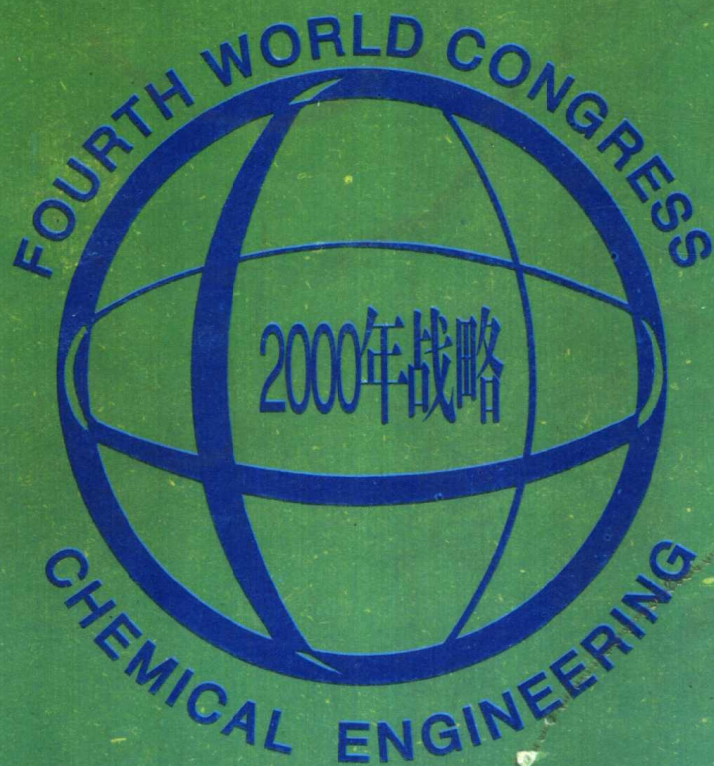




第四届世界化学工程会议论文集

中国化工学会化学工程专业委员会

化学工业出版社

第四届世界化学工程会议论文集

2000 年战略

中国化工学会化学工程专业委员会

化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

第四届世界化学工程会议论文集/中国化工学会化学
工程专业委员会编.-北京:化学工业出版社,1994.11
ISBN 7-5025-1418-X

I.第... II.中... III.化学工程-国际会议-文集 IV.
TQ02-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 13918 号

责任编辑:陈 丽 郭乃铎

封面设计:郑小红

*

化学工业出版社出版

(北京市朝阳区惠新里 3 号)

北京东华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 787×1092 $1/16$ 印张 23 字数 606 千字

1995 年 3 月第 1 版 1995 年 3 月北京第 1 次印刷

印 数 1—1,000

定 价 35.00 元

序

1991年6月12—21日,来自世界67个国家的1700多名化工界代表欢聚一堂,在德国卡尔斯鲁厄市(Karlsruhe/Germany)参加了第四届世界化学工程会议。应德国化工学会邀请,中国化工学会代表团参加了会议。我国浙江大学、华东理工大学、天津大学等高校的教授学者和一些研究单位的专家也参加了会议。

本届会议是由欧洲化学工程联盟、泛美化学工程联盟及亚太化学工程联盟共同主办的。德国的四个科学协会(德国化学技术、设备与生物技术协会(DECHEMA);德国化学家协会(GDCH);德国化学与工程协会;德国物理化学协会)代表欧洲化学工程联盟热烈欢迎来自国际社会的化学工程师参加第四届世界化学工程会议。

会议的主题是“2000年战略”,战略目标包括原料和能源资源、食品与营养、健康、过程和产品的安全性、环境保护以及第三世界需要等。这些都是造福人类的重要课题。化学工程师不仅要负责化工生产,而且也要为各种类型的过程技术及物质转换过程负责。这些过程技术包括安全、环境保护和资源保护在内。因此,会议的目的有二个,一是交流化工科学技术,二是探讨科学技术的未来。会议期间,会议代表除了听取大会报告外,参加专题分组会听取专题报告,也可观看展屏报告。会议后期分成7个战略讨论组进行研讨。会议报告内容十分丰富。

会后由迪特·贝伦斯博士等主编,德国化学技术、设备与生物技术协会(DECHEMA)出版了《第四届世界化学工程会议2000年战略论文集》(1991)。该论文集共1184页,论文147篇。主要内容有四部分:[I]特邀报告:1篇;[II]大会报告:11篇;[III]科学-技术报告,包括:(1)战略目标:①第三世界的社会需要:5篇;②教育及工艺估价:2篇;③环境:35篇;④原料及能源资源:14篇;⑤过程及产品的安全:2篇。(2)应用:①过程工业:12篇;②生物及食品工业:12篇;(3)基础及方法:①热过程:9篇;②机械过程:11篇;③分离技术:1)蒸馏:1篇;2)膜操作的进展:1篇;3)超临界流体的分离及反应:2篇;4)吸附:2篇;5)结晶:3篇。④界面现象:2篇;⑤过程分析、合成及控制:1)过程动力学及控制:3篇;2)过程分析及合成:1篇。3)化学过程中模型控制:3篇。⑥过程及反应工程:1)化学反应工程的趋势:2篇;2)化学过程热力学:2篇;3)多相反应:1篇;4)计算机辅助工艺工程:2篇。[IV]战略讨论报告:(1)未来的过程工厂(安全性、可靠性、有效性);(2)环境保护;(3)原料及能量资源;(4)产品质量及可靠性;(5)生物科学的应用;(6)化学工程师对发展中国家的责任;(7)教育效果及研究战略;(8)欧洲化学工程师联盟专家们的评价与评论等。

