

# 区域畜禽废弃物全量化处理利用的模式探索

薛颖昊<sup>1</sup>, 魏莉丽<sup>2</sup>, 徐志宇<sup>1</sup>, 靳拓<sup>1</sup>, 王乐<sup>3</sup>

(1. 农业农村部农业生态与资源保护总站, 北京 100125; 2. 河南农业大学 经济与管理学院, 郑州 450000; 3. 江西省新余市渝水区农业局, 江西 新余 338025)

**摘要:** 随着我国畜牧业的快速发展和规模化养殖的不断提升, 种养衔接失衡脱节的问题日益严峻, “养猪不种地、种地不养猪”的现象在客观上容易产生畜禽粪污无处“还”的现象, 给生态环境和社会环境带来了十分严重的影响。为解决畜禽废弃物面临的污染问题, 文章提出了“区域畜禽废弃物全量化利用”的理念。基本设计思路是估算粪污产生量和可收集量、分析利用现状、确定有机肥量、规划产业发展布局、健全保障体系。在此基础上归纳总结了“有机肥料还田型、多元循环利用型、产业利用主导型”等畜禽废弃物全量化利用模式的特点并分析典型案例的使用效果, 为实现区域畜禽废弃物全量化处理利用提供理念引导和技术支撑, 推动畜禽废弃物实现其应有的资源价值。

**关键词:** 畜禽废弃物; 全量化利用; 技术模式

**中图分类号:** S216.4; X713 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1166(2018)05-0077-05

**Mode Exploration for Total Disposal and Utilization of All Regional Livestock Wastes / XUE Ying-hao<sup>1</sup>, WEI Li-li<sup>2</sup>, XU Zhi-yu<sup>1</sup>, JIN Tuo<sup>1</sup>, WANG Le<sup>3</sup> / (1. Rural Energy&Environment Agency, Ministry of Agriculture, Beijing 100125, China; 2. College of Economics and Management, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450000, China; 3. Yu Shui District Agriculture Bureau, Xinyu 338025, China)**

**Abstract:** With the rapid development of animal husbandry and the continuous improvement of large-scale farms in China, the unbalance and disconnection between planting and breeding is increasingly serious. The phenomenon of breeding without planting and planting without breeding leads to nowhere to use of livestock waste, and it has brought serious impacts on the ecological environment and social environment. In order to solve the pollution caused by livestock waste, this paper puts forward the idea of total utilization of regional waste. The basic design idea is to estimate the output of waste and the amount possible collected, analyze the current situation of utilization, ascertain the amount of organic fertilizer, plan the layout of biogas industrial development, and improve the guarantee system. On this basis, the paper summarized the characteristics of different kind of total utilization models for livestock and poultry wastes, including organic fertilizer returning to the field, multiple recycling, and industry-led utilization. And the application effect of typical cases were analyzed.

**Key words:** livestock waste; total utilization; technical mode

中国是畜禽养殖大国, 畜禽种类繁多。改革开放以来, 我国畜牧产业快速发展、养殖规模稳步扩大。据2017年中国农村统计年鉴显示: 2016年牲畜年底存栏量为105799.5万头, 家禽59亿只, 其中牛存栏量为10667.9万头, 占总量的10.08%; 猪存栏量为43503.7万头, 占总量的41.12%<sup>[1]</sup>。但随着畜禽养殖规模化程度的不断提升, “养猪不种地、

种地不养猪”的现象在客观上造成了畜禽粪污无处“还”的现象<sup>[2]</sup>, 给环境带来了严重影响, 引起了社会的广泛关注。根据第一次全国污染普查公报显示: 规模化畜禽养殖粪便产生量约为2.43亿t, 其中COD, TN, TP等排放量是全国所有污染物总量的主要部分<sup>[3]</sup>, 畜禽粪污污染已居农业源污染之首<sup>[4]</sup>, 畜禽养殖废弃物处理和资源化利用亟需推进治

收稿日期: 2018-07-19 修回日期: 2018-08-23

项目来源: 水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07401-002); 国家重点研发项目(2016YFD0201306); 农业农村部生态环境保护专项(2110402)

