

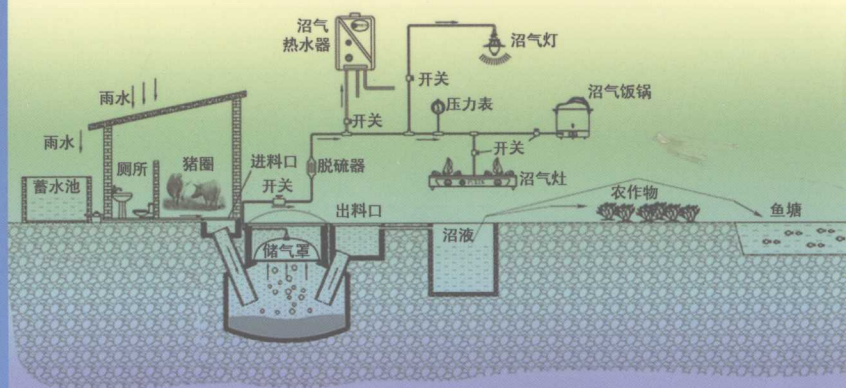


新能源书系

沼气

实用技术指南

朱建明 袁西海 周建方 主编





新农村书屋

沼气

实用技术指南

张德胜 张世强 张德胜 主编



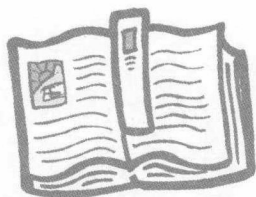
中国环境出版社

新农村书屋

新农村书屋·新能源书系

沼气实用技术指南

朱建明 袁西海 周建方 主编



河南科学技术出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书系统介绍了沼气实用技术。全书共分四篇：第一篇阐述了沼气生产的基础知识；第二篇详细介绍了农村户用沼气池的建设、运行、管理；第三篇简述了农村大中型沼气工程建设及运行；第四篇介绍了沼气发酵物的综合利用。本书内容丰富，科学实用，操作性强，适合沼气技术人员、农村基层干部和有志于沼气生产的农民阅读。

图书在版编目（CIP）数据

沼气实用技术指南/朱建明等主编. —郑州：河南科学技术出版社，2008.6

（新农村建设书屋·新能源书系）

ISBN 978 - 7 - 5349 - 3841 - 2

I . 沼… II . 朱… III . 甲烷 - 农业技术 - 指南 IV . S216.4 - 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 020826 号

出版发行：河南科学技术出版社

地址：郑州市经五路 66 号 邮政编码：450002

电话：（0371）65737028 65788613

网址：www.hnstp.cn

策划编辑：孙 彤

责任编辑：孙 彤

责任校对：柯 姣

封面设计：宋贺峰

版式设计：栾亚平

印 刷：河南第一新华印刷厂

经 销：全国新华书店

幅面尺寸：140mm×202mm 印张：9 字数：231 千字

版 次：2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数：1—5 000

定 价：18.00 元

如发现印、装质量问题，影响阅读，请与出版社联系并调换。

编委名单

主 编 朱建明 袁西海 周建方

副主编 李宗顺 王云玲 张若焰 刘亚平
杨占江

编 者 (以姓氏笔画为序)

王云玲 朱建明 刘亚平 闫灵玲

李文周 李兰萍 李宗顺 张 强

张若焰 杨占江 周建方 承青春

袁西海 翟会强 魏金锁

前言

沼气是一种可再生的清洁能源。目前，沼气建设已突破传统的燃料范畴，进入了新的发展阶段，将沼气建设与改圈、改厕、改厨及高效生态农业相结合，实施生态家园富民计划，推广以沼气为纽带的能源生态模式，在解决生活用能的同时，能够有效促进种植业和养殖业的发展，形成“农作物秸秆喂牲畜—牲畜粪便生产沼气—沼液沼渣还田”良性循环的生态链条，解决农村污染问题，保护生态环境，实现生产发展、生活宽裕、乡风文明、村容整洁，以及家居温暖清洁化、庭院经济高效化和农业生产无害化，从而推动农村经济结构调整，促进农业增效、农民增收。

