

生活垃圾机械生物处理发展

中国环保产业协会城市生活垃圾处理委员会 徐海云

1 机械生物处理的来源

生活垃圾机械生物处理顾名思义就是生活垃圾机械处理+生活垃圾生物处理，所谓机械处理就是通过机械设备对生活垃圾进行分选、破碎等，常见的机械处理有筛分、磁选、分选、涡流分选、破碎、烘干等，对应不同的机械处理工艺有不同的机械设备。生活垃圾的生物处理主要包括好氧堆肥处理和厌氧消化处理。对于含水量较低的可生物降解的有机垃圾适宜堆肥处理，如秸秆和庭院垃圾等；对于含水量较高的厨余食品类垃圾，更适宜于厌氧消化处理，如果要进行堆肥处理，需要添加木屑等骨料来保证物料的透气性，从而完成好氧堆肥过程（见图 1）。

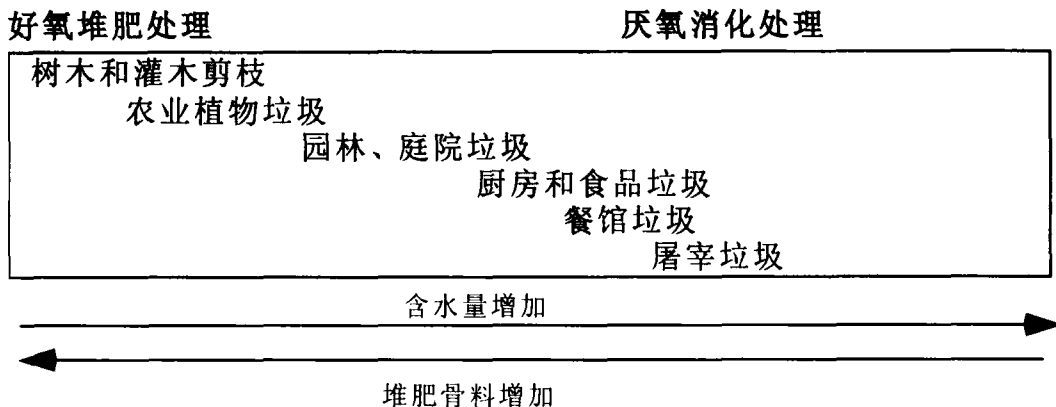


图 1 堆肥与厌氧消化对物料的适应性

为逐步减少可生物降解有机垃圾的填埋量，欧洲垃圾填埋指南（CD1999/31/EU/1999）提出了几个阶段性目标，第一阶段目标是在 2006 年将进入填埋场的有机物在 1995 年的基础上削减 25%；第二阶段目标是在

2009 年将进入填埋场的有机物在 1995 年的基础上削减 50%；第三阶段目标是在 2016 年将进入填埋场的有机物在 1995 年的基础上削减 65%。而德国、奥地利、瑞士等国提出了更高的要求；瑞士要求在 2000 年实现进入填埋场的垃圾总有机碳（TOC）控制在 5% 以下，奥地利提出在 2004 年实现该目标，德国提出在 2005 年实现该目标。进入填埋场的填埋物总有机碳（TOC）要小于 5%，就意味着填埋的垃圾基本上就是灰渣，也就意味着剩余垃圾（或其余垃圾，即除去单独收集的剩余垃圾）都要进行焚烧处理才能实现这一目标。事实上，包括德国在内的这些国家还不具有将其余垃圾全部进行焚烧处理的能力，因此德国、奥地利提出补充条款，对于通过机械分选处理和生物处理后，其干态热值小于 6000KJ/KG[相当于总有机碳（TOC）18%]的剩余垃圾可以进行填埋处理。因此，在这样的背景下，垃圾机械生物处理在德国、奥地利等国得到了有效发展。

2 机械生物处理的对象

现代生活垃圾的构成是复杂而多样的，分类收集的目的是将其中清洁的可回收的部分进行单独收集，以便生活垃圾进行回收和处理。由于分类收集涉及每一个居民，而且当物品变成垃圾时所处的状态千差万别，因此，分类收集特别是用于直接回收的分类收集只能是相对的和有限的，不管采用什么样的分类，“剩余垃圾”这一类都是不可缺少的。德国是世界上实行分类收集比较好的国家之一，家庭生活垃圾大多实行分类收集，分类收集方式各地略有不同，主要分类收集类别见表1。每一类垃圾不仅要告诉人们包括什么，同时还要说明不包括什么，当你放置垃圾时，你不能确定它属于哪一类，你就可以放置在其余垃圾桶中。其它发达国家也是如此，例如，在美国纽约，将垃圾分为三类，废纸（绿色袋），金属-玻璃-塑料（兰色袋），其它垃圾或剩余垃圾（黑色袋）。

