

安徽现代农业职业教育集团服务“三农”系列丛书



安徽现代农业职业教育集团

沼气生产 实用技术

柳卫国◎编著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

安徽现代农业职业教育集团
服务“三农”系列丛书

Zhaoqi Shengchan Shiyong Jishu

沼气生产实用技术

柳卫国 编著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

沼气生产实用技术/柳卫国编著. —合肥:
安徽大学出版社, 2014. 1
(安徽现代农业职业教育集团服务“三农”系列丛书)
ISBN 978-7-5664-0662-0
I. ①沼… II. ①柳… III. ①甲烷—生产 IV. ①S216.4
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 293685 号

沼气生产实用技术

柳卫国 编著

出版发行: 北京师范大学出版集团
安徽大学出版社
(安徽省合肥市肥西路3号 邮编 230039)
www.bnupg.com.cn
www.ahupress.com.cn

印 刷: 安徽省人民印刷有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 148mm×210mm
印 张: 5.25
字 数: 146 千字
版 次: 2014 年 1 月第 1 版
印 次: 2014 年 1 月第 1 次印刷
定 价: 12.00 元
ISBN 978-7-5664-0662-0

策划编辑: 李 梅 武溪溪
责任编辑: 武溪溪 薛淑敏
责任校对: 程中业

装帧设计: 李 军
美术编辑: 李 军
责任印制: 赵明炎

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 0551-65106311

外埠邮购电话: 0551-65107716

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 0551-65106311

丛书编写领导小组

组 长	程 艺			
副组长	江 春	周世其	汪元宏	陈士夫
	金春忠	王林建	程 鹏	黄发友
	谢胜权	赵 洪	胡宝成	马传喜
成 员	刘朝臣	刘 正	王佩刚	袁 文
	储常连	朱 彤	齐建平	梁仁枝
	朱长才	高海根	许维彬	周光明
	赵荣凯	肖扬书	李炳银	肖建荣
	彭光明	王华君	李立虎	

丛书编委会

主 任	刘朝臣	刘 正		
成 员	王立克	汪建飞	李先保	郭 亮
	金光明	张子学	朱礼龙	梁继田
	李大好	季幕寅	王刘明	汪桂生

丛书科学顾问

(按姓氏笔画排序)

王加启 张宝玺 肖世和 陈继兰 袁龙江 储明星

序

解决“三农”问题，是农业现代化乃至工业化、信息化、城镇化建设中的重大课题。实现农业现代化，核心是加强农业职业教育，培养新型农民。当前，存在着农民“想致富缺技术，想学知识缺门路”的状况。为改变这个状况，现代农业职业教育必然要承载起重大的历史使命，着力加强农业科学技术的传播，努力完成培养农业科技人才这个长期的任务。农业科技图书是农业科技最广博、最直接、最有效的载体和媒介，是当前开展“农家书屋”建设的重要组成部分，是帮助农民致富和学习农业生产、经营、管理知识的有效手段。

安徽现代农业职业教育集团组建于2012年，由本科高校、高职院校、县(区)中等职业学校和农业企业、农业合作社等59家理事单位组成。在理事长单位安徽科技学院的牵头组织下，集团成员牢记使命，充分发掘自身在人才、技术、信息等方面的优势，以市场为导向、以资源为基础、以科技为支撑、以推广技术为手段，组织编写了这套服务“三农”系列丛书，全方位服务安徽“三农”发展。本套丛书是落实安徽现代农业职业教育集团服务“三农”、建设美好乡村的重要实践。丛书的编写更是凝聚了集体智慧和力量。承担丛书编写工作的专家，均来自集团成员单位内教学、科研、技术推广一线，具有丰富的农业科技知识和长期指导农业生产实践的经验。



丛书首批共 22 册,涵盖了农民群众最关心、最需要、最实用的各类农业科技知识。我们殚精竭虑,以新理念、新技术、新政策、新内容,以及丰富的内容、生动的案例、通俗的语言、新颖的编排,为广大农民奉献了一套易懂好用、图文并茂、特色鲜明的知识丛书。

