



新农村低碳能人培训系列教材

新农村沼气能人 培训教材

迟全勃 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

ISBN 978-7-111-33858-1

策划编辑：肖耀祖

封面设计：路恩中



上架指导：农村书屋 / 建筑节能

地址：北京市百万庄大街22号

电话服务

社服务中心：(010)88361066

销售一部：(010)68326294

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

邮政编码：100037

网络服务

门户网：<http://www.cmpbook.com>

教材网：<http://www.cmpedu.com>

封面无防伪标均为盗版

定价：18.00元

ISBN 978-7-111-33858-1



9 787111 338581

新农村低碳能人培训系列教材

新农村沼气 能人培训教材

迟全勃 主编



机械工业出版社

本书从沼气和沼气发酵,沼气池的设计,沼气池的修建,沼气池的质量验收与运行管理,沼气输气系统的安装,以及沼气、沼液与沼渣的利用,农村户用沼气产品的使用等方面介绍了沼气发酵,沼气池的设计、修建、管理、利用,农村户用沼气产品的使用等方面的知识,通俗易懂、深入浅出,不仅具有实用性而且具有很强的可操作性。

本书可作为农村沼气的培训教材,也可供广大沼气技术人员学习使用,还可供从事环境工程、生态农业、农村能源等专业的科学技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

新农村沼气能人培训教材/迟全勃主编. —北京:机械工业出版社, 2011.4

新农村低碳能人培训系列教材

ISBN 978-7-111-33858-1

I. ①新… II. ①迟… III. ①农村—沼气利用—技术培训—教材
IV. ①S216.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第048757号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:肖耀祖 责任编辑:肖耀祖 范秋涛

版式设计:霍永明 责任校对:张薇

封面设计:路恩中 责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2011年5月第1版第1次印刷

140mm×203mm·375印张·104千字

标准书号:ISBN 978-7-111-33858-1

定价:18.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

本书编写人员

主 编 迟全勃

参 编 张 祎 荣 星 王 帅

单 超 黄金凤 白雅君

前言

沼气具有能源、生态、环保、经济和社会方面的多重功能。发展利用沼气技术，解决农民生活和生产能源问题，有利于保护资源和环境，对促进农村社会经济和生态环境协调发展，建设社会主义新农村具有深远意义。农村沼气已成为我国农村能源的一个重要组成部分，具有广阔的发展前景。

实施农村劳动力技能培训课程既是贯彻中央文件精神的重要举措，促进农业增效和农民增收的有效途径，也是统筹城乡经济社会发展的现实要求。以甘肃省张掖市为例，作为一个传统的农业大市，全市农村总人口有 98.9 万人，农村劳动力资源总量达 64.79 万人，农民成为新农村建设的主体。然而，随着农村经济的发展，传统的生产方式已不适应现代农业发展的需求，农民收入增长缓慢，农村剩余劳动力转移就业急需掌握各种技能，广大农民的发展意识、科技意识、政策法规意识越来越强，加强对农民的科技培训势在必行。30 万农村劳动力技能培训课程工作大纲规定，从 2008 ~ 2012 年，用 5 年时间，依托全市 14 所职业学校、46 个农村劳动力培训机构、60 个乡镇农技服务站，以及已建起的科技示范点、养殖小区和科技示范户、各类农民专业合作社、龙头企业，紧紧围绕重点产业和支柱产业，以讲发展思路、讲政策法规、讲实用技术为重点，对有培训需求的农村劳动力免费培训，每年培训农村劳动力 6 万人左右，5 年内使 30 万农村劳动力得到系统的技术技能培训。开展对农村能源技工的技能培训，围绕沼气建设项目，全市建设沼气池 3 万座，5 年培训沼气技工 600 人。

据统计，湖北省培训返乡农民工 5600 多人次，仅松滋一个市

就培训了 1000 多人次，80% 的农民工培训后就能上岗。全省全年共培训沼气工 1.3 万人次，超出年初目标任务 8000 人次。为适应新农村人才培养需要，我们编写此书。

由于作者的经验和学识有限，加之时间仓促，书中难免有疏漏或未尽之处，敬请专家和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 沼气和沼气发酵	1
1.1 沼气的基础知识	1
1.2 沼气发酵的微生物与原料	3
1.3 沼气发酵的影响因素	8
1.4 沼气发酵的启动	13
第 2 章 沼气池的设计	18
2.1 沼气池的分类与构造	18
2.2 沼气池的设计原则	22
2.3 沼气池的设计参数	25
第 3 章 沼气池的修建	28
3.1 沼气池的规划布局与位置选择	28
3.2 沼气池的建造材料	31
3.3 沼气池的施工技术	36
3.4 安全建池	44
第 4 章 沼气池的质量验收与运行管理	48
4.1 沼气池的质量检查	48
4.2 沼气池的渗漏检查	50
4.3 沼气池的运行管理	53
4.4 沼气池常见故障与处理	59
4.5 沼气池的维修	63
4.6 沼气池的养护	66
第 5 章 沼气输气系统的安装	69
5.1 沼气输气系统的安装要求与管道布置	69
5.2 沼气输气系统输气管道的安装	71
第 6 章 沼气、沼液与沼渣的利用	74

6.1 沼气的利用	74
6.2 沼液的利用	80
6.3 沼渣的利用	87
第7章 农村户用沼气产品的使用	94
7.1 沼气灶	94
7.2 沼气灯	101
7.3 沼气配件	107
参考文献	110

第 1 章 沼气和沼气发酵

1.1 沼气的基础知识

【要 点】

本节通过介绍沼气、沼气的组成以及沼气的用途等内容，阐述了沼气的基础知识。

【解 释】

1. 沼气的含义

沼气是有机物质在厌氧条件下，经过沼气发酵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、秸秆、有机垃圾、人畜粪便、有机废水等。

