

城市生活垃圾处理技术现状与管理对策

张英民¹, 尚晓博², 李开明¹, 张朝升², 张可方², 荣宏伟²

1. 环境保护部华南环境科学研究所, 广东 广州 510655; 2. 广州大学土木工程学院, 广东 广州 510006

摘要:近年来,我国城市生活垃圾产生量每年以约 10%的速度迅猛增长,而城市生活垃圾处理能力发展相对滞后。客观评述城市生活垃圾常用的填埋、焚烧、堆肥 3 种处理技术的优缺点和在国内的应用现状,并针对城市生活垃圾在收运、处理以及管理等环节中存在的突出问题,提出了明确的建议与措施:首先,完善相关法规政策,实施分类收集,加强源头控制;其次,创新管理体制,推行市场化运作机制,政府加强政策引导和监督;再次,按照“谁污染,谁付费”的原则,建立健全垃圾收费体系;最后,充分利用各种媒介,加大宣传力度,提高公众环保意识。同时,还探讨了城市生活垃圾处理技术发展的趋势。焚烧处理将是今后一段时期我国最有发展潜力的技术,气化熔融焚烧技术是一种高效资源化、污染物接近零排放的新型焚烧技术;生物反应器填埋技术可减少渗滤液处理量、降低垃圾处理成本,具有广阔的发展前景;堆肥技术可作为焚烧或填埋之前的预处理手段;城市生活垃圾综合处理集多种处理技术的优点于一体,在节约处理成本,提高经济效益的同时,实现了垃圾的减量化、资源化、无害化,是未来我国生活垃圾处理的优先发展方向。

关键词:城市生活垃圾;处理;管理;趋势

中图分类号: X705

文献标志码: A

文章编号: 1674-5906 (2011) 02-0389-08

随着我国社会经济的快速发展和城市化进程的加快,城市生产生活过程中产生的垃圾废物也日益增多。城市生活垃圾的大量增加,使垃圾处理日趋困难,由此而来的环境污染等问题逐渐引起社会各界的广泛关注。近年来,我国政府高度重视环境保护问题,生活垃圾处理和污染防治工作取得了长足发展。然而,在我国城市生活垃圾产生量不断增长的同时,生活垃圾分类、回收和处理能力与水平发展相对滞后,城市生活垃圾问题愈加突出,亟需采取措施加以解决。本文论述了我国城市生活垃圾产生与处理现状,分析了我国城市生活垃圾收集处理和管理过程中存在的问题,提出了城市生活垃圾管理对策建议,探讨了我国未来城市生活垃圾处理技术的发展趋势。

1 城市生活垃圾产生量及处理概况

城市生活垃圾,是指在城市日常生活中或者为城市日常生活提供服务的活动中产生的固体废物以及法律、行政法规规定视为城市生活垃圾的固体废物。目前,我国城市垃圾以每年 8%~9%的速度在增长,城市人均年生活垃圾产生量约为 450~500 kg^[1]。截至 2007 年底,全国 655 个设市城市生活垃圾清运量 1.52×10^8 t,有各类生活垃圾场 453 座,处理能力为 27.2×10^4 t·d⁻¹,集中处理量约 9.400×10^4 t,集中处理率约为 62%;其中城市生活垃圾填埋场 363 座,处理能力 21.5×10^8 t·d⁻¹,填埋处理量约

7.664×10^4 t;城市生活垃圾堆肥厂 17 座,处理能力 0.79×10^4 t·d⁻¹,处理量 250×10^4 t;城市生活垃圾焚烧厂 67 座,处理能力 4.58×10^4 t·d⁻¹,处理量 1.466×10^4 t;按处理量统计,填埋、堆肥和焚烧处理比例分别占 81.7%、2.7%和 15.6%,按清运量统计分析,填埋、堆肥和焚烧处理比例分别占 50.4%、1.6%和 9.6%^[2]。

虽然近年来我国城市生活垃圾处理取得了一定成效,但总体的生活垃圾处理能力还明显不足,处理能力的增长速度滞后于垃圾产生量增长的速度,大量城市生活垃圾由于无法得到及时处理而堆积于郊外,侵占了大面积土地,部分城市面临着“垃圾围城”的威胁。按清运量统计,2008 年底我国城市生活垃圾的无害化处理率约为 66%,县城和建制镇生活垃圾无害化处理率约为 16%;若综合考虑其他因素,2008 年底比较接近实际情况的参考数据为,城市生活垃圾的无害化处理率约为 50%,城镇生活垃圾的无害化处理率约为 40%^[3]。

2 主要处理方式及现状

解决垃圾问题的目标是将垃圾减容、减量、资源化、能源化及无害化处理。目前在我国乃至世界范围内广泛使用的城市生活垃圾处理方式主要有填埋、焚烧、堆肥 3 种。

2.1 填埋

垃圾填埋是应用最早、最广泛的一项垃圾处理

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07528-001);国家环保公益性行业科研专项(200909055)

作者简介:张英民(1976年生),男,高级工程师,博士,主要从事固体废弃物污染控制与农村水环境污染治理研究。E-mail: zhangyingmin@scies.org;

hitzy@126.com

收稿日期: 2011-01-09

技术。早期的垃圾填埋处理仅仅是单纯的填埋,没有考虑到填埋气、渗滤液的处理等问题,造成了比较严重的环境污染。直到本世纪30年代,首先在美国提出了“卫生填埋”的概念。卫生填埋法具有技术比较成熟、操作管理简单、处理量大、投资和运行费用较低、适用于所有类型垃圾^[4]等优点,是当今世界上最主要的垃圾处理方式。但填埋处理也存在一些缺点:(1)占用大量土地资源,以致新建填埋场选址困难;(2)产生的垃圾渗滤液如未妥善处理,会对土壤及地下水等周边环境造成污染;(3)填埋垃圾发酵产生的甲烷等气体,既是火灾及爆炸隐患,又加剧了温室效应。