作者简介: 薛颖昊(1984-)男, 江苏宜兴人, 工程师, 主要从事农业生态环境保护工作, E-mail: yhxue010@qq.com

通信作者: 徐志宇, E-mail: xufanjin@126.com

理<sup>[5]</sup>。2017年底国务院出台的《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》,提出到2020年全国畜禽粪污综合利用率达到75%以上、规模养殖场粪污处理设施装备配套率达到95%以上、大型规模养殖场粪污处理设施装备配套率提前一年达到100%的目标<sup>[6]</sup>。虽然政府出台的一系列相关扶持政策取得了显著成效<sup>[7]</sup>,但目前仍缺乏区域畜禽废弃物全量化处理利用方面的相关文献和技术规范等。对此,在阅读大量文献并结合多年工作实践的基础上,对区域畜禽废弃物全量处理利用的特性和相关技术模式进行了概述和探讨,希望为实现区域畜禽废弃物全量化处理利用提供理念引导和技术支撑。

### 1 畜禽废弃物的特性

畜禽粪污是指畜禽养殖过程中产生的废弃物,包括粪、尿、垫塑、冲洗水、动物尸体、饲料残渣和臭气等<sup>[8]</sup>。由于废弃物中垫塑和饲料残渣占比很小,动物的尸体通常是单独收集和处理的,臭气产生后随即挥发,畜禽废弃物暂时不考虑这些物质,主要研究畜禽粪、尿及其冲洗水形成的混合物。由于粪污是畜禽粪便、尿、冲洗水的混合物,凡是畜禽粪便和尿中成分都存在于粪污中。实际上,畜禽对于饲料中氮、磷和钾等吸收得很少,未被利用的营养将随着粪尿排泄出来。针对不同畜禽分析各个时期粪便的特性,如表1~表3所示。

表1 不同时期生猪粪污特性

| 生长期    | 产生量<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 养分含量/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |      |               |                        |
|--------|---|--|------|---------------|------------------------|
|        |   | $\text{K}_2\text{O}$                     | 总氮   | $\text{HN}_4$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ |
| 分娩猪    | 5.3   | 1.80                                     | 0.90 | 1.44          | 1.32                   |
| 保育猪仔   | 0.49  | 3.00                                     | 1.68 | 2.40          | 2.64                   |
| 生长和育肥猪 | 2.01  | 3.92                                     | 2.28 | 3.17          | 3.24                   |
| 种猪和妊娠猪 | 1.89  | 3.00                                     | 1.44 | 3.72          | 3.24                   |

表2 不同时期奶牛/肉牛粪污特性

| 畜禽品种 | 产生量<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 养分含量/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |               |                        |                      |
|------|---|--|---------------|------------------------|----------------------|
|      |   | 总氮                                       | $\text{HN}_4$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | $\text{K}_2\text{O}$ |
| 成年奶牛 | 22.71                                       | 3.72                                     | 0.78          | 1.80                   | 2.28                 |
| 青年奶牛 | 11.36                                       | 3.83                                     | 0.72          | 1.68                   | 3.36                 |
| 奶牛犊  | 2.65  | 3.24                                     | 0.60          | 1.68                   | 2.88                 |
| 肉牛犊  | 1.51  | 3.18                                     | 2.25          | 2.64                   | 4.97                 |
| 肉母牛  | 13.63                                       | 2.40                                     | 0.84          | 1.92                   | 2.88                 |
| 育肥牛  | 11.73                                       | 3.48                                     | 0.96          | 2.16                   | 3.12                 |

表3 不同时期家禽粪污特性

| 畜禽种类   | 产生量<br>( $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ ) | 养分含量/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) |               |                        |                      |
|--------|---|--|---------------|------------------------|----------------------|
|        |   | 总氮                                       | $\text{HN}_4$ | $\text{P}_2\text{O}_5$ | $\text{K}_2\text{O}$ |
| 肉用仔鸡   | 0.04  | 7.55                                     | 1.56          | 4.79                   | 3.48                 |
| 产蛋龄前母鸡 | 0.04  | 7.19                                     | 1.44          | 4.19                   | 3.60                 |
| 蛋鸡     | 0.06  | 7.19                                     | 1.56          | 5.39                   | 3.36                 |
| 鸭      | 0.11  | 2.64                                     | 0.60          | 1.80                   | 0.96                 |

