

# 酒精工业手册

jiujinggongyeshouce

章克昌 吴佩琮 编



要 容 内

# 酒精工业手册

章克昌 吴佩琮 编

轻工业出版社

## 内 容 提 要

本手册分酒精生产工艺与设备和酒精工厂设计两篇，内容包括：与酒精生产有关的微生物，酒精生产的原辅材料，淀粉质原料酒精生产，糖蜜原料酒精生产，工厂废液生产酒精，纤维原料制酒精，发酵醪蒸馏，酒精的出酒率及其国家标准，酒精生产副产品的利用和处理，酒精工厂设计的准备，酒精生产工艺流程与生产设备的计算，酒精生产过程的物料和热量衡算，淀粉质原料酒精厂专业设备的计算和设计，动力设施计算，酒精生产的安全防火技术等章，另外还附有酒精生产常用数据表及国内主要酒精生产企业名录。

本手册供从事酒精生产、酒精工厂设计的技术人员参考，也可供有关院校师生及科研单位研究人员参阅。

轻工业出版社出版  
(北京广安门南滨河路25号)  
地质印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行  
各地新华书店经售

850×1168毫米<sup>1/32</sup> 印张：19<sup>1/32</sup> 插页：3 字数：510千字

1989年12月第一版 第一次印刷

印数：1-3,000 定价：13.70元

ISBN7-5019-0698-X/TS·0454

## 前 言

本手册叙述的对象是用发酵方法生产的酒精。

发酵酒精是一种重要的食品和化学工业原料。近年来，国际上又把它作为生物能源的一个可供选择的对象，广泛地进行研究。酒精生产新技术，新工艺不断涌现。国内酒精和液体白酒生产的总趋势是逐年发展的，特别是中小县城的白酒生产发展速度更快。但是，这些工厂的生产技术水平比较低，各项消耗指标比较高。为此，社会上很需要有一本介绍酒精生产工艺、酒精工厂设计及其它必要数据、资料的手册型的书籍，满足这种需要就是本手册编写的宗旨。

为了避免不必要的重复，本手册只编入了属于酒精生产所特有的内容，凡是共性的，其它手册上已有的内容和资料将不再罗列。

本手册分第一、第二两篇，第一篇包括：与酒精生产有关的微生物，酒精生产的原料和辅助原材料，淀粉质原料酒精生产，糖蜜原料酒精生产，工厂废液生产酒精，纤维原料制酒精，发酵醪的蒸馏，酒精的出率及其国家标准，酒精生产副产品的利用和处理等九章。第二篇包括：酒精工厂设计的准备，酒精生产工艺流程与生产设备的计算，酒精生产过程的物料和热量衡算，淀粉质原料酒精厂专业设备的计算和设计，动力设施计算，酒精生产的安全防火技术等六章。酒精工厂的微生物和化学分析部分，因为成都科技大学蔡定域老师已有专著出版，这里不再重复。

本书由章克昌主编，并编写第一篇的所有章节及第二篇的第五、六章，第二篇的第一、二、三、四章由吴佩琮编写。





# 目 录

## 第一篇 酒精生产工艺与设备

第一章 与酒精生产有关的微生物 .....	3
第一节 酵母菌 .....	3
一、啤酒酵母 .....	4
二、卡尔斯伯酵母 .....	5
三、粟酒裂殖酵母 .....	5
四、拟内孢霉 .....	6
第二节 霉菌 .....	11
一、根霉 .....	11
二、曲霉 .....	12
三、木霉 .....	13
第三节 细菌 .....	17
一、枯草芽孢杆菌 .....	18
二、发酵运动单孢菌 .....	18
三、能直接进行纤维素酒精发酵的细菌 .....	19
第四节 杂菌 .....	19
一、乳酸菌 .....	20
二、醋酸菌 .....	20
三、丁酸菌 .....	21
四、腐败菌 .....	21
五、野生酵母菌 .....	21
第五节 微生物的培养基 .....	23
一、酵母培养基 .....	24
二、霉菌培养基 .....	25
三、细菌培养基 .....	25
四、放线菌培养基 .....	26
五、培养基的灭菌和 pH .....	27

