

高等院校本科生
化学系列教材

徐汉生 编著

绿色化学导论

LUSEHUA XUE DULUN



全国优秀出版社
武汉大学出版社

绿色化学导论

(An Introduction to Green Chemistry)

徐汉生 编著

武汉大学出版社

内 容 简 介

绿色化学是当今国际化学科学研究的前沿,是发展生态经济和工业的关键和实现可持续发展战略的重要组成部分。

本书从绿色化学的各个重要方面作了深入浅出地论述,是一本内容新颖的入门教材。适用于大专院校本科生和研究生有关专业的教学,也可作为有关科研院所、厂矿部门的研究人员、技术人员与管理人士的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

绿色化学导论/徐汉生编著. —武汉:武汉大学出版社,2002.12

高等院校本科生化学系列教材

ISBN 7-307-03731-9

I. 绿… II. 徐… III. 化学工业—无污染技术—高等学校—教材

IV. X78

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 079015 号

责任编辑:夏炽元 责任校对:黄添生 版式设计:支 笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:7.25 字数:171千字

版次:2002年12月第1版 2002年12月第1次印刷

ISBN 7-307-03731-9/X·11 定价:11.00元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

教育部要求学校及时更新教学内容,有关负责人指出:数十年如一日的“爷爷教材”明显落后于国内社会发展实际需要和科学技术发展形势。要求改革落后的教学内容,使其贴近社会、贴近生活、贴近时代,以培养学生健全的思维能力。(《人民日报》海外版 2001. 12. 7; 转引自《报刊文摘》2001. 12. 13, 第 1 版)

为了响应这一号召,不揣冒昧将近年来多次作的有关“绿色合成”专题讲座的一些讲稿汇集起来,整理成为这本教材。

“古之学者必有师。师者,所以传道、授业、解惑也”(韩愈,《师说》),处于知识经济的时代,教师的职责之一,就是要以高科技为内容来授业。

“圣人无常师”,“孔子曰:‘三人行,则必有我师焉’,是故弟子不必不如师,师不必贤于弟子,闻道有先后,术业有专攻,如此而已”(韩愈,《师说》)。当前科技发展迅猛,知识更新快,在高科技面前,师与弟子往往处在同一起跑线上,所以化学界前辈学者唐敖庆教授就曾说过,好的教师要与学生一起,在自己也不熟悉的领域中去探索。

绿色化学是 20 世纪 70 年代为了适应科技发展与环保需要,蓬勃发展起来的新领域。它是化学、化学工程与环境科学、生命科学等交互渗透而发展起来的边缘学科,对于原有各专业的人而言,都是自己所不熟悉的领域,而要师生一起去努力探索。

京剧艺术大师梅兰芳博士曾向别人介绍他的学艺过程,可以概括为“少、多、少”三个字。第一个“少”是入门,真正的少;然后是博览众家之长,广泛吸收他人之经验,进入“多”的阶段;第三阶段是去粗取精,去伪存真,学中有创,形成自己的流派——梅派艺术,此时就是第二个少——少而精之“少”。

大师的成就令人无限敬仰,望尘莫及。而其学习方法则给人以深刻的启迪。记得在 20 世纪 60 年代初,刚接触元素有机化学这一新领域时,我的老师曾昭抡教授曾多次告诫我们,要善于吸取前人的经验,他说:“只有第一流的专家才能写出第二手的文献(综论 Review),要善于通过学习第二手文献来进入新领域,才能收事半功倍之效。”曾先生桃李遍天下、学术成果累累,以花甲之龄尚能不断地向新学科领域进军,此乃他的经验之谈。与上述梅先生的经验实属异曲同工,隔行而不隔理。学习第二手文献,也就是利用前人的第二个“少”来作为自己入门的第一个“少”,确有事半功倍之效。

近二十年来,随着社会的需要与科技的发展,绿色化学的综论文章如雨后春笋,层出不穷,给我们的学习带来了方便,提供了“巨人之肩”,使我们能站立其上去攀登。本教材充分

利用了这些文献。在此向这些前辈学者们致以崇高的敬意。

为了便于教学，本教材力求做到观点新、材料精，涉及面要广，让初学者对绿色化学有个较全面概括性的了解。尽可能地提供一些综述性的文献条目，供读者进一步钻研，使浅尝者有个完整的概念，而欲深入钻研者有可循的登山途径。如能做到这点，编辑这本教材的目的就达到了。限于编者的水平与精力，错误与遗漏之处定然不少，敬请使用本书的读者们批评指正。

