

中国废弃电器电子产品  
回收处理及综合利用

WHITE PAPER on  
WEEE RECYCLING INDUSTRY in  
行业白皮书2021 CHINA

中国家用电器研究院  
生产者责任延伸产业技术创新联盟  
中国绿色供应链联盟电器电子产品专委会  
2022年5月

前言 .....	1
1. 管理制度及最新政策 .....	2
2. 行业发展概况 .....	4
3. 数据测算与分析 .....	6
4. 处理技术 .....	8
5. 实施成果 .....	13
6. 优秀企业实践 .....	15
7. 风云人物 .....	16
联系方式 .....	17

## 编委会

主编：田晖

顾问：刘挺、刘福中、翟勇、段广洪

委员：蔡毅、童昕、靳敏、杜欢政、向东、曾现来、邓毅、谢淼雪、郭玉文、王景伟、崔燕、潘永刚、冷欣新、骆明非、单明威、秦立东、任贤全、秦玉飞、王炜、唐百通、江博新、张赫

# 参编单位与特别鸣谢



## 参编单位:

海尔智家股份有限公司

国家环境保护废弃电器电子产品信息化与处置工程技术中心

国家电子废弃物循环利用工程技术研究中心

## 特别鸣谢:

华新绿源环保股份有限公司

伟翔联合环保科技发展(北京)有限公司

天津丰合科技发展有限公司

TCL奥博(天津)环保发展有限公司

石家庄绿色再生资源有限公司

唐山中再生资源开发有限公司

邢台恒亿再生资源回收有限公司

河北万忠环保科技有限公司

山西洪洋海鸥废弃电器电子产品回收处理有限公司

临汾市德兴军再生资源利用有限公司

华新绿源(内蒙古)环保产业发展有限公司

内蒙古新创资源再生有限公司

黑龙江省中再生废旧家电拆解有限公司

哈尔滨市群勤环保科技有限公司

上海新金桥环保有限公司

伟翔环保科技发展(上海)有限公司

森蓝环保(上海)有限公司

南通森蓝环保科技有限公司

江苏苏北废旧汽车家电拆解再生利用有限公司

苏州伟翔电子废弃物处理技术有限公司

浙江蓝天废旧家电回收处理有限公司

威立雅资源再生(杭州)有限公司

芜湖绿色再生资源有限公司

安徽首创环境科技有限公司

安徽福茂环保科技有限公司

江西格林循环产业股份有限公司

江西中再生资源开发有限公司

江西北控城市矿产有限公司

山东中绿资源再生有限公司

中再生洛阳投资开发有限公司

郑州格力绿色再生资源有限公司

烟台中祈环保科技有限公司

河南恒昌贵金属有限公司

河南艾瑞环保科技有限公司

河南格林循环电子废弃物处置有限公司

荆门格林循环电子废弃物处置有限公司

湖北蕲春鑫丰废旧家电拆解有限公司

武汉格林循环电子废弃物处置有限公司

湖北东江环保有限公司

湖南绿色再生资源有限公司

湖南同力环保科技有限公司

汨罗万容电子废弃物处理有限公司

清远市东江环保技术有限公司

广东华清废旧电器处理有限公司

广西桂物资源循环产业有限公司

重庆中天电子废弃物处理有限公司

四川长虹格润环保科技股份有限公司

四川中再生资源开发有限公司

什邡大爱感恩环保科技有限公司

云南华再新源环保产业发展有限公司

云南巨路环保科技有限公司

陕西九州再生资源优先公司

陕西北控再生资源有限公司

兰州泓翼废旧电子产品拆解加工有限公司

宁夏亿能固体废弃物资源化开发有限公司

乌鲁木齐惠智通电子有限公司

新疆三和生态环境服务有限公司

深圳市爱博绿环保科技有限公司(收收)

上海悦弋网络信息技术有限公司(爱回收)

上海霖承信息科技有限公司(嗨回收)

北京云易达技术服务有限责任公司(有闲有品)

上海晨骏网络科技有限公司(有得卖)

天津澳宏环保材料有限公司

2021年，国内新冠疫情管控取得了显著的成效，但国际环境严峻复杂。国内外市场不断内卷，企业裁员层出不穷，消费力下降加剧市场竞争，这些给经济平稳运行带来很大不确定性和挑战。于此同时，受疫情的影响，大宗商品的价格持续上涨，作为再生资源行业，废弃电器电子产品处理企业既是受益者，也是受害者。受益是因为拆解产物升值了，受害则是因为私拆更多了。2021年，我国废弃电器电子产品的回收处理行业在艰难中走过了一年，总体回收处理水平与2020年持平，但略有增长。

2021年，落实双碳目标政策对废弃电器电子产品回收处理行业的促进开始显现。相关支撑标准或立项，或发布。同时，对行业影响最大的是财政部四部门发布的关于调整废弃电器电子产品处理基金补贴标准的通知（财税[2021]10号），以及财政部、税务总局发布的关于完善资源综合利用增值税政策的公告（2021年第40号）。此次处理基金补贴标准的调整力度大大超过了行业的预期。公告中提出的对“从事再生资源回收的增值税一般纳税人销售其收购的再生资源，可以选择适用简易计税方法依照3%征收率计算缴纳增值税，或适用一般计税方法计算缴纳增值税”的规定，对规范我国包括废弃电器电子产品在内的再生资源回收活动具有积极的推动作用，但同时也对再生资源回收企业、个体工商户、以及各地的税务主管部门提出更高的要求。

2021废弃电器电子产品回收处理及综合利用行业白皮书（以下简称2021白皮书）是中国家用电器研究院电器循环与绿色发展中心推出的第十二个年度行业白皮书，内容包括中国废弃电器电子产品回收处理管理制度及最新政策、行业发展概况、行业数据分析、处理技术、实施成果、典型企业实践以及风云人物七大部分。数据主要来自国家统计局、国家和地方生态环境主管部门的官网、企业调研等。同时，对2020年数据进行修订。生产者责任延伸产业技术创新联盟、中国绿色供应链联盟电器电子产品专委会的成员单位 and 专家学者们积极参与行业白皮书的编撰。特别感谢工业和信息化部、生态环境部固管中心等主管部门对2021白皮书编制工作的支持。

我国废弃电器电子产品回收处理及综合利用行业在快速发展后，已处于转型升级的关键阶段。如何借助双碳政策、生产者责任延伸制度持续推动行业的发展，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、科研院所、行业协会、企业等了解行业发展的一个有效的途径和工具。由于时间仓促和水平有限，白皮书有不当之处，敬请您批评指正，我们将在今后的研究工作中修正补过。



## 1.1 中国废弃电器电子产品回收处理管理制度

中国是电器电子产品的生产大国、消费大国和废弃大国。废弃电器电子产品不仅具有资源性，同时也有潜在的环境风险。废弃电器电子产品如不妥善的回收处理，将对环境和人体健康造成重大危害。目前，针对废弃电器电子产品回收处理的管理，我国已建立了较为完善的管理体系，见图1.1。

2009年，依据《清洁生产促进法》和《固体废物污染防治法》，国务院发布的《废弃电器电子产品回收处理管理条例》（以下简称《条例》）。《条例》建立了废弃电器电子产品的目录制度、处理基金制度、处理企业资质许可制度以及处理企业报送信息制度。其中，处理基金制度是我国电器电子产品实施生产者责任延伸（EPR）制度的重要体现。