注:数据来源于美国普渡大学在印第安纳州对不同畜禽养殖场的储存粪污进行长期采样分析。

### 2 畜禽粪污全量化处理利用的设计思路

区域畜禽粪污全量化处理利用应按照“区域统筹、还田优先、产业发展”的思路,客观评估区域内畜禽粪污的产生量与利用现状,布局畜禽粪污资源化利用工程,建设粪污收储运体系,完善配套政策,构建粪污全量利用的长效机制。其主要设计思路如下:

(1) 分析畜禽粪污的利用现状并估算区域内产生量与可收集量<sup>[9]</sup>。采用座谈和入户调查相结合的方式,调研区域内现有不同方式的畜禽粪污的利用状况(有机肥还田比例、储存农用、生产有机肥、沼气发电等利用量)、相关的畜禽粪污利用数量和规模及其分布情况、沼液存贮点数量和面积、实际储存能力。在考虑经济发展状况、农民收入情况、养殖种类是否具有典型性等因素的基础上将所选择调查的区域分县、乡(镇)、村三级进行。入户调查包括农户基本情况、畜禽养殖情况、粪污利用情况、农业用肥情况、生活用能情况等方面内容。依据对区域内畜禽养殖种类、养殖规模、存出栏比例、粪污产生比例等估算出粪污产生总量。依据养殖条件、收集方式、储存农用量及其他损耗等因素,估算出区域内实际粪污可收集利用的数量。

(2) 依据区域土地承载力确定畜禽粪污还田量及比例关系。粪污发酵还田不仅是解决畜禽废弃物出路的有效途径,也是保持土壤肥力的必要措施,既包括收集粪污堆沤发酵后的直接还田,还包括通过间接还田的方式如生产固体、液体有机肥和发酵后的沼渣还田。在统筹畜禽粪污还田时,应考虑以下两个方面因素:一是区域土地畜禽粪污承载力,这需要了解单位土地面积保持土壤肥力的最小畜禽粪污还田量、最大还田量、适宜还田量<sup>[10]</sup>。最小还田量是指为保持土壤肥力并补充土壤有机质所必需还田的畜禽有机肥的数量,最大还田量是指单位面积的

土地能够承载畜禽有机肥还田的最大数量,适宜还田量是指在综合作物产量、还田作业成本与保持土壤肥力等因素的基础上确定的还田的数量。二是农艺农具与技术相配套,筛选相匹配的农机具车辆及配套的还田技术,有效避免在过程中对作物产量产生不必要的负面影响,解决畜禽有机肥还田“如何还、还下去、还得好”的问题。综合考虑畜禽粪污利用的技术成熟度、二次污染程度、区域畜禽粪污收储运水平、社会经济发展水平、节能减排效益、与政策规划导向的协调程度等,优选利用技术、构建发展模式依据区域畜禽粪污综合利用现状,合理规划好畜禽废弃物用于肥料、基料、原料的数量比例,解决畜禽废弃物“用得掉、用得好”的问题。

(3) 合理布局粪污收储场地及健全畜禽有机肥产业的政策保障体系。依据畜禽养殖的特性评估粪污收集的半径和运输成本,确定粪污收集种类数量和范围,科学合理布局畜禽粪污储存点,建设规模适宜的沼液储存池,配套相关车辆和人员,同时构建有机肥物流体系,实现供应链各主体间的信息共享、利益共得和风险共担,提高收储运效率,解决畜禽粪污资源化、全量化利用的问题。同时构建基于政策引导的市场化运行的机制与体制,从资金投入、组织管理、技术支撑、法律规范等方面制定切实可行的保障措施,充分发挥养殖户、合作社和企业的主体作用,解决好主体运行责任与补偿的问题,切实推动畜禽废弃物全量化利用的可持续发展。

### 3 区域畜禽粪污全量化处理利用的技术模式

通过对农业面源污染防治重点区域和生猪养殖区的多次调研,以及各地开展的畜禽粪污全量化利用摸索实践,归纳总结出“有机肥料还田型、多元循环利用型、产业利用主导型”等3种区域畜禽粪污全量化处理利用技术模式。

