

发达地区农村固体废弃物管理与资源化策略

陈永根^{1,2}, 周传斌³, 朱慧芳⁴, 王如松^{1,3}

(1. 华东师范大学 资源与环境科学学院, 上海 200062; 2. 浙江农林大学 环境与资源学院, 浙江 临安 311300; 3. 中国科学院 生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验, 北京 100085; 4. 杭州市环境保护科学研究院, 浙江 杭州 310014)

摘要: 农村地区有机废弃物就地资源化处置已成为热门议题。以典型旅游型村庄——浙江省桐庐县阳山畈村为例, 通过实地问卷及采样分析方法, 探讨了农村废弃物产生特征、居民资源化利用意愿以及有机废弃物的就地资源化处置策略。结果表明: ①阳山畈村的生活垃圾产生总量约为 $0.29 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 其中有机废弃物为 $0.15 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, 约占总量 52.5%; 村农业有机废弃物主要是黑木耳菌棒, 产生量约为 $180 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 。②当具备垃圾分类设施时, 大多数村民愿意开展生活垃圾分类, 且有 94.6% 的人愿意使用废弃物资源化产生的有机肥, 47.6% 的人愿意承担资源化设施的部分运行费用。③提出了源头分类-就地处置的资源化管理策略, 可协同处置生活垃圾易降解成分及农业有机废弃物。预计该模式实施后可产生明显的生态效益。图 4 参 22

关键词: 生态学; 发达农村; 废弃物管理; 资源化策略; 资源化利用

中图分类号: X705; S7-05 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2015)06-0940-07

Solid waste management and resource strategies in the developed rural region

CHEN Yonggen^{1,2}, ZHOU Chuanbin³, ZHU Huifang⁴, WANG Rusong^{1,3}

(1. College of Resources and Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China; 2. School of Environmental and Resource Sciences, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 3. State Key Laboratory of Urban and Region Ecology, Research Center for Eco-Environmental Science, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 4. Hangzhou Institute of Environmental Protection & Science, Hangzhou 310014, Zhejiang, China)

Abstract: The on-site treatment of organic solid waste and using it as a resource in rural areas has become one of top concerns. This research took Yangshanfan village, a tourism hotspot located in Tonglu County of Hangzhou City as an example, and used the field questionnaires and sampling method to analyze the characteristics of solid waste generation, residents' willingness to use waste as resource and the resource recycling strategies of organic solid waste. The main results were as follows: (1) The gross household solid waste in Yangshanfan village was $0.29 \text{ kg} \cdot \text{person}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$, in which about 52.5 per cent ($0.15 \text{ kg} \cdot \text{person}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) was organic solid waste; and waste from mushroom cultivation was $180 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ as the main agricultural organic waste. (2) Most residents were willing to carry out garbage sorting if the facilities were available. 94.6 per cent of the residents were willing to use the organic compost produced with the organic waste. 47.6 per cent of the residents were willing to share part of the running costs of composting facilities. (3) A strategy consisting of source-sorting and on-site treatment of both easily degradable part of household solid waste and agricultural organic waste was recommended. The strategy is estimated to create great ecological benefits. [Ch, 4 fig. 22 ref.]

收稿日期: 2015-01-02; 修回日期: 2015-04-28

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(LY14D010011); 浙江省环境保护厅资助项目(2011B04); 浙江农林大学科研发展基金资助项目(2013FK003)

作者简介: 陈永根, 讲师, 博士研究生, 从事农村生态学研究。E-mail: weyne@163.com

Key words: ecology; developed rural region; waste management; resource strategy; resource utilization

