

# 基于低碳技术的城市废弃物资源化回收与利用研究

李晓勇, 芦 鹏

(湖南工业大学 长株潭“两型”社会研究院, 湖南 株洲 412007)

**[摘要]**城市废弃物对生态环境产生严重危害,造成资源的大量浪费,其回收与利用可产生巨大的经济效益和社会效益。城市废弃物的资源化回收与利用必须遵循减量化、再利用、再循环和无害化的国际通用原则,加强源头处理,加强城市垃圾的分类回收,建立垃圾收费制度,推行垃圾运营产业化,制定统一的垃圾无害化处理标准。

**[关键词]**城市废弃物;资源化;回收利用;低碳技术

**[中图分类号]**X506

**[文献标识码]**A

**[文章编号]**1674-117X(2013)04-0007-05

## Research on Urban Waste Resources Recycling and Utilization based on Low - Carbon Technology

LI Xiaoyong, LU Peng

(“Two - oriented” Society Institute, Hunan University of Technology, Zhuzhou, Hunan 412007, China)

**Abstract:** In view of serious damage on ecological environment and huge resources waste, the recovery and utilization of urban waste may produce tremendous benefits to economy and society. Its resource recovery and utilization should consider the following methods, such as: following international general principles of reducing quantification, reutilization, recycling and harmless; putting emphasis on source treatment and classification recycling; establishing rubbish charging system; carrying out operation industrialization as well as making harmless treatment criteria.

**Key words:** urban waste; resource; recovery utilization; low - carbon technology

随着市场经济和工业化的迅猛发展,人民收入水平不断提高,工业化生产方式加工制作的消费品越来越多地进入人们的生活,它在丰富和方便了人们生活的同时也产生了大量的城市废弃物,且成分越来越复杂。垃圾对环境的污染日益严重,造成资源大量浪费,阻碍了我国国民经济的发展,而旧的垃圾处理机制和方法,已不能适应我国经济发展和环境保护的要求,城市废弃物的回收处理与再利用既是我国环境保护的当务之急,也是治理全球性环境污染的首要措施。<sup>[1]</sup>

### 一 城市废弃物污染、回收处理和资源化现状

#### (一)城市废弃物污染

目前,我国垃圾积存量已经达到 65 亿吨,城市

垃圾平均每年以 8.98% 的速度增长,而我国现在的城市垃圾处理率仅为 50% 左右。<sup>[2]</sup>我国废弃物的整体回收利用率远低于世界平均水平,相当一部分本来可以回收利用的废弃物都白白流失了。

废弃物中的有害成分和化学物质可通过环境介质——大气、土壤、地表或地下水等直接或间接传入人体,威胁人体健康,传染疾病,给人类造成潜在、近期或长期的危害。

1. 污染水体环境。固体废物倾弃于河流或海洋,使水质受到污染,严重危害水生生物的生存条件和水资源的利用;
2. 污染大气环境。一些有机固体废物在运输和处理过程中,会产生有害气体和粉尘;
3. 污染土壤环境。废物随意抛掷,破坏了土

收稿日期: 2013-05-16

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAJ07B03-06), 湖南工业大学校级教改课题重点项目(2013A09)

作者简介: 李晓勇(1973-),男,江西上饶人,湖南工业大学副教授,主要从事农业环境保护和城乡发展规划研究。

壤中的生态平衡,导致土壤质量下降;

4. 侵占土地资源。据统计:城市垃圾历年堆放量约有50亿吨,而且每年垃圾还在快速增加;历年垃圾堆存量占用耕地5.5亿平方米以上,浪费了宝贵的土地资源,制约着我国经济与社会的发展。<sup>[3,4]</sup>

## (二)城市废弃物的回收利用

我国是一个资源短缺的国家,很多自然资源不可再生。在我国城市的废弃物中,纸张、塑料、玻璃和金属等,有相当一部分可以回收和利用。

1. 通过废物的回收和利用,可节约大量资源和能源,减少环境污染,产生巨大的经济效益和社会效益。据统计,把废铁、废铝罐、废纸等进行处理和再造生产的钢材、铝材、纸等,能节约相当比例的能源。同时,空气中的污染也大比例降低。如:用废钢铁代替矿石生产一吨钢可以节省74%的材料能耗。<sup>[5,6]</sup>

2. 城市废弃物回收处理能起到环境保护、合理利用自然资源的作用。科学高效地对城市废弃物进行回收和资源化利用,是降低资源消耗和环境成本、实现社会和经济效益最大化的有效途径。而新的城市废弃物回收体系建立,以及城市废弃物回收利用公司的产生,能给城市提供更多的就业机会,能更好地推动我国的绿色环保事业的发展。

