

环境材料学

主讲教师： 张 武

- 联系电话： 6060 1463
- zhangwu@tust.edu.cn

第一章 绪论

- 1、环境材料的起源和定义
- 2、环境材料的意义
- 3、环境材料研究内容
- 4、环境材料现状和发展趋势

1.1 环境材料的起源和定义

- 1. 环境材料的起源
 - 材料的提取、制备、生产、使用及废弃的过程
 - 消耗大量的资源和能源 排放大量的污染物
 - 造成环境污染，影响人类健康。
- 理论 研究评价材料对环境影响的定量方法和手段
- 应用 开发对环境友好的新材料及其制品。
- 环境材料——(环境+材料)
- 节约能源和资源
- 减少环境污染（温室效应、臭氧层破坏）
- 资源容易回收和循环再利用

- 英语 **Ecologically Beneficial Materials**
- **Environmentally Friendly Materials**
- **Ecomaterials**
- 汉语 生态材料、环境材料、环境友好型材料、
环境兼容性材料、环境协调型材料、
绿色材料、
- 日语 环境材料、环境协调型材料、
• 环境调和型材料
- 1995年西安 第二届国际环境材料大会
- 将环境友好型材料的汉语表达统一为
- “环境材料”。
- 山本良一（1993）提出**Ecomaterials**

2. 环境材料的定义

- 没统一
- (A) 环境材料是指那些具有先进的使用性能，本身要有较好的环境协调性，具备为人们乐于接受的舒适性，一类具有系统功能的新材料。
- (B) 环境材料实质上是赋予传统结构材料、功能材料以特别优异的环境协调性的材料。或指那些有直接净化和修复环境功能的材料，即环境材料是具有系统功能的一大类新型材料的总称。
- (C) 环境材料是指同时具有优良的使用性能和最佳环境协调性的一大类材料。

- 1998年 中国生态环境材料研究战略研讨会
 - 国家科技部
 - 863高技术新材料领域专家委员会
 - 国家自然科学基金委员会
-
- 将环境材料、环境友好型材料、环境兼容性材料等统一称为“生态环境材料”

- 生态环境材料
- 指同时具有 (1) 满意的使用性能
- (2) 优良的环境协调性
- 或者 能够改善环境的材料
- 环境协调性
 - a) 资源和能源消耗少
 - b) 环境污染小
 - c) 循环再利用率高
- 定义 待进一步发展和完善
- 环境材料还应该考虑经济成本上的可接受性，亦即除使用性能、环境性能外，还应加入经济性能。

Ecomaterials

环境材料



```
graph TD; A([环境材料]) --- B[环境性能]; A --- C[使用性能]; A --- D[经济性能];
```

环境性能

使用性能

经济性能

- 环境材料学
- 研究材料的生产与开发环境之间相互适应和相互协调的科学
- 目的 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，满足人类生存和发展的需要。
- 特征 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。

材料的定义

自然中的物资可以为人类用于制造
有用物品

成分 结构 工艺 性能

可用性 经济性

- 环境材料学

核心 是在材料的四大传统性能基础上

增加 环境性能

强调 材料与环境的协调性

1.2 环境材料的意义

- 1. 材料科学发展的必然阶段
- 人类历史 时代都是以材料的发展来命名
 - 石器时代
 - 青铜器时代
 - 铁器时代
 - 现代的高分子时代
- 材料科学和技术本身的发展 随着历史发展的需要而诞生
- 环境材料也是应时代的要求、社会的需要而产生和发展

- 能源材料
- 产生能源或改变能源状态的各种材料。
- 随着能源材料的发展，它已包括能直接或间接产生能源或与此相关的材料
- 热电材料
- 核电材料
- 推进器材料
- 太阳能电池材料
- 储氢材料
- 炸药、火药、煤、石油以及其他可燃烧介质
- 地热 干热岩 (**hot dry rock**)
- 可燃冰 (水合物) (预测南海北部**153**亿吨油当量)

- 信息材料
- 指应用在信息技术方面的新材料
- 半导体材料
- 光学介质材料
- 光电子材料
- 发光材料
- 感光材料
- 电容和电阻材料信息陶瓷材料
- 微电子辅助材料等。
- 能源材料、信息材料
- 很难用一种具体的材料来表征其整个涵义

环境材料是指那些在制备和使用过程中能与环境相容和协调

- 废弃后可被环境降解
- 对环境有一定净化和修复功能
- 等一类材料的总称
- 环境材料是一大类与改善生态条件、降低环境污染有关的新材料

2. 自然界对人类行为反作用的结果

- 环境材料出现
是材料本身发展的历史要求
- 环境材料发展 是自然界对人类行为反作用的结果。

- 20世纪存在问题

- 1、生产力的极大提高，前所未有的物质财富，大大推进人类文明的进程。
 - 2、人口的爆炸性增长 20世纪世界人口翻了2番 每年约8000万以上的速度继续增长。
 - 3、资源过度开发，各种废物污染物的大量 排放，全球性的资源短缺、环境污染和生态破坏。
-
- 人口膨胀、资源短缺、环境恶化当今社会持续发展面临的3大问题。