针对目录以外的电子废物，依据生态环境部发布的《电子废物污染环境防治管理办法》（总局令第40号）进行名录管理。废弃电器电子产品的拆解产物，例如线路板，属于危险废物，其处理应符合《危险废物经营许可证管理办法》的要求。制冷器具中制冷剂的回收处理，应遵守《消耗臭氧层物质管理条例》的相关规定。

2021年是“十四五”规划密集出台的一年。其中，循环经济和建设无废城市建设对废弃电器电子产品回收处理行业将起到积极的推动作用。国家发展改革委3部门发布的鼓励家电生产企业开展回收目标责任制行动和财政部、税务总局发布的完善资源综合利用增值税政策都是行业重要政策文件。

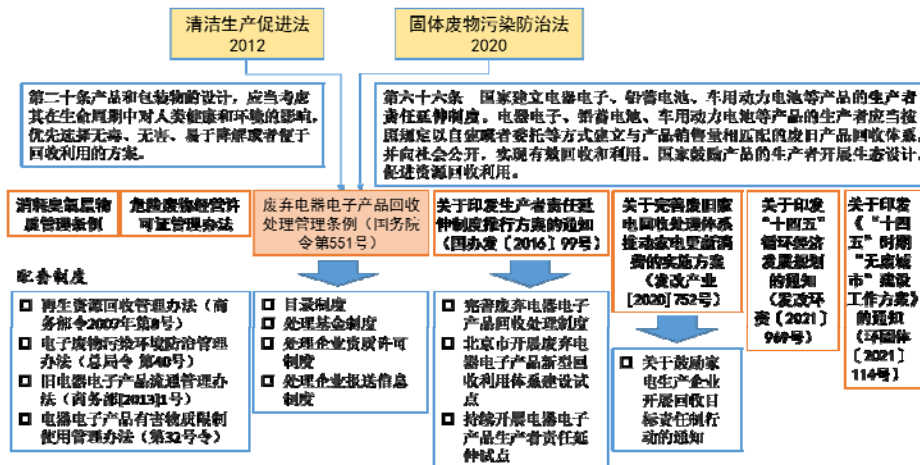


图1.1 废弃电器电子产品回收处理管理制度框架

表1-1 新发布的管理文件（2021年1月-2022年5月）

发布时间	发布单位	文件名称
20210322	财政部等4个部门	关于调整废弃电器电子产品处理基金补贴标准的通知（财税〔2021〕10号）
20210707	国家发展改革委	关于印发“十四五”循环经济发展规划的通知（发改环资〔2021〕969号）
20210727	国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部	关于鼓励家电生产企业开展回收目标责任制行动的通知（发改产业〔2021〕1102号）
20211210	生态环境部等18个部门	关于印发《“十四五”时期“无废城市”建设工作方案》的通知（环固体〔2021〕114号）
20211231	财政部 税务总局	关于完善资源综合利用增值税政策的公告（2021年第40号）
20220117	国家发展改革委7部门	关于加快废旧物资循环利用体系建设的指导意见（发改环资〔2022〕109号）
20220119	国家发展改革委7部门	关于组织开展废旧物资循环利用体系示范城市建设的通知（发改办环资〔2022〕35号）

## 1.2 最新国家标准介绍

2021年，全国电工电子产品与系统的环境标准化技术委员会（SAC/TC297）发布了一项国标：《生态设计产品评价技术规范 办公设备系列产品》（GB/T 40774-2021）。同年，《废旧办公耗材与配件再制造通用规范》（20193175-T-469）完成了报批稿；《废电路板处理处置要求》（20210911-T-469）获得国标立项。

2021年10月8日，中国再生资源回收利用协会发布《废弃电器电子产品回收规范》（T/ZGZS 0201-2021）团体标准。该标准由生态环境部固体废物与化学品管理中心、中再生资源环境股份有限公司、天津拾起卖循环产业供应链管理有限公司、华新绿源环保股份有限公司、深圳市爱博绿环保科技有限公司等行业代表性机构参与编制，在编制过程中，得到了中国家用电器研究院等管理和研究部门的大力支持。该标准为废弃电器电子产品规范回收提供了参考依据、为行业部门的监督管理提供了技术支持，对减少或避免废弃电器电子产品焚烧或随意露天堆放造成的环境污染、降低正规企业废弃电器电子产品处理的成本、推动废弃电器电子产品回收处理产业规范健康发展具有指导意义。

2021年12月23日，由生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、中国物资再生协会、中国环境

科学研究院牵头编制的《废弃电器电子产品处理企业资源环境绩效评价》（T/CRRA 1302-2021）团体标准正式发布。该标准实施后对提高废弃电器电子产品拆解处理企业的资源环境绩效具有重要的指导意义，对行业分级管理起到积极的促进作用。该标准有助于树立标杆企业，促进资源的优化配置，全面推动废弃电器电子产品回收处理行业迈向新的台阶。

2021年12月1日，中国循环经济协会发布了三个与碳减排相关的团标：《碳减排量标识》（T/CACE 036-2021）、《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 循环经济领域资源化过程 废电器电子产品回收处理》（T/CACE 035-2021）、以及《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 循环经济领域资源化过程》（T/CACE 034-2021）。其中，《基于项目的温室气体减排量评估技术规范 循环经济领域资源化过程 废电器电子产品回收处理》（T/CACE 035-2021）以处理企业为对象，规定了废电器电子产品回收处理温室气体减排量评估的基准线排放量核算、项目排放量核算、项目减排量计算、项目监测要求和数据质量管理，以及减排量评估报告编制等。



# 02 行业发展概况



## 2.1 废弃电器电子产品回收行业

我国废弃电器电子产品的回收是指从个人消费者或企事业单位收集废弃电器电子产品，经过分类、暂存、运输，将废弃电器电子产品交给处理企业的活动。我国废弃电器电子产品回收行业的发展，在不同政策阶段经历了不同的发展历程，包括国家家电以旧换新政策、《条例》和基金制度、构建生态文明社会、推行生产者责任延伸制度、以及落实双碳目标等。同时，互联网技术的发展大力赋能回收行业。2021年，虽然新冠疫情仍影响行业的发展，但废弃电器电子产品的回收行业稳步发展，爆出了不少亮点，并呈现以下特点：

### (1) 首家回收企业美国上市

2021年6月，上海万物新生环保科技有限公司（以下简称：爱回收）正式登陆纽交所，股票代码为“RERE”。2011年成立的爱回收是我国首家从二手3C电子产品回收起步的二手电子产品交易与服务平台。公司在全国线上线下建立回收门店，向消费者回收电子设备，然后通过专业的检验分级、维修、包装后再次出售，不能做二手的产品交给下游企业进行处理。

爱回收不同于传统的包括手机在内的废旧3C产品以当地经营者主导的线下回收、维修、再销售的商业模式，他为全国的消费者提供了公开透明的二手手机估值系统和信息安全承诺，同时也为二手手机的用户提供了品质保障。爱回收模式是互联网技术赋能回收行业的典范。

