



现代酒精工艺学

岳国君 等编著

前言

第1章	绪论	1
第2章	酒精的用途	10
第3章	酒精的原料	15
第4章	酒精的发酵	25
第5章	酒精的蒸馏	45
第6章	酒精的脱水	65
第7章	酒精的变性	85
第8章	酒精的回收	105
第9章	酒精的储存	125
第10章	酒精的运输	145
第11章	酒精的安全	165
第12章	酒精的环境	185
第13章	酒精的法规	205
第14章	酒精的展望	225

第1章 绪论

1.1	酒精的定义	1
1.2	酒精的用途	10
1.3	酒精的原料	15
1.4	酒精的发酵	25
1.5	酒精的蒸馏	45
1.6	酒精的脱水	65
1.7	酒精的变性	85
1.8	酒精的回收	105
1.9	酒精的储存	125
1.10	酒精的运输	145
1.11	酒精的安全	165
1.12	酒精的环境	185
1.13	酒精的法规	205
1.14	酒精的展望	225

第2章 酒精的用途

2.1	酒精的工业用途	1
2.2	酒精的农业用途	10
2.3	酒精的医药用途	15
2.4	酒精的食品用途	25
2.5	酒精的日化用途	45
2.6	酒精的能源用途	65
2.7	酒精的其他用途	85



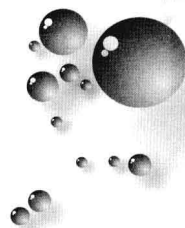
化学工业出版社



现代酒精工艺学

岳国君 等编著

MODERN
ALCOHOL
TECHNOLOGY



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

现代酒精工艺学/岳国君等编著. —北京: 化学工业出版社, 2011. 4
ISBN 978-7-122-10626-1

I. 现… II. 岳… III. 酒精生产 IV. TS262.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 031199 号

责任编辑: 傅四周 孟 嘉

文字编辑: 张春娥

责任校对: 陶燕华

装帧设计: 杨 北

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

710mm×1000mm 1/16 印张 15½ 字数 326 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

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

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 62.00 元

版权所有 违者必究

前 言

在 2000 多年前，人类就开始酿造酒精。酒精生产技术的进一步发展始于 20 世纪 50 年代。此后的 50 多年来，酒精工业在许多专家、学者和工程技术人员努力下取得了众多科技成果，酒精生产的技术水平得以提高，但总体发展势头平缓。近年来，在矿产能源日益枯竭和世界性能源危机的刺激下，燃料乙醇作为一种绿色可再生能源异军突起，使发酵酒精工业呈现出前所未有的快速发展。古老的发酵酒精工业在能源领域找到了自己的位置。

酒精（乙醇的俗称）是一种优良的燃料，同时也是一种优良的燃油品质改善剂。酒精是燃料油的增氧剂，可使汽油增加内氧，燃烧充分，达到节能和环保的目的；酒精具有极好的抗爆性能，调和辛烷值一般都在 120 以上，可有效提高汽油的抗爆指数；目前，大规模的市场需求给酒精工业提供了空前的发展机会。生物工程、节能技术和电子计算机等高新技术在酒精工业上的应用，已使酒精工业的面貌发生了根本变化。无论是产品质量、生产工艺、环境保护还是自控水平和各项消耗指标，都有了重大进步，使得原来生存发展空间狭小的酒精工业重新焕发出很强的魅力。

如此背景牵动了作者重新审视酒精工艺学这个问题的好奇心，也激发了构思写作本书的热情和灵感。众所周知，酒精工艺涉及生物反应过程和分离过程两大部分，作者岳国君以其多年的生产实践经验及中粮集团高层管理工作经历，把握酒精工业领域的发展趋势，以前瞻性的视角，提出用过程工程的方法分析酒精工艺过程。本书编写的主线突出了这一思想，全书以过程工程的思想为指导，分析酒精生产过程。其中第 5 章“糖化醪的发酵”中发酵的影响因素写入了流体流动及混合对发酵的影响；发酵罐的设计计算内容引入停留时间分布测定及采用层析流模型、多级全混釜串联模型理论进行转化率的计算，并给出了计算程序；同时也介绍了发酵新技术；第 4 章“淀粉浆的糊化（蒸煮）、液化与糖化工艺”中写入了醪液黏度变化规律的实验室研究结果。

全书由岳国君策划，董红星统稿，其中第 1 章及第 3 章由岳国君编写，第 6 章、第 7 章及第 8 章由董红星编写；第 2 章、第 4 章及第 5 章由杨晓光编写。

本书在编写过程中吸收了前人在酒精工厂设计方面的经验和工程实践成果，力求在内容上体现现代酒精厂的设计原则和方法。另外，也借鉴了美国的奥特奇的酒精技术教材，使内容更具新意。本书主要突出现代酒精工厂的设计理念，介绍使用计算机进行工厂设计，较多实例来源于作者的生产实际和科研实践。书中的设计实例由中粮集团生化能源公司（肇东）提供，具有较好的工厂生产背景。