编 者

2002年5月

目 录

前 言	I
第一章 绪论	1
1.1 世纪之交对化学工业的回顾与展望	1
1.1.1 20 世纪化学工业的成就	1
1.1.2 化学工业带来的环境问题	1
1.1.3 可持续发展战略方针	3
1.1.4 21 世纪化学工业的展望	4
1.2 绿色化学的概念	5
1.2.1 绿色化学定义	5
1.2.2 研究绿色化学所遵循的原则(简称为双十二条)	5
1.2.3 绿色化学在国外的的发展概况	7
1.2.4 绿色化学在我国的发展概况	9
1.2.5 绿色化学阅读参考资料	9
参考文献	12
第二章 化工生产中的环境影响评估	14
2.1 E-因子	14
2.2 原子利用率	14
2.3 环境商	15
2.4 工艺研究与开发中的绿色化学量度	16
2.5 应用生命周期评估法对生产过程进行环境评价	18
参考文献	19
第三章 利用再生资源开发化工产品	20
3.1 再生资源重新受到重视	20
3.2 再生资源是丰富的化工原料	21
3.3 在分子水平上认识再生资源	23
3.3.1 生命与地球生物圈的化学逻辑	25
3.3.2 植物光合作用与次生代谢产物	26
3.4 利用再生资源开发精细化工产品	27
3.4.1 大宗化工原料、中间体与产品	27

3.4.2 具有生物活性的天然产物作为靶标分子,进行结构修饰、改性	28
3.4.3 生源合成的启示——仿生合成	31
3.4.4 农副产品的综合利用	32
3.5 以生态学为指导,科学地利用再生资源	35
参考文献	36
第四章 催化反应——一种重要的清洁工艺	38
4.1 清洁工艺是当今工业发展的一种新模式	38
4.2 催化反应是适用于有机合成的清洁工艺	38
4.3 催化氧化	42
4.4 催化还原	46
4.5 催化法形成 C—C 键	47
4.6 生物催化	49
参考文献	53
第五章 绿色溶剂	55
5.1 水	55
5.2 离子液体	58
5.3 超临界 CO ₂ 作为溶剂	62
5.4 无溶剂有机合成	62
参考文献	63
第六章 提高有机合成效率的有关技术	65
6.1 概述	65
6.2 相转移催化反应	66
6.2.1 相转移催化反应机理及工业流程	66
6.2.2 相转移催化剂	67
6.2.3 相转移催化剂在有机精细化工生产中的应用	68
6.2.4 在化学工业中应用 PTC 所显示出的优点	68
6.3 手性技术	69
6.3.1 概述	69
6.3.2 手性技术发展概况	71
6.3.3 重要的手性合成举例	72
6.4 电(解)合成	75
6.5 超声波在化学工业中的应用	77
6.6 微波促进有机化学反应	78
参考文献	80

第七章 生物技术在绿色合成中的应用	82
7.1 概述	82
7.2 生物催化与仿生催化	85
7.2.1 酶工程	85
7.2.2 模拟酶	87
7.2.3 化学酶(Chemenzyme)	89
7.2.4 催化抗体	89
7.3 细胞培养与组织培养	90
7.4 发酵工程	93
参考文献	94
 第八章 产品与工艺的绿色化革新与组合	 96
8.1 概述	96
8.2 综合运用高新技术对现有的产品与工艺进行绿色化技术改造	97
8.3 零排放——工业生态学	100
参考文献	101
 第九章 绿色化学的展望	 102
9.1 绿色化学的发展方向	102
9.2 我国的绿色化学研究战略	103
9.3 十项可能改变环境的新技术(美国)	103
9.4 日本专家建议确立新化学工程技术体系	104
9.5 绿色工艺与绿色产品的展望	104
参考文献	106
 编 后.....	 107

第一章 绪 论

1.1 世纪之交对化学工业的回顾与展望

1.1.1 20 世纪化学工业的成就

国内外化学科学的记录,以及化学工业的发展和成就,使我们有理由对未来充满信心。化学在第二次工业革命中扮演了重要的角色,化学工业是最先利用科学研究成果的工业部门,从那时起,化学科学与化学工业一直并肩前进、相互联系、相互促进。这种理论和应用,学院和工业间的接触,是化学工业保持先进技术和惊人发展速度的真正原因。

