

zhaoqi

沼气利用知识

《沼气利用知识》编写组编

湖北科学技术出版社

沼气利用知识

《沼气利用知识》编写组 编

湖北科学技术出版社

沼氣利用知識
《沼氣利用知識》編寫組編

湖北省科學技術出版社出版 湖北省新华書店發行
宜昌市新华印刷厂印刷

787> 1092毫米32開本 5.5印張 124,000字
1985年5月第1版 1985年5月第1次印刷
印數: 1-42,000

統一書號: 16304·71 定價: 0.94元

前 言

农村办沼气是一举多得的大好事。1976年我省曾编写出版了《沼气的利用》一书，对推动全省农村沼气建设和利用起到了积极作用。几年来，我省沼气建设有了很大发展，沼气池建造工艺日趋完善，沼气发酵工艺及沼气燃烧器的研制也取得了一些成果，农村沼气池的科学管理水平有了很大提高。在农村沼气日益发展的大好形势下，广大农村干部、社员群众迫切需
要掌握建设沼气、管理沼气、使用沼气的科学技术知识。针对这一情况，我们组织有关同志在原《沼气的利用》一书的基础上，又重新编写了《沼气利用知识》这本书，以期满足农村广大干部、社员以及从事沼气工作的同志的要求。

本书编写人员及分工情况是：

彭伏仙（湖北省沼气办公室），第一章；张世炜、项昌金（武汉大学），第二章；欧阳明珠（天门县沼气办公室），第三章、第八章；郑启寿（湖北省沼气办公室），第四章；郭北燕（武汉市能源研究所），第五章；韩天喜（湖北省农科院），第六章；刘开礼（武汉市能源研究所），第七章。完稿后由郑启寿同志汇总，作了文字、技术方面的修改工作。最后由省沼气办公室负责同志审阅定稿。

本书的编写以总结我省近几年沼气建设较为成功的经验和科研成果为主，也参阅了国内外有关资料，并吸收了有益部分，本着普及与提高、实践与理论相结合的原则，对如何办好沼气进行了系统的介绍。由于编写的时间仓促，编写人员的水

平有限，错误之处，在所难免，恳求读者批评指正。

湖北省人民政府沼气建设领导小组办公室

1984年5月

目 录

前 言

第一章 沼气建设是农业现代化的重要内容	1
第一节 我省农村能源的现状	1
第二节 发展沼气是农业现代化建设的重 要组成部分	2
第三节 我省沼气有广阔的发展前景	5
第二章 沼气发酵原理和工艺	8
第一节 沼气发酵微生物学	8
第二节 沼气发酵的生物化学过程	22
第三节 沼气发酵的条件	30
第三章 沼气池的设计与施工	39
第一节 沼气池的结构及工艺参数	39
第二节 建池材料	42
第三节 沼气池的设计规范	46
第四节 沼气池的几何尺寸及其计算	51
第五节 沼气池的施工	54
第六节 大中型沼气池设计与施工	59
第七节 特殊土质建池的处理办法	62
第八节 沼气池的质量鉴定	64
第九节 沼气池的维修和养护	65
第四章 沼气池的科学管理	69
第一节 发酵原料	69

第二节	发酵原料的配制原则及浓度确定	74
第三节	发酵原料的预处理	77
第四节	发酵接种物	80
第五节	沼气池的补料与新旧料更替	81
第六节	提高沼气池产气量的其他方法及 注意事项	86
第七节	沼气池的冬季管理	94
第五章	沼气能的应用	97
第一节	沼气池的配套设备及其安装	97
第二节	沼气灶具及沼气灯	100
第三节	农用沼气动力	113
第六章	沼气发酵残余物在农业上的应用	119
第一节	沼气发酵在农业生态循环中的意义	119
第二节	发展农村沼气提高肥料质量	123
第三节	沼气肥对作物增产与改良土壤的效果	132
第四节	沼气肥的施用技术	140
第五节	沼气发酵残余物的其他用途	145
第七章	城镇有机废物的处理	156
第一节	处理城镇有机废物的必要性	156
第二节	城镇有机废物的资源和性质	158
第三节	城镇有机废物的厌氧处理	160
第八章	修建沼气池和使用沼气的安全注意事项	165
第一节	防止工伤事故	165
第二节	防止中毒窒息	165
第三节	防止烧伤、火灾、淹溺	167
第四节	防止池身爆炸	168
第五节	加强安全教育, 建立安全管理制度	169