在日常生活中，常见的水沟、污泥塘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，其主要成分是甲烷与二氧化碳，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烧的气体。沼气中甲烷的含量通常为 50% ~ 70%，二氧化碳的含量为 20% ~ 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

农村家用沼气池生产的沼气主要是用来作生活燃料的。假设修建

一个容积为 6m^3 的沼气池，每天要投入 4 头猪的粪便进行发酵，它所产生的沼气能够解决 4 口人家庭点灯、做饭的燃料问题。沼气的应用比较广泛，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；也可以发电作农机动力，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，我国河南省南阳市从 20 世纪 70 年代开始至今，已有 3 万多户城市居民在使用沼气。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、丁烷等
可燃成分含量 (%)	60 ~ 70	85 以上
热值/ (kJ/m^3)	20000 ~ 29000	39000 左右

【相关知识】

在农村发展沼气对保护居住环境与卫生工作变革的作用

在我国农村生产生活中，采用传统的炉灶直接烧柴，不仅利用效率较低，热效率甚至低于 10%，而且燃烧不够完全，常伴随着大量的烟尘。因此，直接烧柴不仅浪费能源，还直接污染居住环境，造成室内空气污染。在农村由此引起的呼吸道疾病成为导致死亡的首要因素，在城市中也占到了第 3 位。沼气是一种优质的清洁能源，正常燃烧后无烟无尘，不会造成污染，因此，以沼气为主要燃料的厨房干净明亮。

沼气池、厕所、畜厩三者结合建设，人畜粪便、有机污水（或废水）等疾病传播源进入沼气池后，经过厌氧发酵，疾病传播源中的致病菌和寄生虫卵等被杀灭，不仅可以改变农村粪便、垃圾随意堆放

等的不良现象，解决农村生活环境的脏、乱、差的问题，还有利于传染病和寄生虫病的控制，可以明显减少疾病的发生。对沼气示范村的调查显示，肠道传染病发病率平均下降了91.1%，寄生虫病的感染率平均下降了56.9%~90.6%，明显提高了农村人口的健康水平。建造和使用沼气的村镇、农户，不仅彻底改变了过去厕所臭得难闻、厨房烟熏火燎的落后状况，而且村容村貌和家庭卫生条件也得到了明显改善。

1.2 沼气发酵的微生物与原料

【要 点】

沼气发酵是指利用人、畜粪便和秸秆、污水等各种有机物在厌氧条件下，经发酵微生物分解转化，最终产生沼气的过程。本节主要介绍沼气发酵的微生物、所需的原料，以及原料的产气率、产气量、碳氮比等。

【解 释】

1. 沼气发酵的微生物

发酵微生物细分可以分为五大类：发酵性细菌、耗氢产乙酸菌、产氢产乙酸菌、食氢产甲烷菌、食乙酸产甲烷菌等。发酵微生物可以分为两大类：产酸菌和产甲烷菌。

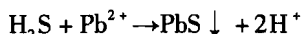
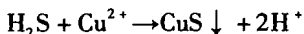
在沼气发酵系统里，不管在自然界还是在沼气池里，产酸菌与产甲烷菌都各自按照自己的遗传特性进行着代谢活动，它们之间既相互依赖，又相互制约，构成一条食物链。它们之间的相互关系主要由以下几个方面表现出来。

(1) 产酸菌为产甲烷菌提供食物 产酸菌把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, 由于进料使空气进入发酵池, 原料、水本身也带有溶解氧, 这显然对产甲烷细菌是不利的。它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是不相同的, 通过它们有序地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 -330mV 以下, 这时产甲烷细菌才能够旺盛活动。

(3) 产酸菌为产甲烷菌清除有毒物质 在以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。产酸菌中有许多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。这些作用不但解除对产甲烷菌的毒害, 而且还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形成, 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, 就不会产生反馈抑制, 产酸菌也就得以继续正常地生长和代谢。

(5) 产酸菌与产甲烷菌协调生长才能稳定发酵环境的 pH 值 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 值下降显著。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。在一定的条件下，两个类群共同作用使 pH 值稳定在一个适宜范围，不使发酵液 pH 值出现对沼气发酵不利的程度。

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，最常见的为人畜粪便，如人与猪、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、烂菜叶等，废渣、废水（酒糟、屠宰场废水和制豆腐的废渣水）等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各种作物秸秆作为发酵原料，因为秸秆在沼气池中的滞留期长达 90 天以上，影响对蔬菜的施肥，而且出料困难，所以不采用作物秸秆作为发酵原料。

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、大蒜等，对沼气发酵有较强的抑制作用，所以，不适宜作为发酵原料进入沼气池。

根据原料中含碳量和含氮量，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，代谢利用和产气速率均较慢。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率。

(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，代谢分解和产气速率较快。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；根据接种物来源、质量及接种

量等实际情况，可以使用单一的猪粪，最好添加牛粪或羊粪、马粪；通常不建议使用大量的人粪，除非沼气池的主要发酵原料为人粪便，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。

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。

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（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	40.7	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℃干燥至恒重后换算所得到的产气量，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/ m^3	每千克鲜料产气量/ m^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,也提供了能源,产生甲烷。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化合物的气体,而氮素又较多地保留在发酵液中。因此,又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存。

【相关知识】

发酵原料与水的配合比例

产生沼气的原料一定要有适量的水分才有利于产气,这是因为沼气细菌吸收养分、排泄废物和进行其他生命活动均需要有适宜的水分。如果含水量过多,发酵液中干物质含量少,则单位体积的产气量