从国内外历年的统计数据可以看出,化学工业在国民经济中的发展速度超出其他部门。图 1-1 表明了化学工业百年来的进展^[1]。

1.1.2 化学工业带来的环境问题

我们只有一个地球,它是人类赖以生存的空间。

美国马里兰大学 Robert Costanza 领导的科研组经过 15 年努力研究,写成一篇题为“The value of the world's ecosystem services and natural capital”(世界生态系统服务与天然资源的价值),发表在 Nature, 1997 vol 387 上^[2]。该文认为:“地球平均每年向人类无偿提供的各种服务总价值高达 33 万亿美元,超过每年全球各国国民生产总值之和”,因此,他们呼吁要珍惜地球的宝贵资源。

世界自然基金会 1998 年 10 月 1 日发表题为“活的地球指数”报告,指出 1970~1995 年的 25 年间,地球损失了 1/3 以上的自然资源(《人民日报》1998.10.3;《中国剪报》1998.10.23,第 4 版)。

罗马俱乐部曾经发表过《增长的极限》,文章警告说,经济如果无限增长的话,用不了 100 年,地球上大部分天然资源将会枯竭^[3]。

这是人类自己造成的后果,环境正在加紧对人类施行报复。

化学工业是仅次于核工业的第二污染大户,据统计全世界每年生产的人工合成的有毒化合物约 50 万种,共 400 万吨,所有这些物质,几乎近一半滞留在大气和江、河、湖、海内,每年还将有 18 万吨的铅和磷,3000 万吨的汞以及各种有毒重金属流入水体中,另外,每年还有 200 万吨石油流进海洋^[4]。

据最新报道,10 个污染大户 1996 年排到空气中的致癌物质竟有成百上千吨^[5](见表 1-1)!

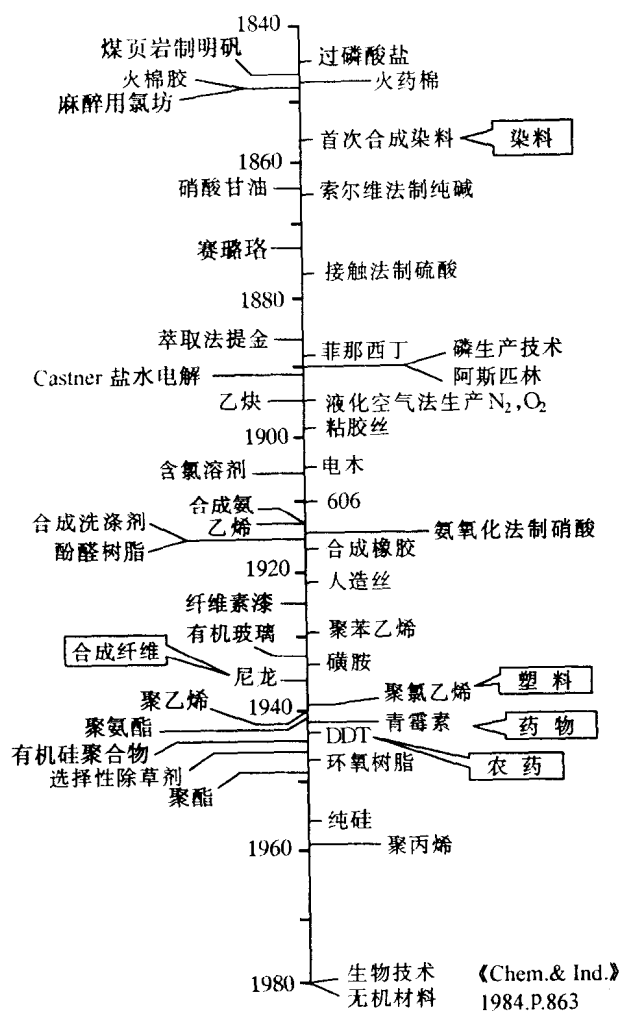


图 1-1 1840 年至今化学工业的重大发明创造

Fig. 1-1 Innovation in the chemical industry from 1840 to the present day

我国环境污染严重,据计算以 1993 年价格指数作为折合参数,我国 20 世纪 90 年代初的污染损失已高达 1 000 亿元以上,占 1993 年国民生产总值(GNP)的 3% (《经济与信息》1996 年第 3 期;摘自《报刊文摘》1996.4.11,第 2 版)。

中国社会科学院最新公开发表的一份报告显示:根据估算,1995 年环境污染和生态破坏对我国造成的经济损失达 1875 亿元,占当年 GDP 值的 3.27%,环境已成了发展的最大代价,并且这种代价还会呈放大效应 (《广州文摘》,42 期 4 版)。

1993 年美国化学工业产生了 350 兆吨(MT)有毒物质——远远超过了每人每天 10 磅——其处理费用为 200 亿美元,到 2000 年产生有毒物质 500MT,处置费用要 400 亿美元^[6]。

