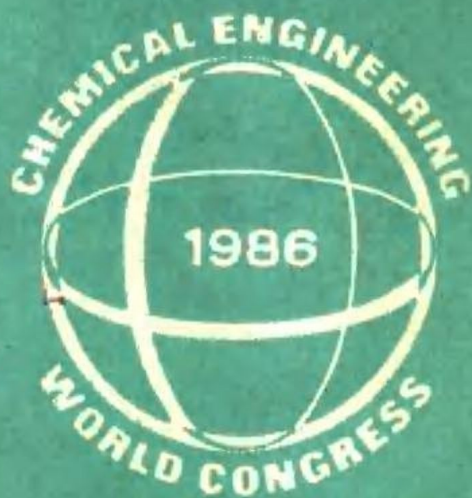


第三届世界化工会议 论文选集

中国化工学会化学工程学会 主编



中国科学技术出版社

第三届世界化工会议论文选集

中国化工学会化学工程学会 主编

中国科学技术出版社

内 容 提 要

本书系由中国化工学会化学工程学会选译自1986年在日本东京召开的第三届世界化学工程学术会议论文集。全书分为26章，共96篇论文，其内容有：大会报告、化工教育、新材料加工、化工新工艺、煤和石油的利用、可再生及代用能源、化工节能、超临界萃取结晶、反应器中的流体流动及传递特性、传质、干燥、蒸馏、气体吸收、萃取及浸取、吸附及离子交换、固液分离、膜工艺、混合及搅拌、流态化、催化剂、反应器设计、生物工程及生物反应器设计、间歇过程的设计与控制、控制器整定、环境化学工程以及颗粒的分离与带电等。

本书内容广泛，既有新工艺、新材料，又有新设备的开发，可供化工、冶金、石油、轻工、军工、生化、医药等部门从事科研设计、技术开发、化工教育、市场管理、工矿企业、企业管理等工作的科技人员；大专院校师生以及企事业单位的管理人员参考。

第三届世界化工会议论文选集

中国化工学会化学工程学会 主编

责任编辑：纪 军

*

中国科学技术出版社出版（北京海淀区魏公村白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

河北省唐县印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/16 印张：25.5 字数：600千字

1991年2月第1版 1991年2月第1次印刷

印数：1—1000册 定价：16.80元

ISBN 7-5046-0249-3/TQ·5

前 言

世界化学工程第三届学术会议于1986年9月21~25日在日本东京召开。会议由日本化学工程师学会主办。本次会议是在亚太地区化学工程联合会、泛美化学工程联合会以及欧洲化学工程联合会共同倡议下召开的。

参加这次会议的有中华人民共和国（包括台湾省及香港）、日本、英、美等48个国家。会议收到世界各国的979篇论文。除大会学术报告外，均按学科分成64组进行宣读或张贴。最后编印成四卷论文集出版。

为使会议论文为我国科技界借鉴，根据我国亲临该次会议的学者们推荐，由中国化工学会化学工程学会从中选取并翻译海外学者的论文96篇分为26章出版，以飨读者。

负责本论文集主编及译审工作的同志有：化学工业部科学技术研究总院副院长兼总工程师成思危高级工程师；化学工业部科学技术研究总院高级工程师、《化工学报》责任编辑杨宜年以及中国化工学会化学工程学会秘书长、北京化工学院化工系主任施力田教授。

为使本书选题更趋完善，承《石油化工译丛》编辑部提供该刊1987年第5期《专辑》译文予以转载，特此致谢。

另外，在该文集的翻译过程中，略去了原文提及的所有参考文献，读者如需要时，请查阅原文集。

中国化工学会化学工程学会

1990年2月7日

全世界化工界的一次盛会（代序）

1986年9月21日至25日，来自世界各国和地区的两千余名化工界代表汇集在一起，在日本东京参加了历史上最盛大的一次化学工程国际学术会议。

虽然结晶、干燥、过滤、蒸馏等化工单元操作在生产实践中的应用已有数千年的历史，但化学工程作为一门独立的学科，其建立至今不过100年左右，而且直到第二次世界大战后才形成了比较完整的学科体系。近40年来，由于化学工业原料路线的变化、生产规模的扩大、新技术的应用、新品种的增加、保护环境及节约能源的要求日益严格等，使化学工程这门学科的理论 and 实践都得到了比较显著的发展，并对农业、信息工业、材料工业、生物技术、海洋开发等方面做出了不少贡献。

