

畜禽养殖废弃物资源化利用模式浅析

刘永岗¹, 杨光辉¹, 刘瑜², 刘勇荃³, 焦翔翔²

(1. 山西省农业生态环境建设总站, 山西 太原 030000; 2. 山西玉衡同创环境技术有限公司, 山西 太原 030000; 3. 山西省平遥县水务局抗旱服务队, 山西 晋中 031100)

摘要: 畜禽养殖废弃物既是一个巨大的环境污染源, 又是一个巨大的生物质资源库。养殖废弃物的资源化利用效率直接关系着农业经济的生态循环发展, 直接影响着人居环境和人体健康。文章以山西省某公司牧场的粪污资源化利用项目为例, 介绍了牛场养殖废弃物的资源化利用路线及主要工艺技术, 测算了其经济收益率, 促使牧场养殖废弃物的资源化利用和商品化开发成为企业新的经济增长点, 从根本上解决了养殖场粪污的环境污染问题, 改善了周边环境, 对规模化、集约化养殖场的养殖废弃物的资源化、无害化利用做出了有益的尝试, 具有积极的推广价值。

关键词: 畜禽养殖废弃物; 生物质能; 资源化

中图分类号: S216.4; X71 文献标志码: B 文章编号: 1000-1166(2018)04-0061-05

A Brief Analysis on the Resource Utilization Models of Livestock and Poultry Waste / LIU Yong-gang¹, YANG Guang-hui¹, LIU Yu², LIU Yong-quan³, JIAO Xiang-xiang² / (1. Agricultural Ecological Environment Construction Terminus of Shanxi, Taiyuan 030000, China; 2. Shanxiyuheng Environmental Technology CO LTD, Taiyuan 030000, China; 3. Drought resistant service team of Pingyao Water Affairs Bureau of Shanxi, Jinzhong 031100, China)

Abstract: Livestock and poultry waste are one of the main environmental pollution sources, but on the other hand, it is also a huge repository of biomass energy. The resource utilization of livestock and poultry waste not only has directly influence on the ecological cycle development of agricultural economy, but also greatly affects the living environment and human health. A novel resources utilization project of livestock and poultry waste for a cattle farm located in Jinzhong region, Shanxi Province, was introduced in this paper. The main techniques adopted in this project were introduced in detail, and the economic feasibility and prospective yields were evaluated reasonably. The project is beneficial for the resource utilization and commercial development of the livestock and poultry waste, which would be a new economic growth point of the enterprise.

Key words: livestock and poultry waste; biomass energy; resource utilization

近年来,我国畜禽养殖业持续稳定发展,规模化养殖水平显著提高,逐步成为农村经济新的增长点和重要支柱产业,但大量养殖废弃物没有得到有效处理和利用,随意堆放或者排入河流水体,造成水体COD和氨氮等的含量超标^[1]。据测算,养殖废弃物的COD排放量占农业源排放总量的90%以上,总氮排放量占30%以上,总磷排放量占50%以上,畜禽粪污已经成为农村和城郊地区的重要污染来源,导致大气、水体、土壤等环境污染问题,给农村环境治理带来一大难题^[2]。实现畜禽养殖废弃物的高效处理和资源化利用,关系着畜禽养殖业的长效发

展和畜禽产品的有效供给,关系着农村居民收入水平的提高和生产生活环境的改善,是重大的民生工程,因此探讨及推广高效的畜禽养殖废弃物的资源化利用模式成为当前研究的重点和热点^[3-4]。

据统计分析,到2020年,全国的畜禽养殖废弃物总量将达到42.44亿吨^[5],大量的畜禽养殖废弃物是巨大的资源宝库,但是粪污随意堆放,处理技术和工艺不规范,导致利用率低下,造成环境污染,给环境治理带来很大挑战。近年来,我国畜禽养殖废弃物处理工作取得了一些成效,但实现资源化利用还面临诸多困难。目前,畜禽粪污处理和利用主要