第六节 微生物的退化、复壮和保藏 .....	28
一、微生物的退化 .....	28
(一) 菌种退化的表现 .....	28
(二) 防止菌种退化的措施 .....	28
二、退化菌种的复壮 .....	29
三、菌种保藏 .....	29
(一) 酵母菌的保藏 .....	30
(二) 霉菌的保藏 .....	31
(三) 细菌的保藏 .....	33
第二章 酒精生产的原料和辅助原材料 .....	35
第一节 酒精生产的原料 .....	35
一、薯类原料 .....	35
(一) 甘薯 .....	35
(二) 木薯 .....	36
(三) 马铃薯 .....	37
二、谷物原料 .....	38
(一) 玉米 .....	38
(二) 高粱 .....	39
(三) 其它谷物 .....	39
(四) 世界和我国主要淀粉原料的产量 .....	40
三、糖类原料 .....	40
(一) 糖蜜 .....	40
(二) 甘蔗 .....	44
(三) 甜菜 .....	44
四、野生植物原料 .....	45
五、纤维原料 .....	46
(一) 农作物纤维下脚料 .....	46
(二) 森林和木材加工工业下脚 .....	48
(三) 工厂纤维和半纤维素下脚料 .....	48
(四) 城市废纤维垃圾 .....	48
六、其它原料 .....	49

(一) 亚硫酸盐纸浆 废液 .....	49
(二) 甘薯淀粉渣和马铃薯淀粉渣 .....	50
(三) 乳清 .....	51
第二节 酒精生产的辅助原材料 .....	51
一、制备糖化剂用的辅助原料 .....	51
(一) 麸皮 .....	51
(二) 米糠 .....	51
(三) 其它辅助原料 .....	52
(四) 主辅原料的容重 .....	53
二、营养盐 .....	54
(一) 过磷酸钙 .....	54
(二) 磷酸氢二铵 .....	54
(三) 硫酸铵 .....	55
(四) 尿素 .....	57
(五) 氨水 .....	58
(六) 磷酸 .....	58
(七) 氯化钾 .....	58
(八) 硫酸镁 .....	59
三、脱水剂 .....	59
(一) 纯苯和工业乙醚的规格 .....	60
(二) 离子交换树脂 .....	60
四、与酒精工业有关的化合物一览表 .....	60
五、酸类 .....	61
(一) 乳酸 .....	61
(二) 硫酸 .....	61
(三) 工业盐酸 .....	61
六、洗涤和消毒剂 .....	63
(一) 氢氧化钠 .....	63
(二) 碳酸钠 .....	63
(三) 漂白粉 .....	63
(四) 复合消毒剂 .....	64



(五) 福尔马林溶液 .....	65
(六) 合成洗涤剂 .....	65
七、消泡剂 .....	65
(一) 菜油 .....	65
(二) 油酸 .....	65
(三) 肥皂脚 .....	66
(四) 油脚 .....	66
(五) 非磺化化合物 .....	66
(六) 硅酮消泡剂 .....	66
八、水 .....	66
第三章 淀粉质原料酒精生产 .....	69
第一节 工艺流程 .....	69
第二节 原料的预处理 .....	69
一、预处理的目的是 .....	69
二、原料预处理工艺 .....	69
(一) 原料的除杂 .....	69
(二) 原料的粉碎 .....	72
三、预处理的工艺流程 .....	73
(一) 机械输送干式粉碎预处理流程 .....	73
(二) 风送干式粉碎预处理流程 .....	73
(三) 风送湿式粉碎预处理流程 .....	73
(四) 混合输送干式粉碎预处理流程 .....	73
四、原料风送的优缺点 .....	74
(一) 原料风送的优点 .....	74
(二) 原料风送的缺点 .....	74
第三节 原料的热处理 .....	74
一、原料热处理流程 .....	74
二、拌料预煮 .....	75
(一) 拌料预煮的目的 .....	75
(二) 预煮的工艺条件 .....	75
(三) 预煮的方式 .....	75

