管理	195
10.2 煤化工废水污染和治理	196
10.2.1 煤化工废水的来源及特点	196
10.2.2 煤化工废水的治理	198
10.3 煤化工废渣处理与利用	201

10.3.1	煤化工废渣的来源·····	201
10.3.2	煤化工废渣的处理与利用·····	202
10.4	煤化工烟尘污染和治理 ·····	206
10.4.1	煤化工大气污染物的来源·····	206
10.4.2	煤化工烟尘控制·····	207
10.4.3	煤化工气态污染物的处置·····	209
10.5	煤化工职业卫生设施与个人防护 ·····	213
10.5.1	煤化工职业卫生设施·····	213
10.5.2	煤化工个人防护用品·····	214
思考题	·····	216

参考文献 / 217

第1章

绪 论

1.1 煤炭资源

煤是地球上能得到的最丰富的化石燃料，目前全世界已探明可采煤炭储量共计15980亿吨，最大可能储量10.6万亿吨，美国、俄罗斯、中国是煤炭储量比较丰富的国家，也是世界上主要产煤国，其中中国是世界上煤产量最高的国家。中国的煤炭资源在世界居于前三位，仅次于美国和俄罗斯。美国煤炭储量占全世界煤炭储量的27.1%；俄罗斯煤炭储量占17.3%；中国煤炭储量占12.6%。我国是煤炭资源丰富的国家之一，煤炭储存量远大于石油和天然气。根据有关数据统计，到2008年为止，中国完成第三次煤田预测，已查明资源储量1.3万亿吨。中国煤炭资源丰富，品种齐全、分布广泛。全国大部分省市自治区都有煤炭资源，但区域分布不均衡。总体特征是北多南少，西多东少，内蒙古、山西和西北地区最富集。从煤炭种类及分布情况看，褐煤保有资源占5.74%，主要分布在内蒙古东部、黑龙江东部、云南；低变质烟煤（长焰煤、不黏煤、弱黏煤）占51.23%，主要分布于新疆、陕西、内蒙古、宁夏；中变质烟煤（气煤、肥煤、焦煤和瘦煤）资源量占28.71%，主要分布于华北地区；高变质煤资源量占14.31%，主要分布于山西、贵州和四川南部。2011年2月28日，国家统计局发布《2010年国民经济和社会发展统计公报》，公报数据显示，2010年全国原煤产量完成32.4亿吨，同比增长8.9%；煤炭开采及洗选业完成固定资产投资3770亿元，同比增长23.3%；煤炭出口量完成1903万吨，同比下降15%，出口金额为23亿美元，下降5.2%；煤炭进口量完成16478万吨，同比增长30.9%，进口金额169亿美元，增长60.1%。初步核算，全年能源消费总量为32.5亿吨标准煤，比上年增长5.9%。煤炭消费量增长5.3%；原油消费量增长12.9%；天然气消费量增长18.2%；电力消费量增长13.1%。全国万元国内生产总值能耗下降4.01%。我国煤炭采储量和产量均居世界前列，目前中国煤炭产量占世界的42.5%，煤炭消费总量占世界的42.6%，是世界第一大产煤国和煤炭消费国。

在我国的能源结构中,过去和现在都是以煤为主,据有关数据统计,20 世纪末我国的能源构成比例为:煤炭 76.2%,石油 16.8%,天然气 2.5%,水电 4.5%。近年能源结构稍有变化:煤炭 70.4%,石油 19.8%,天然气 3.3%,水电 5.9%,核电 0.6%。在电力结构中,火电约占 77%,水电约占 20%,其他约占 3%。随着化石能源高效洁净利用和可再生能源开发,煤炭在能源结构中的比例将会进一步改善。

1.2 煤化工发展

煤化工主要是指以煤为原料经过化学加工,使煤转化为气体、液体和固体燃料及化学品的过程,包括煤的高温干馏、煤的低温干馏、煤的气化、煤的液化、煤制化学品及其他煤加工制品。

煤的加工业始于 18 世纪后半叶,至 18 世纪中叶,由于工业革命的进展,炼铁用焦炭的需要量大增,炼焦化学工业应运而生。到了 18 世纪末,开始由煤生产民用煤气。当时用烟煤干馏法生产的干馏煤气首先用于欧洲城市的街道照明。

1840 年,由焦炭制发生炉煤气,用于炼铁。1875 年使用增热水煤气作为城市煤气。同时,建成有机化学品回收的炼焦化学厂。

20 世纪,许多有机化学品,大多数是以煤为原料进行生产,煤化工成为化学工业的重要组成部分。1925 年,我国在石家庄建成了第一座炼焦化学厂。20 世纪 20~30 年代间,煤的低温干馏发展较快,所得半焦可作为民用无烟燃料,而低温干馏焦油进一步加氢生产液体燃料。1934 年,在上海建成立式炉和增热水煤气炉的煤气厂,生产城市煤气。

