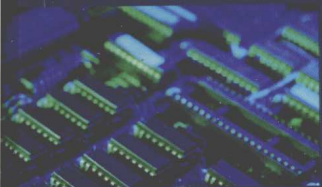


电子废弃物



处理处置风险与 管理概论

王红梅 王琪 主编

DIANZI FEIQIWU
CHULI CHUZHI FENGXIAN YU
GUANLI GAILUN

中国环境科学出版社

电子废弃物处理处置风险与 管理概论

王红梅 王 琪 主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电子废弃物处理处置风险与管理概论/王红梅, 王琪
主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2010.9
ISBN 978-7-5111-0313-0

I. ①电… II. ①王… ②王… III. ①电子产
品—废物处理 IV. ①X760.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 128456 号

责任编辑 葛 莉
责任校对 刘凤霞
封面设计 玄石至上/陈莹

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2010 年 9 月第 1 版
印 次 2010 年 9 月第 1 次印刷
开 本 880×1230 1/32
印 张 10
字 数 250 千字
定 价 38.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

编 委 会

顾 问 孟 伟 李发生 李金惠

主 编 王红梅 王 琪

副主编 于云江 韩 梅

编 委 刘 茜 黄泽春 杨苏文 陈艳卿 乔 琦

刘景洋 郭玉文 吕世海 周友亚 王先良

王菲菲 余若祯 钟崇洲 魏林宏 柯 岫

刘 锋 李 琴 聂 静 钱 岩 李 屹

杨 彦

序

谨以此书献给环境管理部门、卫生管理部门及科学研究相关领域的全体同仁，希望它能为提高中国电子废弃物相关行业的环境管理及科学技术水平作出微薄的贡献。

电子废弃物（E-waste，俗称“电子垃圾”）已成为世界上增长最快的垃圾，据联合国环境规划署估计，全世界每年有 2 000 万～5 000 万 t 的废旧电子产品被丢弃，全球电子垃圾正以每年 3%～5% 的速度增长。与此同时，我国电子垃圾产量自 2003 年以来已高达 110 万 t，随着我国经济的发展、人民生活水平的提高，使得电子产品的更新换代周期越来越短，电视、手机、电脑等各种电子产品每年淘汰量以惊人的速度增长，每年的增长速度为 5%～10%。以手机为例，1991 年我国手机用户才 100 万户，2001 年超过了 1 亿户，2008 年高达 5 亿户，而每部手机在用户手中的使用时间平均仅有 12 个月，每年新增手机垃圾高达 40 万 t。

E-waste 不同于一般的固体废物，它含有大量的可再生资源，如重金属（金、铜等）与有机物（PVC 材料等），也包括不能回收利用的有害物质。从节约资源与保护环境的角度出发，对 E-waste 合理地再生资源化处理将成为解决“电子垃圾”问题的最佳方法。随着人们对二次资源利用及环境保护的重视，电子废弃物的资源化回收研究工作迅速发展，特别是欧洲，大多数国家已经建立了相应的回收体系。在德国，电子废弃物回收处理企业一般规模都不大，大多为市政系统专业回收处理公司、制造商专业回收处理公司、社会专业回收处理公司、专业危险废物回收公司等。在美国，电子废

弃物的资源化产业共有 400 多家公司，主要分为专业化公司、有色金属冶炼厂、城市固体废物处理企业、电子产品原产商（OEM）和经销商等。在我国，进口部分种类电子废物作为原料再加工已有十几年历史，进口废物数量一直保持增长趋势；除了合法贸易外，国外发达国家违反国际公约，进行有目的的不道德电子垃圾转移也是导致大量电子垃圾登陆我国的主要原因。目前国外电子垃圾进入我国的地域呈现日益扩大的趋势，已从最初的广东沿海地区蔓延到浙江、湖南、上海、天津、福建、山东等地。加上我国日益增长的自产电子废弃物，可以预见未来我国电子废弃物的处理处置问题必将成为严峻的社会问题。

