

杜 静,常志州,钱玉婷,等. 农村生活垃圾处理模式及技术发展趋势[J]. 江苏农业科学,2019,47(6):11-14.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.06.003

农村生活垃圾处理模式及技术发展趋势

杜 静,常志州,钱玉婷,靳红梅,黄红英

(江苏省农业科学院循环农业研究中心/江苏省农业废弃物资源化工程技术研究中心,江苏南京 210014)

摘要:开展农村生活垃圾处理处置工作符合国家层面的需求,对推进社会主义新农村建设,改善农村生态环境,建设和谐型新农村具有重要意义。本研究由日益严重的农村生活垃圾处理问题入手,首先从政策层面总结了关于农村生活垃圾处理的发展进程及未来发展重点,然后对国内外农村生活垃圾处理模式和处理技术的发展趋势进行分析,在此基础上指出应当根据各地区农村的特点开发适合农村、有较高经济效益的生活垃圾资源化新技术,并从完善我国农村生活垃圾处理系统的角度提出了相关建议。

关键词:农村;生活垃圾;处理模式;处理技术;发展趋势

中图分类号: X705 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)06-0011-04

随着社会经济的快速发展和农村城镇化水平的不断提高,农村的生活水平及生产生活方式发生了重大变化,农村生活垃圾数量也逐年增多,成分日趋复杂,治理难度大幅度增加^[1]。据卫生部2007年调查结查显示,我国农村生活垃圾人均产生量达0.86 kg/(d·人),产生总量约3亿t/a^[2-6]。日益严重的农村生活垃圾污染问题已逐渐影响农民生活生产和农村城镇化建设,制定并实行切实可行的防治对策十分必要;

有效地解决农村生活垃圾污染问题,对改善农村生态环境和提高农村群众生活质量具有重要意义,也符合生态文明的理念^[7]。

在政策层面,建设社会主义新农村,改善农村生态环境,已成为我国各级政府农村工作的重要内容。2005年10月,中国共产党十六届五中全会通过《“十一五”规划纲要建议》,提出要按照“生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁、管理民主”的要求,扎实推进社会主义新农村建设。其中,村容整洁是社会主义新农村建设的重要内容。之后,党中央、国务院先后发布了《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》《国务院关于落实科学发展观加强环境保护的决定》和国务院办公厅转发的《关于加强农村环境保护工作的意见》等重要文件,对农村环境保护提出了明确的要求,其中《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意

收稿日期:2017-12-06

基金项目:江苏省重点研发计划(编号:BE2015356);国家科技支撑计划(编号:2015BAL04B05)。

作者简介:杜 静(1982—)男,四川眉山人,硕士,副研究员,主要从事农业固体废弃物资源化研究。E-mail:dj1982111@126.com。

通信作者:黄红英,硕士,研究员,主要从事农业固体废弃物资源化研究。E-mail:sfmicrolab@163.com。

[56]林本芳,鲁晓翔,李江阔,等. 纳他霉素对西兰花的保鲜效果[J]. 食品与发酵工业,2012,38(9):186-190.

[57]Hondrodinou O, Kourkoutas Y, Panagou E Z. Efficacy of natamycin to control fungal growth in natural black olive fermentation[J]. Food Microbiology, 2011, 28(3):621-627.

[58]阎永贞,周绪霞,李卫芬,等. 纳他霉素抑菌机理及其在食品中的应用[J]. 食品工业科技,2010,31(4):365-367,373.

[59]李庆鹏,崔文慧,郭 芹,等. 曲酸处理对鲜切西兰花品质及生理变化的影响[J]. 核农学报,2014,28(9):1664-1668.

[60]孙 微,陶文沂. 曲酸在食品添加剂中的应用[J]. 食品与发酵工业,1997,23(1):69-72.

[61]苏国成,汤凤霞,杨秋月,等. 曲酸对常见食品污染菌的抑制作用[J]. 食品与发酵工业,2005,31(3):47-51.

