

农村沼氣

問答

中国科学院广州能源研究所 編

广东科技出版社

农村沼气问答
中国科学院广州能源研究所编

*

广东科技出版社出版
广东省新华书店发行
肇庆新华印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 2.875印张 58,000字

1979年12月第1版 1979年12月第1次印刷

印数 1—7,000册

书号 16182·20 定价 0.22元

目 录

前言.....	(1)
---------	-------

基 本 知 识

1. 什么是沼气?	(3)
2. 什么是沼气发酵?	(4)
3. 哪些东西可以用来制取沼气?	(4)
4. 沼气发酵的过程是怎样的?	(5)
5. 沼气发酵要求有哪些必要条件?	(7)
6. 一立方米沼气的用途有多大?	(8)
7. 沼气发酵有哪些常用名词?	(9)

沼 气 池 的 设 计

8. 农村常见的沼气池有哪几种型式?	(11)
9. 怎样选择沼气池建池的地点?	(12)
10. 怎样计算沼气池的面积和体积?	(14)
11. 建多大的池才合适?	(15)
12. 水压式池是怎样贮气和排气的?	(16)
13. 浮动罩式池是怎样贮气和排气的?	(19)
14. 气袋式池是怎样贮气和排气的?	(20)

15. 如何确定贮气容积? (21)
16. 水压式池的水位、压力与贮气量有什么关系?
压力如何计算? (22)
17. 设计水压式池时, 如何处理好压力和贮气量的
关系? (25)
18. 用什么材料建池才能又好又省? (27)
19. 建圆池好还是方池好? (28)
20. 进料口如何设计? (29)
21. 出料口如何设计? (30)
22. 活动可拆人孔如何设计? (32)
23. 怎样设计水压式沼气池? (34)

建池技术

24. 如何处理地下水? (37)
25. 常用的土筒建池材料如何调制? (39)
26. 怎样使沼气池不漏水、不漏气? (40)
27. 如何防止沼气池的腐蚀? (42)
28. 不用拱架怎样砌筑圆柱形池的顶盖? (43)
29. 怎样安装“U”形气压表? (44)
30. 怎样设安全装置? (46)
31. 怎样制造气阀? (48)
32. 如何检验沼气池是否漏水、漏气? (48)
33. 沼气池渗漏水如何修补? (49)
34. 如何防止水压式池的掀盖事故? (51)
35. 怎样安装输气管路? (52)

沼气池的管理

- 36. 新池第一次投料要注意什么问题? (54)
- 37. 每日投料好, 还是集中一次投料好? (55)
- 38. 每立方米池每日需投多少料? (56)
- 39. 如何保持水压式池的 0 压水位不变? (57)
- 40. 如何检验发酵是否正常? (59)
- 41. 如何检验管道和阀门漏气? (61)
- 42. 如何搅拌池内发酵料? (61)
- 43. 沼气池平时怎样排料清渣? (62)

沼 气 利 用

- 44. 哪一种沼气燃烧器比较好? (65)
- 45. 怎样制造沼气燃烧器? (66)
- 46. 什么是热效率? 如何计算? (67)
- 47. 怎样使沼气达到充分燃烧? (68)
- 48. 怎样使沼气热能被充分利用? (69)
- 49. 怎样利用原有省草灶作省沼气灶? (71)
- 50. 怎样制造沼气灯? (72)
- 51. 用沼气煮饭烧水会不卫生吗? (74)
- 52. 使用沼气要注意什么问题? (75)

沼 气 发 电

- 53. 什么是沼气机和沼气发电? (77)

54. 柴油机与沼气的构造有哪些共同特点和主要区别? (78)
55. 怎样将柴油机改为沼气机? (78)
56. 以沼气作动力燃料为什么要过滤? (80)
57. 沼气进机前为什么要设缓冲装置? (81)
58. 沼气机常遇到的问题是什么? 如何解决? (81)
59. 什么是双燃料机? 它有什么优点? (83)

