

农村沼气



内蒙古人民出版社

农村沼 气

Nongcun zhaoqi

苏金祥 编

内蒙古人民出版社

1984·呼和浩特

NONGCUN ZHAOQI

农 村 沼 气

苏金祥 编

*

内蒙古人民出版社出版

(呼和浩特市新城西街82号)

内蒙古新华书店发行 内蒙古新华印刷厂印刷

开本:787×1092 1/32 印张:2.375 字数:48千

1984年3月第一版 1984年5月第1次印刷

印数: 1—23,100册

统一书号: 15089·60 每册: 0.27元

内 容 提 要

本书是专门介绍农村沼气池的修建、使用的册子。它的主要内容有：农村修建沼气的重要意义，沼气发生的基本原理，工艺过程，沼气池的设计与施工，沼气池利用的配套设备，沼气池的维修与管理等。书中所列数据，为修建池气提供了方便。但是，沼气是一种新能源，还处于发展阶段，各地情况不同，在参考使用时，应从实际情况出发，因地制宜。在编写本书过程中，参考了徐曾符、唐振方和其它有关单位编写的有关资料，在此表示感谢。

本书可供广大农村、牧区修建和使用沼气的同志参考，使用。

目 录

一、兴办沼气的意义	(1)
(一) 沼气是农村一个新的重要能源	(1)
(二) 办沼气可以增加肥料来源	(2)
(三) 兴办沼气可以改善环境卫生, 减少病虫害对人的危害	(3)
(四) 兴办沼气有利于促进生态平衡, 发展经济	(4)
二、沼气发酵的基本原理和条件	(5)
(一) 什么是沼气	(5)
(二) 沼气的主要性质	(6)
(三) 沼气发酵的基本原理	(8)
(四) 农村沼气发酵工艺过程和工艺条件	(10)
三、沼气池的设计与施工	(15)
(一) 农村家用沼气池结构型式	(15)
(二) 农村沼气池设计原则	(20)
(三) 沼气池的主要尺寸及计算	(22)
(四) 建池材料	(24)
(五) 施工技术	(27)
四、沼气燃烧原理和使用沼气的配套设备	(40)
(一) 沼气燃烧的原理	(40)
(二) 炉、灯具	(41)

(三) 输气设备.....	(48)
(四) 输气系统的安装.....	(51)
(五) 沼气池出料机具.....	(52)
(六) 沼气发电设备.....	(54)
五、沼气池的管理.....	(56)
(一) 沼气发酵的管理.....	(56)
(二) 病态池的检查与维修.....	(63)
(三) 沼气池的安全管理.....	(65)
六、沼气肥的施用方法.....	(69)
附录: 10立方米现浇混凝土、砖砌沼气池图.....	(70)

一、兴办沼气的的重要意义

能源是发展工农业生产和提高人民生活的重要的物质基础。解决能源短缺，提供新的能源，沼气是一种不可忽视的新能源。尤其在农村、牧区大力发展沼气建设，是解决农村、牧区能源不足的一条主要途径。它具有制取容易，资源丰富，用途广泛，能够综合利用等特点，同时使农村、牧区环境和卫生得到改善。因此，深受广大农牧民的欢迎。

兴办沼气的的重要意义概括起来有以下几点：

（一）沼气是农村一个新的重要能源

利用农业生产本身提供的生物质制取沼气，是合理、经济有效地利用生物能源，也是解决农村、牧区烧柴问题比较好的一种方式。农村烧柴问题是一件大事。中国有句俗语：开门七件事，柴、米、油、盐、酱、醋、茶，柴是首位，也就是能源为首。早在一九六五年，国务院就曾发出指示，要求各地认真抓好农村能源，特别要解决好农民烧柴的问题。如今十多年过去了，许多地区农村烧柴问题仍未解决，有的地方出现了“锅上不愁，锅下愁”的困难局面。目前，在我国农村牧区能源存在的主要问题是八个字：“短缺严重，浪费惊人”。据统计，我国农村每年仅生活用燃料就烧掉大约5400亿斤秸秆和3000斤薪柴（其中包括部分合格材）；直接