第一章 沼气建设是农业现代化的重要内容

能源是发展国民经济和提高人民生活水平的重要物质基础，在实现四个现代化的进程中，能源建设必须先行。随着生产的发展和人民生活水平的提高，对能源的需要量逐渐增加，但常规能源日趋短缺，已严重影响社会生产和生活的各个领域。我省农村能源亦是感到不足，各级政府已认识和着手解决这个问题。

第一节 我省农村能源的现状

广大农村的生活燃料，沿袭着传统方式，每年把所收获的秸秆几乎全部烧掉，仍感燃料匮乏。全省800万农户中，有576万农户缺柴，占总农户的72%；据71个县的调查，有70个县缺柴；江汉平原27个县、市，348万农户，缺柴的有268万户。不仅平原地方缺柴，山区丘陵也缺柴。据郧阳地区调查，山林面积占73%以上，每人平均占有山林面积30亩，但缺柴户仍占59%，每年要花六百多万个劳动日去砍柴。社员进山砍柴，近的来回走几十里路，远的达一百多里。由于缺柴，造成乱砍滥伐，难以封山育林，荒山坡地水土流失严重，自然植被及生态环境遭到破坏。

从目前生活燃料结构来看，也是极不合理的。1980年调查全省农村生活燃料结构是：木柴（含薪炭林、树枝、棉杆等）

224亿斤，占生活能源的52.6%；秸秆164亿斤，占38.5%；煤15亿斤，占3.5%；牛粪1905万斤，占0.04%；其他（茅草等）22亿斤，占5.2%；沼气2092万立方米，占0.16%。

上述数据表明，90%以上的生活燃料，是直接燃烧生物质资源，这种古老的热能利用方式，有效热利用率只有10%左右，而且损失了肥料成分。这是对自然资源的巨大浪费。如果把直接烧掉的秸秆与人畜粪便进行厌氧发酵，可得到五十多亿立方米沼气（户平六百多立方米），可满足800万农户一年多的生活燃料之需，还可得到大量有机肥。这就是说，通过办沼气，只需130亿斤秸秆加上人畜粪便，就可基本实现生活用能沼气化，还多余近40亿斤秸秆（不包括棉秆），作为牲畜饲料和工业原料。同时，沼气灶的热效率可达50~60%，生物能得到充分合理的利用。可见，我省农村生活用能靠商品能源是不可能解决问题的，发展沼气才是改革农村能源结构的根本途径，是建设社会主义新农村、发展工农业生产的有效措施。

第二节 发展沼气是农业现代化建设的重要组成部分

我省从1957年开始兴办沼气，次年毛泽东同志在武汉视察了沼气建设，并作了“这要好好地推广”的重要指示。二十多年过去了，沼气的发展几经反复，经验和教训是深刻的。进入七十年代以后，由于国民经济的发展，人民生活水平的提高，能源短缺成为一个突出的现实问题，迫使人们考虑如何合理利用自然界丰富的生物能源，沼气建设重新得到了恢复。1978年国家把发展沼气作为农业基本建设的重要内容，相应制订和落实了有关政策，沼气工作受到了各级政府重视和有关部门的支持。

持，各级沼气管理机构日益健全，加强了沼气科学技术研究，使沼气事业不断沿着健康、稳步的方向发展。到1983年底，全省已建沼气池32万口，有七个公社、三百多个大队、五千多个生产队普及了沼气。近几年，建池水平和管理使用技术大有提高。

实践表明，沼气不仅是一项能源建设，而且是发展农村有机肥料、保护山林、改良土壤、促进生态平衡的农业基本建设，同时还是改善农村卫生面貌，保护和净化环境的卫生建设。随着沼气技术的不断提高，应用范围越来越广泛，已开始由单一的利用走向综合利用，由生活领域发展到生产领域。凡是沼气利用好的地方，群众都尝到了甜头，获得了经济效益。

（一）节省烧柴。烧柴问题是关系到农村广大社员生活的一件大事。建造沼气池，利用沼气，是农村一项重大的技术革新，广大建池农户，只要能加强科学管理，科学使用沼气，就可以坚持常年产气，常年用气，一般每户一年可节省烧柴4000~5000斤。襄阳县伙牌公社蔡庄一队102户，过去每年缺柴5~6万斤，1980年建池80口，使用沼气后，不仅不缺柴，每年还余柴二十多万斤，节省了打柴工，增加了农业出勤日。郧县永红四队，位居山区，连续五年，户户使用沼气做饭，点沼气灯，饮沼气发电抽的自来水，曾有“垭子市”之称。

