

Chemical Technology and Materials of Biomass

生物质化工 与生物质材料

黄进 夏涛 郑化 主编



化学工业出版社



生物质化工

● 生物质材料

— — — — —



生物质化工与生物质材料

黄 进 夏 涛 郑 化 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书介绍了生物质化工技术及其在能源、制氢和炼制化合物中的应用,同时还介绍了生物合成聚合物、生物质小分子化合物制备聚合物、生物质高分子及这些聚合物在材料领域中的应用。

本书收集了大量具有创新思想和科学价值的实例,以指导读者更有效地从事生物质化工与生物质材料的基础研究和应用开发。

本书编写时参考了千余篇相关文献,内容丰富、新颖,是一本全面、深入的生物质化工与生物质材料的教学用书,适合生物质化工技术、生物质能源以及生物质材料与工程等相关专业或相关行业的本科生、研究生、教师、科技人员及企业管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

生物质化工与生物质材料/黄进,夏涛,郑化主编.
北京:化学工业出版社,2009.7

ISBN 978-7-122-05566-8

I. 生… II. ①黄…②夏…③郑… III. ①生物工程:化学工程②生物材料 IV. Q81 TQ02

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第071506号

责任编辑:徐雅妮 何丽

文字编辑:张春娥

责任校对:王素芹

装帧设计:杨北

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:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张22¼ 字数547千字 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: 39.00 元

版权所有 违者必究

《生物质化工与生物质材料》编写人员

- 主 编 黄 进 夏 涛 郑 化
- 参编人员 黄 进 武汉理工大学 化学工程学院
夏 涛 武汉理工大学 化学工程学院
郑 化 武汉理工大学 化学工程学院
李陵岚 湖北大学 化学化工学院
卢永上 美国 Iowa 州立大学 化学系
余家会 华东师范大学 新药创制先进技术研究院
熊 雄 武汉理工大学 化学工程学院
刘海清 福建师范大学 化学与材料学院
周金平 武汉大学 化学与分子科学学院
曹晓东 美国 North Carolina 州立大学 木材与造纸科学系
陈 云 武汉大学 基础医学院
伍强贤 华中师范大学 化学系
林 宁 武汉理工大学 化学工程学院
范红蕾 武汉理工大学 化学工程学院
陈广军 武汉理工大学 化学工程学院
何广华 武汉理工大学 化学工程学院

前 言

人类利用生物质化工技术和生物质材料已有几千年的历史，但由于以石油与煤等化石资源为原料而发展起来的新型能源与化工材料更大地促进了文明和经济的发展，使得生物质资源的利用被逐渐淡化。目前，化石资源的日渐枯竭使得化工材料的发展面临严重危机，同时石油化工材料的不可生物降解性严重污染了我们的生存环境。因此，基于生物质资源的化工、能源和材料方面的研究受到各国政府和科研机构的高度重视。

为适应生物质化工与材料科学和技术的发展，该领域的工作者要对生物质化工与材料的基本概念、基本理论、实验方法以及应用前景和发展方向有足够的了解和认识。同时，为了培养从事生物质化工与生物质材料研究的高科技人才，也亟需一本全面系统介绍生物质化工技术、生物质能源、生物质材料及其应用的书籍。纵观近年来有关生物质化工和材料方面的教材及专著，都是在某一方面进行专论，没有一本从整体上涵盖生物质化工和材料的全部研究领域，缺乏全面性、系统性。另外，亦普遍缺乏新颖性和普及性。为此，武汉理工大学、湖北大学、武汉大学、福建师范大学、华东师范大学、华中师范大学以及国外高校长期从事生物质化工和生物质材料研究的年青学者、教师以及研究生共同编写了《生物质化工与生物质材料》一书。

本书编写分工为：第1章黄进、夏涛、郑化；第2章李陵岚、夏涛；第3章夏涛、李陵岚；第4章夏涛；第5章夏涛、郑化；第6章熊雄；第7章余家会、黄进、范红蕾；第8章周金平、刘海清、曹晓东、郑化、何广华；第9章黄进、郑化；第10章黄进、陈云、陈广军、伍强贤；第11章卢永上；第12章黄进、刘海清、林宁。

本书以创新的方式将生物质化工和生物质材料的大多数研究领域融合在一起，用简明的语言、辅以数据和图表阐明该领域的基础知识和相关技术，并列举了大量的最新研究成果作为实例帮助读者理解、记忆和正确运用这些基础知识和相关技术。

