

院士科普书系

过程工业与清洁生产 ——走环境友好道路

陈家镛 杨守志 编著

清华大学出版社
暨南大学出版社

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

过程工业与清洁生产:走环境友好的道路/陈家镛,杨守志编著. —北京:清华大学出版社;广州:暨南大学出版社,2004.9

(院士科普书系/路甬祥主编)

ISBN 7-302-09121-8

I. 过… II. ①陈… ②杨… III. 化工过程—无污染技术—普及读物 IV. TQ02-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 074121 号

出版者:清华大学出版社

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

社总机:010-62770175

地址:北京清华大学学研大厦

邮编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:宋成斌

文稿编辑:李艳青

印装者:清华大学印刷厂

发行者:新华书店总店北京发行所

开本:140×203 印张:3.875 插页:2 字数:76千字

版次:2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

书号:ISBN 7-302-09121-8/TQ·16

印数:1~3000

定价:12.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或 (010)62795704

《院士科普书系》编委会

编委会名誉主任 周光召 宋 健 朱光亚

编委会主任 路甬祥

编委会委员 (按姓氏笔划排序)

王佛松 王 越 王 夔 方智远 卢永根

母国光 旭日干 刘大响 刘元方 刘鸿亮

关 桥 汤钊猷 许根俊 孙鸿烈 李大东

李廷栋 李依依 杨 乐 吴有生 吴德馨

何凤生 何鸣元 汪旭光 汪品先 陆建勋

陈可冀 陈运泰 陈建生 陈厚群 范维唐

季国标 金怡濂 周干峙 周永茂 周 恒

郑健超 赵忠贤 胡仁宇 钟万勰 钟南山

洪德元 姚福生 秦伯益 顾诵芬 钱七虎

徐冠华 殷瑞钰 黄志镗 龚惠兴 梁栋材

编委会执行委员 郭传杰 葛能全 钱文藻 罗荣兴

编委会办公室主任 罗荣兴(科学时报社)

副主任 何仁甫(中国科学院学部联合办公室)

冯应章(中国工程院学部工作部)

蔡鸿程(清华大学出版社)

周继武(暨南大学出版社)

总 策 划 罗荣兴 周继武 蔡鸿程

总 责 任 编 辑 周继武 蔡鸿程 宋成斌

提高全民族的科学素质

——序《院士科普书系》

人类走到了又一个千年之交。

人类的文明进程至少已有六千余年。地球上各个民族共同创造了人类文明的灿烂之花。中华文明同古埃及文明、古巴比伦文明、古印度文明、古希腊文明等一起，是人类文明的发源地。

十五世纪之前，以中华文明为代表的东方文明曾遥遥领先于当时的西方文明。从汉代到明代初期，中国的科学技术在世界上一直领先长达十四个世纪以上。在那个时期，影响世界文明进程的重要发明中，相当部分是中华民族的贡献。

后来，中国逐渐落后了。中国为什么落后？近代从林则徐以来许多志士仁人就不断提出和思索这个历史课题。但都没有找到正确的答案。以毛泽东同志、邓小平同志为代表的中国共产党人作出了唯一正确的回答：中国落后，是由于生产力的落后和社会政治的腐朽。西方列强对中国的欺凌，更加剧了中国经济的落后和国家的衰败。而落后就要挨打。所以要进行革命，通过革命从根本上改变旧的生产关系和政

治上层建筑 ,为解放和发展生产力开辟道路。于是 ,就有了八十多年前孙中山先生领导的辛亥革命 ,就有了五十年前我们党领导的新民主主义革命的胜利 ,以及随后进行的社会主义革命的成功。无论是革命还是我们正在进行的社会主义改革 ,都是为了解放和发展生产力。

邓小平同志提出的“科学技术是第一生产力”的著名论断 ,使我们对科学技术在经济和社会发展中的地位与作用的认识 ,有了新的飞跃。我们应该运用这一真理性的认识 ,深刻总结以往科学技术发展的历史经验 ,把我国科技事业更好地推向前进。中国古代科技有过辉煌的成果 ,但也有不足 ,主要是没有形成实验科学传统和完整的学科体系 ,科学技术没有取得应有的社会地位 ,更缺乏通过科技促进社会生产力发展的动力和机制。为什么近代科学技术首先在文艺复兴后的欧洲出现 ,而未能在中国出现 ,这可能是原因之一吧。而且 ,我国历史上虽然有着伟大而丰富的文明成果和优良的文化传统 ,但相对说来 ,全社会的科学精神不足也是一个缺陷。鉴往开来 ,继承以往的优秀文化 ,弥补历史的不足 ,是当代中国人的社会责任。

