

我国城市生活垃圾处理技术装置发展现状

建设部城市建设研究院环卫工程研究所高工 徐海云

1 城市生活垃圾处理现状

我国城市生活垃圾处理起步于 80 年代,在 1990 年前,全国城市垃圾处理率还不足 2%。近十多年来,特别是进入 90 年代以后,我国城市生活垃圾处理水平不断提高。据 1997 年对全国 668 个城市的统计,年清运城市生活垃圾和粪便 14,027 万吨,垃圾粪便处理率为 55.4%。其中年清运城市生活垃圾 1.098 亿吨,生活垃圾处理率为 57.3%。

显然,从统计数字分析,取得的成绩和进步是巨大的。但从垃圾处理的投入分析又可以看出,垃圾处理的水平还比较低。城市生活垃圾处理能力 1997 年比 1990 年增加约 22 万吨/日(1997 年垃圾处理能力为 22.51 万吨/日,1990 年垃圾粪便处理能力为 0.7 万吨/日),而这期间(1991 至 1997 年)环卫投资(固定资产投资和更新改造投资)总计为 78.7 亿元,折合到 1997 年价格约为 100 亿元人民币,如果按垃圾处理投资占环卫投资的 20% 估计(没有准确的统计,较高估计),用于垃圾处理的投资约为 20 亿元,相当于单位垃圾处理投资约为 0.9 万元/(吨·日)。如果按照卫生填埋场的单位投资 5.0 万元/(吨·日)为基础对比计算(在此期间建成并投入运行的 5 个卫生填埋场统计平均值),实际用于城市生活垃圾处理的投资低于要求的 18.0%,或者说,按照实际投入的估算,目前的垃圾处理率低于 10%。

目前,国内外广泛采用的城市生活垃圾处理方式主要有卫生填埋、焚烧、堆肥和综合利用(再生循环利用)四种处理方式。垃圾处理的最佳方式是综合处理。西方发达国家的垃圾处理对策或者说垃圾处理方式的选择原则是:首先是尽可能进行回收利用;其次是尽可能对可生物降解的有机物进行堆肥处理;再次是尽可能对可燃物进行焚烧处理;最后是对不能进行其他处理的垃圾进行填埋处理。这里“尽可能”的含义就是以经济条件许可为前提,这个垃圾处理对策同样适合我国城市垃圾处理的发展对策。

2 垃圾焚烧处理

2.1 垃圾焚烧发展过程

垃圾焚烧处理已有一百多年历史,但出现有控制的焚烧(烟气处理、余热利用等)只是近几十年的事。它与填埋处理相比,具有占地小、场地选择易、处理时间短、减量化显著(减重一般达 70%,减容一般达 90%)、无害化较彻底,以

及可回收垃圾焚烧余热等优点,在发达国家得到越来越广泛的应用。1876年,世界上第一个城市垃圾焚烧炉建于英国的曼彻斯特市,德国第一个城市垃圾焚烧炉建于1892年的汉堡市。在19世纪末所用的垃圾焚烧炉多为固定床式,机械化水平比较低,进出料还依靠人工。

2.2 焚烧技术类型

目前,城市垃圾(MSW)焚烧在发达国家应用的主要有以下几种类型。全量焚烧系统(Mass burn system)通常焚烧处理量250~3000T/日,用来焚烧混合垃圾;另一类将混合垃圾进行分选处理制成一定尺寸规格的垃圾衍生燃料(Refuse derived fuel 简称 RDF),制成的 RDF 燃料比混和垃圾具有较好的均匀性,可以和煤、木屑等其它燃料混和燃烧;块装组合式焚烧系统(Modular system)通常是在制造厂制造好标准组件,到现场组合安装,此类型焚烧系统处理量相对较小(10~200T/日);此外还有应用较少的处理工艺,如流化床焚烧炉、热解(Pyrolysis)等。

