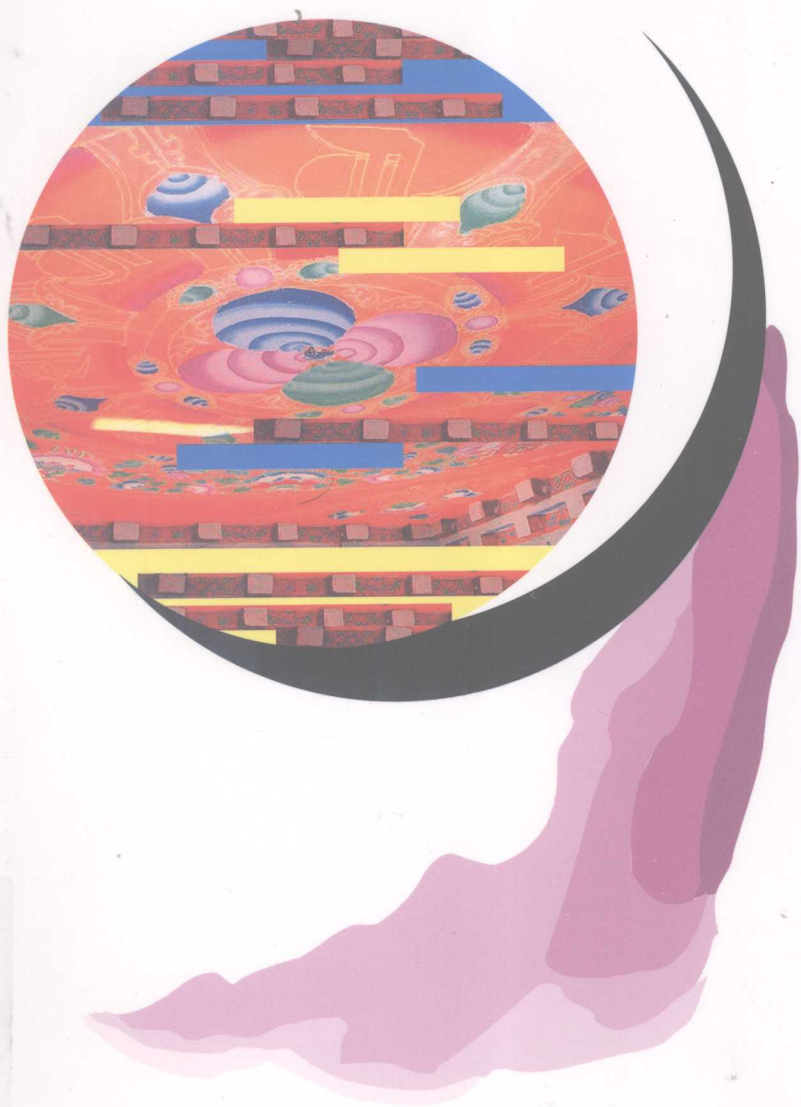


高等院校素质教育通选课教材

# 环境材料导论

张剑波 编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

高等院校素质教育通选课教材

# 环境材料导论

张剑波 编著



北京大学出版社  
PEKING UNIVERSITY PRESS

## 图书在版编目(CIP)数据

环境材料导论/张剑波编著. —北京:北京大学出版社, 2008. 12

(高等院校素质教育通选课教材)

ISBN 978-7-301-14508-1

I. 环… II. 张… III. 环境科学:材料科学—高等学校—教材 IV. TB39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 172404 号

书 名: 环境材料导论

著作责任者: 张剑波 编著

责任编辑: 王树通

标准书号: ISBN 978-7-301-14508-1/X · 0030

出版发行: 北京大学出版社(北京市海淀区成府路 205 号 100871)

网 址: <http://www.pup.cn> 电子信箱: [zpup@pup.pku.edu.cn](mailto:zpup@pup.pku.edu.cn)

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62752021 出版部 62754962

印刷者: 北京大学印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×980 毫米 16 开本 15.25 印张 332 千字

2008 年 12 月第 1 版 2008 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

---

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: (010)62752024 电子信箱: [fd@pup.pku.edu.cn](mailto:fd@pup.pku.edu.cn)

## 前 言

环境保护是一个永恒而沉重的话题,人类在利用自然的同时,也给自然带来了伤害。物质材料与资源、能源、地球环境有着十分密切的联系。在物质生活日益丰富的今天,材料的开发和生产支撑着各种产品的更新和繁荣;但各种环境灾难的威胁也随之而来。水污染、空气污染、土地荒漠化、臭氧层空洞、气候变暖等严重威胁着生态系统的安全。人们意识到那种无节制消耗资源和污染环境的生活方式是造成环境恶化的根源,只要我们改变浪费又污染的生活方式,就能够改善环境,减轻地球的负担。在这样的背景下,可持续发展成为了人类社会发展的新模式,环境材料的概念也被人们普遍接受。

