

林斌, 徐庆贤, 官雪芳, 等. 智能化沼气工程技术及其优势分析 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (4): 427-431.

LIN B, XU Q-X, GUAN X-F, et al. Comparative Analysis Between Intelligent Biogas Engineering and Traditional Biogas Engineering [J].  
Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2012, 27 (4): 427-431.

## 智能化沼气工程技术及其优势分析

林 斌, 徐庆贤, 官雪芳, 林碧芬

(福建省农业科学院农业工程技术研究所, 福建 福州 350003)

**摘 要:** 以福建省建瓯市新星养猪场为例, 阐述智能化沼气工程系统的工艺流程及技术要点, 包括酸化池和沼气池的 pH 值监测系统、智能化进料系统、玻璃钢沼气池加热系统、沼气自动搅拌系统、沼气流量监测系统和互联网远程控制系统; 比较智能化沼气工程与传统沼气工程的成本和产气率情况, 认为从沼气工程可持续运行的角度出发, 智能化沼气工程更符合成本效益原则; 智能化沼气工程技术系统能为沼气发酵创造最佳发酵环境, 获得高效的产气率。

**关键词:** 沼气工程; 智能化控制系统; 远程控制系统

**中图分类号:** S 216.4

**文献标识码:** A

### Comparative Analysis Between Intelligent Biogas Engineering and Traditional Biogas Engineering

LIN Bin, XU Qing-xian, GUAN Xue-fang, LIN Bi-fen

(Agricultural Engineering Technology Research Institute of Academy of Agricultural Sciences in Fujian  
Provincial, Fuzhou, Fujian 350003, China)

**Abstract:** Firstly, this paper introduces the key technological points of the intelligent biogas engineering system by taking Xin-xing seed-pig farms as an example, including pH monitoring system of acidification tank and biogas digester, intelligent feeding system, heating system for FRP digester, bio-gas automatic mixing system, gas flowing metering system and internet remote control system. Then, it takes a comparison of the cost and gas production rate between intelligent biogas engineering and traditional biogas engineering, the result showing that: for the long-term sustainable operation of biogas engineering, intelligent biogas engineering is more according with the cost-benefit principle; technology system of intelligent biogas engineering can create the best environment for biogas fermentation, thus it can get the highest efficiency of gas production.

**Key words:** biogas engineering; intelligent control system; remote control system

近年来, 在政府扶持政策的推动下, 我国沼气工程得到快速的发展, 沼气工程技术创新成果也逐渐增多<sup>[1]</sup>。众多沼气工程技术创新活动主要着眼于解决沼气池发酵效率低、产气率不稳定、沼气利用率低等问题, 并且已经取得了诸多技术上可行的创新成果。但是, 目前的沼气工程技术都无法较好地解决工程建成后维护管理不善的问题, 直接制约了沼气工程的运行效率与寿命。在沼气技术服务人员

严重短缺的现实条件下, 大中型沼气工程运行无法得到较好的技术服务。而智能化沼气工程技术系统可实现自动化控制和远程技术辅导, 可为沼气工程建设者提供更好的维护管理方案, 同时有助于提高沼气工程的运行效率。20 世纪 80 年代以来, 自动控制和现代智能控制方法被引入有机物厌氧消化过程, 从最早的简单控制系统, 到适应性控制系统, 以及新型的智能化模糊控制系统、专家控制系统、

收稿日期: 2012-03-01 初稿; 2012-04-05 修改稿

作者简介: 林斌 (1964-), 男, 博士, 研究员, 主要从事农业生物环境和沼气技术方面的研究与推广

基金项目: 福建省环保厅科技计划重点项目 (200743); 福建省发改委农业“五新”科技推广项目 (2010452); 福建省财政厅项目 (闽财指 [2010] 1484)

神经网络控制系统等<sup>[2]</sup>。国内学者如刘亮东等<sup>[3]</sup>、吴晓明<sup>[4]</sup>、顾俊<sup>[5]</sup>等对智能化沼气工程技术系统进行研究,但总体而言,智能化沼气工程工艺技术在我国的的应用仍处于初级阶段,有待进一步加强适应性研究开发与推广。为此,本课题组与福建省建瓯市新星种猪育种有限公司(简称“新星养猪场”)合作,自主设计开发了智能化沼气工程,本文详述该智能化沼气工程系统的工艺流程与技术要点,并通过与传统沼气工程的比较,分析智能化沼气工程在成本和产气率方面的优势,以期智能化沼气工程技术系统应用推广提供依据。