三、预煮醪的蒸煮	77
(一) 蒸煮的目的	77
(二) 淀粉的结构	77
(三) 淀粉的膨胀和溶解	79
(四) 蒸煮时原料各组成成分的变化	80
(五) 蒸煮过程与可发酵物质损失的关系	80
(六) 蒸煮的工艺流程	80
(七) 无蒸煮工艺流程	93
第四节 酶和糖化剂生产	94
一、糖化剂的种类	94
二、酶的性质和分类	95
(一) 酶的基本性质	95
(二) 酶的种类及与酒精生产有关酶	95
(三) 不同淀粉酶对淀粉的作用	103
三、糖化剂的生产工艺流程	105
(一) 谷芽的生产工艺流程	105
(二) 麸曲生产流程	105
(三) 液体曲生产工艺流程及工艺条件	111
(四) 糖化酶生产工艺	113
(五) $\alpha$ -淀粉酶生产工艺	114
第五节 蒸煮醪的糖化	115
一、糖化的目的	115
二、糖化过程中物质的变化	115
(一) 淀粉糖化时葡萄糖的理论出率	115
(二) 淀粉糖化过程中的主要产物及其性质	116
(三) 影响淀粉水解的因素	117
(四) 原料中其它物质在糖化进程中的变化	118
三、糖化工艺	118
(一) 间歇糖化	118
(二) 混合冷却连续糖化	119
(三) 真空冷却连续糖化	119
(四) 二级真空冷却连续糖化	121

(五) 双液流糖化.....	121
第六节 酒精酵母 .....	122
一、我国酒精工厂常用的酒精酵母及其特性.....	122
二、酒精酵母的培养基.....	122
(一) 酵母细胞的元素组成.....	122
(二) 酵母细胞组成.....	122
(三) 酵母细胞生长必需营养的计算.....	123
(四) 酵母培养基的组成.....	124
三、酒精酵母的发酵和呼吸.....	124
(一) 葡萄糖的酵解.....	124
(二) 丙酮酸的有氧降解.....	126
(三) 葡萄糖单磷酸己糖 (HMP) 降解途径.....	126
(四) 戊糖的降解.....	128
(五) 细菌酒精发酵途径 (ED途径) .....	129
第七节 酒精酵母的制备.....	129
一、酒精酵母制备的方法.....	129
二、酒母糖化醪的制备.....	130
(一) 制备酒母糖化醪的原料.....	130
(二) 酒母糖化醪的制备.....	130
三、实验室阶段酒母扩大培养.....	131
四、酒母车间扩大培养.....	131
(一) 流程.....	131
(二) 间歇培养法.....	131
(三) 半连续培养.....	131
(四) 连续培养.....	132
五、成熟酒母醪的质量指标.....	133
第八节 糖化醪的发酵 .....	133
一、糖化醪酒精发酵工艺.....	133
(一) 间歇发酵工艺流程.....	133
(二) 半连续发酵工艺流程.....	134
(三) 连续发酵的理论基础.....	135

(四) 连续发酵工艺流程.....	137
二、成熟发酵醪的指标.....	139
三、酒精异常发酵.....	139
四、酒精发酵新工艺.....	140
(一) 高效酒精发酵.....	140
(二) 细菌发酵.....	145
第九节 从二氧化碳中回收酒精 .....	148
一、二氧化碳带走的酒精量.....	148
二、二氧化碳酒精回收装置.....	149
(一) 泡罩式酒精捕集器.....	149
(二) 填料式酒精捕集器.....	149
(三) 薄膜冷凝式酒精捕集器.....	149
第四章 糖蜜原料酒精生产.....	151
第一节 糖蜜酒精发酵的特点 .....	151
第二节 糖蜜酒精发酵的工艺流程 .....	152
一、糖蜜酒精发酵流程.....	152
二、双浓度流程.....	152
三、单浓度流程.....	152
第三节 稀糖液的制备 .....	153
一、糖蜜的稀释.....	153
(一) 稀释流程.....	153
(二) 稀释方法.....	153
二、糖蜜的酸化.....	156
三、糖蜜的灭菌.....	158
四、营养盐的添加.....	158
五、稀糖液的澄清.....	159
第四节 糖蜜酒精酵母的制备 .....	160
一、酵母菌种.....	160
二、纯种酵母的扩大培养.....	160
第五节 稀糖液的酒精发酵.....	162
一、稀糖液的间歇发酵.....	162

