

# 退役报废电子设备 处理技术

孟 晨 王 成 © 主编

RECYCLING TECHNOLOGY OF  
RETIRED AND DISCARDED  
ELECTRONIC EQUIPMENT

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内 容 简 介

退役报废电子设备科学处置, 涉及资源利用、环境污染防治和信息安全隐患消除等社会问题, 越来越受到各级有关部门的重视。本书围绕退役报废电子设备科学处置, 全面系统地介绍了退役报废电子设备处理所涉及的关键技术内容及其工程实现方法, 主要包括电子设备信息存储介质及其存储机理, 电子设备磁存储器件处理技术, 半导体存储器件脱密与销毁处理技术, 以及电子设备结构材料、印制电路板、显示器和电池的回收处理技术等内容。

本书力求理论与实践相结合, 可供从事电子设备研制生产和退役报废电子设备处理有关的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (C I P) 数据

退役报废电子设备处理技术 / 孟晨, 王成主编. --  
北京: 北京理工大学出版社, 2022.9  
ISBN 978-7-5763-1724-4

I. ①退… II. ①孟… ②王… III. ①电子设备—废物处理 IV. ①X76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2022) 第 171179 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司  
社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号  
邮 编 / 100081  
电 话 / (010) 68914775 (总编室)  
(010) 82562903 (教材售后服务热线)  
(010) 68944723 (其他图书服务热线)  
网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>  
经 销 / 全国各地新华书店  
印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司  
开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16  
印 张 / 8.25  
字 数 / 126 千字  
版 次 / 2022 年 9 月第 1 版 2022 年 9 月第 1 次印刷  
定 价 / 56.00 元

责任编辑 / 徐 宁  
文案编辑 / 宋 肖  
责任校对 / 周瑞红  
责任印制 / 李志强

---

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

# 前 言

随着电子技术、计算机技术、自动化技术和信息处理技术的高速发展，电子设备已经成为工农业生产、人民生活，以及国防军事、航空航天等各个领域中的主要应用和消费产品，伴随而来的是退役报废电子产品的大量产生。然而，由于退役报废电子设备处理技术的不规范和回收处理体系的不完善，致使大量退役报废电子产品没有得到科学的处置，从而带来了资源浪费、环境污染和安全隐患等社会问题。

退役报废电子设备科学处置主要涉及两个方面的问题。一是退役报废电子设备涉及的信息安全处理、防止失泄密问题。目前，各种电子设备为信息的处理和记录带来了空前的高效性和大容量，其内部的信息存储介质为记录信息、备份信息和传递信息带来了持久性、稳定性和便捷性。退役报废电子设备内部的信息存储介质如果没有得到安全处理，就会面临其中的信息和数据被非法窃取、复制和利用等安全问题。如果这些信息涉及军事、政治、经济、金融、工业、公民等秘密和敏感信息，一旦被非法窃取加以利用，将产生难以估量的损失。因此，信息存储介质的广泛使用带来的信息安全问题已经成为关乎各方利益的重大问题，是退役报废电子设备处理过程中必须应对并解决的挑战。二是退役报废电子设备的无害化和资源化处理问题。退役报废电子设备处理涉及环境危害性和资源化利用性的双重问题。一方面，处理产生的废弃物中通常包括塑料、重金属、溴化阻燃剂等成分，是一类会对环境产生严重污染的物质，如果处理方法不得当，会给自然环境和人类健康带来极大的危害，甚至形成对生态环境长期、深度的危害。另一方面，处理产生的废弃物中含有铜、铝、铁及各种稀贵金属、玻璃、塑料等

资源,如果科学地回收利用,获得再生资源的成本大大低于获得原生资源的成本,不但有利于节约资源和能源,还可以降低对环境的污染。

围绕退役报废电子设备涉及的信息安全处理、防止失泄密问题,本书首先介绍了磁存储介质、半导体存储介质和光存储介质及其工作机理,在此基础上详细论述了磁存储器件和半导体存储器件的数据恢复技术、存储信息清除技术和安全销毁技术。围绕退役报废电子设备的无害化和资源化处理问题,本书基于电子设备的基本组成,详细论述了电子设备结构材料回收处理技术、电子设备印制电路板回收处理技术、电子设备显示器回收处理技术和电子设备电池回收处理技术,并进一步分析了电子设备回收处理过程中产生的有害物质及其处理方法。当然,退役报废电子设备处理工作本身通常涉及多个专业领域技术,其工程应用又受到国家各种管理法规制度、处理规模、投资成本、环境影响和技术成熟度等多种因素制约,因此本书中的退役报废电子设备处理技术是在梳理和归纳现阶段废弃电子电器产品处理技术与工程实践现状后提出的,希望能以本书的出版为读者提供一个技术交流的平台。

