



农村

沼气实用技术

NONGCUN
ZHAOQI
SHIYONG JISHU

袁书钦 周建方 主编



河南科学技术出版社

农村沼气实用技术

袁书钦 周建方 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章



河南科学技术出版社
·郑州·

图书在版编目 (CIP) 数据

农村沼气实用技术/袁书钦, 周建方主编. —郑州: 河南科学技术出版社, 2005. 6

ISBN 7-5349-3219-X

I. 农… II. ①袁…②周… III. 农村-甲烷-利用
IV. S216.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 122705 号

出版发行: 河南科学技术出版社

地址: 郑州市经五路 66 号 邮编: 450002

电话: (0371) 65737028

责任编辑: 孙 彤 刘 嘉

责任校对: 徐小刚

封面设计: 张 伟

版式设计: 栾亚平

印 刷: 黄委会设计院印刷厂

经 销: 全国新华书店

幅面尺寸: 140mm×202mm 印张: 6.375 字数: 150 千字

版 次: 2005 年 6 月第 1 版 2006 年 2 月第 2 次印刷

印 数: 4 001—7 000

定 价: 10.00 元

如发现印、装质量问题, 影响阅读, 请与出版社联系。

《农村沼气实用技术》编写人员

主 编 袁书钦 周建方

副 主 编 李明雷 袁西海 焦 健

编写人员 (以姓氏笔画为序)

史丽兰 李明雷 宋 奔 陈淑君

尚建通 周建方 袁书钦 袁西海

焦 健 翟会强



前言

中国是一个农业大国，70%的人口居住在农村。由于人口众多，能源消耗量大，对自然资源破坏严重。但是，广大农村有大量的人畜粪便、作物秸秆等生物能源，可以通过发酵将这些农业废弃物转化为沼气。多年来的实践证明，农村办沼气是一举多得的好事。它能给国家、集体和农民带来许多好处，是我国农村建设的一件大事。一个4~6口人的家庭，修建一个容积为8立方米左右的沼气池，只要发酵原料充足，管理得当，就能解决全家的照明、煮饭问题，改变农户的卫生状况及居住环境。同时，人畜粪便、秸秆等经过沼气池密闭发酵，可提高肥效，消灭寄生虫卵等危害人们健康的病原菌，提高农产品的产量与质量，减少农村疾病的流行。发展沼气，有利于保护林草资源，促进植树造林的发展，减少水土流失，改善农业生态环境，促进农业生产与农村经济的可持续发展。

我国沼气发展虽然有70多年的历史，也曾曾在20世纪70年代大办沼气，但由于沼气池密封防渗技术不过关，出料困难，沼气配套器具不完善，沼



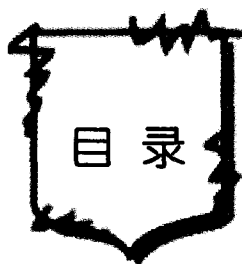
气生产未能发挥其应有的效益。直到 80 年代以后，随着科学技术的不断发展，沼气生产才步入正规化轨道。当前，虽然沼气生产发展较快，但有关沼气生产技术的书籍却不多，部分书籍侧重于理论研究，而符合群众特点、通俗易懂的实用技术图书不易购得。为普及沼气生产知识，尽快将科技成果转化为生产力，我们组织长期从事沼气生产与研究的科技工作者，总结群众生产经验和自己的实验成果，参阅有关资料与最新科研成果，编著了《农村沼气实用技术》。该书内容丰富，科学实用，通俗易懂，操作性强，特别适于沼气技术人员、农村基层干部及有志于沼气生产的农民阅读，希望本书能为普及沼气生产技术做出一定贡献。

由于作者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请广大读者提出宝贵意见，共同完善沼气生产技术。

编者

2004 年 12 月





第一章 概述	(1)
第一节 沼气的起源及发展历史	(1)
第二节 沼气生产效益	(7)
第三节 沼气发展前景	(12)
第二章 沼气发酵原理与条件	(15)
第一节 沼气细菌及其代谢规律	(15)
第二节 沼气发酵过程	(19)
第三节 沼气发酵条件	(22)
第三章 农村户用沼气池设计与施工	(29)
第一节 农村户用沼气池的类型与特点	(29)
第二节 农村户用沼气池构造与原理	(33)
第三节 建池材料的准备	(39)
第四节 沼气池施工	(47)
第五节 沼气池保温系统的建造	(57)
第四章 沼气灶具与输气系统	(59)
第一节 沼气灶具	(59)
第二节 沼气灯	(64)
第三节 输气系统	(68)



