

2012 年先进生物燃料示范装置现状

—国际能源署第 39 号生物质能源任务报告

(2013 年 3 月 18 日)

二〇一三年十月译*

*译者注：在 IEA 生物能源 Task 39 网站上，见到“**Status of Advanced Biofuels Demonstration Facilities in 2012**”。中粮集团岳国君总工程师组织中国国家能源生物液体燃料研发（实验）中心将报告译成中文。这是我们第一次尝试该项工作，译文中可能有一些不妥之处，敬请指正。

目 录

目 录	1
表格目录	5
插图目录	10
单位缩写	16
术 语	17
摘 要	19
1 引 言	21
2 目标与定义	24
3 先进生物燃料技术	26
3.1 木质纤维素生物质生物化学转化	26
3.2 生物炼制转化技术	31
3.3 热化学转化：气化生产生物燃料	39
3.4 化学转化	43
3.5 文献	44
4 装置名录	47
4.1 生物化学技术	47
4.2 热化学技术	53
4.3 化学技术	57
4.4 停止的项目	58
4.5 关闭的公司	60

4.6	公司名称的变更	61
4.7	技术合作	62
5	数据汇总	63
5.1	转化技术	63
5.2	项目状态	66
5.3	项目类型	68
5.4	项目规模	69
5.5	累计产能	70
6	详细描述	72
6.1	哥本哈根奥尔堡(AALBORG)大学	72
6.2	ABENGOA 生物能源公司	74
6.3	AEMETIS 公司	82
6.4	ALIPHA JET 公司	82
6.5	AMYRIS 公司	85
6.6	BETA 可再生能源公司	88
6.7	BIOGASOL 公司	92
6.8	居辛生物质发电公司 (BIOMASSEKRAFTWERK GÜSSING)	97
6.9	BioMCN 公司	100
6.10	BLUE SUGARS 公司 (原 KL 能源公司)	101
6.11	BORREGAARD 公司	106
6.12	BP 生物燃料公司	109
6.13	CHEMPOLIS 公司	110
6.14	CHEMREC 公司	112

6.15	CLARIANT 公司	116
6.16	杜邦公司	120
6.17	动力燃料公司	123
6.18	荷兰能源研究中心 (ECN)	125
6.19	ENERKEM 公司	129
6.20	FIBERIGHT 公司	139
6.21	先端可再生燃料公司	142
6.22	GÖTEBORG ENERGI 公司	143
6.23	GREASOLINE 公司	146
6.24	GTI-美国天然气工艺研究院	150
6.25	INBICON 公司 (DONG 能源公司)	156
6.26	英力士生物公司 (INEOS Bio)	159
6.27	LOGEN 公司	162
6.28	爱荷华州立大学	165
6.29	卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT)	166
6.30	新西兰朗泽技术公司 (LANZATECH)	169
6.31	LICELLA 公司	175
6.32	LIGNOL 公司	178
6.33	MASCOMA 公司	180
6.34	NETSTE 石油公司	181
6.35	日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)	186
6.36	美国国家可再生能源实验室 (NREL)	188
6.37	巴西国家石油公司 (PETROBRAS)	197

6.38	POET-DSM 先进生物燃料公司	202
6.39	PROCETHOL 2G 公司	207
6.40	昆士兰理工大学	212
6.41	三角国际研究所 (RTI)	215
6.42	瑞典酒精化工集团 (SEKAB)	218
6.43	南方研究所	221
6.44	天柏公司	224
6.45	荷兰应用科学研究组织	225
6.46	土耳其科学技术研究委员会	228
6.47	维也纳工业大学/生物能源 2020+公司	230
6.48	VIRENT 公司	232
6.49	WEYLAND 公司	235
6.50	ZEACHEM 公司	237

表格目录

表 1: 报告所列项目范围和分类	22
表 2: 采用生物化学转化途径的项目清单 (公司名称以字母顺序排序)	47
表 3: 采用热化学转化途径的项目清单 (公司名称以字母顺序排序)	53
表 4: 采用化学转化技术的项目清单 (公司名称以字母顺序排序) .	57
表 5: 关闭或停用的装置清单	58
表 6: 停止运营的公司清单	60
表 7: 改名的公司清单	61
表 8: 合作公司清单	62
表 9: 奥尔堡-位于丹麦哥本哈根和博恩霍尔姆的中试工厂	73
表 10: ABENGOA-位于美国约克的中试工厂	76
表 11: ABENGOA-位于西班牙 BABILAFUENTE 的示范工厂	78
表 12: ABENGOA-位于法国 ARANCE 的示范工厂	79
表 13: ABENGOA-位于美国雨果顿 (HUGOTON) 的商业化装置	80
表 14: AEMETIS-美国比尤特中试工厂	82
表 15: ALIPHAJET-美国旧金山的中试工厂	84
表 16: AMYRIS-巴西坎皮纳斯的示范工厂	85
表 17: AMYRIS-美国埃默里维尔的中试工厂	85
表 18: AMYRIS-巴西 PIROCICABA 的商业化工厂	86
表 19: AMYRIS 公司 - 巴西 BROTAS 的商业化工厂	86
表 20: AMYRIS-巴西 PRADÓPOLIS 的商业化工厂	87

表 21: AMYRIS-美国迪凯特的商业化工厂	87
表 22: AMYRIS 公司-西班牙 LEON 的商业化工厂	88
表 23: BETA RENEWABLES -意大利 RIVALTA SCRIVIA 的中试工厂	90
表 24: BETA RENEWABLES -意大利 CRESCENTINO 商业化工厂	91
表 25: GRAALBIO-巴西的商业化工厂案例	92
表 26: BIOGASOL -丹麦 BALLERUP 中试工厂	94
表 27: BIOGASOL-丹麦 AAKIRKEBY 示范工厂	96
表 28: BIOMASSEKRAFTWERK GÜSSING-奥地利居辛示范工厂	97
表 29: BIOMCN-位于荷兰 FARMSUM 的商业化工厂	100
表 30: BLUE SUGARS 公司-美国厄普顿示范工厂	103
表 31: BORREGAARD-挪威萨尔普斯堡示范工厂	107
表 32: BORREGAARD -挪威萨尔普斯堡商业化工厂	108
表 33: BP 生物燃料-美国 JENNINGS 示范装置	110
表 34: CHEMPOLIS 公司-芬兰奥卢示范工厂	111
表 35: CHEMREC 公司 -瑞典 PITEA 中试工厂	114
表 36: CLARIANT 公司 -德国施特劳宾示范工厂	119
表 37: 杜邦公司 -美国佛诺尔示范工厂	122
表 38: 动力燃料公司-美国盖思马商业化工厂	124
表 39: ECN - 荷兰佩滕中试工厂	126
表 40: ECN - 荷兰阿尔克马尔示范工厂	128
表 41: ENERKEM -加拿大舍布鲁克中试工厂	131
表 42: ENERKEM -加拿大韦斯特伯里示范工厂	133
表 43: ENERKEM 公司 -加拿大埃德蒙顿商业化工厂	135
表 44: ENERKEM -美国庞托托克商业化工厂	136
表 45: ENERKEM -加拿大瓦雷纳商业化工厂	138

表 46: FIBERIGHT -美国劳伦斯维尔示范工厂	140
表 47: FIBERIGHT -美国布莱尔斯敦商业化工厂	141
表 48: 先端可再生燃料公司 -美国切西里商业化工厂	143
表 49: GÖTEBORG ENERGI -瑞典哥德堡示范工厂	145
表 50: GREASOLINE -德国奥伯豪森的中试工厂	149
表 51: GTI -美国德斯普兰斯中试工厂	153
表 52: GTI - 美国德斯普兰斯中试工厂	155
表 53: INBICON 公司-丹麦 FREDERICIA 中试工厂 1.....	156
表 54: INBICON 公司-位于丹麦 FREDERICIA 中试工厂 2	157
表 55: INBICON 公司-丹麦卡伦堡示范工厂	158
表 56: 英力士生物公司-美国 VERO BEACH 的商业化工厂	161
表 57: IOGEN 公司-加拿大渥太华示范工厂	164
表 58: 美国爱荷华州立大学-美国 BOONE 中试工厂	165
表 59: 卡尔斯鲁厄理工学院-德国卡尔斯鲁厄中试工厂	168
表 60: 朗泽技术公司-新西兰 GLENBROOK 中试工厂	171
表 61: 朗泽技术公司-中国上海示范工厂	172
表 62: 朗泽技术公司-位于美国 GEORGIA 的商业化工厂	173
表 63: 北京首钢朗泽新能源科技有限公司-中国北京示范工厂	174
表 64: 朗泽技术公司 CONCORD ENVIRO SYSTEMS- 印度 AURANGABAD 示范工厂	175
表 65: LICELLA-澳大利亚 SOMERSBY 示范工厂	177
表 66: LIGNOL-加拿大 BURNABY 中试工厂	179
表 67: MASCOMA-美国 ROME 的示范工厂	181
表 68: NESTE 石油公司-芬兰 PORVOO 商业化工厂 1.....	182
表 69: NESTE 石油公司-芬兰 PORVOO 商业化工厂 2.....	183

表 70: NESTE 石油公司-荷兰鹿特丹商业化工厂	184
表 71: NESTE 石油公司-新加坡商业化工厂	185
表 72: 日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)-日本广岛中试工厂 ..	187
表 73: 美国国家可再生能源实验室 (NREL) -美国 GOLDEN 集成化生 物炼制研究装置	191
表 74: 美国国家可再生能源实验室 (NREL) -美国 GOLDEN 热化学转 化装置*	195
表 75: LICELLA-巴西里约热内卢示范工厂	200
表 76: 巴西国家石油公司 (PETROBRAS) -美国 UPTON 示范工厂 ..	201
表 77: POET-DSM 先进生物燃料公司 -美国 EMMETSBURG 商业化工厂	204
表 78: POET -美国 SCOTLAND 中试工厂	205
表 79: PROCETHOL 2G -法国 POMACLE 中试工厂	210
表 80: 昆士兰理工大学 -澳大利亚麦基 (MACKAY) 中试工厂	213
表 81: 三角国际研究所 -美国三角研究园 (RESEARCH TRIANGLE PARK) 中试工厂	216
表 82: SEKAB / EPAB 集团 -瑞典 ÖMSKÖLDSVIK 中试工厂	218
表 83: SEKAB 集团 -波兰 GOSWINOWICE 示范工厂	220
表 84: 南方研究所 -美国 DURHAM 中试工厂	224
表 85: 天柏化工集团 (TEMBEC CHEMICAL GROUP) - 加拿大 TEMISCAMING 示范工厂	224
表 86: 荷兰应用科学研究组织 (TNO) - 荷兰泽斯特中试工厂	227
表 87: 土耳其科学技术研究委员会 - 土耳其盖布泽中试工厂	229
表 88: 维也纳工业大学 -奥地利居辛中试工厂	231
表 89: VIRENT 公司 - 美国麦迪逊示范工厂	234

表 90: WEYLAND 公司 - 挪威卑尔根中试工厂	236
表 91: ZEACHEM 公司 - 美国 BOARDMAN 中试工厂	239
表 92: ZEACHEM 公司 - 美国 BOARDMAN 商业化工厂	241

(译者注: 原报告目录中缺少表 2, 本翻译按顺序重新调整。)

插图目录

图 1: 先进生物燃料技术主要途径	25
图 2: 木质纤维素生物乙醇生产加工步骤	26
图 3: 生物炼制分级示意图: 通用方案 (左), 实例 (右)	32
图 4: 木质素在木质纤维素材料中的位置和结构的示意图	33
图 5: 木质素生物合成中的苯丙素单元	34
图 6: 合成生物燃料的主要加工环节	39
图 7: 项目技术分类图	63
图 8: 项目状态分类图	67
图 9: 项目装置类型分类图	68
图 10: 项目产能 (示范及商业化规模): 2012 年之前运转的装置, 2012 年后在建或规划兴建项目	69
图 11: 报告中项目的累计产能	70
图 12: 基于木质纤维素原料项目的累计产能	71
图 13: 奥尔堡-流程图	74
图 14: ABENGOA-流程图	75
图 15: ABENGOA-美国约克的中试工厂	77
图 16: ABENGOA-西班牙 BABILAFUENTE 的示范工厂	79
图 17: ABENGOA-美国雨果顿 (HUGOTON) 商业化工厂的 3D 模型	81
图 18: ABENGOA-美国雨果顿 (HUGOTON) 的商业化工厂 (摄于 2012 年 6 月 12 日)	81
图 19: ALIPHAJET-流程图	83
图 20: BETA RENEWABLES -PROESA 技术流程图	89

图 21: BIOGASOL-MAXISPLIT 概念流程	93
图 22: BIOGASOL-流程图	94
图 23: BIOGASOL- CARBOFRAC™100 预处理技术示范装置 (1 吨/小时)	95
图 24: BIOGASOL- CARBOFRAC™400 示范性预处理单元 3D 模型	96
图 25: BIOMASSEKRAFTWERK GÜSSING - 流程图	98
图 26: BIOMASSEKRAFTWERK GÜSSING - 奥地利居辛示范工厂	99
图 27: BIOMCN-流程图	100
图 28: BIOMCN-荷兰 FARMSUM 商业化工厂	101
图 29: BLUE SUGARS 公司-美国厄普顿示范工厂	105
图 30: BLUE SUGARS 公司-里约+20 活动中的乙醇车队	105
图 31: BORREGAARD-挪威 SARPSBORG 示范工厂鸟瞰图	106
图 32: BORREGAARD-挪威萨尔普斯堡示范工厂流程图	107
图 33: BORREGARD-挪威萨尔普斯堡示范工厂	108
图 34: BORREGARD-产品表	109
图 35: CHEMPOLIS-流程图	111
图 36: CHEMPOLIS -芬兰奥卢示范工厂	112
图 37: CHEMREC -流程图	113
图 38: CHEMREC - DME 工厂及以 DME 为燃料的原木运输车	115
图 39: CHEMREC - DP-1 气化炉和 DME 生物燃料合成厂流程图	115
图 40: 德国施特劳宾的 SUNLIQUID®示范工厂	119
图 41: 杜邦公司 - 位于美国佛诺尔示范工厂	122
图 42: 杜邦公司 -美国佛诺尔示范工厂流程图	123
图 43: 动力燃料公司 - 流程图	123
图 44: 动力燃料公司 -美国盖思马商业化工厂	124

图 45: ECN - 气化炉的流程图.....	125
图 46: ECN - 荷兰佩滕中试工厂	127
图 47: ECN - 荷兰阿尔克马尔示范工厂模型.....	129
图 48: ENERKEM - 流程图.....	130
图 49: ENERKEM -加拿大舍布鲁克中试工厂	132
图 50: ENERKEM - 位于加拿大韦斯特伯里示范工厂	133
图 51: ENERKEM -加拿大埃德蒙顿商业化工厂（在建，2012 年 5 月）	135
图 52: ENERKEM -加拿大埃德蒙顿商业化工厂三维模型.....	137
图 53: ENERKEM -加拿大瓦雷纳商业化工厂三维模型	138
图 54: FIBERIGHT - 美国劳伦斯维尔示范工厂	141
图 55: FIBERIGHT 公司 -美国布莱尔斯敦商业化工厂	142
图 56: GÖTEBORG ENERGI - 流程图	144
照片 1: GOBIGAS 一期	146
图 57: GREASOLINE - GREASOLINE® 工艺流程图	147
图 58: GREASOLINE -德国奥伯豪森中试工厂	149
图 59: GTI - 能源和环境技术中心	150
图 60: GTI -伊利诺伊州德斯普兰斯的灵活燃料试验装置（FFTF）和先 进气化试验装置（AGTF）	151
图 61: GTI -美国德斯普兰斯中试工厂流程图	153
图 62: GTI - 生物质直接制替代燃料的 IH2 工艺流程图.....	154
图 63: GTI - 美国德斯普兰斯中试工厂	155
图 64: INBICON 公司-丹麦 FREDERICIA 中试工厂 1	156
图 65: INBICON 公司-丹麦 FREDERICIA 中试工厂 2	157
图 66: INBICON 公司-丹麦卡伦堡示范工厂	158

图 67: INBICON 公司-丹麦卡伦堡示范工厂流程图	159
图 68: 英力士生物公司-美国 VERO BEACH 商业化工厂 (照片: 2012 年 4 月)	162
图 69: IOGEN 公司-加拿大渥太华示范工厂	164
图 70: 美国爱荷华州立大学-美国 BOONE 中试工厂	166
图 71: 美国爱荷华州立大学-美国 BOONE 中试工厂流程图	166
图 72: 卡尔斯鲁厄理工学院 - 相关图片	167
图 73: 卡尔斯鲁厄理工学院-德国卡尔斯鲁厄中试工厂	168
图 74: 朗泽技术公司-流程图	169
图 75: 朗泽技术公司-新西兰 GLENBROOK 中试工厂	172
图 76: 朗泽技术公司-中国上海示范工厂	173
图 77: 朗泽技术公司-美国佐治亚商业化工厂	174
图 78: LICELLA -位于澳大利亚 SOMERSBY 示范工厂流程图	176
图 79: LICELLA-澳大利亚 SOMERSBY 商业化示范工厂	177
图 80: LIGNOL-流程图	180
图 81: NESTE 石油公司-流程图	181
图 82: NESTE 石油公司-芬兰 PORVOO 商业化工厂 1	183
图 83: NESTE 石油公司-荷兰鹿特丹商业化工厂	184
图 84: NESTE 石油公司-新加坡商业化工厂	185
图 85: 日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO) -流程图	187
图 86: 日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)-日本广岛中试工厂	188
图 87: 美国国家可再生能源实验室 (NREL) -美国 GOLDEN 集成化生 物炼制研究装置	192
图 88: 美国国家可再生能源实验室 (NREL) -美国 GOLDEN 热化学转 化装置	196

图 89: 巴西国家石油公司 (PETROBRAS) -流程图	199
图 90: 巴西国家石油公司 (PETROBRAS) -巴西里约热内卢中试装置	200
图 91: 巴西国家石油公司 (PETROBRAS) -美国 UPTON 示范工厂...	201
图 92: POET 公司 - 流程图	203
图 93: POET-DSM 先进生物燃料公司-美国 EMMETSBURG 商业化工厂	204
图 94: POET 公司 -美国 SCOTLAND 中试工厂	205
图 95: PROCETHOL 2G 公司 - POMACLE-BAZANCOURT (法国 MARNE) 欧洲生物炼制基地 ©CANON PROCETHOL 2G	207
图 96: PROCETHOL 2G 公司 - 工艺放大规划	209
图 97: PROCETHOL 2G 公司 - 流程图	210
图 98: PROCETHOL 2G 公司 -法国 POMACLE 中试工厂(外景); ©CANON PROCETHOL	211
图 99: PROCETHOL 2G 公司 -法国 POMACLE 中试工厂(厂内); ©JOLYOT PROCETHOL	211
图 100: PROCETHOL 2G 公司 -法国 POMACLE 中试工厂; ©JOLYOT PROCETHOL	211
图 94-1: 昆士兰理工大学澳大利亚麦基中试工厂	214
图 101: 三角国际研究所 - 流程图	217
图 102: 三角国际研究所 -美国三角研究园 (RESEARCH TRIANGLE PARK) 中试工厂	218
图 103: SEKAB / EPAB 集团 -瑞典 ÖMSKÖLDSVIK 中试工厂示意图 ..	219
图 104: SEKAB / EPAB 集团-瑞典 ÖMSKÖLDSVIK 中试工厂	220
图 105: 南方研究所中试工厂设施	221
图 106: 南方研究所分散加工流程	222

图 107: 荷兰应用科学研究组织-荷兰泽斯特中试工厂	227
图 108: 土耳其科学技术研究委员会 - 15 万瓦热能的循环流化床气化 炉	229
图 109: 土耳其科学技术研究委员会 - 110 万瓦热能容量的间接煤制液 体燃料中试装置	230
图 110: 维也纳工业大学 - 奥地利居辛中试工厂	231
图 111: 维也纳工业大学 - 奥地利居辛中试工厂流程图	232
图 112: VIRENT 公司 - 位于美国 MADISON 示范工厂流程图	233
图 113: VIRENT 公司 - 美国麦迪逊示范工厂	234
图 114: WEYLAND 公司 - 挪威卑尔根中试工厂	236
图 115: WEYLAND 公司 - 挪威卑尔根中试工厂	237
图 116: ZEACHEM 公司 - 流程图	238
图 117: ZEACHEM 公司 - 美国 BOARDMAN 中试工厂	240

单位缩写

t/y	吨/年
MI/y	百万升/年
Mmg_y	百万公制加仑/年
t/d	吨/天
l/d	升/天
gal/d	加仑/天
t/h	吨/小时
Nm³/h	标准立方米/小时
MW	兆瓦
bb_l/day	桶/天
l/h	升/小时
kg/d	公斤/天
m³/a	立方米/年
l/t	升/吨
%m/m	质量百分比
%V/V	体积百分比

术 语

生物炼制	将生物质转化为一系列商业化产品（食品，饲料，原材料和化学品）和能源（燃料，电能，热能）的可持续加工过程
生物化学转化	一种基于酶或微生物过程的转化技术
生物油	通过生物质热解得到的液体产品；必须经过精制才可用作燃料
BtL-柴油	生物质制柴油；生物质气化后并将所得合成气转化为柴油燃料
丁醇	一种可与汽油调合的醇
化学转化	基于非氧化过程的化学反应转化技术
CHP	热电联产
商业化装置	利用率高的连续运行装置；装置的运行达到经济目标；产品已在市场销售
示范装置	验证技术具备连续生产(主要是连续操作)能力的装置；装置包括整个生产过程或被整合到一个完整原料物流链；产品已在市场销售；装置运行不一定能到达经济目标
柴油型烃类	能够取代柴油用于柴油发动机的烃
DME	二甲醚；从合成气生产的气体燃料
乙醇	能和汽油调合的醇

费托液	费托合成生产的燃料，不同的馏分可替代汽油或柴油
汽油型燃料	能够替代汽油用于汽油发动机的燃料
HVO	加氢植物油；通过植物油加氢生产的柴油型液体燃料；报告中多指柴油馏分段的烃类产品
航空燃油	可用于航空的燃料
甲醇	能和汽油调合的醇
混合醇	乙醇、甲醇和高级醇
木质纤维素生物质	主要由纤维素、半纤维素和木质素组成的原料，如木质材料、草及农林业废弃物
车用液体或气体生物燃料	来自生物质的车用发动机燃料
运转	已完成安装和开车并开始正常生产
中试装置	中试装置，不连续运行；没有整合到一个完整原料物流链；只对选定的工艺步骤进行可行性验证；产品可能尚未在市场销售
计划	已做计划但尚未开始施工
停止	项目不再进行，原因可能各有不同
SNG	合成天然气；合成气生产的气体燃料，主要成分为甲烷
热化学转化	基于热过程的转化技术（部分也使用高压）
在建	生产装置已开始安装

摘 要

全球很多公司竞相开发和使用可生产生物燃料的先进技术项目。生产生物燃料的选择有很多，比如使用什么原料，如何进行原料预处理、用什么方法转化，直到生产哪种的燃料。这份报告旨在掌握该领域多方面的发展，增进行业透明度，鼓励先进生物燃料生产技术的开发和使用。

正在开发中的主要技术途径可以分为生物化学技术、热化学技术和化学技术。生物化学技术通常基于木质纤维素原料，木质纤维素经过预处理、水解后转化成糖，然后发酵成为乙醇。替代生化技术途径将糖或气体成分转化成甲醇、丁醇、混合醇、乙酸或其他基本平台化合物。大多数的热化学技术使用气化技术将木质纤维素原料转化成合成气，后者可以被转化为 BtL-柴油、合成天然气 (SNG)、二甲醚 (DME) 或混合醇。替代热化学技术途径包括生物质热解和对所获得的热解油进行精制。最成功的化学技术途径是对植物油或脂肪进行加氢处理生产生物柴油。其他的技术途径包括催化脱羧和用甘油生产甲醇。

本报告的数据基于先进生物燃料项目数据库。该数据库通过交互式地图提供信息，地图可以通过网络(<http://demoplants.bioenergy2020.eu>)访问并持续更新。报告内容包括开发中的主要先进生物燃料技术的概述，全球范围内 102 个开发中项目的列表，以及对这些项目的详细说明。报告披露的所有数据都由进行项目开发

的公司提供。基于这个原因，项目清单可能并不完整，因为一些公司不愿意分享数据。

自从本报告 2010 年版完稿之后，先进生物燃料技术又有了显著的发展。例如，Neste 石油公司所开发的加氢技术已经实现了商业化，目前大约占到全球生物燃料产量的 2.4%。木质纤维素原料发酵制乙醇也发展势头强劲，欧洲和北美的几个大型装置即将投入运行。至于热化学工艺，最近的发展集中在混合醇的生产而不是 BtL-柴油。经济方面的因素正驱动着这一发展，最近有些概念受到了更多地关注，比如现将先进生物燃料整合进现有的工业，并在生物燃料之外生产多种产品（生物炼制概念）。但是，正如所预料的，一些生产先进生物燃料的项目也失败了。

因此，各公司在宣布先进生物燃料项目时变得更加小心，即使本来会得到一些公共资金的资助，但是几个大规模的项目最近都延期了。尽管如此，2010 以来木质纤维素原料生产生物燃料的生产能力增至三倍，目前已达到 14 万吨/年。加氢处理的生物燃料产能也成倍增长，约达到 219 万吨/年。

1 引 言

在化石资源的枯竭和温室气体排放对全球气候的影响受到越来越多关注的时候，利用可再生资源来提供能源也随之成为焦点。生物质作为原料来提供的热能、电能和车用燃料占可再生能源供应的最大一部分。在生物质能源行业，由于客运和货运对现代经济不可或缺，车用生物燃料受到了特别的关注。

在全球范围内，主要的参与者已经制定了车用生物燃料的目标。美国环保署制定了可再生燃料标准（RFS），欧盟出台了可再生能源法案（Renewable Energy Directive），生物燃料的生产大国如巴西也已树立了雄心勃勃的目标。但是，发展生物燃料并非无可争议：人们对生物质应该用于食物和饲料而不是生产交通运输燃料的担忧越来越多；热带雨林不应该被采伐；交通运输燃料的质量要求正随着汽车排放法规愈加严格而不断提高；生物燃料的总温室气体减排量需要核实以便被认可。因此生物燃料产业的目标在于使用非粮食生产原料，且原料不能种植在已有其他用途的土地上，生产的生物燃料的质量要优于传统燃料。

然而，这类生物质原料和产品的生产技术并未成熟，仍在开发中。在实验室规模得到证实后，这些技术在商业上的成功实施必须有更大规模的试验和验证。由于第一批装置很可能不能盈利，大规模的示范生产给希望发展这些技术的企业带来了高风险。因此，需要大规模的投资，需要用公共资金来补贴私人投资。

全球很多公司竞相开发和使用先进技术项目来生产生物燃料。生产生物燃料的选择有很多，比如使用什么原料，如何进行原料预处理、用什么方法转化，直到生产哪种类型的燃料。本报告旨在报道较大范围内的项目和技术，并对哪些公司在开发新的项目、在哪里开发新的项目进行综述。作为 2010 年公布报告的更新，本报告还提供了成功和失败的技术路线信息。目的在于掌握多方面的技术进展，增进行业透明度，鼓励先进生物燃料生产技术的开发和使用。

本报告的内容基于开发生产先进生物燃料项目的公司自身提供的数据。某种程度上对于这些数据的独立评估由国际能源署第 39 号生物质能源任务的生物燃料专家完成。尽管我们做了很多提高亚洲、南美洲和非洲项目覆盖范围的努力，但是覆盖区域主要还是在可获得较多信息的欧洲和北美洲。

所有的数据都储存在一个数据库里。该数据库为报告提供了数据，并可通过交互式地图 (<http://demoplants.bioenergy2020.eu>) 提供数据。只要项目所有者提供新的数据，数据库就会不断更新。

调查研究的项目范围如下：

表1：报告所列项目范围和分类

项目范围	
原料	木质纤维素生物质，植物油，糖分子，二氧化碳； 藻类生物质明确的排除在外
转化技术	先进技术（尚在研发的，中试或示范阶段的；未商业化的）
产品	车用液体或气体生物燃料

项目所有者至少提供了以下数据:

基本数据	项目所有者 生产装置的位置 技术类型 原料 产品 产能 装置类型 项目状态 联系信息
可选数据	此外, 要求项目所有者提供更详细的信息, 包括公司概况, 简短的技术描述, 流程图和图片等

所述项目分类如下:

转化技术	生物化学法 热化学法 化学法
装置类型	中试装置 示范装置 商业装置
装置状态	计划 在建 运转

2 目标与定义

本报告中，“常规”或者“先进”生物燃料的定义使用了国际能源署（IEA）中有关车用生物燃料技术线路图中的定义。生物燃料指所有由生物质（源于植物或者动物的有机物）生产的液态或者气态的车用燃料。生物燃料通常分为第一代、第二代和第三代生物燃料，但是根据技术成熟度，温室气体排放平衡或原料的不同来进行区分，同一种燃料也可能会有不同分类。本报告的定义是基于技术成熟度，并使用“常规”和“先进”这样的术语进行划分。

常规生物燃料技术 包括已经商业化生产并运行良好的成熟工艺，这些燃料通常也指一代燃料，包括糖基和淀粉基乙醇、油料作物基生物柴油、可直接利用的植物油以及通过厌氧消化制得的沼气。这些工艺使用的典型原料包括：甘蔗和甜菜；含淀粉的粮食（如玉米和小麦）；油料作物，如油菜（油菜籽）；大豆和油棕榈；在某些情况下，还有动物脂肪和废弃食用油。

先进生物燃料技术 指还处于研发、中试或示范阶段的转化技术，通常称为第二代技术或第三代技术。这一类别包括用动物脂肪和植物油炼制的加氢植物油（HVO），以及用木质纤维素生物质生产的生物燃料，比如乙醇、费托液和合成天然气（SNG）。该类别还包括主要处于研发和中试阶段的新技术，比如藻类生物

燃料以及使用生物催化剂或化学催化剂把糖转化成的柴油型生物燃料。先进生物燃料技术的主要技术途径如图 1 所示。

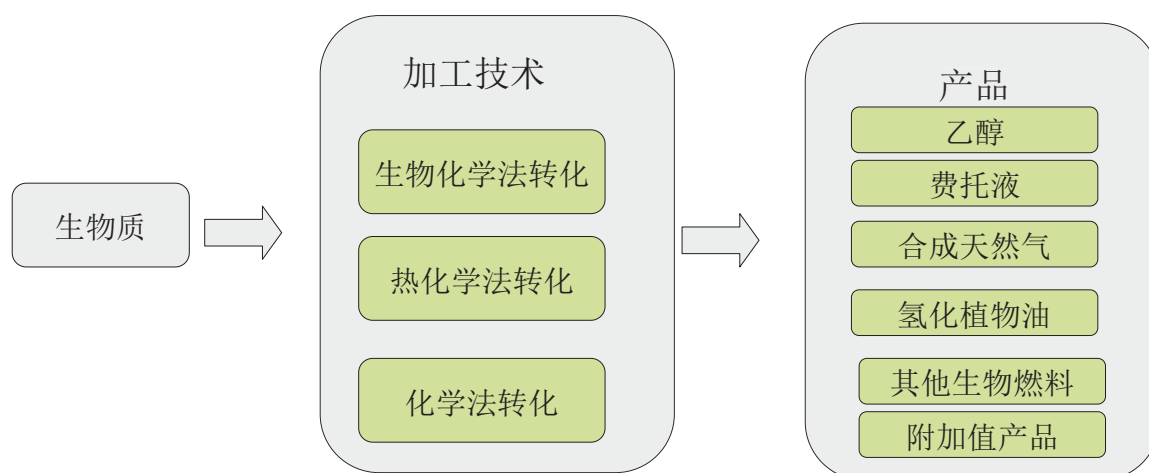


图1：先进生物燃料技术主要途径

3 先进生物燃料技术

3.1 木质纤维素生物质生物化学转化

3.1.1 酵母发酵产乙醇

与传统糖基和淀粉基生物乙醇生产相比，木质纤维素原料在生产乙醇过程中需要附加一些步骤，原因在于纤维素（葡萄糖等 C₆ 糖类的来源）以及半纤维素（木糖等 C₅ 糖类的来源）对于传统生产生物乙醇的微生物来讲是不易利用的。

通常木质纤维素到生物乙醇的生产过程会经过以下步骤：



图2：木质纤维素生物乙醇生产加工步骤

第一步，通过研磨或者切碎的方式来减小原料的尺寸。最直接的办法就是使用各种粉碎机增加物料在下一步预处理过程中的可利用性。

预处理的主要目的是增加纤维素和半纤维素在接下来的水解步骤中的反应活性，降低纤维素的结晶度，增加物料的疏松性。只有在破坏含糖物料的外壳以后，物料才能在水解过程中利用。

预处理方法一般有三类：化学法、物理法以及生物预处理法。

熟知的化学预处理方法为浓酸或者稀酸法（通常是硫酸）；稀酸可以减少腐蚀和环境问题，但是产率偏低。仍然在研的化学法还包括使用氨水、碱液、有机溶剂以及离子液体。在物理法预处理中，蒸汽爆破法已广泛应用并有较高产率，氨纤维爆破法需要的能量较少，但是增加了环境问题。尚在开发阶段的物理法有水热法和 CO₂ 爆破法，它们分别可以减少副产物和降低对环境的影响。基于真菌和细菌转化的生物预处理法并不为人所熟知，也不常用。

水解的主要目的是将不含木质素的纤维素原料的聚合物分解为单糖，为发酵做好准备。在此步骤中，应区分 C₅ 糖为主的半纤维素水解和基于 C₆ 糖的纤维素的水解。

纤维素是一种化学性质稳定且难溶的物质。虽然酸水解纤维素可行并且之前已被使用过，但是最新的方法是酶水解，例如采用真菌里氏木霉制备的纤维素复合酶。复合酶由三种蛋白质单元组成：内切纤维素酶破坏纤维素晶体结构生成短链碎片；外切纤维素酶作用于直链纤维素的 1,4-糖苷键以释放纤维二糖（该糖由两个糖单元组成）；纤维二糖酶（或者 β-葡萄糖苷酶）最终作用于纤维二糖，将其分解为适于发酵的葡萄糖。

相比于纤维素的晶体结构，半纤维素主要是无定型结构，这使得半纤维素的水解非常容易，可用稀酸、碱，或者适宜的半纤

维酶水解。在工艺装置中，预处理步骤中就已经发生了水解。

木质纤维素预处理和水解得到的 C₅ 和 C₆ 糖进行发酵面临着以下挑战：

- 源于预处理和水解过程中的各种副产物。例如乙酸、糠醛、木质素的抑制作用，这些抑制物对 C₅ 糖加工的影响更大。
- 源于产物自身的抑制作用，生物乙醇抑制作用会导致低的乙醇浓度。
- C₅ 糖类的低转化率。

目前，在发酵方面主要有两种基本研发策略：要么使用产乙醇菌株（例如酵母）并增加其利用 C₅ 糖类的能力，要么改造能够利用混和糖类的微生物（例如大肠杆菌）的代谢途径以此来生产生物乙醇。进一步的研究集中于增加对抑制物的耐受性以及提高发酵温度。

为将发酵醪液中的低浓度乙醇浓缩到要求的 98.7% (m/m) 浓度，采用了以下已知且广泛使用的技术步骤：

- 乙醇从发酵醪液中的蒸发：在此步骤中对乙醇进行初步蒸发得到约 45% (v/v) 的“粗酒精”。
- 精馏：在精馏步骤中乙醇浓度增加到约 96% (v/v)。
- 脱水：通过脱水，共沸物中的水被除去以获得浓度为 98.7% (m/m) 的生物燃料乙醇，其水含量低于 0.3% (m/m)（遵照标准 EN15376）。

特别对于酶水解，可能采用不同的整体工艺集成方式。在所有情况下，预处理都是必须的。后续的水解、C₅糖发酵和 C₆糖发酵步骤安排上会有所不同。众所周知，在实际的应用中会对提及的方法进行各种改进。然而，典型的工艺可以这样定义：

- SHF: 分步水解发酵
- SSF: 同步糖化发酵
- SSCF: 同步糖化共发酵
- CBP: 统合生物加工

SSCF——同步糖化共发酵工艺，是目前发展最好的木质纤维素处理方法，在同一步骤中能够实现水解、C₅糖发酵和 C₆糖共发酵。CBP——统合生物加工工艺（之前也称 DMC，即微生物直接转化），在预处理和蒸馏之间设想一种独特的工艺，统一进行纤维素酶的生产、C₅和 C₆糖的水解以及 C₅和 C₆糖的发酵。从今天的观点来看，就工艺的效率 and 简洁而言，CBP 的建立是重大进步的标志，然而它需要进一步的研究和发展。

3.1.2 微生物发酵——乙酸途径

与更常用的酵母发酵产乙醇相比，糖类的微生物发酵也能利用产乙酸途径生成副产物乙酸而不产生 CO₂，因而增加了该工艺碳的使用率。乙酸可转化为酯类，酯再加氢便可制乙醇。

将酯转化为乙醇所需的氢可通过木质素残渣气化制得。这需要在加工开始阶段就将原料分馏为含糖物流和残余木质素。

ZeaChem 公司使用了该工艺。

3.1.3 微生物发酵——法呢烯途径

工程酵母菌可以将糖转化为一类被称为类异戊二烯的化合物，这些化合物可用于医药品、营养品、香精香料、工业化学品、化学中间体以及燃料。此类化合物的其中之一是十五烯类—— β -法呢烯。

β -法呢烯在化学上可衍生出很多产品，包括柴油、用于肥皂和洗发水的表面活性剂、用于洗液的乳霜、一系列润滑剂和各种其他用途的化学品。Amyris 公司采用该工艺。

3.1.4 酵母发酵制丁醇

实际上，乙醇在美国和巴西是过剩的，因此对生产丁醇尤为感兴趣。酵母可以通过工程化改造产丁醇。丁醇可作替代燃料，例如 85% 的丁醇/汽油混合物可用于普通汽油发动机。许多公司正在研发产丁醇酵母，然而至今没有公司给编者提供任何可参考的信息。

3.1.5 气体微生物发酵

结合热化学和生物化学技术，基于氢气 (H_2)、一氧化碳 (CO) 和二氧化碳 (CO_2) 的综合利用，生物质气化产生的气体可以通过发酵工艺转化为醇类。除了乙醇和丁醇等醇类，该工艺也可获得有机酸和甲烷 (CH_4) 等其他化学品。微生物处理工艺的主要优点是工艺条件温和（与沼气生产类似）。另外，微生物对硫的低敏

感度降低了气体净化的成本。主要缺点是气液传质速率低，需要特殊设计的反应器。发展此类工艺的公司包括 **Coskata** 公司、英力士公司和郎泽技术公司。

利用气体生产海洋藻类生物质作为中间产物也可以视作气体微生物发酵技术。然而藻类生物燃料不在本报告范畴之内。

3.2 生物炼制转化技术

近来，生物炼制概念有很高的关注度，它不仅生产生物能源（车用、供热和发电的生物燃料），还生产生物基化学品和材料，使得整个系统从技术、经济及环境的观点来看更有效率，并使社会的发展逐渐摆脱化石能源。事实上，通过化学方法获得高附加值的琥珀酸和乙酰丙酸乙酯更有利可图，会比单独生产生物燃料更有优势。

根据“国际能源署第 42 号生物质能源任务”（**IEA Bioenergy Task 42**）的定义，生物炼制指生物质的可持续加工方式，可生产一系列的直接面向市场的适售产品（食品、饲料、材料以及化学品）和能源（燃料、电能、热能）。该定义包括了范围广泛的工艺路线。“国际能源署第 42 号生物质能源任务”已经为描述不同的生物炼制过程开发了分级框图。分类包括对原料、工艺、平台以及产品的描述。图 3 给出一个例子。

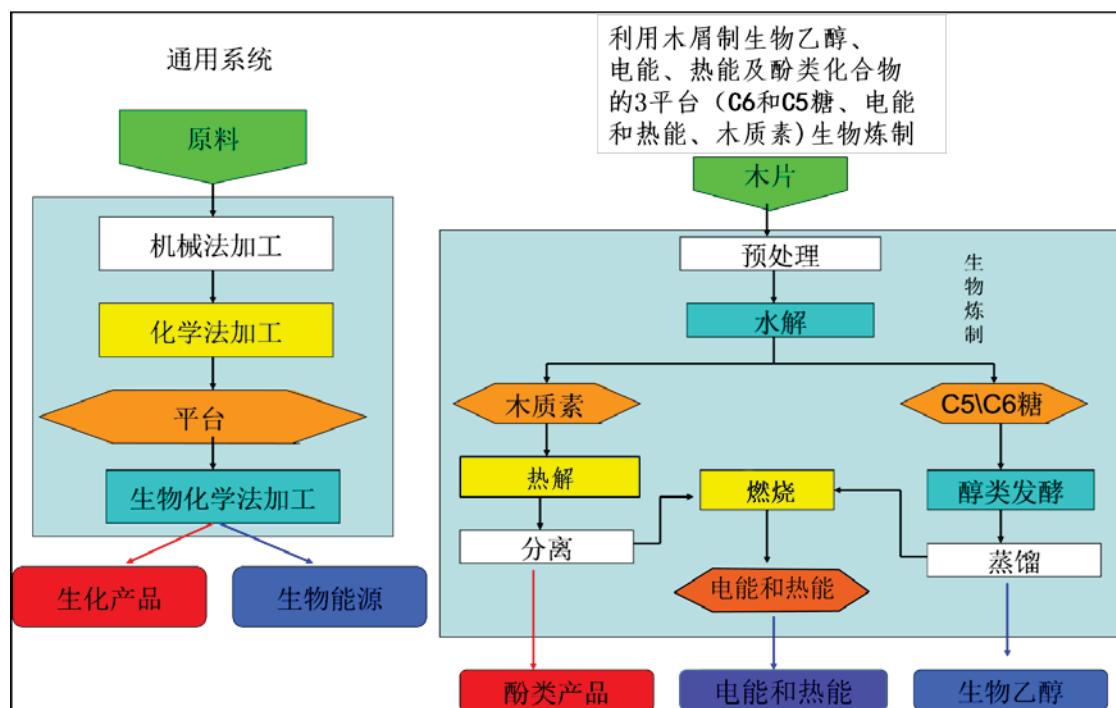


图3: 生物炼制分级示意图: 通用方案 (左), 实例 (右)

本章主要关注能源驱动型生物炼制，即使用木质纤维素原料生产能源载体，并将工艺残渣提质为高附加值产品。纤维素和半纤维素最便于能源生产，转化率接近 100%。由于微生物只能代谢糖类（源于纤维素和半纤维素）不能利用芳香醇（木质素的主要组分）。因此，在糖发酵生产乙醇体系中，木质素是废渣。

经过燃烧、气化或者热解（操作方法见第 3.3 章描述），木质素可用来生产能源。另外，木质素本身或解聚产物均是制造化学品和材料的好原料。木质素具有很好的反应性能以及很强的键结合能力，这就使得木质素可作为材料和高分子的修饰和制造的优质原料。由于其结构复杂，经过解聚以后，可以获得多种化合物。

由于利用纤维素和半纤维产乙醇已在 3.1.1 中介绍，本节集中

介绍用木质素生产生物基产品。

3.2.1 木材的组成与木质素所占比重

木材的主要组成是纤维素、半纤维素以及木质素。三类大分子的比例会依植物种类而改变。图 4 展示了木质素在木质纤维素原料中的位置和结构。总体来讲，软质木材和硬质木材相比，软木木质素含量变化更大。