发展沼气是变革农村生活方式的一场革命，是建设社会主义新农村的重大举措。国家主席胡锦涛、国务院总理温家宝非常重视沼气建设工作。2006年“中央一号”文件明确强调从2006年起要大幅度扩大农村沼气建设投资规模，支持养殖场建设大中型沼气工程。各级政府都把沼气建设作为建设社会主义新农村的重要内容，鼓励农民发展沼气。我国农村兴起了沼气建设热潮，技术模式日趋成熟，建设内容不断完善，应用领域日益拓宽。为迅速推广沼气建设新技术，我们组织长期从事沼气生产与研究的科技工作者，在总结沼气建设实践的基础上，站在科学发展的前沿，编著了这本《沼气实用技术指南》。本书共分四篇：第一篇



阐述沼气生产的基础知识；第二篇详细介绍农村户用沼气池的建设、运行、管理；第三篇简述大中型沼气工程的建设及运行；第四篇介绍沼气发酵物的综合利用知识。希望本书能为普及沼气生产技术做出贡献。本书内容丰富，科学实用，通俗易懂，操作性强，特别适合沼气技术人员、农村基层干部及有志于沼气生产的农民阅读。

由于作者水平有限，书中的疏漏和不足之处，敬请广大读者提出宝贵意见，使之不断完善。

编 者

2007 年 10 月

目 录

第一篇 概论

第一章 概述	(2)
第一节 沼气的概念、组成及性质	(2)
第二节 沼气的起源与发展	(5)
第三节 沼气与新农村建设	(10)
第二章 沼气发酵原理与条件	(15)
第一节 沼气微生物	(15)
第二节 沼气发酵过程	(18)
第三节 沼气发酵的基本条件	(22)

第二篇 农村户用沼气工程

第三章 农村户用沼气池	(28)
第一节 户用沼气池的结构组成及工作原理	(28)
第二节 农村常用沼气池的类型与特点	(31)
第三节 农村户用沼气池的规划设计	(40)
第四节 农村户用沼气池的建造方法	(49)
第五节 农村沼气工程质量检查方法	(77)
第四章 沼气输配系统	(79)



第一节	沼气输配管路附件及质量要求	(79)
第二节	沼气燃烧及用具介绍	(87)
第三节	沼气输配系统的设计与安装	(98)
第四节	沼气输配系统检查验收	(102)
第五章	沼气池出料机具	(104)
第一节	人力出料抽粪器	(104)
第二节	机动沼肥泵	(106)
第三节	专用沼肥车	(110)
第四节	出料机具应用注意事项	(114)
第六章	沼气池的启动与运行管理	(117)
第一节	沼气池的快速启动	(117)
第二节	沼气池运行管理	(125)
第七章	沼气池的安全管理	(132)
第一节	安全施工建池, 防止工伤事故	(132)
第二节	安全用气管理, 防止火灾爆炸事故	(134)
第三节	安全维护检修, 防止中毒窒息事故	(138)
第四节	事故类型与急救防护措施	(141)
第八章	沼气池常见故障与维修	(145)
第一节	病态池成因及修复	(145)
第二节	沼气发酵故障及排除	(150)
第三节	输配系统故障与维修	(153)
第四节	沼气池常见故障与处理方法	(155)
第九章	沼气生态家园建设	(158)
第一节	沼气生态家园概述	(158)
第二节	北方“四位一体”生态温室模式	(161)
第三节	南方“三位一体”生态模式	(167)
第四节	西北“五配套”生态能源模式	(171)
第五节	新型生态农业模式	(173)