前 言

沼气是一种在自然界广泛存在并可以用人工制取的可燃气体。在农村，如果把人畜粪尿、作物茎秆、杂草、落叶以及污水、污泥等集中起来，在一定条件下发酵，就能制得沼气。沼气可以用来煮饭、点灯、开动内燃机带动发电机或其他农业机械。经发酵后的物料，是优良的速效肥和充分腐熟的有机质基肥。在农村，发动群众办沼气有许多好处，除了可以解决燃料、增加肥料来源之外，还起到改善农村卫生面貌、增进人民健康的作用。由于解决（或部分解决）了燃料问题，可以节省出砍柴割草的劳动力。用上了沼气，做饭时不需要专人看火，可以边做饭、边兼顾其他家务。使用沼气需要经常投料，这又会促进社员饲养家畜家禽。沼气还可以用来发电，减轻国家农业用电的负担。所以，办沼气可以说是农村一项重要的能源建设，是农村燃料史上的重大变革，也是多快好省发展肥料、改善农村环境卫生的重要措施，对改善群众生活、壮大集体经济、加速实现农业现代化，具有十分现实的意义。

广东省顺德县德兴生产队有五十六户，过去每年所用的燃料，除了全部的蔗叶、桑枝、竹枝外，还要到外地买煤五万斤。办了沼气后，基本解决了燃料问题，不用买煤了，每年还能挪出五十多万斤鲜蔗叶转为塘鱼饵料，节省砍柴草的劳动力五千多个。办沼气还促进了养猪业。一九七七年，生猪饲养量达到四百九十六头，比一九七五年增加了一点八

倍。办沼气以后，由于肥料增多，经过沼气池发酵后肥料的肥效提高，对甘蔗、蚕桑、塘鱼生产都有较大的促进。广大社员高兴地说：“河网地区办沼气，节省燃料又增肥。”

缺乏燃料的汕头地区普宁县东埔大队，六百六十户，实现沼气化后，全大队一年节约了柴草一万三千担、煤油一万八千多斤，每户节约砍柴的劳动日约六十个。

早在一九五八年刚刚出现群众办沼气的时候，毛主席就曾指出：“这要好好地推广”。现在，华国锋同志为首的党中央率领我们向四个现代化进军，为推广利用沼气开辟了广阔的前景。

广东地处热带、亚热带，气候温暖，制取沼气的原料丰富，来源广泛，办沼气的有利条件很多。近几年来，在广大群众和有关科技工作者的不断努力下，建池技术不断提高，造价下降，沼气利用正在不断扩大。为了适应农村办沼气的需要，我们对一九七七年内部发行的《农村沼气问答》一书，作了修改补充，交付出版。本书主要针对广东省农村沼气工作中经常遇到的一些实际问题，采用问答的形式，介绍有关沼气和沼气制取、利用的基本知识和技术，可供农村社员群众和社队干部阅读，对办沼气的技术人员和工作者也有一定的参考价值。

中山市土产公司翟文澜同志积极参加了本书的修订工作，谨此致谢。

编者

1979年1月

基 本 知 识

1. 什么是沼气?

沼气是有机物质在一定的温度、充足的水分和嫌气（即无游离氧）的条件下，经过微生物发酵作用而生成的以甲烷为主的可燃气体。这种气体在农村经常可以看到。当我们走近猪粪池旁的时候，往往可以看到有很多小气泡不断地从池里冒出水面，这就是沼气。把这些气体收集起来，经点燃便可见到蓝色的火焰，这就是沼气在燃烧。

沼气不是一种单纯气体，而是一种混合气体。它的主要成分是甲烷（ CH_4 ），一般约占60~70%，其次是二氧化碳（ CO_2 ），约占30~40%，其余是少量的硫化氢（ H_2S ）、氢（ H_2 ）、氮（ N_2 ）、一氧化碳（ CO ）和水蒸汽等。甲烷不含氮、磷、钾等元素，是由一个碳原子和四个氢原子构成的。所以不必担心制取沼气会把发酵原料中的肥分带走。甲烷是无色、无味、无臭的气体。沼气有点臭味，是因为它含有少量硫化氢的缘故。甲烷气比较轻，它对空气的比重为0.554，约为空气重量的一半。甲烷气对水的溶解度极小，所以沼气池可以采用水封办法来贮存沼气。

沼气是一种可燃气体，它的最低着火点为645℃，与空气混合燃烧时最高温度可达1400℃。因此可以用于煮饭、照明、开动内燃机等多种用途；用内燃机带动发电机和其他农业机械，可用于发电、抽水、脱粒、加工农副产品和粉碎饲

