

# 提升中小型集中供气沼气工程效益途径研究分析

刘向东

洛阳市农业技术推广服务中心, 河南 洛阳  
Email: lxdong2005@163.com

收稿日期: 2020年12月6日; 录用日期: 2021年1月5日; 发布日期: 2021年1月13日

---

## 摘要

建设中小型沼气集中供气沼气工程是解决中小型规模养殖场粪便污染的有效途径。在实际应用中许多工程都普遍存在产气率低、供气压力不稳定、使用效果欠佳、整体效益偏低等问题, 研究分析提升中小型沼气工程集中供气整体应用效益途径有助于中小型集中供气沼气工程建设实现良性循环。

## 关键词

中小沼气工程, 集中供气, 整体效益, 提升途径

---

# Analysis and Research to Enhance Small and Medium-Sized Central Gas-Supply Biogas Engineering Methane Project Benefit

Xiangdong Liu

Luoyang Agricultural Technology Extension Service Centre, Luoyang Henan  
Email: lxdong2005@163.com

Received: Dec. 6<sup>th</sup>, 2020; accepted: Jan. 5<sup>th</sup>, 2021; published: Jan. 13<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

Building small and medium size biogas centralized gas supply biogas engineering is a solution to small and medium size farm manure pollution effective way. In practical application, there are many projects are widespread such as gas production rate, low air pressure instability, poor using effect, integral benefit on the low side and other issues, research and analysis to enhance small

and medium-sized biogas project overall benefit application of centralized gas supply pathway contributes to the medium and small sized centralized gas supply gas engineering construction to realize benign loop.

## Keywords

Small and Medium-Sized Biogas Engineering, Central Gas-Supply, Overall Benefit, Promotion Approach

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

随着我国农村沼气建设由过去以户用沼气建设为主的一元化建设模式逐渐转变为户用沼气、沼气工程、沼气服务体系同步发展的多元化发展模式转变,沼气工程建设规模呈现逐年递增的发展趋势。但是由于中小型沼气工程建设一般都在养殖场,离农户较远,受建设资金和后续管理成本的制约,厌氧消化池大多采用常规地下水压式沼气池(通常是按照户用沼气池的尺寸放大)。中小型沼气工程普遍采用常温发酵,发酵温度较低,容积产气率又不高平均产气率在  $0.25 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{d}$  以下,并且发酵温度受环境温度的影响较大,发酵温度不稳定,产气量小,产气不稳定,装置综合效益不高。在实际应用中都普遍存在产气率低、供气压力不稳定、使用效果欠佳、整体效益偏低,不能适合中小型养殖场污水处理的要求。因此,研究分析如何提升中小型集中供气沼气工程效益途径,具有很强的实际意义。

## 2. 中小型集中供气沼气工程目前存在的问题

随着中小型集中供气沼气工程建设的快速发展,集中供气沼气工程在应用过程中也出现了许多问题,经过对洛阳市 400 余处沼气工程的建设状况和使用情况进行调研和综合分析,我们对中小型集中供气沼气工程目前存在的问题进行了分析研究,主要集中表现为以下方面。

### 2.1. 产气率普遍偏低

据统计,我国目前中小型沼气工程的产气率一般都在  $0.25 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{d}$  [1]以下,产气率普遍偏低。根据调查洛阳市中小型沼气工程的产气率大多是在  $0.1\sim 0.3 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{d}$  之间,受温度的季节变化的影响,中小型沼气工程的产气率也呈现夏季产气率高、冬季产气率低变化的规律。尤其是在每年的 12 月~3 月份的冬季,由于温度低,大多数沼气工程冬季产气不足的问题十分普遍,甚至有些工程完全停止运行。

### 2.2. 集中供气效果不佳

由于沼气工程产气率偏低,带动集中供气的农户数量少;再加上工程建设受到投入建设资金和沼气工程建设标准普遍偏低、工程建设配套设施不完善等多因素的影响,供气过程中经常出现气压不稳定等问题,影响集中供气使用效果,沼气工程集中供气效果不佳。