填埋是我国处理城市生活垃圾的主要方式,我国的垃圾填埋处理量大约占垃圾总量的80%。从近10年的发展来看,城市生活垃圾填埋技术的进步比较显著:在填埋场防渗方面,广州、深圳等许多新建的垃圾卫生填埋场采用了先进的HDPE膜防渗技术^[5];关于填埋气的处理问题,部分大型填埋场能够对填埋气体进行收集并用作发电等用途^[6];填埋场渗滤液处理技术的相关研究也越来越多^[7-9],其处理方法主要有物化处理、生化处理、土地处理等。由于一般渗滤液浓度高且难处理,水质不稳定,单一的处理技术难以满足达标的要求,我国大部分填埋场采取了“物化预处理(混凝沉淀、氨氮吹脱、化学氧化等)+生物主体处理(厌氧、缺氧、好氧等)+物化深度处理(吸附、反渗透、催化氧化等)”的组合工艺^[10],处理成本较高,而成本较低的土地处理法如回灌法、矿化垃圾生物反应床法实际应用较少。

虽然国内出现了渗滤液处理等方面先进技术的应用,但受到经济因素限制,总体应用状况并不理想,还有相当数量的填埋场设施设备不足,防治技术落后,而且缺乏规范的运行管理和有效的监督,环境污染问题突出。据2006年《北京市生活垃圾填埋场污染风险评价》报告中指出,全市490处填埋场中,存在中、重度污染风险的达231处,从对14处填埋场地下水水质监测结果来看,其附近地下水均受到不同程度的污染^[11]。很多中小型填埋场的填埋气体则直接排入大气,造成资源浪费和环境污染^[12];有相当数量的填埋场对渗滤液的处理未达到排放标准,处理能力也不足^[13]。

2.2 焚烧

垃圾焚烧处理已有100多年的历史,而现代化的焚烧处理的发展则开始于20世纪60年代以后。焚烧法处理,可使垃圾减容85%以上,减重75%以上,突出了减量化、无害化特征;若配备热能回收

装置,亦可达到资源化。与填埋处理相比,焚烧处理具有占地少、厂址选择易、处理周期短、减量化显著、无害化较彻底以及可回收垃圾焚烧余热等优点,因此在世界各国得到越来越广泛应用。许多欧洲国家如荷兰、德国、瑞士等,焚烧处理所占的比重较大;日本则拥有世界上数量最多的生活垃圾焚烧处理厂,焚烧比例接近其垃圾总量的80%以上^[14]。

我国的垃圾焚烧处理起步较晚,由于受经济水平的限制,长期以来发展较为缓慢。20世纪80年代,深圳市从国外引进成套焚烧处理设备,建成我国第一座现代化垃圾焚烧发电厂并于1988年投入运行。近年来,随着经济的高速发展,我国生活垃圾焚烧处理发展很快。生活垃圾焚烧处理能力,从2001年的6520 t·d⁻¹提升到2005年的33010 t·d⁻¹;在垃圾无害化处理中所占比例,从2001年的3%提升到2005年的13%^[15]。目前,限于经济因素,我国垃圾焚烧处理主要分布在东部经济较发达的地区。以江浙地区和广东省为代表,当地经济发达,人口密集,土地资源较为稀缺;而焚烧处理占用土地少,处理效果好,是比较理想的垃圾处理方式。

但垃圾焚烧也存在环境污染隐患,垃圾焚烧是二噁英的主要的排放源之一,二噁英排放则是垃圾焚烧处理中最引人关注的问题。二噁英具有不可逆的“三致”毒性,对人体健康具有极大危害。由于公众环境意识的提高和缺乏对垃圾焚烧技术环境安全性的认识,许多新垃圾焚烧厂筹建之初,往往受到周边民众的抵制和反对,焚烧厂的选址成为一个敏感问题。实际上,随着焚烧处理技术的发展,二噁英的排放量已经得到显著控制,焚烧处理的安全性也越来越有保障。20世纪90年代以前,日本的垃圾焚烧造成的二噁英污染曾达到相当严重的水平;通过焚烧技术的改进和污染物的终端处理,在1997年到2003之间,二噁英的排放削减率达95%^[16]。我国在垃圾焚烧工艺管控过程中也采取了一些减少二噁英产生量的措施,如2000年建设部发布的《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》中就规定了“垃圾应在焚烧炉内充分燃烧,烟气在后燃室应在不低于850℃的条件下停留不少于2s”、“烟气处理宜采用半干法加布袋除尘工艺”等控制措施^[17],可有效减少二噁英的排放。根据2007年的统计,我国焚烧厂二噁英排放量仅占全社会排放量的3.3%,相信随着我国垃圾焚烧技术的发展和相关管理措施的完善,垃圾焚烧过程中产生的二噁英可以消除或者控制在足够低的安全水平。

在我国,目前垃圾焚烧处理还存在一些限制:(1)我国城市生活垃圾成分复杂^[18],而且长期以来

一直是混合收集。垃圾焚烧一般要求垃圾的最低热值在 $3\,360\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上^[19]，垃圾热值低则需要添加燃料辅助燃烧，造成运行成本的增加，但在垃圾分类收集尚未普遍开展的情况下，我国目前除少数经济较发达的城市外，其它城市的混合生活垃圾热值较低^[20]，不适宜焚烧；（2）焚烧处理设备投资和运行费用均较高，经济不发达地区难以承受。我国早期建设的垃圾焚烧发电厂多引进的是国外技术和设备^[21]，投资费用昂贵；近年来随着引进设备国产化和技术创新，国产技术和设备有所发展和应用，焚烧厂单位投资有所降低，但对于经济一般的地区来说，焚烧处理的投资和运行费用依不菲^[22]。

2.3 堆肥

堆肥法是利用自然界广泛存在的微生物的新陈代谢作用，在适宜的条件下，进行微生物的自我繁殖，从而将可生物降解的有机物转化为稳定的腐殖质。堆肥处理适合于处理易腐烂、可降解有机物质含量较高的垃圾，可以使其中的有机成分转化为可供施用的肥效物质，同时消除其环境污染，杀灭垃圾中的病菌，具有无害化和资源化特征，是处理有机垃圾最有效，最适宜的技术手段之一。