参加会议回国后,我们就如何将《会议论文集》为我国化工界借鉴,曾数次和施力田教授、汪文川教授和杨宜年高级工程师进行了商讨。在取得吉化公司赞助出版费基础上,得到化工出版社的大力支持,并经我国化工界知名人士根据国情精心优选43篇论文,征得该《会议论文集》版权所有者DECHEMA同意后组织力量译、校、编审,终于问世。在此,我谨向为本书付出辛勤劳动的主编施力田、汪文川教授和杨宜年高级工程师以及参加译、校、审定及化工出版社同志们,特别是要向吉化公司为本书出版提供赞助和原出版版权所有者,德国DECHEMA同意本书出版,表示深切的谢意。

中国化工学会理事长 潘连生

1994年11月

KR0051013

石化工业的发展寄希望于化学工程

在各方人士的努力下,“第四届世界化学工程会议(1991—2000 年战略)论文选集”出版发行了,我仅对参加这部译著工作的各方面人员表示热烈的祝贺和衷心的感谢。

众所周知,石油化工在国民经济中占有重要的地位。战后美国经济的发展,西欧经济的复兴,日本经济的崛起以及近些年韩国经济的高速发展,石油化工都发挥了相当大的作用。我国的石油化工还是一门新兴工业,经过 40 多年的发展,已经有了相当的基础,特别是中国石油化工总公司成立 11 年以来,相继建设了一大批现代化的大型炼油、化工、化纤、化肥装置,使我国的石化工业有了一个较大的发展。到 1993 年底,石化总公司加工原油 1.129 亿吨,生产乙烯 180 万吨,向市场提供各种石化产品总量达 1 亿吨。1993 年实现销售收入 1492 亿元,利税 214 亿元,成为我国国家财政收入的重要来源之一。从原油加工能力、乙烯生产能力来衡量,中国石油化工总公司已分别跃居世界各大公司的第四位和第八位。

我国石化工业的迅速发展,是和大力推进技术进步分不开的。近 11 年来,石化总公司坚持“振兴石化,科技先行”的方针,狠抓科技开发和成果转化,开发出了一批以重油催化裂化、缓和加氢裂化、中压加氢改质、高压加氢裂化、新型乙烯裂解炉、干气制乙苯、SBS 等为代表的重大技术,开发出属世界首创的催化裂解(DCC)和最大量生产汽油和气体烯烃技术(MGG)。另外,还有相当一批技术已处于世界领先地位,部分技术已出口国外,为国家争得了荣誉。在石化总公司内部,一批技术正在转化为生产力,为各所属企业创造了显著的经济效益。

中国石油化工科技开发公司(SINOPEC TECH)是石化总公司直属的从事科技开发、科技贸易的专业公司,又是负责管理、协调石化总公司科技进步的职能部门。在“1993—2000 年石化总公司科技进步规划”的指导下,除组织石化总公司内科技开发、重大科技攻关、成果转化等工作外,还通过各种方式与国内外石油、化工以及相关专业的科技力量进行合作。为了实现把石油化工建设成支柱产业的宏伟目标,我们还将坚持并扩大这种合作。目前我们已和中科院有关研究所、高等院校、中央和地方的研究院所以及 Lummus、UOP 等国际知名大石化公司建立了广泛的合作关系。

回顾石化工业的科技进步,剖析每项重大技术的构成时,总可以看到化学工程对石化发展的重要影响。大量化学工程的新成就在石油化工工业中的迅速应用所取得的成果都说明化学工程和石化工艺的结合正在有力地推动着石化工业的科技进步。可以毫不夸张地讲,石化总公司取得的每项重大科技成果中都包含着化学工程的内容。正是从这个意义讲,我期待这部译著的出版,对石化科技的发展能起到应有的积极作用。如果广大石化科技人员能从中得到某种启发和帮助,我将感到十分高兴。

中国化工学会常务理事 袁晴棠
中国石油化工总公司总工程师

前 言

世界化学工程大会是全世界各国和地区化学科学领域内的一次化学工程国际学术盛会。自 1976 年在荷兰阿姆斯特丹举行第一届世界化学工程大会以来。每五年举办一次,已陆续于 1981 年在加拿大蒙特利尔及 1986 年于日本东京分别举办了第二及第三届世界化学工程大会。第四届世界化学工程大会于 1991 年 6 月 16—21 日在德国卡尔斯鲁厄市召开。中国化工学会理事长潘连生及副理事长兼秘书长朱永铭,中国科学院院士、天津大学余国琮教授等国内有关学者应邀出席了大会。

大会是由欧洲化学工程联盟、泛美化学工程联盟及亚太化学工程联盟共同主办的。

会后由德国化学技术、设备与生物技术协会(DECHEMA)出版了《第四届世界化学工程会议 2000 年战略论文集(1991 年)》。

为使该《论文集》的学术思想能在我国化工科技界进一步传播,经征得该出版版权所有:DECHEMA 的同意,根据我国化工专家,学者们的推荐,由中国化工学会化学工程委员会从中优选了 43 篇海外学者的论文,翻译出版以飨读者。在此谨向德国化学技术、设备与生物技术协会表示衷心的感谢。

本书由中国化工学会化学工程专业委员会主任委员兼秘书长、北京化工大学化工系教授施力田、中国化工学会化学工程专业委员会副秘书长、北京化工大学汪文川教授及中国化工学会高级工程师、国家自然科学基金委员会教授杨宜年主编。在全书的编制过程中,杨宜年高级工程师担任主要的编审工作,付出辛勤劳动。对此,深表谢意。