二次大战以后,世界主要化学工业产生污染的情况见表 1-2^[7]。

表 1-1 10 个污染大户 1996 年排到空气中的致癌物

	Company	Town	Region	Carcinogens
				t/a
1	Associated Octel	South wirral	Northwest	5340
2	ICI Runcorn	Runcorn	Northwest	2150
3	Glaxochem	Ulverston	Northwest	813
4	EVC	Thornton-Cleveleys	Northwest	761
5	ICI North Tees	Middlesborough	Northwest	575
6	ICI Wilton	Middlesborough	Northwest	361
7	Courtaulds	Lancaster	Northwest	354
8	Zeneca	Huddersfield	Yorkshire	276
9	Recticel	Derby	East Midlands	233
10	Dow Chemical	King's Lynn	Eastern	118

Source: Environment Agency / Friends of the Earth., Chem. & Ind. 1999 15Feb. p. 123

Tab. 1-1 Top ten polluters emissions of recognised carcinogens to air, 1996

表 1-2 二次大战后,世界主要化学工业产业污染的情况

Pollutant	Annual production				Increase(%)
	Year	Amount	Year	Amount	
Inorganic fertilizer nitrogen	1949	$0.91 \times 10^6 \text{t}$	1968	$6.8 \times 10^6 \text{t}$	648
Synthetic organic pesticides	1950	$286 \times 10^6 \text{lb}$	1967	$1\,050 \times 10^6 \text{lb}$	267
Detergent phosphorus	1946	$11 \times 10^6 \text{lb}$	1968	$214 \times 10^6 \text{t}$	1 845
Tetraethyl lead * *	1946	$0.048 \times 10^6 \text{t}$	1967	$0.25 \times 10^6 \text{t}$	415
Nitrogen oxides * *	1946	10.6 *	1967	77.5 *	630
Beer bottles	1950	$6.5 \times 10^6 \text{gross}$	1967	$45.5 \times 10^6 \text{gross}$	595

* Dimension = $\text{NO}_x(\text{ppm}) \times \text{gasoline consumption}(\text{gal} \times 10^{-6})$; estimated from product of passenger vehicle gasoline consumption and ppm of NO_x emitted by engines of average compression ration 5.9 (1946) and 9.5 (1967) under running conditions, at 15 in manifold pressure. NO_x emitted: 500 ppm in 1946: 1 200 ppm in 1967. * * Automotive emissions.

Tab 1-2 Post-war increases in pollutant emissions

英国前首相丘吉尔(Sir Winston Churchill)曾经说过:“人类今天正处在其命运攸关的时刻。科学,一方面日新月异地展现出了巨大美好的前景,另一方面又造成了过分自我毁灭的陷阱。这是过去从未知道,或者说是意想不到的^[6]”。

今天,当人类已进入 21 世纪的时刻,这些话仍有现实意义。有人惊呼 20 世纪是“全球规模环境破坏的世纪”^[3],这是发人深省的。

1.1.3 可持续发展战略方针

科学进步对环境造成的最严重危害之一,就是损及全世界的生态链。

1962 年美国的卡逊(R. Carson)出版了《寂静的春天》(Silent Spring)^[8]一书。作者通俗易懂地描述了技术革命对自然环境带来的破坏,重新提出了生态平衡问题,引起了世界各

国朝野人士的广泛关注。

1972年6月5~12日在斯德哥尔摩召开了联合国人类环境第一届会议,有113个国家参加,会议通过了全球性保护环境的行动计划和《人类环境宣言》,通过了每年6月5日为世界环境日。

1992年6月3~14日联合国环境与发展大会(地球首脑会议)在巴西里约热内卢顺利召开,有180多个国家和地区代表团和代表、102个国家元首或政府首脑参加,通过了五个文件——里约热内卢环境发展宣言;21世纪议程;生物多样性公约;防止全球气候变暖公约;有关森林保护原则的声明^[9]。

在此期间,各国政府、产业部门、大学、科研院所分别召开了各自的会议以及国际性的会议,形成了一片“绿色的浪潮”。

2002年9月2~11日在南非(South Africa)首都约翰内斯堡(Johannesburg)召开了世界首脑可持续发展会议(World Summit on Sustainable Development, WSSD),化学工业将面临来自经济、社会、环境等各方面的挑战,来进一步改进工作(Watkins, K. J., C & EN. 2002 April 22, pp. 15-22)。

对于化学工业而言,环境治理并不是新问题,可以分为三个阶段:20世纪70年代至80年代中期是第一阶段,这时麻烦并不多,从20世纪80年代中期起为第二阶段,主要是防止跑、冒、滴、漏。20世纪90年代为第三阶段,环保的要求高了,要求采用可持续发展的生产方式,即清洁工艺或绿色合成,包括原料的循环使用,从源头上消除或减少污染^[10]。