燃烧的热效率仅有10%左右。如果把这些资源通过沼气发酵转换为沼气，热效率可达60%，可节省燃料二分之一或三分之一。这样既可以为农村、牧区提供优质气体燃料和照明能源，又可以得到大量有机肥料，同时还能解决农村部分动力用能问题。

从发展生产和提高生活来看，从实现农业现代化来看，农村所需的能源将会越来越多。解决农村能源应当节约，开发并重。农村用能数量大，在一定的时期内靠国家供给大量的常规能源是不现实的。因此应开发利用农村新能源，发挥农村具有丰富的生物能源的优势，并通过挖掘物质技术的潜力，将作物秸秆和人畜粪便进行沼气发酵是一个很好的方法。沼气是一种很好的燃料，可以点灯，烧饭和做内燃机燃料。在农村，五口之家建一个10立方米的沼气池，如果管理得好，可以满足6~8个月的一日三餐的需要，夜晚还可以用沼气点灯照明，亮度相当于40~60瓦的电灯，平均每年可节约烧柴3000斤，灯油10~15斤。

总之，沼气是农村燃料史上的一场革命，它本身的作用和优点，决定了它有极为广泛的发展前途。

(二) 办沼气可以增加肥料来源

农作物贮存的太阳能约有 $1/2 \sim 1/3$ 存在于茎叶中，是一笔巨大的能源。从生物能的合理利用来说，直接燃烧秸秆热能利用率很低。这样，不仅浪费了大量的能源，并把应该归还给土壤的大量养分和有机质烧掉了。若把作物秸秆沤肥或用作饲料后将畜粪作肥料，虽可利用它的营养和肥料；却不

能利用它的热量。两者都不是有效地和合理地利用生物能源和物质的好办法。这样的农业循环是不完全的。假如在上述循环上加入沼气应用环节，就基本上形成了合理的循环体系了。现在，凡是沼气办得好的地方，都是将作物秸秆先喂牲畜，而后将牲畜粪便再入沼气池发酵，既增加了饲料，又得到了燃料，还保存了肥料，真正做到了物尽其用，这样，可发展养畜，解决农村能源，促进农业生产发展，也促进农业生态的良性循环。

一个10立方米的沼气池，一年可出沼气水肥15~20吨（相当于50~100公斤硫酸铵或25~50公斤过磷酸钙）和沉渣1吨左右（相当于50公斤硫酸铵或25公斤过磷酸钙）。同时，沼气肥养分全，肥效长，含大量有机质。长期施用沼气肥可以改善土壤的水，肥，气，热状况和耕作性能。因此办沼气，可为增加和积存有机肥料创造条件，扩大肥料来源。

（三）兴办沼气可以改善环境卫生，减少病虫害对人的危害

沼气本身是一种比较卫生的能源，沼气完全燃烧，既无烟灰，又不会造成环境污染。过去，社员形容农家是“屋外一院粪，屋里一地柴”。办起沼气后，牲畜粪便，碎柴碎草，烂秸秆都成了好的沼气发酵原料。通过密闭发酵，可将95%以上的寄生虫卵和致病菌沉降和杀灭。不少地方还建立了三结合沼气池，把沼气池和畜圈、厕所连通，人畜粪便随时入池则更加理想。另外，农民为了多用气，主动清理阴沟积污、垃圾，减少了环境污染，改善了农村环境卫生面貌，减少

了蚊蝇孳生场所，增进了人民健康。内蒙古巴林左旗土木富洲大队，过去猪的囊虫病很严重，办起沼气后，由于人畜粪便都入池，现在猪囊虫病明显地减少。

（四）兴办沼气有利于促进生态平衡，发展经济

长期以来，农牧民为了做饭，不得不刮地皮、刨草根、烧畜粪、毁林木，破坏了地表植被，使之变成不毛之地。加上滥垦滥牧，致使水土流失加重，土壤肥力下降，农业生态环境恶化。大量牲畜饲草被烧掉，农田缺肥料，工业缺原料，直接影响了农、牧、林、工业的发展。