二、连续发酵	162
(一) 单罐搅拌均相连续发酵法	162
(二) 多罐梯级式连续发酵法	162
三、连续发酵时酵母的生理特性	165
四、连续发酵的控制	166
(一) 发酵罐组罐数的确定	166
(二) 首罐容积的确定	166
(三) 污染的防止	166
(四) 二氧化碳“气塞”的防止	167
五、单浓度和双浓度发酵工艺的比较	167
六、糖蜜发酵损失的计算	168
七、回收面包酵母糖蜜酒精发酵的特点	169
八、酵母和发酵车间的卫生工作	169
<b>第五章 工厂废液生产酒精</b>	<b>171</b>
<b>第一节 亚硫酸盐纸浆废液生产酒精</b>	<b>171</b>
一、亚硫酸盐纸浆废液的组成	171
二、亚硫酸盐纸浆废液的预处理	172
三、亚硫酸盐纸浆废液的酒精发酵	175
<b>第二节 乳清生产酒精</b>	<b>177</b>
<b>第六章 纤维原料制酒精</b>	<b>179</b>
<b>第一节 纤维素结构的特点</b>	<b>179</b>
<b>第二节 纤维原料生产酒精的工艺流程</b>	<b>179</b>
一、纤维素酸水解酒精生产工艺流程	179
二、纤维素酶水解酒精生产工艺流程	180
三、酸水解和酶水解工艺的比较	180
<b>第三节 纤维原料的预处理</b>	<b>181</b>
<b>第四节 纤维素的酸水解</b>	<b>183</b>
一、酸水解的方法	183
二、酸水解的液比系数	183
三、渗滤水解法	184
四、GIT 工艺流程	185



五、城市废纤维垃圾酸水解酒精生产工艺	187
第五节 纤维素的酶水解	188
一、木霉纤维酶的特点	188
二、木霉纤维素酶系统	188
三、纤维素酶水解生产酒精流程	189
第六节 半纤维素酒精生产工艺	193
一、半纤维素的结构	193
二、半纤维素的水解	193
三、木糖酒精发酵机理	194
四、半纤维素水解和酒精发酵工艺	194
(一) 半纤维素水解工艺	194
(二) 半纤维素水解液的酒精发酵	195
第七章 发酵醪的蒸馏	198
第一节 成熟发酵醪的组成	198
第二节 酒精及酒精水溶液的物理化学常数	198
一、酒精的蒸气张力	199
二、酒精的气化潜热	199
三、酒精的热容量	200
四、酒精水溶液和蒸气的比重	201
五、酒精水溶液的导热系数	202
六、水—酒精溶液的粘度	203
七、不同压力下水—酒精系统中的平衡数据	204
八、不同压力下酒精、水二元恒沸混合物中酒精含量	210
九、酒精的物理化学性质	210
(一) 酒精的物理性质	210
(二) 酒精的化学性质	211
第三节 酒精蒸馏、精馏过程的原理	211
一、蒸馏的目的	211
二、精馏的目的	211
三、粗酒精中的杂质及其分类	212
(一) 粗酒精中杂质的含量	212