#### 3.1 有机肥料还田型模式

有机肥料还田型模式是指以畜禽粪污经过无害化处理后以还田为目的,以固体和液体有机肥为主、其它利用方式为辅的畜禽粪污全量化处理利用格局。畜禽粪便经过简单堆沤发酵等无害化处理后还田有助于补充土壤养分、提高土壤有机质含量。结合养殖业生产实际粪污量及直接还田的粪污量,将大部分的粪污加工成有机肥后再还田。同时,配套完善的政策措施,政府除了要做好宣传推广和相关人员的技能培训,还要制定实施切合当地实际的有

机肥还田作业标准。该模式要求粪污存储收集、干湿分离、无害化处理、运输等机械设施在种类和数量上高度匹配,并配套适宜的有机肥还田技术。

衢州市宁莲畜牧业公司是一家专业从事生猪养殖、有机肥加工等产销一条龙的大型生猪生态养殖企业。该公司年出栏商品猪约3万头,有机肥厂可年处理猪粪11000t。在畜禽粪污处理利用中,该公司采取“两分离,三配套”的工艺,重点在沼液利用上下功夫。厌氧发酵后的沼液通过沉淀池的自然沉淀分离出上清液,再利用气浮池的微气泡小颗粒吸附、快速高效过滤器、逐步多级纤维滤袋的作用进一步固液分离,以达到膜集成分离装置的进水要求。经过膜预处理装置,去除沼液中全部肉眼可见的颗粒和大部分胶体物质,沼液清澈呈亮黄色。最后一步是膜浓缩,利用膜的选择透过性,将沼液中的氮、磷、钾营养物质及有机质截留在浓缩液中,透过液可达标排放(见图1)。该工艺采用工业PLC控制下的集中控制方式运行,按本技术设备处理 $100\text{ t}\cdot\text{d}^{-1}$ 和浓缩10倍计算,年处理沼液约30000t,获得浓缩沼液3000t,清洁循环水27000t,年产值160.8万元,其中浓缩液产值150万元,节水减排产值10.8万元。

#### 3.2 多元循环利用型模式

多元循环利用型模式是在客观分析区域内畜禽废弃物的产生量、消纳量、消纳方式及剩余量的前提下<sup>[11]</sup>,整合畜禽粪污全量化处理利用的相关技术,实现畜禽粪污多元循环的利用模式,同时配备完善的社会化服务,强化政策扶持力度,构建政府调控与市场运行相结合的综合机制,以实现区域内畜禽粪污全量化处理利用。该模式以循环为主,利用方式多元化,体现了“粪污-沼气-发电、粪污-沼液-还田、粪污-有机肥-沼渣还田等”循环链条。该模式的重点在于原料的获得和持续供给,需要政府对产业布局、政策配套、运行管理等方面进行调控。

浙江开启能源科技有限公司是一家专业从事畜禽排泄物资源化综合利用的企业,也是国内首家以生猪排泄物为主要原料,融沼气发电、余热利用、有机肥生产、种养殖于一体的循环化发展示范企业<sup>[12]</sup>。该企业统一收集全县规模猪场的猪粪,进行沼气发电和有机肥生产,同时在水稻等集中种植区建立沼液综合利用示范基地,由沼肥专业服务公司统一进行沼液运送和施肥服务,实现“猪粪收集-沼气发电-有机肥生产-种植业利用”的循环利用模式(见图2)。

