



高等职业教育“十二五”规划教材



# 酒精生产技术

黄亚东 主编 吴建峰 主审



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

高等职业教育“十二五”规划教材

# 酒精生产技术

黄亚东 主编

吴建峰 主审

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

酒精生产技术/黄亚东主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2014. 2

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5019-9601-8

I. ①酒… II. ①黄… III. ①酒精生产—高等职业教育—教材 IV. ①TS262. 2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 297655 号

责任编辑: 江 娟 王 朗

策划编辑: 江 娟

责任终审: 唐是雯

封面设计: 锋尚设计

版式设计: 王超男

责任校对: 燕 杰

责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2014 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 720 × 1000 1/16 印张: 18.25

字 数: 367 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-9601-8 定价: 36.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: [club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

131135J2X101ZBW

# 前 言

酒精工业是重要的基础原料工业，又是新兴的能源工业之一，广泛应用于食品、生物、化工、医药、国防、交通等领域。随着酒精工业的发展和生物科技的进步，燃料酒精作为一种绿色可再生能源，需求量与日俱增，为酒精工业发展增添了新的活力。现代生物技术、节能技术、信息技术及自动控制技术等，在酒精生产中的应用，使酒精工业的面貌发生了根本性变化，呈现出前所未有的发展态势。目前，我国酒精工业无论是生产工艺、装备水平、产品质量，还是综合利用、环境保护均已达到世界先进水平。近年来，我国的酒精产量飞速增长，已成为亚洲最大、世界第三大酒精生产国，为全球酒精行业的主要经济体之一，具有十分广阔的发展前景。《酒精生产技术》是高职高专院校食品生物技术类专业开设的一门重要的专业技术课程，主要面向酒精生产企业关键技术岗位，培养适应生产、技术及管理需要的技术技能型人才。

本书为校企合作开发的紧密结合生产实际的项目化教材，以专业技术活动及工作过程为导向，以专业技能为核心，以典型的工作任务为载体，遵循有关技术规程，集理论知识、操作技能和职业素养于一体，以《酒精酿造工》国家职业标准为依据，按照酒精生产企业相关岗位的任职要求，构建教材体系，选择教学内容，突出培养学生的综合素质及职业能力，便于实行课程考核与职业技能鉴定“直通车”。

本教材内容主要包括酒精生产原辅材料处理、糖化剂和酒母制备、淀粉质和糖蜜原料发酵、发酵成熟醪蒸馏和精馏、酒精质量标准和检测、酒精生产技术经济指标和副产物综合利用及废水处理等，具有很强的职业性、实践性和操作性。通过本课程的理论学习与技能训练，可使学生了解酒精生产的基本概念、工艺原理及质量控制方法，掌握典型设备的结构、工作原理、操作要点及有关注意事项，并能灵活运用所学知识和技能分析、解决酒精生产中的一般性技术问题，同时培养学生的工程意识、职业意识和责任意识。

本教材涉及面较广，在使用过程中可根据培养目标及实习、实训条件有针对性地进行教学。编写过程中注意深入浅出，注重应用，突出实践，强化训练。为了便于教学，按“重点掌握”、“一般掌握”和“了解”三个层次对每个项目提出教学要求，并结合生产实际编制多种形式的习题供学生复习与测试。

本书由江苏食品药品职业技术学院黄亚东教授主编，参加编写的有淮阴工学院韩群，江苏花厅生物科技有限公司黄孝彬，沭阳国华酒精酿造有限公司顾彪，沭阳县中富酿酒有限公司韩向东，江苏韩侯酒业有限公司沈洪涛，淮安纵横生物

科技有限公司韩家亮等。全书由江苏食品职业技术学院黄亚东教授统稿，由江苏今世缘酒业股份有限公司教授级高级工程师吴建峰主审。

本书既可作为高职高专院校食品生物技术类专业核心课程教材或食品加工、粮食加工、农产品加工等专业开设的选修课教材，也可作为酒精酿造企业从业人员职业培训教材，还可供从事酒精生产及科研工作的技术人员参考。

