

# 酒精与蒸馏酒工艺学

章克昌 主编

中国轻工业出版社

# 酒精与蒸馏酒工艺学

章克昌 主编

中国轻工业出版社

(京)新登字 034 号

### 内 容 提 要

本书是轻工高等院校工业发酵专业教材委员会组织编写的教学用书,共有酒精生产工艺和蒸馏酒生产工艺两篇。第一篇分六章,系统地介绍了淀粉质原料、糖质原料、纤维素原料酒精生产的工艺理论、生产技术、有关设备、综合利用、废液处理和国内外最新科研成果及动向;第二篇分五章,系统地介绍了固态发酵法、半固态发酵法和液态发酵法生产白酒,国际主要蒸馏酒的生产工艺及蒸馏酒的风味与化学组成的理论等。

本书用作高等院校工业发酵专业教材,也可供从事酒精与蒸馏酒生产、科研和设计院所的技术人员以及有关院校的师生参考。

#### 图书在版编目(CIP)数据

酒精与蒸馏酒工艺学/章克昌主编. —北京:中国轻工业出版社,1995. 2

ISBN 7-5019-1706-X

I. 酒… II. 章… III. ①乙醇,食用-酿造-工艺学②蒸馏酒-酿造-工艺学 IV. ①TS262.2  
②TS262.3

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第15731号

中国轻工业出版社出版  
(北京市东长安街6号)  
河北省高碑店市印刷厂印刷  
新华书店北京发行所发行  
各地新华书店经售

787×1092毫米 1/16印张:37 字数:833千字

1995年1月 第1版第1次印刷

印数:1-10000 定价:38.00元

## 编者说明

本书原是轻工高等院校工业发酵专业教材委员会决定编写的教科书，现改为科技书出版，但仍能作为有关高等院校和中等专科学校的教学用书。

本书由无锡轻工业学院章克昌主编，徐文琦和顾国贤参加编写。

本书共分两篇。第一篇酒精生产工艺，共分六章，系统地介绍了淀粉质原料、糖质原料、纤维素原料酒精生产的工艺理论、生产技术、有关设备、综合利用、废液处理和国内外最新科研成果及动向。第二篇蒸馏酒生产工艺，共分五章，系统地介绍固态发酵法、半固态发酵法和液态发酵法生产白酒，国际主要蒸馏酒生产及蒸馏酒的质量与风味等工艺理论、生产技术及白酒质量等问题。

近年来国内外酒精生产和蒸馏酒生产发展很快，出现了许多新技术和新工艺，编者虽然尽力收集最新资料，但限于能力和水平，书中一定有许多遗漏和不当之处，盼望读者批评指正。

编者

# 目 录

## 第一篇 酒精生产工艺

<b>第一章 绪论</b> .....	( 1 )
第一节 课程的目的与任务 .....	( 1 )
第二节 酒精的用途及其在国民经济中的地位 .....	( 1 )
第三节 酒精生产技术发展史 .....	( 2 )
第四节 我国生产酒精的规格及其生产工艺流程 .....	( 4 )
一、我国生产酒精的规格 .....	( 4 )
二、发酵酒精生产二艺流程 .....	( 6 )
第五节 目前酒精生产存在的主要问题及对策 .....	( 6 )
<b>第二章 原料、水和辅助原材料</b> .....	( 8 )
第一节 酒精生产原料 .....	( 8 )
一、原料的定义 .....	( 8 )
二、原料选择的原则 .....	( 8 )
三、常用的原料种类 .....	( 8 )
四、常用原料的化学组成 .....	( 9 )
第二节 淀粉质原料 .....	( 10 )
一、薯类原料 .....	( 10 )
二、谷物原料 .....	( 13 )
第三节 糖质原料 .....	( 16 )
一、糖蜜 .....	( 16 )
二、甘蔗 .....	( 18 )
三、甜菜 .....	( 19 )
四、甜高粱 .....	( 20 )
第四节 纤维质原料 .....	( 21 )
一、农作物纤维下脚料 .....	( 21 )
二、森林和木材加工工业的下脚料 .....	( 23 )
三、工厂纤维和半纤维素下脚料 .....	( 23 )
四、城市废纤维垃圾 .....	( 23 )
第五节 其他原料 .....	( 24 )
一、亚硫酸盐废液 .....	( 24 )
二、乳清 .....	( 24 )
三、甘薯淀粉渣和马铃薯淀粉渣 .....	( 24 )