使用不同种类原料的一个挑战是创建一种设计模型以便预先知道每种原料的产出量以及哪种技术路径最便利。

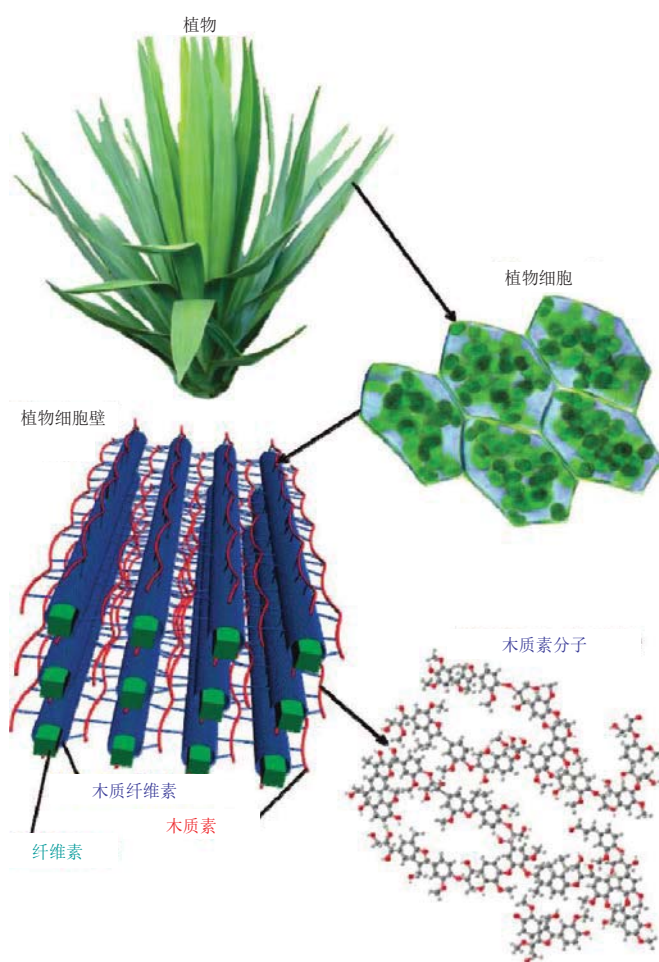


图4: 木质素在木质纤维素材料中的位置和结构的示意图

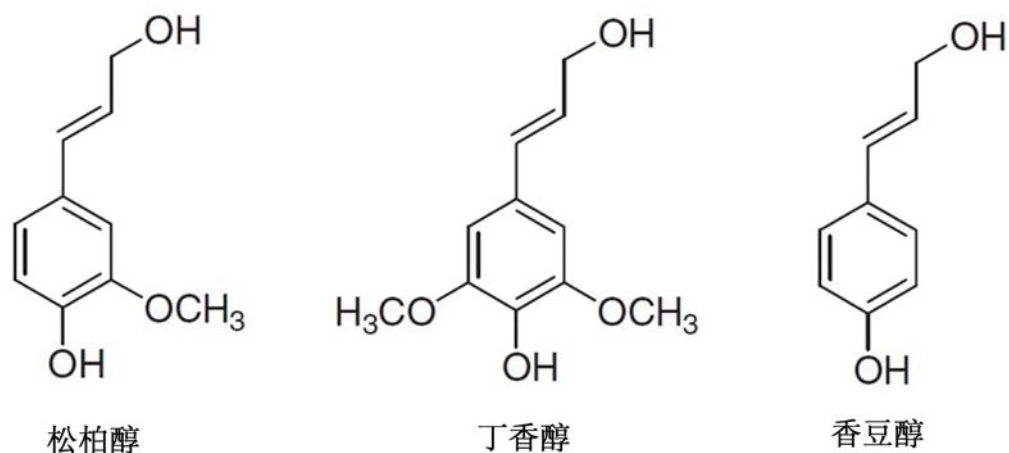


图5: 木质素生物合成中的苯丙素单元

纤维素是木材的三种主要成分中含量最丰富的一种。它是脱水-D-葡萄糖单元通过 β - (1 \rightarrow 4) 糖苷键连接形成的线性结构。

半纤维素同样也是线性结构，但由一系列不同的糖单元组成，例如葡萄糖、木糖、甘露糖、半乳糖、阿拉伯糖以及糖醛酸。

木质素是一类生物大分子，它使植物细胞壁具有刚性。木质素的结构比纤维素和半纤维素更复杂。它是一种由苯丙素单元交联形成的三维非晶态聚合物，其相对含量因植物种类的不同而有差异。

木质素是由松柏醇（常见于软木）、丁香醇（多存在于硬木）以及香豆醇（主要存在于草本植物）结构单元构成（图5）。这些木质素单元是通过碳-碳键（C-C）和碳-氧键（C-O 或醚）随机结合在一起的。

木质素聚合物的结构事实上十分复杂。其结构随不同的植物，不同的提取方法和解聚条件而有很大差别。用哪种提取方法可以获得哪些产物的研究工作目前仍在进行。

发酵生产乙醇以及造纸打浆的过程中都存在不可发酵的残余物，而木质素是其主要组分。提取的方法对木质素的组成和性质有显著的影响。选择何种合适的提取方法与原料的性质、与生产系统的整合情况以及最终的用途紧密相关。

亚硫酸盐木质素

在造纸和纸浆工业中，亚硫酸盐法提取木质素是最常用的方法。在 140-160°C 和 pH 1.5-5 的条件下，经亚硫酸盐和二氧化硫处理可以生产水溶性木质素磺酸盐。然后通过几步纯化就可以获得高纯度的木质素磺酸盐。这些纯化步骤包括将残糖转化为乙醇的发酵过程和减少金属离子含量 (Mg^{2+} , Na^+ 或 NH_4^+) 的膜过滤过程。

硫酸盐木质素

在硫酸盐提取木质素的过程中需要加入氢氧化钠和硫化钠形成强碱性条件，同时要逐步提高反应体系的温度。亚硫酸钠可使木质素分子链更具延展性，适合于生产分散剂，而亚硫酸钙提取的木质素更致密。由于化学和结构的特性，木质素磺酸盐非常活泼，适合用于离子交换(在工业和农业中用来置换金属)或者生产分散剂、表面活性剂、粘合剂和填充剂。在纸浆黑液中，通过添加酸(通常为硫酸)或 CO_2 将 pH 降至 5-7.5 之间，可以回收木质素。

硫酸木质素是疏水性的，需要通过化学改性来增加反应活性，

也可用于橡胶的补强及塑料工业。此外，木质素联接键易受碱性裂解的影响，在相对缓和的条件下醚键尤为如此。在专业领域应用中，亚硫酸盐和硫酸盐木质素中的硫的含量是限制木质素专业用途的主要因素。因此，当前这类木质素主要用于能源生产。

碱木质素

非木材原料中广泛应用的碱处理法也可以用于木质素的提取。该方法是在压力反应器中，将生物质加热到 140-170℃，利用 13%-16% (w/w) 的碱（通常为氢氧化钠）提取木质素。因为碱木质素不含硫，且几乎不含半纤维素组分和氧化缺陷结构，因此可以用于生产高附加值产品。

其他木质素

随着车用生物燃料生产所需的木质纤维素原料用量的增加，通过多种预处理技术将会获取到其他来源的木质素，例如物理方法（蒸汽爆破法、研磨法和水热分解法）。主要的化学处理方法利用氨爆破、氨水、稀酸或浓酸（ H_2SO_4 , HCl , HNO_3 , H_3PO_4 , SO_2 ）以及碱（ NaOH , KOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ），或离子液体进行处理。值得注意的是，所开发的所有木质纤维素生产生物燃料的方法，所得到的生物燃料有可能只含少量的硫或不含硫，这就扩大了生产高附加值产品的范围。

另外一种方法是利用有机溶剂（乙醇、甲酸、乙酸或甲醇）生产所谓的有机溶剂型木质素。与磺化木质素和硫酸盐木质素相比，溶剂型木质素的优点在于不含硫、具更强的衍生能力、较低

的灰分含量、较高的纯度、较低分子量和更强的疏水性。但这种脱木质素工艺产生的浆液质量低，且容易对工厂设备造成腐蚀，因此并没有得到广泛的应用。

木质素的分离也可以采用离子液体进行处理，通常反应温度是在 170-190℃。典型的离子液体是由大的非对称有机阳离子和小的阴离子组成，其特点是蒸汽压可以忽略不计，不易燃，并具有较大的液相线温度（初晶温度）范围。木质素通过沉淀回收，而离子液体可以循环利用。最终产物的灰分、硫分和半纤维素的含量低，可以用于低分子量化合物产品的生产。

3.2.2 木质素的利用

如前所述，木质素是一种非常复杂的生物分子，其结构因来源、加工条件和提取方法的不同而有差异。如果木质素用于能源的生产，其结构方面的影响并不大。

木质素燃烧

燃烧是木质素最常见的利用方式，回收的能量和/或热量通常参与整个系统的能量循环。利用植物多糖生产乙醇时，尽管大约 40% 富含木质素的固体干物料用来满足生产过程中需要的热量，另外 60% 仍可以用来作为生物汽油、绿色柴油和化学品的生产原料。

木质素的混合

由于具备有较高的反应活性和结合能力，木质素可广泛的与其他天然或非天然聚合物混合，有时通过改性来增强它的混合特

性。木质素可混合到树脂中，用于生产粘合剂、胶卷、塑料、颜料、涂料和泡沫剂。

木质素和聚合物混合之后可以增强机械强度、热稳定性以及耐紫外辐射性，尤其在塑料工业中应用前景广阔。

在食品包装和医药应用中，木质素可减少气体（CO₂和 O₂）和水的渗透性，而且可以降低材料的降解速率和易燃性。

木质素与 PVC 树脂、甲醛树脂、塑料的混合材料毒性低，在食品和医药领域中受到欢迎。

在橡胶衍生产品和钻探泥浆中添加木质素可以改善产品的机械性能，在动物饲料、农药和肥料中添加木质素可以改善它们物理性质，同时木质素还可用于防尘和油品回收。

由于木质素能与蛋白质反应，可用于生产清洁剂、碳黑、墨水、颜料和染料，同时也可用于砖、陶瓷产品和矿石加工。

除混合后的机械强度增加外，所述的大部分混合材料的加工性、回收性和生物降解性更好。这些材料改善了制造特征（降低能源和经济投入），使生产对环境友好。

木质素融化

通过熔融纺丝工艺制造碳纤维是木质素最重要的利用方式之一，主要用于汽车行业。

解聚

另一方面，木质素的结构复杂，可以通过解聚获得各种衍生品。解聚主要产生 BTX（苯、甲苯和二甲苯），这些化合物可以进一步

加工。此外，还可获得一些小分子化合物，例如酚类和更低分子量的化合物，而这些低分子量化合物无法通过传统的石化途径获得。所有的这些化学品在化学工业、电气设备、药物、塑料、聚碳酸酯和纺织品中有各种不同的用途。目前还没有可供选择的木质素的解聚技术，因此定性和定量地控制产品是一个相当大的挑战。

3.3 热化学转化：气化生产生物燃料

热化学转化工艺包括气化、热解和干燥，其中气化技术是目前发展最好的，本节将侧重于气化生产生物燃料。

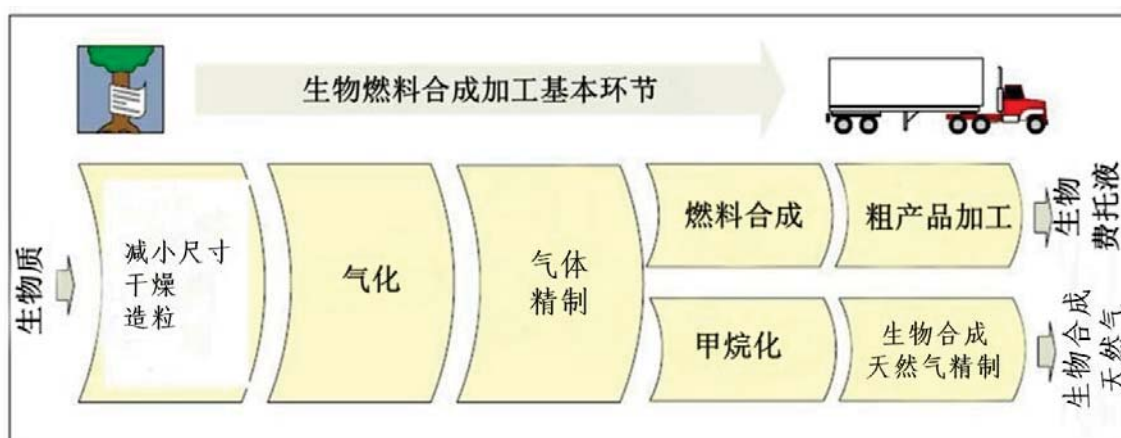


图6：合成生物燃料的主要加工环节

3.3.1 合成气的生产和净化

利用热化学路线生产生物燃料与生产木质纤维素乙醇有明显的不同。在此类生产流程中，生物质首先通过热解生成合成气。合成气由一些小分子组成，例如： H_2 、 CO 、 CO_2 、水和 CH_4 等。

合成气经催化工艺可以重新合成 BtL 燃料。作为另一种选择，可以通过 CH₄ 化得到生物合成气，用于替代天然气。

生物质经粉碎送入气化炉，在气化炉中转化为气体（主要为 H₂ 和 CO）和固体副产物（炭或灰分及杂质）。气化在缺氧条件下（通常 $\lambda=0.2-0.5$ ）进行。气体产物有一个正的热值，如果副产物含有炭，还会产生附加的热值。通过减少 O₂ 的用量，会发生其他称为热解和液化的过程。

根据所利用的气化剂和供热方式的不同，气化工艺可分成不同的类别。典型的气化剂有：O₂、H₂O 和空气（也可能是 CO₂ 和 H₂）。根据供热方式不同，气化工艺可以分为两种。自热工艺中，热量是通过气化阶段中的所处理原料的部分燃烧来提供。在第二种工艺即变温工艺中，热量通过热交换器或者换热介质由外部供应。这两种工艺的热量可能来自所处理物料的燃烧（例如，燃烧和气化在物理上是分开的）或者来自外部热源。

气化剂的选择要基于目标产物的气体组成。可燃部分主要由 H₂、CO、CH₄ 和短链烃类组成，此外，还有一些惰性气体。高温加工或者利用蒸气作为气化剂会增加 H₂ 含量。而另一方面，高压处理将会减少 H₂ 和 CO 含量。通过调节气化剂中蒸气和 O₂ 的比例可以改变产物中 H₂ 和 CO 的比例。此外，当利用空气作为气化剂时，产物会含有氮气。

如果产物气体用于随后的燃料合成，不宜选择空气作为气化剂（因为产物中含有大量的 N₂）。

根据送入燃料与气化剂接触方式的不同，气化炉主要分成三类：

- 固定床气化炉
- 上吸式气化炉
- 下吸式气化炉
- 流动床气化炉
- 固定流动床 (SFB) 气化炉
- 循环流动床 (CFB) 气化炉
- 气流床气化炉

杂质的含量和种类取决于作为燃料的生物质类型。杂质会造成锈蚀、腐蚀、沉淀和催化剂的中毒。因此有必要对产物气体进行净化。灰尘、灰分、床层物料和碱性化合物通过旋风除尘器和过滤单元除去，焦油可以通过使用特殊溶剂对气体进行冷却和洗涤而去除，也可将气体冷凝经湿式电过滤器去除。主要的有毒组分是含硫化合物，这类物质可以通过有机胺去除，即本菲尔德法或者类似的方法。反应产生的氮气和氯化物需要经过湿洗处理。

然后净化的产物气体要进行精制。

- 通过水煤气变换反应可以获得 H_2/CO 混合物，其理想比例为

$$1.5-3.0: \text{CO} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$$
- 气体重整反应可以把短链的有机分子转化为 CO 和 H_2 (例如：

$$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3 \text{H}_2$$
)。
- CO_2 可以通过物理方法 (利用水或其他溶剂吸收) 或化学方法 (利用化合物吸收) 去除。其他的吸收方法是基于压力和温度的变换进行的。

3.3.2 燃料合成

3.3.2.1 费托液

从合成气（洁净的、精制的产品气体）出发，可以有几种不同的燃料加工途径。其中之一是费托（F-T, Fischer-Tropsch）合成工艺，在固定床或浆态床反应器中使用铁基或钴基催化剂合成烷烃。高温费托（HTFT, High Temperature Fischer-Tropsch）合成（300-350℃，20-40 bar）所得产品为基础石化原料和气体，低温费托（LTFT, Low Temperature Fischer-Tropsch）合成（200-220℃，<20bar）可得到柴油产品。初级产品并不能直接作为燃料使用，需要进行精制，通过蒸馏把初级产物分成不同的馏分；对 C₅-C₆ 馏分进行水合和异构化并对 C₇-C₁₀ 馏分进行重整可以增加辛烷值以便作为汽油使用；通过高压加氢裂化可以使长链的馏分转化成汽油和柴油的馏分。

3.3.2.2 合成天然气

精制为合成天然气的必要过程，包括对产品气体进行甲烷化、脱硫、干燥以及除 CO₂。在甲烷化这步反应(20-30 bar 压力条件下氧化镍催化)，CO 和 H₂ 反应生成 CH₄ 和 H₂O： $CO + 3 H_2 \leftrightarrow CH_4 + H_2O$ 。

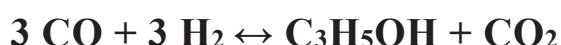
CO₂ 的去除可通过水洗（进入填料塔进行逆流物理吸收）和变压吸附（经过装有沸石或活性炭分子筛的吸附塔后，进行硫化氢脱除）来完成。天然气中 CH₄ 的含量达到 98%。最后一步是将气体压缩，压缩到 20 bar 注入天然气网；压缩到 200 bar 去储存

或车用燃料。

3.3.2.3 混合醇类

适当精制后的产品气体通过催化反应可以合成作为主要产品的醇类。

高级醇（HAS, higher alcohol synthesis）的合成反应如下：



该反应要用到数种催化剂，包括掺碱催化剂，甲醇，经修饰的费托-催化剂。高级醇合成是一个强放热的过程，换热的优化是技术重点。混合醇产品的精制包括排气、干燥以及分离，最后将产物分成三股物流：甲醇、乙醇和高级醇。

3.4 化学转化

3.4.1 油品加氢

植物油、废弃动物脂肪及植物油炼制的副产物，可以通过加氢反应生成比传统的生物柴油和化石柴油品质更优的烃类。这样生产出来的柴油不含硫化物、氧化物、氮化物和芳烃，无需化学改性即可直接用于柴油发动机。这种柴油型的烃类也被称为加氢植物油（HVO）或可再生柴油，甚至可以制成航空燃料。应用这种技术的公司包括芬兰耐斯特（Neste）石油公司和动力燃料公司。

3.4.2 催化脱羧

脱羧过程中粗脂肪原料首先转化成脂肪酸和甘油。然后脂肪酸经催化脱羧处理。这是一种不需要 H_2 即可脱氧的工艺，把饱和

及不饱和脂肪酸转变成烃类。该工艺的独特之处在于不会改变饱和键的类型，也是由于这一特点使得可再生烯烃的生产成为可能。需要使用不饱和脂肪生产燃料时，在催化脱羧的过程中引入少量 H_2 生产的饱和烃，是更理想的燃料。Alipha Jet 公司正在开发这项技术。

3.4.3 甲醇生产

粗甘油（生物柴油工厂废弃物）经过纯化、蒸发、裂化，可以获得合成气，以用于甲醇生产。甲醇用途广泛，本身可用作燃料，也可作为其他生物燃料的原料，还可作为平台化合物，生产一系列有前景的产品，例如甲基叔丁基醚（MTBE），二甲醚（DME）， H_2 以及合成生物燃料（合成烃类）。BioMCN 公司正在应用这项技术。

无可置疑，还有很多技术正在开发，但本报告并不能一一列举。例如，生物柴油、用糖和淀粉生产乙醇以及沼气等传统生物燃料生产技术的进步虽然也很重要，但不是本报告的主题。

3.5 文献

Aadesina A. A., 1996 - Hydrocarbon synthesis via Fischer-Tropsch reaction: Travails and triumphs. Appl. Cat. A., n. 138, p. 345-367.

Basha K. M. *et al.*, 2010 - Recent advances in the Biodegradation of Phenol: A review. Asian Journal of Experimental Biological Sciences, vol. 1, n. 2, p. 219 – 234.

Belgacem M. N. & Gandini A. - Monomers, Polymers and Composites from Renewable Resources. Chapter 22 - Chodak I.: Polyhydroxyalkanoates: Origin, Properties and Applications, p. 451 – 477.

- Biotechnol. Prog., 1999 – Reactor Design Issues for Synthesis Gas Fermentation, n. 15, p. 834-844.
- de Wild P. *et al.*, 2009 - Lignin Valorisation for Chemicals and (Transportation) Fuels via (Catalytic) Pyrolysis and Hydrodeoxygenation. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, vol.28, n.3, p.: 461 – 469.
- Doherty W. O. S. *et al.*, 2011 – Value-adding to cellulosic ethanol: Lignin polymers. *Industrial Crops and Products*, n. 33, p. 259 – 276.
- Dry M. E., 2002 – The Fischer-Tropsch process: 195-2000. *Catal. Today*, 71, n. 3-4, p. 227-241.
- Ed de Jong *et al.* - Bio-based Chemicals (IEA Bioenergy – Task42 Biorefinery Value Added), p. 1 – 36.
- FitzPatrick M. *et al.*, 2010 - A biorefinery processing perspective: Treatment of lignocellulosic materials for the production of value-added products. *Bioresource Technology*, n. 101, p.: 8915–8922.
- Fürnsinn S. and Hofbauer H., 2007 – Synthetische Kraftstoffe aus Biomasse: Technik, Entwicklung, Perspektiven. *Chem. Ing. Tech.*, 75, n. 5, p. 579-590.
- Gentili A. *et al.*, 2008 - MS techniques for analyzing phenols, their metabolites and transformation products of environmental interest. *Trends in Analytical Chemistry*, vol. 27, n. 10, p. 888 – 903.
- Gosselink R. J. A., 2011 - Lignin as a renewable aromatic resource for the chemical industry. Thesis, p. 1 – 196.
- Holladay J. E. *et al.*, 2007 - Top Value-Added Chemicals from Biomass. Volume II—Results of Screening for Potential Candidates from Biorefinery Lignin. Pacific Northwest National Laboratory, vol. II, p. 1 – 79.
- IEA, 2011 – Technology Roadmap: Biofuels for Transport. OECD/IEA
- IEA, 2011 – World Energy Outlook 2010. OECD/IEA
- Jungmeier G., 2012 – Joanneum Research Power Point Presentation of Innovative Biofuel-driven Biorefinery Concepts and their Assessment. Biorefinery Conference 2012 “Advanced Biofuels in a Biorefinery Approach”, p. 1 – 45.
- Lora J. H. *et al.*, 2002 - Recent Industrial Applications of Lignin: A Sustainable Alternative to

- Nonrenewable Materials. *Journal of Polymers and the Environment*, vol. 10, n. ½, p. 39 – 48.
- Lyubeshkina E. G., 1983 - Lignins as Components of Polymeric Composite Materials. *Russian Chemical Reviews*, 52, n. 7, p. 675 – 692.
- Norberg I., 2012 - CARBON FIBRES FROM KRAFT LIGNIN. KTH Royal Institute of Technology, School of Chemical Science and Engineering Doctoral Thesis, p. 1 – 52.
- NREL/Nexat Inc. – Equipment Design and Cost Estimator for Small Modular Biomass Systems, Synthesis Gas Cleanup, and Oxygen Separation Equipment. Task 9: Mixed Alcohols from Syngas – State of Technology, May 2006; NREL/SR-510-39947.
- Pandey M. P. & Kim C. S., 2010 - Lignin Depolymerization and Conversion: A Review of Thermochemical Methods. *Chemical and Engineering Technology*, 34, n. 1, p. 29 – 41.
- Pellegrino J. L., 2000 - Energy and Environmental Profile of the U.S. Chemical Industry. Chapter 4: The BTX Chain: Benzene, Toluene, Xylene., p. 105 – 140.
- Phillips S. and al., April 2007 – Thermochemical Ethanol via Indirect Gasification and Mixed Alcohol Synthesis of Lignocellulosic Biomass, Nreal/TP-510-41168.
- Sannigrahi P. *et al.*, 2010 - Cellulosic biorefineries—unleashing lignin opportunities. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2, p.: 383–393.
- Tuor U. *et al.*, 1995 – Enzymes of white-rot fungi involved in lignin degradation and ecological determinations for wood decay. *Journal of Biotechnology*, 41, p. 1 – 17.
- Vicuña R., 1988 – Bacterial degradation of lignin. *Enzyme and Microbial Technologies*, vol. 10, p. 646 – 655.
- Vigneault A. *et al.*, 2007 - Base-Catalyzed Depolymerization of Lignin: Separation of Monomers. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 85, p. 906 – 916.
- Vishtal A. & Krawslawski A., 2011 – Challenges in industrial applications of Technical Lignins. *BioResources*, 6, n. 3, p. 3547 – 3568.
- Zakzeski j. *et al.*, 2009 – The Catalytic Valorization of Lignin for the Production of Renewable Chemicals. *Chemical Reviews*, p. A – AS.
- Zhao Y. *et al.*, 2010 - Aromatics Production via Catalytic Pyrolysis of Pyrolytic Lignins from Bio-Oil. *Energy Fuels*, n. 24, p.: 5735–5740.

4 装置名录

本章列出的所有项目的主要数据现在可通过在线地图 (<http://demoplants.bioenergy2020.eu>) 进行查询。使用的单位是 t/y (吨/年) 和 MW (兆瓦)。

4.1 生物化学技术

表2: 采用生物化学转化途径的项目清单 (公司名称以字母顺序排序)

公司	地址	国家	原料	产品	产量	单位	类型	状态	投产时间
奥尔堡大学 哥本哈根校区	Bornholm 博恩霍尔姆	丹麦	麦秸、鸭茅	乙醇; 沼气	11	吨/年	中试	运转	2009年
Abengoa Bioenergy	Babilafuent, Salamanca	西班牙	谷草 (大部分为大麦和 小麦)	乙醇	4000	吨/年	示范	运转	2008年
Abengoa Bioenergy Biomass of Kansas, LLC	Hugoton 雨果顿	美国	玉米秸、麦秸、柳枝稷	乙醇 +18MW 电能	75000	吨/年	商业化	在建	2013年
Abengoa Bioenergy New Technologies	York 约克	美国	玉米秸	乙醇	75	吨/年	中试	运转	2007年
Abengoa Bioenergy, S.A.	Arance	法国	农林业废弃物	乙醇	40000	吨/年	示范	计划	2013年

公司	地址	国家	原料	产品	产量	单位	类型	状态	投产时间
Aemetis	Butte	美国	柳枝稷、草籽、草杆、玉米秸秆	乙醇	500	吨/年	中试	运转	2008年
Amyris, Inc.	Campinas 坎皮纳斯	巴西	甘蔗	柴油型烃类	未作说明		示范	运转	2009年
Amyris, Inc.	Emeryville 埃默里维尔	美国	甘蔗	柴油型烃类	未作说明		中试	运转	2008年
Amyris, Inc.	Piracicaba 皮拉西卡巴	巴西	甘蔗	柴油型烃类	未作说明		商业化	运转	2010年
Amyris, Inc.	Brotas	巴西	甘蔗	柴油型烃类	未作说明		商业化	运转	2012年
Amyris, Inc.	Pradópolis	巴西	甘蔗	柴油型烃类	未作说明		商业化	计划	2013年
Amyris, Inc.	Decatur 迪凯特	美国	玉米葡萄糖	柴油型烃类	未作说明		商业化	运转	2011年
Amyris, Inc.	Leon	西班牙	甜菜、葡萄糖	柴油型烃类	未作说明		商业化	运转	2011年
Beta Renewables (Mossi & Ghisolfi 集团 下属的 Chemtex 工程公司 与 TPG 成立的合资公司)	Rivalta Scrivia	意大利	玉米秸秆、稻草、 果壳、能源作物(芦竹)、 木质生物质	乙醇; 化学品	250	吨/年	中试	运转	2009年
Beta Renewables (同上)	Crescentino	意大利	木质纤维素: 稻草、能 源作物(芦竹)	乙醇	60000	吨/年	商业化	运转	2012年
BioGasol	Aakirkeby, Bornholm	丹麦	稻草、草、园林垃圾	乙醇; 沼气; 木质素; 氢气	4000	吨/年	示范	计划	2013年
BlueSugars Corporation	Upton 阿普顿	美国	蔗渣和其他生物质	乙醇; 木质素	4500	吨/年	示范	运转	2008年

公司	地址	国家	原料	产品	产量	单位	类型	状态	投产时间
Borregaard AS	Sarpsborg 萨尔普斯堡	挪威	蔗渣、稻草、木材、能源作物和其他木质纤维素	乙醇；木质素；化学品	乙醇 110； 木质素 200	吨/年	示范	运转	2012 年
Borregaard Industries AS	Sarpsborg 萨尔普斯堡	挪威	生产云杉木浆产生的亚硫酸盐废液	乙醇	15800	吨/年	商业化	运转	1938 年
BP Biofuels	Jennings	美国	专用能源作物	乙醇	4200	吨/年	示范	运转	2009 年
Chempolis Ltd.	Oulu 奥卢	芬兰	非木材和非食物木质纤维生物质，如稻草、芦苇、空果茎、甘蔗渣、玉米秸秆和木渣	乙醇；化学品	5000	吨/年	示范	运转	2008 年
Clariant	Straubing 施特劳宾 (慕尼黑)	德国	麦秸和其他农业废弃物	乙醇	1000	吨/年	示范	运转	2012 年
DuPont 杜邦公司	Vonore 佛诺尔	美国	木质纤维素：玉米秸秆、玉米芯和纤维、柳枝稷	乙醇	750	吨/年	示范	运转	2010 年
Fiberight LLC	Lawrenceville 劳伦斯维尔	美国	城市固体废物	乙醇；电能	3	吨/年	示范	运转	2012 年
Fiberight LLC	Blairstown 布莱尔斯敦	美国	城市固体废物	乙醇；电能	18	吨/年	商业化	因重构工艺而闲置	2013 年
Frontier Renewable Resources	Kincheloe	美国	木屑	乙醇；木质素	60000	吨/年	商业化	计划	
GraalBio; 商业化运用 Beta Renewables 的技术		巴西	蔗渣和稻草	乙醇	65000	吨/年	商业化	计划	2013 年

公司	地址	国家	原料	产品	产量	单位	类型	状态	投产时间
Inbicon (DONG Energy)	Kalundborg 卡伦堡	丹麦	麦秸	乙醇; C ₅ 糖浆	4300	吨/年	示范	运转	2009年
Inbicon (DONG Energy)	Fredericia 腓特烈西亚	丹麦	稻草	乙醇; C ₅ 糖浆	未作说明		中试	运转	2003年
Inbicon (DONG Energy)	Fredericia 腓特烈西亚	丹麦		乙醇; C ₅ 糖浆	未作说明		中试	运转	2005年
INEOS Bio	Vero Beach 弗隆滩	美国	植物废弃物、木材废料、 园林垃圾	乙醇 +6MW 电能	24000	吨/年	商业化	在建	2013年
Iogen Corporation	Ottawa 渥太华	加拿大	小麦/燕麦/大麦秸秆、 玉米秸秆、蔗渣 和其他农业废弃物	乙醇	1600	吨/年	示范	运转	2004年
爱荷华州立大学	Boone	美国	谷粒、含油种子、 植物油、甘油	乙醇; 费托 液	200	吨/年	中试	运转	2009年
宝钢朗泽新能源有限公司	上海	中国	工业烟气	乙醇	300	吨/年	示范	运转	2012年
LanzaTech New Zealand Ltd	Parnell 帕内尔	新西兰	工业烟气	乙醇	90	吨/年	中试	运转	2008年
LanzaTech (北京首钢 朗泽新能源有限公司)	北京	中国	工业废气	乙醇	300	吨/年	示范	在建	2013年
LanzaTech, Inc.	Georgia 乔治亚州	美国	木质生物质、生物质合成气	乙醇	15000	吨/年	商业化	计划	2013年
LanzaTech – Concord Enviro Systems PVT Lt.	Aurangabad 奥兰加巴德	印度	任何含有 CO 的 城市废气	乙醇、电能	300	吨/年	示范	计划	2013年

公司	地址	国家	原料	产品	产量	单位	类型	状态	投产时间
Lignol Innovations Ltd.	Burnaby 本拿比	加拿大	硬木和软木废料	乙醇; 木质素	未作说明		中试	运转	2009年
Mascoma 公司	Rome	美国	木屑、柳枝稷和其他原材料	乙醇; 木质素	500	吨/年	示范	运转	
日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)	Hiroshima 广岛	日本	木质纤维素: 木屑	乙醇	65	吨/年	中试	运转	2011年
NREL (美国国家可再生能源实验室)	Golden, Colorado	美国	干基生物质	乙醇	100	吨/年	中试	运转	1994/2011
Petrobras	里约热内卢 Rio de Janeiro	巴西	蔗渣	乙醇	270	吨/年	中试	运转	2007年
Petrobras and Blue Sugars (与 Blue Sugars 使用同一间工厂, 但具有独立的测试程序)	Upton, Wyoming 怀俄明州阿普顿	美国	干蔗渣	乙醇	700	吨/年	示范	运转	2011年
POET	Scotland	美国	农业废弃物	乙醇	60	吨/年	中试	运转	2008年
POET-DSM Advanced Biofuels	Emmetsburg 埃米茨堡	美国	农业废弃物	乙醇; 沼气	75000	吨/年	商业化	在建	2013年
PROCETHOL 2G	Pomacle	法国	灵活; 木材和农业副产品、废弃物、能源作物	乙醇	2700	吨/年	中试	运转	2011年
昆士兰科技大学	Mackay 麦基	澳大利亚	蔗渣和其他木质纤维素	乙醇; 木质素; 化学品	未作说明		中试	运转	2010年
SEKAB	Goswinowice	波兰	麦秸和玉米秸	乙醇	50000	吨/年	示范	计划	2014年

公司	地址	国家	原料	产品	产量	单位	类型	状态	投产时间
SEKAB/EPAB	Örnsköldsvik	瑞典	初生木材木屑；蔗渣、麦秸、玉米秸秆、能源草、可回收垃圾等	乙醇	160	吨/年	中试	运转	2004年
TNO	Zeist 泽斯特	荷兰	麦秸、草、玉米秸、蔗渣、木屑	经预处理生物质	100	吨/年	中试	运转	2002年
Weyland AS	Bergen 卑尔根市	挪威	木质纤维素——原料主要为云杉和松树	乙醇；木质素	158	吨/年	中试	运转	2010年
ZeaChem	Boardman	美国	杨树、麦秸	乙醇；化学品	75000	吨/年	商业化	计划	2014年
ZeaChem Inc.	Boardman, Oregon	美国	杨树、麦秸	乙醇；柴油型烃类；化学品；汽油型燃料；航空燃料	750	吨/年	示范	运转	2011年

4.2 热化学技术

表3: 采用热化学转化途径的项目清单 (公司名称以字母顺序排序)

公司	地点	国家	原料	产品	产能	单位	种类	状态	启动年份
Güssing 生物质发电公司	Güssing 居辛	奥地利	来自气化器的合成气	合成天然气	576	t/y	示范	运转	2008
Chemrec AB 公司	Pitea 皮特奥	瑞典	造纸黑液气化	二甲醚 (DME)	1800	t/y	中试	运转	2011
ECN 公司	Petten	荷兰	木质纤维素 (清洁木材与废弃木材)	合成气, 合成天然气 (较小装置或者侧线)	346	t/y	中试	运转	2008
ECN - Consortium Groen Gas 2.0	Alkmaar 阿尔克马尔	荷兰	木质纤维素	合成天然气, 热能	6500	t/y	示范	计划	2013
Enerkem 公司	Sherbrooke 舍布鲁克	加拿大	分类的城市固体废物 (SMSW), 来自于众多地区, 物料超过 25 种, 包括木屑、加工过的木头、污泥、石油焦、废弃塑料、麦秆。物料可以为固态、浆态或者液态	乙醇; 甲醇; 各种化学品	未作说明		中试	运转	2003

公司	地点	国家	原料	产品	产能	单位	种类	状态	启动年份
Enerkem 公司	Westbury	加拿大	废弃木材(例如: 废弃电线杆, 废弃枕木) 木质废物和城市固体废物	甲醇、乙醇、各种化学品	4000	t/y	示范	运转	2009
Enerkem- Varenes 纤维素 乙醇公司	Varenes	加拿大	分类工业、商业、市政废物	甲醇、乙醇、各种化学品	30000	t/y	商业化	计划	
Enerkem 生物燃料公司	Alberta 埃德蒙顿 Edmonton	加拿大	分类城市固体废物	甲醇、乙醇、各种化学品	30000	t/y	商业化	在建	2013
Enerkem Mississippi 生物燃料公司	Pontotoc	美国	分类城市固体废物以及木渣	甲醇、乙醇、各种化学品	30000	t/y	商业化	计划	
Goteborg AB 公司	Energi Göteborg 哥德堡	瑞典	森林残留物, 木屑颗粒, 树枝和树梢	合成天然气, 分区供热	11200	t/y	示范	在建	2013
Greasoline 公司	GmbH Oberhausen 奥博豪森	德国	生物基油品及脂肪, 植物油加工过程残留物, 游离脂肪酸, 废弃生物基油及脂肪	柴油型烃类	2	t/y	中试	运转	2011
美国天然气技术研究院	Des Plaines 德斯普兰斯	美国	森林残留物: 树梢, 树皮, 湿混合废木料,	费托液	880	t/y	中试	运转	2004

公司	地点	国家	原料	产品	产能	单位	种类	状态	启动年份
			树桩材料						
美国天然气技术研究院	Des Plaines 德斯普兰斯	美国	木材, 玉米秸秆, 甘蔗渣, 藻类	费托液、汽油型燃料	4.1(木材) 8 (藻类)	t/y	中试	运转	2012
爱荷华州立大学	Boone	美国	谷物, 油料种子, 蔬菜油, 甘油	乙醇; 费托液	200	t/y	中试	运转	2009
卡尔斯鲁厄理工学院	Karlsruhe 卡尔斯鲁厄	德国	木质纤维素	二甲醚; 汽油型燃料	608	t/y	中试	在建	2013
Licella 公司	Somersby	澳大利亚	辐射松, 巴拿草, 藻类	生物基油料	350	t/y	示范	运转	2008
美国国家可再生能源实验室	Golden, Colo rado 戈尔登, 科罗拉多州	美国	干基生物质	各种化学品	50	t/y	中试	运转	1985, 持续扩张
三角研究所	Research Triangle Park	美国	木质纤维素	费托液; 混合醇	22	t/y	中试	在建	
南方研究所	Durham	美国	纤维素, 城市废物, 合成气	费托液; 混合醇	未作说明		中试	运转	2007
天柏化工集团	Temis-Cami ng	加拿大	亚硫酸盐废液	乙醇	13000	t/y	示范	运转	

公司	地点	国家	原料	产品	产能	单位	种类	状态	启动年份
土耳其科学技术研究委员会	Gebze	土耳其	榛果壳混合物, 橄榄块状物, 木屑, 褐煤混合物	费托液	250	t/y	中试	在建	2013
维也纳工业大学/生物能源 2020+公司	Güssing 居辛	奥地利	来自汽化器的合成气	费托液	0.2	t/y	中试	运转	2005
Virent 公司	Madison, Wisconsin 麦迪逊, 威斯康星州	美国	松木残渣, 甘蔗渣和玉米秸秆	柴油型烃类	30	t/y	示范	运转	2009

4.3 化学技术

表4: 采用化学转化技术的项目清单 (公司名称以字母顺序排序)

公司	位置	国家	输入物料	产品	产能	单位	类型	状态	启动年份
AlphaJet 公司.	未作说明	未作说明	甘油三酯油料	柴油型烃类;航空燃料	230	t/y	中试	计划	2013
BioMCN 公司	Farmsum	荷兰	粗甘油, 其他物料	甲醇	200000	t/y	商业化	运转	2009
动力燃料公司	Geismar	美国	动物油脂, 废弃食用油脂	柴油型烃类	210000	t/y	商业化	运转	2010
Neste 石油公司	Porvoo	芬兰	油料和脂肪	柴油型烃类	190000	t/y	商业化	运转	2009
Neste 石油公司	Rotterdam	荷兰	油料和脂肪	柴油型烃类	800000	t/y	商业化	运转	2011
Neste 石油公司	新加坡	新加坡	油料和脂肪	柴油型烃类	800000	t/y	商业化	运转	2010
Neste 石油公司	Porvoo	芬兰	棕榈油, 菜籽油和动物脂肪	柴油型烃类	190000	t/y	商业化	运转	2007

4.4 停止的项目

表5: 关闭或停用的装置清单

公司	位置	国家	输入物料	产品	产能	单位	类型	状态
BioGasol 公司	Ballerup	丹麦	灵活物料	乙醇;	未作说明		中试	停止
CHEMREC 公司	Örnsköldsvik	瑞典	亚硫酸废液 (SSL)	二甲醚	95000	t/y	示范	计划推迟
Coskata 公司	Warrenville	美国	各种木质纤维素	乙醇	未作说明		中试	闲置
Coskata 公司	Madison 麦迪逊	美国	木屑, 天然气	乙醇	120	t/y	示范	闲置
Coskata 公司	Clewiston	美国	甘蔗废料, 其他物料	乙醇	300000	t/y	商业化	计划停止
Flambeau River 生物燃料公司	Park Falls	美国	森林残留物, 非适 售木材	费托液	51000	t/y	示范	计划停止
Iogen 公司	Birch Hills	加拿大	麦秆等	乙醇	70000	t/y	商业化	计划停止
Iogen Biorefinery Partners, LLC	Shelley	美国	农业废弃物: 麦秆, 大麦秆, 玉米秸秆, 柳枝稷, 稻草	乙醇	55000	t/y	商业化	计划停止
Lignol 能源公司	Grand Junction	美国	硬木和软木废弃 物; 农业废弃物	乙醇, 木质素	7500	t/y	示范	计划停止

公司	位置	国家	输入物料	产品	产能	单位	类型	状态
NSE Biofuels Oy, aNeste 石油和 Stora Enso 合资 公司	Porvoo 或 Imatra	芬兰	森林残留物	费托液	100000	t/y	商业化	计划停 止
NSE Biofuels Oy, Neste 石油和 Stora Enso 合资公 司	Varkaus	芬兰	森林残留物	费托液	656	t/y	中试	试验成 功后停 止运转
太平洋乙醇公司	Boardman,Oregon	美国	木质纤维素	乙醇, 生物 气, 木质素	8000	t/y	示范	计划停 止
Petrobras	Rio de Janeiro 里约热内卢	巴西	甘蔗渣	乙醇	未作说明		中试	计划推 迟
史维克福纤维股 份有限公司	Hallein 哈莱茵	奥地利	来自云杉木浆的亚 硫酸废液	乙醇	12000	吨/年	示范	计划暂 停
瑞典酒精化工集 团	Örnsköldsvik 恩舍尔兹维克	瑞典		乙醇	120000	吨/年	商业化	计划延 期
瑞典酒精化工集 团工业发展公司	Örnsköldsvik 恩舍尔兹维克	瑞典	灵活利用木屑和蔗 渣	乙醇	4500	吨/年	示范	计划停 止

4.5 关闭的公司

表6: 停止运营的公司清单

公司	位置	国家	原料	产品	产能	单位	类型	最新状况
BBIBioventures 有限责任公司	Denver, Colorado 科罗拉多, 丹 佛	美国	木质纤维素; 不需要 处理或只需很少处 理的先行收集的原 料	乙醇	13000	吨/年	商业化	计划
BFT 仿生燃料 技术股份公司	Aarhus-odum 奥尔胡斯-奥 德姆	丹麦	秸秆颗粒	柴油; 烃类	200	吨/年	示范	运转
科林能源 弗莱贝格股份 有限公司	Freiberg 弗莱贝格	德国	回收干木屑和林业 废弃木材	费托液	13500	吨/年	示范	试运行
科林工业有限 公司	Schwedt 施韦特	德国	回收干木屑; 快速生 长的短期轮作作物 木材	费托液	200000	吨/年	商业化	计划
雷奇燃料公司	Soperton 索珀顿	美国	木材以及附近林业 采伐中的废木材	乙醇; 甲醇	300000	吨/年	商业化	在建
雷奇燃料公司	Denver 丹佛	美国	格鲁吉亚松、硬木和 科罗拉多虫害致死 的松木	混合醇类	未作说 明	吨/年	中试	运转
Terrabon 公司	Bryan 布莱恩	美国	城市固体废物, 污泥, 有机肥, 农业废物和 非食用能源作物	混合醇类	103-120	吨/年	示范	运转

4.6 公司名称的变更

表7: 改名的公司清单

前用名	新名	备注
AE 生物燃料公司	Aemetis 公司	
CTU-概念技术世界公司 CTU - Conzepte Technik Umwelt AG	Güssing 生物质发电公司	CTU 破产之后被收购
杜邦纤维素乙醇公司	杜邦公司	
KL 能源公司	Blue Sugars 公司	
Mossi&Ghisolfi 公司	Beta 可再生能源公司	
M-real Hallein 股份公司	史维克福纤维股份有限公司	项目计划暂停
Verenium 公司	BP 生物燃料公司	收购

4.7 技术合作

表8: 合作公司清单

BioGasol 公司	丹麦科技大学 (DTU) 和哥本哈根奥尔堡大学	BioGasol 公司是丹麦科技大学的剥离出来的公司; 而哥本哈根的奥尔堡大学也从事相同的再生能源项目的研究
Güssing 生物质发电公司	维也纳工业大学/生物能源 2020+公司	在相同的气化装置上运行项目: 分别为生物合成气和费托合成气
Enerkem 公司	格林菲尔德乙醇公司	瓦雷纳纤维素乙醇公司
Graal 生物公司	Beta 可再生能源公司	Graal 生物公司正在巴西计划建设商业规模的纤维素乙醇生产厂, 使用 Beta 可再生能源公司的 PROESA 工艺
朗泽技术公司	宝钢集团	中国上海的朗泽技术宝钢新能源有限责任公司
Mascoma 公司	J.M. Longyear 公司	前沿可再生资源公司
Mossi&Ghisolfi 康泰斯公司	TPG 公司	Beta 可再生能源公司
巴西国家石油公司	Blue Sugars 公司	巴西国家石油公司在 Blue Sugars 公司的示范装置上运行试验, 而 Blue Sugars 公司给予巴西国家石油公司技术许可
瑞典酒精化工集团	吕勒奥科技大学 Technical University of Lulea, 于默奥大学 University of Umea	EPAP