### 2.3. 不能实现周年不间断集中供气

由于受到冬季温度低、缺乏保温设施以及工程冬季保温成本高等多种因素的制约,大多数中小沼气工程每年的 12 月~3 月基本上都停止向农户集中供气,不能实现周年不间断集中供气。

## 2.4. 整体效益普遍欠佳

沼气工程三分建七分管，沼气工程普遍存在只建不管，或管理措施不到位的问题，同时由于工程日常维护不及时、维修不到位等多种因素的影响，农户和养殖场间因供气收费问题引发矛盾也日益突出，甚至个别出现了因农户拒绝缴费而发生沼气工程停止集中供气的不良现象，沼气工程集中供气的整体效益普遍欠佳。

## 3. 原因分析

### 3.1. 温度因素分析

适宜的温度是沼气发酵的重要外部条件， $10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 的范围内，随着温度的升高沼气的产气率也相应增高，温度和产气率变化呈正相关，温度每上升  $10^{\circ}\text{C}$ ，产气率将增加 2~3 倍[2]。当沼气发酵温度低于  $10^{\circ}\text{C}$ ，产气率几乎为零。温度的波动对沼气的产气率的影响也很大，在恒温发酵过程中，如果短时间内温度升降  $5^{\circ}\text{C}$ ，产气量将明显下降，波动过大时甚至会停止产气。

随着季节性变化，气温、地温、池温之间的变化基本一致，池温、地温、气温与产气量呈正相关，气温影响地温，地温影响池温，直接影响池温的不是气温而是地温，池温最终决定产气率。我国北方每年冬季 12 月~3 月的平均气温变化  $-4.4^{\circ}\text{C}\sim 2.7^{\circ}\text{C}$ ，地温(80~300 cm)的变化为  $5.8^{\circ}\text{C}\sim 3.8^{\circ}\text{C}$ ，沼气池料液温度为  $8^{\circ}\text{C}\sim 5.1^{\circ}\text{C}$  [3]，沼气工程如果没有增温、保温措施，发酵池内料液温度不可能维持在  $10^{\circ}\text{C}$  以上，沼气产气率几乎为零，也就不可能产后大量的沼气。

### 3.2. 厌氧消化器因素分析

厌氧消化器是生产沼气的必要设施，科学合理的厌氧消化器是保证产气率稳定的重要设施。中小型沼气的厌氧消化器建设技术参数基本上是对照户用水压式沼气池进行设计和建设，在一定程度上可以说是户用沼气池的放大。如果消化器的单体容积  $100\text{m}^3$  池墙高度为 1654 cm，池底矢高为 714 cm，池盖矢高为 1000 cm，三者相加为 3368 cm [4]，厌氧消化器的深度将达到 3.4m 左右。中小型沼气工程厌氧消化器设计实际应用中，我们发现许多厌氧消化器的单体容积都超过  $100\text{m}^3$ ，甚至有些超过  $200\text{m}^3$ 。由于厌氧消化器单体容积大，厌氧消化器的深度大多都超过了 3.4 米。由于厌氧消化器深度过深，很容易造成沼气池温常年偏低，直接影响沼气工程产气率，使得沼气工程日产沼气的量远远小于工程的设计量，不能达到预期集中向农户供气的农户数量，大大降低沼气工程集中供气的应用效果。

### 3.3. 贮气柜因素分析

贮气柜可以避免出现沼气池产气量和农户的用气量不平衡问题，实现输气压力的可靠性、稳定性、安全性。没有贮气柜是中小型沼气工程建设中普遍存在问题。由于中小型沼气工程多为水压式结构，输送沼气压力的的大小只能通过发酵料液的排出和返回水压间来实现，沼气的来源和压力极不稳定，仅靠水压间容量贮存的沼气也十分有限。由于沼气工程系统用气量随时在变化，沼气工程生产的沼气不可能按用量变化而变化。常常会出现用气高峰消耗气量过快中途断气，在用气的空闲时间生产的沼气又不能全部贮存，许多沼气白白浪费，严重影响了使用效益，降低了沼气工程的整体效益。

