

畜禽污染防治工程典型模式效益分析

纪玉琨^{1,2} 宋英豪^{3*} 薛念涛²

(1. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083; 2. 清华大学环境学院, 北京 100084; 3. 北京化工大学, 北京 100084)

摘要 案例分析能源生态型沼气工程、能源环保型沼气工程和发酵床技术的工艺类型, 比较3种工程的经济效益、技术效益和环境效益。沼气工程前期投资大, 但大型能源生态型沼气工程可以通过丰富再生能源获得收益, 能源环保型沼气工程相对于能源生态型沼气工程投资大、收益小。发酵床技术可以实现畜禽粪便“零排放”, 但菌剂费用造成高额运行费用。建议加强大型生态型沼气工程发展, 增强发酵床菌剂的研究以降低发酵床运行成本, 推动有机肥市场的有效运行。

关键词 沼气工程; 能源生态型; 能源环保型; 发酵床

中图分类号 S216.3 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2012)11-06756-04

Analysis on Canonical Schema of Environmental Pollution Control from Stockbreeding

JI Yu-kun et al (Civil & Environment Engineer School, Beijing University of Science & Technology, Beijing 100083)

Abstract The process types of energy ecological biogas project, energy environmental protection biogas project and fermentation bed were analyzed with cases. The economic benefit, technical feedback and environmental benefits of three projects were compared. The investment of biogas project was big, but large-scale energy ecological biogas project can earn profit through renewable sources of energy, the energy environmental protection biogas project had more investment and less benefit than ecological one. Fermentation bed can realize “zero release”, but cost on fungicides make high operating cost. It was suggested that strengthen the engineering development of large-scale energy ecological biogas project, enhance the studying of fungicides in order to reduce operating cost of fermentation bed and push forward the marketable of organic fertilizer.

Key words Biogas project; Energy ecotype; Energy environmental protection type; Fermentation bed

我国畜禽养殖业已成为农村经济中最活跃的增长点和主要的支柱产业, 但是养殖业在带来良好经济效益的同时也带来了环境问题^[1]。2008年, 全国畜禽养殖业粪便年产生量为14.06亿t, 是当年全国工业废物排放量的17.98倍^[2-3], 化学需氧量排放量为1941.8万t, 是工业废水COD排放量的4.24倍。畜禽养殖业的化学需氧量、总氮和总磷分别占农业源的96%、38%和56%^[4], 畜禽粪便污染已成为农村主要污染源^[5]。

畜禽污染的日益严重促使畜禽污染防治工程逐渐发展起来, 其中沼气工程以其节能减排的特性在政府的大力推动和支持下迅速壮大, 其工艺流程有两种模式“能源生态型”和“能源环保型”^[6]。2004~2008年期间, 环保部资助了60家畜禽企业建设污染防治工程, 其中沼气工程项目55项, 占总数的92%。发酵床技术是近几年从日本、韩国引入的新型

畜禽污染防治技术, 以实现污染物的“零排放”受到广泛关注^[7]。为了解能源生态型沼气工程、能源环保型沼气工程和生物发酵舍养猪项目3类畜禽污染防治工程的实际应用效果, 通过现场调研、监测等方法, 对其技术效益、经济效益、环境效益横向比较, 探讨3项技术中的各种优势和不足, 为畜禽污染防治应用提供参考。

1 工程示范点介绍

1.1 能源生态型沼气工程 北京德青源农业科技股份有限公司于2007年建设了日处理量为530t鸡粪污水的能源生态型沼气工程(图1)。工程建设4座3000m³厌氧罐, 年产沼气体积700万m³, 所产沼气全部用于并网发电, 年发电量约1729万kW·h/年, 同时产生液态有机肥12.994万t, 固态有机肥3.796万t, 产生的热能除自身的消耗外, 其余部分输出利用。



图1 北京德青源农业科技股份有限公司能源生态型沼气工程

1.2 能源环保型沼气工程 福建丰泽农牧科技开发有限

基金项目 环保部规划院科技计划项目(2010A038)。

作者简介 纪玉琨(1971-)女, 河北廊坊人, 高级工程师, 博士, 从事环境工程污染防治技术后评估研究, E-mail: jyk0725@163.com。

* 通讯作者 副研究员, 从事水污染治理研究, E-mail: song_yh@263.com。

收稿日期 2012-01-19

公司投资35.89万元, 建成能源环保型沼气工程——厌氧+好氧技术, 产生能源的同时, 实现污水的达标排放(图2)。厌氧部分采用红泥塑料厌氧生物滤床工艺, 拱顶采用1.8mm红泥塑料覆皮, 污水达标排放, 同时年产沼气体积38000m³, 有机肥500t。