电子废弃物处理产生的污染物成分复杂，种类繁多，是我们必须关注的问题。电子垃圾回收处理过程产生的特征污染物主要包括重金属污染物（如 Cd、Pb、Cr、Hg 等）和持久稳定的有机污染物（如多氯联苯、多溴联苯、二氧杂芑等）。电子废弃物处理场地周围的污染程度不容乐观。其中某些污染物如重金属和持久性有机污染物（Persistent Organic Pollutants, POPs）通过干、湿沉降和污水排放等方式，转移至水体或沉积物和土壤中，进而影响周围低污染或未受污染的环境和食物链，形成潜在的重金属和 POPs 高风险区，即所谓的“化学定时炸弹”。这些高风险区可以作为新的污染源在适当条件下像定时炸弹一样向环境释放污染物，造成突发性环境事件。

国外发达国家很早就开始电子废弃物治理的立法工作。目前大约有 16 个国家制定了比较全面和细致的电子废物回收利用法，如欧盟的《电子废物回收法令》、日本的《家用电器再生利用法》等，它们都具有很强的操作性。而我国在电子废弃物的回收、处理处置和管理方面尚处于起步与探索阶段，相关的有效管理法律法规依然缺乏。虽然我国修订的《固体废物污染环境防治法》已于 2005 年生效，原国家环保总局颁发了《关于加强废弃电子电气设备环境管理的公告》《危险废物经营许可证管理办法》等配套文件，原国家环境保护总局等多部委于 2006 年联合颁布了《电子信息产品污染

控制管理办法》，但这些法律文件主要是方向性和原则性的，可操作性不强。我国需要对回收处理资质认定、污染防治责任主体认定和责任承担机制的明确并可操作性的立法。

2008年8月20日国务院第23次常务会议通过的《废弃电器电子产品回收处理管理条例》（将于2011年1月1日起施行）中明确提出国家鼓励和支持电子废弃物的再生资源化研究。原国家环境保护总局也发布了相应的《电子废物污染环境防治办法》（自2008年2月1日起正式实施），其中体现原国家环境保护总局对E-waste的管理将从规范拆解、利用、处置电子废弃物扩展到对产生、贮存电子废弃物的再生资源化全过程进行管理。虽然我国政府已明确了对E-waste再生资源化过程进行重点管理的环保战略，由于废弃电器电子设备种类繁多，产品分类或处理技术分类模糊，尤其管理依据中有关环境与健康影响基础数据不足，相应的法规体系缺乏，导致E-waste回收处理及再生资源化过程中在管理细则与污染控制标准上不够明确，给环保部门有效实施管理和开展污染控制带来困难。

我们相信本书不仅对于电子废弃物环境保护与健康研究领域人员，而且对于从事研发、回收处理及应用电子废弃物的工程技术人员，将具有一定的参考价值。

编委会感谢为本书撰写和出版进行了卓有成效工作和不懈努力的所有人员，尽管他们日常工作繁重，但仍于百忙之中为此书尽职尽责，正因为他们的辛勤工作，才使此书得以问世。

撰写过程中由于各种复杂因素的制约，有些资料很难获得，且水平有限，书中的缺点、错误或不尽如人意之处在所难免，我们热切期待来自读者的批评、建议和指正。

《电子废弃物处理处置风险与管理概论》编委会

王红梅执笔

2010年8月

目 录

第一章 电子废弃物的来源与分类.....	1
第一节 电子废弃物的来源	1
第二节 电子废弃物的分类	4
第二章 国外回收处理处置的现状.....	11
第一节 国外回收处理系统	11
第二节 国外电子废弃物处理处置的技术状况.....	23
第三章 国内回收处理处置现状.....	41
第一节 电子废弃物的回收处理现状.....	41
第二节 我国电子废弃物处理的技术现状.....	45
第三节 我国电子废弃物处理处置问题的分析.....	76
第四章 电子废弃物的特征污染物研究.....	91
第一节 引言	91
第二节 溯源技术	93
第三节 模拟技术	99
第四节 电子废弃物场地的监测.....	118
第五章 电子废弃物处理处置过程的风险研究.....	131
第一节 电子废弃物的处理处置场地的环境 风险研究.....	131

