



酒精

高效清洁生产 新工艺

■ 马赞华 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

酒精高效清洁生产新工艺

马赞华 编著

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北 京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

酒精高效清洁生产新工艺/马赞华编著. —北京:
化学工业出版社, 2003.4
ISBN 7-5025-3250-1

I. 酒… II. 马… III. 乙醇-生产-无污染工艺
IV. TQ223.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 015215 号

酒精高效清洁生产新工艺

马赞华 编著

责任编辑: 孟 嘉 傅四周

责任校对: 顾淑云

封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市管庄永胜印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 9 字数 238 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-3250-1/X·100

定 价: 24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

近年来，酒精工业在企业结构、产品结构、所有制结构和生产技术水平等方面都发生着积极的变化。由于酒精传统市场供大于求的矛盾进一步扩大，酒精市场竞争将加更激烈，因此，加速开拓酒精的国外市场和燃料酒精的市场，加快技术进步、降低生产成本是酒精生产企业生存和发展的必然。

发酵法生产酒精使用玉米、薯干等作原料，并不是利用这些原料的全部，而只是利用其中的淀粉，其余部分（蛋白质、脂肪、纤维等）限于技术、投资、管理等原因，很多企业尚未加以很好地利用，其中相当部分随冲洗水、洗涤水排入企业周围河流。不但浪费了粮食资源，而且严重污染了环境。

本书是作者根据 1986 年以来从事酒精生产、研究的实践，在作者 1998 年编写的《应用清洁生产技术、治理酒精糟液污染》培训资料基础上，融合近 6 年研究推广酒精生产新技术和从事酒精清洁生产实践编写而成的。

本书共十章。第一章介绍了酒精的性质、用途和生产原料，重点讨论了酒精生产存在的问题和解决方法；第二章详细介绍了淀粉质原料生产酒精的工艺参数、操作方法和异常情况分析及处理方法；由于发酵法生产酒精的共性在第二章详细作了介绍，因此第三章重点介绍糖蜜原料酒精生产的特点；为适应酒精深加工和燃料酒精的发展，在第四章系统介绍了无水酒精生产技术；第五章详细介绍了几种正在或即将被酒精生产工厂接受的新技术；为了满足企业综合利用的需要，作者在第六章详细介绍了酒精生产副产品的回收利用方法；在第七章、第八章分别编入酒精糟液治理和清洁生产的相关内容，着重阐述了处理液回用技术的原理、注意事项以及清洁生产审计的方法；为满足从事酒精生产和

管理人员的需要，本书在第九章、第十章还编入了酒精生产经济效益提高对策及酒精生产分析检验方面的内容。

本书力求通俗易懂、深入浅出，特别注重理论与实践的结合。可供发酵工程专业在校学生、酒精生产企业技术人员参考，也可作为酒精生产企业员工的培训教材。

本书在编写过程中，得到了陈克平、周红、郑守飞等同志的大力支持。本书出版得到了秦人伟等同志的帮助，在此一并表示衷心感谢。

限于编者水平，加之时间仓促等因素，书中一定有不少缺点和错误，敬请读者指正。

编者

2003 年 1 月

于江苏如皋

内 容 提 要

本书系统地阐述了酒精高效生产、污染防治及清洁生产的技术。全书共分十章。在介绍酒精的性质、用途，淀粉质原料和糖蜜原料生产酒精的工艺过程以及无水酒精生产技术的同时，突出了酒精生产的新技术、生产副产品的回收利用方法、酒精糟液治理和清洁生产等相关技术，并编入了酒精生产效益提高对策与酒精生产分析检验两章。全书内容详实，覆盖面大，突出了酒精生产工艺中的高效、清洁的新特点，并注重解决生产中的实际问题，实用性是本书最大的特色。

