



绿色化学前沿丛书

绿色化学产品

闫立峰 编著



科学出版社

绿色化学前沿丛书

绿色化学产品

闫立峰 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书围绕绿色化学的基本理念,归纳总结了近年来绿色化学产品方面研究的最新进展,分别介绍了绿色产品定义、绿色制药、绿色农药与杀虫剂、绿色食品添加剂、绿色陶瓷产品与技术、绿色纳米复合材料、绿色水修复材料、绿色多孔材料、生物基功能材料和绿色涂层材料等内容。全书以绿色化学产品的制造与性能为主线,以绿色化学原理为基础,以绿色合成技术为核心,以环境友好产品为目标,脉络清晰,集科学性、应用性、先进性于一体。

本书可作为高等院校化学、化工、制药、环境、生物等相关专业本科生或研究生的教材,也可作为相关行业科技工作者的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

绿色化学产品 / 闫立峰编著. —北京: 科学出版社, 2018.5

(绿色化学前沿丛书 / 韩布兴总主编)

ISBN 978-7-03-057128-1

I. ①绿… II. ①闫… III. ①化工产品—无污染工艺 IV. ①TQ072

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第071018号

责任编辑: 翁靖一 / 责任校对: 韩 杨
责任印制: 肖 兴 / 封面设计: 东方人华

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018年5月第 一 版 开本: 720×1000 1/16

2018年5月第一次印刷 印张: 18

字数: 342 000

定价: 128.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

绿色化学前沿丛书

编 委 会

顾 问：何鸣元_{院士} 朱清时_{院士}

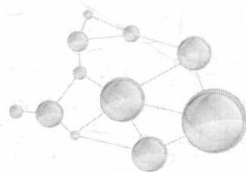
总 主 编：韩布兴_{院士}

副总主编：丁奎岭_{院士} 张锁江_{院士}

丛书编委(按姓氏汉语拼音排序)：

邓友全	丁奎岭 _{院士}	韩布兴 _{院士}	何良年
何鸣元 _{院士}	胡常伟	李小年	刘海超
刘志敏	任其龙	佘远斌	王键吉
闫立峰	张锁江 _{院士}	朱清时 _{院士}	

总 序



化学工业生产人类所需的各种能源产品、化学品和材料，为人类社会进步作出了巨大贡献。无论是现在还是将来，化学工业都具有不可替代的作用。然而，许多传统的化学工业造成严重的资源浪费和环境污染，甚至存在安全隐患。资源与环境是人类生存和发展的基础，目前资源短缺和环境问题日趋严重。如何使化学工业在创造物质财富的同时，不破坏人类赖以生存的环境，并充分节省资源和能源，实现可持续发展是人类面临的重大挑战。

绿色化学是在保护生态环境、实现可持续发展的背景下发展起来的重要前沿领域，其核心是在生产和使用化工产品的过程中，从源头上防止污染，节约能源和资源。主体思想是采用无毒无害和可再生的原料、采用原子利用率高的反应，通过高效绿色的生产过程，制备对环境友好的产品，并且经济合理。绿色化学旨在实现原料绿色化、生产过程绿色化和产品绿色化，以提高经济效益和社会效益。它是对传统化学思维方式的更新和发展，是与生态环境协调发展、符合经济可持续发展要求的化学。绿色化学仅有二十多年的历史，其内涵、原理、内容和目标在不断充实和完善。它不仅涉及对现有化学化工过程的改进，更要求发展新原理、新理论、新方法、新工艺、新技术和新产业。绿色化学涉及化学、化工和相关产业的融合，并与生态环境、物理、材料、生物、信息等领域交叉渗透。

绿色化学是未来最重要的领域之一，是化学工业可持续发展的科学和技术基础，是提高效益、节约资源和能源、保护环境的有效途径。绿色化学的发展将带来化学及相关学科的发展和生产方式的变革。在解决经济、资源、环境三者矛盾的过程中，绿色化学具有举足轻重的地位和作用。由于来自社会需求和学科自身发展需求两方面的巨大推动力，学术界、工业界和政府部门对绿色化学都十分重视。发展绿色化学必须解决一系列重大科学和技术问题，需要不断创造和创新，这是一项长期而艰巨的任务。通过化学工作者与社会各界的共同努力，未来的化学工业一定是无污染、可持续、与生态环境协调的产业。