收稿日期: 2017-11-22

作者简介: 刘永岗(1979-)男,山西人,高级农艺师,研究方向农村环保与农村能源技术研究, E-mail: 41569927@qq.com

通信作者: 焦翔翔, E-mail: jiaoxiang2000aa@163.com

有3种模式,即肥料化利用^[6]、资源化利用^[7]和工业化处理^[8-9]。

肥料化利用即将畜禽养殖废弃物经过堆肥处置后,就近还田处理^[6],主要有两种方式:一种是经自然发酵后直接施入农田;另一种是在人工干预下,在好氧状态下,通过微生物发酵堆肥后还田。还田处理的关键在于要求在不超土壤承载负荷的前提下,实现畜禽养殖废弃物的零排放和营养物质的利用,但是国家对养殖废弃物还田的行为支持政策不足,引导调控较为薄弱,以绿色发展为导向的农业补贴政策未系统化形成,而农业生产追求速效性,重视产量,轻视农产品质量,为了追求单纯的经济效益,种植户对化肥的依赖度更高,另外农业发展面临的一个重要问题是种养分离,养殖业和种植业常常是两个单独的主体,地理上分离,主观上不联系,客观上隔绝了粪便还田利用的通道,导致养殖废弃物无处可还。另一方面,行业内对粪污还田的标准体系不完善,相关制度欠缺,且缺乏相应的技术规范指导,因此在粪污还田过程中常常会导致重金属和盐类的沉积,引起土壤板结,造成土壤结构的破坏,并且给地表水和地下水带来污染,威胁人类健康^[10-11],从而使农户对养殖粪污的安全性和效用性产生疑虑。

工业化处理即按照国家污水排放标准的要求,建造污水处理构筑物,通过高耗能的运行措施,将畜禽养殖废弃物经格栅过滤、污泥消化处理、污泥沉淀分离处理,以降低污水COD,脱氮除磷,达标排放为首要目标^[8,12]。但由于畜禽粪污有机负荷过大,按照工业处理的要求,需要复杂的机械设备和构筑物,基建和设备投资太大,设计和运行维护费用过高,处理每立方米沼液耗能约2~4 kWh,大大增加了养殖户的养殖成本,因此养殖企业普遍对工业处理的接受度不高^[13]。

资源化、资源化利用即以沼气和生物天然气为主要处理方向,以农用有机肥和农村能源为主要利用方向,通过建设沼气工程及副产物综合利用项目,将养殖废弃物经厌氧发酵处理后,产气发电,并进行余热回收,形成能源循环利用路线^[1,14-15]。厌氧发酵所得副产物沼液和沼渣则分别通过深度处理工艺和发酵堆肥技术生产有机液肥和固肥^[16-17]。现阶段,大多数粪污处理项目只限于通过沼气工程利用生物质产气发电,对末端副产物的处理利用不够重视,科学技术支撑不到位,相关材料和技术标准欠缺,造成对发酵副产物的管理不善,不能及时有效处

置,乱排乱放,导致高含量COD、N、P等进入环境,造成二次污染,成为制约沼气工程运行和发展的一个重要因素^[18-19]。

本文以山西玉衡同创环境技术有限公司承担设计建设的某公司牧场粪污资源化处理项目为例,根据收集的数据,参考相关文献,分析出存栏4000头奶牛和2000头后备奶牛的牛场,每年的养殖废弃物通过养殖废弃物处理及综合利用项目可开发的潜在生物质能量及其价值,阐述了此项目中二次生物质能源开发及综合利用的总体路线和技术系统构成,对整个山西省乃至全国范围内的畜禽养殖废弃物资源化利用做出了有益尝试,对于沼气和沼肥服务体系的建设和维系具有积极的示范推广作用。

1 牧场养殖废弃物资源化利用项目概况

牧场地处山西省晋中市,占地面积818亩,包含泌乳牛舍、青年牛舍、办公宿舍楼等区域,存栏4000头奶牛和2000头后备奶牛,力争建设养殖过程清洁化、粪污处理资源化、产品利用生态化的绿色示范奶牛养殖园区。