第四节	输气系统的安装	(73)
第五章	沼气池启动与管理	(78)
第一节	沼气池启动	(78)
第二节	沼气池的日常管理	(82)
第六章	沼气池检修与故障防除	(92)
第一节	沼气池的检验	(92)
第二节	病态池成因及修复	(93)
第三节	沼气发酵故障防除	(97)
第四节	输配系统故障防除	(99)
第五节	沼气池常见故障检查与防除	(100)
第七章	沼气的综合利用	(104)
第一节	沼气在蔬菜大棚中的应用	(104)
第二节	沼气加温养蚕	(107)
第三节	烘干粮食和农副产品	(108)
第四节	保鲜水果与贮粮	(109)
第八章	沼液的综合利用	(117)
第一节	沼液营养成分和作用	(117)
第二节	沼液在种植业上的应用	(121)
第三节	沼液在养殖业上的应用	(129)
第九章	沼渣的综合利用	(133)
第一节	沼渣做有机肥	(133)
第二节	配制营养土和营养钵	(137)
第三节	沼渣栽培食用菌	(137)
第四节	沼渣养蚯蚓	(145)
第五节	沼渣饲养土鳖虫	(149)
第六节	沼渣养黄鳝	(151)
第十章	农村能源生态模式	(153)
第一节	北方“四位一体”生态温室模式	(153)



第二节 南方“三位一体”生态模式	(159)
附录	(163)
附录一 农村家用沼气管路设计规范	(163)
附录二 农村家用水压式沼气池施工操作规程	(168)
附录三 户用沼气池质量检查验收规范	(176)
附录四 家用沼气灶	(184)
主要参考文献	(192)





第一章

概 述

沼气是一种重要的、廉价的、具有很大潜力的生物能源。它是有机物在厌氧条件下经微生物的发酵作用而生成的一种可燃性气体，其主要成分是甲烷和二氧化碳。广泛地应用厌氧消化技术处理农、牧业生产的副产物及城市废弃的有机物质，是经济、方便和有效地扩大能源的一个重要途径，也是开发利用太阳能的一个重要方式。由于制取利用沼气具有提供廉价能源、优质有机肥料、处理污水污泥等综合经济效益，已受到世界许多国家的广泛重视。

第一节 沼气的起源及发展历史

一、沼气的起源

沼气，顾名思义，就是指沼泽里的气体。人们经常看到，在沼泽地、污水沟或粪池里，有气泡咕嘟咕嘟往外冒出，气温越高，气泡冒得越多，如果我们把这些小气泡收集起来，用火一点，它就会燃烧。这些气泡内的气体，就是沼气。由于最初人们是在沼泽中发现这种气体的，所以就命名它为“沼气”。又因沼气是生物在厌氧条件下产生出来的气体，因此又叫生物气。





根据沼气的来源不同，沼气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有机质被微生物厌氧分解产生的，是自发的厌氧发酵产物。人工沼气是在人为创造厌氧微生物所需要的营养和环境条件下，在特定的装置里，积累高浓度厌氧微生物，分解发酵配制好的有机质而产生的。

在自然界中，沼气分布非常广泛。除人工制取沼气外，沼泽、粪窖、阴沟、城市下水道、海洋深处以及人和动物的消化道中都有沼气存在。譬如：反刍动物的瘤胃就是一个典型的沼气发生器，在牛的瘤胃中有大量的沼气发酵细菌，这些细菌通过消化分解纤维，形成甲烷和二氧化碳，当其打嗝时，这些气体就被释放出来。自然界的稻田中，有机质在厌氧情况下经微生物作用也会释放出甲烷。城市生活污水的地下管网、生活垃圾的填埋场等，都在自然环境下进行着沼气发酵。总之，沼气发酵是自然界普遍存在的厌氧发酵过程，只要存在厌氧生态系统，就能产生沼气，每年从这些地方释放到大气中的甲烷可达 13 亿吨之多，约占大气中甲烷来源总量的 90%。天然气也是一种生物气，它是远古年代地底下的动植物残体及其他有机物质在厌氧条件下，经微生物分解产生的高品位气体燃料，其甲烷含量比沼气中甲烷含量高，一般在 95% 左右。

