

高等学校教材

新编

酒精工艺学

贾树彪 李盛贤 吴国峰 编著



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

新编酒精工艺学

贾树彪 李盛贤 吴国峰 编著
岳国君 审定



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

新编酒精工艺/贾树彪,李盛贤,吴国峰编著.北京:
化学工业出版社,2004.7
高等学校教材
ISBN 7-5025-5004-6

I. 新… II. ①贾…②李…③吴… III. 乙醇-生产
工艺-高等学校-教材 IV. TQ223.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 048721 号

高等学校教材

新编酒精工艺学

贾树彪 李盛贤 吴国峰 编著
岳国君 审定

责任编辑:赵玉清
文字编辑:颜克俭
责任校对:郑捷
封面设计:关飞

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64282930

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

新华书店北京发行所经销

北京云浩印刷有限责任公司印刷

三河市海波装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21 $\frac{1}{4}$ 字数 533 千字

2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5004-6/G·1313

定 价: 33.00 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

序 一

我国工业化生产酒精始于1900年俄国人在哈尔滨建的酒精厂，至1949年全国酒精生产尚不足1万吨，1950年后逐渐建立起来的专业酒精厂的年生产规模很长时期也只处在千吨级。但近20年来我国酒精生产能力和质量水平有了显著提高，年产5万吨、20万吨、30万吨、50万吨大型酒精企业相继投产。这说明我国综合国力大幅度提高，才能形成这样一个酒精企业生产、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工业体系。

黑龙江省由于酒精工业起步早，在近百年酒精工业的发展过程中形成了我国酒精产业的基础，年生产酒精能力达24万吨的华润酒精有限公司的出现和具有百年历史年产5万吨优质酒精的哈尔滨酿酒总厂的发展，带动了我国酒精企业的整体发展。

黑龙江大学贾树彪等几位教师以其多年在发酵工程方面教学及科研的经验积累，与酒精企业专家密切合作，共同编写了《新编酒精工艺学》，在此我深表祝贺。酒精产业的快速发展，急需一部既有理论深度又能指导生产实践的参考书，《新编酒精工艺学》较全面地反映了国内外大型酒精生产设备、生产工艺、酒精标准、检测分析等方面的内容。

我国食用酒精产业在质量和数量上已能满足蒸馏酒、医用及化工等方面的需求，但将来需求量最大的燃料乙醇，其生产才是刚刚开始。能源是人类社会发展之本。化石燃料是太阳能以化学能的形式储存于矿物中经几百万年的演变而成，但在短短的近200多年的大规模开采和应用中，化石燃料储量日益减少并对地球环境造成严重的污染与威胁。据有关专家预测：现在全球已探明的一次能源石油储量在今后50年内将消耗殆尽。发酵燃料乙醇作为可再生能源在巴西、美国探索30多年的实践充分证明，在我国大规模开发时机已经成熟。我国政府已于2001年将开发燃料乙醇列入政府长远规划，确立了燃料乙醇将在车用燃料中占10%的战略地位。达到这一目标我国的酒精需求量将是现在酒精生产能力的3~4倍，这预示我国酒精特别是燃料酒精产业将进入一个快速发展时期。我们相信《新编酒精工艺学》的出版将有助于推动我国酒精产业的创新发展。

耿兆林

序 二

古老的酒精工业近年来由于拥有可再生的绿色能源的桂冠而备受青睐。在矿物能源日益枯竭和世界性能源危机的刺激下，发酵酒精在能源领域找到了自己的位置，大规模的市场需求给酒精工业提供了空前的发展机会。在酒精产量迅猛增长的同时，经典传统的酒精生产技术也以空前的速度向现代化迈进。生物工程、节能技术和电脑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。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，都有了重大的进步，使得原来生存发展空间狭小的酒精工业摇身一变，成了各国政府极为关注的蓬勃发展的产业。

贾树彪、岳国君等将国内外高新技术和发展动态收集、分析、整理、汇编成册无疑是一件有利于行业技术进步的大好事。

笔者作为一名已经在酒精行业服务半个世纪的老兵，承蒙该书作者的信赖，有幸优先见到书稿。作为大专院校的教材，该书的内容并不偏重于基础理论，而是在概要的基本理论阐述后，用深入浅出的语言对酒精生产的原理进行通俗易懂的说明。为了理论联系实际，本书着重对国内外酒精行业的技术进步动态作了比较深入地分析和评论，尤其可贵的是一些国内外工厂的实例（如特大型厂华润酒精有限公司）会给读者提供具体范例。