山西玉衡同创公司设计承建的沼气工程及副产物综合处理利用项目位于牧场以北,占地面积14500 m²,包含粪污预处理区、厌氧发酵区、发酵副产物深度处理区、人工湿地生态净化区及有机肥生产加工区等,每天的粪污处理量可达10000 m³。工程设计建设的目标是根据CNMP(Comprehensive Nutrients Management Plan)的要求,以减量化、无害化、资源化、综合利用为原则,减轻养殖生产对水、土壤、大气等自然资源的影响,帮助养殖企业将养殖废弃物作为资源进行再利用,构建产业化发展、市场化经营、科学化管理和社会化服务的畜禽粪污资源化利用新格局,实现养殖生产盈利和自然资源保护双赢。项目建设成功后,由山西玉衡同创环境技术有限公司负责工程运营,具体任务是针对水、土壤、大气和动植物等资源规划环境保护措施和管理目标,实现养殖粪污的安全贮存、处理和再利用,同时监测环境质量变化,最大程度降低养殖生产对周边环境的影响,同时提升末端产品竞争力,在政府部门的帮助扶持下,拓宽终端产品销路。实施方式是通过厌氧微生物发酵技术对养殖废弃物进行无害化处理和资源化开发利用,最终实现生物质沼气发电、供热,发酵副产物生产有机液肥和固肥,提升农业经济效益,同时避免环境污染问题,建立起以沼气为纽带,种养结合的良好和立体的生态循环农业发展模式。

2 牧场养殖废弃物资源化利用路线图

牧场养殖废弃物资源化利用项目工艺路线见图 1 养殖废弃物经收集后: 1) 进行物理筛分预处理, 去除无机杂质及大颗粒难溶物; 2) 经过筛分后的混合物进入水解酸化系统, 投加选育驯化后的水解酸化菌, 通过自主研发的微氧曝气技术, 将混合液中的大分子蛋白质、脂肪和碳水化合物分解为氨基酸、甘油三酯及多糖类小分子颗粒, 为后续厌氧发酵提供稳定的原料; 3) 经水解酸化的混合液进入厌氧发酵塔内, 在中高温条件控制下, 采用自主研发的低耗变频搅拌系统, 进行高效充分发酵, 将小分子颗粒有机

物进一步分解为甲烷、二氧化碳及其他植物易吸收的有机酸类物质; 4) 产生的沼气通过脱硫技术去除硫化氢等杂质气体, 用于生物质发电; 5) 经过厌氧发酵后的沼液进入出料池, 通过超导热管换热器, 将沼液余热进行充分回收利用, 作为水解酸化池的热源补充; 6) 沼液经固液分离、高密度微氧曝气沉淀分解、多介质过滤系统后, 部分进入自动化复配络合系统, 制成植物营养液, 用于无土栽培种植用肥, 另一部分进入人工湿地、氧化塘进一步降解氨氮和总磷, 达到中水回用的标准要求; 7) 固液分离后的沼渣与菌糠进行科学匹配混合, 添加高效发酵复合菌生产育苗和无土栽培营养土及土壤改良剂、钝化剂。

