

文章编号: 1000-582x(2000)04-0053-05

53-57

# 国内外城市垃圾处理方法对重庆市的借鉴

张东翔, 李东

(重庆大学环境与化学化工学院, 重庆 400044)

**摘要:** 针对重庆市的地理气候特点、大气污染现状以及城市垃圾的理化特性, 参考近年来国内外垃圾处理技术的发展和现状, 对比分析了垃圾焚烧、卫生填埋、堆肥以及最近发展起来的垃圾资源化技术, 指出了各项技术在重庆市应用的前景和限制因素。

**关键词:** 垃圾; 卫生填埋; 焚烧; 堆肥; 资源化

**中图分类号:** X 705

**文献标识码:** A

随着城市化速度的加快和城市经济的高速发展, 城市垃圾问题正变得日益突出。最新统计资料显示, 1998年全国668座城市的垃圾清运量已达1.13亿吨, 在各大城市中, 垃圾包围城市的现象非常普遍。垃圾作为老鼠、蚊蝇以及各种病菌的孳生地, 给城市居民的身体健康造成严重威胁。同时, 垃圾散发的臭气和产生的渗滤液, 对周围大气以及地表和地下水造成了严重污染。如何结合各个城市的具体情况, 找出一条处理效果好, 经济上又可行的处理方法, 已成为目前城市垃圾问题研究的主要方向之一。

重庆市地处三峡水库库尾, 是长江上游和西南地区的政治、经济、文化活动中心。由于资金短缺和地理条件限制, 城市垃圾问题非常突出。重庆市的垃圾不但困扰重庆市自身, 而且对三峡水库的航运、发电以及水质都造成了严重的影响。为此, 直辖以后的重庆市进行了大量的调查研究工作, 以期找到一条技术上有效、经济上可行的垃圾处理方式<sup>[1,2]</sup>。

人口312万人(包括常住人口和暂住人口), 垃圾年产量为108.2万吨, 清运量77.9万吨。到2010年主城区人口将达454万人, 垃圾年产量198.2万吨, 清运量182.3万吨,(见表1)。如此巨大的垃圾量, 目前几乎全部采用简易填埋的方法进行处理, 没有任何防渗系统。自然现象普遍存在, 垮坡事件时有发生, 还曾出现过一次垃圾爆炸事故。垃圾场内拾荒者从垃圾堆中翻捡剩菜叶喂猪的现象非常普遍, 周围菜农用垃圾渗滤液浇灌菜地, 这些“猪”和“菜”最终流入市场, 严重危及居民身体健康。前几年, 重庆市曾推广垃圾综合利用和简易焚烧技术, 以期实现垃圾的3R。但是该工艺的运行费用较高, 垃圾焚烧的温度较低, 而且没有烟气处理装置, 对周围大气造成严重污染, 现已停止使用。目前, 重庆市环卫研究所开发的堆肥生产工艺将经过堆肥处理的垃圾制成颗粒肥料, 效果良好。但由于市场供求的限制, 规模较小。

## 1 重庆市垃圾处理现状

1997年, 重庆市总人口为3023万人, 其中主城区

表1 重庆市主城区垃圾年产量预测(万吨/年)

年份	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
垃圾产量	133	139	152	157	162	166	176	179	181	182	

收稿日期: 1999-12-09

基金项目: 国家外专局独联体项目(T960360018)

作者简介: 张东翔(1965-), 男, 内蒙古人, 重庆大学副教授, 博士。主要研究方向为资源综合利用与化学工程。

## 2 国外垃圾处理技术

### 2.1 卫生填埋

卫生填埋法是目前应用最普遍的垃圾处理技术。它是在古老的垃圾简易填埋技术基础上发展起来的,通过采取防渗、覆土和填埋气导排措施,消除了简易填埋带来的各种安全、卫生 and 环境污染问题。与其他垃圾处理技术相比,该法的优点是处理能力大,投资小,技术含量较低,无二次污染现象,能有效实现垃圾的无害化;缺点是占地面积大,无法实现垃圾的减量化和资源化。但就目前的各种垃圾处理技术而言,没有一种能完全实现垃圾的资源化,无论采用其他任何方法,总有一部分垃圾需采用卫生填埋法进行最终处置,因此任何城市都不可能因采用其他处理技术而取消卫生填埋场的建设。

