

东江源沿江村镇生活垃圾物理特性分析

王 涛¹, 史晓燕¹, 刘足根^{1*}, 李惠民¹, 李 鹏^{1,2}

(1.江西省环境保护科学研究院, 江西 南昌 330029; 2.南昌大学环境与化学工程学院, 江西 南昌 330031)

摘 要:东江系广东及香港的饮用水源地,其源区包括江西省赣州市的寻乌、安远和定南3县。本研究在东江源区选取了3个典型村庄,调查农村生活垃圾的产生量及物理特性。调查发现:东江源区农村生活垃圾主要以厨余类垃圾为主,可达60%以上;其次是灰土类垃圾,可达12%以上,其他组分一般在10%以下。县级村人均垃圾产生量一般在0.2~0.47 kg·d⁻¹,平均0.36 kg·d⁻¹;镇级村人均垃圾产生量在0.18~0.35 kg·d⁻¹,平均0.29 kg·d⁻¹;普通村人均垃圾产生量在0.07~0.33 kg·d⁻¹,平均0.17 kg·d⁻¹。混合生活垃圾含水率与厨余类垃圾所占的比例呈显著线性相关($R^2=0.626$, $P=0.019$)。混合垃圾平均热值在2 329 kJ·kg⁻¹,不适合直接进行焚烧处理。

关键词:东江;农村生活垃圾;组成成分;物理特征

中图分类号:X705

文献标志码:A

文章编号:2095-6819(2014)03-0285-05

doi: 10.13254/j.jare.2014.0025

Analysis on Physical Characteristics of Rural Solid Waste in Dongjiang River Source Area, China

WANG Tao¹, SHI Xiao-yan¹, LIU Zu-gen^{1*}, LI Hui-min¹, LI Peng^{1,2}

(1.Jiangxi Academy of Environmental Sciences, Nanchang 330029, China; 2.School of Environment & Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang 330031, China)

Abstract: Dongjiang river is the source of drinking water of Guangdong Province and Hongkong, and the source area includes three counties in Ganzhou city of Jiangxi Province: Xunwu, Anyuan and Dingnan. Three typical villages were chosen in Dongjiang river source area to investigate the producing quantity and physical characteristics of rural solid waste. Results of investigation showed that the dominant ingredient in rural solid waste in Dongjiang river source area was kitchen waste, taking over 60%, followed by dust, reaching 12%, while other components took less than 10%. The per-capita producing quantity of solid waste of county-level village was 0.2~0.47 kg·d⁻¹ and averaged by 0.36 kg·d⁻¹, while that of town-level village was 0.18~0.35 kg·d⁻¹, averaged by 0.29 kg·d⁻¹ and that of hamlet was 0.07~0.33 kg·d⁻¹, averaged by 0.17 kg·d⁻¹. Water content in rural mixed solid waste of investigated area was significantly linear with percentage of kitchen waste in the mixed waste ($R^2=0.626$, $P=0.019$). The average calorie was around 2 329 kJ·kg⁻¹, which indicated that the rural solid waste in Dongjiang river source area was not suitable for incineration disposal directly.

Keywords: Dongjiang river; rural solid waste; composition; physical characteristics

近年来,随着农村经济的发展,生活垃圾产量与日俱增,其分布及组成特征也越来越复杂,在降水、地表径流的淋溶冲刷下进入河道,给水体造成严重的污染。研究表明,农村生活垃圾的产生量、组成成分等与经济发展水平、生活习惯、能源结构、家庭养殖、务农人口比例及季节变化等因素有关^[1-3]。从人均产生量上来看,经济发展水平较高的农村,其生活垃圾的产生

量也较高^[3];从组成来看,易腐的有机垃圾是农村生活垃圾的主要成分^[3-5];垃圾含水率与垃圾成分、季节、气候等因素有关^[2-3]。

东江系珠江三角洲和香港地区的饮用水源地,发源于江西省赣州市寻乌县的桎髻钵山,其源区包括赣州市的寻乌、安远和定南3县,流域面积3 502 km²,约占东江全流域面积的十分之一。近年来,随着农村经济的发展,村镇生活垃圾已成为东江源区水环境重要的污染源之一,影响了东江源区的产水质量。本研究在东江源区按照县级、镇级、村级3个级别选取了3个典型村庄,跟踪调查研究了农村生活垃圾的产出特征,并分析了调查区生活垃圾的物理特性,以期为制定东江源区切实可行的农村生活垃圾收运及处理