种树种草，是防止风沙，改变干旱，缓和风蚀沙化、水土流失等灾害，创造良好的生态环境的好办法，但由于严重缺乏三料（燃料、饲料、肥料），尤其是燃料缺少，造成一手种树种草，一手毁树搂草，使种树种草收不到应有的效果，生态环境得不到恢复，农牧业生产发展不起来。兴办沼气可以解决燃料与种树种草的矛盾，有利于促进生态平衡，发展经济。

总之，开发利用沼气，符合自然界的物质循环规律，同其它用能方式相比，有很大的优越性，我们应当十分重视发展沼气事业。发展沼气要认真贯彻中央“加强领导，积极推广，因地制宜，讲求实效，成片发展，稳步前进”的方针。当前，应以小型为主，解决农牧民生活用能为主，同时抓好沼气发电、沼气动机以及城镇沼气的试办工作。要办一个成一个，抓好技术普及工作，加强技术培训和技术指导，提高建池质量和科学管理水平，把沼气事业办好。

二、沼气发酵的基本原理和条件

为了科学地掌握和使用沼气，充分发挥兴办沼气的经济效益，学习和了解沼气发酵的基本知识是十分必要的。

（一）什么是沼气

沼气是一种可燃性混合气体，它的主要成分化学名称叫甲烷。沼气是各种生物在一定温度、湿度、酸度和隔绝空气的条件下，经过多种微生物发酵作用后产生的。由于这种气体最早是在池塘、沼泽中发现，所以人们就把它称为沼气。自然界中，沼气分布很广，凡是有水和有机物的地方几乎都有沼气产生。例如从粪坑、阴沟、草泥塘里冒出来的水泡，绝大部分都是沼气，所以沼气并不是陌生的东西。煤矿里的“坑气”，石油井中的“油气”以及南方一些地方产的天然气管道，主要成分也是甲烷。它们都是历史上由于地壳变动，把各种动、植物等压在地层中，在隔绝空气的条件下，经过微生物发酵产生的。所以人们又把天然气叫做古代沼气。

沼气不仅在大自然界普遍存在，而且在动物消化道中也能产生。例如产生沼气的主要微生物之一的甲烷细菌，最先是在牛的瘤胃中发现的，一头大乳牛的瘤胃，每天大约可产200多升甲烷，这些气体在嗝气时放出。

人类利用沼气，不是自然界产生的天然气，而是模拟自然界产生沼气的条件所制取的人工沼气。它的成分大致是甲

烷 (CH_4) 约占总体积的60~70%, 其次是二氧化碳(CO_2) 约占30~40%, 此外, 还含有少量的硫化氢 (H_2S)、氢气 (H_2)、一氧化碳 (CO) 和氮气 (N_2) 等。

(二) 沼气的性质

沼气是一种混合气体, 其成分随着发酵条件和发酵阶段的不同而各有变化。其性质是由其成分中各单一气体性质及相对含量而决定的。沼气中主要成分是甲烷和二氧化碳, 因此这两种气体对沼气的性质影响最大, 见表 2-1。

表2-1 沼气组分中各单一气体的物理参数

名称 分子式 参数	甲 烷	氢	氮	氧	硫化氢	二氧 化碳	一氧 化碳
	CH_4	H_2	N_2	O_2	H_2S	CO_2	CO
分子量M	16.0430	2.0160	28.0134	31.9988	34.070	44.0098	28.0104
容量r (公斤/米 ³)	0.7174	0.0899	1.2504	1.4291	1.5363	1.9771	1.2506
比重S	0.5548	0.0695	0.9670	1.1052	1.188	1.5289	0.9671
气体常数 (米 ³ /°C)	52.87	420.63	30.26	26.50	34.90	19.27	30.27
绝热指数K	1.309	1.407	1.404	1.401	1.32	1.304	1.403
导热系数 (千卡/米时·°C)	0.0258	0.150	0.0214	0.0215	0.0113	0.0118	0.0194
临界温度(°C)	-82.5	-239.9	-147.13	-118.82	100.4	31.3	-140.2
临界压力 (公斤力/厘米 ²)	45.8	12.8	33.49	47.713	88.9	72.9	34.53
临界容重 (公斤/米 ³)	162	31	311	430		468	301

