

农家 沼气池



ONG JIA ZHAO QI CHI

浙江科学技术出版社

农家沼气池

蔡昌达 编写

浙江科学技术出版社

封面设计：徐景祥

农家沼气池

蔡昌达 编写

*

浙江科学技术出版社出版

浙江新华印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

开本787×1092 1/32 印张3.375 字数74,000

1983年10月第 一 版

1983年10月第一次印刷

印数：1—20,000

统一书号：15221·48

定 价：0.30 元

前 言

几年来，农村发展沼气的实践证明，利用农业生产本身提供的生物质能制取沼气，可以合理地、经济地和有效地利用生物能资源，提高燃料的热能利用率，解决农村缺柴问题。沼气是一种理想的能源，沼气的资源比较丰富，各地都有，并随着农业生产的发展而增加，可以再生，不会枯竭；使用沼气，可以净化环境，是一种清洁的能源；沼气可以分散生产，就地使用，投资少、周期短、见效快，又是一种廉价的能源。农村发展沼气大有可为，是当前解决农村生活燃料不足的重要途径。

发展沼气是保持农业生态良性循环的战略性措施。我们通过沼气这个纽带，使农业生产中的能量转换和物质循环有机地结合起来，形成一个完整的、相互促进的良性循环。这种良性的生态循环方式，缓和了农村中燃料、肥料、饲料和工业原料之间的矛盾，实现秸秆还田，增加有机肥料，提高土壤肥力，保护森林和植被，为建立良好的农业生态系统和保持生态平衡，促进农业、林业和畜牧业的发展，创造了十分有利的条件。由此可见，发展沼气是当前农村一项重要的能源建设、肥料建设、卫生 and 环境保护建设，意义十分重大。

本书系统地介绍农家小型沼气池的设计、施工、管理、检修；沼气的基本知识；沼气的利用；沼气肥的应用；还讲了有关稻麦草、食用菌、沼气、有机肥料的循环综合利用技术。

本书内容简明扼要，深入浅出，文内配有插图、相片、表格，通俗易懂，适合具有初中文化水平的同志阅读，也可作为培训沼气技术人员的教材。

由于编者水平有限，疏漏、错误之处，尚希广大读者批评、指正。

编 者

1983年3月

目 录

前 言

第一章	沼气的基本知识	(1)
第一节	什么是沼气	(1)
第二节	沼气的用途	(2)
第三节	沼气发酵的基本原理	(4)
第四节	沼气发酵的基本条件	(7)
第二章	沼气池的建造	(12)
第一节	沼气池的设计	(12)
第二节	沼气池的建池材料	(27)
第三节	沼气池的施工技术	(40)
第四节	沼气池的施工质量检验	(53)
第三章	沼气池的发酵技术	(55)
第一节	沼气发酵原料	(55)
第二节	菌种	(60)
第三节	沼气发酵的启动	(60)
第四节	沼气池的正常运转和日常管理	(62)
第五节	沼气池的大换料	(65)
第四章	沼气的利用	(66)
第一节	沼气的燃烧	(66)
第二节	沼气的输气设备	(68)

第三节	常用沼气灶	(70)
第四节	沼气灯	(74)
第五章	沼气肥的应用	(76)
第一节	沼气发酵的保肥效果	(77)
第二节	沼气肥的增产效果	(78)
第三节	沼气肥对改良土壤的作用	(80)
第四节	沼气肥的施用技术	(80)
第六章	沼气病态池的检查与修理	(83)
第一节	病态池常见故障分析	(83)
第二节	病态池的检查方法	(85)
第三节	病态池的修理方法	(86)
第四节	修理病态池注意事项	(89)
第七章	安全建池和管理	(91)
第一节	安全建池	(91)
第二节	安全管理	(91)
附 录		
一、农村各种能源的热转换效率		(94)
二、土质的简易识别方法		(95)
三、“稻草—凤尾菇—沼气—有机肥”循环利用技术要点		(96)

