

# 固废处理与资源化利用研究

任东亮

新疆东方希望有色金属有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i1.2408

**[摘要]** 围绕固废处理与资源化利用展开研究,阐述固废按来源和危害程度的分类方式及其特性,分析填埋、焚烧、堆肥等传统处理方式的优缺点。接着重点分析了资源化利用技术,工业固废可用于建筑材料、提取稀有金属等;生活垃圾通过分类回收、厌氧发酵产沼气等实现资源化;农业固废可采用秸秆还田、制作饲料等方式利用。通过这些技术不仅能减少固废对环境的危害,还能创造经济效益,促进资源循环利用。

**[关键词]** 固废垃圾; 重金属; 厨余垃圾; 资源化利用

**中图分类号:** TF81 **文献标识码:** A

## Research on Solid Waste Treatment and Resource Utilization

Dongliang Ren

Xinjiang Oriental Hope Non-ferrous Metals Co., Ltd.

**[Abstract]** Focusing on solid waste treatment and resource utilization, the classification method and characteristics of solid waste according to its source and harm degree are expounded, and the advantages and disadvantages of traditional treatment methods such as landfill, incineration and composting are analyzed. Then resource utilization technology, industrial solid waste can be used for building materials and extracting rare metals; household waste through classification and recycling, anaerobic fermentation biogas; agricultural solid waste can be used by straw returning to the field and making feed. These technologies can not only reduce the harm of solid waste to the environment, but also create economic benefits and promote the recycling of resources.

**[Key words]** solid waste; heavy metal; kitchen waste; resource utilization

## 引言

在我国,固废来源广泛、种类繁多,涵盖工业、生活、农业等多个领域。若处理不当,不仅会占用大量土地,还会对土壤、水体和大气环境造成严重污染,威胁生态平衡与人类健康。传统固废处理方式存在诸多弊端,难以满足可持续发展的需求。而资源化利用技术为解决固废难题提供了新方向,通过将固废转化为可利用资源,对推动我国绿色发展、建设生态文明社会具有良好推动作用。

### 1 固废分类与特点

#### 1.1 固废分类方式

国内固废的来源分布广泛,种类也十分繁多,按来源划分的话,有工业固废,如尾矿是矿石选别后剩余的废弃物,产量巨大;冶炼废渣则是金属冶炼过程的产物,成分复杂。生活垃圾包含厨余垃圾、日常垃圾;各类塑料包装袋、塑料瓶;纸张,涵盖废旧书本、报纸等<sup>[1,2]</sup>。农业固废有秸秆,是农作物收获后的茎秆部分;畜禽粪便,源于规模化养殖。按危害程度,分为一般固废,

对环境危害较小;危险固废,含有重金属,如铅、汞,或有毒有害物质,像含氰化物的废渣,处理不当会严重污染环境。

#### 1.2 不同类型固废特性

不同类型固废也有不同特性,像生活垃圾粒度不均,密度较小,含水率高,尤其厨余垃圾在收集、运输过程易渗漏。工业固废粒度、密度因种类而异,尾矿粒度较细,冶炼废渣密度较大。农业固废秸秆松散、密度低。化学特性上,工业固废重金属含量高,可能影响后续处理与环境。生活垃圾成分复杂,塑料含碳氢元素,纸张以纤维素为主。农业固废富含有机质。生物特性方面,生活垃圾中厨余垃圾可生物降解性强;农业固废秸秆、畜禽粪便也易被微生物分解,而工业固废和危险固废大多生物降解性差。这些不同特性也会影响后续的处理方式。

### 2 传统固废处理方式分析

#### 2.1 填埋处理

填埋是一种常用的固废处理方式。其具体方法是利用天然或人工构造的填埋场,将固体废弃物进行分层填埋并压实。填埋

场会设有防渗层,以防止废弃物中的有害物质渗入地下土壤和水体。在实际操作中,处理厂将运来的固废均匀铺撒在填埋区域,然后使用压实机械进行压实,减小体积之后覆盖一层土壤,如此循环,形成多层结构<sup>[2]</sup>。这种处理方式的优势在于处理量大,能够接纳大量不同种类的固废,无论是城市生活垃圾,还是部分工业固废,都可进行填埋处理。而且技术成熟,经过长期的实践应用,总体耗费成本相对较低,相较于一些先进的固废处理技术,填埋所需的设备和工艺相对简单,初期建设和日常运营成本不高。