注: 表中比重S为空气比重等于1时。

1. 物理性质

沼气中的甲烷、二氧化碳、氢气和氮气都是无色无味无臭的气体。甲烷比重为0.55克/厘米³，是一种优质燃料。由于沼气中含有少量其它气体如硫化氢和一氧化碳，所以在燃烧前带有臭鸡蛋味，是一种无色有小毒略有臭味的混合气体。但这些有臭有毒的少量气体，只要经过与氧气混合充分燃烧以后，就会变成无毒无臭的气体释放到大气中。用沼气煮饭点灯，毒性比煤还要小，对人们并不会产生毒害，所以沼气是一种很卫生的燃料。

沼气比空气轻，易扩散。在通常的条件下不易液化。沼气也难溶于水。

2. 化学性质

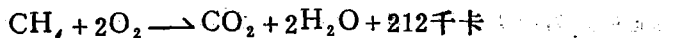
甲烷是一种简单的碳氢化合物，分子由四个氢和一个碳

原子组成，分子式为CH₄，结构式为

$$\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$$

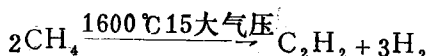
分子量为16.04。甲烷是一种很稳定的碳氢化合物。在一般条件下，不易与其他物质发生反应。但甲烷可以燃烧，高温下可以分解，也可以和卤素起取代反应。

甲烷在空气中完全燃烧时，呈浅蓝色火焰，生成二氧化碳和水，并释放出大量热量。化学反应方程式为：

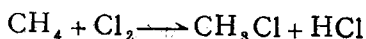


当每立方米甲烷完全燃烧时，可以放出9500千卡热量，最高温度可以达到1400℃。每立方米沼气，完全燃烧时可以放出5500~6500千卡的热量。甲烷在热分解时生成化工产品乙

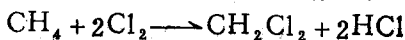
炔（电石气），反应方程式为：



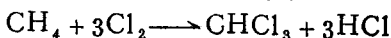
甲烷的氯化反应可以制取三氯甲烷等化工产品，其反应方程式为：



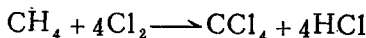
氯气 一氯甲烷氯化氢



二氯甲烷



三氯甲烷



四氯化碳

从上述甲烷的一系列的化学反应中可以看出，沼气不仅是优质燃料和动力资源，同时又是化学工业的重要原料。

（三）沼气发酵的基本原理

沼气发酵是微生物生长、发育、繁殖代谢过程。沼气是微生物生命活动的产物。微生物是自然界种类繁多、数量巨大，而肉眼所不可见的微小生物。根据微生物的呼吸类型可将它们分为好氧微生物、厌氧微生物和兼性厌氧微生物三大类型。沼气发酵是自然界中极为普遍而典型的厌氧发酵。按其功能可分为两类：第一类为不产甲烷菌。它们的功能是把有机物逐级降解成低级挥发性脂肪酸、醇类、氢和二氧化碳。第二类是产甲烷菌，通常简称甲烷菌。它们能利用上述产物生产甲烷和二氧化碳。根据产生沼气的生物化学过程及其产

物的特点，可分为三个阶段：

1. 液化阶段

在这个阶段由微生物的胞外酶，如纤维素酶、蛋白酶、淀粉酶和脂肪酶等对沼气池内的有机物进行体外酶解。把多糖水解成单糖，把蛋白质转变成肽和氨基酸，把脂肪转变成甘油和脂肪酸，即把固体有机物转变成可溶于水的物质。

2. 产酸阶段

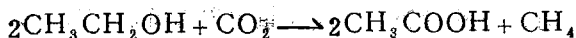
液化阶段的产物进入微生物细胞，在胞内酶的作用下，进一步转变成小分子化合物，如低级脂肪酸、醇、酮、醛等，其中主要是乙酸，约占80%。因其主要产物是挥发酸，故称为产酸阶段。