料等。

2. 什么是沼气发酵？

有机物质（如碳水化合物、脂肪、蛋白质等）在一定温度、湿度、酸碱度和嫌气条件下，经嫌气细菌的发酵，生成了沼气、消化液和消化污泥，这种过程叫做沼气发酵或嫌气消化。

沼气发酵产生的三种物质，都是有用的物质。沼气含甲烷为主，可作燃料。消化液含可溶性的氮、磷、钾等成分，是一种很好的速效肥。社员群众把这些消化液叫做沼汽水，称赞它们“看起来象污水，用起来象氨水。”消化污泥（沉渣）的主要成分是菌体、难以分解的有机物残渣和无机物，是一种优良迟效的有机肥，施下地里能使土壤疏松，有利于改良土壤。有些社员担心，作物茎秆、人畜粪便等农业生产上常用的肥料，用于沼气发酵后会影影响基肥来源。其实，这种担心是不必要的，因为投入沼气池里的原料，经发酵后产生的消化污泥和其他新陈代谢产物，必须经常清理，不然就会影响沼气的产气率，阻塞进出料口，这些清出来的渣，就是很好的腐熟了的有机肥，在农业生产上适宜作基肥使用。

经密封发酵后的粪便，病菌和寄生虫卵绝大部分被除掉，对于防止疾病的传染、改善环境卫生、保障人畜健康，也有重要的作用。

3. 哪些东西可以用来制取沼气？

一般的有机物质（除木质素、橡胶、塑料和矿物油外），

均可用来制取沼气。农村最常用的是人畜粪尿和植物原料。

任何动物的粪尿，包括人、牛、猪、狗、三鸟及虫类等粪尿，都是良好的发酵原料。有人认为，人的粪便不能产生沼气，不能用作原料。这是一种误解。事实上，人的粪便是最好的沼气原料之一，特别是人粪，不但消化得快而且产气多。据我们实验室的试验，每公斤鲜人粪可产沼气0.1立方米左右，比鲜猪粪和大多数其他原料产气多。佛山市环卫处军桥沼气池全部采用人粪便发酵，产气率达0.25~0.5，比目前农村一般沼气池高，就是一个突出的例子。

植物原料一般可分成两类。一类较易发酵，如青草、烂菜叶、烂番薯以及软嫩的野草、野菜等。这一类原料发酵并不困难，但投料时最好切碎至一寸左右。另一类较难发酵，如干草（包括禾草）、藤（花生藤和番薯藤等）、秆（玉米秆等）、硬叶（树叶、甘蔗叶等）之类。这一类原料很难分解，不宜直接投入池内，否则会堵塞池子，以致加不进料，产气率也很低。最好是经过饲料粉碎机粉碎，或者切碎至一寸左右，并预先堆沤一段时间后，再投入池，而且投料量不能过多，以不造成池子堵塞为准。

此外，也可以利用一些含有机物的工业废水、废渣为原料，如酒厂的野生植物酒糟，纸厂、糖厂、食品厂、纺织厂等的废水、废渣。

4. 沼气发酵的过程是怎样的？

沼气发酵是一个十分复杂的过程，其主要过程是甲烷发酵。甲烷发酵由两个阶段组成。第一阶段，由生酸菌将复杂的有机物分解成简单的有机物，如乙酸、丙酸、丁酸和各种

醇、酮、醛等*，这些物质大多数能溶于水，所以溶存于消化液中。第二阶段，由甲烷菌将简单有机物分解成甲烷和二氧化碳。这两个阶段可用简单的公式表示：

第一阶段

复杂有机物 + 生酸菌 $\xrightarrow{\text{水解}}$ 简单有机物 + 更多的生酸菌，
(碳水化合物、脂 (各种酸、酮、
肪、蛋白质等) 醇、醛)

第二阶段

简单有机物 + 甲烷菌 $\xrightarrow{\text{气化}}$ 甲烷 + 二氧化碳 + 更多的甲烷菌
(由第一阶段)

既然沼气是细菌分解有机物质而产生的，那么，细菌的活动越旺盛，产生的沼气就越多；相反，细菌的活动受到阻碍，产气就会减少，甚至不产气。因此，要使产气量多，就要为细菌的活动创造一个良好的环境。

