

# 规模化沼气工程沼液综合处理与利用的研究进展

陈超<sup>1</sup>, 阮志勇<sup>2</sup>, 吴进<sup>3</sup>, 高立洪<sup>4</sup>, 宋金龙<sup>2</sup>, 王彦伟<sup>2</sup>, 徐彦胜<sup>3</sup>, 韦秀丽<sup>4</sup>, 徐凤花<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 3. 农业部沼气科学研究所, 四川 成都 610041; 4. 重庆市农业科学院农业工程研究所, 重庆 401329)

**摘要:** 沼气工程作为一项利国利民的事业得到迅速发展, 其发酵后的沼液产量巨大, 如果得不到合理的处理和利用, 不仅制约沼气工程的发展, 还会造成二次污染。但沼液中含有大量营养物质和微生物, 具有促进作物生长和控制病害发生的双重作用, 沼液利用是循环农业产业链中的一个重要环节, 我国学者就此问题展开了多方面的研究, 近年来对沼液中的微生物组成研究及功能微生物的挖掘为我们研究利用沼液提供了新的思路。

**关键词:** 规模化沼气工程; 沼液; 利用; 处理; 微生物资源

**中图分类号:** S216.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1166(2013)01-0025-05

**Research Progress on the Comprehensive Disposal and Utilization of Biogas Slurry from Large Scale Biogas Engineering / CHEN Chao<sup>1</sup>, RUAN Zhi-yong<sup>2</sup>, WU Jin<sup>3</sup>, GAO Li-hong<sup>4</sup>, SONG Jin-long<sup>2</sup>, WANG Yan-wei<sup>2</sup>, XU Yan-sheng<sup>3</sup>, WEI Xiu-li<sup>4</sup>, XU Feng-hua<sup>1</sup> / (1. Resources and Environmental College Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Key Laboratory of Microbial Resources, Ministry of Agriculture; Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China; 3. Biogas Institute of Ministry of Agriculture, Chengdu 610041, China; 4. Chongqing Academic of Agricultural Sciences, Chongqing 401329, China)**

**Abstract:** Large scale biogas engineering has obtained a rapid development in recent years in China as it is a cause benefiting the country and the people. However it also produces a large amount of biogas slurry, which will restrict its development and cause the second pollution if the slurry can't be treated reasonably. Biogas slurry contains a large quantity of organic matters and a large number of microorganisms with the functions as biopesticide and biofertilizer. The disposal and utilization of biogas slurry play a key role in the sustainable agriculture, so researchers in China have carried out a lot of study on the techniques to deal with it. In the last few years, the research on microbial community and functional microbe in biogas slurry provides a new thought to study the utilization of biogas slurry.

**Key words:** large scale biogas engineering; utilization; disposal; biogas slurry; microbial resources

## 1 引言

我国面临着能源短缺和环境污染的两大问题, 近年来, 沼气工程作为既可以缓解能源短缺, 还能消纳农村废弃物的利国利民的大事业, 得到了国家的大力支持, 其中规模化沼气工程建设得到了迅速发展, 截至 2011 年, 全国大中型沼气工程已有 73032 处。沼气工程带来了大量的生物能源, 减少了农用废弃物, 增加了经济效益, 但与此同时, 会产生大量沼液, 沼液是沼气发酵后的产物, 产量巨大, 如果得

不到合理的处理, 不仅浪费了其中的资源, 还很容易造成环境的二次污染。目前国内相继出现了多种沼液处置方式与技术, 包括低成本的资源性利用、低成本的自然生态净化、高成本的工厂化处理和高附加值的开发性处理等四类。第一类是粗放型地对沼液直接作为液体肥料进行利用, 而后三类则是利用现代工程技术, 对沼液进行复杂的处理, 或达标后排放, 或选择性地对其中的营养物质进行利用。近年来, 随着对沼液中微生物组成和功能微生物资源挖掘研究的深入, 大量沼液来源的微生物被发掘出来, 这些菌株的初步功能分析的结果表明, 此类资源具

收稿日期: 2012-12-27

项目来源: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项奖金项目(202-37); “十二五”农村领域国家科技计划课题(2011BAD11B05); 现代牧业(集团公司)攻关项目(MF20100518); 国家科技支撑计划(2010BAD03B01)

