

绿色化学——化学在 21 世纪中的通行证

Green Chemistry—The Key of Chemistry in the 21st Century

崔晓莉

(复旦大学化学系博士后 上海 200433)

吴海江 杨晓雍

(河北师范大学, 副教授 石家庄 050016)

一、环境问题与绿色化学的兴起

化学是现代高科技发展和社会进步的基础和先导之一, 是一门有着很大社会需求的中心科学, 以化学为基础的化学工业极大地推动了人类物质生产和生活的进步。从钢铁冶金、水泥陶瓷、酸碱肥料、塑料橡胶、合成纤维, 直到医药、农药、日用化妆品等无不与化学息息相关, 现代社会生活已完全离不开化学。然而, 科学技术是一把双刃剑, 化学在给人类带来益处的同时也给人类造成了一些有害的影响。主要是未能有效地利用资源, 并产生了大量的有害物质。

随着环境污染问题日趋恶化, 一些人对化学产生了一种恐惧感, 认为化学是环境污染的罪魁祸首, 化学几乎成了“有毒”、“有害”的代名词, 如在一些食品的标签上, 经常看到“本品不含化学添加剂”、“纯天然制品”等字样。其实, 从本质上说, 所有的天然品都可以看成是化学品, 厌恶化学、把化学看成环境污染的罪魁祸首是一种偏见。事实上, 化学污染严格地说并非化学本身之过, 而是在人们实际应用中产生的。化学污染的真正源头是化学的实际应用即化学工艺过程中存在的种种问题, 由此造成对人类生存环境乃至整个生态系统的破坏。

在研究环境问题, 应当持积极、科学和辩证的态度。科学技术和工业发展带来的环境问题不可能靠抑制甚至取消科学技术和工业发展来解决, 而需要靠科学技术和工业的“合乎理性”的进步来解决, 当前世界化学界对此十分关注。

从 60 年代, 化学废弃物的危害被发现以后, 经过 30 多年的努力, 化学污染的防治已取得巨大成绩。然而, 以往解决化学污染问题的诸多办法基本上是以减少接触为基础, 即以治理为主, 实践表明这类办法的效果是有限的。同时, 由于人们环境意识的提高, 各种严格的环境保护的法律法规不断建

立, 化工生产过程中“三废”治理所需的费用急剧攀升而使得化工企业不堪重负。1996 年美国 Dupont 公司的化学品销售总额为 180 亿美元, 环保费用为 10 亿美元。

问题的另一方面是, 我们已无法摆脱造就我们当前物质文明的化学工业和化工产品, 化学和化学家面临着前所未有的挑战。在这种形势下, 90 年代初, 综合考虑环保、经济、社会以及化学工业自身发展的要求, 具有全新理念的“绿色化学”(Green Chemistry)应运而生^[1]。绿色化学的提出及有关的科学研究, 是具有产业革命性质的跨世纪科技战略问题, 具有重大的科学、经济和社会意义。

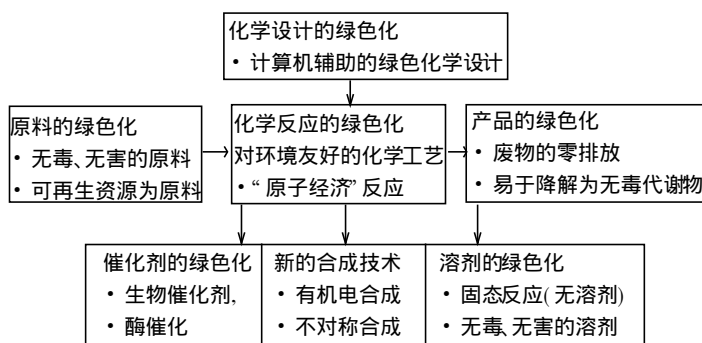
早在 1990 年美国就颁布了污染防治法案, 将污染防治确立为美国的国策。绿色化学正是实现污染防治的基础与重要工具, 它从源头上消除污染, 发展不产生污染的新化学反应和化学产品。1995 年 3 月 16 日, 美国总统克林顿宣布设立“绿色化学挑战计划”, 随后在 1996 年设立了总统绿色化学挑战奖。新任美国化学会会长 P. Anderson 在就职文章中指出, 更安全的化学应是化学家在 21 世纪要学习研究的首要领域^[1]。英国皇家化学会创办了名为《Green Chemistry》的国际性化学期刊, 专门报道有关清洁技术的化学研究, 以及能减少对环境作用的化学品的制造方法等绿色化学的研究成果^[2]。