本书的编写得到了参编者所在单位领导的大力支持和帮助，书中引用和借鉴了一些已发表的文献资料，在此向相关作者和提供过帮助的人员表示感谢。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2013年12月

# 目 录

项目一 酒精生产概述	1
任务一 我国酒精生产发展和应用	1
任务二 酒精的性质和分类方法	6
任务三 酒精的生产方法及其工艺流程	7
项目二 酒精生产的原辅材料和水	12
任务一 酒精生产的原料	12
任务二 酒精生产的辅料	16
任务三 酒精生产用水	19
项目三 糖化剂和酒母制备	23
任务一 糖化剂制备	23
任务二 酒母制备	27
任务三 酒精活性干酵母的应用技术	38
项目四 淀粉质原料酒精发酵	52
任务一 原料的预处理	52
任务二 原料的蒸煮	60
任务三 原料的喷射液化	72
任务四 蒸煮液化醪的糖化	79
任务五 糖化醪的发酵	94
任务六 酒精发酵新技术	111
项目五 糖蜜原料酒精发酵	128
任务一 糖蜜原料分类和酒精发酵的特点及工艺流程	128
任务二 糖蜜的处理	131
任务三 糖蜜发酵酒母的制备	140
任务四 糖蜜酒精发酵	144
项目六 发酵成熟醪的蒸馏和精馏	156
任务一 蒸馏和精馏原理	156
任务二 酒精蒸馏和精馏的设备和工艺方法	168
任务三 特级酒精制备	187
任务四 无水酒精制备	199
项目七 酒精质量标准和检测及生产经济技术指标	216
任务一 酒精质量标准	216

任务二 成品酒精检测·····	220
任务三 酒精生产主要经济技术指标·····	238
<b>项目八 酒精生产副产物的综合利用及废水处理·····</b>	<b>244</b>
任务一 二氧化碳的利用·····	244
任务二 酒精酵母的利用·····	249
任务三 杂醇油和醛酯馏分的利用·····	252
任务四 酒糟液的利用·····	256
任务五 玉米提胚制油技术·····	263
任务六 酒精生产废水处理·····	270
<b>参考文献·····</b>	<b>285</b>

# 项目一 酒精生产概述

## 学习目标

- [重点掌握] 酒精的生产方法及工艺流程。
- [一般掌握] 酒精的性质及分类方法。
- [了解] 我国酒精生产的发展和应用。

## 任务一 我国酒精生产发展和应用

### 一、我国酒精生产发展

#### (一) 新中国成立前酒精生产发展

酒精生产是在酿酒的基础上发展起来的，我国劳动人民早在 4000 多年前就会酿酒。但是由于受到生产技术和认识水平的限制，直到 20 世纪初期，我国酒精工业才开始起步。1907 年德国人在哈尔滨建立第一个酒精厂；1908 年波兰资本家在阿城糖厂附近设酒精厂；1920 年福建省建立了以甘薯干为原料的酒精厂；1922 年山东以糖蜜为原料的酒精厂投产；1935 年上海以糖蜜和薯干为原料的中国酒精厂建成投产，这些是我国第一批酒精厂。新中国成立前，我国酒精工业发展缓慢，到 1949 年全国酒精产量还不足 1 万吨。

#### (二) 新中国成立后酒精生产发展

新中国成立后，酒精工业发生了很大变化，在生产上大力推广新技术、新工艺和新设备，同时也引进了一些国外酒精生产的成套设备和技术，使酒精生产的产量和质量逐步提高，淀粉出酒率提高了 50% 以上。改革开放以后，我国酒精工业发展迅速，特别是近几年来酒精行业呈现出突飞猛进的发展态势，生产管理水平的提高，主要生产过程都采用计算机控制。酒精生产过程电脑控制室如图 1-1 所示。

其中粉碎工段的控制如图 1-2 所示。

蒸煮糖化工段的控制如图 1-3 所示。

蒸馏工段的控制如图 1-4 所示。

脱水工段的控制如图 1-5 所示。

由于生产过程采用了先进的控制方法，使酒精生产能力和质量水平显著提高，各项生产指标均已达到世界先进水平，小规模的企业越来越少，大型酒精厂年酒精产量均在万吨以上，企业生产规模在 10 万吨/年以上的不断增多，2006 年我国酒精行业年产 10 万吨以上的企业数量 16 个，年产酒精 581 万吨，