当然,填埋处理也存在诸多弊端。一方面,它占用大量土地资源。随着城市规模的扩张和固废产生量的持续增加,寻找合适的填埋场地愈发困难。另一方面,容易造成土壤和地下水污染。尽管填埋场设有防渗措施,但长期使用后,防渗层可能出现破损,固废中的有害物质,如重金属、有机污染物等,会渗漏到土壤和地下水中,对周边生态环境和居民健康构成威胁。

### 2.2 焚烧处理

焚烧处理是借助高温氧化过程,将固体废弃物分解为二氧化碳、水和灰烬等物质,从而实现固废的减量化与无害化。在焚烧炉内,固废在高温(通常达850℃-1100℃)环境下,与氧气充分反应,其中的有机成分被氧化分解。高温不仅能大幅减少固废体积,还能杀灭病原体,消除其潜在危害。焚烧处理的优势在于:

其一,减容效果极为显著。研究数据显示,经焚烧处理后,固废体积可减少80%-90%,极大缓解了垃圾填埋的土地压力<sup>[3]</sup>。其二,可实现能源回收。焚烧过程释放大量的热能,部分先进焚烧厂通过余热锅炉和汽轮发电机组,将热能转化为电能,供应周边区域;或直接用于区域供热,提高能源利用效率。

只是焚烧技术在实际应用中也会面临其他问题。像投资成本高昂,建设一座现代化焚烧厂,需投入数亿元资金用于购置先进焚烧设备、余热回收装置以及尾气处理系统。运行维护成本也高,需定期更换设备部件、消耗大量燃料等。此外,焚烧过程可能产生二噁英等有毒有害气体。二噁英毒性强、稳定性高,对环境和人体健康危害极大,为控制其排放,需要对焚烧设备的燃烧温度、停留时间等参数以及尾气处理要求极为严格<sup>[4]</sup>。目前国内部分焚烧厂因设备老化、技术落后,二噁英排放偶有超标现象,会影响到生态环境。

### 2.3 堆肥处理

堆肥处理应用的是微生物学原理,利用自然界中广泛存在的细菌、真菌和放线菌等微生物,将有机固体废弃物分解转化为腐殖质肥料。在堆肥过程中,微生物以有机固废中的碳源、氮源等为营养物质,通过自身的新陈代谢活动,将复杂的有机化合物逐步降解为简单的无机物,并合成腐殖质。该方法十分适合处理有机成分较高的固废,像厨余垃圾富含大量的蛋白质、碳水化合物和脂肪等有机物,是堆肥的优质原料。农业秸秆同样含有丰富的纤维素、半纤维素等有机物质,经过适当处理后也能用于堆肥。从资源利用角度看,堆肥处理实现了固废的资源化转变,将原本废弃的有机物质转化为具有经济价值的有机肥料,这些有

机肥料施用于土壤中,能够改善土壤结构,增加土壤肥力,提高土壤保水保肥能力,促进农作物生长,减少化学肥料的使用,有利于农业可持续发展。

但是,堆肥处理也存在生产周期长、堆肥质量易受影响等局限性,堆肥一般需要数周甚至数月时间才能完成整个堆肥过程,堆肥产品的质量也会受到温度、湿度、通风等条件的影响,因此市场上堆肥产品的应用程度还不如化肥高。