承蒙吉林化学工业公司和中国石化总公司科技开发公司的赞助以及化学工业出版社的大力支持,使本书得以出版问世,在此一并予以致谢。

此外,在本书的译制过程中,略去了原文提供的参考文献以节省篇幅,敬希读者谅解。若需要,可查阅原文集。

中国化工学会化学工程专业委员会

1993. 9. 19

目 录

第一篇 特邀报告

人类-环境-知识	(1)
----------------	-------

第二篇 大会报告

化学工程在印度 2000 年发展中的作用	(4)
用于能源生产的催化技术	(19)
化学工程基础研究未来的挑战	(35)
产品性质及过程工程	(46)
过程控制和操作:目前趋势及未来展望	(49)
在 2000 年及其后的能源	(56)
2000 年及以后的食物和生命质量	(67)
化学工程与工艺的研究——当今国际报告综述	(80)
化学工程师在开发全球性有利环境的能源战略中的贡献	(94)

第三篇 科学—技术报告

一、战略目标	(99)
(一)第三世界及社会需要	(99)
与发展中国家合作的化学工程研究与开发	(99)
职业培训战略	(111)
世界化学工业的改组:未来十年的展望	(123)
(二)环境	(151)
生态加工——一个设想?	(151)
无污染化工厂——一个必要而又可能实现的目标	(158)
土壤改造——现状综述	(161)
(三)材料及能源	(177)
欧洲共同体的研究开发活动与耗能加工工业	(177)
计算机集成加工	(185)
太阳化学:工业化学中利用太阳能的途径	(191)
二、应用	(194)
(一)过程工业	(194)
化学和化学工程在开发新催化技术方面的作用:案例分析——Albene 工艺	(194)
固体催化剂设计的展望	(202)
沸石催化剂的结焦及失活模型	(211)
催化过程中结焦的研究——反应工程方法	(218)
基于传质现象对浮选泡沫传质行为的评估	(229)

(二)生物技术和食品工业.....	(233)
重组大肠杆菌的高细胞密度培养工艺策略.....	(233)
食品加工技术与化学工程的关系.....	(237)
用膜分离法进行澄清和浓缩——对食品工业的挑战.....	(238)
某些选定的酶工艺在食品加工中的作用.....	(241)
高粘牛顿型和非牛顿型流体的混合,框式和双叶搅拌桨在食品工业复杂流体 系统中的应用.....	(244)
三、基础及方法	(257)
(一)机械过程.....	(257)
颗粒固体的流动性质.....	(257)
(二)分离技术.....	(270)
超临界流体的应用.....	(270)
(三)界面现象.....	(282)
非离子表面活性剂聚氧乙烯烷基醚的结构对PC泡囊增溶的影响.....	(282)
(四)过程分析、综合及控制.....	(288)
过程控制的经济效益.....	(288)
用于干底气化器的一个先进的自适应控制算法.....	(293)
使用迭代学习运算的间歇式反应器的控制.....	(298)
(五)过程及反应工程.....	(308)
化学反应工程的任务和发展趋势.....	(308)
流体相平衡热力学的前沿.....	(324)
环流反应器中的多相流动.....	(327)
过程设计的未来.....	(335)
化学工程:过程工程中计算机集成制造(CIM)的关键.....	(339)

第四篇 战略讨论报告

发展中国家化学工程师的责任.....	(347)
教育冲击与研究战略.....	(350)
在卡尔斯鲁厄第四届世界化学工程会议(1991,6)和在德卢特欧洲化工联合会 科学研究咨询委员会(1991,10)上的战略讨论综述.....	(352)

第一篇 特邀报告

人类-环境-知识*

Bruno Fritsch, Zürich/瑞士

在人类进化的历史长河中,人类与环境的关系主要经历了四个发展阶段。第一个阶段可称之为在“能源少”和“消耗低”条件下对“环境物品”的直接利用。当消耗掉一定量的环境物品后,环境具有再生能力。这一阶段称之为新石器时代,当时人们每隔两年都要从一个地方迁移到另一个地方,以使被破坏的环境得以恢复。

表 1 显示了人口密度和能量消耗的增加情况,这两方面因素相当于使“环境负荷”增加一万倍〔“环境负荷”定义为 $(\text{人口}/\text{米}^2) \times (\text{能耗}(\text{千瓦})/\text{人}) = (\text{人口}/\text{公里}^2) \times (\text{千瓦}/\text{人})$ 〕。

表 1 能耗和人口密度的变化

	人口/公里 ²	千瓦小时/天·人	千瓦/人
游牧社会	2.5	2.5	大约 0.1
农业社会	25	25	大约 1.0
工业社会	250	250(美国)	大约 10

第二个阶段称为在较高的人口和能源密度条件下的对“环境物品”的消耗。此时,生态系统(如大气层、地壳、地水层及生物圈等)已不可能完全自然再生,这一阶段,环境变得“物品匮乏”,这类似于目前在世界许多地方我们都能看到的景象。第三个阶段,也就是我们正在逐渐步入的以协调环境与经济过程为目的的社会系统。此时,随着对环境和经济发展条件之间相互关系的认识的逐步深入,我们已逐渐掌握了决定生活条件与环境之间关系的诸多要素。这一点在工业化国家尤为显著,因为工业化国家具有较强的经济实力、较高的能源密度和较先进的技术手段,以建立一个经济上充满活力且生态环境可以承受的社会政治系统。第四个阶段已开始初露端倪,人类开始创造自己的环境子系统。例如辅助系统。该系统是作为环境的一部分以满足人类的生活需要。这一阶段以新的科学成果和“高技术”应用为标志,人类与环境的相互作用正在从地球扩展到地球以外的空间系统。

后两个阶段要求具有较高水平的能源和信息,它们构成一个新的科学和知识的世界,而环境不再仅是一个限制因素,也就是说,我们已经克服了资源贫乏的限制,正朝着一个新的状态迈进,那里,主要的限制因素不再是环境,而是知识以及知识的应用,他将决定我们的发展。

在朝着生态平衡社会迈进的过程中,知识的应用不再局限于技术革新,因为科学发展正以

* 译自《Fourth World Congress of Chemical Engineering, Karlsruhe/Germany, 16—21 June 1991, STRATEGIES 2000 PROCEEDINGS》pp. 1—4.

