

太湖地区农村生活垃圾管理模式 与处理技术方式探讨

刘永德, 何品晶, 邵立明, 陈活虎

(同济大学 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 上海 200092)

摘要:为探索太湖地区区域农村生活垃圾可行的管理模式,依托宜兴市大浦镇 2 个行政村示范运行的生活垃圾收集系统,对该区域农村生活垃圾的产生状况和管理背景进行调查,并结合当地可能的物流消纳去向对其处理技术方式和管理模式进行了分析。结果表明,研究区域的农村现状生活垃圾产生率为 $0.15\sim0.27\text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$,产生密度为 $0.17\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{d}^{-1}$,均远低于周边城市。生活垃圾组成以可堆肥物和废品为主,废品类垃圾中可通过现有回收市场分流的占 17%。农村生活垃圾不适合填埋和焚烧处理,宜通过源头分拣(废品回收)和后续的堆肥农肥化,利用现有物流容量条件消纳。生活垃圾收集成本为 $3.4\text{ 元}\cdot\text{户}^{-1}\cdot\text{月}^{-1}$,可利用村民的支付意愿筹集平衡;后续处理成本为 $455\text{ 元}\cdot\text{t}^{-1}$ (农肥),有可能通过产品出售平衡,使处理设施的企业化运行具有可行性。

关键词:农村生活垃圾; 管理模式; 处理技术; 太湖地区

中图分类号:X705 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)06-1221-05

Management and Treatment of Rural Refuse in Tailake Region

LIU Yong-de, HE Pin-jing, SHAO Li-ming, CHEN Huo-hu

(State Key Laboratory of Pollution Control & Resource Reuse, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In Tailake Region, rural refuse is one of the major non-point pollution sources, which may cause environmental risk in rural areas. Based on two demonstrate collection systems in two villages located in this region, rural refuse production and local management-related background were investigated, and combined with possible fate of waste material flow, feasible rural refuse treatment technologies and management practices were analyzed. The results showed that the region produces $0.15\sim0.27\text{ kg}$ of rural refuse per capita per day or 0.17 ton of rural refuse per square kilometer per day, much lower than that produced by nearby city. The rural refuse was mainly composed of compostable waste and recyclable materials, 17% of the latter could be recovered by present recycle market. Neither landfill nor incineration was suitable for rural refuse treatment, it was preferable to be dealt with through source separation (resource recovery) followed by composting and fertilization. The cost for rural refuse collection will be 3.4 RMB per family monthly that is voluntarily affordable by villagers; subsequent treatment will cost 455 RMB per ton of fertilizer that is balanced by profit of product; therefore, it is feasible to operate the treatment facilities by private company.

Keywords: rural refuse; management practices; treatment technologies; Tailake Region

太湖流域 2003 年的财政收入占全国的 19%,城市化率接近 60%。然而,随着经济的快速发展和人口的增加,流域水污染问题相当突出。其中工业与城市

点源污染经过近 10 年的治理已得到一定的控制,就目前对流域水质威胁最大的富营养化污染而言,面源污染贡献已经超过点源污染上升为首要污染因素。其中农村生活垃圾是农村居住区径流污染的重要来源之一^[1],而径流污染产生的 TN、TP、COD 分别占太湖面源污染的 4.5%、6.7%和 9.7%^[2]。垃圾产生面源污染的主要途径是直接进入水体后降解释放和陆上堆积

收稿日期:2005-01-16

基金项目:国家“863”高技术发展计划(2002AA6010122-2)

作者简介:刘永德(1973—),男,博士生,主要从事固体废物处理与资源化研究。

联系人:何品晶 E-mail:solidwaste@mail.tongji.edu.cn

遇降雨溶出;同时垃圾在河道中淤积会恶化水体的流动条件,降低河道自净容量,则是其对水体污染的直接贡献。因此,农村生活垃圾治理是太湖地区水污染治理系统工程的必然组成部分,同时还是改善农村环境卫生条件的必需。

为了使太湖地区农村生活垃圾得到有效治理,有必要对农村生活垃圾管理模式进行研究。本文以太湖地区典型农村的生活垃圾产生状况现场调查为基础,结合对当地消纳垃圾的条件(废品、农肥市场)和管理资金渠道的分析,以及各种垃圾处理技术的可行性分析,较系统地探讨了太湖地区农村生活垃圾管理的模式。

1 方法

1.1 状况调查

1.1.1 调查区域

生活垃圾产生状况调查区域为宜兴市下属大浦镇沿太湖的 2 个行政村:洋渚村和渭渚村(距宜兴市城区约 15 km),其基本的人口与经济状况见表 1。村民的收入来源均以二、三产业为主(占 90%左右),与太湖地区农村现状一致,其中洋渚村尚有约 10 000 m² 第三产业经营面积。