第六节	水	( 25 )
第七节	辅助原材料	( 25 )
一、	辅助原料	( 25 )
二、	辅助材料	( 27 )
<b>第三章</b>	<b>淀粉质原料酒精生产工艺</b>	( 30 )
第一节	淀粉质原料酒精生产的特点及流程	( 30 )
一、	淀粉质原料酒精生产的特点	( 30 )
二、	淀粉质原料酒精生产的流程	( 30 )
第二节	原料的预处理和输送	( 31 )
一、	原料预处理的内容	( 31 )
二、	原料的除杂	( 31 )
三、	原料的粉碎	( 33 )
四、	原料的输送	( 35 )
五、	原料预处理流程	( 36 )
六、	原料粉碎度对蒸煮工艺的影响	( 37 )
第三节	原料的水-热处理	( 39 )
一、	原料水-热处理的目的	( 39 )
二、	原料水-热处理的理论基础	( 39 )
三、	高压蒸煮工艺流程	( 48 )
四、	无蒸煮工艺的研究和实践	( 62 )
第四节	糖化剂生产	( 70 )
一、	糖化剂生产的发展历史	( 70 )
二、	淀粉酶系统和与糖化有关酶的性质	( 71 )
三、	淀粉酶系统水解淀粉的机制	( 74 )
四、	生产上常用的糖化剂生产菌及其酶系特性	( 75 )
五、	影响曲霉菌生长和淀粉酶产生的主要因素	( 78 )
六、	固体曲生产工艺	( 82 )
七、	液体曲生产工艺	( 89 )
第五节	糖化工艺	( 99 )
一、	糖化的目的	( 99 )
二、	淀粉水解的化学机理	( 99 )
三、	糖化醪的碳水化合物组成	( 101 )
四、	淀粉的水解动力学	( 103 )
五、	影响水解速度的因素	( 103 )
六、	糖化过程中物质的变化	( 104 )
七、	糖化方法	( 105 )
八、	糖化过程的控制	( 110 )
九、	糖化工艺的发展趋势	( 111 )

第六节	酒精酵母 .....	( 112 )
一、	酵母的一般性质 .....	( 112 )
二、	酒精生产对酵母的要求 .....	( 113 )
三、	酒精生产中常用的酵母菌株 .....	( 113 )
四、	酵母的生长条件 .....	( 114 )
五、	生物合成和发酵产品的糖耗 .....	( 119 )
六、	酵母的扩大培养 .....	( 120 )
七、	酒母的质量指标 .....	( 124 )
八、	污染酒母的净化 .....	( 125 )
九、	影响酒母质量的主要因素 .....	( 125 )
十、	酒母制备工艺展望 .....	( 127 )
第七节	糖化醪的发酵 .....	( 130 )
一、	酒精发酵的目的和要求 .....	( 130 )
二、	酒精发酵机理 .....	( 130 )
三、	酒精发酵工艺 .....	( 139 )
四、	酒精发酵设备 .....	( 150 )
五、	发酵成熟醪指标 .....	( 151 )
六、	影响酒精发酵的因素 .....	( 153 )
七、	酒精发酵中常见的杂菌, 污染的危害及其防止 .....	( 154 )
八、	从二氧化碳中回收酒精 .....	( 157 )
九、	酒精发酵新技术 .....	( 158 )
第八节	发酵成熟醪的蒸馏和精馏 .....	( 171 )
一、	发酵成熟醪的化学组成与杂质的分类 .....	( 172 )
二、	酒精蒸馏的基本原理 .....	( 173 )
三、	酒精精馏的基本原理 .....	( 178 )
四、	酒精蒸馏精馏工艺流程和操作 .....	( 188 )
五、	常用的蒸馏精馏塔板 .....	( 204 )
六、	酒精的化学处理 .....	( 210 )
七、	蒸馏过程中酒精的损失 .....	( 211 )
八、	无水酒精的制备 .....	( 211 )
九、	节能蒸馏和酒精回收新技术 .....	( 218 )
第九节	淀粉出酒率和淀粉利用率 .....	( 238 )
一、	淀粉理论出酒率 .....	( 238 )
二、	可发酵性物质和酒精的损失 .....	( 239 )
三、	实际出酒率和淀粉利用率 .....	( 240 )
第四章	糖质原料酒精生产工艺 .....	( 242 )
第一节	糖质原料酒精发酵的特点和工艺流程 .....	( 242 )
一、	糖蜜酒精发酵的特点 .....	( 242 )