5 数据汇总

本报告的数据全部取自 71 个正在进行的先进生物燃料项目。报告第 4 部分列表中引用了更多的项目，但并非所有项目都生产生物燃料，而且其中的一些已不再运行。虽然一些新的先进生物燃料项目得到确认，但这些公司并没有提供数据。以下图表仅对提供数据并正在执行的项目进行统计。

5.1 转化技术

相对于热化学技术，生物化学技术显然处于主导地位。在统计的 71 个项目中，43 个采用生物化学途径，20 个采用热化学途径，7 个使用化学途径。若 1 个中试项目可灵活采用生物化学和热化学转化，因此对于该项目，两种技术各计一半。如下图所示，这些项目的产能规模在 50 吨/年 - 80 万吨/年之间。

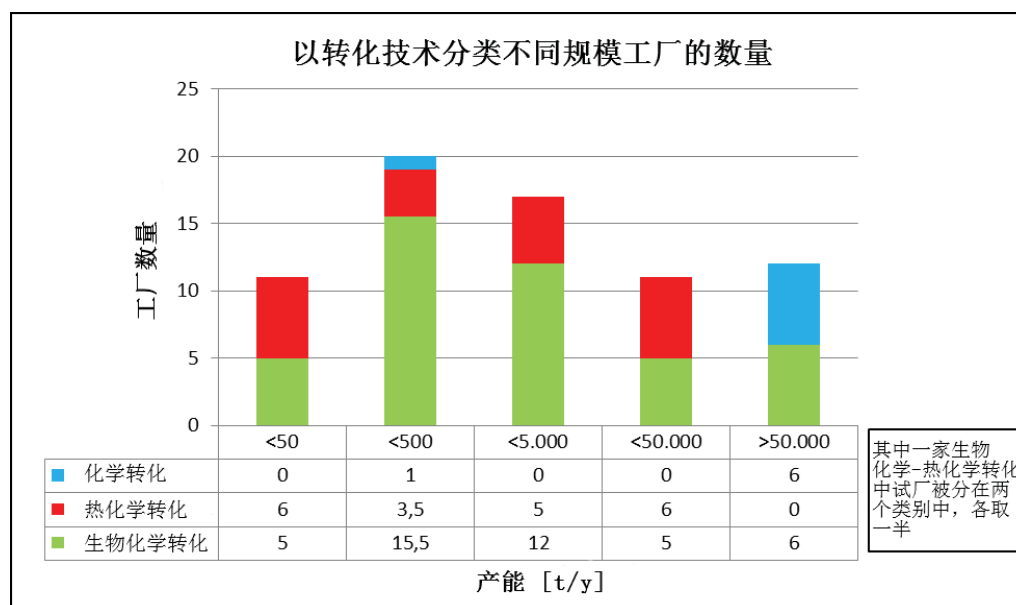


图7: 项目技术分类图

5.1.1 生物化学途径

纵观所统计的 43 个项目，采用了多种木质纤维素原料，包括农业废弃物、木材、林业木渣及林产品废料、专用能源作物以及城市固体废物。出现频率最高的原料有玉米芯、玉米秸秆、麦秸和木材废料。有些项目也用到木屑、甘蔗渣和亚硫酸废液。一些技术以气体为原料，这些气体可能来自生物质气化或其他工业过程。不同公司寻求特定的商业机会。

大部分技术使用蒸汽爆破或酸对木质纤维素进行预处理，随后是酶解和发酵。酶制剂通常由专业酶制剂生产商提供，而 Iogen 和 Mascoma 等公司则自主生产酶制剂。Mascoma 公司将酶生产、酶解和发酵过程集合在一步（统合生物加工）。

许多情况下，可实现电能和蒸汽的一体化生产（热电联产，CHP）：一些公司在工艺的初始阶段分离出木质素，用于发电和生产蒸汽（Inbicon 公司、Iogen 公司和 Lignol 能源公司）；木质素颗粒也可作为副产品出售。POET 公司将玉米芯乙醇的生产集成到现有谷物乙醇生产厂，并将收集到的部分生物质用于发电。Abengoa 公司也将乙醇生产和生物质热电联产结合起来。Schweighofer Fiber（计划延迟）的理念具有前瞻性，即将乙醇生产整合至现有纸浆厂，生产乙醇和电能，并实现亚硫酸废液（SSL）中化学品的循环利用；Borregaard Industries 公司自 1938 年以来已成功利用亚硫酸废液生产乙醇。

Terrabon 公司则采用一种截然不同的方法：木质素先用石灰和氧气进行预处理，然后经微生物处理后转化成醋酸，此过程可生产出多种产品。醋酸也是 ZeaChem 工艺的中间产品：首先利用化学方法将

糖从木质素中分馏出来，然后将糖发酵变成醋酸，再转换为酯，而木质素则气化为富氢气体，其中的 H_2 用于酯的氢化得到乙醇，合成气的余下部分则被燃烧，进行发电和生产蒸汽。

另外一种有意义的选择是使用气体作为原料。INEOS Bio 的技术可将生物质（木屑）气化和利用微生物将所得合成气转化成乙醇的过程结合在一起，并整合精馏和薄膜渗透蒸发方法来回收乙醇。Coskata 持有类似理念，但已停止上述开发活动。郎泽科技也是利用气态原料（如工业废气）来制造乙醇。

5.1.2 热化学途径

生物化学途径针对的是农业废弃物和草本植物原料，而热化学途径则致力于使用木质原料。从产品的角度看可以获得一些列产品。采用热化学途径的 20 个项目所生产的产品范围从费托液、合成天然气（SNG）、二甲醚（DME）到乙醇、甲醇和混合醇类。所生产生物燃料的种类并非取决于使用的原料，而在于各地区对汽油或柴油燃料替代品的需求。近期观察到这些项目不再生产费托液，而转向成本较低的混合醇类。

热化学方法使用的原料包括来源于林业及林业废弃物的木屑和木屑颗粒、分选的城市固体废物（SMSW）和亚硫酸废液（SSL）。

流化床气化炉和气流床气化炉采用不同的工艺理念，在气化技术中的运用几乎平行。例如，Enerkem 公司运用鼓泡流化床气化炉；卡尔斯鲁厄研究中心（Forschungszentrum Karlsruhe）则在材料进入高温气流床气化炉前对其进行快速热解处理；Chemrec 公司的气流床气化炉使用制浆过程产生的亚硫酸废液。一般而言，流化床气化炉的规

模较气流床气化炉要小。

5.1.3 化学途径

有 7 个项目采用化学途径生产先进生物燃料。耐斯特石油公司(全球 4 套装置)和动力燃料公司对油品进行加氢处理。Alpha Jet 公司对粗脂肪进行催化脱羧。这两种技术生产的生物燃料质量上乘,进行特殊处理后可满足航空燃料的需要。BioMCN 利用生物柴油厂的残余甘油生产甲醇,甲醇进一步可转化成各种燃料和化学品。

尽管制成的燃料质量上乘,但这些技术的缺点在于其依赖潜在的食品原料,如油类和脂肪。

5.2 项目状态

截至 2012 年年底,有 48 个项目处于运转状态,9 个项目处于在建或试运行状态,14 个项目在计划中。

除使用化学转化技术的工厂以外,运转中的装置规模均相对较小。耐斯特石油公司位于鹿特丹和新加坡的装置是最大的化学转化装置,最大的生物化学转化装置属于 Borregaard 工业公司,最大的热化学转化装置属于天柏化工集团,上述两家公司利用亚硫酸废液生产的乙醇规模约为 1.5 万吨/年。

近期,两个大型热化学项目因经济原因停止:CHORENs 公司位于德国弗莱伯格(Freiberg)1.5 万吨/年的费托液示范工厂在试运行阶段破产;Range 燃料公司(Range Fuels)位于美国索伯顿 30 万吨/年乙醇的工厂投产后不久即因经济原因停止运转。BP 生物燃料公司早先公布将在佛罗里达投建一座大型生物化学法纤维素乙醇厂,但在

2012 年放弃了该计划。

在建中最大的纤维素乙醇生产厂有 Abengoa 公司位于美国雨果顿 (Hugoton) 7.5 万吨/年的工厂、POET-DSM 先进生物燃料公司位于美国埃米茨堡 (Emmetsburg) 的 7.5 万吨/年工厂、Beta 可再生能源公司位于意大利 Crescentino 的 4 万吨/年工厂和英力士生物公司位于弗隆滩 (Vero Beach) 年产 2.4 万吨的工厂。在建中的热化学法装置包括 Enerkem 公司位于加拿大埃德蒙顿 (Edmonton) 的工厂 (3 万吨/年乙醇) 和 Göteborg Energi 位于瑞典哥德堡 (Göteborg) 的工厂 (合成天然气 SNG 产量为 1.12 万吨/年)。

计划中的项目包括具有商业化规模的装置 (对应正在建设示范工厂的公司)、示范规模的装置和几个中试装置。所有大型项目均要生产乙醇。更多的项目可能还在计划中, 尚未公布, 这取决于公司的政策和政治架构的稳定性和支持力度。

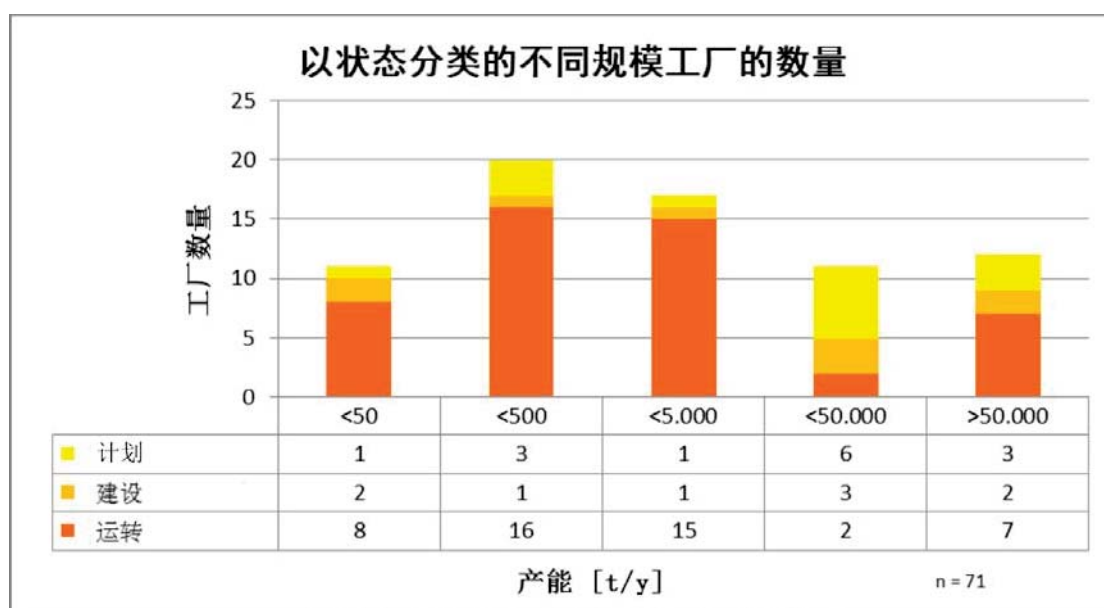


图8: 项目状态分类图

5.3 项目类型

图 9 显示的是中试、示范及商业化规模项目的数量。这 71 个项目中，25 个为中试装置、27 个为示范装置、19 个为商业化装置。一般而言，中试装置的产能相当小，大部分示范工厂的产能在 5000 至 50000 吨/年之间，商业化装置的规模更大。

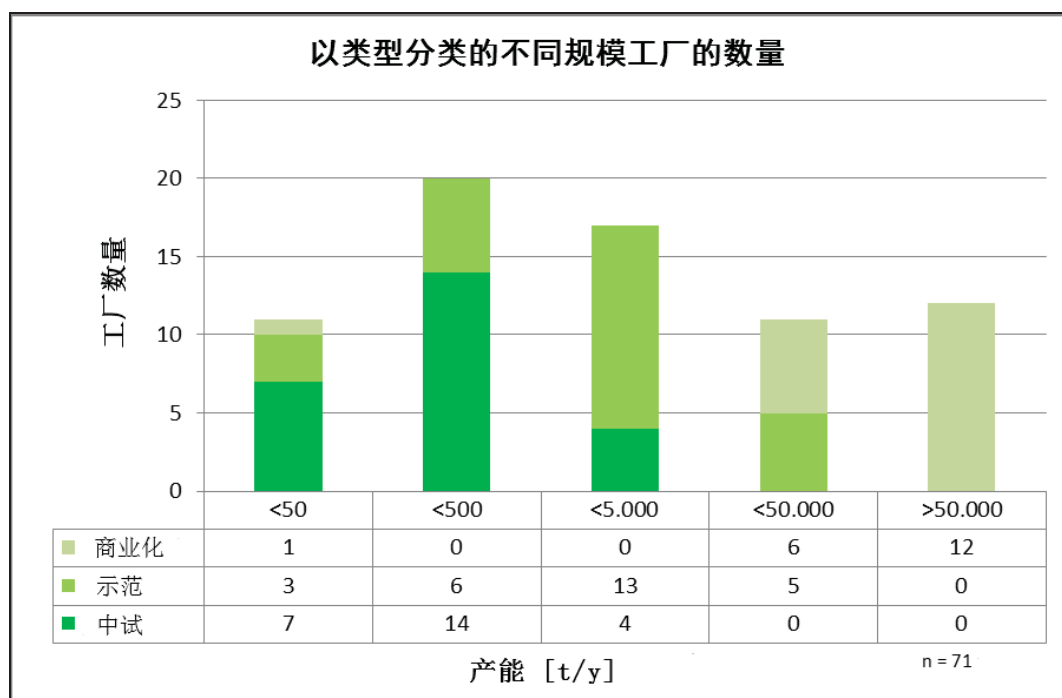


图9: 项目装置类型分类图

有几家公司在中试或示范工厂运转的同时，也在建设商业化装置，包括 Abengoa 公司、Beta 可再生能源公司、Enerkem 公司、Fiberight 公司和 POET 公司。维也纳工业大学和几个合作伙伴开发的气化技术正由 Göteborg Energi 公司采纳并正在扩大规模。

5.4 项目规模

图 10 按时间排序表示了按技术分类的示范和商业化规模工厂的产能。所列的全部装置中，2012 年之前为运转的装置，2012 年后的为在建或规划兴建项目。从图 10 可以看出，采用化学转化技术的工厂的产能最高，高达 80 万吨/年。前期公布的产能超过 10 万吨/年的热化学工厂建设计划已废止或延迟。在未来年产接近 10 万吨的工厂建设中，生物化学转化技术明显处于主导地位。

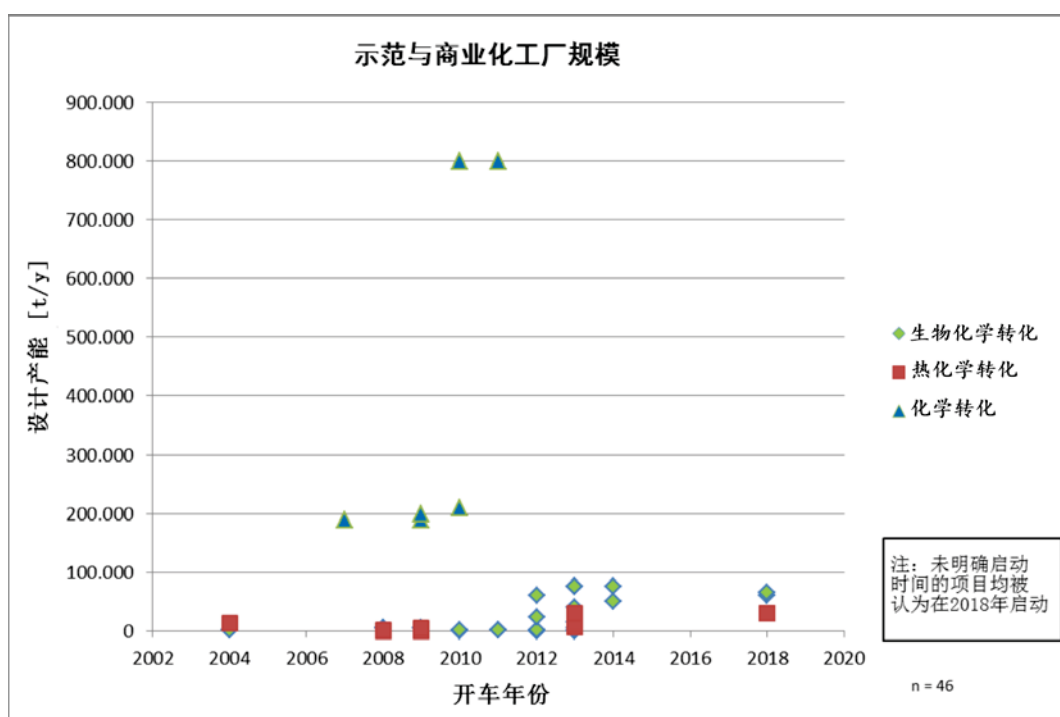


图10: 项目产能（示范及商业化规模）：
2012 年之前运转的装置，2012 年后在建或规划兴建项目

5.5 累计产能

总结所有提供了数据的项目的生产情况，先进生物燃料当前产能为 253 万吨/年，其中大部分（239 万吨/年）通过化学技术生产。植物油加氢处理技术已成功获得运用，当前对世界生物燃料产能的贡献为 219 万吨/年（约占 2.4%）。

下图描述了先进生物能源产能的潜在发展趋势。2012 年以前为现有并在运转工厂的产能，2012 年之后为预测数据。图 11 仅是项目业主向我们提供的数据，不包括未提供数据的公司。

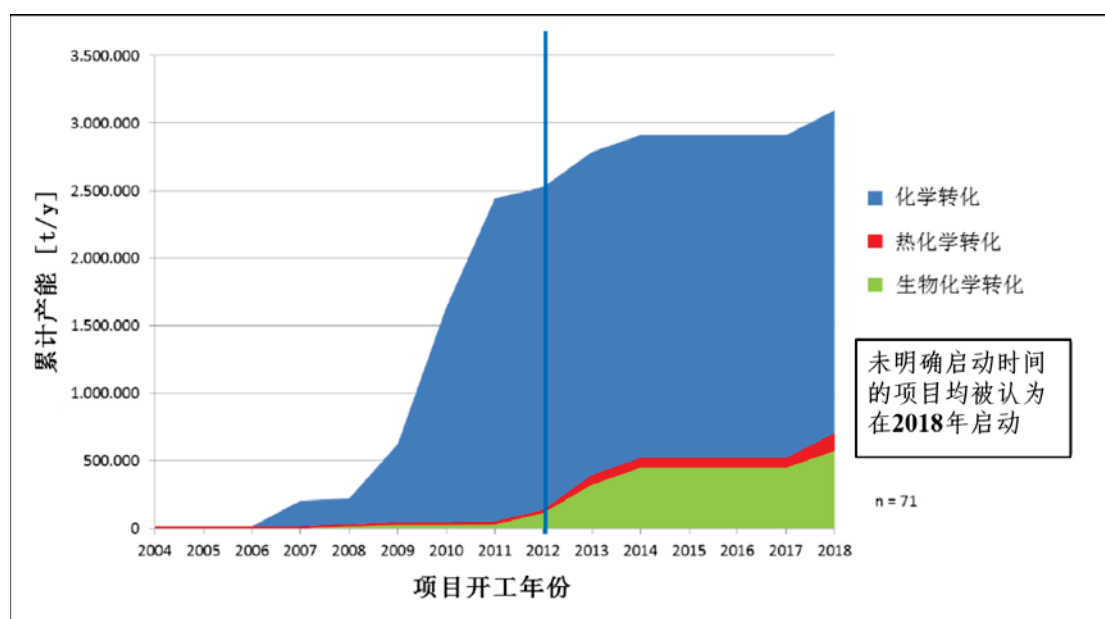


图 11: 报告中项目的累计产能

为方便与 2010 年报告进行比较，图 12 只采用了以木质纤维素为原料的项目（55 个）。此外，欧盟近期出台的政策对使用粮食和饲料农作物制造的生物燃料进行了限制，因此利用其他原料（一般为木质

纤维素)生产的生物燃料特别受到关注。

当前以木质纤维素为原材料生产生物燃料的总产能为 13.7 万吨/年, 仅占世界生物燃料总产能(2011 年产能为 9130 万吨)的 0.15%, 但比 2010 年报告中计算的产能提升了 3 倍。然而, 木质纤维素制生物燃料的发展速度并未如 2010 年报告描述那么快: 即 2010 年年中在建或计划中的所有项目在 2012 年的累积产能总和为 68 万吨/年。这是由于期间几个较大项目废止所致。

将当前在建项目和已公布项目考虑在内, 未来木质纤维素制生物燃料的产能可能在 2018 年达到 62 万吨/年。

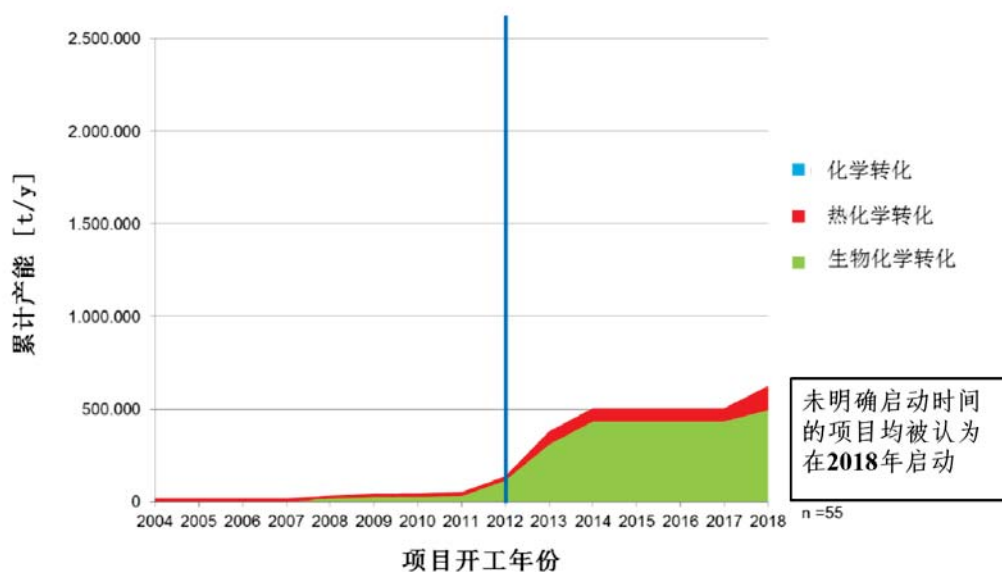


图12: 基于木质纤维素原料项目的累计产能

6 详细描述

本章对上述公司或研究机构进行了详细描述。国际能源署第 39 号生物质能源任务的专家和其他生物燃料专家已经尽可能地验证了数据，但是所提供数据的独立验证的水平会有所差异。

下文按照公司名称的字母顺序进行叙述。

6.1 哥本哈根奥尔堡(Aalborg)大学

哥本哈根奥尔堡大学可持续生物技术部门 (SSB) 是哥本哈根奥尔堡大学生物技术、化学与环境工程系的五个部门之一。SSB 的整体研究方法是将基础生物技术与生物过程工程相结合，其总目标是开发生物质转化系统以实现化学品、燃料和原料（包括饲料和食品原料）的可持续生产，研究主要集中在生物炼制系统中将生物质通过生物化学法转化为生物能源、生物燃料以及高附加值副产品。SSB 既提供可持续生物技术的学士和硕士课程，也提供生物炼制和厌氧消化方向的博士课程。

SSB 参与了一系列发展生物炼制的研究项目，这些项目旨在将生物质转化为饲料、食品、燃料及化学品。在生物能源领域，SSB 目前主导着两个应用项目：(1) 木质纤维素生物质集成生产生物乙醇和沼气 (BornBiofuel 优化项目) (2) 通过整合纤维的分离、预处理以及再循环，提高粪基沼气工厂产率的全新方案 (FiberMaxBiogas)。通过和不同的项目伙伴合作，改良的处理方案将分别在中试 (BornBiofuel 优化项目) 和示范装置 (FiberMaxBiogas) 上进行试验。

BornBiofuel 优化项目

丹麦哥本哈根/博恩霍尔姆

BornBiofuel 优化项目涉及二代生物质乙醇概念的进一步优化，时间在 **Biogasol** 公司规划博恩霍尔姆岛 **BornBiofuel** 示范装置工厂之后。优化包括增加生物乙醇、沼气和氢气的产率，减少能源和酶的投入，并改进整个生物炼制体系的稳定性。中试试验将采用优化的集成工艺，包括改进的预处理和水解，酶的就地生产，以及使用改良的和适合的发酵菌株。新的工艺组合将会针对与 **BornBiofuel** 项目相关的潜在生物质资源进行试验。

表 9: 奥尔堡-位于丹麦哥本哈根和博恩霍尔姆的中试工厂

项目归属	哥本哈根奥尔堡大学
名称	BornBiofuel 优化项目
位置	丹麦哥本哈根/博恩霍尔姆
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	麦秆，鸭茅草
处理能力	0.5 吨/小时
产品	乙醇；沼气
产能	11 吨/年；40 升/天
装置类型	中试
投资额	1169.2 万丹麦克朗
支持资金	681.4 万丹麦克朗
状态	运转
投产年份	2009
联系人	Hinrich Uellendahl, hu@bio.aau.dk, +45 9940 2585
网址	www.sustainablebiotechnology.aau.dk

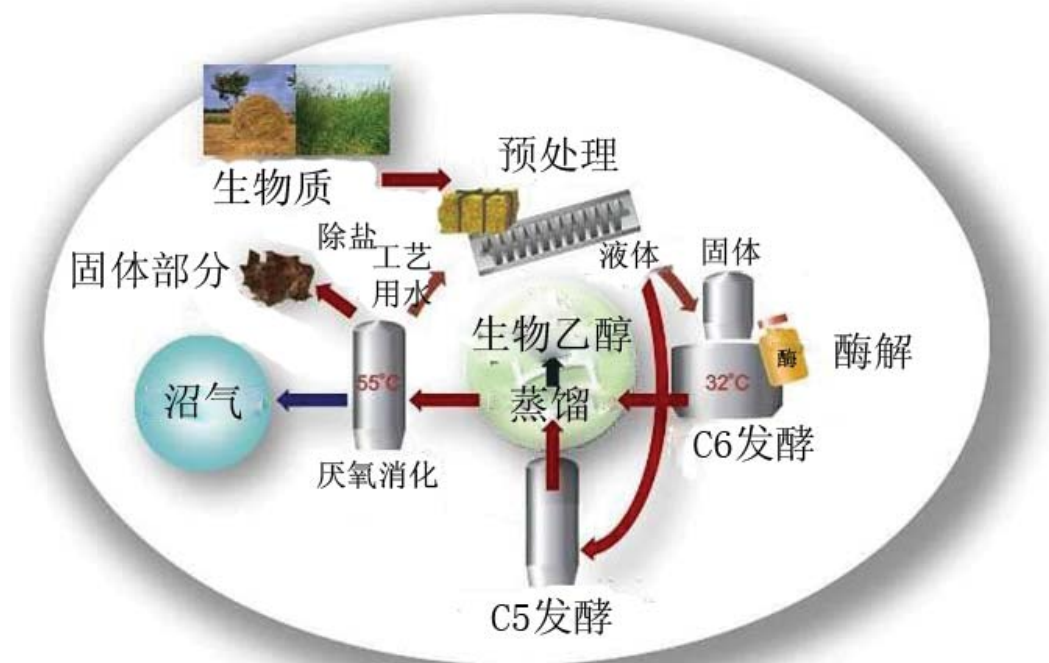


图 13: 奥尔堡-流程图

6.2 Abengoa 生物能源公司

Abengoa 生物能源公司是一家全球性的生物乙醇技术公司，是新技术开发的领导者，这些技术使用包括木质纤维素在内的可再生原料生产生物燃料和生物化学品。公司业务分为以下六个领域：

- 原材料的收集（谷类作物和木质纤维素生物质）
- 生物乙醇来源鉴定（来自第三方）
- 生产（乙醇，生物柴油，酒糟蛋白饲料）
- 生物乙醇，酒糟蛋白饲料及糖的营销
- 热电联产
- 新技术开发（先进生物燃料以及生物化学品）

Abengoa 生物能源公司在欧洲、美国及巴西都有生产装置，产能如下：

- 生物乙醇： 7.82 亿加仑/年
- 生物柴油： 0.6 亿加仑/年
- 酒糟蛋白饲料： 184.5 万吨/年
- 糖： 64.5 万吨/年
- 甘油： 1.8500 万吨/年
- 电： 1.236 千兆瓦时



图 14: Abengoa-流程图

2011年，公司营业收入为22.25亿欧元，未计利息、税项、折旧及其他摊销前的利润为1.52亿欧元。

Abengoa 生物能源公司统筹了自己的国际营销与纤维素转化技术的能力，加之农业、生产及本土化营销的能力，取得了非常重要的协同增效的优势，在全球生物乙醇市场获得长足发展。Abengoa 公司与众多行业伙伴，与高校及研究机构合作共同开发具有成本竞争力的技术。

Abengoa 公司的第一个商业化纤维素乙醇装置正在建设中，位于美国堪萨斯州雨果顿 (Hugoton)。如流程简图所示，转化工艺包括蒸汽爆破预处理，纤维素酶解及乙醇发酵等技术。

中试项目

美国内布拉斯加州约克

集成灵活的中试工厂允许科学家和工程师进行进一步的工程放大，并可将在实验室开发的工艺整合进来。新的单元操作可在工厂进行试验。

表 10: Abengoa-位于美国约克的中试工厂

项目归属	Abengoa 生物能源公司
名称	中试
位置	美国约克
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入物料	玉米秸
处理能力	330 吨/年

产品	乙醇
产能	75 吨/年; 0.02 百万加仑/年
装置类型	中试
支持资金	3550 万美元
状态	运转
投产年份	2007
联系人	Quang Nguyen; qnguyen@bioenergy.abengoa.com
网址	www.abengoabioenergy.com



图 15: Abengoa-美国约克的中试工厂

示范装置项目

西班牙萨拉曼卡 Babilafuente

该示范项目完整的集成了备料和污水处理，可以为商业化工厂提供有价值的操作经验和设计数据。该工厂成功地处理了玉米秸秆和小麦秸秆。

表 11: Abengoa-位于西班牙 Babilafuente 的示范工厂

项目归属	Abengoa 生物能源公司
名称	示范装置
位置	西班牙萨拉曼卡 Babilafuente
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	谷物秸秆（主要是大麦和小麦）
处理能力	35000 吨/年
产品	乙醇
产能	4000 吨/年；5 万升/年
装置类型	示范装置
支持资金	5000 万欧元
状态	运转
投产年份	2008
联系人	PabloGutierrezGomez, pablo.gutierrez@bioenergy.abengoa.com
网址	www.abengoabioenergy.com



图 16: Abengoa-西班牙 Babilafuente 的示范工厂

Abengoa 公司 Arance EC 示范装置项目

法国 Arance

该项目包括为已有的谷类作物乙醇工厂配套纤维素乙醇生产装置的可行性研究。该研究已经完成。

表 12: Abengoa-位于法国 Arance 的示范工厂

项目归属	Abengoa 生物能源公司
名称	Abengoa 公司 Arance EC 示范装置
位置	法国 Arance
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	农业和森林废弃物
产品	乙醇

处理能力	4 万吨/年，5 万立方米/年
装置类型	示范装置
投资额	1046.7 万欧元
支持资金	863.3 万欧元（欧盟资助；木质纤维素乙醇示范）
状态	计划
投产年份	2013 年 6 月
联系人	Ricardo Arjona; ricardo.arjona@bioenergy.abengoa.com
网址	www.abengoabioenergy.com

商业化项目

美国堪萨斯州雨果顿

Abengoa 生物能源公司的第一个商业化纤维素乙醇装置。木质素残渣通过燃烧提供工艺所需的蒸汽和电力。

表 13: Abengoa-位于美国雨果顿（Hugoton）的商业化装置

项目归属	Abengoa 生物能源公司
名称	商业化装置
位置	美国雨果顿
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	玉米秸秆，麦秆，柳枝稷
处理能力	32 万吨/年
产品	乙醇;电力
产能	7500 吨/年，2500 万加仑/年
装置类型	商业化
项目资金	7600 万美元
状态	在建
投产年份	2013 年第四季度
联系人	Gerson Santos-Léon; gerson.santos@bioenergy.abengoa.com
网址	www.abengoabioenergy.com



图 17: Abengoa-美国雨果顿 (Hugoton) 商业化工厂的 3D 模型



图 18: Abengoa-美国雨果顿 (Hugoton) 的商业化工厂
(摄于 2012 年 6 月 12 日)

6.3 Aemetis 公司

中试项目

美国比尤特

技术：常温淀粉/纤维素水解（ATSCH）

表 14: Aemetis-美国比尤特中试工厂

项目归属	Aemetis 公司
名称	中试装置
位置	美国比尤特
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	柳枝稷、草籽、草秆和玉米秆
产品	乙醇
产能	500 吨/年, 0.16 百万加仑/年
装置类型	中试
状态	运转
投产年份	2008
联系人	Andy Foster; afoster@aemetis.com
网址	www.aemetis.com

6.4 Alipha Jet 公司

Alipha Jet 公司的专有催化脱氧反应（脱羧反应）技术可把任何可再生的油和脂肪（例如废食用油、牛油、海藻油和非食用油料作物如蕓蓼、亚麻、麻风树和水黄皮）转化为“即用型”烃类燃料，包括柴

油（F-76），喷气燃料（Jet-A，JP-5，JP-8）以及高辛烷值汽油。该技术通过催化脱除甘油三酸酯油类所含脂肪酸中的氧来生产专有的烃类和甘油产品。分析指出，Alpha Jet 公司的脱羧技术将被证实为成本最低而且对环境影响最小的生产“即用型”烃类燃料的方法。Alpha Jet 公司生产的柴油和喷气燃油都符合美国材料与试验协会（ASTM）的相关要求，测试过程由独立实验室完成。下一步工作就是建成完全集成的中试工厂，其具有 1 吨/天的油料处理能力和 8 万加仑/年烃类燃料的生产能力。

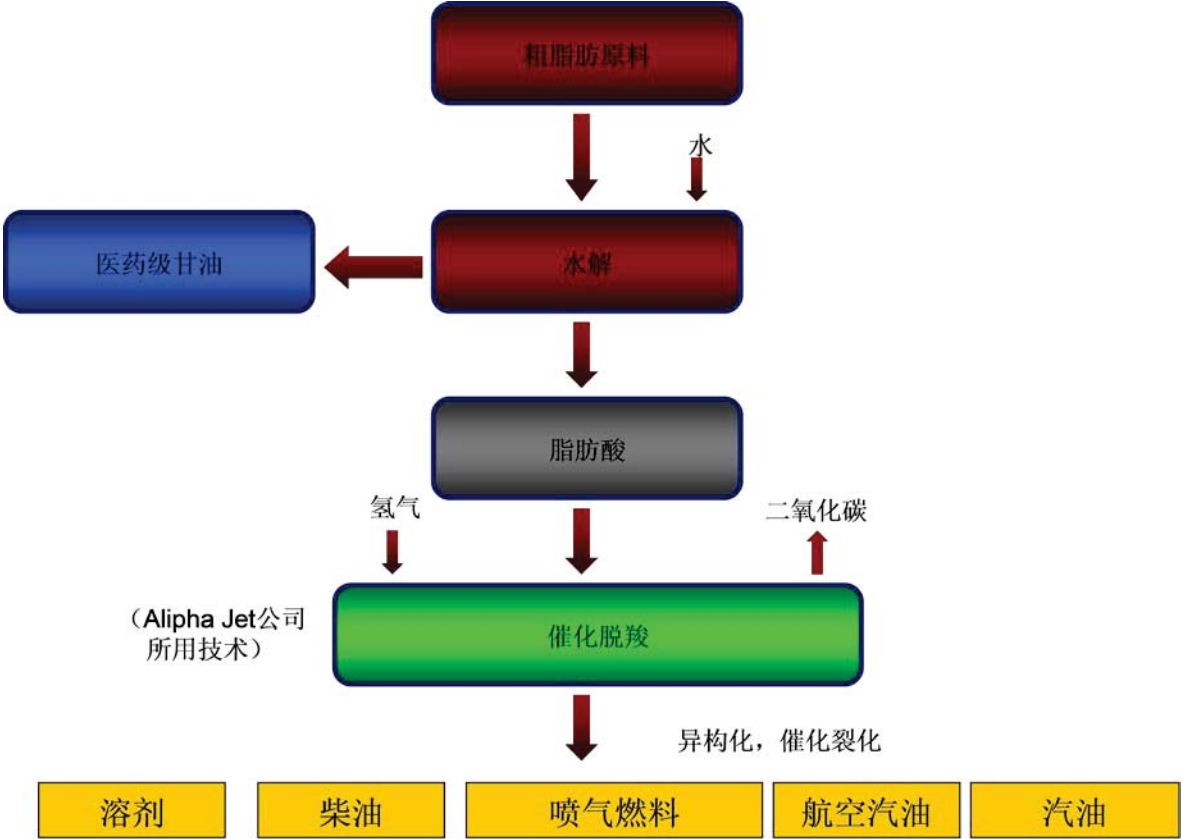


图 19: AlphaJet-流程图

Alpha Jet 公司的中试工厂 美国旧金山

表 15: AlphaJet-美国旧金山的中试工厂

项目归属	AlphaJet 公司
名称	AlphaJet 中试工厂
位置	美国旧金山
技术	催化脱羧
原料	甘油三酸酯油类
输入原料	大豆油, 牛油, 废食用油, 油料作物如蕓蓂、亚麻、麻风树和水黄皮
处理能力	1 吨/天
产品	柴油型烃类; 喷气燃料
产能	230 吨/年, 8 万加仑/年
装置类型	中试
支持资金	450 万美元
状态	计划
投产年份	2013
联系人	Sanjay Wagle, AlphaJet Inc., 310 Green Street, San Francisco, CA 94133, +1 510.517.8742 sjwagle@alphajet.com
网址	www.alphajet.com

6.5 Amyris 公司

Amyris 公司中试和示范工厂项目

巴西坎皮纳斯

表 16: Amyris-巴西坎皮纳斯的示范工厂

项目归属	Amyris 公司
名称	Amyris 公司中试和示范工厂
位置	巴西坎皮纳斯
技术	生物化学
原料	可发酵糖类
输入原料	甘蔗
产品	柴油型烃类
产能	未作说明
装置类型	示范
状态	运转
投产年份	2009
联系人	Joel Velasco; info@amyris.com
网址	www.amyris.com

Amyris 公司美国项目

美国埃默里维尔

表 17: Amyris-美国埃默里维尔的中试工厂

项目归属	Amyris 公司
名称	Amyris 公司美国项目
位置	美国埃默里维尔
技术	生物化学
原料	可发酵糖类
输入原料	甘蔗
产品	柴油型烃类
产能	未作说明
装置类型	中试
状态	运转
投产年份	2008
联系人	Joel Velasco; info@amyris.com
网址	www.amyris.com

Amyris 公司 Biomin 项目

巴西 Piracicaba

表 18: Amyris-巴西 Pirocicaba 的商业化工厂

项目归属	Amyris 公司
名称	Amyris 公司 Biomin 项目
位置	巴西 Piracicaba
技术	生物化学
原料	可发酵糖类
输入原料	甘蔗
产品	柴油型烃类
产能	未作说明
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2010
联系人	Joel Velasco; info@amyris.com
网址	www.amyris.com

Amyris 公司 Paraiso 项目

巴西 Brotas

表 19: Amyris 公司 - 巴西 Brotas 的商业化工厂

项目归属	Amyris 公司
名称	Amyris 公司 Brotas 项目
位置	巴西 Piracicaba
技术	生物化学
原料	可发酵糖类
输入原料	甘蔗
产品	柴油烃类
生产能力	未作说明
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2012
联系人	Joel Velasco; info@amyris.com
网址	www.amyris.com

Amyris 公司 São Martinho 项目

巴西 Pradópolis

表 20: Amyris-巴西 Pradópolis 的商业化工厂

项目归属	Amyris 公司
名称	Amyris 公司 São Martinho 项目
位置	巴西 Pradópolis
技术	生物化学
原料	可发酵糖类
输入原料	甘蔗
产品	柴油型烃类
产能	未作说明
装置类型	商业化
状态	计划
投产年份	2013
联系人	Joel Velasco; info@amyris.com
网址	www.amyris.com

Amyris 公司 Tate&Lyle 项目

美国迪凯特

表 21: Amyris-美国迪凯特的商业化工厂

项目归属	Amyris 公司
名称	Amyris 公司 Tate&Lyle 项目
位置	美国迪凯特
技术	生物化学
原料	可发酵糖类
输入原料	玉米葡萄糖
产品	柴油型烃类
产能	未作说明
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2013
联系人	Joel Velasco; info@amyris.com
网址	www.amyris.com

Amyris 公司 Antibioticos 项目

西班牙 Leon

表 22: Amyris 公司-西班牙 Leon 的商业化工厂

项目归属	Amyris 公司
名称	Amyris 公司 Antibioticos 项目
位置	西班牙 Leon
技术	生物化学
原料	可发酵糖类
输入原料	甜菜; 葡萄糖
产品	柴油型烃类
产能	未作说明
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2011
联系人	Joel Velasco; info@amyris.com
网址	www.amyris.com

6.6 Beta 可再生能源公司

Beta 可再生能源公司 (Beta Renewables) 是将非食用纤维素生物质变得更具实用性和成本竞争力的厂家, 生产先进生物燃料和生物化学品。Beta 可再生能源公司是一家由 Gruppo Mossi & Ghisolfi 集团下属的康泰斯 (Chemtex) 公司与 TPG 公司出资 3.5 亿美元 (2.5 亿欧元) 成立的合资公司。该公司有超过 60 年的工艺开发的成功经验并使世界范围内数以百计的工厂实现商业化运营。

Beta 可再生能源公司已经投资了超过 2 亿美元 (1.4 亿欧元) 用来开发 PROESA™ 工艺。PROESA 工艺采用非食用生物质, 如能源作物 (例如芦竹, 芒草或柳枝稷) 或者农业废弃物 (例如甘蔗渣和麦

秆),并将其转化为高品质、低成本、可发酵的 C5 和 C6 糖类。PROESA 工艺结合了酶法预处理和发酵工艺,相比其他酶解方式速度更快,且无需使用酸碱,产生的副产品也最少。木质素可用来发电提供给工厂。

Beta 可再生能源公司自称在意大利 Crescentino 建设世界上第一套商业化规模的纤维素乙醇工厂,有望在 2012 年秋季开始运转。

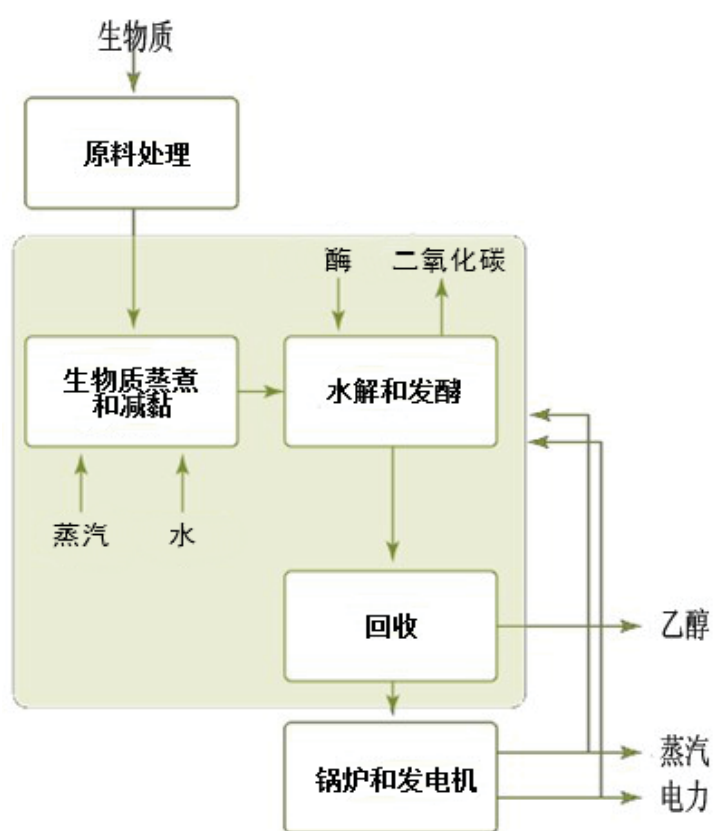


图 20: Beta Renewables -PROESA 技术流程图

PROESA™ 的技术优势

- 工业化规模
- 糖类, 10 美分/磅 (直接费用)