表 1 研究区域人口和经济状况

Table 1 Population and economy in the studied area

村名		洋渚	渭渚
总户数/户		860	779
人口数/人		2 640	2 580
暂住/常住人口比		0.21	0.14
人口密度/人·km ⁻²	全村域	1 015	683
	居住区	3 718	1 897
村域总面积 /km ²		2.60	3.78
人均年收入/元·人 ⁻¹ ·年 ⁻¹		5 920	5 420

1.1.2 调查方法

通过建立并运行农村生活垃圾收集系统,每日对各收集容器中的垃圾进行称重计量,确定生活垃圾产生量,同时将收集的垃圾按四分法减量后取约 20 kg 进行人工分拣、称重,确定垃圾物理组成;配合进行入户调查了解村民的社会经济状况^[3]。

1.2 管理背景调查

1.2.1 废品回收

走访调查区域周边地区的废品回收市场,了解废品回收种类及回收价格。

1.2.2 农肥市场

咨询当地农机站、肥料销售点及农产品种植大

户,重点了解有机农肥销售量、施用品种、数量和价格。

1.2.3 资金渠道

入户调查村民对垃圾处理费的支付意愿,与所在镇领导和村干部交流,了解镇政府、村委支付垃圾处理费的可能性。

1.2.4 相关法规

咨询当地城镇环卫部门了解农村垃圾管理的相关法规。

1.3 管理模式可行性分析

1.3.1 物料平衡与技术可行性

根据生活垃圾产生特征和管理背景,分析垃圾中各组分的适宜去向,建立适宜的物料平衡模式,并评价实现物料平衡的模式的技术可行性。

1.3.2 管理模式与财务平衡

根据所选的生活垃圾处理技术方式,对工艺投资与运行成本进行概算,并根据区域的背景条件,分析与所选处理方式配套的管理模式及其经济可行性。

2 结果与讨论

2.1 生活垃圾产生特征

在 2004 年 2 月至 12 月的 11 个月内,研究区域生活垃圾产生特征见表 2、表 3 和图 1。由表 2 可见,所调查 2 个村的垃圾人均产生率差异较大。通过比较 2 个村的社会经济条件,可以发现造成差异的主要因素是人口密度和人均耕地面积,两者都通过对村民生活模式的影响,而改变生活垃圾产生状况^[3]。居住区人口密度高,限制了村民由家庭养殖和自留地还田对垃圾的消纳量;耕地面积少则务农人口少,非务农人口消费品的外购量大于务农人口,产生的垃圾亦多。这些与调查结果均一致。尽管如此,由于 2 个村生活垃圾产生途径仍基本相同,生活垃圾组成(表 3)接近。同时在 2 个村所属的大浦镇 19 个村中,人口密度和人均耕地面积分别排列第 3、15 位和第 14、4 位。因此基本可以 2 个村的平均值代表研究区域的生活垃圾产生特征。

显然,农村生活垃圾人均产生率和产生密度均远

表 2 研究区域农村生活垃圾产生量特征

Table 2 Characteristics of rural refuse generation in the studied

area			
项目	洋渚	渭渚	平均
垃圾人均产生率/ kg·人 ⁻¹ ·d ⁻¹	0.27	0.15	0.21
村域垃圾产生密度/t·km ⁻² ·d ⁻¹	0.27	0.10	0.17

表 3 研究区域农村生活垃圾组成

Table 3 Rural refuse composition in the studied area

	有机垃圾/%			无机垃圾/%				废品/%							有害性垃圾 /%
	食品垃圾	草木	小计	灰土	渣石	制陶废物	小计	塑料	纸类	玻璃	金属	布类	其他	小计	
平均值	51.7	2.2	53.9	4.3	1.4	10.4	16.1	14.6	8.8	2.1	0.4	3.2	0.6	29.7	0.3

注:煤灰及煤渣石已由源头直接分流,生活垃圾组成不再包含该部分垃圾。

低于相同区位的城市,分别为城市的 1/5 和 1/75 左右,而组成则与之相近^[4]。均以食品类有机垃圾为主,且产生量的季节性波动亦相似,波动的原因主要由蔬菜、果类消费的季节性变动所引起,见图 1。