随着化学工程学科的发展，国际间的学术交流也日益频繁，除了美国化学工程师学会（AIChE）、联邦德国的化学技术、设备与生物技术协会（DECHEMA）、英国的化学工业学会等机构定期举办的国际性学术会议之外，每年在世界各地召开的有关化学工程的各种国际学术会议有数十次之多。尽管如此，国际化工界的有关人士仍感到有必要定期举办一种规模更大、内容更广泛的国际化工学术会议。在大家的努力及有关化工学术团体的支持下，1976年在美国举行了第一届世界化学工程大会，并决定嗣后每5年举办一次。1981年，在加拿大的蒙特利尔市举行了第二届大会。

这次在日本东京举行的第三届大会，无论是参加人数还是交流的学术论文的数量及广泛性来说都是空前的。在会议期间，参加会议的代表们共按14个大专题分为64个小专题宣读论文979篇，其内容涉及化学工程的各个方面，还包括了一些化学工业管理、化工经济学等方面的内容。现将14个大专题及其主要内容分列于下：

（1）管理及行销。包括市场行销、化学工业中的劳动生产率、管理及不确定性分析三个小专题，共12篇论文。（2）国际合作。包括化学工程领域中的国际合作及技术转让两个小专题，共14篇论文。（3）经济及技术展望。包括90年代化学工业的经济及技术展望一个小专题，共10篇论文。（4）工程教育。包括大学教育、继续教育及在职培训计划、计算机的发展对化学工程教育的影响两个小专题，共22篇论文。（5）化学工程在新开发的高技术领域中的作用。包括新材料加工、化学工业中的新过程、化学工业中的机器人三个小专题，共37篇论文。（6）能源及资源。包括节能及分析、煤炭及石油的利用、可再生及代用的资源、热能贮存、核工业中的课题、能量利用效率高的化学工业等6个小专题，共96篇论文。（7）化工基础。包括物性、相平衡及热力学、流变学及流体流动、传热、传质等4个小专题，共131篇论文。（8）单元操作。包括蒸发、干燥、蒸馏、气体吸收、萃取及浸取、吸附及交换、结晶、粉体及气溶胶的性质及粉体技术、固液分离、膜技术、混合及搅拌、流态化等12个小专题，共282篇论文。（9）反应工程。包括反应动力学、反应器设计、催化剂等三个小专题，共111篇论文。（10）生物技术。包括生化工程及生化反应器设计、食品加工、生物医学工程等3个小专题，共81篇论文。（11）材料。包括材料及其应用、聚合物加工等2个小专题，共28篇论文。（12）计算机在化学工程中的应用。包括知识工程的应用、计算机辅助设

计、柔性设计及控制、自适应及预测控制、过程模型化技术及动力学、多变量过程控制、间歇过程的设计及控制、pH控制、控制器调谐、计算机辅助设计基础、计算机辅助操作、蒸馏及其他传质操作的模型化及模拟、反应动力学及反应器的模型化、工业过程的模拟及控制、计算机在节能中的应用等15个小专题，共72篇论文。(13)环境化学工程。包括生化法处理废水、化学法及物理化学法处理废水、用吸附法控制污染、大气污染控制、环境监测及模型化、固体及有害废物处理、环境化学工程等7个小专题，共75篇论文。(14)化学工厂中的安全。包括化学工厂中的安全1个小专题，共8篇论文。此外，还有4篇论文被安排在大会上宣读。

在出席大会的两千多名代表中，我国的代表共62名(包括台湾省34名及香港2名)，由于在这次大会的同时还要举行庆祝日本化学工程师学会(SCEJ)成立50周年的活动，因此中国化工学会派出了由戴树和教授、萧成基高级工程师、左景伊教授、施力田教授和我5人组成的代表团参加这一活动。中国化工学会的代表团在会议期间受到了日本化学工程师学会的热情接待，同时也与一些国家的化工学会的代表进行了友好的交谈，为加强双边学术交流创造了条件。例如1989年10月在北京举行的ACHEMA-89展览会及学术报告会就是在我与DEC-HMA的会长Behrens先生的商谈中酝酿出来的。

在这次大会期间还举办了1986年东京化学技术展览，展出了专用化学品及新材料、化学工业中的新工艺、化学工业中的信息及管理系统、工厂工程的进展、化学工业中的精密仪表及设备。