鉴于学专业课的学生肯定已经学过生物化学、化工原理等课程，所以本书对这些基础理论做适当的简化是可以的。由于科技进步日新月异，如果不掌握行业的发展动态，可能学生一毕业知识就已老化。因此，本书中用发展的眼光增加科技进步动态篇幅的做法也应予以肯定。

一些最新参考资料的引用，如美国的奥特奇的酒精技术教本和俄罗斯 2002 年出版的酒精工艺学，使本书的某些内容更具新意。其中特别值得一提的是：十多年来曾无数次被我国学者反复引用的粗酒精中杂质的精馏系数，都无一例外地引用克里莫夫斯基酒精工艺学的一共只有 9 种杂质的数据，而本书引用的是 23 种杂质的曲线图，应该说这是一个重大的进步。

由于书中涉及的浓醪发酵、液化喷射器、差压蒸馏、DDGS、分子筛脱水等新技术以及燃料乙醇生产等都代表了酒精行业的发展方向，所以本书对发展中的燃料酒精企业和科研单位也有参考价值。

一切事物都有两而性，本书也不例外。对本书的不足之处笔者曾提过改进建议，但却无法使本书完美无缺，相信本书的质量在再版时能够锦上添花。

前 言

发酵法生产酒精，是当代世界生物技术产品中数量最大、对人类益处最大的产品。除了满足人类对蒸馏酒和化工产品等需要，在 21 世纪它还将是人类可再生能源的主要组成部分。据有关专家预测，在 21 世纪未来的一百年中生物质能源约占总能源组成的 20%。如果我们国家像巴西、美国那样，经过 20 年的努力解决酒精占中国 8%~10% 的能源比例，其意义是非常重大的，这也是我们努力编好这本书的一个动力。

我国已成为世界酒精生产大国，酒精已成为世界各国政府首先考虑的可再生能源，因为巴西、美国近 30 多年的成功实践，给我国充分利用燃料乙醇以解决 1/10 的汽油、柴油补充增强了信心，这是关系国家能源安全的战略选择。我国大型燃料乙醇试验生产企业吉林燃料乙醇有限责任公司、华润酒精有限公司、河南天冠集团公司、山东九九集团已全面完成燃料酒精生产初试准备，我们相信 2008 年北京奥运会前后将会极大推动我国燃料乙醇的进一步发展。

本书内容共分 12 章。第 1 章介绍世界发酵酒精生产概况，提出 21 世纪发酵酒精这一可再生环保型能源的主要应用方向。第 2 章介绍用于发酵酒精主要原料的粉碎设备、工艺及相关发酵酒精生产中所需的辅助原料。第 3 章重点讲述淀粉质原料液化糖化过程中所采用的目前最先进的液化喷射设备、技术及工艺。第 4 章酒精酵母扩培工艺，以较大篇幅介绍活性干酵母及固定化酵母的应用技术。第 5 章发酵罐和相关设备，是发酵生产的核心，分析了国内外大型酒精连续发酵系统的设备、工艺。第 6 章阐述糖化醪发酵动力学和浓醪连续发酵工艺以及如何实现连续发酵过程的优化控制。第 7 章系统介绍目前国内外实际运行的大型主流蒸馏系统，详细论述蒸馏系统中各蒸馏塔的主要功能，对近 20 个蒸馏系统进行了分析。第 8 章介绍中国和世界其他主要酒精生产国酒精国家标准及标准检测方法。第 9 章全面介绍已发展为自成体系的燃料乙醇生产中发酵、蒸馏、分子筛脱水的先进设备和工艺。第 10 章介绍世界主要著名蒸馏酒和中国白酒的生产工艺。第 11 章介绍发酵酒精生产副产品的综合利用，着重于发酵酒精生产与饲料结合方面。第 12 章介绍糖质原料生产酒精新工艺。