第二节	本课题关于电子废弃物处理处置场地周边人群健康效应研究.....	137
第三节	国内其他学者关于电子废弃物处理处置场地周边的人群健康效应的研究.....	162
第六章	电子废弃物管理现状及展望.....	171
第一节	引言.....	171
第二节	国外相关法律法规标准.....	172
第三节	国内相关法律法规标准.....	193
第四节	我国电子废弃物回收处理系统及相关法律法规建设的展望.....	202
附 录	210
附录 1	欧盟关于报废电子电气设备指令 (WEEE)	210
附录 2	RoHS 指令.....	236
附录 3	废弃电器电子产品处理污染控制技术规范 (HJ 527—2010)	244
附录 4	废弃电器电子产品回收处理管理条例.....	262
附录 5	我国生产电子废弃物处理处置设备概况.....	268
致 谢	306

第一章 电子废弃物的来源与分类

第一节 电子废弃物的来源

电子废弃物俗称“电子垃圾”，包括各种废旧电脑、通信设备、打印机、复印机、电视机、电冰箱、空调、洗衣机、微波炉、影碟机以及荧光灯、电池、精密电子仪器仪表等，也包括构成这些产品的零组件、元器件及材料等，还包括生产这些产品过程中产生的废品和残次品等，种类繁多，其中含有大量贵金属（金、铂等），还有其他的一些有毒有害物质，如铅、汞等。

随着信息技术的发展与电子产品更新换代速度的加快，全球越来越多的废旧电子产品和电器设备被淘汰，形成大量的电子垃圾。据联合国环境规划署估计^[1]，全世界每年有 2 000 万~5 000 万 t 废旧电子产品被丢弃，全球电子垃圾正以每年 3%~5% 的速度增长^[2]。在美国已经有 1 亿台旧电脑被束之高阁，预计今后十年内，将有 1.5 亿台电脑被淘汰。西欧曾对电子产品进行一项市场销量调查，结果表明截至 2002 年，各种电子产品的总消费量约为 700 万 t，电子废弃物总量约为 400 万 t，占整个欧洲废物流的 2%~3%。目前电子废弃物每五年增加 16%~28%，比总废物量的增长速度快 3 倍，电子废弃物正成为新的危险废物污染源^[3]。

我国电子垃圾污染不仅来自于国内，还有通过各种渠道进口的电子垃圾不容忽视，全球的电子垃圾 80% 被运到亚洲，其中很大一

部分在中国处理与丢弃^[4]。我国国内的电子废弃物增长势头迅猛,电子垃圾产量自 2003 年以来已高达 110 万 t^[5],并以高于全球增长速度的方式不断增加,每年增长 5%~10%。据国家统计局统计,目前中国电视机的社会保有量达到 3.5 亿台,电冰箱、洗衣机、电脑、手机分别达到 1.3 亿台、1.7 亿台、2 000 万台和 1.9 亿部。由于技术进步,电子产品价格不断下降,这类产品有不少在远未达到实际使用寿命的时候就面临被用户淘汰的命运。在我国,每年电脑新增销量上千万台,未来 5~10 年的年增量估计为 25%左右,当前旧电脑的淘汰量估计每年 500 万台以上(见表 1-1 和图 1-1、图 1-2)。专家预测,我国从 2003 年起,每年将报废 500 万台电视机、400 万台冰箱、600 万台洗衣机,还会有 500 万台电脑、上千万部手机进入淘汰期^[6]。

表 1-1 近年来中国各种电子产品保有量和废弃物产量

单位:万台

产品	2004 年 年底 保有量	2004 年 废弃量	2005 年 年底 保有量	2005 年 废弃量	2006 年 年底 保有量	2006 年 废弃量	2007 年 年底 保有量	2007 年废 弃量
冰箱	20 056	490	21 605	553	23 189	624	24 835	706
洗衣机	24 598	650	25 943	682	27 305	716	28 682	752
彩电	40 266	1 210	44 976	1 303	50 628	1 403	57 410	1 511
音响	5 792	130	6 371	149	7 008	171	7 708	197
DVD	13 871	350	14 958	402	16 139	462	17 422	531
手机	31 000	1 780	35 000	1 954	37 000	2 130	38 500	2 339
计算机	5 320	610	7 026	638	8 898	657	10 871	677
打印机	2 217	160	2 819	192	3 511	230	4 331	276
电话机	34 345	1 360	37 779	1 509	41 557	1 675	45 713	1 860
家用 空调机	10 519	237	120 687	267	13 652	302	15 298	342
合计	187 984	6 977	208 545	7 649	228 887	8 370	250 770	9 191