第一章 沼气的基本知识

第一节 什么是沼气

沼气是作物秸秆和人、畜粪便等有机物质，在一定的温度、湿度、酸碱度和隔绝空气的条件下，经过微生物发酵分解作用产生的一种可燃气体。在含腐烂有机质较多的沼泽、池塘、污水沟和粪池里，经常可看见有气泡冒出，收集起来可用火点燃。因为它最早发现于池沼中，所以称为“沼气”（图1—1）。

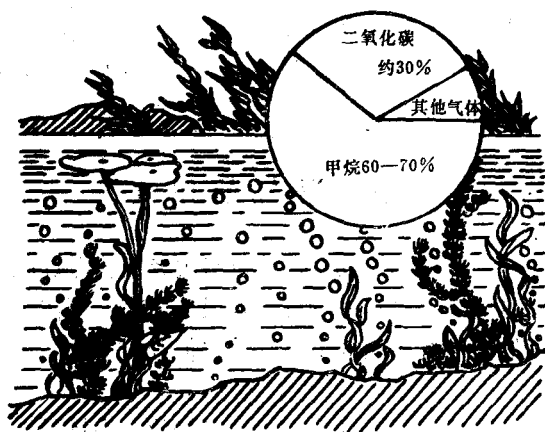


图1—1 自然界的沼气

沼气是一种混合气体，它的主要成分是甲烷(CH_4)，通常占总体积的60~70%；其次是二氧化碳(CO_2)，约占30~35%；

还有少量的一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)、氢气(H_2)、氮气(N_2)等,共约占5%左右。所以,一般所称的“沼气”,成分较为复杂,但它的主要成分是甲烷,我们利用沼气,主要的也是利用甲烷。

甲烷是一种简单的碳氢化合物,它的化学性质极为稳定。甲烷是一种无色、无臭、无味的气体。沼气在未燃烧时略有臭鸡蛋气味,是因为沼气中含有少量硫化氢气体的缘故。

甲烷对空气的比重为0.55,二氧化碳对空气的比重为1.55,一般沼气对空气的比重为0.85,沼气略比空气轻。

甲烷微溶于水,在20℃和一个大气压时,100个单位体积的水只能溶解3个单位体积的甲烷。由于它在水中的溶解度极小,就便于我们用水封的方法来贮存它。

甲烷是一种可燃气体,1立方米甲烷完全燃烧时,能发出8800大卡的热量(1公斤水,温度升高1℃时需要的热量为1大卡)。一般沼气中甲烷含量为60~70%,则1立方米沼气的发热量为5280~6160大卡。

第二节 沼气的用途

沼气是一种优质气体燃料,可以用来煮饭、点灯照明。1立方米沼气可供五口之家一日三餐煮饭、烧菜;可使一盏相当于60瓦亮度的沼气灯照明6小时,其热值利用率相当于4.5斤民用煤。

沼气不仅能煮饭、点灯,它还是良好的动力燃料。1立方米沼气相当于1.4斤汽油,能使1马力内燃机工作2小时,能发电约1.25度。有的农村已经用沼气作为柴油机的燃料,开动机器来发电、抽水、加工粮食和粉碎饲料,有的地方还应用沼