本书第1章由魏保华和范书义编写,第2章由李青编写,第3章由王成编写,第4章由姜会霞编写,第5章由孟晨编写。孟晨负责全书的审校工作。在编写过程中得到了该领域有关专家教授们的大力支持,并提出了许多宝贵意见,在此向他们表示衷心的感谢。

本书力求资料全面、概念清楚、结构合理、逻辑严密、文字流畅、突出实用。由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2021年9月

# 目 录

第一章 绪论	1
第一节 退役报废电子设备处理需求	1
一、优先管理资源性高的产品，建立良性的资源综合利用体系	3
二、优先管理环境性问题突出的产品，有效减少环境污染	3
三、有利于积累管理经验，提高管理水平	3
四、有利于引导资源性和环境性高的产品制造商开展可回收 利用设计	4
第二节 退役报废电子设备处理内容	4
一、信息安全处理	4
二、无害化、资源化处理	5
第三节 退役报废电子设备处理相关技术	6
一、数据恢复技术	6
二、信息清除、净化与销毁技术	7
三、无害化、资源化技术	8
第二章 电子设备信息存储介质及其存储机理	9
第一节 磁存储介质及其工作机理分析	9
一、磁头	9

二、记录介质	10
三、电路	10
四、伺服机械	10
第二节 半导体存储介质及其工作机理分析	12
第三节 光存储介质工作机理分析	14
第三章 电子设备磁存储器件处理技术	17
第一节 磁存储器件数据恢复技术	17
一、常规磁盘数据恢复技术	17
二、磁介质残留数据恢复技术	18
第二节 磁存储器件存储信息清除技术	18
一、常规 Delete 删除和文件粉碎	19
二、软销毁的数据覆盖技术	19
第三节 磁存储器件去磁销毁技术	20
一、消磁的基本原理	20
二、消磁设备及工作原理	20
第四节 磁存储器件热销毁技术	21
第五节 磁存储器件物理销毁技术	21
第六节 磁存储器件销毁方法选择	22
第四章 半导体存储器件脱密与销毁处理技术	25
第一节 半导体存储器件数据恢复技术分析	25
第二节 半导体存储器件存储信息清除技术	26
一、页覆写方法	26
二、块删除方法	26

三、基于密文保护的方法·····	28
第三节 半导体存储器件物理机械破碎销毁技术·····	28
一、信息销毁原理·····	29
二、半导体存储介质销毁方法·····	29
第四节 半导体存储器件化学销毁技术·····	31
第五节 半导体存储器件销毁方法选择·····	31
第五章 退役报废电子设备回收处理技术·····	33
第一节 退役报废电子设备结构材料回收处理技术·····	34
一、退役报废电子设备结构拆解·····	34
二、退役报废电子设备结构件回收·····	35
三、报废塑料回收处理技术·····	37
第二节 退役报废电子设备印制电路板回收处理技术·····	40
一、印制电路板的物理结构特点·····	40
二、退役报废印制电路板处理技术·····	48
三、退役报废印制电路板销毁处理方案·····	52
第三节 退役报废电子设备显示器回收处理技术·····	69
一、退役报废 CRT 显示器回收处理技术·····	69
二、退役报废液晶显示器回收处理技术·····	82
第四节 退役报废电子设备电池回收处理技术·····	93
一、锂离子电池回收处理技术·····	95
二、碱性锌锰电池回收处理技术·····	102
第五节 退役报废电子设备回收处理过程中产生的有害物质 及其处理·····	107
一、废气处理技术·····	108

二、废液废水的处理技术·····	109
三、废渣处理技术·····	112
四、粉尘、酸性气体处理技术·····	113
五、有害重金属处理技术·····	113
六、氟利昂净化处理技术·····	114
参考文献·····	117

# 第一章

## 绪 论

随着电子技术和计算机技术在各个领域的全面普及应用,以及电子产品更新换代速度的不断加快,退役报废电子设备的数量出现高速增长的态势。目前,退役报废电子设备作为废弃电子垃圾已经成为困扰全球、影响国家环境安全的重大环境问题。

