



资源回收利用丛书

废旧金属、电池、催化剂 回收利用实例

■ 李东光 主编



中国纺织出版社

 资源回收利用丛书

废旧金属、电池、催化剂 回收利用实例

李东光 主编

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书收集了大量有关废旧金属、电池、催化剂的综合利用途径,以实例的形式介绍了废旧金属、电池、催化剂回收利用的方法。可供从事上述废物回收利用工作的相关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

废旧金属、电池、催化剂回收利用实例/李东光主编. —北京:
中国纺织出版社,2010.5

(资源回收利用丛书)

ISBN 978-7-5064-6327-0

I. ①废… II. ①李… III. ①金属—废物综合利用②电
池—废物综合利用③催化剂—废物综合利用 IV. ①X7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 055800 号

策划编辑:朱萍萍 责任编辑:范雨昕 责任校对:陈 红
责任设计:李 然 责任印制:周文雁

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街 6 号 邮政编码:100027

邮购电话:010—64168110 传真:010—64168231

<http://www.c-textilep.com>

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2010 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

开本:710×1000 1/16 印张:18.25

字数:291 千字 定价:39.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

前 言

自 20 世纪 90 年代以来,我国工业化程度快速上升,国民经济 GDP 以平均每年 9.5% 的增幅进入持续高速增长的阶段。但这种快速增长也给资源和环境带来了巨大的压力,环境污染问题日趋严重。发达国家工业化百年来分阶段出现、分阶段解决的环境问题,在我国仅短短 20 年的发展中便已集中出现。

我国人口众多,资源相对贫乏,生态环境脆弱。在资源存量和环境承载力两个方面,都已承受不起传统经济形式下高强度的资源消耗和环境污染。如果继续走传统经济发展之路,沿用三高——高消耗、高能耗、高污染的粗放型模式,以末端处理为环境保护的主要手段,那么只能阻碍我国进入真正现代化的速度。从长期发展的角度来看,良性循环的社会应从发展阶段开始塑造,才不会走弯路,才会得到更快的发展。走循环经济之路,已成为我国社会经济发展模式的必然选择。循环经济的核心是资源的循环利用,而工业废弃物作为一种特殊的资源,如何变废为宝,走废弃物资源化的道路,是摆在人们面前的一个重要课题。

据初步统计,我国石油和化学工业“三废”综合利用,年产值目前已达 62 亿元,其中固体废物年综合利用量为 5975 万吨,达 75% 以上。我国石油和化学工业经过 50 多年的发展,2008 年工业总产值已超过 6.58 万亿元,有 20 多种主要产品的产量位居世界前列。我国是一个化工生产大国,却不是化工技术强国。由于工艺技术及装备等与国际先进水平相比较为落后,我国的化工行业目前不仅是全国耗能大户,也是污染大户。2006 年,全国石油和化工行业消费的煤、电、天然气、成品油等各种能源折合标准煤 3.74 亿吨,占全国总能耗的 16.5%;排放的废气、废水、废渣则分别位居全国工业废弃物排放量的第一、第四和第五位,其中主要污染物化学需氧量(COD)、氨氮化合物、二氧化硫等居各工业部门的前列。

为了变废为宝,近年来,国家在工业废弃物的回收和再生利用方面做了大量工作,尤其是循环经济的推行,使一批节能、降耗、减污、增效的优秀企业不断涌现,并取

得了较好的经济效益和社会效益。

为了对环保工作能做些力所能及的事,编者在中国纺织出版社的组织下,编写了这套“资源回收利用丛书”,共分为3册,包括《废旧金属、电池、催化剂回收利用实例》、《废旧塑料、橡胶回收利用实例》、《工业废弃物回收利用实例》,每册均收集了大量的废物回收利用实例,使其应用更具针对性和实用价值。本册收集了有关废旧金属、电池、催化剂回收利用实例180余例,读者可以根据需要进行选择、参考。

本书由李东光主编,参编人员有翟怀凤、李桂芝、吴宪民、吴慧芳、蒋永波、李嘉、邢胜利等。由于水平有限,书中难免有疏漏及不妥之处,欢迎读者在使用过程中发现问题及时指正。

