

# 针对 WEEE 问题的绿色技术体系探讨

**摘要：**电子电器产品的社会普及率日益提高并且飞速增长，废旧电子电器产品（WEEE）的大量增加也给社会带来了严重的环保负担。提高废旧电子电器产品的回收利用率是减少 WEEE 对环境的负面影响，提高资源利用率的有效途径。本文分析了可以有效减少 WEEE 环境影响和提高 WEEE 回收率的绿色技术，建议加快相关技术与革新，推动绿色技术的产业化，有效的解决我国的 WEEE 问题。

**Abstract:** Popularity of electrical and electronic equipment rapidly increases, and large amount of WEEE has

废旧电子电器产品（WEEE）所带来的环境问题越来越受到人们的关注。一方面，随着电子电器产品的日益普及与快速更新，废旧电子电器产品的数量急剧增加，据统计废旧电子电器产品的增加速度是普通城市垃圾的三倍；另一方面，目前的电子电器产品含有大量的重金属，如果不进行恰当地处理会造成严重的环境污染。

WEEE 问题在国外受到了足够重视。一方面，越来越多的国家制订了严格的法律法规来约束制造商与使用者，来缓解 WEEE 带来的环境问题。以欧盟为例，欧盟于 1997 年 7 月颁布了涵盖所有电子电器废弃物的新法令（第一草案），1998 年 7 月颁布了“废旧电子电器回收法”，欧盟新的 WEEE 指令和 ROHS 指令对废旧电子电器产品的回收再利用体系的建立和材料的使用进行了规定，制订了相关目标与实施日程。另一方面，制造商在技术方面进行相关研究，从技术上减少废旧电子产品的环境影响，提高废旧电子电器产品回收的可行性和经济性。

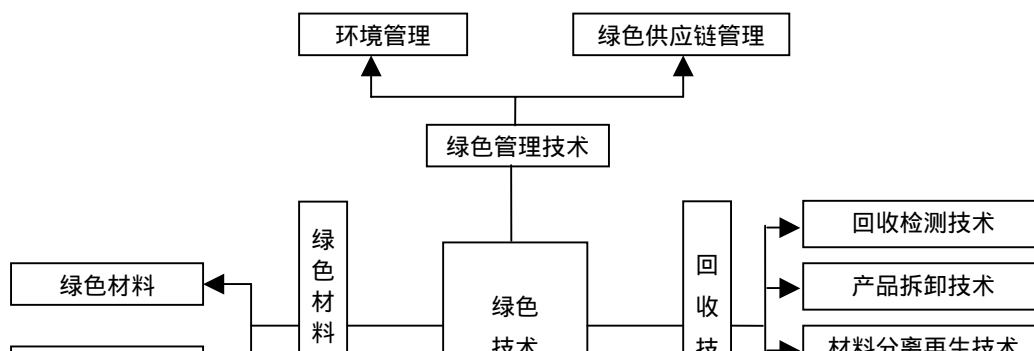
先进的技术手段是有效解决 WEEE 问题的保证。绿色技术将保护环境的思想与技术手段相结合，面向产品的全生命周期，从源头控制和过程控制两个方面来减少产品的环境影响，是实现可持续制造的重要基础。

本文基于产品的生命周期，给出了绿色技术体系，并结合 EEE 进行了分析。绿色技术是解决 WEEE 问题的有效手段，也是必需途径。加快绿色技术的研究与开发并产业化，是应对我国的 WEEE 问题和国外 WEEE 法规所形成的“绿色贸易壁垒”的最有效措施。

## 1 绿色技术体系

WEEE 主要产生在产品废弃之后，同时产品的制造阶段也会产生一定量的 WEEE，并带来一定的环境污染。从产品的生命周期来看，WEEE 问题不仅仅是产品废弃之后的问题，而是产品生命周期系统的问题。因此，解决 WEEE 问题不应只是对废弃产品进行处理，而是应该面向产品的生命周期采用绿色技术，通过源头控制和过程控制有效地控制并从根本上解决 WEEE 问题。