- 乙醇，<1.50 美元/加仑（直接费用）
- 具备农业可持续性
- 灵活的原料和产品
- 温室气体减排可达 80%

Beta 可再生能源公司将 PROESA 技术作为整体技术包的一部分进行授权，用于生产生物质乙醇，同时提供康泰斯公司的工程总承包（EPC）服务、关键设备以及履约保证。到目前为止，GraalBio 和 Colbiocel 公司已宣布计划使用 PROESA 技术建设纤维素乙醇工厂。Genomatica 和 Codexis 公司将使用 PROESA 技术用生物质生产可在生燃料和化学品。

中试项目

意大利 Rivalta Scrivia

表 23: Beta Renewables -意大利 Rivalta Scrivia 的中试工厂

项目归属	BetaRenewables（Mossi & Ghisolfi 公司所属 Chemtex 公司和 TPG 公司的合资公司）
名称	中试
位置	意大利 Rivalta Scrivia
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	玉米秸秆，稻草，果壳，能源作物（芦竹），木质生物质
处理能力	250 吨/年 (干基)
产品	乙醇，各种化学品
产能	50 吨/年
装置类型	中试

资金	自筹
状态	运转
投产年份	2009
联系人	Dario Giordano; dario.giordano@betarenewables.com
网址	www.betarenewables.com

IBP – 意大利生物产品项目 意大利 Crescentino (VC)

世界上首套商业化规模纤维素乙醇工厂使用 Beta 可再生能源公司的 PROESA 技术，预计于 2012 年秋季开始运营。

表 24: Beta Renewables -意大利 Crescentino 商业化工厂

项目归属	BetaRenewables (Mossi & Ghisolfi 公司所属 Chemtex 公司和 TPG 公司的合资公司)
名称	IBP-意大利生物产品项目
位置	意大利 Crescentino (VC)
技术	生物化学
原料	木质纤维素: 稻草, 能源作物 (芦竹)
处理能力	27 万吨/年 (干基)
产品	乙醇
产能	6 万吨/年
装置类型	商业化
项目资金	自筹
状态	运转
投产年份	2012
联系人	Dario Giordano; dario.giordano@betarenewables.com
网址	www.betarenewables.com

GraalBio 公司工厂

巴西

在 2012 年 5 月，GraalBio 公司宣布计划使用 Beta 可再生能源公司的 PROESA 工艺和康泰斯公司的工程服务，在巴西建立至少 5 个商业化规模的纤维素乙醇工厂。

表 25: GraalBio-巴西的商业化工厂案例

项目归属	GraalBio 公司
位置	巴西
技术	生物化学
原料	甘蔗渣和稻草
产品	乙醇
产能	6.5 吨/年
装置类型	商业化
状态	计划
投产年份	2013 (首套装置)
联系人	Dario Giordano; dario.giordano@betarenewables.com
网址	www.betarenewables.com

6.7 BioGasol 公司

BioGasol ApS 公司成立于 2006 年 1 月，是一家由丹麦技术大学 (DTU) 衍生成立的生物技术公司。除开发生物可再生能源技术之外，该公司开发、制造和许可授权预处理解决方案—Carbofrac™ 系列技术，该系列技术现在处于商业化阶段。Carbofrac™ 工艺基于 DTU 从 1994 年就开始的大量研究和开发工作。BioGasol 公司的 C5 发酵开发工作形成了专有的 Pentoferm™ 技术，该技术在连续工艺中通过使用独有的 Petocrobe™ 嗜热微生物，进行高产率的己糖/戊糖共发酵。

BioGasol 公司仅拥有 30 多个员工，但从 2006 年通过一系列成功放大的中试和示范工厂验证了他们的设备。

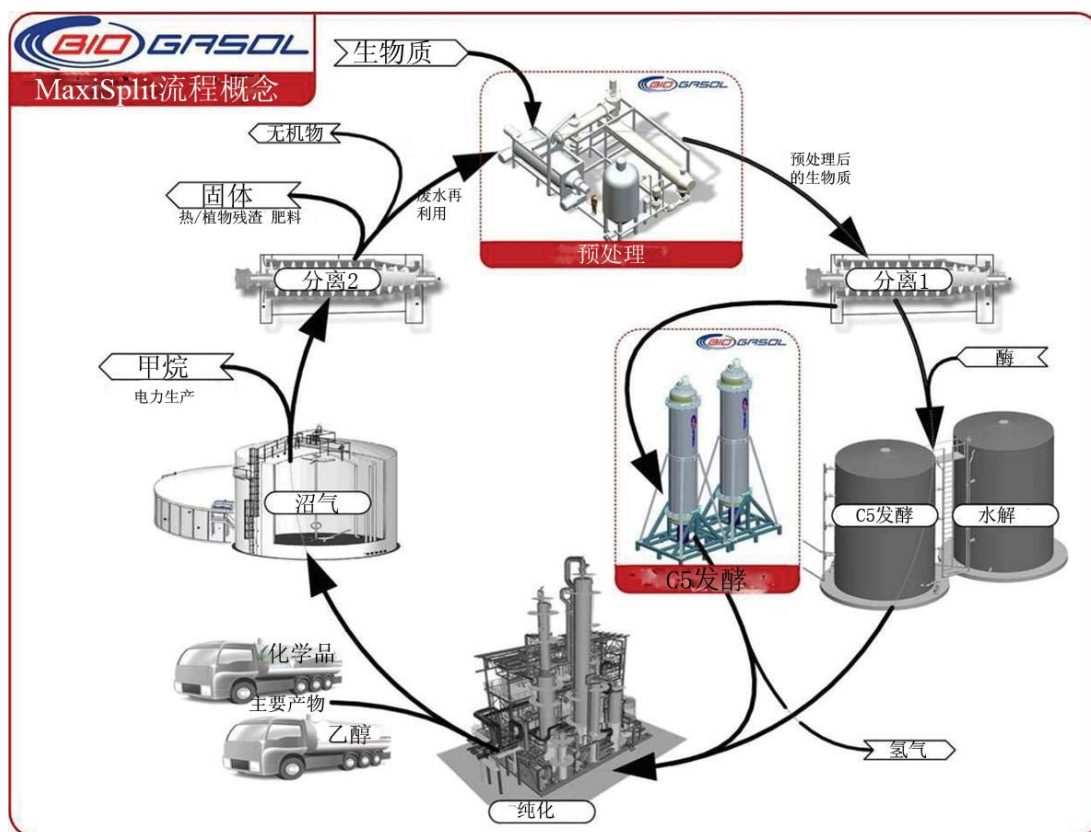


图 21: BioGasol-MaxiSplit 概念流程

BornBioFuel 1 项目

丹麦 Ballerup

该项目于 2010 年结束。项目进行期间，在不同规模的装置上开发了两项核心技术。预处理技术的开发和形成是通过 50 公斤/小时的中试装置和 1 吨/年的示范装置实现的，二者都基于连续的 Carbofrac™ 概念。C₅ 发酵是通过使用 Petrocrobe™ 菌株在有效反应体积分别为 250 升和 2.5 立方米的条件下验证的。

表 26: BioGasol -丹麦 Ballerup 中试工厂

项目归属	BioGasol 公司
名称	BornBioFuel 1 项目
位置	丹麦 Ballerup
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	灵活的原料
处理能力	50 千克/小时 +1 吨/小时
产品	预处理后生物质，木糖发酵转化成的乙醇
产能	未作说明
装置类型	中试/技术性示范
投资额	57 00 万丹麦克朗
支持资金	27 50 万丹麦克朗
状态	闲置
投产年份	2008
联系人	Rune Skovgaard-Petersen; rsp@biogasol.com
网址	www.biogasol.com

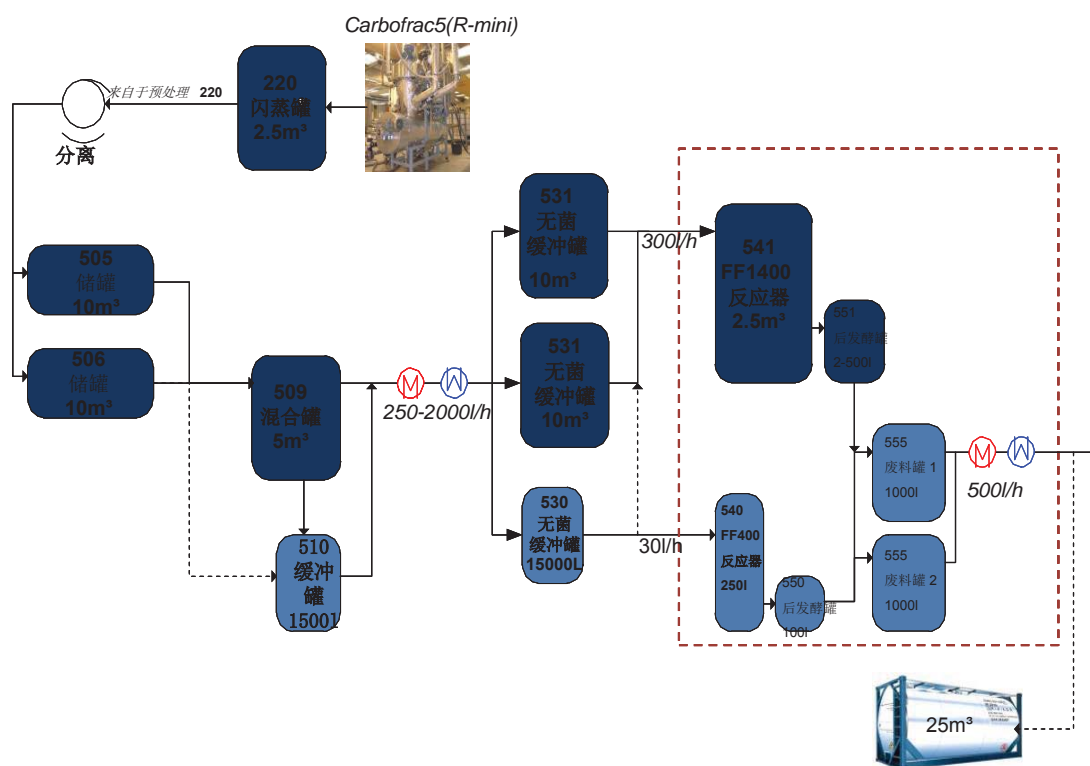


图 22: BioGasol-流程图



图 23: BioGasol- Carbofrac™100 预处理技术示范装置 (1 吨/小时)

BornBioFuel 2 项目

丹麦博恩霍尔姆 Aakirkeby

该项目是 BornBioFuel 1 的延伸，主要目标是基于 BioGasol 的工艺概念以及核心技术(预处理和 C5 发酵)，建立集成完整的生物质乙醇示范工厂。

第一阶段是设计、制造、安装并运转一个基于 Carbofrac™概念的 4 吨/小时的预处理单元。第二阶段是安装和运转包含有 Pentoferm™技术和蒸馏能力的发酵反应器。

表 27: BioGasol-丹麦 Aakirkeby 示范工厂

项目归属	BioGasol 公司
名称	BornBioFuel 2 项目
位置	丹麦博恩霍尔姆 Aakirkeby
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	稻草, 各种草类, 园艺废弃物
处理能力	2.5 吨/小时
产品	乙醇; 沼气; 木质素; 氢气
产能	4000 吨/年; 5 万升/年
装置类型	示范
投资额	2750 万欧元
支持资金	1040 万欧元
状态	计划
投产年份	2013 年 (阶段 1), 2014 年 (阶段 2)
联系人	Rune Skovgaard-Petersen; rsp@biogasol.com
网址	www.biogasol.com

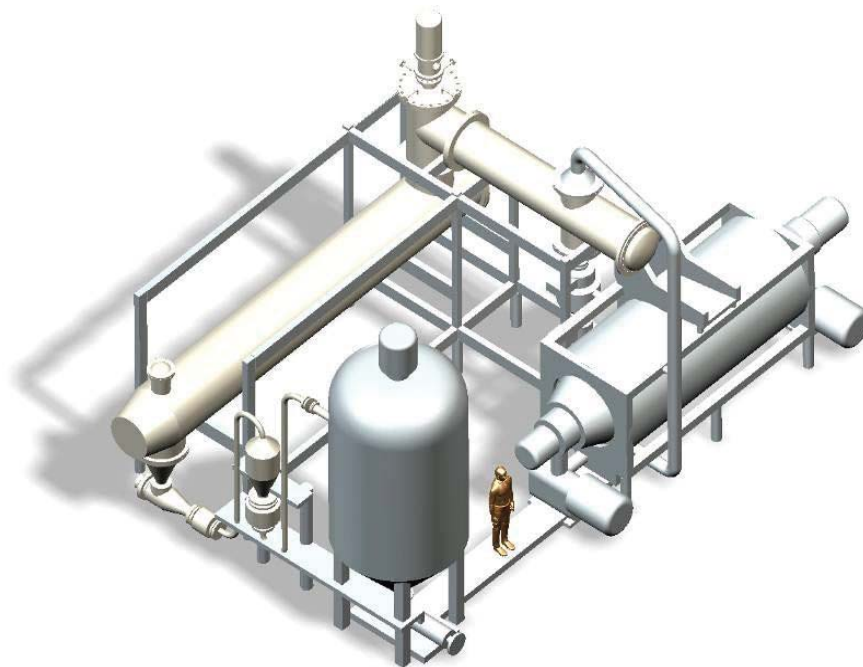


图 24: BioGasol- Carbofrac™400 示范性预处理单元 3D 模型

6.8 居辛生物质发电公司 (Biomassekraftwerk Güssing)

合成天然气 SNG 示范项目

奥地利居辛

经过几年 10 千瓦规模的实验室试验之后，2009 年 6 月 1 兆瓦输出能力的中试和示范单元 (PDU) 的落成。该工厂使用已有居辛气化器装置的侧线蒸汽。合成气在进入合成甲烷的催化反应器之前需进一步纯化。

为了优化系统效率，工厂设计了相当宽的工作压力 (1-10 bar) 和温度范围 (300-360°C)。为了达到管道天然气的入网要求，反应器下游的合成天然气精制主要集中于达到高热值天然气 (H-Gas) 的质量要求。工厂已实现的指标超出了预期，并且已经向压缩天然气 (CNG) 加气站供应高品质的 H-Gas。CNG 汽车已经成功的实用了所生产的合成天然气。

该技术与维也纳工业大学共同合作开发。该项目的前所有者是 CTU—Conzepte Technik Umwelt AG。该装置最近已由居辛生物质发电公司接管。

表 28: Biomassekraftwerk Güssing-奥地利居辛示范工厂

项目归属	居辛生物质发电公司
名称	SNG 示范项目
位置	奥地利居辛
技术	热化学
原料	木质纤维素，来自于气化器的合成气

输入气量	350 标立方/小时
产品	合成天然气(SNG)
产能	576 吨/年; 100 标立方米/小时
装置类型	示范
合作伙伴	奥地利维也纳工业大学; 瑞士保罗谢勒研究所; 奥地利 Repotec 公司
状态	运转
投产年份	2008 年
联系人	Reinhard Koch, r.koch@eee-info.net
网址	www.eee-info.net

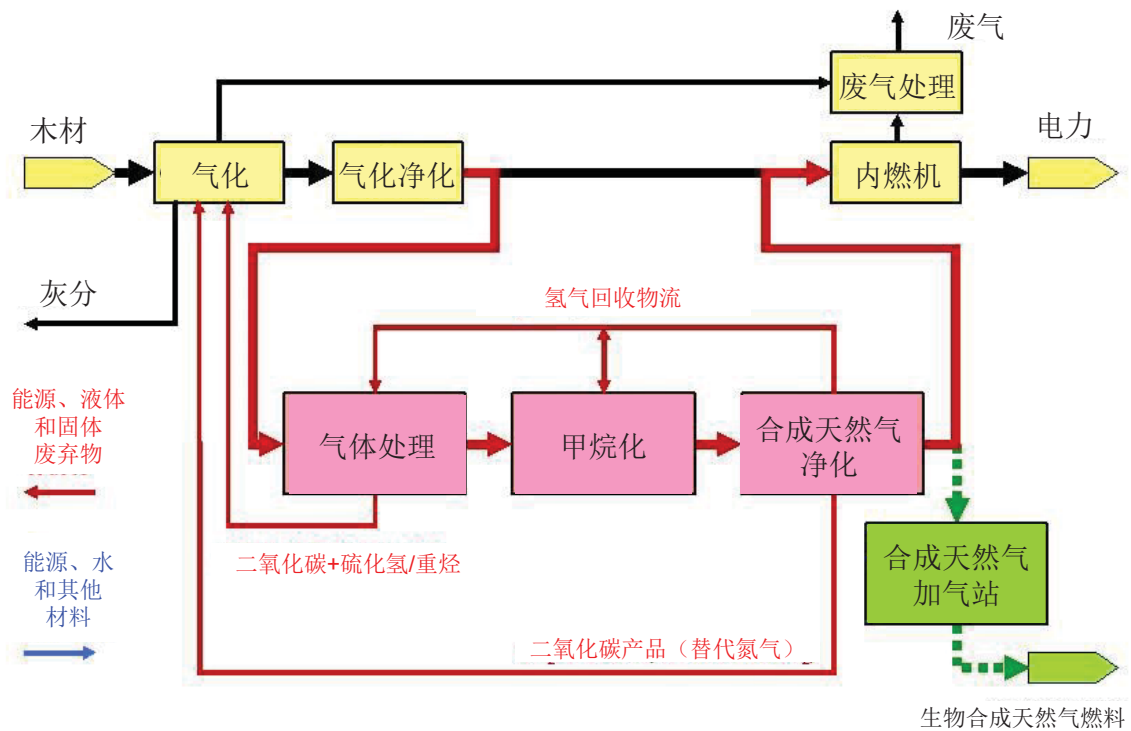


图 25: Biomassekraftwerk Güssing - 流程图



图 26: Biomassekraftwerk Güssing - 奥地利居辛示范工厂

6.9 BioMCN 公司

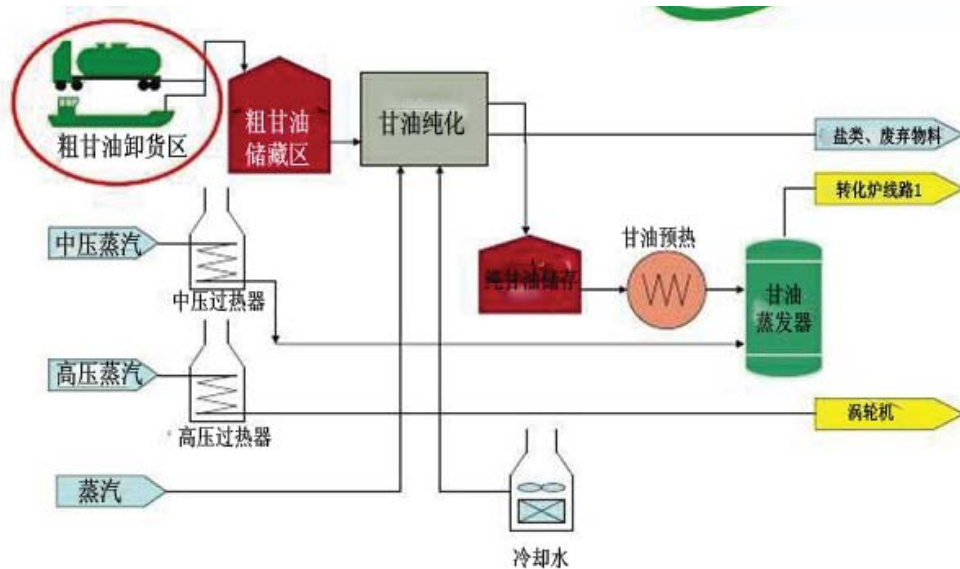


图 27: BioMCN-流程图

BioMCN 商业化项目

荷兰 Farmsum

表 29: BioMCN-位于荷兰 Farmsum 的商业化工厂

项目归属	BioMCN 公司
名称	BioMCN 商业化项目
位置	荷兰 Farmsum
技术	化学转化
原料	甘油
输入原料	粗甘油, 其他
产品	甲醇
产能	20 万吨/年
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2009 年
联系人	info@biomcn.eu
网址	www.biomcn.eu



图 28: BioMCN-荷兰 Farmsum 商业化工厂

6.10 Blue Sugars 公司 (原 KL 能源公司)

美国南达科他州拉皮德城和怀俄明州厄普顿

巴西圣保罗州圣保罗

甘蔗渣转化为木质素

目前，Blue Sugars 公司正向全球甘蔗工业的各公司提供其商业化的工艺技术。在 2012 年 4 月，Blue Sugars 公司独家授权 Petrobras

SA 公司（巴西最大的公司也是全球市值最大的十家公司之一）在其糖厂使用该技术。

Blue Sugars 公司 为市场提供以下产品：

- 项目开发
- EPC 精选方案和整体解决方案
- 技术许可授权
- 结构化融资，包括共同投资
- 投产和运营管理

战略伙伴巴西国家石油公司（Petrobras）

从 2010 年 8 月开始，Blue Sugars 公司和巴西国家石油公司合伙通过商业化工厂开发了使用甘蔗渣原料的技术，该工厂为巴西国家石油公司甘蔗资产的一部分。在 2012 年 4 月，Blue Sugars 公司授权巴西国家石油公司可在所有的糖厂中使用其技术。

巴西国家石油公司宣称到 2015 年将建设并投产第一套商业化纤维素乙醇工厂。巴西国家石油公司是一家重要的综合性的油气和能源运营的公司，其业务包括：勘探、生产、下游加工、营销、运输以及石化产品、分销、天然气、能源和生物能源（见<http://www.petrobras.com.br>）。

工艺技术

Blue Sugars 公司 已开发出的连续化工艺技术由以下部分组成：

- 生物质处理
- 生物质稀酸浸渍
- 热力—机械法预处理
- 酶解

- 固体分离
- C₅和 C₆糖类共发酵
- 酵母扩培
- 蒸馏和蒸发
- 脱水

Blue Sugars 公司的工艺技术对其合作伙伴在物料和工业生产方面的要求，兼顾了稳健性和可调性。

Blue Sugars 项目 示范工厂

表 30: Blue Sugars 公司-美国厄普顿示范工厂

项目归属	Blue Sugars 集团（前身为 KL 能源公司）
名称	Blue Sugars 项目
位置	美国厄普顿
技术	生物化学
原料	木质纤维素生物质
输入原料	蔗渣和其他生物质
处理能力	1.0 – 2.0 绝干吨生物质/小时
产品	乙醇；木质素
产能	4500 吨/年
装置类型	示范
投资额	保密
支持经费	巴西国家石油公司，其他工业伙伴和投资者
状态	运转
投产年份	2008 年
联系人	Peter Gross; pg@bluesugars.com
网址	www.bluesugars.com

Blue Sugars 公司从 2009 年开始运营其在怀俄明州厄普顿的示范工厂。工厂可以加工各种类型生物质原料，其处理能力为 1.0-2.0 绝干

吨生物质/小时。这样的处理能力可以按照典型的工业放大倍数(10-15倍),安全地放大到商业化规模的工厂。

该工厂具有以下能力:

- 生物质储存、处理和制备
- 生物质稀酸浸渍
- 生物质热力—机械法预处理
- 多级酶解
- 酶回收
- 固液分离
- 就地产酶
- C5 和 C6 糖类的清醪和醪液共发酵
- 酵母扩培
- 蒸馏和蒸发
- 脱水
- 乙醇储存

环境安全与卫生标准、自动化和仪表能够达到 **Blue Sugars** 公司的石化合作伙伴的高要求。工厂能够和合作开发伙伴进行远程实时数据分享。

Blue Sugars 公司的示范化工厂主要是为验证定制的工艺设计和设备以及其他试验程序。该工厂能够很好适应新的物料和工艺变化。

而且,该厂不仅是一个示范工厂,它还可以进行商业化规模的乙醇生产。

在每个商业化验证试验中,**Blue Sugars** 公司都要处理数以百吨的干的生物质物料。

Blue Sugars 公司生产适合再生识别码(RINs)要求的燃料规格乙

醇。这些乙醇主要被输送给 Blue Sugars 公司的合作伙伴。木质素副产品用于抽样或者用于开发具有附加值的用途。



图 29: Blue Sugars 公司-美国厄普顿示范工厂



图 30: Blue Sugars 公司-里约+20 活动中的乙醇车队

6.11 Borregaard 公司

Borregaard 公司拥有并运营着世界上最先进的生物炼制工厂。通过使用天然的、可持续的原材料，公司生产先进且环境友好的生物化学品、生物材料以及可替代石油基产品—生物乙醇。公司开发了一套独有的工艺，由甘蔗和其他生物质生产生物乙醇和木质素特殊化学品，目前正在一个专用示范装置上进行工艺放大。

在其 Sarpsborg Biorefinery 工厂中，处理云杉木片采用酸性亚硫酸氢钙蒸煮液。半纤维素在蒸煮过程中水解为各种糖类。在浓缩亚硫酸废液后，糖类用于发酵，乙醇经几个步骤被蒸馏出来。部分 96% 的乙醇经脱水制成纯乙醇。



图 31: Borregaard-挪威 Sarpsborg 示范工厂鸟瞰图

BALI 公司生物炼制示范工厂项目

挪威萨尔普斯堡

表 31: Borregaard-挪威萨尔普斯堡示范工厂

项目归属	Borregaard AS
名称	BALI 公司生物炼制示范工厂
位置	挪威 萨尔普斯堡
技术	化学/生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	原料“未知”工艺：蔗渣、稻草、木头、能源作物、其他木质纤维素
处理能力	1/吨干物料/天
产品	乙醇；木质素；各种化学品
产能	乙醇 110 吨/年 或者 220 吨/年 C5/C6 糖类和 110 吨/年木质素专用化学品
装置类型	示范
投资额	16 00 万欧元
支持资金	7 00 万欧元
状态	运转
投产年份	2012 年
联系人	Gisle Lohre Johansen, gisle.l.johansen@borregaard.com
网址	www.borregaard.com

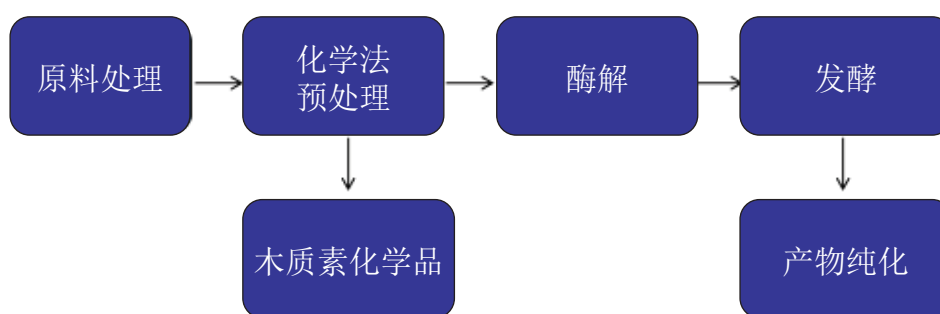


图 32: Borregaard-挪威萨尔普斯堡示范工厂流程图



图 33: Borregard-挪威萨尔普斯堡示范工厂

ChemCell 乙醇工厂

挪威 萨尔普斯堡

表 32: Borregaard -挪威萨尔普斯堡商业化工厂

项目归属	Borregaard AS
名称	ChemCell 乙醇
位置	挪威 萨尔普斯堡
技术	化学/生物化学
原料	木质纤维素 (挪威云杉)
输入原料	源自于云杉木浆的亚硫酸废液 (SSL, 33%干物含量)
处理能力	40 万吨干物料/天
产品	乙醇
产能	1.58 万吨/年; 220 万升/年
设备类型	商业化
状态	运转
投产年份	1938 年
联系人	Gisle Lohre Johansen, Senior Vice President NBD and R&D, gisle.l.johansen@borregaard.com
网址	www.borregaard.com

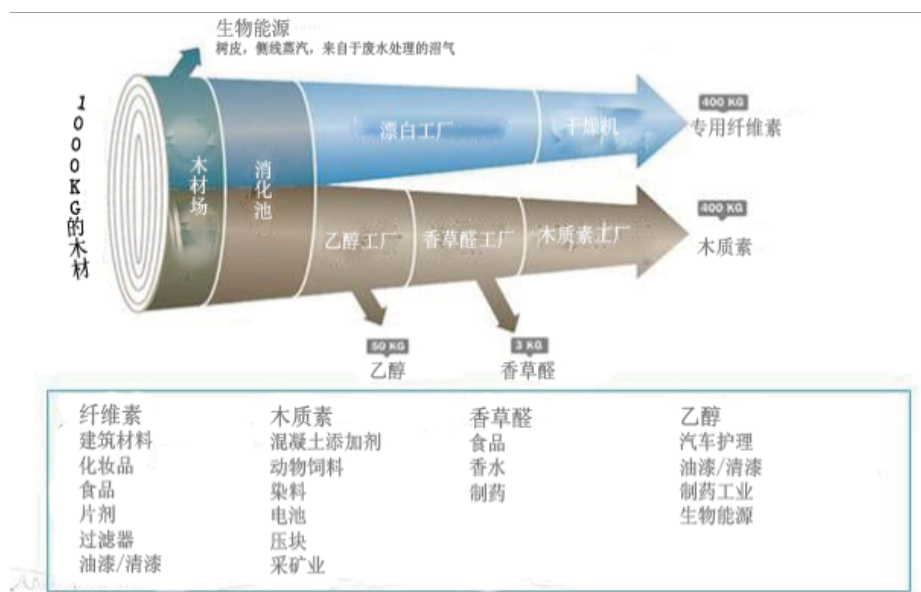


图 34: Borregard-产品表

6.12 BP 生物燃料公司

BP 生物燃料公司致力于基于纤维素生物质糖类转化的专有技术，发展大规模的生物燃料生产业务。BP 生物燃料公司将使用可持续的低成本物料，包括“目的性”能源草类，如能源甘蔗和其他类似的草类。如今，BP 生物燃料公司在美国进行生物燃料研发活动，并拥有纤维素示范装置。BP 生物燃料公司已经开始投资其第一家纤维素运营装置。

公司的一个重要策略是在美国建立工业界领先的纤维素乙醇业务，包括开发生物质到乙醇的专有转化技术，建立世界级全球技术中心，促进公司的纤维素生物燃料战略发展，建设大型生物燃料示范装置。BP 生物燃料公司最初的力量将专注于在美国发展纤维素乙醇业务，以支撑公司的战略性目标，并将使 BP 生物燃料公司通过未来的研发和放大研究整合其他专有的生物燃料技术。

BP 生物燃料公司是极少的全球性生物燃料公司之一，具有全面集成的终端到终端的能力，涵盖从贯穿投资项目商业化的生物科学和研发到完成燃料的调合和分销的各个环节。

Jennings 示范装置项目

美国 Jennings

表 33: BP 生物燃料-美国 Jennings 示范装置

项目归属	BP 生物燃料公司
名称	Jennings 示范装置项目
位置	美国 Jennings
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	专用能源作物
产品	乙醇
产能	4200 吨/年；140 万加仑/年
设备类型	示范
投资额	79 00 万美元
状态	运转
投产年份	2009 年
联系人	BP Biofuels Communications; BPBIOFUELS@uk.bp.com
网址	www.bp.com/biofuels

6.13 Chempolis 公司

Chempolis 公司核心产品是两项生物炼制专利技术：

(1) 从非食用生物质中生产纤维素乙醇和生物化学品的 formicobio 技术；

(2) 从非木本生物质中生产造纸纤维（如纸浆）和生物化学品的 **formicofib** 技术。

这两项技术公用一个普通的技术平台，该技术平台使用新型生物溶剂实现了多种生物物质的选择性蒸馏，生物溶剂可完全回收并产生生物化学品。**Chempolis** 公司的高利润和环境可持续生物炼制源于其较高的营业收入和运营成本的减少，而同时 CO_2 的排放以及其他对大气和水路的污染可以在实际生产中完全消除。

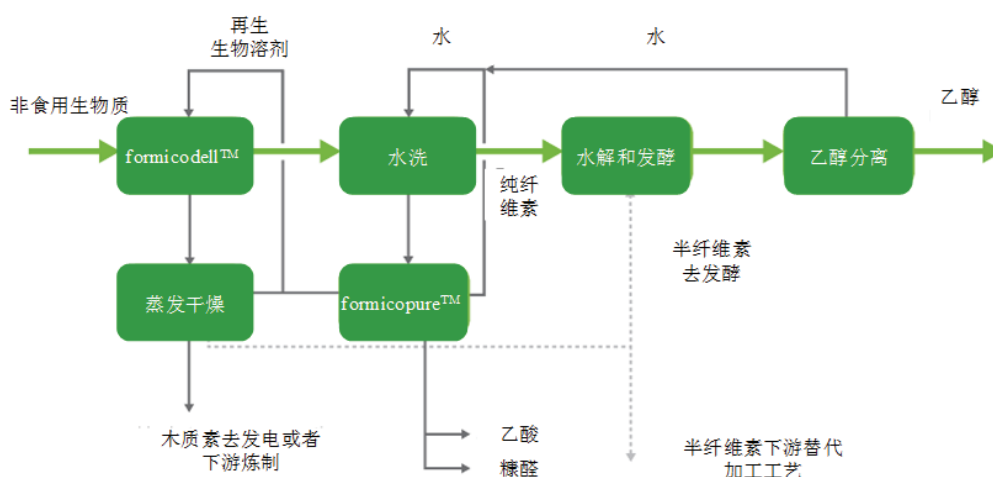


图 35: Chempolis-流程图

Chempolis 公司生物炼制项目 芬兰奥卢

表 34: Chempolis 公司-芬兰奥卢示范工厂

项目归属	Chempolis 公司
名称	Chempolis 公司生物炼制工厂项目
位置	芬兰奥卢
技术	生物化学
原料	木质纤维素

输入原料	非食用和非木本木质纤维素生物质，如稻草，芦苇，空果串，蔗渣，玉米秸秆和木材残留物
产品	乙醇，各种化学品
产能	5000 吨/年
设备类型	示范
投资额	20 00 万欧元
状态	运转
投产年份	2008 年
联系人	Dr. Juha Anttila, phone: +358 10 387 6666
网址	www.chempolis.com



图 36: Chempolis -芬兰奥卢示范工厂

6.14 Chemrec 公司

Chemrec 公司是气化领域的技术供应商。Chemrec 公司专门研究纸浆黑液的气化。纸浆黑液是一种液态、易反应的生物质原料，它是木浆工业中产生的副产物，而且量很大。Chemrec 公司对生物燃料和联合

循环电厂使用的纸浆黑液气化工工艺提供技术许可、关键设备和服务。该技术在总能量高转换率和降低投资成本方面具有优势。应用的热化学工艺提供了灵活性高的产品，包括了一系列的生物燃料和生物化学品。

在工业化实施中，基于气化的生物燃料工厂可以替代或者补充纸浆厂的回收锅炉，以同步回收纸浆蒸煮所得的化学品。

生物二甲醚中试试验是重型车辆使用二甲醚燃料车队试验的一部分。

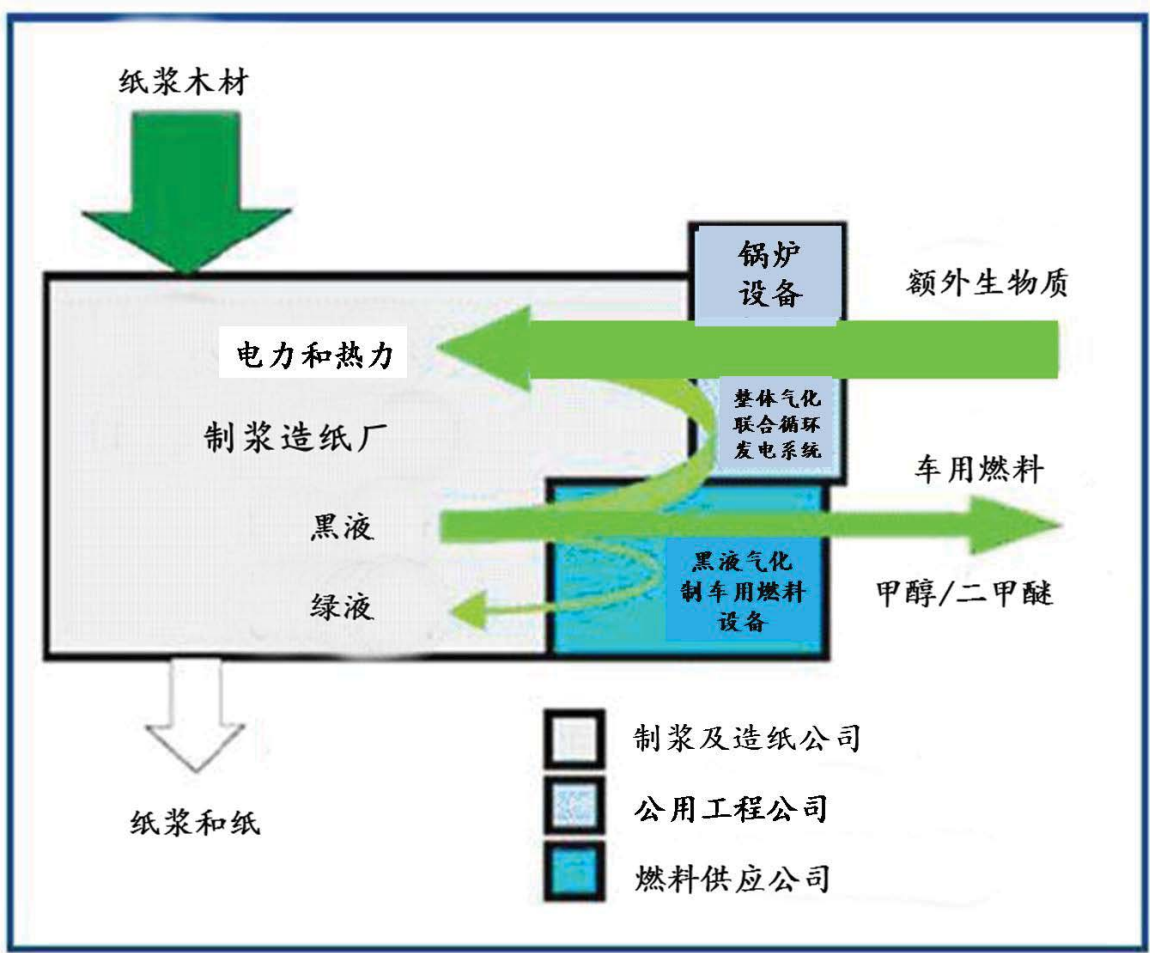


图 37: Chemrec -流程图

生物二甲醚

瑞典 Pitea

生物二甲醚项目是一个泛欧洲合作项目。Chemrec 公司的生物二甲醚工厂已经建成并在运营中。该工厂的产品用于以二甲醚为燃料的重型沃尔沃卡车的车队试验。

表 35: Chemrec 公司 -瑞典 Pitea 中试工厂

项目归属	Chemrec AB 公司
名称	生物二甲醚
位置	瑞典皮特奥 (Pitea)
技术	热化学
原料	木质纤维素
输入原料	纸浆黑液气化
处理能力	20 吨/天
产品	二甲醚
产能	1800 吨/年
装置类型	中试
投资额	2850 万欧元 (整个生物二甲醚项目)
现状	运转
投产年份	2011 年
联系人	Patrik Lownertz; patrik.lownertz@chemrec.se
网址	www.chemrec.se



图 38: Chemrec - DME 工厂及以 DME 为燃料的原木运输车

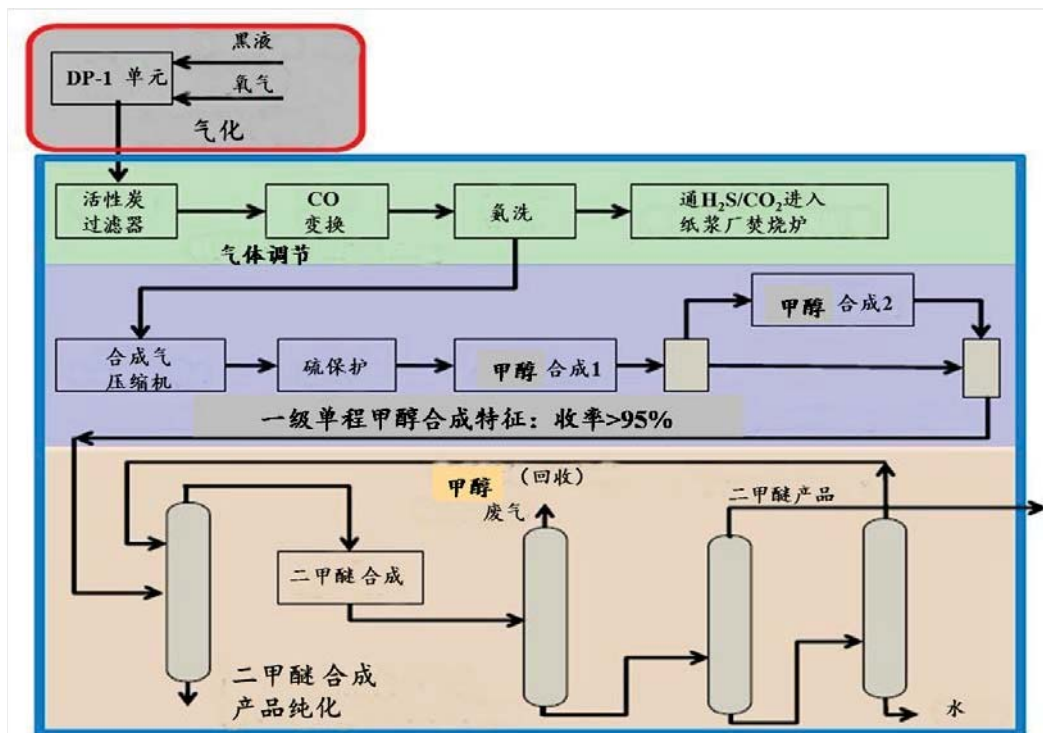


图 39: Chemrec - DP-1 气化炉和 DME 生物燃料合成厂流程图

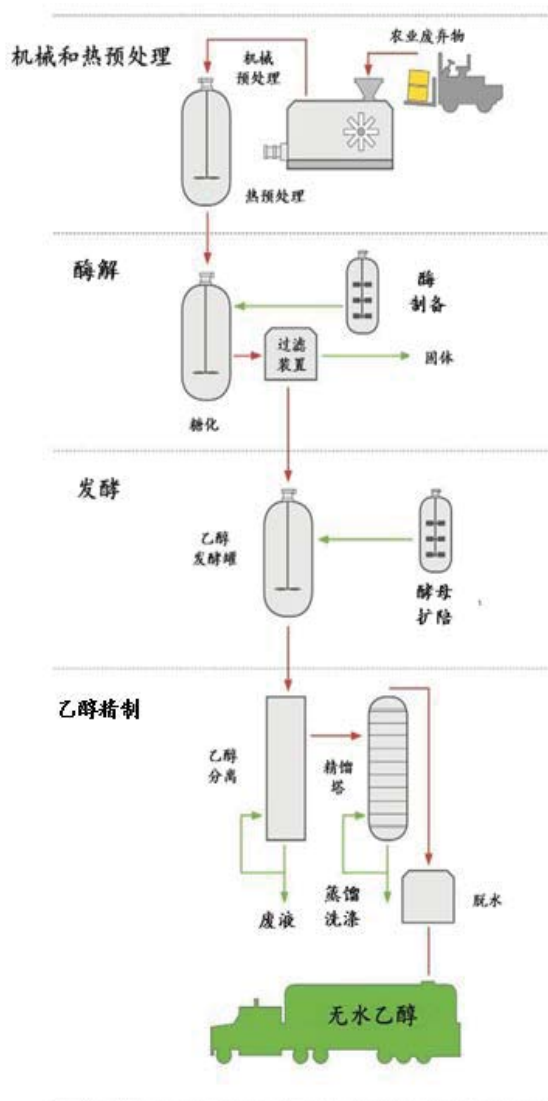
6.15 Clariant 公司

作为世界领先的专用化学品公司之一，Clariant 公司致力于通过创新和可持续发展方案，为众多行业的客户创造价值，它设计的投资组合尽可能精确地满足特殊需求。与此同时，Clariant 公司的研发集中于应对我们这个时代的主要发展趋势，包括能源效率、可再生原材料、零排放运输以及有限资源的保护。Clariant 公司的业务单元分为六个部门：顾客服务、工业应用、塑料和涂料、能源、

资源和生物技术。

在 2011 财政年度，Clariant 公司创造了 74 亿瑞士法郎的营业额。Clariant 公司由 100 多个集团公司组成，全球雇员超过 2.2 万人。Clariant 公司集中于通过投资未来可盈利和可持续的增长来创造价值。这些都基于以下四个战略要点：提高盈利能力、创新和研发、在新兴市场的蓬勃发展，以及通过补充性的收购或资产剥离优化投资组合。

上图中酶水解改为酶解、酶制剂改为酶制备、酵



母增殖改为酵母扩培、effluent 改为废液、重洗改为蒸馏洗涤

Biotechnology and sunliquid®

Clariant 公司的生物技术和可再生能源中心 (BRC) 的业务完全围绕着工业生物技术。公司的关注点是基于可再生资源的可持续性利用的创新和进步。因此, BRC 为生物催化和生物炼制提供解决方案。创新的重点是能源和资源高效开发以及生物基化学品和生物燃料的生产。