深信本套丛书必将为普及现代农业科技、指导农民解决实际问题、促进农民持续增收、加快新农村建设步伐发挥重要作用,将是奉献给广大农民的科技大餐和精神盛宴,也是推进安徽省农业全面转型和实现农业现代化的加速器和助推器。

当然,这只是一个开端,探索和努力还将继续。

安徽现代农业职业教育集团

2013 年 11 月

前 言

21 世纪以来,化石燃料燃烧导致碳排放量逐渐增加,日益威胁着地球的生态环境,因此,碳中性燃气的开发已成为燃眉之急。

沼气主要是一种可再生能源,在风能或太阳能不足时可以作为补充能源。未来人们能够根据用能需求定量生产沼气,而且能够在能源市场价格较高时生产。天然气储存的方法同样适用于沼气储存,如此可实现用能高峰期的能源补充。同时,先进的沼气生产技术能够为沼气能源补充提供保障。

实际上,沼气的人工制取和利用已有 100 多年的历史,沼气在我国农村推广利用已经获得了显著的社会、生态、经济和能源效益。自 20 世纪 80 年代以来,沼气及其残留物的综合利用发展十分迅速,而以沼气为纽带的生态农业建设正好体现了可持续发展的理念。沼气的制取不但能够获得高效清洁的能源,而且能有效地治理环境污染,恢复自然生态。我国在农村推广户用沼气池力度很大,每年新增的沼气池用户多达 400 多万户。但笔者通过调查发现,由于农村剩余劳动力的转移,农村建成的沼气池因人、畜粪便少而不能正常运行。今后沼气池要往人口相对集中的村镇、养殖场修建,才能发挥效益,使沼气用户从中受益。规范、发展和普及沼气及其发酵残留物综合利用技术,以取得更好的经济社会和生态效益,增强科技在农村发展



中的作用,让农民确实得到实惠,是笔者写作此书的目的。

本书取材丰富,内容科学、准确,侧重于技术的规范化和可操作性,通俗易懂、操作简便、图文并茂,结合实际调查,提出了养殖场沼气工程和发酵床养殖技术相结合的行之有效的方法。

本书适用于广大农村的农业技术人员,从事生态农业、农业环境保护、农村可再生能源开发和循环经济研究的科技工作者以及从事农村管理工作的领导干部,也可供高等院校相关专业的师生参考。本书的编写得到了安徽科技学院闻爱友老师的大力支持,特表示感谢!由于时间和编写水平的限制,本书难免会有疏漏之处,衷心希望读者提出批评意见,并恳请有关专家学者不吝赐教。

编者

2013年11月

目 录

第一章 沼气产生的原理及条件	1
一、沼气基础知识	1
二、沼气发酵的微生物与原料	2
三、沼气发酵的影响因素	8
四、沼气发酵启动的操作技术	12
第二章 农村户用沼气工程	17
一、农村常用沼气池的分类与构造	17
二、农村户用沼气池的设计原则	21
三、沼气池设计的参数	23
四、沼气池的规划布局与位置选择	24
五、农村户用沼气池的安全建造方法	27
六、农村沼气工程质量检查	39
第三章 沼气输配系统的安装与使用	44
一、沼气输配系统的构成	44
二、输气管路的安装与使用	45
三、管路附件的安装与使用	56
四、沼气用具的安装与使用	68



第四章 沼气池的启动与管理	92
一、沼气池的快速启动	92
二、沼气池的运行管理	94
三、沼气池的安全管理	100
第五章 沼气池故障排除与维修养护	104
一、沼气池本身常见故障与排除	104
二、沼气发酵原料常见故障与排除	105
三、沼气用具常见故障与排除	106
四、沼气池的维修	107
五、沼气池的养护	111
第六章 畜禽场沼气与发酵床并用技术处理粪污工程	113
一、钢筋混凝土工程施工	114
二、利浦制罐技术	119
三、搪瓷钢板拼装制罐技术	124
四、发酵床养猪技术	127
第七章 沼气、沼液与沼渣的利用	137
一、沼气的利用	137
二、沼液的利用	143
三、沼渣的利用	149
参考文献	155