当前,卫生填埋法研究最活跃的领域是底部防渗技术和渗滤液处理技术。这两项投资在填埋场建设总投资中所占比例最大,技术含量最高。就防渗技术而言,当前流行的防渗技术是采用黏土和 HDPE 膜。黏土在许多地方不能提供足够的量,采用 HDPE 膜价格太高,而且焊缝的破裂现象难以完全避免,深圳下坪填埋场就出现了这种现象。最近,加拿大研究出了一种新的具有自修复能力的防渗膜,可有效避免防渗膜破裂现象的发生。此技术正用在韩国一个拦海填埋场的建设中。

在对渗滤液的处理过程中,由于渗滤液的 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  非常高, $\text{NH}_3$  的毒性使菌种难以生存,给采用廉价的生物处理技术带来困难。香港填埋场目前采用一种脱氨技术,将来自调节池的渗滤液先采用气提法吹脱  $\text{NH}_3$ ,然后再进行生物降解处理。

与目前流行的卫生填埋法不同的是,还有一种垃圾压缩填埋技术。莫斯科在市郊建了一种压缩式垃圾中转站,从市区清运来的垃圾在中转站经过分检后,不能回收利用的部分进入强力压缩机,被压制成密实的方块,然后被大型集装箱车运往填埋场填埋,填埋时无需再进行压实。经过这一系列处理之后,垃圾的体积只有原来的四分之一,避免了车辆亏载现象。更重要的是大大提高了卫生填埋场的有效容量,节约了土地。同时,压缩后的垃圾体降解速度和透水性能下降,减少了渗滤液的产生,从而降低渗滤液处理费用。自 1999 年起,莫斯科市 95% 的垃圾将通过这种方式进行处理。

### 2.2 堆肥

从理论上讲,垃圾堆肥是一种非常好的垃圾资源

化方式<sup>[3-5]</sup>,同时实现了垃圾的减量化和无害化。

但需注意的是,垃圾堆肥生产以及推广应用中存在许多具体问题,它涉及到二次污染的控制、生产规模、成本、价格、化学肥料的竞争、市场开发等等,其生存和推广的关键不是在于技术,而是在于其产品的市场竞争力。有资料报道,在堆肥技术发展较早的国家,目前工业化规模的堆肥生产已被实践所否定,原因就在于成本太高。我国的情况与国外差别较大,由于垃圾没有分类收集,使得分选工艺投资较高,这是在今后研究中应着重解决的问题。

此外,影响垃圾堆肥技术大规模推广的因素是二次污染的控制问题。目前,国内成功的垃圾堆肥生产厂家其产品大量的还是用于经济作物和粮食作物,园林等非食品类作物消耗量极为有限,而国家在这方面缺乏较详细的法律法规标准,对堆肥产品中有害污染物的含量没有常规监测措施,一旦大面积长期施用,以后污染问题显现出来再补救已不可能,在严格的立法、标准和日常监督体制制定出来之前,不宜普及垃圾堆肥技术。

### 2.3 焚烧

焚烧技术在发达国家已经比较成熟,与堆肥和填埋相比,实现垃圾的 3R 效果最好。焚烧后的垃圾灰烬只有原体积的十分之一,焚烧产生的热量可用于发电,整个焚烧厂的占地面积也比较小。焚烧法的缺点是投资大,技术含量高,设备复杂。另外,焚烧法最引人关注的是其烟气中二噁英(Dioxin)的二次污染问题<sup>[6-9]</sup>。

在焚烧技术最发达的日本,有垃圾焚烧厂 1 899 座,一项权威调查表明:垃圾不完全燃烧时极易产生二噁英<sup>[10]</sup>,环境中的二噁英有 80% ~ 90% 来自垃圾焚烧。日本人血液中二噁英的浓度与垃圾焚烧厂的距离成正比,这是由于以前的焚烧技术对二噁英不能加以有效去除。德国已将一部分垃圾焚烧厂关闭,以防其造成二次污染。莫斯科数年前使用德国技术和设备建成了至少 8 套以上的垃圾焚烧炉,但由于高昂的运行费用以及焚烧厂附近居民的抗议,垃圾焚烧工作一直未能正常进行。

二噁英由 2 组共 210 种氯代三环芳烃类化合物组成,其中以 2,3,7,8-四氯代二苯并二噁英(TCDD)毒性最强,LD<sub>50</sub> 为每公斤体重 1 百万分之一克,相当于氰化钾毒性的 50 到 100 倍。二噁英的水溶解度极低,在脂肪中具有很高的溶解度。吸附性能和热稳定性非常强。它可经皮肤、粘膜、呼吸道、消化道进入体内,不易被排出,从人体内排除一半平均需要 7 年时间。二