第三篇 农村大中型沼气工程

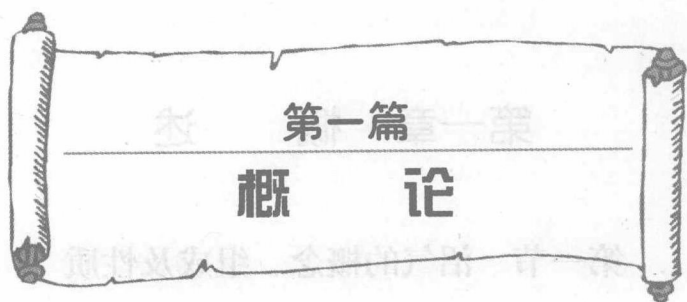
第十章 大中型沼气工程的基本工艺流程	(177)
第十一章 畜禽场大中型沼气工程	(184)
第十二章 生活污水净化沼气池	(192)

第四篇 沼气发酵物的综合利用

第十三章 沼气的综合利用	(198)
第一节 温室增肥	(198)
第二节 烘干粮食	(202)
第三节 储粮与保鲜	(203)
第四节 供热饲养	(211)
第五节 沼气灯诱虫	(215)
第十四章 沼液的综合利用	(217)
第一节 营养成分和作用	(217)
第二节 沼液浸种	(221)
第三节 叶面喷肥	(224)
第四节 防治植物病虫害	(227)
第五节 沼液养殖	(228)
第十五章 沼渣的综合利用	(233)
第一节 沼渣储存	(233)
第二节 沼渣肥料	(235)
第三节 沼渣饲料	(240)
第四节 栽培食用菌	(246)
第五节 配制营养土	(254)
附录	(255)
附录一 农村家用沼气管路设计规范	(255)



附录二 农村家用水压式沼气池施工操作规程	(260)
附录三 户用沼气池质量检查验收规范	(267)
参考文献	(275)



第一篇

概 论

沼气是一种开发潜力巨大的可再生能源。在当今能源日趋紧缺的情况下，大力发展沼气不仅对减缓能源危机具有重大作用，而且对保护生态资源，减轻大气污染，改善农村居民生活条件也具有十分重要的积极意义。由于沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳，应用厌氧消化技术处理农、牧业生产的副产物，工业生产的有机废弃物均可制取沼气，工艺简单，成本低廉，开发利用前景广阔，已受到许多国家重视。我国是人口众多的能源消耗大国，大力发展沼气，不仅能有效减轻煤炭、石油等能源材料的供求矛盾，而且对促进社会主义新农村建设更具现实意义。

第一章 概 述

第一节 沼气的概念、组成及性质

一、沼气的概念

沼气简单地说就是沼泽、污泥中产生的一种可燃性气体。从人工制取沼气的工艺过程和其组成成分看，也可以说沼气是有机物质在厌氧条件下被多种微生物分解发酵、代谢还原过程中产生的一种具有燃烧性能的混合性气体。由于人们最早是在沼泽里发现和收集了这种气体，所以，就习惯性地称之为沼气。在自然界中，可用于产生沼气的有机物不仅种类繁多，而且数量巨大。农作物秸秆、动物残体、人畜粪便、残枝烂叶、杂草酒糟、淀粉废液等农业、工业废弃有机物均可用于产生沼气。人们经常看到沼泽地、污水沟或粪池里有气泡冒出，气温越高，气泡冒得越多，这些气泡就是沼气。只要有水、有机物质和厌氧环境就很容易产生沼气，就连人和动物肠道、反刍动物瘤胃及植物体内都有甲烷菌的存在，都能产生出沼气。人们估计，在全球每年沼气微生物分解有机物产生的沼气中，甲烷数量达 13 亿吨，可占到大气中甲烷总量的90%。

按照来源不同，沼气可分为天然沼气和人工沼气两大类。天然沼气是在自然环境条件下沼气微生物分解各种有机物质产生的混合性可燃气。人工沼气是人为创造一个适宜沼气微生物生存的厌氧环境、营养条件及利于气体收集的特定装置，通过积累高



浓度厌氧微生物，分解发酵配制好的有机物质而产生的混合性可燃气体。不论是天然沼气还是人工沼气，都需要在密闭和无氧的条件下进行。因此，国际上把有机物质通过沼气微生物分解发酵产生出沼气和有机化合物的过程称为厌氧消化，我国习惯上称为沼气发酵。

