

固体废物环境管理丛书
GUTI FEIWU HUANJING GUANLI CONGSHU

电子废物处理与处置

DIANZI FEIWU CHULI YU CHUZH

总主编 陈昆柏 郭春霞
本册主编 田 晖



中原出版传媒集团
大地传媒

 河南科学技术出版社

固体废物环境管理丛书
GUTI FEIWU HUANJING GUANLI CONGSHU

电子废物处理与处置

DIANZI FEIWU CHULI YU CHUZH

总主编 陈昆柏 郭春霞
本册主编 田 晖

河南科学技术出版社
· 郑州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

电子废物处理与处置/田晖主编. —郑州: 河南科学技术出版社,
2016. 12

(固体废物环境管理丛书/陈昆柏, 郭春霞主编)

ISBN 978-7-5349-8456-3

I. ①电… II. ①田… III. ①电子设备-废物处理 IV. ①X76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 294201 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65788686 65788621

网址: www.hnstp.cn

策划编辑: 李肖胜 冯俊杰

责任编辑: 朱 超

责任校对: 徐小刚

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

责任印制: 张艳芳

印 刷: 河南新华印刷集团有限公司

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 185 mm×260 mm 印张: 24.25 字数: 480 千字

版 次: 2016 年 12 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

定 价: 150.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系并调换。

“固体废物环境管理丛书”

编委会

- 主 任** 储亚平 (河南省人大常委会副主任)
- 副主任** 王 群 (河南省人大环境与资源保护委员会原主任)
郭豫生 (中原大地传媒股份有限公司总经理)
- 编 委** 陈昆柏 (浙江博世华环保科技有限公司董事长)
全 浩 (中国环境科学学会固体废物分会名誉会长)
耿相新 (中原大地传媒股份有限公司总编辑)
赵由才 (同济大学教授、博士生导师)
冯建勋 (河南省人大环境与资源保护委员会副巡视员)
黄启飞 (中国环境科学研究院研究员、博士生导师)
郭春霞 (河南省固体废物管理中心副主任)
黄朝雄 (中国光大绿色环保有限公司投资发展部总经理)
李顺灵 (河南金谷环保工程设备有限公司董事长)
钱云才 (中环信环境股份有限公司董事长)
李肖胜 (河南科学技术出版社有限公司副总编辑)

总 主 编 陈昆柏 郭春霞

参编人员 (按姓氏笔画排序)

马腾才 王 翌 卢洪波 田 晖
李世义 杨玉飞 杨春平 张向前
金 均 赵由才 郝永利 温俊明
薛智勇

《电子废物处理与处置》

编委会

主 编 田 晖

副主编 温俊明

编 者 向 东 童 昕 潘晓勇 单明威

蔡 毅

总 序 言

环境污染已成为人类社会面临的重大威胁，为了更好地控制和解决环境污染问题，我国已将环境保护列为基本国策。尤其党的十八大以来，生态文明建设受到党中央、国务院高度重视，体现了党和政府对新世纪、新阶段我国发展呈现的一系列阶段性特征的科学判断和对人类社会发​​展规律的深刻把握，是对人类文明发展理论的丰富和完善，是对人与自然和谐发展的深刻洞察，是实现我国全面建成小康社会宏伟目标的基本要求，也是对日益严峻的环境问题国际化主动承担大国责任的庄严承诺。

固体废物是主要的环境污染源。生活垃圾、农业固体废物、工业固体废物特别是危险废物除了直接污染外，还经常以水、大气和土壤为媒介污染环境，并且对人体健康也造成严重危害。为了让更多人了解固体废物环境管理方面的法规政策、工程技术和基本知识，帮助环境管理人员、行业从业人员、大学生、环保爱好者等解决工作之急需，真正实现固体废物的“减量化、资源化、无害化”，变有害为有利，上市文化企业——中原大地传媒股份有限公司的全资子公司河南科学技术出版社有限公司联合全国各地的科研院所、高校和企业界专家编写和出版了“固体废物环境管理丛书”，体现了出版社、行业专家和企业家的社会责任感，这一项目不但填补了国内固体废物环境管理领域的空白，而且对我国今后固体废物环境管理知识普及、科学处理和处置具有指导意义。

该丛书根据固体废物的类型及目前国内最新成熟技术编写，具体分为《固体废物环境管理法规汇编》《固体废物鉴别与管理》《生活垃圾处理与处置》《建筑垃圾处理与处置》《危险废物处理与处置》《污泥处理与处置》《传染性固体废物处理与处置》《农业固体废物处理与处置》《工业固体废物处理与处置》《电子废物处理与处置》《环境工程项目管理》《污染场地调