### (2) 互联网+回收的规模持续扩大

除了3C电子产品回收市场，在《条例》推动下的四机一脑大家电的互联网+回收也在快速发展。不论是生产企业的生产者责任延伸回收目标制的履责，销售企业以旧换新回收，还是公司化运作的回收企业，在其构建回收网络时，回收信息管理平台已经成为“标配”。2021年，海尔打造的全民绿色回收平台在“互联网+”的基础上，积极探索“减碳”模式。

与3C产品回收不同，大家电的回收需要强大的线下回收体系支撑，需要多级运输、暂存和中转。经过多年的推进，我国大家电互联网+回收的规模在持续增长中。调研的5家龙头回收企业四机一脑的回收量达到1024万台。其中，深圳爱博绿占76%，二手产品占8%。

### (3) 行业规范管理日趋完善

2021年10月，中国再生资源回收利用协会发布《废弃电器电子产品回收规范》团体标准（T/ZGZS 0201-2021）。该标准是首个针对废弃电器电子产品回收全流程的管理规范。为行业主管部门规范废弃电器电子产品回收活动提供标准支撑。此外，2021年12月，财政部和税务总局发布的关于完善资源综合利用增值税政策的公告（2021年第40号）将成为规范回收行业的有力抓手。

## 收收 助力以旧换新

为家电销售卖场提供上门回收服务



## 2.2 废弃电器电子产品处理行业

在《条例》和基金制度的推动下，我国废弃电器电子产品处理行业快速发展。不论是处理技术水平，还是管理水平，都达到了国际先进程度。从2015年开始，每年废弃电器电子产品的处理量在8000万台左右。2021年，除了新冠疫情的持续影响，处理基金补贴标准的下调对行业产生了重大的冲击。补贴标准下调直接带来利润下降，间接的影响是私拆问题更加严峻。2021年，废弃电器电子产品处理行业的内部分化更为严重，但整个行业的处理量在稳步上升。

根据生态环境部公示的2021年1-3季度的处理数据和行业调研，2021年，我国废弃电器电子产品的处理量约8700万台，废电视机的拆解占比持续下降。2021年，废弃电器电子产品处理行业呈现以下特点。

### (1) 处理行业市场规模持续扩大

废弃电器电子产品处理行业的市场规模取决于废弃电器电子产品的产生量。而废弃电器电子产品的产生量取决于历年电器电子产品的销量和使用年限。我国是电器电子产品的消费大国。随着科技进步，生活水平的提高，电器电子产品已经成为生活工作的必需品，并不断更新换代。

通过中国家用电器研究院的测算以及发达国家的经验，未来废弃电器电子产品处理行业是一个大增量市场。虽然近些年，基金补贴延迟发放，新冠疫情持续影响，但我国每年废弃电器电子产品的处

理量仍稳步上升，也验证了处理行业市场规模和市場潜力巨大。

### (2) 处理企业积极开拓新模式

2021年国家发展改革委、工业和信息化部、生态环境部共同推行的生产者责任延伸回收目标制不仅带动了龙头生产企业构建产品回收处理体系，也给处理企业带来新的商机。回收目标制加速了处理企业与生产企业的合作，构建了电器电子产品生产者责任延伸的新履责模式。

同时，我国大力推进的“无废城市”建设也给当地的处理企业带来了新的机遇。为了满足“无废城市”建设的要求，处理企业不仅处理四机一脑，还要扩展处理更多的废弃电器电子产品。“非基金”业务的增长为处理企业开拓了新的商业模式。

### (3) 处理技术迭代加快

废弃电器电子产品的处理是劳动密集型行业。随着劳动力成本的增加，处理行业的技术改造、智能化设备的应用不断提升。例如上海新金桥在现有处理技术工艺的基础上，融入了感知技术和机械臂辅助设备，使整个处理工艺智能化，并大幅降低操作工人的劳动强度。

此外，一些处理企业由于城市改造需要搬迁，从而促进技术装备升级；一些被并购的企业，有了资金输入也需要设备升级；还有正在新建的青岛海尔处理企业，以数字化、智能化为目标构建新型处理工厂。





# 03 数据测算与分析

## 3.1 居民保有量

废弃电器电子产品的百户拥有量、居民保有量是评估废弃电器电子产品回收处理行业规模的重要依据之一，也是行业管理和企业发展规划的重要依据。

根据历年国家统计局年鉴中城镇和农村居民电视机、电冰箱、洗衣机、房间空调器、微型计算机、移动电话等电器电子产品的百户拥有量，测算2021年城镇和农村主要电器电子产品百户拥有量见图3.1。从图3.1显示，彩色电视机、电冰箱和洗衣机城镇和农

村的百户拥有量几乎没有差别。而移动电话的百户拥有量，农村大于城镇。

根据居民百户拥有量和居民户数测算电器电子产品居民保有量。2021年，彩色电视机居民保有量为6.9亿台，电冰箱6.0亿台，洗衣机5.7亿台，房间空调器7.2亿台，微型计算机3.2亿台，手机15.0亿台，热水器（包括电热水器和燃气热水器）5.5亿台，吸排油烟机3.8亿台，平均同比增长3%，见图3.2。