二、沼气的成分

沼气无论是天然的还是人工制取的，都是成分复杂的混合性气体，主要有甲烷气体、二氧化碳气体及少量的硫化氢气体、一氧化碳气体、氢气、氮气、氨气、氧气等。其中，甲烷气体比例最大，一般占总体积的 55% ~ 70%，是可供燃烧的主要气体。其次是二氧化碳气体，占总体积的 30% ~ 40%，是不可燃气体。其他几种气体含量一般不超过总体积的 2%。沼气的成分组成受发酵原料、发酵条件、发酵阶段等多种因素影响。通常情况下，富碳原料所产沼气中甲烷比例偏低，脂肪、蛋白质多的原料产的沼气中甲烷比例较高；在甲烷菌菌群量大、环境条件利于甲烷菌活动时，所产沼气中甲烷的比例高些，反之会低点；新建沼气池初期所产沼气中，甲烷比例偏低，随着甲烷菌群数量的增加，甲烷所占比例也随之提高。在正常使用的沼气中，甲烷含量都在 50% 以上，低于 40% 虽能勉强点燃，但离开火种就会熄灭。

三、沼气的性质

沼气的主要成分是甲烷，它的性质也主要由甲烷的性质所决定。

1. 物理性质 甲烷分子是由一个碳原子和四个氢原子结合在一起的饱和烃，分子式为 CH_4 ，相对分子质量为 16.043。

纯甲烷气体无色、无味、无毒。通常闻到沼气中有臭鸡蛋味和刺激性气味，主要是因为沼气中含有硫化氢气体或氨气所致。

甲烷的相对密度为 0.55。在正常使用的沼气中，甲烷含量



若在 60%，其相对密度为 0.942，比空气的相对密度略小，1 立方米甲烷的容重为 0.7174 千克。

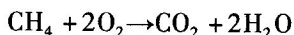
甲烷分子的直径为 2.479×10^{-10} 米，比一般混凝土构件砂灰之间的缝隙还小，在进行气体收集、储存时密封非常重要。

甲烷基本不溶于水，在 20℃、 1.01×10^5 帕时，100 单位体积的水仅能溶解 3.3 体积的甲烷。在 40℃、 1.01×10^5 帕时，100 单位体积的水只能溶解 2.4 体积的甲烷。由于甲烷不溶于水，可采用水封的办法收集和储存甲烷气。

甲烷的熔点为 -82.5℃，沸点为 -61.5℃，着火点为 537.2℃。要使甲烷成为液体，需要在 -82.5℃ 及 4.64×10^6 帕的条件下才能完成，在目前的技术条件下，要用液化的方法储存和运输沼气还有很大困难。

2. 化学性质 在一般条件下甲烷不易同其他物质发生化学反应，只有在外界条件适宜时，甲烷才能与其他物质发生化学反应。主要化学反应有：

(1) 燃烧：当甲烷与适量的空气混合并具备着火点的温度要求时，就会发生燃烧现象。甲烷正常燃烧时，发出蓝色的火焰，最高温度达 1400℃，并放出大量热能。其化学反应方程式如下：



沼气燃烧的温度没有纯甲烷气燃烧的温度高，但也能达到 1200℃ 左右。1 立方米甲烷在标准状况（ 1.01×10^5 帕、温度为 0℃）下，可释放出 35822 千焦的热量；1 立方米的沼气在标准状况下也可释放出 17911 ~ 25075 千焦的热量，大致相当于 0.7 千克汽油或 1 千克原煤提供的能量。甲烷与氧气燃烧的体积比为 1:2，与空气完全燃烧的体积比为 1:10。