本书可供国内酒精生产企业的生产、科研和管理人员阅读使用，也可供高校发酵工程、生化工程等专业的科研人员参考。

目 录

第一章 总论	1
第一节 酒精的性质及用途	1
一、酒精的性质	1
二、酒精的用途	2
三、酒精的生产方法	3
第二节 酒精生产的原辅料	3
一、酒精生产的原料	4
二、原料的化学组分	4
三、酒精生产的辅料	6
四、原辅料的贮存	10
第三节 酒精的质量标准	11
一、食用酒精国家标准	11
二、工业酒精国家标准	12
第四节 酒精生产存在问题与对策	13
一、解决生产所排放酒精糟液对环境的污染问题	13
二、解决酒精生产原料问题	14
三、解决酒精生产成本偏高的问题	15
第二章 淀粉质原料生产酒精	16
第一节 原料的清杂粉碎	16
一、原料的清杂	16
二、原料的粉碎	17
三、原料清杂粉碎过程中的除尘	20
四、原料清杂粉碎操作	20
五、粉碎过程中常见故障的排除	20
第二节 原料的水热处理	21
一、原料水热处理的目的	21
二、原料水热处理的要求	22

三、水热处理过程中原料组分的变化	22
四、水热处理工艺	23
五、水热处理工艺控制	25
六、水热处理工艺设备	27
七、水热处理的操作	29
第三节 糖化	29
一、糖化的目的	29
二、糖化机理	30
三、糖化过程中的物质变化	33
四、影响糖化的因素及工艺操作控制	34
五、糖化设备和糖化方式	37
第四节 酒精酵母的培养	39
一、概述	39
二、酒精酵母的扩大培养	42
三、酒精活性干酵母及其应用	47
四、酒精酵母培养过程中异常情况及其处理	51
五、无菌空气的制备	51
六、酒精酵母培养设备	53
第五节 酒精发酵	53
一、酒精发酵机理	54
二、酒精发酵过程	54
三、酒精发酵的副产物	56
四、酒精发酵工艺	58
五、酒精发酵控制	60
六、酒精发酵设备	64
第六节 酒精蒸馏	66
一、概述	66
二、酒精蒸馏理论和杂质分离	68
三、酒精蒸馏流程和操作	71
四、蒸馏塔板及附属设备	77
五、酒精的化学处理	80
六、酒精蒸馏的节能技术	81
七、酒精的质量问题及对策	83

第三章 糖蜜原料酒精生产	86
第一节 糖蜜原料及其贮存	86
一、糖蜜原料	86
二、糖蜜的贮存	88
三、糖蜜酒精生产的辅料	88
第二节 稀糖液的制备及处理	89
一、糖蜜的稀释	89
二、添加营养盐	91
三、糖液的灭菌	92
四、酸化	93
五、稀糖液的澄清	94
第三节 糖蜜酒精酵母及其培养	96
一、糖蜜酒精酵母	96
二、糖蜜酒精酵母的纯种扩大培养	97
三、酒母的数量及制备	97
第四节 糖蜜酒精发酵	99
一、糖蜜酒精发酵方法	99
二、糖蜜酒精发酵管理	102
三、糖蜜酒精发酵成熟醪质量指标	104
四、糖蜜与淀粉质原料混合发酵	104
第五节 糖蜜醪原料酒精蒸馏的特点	105
第四章 无水酒精生产技术	107
第一节 无水酒精的生产方法	107
一、吸水剂脱水法	107
二、共沸脱水法	108
三、真空脱水法	108
四、盐脱水法	109
五、蒸馏和膜脱水生产无水酒精	109
六、有机物吸附脱水法	109
七、离子交换脱水法	109
第二节 共沸脱水法生产无水酒精	109
一、共沸脱水法生产无水酒精的原理	109
二、共沸脱水法生产无水酒精的原则流程	110