2.3 中国城市生活垃圾焚烧处理需求因素与发展

推动中国城市生活垃圾焚烧处理发展主要有以下三个因素。

1) 土地资源紧张

中国地域范围大,但人口多,可耕地面积少,人口分布相对集中。根据1997年的统计,黄河中下游5省2市和长江中下游6省1市平均人口密度达到每平方千米387人,超过了日本的平均人口密度(1996年为每平方千米333人)。对于经济较发达的东部沿海地区,人口密度则更高,如长江三角洲、珠江三角洲、海河下游平原等局部地区人口密度已达到每平方千米1000人左右。因此,对于东部地区的许多城市,土地资源非常宝贵,生活垃圾填埋场场地选择将越来越困难,垃圾填埋处理的成本也会越来越高,焚烧处理会逐步发展成为这一地区生活垃圾处理的主要手段。

2) 生活垃圾成份的变化

随着经济的发展,特别是居民燃气化程度的提高,生活垃圾中高热值可燃物含量会逐步增加。从1991年至1996年我国近百个城市生活垃圾统计表明,五年间塑料、废纸、织物和竹木平均含量增加近40%,其中以塑料增加幅度最大,超过50%。

垃圾收集方式对城市生活垃圾成份也可带来很大影响。城市燃气化程度高,煤灰含量低。垃圾分区、分类收集可有效改变垃圾成份。我国城市生活垃圾由于还没有采用分类收集,混合收集的生活垃圾成份主要特点是灰分(主要是煤灰)含量高。随着城市气化率的提高,分类收集的逐步实施,生活垃圾中无机成份含量将逐步降低,有机成份含量会进一步提高。

3) 技术进步

垃圾焚烧处理技术主要包括垃圾焚烧、烟气处理和余热利用三部分。烟气处理和余热利用技术在我国其它行业有一定的基础,垃圾焚烧技术在消化、吸

收国外生活垃圾焚烧技术基础上,结合我国生活垃圾特性的研究、开发活动正在取得进展。

深圳市于1985年从日本三菱重工业公司成套引进两台日处理能力为150吨/日的垃圾焚烧炉。1985年11月破土动工,1988年6月试生产成功,同年11月1日正式投产,成为我国第一座现代化垃圾焚烧厂。焚烧炉为马丁式炉排炉简称马丁炉(Martin System),马丁炉排为反推式往复炉排。1994年底开始扩建的三号炉,结合国家“八五”攻关计划,完成了3(炉国产化工程,设备国产化水平达到80%以上,在技术性能方面达到或超过了原引进设备的水平,为我国大型垃圾焚烧设备国产化打下了基础。目前,北海、厦门、广州、上海、北京等城市正在建设或计划利用外资建设垃圾焚烧厂。垃圾焚烧技术设备的开发成为环卫技术设备投资的新热点,在国内形成了以企业实体为主的垃圾焚烧设备开发群体。一批企业实体经过几年的发展,其产品和技术已由固定炉排垃圾焚烧炉发展到链条式移动炉排焚烧炉技术,其中一些正在开发国际上应用较多的往复式垃圾焚烧炉。由于这些公司实体有较强的经营运作能力,其技术能在不断运行实践的基础上不断完善提高,产品不断更新换代,尽管目前其技术水平和能力与国际水平相比还有较大差距,但已经在全国形成了较大的影响力,并形成了竞争的局面,在竞争中优胜劣汰,这些都将有利于总体水平的提高。

目前,制约我国城市生活垃圾焚烧处理发展的主要因素是建设投资与运行费用,可靠、实用的国产化焚烧处理技术,垃圾特性及垃圾处理收费制度,其中资金短缺是关键因素。由于基础差,经济发展水平还比较低,垃圾处理厂建设资金短缺是许多城市面临的问题。而目前我国引进焚烧设备(关键部分引进)单位处理投资为40~70万元/(吨·日),可见垃圾处理建设投资需求缺口很大,即使按照1998年的投资力度,采用垃圾焚烧处理的投资需求缺口也在50%以上。