沼气产生的原理及条件

一、沼气基础知识

1. 什么是沼气

沼气是有机物质在厌氧条件下,通过各类厌氧微生物协同分解代谢所产生的、可以燃烧的多组分混合气体。生活中常见的有机物质有杂草、有机垃圾、人畜粪便、污泥、有机废水等。

在日常生活中,常见的水沟、污泥塘中冒出的气泡即为沼气。沼气是一种清洁的、可燃烧的气体,它与城市里使用的天然气性能类似,只是沼气的发热量(热值)比天然气稍低一些。我国在 20 世纪 30 年代开始建沼气池时,将沼气称为“瓦斯气”。

2. 沼气的组成

沼气是一种无色、稍有臭鸡蛋味的多组分混合气体,其主要成分是甲烷和二氧化碳,含有少量的氢气、一氧化碳、氮气、硫化氢。沼气中的甲烷、氢气、一氧化碳、硫化氢为可燃气,二氧化碳与氮气为不可燃气。沼气中甲烷的含量通常为 55%~70%,二氧化碳的含量为 25%~40%。沼气中甲烷的含量越高,沼气的热值越大,沼气的质量也就越好。



3. 沼气的用途

家用沼气池生产的沼气主要是用作生活燃料的。假设修建一个容积为 6 m^3 的沼气池,每天投入 4 头猪的粪便进行发酵,那么它所产生的沼气能够解决一个四口之家照明、做饭的燃料问题。沼气的应用比较广泛,既可以用于农业生产中,如温室保温、储备粮食、烘烤农产品、水果保鲜等,也可发电作为农机动力,大、中型沼气工程生产的沼气可以用来发电、烧锅炉、加工食品、采暖或供给城市居民使用。例如,安徽省淮北市濉溪县洪庄沼气站为第一个大型农户沼气工程,2001 年投入使用,经过几年来的不断改造升级,目前已采用市场化运作经营,日产沼气 2000 m^3 ,供 1000 户村民使用。同时,沼气站每天产出 200 m^3 优质沼液、沼渣,用于村里 600 座蔬菜大棚的肥料。发酵过的沼液可以用来浸种、作果树叶面喷施的肥料,沼渣可以用作果树、蔬菜的肥料。

4. 沼气与天然气的对比

沼气与天然气的对比见表 1-1。

表 1-1 沼气与天然气的对比

气体种类	沼气	天然气
制取方法	发酵法	钻井法
可燃成分	甲烷、氢气、一氧化碳、硫化氢	甲烷、丙烷、丁烷
可燃成分含量(%)	60~70	85 以上
热值/(千焦/ m^3)	20000~29000	39000 左右

二、沼气发酵的微生物与原料

1. 沼气发酵的微生物

发酵微生物可以细分为五大类:发酵性细菌、耗氢产乙酸菌、产

氢产乙酸菌、食氢产甲烷菌、食乙酸产甲烷菌。或者,发酵微生物大致可以分为两大类:产酸菌和产甲烷菌。

在沼气发酵系统中,不管在自然界还是在沼气池里,产酸菌与产甲烷菌都按照各自的遗传特性进行着代谢活动,它们之间既相互依赖,又相互制约,构成一条食物链。它们之间的相互关系主要由以下几个方面表现出来。

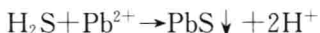
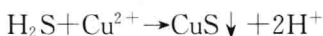
(1)产酸菌为产甲烷菌提供食物 产酸菌将各种复杂有机物,如碳水化合物、蛋白质、脂肪进行厌氧降解,生成游离氢、二氧化碳、氨、甲酸、乙酸、丙酸、丁酸、甲醇、乙醇等产物。其中丙酸、丁酸、乙醇等又可被产氢产乙酸细菌转化为氢、乙酸、二氧化碳等。这样,产酸菌通过其生命活动为产甲烷细菌提供了合成细胞物质和产甲烷所需的食物。产甲烷细菌则充当了厌氧环境有机物分解中微生物食物链的最后一组成员。

