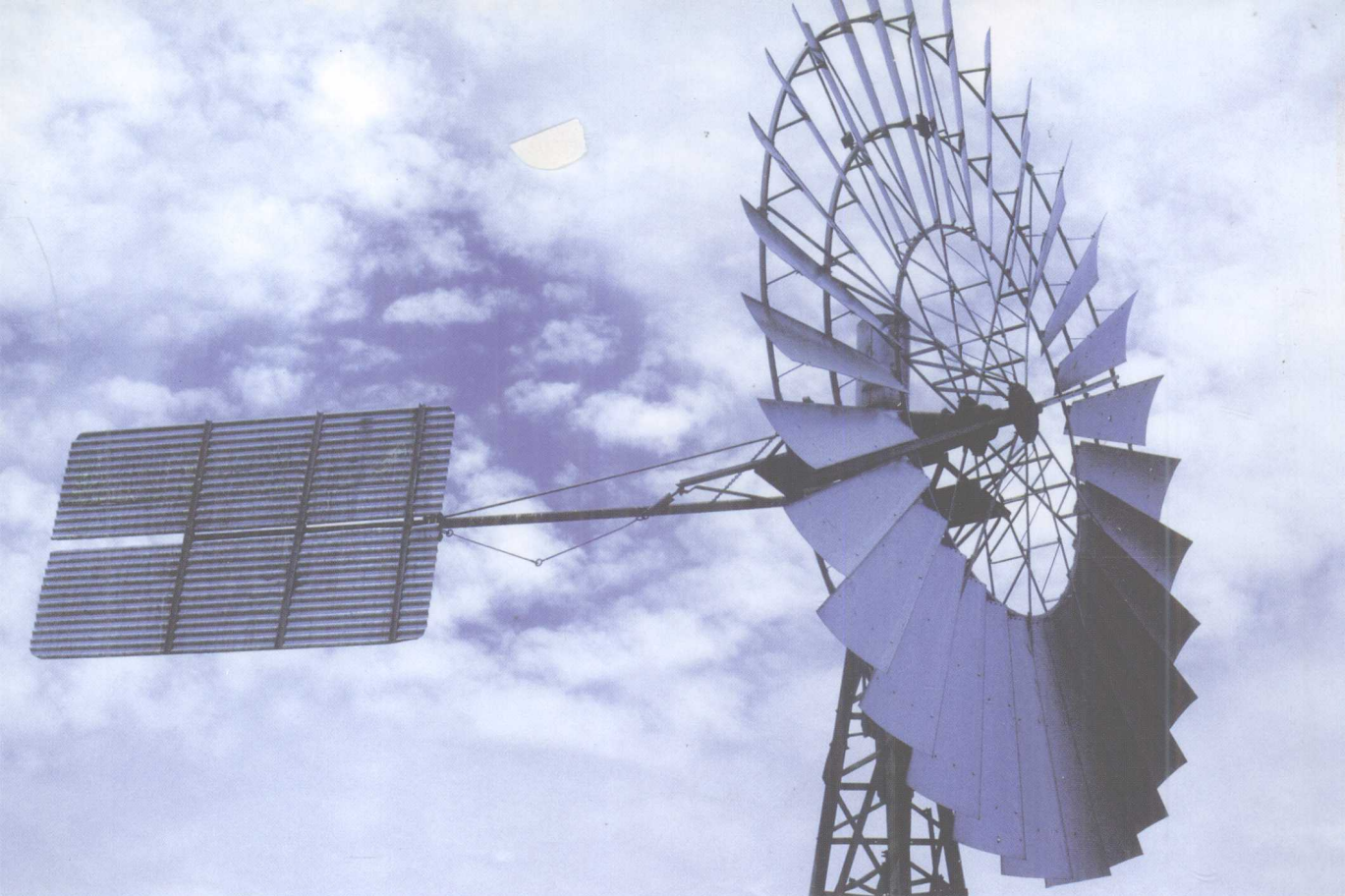




新编农村能源

应用技术

兰书林 孙全忠 赵庆阳 主编

中原出版传媒集团 中原农民出版社

新编农村能源应用技术

兰书林 孙全忠 赵庆阳 主编

中原出版传媒集团
中原农民出版社

图书在版编目(CIP)数据

新编农村能源应用技术/兰书林,孙全忠,赵庆阳主编. —郑州:
中原出版传媒集团,中原农民出版社,2008.9
ISBN 978-7-80739-322-1

I. 新… II. ①兰…②孙…③赵… III. 农村-甲烷-综合利用
IV. S216.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 141112 号

出版:中原出版传媒集团 中原农民出版社

(地址:郑州市经五路 66 号 电话:0371—65751257

邮政编码:450002)