查与修复》《重金属污染项目环境监理》《火电厂烟气脱硝废催化剂处理与处置》《等离子体技术与固体废物处理》等十五个分册。

这套丛书根据各类固体废物的来源、特性、危害等，详细介绍了如何进行行业管理，如何防控污染，如何把成熟的处理处置技术应用到项目工程上，以最大限度地消除、减少和控制固体废物造成的环境污染。全国近 200 名专家学者和企业家在收集和参考了大量国内外资料的基础上，结合自己的研究成果和实际操作经验，编写了这套具有内容广泛、结构严谨、实用性强、新颖易读等特点的丛书，具有较高的学术水平和环保科普价值，是一套贴近实际、层次清晰、可操作性强的知识性读物，适于从事固体废物管理、固体废物处理施工、技术研发、培训教学等人员阅读参考。相信该丛书的出版对我国固体废物的环境管理、环境教育、污染防治、资源利用、无害化处置等工作会起到一定的促进作用。

全国人大环境与资源保护委员会副主任委员
中国工程院院士 中国环境科学研究院院长



2014 年 12 月

前 言

经过多年的快速发展，中国已经成为电子产品的制造大国和消费大国。而随着电子产品更新换代的加快，电子废物逐步成为固体废物的的重要组成部分。与一般的固体废物相比，电子废物由多种材料组成，其中不乏对环境有危害的物质，且结构复杂。因此，电子废物的处理与处置不仅需要专业的技术与装备，同时需要建立规范管理的制度。

从 20 世纪 90 年代开始，一些发达国家和地区开始针对电子废物回收处理进行立法管理，建立了基于生产者责任延伸的电子废物回收处理行业。电子废物回收处理行业的发展带动了电子废物处理与处置技术的发展。以德国技术为主导的电子废物处理成套装备在越来越多的国家和地区投入使用。而电子废物回收处理被越来越多的国家列为可持续发展战略的重要内容。

中国是首个制定电子废物回收处理管理法规的发展中国家。当前，中国电子废物处理正在从粗放分散式经营向规模化、规范化与工业化的处理方式转变。尤其是在“十二五”期间，中国涌现出一批具有自主知识产权、符合中国行业发展的电子废物处理与处置技术和装备，大大加快了中国电子废物处理行业的发展进程。

《电子废物处理与处置》正是在中国电子废物回收处理行业大发展这个行业背景下孕育而成的。相对于其他固体废物，电子废物处理与处置不论在中国还是发达国家都是一个新兴的领域。这个“新”体现在两个方面：一方面是电子废物处理技术随着电子废物的种类和材料组成的变化而不断更新；另一方面是电子废物的管理模式有别于传统的固体废物。本书从电子废物的特点出发，详细梳理了电子废物的管理制度，并按照电子废物回收处理的行业特点，分别从电子废物回收、再制造、处理、回收材料资源化利用以及涉密电子产品等环节进行介绍。最后，对我国电子废物处理行业取得的成果进行汇总，并对行业发展进行展望。

本书在编写过程中，汇总了中国家用电器研究院、清华大学、北京大学在电子废物管理和技术领域的研究成果，同时得到了“固体废物环境管理丛书”编委会和浙江博世华环保科技有限公司的大力支持，在此一并表示感谢。

由于我国电子废物处理与处置行业正处在快速发展阶段，不论是在政策层面，还是在技术方面，还有很多问题值得深入探讨和研究。希望本书成为政府主管部门、科研院校、行业协会、企业等了解行业发展的一个有效的途径和工具，希望更多的人来关注和参与这个新兴的朝阳行业。

编 者
2016 年 6 月

目 录

1 概述	(1)
1.1 电子废物的特征	(2)
1.1.1 资源性	(2)
1.1.2 环境性	(2)
1.1.3 数量快速增长	(5)
1.1.4 专业的处理技术和装备	(6)
1.2 定义与分类	(7)
1.2.1 电子废物的定义	(7)
1.2.2 电子废物的分类	(8)
1.3 电子废物的管理理念	(15)
1.3.1 电子废物管理与生产者责任延伸	(15)
1.3.2 电子废物管理与循环经济	(18)
1.3.3 电子废物管理与低碳经济	(18)
1.3.4 电子废物管理与履行国际公约	(20)
1.4 理论报废量测算方法及测算结果	(22)
1.4.1 测算方法介绍	(22)
1.4.2 理论报废量测算	(25)
2 电子废物的管理制度	(27)
2.1 概述	(27)
2.2 发达国家和地区电子废物的管理制度介绍	(28)
2.2.1 欧盟	(28)
2.2.2 日本	(34)
2.2.3 韩国	(38)
2.2.4 美国	(40)