作者简介: 陈超(1986-), 女, 硕士, 研究方向为农业微生物资源肥料化利用研究。

通信作者: 徐凤花, E-mail: xfh00001@126.com

有良好的农业产业应用前景,也为沼液的综合利用提供了新的思路。

## 2 我国沼液的理化特性和生物学特性

沼液是沼气发酵后的产物,含水率高达90%以上,由于沼气工程设计目标侧重点不同,且原料与处理工艺各异,不同处理方式、饲料种类以及不同沼气发酵工艺对发酵沼液养分特征有很大的影响<sup>[1]</sup>。鸡粪、牛粪、猪粪三种不同原料的沼肥中,牛粪沼肥养分含量最高,鸡粪最低<sup>[2]</sup>。牛场沼液中总氮集中在200~400 mg·L<sup>-1</sup>范围内,其中铵态氮占总氮量的70%以上;总磷分别集中在300 mg·L<sup>-1</sup>以上,可溶性磷含量变异较大;总钾集中在500 mg·L<sup>-1</sup>以上<sup>[3]</sup>。沼液中除含有丰富的氮、磷、钾外还含有铁、铜、锰等微量元素,而且这些物质大部分以可溶状态存在于沼液中。作物利用率高,吸收和利用迅速,沼液的施用不但能提高作物的产量和品质,而且具有防病抗逆作用,因此沼液是一种优质的有机液体肥原料<sup>[4]</sup>。沼气工程沼液的pH值大部分为中性到微碱性<sup>[5]</sup>,但沼液中含有大量的微生物,其中也包括有害微生物。路振香等<sup>[6]</sup>人研究表明沼液中的可培养细菌含量在10<sup>5</sup>~10<sup>6</sup> cfu·mL<sup>-1</sup>之间,其中的革兰氏阴性菌多于革兰氏阳性菌,杆菌多于其他形态的菌。叶小梅<sup>[7]</sup>等发现江苏省大中型沼气工程大肠菌群的数超过了1000 cfu·mL<sup>-1</sup>,沼液中重金属含量是人们普遍关注的问题,段然等<sup>[8]</sup>对沼液中多种重金属含量进行了测定,其中Cu、Zn含量较高。长期施用后,土壤中Cu、Zn含量显著高于对照土壤,但均未超出国家土壤安全标准。

## 3 沼液处理研究与应用现状

由于沼液产量巨大,如得不到妥善处理,必然影响沼气工程的发展,因此我国学者对沼液的处理与应用展开了多方面的研究,包括以利用为目的的低成本的资源性利用、以达标排放为目的的低成本的自然生态净化和高成本的工厂化处理,还有兼具利用和处理的高附加值的开发性处理等四类,目前针对沼液的特殊环境及其多元化功能,还有学者提出对沼液中微生物资源进行挖掘。

## 4 沼液的综合处理

沼液中丰富的营养物质和病原微生物会造成环境的二次污染,因此要将沼液经过充分处理方能安全排放,目前我国学者对沼液的处理主要集中在低成本的自然生态净化、高成本的工厂化处理和附加值的开发性处理等三个方面。

### 4.1 低成本的自然生态净化

低成本的自然生态净化主要是利用氧化塘及土

地处理系统或人工湿地的植物、微生物净化沼液中的污染物。朱凤香、王卫平等<sup>[20-21]</sup>利用人工湿地栽种水生作物对沼液进行无害化消解,经研究发现沼液经过7 d时间消解净化就可符合国家GB18596-2001《畜禽养殖业污染物排放标准》要求。氧化塘、人工湿地等自然处理具有能耗少,运行费用低,管理方便等优点,能有效去除有机污染物、病菌和病毒,同时通过种植水生植物、养鸭和鱼虾贝类等实现污水资源化,而且可以连续处理沼液,相对低成本的资源性利用来说具有处理量大等优点,但是生物生长代谢受温度影响很大,人工湿地的在冬季处理效果较差<sup>[22]</sup>,净化负荷低、普遍存在淤积问题等。人工湿地占地面积大,在土地稀缺的地方,难以实际应用。