（二）扩大肥源，提高肥效。发展沼气，增加了优质有机肥料，是农业增产丰收的基础。由于农村缺乏燃料，把可以还田的农作物秸秆几乎全部都烧掉，甚至有的把牛粪也烧掉了，致使土壤长期得不到有机肥的应有补充，种地不养地，土壤肥力逐年下降，因而严重地影响农作物高产稳产。而发展沼气可使大量秸秆还田，据统计，全省一年烧掉的农作物秸秆，约相当于损失有机肥九百多万吨。如果用来与人畜粪便发酵产生沼气后，所得的沼气肥相当于氮素一百多万吨，折标肥四百多万

吨，同时还可得到相当于过磷酸钙二千多万吨的磷肥。在普及沼气的地方，秸秆入池造肥还田，土壤肥力状况得到改善，农业生产得到发展。如沔阳县长埭口公社武旗四队，1974年办沼气以来，连续施用沼气肥，土壤肥力大为提高，扩大了复种指数。每亩地一年间作套种农作物四茬，棉田内套种黄豆，小麦田边栽榨菜，每亩农田产值一年增加一百多元。

（三）办沼气为农业机械化开辟了新的燃料来源。沼气与柴油混烧，可补充动力能源之不足。农村办“小沼电”站，为社队工副业生产提供了能源。全省已兴办小沼电站四十多处，先后不同程度地发挥了作用。五三农场建池800立方米，年平均节油率50~60%；沔阳县办小沼电加工米面、抽水、发电照明；武汉市郊区办小沼电烘干茶叶，用沼肥养茉莉花；利川县办小沼电，为农民开广播，等等，都显示了沼气作为动力能源，起到了补充农村能源不足的良好作用。为加快农业机械化的步伐，开辟了新的动力资源。

（四）改变了环境卫生，消除了污染。凡是使用沼气较好的地方，室内无烟熏、无灰尘，室外无渣颖、无垃圾，环境清洁，空气新鲜。群众普遍反应，农村办了沼气，搞好粪便管理，钩虫病、血吸虫病等寄生虫病及肠炎、疟疾等常见病、多发病大为减少，有效地保护了农业劳动力，提高了人民的健康水平。

城镇、工厂办沼气，把有机废物利用起来了，消除了污染，变废为宝。当阳县冷冻场每天有近300吨屠宰废水和冲栏粪水流入附近农田，使二十多亩农田因肥料浓度过大，造成颗粒无收，池塘被污染成乌黑色，藕不能长，鱼不能养，这里成了蚊蝇大量繁殖孳生的场所。1980年建成480立方米沼气池后，把原来的废鱼池变成了精养鱼池，还解决了42户职工的生

活用能。因此，该场多次被评为全省同行业的卫生红旗单位。

目前，已用沼渣成功培育蘑菇、平菇等食用菌，效果好，经济价值高，沼气已开始显示出强大的生命力，现已在很多县（市）推广。

第三节 我省沼气有广阔的发展前景

第一，资源丰富。沼气发酵原料主要是人畜粪便、作物秸秆等纤维素物质和有机废物等。我省农作物秸秆多，一年可收获秸秆量300~400亿斤，除去做饲料、工业原料外，可投池产气的秸秆达二百多亿斤，加上人畜粪尿，各种水生植物、青杂草、各行各业加工厂的有机废料，每农户拥有沼气资源量七百多立方米。这些资源，在一定条件下，都是可再生的取之不尽，用之不竭的能源资源。

第二，温度适宜。发酵温度对产生沼气有很大影响。温度适宜，细菌生命力旺盛，沼气就产得多，根据我省气象资料分析，一年中有8个月月平均气温在10℃以上的县达63个，6个月以上的有10个县。据沔阳县沼气实验站在当地测量的结果，气温为零下5℃时，池温为9℃；气温为36℃时，池温为28℃。全省有8个月时间沼气池温度在15℃以上，适宜生产沼气。在低温的冬季，只要加强防寒保温措施，也能正常产气。

第三，有一定沼气工作基础。我省各级领导和从事沼气推广应用的有关人员，在沼气建设中，不断克服前进中的困难，积累了经验。根据国家“加强领导，积极推广，成片发展，稳步前进”的建设沼气方针，我省确立了从实际出发，分类指导，注重质量，讲求经济效益的指导思想，制订了与之相适应的经济政策，实行专业承包、合同制等经济管理措施，建设了