噁英可使人免疫力下降,内分泌紊乱等,损伤肝、肾,使人发生变应性皮炎及出血,还会伤及胎儿<sup>[11]</sup>。其对生态的危害作用至今还在不断地发现与认识中。1995年,美国环境保护局公布的对二噁英的重新评价结果时指出,它不仅具有致癌性,还具有生殖毒性、内分泌毒性和免疫抑制作用。特别是其具有环境雌激素效应,可能造成男性雌性化。1997年世界卫生组织国际癌症研究中心将其从致癌物名单的二级致癌物地位提升到一级致癌物(对人肯定致癌物)。鉴于二噁英的毒性如此之高,1998年世界卫生组织规定的人体每日容许摄入量已经从极低的10皮克减低到1~4皮克(万亿分之一克)(以每公斤体重计)。二噁英的生态危害早已随多氯联苯灾难闻名于世,在发达国家已经到了谈二噁英色变的程度。

因此,采用焚烧法处理垃圾时,必须特别注意烟气的处理问题。据报道,近年来开发的垃圾焚烧技术已能比较有效的解决了二噁英的污染问题。

#### 2.4 资源化——垃圾建材

利用生活垃圾制作建筑材料目前我国尚未工业化,世界上研究的人还不多,但使用垃圾生产建材已有成熟的工艺。俄罗斯的专利技术已获得了国际尤里卡金奖和多项其他奖励,目前已开始工业化生产,并向叙

利亚和摩洛哥转让了技术。这种产品可用于城市建筑和工业建筑如防火墙、给排水管道、曝气站、生产车间、车库等;也可用于铁路、有轨电车和地铁轨枕。其工艺特点是:垃圾不需要分拣,生产过程中不产生有害气体,废水和沉淀物循环使用,整个生产过程为清洁生产。该垃圾建材的特点是无毒、耐高温、耐腐蚀、防水性能稳定,在空气中不会分解出甲醛、氨、酚、碳氢化合物和苯乙烯等有害物质,不繁殖细菌。表2列出了利用垃圾生产建材与采用其他方法的经济指标比较,表3列出了垃圾建材的性能指标。

从表1,表2的比较可以看出,从技术和经济的角度,垃圾建材都非常具有市场竞争力;从环境的角度,其3R效果优于卫生填埋、焚烧和堆肥技术,因此具有广阔的应用推广前景。

### 3 重庆市垃圾处理技术的选择

重庆市地处盆地,飘尘浓度高,静风日多,降水充沛,湿度大,大气污染严重,这些地理气候特点决定了重庆市大气对气体污染物具有很高的吸附能力和极低的大气污染负荷。在解决垃圾污染问题的同时必须特别注意不能再对大气造成二次污染。

重庆市的垃圾组成和发热值见表4和表5。

表2 利用生活垃圾生产建筑材料与其他处理方法经济指标比较(垃圾处理能力10万吨/年)

处理方法	生产建筑材料	填埋 (55万吨/年)	焚烧	焚烧发电 (引进日本设备)
投资	950万美元 (在俄罗斯建厂价)	9000万人民币 (使用期限12年)	比填埋高 2~3倍	2.2亿人民币
运行费用	粘结剂消耗量2.1万吨,生产1立方米建筑材料电消耗量170kW/h,水消耗量0.415立方米,工人数量6人/每班	运行费用 2000万元/年		
厂地面积	1500m <sup>2</sup>	26公顷		
产品	70000m <sup>3</sup> 建材	无	无	3MWe功率电

表3 用生活垃圾生产建筑材料与用其他原料生产建筑材料性能比较

原料	比重 kg/m <sup>3</sup>	吸水性 %	膨胀率 %	临界强度,兆帕		毒性 mg/100g	热传导系数 BT/M2	耐寒稳定性		耐火稳定性
				抗压	抗弯			周期数	周期数	
生活垃圾	1400	23	5.6	3.9	—	E1	—	—	—	难燃
混凝土	1800	16	—	30	7	—	8	100	—	不燃
锯末混凝土	800	85	0.25	3.5	2.5	E1	0.27	25	—	难燃
锯末刨花板	850	15	30	18	2.5	E2	0.29	—	—	易燃
水泥刨花板	1270	16.7	2	—	11	E1	0.25	20	—	难燃
废木料	800	—	—	25.5	86	E1	0.59	—	—	易燃
污水污泥	1240	23	5.6	3.9	—	E1	—	—	—	难燃
废塑料	1160	6.2	0.8	5.2	—	E1	—	—	—	难燃