收稿日期:2014-02-12

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2014ZX07206001);江西省科技厅科技计划节能减排技术示范工程(2010AE00700)

作者简介:王 涛(1981—),男,博士,副研究员,主要从事固体废物处理处置及资源化利用研究。E-mail: maywoody123@163.com

* 通信作者:刘足根 E-mail: liuzugen2002@yahoo.com.cn

处置体系提供依据。

1 材料与方法

1.1 调查对象

调查时按县、镇、村三级分别选取 A 村、B 村、C 村 3 个典型村庄,根据现场走访情况,在每个村根据经济收入、生活水平随机抽取 8 家农户作为调查对象,调查村庄基本情况如表 1 所示。

表 1 东江源农村生活垃圾调查村庄基本情况

Table 1 Basic information of the investigated villages in Dongjiang river source area

村庄	行政级别	距县城 距离/km	高收入/ 元	中收入/ 元	低收入/ 元
A 村	县政府驻地所辖	4.5	>5 000	4 000~5 000	<4 000
B 村	镇政府驻地所辖	27	4 000~5 000	3 500~4 000	<3 500
C 村	自然村	30	3 000~3 500	2 500~3 000	<2 500

1.2 调查方法

调查采用连续取样、跟踪进行的方法,调查前发给调查户 1 个塑料袋,用于收集垃圾,每日收集时间从早上 8 时开始至次日早上 8 时结束,收集完成后,调查小组到所选居民家先称重总量,然后对垃圾进行分类筛选、称重,并做好记录。每日调查后混匀取适量带回实验室,将样品摊铺在室内避风阴凉干燥的铺有防渗塑胶的水泥地面,厚度不超过 50 mm,并防止样品损失和其他物质的混入,保存期不超过 24 h,以便于做进一步的理化性质分析。调查工作连续进行 5 d,共调查 3 期,其中春季的调查时间为 3 月 4 日—3 月 8 日;夏季的调查时间为 5 月 25 日—5 月 29 日;秋季的调查时间为 8 月 24 日—8 月 28 日。

1.3 分析方法

生活垃圾的处理及分析方法参照《生活垃圾采样和物理分析方法》(CJ/T 313—2009)进行,具体如下:

1.3.1 物理组分的测定

首先称量生活垃圾样品总重,按生活垃圾分类分拣各组分,将粗分捡后剩余的样品充分过筛(孔径 10 mm),筛上物细分各成分,筛下物按主要成分分类,分类确实困难的归为混合类。对于生活垃圾中由多种材料制成的物品,易判定成分种类且可拆解者,应将其分割拆解后,依其材质归入表 2 中的相应类别;对于不易判定及分割、拆解困难的复合物品归入与其主要材质相符的类别中。

1.3.2 含水率的测定

含水率测定采用烘干法,将预处理后的垃圾样品

表 2 生活垃圾物理组分分类表

Table 2 Classification of physical components of solid waste

类别	说明
厨余类	各种动植物食品的残余物
纸类	各种废弃纸张和纸制品
橡塑类	各种废弃橡胶、塑料、皮革制品
纺织类	各类废弃布类、化纤、棉花等纺织品
木竹类	各类废弃的木竹制品及花木
灰土类	炉灰、灰沙、尘土
玻璃类	废弃的玻璃、玻璃制品
金属类	废弃的金属、金属制品
其他	各种废弃电池、油漆、杀虫剂等

放入预先干燥至恒重的托盘中,置于 105 ℃烘箱,烘至恒重,然后冷却、称量,按下式计算含水率:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100\%$$

式中: X 为样品含水率,%; m_1 为托盘和样品的质量, g; m_2 为托盘和样品干燥后的质量, g; m_0 为托盘的质量, g。

1.3.3 热值分析

热值分析参照《煤的发热量测定方法》(GB 213—2008)进行,每个样品重复测定 3 次,按下式计算热值:

$$Q_{(h)} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Q'_{j(h)} \times \frac{100 - C_{(w)}}{100}$$

$$H' = \sum_{i=1}^m [H'_i \times \frac{C'_i}{100}]$$

$$Q_{(l)} = Q_{(h)} - 24.4 \times [C_{(w)} + 9H' \times \frac{100 - C_{(w)}}{100}]$$