### 4.2 高成本的工厂化处理

高成本的工厂化处理主要是利用人工构筑设施,采取高能耗的强化措施,降解沼液中大量的有机物,同时脱氮除磷,使出水达标排放。其核心工艺是好氧生物,目前我国学者主要研究热点集中在好氧生物降解的不同工艺上。根据工艺不同分为序批式反应器SBR、物化-序批式生物膜(SBBR)工艺、膜生物反应器MBR。邓良伟等<sup>[23]</sup>采用序批式反应器(SBR)处理猪场厌氧消化液,由于经厌氧消化后,污水的可生化性变差,C/N比不足,因此,采用SBR工艺直接处理厌氧消化液效果不理想,为解决上述问题,可以将猪场原水添入沼液中,调节碳氮比,补充碱度,维持pH<sup>[24]</sup>。试验证明当原水比例为30%时,去除效果最好,且运行稳定,处理水可达标排放。李正山<sup>[25]</sup>通过对猪场废水厌氧消化液后处理工艺条件优化调控,建立配水-亚硝化-反亚硝化-SBR处理猪场废水厌氧消化液的新工艺,降低生物脱氮所需的C/N比,解决高氨氮低碳源猪场废水厌氧消化液后处理的难题。序批式生物膜(SBBR)工艺是以YDT弹性立体材料在SBR中挂膜,形成SBBR。膜生物反应器(MBR)处理猪场污水厌氧消化液,生物反应器分为间歇曝气区和膜分离区,COD去除率可以稳定在76%左右,MBR具有污泥浓度高,抗冲击负荷能力强,运行出水稳定等特点。好氧处理法具有处理能力强、适应性广等优点。但其工艺构筑物复杂、机械设备多、维护工作量大、投资大、能耗高、运行维护费用高,规模小的养殖场难以承受,与我国经济发展水平不相适应。

### 4.3 高附加值的开发性处理

高附加值的开发性处理是将达标处理与资源利用耦合,在处理大中型沼气工程沼液的同时,通过工程技术措施,回收一定资源,获得高附加值的经济效益,用于弥补沼液处理所产生的能耗与物耗。高附加值的开发性处理主要是通过沉降或者浓缩手段将

沼液中的营养物质回收后再利用。梁康强<sup>[26]</sup>建立的反渗透系统对沼液进行浓缩是可行的,比较原始沼液,所产透过液中氨氮, COD 和电导率的去除率高达 90% 以上,可满足沼气工程工艺前端调浆要求,同时浓缩沼液体积约为原液的 20% ~ 25%,沼液中营养物质浓度提高 4 ~ 5 倍,可回用于农业种植,实现了沼液的高值利用。杨明珍<sup>[27]</sup>利用鸟粪石沉淀法去除和回收沼液中的 N, P 具有较好的效果,她研究发现经过鸟粪石沉淀后沼液中的 N, P 下降到原来的 10% 左右。回收的鸟粪石沉淀可以作为缓释肥料还田,具有较好的发展前景。

## 5 沼液的直接应用

沼液作为沼气发酵后的产物,其产量是巨大的,因此它的贮存和运输需要较大的空间,如果能就地消纳将能解决运输困难,并降低贮存和运输的成本,低成本的资源性利用就是基于这样的条件而发展开来的,低成本的资源性利用主要包括直接归田、沼液浸种、防治病虫害、无土栽培基液等,目前关于这方面的研究较多,也较为成熟。

沼液直接归田主要是沼液作为基肥或者追肥、叶面肥施用,由于沼液中含有 90% 以上的水分,因此沼液的使用不仅可以为作物提供营养物质,还可以减少农田灌溉水的用量。

国内研究主要包括分析施用沼液后作物的增产、品质提高状况、土壤的理化性质、防治病虫害及污染物质的含量,研究的作物比较广泛,包括大田作物、蔬菜、果树、花卉、象草等;还包括寻找沼液施用的最佳方式,包括沼液与钾肥<sup>[9]</sup>、氮肥<sup>[10]</sup>、微生物菌剂<sup>[11]</sup>、营养液等配合施用以及沼液作为基肥或者追肥的最佳施用时机及方式。陈永杏<sup>[12]</sup>研究发现沼液的施用可以减少化肥施用量,提高作物的品质;很多学者研究发现单独施用沼液对农作物有增产和提质作用,但是效果较差,冯伟等和李丙智等发现沼液与化肥配合施用要优于单独施用沼液或者化肥,沼液与化肥配施不仅可以大大提高土壤的肥力,而且还可显著增加根际土壤微生物数量。

沼液浸种一般会加部分清水,如果全部用沼液浸种反而会抑制发芽,李彧<sup>[13]</sup>研究发现高浓度沼液对西瓜种子发芽有抑制作用,低浓度沼液对西瓜种子发芽及生长均有促进作用,而且沼液浸种后会提高作物的抗逆性,沼液对病虫害的防治是在研究沼液增产过程中伴随而发生的,起初沼液的生防作用并没有被注意,目前沼液的生防作用也成为了沼液利用的一个研究热点。尚斌、陶秀萍等<sup>[14-15]</sup>发现沼液对多种病原真菌均表现出较强的抑制作用,马艳等<sup>[16]</sup>认为沼液中的拮抗微生物是沼液抑菌防病的