我国应用堆肥处理的历史开始于 20 世纪 50—60 年代^[23]，经过多年发展，工艺技术已比较成熟。但是目前堆肥处理在我国的发展前景并不理想。由于处理成本过高，产品销路不好，大部分垃圾堆肥场处于停运状态，只有北京、广西、上海、四川等地几座城市的堆肥厂在运行^[24]。究其原因，主要有：（1）入厂的混合垃圾中含有大量土石、塑料等不可降解成分，这些成分必须分选出来，而分选设备工艺比较复杂，费用较高，使堆肥产品的成本大大增加；（2）经过分选工艺后的产品没有彻底清除石块等杂质和重金属等有害成分，质量难以保证；同时，与有机肥和化肥相比，堆肥产品的肥效较低，所以在市场竞争中毫无优势。（3）生活垃圾处理的连续性和堆肥产品销售的季节性之间存在着固有矛盾，另一方面也增加了堆肥的处理成本。鉴于以上原因，堆肥厂往往很难取得经济收益以致亏损；而大多数地方政府和企业看重垃圾堆肥的资源化理念，过分强调其经济效益，没有充分了解市场行情，盲目进行堆肥工程的开发，从而导致大批的堆肥厂经济难以维持而停止运行^[25]。

3 城市生活垃圾收集处理和管理中的突出问题

3.1 垃圾混合收集

长期以来，我国生活垃圾一直是混合收集。混合收集的弊端在于：（1）混合垃圾中含有一部分尚

有利用价值、可直接回收利用的物质如废纸、塑料等，如果直接处理，不仅造成资源的极大浪费，而且增大了垃圾处理量，使处理成本大大增加；（2）混合垃圾中还含有一些危险废物如日光灯管、废旧电池等，不仅增加了无害化处理的难度，而且一旦处理不当，极易造成严重污染。

垃圾被称为“放错地方的资源”，可回收垃圾包括纸类、金属、塑料、玻璃等，通过综合处理、回收利用，可以减少污染，节省资源。例如：每回收 1 t 废纸可造纸 850 kg，节省木材 300 kg，比等量生产减少污染 74%；每回收 1 t 塑料饮料瓶可获得 0.7 t 二级原料；每回收 1 t 废钢铁可炼好钢 0.9 t，比用矿石冶炼节约成本 47%，减少空气污染 75%，减少 97% 的水污染和固体废物^[26]。随着我国社会、经济的快速发展，垃圾中可回收资源迅速增加，现已达到 20% 左右^[27]，垃圾分类收集以及资源的回收利用势在必行。

尽管 2000 年建设部设立了北京、广州等 8 个城市为“生活垃圾分类收集试点城市”，但实际进展效果并不理想。2001 年，武汉取消了垃圾分类收集；2007 年，广州取消了垃圾分类收集，2008 年，深圳也取消了垃圾分类收集。其他一些城市的垃圾分类收集也形同虚设。这说明我国的垃圾分类收集存在很多问题^[28]。例如：虽然设置了分类垃圾箱，但缺乏对公众的宣传教育和约束，居民对垃圾分类的意识不强、积极性不高，乱扔乱投的现象依然普遍，分类垃圾箱形同虚设；相关部门缺乏有效管理，流动拾荒者任意捡拾垃圾，势必造成分类垃圾箱内垃圾的混杂；虽然进行了分类收集，但无法保证分类运输和处理，使分类收集失去了意义。

3.2 相关法律法规不健全

我国目前关于生活垃圾的相关法律体系还不健全，存在一定缺陷。已颁布的《固体废弃物污染环境防治法》《城市生活垃圾处理及污染防治技术政策》等法规对防治城市生活垃圾污染做出了较为全面的规定，是加强我国城市生活垃圾污染防治工作的基础；但这些基本法规多为原则性规定，缺乏相应的实施细则和配套法规，可操作性不强，给依法防治城市生活垃圾污染带来了困难^[29]。例如：《固体废物污染环境防治法》第 42 条规定城市生活垃圾应当逐步做到分类收集、运输和处理，《城市市容和环境卫生管理条例》和《城市生活垃圾管理办法》中也都提到了城市生活垃圾的分类；但究竟应该如何分类、分为哪几类，违反了分类原则又该承担什么样的法律责任，并没有给出具体的意见或规定。

地方部门未能充分行使立法职能,缺少相应的地方法规的制订,使得相关部门在执法时缺乏具体的法律依据。由于我国生活垃圾具有较大的地区差异性;因此,为提高法律的可操作性,有必要根据当地实际情况,加强地方立法,通过制定地方性法规制度保障国家法律、行政法规的顺利实施。

3.3 管理体制不完善

目前我国主管城市生活垃圾收运处理的部门是中华人民共和国住房和城乡建设部,各个城市由市政府领导下的城建环卫部门主管垃圾的收集、转运和处理工作^[30]。垃圾处理行业作为社会公益事业,其收运处理过程的监督、管理、执行基本上是由政府一家包揽,环卫部门既是监督机构,又是管理部门和执行单位,“自己监督自己”,造成政企不分的局面,不能形成有效的监督和竞争机制,制约着垃圾处理行业的发展。

此外,建设部门和环境保护部门的职责划分不清,容易造成多头管理,各自为政^[31]。由于两者都是同级部门,没有行政隶属关系,也无权相互干涉,因此,在执行管理职能的过程中,若出现利益项目,便会产生监管的重叠;当出现某些责任问题的时候,则会互相推诿,产生监管的空白。