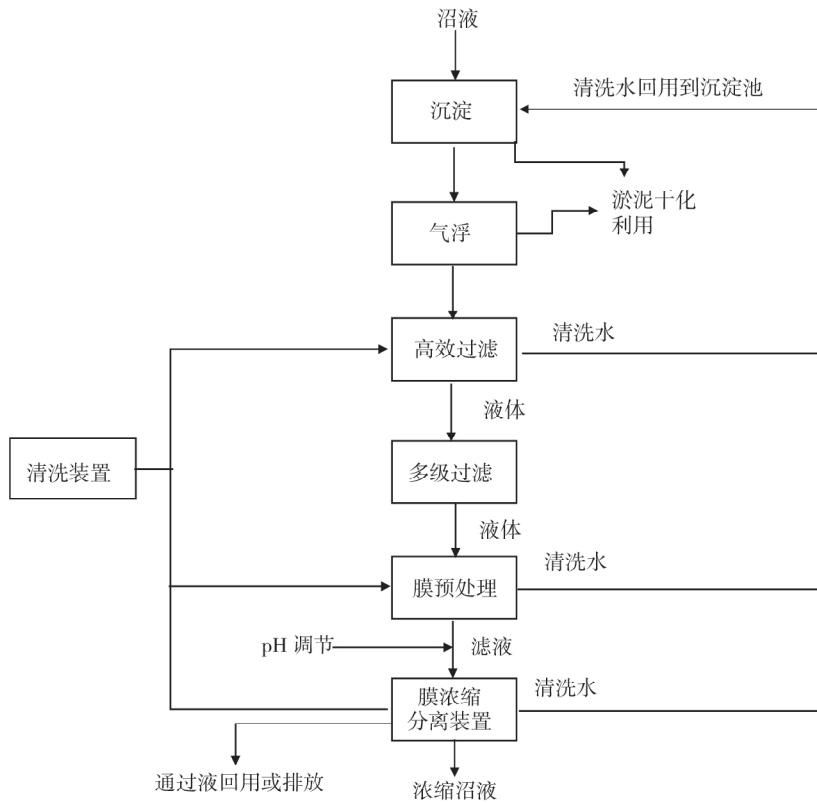


图1 衢州市宁莲畜牧业公司浓缩膜分离沼液技术工艺流程图

该公司日处理畜禽粪便可达 500 t ,年收集能力达 36 万头猪当量 ,可年产沼气约 660 万 m<sup>3</sup> ,年发电量可达 1320 万 kW·h。

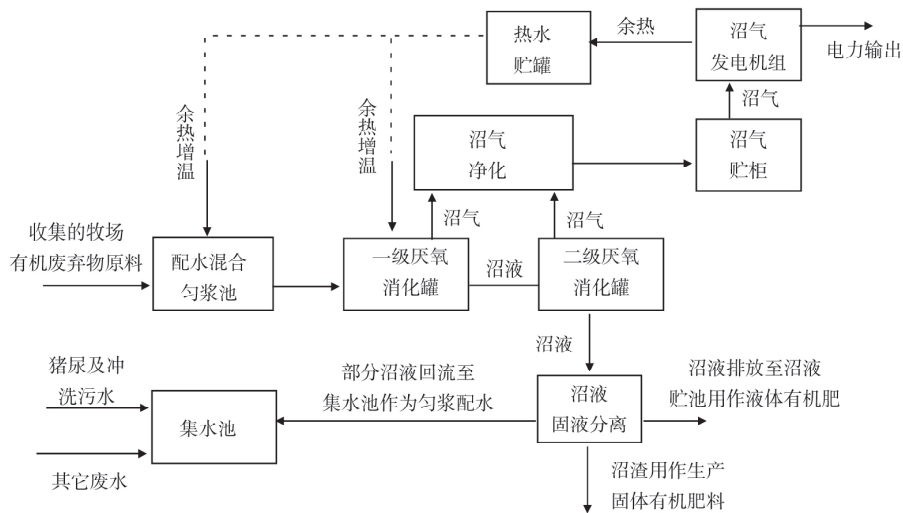


图2 浙江开启能源科技有限公司废弃物厌氧消化沼气发电工艺流程图

### 3.3 产业利用主导型模式

产业利用主导型模式是在考虑区域内的自然条件、生产方式、经济水平等因素的基础上,充分满足畜禽有机肥还田补充土壤有机质等基本需求的条件,通过引进先进技术、设施装备、资金政策等,扶持区域内畜禽粪污综合利用企业做大做强、形成沼气

产业,不仅解决了区域内畜禽废弃物的污染问题,同时实现畜禽废弃物由粪污污染到资源型原料、由资源型原料到增值性商品的质的转化。该模式是以企业为主导的市场化运营,企业完成从粪污收集、储存、运输、加工以及转化产品销售的整个过程。通过消纳畜禽粪污发展沼气产业,在市场上公开交易,不

仅经济效益良好,生态效益和社会效益也十分显著。

新余罗坊沼气站是2014年由江西正合环保工程有限公司投资建设并负责运营的,是江西省首个城镇沼气集中供气试点项目(见图3)。该站主要利用罗坊镇及周边地区的畜禽粪污、稻草秸秆等为原料,经过高温消毒、生物分解等一系列无害化处理,作为沼气发酵的原料,实现畜禽废弃物的资源化利用。罗坊沼气站年处理农业废弃物约1.2万t,年产沼气145万 $m^3$ ,沼气经过净化处理后主要供给罗