本书综合收集整理国内外近 20 年大型酒精企业生产工艺的主要设备、技术思想和经验，资料内容翔实可靠，可较全面地反映酒精生产最新动态和发展方向。

本书作者有在高校从事发酵工程特别是有关酒精生产工艺及检测教学科研多年的教师，有在大型酒精生产企业从事生产、研究并多次考察美国、巴西、法国等酒精主产国的专家，还有从事微生物工程教学和科研的教授等。

本书编写分工：贾树彪（第 1 章、第 7 章、第 10 章）；李盛贤（第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章、关键词中西文对照）；吴国峰（第 7 章、第 8 章、第 9 章、第 12 章、附表、关键词中西文对照）；赵辉（第 10 章、第 11 章、关键词中西文对照）；葛菁萍（第 4 章）；孙东方（第 2 章）；王常楠（第 11 章）；陈世忠（第 7 章）。其中，贾树彪和岳国君负责全书内容的策划、组稿，李盛贤审阅各章的初成稿，吴国峰完成全书微机整体编排、全书文字定稿、书稿体例统一规范，付出了大量时间和精力。

本书编写得到中国酿酒工业协会理事长耿兆林的特别支持以及中国酒精行业资深研究员

沈之申的大力帮助，沈之申先生以他 50 余年的酒精生产实践中所积累的宝贵经验指导本书编写，使得本书理论与生产实际联系更加紧密；华润酒精有限公司董事长岳国君提供本书中相关企业的最新资料；化学工业出版社对本书的出版给予支持，并提出修改意见和建议。生命科学学院和校教材建设指导委员会对编写本书的申请和立项给予帮助和支持，平文祥教授、李海英教授给予大力支持，孙俊岭、顾乃达、杨勇、张世骏、刘玉华、宋刚、郭玉恒、王思佳、曹磊、张洪海、杨宇等同志也给予很多的帮助，在此一并表示真诚的感谢。

希望本书能满足生物工程、生物技术、食品科学与工程等专业师生的需要，同时能对酒精和蒸馏酒生产和研究开发的专业人员有所裨益。

本书编写出版过程中对书稿作了多次修改，限于时间和编者水平，错漏在所难免，恳请读者专家批评指正。

编者

于黑龙江大学

2004 年 5 月

目 录

1 绪论	1
1.1 酒精的主要性质	1
1.2 酒精的主要用途	1
1.2.1 燃料酒精	1
1.2.2 调制蒸馏酒	2
1.2.3 医药化工等方面的用途	3
1.2.4 酒精工业的副产品	3
1.3 世界酒精生产概况	3
1.4 我国酒精行业的基本状况	4
1.5 酒精国家标准	6
2 原料、水和辅助原料	7
2.1 酒精生产原料	7
2.2 淀粉质原料	7
2.2.1 玉米	7
2.2.2 马铃薯	9
2.2.3 甘薯	9
2.2.4 木薯	9
2.3 原料的除杂	9
2.4 辅助原料	10
2.5 酒精生产用水	11
2.5.1 软化水概念和制备原理	12
2.5.2 去离子水的概念和制备	13
2.5.3 节约用水	15
3 淀粉质原料糖化工艺	17
3.1 淀粉的理化、结构性质	17
3.1.1 淀粉的分子结构	17
3.1.2 淀粉颗粒结构和理化性质	17
3.1.3 淀粉的膨胀和溶解	18
3.1.4 淀粉糊化酶的“反生”(老化)现象	19
3.2 淀粉糖化原理	19
3.2.1 淀粉的液化	19
3.2.2 糖化	21
3.3 酶制剂	21
3.3.1 耐高温 α -淀粉酶	22
3.3.2 糖化酶	22