3.4 资金匮乏,垃圾收运处理设施建设滞后

近几年来,国家对于城市生活垃圾处置的资金投入越来越多,但很多城市依然普遍存在资金不足的问题。由于垃圾处理作为城市公用事业,其经费来源主要是政府拨款,政府几乎担负所有的费用,造成政府财政压力巨大,资金捉襟见肘,无法满足日益增长的垃圾产量的处理需求。“九五”期间,全国用于生活垃圾处理设施的固定资产投资额约为 44×10^8 元,而2001年和2002年2年的投资已经达到了 53.2×10^8 元。虽然近几年来,各级政府大幅度提高了用于生活垃圾处理设施的固定资产投资;但由于历史欠账较多,以及城市生活垃圾产生量的不断攀升,用于城市生活垃圾处理设施的投资仍然严重不足^[32]。

由于资金投入不足,垃圾收运处理设施建设相对滞后,许多城市尤其是中小城镇普遍存在设施老化、数量不足的问题。崔宁^[33]对陕西省城市生活垃圾处置设施的调查显示,除西安、宝鸡、咸阳等经济较发达的中心城市垃圾机械化清运率达到60%外,大部分市县从垃圾源到中转设施的运输几乎完全由人力完成。大多数县城采用自然沟壑堆放生活垃圾,没有任何防渗层和渗滤液处理系统。

3.5 公众环保意识薄弱

城市生活垃圾收集处理与环境保护不仅仅只

是政府和相关部门的工作,也离不开每一个公民的支持和。要处理好城市生活垃圾问题,全民的环境卫生意识是一个至关重要的因素。例如,日本的生活垃圾回收做得相当好,居民能够自觉对垃圾进行分类。

由于生活习惯、教育等方面的因素,我国公民普遍没有形成良好的环保意识,自觉性较差,生活垃圾随意丢弃的现象处处可见。通过走访调查结果表明,尽管有很多人对周围其他人污染环境不满,但是自己也在做污染的事,而且心安理得;一些居民虽然清楚乱丢垃圾是不好的行为,但为了图一时之方便,仍然不管不顾,随意丢弃垃圾^[34]。邵瑞华等^[35]在对城镇居民的调查中显示,仅有9.4%的居民非常清楚可回收垃圾和不可回收垃圾的概念。一般了解的占57.9%,不清楚的占32.7%;了解垃圾资源化的占15.4%。听说但不了解的占59.1%,未听说的占25.5%。黄宜等^[36]对昆明市居民环保意识的调查中,66.7%的人表示在日常生活中经常使用塑料袋。

4 城市生活垃圾管理对策

4.1 源头控制,积极推进垃圾分类收集

目前我国解决垃圾问题的主要方式是末端处理。这种处理方式难以从根本上缓解垃圾处理的压力。一方面投资大、费用高,建设周期长,经济负担沉重;另一方面,末端治理往往会产生新的污染物,不能从根本上消除污染。对于垃圾问题要从末端处理转向源头管理,促进源头减量,控制并减少垃圾的产生量。例如,限制过度包装,鼓励净菜上市等,都能在源头有效减少垃圾的产生量。

同时,应积极提倡并广泛实行垃圾分类收集,回收可利用资源,实现垃圾的资源化,减量化。尽管目前我国有一定数量的公司及个人对废旧物品进行回收;但由于这种废品回收只从经济目标出发,而不是从减少垃圾量,保护资源、环境出发,回收对象多为废旧报刊、金属等利润高的物质,而对废旧塑料、玻璃等的回收不重视,使得一些废品回收率较低。根据中国塑料加工工业协会的预测,2010年我国塑料回收量有望超过 1000×10^4 t,但回收率也不过是25%左右。可见,我国垃圾资源回收具有相当大的潜力和前景。

尽管当前我国垃圾分类还存在较大困难,主要体现为公众积极性不高和分类处理困难,但作为一项有百利而无一害的垃圾资源化手段,仍需努力实施。首先,应建立和完善垃圾分类的专门法规,引导并规范推进垃圾分类;其次,率先在有条件的地区进行分类收集和处理,其他地区尽量实现可回收

垃圾的分类回收,逐步推进垃圾分类收集。

4.2 完善相关法律和政策体系

我国目前有关城市生活垃圾管理的法律还不够完善,应加快修订相关法律法规,完善相关管理制度。《固体废弃物污染环境防治法》对城市垃圾做出了全面的规定和要求,但仍需制订其他配套法规和专门法规落实细化^[37],例如,关于垃圾分类收集处理,还没有制订一部相关的法规予以规范和指导;对于废旧电池等危险废弃物,也亟需制订专门的管理法规条例。

地方政府应积极发挥职能作用,制订和完善具体的地方生活垃圾处理相关法规和标准,使有关部门能够依法加强管理,规范生活垃圾处理行为。例如,河南省和西宁市在2009年分别出台了《河南省城市生活垃圾处理管理办法》和《西宁市餐厨垃圾管理条例》,为当地部门的垃圾管理工作提供了更加具体的法律依据。此外,地方政府还要重视法律、法规的落实和检查督促工作,制订一定的奖惩制度。在针对生活垃圾开展的管理工作中采取奖惩并举、奖励为主、惩罚为辅的原则,使法律、法规能够真正落到实处。2010年,广州市制定了《广州市生活垃圾分类管理规定(征求意见稿)》并向市民征集意见。在征求意见稿中,广州拟安排专项资金用于生活垃圾分类管理及有关设施的建设和维护,并明确提出将为垃圾分类实施制定出处罚条款,处罚金额视违反情况从500元至3000元不等。

4.3 改革管理体制,加快市场化运作

为了避免管理中出现“多头管理”等问题,提高城市生活垃圾的管理效率,必须要优化改革现有的管理体制,明确划分各部门的职责范围,只有做到职责明晰,相关职能部门才能将各自的责任真正落实到位。切实实行地方责任制,明确地方的管理职责,加强地方管理力度。

同时,对于生活垃圾的管理要做到“政企分开”,政府部门应转变职能,主要参与政策制定和监督管理工作,垃圾的清运处理工作逐渐从政府部门剥离,推向市场,由社会相关企业承包垃圾的清运处理,垃圾产生者向处理公司支付一定的处理费用,而政府无需再提供大量垃圾清运、处置的财政补贴,垃圾处理公司实行市场化运作,自负盈亏。这样不仅引入了市场竞争机制,有利于提高垃圾处理效率,还极大地减轻了政府财政负担。