主要因子。

沼液作为营养液基液,通过稀释或者添加其他营养物质而作为培养基。王翠<sup>[17]</sup>研究发现小球藻在 25% ~ 100% 浓度的沼液中均能很好地生长,其中 50% 浓度沼液培养基培养小球藻得到的油脂含量最高。黄栋栋将沼液作为营养液基液配入尿素、磷酸二氢钾等营养物质种植小白菜,发现小白菜产量比单纯施用化学营养液的产量高,小白菜品质还有提高。沼液中重金属含量是人们普遍关注的问题,黄栋栋将沼液作为营养液基液, Fe, Zn, Cu, Mn 含量显著提高,而 Cd, As 含量则显著低于绿色食品绿叶类蔬菜重金属含量的国家标准限值,张进<sup>[18]</sup>研究发现沼液作基肥,追施复合肥明显促进了水稻分蘖和生长,而 Cu, Cd 含量没有显著变化。段然等对沼液中多种重金属含量进行了测定,其中 Cu, Zn 含量较高。连续施用后,沼土壤中 Cu, Zn 含量显著高于对照土壤,但未超出国家土壤安全标准。

低成本的资源性利用可以充分利用沼液中的营养物质,可以减少化肥的施用量,增加土壤肥力,改善土壤环境,而且不需要专人来管理,因此成本低廉。这种方式受作物生长期影响较大,作物施肥是非连续性的,而沼液的产生是连续性的。作物需要的肥量是一定的,施用过多会渗入地下进而污染地下水,有研究发现沼液农灌会增加土地 CO<sub>2</sub> 的排放量,增加温室效应<sup>[19]</sup>,而且农民对沼液的意愿并不强烈。虽然短期使用沼液,重金属不会超标,但是随着时间的延长,重金属积累,是否存在风险还有待进一步验证。

## 6 沼液中微生物组成的分析及功能微生物资源的挖掘

沼液是经过厌氧发酵后的消化物,其中高氨氮低碳源, C/N 比不足,可生化性差,这种特殊的生境中仍然存在大量的微生物<sup>[6]</sup>,不仅仅含有丰富的厌氧微生物,还含有大量的具有特殊功能的好氧微生物。何绍江等<sup>[28]</sup>从奶牛粪沼气池中分离得到三株产甲烷菌。王彦伟、王庆等<sup>[29-30]</sup>利用分子生物学方法对沼气池中产甲烷古菌群落进行了研究,结果发现沼气池中的产甲烷古菌非常种类丰富,而不同时期的产甲烷优势菌各异。宋金龙等<sup>[31]</sup>对沼气池中不同部位沼泥中的细菌和古菌群落进行了研究,结果表明沼泥中的细菌和古菌存在空间分布多样性的差异。游银伟<sup>[32]</sup>从沼液中分离得到一株酵母,对其分类地位进行了分析。陈超等<sup>[33]</sup>人发现沼液中含有大量的可培养细菌,其中许多细菌对不同的病原真菌有不同程度的拮抗作用,这与沼液具有防治病虫害的作用是密不可分的,同样也印证了马艳等<sup>[16]</sup>

人的试验结果。由此可见沼液中存在大量的功能微生物,这部分资源还有待我们来挖掘。

## 7 结语

发达国家对于沼液都是经过长期贮存后作为肥料在大田消纳;中国的沼气工程企业很少有足够的土地贮存和消纳沼液,如果随意排放,其高含量的有机物、氮、磷以及病原微生物进入环境,将会造成二次污染,沼液得不到有效的处理将严重制约沼气工程的发展。针对沼液的处理和应用途径,我国近几年的研究重点主要是以沼液直接归田的方式方法和除去其中的污染物进而达标排放。而将沼液作为一种资源,回收或转移其中的营养物质,使其循环利用,也是一种可行的沼液处理方法。沼液具有生防效果的机理还有待进一步探明,值得注意的是,沼液的特殊生境中存在很多具有拮抗、耐盐等特殊的微生物,目前我们对其认识还不是很充分,其中的功能微生物还有待进一步挖掘,或许其中的功能微生物会指引我们开发出一条沼液低成本资源化利用途径。在沼液处理的过程中,面临着诸多难题,如沼液中有有机物难于处理、可生化性能较差及碳氮比低等问题。因此,应加快科研的步伐,克服技术难题,防止环境污染,探索低运行成本的沼液资源化高效利用的方法。