废弃物是指人类在生产、消费、生活和其他活动中产生的，已失去使用价值的自然资源^[1]。农村废弃物主要包括生活垃圾以及诸如秸秆、枯枝落叶、畜禽粪便等农林废弃物。在传统生产模式下，农村废弃物有很多办法可以重新利用，比如通过堆肥产生有机肥还田。然而，化肥的广泛使用导致了农村废弃物因其昂贵的收集运输成本而被随意丢弃，这已成为区域生态环境恶化的主要因素^[2-5]，并引起了人们的密切关注^[6-9]。很多学者、政府部门以及相关企业对农村废弃物的产生特征、分类收集、处置技术等进行了大量研究和具体实践^[10-15]。何晶晶等^[16]认为村镇两级居住社区的人均生活垃圾产生量分别为 $0.5\sim 1.0 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 和 $0.4\sim 0.9 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ；张后虎等^[17-18]、李世贵等^[19]分别提出了不同的分类模式，将生活垃圾分别分为干、湿垃圾等 2 类或可回收物、有机物、有毒有害物以及其他垃圾等 4 类，并实施分类收集方式进行最终处置。邱才娣^[20]、张明玉^[21]分别研发了厌氧-好氧处理工艺、易腐垃圾堆肥化等处置技术。在运营管理方面，主要产生了“村收集、镇运输、县处理”的集中模式、以镇或村为单元建设处理设施的分散模式以及分类分散处理与集中处置相结合的模式^[6-7,10,16,19]等。但是，上述研究主要针对农村居民生活垃圾，未把数量非常可观的农业生产废弃物考虑在内。这些废弃物均是非常好的资源化原料，应将其考虑在废弃物资源化的范畴^[22]。本研究选取典型旅游型村庄——浙江省桐庐县阳山畈村为例：①通过实地调研分析了旅游型农村的废弃物产生特征，包括生活垃圾、农业有机废弃物等；②通过问卷调研分析了村民的环保意识，包括对垃圾分类、易降解固体废弃物资源化利用以及有机肥接受程度等；③根据固体废弃物产生特征和公众环保意识，提出了以行政村为单元的易降解固体废弃物的资源化策略。本研究结果可为旅游型村庄的废弃物管理与资源化策略提供思路。

1 材料与方法

1.1 固体废弃物产生量

农村固体废弃物主要包括生活垃圾和生产有机废弃物。随机选择 $2 \text{ d}\cdot\text{季}^{-1}$ 对典型的 20 户家庭产生的生活垃圾产生量进行收集，并分选出易降解成分(餐厨垃圾、腐烂水果、蔬菜叶等)以及采用电子称进行分别称量。农业有机废弃物重点关注作物秸秆、果树枝条、枯枝落叶等，其产生量主要通过实际测定或问询合作社及道路清洁工获得。

1.2 公众环保意识调研

采用问卷方式对村民生活垃圾处置意愿进行了调研。问卷共设置了①是否愿意开展生活垃圾分类收集？②是否愿意购买分类收集桶设施？③是否了解有机废弃物就地资源化途径？④是否愿意使用有机肥料，并打算在哪里使用？⑤是否愿意缴纳垃圾资源化设施的运行费用等 5 个问题。通过面对面问询方式，有效问卷为 282 份。针对现有处置模式调研，则采用现场跟踪方式，重点了解垃圾收集、垃圾转运的方式、处置费用等内容。不考虑乡镇压缩站运送至县处置终端的环节。

1.3 案例选择

浙江省桐庐县于 2011 年获得国家级生态县称号，并开展生态文明示范区建设。本研究对象——阳山畈村，位于桐庐县横村镇，距离县城约为 8 km，在籍户数 355 户，人口 861 人。该村是典型的旅游型农村，村内主要栽植水蜜桃 *Prunus persica*，西瓜 *Citrullus lanatus* 以及蔬菜、竹笋等作物，而且积极发展农业休闲旅游产业，2013 年平均收入达到 $1.8 \text{ 万元}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ 。其中，水蜜桃 200 hm^2 ，产值超过 $2\ 000.0 \text{ 万元}\cdot\text{a}^{-1}$ ；村里还利用废弃枝条建成有机黑木耳 *Auricularia auricula-judae* 基地，通过粉碎、灌袋、灭菌和接菌等步骤，产黑木耳菌棒 $6 \text{ 万袋}\cdot\text{a}^{-1}$ ，新增产值 $60.0 \text{ 多万元}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

2 结果与分析

2.1 生活垃圾产生特征

阳山畈村生活垃圾产生总量为 $0.19\sim 0.39 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ，平均为 $0.29 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。其中，夏天产生量最多，达到 $0.39 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ，冬季产生量最少，为 $0.19 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ 。其中，有机废弃物为 $0.08\sim 0.28 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ，平均为 $0.15 \text{ kg}\cdot\text{人}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$ ，占总量的 52.5%。夏天由于腐烂水果(水蜜桃、西瓜、蔬菜等)等较