二、糖蜜酒精生产流程 .....	( 243 )
<b>第二节 糖蜜稀糖液的制备 .....</b>	<b>( 243 )</b>
一、糖蜜的稀释 .....	( 243 )
二、糖蜜的酸化 .....	( 245 )
三、营养盐的添加 .....	( 246 )
四、糖蜜的灭菌 .....	( 248 )
五、稀糖液的澄清 .....	( 249 )
六、稀糖液的制备流程 .....	( 249 )
<b>第三节 糖蜜发酵酒母的制备 .....</b>	<b>( 250 )</b>
一、糖蜜发酵对酵母菌种的要求 .....	( 250 )
二、常用的酵母菌种及其特性 .....	( 250 )
三、酒母的制备 .....	( 253 )
<b>第四节 稀糖液的发酵 .....</b>	<b>( 257 )</b>
一、影响发酵产品生成的因素 .....	( 257 )
二、发酵过程的基本模式 .....	( 263 )
三、糖蜜酒精发酵工艺流程 .....	( 267 )
<b>第五节 其他糖质原料的酒精发酵 .....</b>	<b>( 289 )</b>
一、甘蔗直接生产酒精工艺 .....	( 290 )
二、甜菜直接生产酒精工艺 .....	( 290 )
三、乳清生产酒精工艺 .....	( 291 )
<b>第五章 纤维质原料酒精生产工艺 .....</b>	<b>( 292 )</b>
<b>第一节 前言 .....</b>	<b>( 292 )</b>
<b>第二节 纤维质原料的构成和性质 .....</b>	<b>( 293 )</b>
一、纤维素的结构和性质 .....	( 293 )
二、半纤维素的结构和性质 .....	( 295 )
三、木质素的结构和性质 .....	( 297 )
<b>第三节 纤维的预处理 .....</b>	<b>( 297 )</b>
一、物理方法 .....	( 298 )
二、化学方法 .....	( 301 )
三、其他预处理方法 .....	( 302 )
<b>第四节 纤维素酸水解 .....</b>	<b>( 303 )</b>
一、植物纤维酸水解机理 .....	( 303 )
二、浓酸水解 .....	( 304 )
三、稀酸水解 .....	( 304 )
四、序列阶段酸水解 .....	( 306 )
五、影响酸水解的因素 .....	( 308 )
六、稀酸水解的几种常用方法 .....	( 309 )
<b>第五节 纤维素酶水解 .....</b>	<b>( 310 )</b>