参加会议回国之后，我和施力田教授、杨宜年高级工程师等同志就一直在努力设法向国内化工界的同志们介绍这次大会丰富的学术论文，并提议要编一本论文选，这一提议得到了许多同志(特别是参加过这次大会的代表)的支持，最后选定了96篇文章，由大家分别译、校，在译审过程中，特别是杨宜年高级工程师担负了主要的编审任务付出辛勤的劳动。在1988年就已基本完成，但是由于经济方面的原因，一直迟迟未能出版。直到最近，在中国科学技术出版社及有关单位的大力支持下，今天终于与广大读者见面了。在此我仅代表我们三个主编者对所有参加译、校、编审及出版社的同志们，以及一切支持过这本论文集出版的个人及单位表示诚挚的谢意。

成思危

1990年2月12日于北京

目 录

第1章 大会报告	
从生物质制取液体燃料展望·····	(1)
化学工程与世界发展·····	(6)
第2章 化工教育	
资本主义国家和社会主义国家在化学工程教育方面的国际合作·····	(8)
日本的大学化学工程教育·····	(12)
新加坡的化学工程教育·····	(15)
为化学工程专业的学生提供职业示范·····	(18)
第3章 新材料加工	
用借助于粒子沉淀的化学蒸汽沉淀法使AIN膜迅速增厚·····	(22)
第4章 化工新工艺	
等离子技术在加拿大应用的前景·····	(26)
采用空气/ NO_2 - N_2O_4 体系由葱氧化制葱醌·····	(29)
从二氧化碳生产合成气·····	(33)
从钢铁工业副产煤气中生产超纯 H_2 和 CO_2 气·····	(37)
第5章 煤和石油的利用	
气-液-固多相流动的流体力学研究·····	(42)
提高石油回收的胶束/聚合物喷射的最佳方案·····	(46)
印度原油的评价·····	(49)
原油蒸馏动力学·····	(53)
浆相Fischer-Tropsch合成动力学·····	(57)
第6章 可再生及代用能源	
己内酰胺生产用的太阳能·····	(62)
用于热分解过程的高温浸没反应器·····	(66)
使用流化粒子循环方法的生物质燃气发生器的开发·····	(70)
第7章 化工节能	
热泵系统在化工厂的应用·····	(75)
热泵蒸馏塔的评价方法·····	(79)
用于二元系统精馏塔中的中间再沸器与冷凝器的应用研究·····	(83)
热化学反应系统的计算机辅助合成·····	(85)
第8章 超临界萃取结晶	
以超临界气体为溶剂的萃取结晶法分离脂肪酸及其衍生物·····	(90)
第9章 反应器中的流体流动及传递特性	
气升式循环反应器和鼓泡塔中的流动结构·····	(93)

在低管径与粒径比的填充床中传递过程实验研究	(96)
第10章 传质	
高压下二氧化碳的扩散	(100)
在喷淋塔中的液-液萃取	(103)
第11章 干燥	
多孔介质中MARANGONI不稳定性引起的微观对流对全蒸发过程 and 选择干燥的影响	(107)
气流干燥器的数学模型和程序	(111)
喷雾干燥中干燥性能的预测	(116)
含有各种糖分的液体食物的干燥特性	(120)
第12章 蒸馏	
用塔的分段法计算多组分精馏问题	(126)
液体流速的非理想分布及其对筛板效率的影响	(132)
从经济、生态和产品质量方面设计热分离装置	(135)
盐溶精馏法生产燃料乙醇	(140)
恒沸萃取蒸馏	(143)
用惰性气体蒸馏代替水蒸气蒸馏	(147)
加盐萃取蒸馏用于醇-水分离	(151)
多组分蒸馏的塔板效率	(155)
第13章 气体吸收	
筛板上气相侧传质模型和关联	(158)
具有微小悬浮粒子的泡罩塔中的气体滞留量及传质特性	(163)
第14章 萃取及浸取	
返混与前混的混合模型在液-液搅拌萃取塔性能模拟中的应用	(168)
液-液萃取过程填料的最优选择	(172)
超临界流体萃取中的传质	(177)
生物活性物质的超临界流体萃取	(181)
第15章 吸附及离子交换	
气体分离变压吸附过程模型	(186)
变压吸附循环操作数值模拟	(190)
变压吸附模拟	(194)
用萃取技术进行废水处理	(199)
第16章 固液分离	
深层过滤的进展	(203)
半流化床过滤器的实验研究	(207)
在絮凝过程中凝聚与破裂的模拟	(212)
在重力增浓中 ξ 电势的作用	(217)
间歇沉降和连续沉降之间的关系	(221)
液压滤饼脱水	(225)