编 者

2010年1月1日

目 录

第一章 废金属回收	1
第一节 概述	1
一、废金属回收概况	1
二、废金属再生资源的主要来源	2
第二节 贵金属的回收方法	5
一、火法富集	5
二、湿法溶解	6
三、微生物吸附	8
第三节 贵金属回收实例	8
• 从镀金废料中回收金	8
• 从镀金废品中回收金	10
• 从电子工业废渣中提取金、银、钯	11
• 从含铜金精矿中综合回收金、银、铜	14
• 从炼锑废渣中回收金、银、铂	15
• 从低含银工业废水中回收银	17
• 从废彩色感光材料中回收银	18
• 从废定影液中回收银	19
• 从废乳剂和废片中回收银	21
• 从含铂的碘化银废料中分离提取铂、银	21
• 从含铂的碘化银废渣中回收银、铂	22
• 从含铅、银废料中提取高纯度银珠	24
• 从含银废液(废定影液)中回收银	25
• 从氯化银废液中回收银	26

- 从铅阳极泥中回收银、金、铋、铜、铅 28
- 从微量银废液中回收银 29
- 从电路板蚀刻废液中回收铜 30
- 从蚀刻废液中置换回收铜 32
- 从炼铜废渣中回收锡、铜、铅、锌..... 33
- 从氯化钴溶液中分离回收铜 34
- 从铅冰铜中回收铜 35
- 从铅阳极泥中制取硝酸银,回收铜、铅、铋..... 37
- 从铜镍金属混合物中回收铜、镍..... 38
- 从印刷电路酸性蚀刻废液中回收铜 40
- 废铜箔低成本回收 42
- 由含铜废料直接电解生产电解铜 44
- 从化学镀铜老化液中回收铜 44
- 从高镁磷矿中回收镁 45
- 从低品位辉钼矿中堆浸回收钼 48
- 从铝基含钼废渣中回收钼 50
- 从废旧镍镉电池中回收镉、镍..... 52
- 从含镍三氯化铁蚀刻废液中回收镍 55
- 从锰矿石中回收微量镍、钴..... 56
- 从退锡或锡铅废液中回收锡 58
- 从无铅焊锡废料中回收锡、银..... 59
- 从酸性溶液中富集回收锗 60
- 从提锗煤渣中回收锗 63
- 从低品位弱酸性锗料中回收锗 64
- 从电镀污泥中回收有价金属 66
- 从电子废料中回收贵金属 69
- 从电子废料中回收有色金属、贵金属..... 70
- 从多金属金银矿综合回收贵金属 73
- 从浸锌渣中回收有价元素 78
- 从氯化渣中回收金、银及铅、锡等有价金属 80

• 从镍、铁蚀刻废液中回收有价金属·····	82
• 从羰化冶金残渣中回收贵金属·····	84
• 从低品位碳酸锰及氧化锰矿中回收硫酸锰·····	85
• 从镀铬废水中回收铬·····	87
• 从废铝箔纸边料中回收铝·····	88
• 从金属锶残渣中回收锶、铝·····	88
• 从工业废渣中提取钴·····	91
• 从含铂铑的废料中回收提纯铂、铑·····	93
• 从金属污泥中回收金属·····	98
• 从冷轧乳化液中回收纳米铁粉·····	98
• 从锂锰氧化物中分离回收锂、锰·····	101
• 从钹铁硼废料中提取氧化钹·····	102
• 从坡缕石矿石中回收碘·····	103
• 从切割废砂中回收硅粉、碳化硅粉·····	105
• 从砷化镓工业废料中回收镓、砷·····	106
• 从液相外延废液中回收高纯金属镓·····	109
• 从铜阳极泥中回收金、铂、钯、碲·····	109
• 从烯烃羰基化催化剂废液中回收金属铑·····	110
• 从铟锡氧化物废靶材中回收铟·····	113
• 从铟锡氧化物废料中提取精铟·····	114
• 从废钹铁硼材料中回收制取钹、钹镓·····	116
• 钢结硬质合金的回收与再生·····	117
• 化学镀镍老化液的回收·····	118
• 以含镍废料再生为原料制造高活性镍饼·····	119
第二章 废电池的回收利用·····	123
第一节 概述·····	123
一、废电池回收的意义·····	123
二、我国废电池的污染与处理现状·····	124
第二节 废电池的回收利用技术·····	126