环境材料作为一门联系环境学科与材料学科的交叉学科,在近十年来得到了迅速的发展。环境材料概念的发展是与可持续发展和生命周期评价相联系的。环境材料的核心是在降低环境负荷的条件下满足对材料各种功能的需求;在满足功能需求的前提下实现材料的可再生循环性和长寿命化。环境材料既是一种概念材料,又是一大类具体的物质材料。其以环境协调性为标准,通过对现有材料的全面评价,选取那些对生态环境损害最小的材料赋予环境材料的定义;同时又引导人们开发减轻环境负荷的技术和方法,改善材料的环境协调性,开发具有优异功能的新的环境材料,其为改造传统材料和开发新材料提供了新的思路。

作为一门面对全校各学科学生的通选课,“环境材料导论”以全球面临的环境问题为切入点,以生命周期评价为工具,引导学生全面评价材料生产对生态环境的影响,选择可持续的生产和生活方式,树立可持续发展的现代文明意识。

本书以环境材料概念的产生和发展为主线,考虑到各学科学生知识背景的不同,详细介绍了可持续发展的概念,威胁生态系统安全的全球性环境问题;为评价材料的环境协调性而引入了资源的环境特性、环境负荷等概念;作为评价材料环境协调性的重要工具,生命周期评价法的概念框架及其应用在书中做了重点介绍,而清洁生产、再生循环性和材料的长寿命化作为环境材料的手段和特性也做了描述;最后在现有技术和材料开发的基础上介绍了环境材料的特性和分类。本书适合于关心环境科学的发展,对参与保护生态环境有兴趣的大学本科、研究生选用,也可作为其他人员的参考资料。

借助于教育手段使人们认识环境,了解环境问题,培养环境意识,并获得减少环境污染和防止新的环境问题产生的知识,在人与环境的关系上树立正确的态度,是环境科学发展中的重要责任和义务。在这样的理念下,笔者自2000年起开始讲授“环境材料导论”,得到了同学们的积极响应。在课程的讲授过程中得到了同学们的鼓励和支持。在与同学们的交流探讨中,学生们求知的迫切、观点的新颖、看问题的深刻对我也是极大的鼓励和鞭策,是我上

好这门课的最大动力。在此对近十年来热情关注和学习“环境材料导论”这门课的同学们表示深深的感谢!

笔者将在今后的教学实践中不断改善和丰富本书的内容,将相关研究的成果吸纳到课程讲授中,期望若干年后有一本新的教材再与读者见面。

借此机会衷心感谢北京大学出版社王树通编辑的支持,是他对普及环境科学教育的热情促使了本书的出版。

张剑波

2008年11月于北大蔚秀园

# 目 录

|                             |      |
|-----------------------------|------|
| 第一章 序言 .....                | (1)  |
| 1.1 环境材料概念的提出 .....         | (1)  |
| 1.2 环境材料学研究的内容 .....        | (2)  |
| 1.3 研究环境材料的意义 .....         | (4)  |
| 1.4 环境材料的研究现状和发展趋势 .....    | (4)  |
| 1.5 研究环境材料应该注意的几个问题 .....   | (5)  |
| 第二章 环境材料与可持续发展 .....        | (6)  |
| 2.1 可持续发展的概念 .....          | (6)  |
| 2.2 可持续发展的内涵 .....          | (8)  |
| 2.3 日趋严重的地球环境问题 .....       | (9)  |
| 2.4 现代文明与人类环境 .....         | (17) |
| 2.5 材料流 .....               | (18) |
| 第三章 资源的环境特征 .....           | (28) |
| 3.1 自然资源分类 .....            | (28) |
| 3.2 自然界中三个重要的物质循环 .....     | (30) |
| 3.3 能源消耗与环境 .....           | (33) |
| 3.4 中国的能源利用问题与对策 .....      | (36) |
| 3.5 材料的生产和使用对资源和环境的影响 ..... | (40) |
| 第四章 材料的环境负荷 .....           | (43) |
| 4.1 环境负荷的评价内容 .....         | (43) |
| 4.2 污染物的排放 .....            | (43) |
| 4.3 经济活动与环境负荷 .....         | (52) |
| 4.4 科技新产品与新材料的开发 .....      | (55) |
| 4.5 生活方式与环境保护 .....         | (57) |
| 第五章 环境材料评价方法的研究 .....       | (61) |
| 5.1 环境材料的评价体系 .....         | (61) |
| 5.2 生命周期评价(LCA) .....       | (63) |
| 5.3 LCA 清单分析 .....          | (70) |
| 5.4 生命周期影响评价 .....          | (80) |