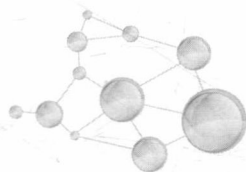
为了推动绿色化学的学科发展和优秀科研成果的总结与传播,科学出版社邀请我组织编写了“绿色化学前沿丛书”,包括《绿色化学与可持续发展》、《绿色化学基本原理》、《绿色溶剂》、《绿色催化》、《二氧化碳化学转化》、《生物质转化利用》、《绿色化学产品》、《绿色精细化工》、《绿色分离科学与技术》、《绿色介质与过程工程》十册。丛书具有综合系统性强、学术水平高、引领性强等特点,对相关领域的广大科技工作者、企业家、教师、学生、政府管理部门都有参考价值。相信本套丛书对绿色化学和相关产业的发展具有积极的推动作用。

最后,衷心感谢丛书编委会成员、作者、出版社领导和编辑等对此丛书出版所作出的贡献。

中国科学院院士

2018年3月于北京

前 言



绿色化学产品，这个名字听起来非常吸引人，如果我们身边的各种产品均绿色了，那么世界将会变得更加美好，在享受生活的同时再也不会担心其污染及安全问题。但绿色化学产品真的走进我们的日常生活了吗？答案有些遗憾，那就是目前还很少，但未来一定是这样的，这中间的路就是目前绿色化学工作者在孜孜追求与奋斗的，但愿这一天早点到来，让我们不再受雾霾、白色垃圾、残余农药等的困扰。

虽然通往绿色化学产品的道路还很漫长，但并不是遥不可及，特别是绿色化学概念的诞生及深入人心，众多的国家和科技机构，众多的科技精英已投身于这个事业，套用一句俗语“道路是曲折的，但前景是光明的”。在绿色化学 12 基本原则的指导下，在原子经济性的标尺衡量下，在生命周期评价的不断发展与完善中，我们已经越来越清楚什么样的产品才能算是“绿色化学产品”，虽然目前市场上仍不多，但朝着这个目标的努力却是有目共睹的。

本书的目的就是初步汇总与归纳一下近年来在这个努力的过程中，已经取得了哪些进展，特别是哪些产品及领域的绿色化更紧迫一些。希望通过本书的简介引起更多的学者或人士关心绿色化学产品的发展，并进一步思考如何能够把这些产品更绿色化。

本书的结构分成绿色化学产品定义与相关的绿色化学产品，列出的相关绿色化学产品也仅仅是很少的一部分，但希望读者通过这一小部分的介绍，大致理解绿色化学产品的发展理念与途径，希望能够引起新的思考，在更广泛的产品领域发展绿色化学产品。可以说，只要是产品，均可以从绿色化的角度对其再认识，均应存在进一步改进的空间，只有这样，人类才能真正走向可持续发展，这也是本书出版的初衷。

在本书撰写的过程中得到了丛书总主编韩布兴院士的热心帮助，从选题到章节内容设计，均给予了热情的指导，在此表示衷心的感谢。

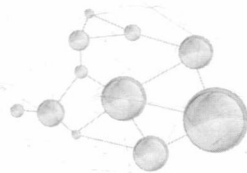
限于编者的时间和精力，书中难免存在疏漏，敬请广大读者批评指正。

闫立峰

2018 年 1 月 28 日

合肥(大雪中)