本书可作为酒精工厂设计人员的参考用书，或者作为高等院校化工、环境等相关专业教材，也可供从事科研设计以及生产管理的工程科技人员参考。

由于编者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 生产工艺概述	1
1.2 酒精的主要性质	3
1.3 酒精的主要用途	4
1.3.1 燃料乙醇	4
1.3.2 调制蒸馏酒	5
1.3.3 医药化工等方面的用途	7
1.3.4 酒精工业的副产物	8
1.4 国内外酒精生产概况及发展战略	8
1.4.1 我国酒精生产概况及发展战略	8
1.4.2 国外酒精生产概况及发展战略	11
第 2 章 酒精生产的原辅材料	13
2.1 主要原料分类	13
2.1.1 分类	13
2.1.2 成分分析	14
2.2 各种生产酒精原料的特点	14
2.2.1 淀粉质原料	14
2.2.2 糖质原料	21
2.2.3 纤维质原料	21
2.2.4 其他原料	22
2.3 酒精生产用水	22
2.3.1 水在酒精生产中的作用及消耗情况, 以及各处用水量	22
2.3.2 工艺上对水的要求, 水的卫生指标	23
2.3.3 硬水的软化	24
2.4 酒精生产用辅助材料	24
2.4.1 酶制剂	24
2.4.2 尿素	25
2.4.3 纯碱、NaOH 和漂白粉	25
2.4.4 活性干酵母	25
2.4.5 硫酸	25
第 3 章 原料预处理工艺	26
3.1 淀粉质原料的预处理	26
3.1.1 淀粉质原料的除杂	26
3.1.2 淀粉质原料的粉碎	27
3.2 纤维质原料的预处理	27
3.2.1 物理方法	28
3.2.2 化学方法	29

3.2.3 其他方法	30
3.3 糖质原料的预处理	30
3.3.1 糖蜜的稀释	30
3.3.2 糖蜜的酸化	31
3.3.3 营养盐的添加	32
3.3.4 糖蜜的灭菌	32
3.3.5 稀糖液的澄清	33
第4章 淀粉浆的糊化(蒸煮)、液化与糖化工艺	34
4.1 淀粉浆糊化(蒸煮)、液化与糖化概述	34
4.2 淀粉浆糊化(蒸煮)、液化、糖化原理	35
4.2.1 糊化(蒸煮)原理	35
4.2.2 液化原理	38
4.2.3 糖化原理	38
4.2.4 与液化、糖化有关的酶类及其特性	39
4.3 原料的糊化(蒸煮)工艺	44
4.3.1 高温高压蒸煮工艺	44
4.3.2 低温低压蒸煮工艺	48
4.3.3 生原料的无蒸煮工艺	49
4.3.4 水热处理工艺的发展趋势	52
4.4 液化工艺	52
4.4.1 传统液化工艺	52
4.4.2 喷射液化	52
4.4.3 喷射液化与传统液化方法的比较	56
4.4.4 液化过程中醪液的黏度变化	57
4.5 糖化工艺	59
4.5.1 间歇糖化工艺	59
4.5.2 连续糖化工艺	60
4.5.3 双液流糖化工艺	61
4.6 双酶法液化糖化工艺介绍	61
4.6.1 工艺流程	61
4.6.2 双酶法工艺效果及经济效益	62
4.7 关于糖化过程的争议	63
4.8 展望	64
第5章 糖化醪的发酵	65
5.1 酵母菌的培养	65
5.1.1 酵母菌简介	65
5.1.2 酵母菌的培养	68
5.2 酒母扩培工艺	71
5.2.1 酒母糖化醪的制备	71
5.2.2 酒母扩培工艺过程	72
5.2.3 酒母扩培方法	74
5.2.4 成熟酒母质量指标	75

5.2.5	影响酒母质量的主要因素	76
5.2.6	酒母培养中异常现象的处理	77
5.2.7	活性干酵母的利用	78
5.3	酒精发酵机理	78
5.3.1	目标产物酒精生成机理	79
5.3.2	副产物生成机理	82
5.4	酒精发酵过程动力学	84
5.4.1	得率系数	85
5.4.2	细胞生长动力学模型	85
5.4.3	酵母生长动力学	86
5.4.4	底物消耗动力学	88
5.4.5	产物生成动力学	89
5.5	酒精发酵工艺	90
5.5.1	间歇式发酵	91
5.5.2	半间歇半连续发酵	92
5.5.3	连续式酒精发酵	92
5.6	酒精发酵罐设计	98
5.6.1	选材	99
5.6.2	确定发酵罐尺寸以及结构形式	99
5.6.3	热量衡算与换热器形式的选择	101
5.6.4	搅拌器设计	102
5.6.5	选用零部件	106
5.6.6	强度计算	107
5.6.7	施工图设计	107
5.6.8	发酵罐间的连接	107
5.7	酒精发酵过程的模拟计算	110
5.7.1	多尺度理论	110
5.7.2	间歇酒精发酵的模拟计算	111
5.7.3	连续酒精发酵的模拟计算	111
5.8	发酵过程影响因素及其控制	122
5.8.1	温度的影响及控制	123
5.8.2	pH值的影响及控制	123
5.8.3	乙醇浓度的影响	123
5.8.4	霉菌毒素的影响	124
5.8.5	植酸的影响	124
5.8.6	杂菌污染的影响以及控制	125
5.8.7	流体流动及混合状况的影响	126
5.9	酒精发酵新技术	126
5.9.1	固定化酵母细胞发酵技术	126
5.9.2	真空发酵和气提发酵技术	126
5.9.3	浓醪发酵	127
5.9.4	无蒸煮无糖化一步发酵	127