3.3.3	酸性蛋白酶	23
3.4	液化喷射设备	24
3.4.1	液化喷射器结构	25
3.4.2	液化喷射器工作原理	25
3.4.3	液化喷射器工作过程	25
3.4.4	液化喷射器的优点	26
3.4.5	液化喷射器安装和使用要点	26
3.5	淀粉糖化原料处理工艺	27
3.6	美国4家酒精企业糖化工艺对比	29
3.7	无蒸煮工艺的研究和实践	30
3.7.1	生淀粉发酵工艺	30
3.7.2	无蒸煮工艺的思考	31
3.8	华润酒精有限公司糖化工艺	31
3.8.1	玉米粉供应工序	31
3.8.2	液化工序	32
3.8.3	糖化工序	33
3.9	酒糟清液回用	34
3.9.1	酒糟清液全部回用实例	34
3.9.2	工艺过程评述	35
3.10	压缩气体在大型酒精发酵系统中的应用	36
3.10.1	应用压缩空气工艺上的益处	36
3.10.2	压缩空气在大型发酵罐中的应用	37
3.10.3	压缩空气的除菌技术	37
3.10.4	压缩空气技术要点	37
3.10.5	压缩空气应用展望	37
3.11	酶制剂工业发展简介	38
4	酒精酵母扩培工艺	40
4.1	酒精酵母简介	40
4.1.1	细胞形态	40
4.1.2	细胞大小	41
4.1.3	细胞结构	41
4.1.4	酵母菌的繁殖方式	45
4.2	酵母菌的生长条件	46
4.2.1	温度和pH	46
4.2.2	培养基组成	47
4.2.3	提供酵母生长的营养来源	48
4.2.4	影响酵母生长的其他因素	49
4.2.5	生物合成和发酵产品的糖耗	50
4.3	酵母的扩大培养工艺	51
4.3.1	酵母的“自然纯培养”	51

4.3.2	酵母菌扩大培养工艺	51
4.4	成熟酒母的质量指标	53
4.5	影响酒母质量的主要因素	54
4.6	优良酒精酒母选育方向及方法	55
4.7	我国酒精生产中曾用过的优秀酵母菌株	58
4.8	细菌酒精发酵	59
4.9	活性干酵母	61
4.9.1	活性干酵母的质量分析	62
4.10	活性干酵母的应用方法	66
4.10.1	耐高温活性干酵母 (TH-AADY) 在酒精生产中的使用方法	66
4.10.2	活性干酵母合理使用要点分析	68
4.11	固定化酵母技术和酒母扩培工艺实例	68
5	发酵罐和相关设备	71
5.1	发酵罐的发展	71
5.1.1	发酵罐制作材料	71
5.1.2	发酵罐容积	71
5.1.3	发酵罐形状	71
5.1.4	我国目前运行中的酒精发酵罐	72
5.2	酒精发酵罐的径高比分析	72
5.3	酒精大型连续发酵罐组的优点	72
5.4	大型斜底发酵罐的基本结构	73
5.5	发酵罐间的连接	74
5.5.1	水平连接	74
5.5.2	势能梯度连接	75
5.6	新型大容积酒精发酵系统的设计	77
5.7	换热器	78
5.7.1	酒精工业中常用的换热器	79
5.7.2	板式换热器应用实例	83
5.7.3	薄板换热器在酒精行业应用展望	84
6	糖化酶发酵	86
6.1	酒精发酵机理	86
6.1.1	酒精发酵的基本情况	86
6.1.2	酒精发酵动力学	86
6.2	酒精发酵的酵母菌酶系	87
6.3	酵母菌酒精发酵的生物化学	88
6.3.1	酵母酒精发酵的4个阶段	88
6.3.2	酵母酒精发酵全过程的12步反应	89
6.4	酒精发酵过程中的主要副产物	92
6.4.1	甘油的生成	93
6.4.2	琥珀酸的生成	94

6.4.3	乳酸、乙酸、丁酸的生成	94
6.4.4	杂醇油性质及生成机理	95
6.5	发酵工艺	97
6.5.1	间歇发酵	97
6.5.2	连续发酵	98
6.5.3	酒精发酵过程中的控制与管理	99
6.6	酒精浓醪发酵的计算与分析	100
6.6.1	酒精浓醪发酵的意义	100
6.6.2	浓醪发酵玉米粉浓度的计算	101
6.6.3	实现浓醪高酒精浓度发酵的基本措施	102
6.6.4	整个工艺过程的计算与分析	105
6.7	发酵强度的计算与分析	106
6.7.1	发酵强度的含义	106
6.7.2	两个发酵系统发酵强度的估算	106
6.7.3	比较与分析	106
6.7.4	蒸馏速度与发酵周期	107
6.7.5	发酵罐容积比较	107
6.7.6	罐容能力再比较	107
6.7.7	酒精发酵产生热量的计算	107
6.7.8	华润酒精有限公司发酵工序主要操作规程	108
6.8	淀粉质原料理论酒精产率和实际酒精产率	109
6.9	细菌污染对酒精生产的影响及防治	110
6.9.1	主要的污染来源	110
6.9.2	常见的细菌污染	111
6.9.3	污染细菌的分离与鉴别	117
6.9.4	染菌的处理	118
7	蒸馏和精馏的理论及工艺	120
7.1	发酵成熟醪的化学组成	120
7.1.1	不挥发性杂质	120
7.1.2	挥发性杂质	120
7.2	酒精蒸馏原理	121
7.2.1	酒精的挥发系数	121
7.2.2	乙醇-水系统的恒沸混合物	122
7.2.3	压力对气液平衡的影响	122
7.2.4	蒸馏塔工作原理	123
7.3	酒精精馏原理	123
7.3.1	挥发性杂质的分类	123
7.3.2	杂质的挥发系数和精馏系数	124
7.3.3	杂醇油的分离理论	127
7.3.4	甲醇的分离理论	131