利用在菌种开发和优化、生物催化和生物工艺上的专业技术, 应用全自动超高通量筛选方法以及下游加工和工艺设计方面的诀窍, Clariant 公司已经开发出将木质纤维素转化为纤维素乙醇的 sunliquid® 工艺。

Clariant 公司的 sunliquid® 技术提供了一种有效且经济的纤维素乙醇生产工艺。该工艺克服了木质纤维素原料转化为乙醇发酵用纤维素糖这样一个主要的竞争性挑战。首先, 预处理原料经过高效水解。原料和该步骤专用酶通过集成工艺制备, 使酶的成本最小化。水解后共发酵 C5 和 C6, 可使乙醇的产量提高 50%, 同时在乙醇分离过程中节省能源。因此, 可获得 20%-25% 的高产率, 同时生产的木质纤维素乙醇具备了可与第一代乙醇的竞争能力。该工艺自身能满足能量自给, 纤维素乙醇的生产可减少 95% 的 CO₂ 排放。此外, 该工艺可针对不同的原料和工厂生产设计灵活使用。

工艺概要:

- 高效: 4-5 吨木质纤维素原料转化 1 吨纤维素乙醇
- 获得专利的原料和工艺专用酶

- 酶成本低得益于完全集成的酶制备过程（预处理原料作为底物）
- 一步法 C5 和 C6 糖类共发酵转化为乙醇
- 基于吸收工艺的乙醇分离节约能源（与标准蒸馏工艺相比最多可节能 50%）
- 能量自给工艺-所有的能量源自副产品（主要为木质素）
- 最大化循环实现低水耗
- 回收矿物质作为肥料
- 灵活应用不同木质纤维素原料
- 与化石燃料相比，木质纤维素乙醇的 CO₂ 排放量可减少 95%
- 具备与第一代工艺的竞争能力

示范装置

德国施特劳宾

在 2009 年初，Clariant 公司（当时为 Süd-Chemie 公司）在其慕尼黑研发中心启动了一个年产量可达 2 吨的木质纤维素乙醇中试工厂。随后在 2010 年 7 月，公司决定在施特劳宾的巴伐利亚镇建立一个示范工厂。该工厂在 2012 年 7 月正式开始运行，每年利用 4500 吨的小麦秸秆、玉米秸秆或其他木质纤维素原料，生产约 1000 吨木质纤维素乙醇。这证明了 sunliquid® 技术达到了高技术成熟度，并且说明在建设 5 万吨/年和 15 万吨/年乙醇工厂以达到最高的能效水平和最优 CO₂ 减排量之前需要一个过渡阶段，以达到更高效水平的运行以及最佳的 CO₂ 减排量。Clariant 公司打算在 2013/2014 年与合作伙伴一起建立第一家参照工厂，随后对外授权这项技术。

表 36: Clariant 公司 -德国施特劳宾示范工厂

项目归属	Clariant 公司
名称	Sunliquid
位置	德国施特劳宾
技术	生物化学
原料	小麦秸秆和其他农业废弃物
产品	乙醇
产能	1000 吨/年
装置类型	示范
投资额	2800 万欧元
现状	运转
投产年份	2012 年
联系人	sunliquid@clariant.com
网址	www.sunliquid.com



图 40: 德国施特劳宾的 sunliquid®示范工厂

6.16 杜邦公司

杜邦公司自 1802 年开始就以创新产品、材料和服务的形式将世界级的科学与工程带给全球市场。杜邦相信通过与客户、政府、非政府组织以及思想领袖的合作，有助于找到诸如为人们提供充足的健康食品，减少对化石燃料的依赖以及保护生命和环境等全球性挑战难题提供解决方案。

杜邦纤维素乙醇业务由杜邦生物应用科技事业部（2011 年收购丹尼斯克后成立）的业务团队负责运作。在过去的十年中，杜邦和丹尼斯克公司在纤维素乙醇技术进步上的投资超过 1 亿美元。

丹尼斯克、杰能科和杜邦专业知识的融合，造就了在酶技术、材料科学和生物处理领域内独特的组合实力，并被称为 **DuPont™ Genencor® Science**，正是它赋予创新以力量来解决世界级的重大挑战。

能源安全是杜邦面临的重大挑战之一，尤其是利用可再生及非粮食原料开发更为可持续的先进生物燃料。

合作是成功的关键

在杜邦，人们相信要采取多种不同的解决方案来满足全球对可再生能源的需求。作为一个全球先进生物燃料生产的领导者，杜邦公司在寻找对集成技术项目和商业前景做出贡献并从中获益的创新者。这些机会包括：

- 建立新的纤维素乙醇生产点
- 参与到纤维素乙醇供应链

- 分享管理技巧和知识
- 设计和提供生产设备和系统

杜邦的优势：提供先进生物炼制的整体解决方案

杜邦公司认为没有其他的公司可以像杜邦那样为新兴的先进生物燃料产业提供从终端到终端的专业知识。杜邦公司以其全面的能力正在原料、转化以及授权、生产和运送等三个关键领域推动纤维素乙醇的商业化进程。

授权的模式基于从供应链到成品的完整优化解决方案。这种整体生物炼制解决方案涵盖了从生物质接收到燃料级乙醇产出所需的所有设计/技术元素，包括所有的专有转化工艺、业务信息和全规模的生产许可。

杜邦纤维素乙醇示范工厂

田纳西州佛诺尔

杜邦纤维素乙醇示范工厂位于田纳西州佛诺尔，用于优化和开发有效益的先进生物燃料生产技术，并为放大到商业运营规模做准备。7.4万平方英尺的装置利用农业废弃物，如玉米秸秆、玉米芯和其他潜在的原料（如柳枝稷）生产乙醇，生产能力可达25万加仑/年。

工厂的每一个部分都由DuPont™ Genencor® Science提供技术支持。它包括预处理技术，以打开生物质中纤维素聚合物，使杜邦工程酶更易于将植物材料分解为糖类。在发酵过程中，杜邦公司开发的技术可将糖转化为乙醇。

表 37: 杜邦公司 -美国佛诺尔示范工厂

项目归属	杜邦公司
名称	杜邦纤维素乙醇示范工厂
位置	美国田纳西州佛诺尔
技术	酶解
原料	木质纤维素，玉米秸秆和柳枝穗
产品	乙醇
产能	750 吨/年；25 万加仑乙醇/年
装置类型	示范
现状	运转
投产年份	2010 年
联系人	Rene Molina, info.cellulosicethanol@dupont.com
网址	www.dupont.com



图 41: 杜邦公司 - 位于美国佛诺尔示范工厂

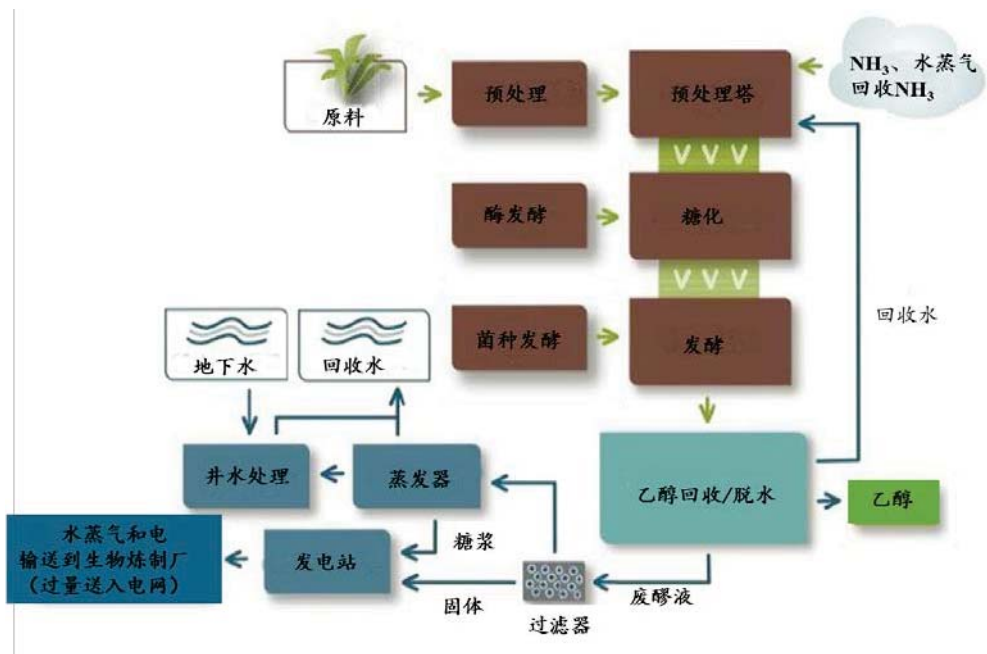
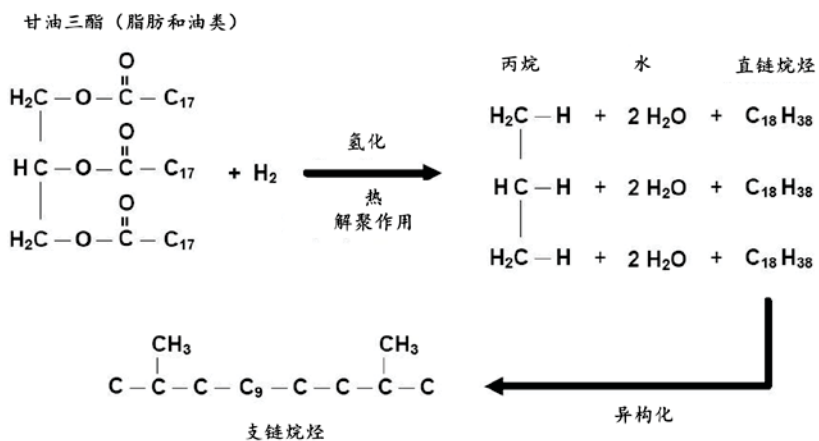


图 42: 杜邦公司 - 美国佛诺尔示范工厂流程图

6.17 动力燃料公司

动物油脂和用过的烹调油加氢处理转化为符合美国ASTM D975 柴油规格的可再生合成柴油。

Bio-Synfining™ 转化甘油三酯为正链烷烃异构体



超洁净合成柴油

图 43: 动力燃料公司 - 流程图

盖思马项目

美国盖思马

表 38: 动力燃料公司-美国盖思马商业化工厂

项目归属	动力燃料公司
名称	盖思马项目
位置	美国盖思马
技术	化学
原料	油类, 脂肪
输入原料	动物油脂和用过的烹调油加氢处理
产品	柴油型烃类
产能	210 000 吨/年; 75 百万加仑/年
装置类型	商业化
投资额	1.38 亿美元
现状	运装
投产年份	2010 年
联系人	Jeff Bigger, jbigger@dynamicfuelsllc.com
网址	www.dynamicfuelsllc.com



图 44: 动力燃料公司 -美国盖思马商业化工厂

6.18 荷兰能源研究中心（ECN）

荷兰能源研究中心（ECN）拥有500多位技术精湛的能源技术专家。ECN为市场开发能够过渡到可持续能源系统的方法和技术。ECN专注于太阳能光伏发电、海上风能、生物能源、工业能效以及能源政策研究。

在生物质气化领域，ECN公司与其它公司合作，已经开发出气化和气体净化技术，并和其他公司实施研发合同。ECN的循环流动床气化器由HOST公司(www.host.nl)负责市场营销，除焦油技术(Olga技术)则由Royal Dahlman公司(www.dahlman.nl)负责。下述工厂是Milena间接气化技术的核心部分。Milena技术效率高，可使用多种燃料，产生无碳灰分和高热值的水煤气。ECN拥有并经营一个5千瓦的实验室规模Milena装置和一座800千瓦的中试工厂。Milena间接气化炉简图如下所示。

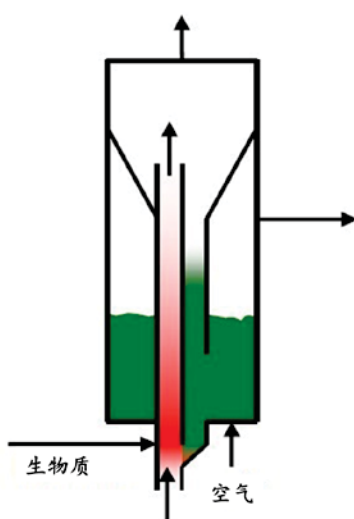


图 45: ECN - 气化炉的流程图

中试装置

Milena 间接气化炉，荷兰佩滕

ECN经营一个800千瓦的MILENA间接气化炉，使用木屑、拆迁木料及其他原料。产生的气体使用OLGA除焦油技术。OLGA技术的商业化应用授权由Royal Dahlman公司负责 (www.dahlman.nl) 授权。合成天然气也可利用佩滕的小型装置 (MILENA和OLGA) 生产。

表 39: ECN - 荷兰佩滕中试工厂

项目归属	ECN
名称	中试
位置	荷兰佩滕
技术	热化学
原料	木质纤维素 (清洁木料和拆迁木料)
处理能力	1800 吨/年
产品	合成天然气 (小规模或侧线馏出物)
产能	346 吨/年; 60 标准立方米/小时
类型	中试
现状	运转
投产年份	2008 年
联系人	Bert Rietveld, g.rietveld@ecn.nl
网址	www.ecn.nl



图 46: ECN - 荷兰佩滕中试工厂

示范装置

Groen Gas 2.0, 荷兰阿尔克马尔

该示范装置由位于荷兰阿尔克马尔,由HVC公司、Gasunie公司、Royal Dahlman公司、ECN以及地方、区域和国家政府在内的联盟联合开发。该装置由一个11.6兆瓦热能(MWth)的Milena气化炉和一个Olga焦油去除单元组成。其中,一股侧线物流被送入合成天然气生产装置。预计在2012年第三季度做出最终投资决定,在2013年开始建设。

表 40: ECN - 荷兰阿尔克马尔示范工厂

项目归属	Groen Gas 2.0 联盟 (ECN、HVC 公司、Gasunie 公司、Royal Dahlman 公司、北荷兰省)
名称	示范装置
位置	荷兰阿尔克马尔
技术	热化学
原料	木质纤维素
产品	合成天然气
产能	6500 吨/年; 60 兆瓦热能
装置类型	示范
现状	计划
投产年份	2013 年
联系人	Bert Rietveld, g.rietveld @ecn.nl
网址	www.ecn.nl

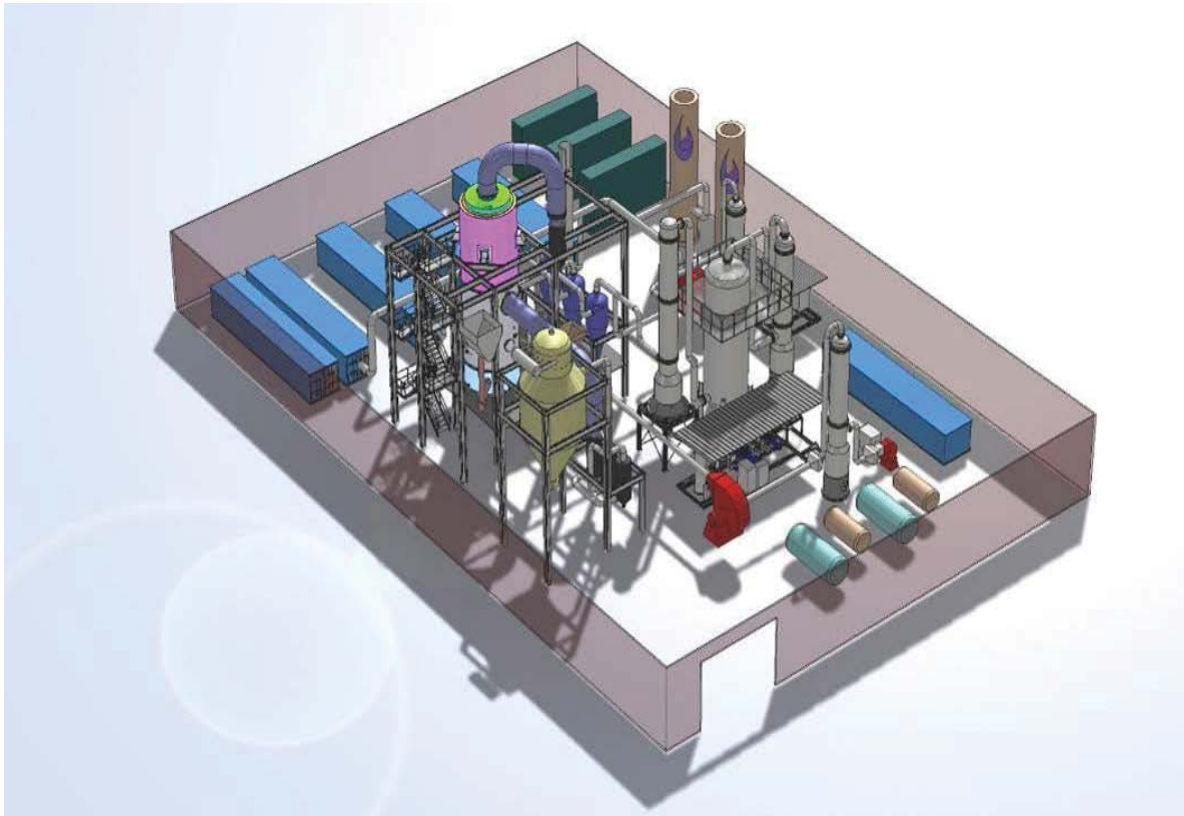


图 47: ECN - 荷兰阿尔克马尔示范工厂模型

6.19 Enerkem 公司

Enerkem公司致力于开发利用废弃物生产可再生生物燃料和化学品的技术。

Enerkem公司利用专有的热化学技术平台处理社区废弃物为基础的先进生物燃料装置,致力于应对对石油的依赖和废弃物处理的挑战。

Enerkem公司用11年的时间,通过处理多个城市的固体废弃物和其他类型的原料验证了其专有技术。该公司的工艺使用较低的温度和压力,降低了对能源的要求和生产成本。其工艺和业务模式旨在利用大量的城市固体废弃物生产有经济效益的纤维素乙醇。

Enerkem公司的清洁技术平台是一种4步法热化学工艺，包括：

1. 备料
2. 气化
3. 合成气的清洁和处理
4. 催化合成

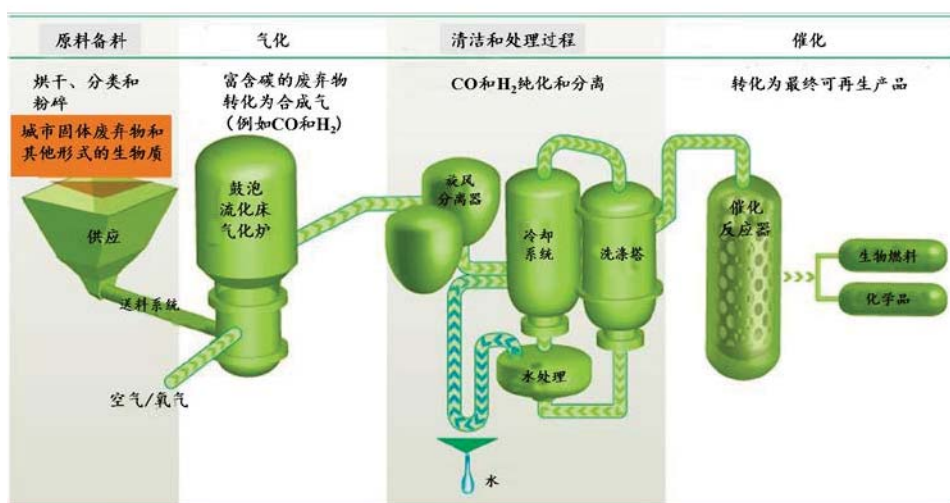


图 48: Enerkem - 流程图

Enerkem公司使用经过验证和确认的商业化催化剂，将混合的废弃物和残留物转化为适于生产生物燃料和化学品的纯合成气。该公司能够凭借其专有技术平台，从不可循环利用的废弃物中用化学方法回收碳分子制造多种产品。

Enerkem公司主要关注纤维素乙醇的商业化生产。其独有的工艺首先需要生产甲醇，以作为乙醇生产的化学基础材料。Enerkem公司也以终产品的形式出售甲醇，或将其作为一个关键中间体生产其他化学品。

Enerkem公司的绿色化学生产提供了一种清洁能源，这也是垃圾填埋和焚烧的一种可持续的替代方案。

舍布鲁克中试工厂和研究中心

加拿大舍布鲁克

Enerkem公司自2003年起就在魁北克舍布鲁克运营中试工厂。该厂生产少量的合成气、甲醇、乙酸盐和二代燃料乙醇。它配备了各种用于数据采集的取样口。为进行试验和记录，中试厂装备精良且自动化程度高。

工厂的原料可为固体、泥浆和液体。为了进行工程设计，使用该厂技术对超过25种不同类型的原料进行试验和验证。这些原料包括城市固体废弃物、木屑、处理过的木材、污泥、石油焦、废塑料和小麦秸秆。Enerkem公司与舍布鲁克大学有密切的合作。

表 41: Enerkem -加拿大舍布鲁克中试工厂

项目归属	Enerkem 公司
名称	舍布鲁克中试厂和研究中心
位置	加拿大舍布鲁克
技术	热化学
原料	来自于众多城市的分类固体废弃物以及 25 种以上的原料,包括木屑、处理过的木材、污泥、石油焦、废塑料和小麦秸秆。原料可以是固体、泥浆或液体的形式
输入原料	如上所述
处理能力	4.8 吨/天
产品	乙醇、甲醇和各种化学品
产能	未作说明
装置类型	中试
现状	运转
投产年份	2003 年
联系人	David Lynch, dlynch@enerkem.com
网址	http://www.enerkem.com/en/facilities/innovation-centers/sherbrooke-quebec-canada.html



图 49: Enerkem -加拿大舍布鲁克中试工厂

韦斯特伯里商业化示范装置

加拿大韦斯特伯里

Enerkem公司的韦斯特伯里装置是公司第一个生产生物燃料和生化产品的商业化装置。这座示范规模的装置是世界第一家利用非常规材料，亏本生产和生化产品的工厂，如将来自旧电线杆的处理过的木材作为原料生产乙醇和生化产品的工厂。

韦斯特伯里装置在2009年开始运营，生产经过处理的合成气。从2011年开始生产甲醇，2012年春季开始生产纤维素乙醇。

工厂位于郊区，靠近一个回收旧电线杆和电话杆的锯木厂。Enerkem公司利用这些木杆的不可用部分，并从中创造价值。

表 42: Enerkem -加拿大韦斯特伯里示范工厂

项目归属	Enerkem 公司
名称	韦斯特伯里商业化示范装置
位置	加拿大韦斯特伯里
技术	热化学
原料	处理过的木材(例如: 废弃电线杆, 废弃枕木) 木质废弃物和城市固体废物
输入原料	如上所述
处理能力	48 吨/天
产品	乙醇、甲醇和各种化学品
产能	4000 吨/年 (5 百万升/年; 1.3 百万加仑/年) (废弃物制甲醇装置)
装置类型	商业化示范
现状	运转
投产年份	2009 年
联系人	Nathalie Morin, nmorin@enerkem.com
网址	http://www.enerkem.com/en/facilities/plants/westbury-quebec-canada.html

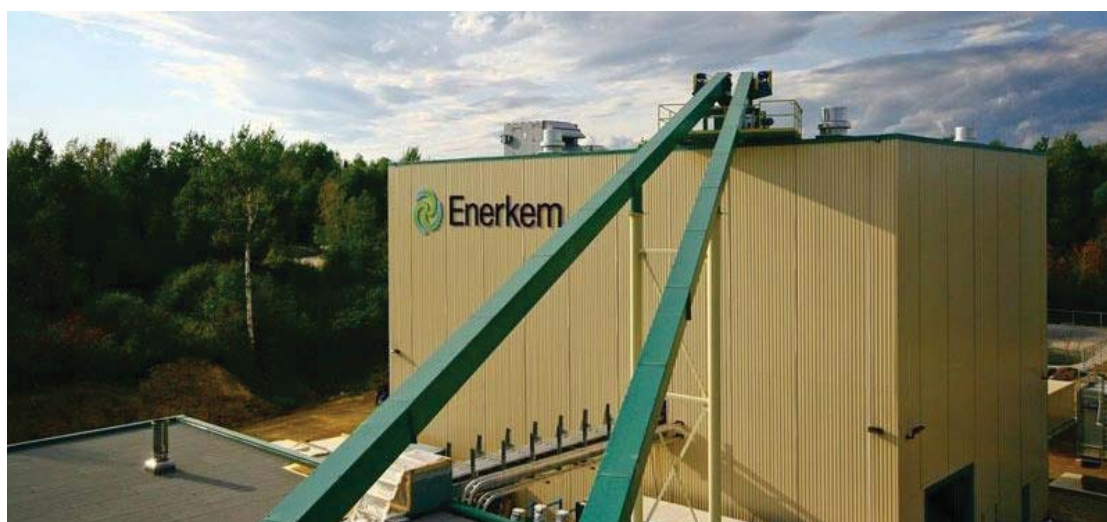


图 50: Enerkem - 位于加拿大韦斯特伯里示范工厂

埃德蒙顿废弃物制生物燃料项目（第一个全规模商业化装置） 加拿大埃德蒙顿

Enerkem公司通过其子公司Enerkem Alberta 生物燃料公司与埃德蒙顿城市签订了一份为期25年的协议，通过建设和运营一家工厂，利用不可回收和不可做堆肥的城市固体废弃物，生产和销售下一代生物燃料。该协议有望成为第一批主要的市政府与废弃物制生物燃料生产厂商间的合作之一，将城市废弃物转化为甲醇和乙醇。

作为协议的一部分，埃德蒙顿市每年将提供10万干吨的分类城市固体废弃物。这些将被利用的分类城市固体废物是回收和堆肥后的最终残渣，从垃圾填埋场回收而来。根据阿尔伯特省环境保护和促进法案，该项目得到了建设和运营商业化工厂的许可。项目建设起始于2010年夏天，计划在2013年投产。

Enerkem公司的项目合作伙伴，埃德蒙顿市和提供能源和环境解决方案的Alberta Innovates公司，为项目提供2千万美元的资助。该项目被阿尔伯特能源局选为生物炼制商业化和市场开发计划的一部分从而得到335万美元的经费资助。该计划的目的是为了促进对阿尔伯特的生物能源产业投资。除此以外，Waste Management公司和EB投资公司在该项目上投资1500万美元得到了少数股权。该装置是综合性城市废弃物制生物燃料倡议(<http://www.edmontonbiofuels.ca/>)的一部分，项目与埃德蒙顿市及Alberta Innovates公司合作，使埃德蒙顿市的居民废弃物转化率提高到90%。

表 43: Enerkem 公司 -加拿大埃德蒙顿商业化工厂

项目归属	Enerkem Alberta Biofuels 公司
名称	埃德蒙顿废物制生物燃料项目
位置	加拿大埃德蒙顿
技术	热化学
原料	分类城市固体废弃物
输入原料	如上所述
处理能力	350 吨/天
产品	乙醇、甲醇、各种化学品
产能	3 万吨/年 (380 万升/年; 1000 万加仑/年)
装置类型	商业化
项目资金	未知
现状	在建
投产年份	2013 年
联系人	Marie-Helene Labrie; mlabrie@enerkem.com
网址	www.edmontonbiofuels.ca



图 51: Enerkem -加拿大埃德蒙顿商业化工厂 (在建, 2012 年 5 月)

密西西比商业化装置

美国庞托托克

Enerkem公司计划由其美国下属企业（Enerkem Mississippi Biofuels LLC公司）在密西西比的庞托托克建设和运营一家废弃物制生物燃料工厂。

公司与密西西比三河固体废物管理管理局（TRSWMA）签订了一份每年供应城市固体废弃物的协议。装置位于三河垃圾填埋场。废弃物部分被回收，部分被转化为乙醇。

项目得到美国能源部（DOE）高达5000万美元的奖励。同时，项目也受到当地政客和合作者的大力支持。2011年1月，这一里程碑式的项目还获得美国农业部（USDA）一项有条件承诺的8000万美元贷款担保。

这家正在开发的工厂已经成功达到联邦环境评估要求，正处在获得其他装置建设和运营所需许可的最后阶段。

表 44: Enerkem -美国庞托托克商业化工厂

项目归属	Enerkem 密西西比生物燃料公司
名称	Enerkem 密西西比生物燃料
位置	美国庞托托克
技术	热化学
原料	分类城市固体废弃物和木材废弃物
处理能力	350 吨/天
产品	乙醇、甲醇、各种化学品
生产能力	3 万吨/年（3800 万升/年；1000 万加仑/年）
装置类型	商业化
现状	在开发
投产年份	2013 年
联系人	Marie-Helene Labrie; mlabrie@enerkem.com
网址	http://www.enerkem.com/en/facilities/plants/pontotoc-mississippi.html



图 52: Enerkem -加拿大埃德蒙顿商业化工厂三维模型

瓦雷纳（Varenes）商业化装置

加拿大瓦雷纳

Enerkem公司和**GreenField** 乙醇公司正计划建设魁北克的第一套完整的纤维素乙醇装置。

该装置将由**Enerkem**公司和**GreenField** 乙醇公司合资组成的**Varenes** 纤维素乙醇公司建设和运营。它将座落于魁北克瓦雷纳市（蒙特利尔附近），与**GreenField** 乙醇公司现有的第一代生物燃料装置相邻。

Varenes公司的装置将会利用**Enerkem**的专有技术，以企业、商业、工业产生的不可循环利用废弃物以及建筑垃圾为原料生产纤维素乙醇。

魁北克政府通过其自然资源和野生生物部，以及魁北克投资公司向该项目注资共计2700万美元。

表 45: Enerkem -加拿大瓦雷纳商业化工厂

项目归属	Varenes 纤维素乙醇公司
名称	Varenes 纤维素乙醇
位置	加拿大瓦雷纳
技术	热化学
原料	工业、商业、市政的分类废弃物
处理能力	350 吨/天
产品	乙醇、甲醇、各种化学品
生产能力	3 万吨/天 (380 万升/年; 1000 万加仑/年)
装置类型	商业化
现状	计划
联系人	Marie-Helene Labrie; mlabrie@enerkem.com
网址	http://www.enerkem.com/en/facilities/plants/varenes-quebec-canada.html



图 53: Enerkem -加拿大瓦雷纳商业化工厂三维模型

6.20 Fiberight 公司

Fiberight公司已经成功开发出一种利用城市固体废弃物生产商业化可再生生物燃料和其他有价值生物化学品的转化工艺。Fiberight公司的创新技术可将城市固体废弃物中的有机成分诸如受污纸张、食物垃圾、庭院废弃物和其他可降解物有效的分离出来，并用于纤维素和半纤维素生产，然后利用酶解和发酵将之转化为燃料级乙醇和其他糖平台生物化学品。Fiberight工艺原料收集的塑料和甲醇也可以用于发电，为工厂的装置提供能量，实现零能量输入。若Fiberight公司专有的提取、制浆和降解工艺可望从美国每年产生的1.75亿吨的不可循环利用的城市固体废物中提取超过50亿加仑的可再生生物燃料。

Fiberight公司计划建造、拥有和运营轴辐式生物炼厂，以解决两大紧迫的环保挑战：1) Fiberight公司已经开发出经济的方法，将原来传统的垃圾填埋场和焚烧处理的不可利用垃圾进行可持续的废弃物加工，使之成为具有价值的终端产品；2) Fiberight公司将城市固体废物转化为符合EPA RFS2可再生生物能源目标的纤维素乙醇，以减少国家对国外能源的依赖。Fiberight的装置在低温闭合循环系统下运行，可实现排污达标。由于低成本回收和高转化率，Fiberight公司的工艺与其他利用高成本气化/合成气或者酸解方法将废弃物转化为能源的方法相比，具有明显的竞争优势。

通过降低垃圾填埋场的空间和滞留垃圾的成本，Fiberight的技术为各社区发挥了可以减少城市固体废物成本的能力。Fiberight

公司是美国最早实现工业规模纤维素乙醇生产的公司之一。**Fiberight**公司从2007年开始在弗吉尼亚劳伦斯维尔运营一家中试工厂，最近这家中试厂升级为全流程的示范装置。**Fiberight**公司在爱荷华Blainstown也有一家商业化规模的工厂，该工厂在2013年将会升级用于生产纤维素乙醇，该项目最近获得了2500万美元的联邦贷款担保。

Fiberight 公司综合示范工厂 维吉尼亚州劳伦斯维尔

表 46: Fiberight -美国劳伦斯维尔示范工厂

项目归属	Fiberight 公司
名称	综合示范工厂
位置	美国维吉尼亚州劳伦斯维尔
技术	生物化学
原料	城市固体废弃物
处理能力	75 吨/天
产品	乙醇、电力
产能	1 百万加仑乙醇/年；3 吨/年
装置类型	商业化
支持资金	私募股权
现状	运转
联系人	Craig Stuart-Paul
网址	info@fiberight.com



图 54: Fiberight - 美国劳伦斯维尔示范工厂

商业化工厂

美国爱荷华州布莱尔斯敦

表 47: Fiberight - 美国布莱尔斯敦商业化工厂

项目归属	Fiberight 公司
名称	商业化工厂
位置	美国爱荷华州布莱尔斯敦
技术	生物化学
原料	城市固体废弃物
处理能力	500 吨/天
产品	乙醇、电力
产能	6 百万加仑乙醇/年; 18 吨/年
装置类型	商业化
支持资金	私募股权, 美国农业部贷款 2500 万美元, 州拨款 290 万美元
现状	重建时闲置
投产年份	2013 年
联系人	Craig Stuart-Paul
网址	info@fiberight.com



图 55: Fiberight 公司 -美国布莱尔斯敦商业化工厂

6.21 先端可再生燃料公司

金罗斯工厂 1

美国密歇根州切西里

由Mascoma公司开发的独特技术利用工程改造的酵母和细菌生产大量的专用酶将纤维素分解，并将所得糖类发酵转化为乙醇。他们将两个步骤（酶水解和发酵）的结合起来，无需再建一个单独的工厂产酶，这就显著的降低了成本。这个被称作统合生物加工工艺或“CBP”的工艺，最终将包含在植物中的太阳能在短短的几天内转化为乙醇。

先端可再生燃料公司是J.M. Longyear公司和Mascoma公司（见4.33 Mascoma公司）的合资企业。

表 48: 先端可再生燃料公司 -美国切西里商业化工厂

项目归属	先端可再生燃料公司
名称	金罗斯工厂 1
位置	美国密歇根州切西里
技术	生物化学
原材料	木质纤维素; 木屑
处理能力	700 吨/天
产品	乙醇; 木质素
产能	6 万吨/年; 2000 万加仑/年
装置类型	商业化
合伙人	Mascoma 公司; J.M. Longyear 公司
现状	计划
联系人	Craig Stuart-Paul
网址	info@fiberight.com

6.22 Göteborg Energi 公司

Göteborg Energi公司是瑞典西部领先的能源公司，为客户提供能源服务，区域供暖、供电、供天然气和制冷，以及天然气和电力的供应网络和供应带。该公司完全拥有哥德堡市30万客户，现有雇员1200名，年营业额约为8亿欧元。

公司的目标是建立长期可持续发展的能源解决方案。因此，研发为创建现用的解决方案发挥了重要作用。例如，区域供暖的生产和经销，沼气的生产以及向现有天然气管网注入的问题。高效的能源供应是构建运转良好的社会最重要的模块之一。为了实现这一目标，Göteborg Energi公司已经发展成为一个多样化的能源公司，为公司和个人提供服务和产品使其生活更轻松。

未来面临的最大挑战之一是为交通运输部门提供可再生能源。今天世界上的天然气汽车已超过1500万辆。因此，开发第二代生物燃料

以增加可再生天然气的生产能力是非常重要的。Göteborg Energi公司拥有世界上第一座利用林业废弃物气化生产生物甲烷（SNG）的工厂（GoBiGas项目）正处于施工阶段。生产的天然气可以直接输入现有的天然气管网。该公司也有几个利用不同原料进行厌氧消化的工厂，成为第一套液化沼气装置。

GoBiGas项目使用的是来自Repotec公司的间接气化技术（由Metso Power公司提供）和Haldor Topsoe公司的固定床甲烷化技术。该工艺的目标是产出由生物质转化的合成天然气和并实现能源一体化的高能源效率，例如将多余的热量用于区域供热。该项目的目的是示范可以通过林业废弃物的气化连续生产合成天然气以及推动该技术向商业化迈进。

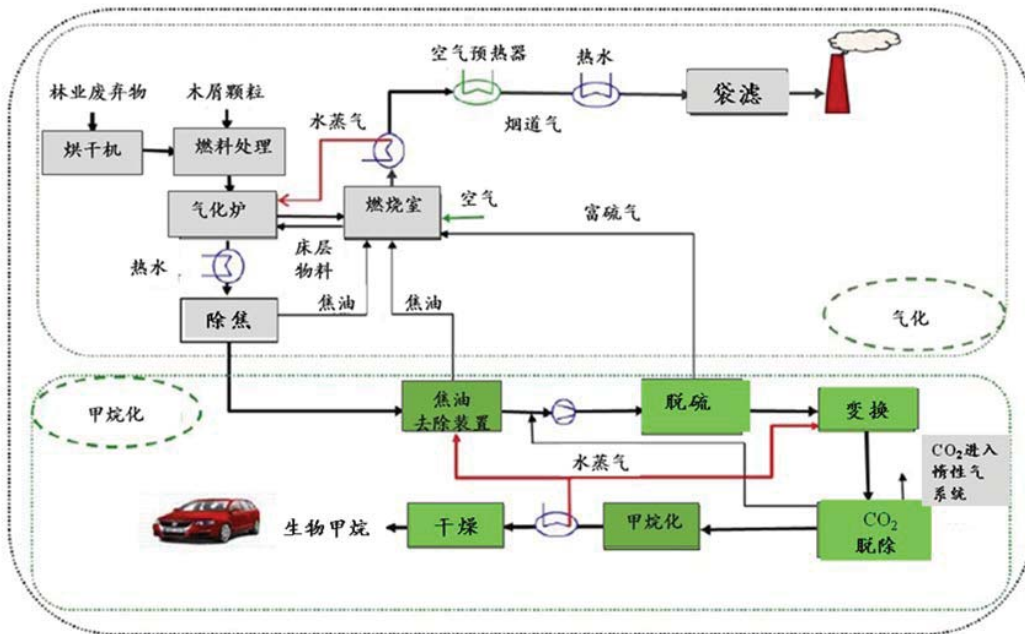


图 56: Göteborg Energi - 流程图

GoBiGas 工厂--一期

瑞典哥德堡

GoBiGas项目在2005-2006年启动。经前期调研后项目分为两期，一期是一个示范工厂，部分资金由瑞典能源署提供；二期是比一期大4-5倍的商业化装置。

第一个工厂的投资决策在2010年12月做出，现在项目处于施工阶段。该工厂计划在2013年年底运营。

表 49: Göteborg Energi -瑞典哥德堡示范工厂

项目归属	Göteborg Energi AB 公司
名称	GoBiGas 工厂--一期
位置	瑞典哥德堡
技术	生物化学；热气化和甲烷化
原料	林业废弃物，木屑颗粒，树枝和树梢
产品	合成天然气
产能	11200 吨/年（20 兆瓦）
装置类型	示范
投资额	大约 1.5 亿欧元
支持资金	项目所有人，瑞典能源局部分资助
现状	在建
投产年份	2013 年
联系人	Asa Burman, Project director; info.gobigas@goteborgenergi.se
网址	www.goteborgenergi.se , www.gobigas.se



照片 1: GoBiGas 一期

6.23 Greasoline 公司

Greasoline®是一个由弗劳恩霍夫环境、安全和能源科技研究所（UMSICHT）开发的高品质生物燃料的生产工艺，现在为创业公司 **Greasoline**进行专有的商业化运作。**greasoline®**生物燃料技术可以将生物基脂肪，油类，废油及油渣经催化裂化得到柴油，煤油和汽油燃料。在世界范围内，该技术受到四项同族专利的保护。

Greasoline有限公司成立于2011年8月，而弗劳恩霍夫协会是股东之一。这是一个以颁发许可为导向的创业公司，该公司为生产企业、侧重于前向一体化的原材料供应商和老牌石油工程建设公司提

供技术许可、技术和原料支持。

生物基油类和脂肪的催化裂化主要产生柴油和煤油等燃料范围内的烃类。优选的催化剂是活性炭和无机催化剂。工艺条件，催化剂和输入原料的变化会产生诸如生物基石脑油，烯烃和液化石油气等可再生化学品。

greasoline®的产品几乎与化石燃料的化学性质相同，如无腐蚀性，非吸湿性，对氧化不敏感。它们甚至可以用作燃料升级添加剂（十六烷值助推剂）或喷气燃料添加剂（生物基的烷基化苯）。

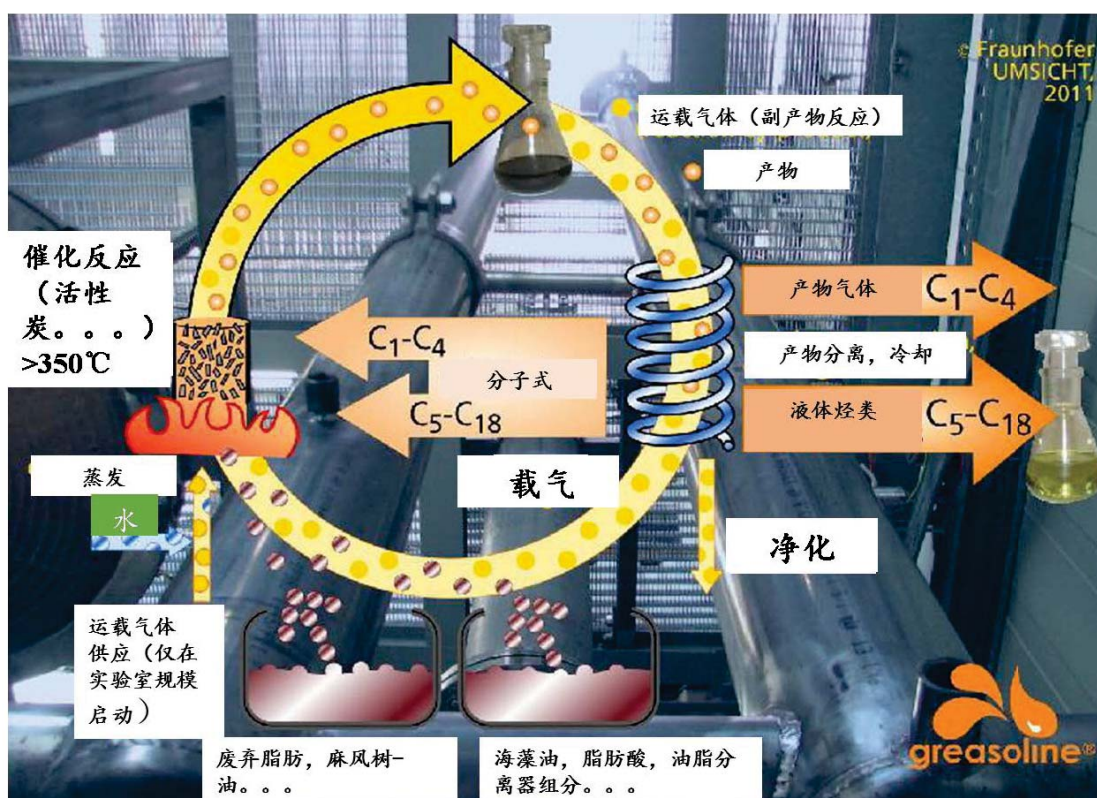


图 57: Greasoline - greasoline®工艺流程图

激活碳改为活性炭、H₂O改为水、运载气体改为载气、清除改为净化 greasoline®工艺具有显著的优势，因为：

- 目前可获得的非食品原料，因此不会与正在增加的全球人口竞争营养，
- 可以使用由于水含量或杂质（如固体化合物或无机盐）的原因不适于应用替代技术的原料和残余物，
- 未来优选的原料（如微藻油）是一种理想转化工艺
- 需要额外的氢进行脱氧
- 可以在现有炼油厂实施，降低投资成本并且使炼油厂能够生产生物基产品，而不是被迫与单独的生物燃料（如生物柴油和生物乙醇）进行混合。

sts 工厂

德国奥伯豪森

自2008年以来300多万欧元已投入奥伯豪森的中试工厂。从实验室到中试工厂的放大已经成功的验证了该技术在概念上的可行性。该中试厂每小时将3千克的生物基脂肪和油类转化为3升生物燃料。它由一个生物燃料合成部分、一个专用的蒸馏装置和一个催化剂再生中心组成。该厂的主要目的是针对不同类型的原料、用于发动机试验的产品质量，工艺物流以及能量数据的检测等方面进行工艺优化。