沼气在空气中达到一定浓度时，遇到明火会发生爆炸。甲烷在空气中的易爆浓度为 5.4% ~ 13.9%；含甲烷 60% 的沼气的爆炸下限为 9%，上限为 23%。



空气中甲烷含量达到 25% ~ 30% 时, 对人、畜会产生一定的麻醉作用, 在沼气生产及应用中必须特别注意安全。

沼气温中含有的硫化氢气体也能燃烧, 伴随沼气的燃烧, 常闻到的臭鸡蛋气味就消失了。

沼气的燃烧速度为每秒 0.2 米, 由于甲烷的扩散速度比空气快 3 倍, 当沼气从燃具火孔中冲出的速度大于它燃烧的速度时, 会形成脱火, 在使用沼气时必须借助专用灶具。

(2) 分解: 在隔绝空气的条件下, 把甲烷加热到 1 000 ~ 1 200 °C, 可裂解为炭黑和氢气。

(3) 与氯气反应: 甲烷在光照或加热至 400 °C 的条件下, 与氯气可发生剧烈反应, 分别生成一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷和四氯甲烷。

(4) 与水反应: 甲烷在 650 ~ 800 °C 高温和有催化剂作用的条件下与水蒸气发生反应, 可生成氢气和二氧化碳。

从上述甲烷的化学性质可以看出, 沼气除直接作为燃料之外, 还是重要的化学工业原料, 在国家经济建设中具有重要作用。

第二节 沼气的起源与发展

一、基础研究

自 1663 年沼气被发现以来, 人们就开始了对沼气的研究与探索。1776 年, 意大利科学家沃尔塔通过分析, 测定出了沼气的主要成分为甲烷和二氧化碳。1866 年, 法国科学家路易·巴斯德的学生勃加姆波明确指出, 甲烷的形成是一种生物学过程。1875 年, 波波夫发现沼气的产生是一个微生物作用过程之后, 开始利用河泥加入含纤维素的物质进行发酵, 产生甲烷和氢气。1916 年, 俄国人奥梅梁斯基分离出了第一株甲烷菌 (后来被证



明不是纯种)。1936年,科学家巴克尔采用化学合成培养基培养阴沟污泥,获得了能很好发酵乙醇、丙醇和丁醇的有机体。1967年,布赖恩特通过对共生的奥梅梁斯基甲烷菌分离纯化,证明了奥氏甲烷菌并非纯种,而是产甲烷杆菌 MOH 菌株和产氢产乙酸细菌“S”菌所组成的联合体。这一研究进一步明确了沼气发酵的三个阶段是由发酵性细菌、产氢产乙酸细菌和产甲烷细菌三大类微生物所引起的。近年来,与美国及其他国家一样,我国在沼气基础研究方面也做了大量工作。1980年北京师范学院在国内首次分离获得了甲烷八叠球菌的培养物。浙江农业大学、中国科学院成都生物研究所和微生物研究所先后派人到美国加州大学、美国佛罗里达大学进修或合作研究,曾分离出多株产甲烷细菌、产氢产酸菌和厌氧纤维素分解菌,并探索了厌氧食物链中各菌类的相互关系。成都沼气研究所还建立了厌氧微生物重点开放实验室,对沼气发酵微生物学、生态学和生物化学进行了比较广泛的研究,取得了多项成果,使我国在沼气基础研究的某些方面逐渐接近于国际先进水平。

二、发展历史

法国人 L·穆拉 1860 年第一个将简易沉淀池改进成沼气发生器(又称自动净化器)的创举,拉开了人类研究和利用沼气的序幕。1925 年和 1926 年,德国、美国就分别建造了备有加热设施及集气装置的消化池,可称为历史上大、中型沼气发生装置的原型。第二次世界大战之后,沼气发酵技术虽在西欧一些国家得到一定应用,但由于受到廉价石油大量涌入市场的冲击,使其发展受到较大影响。直到后来世界性能源危机出现后,沼气才又重新引起各方面的重视。1955 年,新的沼气高速率厌氧消化工艺产生,它突破了传统的工艺流程,使单位池容积产气量(即产气率)在中温条件下,由每天 1 立方米容积产生 0.7~1.5 立方米沼气,提高到 4~8 立方米,悬浮固体物在消化器里的滞留时