液固分离问题数学解的一般方法	(229)
非牛顿介质中的过滤	(234)
影响絮凝粒子特性参数的研究——新检测技术	(238)
应用等电聚焦使蛋白质胶状溶液连续分离和纯化设备的开发	(242)
第17章 膜工艺	
大分子溶液的超滤和微滤	(247)
用透过聚二甲基硅氧烷膜的透析蒸发从稀水溶液中分离有机液体	(251)
超滤用聚醚砜中空纤维膜的开发和应用	(256)
不均匀流动分布对中空纤维反应器性能的影响	(260)
中空纤维束的渗透蒸发——装置中的传质和传热	(264)
第18章 混合及搅拌	
在鼓泡反应器中标准Rushton透平用大环分布器的优点	(269)
射流搅拌的实验和理论	(273)
二维粘性流动的分析及其在近壁式搅拌器中的特殊应用	(278)
微观混合与宏观混合过程的放大	(283)
透平搅拌釜的机械效率与流动特性	(287)
搅拌釜中流体动力学与混合要求的关系	(291)
螺带搅拌、功耗、混合时间及局部速度	(295)
搅拌槽中高粘流体混合时间的推算方法	(298)
搅拌槽中流动和传热的数值模拟	(302)
第19章 流态化	
固-液流化床的结构及其在生化领域中的应用	(308)
快速流态化的流动域	(311)
气-固流化床压强扰动的静态统计分析和气泡行为	(314)
测定气体流化床密相孔隙率的床层塌落技术	(319)
第20章 催化剂	
应用周期脉冲技术快速评价催化剂寿命	(324)
第21章 反应器设计	
高放热过程的列管式反应器设计的改进	(329)
第22章 生物工程及生物反应器设计	
多糖发酵液的流变学——对生物反应器设计和控制的应用	(333)
浆料发酵体系生物反应器的设计	(337)
发酵培养基中氧的扩散系数	(341)
分析非均相可逆MICHAELIS-MENTEN动力学方程中扩散影响的数学模型	
应用于果汁脱苦味的填充床反应器	(345)
强化传质和消泡的新设备	(348)
在泡沫发酵器中生产黄单胞胶	(352)
发酵过程的数据库系统	(355)
第23章 间歇过程的设计与控制	

多组分间歇精馏塔的最优设计.....	(358)
间歇蒸发结晶的自动控制系统.....	(362)
第24章 控制器整定	
直接数字控制系统的最优整定方法.....	(367)
第25章 环境化学工程	
经济条件下的环境保护——向化学工程挑战.....	(372)
三氯乙烯在活性炭纤维上的吸附.....	(375)
三相生物流化床处理水和废水.....	(379)
第26章 颗粒的分离与带电	
在倾斜板上不同形状颗粒的分离机理.....	(385)
聚合物颗粒在金属板上一次碰撞带电.....	(389)
在电场中超细气溶胶颗粒的带电和它在基底上的涂层.....	(392)

第1章 大会报告

从生物质制取液体燃料展望*

R. G. H. Prince

本文扼要地回顾了工艺、潜在的技术发展和经济效益；较详细地介绍已被广泛使用的乙醇工艺。工艺的发展使成本稳步而平缓地降低，但由生物质法制取乙醇的成本将继续高于石油燃料法。由于目前的生产是建立在更广泛的国家的社会-经济因素上的——外汇支付平衡、燃料的自给自足、新的市场和就业率等，故生物质燃料潜力的评价中必须包括上述内容。

一、生物质燃料

生物质代表来源于生物范围内广泛的物质。最大量的是以植物细胞物质的形式体现，而由来自太阳辐射的光合作用而得到的。生物质已长期被用作食物、纤维、燃料和化学品。作为一种能源它可以：（1）以固体的形式（例如木材或农作物的壳皮等）使用——生物作为能源用至今还主要是通过燃烧这类固体以发热或发电；（2）以气体的形式使用，通过生物质的细菌分解或化学加工得到；（3）以液体的形式使用。

液体燃料有着在大多数运输条件中的方便性和适应性，而这正是固体或气体燃料所无法代替的。对于发达国家，这些运输所需费用可占到全部液体燃料费用的50~70%。因而生物质燃料很可能具有其最大的应用潜力是液态，以作为石油基液体及需运输的燃料的代用品。这些液体燃料包括：（1）通过发酵得到的醇（甲醇、乙醇、丁醇）和酮（丙酮）。（2）烃及氧化烃类。可从醇类进一步加工的产物中得到；可从木材及木焦油制得；也可从藻类得到。（3）能挥发的脂肪酸。进一步加工成为酮、酯、或烃等液体燃料。（4）种籽油。（5）大戟属植物树脂。

