

农业科学技术丛书

沼 气

程 琪 罗本凯



安徽科学技术出版社

农业科学技术丛书

沼 气

程 琪 罗本凯

安徽科学技术出版社

责任编辑：唐季南

封面设计：陈乐生

沼 气

程 琪 罗本凯

*

安徽科学技术出版社出版

(合肥市跃进路1号)

安徽省新华书店发行

安徽新华印刷厂印刷

*

开本：787×1092 1/32 印张：2.125 字数：43,000

1982年6月第1版 1982年6月第1次印刷

印数：1—49,000

统一书号：16200·36 定价：0.20元

前 言

随着农业生产责任制的推行，我省广大农民学科学、用科学的积极性空前高涨。他们深刻体会到，科学就是生产力。在农业生产中正确地运用科学技术，是夺取丰收的关键。

为了满足农民学习掌握科学技术的新要求，我们特邀请省内有关部门的专家、技术人员，编写这套《农业科学技术丛书》。这套丛书的内容，包括农业、畜牧兽医、副业生产等各个方面，共二十余种。

这套丛书结合我省农业生产实际，比较系统地介绍了农业科学的基础理论、基本知识和应用技术，还介绍了国内外先进的农业技术；文字通俗，图文并茂。

这套丛书主要作为基层培训农民技术员的教材，也可供具有初中文化程度的基层干部和农村社员自学之用。

安徽省农业厅

安徽省科学技术协会

1981.7.

目 录

一、概述	1
二、沼气在农业生产上的地位	3
(一)农村能源问题的严重性	3
(二)推广沼气是解决农村能源的理想途径	5
三、沼气发酵的原理	7
(一)沼气的性质	7
(二)沼气发酵的原理	8
(三)人工沼气发酵的工艺条件及其控制	12
四、沼气池的建造	20
(一)池型设计	21
(二)建池材料	28
(三)施工工艺	33
五、沼气用具	46
(一)输气管道	46
(二)水柱压力表	48
(三)炉具	49
(四)灯具	51
六、沼气池的科学管理和沼气的合理使用	53
(一)沼气池的管理	53
(二)沼气的合理使用	54
七、沼气窒息性中毒和预防	61
(一)沼气窒息性中毒的表现	61
(二)发生中毒的原因	62
(三)预防和急救	62

一、概 述

沼气是一种生物能源。我国古代就记录了这种自然现象，是发现和研究沼气最早的国家之一。约在十九世纪八十年代，已能人工制取沼气。然而沼气受到人们的重视和制取应用，还只是近几十年的事情。它是属于二次能源（即人工能源）。沼气作为一种能源的历史毕竟还很短，因此，人们又把它称为新能源。

由于世界能源危机的发生，世界上有很多国家都重视沼气的研究和应用。在农村发展沼气则首推印度和我国，尤其是近十多年来，我国农村沼气事业的迅速发展，在世界上已处于领先地位。

二十世纪初，我国台湾省新竹县罗国瑞先生，抱着为民解决燃料的意愿，立志于沼气研究，他总结前人的经验教训，经过反复研究和实践，终于创建了我国第一个池型结构比较完备，具有实际应用价值的水压式沼气池，1929年在广东汕头、潮梅、深圳等地推广；1930年获得专利权；1931年在上海设立专营公司取名“中华国瑞瓦斯总行”；1934年办全国性训练班推广沼气。1935年后，全国有上海、江苏、浙江、安徽、广东、福建、湖南、湖北、江西、陕西、四川、云南、河南等十三省（市）成立国瑞瓦斯分行；汕头、广州、洛阳、湘潭、扬州、宁波、南通、九江、武汉九个城市成立了市分行；嘉定、青浦、南汇、太仓、昆山、闵侯、江津七个县成立了

县分行。现在全国很多地方都发现有三十年代建的沼气池。1937年建在河北省大名县屋内的沼气池，至今还完好，仍可产气。

解放以后，党和政府重视在农村推广沼气，五十年代曾出现过群众性的推广沼气热潮，可是由于操之过急，遭受挫折。以后，经过认真总结经验教训，反复实践，于七十年代初期，沼气事业又重新由点到面逐步发展起来。目前，我国农村已建成6~10立方米的家用沼气池700万个，约有3000余万人用上沼气。同时，我国沼气的制取和利用，开始由生活领域向生产领域，由农村向城市，由常温发酵技术向中、高温发酵技术发展。近几年来，一些社队、国营农场、畜牧场、酒厂、食品厂等单位，共修建了36000多个容积较大的沼气池，利用沼气开动内燃机，抽水喷灌、碾米磨面、粉碎饲料、烘干农产品和发电等。据1980年不完全统计，全国小沼气动力站有792处，总动力9107匹马力；小沼气发电站1093处，总装机容量8999千瓦。另外，利用沼气厌氧发酵处理城市污水、粪便等也在广东、山东、江苏、天津、四川等地一些城市进行试点。