式中: $Q'_{j(h)}$ 为干基高位热值, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $Q_{(h)}$ 为湿基高位热值, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $Q_{(l)}$ 为湿基低位热值, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; H' 为干基氢元素含量, %; H'_i 为某成分干基氢元素含量, %; $C_{(w)}$ 为样品含水率, %; C'_i 为某成分干基百分含量, %; j 为重复测定序数; m 为重复测定次数; i 为各成分序数; 24.4 为水的凝缩热常数, $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.4 质量控制与数据处理

采集的样本如未能及时处理,应在 4 ℃下冷藏保存,实验过程严格按照相关标准及操作规范执行。试验数据用 SPSS16.0 进行处理和统计分析,Origin8.0 和 Excel 软件完成图表。

2 结果与分析

2.1 生活垃圾物理组成分析

根据调查情况,研究区 3 个村混合垃圾的组成情

况如图 1 所示。由图 1 可见,东江源区沿江村镇生活垃圾主要成分是厨余类,在混合垃圾中所占的比例可达 60%以上;其次是灰土类垃圾,所占比例也可达到 12%以上;其他成分,如塑料类、纸类、纺织类、金属类、玻璃类及木材类所占的比例较低,一般在 10%以下,有些尚不足 5%。

总体而言,东江源沿江村镇生活垃圾主要以厨余类垃圾为主,其成分主要是易腐的有机垃圾,具有较大的可生化性,这与三峡库区^[3]、巢湖流域^[6]及太湖流域^[7]农村生活垃圾的调查结论一致。

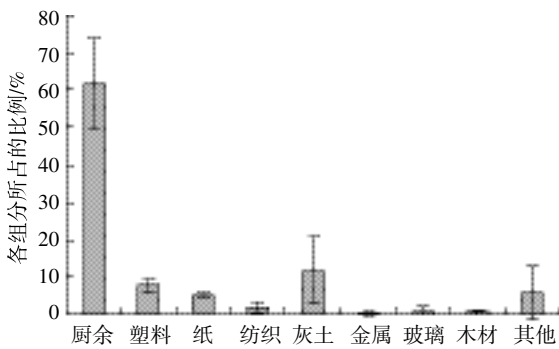


图 1 东江源农村生活垃圾各组分比例

Figure 1 Percentages of different components of rural solid waste in Dongjiang river source area

2.2 人均垃圾产生量分析

调查区人均生活垃圾产生量分析如图 2 所示。由图 2 可见,人均垃圾产生量与经济水平有一定的关系,靠近县城的经济水平较好的县级村 A 村人均垃圾产生量较高,三批次调查平均为 $0.36 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$;其次是城乡结合部的镇级村 B 村,三批次调查人均垃圾产生量为 $0.29 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$;距县城较远的经济水平相对较低的 C 村,人均垃圾产生量相对较少,三批次调查平均为 $0.17 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

从不同村的人均垃圾产生量来看,单因素方差分析表明,调查区 3 个村的人均生活垃圾产生量有显著差异 ($P < 0.05$);多重比较发现, A 村人均生活垃圾产生量与 B 村差异不显著,但 A 村与 C 村之间及 B 村与 C 村之间,人均生活垃圾的产生量均存在显著差异 ($P < 0.05$)。从不同的采样时间来看,单因素方差分析表明,3 次调查人均生活垃圾产生量有显著差异 ($P < 0.05$);多重比较发现,3 月份调查与 5 月份调查、5 月份调查与 8 月份调查人均垃圾产生量差异不显著 ($P > 0.05$),但 3 月份调查与 8 月份调查人均生活垃圾产生量差异显著 ($P < 0.05$)。双因素方差分析表明,经济