7.3.5	酒精产品分类和质量概念	132
7.4	蒸馏工艺	132
7.4.1	蒸馏塔	132
7.4.2	蒸馏系统各塔功能分析	140
7.4.3	多塔差压蒸馏	144
7.4.4	国内外蒸馏系统分析	144
7.4.5	蒸馏工艺分析	171
7.4.6	华润酒精有限公司蒸馏系统运行操作基本程序	172
7.4.7	醪塔排放高温废醪闪蒸节能与回收酒精技术	178
7.4.8	酒精分离提纯技术的进展	179
8	酒精国家标准及检测方法	181
8.1	我国酒精质量国家标准发展简介	181
8.2	食用酒精国家标准 GB 10343—2002	182
8.3	变性燃料乙醇国家标准 GB 18350—2001	182
8.4	工业用酒精国家标准 GB 394—93	184
8.5	化学试剂无水乙醇国家标准 GB 678—90	184
8.6	化学试剂 95%乙醇国家标准 GB 679—80	185
8.7	我国三个酒精国家标准比较	185
8.8	欧共体等几个国家中性酒精标准比较	186
8.9	俄罗斯联邦小麦酒精国家标准 ГОСТ Р 51652—2000 及前苏联精馏酒精国家标准 (ГОСТ 5962—67)	187
8.10	酒精国家标准中几个重要检测指标的意义及标准检测要点 GB/T 394.2—94	188
8.10.1	色度	188
8.10.2	硫酸试验	189
8.10.3	氧化试验	190
8.10.4	乙醇浓度(酒精度)	191
8.10.5	杂醇油(正丙醇、异戊醇、异丁醇)、甲醇、醛、乙酸乙酯	193
8.10.6	气相色谱法测定乙醛、甲醇和杂醇油原理	195
8.11	美国、加拿大氨基甲酸乙酯检测的标准方法	198
9	燃料乙醇的生产与应用	200
9.1	概述	200
9.1.1	发展燃料乙醇的意义	200
9.1.2	世界汽油醇的发展及使用状况	201
9.2	生产燃料乙醇的发酵工艺	204
9.3	燃料乙醇的蒸馏工艺	208
9.4	燃料乙醇生产中的脱水技术	209
9.4.1	分子筛脱水技术	209
9.4.2	玉米粉吸附脱水技术及应用	213
9.4.3	渗透气化膜吸附分离技术	214
9.4.4	苯共沸蒸馏乙醇脱水技术	215

9.5	乙醇汽油	216
9.6	乙醇柴油	217
9.7	燃料乙醇电池	221
9.8	我国汽油醇发展情况	221
9.9	推广使用乙醇汽油尚需解决的问题	223
9.10	燃料乙醇项目在我国实施情况	224
9.10.1	吉林燃料乙醇有限责任公司概况	224
9.10.2	黑龙江华润酒精有限公司企业基本概况	226
9.11	燃料乙醇的发展及展望	227
10	现代蒸馏酒	231
10.1	现代蒸馏酒概述	231
10.2	俄罗斯伏特加酒工艺	233
10.2.1	俄罗斯伏特加酒的起源及流行	233
10.2.2	伏特加酒的工艺和风格	234
10.2.3	伏特加酒的品种分类与质量标准	237
10.2.4	俄罗斯伏特加酒国家品评标准	241
10.2.5	伏特加酒在世界上的流行	242
10.2.6	几个问题的思考	242
10.3	威士忌	243
10.3.1	威士忌的分类	243
10.3.2	威士忌酿制设备和工艺要点	245
10.3.3	黑麦威士忌和乳酸酸化威士忌	246
10.3.4	威士忌发展简史	246
10.4	老姆酒	247
10.4.1	原料及其处理	248
10.4.2	酵母菌	248
10.4.3	发酵	249
10.4.4	老姆酒的蒸馏	250
10.4.5	后熟	251
10.4.6	勾兑	252
10.5	金酒	252
10.5.1	调香蒸馏酒	252
10.5.2	金酒按产地及酿制方法分类	253
10.5.3	金酒的传统工艺分析	254
10.6	白兰地	255
10.6.1	白兰地的起源与发展	255
10.6.2	白兰地的传统工艺	255
10.6.3	白兰地在中国的发展	259
10.7	新型白酒	261
10.8	山西汾酒	263