二、沼气的成分及燃烧特性

沼气是各种有机物质在隔绝空气并有适宜温、湿度条件下，经过微生物的发酵作用而产生的一种可燃性气体。它不是单一的气体，而是由多种气体组成的混合气体，含有甲烷（ CH_4 ）、二氧化碳（ CO_2 ）、硫化氢（ H_2S ）、一氧化碳（ CO ）、氢气（ H_2 ）、氧气（ O_2 ）、氮气（ N_2 ）等。其中主要成分是甲烷和二氧化碳，甲烷占总体积的 55% ~ 70%，二氧化碳含量为 30% ~ 45%。其他几种气体含量较少，一般不超过总体积的 2%。

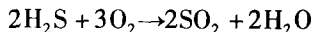
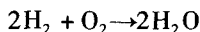
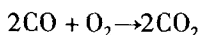
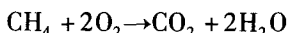
沼气燃烧主要是甲烷的燃烧。甲烷是一种理想的气体燃料，



它无色、无味、无毒，分子式为 CH_4 ，相对分子质量为 16.04，它和适量的空气混合后即可燃烧，每立方米纯甲烷发热量为 34 000 焦耳，燃烧时发出蓝色的火焰，并放出大量热能。

每立方米沼气的发热量为 20 800 ~ 23 600 焦耳，即 1 立方米沼气完全燃烧后，能产生相当于 0.7 千克无烟煤提供的能量。由于沼气中含有硫化氢，常会闻到臭鸡蛋的气味，点火燃烧后，这种气味就没有了。

沼气燃烧，就是沼气中的可燃成分甲烷、氢气、一氧化碳、硫化氢等，在一定条件下与氧气发生激烈的氧化作用，并产生大量的热和光的物理化学反应过程，其燃烧反应方程式为：



沼气的燃烧需要供给适量的氧气，氧气过多或过少均对燃烧不利。当沼气与空气混合到一定浓度时，遇到明火则引起爆炸。但若空气浓度低于一定限度时，氧化反应产生的热量不足以弥补散失的热量时，沼气则无法燃烧。

我们可以通过实验自制沼气，观察其燃烧。其方法是将菜皮、菜根、萝卜之类切碎捣烂，紧紧地堆在一起。把一根玻璃管插在堆积物中心，堆积物周围用稀泥糊起来，封成小丘状，玻璃管的一端管口露在土堆外面。为了保证清洁卫生，可将这堆材料装在一塑料袋里，玻璃管口应露在袋外。用一只曾吹过一次的气球套在玻璃管口，用棉线扎紧，使整套装置不漏气。如果气温在 25 ~ 35℃，经过 3 ~ 5 天，可以观察到气球慢慢地鼓了起来，待气球膨大后，可将棉线剪去，取走气球。找一个瓶子，瓶口向下套在玻璃管口上，几小时后将瓶子缓缓抽出，瓶口仍应保持向下。此时迅速地用一根点燃的火柴放到瓶口，可见瓶内气体着火



燃烧。由于沼气比空气轻，因此我们采取瓶口向下，用排气集气法来收集沼气。当瓶子移出玻璃管口时，瓶中充满了沼气，所以点火能燃烧（图 1-1）。



图 1-1 自制沼气实验

三、沼气的发展历史

很久以前，人们就发现了沼气，但对沼气微生物的研究仅有 100 多年的时间。1776 年，意大利科学家沃尔塔通过分析，测定沼气的主要成分为甲烷和二氧化碳。1781 年，法国科学家穆拉发明人工沼气发生器。之后，沼气逐渐被人们所利用。20 世纪 80 年代中后期，随着沼气生产使用技术的日趋完善，沼气生产发展较快。除农村家用沼气池外，一些大型沼气工程也有了迅速发展。

我国虽然很早就发现了沼气，但是真正开始推广应用是在 20 世纪 20 年代后期。一个叫罗国瑞的人，在广东的潮梅地区建成了我国第一个有实际使用价值的混凝土沼气池，并成立了“中华国瑞天然瓦斯总行”（当时称“沼气”为“瓦斯”），专门建造沼气池和生产沼气灯具等，推广沼气实用技术。到了 30 年代，我国许多地方都建造了这种类型的沼气池。新中国成立后，我国政府曾多次组织推广沼气技术。



