

电子废料回收与利用丛书

废旧家电与材料的回收利用

周全法 尚通明 主编



化学工业出版社

材料科学与工程出版中心

• 北 京 •

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

废旧家电与材料的回收利用/周全法, 尚通明主编. —北京:
化学工业出版社, 2004. 8
(电子废料回收与利用丛书)
ISBN 7-5025-6074-2

I. 废… II. ①周…②尚… III. ①日用电气器具-废物回收
②日用电气器具-废物综合利用 IV. X76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 089498 号

电子废料回收与利用丛书
废旧家电与材料的回收利用
周全法 尚通明 主编
责任编辑: 朱 彤 仇志刚
责任校对: 李 军
封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
材料科学与工程出版中心
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
发行电话: (010) 64982530
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷厂印刷
北京市彩桥印刷厂装订
开本 850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{3}{4}$ 字数 185 千字
2004 年 11 月第 1 版 2004 年 11 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-6074-2/X·522
定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

本书编写人员

主 编	周全法	尚通明
编写人员	黄金林	赵翠玉
	薛 勇	王 琪
	罗胜利	

出版者的话

进入 21 世纪，和平与发展已经成为世界主旋律。发展经济、不断满足人类在物质和精神生活上日益增长的各类需求，是 21 世纪人类面临的重大任务。在满足上述需求的过程中必然带来的一个重大问题是大量废弃，其后果必然是资源的极大浪费和严重的环境污染。从材料角度讲，这些废弃物只是暂时失去了使用价值，其基本特征并未发生变化。正因为如此，人们通常将各种废弃物统称为“二次资源”，以区别于石油等一次性天然资源。

近年来，信息技术、信息载体和信息材料得到了飞速发展。与其他产品一样，由电子材料组成的各种电子产品都有一个使用寿命问题：当电子产品使用一段时间以后，最终都将被淘汰并进入废弃物行列。当前，各类电子废料已经成为增长最快的固体废弃物之一：废电脑、废家电、废通讯工具等废弃电器以及制造这些电器过程中产生的各类废弃物占用着大量资源，对这些废旧电子器件和电子材料的不合理处置和回收又会给环境造成极大污染。因此，广泛开展有关废旧电器和各类废旧电子材料回收利用方面的研究，使这些宝贵的二次资源得到科学合理的资源化和无害化处置，对保证人类所需生产和生活资源的永续，促进人类的可持续发展具有十分重要的意义。

二次资源的资源化是指对二次资源进行一系列处理，使其中较有使用价值的组分和材料重新转化为目前可以直接使用的材料的过程。对废旧电器和各类电子废料而言，其中所含组分和材料

种类与生产这些电器和电子材料所需组分和材料基本相同。以废电脑的资源化为例，生产一台电脑所用材料的原料多达 1000 多种。这些材料的组合方式和组合技术水平的高低决定了计算机硬件的档次和性能的好坏，构成了丰富多彩的硬件世界。然而，当一台电脑报废以后，将这些材料一一分开并恢复到原样是不可能的。目前有关电子废料的资源化只是对其中特别有价值的组分和材料（如各种贵金属元素和铜、铝、铅、锡等贱金属元素）进行再生和利用，资源化整体水平不高，而且在资源化过程中的污染问题还没有完全得到解决。因此，在电子废弃物的资源化过程中提出无害化处置的要求是非常必要的。目前在二次资源的回收利用过程中，对环境造成的污染相当惊人，甚至有时比二次资源不回收利用所造成的危害还要大。如何解决该难题，是二次资源处置过程中必须重点考虑的问题之一。对各类电子废料而言，通常应当考虑以下几方面的问题。

（1）回收利用工艺的全面性 在制订电子废弃物的回收利用方案时，除了考虑贵金属和贱金属的回收利用率以外，必须将回收利用过程中产生的废气、废液和废渣的治理问题放在与贵金属和贱金属的回收利用率同等重要的地位。如果某一回收方案不能解决二次污染问题，则必须放弃该回收工艺。