三、发酵成熟醪直接生产无水酒精	111
四、精馏酒精生产无水酒精流程	114
第三节 盐脱水法生产无水酒精	117
一、盐脱水法生产无水酒精原理	117
二、盐脱水法生产无水酒精流程及操作	117
三、盐脱水法生产无水酒精的优点	119
第四节 有机物吸附法生产无水酒精	119
第五章 酒精发酵新技术	121
第一节 酒精连续发酵新技术	121
一、连续发酵理论	121
二、酒精连续发酵工艺实践	122
第二节 固定化酵母技术	123
第三节 大罐发酵技术	124
一、大罐发酵工艺流程	124
二、影响酒精大罐发酵的主要因素	125
第四节 细菌酒精发酵技术	127
一、发酵运动单胞菌的生理特性与酒精发酵途径	127
二、细菌酒精发酵的优势	128
第五节 酵母回收使用技术	129
一、淀粉质原料生产酒精酵母回收使用	129
二、糖蜜生产酒精酵母回收利用	130
第六节 酸性蛋白酶使用技术	131
第六章 酒精生产副产品的回收利用	132
第一节 二氧化碳的回收利用	132
一、二氧化碳的回收	132
二、干冰的制取	134
三、纯碱的生产	134
第二节 杂醇油及醛酯馏分的回收利用	135
一、杂醇油的回收利用	135
二、醛酯馏分的利用	136
第三节 酒精酵母的回收利用	137
一、酒精酵母回收流程	137
二、利用酒精酵母做饲料酵母或面包酵母	137

三、利用酒精酵母生产核糖核酸及核苷酸	138
第四节 玉米生产酒精提胚利用	139
一、玉米生产酒精提胚取油方法	140
二、半湿法提胚榨油工艺及设备	140
三、玉米油的精制	141
四、油渣及皮的综合利用	144
第五节 酒精糟的回收利用	145
一、淀粉质原料酒精糟的回收利用	146
二、糖蜜原料酒精糟的回收利用	146
第七章 酒精糟液的治理	147
第一节 淀粉质原料酒精糟处理液回用技术	148
一、淀粉质原料酒精糟处理液回用技术理论	148
二、淀粉质原料酒精糟处理液回用技术的应用实践	152
三、应用淀粉质原料酒精糟处理液回用技术的注意事项	153
第二节 糖蜜原料酒精糟处理液回用技术	154
一、糖蜜酒精糟处理液回用工艺流程	154
二、糖蜜酒精糟处理液回用的应用	155
第三节 酒精糟液处理的其他方法	155
一、谷物原料酒精糟液生产 DDGS	155
二、酒精糟滤液厌氧-好氧处理方法	156
三、SBR 法处理酒精生产废水	156
第八章 酒精清洁生产	159
第一节 宣传发动、建立组织	160
一、宣传发动、增加参与意识	160
二、组建酒精清洁生产工作小组	161
三、制定工作计划	161
第二节 酒精清洁生产预评估	162
一、预评估工作程序	162
二、企业现状调研与现场考察	162
三、确定审计重点	167
四、设置清洁生产目标	168
五、提出和实施无/低费方案	169
第三节 酒精清洁生产评估	170

一、评估的程序	170
二、评估过程中注意事项	171
三、东方酒精厂评估实例	171
第四节 清洁生产备选方案的研制和筛选	176
一、清洁生产备选方案的研制	176
二、清洁生产备选方案的筛选	177
三、清洁生产方案初步评价	178
四、继续实施简单易行的无费、低费方案	179
第五节 可行性分析论证	179
第六节 酒精清洁生产方案的实施和工作的深入	180
一、酒精清洁生产方案的实施	180
二、酒精清洁生产工作的深入	181
第九章 酒精生产效益提高	182
第一节 酒精生产计算	182
一、出酒率计算	182
二、酒精生产消耗计算	183
三、酒精生产工艺参数计算	184
第二节 酒精生产主要经济技术指标及提高对策	186
一、酒精生产主要经济技术指标	186
二、酒精生产经济技术指标提高对策	187
第三节 酒精的安全生产	188
一、酒精生产的防火防爆	188
二、压力容器的安全使用	192
三、正确使用电气设备	194
四、酒精生产设备检修的安全事项	195
第四节 酒精生产经济效益的提高	196
一、依靠科技进步深化增收节支	196
二、加强生产管理促进增收节支	197
第十章 酒精生产分析检验	199
第一节 酒精生产分析基础知识	199
一、常用仪器和设备	199
二、分析试剂和仪器的管理	202
三、化验室的安全操作	204

