

发酵工程关键技术 及其应用

欧阳平凯 曹竹安 马宏建 张 木 等编



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

发酵工程关键技术及其应用

欧阳平凯 曹竹安 马宏建 张 木 等编



化学工业出版社
现代生物技术与医药科技出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

发酵工程关键技术及其应用/欧阳平凯等编. —北京:
化学工业出版社, 2005. 4
ISBN 7-5025-6950-2

I. 发… II. 欧… III. 发酵工程 IV. TQ92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005) 第 031195 号

发酵工程关键技术及其应用

欧阳平凯 曹竹安 马宏建 张 木 等编

责任编辑: 莫小曼

责任校对: 郑 捷

封面设计: 关 飞

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
现代生物技术与医药科技出版中心

(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

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 19½ 字数 438 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6950-2

定 价: 49.00 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

编写委员会

主 编	李学勇				
副 主 编	王晓方	王宏广			
执行主编	欧阳平凯	曹竹安	马宏建	张 木	
编委会委员	张启先	王静康	郑玉果	马延和	雷肇祖
	朱宝泉	朱昌雄	张嗣良	孙志浩	钱世钧
	莫湘筠	赵文杰	谭天伟	邱勇隽	朱春宝
	范 玲	赵爱民	黄英明	白新盛	徐庆毅
	兰红霞	秦人伟	王异静	陈守文	庄英萍
	刘 放	蒋细良	王 芳	刘 铭	高 毅
	任国宾	尹秋响	冯 雁	董志杨	许正宏
	吴 泉	郑裕国	仪 宏	还连栋	徐 岩
	许赣荣	詹晓北	贾士儒	李乃强	袁金生
	于振行				

前 言

发酵工程是生物技术的重要组成部分，是生物技术产业化的重要技术基础。发酵工程是一项综合性技术，它涵盖菌种培养技术、生化反应工程技术、提取精制技术，其应用遍及轻工、食品、化工、能源、环保、农业、医药等国民经济诸多领域，是有效利用中国丰富生物资源、提高农副产品附加值、缓解环境压力、维护生态平衡、提高中国相关产业竞争力的关键技术之一。

通过连续几个五年科技攻关计划的实施，中国发酵工程产业在产品种类及数量、规模、技术手段和技术装备等方面都有了长足进步。目前中国发酵行业生产企业有 5000 多家，主要发酵产品的年产值高达 1300 亿元，在国民经济中占有较高的比重。但与国外先进水平相比，中国在某些方面仍有较大差距，如产业面窄，产业链短；重视生产工艺技术的研究，而忽视产品应用技术的开发等。发酵工程技术及其相关产品在中国具有巨大的发展潜力。

因此，通过深入研究和综合分析中国发酵工程共性关键技术及重大产品的研发状况，提炼发酵工程的共性关键技术问题，并在此基础上提出中国发酵工程发展方向、发展重点、产业政策与对策措施的建议，对提升发酵行业技术水平，促进生物技术产业化，增强重点产业国际竞争力，保证中国发酵行业可持续发展，都具有十分重要的意义。

本书对中国发酵行业的代谢调控等共性关键技术和生物化工原料与新材料等重要产品进行了综合分析，介绍了国内外发酵工程的现状和发展趋势，分析比较了中国发酵工程技术与发达国家的差距，提出中国发酵工程亟待解决的重大共性技术问题和应对方法。希望本书能为有关企事业单位的研发工作提供参考，为科技主管部门、产业部门科学决策提供依据。

编者

内 容 提 要

本书从工业生物技术发展的角度阐述发酵工程的热点问题，客观地反映了国内外发酵工程的研究水平和生产、市场现状。并通过对比，详细分析国内外发酵工程关键技术及应用发酵工程技术生产的重要产品，针对国内目前所存在的问题提出了应对措施，从而得出有中国特色的发展思路。

本书主要介绍能够应用于工业生产和实践中的发酵工程共性技术，如菌种选育和优化技术、培养基的设计及其制造技术、发酵过程优化与生物反应器、清洁生产和低能耗好氧工艺、工业生物催化技术，以及能够带来较大经济效益的发酵工程新工艺与新产品，如生物化工新材料、氨基酸、酶制剂、寡糖、微生物农药、抗生素、天然食品添加剂，最后叙述了发酵工程在对国民经济有重大影响的能源和粮食增值转化中的应用。