更深奥的方式改变着经济和社会条件。最明显的是,科学和技术的进步导致了工业化国家人口的平均寿命从1900年的49岁增加到1990年的80岁,与此同时,一个人一生的工作时间却从99000小时降至68000小时,这样,由于科学和技术的进步,自由支配时间在90年内增加了2.5倍,即每年增加1%。

表2 1900—1990年人类平均寿命与时间分布的变化

	1900年	1980年	1990年(估计)
男子平均寿命(年)	48	72	80
在学校受教育(年)	15	20	20
工作时间(年)	33	42	40
退休生活(年)	0	10	20
寿命(小时)	420480	630720	700800
工作时间(小时)	99000	71400	68000
	(3000×33)	(1700×42)	(1700×40)
工作时间/寿命	23.5%	11.3%	9.7%
自由支配时间(包括 8小时睡眠和2小时 的吃饭时间)	136280	296520	340800
	$2 \times 80(\text{年}) = 0.9\%(\text{每年})$ $2.5 \times 90(\text{年}) = 1\%(\text{每年})$		

可以看出,显著的变化已经发生,然而,为了赶上这迅速变革的时代步伐,我们必须掌握技术创新与环境反馈之间的关系,否则,人类的知识将是制约我们进一步发展的限制因素。

教育体系不仅要提供新的技能,更重要的是要指出新的发展方向。这就要借助于(a)将才能与目标相结合,(b)将具体经验与抽象思维相结合,(c)将历史知识与未来发展相结合,(d)将广义知识与特定知识相结合,(e)将联想与逻辑、科学与艺术相结合。

创新学习是一个重要的工具,与传统的学习方法相比,它可以更充分地利用我们认识和掌握实际问题的能力,例如,借助于我们的联想、综合和演绎能力。启发式分析是我们进行发明创造的重要步骤。新的学习计划和学习方法要求新的组织形式,这些组织形式应较以前的更具适应性。执行现有教育体系需要建立一套新的合格的网络中心。

这里提出的建议仅是建设面向未来的教育体系所涉及到的的一般因素,它将新的技术发展与环境中的结构变化相结合,为我们的进一步发展提供了更适宜、更方便的工具。

在某一技术革新速度(即某些知识的诞生或消失速度)下,我们无力使我们的教育体系能够恰当地满足当前工业社会对专业分布的要求,教育体系应以加强我们的思维方式和建立面向问题的思维模式为目的,而不应该仅局限于使其满足当前社会职业分布的要求。我们希望能够减少年青一代目前存在的怀疑主义思想,增加我们社会对变革的承受能力。

使科学发展及其应用服从于政府控制并不能解决发展的方向问题,为达到此目的,并使得道德规范与生态平衡社会的需求相一致,必须将科学家、企业家和政府等各方面结合起来。

经济和生态平衡相协调的社会最终能否实现取决于人类活动的熵增加和熵减少之间的平衡。显然,“旧模式”的经济增长将导致熵增加,另一方面,在不违反第二定律的情况下,在局部熵也会减少,趋向于熵增加的人类活动与知识的积累和通过革新向结构系统的转变有关。仅以产生的废热为例,地球升高1℃相当于大约3000TWa/a(在目前的效率下)的“能耗”,有足够的

空间环境使形成的经济与组织结构与之相适宜,应该指出,废热的产生对当前广泛讨论的温室效应没有什么影响。

附录:参见“Mensch-Umwelt-Wissen”,Verlag der Fachvereine (VdF),Zürich und B. G. Teubner Verlag,Stuttgart,2,Auflage 1992.

(李华生译 杨宜年校)

第二篇 大会报告

化学工程在印度 2000 年发展中的作用

R. A. Mashelkar Pune/印度

为了使印度能够在 2000 年以前获得持续发展,在诸多行业中,化学工业和工程师们将发挥关键作用。这里的发展不仅仅指经济的增长,还意味着要使人们生活的必需条件如:食品、水源的供应,卫生条件,能源状况都达到一个适当的水平。引用一些特殊例子并重点指出印度所特有的因素,可以更清楚地说明化学工程师在发展中的重要作用。全社会对于工业发展和全球化对环境带来的危机以及燃料和原料的匮乏的认识越来越深刻,在未来十年发展战略中,印度化学工业基于此所作的调整特别受到关注。

1. 印度作为一个发展中国家的现状

印度在独立后取得的成绩充分说明了它已成为世界强国所作的努力,譬如:医疗条件的改善已使人的平均寿命从独立时的 27 岁增加到现在的 57 岁;工业水平显著提高,尽管有两年前季风的破坏,工业仍持续增长,从而使我们对工业恢复能力和稳定发展充满信心;在空间技术、国防、原子能方面的惊人成就更使我们信心百倍。事实上,印度拥有占世界第三位的科学家、工程师、技术人员队伍。印度科学家已表明能在需要的时候毫不迟疑地接受挑战,例如 1966 年印度发生严重干旱而不得不进口粮食,许多人曾预言印度不可能生产出满足人口需要的足够食品,可事实却相反,由于加强从科研到生产的技术革新的各个环节以及科学家的巨大努力,掀起了一场绿色革命,今天印度已经实现粮食自给。