目 录



总序

前言

第 1 章 绿色产品定义	1
1.1 简介	1
1.2 绿色化学：绿色产品的未来	3
1.3 可持续制造	4
1.4 产品的生命周期	5
1.4.1 闭环模式	6
1.4.2 产品管理	7
1.4.3 过程管理	8
1.4.4 生命周期评价	8
1.5 现在的形势	12
参考文献	13
第 2 章 绿色制药	14
2.1 绿色医药化学合成工具箱	14
2.1.1 从药物发现到候选化合物	14
2.1.2 药物发现的多参数空间	15
2.1.3 药物发现中的先导化合物的优化阶段	15
2.1.4 合成工具箱和反应分析	17
2.1.5 “绿色”和度量	17
2.1.6 神奇三角形：合成路径选择	19
2.1.7 应用绿色化学指标	19
2.1.8 如何减少 MI 和浪费？	21
2.1.9 能源消费	22
2.2 绿色制药策略	23
2.2.1 CHEM21 计划	24
2.2.2 药物从发现到制造过程中的绿色化学挑战	25
2.2.3 药物活性成分的商业化发展路线	26

参考文献	31
第3章 绿色农药与杀虫剂	32
3.1 农药的特性和理化性质	32
3.2 绿色化学与可持续农业: 生物农药	42
3.2.1 农药与绿色化学	42
3.2.2 生物农药分类	46
3.2.3 生物农药目录	47
3.2.4 生物农药的挑战和机遇	57
3.3 水力压裂液中的杀菌剂	58
3.4 精油作为绿色杀虫剂	65
3.4.1 精油作为绿色农药	66
3.4.2 精油组成和它们的功效	68
3.4.3 害虫与生长抑制剂	68
3.4.4 熏蒸剂	69
3.4.5 拒食素	69
3.4.6 驱虫剂	70
3.4.7 产卵抑制剂和杀卵剂	71
3.4.8 引诱剂	71
3.4.9 抗真菌试剂	71
3.4.10 抗病毒剂	72
3.4.11 商业产品和使用	72
参考文献	74
第4章 绿色食品添加剂	75
4.1 食品添加剂简介	75
4.2 添加剂审批流程	77
4.3 各种类别的食品添加剂	77
4.3.1 酸	77
4.3.2 酸度调节剂	80
4.3.3 防结块剂	81
4.3.4 消泡剂	81
4.3.5 抗氧化剂	82
4.3.6 膨胀剂	82
4.3.7 食用色素	83
4.3.8 乳化剂	84
4.3.9 口味调节剂	84
4.3.10 面粉处理剂	86

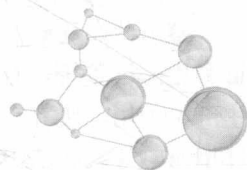
4.3.11 上光剂	86
4.3.12 防腐剂	86
4.3.13 稳定剂	87
4.3.14 有机或合成食物: 争论还在继续	87
4.3.15 化学食品和安全问题	87
4.3.16 食品中化学危险品	88
4.4 未来前景	88
参考文献	89
第 5 章 绿色陶瓷产品与技术	90
5.1 使用强化集成技术制造陶瓷组件	90
5.1.1 活性金属钎焊	90
5.1.2 通过局部加热的高温键合	92
5.1.3 扩散接合	97
5.1.4 反应性键合	97
5.2 可持续陶瓷技术	99
5.2.1 当前的努力和选择	99
5.2.2 在大容量陶瓷中使用废料	100
5.2.3 减少排放	105
5.2.4 陶瓷纳米技术对环境问题的影响	105
参考文献	106
第 6 章 绿色纳米复合材料	108
6.1 用于再生医学的蛋白质聚合物纳米复合材料	108
6.1.1 蛋白质基聚合物纤维的分离	109
6.1.2 结构和特性	111
6.1.3 蛋白基聚合物纤维的表面修饰	114
6.1.4 纳米复合材料的制备与标定	117
6.2 壳聚糖基纳米复合材料	124
6.2.1 壳聚糖的结构与特性	124
6.2.2 蒙脱土的结构和特性	128
6.2.3 纳米复合材料: 制备、结构和表征	129
6.2.4 壳聚糖/MMT 纳米复合材料	130
6.2.5 壳聚糖/MMT 纳米复合材料的应用	140
参考文献	141
第 7 章 绿色水修复材料	143
7.1 如何应对水的绿色修复挑战?	143
7.1.1 绿色修复	144