### 3.4. 输气系统因素分析

输气系统在集中供气沼气工程占有重要的位置，是沼气建设中十分关键环节。它直接决定着整个工程供气运行的可靠性和经济性。输气系统建设主要包括管材的选择应用，适宜的材质和恰当的管径是整个输气系统建设中两个最关键的因素。目前中小型沼气工程建设普遍存在重视厌氧消化器建设，轻视输

气系统建设的做法，主要表现为在实际供气过程中常常出现用气不稳，管材使用寿命短等问题。如果管材选择不好，会影响输气系统的质量和使用寿命；如果管径选择偏小，沼气流量不够会造成农户用气不稳，影响集中供气效果；如果管径选择偏大，则会造成投入工程成本加大，收益下降。

## 4. 对策

### 4.1. 厌氧消化器容积确定要恰当

厌氧消化器的容积的确定和计算要科学合理，要做到既能做到有效保证能产生农户集中供气的产气量，又要能够处理养殖厂每天排放的粪便量。沼气工程池容确定通常采用根据发酵原料的数量、一定温度下发酵原料在池内停留的时间和投料浓度计算，其计算公式如下：

$$V = (G \cdot T_s \cdot HRT) / (r \cdot m)$$

式中： $G$ ——每天可供发酵的原料湿重(千克)；

$T_s$ ——原料中干物质含量的百分比(%)；

$HRT$ ——原料在池中的滞留天数(水力滞留期)；

$R$ ——发酵原料浓度换算成的容重(千克/立方米)， $r = \text{原料浓度} \times \text{发酵液容重}$ ，发酵液容重一般取水的容重，即 1000 千克/立方米；

$M$ ——池内装料有效容积(%)。

从计算公式中可以看出：合理确定发酵温度、发酵浓度及  $HRT$  值是确定沼气工程池容的三个关键要素，其中任何一个要素的变化都会影响沼气工程的容积。

### 4.2. 发酵工艺的选择科学

厌氧消化器的设计要规范。科学高效的厌氧消化器是整个沼气工程建设的核心，是整个沼气工程建设关键的环节。张全国等[5]若干个单元集集成 50~100 m<sup>3</sup> 的标准厌氧发酵系统，根据养殖规模由标准厌氧发酵系统相并联集集成 200、300、400、500 m<sup>3</sup> 等不同规模的厌氧发酵系统；邱凌等[4]农村中小型畜禽养殖场沼气工程设计规范，20~50 m<sup>3</sup> 的小型沼气工程宜采用单体地下立式圆柱形旋动推流式厌氧消化装置；60~200 m<sup>3</sup> 的中型沼气工程宜采用地下并联立式圆柱形旋动推流式厌氧消化装置，都有效地提高沼气工程的产气率。结合多年来各地的建设经验，中小型沼气工程发酵工艺宜选用以 10~25 m<sup>3</sup> 为发酵单元、地下式并联立式圆柱形旋动推流式厌氧消化装置或隧道式厌氧消化器，厌氧消化器的深度控制在 2~2.5 m 左右，隧道式沼气池底部采用斜底面，并在中间设置两道过滤墙，便于原料与菌种较好的接触。提高产气量。

### 4.3. 冬季保温设施要配套

温度是制约沼气发酵产气效率高低的关键因素，如何解决冬季池温偏低的问题是中小型集中供气沼气工程首先面临的问题，也是最关键的问题，尤其在冬季提高并稳定沼气发酵系统温度是低成本中小型沼气工程面临的技术难题。因此，增加冬季保温设施是确保沼气工程冬季正常运行的必要措施，是提高工程产气率和应用效果的重要途径。沼气工程常用冬季增温控制技术主要有电加热膜增温保温系统、锅炉水循环增温系统、锅炉水循环增温系统、太阳能热水器水循环增温系统、太阳能温室保温系统。根据不同温度控制技术的效果和投资成本分析[6]-[11]，中小型沼气工程应充分利用太阳能提高发酵料液温度，宜采用太阳能温室保温系统和生物质能增温相结合的冬季增温措施，晴天充分利用太阳能能给厌氧消化器进行增温，阴雨天利用辅助增温设施进行增温，就可以有效提高料液温度，实现沼气工程冬季正常运行。