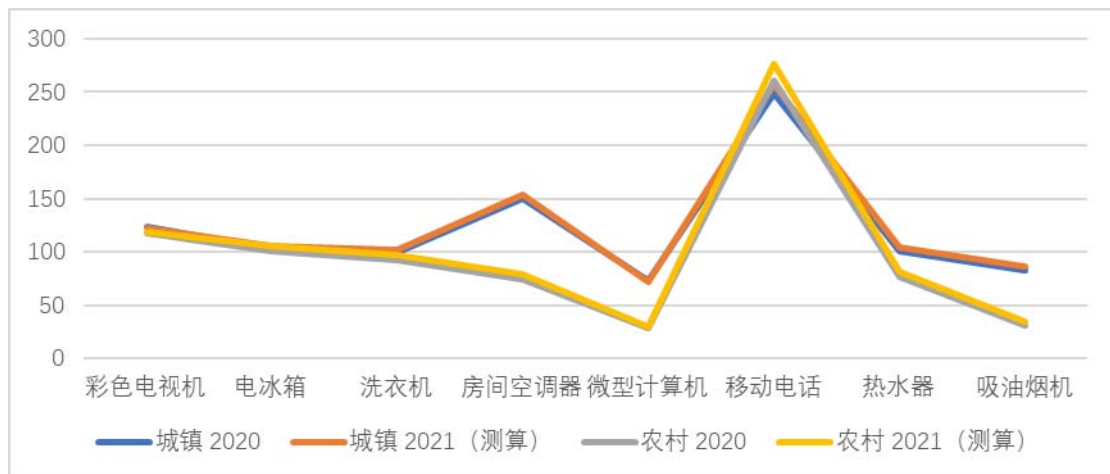


图3.1 电器电子产品城镇和农村百户拥有量（台/百户）

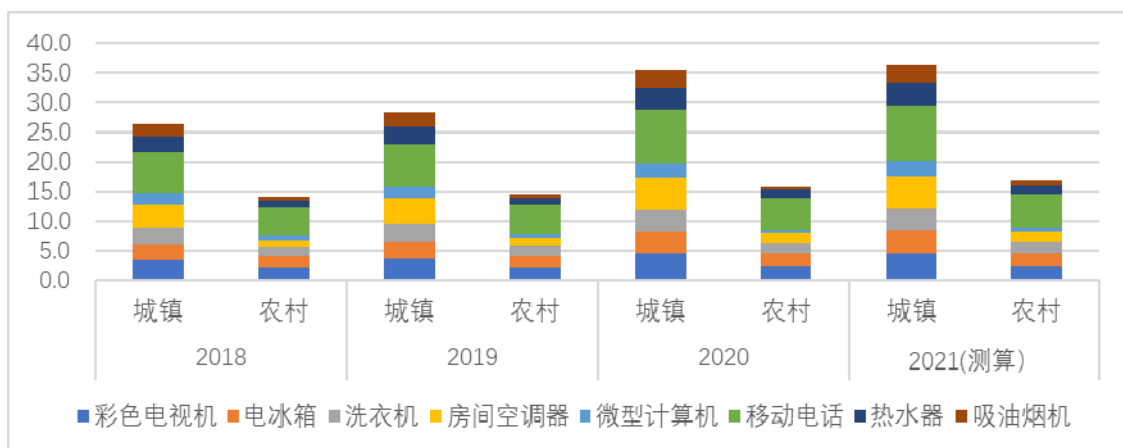


图3.2 电器电子产品城镇和农村居民保有量（亿台）

注：2021年数据为预测值。

### 3.2 理论报废量

中国家用电器研究院采用市场供给A模型测算废弃电器电子产品的理论报废量。其中，电器电子产品的销量来自产量与进口量之和，减去出口量；报废系数来自中国家用电器研究院对处理企业开展持续四年的报废年限调研。2021年，中国家用电器研究院根据最新修正的报废系数进行废弃电器电子产品理论报废量测算。其中，产量数据来自国家统计局年鉴，进出口量数据来自海关总署。测算结果见表3-1。首批目录

产品理论报废量约为2.08亿台，包括电视机6260.0万台、电冰箱4162.2万台、洗衣机3542.9万台、房间空调器4454.7万台、微型计算机2421.8万台。

以各地区的人口数和GDP为权重，测算不同地区首批目录产品理论报废量，见图3.3。其中，广东、江苏、山东、河南首批目录产品理论报废量较大的地区。

表3-1 2020我国电器电子产品理论报废量

产品名称	2021		2020	
	报废数量 (万台)	报废重量 (万吨)	报废数量 (万台)	报废重量 (万吨)
电视机	6260	105.6	5521.13	101.55
电冰箱	4162.2	180.2	3694.94	159.99
洗衣机	3542.9	109.5	3542.25	109.46
房间空调器	4454.7	170.2	3883.76	148.36
微型计算机	2421.8	16	2244.13	14.81
小计	20841.6	581.4	18886.21	534.17
吸油烟机	2093.9	16.8	1804.97	14.44
电热水器	2747.2	60.4	2363.68	52
燃气热水器	939	11.3	873.05	10.48
打印机	4587.8	36.7	4372.04	34.98
复印机	521	46.9	495.06	44.56
传真机	373.8	1.5	416	1.66
固定电话	7663.1	3.8	7372.7	3.69
手机	40810.8	8.2	34921.96	6.98
监视器	27.8	0.3	65.82	0.66
总计	80606	767.4	71571.49	703.61

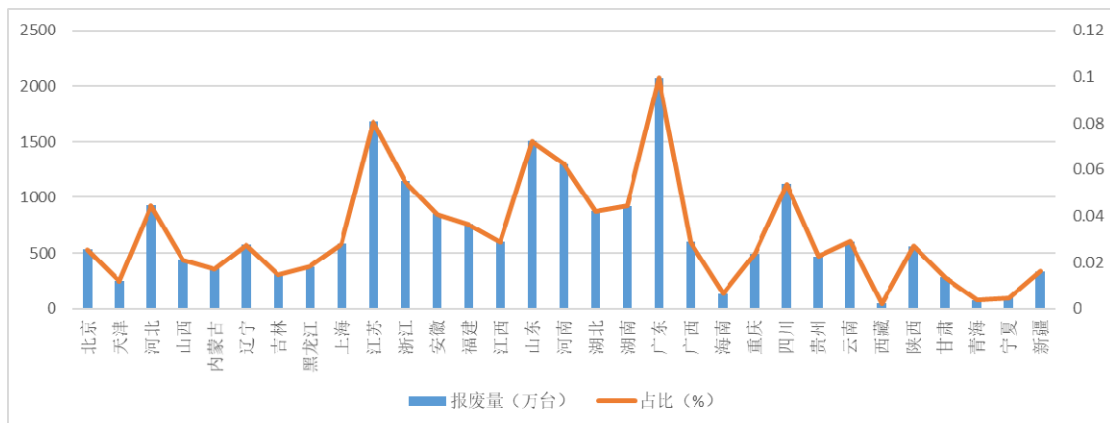


图3.3 2020年首批目录产品不同地区理论报废量（万台）

### 3.3 行业数据分析

2022年，中国家用电器研究院对我国废弃电器电子产品回收和处理企业开展年度问卷调研，共有57家处理企业、6家回收企业反馈问卷（见鸣谢单位名单）。同时，中国家用电器研究院走访了主要的废弃

电器电子产品回收企业和处理企业，收集整理了生态环境部和地方生态环境主管部门针对废弃电器电子产品处理的公示信息。2021年调研结果如下。

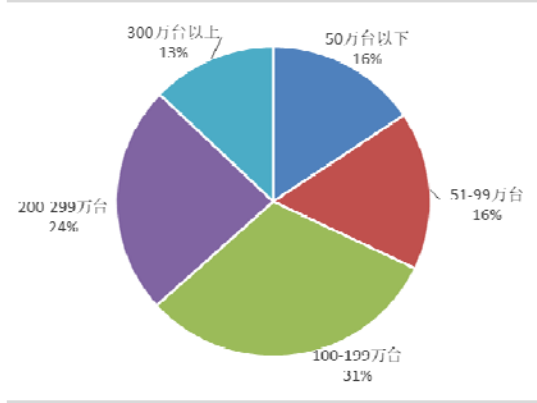


图3.4 2021处理企业处理能力分布图

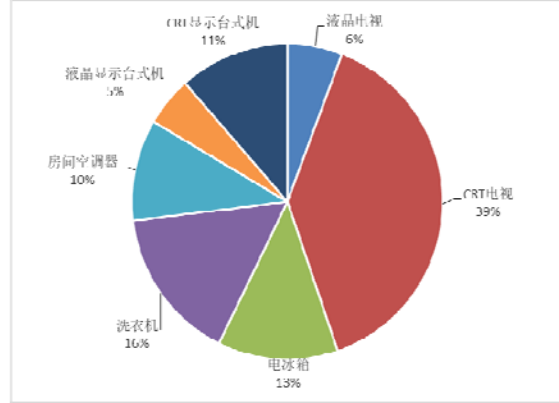


图3.5 2021废弃产品处理能力占比

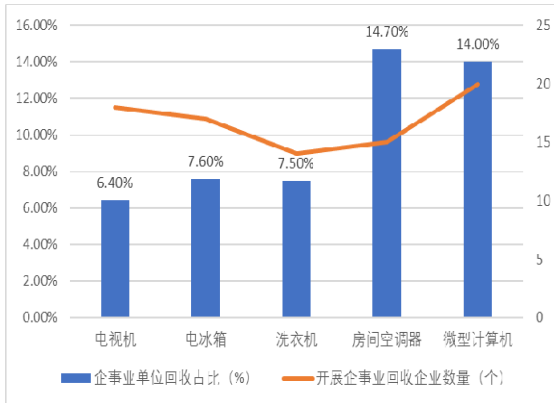


图3.6 2021企事业单位回收渠道占比



图3.7 2021二手产品回收占比 (%)