我国对绿色化学这一新兴学科的研究也十分重视。1995 年中国科学院化学部确定了“工业生产中的绿色化学与技术”院士咨询课题组, 1996 年在北京召开了工业生产中的绿色化学与技术研讨会。第 72 次香山科学讨论会以“可持续发展对科学的挑战——绿色化学”为主题就绿色化学在人类可持续发展中的意义进行了讨论, 第一届国际绿色化学高级研究会也在我国合肥召开, 《化学进展》出版了“绿色化学与技术”专辑, 四川联合大学也成立了绿色化学与技术研究中心, 我国的绿色化学研究已逐渐活跃^[3]。

二、绿色化学的基本原理和方法

绿色化学又称为环境无害化学 (Environmentally Benign Chemistry)、环境友好化学 (Environmentally Friendly Chemistry)、清洁化学 (Clean Chemistry), 在其基础上发展的技术称为环境友好技术 (Environmental Friendly Technology) 或洁净技术 (Clean Technology) [1, 3, 4]。绿色化学即是用化学的技术和方法减少或消除那些对人类健康、社区安全、生态环境有害的原料、催化剂、溶剂、产物、副产物等的使用与产生。绿色化学的理想是不再使用有毒、有害的物质, 不再产生废物, 把污染治理转变为污染预防。

绿色化学的研究主要是围绕化学反应、原料、催化剂、溶剂和产品的绿色化开展的, 包括化学反应 (化工生产) 过程的四个基本要素: 一是设计对人类健康和环境危害小的、淘汰有毒的反应起始物 (原材料); 二是选择最佳的反应 (生产) 条件, 包括温度、压力、时间、介质、物料平衡等, 以实现最大限度的节能和零排放; 三是研究最佳的转换反应和良性循环 (含催化剂); 四是设计对人类健康和环境更



安全的目标化合物(最终产品)。如下图所示^[3]。

绿色化学与传统化学的不同之处, 首先在于它强调同其他相关学科的联系。绿色化学的诞生, 是以 20 世纪 90 年代的物理科学、生命科学和工程学的成就为后盾的, 化学家已有可能用现有的知识去选择最合适的化合物用于某一种特定的化学反应。当然, 评估某一化合物或化学过程对环境是否为良性, 绝非易事, 特别是当化合物进入人体或环境后, 如何进行转化? 生成的新化合物是良性的还是更有害? 这都需要研究。因此, 绿色化学的实施是渐进递增式的。绿色化学具有丰富的内涵, 并与生物学、物理学、计算机科学、材料科学和地学等学科有密切的联系, 绿色化学的实施, 需要这些学科的知识做基础。而绿色化学的发展也将带动这些学科的发展, 将成为 21 世纪化学发展的主流。从传统化学向绿色化学的转变, 可视为化学从“粗放型”向“集约型”的转变。绿色化学是用化学预防污染, 是

进入成熟期的使人类和环境协调发展的更高层次的化学^[4]。

绿色化学与传统化学的另一重要不同之处是, 绿色化学的研究以系统科学方法为基础, 综合考虑与环境的关系。绿色化学所关注的不仅是产品本身的小体系, 而是从一个大的角度关注包括环境在内的大的封闭系统。因此, 绿色化学本身是一个高度系统化的概念, 它的形成与实施涉及到一系列系统方法和系统过程。首先, 绿色化学作为一个新的知识体系, 必然与其他科学知识体系密切交融。例如, 评估某一化合物或化学过程对人体或环境的影响时, 就不能不把生理学、生物化学、地质学、环境地理学等学科包容进来。而当我们寻求新的、符合“绿色原则”的合成途径时, 又必然涉及到不仅是化学本身, 还有物理学的一系列理论问题。最后, 绿色化学的社会化推广, 显然又会与经济学、社会学、法学等许多专门知识和原则发生联系。对所有这些关系的研究以及所有这些知识如何在绿色化学知识体系结构中定位, 都必须有系统思想的指导。