编者衷心希望该书能促进广大学生对生物质化工与生物质材料的学习和理解，为我国与生物质相关的科学与技术的发展做出贡献。

学海无涯，编者才疏学浅，编写内容难免有疏漏与不足之处，望读者斧正。

编者

2009年2月于武汉

目 录

第 1 章 生物质化工及材料概述	1
1.1 生物质化工技术及发展趋势	2
1.1.1 生物质化工概述	2
1.1.2 生物质化工技术的现状	3
1.1.3 生物质绿色化工技术	4
1.1.4 生物质化工的发展方向	6
1.2 生物质材料及发展趋势	6
1.2.1 生物质材料的定义	6
1.2.2 生物质材料的特征	7
1.2.3 生物质材料的应用	8
1.2.4 生物质材料的发展方向	9
参考文献.....	9
第 2 章 生物质化工技术	12
2.1 生物质直接燃烧技术.....	12
2.1.1 生物质直接燃烧技术的特点.....	13
2.1.2 直接燃烧技术.....	13
2.1.3 生物质与煤混合燃烧技术.....	15
2.1.4 生物质直接燃烧技术存在的问题.....	16
2.2 生物质热解技术.....	16
2.2.1 生物质热解机理.....	17
2.2.2 生物质热解的动力学.....	18
2.2.3 生物质热解影响因素.....	21
2.2.4 生物质热解工艺类型.....	23
2.2.5 生物质快速热解技术及研究开发现状.....	24
2.2.6 生物质热解技术产业化需解决的问题.....	27
2.3 生物质液化技术.....	27
2.3.1 生物质液化技术类型.....	27
2.3.2 生物质快速热解液化.....	28
2.3.3 生物质高压液化.....	31
2.3.4 生物质与煤共液化研究.....	36
2.4 生物质气化技术.....	37
2.4.1 生物质气化技术的发展.....	37
2.4.2 生物质气化原理.....	37

2.4.3	生物质气化工艺及设备	38
2.4.4	生物质气化的影响因素	45
2.4.5	生物质气化燃气的净化	47
	参考文献	49
第3章	生物质制氢及相关技术	53
3.1	生物质热化学制氢技术	54
3.1.1	热化学制氢技术类型	54
3.1.2	生物质气化制氢	55
3.1.3	生物质热裂解制氢	60
3.1.4	生物质热解油重整制氢	60
3.1.5	生物质热化学制氢的影响因素	61
3.1.6	生物质制氢技术经济可行性分析	62
3.2	超临界水中生物质气化制氢技术	62
3.2.1	制氢机理	63
3.2.2	制氢反应动力学	64
3.2.3	超临界水中生物质制氢的影响因素	65
3.2.4	制氢工艺与主要设备	67
3.3	光催化重整生物质制氢技术	69
3.3.1	光催化重整生物质制氢	69
3.3.2	光催化重整乙醇制氢	70
3.3.3	光催化重整甲醇制氢	72
3.4	生物质乙醇水蒸气重整制氢技术	73
3.4.1	乙醇水蒸气重整反应的途径	74
3.4.2	乙醇水蒸气催化重整制氢反应热力学	76
3.4.3	乙醇水蒸气重整制氢反应动力学	76
3.4.4	乙醇水蒸气重整制氢反应催化剂	77
	参考文献	80
第4章	生物质新能源的制备	82
4.1	燃料乙醇的生产技术	82
4.1.1	燃料乙醇的发展与应用	83
4.1.2	燃料乙醇生产的主要方法	84
4.1.3	生物质水解制取燃料乙醇技术	85
4.2	燃料甲醇的生产技术	92
4.2.1	生物质合成甲醇国内外研究现状	92
4.2.2	生物质合成燃料甲醇技术	93
4.2.3	生物质气化甲醇合成系统	95
4.2.4	生物质气化甲醇合成工艺	100
4.3	生物柴油的制备工艺	102