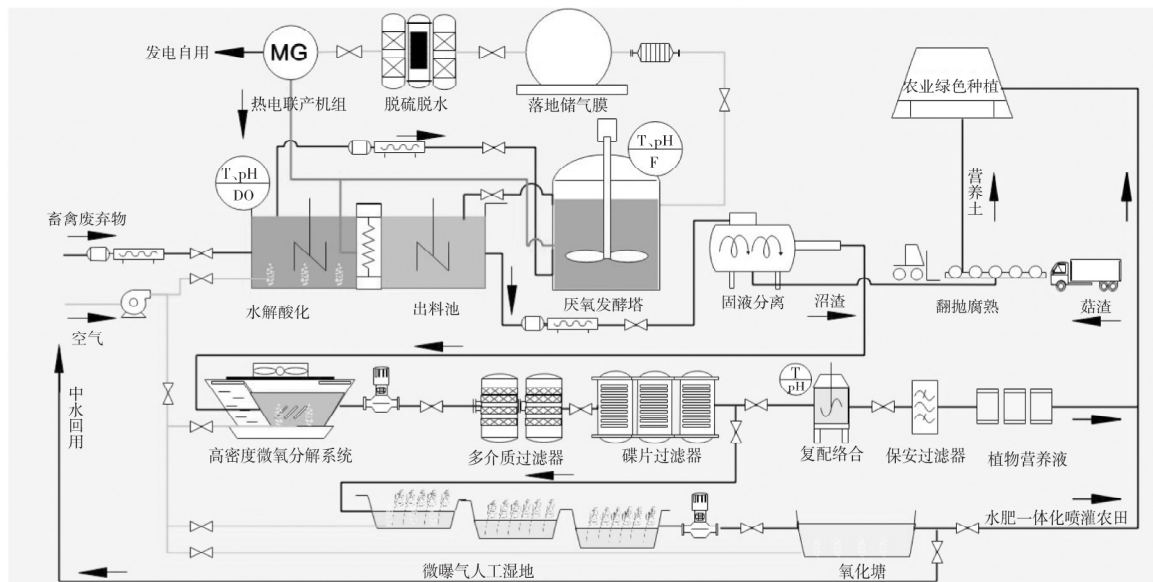


图 1 牧场养殖废弃物资源化利用项目工艺路线图

整个工艺路线中涉及到的主要工艺及关键设备包括以下内容。

(1) 原料预处理工艺: 预处理阶段各工艺构筑物直接关系着后续发酵工艺的运行情况, 影响着总体设计目标的实现。由于奶牛卧床采用砂卧床, 牛舍采用铲车清粪的方式, 工程中采用了螺旋除砂系统去除养殖废弃物中的砂石等颗粒物。通过水解酸化将难溶难降解的大分子有机物水解为小分子水溶性有机物, 减轻后续工艺的处理负荷, 酸化罐体铺设保温层和加热盘管, 依靠沼气发电机发电产生的余热, 将发酵原料温度提升至 35℃ ~ 38℃, 保证后端发酵的快速高效进行。为了减少能源浪费, 将出料池的余热回收, 供给水解酸化罐。

(2) 厌氧发酵工艺: 发酵罐是整个工程的“心脏”, 工艺设计及设备选型直接影响沼气工程的运行效率, 其中温度和搅拌状况是主要限制因素。在祁县牧场工

程项目中根据技术要求, 通过对粪污含固率的分析, 综合考虑工程成本和产气效率, 采用搪瓷拼装罐作为厌氧发酵罐, 具有防腐性能好, 环境适应性强的优点, 采用 CSTR 工艺, 使活性区遍布整个反应器内, 控制温度在 35℃ ~ 38℃, 满足中温发酵要求, 在低耗变频高强度搅拌下, 具有抗冲击负荷、原料和热量分布均匀的优点, 能够有效控制原料沉淀、分层以及表层浮渣结壳, 并可物料平均停留时间缩短至 15 d 左右。

(3) 热电联产工艺: 沼气净化处理后, 通过热电联产机组为场区供热供电, 机组的控制系统可对沼气浓度进行实时甲烷浓度监测, 自动调节混合器的进气开度, 确保最佳空燃比, 综合效率超过 80%, 运行及维护成本较低。输出热量一部分用于提高厌氧发酵温度, 一部分用于有机固肥加热烘干, 输出的电能安全可靠, 一部分用于满足粪污资源化利用工程中设备的运行需要, 一部分用于满足牛场养殖生产