7.1.2 水修复和回用的政策导向·····	145
7.2 沸石在废水处理中的应用·····	146
7.2.1 沸石的合成与性能·····	146
7.2.2 天然沸石的改性·····	148
7.2.3 合成沸石·····	149
7.2.4 废水的沸石处理·····	151
7.3 纳米材料用于水修复·····	155
7.3.1 水体污染与修复技术·····	156
7.3.2 纳米技术在水体修复中的应用·····	157
参考文献·····	166
第8章 绿色多孔材料 ·····	168
8.1 多孔材料简介·····	168
8.1.1 活性炭·····	169
8.1.2 介孔碳·····	169
8.1.3 碳气凝胶和相关材料·····	170
8.1.4 石墨纳米碳: 碳纳米管和石墨烯·····	172
8.1.5 离子液体·····	174
8.2 由可再生原料制备多孔碳·····	176
8.3 多糖基多孔材料·····	180
8.3.1 果胶制备多孔碳材料·····	183
8.3.2 壳聚糖基碳材料·····	185
8.3.3 褐藻酸制备碳材料·····	186
8.3.4 合成多孔碳材料的力学性能·····	189
参考文献·····	193
第9章 生物基功能材料 ·····	194
9.1 可降解生物基环氧树脂·····	194
9.1.1 植物油的环氧化·····	194
9.1.2 植物油基环氧单体·····	197
9.1.3 环氧植物油的固化反应·····	200
9.1.4 聚合物结构与特性·····	203
9.1.5 环氧植物油聚合物共混物·····	205
9.1.6 环氧植物油油漆和涂料·····	208
9.1.7 环氧植物油基复合材料·····	209
9.2 聚羟基脂肪酸酯复合物·····	211
9.2.1 聚羟基脂肪酸酯: 结构、特性与来源·····	211
9.2.2 聚羟基脂肪酸酯的回收·····	214

9.2.3	PHA 的共混物	215
9.2.4	纳米复合材料	216
9.2.5	PHA 基多相材料	217
9.2.6	PHA 的改性	218
9.2.7	PHA 作为包装材料	219
9.2.8	PHA 的包装应用	219
9.2.9	产品与应用	220
9.3	绿色聚氨酯和生物纤维基产品及工艺	222
9.3.1	生物基多元醇制成的生物基聚氨酯泡沫塑料	224
9.3.2	生物质增强的生物基 PU 泡沫塑料	227
9.4	生物润滑剂	234
9.4.1	润滑剂的角色	234
9.4.2	生物基润滑剂	236
9.4.3	植物油润滑剂	236
9.4.4	植物油的酯交换反应	237
9.4.5	环氧化	239
9.4.6	生物可降解油脂	240
	参考文献	240
第 10 章	绿色涂层材料	243
10.1	利用绿色材料作为涂料	243
10.1.1	再生资源在涂料中的应用	243
10.1.2	生物基聚氨酯: 高效环保涂料系统	248
10.1.3	植物油基聚氨酯	248
10.1.4	生物聚氨酯涂料	254
10.2	油气工业中聚合物防腐剂	255
10.2.1	腐蚀的化学基础	256
10.2.2	外部和内部腐蚀	257
10.2.3	石油工业中的腐蚀	257
10.2.4	腐蚀阻止剂	258
10.2.5	常规聚合物腐蚀抑制剂	259
	参考文献	270

第 1 章

绿色产品定义



1.1 简介

早在 1980 年，市场上一些商品开始被冠以环境友好的标签，特别是在食品领域，天然的有机食品开始受到关注。但真正引起大家关注的是进入 21 世纪后，当大家更多地关心全球变暖和天然资源日益枯竭的时候，“绿色”的概念开始被大众所了解，并开始在产品生产中得到体现^[1-5]。

与此同时，研究者开始关注与建筑相关的疾病，并开始了解室内环境品质 (IEQ) 与人的健康的关系，特别是室内装修材料与家具的影响，并开始出现第三方的认证，“绿色”的标签开始更多地被提及。研究者特别关注的是产品的毒性和对儿童的健康影响。