第二节 原料辅料的分析	206
一、淀粉质原料分析	206
二、糖蜜原料分析	214
三、酶活力的测定	222
第三节 酒精生产在制品的分析	225
一、淀粉质原料酒精生产在制品的分析	225
二、糖蜜原料酒精生产在制品的分析	237
第四节 酒精成品质量检验	238
一、检验规则	238
二、检验方法	239
附录 1 酒精生产废水污染物排放标准	247
附录 2 95 度、96 度酒精标准量折算表	247
附录 3 糖液糖锤度温度更正表(20℃)	248
附录 4 酒精度温度校正表(20℃)	252
附录 5 无水酒精质量标准 GB 678—90	255
附录 6 酒精行业主要经济技术指标	256
附录 7 酒精生产分析试剂配制	258
一、指示剂	258
二、酸类试剂	259
三、碱类试剂	261
四、盐类试剂	261
五、有机溶剂	264
六、其他试剂	269
七、缓冲溶液	271
八、染色液	271
九、四无酒精的制备	271
主要参考文献	273

第一章 总 论

酒精学名乙醇，是由碳、氢、氧 3 种元素组成的有机化合物，结构式是 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ，相对分子质量为 46。酒精既是食品、化工、医药、染料、国防等工业十分重要的基础原料，又是可再生的清洁能源。

酒精生产工业化始于 19 世纪末，至今已有百余年历史。酒精工业化生产方法有两种，即化学合成法和生物发酵法。化学合成法是以乙烯为原料加水合成酒精，其杂质含量较多，应用受到限制。生物发酵法是以淀粉质原料或糖蜜原料等通过微生物发酵产生酒精，其杂质含量较低，广泛应用于饮料、食品、香精、调味品和医药等工业。

酒精工业在国民经济中占有较重要的地位，随着国民经济的发展，世界石油储量的锐减、环境保护工作的加强和车用汽油醇需求量的增加，酒精的用途将更为广泛，酒精的需求量将与日俱增，酒精工业的前途将日趋灿烂。

第一节 酒精的性质及用途

一、酒精的性质

1. 酒精的物理性质

纯酒精是无色透明的液体，比水轻，具有特殊的芳香气和刺激味，吸湿性很强，可与水以任何比例混合并产生热量。酒精易挥发、易燃烧，燃烧时产生大量的热量，燃烧产物是水和二氧化碳。酒精蒸气与空气能形成爆炸性混合气体，爆炸极限为 3.5%~18%（体积分数）。

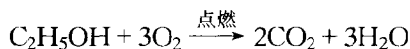
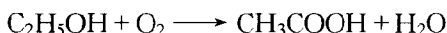
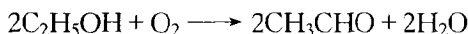
纯酒精的物理指标：沸点 78.3℃；密度 0.7893 kg/L；

折射率 1.36; 熔点 -114°C ; 闪点 12.8°C ; 比热容 $2.57\text{J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$; 蒸发热 $918.76\text{kJ}/\text{L}$ 。

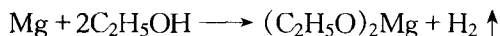
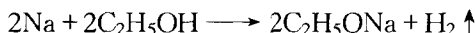
95% (体积分数) 酒精: 密度 $0.8114\text{ kg}/\text{L}$; 沸点 78.75°C ; 燃烧热 $23\,446\text{kJ}/\text{L}$ 。

2. 酒精的化学性质

(1) 氧化作用下酒精的变化



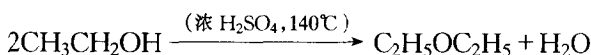
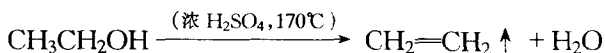
(2) 碱金属、碱土金属与酒精的作用



(3) 酸与酒精的反应



(4) 酒精的脱水反应



3. 酒精的生化性质

酒精能使细胞蛋白质凝固, 尤以 75% (体积分数) 的酒精作用最为强烈, 浓度过高, 细胞表面的蛋白质迅速凝固形成一层薄膜, 阻止酒精向内部渗透, 作用效果反而降低, 浓度过低则不能使蛋白质凝固。因此, 常选用 75% (体积分数) 的酒精作消毒杀菌剂。

