

54.5311

171

0069-58

沼氣簡明講義

北京農業大學沼氣訓練班編

農 業 出 版 社

沼 气 簡 明 講 义

北京農業大学沼气訓練班編

农 业 出 版 社

沼 气 簡 明 講 义

北京農業大学沼气訓練班編

*

農 業 出 版 社 出 版

(北京西总布胡同7号)

北京市書刊出版營業許可証出字第106号

農業雜誌社印刷厂印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ ·1 $\frac{1}{2}$ 印張·28,000字

1958年6月第1版

1958年6月北京第1次印刷

印数: 1—10,000 定价: (7)0.15元

統一書号: 16144.217 58.6.京型

序 言

自从1957年武漢研究沼氣成功后，全國各地都相繼展開了這方面的研究和推廣工作。大家一致認為利用牲畜糞便和植物殘體經過沼菌發酵產生大量沼氣，用它點燈、做飯和帶動機器，是有效利用農家肥料和解決農村中所需動力能源問題的一個嶄新的途徑。

由於發展沼氣的潛能很大，如果在廣大農村中普遍推廣，就會對我國農業技術革新產生巨大的影響。因此，農業部在黨中央的領導下，加強了對沼氣研究的領導，要以較大的速度開展這方面的試驗工作，以便掌握充分可靠的資料，指導廣大農村對沼氣的利用，使科學工作和群眾的生產實踐密切結合。

北京農業大學接受了農業部的指示，成立了沼氣研究組，由農化、微生物、有機、無機及分析、物化及膠化、物理、農業機械等教研組和實驗站職工同志們參加。根據中央的指示以小型為主，中型為輔，小中大相結合，首先要為農民解決點燈、做飯，其次解決取暖和動力問題（包括發電和抽水加工等）的方針，進行工作。

這項研究從3月1日開始到現在才有3個月的時間，我們在華北直屬建築工程公司01工地的幫助下修建了1個中型和5個小型沼氣池，並做了少量的室內試驗。中型沼氣池已能用作點燈、做飯和發動機器和發電。小型沼氣池已裝在農民的家里，試驗實際解決農民照明和做飯問題。

目前，又根據農業部指示，為沼氣化工作培養技術力量，組

成了沼氣訓練班，并準備了講義和參考資料。農業出版社為配合沼氣化工作，大力推廣沼氣發酵和應用知識，組織了這本普及性講義的出版。由於訓練班同志經驗不足，寫稿時間倉促，不免有許多錯誤，希望讀者能協助指出缺點，以便進一步修正。

我們正處於農業生產大躍進的浪潮里。科學工作還遠遠落在群眾的後面，在沼氣工作上也是如此。但是我們決心要虛心向群眾學習，發揮集體力量，鼓起革命干劲，力爭上游，使科學工作盡速地开展起來，和千千萬萬的群眾的生產實踐緊密地結合起來，貫徹多快好省的方針，共同為社會主義建設奮勇前進！

目 錄

序 言	1
第一章 沼气的性質和沼气發酵	1
1、自然界中的沼气	1
2、沼气的成分和性質	1
3、沼菌和沼气發酵的特征	3
4、沼气發酵的过程	4
5、沼气發酵的材料	5
6、沼气發酵时应注意控制的条件	6
7、室內沼气發酵試驗	7
第二章 發酵池的結構和管理	9
1、發酵池建筑时应注意的条件	9
2、國內各种發酵池結構情况	10
3、攪拌器和貯气罐	18
4、發酵池的進出料和管理	19
第三章 沼气的利用	22
1、用沼气燒水、煮飯	23
2、沼气照明	25
3、沼气發动机	26
4、利用沼气發动机發電	33
5、沼气的化学副產品	38
6、沼气应用的展望	38
第四章 沼气發酵后熟料的施肥	39