5.9.5	自絮凝发酵	128
5.9.6	透析膜发酵	128
5.9.7	萃取发酵	130
第6章 成熟醪的精馏与无水酒精的生产		131
6.1	发酵成熟醪的组成	131
6.1.1	不挥发性杂质	131
6.1.2	挥发性杂质	131
6.2	酒精精馏原理	132
6.2.1	挥发系数与精馏系数	132
6.2.2	挥发性杂质的分类以及其挥发系数和精馏系数	133
6.2.3	杂醇油的分离理论	135
6.2.4	甲醇的分离理论	137
6.3	酒精精馏设备与工艺流程	137
6.3.1	酒精精馏设备	137
6.3.2	酒精精馏工艺流程	139
6.4	精馏中的节能	146
6.5	无水乙醇的生产与应用	148
6.5.1	概述	148
6.5.2	无水乙醇的生产工艺	148
第7章 酒精厂副产品的综合利用与污水处理		150
7.1	酒精糟液的综合处理	150
7.1.1	DDGS工艺	150
7.1.2	非淀粉质原料酒精糟液的处理	159
7.2	二氧化碳的回收利用	162
7.2.1	二氧化碳的回收	163
7.2.2	二氧化碳的应用	166
7.3	玉米提胚制油	169
7.3.1	玉米提胚原理	170
7.3.2	玉米提胚技术	170
7.3.3	玉米胚制油	171
7.3.4	玉米油精炼	172
7.4	杂醇油的回收	174
7.4.1	酒精生产过程中的杂醇油	174
7.4.2	杂醇油的综合利用	175
7.5	酒精工厂的污水处理	178
第8章 现代酒精工厂工艺设计		181
8.1	生产规模选择原则	181
8.1.1	原料半径	181
8.1.2	销售费用	182
8.1.3	规模效益	182
8.2	工艺流程选择	182
8.2.1	工艺流程选择原则	182

8.2.2	淀粉质生产酒精各种工艺流程	182
8.2.3	工艺流程投资估算	197
8.2.4	流程经济效益分析	199
8.3	工艺计算	200
8.3.1	总物料衡算	200
8.3.2	各工段物料衡算	208
8.3.3	公用工程消耗	221
8.3.4	常用流程模拟软件	227
8.4	酒精工厂设备选型	230
8.4.1	原料处理工段设备	231
8.4.2	蒸煮糖化设备	232
8.4.3	酒母发酵设备	232
8.4.4	酒精蒸馏设备	233
8.4.5	动力设备	233
8.4.6	设备汇总	234
8.5	清洁生产工艺	237
参考文献		239

第 1 章 绪 论

概括来说,酒精生产过程是将淀粉质原料预制成葡萄糖,通过其与酵母发酵而转化为含酒精混合物,再通过精馏分离制得乙醇的过程。理论上来说,这是个简单的过程,但要想在一个大规模水平上获得最大效率,却需要依靠生物学和工程的结合。

众所周知,酒精的生产及工艺是一个并不新鲜的古老话题,这个话题会使我们联想到酒糟的气味、陈旧的设备、落后的工艺。在石油燃料资源日趋减少、石油供应及价格时常波动的今天,须寻找替代燃料以保证国家的能源安全;同时在大气中的CO₂等温室气体浓度增加,使气候变暖,给人类带来严重危害的情况下,燃料乙醇作为一种绿色可再生能源,不仅可替代不可再生的石油能源,而且有助于改善大气环境。现在,燃料乙醇正以新一轮的快速发展态势展现在人们面前,在矿产能源日益枯竭和世界性能源危机的刺激下,发酵酒精可以在能源领域找到自己的位置。现在,大规模的市场需求给酒精工业提供了空前的发展机会。生物工程、节能技术和电子计算机等高新技术在酒精工业上的应用,已使酒精工业的面貌发生了根本变化,给酒精领域注入了新的活力。现在无论是产品质量、生产工艺、环境保护,还是自控水平和各项消耗指标,都有了重大进步,使得原来生存发展空间狭小的酒精工业重新焕发出很强的生命力。