发行单位:全国新华书店

承印单位:黄委会设计院印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:13 **字数:**300 千字

版次:2008 年 9 月第 1 版 **印次:**2008 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-80739-322-1

定价:30.00 元

本书如有印装质量问题,由承印厂负责调换

《新编农村能源应用技术》

编 委 会

主 编	兰书林	孙全忠	赵庆阳
副主编	周文晓	李建生	张自群
	李国让	王玉庆	李昊嵘
	马韶岩	李 宜	侯旭民
	朱建光	叶林军	王 颖
编 者	常晓建	白清敏	李 娟
	刘 杰	孙广朝	李丰银
	王清任	李 莎	周 涛
	戴 浩	郭秀照	关婷卉

前 言

党的十七大报告指出“必须坚持全面协调可持续发展”，“建设生态文明，基本形成节约能源资源和保护生态环境的产业结构、增长方式、消费模式”，“加强能源资源节约和生态环境保护，增强可持续发展能力”，“开发和推广节约、替代、循环利用和治理污染的先进适用技术，发展清洁能源和可再生能源，保护土地和水资源，建设科学合理的能源资源利用体系，提高能源资源利用效率。发展环保产业。加大节能环保投入”。这充分说明了，能源与环境保护是当前我国两项重要的工作。

中共中央关于制定国民经济和社会发展第十一个五年规划的建议指出：大力普及农村沼气，积极发展适合农村特点的清洁能源。为我国农村沼气发展指明了前进方向，规划出了宏伟蓝图。我国农村沼气发展必将迎来新的建设高潮。农村沼气建设投资小，见效快，技术简单，管理方便，既可以增加农民收入，又可以改善农村面貌和农民生活环境，是提高农民生活质量、改善生态环境的最有效途径，在建设社会主义新农村、建设资源节约型社会中具有重要作用。

国家的能源战略是节约能源，重点开发和使用新能源。特别是开发地热能、小水电、风能和以秸秆综合利用为主的生物质能。

20 世纪 70 年代，全党动员、推广沼气，因技术原因，效果不理想，但沼气的概念已深入人心。近年来，随着沼气发酵工艺的改进和技术进步，特别是国家实施的农村沼气国债项目的强力带动，农村沼气建设已步入良性发展轨道，出现了迅速发展的势头。为适应农村沼气发展的新形势，满足基层农村沼气管理工作者、技术人员、沼气用户对沼气技术的迫切需要，我们组织编写了《新编农村能源应用技术》一书。该书结合多年的工作实践，吸纳最新成果，详尽地介绍了农村沼气基本知识和使用技术，介绍了以秸秆为主的生物质能的综合利用，介绍了太阳能、小水电、风能、地热能等新能源的知识和利用技术。这本书通俗易懂，实用性强，既是基层农村能源工作者的参考书，也是技术人员和农民朋友的工具书，我们相信该书的出版，将会对农村沼气的普及发挥积极作用。

由于编者水平有限，书中不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 农村沼气建设基本知识	1
第一节 沼气的性质及发酵原理	1
一、沼气的性质	1
二、沼气发酵的原理	2
第二节 沼气发酵的基本条件	3
一、沼气细菌	3
二、严格的厌氧环境	4
三、充足和适宜的发酵原料	4
四、适宜的发酵温度	5
五、适宜的干物质浓度	6
六、适宜的 pH 值	6
七、持续的搅拌	7
第二章 农村户用沼气池的工作原理及类型特点	8
第一节 户用沼气池的基本构造和工作原理	8
一、户用沼气池的基本构造	8
二、沼气池的工作原理	9
第二节 户用沼气池的类型与特点	10
一、沼气池的类型	10
二、沼气池的特点	10
第三节 沼气干发酵技术	16
一、我国农业废弃物资源化利用技术及存在的问题	16
二、沼气干发酵的技术概况	17
三、沼气干发酵的工艺条件	17
四、沼气干发酵的产气和造肥效果	19
第三章 农村户用沼气池的原料配比和投料启动	21
第一节 原料的分类	21
一、富氮原料	21