图 1-1 酒精生产过程电脑控制室

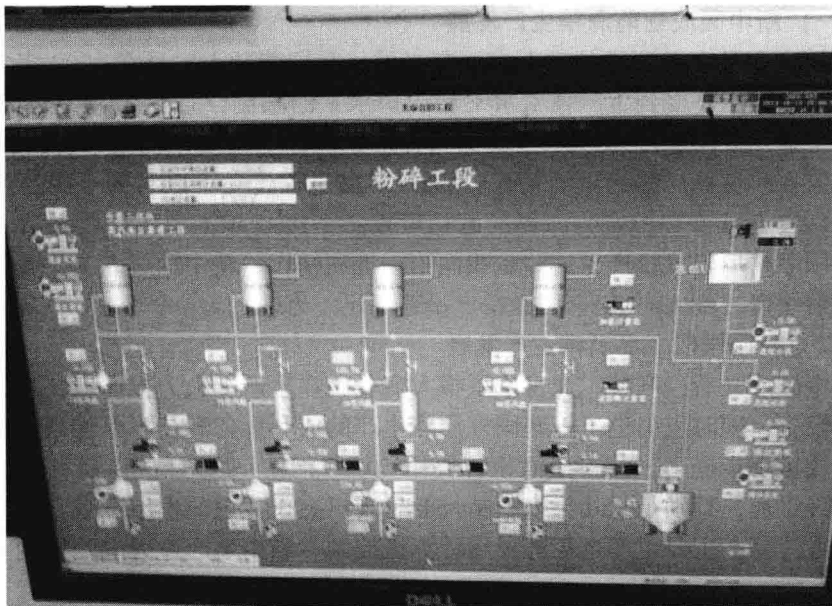


图 1-2 粉碎工段的控制

其中食用酒精 436 万吨，占酒精总量的 71%，已成为世界酒精生产的第三大国，为全球酒精行业的主要经济体之一。我国酒精生产厂主要分布在河南、东北、山东、四川、安徽、黑龙江等地。2012 年发酵酒精产量达 820 万吨，其中河南占全国产量的 22.79%；吉林产量达 187 万吨，占全国产量的 22.80%；黑龙江产量占全国产量的 13.86%。许多厂家生产的优质酒精已远销国外，经济效益十分显著。