气炒茶、孵化小鸡、煮饲料等（图1—2）。

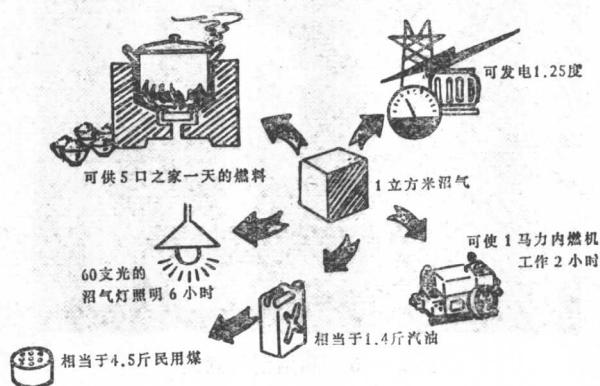


图1—2 1立方米沼气的用途

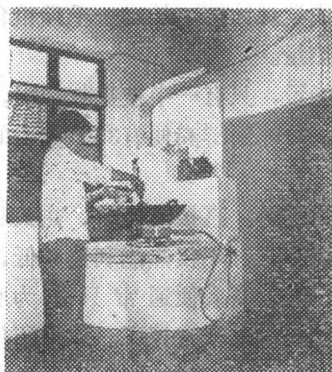


图1—3 利用沼气炒菜



图1—4 利用沼气炒茶叶

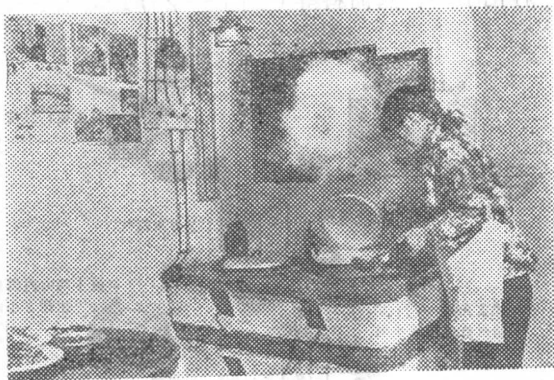


图 1—5 利用沼气煮饭

第三节 沼气发酵的基本原理

农作物光合作用所贮存的能量，有二分之一到三分之二存在于作物茎、叶中。根据科学家钱学森计算，长出一千斤粮食的作物茎、叶，就有近半吨煤的热量。

人和动物摄取植物性食物的能量，只有一半被吸收利用，另一半都成为粪便排出。据计算，每吨新鲜粪便有35万大卡的热量。

过去，作物秸秆通常直接作为燃料。直接燃烧时，热效利用率仅10%左右。这种古老的燃烧方式，不仅热能利用率低，而且把宝贵的有机肥料也烧掉了；人、畜粪便通常只作为肥料，而把可以作为燃料的热能也都白白地浪费掉了。应用沼气发酵技术，使作为燃料用的碳氢两种元素和作为肥料用的氮、磷、钾三种元素分离，使它们各得其所，各尽其用。将作物秸秆和人、畜粪便中所贮存的热能转化为沼气加以利用，剩下的

则是优质有机肥料。这样，就可以使热能和肥料都得到充分利用。不仅提高了农业自然资源的利用价值，而且将秸秆转化为沼气燃烧，热能转换效率可提高80%。

要是先将作物秸秆作牲畜饲料或栽培食用菌，再用畜粪和栽培草渣沤制沼气，沼气发酵料液还田做肥料，既可以获得优质气体燃料，又可以为人们提供畜产品和植物蛋白质食品，还有大量优质有机肥料还田。这样，通过综合利用和多次增值，使生物体内的能量和各种营养成分都得到充分的利用。

沼气是有机物质在厌氧的环境中，经过多种微生物（统称沼气细菌）的分解作用而产生的。沼气细菌分解有机物质产生沼气的过程，叫做沼气发酵。在实际生产中，可以把沼气发酵装置（沼气池）看成是一个把有机物质加工成气体燃料的工厂，沼气细菌是这个工厂里的“工人”，人、畜粪便和作物秸秆等有机物是原料，产品是沼气和沼气肥。沼气发酵过程分为三个阶段：

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，把固体有机物转变成可溶于水的物质。如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。

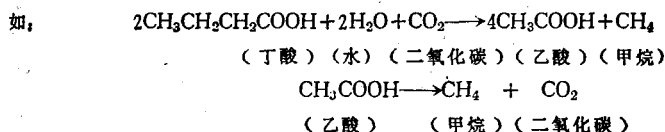
第二阶段是产酸阶段。上述水解产物进入微生物细胞，在胞内酶的作用下，进一步将它们分解成小分子化合物，如低级脂肪酸、醇等。其中主要是挥发酸（包括乙酸、丙酸和丁酸），乙酸比例最大，约占80%，故将此阶段称为产酸阶段。

液化阶段和产酸阶段是一个连续过程，可统称为不产甲烷阶段。这个阶段是在厌氧条件下，经过多种微生物的协同作用，将原料中的碳水化合物（主要是纤维素和半纤维素）、蛋白质、脂肪等分解成小分子化合物，同时产生二氧化碳和氢