10.8.1	山西汾酒工艺特点	263
10.8.2	山西汾酒大曲传统制备工艺要点	264
10.8.3	山西汾酒传统发酵工艺流程	264
10.8.4	工艺流程评述	264
10.9	五粮液酒	268
10.10	茅台酒	269
10.10.1	茅台酒工艺特点	269
10.10.2	茅台酒大曲的制备	270
10.10.3	茅台酒传统发酵工艺流程	270
10.11	白酒勾调	277
11	副产品的综合利用	280
11.1	玉米原料酒精糟液的综合利用	280
11.1.1	玉米原料酒精糟液的组成	280
11.1.2	玉米原料酒精糟液的利用	281
11.1.3	玉米原料酒精糟液综合利用工艺	283
11.2	二氧化碳的回收与利用	296
11.2.1	二氧化碳的回收	296
11.2.2	二氧化碳产业化应用	299
11.3	玉米提胚制油	304
11.3.1	玉米提胚的原理	304
11.3.2	玉米提胚技术	305
11.3.3	玉米胚制油	305
12	糖质原料酒精生产工艺	307
12.1	糖质原料酒精发酵的特点	307
12.2	糖质原料酒精发酵工艺流程	309
12.3	发酵糖液的制备	310
附录		312
1	酒精体积分数、质量分数、密度对照表	312
2	玉米淀粉乳波美度与浓度、相对密度的关系	319
3	酒精计示值换算成 20℃ 时的乙醇浓度 (酒精度)	322
4	粗酒精中挥发性杂质的精馏系数简介	323
5	酒精工业关键词中西文对照	325
参考文献		331

1 绪 论

1.1 酒精的主要性质

酒精的化学名称是乙醇，分子式为 C_2H_5OH ，相对分子质量 46.07。分析纯级的无水乙醇是无色透明、易挥发、具有特殊芳香和强烈刺激味的易燃液体。相对密度 0.7893 (d_4^{20})、沸点 78.3℃、凝固点 -117.3℃、闪点 14℃、自燃点 390~430℃，乙醇蒸气与空气可形成爆炸性混合物，爆炸极限为 3.3%~19% (体积)。

1.2 酒精的主要用途

酒精的用途按需求量多少可分为三方面：用量最大的燃料酒精；调制酒精饮料用的食用酒精；化工医药用酒精。

1.2.1 燃料酒精

酒精是一种新能源，其优势在于发酵酒精属于可再生能源。因为目前世界上发酵法生产酒精的主要原料有：谷物作物中的玉米、小麦、大麦、燕麦、水稻等；薯类作物中的甘薯、木薯、马铃薯等；糖料作物中的甘蔗、甜菜、甜高粱等。随着粮食作物产量的提高，对以玉米为代表的新能源植物的利用已经进入良性循环状态，即用做饲料的玉米，先发酵制备酒精，作为燃料；其副产品（酒精糟）再加工成高蛋白饲料（DDGS），作为喂养猪、马、牛、鸡等的优质饲料，经济效益与社会效益明显提高。

