

我国农村废弃物分类资源化利用战略研究

呼和涛力¹, 袁浩然¹, 刘晓风², 陈汉平³, 雷廷宙⁴, 陈勇^{1,5}

(1. 中国科学院广州能源研究所, 广州 510640; 2. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; 3. 华中科技大学, 武汉 430074; 4. 河南省科学院, 郑州 450002; 5. 中国科学院广州分院, 广州 510070)

摘要: 本文围绕我国农村废弃物分类资源化利用问题, 论述了农村废弃物的产生、危害以及资源化利用的重要意义, 评估了我国农村废弃物的产生量、地区分布特征及资源化利用情况, 深入分析了农村废弃物资源化利用存在的突出问题, 结合美丽乡村建设及农村废弃物资源化利用的发展趋势, 制定了农村废弃物资源化利用的发展战略及分阶段目标, 提出了我国未来农村废弃物资源化开发利用的保障措施和政策建议。

关键词: 农村废弃物; 分类; 资源化; 发展战略; 政策建议

中图分类号: X32 **文献标识码:** A

A Study on the Classification and Resource Utilization of Rural Waste in China

Huhetaoli¹, Yuan Haoran¹, Liu Xiaofeng², Chen Hanping³, Lei Tingzhou⁴, Chen Yong^{1,5}

(1. Guangzhou Institute of Energy Conversion, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China; 2. Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China; 3. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China; 4. Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450002, China; 5. Guangzhou Branch, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510070, China)

Abstract: This paper examines the problems inherent in the classification and utilization of rural waste in China. It starts by expounding the generation, hazards, and recycling significance of rural waste. Next, it deeply analyzes the issues that challenge the resource utilization of rural waste by evaluating the generation quantity, regional distribution characteristics, and resource-utilization situation of rural waste in China. A reasonable design for a development path and phased targets is then provided, based on the current goal of beautiful countryside construction and on the development trend of the resource utilization of rural waste. Finally supporting measures and policy suggestions are proposed for future resource development and utilization of rural waste.

Keywords: rural waste; classification; resource; development strategy; policy suggestion

一、前言

我国是世界上固体废物产生量最多的国家, 每

年由于各类经济活动和生活过程所产生的固体废物近 1.2×10^{10} t, 其中农村废弃物的年产生量超过 5.3×10^9 t。大量的农村生活垃圾无序堆放、农业

收稿日期: 2017-06-16; 修回日期: 2017-07-16

通讯作者: 陈勇, 中国科学院广州能源研究所, 研究员, 中国工程院, 院士, 主要从事能源与环境工程技术研究;

E-mail: chenrong@ms.giec.ac.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“生态文明建设若干战略问题研究(二期)”(2015-ZD-16); 广东省科技计划项目(2014A080802009)

本刊网址: www.enginsci.cn

废弃物和林业剩余物就地焚烧以及畜禽粪便随意排放，造成了严重的大气污染和水土污染，对资源造成了极大的浪费，严重影响了农业生态和人居环境。废物是放错位置的资源、是宝贵财富，如果按照减量化、再利用、资源化的原则，加快建立循环型农业体系，对农村废弃物进行分类资源化利用，提高资源利用效率，不仅可以解决农村的能源和环境问题，而且还可以催生新的产业发展，增加就业机会，改善农民经济条件，从而带来显著的环境效益、经济效益和社会效益。

二、农村废弃物的危害以及资源化利用的重要意义

（一）农村废弃物的产生及危害

农村废弃物主要指农村生活垃圾、农业废弃物、林业废弃物以及畜禽粪便等。农村生活垃圾主要包括厨余垃圾、废旧塑料、废纸以及灰渣等；农业废弃物主要包括农作物秸秆与农产品加工剩余物；林业剩余物包括森林采伐、木材加工剩余物及育林剪枝等；畜禽粪便是指牛、羊、猪、家禽等畜禽排出的粪便、尿及其与垫草的混合物。