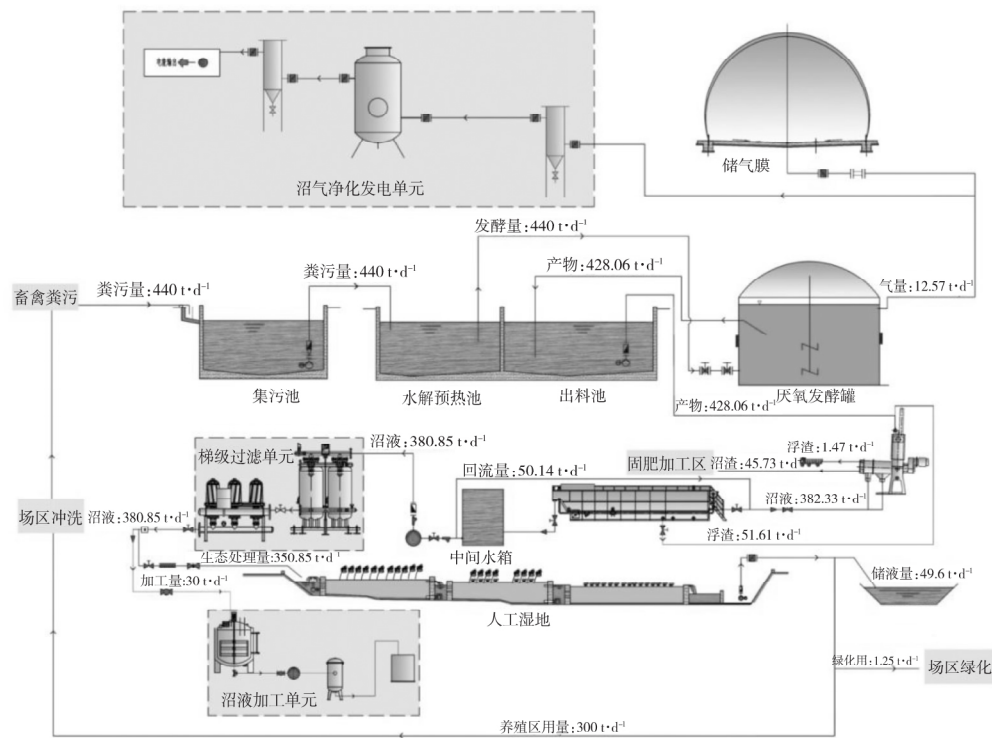
需要及员工生活需要。

(4) 沼液深度处理技术: 沼气发酵副产物经固液分离后得到沼渣和沼液, 沼液经过兼性厌氧水解、高密度微氧曝气和梯级过滤工艺, 其中未降解的有机物和颗粒物进一步被去除, 之后将一部分沼液打入反应釜中添加外源营养物质, 制成植物营养液和高端有机肥。另一部分沼液经深度处理后排入三级人工湿地, 在经砂石吸附、微生物降解和植物吸收后, 降低其中的 COD 和氨氮含量。人工湿地采用间歇曝气技术, 模拟 AAO 工艺, 形成好氧、缺氧和厌氧交替的运行环境, 大大提高人工湿地对氨氮的去除率, 使人工湿地的出水水质达到中水回用标准, 储存于生态鱼塘中, 用于渔业养殖和养殖场冲洗用水, 建设生态观光区。

(5) 沼渣综合利用技术: 固液分离后得到的沼渣与公司收集的菌糠、醋糟混合, 添加高效复合发酵菌进行发酵堆肥, 再通过添加其他补充物料生产土壤修复剂、育秧基质及固态有机复合肥等产品。

(6) 整个工程工艺模块化, 设计在线计量监测和远程监控管理智能平台, 实现自动化控制与监测, 生产全过程可测量、可识别、可核查、可追溯, 减少了人力资源投入, 保证了工程运行的稳定性。

牧场养殖废弃物资源化利用项目的物料平衡图见图 2。通过分析可知, 工程运行过程中, 将各个阶段的养殖粪污利用率达到最大, 减少了资源化利用路线中的能量消耗和物质损耗, 实现了资源化利用工程的高效运行, 将产品收益最大化, 能量损耗最小化, 确保每个环节不会带来新的污染问题。



相关产品销售收入可达 2185.5 万元,净利润达 470.5 万元。

3.2 牛场养殖废弃物资源化利用社会效益分析

实现养殖废弃物的无害化处理和资源化利用,将农业生产生活绿色化、生态化,有利于转变农业发展方式,推进农业供给侧结构性改革,调整优化农村产业结构,推进农业向产出高效,产品安全,资源节约,环境友好的现代化可持续发展方向,有效改善卫生环境和人居环境,提高农业收入,满足人们日益增长的对生活环境和食品安全的需要,有利于建设资源节约型、环境友好型社会。

3.3 牛场养殖废弃物资源化利用生态效益分析

通过沼气工程及副产物资源化利用工程的建设,以环境资源承载能力为基础,规划出一条畜禽养殖废弃物综合处理及资源化利用路线,减轻养殖生产对周边大气、水体、土壤等资源的影响,改善环境质量,高效产出新能源、新产品,使养殖生产走上绿色健康、生态、可持续发展的道路。

在第三方公司的参与下,将养殖业同种植业联合,构建科学合理、专业化的区域生产格局,建立“以地定养,以养促种”的种养循环机制,实现养殖区、种植区在空间上分离,功能上相互促进、优势互补、协调发展,提高农业生产的资源利用率,整体提升养殖和种植产品的质量,形成农村“一二三产业”的循环发展联动体系,提高种养关联度。

4 结语

某公司牧场的养殖废弃物资源化利用工程以系统的科学理论为指导和先进的工艺技术为基础,运用“整体、协调、循环、再生的生态学”原理,使养殖废弃物处理工程不仅局限于政府提供补贴的能源工程和环境治理工程,更是将环境工程、能源工程和效益工程结合为紧密联系的有机整体,将种植业与养殖业的关联度提升,根本上解决了养殖业的粪污污染问题和种植业的低效发展问题,既促进了环境保护的发展和资源的再利用,又促进了农业区域经济的发展,实现了经济效益、社会效益和生态效益的统一。