可持续发展(sustainable development)是20世纪80年代中期在一些文章和文件中出现的,其意义是:“可持续发展系指满足当前需要而又不削弱子孙后代满足其需要之能力的发展,而且绝不包含侵犯国家主权的含义。”这是勃兰特报告(Brundtland report)提出并得到奥斯陆世界环发会议(1987年)认可的。

在第9次全国环保会议上,江泽民同志作了“必须把实施可持续发展战略始终作为大事来抓”的指示^[11]。

实施可持续发展战略是一场深刻的社会变革,国内外的实践已经表明,国民经济与社会发展不能走“先污染、后治理”的路线,必须按可持续发展的要求,全方位调整产业结构,提高各行各业的技术水平,要实现工业清洁生产,控制污染排放^[12]。

1997年5月国务院第56次常务会议通过了《中华人民共和国可持续发展国家报告》(《人民日报》1997.5.8,第1版)。

总之,防治污染的首选方案就是不产生污染,就是要搞绿色合成、清洁工艺,这是化学工业执行可持续发展方针的必由之路。

1.1.4 21世纪化学工业的展望

化学工业在历次产业革命中都扮演着重要角色,化学作为分子科学的基础,影响动物、植物和人类生活及环绕我们的物质世界。世界上如果没有化学工业,就会没有现代化的医学、交通、通信与生活消费品。

生物技术与材料科学是当前科学研究中最激动人心的领域,从实质上看,它们是真正的化学科学。前美国化学学会主席 Mary L. Good 说:“生物技术与材料科学的发明与进步,背后起作用的都是化学”,他又说:“没有分子科学,即化学,所有这些进展都是不可能得到的”^[13]。

日本的生物化学家江上 不二夫认为：“新的化学和化学工业的时代将于 21 世纪到来”。其特征就是“把现在的化学和化学工业的长处和生物体系中化学的长处结合起来的新的化学和化学工业”、“21 世纪的化学和化学工业可以创造为人类服务的各种奇妙的物质”。因此，他预言“21 世纪一定是化学和化学工业的时代”^[14]。

1989 年在环太平洋化学会议(PACIFICHEM'89)上，专家们认为随着社会的变革与市场的需求，化学工业将变得更重要，21 世纪新的化学将是传统的化学(研究分子与分子聚集态)与其他的前沿科学技术如生物技术、电子学技术相结合而产生的，21 世纪将形成新的化学时代。

W. H. Clive Simmonds 认为 21 世纪的问题是分子或生物分子的问题，他说：“21 世纪可以认为是化学的世纪，如同 20 世纪是物理的世纪一样”^[15]。

20 世纪初，发展化学工业靠的是技术创新(Innovation)，21 世纪新时代，化学工业的发展寄托在创新的绿色化学(Innovative green chemistry)之上^[16]。在 21 世纪，化学不绿色化，化学工业就不能够现代化，化工产品就不会有国际市场^[17]。

1.2 绿色化学的概念

1.2.1 绿色化学定义

绿色化学(Green Chemistry)又称环境无害化学(Environmentally Benign Chemistry)、环境友好化学(Environmentally Friendly Chemistry)、清洁化学(Clean Chemistry)。绿色化学即是用化学的技术和方法去减少或消灭那些对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂和试剂、产物、副产物等的使用和产生。必须指出，绿色化学不同于一般的控制污染。绿色化学的理想在于不再使用有毒、有害的物质，不再产生废物，不再处理废物。它是一门从源头上阻止污染的化学。治理污染的最好办法就是不产生污染^[17]。

1.2.2 研究绿色化学所遵循的原则(简称为双十二条)

按照 R. Sheldon 的说法，要达到无害环境的绿色化学目标，在制造与应用化工产品时，要有效地利用原材料，最好是再生资源；减少废弃物量，并且不用有毒与有害的试剂与溶剂。

为了达到此目标，Anastas & Warner 提出了著名的十二条绿色化学原则(Twelve Principles of Green Chemistry)，作为开发环境无害产品与工艺的指南，这些原则涉及合成与工艺的各个方面。例如溶剂、分离、能源与减少副产物等^{[18][19]}，简称前十二条，它们是：