20 世纪 60 年代末到 70 年代初,我国出现了兴建沼气的热潮,全国建起了 600 多万个沼气池,基本上都是农村家用沼气池及少量大中型人畜粪便沼气池。但由于技术水平的限制及发展速度过快,沼气池的设计和施工都很不规范,缺乏正确的技术管理,能有效施用的沼气池为数很少。1979 年,国务院成立了全国沼气建设领导小组,认真总结了沼气工作中的经验教训,1988 年又成立了中国沼气协会,组织 1 700 多名沼气技术工作者,对沼气的关键技术进行协作攻关,提出了“因地制宜、坚持质量、建管并重、综合利用、讲求实效、积极稳步发展”的沼气建设方针,开展了大规模的基础应用技术研究,引进消化国外厌氧研究新成果,逐步形成了规范标准的水压式沼气池及相配套的科学建池技术、发酵工艺及配套设备,使我国沼气建设进入了健康、稳步发展的阶段。至 1997 年底,全国农村户用沼气池 638 万个,大中型沼气工程 600 多处,年产沼气 13 亿立方米。

2002 年,全国户用沼气池总量达到 1 000 万个,畜禽养殖场沼气工程 1 100 多处,城镇污水沼气净化池近 10 万处。同时,建立了从国家到省、地、县的沼气管理、推广、科研、质检及培训体系,探索了一些以沼气池为纽带的农村生态模式,将农村沼气和农业生态紧密结合起来,促进了农村经济和农业生产的发展,使农村沼气更具生命力。如广西恭城的“养殖-沼气-种植”“三位一体”模式,江西赣州的“猪-沼-果”能源生态模式,辽宁的塑料大棚、沼气池、禽畜舍和厕所相结合的“四位一体”北方能源生态模式等。这些模式将厕所、猪圈和沼气池、种植业结合在一起,人畜粪便自动排入沼气池,经发酵后生产沼气供人们使用,沼液、沼渣用来发展种植业、养猪和生产蚯蚓、食用菌等,综合经济效益、生态效益很高,为广大群众所欢迎,发展速度较快。

与此同时,我国大中型沼气工程也有了较快发展。1936 年,





由中华国瑞天然瓦斯总行宁波分行负责承建的浙江舟山普陀山洪筏禅院内的一个 125.172 立方米的沼气池，用于煮饭、照明，发酵原料为粪便、厨房废物和青草。1958 年在广东番禺建成了我国最大的农业沼气工程，即番禺市沼气发电站，容积为 3 000 立方米，开动 44 千瓦的沼气发电机。1964 年在我国河南南阳酒精厂建成了一座 2 000 立方米的工业沼气池，利用酒精废料生产沼气；20 世纪 80 年代又修建了两个容积为 5 000 立方米的大型工业沼气池，使该厂拥有沼气池 12 000 立方米，贮气罐 30 000 立方米，日产沼气 4 万多立方米，为南阳市 215 个单位和 12 751 户居民提供燃气；同时，利用沼气生产二氯甲烷和三氯甲烷，1993 年产量已达 1 020 吨，产值 1 000 多万元，利税 100 多万元。酒精废料经厌氧消化后，化学耗氧量（COD）^① 除去率达 84% 以上，生化耗氧量（BOD）^② 除去率为 90.8%，悬浮物降低 96.5%，大大减轻了对环境的污染。在南阳酒精厂大型沼气工程的示范作用下，80 年代全国有很多酒厂、糖厂、食品加工厂和畜牧场修建了大中型沼气池。至 90 年代，大中型沼气工程的技术已经成熟，并逐渐达到标准化。

我国沼气的基础研究始于 20 世纪 80 年代。1980 年，北京师范大学在国内首次分离获得了甲烷八叠球菌的培养物。接着，浙江农业大学（今浙江大学）、中国科学院成都生物研究所和微

① 化学耗氧量（COD——Chemical Oxygen Demand）：它是用化学氧化剂（通常用高锰酸钾、重铬酸钾）将水中可氧化的物质，如有机物、硫化物、亚铁、氨等进行氧化，再从残留的氧化剂的量，计算出氧气的消耗量，即是化学耗氧量（COD），它是表示水质污染程度的一个重要指标。

② 生化耗氧量（BOD——Biochemical Oxygen Demand）：它是指在特定时间和温度下，微生物耗氧过程中氧化 1 升污水中的有机物所需氧气的毫克数。生化耗氧量的大小取决于水中可被微生物氧化的有机物数量，常用它判断水的污染程度，以及水处理过程中基质分解的速度和水的净化水平，也作为水质的监测指标被广泛应用。