表 50: Greasoline -德国奥伯豪森的中试工厂

项目归属	Greasoline 公司
名称	sts 工厂
位置	德国奥伯豪森
技术	热化学
原料	油类, 脂肪
输入原料	生物基油类和脂肪, 植物油加工的残余物, 游离脂肪酸, 用过的生物基油类和脂肪
处理能力	3 千克/小时
产品	柴油型烃类
产能	2 吨/年
装置类型	中试
投资	300 万欧元
现状	运转
投产年份	2011 年
联系人	Dr. Peter Haug, contact@greasoline.com ; +49020885980
网址	www.greasoline.com



图 58: Greasoline -德国奥伯豪森中试工厂

6.24 GTI-美国天然气工艺研究院



图 59: GTI - 能源和环境技术中心

天然气工艺研究院 (GTI) 从事能源的研究和开发已经超过70年, 主要侧重于将新技术方案推向市场。GTI在设计、建设和运行实验室规模和小规模的能量转换试验系统以及中试规模和商业化示范工厂等方面拥有丰富的经验。GTI的员工和其先进的研究设施为所有类型的气化、气体净化和处理、热解以及相关工艺的评估和试验提供必要的资源。GTI与客户和合作伙伴通过一对一以及合作项目获得应用和技术上的详细信息, 用于设计实验或者商业化性质的生物质工厂, 这些工厂涉及的范围较广, 包括电力、液态运输燃料、化学品生产、制氢以及符合管道输送质量要求的甲烷。

在伊利诺伊州德斯普兰斯市的GTI中试试验装置 (图58) 在2011年完成了为期三年的综合性生物质气化、合成气生产以及处理系统的试验。该试验为ANDRITZ Carbona和他们的客户UPM-Kymmene将来在芬兰和法国的300兆瓦热能级别的生物质制液体燃料商业化工厂

的工艺设计提供性能数据。生物质制液体燃料系统使用基于GTI流化床技术的ANDRITZ Carbona气化炉，生产的合成气为第二代费托代生物柴油生产装置供料。这一合作项目团队还包括Haldor Topsøe，负责开发合成气中焦油重整器的催化剂和设计。该团队也有E.ON公司的加入，E.ON公司是一个全球能源生产和分销公司，为瑞典从250 -600兆瓦热能规模的可再生天然气项目开发基础设计信息。

一个由美国能源部下属生物炼制项目资助的基于气化的木材转化为“绿色”汽油的开发项目目前正在德斯普兰斯进行。该项目将其FFTF和AGTF装置中，利用新的合成气催化转化中试装置来完全整合气化和合成气净化中试工厂。配备了下游焦油重整器的ANDRITZ Carbona生物质气化炉进行气化过程。GTI Morphysorb®工艺用于酸性气体净化，而Haldor Topsøe TIGAS工艺将清洁的压缩合成气转化为汽油。该项目团队包括Haldor Topsøe、ANDRITZ Carbona、UPM-Kymmene和Phillips 66等公司。



图 60: GTI -伊利诺伊州德斯普兰斯的灵活燃料试验装置 (FFTF) 和先进气化试验装置 (AGTF)

GTI也正在开发IH²工艺，这是一项独特的热化学转化技术，采用催化加氢热解和加氢转化的方法将不同的生物质原料直接转换成即用型汽油，柴油和喷气燃料。GTI在IH²技术上的开发合作伙伴是壳牌的全资子公司CRI Catalyst公司。CRI Catalyst公司IH²的业务目标是为多种生物质原料的转化进行大面积的IH²技术授权，并且为IH²工艺提供催化剂。近期的目标是与行业合作伙伴一起建立一个示范规模工厂，以其作为通往商业化的桥梁。

灵活燃料和高级气化试验装置（FFTF 和 AGTF）

美国德斯普兰斯

GTI公司自2004年以来就一直运营德斯普兰斯试验装置。该设备的主要目的是在一个足以支持商业化或者同类首个示范化工厂设计的规模上，提供工艺性能数据、评估工设计和整合策略。整体装置包括一个燃料灵活的、可调整的技术开发平台，该平台适用于大范围的固体燃料，包括各等级的煤和所有类型的生物质，以及石油焦和固体废弃物。它由一支有着丰富经验的工程师和技师队伍，可进行为期5-30天的连续试验。

包括流化床和气流床技术的两个气化平台在可达400 psig(绝压28.6 bar)的条件下，注入空气或氧气生产合成气。除了高温高压的旋风分离器用于脱除合成气细粉，伴随着催化合成气焦油重整装置，湿式洗涤器以及合成气的压缩（能力可达1000 psig(绝压70 bar)）设有全流程高温气体过滤器，过滤器可采用金属或者陶瓷组件。全流程酸性气体去除系统利用物理或者化学溶剂将CO₂或者H₂S去除，使得的清洁合成气适用于在催化合成工艺中生产液体或化学品。此类合成工艺

的全流程中试版本在2012年的第三季度被置入装置。来自 Haldor Topsøe 的新的 TIGAS 中试装置将会提供清洁合成气催化转化所得的汽油，这也是正在进行的美国能源部生物炼制项目的一部分。该项目的工厂布局流程图见图61。

表 51: GTI-美国德斯普兰斯中试工厂

项目归属	天然气工艺研究院
名称	多功能燃料和高级气化试验装置，木材制汽油
位置	美国伊利诺伊州德斯普兰斯市
技术	热化学
原料	生物质，煤，石油焦，废弃物
输入原料	林业废弃物：树梢、树皮、湿混合废木料、树桩
处理能力	21 吨/天
产品	费托液
产能	880 吨/年（23 桶/天）
装置类型	中试
现状	运转
投产年份	2004 年
联系人	Bruce Byran, Bruce.byran@gastechnology.org ;
网址	www.gastechnology.org

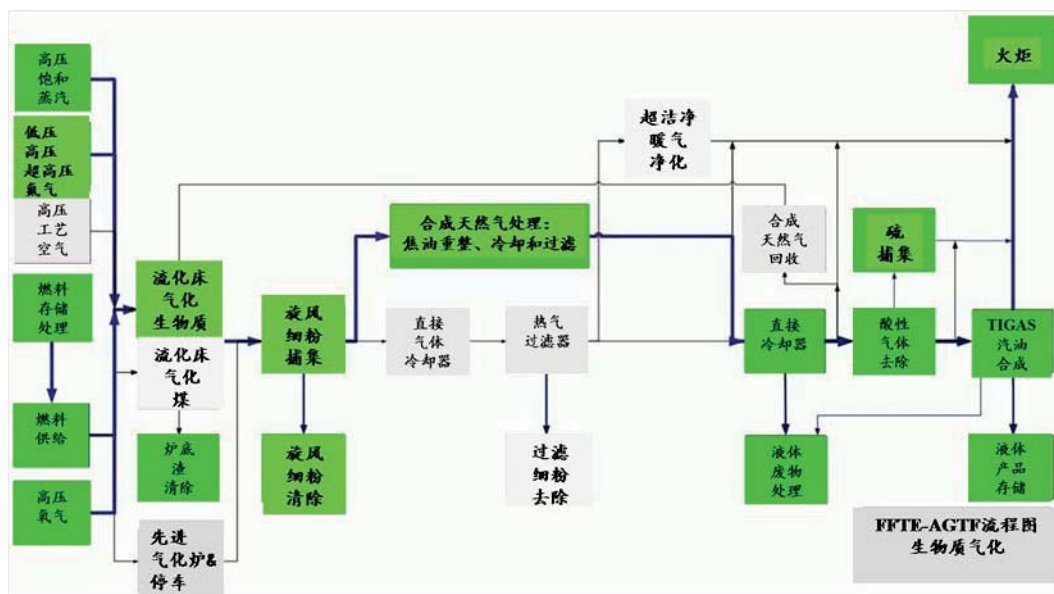


图 61: GTI-美国德斯普兰斯中试工厂流程图

去掉字母 LPHP 和 HHP、改为低压、高压、超高压氮气，高级气化炉淬火改为先进气化炉&停车，所有的细末改为细粉，焦油去除改为焦油重整，所有的提取改为捕集，去掉方块二字，排火炬改为火炬，超洁净暖气清洁改为超洁净暖气净化，合成天然气调整改为合成天然气处理，FB 改为流化床

IH² - 50 生物质制汽油和柴油示范装置

美国德斯普兰斯

IH²技术可将各种各生物质（包括木材、玉米秸秆、浮萍、藻类）直接转化成高品质即用型汽油和柴油。该工艺可以在商业规模上生产低于2.00美元/加仑的汽油和柴油。IH²工艺的生命周期评价（LCA）是非常优秀的，可以减少90%以上的温室气体排放。IH²工艺使用自身产生C 1-C 3供氢，不需要外部供氢。整个工艺见图62。

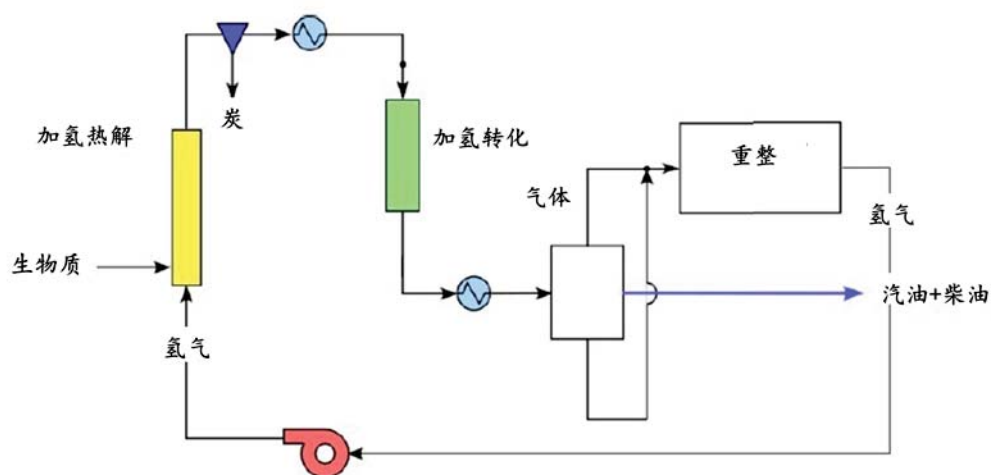


图 62: GTI- 生物质直接制替代燃料的 IH² 工艺流程图

IH²中试工厂包括一级段的流化床催化加氢热解反应器和二级的加氢转化反应器。该工艺中产生的氢是连续循环的。生物质被连续的

输入，而液体、气体和焦炭被连续的排出。在试验过程中，中试工厂一天24小时的连续运行持续了30天或者更长的时间。

表 52: GTI- 美国德斯普兰斯中试工厂

项目归属	天然气工艺研究院
名称	IH2-50 连续中试厂
位置	美国伊利诺伊州德斯普兰斯市
技术	热化学-加氢热解和加氢转化
原料	木质纤维素
输入原料	木材、玉米秸秆、甘蔗渣、藻类
处理能力	50 千克生物质/天
产品	费托-液；汽油型燃料
产能	木材：4.1 吨/年（4.1 加仑/天）的汽油+柴油 藻类：8.0 吨/年（7.9 加仑/天）的汽油+柴油
装置类型	中试
现状	运转
投产年份	2012 年
联系人	Terry Marker, Terry.marker@gastechnology.org ;
网址	www.gastechnology.org



图 63: GTI- 美国德斯普兰斯中试工厂

6.25 Inbicon 公司 (DONG 能源公司)

中试项目 1

丹麦 Fredericia

水热法预处理，浓醪水解，酵母发酵。

表 53: Inbicon 公司-丹麦 Fredericia 中试工厂 1

项目归属	Inbicon 公司 (DONG 能源公司)
名称	中试工厂 1
位置	丹麦 Fredericia
技术	生物化学
原料	木质纤维素; 秸秆
处理能力	0.1 吨/小时
产品	乙醇; C5 糖浆
装置类型	中试
投资额	500 万欧元
支持资金	250 万欧元
状态	运转
投产年份	2003
联系人	Lykke Mulvad Jeppesen 女士, info@inbicon.com
网址	www.inbicon.com



图 64: Inbicon 公司-丹麦 Fredericia 中试工厂 1

中试项目 2

丹麦 Fredericia

水热法预处理，浓醪水解，酵母发酵。

表 54: Inbicon 公司-位于丹麦 Fredericia 中试工厂 2

项目归属	Inbicon 公司 (DONG 能源公司)
名称	中试工厂 2
位置	丹麦 Fredericia
技术	生物化学
原料	木质纤维素
处理能力	1 吨/小时
产品	乙醇; C5 糖浆
产能	几吨/小时
装置类型	中试
投资额	1500 万欧元
支持资金	500 万欧元
状态	运转
投产年份	2005
联系人	Lykke Mulvad Jeppesen 女士, info@inbicon.com
网址	www.inbicon.com



图 65: Inbicon 公司-丹麦 Fredericia 中试工厂 2

示范工厂项目 丹麦卡伦堡

产能：年产 4300 吨乙醇，13.1 吨木质素颗粒和 11.25 吨 C5 糖浆（70%的干物质含量）。

表 55: Inbicon 公司-丹麦卡伦堡示范工厂

项目归属	Inbicon 公司 (DONG 能源公司)
名称	示范工厂项目
位置	丹麦卡伦堡
技术	生物化学
原料	木质纤维素；麦秆
处理能力	3 万吨/年
产品	乙醇；C5 糖浆
产能	4300 吨/年；1.5 亿加仑/年
装置类型	示范
投资额	5000 万欧元
支持资金	1000 万欧元
状态	运转
投产年份	2009
联系人	Lykke Mulvad Jeppesen 女士, info@inbicon.com
网址	www.inbicon.com



图 66: Inbicon 公司-丹麦卡伦堡示范工厂

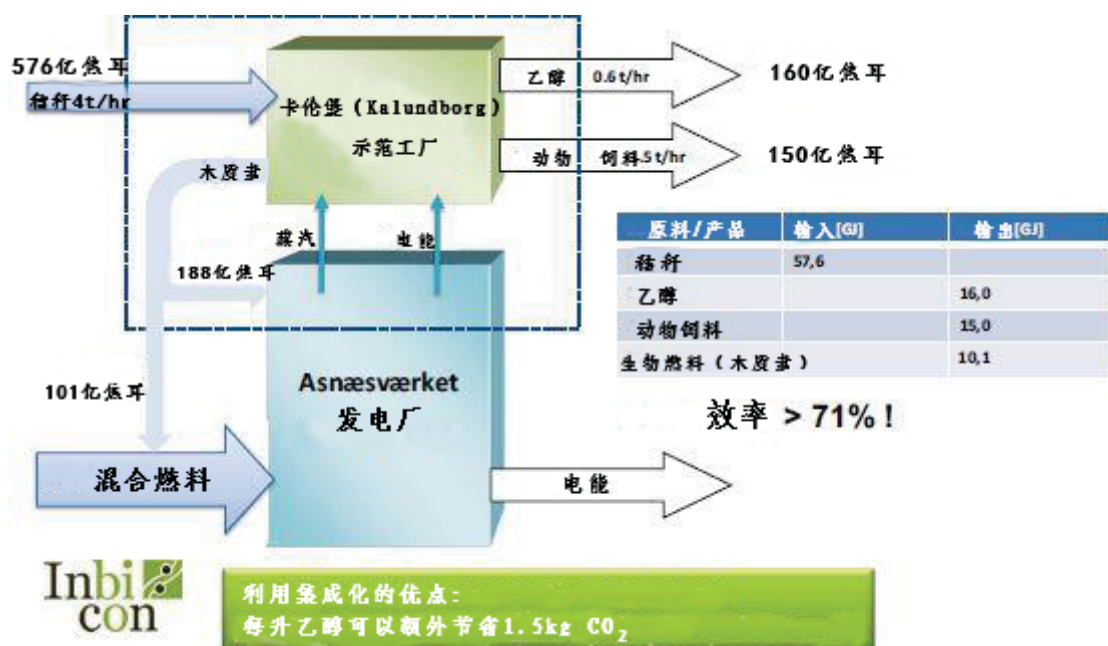


图 67: Inbicon 公司-丹麦卡伦堡示范工厂流程图

6.26 英力士生物公司 (INEOS Bio)

英力士生物公司隶属于英力士公司。作为一个年轻有抱负的结构，英力士公司已发展成为世界上最大的化工公司之一。英力士生物公司为全球用户开发绿色工艺技术，并将其投入市场。英力士生物公司是英力士生物能源工艺的拥有者和开发者，这一结合了热化学和生物化学转化方法，具有高创新度，利用废弃原料生产可再生生物燃料和可再生电能，这些废弃原料包括城市废弃物、绿色垃圾和广泛廉价的碳基材料。

英力士生物在服务全球可再生交通运输燃料市场和可再生能源市场的同时，致力于为当地社区提供废弃物的可持续解决方案。英力士生物技术旨在解决社会的关键需求，如应对气候变化，利用废弃物作为资源，创造本地技术型就业机会，以及提高能源的安全性和多元

性。位于佛罗里达州 Vero Beach 的第一个商业化先进生物能源装置目前正在试运行，预计最早在 2012 年第三季度投产。这一项目获得了美国能源部、美国农业部和佛罗里达州的支持。

英力士生物的生物能源工艺技术集成了气化、发酵及蒸馏等先进生物乙醇生产工艺和可再生能源发电工艺。热化学气化步骤具备原料灵活性，能够将包括废弃物在内的所有类型的生物质转化为一氧化碳和氢气。生物化学发酵步骤在低温、低压下将这些气体高选择性、高产率地合成为乙醇。连续工艺速度很快，能够在十分钟以内将废弃物转化为乙醇。这项生物能源工艺技术节能环保。自 2003 年以来，这一技术已经在集成化的中试装置上通过使用广泛的废弃物原料，进行了完整的开发和试验工作。

英力士生物的生物能源工艺技术有以下几个步骤：

- 1、原料收集和干燥
- 2、气化
- 3、合成气热回收（生产可再生能源）及气体净化
- 4、发酵（合成气通过生物过程生产乙醇）
- 5、过滤、蒸馏和脱水（乙醇回收和净化）
- 6、可再生能源发电

除了上述的主要步骤之外，工厂还包括工艺污水管和化学添加剂系统、菌种储存、搬运设备和中间储罐等辅助系统。

整个过程简单，界定清楚且能耗最小化。气化和发酵过程的结合把复杂分子先分解成 CO 、 H_2 和 CO_2 ，然后再高效的将这些气体合成成单一的产品——乙醇，这就克服了其他木质纤维素工艺过程面临的

重大挑战（比如木质纤维素原料的预处理、水解为可发酵的糖类，及戊糖的发酵）。工艺的热集成有效的利用了气化过程产生的热能，用于蒸馏过程和发电。发酵过程在室温和低压下快速合成乙醇，克服了低发酵速率的难题，这是大部分生物法工艺中存在的主要缺陷之一。

因为使用的原料主要是生物质而不是化石碳，工艺过程中产生的二氧化碳主要来源于生物，并不会促进全球变暖。所设计的商业化英力士生物工厂具有安全、简单、稳健、可靠及可放大的特点。

印第安河县装置项目

美国 Vero Beach

英力士生物项目装置每年将利用包括庭院植物、木材和植物废弃物在内的可再生生物质生产 800 万加仑的第三代生物乙醇。这套装置也将产生清洁的可再生电能输送到佛罗里达市场。输出的电力预计可达到 1-2 兆瓦，足以供当地 1400 户家庭使用。

表 56: 英力士生物公司-美国 Vero Beach 的商业化工厂

项目归属	英力士生物公司
名称	印第安河县装置
位置	美国 Vero Beach
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	植物废弃物；废木材；园艺垃圾
产品	乙醇；电力
产能	2.4 万吨/年；800 万加仑/年
装置类型	商业化
投资额	1.32 亿美元
支持资金	美国能源部 0.5 亿美元，业主 0.83 亿美元
状态	试运行
投产年份	2013
联系人	biopress@ineos.com
网址	www.ineosbio.com



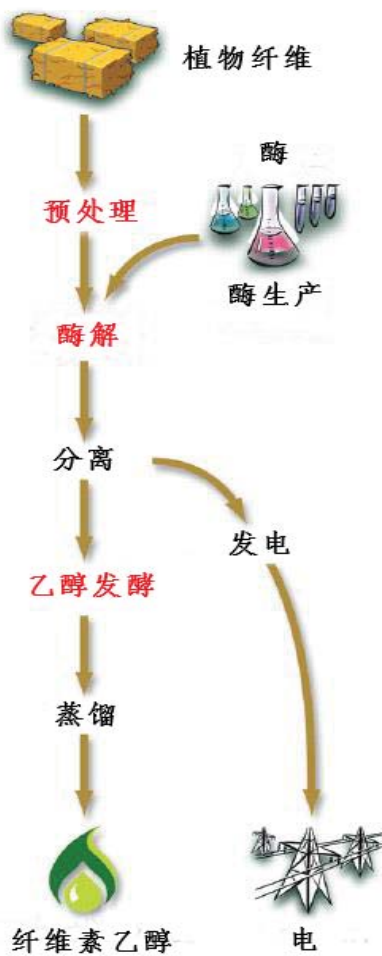
图 68: 英力士生物公司-美国 Vero Beach 商业化工厂 (照片: 2012 年 4 月)

6.27 Iogen 公司

成立于 20 世纪 70 年代的 Iogen 公司已经成为加拿大领先的生物技术公司。Iogen 公司在纤维素乙醇生产技术方面是世界的领导者。纤维素乙醇可用作车用燃料，是完全的可再生能源，也是先进生物燃料。Iogen 公司也是酶制剂产品的制造商和经销商。这些酶制剂用于天然纤维的修饰或水解工艺，包括纸浆造纸/粮食加工、酿造、纺织和动物饲料行业。

Iogen 公司综合了热化学、化学及生物化学技术，可将生物质转化为纤维素乙醇，使其在经济上具有可行性。植物纤维中的木质素用来生产蒸汽和提供电力，可为工艺过程提供能源，消除了对煤和天然气等产生 CO₂ 的化石燃料的依赖。

预处理: Iogen 公司开发了一种高效的预处理方法来增加植物纤维的表面积和酶的可接近性。这是通过一种改进的蒸汽爆破工艺来实现，样可以改善乙醇产率，提高预处理效率，降低整体成本。



酶生产: Iogen 公司针对特定的预处理原料都备有新的、强力高效的亚硫酸盐酶系。Iogen 公司已经在全球范围内开展了酶制剂业务，用于纸浆造纸、纺织和动物饲料行业。

酶解: Iogen 公司开发的反应器系统，具有很高的产能和纤维素转化为葡萄糖的比率。反应器系统通过采用多级酶解工艺，将酶解和发酵分离开来。

乙醇发酵: Iogen 公司利用先进的微生物和发酵系统可将 C6 和 C5 糖类转化为乙醇。发酵产生的醪液经过常规技术进行蒸馏，生产燃料级纤维素乙醇。

过程集成: 在大型装置的工艺设计中，考虑了节能热集成、水循环和副产品的生产，使得整个工艺高效、经济。Iogen 公司已经在其示范规模纤维素乙醇装置上成功的验证了这些改进措施。

Iogen 公司渥太华示范装置项目

加拿大渥太华

Iogen 公司于 2004 年开始就在运营世界第一个使用农业废弃物制取纤维素乙醇燃料的示范装置。这一示范装置位于渥太华东部 Hunt Club 路 300 号，该装置的用途是在建设更大规模工厂前对 Iogen 纤维素乙醇工艺的可行性进行评价，包括验证设备的性能，以及发现和解

决生产中遇到问题。示范工厂已具备纤维素乙醇生产过程中的所有功能，包括：每天收集和预处理高达 30 吨的原料，将纤维素转化成 C6 和 C5 糖类，C6 和 C5 糖类的发酵以及蒸馏。装置目前可处理如小麦、燕麦和大麦秆、玉米秸秆、甘蔗渣以及其他农业废弃物等原料。

自 2004 年以来，Iogen 公司已经生产了超过 200 万升的纤维素乙醇，并在世界各地得到了大量的实际应用。在 2009 年，Iogen 公司成为第一个将先进生物燃料销往加油站的纤维素乙醇生产商。

表 57: Iogen 公司-加拿大渥太华示范工厂

项目归属	Iogen 公司
名称	Iogen 公司渥太华示范装置项目
位置	加拿大渥太华
技术	生物化学
原料	木质纤维素
输入原料	小麦、燕麦和大麦秆，玉米秸秆，甘蔗渣以及其他农业废弃物
产品	乙醇
产能	1600 吨/年；5000-6000 升/天
装置类型	示范
状态	运转
投产年份	2004
联系人	info@iogen.ca
网址	www.iogen.com



图 69: Iogen 公司-加拿大渥太华示范工厂

6.28 爱荷华州立大学

爱荷华州立大学 BioCentury 研究型农场项目是一个用于生物质生产和加工的集成化研究、示范基地。农场的活动包括品种的开发和试验，生物质收割、存储和运输，生物质加工和副产物处理。

生物加工装置提供三条不同的路线来加工经过研磨和预处理的生物质，它们分别是：生物化学路线、热化学路线和生物加工路线（混合技术）。产品可以是燃料和其他生物基产品。副产物归田回收将会进一步优化。

Biocentury 研究型农场项目

美国爱荷华州 Boone

表 58: 美国爱荷华州立大学-美国 Boone 中试工厂

项目归属	爱荷华州立大学
名称	Biocentury 研究型农场项目
位置	美国爱荷华州 Boone
技术	三条线：生物化学，热化学和生物加工
原料	木质纤维素；谷物，油菜籽，植物油，甘油
输入	5 吨/天
产品	乙醇；费托液
产能	200 吨/年；5 吨/天
装置类型	中试
投资额	1800 万美元
支持资金	250 万美元
状态	运转
投产年份	2009
联系人	Lawrence Johnson; ljohnson@iastate.edu
网址	www.biocenturyresearchfarm.iastate.edu



图 70: 美国爱荷华州立大学-美国 Boone 中试工厂

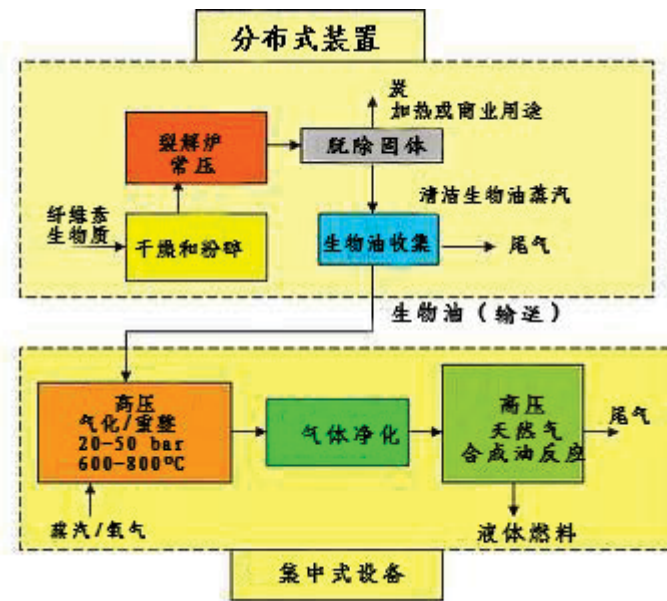


图 71: 美国爱荷华州立大学-美国 Boone 中试工厂流程图

6.29 卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT)

2009 年卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT) 由卡尔斯鲁厄研究中心和卡

尔斯鲁厄大学合并成立。KIT 肩负着了两个前身机构的使命：一个是德国巴登-符腾堡州的大学，具有教学和科研的任务；另一个是亥姆霍兹联合会的一个大型研究机构，代表联邦德国执行项目导向型前沿研究。KIT 沿着研究、教学和创新三个战略方向运转。

卡尔斯鲁厄 bioliq 工艺

在建的 bioliq®中试工厂包括了使用生物质废弃物生产定制燃料所需的工艺链。BtL 燃料主要由秸秆和木材合成而来可以清洁燃烧，有益于环境和气候，。此外，整合的工艺链也使合成气和化学品的生产成为现实。

bioliq®中试工厂意在通过能源密集化的手段来转化大量的当地剩余生物质。为了较少二氧化碳排放和运输到炼厂的路程，卡尔斯鲁厄的 BtL 概念将分散化生产（使用快速裂解和集中处理生产出能量富集的产品——bioliqSynCrude®）和最终工业规模精制结合起来。由于 bioliqSynCrude®的能量密度比秸秆高出一个数量级，通过分散的能量密集化方式提高了该方法的效率，而且这种密集华方式确保了生物质可以得到完全的开采，并在物质和能量领域得到应用。



图 72: 卡尔斯鲁厄理工学院 - 相关图片

bioliq 中试项目

德国卡尔斯鲁厄

表 59: 卡尔斯鲁厄理工学院-德国卡尔斯鲁厄中试工厂

项目归属	卡尔斯鲁厄理工学院 (KIT)
名称	Bioliq
位置	德国卡尔斯鲁厄
技术	热化学
原料	木质纤维素
处理能力	0.5 吨/小时
产品	二甲醚 (DME); 汽油型燃料
产能	608 吨/年; 100 升/小时
装置类型	中试
状态	试运行
投产年份	2013 年中
联系人	Nicolaus Dahmen nicolaus.dahmen@kit.edu
网址	http://www.bioliq.de

工厂的快速裂解车间已于 2013 年初开始运转。气化、气体净化、DME 和汽油合成车间已在 2012 年完成机械竣工。



图 73: 卡尔斯鲁厄理工学院-德国卡尔斯鲁厄中试工厂

6.30 新西兰朗泽技术公司 (LanzaTech)

废烟道气 CO 制创新生物燃料

朗泽技术公司于 2005 年在新西兰成立,提供全流程可持续燃料和化学品平台,利用当地可用的大量废弃物和低成本资源来高选择性和高产率地生产乙醇等燃料和 2,3-丁二醇 (2,3-BDO) 等化学品。

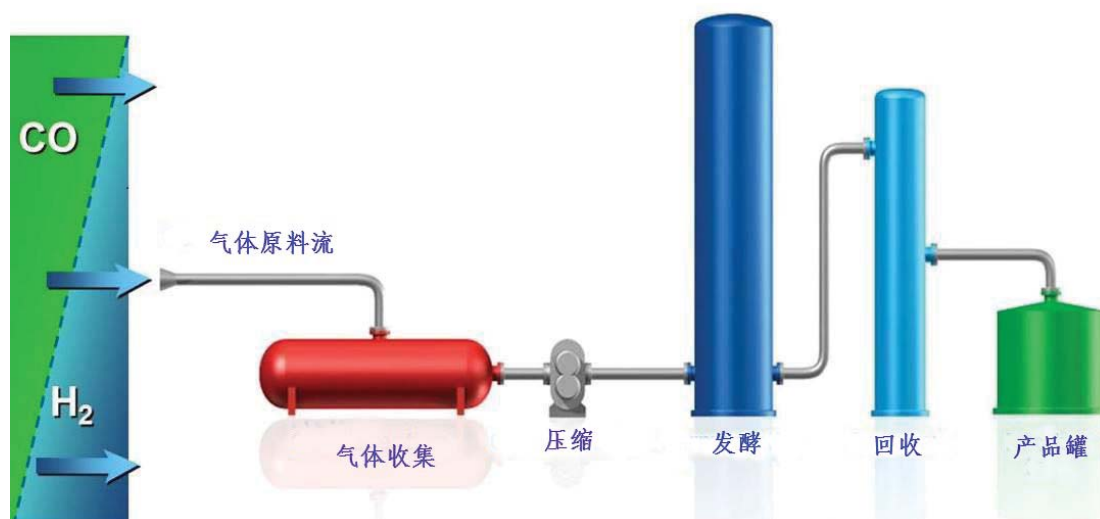


图 74: 朗泽技术公司-流程图

这一专利工艺使用强健的、能灵活适应原料的微生物将富含 CO 的气体转化为燃料和化学品。适用于该工艺的气体范围较广: 如来自于钢厂和炼油厂的工业烟道气(一般排往火炬或作为燃料来源), 任何生物质资源(如城市生物废弃物、有机工业废弃物和农业废弃物)产生的合成气, 煤制合成气, 以及重整天然气。朗泽技术公司的技术已在示范得到装置上运行, 正在进行商业化规模生产的放大。

郎泽技术公司的专有微生物、独特设计的生物反应器设计和新型气体导入方法可生产一系列发酵产品，并能够使产率最大化。

郎泽技术公司的发酵工艺可使用 CO 和 H₂ 比例可变的物流。CO 和 H₂ 均可用于郎泽技术公司的工艺。由于在其专有的微生物体内可以进行高效的生物水煤气转换反应，该公司的专有微生物也可在气流只含 CO 的情况下发挥作用。

微生物对几种杂质的耐受性使气体发酵可在低温和低压下进行，此外可利用 H₂/CO 灵活比例的原料气体，也无需进行额外的气体的净化和处理。与传统的化学合成路线相比，气体发酵过程使用的微生物可将几乎所有的碳高选择性地转化为燃料和化学品。结果具有更高的总体燃料和热效率。

生命周期分析证实了由于具有更高的碳制燃料转化效率，气体发酵途径使碳排放减少，使其与传统石油产品相比成为一个总体上的更“绿色”的工艺。至关重要的是郎泽技术公司工艺使用不与食品价值链相竞争的原料，能生产出满足能量需求规模的产品。

郎泽技术公司估计全球 65% 的钢厂使用的技术可以改进成包括郎泽工艺的技术。自 2008 年在位于新西兰 Glenbrook 的 NZ 钢厂的中试装置上得到验证以来，该工艺单在中国就有利用钢厂废气生产接近 110 亿加仑乙醇的潜力。在世界范围内，郎泽工艺具有显著影响全球燃料总量的潜力，利用郎泽工艺每年可以利用钢厂废气产生近 300 亿加仑的乙醇。作为另一种选择，这些乙醇可以用于制造 150 亿加仑的替代航空燃料（接近当前全球航空燃料需求的 19%）。

郎泽技术目前在中国上海与宝钢（全球第二大钢铁生产商）合作运营着一个示范装置。每年将产 10 万加仑乙醇。在上海，到 2014 年，

第一个完全商业化的生产装置每年将生产 3000 万加仑乙醇。中国生产的钢铁占世界总量 50%，90%都用于国内消费。在中国很多省都有使用乙醇燃料的授权，所以中国也是朗泽技术公司首选的理想市场。其他不同地理位置的示范工厂也在 2012 年列入了计划。这包括中国首钢第二个炼钢废气工厂；在印度与 Concord Enviro 公司合作的装置，利用城市固体废弃物制合成气；在美国利用林业残留物制合成气的工厂。

废气制燃料中试项目

新西兰 Parnell

表 60: 朗泽技术公司-新西兰 Glenbrook 中试工厂

项目归属	新西兰朗泽技术公司
名称	废气制燃料项目
位置	新西兰 Glenbrook
技术	生物化学
原料	任何含 CO 的气体
输入原料	工业烟道气
产品	乙醇
产能	90 吨/年
装置类型	中试
状态	运转
投产年份	2008
联系人	Sean Simpson
网址	www.lanzatech.com



图 75: 朗泽技术公司-新西兰 Glenbrook 中试工厂

废气制燃料示范项目

中国上海

表 61: 朗泽技术公司-中国上海示范工厂

项目归属	宝钢朗泽新能源有限公司
位置	中国上海
技术	生物化学
原料	任何含 CO 的气体
输入原料	工业烟道气
产品	乙醇
生产能力	300 吨/年
装置类型	示范
状态	运转
投产年份	2012
联系人	Jennifer Holmgren
网址	www.lanzatech.com



图 76: 朗泽技术公司-中国上海示范工厂

生物质合成气制燃料项目

佐治亚州, Soperton

表 62: 朗泽技术公司-位于美国 Georgia 的商业化工厂

项目归属	朗泽技术公司
名称	朗泽 Freedom Pines 生物炼制
位置	美国佐治亚州
技术	生物化学
原料	木质生物质
输入原料	生物质合成气
处理能力	125 吨 (干木材废弃物) /天
产品	乙醇
产能	15 000 吨/年
装置类型	商业化
状态	评估设计
投产年份	2013 (计划)
联系人	John Burgess
网址	www.lanzatech.com



图 77: 朗泽技术公司-美国佐治亚商业化工厂

废气制燃料项目

中国北京

表 63: 北京首钢朗泽新能源科技有限公司-中国北京示范工厂

项目归属	北京首钢朗泽新能源科技有限公司
位置	中国北京
技术	生物化学
原料	任何含有 CO 的气体
输入原料	工业废气
产品	乙醇
产能	300 吨/年
装置类型	示范
状态	在建
投产年份	2013
联系人	Jennifer Holmgren
网址	www.lanzatech.com

城市固体废弃物合成气生产电力和燃料项目

印度 Aurangabad

表 64: 朗泽技术公司 Concord Enviro Systems-
印度 Aurangabad 示范工厂

项目归属	Concord Enviro Systems PVT 有限公司
位置	印度 Aurangabad
技术	生物化学
原料	任何含有 CO 的气体
输入原料	城市固体废弃物
产品	乙醇, 电力
产能	300 吨/年
装置类型	示范装置
状态	设计中
投产年份	2013
联系人	Prabhakar Nair
网址	www.lanzatech.com

6.31 Licella 公司

Licella 公司开发了一种独特的加工工艺可以将生物质转化为稳定的生物原油,这种油品可以被炼制成多种“即用型”燃料。采用 Licella 公司的专有催化剂水热技术 (Cat-HTR), 可以将任何形式的木质纤维素生物质原料转化为生物原油。

Licella 公司的工艺可以在 30 分钟内经一步反应生产高能量密度 (34-36 兆焦/千克) 的生物原油,而且能与传统的化石原油混合,并通过现有的炼厂加工成相同的燃料,比如汽油、柴油、航空燃料和化工原料。

Licella 公司的中试工厂靠近悉尼,已经利用各种原料成功运行了 3 年,为商业示范装置奠定了基础,该示范装置于 2011 年 12 月 14 日

由资源、能源和旅游部部长正式启动。Licella 最近将反应器放大了 10 倍，产能是中试工厂的 100 倍。

Licella 的技术已经被波音、GE、洛克希德马丁公司和其他公司所验证，也使得维珍澳洲航空公司和新西兰航空公司签署谅解备忘录来推动新示范工厂产品的商业化。

Licella 公司与合适的原料供应商行成伙伴关系，并成立合资公司以确保充足的原料供应和建造工厂的资金。Licella 公司希望应用 Cat-HTR 技术的工厂坐落在原料供应地，从而减少运输成本，并能利用合作伙伴重要的基础设施。

Licella 公司打算到 2016 年将其生物原油在全球商业化。建设的第一个商业化工厂计划 2014 年晚些时候投产。

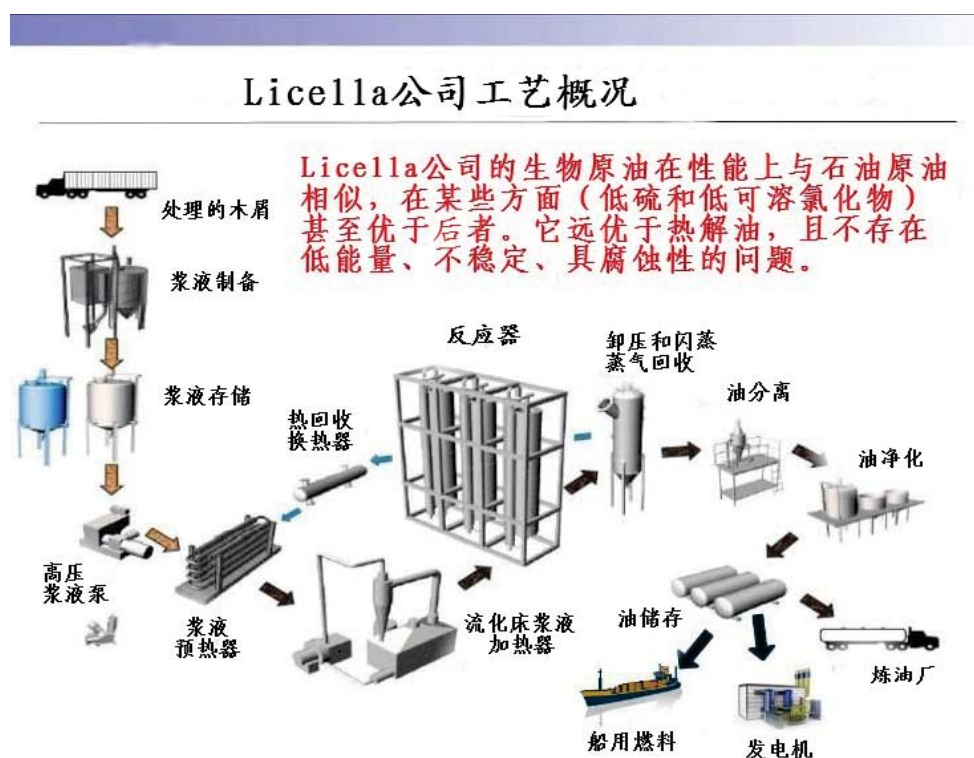


图 78: Licella -位于澳大利亚 Somersby 示范工厂流程图

商业化示范工厂项目

澳大利亚新南威尔士州 Somersby（悉尼以北 1 小时路程）

表 65: Licella-澳大利亚 Somersby 示范工厂

项目归属	Licella 公司
名称	生物质制生物原油
位置	澳大利亚新南威尔士州靠近悉尼的 Somersby
技术	催化剂水热技术精制
原料	新西兰辐射松，版纳草，藻类
处理能力	1000 烘干吨（oven dry ton）
产品	生物油
产能	2500 桶/年；350 吨/年
装置类型	示范
投资额	1 千万澳元
支持资金	政府和私人
状态	运转
投产年份	2008
联系人	Info@licella.com.au
网址	www.licella.com.au



图 79: Licella-澳大利亚 Somersby 商业化示范工厂

6.32 Lignol 公司

Lignol 创新公司，作为 Lignol 能源公司 (LEC-TSXV) 的全资子公司，是一家位于不列颠哥伦比亚的技术公司，通过开发生物炼制专利技术，用木质纤维素原料来生产可再生燃料、化学品和生物材料。Lignol 公司的溶剂预处理工艺可将各种生物质的有效成分分成纤维素、半纤维素和木质素。这项工艺可将纤维素转化成糖，然后用于发酵制乙醇或生产其他先进生物燃料；还能生产高附加值的生物化学副产品，包括一系列高纯度木质素产品 (HP-LTM 木质素)，它们在化学和材料工业中的高级应用正在开发。

Lignol 公司的技术起源于纸浆造纸工业，已经用来为相关的生物燃料、化学品、聚合物和材料行业生产糖类、可再生燃料和化学品。在生物炼制行业，Lignol 公司和其他公司不同的是其产品众多，尤其是独特的 HP-L 木质素专有产品。Lignol 公司已经和几个主要的公司建立了伙伴关系，来开发这种木质素的应用。Lignol 公司的工艺也可以灵活的生产与纺织行业和其他行业相关的高价值纤维素材料。Lignol 公司的专利可以充分保护其技术，共有 90 项处于申请阶段的专利和 9 项授权专利。

Lignol 公司的工艺在其位于加拿大不列颠哥伦比亚省 Burnaby 的综合性中试规模生物炼制装置上得到了充分的验证，目前已准备进行商业化应用。项目正处于制定商务安排和包销协议的阶段。

中试工厂项目

加拿大 Burnaby

Lignol 公司在加拿大不列颠哥伦比亚省温哥华附近运营着公司的生物精炼技术开发中心，在那里雇用了一批技术过硬的科学家、工程师和技师。该装置是世界上仅有的几套能够连续的、完全集成化的利用生物质生产燃料和化学品的装置之一。再加上先进的研发实验室，Lignol 公司中试规模的生物精炼装置进行了连续多天的运行，并使用了容积达 2500 升的发酵罐。操作数据用于开发和验证商业化装置工程设计，这些装置计划于加拿大和北美其他地区建设。

表 66: Lignol-加拿大 Burnaby 中试工厂

项目归属	Lignol 创新有限公司
名称	综合性中试规模生物炼制项目
位置	加拿大不列颠哥伦比亚省 Burnaby
技术	伴随生物转化的有机溶剂预处理
原料	木质纤维素
输入原料	硬木和软木残留物
处理能力	达 1 吨/天
产品	乙醇，木质素
装置类型	集成工艺中试装置
投资额	2000 万加元包括基础设施
支持资金	股东产权和政府资助
状态	每天 24 小时连续运行，从几天到几周
投产年份	2009
联系人	Michael Rushton, COO – mrushton@lignol.ca
网址	www.lignol.ca