依据产品的生命周期过程，绿色技术包括绿色材料技术、绿色设计技术、绿色制造技术、管理技术何回收技术四个方面（如图 1 示）。



## 2 绿色材料与设计技术

绿色材料与绿色设计是从源头控制和解决 WEEE 问题的有效手段。绿色材料的开发与使用可以减少电子电器产品在加工、使用和废弃处理等过程中的环境影响；绿色设计通过设计手段来减少产品生命周期各阶段的成本与环境影响。

### 2.1 绿色材料

绿色材料是指具有良好的使用性能、并与环境具有良好的协调性的材料，其本质特征在于其寿命周期内整个过程具有低的环境负荷值。

EEE 中使用了大量的重金属和其它有毒有害的材料以及不可降解材料。这些材料的使用是对环境和人类健康的巨大隐患，因此替代绿色材料的研制与开发是一个非常迫切的问题。关于绿色材料的研究包括以下几个方面：

- 环境相容材料。指能够与环境相容，不会对环境产生污染的材料。如纯天然材料（木材、石材等）、仿生物材料（人工骨、人工脏器）、绿色包装材料（绿色包装袋、包装容器）等。
- 绿色降解材料。指可以自动降解融入环境的材料。生物降解塑料等。
- 智能材料。智能材料是模仿生命系统，能感知环境变化并能实时地改变自身的一种或多种性能参数，做出所期望的、能与变化后的环境相适应的复合材料或材料的复合。智能材料对提高复杂电子产品的可拆卸性与自动拆卸有重要意义。

### 2.2 绿色设计

绿色设计的基本思想是在设计阶段就将环境因素和预防污染的措施纳入产品设计之中，将环境性能作为产品设计目标和出发点，力求产品在其生命周期全过程中，资源能源利用率最高，环境影响为最小。绿色设计主要解决以下几个问题：

- 材料选择。绿色设计的材料选择主要考虑两个方面：选择绿色材料和所选材料的相容性。
- 可拆卸性设计。在设计阶段充分考虑进行产品拆卸的需求，保证产品具有良好的拆卸性能。
- 可回收设计。在进行产品设计时，充分考虑产品、零部件及其材料的可回收性及相关的回收工艺，提高产品的回收利用率，从而提高资源利用率、减少环境污染。

- 节能设计。在满足产品功能要求的前提下，通过优化设计，提高产品的能源利用率，减少产品的能耗。

### 3 绿色制造技术

绿色制造技术是针对产品加工过程中产生的环境影响而产生的环保型替代技术。关于绿色制造技术研究正处在不断的发展之中，相关研究主要集中在绿色工艺与装备和绿色工艺规划两个方面。

#### 3.1 绿色工艺与装备

绿色工艺是指能源和资源利用率高，废弃物和有害排放物少的高效加工工艺。绿色工艺往往与相关先进技术相融合，不但要求技术上的可行性，还要求经济上的可盈利性和环境上的友好性。

绿色工艺根据追求的主要目标的差别，可以分为节约资源型、节约能源型和环保型三类。节约资源型工艺主要是通过技术手段减少加工余量，减少边角废料的产生，从而达到节约资源的目的，如高效冲压工艺、高精度铸造及长成工艺等；节约能源的工艺主要是指通过提高加工效率，缩短加工时间，减少能源消耗的工艺，如高速加工工艺等；环保工艺主要是指通过采用先进技术和材料，使加工过程产生的附属物对环境和人体危害最小的工艺，如少无切削液加工，无铅焊接等。上述三类工艺并不是绝对的，绿色工艺应该兼顾这三个方面。