燃料乙醇有一个极具优势的生产特性,那就是在生产过程中只消耗粮食中的淀粉,同时对蛋白质等其他营养物质进行浓缩,并且将不易被利用的蛋白质转化为优质酵母蛋白,从而使饲料蛋白资源增值优化。例如,以传统的玉米原料生产酒精为例,每生产 1t 酒精约需要 3.2t 玉米,同时可生产 1t DDGS 全干燥酒精糟 (distiller dried grain with soluble, DDGS) 蛋白饲料。DDGS 饲料是国际市场公认的优质蛋白饲料,可以说,经过酒精发酵中酵母的消化、吸收、代谢后,原料中的部分普通蛋白转化为优质酵母蛋白,实现了优化增值,消化吸收率得以提高,饲养价值得到提升。

1.1 生产工艺概述

工业上生产乙醇的方法有很多,但实现大型工业化的主要是发酵法和乙烯直接水合法。其中乙烯直接水合法是石油工业生产乙醇的唯一方法,采用磷酸系催化剂,该反应的单程转化率低,只有 5%,反应副产物多(如乙醚、乙醛、聚乙烯等)。而发酵法历史悠久,较乙烯水合法的制备条件缓和,备受青睐。就原料而言,发酵法主要以淀粉质、糖质等原料发酵生产,淀粉质原料包括玉米、木薯、小麦、红薯等;糖质原料包括甘蔗、糖蜜等。目前我国主要采用以玉米为原料,由于人口

的增长及酒精生产成本的问题，玉米原料难以为继，而利用丰富、廉价的玉米秸秆类纤维质原料生产酒精已成为必然趋势。本书主要介绍采用以玉米等淀粉质原料为主的酒精生产工艺。以下以华润酒精有限公司年产 24 万吨，采用先进且具代表性的六塔差压蒸馏系统来展示酒精的生产工艺流程，如图 1-1 所示。

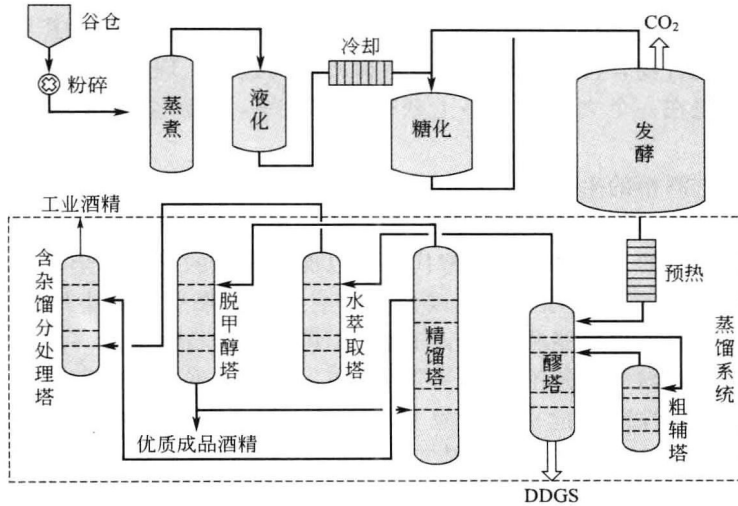


图 1-1 以淀粉质为原料生产酒精的工艺流程

原料粉碎后先后经过蒸煮、液化、糖化、发酵等工序得到酒精含量为 8%~12%（体积分数）的发酵成熟醪液，后经一系列精馏过程（蒸馏系统：醪塔、粗辅塔、精馏塔、水萃取塔、脱甲醇塔、含杂馏分处理塔六塔差压蒸馏系统，如图 1-1 所示），将酒精浓缩至 96%（体积分数）的成品酒精。

燃料乙醇的生产工艺与图 1-1 所示的酒精生产工艺相类似，是将淀粉质或糖质等原料经粉碎、蒸煮、液化、糖化、发酵等工序后再经过一精馏过程，如典型的双塔精馏工艺，最后经过附加的分子筛脱水工序后制得汽油替代产品——燃料乙醇，工艺流程如图 1-2 所示。

就燃料乙醇工业而言，其起步时是向酒精工业寻求技术。在美国，许多早期的燃料乙醇工厂都模仿酒精厂的生产工艺，与酒精工业的主要不同是添加了一个脱水设备，以控制乙醇含水量，达到生产无水乙醇的目的。

比较燃料乙醇与食用酒精的工艺流程，二者的差别首先在于蒸馏系统：燃料乙醇生产不需要像食用酒精那样将杂质彻底清除，所以燃料乙醇蒸馏系统精馏塔数较少，图 1-2 中仅需两个精馏塔，且每个精馏塔的塔板数较少。但燃料乙醇需严格控制含水量，故与食用酒精工艺最显著的区别仍在于增加了浓缩脱水后处理工艺（如图 1-2 中的分子筛吸附脱水系统），此外还有渗透蒸发技术及较传统的共沸精馏技术等用于燃料乙醇的脱水，从而使乙醇中水的体积分数降到 1% 以下。