|            |                            |              |
|------------|----------------------------|--------------|
| 5.5        | 结果解释 .....                 | (84)         |
| 5.6        | LCA 方法的局限性和困难 .....        | (88)         |
| <b>第六章</b> | <b>生命周期评价的应用 .....</b>     | <b>(91)</b>  |
| 6.1        | 生命周期评价应用实例 .....           | (92)         |
| 6.2        | 用层次分析法评价一般材料的环境影响 .....    | (95)         |
| 6.3        | 汽车轻型化能否减轻环境负荷 .....        | (97)         |
| 6.4        | 再生纸是否与环境协调 .....           | (100)        |
| 6.5        | 硅酸盐水泥各种生产工艺的生命周期评价方法 ..... | (102)        |
| 6.6        | 四种通用工程塑料的生命周期评价 .....      | (104)        |
| 6.7        | 从生命周期评价看白色污染治理 .....       | (108)        |
| 6.8        | 对社会基础设施的环境平衡评价 .....       | (114)        |
| 6.9        | 对大众消费资料的环境影响评价 .....       | (116)        |
| 6.10       | 生命周期评价在城市垃圾管理中的应用 .....    | (118)        |
| 6.11       | 建立环境材料数据库的可能性 .....        | (120)        |
| <b>第七章</b> | <b>环境材料与清洁生产 .....</b>     | <b>(124)</b> |
| 7.1        | 清洁生产的基本概念 .....            | (124)        |
| 7.2        | 清洁生产的理论基础 .....            | (126)        |
| 7.3        | 清洁生产的内容 .....              | (127)        |
| 7.4        | 实现清洁生产的途径 .....            | (128)        |
| 7.5        | 国内外清洁生产概况 .....            | (131)        |
| 7.6        | 清洁生产在中国大有可为 .....          | (133)        |
| 7.7        | 清洁生产实例——秸秆资源循环经济利用模式 ..... | (134)        |
| <b>第八章</b> | <b>材料和物质的再生循环 .....</b>    | <b>(138)</b> |
| 8.1        | 再生循环——可持续发展的途径 .....       | (138)        |
| 8.2        | 鼓励再生循环的环境保护政策 .....        | (140)        |
| 8.3        | 材料的再生循环设计 .....            | (142)        |
| 8.4        | 金属材料再生循环的现状 .....          | (148)        |
| 8.5        | 塑料的再生技术 .....              | (151)        |
| 8.6        | 建筑材料的再生循环 .....            | (153)        |
| 8.7        | 废旧电池的回收利用 .....            | (159)        |
| <b>第九章</b> | <b>环境材料与材料的长寿命化 .....</b>  | <b>(165)</b> |
| 9.1        | 金属材料 .....                 | (165)        |
| 9.2        | 陶瓷材料 .....                 | (167)        |
| 9.3        | 陶瓷涂层 .....                 | (170)        |

|                      |       |
|----------------------|-------|
| 9.4 纳米结构陶瓷涂层 .....   | (173) |
| 第十章 环境材料分类 .....     | (176) |
| 10.1 木材及其改性 .....    | (176) |
| 10.2 仿生物材料 .....     | (183) |
| 10.3 生态建材 .....      | (196) |
| 10.4 生物降解高分子材料 ..... | (200) |
| 10.5 环境工程材料 .....    | (207) |
| 结语 .....             | (232) |
| 参考文献 .....           | (233) |

# 第一章 序 言

## 1.1 环境材料概念的提出

人口膨胀、资源短缺、环境恶化是当今社会持续发展面临的三大问题,严峻的现实要求人类从环境保护的角度出发,重新认识和评价过去人类研究材料、开发材料、使用材料的活动。

现代文明一个很大的特征就是通过大规模的工业生产向大众提供廉价而性能优异的工业产品。一方面人类曾将环境作为征服的对象,大量开发和生产与人类生存密切相关的各种材料。另一方面,大量生产、大量消费的社会生产无疑是造成现在环境问题的主要原因。

环境问题可归类为:

(1) 人类活动对自然环境、生态系统的影响;人类活动排放到外界的物质;资源、能源的消耗。

(2) 人造物质和材料的滥用对人类活动和社会环境的影响;被大量的人造物质和材料所包围的生活环境;不受消费者青睐的产品开发与技术“黑盒子化”。这里不仅指医学上对人体有害的微量物质,也包括那些自身未必有害,但作为衣料及住房材料与人体接触或者如城市垃圾那样大量抛弃而占据生活的物理空间所造成的问题。产品与技术的“黑盒子化”问题,即产品构造复杂,功能齐全,功能得不到充分利用,不易修理。产品不必要的过剩性能和短寿命并存的现象也增加了环境负担。

长期以来,人们忽视了材料的开发和应用必然受到生态环境的影响和制约。大规模地生产人类生存所必需的材料总是意味着一定程度上损害生态环境。为了人类的生存和发展,人们所面临的课题,即如何生产将环境负荷减至最低,再生率增至最大的材料。日本东京大学山本良一等在 20 世纪 90 年代初提出新的研究领域“环境材料”Ecomaterials(environmental conscious materials)或 Ecological Materials。

到目前为止,关于环境材料尚没有一个为广大学者共同接受的定义。最初,一些学者认为环境材料是指那些不仅具有优异的使用性能,而且从材料的制造、使用、废弃直到再生的整个生命周期(life cycle)中必须具备与生态环境的协调共存性以及舒适性的材料。

经过一段时间的发展,一些学者认为,环境材料是赋予传统结构材料、功能材料以优异的环境协调性的材料;或者指那些直接具有净化和修复环境等功能的材料。即环境材料是具有系统功能的一大类新型材料的总称。还有一些专家认为,环境材料是指同时具有优良

使用性能和最佳环境协调性的一大类材料。

根据大部分人的理解,环境材料的概念可以概括为:环境材料是指在加工、制造、使用和再生过程中具有最低环境负荷、最大使用功能的人类所需材料。既包括经改造后的现有传统材料,也包括新开发的环境材料。特别值得注意的是,环境材料的概念或定义应当是确定的或不变的,而判别环境材料的标准是随科学技术的进步而发展或变化。当所有的材料都“环境材料化”了的时候,那么,环境材料这个术语也就完成了它的使命。

环境材料具有如下三个特点:

① 先进性:能为人类开拓更广阔的活动范围和环境,发挥其优异性能。在发展新材料、新技术体系时,既要考虑到技术环境负担的大小、材料本身对环境的污染程度,又要顾及材料使用时的传统性能(材料的先进性),在要求优异的使用性能这一点上,新材料与传统材料是相同的。

② 环境协调性(优先争取的目标):使人类的活动范围同外部环境协调,减轻地球环境的负担,使枯竭性资源完全循环利用。在材料的生产环节中资源和能源的消耗少,工艺流程中采用减少温室效应气体的技术,废弃后易于再生循环。材料及技术本身要具备环境协调性,这是区别于传统材料观念而增加的概念。

③ 舒适性:使活动范围中的人类生活环境更加繁荣、舒适,人们很乐于接受和使用。

关于环境材料的先进性、舒适性,不同人有不同理解,在实践中难以判断与把握,它只是一个定性的标准。因此认为环境材料的特征可以具体改为功能性、经济性和环境协调性等。这有利于环境材料的评判,也符合现实情况。

环境材料的设计思路是:在传统材料研究所追求的优异使用性能的基础上,充分考虑资源的有限性和尽可能降低环境负担等因素,采取有效措施,使材料具有能够再生循环利用的特性,从材料的设计阶段开始,就把材料的使用性能同保护地球生态环境、保障生活环境的舒适性充分结合起来,这是对传统材料技术与工程的革新。

在提出环境材料的同时,国内一些学者还提出了“环境材料学”的概念,认为环境材料学是一门研究材料的生产与开发和环境之间相互适应和相互协调的科学。其目的是寻找在加工、制造、使用和再生过程中具有最低环境负担的人类所需材料,以满足人类生存和发展的需要。其特征在于从环境的角度重新考虑和评价过去的材料科学及其工程学,并指导未来的材料科学及其工程学的发展。环境材料学的核心思想是在材料的四大传统性能基础上,加上材料的环境性能,强调材料与环境的协调性。