目前（及可预见的将来）生物质液体燃料按其重要性次序排列大致为：乙醇、甲醇、种子油及含烃植物和藻类。

二、乙醇

乙醇可以从许多含碳水化合物的植物中制取，根据其加工的难易顺序，分列于下：

- （1）糖类——来自甘蔗、甜菜、甜高粱；
- （2）淀粉——来自谷子、小麦、玉米、大麦；
- （3）木质纤维素——林产品、草类、甘蔗渣、小麦秸。

乙醇和其他液体也可以从植物和动物的残余物制得。这些看起来似乎是“免费”的，但是收集以及运输到集中点的成本，还有物料的加工费（加工可能是困难的和复杂的）等，将最终使它们昂贵得失去吸引力。唯一的经济上可行的来源是大规模单一栽培生长的作物。

乙醇可通过微生物发酵由单糖制得，也可以将淀粉和纤维素物料水解成这些单糖后制

* 节译自《World Congress III of Chemical Engineering, 1986》，Vol. I, p. 4。

得。对于木质纤维需要大得多的水解程度方能制得，这是其利用的主要障碍，而淀粉的水解则是简易的，并且已建立了很好的工艺。

这种发酵的“麦酒”含大约10%的乙醇，通常是通过蒸馏来浓缩，或制成可直接用于内燃机的乙醇-水共沸物，或制成无水乙醇后与石油渗合使用。

乙醇生产中大量的残液（大约为所生产的乙醇的10倍）具有非常高的COD（化学耗氧量）和BOD（生化耗氧量）值，必须排弃。这一行业具有悠久的历史，并且成熟地建立了以糖和淀粉为原料的生产技术（废料的排弃问题，在技术上尚有差距），但是还可以进一步作出一定程度的改进。

农业发展 农作物价占燃料乙醇最终成本的比率很高（40~75%），因而其中任何费用的减少均将起很大作用。

一些有关制乙醇的农作物特征如表1所示。其发展是以较好地选择农作物并增加可发酵

表1 各种原料的乙醇产量和蕴能度

	吨/(公顷·年)	糖或淀粉含量(%)	每吨产醇(升)	每公顷每年产量(升)	每年生产乙醇的天数
糖浆(甘蔗或甜菜)		50	300		330
甜 菜	45	16	100	4 300	90
甘 蔗	70	12.5	70	4 900	150/180
甜 高 粱	35	14	80	2 800	
	15	25	150	2 250	
木 薯	40	25	150	6 000	200~300
玉 米	5	69	410	2 050	330
耶路撒冷洋蓐	50	14	80	4 000	90
小 麦	4	66	390	1 560	330
甘 薯	25×2	25	150	3 750×2	

及收率为基准。并以“蕴能度”（每公顷每年的乙醇升数）的增加来表达，因为农业的成本取决于耕地面积和收获的数量。较高的作物种植密度也可同时减少向中心工厂的运输成本而使大规模的加工成为可能。投资费用将随着农作物的可加工期的增长而成比例地降低。

迄今为止，很少有冒险者采用新的作物。由于农业必需稳定，一般使用当地已肯定的作物；与推广已知的、通用的作物相比较，要大规模而又可靠地推广一种新作物是困难的和靠不住的。因此，对于乙醇生产的推动力是为现有的作物寻找另一新的工艺。对于“新”作物，世界范围内做了许多工作，如澳大利亚已经对木薯进行了大规模试验。

加工技术的发展 对于糖类或淀粉类，加工费占总成本的一半左右，所以在任何单一加工步骤中可达到的成本降低可能是很小的（以每升乙醇的钱[分]数为序）。农业成本减少到一定程度时，生产成本就变得较为重要并降低就更有意义了。在使用农副产物的特殊情形中，原料可不占什么成本，而生产成本是完全控制的因素。

对于木质纤维，经济核算可能不同于糖类或淀粉：在此低成本、非常丰富的原料是可能的，但此时通过深加工，成本会高一些。此时加工技术的发展在经济效益方面有更引人注目的作用，尤其在由原料到发酵的糖转化率方面。为此目的已成功地建立了酸化水解工艺，但这需要苛刻的条件，导致了低产率、高投资和运转费用。已开展了较广泛的减少成本的工作。主要是：优化确定最佳的酸量、温度和反应时间等工作。

当预处理并暴露这些纤维后，更有希望的是纤维加酶水解。其他处理包括氟化氢溶液分

解、去结晶-水解和通过蒸汽骤然减压所进行的预处理。Nystrom等人最近已从化学工程的观点检查和比较了此处理方法。

上述吸引力是明显的,该问题已得到广泛的注意,但进展很可能是慢的。由于目前其生产成本很可能为以糖为原料的两倍,所以还需长期的探讨;因此得到植物纤维质,将它运输到中心,并对它预处理的总成本也可能是高的。Nystrom等人断言,没有能够与传统的谷物制乙醇技术竞争的纤维素转化工艺,除非可得到大量有价值的副产物或非常便宜的原料。要以较低的生物质进料成本补偿较高的生产成本,实际上不容易实现。淀粉的水解较为容易,用酶水解是最有希望的发展。