图 2 丰泽农牧科技开发有限公司能源环保型沼气工程

1.3 发酵床技术 福建省莆田市优利可农牧发展有限公司 2005 年 4 月改建约 80 m² 生物发酵舍零排放猪舍; 2005 年 11 月再次改建, 建设保育猪舍约 200 m²; 2006 年 5 月至 2008 年 3 月再次扩、改建约 4 000 m², 先后累计建设生物发

酵床零排放猪舍约 7 000 m²。第一批投入饲养生猪 78 头后, 截至目前, 用该技术养猪存栏达 5 000 头, 先后出栏生猪超过 3 万头。



图 3 优利可农牧发展有限公司发酵床技术猪舍

2 工程比较

2.1 工艺类型分析

2.1.1 能源生态型沼气工程。德青源能源生态型沼气工程需将全部鸡粪、冲洗水一起混合均匀后进入厌氧罐进行

厌氧发酵处理, 其废水中含固量很高, 因此, 选取升流式厌氧固体反应器(USR), 同时底部配置搅拌机进行间歇混合搅拌, 该工艺方式为 USR-PM。工艺流程见图 4。沼气工程工艺参数见表 1。福建丰泽沼气工程工艺参数见表 2。

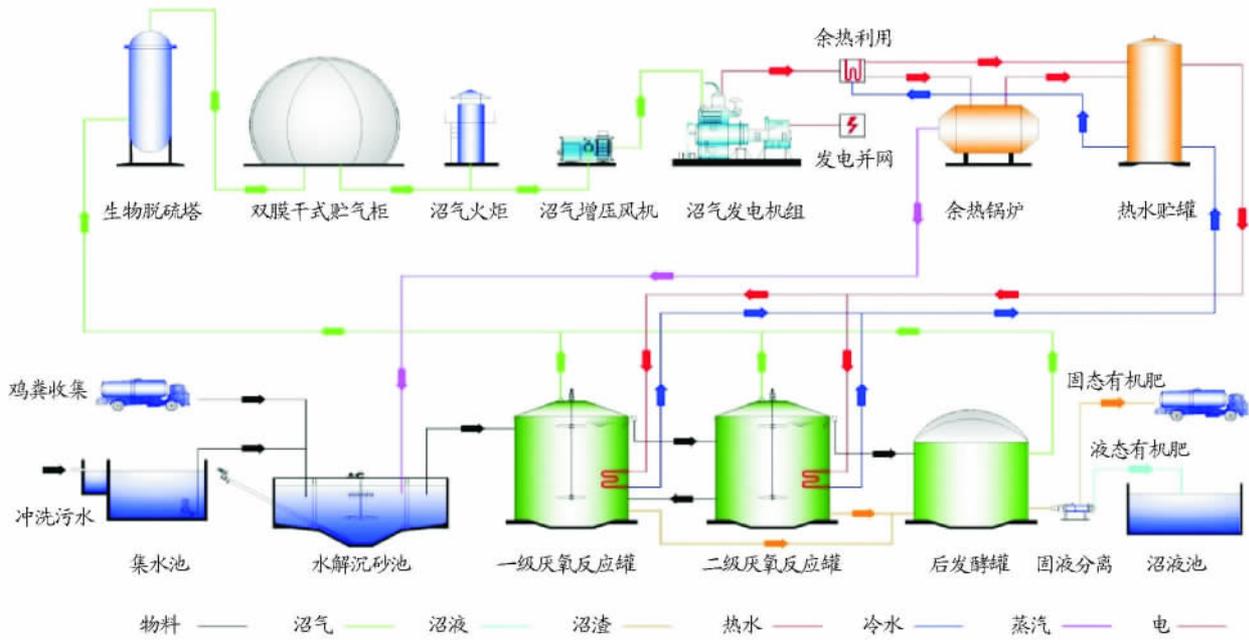


图 4 德青源能源生态型沼气工程工艺流程

表 1 德青源大型沼气工程厌氧消化工艺参数

参数	数值	参数	数值
温度//℃	35~38	COD _{cr} 容积	6.6
进料浓度//%	12	负荷//kg COD/m ³ ·d	
有效池容//m ³	4×2 649	COD _{cr} 去除率//%	85
有效水深//m	15	池容产气率	2.23
停留时间//d	22	m ³ /(m ³ ·d)	
		日产沼气量//m ³	23 700