## (三)城市废弃物与资源化的回收处理

1. 城市废弃物回收处理。我国垃圾处理主要有三种类型,即:填埋、焚烧和堆肥。填埋技术目前是我国大多数城市解决生活垃圾出路最主要的方法,其投资少、容量大,90%以上的城市生活垃圾采用此方法处理。然而,由于建设和运行费用、管理措施、环保技术等因素,我国大部分填埋场仅是简易填埋场,真正意义上的卫生填埋场较少。焚烧法是很多发达国家采用的废弃物处理法。目前,美、日等国利用焚烧法处理废弃物的量已达60%。生活垃圾焚烧工具有:简易焚烧炉、国产化焚烧设施和综合型焚烧设施三类。<sup>[7-9]</sup>而利用城市废弃物进行堆肥处理基本上还处在一个研究、试验和缓慢发展的阶段,堆肥在我国的处理率并不高。

2. 城市废弃物资源化。我国城市垃圾资源化方法较少,主要以堆肥法和废旧回收循环利用为主,有少数城市利用卫生填埋场回收沼气。由于我国城市垃圾资源化的相对数量少,城市垃圾的处理量仅占总垃圾量的5%,其中70%是通过简易填埋法处理的,无任何收益,仅有2%进行了简易堆肥,其它方法的资源化量更少。我国城市垃圾中资源化的物质种

类少,虽然城市垃圾中含有许多有用物质,但被利用的成分很少。我国城市垃圾资源化经济效益差,垃圾资源化成本偏高,资源化的物质品位低。

3. 城市废弃物回收和处理存在的问题。城市废弃物回收处理存在的问题主要表现为:(1)未能在源头上实现垃圾的减量化。近年来,各种生活垃圾尤其是包装垃圾急剧增加,大量一次性垃圾的产生,占了我国总体垃圾的20%以上。(2)垃圾混合回收方式加大了垃圾资源化的难度。城市垃圾目前仍以混合收集为主,许多可利用的物资和有毒有害物一起混入垃圾中,加大了垃圾中废品回收难度,使垃圾具有高有机物含量、高水分和低热值,成分复杂,造成焚烧处理热值低,堆肥处理产品质量差,填埋处理污染大。(3)垃圾处理技术水平低下,存在污染隐患。目前,我国对垃圾的处理,仍以填埋场为主,堆肥、焚烧及其它处理方法为辅。由于技术水平低,管理落后等原因,处理效果并不理想,甚至引发更为严重的二次污染。(4)由于城市垃圾资源化资金不足,造成城市垃圾资源化基础设施差。(5)由于管理体制和法制法规不健全,制约了垃圾处理和管理的發展。(6)由于垃圾资源化还未引起全民重视,居民环保和资源化意识淡漠,妨碍了各项管理制度、防治措施顺利实施。<sup>[8,12]</sup>

## 二 城市废弃物的回收处理和资源化技术

### (一)城市废弃物的回收处理和资源化技术应用

由于城市废弃物的来源和性状不同,其回收及处理的方式也有所不同。根据废弃物来源及处置方式的不同,将其分为工业废弃物、生活废弃物、建筑业废弃物、电子废弃物四大类。<sup>[2,10,11]</sup>

1. 生活废弃物。我国目前常见的的生活废弃物处理方式有填埋、堆肥和焚烧高温分解等。

(1)填埋法。选择合理堆放场地,经过防水渗漏、覆土等措施而进行垃圾处理的一种方式,其优点是投资少、处理费用低、处理量大、操作简便。<sup>[2]</sup>其缺点是占地面积大,地处偏僻,运距较远,选址困难,固废中的有害物质渗漏可能会对地下水造成二次污染。填埋是我国目前大多数城市解决生活垃圾出路的最主要方法,近85%的城市生活垃圾采用填埋处理。

(2)垃圾焚烧。利用高温将垃圾中的有机物彻底氧化分解,在燃烧过程中将碳及氢元素转化为二氧化碳及水,高温下杀死病毒和细菌,有效地减量

和减重的一种方式,燃烧后的残渣量只有原垃圾量的 5% ~ 20% ,适合对可燃物含量较高的生活垃圾的处理。焚烧法是世界各个发达国家普遍采用的垃圾处理技术。<sup>[2]</sup> 目前,等离子焚烧法和两段式气化焚烧法在国内也渐渐普及。垃圾焚烧法占地少、污染小,热能可以利用,但投资和运营成本高,焚烧产生的气体(如二噁英)和灰烬可能会造成二次污染,我国城市垃圾处理中焚化法仅占 5%。