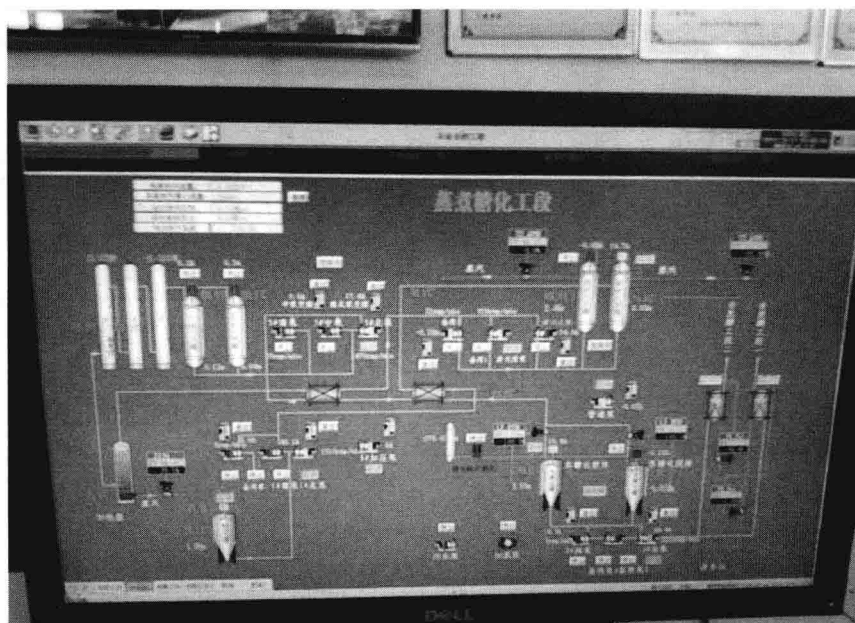


图 1-3 蒸糖化工段的控制

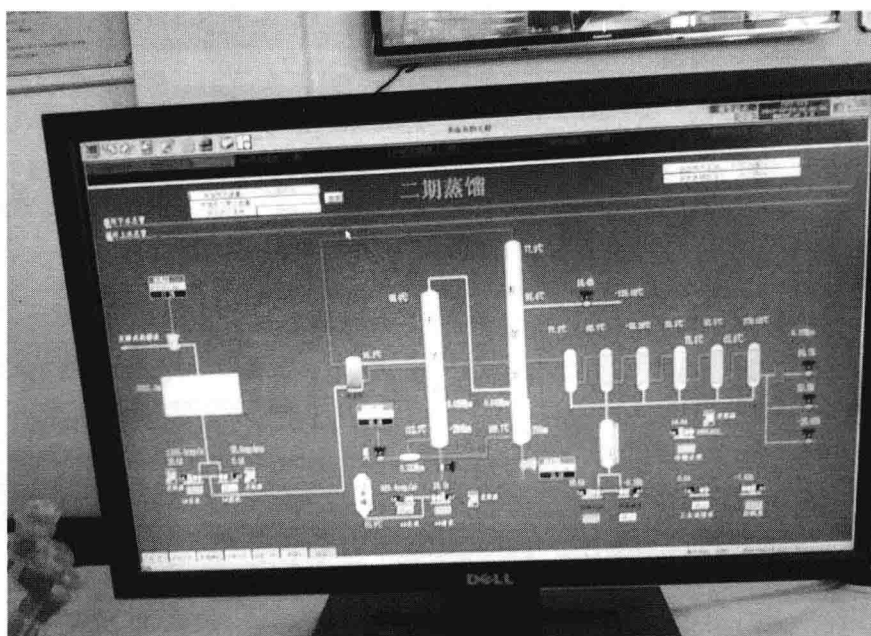


图 1-4 蒸馏工段的控制

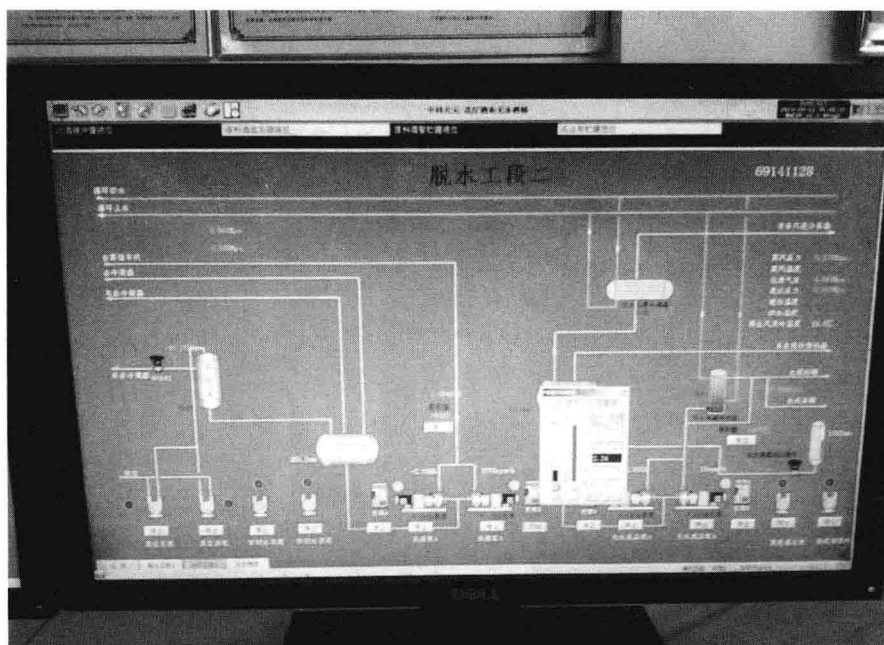
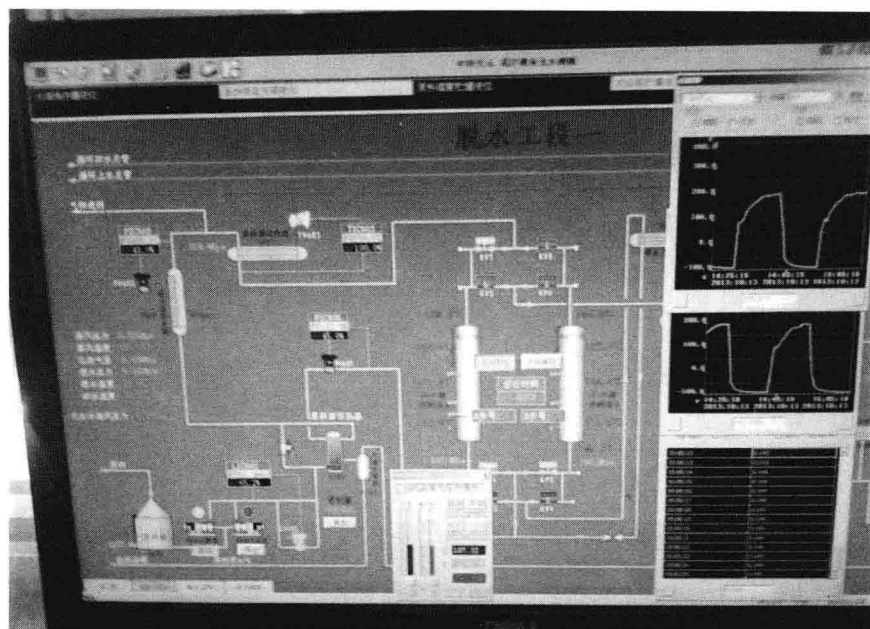


