

网络出版时间:2012-05-22 16:32

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120522.1632.019.html>

甘肃临夏北塬灌区农业废弃物沼气化资源潜力及 循环农业经济模式分析

张海成^{1,2}, 杨改河^{1,2}

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**研究甘肃省临夏县北塬灌区农业废弃物沼气化资源的潜力及以农业废弃物为基础的农业循环经济模式的效益。**【方法】**在对临夏县北塬灌区 9 个乡镇实地调查的基础上, 分析了临夏县北塬灌区农业废弃物沼气资源的开发潜力, 并对该区典型的“沼气池-畜禽圈-粮(果、菜)”三位一体的沼气生态农业循环经济模式的结构和效益进行了研究。**【结果】**临夏县北塬灌区具有丰富的沼气资源, 年产农作物秸秆 8.90 万 t, 畜禽排放物 191.5 万 t, 粪尿产气量占总发酵原料沼气潜力的 84.4%, 具备建立以沼气工程为纽带的生态农业条件。**【结论】**在临夏县建立以沼气工程为纽带的生态农业循环经济模式, 能实现资源的多层次循环利用, 改善当地生态环境, 并可取得显著的经济、社会和生态效益。

【关键词】 临夏县北塬灌区; 沼气; 资源潜力; 农业废弃物; 循环农业模式

【中图分类号】 S216

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2012)06-0065-06

Potential wastes methane resources of eco-agricultural and its beneficial analysis in north Linxia irrigation tableland, Gansu Province

ZHANG Hai-cheng^{1,2}, YANG Gai-he^{1,2}

(1 College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** Methane resource development is the foundation of eco-agricultural economy. **【Method】** We discussed the feasibility and necessity of the development of methane resource in north Linxia irrigation tableland areas, and analyzed the structure and its benefit of the typical model of “biogas digester-stable-food (fruits, vegetables)”. **【Result】** The tableland areas had a wealth of methane resources, with annual crop straw 89 000 t, livestock 1 915 000 t, and 84.4% of the waste gas production to total fermentation of raw biogas potential. **【Conclusion】** Establishing a biogas-project-linked ecological agriculture economy mode can enforce the resource on multi-level recycling, improve ecological environment, and achieve significant economic, social and ecological benefits.

Key words: North Linxia irrigation tableland; biogas; resource potential; agriculture wastes; recycling agriculture mode

循环农业是运用生态学、经济学与生态工程学 原理及基本规律为指导的农业经济形态, 其将农业

* [收稿日期] 2012-03-23

[基金项目] 中央高校基本科研业务费专项(QN2009003); 国家“十二五”科技支撑计划项目(2011BAD15B03)

[作者简介] 张海成(1982—), 男, 新疆伊利人, 在读博士, 主要从事循环农业研究。E-mail: ylzhe@nwsuaf.edu.cn

[通信作者] 杨改河(1957—), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事资源与环境生态研究。

E-mail: ygh@nwsuaf.edu.cn

经济活动与维持生态系统的各种要素视为一个密不可分的整体,然后加以统筹协调的新型农业发展模式^[1],其目标是实现资源的高效利用及农业的可持续发展。农业循环经济是循环经济理论在农业中的具体应用,它强调在农业生产过程和农产品生命周期中,尽可能地减少农业资源、物质的投入量,增加物质在农业系统中的循环再生利用和能量多级使用。从农业循环经济的角度看,农业废弃物的沼气发酵技术是实现物质和能量高效循环利用的有效途径。近年来,沼气作为农村的一项基础建设,其技术日趋成熟,社会效益和经济效益也更加明显,同时在促进农业结构调整、增加农民收入、保护和改善生态环境、加速农村社会可持续发展方面发挥了重要作用^[2-4]。

以沼气为纽带的生态农业循环模式是农业循环经济在农业方面的具体应用形式之一,它遵循生态学原理,以沼气建设为纽带,将作物种植、畜禽养殖、微生物发酵、农产品供应、农户日常生活和农村建设等合理地结合起来,以实现物质和能量多层次、多途径的利用和转化,从而合理地利用自然资源,保持生态系统的多样性、稳定性,达到高产、优质、高效、低耗的目的,实现农业生产的生态化和可持续化^[5-7]。