一、废旧干电池综合利用技术	126
二、铅蓄电池的回收利用	127
三、镍镉电池的回收利用	128
四、混合型电池的处理技术	128
第三节 废电池回收实例.....	129
• 从废碱性锌锰电池中回收汞.....	129
• 从废旧铅蓄电池中回收铅.....	132
• 从废旧干电池中提取锌、二氧化锰(1).....	133
• 从废旧干电池中提取锌、二氧化锰(2).....	134
• 从废旧电池中提取锌、二氧化锰(3).....	137
• 利用废旧干电池制取锰锌铁氧体(1)	138
• 利用废旧干电池制取锰锌铁氧体(2)	139
• 利用废旧碱性锌锰电池制备铁氧体.....	139
• 从废旧碱性锌锰电池中提取金属钢、石墨	142
• 从废旧锂离子电池中回收制备纳米氧化钴.....	144
• 从废旧锂离子电池中分离回收钴.....	145
• 从废旧锂离子电池中分离回收锂.....	148
• 从废旧镍镉电池中提取镉、生产镍铁合金	149
• 从废旧无汞碱性锌锰电池中提取钢锌合金.....	151
• 利用废旧锌锰干电池生产金属化合物.....	152
• 从废旧蓄电池中回收铅.....	153
• 从废铅酸蓄电池中回收铅.....	156
• 利用废铅酸蓄电池中的铅泥制备高质量红丹.....	158
• 利用废铅酸蓄电池中的铅泥制备高质量二氧化铅.....	160
• 利用废铅蓄电池板栅和连接件制备三盐基硫酸铅.....	161
• 利用废铅蓄电池中的铅泥制备三盐基硫酸铅.....	163
• 从废锌锰干电池中提取二氧化锰、锌	165
• 废电池资源回收利用.....	168
• 废旧电池环保处理方法.....	169
• 以废旧干电池为原料生产污水处理剂.....	170

• 废旧镍镉电池综合利用处理工艺	171
• 废旧镍铁电池综合利用处理工艺	173
• 废旧电池综合利用处理工艺	174
• 废旧干电池的碱性浸出	176
• 以废旧干电池为原料生产净水剂	177
• 利用废旧碱性二氧化锰干电池制备锰锌铁氧体	179
• 废旧锂电池回收中的酸浸萃取工艺	180
• 废旧锂离子电池的资源化分离方法	182
• 利用废旧锂离子电池制备钴铁氧体	184
• 利用废旧锂离子电池制备锂取代钴铁氧体	186
• 废旧镍镉电池的资源化生产方法	188
• 废旧铅酸蓄电池预处理及成分分离的方法	189
• 废旧蓄电池清洁回收铅	192
• 废镍镉电池的环保利用方法	193
• 废铅酸蓄电池板栅和膏泥的处理工艺	194
• 利用废铅酸蓄电池生产再生铅、红丹和硝酸铅	195
• 含汞废电池的综合回收利用	197
• 浸出法回收干电池	200
• 废镍镉电池的综合回收利用	202
第三章 废催化剂的回收利用	205
第一节 概述	205
一、工业催化剂的使用状况	205
二、废催化剂的回收现状	206
第二节 废催化剂的分类	207
第三节 废催化剂的常规回收方法	212
一、干法	212
二、湿法	212
三、干湿结合法	212
四、不分离法	212

五、分离法	213
第四节 废催化剂回收实例.....	213
• 从废催化剂中回收钯.....	213
• 从废钯/氧化铝催化剂中回收金属钯	215
• 从废钯炭催化剂中回收贵金属钯(1)	216
• 从废钯炭催化剂中回收贵金属钯(2)	217
• 从废钯炭催化剂中回收贵金属钯(3)	220
• 从废钯炭催化剂中回收贵金属钯(4)	221
• 从废氟化催化剂五氯化锑中回收金属单质锑.....	222
• 从废铂锡催化剂中回收铂.....	224
• 从废催化剂中回收铂族金属.....	226
• 从废催化剂中回收钴、锆	228
• 从废钴钼催化剂中分离回收钴、钼	231
• 从废铈催化剂中回收金属铈(1)	233
• 从废铈催化剂中回收金属铈(2)	234
• 从废铈催化剂中回收氯化铈.....	235
• 从废钼基催化剂中提取钒、钼、镍、钴、氧化铝.....	236
• 从废重整催化剂中回收铂、铼、钨等金属.....	240
• 从工业废触媒中分离回收铜、铬	242
• 从钴基费托合成催化剂中回收钴.....	243
• 从羰基合成含钴废催化剂中回收钴.....	245
• 从含钼废催化剂中回收高纯度钼.....	247
• 从含有贵金属的废催化剂中回收贵金属.....	249
• 废催化剂的处理方法.....	249
• 废催化剂的再生.....	251
• 废旧一氧化碳耐硫变换催化剂的再生.....	253
• 钴—钼系废催化剂回收.....	253
• 含铂催化剂的回收.....	255
• 含醋酸钴、醋酸锰催化剂的回收	258
• 活性炭负载钨催化剂的回收.....	260