多,有机废弃物比例高达70.5%,而秋冬季比例最低,分别为43.0%和44.0%,主要来源为腐烂蔬菜和秸秆。这与村内重点发展种植产业以及旅游业为主有关。刘永德等^[4]对江苏宜兴、丹阳等地农村调研发现,人均生活垃圾产生量约为 $0.56 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,其中有机废弃物比例为53.4%;卢金涛对重庆垫江县调研也发现^[23],农村废弃物产生量约为 $0.33 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,其中有机废弃物比例为56.9%。他们的调研文章中人均生活垃圾产生量均高于本次调研结果;但是,生活垃圾中有机废弃物比例的结果较为一致(均超过50%)。按照村内人数861人计算,阳山畈村产生生活垃圾约 $91.1 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$,其中有机废弃物则达到 $47.8 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

2.2 生产有机废弃物产生特征

桐庐阳山畈村农业有机废弃物主要是废弃黑木耳菌棒、合作社腐烂水果以及道路清扫的枯枝落叶等;由于该村发展水蜜桃栽植及旅游观光产业,村庄里没有作物秸秆和畜禽粪便等农业有机废弃物。菌棒一般于6月底采摘结束后便丢弃在田间,由于个体结实导致不能直接利用。按照菌棒单个质量约为3.0 kg,废弃菌棒产生量约为180.0 t(按6万棒计)。目前,阳山畈村主要将废弃的菌棒放置在田间或者运到垃圾收集点,进入“村收—镇转—县处置”模式。另外,合作社腐烂水果产生量大约 $60.0 \text{ kg} \cdot \text{d}^{-1}$,主要集中在7-8月,总量大约为3.6 t。而枯枝落叶产生量相对更少,主要集中在夏天修剪或者冬天落叶时。

2.3 公众环保意识分析

通过对问卷的分析(图2),结果表明:①98.9%的人愿意开展垃圾分类,但是89.0%的人需要提供分类垃圾桶;②35.8%的人认为分类垃圾桶应该政府或村委提供,28.3%的人愿意出 $10 \sim 20 \text{元} \cdot \text{户}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$,19.6%的人愿意出 $20 \sim 30 \text{元} \cdot \text{户}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$;③64.3%的人认为有机废弃物资源化利用的途径为简易沤肥方式,18.6%的人认为就地焚烧,10.3%的人认为厌氧产沼方式,6.8%的人则认为微生物快速发酵方式;④94.6%的人愿意使用废弃物资源化有机肥,其中,56.1%的人会在菜地使用,而38.5%的人会在园艺上使用,仅5.4%的人不愿意使用;⑤45.7%的人认为垃圾资源化设施的运行费用应该政府或村委承担,而28.4%的人愿意承担 $20 \sim 30 \text{元} \cdot \text{户}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$,19.6%的人愿意承担 $20 \sim 40 \text{元} \cdot \text{户}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

2.4 现有固体废物管理模式及其成本

桐庐县农村也是采用该模式,并实施三级负责制度:①县级负责各镇(区)垃圾中转站垃圾的清运和处理工作,每天到各镇(区)垃圾中转站清运垃圾;②镇级负责将农村垃圾从农村垃圾堆放点运到垃圾中转站,对各村堆放点的垃圾实行日产日清;③村级负责在本村收集垃圾并清运至垃圾堆放点,并按每500个村民配1名保洁员组建村级保洁队。阳山畈村生活垃圾处置日常维护成本为:2名保洁人员费用约 $1.6 \text{万元} \cdot \text{a}^{-1}$ (包括农户垃圾桶运至堆放点的费用,因为该村小),村级堆放点至镇中转站运输承包费用约为 $4.5 \text{万元} \cdot \text{a}^{-1}$,而镇中转站运至县处置费用约 $5.0 \text{万元} \cdot \text{a}^{-1}$,总计 $11.1 \text{万元} \cdot \text{a}^{-1}$ 。调研还发现,承包人抱怨生活垃圾的运输价格太低(一般承包10个村左右),导致不能及时清运临时堆放场垃圾。张后虎等^[18]在分水村调研时发现,“村收—镇运—县(市)处理”模式的运输费用就高达 $12.0 \text{万元} \cdot \text{a}^{-1}$,也表明该模式较高的运行成本。

3 讨论与展望

3.1 就地资源化管理模式

针对居民点较为分散的山区,研究探索生活垃圾和生产废弃物协同就地资源化处置成为近期热门议题。问卷发现,阳山畈村94.6%的人愿意接受废弃物资源化产生的有机肥料,因此,在该地区可以优先实施就地资源化处置。资源化管理模式首先要求实行废弃物分级管理,即必须推进生活垃圾分类收集。