农村废弃物对环境的影响及危害主要有秸秆焚烧、畜禽粪便排泄物以及农村生活垃圾的乱堆乱放等问题。秸秆焚烧行为在我国每年秋冬季交替时节尤为突出，已成为“雾霾元凶”之一，并且屡禁不止；畜禽粪便的污染会导致水质恶化，湖泊水库出现富营养化，土壤重金属严重集聚超标、出现板结盐碱化，畜禽病原微生物和寄生虫病严重威胁人类健康，大型反刍动物排放的甲烷也是造成温室效应的重要因素 [1]；农村的生活垃圾由于缺乏专门有效的垃圾处理设施和运行管理机制，农户的生活垃圾多被随意堆放、就地焚烧，多数农村生活垃圾问题仍未能够得到有效解决。随着农村生活水平的提高，食品袋、塑料袋、农膜、化肥袋等不可降解的物质逐步累积，对农村生态环境造成了严重威胁。

（二）农村废弃物资源化利用的重要意义

1. 改变乡村人居环境，推动我国美丽宜居乡村建设

以“田园美、村庄美、生活美”及“美丽、特色和绿色”为特征的美丽宜居乡村是推进我国社会

主义新农村建设以及生态文明建设的必然要求。农村废弃物的资源化利用可以从源头抓起，实行秸秆综合利用，加大养殖业环境污染防治力度，改善农业生产和农村生态环境，为建设美丽宜居乡村以及生态文明提供有力支撑。

2. 解决农村的能源短缺问题，推进农村能源革命

农村是中国能源革命的薄弱环节，能源形态比较落后、不少地方用能方式仍然较为原始，高碳特征突出，秸秆、薪柴等生物质能仍是农民生活的主要用能，占生活用能的一半以上。农村生物质能源作为低碳、清洁的可再生能源对化石能源多途径的替代，不仅可以解决农村用能短缺问题，还可以缓解国家能源和电力紧张问题。

3. 为促进农业绿色产业发展，创造新的经济增长点

通过大力开展农村废弃物的资源化利用，使废弃物资源物尽其用，推动现代农业的绿色发展与转型升级。2015年，国家环境保护部实施的8大绿色产业重大工程中包含了发展绿色清洁能源、固体废物资源化以及农村环境的综合整治等，体现出农村废弃物资源化利用的重要性，以大投入带动产业大发展，从而创造新的经济增长点。

三、我国农村废弃物产生量及资源化利用现状

（一）我国农村废弃物的产生量及分布特征

农村废弃物的产生量还缺乏统计数据，只能根据各类废弃物的排放特性估算获得。农村生活垃圾、农业废弃物、林业废弃物和畜禽粪便分别根据农村人口与人均排放量 [2]、农产品产量与草谷比 [3,4]、国家批准的采伐限额 [5]、畜禽存栏量与日排粪便量 [6,7] 等计算获得实物量。结果显示，1995—2015年，我国农村生活垃圾年产生量从 1.35×10^8 t 减少到 0.95×10^8 t 左右，按热值 4 000 kJ/kg 估算，2015年的资源量约达到 1.3×10^7 tce；农业废弃物随着我国农业生产水平的持续提高，农作物秸秆总产量总体上呈增长趋势，2015年全国各类农业废弃物产生量达到 9.94×10^8 t，其中大宗秸秆作物，如玉米、水稻和小麦等粮食作物产生的秸秆占 73.2%，依然是我国主要作物秸秆类型。按各类作物秸秆热值折算标准煤，2015年总量约达到

4.74×10⁸ tce; 林业废弃物近15年间, 采伐、加工剩余物合计约为0.72×10⁸~0.86×10⁸ t, 每年产生薪柴0.5×10⁸ t左右 [5], 2015年的产生量为1.38×10⁸ t, 折合7.875×10⁷ tce; 2015年畜禽粪便排放实物量达到4.1×10⁹ t, 折合4.21×10⁸ tce, 其中猪、牛、羊和家禽分别占43.6%、41.0%、6.6%和6.8%。综合上述的总量, 2015年我国农村产生废弃物5.327×10⁹ t, 折合9.87×10⁸ tce。

从地区分布来看, 2015年农村废弃物总产生量最多的省份为河南和四川, 分别达到4.51×10⁸ t和4.38×10⁸ t。各类农村废弃物产生量多的省份及2015年产生量: 农村生活垃圾产生量多的为广东省, 达到7.27×10⁶ t; 农业废弃物产生量多的为河南省和黑龙江省, 分别达到8.607×10⁷ t和8.546×10⁷ t; 林业废弃物产生量多的为云南省和广西壮族自治区, 分别达到1.557×10⁷ t和1.366×10⁷ t; 畜禽粪便产生量多的为四川省和河南省, 分别达到3.76×10⁸ t和3.56×10⁸ t (见图1)。