• 利用含钒废催化剂生产五氧化二钒·····	262
• 分离尼龙酸并回收废催化剂·····	264
• 复活 FCC 废催化剂的方法 ·····	265
• 双功能硫黄回收催化剂·····	267
• 氧化镍废催化剂的溶解处理·····	270
• 用氨沉淀法回收氟化硼催化剂·····	272
• 利用废催化剂合成聚合硫酸铝·····	272
• 利用废催化剂制备聚硅硫酸铝絮凝剂·····	274
• 利用废分子筛催化剂制备聚合氯化铝·····	276
• 杂多酸催化剂的回收·····	277
主要参考文献 ·····	278

第一章 废金属回收

第一节 概 述

一、废金属回收概况

废金属包括常见的黑色金属、有色金属和贵金属。在我国,黑色金属和有色金属的回收利用价值已被人们所了解和熟悉,并形成了一个自下而上的回收系统,那些废铜烂铁无论以何种形态存在,人们已不再将其视为“废物”、“垃圾”,这正是由于回收工作的加强,才使它们的身价得到重视和认可。而稀贵金属的回收却是被人遗忘的角落。稀贵金属报废以后,因稀少和分散而不被人们重视,这是稀贵金属回收的最大难题。

废金属的回收,无论是常见的黑色金属、有色金属,还是稀贵金属,已不是一个简单收集回炉的问题。一辆报废的汽车,除了大部分的钢、铁外,还有铜、铝、铅、铬等其他金属和非金属。同样,一台报废的电器所含金属就更为复杂了。从金(Au)、银、铜、铁到镍(Ni)、钴(Co)、硒(Se)、碲(Te)、锗(Ge)、铌(Nb)、钼(Mo)、稀土金属等,多达几十种。有的则是以合金形式存在,有的则是通过电镀附着于其他金属表面。虽然这些都是极有价值的金属,但就其单一的金属回收,在效益上是不合算的。一只表面镀金的三极管回收金以后,其他部分又会成为废品。三极管的其他部分是价值极高的铁钴镍合金,将铁、钴、镍一一分离,其利用价值就更高了,比起从矿石中提取冶炼成本要低得多。随着近代工业的发展,使金属回收从单一型走向综合型。如果不能综合回收,新的浪费和流失又将形成,只有综合利用,才能做到物尽其用。

贵金属包括金、银、铂(Pt)、钯(Pd)、铑(Rh)、铱(Ir)、钌(Ru)、锇(Os),由于具有独特的物理、化学性质,用作电子、电工、仪表材料、感光材料、催化剂等,广泛应用于航空航天、电子电器、通信、计算机、照相器材、汽车、石油化工等现代科技和工业领域中,有重要的和不可替代的作用。

含贵金属的工业产品经一定使用期后便会成为废料;此外,在贵金属产品生产、加工过程中也会产生屑、丝、渣、液等废料,成为宝贵的贵金属二次资源。二次资

源与一次资源相比,其贵金属含量均较高,组成相对单一,因此处理工艺比较简单,加工成本较低,世界各主要工业发达国家都比较重视贵金属二次资源的综合回收利用。

据资料显示,全世界使用过的贵金属,有 85% 以上被回收再使用。目前,美国的电子垃圾处理企业年利润就已经达到 2500 万~3000 万美元。据统计,开采 1t 银大约需要 30 万美元的费用,而回收 1t 银仅需花费 1 万美元;开采 28.3g(1oz)金需要 250~300 美元,而回收 28.3g(1oz)金只需要 100 美元。再例如,把旧手机里的废电池收集起来,积攒到 1t,就可以从中提炼出 100g 金;而普通的含金矿石(砂)每吨只能提取几克金,多者不超过几十克金。

我国的贵金属资源人均占有量低于世界人均占有量,因此二次资源回收利用的意义更大。经过多年的发展,我国已初步形成了一套较为完善的废旧贵金属回收体系,其中以废旧贵金属首饰和制作首饰的废料回收、贵金属矿山尾矿和选冶厂矿渣回收以及电解电镀废渣(液)回收为主。但与发达国家相比,我国贵金属再生资源的回收起步较晚,技术较为滞后,回收生产粗放经营,尚未形成有效的贵金属回收体系和相应配套的管理机制,亟待国家政策扶持。目前,我国回收废旧贵金属的厂家有 150~200 家,回收单位分散,形不成规模;而且回收设备简陋,技术落后,回收率不高,浪费了资源和能源;回收渠道杂乱,缺乏政府的有力监管。贵金属废料回收的小作坊占据多数。这些个体户的出现,虽然对贵金属废料回收起到一定的作用,但带来的环境污染等问题却十分严重。