由此可以预计,在未来5年和15年内我国城市生活垃圾焚烧处理占处理总量的比例在较理想的条件下可达到0.5~1.8%、5~11%。

3 卫生填埋处理

所谓卫生填埋,就是能对渗滤液和填埋气体进行控制的填埋方式。早期的垃圾填埋处理由于未控制其对环境的污染,造成了严重的后果。直到本世纪30年代,在美国的加利福尼亚才首次提出“卫生填埋”的概念。

3.1 填埋场防渗

防渗处理是生活垃圾卫生填埋场防止渗滤液污染地下水所采取的基本手段,也是选址和建设要考虑的重要因素之一。在填埋场基底没有天然隔水层的情况下,为防止垃圾渗滤液污染填埋场及其周围的地下水,需要对填埋场采用防渗处理。填埋场的防渗处理包含水平防渗和垂直防渗两种方式。一般填埋场防渗处理要考虑结合采用水平防渗和垂直防渗两种方式。根据填埋场的具

体情况,也有采用一种防渗方式就可满足防渗要求的。对于一些属独立水文地质单元的山谷型填埋场,一般在其下游建截污坝,采用垂直防渗方式(帷幕灌浆)将垃圾渗滤液截在截污坝一侧。对于一些平原型填埋场,填埋场的基底在地表浅层,防渗工程主要是基底的水平防渗。

1)水平防渗

填埋场人工衬层主要有两类,一类是粘土衬层,另一类是人工合成衬层(又称土工膜,通常采用1~2毫米厚的高密度聚乙烯(HDPE)塑料作为衬里材料,其渗透系数可达 10^{-12} ~ 10^{-13} cm/s。

2) 防渗幕墙

填埋场四周采用垂直防渗幕墙并使之与天然隔水层相连接,使得填埋场场底以下形成一个相对独立的水系,垃圾渗滤液就不会通过填埋场的基底及侧壁向周围扩散而污染地下水。

3.2 渗滤液处理

渗滤液收集后一般有以下几种形式处理:

- 1) 回喷填埋场;
- 2) 运输(或管道输送)至城市污水处理厂;
- 3) 现场处理。

垃圾渗滤液回喷主要用于降雨量少的干旱地区(年降雨量小于700毫米);垃圾渗滤液经过适当处理运输(或管道输送)至城市污水处理厂是目前比较好的选择方式之一,但要求城市具有污水处理厂并相距不要太远;由于渗滤液水质水量变化大,且污染物浓度高,垃圾渗滤液现场处理并达标排放处理工艺较复杂,投资和运行成本较高,因此,要求从填埋场管理和填埋工艺等方面尽可能减少污水产生量。

3.3 填埋场作业与填埋机械

现代大型卫生填埋场大多采用单元填埋、垃圾压实和日覆盖。

填埋场的主要作业机械是推土机和垃圾压实机,目前我国填埋场使用的主要作业机械是推土机,垃圾压实机主要依赖进口,目前全国先后共引进约20台压实机,每台压实机的进口价格约300万元人民币。因此填埋场作业机械就全国范围来说,也是一个较大的市场,需要工程机械厂家进行专门的研究和开发,以便进一步提高填埋作业机械的工作效能。

3.4 填埋场封场管理与填埋气体回收利用

垃圾填埋后要进行一系列复杂的生物反应,填埋气体(LFG)是其主要产物之一,填埋气体的主要成分是甲烷和二氧化碳。随着环境保护要求的提高与垃圾填埋技术的发展,必须控制LFG的自由转移或扩散,通常采取的方法有:

- ①通过石笼等形式排空;
- ②通过石笼和收集管进行燃烧排空;
- ③通过收集管网系统抽取收集后经过净化处理作为能源回收。

1998年10月,我国第一个填埋气体发电厂在杭州天子岭填埋场建成发电,投资350万美元,每年可发电近1600万度。此外,每年还可减少二氧化碳排放8-10万吨。这一项目的实施,为我国填埋场填埋气体的开发利用奠定了基础。