本研究在对甘肃省临夏县北塬灌区 9 个乡镇实地调查的基础上,分析了该灌区农业废弃物沼气化

资源潜力,以及该地区典型的以沼气为纽带的生态农业生产模式的结构和效益,以期通过总结和推广该区域生态农业建设的经验,为具有相同经济发展水平及相同农业类型区生态农业的可持续发展提供依据。

1 沼气资源开发的可行性和必要性

1.1 临夏县北塬灌区的基本概况

临夏县北塬灌区位于临夏县东北部,海拔 1 735~2 206 m;2009 年总人口 11.46 万人,其中农业人口 10.72 万人;土地面积 3.01 万 hm²,其中耕地面积 0.77 万 hm²,有效灌溉面积 0.72 万 hm²,保灌面积 0.68 万 hm²,主要种植作物为小麦、玉米;畜牧业主要以养殖奶牛、生猪、细毛羊和肉鸡为主。2009 年北塬灌区共完成农作物播种面积 0.99 万 hm²;畜禽存栏达到 102.87 万头,出栏达到 87.75 万头^[8]。

1.2 临夏县北塬灌区农业废弃物资源的基本情况

根据临夏县北塬灌区种植业、养殖业规模,参考文献^[9]的方法,分别估算出各类废弃物的资源量如表 1、2 所示。从表 1、2 可以看出,2009 年北塬灌区农作物秸秆总量为 8.90 万 t,全年该地区畜禽排放总量为 186.7 万 t。

表 1 临夏北塬灌区 2009 年主要农作物的秸秆资源量

Table 1 Major agricultural residue of 2009 in north Linxia irrigation tableland

作物种类 Crop species	粮食产量/万 t Grain Yield	秸秆:粮食 Straw: Grain	秸秆产量/万 t Straw quantity	占秸秆总量比例/% Proportion
小麦 Wheat	1.75	1.28	2.24	25.2
玉米 Maize	5.33	1.25	6.66	74.8

表 2 临夏北塬灌区 2009 年牲畜粪便量的估算

畜 牧 种 类 Livestock species	畜 牧 数 量 / 万 只 Livestock quantity	产 生 粪 便 量 / 万 t Dung	尿 量 折 算 粪 便 Urine convert to dung		粪 便 总 量 / 万 t Dung quantity	占 总 粪 便 比 例 / % Proportion
			实 际 尿 量 Urine volume	折 算 粪 便 量 Dung quantity		
牛 Cattle	7.5	92.6	92.6	2.8	95.4	49.8
猪 Swine	15.8	34.6	86.5	1.7	36.3	19.0
羊 Sheep	18.4	37.7	13.4	0.3	38.0	19.8
鸡 Chicken	149.0	21.8	0	0	21.8	11.4
合 计 Total	190.7	186.7	192.5	4.8	191.5	100.0

对灌区人粪便资源的估算表明,研究区产生人粪 2.43 万 t,人尿为 4.86 万 t。人尿 TS 以 0.4% 计,折算成人粪为 0.9 万 t。因此,北塬灌区居民每年排泄物总量为 2.52 万 t。

1.3 临夏县北塬灌区农业废弃物的沼气发酵潜力

根据表 1、2 农作物秸秆和各种粪便的资源量,计算临夏县北塬各种粪便和秸秆资源的沼气发酵潜

力,结果见表 3。从表 3 可以看出,该区粪尿产气量占总发酵原料沼气潜力的 84.4%,其中牛粪和猪粪的发酵产气量占总发酵原料沼气潜力的 59.2%,而秸秆只占 15.6%,这说明粪尿资源是北塬地区最为重要的沼气发酵原料。从某种意义上讲,养殖规模的大小决定了农户沼气产气量的高低,尤其是牛和猪的养殖规模。

表 3 临夏县北塬灌区农业废弃物资源及其沼气化资源潜力

Table 3 Total amount and biogas potential of village litter in north Linxia irrigation tableland