2.1.2 能源环保型沼气工程。福建丰泽能源环保型沼气

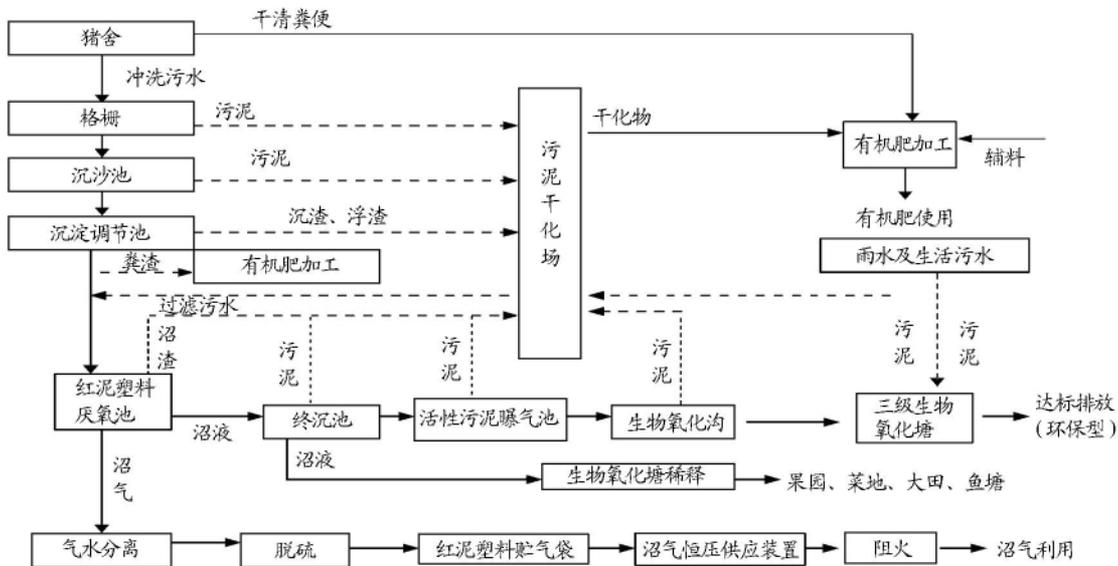


图 5 福建丰泽能源环保型沼气工程工艺流程

表 2 红泥塑料厌氧-好氧消化系统工艺参数

系统	工艺类型	温度//℃	进料浓度//%	池容//m ³	污水停留时间//d	COD 去除率//%	日产沼气//m ³
厌氧系统	CSTR	20	1.2~1.5	740	7.8	75	400
好氧系统	生态氧化沟	常温		200	≥3	40~55	-
	氧化塘	常温		1 200	20~30		-

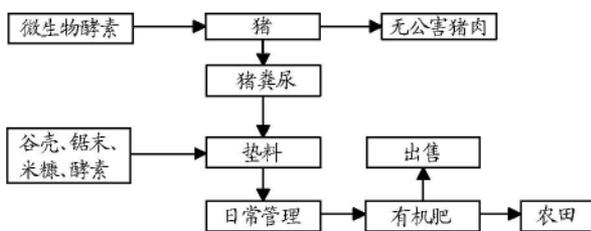


图 6 洛东生物发酵床养猪技术工艺流程

100 cm),使垫料形成以有益菌为强势菌的生物发酵垫料,生物发酵垫料中的有益菌以生猪粪尿为营养保持运行,调整养殖密度,使生猪粪尿得到充分分解,其水分大部分被蒸发,达到猪舍无臭、无排放的环保要求。猪舍垫料一次投入,可连续使用3年不用更换。

洛东饲料添加剂中含有的纳豆芽孢杆菌及酵母菌进入猪的肠道内会产生代谢物质和淀粉酶、蛋白酶、纤维酶等,消耗掉肠道内的氧气,改善生猪肠道的微生态平衡,增强抗病能力,提高对饲料的吸收率,减少生猪粪尿的臭味。