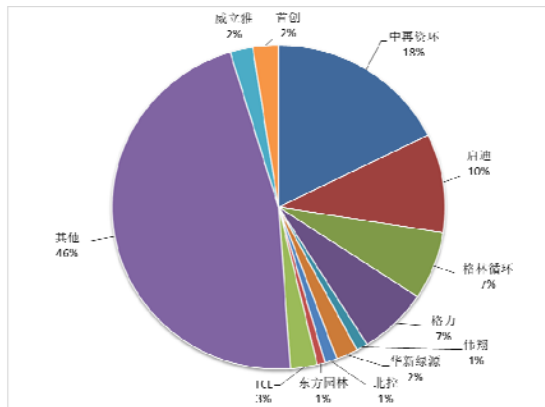


图3.8 2021年处理企业处理能力占比

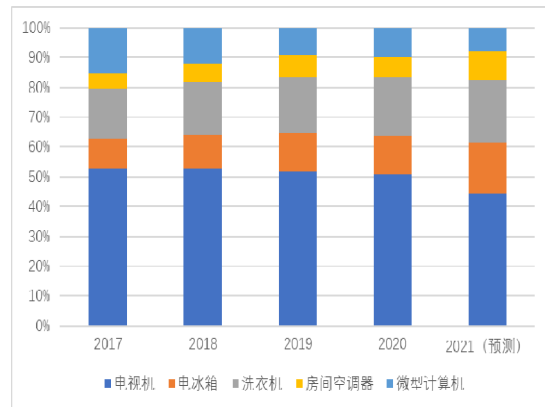


图3.9 废弃电器电子产品处理数量占比

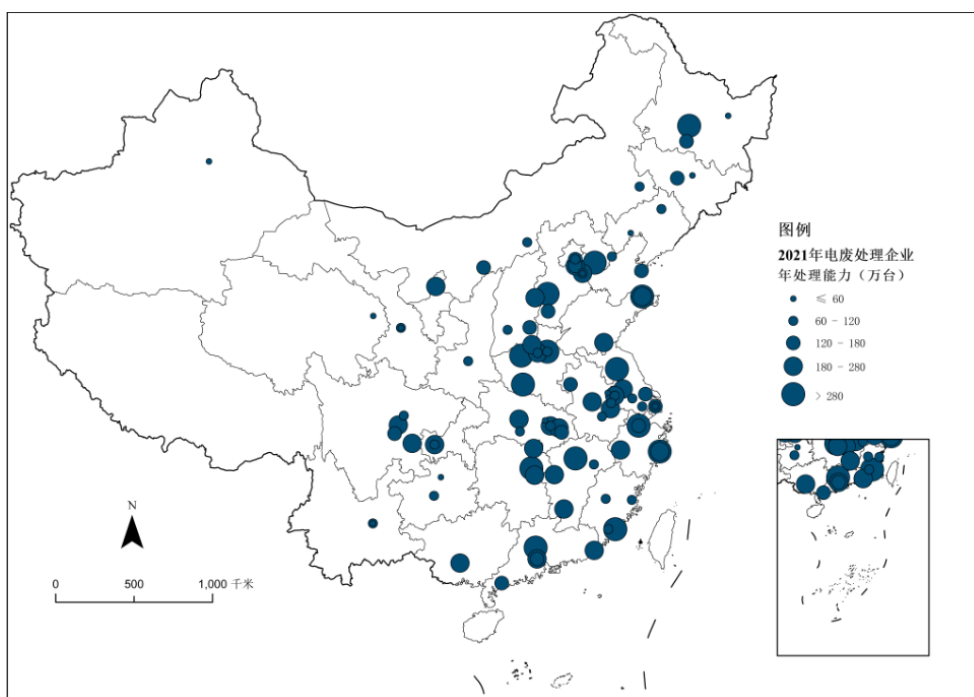


图3.10 2021年废弃电器电子产品处理企业分布图

表3-2 2021年废弃电器电子产品处理企业处理能力前十名企业

序号	企业名称	地区	处理能力 (台/套)
1	江西中再生资源开发有限公司	江西	540
2	中再生洛阳投资开发有限公司	河南	460
3	唐山中再生资源开发有限公司	河北	375
4	石家庄绿色再生资源有限公司	河北	365
5	康卫（集团）环境服务有限公司	河南	362
6	鑫广绿环再生资源股份有限公司	山东	351
7	黑龙江省中再生废旧家电拆解有限公司	黑龙江	335
8	江苏苏北废旧汽车家电拆解再生利用有限公司	江苏	330
9	厦门绿洲环保产业股份有限公司	福建	326
10	清远市东江环保技术有限公司	广东	325

数据来源：当地环境主管部门公示的资质证书。

# 04 处理技术



## 4.1 处理技术调研

我国废弃电器电子产品拆解处理采用手工拆解与机械处理相结合的方式，属于劳动密集型行业。我国废弃电器电子产品处理技术和设备以国产为主，进口技术和设备（包括欧洲、台湾和日本），占有少量的市场份额。

废弃电器电子产品的拆解处理应符合环保部发布的《废弃电器电子产品规范拆解作业及生产管理

指南》（2015年版）和《废弃电器电子产品拆解处理情况审核工作指南》（2019年版）的要求。

2021年，通过对处理企业的问卷调研，中国家用电器研究院获得不同产品的平均拆解效率。与2020年相比，废弃电器电子产品平均拆解效率有升有降。其中，废电冰箱提高最多，废平板电视下降最多。