于是，大量的研究者开始建议关注化学品的暴露问题，特别是挥发性有机化合物 (VOCs)，包括室内装修材料与家具，VOCs 的过多排放会导致哮喘、肺炎和过敏等。甚至在很低的浓度下也会发生健康危害，如破坏内分泌系统、基因活化、大脑发育等。

需要注意的是，从产品中释放的化学品的化学组成是两个不同的概念，许多产品宣称“低 VOC”或“无 VOC”是针对国家或者地方颁布的标准而言的，如美国环保署 (EPA) 对室内涂料的 VOC 含量限制是 250g/L。这样的材料在室外使用时可以减少 VOC 的释放，但会导致其在地表局部的富集，如在室内使用，仍会导致较为严重的室内环境问题。最好的描述不是说明产品中含多少 VOCs，而是在施工后直接测定室内的空气质量，只有达标才是合格的产品。

“绿色”的标签随后被大量使用，甚至是被滥用，导致大家对“绿色”的概念开始模糊，甚至导致消费者的理解与商家的宣传存在差异，故迫切需要对“绿色产品”进行定义。虽然有很多种表述，但“绿色产品”应该具备以下特点：

- 1) 可导致高的 IEQ，通常是通过减少或者消除 VOC 的释放来实现；
- 2) 不含高毒性的化合物，在生产过程中也不产生高毒性的化学品；
- 3) 耐用且易维护；
- 4) 全部或者部分易回收使用；
- 5) 由天然或者可再生资源制造；
- 6) 低能耗 (包括制造过程)；

7) 尽量由本地资源及制造商生产;

8) 生物可降解。

鉴于此, 逐渐发展与形成了一些第三方主导的认证机构与标签, 如绿色产品认证和生态标签等。有时还把生命周期评价(LCA)的方法包括进来, 从产品的设计、生产、使用、废弃等全程对产品进行评价, 包括能源使用、循环程度、空气与水的环境影响等。如法国的 AFSETT 标签和“NF 环境”, 日本的“生态标签”, 德国的 AgBB 和“绿色天使”, 欧盟的“CE Marking”, 丹麦的“室内空气标签”, 新加坡的“绿色标签框架”, 韩国的“生态标签计划”, 泰国的“绿色标签”, 新西兰的“环境选择”, 美国的“绿色标签+”、“绿色卫士”和“绿色密封”, 澳大利亚的“好的环境选择”, 北欧的“挪威生态标签”, 加拿大的“生态标志”等。

今天, “绿色”或者“绿色的”概念已是随处可见, 特别是用于描述可持续及环境友好的产品与过程。但实际上“绿色”与“可持续”有区别, “绿色”通常用于描述单个产品与过程, 而“可持续”则多用于描述一个整体的系统, 特别是包括了产品的设计、构建、流通、使用或者处置等。“可持续”的概念诞生于 1994 年在奥斯陆举办的 Roundtable on Sustainable Production。“可持续消费”被定义为一个伞形的系统, 包含一系列关键的要素, 如满足需求、提升生活的质量、改进资源的利用效率、最小化废弃物等。为满足目前与下一代生活的基本需要和改善生活的愿望, 提供更好和安全服务的同时尽量减少对环境和人的危害。

“环境友好”则是指产品或者服务对室外环境及居民无害。然而, 美国联邦贸易委员会则在 1999 年签署一个文件, 警告那些使用“环境友好”作为标签的产品与服务, 要留意产品、包装和服务会产生的某些环境影响, 避免使用标签后造成消费者选择方面的困难。2004 年在美国进行的一个调查, 发现以下一些现象:

- 1) 只有 32% 的美国人具有环境友好方面的基本认识;
- 2) 20% 的人被不正确或者过时的环境神话严重影响;
- 3) 不同阶层与工作环境的人的环境知识没有大的区别;
- 4) 83% 的儿童获得的环境信息是来源于媒体;
- 5) 对于大部分成年人而言, 媒体则是获得环境信息的唯一方式。