二、富碳原料·····	21
三、其他类型的发酵原料·····	21
第二节 沼气发酵原料的配比·····	22
一、原料配比的原则·····	22
二、充分利用畜便资源·····	22
第三节 原料堆沤(预处理)·····	23
一、原料堆沤的作用·····	23
二、堆沤的方法·····	24
第四节 接种物·····	24
一、接种物的作用·····	24
二、接种物的富集培养·····	25
三、接种物的来源·····	25
四、接种量·····	25
第五节 家用沼气池的启动·····	25
一、准备·····	25
二、投料·····	25
三、加水封池·····	25
四、放气试火·····	26
五、启动完成·····	26
第四章 农村沼气池的设计建造及维护·····	27
第一节 户用沼气池的设计·····	27
一、户用沼气池的选择·····	27
二、户用沼气池的设计·····	28
第二节 沼气池的建筑材料·····	28
一、普通黏土砖·····	28
二、水泥·····	28
三、沙·····	29
四、卵石、碎石·····	29
五、普通混凝土·····	29
六、砌筑砂浆·····	30
七、密封材料·····	30
第三节 沼气池的施工·····	31
一、池址选择·····	31
二、选择池容积·····	31
三、沼气池设计的几何尺寸·····	32
四、建池时间·····	32

五、平面放线及土方工程·····	32
第四节 几种常用沼气池简介·····	35
一、曲流布料沼气池·····	35
二、圆筒形沼气池·····	38
三、分离储气浮罩沼气池·····	42
四、旋流布料型高效沼气池·····	44
第五节 输气管道的安装·····	46
一、管路系统·····	46
二、输气管安装·····	46
第六节 沼气池检查与维修·····	53
一、建后沼气池检查·····	53
二、病态池常见故障类型、产生原因与维修方法·····	54
三、沼气池维修·····	55
第五章 农村户用沼气池的日常使用及管理·····	57
第一节 沼气池的安全运行·····	57
一、日常运行管理技术·····	57
二、安全使用注意事项·····	58
第二节 沼气池的管理·····	58
一、沼气池越冬管理·····	58
二、农村户用沼气日常管理和安全使用要诀·····	60
第三节 沼气池日常使用中的常见故障及处理方法·····	61
一、沼气池使用过程中易出现的故障及处理方法·····	61
二、安全管理及注意事项·····	61
三、事故的一般抢救方法·····	62
四、沼气池不产气的原因及处理方法·····	63
五、保证沼气池正常产气的方法·····	64
第六章 农村沼气服务体系建设·····	65
第一节 农村沼气服务体系建设的必要性、迫切性·····	65
第二节 服务体系建设的指导思想、原则与目标·····	67
一、指导思想·····	67
二、建设原则·····	68
三、建设目标·····	68
四、体系功能·····	68
第三节 乡村服务网点建设内容、补助标准·····	69
一、建设内容与标准·····	69

二、政府支持建设内容及标准·····	69
三、乡村服务网点建设机制·····	69
四、乡村服务网点建设组织实施·····	70
第七章 大中型沼气工程的发酵工艺及运行管理 ·····	71
第一节 沼气发酵的基本工艺流程 ·····	71
一、原料的收集·····	71
二、原料的预处理·····	71
三、消化器(沼气池) ·····	72
四、出料的后处理·····	72
五、沼气的净化、储存和输配 ·····	73
第二节 厌氧消化器的构成因素 ·····	73
一、水力滞留期(HRT) ·····	74
二、固体滞留期(SRT) ·····	75
三、微生物滞留期(MRT) ·····	76
四、厌氧消化器的类型·····	76
第三节 常规型厌氧消化器 ·····	77
一、常规消化器·····	77
二、完全混合式消化器·····	78
三、塞流式消化器·····	79
第四节 污泥滞留型厌氧消化器 ·····	80
一、厌氧接触工艺·····	80
二、升流式厌氧污泥床(UASB) ·····	81
三、升流式固体反应器(USR) ·····	85
四、折流式反应器(BFR) ·····	85
第五节 附着膜型厌氧消化器 ·····	86
一、厌氧滤器(AF) ·····	86
二、流化床和膨胀床·····	87
第六节 其他沼气发酵工艺 ·····	88
一、两阶段厌氧消化·····	88
二、干发酵·····	89
三、膨胀颗粒污泥床(EGSB) ·····	89
第七节 大中型沼气池的运行及管理 ·····	90
一、沼气池运行前的试车·····	90
二、厌氧消化器的启动·····	90
三、厌氧消化器的运行管理·····	92
四、消化器的维修与安全·····	94