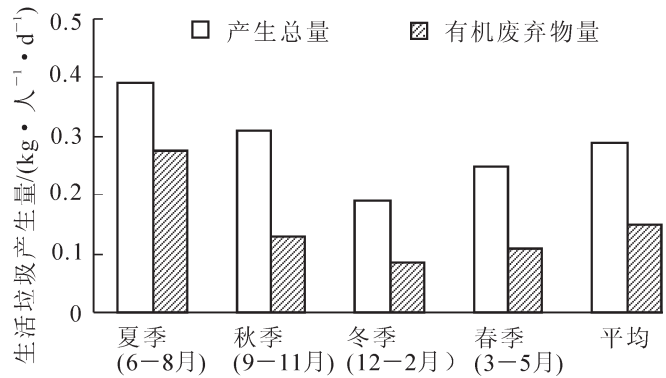


图1 桐庐阳山畈村生活垃圾产生特征

Figure 1 Characteristic of rural domestic waste generated in Yangshanfan village, Tonglu County

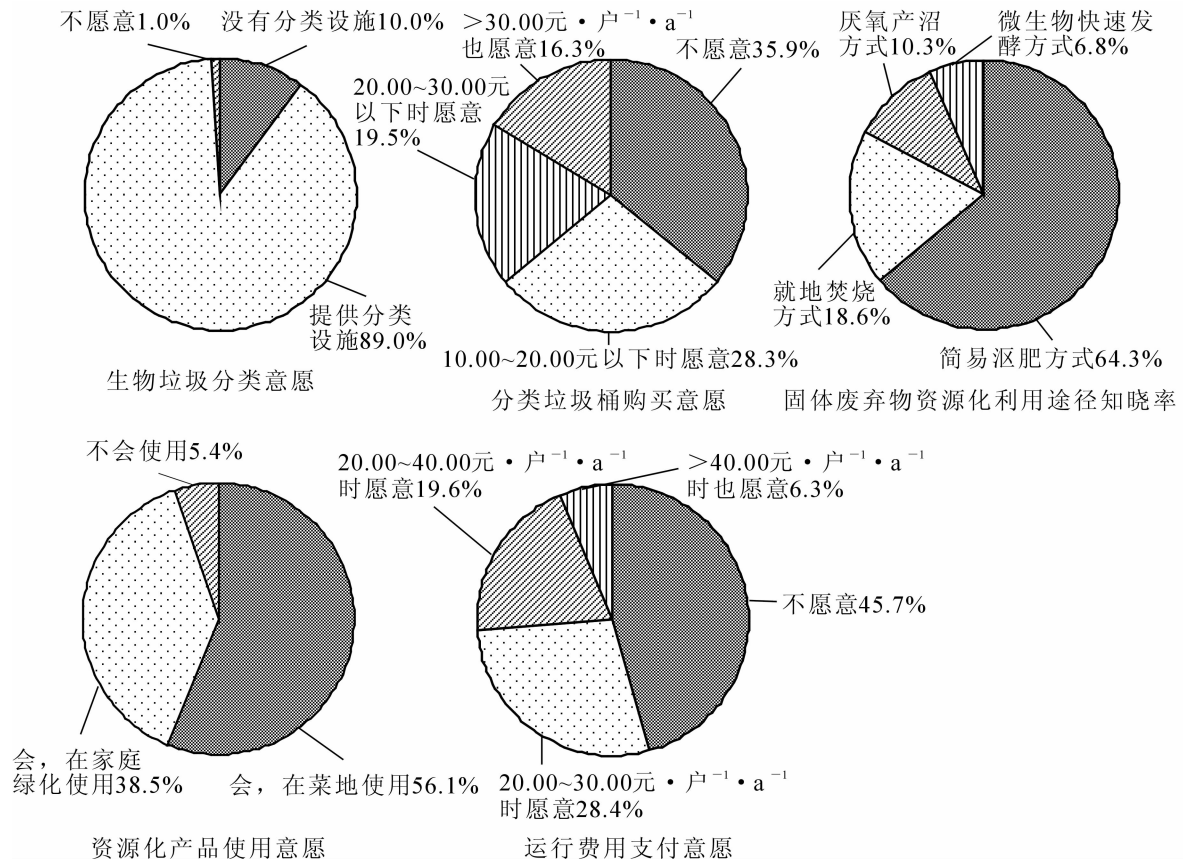


图 2 公众环保问卷调查分析

Figure 2 Analysis of public environmental survey

通过问卷也发现，在政府或村委提供分类垃圾桶的前提下，阳山畈村 98.9%的人愿意开展垃圾分类收集。生活垃圾分类可分为干垃圾、湿垃圾(有机成分)两大类，这也有助于提升公众参与垃圾分类^[2]。另外，采取宣传、教育或培训等措施也有利于村民正确分类。分类收集之后有机成分，即可与生产有机废弃物(废弃菌棒、枯枝落叶等)一并采用就地资源化堆肥方式进行处置，产生的有机肥可就在在农田或桃园中使用。对于筛上物以及其他固体废弃物(干垃圾)，建议与干垃圾一并运输至县城焚烧(填埋)处置(图 3)。

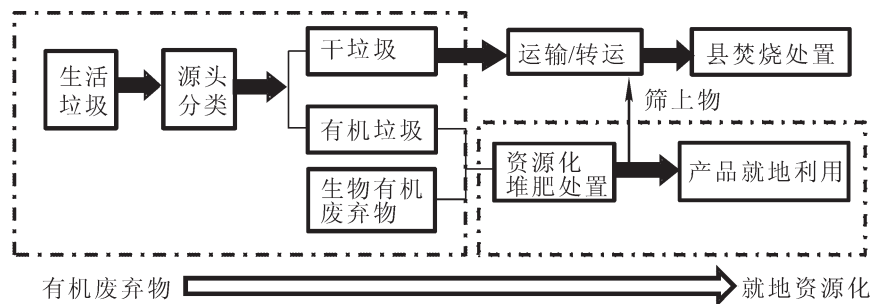


图 3 农村固体废弃物资源化管理模式

Figure 3 Resource management mode of rural solid waste

3.2 废弃物资源化技术路线

调研表明：农村地区生活垃圾易降解成分比例虽然较高，但是其产生量绝对值较低，如阳山畈村仅为 0.15 kg·人⁻¹·d⁻¹；并且，这部分废弃物的含水量往往特别高，不利于资源化处置。针对农村大量的修剪枝条、枯枝落叶、禽畜粪便等生产有机废弃物，应考虑生活垃圾和生产有机废弃物的协同资源化处置。研究表明，废弃菌棒可以通过粉碎、腐熟后用作有机肥料。通过具有搅拌、通风、菌剂和控温等功