表 1 德国家庭生活垃圾分类

	主要包括	不包括	垃圾桶位置	备注
废纸	报纸杂志、产品广告及手册、书写用纸、纸板。	弄脏的纸、带有塑料和铝膜的纸，如一些软包装、照片纸、透明纸等。	家庭 废物收集点 公共场所	
玻璃	酒瓶、果酱瓶类罐头瓶类、饮料、饮用瓶类等。	窗用玻璃、镜子用玻璃、瓷器、灯泡等。	废物收集点	分为三个垃圾桶分别是白色，棕色和绿色。
包装类垃圾	带有绿点标志的包装物。	属于废纸和玻璃类的废弃物	家庭 废物收集点 公共场所	在公共场所如火车站只分为纸、塑料和其余垃圾三类。
可生物降解的有机垃圾	饭菜剩余物、水果和蔬菜剩余物、蛋壳、咖啡和茶的残渣、来自花园的垃圾、花草落叶。	吸尘器袋、狗或猫巢用草、清扫垃圾、可降解塑料等。	家庭 废物收集点	
有毒有害垃圾(有问题垃圾)	含有有毒有害成分的垃圾如颜料、油漆类、溶剂类如松节油、胶水、粘合剂、清洁剂、厕所清洁剂、去污剂、水银温度计、荧光灯管等。		废物收集点 产品销售点	此外废弃的药品，电池，油及油脂等也可送到产品出售点；旧服装可送到旧服装收集点。
大件垃圾	较大体积的垃圾如家具、家用电器等		电话预约	
绿色植物垃圾	主要为体积较大的树木草类垃圾。		电话预约或自己运送到处理场。	
其余垃圾	为不属于上述分类的垃圾		家庭 废物收集点 公共场所	

垃圾的回收利用在我国有别于发达国家,有中国特定的发展状况。到目前为止,大部分居民在家庭中对旧报纸、易拉罐等还是基本做到单独收集,然后卖给“回收工”(俗称“拣破烂”,他们大多来自农村,在城市居民区流动的或半固定的收集废旧物,然后再卖给废旧物资回收站)。这个过程实际上就是城市垃圾的分类收集。因此,我国城市环卫部门所面对的生活垃圾实际就相当于发达国家的“剩余垃圾”。这类混合的生活垃圾具有水分高、可生物降解的有机物含量高和热值低的特性。从可生物降解的有机物含量分析,理论上适宜堆肥处理,但由于这些厨余类有机物大多用塑料袋包装,这些包装物重量一般不足 1/4,但其所占的体积要超过 50%。因此,虽然生活垃圾中的厨余类有机物含量在 60%以上,但生活垃圾的堆积密度只有 0.3-0.4 千克/立方分米。被各类包装物分隔的生活垃圾即使总体上碳氮比适合堆肥要求,但各部分不能混合均匀,所以难以满足堆肥发酵过程的要求的参数条件。

3 机械生物处理分类

我国混合生活垃圾中厨余类垃圾多且水分含量高,这类垃圾与其包装物粘联性强,因此,对原生的混合生活垃圾直接进行机械分选,效果都不太理想。为了改善混合生活垃圾的分选效果,国内进行很多探索,主要有以下几类:

(1) 高温湿解处理或高温消解处理。这种方式将原生生活垃圾放在压力容器,直接通入压力蒸汽(一般在 6-7 个大气压, 160℃)约 2 个小时,这一过程的直接效果是消除了异味,同时也改变了生活垃圾的物理特性,降低了垃圾中的含水量,也改善了后续的机械分选效果,国内对于这一过程真正机理研究不多,往往将其作为高温湿解过程来看,实际上在这么短的时间内,是不可能将很不均匀的垃圾进行湿解的。

(2) 高温干燥处理。为了改善堆肥的销路,同时也提高堆肥的收益,国内有些单位正在研制开发垃圾复混肥。由于没有经济、有效的手段,将垃圾中的硬物杂质去除,只能采用球磨机将垃圾堆肥物直接进行粉碎,然后根