遗憾的是,这些只是象天际大片乌云周围的光环,独立后 42 年,印度还有四亿人是文盲,处于失业、半失业状态,这个数字比印度 1947 年独立时的人口总数还多,是现在人口的 50%。约有 160,000 个村庄没有饮用水,85% 人从未见过厕所。50% 的国土是荒地,森林破坏严重,每年森林面积减少一百万公顷。目前,人口以 2.1% 的年增长率持续增长,印度面临着到 2000 年人口达到 10 亿的骇人局面。那时,国家将为能否满足其激增的人口所需的食品、住房、医疗这些基本生存条件而担忧。所有这些意味着资源,人民需要,科技力量,行政管理必须有机地协调起来,将印度困难的情景变成一幅美丽的织锦,这在战略上是极其重要的。

2. 2000 年的目标

到 2000 年人们希望看到一个什么样的印度呢?关于这一点有许多意见。原印度总理科学顾问委员会(SAC-PM)(作者本人也是该委员会成员)提出了一个宏伟的目标:印度应该在进入下一个世纪时使其国民生产总值翻一番,也就是说要在今后的十年中完成以前 40 年所做的工作。主要目标包括按计划减慢人口增长速度,粮食供应增加一倍,全民享受医疗,使大多数人受教育,关键是能源、交通管理的改善,城区和农村现代化工具的使用。显然,还有其它目标,即

通过科学技术扭转印度生态恶化的局面,解决农村住房问题,有选择地发展居民点。努力减少贫困和失业等等。同样重要的是努力使印度至少在几个科技前沿居于世界领先地位,这个目标并非不切实际,因为印度是在科技上拥有最多人力资源的国家之一。这个目标之所以重要,不仅出于民族的自尊,还在于战略的需要。

3. 发展、壮大战略

提到印度,人们首先想到的是众多的人口和资源贫乏。因此,我们的策略是“物尽其用”,甚至是“由少变多”。鉴于印度国情,节约从“石油到土壤”的一切资源都是头等重要的。“节约”这个词必须从最广泛的意义上理解,它包括在创造财富的过程中充分利用所有资源,无论是人力还是能源,还要有效利用那些通常所说的废弃物。

为了实现既定目标,制定的策略必须符合印度特殊情况。比如,已商业化的能源固然重要,人们还必须意识到至少在印度普遍用上这些能源以前,如沼气、太阳能、风能等特殊能源将发挥作用。在医疗发展计划方面也有类似情况,要使印度民间医药和西药系统均衡发展,以便前者有效地补充后者。印度人口众多,在住房计划中,必须考虑依靠科技对传统建筑材料和方法进行改良以降低成本,这在农村短期内可能取得成效。这些任务是鼓舞人心的,因为它要求在投入足够的科技力量解决普通国民需要有关问题的同时,还要制定使国民经济更加强盛的计划。在加速发展工业计划和在同一时期内努力解决紧迫的社会问题之间没有实质上的冲突。

4. 化学工程师在发展中的作用

化学工程是一种有广博的文化基础、思维开阔、富有魅力的专业。化学工程师对社会的贡献不局限于他所工作的化工领域,还在其它方面。化学工程是通用性最广的专业之一,它能协调各个学科以取得成功。无论在发达国家还是发展中国家,化学工程师未来的责任都是一样的,那就是应用化学工程知识为人民造福。化学工程和那些纯科学性的学科如化学,物理学,生物学,数学之间的人为障碍正在消失,未来的化学工程师将是一个手中掌握有力工具的多面手。把体现各个目标相互依存的这样一个主体战略选作第四届世界大会的主题是再合适不过的。这些目标与整个社会,加工工业的应用和化学工程基本方法相互联系。那些计划中的策略讨论使人深切感到化学工程师对环境,材料和能源,对产品质量及其耐久性,生物科学的应用以及发展中国家的需求负有直接责任。根据这种要求,化学工程师在社会领域里的广泛涉足不仅带来重大责任,还有挑战和机遇。

人们为满足基本需要所做的各种努力中,不管是提供足够的食品,合适的住房,适当的衣物,还是基本医疗条件,化学工业都起着特殊作用。印度迫切需要有一个强大的、生机勃勃的化学工业,九十年代印度化学工程师将在一个什么样结构的化学工业中施展才华呢,这是我们首先应当搞清楚的问题。

5. 印度化学工业的特色

印度化学工业在30年前有机会获得发展。1954年印度建立了第一家炼油厂,有趣的是从50年代末到60年代末,一直是从廉价糖蜜中获取乙醇并成为有机合成工业发展的基础。印度建立了世界上唯一一家以乙醇为原料制乙烯,进而再生产聚乙烯的工厂。同样生产醋酸、丁苯橡胶的工厂也用乙醇作原料。最初几乎所有工厂都依靠引进技术,但后来随着化学工业研究开发工作的展开,国内技术的发展也卓有成效。

印度外汇数量有限,最近几年情况更趋恶化,许多基本必需品还依靠进口的做法是十分不明智的,我们必须向同人民基本需要休戚相关的领域大量投资。

在基础设施、动力和水的供应方面一直不令人满意,每年都出现供应匮乏的情况;至于原料,包括石脑油、天然气和以农产品为原料的乙醇供应尚可。用不同原料生产相同产品的几家工厂能够共存是印度一个不正常的现象,例如,相距不到100公里的范围内,有的工厂用气体裂解炉生产乙烯,规模为30万吨/年;而有的工厂用从糖蜜生产乙醇,产量只有2.5万吨/年。