能的资源化设备,促进有机废弃物的腐熟过程(图4)。废弃菌棒等农业有机废弃物,资源化利用不仅可以避免对环境的影响,而且可有效避免以行政村为单元的废弃物资源化处置过程中生活垃圾有机成分不足的问题。

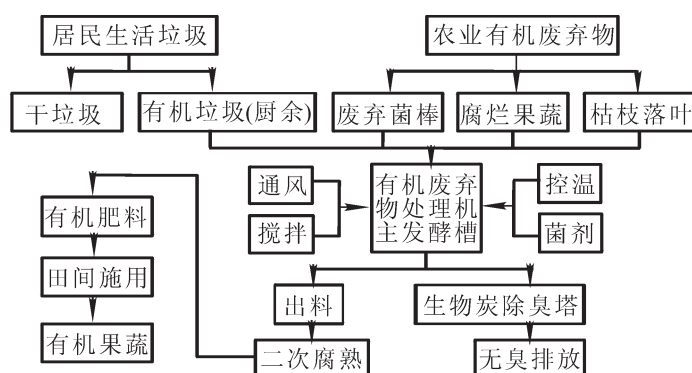


图4 有机废弃物资源化技术路线

Figure 4 Resource technology route of organic waste treatment

3.3 资源化管理模式的初步效益估算

资源化模式需要专人负责废弃物的分类收集、资源化设备的管理和二次腐熟物的翻堆等工作,其工人工资大约需要 $1.5 \text{ 万元} \cdot \text{a}^{-1}$; 其他运营成本主要是有机废弃物处理机运行的电费。问卷调查还表明,有 47.6% 的人愿意承担有机废弃物资源化工程的运行成本,这对于降低资源化管理成本也有一定作用。但是通过废弃物资源化工程,将实现阳山畈村 52.5% 生活垃圾以及农业有机废弃物成为有机肥料,并可以就地在桃园或田园使用。通过采用资源化管理策略,预计可实现 $47.8 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 的生活垃圾就地资源化处置,有效减少“村收—镇转—县处置”模式负荷,具有明显的生态效益。He^[6]认为:源头分类—就地资源化新模式最高可使 70% 生活垃圾减量化和资源化,并可比“村收—镇转—县处置”模式减少约 33% 费用。