发酵床技术工艺参数中养殖密度平均 1.5 m²/头,

工程采用的“三段式猪粪尿处理工艺”,即前处理、红泥塑料厌氧处理、SBR 好氧处理、氧化沟、生化稳定塘工艺,生物氧化沟污水停留时间设计 2 d,生物氧化塘利用山体自然条件,采用好氧塘、兼氧塘、稳定塘三级串联运行,污水停留时间 20~30 d,占地约 1 200 m²。工艺流程如图 5 所示。

2.1.3 发酵床技术。优利可农牧发展有限公司采用洛东发酵床技术(图6),将饲料添加剂、锯木屑、谷壳、米糠、生猪粪按一定比例掺拌并调整水分堆积发酵,铺垫猪舍(40~

湿度 45%~50%,温度表层为 20℃,底层为 40℃,定时翻动,保证垫料与畜禽粪尿混合均匀,必要时可借助机械翻动。

2.2 技术效益 充分掌握工程技术特点是选择正确畜禽粪污处理工艺的关键,也是保证工程长久、稳定、高效的保证,将 3 种处理工程的原材料、进料浓度及产生再生能源情况进行分析对比,结果见表 3。

表 3 3 种处理工程技术比较分析

工艺类型	原料种类	进料浓度//%	池容产气率 m ³ /(m ³ ·d)	产生的二次资源
能源生态型沼气工程	高浓度畜禽污水	12	2.23	电力、沼液、沼渣
能源环保型沼气工程	干湿分离后低浓度污水	1.2~1.5	0.54	沼液、沼渣
发酵床技术	畜禽粪尿原液	30	-	废弃垫料

能源生态型沼气工程以高浓度畜禽污水为原料,以消化畜禽粪便的同时产生再生能源为目的,畜禽粪尿同时进入厌氧罐发酵,池容产气率远远高于环保型沼气工程;能源

环保型沼气工程以达标排放为最终处理目的,要尽量降低初始污水浓度,通过干湿分离将粪便和其他固体物质分离,池容产气率相应降低,产沼能力小;发酵床工程与沼气工程相比最大的优势是实现了畜禽粪尿的全消化,工艺简单,节省水、电消耗,除垫料废弃后可作为有机肥出售外没有其他再生能源产生。

2.3 经济效益 畜禽养殖业属于高风险、低收益行业,投资额及是否有收益在畜禽企业选择污染防治工程时起到关键作用,对3种工程从经济角度入手,了解不同工艺工程投资情况、日常运行费用的多少,是否能产生效益,以减少投资压力。

沼气工程投资包括土建和设备投资两部分,运行费用包含水电及人工费用,工程产生的再生能源可以减少投资成本,德青源沼气工程沼气全部用于上网发电,产出的沼液、沼渣作为肥料出售,输出热能冬季用于厌氧消化罐的保温、增温和沼气储柜的保温,剩余热量供应周围蔬菜大棚取暖,夏季作为空调的能源为厂区制冷。沼气上网发电电价按0.75元/(kW·h)计算(包含国家对于沼气发电上网给予每度0.25元的补贴),热能收益是将输出热能换算为标准煤,冬季(120d)相当于9.89t煤/d的热能输出;其他季节相当于12.87t煤/d的热能输出。固态沼渣销售价格按

20元/t计算,液态沼液销售价格按1元/t计算。福建丰泽沼气工程沼气用于生活燃料和猪舍保温、有机肥用于自家农田肥料,在此参照德青源再生能源价格计算经济效益。

发酵床技术投资只计算垫料和菌剂费用,不包含猪舍建设费用,日常费用除日常人工费用外,有猪食用菌剂的费用,发酵床技术除垫料废弃后可作为有机肥销售外不产生再生能源(因废弃垫料中有机质含量达到国家有机肥标准,所以按有机肥销售价格600元/t进行收益计算)。发酵床养殖与传统养殖方式相比,可以减少水电、人工费用,因此将这部分节约的费用计入经济收益。

畜禽污染防治工程属于公益性环保事业,以解决环境问题为目的,而不是产生经济效益。根据环保部《排污费征收使用管理条例》规定“排放污染物超过国家或者地方规定的排放标准的,应在该种污染物排污费收费额基础上加1倍征收超标排污费。”畜禽污染防治工程建设的主要目的是解决企业环境污染,减少污染物排放,因此,将实现达标排放或不排放后,减少的超标部分排污费作为工程收益[按照《排污费征收标准管理办法》中畜禽养殖业排污费征收办法,每一污染当量征收标准为0.7元/(头·月)计算]。经济收益比较见表4。