我省是全国办沼气较早的省，早在1958年就开始大办。与全国各地一样，也由于操之过急和工作上缺乏严格的科学态度，没有发展起来。1973年重新开始搞试点，1978年以后逐步推广，稳步前进。目前，全省累计建池4万多个，约有20多万人用上沼气。

二、沼气在农业生产上的地位

(一)农村能源问题的严重性

1. 农村能源严重缺乏

我国农村能源，无论是生活用能源和生产用能源，一直是一个严重问题。全国1亿7千万农户，严重缺烧的户占47.7%，即约八千万农户全年缺烧3~6个月。每年大约要烧掉4亿多吨秸秆，还有几千万立方米的木材和大量的牲畜粪便。我省农村同样存在能源严重缺乏的问题。不仅几乎烧掉了除饲草以外的全部作物秸秆，有很多农村缺烧，要扫地上的落叶和挖地里的根茬作燃料。在山区近山已砍不到柴，要到几十里路以外的远山去砍柴。圩区和丘陵区，柴草不够烧牛粪。淮北农村，在有灾之年秸秆少，甚至用红芋干当柴烧。

2. 破坏生态平衡

目前，第三世界国家大约有15亿农民使用柴草、秸秆、粪便作为生活燃料，其中，我国就有7亿多农民使用这种草木燃料。使用草木作燃料来解决生活能源的问题，对农业生态系统的破坏就更大。

首先，严重破坏森林资源。根据联合国1976年的统计，世界木材消费量48亿立方米中有63%用作燃料。其中发展中国家的木材消费量中有82%是用作燃料。这些国家已造成生

态平衡恶化，水土流失，地力衰退等严重问题。根据预测：如果森林象这样速度砍伐下去，到2000年世界上的森林将有40%被砍掉，主要是用于燃料和烧柴。我国情况同样严重。四川省一年要烧掉树木800万立方米，为全省采伐量的一半。我省金寨县1949年森林蓄积量为1600万立方米，到1976年只有505万立方米。由于森林遭到破坏，水土流失严重。

其次，用秸秆作燃料，则烧了饲料和肥料，破坏了农业生态系统中的物质循环，地力减退严重。我省900多万农户，每年每户烧柴草5000多斤，共用柴草2200~2400万吨，以千分之五含氮量计算，共含折合标准氮肥55~60万吨。可是这些氮肥经过燃烧全部化成气体跑了。而秸秆中含量达70%多的有机质被烧掉更为可惜。秸秆也是牲畜的粗饲料，牲畜粪又是肥料，但也被烧掉了。由于秸秆不能还田，土壤中氮肥大量丧失和有机质得不到补充，土壤肥力便受到破坏。

3. 解决农村能源是发展农业生产的前提

当前，我国农业生产的状况是，由于农村能源严重缺乏，不得不砍树和烧草来解决生活能源的问题，于是便形成这样一个局面：一方面花很大的技术力量和社会经济力量，采取各种农业措施，如造林绿化、兴修水利、改良土壤、繁殖推广良种等，去改造、干预、控制自然，以促进农业生产的发展；另一方面是广大农村仍然使用草木燃料，每年大量砍伐树木，破坏森林，烧尽秸秆，秸秆不能还田，破坏了土壤肥力，对环境的改造起着相反的作用，对物质循环起着破坏的作用。因此，要发展我国农业生产，实现农业现代化，首要任务是解决农村能源问题。

(二)推广沼气是解决农村能源的理想途径

第一，使用沼气作为生活能源，可以有效地保护森林，保持水土，涵养水源，使被破坏的生态系统重新恢复平衡。

第二，使用沼气可以重新调整农、牧业的关系，达到共同发展。

第三，使用沼气能最经济有效地利用农作物秸秆。过去，将作物秸秆作燃料，只能利用一次；而用作制取沼气的原料，既造气又造肥，则利用了两次；如果将作物秸秆先作牲畜粗饲料，再将牲畜粪制沼气，沼气肥下田，那么，秸秆就被利用了三次。

第四，使用沼气还可以起到粪管作用，提高农村卫生和人民健康水平。据化验，经沼气发酵后粪便中的血吸虫、钩虫、蛔虫等寄生虫卵便大量沉淀下来。这些沉淀在沼气池底层的虫卵，由于处在缺氧和氨浓度较高的环境下，便大量死亡。所以，推广沼气也是卫生部门推行“两管五改”的最有效的方法。