美国康泰斯有限公司具有世界领先的乙醇生产技术，采用先进的分子筛吸附、蒸馏、蒸发、发酵、生物技术和膜分离等技术，涉及各种级别的酒精生产。2005

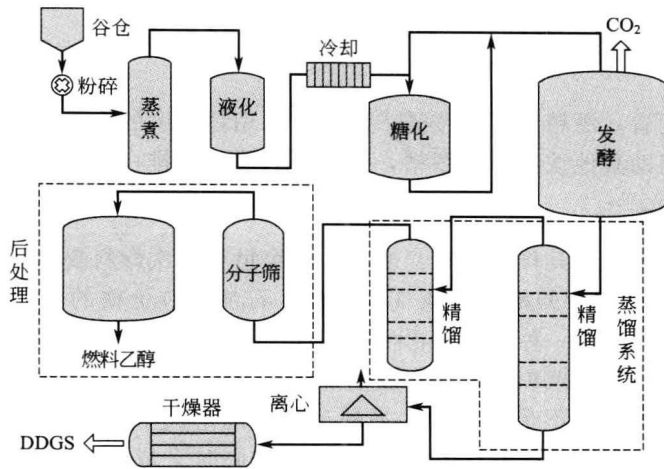


图 1-2 燃料乙醇的生产工艺流程

年 12 月康泰斯与中粮生化能源（肇东）有限公司建立中粮项目，目前为止中粮集团是国内唯一一家引进美国康泰斯新工艺的企业，该项目采用无废水排出的美国 Delta-T 工艺，该工艺最突出的特点是采用玉米半干法粉碎工艺，集液化、糖化及发酵于一体，使传统的工艺流程大大简化。此外还具有发酵母液全部回用、无废水排出等特点，采用分子筛脱水技术，是目前收率高，能耗低、运行费用低的先进工艺。

总之，该行业的总体发展趋势朝着装置大型化、提高副产品的附加值、生物技术的发展与应用、分子筛脱水技术的应用以及自动化、减少排污等方向发展。

1.2 酒精的主要性质

酒精的化学名称为乙醇；分子式为 C_2H_5OH ；相对分子质量为 46.07。酒精是一种无色透明、易挥发、易燃烧、不导电的液体，有酒的气味和刺激的辛辣滋味，微甘；相对密度 $0.7893 (d_{20}^{20})$ 、沸点 $78.3^{\circ}C$ 、凝固点 $-117.3^{\circ}C$ 、燃点（闪点） $12^{\circ}C$ 。

酒精是一种重要的溶剂，能与水、甲醇、乙醚和氯仿等以任何比例混溶。有吸湿性。与水能形成共沸混合物，共沸点 $78.15^{\circ}C$ 。乙醇蒸气与空气混合能引起爆炸，爆炸极限浓度 $3.5\% \sim 18.0\%$ （体积分数）。酒精浓度在 70% （体积分数）时，对于细菌具有强烈的杀伤作用，也可以作防腐剂、溶剂等。处于临界状态（ $243^{\circ}C$ 、 $60kgf/cm^2$ ）时的乙醇有着极强烈的溶解能力，可实现超临界萃取。由于酒精溶液凝固点下降，因此，一定浓度的酒精溶液可以作防冻剂和冷媒。酒精可以代替汽油作燃料，是一种可再生能源。

● $1kgf/cm^2 = 98.0665kPa$ 。

1.3 酒精的主要用途

从世界范围看，酒精的用途按需求量分析，用量最大的将是燃料乙醇，其次是调制蒸馏酒和辅助其他饮料酒用酒精，化工医药用酒精排在第三位。

1.3.1 燃料乙醇

燃料乙醇顾名思义其作用是充当燃料。当今世界一次燃料资源日益枯竭，大气中 CO₂ 等温室气体浓度的增大造成气候变暖，石油供应价格的波动等，种种现象不得不使人们极力寻求一种绿色可再生能源作为替代燃料。正是在这种情况下，燃料乙醇成为了研究者的聚焦点。这个分子内含有内氧的物质，有效地补充了汽油在油缸内燃烧而外界供氧不足的问题，另外又较好地解决了汽油的高辛烷值组分问题，这使得乙醇的物理化学特性得以充分发挥，同时又成功地缓解了尾气污染问题，使其在新兴能源队伍中的地位逐渐攀升。21 世纪，燃料乙醇将会逐步发展成为新能源的亮点，焕发出朝阳产业的无限生机。

燃料乙醇施用有两种方法。其一是以乙醇为汽油的“含氧添加剂”(oxygenate additive)，这是美国施用燃料乙醇的基本方法。通常这种无铅汽油含约 10% 的乙醇，因为水油（汽油）不溶，这里所用的乙醇可认为是“无水乙醇”。另一种施用乙醇的方法是用乙醇代替汽油，这是 20 年前在巴西普遍采用的方法。这方面的工艺也十分成熟。