表4 3种工程投资收益分析

处理模式	养殖规模 (存栏量)	投资 万元	运行成本 万元/年	产生收益 万元/年	排污费减 免收益//万元	投资利 润率//%	投资回 收期//年
能源生态型沼气工程	280万羽鸡	3 447.98	336.64	1 805.8	180	45	2.3
能源环保型沼气工程	5000头猪	35.89	7.76	4.04	4.20	23	4.36
工程发酵床	1000头猪	5	13.17	前两年为 10.779,第3年 为35.993	0.84	120(3年)	3

比较发现,能源生态型沼气工程产生的再生能源多,收益要远远高于其余2个工程,投资回收期短,投资利润率高;能源环保型沼气工程在厌氧发酵后增加好氧处理设施,以实现达标排放,投资额比生态型沼气工程高,同时沼气产量小,每年的运行成本高于产生的收益,不产生利润;发酵床工程没有土建部分投资,初期投资小,但用于购买菌剂的费用高,抬高了日常运行费用,收益无法抵消运行费用,废弃垫料作为有机肥销售后,销售价格高,可以抵消前两年的运行成本,产生投资利润。

2.4 环境效益 污染物处理效率是反映畜禽污染防治工程效果的关键。沼气工程处理粪污,最终产物是沼液和沼渣,沼渣可以作为肥料,环保型沼气工程沼液经处理达标排

放,因此,对沼气工程的监测以污水为主;发酵床处理粪污后没有废物产出。监测项目包括厂区大气臭气浓度和氨(NH₃-N)以及垫料有机质含量。监测结果见表5~6。

由监测结果可以看出,两类沼气工程处理污染物效率都达到90%以上,但生态型沼气工程中污水由于含有粪便,COD、SS等污染物浓度远高于环保型沼气工程污水进水水质,虽然经厌氧发酵后,也无法实现达标排放;环保型沼气工程进水水质污染物浓度相对较低,经好氧处理后,污水水质达到《畜禽养殖业污染物排放标准》。

发酵床菌剂可以有效分解畜禽粪便中的有机物质,减少氨气的产生(浓度为0.35mg/m³),有效解决了养殖场臭气问题,避免了蚊蝇滋生,达到了达标排放水平。

表5 能源生态型、能源环保型沼气工程水质监测结果

单位	项目	TS//%	COD//mg/L	BOD//mg/L	SS//mg/L	pH	NH ₃ -N//mg/L
德青源	进水指标	12.00	109 935	58 667	90 667	6.8~7.2	
	出水指标	1.23	6 596	2 933	6347	6.5~7.5	
	去除率	89.75	94	95	93		
福建丰泽	进水水质		15 000		12 000	7.54	500
	出水指标		287		191	7.42	40
	去除率		98		98.4		92
	排放标准		400	150	200		80

(下转第6791页)

通过合作社促进农民个人能力的提升,如加大资金支持,设立创新奖项等;合作社本身应该规范其运作流程,不仅要关注合作社成员的收益,也应该关心合作社成员本身各方面素质的提高,让成员在学习中成长,如要求定期或不定期地学习,交流经验,加强民主建设,倡导公平交流等。

参考文献

- [1] 王云飞,李远行.农民能力发挥制约因素研究[J].山东农业大学学报:社会科学版,2011(1):30-34.
 [2] 苑鹏.中国农村市场化进程中的农民合作组织研究[J].中国社会科学,2001(6):63-73.
 [3] 吴超群,贾宪威.影响农户与农民专业合作社稳定关系的因素关系[J].安徽农业科学,2010,38(19):10338-10340.

- [4] 张芳.新型农民能力建设研究[D].长沙:湖南师范大学,2008.
 [5] 中央农村工作会议昨闭幕 一号文件锁定农业科技[EB/OL].http://finance.people.com.cn/stock/GB/16747805.html.
 [6] VERAPATTANANIRUND P. Empowerment of the farmers [C]//Abstract of International Training Workshop on Applying Information Technology for Site-Specific Agriculture in Small Farms of the Tropics. Bangkok, Thailand: Kasetsart University, 2003.
 [7] SNAPP S S, BLACKIE M J, DONOVAN C. Realigning research and extension to focus on farmers' constraints and opportunities [J]. Food Policy, 2003, 28: 349-363.
 [8] ROLING N G, HOUNKONNOU D, OFFEI S K et al. Linking science and farmers' innovative capacity: diagnostic studies from Ghana and Benin [J]. NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences, 2004, 52(3/4): 211-235.