[62]汤月昌,许 风,董桂泉,等. 果糖对西兰花抗氧化性及其品质的影响[J]. 现代食品科技,2015,31(4):164-169.

[63]Gapper N E, Coupe S A, Mckenzie M J. Regulation of harvest-induced senescence in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) by cytokinin, ethylene, and sucrose[J]. Plant Growth Regulation, 2005, 24(3):153-165.

[64]何文燕,韦剑锋. 中草药提取物保鲜果蔬的应用研究概述[J].

广西农业科学,2005,36(1):85-87.

[65]孙树杰,谢小雷,李文香,等. 山豆根、肉豆蔻提取液对西兰花保鲜效果的影响[J]. 包装与食品机械,2013,31(1):15-19.

[66]孙树杰,王士奎,李文香,等. 中草药提取液对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. 食品科学,2012,33(6):283-287.

[67]甄天元,彭晓蓓,李文香,等. 丁香提取液对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J]. 食品科学,2011,32(10):279-282.

[68]李玉珍,朱艳华,张 鹏,等. 不同保鲜剂喷雾处理对冰箱贮藏期间西兰花保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工,2017,17(3):5-10.

[69]史君彦,高丽朴,左进华,等. 纳米膜和PVC膜包装对西兰花贮藏保鲜的影响[J]. 食品工业科技,2016,37(19):255-266.

[70]敖 静,张昭其,黄雪梅. 不同薄膜自充气调包装对西兰花的保鲜效果[J]. 广东农业科学,2015,42(2):77-81.

[71]千讯(北京)信息咨询有限公司. 中国西兰花行业发展研究报告[R/OL]. [2017-11-01]. <http://www.qianinfo.com/Industry/7/3676796.html>.

[72]宇博智业. 2016—2021年中国保鲜西兰花行业发展分析及投资潜力研究报告[R/OL]. [2017-11-01]. <http://www.chinabgao.com/report/1635323.html>.

见》第十七条意见中提出,引导和帮助农民切实解决住宅与畜禽圈舍混杂问题,搞好农村污水、垃圾处理,改善农村环境卫生。在2008年实施的“以奖促治、以奖代补”等重要政策的基础上,2010年提出了通过“抓点、带线、促面”,开展农村环境连片整治工作,着力解决农村生活垃圾、污水、畜禽养殖、工矿等污染问题。2012年4月19日,国务院发布了《“十二五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》指出,考虑不同地区的实际情况,加强分类指导,坚持集中处理与分散处理相结合。按照“减量化、资源化”的原则,因地制宜地选择先进适用的技术。到2015年,在90%以上的县城和建制镇建立生活垃圾收集和运输体系,县城和建制镇生活垃圾有效处理率达到60%,村庄生活垃圾有效处理率达到30%。2015年11月,中华人民共和国住房和城乡建设部召开全国农村生活垃圾治理工作电视电话会议,明确提出全国农村生活垃圾5年专项治理目标,将加大资金保障力度,制定因地制宜的农村生活垃圾处理模式,完善相关法规制度,强化监督管理,全力动员村民积极参与,全面推进全国农村生活垃圾治理工作。2016、2017年连续2年的中央一号文件分别提出了推进农村环境综合整治,推进农村生活垃圾专项治理行动^[8]。

因此,开展农村生活垃圾处理处置工作符合国家层面的需求,对推进社会主义新农村建设,改善农村生态环境,建设和谐型新农村具有重要意义。

1 国内外现有农村生活垃圾处理模式

1.1 农村生活垃圾处理模式分类

国内外农村生活垃圾处理的实践经验告诉我们,选择适宜的农村生活垃圾处理模式应当紧密结合本地区生活垃圾的产生特性、地区经济及其地理条件等因素,选取最佳的处理方式或模式。目前最主要的处理模式可分为集中处理和分散处理^[9]。