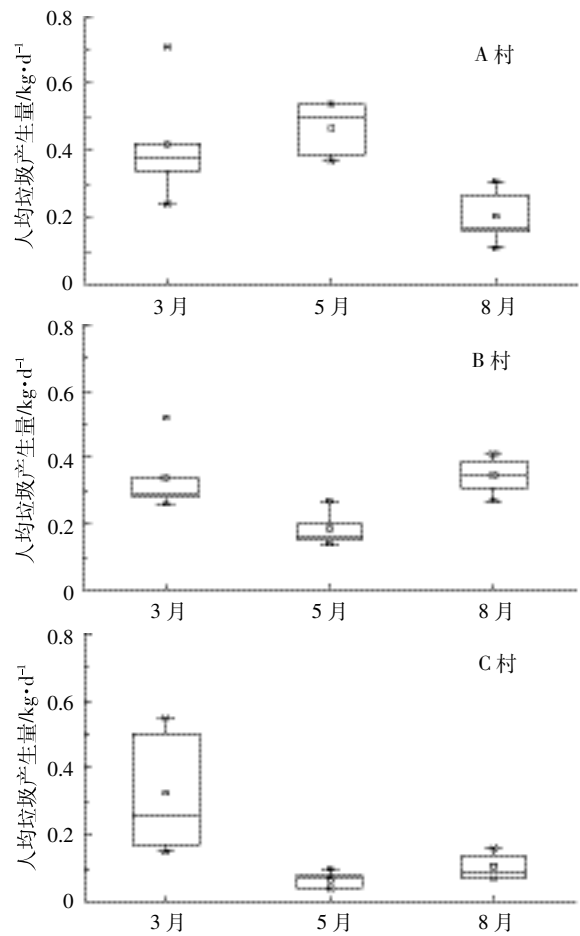


图 2 研究区人均生活垃圾产生量分析

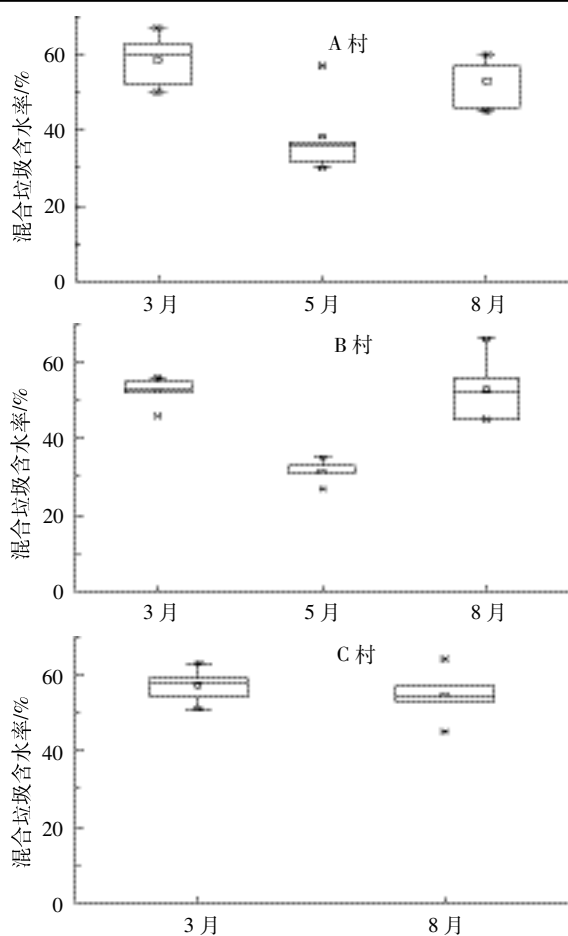
Figure 2 Per-capita solid waste produced in the investigated area

发展水平对调查区人均农村生活垃圾产生量的影响较大,调查季节对垃圾产生量的影响也有一定作用。

2.3 生活垃圾含水率分析

调查区农村生活垃圾含水率变化情况如图 3 所示。由图 3 可见,3 月份调查和 8 月份调查的生活垃圾含水率较高,在 50%以上;5 月份调查的生活垃圾的含水率较低,低于 40%。单因素方差分析表明,3 月份和 8 月份调查的生活垃圾的含水率差异不显著,此 2 次调查的生活垃圾的含水率与 5 月份调查均存在显著差异。

从生活垃圾各组分来看,调查区内生活垃圾不同组分的含水率如表 3 所示。由表 3 可见,在划分的几种垃圾组分中,厨余类垃圾的含水率远高于纸类垃圾、灰土类垃圾和塑料类垃圾。单因素方差分析表明,厨余类垃圾含水率显著高于塑料、纸类和灰土类垃圾 ($P < 0.05$),而塑料、纸类和灰土类垃圾含水率之间的差异不显著 ($P > 0.05$)。不同垃圾组分的含水率主要与垃圾的特征有很大关系,厨余类垃圾主要是剩余的饭



5 月份样品中, C 村收集到的生活垃圾量很少, 与 B 村合并处理

图 3 各村在调查期间混合垃圾含水率情况

Figure 3 Water content in the mixed solid waste from different villages during the investigated period

菜及水果等, 其含水率自然很高; 纸类垃圾也多为生活用纸, 吸收了较多的水分, 故其含水率也较高; 塑料类垃圾的含水率与具体的成分有关, 如含有易吸水的成分(如皮革类), 则含水率就高些; 灰土类垃圾的含水率与收集时灰土的含水率有关, 如地面比较潮湿, 则含水率就会高些。