## 1.2 环境材料学研究的内容

环境材料学是材料科学与环境科学的交叉学科,是研究材料对生态环境的作用及生态环境对这种作用的反应和行为;研究与材料生产、使用和废弃密切相关的环境问题。

手段：定量评价材料寿命周期中的环境负荷(生命周期评价, life cycle assessment), 研究材料的环境问题或材料的环境负荷值及其特征。环境负荷主要包括资源摄取量, 能源消耗量, 污染物排放量及其危害, 废弃物排放量及其回收、处置的难易程度等因素。选择资源和能源消耗少, 对生态环境影响小, 可再生利用且性能优异的材料。

目标：如何对材料和物质进行再利用和再生循环利用, 从根本上解决资源日益短缺, 大量废弃物造成的生态环境日益恶化等问题。

要求：研究工作必须打破学科界限, 加强横向联系。现有材料的生产→使用→废弃过程是将大量资源提取出来, 再将大量废弃物排回环境中去的恶性循环过程。传统材料包括钢铁、有色金属、水泥、陶瓷、塑料等。要解决这一问题必须依靠各领域科学家的密切合作。

研究的内容：从环境的角度, 研究材料的成分、结构、工艺、性能等用途和其环境负担之间的关系, 可分为三个层次：基础研究、应用研究和评价系统。

(1) 基础研究：材料的开发、应用、再生过程与生态环境相互作用和相互制约的关系的理论研究。

- ① 人类的材料需求活动引起的生态环境的变化及规律；
- ② 环境恶化对人类生存所需材料的质量和数量的影响；
- ③ 与环境协调并适应环境发展的材料开发、应用和再生理论；
- ④ 低环境负担的合金理论, 无机材料理论和高分子材料理论；
- ⑤ 可循环性的材料自分解和分离理论；
- ⑥ 材料再生循环难易程度的热力学和动力学。

(2) 应用研究：

- ① 清洁的无污染的材料生产、加工和制造技术基础；
- ② 具有最低环境负担的材料工程新技术和新工艺；
- ③ 可循环性的功能材料或结构材料的分解和分离技术基础；
- ④ 废弃材料的综合再生技术基础；
- ⑤ 现用材料中有害元素的替代技术；
- ⑥ 自然资源中枯竭性金属元素的替代技术。

(3) 评价系统：

- ① 生态环境与材料相互作用的度量标准和基准；
- ② 现用材料的合理性评价；
- ③ 人类活动废弃的可再生资源的核算体系；
- ④ 各种材料的环境负担的基础数据库；
- ⑤ “绿色标志”材料的论述体系、方法及其标准；
- ⑥ 自然资源的容量评价和环境容量的评价。

### 1.3 研究环境材料的意义

环境材料从某种意义上讲是一种反映人们对生态环境所持态度的材料,其意义在于:

(1) 观念: 培养一大批具有环境意识的科学工作者,使他们具有新的观念,在材料的设计、制造和使用时首先从人类社会的长远利益出发,从珍惜资源和保护环境的角度来发展新材料和解决目前所使用的材料中的有关问题。环境材料涉及教育人类的问题,只有通过提高全民,特别是科技工作者的环境意识,才能使人类所需材料的持续发展成为可能。

(2) 预测工具: 有助于决策者(政府部门)的选择,从制度、政策上保障社会的持续发展。基于环境材料的理论在材料开发和新材料工程技术研究之前,超前对其环境影响及变化进行预测,指导开发。

(3) 评价: 寻找具有最低环境负荷的人类所需材料,以满足人类生存和发展的需要。

(4) 可持续发展: 有助于解决资源短缺、环境恶化等一系列问题,促进环境社会经济的可持续发展。

(5) 国际竞争: 环境材料的研究与政治、经济、贸易等领域的国际竞争相联系,如许多发达国家已将环境保护列入贸易往来的条件,环境问题已直接关系到我国履行国际公约的责任和义务。

### 1.4 环境材料的研究现状和发展趋势

经过几年发展,环境材料学已成为一门新兴的交叉学科,包括物理、化学、生物、医药等学科的综合知识,涉及农业和几乎所有的主要工业如钢铁、非铁金属、石油化工、煤和建筑等行业。

目前,世界上开展的与环境材料相关的主要研究课题有:

- ① 环境材料与产品的环境设计
- ② 材料与生态环境的关系和相互作用
- ③ 材料与产品的再生循环设计及工艺技术
- ④ 材料的超长寿命化技术
- ⑤ 替代材料与替代工艺技术(如替代氟氯碳化物、石棉、铅基陶瓷的材料等)
- ⑥ 环境分解材料(生物降解塑料及树脂等)
- ⑦ 环境净化材料(如废油固化剂、二氧化碳固化剂、用于分解氮氧化物和硫氧化物等有害气体新型高效触媒材料)
- ⑧ 可再生材料,生态资源材料
- ⑨ 生态环境负担性低的工程技术