发酵原料 Raw material	资源量/万 t Resource quantity	产气参数/(m ³ ·t ⁻¹) Gas production parameters	沼气潜力/万 m ³ Gas production potential	占总发酵原料 沼气潜力的比例/% Proportion
小麦秸秆 Wheat	2.24	240	300	3.4
玉米秸秆 Maize	6.66	300	1 080	12.2
猪粪(尿) Swine	36.30	250	1 820	20.5
鸡粪 Chicken manure	21.80	290	1 260	14.2
牛粪(尿) Dairy manure	95.40	180	3 430	38.7
羊粪(尿) Sheep manure	38.00	11	830	9.4
人粪(尿) Man's dung	2.52	27	140	1.6
总计 Total	202.92		8 860	100.0

1.4 沼气资源开发的必要性分析

由表 3 可以看出,临夏县北塬地区人、畜禽粪便与农作物秸秆年产沼气潜力 8 860 万 m³,其中牛粪和猪粪的发酵产气量占总发酵原料沼气潜力的 59.2%,这说明畜牧业的大力发展为北塬地区提供了丰富的沼气发酵原料。一般 8 m³ 沼气池年产沼气 400 m³,由此可得出上述资源量可建成 8 m³ 沼气池 22.2 万座,而至 2009 年底,北塬地区共建设户用沼气池 10 496 座^[8],表明该区沼气池还有极大的推广空间。

由表 3 可知,临夏县北塬地区人、畜、禽粪便与农作物秸秆年资源量为 202.92 万 t,其中被作为发酵原料的仅占全部发酵资源的 4.7%。因此,寻求资源化利用农业废弃物途径、构建农业废弃物利用的循环经济模式,是实现当地生态农业建设的重要条件之一。

秸秆综合利用途径是通过利用多种资源化技术,将秸秆完全转化为农业生产或生活所需的原料和能源,使其重新返回到农业系统的循环过程,并持

续不断地在农业系统内部得以循环利用,在彻底解决秸秆焚烧等环境问题的同时,减少外部物质和能量的投入,从中获得更高的经济效益和社会效益^[10]。该循环利用途径主要以秸秆饲料化为核心,配合秸秆用作沼气发酵,实现秸秆的综合利用。禽殖废弃物资源化利用途径是以根本解决禽畜粪便污染和经济效益为目标,利用厌氧发酵技术和生态工程的方法,将畜禽粪便转化为养殖业或种植业的原料或能源,实现畜禽粪便的潜在经济价值,同时达到畜禽废弃物的零排放^[11]。同时,畜禽粪便的厌氧发酵产物(沼液和沼渣)又为种植业提供宝贵的肥料资源,间接降低了种植业生产成本,有助于推动有机农业的发展。而发酵产生的沼气能有效解决农业的能源问题,减轻日益严重的石油和煤炭资源的压力。通过“三化”处理,可以实现剩余废弃物的资源化、循环化利用,同时为种植业、养殖业、农产品加工业提供物质和能量。目前主要农业废弃物的综合利用方式如图 1 所示。