如前文所述，燃料乙醇是优良的油品质量改良剂，或者说是增氧剂。它还是汽油的高辛烷值调和组分。添加燃料乙醇的汽油，国际上称为“增氧汽油”或“含氧汽油”，一般根据 MTBE（甲基叔丁基醚）、乙醇是单独使用或混合使用，有一系列灵活的配方，所以又称为新配方汽油。新配方汽油是我国现用的无铅汽油的升级换代产品。研究发现，加入 10% 的燃料乙醇后，油品的含氧量可达到 3.5%，汽油的辛烷值（我国的汽油标号）可提高近 3 个标号，又降低了油品的芳烃含量，抗爆指数大约增加了 2 个单位，汽车尾气中碳氢化合物、NO_x 和 CO 含量明显降低，降低幅度可以达到 30%~35%，使油品的燃烧性能、动力性能和环保性能均得到了改善，具有明显的社会效益。

乙醇汽油属于国际上通行的新配方汽油，是无铅汽油的升级换代产品。而常指的乙醇汽油则是指在不添加含氧化合物的液体烃类中，加入一定量变性燃料乙醇后用作点燃式内燃机的燃料，加入量为 10.0%（体积分数），称为 E10。中国乙醇汽油的研发始于 2000 年，并于 2002 年初进入推广阶段。河南的郑州、洛阳、南阳及黑龙江的哈尔滨、肇东五城市成为首批试点地区。到 2006 年，我国乙醇汽油推广使用工作已覆盖北方九省，已实现年调配 1020 万吨乙醇汽油的能力，占我国汽油消费量两成多。从国家发改委提供的资料来看，车用乙醇汽油无论在高温还是在 -30℃ 低温的条件下都能正常使用，推广工作总体运行平稳。

提到乙醇汽油必然要谈及变性燃料乙醇的概念，GB 18350—2001 规定它是以

淀粉质、糖质为原料，经发酵、蒸馏制得乙醇，脱水后，再添加变性剂（车用无铅汽油）变性的不能食用仅供调配车用乙醇汽油的燃料乙醇（表 1-1）。它只可以按规定的比例与汽油混合作为车用点燃式内燃机的燃料。燃料乙醇与变性剂的体积混合比例应为 100 : 2 ~ 100 : 5，即变性剂在变性燃料乙醇中的体积分数为 1.96% ~ 4.76%。

表 1-1 变性燃料乙醇质量指标 (GB 18350—2001)

项 目	指 标	项 目	指 标
外观	清澈透明,无肉眼可见 悬浮物和沉淀物	水分(体积分数)/%	≤0.8
乙醇(体积分数)/%	≥92.1	无机氯(以 Cl ⁻ 计)/(mg/L)	≤32
甲醇(体积分数)/%	≤0.5	酸度(以乙酸计)/(mg/L)	≤56
实际胶质/(mg/100mL)	≤5.0	铜/(mg/L)	≤0.08
		pH 值	6.5~9.0

车用乙醇汽油凭借可提高燃油品质，降低尾气排放，燃烧充分、减少积炭，保持燃油系统自洁等优点使其在中国的推广得到广大消费者的认可，推广日渐成熟。

燃料乙醇除用作车用燃料之外还可作为燃料电池的燃料。在低温燃料电池诸如手机、笔记本电脑以及新一代燃料电池汽车等可移动电源领域具有非常广阔的应用前景，这也是乙醇的中期市场（10~20 年内）。乙醇目前已被确定为安全、方便、较为实用的燃料电池燃料。乙醇将拥有新型电池燃料 30%~40% 的市场。市场容量至少是近期市场的 5 倍以上（主要是纤维原料乙醇）。

1.3.2 调制蒸馏酒

蒸馏酒是在原料酒精发酵后采用蒸馏技术而获得的酒，也就是用发酵酒通过蒸馏将酒度提高后的酒，起酒度较高。众所周知的白兰地、威士忌、金酒、伏特加、朗姆酒和中国白酒构成世界六大蒸馏酒。

1.3.2.1 中国白酒

中国白酒源远流长，酿造技艺口传心授，迄今已传承千余年。中国白酒主要是由高粱、玉米、大米、糯米、大麦等酿制成的浓香型、清香型和酱香型等香型各异的蒸馏酒。其生产工艺有如下特点：①是以含有淀粉或糖分的物质为主要原料制成的酒；②以曲为糖化剂，糖化和发酵同时进行，即采用复式发酵法生产；③固态发酵，使用独特的蒸馏器，采用间歇蒸馏法固态蒸馏而成。酒中不含色素，口感醇和，更适合人们饮用。其中，山西杏花村汾酒、泸州老窖酒和贵州茅台酒代表了中国白酒酿造的较高水平，其分别为清香型、浓香型和酱香型白酒的代表作。

近年来中国新型白酒发展迅猛，其用优质发酵食用酒精作基础酒，经调制做成不同香型（浓香型、酱香型、清香型、兼香型等）的蒸馏酒。主要生产流程为：食用酒精→降度→脱臭除杂→过滤澄清→添加风味物质→调味→贮存→过滤→成品。