一、纤维素酶水解的理论 .....	( 310 )
二、纤维素酶和木聚糖酶生产 .....	( 315 )
第六节    纤维质原料酒精生产工艺流程 .....	( 327 )
一、酸水解酒精生产工艺流程 .....	( 327 )
二、酶水解酒精生产工艺流程 .....	( 328 )
第七节    半纤维素制酒精工艺流程 .....	( 335 )
一、LORRE 半纤维素生产酒精流程 .....	( 335 )
二、直接发酵木糖为酒精的研究 .....	( 336 )
第八节    亚硫酸盐纸浆废液生产酒精的工艺流程 .....	( 339 )
一、亚硫酸纸浆废液的组成 .....	( 339 )
二、亚硫酸纸浆废液的前处理 .....	( 341 )
三、亚硫酸纸浆废液的酒精发酵 .....	( 342 )
<b>第六章    副产品的综合利用及污水处理 .....</b>	<b>( 345 )</b>
第一节    二氧化碳的综合利用 .....	( 345 )
一、酒精发酵气体组成 .....	( 345 )
二、二氧化碳的净化 .....	( 346 )
三、液体二氧化碳生产工艺 .....	( 346 )
四、固体二氧化碳(干冰)生产 .....	( 347 )
五、纯碱和轻质碳酸钙的制造 .....	( 348 )
第二节    杂醇油和醛酯馏分的利用 .....	( 349 )
一、杂醇油的利用 .....	( 349 )
二、醛酯馏分的利用 .....	( 349 )
第三节    淀粉质原料酒糟的综合利用 .....	( 349 )
一、淀粉质原料酒糟的组成 .....	( 350 )
二、酒糟干燥生产饲料 .....	( 351 )
三、酒糟生产菌体蛋白 .....	( 359 )
四、酒糟滤液回用 .....	( 370 )
五、酒糟生产其他发酵产品 .....	( 378 )
六、酒糟的甲烷发酵 .....	( 382 )
七、淀粉质原料酒糟的其他利用 .....	( 395 )
第四节    糖质原料酒糟的综合利用 .....	( 396 )
一、糖蜜酒糟的组成 .....	( 396 )
二、从糖蜜酒精发酵醪中制取面包酵母 .....	( 397 )
三、糖蜜酒糟生产饲料酵母 .....	( 401 )
四、糖蜜酒糟的浓缩和干燥 .....	( 404 )
五、糖蜜酒糟的厌氧发酵 .....	( 407 )
六、酒糟焚烧回收钾盐 .....	( 409 )
七、糖蜜酒糟用作水泥增塑剂 .....	( 410 )

八、糖蜜酒糟的综合利用方案 .....	(410)
九、几种糖蜜酒糟处理方案的比较 .....	(411)
<b>第五节 酒精工厂污水处理 .....</b>	<b>(412)</b>
一、各类污水的性质 .....	(412)
二、污水的净化措施 .....	(413)

## 第二篇 蒸馏酒生产工艺

<b>第七章 蒸馏酒的概述 .....</b>	<b>(417)</b>
<b>第一节 蒸馏酒的起源 .....</b>	<b>(417)</b>
<b>第二节 蒸馏酒分类 .....</b>	<b>(418)</b>
一、蒸馏酒分类 .....	(418)
二、世界蒸馏酒的生产消费 .....	(419)
三、中国白酒的分类 .....	(420)
<b>第八章 酒曲生产工艺 .....</b>	<b>(422)</b>
<b>第一节 酒曲概述 .....</b>	<b>(422)</b>
一、大曲 .....	(422)
二、小曲 .....	(422)
三、麸曲 .....	(423)
<b>第二节 大曲的特点和类型 .....</b>	<b>(423)</b>
一、大曲的特点 .....	(423)
二、大曲的类型 .....	(425)
<b>第三节 大曲生产工艺 .....</b>	<b>(427)</b>
一、高温大曲生产工艺 .....	(427)
二、中温大曲生产工艺 .....	(430)
三、偏高温大曲生产工艺 .....	(433)
<b>第四节 大曲制备中的微生物消长与分布 .....</b>	<b>(434)</b>
一、制曲过程中微生物群类的变化 .....	(434)
二、微生物在曲块中的分布 .....	(437)
三、大曲贮存中微生物及酶活性变化 .....	(437)
四、不同类型大曲的微生物及酶活性状况 .....	(438)
<b>第五节 大曲的质量及病害 .....</b>	<b>(439)</b>
一、大曲的感官鉴别 .....	(439)
二、大曲的化学成分及生化性能 .....	(440)
三、大曲的病害及其处理 .....	(440)
<b>第六节 大曲生产的进展 .....</b>	<b>(441)</b>
一、全年制曲 .....	(441)
二、高层制曲 .....	(442)
三、架子曲和曲室的自动调节 .....	(442)