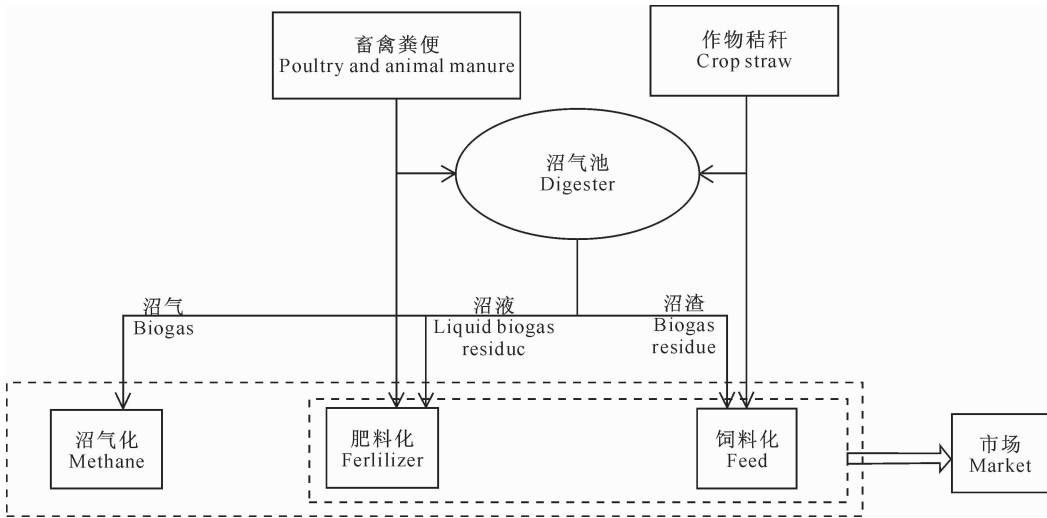


图 1 主要农业废弃物的综合利用方式

Fig. 1 Comprehensive utilization of major agricultural residue

2 基于沼气资源开发的生态农业循环经济模式

基于临夏县北塬灌区丰富的农业废弃物资源形势,以生态农业可持续发展为目的,通过以沼气为纽带的生态农业循环经济模式来模仿自然生态系统的食物链结构,依据系统结构与功能相适应,物质分解、转化、富集、循环再生等原则,通过构建“沼气池-畜禽圈-粮(果、菜)”三位一体农业生态模式,实现“种养加”三位一体产业间的资源高效利用^[12]。

2.1 生态农业循环经济模式的结构

“沼气池-畜禽圈-粮(果、菜)”三位一体农业生态模式是以户为单元,以太阳光为动力,以山地、大田、庭院等为依托,采用先进技术,建造沼气池、畜禽圈、厕所三结合工程,并围绕农业产业,因地制宜开展沼液、沼渣的综合利用。该模式以养殖业为龙头,以沼气为纽带,以各种农业产业为载体,以利用沼肥为技术手段,将畜禽养殖、果蔬种植、农产品加工有机地结合起来。

“沼气池-畜禽圈-粮(果、菜)”三位一体农业生

态模式包括种植业子系统(粮果菜(套作)复合种植子系统)、养殖业子系统和沼气子系统 3 个子系统(图 2)。该模式实现了种植业、养殖业和沼气 3 个系统之间能量和物质的较快循环,有效实现了产气、积肥同步和种养并举。人畜粪便和部分秸秆入池经发酵后产生沼气和沼肥,沼气主要用于农户的生活用能,沼肥作为玉米、马铃薯、谷子、蔬菜等农作物的有机肥,沼液作为蔬菜、果树的叶面肥。粮食作物一部分输入市场,另一部分和秸秆配合作为家畜家禽的饲料,而进入市场的部分粮食再经加工后作为禽畜的饲料,同时粮食加工业生产商品时产生的下脚料也可进入沼气池发酵。由此形成了“资源—产品—废弃物—再生资源”的农业生态良性循环方式,可显著降低农民生产成本,提高产出率,显著增加农业经济收入,使传统农业的单一经营转变成链式经营模式,延长了产业链,减少了投入,提高了能量转化率和物质循环率,实现了增长方式的转变和生态经济系统的良性循环及经济、社会、生态三大效益的统一。