1.1.1 集中处理模式 集中处置模式主要是“村收集、镇中转、县处置”运作模式,这在经济发达地区或大城市周边农村,如广州市、浙江省、北京市等城郊农村,有较为广泛的运用。它充分利用了县(区)以上政区已建的规模化垃圾处理终端设施(焚烧或填埋),只需延伸其完善的城市垃圾收集运输体系即可。其中,乡镇是推行垃圾集中收集处理的实施主体和责任主体,由于乡镇和村集体经济薄弱,该体系面临巨大的资金压力。而且,该模式还存在垃圾收集与运输成本偏高、县(区)级垃圾填埋场压力较大、不符合资源循环利用等问题。因此,该模式在推广时遇到了较大的困难,特别是距离城市规模化垃圾处理终端设施较远的农村^[10-11]。

1.1.2 分散处理模式 而分散处置模式主要面向行政村或若干户家庭的小规模处置模式,适用于距离城市较远的远郊村或偏远农村。研究表明,它可以有效减少生活垃圾的处置费用,尤其是运输成本^[12-13]。如海南省琼海市小洞村采用以村为单元的分散处理模式,处理(垃圾分拣及堆肥)成本为65.5元/t,低于县级集中处理模式下的转运加处理成本^[14]。研究表明,在经济较为发达或主产水果、蔬菜等的农村,生活垃圾中有机物成分含量较高。因此,人们开始尝试基于分类处理的农村生活垃圾处理路线设计,并探讨了分散模式的管理方案^[15]。其中,对于有机垃圾(厨余垃圾、瓜果皮等)一般进行资源化处理,进行堆肥或厌氧消化,处置能力一般小于

2 t/d^[16-18];对于无机垃圾(灰土渣石、布类、玻璃等)则进行运至中转站进行压缩后填埋或焚烧处理;对于有害有毒垃圾(农药瓶、药品等)进行单独回收后无害化处理。

1.2 农村生活垃圾处理模式的国内外现状

1.2.1 国外现状 国内外对于农村生活垃圾处理出现了截然不同的处理模式。国外农村生活垃圾处理已形成较为完整的技术体系。欧美等发达国家由于城市化率很高,加上拥有完善的生活垃圾分类体系及管理政策,对生活垃圾处理有严格的规定,如欧盟规定,进行填埋的生活垃圾中不允许含有厨余等易分解有机物;日本将农村生活垃圾小范围收集后就地焚烧;欧美国家的厨余垃圾直接经粉碎机粉碎后进入生活污水处理系统;欧洲国家庭院修剪物统一收集后进行堆肥处理;美国将庭院垃圾就地堆肥处理。由于欧美等发达国家对生活垃圾处理起步早,在这方面已有完善的政策法规及相关配套技术,同时也形成了相对完备的农村垃圾收运模式。

1.2.2 国内现状 国内改革开放前,由于农村生活水平低,生活垃圾产量低,厨余垃圾用来养鸡养猪,废纸废塑料袋等使用量少,零星一点均随秸秆用于烧火,废电池等有毒有害垃圾的产量极低,因此当时并不存在生活垃圾的处理问题。近年来,随着社会主义新农村和美丽乡村建设的推进,各级政府加大了对农村生态环保工作的建设力度,相关配套的生活垃圾收集运输体系不断跟进,基本形成了“组保洁一村收集一镇转运一县处理”的集中处理模式,对解决农村脏乱差问题起到了积极作用。

由于农户居住分散、农村经济条件相对薄弱,农村生活垃圾处理设施的前期投资大多由政府买单,但后期运行管护费用仍较高,虽然目前处理模式短时间内对解决农村生活垃圾污染问题的效果立竿见影,但是其高昂的收集运输成本,加之大幅增加了县区生活垃圾处理中心的处理压力,从长期来看是不经济不可持续的。因此,国内部分地区结合当地实际情况,按照减量化原则,对农村垃圾源头分类形式进行了积极探索,选择最佳资源化利用途径,从而实现农村生活垃圾的高度资源化,创新了诸如“洱源模式”“龙泉模式”“丹棱模式”“雅安模式”等值得借鉴的模式^[19]。这些因地制宜的区域特色模式主要通过垃圾分类处理,对废纸、塑料等进行了回收,厨余垃圾等有机废弃物通过生态堆肥处理变成有机肥料,用于种植蔬菜瓜果,节约又环保,生态又增收,大大减少了垃圾处理量。