电子产品含有许多有毒有害物质,其危害巨大,如计算机设备中含有大量的铅、汞、聚氯乙烯及其他有害物质,这些物质不仅会损害人的身体,还会危害到环境,并且有毒物质对环境的破坏都是不可逆转的。电子产品不仅种类繁多、结构复杂,其制造材料多种多样,而且不同品牌产品的设计原则、方法各有不同。这就使得人们在退役报废电子设备的资源化、无害化处置过程中遇到了相当大的难题。

### 第一节 退役报废电子设备处理需求

我国是电子产品的生产大国、消费大国和废弃大国。据统计测算,目前我国退役报废电子设备超过2亿台,而且各种产品设备结构各异,成分非常复杂。

首先,退役报废电子设备处理产生的废弃物具有资源性。其中含有铜、铝、铁及各种稀贵金属、玻璃、塑料等资源,具有很高的再生利用价值。对其回收利用,获得再生资源的成本,大大低于从矿石冶炼加工获得资源的成本,有利于节约资源和能源。研究认为,用从报废电子装备中回收的废铜代替通过采矿、运输、

冶炼得到的铜材，空气污染可减少 86%，污水排放可减少 76%。尤其是贵金属，其工业品位远远高于天然矿石，某些金属的含量是相应金属矿床工业品位的几倍甚至几十倍，具有广泛的回收前景，比直接开采自然矿床进行冶炼得到同等材料所花费的成本和产生的污染要少得多。研究表明，在 1 t 随意搜集的印制电路板中，大约可以分离出 271 kg 铜、45 g 黄金、39.6kg 锡，价值数万元。

其次，退役报废电子设备处理具有环境危害性。退役报废电子设备因含有不可分解的有毒物质，如果不加处理，任意堆放或填埋，会对环境带来很大的威胁。退役报废电子设备含有对环境造成很大危害的重金属，如铅、铬、镉、汞等，还含有聚氯乙烯塑料、酞酸酯和溴化阻燃剂等有机物质，甚至含有多氯联苯等持久性毒性有机物。若不进行环境管理，由专门机构进行回收并采取符合环保要求的技术和设备对其进行无害化处理和处置，必将对人类的生存环境、生命安全和身体健康造成严重的危害。如果任意堆放或填埋，在自然条件影响下，其中的重金属等有害成分可以通过水、大气、土壤进入环境，从而污染土壤和地下水，给环境造成潜在的、长期的危害，并随时可能通过植物的生长以及水体或生物链等途径进入人体，给人类健康带来极大的威胁。而且这种危害具有不可恢复性，将造成无可挽回的环境和经济损失。如果随意燃烧，退役报废电子设备中的含卤族元素的阻燃剂会产生致癌物质，能排放出大量有害气体，破坏臭氧层并能形成酸雨，对人类的健康和周围环境都会造成严重的威胁，而且燃烧产生的废弃物更加难以处理。造成环境污染的典型例子是 20 世纪 90 年代，我国广东省贵屿镇、浙江省台州市等地区，自发形成了退役报废电子设备和废弃电子垃圾的拆解处理集散地，由于当地多为手工作坊，有些人为了牟取暴利，采用极其原始的手段，如直接露天焚烧或者用化学溶液方法进行处理，致使其产生的废气、废液和废渣直接排入周围环境，给当地的环境造成了难以逆转的生态灾难，居民的健康受到了严重的危害。据环境监测，广东省贵屿镇当地的土壤已经呈现强酸性，pH 值已经接近 0。河岸沉积物的抽样化验显示，对生物体有严重危害的重金属铅的浓度是美国环境保护署认定土壤污染危险临界值的 212 倍，钡为 10 倍，铬为 1 338 倍，锡为 152 倍，而水中的污染物超过饮用水标准达数千倍。

因此，必须对退役报废电子设备进行无害化和资源化处理，实现环境、经济、

社会的协调发展。首要的任务就是针对退役报废电子设备回收处理管理立法,倡导生产者延伸责任制。2009年由国务院颁布、2011年开始实施的《废弃电器电子产品回收处理管理条例》,规定了退役报废电子设备回收处理活动相关方的责任和义务,建立了《废弃电器电子产品处理目录》,体现了我国对退役报废电子设备回收处理活动管理的重视,采用《废弃电器电子产品处理目录》、逐步推进的管理方式,管理目标明确、重点突出。