就印度化学工业目前的结构来看,50%的化学产品生产规模很小,这些生产厂不可能有处理废物所需的技术、资金和其它力量,而且它们的生产率也很低,急需技术支援。

现在工业变革的趋势非常明显,80年代印度进入了一个调整时期,从进口转向出口。80年代的国民生产总值(GDP)的增长率为5.5%;化学工业平均年增长率为10—15%,而整个工业的年增长率是8%左右。印度化学工业生产占了整个工业的40%,化学工业品出口把握住发展时机,以10—40%的速度增长,具体数额超过了10亿美元。卫生用品,制药,染料,农业化学品和无机物部门出口形势看好,其它部门的成绩主要在替代进口而不是促进出口。

必须强调,印度的需要完全取决于她特殊的人口状况、政府的连续政策和一些不能预测的自然现象,每一个因素都对印度化学工业的发展方向有重大影响。国家政策是保证化学工业稳步增长的强有力手段,这和其它发展中国家情况迥然不同。化学品和下游产品的价格受高价原料、上缴利税和关税的影响,自由市场价格经常受不断变化的进口关税的干扰。化学工业的盛衰甚至还受季风的影响!比如若季风连续二个或多个季节接连袭来(以前印度的确发生过),以农业为主的广大农村人口购买力就会受到影响,这立刻会在化肥、食品加工、农用化学品和其它工业部门反映出来。再以染料工业为例,虽然它的发展依赖于纺织工业,但它的盛衰直接和国民的穿衣、农村贫困人口购买力等密切相关。

未来十五年在化学工业方面的投资预计约600亿美元,这不包括塑料、弹性体、化纤、医药和农药等下游产品的加工工业。必须强调,未来十年印度化学工业的发展与其它国家的方式不同。印度化肥生产在今后几年需要大量投资,印度氮肥工业必须有显著增长,这同发达国家这方面已趋停滞的情况不同。到2000年十亿人口的食品供应将是十分严峻的问题,土地负担很重,由于粮食作物越来越重要,生产棉花这样的天然纤维的用地会更少,这又意味着包括聚酯在内的合成纤维生产要有显著增长,不仅要建设大规模的生产装置,还要大力研究开发聚酯纤维和聚酯丝的改性技术,使其适应印度的热带气候。

6. 印度2000年化学工业的总方针

当今推动世界其它地区工业发展的许多因素将同样推动着印度的化学工业。那些所谓旧工艺会继续有新的发展,例如:已应用75年之久的合成氨技术即是。在今天仍在进行努力降低能耗的新改进,每吨合成氨能耗几乎已达到理论值。一方面由于物尽其用的需要,一方面由于环境压力,任何一种工艺物流都不能被当作废物弃掉,充分利用废物和变废为宝是一项重要措施。博帕尔惨案无情地唤醒每个人,人们要求更清洁、更安全的工艺,这不仅因为来自环境组织越来越大的压力,还因为工业自身要为创造一个更安全的环境做贡献。为强化工艺努力减少每套装置的原料和能量消耗的同时,还应不断“优化工程”(Selectivity engineering)来改进工艺。如:Combo系统,把反应器和分离器一起作为一个单元考虑,这样的新概念将得到发展。同样,化学工业中高性能化学品和功能材料的生产特别强调创新和应用工程知识,由此自然得出结论,化学工业必须具备提供满足特定工业部门要求的系列化产品和服务的能力。在印度的化学工业中可以看到许多这样的变化。

7. 本文的构思

到了2000年,化学工程将成为什么样子呢?这是过去五年里一直热烈讨论的问题。著名的Amundson在报告^[1]中对西方化学工程的未来作了深入的学术研究,他认为化学工程在现代生物技术,微电子学,高性能材料,界面科学和工程,能量和资源利用等领域将会引起重大的变革。

然而,在发展中国家化学工程与化学工业所起的作用在许多方面与此不同,特别是在印度和中国。印度的M. M. Sharma教授^[2]和中国的郭慕荪(M. Kwauk)教授^[3]分别在1987和1989年做的P. V. Danckwerts纪念报告就证实了这一点。这两份报告是印中两位杰出的化学工程师敏感和睿智的成果,本文作者亦从中受益匪浅,作者本人的成果——向“化学工程一百周年”

纪念会提交的“印度化学工程进展”也是本文的参考资料^[4]。本文作者和 Sharma 教授为印度总理的科学顾问委员会做了有关指导印度化学工业发展的宏观研究,^[5]作者还有幸参加了由达累斯萨拉姆大学组织的关于“发展中的化学工程和加工工程—21 世纪的挑战”的专题讨论会。作者对化学工程在非洲发展中的重要作用有深刻的了解,并且最近通过国家化学实验室(NCL)和中国研究机构以及工业部门的合作访问了中国,又有了新的认识。作者在阐述本文的论题时,将充分利用过去几年中获得的这些有价值的看法。

化学工程师只要认识到问题的繁杂,认识到社会起码需要什么,和渴望什么就能够直接为社会福利和民族进步做出贡献。他就能在解决人口增长、医疗卫生、食品短缺、水源匮乏、住房紧张乃至人们穿衣、能源需要方面,在创造更安全的环境方面以及在利用国家自然和合成的资源方面发挥重要作用。必要的时候,必须冲破人为的科学界限所造成的障碍,这是下面谈到关于化学工程作用的个人意见时贯穿全篇的线索。作者自己的实验室即国家化学实验室(NCL)所完成的工作一直是指导其它实验室致力于这项工作的典范,他们的目标是“不断进取用化学为人民谋福利”。

8. 人口问题

尽管全社会的科学技术和现代通信做了大量工作,但印度人口增长率一直没有减下来,面临着不可控制的连锁反应的窘迫局面,将带着难以处理的问题进入下一个世纪。

人口问题的解决,需要强有力的政治决心还要有合理的政治经济措施和现代的管理、组织能力。虽然能使出生率明显下降的因素很复杂,为使人口趋于稳定和平衡,简单,长效的避孕方法仍然是至关重要的。在印度,注射疫苗技术和长效药物的开发,要根据社会的习惯与风俗。教育水平和费用采取不同的步骤。