第八章 生活污水处理与沼气建设	95
第一节 生活污水净化沼气池技术	95
一、用途和功能	95
二、池型结构和工作原理	96
第二节 生活污水净化沼气池工艺	98
一、工艺流程	98
二、工艺参数	99
三、运行管理	99
第三节 生活污水净化沼气池施工	100
一、施工前期准备	100
二、材料要求	102
三、垫层施工要点	103
四、底板施工要点	103
五、墙体施工要点	104
六、顶盖施工要点	106
七、密封防腐层施工要点	108
八、填料、滤料施工要点	109
九、工程验收资料	110
第四节 生活污水净化沼气池运行	114
一、运行管理要点	114
二、相关知识	114
三、注意事项	115
第九章 “三沼”的综合利用	116
第一节 概述	116
第二节 沼气综合利用	118
一、沼气在日光温室中的应用	118
二、沼气保鲜	120
三、沼气储粮	123
四、沼气烘干粮食和农副产品	125
五、沼气孵化技术	125
六、沼气灯增温育雏鸡、养蛋鸡	127
七、沼气灯增温养蚕	127
八、沼气灯诱虫养鱼、养鸡、养鸭	128
第三节 沼液的综合利用	129
一、沼液浸种技术	129

二、沼液喂猪	131
三、沼液、沼渣养鱼	133
四、沼液叶面施肥	134
五、沼液防治作物病虫害	136
第四节 沼渣的综合利用	137
一、沼渣用作有机肥	137
二、沼渣在柑橘树上的应用	137
三、沼渣在梨树上的应用	138
四、沼液、沼渣在西瓜上的应用	139
五、沼液、沼渣在蔬菜上的应用	139
六、沼渣栽培蘑菇	140
七、沼渣栽培草菇	141
八、沼渣种烟技术	142
九、沼渣栽培平菇	143
十、沼渣养黄鳝	144
十一、沼渣养蚯蚓	145
十二、沼肥稻田养鱼	145
十三、用沼肥制作营养钵	147
第十章 农作物秸秆治理与综合利用	148
第一节 我国农作物秸秆资源情况	148
第二节 农作物秸秆综合利用方法	149
一、传统农作物秸秆综合利用方法	149
二、新的农作物秸秆综合利用方法	150
第三节 我国秸秆综合利用现状	153
第四节 农作物秸秆综合利用途径	155
一、秸秆能源	155
二、秸秆饲料	155
三、秸秆肥料	155
四、秸秆原料	156
五、秸秆基料	156
第五节 秸秆养畜综合利用技术	156
一、秸秆饲料草块加工技术	156
二、秸秆利用新技术	158
第十一章 太阳能的利用	160
第一节 太阳及太阳能	160

一、太阳及其能量	160
二、太阳光谱	161
三、太阳能辐射强度及其特点	161
四、物体对太阳辐射的吸收、反射的吸收、反射和透射	162
五、地球表面的太阳辐射	162
六、我国的太阳能资源分类	162
第二节 太阳能热利用	163
一、太阳能集热器	163
二、太阳灶	166
三、太阳能干燥	167
四、太阳房	168
第三节 太阳能光电利用	169
一、光伏发电	169
二、加热发电	170
第四节 太阳能农业利用	170
一、作物栽培太阳能温室	170
二、太阳能暖圈	171
三、“四位一体”太阳能温室	171
第十二章 小水电的开发与利用	173
第一节 小水电概述	173
一、小水电的定义及分类	173
二、小水电、微水电的开发方式	174
三、小水电站的类型及地势选择	175
四、水轮机、电机选择	176
第二节 小水电站运行	178
一、同步发电机的功率调节	178
二、水轮机的调速	178
三、小水电站的日常运行	178
第三节 10 千瓦以下微型水电站建设	179
一、主要技术参数	179
二、常见机组	179
三、电站调控	180
四、电站的传动	181
五、整机布局	181
六、电站机型	181
七、土建工程	182