4.4 建立健全垃圾收费体系

对企业和居民征收一定的垃圾处理费用,一方面可以补充政府资金缺口,减轻财政负担,一方面

可以使企业和居民意识到垃圾处理与自身息息相关,增强其环保意识。韩国实行计量收费制以来,生活垃圾量减少了37%以上,而资源回收量增长了40%^[38];2007年,美国共有超过7000个社区实行垃圾计量收费,覆盖了美国1/4的人口。据美国环保署2004年的统计显示,垃圾收费使社区实现废弃物减量14%~27%^[39]。

2002年,国家四部委发布了《关于实行城市生活垃圾处理收费制度促进垃圾处理产业化的通知》,开始在全国范围内推行城市生活垃圾处理收费制度。时至今日,我国城市生活垃圾收费方面还存在较多问题如收费制度不完善,收费标准偏低,收缴率不高等,难以根本上解决垃圾处理的资金短缺问题。

因此,政府应加快建立健全垃圾收费体系,坚持按照“谁污染,谁付费”的原则,制定行之有效的规章制度,对欠缴、拒缴生活垃圾处理费的行为予以处罚,保证垃圾处理收费工作的顺利实施;因地制宜,制定相应的收费标准,并积极探索合理有效的征收方式,提高垃圾收缴率。

4.5 提高公众环保意识

各项调查数据显示:超过70%以上的公众把新闻媒介作为最主要的获取环境信息的渠道。电视、广播、报纸、杂志等新闻媒介具有巨大的舆论作用,对于向公众进行环境宣传教育,提高公众的环境意识具有十分重要的作用^[40]。所以政府应广泛利用各种新闻媒介向公众宣传生活垃圾处理和环境保护方面的知识,例如:在电视节目中播放公益广告,在街头或者上门发放关于垃圾处理等环保知识的宣传单或手册,多举办一些宣传教育活动如环保知识展览和专家讲座等。并且要坚持长期进行,以达到良好的宣传效果,提高公众的思想觉悟,形成良好的社会风气。

中小學生环境意识水平的高低对整个社会环境意识水平有着长远的影响,提高中小学生的环境意识水平是提高全社会环境意识的基础工作。在中小学教育中要坚持进行环境保护知识的学习教育,使中小學生从小就形成良好的环保意识。

5 我国城市生活垃圾处理技术发展趋势

近几年我国垃圾焚烧处理发展迅速,国家政策鼓励和支持发展垃圾焚烧处理,对于焚烧发电有一定的经济补贴。随着经济的发展和土地资源的日益稀缺,对土地资源占用最少的焚烧处理将会有更大的发展潜力。在大力推进焚烧处理的同时,应加快引进国外技术的吸收,实现技术和设备的国产化,降低垃圾焚烧厂建设和运营成本。

气化熔融焚烧技术是一种新型的垃圾焚烧技术,它的技术原理是将生活垃圾中的有机成分气化和无机成分熔融相结合,完全燃烧完垃圾中可燃成分的同时熔融焚烧后的无机灰渣,并回收灰渣中的有价金属、熔融渣等有用物质,所以在更高效地回收生活垃圾中的资源、能源的同时,能满足更严格的生活垃圾焚烧污染排放标准,使二噁英、呋喃类、重金属等剧毒二次污染物排放值降至最低,接近零排放化;熔融后的熔渣是一种优良的建筑材料,不仅提高了资源利用率,而且减轻了填埋处置场的负担^[41]。

卫生填埋技术,作为垃圾处理必不可少的最终处理手段,长期时间内仍会是我国最主要的城市生活垃圾处理方式。近年来,填埋技术在填埋场稳定化技术方面的研究逐渐增多^[42-44]。生物反应器填埋技术是近20年来发达国家发展起来的一种新的填埋技术,通过回灌渗滤液等控制手段,改善填埋场内部微生化环境,促进垃圾降解,加速垃圾稳定化进程,从而减少渗滤液处理量、缩短产气时间和封场后的维护时间、降低垃圾处理成本。近年来,在美国、欧洲、日本、澳大利亚、南美等国家和地区,生物反应器填埋场已经有很多成功设计和运行的实例,成为了卫生填埋的发展趋势。如果能解决我国填埋场普遍存在防渗层性能、临时覆盖、建设形式和监测手段等问题,这种新型的填埋场在我国将会有广阔的发展前景^[45]。

堆肥处理生活垃圾目前的发展前景堪忧,但是,将堆肥作为一种预处理手段则有很多优点。有研究表明,通过堆肥预处理可使生活垃圾含水率大大下降,并可以加速垃圾的稳定进程,这有利于减少垃圾填埋渗滤液产生量以及减少渗滤液中有害物质含量,同时,也能提高垃圾焚烧的处理效率。堆肥处理要取得发展,关键是要降低堆肥成本,提高产品质量,开辟市场渠道,但前提是必须实现有机垃圾的分类收集^[46]。

垃圾成分是影响技术的关键因素,我国生活垃圾的成分较为复杂,无论是填埋、焚烧或是堆肥,在目前的实际处理中都存在不少问题,用单一的处理技术无法实现垃圾减量化、资源化及无害化的总目标。城市生活垃圾综合处理是将填埋、焚烧和堆肥等技术的优点有机结合、综合为一体的技术。该技术可以使垃圾得到合理处理和利用,资源得到充分回收利用,处理效率高,同时又避免了单一处理的缺点^[47]。在垃圾综合处理中,先将其中60%~70%的有机物用于生产堆肥,然后把垃圾中剩余的可燃有机物进行焚烧处理,最后将无机垃圾以及堆肥和

焚烧处理后的残余废物进行填埋处理。这样不仅可以避免高水分含量给焚烧带来的成本增加,也可避免渗沥液造成严重的二次污染,同时还可促进城市生态循环,实现垃圾的资源化、无害化,降低总投资和运行费用,获得良好的经济效益。目前,综合处理技术在国内外均有研究^[48-49],我国天津等地也已建有小型垃圾综合处理厂^[50]。可以预见,综合处理是未来我国城市生活垃圾处理的优先发展方向。