（2）集中处理 由于单件废旧电器和电子材料的回收利用价值较低，将电子废弃物尽可能集中处置是减少资源化过程中二次污染的一条有效途径：集中处置可以充分利用各类废弃物的有用资源，并利用处理设备解决回收过程中的污染问题，尽可能地 toward 无害化处理的目标迈进。

（3）滞后处理 对于目前暂时还无法做到无害化处理的电子废料，将其暂时集中放置是一条明智之举。例如，电脑的板卡、显示器等，如果当初没有得到真正的无害化处理，应当通过适当

拆解后再集中储存，以便今后找到科学合理的无害化处置方案后再统一处理，这样会比现在简单地用火法或酸碱浸泡的方法处理要好得多。

(4) 政府协调、加大投入 无论对何种二次资源进行无害化处理，其处置过程都涉及环保、化工、冶金、电子等众多学科，其科学技术研究跨度很大，有关工作必须得到政府部门的大力协调和全社会的支持和理解。

目前，国内各类电子材料回收利用方面的研究刚刚起步，这方面的图书相对较少。为了配合国内电子材料回收利用领域的发展，我社组织了一批在电子废料回收利用方面较有影响的专家和学者编写了一套《电子废料回收与利用丛书》，这套丛书包括《废电脑及配件与材料的回收利用》、《废通讯器材与材料的回收和利用》、《废旧家电与材料的回收利用》、《电镀废弃物与材料的回收利用》、《废电子元器件与材料的回收利用》、《废电池与材料的回收利用》等。我们希望这套丛书的出版对于我国电子废料回收利用领域的发展起到一定的推动作用。但是，由于该领域涉及面较广并且国内这方面的研究工作刚刚开始，诚望广大读者提出宝贵意见，以便我们改进工作更好地为读者服务。

化学工业出版社

2004 年 4 月

前 言

在最近一百年的人类历史发展进程中，家用电器是改变人类生活和生产习惯最多的一类工业品：电冰箱、电视机、手机、电脑、洗衣机、电风扇、空调器、吸尘器、微波炉等各类电器层出不穷，机型不断更新，人们对电器的依赖性越来越大。家电工业的繁荣给人类带来了前所未有的享受，给社会创造了大量财富。但是，人类在享受自己创造的高科技电子产品的同时，报废和淘汰的电子产品已经给人类提出一个崭新的难题：如何使这些凝聚着人类大量劳动和宝贵资源的“垃圾”得到合理利用。这一难题的核心是：既要充分回收利用电子废弃物中的宝贵资源，又必须在回收利用过程中保护好日益脆弱的人类生存环境。

从 20 世纪 80 年代开始，我国已经逐步成为家用电器的生产大国和世界家电的制造业基地，也正在成为废弃家用电器大国。如何正确处理好“家电生产、消费、废弃”三者的关系，使我国不仅成为世界家电的制造业基地，同时也成为世界电子废弃物的无害化处置基地，已经成为我国进入 21 世纪后保持经济、社会和环境协调发展的重要内容。除了环保政策因素以外，我国的廉价劳动力资源是世界各发达国家把中国作为电子废弃物处置基地的重要原因。深入开展电子废弃物的无害化处置研究并及时将各类先进的无害化处置方案应用于电子废弃物的处置实践中，对于保护环境和资源，增加我国的经济实力是非常有益的。电子废弃物的处置蕴涵着巨大商机。

本书主要从废旧家电的无害化处置角度对废旧家电中的贵金属、铜、铝等有色金属的资源化、资源化过程中的环境保护和经济效益等方面的问题进行探讨，期望能够为废旧家电的科学合理的再生利用积累必要的素材。但限于作者的专业和知识结构，许多问题有待进一步探讨。本书若能起到抛砖引玉的作用，引起全社会对废旧家电再生利用以及保护资源和环境的重视，我们将感到非常欣慰，这也是我们编著此书的初衷。