在新的世纪中 ,中华民族将实现伟大的复兴。在一个占世界人口五分之一的发展中大国里 ,再用五十年的时间基本实现现代化 ,这又是一项惊天动地的伟业。为实现这个光辉

的目标 ,我们应该充分发挥社会主义制度的优越性 ,坚持不懈地实施科教兴国战略。

科教兴国 ,全社会都要参与 ,科学家和教育家更应奋勇当先 ,在全社会带头弘扬科学精神 ,传播科学思想 ,倡导科学方法 ,普及科学知识。科教兴国也要抓好基本建设。编辑出版高质量的科普图书 ,就是一项基本建设 ,对于提高全民族的科学素质 ,是很有意义的。在《院士科普书系》出版之际 ,写了上面这些话 ,是为序。

A handwritten signature in black ink, reading '江泽民' (Jiang Zemin), written in a cursive style.

一九九九年十二月二十三日

人民交给的课题

——写在《院士科普书系》出版之际

世界正在发生深刻的变化。这一变化是 20 世纪以来科学技术革命不断深入的必然结果。从马克思主义的观点看来,生产力的发展是人类社会发展与文明进步的根本动力;而“科学技术是第一生产力”,因此,科学技术是推动社会发展与文明进步的革命性力量。从生产力发展的阶段看,人类走过了农业经济时代、工业经济时代,正在进入知识经济时代。

知识经济时代,知识取代土地或资本成为生产力构成的第一要素。知识不同于土地或资本,不仅仅是一种物质的形态,知识同时还是一种精神的形态。知识,首先是科学技术知识,将不仅渗透到生产过程、流通过程等经济领域,同时还将渗透到政治、法律、外交、军事、教育、文化和社会生活等一切领域。可以说,在新的历史时期,一个国家、一个民族能否掌握当代最先进的科技知识以及这些科技知识在国民中普及的程度将决定其国力的强弱与社会文明程度的高低。科技创新与科普工作是关系到一个国家、一个民族兴衰的

大事。

对于我们科技工作者来说,我们的工作应当包含两个方面:发展科技与普及科技;或者说应当贯穿于知识的生产、传播及应用的全过程。我们所说的科普工作,不仅是普及科学知识,更应包括普及科学精神和科学方法。

我们的党和政府历来都十分重视科普工作。党的十五大更是把树立科学精神、掌握科学方法、普及科技知识作为实施科教兴国战略和社会主义文化建设的一项重要任务提到了全党、全国人民和全体科学工作者的面前。

正是在这样的背景下,1998年春由科学时报社(当时叫“中国科学报社”)提出创意,暨南大学出版社和清华大学出版社积极筹划,会同中国科学院学部联合办公室和中国工程院学部工作部,共同发起《院士科普书系》这一重大科普工程。

1998年6月,中国科学院与中国工程院“两院”院士大会改选各学部领导班子,《院士科普书系》编委会正式成立,各学部主任均为编委会委员。编委会办公室在广泛征求意见的基础上拟出150个“提议书目”,在“两院”院士大会上向1000多名院士发出题为《请科学家为21世纪写科普书》的“约稿信”,得到了院士们的热烈响应。在此后的半年多时间里,有176名院士同编委会办公室和出版社签订了175本书的写作出版协议,开始了《院士科普书系》艰辛的创作过程。

《院士科普书系》的定位是结合当代学科前沿和我国经济建设与社会发展的热点问题，普及科技知识、科学方法。科学性、知识性、实用性和趣味性是编写的总要求。

编写科普书对我国大多数院士来说是一个新课题。他们惯于撰写学术论文。如何把专业的知识和方法写成生动、有趣、有文采的科普读物，于科技知识中融入人文教育，不是一件容易的事。不少院士反映：写科普书比写学术专著还难。但院士们还是以感人的精神完成自己的书稿。在此过程中，科学时报社和中国科学院学部联合办公室、中国工程院学部工作部以及清华大学出版社、暨南大学出版社也付出了辛勤的劳动。