2 国内外农村生活垃圾处理技术发展趋势

纵观国内外有关生活垃圾处理技术的理论研究和工程实践,成熟且常用的生活垃圾处理技术主要有卫生填埋、高温堆肥、焚烧等3种^[20]。填埋技术作为生活垃圾的最终处理方法,是解决生活垃圾出路的最主要方法。填埋法可分为简单填埋法和卫生填埋法。简单填埋设施简单,只有土堤围坝压实填埋,投资小,工艺简单,缺点是没有污染防治设施,因此,目前已不提倡使用。卫生填埋是利用工程手段,采用有效技术措施,防止渗漏液及有害气体对水体和气体的污染,并将垃圾压实至最小,隔一段时间用土覆盖,是一种无害化处理垃圾的方法。其缺点是投资大、占地多,仍存在渗漏液继续渗出污染环境的危险等。高温堆肥通常分为简易高温堆肥和机械式高温堆肥。简易高温堆肥工程规模较小,机械化程度低,采用

静态发酵工艺,环保措施不齐全,投资及运行费用低;机械化高温堆肥工程规模大,机械化程度高,一般采用间歇式动态好氧发酵工艺,有较齐全的环保措施,投资及运行费用较高。焚烧法适合用于平均低位热值高于5 000 kJ/kg的生活垃圾,可以将垃圾燃烧产生的热量用于供热或发电。其缺点是投资大,垃圾所需低位热值较高,燃烧过程可能产生二噁英污染。

2.1 国外农村生活垃圾处理技术发展趋势

发达国家对村镇生活垃圾选择的处理方式一般有如下原则:(1)通过分类收集对村镇生活垃圾中的有用物质进行回收和循环利用;(2)村镇生活垃圾中的可生物降解物进行堆肥处理;(3)村镇生活垃圾中的可燃物进行焚烧处理;(4)不能进行其他处理的垃圾进行填埋处理。由于国外对垃圾分类有严格的规定和一系列配套政策规范,其垃圾源头分类已非常完善,加上鼓励有机垃圾堆肥处理,不可降解垃圾焚烧处理,无机垃圾进入填埋场,对进入填埋场的垃圾也有严格的限制。此外,太阳能-生物集成技术、垃圾衍生燃料和气化熔融处理技术等成为村镇生活垃圾综合利用及回收利用的研究热点^[21]。

2.1.1 英国垃圾处理技术

主要包括资源回收利用、垃圾焚烧、堆肥、厌氧发酵和卫生填埋等。2014年以来,卫生填埋比例大幅下降,垃圾焚烧和资源回收比例快速上升并成为主要垃圾处理技术。英国针对农村垃圾处理采用的技术与城市基本相同,但在技术细节上具有很强的针对性,首先英国农村垃圾的分类和资源回收率高于城市,通过分类和资源回收,垃圾处理量大幅降低,英国大部分地区生活垃圾收运频次为1周1次或2周1次,分类后的有机垃圾主要采用小型家庭堆肥处理技术,约占英国生活垃圾产生量的18%,而大型工程化的机械生物堆肥处理设施仅有25座,处理量不到英国全国生活垃圾的5%^[22]。

2.1.2 美国垃圾处理技术

2000年至今卫生填埋比例有所下降,资源回收和堆肥比例有所提升,焚烧比例基本保持不变。比如从2000年后大型生活垃圾堆肥厂逐渐减少,至2011年降到12座,总处理规模为1 100 t/d,但针对有机垃圾特别是农村有机垃圾的庭院堆肥计划快速发展,至2011年美国共有家庭庭院堆肥计划3 090个,总处理规模5.29万t/d,平均处理能力为17 t/d,主要包括分散家庭式堆肥打包项目和村庄小型静态堆肥项目。