由此可见, 东江源调查区内, 厨余类垃圾对混合生活垃圾含水率的影响较大, 线性回归分析表明, 混合垃圾的含水率与厨余类垃圾所占的比例呈显著线性相关($R^2=0.626, P=0.019$)。魏星等^[3]的研究也表明有机垃圾占总垃圾的比例越高, 垃圾的含水率越大。

总体而言, 东江源区农村生活垃圾的主要成分是厨余类垃圾, 其含水率较高, 也从而导致混合垃圾的含水率较高。

2.4 生活垃圾热值及灰分分析

调查区农村生活垃圾的热值情况如表 4 所示。由

表 3 不同垃圾组分的含水率分析

Table 3 Water content of different components in solid waste

村庄	调查月份	混合垃圾中各组分的含水率/%					
		厨余 a	塑料 b	纸类 b	草木	纺织	灰土 b
A 村	3	82	11	21	—	—	7
	5	59	11	22	—	—	21
	8	73	22	31	—	—	—
B 村	3	67	6	17	—	—	21
	5	65	12	11	—	—	14
	8	70	25	29	—	—	—
C 村	3	74	18	10	—	—	13
	5	—	—	—	—	—	—
	8	74	11	23	—	—	—

注: 5 月份样品中, C 村收集到的生活垃圾量很少, 与 B 村合并处理; 表中不同字母标注的组分间的含水率差异显著($P<0.05$), 相同字母标注的组分间的含水率差异不显著($P>0.05$)。

表 4 可见, 不同组分垃圾的热值差异较大, 其中以木材类垃圾的热值最高, 一般在 $3\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上, 甚至接近 $7\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。单因素方差分析表明, 木材类垃圾的热值显著高于厨余类、纸类和塑料类垃圾($P<0.05$), 而厨余类、纸类和塑料类垃圾热值之间的差异不显著($P>0.05$)。从混合垃圾的热值分析来看, 调查区 3 个村混合生活垃圾的平均热值为 $2\,329\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

调查区农村生活垃圾的灰分分析如表 5 所示。由表 5 可见, 厨余类垃圾的灰分值较其他类型垃圾的灰分值高些, 纸类垃圾的灰分较塑料类垃圾高。单因素方差分析表明, 不同垃圾组分的灰分值之间均存在显著差异($P<0.05$)。调查区 3 个村混合生活垃圾的平均灰分值为 34.15% , 这说明东江源沿江村镇生活垃圾中有较多的不可燃组分存在。

表 4 研究区示范村生活垃圾热值情况

Table 4 Calorific value of solid waste in the investigated villages

村庄	调查月份	混合垃圾中各组分的热值/ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$				混合垃圾/ $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$
		厨余 a	纸类 a	塑料类 a	木材 b	
A 村	3	2 135	1 566	2 040	6 849	—
	5	1 555	1 681	2 066	3 159	1 496
	8	5 236	4 006	1 691	—	2 722
B 村	3	992	119	366	5 771	—
	5	1 801	1 517	1 621	3 330	1 017
	8	2 724	1 098	2 012	—	3 518
C 村	3	1 248	900	1 511	5 393	—
	5	—	—	—	—	—
	8	3 376	3 516	4 139	—	2 893

注: 表中不同字母标注的组分间热值差异显著($P<0.05$), 相同字母标注的组分间热值差异不显著($P>0.05$)。

表 5 示范村生活垃圾灰分值
Table 5 Ash value of solid waste in the investigated villages

村庄	调查月份	混合垃圾中各组分的灰分值/%				混合垃圾灰分值/%
		厨余 a	纸类 b	塑料类 c	木材 d	
A 村	3	36.06	21.32	6.52	33.50	—
	5	40.56	15.94	10.84	29.60	41.84
	8	29.70	25.60	9.70	—	23.62
B 村	3	28.68	20.00	5.06	28.53	—
	5	43.54	13.04	7.22	25.60	40.36
	8	53.06	25.10	11.40	18.50	35.43
C 村	3	30.28	18.90	5.32	29.20	—
	5	—	—	—	—	—
	8	41.80	22.48	14.04	—	29.48