3.5 卫生填埋处理的发展趋势

填埋处理作为垃圾最终处置手段一直占有重要地位,目前仍然是大多数国家主要的处理方式。

由于填埋的卫生技术标准不断提高,填埋场的投资费用和运行成本也不断提高,因而新垃圾填埋场有向大型化发展的趋势。为充分利用填埋空间,普遍采用垃圾压实,以提高填埋场使用寿命。垃圾卫生填埋场污染控制将得到逐步加强,主要措施有:采用人工防渗层,提高垃圾防渗水平;加强渗滤液收集和处理,防治水污染;对填埋气体回收利用,保障填埋场安全和减轻大气污染;为提高垃圾资源再生利用率,同时也为减少垃圾填埋场污染物的产生,限制垃圾填埋场的填埋物有机物含量。

4 堆肥处理

4.1 概述

以前,我国城市生活垃圾中主要为煤灰和厨余类有机物,而包装物如塑料、废纸等含量较低,适宜于堆肥处理。1987年颁布的《城镇垃圾农用控制标准》(GB8172-1987)和《粪便无害化卫生标准》(GB7959-1987)是指导城市生活垃圾堆肥处理的技术标准,也是我国最先制订的有关城市垃圾处理的技术标准。到目前为止,堆肥处理主要采用低成本堆肥系统,大部分垃圾堆肥处理场采用敞开式静态堆肥。“七五”和“八五”期间,我国相继开展了机械化程度较高的动态高温堆肥研究和开发,并取得了积极成果。但限于现实的经济和社会条件,机械化高温堆肥由于处理成本较高而难以推广应用。静态堆肥特别是敞开式静态堆肥,虽然处理成本低,但由于其堆肥过程无法控制,如受天气等因素影响较大,特别是对周围环境影响较大,如臭味、蚊蝇难以控制等因素,其应用也受到一定限制。

4.2 堆肥系统与设备

城市生活垃圾中可堆肥物主要是厨余垃圾以及落叶等植物类垃圾。用于处理城市生活垃圾的堆肥系统有许多种。按生物发酵的方式可分为厌氧堆肥和好氧堆肥;按垃圾所处的状态可分为静态堆肥和动态堆肥;按发酵设备形式可分为封闭式堆肥和敞开式堆肥;按垃圾物料流动形式可分为间歇式堆肥和连续式堆肥。目前国内常用的城市生活垃圾堆肥系统主要为自然通风静态堆肥和强制通风静态堆肥,动态堆肥系统由于运行成本高等因素应用较少,典型工程如常州市环境卫生综合厂采用筒仓式发酵仓。

4.3 堆肥处理的发展前景

随着城市经济的发展,居民生活水平的提高和居民燃料结构的改变,城市生活垃圾中的煤灰含量逐步降低,而包装物如塑料、废纸等含量逐步增多,这些混合收集生活垃圾就难以用堆肥特别是无预处理的静态堆肥来处理。

根据 1997 年对 140 座城市的调查显示(1996 年全国共计 666 座城市,所调查的 140 座城市 1996 年的垃圾清运量约占全国城市垃圾清运量的 45%,而垃圾处理量约占全国城市垃圾处理量的 62%),1991 年共有垃圾堆肥场 26 座,处理能力为 3713 吨/日,1996 年共有垃圾堆肥场 32 座,处理能力为 5853 吨/日,1997 年—2000 年规划建设垃圾堆肥场 43 座,处理能力约为 12110 吨/日。尽管垃圾堆肥场数量和总处理能力都在不断增长,但相对于城市垃圾处理的发展速度,堆肥处理所占的比例还处于下降趋势。