我国现在是石油净进口国，解决好燃料酒精问题是重要国策之一。目前国家已在吉林燃料乙醇有限责任公司、河南天冠企业集团公司、黑龙江华润酒精有限公司进行试点优先扶持发展，这对全国酒精产业的发展无疑是一个极大的推动。据统计，我国每年大约需要燃料酒精（燃料乙醇试点初期）400万吨，食用酒精（调制酒精性饮料）200万吨，化工医药用酒精100万吨，而实际我国酒精生产的总装备能力只达到上述需求量的45%。可见，发展可再生能源——燃料酒精的潜力相当大。再过5~10年，如果酒精总产量达到1200万吨以上，则可代替大约20%的汽油，届时我国的绿色能源、绿色环保、酒精产业才能说有一个真正的开始，这对解决国家能源安全、顺畅更新陈化粮和建设优质饲料工程将起到重要作用。

乙醇不仅是一种优良燃料，它还作为一种优良的燃油品质改善剂被广泛使用，其优良特性表现为：乙醇是燃油的增氧剂，使汽油增加内氧，燃烧充分，达到节能和环保的目的；乙醇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（辛烷值）；乙醇还可以经济有效地降低芳烃、烯烃含量，即降低炼油厂的改造费用，达到新汽油标准；乙醇是源于太阳能的一种生物质转化能源，是可再生能源。

巴西、美国等国推行燃料乙醇的经验证明，燃料乙醇能给国家带来巨大的综合效益，如推动农业发展、维持粮价相对稳定、减少对一次能源的依赖、完善能源安全体系、节约外汇、增加就业、增加财政收入、改善燃油品质及大气环境质量等。继巴西、美国推广燃料乙醇成功之后，农业资源丰富的国家如英国、荷兰、德国、奥地利、泰国、南非等，其政府均

已制定规划，积极发展燃料乙醇工业。

1.2.2 调制蒸馏酒

我国著名白酒专家周恒刚先生在半个多世纪的白酒科研与实践中，对中国白酒、世界流行很广的著名蒸馏酒及酒精生产均有极深刻的见解。他在《酒精和新型白酒》中指出：以优质酒精为基础，以固体发酵白酒及其调香酒进行调配；或以酒精串香，使固体酒醅中香味成分在加热蒸馏过程中（气相中）充分混合溶解，或有效地提取酒糟中残留的香味成分的方法生产新型白酒。

由于过去酒精质量差，含杂醇油及其他杂质多，勾兑时影响白酒质量，甚至饮后上头。解放前哈尔滨市的白酒厂就向白酒中勾兑酒精，但没有一定规律，旺季多用酒精，淡季不用或少用。1949年解放后，山东省大力推广“三合一”白酒，即白酒一份、酒精一份、水一份，并延续几年。

在新型白酒生产的初期阶段，由于经验不足，确也存在一些问题。从20世纪70年代开始，新型白酒迅速发展，同时也促进了酒精工业的发展。例如，1978年全国发酵酒精年产量40.6万吨，1995年增加到227.5万吨，这与新型白酒的发展是分不开的。据估计，现在销售的酒精总量中有50%~60%左右用于新型白酒，说明酒精厂与白酒厂已成为“相濡以沫”、“体戚与共”的关系了。

多年来白酒厂依靠酒精渡过难关和获得效益，合理地利用优质酒精是提高白酒质量而不是降低质量，更不是代用和偷工减料。所以应大力提倡酒精勾兑，公开宣传酒精勾兑的合理性。酒精是一切饮料酒的母体。然而饮料酒又与酒精不同，饮料酒要含有芳香和独特风格，使饮者有爽快感，这也是它成为嗜好品的魅力所在，同时也说明了固液勾兑、优势互补的合理性。

合理利用酒精是提高白酒质量而不是降低质量。白酒质量讲究色、香、味、体，更重要的是个“净”字。色、香、味是技术问题，也是管理问题，净主要是管理问题。就难度而言，解决净的难度大于提高色、香、味的难度。因为从原料、工艺到包装，每个细微环节管理不到位都会出现质量事故。充分利用酒精以提高白酒质量主要体现在以下两个方面。

① 降低邪杂味。白酒固体发酵需要大量稻壳等填充料，由于开放式生产，易侵入大量杂菌，使酒中带有不同程度的邪杂味，干扰白酒中的香味及风格。酒的香味虽好，如有杂味混淆，会使酒质量下降。适量调配优质酒精，借以冲淡杂质，使酒味纯正香味突出。所以白酒生产合理利用酒精，不是降低质量而是提高质量，尤其是对中低档白酒效果尤为显著。