本书可供发酵工程专业及相关领域研究单位的研发人员、生产经营企业的技术和管理人员参考，并可为技术投资的决策人员提供实践依据。

目 录

第一篇 总 论

一、发酵工程领域国内外现状·····	3
二、发酵工程对促进国民经济发展的作用·····	7
三、发酵工程前沿与共性技术现状及发展趋势·····	8

第二篇 发酵工程共性技术

第一章 菌种选育和优化技术 ·····	15
一、概述 ·····	15
二、开展微生物菌种选育和优化技术研究的必要性 ·····	16
三、微生物菌种技术的现状和发展趋势 ·····	21
四、发展策略 ·····	53
附录 1 案例分析 ·····	55
参考文献 ·····	65
第二章 培养基的设计及其制造技术 ·····	67
一、概述 ·····	67
二、国内外进展与发展前景 ·····	70
三、应用范围及适用的重大产品 ·····	74
四、发展策略 ·····	75
第三章 发酵过程优化与生物反应器 ·····	76
一、概述 ·····	76
二、发酵工程的形成与发展 ·····	76
三、过程优化理论的发展 ·····	78
四、生物反应器 ·····	81
五、策略建议 ·····	87
附录 3 案例分析 ·····	88
参考文献 ·····	89
第四章 发酵行业清洁生产和低能耗好氧治理工艺 ·····	91
一、概述 ·····	91
二、国内外进展与发展前景 ·····	94
三、应用范围及适用的重大产品 ·····	97
四、发酵工业清洁生产工艺 ·····	98

五、经济效益分析	100
参考文献	102
第五章 工业生物催化技术	103
一、概述	103
二、工业生物催化和发酵工程	104
三、工业生物催化的应用	105
四、工业生物催化剂的改性和提高	112
五、生物催化和转化的代谢工程研究	116
六、工业生物催化的前景与发展策略	116
参考文献	117

第三篇 发酵工程新工艺与新产品

第六章 生物化工原料和新材料	121
一、概述	121
二、国内外生物化工原料和新材料发展趋势	122
三、重点产品	124
四、共性技术	134
五、发展策略	135
附录 6 案例分析	137
参考文献	138
第七章 氨基酸及其分离技术	139
一、世界主要氨基酸产量	139
二、主要氨基酸生产方法及生产指标	140
三、氨基酸分离技术	142
四、发展策略	153
参考文献	153
第八章 酶制剂	156
一、国内外发展概况	156
二、主要酶制剂产品	159
三、共性技术	164
四、发展策略	165
附录 8-1 案例分析	168
附录 8-2 相关数据库资料	170
参考文献	172
第九章 寡糖的开发应用	173
一、国内外发展概况	173
二、重点产品	187
三、共性技术	192

四、发展策略·····	192
附录 9-1 案例分析·····	193
附录 9-2 相关数据库资料·····	196
参考文献·····	198
第十章 微生物农药·····	200
一、国内外发展概况·····	200
二、重点产品·····	206
三、共性技术·····	210
四、发展策略·····	214
附录 10-1 案例分析·····	216
附录 10-2 相关数据库资料·····	221
参考文献·····	222
第十一章 抗生素·····	224
一、背景·····	224
二、国内外进展与发展前景·····	227
三、应用范围及适用的重大产品·····	233
四、策略建议·····	239
附录 11 案例分析·····	239
参考文献·····	240
第十二章 天然食品（或饲料）添加剂·····	242
一、国内外进展与发展前景·····	242
二、重点产品·····	244
三、发展策略·····	272
附录 12 部分附表·····	274
参考文献·····	276

第四篇 发酵工程与重大社会需求

第十三章 能源生物技术·····	281
一、燃料乙醇·····	281
二、生物柴油·····	283
三、生物制氢·····	286
四、微生物探测和采油技术·····	288
五、总结·····	289
参考文献·····	290
第十四章 食品发酵工业对粮食增值转化的贡献·····	291
一、概述·····	291
二、世界主要粮食生产和利用现状·····	292
三、中国主要粮食生产和利用现状·····	294