本书是周全法、尚通明、黄金林、赵翠玉、薛勇、王琪、罗胜利等同志集体工作的结晶。全书由周全法和尚通明两位同志统稿。在本书编著过程中，得到了江苏技术师范学院专著出版基金的资助，还得到了江苏高校高新技术产业发展面上项目（JH03—024号）的资助。南京大学博士后流动站、中国昆山留学人员创业园博士后工作站、昆山晶丰电子有限公司等单位为本课题的研究和专著的出版提供了各类支持。化学工业出版社材料科学与工程出版中心领导和编辑为本书的顺利出版付出了辛勤劳动。在此，谨向各位关心支持本书出版和电子废弃物再生利用事业的各位同志表示衷心感谢！

周全法

2004 年 6 月

目 录

第 1 章 家用电器的发展概况和趋势	1
1.1 家电工业的发展概况和家电的分类	1
1.1.1 家电工业的发展概况	1
1.1.2 家用电器的分类	2
1.2 主要家电的发展趋势	4
1.2.1 洗衣机的发展趋势	4
1.2.2 电冰箱的发展趋势	5
1.2.3 微波炉的发展趋势	7
1.2.4 电视机的发展趋势	8
1.3 国内外废旧家用电器的回收利用现状	9
1.3.1 废旧家用电器对环境的危害	9
1.3.2 废旧家用电器的处置现状	10
第 2 章 常用家电的组成与结构	14
2.1 电视机的基本组成与结构	14
2.1.1 电视机的基本组成	14
2.1.2 电视机整机结构	17
2.2 收录机的组成与结构	23
2.2.1 收录机的组成	23
2.2.2 收录机的结构	23
2.3 电冰箱的基本组成与结构	38
2.3.1 电冰箱的种类	38
2.3.2 电冰箱的组成与结构	42
2.4 微波炉的基本组成和结构	64

2.4.1	微波炉的种类	64
2.4.2	微波炉的主要特点	65
2.4.3	机械式微波炉的结构	65
2.5	洗衣机基本组成和结构	74
2.5.1	洗衣机的分类	74
2.5.2	波轮式双桶洗衣机的组成与结构	79
2.6	其他家电的基本组成和结构	96
2.6.1	空调器的组成与结构	96
2.6.2	电风扇的基本组成与结构	106
第3章	废旧家电的拆卸和材料的分类	112
3.1	微波炉的拆卸和材料的分类	112
3.1.1	拆卸工具	112
3.1.2	微波炉的拆卸	113
3.1.3	微波炉器件的分类	119
3.2	洗衣机的拆卸与材料的分类	120
3.2.1	拆卸工具	120
3.2.2	洗衣机的拆卸	121
3.2.3	洗衣机器件的分类	128
3.3	电冰箱的拆卸和材料的分类	129
3.3.1	拆卸工具	129
3.3.2	电冰箱的拆卸	134
3.3.3	电冰箱材料的分类	137
3.4	电视机的拆卸和材料的分类	138
3.4.1	拆卸工具	138
3.4.2	电视机的拆卸	139
3.4.3	电视机材料的分类	143
3.5	收录机的拆卸和材料的分类	144
3.5.1	拆卸工具	144
3.5.2	收录机的拆卸	144

3.5.3	收录机材料的分类	147
3.6	电风扇的拆卸和材料的分类	148
3.6.1	拆卸工具	148
3.6.2	电风扇的拆卸	149
3.6.3	电风扇器件的分类	151
第4章	废旧家电中贱金属材料的回收利用	152
4.1	铜材的回收	152
4.1.1	一段法	155
4.1.2	二段法	155
4.1.3	三段法	155
4.2	铝材的回收	156
4.2.1	熔铸装备	156
4.2.2	立式半连续铸造机与均热炉	158
4.2.3	烟气处理系统	158
4.2.4	工艺参数与质量控制系统	159
4.3	其他贱金属材料的回收	159
第5章	废旧家电中贵金属的回收	161
5.1	废旧家电中金的回收	161
5.1.1	含金废液中金的回收原理	162
5.1.2	含金固体废料中金的回收原理	169
5.1.3	镀金废料中金的回收原理	171
5.1.4	火法回收废家电中金的原理	175
5.1.5	湿法回收废家电中金的原理	176
5.1.6	实例——300t/a 家电含金废弃物中金的回收工艺	181
5.2	废旧家电中银的回收	186
5.2.1	含银废弃物中银的回收原理和方法	187
5.2.2	火法回收废家电中的银	195
5.2.3	湿法回收废家电中的银	195
5.3	废旧家电中钨的回收	199