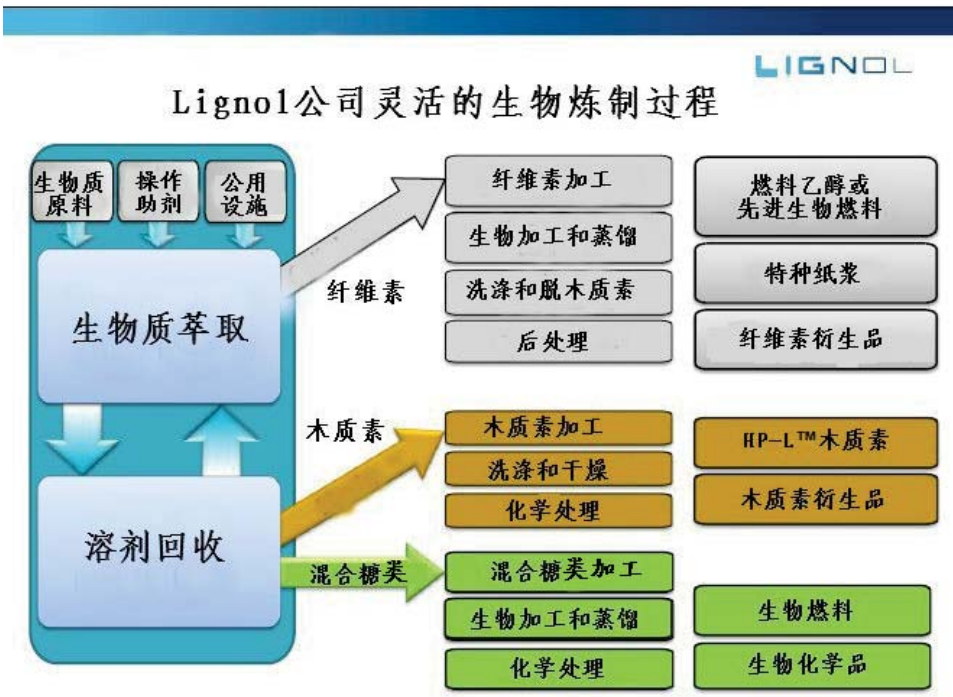


图 80: Lignol-流程图

6.33 Mascoma 公司

Mascoma 公司开发的独特的技术利用工程酵母和细菌生产纤维素降解所需的大量的酶，并将酶解得到的糖发酵为乙醇。Mascoma 公司将这两步（酶解和发酵）结合起来，无需单独的工厂产酶，这就显著降低了成本。该工艺被称为统合生物加工或“CBP”，最终能使植物所含太阳能在几天内转化为乙醇。

Mascoma 公司也和 J. M. Longyear 公司合作经营一个合资公司——先端可再生燃料公司（Frontier Renewable Resources），并筹划了一个商业装置（见 6.21 先端可再生燃料公司）。

示范工厂项目

美国纽约州 Rome

表 67: Mascoma-美国 Rome 的示范工厂

项目归属	Mascoma 公司
名称	示范工厂
位置	美国纽约州 Rome
技术	生物化学
原料	木质纤维素; 木屑, 柳枝稷和其他原料
处理能力	5 吨/天
产品	乙醇, 木质素
产能	500 吨/年; 12.5 万加仑/年
装置类型	示范
合作伙伴	Marathon 石油公司; 雪佛龙科技风险投资公司; 通用汽车公司; 纽约州
状态	运转
投产年份	2003
联系人	Nathan Margolis; Mascoma 公司; Etna 路 67 号; 新罕布尔市州 Lebanon 03766
网址	www.mascoma.com

6.34 Neste 石油公司

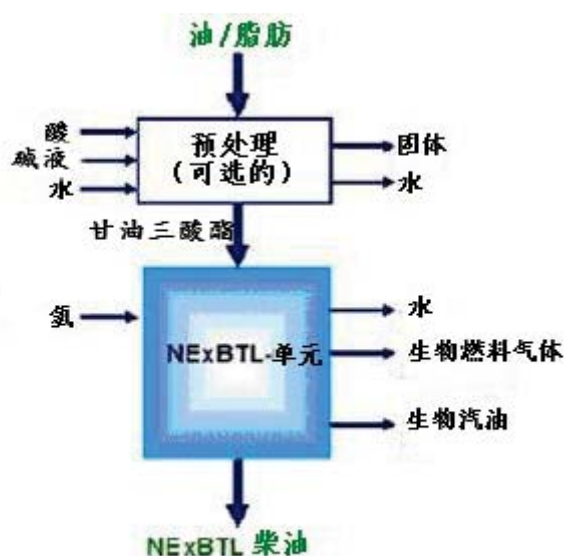


图 81: Neste 石油公司-流程图

加氢植物油（HVO）的冷滤点在-25°C，低于脂肪酸甲酯生物柴油。在美国 HVO 被称作可再生柴油。在这份报告里该产品被称为柴油型烃。

Porvoo 商业化项目 1

芬兰 Porvoo

表 68: Neste 石油公司-芬兰 Porvoo 商业化工厂 1

项目归属	Neste 石油公司
名称	Porvoo 商业化项目 1
位置	芬兰 Porvoo
技术	化学
原料	油，脂肪
输入原料	加氢处理的棕榈油，菜籽油和动物脂肪
产品	柴油型烃类
产能	19 万吨/年
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2007
联系人	renewablefuels@nesteoil.com ; raimo.linnaila@nesteoil.com
网址	www.nesteoil.com



图 82: Neste 石油公司-芬兰 Porvoo 商业化工厂 1

Porvoo 商业化项目 2

芬兰 Porvoo

表 69: Neste 石油公司-芬兰 Porvoo 商业化工厂 2

项目归属	Neste 石油公司
名称	Porvoo 商业化项目 2
位置	芬兰 Porvoo
技术	化学
原料	油, 脂肪
输入原料	加氢处理的油和脂肪
产品	柴油型烃类
产能	19 万吨/年
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2009
联系人	renewablefuels@nesteoil.com; raimo.linnaila@nesteoil.com
网址	www.nesteoil.com

鹿特丹商业化项目

荷兰鹿特丹

表 70: Neste 石油公司-荷兰鹿特丹商业化工厂

项目归属	Neste 石油公司
名称	鹿特丹商业化项目
位置	荷兰鹿特丹
技术	化学
原料	油、脂肪
输入原料	加氢处理的油和脂肪
产品	柴油型烃类
产能	80 万吨/年
装置类型	商业化
状态	运转
投产年份	2011
联系人	renewablefuels@nesteoil.com ; raimo.linnaila@nesteoil.com
网址	www.nesteoil.com



图 83: Neste 石油公司-荷兰鹿特丹商业化工厂

新加坡商业化项目

新加坡

表 71: Neste 石油公司-新加坡商业化工厂

项目归属	Neste 石油公司
名称	新加坡商业化项目
位置	新加坡
技术	化学
原料	油, 脂肪
输入原料	加氢处理的油和脂肪
产品	柴油型烃类
产能	80 万吨/年
装置类型	商业化
投资额	5.5 亿欧元
状态	运转
投产年份	2010
联系人	renewablefuels@nesteoil.com ; raimo.linnaila@nesteoil.com
网址	www.nesteoil.com



图 84: Neste 石油公司-新加坡商业化工厂

6.35 日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)

王子控股集团(OJI)是成立于1873年的日本造纸厂商,按收入排名是世界第六大纸品加工公司。王子集团已经在全球范围内不断地实施造林项目,并通过开发利用纸张、森林和树木的新的可能性,来积极促进业务组合上的结构性变化。

日铁住金工程有限公司(NSENGI)是日铁住友金属公司的一家核心子公司。随着厨余废弃物制乙醇项目研发,NSENGI在2005年进入生物乙醇领域。2008年,NSENGI参与了利用橘子汁生产中产生的果渣来制取乙醇的技术开发项目。日本在一个橘子汁工厂建立了一套商业化装置。

日本产业技术综合研究所(AIST)成立于2001年,作为一个的独立的行政机构,它在很大程度上由日本政府资助。AIST和它的前身自1882年以来就一直在为产业科学和技术进步作出贡献。2003年AIST建立了生物燃料的研究机构,目前的“生物质炼制研究中心”涉及生物质利用的多个领域,包括燃料、化学品和材料等。

自2009年以来,日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)资助的日本纤维素乙醇国家开发项目已经委托给王子集团、NSENGI和AIST。他们开发了将纤维素转化为乙醇的机械化学制浆工艺。项目的目标是开发从生物质种植到乙醇生产的一条龙式的生物乙醇生产系统。该项目的纤维素生物质来自桉树的木材。项目开发内容包括原材料生产的基础研究,用制浆技术进行预处理,用耐热耐酸酵母进行同步糖化发酵,以及带有自身热量回收的节能技术。

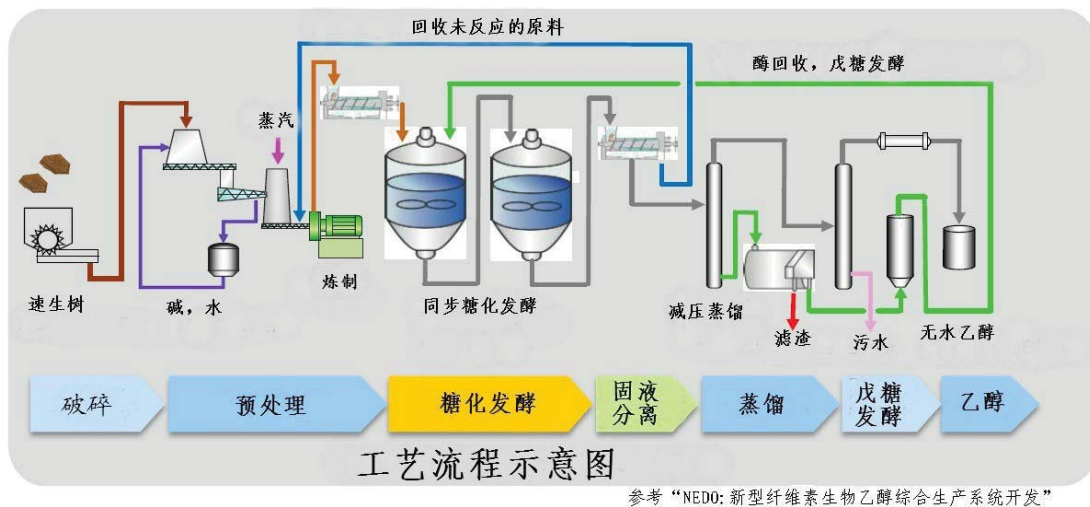


图 85: 日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO) -流程图

中试工厂项目

日本广岛市 Kure

表 72: 日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)-日本广岛中试工厂

项目归属	日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)
项目名称	新型纤维素生物乙醇综合生产系统开发项目
位置	日本广岛
技术	生物化学
原材料	木质纤维素, 木屑
处理能力	1 吨/每天
产品	乙醇
生产能力	65 吨/年; 50 升/天
装置类型	中试
合作伙伴	王子控股集团 日铁住金工程有限公司 日本产业技术综合研究所 (AIST)

状态	运转
投产年份	2011
联系人	王子控股集团: Jun SUGIURA sugiura212jun@oji-gr.com 日铁住金工程有限公司: Yoichi ISHIBASHI ishibashi.yohichi@eng.nssmc.com AIST: Shinichi YANO s-yano@aist.go.jp
网址	王子控股集团: http://www.ojiholdings.co.jp/ 日铁住金工程有限公司: http://www.eng.nssmc.com AIST: http://www.aist.go.jp/



图 86: 日本新能源产业技术综合开发机构(NEDO)-日本广岛中试工厂

6.36 美国国家可再生能源实验室 (NREL)

国家可再生能源实验室 (NREL) 是美国唯一一家专门致力于推动可再生能源和能源效率技术从概念到商业化应用的国家实验室。35 年来, NREL 的创新、分析和专业知识催生了美国的清洁能源行业, 并且有很多来自该实验室的成功案例。NREL 位于科罗拉多州 Golden

的 327 英亩主园区就是一个鲜活的可持续能源模型。NREL 在主园区以北 13 英里的地方还运营着国家风能技术中心，占地 307 英亩。

针对国家能源和环境发展目标，NREL 开发可再生能源和能效方面的技术与实践，推进相关科学和工程技术进步，并将知识和创新进行转化。

NREL 的研发成就已经帮助形成了清洁能源替代产品，可为家庭、商业以及国家基本输送设施供电。从基础科学研究和与市场相关的研究到工艺开发、系统集成、试验和验证，该实验室的研究和分析工作覆盖了全领域的创新。

集成化生物炼制研究装置（IBRF）项目

美国科罗拉多州 Golden

集成化生物炼制研究装置包括以下设备和处理能力：

预处理：

实验室和中试规模的生物质化学浸渍和脱水系统（螺旋挤压）

- 1 升的高固含量间歇搅拌反应器
- 4 升的蒸汽注入式间歇反应器
- 130 升的有蒸汽夹套及蒸汽注入的桨式混合间歇反应器，<160°C
- 连续卧式螺旋反应器，100-200 千克（干基）/天的处理量（140-210°C，反应时间 5-30 分钟）
- 连续卧式螺旋反应器，0.5-1.0 吨（干基）/天的生物质处理量（140-210°C，反应时间 3-120 分钟）
- 连续立式反应器，0.7-1.0 吨（干基）/天的生物质处理量（140-200°C，

反应时间 1-60 分钟)

- 连续立式反应器,0.5-1.0 吨(干基)/天的生物质处理量(140-210°C, 反应时间 10-40 分钟), 带有串联二级反应器, 用于可选择的低温处理
- 所有反应器系统都可选择多种预处理催化剂

酶解:

- 实验室规模的高固含量滚筒反应器(最高 10 升)
- 1.9 立方米用于高固含量浆液的带热水夹套桨式反应器
- 4 个 4 立方米用于半连续处理总固含量高于 20%(质量比)物料 的热水夹套桨式反应器

发酵:

多种 15 ~ 100 升独立的原位灭菌发酵系统

- 中试工厂的发酵生产线包括两个 160 升的育种罐, 两个 1.5 立方米育种罐和 4 个 9 立方米的发酵罐
- 所有罐都可以进行间歇、半连续或连续三种操作模式
- 连续的高温短停留灭菌器
- 小型发酵实验室具有许多传统的台式发酵罐, 容积从 500 毫升到 5 升, 以及一个高固含量生物反应器

产品分离和回收:

- 固液分离系统, 无孔和带孔转鼓离心机
- 半连续带式压滤机

- 强制循环蒸发器
- 19 层筛板蒸馏塔
- 具有与工艺配套的处理能力
- 基于湿化学（译者注：wet chemistry，泛指有液相反应物参与的化学反应）和光谱学的成分分析

工艺工程和经济分析：

- 分子生物学
- 显微镜分析
- 流变学和粒度表征
- 高通量预处理和酶解处理及分析

在使用集成化生物炼制研究装置（IBRF）时，行业合作伙伴可以接触到工作在NREL的世界知名专家、工艺设备和系统，这样可以依托NREL最先进的分子生物学、生物化学和生物质组分分析实验室开发和评估商业化项目。IBRF装置生产的先进生物燃料可以在NREL的燃料测试实验室进行试验和分析。IBRF装置得到的数据可以使用技术经济和生命周期分析模型来估算商业化规模生产的可行性和可持续性。

表 73：美国国家可再生能源实验室（NREL）

-美国 Golden 集成化生物炼制研究装置

项目归属	NREL（美国国家可再生能源实验室）
项目名称	集成化生物炼制研究装置（IBRF）
位置	美国科罗拉多州 Golden
技术	生物化学

原材料	木质纤维素
处理能力	450-900 千克 (0.5-1 吨) (干基生物质) /天
产品	乙醇
生产能力	达 100 吨/年 (10 万升/年)
装置类型	中试
投资额度	5000 万美元 (累计)
项目资金	政府和工业界
状态	运转
投产年份	1994 (2011 年完成扩建)
联系人	John Ashworth, john.ashworth@nrel.gov Rich Bolin, richard.bolin@nrel.gov
网址	www.nrel.gov/biomass



图 87: 美国国家可再生能源实验室 (NREL)
-美国 Golden 集成化生物炼制研究装置

热化学转化用户体验装置 (TCUF) 项目

美国科罗拉多州 Golden

热化学转化用户体验装置包括以下实验室和处理能力：

- **热化学转化过程开发单元。**TCUF 的核心是处理量 0.5 吨/天的热化学工艺开发单元 (TCPDU)，可以在裂解和气化模式下操作。TCPDU 的主要单元操作包括直径 8 英寸的流化床反应器；直径 1.5 英寸、高 100 英尺的管式气流床反应器；微粒旋风分离器；流化床催化重整器和湿式洗涤器系统。还有各种微粒脱除，二级催化转化和冷凝设备。
- **催化燃料合成反应器。**TCUF 包含一个可处理全流量的催化燃料合成系统，能将 TCPDU 来的全部合成气转化成液体燃料。为了燃料合成的对比研究，三个独立的反应器可用 TCPDU 的合成气来试验多种合成催化剂或反应条件。
- **燃料合成催化剂测试装置。**NREL 的燃料合成催化实验室可在很宽范围内进行高压非均相催化试验。目前的研究的重点是利用生物质衍生的合成气合成混合醇类和烃类。通过系统微调，也可以研究许多其他的催化剂系统。这一最先进的实验室拥有三个小型反应器和一个定制气体分析系统。反应器利用合成气对气-液催化剂进行恒温测试。所有的反应器都整合进 TCPDU，研究者可以用真实的生物质衍生的合成气来评估催化剂性能。一个全流量的可以将来自 TCPDU 的合成气完全转化为液体燃料的催化燃料合成系统正在建设中。
- **小型生物质转化系统。**这一直径 2 英寸的流化床反应器系统可用

于生物质和生物油的气化、裂解、裂解液或蒸汽的催化重整或粗合成气的处理等方面的小规模研究。

- **生物质催化剂表征实验室。**室内仪器用于全面表征催化剂和材料，并测试它们的性能。材料表征能力覆盖了一系列物理和化学技术。物理表征能力包括：快速热分析，表面积、粒度和孔径分布，以及吸附和化学吸附作用。化学表征能力包括：元素组成，表面分析，极限和近似分析，表面化学，晶体结构，以及燃料分析。催化剂筛选能力包括：催化剂性能、寿命和再生能力的全自动实时筛选，用在线分析仪器进行燃料合成催化剂的间歇或流通模式筛选，以及催化反应的动力学研究。
- **磁共振装置。**NREL 的科学家用三套核磁共振 (NMR) 仪以及一套电子顺磁共振 (EPR) 仪来分析固体和液体样品。
- **分子束质谱分析。**NREL 拥有 6 套分子束质谱分析仪 (MBMS)：2 套固定系统；2 套可移动系统（定制用于工业环境）；以及 2 套额外的带有自动进样器的额外的高通量固定系统。MBMS 的应用包括：借助分析裂解技术，对植物细胞壁进行化学表征，提供对植物细胞壁成分和木质素结构的快速评估，以对传统的耗时昂贵的湿法化学分析方法进行补充；通过对高温、高压、含水、含微粒的气体和蒸汽进行直接稳定的、能够保存可冷凝的/活性反应组分的取样，能够实时连续的监测几乎所有的化合物，这样就可以利用可移动的 MBMS 现场监测热化学过程；利用真实的裂解和气化工艺物流进行催化剂表征，用于快速筛选非均相催化剂和评估产品收率；得到动态数据来支持热化学反应和动力学方面的基础和应用研究，这包括催化剂失活模型，热降解途径识别，裂

解和气化机理和动力学研究,以及用于工程放大的反应参数筛选。

TCUF装置和相关实验室在大范围的化学组成中在线分析产品的能力是独一无二的。许多专用的分析仪器都可以和工艺相连接,实现特定的取样或分析方法。整个TCUF使用的分析仪器包括:

- 分子束质谱分析仪
- 快速循环气相色谱仪
- 非色散红外传感器
- 热导检测器
- 顺磁性氧气传感器
- 尾气分析仪

TCUF的分析能力也可用于客户现场的在线取样。

外部的研究者和开发商如果对于合作研究和开发协议、为其他机构服务协议、授权许可和其他合作性商业协定感兴趣,都可以使用TCUF的能力、装置、技术和专业知识。

表 74: 美国国家可再生能源实验室 (NREL)

-美国 Golden 热化学转化装置*

项目归属	NREL (美国国家可再生能源实验室)
项目名称	热化学转化装置 (TCUF)
位置	美国科罗拉多州 Golden
技术	热化学 (气化和裂解)
原材料	木质纤维素
处理能力	450 千克 (0.5 吨) (干基生物质) /天
产品	运输燃料和化学品
生产能力	达 50 吨/年 (5 万升/年)

装置类型	中试
投资额度	3000 万美元（累计）
项目资金	政府和工业界
状态	运转
投产年份	1985（扩建进行中）
联系人	Rich Bolin, richard.bolin@nrel.gov
网址	www.nrel.gov/biomass

*译者注：Users Facility，公司用户可以利用该装置开展实验研究。



图 88: 美国国家可再生能源实验室 (NREL)
-美国 Golden 热化学转化装置

6.37 巴西国家石油公司（Petrobras）

一家综合性的能源公司

在能源供应的挑战下巴西国家石油公司致力于能源供应促进国家发展，并通过能力、道德、真诚和尊重多元化面向社会的未来。

巴西国家石油公司是一家上市公司，大股东是巴西政府，作为一家能源公司有以下部门：勘探开发/炼油/石油及天然气贸易和运输/石油化工产品及其衍生品/电能/生物燃料和其他可再生能源的分销。

作为巴西石油工业的领导者，巴西国家石油公司已经开始扩张经营范围以期到 2020 年成为全球排名前五的综合性能能源公司。巴西国家石油公司业务已扩展到全球 27 个国家。2011-2015 年商业计划的预期投资大约为 2247 亿美元。

可再生原料制生物燃料

巴西国家石油公司投资生物燃料，重申与社会和环境责任同步发展的承诺。公司的目标是开发和改进技术以确保其生物燃料生产的全球领先地位。

2008 年，巴西国家石油公司合并了其全资子公司巴西国家石油 **Biocombustivel** 公司，该公司生产乙醇和生物柴油。目前公司遍布巴西全境，旨在用安全和可盈利的方式，在巴西国内外生产生物燃料，并保持社会 and 环境的可持续性。这样会有助于减少温室气体排放，并能够推动那些已经运营该公司项目的国家的发展。

在乙醇部门，**Biocombustivel** 公司已经与生产生物燃料的合作伙伴确定了合作关系。生产乙醇后的甘蔗渣被重复利用来发电。所产部分电能自用，其余的出售。**Biocombustivel** 公司也在建造其第一家用

甘蔗渣生产乙醇的工厂。

Biocombustivel 公司生物柴油的业务包括生产和销售两个环节。公司也经营从生产生物柴油所得的副产品，比如脂肪酸、口香糖、蓖麻油、豆粕、蓖麻籽饼、葵花籽粕和葵花油。

乙醇

巴西因为在其能源领域中引入乙醇（由甘蔗生产生物燃料）这一创举而闻名世界。

自 20 世纪 70 年代后期巴西“**Proálcool**”计划开展以来，乙醇获得了强劲的发展，最终成为该国的一种重要能量来源。

Biocombustivel 公司在技术创新上投资，不仅增加了生产能力，也增加了生物燃料产业链的可持续性，从甘蔗渣生产第二代乙醇就是一个例子。

生物柴油

自 2010 年以来，巴西销售的所有柴油都混有 5% 的生物柴油，它是一种从巴西种植的油料作物中生产的燃料。这些油料作物包括大豆、棉花、棕榈树、蓖麻籽、向日葵或菜籽油，也包括动物油脂和废弃的煎炸油。

Biocombustivel 公司拥有三家生物柴油工厂，分别位于巴伊亚州的 **Candeias**，塞阿拉州的 **Quixadá** 和米纳斯吉拉斯州的 **Montes Claros**。另外还有两个合作伙伴，一个在巴拉那州的 **Marialva**，另一个在南里奥格兰德州的 **Passo Fundo**。

所有工厂都拥有“巴西社会燃料标志”（**Social Fuel Seal**），该标志由巴西农业发展部授予生物柴油生产商，以推动社会的认可和

地区的发展。

技术开发

巴西国家石油公司在 2004 年开始与巴西的大学合作研究甘蔗渣的利用。2006 年，用酶法将甘蔗渣转化生产乙醇的工艺获得了专利。2007 年，中试工厂在里约热内卢的巴西国家石油研究中心 (CENPES) 建成。转化过程的第一步是在温和条件下用酸进行预处理。这一步用来生成木糖，它可以用树干毕赤酵母发酵制乙醇。处理过的甘蔗渣通过部分碱洗以除去木质素，然后进行酶解得到葡萄糖。发酵过程利用酿酒酵母进行了同步糖化发酵 (SSF)。另一种可选择的途径是采用去木质素化步骤来提高过程的收率。

在 2010 年巴西国家石油公司开始与 Blue Sugars 公司 (原 KL 能源公司) 合作，通过调整现有示范工厂的方式来加快利用甘蔗渣生产第二代乙醇过程的技术开发。第一步用酸催化的热处理，然后进行酶解。糖发酵过程中，采用基因工程改造的微生物将葡萄糖和木糖转化为乙醇。

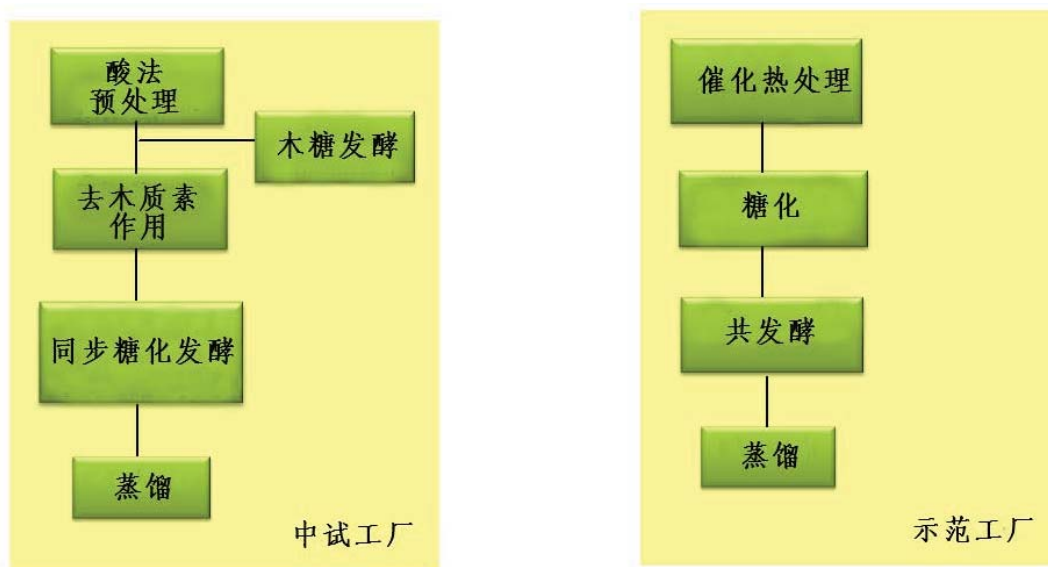


图 89: 巴西国家石油公司 (Petrobras) -流程图

生物乙醇中试工厂项目 巴西里约热内卢

表 75: Licella-巴西里约热内卢示范工厂

项目归属	巴西国家石油公司
项目名称	中试工厂
位置	巴西里约热内卢
技术	生物化学
原材料	甘蔗渣
处理能力	10 千克/天
产品	乙醇
生产能力	收率为 270 升乙醇/吨（干渣）
装置类型	中试
状态	运转
投产年份	2007
联系人	lidia@petrobras.com.br palombo@petrobras.com.br



图 90: 巴西国家石油公司（Petrobras）-巴西里约热内卢中试装置

生物乙醇示范工厂项目 美国怀俄明州 Upton

表 76: 巴西国家石油公司 (Petrobras) -美国 Upton 示范工厂

项目归属	巴西国家石油公司和 Blue Sugars 公司
项目名称	第二代乙醇示范工厂
位置	美国怀俄明州 Upton
技术	生物化学
原材料	干甘蔗渣
处理能力	60 吨渣/周
产品	乙醇
生产能力	700 吨乙醇/年
装置类型	示范
项目资金	巴西国家石油公司
状态	运行
投产年份	2011
联系人	palombo@petrobras.com.br

注：在 4.10 有关 Blue Sugar 公司的部分，列表中有相同的示范工厂，但处理能力和生产能力的数字不同。本页表中列出的是巴西国家石油公司在 Upton 的专门试验项目的数字，而 Blue Sugars 公司的列表突出了相同工厂的名义产能。



图 91: 巴西国家石油公司 (Petrobras) -美国 Upton 示范工厂

6.38 POET-DSM 先进生物燃料公司

POET-DSM 先进生物燃料公司是 POET 公司和帝斯曼公司的合资企业，旨在使纤维素生物乙醇具备与谷物乙醇的竞争力，谷物乙醇是目前市场上最具竞争力的可再生液体运输燃料。

计划像 POET 公司并购 26 个现有的玉米乙醇工厂一样，POET-DSM 公司希望在全球范围内将玉米作物残留物制纤维素乙醇的集成技术方案授权给第三方。

该工艺利用联合收割机收获的玉米秸。大约 25% 的秸秆原料用来制乙醇，剩余 75% 左右的秸秆留在土地表面，防止水土流失，替代肥料养分，以及用于其他重要的农场管理实践活动。

这一切都始于位于爱荷华州 Emmetsburg 的 LIBERTY 项目，这是一个资金全面到位的在建项目。LIBERTY 项目将是 POET-DSM 公司的第一个商业化规模的纤维素乙醇工厂。预计于 2013 年内在爱荷华州投产，该工厂设计使用酶解工艺生产 2000 万加仑/年的乙醇，还计划增产至约 2500 万加仑/年。

该工厂将与毗邻的 POET Emmetsburg 生物炼厂共享基础设施。将共用道路，土地及其他设施，而且纤维素乙醇工艺的副产品沼气将满足所毗邻谷物乙醇厂的很大一部分能源需求。

美国环保署计划到 2022 年，将利用玉米作物残留物生产 78 亿加仑纤维素乙醇。美国能源部和农业部估计美国有超过 10 亿吨的生物质，足以生产替代全国三分之一汽油用量的纤维素乙醇。

POET 和 DSM 已准备就绪，利用其联合的技术能力引领该领域的商业化发展，应对供应链问题；从玉米作物残留物的收集，到利用

世界级的工艺技术高效处理生物转化过程，再到将纤维素生物乙醇推向燃料市场的能力。

POET-DSM 公司计划扩大纤维素乙醇在 POET 系统内的生产，并将技术授权给其他美国和世界各地的乙醇生产商。

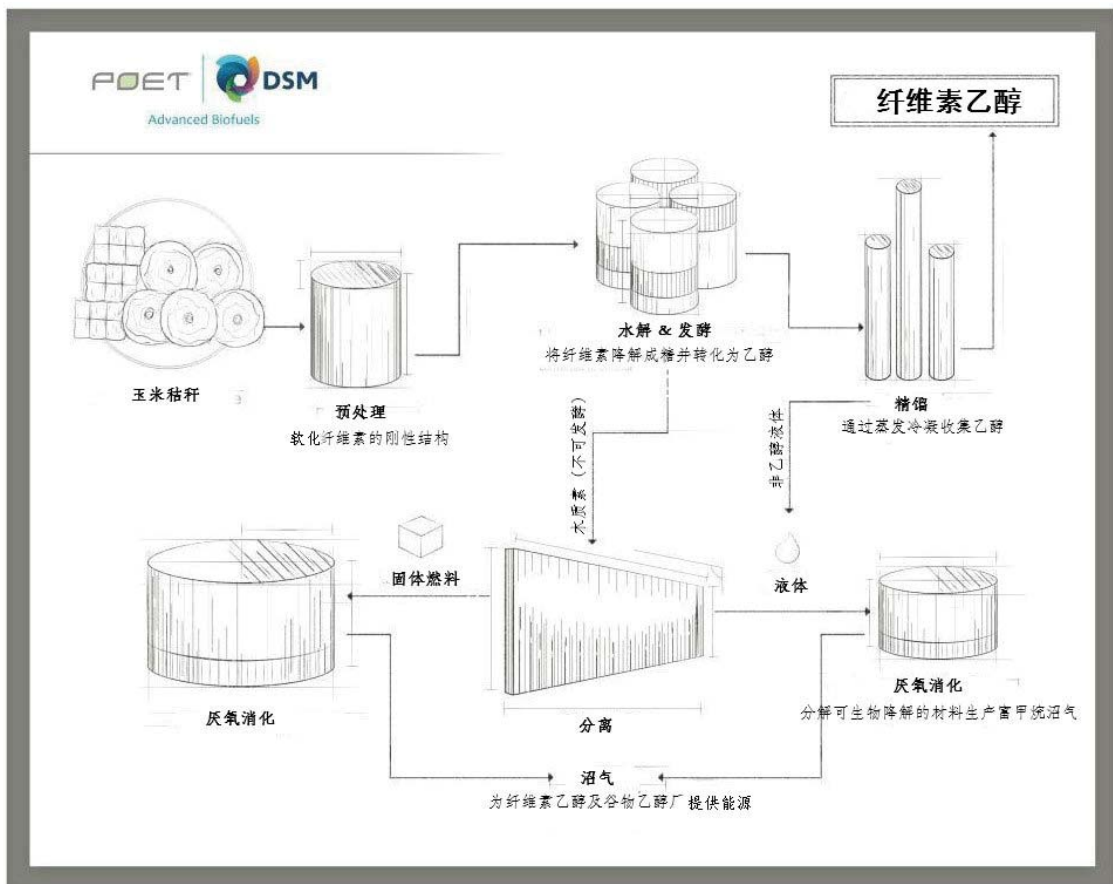


图 92: POET 公司 - 流程图

LIBERTY 项目

位于美国 Emmetsburg

LIBERTY 项目的建设定于 2013 年第四季度启动。据最新的原料采购进展，生物质原料堆集场预定今年秋天从该区域的农场接受 8.5

万吨原料。项目投入使用后，生物炼厂每年将使用约 28.5 万吨生物质。

表 77: POET-DSM 先进生物燃料公司
-美国 Emmetsburg 商业化工厂

项目归属	POET-DSM 先进生物燃料公司
项目名称	LIBERTY 项目
位置	美国 Emmetsburg
技术	生物化学
原材料	木质纤维素
项目原料	农业废弃物
产品	乙醇; 沼气
生产能力	75000 吨/年; 2000 万加仑/年
装置类型	商业化
投资额度	2.5 亿美元
状态	在建
投产年份	2013
联系人	Matt Merritt; matt.merritt@poet.com
网址	www.projectliberty.com



图 93: POET-DSM 先进生物燃料公司-美国 Emmetsburg 商业化工厂

POET 研究中心

美国 Scotland

如今，LIBERTY 项目的开工建设在很大程度上要归功于 POET 在其纤维素乙醇中试工厂（位于南达科塔州 Scotland）上的工艺突破。该工厂在 2008 年投产，POET 为完善工艺，使其更加高效，成本在燃料市场更具竞争力，该装置经历了多次改进。

表 78: POET -美国 Scotland 中试工厂

项目归属	POET
项目名称	Scotland
位置	美国 Scotland
技术	生物化学
原材料	木质纤维素
项目原料	农业废弃物
产品	乙醇
生产能力	60 吨/年; 2 万加仑/年
装置类型	中试
投资额度	900 万美元
状态	运转
启动年份	2008
联系人	Matt Merritt; matt.merritt@poet.com
网址	www.poet.com



图 94: POET 公司 -美国 Scotland 中试工厂

原料的可持续性

最近爱荷华州 Emmetsburg 的土壤数据持续表明，收获的作物残留物是维持农场土壤的可靠性的良好组成部分。

在过去的四年里，LIBERTY 项目已委托爱荷华州立大学和美国农业部的研究人员对土壤的可持续性开展工作。他们已经研究了 6 个不同的收获方法，尽力向当地农民提供数据，以帮助他们做出收获生物物质的决定。

最新的数据与往年一致。

美国爱荷华州立大学的 Stuart Birrell 博士说：“基本上，根据 POET-DSM 建议的移除程度，产量没有减少，移除率在可持续性范围之内。”Birrell 和美国农业部农业研究服务中心（USDA-ARS）的 Douglas Karlen 博士领导了该项研究。

POET-DSM 与参与的农民签订了每英亩约 1 吨生物物质的收获协议，这低于地上可用生物量的 25%。他们今年将签订 8.5 万吨原料的协议。LIBERTY 项目投入运行后，每年将需要约 28.5 万吨原料。

POET 公司的项目开发高级副总裁 Larry Ward 说：“从一开始我们就说过，我们将密切关注这些数据，以确定我们与农民的合同。我们很清楚在研究结果范围内的生物质收获量才是负责任的。”

DSM 生物能源副总裁 Steve Hartig 说：“作为该项目的新参与者，我们很高兴从事 POET、爱荷华州立大学和美国农业部之前进行的工作。这项工作与我们的理念完全吻合，即我们需要以负责任的态度进入到农业发展的新时代。可持续的土壤肥力将是生物经济成功的源泉”。

Birrell 表示，养分补充是很少的，没有证据表明需要补充氮源。在研究成果的基础上，POET-DSM 建议农民可根据土壤测试结果加

入 10-15 磅钾肥（译者注：似为 10-15 磅/英亩）。

Birrell 说，对土壤有机碳的测量证明，生物质收获对土壤中碳的影响达到最低的程度，作物产量和耕作强度比生物质移除的影响更大。

6.39 Procethol 2G 公司

项目

这个项目的独特之处在于以开发一种能够集成化加工各种原材料的可持续工艺为目标。该工艺不仅能适应不同的地理条件（土壤、气候），还能适应不同季节。标榜为“工业农业资源”（“INDUSTRIE Agro RESSOURCES”IAR）竞争力产业集群的 FUTUROL 项目，将需要共计 7640 万欧元的投资。项目已获得 OSEO（法国一个促进产业创新的机构）2990 万欧元的资助。

在 FUTUROL 项目将持续 8 年，包括中试阶段和之后的原型试验阶段。中试工厂已在 Pomacle Bazancourt（法国马恩）的工农业区建成，并于 2011 年起全面运转。



图 95: Procethol 2G 公司 - Pomacle-Bazancourt（法国 Marne）欧洲生物炼制基地 ©CANON PROCETHOL 2G

该项目的目标是给市场带来一可利用的工艺、技术和产品（酶和酵母）：

- 所生产的生物乙醇应具有价格竞争力，这得益于多种原料的使用（农副产品，森林生物质，专用能源作物等）；
- 开发最合适的纤维素提取技术，选择所需的酶和酵母，并针对不同的原料组成开发最适合的水解和发酵工艺；
- 在整个生产过程中尽可能取得最佳的能源和温室气体平衡；
- 在整个从田间到车轮的过程中，确保所生产的生物燃料符合长期可持续发展的要求。

发展木质纤维素（农林废弃物，城市绿色垃圾，专用能源作物等）生产第二代生物燃料是一个重大的全球性挑战。若利用植物的所有成分成为可能，这将有助于维持与粮食作物的平衡。合作伙伴们（其中一些公司已生产生物燃料多年）通过参与这个雄心勃勃宏大的项目，正在解决 21 世纪的重大挑战，力争在 2015 年到 2020 年间实现工业化应用。工作的基础首先是目前一代生物乙醇的生产经验，而当新一代生物燃料出现时这些经验将会得到补充。

PROCETHOL 2G 财团的成员：农工业研发公司(ARD)，甜菜总联合会(CGB)，VIVESCIA，法国东北农业信贷银行，IFP 新能源公司，法国国家农艺研究所(INRA)，乐斯福，法国国家林业局(ONF)，Tereos 公司，道达尔公司(Total)和法国粮食联合财政机构(Unigrains)。

Futurol 项目

法国 POMACLE

中试工厂的目的是在一个地方集成所有研发合作方提供的创新模块单元。

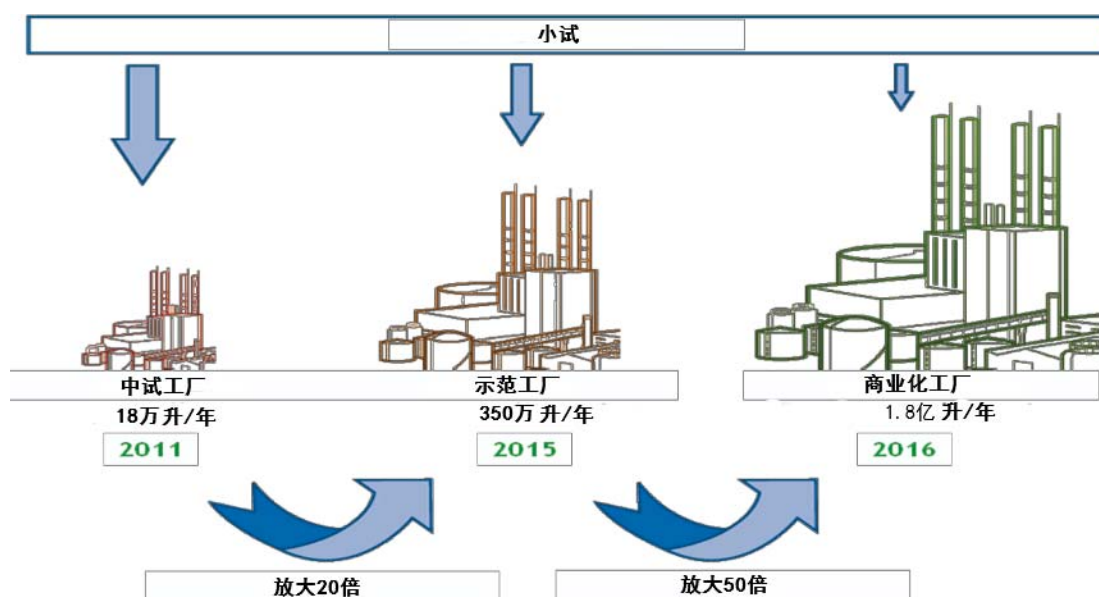


图 96: Procethol 2G 公司 - 工艺放大规划

中试采用灵活工艺（多种原料），进行优化，对各类木质纤维来源进行生产的优点进行了整合。中试更像一个小规模的工业化工厂：每天装置可将 1 吨原料转化为 350-450 升乙醇。

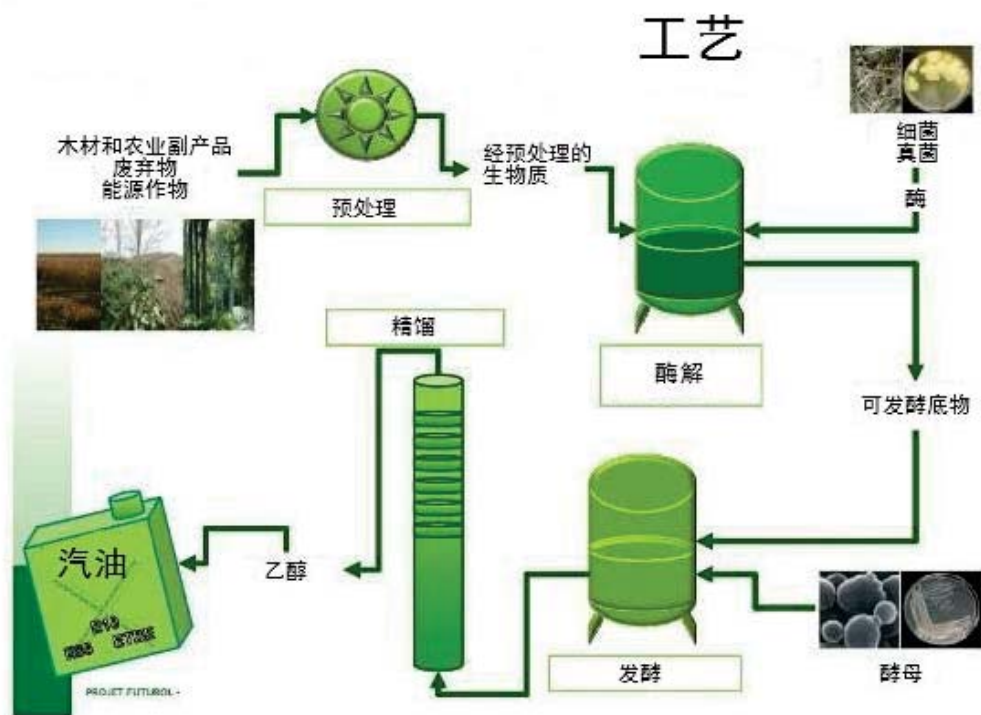


图 97: Procethol 2G 公司 - 流程图

表 79: Procethol 2G -法国 Pomacle 中试工厂

项目归属	PROCETHOL 2G
项目名称	Futurol
位置	法国 Pomacle
技术	生物化学
原材料	木质纤维素
项目原料	木材和农业副产品、废弃物、能源作物
产品	乙醇
生产能力	2700 吨/年; 3.5 百万升/年
装置类型	中试
投资额度	7640 万欧元
现状	运转
投产年份	2011
联系人	Benoit TREMEAU General Secretary +33 3 26 05 42 80 b.tremeau@projet-futurol.com
网址	www.projet-futurol.com



图 98: Procethol 2G 公司 -法国 Pomacle 中试工厂 (外景);
©CANON PROCETHOL



图 99: Procethol 2G 公司 -法国 Pomacle 中试工厂 (厂内);
©JOLYOT PROCETHOL



图 100: Procethol 2G 公司 -法国 Pomacle 中试工厂;
©JOLYOT PROCETHOL

6.40 昆士兰理工大学

昆士兰理工大学 (QUT) 是一所一流的澳大利亚大学, 注重能解决工业和社区需求的应用性研究。通过其热带农作物及生物产品中心进行的一项主要研究计划是使用创新的植物和工业生物技术增加热带植物的附加值。