参考文献:

- [1] 纪涛. 城市生活垃圾堆肥处理现状及应用前景[J]. 天津科技, 2008, 35(5): 46-47.
JI Tao. Application and outlook of municipal domestic refuse composting[J]. Tianjin Technology, 2008, 35(5): 46-47.
- [2] 中国环境保护产业协会城市生活垃圾处理委员会. 我国城市生活垃圾处理行业2008年发展综述[J]. 中国环保产业, 2009, 6: 17-23.
Committee of Municipal Domestic Refuse Treatment, CAEPI. Development report on China municipal domestic refuse treatment industry in 2008[J]. China Environmental Protection Industry, 2009, 6: 17-23.
- [3] 张益. 我国城市生活垃圾处理现状及对策[J]. 建设科技, 2010(15): 38-41.
ZHANG Yi. Status and countermeasure of municipal solid waste disposal in China[J]. Construction Science and Technology, 2010(15): 38-41.
- [4] 毛群英. 城市垃圾填埋技术及发展动向[J]. 山西建筑, 2008, 34(6): 353-354.
MAO Qunying. The technology of urban landfill and its development[J]. Shanxi Architecture, 2008, 34(6): 353-354.
- [5] 刘景岳, 刘晶昊, 徐文龙. 我国垃圾卫生填埋技术的发展历程与展望[J]. 环境卫生工程, 2007, 15(4): 58-61.
LIU Jingyue, LIU Jinghao, XU Wenlong. Review and outlook on MSW sanitary landfill technology in China[J]. Environmental Sanitation Engineering, 2007, 15(4): 58-61.
- [6] 王立国, 王广喜, 徐钢. 我国垃圾填埋场填埋气排放和利用现状分析[J]. 黑龙江环境通报, 2008, 3: 72-73.
WANG Ligu, WANG Guangxi, XU Gang. Landfill gas emission and usage in China[J]. Heilongjiang Environmental Journal, 2008, 3: 72-73.
- [7] 朱兆连, 孙敏, 王海玲, 等. 垃圾渗滤液的Fenton氧化预处理研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(10): 2484-2488.
ZHU Zhaolian, SUN Min, WANG Hailing, et al. Pretreatment of landfill leachate by Fenton process[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(10): 2484-2488.
- [8] 李鸿江, 赵由才, 张文海, 等. 矿化垃圾去除渗滤液中有有机物及金属离子的研究[J]. 中国给水排水, 2008, 24(19): 106-108.
LI Hongjiang, ZHAO Youcai, ZHANG Wenhui, et al. Research on removal of organic pollutants and metallic ions from leachate by aged refuse[J]. China Water & Waste Water, 2008, 24(19): 106-108.
- [9] 程五良, 陈煜南, 李晓雁, 等. UASB反应器处理垃圾渗滤液的启动和运行效果研究[J]. 中国给水排水, 2010, 2(23): 10-13.
CHENG Wuliang, CHEN Yunan, LI Xiaoyan, et al. Start-up and operation of upflow anaerobic sludge blanket for landfill leachate treatment[J]. China Water & Waste Water, 2010, 2(23): 10-13.
- [10] 魏云梅, 赵由才. 垃圾渗滤液处理技术研究进展[J]. 有色冶金设计与研究, 2007, 28(2): 176-181.
WEI Yunmei, ZHAO Youcai. Research evolution of treatment technology for landfill leachate[J]. Nonferrous Metals Engineering & Research, 2007, 28(2): 176-181.
- [11] 陈佑钢, 王宪周. 城市生活垃圾处理技术综述[J]. 一重技术,