《院士科普书系》首辑终于出版了。这是人民交给科学家课题，科学家向人民交出答卷。江泽民总书记专门为《院士科普书系》撰写了序言，指出科普是科教兴国的基础工程，勉励科学家、教育家“在全社会带头弘扬科学精神，传播科学思想，倡导科学方法，普及科学知识”，充分表达了党的第三代领导集体对科普的重视，对提高全民族科技素质的殷殷期望。

《院士科普书系》将采取滚动出版的模式。一方面随着院士们的创作进程，成熟一批出版一批；另一方面随着科学技术的进步和创新，不断有新的题材由新的院士作者撰写。因此，《院士科普书系》将是一个长期的、系统的科普工程。

这一庞大的工程,不但需要院士们积极投入,还需要各界人士和广大读者的支持——对我们的选题和内容提出修订、完善的建议,帮助我们不断提高《院士科普书系》的水平与质量,使之成为国民科技素质教育的系统而经典的读本。在科学家群体撰写科普书方面,我们也要以此为起点为开端,参与国际竞争与合作,勇攀世界科普创作的高峰。

中国科学院院长
《院士科普书系》编委会主任

路甬祥

2000年1月8日

前 言

工业种类繁多,分类方法各异。近来较多的专家认为,工业可分为过程工业与成品(产品)制造工业两大类。过程工业也称“流程工业”,包括传统的化学、冶金、石油加工业、制药及轻工业等。这类工业大多以天然资源如矿石、煤炭、石油、农产品等为原料,通过物理及化学变化,生产出人类衣、食、住、行等所需的物品和材料,以及成品制造工业需要的原材料。过程工业的特点是其产品种类繁多、丰富多彩、千变万化、经济实用,但其缺点是生产过程中的化学变化常伴有大量固体、液体和气体的废弃物和污染物排出。

成品制造工业,以过程工业的产品如金属材料、非金属材料、燃料、高分子合成材料等为原料,主要经过物理加工,在装配线上组装而得产品,如家用电器、汽车等。这类工业的污染与过程工业比较相对较轻,产量增加也比较容易,例如增加或改进已有的装配线。相反,过程工业要增大产量则困难得多,常需要对流程中许多关键工艺及设备进行有风险的放大与改进,同时还必须加大力度消除带来的污染。

过程工业的蓬勃发展,给人类提供丰富的物质财富,但随之也给人类及环境带来不同程度的污染;且人类对污染危害严重性的认识经常是在污染发生很久以后,从而更增加了环境治理的困难。例如滴滴涕(DDT)是高效有机杀虫剂,但它的残留物却对动植物、鸟类造成严重伤害。又如一类含

氯、氟的碳氢化合物,是优良的制冷剂、发泡剂,但它们却对大气臭氧层造成破坏。世界各国现均已认识到保护环境的重要性,但目前所采用的“末端治理”即先污染再治理的方法,只能是一种治标不治本的手段,污染源不能彻底根除。污染给环境带来的负担只能是愈来愈重,陷入一种恶性循环。为了从根本上改变这种被动的局面,只能从源头上杜绝污染,研究绿色化学,发展绿色化工技术,使新发展出来的绿色过程不再产生有毒废弃物,从而从源头上予以根治。

绿色化学,与随之相关联的绿色技术,在生产上形成清洁生产过程。这种过程应具有高选择性及高转化率,不生成有毒废物且少生成废弃物,实现或接近零排放,并只产出环境友好产品。近年来,绿色化学、绿色技术、清洁生产的研究已是国际的前沿课题。从1996年起美国的哥顿研究会议第一次以“环境无害的有机合成”为题,讨论了原子经济反应和环境无害溶剂,并提出“化学的绿色发展方向”。自从绿色化学的方向提出后,国外已经取得一些有意义的成绩。

绿色化学、清洁生产在我国也取得了一些可喜的进展。在某些有机合成领域的原子经济反应已取得有意义的成果,如使用对环境更友好的催化剂代替传统上使用的有害催化剂;发展新的湿法冶金方法减少或防止对环境的污染,如湿法处理再生铅的清洁生产工艺和采用亚熔盐液相氧化法处理铬铁矿防止铬污染的清洁生产工艺,都是对环境十分友好的绿色技术方面取得的可喜成果。