1. 预防(Prevention)：防止废物的产生比产生废物后进行处理为好。
2. 原子经济性(Atom Economy)：设计的合成方法应当使工艺过程中所有的物质都用到最终的产品中去。
3. 低毒害化学合成(Less Hazardous Chemical Syntheses)：设计的合成方法中所采用的原料与生成的产物对人类与环境都应当是低毒或无毒的。
4. 设计较安全的化合物(Designing Safer Chemicals)：设计生产的产品性能要考虑限制其毒性。
5. 使用较安全的溶剂与助剂(Safer Solvents and Auxiliaries)：如有可能就不用辅助物质

(溶剂、分离试剂等),必须用时也要用无毒的。

6. 有节能效益的设计(Design for Energy Efficiency):化工过程的能耗必须节省,并且要考虑其对环境与经济的影响。如有可能,合成方法要在常温、常压下进行。

7. 使用再生资源作原料(Use of Renewable Feedstock):使用可再生资源作为原料,而不是使用在技术与经济上可耗尽的原料。

8. 减少运用衍生物(Reduce Derivatives):如有可能,减少或避免运用生成衍生物的步骤(如用封闭基因、保护/脱保护、暂时修饰的物理/化学过程),因为这些步骤要用外加试剂并且可能产生废弃物。

9. 催化反应(Catalysis):催化剂(选择性)优于计量反应试剂。

10. 设计可降解产物(Design for Degradation):化学产物应当设计成为在使用之后能降解成为无毒害的降解产物而不残存于环境之中。

11. 及时分析以防止污染(Real Time Analysis for Pollution Prevention):要进一步开发分析方法,使其可及时现场分析,并且能够在有害物质生成之前就予以控制。

12. 采用本身安全、能防止发生意外的化学品(Inherently Safer Chemistry for Accident Prevention):在化学过程中,选用的物质以及该物质使用的形态,都必须能防止或减少隐藏的意外(包括泄漏、爆炸与火灾)事故发生。

这些原则十分全面,大多数的化学家、工程师从中得到教益并用以指导工作,由于化学家们所不熟悉的技术、经济以及其他原因,在执行中也有一些失误的。

《Environ. Sci. & Tech.》杂志的编辑 W. H. Glaze 认为化学转化的绿色(Greenness)程度,只有在放大(scale-up)、应用(application)与实践(practice)中才能评估。这就要求在技术、经济与工业所导致的一些竞争的因素之间作出权衡。

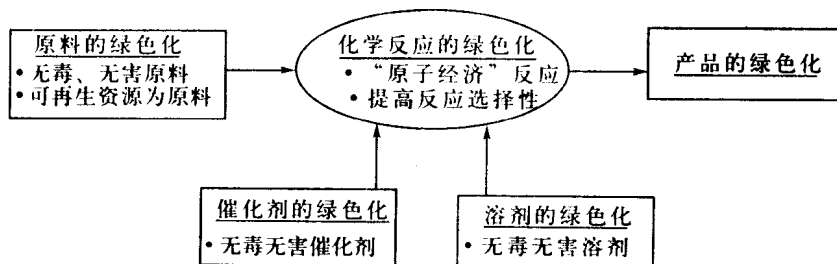
为了补充 Anastas & Wanner 的不足,结合 Glaze 的意见,利物浦大学(Univ of Liverpool)化学系 Leverhulm 催化创新中心(Leverhulm Centre for Innovative Catalysis)的 Neil Winterton 提出另外的绿色化学原则十二条(Twelve more principles of green chemistry)(简称后十二条)以帮助化学家们评估每个工艺过程的相对“绿色”性,后十二条的内容为^[19]:

1. 鉴别与量化副产物(Identify and quantify by-products)。
2. 报道转化率、选择性与生产率(Report conversions, selectivities and productivities)。
3. 建立整个工艺的物料衡算(Establish full mass-balance for process)。
4. 测定催化剂、溶剂在空气与废水中的损失(Measure catalyst and solvent losses in air and aqueous effluent)。
5. 研究基础的热化学(Investigate basic thermochemistry)。
6. 估算传热与传质的极限(Anticipate heat and mass transfer limitation)。
7. 请化学或工艺工程师咨询(Consult a chemical or process engineer)。
8. 考虑全过程中选择化学品与工艺的效益(Consider effect of overall process on choice of chemistry)。
9. 促进开发并应用可持续性量度(Help develop and apply sustainability measures)。
10. 量化和减用辅料与其他投入(Quantity and minimize use of utilities and other inputs)。
11. 了解何种操作是安全的,并与减废要求保持一致(Recognize where safety and waste minimization are incompatible)。