四、主要粮食在发酵工业中应用及适用的重大产品.....	298
五、发展策略.....	299
附录 14 案例分析	300
参考文献.....	303

第一篇

总 论

随着时光流进 21 世纪,人们赞赏着占据头条新闻的人类基因组计划的重大突破,同时又饱尝着纳斯达克股市泡沫破灭的痛苦。当人们津津乐道地回忆信息技术(IT)突飞猛进的神话时,“9.11”事件引发的全球经济衰退,又使人们对于 IT 业的疯狂热情降到了冰点。在大多数投资者舔着伤口一筹莫展时,另一些精明的投资者已在对以生物芯片为先导的生物技术浪潮进行追逐。于是各路诸侯大发感慨,未来学家说,21 世纪是生物技术世纪;科学家预言,世界即将在生物技术上取得重大突破,新世纪之初,科学方面的主要突破将发生在生物学、遗传学和医学;经济学家则认为,21 世纪 20 年代生物经济将由目前的形成阶段进入成长阶段,即商业开发阶段。各国政要也在为正在形成的推动社会进步的第四次浪潮推波助澜。投资者总是前赴后继、好了伤疤忘了疼的弄潮儿,正是这些探险者才使科学家的发现、发明走向产业,走向社会,走进人们的生活。21 世纪的工业生物技术产业究竟是一个什么样的格局,作为工业生物技术基础的发酵工程,在已经开始的生物经济时代处于一种什么状态,能起何种作用,还面临哪些课题,这些都是人们所关注的问题。

一、发酵工程领域国内外现状

(一) 概述

发酵工程是指利用微生物的特定性状,通过现代工程技术,在发酵罐中生产有用物质的一种技术系统。发酵工程是化学工程与生物技术相结合的产物,是生物技术的重要分支,是生物加工与生物制造实现产业化的核心技术。与传统化学工程相比,发酵工程有某些突出特点:①主要以可再生资源作原料;②反应条件温和,多为常温、常压、能耗低、选择性好、效率高的生产过程;③环境污染较少;④投资较小;⑤能生产目前不能生产的或用化学法生产较困难的性能优异的产品。由于这些特点,发酵工程已成为工业领域重点发展的行业,发酵工程产品包括各种抗生素、氨基酸、维生素、有机酸等与人们日常生活息息相关的产品。

发酵工程技术主要包括提供高性能生产菌种的菌种技术、实现低成本大规模生产产品的发酵技术及最终获得合格产品的分离提取技术。进行发酵工程关键技术及重大产品的研究开发,将发挥中国丰富的生物资源优势,提高发酵工程的技术水平,促进食品加工、生物化工、生物医药等相关行业的产品竞争力和可持续发展。

(二) 世界发酵工程的现状

1. 概况

发酵工程发展至今已经历了半个多世纪,最早主要是生产抗生素;随后是氨基酸发酵、有机酸发酵、甾体激素的生物转化、维生素的生物法制备、单细胞蛋白及淀粉糖等工业化生产。20 世纪 70 年代初第一次出现石油危机后,西方各发达国家积极寻找替代能源的同时,加大了对生物技术发展的投入,开发可再生资源的利用技术,使发酵工程的应用领域得以进一步拓展。随着现代生物技术的兴起,发酵工程的应用已涉及国计民生的方方面面,包括农业生产、轻化工原料生产、医药卫生、食品、环境保护、资源和

能源的开发等各领域。当代,随着生物工程上游技术的进步以及化学工程、信息技术和生物信息学(bioinformatics)等学科技术的发展,发酵工程迎来了又一个崭新的发展时期。面对新技术革命的兴起,化学工业作为传统的基础工业,不可避免地面临着生物新技术的挑战,随着基因重组、细胞融合、酶的固定化等技术的发展,发酵工程技术不仅可提供大量廉价的化工原料和产品,而且还有可能改善某些化工产品的传统工艺,出现少污染、省能源的新工艺,甚至合成一些性能优异的新型化合物。发酵工程技术的发展将推动生物技术和化工生产技术的变革和进步,产生巨大的经济效益和社会效益,因此发酵工程技术将在 21 世纪有着辉煌的前景。

2. 发展动向

发酵工程技术经过 50 多年的发展,目前已形成了一个完整的工业技术体系,整个发酵工程行业也出现了一些新的发展态势。下面简要描述发酵工程行业的现状。

由于发酵工程应用面广,涉及行业多,所以应用发酵工程技术的企业较多。据报道,目前美国生物技术企业有 1200 多家,西欧有 580 多家,日本有 300 多家。其中既有 ADM 公司、诺维信(原诺和诺德)公司等专门以发酵工程技术大规模生产各种产品的公司,也有 DSM 公司、汉高公司等利用大规模发酵技术生产部分产品的公司,还有在某一方面有专长的公司如生产基因重组蛋白质的 Amgen 公司等。进入 21 世纪,生命科学已成为新世纪最具活力的领域之一,世界大公司正在把注意力向生命科学部分转移,生物技术正在从食品、医药、农产品这些传统领域向化工、塑料、燃料和溶剂等工业领域扩展,尤其是发酵工程技术在向传统的化学工业延伸,这必将给化学工业带来巨大的变革。