4.3.1	生物柴油的优缺点	103
4.3.2	生物柴油的生产方法	104
4.3.3	生物柴油在国内外的的发展状况	111
4.4	生物油	112
4.4.1	生物油的化学组成	112
4.4.2	生物油的生产与精制	113
4.4.3	生物油的应用	115
	参考文献	115
第5章	生物质制备平台化合物	117
5.1	生物质甘油制备1,3-丙二醇	117
5.1.1	1,3-丙二醇的合成方法	117
5.1.2	甘油化学法转化为1,3-丙二醇	119
5.2	生物质制备糠醛	120
5.2.1	糠醛的生产技术	120
5.2.2	糠醛制备的影响因素	122
5.3	生物质制备新型平台化合物乙酰丙酸	123
5.3.1	乙酰丙酸的制备方法	124
5.3.2	生物质水解生成乙酰丙酸的机理	128
5.3.3	生物质水解生成乙酰丙酸的反应动力学	130
5.3.4	乙酰丙酸的提取方法	130
	参考文献	131
第6章	生物合成聚合物及应用	133
6.1	生物合成聚合物的种类和性质	133
6.1.1	聚羟基脂肪酸酯	134
6.1.2	聚氨基酸类聚合物	137
6.2	聚羟基脂肪酸酯的生物合成	139
6.2.1	合成聚羟基脂肪酸酯的微生物	139
6.2.2	生物代谢及合成途径	140
6.2.3	生物合成中主要的酶类及相关基因	142
6.2.4	基因工程改造	144
6.3	聚氨基酸聚合物的生物合成	146
6.3.1	聚谷氨酸的生物合成	146
6.3.2	聚赖氨酸的生物合成	148
6.3.3	蓝细菌肽的生物合成	149
6.4	生物合成聚合物的应用	150
6.4.1	聚羟基脂肪酸酯的应用	150
6.4.2	聚氨基酸类聚合物的应用	151
6.5	结论及展望	154

参考文献	155
第 7 章 聚乳酸合成工艺及应用	157
7.1 聚乳酸的合成工艺	157
7.1.1 乳酸的缩聚	157
7.1.2 丙交酯的合成和开环聚合	160
7.1.3 聚乳酸的扩链	162
7.2 聚乳酸的物理性质和性能	163
7.2.1 聚乳酸的物理性质	163
7.2.2 聚乳酸的使用性能	164
7.2.3 聚乳酸的可生物降解性能	167
7.3 聚乳酸材料的改性	168
7.3.1 聚乳酸的共聚改性	168
7.3.2 聚乳酸的共混改性	169
7.3.3 聚乳酸的纳米复合改性	172
7.4 聚乳酸的成型加工	176
7.4.1 聚乳酸的注射成型	176
7.4.2 聚乳酸的注射-拉伸-吹塑成型	177
7.4.3 聚乳酸的挤出成型	178
7.4.4 聚乳酸的挤出-拉伸-成膜	179
7.4.5 聚乳酸的热成型	181
7.5 聚乳酸的应用	181
7.5.1 聚乳酸降解塑料	181
7.5.2 聚乳酸纤维	183
7.5.3 聚乳酸生物医用材料	184
7.6 结论及展望	185
参考文献	186
第 8 章 天然聚多糖及材料	189
8.1 纤维素及材料	189
8.1.1 纤维素的结构和性质	189
8.1.2 纤维素的化学修饰	193
8.1.3 再生纤维素材料	198
8.2 纤维素纤维及复合材料	203
8.2.1 纤维素纤维的种类及性质	203
8.2.2 纤维素纤维的表面处理	205
8.2.3 天然纤维素纤维增强复合材料	207
8.2.4 纤维素纳米纤维及其复合材料	209
8.3 甲壳素和壳聚糖及材料	213
8.3.1 甲壳素和壳聚糖的结构	213

8.3.2	甲壳素和壳聚糖的化学改性	214
8.3.3	甲壳素、壳聚糖及其衍生物的应用	219
8.4	淀粉及材料	222
8.4.1	淀粉的结构和性质	223
8.4.2	淀粉的化学改性	225
8.4.3	淀粉材料及淀粉复合材料	229
8.5	结论及展望	234
	参考文献	235
第9章	木质素及材料	243
9.1	木质素的结构与性质	243
9.1.1	木质素的多级结构	243
9.1.2	木质素的物理性质	245
9.1.3	木质素的降解性	246
9.1.4	木质素的官能团及衍生化	246
9.1.5	木质素的接枝共聚	247
9.2	木质素复合材料	248
9.2.1	木质素酚醛树脂	248
9.2.2	木质素聚氨酯	249
9.2.3	木质素填充改性橡胶	250
9.2.4	木质素共混改性聚烯烃	251
9.2.5	木质素/天然高分子复合材料	252
9.2.6	其他木质素复合材料	253
9.3	木质素及材料的应用	255
9.3.1	木质素材料用作工程塑料	255
9.3.2	木质素材料用作泡沫和薄膜材料	256
9.3.3	木质素材料用作胶黏剂	256
9.3.4	木质素及其衍生物用作絮凝剂	258
9.3.5	木质素及其衍生物的其他用途	259
9.4	结论及展望	260
	参考文献	261
第10章	天然蛋白质及材料	265
10.1	常见的天然蛋白质	265
10.1.1	大豆蛋白质	265
10.1.2	玉米蛋白质	266
10.1.3	小麦蛋白质	267
10.1.4	胶原蛋白和明胶	267
10.1.5	酪蛋白质	268
10.2	蛋白质的物理和化学性质	268