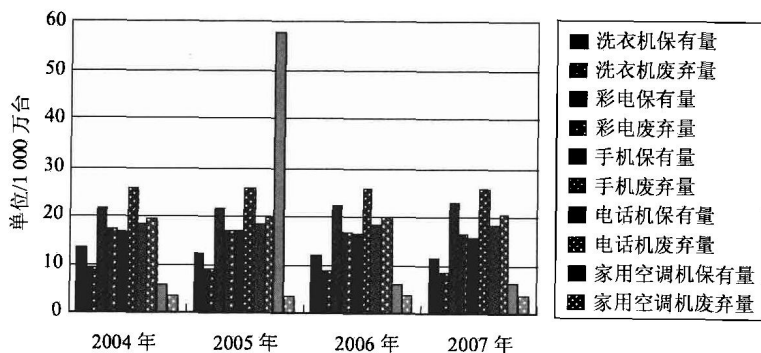


图 1-1 我国电子产品保有量及废弃量

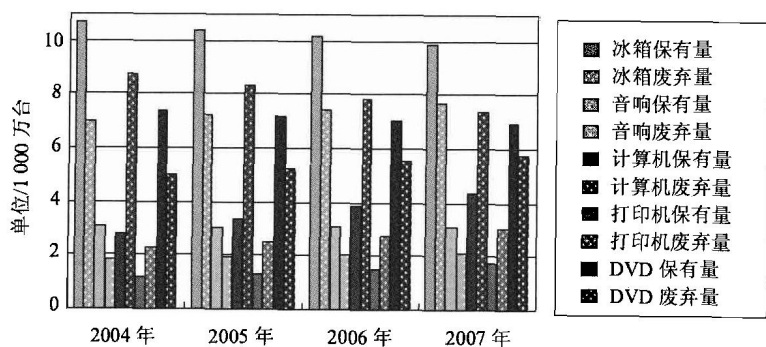


图 1-2 我国电子产品保有量及废弃量

目前,我国电子废弃物主要来源有三个方面。

一是来源于政府机关、企业和家庭的各类废旧电子产品。政府机关和企业将报废的电子产品报废后,一般卖给收购废品的商人或作为垃圾直接进入垃圾箱。而家庭报废的电子产品则会送人、闲置、当做废品卖掉或进入垃圾箱。

二是来源于电子产品生产过程产生的各类废弃物。因为生产企业产生的废弃物数量不太大,这些废弃物中的材料价值已经在生产

的合格电子产品中得到了体现，因而单个企业对这类废弃物的资源化积极性不高。

三是来源于国外的“电子垃圾”。这些废弃物主要通过合法的进口和非法的走私进入我国。美国回收企业资料表明，它们回收的80%的电子废弃物出口到亚洲，其中90%流入中国^[7]。我国已经成为世界废旧电子产品的主要垃圾处理场之一。

电子垃圾从而成为继工业时代化工、冶金、造纸、印染等废弃物污染后新的一类重要环境污染物。我国电子垃圾污染已经成为重要的环境问题，应引起政府和广大环境工作者的关注。

第二节 电子废弃物的分类

电子废弃物的分类对于环境管理而言至关重要，不同发达国家依据自己的国情出台了电子废弃物分类细则。

2003年7月初，欧盟正式颁布处理废弃电子产品指导法令，欧盟在其《官方公报》上公布了《报废电子电器设备指令（WEEE）》（详见附录1和表1-21）中将电子废弃物分为十类：①大型家用器具，如冰箱、洗衣机、微波炉；②小型家用器具，如吸尘器、熨斗、钟表；③信息技术和远程通信设备，如电脑、复印机、打印机；④用户设备，如电视机；⑤照明设备，如荧光灯；⑥电气和电子工具，如电锯、缝纫机；⑦玩具、休闲和运动设备；⑧医用设备；⑨监视和控制装置；⑩自动售货机。

美国国际电子废弃物回收商协会把电子废弃物定义为废弃的电子和电气设备及其元器件，该定义把电子废弃物分为废弃电子设备和机电设备两大类。根据用途，电子设备这一大类又细分为6类产品：商用电子设备、工业电子设备、家电产品、自动化设备、航空电子设备、国防或军事电子设备；废弃机电设备包括物料输送设备、自动加工设备、机器人系统、发电和输电设备、商