参考文献:

[1] 梁昌昌. 浅谈农业部关于加快推进畜禽标准化规模养殖[J]. 大科技: 科技天地 2011(16): 71.
 [2] 刘芳. 畜牧产业发展对环境的影响[J]. 农业资源与环境学报 2000, 17(1): 30-33.
 [3] 林海. 规模养殖场无法规避的重要课题: 畜禽养殖废弃物资源化利用[J]. 北方牧业 2017(15): 13-14.

[4] Gross R, Leach M, Bauen A. Progress in renewable energy. [J]. Environment International 2003, 29(1): 105.
 [5] 陈丹丹, 谷子林, 王圆圆, 等. 畜禽粪便污染及其防治措施的研究[C]//生态环境与畜牧业可持续发展学术研讨会暨中国畜牧兽医学会 2012 年学术年会和第七届全国畜牧兽医青年科技工作者学术研讨会会议论文集—T03 环境与动物健康专题 2012.
 [6] 姜楠. 绿色农业中畜禽粪便的资源化开发与利用[J]. 现代畜牧兽医 2009(5): 32-34.
 [7] 徐芹选, 郑西来. 用循环经济理念治理畜禽养殖业污染[J]. 家畜生态学报 2006, 27(2): 109-112.
 [8] 孟海玲, 董红敏, 朱志平, 等. 运行条件对膜生物反应器处理猪场厌氧消化液效果的影响[J]. 农业工程学报 2008, 24(9): 179-183.
 [9] 彭献根, 蔡陆军. 告别昨日“脏乱差”[J]. 乡镇论坛, 2012(17): 10.
 [10] 杜丽娜. 赤峰市畜禽养殖区域环境承载力研究及污染防治对策[D]. 天津: 南开大学, 2016.
 [11] 卢洪秀, 孙昭军. 畜禽粪便处理的可持续发展研究[J]. 农业灾害研究 2012, 2(5): 40-43.
 [12] Edgerton B D, Mcnevin D, Wong C H, et al. Strategies for dealing with piggery effluent in Australia: the sequencing batch reactor as a solution [J]. Small Wastewater Treatment Plants IV Selected Iawq International Specialised Conference on Small Wastewater Treatment Plants 2000, 41(1): 123-126.
 [13] 邓良伟, 陈子爱, 袁心飞, 等. 规模化猪场粪污处理工程模式与技术定位[J]. 养猪 2008(6): 21-24.
 [14] 胡启春, 宋立. 奶牛养殖场粪污处理沼气工程技术与模式[J]. 中国沼气 2005, 23(4): 22-25.
 [15] Tokos H, Pintaric Z N. An Evaluation of Optimal Biogas Plant Configurations in Germany [J]. Waste Biomass Valorization 2014, 5(5): 743-758.
 [16] 林鸿雁, 叶美锋, 吴飞龙, 等. 沼液的综合利用现状综述[J]. 福建农业科技 2012(1): 75-77.
 [17] Fujino J, Morita A, Matsuoka Y, et al. Vision for utilization of livestock residue as bioenergy resource in Japan. [J]. Biomass Bioenergy 2005, 29(5): 367-374.
 [18] 姜文腾, 林聪. 大中型沼气工程厌氧残留物综合利用探究[J]. 猪业科学 2008, 25(4): 84-87.
 [19] 葛昕, 李布青, 丁叶强, 等. 沼液利用现状和潜在风险分析[J]. 安徽农业科学 2012(30): 14897-14898.
 [20] 马京军, 黄岩, 高莉. 北方地区大中型沼气工程运行效益评价—以宁夏青铜峡市 600m³~3 沼气工程为例[J]. 中国沼气, 2015, 33(6): 79-83.
 [21] 李长安, 王德刚, 李小龙. 规模化养猪场沼气工程成本效益典型案例研究[J]. 浙江农业科学 2013, 1(12): 1679-1682.
 [22] 杨小芳, 伏健, 董琦, 等. 奶牛场粪便处理技术研究进展[J]. 湖南畜牧兽医 2012(6): 1-4.