化学工程师可以为解决人口增长问题作些什么呢?有许多事情可以做,例如,他可以参加以聚合物为基础的长效避孕器具的研究工作,比方说,研究用聚左-右旋乳酸——一种可生物降解的聚合物做的微细胶囊,通过肌肉埋覆以控制生育,这样做有一个好处,尤其考虑到印度大多数妇女是文盲,不用每天记住吃药,现在 NCL 正在开展长效疫苗的研究,印度一直在进行这种疫苗的开发。长效疫苗研究的新目标是开发一种可生物降解的聚合物,这种聚合物能在一段时间后自动裂开第二次释放出疫苗。设计这种可以生物降解的表面腐蚀型和内核腐蚀型微细颗粒,是对我们不寻常的挑战。这方面的开发工作需要各学科间的合作,包括聚合物合成、聚合物降解动力学,扩散技术等,在这些方面化学工程师都可发挥重要作用。现在,NCL 的化学工程师正在投入到国家重点项目中。

9. 医疗卫生

虽然印度在医疗卫生方面已有许多量的变化。但是我们还未看到所期望的惊人变化。平均寿命已经增加,妇婴死亡率也已降低,医疗保健基层网络已经建立,但是营养不良、环境卫生差,传染病仍然存在,非传染性疾病又有了惊人的增加。在大多数国家,甚至某些发展中国家已被控制或消失了的传染病仍继续在印度肆虐,主要有肺结核、麻风病、破伤风、伤寒、腹泻、病毒性疾病(如:脊髓灰质类、肝炎)和寄生虫病(如:疟疾、阿米巴虫病)等,对这些疾病必须治疗和预防兼顾。

印度医药工业刚刚开始技术上的腾飞,自力更生对大量合成药品的散装药技术进行了改进,现在既向发展中国家也向发达国家出口,印度医药工业的出口情况绘于图 1。几家印度公司已在尼日利亚、泰国、斯里兰卡、马来西亚、新加坡和印度尼西亚这些发展中国家建立了合资工厂。

印度的医药工业既致力于开发新品种药物,还对已有药物的生产技术进行革新。印度近十年开发并已商业化的新药有 Tromaril(消炎药)、Cibemid(抗原生动物药)、Ceutbucridine(局部麻醉药)、Centbutidole(精神抑制药)、Centchroman(避孕药)Gugulipid(治疗脂肪水肿药),其中

最后一种药刚刚转让给一家法国公司。对老的药品开发出完整的工艺技术,这类药物包括:氟联苯丙酸,马来酸噻吗心安,氨酰心安,Diltiazem,蔡心安,利心平,甲苯咪唑和硝磺咪唑等,一些旧工艺已被新工艺取代;一些实验室如“药物研究中心实验室”“印度化学技术研究所”和NCL都对制药技术的发展做出了贡献,比如:NCL开发了呋喃硝胺这种世界上销量最大的药物的生产工艺,它是以沸石催化剂为基础,不同于传统工艺,对环境无害。

印度有丰富的植物资源,这是由她极富变化的地理、气候条件所致,因此,自然地古代人们就用植物治病。尽管有现代医药涌入,但传统医药和民间药方仍在为相当多的人服务,尤其是在农村,这种医药体系中的药方都是用当地植物中许多草药配成,大概用到了800多种植物。在印度约15000种高等植物中,约1500种都有药用价值。

在印度已被证实有治疗作用的天然产品进行大规模生产的技术开发大有潜力。例如:从澳洲毒品提取阿托品,从柠檬草提取Cintronello和 β -紫香酮,从头九节吡根(根)提取吡根碱,从罂粟中提取吗啡,从星状山慈姑(种子)提取秋水仙素等。从车前草中提取的一种叫isaptant的子宫颈扩张剂可用来帮助终止受孕,这比现在市场上的金属扩张器有优点。

化学工程中的高技术有助于天然产物的提取工作,这包括超临界萃取和色谱这样的现代分离技术。这方面投入的力量可以使印度的制药工业处于领先地位,从植物中提取的抗癌药长春碱和醛基长春碱就是实际例子。它们是从印度广泛生长的长春花中提取的,过去这种植物的叶子被廉价出口到发达国家,现在由NCL研究出来的提取这种生物碱的工艺已经商业化,孟买一家公司在80年代初就已开始应用。今天这种产品不仅满足印度需要,还出口到美国和其它发达国家,这是一个利用印度自然资源与先进科技相结合的突出事例。现在NCL正致力于利用现代分离技术做进一步改进。

10. 粮食问题

谈到人类最重要的需要亦即粮食问题,显然化学工程师无论在粮食的生产、贮存还是在加工方面的贡献都必不可少。在考察这些之前,我们先分析一下印度粮食供应的现状。

印度粮食产量已从1952年的5200万吨增加到1990年的1.73亿吨,每人每年的谷物供应量亦有所增加。但增加速度很慢。印度每人的卡路里摄入仍远低于世界平均水平,也低于亚洲平均水平,虽然印度通过不寻常的努力,不依靠进口渡过了严重干旱,但是不见增长的人均粮食消费量和不平等的分配迫使我们在临近2000年时必须采取重大改进措施。还有,持续增长的人口意味着到2000年粮食需求量将急剧增长到每年3亿吨。因此,需要科技的投入,特别是发展生命科学,应用遥感技术,现代天气预报技术,加强水的管理并扩大灌溉面积。然而,化学工程师为解决粮食问题在其生产、加工、贮存方面都能做出特别重大贡献。