1、熟料对增加農作物產量的作用	39
2、熟料的組成及性質	40
3、熟料的保存	41
4、熟料的运输和施用	41

附 圖

圖 1 沼氣發酵試驗的裝置	8
圖 2 第 1 号沼氣發酵池的結構	12
圖 3 第 1 号沼氣發酵池平面圖	13
圖 4 第 3 号沼氣發酵池的結構	16
圖 5 第 6 号沼氣發酵池的結構	17
圖 6 沼氣爐	23
圖 7 沼氣灶	23
圖 8 改良了的沼氣爐	24
圖 9 改良了的沼氣灶	24
圖 10 环形管式沼氣爐	25
圖 11 沼氣灯	25
圖 12 管式沼氣灯	26
圖 13 沼氣發動机	26
圖 14 四行程發動机工作原理示意圖	28
圖 15 進、排氣門示意圖	29
圖 16 冷却部分示意圖 (甲) 風冷式 (乙) 水冷式	29
圖 17 潤滑部分示意圖	30
圖 18 混合器	30
圖 19 沼氣空氣混合器 (甲) 1 馬力發動机混合器的改裝 (乙) 3.5 馬力發動机混合器的改裝	31
圖 20 正确冷却水面示意圖	32
圖 21 單相交流發電机綫路的联接	34
圖 22 用电动机改裝的异步發電机綫路示意圖	35
圖 23 三相發電机点电灯的綫路圖	36

第一章 沼气的性質和沼气发酵

1、自然界中的沼气 自然界好多地方有沼气發生。最常見到的是在淤水池沼里有气泡从池底冒出；如果收集这种气体，用火燃点，就能燃燒。这种气体就叫“沼气”，它是动植物遺体在不通空气的情况下經過某种能產生沼气的細菌(简称沼菌)的作用而生成的。沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳。

有些地方从地里也会逸出含有甲烷的可燃性气体，通常叫做“坑气”。煤礦坑井內如果通風不良，聚積了多量的坑气，点火时就会發生很大的危險。所以在礦坑里必須用电灯或特制的礦灯(安全灯)照明。

我國四川盆地等許多地方的地壳深处蘊藏着大量的“天然气”，它的主要成分也是甲烷。例如四川隆昌气礦所產“天然气”中含有96%以上的甲烷。天然气是一种極宝貴的气体燃料。我國劳动人民在很早的年代就積累了利用天然气作燃料的丰富經驗；解放后并能从天然气制造品質优良的炭黑。

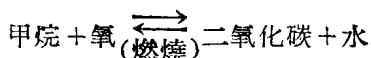
由此可見，各种天然的可燃性气体的主要成分都是甲烷。甲烷是碳和氢的最簡單的化合物，分子式是 CH_4 ，俗名也叫沼气。为了防止名詞上的混淆，以后我們把有机物發酵生成的、含有甲烷和二氧化碳的混和气体叫做“沼气”，把純甲烷气体叫做“甲烷”。

2、沼气的成分和性質 沼菌發酵產生的沼气，通常含有60%左右(50—70%)的甲烷，其余主要是二氧化碳(CO_2)和少

量的氫氣、氮氣、硫化氫和較高級的碳氫化合物。

甲烷是無色無臭的氣體，幾乎不溶於水（室溫時，100體積水中約溶3體積甲烷）。它比空氣輕得多，對空氣的比重是0.555（每升空氣重1.293克，甲烷僅重0.717克）。

純甲烷在空氣中能平穩的燃燒，生成二氧化碳和水，並放出大量的熱：



但是，甲烷和空氣的混和氣體（特別是1/10體積的甲烷和9/10體積的空氣的混和物）在廣口的容器里燃點時會發生猛烈的爆鳴。

二氧化碳也是無色無臭的氣體，但易溶於水（室溫時，1體積水中約溶1體積二氧化碳）。它比空氣重得多，對空氣的比重是1.529。在通常溫度時，加上60個大氣壓，二氧化碳就會變成液體。當液態二氧化碳自由蒸發時，一部分就凝成雪狀固體。固態二氧化碳俗稱“干冰”，可用作致冷劑。