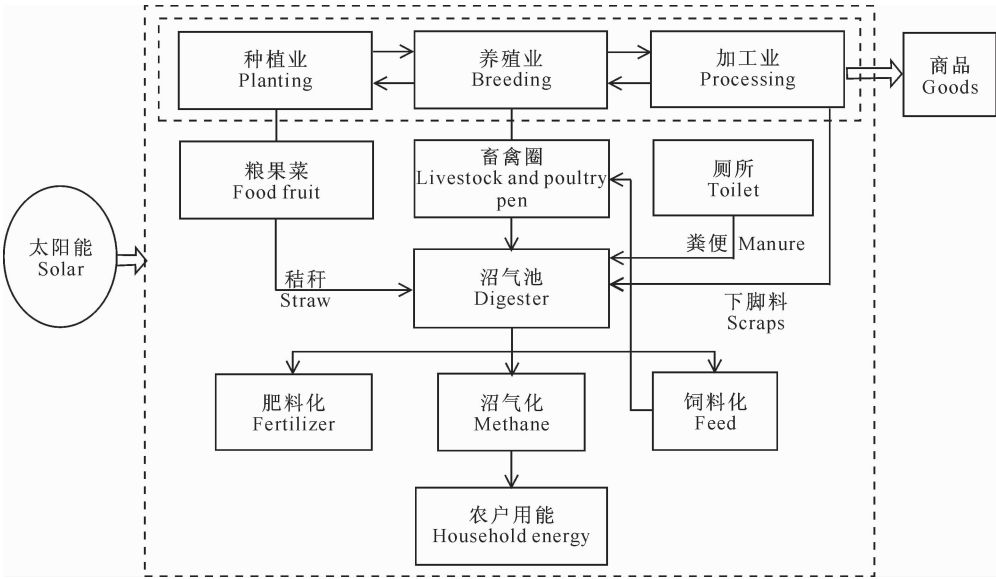


图 2 “沼气池-畜禽圈-粮(果、菜)”三位一体农业生态模式的结构

Fig. 2 Model of eco-agriculture based on “biogas-digester-food (fruits,vegetables)”

2.2 生态农业循环经济模式的效益

发展沼气资源为依托的生态农业循环经济模式,使系统各组分实现资源互补,农业废弃物资源得到了多层次利用,既制取了燃料、再生饲料和优质有机肥料,又净化了环境,取得了显著的社会、经济和生态效益^[13-16]。

2.2.1 经济效益 在当地调查发现,建 1 座 8 m³

的户用沼气池,所需费用为 1 762 元,年产沼气 350~450 m³,基本满足 3~5 口之家全年的生活用能,全年可节约柴草 2 000 kg,节电 200 kW·h(0.5 元/(kW·h)),燃料节支可达 300 元以上,电费节支 100 元;年提供沼肥 30 t,相当尿素 300 kg(2.30 元/kg)、磷肥 500 kg(3.15 元/kg)、钾肥 200 kg(3.10元/kg),减少化肥和农药使用量 25%,节支

150~200 元;利用沼液喂猪可节约饲料 15%,施用沼肥后粮食产量可提高 25%,增效 300 元。沼气池给农户带来的直接经济收益在 850~900 元,2 年即可收回成本,使用年限按 20 年计算,每年分摊的成本不到 100 元,可使每户人均增收 200~300 元。

2.2.2 社会效益 “沼气池-畜禽圈-粮(果、菜)”生态农业模式的建立,使传统农业逐步向低污染、低消耗的现代农业过渡,强化了农牧结合,既能促进农业的发展,又能加强畜牧业的发展。随着沼气池建设步伐的加快,进一步促进了奶畜、果蔬种植、农产品加工产业的大力发展,使该区域农业经济连续 2 年以 30%的速度递增。秸秆由原来的直接焚烧转变为青贮饲料加工等多利用途径,使用率提高到 40%。秸秆和粪便发酵后的沼液、沼渣作为“生物农药”和有机肥施用于田地,减少了农药和肥料购买成本,也使化肥、农药的使用率降低了 30%~50%,为当地群众和周边地区提供了绿色无污染的农副产品。同时,随着生产规模的不断扩大,临夏县北塬灌区从事养殖、加工业所需劳动力逐年增加,平均每年递增 16%,使劳动力资源得到充分利用。

2.2.3 生态效益 (1)减少林地砍伐量。从表 4 可以看出,临夏县北塬灌区的能源消耗结构中,沼气资源开发前薪柴占总能源消耗的 30%,而沼气资源开发后,薪柴所占比例下降到 12%,即该区薪柴用量减少了 40 690 t。利用各种能源折合标准煤的系

数,即薪柴、沼气的折合标准煤系数分别为 0.571, 0.714 kg/m³,可知薪柴减少量相当于 3 254 万 m³ 沼气量。1 个 8 m³ 的户用沼气池,1 年所产沼气的量为 400 m³,其热量相当于 0.2 hm² 的薪炭林所产薪柴的能量^[7]。由此可以推算,沼气资源开发后全区每年可节约薪炭林的面积为 16 271 hm²,具有巨大的生态效益。