二、废金属再生资源的主要来源

1. 矿山尾矿、选冶废渣中贵金属的回收

为了提高矿山或贵金属选冶企业的经济效益,矿山及有关矿石选冶企业对于尾矿和选冶废渣中贵金属的回收都做了较为细致的研究工作,这些企业为提高贵金属回收率愿意投资,其回收机制比较完善。贵金属作为副产品,能为企业带来经济效益。

全世界目前开采的铂矿资源主要可分为两大类,即砂铂矿和共生矿。砂铂矿曾在 50 多个国家的 100 多个地区广泛分布,是 20 世纪 20 年代前的主要生产资源。砂铂矿只要简单重选,即可提取出密度很大(约 $20\text{g}/\text{cm}^3$)的粗铂矿和钨铌矿为主要组分的铂族金属精矿,直接用化学方法分离,精炼为铂、铑、钯 3 个纯金属产品。共生

矿的情况较复杂,矿石中含有铂、钯、钨、铋、钼、金、银、镍、铜、钴、铁、硫等 10 多种有价元素,是一类必须全面综合利用的宝贵资源。主要资源分布,如南非布什维尔德、美国斯蒂尔瓦特、俄罗斯诺里尔斯克、加拿大萨德贝里、中国金川等地均是共生矿。

贵贱金属分离是决定尾矿回收途径和回收指标的关键,是共生矿综合利用工艺的核心及技术发展的重点,要达到提取铜、镍、钴产品和以尽量高的回收率富集产出贵金属精矿的双重目的。与其他国家大型共生矿相比,我国金川共生矿中铂族金属品位最低,综合提取的技术难度更大,产量受镍、铜生产规模的制约更大,必须研究和制订有效的工艺,才能得到较高的回收率。从矿石到提取出品位 50% 的贵金属精矿,比较选冶全过程要求的富集倍数,南非为 8 万倍,加拿大为 8 万倍,我国金川需 150 万倍。要求的富集倍数越高,使用的富集工序越多,工艺过程越长,贵金属回收率可能越低。

2. 废旧金银首饰的回收

废旧金银首饰的回收还包括牙科用贵金属以及其他生活用贵金属饰品的回收。以前,大部分废旧金银首饰都由银行或首饰公司(店)回收。金银市场放开后,国家、集体、个人首饰店都可以回收金银,为此金银回收机制比较完善。这部分废旧金银回收占相当大的比重,尤其是黄金。

黄金和银的消费主要有珠宝首饰、电子产品、牙科、工业装饰、储备、纪念币、官方货币、电镀、钢笔、钟表等。根据统计,目前世界黄金消费量达 3235.1t,其中首饰业共消费黄金 2840.3t,占 87.8%。进入 21 世纪以来,我国的年黄金消费总量一直在 210t 左右徘徊;2004 年我国内地黄金消费总量增长了 3%,达到 213.2t,位于印度消费 855.2t、美国 409.5t、沙特 228t 之后,排名世界第四。目前,亚洲的人均黄金拥有量是 10g,而国内的人均黄金拥有量仅为 0.2g。随着国内人均消费水平的提高,这一数值将进一步增加。

民间对首饰用废旧贵金属的回收体系已较为完善,部分地区已建立以首饰回收再加工为主体的地方经济支柱产业。

3. 电极泥、电镀废液中金属的回收

有色金属和金银电解、电镀有关厂家都能对电极泥、电镀废液进行处理,回收其中的贵金属。

4. 照相胶片行业中银的回收

感光材料中银的消耗最大,为此相关厂家对其中银的回收给予了高度重视,一般都已建立了完善的回收机制。

银的最大用户是照相业。据资料显示,感光材料每年消耗的银相当于工业用银总量的 1/3 左右,而其中有 90% 溶解在冲洗加工药液中(主要是在定影液或漂洗液中),而其中的银 100% 都能被回收。近年世界再生银平均占世界银供应量的 1/4 以上,发达国家再生银回收量比例更大,美国 1999 年和 2000 年从旧料中回收银的量各为 1700t 和 1600t,占本国精炼银产量(4000t)的 40% 以上。日本国内有大型再生银工厂 16 家和 150 多家从事照相业废液回收企业,年均回收 400~500t(日本国内含银 0.1% 的废料均可回收)。我国每年用于照相业的白银达 200t,其中 80% 的银在洗印胶片、底片时进入废液中,如果回收的话,回收银将在 150t 以上。按世界平均回收水平,我国每年也可回收银达 375t。