- 2010(1): 01-04.
CHEN Yougang, WANG Xianzhou. Summary of municipal domestic refuse disposal technology[J]. Cfh Technology, 2010(1):01-04.
- [12] 胡红燕. 浅析我国城市生活垃圾处理现状及对策[J]. 中小企业管理与科技, 2009(1): 189-190.
HU Hongyan. Analysis on status of municipal solid waste in China and solution[J]. Management & Technology of SME, 2009(1): 189-190.
- [13] 肖前斌, 王海宁. 城市垃圾填埋的问题及对策[J]. 科技情报开发与经济, 2007, 27: 122-124.
XIAO Qianbin, WANG Haining. Discussion on the problems in and the countermeasures for the rural refuse landfill[J]. Sci-Tech Information Development & Economy, 2007, 27: 122-124.
- [14] 孙健. 焚烧法处理生活垃圾发展前景探析[J]. 煤炭工程, 2005, 7: 57-59.
SUN Jian. Analysis on the outlook of domestic refuse incineration[J]. Coal Engineering, 2009, 1: 52-54.
- [15] 聂永丰. 国内生活垃圾焚烧的现状与发展趋势[J]. 城市管理与科技, 2009, 11(3): 18-21.
NIE Yongfeng. Application of internal domestic refuse incineration and development trend[J]. Urban Management Science & Technology, 2009, 11(3): 18-21.
- [16] HIDEOTO Y, KAZUAKI T, NOBUO T, et al. Japan's waste management policies for dioxins and polychlorinated biphenyls[J]. J Mater Cycles Waste Manag, 2009, 11(3): 229-243.
- [17] 徐文龙, 刘晶昊. 我国垃圾焚烧技术现状及发展预测[J]. 中国环保产业, 2007, 11: 24-29.
XU Wenlong, LIU Jinghao. Status and development prospect on municipal solid waste incineration technology in our country[J]. China Environmental Protection Industry, 2007(11): 24-29.
- [18] 杜吴鹏, 高庆先, 张恩琛, 等. 中国城市生活垃圾处理及趋势分析[J]. 环境科学研究, 2006, 19(5): 115-120.
DU Wupeng, GAO Qingxian, ZHANG Enchen, et al. The treatment and trend analysis of municipal solid waste in China[J]. Research of Environmental Sciences, 2006, 19(5): 115-120.
- [19] 吕瑞鹤. 垃圾焚烧在我国的发展现状及展望[J]. 河南建材, 2009, 5: 105-106.
LU Ruihe. Application and outlook of refuse incineration in China[J]. Henan Building Materials, 2009, 5: 105-106.
- [20] 邵俊, 张益, 冯蒂. 江苏省生活垃圾处理现状及展望[J]. 环境卫生工程, 2010, 18(1): 48-50.
TAI Jun, ZHANG Yi, FENG Di. Status and perspectives for domestic waste treatment in Jiangsu province[J]. Environmental Sanitation Engineering, 2010, 18(1): 48-50.
- [21] 刘海燕, 韦新东, 秦磊, 等. 我国城市生活垃圾处理现状及措施[J]. 吉林建筑工程学院学报, 2009, 26(3): 71-73.
LIU Haiyan, WEI Xindong, QIN Fei, et al. Current situation and solution on management of municipal solid wastes in China[J]. Journal of Jilin Institute of Architectural and Civil Engineering, 2009, 26(3): 71-73.
- [22] 宋志伟, 吕一波, 梁洋, 等. 国内外城市生活垃圾焚烧技术的发展现状[J]. 环境卫生工程, 2007, 1: 21-24.
SONG Zhiwei, LU Yibo, LIANG Yang, et al. Present situation of the development of municipal domestic waste incineration technology[J]. Environmental Sanitation Engineering, 2007, 1: 21-24.
- [23] 刘宁宇, 简晓斌. 国内外城市生活垃圾收集与处理现状分析[J]. 国土与自然资源研究, 2008, 4: 67-68.
LIU Ningning, JIAN Xiaobin. An analysis of the collection and processing of urban domestic waste of internal and international[J]. Territory Natural Resources Study, 2008, 4: 67-68.
- [24] 李彦富, 李玉春, 董卫江. 生活垃圾堆肥处理技术发展的几点思考[J]. 中国资源综合利用, 2006, 10: 14-17.
LI Yanfu, LI Yuchun, DONG Weijiang. Some considerations about the development of municipal solid waste (MSW) composting[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2006, 10: 14-17.
- [25] 王燕, 施维蓉. 德国城市生活垃圾的管理现状及启示[J]. 污染防治技术, 2009, 22(1): 71-75.
WANG Yan, SHI Weirong. Status and inspiration of municipal solid waste management in Germany[J]. Pollution Control Technology, 2009, 22(1): 71-75.
- [26] 王伦, 伍松林. 中国农村生活垃圾处理的现状与对策[J]. 中国环境管理, 2008, 2: 03-05.
WANG Lun, WU Songlin. Present situation and countermeasures of domestic garbage disposal in rural places of China[J]. 中国环境管理, 2008, 2: 03-05.
- [27] 卢英方, 田金信, 孙向军. 中国城市生活垃圾管理体制探讨[J]. 环境卫生工程, 2002, 10(2): 92-95.
LU Yingfang, TIAN Jinxin, SUN Xiangjun. Discussion on urban domestic waste management system in China[J]. Environmental Sanitation Engineering, 2002, 10(2): 92-95.
- [28] 孙晓杰, 王洪涛, 陆文静. 我国城市生活垃圾收集和分类方式探讨[J]. 环境科学与技术, 2009, 32(10): 200-202.
SUN Xiaojie, WANG Hongtao, LU Wenjing. Discussion on municipal solid waste collection and classification model in China[J]. Environmental Science & Technology, 2009, 32(10): 200-202.
- [29] 王彬辉. 我国城市生活垃圾治理中存在的问题及法律对策[J]. 湘潭大学社会科学学报, 2001, 25(3): 112-113.
WANG Binhui. Study on the problem of the prevention and control of municipal refuse pollution to environment and legal countermeasure[J]. Social Science Journal of Xiangtan University, 2001, 25(3): 112-113.
- [30] 杨凌, 元方. 我国城市垃圾管理现状和问题[J]. 再生资源研究, 2007, 2: 34-39.
YANG Ling, YUAN Fang. Status and problem of municipal solid waste management in China[J]. Recycling Research, 2007, 2: 34-39.
- [31] 胡涛, 张凌云. 我国城市环境管理体制问题分析及对策研究[J]. 环境科学研究, 2006, S1: 28-32.
HU Tao, ZHANG Lingyun. Study on urban environmental governance in China[J]. Research of Environmental Sciences, 2006, S1: 28-32.
- [32] 李宇军. 中国城市生活垃圾管理改进方向的探讨[J]. 中共福建省委党校学报, 2008, 4: 16-21.
LI Yujun. Discussion on improving direction of municipal solid waste management in China[J]. Journal of Fujian Provincial Committee Party School of CPC, 2008, 4: 16-21.
- [33] 崔宁. 陕西省城市生活垃圾处置设施现状、主要问题及对策[J]. 环境, 2006, S2: 133-134.
CUI Ning. Status, major problem and countermeasure of municipal domestic refuse management facilities in Shanxi[J]. Environment, 2006, S2: 133-134.
- [34] 郑国全. 公众环境意识研究进展[J]. 内蒙古农业大学学报, 2009, 30(2): 282-286.
ZHENG Guoquan. Review on the investigation and study of public environmental consciousness[J]. Journal of Inner Mongolia Agricultural University, 2009, 30(2): 282-286.
- [35] 邵瑞华, 王志. 陕西省居民生活垃圾资源化认知水平调查[J]. 西安工程大学学报, 2008, 22(1): 100-103.
SHAO Ruihua, WANG Zhi. Investigation on municipal solid waste in Shanxi province[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2008, 22(1): 100-103.
- [36] 黄宜, 王艳伟, 董毅明, 等. 云南省昆明市居民生态环保意识调查研究[J]. 四川环境, 2008, 27(6): 97-99.
HUANG Yi, WANG Yanwei, DONG Yiming, et al. Investigation and study on awareness of environmental protection of residents in Kunming city of Yunnan province[J]. Sichuan Environment, 2008, 27(6): 97-99.
- [37] 余洁. 关于中国城市生活垃圾分类的法律研究[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(4): 13-15.