(2)减少 CO₂ 排放量。秸秆、薪柴和煤炭燃烧是当地农村生活 CO₂ 的主要排放源。以文献[17-18]中 CO₂ 排放量的计算方法为依据,即沼气、秸秆、薪柴和煤炭的折合标准煤系数分别为 0.714, 0.429,0.571 和 0.714 kg/m³,则北塬灌区年均能源消耗量相当于 128 150 t 标准煤。沼气资源开发前,农村能源消费结构中秸秆占 10%、薪柴占 30%、煤炭占 60%,秸秆、薪柴和煤炭燃烧后所排放的 CO₂ 总量为 294 068 t;在沼气资源开发后,沼气发酵池的主要发酵原料为粪便和秸秆,投料比例为 3:2,粪便和秸秆产量对沼气产量的贡献率分别为 85%和 15%。因此在沼气资源开发后,用沼气替代传统秸秆燃烧作为日常生活用能,秸秆利用率由 33.5%提高到 40%,同时农村能源消耗结构发生了变化,农村能源消费结构中薪柴占 12%、煤炭占 60%、沼气占 28%,产生的 CO₂ 排放量为 257 587 t。由此可得,沼气资源开发后该区 CO₂ 年减排量为 36 481 t,减排率为 12%。

表 4 沼气资源开发前后临夏北塬灌区能源结构及 CO₂ 排放量的变化

能源类型 Energy type	沼气资源开发前 Before methane development			沼气资源开发后 After methane development		
	能源消耗结构/% Energy consumption structure	折合标准 煤量/t Coal quantity	CO ₂ 排放量/t CO ₂ emissions	能源消耗结构/% Energy consumption structure	折合标准 煤量/t Coal quantity	CO ₂ 排放量/t CO ₂ emissions
秸秆 Straw	10	12 815	372 750	0	0	0
薪柴 Fuel wood	30	38 445	96 684	12	15 211	38 253
煤炭 Coal	60	76 890	160 133	60	76 890	160 133
沼气 Biogas	0	0	0	28	36 049	59 199
合计 Total	100	128 150	294 068	100	128 150	257 587

3 结 论

由以上分析可知,大力开发沼气资源并建立以沼气工程为纽带、结合农牧生产的资源综合利用和能源建设工程模式,是优化农业经济结构和增加农民收入的重要手段,是建立以资源高效利用和生态环境保护为基础的可持续农业生产体系的基础。甘肃省临夏县北塬灌区以沼气工程为纽带的“沼气池-畜禽圈-粮(果、菜)”三位一体农业生态模式,是沼气

工程在生态农业建设中成功应用的典型模式,其以养殖业为基础,以沼气工程为纽带,可多层次综合利用资源,改善农村生态环境,变废为宝,化害为益,取得了显著的社会、经济和生态效益,这种模式也为全国其他相同农业类型区农业废弃物的综合利用提供了借鉴。

[参考文献]

[1] 宣亚南,欧名豪,曲福田.循环型农业的含义、经济学解读及其政治含义[J].中国人口:资源与环境,2005,15(2):27-31.