陈家镛

2004年8月20日

目 录

1 绪论——文明蕴含着灾难	
1.1 从环境荷尔蒙说起	1
1.2 从大气臭氧层说起	3
1.3 关于化学农药安全性之争	10
2 过程工业与现代文明	
2.1 过程工业与成品制造工业	13
2.2 过程工业与现代文明	15
3 过程工业与污染	
3.1 过程工业的特点	20
3.2 成品制造工业的特点	22
3.3 过程工业产生的气、液、固废弃物 及污染物	26
• 废气污染	28
• 博帕尔的教训	34
• 废水污染物	36
• 废渣——固体废弃物及污染物	39
3.4 重金属污染物与食物链	41

• 大气中的重金属	46
• 陆地水体中的重金属	47
• 土壤中重金属分布及其迁移转化	48
• 重金属对植物的毒害	49
• 食物链中的重金属与人体健康	50
• 水俣病——汞危害的大爆发	52
• 镉——骨痛病的罪魁祸首	55
4 过程工业的清洁生产与可持续发展	
4.1 发展清洁生产过程	61
4.2 研究绿色化学,发展新的绿色生产过程	63
5 发展中的过程工业清洁生产举例	
5.1 从铬铁矿制备重铬酸钠的绿色过程	68
5.2 高压湿法冶金	72
5.3 锌冶金——旧貌换新颜	75
5.4 硫代硫酸盐浸取金矿	80
5.5 铅的绿色湿法冶金	84
5.6 从含铅金矿提取金	88
5.7 固体酸催化烷基化、异构化等重要反应 ——改进催化剂	91
5.8 清洁生产甲基丙烯酸甲酯 ——改变流程及原料	93
5.9 生物质制备重要化工原料	

——使用可再生原料	94
5.10 发展新催化剂制备重要化工原料	96
6 小结及展望	
参考文献	101

1

绪论——文明蕴含着灾难

1.1 从环境荷尔蒙说起

据《北京晚报》2000年1月14日第11版载,台湾大学教授郭育良表示,过去50年台湾男性生育能力明显下降,他在出席“环境荷尔蒙研讨会”时表示,刚刚过去的这个世纪从20世纪40年代到90年代,台湾男性每毫升精液中,平均精子数已下降到原来的58%,若继续下降,有可能最终将丧失生育能力。他担心到2040年,台湾下一代的生育能力将处于危机的边缘。他认为,台湾有多条受污染的河流,河口的鱼类、河水及河底污泥中都含有多氯联苯等

某些合成化学物质对人类和动物的内分泌系统和发育过程产生了扰乱和破坏,这类化学合成物质即被称为环境荷尔蒙,也就是内分泌扰乱物质。

污染物。人吃了被污染的鱼,不但危害自己,也将对第二代的健康造成伤害。

关于男性精液质量下降的问题,早在1992年丹麦哥本哈根大学的报告中就已经指出,1990年男性精液中精子数与1940年比较,约减少了41.6%,平均每年下降0.83%。另有一份引用61份文献资料得出的统计资料也有相同的结果。很明显,人类生育能力正逐年下降。那么,其他动物的情况又怎样呢?同样也不容乐观。据报道,美国加利福尼亚州一种鸥鸟雌性化,澳大利亚西部地区不妊娠羊或死胎羊激增,日本沿海多处发现性异常海螺,欧洲特别是英国的河鱼锐减,有些种类鱼生殖系统异常,世界各地数量明显减少,各海域的海豹、海豚大量死亡,北极圈的北极熊、南极圈的企鹅体内检出了多氯联苯等化学毒物。此外还有许多动物繁殖异常的报告。

造成上述危机的罪魁祸首究竟是谁?虽然各方面的学者意见还不尽统一,但有一点是明确的,即某些合成化学物质对人类和动物的内分泌系统和发育过程产生了扰乱和破坏,这类化学合成物质即被称为环境荷尔蒙,也就是内分泌扰乱物质。人类及动物的内分泌系统,就是对人类及动物的生殖、发育、行动等起主要作用的荷尔蒙活动的场所,当它受到环境荷尔蒙,即化学合成的有害物质扰乱时,人类及动物的生殖及发育能力将出现异常,从而危及子孙后代。

环境荷尔蒙究竟是些什么物质呢?主要是指一类含氯的有机环状化合物,例如,人们熟知的有二噁英,类似的还有多氯联苯。二噁英及多氯联苯主要是燃烧废弃物,特别是含