但是媒体并没有提供更深层的关于环境的教育, 甚至会导致较多的误会。一个对消费者的调查显示, 约三分之一的人不知如何正确宣讲绿色产品, 十分之一的人会盲目相信“绿色”的宣传, 约四分之一的人会去阅读相关包装的标签以确认产品的绿色说明, 只有五分之一的人会去认真阅读相关的说明及上网检索与学习。

拙劣的市场营销构想则是另外一个导致“绿色”、“可持续”和“环境友好”标签被误用的原因, 导致不成熟的、迷惑甚至怀疑的消费者。目前存在四个绿色营销方面的问题:

- 1) 绿色营销公司通常只关注把“环境”作为营销范围, 而不是试图分析和描

述产品本身及其真正的环境影响。

2) 许多公司过于强调消费者的需要,而忽略了他们在环境方面的兴趣,即使有也只是局限于市场部或者产品部。这会阻碍公司发展一个广泛与全面的绿色营销。

3) 很多公司在考虑到短期的节省成本时才热心于绿色营销,而对于投资发展更可持续的产品与过程方面缺乏兴趣。

4) 许多的绿色营销活动尽量避免过多的改变,相关公司更愿意花精力于对现有产品与过程的修修补补。

为了保护消费者,避免被误导型的绿色营销所伤害,一些国家从立法的角度进行了规范。例如,澳大利亚颁布了《绿色营销和贸易实践法案》,要求所有公司不得用过度的绿色营销误导消费者,该法案包括:①误导和欺诈;②对产品或服务进行不正当的表述。如果违法,可能导致严重的处罚,包括最高110万美元的罚款。澳大利亚竞争与消费者委员会则建议公司,如果他们想要加入环境标签,则要遵守如下要求:①诚实和真实;②详细描述产品或服务的哪一部分符合环境标签;③使用常人能够理解的语言描述;④解释所宣称条款的足够的益处。而且该委员会建议产品不要自己使用“绿色”、“环境友好”和“环境安全”这些标签,因为太模糊,易导致误解。

1.2 绿色化学:绿色产品的未来

由于产品的健康风险主要来自于其中化学品的释放,以及这些化学品对环境与人体的危害,化学家在绿色产品的制造中是责无旁贷的,绿色化学的诞生就是为了从根本上解决产品的环境与人体危害问题。目前,绿色化学的研究涉及聚合物、溶剂、生物基产品、再生产品、分析方法、合成方法学和设计安全化学品等,是解决产品绿色化的根本方法。其中的六个建议如下:

1) 把污染预防与产品服务计划拓展到更多的商业部门,再聚焦到资源的有效利用与污染的预防,而不是处理已形成的污染;

2) 发展绿色化学从业者的教育与培训,促进研究与发展,通过新的教育计划来实现技术转移;

3) 建立一个在线的产品成分网络,在保护商业秘密的基础上尽可能披露产品的化学成分;

4) 建立一个在线的有毒化学品清单,提供化学品的基本物化参数、毒性数据,以及如何使用它们;

5) 通过建立一个系统的、科学的流程来评估化学品的安全性并加速研究安全的产品;

6) 提倡“从摇篮到坟墓”的评价与经济,利用市场的杠杆作用,促进生产的产品在设计时就是安全的。

目前,它们中的两个已经变成了法律:如加利福尼亚州的 AB 1879 法案和 SB



509 法案。2010 年加利福尼亚州毒性物质控制部向州法律办公室提交了一个“Green Chemistry Proposed Regulation for Safer Consumer Products”，该条规给出了一个流程来鉴定和排序消费产品中的化学品，还提供了一个已经在市场中使用或者不断改进的化学品选择的路线图。

这个过程通常由三个部分组成：优先次序、替代评估和调整答复。对于市场中已有的产品，过程则要求检查是否有更安全的替代物及潜在的产品形式，或全部取代的可能；而对于新产品，该条规要求制造商关注其潜在的影响，并且在其投放市场前进行系统的评估。

1.3 可持续制造

可持续制造并没有独特和通用的定义，但美国商务部是这样描述的：“产品在制造过程中应尽量减少负面环境影响，节约能源和自然资源，对雇员、社区和消费者均是安全的，且经济上是可行的”。可持续制造是可持续发展这个大的概念的一部分，其目的是回应在经济增长和全球扩张的商业和贸易过程中增加的对环境影响的认识和关注。