10.2.1	蛋白质的物理性质	268
10.2.2	蛋白质的化学反应	270
10.2.3	蛋白质的接枝共聚	272
10.3	天然蛋白质材料	273
10.3.1	增塑和变性蛋白质材料	274
10.3.2	交联改性蛋白质材料	275
10.3.3	蛋白质共混材料	277
10.3.4	纳米复合蛋白质材料	279
10.4	蛋白质材料的应用	281
10.4.1	蛋白质降解材料和可食性薄膜	281
10.4.2	蛋白质纤维和纳米纤维	282
10.4.3	蛋白质胶黏剂	284
10.4.4	蛋白质生物材料	287
10.5	结论及展望	289
	参考文献	291
第 11 章	天然植物油及材料	295
11.1	天然油脂的结构及组成	295
11.2	植物油的直接聚合及材料	297
11.2.1	植物油-乙烯基单体共聚塑料	298
11.2.2	蓖麻油基聚氨酯及互穿网络材料	300
11.3	植物油化学改性及材料	302
11.3.1	聚酯	302
11.3.2	聚氨酯	305
11.3.3	丙烯酸/马来酸酐改性植物油-乙烯基单体共聚塑料	308
11.3.4	环氧树脂	309
11.3.5	聚酰胺和聚酯酰胺	310
11.3.6	聚多酚	311
11.4	植物油复合材料及纳米复合材料	312
11.5	结论及展望	314
	参考文献	314
第 12 章	生物质纳米粒及应用	318
12.1	生物质纳米粒的种类和性质	318
12.1.1	纤维素纳米晶	319
12.1.2	甲壳素晶须	322
12.1.3	淀粉纳米晶	322
12.1.4	木质素超分子聚集体	322
12.2	生物质纳米粒的修饰	323
12.2.1	生物质纳米粒的化学反应修饰	324

12.2.2	生物质纳米粒的聚合物接枝修饰·····	327
12.3	生物质纳米粒的应用·····	331
12.3.1	生物质纳米粒改性材料的方法和机理·····	331
12.3.2	生物质纳米粒改性聚合物材料·····	332
12.3.3	生物质纳米粒应用于功能材料·····	336
12.4	结论及展望·····	338
12.4.1	新的改性方法与结构设计·····	339
12.4.2	应用拓展·····	340
	参考文献·····	340

第 1 章 生物质化工及材料概述

现代化学工业已成为社会文明和经济发展的重要基础之一。由于当前的化学工业大多是建立在石油、煤和天然气等化石资源的基础之上，具有明显的资源依赖性，而化石资源的储量有限，化石资源的大量消耗使得化学工业的发展面临严重危机。同时，依赖于化石资源开发的合成高分子材料，虽然极大地促进了人类文明的发展，但是其不可生物降解特性使得由它们生产的众多化学成品在使用后成为环境污染的重要来源之一。由此可见，从石油和煤炭离开地表，它们对其他资源的消耗和对环境的副作用就已经开始了。在石油和煤炭的开采、加工到最后转变成高分子材料的过程中，需要消耗大量的能源，我国原油开采加工过程的能耗（包括能耗和损耗）约为原油能值的 10%，同时还产生大量的环境污染物质，诸如粉尘、废气、废液、废物（包括废弃高分子材料本身）等。为了保持化学工业的可持续发展，资源与环境方面的压力迫使人们寻找能够替代化石资源的新型资源，而该种资源的一个重要特性应该是可再生的。目前，生物质资源被认为是替代化石资源的最佳选择^[1]。