一支技术过硬、比较稳定的专业队伍，保证了建池质量。目前我省建池一次成功率达到98%以上。按照“三统一”（统一设计图纸、统一池型结构、统一施工工艺）、“三结合”（或四结合，即猪圈、厕所、晒台、沼气池相结合）、“六配套”（压力表、灯炉具、输气管道、开关、出料机具、圈粪池配套）的要求，数量越来越多，标准越来越高，沼气池的使用率达到85%以上，涌现出了一批常年使用沼气的典型户。由于有关科研单位、大专院校技术攻关与群众性科学实验活动的广泛开展，取得了一些可喜的成绩。如宜昌、沔阳、枝江等县分别创新了混凝土预制件装配式和混凝土全现浇的建池工艺，黄陂县钢模现浇工艺；发酵原料的合理配比、补料规律，添加微量元素，加强保温措施，增加接种物，沼气肥效试验等。已经鉴定的科研成果有武汉市能源研究所研制的Ⅰ、Ⅱ型沼气灶具，氯偏纤维在沼气池浮罩上的应用，黄冈县水套灯，当阳县伞形拱架，湖北省农科院出料机械，华中农学院的液粪车，枝江灯，阳新Ⅰ型灶具，浠水螺旋出渣器，黄陂异径三通等等，为我省建池管理，配套设备沿着标准化、系列化、专业化方向发展打下了基础。这些新工艺、新产品，深受用户欢迎。

回顾过去，展望未来，沼气事业的发展，有着美好的前景。我省沼气建设，今后的发展方向，仍然以农村为主，巩固、提高现有水压式沼气池建池、管理、使用技术，研究新的池型结构、配套设备标准。以解决农户生活燃料为目的，逐步实现农村燃料现代化。对有条件的村庄、集体农牧场，可建造中型沼气池，节约柴草和矿物燃料；城镇应积极试办中、大型沼气池，处理污水污物，消除公害，保护环境，增加能源，变废为宝。要加强科学研究，广泛开展沼气和沼气发酵残留物的综合利用。用沼气及残留物的综合利用产品促进沼气的发展，

开辟农民的生财之道，为国家增加财富。

沼气是一项新兴的事业，人们对它的了解和研究还很不
够，有待进一步地探索，逐步提高和完善。随着时代的进步，
科学的发展，这项事业定会更加兴旺发达，在新能源领域内大
显身手，更加显示出强大的生命力，为四化建设作出贡献。

学苗主编 沼气生产 第一版

一、沼气的主要成分和性质
沼气的主要成分是甲烷，其化学式为 CH_4 。甲烷是一种无色、无味、无毒的气体，密度比空气小，难溶于水。在标准状况下，甲烷的燃烧热为 890.3 kJ/mol 。沼气中还含有少量的二氧化碳、硫化氢、氮气、氧气等杂质。沼气的热值约为 15.6 MJ/m^3 。沼气的燃烧产物主要是二氧化碳和水。沼气的燃烧反应方程式为：
$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

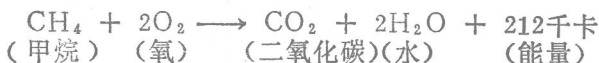
沼气的主要成分和性质
(1) 成分：甲烷 (CH_4)、二氧化碳 (CO_2)、硫化氢 (H_2S)、氮气 (N_2)、氧气 (O_2)。
(2) 性质：无色、无味、无毒、密度比空气小、难溶于水、易燃、易爆。

沼气的主要成分和性质
沼气的主要成分是甲烷，其化学式为 CH_4 。甲烷是一种无色、无味、无毒的气体，密度比空气小，难溶于水。在标准状况下，甲烷的燃烧热为 890.3 kJ/mol 。沼气中还含有少量的二氧化碳、硫化氢、氮气、氧气等杂质。沼气的热值约为 15.6 MJ/m^3 。沼气的燃烧产物主要是二氧化碳和水。沼气的燃烧反应方程式为：
$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$$

第二章 沼气发酵原理和工艺

第一节 沼气发酵微生物学

沼气又称生物气，是各种有机物质如农作物的秸秆、杂草、树叶、人畜粪便等在一定温度、湿度、酸度和隔绝空气的条件下经过多种微生物发酵作用产生一种可燃烧的气体。由于最初发现于沼泽地中，所以称为沼气。它的主要成分是甲烷（ CH_4 ），约占55~70%，其次是二氧化碳（ CO_2 ），约占30~35%，其余是少量的硫化氢（ H_2S ）、氢气（ H_2 ）、氮气（ N_2 ）、磷化三氢（ H_3P ）和水蒸汽。我们用以燃烧的只是其中的甲烷。甲烷是无色、无臭的气体，沼气有点臭味是由于含有少量的硫化氢、氨和磷化三氢的缘故。硫化氢和磷化三氢是有毒的气体。甲烷由碳、氢两种元素组成，不含氮、磷、钾等元素，所以燃烧时不会把发酵原料中的养分烧掉。甲烷完全燃烧时，呈兰色火焰，并放出大量的热，化学反应式为：