QUT 麦基可再生生物产品中试工厂是对外开放的中试规模的研发设施, 能够在一套综合生物炼制装置将纤维素类生物质转化成可再生运输燃料 (生物乙醇) 和高附加值生物产品。该设施旨在将产品创新和工艺开发与商业化可行性评估相结合, 促进该项技术在澳大利亚的应用转化。

澳大利亚政府根据生物能源国家合作研究平台建设战略 (NCRIS) 第 5.5 条《能力建设》——生物技术产品, 资助了麦基中试工厂。提供资助的还有昆士兰州政府就业、经济发展和创新部及昆士兰理工大学。该装置现属于麦基糖业有限公司 (澳大利亚一个主要的糖生产商), 位于昆士兰州麦基的 **Racecourse Mill**。装置除了可处理糖厂现有的甘蔗渣和废弃物之外, 也能加工不同的生物质原料, 许多原料来自澳洲各地的合作伙伴。

潜在用户可访问在麦基的 NCRIS 装置, 也可通过昆士兰理工大学了解其丰富的生物质收获、运输、储存、加工及分析方面的专业知识。全职雇员在麦基中试工厂帮助客户了解装置的启动和运转, 以及所得样品的分析。

可用的装置包括:

- 预处理反应器

预处理反应器是耐腐蚀合金材料制造的独特设备，采用多种物理化学工艺进行预处理和分离，包括蒸汽爆破、单级和两级弱酸处理和以碱、溶剂为基础的工艺。

■ 碳水化合物的糖化和发酵

糖化和发酵可在大小不同的生物反应器中进行，包括 1 升，5 升，10 升，100 升，1 立方米和 10 立方米的反应罐。在一个 PC2 发酵设备中可进行高达 1 立方米的发酵，使用不同的酵母、真菌、细菌等已糖发酵菌株和戊糖发酵菌株，既能进行顺序式糖化发酵也能进行同步糖化发酵。

■ 产品回收

蒸馏塔，离心机，膜过滤，喷雾干燥和其他生物加工设备可用于产品的浓缩和回收。

■ 其他产品

根据客户的需求可就地由生物质生产多种产品，也可用甘蔗汁和糖蜜加工成多种发酵产品。

麦基可再生生物制品中试装置

澳大利亚麦基

表 80: 昆士兰理工大学 - 澳大利亚麦基 (Mackay) 中试工厂

项目归属	昆士兰理工大学
项目名称	麦基可再生生物制品中试装置
位置	澳大利亚麦基
技术	生物化学——预处理、酶解、产物分离
原材料	木质纤维素，包括蔗渣、玉米秸秆、林业产品
项目原料	蔗渣和其他木质纤维素

处理能力	0.02 吨/小时
产品	乙醇、木质素、多种化学品
产能	未作说明
装置类型	中试
投资额度	1000 万澳元
现状	运转
投产年份	2010
联系人	Ian O'Hara i.ohara@qut.edu.au
网址	www.ctcb.qut.edu.au



图 94-1: 昆士兰理工大学澳大利亚麦基中试工厂

6.41 三角国际研究所 (RTI)

RTI 国际是一个独立的非营利性研究所，为各国政府和商业客户提供研究、开发和技术服务。RTI 致力于将知识转化为实践来改善人类的生存条件，是世界一流的研究机构之一。RTI 拥有 2800 多名员工，利用研究和技术专长为 40 多个国家的政府和企业提供医药卫生、教育培训、调查统计、先进技术、国际化发展、经济和社会政策、能源和环境以及实验和化学领域的服务。

犹他大学的中试规模气化系统生产的合成气原料为木质生物质以及北卡罗来纳州立大学 (NCSU) 提供的木材与富含木质素的水解残留物的混合物。RTI 将称为“Therminator”的双流化床反应器系统集成到气化工艺中。“Therminator”在 600-700°C (1112-1292°F) 下运行，装有一个新型耐磨三功能催化系统，同时进行重整、裂化或将焦油、氨 (NH₃) 和硫化氢 (H₂S) 降到 ppm 的水平。催化剂在双流化床反应器间循环，可连续再生失活的催化剂。离开“Therminator”的气体需要经过冷却、过滤，进入第二阶段 (精制)。第二阶段包括一个装填了混合金属氧化物吸附剂的固定床，进一步将焦油、NH₃、H₂S 和重金属的含量降到 100 ppb 以下，以便使合成气可以直接在下游的合成工艺中生产液体运输燃料。在项目的第一阶段，犹他大学的气化装置完成安装后，“Therminator”的气体净化性能将进行 300 小时的运行验证。第一阶段的试验结果将作为同阶段所开发的气化工艺模型的输入值。气化试验的结果，工艺和经济模型将被用于指导第二阶段的工作。特别是，这些结果在于美国能源部和工业界磋商之后，将被用于指导天然气制合成油 (GTL) 反应过程的催化剂选择，包括用于烃类生产的费托催化剂，或用于混合醇合成的基于硫化钼的催化

剂。在第一阶段成功验证了气体净化技术，保证生产的清洁合成气适合于燃料合成工艺，随后展开第二阶段工作。焦油、亚硫酸盐、氯、氮等杂质的目标浓度的设定将达到或超过计划运转 5 年的水平。装置运转可采用生产烃类的费托催化，或生产混合醇类的基于硫化钼的催化。RTI 将设计和建造一个浆态床鼓泡反应器系统，将清洁合成气转化为液体运输燃料。这一单元操作将被安装在犹他大学气化装置“Therminator”的下游，在一个集成了生物质气化、气体净化处理和液体燃料合成的工艺中运行 500 小时（至少连续运行 100 小时）。RTI 将作为主承包商将负责整个项目的实施。该项目将在能源技术中心（CET）内进行管理，David C. Dayton 博士作为整个项目的经理。北卡莱罗纳州立大学的团队将由 Steven Kelley 博士领导，包括四位教工，其中两位来自木材和造纸科学专业，两位来自化学工程专业。Kevin Whitty 博士将领导犹他大学清洁和安全能源研究所的团队，负责气化装置的运行。成功的验证这些集成气体净化和燃料合成工艺的运行过程，将会提供宝贵的数据和操作经验，降低技术放大和商业化带来的风险，为生物燃料产业的茁壮发展做出贡献。

合成燃料生产项目

美国三角国际研究所

表 81: 三角国际研究所

-美国三角研究园（Research Triangle Park）中试工厂

项目归属	三角国际研究所
项目名称	合成燃料生产
位置	3041 Cornwallis Road, Research Triangle Park, 27709, North Carolina, United States 美国北卡莱罗纳州三角洲研究园 Cornwallis 路 3041 号

技术	热化学
原材料	木质纤维素
处理能力	0.5 吨/天
产品	费托液; 混合醇类
生产能力	22 吨/年; 7500 加仑/年
装置类型	中试
投资额度	300 万美元
项目资金	200 万美元
现状	在建
投产年份	未作说明
联系人	David Dayton; ddayton@rti.org
网址	www.rti.org/process

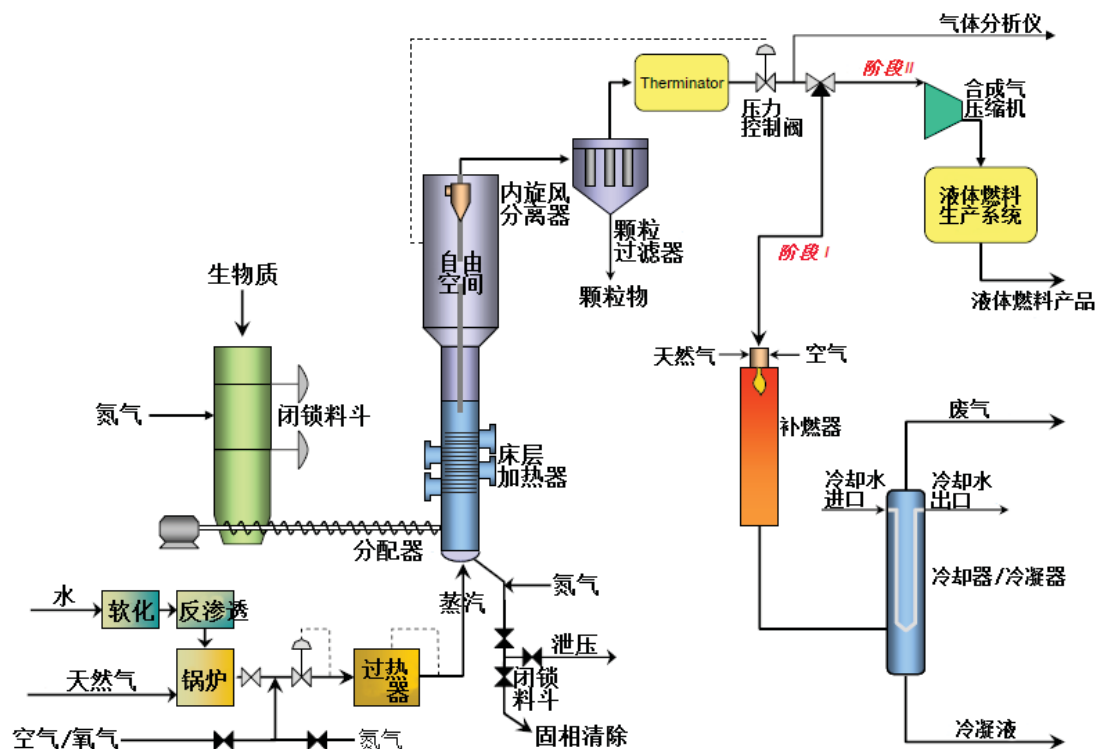


图 101: 三角国际研究所 - 流程图



图 102: 三角国际研究所
-美国三角研究园 (Research Triangle Park) 中试工厂

6.42 瑞典酒精化工集团 (SEKAB)

示范工厂

瑞典 Örnköldsvik

稀酸预处理和酶解一步完成。

表 82: SEKAB / EPAB 集团 -瑞典 Örnköldsvik 中试工厂

项目归属	SEKAB/EPAB
项目名称	示范工厂
位置	瑞典 Örnköldsvik
技术	生物化学

原材料	木质纤维素
项目原料	木屑; 甘蔗渣、麦秸、玉米秸秆、能源草、可回收垃圾等
处理能力	2 吨/天
产品	乙醇
生产能力	160 吨/年; 600 升/田
装置类型	中试
投资额度	200 万瑞典克朗
现状	运转
投产年份	2004
联系人	info@sekab.com +46 660 758 00
网址	www.sekab.com

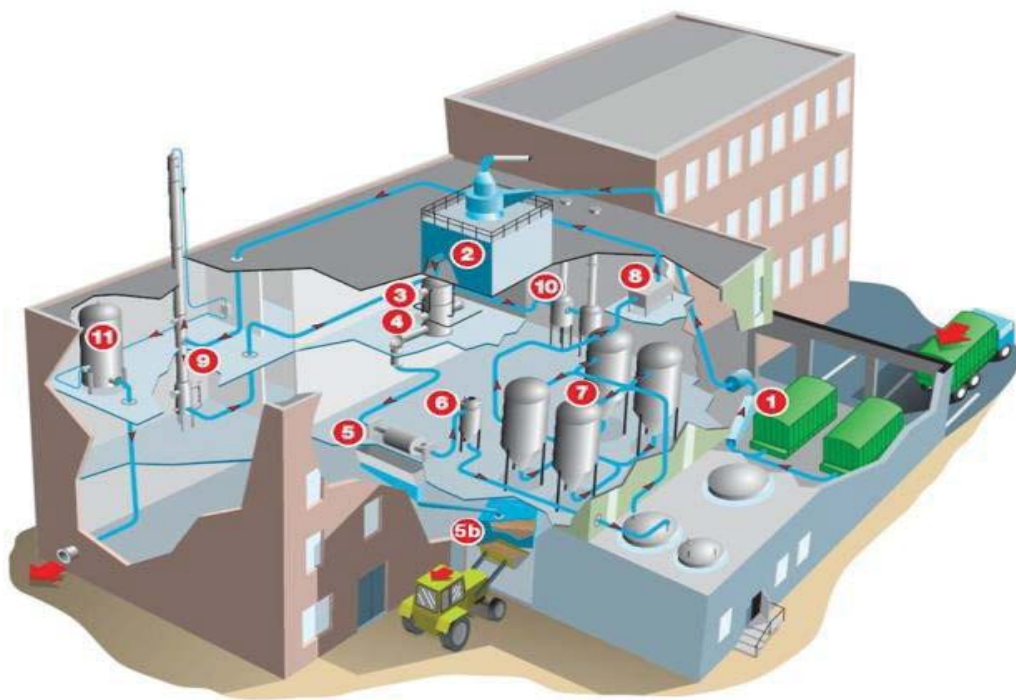


图 103: SEKAB / EPAB 集团 -瑞典 Ömsköldsvik 中试工厂示意图



图 104: SEKAB / EPAB 集团-瑞典 Ömsköldsvik 中试工厂

计划的示范工厂

波兰 Goswinowice

表 83: SEKAB 集团 -波兰 Goswinowice 示范工厂

项目归属	SEKAB 集团
项目名称	计划的示范工厂
位置	波兰 Goswinowice
技术	生物化学
原材料	木质纤维素
项目原料	小麦秸秆和玉米秸秆
处理能力	22.5 万 (干基) 吨/年
产品	乙醇
生产能力	5 万吨/年; 6000 万升/年
装置类型	示范
投资	15 亿瑞典克朗
现状	计划
投产年份	2014
联系人	info@sekab.com +46 660 758 00
网址	www.sekab.com

6.43 南方研究所

南方研究所（南方研究）成立于 1941 年，属于私人非营利性研究公司，在制药科学、生命科学、国土安全、工程、环境和能源行业等领域，为公共和私营客户开发技术和提供合同研究服务。位于北卡罗来纳州 Durham 的先进能源和运输技术（AE&TT）中心是一个独特的工程中心，其实验室和中试设施（图 105）使南方研究得以从概念/实验室阶段过渡到小试和中试阶段来开发自己的技术。借助这一设施，南方研究也能帮助客户开发、验证、优化，以及商业化先进生物燃料技术，并与新的合作伙伴和客户进行协作。该中心还可以帮助政府和商业化终端用户验证新能源技术的性能和环保指标，包括非常规天然气制能源、先进的热电联产系统、燃料电池、微型涡轮机、替代燃料、清洁运输系统、可再生能源系统，以及低品位余热转化技术。南方研究和合作伙伴已投入 3000 多万美元，用于在 AE&TT 中心建设基础设施和中试装置，来验证其先进生物燃料技术，这包括 4.2 万平方英尺的高顶灯中试厂房、公用工程支持、分析实验室和办公设施。该中心拥有经验丰富的工程师、科学家和技师，以支持 PDU 的设计、制造、安装、24 小时连续运转和试验。

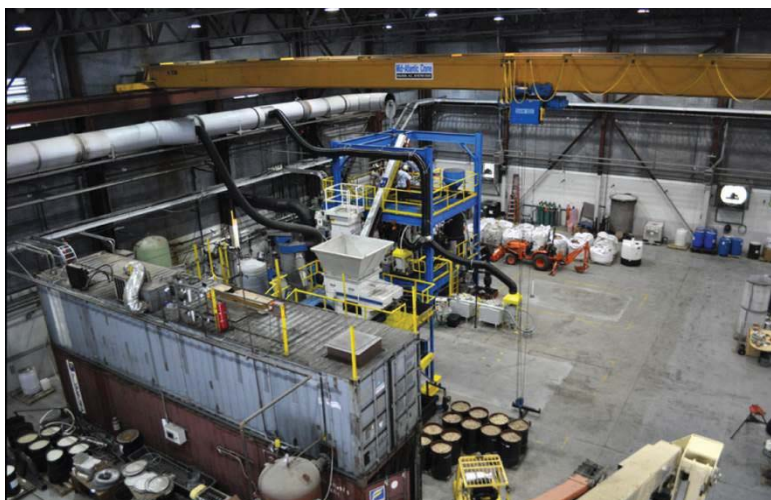


图 105: 南方研究所中试工厂设施

目前，AE&TT 中心拥有处于不同发展阶段的几种生物燃料中试装置，包括设计、施工、试车和调整，以及运转阶段。最近为客户开展的中试规模项目包括以下延伸性的操作：

- 每天吨级的集成生物炼制装置，耦合了流化床生物质气化炉和高压费托合成反应器
- 将合成气转化为混合醇类的高压催化反应器系统
- 可将干燥的煤基生物质混合物输入流化床气化炉的 250 磅/小时的活塞泵
- 可将糖类从生物质中萃取出来的浓盐酸水解系统

南方研究目前也在开发分散规模（1-200 吨/天）的基于气化的集成工艺（图 106），可将废弃生物质和城市固体废弃物转化为电力和即用型（drop-in）生物燃料，而无需使用氢。一个 3 吨/天的这种系统装置已在 AE&TT 中试工厂完成安装并正在运行。

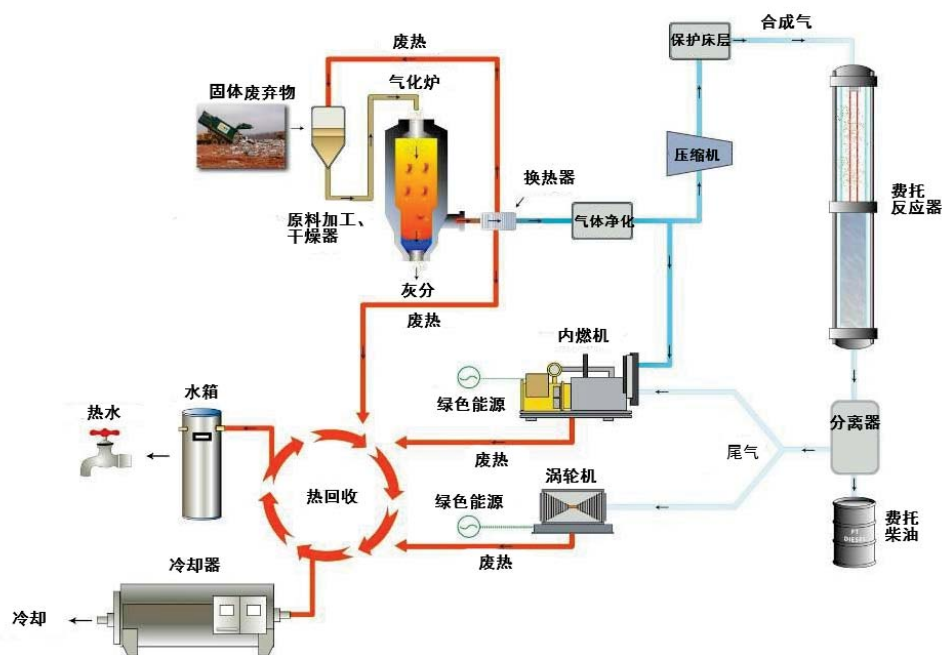


图 106: 南方研究所分散加工流程

南方研究工艺的细分目标市场包括:

- 美国国防部前线作战基地和其他小型发电机组（1-3 吨/天）
- 美国国防部国内基地，垃圾填埋场，大学和医院（10-50 吨/天）
- 农村社区和城市固体废弃物回收设施（50-200 吨/天）

南方研究的工艺特点包括:

- 简易的原料制备/分类
- 可处理低密度物料，且技术成熟可放大的气化系统
- 极低焦油含量的合成气
- 集成的合成气净化系统，包括干燥工序，只产生最少的废弃物
- 集成的低成本水净化系统，可最大限度减少浪费
- 天然气生产即用型（drop-in）液体燃料，在出厂后无需进行精制

南方研究工艺的特点包括:

- 减少了运输原料所需的基础设施
- 本地直接输送产品
- 生产清洁电力和/或生物燃料的同时减少了排放和废弃物
- 30 吨/天或更大的处理系统，具有可接受的投资回报
- 基于成熟的核心技术，为长期使用而设计
- 采用自动化系统，人工需求最少
- 结构模块化，可快速配置

热化学转化—技术开发实验室和中试工厂

美国 Durham

表 84: 南方研究所 -美国 Durham 中试工厂

协调机构/公司	南方研究所
项目名称	热化学转化—技术开发实验室和中试工厂
位置	美国 Durham
技术	热化学
原材料	木质纤维素
项目原料	纤维素, 市政垃圾, 合成气
处理能力	气化炉进料量 2-4 吨/天
产品	费托液; 混合醇类
生产能力	多种产品
装置类型	中试
投资额度	设备和基础设施 3000 万美元以上
项目资金	全面启动后 2000 万美元以上
现状	运转
投产年份	2007
联系人	Tim Hansen; hansen@southernresearch.org
网址	www.southernresearch.org

6.44 天柏公司

示范装置

加拿大魁北克 Temiscaming

表 85: 天柏化工集团 (Tembec Chemical Group)

- 加拿大 Temiscaming 示范工厂

项目归属	天柏化工集团
项目名称	示范装置
位置	加拿大魁北克 Temiscaming

技术	热化学
原材料	木质纤维素；亚硫酸盐废液
产品	乙醇
生产能力	1.3 万吨/年；1700 万升/年
装置类型	示范
现状	运转
投产年份	2003
联系人	Jean-Luc Carrière; jean-luc.carriere@tembec.com
网址	www.tembec.com

6.45 荷兰应用科学研究组织

TNO 荷兰应用科学研究组织是在 1932 年依法设立的合作研究机构。TNO 将人与知识结合起来，通过创新提升产业的可持续竞争力和社会幸福感。TNO 现拥有约 4000 名员工。

TNO 活跃在七个领域：健康生活，产业创新，国防，安全和安保，能源，交通、运输，建设环保和信息社会。核心业务以咨询、合同研究、试验和认证、授权许可和执行法定转让等形式，来开发、应用和探索知识。

在“产业创新”的主题下，发酵产品是“生物经济”课题的科目之一，例如从木质纤维素生物质制燃料乙醇。TNO 有两项木素纤维素预处理的专有技术：（1）结合了过热蒸汽（SHS）的稀酸预处理技术，（2）浓酸预处理技术。下文所述中试工厂所使用的预处理技术采用过热蒸汽（SHS）。SHS 预处理所使用的业务模式是合同研究，并将技术授权许可给在发酵行业及其他行业的公司。

已知在酸性和高温条件下（150-180℃），木质纤维素复合物可分解。TNO 具有独特的生物质加热方式：与通常的静止饱和蒸汽不同，连续流动的 SHS 在反应器中通过物料（一堆草或麦秆）。使用 SHS 时，热量不是通过冷凝而是通过对流来传递。这避免了生物质颗粒外部酸催化剂的稀释，并允许在高干物质浓度下进行处理。初始干物质浓度可达 20% ~ 45%（质量比）或更高。在如此高的干物质浓度下，由于加热的物料较少，因而热能的也较少。此外，低水含量的物料只需较少的酸催化剂即可达到有效浓度，并通过水分蒸发可以提高酸的浓度。高干物质浓度对发酵和下游加工过程的经济性是重要的，因为高底物浓度可提高产物浓度，从而提高回收率，使回收成本更具经济性。在几秒钟内的快速升温 and 降温使过程更易于控制。蒸发水分后，最终干物质浓度将可提高到 30% ~ 60%（质量比）。水分蒸发量可以通过压力及过热温度来调节。也可以观察到酸浓度变化的灵活性。使用时可以选择酸量少、长反应时间或酸量大、短反应时间。此外，用户还可选择不同的无机酸和有机酸。该工艺可在几分钟之内完成，而 160℃ 的条件下即有成效，这完全可以列入速度最快和温度最低的热加工弱酸预处理工艺之列，并为工艺提供了很好的经济性。SHS 预处理后，酶解过程的纤维素和半纤维素的转化率可达 95% 以上的高水平。38% 干物质浓度的样品已成功地进行了乙醇发酵。预处理工序可在 TNO 的过热蒸汽中试工厂中进行。尽管需要适应更短的停留时间和更高的压力，但是 SHS 干燥机已经上市，并能够根据木质纤维素精制厂/纤维素乙醇生产的需要，提供不同的型号。这可以保证快速的安装使用。目前的 13 千克/小时的中试采用尚处于间歇运行模式。TNO 正准备建设一套能够连续运行的 100 千克/小时的中试装置。

TNO 的过热蒸汽中试工厂

荷兰泽斯特

目前的中试工厂使用酸浸渍的麦秆和草进行间歇操作。

表 86: 荷兰应用科学研究组织 (TNO) - 荷兰泽斯特中试工厂

项目归属	TNO
项目名称	过热蒸汽中试工厂
位置	荷兰泽斯特
技术	生物化学
原材料	小麦秸秆、草、玉米秸秆、甘蔗渣、木屑
处理能力	13 千克/小时
产品	预处理的生物质
生产能力	50 千克/小时; 大约 100 吨/年
装置类型	中试
现状	运转
投产年份	2002
联系人	Johan van Groenestijn (johan.vangroenestijn@tno.nl)
网址	www.tno.nl



图 107: 荷兰应用科学研究组织-荷兰泽斯特中试工厂

6.46 土耳其科学技术研究委员会

该项目的目的是在实验室和中试规模，开发和验证从生物质和/或生物质-煤混合物制造液体燃料的生产技术。项目范围内的技术领域包括气化、气体净化、气体调节， CO_2 分离，以及通过费托合成进行液体燃料生产。与技术研究领域相关的活动包括前期单元设计、实验室试验、详细设计、工程、制造、中试规模的试车和试验。

在气化工序中，两种类型的气化炉（循环流化床和加压流化床）已在实验室规模进行了研究（15 万瓦热能）。中试规模工厂的设计采用 110 万瓦热能能力的加压流化床气化炉。气体净化工序的目的是除去气化炉产生原料气的杂质。实验室规模的实验使用了热气体净化技术和冷气体净化技术。冷热混合的气体净化中试系统已设计完毕。项目的第三步是气体调节。这一步的目的是调整合成气中的 H_2/CO 比例。 H_2/CO 的比例通过水煤气变换（WGS）反应器来调整， CO_2 通过化学吸收技术捕集。

项目一个主要的工作就是通过费托合成生产液体燃料，这是因为该工作中与费托催化剂开发以及与固定床、浆态床反应器应用相关活动已经完成。低温法多管固定床反应器费托合成工艺将在中试工厂用于生产合成柴油。已开发的铁基费托催化剂能将合成气转换成链烃。目前中试系统的所有单元都在建设中。



图 108: 土耳其科学技术研究委员会
- 15 万瓦热能的循环流化床气化炉

TRIJEN (生物质和煤炭混合物生产液体燃料)

位于土耳其盖布泽

表 87: 土耳其科学技术研究委员会 - 土耳其盖布泽中试工厂

项目归属	TUBITAK
项目名称	TRIJEN (生物质和煤炭混合物生产液体燃料)
位置	土耳其盖布泽
技术	热化学
原材料	生物质/生物质与煤炭混合物
项目原料	榛果壳混合物, 橄榄树块状物, 木屑, 褐煤混合物
处理能力	0.25 吨/小时
产品	费托液
生产能力	250 吨/年
装置类型	中试
项目资金	8 50 万欧元
现状	在建
投产年份	2013
联系人	Assoc.Prof.Dr. Fehmi AKGUN, fehmi.akgun@tubitak.gov.tr Yeliz DURAK CETIN, yeliz.durak@tubitak.gov.tr
网址	trijen.mam.gov.tr

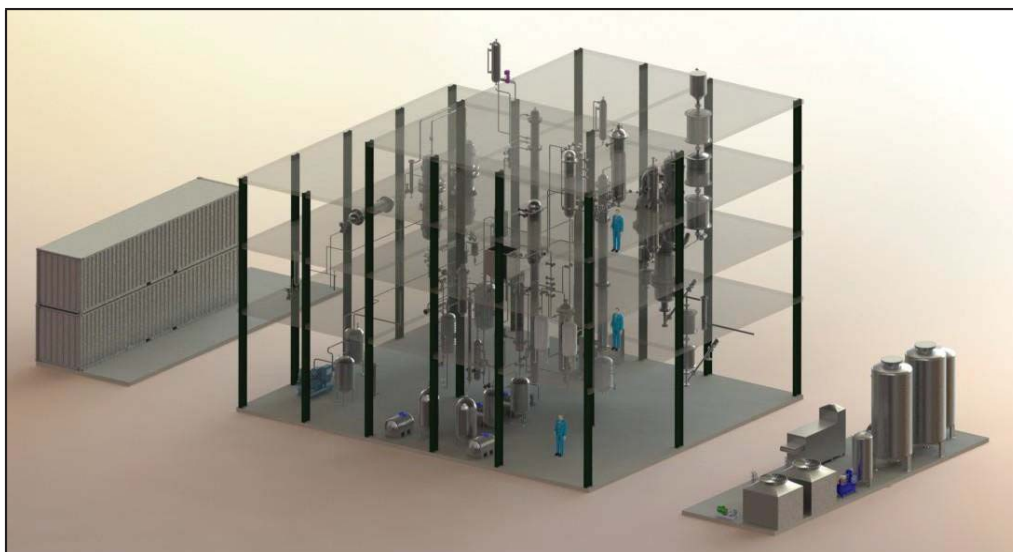


图 109: 土耳其科学技术研究委员会
- 110 万瓦热能容量的间接煤制液体燃料中试装置

6.47 维也纳工业大学/生物能源 2020+公司

项目工作的目标是利用费托合成工艺将生物质气化装置产生的合成气 (PG) 转换为液体燃料, 特别是柴油。费托-PDU (工艺开发单元) 已投入运转, 可在 25bar 的压力下通过浆态床反应器将约 7 标准立方米/小时的产品气转换为费托液产品。

产品气的净化包括以下几步。首先, 菜籽油甲酯 (RME) -洗涤器用来干燥气体。经压缩后, 氯经过铝酸钠固定床分离。有机硫组分与加氢脱硫催化剂 (HDS) 水合, H_2S 在氧化锌作用下得到化学分离。这两步均在固定床反应器中实现。也可使用活性炭过滤器替代 HDS 进行气体净化。浆态床反应器中使用铁基或钴基催化剂。使用钴基催化剂可得到 C1 到 C60+分布的正构烷烃化合物。使用铁基催化剂则得到更多的烯烃和含氧化合物。费托初级产品的柴油馏分分析结果表明, 使用钴基催化剂催化得到的柴油十六烷值约为 80, 且组分中没有

硫和芳烃。

中试厂采用现有居辛气化炉的侧线物流，这与居辛生物质发电公司相同（见 4.7）。

费托液中试项目

奥地利居辛

表 88: 维也纳工业大学 - 奥地利居辛中试工厂

项目归属	维也纳工业大学
项目名称	费托液中试项目
位置	奥地利居辛
技术	热化学
原材料	木质纤维素；来自气化器的合成气
处理能力	7 标准立方米/小时
产品	费托液
生产能力	0.2 吨/年；0.5 千克/小时
装置类型	中试
合作伙伴	Repotec, 居辛生物质发电公司
现状	运转
投产年份	2005
联系人	Reinhard Rauch; reinhard.rauch@tuwien.ac.at
网址	www.ficfb.at

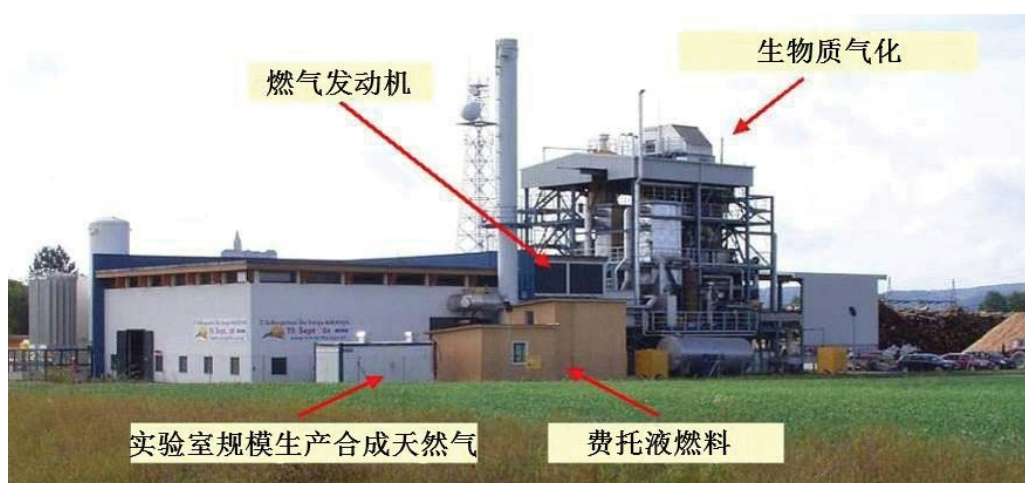


图 110: 维也纳工业大学 - 奥地利居辛中试工厂



图 111: 维也纳工业大学 - 奥地利居辛中试工厂流程图

6.48 Virent 公司

Virent 利用广泛的、天然可再生资源生产世界所需的燃料和化学品。Virent 使用专利催化化学工艺将源自生物质的可溶性糖转换为与化石产品分子相同的产品，包括汽油、柴油、喷气燃料，以及用于塑料和纤维的基础化学品。该公司与壳牌、嘉吉、可口可乐和本田等公司建立了重要战略伙伴关系，以加快技术的商业化进程。

Virent 公司的 BioForming®平台将水相重整 (APR) 技术与改良的传统催化处理创新性的结合起来。APR 技术由 Virent 的共同创办人于 2001 年在美国威斯康星大学研发。BioForming 平台扩展了 APR 工艺的用途，将 APR 和催化剂及反应器系统相结合，类似于普通的石油炼厂和石化设备。

BioForming 工艺将糖类水溶液转换成即用型 (drop-in) 烃类。这一工艺已经过验证，包括使用来自现有糖源 (玉米湿磨机、蔗糖厂的中间产物等) 的传统糖类，以及不同来源的各种纤维素生物质糖类。

BioForming 工艺的一个核心优势是能够以碳水化合物或其他氢源(如天然气)为原料, 高产率低成本的就地生产氢气。

APR 工艺生产的是化学中间体混合物, 包括醇、酮、酸、呋喃、链烷烃及其它烃类氧化物。一旦这些中间体化合物形成后, 它们可经进一步的催化工艺生成有效益的烃类产品。根据所选工艺路线, 生产的烃类可以是类似于石油重整油的高芳烃混合物, 或适合做柴油和喷气燃料的馏分油。

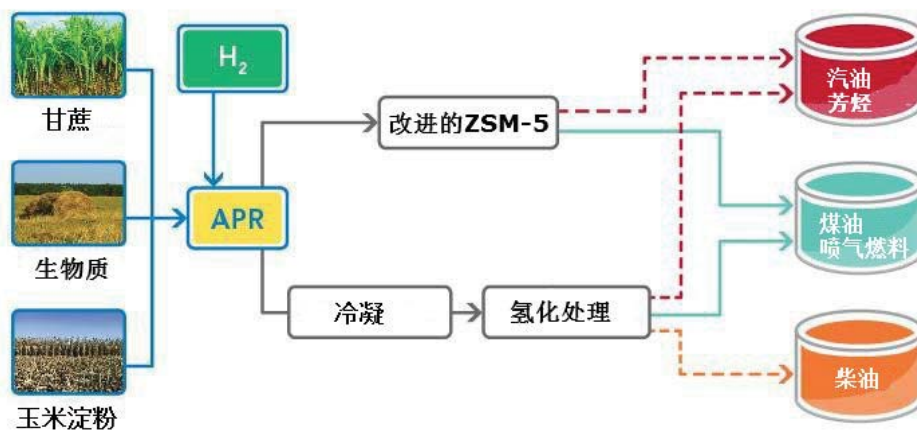


图 112: Virent 公司 - 位于美国 Madison 示范工厂流程图

Eagle 示范厂

美国威斯康星州麦迪逊

Virent 拥有二十多套小规模试验装置和一套规模较大的示范装置, 位于其威斯康星州麦迪逊的技术基地。示范装置于 2009 年 11 月试运行, 生产生物汽油和生物芳烃。

表 89: Virent 公司 - 美国麦迪逊示范工厂

项目归属	Virent 公司
项目名称	Eagle 示范工厂
位置	美国威斯康辛州麦迪逊
技术	热化学
原材料	甘蔗糖、甜菜糖、玉米糖浆、纤维素类生物质水解产物包括松木残渣、甘蔗渣和玉米秸秆
产品	柴油型烃
生产能力	30 吨/年
装置类型	示范
现状	运转
投产年份	2009
联系人	aaron_imrie@virent.com
网址	www.virent.com



图 113: Virent 公司 - 美国麦迪逊示范工厂

6.49 Weyland 公司

Weyland 技术来源于卑尔根大学学院的研究，其技术突破是开发了独特的酸回收技术，解决了使用强酸水解木质纤维素带来的经济挑战。之后，Weyland 进一步对工艺进行开发，并获得了专利，现在正进行中试规模的试验和验证。

工艺的核心技术是可以由几乎任何木质纤维素原料高产率的生产可发酵糖类和木质素。这可作为一个附加工艺，利用现有设施（纸浆厂、生物炼厂，糖类生产设施等）的副产品，或专门用于生产上游可发酵糖类，后续再将糖类转化为生物燃料或生物化学品。

Weyland 的商业模式是将核心技术许可销售给项目开发者，并提供关键的硬件组件。在此之前，Weyland 将进行原料和可行性评估。评估后提供的技术支持，工程合作伙伴将实施整套的工程项目。

无机强酸和 Weyland 专利回收技术的联合使用为纤维素制糖提供了一条纯化学途径。该工艺的特征在于：

- 原料的高灵活性
- 全部使用低温和低压
- 短停留时间
- 使用标准的化工过程单元操作
- 工艺可利用余热（低压蒸汽和热水）
- 使用大宗工业化学品
- 高回收率
- 糖类中的抑制物含量低
- 可销售的木质素

该工艺的投资成本（CAPEX）和运营成本（OPEX）非常具有竞争力，避免了单一原料供应，并与现有产业具有良好的能源集成潜力。



图 114: Weyland 公司 - 挪威卑尔根中试工厂

Weyland 中试工厂

挪威卑尔根

卑尔根中试工厂是 Weyland 技术的示范平台，也是工艺开发、组件试验和原料评估的平台。采用自己的核心技术生产可发酵的糖类和木质素。此外，中试工厂集成了乙醇生产装置，可以为下游的典型应用进行产品质量验证。

表 90: Weyland 公司 - 挪威卑尔根中试工厂

项目归属	Weyland AS
项目名称	Weyland 中试工厂
位置	挪威卑尔根
技术	生物化学
原材料	木质纤维素——多种原料,主要是云杉和松树
处理能力	75 千克/小时
产品	乙醇, 木质素
生产能力	158 吨/年 (乙醇)

装置类型	中试
投资额度	6 50 万欧元
现状	运转
投产年份	2010
联系人	Petter Bartz Johannessen; pbj@weyland.no
网址	www.weyland.no



图 115: Weyland 公司 - 挪威卑尔根中试工厂

6.50 ZeaChem 公司

ZeaChem 公司建设生物炼厂，将低成本生物质转换成一系列燃料和化学产品。ZeaChem 公司生物炼厂可使用任何类型的非食用生物质，包括木质生物质和农业废弃物，这些在全球范围都可获得。公司采用“就地取材”的方案，在其所服务的市场建设生产装置，这样可把物流和环境成本降到最低。采用的原料供应模式是通过签订长期合同，使用专用的本地种植的能源作物作为主要供应方式，并将当地可获取的农业废弃物作为补充。

转化工艺使用天然存在的微生物，以及经验证的工业化设备，

以减小规模放大带来的风险。使用非转基因的细菌发酵纤维素糖类，其碳效接近 100%。生物与热化学工艺的结合与其他工艺相比，收率可提高 40%。ZeaChem 公司生物炼厂与石化炼厂一样，可生产多种燃料和化学品，可转换生产利润率最高的产品。燃料产品包括乙醇、喷气燃料、柴油和汽油；化学品包括乙酸、乙酸乙酯、乙烯和丙烯。

ZeaChem 公司成立于 2002 年，总部设在科罗拉多州莱克伍德，在加利福尼亚州门罗帕克设有研究和开发实验室，在俄勒冈州 Boardman 拥有一座 25 万加仑/年的示范生物炼厂。

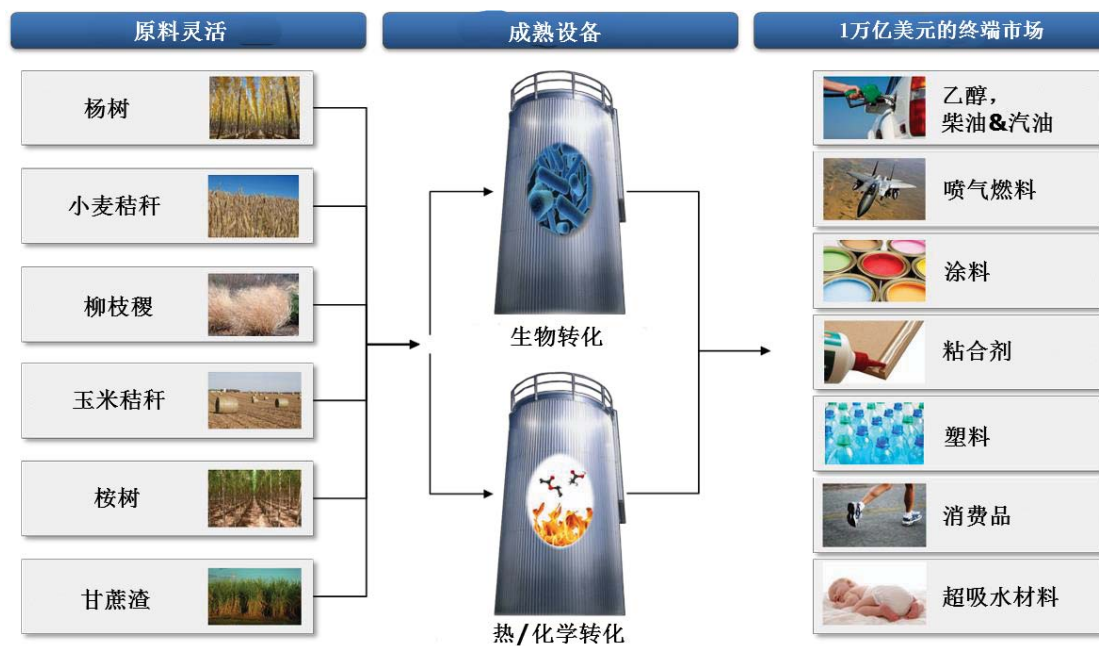


图 116: ZeaChem 公司 - 流程图

示范规模生物炼厂

美国俄勒冈州 Boardman

ZeaChem 公司示范规模的生产装置已于 2011 年在俄勒冈州 Boardman 开始运行。位于莫罗 (Morrow) 港口, 可使用驳船、铁路和州际公路进行运输, 距离 ZeaChem 公司的主要原料供应商 Greenwood 资源公司约 10 英里。Greenwood 资源公司是全球领先的杨树管理机构。根据该装置的生产能力, 每天可将 10 吨木屑、麦秸及其他纤维素原料转化为乙酸、乙酸乙酯和乙醇。在 2013 年装置增加了新工艺模块, 可生产生物喷气燃料和柴油燃料。

表 91: ZeaChem 公司 - 美国 Boardman 中试工厂

项目归属	ZeaChem 公司
项目名称	示范规模生物炼厂
位置	美国俄勒冈州 Boardman
技术	生物化学
原材料	木质纤维素
项目原料	杨树、小麦秸秆
处理能力	10 千吨/天
产品	乙醇, 柴油型烃类, 多种化学品, 汽油类烃类, 航空燃料
生产能力	750 吨/年; 25 万加仑/年
装置类型	中试
现状	运转
投产年份	2011
联系人	Carrie Atiyeh cativeh@zeachem.com
网址	www.zeachem.com



图 117: ZeaChem 公司 - 美国 Boardman 中试工厂

商业化规模生物炼厂

美国俄勒冈州 Boardman

ZeaChem 公司正在开发其首个商业化规模纤维素生物炼厂。该工厂将位于俄勒冈州 Boardman 示范生物炼厂的旁边。ZeaChem 公司已通过其主要原料合作伙伴 Greenwood 资源公司获得全部的原料供应，本地可获得的小麦秸秆将作为补充。在 2012 年 1 月，美国农业部（USDA）公布了 2.325 亿美元的有条件贷款担保，以支持该装置的融资。

表 92: ZeaChem 公司 - 美国 Boardman 商业化工厂

项目归属	ZeaChem 公司
项目名称	商业化规模生物炼厂
位置	美国俄勒冈州 Boardman
技术	生物化学
原材料	木质纤维素
项目原料	杨树、小麦秸秆
处理能力	625 绝干吨/天
产品	乙醇, 多种化学品
生产能力	2500 万加仑/年 ; 7.5 万吨/年
装置类型	商业化
项目资金	美国农业部有条件的贷款担保 2.325 亿美元
现状	在建
投产年份	预计在 2014 年年底联网
联系人	Carrie Atiyeh; catiyeh@zeachem.com
网址	www.zeachem.com