与传统白酒相比，新型白酒大大节省了酿酒用粮。它的研制是我国酒类科技进步的结果，也是我国白酒业的发展方向。

1.3.2.2 白兰地

通常所说的白兰地是以葡萄为原料酿制而成的蒸馏酒。葡萄经发酵蒸馏而得到的酒称原白兰地，原白兰地经过橡木桶的长期储存后，再经调制勾兑，才能成为成品白兰地。

优良的葡萄品种赋予白兰地特有的香气，完美的蒸馏工艺能使酒得到一种独特的芳香，再经橡木桶储存，可使酒由无色变成琥珀色，酒体由辛辣变得柔和、甘冽、绵延、细腻。

1.3.2.3 威士忌

威士忌是英国国酒，是世界最著名的优质蒸馏酒之一。威士忌是用谷物（包括大麦芽）为原料，以大麦芽为糖化剂，经糖化、鹅颈瓶蒸馏器蒸馏、橡木桶储存后熟、不同酒龄酒合理勾兑调制而成的含酒精为38%~48%（体积分数）以及极微量芳香性挥发物的蒸馏酒。

按产地及酿制方法不同，可分为苏格兰威士忌、爱尔兰威士忌、美国威士忌、日本威士忌和加拿大威士忌等。

1.3.2.4 金酒

金酒又称琴酒、毡酒或杜松子酒，起源于荷兰，最初是作为利尿、清热的药剂使用，是人类第一种为特殊目的所造的烈酒。

金酒是以玉米、麦芽等谷物为原料经粉碎、糖化、发酵、蒸馏成高度酒精后，加入杜松子、柠檬皮、肉桂等原料，再进行第二次的蒸馏形成。在蒸馏时，金酒采取掐头去尾摘取中段流酒的方法以提高酒质。金酒无需陈酿，酒度为40~52度，具有芬芳诱人的香气。

1.3.2.5 伏特加

伏特加是俄罗斯、波兰两国特有的蒸馏酒，被奉为国酒。其以马铃薯、玉米、小麦等原料经发酵、蒸馏后精制而成，无需陈酿，酒度为40度左右。该酒以其酒体纯净的风格著称，已被习惯定义为一种无气味、无口味、无色的中性酒精水溶液，通常用专用储罐和罐装线罐装以确保其品质与风格。另外，为提高感官指标，传统使用桦木炭作为吸附剂来调制伏特加酒，随着活性炭的出现，工艺上又开始采用活性炭来处理酒精以提高效果。

当在伏特加酒液中放入药材、香料等浸制而成的酒又称为芳香伏特加，此酒带有色泽，既有酒香，又带有药材、香料的香味。其名品有波兰的蓝野牛以及前苏联的珀特索伏卡等。

1.3.2.6 朗姆酒

朗姆酒是以甘蔗榨汁或甘蔗糖蜜为原料，经酵母发酵，再经蒸馏、储存陈酿（新蒸馏出来的朗姆酒必须放入橡木桶陈酿一年以上），勾兑成酒精浓度为45%~55%（体积分数）的蒸馏酒。

朗姆酒的色泽风格独特，其色泽有接近无色透明、微黄、深黄、棕色等。市售某些类型朗姆酒在调制勾兑时，有些加入少量水果汁或植物芳香性香味料浸出汁，使之改型，形成具有独特芳香性的朗姆酒。

1.3.3 医药化工等方面的用途

作为一种原料和中间产品，酒精广泛应用于医药、化工等行业。据统计，2006 年化工及医药行业对酒精消耗量仍然达到 170 万吨。

① 不同浓度的酒精在医药领域具有不同的用途。高浓度酒精吸水性很强，是供细胞生物学实验和研究使用的优良的固定剂和脱水剂；70% 的酒精是对微生物菌体蛋白作用最强的凝固变性剂，是常用的理想的消毒、防腐、灭菌试剂。与碘制成碘酊（乙醇溶解的碘溶液），是外伤、手术常用的抑制有害微生物繁殖的消毒剂；40%~50% 的酒精对长期卧床的患者，能达到促进局部血液循环，防止褥疮形成的目的。以 25%~50% 的酒精擦拭高烧患者身体，能使患者的皮肤血管扩张，增加皮肤的散热能力，其挥发性还能吸收并带走大量的热量，达到物理退热的目的。

② 酒精是生化制药中提纯酶制剂、DNA、RNA 的有效沉淀剂。

③ 酒精可作为优良的防冻、降温介质；乙醇与水质量比为 105:100 时，混合液温度降至 -30°C 而不结冰；用此低温给发酵罐夹层降温效果特别理想，如微型啤酒发酵即用此法。