### 一、优先管理资源性高的产品,建立良性的资源综合利用体系

电子产品是资源消耗型产品。退役报废电子设备不仅含有大量的铁、铜、铝、塑料等资源,也含有很多稀贵金属。自发形成的退役报废电子设备回收处理大军,由于回收处理规模小,人员素质参差不齐,回收材料低水平地利用,一些回收部件成为非法拼装的原料。优先管理资源性高的产品,可以大大提高退役报废电子设备资源回收利用率水平,建立良性的资源综合利用体系。

### 二、优先管理环境性问题突出的产品,有效减少环境污染

退役报废电子设备中除了含有资源性物质,同时也含有对环境有危害的物质。不同的退役报废电子设备中有害物质种类、含量和分布都不同。优先管理环境问题突出的产品,可以有效地减少退役报废电子设备处理对环境的污染。此外,对退役报废电子设备进行回收处理管理,淘汰落后工艺和技术,也能够有效地避免退役报废电子设备在拆解处理过程中产生二次污染的问题。

### 三、有利于积累管理经验,提高管理水平

通过建立《废弃电器电子产品处理目录》,采用逐步推进的模式实现废弃电器电子产品的无害化、资源化处理,有利于积累管理经验,提高管理水平。此外,根据国外经验,管理成本在回收处理费用中占的比例较高。通过目录产品回收处理的管理,核算实际的管理成本,从而为控制管理成本提供有效的经验和基础数据。

#### 四、有利于引导资源性和环境性高的产品制造商开展可回收利用设计

《废弃电器电子产品回收处理管理条例》鼓励列入目录产品的生产商开展产品无害化设计和可回收利用设计，从产品源头控制电子产品的环境性。

## 第二节 退役报废电子设备处理内容

退役报废电子设备是指由于技术性能落后而不再使用的、淘汰的、功能丧失而废弃的电子电器设备，及其废弃零部件、元器件和附件，包括设备制造、维修、翻新、再制造过程中产生的报废品。其中，退役报废电子设备存储介质是一类特殊的部件、元器件和附件，如硬盘、U 盘、各种存储芯片和光盘等。基于电子信息技术各种数字化存储介质，不但是退役报废电子设备处理需要面对的主要部件之一，同时存储介质中记录或承载的数据信息可能涉及军事、工业、商业和公民信息安全，因此信息安全处理也是退役报废电子设备处理的主要内容。

作为电子产品，信息存储介质存在固有的生命周期，必然面临退役报废问题。一方面，信息存储介质本身随着使用时间和读写次数的累积而发生部件的老化、损坏；另一方面，在摩尔定律的驱使下，信息存储介质的性能不断升级、成本不断降低，极大地加快了新老产品的更新换代。因此，每年都将有大量的报废存储介质产生，如何安全、无害地处理这些报废信息存储介质成为其生命周期末端的重要一环，给我们提出了更多挑战，这些挑战主要来源于社会层面的信息安全问题和环境保护层面的无害化处理及资源化问题。

### 一、信息安全处理

信息存储介质记录着使用过程和工作记录的大量信息，对于磁性存储介质，记录信息的磁畴并不能通过基于系统的操作而被破坏，也就是这些信息通过“删除”或“格式化”操作并不能被彻底销毁。例如，对写有已知内容的硬盘进行“删除”或“格式化”操作处理，操作结果是，只有 0.01%~0.11%的信息发生了改

变，而其余的数据都完好无损。目前，各种信息存储介质在政府机构、企业、个人等各领域各层次都得到深入的应用，它们为信息的记录带来空前的高效率和大容量。然而，也正是由于信息存储介质记录信息、备份信息和传递信息的高度持久性、稳定性、便捷性，信息持有者也就同时面临着信息、数据易被非法窃取、复制、使用等安全问题。这些信息可能涉及军事、政治、经济、金融、工业、公民等重要情报和敏感信息，一旦被非法窃取或篡改，将产生难以估量的损失。因此，信息存储介质的广泛使用带来的信息安全问题已经成为关乎各方利益的重大问题，是退役报废电子设备处理过程中必须应对并解决的挑战。

## 二、无害化、资源化处理

退役报废电子设备处理涉及环境危害性和可资源化性的双重问题。一方面，退役报废电子设备处理产生的电子废弃物主要是一类严重污染环境的固体废弃物，其中含有塑料、重金属、溴化阻燃剂等成分，如果处理方法不得当，会给自然环境和人类健康带来极大的危害，甚至形成对生态环境长期、深度的危害，退役报废电子电器设备中的有毒有害成分如表 1-1 所示；另一方面，退役报废电子设备中含有的以上成分又都是潜在的资源，以印制电路板为例，其金属质量百分数达到 47%，许多种金属含量比相应矿石品位要高出很多，如果能够加以合理回收，退役报废电子设备将变成一座座金属矿山。