木材、秸秆、竹材、淀粉、纤维素、木质素、蛋白质、甲壳素、植物油等生物质资源是由植物的光合作用、动物和微生物对自然资源的友好耗用形成的，不消耗石油、煤和天然气等石化资源，对环境的副作用小，通过植物的生长还能消耗大量的二氧化碳、矿石燃料及其他材料加工的副产物，实现环境净化。而且，这些生物质资源具有资源丰富、可再生等特点，废弃后容易被自然界微生物降解为水、二氧化碳和其他小分子，这些小分子产物又进入自然界循环，符合环境友好材料的要求。利用化工技术和材料成型加工技术可将生物质资源在化学品、能源、燃料以及材料等方面进行循环利用，如图 1.1 所示。因此，生物质资源是未来可代替石油、煤和天然气等化石资源，并支撑人类可持续发展的一种重要材料资源。虽然世界每年约产生 170 亿吨干生物量，但可利用量仅为 1300 万吨，不足总量的 1%。由于

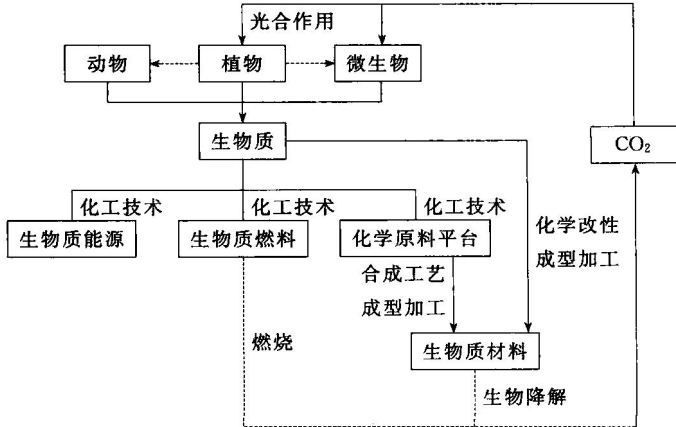


图 1.1 生物质资源在能源、燃料以及材料等方面的循环利用以及化工技术和材料成型加工技术在过程中的作用

石油、煤炭等储量有限的化石资源的不断消耗,其供需矛盾也日趋紧张,以及全球环境保护法规的压力日益增强,为生物质化工和材料的发展和利用提供了一个良好机遇。

美国国会于2000年6月通过了《生物质研究开发法案》,开展了利用生物质获得燃料、动力、化学品和原料的各项相关研究。计划将生物质化学品和原料从2001年的125亿磅^①(占现有美国化学品总量的5%),增加到2010年的12%、2030年的25%。2002年又提出了《生物质技术路线图》,计划2020年生物质能源和生物质基产品较2000年增加20倍,达到每年减少碳排放量1亿吨和增加农民收入200亿美元的宏大目标。欧盟则在1997年发表白皮书《能源的未来:可再生能源》,计划将再生能源占总能源的比例到2010年提高到2倍,其中重点是发展生物质能,将增加达3倍,届时生物质能产量将达到1.35亿吨油的能产量。此后又在2002年发表了绿皮书《欧洲能源供应安全战略》,计划欧盟的生物燃料比例到2020年占汽车燃料的20%。日本于2002年通过了《日本生物质综合战略》,资源作物作为能源和产品的原料将得到灵活利用。具体要求为:用碳素量换算为废弃物类生物质80%以上可利用,未利用生物质25%以上可利用;资源作为碳素量换算可利用量为10万吨。我国政府也积极鼓励发展生物质资源的利用,并于2005年发布了《国家发展改革委办公厅关于组织实施生物工程高新技术产业化专项通知》,以贯彻落实我国能源发展战略和能源结构调整目标要求,推动我国生物质能源、生物质材料和生物质产业的技术创新和产业创新,促进我国国民经济和社会的可持续发展。在2006~2007年期间,实施生物质工程高新技术产业化专项,促使非粮原料生物质能源和生物质材料实现10万吨以上。由此可见,利用生物质资源开发能源和材料是全世界各国的迫切需要,具有深远的人类社会可持续发展意义^[2~4]。

1.1 生物质化工技术及发展趋势^[5]