④ 众所周知，乙醇在化学工业上是生产乙醛、乙酸、乙醚、聚乙烯、乙二醇、合成橡胶、氯仿、染料、油漆、树脂及农药等的重要原料之一。但值得提出的是，面对石油资源日益枯竭的局面，除了替代燃料，利用生物质资源替代传统能源生产基础石油化工原料，进而发展绿色化学工业，不仅完全可能也正在成为现实的迫切需求。如采用生物乙醇路线生产生物乙烯，进而生产生物环氧乙烷、生物乙二醇等替代传统石油路线生产的化工产品在经济上也越来越具有吸引力。

以生物乙醇制生物乙烯为例，这一技术具有反应条件温和和易操作、易控制的优点，从而使投资成本降低和项目工期缩短。而且，整个工艺过程环境友好，只需用很少的成本投入用于减少污染。

国外已经建成了规模化的生物乙醇—乙烯—聚乙烯或环氧乙烷—乙二醇生产工艺，其工艺过程如图 1-3 所示。

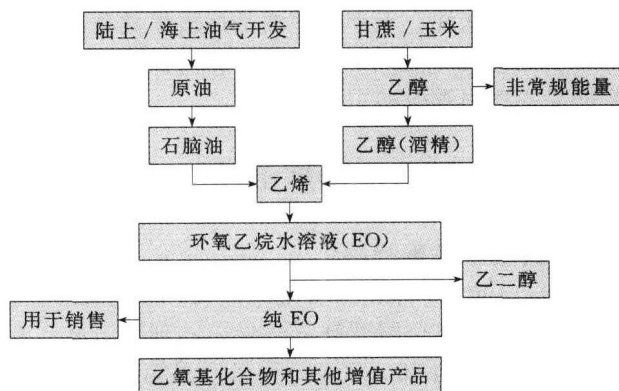


图 1-3 制备环氧乙烷/乙二醇对比(石油路线与生物乙醇路线对比)

EO 为环氧乙烷

用清洁和绿色的生物技术取代石油原料制备重要的石化产品如生物乙二醇 (MEG) 是面向未来的技术, 生物乙醇—乙烯—环氧乙烷—乙二醇生产流程如图 1-4 所示。在科技创新的推动下, 中国的乙醇行业和乙醇产业链也必将成为环保、清洁和有效率的工业。

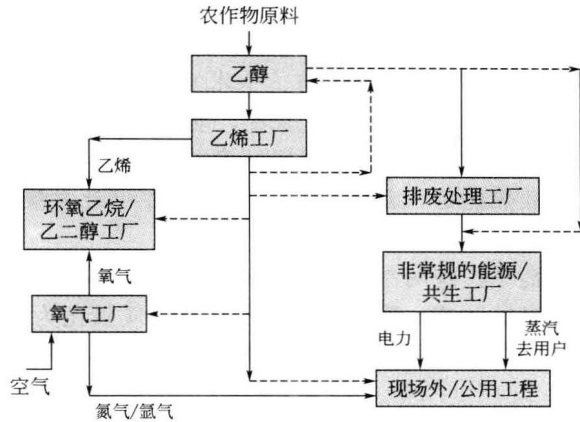


图 1-4 生物乙醇—乙烯—环氧乙烷—乙二醇工厂

⑤ 以乙醇法合成乙酸（乙醇—乙醛—乙酸）是乙酸生产工艺中的一条重要合成路线。但在 2006 年, 乙酸和乙酸乙酯等化工产品市场价格处于振荡起伏状态, 且下游市场需求较为平淡, 并且随着甲醇法生产乙酸工艺的成熟及规模的扩大, 乙醇法生产乙酸受到了严峻挑战。再加上 2006 年乙酸和乙酸乙酯化工产品利润空间较小, 企业经营比较艰难, 开工程度受到一定的影响。

1.3.4 酒精工业的副产物

大型酒精企业除主产品酒精外, 还有如下副产物: 优质颗粒饲料 DDGS (全干燥酒精糟); 优质食用级 CO_2 , CO_2 是发酵酒精相伴生成的数量最大的副产物, 高纯度食用级 CO_2 除应用于碳酸饮料外, 还在保护焊接、药物萃取、制冷、温室生产等方面有很广的用途; 玉米油、玉米胚芽油是优质保健食品; 以玉米、小麦等为原料的大型酒精生产企业, 还可生产玉米淀粉、葡萄糖浆、果葡糖浆、谷朊粉、玉米蛋白等; 杂醇油是某些食用香料的主要原料。

1.4 国内外酒精生产概况及发展战略

1.4.1 我国酒精生产概况及发展战略

我国的酒精工业始于 1900 年黑龙江省哈尔滨市, 虽经 1900 年到 1949 年约 50 年的演变和设备技术的发展, 但全国酒精总产量还不到 1 万吨。自 1949 年到 2000 年, 我国的酒精产量迅速增长到 300 万吨, 跃居世界第三位。1949 年后, 历经 50 年的发展, 初步形成了企业生产、工程设计、科学研究、人才培养、设备制造、综合利用、环境保护、标准制定、检验检测、成品运输、产品销售等一个完整的酒精