## 参考文献:

- [1] 黄栋栋,王俞薇,王建波,陈魁,张进. 施用沼液对无土栽培小白菜产量及品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(4): 1782 - 1785.
- [2] 张进,等. 沼液对水稻生长产量及其重金属含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10): 2005 - 2006.
- [3] 靳红梅,常志州,叶小梅,马艳,朱瑾. 江苏省大型沼气工程沼液理化特性分析[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 291 - 296.
- [4] 宋灿辉. 厌氧消化残余物处置研究[D]. 武汉:华中科技大学硕士学位论文, 2007.
- [5] 吕锦萍,李俊杰,巴哈提古丽,李秀珍,艾力哈木. 博州地区沼气池沼液沼渣有机质及养分含量分析[J]. 中国沼气, 2008, 26(5): 28 - 29.
- [6] 路振香,王立克,王磊,张继平. 不同季节的沼液中细菌分离培养与含量分析[J]. 污染防治技术, 2009, 22(4): 19 - 20.
- [7] 叶小梅,常志州,钱玉婷,潘君才,朱瑾. 江苏省大中型沼气工程调查及沼液生物学特性研究[J]. 农业工程学报, 2012, 28(6): 222 - 227.
- [8] 段然. 沼肥肥力和施用后潜在污染风险研究与土壤安全性评价[D]. 兰州:兰州大学硕士学位论文, 2008.
- [9] 李丙智,王桂芳,秦晓飞,张林森,韩明玉,张黎. 沼液配施钾肥对果园土壤理化特性和微生物及果实品质影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(22): 4671 - 4677.
- [10] 冯伟,管涛,王晓宇,朱云集,郭天财. 沼液与化肥配施对冬小麦根际土壤微生物数量和酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(4): 1007 - 1012.
- [11] 彭智平,李文英,杨少海,黄继川,于俊红,杨林香,林志军. 微生物菌剂处理猪场沼液效果研究[J]. 中国农学通报, 2011, 27(01): 366 - 369.
- [12] 陈永杏,尚斌,董红敏,陶秀萍,朱志平. 猪粪发酵沼液对油菜品质的影响[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(3): 117 - 121.
- [13] 李彧,蒋芳玲,刘明池,武占会,季延海,吴震. 不同沼液浓度对番茄、西瓜种子萌发的影响[J]. 蔬菜, 2011, 7: 55 - 57.
- [14] 尚斌,陶秀萍,陈永杏,董红敏,黄宏坤. 牛场沼液对几种蔬菜病原菌抑制作用的研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(4): 753 - 760.
- [15] 陶秀萍,董红敏,尚斌,陈永杏,黄宏坤. 新鲜猪沼液和牛沼液对农作物病原真菌抑制作用的比较研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(7): 1443 - 1449.
- [16] 马艳,李海,常志州,徐跃定,张建英. 沼液对植物病害的防治效果及机理研究 I: 对植物病原真菌的抑制效果及抑菌机理初探[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(2): 366 - 374.
- [17] 王翠,李环,韦萍. 沼液培养小球藻生产油脂的研究[J]. 2010, 4(8): 1753 - 1758.
- [18] 张进,张妙仙,单胜道,骆林平,王敏艳. 沼液对水稻生长产量及其重金属含量的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10): 2005 - 2009.
- [19] Thomas Terhoeven - Urselmans, Edwin Schellerb, Markus Raubuch, Bernard Ludwig, Rainer Georg Joergensen. CO<sub>2</sub> evolution and N mineralization after biogas slurry application in the field and its yield effects on spring barley[J]. Applied Soil Ecology, 2009(42): 297 - 302.
- [20] 朱凤香,王卫平,陈晓阳,等. 利用人工湿地栽种水生作物对沼液进行无害化消解[J]. 浙江农业学报, 2011, 23(2): 364 - 368.
- [21] 王卫平,朱凤香,陈晓阳,薛智勇,洪春来,刘健. 沼液农灌对土壤质量和青菜产量品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2010, 2(1): 73 - 76.
- [22] 刘娜娜. 猪场废水厌氧消化液垂直流人工湿地处理系统的研究[D]. 四川:四川大学硕士学位论文, 2010.
- [23] 陈斌,张妙仙,单胜道. 沼液的生态处理研究进展[J]. 浙江农业科学, 2010, 4: 872 - 874.
- [24] 陈玉成,杨志敏,陈庆华,蒋小丽,高萌,夏旗. 大中型沼气工程厌氧发酵液的后处置技术[J]. 中国沼气, 2009, 28(1): 14 - 19.
- [25] 李正山. 猪场废水厌氧消化液后处理生物脱氮新技术研究[D]. 四川:四川大学硕士论文, 2004.
- [26] 梁康强,阎中,朱民,何绪文,魏泉源,王凯军. 沼气工程沼液反渗透膜浓缩应用研究[J]. 中国矿业大学学报, 2011, 40(3): 470 - 474.