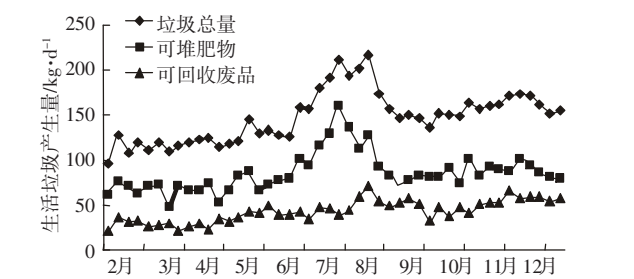


图 1 洋渚四庄垃圾产生量随季节的变化

Figure1 Time evolution of rural refuse generation in Sizhuang area

上述农村生活垃圾的基本产生特征是分析农村生活垃圾管理模式的基本依据之一。

2.2 物流去向分析

2.2.1 废品回收

调查发现,该区域农村废品回收网络由固定回收站(密度为 0.125 个·km⁻²)、数量不固定的上门回收人员及拾荒者组成。其回收的大类物品及单价见表 4。由于村民与拾荒者回收途径的存在,收集后的生活垃圾相应组分的可回收性差(如塑料以有色薄膜袋为主;纸类以卫生纸为主),实际可回收率较低,见表 5^[5]。实际的吨垃圾可回收废品的价值约 14 元,废品回收可分流量约为垃圾总量的 5%。

2.2.2 有机农肥及其制品

表 4 废品回收主要种类及价格

Table 4 Categories and prices of recyclable materials

废品种类	价格/元·kg ⁻¹
废铁	1.5~2.0
废铝	5.0~8.0
塑料	0.3~2.0
废棉花	1.6~2.0
纸类	0.4~1.2
玻璃	0.05~0.1
橡胶	0.1~0.2

表 5 研究区域生活垃圾中废品组分的可回收率

Table 5 Recovery ratio of different recyclable materials in rural refuse

废品种类	回收率/%
塑料	10
纸类	15
玻璃	57
布类	0
金属	67
橡胶	50
皮革	0

经调查,全大浦镇有耕地 2 300 hm²,目前虽仍以种粮为主,但蔬菜种植面积逐年上升,已占耕地的 1/7;林、花卉、茶园、果园面积亦呈上升趋势,目前总面积达 670 hm² 左右。当地施用商品有机肥的农田以蔬菜、苗木、花卉、茶园、果园为主,平均施用量为 15 t·hm⁻²·a⁻¹,以该镇总面积为基数的商品有机肥施用率约为 216 t·km⁻²·a⁻¹,与垃圾产生率比较可见,当地农业有足够的容量消纳垃圾转化制成的有机肥^[6]。

该地现销售的有机肥主要是集中养殖场副产的干化鸡粪,价格为 160~250 元·t⁻¹;鸡粪与化肥复合的农肥制品价格为 600~800 元·t⁻¹,但因肥效优势不大,销量有限。因此,利用农肥转化途径消纳垃圾的关键是成品的肥效有所保证。

2.2.3 填埋可能性

本区域地形以河网平原为主,间有一部分丘陵地带;平原土质以粉砂质粘土为主,丘陵部分则为粉砂土和砂土;土的渗透系数在 10⁻⁶~10⁻⁴ cm·s⁻¹ 之间,且丘陵地区土的渗透性好于平原区域。由于区域内平原地区人口高度密集(约 1 000 人·km⁻²),土地开发程度极高,加之地下水埋深很浅(约 1.5 m),因此,基本没有建设填埋场的条件。在丘陵地区填埋垃圾同样存在技术经济障碍(人工防渗、渗滤液处理)。因此填埋不可能成为本区域主要的农村生活垃圾处置方式。

2.2.4 焚烧可能性

本区域农村生活垃圾进行焚烧主要存在规模和组成两方面的障碍。以焚烧最低经济规模 300 t·d⁻¹ 计^[7],单厂服务面积为 1 760 km²,运输与跨行政边界

管理均有问题;农村生活垃圾低位热值小于 $3\text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$,不能自持燃烧,处理经济性差。但本区域部分县级市建成区已建成的垃圾焚烧厂,为前述垃圾中不可回收的废品组分(低位热值约为 $8\text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$)提供了处理方向(无腐烂性,可 1 周运输 1 次解决运输成本问题)。

2.3 政策与资金条件

2.3.1 政策规定

我国现行的农村生活垃圾管理法规为 1993 年国务院颁布的《村庄和集镇规划建设管理条例》,其中要求任何单位和个人都应当维护村容镇貌和环境卫生,妥善处理垃圾堆。但由于乡镇未设立专门的农村垃圾管理执行机构,使相关规定基本流于形式,未能起到规范相关管理的作用。