发酵 连续发酵法将逐步取代间歇法。可以用串联的搅拌发酵罐组及酵母的外循环工艺,可减少40%的发酵罐容积,但综合的投资降低及总成本降低有限。采用高浓度酵母的塔式设备,环管循环系统,或固定细胞,可较大地减少槽容积,发酵罐部分的投资可节省约50%左右。

在Alfa-Laval公司的“Biostil”工艺中,将发酵液汽提,分掉酵母后,循环通过两级蒸馏,然后回到发酵罐。该法现有11套不同规模的装置在运转。此外,可改善控制系统,采用较好的计测方法。

微生物也在不断的改进及发展之中。改良菌种,以提高乙醇产率(可降低投资达50%以上)及收率(可降低原料消耗,此占成本之比例较大)。澳大利亚培育的*Zymomonas mobilis*菌种,通过1立方米槽的工业评价后,已在联邦德国建成50米³的槽中运转生产。耐温型菌种可在较高温度下发酵,提高了反应速率,减轻了冷却问题。用耐乙醇的菌种可得到高乙醇浓度的产物。美国的酒精厂用这类菌种提高了生产力约20~30%。菌种的进一步改进可用基因工程的方法。

总的说来,工艺改进包括:连续发酵可减少发酵设备尺寸约一个数量级;采用高活性的耐醇菌种;用具有强生存力的高浓度微生物的连续设备还可以省去进料液的消毒步骤,这又能取得节能效益。

醇水分离 传统法采用2~4个蒸馏塔,所需能耗高(与所生产的酒精的热值相当),一般老厂每生产1升酒精约需4~6公斤蒸汽,改进后的新厂可降至1.7公斤/升,并有可能再降至1公斤以下。这主要是靠改进塔的设计、塔间采用逐级压差、采用蒸汽再压缩(热泵)以及完善的自动控制系统等手段实现的。

进一步的能耗降低可用溶剂萃取法或膜分离法取代一些蒸馏塔。小厂中有用分子筛进行生产无水酒精的。

有人提出用化学回收法——用乳糖进行反应后,再进行热分解,其能耗可达到与高效的蒸馏系统相当。对于现代化的乙醇厂,已能做到全工艺的能耗低于所产生的液体燃料。但取得低能耗的代价是增加了装置的复杂性及投资。

废料处理 乙醇厂排出大量含有生化活性物的废液(一个大的乙醇厂所排出废液的生化耗氧当量(BOD),可相当于一个大城市的下水)。其处理方法有:堆存(目前不可取);蒸发后作饲料;燃烧;高效发酵分解(产生沼气燃料);制造真菌生物质;及弃入海中。目前工业上发展水循环系统,可降低废水量,节约投资及节省操作费用。

取代传统发酵工艺,还有“热化学转化法”。将半纤维素水解为五碳或六碳糖,再转化为乳酸盐,热裂解后得到乙醇。

全过程的优化 在各变量之间寻求优化策略。例如：增大厂的规模可降低生产成本，又增大了农作物的集中运输费用。从而求出优化规模。根据不同条件可在年产乙醇50立方米~40万立方米之间求取厂的优化规模。

成本 许多人曾研究了成本分析问题，总的结论是：

对于蔗糖原料，最终成本中约50%是原料费，50%为生产费用。对于甜菜糖原料，比例与蔗糖相同。但具体的成本值比蔗糖高出一倍。对于用粮食作物的淀粉为原料，原料费用亦高于蔗糖。专用于生产燃料酒精的淀粉作物，例如木薯，可能降低原料成本，但尚未在工业上大规模采用。对于纤维素原料，总成本将比蔗糖原料高出50~100%。

美国的燃料级无水酒精在1986年时的最低价格为32~35美分/升，一般较稳定的价格为42美分/升。巴西的蔗糖酒精出口价最低，为26美分/升。近来的澳大利亚的蔗糖酒精为50美分/升，与原先的详细分析的结果一致。