#### 4.4. 贮气柜建设要合理

1) 贮气柜结构、容积的确定。目前中小型沼气工程沼气一般多采用中间导杆浮罩式贮气柜,它具有结构简单,造价便宜,安装方便的特点,可以在施工现场加工,也可以加工后运到现场安装,使用十分方便。沼气贮气柜的容积不宜过大或过小,一般按沼气工程平均日产气量的 50%-60%确定气柜容积,目前中小型沼气工程普遍采用常温发酵,计算日平均产气量时平均产气率一般在  $0.3 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{d}$  以下。

2) 贮气柜压力选择和配重方法。浮罩式贮气柜维持的沼气压力一般为  $2.5\sim 5.0 \text{ kPa}$ ,浮罩的质量、面积决定输、配气管路的静压力,贮气柜压力调配主要考虑管网允许压力降。当所需压力高时,要给浮罩配重。气柜配重分为钟罩内壁下部配重和顶部外配重 2 种方法。内配重一般在钟罩里水面下,进行配重计算时必须考虑水下的浮力。

#### 4.5. 输气系统计算要科学

1) 管材选择。目前中小沼气工程的输气管网管材选用 PE 管,连接使用热熔焊接方式。PE 管与其它管材相比具有许多优点:① 质量轻,易搬运;② 强度高、柔性好;③ 耐腐蚀、不结垢,不需要防腐处理;④ 成本低、可减少投资三分之一左右;⑤ 易弯曲、建设速度快。

2) 管径的确定。管径的确定受沼气工程沼气流流量、管道压力降、输送距离等因素多种影响,在设计运算时要统筹考虑,既要做到保证农户用气,又要做到降低投资。

① 管道沼气小时流量确定。为保证农户高峰用气正常,一般应按最大小时用气量计算,用气量的计算方法应采用灶具的额定耗气量与其多只相同灶具同时工作系数法来计算确定。沼气流流量计算公式如下:

$$\text{公式: } Q = K \sum nq$$

式中:  $Q$ ——沼气流计算流量/ $(\text{m}^3/\text{h})$ ;  $K$ ——沼气流用具同时工作系数;  $n$ ——同一类型的用具数;  $q$ ——沼气流用具的额定耗气量,由沼气流灶具技术特性决定。

按流量公式,给出相同灶具总数就可得出沼气流流量值,按沼气流流量值可初步确定可供安装的最多农户。

② 管道压力降确定。管道沿程压力降是从贮气柜起点到用气户终点的允许压力降,联户沼气流一般采用低压直接供气,但贮气柜到农户有远有近,村头、村尾农户得到的压力降有差别,管道较长的压力降大,管道较短的压力降小。在实际运算中通常采用将摩阻系数包括在内的简化计算方法,即采用普尔公式运算。

$$\text{普尔公式: } \Delta p = (Q^2 SL) / (0.707^2 D^5)$$

式中:  $Q$ ——沼气流计算流量/ $(\text{m}^3/\text{h})$ ;  $D$ ——管道内径/ $(\text{cm})$ ;  $\Delta p$ ——管道压力降/ $(\text{毫米水柱})$ ;  $S$ ——空气为 1 时的沼气流密度,  $S = 1.22 \text{ (kg/m}^3)$ ;  $L$ ——沼气流管道长度/ $\text{m}$ 。

按普尔公式,在流量、输送距离确定条件下增大压降来降低管径,减少经济投资;或在流量、管径、输送距离确定条件下,可以计算出沿程压力降来确定贮气柜压力,从而贮气柜配重进行重新调配。

#### 4.6. 沼气流工程日常管理要科学

沼气流工程项目建设整体效益不高的主要原因之一就是建设方存在有注重沼气流工程建设工作,轻视沼气流工程日常管理工作的现象,有工程建设完成后就与企业没有任何关系的想法,已建设完成的沼气流工程项目单位普遍缺乏专业从事沼气流工程管理的技术人员。一旦沼气流工程出现产气率下降,农户集中用气受到影响时,无法及时有效措施进行纠正。沼气流工程日常的运行也是时刻围绕着企业的自身建设为出发点,对农户用气过程中出现的问题重视不够,解决问题不及时现象也时常发生。因此,要求每个大中型沼气流