分析我国的城市生活垃圾成分变化趋势,特别对于经济较发达的地区,由于居民气化率的提高(北方地区集中供热普及率的提高也会显著减低垃圾中的灰渣含量),当垃圾灰渣含量显著降低后,厨余类有机物就成为垃圾中最主要的成分。无论从环境保护,还是从资源循环利用角度出发,厨余类有机物处理的最佳方式就是使其转化为稳定的有机质,使其来源于自然再回归于自然。从这个意义上说,我国城市生活垃圾堆肥处理有很大的发展需求和潜力。垃圾收集分区、分类收集和建立垃圾收费制度将是影响今后我国垃圾堆肥处理的关键因素。

5 分类收集对城市生活垃圾处理的影响

发达国家城市垃圾处理发展历程表明,垃圾分类收集是实现垃圾资源化的最有效途径。通过垃圾分类收集,不仅可直接回收大量废旧原料,实现垃圾减量化,而且可以减少垃圾运输费用,大大简化垃圾处理工艺,降低垃圾处理成本。例如,对可实行可生物降解的有机垃圾(如厨余垃圾)单独收集进行堆肥处理,既可简化堆肥处理的分选工序,降低堆肥处理成本,又可提高堆肥质量,促进堆肥销售。当然分类收集本身也要花费很多人力物力,由于受生活条件、生活习惯等因素的影响,目前在管理上有较大难度,但这是一条最终必须选择的道路。现在一些城市的生活垃圾的灰渣含量已经降到 10% 左右,垃圾中的主要成分仍然是厨余垃圾,这类垃圾最理想的处理方式是进行生物降解堆肥。从表面上看,城市垃圾堆肥会随着灰渣含量的降低而增加,但实际情况不完全如此。例如,德国 1987 年城市生活垃圾(MSW)堆肥处理厂有 28 座,到 1993 年下降到 10 座以下。美国、日本等发达国家城市垃圾的堆肥处理也经历了这样衰退的历程,我国的城市垃圾堆肥处理正在经历停滞甚至萎缩的历程。出现这种情况的原因是垃圾混合收集对城市垃圾堆肥处理成本和投资的影响。进入 90 年代以后,由于以下几方面因素,堆肥处理又呈上升的发展趋势。

分类收集也影响着焚烧技术的应用。垃圾焚烧处理应主要适合于可燃垃圾,对于无机物含量较高、热值较低、需要添加辅助燃料才能燃烧的生活垃圾具

有一定局限性。过分强调研制和开发适合于焚烧低热值、高水分垃圾的焚烧炉,不符合可持续发展方向。并不是能焚烧垃圾热值越低的焚烧炉越好,对于那些能够焚烧西瓜皮、果皮、菜叶和灰渣的垃圾焚烧炉没有必要研究,也没有必要发展。

垃圾的分类收集也影响填埋,填埋适用于任何垃圾组分的观念也正在改变。德国在 1986 年通过的第四版《废弃物法》中首次引入废物避免产生(Waste avoidance)和回收利用(Recovery)概念。并提出废弃物管理的首要目标是避免产生,其次是回收利用,基本要求是处置处理后对公共利益无害。“城市固体废弃物的技术条例”要求采用最先进的处理技术进行回收利用和污染物去除,并对其分类处理作出明确规定。分类处理规定,只有当废弃物不能回收利用时才能填埋处理。

6 城市生活垃圾处理技术和装备需求

根据目前国内外城市生活垃圾处理和资源化利用技术的发展状况,我国需要发展以下几方面的技术和设备:

6.1 垃圾焚烧成套技术及设备

- 1)垃圾焚烧成套技术设备
- 2)垃圾焚烧污染控制技术设备
- 3)垃圾焚烧余热回收利用技术设备

6.2 卫生填埋处理关键技术及设备

- 1)填埋气体回收利用工程成套技术设备
- 2)新型填埋防渗衬层和覆盖材料
- 3)填埋专用机具研制
- 4)垃圾填埋场渗滤液处理技术及成套设备研究

6.3 资源化利用技术

- 1)低成本堆肥技术设备
- 2)有机垃圾厌氧消化技术设备
- 3)垃圾衍生燃料技术
- 4)垃圾、废物分选技术设备
- 5)其他热处理及能源利用技术