- 探索新的发展战略
- + 材料推动着人类社会的物质文明。
- - 材料的提取、制备、生产、使用和废弃过程是一个资源消耗和环境污染的过程。

如：一张小小的面巾纸

有限资源的过度开发，使资源受到枯竭的威胁，并带给环境日益严重的污染，对材料开发和应用提出了新的历史要求。

材料科学工作者的历史重任

发展 与环境相容

与环境协调

对环境友好的新材料

1.3 环境材料研究目标和内容

• 阶段	目标	研究内容
治表	末端治理	治理现在的污染 改善生态环境
治本	初端治理	预防污染 减少污染物发生量
回归	环境协调	所有过程和产量与环境相容

- 治表 将积累下来的污染问题，利用材料科学与技术进行末端治理。恢复环境对污染物的容纳能力和消化吸收功能
- 治理造纸污水 新材料 产品
- 治理汽车尾气 汽车尾气催化材料。
- 处理冶金、化工行业大量排放的废渣，其实是将废料变成原料，生产新的原材料产品，使废物被再循环利用，提高资源效率(钢渣 碱渣)

- 治本（生态设计，清洁生产）
- 初始端治理 设计阶段考虑生产过程对环境的影响。
- 提高资源利用效率，减少废物排放
- 改革生产工艺，实行清洁生产技术
- 源头控制污染物的产生和排放
- 改善生态环境，减少污染。

- 回归 最高境界，制备的材料和产品能够与环境尽量相容和协调，真正回归大自然。
- 环境协调性
- 环境兼容性
- 环境降解性
- 目的
- 实现材料产业的可持续发展

1.3.1. 环境材料的理论研究

评价材料的环境负担性的衡量指标：

能源消耗、资源消耗、环境影响因子

环境指数、环境负荷单位

生命周期评估技术（LCA）

LCA指用数学物理方法结合实验分析对某一过程、产品或事件的资源、能源消耗，废物排放，环境吸收和消化能力等环境影响进行评价，定量确定该过程、产品或事件的环境合理性及环境负荷量的大小。

- 2、材料技术的可持续发展理论研究
- 材料可持续发展的研究目标是建立材料开发、应用、再生过程与生态环境之间相互作用和相互制约的理论；
- 资源的有效利用和二次资源化技术、再循环使用技术、物质流理论和清洁生产理论。特别是二次资源化技术研究是节约资源、提高资源利用效率和废弃物的再循环利用效率的一项有效措施。
- 减少物质的搬运量。降低材料接赤字也是提高资源效率，实现材料科学与技术可持续发展的一条积极途径。

1.3.1 环境材料理论研究的主要内容

类别	内容
----	----

材料的环境性能评价	LCA方法学、环境性能数据库
材料的可持续发展理论	资源效率、物质流分析、工业生态学
材料的生态设计	生态设计理论、非物质化理论
材料的生态加工	清洁生产、再循环利用、降解、废物处理

2. 环境材料的应用研究

- 保证该材料具有满意的使用性能条件
- 尽量降低其在加工和使用过程中对环境的**负担性，节约资源，降低能耗。**
- 开发环境协调性的新材料和材料的环境友好型**加工工艺。**
- 如各种绿色材料及其制品的开发，现有材料的环境友好型改造
- 生产工艺设计 采取**清洁生产**技术
- 保持清洁的原料、清洁的工艺和清洁的产品，在材料制备过程中尽量减少环境污染。

- 在环境材料的应用研究中，强调材料与环境的相容性、协调性是主要的研究目的之一
- 环境材料应用研究的主要内容
- 开发环境相容性的新材料及其制品
- 对现有的材料进行环境协调性改性
- 在纯天然材料、仿生物材料、绿色包装材料、生态建材等开发和应用有较大进展。

类别	主要内容
环境协调材料	天然材料、仿生材料、绿色包装材料 生态建材
环境降解材料	可降解材料、生物降解材料无机材料
环境工程材料	环境净化材料、环境修复材料、 环境替代材料

- 对环境降解材料的研究

生物降解塑料

可降解无机磷酸盐陶瓷材料

也是环境材料应用研究的一个方面。

研究重点

光—生物共降解材料的开发

规模化工业生产的工艺

- 环境工程材料

一般指在防止、治理环境污染过程中所用到的一些材料。常见的环境净化材料如过滤、分离、杀菌、消毒材料

- 环境修复材料

治理大气污染的吸附、吸收和催化转化材料

治理水污染的沉淀、中和、氧化还原材料

减少有害固态废弃的污染的固体隔离材料

固沙植被材料

- 环境替代材料

替代氟里昂的致冷剂材料

工业和民用的无磷化学品材料

用竹、木等替代那些环境负荷较大材料

环境材料

交叉学科 跨材料和环境领域

- 保持资源、能量平衡、环境平衡
- 社会和经济的可持续发展，
- 环境性能融入21世纪所有的新材料开发，完善材料环境负担性评价的理论体系
- 开发各种环境相容性新材料及绿色产品，研究降低材料环境负担性的新工艺、新技术和新方法
- 21世纪材料科学 发展主导方向。