工程项目投入正常运行后必须配备有 1~2 名专门的沼气工程技术专业人员进行沼气的日常管理和维护工作，提高沼气的运行管理能力。

#### 4.7. 探索专业服务管理模式

如果沼气服务公司能够和沼气工程企业进行有效地合作，企业将沼气的日常运行工作、集中供气农户的安全使用沼气的日常维护等工作委托沼气专业服务公司进行管理，双方能够做到互相服务，共同相依、共同发展，做到双方共赢。做为沼气的所属方养殖场方可以专心搞养殖发展，沼气工程专业服务公司通过管理沼气工程也增加自身的活力，赢得了社会认可的同时也取得了相应的报酬。走富有生机和活力的专业化沼气工程管理新路，是今后沼气工程建设和管理工作中的方向。

### 5. 结论

通过以下途径可以有效提升中小型集中供气沼气的整体效益：

1) 厌氧消化器设计要规范、科学。建设采用每个单元 20~50 m<sup>3</sup>，根据养殖规模由标准厌氧发酵系统并联集集成 200、300 m<sup>3</sup> 等不同规模的厌氧发酵系统的方法进行厌氧消化器的设计和建设。

2) 增加沼气工程增温设施。提高料液温度是提升沼气工程效益的根本途径，建议采用双效日光温室增温设施并结合使用辅助增温设施，充分利用太阳能对中小型沼气工程冬季增温可以有效提高沼气的产气率，实现周年向农户集中供气。

3) 完善配套设施。在集中供气沼气工程中贮气柜不可缺少不能省略，它是集中供气工程实现用气稳定性的重要保障。

4) 管材、管径选配要科学。管材的应用合理、管径配置科学可以有效提高输气管路使用寿命和集中供气使用效果。

5) 科学管理服和专业化的服务模式。集中供气沼气工程进行科学的日常管理及专业化的服务模式能有效地提高沼气工程产气率及整体效益。

### 参考文献

- [1] 胡启春, 李谦, 潘科, 等. 适宜生猪优势区域的沼气工程发展分析[J]. 中国沼气, 2009, 27(4): 16-19.
- [2] 张典, 田晓东, 石蕊. 提高沼气发酵温度的技术措施分析[J]. 长春工业大学学报(自然科学版), 2007(S1): 82-85.
- [3] 刘国胜. 沼气池产气率随气温地温变化规律的研究[J]. 可再生能源, 2006(6): 56-57.
- [4] 农村中小型畜禽养殖场沼气工程设计规范[S]. DB 61/T 502-2010 陕西省技术监督局, 2010: 11-23.
- [5] 张全国, 范振山, 杨群发. 辅热集箱式畜禽粪便沼气系统研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(9): 146-150.
- [6] 杨洪林. 隧道式大中型沼气中温发酵新工艺及运行实例分析[J]. 云南师范大学学报(自然科学版), 2011(增刊): 162-165.
- [7] 王艳芹, 刘英, 姚利, 等. 不同措施对北方地区冬季户用沼气池料液温度及产气量的影响[J]. 中国沼气, 2010, 28(5): 31-34.
- [8] 王月兰, 莫瑶, 魏敏, 等. 北方冬季沼气池的增温技术探讨[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 1229-1230.
- [9] 鲁赵芳, 段志田, 刘昀, 等. 太阳能在沼气工程中的应用[J]. 中国环保产业, 2008(10): 43-46.
- [10] 王飞. 沼气工程太阳能双效增温系统热平衡分析[J]. 农机化研究, 2010(2): 60-62.
- [11] 邱凌, 梁勇, 邓媛方, 等. 太阳能双级增温沼气发酵系统的增温效果[J]. 农业工程学报, 2011, 27(增刊 1): 166-171.