八、安装与调试	183
九、维护与维修	184
第十三章 风能开发与利用	186
第一节 风能概述	186
第二节 风能特点	188
第三节 我国风电发展状况	188
第四节 风能利用	190
第五节 风力发电的原理	192
第十四章 地热能	194

第一章 农村沼气建设基本知识

农作物秸秆、人畜粪便、动植物遗体、工农业废渣或废液等有机物质,在厌氧的环境和一定的条件下,经过种类繁多、数量巨大、功能不同的微生物的分解代谢,可产生一种可以燃烧的混合气体(图1-1)。因为这种气体最初是从沼泽、池塘中发现的,故人们称之为沼气(又被称为生物气、瓦斯)。它的主要成分甲烷(CH_4)占50%~70%、二氧化碳(CO_2)占30%~40%,此外还有少量硫化氢(H_2S)、氢气(H_2)、氮气(N_2)、一氧化碳(CO)和氧气(O_2)等。

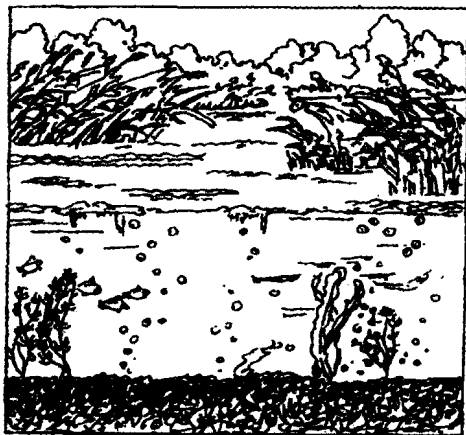


图1-1 沼气的产生

第一节 沼气的性质及发酵原理

一、沼气的性质

因为沼气的主要成分是甲烷,所以它的性质也主要是由甲烷决定的。

甲烷在常温常压下是一种无色、无臭、无味、无毒的易燃性气体,但因沼气中含有少量硫化氢,所以沼气略带有臭鸡蛋味或蒜味,并具有毒性。甲烷的分子式是 CH_4 ,分子量为16.043,是由1个碳原子和4个氢原子结合的饱和烃类。它的分子直径只有24.79纳米,直径很小,因此在应用中沼气很容易跑掉。同时,甲烷对水的溶解度很小。在20℃,101.325千帕时,100个单位体积的水约可溶解3.3体积的甲烷;在40℃,101.325千帕时,100个单位体积的水约可溶解2.4体积的甲烷,因此,在应用中可以用水封的办法来储存沼气。甲烷的扩散速度比空气快3倍,熔点为-82.5℃,沸点为-61.5℃,着火点为537.2℃。因此,沼气液化比较困难。甲烷是一种优质的气体燃料,燃烧时产生淡蓝色火焰,最高温度可达1400℃,并放出大量热量,在标准状态下,1米³纯甲烷的发热值为35822.6千焦,1米³沼气发热值为17911.3~25075千焦,相当于1千克原煤或0.74千克汽油的热值。沼气燃烧后主要排放物为二氧化碳和水,无烟

尘,基本无污染,是一种方便、高效的清洁能源。甲烷在空气中含量达 5.4% ~ 13.9%,即含 60% 甲烷的沼气在空气中含量达 9% ~ 23% 时,容易引起爆炸。当空气中含有甲烷量达 25% ~ 30% 时,对人畜会产生一定的麻醉作用。因此,要严格按照安全操作规程使用沼气。

二、沼气发酵的原理

沼气发酵又称为厌氧消化、厌氧发酵和甲烷发酵,是指有机物质(如人畜家禽粪便、秸秆、杂草等)在一定的水分、温度和厌氧条件下,通过种类繁多、数量巨大、且功能不同的各类微生物的分解代谢,最终形成甲烷和二氧化碳等混合性气体(沼气)的复杂的生物化学过程。沼气是由微生物产生的,微生物是沼气发酵的核心,沼气发酵是多种微生物参与的混合发酵。目前已知参与沼气发酵的微生物大约有 20 多属 100 多种,包括细菌、真菌、原生动物等微生物类群。沼气发酵微生物大体可以分为以下几类:分解细菌、产酸细菌、产氢细菌、产甲烷细菌等。