第二次世界大战前后,煤化工得到了迅速的发展,主要是以煤制液体燃料。当时研究开发技术力量比较好的国家是德国,之后煤制液体燃料应用比较成功的国家是南非。在第二次世界大战的前期和战期,德国为了战争,开展了由煤制液体燃料的研究和工业生产。1913 年,柏吉斯(Bergius)成功地由煤直接液化制取液体燃料,为此柏吉斯 1931 年获得了诺贝尔化学奖;1939 年,这种用煤高压加氢液化所制的液体燃料年产量达 110 万吨;1923 年,德国科学家 Fischer 和 Tropsch 发明了由 CO 加氢合成液体燃料的费托(Fischer-Tropsch)合成法,称为煤间接液化法,1933 年实现工业化生产,1938 年产量达 59 万吨;同时,德国还建立了大型的低温干馏工厂,所得半焦用于造气,经过费托合成制取液体燃料。所得低温干馏焦油经过简单处理,用作海军船用燃料,或经过高压加氢制取汽油或柴油,第二次世界大战末期,德国用加氢液化法由煤及焦油生产的液体燃料总量达到 94.5 万吨。与此同时,还从煤焦油中提取各种芳烃及杂环有机化学品,作为染料、炸药等的原料。

南非由于所处的特殊地理和政治环境以及资源条件,以煤为原料合成液体燃料的工业一直连续地发展。1955 年建成萨索尔一厂(Sasol-I);1982 年又相继建成二厂和三厂,这两个厂的人造石油年产量为 160 万吨。

第二次世界大战后,煤化工的发展受到石油化工的很大冲击。由于廉价石油、天然气的大量开采,除了炼焦随着钢铁工业的发展而不断发展外,工业上大规模地由煤制液体燃料的生产暂时中断,煤在世界能源结构中的比例由约 67%降到 26%,代之兴起的是以石油和天然气为原料的石油化工。

1973年,煤化工的发展又有了转机。由于中东战争以及随之而来的石油大涨价,使以煤生产液体燃料及化学品的办法又受到重视,欧美等国家加强了煤化工的研究开发工作,并取得了进展。如成功地开发了多种直接液化的方法和由合成气制甲醇,再由甲醇转化制汽油的工业生产技术。

20世纪80年代后期,煤化工有了新的进展,成功地由煤制成醋酐,即先由煤气化制合成气,再合成醋酸甲酯,进一步进行碳化反应制得醋酐。此为在这段时间内以煤制化学品的一个最成功的范例。

在煤液化方面我国从20世纪50年代初即开始进行煤炭间接液化技术的研究,曾在锦州进行过煤间接液化试验,后因发现大庆油田而中止。由于70年代的两次石油危机,以及“富煤少油”的能源结构带来的一系列问题,我国自80年代又恢复对煤间接液化合成油技术的研究,由中国科学院山西煤炭化学研究所组织实施。早在“七五”期间,中国科学院山西煤炭化学研究所的煤基合成油技术就被列为国家重点科技攻关项目,2002年建成煤间接液化1000吨/年合成油品开发装置,经多次运行取得成功。2004年中国兖矿集团建成10000吨/年煤间接液化装置并投入了运行试验,另外,从20世纪90年代初开始研究用于合成柴油的钴基催化剂技术也正处在试验阶段。

近年来,煤制油项目在中国方兴未艾。在煤直接液化方面目前中国神华集团也已做了有益的尝试。神华集团煤直接液化项目总建设规模为年产油品500万吨,分两期建设,其中一期工程由三条生产线组成,包括煤液化、煤制氢、溶剂加氢、加氢改制、催化剂制备等14套主要生产装置。一期工程总投资245亿元,工程全部建成投产后,每年用煤量970万吨,可生产各种油品320万吨,其中汽油50万吨,柴油215万吨,液化气31万吨,苯、混合二甲苯等24万吨。由于中国对能源的需求不断增加,神华集团将用15年左右的时间,建立以煤为原料的煤液化和煤化工新产业,形成年产千万吨级油化产品的能力。中国神华集团从2005年开始筹建鄂尔多斯煤直接液化制油装置,到2008年12月31日,打通全流程,生产出合格油品和化工产品,标志着神华煤直接液化示范工程取得了突破性进展。

2006年中国科学院山西煤炭化学研究所(简称山西煤化所)与内蒙古伊泰集团合作,在内蒙古鄂尔多斯境内采用山西煤化所自主研发的国产技术(包括催化剂等关键核心技术),建立16万吨/年煤间接制油项目,2009年3月建成投产,开车累计1248小时,产油10000吨。随后,山西煤化所建设的山西潞安16万吨/年煤制油中试装置于2009年7月7日投料一次开车成功,运行2520小时产油6000吨。这两个项目的成功标志着山西煤化所间接液化示范工程取得了突破性进展,具有国际先进水平和自主知识产权的煤间接液化技术在我国已经进入工业化试运营阶段。