可持续的产品需要通过立法流程认证，往往需要很多年。在此期间，零售商、消费者和非政府组织将继续呼吁关于他们购买的商品成分的透明度和存在哪些潜在危险的明确声明。

在此期间，与具有良好环保行为的企业做生意是投资者、监管机构、客户和社区的重要选择。可持续制造可以给行业带来经济效益、良好的信誉，也可以吸引投资。这些好处并非只是一个现有大企业的事，新企业和小企业也可以发挥令人兴奋的作用。例如，初创企业、小型和中型企业以其灵活的商业模式和对既定的工作方式依赖的减少而受益，也可以在不断发展和迅速创新上有竞争优势。绿色市场价值数以万亿，低碳产品的全球市场已经预计价值超过 5 兆亿美元。

化工行业在全球行业中具有非常重要的作用。在全球范围内它产生的营业额超过 17 000 亿美元，生成 9% 的国际贸易。化工行业处于多个部门的上游，如建筑、运输、食品、卫生、服装、电子等。这个行业也能够向下游产业提供中间产品，它直接帮助创建材料的消费市场。由于化工行业的战略地位，其可持续发展就变得异常重要。

此外它还往往被公众舆论视为环境退化的最重要原因之一。化工行业包含复杂的结构，包括很多方面及不同的领域，如石油化工、工业中间体或化学过程、无机和有机中间体、聚合物、染料、医药和农业产品的生产等。虽然有如此不同的领域，但其基本问题确是共同的，解决了化学合成的可持续性问题，就增加了解决这些问题的机会。

与可持续发展有关的问题可以归纳如下：引起污染的化学过程和产品、由危险化学品引起的风险、原料来源的减少。针对这三个问题，化工行业应担起责任，为地球的可持续发展作出贡献。事实上，化工行业大部分的最终产品可延伸到环境中，涉及产品的制造和消费。剧毒、易燃、易爆的产品可以导致突发的事件，涉及的人和事通常是在当地范围内的，并且是短暂的。而污染物对环境的危险可能是长期的，并且有可能扩散到全球。

化学工业系统必须直面这些问题，包括：

- 1) 减少化学物质在合成和使用过程中的污染；
- 2) 减少化学过程中使用危险化学品，减少有害物质在最终产品中的出现；
- 3) 减少使用稀有原料和非可再生原料。

近几年，为更大程度地认识这一点并增加敏感性，新的立法与严格的程序也被关注：例如，工业流程中，使用和投放市场化学品的质量和数量，以及相关的废物生成和排放物的特性应被关注。同时，作为政策的一部分，减少废物处理的一些技术措施也备受关注，如有可能，产品在结束了它们的使命后应该被回收。

1.4 产品的生命周期

化工行业可以帮助人们生活得更好，所以需要想办法在有限资源的情况下提供更多令人喜欢的产品，如住房、健康和卫生产品，并降低其环境负担。这要求不仅仅是生产它们，还要从整个产品的生命周期，即“从摇篮到坟墓”，甚至“从摇篮到摇篮”，来考虑其对环境的影响。这包括原料采购、制造、包装、运输和分配、零售、使用，以及使用后回收或处置的影响等。任何产品或服务的可持续性评估均需要基于生命周期方法的集成分析。

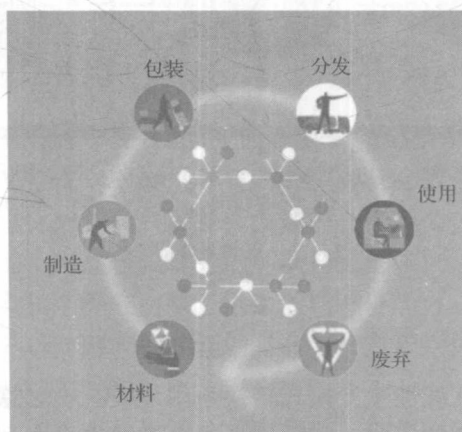


图 1.1 产品的生命周期