2.3	中国电子废物的管理制度介绍	(41)
2.3.1	管理体系概述	(41)
2.3.2	相关立法介绍	(42)
2.3.3	《废弃电器电子产品回收处理管理条例》	(43)
2.3.4	《危险废物经营许可证管理办法》	(49)
2.3.5	《消耗臭氧层物质管理条例》	(49)
2.3.6	相关管理办法介绍	(50)
2.3.7	标准管理体系	(52)
2.3.8	中国台湾管理制度	(53)
3	电子废物的回收利用体系	(59)
3.1	概述	(59)
3.2	典型国家回收体系介绍	(61)
3.2.1	德国	(61)
3.2.2	荷兰	(63)
3.2.3	日本	(66)
3.2.4	小结	(70)
3.3	我国电子废物回收利用体系	(70)
3.3.1	概述	(70)
3.3.2	传统的电子废物回收利用体系	(71)
3.3.3	家电以旧换新政策下的回收体系	(72)
3.3.4	《条例》制度下的回收利用体系	(74)
3.3.5	新涌现的回收模式	(75)
3.3.6	中国台湾回收体系	(78)
4	电子废物的再制造	(81)
4.1	概述	(81)
4.2	发达国家和地区电子废物再制造现状	(81)
4.2.1	美国	(81)
4.2.2	日本	(82)
4.2.3	欧洲	(83)
4.3	我国电子废物再制造现状	(83)
4.4	再制造技术	(87)
4.4.1	再制造过程	(87)

4.4.2	常用再制造技术	(89)
4.4.3	再制造技术选择	(97)
4.5	再制造典型案例	(100)
4.5.1	PCB 无损拆解技术案例	(100)
4.5.2	压缩机的再制造	(107)
4.5.3	打印机、复印机的硒鼓再制造	(108)
5	电子废物的处理技术与工艺	(111)
5.1	概述	(111)
5.1.1	拆解技术	(113)
5.1.2	分离技术	(116)
5.1.3	破碎技术	(117)
5.1.4	分选技术	(119)
5.2	废阴极射线管 (CRT) 电视机和显示器	(121)
5.2.1	产品结构和材料组成	(121)
5.2.2	处理工艺	(123)
5.2.3	污染防治措施	(124)
5.3	平板电视机和显示器	(125)
5.3.1	产品结构和材料组成	(125)
5.3.2	处理工艺	(126)
5.3.3	污染防治措施	(127)
5.4	废电冰箱	(128)
5.4.1	产品结构和材料组成	(128)
5.4.2	处理工艺	(129)
5.4.3	污染防治措施	(134)
5.5	废房间空调器	(135)
5.5.1	产品结构和材料组成	(135)
5.5.2	处理工艺	(137)
5.5.3	污染防治措施	(137)
5.6	废洗衣机	(139)
5.6.1	产品结构和材料组成	(139)
5.6.2	处理工艺	(140)
5.6.3	污染防治措施	(142)

5.7	废微型计算机	(142)
5.7.1	产品结构和材料组成	(142)
5.7.2	处理工艺	(143)
5.7.3	污染防治措施	(144)
5.8	废打印复印机	(144)
5.8.1	产品结构和材料组成	(144)
5.8.2	处理工艺	(147)
5.8.3	污染防治措施	(148)
5.9	废手机	(148)
5.9.1	产品结构和材料组成	(148)
5.9.2	处理工艺	(148)
5.9.3	污染防治措施	(150)
5.10	废含汞荧光灯	(150)
5.10.1	产品结构和材料组成	(150)
5.10.2	处理工艺	(151)
5.10.3	污染防治措施	(154)
6	关键部件处理工艺与技术	(155)
6.1	阴极射线管 (CRT)	(155)
6.1.1	产品结构和材料组成	(155)
6.1.2	彩色 CRT 处理工艺	(156)
6.1.3	CRT 屏锥分离技术	(157)
6.1.4	CRT 玻璃清洗技术	(160)
6.1.5	污染防治措施	(161)
6.2	液晶面板	(161)
6.2.1	产品结构和材料组成	(161)
6.2.2	液晶面板处理工艺与技术	(162)
6.2.3	污染预防措施	(164)
6.3	印刷电路板	(165)
6.3.1	产品结构和材料组成	(165)
6.3.2	PCB 处理工艺与技术	(166)
6.3.3	PCB 破碎分选技术	(167)
6.3.4	PCB 中稀贵金属提取技术	(169)