2.2 国内农村生活垃圾处理技术发展趋势

我国农村生活垃圾的收集模式和处理技术研究尚处于探索阶段,完全借鉴城市生活垃圾处理技术,其主要处置方式有填埋、焚烧、有氧堆肥、厌氧发酵等。

卫生填埋的填埋场选址标准苛刻,易造成土壤和地下水污染,产生的沼气不易处理,易发生爆炸,必须采用先进的防渗、导气和渗滤液处理技术,这样增加建设和运行成本;焚烧发电缺点是对垃圾热值有要求,一般有机固体废弃物的低位热值应大于5 000 kJ/kg,含水率大于54%,可燃物含量大于22%。而我国农村生活垃圾中可燃成分主要为生活厨余垃圾、塑料或废纸等,热量较低,焚烧中要消耗一定量煤、油等助燃能源,浪费大量的资源,投资和运行费较高,燃烧过程中产生各种大气污染物(如SO₂、NO、二噁英、气溶胶和飞灰等)造成二次污染,对人类的健康造成威胁。此外,农村生活垃圾堆肥技术,在我国经历3个阶段:第一阶段是以资源利用、垃

圾处理为目标的堆肥技术,目的是增加肥力,减少成本,这一阶段主要是人工家庭堆肥,通常采用厌氧堆肥工艺,主要涉及环境因素(温度、水分)、垃圾成分、堆肥工艺等对堆肥效果的影响。第二阶段是以规模化生活垃圾处理为目的的堆肥技术,目的是防止二次污染、实现垃圾资源再利用,该阶段主要针对城市垃圾规模处理,增加了辅料种类、配比和规模化设备工艺等研究方向。第三阶段是堆肥技术的深入发展阶段,主要特征是规模化和家庭堆肥共同发展,主要是以机械化和自动化堆肥技术为研究方向,以达到减少成本,提高质量的目的。

为解决农村生活垃圾就地处理问题,众多专家学者开发出多种处理技术。如浙江工商大学的陈昆柏等发明公开了一种农村生活垃圾焚烧处理系统,生活垃圾经送料系统进入焚烧系统后,炉膛内的生活垃圾经干燥、升温,在助燃空气的作用下热解、燃烧,燃烧温度高达850℃以上,然后高温烟气经余热回收系统回收余热后,进入烟气净化系统去除烟气中的有害物质,然后经引风机、烟囱达标排放^[23]。

文国来等的堆肥装置分4个小仓,每个小仓可容纳1.56 m³垃圾,总容积达6.24 m³,抽风机功率为1.1 kW/h,抽风频率为10次/d,每次30 min,总时间为5 h,每天总耗电量为5.5 kW,能耗低。通过12 d高温发酵,24 d编织袋2次发酵的处理方式,温度能达到60℃的时间在5 d以上,出仓时约减容40%,堆肥产品质量符合要求,且整个处理过程无二次污染,结果表明,该装置及工艺可以用来处理农村生活垃圾,可充分做到垃圾减量化和资源化^[24]。

对分拣后的农村有机垃圾采用蚯蚓处理可将50%的有机垃圾以能量的方式消耗或转化储存成自身营养体,余下的50%左右以粪便形式排出,期间产生的鲜蚯蚓,其蛋白质含量达8.5%~10.19%,其营养标准与牛肉、鸡蛋等是等价,可以替代鱼粉饲养禽畜,蚓粪是优质有机肥料。为获得更好蚯蚓堆肥效果,北京工业大学的李冬等还设计了一种装置,垃圾由进口到达筛板,经固液分离后液体处理区内的填料上附着微生物,降解废水中的油脂;固体处理区内有土壤层,并创造适宜蚯蚓生存的条件,利用蚯蚓降解固体垃圾,如果皮、纸屑等^[25]。