表 1-1 退役报废电子电器设备中的有毒有害成分

毒害物质	主要来源
氯氟碳化合物	冰箱、空调
卤素阻燃剂	电路板、电缆、电子设备外壳
汞	显示器
硒	光电设备
镍、镉	电池及某些计算机显示器
钡	阴极射线管、电路板
铅	阴极射线管、焊锡、电容器及显示屏
铬	金属镀层

一些主要的电子电器设备的组成成分如表 1-2 所示。如果能够采用适当的方法对其进行无害化处理,则不仅极大降低了环境危害性,还能够从中回收大量的有价值资源。信息存储介质中含有的铝、铜、磁铁、塑料、半导体材料等均可通过适当方法加以回收,这样就会有大量的资源被再生出来,从而有效缓解目前日益加剧的资源和能源压力。

表 1-2 几种典型的电子电器设备的组成成分

设备类型	黑色金属/%	有色金属/%	塑料/%	玻璃/%	电路板/%	其他/%
计算机	32	3	22	15	23	5
电话	<1	4	69		11	16
显示器	10	4	10	41	7	8

由表 1-2 可见,计算机类设备中的金属含量可以达到 35%左右,而电视、电话类设备,含有的塑料和玻璃成分很高,加以合理利用都可以实现资源循环。

### 第三节 退役报废电子设备处理相关技术

退役报废电子设备在处理过程中涉及的相关处理技术主要包括:数据恢复技术,信息清除、净化与销毁技术,无害化、资源化技术等。

#### 一、数据恢复技术

数据恢复技术近年来得到迅速的发展,特别是经过 1999 年 4 月 26 日 CIH 病毒爆发,成千上万块硬盘损坏,一夜之间硬盘上的重要数据无法读出,使人们认识到数据恢复的重要性:硬盘有价,数据无价。

顾名思义,数据恢复技术,就是面对计算机系统遭受误操作、病毒侵袭、硬件故障、黑客攻击等事件后,将用户的数据从各种无法读取的存储设备中恢复出来,从而将损失减到最小的技术。随着信息化热潮在中国的不断推进,越来越多的企事业单位在工作中引入了计算机系统来辅助工作,越来越多关系企业正常经营的重要信息也被保存在计算机系统中,信息安全逐渐被人们所重视。正是数据恢复技术在构筑数据安全保护底线方面所处的特殊地位,使数据恢复的重要性正

在被 IT 业广泛关注。

数据恢复方式可分为软件恢复方式与硬件恢复方式，如图 1-1 所示。

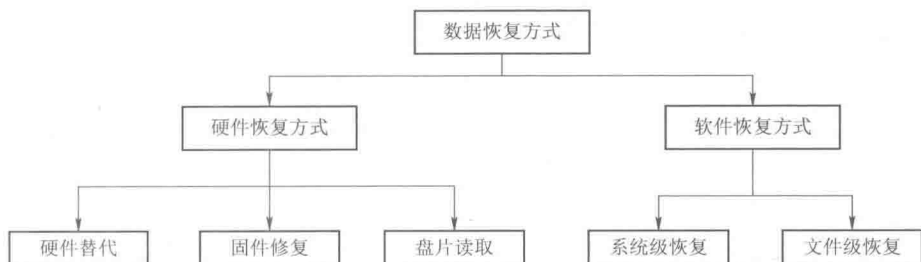


图 1-1 数据恢复方式

硬件恢复可分为硬件替代、固件修复、盘片读取三种恢复方式。硬件替代就是用同型号的好硬件替代坏硬件达到恢复数据之目的，如硬盘电路板的替代、闪存盘控制芯片更换等。

软件恢复可分为系统级恢复与文件级恢复。系统级恢复就是操作系统不能启动，利用各种修复软件对系统进行修复，使系统工作正常，从而恢复数据。文件级恢复是指存储介质上的某个应用文件损坏，如 DOC 文件损坏，可使用专业修复软件对其进行修复，恢复文件的数据。