图 1-5 脱水工段的控制

### (三) 燃料酒精生产发展

燃料酒精是一种无污染、可再生的清洁能源，可部分替代石油资源；同时燃料酒精生产有利于促进农产品转化，增加农民收入，是国家重点支持发展的新兴产业。现在我国已是石油净进口国，减少石油进口，解决好燃料酒精问题是重要国策之一。目前，国家批准建设了吉林燃料酒精、黑龙江华润燃料酒精、河南天冠燃料酒精和安徽丰原燃料酒精4家定点生产厂。根据燃料酒精试点初期调查，我国每年大约需要燃料酒精400万吨。

我国的酒精工业已进入黄金发展期，特别是作为朝阳产业的燃料酒精工业为酒精工业注入了无限生机和活力。相信不久的将来，在国家政策的指引下，我国酒精工业会再上新台阶，以崭新的姿态位于世界前列。

## 二、酒精的应用

酒精是重要的工业原料，广泛用于化工、食品、医药、农药、国防等方面，酒精的深加工产品有数百种，酒精还是一种重要的再生能源，其用途越来越广泛。

### (一) 化工原料

在化学工业中，酒精是许多化工产品的基本原料。

(1) 利用酒精可生产乙酸、乙醚、乙醛、乙烯、丁二烯、乙二醇及多种酯类物质。

(2) 利用酒精可生产合成橡胶。

(3) 酒精可作为有机溶剂，用于香料、染料、油漆、树脂等工业生产中，也可作为洗涤剂。

### (二) 食品工业

(1) 高纯度的食用酒精是配制各类白酒、果酒、汽酒、保健酒、药酒的主要原料。

(2) 酒精可用来酿造食醋和生产食用香精等。

### (三) 医药工业

(1) 酒精广泛用于医疗器具和皮肤的消毒，用酒精绷带可治疗创伤。

(2) 酒精不但是制备碘酒的必需原料，还可调制各种酊剂和浸膏等。

### (四) 农业方面

酒精是制备农药的重要原料，如制造三氯乙醛，用三氯乙醛生产敌百虫等杀虫剂。

### (五) 国防工业

酒精可作为生产乙二醇的原料，而乙二醇可用于制造二硝基乙二醇炸药及雷管等。

### (六) 能源方面

酒精与汽油都具有易燃性，燃烧时放出大量热能。因此，很多国家在考虑将

酒精作为新能源，用酒精部分或全部代替汽油作为汽车燃料，这不仅节省大量的石油，而且可减少二氧化碳的排放量。我国国民经济“十五”发展计划中，已决定在玉米、糖蜜的生产基地兴建一个年产 80 万吨酒精的生产企业，用酒精与石油配制成新燃料石油醇，此项建成后，每年可为我国节省石油 400 万吨。所以生物酒精作为再生能源，迟早要全面登上世界能源舞台，也必定成为我国重要的再生能源。