有机物经微生物的厌氧降解作用转变成沼气,是一个复杂的生物化学过程。在沼气池中各种生物之间,既有相互对抗的一面(如争夺食物、排泄对抗物质等),也有互相协调的一面(如一种微生物的代谢产物是另一种微生物的食物),表现出既对立又统一的矛盾,正是这种矛盾的过程,使各种有机物质最终转变成沼气。概括来讲,沼气发酵过程大致分为水解阶段、产酸阶段和产甲烷阶段(图 1-2)。

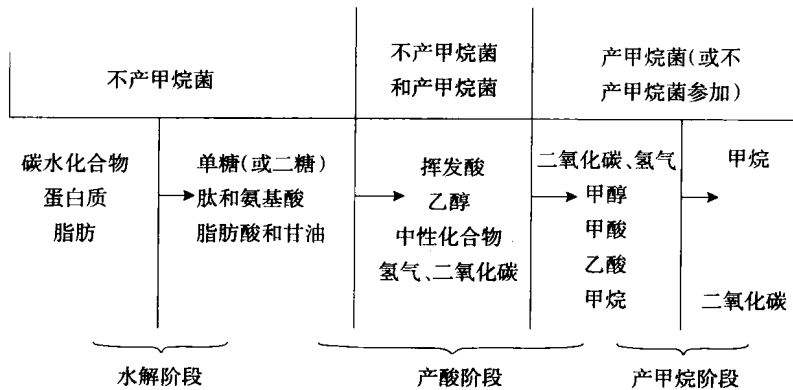


图 1-2 沼气厌氧发酵原理图解

(一) 水解阶段

第一阶段为水解阶段,又叫液化阶段。一些发酵细菌如纤维素分解菌、脂肪分解菌、蛋白质水解菌等,产生胞外酶,对有机物质进行体外酶解,将多糖水解成单糖,蛋白质转化为肽和氨基酸,脂肪转化成甘油和脂肪酸。通过酶解,固体有机物质转化成可溶于水的物质。这些液化产物可以进入微生物细胞,并参加微生物细胞内的生物化学反应。

(二) 产酸阶段

第二阶段为产酸阶段。上述液化产物通过产酸细菌吸收,进入细胞体内,在胞内酶的作用下,进一步转化成挥发性小分子化合物,如脂肪酸、醇、酮、醛等。此阶段的主要

产物是有机酸,如乙酸、丙酸、丁酸等,其中乙酸约占 80%,故称为产酸阶段。

第一阶段和第二阶段是一个连续过程,统称为不产甲烷阶段。在这个阶段中,除形成大量的小分子化合物外,还产生大量的二氧化碳和少量的氢气,这些都是合成甲烷的准备阶段,即将复杂的有机物质转化成可供沼气细菌利用的物质,特别是低分子乙酸。大致 70% 的甲烷都是在发酵过程中由乙酸生成的。

(三)产甲烷阶段

第三阶段为产甲烷阶段。经上述两个阶段的发酵,沼气池内的含氧量大量降低,甲烷细菌数量大量增加,活动增强。产甲烷细菌发酵第二阶段酸类物质(主要是乙酸),产生甲烷和二氧化碳等气体,故称之为产甲烷阶段。

产甲烷菌的共同特征是:①生长非常缓慢,如甲烷八叠球菌在乙酸上生长时其倍增时间为 1~2 天,甲烷菌丝倍增时间为 4~9 天。②严格厌氧,对氧气和氧化剂非常敏感,在有空气的条件下,就不能生存。③只能利用少数简单的化合物作为营养。④它们要求在中性稍偏碱和适宜温度环境条件下。⑤代谢活动主要终产物是甲烷和二氧化碳为主要成分的沼气。

需要说明的是,在沼气发酵的整个过程中,虽有阶段之分,但没有明显界限,各阶段之间既相互衔接又相互交叉,构成一个有机物厌氧降解的生物链系统。在沼气池中的各种微生物之间是相互依存、缺一不可的关系。产酸菌为产甲烷菌制造了食物和生活条件,产甲烷菌将产酸菌的代谢产物乙酸、氢加以清除,保证产酸代谢路线的畅通。正是这种对抗、平衡、协调关系,方能使发酵向着我们所希望的产沼气方向进行。失去平衡,沼气发酵将会终止。