(3)堆肥法。堆肥法是将固体废弃放在特定的条件下,经过自然或菌种作用,发酵升温降解有机物,实现无害化,经筛分处理后产生有机肥或深加工为有机复合肥的处理方法。堆肥法分为可分为简易堆肥、好氧堆肥法和厌氧堆肥法。简易高温堆肥技术一般在中小型城市中应用较多。厌氧消化的特征是:工程规模普遍较大,机械化程度相当高,生活垃圾资源化利用率较高,投资及运行费用高于好氧高温堆肥。厌氧消化技术在欧洲有较多应用实例,目前我国部分城市正在筹建生活垃圾厌氧消化处理项

目,但由于各种原因堆肥处理率并不高。

(4)高温分解。高温分解是在无氧或缺氧条件下,使可燃性固体废物在高温下分解,最终成为可燃气体、油、固形碳的化学分解过程。<sup>[3]</sup> 热解方法适用于城市固体废弃物、污泥、工业废物如塑料、橡胶等。热解产生的可燃气、油等可以回收利用,其能源回收性好,环境污染小,减少焚烧造成的二次污染和需要填埋处置的废物量。

(5)微生物处理法。微生物处理法就是利用微生物自身的新陈代谢对固体废弃物进行分解作用,使其无害化,其发展前景广阔。微生物发酵技术利用微生物的持续快速繁殖,生产高蛋白食品及饲料。微生物处理法投资少、简便易行、处理彻底、不形成二次污染,事实上重建一个物质的再循环过程,既可消除环境污染,又可变废为宝。

2. 工业废弃物。常见的工业废弃物包括废钢铁、废有色金属、废橡胶、废塑料、废纸、废玻璃、化工渣等。各类废弃物的再利用方法可见表 1。

表 1 常见工业废弃物再利用方法<sup>[2]</sup>

废弃物种类	废弃物再利用方法
废钢铁	重熔,按需要铸造使用
废塑料	造粒,制造再生品;制造各种建筑材料;热解回收燃料或单体
废有色金属	重熔,按需要铸造使用
废纸	制浆,制造再生纸;制造人造合成木材
废玻璃	重熔,代替部分玻璃原料使用;制造建筑材料
废橡胶	脱硫,制造再生胶;粉碎,作为橡胶业或建材业的填充剂
冶金渣	制造微晶玻璃和人造成花岗岩;代替砂石作为建筑材料;回填
尾矿	制造墙体材料和人造成花岗岩;代替砂石为建筑材料;回填
化工渣	制造各种化工副产品;焚烧,回收热量;填埋

3. 建筑废弃物。建设领域产生的废弃物主要包括渣土、泥浆和建筑垃圾三大类。建筑废弃物中的金属、橡胶、塑料、玻璃等废弃物的再利用方式与

工业废弃物中的同类废弃物相同。建筑业特有的废弃物的再生利用方式见表 2。

表 2 建筑业废弃物再利用方法<sup>[2]</sup>

废弃物种类	废弃物再利用方法
废旧普通混凝土	再生骨料,再生粗骨料可完全或部分取代石子,再生细骨料可部分取代砂子重新利用 再生混凝土添加剂,可用其部分取代水泥和砂子。 类结构轻集料混凝土及其构件,可用其制用具有承重、保温功能的结构轻集料混凝土构件。
废旧砖瓦	免烧砌筑水泥 水泥混合材 再生烧砖瓦
废旧高铝水泥混凝土	可制成再生耐火集料、再生高铝矾土、再生混淆是非凝土膨胀剂等。

4. 电子产品废弃物。电子废弃物俗称电子垃圾,包括各种废电池、废旧电脑、通信设备、电视机、洗衣机、电冰箱以及一些企事业单位淘汰的精密电子仪器仪表等。电子废弃物资源化处理方法主要包括:火法回收,湿法回收,机械分离及生物回收等。通过资源化再利用,能够提炼出电子废弃物中的贵金属,回收利用的经济效益可观。

#### (二)城市废弃物回收处理和资源化新技术

废弃物对城市环境与发展,对居民生活都有巨大的影响。常规的处理方法或危害人体健康、污染空气和水源,或破坏农田、浪费了可回收资源,不是城市生活垃圾处理的有效方式。因此,人们开始探索新的方法,结合城市生活垃圾处理的现状和现有方法,处理和再利用城市生活垃圾的有效方法应该是源头分类,分别利用。<sup>[5,6,13]</sup>