如何进一步降低成本？前述的一系列工艺改革（改为塔式连续发酵等）可降低10%的总成本。加上蒸馏系统的节能等，共可降低成本约15~20%。

前已提及，酒精成本中50%为原料费，因而每公顷提高农作物产量10%，可降低成本5%。这是由农业上挖潜力。

由上可见，即使是农业技术与工业技术不断努力提高，生物质制得的燃料酒精的价格仍将高于汽油（美国的普通汽油价格约20美分/升），且近期内大体上不会改变这一情况。

三、甲 醇

甲醇可由含碳物质制得，包括木质素纤维、锯木屑及谷壳等。先气化得到CO及H₂（合成气），然后合成甲醇。但由生物质制取，第一步的困难仍为大量物料的集输及加工。

甲醇的吸引力在于可用含木质素纤维的生物质制取，成本低（如林产及谷物废料，及速生林等）。不与粮食争原料。故甲醇可成为最便宜的生物质燃料。但甲醇的大规模工业生产多以天然气或煤为原料，则价格更低。在美国，现为10美分/升，而生物质甲醇的价格则为其2~3倍。

四、种 籽 油

由种籽挤压得到的原油，如葵花籽油、油菜籽油、桐油等，可直接作为燃料油，经过化学加工（如酯化等）则更好。

澳大利亚的种籽油价格估计为70美分/升（1981年）。进一步改进工艺，可降低成本15~20%。种籽油可作为柴油机用油（乙醇则不适宜）。种籽油便于在小型规模厂生产，并可直接用作柴油机燃料。但由于多数种籽油可供食用，因此不大可能大量用作动力燃料用油。

五、产 烃 植 物

许多植物能生产烃化合物或树脂。著名的如天然橡胶树、三叶胶树等。其树脂可提炼得到液体燃料。

Stewart评选了三种有希望的植物：大戟胶、橡胶灌木、阔叶棉灌木等。它们可回收的树脂为4~10%（干重）。从这些植物中取得的树脂价格为150~270美元/桶（折算为油当量，1982年价）。

这类植物的农业收成可能有所提高，但看来在价格上不大可能与其他生物质液体燃料相竞争。

六、海 藻

水生植物海藻中含油脂20%（干重），可转化为液体燃料。少部分的海藻是一种专用食品，以及作为商品鱼的饲料。海水培育估计成本为每吨海藻油1000美元，这主要是池塘及通入二氧化碳作为藻的营养的费用。

七、由生物质制取燃料的有利因素

综上所述，由生物质制取的燃料，其价格在近期内将保持高于矿物来源的燃料。既然如此，为何这一生产路线目前仍在逐步发展？一种说法是乙醇的燃料辛烷值高于直馏汽油。但单是这一理由是不够的，还需从更多方面来考察这个问题。

有些国家由于缺乏石油资源，需在燃料方面自给，以免在油价上及政治上受到国际影响。

有些国家外汇收支长期不平衡，自己生产生物质燃料可减少外汇支出。

生物质燃料生产能提供国内新的就业机会，为农民提供农作物的新市场。乙醇生产及相应的配套工业、服务行业可吸收大量的劳动力。澳大利亚的一项研究报告表明：有一个乙醇工厂，装置用了200个生产工人、工厂所在地增加了2000名其他就业人员。由于生产发展及支付工资，又促进了社会经济活力，又增加了3万~6万个就业机会。

发展生物质燃料，推动农业国家发展一些新的农作物品种，如木薯、甜高粱、甜菜等，从而促进农业发展。

发展生物质燃料生产有助于改善国内工业和农业的布局，发展城镇。

使用醇类燃料可减轻燃烧过程对大气的污染。

巴西对于发展蔗糖制乙醇工业，指出有下列益处：（1）节约外汇；（2）提高运输用燃料的自给率；（3）增加就业率（特别是在农村）；（4）发展农业。

巴西的乙醇产量（1985）为1150万立方米（20万桶/天）。1986及1987年的消费量约为1250及1400万立方米。

美国是另一个燃料乙醇的生产大国，其组织生产的原因是为了平稳玉米的市场价格，以保护农业。

以农作物为基础的液体燃料厂的另一特点是适合于建设中小型厂（约10万立方米乙醇/年），因而可用以吸收小额的投资来建厂，灵活性较大。

八、结 论

1.乙醇是由生物质制得的液体燃料中目前唯一有实际使用意义的一种，近期内将保持这一状况。其来源为：（1）由专门种植的农作物制取，而不是由农作物的废料残渣制取。（2）由现已大规模种植的正规农作物制取。例如，在巴西等国，由蔗糖制取；在美国，由玉米制取。