⑩ 废物再资源化技术

⑪ 材料中杂质的无害化技术

⑫ 与环境有关的先进材料(如新型建筑材料、能源材料、汽车材料、陶瓷化木材等)

⑬ 材料及产品的环境影响的定量评估方法及其数据库

到目前为止,关于环境材料的几点发展趋势已基本被大家认可:

(1) 材料的环境性能将成为 21 世纪新材料的一个基本性能;

(2) 在 21 世纪,结合 ISO14000 标准,用 LCA 方法评价材料产业的资源和能源消耗、三废排放等将成为一项常规的评价方法;

(3) 结合资源保护、资源综合利用,对不可再生资源的替代和再生资源化研究将成为材料产业的一大热门;

(4) 各种环境材料及绿色产品的开发将成为材料产业发展的一个主导方向。

## 1.5 研究环境材料应该注意的几个问题

环境材料的概念或定义是一种定性的概念,判断环境材料的标准是随着科学技术的进步而变化的。在环境材料的定义中规定,材料的环境负荷相对较低,它是一个相对观点,是判定环境材料的标准时动态变化的根源所在。

某一材料是否属于环境材料的范畴,其判定的主要依据是该材料环境负荷值的大小。当设定一个环境负荷值时,如果某材料的环境负荷小于该设定值,则该材料就可以称之为环境材料。这个设定值就是判定标准。而该标准主要参照国家或国际的生产技术水平,即制定的环境污染标准和等级而制定。由于随着科学技术的进步和人类环境意识的增强,环境污染标准和等级将不断修改和提高,故制定的标准将越来越严、越来越高;很显然,判定环境材料的标准是动态和变化的。

环境材料的研究从某种意义上讲是在材料的环境负荷、目前经济与材料的性能之间寻找合理的平衡点。有些材料虽然目前还不能称为环境材料,但国家急需、或是代表着未来环境材料发展方向的材料,如纳米材料、新型能源材料、某些复合材料等有着独特的意义,此时就不能过高地强调材料的环境协调性。

## 第二章 环境材料与可持续发展

### 2.1 可持续发展的概念

人类生存繁衍的历史可以说是人类同大自然相互作用、共同发展和不断进化的历史。选择什么样的生存和发展模式以及如何实现它,一直是困扰着人类的重大命题。

文明是人类改造世界的物质成果和精神成果的总和,人类文明社会不断演替至今,大体经历了采猎文明、农业文明、工业文明和后工业文明这几个阶段(见表 2-1)。人类破坏其赖以生存的自然环境的历史可能同人类文明史一样古老。

表 2-1 人类文明发展形式的若干特征

| 文明类型   | 采猎文明                    | 农业文明                  | 工业文明                     | 后工业文明              |
|--------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|
| 时段     | 公元前 200 万年至<br>公元前 1 万年 | 公元前 1 万年至公<br>元 18 世纪 | 公元 18 世纪至 20<br>世纪 80 年代 | 20 世纪 80 年代—<br>今天 |
| 对自然的态度 | 依赖自然                    | 改造自然                  | 征服自然                     | 善待自然               |
| 环境问题   |                         | 地力下降、水土流<br>失等        | 从地区性公害到全<br>球性灾难         | 全球性灾难待解决           |
| 人类对策   | 听天由命                    | 牧童经济                  | 环境保护                     | 可持续发展              |

在采猎文明时期,生产力水平很低,人类对环境的破坏较小。

进入农业文明后,人类已经能够利用自身的力量去影响和改造局部地区的自然生态系统,在创造物质财富的同时也产生了一定的环境问题,如地力下降、土地盐碱化、水土流失甚至河流淤塞、改道和决口,危及人类的生存。但从整体上看,农业文明时期,人类对自然的破坏作用尚未达到造成全球环境问题的程度。这时,人类的环境意识尚属原始,在宗教思想中表现为崇拜自然,畏惧自然,依赖自然。

以牛顿力学和技术革命为先导的工业文明使一部分人自认为已经能够彻底摆脱自然的束缚,成为主宰地球的精灵。以培根和笛卡尔为代表提出的“驾驱自然,做自然的主人”的机械论思想开始影响全球,鼓舞着一代又一代人企图征服大自然,创造新文明。在这一代,人们把自然环境同人类社会、把客观世界同主观世界分割开来,没有意识到人类同环境之间存在着协同发展的客观规律。直到威胁人类生存和发展的环境问题不断在全球显现,这才引起人们的震惊与正视。