甲烷发酵两个阶段的速度必须保持一致，就象工厂里的流水生产线一样，否则就会影响产气。如果第一阶段的发酵速度过慢，产气率就会很低，发酵期很长，发酵不完全，渣极多，进料和出料很困难。以难分解的植物作主要原料时经常会出现这种情况。如果第一阶段的速度超过第二阶段，问题就更严重了，因为第一阶段产生的酸过多而积累起来，造成整个发酵液变酸，刺激甲烷菌，使发酵过程缓慢，甚至停止。这种情况通常是由于一次集中投入大量的新鲜料造成的。

* 也有人将甲烷发酵更详细地划分为三个阶段，即将上述的第一阶段再分为两个阶段——复杂有机聚合物分解为有机物单体，有机物单体分解为可溶性的有机酸、醛、醇等。

5. 沼气发酵要求有哪些必要条件？

1. 充足的菌种：沼气发酵既然是依靠细菌的作用进行，沼气菌越多，产气也越多，那么就应经常保证沼气池内有足够的沼气菌。沼气菌可分成两大类，一类是生酸菌，一类是甲烷菌，每类又有许许多多不同的种属。目前各地采用的都是自然界存在的混合菌种。在沟渠、池塘、粪池的底部，经常能看到黑色的污泥，其中就含有大量的沼气菌；旧粪池的粪液或旧沼气池的发酵液中，也含有较多的沼气菌。新建的沼气池第一次使用时应投入大量上述污泥作菌种；正在使用的沼气池不能一次集中投入大量新料，因为这样一来，生酸阶段的速度就会快于产甲烷阶段的速度，池液就会变酸。每次投料量应以甲烷菌来得及将物料气化为限。

2. 适当的温度：在广东农村，沼气池的发酵温度一般在 $14\sim 27^{\circ}\text{C}$ 之间。在这个范围之内，温度越高，发酵越快。温度急剧降低会刺激细菌而影响发酵，一日之内发酵料的温度（不是气温）降低 1°C ，就足以严重影响发酵。所以沼气池必须采取保温措施，例如，在水压式池的顶盖上盖土，在水压箱上加盖，等等，以尽量减少气温变化的影响。

3. 正常的酸碱度：甲烷菌和生酸菌对酸碱度的要求不完全相同，因此只能选择一个对两类菌都能适应的酸碱度。最适宜的酸碱度是中性，即pH值（可用pH试纸测定）为 $6.8\sim 7.2$ 。pH值在 $6.5\sim 7.6$ 范围内对发酵仍无严重妨碍，若超过这一范围，则会受到影响。酸碱度的急剧变化也会妨碍发酵。

4. 原料成分恰当：为了使沼气菌很好地繁殖和保持发酵液正常的酸碱度，原料的成分必须有恰当的比例，其中最重

要的是碳氮比，即原料中所含碳元素与氮元素的重量比。碳与氮的比例最好是13~16:1，当碳氮比为6~30:1时，仍然是合适的，若超过这一范围就不好了。一般植物原料含碳过多，人畜尿含氮过多，所以这两种原料要互相搭配，单用其中一种就比较难发酵；人畜粪的碳氮比则比较合适，可单独用于发酵。

5.适当的水分：沼气发酵一般要用较浓的物料，因此加水量要适当，不宜太多。发酵物料的干物质含量应为2~10%，最好为5~8%；因为原料本身通常含有大量水分，所以投料后往往只需加少量的水。

一般可用以下公式计算需要加多少水才能将原料配成要求的含水量：

$$W = \frac{b - a}{a}$$

式中 W——每斤原料需要添加的水量（斤）；

b——原料的干物质含量（%）；

a——要求的干物质含量（%）。

现以鲜猪粪为例来计算加水量。假定要求物料的干物质含量是6%，已测出鲜猪粪的干物质含量为18%，求每斤鲜猪粪要添加多少斤水才符合要求？用上式计算，得

$$W = \frac{18 - 6}{6} = 2$$

即每斤鲜猪粪加2斤水，就可以配成含干物质6%。

6.一立方米沼气的用途有多大？

一立方米沼气能煮开多少斤水？这个问题很难用简单几句话说明清楚，因为它与沼气的成分、锅的种类、炉型、水温、

气温等有关。根据我们测定的数据，在一般情况下，一立方米沼气可将60~70市斤20℃的水煮开（到100℃）。当沼气所含的甲烷成分高和炉的热效率高时，可煮开80~90斤水。但在考虑沼气利用时，设计上应留有余地，可按一立方米沼气煮开60斤水计算。