1. 内核燃烧法。利用垃圾自身热量焚烧垃圾,采用大量高加料,在垃圾点燃后,料层底部会形成若干热核,热核逐步扩大后使整个料层着火燃烧并燃尽。可以不利用其他辅助燃料来处理低热值、高水分的生活垃圾,这是垃圾焚烧的新方法。

2. 高技术垃圾分选处理法。利用不同垃圾的物理性质,采用人工粗选、重选、磁选以及气流分选等方法进行分类,再进行回收利用。此法最大限度地做到物尽其用,将污染降低到最低限度,是目前最先进的垃圾处理方法之一。由于一次性投入过大,除少数发达国家外,多数国家难以推广使用。

3. 塑料再生。各种塑料的混合物制成“木料”,把像木材一样能钉、能锯的复合塑料模压成长凳、野餐桌和水边木桩等。塑料废弃物在高温、高压下,通过氧化作用使塑料还原为油,1t塑料废弃物可以还原800kg油。

4. 废塑料气化处理。日本国内拥有规模大的废塑料气化处理生产液氨企业,核心技术是将废塑料气化,制成液氨,然后将氨变成各种衍生物后,成为各种产品的原料,包括灰烬在内,全部可以再生利用,实现废弃物零排放。

5. 生活垃圾提取乙醇和气体技术。主要用盐酸作为催化剂,在高温下将垃圾浮选后产生的轻质成分(含有大量纤维素)进行水解,同时提取糖,糖水发酵后还原成乙醇,在水解过程中还产生电能。

6. 蒸氧垃圾砖技术。蒸氧垃圾砖是一种水胶性硅酸盐建筑材料,是利用无机垃圾中的活性 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ (主要在煤灰中),在一定的温度和湿度条件下,与石灰中的 $\text{CaO}$ 有效作用,生成有胶结能力

的水化硅酸钙和水化铝酸钙,因其水化生成物具有类似于普通硅酸盐水化物的性质,所以垃圾砖具有墙体材料所需要的强度和力学性能。

7. 废弃物制造复合材料:废弃物复合台材料所采用的原料95%以上是各种固体废弃物,其成本要比通过采、选、冶得到的一次资源低得多,既解决了废弃物环境污染问题,又节约了各种宝贵的一次资源。

### 三 城市废弃物资源化回收和处理

#### (一)城市废弃物资源化回收和处理原则

国际通用的垃圾处理主要遵循减量化、再利用、再循环和无害化原则。<sup>[14-15]</sup>

1. 减量化原则。在城市废弃物的处理上,对废弃物的减量化处理一方面从源头节约资源使用和减少资源投入;另一方面是对固体废物进行处理利用,从而达到减少废弃物目的。减少固体废物的产生,需从资源的综合开发和生产过程物质资料的综合利用着手,即“废物最小化”与“清洁生产”。对固体废物进行处理利用,属于物质生产过程的末端,即通常人们所理解的“废弃物综合利用”,采用各种综合处理和资源化技术进行废物回收利用,以减少废弃物的数量。

2. 再利用原则。在生产和消费过程中,尽可能的提高产品和服务的利用率,要求产品多次或多种方式再利用,以延长产品和服务的使用周期,避免过早成为废弃物,从而减少废弃物产生。(1)再循环原则。固体废物属于二次资源或再生资源范畴,即在产品的输出端要求物品完成功能后,可回收和综合利用,变成再生资源。在提高产品和服务利用效率的基础上,使废弃物资源化变成其他产业或产品的原料,实现资源的循环利用,最大限度地减少废弃物排放。(2)无害化原则。固体废物无害化处理的基本任务是将干扰废物通过工程处理,达到不损害人体健康,不污染周围的自然环境的(包括原生环境与次生环境)程度。目前,废物无害化处理工程已经发展成为一门崭新的工程技术。诸如:垃圾的焚烧、卫生填埋、堆肥、粪便的厌氧发酵、有害废物的热处理和解毒处理等。

#### (二)城市废弃物资源化回收和处理对策<sup>[14,16]</sup>

1. 加强源头处理,促进垃圾减量化。要解决我国的城市垃圾问题,必须从减少城市生活垃圾来源入手,减少家用和商用垃圾,尽量减少一次性物品的使用,尽量减少包装垃圾,重复使用和修理使用

目前已有的物品,减少垃圾,节约能源,增加财富。

2. 加强城市垃圾的分类回收。要实现垃圾资源化,应该从加强管理,推行垃圾分类收集开始,以降低垃圾中废品回收成本,提高废品回收率和回收废品质量,促进资源化,便于有害物单独处置。各个城市应根据自己的具体情况,提出垃圾分类方案,逐步推广垃圾分类收集。分类收集本着先易后难,先简单后复杂的原则逐步实施。如对灰渣含量低、可燃物含量高的街区垃圾进行单独收集并进行焚烧处理,再逐步推行可燃物分类收集进行焚烧处理;对于垃圾中煤灰含量高的城市,可实行煤灰单独收集,进行填埋处理或直接回收利用;对于采用堆肥处理为主要方式的城市,可实行生物降解的有机垃圾单独收集进行堆肥处理。