据配方拌制复混肥。在垃圾复混肥的拌制过程中,垃圾堆肥需要烘干,烘干后的垃圾容易进行分选处理,但为了节省费用,国内往往采用烟气直接烘干,这样做的烘干效率确实高,但高温烟气与垃圾直接反应,其污染物会沉积在烘干物料中。

(3) 水选处理。将垃圾破碎后放入水池中,由于塑料类包装物易浮在水面上,从而实现塑料类轻质物料的分离。重物料将沉入池底,部分有机物会溶解在水中。这种方式的局限性就是产生大量污水。

(4) 堆肥处理+机械分选

首先将垃圾进行静态堆肥处理,垃圾经过长时间堆放,其中有机物会腐烂发酵,水分也会降低,然后进行机械分选处理。这种方式处理成本低,但由于静态发酵时间长,占地大,特别是垃圾堆体散发气体对周围环境影响较大。这种方式的发展方向将是好氧型“生物反应器”填埋场。

(5) 机械分选+堆肥处理

首先将垃圾进行机械分选处理,并将分选出的含有机物较高部分垃圾进行堆肥处理。筛上物及热值比较高的轻质组分制成一定尺寸规格垃圾衍生燃料(Refuse derived fuel),简称 RDF 是比较常见的方式。RDF 最终加工形态根据不同要求可制成不同尺寸规格的颗粒或压缩成块状,由于 RDF 可部分代替煤直接用于工业锅炉、也可和煤或木屑混合燃烧,因而 RDF 厂址选择具有较大的灵活性。主要设备有输送皮带、滚筒筛、磁选机及空气分选机等。目前 RDF 焚烧量占美国城市垃圾焚烧量约 1/4,美国和加拿大对 RDF 焚烧炉的焚烧标准给予一定放宽,德国垃圾法规定,当垃圾热值超过 13000KJ/kg 以上,其处理纳入回收利用范畴。分析国内城市生活垃圾成分,可燃物含量低,垃圾热值低,如果将垃圾分选处理的高热值垃圾与流化床等其他工业焚烧炉结合起来才是相对理想的组合。这种方式的缺点是当混合垃圾水分较高时,分选效率较低。

(6) 热风干燥+机械分选

原生垃圾进行破碎预处理,通过强制热风(热风温度为 70-80℃)干燥处理,垃圾很容易被分离,这样既简化了前处理工序,也便于后处理,并可

降低运行费用和建设投资。该工艺在德国又称机械干燥生物处理,并在德国、意大利、比利时等国有 10 多个处理厂投入使用。该工艺技术,解决了原生垃圾分选处理问题,也为生产高质量 RDF 燃料,提高垃圾回收利用率创造了有利条件。

4 结束语

源头分类收集,这是许多发达国家倡导并实践的方式。需要说明的是,且不说在我国城市居住区推行厨余类有机垃圾单独收集的难度和时间,设想在对厨余类有机垃圾单独收集后,由于厨余类有机水分含量高,还是无法进行直接堆肥处理,如果一定要对这样的厨余类有机垃圾进行堆肥处理,需要添加大量草、树叶、树枝、木屑等垃圾改善其结构性,才能适应堆肥发酵处理的工艺要求。高水分的有机垃圾更适宜进行厌氧消化处理,厌氧消化处理的残渣通常再进行堆肥处理,成为优质堆肥。分析我国目前生活垃圾的成分,其中最大的组成部分往往是水。这一方面是由于厨余类垃圾含水量高,另外就是收集系统密闭程度低,使得雨水进入城市生活垃圾。一吨水通过下水道进入污水处理厂的处理成本约 1 元左右,而通过垃圾收运处理要 100 元左右,因此,要做好垃圾收集的密闭工作,减少雨水进入生活垃圾,同时也应该控制家庭垃圾中的汤水进入城市生活垃圾。因此,控制生活垃圾中水分含量,包括源头控制水分和干燥控制水分,都有利于机械生物处理的发展。

当前,生活垃圾综合处理是一个热门话题。广义上说,垃圾综合处理普遍存在,但程度不同;狭义上说,垃圾综合处理的核心就是机械生物处理。

“剩余垃圾”机械生物处理,虽然可以去除一些不可堆肥物,但不能从根本上保证堆肥质量,而且,机械处理自动化水平越高,分选处理工序越细,处理成本就越高,也就限制其应用范围。

“剩余垃圾”进行机械生物处理的目的是主要立足分选出的可燃物焚烧,或者减少填埋量,而不应是为了堆肥处理。