## 任务二 酒精的性质和分类方法

### 一、酒精的性质

#### (一) 酒精的物理性质

酒精又称乙醇，是具有 1 个羟基的饱和一元醇，分子式  $C_2H_5OH$ 。酒精是一种无色透明并具有特殊芳香和强烈刺激性气味的液体。

##### 1. 纯酒精的主要物理常数

纯酒精的主要物理常数如表 1-1 所示。

表 1-1 纯酒精的主要物理常数

名称	常数	名称	常数
相对分子质量	46.07	相对密度 ( $d_4^{20}$ )	0.7893
沸点	78.32℃	凝固点	-117.3℃
闪点	12.8℃	比热容	2.294J/(kg·K) (0℃)
汽化潜热	875J/g	燃烧热	1367.16kJ/mol
燃点	12℃	熔点	-114℃ (标准大气压下)

##### 2. 酒精与水能以任意比例混合，同时放出热量，并发生体积收缩

当 52mL 无水酒精与 48mL 水混合时，混合液的体积不是 100mL，而是 96.3mL，体积缩小 3.7mL，这是由于酒精与水发生氢键缔合作用引起的。

##### 3. 酒精能溶解其他物质

酒精是多种有机物质和无机化合物的溶剂，如油脂、油漆、染料、香料、脂肪酸、金属盐等，是一种重要的有机溶剂。

##### 4. 酒精是一种易挥发、易燃、易爆的危险物品

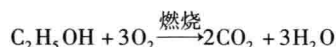
酒精爆炸极限在空气中下限是 3.3% (体积分数)，上限是 19% (体积分数)，因此在生产、贮存、运输和使用过程中，应严格注意防火，禁止抽烟。

#### (二) 酒精的化学性质

酒精的化学特性主要表现在 (—OH) 羟基上，其主要特性是能与水、醇类、乙醚、氯仿、苯、甘油等有机溶剂混溶，也能与多种金属盐类、碳氢化合

物、脂肪酸等发生化学反应。

1. 燃烧时生成二氧化碳和水

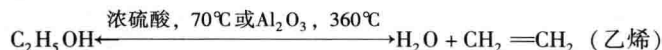


这一性质使酒精可成为汽车工业和航空工业的动力燃料。

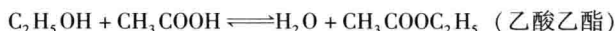
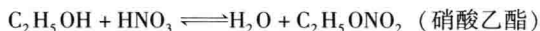
2. 酒精与活泼金属（钾或钠）反应生成醇盐



3. 脱水反应



4. 酒精与无机酸或有机酸作用生成酯

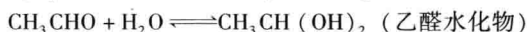
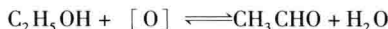