一个更为实际的问题是, 每一项化学终端产品的开发, 绿色原则都要求使用系统方法。根据系统方法的指导思想, 必须先确定开发目标。在以往无绿色原则时, 目标仅仅是: 产品的质量指标、收益与成本比; 而依据绿色原则的要求是: 产品及其生产过程的污染率为零或几乎为零。这时, 对环境评估就必须考虑其造成的环境后效。如果产品本身完全无污染, 当然最理想, 但目前在多数情况下还难以完全达到。于是又必须考虑产品经有效使用后的处置问题。这时, 系统方法的基本要求为: 应能最大限度地利用现已成熟的污染处理技术 (无害化、资源化、能源化) 处理已成为废弃物的产品。因此, 从产品的开发设计之初就把零污染或易处理作为整个开发过程的系统约束条件, 绿色原则也就自然被遵从了。另一方面, 如果生产过程中对污染排放的处理、回收利用到产品研制等过程也从一开始就一并被考虑在研制开发系统中, 那么, 我们就可能在绿色原则的要求下形成一个具有最大的有益输出和最小的有害输出的“最优化”生产系统。有价值的是, 这类系统的研制很可能导致要求全新的工艺过程, 而为了实现这类“绿色工艺过程”, 化学和其他学科的理论技术都将会因此而被“拉动”, 从而取得一系列新发展。

绿色原则与系统方法的结合突出地说明了这样一个问题: 污染问题实际上并非科学技术 (在这里, 是化学和化工技术) 本身所导致, 而是人没有从自然—社会—科学技术这个大系统的观点看问题, 片面追求科学技术的发展和运用造成的。事实上, 一旦我们把自己的科学技术和生产活动纳入上述的大系统来认识, 并以这个大系统所要求的原则来

规范我们的科学技术实践过程时,“污染”是能够作为一种物质“涨落”在达到其危险的临界值以前被整个系统“敛平”的。由此说明了现代系统思想和系统方法在人与自然的关系变得日渐复杂时是何等重要。

从绿色化学研究的指导思想、基本原理和方法上看,它的诞生无疑是化学自身发展中的一场革命。

三、绿色化学与环境教育

随着工业化浪潮向全球的推动,发展中国家求生存、求发展愿望的迫切,某些地区也出现了重蹈发达国家所走过的“先发展、后治理”、“高消耗、高投入、高消费来带动经济高增长”的老路;另一方面,某些发达国家和地区将污染严重的企业向发展中国家转移,更使发展中国家的环境问题雪上加霜。因此,生态平衡的维护与破坏、资源的开发与浪费、环境的保护与污染就成为摆在我们面前无法回避的矛盾。作为培养祖国未来高级建设人才、管理人才的高等院校,尽早地向学生灌输环境保护意识,了解全球环境状况日益恶化的现状并探讨相应的解决措施,就显得十分重要与紧迫。

开展绿色化学的教学,培养具有绿色环境意识的人才,是进行环境教育的重要内容。为此,首先应将绿色化学的思想贯穿于整个化学教育的全过程中^[5],更新观念,培养具有绿色环境意识的新一代化学工作者和公民。据悉,中国科技大学已经开设了“绿色化学”课程。主要内容有环境生态化学、零排放有机合成、环境友好催化、超临界流体技术、绿色生态材料、生物技术、绿色能源等。这对于培养具有新观念的21世纪的化学工作者是十分有益的举措。其次,绿色化学的思想应成为指导各种化学教学活动的基本出发点。例如,微型化学实验就是绿色化学的预防化学污染(而不是治理化学污染)的新理念在化学实验教学中的具体体现。微型化学实验是指^[6]:在微小型的仪器中,用尽可能少的试剂来进行实验(一般为常规量的1/10~1/1000)。微型化学实验不是常规实验的简单微缩,也不是对常规实验的补充,更不是与常规实验的对立,它是在绿色化学思想下用预防化学污染的新实验思想、新方法和新技术对常规实验进行改革与发展的必然结果。我国已经召开了四次全国微型化学实验会议,普及微型化学实验有利于对学生进行环境意识的培养。再次,绿色化学的思想和某些基本知识应成为培养全民的环境意识、普及环保知识的一个不可缺少的内容。特别是,我们认为,其中有些内容有可能以适当的形式放到中学化学教学中,使广大青少年从小就能至少从化学的角度认识到科学技术、自