## 3 资源化利用技术及应用案例

### 3.1 工业固废资源化利用

#### 3.1.1 尾矿用于建筑材料

尾矿经过破碎、粉磨等预处理后,可替代部分黏土用于生产尾矿砖。尾矿中的矿物成分与黏土相似,能够在一定温度和压力下发生物理化学反应,形成具有一定强度的砖体。比如,铁矿尾矿通过添加适量水泥、石灰等胶凝材料,经搅拌、成型、养护后制成的尾矿砖,抗压强度达到国家标准,且生产成本低于传统黏土砖,在当地建筑工程中得到广泛应用<sup>[5]</sup>。这种方式能消耗大量尾矿,降低对黏土资源的开采,保护生态环境。而且尾矿中的一些化学成分,如氧化钙、二氧化硅、三氧化二铝等,与水泥熟料的成分相近。将尾矿粉磨至合适粒度后,可作为水泥混合材添加到水泥中。例如,铜尾矿中含有的硅铝酸盐成分,能在水泥水化过程中参与反应,改善水泥的性能,提高水泥的后期强度。

#### 3.1.2 冶炼废渣提取稀有金属

锌冶炼废渣中常含有镉、锆等稀有金属,提取工艺一般较为复杂。首先通过酸浸工艺,利用硫酸等强酸将废渣中的金属溶解出来,形成含金属离子的溶液。然后采用溶剂萃取法,选择对镉、锆具有高选择性的萃取剂,如P204(二(2-乙基己基)磷酸)、Cyanex923等,将溶液中的镉、锆离子萃取到有机相中,实现与其他金属离子的分离。接着通过反萃取,将有机相中的镉、锆离子转移到水相中,再经过电积等方法,得到高纯度的镉、锆金属。这些稀有金属在电子、半导体等领域具有重要应用,从冶炼废渣中提取它们,能提高资源综合利用率。

### 3.2 生活垃圾资源化利用

#### 3.2.1 日常垃圾回收利用

国内已经推行已久的“四分法”将生活垃圾分为可回收物、有害垃圾、厨余垃圾和其他垃圾。可回收物包括纸张、塑料、金属、玻璃等;有害垃圾涵盖废电池、废荧光灯管、过期药品等;厨余垃圾包含剩菜剩饭、果皮果核等;其他垃圾则是除上述三类外难以回收利用的垃圾,这种分类标准简洁明了,便于居民理解和操作,也有利于垃圾的二次回收利用。纸张、塑料、金属等各类日常垃圾,就有很大的回收利用价值,合理处理后还能带来可观的经济效益。比如:废纸回收后,经分拣、脱墨、打浆等工序,可重新造纸。据统计,每回收1吨废纸,可生产0.8吨再生纸,相当于节约木材4立方米,减少污染排放约1.2吨。例如,某大型造纸企业每年回收废纸量达数十万吨,生产的再生纸产品畅销市场,不仅降低了生产成本,还减少了对原生森林资源的依赖。

塑料回收后,通过清洗、粉碎、造粒等流程,制成再生塑料颗粒,用于塑料制品生产。如塑料瓶回收再造粒后,可生产新的塑料瓶、塑料管材等。很多中小型塑料回收企业,其年处理塑料废弃物量就可达上万吨,生产的再生塑料颗粒销售额达数千万元,既创造了经济效益,又减少了塑料垃圾对环境的污染。

金属垃圾回收后,经熔炼等工艺可重新提炼金属。每回收1吨废钢铁,可炼好钢0.9吨,比用铁矿石冶炼节约成本47%,同时减少空气污染75%,减少97%的水污染和固体废物。

### 3.2.2 厌氧发酵产生沼气用于能源回收

在厌氧环境下,微生物对厨余垃圾中的有机物分解过程复杂且有序,主要历经水解、酸化、产甲烷三个关键阶段。在适宜条件下,水解过程通常需1-2天初步完成;酸化过程时间较短,通常在1-3天内完成,为产甲烷阶段积累必要的中间产物;产甲烷阶段对环境条件要求苛刻,温度需严格控制在中温(30-38℃)或高温(50-58℃)范围,pH值保持在6.8-7.8之间。此阶段是沼气产生的关键环节,其反应速率相对较慢,完整反应周期可能持续10-30天。最终产生的沼气主要成分是甲烷(50%-70%)和二氧化碳(30%-50%),甲烷具有较高的热值,约为35-40MJ/m<sup>3</sup>,可作为优质能源使用。