注:表中不同字母标注的组分间灰分值差异显著($P<0.05$)。

2.5 东江源沿江村镇农村生活垃圾处理处置建议

一般来讲,生活垃圾进行焚烧处理时,其最低热值要达到 $5\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ 以上^[8],东江源沿江村镇农村生活垃圾的平均热值远低于焚烧处理热值要求,且灰分值较高,不适合直接进行焚烧处理。根据东江源沿江村镇农村生活垃圾的组成特征,其处理处置可采取源头分类收集,分类处理;对于可生化性较高垃圾,如厨余类垃圾,可进行生物降解,生产有机肥料;对于惰性垃圾,如灰土类垃圾,可就地填埋处置。

3 结论

东江源区农村生活垃圾主要以厨余类垃圾为主,可达 60%以上;其次是灰土类垃圾,所占比例可达到 12%以上,其他组分所占比例一般在 10%以下。厨余类垃圾主要成分是易腐的有机垃圾,具有较大的可生化性。东江源沿江村镇人均垃圾产生量与经济水平有一定的关系,县级村人均垃圾产生量一般在 $0.2\sim0.47\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$,平均 $0.36\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$;镇级村人均垃圾产生量在 $0.18\sim0.35\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$,平均 $0.29\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$;普通村人均垃圾产生量在 $0.07\sim0.33\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$,平均 $0.17\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ 。混合生活垃圾含水率与厨余类垃圾所占的比例呈显著线性相关($R^2=0.626,P=0.019$);混合垃圾平均热值在 $2\,329\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$,不适合直接进行焚烧处理。

参考文献:

[1] 段雄伟,高海硕,黎华寿,等. 广东省农村生活垃圾组分及其污染特

征分析[J]. 农业环境科学学报, 2013, 32(7): 1486-1492.
DUAN Xiong-wei, GAO Hai-shuo, LI Hua-shou, et al. Component analysis and pollution characteristics of domestic waste in rural area of Guangdong province, China [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2013, 32(7): 1486-1492.(in Chinese)
[2] 陈昆柏,何闪英,冯华军. 浙江省农村生活垃圾特性研究[J]. 能源工程, 2010(1): 39-43.
CHEN Kun-bai, HE Shan-ying, FENG Hua-jun. Study on the characteristic of rural domestic garbage in Zhejiang[J]. *Energy Engineering*, 2010(1): 39-43.(in Chinese)
[3] 魏 星,彭绪亚,贾传兴,等. 三峡库区农村生活垃圾污染特征分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(6): 7610-7612, 7707.
WEI Xing, PENG Xu-ya, JIA Chuan-xing, et al. Analysis on characteristics of rural domestic waste in the Three Gorges Reservoir[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(6): 7610-7612, 7707.(in Chinese)
[4] 于晓勇,夏立江,陈 仪,等. 北方典型农村生活垃圾分类模式初探——以曲周县王庄村为例[J]. 农业环境科学学报, 2010, 29(8): 1582-1589.
YU Xiao-yong, XIA Li-jiang, CHNE Yi, et al. A case study on classification pattern of household solid wasted in a typical northern rural village, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2010, 29(8): 1582-1589.(in Chinese)
[5] 马军伟,孙万春,俞巧钢,等. 山区农村生活垃圾成分特征及农用风险[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2012, 38(2): 220-228.
MA Jun-wei, SUN Wan-chun, YU Qiao-gang, et al. Component characteristic and agricultural utilization risk of household waste in mountainous rural area [J]. *Journal of Zhejiang University: Agriculture & Life Sciences*, 2012, 38(2): 220-228.(in Chinese)
[6] 李世贵,郭 海,徐小峰,等. 南方城市近郊农村生活垃圾现状调查与处理模式研究[J]. 农业环境与发展, 2012(2): 61-64.
LI Shi-gui, GUO Hai, XU Xiao-feng, et al. Studies on disposal mode and investigation of current status of rural household solid waste in the southern suburban[J]. *Agro-Environment & Development*, 2012(2): 61-64.(in Chinese)
[7] 万寅婧,王文林,唐晓燕,等. 太湖流域农村生活垃圾产排污系数测算研究[J]. 农业环境科学学报, 2012, 31(10): 2046-2052.
WAN Yin-jing, WANG Wen-lin, TANG Xiao-yan, et al. Estimating producing and discharge coefficient of rural household waste in Tai Lake basin, China[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2012, 31(10): 2046-2052.(in Chinese)
[8] 中华人民共和国建设部,国家环境保护总局,科学技术部. 城市生活垃圾处理及污染防治技术政策[R]. 2000-05-29.
Ministry of Construction, State Environmental Protection Administration, Ministry of Science and Technology. Technology policy of city household solid waste disposal and pollution control[R]. 2000-05-29.(in Chinese)