1.4 环境材料的发展趋势

- “环境材料”已基本形成成为一门新兴的交叉学科：
- 物理、化学、生物、医药等学科
- 农业、生物和几乎所有主要工业如钢铁、非金属、石油化工、煤和建筑等。
- 地质学

有几个趋势已经被大家认可为共识

(1) 材料的环境性能将成为-----

21世纪新材料的一个基本性能

过去材料研究以追求最大限度

发挥材料的性能和功能

而对资源、环境问题没有足够重视。

传统的材料科学与工程定义只强调材料的成分、
结构、工艺和它们的性能与用途之间的关系

没有考虑到材料的环境性能。

- 全球资源短缺和环境污染严重
- 注意材料对环境的影响程度
- 开发新材料时，在追求材料高性能的同时，应尽可能节约资源和能源，减少环境污染。
- 改变片面追求性能的观念，改变只管设计生产，不顾使用和废弃后资源再生利用及环境污染的观念。
- 经济效益
- 社会效益
- 环境效益

(2) 环境治理材料仍是环境工程材料主要研究内容

- 环境净化材料

- 大气污染控制材料有吸附、吸收、催化转化材料。

欧盟对汽车尾气日益严苛的标准：

欧IV----欧V----欧VI

- 水污染控制材料有沉淀、中和及氧化还原材料。
其他的环境净化材料有过滤、分离、杀菌、消毒材料等。

- 减少噪音污染的防噪、吸声材料

- 减少电磁波污染的防护材料等

3. 发展环境友好型的材料设计和 制备工艺

- 减少材料生产中的污染，特别是传统材料生产量大面广、能耗高、污染大的特点。
- 对其关键性生产工艺流程进行技术改进，能显著改善对环境的影响。
- 轧钢流程能耗大 薄板坯连铸工艺，
- 将钢坯厚度由大于150mm降至50-80mm，减少轧制的能量消耗（解释钢锭生产过程）

- 处理和回收废弃材料，在材料设计的过程中即考虑材料的回收问题，使材料具有很好的环境相容性。
- 延长材料的使用寿命，是节省资源
- 资源状况和利用效率来看，废物回收利用对缓解资源匮乏有重要作用。
- 环境材料研究重点。
- 综合利用工业固体废弃物
- 如钢渣、废铁、废玻璃、废塑料、橡胶、纸等。

农产品废弃物

- 每年全世界农产品产量超过**500亿t**，其中约**10%**没有被充分利用。（沼气、建材）
- 合理利用农产品废料，不仅显著降低环境污染，而且可建立以农产品为原料的绿色工业。（生物质能源）

4. 开发优良环境协调性的新型环境材料

- 新材料 环境的相容性，
 - 天然材料进行深加工利用
 - 可降解的高分子塑料
 - 废弃物进行资源再生和回收利用。
- 天然材料 加工的能耗低
 - 可再生循环利用
 - 易于处理
- 进行高附加值开发，
- 具有先进的环境协调性能并具有优良的使用性能。
- 如天然纤维材料： 木质素、纤维素、甲壳素。

- 开发超高性能、超长寿命的材料，可以有效地降低材料的环境负荷与寿命的比值，
- 降低材料环境负担性的有效途径。
- 超高强低合金钢
- 调整成分和热处理工艺即可得到性能在较大范围内明显改善的钢种，能大幅度提高钢的寿命和性能，相应地降低其环境负担性。
- 水泥
- 研究超高性能和超长寿命的水泥
- 是生态建材的一个重要发展方向。

- 生物降解塑料 解决白色垃圾污染
- 生物可降解 脂肪族高聚物、聚强高分子材料
- 淀粉与高分子共混的高分子材料
- 开发水降解材料也是环境材料

5. 研究开发环境净化和环境修复材料

- 环境污染 日益严重
- 开发门类齐全的环境工程材料
- 研究热点
- 对环境
- 逐渐改善地球的生态环境
- 可持续替代材料是环境工程材料的研究热点



- 废水、废气及固态废弃物对环境污染
- 噪声 第四大污染源
- 电磁波（手机）
- 噪声的污染和电磁波对人体的损害
- 环境修复 已破坏的环境进行生态化治理
恢复被破坏的生态环境。
- 防止土壤沙漠化的固沙植被材料
- CO₂固化材料以及臭氧层修复材料等。

- 发展趋势
- ①环境性能
- 材料的环境性能将成为21世纪新材料的一个基本性能；
- ②评价方法
- 21世纪，结合ISO-14000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发展
- 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主导方向
- 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。

- 利用有限的资源，减少材料对环境的负担
- 保持资源平衡、能量平衡和环境平衡，实现材料科学与技术的可持续发展
- 社会、经济的可持续发展要求以自然资源为基础，与环境承载能力相协调。
- 开发环境友好型材料，研制环境治理材料
- 研究环境修复材料和环境替代材料，恢复被破坏的生态环境，减少废气、污水、固态废弃物对环境的污染，控制全球气候变暖、减缓土地沙漠化，用材料科学与技术来改善生态环境，是历史发展的必然。