表4 国内外部分城市垃圾组成成分对照

城市或国家	有机类/%					无机类/%				
	纸张	塑料	织物	生物质	合计	灰土砖石	玻璃	金属	其他	合计
重庆	5.4	11.8	2.8	24.3	44.3	50.5	2.2	1.2	1.6	55.5
北京	4.2	0.6	1.2	50.6	56.6	42.2	0.9	0.8	-	43.9
上海	0.4	0.5	0.5	42.7	44.6	53.8	0.4	-	-	54.2
哈尔滨	3.6	1.5	0.5	16.6	22.2	74.8	2.2	0.9	-	77.9
湛江	0.9	1.5	0.4	37.1	39.9	59.4	0.02	0.7	-	60.1
福州	0.6	0.4	-	21.8	22.8	62.2	1.1	0.5	3.4	67.2
美国	47.0	4.5	-	22.0	73	5.0	9.0	8.0	4.0	26.0
英国	33.0	1.5	3.6	28.0	66	19.0	5.0	10.0	-	34.0
日本	46.0	18.3	-	18.6	82.9	6.1	-	-	10.7	16.8
法国	34.0	4.0	3.0	15.0	56	22.0	9.0	4.0	9.0	44.0
荷兰	22.0	6.2	2.2	50.0	80.4	4.3	11.9	3.2	-	19.4
俄罗斯	36.0	5.0	4.5	29.0	74.5	2.5	6.0	2.5	14.5	25.5
比利时	30.0	5.0	2.0	40	77.0	5.0	6.0	5.3	-	22.9

表5 不同国家、地区和城市的垃圾发热值

国家或城市	重庆	北京	深圳	美国	英国	日本	香港	巴黎	莫斯科	维也纳	德黑兰
垃圾发热值	4 300	4 300		11 669	12 142	11 723					
KJ/kg	-	-	5 066	-	-	-	10 048	7 752	6 100	8 503	5 070
	5 300	6 560		13 976	13 188	12 560					

从表中可以看出,重庆市垃圾中有机物含量较发达国家低,但比国内其它大部分城市高。有机成分中,以生物质(即厨余垃圾)为主,纸张较少;而国外垃圾中纸张所占比例较大。无机成分中,以灰土、砖石为主,玻璃、金属等含量较低。重庆市的垃圾发热值远远低于发达国家。但国内的运行经验表明,其发热量已经达到了垃圾焚烧技术对热值的最低要求,基本可以满足在不添加辅助燃料的情况下维持燃烧<sup>[12-15]</sup>。

### 3.1 卫生填埋

重庆市地处山地,沟多坑多,适合建造垃圾卫生填埋场。但由于人口太多,城市周围的坡地几乎都被开垦,可用于建造卫生填埋场的地方并不多。重庆市主城区拟建的大型卫生填埋场就将不得不侵占一部分农田。因此,重庆市可考虑模仿莫斯科的做法,进行压缩式埋场建设的可行性研究,从而避免对耕地的侵占。随着国家要求对较陡的坡耕地退耕还林,部分沟地将会被腾出来,可用于其他小城镇建设小型卫生填埋场。

此外,没有大气污染问题,也是重庆市非常适于推广卫生填埋技术的一个重要原因。

### 3.2 焚烧

重庆市主城区由于人口密度大,可用于垃圾处理的地方非常少,从占地的角度,采用焚烧技术非常合适。但是,如前所述,由于二噁英的二次污染问题以及

重庆市地理气候条件和大气污染现状的限制,选择焚烧技术必须慎之又慎。重庆市由于大气对流程度较其他城市低,焚烧产生的二噁英吸附于飘尘表面,不能进入高空稀释扩散,大量进入人体。其途径一是经皮肤、粘膜、呼吸道直接进入人、畜体内;二是随沉降、降水和雾等过程进入土壤和水体中,然后进入食物链。由于其化学稳定性强,在环境中可持续存在(称为持续性有机污染物),具有很高的亲脂性(容易存在于动物脂肪和乳汁中),因此非常容易对鱼、肉、禽、蛋、乳及其制品造成污染,最终富集于人体。所以,在重庆市采用焚烧技术必须严把烟气处理关,保证二噁英排放指标远低于国际通行的标准,不可因二噁英的检测非常困难,而“忽略”该项指标的监测。防止发达国家以各种手段转嫁技术上过时的或不成熟焚烧设备。