5. 废旧电器中的金银回收

废旧电器中贵金属的回收,是贵金属回收市场今后的主要走向,并将在很长一段时间内是贵金属再生资源回收原料增加最快的领域。

废旧电器包括计算机、电视、冰箱、洗衣机以及手机等。对于这些废旧产品的回收还没有相关条例。目前,一些地方通过进口电子废料回收贵金属,回收技术落后,也没有环保措施,对环境造成了严重的污染。随着时间的推移,国内部分电子产品也进入报废期,从 2003 年起,我国每年将至少有 500 万台电视、400 万台冰箱、600 万台洗衣机要报废。电子垃圾中有黄金、白金、钯等多种贵金属,均具有很高的回收利用价值。

6. 废催化剂中的铂族贵金属的回收

贵金属元素中金、银、铂、钯、铑、钼、铱、钇 8 种,除金和银很少用作催化剂外,其他 6 种元素均已被广泛使用,铂族金属被广泛应用于加氢、氧化、脱氢、氢解、氨合成、甲醇合成、烃类合成、醋酸合成、加氢甲醛化、羰基化、顺式羟基化等反应的催化剂。贵金属作为催化剂使用时,使用最多的是铂、钯、银。

由于净化汽车尾气的贵金属催化剂的使用日益普及,催化剂中起催化作用的铂族金属的用量逐年增加。催化剂中毒后,很大一部分不能再生,因而全世界每年要产生大量的废贵金属催化剂,如何适当处理并充分利用这些二次资源就显得日益重要和紧迫。目前,全世界汽车催化剂年消耗的铂族金属占铂总消耗量的 30%~42%,

钯占 56%~76%，铑占 95%~98%，都在各自的用途中占据首位。自 20 世纪 90 年代以来，大量使用贵金属的汽车催化剂已在国际上成为一大环保技术和新材料产业，并表现出强劲的发展趋势。

据了解，近年仅石化行业铂重整工艺中使用含贵金属铂、铑、钯元素的催化剂，贵金属含量占 3% 左右，该催化剂使用寿命为 3.5 年，全行业的填装量为 600t 左右，其中含贵金属 1800kg。化工尿素生产装置中，使用含金、铂、铑、钯元素的金属多金网，使用周期为半年，全年使用量为 200kg。

7. 功能材料用贵金属的回收

功能材料是指表现出力学性能以外的电、磁、光、生物、化学等特殊性质的材料。贵金属材料因具有较高的导电导磁性，在功能材料领域大放异彩，主要用于测温、传感器、灵敏原件等领域。目前，随着电子技术的快速发展，新型功能材料的研制也更新较快，而回收失效和淘汰的旧功能材料是贵金属回收的又一方向。

第二节 贵金属的回收方法

目前，随着人们对贵金属回收技术研究的不断深入，各项技术不断发展，每天都有这方面的新技术诞生。不过比较具有代表性的主要有三种：火法富集、湿法溶解和微生物吸附。

一、火法富集

处理复杂废料时，火法富集具有很强的适应性。目前，世界上一些著名的贵金属回收厂几乎都采用火法富集过程。火法富集有熔炼富集、火法氯化、高温挥发及焚烧等工艺，其主要过程为燃烧和熔炼。燃烧时使用大型回转窑，可使物料减重 30%，窑尾附有废气净化装置。燃烧后的物料经磨碎、筛分和磁性分离，产品分别进入感应电炉熔炼、化学精炼或电解精炼。美国采用电弧炉熔炼法，从电子废料中回收贵金属，以金属铜为捕集剂，熔炼温度为 1400~1500℃，时间为 1.75h，可回收 99.88% 的金、99.98% 的银和全部钯。

氟化法可能成为一种高选择性的金属分离方法。据欧洲专利介绍，对含 Pt、Ru、Os、Ir 和 Rh 的粉状合金材料，在 500~600℃ 下用氮氟混合气体进行氟化，气流速度为 4.5L/h。贵金属以氟化物形式挥发，除 Rh 的挥发率大于 95% 以外，其余均大于