然和社会的统一性,认识到科学技术在人类的可持续发展和知识经济时代中的作用。

四、绿色化学是人类可持续发展的客观要求

长期以来,人们总以征服自然、改造自然为骄傲,对自然资源进行掠夺性开发,造成严重的生态失调、气候反常、资源匮乏。现在人们已经认识到“只有一个地球”,人类要求得自身的持续发展与生存,就必须与周围事物和谐共处。可持续发展是国际社会在全球环境与发展问题方面达成的共识,其实质是协调好人口、资源、环境和发展的关系,为了人类的世代生存和进步奠定一个能够持续发展的基础。可持续发展在体现公平性、持续性与共同性原则的条件下,鼓励经济增长,但要求注意经济增长的质量、节约资源、减少污染;要以保护自然为基础,与资源承载能力相协调;要以改善生活质量为目的,从而实现生态、经济和社会的可持续发展。科技进步是实现人类社会可持续发展的基础和关键,而绿色化学则为可持续发展提供了重要的途径和方法。

如果把当前的全球环境问题作为科学问题对待,那么,化学在这个科学问题面前首当其冲。化学研究与应用贯穿于人类社会与环境的相互作用之中,它与能源、资源、信息和生命紧密相连。化学家和化学工程师们用自己的智慧,借助于化学工业,尤其是有机合成、制药、染料及高分子材料工业等,为人类创造了大量的物质财富,他们也早就意识到了化工生产排放的废物对环境造成的影响,并积极参与到环境污染问题的研究与治理工作中。化学家是“环境”的朋友^[7],他们在进行化学理论与实践研究的同时,还对产生环境污染的污染物的特性提供信息,积极探索污染的防治、转化、处理及综合利用的途径。化学家积极改革旧工艺、寻求无污染或低排放的“绿色”新工艺,为从根源上消除和减少污染提供了保证。在新的历史条件下,绿色化学是赋予当代化学工作者的更加艰巨的使命。绿色化学要求设计对人类健康和环境更安全的化合物,利用化学结构—活性关系和分子改造去达到效能和毒性之间的最优结果。这是合成化学史上最困难和最富挑战性的任务。绿色化学的“更安全”这个概念不仅是对人类健康的影响而言,还包括化合物整个生命周期中对生态环境、动物、水生生物和植物的影响;除了直接影响外,还要考虑间接影响——转化产物或代谢物的毒性。绿色化学要求对化合物的生成、暴露、接触途径,摄入、吸收机制和分布以及进入人体内毒性作用机理进行更深入的研究和理解。

(下转第25页)

斯 (A. Giddens) 等人的发展在社会理论界产生了重大影响。

作为中国传统社会分化中的整合方式,一般来说有两种,即自然整合和强制整合。自然整合一般是建立在地缘和血缘关系基础上的,是人类社会初期最主要的整合方式,因此又称作先赋性整合。而强制整合是由占优势地位的一方,通过建立规则控制其它的参与者而形成新的交换模式的过程。无论是自然整合还是强制整合,其实质都是社会制度化的过程。只有通过这一制度化的过程,产生的社会分化和社会整合才能不断得以“再生产”并承传下去,成为制度创新的一部分。此外,根据社会整合的内容和使用的手段,又可以把社会整合分为制度性整合、功能性整合和认同性整合。制度性整合是指运用国家的各种政策、法规和法律对各种社会关系进行条理化和合法化梳理,使其纳入统一管理和控制轨道的整合,其具有强制性和契约性特征。功能性整合是从统一社会劳动的角度出发,对伴随社会分化分工出现的职业异质性而进行的整合,它是在市场引导下的自发过程。认同性整合则是在意识形态领域里进行的思想性整合,目的是让人们在社会的互动过程中达到认识上的趋同。可见,这3种整合在转型社会中都具有极其重要的作用,它们既相互联系又独立存在,并分别从社会的制度化、专业化和社会化3个方面对社会结构分化进行全面整合。^[16]当前,中国社会整合的主要任务就是要在强化功能性整合的同时,不放松制度性整合和认同性整合的建构,以避免社会经济在快速发展的同时所产生的周期性振荡和结构性障碍。

总之,转型社会的分化与整合是一项伴随着挑战与机遇、失范与重组的非常复杂的社会工程。在当前中国社会结构快速分化的条件下,无论采取哪一种类型和方式的社会整合,要想在维护社会稳定的前提下要求下,适应加速转型中社会分化的需要,就必须建立起具有系统化、组织化和民主化的新型社会整合机制,即建立起一种以建构与市场经济相适应的社会结构关系为目标,以民主政治为其制度保障,以社会群体组织化为其社会基础,以现代价值导向系统为其精神动力的多元化的有机整合系统。^[17]只有这样,才能在加速转型期,一方面积极引导、控制好社会结构的分化与整合,使之达到合理有序、相互衔接、良性循环的状态;另一方面促进社