有时可以听到一立方米沼气可将130市斤20℃的水煮开的说法。然而，这只是一种理论推算，不能作为设计的依据。这种推算是假定沼气燃烧所产生的热量全部被水吸收，炉子既不吸热，烟气也不传走热量。在现实生活中，这样的事情是不可能的。这种理论推算只是告诉我们，煮开的水量不可能超过这个数值。

现在让我们算一算：农村沼气的热值一般是每立方米5100~5400大卡，一市斤水从20℃升高到100℃，理论上需要40大卡的热量；将130市斤水煮开，恰好就要吸热5200大卡，差不多等于一立方米沼气的热值。这只有在炉子的热效率是100%时才可能实现。实际上，大工厂现代化锅炉的热效率不过是80%多，而农村土筒沼气炉的热效率通常只有50~60%。所以，要求一立方米沼气煮开130斤水是不可能的。

一立方米沼气能发多少度电呢？这也要看沼气所含甲烷量的高低及所用发电机组的效率而定。当沼气含甲烷60%、用单燃式高压缩比内燃机组发电时，一立方米沼气可发电1.3~1.4千瓦小时（俗称为“度”）。

7. 沼气发酵有哪些常用名词？

发酵室：装载人畜粪便等发酵原料，让其进行微生物分解而生成沼气的容器。

气室：发酵室上部容纳沼气的部分。

水压箱：通常称做反水池。它是水压式池中高于发酵室、暂时贮留发酵液的容器，通过出料口与发酵室相通。在水压式池中，当沼气大量产生时，沼气压力把发酵室一部分发酵液压至水压箱。导气管开关打开时，水压箱的液体压力把沼气压出，所以称它为水压箱。

贮留池：贮存由沼气池排出的消化液的池。

沼气池的有效容积：设计规定的发酵室装载发酵料的容积（不包括气室）。衡量沼气池的技术经济指标（如每立方米池的投料量、投资、材料消耗量和产气率等），应以有效容积为计算单位（因为真正对产气率和投料量起作用的是有效容积）。通常说一个沼气池的容积是20立方米，就是指有效容积为20立方米。

沼气池的有效容积加上发酵室内气室的容积，就是整个发酵室的容积。由于各种池型的气室大小差异很大，发酵室容积相同的池，其有效容积可能相差甚远，因而不宜以发酵室容积作为衡量沼气池技术经济指标的计算单位。

产气率：每日每立方米池（有效容积）所产的沼气体积（立方米气/日·立方米池）。

原料产气量：每斤原料（鲜物或干物）充分发酵所产生的沼气体积（升/公斤）。由于各地发酵原料的质量差异较大，不可能有严格一致的数据，表1列举的是平均数据。

表1 农村常用原料的产气量

原 料	鲜猪粪	鲜水牛粪	鲜人粪	青草	风干禾草
产气量（升/公斤）	60	40	100	60	240

沼 气 池 的 设 计

8. 农村常见的沼气池有哪几种型式?

目前, 广东省农村常见的沼气池有三种型式, 即水压式、气袋式和浮动罩式。这三种池各有特点, 都是可行的。

水压式池采用得比较普遍。根据水压箱与发酵室的相对位置, 水压式沼气池又可分为侧反式和顶反式两种。侧反式池一般采用拱型顶盖, 通常用三合土或砖石结构筑成, 适于就地取材, 降低造价, 是一种较好的型式。顶反式池以往常采用平面型顶盖, 需用坚固的钢筋混凝土或长板石结构, 难以普遍推广, 但是它具有占地面积较小的优点, 因此, 在本地区有比较便宜的长板石的情况下, 采用顶反式池也是合理的。近年出现了球型顶反池, 适于在地下水位较高的地区采用。

水压式池的主要优点是: 它的结构没有活动构件, 可以用一般的建筑材料, 便于推广; 如果设计合理, 管理得当, 池子的使用寿命较长; 沼气的压力较高, 用于沼气灯的效果比较好。但水压式池也有不少缺点: 池的总深度比较深, 在地下水位高的地方不利于施工; 压力较高, 对防渗的要求也高, 要求结构材料比较坚固; 因为池的顶盖是固定的, 只留下一个不大的活动可拆人孔, 清渣不够方便; 产气时将部分发酵液排至水压箱, 减少了发酵室中的发酵料, 使产气量减