2.3.2 资金渠道及可获得性

资金是农村生活垃圾管理的基础,目前其可能的筹集渠道有:镇政府、村委会、村民、产物赢利等。

由于目前相关管理政策未落实的因素,加之乡镇财政来源有限,依靠政府筹集近期很难实施;村委会属基层群众性自治组织,管理本村属于村民集体所有的土地和其他财产,因此依靠村委会和村民筹集其实是一条途径。但经入户调查:村民对垃圾管理的支付意愿为 $3\sim5\text{ 元}\cdot\text{户}^{-1}\cdot\text{月}^{-1}$,由于目前运行中的垃圾收集示范系统成本为 $3.4\text{ 元}\cdot\text{户}^{-1}\cdot\text{月}^{-1}$,见表 6,因此基本已无力再承担垃圾处理成本。而依靠产物赢利筹集则需结合处理技术作进一步的分析。

表 6 农村生活垃圾收集分拣成本测算

Table 6 Costs of rural refuse collection and selection

分项	费用
收集分拣工人工资	$500\text{ 元}\cdot\text{月}^{-1}$
水电费	$30\text{ 元}\cdot\text{月}^{-1}$
设备维护费	$20\text{ 元}\cdot\text{月}^{-1}$
合计	$550\text{ 元}\cdot\text{月}^{-1}$
户均收集成本*	$3.4\text{ 元}\cdot\text{户}^{-1}\cdot\text{月}^{-1}$

注:*服务户数为 163 户。

2.4 管理技术方式与模式的可行性

2.4.1 管理技术方式

农村生活垃圾管理技术方式由收集、运输和处理 3 个主要环节组成。

(1)源头分流收集与废品回收

生活垃圾的收集方式主要有设置定点容器和上门收集 2 种,为方便村民投弃,便于培养其垃圾定点投弃习惯,宜采用定点容器收集方式。容器中垃圾的

集运,根据村民住宅分布、道路和行政条件,宜采用按村设置收集房,每日 1 次人工将各容器中垃圾集中至收集房待运的方式^[8]。考虑到为后续处理提供有利条件,同时垃圾中废品的回收可提供一定的垃圾减量 and 经济效益,故宜利用农村劳动力成本较低、垃圾量相对较少的条件,在各村垃圾收集房进行垃圾源头分拣操作^[9]。参照相关城市的实践,分拣的类别为:可回收废品、毒害性垃圾(灯管、电池等)、可堆肥垃圾(含有机垃圾和灰土组分)及惰性垃圾(不可回收废品、无机垃圾,均为性质较稳定的物料)。由此既可达到废品回收减量的目的,也为毒害性垃圾集中管理、惰性垃圾就地处置、易腐垃圾转化处理提供了良好的物流条件^[10]。

(2)运输与集中处理容量

农村生活垃圾的产生密度低,而处理的无害化和资源化又要求处理达到一定的规模容量,因此集中至各村收集房的垃圾必须通过运输与后续处理设施连接。运输工具宜选择改装农用车。单车的日收集容量与垃圾产生密度有关,根据大浦镇的情况,各行政村的平均面积为 2.63 km^2 ,垃圾产生量为 $450\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$,运输量为 $300\text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ (仅收运可堆肥垃圾),容重为 $320\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。以收集车厢容积 4.5 m^3 计,则单车每车次可收集 4~5 个行政村的垃圾,每车次时间为 1.5 h 左右(含人工装车、自卸时间),每天可收集村数为 20 个左右,收集量约 6 t,覆盖面积约 50 km^2 ,基本与当地 1 个建制镇相仿。从方便管理的角度看,将此容量定为 1 个集中处理设施的容量也是合适的。

(3)处理与利用工艺

根据前述讨论,分流收集后的需处理垃圾有:毒害、惰性、可堆肥 3 类,毒害垃圾应集中至当地县级市处理设施处置,惰性垃圾由各村自行利用坑地掩埋,可堆肥垃圾则集中至以镇为单位的堆肥厂处理后农用。考虑到提高堆肥销售率并提供销售赢利途径,应采用腐熟堆肥深加工为复合肥的方式,具体工艺如图 2。主要特点是依托源头分拣,不再设预分选,条垛式 1、2 次发酵,后分选及精制复合肥。

2.4.2 管理技术方式的经济可行性

(1)源头分流收集

依据 11 个月的收集实践,洋渚村生活垃圾收集与源头分拣成本核算见表 6,与前述村民支付意愿比较,可望通过村民缴费实现长效运行。

(2)运输与处理

根据前述的技术方式和处理容量,农村生活垃圾