将生活垃圾有机部分作为底物,进行厌氧发酵处理获得沼气能源,在我国农村户用沼气工程中已得到较广泛应用,但针对村镇有机垃圾集中处理技术,近年才得到发展。张后虎等针对太湖流域农村分散居民生活垃圾与生活污水共处置,设计了一套强化产沼技术,即以生活垃圾为固定相,以污水为流动相,以提高反应器厌氧发酵效率,同时达到生活垃圾与生活污水减量化的双重目标^[26]。

山东省农业科学院的王艳芹等公开了一种农村生活垃圾分类和能源化利用的方法,将农村生活垃圾在源头进行高效分类,分类后的有机生活垃圾与玉米秸秆、奶牛粪便联合厌氧发酵制取沼气,产生的沼气对农户集中供气,沼肥作为种植业肥料,实现农村有机生活垃圾等固体废弃物能源化利用,改善农村人居环境,调整农村能源结构^[27]。

浙江工商大学的沈东升等则设计一种混合反应器系统,它由垃圾分类机与若干个并联的厌氧好氧生物反应器连接,厌氧好氧生物反应器通过管道与厌氧渗滤液集水池、好氧渗滤液集水池连接,以解决传统农村生活垃圾分类难、大量难降

解物质降低生物反应器效率等问题,提高了生活垃圾处理的效率,整个处理系统无需专人管理,便于在农村推广使用^[28]。

此外,采用昆虫幼虫处理有机废物,也是近年来发展的新方法,在我国和东南亚国家有一定的实践。目前大多采用双翅目的蝇类幼虫,如大头金蝇、家蝇、果蝇等等,也有采用黄粉虫进行处理,以此获得优质蛋白质资源^[29]。

目前,现有农村生活垃圾处理与资源化技术仍存在难以突破的共性问题。这些方法或途径仍然需要政府、集体或村民的资金投入以维持垃圾收运和处理的运行成本。一旦没有这些资金投入或没有政府部门的项目支持,就很难长久运行。因此,根据当地农村的特点,除在上述处理技术中筛选适合的技术外,进一步开发适合农村、有较高经济效益的生活垃圾资源化新技术仍十分必要,对推动生活垃圾处理的长效运行无疑具有极大的价值。

3 关于我国农村生活垃圾处理的几点建议

3.1 提倡科学合理的垃圾分类

结合农村实际情况,将垃圾分为可堆肥有机垃圾、惰性无机垃圾、可回收垃圾、有害垃圾等。最好从源头上进行分类收集,并有针对性地开展可堆肥有机垃圾和惰性无机垃圾的就近处理技术及配套装备的研发,不仅避免了混合收集填埋造成的有用资源浪费,而且可大大节约垃圾集中转运的运输成本,有利于农村生活垃圾处理的稳定运营。

3.2 加强宣传教育,提高农民环保意识

应加强环境保护宣传教育,通过农民乐于接受的方式,使其认识到生活垃圾引起的环境污染、生态恶化等后果给农业生产和农民日常生活带来的严重影响,提高其环境责任感和保护环境的意识,并且对全体村民普及生活垃圾的分类知识。

3.3 建立健全相关政策法规,提升生活垃圾源头分类水平

必须通过环境立法,确立垃圾产生者在垃圾的产生、收集、清运和处理过程中的行为规范和义务,明确垃圾产生者对垃圾处理必须承担的责任。对已有的政策法规要落到实处,对随意倾倒垃圾等行为进行相应惩罚。对于垃圾分类收集、保洁工作较好的行政村,给予一定的优惠措施和奖励,以提高广大农民保护环境的积极性。

参考文献:

[1]王翎均,梁成华,王军,等. 辽宁省农村生活垃圾现状及处置对策研究[J]. 浙江农业科学,2014(7):1072-1075.
 [2]马香娟,陈郁. 农村生活垃圾问题及其解决对策[J]. 能源工程丛书,2002(3):25-27.
 [3]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):3-5.
 [4]Seadon J K. Integrated waste management - looking beyond the solid waste horizon[J]. Waste Management,2006,26(12):1327-1336.
 [5]Marchettini N, Ridolfi R, Rustici M. An environmental analysis for comparing waste management options and strategies [J]. Waste Management,2007,27(4):562-571.
 [6]Vidanaarachchi C K, Yuen S S, Pilapitiya S. Municipal solid waste management in the southern province of Sri Lanka: problems, issues and challenges [J]. Waste Management,2006,26(8):920-930.
 [7]巫丽俊,王丹丹,钟树明,等. 农村生活垃圾常用处理技术及其发

展趋势[J]. 安徽农业科学,2013,41(19):8271-8272,8297.
 [8]张璋,汪青城. 农村生活垃圾治理调查研究——基于支付意愿的视角[J]. 中国市场,2017(2):134-135,137.
 [9]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.
 [10]张立秋,张英民,张朝升,等. 农村生活垃圾处理现状及污染防治技术[J]. 现代化农业,2013(1):47-50.
 [11]郑凤娇. 农村生活垃圾分类处理模式研究[J]. 吉首大学学报(社会科学版),2013,34(3):52-56.
 [12]He P J. Municipal solid waste in rural areas of developing country: do we need special treatment mode [J]. Waste Management,2012,32(7):1289-1290.
 [13]Abduli M A, Samieifard R, Jalili Ghazi Zade M. Rural solid waste management [J]. International Journal of Environmental Research, 2008,2(4):425-430.
 [14]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.
 [15]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.
 [16]Wu D, Zhang C Y, Lv F, et al. The operation of cost-effective on-site process for the bio-treatment of mixed municipal solid waste in rural areas [J]. Waste Management,2014,34(6):999-1005.
 [17]Lashermes G, Barriuso E, Le Villio - Poitrenaud M, et al. Composting in small laboratory pilots: performance and reproducibility [J]. Waste Management,2012,32(2):271-277.
 [18]Li W B, Yao J, Tao P P, et al. An innovative combined on-site process for the remote rural solid waste treatment: a pilot scale case study in China [J]. Bioresource Technology,2011,102(5):4117-4123.
 [19]韩智勇,施国中,谢燕华,等. 四川省农村固体废物的处理现状、特性与农民环保意识分析[J]. 环境污染与防治,2015,37(5):96-102.
 [20]别如山,宋兴飞,纪晓瑜,等. 国内外生活垃圾处理现状及政策[J]. 中国资源综合利用,2013,31(9):31-35.
 [21]陈奕亦. 生活垃圾“村收集、镇运输、市处理”特征模式研究[D]. 武汉:华中科技大学,2009.
 [22]Department for Environment Food & Rural Affairs. Mechanical biological treatment of municipal solid waste [R]. REFRA,2013.
 [23]陈昆高,高全喜. 农村生活垃圾处理系统:CN101382287A [P]. 2008-10-27.
 [24]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.
 [25]李冬,张金库,吕育锋,等. 一种农村生活垃圾处理装置:CN103920693A [P]. 2014-04-08.
 [26]张后虎,胡源,张毅敏,等. 太湖流域农村分散居民生活垃圾与生活污水共处置强化产沼技术[J]. 生态与农村环境学报,2010,26(增刊1):19-23.
 [27]王艳芹,付龙云,姚利,等. 一种农村生活垃圾分类和能源化利用的方法:CN104313057A [P]. 2014-08-22.
 [28]沈东升,冯华军,廖燕,等. 一种分散式农村生活垃圾处理系统及处理方法:CN102219569A [P]. 2011-03-25.
 [29]闫骏,王则武,周雨璐,等. 我国农村生活垃圾的产生现状及处理模式[J]. 中国环保产业,2014(12):49-53.