(2)产酸菌为产甲烷菌创造适宜的厌氧环境 在沼气发酵的过程中,进料使得空气进入发酵池。原料、水本身也带有溶解氧,这显然对产甲烷细菌是不利的,去除需依赖产酸菌中那些需氧和兼性厌氧微生物的活动。不同的厌氧微生物对氧化还原电位的适应也不相同,通过它们有序的交替生长和代谢活动,逐步将氧消耗掉,使发酵液氧化还原电位不断下降,逐步为产甲烷菌生长和产甲烷创造适宜的厌氧环境,使环境的氧化还原电位降低至 330 毫伏以下,这时产甲烷细菌快速繁殖。

(3)产酸菌为产甲烷菌清除有毒物质 工业废水或者废弃物为发酵原料时,其中可能含有酚类、氰化物、苯甲酸、长链脂肪酸、重金属等对产甲烷细菌有毒害作用的物质。产酸菌中有些种类能裂解苯环,从中获取能源和碳源;有些能以氰化物作为碳源;有些则能够降解长链脂肪酸,生成乙酸和较短的脂肪酸。这些作用不但解除了对产甲烷菌的毒害,而且给产甲烷菌提供了养分。此外,产酸菌产生的硫化氢,也可以与重金属离子作用,生成不溶性的金属硫化物沉淀,



从而解除了一些重金属的毒害作用。例如：



(4)产甲烷菌为产酸菌清除代谢废物,解除反馈抑制 产酸菌发酵产物在环境中的积累可以抑制同样产物的继续生成,这称为“反馈抑制”。如氢的积累可以抑制氢的继续产生,酸的积累可以抑制产酸菌继续产酸,且积累浓度越高,反馈抑制作用越强。在沼气发酵的过程中,产酸菌最终形成的氢、二氧化碳、乙酸等,是产酸菌的代谢废物,这些物质在环境中的积累会产生反馈作用。

在正常的沼气发酵过程中,产甲烷菌会及时把产酸菌所产生的氢、二氧化碳、乙酸等利用掉,使沼气发酵系统中不会积累过多的氢和酸,这样就不会产生反馈抑制,产酸菌也就能继续正常地生长和代谢了。

(5)产酸菌与产甲烷菌共同维持发酵环境的 pH 在沼气发酵初期,产酸菌首先降解原料中的淀粉、糖类等物质,产生大量的有机酸,产生的二氧化碳也部分溶于水,使发酵液 pH 明显下降。而此时,一方面产酸菌类群中的氨化细菌迅速进行氨化作用,所产生的氨中和部分酸;另一方面,产甲烷细菌也利用甲酸、乙酸、氢和二氧化碳形成甲烷,消耗酸和二氧化碳。在一定条件下,两个类群共同作用,使 pH 稳定在一个适宜范围内。

有机废物经过上述两类微生物的分解,最终生成了水和以甲烷和二氧化碳为主要成分的气体,只有小部分难以降解的物质和新生长出的微生物细胞以厌氧消化污泥的形式残存,使大部分有机物经厌氧消化而去除,生成的甲烷经燃烧或大气中紫外线的照射而氧化为二氧化碳和水。有机物经厌氧消化,最终被分解为无害的气体和水。

2. 沼气发酵的原料

在农村,可以作为沼气发酵的原料是十分丰富的,最常见的有人畜粪便,如人、猪、马、牛、羊、鸡、鸭的粪和尿等。各种作物秸秆(麦草、稻草、玉米等)、青杂草、水葫芦、烂菜叶、废渣、废水(酒糟、屠宰场废水和制豆腐的废渣水)等也都是很好的沼气发酵原料。但是,“四位一体生态”模式中的沼气池不能用作物秸秆作为发酵原料,因为秸秆在沼气池中滞留期长达 90 天以上,会影响用户对蔬菜的施肥需要,而且出料困难。

应当注意的是,并不是所有的植物都能作为沼气发酵的原料。例如,百部、桃叶、马钱子、皮皂之、元江黄芩、元江金光菊、大蒜和刚消毒的人、畜、禽粪便等。因其对沼气发酵有较强的抑制作用,所以不适宜作为发酵原料。

根据原料的含碳量和含氮量,原料还可以分为富碳原料和富氮原料两大类。

(1)富碳原料 富碳原料主要由农作物秸秆和杂草构成,它们含碳量高,碳氮比通常超过 30:1,主要成分为木质素、纤维素、半纤维素和蜡,代谢利用和产气速度均较慢。以这类物质为原料时,需要进行预处理,以便提高原料的利用率和产气速度。