6.3.5	污染防治措施	(173)
6.4	压缩机	(173)
6.4.1	产品结构和材料组成	(173)
6.4.2	压缩机处理工艺与技术	(174)
6.4.3	污染防治措施	(175)
6.5	硒鼓	(175)
6.5.1	产品结构和材料组成	(175)
6.5.2	废硒鼓的处理工艺与技术	(176)
6.5.3	污染防治措施	(177)
7	回收材料资源化利用技术与工艺	(179)
7.1	废塑料	(179)
7.1.1	概述	(179)
7.1.2	废塑料分选技术	(180)
7.1.3	热塑性塑料改性造粒技术	(186)
7.1.4	塑木技术	(188)
7.1.5	印刷电路板非金属粉资源化技术	(190)
7.1.6	冰箱聚氨酯的资源化利用技术	(194)
7.2	CRT 玻璃	(198)
7.2.1	非含铅玻璃资源化技术	(198)
7.2.2	含铅玻璃资源化技术	(205)
7.3	制冷剂	(206)
7.3.1	简易再生方法	(206)
7.3.2	精馏再生	(206)
8	处理企业许可和认证制度	(209)
8.1	中国处理企业资质许可制度	(209)
8.1.1	适用范围	(209)
8.1.2	许可条件	(209)
8.1.3	处理资格许可程序	(219)
8.1.4	规范处理作业及生产管理指南	(220)
8.1.5	获得资质的处理企业	(220)
8.2	美国 R2 认证	(224)
8.2.1	美国 R2 认证概述	(224)

8.2.2	R2 认证的原则	(225)
8.2.3	R2 认证程序	(225)
8.2.4	R2 认证清单	(226)
8.2.5	获得 R2 认证的企业	(230)
8.3	欧盟处理企业许可	(230)
8.3.1	WEEE 收集标准	(231)
8.3.2	WEEE 运输标准	(233)
8.3.3	WEEE 处理标准	(233)
9	涉密电子产品的销毁技术	(235)
9.1	涉密电子产品的报废管理	(235)
9.1.1	数据销毁的要求	(236)
9.1.2	对销毁机构的要求	(236)
9.2	销毁技术与工艺	(237)
9.2.1	数据清除	(238)
9.2.2	消磁	(239)
9.2.3	粉碎	(240)
9.2.4	高温熔炉	(241)
10	我国电子废物处理行业发展报告与行业展望	(242)
10.1	我国电子废物处理行业发展报告	(242)
10.1.1	2014 年我国电器电子产品制造业发展概况	(242)
10.1.2	2014 年我国废弃电器电子产品回收处理行业发展概况	(244)
10.1.3	废弃电器电子产品理论报废数量	(250)
10.1.4	行业数据分析	(253)
10.1.5	处理企业调研	(258)
10.1.6	处理工艺技术应用现状调研	(266)
10.1.7	取得的成果	(271)
10.2	行业展望	(273)
10.2.1	面临的问题	(273)
10.2.2	行业展望	(274)
	参考文献	(276)

附 录	(279)
附录一 废弃电器电子产品规范拆解处理作业及生产管理指南 (2015 年版)	(279)
附录二 废弃电器电子产品拆解处理情况审核工作指南 (2015 年版)	(328)
附录三 欧盟 CFC、HCFC、HFC 制冷剂回收技术规范	(360)
后记	(371)

1 概 述

随着科技的进步和人民生活水平的提高,我国电器电子产品更新换代速度加快,产生了大量电子废物。这些电子废物的回收处理不仅涉及环境问题,更是对资源与发展战略的挑战。发达国家和地区从 20 世纪 90 年代开始,先后针对电子废物回收处理管理立法,推行生产者延伸责任制,建立电子废物回收处理体系,提高资源回收利用率。

从 20 世纪 90 年代开始,在利益的驱动下,我国自发形成了废旧家电的收购大军和拆解处理集散地,如广东贵屿、浙江台州等。由于自发形成的拆解处理集散地大多采用落后的处理工艺,以牺牲环境为代价获取经济利益,在严重危害环境和人体健康的同时,资源也未得到高效利用。

在发达国家和地区针对废旧家电回收处理管理立法,倡导生产者延伸责任制,形成技术性贸易壁垒,以及我国废弃电器电子产品回收处理过程中,环境污染严重、资源浪费双重因素的影响下,从 2001 年开始,我国启动针对电子废物回收处理管理的立法工作。2007 年 9 月 27 日,环保部发布《电子废物污染环境防治管理办法》,2008 年 2 月 1 日起施行。它标志着我国对电子废物回收处理管理进入法治化。2009 年 2 月 25 日,国务院发布《废弃电器电子产品回收处理管理条例》(以下简称《条例》),2011 年 1 月 1 日起施行。《条例》的颁布和实施建立了我国废弃电器电子产品回收处理管理的生产者责任延伸制度。此外,2009 年 6 月,我国开展家电以旧换新活动,初期在 9 个试点省市实施,然后在全国进行推广。家电以旧换新政策一方面大力促进了新产品的销售,另一方面促进了电子废物回收处理体系的建设,推动了电子废物回收处理行业的发展。

在立法与政策的双重推动下,我国电子废物回收处理行业由个体作坊式为主,向规范化、规模化和产业化转型升级。电子废物回收处理已经成为我国再生资源利用行业的重要组成部分,并且随着电器电子产品更新换代不断加快,以及国家对行业的绿色、循环和低碳发展的需求,电子废物回收处理