## 1 研究对象

智能化沼气工程技术系统以新星养猪场智能化沼气工程为研究对象;同时,选取福建省永盛农牧发展有限公司养猪场(简称“永盛养猪场”)沼气工程和福建省建瓯市健华猪业有限公司青州养殖场(简称“健华养猪场”)沼气工程作为典型的传统沼气工程模式为参照。3家养猪场的沼气池均为玻璃钢沼气池;健华养殖场沼气工程采用推流式工艺模式,无增温措施;永盛养猪场沼气工程采用推流式工艺,采用太阳能真空面板加热循环水为沼气池发酵液加温;新星养猪场沼气工程采用上流式工艺,

采用太阳能真空面板加热循环水为沼气池发酵液加温,并安装了pH值监测计、气压报警、沼气搅拌系统等智能化控制与管理设备。

## 2 智能化沼气的工艺流程

新星养猪场能化沼气工程与普通沼气工程的工艺流程一致,包括进料前处理、进料、发酵、储存和进化、输送、沼液沼渣处理等,但在运行过程中的技术装备有较大改进,沼气工程管护从手工操作转变为智能化操作。智能化沼气工程技术系统具有显著的先进性:安装了酸化池和沼气池的pH监测计、酸化池液位监测计、分批进料流量计、温度自动控制系统、太阳能加热系统、沼气搅拌系统、沼气流监测计、互联网远程控制系统(电脑、PLC控制柜、宽带、数据储存系统等),从而实现了智能化自动分批进料,自动控制沼气池沼气搅拌工作,自动为沼气池发酵液加热,电脑实时记录酸化池水位、沼气池温度、酸化池和沼气池的pH值、沼气和储气柜气压值,同时养猪场管理人员和技术服务机构可远程实时监控上述数据,通过智能系统自动调整运行状态,提高产气率。智能化沼气的工艺运行流程如图1所示。

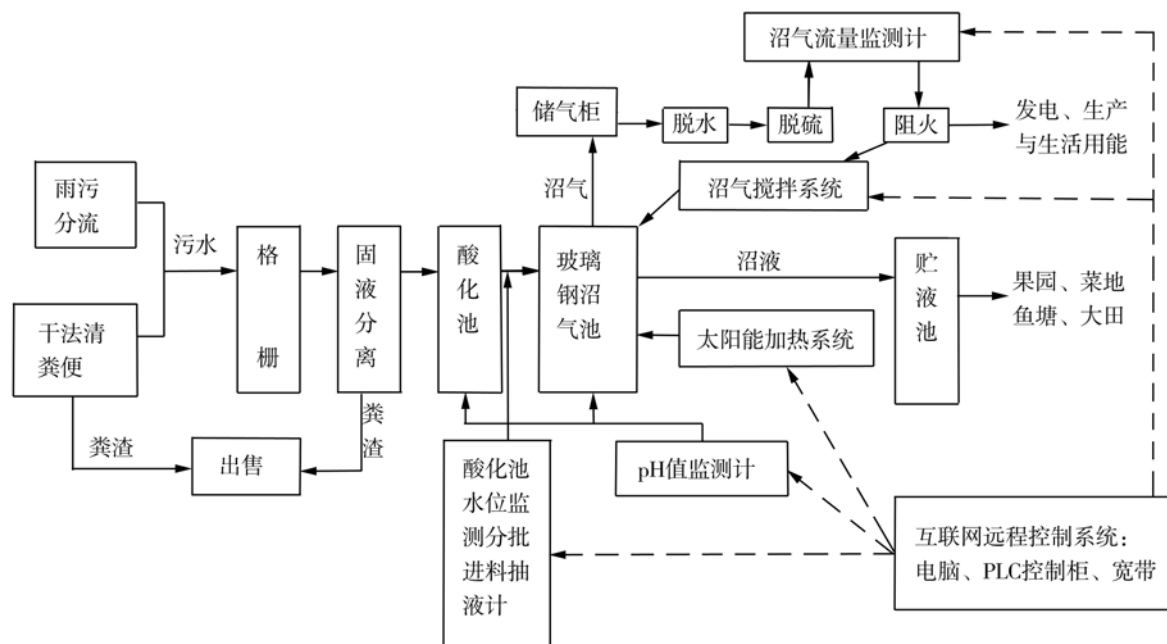


图1 智能化沼气的工艺运行流程

Fig. 1 Process flow diagram of intelligent biogas engineering

3 智能化沼气工程系统的技术要点

3.1 酸化池和沼气池的 pH 值监测系统

在沼气工程运行中，酸化池发酵液的 pH 值应控制在 6.4~7.6 范围内，以避免提前发酵而对酸化池造成危险。而沼气池沼气发酵则适宜在中性至微碱性环境中进行，最适合厌氧发酵的 pH 值为 6.8~7.4，以保证厌氧发酵效率，提高产气率；低于 6.4 或高于 7.6 都会影响沼气池内微生物的活性，对产气有抑制作用。新星养猪场沼气工程安装的酸化池和沼气池 pH 监测计，可实时监测酸化池和沼气池的 pH 值，并结合智能化进料系统做出相应的管理决策，夏天温度高、发酵快时就缩短进料时间周期，冬天就放慢进料时间周期，以保证沼气池的发酵效率。因此，与传统沼气工程相比，智能化沼气工程系统能更好地保证产气效率，保护酸化池的运行安全，降低沼气池发酵装置的酸化压力。