- YU Jie. Legal research on the municipal domestic waste sorting in China[J]. *Environmental Science and Management*, 2009, 34(4):13-15.
- [38] 熊孟清, 隋军, 栗勇超, 等. 垃圾处理产业化综述与建议[J]. *环境与可持续发展*, 2008, 3: 32-34.
- XIONG Mengqing, SUI Jun, SU Yongchao, et al. Review and suggestion on refuse disposal industrialization[J]. *Environment and Sustainable Development*, 2008, 3: 32-34.
- [39] LISA A S. Pay as you throw in the US: Implementation, impacts and experience[J]. *Waste Management*, 2008, 28: 2778-2785.
- [40] 陈金发, 侯明明. 中国公众环境意识提高的若干建议[J]. *云南环境科学*, 2003, 22(S1): 30-31.
- CHEN Jinfa, HOU Mingming. Several suggestions to improve the Chinese people's environmental consciousness[J]. *Yunnan Environmental Science*, 2003, 22(S1): 30-31.
- [41] 胡建杭, 王华, 刘慧利, 等. 城市生活垃圾气化熔融焚烧技术[J]. *环境科学与技术*, 2008, 31(11): 78-81.
- HU Jianhang, WANG Hua, LIU Huili, et al. Gasification-melting Technology of Municipal Solid Waste[J]. *Environmental Science & Technology*, 2008, 31(11):78-81.
- [42] 蒋建国, 张唱, 黄云峰. 垃圾填埋场稳定化评价参数的中试实验研究[J]. *中国环境科学*, 2008, 28(1): 58-62.
- JIANG Jian, ZHANG Chang, HUANG Yunfeng, et al. Pilot experiment on evaluation parameters of landfill stabilization process[J]. *China Environmental Science*, 2008, 28(1): 58-62.
- [43] JISUN HAN, CHANG GYUN KIM. Characterization of molecular biological indicators to define stabilization of landfills[J]. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 2010, 27(3): 868-873.
- [44] VALENCIA R, W VAN DER ZON, WOELDEHRS H, et al. The effect of hydraulic conditions on waste stabilisation in bioreactor landfill simulators[J]. *Bioresource Technology*, 2009, 100(5): 1754-1761.
- [45] 蒋建国, 邓舟, 杨国栋, 等. 生物反应器填埋场技术发展现状及研究前景[J]. *环境污染与防治*, 2005, 27(2): 122-126.
- JIANG Jianguo, DENG Zhou, LIU Huili, et al. Development status and research prospect of bioreactor landfill technology[J]. *Environmental Science & Technology*, 2005, 27(2): 122-126.
- [46] 赵由才, 宋玉. 生活垃圾处理与资源化技术手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007: 467-468.
- ZHAO Youcai, SONG Yu. Domestic refuse disposal and reclamation manual[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2007: 467-468.
- [47] 陈晓艳, 杜波. 城市生活垃圾处理技术的现状与发展趋势[J]. *内蒙古环境科学*, 2009, 21(1): 64-67.
- CHEN Xiaoyan, DU Bo. The current situation and development trend of municipal living garbage treatment technology[J]. *Inner Mongolia Environmental Sciences*, 2009(21): 64-67.
- [48] 谢朝学, 袁慧珍. 城市生活垃圾无害化综合处理试验研究[J]. *安全与环境工程*, 2004, 11(3): 58-60.
- XIE Zhaoxue, YUAN Huizhen. Experimental research on the harmless and comprehensive disposal of municipal refuse[J]. *Safety and Environmental Engineering*, 2004, 11(3): 58-60.
- [49] C P PIMENTEIRA, L G T CARPIO, L P ROSA. Solid wastes integrated management in Rio de Janeiro: input-output analysis[J]. *Waste Management*, 2005, 25(5): 539-553.
- [50] 李睿. 浅析我国应提倡生活垃圾综合处理厂的建设[J]. *环境卫生工程*, 2009, 17(S1): 93-94.
- LI Rui. Advocating constructing domestic waste comprehensive treatment plant in China[J]. *Environmental Sanitation Engineering*, 2009, 17(S1): 93-94.

Technologies status and management strategies of municipal solid waste disposal in China

ZHANG Yingmin¹, SHANG Xiaobo², LI Kaiming¹, ZHANG Chaosheng²,
ZHANG Kefang², RONG Hongwei²

1. South China Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China, Guangzhou 510655, China;

2. Institute of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

Abstract: In recent years, the production of municipal solid waste(MSW) in China has been increasing at a 10% annually, but the processing capacity is relatively laggard. This paper reviewed the advantages/disadvantages and application status of three commonly used treatment technology: landfill, incineration and composting. With reference to the outstanding issues during the waste collection, transport and disposal, the paper put forward explicit suggestions and measures. Firstly, improve laws and regulations, implement waste classified collection, strengthen of source control. Secondly, innovate of the management system, promote market-oriented operation mechanism, and the government should strengthen the policy guidance and supervision. Thirdly, according to Polluter Pays Principle, establish and perfect the garbage charge system. Lastly, make full use of various media to strengthen publicity activities and to improve the public environmental awareness. Meanwhile, the paper also discussed the technology development trend of MSW treatment and suggested that incineration will be the most promising technology in the near future; Gasifying and melting technology is a new-style incineration technology with efficient reutilization and waste' near zero release. Bioreactor landfill technology is able to reduce leachate quantity and lower the processing cost, having abroad market potential. Composting technology can be a pretreatment method before incineration or landfill. MSW comprehensive treatment integrate the advantages of several treatment technologies, it can realize "Decrement, Resources and Harmless", at the same time, it saves the treatment cost and improves economic benefit, which could be the prior development trend of MSW treatment in future.

Key words: municipal solid waste; treatment; management; trend