(二) 我国农村废弃物资源化利用情况及存在的突出问题

农村生活垃圾的处理方式在我国主要以填埋为主, 其次是焚烧、外运或无处理排放等, 资源化再利用还比较低, 特别是在相对落后的地区仍呈现乱堆乱放状态。农业废弃物秸秆的主要利用方式为秸秆还田、饲料化及能源化利用等, 国家发展和改革委员会发布的《中国资源综合利用年度报告(2014)》显示, 2013年我国农业废弃物(秸秆)的综合利用率只有77%, 仍有约3×10⁸ t农业废弃物未被得到有效利用。目前, 林业废弃物已形成了固-液-气燃料和热电联产的多元化利用格局, 综合利用率达到95%以上。生物高温好氧发酵制肥料和厌氧发酵产气仍是国外畜禽粪便资源化处理的首选方法。由于我国的相关技术还不完善以及缺乏监督管理机制等问题, 使得畜禽粪便综合利用率仅达到40%左右。导致我国农村废弃物资源化利用率低的原因是多方面的, 归纳起来主要有以下几点: 一是整体

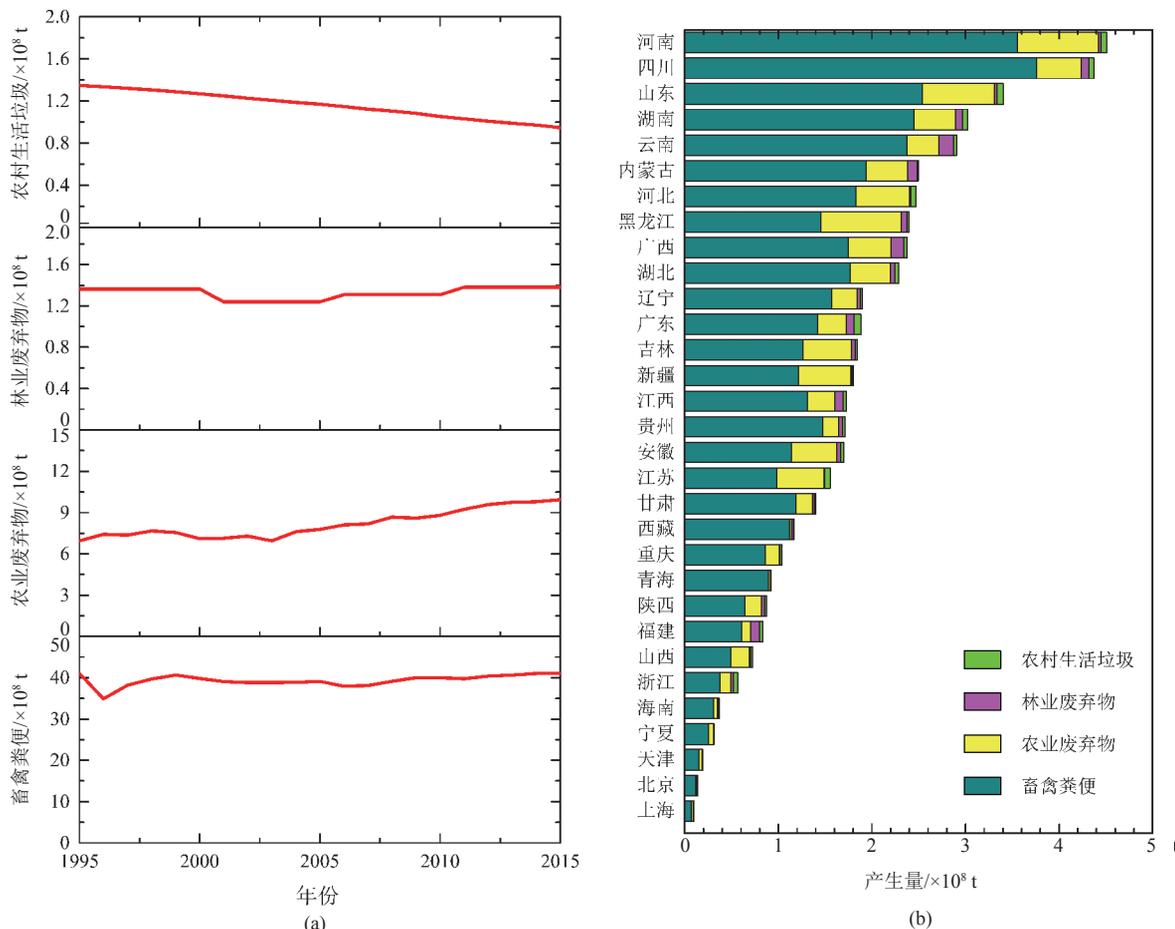


图1 我国农村废弃物产生量及分布

规划缺失，针对农村废弃物的收运处置体系在乡、镇、村范围内没有形成一个合理的规划；二是法规和章程缺乏，农村生态保护的法规条款的实用性和可操作性不强；三是技术体系不完善，针对农村废弃物资源化利用的地方性法规和技术标准基本空白；四是农村环境监测空白，农村环保基础设施建设严重滞后；五是市场化运作模式还未成型，同时农村群众的参与意识和参与程度还比较低。

四、我国农村废弃物资源化利用发展趋势

(一) 我国农村废弃物的产生量预测

农村未来生活垃圾产生量主要受农村人口数量变化及人均产生量两个因素的影响：一方面随着城市化率的提高，到2030年农村人口将会减少约1.68亿；另一方面随着农村生活水平的提高，人均排放量可能会提高。农业废弃物可根据过去粮食产量与谷草比估算，甚至与农作物废弃物之间的线性关系进行预测；由于未来进一步严格林木的采伐限额，林业废弃物的产生量可能一直与现在的水平相当；畜禽粪便产生量的预测可按照历年肉类、蛋和奶等产品的实际产量与同年产生的粪便量之比估算[8]。