第五，使用沼气不仅能解决农村生活燃料，而且能解决生产能源，对实现农业现代化有很大作用。农村五、六口之家，挖一个6~10立方米的沼气池，夏季日产气量可达2~3立方米，最高达7.5立方米；冬季日产气量可达0.6~1.5立方米，一般1~1.2立方米沼气就够五口之家做三顿饭。全年沼气大都可用8~10个月，管理得好，可以全年供气。

据测定，一立方米沼气相当于5000~6000千卡的热量，可使一匹马力内燃机工作2小时，可发电1.25度，相当于0.8

斤柴油，或5斤煤炭。因此沼气可以用来代替汽油、柴油开动机器，用于粮食加工、发电、抽水、喷灌，还可以用来开拖拉机、开汽车。

办沼气既能减轻国家对农村供应煤、油、电的负担，又能促进社、队的工、副业发展，壮大集体经济，加速农业机械化、电气化的进程。因此，是一项利国利民的事业。

三、沼气发酵的原理

(一)沼气的性质

1. 沼气的产生

沼气是有机物在隔绝空气和一定的温度、湿度、酸碱度的条件下，经过沼气细菌的作用，产生的一种可燃性气体。这种气体因最早是在池塘和沼泽里发现的，所以就叫做沼气。

2. 沼气的成分

沼气是一种混合气体，甲烷(CH_4)含量约占2/3，二氧化碳(CO_2)含量约占1/3，其余还含有微量的氮气(N_2)、氢气(H_2)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)和氨气(NH_3)。

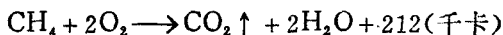
3. 沼气的物理、化学性质

甲烷是无色、无味、无臭的气体，其分子式是 CH_4 ，结

构式为 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ，分子量为16.04单位，是一个碳原子和四

个氢原子结合的碳氢化合物。甲烷对空气的重量比是0.54，比空气约轻一半。甲烷溶解度很小，在20℃、一个大气压时，100单位体积的水，只能溶解3个单位体积的甲烷。

甲烷是一种优质的气体燃料，当它与适量的空气混合完全燃烧时，产生淡蓝色火焰，并放出大量的热量。化学反应式是：



1立方米甲烷在标准状况下(1个大气压、温度为0℃时),可发出9460千卡的热量。甲烷在燃烧时,一般温度为1600℃左右,最高温度可达2000℃。因甲烷在沼气中含量一般为60~70%,所以1立方米的沼气完全燃烧时,可放出5000~6000千卡的热量。

沼气中还含有少量的硫化氢、一氧化碳等可燃性气体。硫化氢在燃烧前带有蒜味或臭鸡蛋味。

(二) 沼气发酵的原理

沼气是有机物质(主要是碳水化合物、蛋白质和脂肪等)在厌氧环境中,经过多种微生物(统称沼气细菌)的作用而产生。沼气细菌分解有机物质产生沼气的过程,叫做沼气发酵。沼气发酵过程现已确定分为三个阶段:

第一阶段是液化阶段。一些微生物的胞外酶,如纤维素酶、淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶等,对有机物质进行体外酶解,将多糖水解成单糖或二糖,蛋白质分解成多肽和氨基酸,脂肪分解成甘油和脂肪酸。通过酶解,可将固体有机物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。

第二阶段是产酸阶段。上述液化产物进入微生物细胞后,在胞内酶的作用下,进一步将它们转化成小分子化合物,如低级脂肪酸、醇等。其中主要是挥发酸,包括乙酸、丙酸和丁酸,乙酸比例最大,约占80%,故此阶段称产酸阶段。

液化阶段和产酸阶段是一个连续过程,统称为不产甲烷

第三阶段是产甲烷阶段。将第二阶段的产物进一步转化为甲烷和二氧化碳。在这个阶段中产氨细菌大量活动而使氨态氮浓度增加，氧化还原势降低，为甲烷菌提供了适宜的环境条件，产甲烷菌的数量大大增加，开始大量产生甲烷。

$$2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \longrightarrow$$

(丁酸)

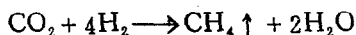
$$4\text{CH}_3\text{COOH} + \text{CH}_4 \uparrow$$

(乙酸)

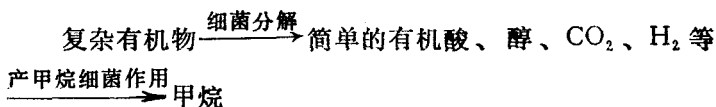
$$\text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \text{CH}_4 \uparrow + \text{CO}_2$$
$$\underset{\text{(乙醇)}}{2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}} + \text{CO}_2 \longrightarrow \underset{\text{(丁酸)}}{2\text{CH}_3\text{COOH}} + \text{CH}_4 \uparrow$$
$$4\text{CH}_3\text{OH} \longrightarrow 3\text{CH}_4 \uparrow + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$$