5.3.1	钡的回收原理和方法	199
5.3.2	废家电板卡中钡的回收	202
5.3.3	电容器中钡的回收	205
5.4	废旧家电中铂的回收	208
5.4.1	铂的回收原理和方法	208
5.4.2	火法回收废家电中的铂	213
5.4.3	湿法回收废家电中的铂	214
5.5	贵金属的精炼	216
5.5.1	金的精炼	216
5.5.2	银的精炼	220
5.5.3	铂的精炼	223
第6章	废旧家电中有机材料的回收利用	229
6.1	家电中的高分子材料	229
6.2	废塑料的回收利用工艺	229
6.2.1	国外废塑料回收工艺	230
6.2.2	国内废塑料回收工艺	235
6.3	废橡胶的回收利用工艺	236
6.3.1	从废橡胶生产再生橡胶工艺	237
6.3.2	废橡胶的高温热解及利用工艺	238
第7章	废家电再生利用中的环境保护和经济效益	240
7.1	再生利用中的废水治理	240
7.1.1	酸碱废水的治理	240
7.1.2	重金属废水的治理	243
7.1.3	氰化废水的治理	246
7.1.4	有机废水的治理	249
7.2	再生利用中的废气治理	252
7.2.1	废气治理方法	252
7.2.2	酸溶过程的废气治理	255
7.2.3	金属铸锭过程中的废气治理	255

7.2.4	高分子材料再生过程中的废气治理	259
7.3	再生利用中的废渣治理	260
7.4	废家电再生利用的效益	261
7.4.1	废家电再生利用的成本	261
7.4.2	废家电再生利用的效益	262

第 1 章 家用电器的发展概况和趋势

1.1 家电工业的发展概况和家电的分类

1.1.1 家电工业的发展概况

家用电器工业于 20 世纪初首先在美国形成，经过近百年的发展，世界家电工业已形成一个庞大的工业体系，成为全球性出口型产业：家电产品已成为国际化、世界性产品。

美国家用电器生产仍保持世界领先地位。20 世纪 70 年代开始，日本家用电器生产有了很大发展：仅次于美国成为最大的家用电器出口国。与此同时，德国、意大利、前苏联等国家也得到较快发展。英国和法国也位居世界家用电器主要生产国之列。

近几十年来，世界主要国家和地区家电产品总销售额急剧上升，1980 年达 383 亿美元，1986 年达 594.76 美元，1990 年达到 1400 亿美元，1995 年达到 2000 亿美元。家电的品种结构随着时间的推移在不断变化。1985 年世界主要家电产品产量为：电冰箱 4417 万台，洗衣机 4054 万台，电风扇 8655 万台，空调器 1151 万台，吸尘器 3609 万台，微波炉 1448 万台，电熨斗 3698 万台。按家电产品产值分析：电冰箱占 25%，洗衣机占 15.7%，空调器占 14%，微波炉占 10.6%，电风扇占 2.6%，电熨斗占 1.1%；其他产品为 27.3%。1985 年以后，家电品种结构发生了较大变化，空调器比例大幅度增加，电风

扇、电熨斗等日用小家电的比例有所回落。世界家电产业发展速度为：亚洲约为年平均 10% 的增长，欧洲约为 5%；北美比较稳定，增长比例为 2%~3%。

纵观世界家电发展，有以下几大特点：一是实行大批量专业化生产，企业生产规模一般都在年产几十万台，人均生产率很高；二是普遍采用计算机生产管理和计算机辅助设计、制造、测试技术并建立柔性生产系统或柔性生产线以提高企业应变能力；三是各相关工业的新材料、新工艺、新技术很快在家电产品上得到应用；四是产品更新快，市场竞争日趋激烈。

我国家用电器工业的大规模高速度发展开始于改革开放以后。随着国民经济的发展和人民生活水平的迅速提高，国内家电市场一派繁荣，促进了家用电器工业突飞猛进的发展，发展速度之快在世界上是罕见的。目前，我国家用电器工业在国民经济中所占比例越来越大，从业人数不断增多，产品结构日趋合理，家电产品的市场已逐步从国内拓展到国外。中国作为世界家电制造业基地的地位已经基本确立。