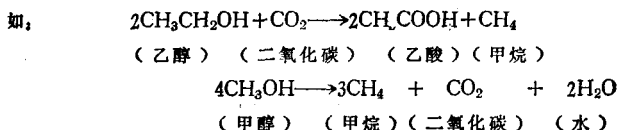
气, 这些都是合成甲烷的基质。因此, 可以把液化阶段和产酸阶段看成是原料加工阶段, 将复杂的有机物转化成可供甲烷细菌利用的物质, 它们可以为产甲烷菌提供丰富的营养, 为大量产生甲烷奠定雄厚的物质基础。

第三阶段是产甲烷阶段。这个阶段是在产甲烷细菌的作用下，将前两个阶段形成的简单有机物、二氧化碳和氢等合成甲烷。在这个阶段合成甲烷主要有以下几种途径：

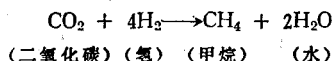
一、由挥发酸形成甲烷



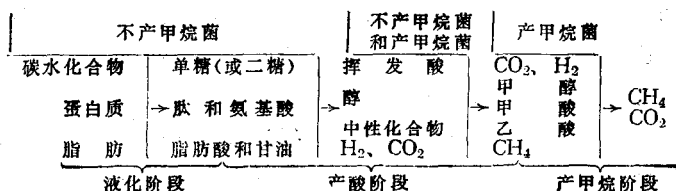
二、由醇和二氧化碳形成甲烷



三、氢还原二氧化碳形成甲烷



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衔接、连续交替进行的，它们之间保持着动态平衡，就象工厂里的流水生产线一样。在正常情况下，有机物的分解消化速度和产气速度相对稳定。若平衡遭到破坏，就会影响产气。如果液化阶段和产酸阶段的发酵速度过慢，产气率就会很低，发酵周期长，原料分解不完全，料渣多。但如果前两个阶段的发酵速度超过产甲烷阶段，则大量的有机酸积累起来，出现酸阻抑，也会影响产气。

第四节 沼气发酵的基本条件

如上所述，沼气发酵过程是多种厌氧微生物分解有机物质产生甲烷的过程。要使沼气发酵正常进行，获得较高的产气量，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。这些条件有以下几个方面：

一、严格密闭的发酵池

沼气发酵中起主要作用的微生物都是严格厌氧的。所谓厌氧即它们的整个生命活动都不需要氧气，讨厌氧气。氧气（游离氧）对它们的生命活动是有害的，所以在沼气发酵中要求沼气池要严格密封。密封有两个作用，一是保证沼气细菌的正常生命活动；二是保证产生的沼气有效地贮存起来，不被渗漏跑掉。因此，沼气池的密封质量，是沼气发酵能否成功的关键。

厌氧发酵的嫌气程度可用氧化还原电位的高低表示，氧化还原电位高，说明发酵料液中含氧量高，适于好氧性细菌生长；氧化还原电位越低，就越适于厌氧性细菌生长。好氧性细菌只能在氧化还原电位+0.1伏以上才能生长，而厌氧细菌只能

在+0.1伏以下才能生长。甲烷细菌要求的氧化还原电位都比较低，一般要求在-0.3伏以下。测定嫌气程度的简单方法，可用甲烯美蓝，甲烯美蓝呈蓝色时，氧化还原电位在+0.1伏以上，适于好氧细菌生长；呈无色时，在+0.1伏以下，适于厌氧细菌生长。

二、应有充足的发酵原料

沼气发酵原料既是微生物营养物质的来源，又是产生沼气的物质基础。沼气细菌需要从发酵原料中吸取的营养物质主要是碳元素和氮元素，碳可提供能量，而氮则用于构成细胞。沼气细菌对碳素营养和氮素营养要求维持适当比例，通常称为碳氮比（C/N）。一般认为，农村沼气发酵原料含碳量和含氮量的比值在25：1左右时较宜。常用的发酵原料中，鲜人粪含氮多、含碳少，碳、氮比值小；作物秸秆含碳多、含氮少，碳、氮比值大。为了满足沼气细菌对碳氮比的要求，在投料时要注意合理搭配，综合进料，才能获得较高的产气量。自然界可作为沼气发酵原料的有机物质是相当丰富的，除了矿物油和木质素外，几乎所有的有机物都可以作为沼气发酵原料。如人、畜粪便、作物秸秆、青草、垃圾、含有机质丰富的废水、污泥以及农业废弃物等。常用沼气发酵原料的性质见表1—1。