根据上述关系，预计到2020年和2030年我国农村废弃物总产生量约为 5.447×10^9 t和 5.625×10^9 t，折合约达到 1.05×10^9 tce和 1.08×10^9 tce（见图2）。

(二) 农村废弃物资源化利用综合效益分析

农村废弃物的资源化利用根据其资源潜力，不仅提供了能源产品，还可以拉动投资、增加税收，

同时废弃物的收、储、运等工作可以拉动就业、增加农民收入、节省国土空间等，具有显著的经济效益、环境效益和社会效益。按照农业可持续发展规划中有关生活垃圾回收利用率、农业废弃物资源综合利用率以及畜禽粪便资源化利用率的发展目标，到2020年和2030年农村废弃物资源化利用总量预计可达 8.43×10^8 tce和 9.93×10^8 tce（见表1）。据此，结合农村废弃物资源化利用产业的投资拉动效益、二氧化碳和二氧化硫减排效果、带动就业人数及农民收入等进行分析[9]，我国在2020年和2030年农村废弃物资源化利用综合效益见表2。

表1 未来我国农村废弃物资源量

类别	2020年资源量		2030年资源量	
	理论资源量 / $\times 10^8$ tce	资源化利用目标 /%	理论资源量 / $\times 10^8$ tce	资源化利用目标 /%
农村生活垃圾	0.13	30	0.13	60
农林废弃物	6.18	85	6.26	95
畜禽粪便	4.18	75	4.34	90
合计	8.43		9.93	

表2 我国农村废弃物资源化利用综合效益

类别	资源量	2020年	2030年
经济效益	拉动投资 / 亿元	33 720	39 720
环境效益	减排 CO ₂ / $\times 10^8$ t	22.51	26.51
	减排 SO ₂ / $\times 10^8$ t	0.17	0.20
社会效益	就业人口 / 万人	1 475	1142
	农民增收总计 / 亿元	3 794	4 469