四、机械压曲 .....	( 442 )
五、强化大曲 .....	( 442 )
第七节    小曲生产工艺 .....	( 444 )
一、小曲微生物及其酶系 .....	( 445 )
二、单一药小曲的生产 .....	( 446 )
三、纯种根霉酵母散曲的生产 .....	( 447 )
<b>第九章    大曲白酒生产工艺 .....</b>	<b>( 449 )</b>
第一节    大曲白酒生产工艺的主要特点和类型 .....	( 449 )
一、大曲白酒生产工艺的主要特点 .....	( 449 )
二、大曲白酒的生产类型 .....	( 450 )
第二节    泸香型大曲白酒生产工艺 .....	( 451 )
一、典型的续渣工艺——老五甑操作法 .....	( 451 )
二、泸香型大曲白酒生产工艺 .....	( 453 )
第三节    汾香型大曲白酒生产工艺 .....	( 465 )
一、汾香型大曲白酒的生产特点 .....	( 465 )
二、汾香型大曲白酒生产工艺 .....	( 465 )
第四节    茅香型大曲白酒生产工艺 .....	( 472 )
一、茅台酒酿造工艺流程 .....	( 473 )
二、工艺说明 .....	( 473 )
第五节    凤香型大曲白酒生产工艺 .....	( 477 )
一、西凤酒的生产特点 .....	( 477 )
二、制曲工艺 .....	( 477 )
三、酿酒工艺 .....	( 478 )
第六节    大曲发酵酒醅微生物的构成及消长 .....	( 481 )
一、大曲发酵酒醅微生物的构成 .....	( 481 )
二、发酵过程中浓香型酒醅微生物的消长 .....	( 482 )
三、微生物消长引起的酒醅理化反应 .....	( 483 )
第七节    曲酒发酵期间风味物质的形成 .....	( 483 )
一、醇类 .....	( 484 )
二、酸类 .....	( 486 )
三、酯类 .....	( 488 )
四、醛类 .....	( 488 )
五、 $\alpha$ -联酮 .....	( 489 )
六、芳香族化合物 .....	( 490 )
七、硫化物 .....	( 491 )
第八节    人工老窖 .....	( 492 )
一、老窖的形成 .....	( 492 )
二、窖泥主要微生物及其分布 .....	( 492 )

三、己酸乙酯形成的基本理论 .....	( 494 )
四、人工老窖泥的制作 .....	( 495 )
五、窖泥的退化、保养和强化 .....	( 497 )
<b>第九节    大曲白酒的蒸馏 .....</b>	<b>( 498 )</b>
一、固态蒸馏的基本原理 .....	( 499 )
二、上甑过程中酒精及其他成分的变化 .....	( 500 )
三、接酒过程中馏分的物质变化 .....	( 501 )
四、大曲白酒的蒸馏设备和有关工艺参数 .....	( 504 )
<b>第十节    大曲白酒的老熟、勾兑和调味 .....</b>	<b>( 505 )</b>
一、贮存与老熟 .....	( 505 )
二、勾兑 .....	( 507 )
三、调味 .....	( 510 )
<b>第十一节    提高大曲酒质量的工艺措施 .....</b>	<b>( 513 )</b>
一、大曲酒生产的安全度夏 .....	( 513 )
二、回酒发酵和回糟发酵 .....	( 514 )
三、夹泥发酵、加液蒸馏 .....	( 514 )
四、黄水的利用 .....	( 514 )
五、双轮底糟的利用 .....	( 515 )
六、双层蒸馏、两级冷凝 .....	( 515 )
<b>第十章    其他蒸馏酒生产工艺 .....</b>	<b>( 516 )</b>
<b>第一节    小曲白酒生产工艺 .....</b>	<b>( 516 )</b>
一、半固态发酵法生产小曲白酒 .....	( 516 )
二、固态发酵法生产小曲白酒 .....	( 518 )
<b>第二节    大曲小曲串香白酒生产工艺 .....</b>	<b>( 519 )</b>
一、董酒生产工艺流程 .....	( 520 )
二、大曲、小曲制造 .....	( 520 )
三、制酒 .....	( 520 )
<b>第三节    麸曲白酒生产工艺 .....</b>	<b>( 521 )</b>
一、生产工艺流程 .....	( 522 )
二、生产工艺 .....	( 522 )
<b>第四节    液态发酵白酒生产工艺 .....</b>	<b>( 523 )</b>
一、液态法白酒与固态法白酒的区别 .....	( 523 )
二、固-液结合法白酒生产 .....	( 524 )
<b>第五节    低度白酒生产工艺 .....</b>	<b>( 525 )</b>
一、白酒降度的意义 .....	( 525 )
二、中国白酒降度出现白浊原因 .....	( 527 )
三、低度白酒制造方法 .....	( 528 )
四、低度白酒制造中的几个问题 .....	( 529 )