(下转第 43 页)

表2 沼气工程项目的成本比较

养殖场	沼气池容积 m <sup>3</sup>	初始建设投资 万元	智能化设备购置费 万元	每 m <sup>3</sup> 建设投资 万元	工程运行费用 万元·a <sup>-1</sup>	单位年运行成本 元·m <sup>-3</sup>
传统沼气养殖场	500	61.7	0	0.123	9.38	187.60
水泉养殖场	670	107.52	7.5	0.160	8.8	131.34

注:单位年运行成本 = 工程运行费用/沼气池面积。

#### 4 智能化沼气工程运行情况

##### 4.1 运行成本比较

水泉养殖场建设智能化沼气技术系统,相比传统沼气工程项目建设,增加了7.5万元的智能化相关设备购置及安装费(见表1)。水泉养殖场智能化沼气与传统沼气的成本比较结果显示(见表2),水泉养殖场与传统养殖场的单位年运行成本分别为131.34元·m<sup>-3</sup>,187.6元·m<sup>-3</sup>,智能化沼气每年要节省56.26元·m<sup>-3</sup>,说明智能化沼气工程降低了设备及配件的维修费用,减少了技术服务人员往返的管理费用。假设在同等沼气池容积的情况下,智能化沼气工程因节省了运行成本,可在运行两年后即可弥补所增加的智能化设备购置成本,从沼气工程长期可持续发展的角度看,更符合项目建设的成本效益原则。

##### 4.2 产气率比较

产气率和产气稳定性是保证沼气工程经济效益的基础。由表3可知,传统沼气工程全年产气率均低于智能化沼气工程。水泉养殖场智能化沼气的产气率在冬春季略低,主要原因是北方的气候影响,但在夏秋季,安装智能化沼气工程系统的水泉养殖场产气率明显很高,说明智能化沼气工程系统在运行过程中具有明显的优势。

表3 2011年沼气池的产气率 (%)

月份	传统沼气池	水泉养殖场
1月	0.16	0.25
2月	0.26	0.31
3月	0.31	0.39
4月	0.34	0.95
5月	0.51	1.06
6月	0.62	1.26
7月	0.91	1.65
8月	0.94	1.67
9月	0.96	1.67
10月	0.48	1.09
11月	0.35	0.54
12月	0.23	0.28

注:沼气池温度为中午12:00的温度。

#### 5 结论

智能化沼气工程技术系统具有较高的推广价值。通过电脑监控界面和远程控制系统,进行日常的看护与管理,提高技术服务机构或技术人员的管理效率,减轻沼气工程设备及配件损耗,降低工程运行过程中的维修费用、管理费用与其他人工费用,同时保证了沼气池的产气效率和产气稳定性,并能产生良好的经济效益,因而智能化沼气工程工艺模式具有重要的推广价值,可在泰安县及同类地区推广应用。

(上接第28页)

- [27] 杨明珍,包震宇,师晓春,汪德生. 鸟粪石沉淀法处理沼液实验研究[J]. 工业安全与环保,2011,37(3):31-32.
- [28] 何绍江,冯新梅,龚小平,刘建福. 奶牛粪沼气池中三株产甲烷菌的分离和基本特征[J]. 华中农业大学学报,1994,13(1):59-63.
- [29] 王彦伟,徐凤花,阮志勇,宋金龙,王庆,赵斌. 用DGGE和Real-Time PCR对低温沼气池中产甲烷古菌群落的研究[J]. 中国沼气,2012,30(1):8-12.
- [30] 王庆,阮志勇,高立洪,王彦伟,吴进,胡国全,宋金龙,赵斌. 基于mcrA克隆文库和PCR-DGGE技术对牛

粪为原料的农村户用沼气池产甲烷古菌的多样性研究[J]. 中国沼气,2012,30(3):3-13.