坊镇6000户居民做生活用气,多余沼气供给农业废弃物资源化综合利用站满足自身用能。以3口之家为例,月用沼气约20 $m^3$ ,同液化气相比,每月可节约45元。全年每户可节省气费540元,罗坊镇6000户每年可节约324万元。该站产生的沼渣、沼液加工成固态、液态有机肥分别为0.22万t、3.3万t,可减少化肥量0.2万t,不断提升土壤质量,辐射带动周边水稻田、蔬菜园、果园实现生态有机种植,促进传统农业转型升级。

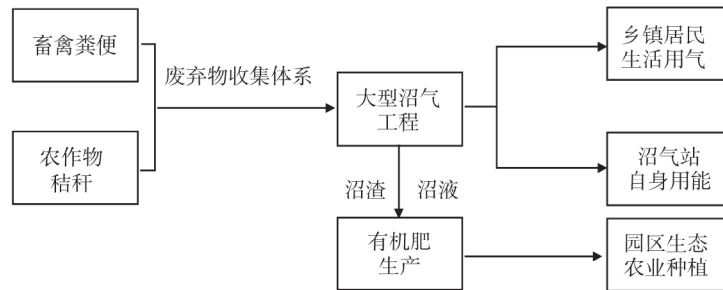


图3 新余罗坊沼气站废弃物资源化综合利用流程图

#### 4 结论

做好畜禽养殖废弃物资源化利用已成为促进农业可持续、实现乡村振兴的一项重要内容。要从根本上解决畜禽废弃物的无序排放现象与污染环境的问题,关键是构建区域范围内运行稳定的综合利用体系和长效健全的运营机制,推动区域内畜禽废弃物的全量化处理利用。从畜禽粪污产生量与可收集量估算出发,因地制宜地优化集成畜禽粪污肥料化和原料化利用技术,统筹好土壤肥力的持续提升与畜禽有机肥资源产业化利用之间的关系,合理布局畜禽废弃物资源化利用产业和建设畜禽粪污存储场地,构建适合区域特点的技术模式与技术服务体系。建立健全政策保障机制,推动畜禽粪污“全域、全程、全量”利用的长效运行与可持续发展,推进农业循环可持续发展,真正实现养殖业的畜禽废弃物作为生物质资源应有的社会、生态与经济价值。

#### 参考文献:

[1] 国家统计局农村社会经济调查司. 中国农村统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2017.  
[2] 农业部推进畜禽粪污资源化利用绿色农业发展又有大思路[N]. 经济日报, 2017-09-19.

[3] 孔凡斌, 王智鹏, 等. 畜禽规模化养殖环境污染处理方式分析[J]. 江西社会科学, 2016, (10): 59-65.  
[4] 杨世琦, 韩瑞芸, 等. 省域尺度下畜禽粪便的农田消纳量及承载负荷研究[J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(7): 142-151.  
[5] 马有祥. 加快推进畜禽养殖废弃物处理和资源化工作[J]. 北方牧业, 2017, (3): 16.  
[6] 中央人民政府网站. 关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见. 2017-05-31.  
[7] 宣梦, 许振成, 等. 我国规模化畜禽养殖粪污资源化利用分析[J]. 农业资源与环境学报, 2018, 35(2): 126-132.  
[8] 陶秀萍, 董红敏. 畜禽废弃物无害化处理与资源化利用技术研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2017, 37(5): 8-12.  
[9] 赵俊伟, 尹昌斌. 青岛市畜禽粪便排放量与肥料化利用潜力分析[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(7): 108-115.  
[10] 王飞, 石祖梁, 等. 区域秸秆全量处理利用的概念、思路与模式探讨[J]. 中国农业资源与区划, 2016, 37(5): 8-12.  
[11] 翁伯琦, 雷锦桂, 等. 集约化畜牧业污染现状及资源化循环利用对策思考[J]. 农业环境科学学报, 2010, (29): 294-299.  
[12] 衢州探路现代生态循环农业[N]. 中国城乡金融报, 2015-02-11.