第六节	威士忌生产工艺 .....	( 530 )
一、概述 .....	( 530 )	
二、威士忌生产原料和酿造水的要求 .....	( 532 )	
三、麦芽制造 .....	( 532 )	
四、糖化 .....	( 532 )	
五、发酵 .....	( 533 )	
六、蒸馏 .....	( 534 )	
七、贮陈 .....	( 536 )	
八、调合 .....	( 537 )	
第七节	老姆酒生产工艺 .....	( 537 )
一、原料及其处理 .....	( 538 )	
二、酒母 .....	( 539 )	
三、发酵 .....	( 540 )	
四、蒸馏 .....	( 541 )	
五、后熟 .....	( 542 )	
六、勾兑 .....	( 543 )	
第八节	俄得克酒生产工艺 .....	( 544 )
一、俄得克酒的品种 .....	( 544 )	
二、俄得克酒生产工艺 .....	( 545 )	
三、俄得克酒生产设备 .....	( 548 )	
<b>第十一章</b>	<b>蒸馏酒的风味和化学组成 .....</b>	<b>( 552 )</b>
第一节	蒸馏酒的感官特性 .....	( 552 )
一、外观 .....	( 552 )	
二、香味 .....	( 553 )	
三、口味 .....	( 554 )	
四、体 .....	( 556 )	
第二节	蒸馏酒中香味物质化学 .....	( 556 )
一、蒸馏酒中醇类物质和香味 .....	( 556 )	
二、蒸馏酒中羰基化合物和香味 .....	( 560 )	
三、蒸馏酒中羧酸、酯和香味 .....	( 563 )	
四、蒸馏酒中其他香味物质 .....	( 568 )	
第三节	蒸馏酒的口味物质 .....	( 570 )
一、蒸馏酒的甜味物质 .....	( 570 )	
二、蒸馏酒的酸味物质 .....	( 571 )	
三、蒸馏酒的苦味物质 .....	( 572 )	
四、蒸馏酒中的咸味物质 .....	( 573 )	
五、蒸馏酒中的其他口味物质 .....	( 573 )	
第四节	中国白酒的香味和风味特性 .....	( 574 )

一、中国白酒的香味和风味来源 .....	( 574 )
二、中国白酒的香味和口味独特性 .....	( 575 )
<b>主要参考资料</b> .....	( 577 )

# 第一篇 酒精生产工艺

## 第一章 绪 论

### 第一节 课程的目的与任务

加工不同原料为酒精的过程和方法的科学叫“酒精工艺学”。本课程叙述的工艺只涉及用发酵方法生产酒精，乙烯水化法等合成酒精生产工艺应在另外专著中叙述。

学习本课程的目的和任务是使学生在已学过的微生物学、生物化学、化工原理等基础理论的基础上，学习酒精发酵的机理，生产工艺的理论和各种生产工艺流程；明确工艺对设备结构的要求；了解我国酒精生产的实际情况和当前世界酒精工业发展的趋势和研究动向。

通过本课程的学习，学生应该能够根据原料的特点及工厂的实际情况，选择合理的工艺流程和工艺条件；能够发现和解决常规酒精生产中的技术问题，维持生产的正常运转；应初步具有开发新菌种、新工艺和新技术的科研能力及进行酒精工厂工艺设计的能力。

### 第二节 酒精的用途及其在国民经济中的地位

酒精广泛地应用于国民经济的许多部门：在食品工业中，酒精是配制各类白酒、果酒、葡萄酒、露酒、药酒和生产食用醋酸及食用香精的主要原料；它也是许多化工产品不可缺少的基础原料和溶剂，利用酒精可以制造合成橡胶、聚氯乙烯、聚苯乙烯、乙二醇、冰醋酸、苯胺、乙醚、酯类、环氧乙烷等氯乙醇、二氯乙烷和乙基苯等大量化工产品；它是生产油漆和化妆品不可缺少的溶剂；在医药工业和医疗事业中，酒精用来配制、提取医药制剂和作为消毒剂；染料生产，国防工业等其他工业部门也需要大量的酒精。