#### 案例应用:

西安某大型厨余垃圾处理厂,其日处理厨余垃圾量达800吨,处理规模在当地首屈一指。该厂采用先进的厌氧发酵工艺,配备多个大型厌氧发酵罐,总容积达10000立方米。在严格的工艺控制下,每天可产生沼气约32000立方米。沼气产出后,先进入净化系统,通过脱硫、脱水、脱碳等一系列净化工序,去除其中的硫化氢、水分及多余二氧化碳等杂质,确保沼气纯度达到发电或供热标准。净化后的沼气一部分用于厂内设备供热,维持厌氧发酵罐的适宜温度,保障发酵过程稳定运行;另一部分则接入沼气发电机组用于发电。据估算,该处理厂每年通过沼气发电产生的电量可达3500万千瓦时,按照当地工业用电价格0.6元/千瓦时计算,每年通过沼气发电产生的经济效益可达2100万元。厂内剩余的沼渣、沼液经过进一步处理后,制成有机肥料用于周边农田和果园。

### 3.3 农业固废资源化利用

#### 3.3.1 秸秆还田技术

在农作物收获后,尽快使用秸秆粉碎机将秸秆粉碎至5-10厘米长度,以便于后续耕翻入土。随后,运用大型拖拉机配套深耕犁,将粉碎后的秸秆均匀翻埋至土壤20-30厘米深处。为促进秸秆在土壤中快速分解,可适当添加秸秆腐熟剂,按照产品说明,

将腐熟剂均匀撒施在秸秆表面,再进行耕翻。同时,调整土壤碳氮比,适量补充氮肥,一般每还田1吨秸秆,需增施5-10公斤尿素,以满足微生物分解秸秆对氮素的需求,加快秸秆腐解进程。

#### 3.3.2 畜牧饲料

在秸秆收获后,尽快将其铡短至2-3厘米长度,装入青贮窖或青贮袋中。装填时要逐层压实,排除空气,每装填30-50厘米厚,可均匀喷洒一层青贮添加剂,以促进乳酸菌发酵,抑制有害微生物生长。装满后,用塑料薄膜密封,确保青贮设施严格厌氧。经过3-4周的发酵,青贮饲料即可制成,具有酸香气味,质地柔软湿润,可用于饲喂牛羊等反刍动物。对于收获后水分含量较低的秸秆,可采用黄贮方式。将秸秆粉碎后,加入适量的水,使秸秆含水量达到60%-70%,再添加一定量的玉米粉、麸皮等能量物质,以及微生物菌剂,充分搅拌均匀后,装入密封容器进行发酵。发酵过程与青贮类似,需保持厌氧环境,经过2-3周,黄贮饲料制作完成,可改善秸秆适口性,提高饲料营养价值。

## 4 结语

固废处理与资源化利用对环境保护、资源节约和经济发展意义重大。传统处理方式虽各有优劣,但随着技术进步,资源化利用成为解决固废问题的关键方向。工业固废在建筑材料、稀有金属提取等领域成果显著;生活垃圾分类回收和沼气能源利用成效初显;农业固废还田和饲料化利用也稳步推进。未来政府、企业可以继续加大资源投入和技术研发,构建更加高效、绿色的固废处理与资源化利用体系,实现经济与环境的协调可持续发展。

### 参考文献

- [1] 邵剑明,崔云飞,吴越.工业固废资源化利用及其环境影响评价[J].清洗世界,2025,41(01):178-180.
- [2] 万宇超,崔锡舰.工业园区固废资源化处理及综合利用技术[J].砖瓦,2024,(08):46-49.
- [3] 李金惠.固体废物处理利用行业高质量发展面临挑战及重要举措[J].中国环保产业,2024,(12):20-21.
- [4] 吕建辉,刘桂梅,王乙涵,等.固废催化剂无害化处理与资源化再生利用[J].化工科技,2024,32(06):32-37.
- [5] 崔云飞,曹晓青,徐健健.固废资源化利用与土壤修复的技术与政策探索[J].清洗世界,2025,41(01):105-107.

### 作者简介:

任东亮(1991--),男,汉族,甘肃天水人,本科,助理工程师,研究方向:固体废物处理与资源化,污泥和生活垃圾的绿色处理与高附加值资源化,大气污染物控制,气候变化和温室气体减排。