- [31] 宋金龙,阮志勇,胡国全,姜瑞波,刘小飞,徐凤花. 沼泥及其富集物中微生物多样性和区系变化的分析[J]. 中国沼气,2010,28(2):3-11.
- [32] 游银伟,迟晓峰,岳寿松,张昌爱,王梅,王艳芹,刘英. 沼气发酵液中一株酵母菌菌株的鉴定与系统发育分析[J]. 中国沼气,2008,26(4):7-10.
- [33] 陈超,徐凤花,高立洪,吴进,韦秀丽,宋金龙,王彦伟,阮志勇. 规模化沼气工程沼液中细菌种群分析与功能初探[J]. 中国沼气,2012,30(6):66-71.

作者: [陈超](#), [阮志勇](#), [吴进](#), [高立洪](#), [宋金龙](#), [王彦伟](#), [徐彦胜](#), [韦秀丽](#), [徐凤花](#), [CHEN Chao](#), [RUAN Zhi-yong](#), [WU Jin](#), [GAO Li-hong](#), [SONG Jin-long](#), [WANG Yan-wei](#), [XU Yan-sheng](#), [WEI Xiu-li](#), [XU Feng-hua](#)

作者单位: [陈超, 徐凤花, CHEN Chao, XU Feng-hua \(东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江哈尔滨, 150030\)](#), [阮志勇, 宋金龙, 王彦伟, RUAN Zhi-yong, SONG Jin-long, WANG Yan-wei \(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京, 100081\)](#), [吴进, 徐彦胜, WU Jin, XU Yan-sheng \(农业部沼气科学研究所, 四川成都, 610041\)](#), [高立洪, 韦秀丽, GAO Li-hong, WEI Xiu-li \(重庆市农业科学院农业工程研究所, 重庆, 401329\)](#)

刊名: [中国沼气](#) ISTIC

英文刊名: [China Biogas](#)

年, 卷(期): 2013, 31(1)