酒精工业与农业也有十分密切的联系。酒精工业从农业获得原料，农业需要酒精来制备农药，此外，酒精工业的下脚料——酒糟经过适当的处理后是良好的饲料或肥料。而且，酒精工业是唯一能利用败坏粮食原料，并将它转化成优质产品的工业部门。酒精生产是农业原料深度加工和综合利用的一条重要途径。

1973年以后，世界上接连发生了两次石油禁运（西方称之为石油危机），严重地影响了西方国家的石油供应。代用燃料的研究得到了广泛的重视。酒精作为一种可能的潜在能源而身价百倍。在汽油中添加5~20%无水酒精而成的汽油醇（gasohol）应运而生。巴

西在利用酒精作为汽油代用品方面走在世界前列。另外，酒精还可以作为抗爆剂添加到汽油中，以代替四乙基铅，这样做可以减轻汽油燃烧废气对空气的污染。1981年美国有269百万升酒精用作燃料。目前巴西有200万辆汽车是用酒精作燃料的。

1982年我国酒精的消费构成见表1-1。

表 1-1 我国酒精的消费构成

部 数 量	医药与 卫生	农 药	醋 酸	合 成 橡 胶	染 料	油 漆	其 他 化 工	轻 工	其 他	合 计
万吨	8	6	6	6	3	1	6	15	5	50
%	14	11	11	11	5	2	10	27	9	100

合成酒精在西方发达国家代替了大部分发酵酒精的市场，但是，除了美国的醋以外，其他国家规定，凡是人体摄用的，如饮料、食品防腐等食品添加剂、醋、香料、医药用酒精的一部分，都限于使用发酵酒精。

综上所述，酒精工业在国民经济中占有重要的地位。随着化学工业和其他新兴工业的发展，酒精的用途将更为广泛。

酒精发酵生产的副产物杂醇油，主要含有高级醇和酯类，可以用来制造香料、油漆和增塑剂，也可作为溶剂。二氧化碳可制成液体二氧化碳或干冰。前者可用于清凉饮料、消防灭火及焊接事业，后者可作为冷冻剂及人工降雨材料。1988年以来，人们对温室效应对地球生态环境的影响日益重视。研究表明，用发酵酒精代替或部分代替汽油作为汽车燃料是减少CO<sub>2</sub>排放，缓和温室效应的有效措施之一。这一共识将促进发酵酒精作为生物能源的发展。

### 第三节 酒精生产技术发展史

历史上，关于蒸馏酒精的最早描述者是12世纪的Mappae Clavicula，他在自己的记述中谈到了酒精可以用作燃料和溶剂的情况。18世纪末，首次报道了无水酒精的生产方法。但是真正的工业化酒精生产是在19世纪末开始发展起来的，一直到第二次世界大战期间，发酵法酒精生产达到了高峰。

第二次世界大战后，石油工业副产品乙烯的价格便宜了，以乙烯为原料的化学合成酒精大发展，迫使西方国家许多发酵酒精工厂转产或倒闭。60年代，西方国家合成酒精技术的发展(乙烯气相催化、氢化工艺的出现)进一步增强了合成酒精的竞争能力，致使在70年代初，西方发达国家合成酒精产量占整个酒精产量的80%以上，发酵酒精生产萎缩。这段时期内，我国和前苏联、东欧等国家的酒精生产情况与西方国家不同，酒精产量和生产技术仍持续得到发展，这是因为这些国家的石化工业相对来讲不够发达，发酵酒精始终占主导地位的缘故。不过，从世界范围来说，这一段时间是酒精生产发展的低谷。

1973年阿拉伯国家的石油禁运使得世界石油价格猛涨，每桶原油价格从原有的2.59美元暴涨到11.65美元，到1981年10月上涨到顶点，每桶为34美元。在这种情况下，