人类利用生物质化工技术已有几千年的历史,中国造纸术和古埃及木炭制造术等都是生物质利用的成功实例^[6]。但是,在发现石油与煤等化石资源后,以其为原材料而发展起来的新型能源与化工大大促进了文明和经济的发展,同时也使得生物质的利用被逐渐淡化。1973年的第一次全球石油危机使得生物质原材料的研究获得了足够的重视。最初的研究主要集中于利用生物质获得能量,如热、电或燃料如乙醇等^[7~9]。随着其他相关学科和技术的快速发展,生物质利用的研究也向多方面发展,其中一个重要的方向就是建立以生物质为原材料的新型化学工业,以期将来替代现在的石油化工、煤化工和天然气化工等。目前,生物质的转化主要采用的是热化学转化法^[10,11]和生物转化法。前者先将生物质通过热化学转化制备得到一氧化碳、氢气、小分子烃或生物质油等物质,并以这些物质为原料进一步合成各种有机化合物;后者则是通过微生物或酶先把蔗糖、淀粉、纤维素及半纤维素等转化为单糖,再通过化学及生物技术转化为高附加值的化学品及聚合物^[6]。

1.1.1 生物质化工概述

以生物质资源为原材料发展起来的化学化工通常称为生物质化学化工。在石油化工中,通过将石油进行转化和精炼,能生产得到各种燃料、溶剂、大宗化学品、纤维、塑料、精细

① 1磅(1b)≈0.45千克(kg)。

化学品等。与此相类似,要使生物质转化为各种化学品也需要复杂的化工过程,此即生物质精炼。通过生物质精炼同样可以得到与石油精炼基本一致的各种化学品,如图 1.2 所示^[12]。

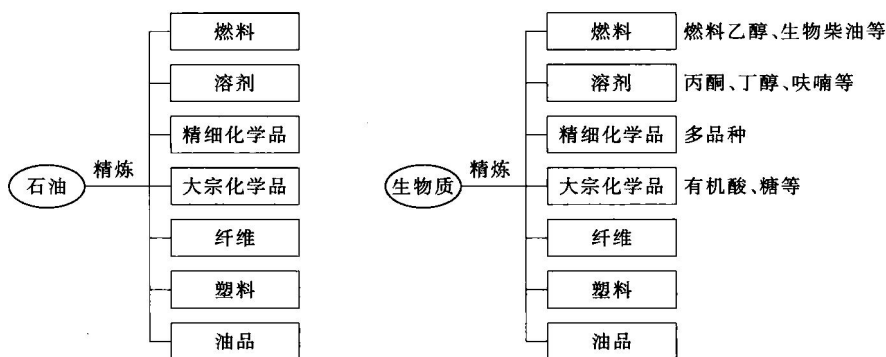


图 1.2 石油化工与生物质化工

因此,由石油、煤及天然气等化学化工发展积累起来的知识对生物质化学化工的发展具有重要的参考价值。并且,由于生物质的化学组成与石油的组成存在较大的差异,使得人们无法直接照搬石油化学化工成熟的工艺路线,必须寻找适合于生物质高效转化的新的工艺路线。并且,生物质化工技术与石油化工技术之间也存在重要的差别。与石油化工不同的是,目前生物质的转化方法还较多地依赖于生物技术(如发酵等),相对而言效率还比较低。热化学转化的方法及由此发展起来的合成路线及技术将是生物质转化利用的一个重要研究方向。例如,生物质首先经热裂解得到生物质油,而后以其作为类似石油的原材料,这样经过精炼工艺就能够得到各种化合物。但目前这个路线还需要深入研究,以使其构成完整的体系^[6]。

1.1.2 生物质化工技术的现状

生物质化学工业近几十年来在世界范围内发展迅速,特别是热化学转化技术已大量成功地应用于工业生产。生物质热化学过程通常可分为直接液化、热解和气化等^[13~15]。生物质直接液化是原材料大分子在合适催化剂的作用下分解成小分子化合物,同时由于这些小分子是不稳定和具有反应活性的,它们可重新聚合成具有合适相对分子质量的油类化合物;生物质热解时,通常不需要催化剂,经分解的组分可以通过气相中的均匀反应转化成油类化合物;生物质气化是利用含氧物质作气化剂,将固体燃料中的碳氧化生成可燃气体的过程。以生物质热化学技术制备燃料和化学品的过程如图 1.3 所示^[16]。生物质通过热化学转化过程可以得到大量的可燃性气体,如甲烷、一氧化碳、氢气及烯烃等。如果对转化条件进行控制,如生物质的定向转化,则可以得到组成主要是一氧化碳与氢气的合成气,合成气在一定的反应条件下可以转化为甲醇、二甲醚等^[17]。甲醇是一类非常重要的化工原材料,它既可作为燃料直接燃烧,也可作为基本化学原料来合成其他化合物,如表面活性剂、酯、醚、醛、酸、醇及聚合物等。