表1—1 常用沼气发酵原料的性质

名 称	含水量 %	碳素含量 %	氮素含量 %	碳 氮 比 (C/N)	产沼气潜力 (米 ³ /公斤 干物质)
干 麦 草	18	46	0.53	87:1	0.45
干 稻 草	17	42	0.63	67:1	0.40
玉 米 秆	20	40	0.75	53:1	0.50

续表

名 称	含水量 %	碳素含量 %	氮素含量 %	碳 氮 比 (C/N)	产沼气潜力 (米 ³ /公斤 干物质)
落 叶		41	1.00	41:1	
大 豆 秆		41	1.30	32:1	
青 草	76	14	0.54	27:1	0.44
花 生 藤		11	0.59	19:1	
鲜 牛 粪	83	7.3	0.29	25:1	0.30
鲜 羊 粪	60	16	0.55	29:1	0.34
鲜 马 粪	78	10	0.42	24:1	0.42
鲜 猪 粪	82	7.8	0.60	13:1	0.43
鲜 鸡 粪	70	35.7	3.70	9.65:1	0.31
鲜 人 粪	80	2.5	0.85	2.9:1	0.31
鲜 人 尿	99.6	0.4	0.93	0.43:1	

注：产气潜力是35℃下，粪便经60天，秸秆经90天发酵测定结果，在实际应用上，自然温度常温发酵时，各种原料的实际产气量约为产气潜力的二分之一。

三、适宜的干物质浓度

农村水压式沼气池发酵料液的干物质浓度以7~10%为宜。在这个范围内，夏天可以稀一些，为7%左右，冬季适当加浓。但发酵原料的干物质浓度也不能过高，浓度过高时不利于沼气细菌的活动，原料不易分解，容易浮料结壳，影响产气。反之，浓度太低，水分过多时，发酵原料相对减少，会降低沼气池单位容积的产气量，不能充分利用沼气池的有效容积。投料时，应根据发酵原料的含水量情况，加入适量的水。

在实际操作时，粪便、秸秆、杂草装量约占全池容积的一半，另一半加水。并在发酵过程中随着原料的不断分解产气，干物质浓度逐渐减少，应及时补料。以获得较稳定的产气量和合理利用发酵原料。

为了便于出料，各地试验研究适合于高浓度发酵的新池型，如红泥塑料半塑式沼气池；干、稀原料分开发酵的双池等，发酵原料的干物质浓度可达20%左右。

四、适宜的温度

沼气发酵与温度（指沼气池发酵液的温度）的关系很密切，直接影响到产气量。温度适宜，沼气细菌的生命力旺盛，沼气就产得多，产得快。沼气发酵的温度范围较广，在5~60℃都能产生沼气。在这个范围内，温度越高，原料的分解越快，产气率也越高。根据不同的发酵温度，分为高温发酵、中温发酵和常温发酵三种类型。高温发酵的最适温度为50~55℃；中温发酵的最适温度为32~38℃；常温发酵是指自然温度发酵，一般在10~30℃，我省农村家庭用沼气池都采用这种类型。夏季，沼气池内的发酵温度一般为25~28℃，每立方米发酵料液每天可产沼气0.2~0.3立方米；冬季，随着温度下降，沼气池内发酵温度也降低，一般为12~15℃，每立方米发酵料液每天只产沼气0.1~0.15立方米。为了提高沼气池的发酵温度，特别是在冬季要满足农户用气需要，必须加强管理，采取有效的保温措施。

五、适宜的酸碱度

沼气发酵料液的酸碱度（pH值）对沼气细菌的生长繁殖有很大的影响。一般发酵料液的pH值在6~8的范围内，均有