在传统化学工业中,化学反应一直依赖高温条件和以化学品(如酸、硅酸盐和表面活性剂)作为催化剂。而现在,这些工艺正在向采用生物催化剂的方向发展。随着更加稳定、性质多样的各种新品种酶不断被开发出来,酶可以安全地起到工业生物催化剂的作用。目前世界工业酶的市场销售总额为 26 亿美元/年且年均增长率在 11% 以上。特别是酶能够产生活性分子这一能力将使得采用酶的工艺路线成为精细化工的首选技术。在最近几年里,纤维酶和脂肪酶(在饲料和纺织工业)以及植酸酶(在制革业)的使用量增长迅速。传统合成方法生产的药品,现在很多已改为采用酶工程工艺生产。德国巴斯夫公司建设一家 R-苯乙醇酸生产厂,采用的是生物催化工艺,产品纯度达 99%。美国一家公司将一种酶的热稳定性比其自然状态下提高了 3 万倍,使这种酶可以反复地加热和冷却而不会失去活力。德国的酶生产厂家 Roche 诊断公司与美国加州的生物催化剂公司已签订了在美国和加拿大销售生物催化酶的独家协议。生物催化剂公司采用遗传工程的方法开发出用于生产工艺的酶,特别是用于医药工业的手性药物。而酶工程技术得以迅速发展的前提条件就是发酵工程技术的日趋成熟,使各种工业用酶的生产成本大幅度降低,工业应用得以实现。

近年来许多国家对利用生物技术生产塑料和燃料的研究力度都在加大。对于塑料生产厂家而言,用植物这样的可再生资源来取代以石油为基础的原料,发展前景极为诱人。树脂生产厂家不再依靠化石燃料的有限供应,可降解性的生物高分子可以变成肥料,不仅节省了填埋场所占的土地面积,而且更有利于环境保护和工业的可持续发展。

从玉米、高粱或其他植物获取的淀粉和糖,是目前正在开发的几种生物化学新工艺的基础原料。例如,日本三井化工正在生产用于农用地膜、瓶子和耐热容器等生物包装材料的 LaceaPLA。他们还在研究完全由赖氨酸、天冬氨酸等氨基酸构成的生物高分子,并已开发出一种专有的工艺技术。这种工艺采用羟基碳酸、二醇、二羧酸等共聚单体生产聚酯。另外,环保型的酯类溶剂也可以来自植物,它们将能取代大约 80% 的现有的有毒性的石油溶剂。国外科学家于 1999 年就已获得这项技术的专利权。这项专利技术可从碳水化合物原料中提取出高纯度乳酸酯,并使生产成本降低一半,大大节约了能源,减少了挥发性排放物。

据统计,2000 年美国的 1290 家生物技术公司实现销售收入 146 亿美元,比 1995 年增加了 15%。而且这个行业还在不断地扩大,预计在未来 5 年里,美国在这一领域的业务年均增长率将达 11%。同时,生物技术在欧洲的发展速度也极为迅猛,整个欧洲新创立的生物技术公司数量已经超过 1500 个。在过去 3 年里,德国新建的公司已经增加了 150% 以上,成为欧洲生物技术公司最多的国家。近年来,欧美许多传统的化学公司已将重点转向生物技术,其中包括美国的孟山都公司、德国的赫司特公司和法国的罗纳普朗克公司等。由此可以看到,生物技术已经成为新世纪最具活力和生命力的领域之一,其突飞猛进的发展使各国的产业结构发生了巨大变化,必将给传统工业尤其是化学工业带来革命性的影响。生物技术用于精细化工是 21 世纪世界范围内重点发展的新技术领域之一,将其用于农药领域生产农用抗生素、细菌农药、真菌农药和病毒农药等生物农药,具有安全性好、选择性高、易于降解、污染小、用量少等优点;用于食品添加剂生产,可代替化学合成方法生产香精香料、天然色素、保鲜剂、防腐剂等;用于新材料开发,能生产生物可降解塑料,如聚羟基丁酸酯(PHB)及聚乳酸等。以生物技术为基础的手性化合物在精细化工产品中占有重要的地位,目前世界上正在开发的 1200 种新药中有 2/3 是手性药物,预计 2005 年全球新上市的化学药品中将有 60% 为单一异构体。利用生物催化剂制备手性化合物具有广阔的应用前景,用于不对称合成、对映体拆分,不仅可以催化很多的化学反应,还可以合成结构复杂、具有生物活性的大分子和高分子化合物,同时可以解决利用化学法进行不对称合成与拆分所需的手性源以及产生的无效对映体和环保问题。