用和日用机电设备。美国环保局把电子废弃物分为 3 种类型：大宗电器、小型电器、消费型电子产品。大宗电器是指冰箱、洗衣机、热水器等体积较大的白色家电；小型电器则包括电吹风、咖啡机、烤面包机等体积较小的家电；消费型电子产品又分为音频产品、视频产品、信息产品^[8]。

表 1-2 欧盟对电子废弃物的具体分类

产品大类	具体产品种类
大型家用器具	大型制冷器具，冰箱，冷柜，其他大型食物冷藏、保存和贮存器具，洗衣机，衣服甩干机，洗盘机，烹饪设备，电炉，电热盘，微波炉，其他大型烹饪和食物加工器具，电热器具，电暖炉，其他大型加热房间、床、供坐家具的器具，电扇，空调装置，其他吹风、通风换气和空调设备
小型家用器具	真空吸尘器，地毯清扫器，其他清扫器具，缝纫、针织、编织和其他纺织加工器具，熨斗和其他熨平、轧平以及其他衣物护理器具，烤箱，煎锅，研磨机、咖啡机和开启或密封容器或包裹的设备，电动刀，理发、吹发、刷牙、剃须、按摩器具和其他身体护理器具，钟表、手表和其他测量、指示或记录时间的器具，比例尺
信息技术和远程通信设备	集中数据处理：大型机，小型机，打印机单元，个人计算：个人电脑（包括 CPU、鼠标、屏幕和键盘），膝上电脑（包括 CPU、鼠标、屏幕和键盘），笔记本电脑，记事本电脑，打印机，复印设备，电动和电子打字机，口袋式和台式计算机，其他通过电子方式进行信息收集、存储、处理、演示或通信的产品和设备，用户终端和系统，传真机，电报机，电话机，付费电话机，无绳电话机，移动电话，应答系统，其他通过电信传输声音、图像传输或其他信息的产品或设备
用户设备	收音机，电视机，摄影机，录像机，高保真录音机，扩音器，音乐设备，其他通过电信以外的发送声音和图像技术录制或复制声音或者图像的产品或设备

产品大类	具体产品种类
照明设备	荧光灯管（家用荧光灯除外），直线式荧光灯管，紧凑型荧光灯管，高强度放电管（包括压钠管和金属卤化管），低压钠管，其他照明或用于发射或者控制灯光的设备（白炽灯除外）
电气和电子工具（大型静态工业工具除外）	钻孔机，电锯，缝纫机，对木材、金属和其他材料进行旋转、碾磨、磨光、研磨、锯开、切割、修剪、钻孔、打洞、打孔、折叠、弯曲或者类似加工的设备，用于铆接、打钉或者拧紧或者除去铆钉、钉子、螺丝或类似用途的工具，用于焊接或者类似用途的工具，通过其他方式对液体或者气体物质进行喷雾、涂敷、驱散或其他处理的设备，用于割草或者其他园林活动的工具
玩具、休闲和运动设备	电动火车或者赛车，手动图像游戏控制台，图像游戏，用于自行车、跳水、跑步或者划船等的计算机，带有电子或者电气组件的运动设备，硬币投掷机
医用设备（所有被植入的和被感染的产品除外）	放射治疗设备，心脏病、透析、肺部通气机、放射医学设备，体内诊断实验设备，分析仪，冰柜，受精试验，其他诊断、预防、监测、处理、减轻疾病、伤痛或者残疾的器具
监测和控制器械	烟雾探测器，温度调整器，自动调温器，家用或者实验用的测量、称重或者校准设备，其他用于工业装置（如在控制板上）的监测和控制器械
自动售货机	热饮料自动售货机，冷热饮或者罐头自动售货机，固体产品自动售货机，自动取款机，自动售货所有产品的所有器具

我国在 2008 年 2 月 1 日出台的《电子废物污染环境防治管理办法》上将“电子废弃物”定义为“废弃的电子电器产品、电子电气设备及其废弃零部件、元器件和国家环境保护总局会同有关部门规定纳入电子废物管理的物品、物质。包括工业生产活动中产生的报废产品或者设备、报废的半成品和下脚料，产品或者设备维修、翻新、再制造过程产生的报废品，日常生活或者为日常生活提供服务的活动中废弃的产品或者设备，以及法律法规禁止