(二)	酒精和杂质的挥发系数和杂质的精馏系数	213
(三)	杂质的分类	215
<b>第四节</b>	<b>酒精蒸馏和精馏流程及其操作条件</b>	216
一、	粗酒精和酒精—水蒸气	216
二、	酒精连续蒸馏、精馏工艺流程	216
(一)	两塔流程	216
(二)	三塔流程	218
(三)	多塔流程	221
三、	蒸馏、精馏装置的操作要点	223
(一)	三塔装置的操作条件	223
(二)	成品提取	224
(三)	杂醇油的提取和分离	224
(四)	醛酯馏分的提取	225
(五)	甲醇的排除	226
(六)	酒精的化学处理	226
(七)	废液排除	227
四、	节能蒸馏工艺流程	228
五、	无水酒精制备	230
(一)	酒精共沸脱水法	230
(二)	离子交换脱水法	231
(三)	加盐脱水法	231
<b>第五节</b>	<b>常用的蒸馏塔板</b>	232
<b>第八章</b>	<b>酒精的出率及其国家标准</b>	234
<b>第一节</b>	<b>酒精的得率</b>	234
一、	酒精的理论得率	234
二、	酒精生产过程中的损失	234
三、	原料出酒率指标	235
四、	淀粉利用率和酒精的实际得率	236
<b>第二节</b>	<b>酒精的国家标准</b>	237
<b>第九章</b>	<b>酒精生产副产品的利用和处理</b>	238
<b>第一节</b>	<b>以糖蜜酒精发酵醪中制取面包酵母</b>	238

一、生产流程	238
二、酵母七级离心分离	238
第二节 酒糟生产饲料酵母和畜用维生素浓缩剂	240
一、糖蜜和淀粉原料酒精废糟的化学组成	240
二、糖蜜酒糟生产干饲料酵母工艺流程	242
三、淀粉原料酒糟生产干饲料酵母工艺流程	243
四、酒糟生产饲料酵母工艺过程说明	244
五、淀粉原料酒糟生产白地霉	249
第三节 淀粉原料干酒糟生产	249
一、干酒糟的饲用价值	249
二、酒糟干燥工艺流程	251
第四节 酒糟的生物处理	255
一、酒糟的甲烷发酵	255
二、酒糟罐式厌氧发酵工艺	256
三、日本甲烷发酵、活性污泥法合用废液处理工艺	258
第五节 二氧化碳利用	261
一、酒精发酵气体组成	261
二、二氧化碳的用途	261
三、二氧化碳气体的净化	261
四、液体二氧化碳生产工艺	262
五、固体二氧化碳(干冰)生产	264

## 第二篇 酒精工厂设计

第一章 酒精工厂设计的准备	267
第一节 设计的程序	267
第二节 厂址选择	268
第三节 设计基础资料收集的内容	271
第四节 工厂的总平面布置	273
第二章 酒精生产工艺流程与生产设备的选择	278
第一节 工艺流程与生产设备选择的原则	278
第二节 酒精生产的工艺流程	279

第三节	蒸汽、汽凝水流程	279
第四节	水在生产过程中的流程	281
第五节	工艺设备流程图的要求	282
第三章	酒精生产过程的物料和热量衡算	283
第一节	酒精生产过程的总物料衡算	285
一、	总物料衡算的主要计算项目	285
二、	车间(或工段)的物料衡算	285
三、	原料消耗的计算	286
四、	蒸煮醪量的计算	288
五、	糖化醪与发酵醪量的计算	290
六、	成品与废醪量的计算	292
七、	对给定生产能力酒精厂的总物料和在制品的计算	296
第二节	酒精生产各工段的物料和能量衡算	297
一、	蒸煮工段的物料和热量衡算	298
二、	糖化冷却工段的物料和热量衡算	302
三、	酒母发酵工段的物料和热量衡算	305
四、	蒸馏工段的物料和热量衡算	308
第三节	酒精生产过程物料、热量衡算的换算系数与 主要公式汇总	317
一、	淀粉质原料酒精厂各生产环节收率的计算	317
二、	物料衡算公式	318
三、	热量衡算公式	322
第四节	酒精生产过程的供汽衡算	325
一、	蒸煮、糖化和蒸馏工段蒸汽消耗和废气放出量	325
二、	发酵、糖化工段消毒和杀菌蒸汽用量	327
三、	酒精厂平均蒸汽用量	330
第五节	酒精生产过程的供水衡算	332
第四章	淀粉质原料的酒精厂专业设备的计算和设计	336
第一节	原料处理工段的设备计算	336
一、	原料输送装置选型计算	336