3.4 展望

目前,桐庐阳山畈村固体废弃物资源化管理已开展示范工程建设,并且通过积分奖励机制有效推动了生活垃圾的源头分类工作。但是,固体废弃物资源化工程应在以下 3 方面开展深入研究:①工程涉及的技术参数,如搅拌、温度、通风、菌剂等,以及资源化有机肥的质量及施用的生态安全评估等方面;②工程涉及的生活垃圾分类收集、资源化管理运营的经济成本、生态效益评估等方面;③工程涉及的不同主体,如农户、管理专人、主管单位等之间的责任及其激励机制等。本研究对于具有大量易降解的有机废弃物以及资源化的产品可以就地施用的旅游型农村,具有重要的借鉴价值。

4 结论

中国农村地区生活垃圾已严重威胁地区生态环境安全。基于源头分类和就地资源化处置是解决该问题的有效途径。本研究以浙江省桐庐县阳山畈村为例,通过实地问卷及采样分析,初步探讨了农村地区实施废弃物资源化管理策略。结果表明:①阳山畈村的生活垃圾产生总量约为 $0.29 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,其中有机废弃物为 $0.15 \text{ kg} \cdot \text{人}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$,约占总量 52.5%;村农业有机废弃物主要是黑木耳菌棒,产生量约 $180 \text{ t} \cdot \text{a}^{-1}$ 。②当具备垃圾分类设施时,大多数村民愿意开展生活垃圾分类,而且 94.6% 的人愿意使用废弃物资源化产生的有机肥,47.6% 的人愿意承担资源化设施的部分运行费用。④提出了源头分类—就地处置的资源化管理新模式,采用有机废弃物处理设备对生活垃圾及农业有机废弃物进行协同处置,该模式具有明显的生态效益。

5 参考文献

- [1] PHILLIPS P S, PRATT R M, PIKE K. An analysis of UK waste minimization clubs: key requirements for future cost effective developments [J]. *Waste Manage*, 2001, 21(4): 389 - 404.