生产或者进口的产品或者设备”。其中将电子废弃物分为两类，即电子废弃物和电子类危险废物。其定义为：“电子废弃物，是指废弃的电子电器产品、电子电气设备及其废弃零部件、元器件。包括工业生产及维修过程中产生的报废品；旧产品或设备翻新、再使用过程产生的报废品；消费者废弃的产品、设备；法律法规禁止生产或未经许可非法生产的产品和设备；根据国家电子废弃物名录纳入电子废弃物管理的物品、物质。电子类危险废物，是指列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的电子废弃物。包括含铅酸电池、镉镍电池、汞开关、阴极射线管和多氯联苯电容器等的废弃电子电器产品或电子电气设备等。”我国环保部门对于电子废弃物的详细分类还未出台相关的法律法规，仅在2009年4月的《电子废弃物中金属废料废件分类（征求意见稿）》中对电子废弃物中的金属废料进行了分类。该标准基于电子废弃物初步拆解之后的产物，去掉可简单分离的不含金属组分的塑料、橡胶、复合材料等废物废件，综合考虑金属废物废件的形态、装配结构和金属组分，将电子废弃物中金属废料废件分为电子废弃物中金属废基础组件、电子废弃物中金属废机械组件、电子废弃物中金属废电子组件、电子废弃物中金属废零件、电子废弃物中其他金属废料废件5类。有学者^[9]提出根据电子废弃物来源将其分为两类：第一类是指经过使用而报废或淘汰的各类家电及其他电子产品，包括废电脑、废通信器材、废电子元器件、废家电、废电池等；第二类是指在电子产品（包括电子元器件）生产过程中产生的废次品、边角料以及所用各类材料的报废品等废弃物，这类废弃物主要产生于电子信息特色产业基地或高新技术产业园区的相关企业。而吉林市^[10]则提出4种分类建议：

(1) 按利用情况分类，即按可利用（旧的电子产品，但可利用）、废弃不能利用和制造成品时产生的边角余料等进行分类；

(2) 按电子产品的种类进行分类，即按大、小型家用电器，信

息技术和远程通信设备，电子、电器工具，电子玩具，休闲运动设备，各种医疗电子设备等进行分类；

(3) 按电子产品组成元器件进行分类，即按电路板、显示器、分立元件、数据线以及电源（电池）等进行分类；

(4) 按原材料成分分类，即按金属、陶瓷、塑料、橡胶、半导体、复合材料以及各种化学物质等进行分类。这样分类的好处就是可以根据不同的分类方法进行合理的拆解处理，节省设计方案，省时、省力、高效。

以上学者的分类建议具有一定的科学性，但孤立的分类是否具有可操作性值得商榷。由于经济发展水平、民众环保意识等因素影响，我国目前的 E-waste 整个回收处理系统具有自身的特点，和国外的 E-waste 回收处理系统相比，我国具有企业收集、个体收集、维修点回收等多元化回收模式，在处理处置上也相应地出现了处理企业和家庭作坊并存的现象。国外电子废弃物分类显然不适合我国国情，脱离我国大环境的分类不适合于真正的环境管理需求。

我们认为一个好的分类应该考虑诸多因素，如回收系统的信息化建设、利益相关者责权利的明确划分、协调管理及约束机制、资金保证及经济激励机制等。因此我们建议将电子废弃物按照整个产业链的特色进行全程管理分类模式（图 1-3）。

在①部分，应该考虑我国特色的电子废弃物回收系统的信息化建设，利用现代化的电子信息资源系统，定期进行汇总，以便于我国环境管理部门对电子废弃物产生源、产生地及产生量等及时进行信息追踪。此部分可以参考欧盟的分类标准进行。在②部分，应该注明主要拆解处理场地、所使用工艺等情况，以便环保部门能够对拆解过程中的风险进行控制。在③部分，是依据我国国情所建立的分类。根据拆解后的电子元器件进行分类，有利于环境管理的细化及实际操作的可行性，如针对不同元器件工艺进行管理时可出台不同的控制标准。在④部分，可利用的元器件可能流向二手电子市场，所以应该针对二手元器件出台一定的质量控制标准。在⑤部分，按