- Xuan Y N, Ou M H, Qu F T. The meaning of circular agriculture, economics interpretation and its political meaning [J]. China's Population, Resources and Environment, 2005, 15(2): 27-31. (in Chinese)
- [2] 周超贤, 林瑞如. 发展农村沼气建设生态家园 [J]. 生态环境, 2004, 13(3): 459-460.
- Zhou C X, Lin R R. To develop rural biogas and build ecological healthy homeland [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2004, 13(3): 459-460. (in Chinese)
- [3] Shen L, Liu L T, Yao Z J, et al. Development potentials and policy options of biomass in China [J]. Environmental Management, 2010, 46(4): 539-554.
- [4] 张无敌, 尹芳, 刘宁, 等. 农村沼气产业化发展与市场分析 [J]. 农业工程学报, 2006, 22(增刊 1): 72-76.
- Zhang W D, Yin F, Liu N, et al. Industrial development and marketable analysis on rural biogas [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(Suppl. 1): 72-76. (in Chinese)
- [5] 陈豫, 杨文平, 冯永忠, 等. 宝鸡市典型沼气生态农业模式的结构和效益分析 [J]. 干旱地区研究, 2008, 26(2): 184-189.
- Chen Y, Yang W P, Feng Y Z, et al. Research on typical biogas eco-agricultural model in Baoji City [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2008, 26(2): 184-189. (in Chinese)
- [6] 陈豫, 杨改河, 冯永忠, 等. “三位一体”沼气生态模式区域适应性评价指标体系 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(3): 174-178.
- Chen Y, Yang G H, Feng Y Z, et al. Index system for regional suitability evaluation of trinity biogas ecosystem [J]. Transactions of CSAE, 2009, 25(3): 174-178. (in Chinese)
- [7] 周昱, 谢振华, 刘英苓, 等. 户用“猪-沼-果”生态模式经济评价 [J]. 中国生态农业学报, 2004, 4(4): 201-203.
- Zhou Y, Xie Z H, Liu Y L, et al. Economic evaluation on household-scaled “pig-biogas-fruit” ecological mode [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2004, 4(4): 201-203. (in Chinese)
- [8] 李铁冰. 中国农村户用沼气主要发酵原料资源量的估算 [J]. 资源科学, 2009, 31(2): 231-237.
- Li Y B. Estimation of resource extent of dominant feedstock for household biogas in rural areas of China [J]. Resources Science, 2009, 31(2): 231-237. (in Chinese)
- [9] 程序. 以沼气为纽带的物质循环利用模式 [C]//生态农业: 中国可持续农业的理论与实践. 北京: 化学工业出版社, 2003: 269-280.
- Cheng X. Biogas-Project-Linked material recycling model [C]//Ecological agriculture: China sustainable agriculture of theory and practice. Beijing: Chemical Industry Press, 2003: 269-280. (in Chinese)
- [10] 张无敌, 胡云. 云南省农村有机废弃物资源量及其沼气潜力的概算研究 [J]. 云南环境科学, 1997, 16(3): 14-17.
- Zhang W D, Hu Y. The estimation for resources and its biogas potentiality of rural organic wastes in Yunnan [J]. Yunnan Environmental Science, 1997, 16(3): 14-17. (in Chinese)
- [11] 顾骅珊. 农业废弃物的循环利用模式探讨: 以浙江嘉兴为例 [J]. 嘉兴学院学报, 2009, 21(1): 47-50.
- Gu H S. Exploration on recycle mode of agriculture wastes: A case in Jiaxing, Zhejiang Province [J]. Transactions of Jiaxing College, 2009, 21(1): 47-50. (in Chinese)
- [12] 路明. 现代生态农业 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2002.
- Lu M. Modern ecological agriculture [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2002. (in Chinese)
- [13] 陈豫, 杨改河, 冯永忠, 等. 沼气生态农业模式评价 [J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 274-279.
- Chen Y, Yang G H, Feng Y Z, et al. Comprehensive evaluation of biogas ecosystem modes [J]. Transactions of CSAE, 2010, 26(2): 274-279. (in Chinese)
- [14] 叶旭君, 王兆骞, 李全胜. 以沼气工程为纽带的生态农业工程模式及其效益分析 [J]. 农业工程学报, 2000, 16(2): 93-96.
- Ye X J, Wang Z Q, Li Q S. Biogas-project-linked eco agricultural engineering model and its benefit analysis [J]. Transactions of CSAE, 2000, 16(2): 93-96. (in Chinese)
- [15] 黄玉明. 基于沼气综合利用的生态农业循环经济模式 [J]. 新能源产业, 2011(1): 37-39.
- Huang Y M. Based on the comprehensive utilization of biogas mode [J]. New Energy Industry, 2011(1): 37-39. (in Chinese)
- [16] 王双立. 四位一体能源生态模式应用实例及效益分析 [J]. 现在农业科技, 2008(8): 249.
- Wang S L. Four in one energy ecological mode application examples and benefit analysis [J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2008(8): 249. (in Chinese)
- [17] 王革华. 农村能源建设对减排 SO_2 和 CO_2 贡献分析方法 [J]. 农业工程学报, 1999, 15(1): 169-172.
- Wang G H. Analysis Method on reducing emission of SO_2 and CO_2 by rural energy construction [J]. Transactions of CSAE, 1999, 15(1): 169-172. (in Chinese)
- [18] 张培栋, 王刚. 中国农村户用沼气工程建设对减排 CO_2 和 SO_2 的贡献: 分析与预测 [J]. 农业工程学报, 2005, 21(12): 147-151.
- Zhang P D, Wang G. Contribution to reduction of CO_2 and SO_2 emission by household biogas construction in rural China: Analysis and prediction [J]. Transactions of CSAE, 2005, 21(12): 147-151. (in Chinese)