3. 建立垃圾收费制度,推行垃圾运营产业化。随着我国物质生活水平的提高,城市居民越来越重视环境质量。建立垃圾收费制度的时机已基本成熟,应当实行居民按人口,非生产性企事业单位按职工数量,生产经营性企业按垃圾产生量收取处理费,以实现减少垃圾产生量的目的。垃圾收费要纳入地方财政,为城市垃圾体制改革提供资金支持。要按照垃圾处理产业化的要求,环卫企业收取的生活垃圾处理费为经营服务性收费,其收费标准应按照补偿垃圾收集运输和处理成本、合理盈利的原则核定。要制定科学的计收办法,加强收费管理。

4. 制定统一的垃圾无害化处理标准。目前,我国各城市的垃圾处理设施建设标准和工艺流程均是根据当地的财力、技术水平与现有设施而自行确定的。当地环卫部门在环保监督方面受当地经济、技术制约,对垃圾处理监管不力的现象时有发生;另一方面,主管部门缺乏统一的标准来规范,监督各城市垃圾处理设施,致使目前我国各城市的垃圾处理水平参差不齐,有相当一部分垃圾处理达不到无害化,因此制定统一的垃圾无害化处理标准,加强监督管理势在必行。

通过对不同类别城市垃圾处理及利用方法和现状的探讨,可以看出城市废弃物的处理方式多种多样。在方法的选取中,我们应秉承减量化、再利用、再循环和无害化的原则,合理利用不同的处理方法和技术,实现城市垃圾资源化回收。目前,我国已制定了一系列环保法规、标准、规范和配套的技术政策,但还需给予优惠的产业政策,大力扶持

我国的新兴垃圾处理产业。垃圾处理产业应积极开拓多种融资渠道,解决资金短缺问题;运用现代先进的、多元化的经营方式与经营手段,提高自身生存能力和盈利能力,创造良好的社会效益、环境效益和巨大的经济效益,使垃圾处理产业向健康的可持续发展的方向。

#### 参考文献:

- [1] 刘建文,李晓勇,芦 鹏,赵先超. 包装废弃物处理过程中的减碳技术研究[J]. 湖南工业大学学报,2011,25(5).
- [2] 左红英,杨忠直. 城市废弃物的分类与回收再利用[J]. 生产力研究,2006(8).
- [3] 王 涛. 城市垃圾资源化技术研究和亟待解决的问题[J]. 中国环保产业,2004(8).
- [4] 蔡 科,杜希纯. 城市垃圾资源化探讨[J]. 理论探讨,2010(7).
- [5] 宋建利,石伟勇,倪 亮,王 亮. 城市生活垃圾现状与资源化处理技术研究. [J] 河北农业科学, 2009, 13(7).
- [6] 蔡 林. 垃圾分类回收是根治垃圾污染和发展循环经济的必由之路[J]. 中国资源综合利用,2002(2).
- [7] 黄子夷,葛宝祥. 谈城市废弃物的资源化[J]. 再生资源研究,2000(3).
- [8] 樊元生. 我国城市生活垃圾环境管理[J]. 环境经济,2005(10).
- [9] 陈鲁言,等. 香港、广州、佛山和北京市政垃圾成分比较及处理策略[J]. 环境科学,2003,24(3).
- [10] 谭万春,王云波. 城市垃圾的综合处理与能源回收[J]. 长沙理工大学学报:社会科学版,2006,21(2).
- [11] 朱洪宝,蔡秀萍. 城市垃圾处理及资源化利用[J]. 能源研究与利用,2005(2).
- [12] 陈 扬,汪德管,赖锡军. 固体废弃物资源化的现状和前瞻[J]. 国土与自然资源研究,2003(3).
- [13] 宋晓岚. 城市垃圾处理与可持续发展[J]. 长沙大学学报,2001(4).
- [14] 赵 岚,关玉转. 城市垃圾化处理及资源化问题[J]. 科技资讯,2011(7).
- [15] 王永康. 城市垃圾困局及其逆向物流解决方案[J]. 生态经济,2010(1).
- [16] 何雄浪,朱旭光. 发展我国城市废弃物循环经济的理论与实践思考[J]. 当代经济管理,2008,30.

责任编辑:徐 蓓