2.乙醇的生产工艺是十分成熟的。但由于经济方面的要求，其工艺技术正在发生较大的进展和变化，以求进一步降低成本。

3.美国由玉米制造的乙醇价格为32~42美分/升,可视作为衡量比较的基价。除巴西外,其他国家价格均比此更高。生产技术及农业水平的提高可进一步降低成本,但幅度有限。在可预见的近期内,乙醇的成本仍将高于石油燃料。

4.虽然有上述不利之点,但由专门植物制造的乙醇仍在巴西及美国等大量生产,并推广到一些其他国家。这里包含着社会-经济因素;如:减少外汇赤字,增大燃料的自给率,创造一个初级农产品的市场,增加农村就业率等。另一个重要的因素是:农作物乙醇便于小规模生产,投资少,灵活性好。从而使一些发展中国家进入燃料生产行列。使乙醇可与由煤或页岩制取的液体燃料并驾齐驱。其发展还有助于增加农业收益。

5.农作物制乙醇的生产将继续发展,不仅在现已有生产的几个国家,新的生产国家也正在增加中。

6.已有的实际生产经验,以及许多新的研究和开发工作,将在农业技术、工业技术、及生物技术等方面继续提高和发展。

李 玲 译 萧成基 校

化 学 工 程 与 世 界 发 展*

Gordon H. Thomson

在世界历史上还没有任何時候像今天这样十分迫切地需要化学工程师的专门贡献。从来没有比今天对化学工程师(作为专业人员、个人职业、以及世界性行业的成员)有更大和更紧迫的要求。在当前世界发展中有四个极重要的领域——食品供应、保健医疗、环境保护以及能源供应——中的开发所面临的许多专门问题特别地有赖于从工程中予以解决。化学工程师有特殊的责任用其智慧去开发、配合所需要的技术,并确保在政治和社会方面的领导人应用其工程技术方面的能力去解决世界问题。

化学工程师们积累了各种技术智慧和解决实际问题的经验,在技术的发展和应用中具有值得重视的智慧。在解决技术问题方面,受过良好的专业训练。并且由于化学工程师们的工作接触面广,常要涉及各种其他专业——例如,有机化学和无机化学,物理学,力学,项目经营,以及管理学等。这些广泛的知识领域,如果恰当而又合适地加以应用,可以十分有助于解决当今世界上一些紧急而又迫切的问题。

化学工程师已经带头或参与了过去的建设性的项目,因而可以说作为一种有组织的、世界范围的职业,在促进世界发展的国际合作领域中,作为化学工程师我们还没有达到本来应能有的起作用的程度。现在我们可以有对其他职业起牵头作用的机会。

作为化学工程师我们决不能仅仅停留在作为技术人员和项目负责人的要求上,而且还必须注意到我们的更广阔的社会责任。在我们还没能做到这一点以前,我们将继续被社会看作仅仅是有能力的专家治国论者。这样,我们的专门才能和智慧将得不到充分的发挥,并且我们自己将失去我们本来能够做出特殊贡献的机会。但是最重要的是,有些问题本来通过化学工程的概念来解决的,却未能解决——这对世界及对人类将是不幸的损失。

*译自《World Congress III of Chemical Engineering, 1986》, Vol.I, p.14.

作为世界范围的职业，在合作的或联合组织的程度上我们可以采取一些积极、具体的步骤，在若干领域中为世界的发展作出较大的贡献。其中：第一是将促进发达国家向发展中国家转让技术。第二是化学工程教育方面扩大我们的国际合作，包括大学生教育和研究生教育。第三是国际性的基层组织将会促进更大的国际合作，不仅是在化学工程专业范围内的合作，而且还有化学工程专业与其他专业之间的合作，我们认为这可以起到使技术和资源与需要挂钩的作用，引导管理和组织起来的技术到最需要的地方去，并指出化学工程师们能对世界的发展作出贡献的机会。此外，另一项重要的义务是应该反对将这种职业性活动政治化的各种企图。我们应坚持：当问题能找到技术的解决办法时，政治和意识形态的考虑应当让开。

推动上述国际基层组织的积极活动将是受欢迎的开端。今天，在第三届世界化学工程大会上，将是提出此问题，并且播下“种子”的最合适的时机。如果需要的话，我本人愿意在此次会后准备担当这方面工作的“协调者”。

作为一项世界范围的事业，化学工程这一行业是具有共同性而又相互联系的，我们用同一种语言——化学工程语言；我们有共同兴趣和关注的事物；我们有共同的义务——对我们自己，对我们所服务的人们，以及对这个世界。我希望到第四届世界化学工程会议举行时，将表明我们已准备好在各方面来承担的这种义务。

萧 涵 译 萧成基 校