生物研究所相继派人到美国加利福尼亚州立大学、美国佛罗里达大学进修或合作研究，陆续分离出多株产甲烷细菌、产氢产酸菌和厌氧纤维素分解菌，探索了厌氧食物链中各菌类的相互关系。随后，浙江农业大学、中国科学院成都生物研究所、农业部成都沼气研究所等许多院所相继建立了厌氧微生物实验室。其中成都沼气研究所建立了农业部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，发表了大量论文，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国际先进水平。

第二节 沼气生产效益

沼气不仅可以用来做饭、照明，而且可以贮粮、保鲜水果、孵鸡和二氧化碳施肥；沼液、沼渣不仅可以做肥料，还可喂猪、养鱼、栽培蘑菇、养殖蚯蚓、喷肥浸种。发展以沼气为纽带的庭院经济，既可为农民提供高品位清洁能源，又可以通过生态链的延长增加农民收入，保护生态环境，改善农村环境卫生，促进农业增效、农民增收和农村经济持续发展。沼气池和沼气的使用见图 1-2。

一、经济效益

沼气是一种清洁能源，1 立方米沼气完全燃烧后，能产生相当于 0.7 千克无烟煤提供的热量，可烧开 65 千克 20℃ 的水，能使相当于 60 瓦电灯的沼气灯照明 6 小时。在北方地区，一口 8 ~ 10 立方米的新型高效沼气池，以年养猪存栏 3 ~ 4 头的五口之家的人畜粪尿做发酵原料，全年可产沼气 400 立方米，能满足全家日常炊事、照明的需要。可节煤 2 000 千克，节电 200 度左右，节约燃料费 300 元、电费 100 元。



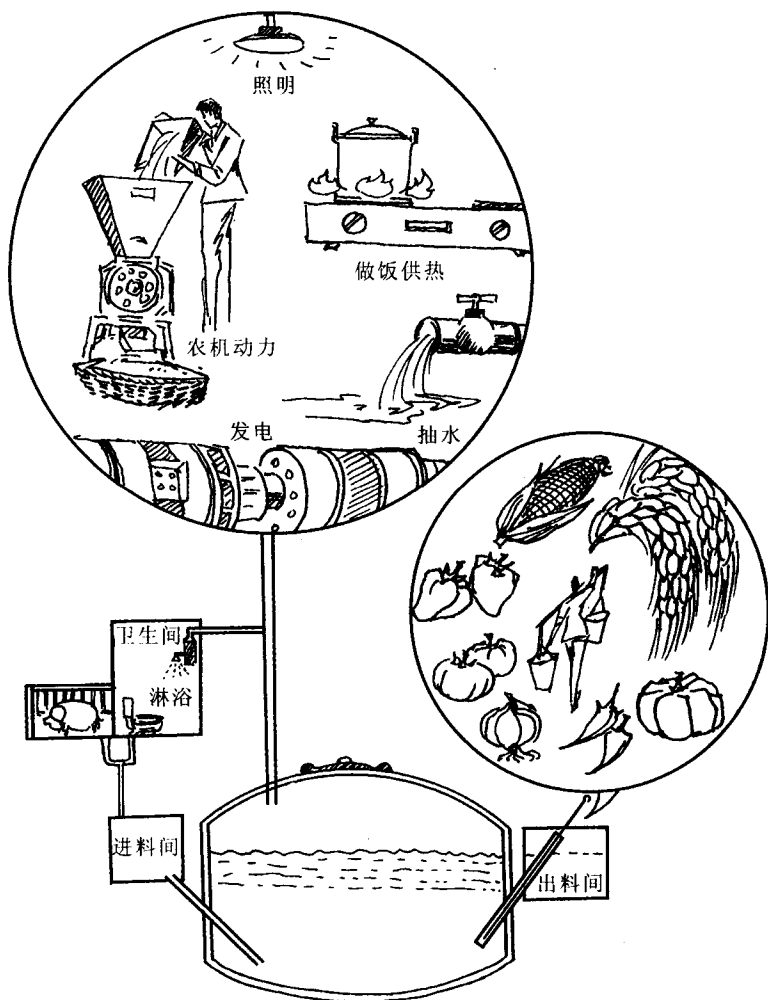


图 1-2 沼气池和沼气的使用

发展沼气，一是可以促进生猪生产。通过兴办沼气，农民认