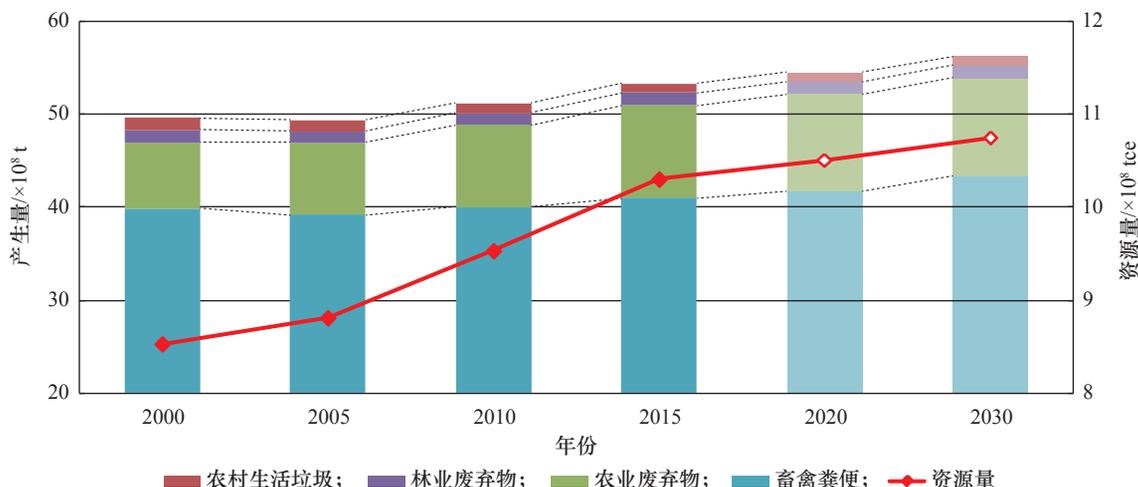


图2 我国2020年和2030年农村废弃物产生量预测

五、我国农村废弃物资源化利用战略目标及政策建议

(一) 我国农村废弃物分类资源化发展战略目标

到 2020 年, 明确农村废弃物分类利用的战略定位, 结合新农村建设、美丽农村建设、农村扶贫工作, 协同考虑农村环境、能源、资源, 初步实现现代化工业化和运营管理模式。全面消除农村垃圾乱扔乱放、农林生物质废弃物露天焚烧、畜禽养殖废水随意排放等现象, 农业主产区基本实现区域内农业资源循环利用。开展农村生活垃圾分类收集体系建设工程, 示范推广覆盖主要乡镇的分散式、小型化农村生活垃圾收集处理系统; 推广生态农业生产模式, 促进秸秆、养殖废弃物等生物质就地资源化, 秸秆综合利用率达到 85%, 养殖废弃物综合利用率达到 75% 以上。

到 2025 年, 以推广生态农业生产模式为重点, 改善农村生产生活环境, 建立基本覆盖行政村的农村生活垃圾分散式、小型化收集处置体系; 秸秆、畜禽养殖废弃物、农林废弃物等生物质资源基本得到就地资源化或能源化, 农村生活垃圾基本得到无害化治理, 现代农业示范区及粮食主产区基本实现农业资源循环利用, 秸秆综合利用率达到 90%, 养殖废弃物综合利用率达到 80% 以上。

到 2030 年, 以实现美丽农村并确立农业可持续发展新格局为目标, 形成生物质资源充分利用的生态循环农业, 农村废弃物基本实现就近资源化循环利用。农村废弃物资源利用高效、产地环境良好、生态系统稳定, 大幅提升全国农村废弃物资源化率, 秸秆综合利用率达到 95% 以上, 养殖废弃物综合利用率达到 90% 以上。

(二) 我国农村废弃物分类资源化发展政策建议

(1) 进行顶层设计和规划, 实施“以废定产”战略。结合生态文明建设、城乡一体化发展、城镇化发展、美丽农村建设、新农村建设、产业转型升级等重大需求, 进行顶层设计和规划, 制定发展战略和路线图, 建立科学规范的补贴机制和定价标准。逐步建立符合“城乡矿山”发展的新型种养模式和农村生活方式。针对农林废弃物、畜禽粪便等, 实施“以废定产”战略, 即以农村废弃物排放的废弃物量制定养殖规模, 优先考虑废

弃物的资源化再生利用。

(2) 地方政府提高认识, 加快制定农村垃圾治理法规。建议地方政府提高对农村废弃物综合治理重要性的认识, 结合地方特点制定农村废弃物资源化利用相关的规章制度, 专门立法, 并尽快颁布实施, 为我国农村地区废弃物资源化利用提供可操作性的规范指导, 实现法制化管理。