如果把二氧化碳通入水中，由於生成碳酸，溶液就顯出酸性，能使藍色石蕊試紙變為紅色。如果把二氧化碳通入澄清的石灰水，由於生成不溶於水的碳酸鈣，溶液立即變為渾濁。這些反應都可以用來檢驗沼氣中二氧化碳的存在。

二氧化碳本身不能燃燒，也沒有支持其他物質燃燒的能力。因此，把沼氣當作燃料時，其中的二氧化碳並不發生任何有利的作用。但是，如果設法把二氧化碳從沼氣中分離出來，則可以用來製造純鹼、碳酸氫銨（氮肥）、干冰和滅火劑等。

沼氣通常略具微臭，這是由於含有少量惡臭的雜質（硫化氫和某些有機化合物）的緣故。未加任何處理的沼氣，就能在空氣中安靜地燃燒；如果把其中的二氧化碳除去，則燃燒效果更好。

但是前面已經指出，沼氣與空氣的混和物（甲烷含量在5—15%之間）在密閉容器中燃點時會發生猛烈的爆炸。因此，不管從事沼氣的研究或生產工作，都必須注意防火安全，以免發生意外事故。

3、沼菌和沼氣發酵的特征 發酵現象是由微生物活動引起的。按照微生物對氧氣的要求的關係，可以把它們分為兩類：一類是在發育過程中需要氧氣的好氣性微生物；另一類是不需要氧氣的嫌氣性微生物。關於一些中間類型就不詳細介紹。在有氧氣存在時進行的發酵叫做好氣性發酵，在無氧氣存在時進行的發酵叫做嫌氣性發酵。

沼菌是嫌氣性的細菌，它們對於氧氣和氧化劑（如硝酸鹽等）的感應比別的嫌氣性細菌更為靈敏。這類細菌很難分離作純粹培養。沼菌在自然界中分布很廣，幾乎到處都有存在，在肥沃的土壤、污水和糞便中特別豐富。

沼菌繁育所需的適宜條件是：

①嚴格隔絕空氣；

②有充足的水分和養分（主要是指供給碳素的有機物，特別是纖維素；無機鹽類的需要量很有限）；

③適宜的、比較穩定不變的溫度；

④培養液呈中性或微鹼性反應，有適量的還原性物質存在。

沼氣發酵是嫌氣性發酵，它的特點是：

①不需要消毒和純粹的菌種，只須選用具有高度活力的混和菌種；

②能被發酵的物質很多，糖類、澱粉、纖維素、蛋白質、脂肪等都易被分解，木質素和礦油（碳氫化物）則較慢；

③所需營養元素的量很少，如以糞便為發酵材料，可以不必添加無機鹽類；如用蘆葦類材料，則應酌加銨鹽等無機鹽類。

④沒有狹窄的溫度限制，溫度較高則發酵較快（32—34°C

最好)，如果选定某一培养温度后，则必须保持稳定；

⑤酸碱性的限制较严，需要中性或微碱性的环境，不宜有较多的有机酸和有机酸盐的存在。

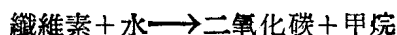
4、沼氣發酵的過程 沼菌發酵的產物比較簡單，主要是醋酸、甲烷和二氧化碳。但是，發酵過程中的變化則頗為複雜。

俄羅斯微生物學家奧梅良斯基院士首先揭發了纖維素嫌氣性分解過程的微生物學本質。他指出這是二種微生物活動的結果，一種作用的結果生成甲烷；另一種作用的結果則生成氫氣。

依姆歇涅茨基的研究加深和擴大了我們對纖維素嫌氣性分解過程的概念。他証實這種分解是纖維素杆菌（以下簡稱甲）和共生的微生物群（以下簡稱乙，好像是指沼菌）共同作用的結果：甲分解纖維素而生成糖、醇、有機酸和氫氣、二氧化碳，但不生成甲烷；乙則把甲的產物轉化為揮發性有機酸、二氧化碳和甲烷，但不能直接分解纖維素。甲所形成的氫氣，在乙的存在時，顯然是起着還原的作用，使纖維素分解產物轉化為甲烷。這兩種細菌是互相有利地共生的，甲供給乙以食料，乙則以有機氮豐富環境，並創造甲所需的嫌氣條件。