- [2] 黄开兴, 王金霞, 白军飞, 等. 农村生活固体垃圾排放及其治理对策分析[J]. 中国软科学, 2012(9): 72 – 79.
HUANG Kaixing, WANG Jinxia, BAI Junfei, *et al.* Production of rural domestic solid waste and policy countermeasures [J]. *China Soft Sci*, 2012(9): 72 – 79.
- [3] WU Duo, ZHANG Chunyan, LÜ Fan, *et al.* The operation of cost-effective on-site process for the bio-treatment of mixed municipal solid waste in rural areas [J]. *Waste Manage*, 2014, **34**(6): 999 – 1005.
- [4] 刘永德, 何晶晶, 邵立明. 太湖流域农村生活垃圾面源污染贡献值估算[J]. 农业环境科学学报, 2008, **27**(4): 1442 – 1445.
LIU Yongde, HE Pinjing, SHAO Liming. Calculation of contribution value of non-point source pollution of rural refuse in Tai Lake Region [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2008, **27**(4): 1442 – 1445.
- [5] 唐丽霞, 左婷. 中国农村污染状况调查与分析: 来自全国 141 个村的数据[J]. 中国农村观察, 2008(1): 31 – 38.
TANG Lixia, ZUO ting. Investigation and analysis of pollution in rural China: data from 141 villages [J]. *China Rural Survey*, 2008(1): 31 – 38.
- [6] HE Pinjing. Municipal solid waste in rural areas of developing country: Do we need special treatment mode [J]. *Waste Manage*, 2012, **32**(7): 1289 – 1290.
- [7] YE Chunhui, QIN Ping. Provision of residential solid waste management service in rural China [J]. *China & World Econ*, 2008, **16**(5): 118 – 128.
- [8] OKUMURA S, TASAKI T, MORIGUCHI Y. Economic growth and trends of municipal waste treatment options in Asian countries [J]. *J Mat Cycl Waste Manage*, 2014, **16**(2): 335 – 346.
- [9] BERNARDES C, GÜNTHER W M R. Generation of domestic solid waste in rural areas: case study of remote communities in the Brazilian Amazon [J]. *Human Ecol*, 2014, **42**(4): 617 – 623.
- [10] 张静, 仲跻胜, 邵立明, 等. 海南省琼海市农村生活垃圾产生特征及就地处理实践[J]. 农业环境科学学报, 2009, **28**(11): 2422 – 2427.
ZHANG Jing, ZHONG Jisheng, SHAO Liming, *et al.* Characteristics of rural household solid wasters and in situ treatment: a case study in Qionghai City of Hainan Province [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2009, **28**(11): 2422 – 2427.
- [11] 文国来, 王德汉, 李俊飞, 等. 处理农村生活垃圾装置的研制及工艺[J]. 农业工程学报, 2011, **27**(6): 283 – 287.
WEN Guolai, WANG Dehan, LI Junfei, *et al.* Composting equipment design and technology for rural refuse disposal [J]. *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2011, **27**(6): 283 – 287.
- [12] 李玉敏, 白军飞, 王金霞, 等. 农村居民生活固体垃圾排放及影响因素[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, **22**(10): 63 – 68.
LI Yumin, BAI Junfei, WANG Jinxia, *et al.* Disposal of domestic solid wasters and determinants in rural China [J]. *China Popul Resour Environ*, 2012, **22**(10): 63 – 68.
- [13] 郑玉涛, 王晓燕, 尹洁. 水源保护区不同类型村庄生活垃圾产生特征分析[J]. 农业环境科学学报, 2008, **27**(4): 1450 – 1454
ZHENG Yutao, WANG Xiaoyan, YIN Jie, *et al.* Feature of rural solid waste from various types villages in sources water protection area [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2008, **27**(4): 1450 – 1454.
- [14] 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 Xiaoyong, XIA Lijiang, CHEN Yi, *et al.* A case study on classification pattern of household solid wastes in a typical northern rural village, China [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2010, **29**(8): 1582 – 1589.
- [15] 陈仪, 夏立江, 于晓勇, 等. 不同类型农村住户生活垃圾特征识别[J]. 农业环境科学学报, 2010, **29**(4): 773 – 778.
CHEN Yi, XIA Lijiang, YU Xiaoyong, *et al.* Characteristics identification of rural solid wastes based on different types of farmers [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2010, **29**(4): 773 – 778.
- [16] 何晶晶, 张春燕, 杨娜, 等. 我国村镇生活垃圾处理现状与技术路线探讨[J]. 农业环境科学学报, 2010, **29**(11): 2049 – 2054.
HE Pinjing, ZHANG Chunyan, YANG Na, *et al.* Present situation and technical treatment route of rural domestic

- waste treatment in China [J]. *J Agro-Environ Sci*, 2010, **29**(11): 2049 – 2054.
- [17] 张后虎, 张毅敏. 农村生活垃圾现状及处置技术初探: 以太湖流域为例[J]. 环境卫生工程, 2009, **17**(4): 9 – 11.
ZHANG Houhu, ZHANG Yimin. Current situation and disposal technology of rural domestic waste in Taihu Lake basin [J]. *Environ San Eng*, 2009, **17**(4): 9 – 11.
- [18] 张后虎, 胡源, 张毅敏, 等. 太湖流域分散农村居民对生活垃圾的产生和处理认知分析[J]. 安全与环境工程, 2010, **17**(6): 13 – 17.
ZHANG Houhu, HU Yuan, ZHANG Yimin, *et al.* Cognitive analysis of decentralized rural residents on the current disposal of rural solid waste in Taihu Lake basin [J]. *Saf Environ Eng*, 2010, **17**(6): 13 – 17.
- [19] 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, **29**(2): 61 – 64.
LI Shigui, GUO Hai, XU Xiaofeng, *et al.* Current situation and disposal model of rural domestic waste in south peri-urban rural area [J]. *Agro-Environ & Dev*, 2012, **29**(2): 61 – 64.
- [20] 邱才娣. 农村生活垃圾资源化技术及管理模式探讨[D]. 杭州: 浙江大学, 2008
QIU Caidi. *Research on Utilization and Management Pattern for Rural Domestic Refuse* [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2008.
- [21] 张明玉. 荇河流域农村生活垃圾产源特征及堆肥化研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010.
ZHANG Mingyu. *Research on the Characteristics and Composting of Rural Refuse in Tiaoxi Rver Basin* [D]. Zhengzhou: Henan University of Technology, 2010.
- [22] MOHEE R. *Waste Management Opportunities for Rural Communities: Composting as an Effective Waste Management Strategy for Farm Households and Others* [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2007.