大气污染和水污染、水土流失和土地荒漠化、酸雨和有毒化学品污染等,各式各样的环

境问题几乎都是人类文明进程中的伴生物。从 20 世纪中叶以来,在处理环境问题的实践中,人们又进一步认识到,单靠科学技术手段和用工业文明的思维定式去修补环境是不可能从根本上解决问题的,必须在各个层次上去调控人类的社会行为和改变支配人类社会行为的思想。也就是说,人类终于认识到,环境问题也是一个发展问题,是一个社会问题,是一个涉及人类社会文明的问题。人类经过了多少个世纪的探索和努力,终于逐步认识到:必须走可持续发展之路。这是人类文明发展的一个新阶段。

现代可持续发展思想的提出源于人们对环境问题的逐步认识和热切关注。其产生背景是人类赖以生存和发展的环境和资源遭到越来越严重的破坏,人类已不同程度地尝到了环境破坏的苦果。以往人们对经济增长津津乐道,20 世纪 60—70 年代,随着“公害”的显现和加剧以及能源危机的冲击,几乎在全球范围开始了关于“增长的极限”的讨论。

把经济、社会与环境割裂开来,只顾谋求自身的、局部的、暂时的经济性,带来的只能是他人的、全局的、后代的不经济性甚至灾难。伴随着人们对公平(代际公平及代内公平)作为社会发展目标的认识的加深,以及范围更广的、影响更深的、解决更难的一些全球环境问题(如臭氧层破坏、全球变暖和生物多样性消失等)开始被认识,可持续发展的思想在 20 世纪 80 年代逐步形成。

1980 年 3 月 5 日,联合国向全世界发出呼吁:必须研究自然的、社会的、生态的、经济的以及利用自然资源过程的基本关系,确保全球持续发展。1983 年 11 月,联合国成立了世界环境与发展委员会。1992 年 6 月联合国在巴西的里约热内卢召开了人类历史上具有深远意义和重大影响的环境与发展世界首脑会议。会议关注的焦点由单纯重视环境保护问题转移到环境与发展的主题,体现了人类社会高速发展和社会进步的内在需求,反映了各国在认识上的质的飞跃。各国已普遍认识到,环境的保护与治理只有与社会发展问题共同考虑,才能获得最终的解决。因此,会议提出了“可持续发展”(sustainable development)这一人类共同的发展战略,通过了《里约环境与发展宣言》和《21 世纪议程》等一系列关于可持续发展的文件,充分体现了当今社会关于环境与发展领域合作的共识,明确了可持续发展是人类社会的唯一选择。

在里约热内卢会议之后,各国政府迅速作出了反应。1993 年 2 月 1 日,欧洲联盟通过了第五个环境规划,即环境与可持续发展新战略。以可持续发展为指导思想,推进欧洲联盟经济发展模式的转换为最终目的。1993 年 6 月 29 日,美国白宫环境政策办公室发出总统令,宣布成立“总统可持续发展理事会”,具体负责执行 1992 年联合国环境与发展大会制定的《21 世纪议程》,起草国家可持续发展战略及行动计划框架。日本政府于 1994 年初也制定了日本 21 世纪议程行动计划,这个行动计划的目的是通过可持续发展途径,逐步实现全球环境保护的目标。

可持续发展是人类社会的正确选择。从污染治理到环境保护,再到可持续发展,人类社

会对环境与发展认识经历了一个由浅入深、由表及里的逐渐演变的过程,并最终意识到了地球环境的局限性,认识到人类社会与环境协调共存的重要性,坚定地选择了可持续发展这一正确的人类社会发展方向。

可持续发展首先是从环境保护的角度来倡导保持人类社会的进步与发展的,它号召人们在增加生产的同时,必须注意生态环境的保护与改善。它明确提出要变革人类沿袭已久的生产方式和生活方式,并调整现行的国际经济关系。

就理性设计而言,可持续发展具体表现在:工业应当是高产低耗,能源应当被清洁利用,粮食需要保障长期供给,人口与资源应当保持相对平衡等许多方面。

## 2.2 可持续发展的内涵

可持续发展是指既能满足当代人的需要,又不对后代人满足其需求能力构成危害的发展,是人口、经济、社会、资源、环境和生态系统相互协调的发展。可持续发展最初是由环境学家和生态学家们提出的。后来被其他领域的科学家(包括材料科学家和工程技术人员)以及社会活动家、经济学家、著名政治家和各国政府采纳,成为当今人类社会的共识。1978年,国际环境与发展委员会首次在正式文件中使用了可持续发展的概念,并将其定义为:“在不牺牲未来几代人需要的前提下,满足我们这代人的需要。”1987年,挪威前首相布伦特兰夫人在第42届联合国大会的《我们共同的未来》报告中,作为政治家首次提出了可持续发展战略,并获得了联大的通过。特别是在1992年6月巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展世界首脑会议上,明确提出了可持续发展这一人类共同的发展战略,使得可持续发展成为经济学和社会学中的重要范畴,各国在制定发展规划时,都将可持续发展作为基本的原则,这已经成为国际社会的一个主流。