12. 监控、报道并减少实验室废物的排放(Monitor, report and minimize laboratory waste emitted)。

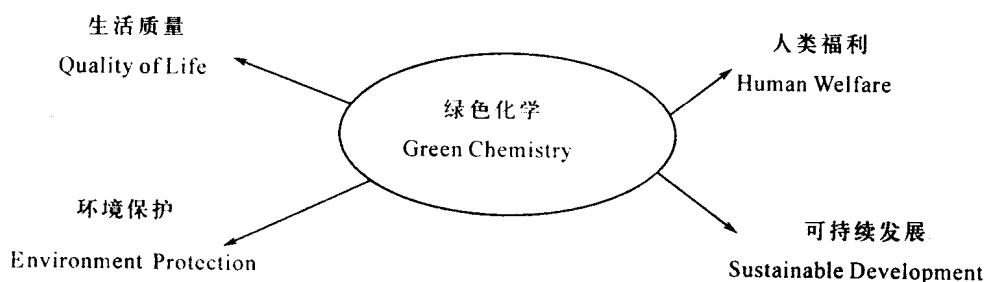
后十二条可用来评估一个工艺过程的绿色性,并与其他工艺相比较。详细内容另有报道^{[20][21]}(参看本书第二章)。

闵恩泽、傅军的“绿色化学的进展”^[22]中用一个简图将上述原则表达出来,使人一目了然。



这张图的优点除了简明之外,还表明了绿色化学的整体性以及化学反应、原料、催化剂、溶剂和产品的绿色化之间的相互关系。

从另一方面来看,绿色化学的出现又推动了现代化学面向社会生活的伸展^[33],如下图所示:



1.2.3 绿色化学在国外的的发展概况

在《Chem. Br.》1996, Dec. pp. 45-47 上有一篇题为“清洁合成”(Cleaner Synthesis)的文章,作者写道:四年前(1992)他开始考虑清洁合成时,以 Clean 为关键词去查文献,几乎没有什么收获,可是现在则大不一样,20 世纪 90 年代在可持续发展方针的指引下,绿色化学得到了迅速的发展,表现有以下几方面:

1. 出版了专著,如:

① NATO ASI Series Partnership sub series 2 Environment Vol 2. 《Cleaner Technologies

and Cleaner Products for sustainable Developments》. Edited by H. M. Freeman, Z. Puskas and R. Olbina. Springer-verlag Berlin Heidelberg 1995.

②P. T. Anastas and T. C. Williamson (Eds), 《Green Chemistry: Frontiers in Chemical synthesis and Processes》, Oxford University Press. Oxford(1998).

③P. T. Anastas and C. A. Farris (Eds).《Benign by Design: Alternative Synthetic Design for Pollution Prevention》, ACS Symp. Ser n. 577 Washington D.C (1994).

④P. Tundo and P. T. Anastas (Eds). 《Green Chemistry: Challenging Perspectives》. Oxford University Press Oxford(2000).

2. 出版了专业性刊物,如:

1993 年创刊的《J. Cleaner Production》(清洁生产杂志);1999 年皇家化学会创办的《Green Chemistry》(绿色化学)及电子版,这是一份国际性的专业刊物。

3. 许多学术刊物发表了绿色化学、清洁工艺的研究报告以及评述与知识介绍的文章,有些著名的学术刊物还出版了绿色化学的专集,仅就我们所接触到的就有:《J. Chem. Educ.》1995 72(1);《New J. Chem.》1996 20(2);《Recl. Trav. Chim. Pays-Bas》1996 115 (4);《Pure & Appl. Chem.》, 2000 72(7);《Pure & Appl. Chem.》2001 73(8)。

4. 举办了有关的各国(内)与国际会议。各国政府、产、学、研各界推出了一些相应的举措,举例如下:

* 1972.6.5~16 日联合国人类环境会议(斯德哥尔摩)有 113 个国家参加,通过了《人类环境宣言》,并定每年 6 月 5 日为世界环境日。

* 1992.6.3~14 日联合国环境与发展大会(地球首脑会议,里约热内卢),180 个国家与地区代表团和代表参加,其中有 102 个国家或政府首脑,李鹏率中国代表团参加了本次会议。大会通过了“里约热内卢环境与发展宣言”、“21 世纪议程”与“生物多样性公约”等文件。

* 1995.3.16 日美国总统克林顿宣布建立“总统绿色化学挑战奖”(The Presidential Green Chemistry Challenge Awards, PGCC Awards),这是惟一的以总统名义颁布的化学单项奖,奖励在绿色化学合成方法、路线、工艺条件以及产品设计方面作出贡献的单位与个人(J. Chem. Educ., 1999 76 (12), p. 1639)。