(3) 因地制宜地推广多元化分类资源化技术, 建立系统有效的管理模式, 为农村废弃物处理提供切实保障。成立专门负责废弃物处理的企业, 形成废弃物收集、回收、处理、加工及销售系统产业, 依靠高效的商业化模式来运行。对城乡废弃物实施农林废弃物能源化工系统、生活固体废物综合利用系统、特色农林废弃物资源化系统、畜禽粪便能源化工系统和多种废物协同处置与多联产系统等多元处置方法, 提升农村废弃物资源化利用率。

(4) 多方引资加强投入, 共同完善农村垃圾处理设施。地方政府要加大对农村废弃物资源化利用的投入力度, 通过政府投资、社会集资和农民投资投劳的方法, 确保农村垃圾处理支出的预算及落实资金。要在乡、镇、村层面统筹规划, 加快建设垃圾中转站、点等基础设施, 配置相应的收运及处置设施, 多方引导投入, 建立健全农村的环境卫生基础设施。

(5) 充分调动群众参与积极性, 建立农村废弃物资源化利用长效机制。发挥地方政府在环境管理和建设中的主导作用, 实现环境管理民主化、决策科学化。充分利用各种媒体手段, 广泛宣传废弃物资源化利用的意义, 使废弃物资源化利用的理念深入人心, 让群众得到实实在在的利益, 使群众在受益中自觉履行环保责任。

参考文献

- [1] 郭冬生, 彭小兰, 龚群辉, 等. 畜禽粪便污染与治理利用方法研究进展 [J]. 浙江农业学报, 2012, 24(6): 1164-1170.
Guo D S, Peng X L, Gong Q H, et al. Pollution of livestock and poultry feces and countermeasures [J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2012, 24(6): 1164-1170.
- [2] 鞠昌华, 朱琳, 朱洪标, 等. 我国农村生活垃圾处置存在的问题及对策 [J]. 安全与环境工程, 2015, 22(4): 99-103.
Ju C H, Zhu L, Zhu H B, et al. Problems and countermeasures for the disposal of rural domestic wastes in China [J]. Safety and Environmental Engineering, 2015, 22(4): 99-103.
- [3] 中国可再生能源发展战略研究项目组. 中国可再生能源发展战略研究丛书: 生物质能卷 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2008.

- China Renewable Energy Development Strategy Research Group. China renewable energy development strategy series: Biomass energy [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2008.
- [4] 毕于运, 高春雨, 王亚静, 等. 中国秸秆资源数量估算 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(12): 211–217.
Bi Y Y, Gao C Y, Wang Y J, et al. Estimation of straw resources in China [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009, 25(12): 211–217.
- [5] 袁振宏, 吴创之, 马隆龙. 生物质能利用原理与技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
Yuan Z H, Wu C Z, Ma L L. Principles and technologies of bioenergy utilization [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005.
- [6] 林源, 马骥, 秦富. 中国畜禽粪便资源结构分布及发展展望 [J]. 中国农学通报, 2012, 28(32): 1–5.
Lin Y, Ma J, Qin F. The structure distribution and prospect of China manure resource [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2012, 28(32): 1–5.
- [7] 王方浩, 马文奇, 窦争霞, 等. 中国畜禽粪便产生量估算及环境效益 [J]. 中国环境科学, 2006, 26(5): 614–617.
Wang F H, Ma W Q, Dou Z X, et al. The estimation of the production amount of animal manure and its environmental effect in China [J]. China Environmental Science, 2006, 26(5): 614–617.
- [8] 朱宁, 马骥. 中国畜禽粪便产生量的变动特征及未来发展展望 [J]. 农业展望, 2014(1): 46–48.
Zhu N, Ma J. Changes and outlook about production amount of livestock and poultry manure in China [J]. Agricultural Outlook, 2014(1): 46–48.
- [9] 秦世平, 胡润青. 2050中国生物质能产业发展路线图 [M]. 北京: 中国环境出版社, 2015.
Qin S P, Hu R Q. China bioenergy development roadmap 2050 [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2015.