1.1.2 家用电器的分类

目前国际上家用电器产品种类已达数千种之多，而且随着人们日常生活质量的提高，新的家电品种还在不断涌现。但世界上还没有出现统一的家用电器分类标准。常见的家电产品分类方法有以下两种。

(1) 按能量转换方式分类

① 电动器具 即电能转换为机械能的器具。此种能量转换是以电动机完成的，但一般是将其限制在既能完成电-机转换，同时又直接利用此机械能为人们服务的一类器具，如洗衣机、电风扇、真空吸尘器等。而那些虽然能完成电-机转换，

但此机械能还需进行二次能量转换，并利用二次能量为人们服务的器具，如电冰箱就列入制冷器具而不列为电动器具。

② 电热器具 即电能转换为热能的器具。它是以各类电热元件完成电-热转换的，如电熨斗、电饭锅、电暖器、电磁灶、微波炉等。

③ 制冷器具 即能获得制冷效果的器具。它是利用制冷装置产生低温以冷却环境或保存食物、饮料等。这类器具其能量转换形式可有多种，如消耗电能获得制冷效果（压缩式冰箱及空调器等）；消耗热能获得制冷效果（燃气式吸收式冰箱）；消耗化学能获得制冷效果（化学冰箱）。制冷器具除各类冰箱外，还有房间空调器、制冷机、冷饮器等。

④ 声像器具 即电能转换为声能及视像（光能）的器具。这是一类以电子元件为基础的设备，包括收音机、录音机、电视机、录像机、摄像机、CD机、VCD机、DVD机等。也有人把电声与视像分为两类，即把电能转换为声能的，如收音机、录音机、CD机等归为电声设备；而把电能转换为图像显示的如电视机、录像机等设备归为视频设备。

⑤ 照明器具 即电能转换为光能的器具。它是以各类电光源完成电-光转换，所以电光源是这类器具的核心部件。

上述分类方法对家电和器具的能量转换很明确，但也有其局限性，主要表现在现代家用电器中往往同时存在多种形式的能量转换。例如，在洗衣机、压缩式冰箱中既有电-机转换，也有电-热转换；在电唱机、录音机、CD机中，既有电-声转换，也有电-机转换；在电视机中存在有电、声、光、像等转换。因此，更多地按用途来进行分类。

（2）按用途分类

- ① 空调器具 包括调节室内温度与湿度、加速空气流动或排气的电器器具，如空调器、电风扇、排气扇等。
- ② 制冷器具 包括以人工方法获得低温以存储食品的器具，如电冰箱、冷冻机、冷饮机等。
- ③ 取暖器具 包括提高房间温度及与人体接触产生温度变化的电器器具，如空气加热器、电暖炉、电热被等。
- ④ 厨房用具 包括食品加工、食具清洗、炊具等电器器具，如电饭锅、电烤箱、洗碗机、电磁灶、微波炉等。
- ⑤ 清洁器具 包括个人与环境卫生的清理与清洗用电器器具，如洗衣机、干衣机、吸尘器等。
- ⑥ 整容与保健器具 包括个人容颜整饰与身体保健用的电器器具，如电吹风、电动剃须刀、电子体温表、电子血压表、电子按摩器等。
- ⑦ 声像器具 包括电子音响及视像设备，如收音机、录音机、电视机、录像机、CD机、VCD机、DVD机等。
- ⑧ 娱乐器具 包括电动玩具、电子玩具、电子游戏机、电子琴、电子乐器等。
- ⑨ 照明器具 包括室内各种照明及艺术装饰用的灯具，如荧光灯、台灯、吊体、壁灯、自动应急灯等。
- ⑩ 其他器具 除上述各种家用电电器外的其他用具，如电动缝纫机、电子门铃、电子钟、警报器等。

1.2 主要家电的发展趋势

1.2.1 洗衣机的发展趋势

随着科技水平的提高，洗衣机正朝着节水、节电、降低噪声、大容量化、自动化与智能化方向发展。