(三) 中国发酵工程的发展现状

中国发酵工程经过长期发展已有一定基础,并一直持续快速发展。特别是改革开放以后,发酵工程的发展进入了一个崭新的阶段,不同品种虽然发展速度不一,但大都呈几倍乃至数十倍的增长,目前发酵工程产品涉及医药、保健、农药、食品、饲料、有机酸等各个方面。

在医药方面,抗生素得到迅猛发展,1998 年中国抗生素的产量达到 33486t,其中青霉素的产量居世界首位。其他生化药物中,初步形成产业化规模的有干扰素、白细胞介素、乙型肝炎疫苗。在农药方面,生物农药品种达 85 种,主要有苏云金芽孢杆菌(Bt)、井冈霉素、赤霉素等。其中,井冈霉素的产量居世界第一位。在食品与饲料方面,作为三大发酵制品的味精、柠檬酸、酶制剂的产量也有很大的增加,2001 年味精

产量从1990年的22.3万吨增加到71.3万吨,柠檬酸产量从1990年的6.13万吨增加到35万吨,酶制剂从1990年的8.5万吨增加到30万吨。酵母及淀粉糖的产量也有明显增加。中国的味精生产和消费居世界第一,柠檬酸的生产和出口也居世界第一(参见表0-1)。另外,1998年乳酸的产量在1.5万吨左右,赖氨酸的产量在2万吨左右,苹果酸的产量在6000t。在有机酸方面,衣康酸的产量达5000t,中国开发的生物法长链二元酸工艺居世界领先地位,该产品世界上最大的发酵法生产线已在中国投入运行,目前年生产能力达6000t以上,以此单体为原料的聚合物系列产品也在开发之中。在保健品方面,中国已能用生物法生产多种氨基酸、维生素和核酸等。另外,中国生物法合成丙烯酰胺的最大生产规模达到年产2万吨,与日本同处于世界领先地位。

表 0-1 国内外几种重要发酵工程产品产量的对照 (2001 年)

产 品	世界产量/万吨	中国产量/万吨	产 品	世界产量/万吨	中国产量/万吨
柠檬酸	100	35	赖氨酸	55	2
乳酸	13~15	1.5	维生素 C	7	4
衣康酸	3	0.6	维生素 B ₂	0.6	0.1
苹果酸	2	0.02	黄原胶	3.2	0.8
谷氨酸	100	71.3	丙烯酰胺	37	5.5

近年来,中国的生物化工产品生产得到了很大发展,但仍存在着诸多问题。中国酶制剂中的支柱产品糖化酶、高温 α -淀粉酶、碱性蛋白酶,自1988年引进高产菌株后,发酵水平一直鲜有提高,而国外却提高很快。以糖化酶为例,目前中国产酶活力仍停留在35000U/ml左右,而国外已达到50000U/ml以上。由于剂型单一及质量不稳定,中国酶制剂产品难以进入国际市场。氨基酸的整体水平,产率国外比国内高30%~50%。中国谷氨酸的平均产酸水平为10%~12%,国外为13%~14%;中国赖氨酸产酸水平12%~14%,国外达15%~16%,中国糖酸转化率目前波动在42%~46%,而国外已达到50%左右。在抗生素工业中,制约中国医药工业战略品种之一的 β -内酰胺抗生素发展的关键问题是头孢菌素C的发酵单位,及7-氨基头孢烷酸(7-ACA)、7-氨基脱氧头孢烷酸(7-ADCA)、6-氨基青霉烷酸(6-APA)的生产水平较低。由于中国生物产业的产业化程度低、科研成果转化为生产力的周期长、速度慢,技术水平和装备水平还有待进一步提高,缺少一支强大的生物化工技术企业队伍,对生物化工产品的开发投资不够、投资渠道单一、缺乏应有的经济支撑,所以中国的发酵总体技术水平与国外的差距较大,产品生产成本明显高于国外,既难以进入国际市场参与竞争,也难以抵挡国外产品进入国内市场。