酒精易被人体肠胃吸收, 吸收后迅速分解放出热量。少量酒精对大脑有兴奋作用, 数量较大则有麻醉作用, 大量酒精对肝脏和神经系统有毒害作用。

二、酒精的用途

酒精广泛应用于食品、化学、医药、染料、国防等行业, 酒精又是十分重要的清洁能源。

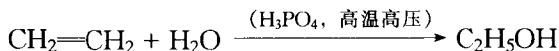
在食品行业，酒精主要用于配制各种饮料酒；在化学工业，酒精主要作为溶剂和合成用基础原料；在医药工业，酒精用于制造药品、用作消毒杀菌剂；在国防工业，酒精参与制造炸药等；酒精作为可再生清洁能源不仅可替代四乙基铅作汽油的防爆剂，还可制造汽油醇作汽车燃料，大大减少汽油燃烧时对环境的污染。总之，酒精的用途随着国民经济的发展将更为广泛。

三、酒精的生产方法

酒精的生产方法主要有化学合成法和生物发酵法两种。

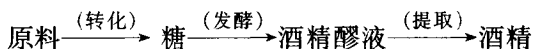
1. 化学合成法

化学合成法是以石油工业中石油裂解产生的乙烯为原料加水合成酒精的。按生产工艺分为直接水合法、硫酸吸附法和乙炔法等，常用的方法是乙烯直接水合法，即：



2. 生物发酵法

由于化学合成法酒精有含杂较多等缺陷，其应用受到限制，因此发酵法酒精仍占有重要地位，尤其是随着石油储量的锐减，发酵法酒精工业将日趋重要。发酵法酒精的原料可以是淀粉质原料、糖蜜原料、纤维素原料、野生植物和亚硫酸造纸废液。生物发酵法生产酒精过程为：



我国酒精年产量为 300 多万吨，仅次于巴西、美国，列世界第 3 位。其中发酵法酒精占绝对优势，80% 左右的酒精用淀粉质原料生产，约有 10% 的酒精用废糖蜜生产，以亚硫酸盐纸浆废液等纤维原料生产的酒精约占 2% 左右，合成酒精占酒精总产量的 3.5% 左右。

第二节 酒精生产的原辅料

发酵法生产酒精要求原料富含碳水化合物，含蛋白质适量，

少含或不含影响发酵的杂质，要求原料对人体健康无害，资源要丰富、价格要低廉，运输和贮存要方便。

发酵法生产酒精的主要辅料有糖化酶、淀粉酶、活性干酵母等。

一、酒精生产的原料

发酵法生产酒精原料主要有淀粉质原料、糖蜜原料和亚硫酸盐造纸废液等。

淀粉质原料分类为薯类原料、谷类原料和农副产品类原料。薯类原料指甘薯（地瓜）、木薯、马铃薯、山药等。谷类原料指玉米、小麦、高粱等。农副产品类原料指粮食加工的副产品，主要有淀粉渣、米粃等。

糖蜜原料指甘蔗、甜菜生产糖的副产品，其含有较多的可发酵性糖，经过酒母的发酵作用可转化为酒精。

亚硫酸盐造纸废液是造纸厂的亚硫酸盐纸浆废液，其含有可发酵糖分，调整 pH 后可用于酒精生产。

野生植物类原料主要是指橡子仁根、土茯苓、金刚头、香符子等，其含有较多的碳水化合物可转化生产酒精。

二、原料的化学组分

1. 原料的化学组分及其对酒精生产的影响

酒精生产原料的主要化学组分有淀粉、蛋白质、灰分、脂肪、纤维素、单宁等。

(1) 淀粉 经生物方法或化学方法转化为可发酵性糖，如葡萄糖，可发酵糖通过酵母转变为酒精，其含量多少决定酒精的产得率。

(2) 蛋白质 原料中所含有的蛋白质在酒精生产过程中被水解为氨基酸态氮，为酵母生长繁殖的营养成分。以薯类原料生产酒精，由于原料中含蛋白质少，因此在培养酵母时需补充氮源，一般可以补充有机氮，也可以补充无机氮，通常使用尿素和硫酸铵。

(3) 脂肪 对生产有影响，含脂肪多的原料在生产中易造成