3.2 智能化进料系统

在酸化池向沼气池送料的过程中，新星养猪场的智能化沼气工程安装了酸化池液位监测计和分批进料流量计 2 个智能化设备。酸化池液位监测计主要用于实时监测和记录酸化池的水位，当酸化池水位达到 PLC 控制柜设定的最高水位时，智能化系统将根据智能指令自动执行进料工作，提高产气效率；当酸化池水位低于最低水位时，管护人员即可增加粪水投入量，保证及时进料。分批进料流量计则可计算每次抽液量、控制沼气池单次进料量，当进料量达到 PLC 控制柜预设的上限值即停止进料，以避免进料过多造成池温的波动过大、粪液挤占沼气存储空间。

3.3 玻璃钢沼气池加热系统

在中温条件下，沼气池的最佳发酵温度在 35℃ 左右。这一温度一般在夏季无需辅助加热即可达到，但在春、秋、冬季则需辅助加热，目前沼气池辅助加热系统应用最多的是太阳能加热系统，即通过太阳能真空面板加热循环水为沼气池发酵液加温。新星养猪场的智能化沼气工程系统在沼气池中安装了 3 个温度监测计，可实时记录和储存沼气池内的温度；配备了温度自动控制系统，太阳能加热系统可以根据沼气池温度自动调节热水输送，当池温达到 PLC 控制柜设定值时不输送，温度低于设定值时输送；同时，可根据池体温度自动调节进料量，保证池温不出现太大的波动，既能达到发酵要求又可保护池体安全。夏季高温环境下，智能化沼气池温度能较好地维持在 28~36℃，保证合理的

发酵温度。而无智能化功能的建华养殖场和永盛农牧养猪场沼气池 6~9 月份的池温超过了 35℃，影响了沼气池的发酵效率（表 1）。

表 1 2011 年 3 个沼气工程运行时沼气池月均温度  
Table 1 The temperature of biogas digester of the three biogas projects in 2011  
单位/℃

月份	建华养猪场	永盛养猪场	新星养猪场
1 月	14.9	20.16	17.29
2 月	17.1	23.43	19.51
3 月	15.4	25.61	20.53
4 月	18.8	36.70	28.05
5 月	22.3	27.27	30.26
6 月	26.8	38.97	32.50
7 月	31.8	41.00	35.24
8 月	32.3	46.48	35.34
9 月	32.7	38.70	35.06
10 月	24.2	33.13	28.84
11 月	19.0	24.44	22.72
12 月	15.2	19.55	18.39

注：沼气池温度为中午 12 时的温度。

3.4 沼气自动搅拌系统

普通沼气池搅拌方式主要以机械搅拌。新星养猪场智能化沼气工程采用沼气回流搅拌运行模式，在沼气气压增强器和沼气池底部间掩埋一条管道，通过 PLC 控制柜设定固定的搅拌间隔周期，进行循环性、自动化的沼气回流搅拌作业，提高了沼气池的发酵效率。

3.5 沼气流流量监测计

沼气经脱水、脱硫和阻火后，进入后续利用环节。目前大中型沼气工程的沼气主要用于养猪场内生产或生活的能源需求、周边农户家庭生活用能和沼气发电。新星养猪场安装的沼气流流量监测计可以实时监测及记录集气主管道的沼气流流量数据信息，储存累计流量，方便了解各用途沼气流占总消耗量的比例，并实时监测沼气输送的气压变化，采取相应的改善措施，避免因气压不足而影响沼气发电和生活用能的供气稳定。

3.6 远程控制系统

在新星养猪场智能化沼气工程技术系统中，pH 值监测计、酸化池液位监测计、沼气池温度监测计和沼气流流量监测计监测和记录的实时数据将显示并记录在所联机的电脑上，用于后续的跟踪与分析。通过远程控制系统和智能化系统，工程管理者或技术人员在办公室就能实时了解沼气工程各环节