* 1997 年初夏,美国国家科学院(National Academy of Science)在华盛顿召开了第一届绿色化学与工程学术会议(The first Green Chemistry & Engineering Conference),有 300 人参加,有 64 篇报告,会议期间将 PGCC 奖授予四个化学公司与一位化学家(C & EN, 1997 Augst 4. pp. 35-43)。此后每年都颁发了 PGCC 奖,2001 年的 PGCC 奖参见《Green Chemistry》2001 August, pp. G47-51。

* 1998 年意大利化学会召开了主题为“Friendly Processes: A Recent Break Through in Organic Chemistry (友好工艺:有机化学中的一个最新突破)”的会议。1998 年由欧洲议会资助,在意大利威尼斯(Venice)举办了第一次暑期绿色化学班,内容为研究者的训练与活动(Angew. Chem. 1999 38(7), p. 909)。

* 英国皇家化学会的外围组织绿色化学网(GCN)将促进绿色化学行动,向化学家和公众宣传可持续发展的利益。GCN 将在工业部门、学术界和学校促进绿色化学的认识、教育、培训和实践。GCN 的活动中心开始将设在 York 大学的新大学清洁技术中心内,未来的一

代很可能将这一时期视为化学工业的分水岭,1998年8月已在美国波士顿美国化学会议上召开过绿色化学会议。2000年英国皇家化学会已是绿色化学会议的东道主(化学通讯,1999(3):23)。

* 1992年来自世界14个国家的科技、产业界人士在莫斯科召开了第八次“CHEMRAWN”(CHEMical Research Applied to World Needs)会议(C & EN., 1992 Nov. 9, p. 7-12, pp41-42)集中讨论化学工业如何持续发展,减少三废,并交流了清洁生产的有关工艺技术。1996年9月在韩国汉城召开了第九次CHEMRAWN会议,讨论可持续性生产、原材料的利用处理与回收再利用等问题(化学通讯,1996(4):28)。2001年6月9~13日在美国Boulder, Colorado由IUPAC召开了第14次CHEMRAWN会议,主题是Green Chemistry: Toward Environmentally Benign Processes and Products(绿色化学:面向环境无害的工艺与产品),会上的一些论文汇集在Pure & Appl. Chem., 2001 73(8)中发表。

1.2.4 绿色化学在我国的发展概况^[24]

我国科学界对绿色化学给予了高度重视,在1994年我国政府制定的《中国21世纪议程;中国21世纪人口、环境与发展白皮书》的指导下,1995年中国科学院化学部确定了《绿色化学与技术——推进化工生产可持续发展的途径》的院士咨询课题,并“建议国家科技组织调研,将绿色化学与技术研究工作列入‘九五’基础研究规划”;1997年国家自然科学基金委员会与中国石油化工集团公司联合资助了“九五”重大基础研究项目“环境友好石油化工催化化学与化学反应工程”;中国科学技术大学绿色科技与开发中心在该校举行了专题讨论会,并出版了“当前绿色科技中的一些重大问题”论文集;香山科学会议以“可持续发展问题对科学的挑战——绿色化学”为主题召开了第72次学术讨论会,1998年以来,我国已连续举办了三届国际绿色化学高级讨论会;《化学进展》1998 10(2)出版了绿色化学专集;1999年12月国家自然科学基金委员会召开了《绿色化学的基本科学问题》九华论坛会,上述活动推动了我国绿色化学的发展。

1.2.5 绿色化学阅读参考资料

- [1] 闵恩泽,傅军. 绿色化学的进展. 化学通报,1998(1):10~15
- [2] 陆熙炎. 绿色化学与有机合成及有机合成中的原子经济性. 化学进展,1998 10(2): 123~130
- [3] 朱清时. 绿色化学与可持续发展. 中国科学院刊,1997(6):415~420
- [4] 侯宏卫,贺启环. 绿色化学进展. 上海化工,2001(9):4~7
- [5] 徐汉生,刘秀芳. 绿色合成. 湖北化工,1997(1):5~8
- [6] 黄培强,高景星. 绿色合成:一个逐步形成的学科前沿. 化学进展,1998 10(3): 265~272
- [7] 曹庭美,宋心琦. 化学家应是环境的朋友. 大学化学,1995 10(6):25~31
- [8] 梁文平,唐晋. 当代化学的一个重要前沿——绿色化学. 化学通讯,2000(5):5~7
- [9] 梁文平,唐晋. 绿色化学——解决21世纪环境、资源问题的根本出路之一. 自然科学进展,2000 10(12):1143~1145
- [10] 朱清时. 绿色化学的进展. 大学化学,1997 12(6):7~11