第二节 沼气发酵的基本条件

沼气是有机物在厌氧条件下,经过微生物不断地进行生物繁殖和新陈代谢而产生的。沼气发酵是多种微生物分解有机物产生甲烷的过程。要使沼气发酵正常进行,获得较高的产气量,就必须保证沼气细菌进行正常生命活动(包括生长、发育、繁殖、代谢等)所需要的基本条件。

一、沼气细菌

制取沼气必须有沼气细菌才行,这和发面需要酵母菌一样。如没有沼气细菌的作用,沼气池内的有机物本身是不会转变成沼气的。含有优良沼气菌种的接种物普遍存在于粪坑底污泥、下水道污泥、沼气发酵的渣水、沼泽污泥和豆制品作坊下水沟污泥中,新建沼气池可以到这些地方去收集菌种。这些含有大量沼气发酵细菌的污泥称为接种物。沼气发酵加入接种物的操作过程称为接种,新建沼气池头一次装料,如果不加入足够数量含有沼气细菌的接种物,常常很难产气或产气率不高,甲烷含量低,无法燃烧。

另外,加入适量的接种物,可以避免沼气池发酵初期产酸过多而导致发酵受阻。

一般投入的新鲜发酵原料本身带有的菌种很少,如果不预先富集和加入沼气菌种,将会迟迟不产气或产气少,所产沼气中甲烷含量也很少。因此在新池启动或老池大换料时,一定要添加一定量的接种物,接种物太少,不利于产气。接种物过多,又会占去沼气池的有效容积,影响产气量(表1-1)。通过实践,加入接种物的数量一般以占发酵料液总重量的10%~30%为宜。对于中温和高温沼气发酵,还要注意沼气菌的驯化培养问题,以适应相应的发酵温度。

表1-1 接种量与产气量的关系

原料(人畜粪便)(千克)	接种量(千克)	沼气量(升)	甲烷含量(%)	产气量(升/克)
10	2	284	48.2	0.029
10	4	961	56.5	0.096
10	10	213	6.3	0.021

二、严格的厌氧环境

沼气发酵中起主要作用的微生物都是严格厌氧的,必须在隔绝空气的条件下,才能进行正常的生命活动。它们对氧气特别敏感,在生长、发育、繁殖、代谢等生命活动中都不需要氧气。空气中的氧气会使其生命活动受到抑制,甚至死亡。所以,修建的沼气池必须严格密闭,不漏水、不漏气,保证沼气细菌正常生命代谢活动和储存沼气。

三、充足和适宜的发酵原料

沼气发酵原料是产生沼气的物质基础,又是沼气细菌赖以生存的养料来源。沼气细菌在沼气池内正常生长繁殖的过程中,必须从发酵原料里吸取充足的营养物质,如水分、碳素、氮素、无机盐类和大量的硫、磷、钠、钙、镁等元素,用以生命活动,成倍繁殖细菌和转化沼气。

在地球上,可作为沼气发酵原料的有机物质是相当丰富的,其产生沼气的潜力是十分可观的。除矿物油和木质素外,所有的有机物如人畜粪尿、作物秸秆、青草、垃圾、含有机质的工业废水、污泥等都可以作为沼气的发酵原料(基质)。不同的发酵原料,由于所含的化学成分不同,其产气潜力和特性(如消化分解速度)也存在很大差异。在我国农村,人畜粪便和作物秸秆是主要的发酵原料。人畜和家禽粪便富含氮元素,称“富氮原料”。这类原料经过人和动物肠胃系统的充分消化,一般颗粒细小,含有大量低分子化合物——人和动物未吸收消化的中间产物,含水量较高。因此,在进行沼气发酵时,它们不必进行预处理,就容易厌氧分解,产气很快,发酵期较短。秸秆和稗壳等农作物的残余物,这些原料富含纤维素、半纤维素、果胶以及难降解的木质素和植物蜡质,称“富碳原料”。干物质含量比富氮的粪便原料高,且质地疏松,相对密度小,进沼气池后容易漂浮形成发酵死区——浮壳层,发酵前一般需经预处理,富碳原料其厌氧分解比富氮原料慢,产气周期较长,产气量高。

氮素是构成微生物细胞质的重要原料,碳素不仅构成微生物细胞质,而且提供生命