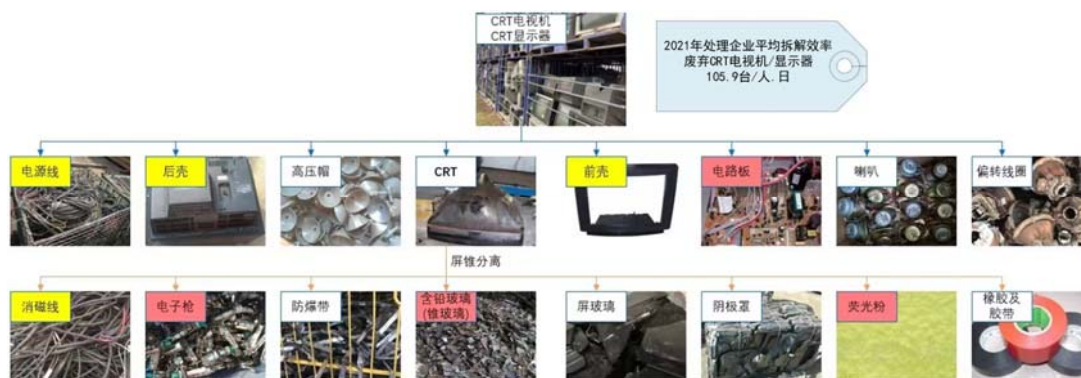


图4.1 CRT电视机、CRT显示器工艺流程及平均拆解效率

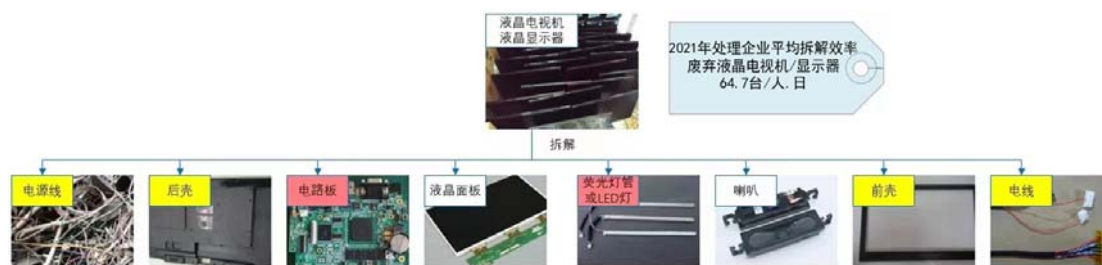


图4.2 液晶电视、液晶显示器工艺流程及平均拆解效率

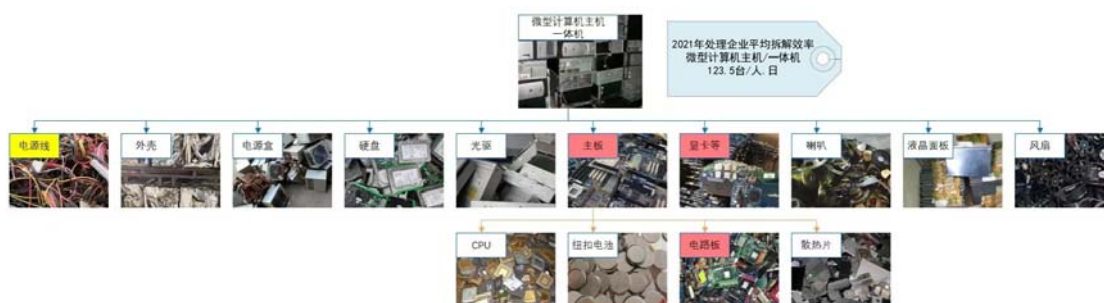


图4.3 微型计算机处理工艺流程及平均拆解效率



图4.4 电冰箱、冰柜工艺流程及平均拆解效率



图4.5 洗衣机处理工艺流程及平均拆解效率

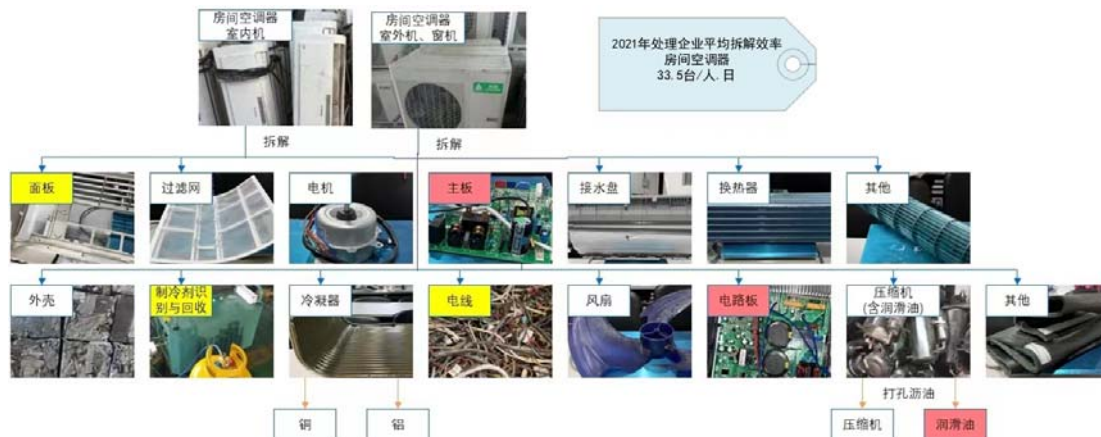


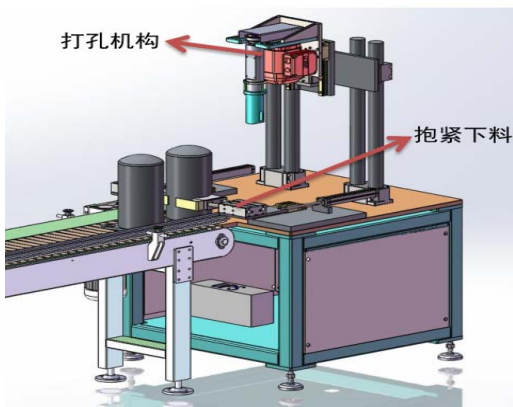
图4.6 房间空调器室内机处理工艺流程及平均拆解效率

## 4.2 典型技术推广

针对废弃电器电子产品拆解过程中，自动化程度低、拆解效率及资源化程度低等技术难题，上海新金桥环保有限公司在科技部国家重点研发计划项目的支持下，成功研发了废弃冰箱、空调压缩机的自动打孔装备、废弃CRT荧光粉自动清扫装备等具有自动-智能化拆解技术及装备。该技术的推广应用可提高废弃电器电子产品拆解线自动化程度，实现废弃电器电子产品智能自动高效绿色拆解。

### 废弃冰箱、空调压缩机自动打孔装备

当前废弃电器电子产品拆解处理行业中，废冰箱和废空调压缩机打孔主要通过液压设备人工钻孔，效率低、耗时长，而且钻孔过程中存在产生火花可能，将引燃压缩机内压缩机油，存在安全隐患。废压缩机自动智能打孔平台的技术模块包括固定功能模块、提升及悬停功能模块、照准功能模块、撞击功能模块和安全及隔音功能模块等。固定功能模块可解决不同尺寸大小压缩机的固定问题，兼容性强。安全及隔音功能模块可避免安全隐患，并且通过配置隔音板降低作业时产生的噪音。



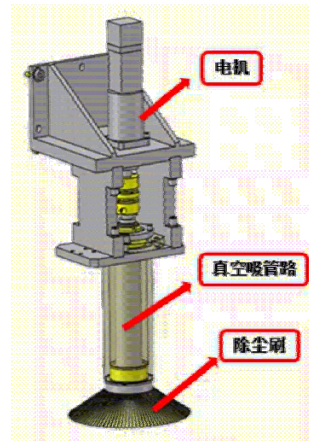
废压缩机自动打孔技术示意图

该技术和装备可解决处理企业废压缩机打孔效率低的痛点。按钮式操控打孔平台，可大大提高生产效率。同时，配置的红外线照准可避免反复寻找钻孔点。批次性处理多个压缩机序批式操作的功能，可适用于绝大部分压缩机（1-5匹左