在食品、抗菌素等微生物发酵工业中，绝大多数是由一种微生物来完成发酵过程的。就是酿酒工业也只不过是霉菌和酵母菌这两种微生物分两部来完成其发酵过程的。而沼气发酵过程，仅根据微生物的作用不同就可将它们分为纤维素分解菌、脂肪分解菌、果胶分解菌等。而根据它们的代谢产物不同又可分为产酸细菌、产氢细菌、产甲烷细菌等。这些功能不同和代谢产物不同

的微生物在沼气发酵全过程中对营养、温度、pH值、氧化还原电位等环境条件的要求各不一致。在一个沼气池中的微生物之间，它们分工合作、相互协同来完成整个沼气发酵，因此沼气发酵在某种意义上说，是通过纤维素发酵、果胶发酵、氢发酵、甲烷发酵等众多单一发酵集中在一起的混合发酵过程。怎样提高混合发酵的效力？首先必须研究在沼气发酵全过程中各个阶段起主要作用的微生物。只有认识了它们，才能充分地利用它们为人类服务。

一、沼气发酵微生物

1. 什么叫微生物

微生物是指一类体形微小、结构简单、用肉眼看不到的微小生物。微生物包括：细菌、放线菌、霉菌、酵母菌、病毒等。我们将沼气发酵中的微生物群系，统称为沼气微生物。沼气微生物大致包括细菌、真菌和原生动物三大类，其中以细菌的数量占优势。

2. 细菌的形态

细菌的基本形态有球状、杆状与螺旋状。依照这些形态分别称为球菌、杆菌和螺旋菌。

(1) 球菌：细胞呈球形或近似球形。球菌在繁殖中其细胞分裂在一个平面上进行，分裂后细胞分散而单独存在的叫做单球菌；分裂后细胞排列成链状的叫做链球菌。如果按两个相互垂直的平面分裂，分裂后四个细胞在一起呈田字形的叫做四联球菌；而按三个相互垂直平面进行分裂，每八个球菌叠在一起呈一个立方形的称为八叠球菌；而分裂面不规则，多个球菌在一起象一串葡萄似的称为葡萄球菌。

(2) 杆菌：杆状菌是细菌中种类最多的。各种杆菌在长

和宽的比例上有显著的差别，有的短称为短杆菌，有的细长称为长杆菌，有的排列成链称为链杆菌。同时还根据杆菌能否产生芽孢，而将杆菌分为芽孢杆菌和无芽孢杆菌。

(3) 螺旋菌：呈螺旋状弯曲的细菌称为螺旋菌，依细胞弯曲的情况不同而分为下面三种：

① 弧菌：菌体弯曲呈弧形或逗号形。

② 螺旋菌：菌体回转如螺旋，螺旋的多少及螺距随菌种不同而异。螺旋菌因具有坚韧的细胞壁，故菌体较硬。

③ 螺旋体：螺旋体是界乎细菌与原生动物之间的类型，因为它们没有细胞壁，菌体柔软，有的细胞中央有弹性轴丝。梅毒螺旋体属于此类。上面介绍的是细菌的基本形态。细菌的形态明显地受环境条件的影响，如培养温度、培养时间、培养基中物质的组成与浓度发生变化，均可能引起细菌形态的改变。

3. 细菌细胞的构造

微生物都是由细胞组成的（除病毒外），就细菌而言，细胞主要由细胞壁、细胞质膜、细胞质、细胞核及内含物等构成。有些细菌还有荚膜或鞭毛。（图1）

(1) 细胞壁：细胞壁是包在细胞表面较为坚韧、略具弹性的结构。细胞壁具有保护细胞及维持细胞外形的功能。失去细胞后，各种形态的细菌都将变成球形。细菌在一定浓度范围的高渗溶液中，原生质收缩，但细胞仍可保持原来的形状；在一定浓度范围的低渗溶液中，细胞则会膨大，但不致破裂。这些都与细胞壁具有一定的坚韧性和弹性有关。

(2) 细胞质膜：细胞质膜是紧靠在细胞壁内侧，柔软而富有弹性的薄膜，它具有重要的生理功能。它有选择性，控制营养物质和代谢产物进出细胞，使细菌得以在各种生活环境中吸取它们所需要的营养物质，而排出过多的或者废弃物。同