簡括地說，沼氣發酵可以當作是分兩步進行的。第一步生成有機酸，第二步轉化為甲烷。第一步進行的速度很快，第二步則慢得多。保證第二步反應能順利進行的重要條件之一是維持發酵液的微碱性。

整個沼氣發酵的化學反應，以纖維素為例，可用下列方程式表明：



按反應方程式看來，纖維素幾乎完全能被分解掉，但一般植物莖秆（如玉米秆等）則僅有1/3左右的干物質可被分解。

在發酵过程中，沼菌所消耗的能量很少，因为產生的甲烷在燃燒时放出的热量并不比發酵材料的热值降低很多。因此，微生物發酵时不能释放出多少热量，大多数热量仍保存着。当外界溫度降低时，如欲維持原來的發酵速度，必須注意保溫問題。

5、沼氣發酵的材料 可供沼菌应用的材料很多，牲畜糞便、厩肥、人糞尿、庄稼的莖叶、雜草、樹叶、菜皮、薯皮、豆壳、農園產品、加工后的廢弃品、屠宰場廢品、泥炭、有机垃圾等等，凡是含有較多有机物，特別是纖維素的材料都可作为沼氣發酵的原料。但是，不同材料的發气情况也不相同。所謂發气情况，應該从發气速度、產气量和沼氣成分等方面綜合考慮，其中以產气量和發气速度最为重要。

產气量是一定量的材料經完全發酵后所產沼氣的总量。由于材料的水分含量变动很大，所以一般以干物質計算。例如，4噸含水量为60%的鮮馬糞(干物質为1.6噸)总共產气480立方米，它的產气量就是每噸120立方米，簡寫为120立方米/噸；如以干物質計算，產气量是300立方米/噸。

發气速度是每一單位時間內發生沼氣的量。例如，某沼氣池2天内共產气5立方米，發气速度就是每天2.5立方米，簡寫为2.5立方米/天。又如某發酵試驗瓶在10小时內發气150毫升，它的發气速度是15毫升/小时。顯然，要比較不同材料的發气速度，必須用同重量的材料做試驗，或者把材料用量折算成同重量后才能比較。

發酵延滯期是从接种培养到开始發酵產气所需的時間。各材料的發酵延滯期不同，环境条件也影响延滯期的長短。要爭取早日發气，就要設法縮短延滯期。

沼氣成分必須經化学分析才能測定，但一般从点燃气体的情况也可約略看出甲烷含量的高低。当甲烷含量在40%以上时就能点燃，否則不能着火或者火焰是断續的。

究竟那些材料的發气情况最好?各地的报告不很一致,这可能是發酵条件和材料的成分不同的关系。例如,浙江農学院建議北方用馬糞加稻草(干物質重量比4:1),南方用人糞加牛糞加猪糞(1:1:1);單獨用馬糞、猪糞、人糞或牛糞都不好。內蒙和天津的試驗則以用牛糞为最好。湖北用牛糞、馬糞和馬鈴薯莖叶混和配料。廣東番禺有用大量河泥加入糞尿的。北京農大的初步試驗則以馬糞为最好,發酵延滯期較短,發气速度大,產气量也高;稻草等次之,延滯期(20多天)虽長,但發气后速度尚大,成分也很好;人糞最差,起初十几天內發生的气体都点不着火,二氧化碳含量很高,后來很久都不再發气;馬糞或稻草中加入等量的人糞尿时,發气情况都不很好,似乎人糞尿多时还有抑制沼气發酵的作用,現在正在做進一步的試驗。