中国发酵产品总体生产规模较小,产品在竞争中处于不利地位,因此发酵产品的开发,应该坚持规模经济的原则。在发展战略上,应选择一些达到国际水平的生物化工和精细化工项目作为开发重点,以带动整个行业的技术进步。重点开发的项目应具备以下条件:已有较大的生产规模,市场容量和潜力较大;技术上比较成熟,与国外差距较小,有规模化的可能性;有代表性的骨干产品,能形成产品链,具有带动整个领域发展的示范作用。这样就能逐步解决我国生物产业生产规模小、产品转化率低、应用开发能力差、难以形成产业链等问题。

中国的发酵工业正面临着既要推进传统产业革命,又要迎头赶上世界新技术革命的现状。发酵工业的发展必须要有超前意识,政府应从机制、税收、金融等方面予以扶持,积极创造条件,在有选择地引进消化吸收国外先进技术成果的同时,以发酵工程、酶工程和生化工程的开发为重点,以工程和装备及放大技术为突破口,逐步开展基因工程和细胞工程等基础研究,建立高效能的科研开发体系,大力培养并建立企业的开发力量,为新世纪开创发酵工程及其产业新局面奠定坚实的基础。

二、发酵工程对促进国民经济发展的作用

实现经济与社会的可持续发展已成为全人类共同关注的焦点。作为全世界最大的发展中国家,当前中国工业化阶段正处于资源消耗的高峰期,面临的问题尤为突出:资源匮乏、能源短缺、石油资源短缺、环境污染、自然环境恶化、就业形势严峻已成为中国经济可持续发展的严重障碍。中国科技界面临许多极富挑战性、具有重大战略意义的前沿课题,发酵工程技术是解决上述问题的重要手段,发展工业生物技术产业是有效利用中国丰富生物资源的重要手段。中国拥有十分丰富的微生物和动植物等生物资源,为发酵工程技术产业发展提供了得天独厚的有利条件,而发酵工程技术产业的发展又将促进生物资源的有效开发利用,实现许多农产品和农业副产品、秸秆等可再生资源的高值化开发。

中国是一个农产品生产和消费大国。“九五”期间,农产品初步实现了由长期短缺到总量基本平衡、丰年有余的历史性转变。目前,中国粮食年总产量为5亿吨左右,其中稻谷为1.95亿吨,小麦为1.23亿吨,均为世界之首。中国陈化粮的库存数量巨大,其中大部分不能食用,只能进入饲料和工业加工市场,农产品库存积压的量高达年产量的1.5倍,成为国家财政的沉重包袱,从而严重影响了农民收入的增加和农村市场的繁荣,成为现阶段农业发展的“瓶颈”制约问题。尽管国家多次进行了陈化粮的竞价销售,但是其数量只是国家陈化粮中很小的一部分,陈化粮的处理任务还相当艰巨。据统计,在酿酒、氨基酸、有机酸、酶制剂、淀粉糖、酵母等几个主要产业中,每年的粮食加工量接近全国粮食总产量的5%左右。提高发酵工程技术水平,利用基因技术等扩大新产品的开发,不仅可以满足人们日益增长的需求,而且对促进农业产业化、加速农业结构调整、提高农副产品附加值和增加农民收入都具有十分重要的意义。

不少专家预测,全世界探明的石油可采储量为1000亿~1409亿吨,按目前的采油速度,只能开采40年左右。中国已探明石油可采储量约为62亿吨,其中已累计采出34.6亿吨,剩余27.4亿吨,按去年自采原油1.6亿吨计算,可供开采17年。从1993年起中国成为石油净进口国,1996年起中国成为原油净进口国。随着未来经济的快速发展和能源结构的调整,中国对石油的需求还会增大。另外,石化能源燃烧后产生的二氧化碳、氧化氮、氧化硫以及排放的黑烟是导致严重环境污染如温室效应、全球气温变暖等的主要原因。严重的能源危机和环境问题促使人们进行石油替代能源的研究和开发。

中国和发达国家相比,发展发酵工业具有劳动力成本低、投资成本低等诸多优势,