此外,垃圾焚烧炉要24小时不间断工作,垃圾产量必须加以保证。同时,由于投资和运行费用的限制,焚烧厂的日处理能力不能太小。再考虑到重庆市主城区最新的垃圾成分及物理化学性质调查结果,可以认为,除主城区之外,重庆市其他任何县城都不具备建设垃圾焚烧厂的条件。

### 3.3 堆肥

重庆市近两年的调查结果显示,生活垃圾中含有大约40%左右的可堆腐物,重金属含量较低,若采用

堆肥技术则可大幅度降低垃圾的最终处置量。重庆市环卫研究所开发的堆肥生产工艺将经过堆肥处理的垃圾制成颗粒肥料, 效果良好。为降低堆肥的成本和重金属含量, 应尽早推广垃圾分类收集。此外, 在推广堆肥技术之前, 应尽快建立和完善垃圾堆肥技术的管理、标准制定和日常监督体制, 避免二次污染的大面积扩散。建议当前有限制的应用, 只在个别试点和确能保障不发生二次污染问题的地方使用。

### 3.4 资源化——垃圾建材

根据前面的分析, 考虑到重庆市今后基础建设项目的需水量, 可以预知其市场非常广阔, 应加强这方面的研究以及技术引进和推广工作。

## 4 结论

1) 近期, 重庆市主城区宜采用以卫生填埋为主, 焚烧和堆肥为辅的综合处理方式。采用焚烧技术时, 必须严把烟气治理关, 尤其是控制二噁英的排放指标。

2) 主城区外的其他城镇, 近期不具备建设焚烧厂的条件, 不宜采用垃圾焚烧技术。

3) 应尽快建立和完善垃圾堆肥技术的管理、标准制定和日常监督体制, 使垃圾堆肥技术能够正确地加以推广应用。

4) 加强垃圾处理和资源化新技术的研究开发和引进工作, 如压缩式填埋和垃圾建筑材料的生产。

### 参考文献:

[1] 重庆大学可持续发展研究院. 重庆市及三峡库区可持续发展研究[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1997.

- [2] 重庆市发展战略课题组. 重庆发展战略研究[M]. 重庆: 重庆出版社, 1997.
- [3] 陈世和, 张所明. 城市垃圾堆肥原理与工艺[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1990.
- [4] C. B. 杜金科夫, B. A. 扎伊采夫, Г. Л. 佩克利斯. 等. 垃圾的处理和利用[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [5] 世界卫生组织欧洲地区办公室. 危险废物的管理[M]. 中国环境科学出版社, 1994.
- [6] 王廷奎. 封杀二噁英[N]. 中国环境报, 1999-06-16 (1).
- [7] 曲颂华, 陈绍伟. 城市垃圾与污水厂污泥的混合堆肥研究[J]. 环境保护, 1998, 10: 15-16.
- [8] 杨健, 郝一舒. 废物焚烧厂主要环境影响的识别[J]. 环境保护, 1998, 10, 36-38.
- [9] 赵凤岭. 气化法处理城市垃圾在国外的进展[J]. 环境科学与技术, 1996 (2): 47-48.
- [10] 李俊峰, 贺军, 肖家云. 利用现代化回转窑水泥厂处理工业和城市生活垃圾[J]. 环境工程, 1997, 15 (4): 47-50.
- [11] 杨钦慧. 日本固体生活垃圾的焚烧和发电[J]. 环境导报, 1997 (1): 41-42.
- [12] 联邦德国环境保护局. 生活垃圾特性分析指南[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- [13] 方创琳. 中国垃圾资源的基本特征[J]. 环境导报, 1997, (1): 44.
- [14] 金宝升, 仲兆平, 周山阴. 城市生活垃圾热分解特性的试验研究[J]. 环境工程, 1998, 16 (6): 51-55.
- [17] Л. Г. Федоров. Управление отходами в крупных городах и агломерационных системах поселений[M]. Москва: Издательство Прима - Пресс - М, 1999.

## MSW Treatment Techniques Informative for Chongqing

ZHANG Dong-xiang, LI Dong

(College of Environmental and Chemistry & Chemical Engineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** On the basis of the geographic, climatic characteristics and air pollution conditions of Chongqing city, referring to the application and development of Municipal solid waste (MSW) treatment techniques developed recently in advanced countries and other domestic cities, Varieties of MSW treatment techniques, incineration, landfill, composting, and comprehensive utilization, are analyzed in comparison. Their applying prospects and limitations in Chongqing are marked out.

**Key words:** MSW; landfill; incineration; compost; comprehensive utilization

(责任编辑 张小强)