無論如何,我們在选择發酵材料时應該考慮下列原則:

- ①就地取材;
- ②价格低廉,供应充足;
- ③發气速度和產气量較高(纖維素含量多的較好);
- ④合理的配合,使碳素和氮素的比例比較恰当。

6、沼气發酵时应注意控制的條件 根据以上关于沼气發酵的特征、过程和材料的討論,我們在進行沼气發酵时應該全面地、恰当地控制下列条件:

①容器的密封 不論試驗用的瓶子或生產上的發酵池都要嚴密封閉,不漏水不漏气,保持嫌气条件。

②材料的选择和处理 根据前述原則选定原料;如系糞料等物应尽可能切碎,可以提高發气速度和產气量。發酵材料中的水分以在90%左右为宜,干物質約为10%。

③沼菌的接种 初次下料时應該接种活力大的混和菌种。这种菌种在有机質多的河泥和化糞井里都很多,可以直接把河

泥或污泥水加入發酵池。接種量愈多，發酵延滯期愈短，發氣速度也愈大。

⑭發酵溫度 愈高愈好，能在 $32-34^{\circ}\text{C}$ 最好。一般在 25° 以上也可以了。更須注意保持溫度的穩定不變，勿使晝暖夜涼，否則很影響發氣情況。

⑮酸鹼性的控制 下料時可適當加些石灰。以後如果發酵液會使藍色石蕊紙變紅，則表示太酸，應添加石灰調節。

⑯經常攪拌 發酵液必須常攪，每天3—5次，每次約10分鐘。目的是打破表層的硬皮，防止過多的有機酸生成，同時可以使發酵液的成分、溫度和細菌分布都均勻，有利於加速發酵。