(上接第47页)

绿色化学的思想是人类可持续发展的客观要求及具体体现,化学家在这些方面已经并将继续作出更大的贡献。绿色化学的诞生,体现出技术本身就具有生态价值,为人类协调自己与环境的关系提供了物质手段,为人类解决发展与环境之间的矛盾提供了前提与保证。人类活动导致的生态退化、环境污染,依靠有“原子经济性”(指在通过化学转化获取新物质的过程中充分利用原料的每个原子,最大程度地利用资源)等新概念的绿色化学技术,有望使人类与自然界在高层次上和谐共处。

参考文献

会结构的不断完善,以保证改革开放的顺利进行和社会的持续发展。

参考文献与注释

- [1] 《简明大不列颠百科全书》第9册. 北京: 中国大百科全书出版社, 1986年版, 544
- [2] David Harrison: The sociology of modernization and Development. Academic Division of Unwin Hyman Ltd. 1988, 56
- [3] 蔡明哲著. 社会发展理论——人性与乡村发展取向. 台北: 台湾巨流图书公司, 1987. 66, 189
- [4] 陆学艺, 景天魁主编. 转型中的中国社会. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 1994, 23
- [5] 笔者认为, 如果从广义的角度来理解社会转型, 一切社会形态的飞跃都可以看作是一种社会转型, 如从原始社会到农业社会、从农业社会到工业社会、从工业社会到知识社会实际上都是一种社会转型, 都有一个转型期。但本文对社会转型的理解和分析主要从狭义的角度进行。
- [6] 鲍宗豪主编. 当代社会发展导论. 上海: 华东师范大学出版社, 1999, 360
- [7] 有关中国社会转型过程的详细论述请参见郑杭生教授的论文《中国社会大转型》(《中国软科学》1994年第1期)及著作《转型中中国社会和中国社会的转型》(首都师范大学出版社, 1996年版)的前言部分, 把1978年后的中国社会称为“加速转型期”正是由郑杭生教授提出来的。
- [8] 彼特·布劳. 不平等和异质性. 北京: 中国社会科学出版社, 1991
- [9] 程超泽. 转型期中国社会的非稳定性. 东京: 中国研究, 1998年春季号, 9
- [10] 汝信, 陆学艺, 单天伦主编. 2000年中国社会形势分析与预测. 北京: 社会科学文献出版社, 2000年版, 374
- [11] 文军. 市场经济下我国城市面临的社会问题. 城市问题, 1995(3)
- [12] 赵长保等. 对农民职业分化的分析. 中国农村经济, 1994(3)
- [13] 汝信, 陆学艺, 单天伦主编. 1999年中国社会形势分析与预测. 北京: 社会科学文献出版社, 1999年版, 360-361
- [14] 张雷, 程林胜等著. 转型与稳定. 上海: 学林出版社, 1999, 242
- [15] 阎志刚. 社会转型与转型中的社会问题. 广东社会科学, 1996(4)
- [16] 黄玉捷. 社区整合: 社会整合的重要方面. 河南社会科学, 1997(4)
- [17] 庞玉珍. 中国社会结构变迁与新型整合机制的建构. 社会科学战线, 1999(3) (责任编辑 肖庆山)

- [1] 薛慰灵. 绿色化学——对环境更友善的化学. 化学教育, 1997(9)
- [2] 参见: Education in Chemistry, 1998, 35(6) 封二
- [3] 闵恩泽, 傅军. 绿色化学的进展. 化学通报, 1999(1)
- [4] 朱清时. 绿色化学的进展. 大学化学, 1997(6)
- [5] 吴泳. 绿色化学——化学教育的新课题. 化学教育, 1998(8)
- [6] 钱贵晴. 微型化学实验与 M. L. 仪器的研制. 化学通报, 1999(1)
- [7] 曾庭英, 宋心琦. 化学家应是“环境”的朋友. 大学化学, 1995(6)
- [8] 张玉来. 发展绿色化学. 人民日报, 1998-7-14 (责任编辑 孙立明)