乙烯的价格也相应上涨，致使发酵酒精的竞争能力增强，再加上各国政府为了避免石油的短缺，都大力提倡和资助开发新能源。以酒精部分或全部代替汽油作汽车燃料的计划得到各国政府的支持和鼓励，其方法有：减税，保证投资和贷款，保证销售等。发酵酒精再次进入大发展时期。巴西计划从1978年产酒精仅3300吨发展到1985年为400万吨，1990年为1200万吨。实际上1989年巴西酒精年产量已达到1000万吨，到1990年已完成了预定的计划。美国1989年发酵酒精年产量已达259万吨。燃料用酒精除配制汽油醇外，还可直接作汽车燃料（要专门的发动机），或和甲醇一起作为燃料。巴西主要用前者，美国除汽油醇外，约有1万辆以上的车是用乙醇和甲醇混合燃料的。我国酒精生产也持续发展，到1993年，已有酒精工厂（车间）1000家左右，年产5万吨以上工厂2家，万吨以上厂70多家，1991年商品酒精147万吨，加上白酒厂自用酒精170万吨，年产量已达300万吨以上，与美国产量相近。

在产量发展的同时，有关发酵酒精生产新技术和新工艺的科学研究也得到了迅猛的发展，一度成为科学研究的中心议题，发酵酒精生产经历了第二个大发展时期。

1981年以后，石油价格趋于稳定，并稳中有降，特别是1985年以来，石油价格暴跌，至今仍保持在每桶18美元左右的较低价格水平上。石油价格的下跌严重影响了发酵酒精的发展计划，除巴西仍在继续执行其酒精计划以外，其他西方国家都放慢或停止执行本国的酒精计划。我国的酒精生产虽在不断发展，但由于原料等价格上涨，1986年以来酒精生产曾几度处于无利润可赚的境况。就世界范围来说发酵酒精生产又一次进入低潮。

从长远的观点来看发酵酒精生产，应该说其前途是光明的，因为世界上的石油总有一天会枯竭，石油的价格不要太长时间就会回升；生物工艺的发展将使发酵酒精的原料从根本上得到解决，生产成本和能耗也会大幅度地降低，一旦发酵酒精的生产成本能与合成酒精，乃至与汽油相竞争之时，就是发酵酒精第三个大发展时期来到之时。目前，我国经济高速发展，能源情况十分严峻，为此，利用发酵酒精作为代用燃料，迟早会摆上议事日程。我们的任务就是要通过自己的工作来加快这一时刻的到来。

我国现代化酒精工业的历史不长，1907年德国人在哈尔滨建立第一个酒精厂；1920年福建酒精厂成立，以薯干为原料；1922年山东溥盆酒精厂投产，以甜菜糖蜜为原料；1935年上海中国酒精厂成立，以进口甘蔗糖蜜和薯干为原料，这些是我国第一批酒精厂。解放前，我国的酒精工业发展缓慢，到解放前夕，全国总产量不及万吨，淀粉利用率仅60%左右，生产工艺均为间歇法，糖化剂用的是麦芽，原料不经粉碎。解放后，50年代初是恢复时期，产量逐步发展。50年代中开始进行技术革新，首先用微生物糖化剂代替麦芽；用前苏联的三段蒸煮代替间歇蒸煮，进而采用粉碎原料连续蒸煮；糖化方面采用混合冷却连续糖化，进而采用一级真空冷却连续糖化；糖蜜发酵实行了连续化，淀粉质原料的连续发酵也在一些工厂开始运转；发酵醪的蒸馏全部采用连续工艺。70年代，我国酒精工业开始采用液体曲，以后又有糖化酶、液化酶问世；80年代中，80~85℃液化和其他低温蒸煮工艺开始在我国酒精工业中得到应用。近年来高温 $\alpha$ -淀粉酶、高糖化力糖化酶、耐高温酵母、活性干酵母、差压蒸馏和各种酒糟处理新技术也开始应用，同时引进了国外一些酒精联产饲料的成套设备和技术，使我国的酒精生产水平上了一个新台阶。目前，我国酒精工业的技术经济水平见表1-2。