右）。配备的光栅及安全移门，可保障操作安全，可大幅减少降低操作人员劳动强度并且避免安全隐患，优化作业环境。

### 废弃CRT荧光粉自动清扫装备

废弃CRT荧光粉智能化清扫装备由 XYZ三维模组移动机构、荧光粉清扫吸尘机构以及机器视觉系统组成。首先，装备对锥屏分离的屏玻璃采集图像进行尺寸测量和分类。XYZ三维模组携带清扫装置下探到屏幕并执行清扫动作，利用滚刷摩擦使荧光粉脱落屏玻璃表面并用负压吸尘装置收集。该技术具有清理后屏玻璃荧光粉残留评估系统。通过机器视觉系统评估表面和侧壁荧光粉颗粒的残留度，给出清扫效果的评价，引导清扫机构执行后续指令。



废弃CRT荧光粉自动清扫技术示意图

对于荧光粉清扫不合格的情况，控制系统给出反馈指令重复清扫动作，保证了清扫质量。该设备可直接在荧光粉清理工位进行改造升级。它具有结构简单、生产成本低的特点，解决了荧光粉回收过程中工人的劳动强度大、工作效率低，且工作环境恶劣，容易发生职业健康危害的问题。它可替代人工降低人力成本，适合大规模工业化应用。

# 05 实施成果

2021年，虽然新固废法实施、处理基金下调、新冠疫情管控等对我国废弃电器电子产品回收处理行业造成了很大的影响，但处理企业积极应对，迎难而上，行业总体仍呈现稳步发展的局面。废弃电器电子产品规范处理带来的资源效益与环境效益显著，对我国减少温室气体排放、碳中和、碳达峰都起到积极的推动作用。同时，对其他相关行业的发展起到良好的支撑和示范作用。2021年，生产者责任延伸目标制成为行业的热点，废弃电器电子产品的回收处理企业积极与生产企业合作，探索新的履责模式。

## 5.1 资源效益与环境效益显著

根据生态环境部发布的2021年1-3季度废弃电器电子产品处理数据和行业调研，2021年废弃电器电子产品的处理数量约8779万台，约239万吨。根据不同产品的可再生材料占比测算，2021年，废弃电器电子产品处理行业可回收铁84.0万吨、铜2.2万吨、铝1.7万吨、塑料49.1万吨，CRT屏玻璃35.2万吨，见图5.1。

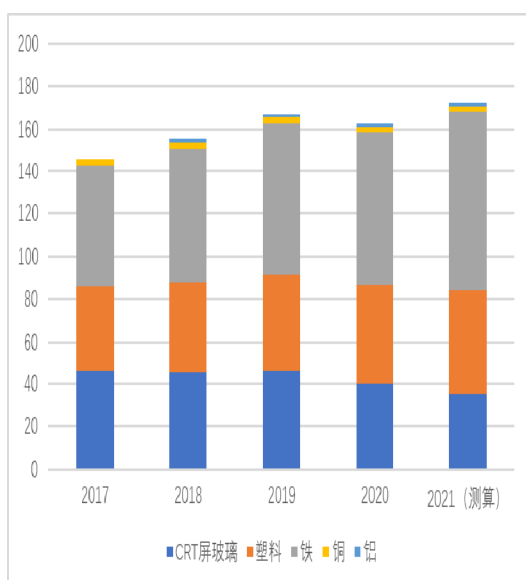


图5.1 废弃电器电子产品拆解产物-资源类 (万吨)

同时，规范处理减少了废弃电器电子产品对环境的危害。特别是对环境风险大的废印刷线路板和含铅玻璃的处理，环境效益最为显著，见图5.2。废印刷电路板交售给有资质的危废处理企业进行综合利用，大大减少了不规范处理带来的环境污染。

## 5.2 减少温室气体排放

随着房间空调器进入报废高峰期，以及在高补贴的激励下，废房间空调器的处理量显著提升。

根据生态环境部发布的2021年1-3季度处理数据和行业调研测算，2021年废房间空调器处理量约为859万台。天津澳宏是我国唯一获得环保厅（局）许可的回收HCFC、HFC、HC物质的制冷剂分销企业。目前，天津澳宏与94家处理企业合作。2021年共回收R22（R22的ODP=0.05、GWP=1700）房间空调器制冷剂：1279.3吨，同比增长71.8%，相当于减少217.5万吨CO<sub>2</sub>的排放量。

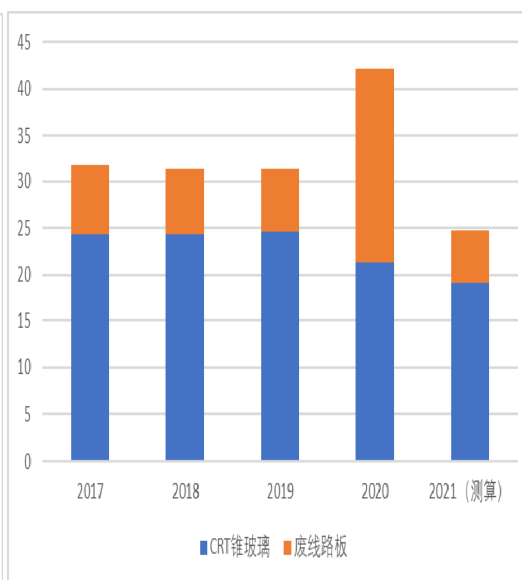


图5.2 废弃电器电子产品拆解产物-危废类 (万吨)

注：2017-2019为生态环境部发布的数据，2020年数据为固管中心发布报告。



### 5.3 处理技术智能化发展

随着我国人口老龄化发展，人工成本不断提升。废弃电器电子产品拆解处理是一个劳动密集型行业，现场工作条件有限，且劳动强度大。随着行业的发展，用工难的问题日益突出，拆解处理工艺机械化、智能化的需求大幅提高，相应设备的研发也在不断推进。

依托科技部“废旧家电、汽车自动智能拆解成套技术及装备”项目的支撑，2021年上海新金桥环保有限公司采用3D视觉相机检测技术，结合搬运机器人、传感器等技术手段，成功开发了废旧空调氟利昂自动抽取设备、废旧压缩机自动打孔设备、废CRT荧光粉自动清扫设备、废电路板元器件自动分离设备，并对现有处理工艺进行升级改造。

### 5.4 碳排放标准不断完善

为了积极落实双碳目标，不仅是双高行业，各个行业都在推进碳排放、碳减排相关的支撑标准工作。作为环保的重要行业之一，2021年废弃电器电子产品回收处理行业也开展了大量的标准研究和制定工作。

2021年6月10日，中国再生资源回收利用协会启动《废弃电器电子产品回收拆解产业碳排放量计

算标准》立项工作。2021年12月1日，中国循环经济协会发布了三个与碳减排相关的团标：《T/CACE 036—2021碳减排量标识》、《T/CACE 035—2021基于项目的温室气体减排量评估技术规范循环经济领域资源化过程 废电器电子产品回收处理》、以及《T/CACE 034—2021基于项目的温室气体减排量评估技术规范 循环经济领域资源化过程》。

### 5.5 促进国际交流与合作

随着越来越多的国家和地区建立电器电子产品生产者责任延伸制度，针对生产者责任延伸制度和“绿色”技术的国际交流日渐频繁。2021年5月，第十四届电器电子产品生产者责任延伸制度与回收处理技术（EEE&EPR）国际会议在长沙召开（www.weee-epr.com）。国内外专家、行业代表近200人出席会议。虽然欧盟、日本、韩国等国际专家不能到场，但是他们通过视频介绍了本国生产者责任延伸制度的最新进展以及相关标准进展。