以上两个阶段是一个连续过程，我们称它们为不产甲烷阶段。在这阶段除了形成大量小分子化合物外，还产生大量二氧化碳（ CO_2 ）和少量氢气（ H_2 ），这些都是合成甲烷的基质。因此不产甲烷阶段可以看作是一个原料加工阶段，将复杂有机物转变成可供甲烷细菌利用的物质特别是乙酸，为大量产生甲烷奠定了雄厚的物质基础。

3. 产甲烷阶段

产酸阶段的产物，由甲烷菌作用形成终产物——甲烷。有人对主要的中间产物形成甲烷的过程进行了研究，认为主要途径是：

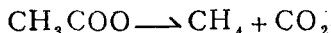
(1) 甲烷菌分解简单有机酸，醇形成甲烷：



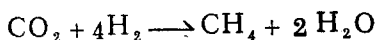
乙醇

乙酸

甲烷



(2) 利用氢气使 CO_2 还原成甲烷：



此外，还有小部分甲烷是经过其它中间产物产生的，但绝大部分甲烷是经过乙酸产生的。因此乙酸是沼气发酵中最重要的中间产物。

沼气发酵三个阶段，是互相衔接，互相制约连续进行的。同时，它们之间保持着动态平衡。这意味着在一定条件下，微生物的种类、数量及其生化活性保持着稳定，而相应的有机物的分解速度、中间产物的浓度、产甲烷速度及沼气的成分都随之而保持稳定。如果第二阶段的速度超过了第三阶段的速度，酸就会积累增多，抑制第三阶段进行，使发酵缓慢，甚至停止。由于沼气发酵微生物对环境适应性很强，只要经过一段时间就可以重新达到新的平衡。但是，要使发酵自动趋于新的平衡，需要的时间比较长，往往出现很长的停滞期。我们弄清了沼气发酵的三个阶段的平衡条件，也就是了解了沼气发酵条件，就可以在产气停滞期采取相应的措施，使发酵很快恢复正常。

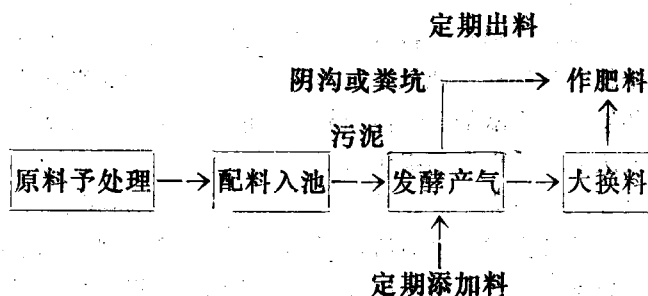
(四) 农村沼气发酵工艺过程和工艺条件

沼气发酵微生物都要求适宜的生活条件。沼气发酵工艺条件就是在工艺上满足微生物的生活条件，使它们在合适的环境中生活，以达到发酵旺盛，产气量高。比如原料中干物质浓度过高时，产酸量加大，酸大量积累而抑制产气。因此控制好沼气发酵的工艺条件是维持正常产气的关键。

1. 沼气发酵的工艺过程

农村沼气发酵工艺不能完全按照原料发酵周期或原料消

化利用的情况来设计，而应当根据农业生产和农民用气的需要进行合理安排。现在农村沼气发酵，采用在自然温度下半连续发酵工艺。其过程是沼气池投料产气后，当产气高峰即将过去、产气量开始下降时，即开始每天或定期添加料和出料，以经常维持较高的产气量，其工艺流程为：



根据南方每年可生产两季农作物的用肥需要，沼气池每年大出料两次。我们北方气温低，每年生产一季，一般在春播前大出料一次，也就是说一年为一个发酵周期。从内蒙古几年来推广的效果看，只要保证足够的容积和充足的发酵原料，完全可以解决农民家庭用气和造肥的需要。

2. 发酵工艺条件

沼气发酵是多种微生物生命活动的结果。因此沼气发酵，微生物生活的好，生命力旺盛，产的沼气就多。所以要正常地产生沼气，就必须给这些微生物创造良好的生活条件。

(1) 要保持严格的厌氧环境：沼气池起主导作用的细