目前,全球乙烯年产量已达13000万吨,年增长4%~5%,全部由石油路线裂解而来。煤制甲醇技术成熟,如果能够研究开发出一套先进的甲醇制烯烃技术,就会开辟由煤制烯烃的革命。甲醇制烯烃(Methanol to Olefins,简称MTO)技术研究历史已经有30多年,国际上,20世纪80年代Mobil公司在研究(Methanol to Gasoline,简称MTG)时,发现改变工艺条件,可以转化为MTO生产路线。1992年美国环球石油公司(UOP)和挪威海德鲁公司(Hydro)开始联合开发MTO工艺,对催化剂的制备、性能试验和再生以及反应条件对产品分布的影响、能量利用、工程化等问题进行了深入研究。此后,应用所研究的MTO技术在挪威建立了小型工业演示

装置。1995年11月, UOP公司和Hydro公司宣布可对外转让MTO技术。

国内中国科学院大连化学物理研究所(简称大连化物所)是最早从事MTO技术研究与开发的单位之一。该所从20世纪80年代便开展了由甲醇制烯烃的工作。“六五”期间完成了实验室小试,“七五”期间完成了300吨/年(甲醇处理量)中试;采用中孔ZSM-5沸石催化剂达到了当时的国际先进水平。90年代初又在国际上首创“合成气经二甲醚制取低碳烯烃新工艺(简称SDTO法)”,被列为国家“八五”重点科技攻关课题。

2006年8月由大连化物所、中石化洛阳石化工程公司及陕西新兴煤化工科技发展有限公司共同研发的甲醇低碳烯烃(DMTO)技术取得了重大的突破,在日处理能力甲醇50吨的工业化装置上实现了接近100%的甲醇转化率,乙烯选择性为40.1%,丙烯选择性为39.0%,低碳烯烃乙烯、丙烯、丁烯选择性超过90%,技术处国际领先水平。2010年9月中国神华集团采用中科院大连化物所甲醇制低碳烯烃(DMTO)技术,在内蒙古自治区包头市建设世界首套、全球最大的60万吨/年煤制烯烃项目,成功投产。这标志着我国已经掌握具有自主知识产权的煤制烯烃技术中的关键技术甲醇制低碳烯烃(DMTO)技术,其产业化和商业化已取得圆满成功。2011年01月神华包头煤制烯烃工厂开始商业化生产。

丙烯是仅次于乙烯的重要有机化工原料,目前世界上从事甲醇制丙烯(Methanol to propylene,简称MTP)技术开发的公司主要是德国鲁奇(Lurgi)公司。2002年1月,鲁奇公司在挪威建设了一套MTP中试装置。随后,鲁奇公司与中国大唐国际集团签订了技术转让协议,在内蒙古多伦县以内蒙古丰富的褐煤为原料,建设一个年产46万吨煤制烯烃项目。2010年11月大唐多伦项目气化炉一次点火成功,目前该项目的各主要工艺流程大部分已打通,个别关键环节正在调试之中,实现全流程打通并正式投入生产指日可待。

煤制乙二醇是近年来另一个新兴的煤化工产业。以煤为原料制备乙二醇,目前主要有三条工艺路线,以煤气化制取合成气($\text{CO} + \text{H}_2$),再由合成气一步直接合成乙二醇,称之为直接法。另外,以煤气化制取合成气,CO催化偶联合成草酸酯,再加氢生成乙二醇,此法称为合成气间接法合成乙二醇,此法是近来被公认为较好的一种乙二醇合成路线。国际上,美国UOP公司、日本宇部兴产和美国联碳公司等都对此法进行了大量研究,并先后发表了一些专利,但尚未见到万吨级生产建厂的报道。我国从20世纪80年代初开始,中国科学院福建物质结构研究所、西南化工研究院、天津大学、中科院成都有机所、浙江大学、华东理工大学、南开大学等单位均开展了这方面的研究。其中,中国科学院福建物质结构研究所成绩显著,他们从1982年开始,进行小试研究,取得了显著成绩。2005~2006年中国科学院福建物质结构研究所与上海金煤化工新技术有限公司合作,完成了100吨/年加氢生产乙二醇中试。2007年8月,在内蒙古自治区通辽市启动了首期20万吨工业示范的乙二醇项目,2009年12月试车成功,生产出合格的乙二醇产品。随后,通过对原有设计进行调整,使整套装置具备联产10万吨/年草酸的能力,经过联动试车,于2010年5月试产出合格的草酸产品。2011年11月,该装置日产量突破400吨,负荷率达到80%,这是世界上第一个以褐煤生产乙二醇的工业化装置。

煤制天然气是现代煤化工的另一个发展领域。2009年8月,大唐国际发电股份有限公司内蒙古煤制天然气项目获批,是全国第一个大型煤制天然气示范工程,该项