5. 酒精可经重铬酸钠（钾）及浓硫酸氧化生成乙醛进而生成乙酸



6. 酒精氧化生成醋酸

在食醋酿造过程的醋酸发酵阶段，醋酸菌分泌氧化酶，将酒精发酵生成的酒精氧化生成醋酸。



## 二、酒精的分类方法

### (一) 按原料分类

可将酒精分为薯类酒精、谷物酒精、糖蜜酒精、水果酒精、乙烯酒精、纸浆废液酒精等。

### (二) 按用途分类

可将酒精分为食用酒精、工业酒精、医药酒精、燃料酒精和试剂酒精等。

### (三) 按生产方法分类

可将酒精分为微生物发酵酒精和化学合成酒精两大类。

### (四) 按质量分类

可将酒精分为工业酒精、食用酒精、特级酒精和无水酒精等。

## 任务三 酒精的生产方法及其工艺流程

酒精的生产方法可分为微生物发酵法和化学合成法两大类。微生物发酵法酒精工厂生产线如图 1-6 所示。

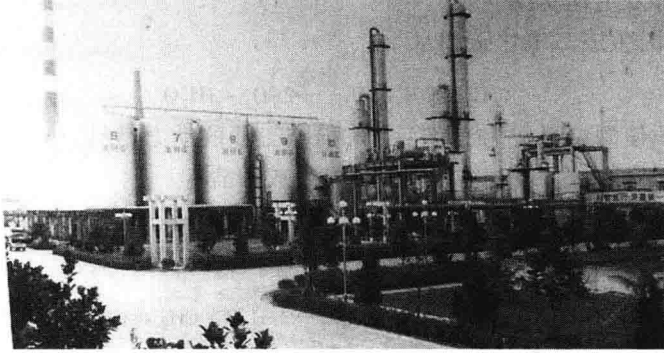


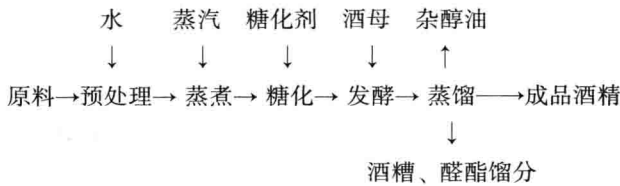
图 1-6 微生物发酵法酒精工厂生产线

## 一、微生物发酵法

微生物发酵法是指利用淀粉质、糖质或纤维质原料，通过微生物发酵作用生产酒精的方法，简称发酵法。制得的酒精称为发酵酒精，普遍采用酵母菌作为发酵菌。此外亦可用运动发酵单细胞菌和酒精高温厌氧菌作为酒精发酵菌种。根据其原料不同，发酵酒精可分为淀粉质原料酒精、糖质原料酒精、纤维质原料酒精、亚硫酸盐纸浆废液酒精等。