的运行情况，包括进料前处理、进料、厌氧发酵、沼气利用等方面的具体情况，出现问题时可通过调节自动化系统来解决；异地技术服务机构专业人员也可通过互联网，远程了解养猪场沼气工程的实时运行情况，及时发现问题并提出应对措施。智能化沼气远程控制系统运行的年管理费用仅为 0.2 万元，可大大节省运行成本和人力资源成本。

4 智能化沼气工程与传统沼气工程的比较分析

4.1 运行成本比较

新星养猪场建设智能化沼气技术系统，增加了 7.5 万元的智能化相关设备购置及安装费（表 2）。

3 个养猪场沼气工程的成本项目比较结果显示（表 3），新星养猪场、健华养殖场、永盛农牧养猪场的单位年运行成本分别为  $131.34\text{ 元}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $187.6\text{ 元}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $200\text{ 元}\cdot\text{m}^{-3}$ ，新星养猪场比后两者分别节省  $56.26\text{ 元}\cdot\text{m}^{-3}$ 、 $68.66\text{ 元}\cdot\text{m}^{-3}$ ，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 2 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运行的角度看，更符合项目建设的成本效益原则。

表 2 智能化沼气工程增加的项目及成本  
Table 2 Cost project increased in intelligent biogas engineering

项目	成本/元	项目	成本/元
酸化池 pH 监测计	4200	3 个温度监测计	4870
沼气池 pH 监测计	5800	远程系统年运行费	2000
酸化池液位监测计	2700	电脑	3100
分批进料流量计	3565	人工费	25000
PLC 控制柜	11000	网络费	1000
安装费	11765	合计	75000

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 4 可知，无太阳能加热系统、仅采取保温措施的健华养猪场沼气工程全年产气率均低于其他 2 个沼气工程。新星养猪场沼气工程的产气率在 1~4 月份期略低永盛农牧养猪场，主要原因是新星养猪场位于建瓯山区，每年 1~4 月份气温比位于沿海连江县的永盛养猪场低。但在 5~12 月份，安装智能化沼气工程系统的新星养猪场产气率均高于永盛养猪场，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 3 个沼气工程项目的成本比较  
Table 3 Cost project comparison among three biogas projects

养殖场	沼气池面积 /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> )
健华养殖场	500	61.70	0	0.123	9.38	187.60
永盛农牧养猪场	60	11.25	0	0.188	1.20	200.00
新星养猪场	670	107.52	7.5	0.160	8.80	131.34

注：单位年运行成本=工程运行费用/沼气池面积。

表 4 2011 年 3 个沼气工程的沼气池产气率  
Table 4 The gas production rate of biogas digester of the three biogas projects in 2011

月份	健华养猪场 /%	永盛养猪场 /%	新星养猪场 /%	月份	健华养猪场 /%	永盛养猪场 /%	新星养猪场 /%
1 月	0.16	0.261	0.252	7 月	0.91	1.092	1.654
2 月	0.26	0.427	0.319	8 月	0.94	1.244	1.679
3 月	0.31	0.578	0.394	9 月	0.96	1.140	1.671
4 月	0.34	0.987	0.952	10 月	0.48	1.043	1.091
5 月	0.51	0.659	1.060	11 月	0.35	0.439	0.542
6 月	0.62	1.084	1.269	12 月	0.23	0.256	0.285

注：沼气池温度为中午 12：00 的温度。

## 4 结 论

通过智能化沼气工程与传统沼气工程的运行成本与产气率比较分析可知，智能化沼气工程技术系统具有较高的推广价值，主要表现在：PH 值监测计、酸化池液位监测计、沼气池温度监测计和沼气流量监测计可实时反映沼气工程的运行情况，并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。总体而言，智能化沼气工程技术系统可以缓解目前沼气工程因技术服务难而导致的运营风险，具有很强的技术可操作性，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，可在福建省乃至全国范围内推广。

### 参考文献：

- [1] 林斌. 生物质能源沼气工程发展的理论与实践 [M]. 北京：中国农业科学技术出版社，2010.
- [2] 匡小珠，师晓爽，吴霞，等. 有机物厌氧消化自动监测与控制技术研究进展 [J]. 中国沼气，2009，27（1）：16—19.
- [3] 刘亮东，王书茂，代峰燕. PLC 多级控制在粪水资源再生系统中的应用 [J]. 中国农业大学学报，2005，10（6）：84—87.
- [4] 吴晓明，杨中平. 恒温沼气反应器的单片机控制 [J]. 农机化研究，2008，（2）：154—156.
- [5] 顾俊. 基于电力电子系统 PID 控制的研究 [J]. 电子与封装，2010，10（11）：39—43.

（责任编辑：翁志辉）