此外，中国家用电器研究院与欧盟工商理事会（WBCSD）合作，翻译了欧盟最新发布的“电子产品循环发展路线图”，并在国内进行推广。



图片来源：生产者责任延伸产业技术创新联盟微信公众号 weee-epr

# 06 典型企业实践



海尔集团是全球领先的美好生活解决方案服务商，始终以用户体验为中心，服务于全球10亿+用户家庭。海尔积极承担家电生产者责任延伸制，投资设立全资子公司青岛海绿源循环科技有限公司。同时，积极布局循环经济产业，着手开展海尔绿色再循环产业园建设，投资3.68亿打造拆解行业的“灯塔工厂”，形成引领全球的拆解规范和标准。



目前，海尔的拆解厂建设正在快速推进。2021年5月完成奠基，预计2022年8月正式投产，投产后每年可拆解200万台废旧家电，改性造粒3万吨。根据目前的规划，工厂将实现5大首创。

**首创“碳中和”绿色工厂：**在建筑方面，工厂采用基于BIPV的绿色建筑设计，装机容量达436482 MWp，可以减少CO2排放12万吨，相当于植树造林2783棵。在废气治理方面，工厂采用青岛德尔设计的54000m<sup>3</sup>/h的RTO蓄热燃烧系统，实现0废气排放。具体展现为：RTO装置可以利用废气中的能量实现自立，通过自热模式运行，减少碳排放；RTO蓄热室装填陶瓷蓄热体，采用陶瓷纤维蓄热材料模块进行内部填充保温，从而降低能耗。

**首创互联互通的智能核查体系：**该工厂通过AI识别、大数据等技术，形成中央大脑，实时监测核查仓库、生产、设备、物料等数据，保证拆解过程的真实性、完整性、规范性，做到零差错、零漏项。

**首创高效运营的智能化工厂：**该工厂利用工业互联网和工业机器人技术，通过大数据采集及大数据智能分析，实现拆解生产从仓储管理、物

流配送、产品加工、物料转运等全过程高度自动化作业。基于此，工厂大量使用高度集成智能化设备，如全自动无害化冰箱拆解线采用双轴撕碎+立式破碎的组合破碎，有效提升产出物剥离度，使其形成团装铁料，出料效果好；采用智能化自动控制系统，人机隔离操作方式，通过中控室监视屏实时监控，掌握设备运行情况，智能化程度高；同时采用双轴低速高扭矩与立破大风量稀释的安全组合，安全性高。



**首创全链路数字化工厂：**该工厂依托互联网、物联网与大数据实现集成与互联，对整个废旧家电拆解回收、资源再循环过程进行实时数据的收集、传输、分析和反馈，数据驱动全面制造，全面赋能工厂数字化运营。具体展现为：工厂聚焦采购、计划与调度、生产管理、质量、仓储物流、设备、能源、安环等11大业务场景，搭建WMS、MES、SCADA等数字化系统，实现全业务、全过程、全要素、全流程的感知、洞察、协同、优化。

**首创无限进化、价值循环的生态体系：**工厂还联合中国家用电器研究院等资源方建设再循环材料研究院、再循环材料国家级实验室等，围绕材料高价值利用与回收等技术开展研究，从产品设计之初考虑材料的易回收、易拆解、易利用，实现设计-制造-拆解-再利用全价值链闭环。

海尔正在打造全领域、全链路的国家级绿色再循环产业数字化平台，打通废旧资源回收、拆解、再利用全产业链条，解决各环节发展难题，构建智能、高效、可追溯、线上线下融合的绿色低碳循环体系，全面履行企业社会责任、生产者延伸责任，以数字化手段为循环经济赋能，加速双碳战略落地。

# 07 风云人物



李忠娟，工学硕士，原国家发展改革委产业发展司副司长，一级巡视员。近年来，先后组织制定了《关于完善废旧家电回收处理体系推动家电更新消费的实施方案》、《关于鼓励家电生产企业开展回收目标责任制行动》等政策文件，指导供销社系统、地方发改和相关企业开展家电回收体系建设。在废旧家电回收体系的政策完善、宣传解读、多方发力、试点突破、模式创新等方面发挥了重要作用。



翟勇，法学硕士，现为宁波大学特聘教授，原全国人大环资委法案室主任。参与多部环境资源法的制定和修改工作。12次参与全球气候变化立法者论坛并参与法律文件的磋商工作。主要工作领域：参与环境立法研究及草拟环境法律；20年专注于对资源综合利用和生产者责任延伸制度的立法研究；注重对资源、生态、海洋、能源战略和立法技术的研究。



邓毅，工学博士，生态环境部固体废物与化学品管理技术中心综合业务部政策研究室主任。作为骨干参与全国废电器处理基金补贴技术复核工作、处理企业补贴资格核查、信息管理系统建设、电子废物越境转移管理国际合作等管理技术支持工作和报废机动车、退役动力电池等新能源废弃物等环境管理政策研究制定，固体废物行业升级技术规范研究工作。



任贤全，现任海尔智家副总裁，海尔再循环产业总经理，曾主导海尔服务、质量、检测、认证体系的再造与升级，推动海尔获得首届中国质量金奖。积极探索依托数字化的再循环闭环体系并付诸实践，搭建了全程可视化可溯化回收平台，建设了行业首家拆解互联工厂（22年7月投产），构建了国家级再循环产业数字化平台，助力行业高质量发展。



王炜，上海新金桥环保有限公司总经理。作为子课题负责人与上海交通大学合作承担2019年科技部国家重点研发项目，开展废旧家电、汽车智能拆解成套技术装备。从废旧空调氟利昂自动识别抽取到荧光粉自动清扫回收、废塑料自动分类拣选，努力实现电子废弃物拆解过程智能化，无害化，降低拆解成本，提升拆解效率20%，并获得了多项发明专利和实用新型专利。



唐百通，深圳市爱博绿环保科技有限公司创始人兼CEO。拥有15年互联网从业经历和10年回收行业从业经历。从业期间曾缔造一家新三板废旧手机交易平台，后结合互联网及回收行业从业经验，开创“互联网+上门回收”模式，创立爱博绿。参与起草14项行业标准，主导了包括国家科技部、工信部、北京市发改委等多个部委重点项目课题实施。

# 联系方式



## 联系方式

中国家用电器研究院 电器循环与绿色发展研究中心  
生产者责任延伸产业技术创新联盟 秘书处  
中国绿色供应链联盟电器电子产品专委会 秘书处

田晖	副所长	tianh@cheari.com
蔡毅	主任	caiy@cheari.com
谢淼雪	项目工程师	xie mx@cheari.com
张赫	项目工程师	zhangh@cheari.com

电话/传真: 86-10-68069353

地址: 中国北京市西城区月坛北小街6号 中国家用电器研究院北楼

邮编: 100037

网址: [www.weee-epr.com](http://www.weee-epr.com)

[www.cheari.ac.cn/recyclingtech/index.html](http://www.cheari.ac.cn/recyclingtech/index.html)



关注微信公众号:

**生产者责任延伸产业技术创新联盟**

## 声明:

《中国废弃电器电子产品回收处理及综合利用行业白皮书(2021)》知识产权归中国家用电器研究院所有。如需转载,请注明出处。