(上接第 6759 页)

表 6 优利可农牧发展有限公司垫料监测结果

项目	有机质 mg/kg	全氮 %	全磷 %	全钾 %	总养分 %
评价标准	≥30	/	/	/	≥4.0
1 年垫料	61.1	1.23	0.52	0.83	2.58
3 年垫料	42.5	1.36	0.73	1.06	3.15
项目	pH	速效氮 mg/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/kg	水分 %
评价标准	5.5~8.0	/	/	/	≤20
1 年垫料	6.78	632	710	4.68	55.32
3 年垫料	5.89	548	1345	8.87	34.77

发酵床垫料中富含粪便分解后的有机质,尤其是 3 年垫料,除水分高外,符合有机肥标准要求,垫料晾晒到水分低于 20% 后完全可以作为有机肥出售。

3 结论与建议

3.1 加大对畜禽污染防治工程扶持力度 通过经济效益分析发现,除大型能源生态型沼气工程具有利润空间外,其他工艺都属于亏损型工程项目,要保证这些工程的有效运行,除通过畜禽污染专项资金补贴工程建设费用外,建议增加对运行费持续性补贴或增加融资渠道等途径,以减少企业的负担,保障工程的正常运转。

3.2 加强大型、超大型能源生态型沼气工程建设 减少中小型沼气工程建设 沼气工程工艺复杂,一次性投资较大,甚至比养殖场自身建设的投资还大^[8],但当工程达到一定规模后,产生的稳定再生能源有很高的经济效益,可以抵消初期投资成本并维持日常运行费用。而中小型或环保型沼气工程,尤其是能源环保型沼气工程,前期投资大的同时再生能源产量低而且不稳定,沼气只能自用,多余的直接放掉造成二次污染,获得的利润不如直接出售粪肥高^[9],造成工程不正常使用。

3.3 研制低成本发酵床菌剂 发酵床初期投资少且可以实现污染物“零排放”,但目前发酵床技术的推广还仅限于生产菌种的企业^[10],菌剂成为盈利手段,造成菌种价格高居不下,发酵床运行费用额度远高于垫料本身费用,因此,急需加大研发发酵床菌剂的科研工作力度,研发低成本、高效率菌剂,降低发酵床运行成本,为发酵床进一步推广提供有效途径。

3.4 健全有机肥市场建设 有机肥是沼气工程和发酵床工程主要产品,有机肥市场的健康运行关系到两项工程效益。目前有机肥市场波动大,没有形成规模,应用面小^[11]。建议健全有机肥生产、管理和产品质量标准,规范有机肥市场,推动有机肥产业化进程,采取有机肥经济补贴等方法增加有机肥市场竞争力,鼓励有机肥的购买和使用。

参考文献

- [1] 唐兆民.我国农村畜禽养殖对环境污染现状与防治的研究[J].环境科技,2011(51):130-133.
 [2] 环境保护部国家统计局.中国环境统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2010.
 [3] 中国畜牧业年鉴编辑委员会.中国畜牧业统计年鉴[M].北京:中国农业出版社,2010.
 [4] 国家环境保护总局.全国规模化畜禽养殖业污染情况调查技术报告[M].北京:环境科学出版社,2001.
 [5] XIAO Q, DING YF, JIN W. Feasibility analysis and practice research of resource utilization of waste from planting and breeding industry [J]. Meteorological and Environmental Research, 2010, 1(11): 73-75.
 [6] 周孟津, 蔺金印, 张定友. 畜禽粪便沼气工程技术进步与存在问题[J]. 阳光能源, 2010(3): 45-46.
 [7] 邢艳君. 我国各地生物发酵床猪舍的不同设计要求[J]. 养殖技术顾问, 2010(4): 13.
 [8] 刘明和, 柳敦发. 沼气工程在畜禽场应用及其经济效益评价[J]. 养殖技术顾问, 2010(8): 21.
 [9] 戴旭明. 应用沼气工艺处理畜禽养殖污染的局限性[J]. 浙江畜牧兽医, 2005(4): 8.
 [10] 黄献超, 张秉慧. 影响生物发酵床养猪技术推广的因素及对策[J]. 河南畜牧兽医: 综合版, 2010(5): 42.
 [11] 李景明, 孙玉芳. 大中型畜禽养殖场沼气工程发展的障碍因素分析[J]. 农业工程科学, 2003, 19(21): 163-167.