绿色工艺的实现必须要有相应的工艺装备的支持，这里我们称为绿色工艺装备。绿色工艺装备的研制与开发是实现绿色制造技术的关键。

#### 3.2 绿色工艺规划

绿色工艺规划将节约资源及与环境保护有关的因素和措施纳入工艺规划之中，将环境性能作为产品工艺规划的目标和出发点，力求资源利用率最高并达到最优配置，简化工艺流程并节约能源，确保生产安全与操作者健康并不造成环境污染，最终实现高效、节能、降耗、清洁、卫生和安全的目标。

### 4. 回收技术

(1) **产品检测技术。** 对废旧产品及其零部件进行检测，根据其不同状态，采用不同的回收策略，以获得最高的回收效益。这里主要包括功能检测与性能检测。

(2) **产品拆卸技术。** 对与不能整体重用的产品，拆卸是产品回收和再利用的前提。根据不同的回收策略，拆卸的目的不同，相应的拆卸方式也不相同。如果拆卸是为了重新利用零部件，拆卸过程应确保拆卸目标与产品整体分离且不受损害；如果拆卸是为了实现材料的回收利用，拆卸过程则以尽可能便于分离为宗旨。根据不同的拆卸目标，规划不同的拆卸工艺是目前的一个研究热点。围绕拆卸进行拆卸工艺布局也是规模化产品拆解的重要支持技术。

(3) **材料的分离与再生技术。** 产品往往是由多种不同的材料组成，以回收材料为目的的回收往往对产品进行整体破碎，如何以合理的成本对材料进行分离并获得高纯度的单一材料是回收研究的一个重点。在产品使用过程中，各种材料会发生不同程度的退化和变质，因此回收所得材料的性能远远低于原始材料。如何对回收材料进行再生和应用是关系回收可行性的关键问题。

(4) **回收设备的开发。**面对大规模的产品回收，开发自动化的回收设备是必需的。目前，在欧洲、日本及美国都开发了先进的自动化产品回收流水线。针对我国的国情，开发相关的回收设备，包括产品拆解设备、材料破碎与分离设备、材料再生技术与装备等，对我国的回收产业发展具有重要意义。

## 5 绿色管理技术

绿色管理技术对产品全生命周期过程，尤其是产品的制造与回收过程进行环境管理。这里绿色供应链管理技术包括针对企业的环境管理和针对供应链的绿色供应链管理。

### 5.1 环境管理

对生产过程实施环境管理，结合 ISO14000 对生产过程进行有效控制，以建立绿色生产环境。绿色生产环境是通过安全性、舒适性和宜人性来体现的，将工作现场的声、热、震动、粉尘、有毒气体等指标限制在人体能承受的安全范围之内，以保证员工的身心健康和高效率的工作。

### 5.2 绿色供应链管理

绿色供应链在传统供应链中融入了环境意识，它从产品生命周期的角度出发，综合考虑包括产品原材料获取、产品的设计与制造、产品的销售与运输、产品使用以及产品回收再利用的整个过程；通过绿色技术与供应链管理手段，实现产品生命周期内环境负影响最小，资源、能源利用率最高和供应链系统整体效益最优的目标。

绿色供应链管理主要解决以下三个问题：第一，供应链系统的信息共享，尤其是环境信息的共享，信息共享是废旧电子电器产品有效回收的基础。第二，闭环物流的管理，绿色供应链通过回收实现供应链物流的闭环，有效提高了资源的利用率；但如何对闭环物流进行有效管理是一个关键的技术问题。第三，在前两者的基础上实现整个供应链的环境管理，降低产品生命周期的环境影响。

## 6 讨论

WEEE 问题的解决不仅仅是简单的回收处理问题，而是应该从产品的生命周期出发，从源头上和过程上进行有效的解决和控制。本文从电子电器产品的生命周期角度出发，建立了解决 WEEE 问题的绿色技术体系。加强绿色技术的研究，并尽快产业化不仅是解决 WEEE 问题的有效途径，也是实现国民经济可持续发展的必然之路。