(甲醇)

③氢还原 CO_2 形成甲烷:

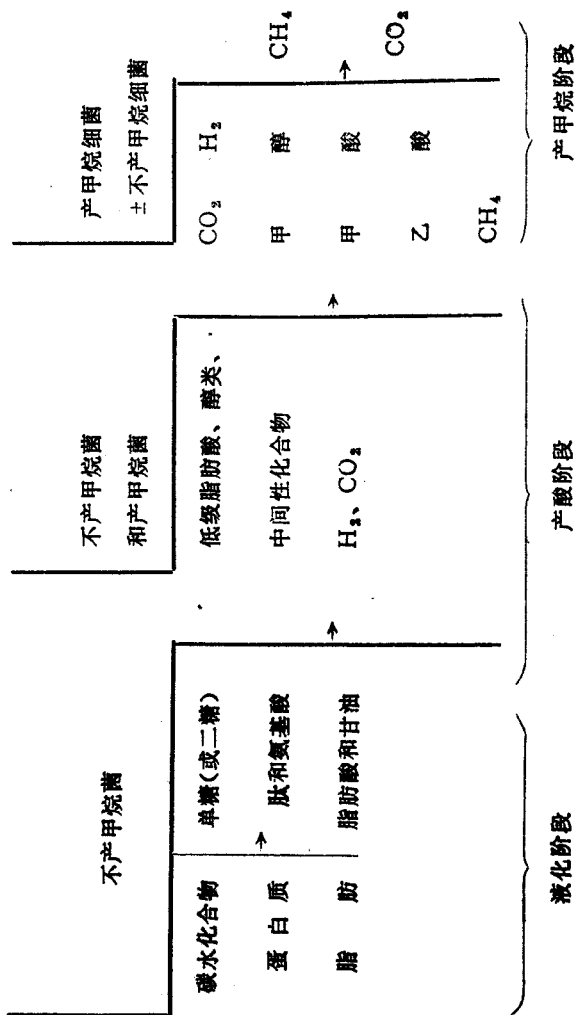


沼气发酵的三个阶段,可概括用下式表示:



沼气发酵的三个阶段是相互依赖和连续进行的,并保持动态平衡。如果平衡遭到破坏,沼气发酵也将受到破坏甚至停止。通过对农村沼气池的测定,可以看出沼气发酵有一个基本规律:发酵初期大量产生有机酸,在有机酸浓度迅速增加的同时,氨态氮浓度急剧上升。氨态氮浓度达到高峰时,挥发酸浓度下降,氧化还原电位降低,产气量和气体中甲烷含量上升并达到高峰。这一连锁反应完成之后的一段时间内,pH值(酸碱度)、氧化还原电位、产气量和甲烷含量等都基本稳定,而有机酸浓度明显下降。这意味着在一定条件下微生物的种类、数量及其生化活性的稳定,相应的有机物消化速度、中间产物浓度、产甲烷速度及沼气的成分都随之而保持稳定。上述变化说明:沼气发酵原料在发酵过程中,各个生化因子都有明显变化,但它们彼此又相互依赖,相互制约,达到液化、产酸和产甲烷阶段的动态平衡。

沼气发酵的三个阶段图解:



(三)人工沼气发酵的工艺条件及其控制

沼气发酵过程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,它们对温度、发酵液浓度、酸碱度、氧化还原势等环境因素都有一定的要求。沼气发酵工艺条件就是在工艺上满足沼气微生物的这些生活条件,使它们在合适的环境中生活,以达到发酵旺盛,产气量高的目的。

1. 严格的厌氧环境

沼气发酵中起主导作用的微生物都是严格厌氧菌,包括有机物质的厌氧分解菌和产甲烷细菌,它们的整个生命活动,包括生长、发育、繁殖、代谢等,都不需要空气。只要有微量的氧气和氧化剂的存在,对它们都有阻害。因此,要求沼气池严格密闭。这是保证人工制取沼气成功的先决条件。

2. 充足和适宜的发酵原料

有机物质是沼气发酵细菌的主要营养物质,是产生沼气的物质基础。一般认为所有的有机物质如人、畜粪便,作物秸秆、青草、垃圾、含有有机物质的工业废水和污泥等,都能被沼气细菌发酵产生沼气。细菌对营养物质中的碳、氮素的需要量必须维持适当的比例。据实际测定分析,适合厌氧发酵的碳氮比为25~30:1。但是,不同的发酵原料,由于所含的化学成分不同,它们的产气量也不同,见表1。