② 降低浑浊度。勾兑酒精酒体纯净，既卫生又安全，并且透明度高，冷冻、加冰、加水不浑浊。

中国白酒生产为固体发酵，产酯量高；国外为液体发酵，产醇量高。由于千百年来工艺的延续，培养出消费者的爱好也不相同。中国人多认为酯是香的，醇是液体酒味；当酯含量高时外国人认为酯是臭的，酯含量越高评价也越低。所以出口酒应降低酯含量，添加酒精以稀释白酒中的酯含量及邪杂味，才能符合外国人的口味要求。

一位很有造诣的酿酒学者说，中国白酒进步的进程比外国蒸馏酒慢，比如说从1949年至今50多年中只有两大变化：一是白酒的酒精浓度多数已降至40%（体积），这与世界上多数蒸馏酒酒精浓度已相近；二是现在中国白酒市场中源于优质食用酒精的产品已成主流，并且白酒的广告也开始以醇净、清爽为特色。专家估计，中国白酒在2004~2014年间可能

出现一次重大的变革，这是因为中国加入世贸组织之后，深知酒业利厚的外国酒商早就对中国蒸馏酒市场十分关注，一旦外国蒸馏酒大举进入中国，前卫的年轻人接受洋酒的将越来越多、越来越快，外国酒商以资金、营销方面的实力和能力夺走相当一部分中国中小型白酒企业的市场是不难的。

1.2.3 医药化工等方面的用途

(1) 酒精燃烧时呈淡蓝色的无烟火焰，并释放大量热量 (29 726kJ/kg)。利用这一点，大专院校及科研院所等的实验室以及餐饮业常用酒精灯、酒精喷灯、固体酒精块进行加热。酒精燃烧后对环境无不良影响，属于绿色燃料。

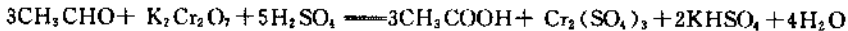
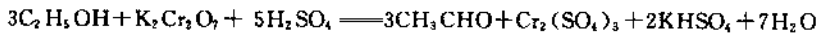
(2) 酒精可与水以任意比例互溶，并释放热量。互溶后由于分子缔合，分子间形成氢键，使其体积呈收缩变化，收缩最大的互溶比例是 H_2O 52mL : C_2H_5OH 48.46mL，混合充分后体积变为 96.3mL。

用食用酒精调制蒸馏酒 (伏特加、新型白酒)，在预调制过程中，作为储存酒基可参考这个比例。

(3) 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、灭菌剂；与碘制成碘酊，是外伤、手术常用的抑制有害微生物繁殖的消毒剂。

(4) 酒精是生化制药中提纯酶制剂、DNA、RNA 的有效沉淀剂。

(5) 酒精在重铬酸钾 ($K_2Cr_2O_7$) 及浓硫酸 (H_2SO_4) 作用下，氧化生成乙酸 (CH_3COOH)，反应式如下



即 $3C_2H_5OH + 2K_2Cr_2O_7 + 10H_2SO_4 \longrightarrow 3CH_3COOH + 2Cr_2(SO_4)_3 + 4KHSO_4 + 11H_2O$

酒精企业化验室常根据这一原理检测蒸馏塔排出的废精液中残存的酒精含量。有残留反应呈绿色，残留越多颜色越深。检测时用比色法比较快速、准确。

(6) 酒精可做优良的防冻、降温介质，乙醇与水质量比为 105 : 100 时，混合液温度降至 $-30^\circ C$ ，不结冰；用此低温给发酵罐夹层降温效果特别理想，微型啤酒发酵即用此法。

(7) 酒精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。

(8) 酒精是大规模发酵生产优质食用乙酸的最好原料。

1.2.4 酒精工业的副产品

大型酒精企业除主要生产酒精外，还有如下副产物：优质颗粒饲料 DDGS (全价干酒精精 Distillers Dried Grains with Solubles)；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 除用做碳酸饮料外，还在气体保护焊接、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。

1.3 世界酒精生产概况

目前全球酒精年产量约 2 525 万吨 ($3.2 \times 10^{10} L$)，其中美国和巴西的酒精产量占全球总产量的 66%。据估计到 2005 年全球总产量将增至 3 394 万吨 ($4.3 \times 10^{10} L$)，增长部分全