被引用次数: 1次

## 参考文献(33条)

1. [黄栋栋;王俞薇;王建波;陈魁 张进 施用沼液对无土栽培小白菜产量及品质的影响](#)[期刊论文]-[安徽农业科学](#) 2010(04)
2. [张进 沼液对水稻生长产量及其重金属含量的影响](#)[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2009(10)
3. [靳红梅;常志州;叶小梅;马艳,朱瑾 江苏省大型沼气工程沼液理化特性分析](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2011(01)
4. [宋灿辉 厌氧消化残余物处置研究](#) 2007
5. [吕锦萍;李俊杰;巴哈提古丽;李秀珍 艾力哈木 博州地区沼气池沼液沼渣有机质及养分含量分析](#)[期刊论文]-[中国沼气](#) 2008(05)
6. [路振香;王立克;王磊;张继平 不同季节的沼液中细菌分离培养与含量分析](#)[期刊论文]-[污染防治技术](#) 2009(04)
7. [叶小梅;常志州;钱玉婷;潘君才 朱谨 江苏省大中型沼气工程调查及沼液生物学特性研究](#)[期刊论文]-[农业工程学报](#) 2012(06)
8. [段然 沼肥肥力和施用后潜在污染风险研究与土壤安全性评价](#)[学位论文] 2008
9. [李丙智;王桂芳;秦晓飞;张林森,韩明玉,张黎 沼液配施钾肥对果园土壤理化特性和微生物及果实品质影响](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2010(22)
10. [冯伟;管涛;王晓宇;朱云集 郭天财 沼液与化肥配施对冬小麦根际土壤微生物数量和酶活性的影响](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2011(04)
11. [彭智平;李文英;杨少海;黄继川 于俊红 杨林香 林志军 微生物菌剂处理猪场沼液效果研究](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2011(01)
12. [陈永杏;尚斌;董红敏;陶秀萍 朱志平 猪粪发酵沼液对油菜品质的影响](#)[期刊论文]-[中国农业科技导报](#) 2011(03)
13. [李彧;蒋芳玲;刘明池;武占会 季延海 吴震 不同沼液浓度对番茄、西瓜种子萌发的影响](#)[期刊论文]-[蔬菜](#) 2011(7)
14. [尚斌;陶秀萍;陈永杏;董红敏 黄宏坤 牛场沼液对几种蔬菜病原菌抑制作用的研究](#)[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2011(04)
15. [陶秀萍;董红敏;尚斌;陈永杏 黄宏坤 新鲜猪沼液和牛沼液对农作物病原真菌抑制作用的比较研究](#)[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2011(07)
16. [马艳;李海;常志州;徐跃定 张建英 沼液对植物病害的防治效果及机理研究 I :对植物病原真菌的抑制效果及抑菌机理初探](#)[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2011(02)
17. [王翠;李环;韦萍 沼液培养小球藻生产油脂的研究](#)[期刊论文]- 2010(08)
18. [张进;张妙仙;单胜道;骆林平 王敏艳 沼液对水稻生长产量及其重金属含量的影响](#)[期刊论文]-[农业环境科学学报](#) 2009(10)
19. [ThomasTerhoeven-Urselmans;EdwinSchellerb;MarkusRaubuch;Bernard Ludwig, Rainer Georg Joergensen C02 evolution and N mineralization after biogas slurry application in the field and its yield effects on spring barley](#) 2009(42)
20. [朱凤香;王卫平;陈晓旻 利用人工湿地栽种水生作物对沼液进行无害化消解](#)[期刊论文]-[浙江农业学报](#) 2011(02)
21. [王卫平;朱凤香;陈晓旻;薛智勇,洪春来,刘健 沼液农灌对土壤质量和青菜产量品质的影响](#)[期刊论文]-[浙江农业学报](#) 2010(01)
22. [刘娜娜 猪场废水厌氧消化液垂直流人工湿地处理系统的研究](#) 2010
23. [陈斌;张妙仙;单胜道 沼液的生态处理研究进展](#)[期刊论文]-[浙江农业科学](#) 2010(4)
24. [陈玉成;杨志敏;陈庆华;蒋小丽 高萌 夏旗 大中型沼气工程厌氧发酵液的后处置技术](#) 2009(01)
25. [李正山 猪场废水厌氧消化液后处理生物脱氮新技术研究](#) 2004
26. [梁康强;阎中;朱民;何绪文 魏泉源 王凯军 沼气工程沼液反渗透膜浓缩应用研究](#)[期刊论文]-[中国矿业大学学报](#) 2011(03)
27. [杨明珍;包震宇;师晓春;汪德生 鸟粪石沉淀法处理沼液实验研究](#)[期刊论文]-[工业安全与环保](#) 2011(03)
28. [何绍江;冯新梅;龚小平;刘建福 奶牛粪沼气池中三株产甲烷菌的分离和基本特征](#) 1994(01)

29. 王彦伟;徐凤花;阮志勇;宋金龙 王庆 赵斌 用DGGE和Real-Time PCR对低温沼气池中产甲烷古菌群落的研究[期刊论文]-中国沼气 2012(01)
30. 王庆;阮志勇;高立洪;王彦伟 吴进 胡国全 宋金龙 赵斌 基于mcrA克隆文库和PCR-DGGE技术对牛粪为原料的农村户用沼气池产甲烷古菌的多样性研究[期刊论文]-中国沼气 2012(03)
31. 宋金龙;阮志勇;胡国全;姜瑞波 刘小飞 徐凤花 沼泥及其富集物中微生物多样性和区系变化的分析[期刊论文]-中国沼气 2010(02)
32. 游银伟;迟晓峰;岳寿松;张昌爱 王梅 王艳芹 刘英 沼气发酵液中一株酵母菌菌株的鉴定与系统发育分析[期刊论文]-中国沼气 2008(04)
33. 陈超;徐凤花;高立洪;吴进 韦秀丽 宋金龙 王彦伟 阮志勇 规模化沼气工程沼液中细菌种群分析与功能初探[期刊论文]-中国沼气 2012(06)

#### 引证文献(1条)

1. 王红玉. 徐奕琳. 周士力. 曲英华 不同浓度沼液对日光温室漂浮式栽培空心菜(Ipomoea aquatica)生长和品质的影响[期刊论文]-沈阳农业大学学报 2013(5)

引用本文格式: 陈超. 阮志勇. 吴进. 高立洪. 宋金龙. 王彦伟. 徐彦胜. 韦秀丽. 徐凤花. CHEN Chao. RUAN Zhi-yong. WU Jin. GAO Li-hong. SONG Jin-long. WANG Yan-wei. XU Yan-sheng. WEI Xiu-li. XU Feng-hua 规模化沼气工程沼液综合处理与利用的研究进展[期刊论文]-中国沼气 2013(1)