11. 粮食生产

11.1. 肥料

印度氮肥和磷肥的需求量很大。实际上,印度未来15至20年内化学工业30%的投资将用于这方面。印度消耗的碳氢化合物20%都用于此,这个比例可能是世界上最高的。

美国氮肥大部分是氨,印度情况很特别,主要用尿素。共有40家工厂年生产900万吨当量氮的化肥,2000年这个数字要达到1500万吨。全世界都在利用多种节能技术努力降低合成氨厂的能耗,这对印度工业很有益处。这里可以提一下膜技术的一个特别用途,合成氨反应器的释放气过去是送入燃烧炉,但是用膜技术可以回收氢气,用作生产原料而不是当燃料烧掉。这项技术虽已在西方国家商业化,而印度还未采用。

谈到化肥的使用问题,印度有许多特殊情况。例如,由于印度的农业气候条件,不同的氮肥如:尿素,硝酸铵,硝酸氨钙,磷酸氢二铵都有需求。不同的农业气候区域需要许多改良化肥和混合肥料,把所有合成氨都变成尿素的作法可能是不明智的。在印度,作物利用尿素的效率很低,而普遍的高温又使这种情况更加严重。要解决这一问题需要多管齐下,优先考虑小规模

合成氨厂有两个原因。一是大规模如 1350 吨/天的合成氨厂和尿素厂所需资金不易筹措,特别是考虑到印度将面临的持续能源紧张;二是最近几年印度一些地区发现许多天然气田,它们可以有效地用于许多规模如 450—600 吨/天的小合成氨厂的生产。这样做有利发展国内技术,有助于工业的合理分散布局,也使化肥在全国各地都有供应。

在印度的农业气候条件下,尿素不能被充分利用的问题严重,有数据表明多达 50% 的尿素被损失掉。本着“物尽其用”的原则,显然我们应认真安排开发缓释尿素,这可通过增大颗粒体积,或者加涂层的办法解决。合成氨-尿素工厂必须与甲醇生产厂联在一起(后者可以提供涂层所需的甲醛),这需要化学工程师强有力的帮助。

印度另一个特殊情况是不出产硫磺。事实上,目前世界上硫磺紧缺,有人预计 1990 年硫磺价格会上涨。因此,印度的策略必须是用硝酸处理磷矿石,而不是用硫酸生成硫酸钙。用硝酸的优点在世界上其它地方就不那么明显。进一步弄清楚固-液反应特别是矿石的酸处理过程对上述工作很有帮助,这个领域内的萃取工艺的革新更有很多工作可做。

关于钾肥,印度进口量每年超过 100 万吨。虽然印度用海水生产普通的食盐,但没有从中回收过氯化钾。在发展新的溶剂萃取技术中应该认真考虑氯化钾转变成硝酸钾的问题,生成的盐酸可用于磷矿石的酸处理,这里又用到溶剂萃取以回收磷酸。这就有可能建立一个充分利用氯和盐酸的全球战略,甚至可能建立氯化钾生产磷酸钾的工厂。

11.2. 农业化学

农药可以提高粮食和纤维的利用率并改善公共卫生条件,在增进人类福利方面有很大潜力。利用农业化学有效地保护农作物就相当于增加了土地面积。

印度过去曾经出色地开发了多种节省成本的农药生产技术。60 年代末开始的一项富有魄力和协调良好的计划帮助印度开发许多重要的农业化学品并获得了巨大的生产能力。有 10 亿美元产值的农业化学品中,采用国内技术的产品份额约 7 亿美元。这方面已有一些绝妙的创新,例如世界上都用光气生产 Isoproturon 这种小麦除草剂,但印度在生产中不用光气,更值得注意的是这种工艺在博帕尔惨案前就已开发了;对 Cypermethrin 的生产工艺也有类似的改进,Cypermethrin 是合成拟除虫菊酯类中属于第四代杀虫剂的中间体。

毋庸置疑,农药生产使用的发展趋势应该是开发更新、更安全的农药,采用安全的生产工艺,并开发像缓释农药这样的新技术来保护环境。

在农业化学品方面,大自然已给了重要启示,我们从植物、动物和微生物身上发现了许多有杀虫作用的天然物质。按照这个方向我们获得了合成拟除虫菊酯、氨基甲酸酯、水稻除虫剂巴丹、模拟保幼激素和多种植物生长调节剂。印度这方面情况很特殊,例如:苦楝子素来源于印度楝树,是一种极有潜力的广谱昆虫拒食剂和生长调节剂,与之紧密相关的几种化合物具有低毒、不破坏环境的优点,从印度楝树的种子中得到一系列成分,各研究室(包括 NCL)用来作保护农作物的研究,并已在不同程度上实现商品化。由于这涉及到用廉价而有效的方法对单一或混合的活性物质的分离和萃取,化学工程师应用现代分离技术大有可为。

化学工程师还将为开发新配方及新缓释放系统做出重要贡献。可控释放物的配方特别适合对付印度土壤中的昆虫、线虫和控制收获后粮仓中的害虫。有关聚合物封装方面已有了很大发展,预计还会有更大发展。据估计,目前施用的农药只有 1% 真正作用于目标生物体,至于高活性化合物每公顷用几克就有效,于是问题更为突出,最终导致环境污染和浪费。事实上,将药液分散成液滴的传统水压喷施法喷出的液滴分布很宽,部分液滴过大或过小,是浪费的,这将被新法所取代。如:控制液滴作用的旋转喷雾法、静电喷施,还可以加入可控制液滴大小的聚合物添加剂等。对于从事流体粒子研究的化学工程师来说,这是一个极富挑战性的领域。

12. 食品保存和加工

塑料包装材料非常有利于水果、蔬菜的运输,现在阻隔薄膜和无菌包装技术又带来新的突