另外一条由生物质合成化学品及燃料的途径是先把生物质通过热解或液化得到生物质油,而后以生物质油为原材料进行分离或转化,合成各种化学品及燃料^[6]。Koehler 等^[18]报道了从生物质油中如何制备氧化芳香族化合物;Czernik 等^[19]则系统阐述了生物质油的综合利用等问题。通过采用不同的分离及转化过程,可以从生物质油中得到众多的化学品。由

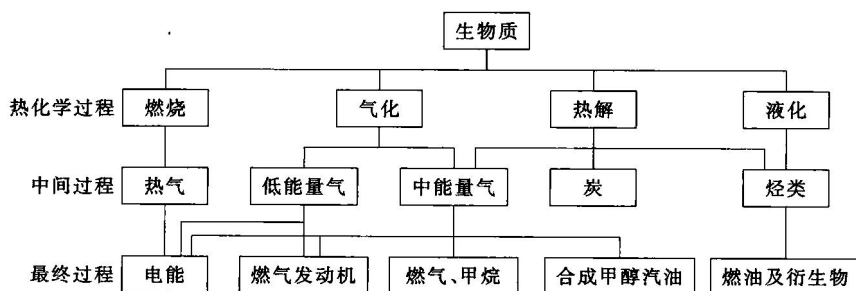


图 1.3 以生物质热化学技术制备燃料和化学品

生物质制取氢气是另外一个非常重要的研究方向，生物质制取氢气的方法同样分为生物法和热化学法，利用生物质的气化制备以氢气为主要产气的研究目前仍是一个重要方向。以生物质制氢为基础，可以发展生物碳基肥料，主要产物为碳酸氢铵与尿素^[20~22]。

生物质转化的另外一个重要途径是化学水解，水解的初级产物主要为木质素及糖类，而后它们再进一步发生化学转化，可以得到各式各样的有机化合物^[23~25]。生物质的组成中，纤维素占了很大的比例。纤维素是由葡萄糖单元按 β -1,4连接形成的大分子链。通过水解可以得到葡萄糖，葡萄糖经化学转化可得到乙酰丙酸。乙酰丙酸是一类重要的新型平台化合物，以其为原材料通过不同的反应可以得到多种有机化合物。同样，葡萄糖也可以作为化工原材料，通过相应的化学反应得到醇、酸、酮化合物，而后再转化得到更高级的酸、酯、烯烃及聚合物^[6,26,27]。

生物质能源化的研究是开发生物质的一个非常重要的研究课题^[28,29]，除了利用热化学法及生物技术把生物质转化为可燃性气体及醇类燃料外，还可以把生物质气化与发电进行结合^[30]。此外，生物质气化气还可以用来作为燃料电池的原材料进行燃料电池发电，有望更多地提高发电效率^[31]。

尽管生物质化工技术的研究取得了较大的进展，但是在生物质炼制的产业化进程中，还有一系列问题有待解决，例如生物燃料工业化生产原料的筛选、生物质液态转化、活性物质的提取和分离、催化转化效率的提高等关键技术的开发，配套设备的研制、酶和菌种的筛选以及生产过程的绿色化等。

1.1.3 生物质绿色化工技术

由于生物质本身就是自然界循环的一个环节，因此其具有环境友好的特性。生物质可以作为典型的绿色替代原材料用于生产多种燃料，合成各种化学品，但是仅是绿色原材料还不能认定所设计的化工过程是绿色的。要实现以生物质为原材料的化学化工的绿色化，必须全面地将绿色化学的原则应用到其转化过程中去。具体地说，生物质绿色化学研究的内容应该是以生物质为绿色原材料，通过绿色化学的转化过程以制备环境友好的化学品，其中绿色化学的转化过程是非常重要的^[32~35]。

化学反应的介质问题是实现生物质改性的绿色化工技术的主要方面。纤维素是生物质的主要组成成分，其衍生物是重要的化工原材料。纤维素进行衍生化反应的第一步是纤维素在某一介质中溶解，但是由于纤维素分子链间存在大量的氢键，使得纤维素的溶解成了一个十分困难的问题。Swatloski等^[36]研究了在室温离子液体中纤维素的溶解，发现室温离子液体 $[C_4mim]Cl$ 是一个很好的溶剂，在微波的辅助下可以溶解纤维素形成浓度高达25%的清亮