(2)富氮原料 富氮原料主要由人、畜和禽的粪便及易腐生活垃圾构成,它们的氮元素含量较高,碳氮比一般均小于 25:1。粪便的颗粒较细,可作为正常沼气池的原料,不需要进行预处理,代谢分解和产气速度较快。在沼气池启动时,可以直接使用马粪、羊粪及牛粪等碳氮比在 20:1 以上的粪便原料,但最好使用牲畜的混合粪便。通常不建议使用大量的人粪,除非沼气池的主要发酵原料要求为人粪便,而这时一定要提早用人粪便培养好接种物。沼气池的主要发酵原料不能使用鸡粪,因为鸡粪极易造成沼气发酵体系酸化,并且不能自动恢复,也很难进行调整,而且鸡粪中石粉碳酸钙含量较多,易沉积在



发酵池内,造成堵塞,清理困难。

除秸秆、粪便等原料外,农村的一些水生植物,如水花生、水葫芦、水草等,由于繁殖速度快、产量高、碳氮比合适,容易被沼气发酵细菌利用,所以也是比较理想的原料。

3. 沼气发酵原料的产气速率

产气速率指的是原料在一定发酵条件下产生沼气的速度,通常以一段时间内沼气产量占总产气量的比例来表示。在相同的条件下,不同的原料产气速度不同,通常富氮原料比富碳原料的产气速度快。依据原料的产气率和产气速率,搭配使用不同发酵原料能获得较高的产气量和均衡的产气速率。

表 1-2 为几种常见原料的产气速率实测值。

表 1-2 几种常见原料的产气速率实测值

原料	产气速率(沼气产量占总产气量的比例)(%)				
	10 天	20 天	30 天	40 天	60 天
猪粪	74.2	86.3	97.6	98.0	100
人粪	40.4	81.5	94.1	98.2	100
马粪	63.7	80.2	89.0	94.5	100
牛粪	34.4	74.6	86.2	92.7	100
玉米秸	75.9	90.7	96.3	98.1	100
麦秸	48.2	71.8	85.9	91.8	100
稻草	46.2	69.2	84.6	91.0	100
青草	75.0	93.5	97.8	98.9	100

4. 沼气发酵常用料的产气量

农村常用料有干料和湿料两种。干料产气量是指原料在 110~150℃干燥至恒重后,所能得到的产气量,即每千克总固体的产气量;湿料产气量是指每千克鲜料的产气量。常用料的产气量见表 1-3。



表 1-3 常用料的产气量

种类	每千克总固体产气量/米 ³	每千克鲜料产气量/米 ³
猪粪	0.42	0.072
牛粪	0.30	0.045
鸡粪	0.31	0.052
稻草	0.40	—
麦草	0.45	0.32
青草	0.44	—
玉米秆	0.50	0.066
高粱秆	0.40	0.16(风干)
油菜秆	0.38	0.152(风干)

5. 沼气发酵原料的碳氮比

沼气发酵原料是产生沼气的物质基础。原料的碳氮比就是指原料中碳素总量和氮素总量的比例。甲烷菌从发酵原料中吸取营养物质(碳素、氮素及无机盐类)。碳素是构成甲烷菌细胞的成分,也提供了产生甲烷的能源。氮素是构成细胞的主要成分,氮素的多少与菌体细胞的生长速度和数量是成正比的。无机盐类可以构成细胞的成分,又可以调节微生物细胞的生理活动。所以,发酵开始启动时碳氮比值稍低些,有利于菌体的生长。而在正常运转阶段,由于不断释放出甲烷等含碳素的气体,而氮素则较多地保留在发酵液中,因此需不断地补偿碳素的损耗。实践证明,投入的混合原料碳氮比值一般应控制在(20~30):1,这样有利于持久稳定地产气,同时有机氮分解时释放出来的氨与水生成的氧化铵能够中和有机酸,起到对酸碱度的调节作用,还可防止“跑”氮,有利于沼渣水肥效的保持。