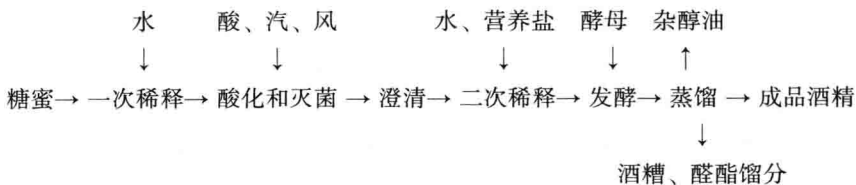
### (一) 淀粉质原料制造酒精

工艺流程如下所示：



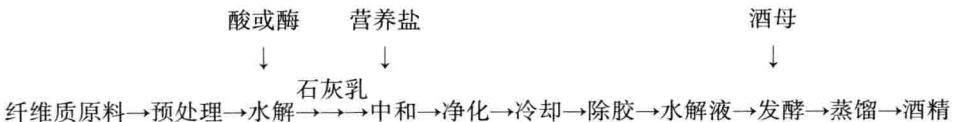
### (二) 糖质原料（糖蜜）制造酒精

工艺流程如下所示：



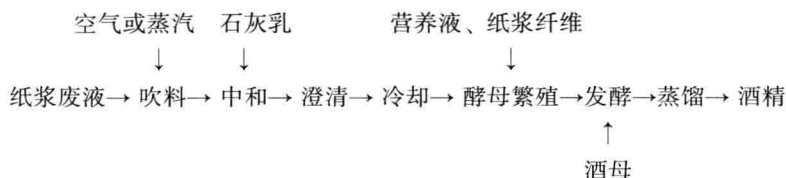
### (三) 纤维质原料制造酒精

工艺流程如下：



#### (四) 亚硫酸盐纸浆废液制造酒精

工艺流程如下：



### 二、化学合成法

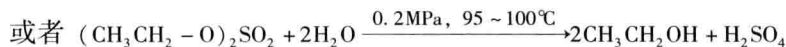
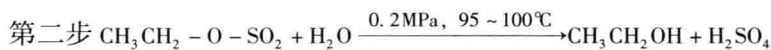
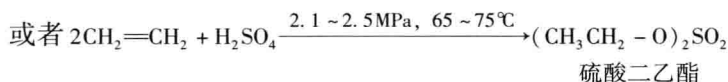
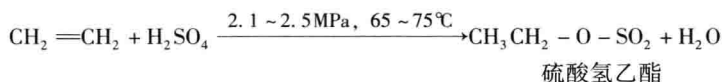
化学合成法是指利用石油或天然气的裂解气、工矿企业的废气以及电石等为原料，经过化学反应生产酒精的方法，主要有乙烯水合法和乙醛加氢法两种方法。其中乙烯水合法是工业生产上最重要的方法，它又分为间接水合法（又称硫酸水合法）和直接水合法两种方法。

#### (一) 乙烯水合法

##### 1. 硫酸水合法

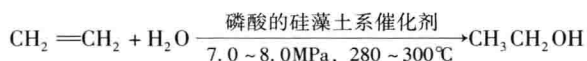
硫酸水合法是指将乙烯和浓度为 96% ~ 98% 的硫酸进行酯化反应生成硫酸酯，然后再将硫酸酯加水分解成乙醇和稀硫酸，其化学反应式如下：

第一步



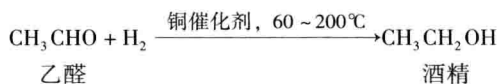
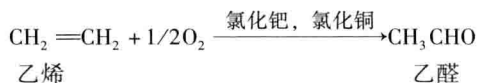
##### 2. 直接水合法

乙烯和水在固相催化剂的存在下，经气相反应直接合成酒精。工业生产上广泛采用磷酸作为催化剂，其载体是合成的粗糙而多孔的硅酸铝颗粒，其化学反应式如下：



#### (二) 乙醛加氢法

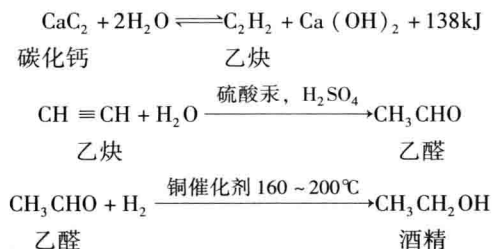
##### 1. 乙烯氧化法





## 2. 电石法

电石的主要成分是碳化钙，碳化钙与水作用生成乙炔，在硫酸汞催化剂作用下，乙炔与水反应生成乙醛，乙醛在铜催化剂作用下生成酒精，其化学反应式如下：



## 习 题

## 一、名词解释

1. 酒精 2. 发酵酒精 3. 化学合成法 4. 电石法

## 二、判断题

- 酒精与水能以任意比例混合，同时吸收热量，并发生体积收缩。( )
- 酒精是多种有机物质和无机化合物的溶剂。( )
- 酒精爆炸极限在空气中下限是1.3%（体积分数）。( )
- 酒精爆炸极限在空气中上限是19%（体积分数）。( )
- 电石的主要成分是氧化钙，氧化钙与水作用生成乙炔。( )
- 在硫酸铜催化剂作用下，乙炔与水反应生成乙醛。( )
- 乙醛在汞催化剂作用下生成酒精。( )
- 微生物发酵法制得的酒精为发酵酒精。( )

## 三、填空题

- 酒精是重要的工业原料，广泛用于\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_等方面。
- 根据其原料不同，发酵酒精分为\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_、\_\_\_\_等。
- 化学合成法是指利用\_\_\_\_或\_\_\_\_的裂解气、工矿企业的\_\_\_\_以及\_\_\_\_等为原料，经过\_\_\_\_反应生产酒精的方法。主要有\_\_\_\_和\_\_\_\_两种方法。其中\_\_\_\_是工业生产上最重要的方法，它又分为\_\_\_\_和\_\_\_\_两种方法。

## 四、选择题

- ( )年上海以糖蜜和薯干为原料的中国酒精厂建成投产。  
A. 1932      B. 1933      C. 1934      D. 1935