可持续发展包括了两个概念:可持续性和发展。

可持续发展的核心是发展,是在保证资源和环境可以永续利用的前提下进行的经济和社会的发展。传统的狭义的发展,指的只是经济领域的活动,其目标是产值和利润的增长、物质财富的增加。当然为了经济增长,还必须进行一定的社会经济改革,然而,这种改革也只是实现经济增长的手段。随着认识的提高,人们注意到发展并非是纯经济性的。发展应该是一个很广泛的概念,它不仅表现在经济的增长,国民生产总值的提高,人民生活水平的改善;还表现在文学、艺术、科学的昌盛,道德水平的提高,社会秩序的和谐,国民素质的改进等。发展不应当狭义地被理解为经济增长。经济增长一般定义为国民生产总值的提高。经济增长是发展的必要条件,但并不是充分条件。发展的目的是要改善人们的生活质量。发展必须解决的问题应该包括:消除贫困;改善环境;消除战争的可能性,限制大规模杀伤性武器,限制军备;保障人权;避免人的潜力的浪费。

可持续性的最基本、必不可少的条件是保持自然资源总量存量不变或比现有的水平更

高。赫尔曼·戴利(Herman Daly)1991年提出了可持续性由三部分组成:①使用可再生资源的速率不超过其再生速率;②使用不可再生资源的速率不超过其可再生替代物的开发速率;③污染物的排放速率不超过环境的自净容量。

对可持续发展的一个较普遍的定义可以表述为:在连续的基础上保持或提高生活质量。可持续发展是一种从环境和自然资源角度提出的关于人类长期发展的战略和模式,它不是在一般意义上所指的一个发展进程要在时间上连续运行、不被中断,而是特别指出环境和自然资源的长期承载能力对发展进程的重要性以及发展对改善生活质量的重要性。

概括地讲,可持续发展主要包括三个方面的内容,即资源与生态环境可持续发展、经济可持续发展和社会可持续发展。首先,可持续发展是以资源的可持续利用和良好的生态环境为基础的。自然资源分为可再生资源(如水资源、森林资源等)和不可再生资源(如矿物资源、土地资源等)两大类。随着工业化发展和人口的激增,人类对自然资源的巨大需求和大规模开采已经导致了资源基础的削弱、不可再生资源的枯竭和一系列的生态环境被破坏。为了实施可持续发展,必须有效利用、合理保护资源,实施不可再生资源 and 材料的永续循环使用,为子孙后代留下一个可以生存的良好环境。其次,可持续发展以经济的可持续发展为前提,只有保持持续、健康的经济增长,才能提高社会生产力和科学技术水平,满足人们物质文化生活水平不断提高的实际需要。再次,可持续发展以谋求社会的全面进步为目标,包括依靠技术进步,提高劳动者的素质;建立可持续的消费模式,保持适度消费;消除危害健康的环境因素,改善生态环境,努力提高人们的生活水平。

可持续发展的概念从理论上结束了长期以来把发展经济同保护环境与资源相互对立起来的错误观点,并明确指出了它们应当是相互联系和互为因果的。它代表了当今科学对人与环境关系认识的新阶段,其包括三个基本要素:①少破坏、不破坏、乃至改善人类所赖以生存的环境和生产条件;②技术要不断革新,对于稀有资源、短缺资源能够经济有效地取得替代品;③对产品或服务的供求平衡能实现有效的调控。

可持续发展对中国的发展具有重大意义。可持续发展是中国彻底摆脱贫穷,人口、资源和环境困境的唯一正确选择。中国式可持续发展的基本构成是:控制人口、节省资源、保护环境和减轻波动这四项基本要求。

## 2.3 日趋严重的地球环境问题

在认真考虑日趋严重的地球环境问题的基础上来讨论未来材料工程技术应有的发展方式,使之适合于可持续发展战略。

### 2.3.1 人口的急剧增长

当今世界最大的环境问题是人口爆炸式增长,尤其是工业革命以来,世界范围内物质文