## 二、信息清除、净化与销毁技术

通常，当人们在计算机上执行删除命令时，会习惯性地以为数据是真的“消失”了，然而事实并非如此，虽然自己看不见数据，可是这些被删除的数据能够被轻易地恢复。被删除的数据脱离了计算机使用者的管理，如果这些数据中含有机密文件，那么就存在机密文件泄露的巨大风险。因此，为了避免重要数据被恶意恢复，需要使用专用的数据清除工具，以确保重要数据在其生命周期的最后一个环节能够安全无误地“消失”。

为满足用户彻底删除文件的需要，互联网上出现了一些专门的所谓文件粉碎软件，一些反病毒软件也增加了文件粉碎功能，不过这些软件大多没有通过专门机构的认证，其可信度和安全度都值得怀疑，用于处理一般的私人数据尚可，而用于处理政府机关和商业机构的敏感数据恐怕就不行了。

综上所述,当我们采取删除、格式化等常规操作来“销毁”数据时,事实上数据并没有被真正销毁,在新数据写入硬盘同一个存储空间前,该数据会一直保留,从而存在被他人恶意恢复的风险。

为了防止敏感信息的泄露,采取一些信息消除技术是十分必要的。按照信息消除技术的安全级别,依次可分为清理、净化和销毁三种技术。

(1) 数据清理技术。这种方式提供与数据敏感性相当的保证,即无法使用普通的系统功能,也就是通过系统重建、恢复数据。在运行的计算机中,如果可以确信系统实施了存储空间与非授权用户的分离,则可以通过对未分配系统存储空间的覆盖完成清理。覆盖是将非保密数据写入以前存有敏感数据的存储位置的过程。

(2) 数据净化技术。数据净化的主要方式是通过消磁器对磁介质进行消磁。消磁通常称为擦除,是磁介质被擦除的过程,即还原到其最初的退磁状态。磁介质是一般通过给定磁场方向,更改磁畴的磁取向,在磁介质中存储数据信息的。消磁的原理就是使磁畴处于与原先无关的随机组合,从而使以前的数据无法被恢复。但是,在消磁后有一些磁畴其磁取向没有得到完全随机化。这些磁畴表示的信息通常称为剩磁。正确的消磁必须确保剩磁不足以重建数据。

(3) 存储介质销毁技术。对于一些经清理、净化后仍达不到相关要求的磁盘或已损坏需报废的存储过敏感数据的磁盘,以及曾记载过绝密信息的磁盘,必须进行介质销毁处理。存储介质销毁通常采用物理破坏或化学腐蚀的方法把记录涉密数据的物理载体完全破坏掉,从而从根本上解决数据泄露的问题。

### 三、无害化、资源化技术

退役报废电子设备无害化、资源化处理技术主要包括退役报废电子设备拆解回收处理技术和退役报废电子设备回收处理过程中产生的有害物质处理技术。

根据退役报废电子设备产品结构特点和材料组成,拆解回收处理技术主要包括阴极射线管(CRT)显示器和液晶显示器回收处理技术、印制电路板回收处理技术、设备金属和塑料结构件回收处理技术等。

退役报废电子设备回收处理过程中产生的有害物质处理技术主要包括氟利昂净化处理技术,粉尘、酸性气体去除技术,重金属回收处理技术。

# 电子设备信息存储介质及其存储机理

电子设备退役报废过程中，电子设备的存储介质处理需要重点把握两个环节：一方面，信息存储介质中的有用信息在必要时需要进行恢复、转移；另一方面，存储介质中遗留的涉密信息需要彻底清除，以消除在之后的销毁环节中可能存在的失泄密隐患。从组成材料上可以将退役报废电子设备信息存储介质分为磁存储介质、半导体存储介质和光存储介质。

### 第一节 磁存储介质及其工作机理分析

磁存储介质是指用磁性材料做成的存储介质，包括磁盘存储器（硬盘、软盘）、磁带存储器等。磁存储介质一般由磁头、记录介质、电路和伺服机械等部分组成。

#### 一、磁头

磁头是电磁转换器件，它是磁存储系统的核心部件之一，按其功能可分为记录磁头、重放磁头和消磁磁头三种。

(1) 记录磁头的作用是将输入的记录信号电流转变为磁头缝隙处的记录磁化场，并感应磁存储介质产生相应变化，将信息记录下来。

(2) 重放磁头的作用正好相反，当磁头经过磁介质时，磁存储介质的磁化区域就会在磁头导线上产生相应的电流，即把已记录信号的记录介质磁层表露磁场转变为线圈两端的电压（即重现电压），经电路放大和处理，从而读出已记录的