⑰沼菌所需的養分 除纖維素等碳素物質外，沼菌所需氮、磷等元素不多，只需適量供給，不宜過多。如用糞便為原料，不必添加營養元素；如用草料應適當加些銨鹽和磷素。

⑱沼氣壓力 一般說氣體壓力的影響不大，但在試驗過程中覺得氣體壓力大時有降低發氣速度的趨勢，這正在研究中。這個問題對於帶有水压間的沼氣池來說是應該考慮的。

⑲陽光照射 直射陽光，特別是其中的紫外線有殺菌作用，所以最好勿使發酵液直射陽光，但是影響不大。散射陽光幾乎毫無關係。

7、室內沼氣發酵試驗 為了了解沼氣發酵情況和摸索發酵規律，可以先進行一些室內發酵試驗。

所用的儀器可以參考圖1的示意選用現成的瓶子管子裝置起來。重要的是要使全套裝置不能漏氣。

試驗過程中主要應測量發氣的體積和觀察氣體的燃燒情況。有條件時可以進行氣體的分析和液體的酸鹼度、有機酸和其他成分的測定。

各項分析的方法可以參考有關的書籍，這裡不作介紹。

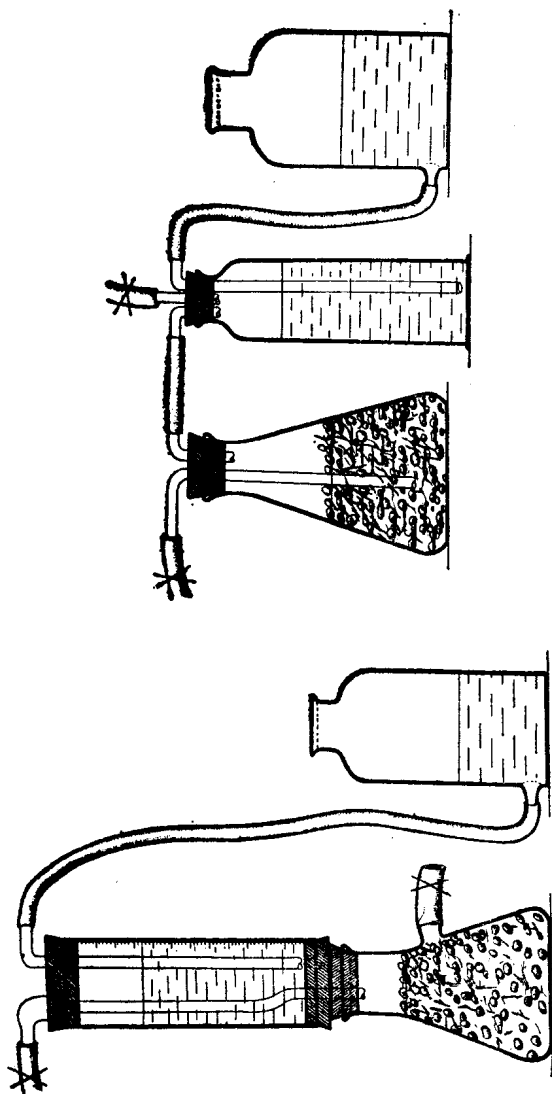


圖 1 沼氣發酵試驗的裝置

第二章 發酵池的結構和管理

1、發酵池建築時應注意的條件

⊖地點選擇 發酵池建造前首先應選擇適當地點，如果池子計劃埋在地下一部分，首先應選擇地勢較高、地下水位經常不能達到的地方，不然的話，地下水可能使池子迅速損壞或加高了工程造價。此外，也應考慮發酵材料供應方便不方便。如果用畜糞作主要材料時，發酵池最好設在畜舍旁邊；此外，出料方便與水源供應問題也是在選擇地點時應該經常注意的。

發酵池的結構對於沼氣發酵能不能成功有很大影響，雖然我們修建的池子有各種形式，但不論是長方形池，或是圓柱形池，也不管大到幾千立方米的池子，或是小到1或2立方米的池子，它們都需要在建築方面保證一定的條件。其中最重要的條件是密閉、攪拌設備和保溫問題。

⊖密閉 必須保證發酵池的發酵部分密閉，不漏水、不漏氣，尤其是頂部密閉時才能使發酵產生的氣體聚積起來。例如，湖北省生物能利用組檢查許多沼氣池失敗的原因就是由於池子沒有能保證密閉，他們認為如果一個沼氣池子密閉沒有問題的話，那麼已有80%的成功希望。北京最初幾個試驗池有些沒有成功，檢查其原因也是建築的密閉條件方面有一定缺陷。

⊖攪拌設備 保證發酵液體每天能有一定時間的攪拌，一方面能幫助沼氣較迅速上升，更重要的是使發酵液的表面不能在短時期內聚集起大量有機物質而形成堅硬厚實的浮皮層。這種浮皮層形成後很難打碎，同時它們會妨礙沼氣由液體中釋放出來；在這種情況下，縱使沼氣池內的材料已能良好發酵，產生出的沼氣也被阻礙在浮皮層下，不能利用。例如，農大在用十幾立升

大小的几个罐子作發酵試驗时，虽然加料数量都相同，溫度条件也一样，其中一些不容易搖动的罐子經過2—3个月一直沒有出气，这同时另一些搖动的罐子中的气体几乎已出完了。打开沒有搖动的罐子看时，都發現液体表面有很厚的(10—20公分厚)黑色坚硬的浮皮層，浮皮層下的發酵材料都已变黑能產生沼气，并且打开浮皮層搖动这些發酵液时很容易看到大量沼气泡由液体里放出來，重新攪勻这些材料再把罐子密閉起來后，一天之內就累積起很多沼气。在池的進出料間部分也很容易發現这些浮皮層，配料适当于物質較多时，只要有一天不攪动，这些地方的液体表面立刻会結起黑而坚实的浮皮層，甚至用較細的棍棒都很难打破。北京和杭州的某些沼气池在檢查不出气原因时，也都曾發現由于攪拌器結構不完全合用，或是攪拌器在应用时毀坏了，在發酵液的表面形成了厚度达40公分甚至60公分的浮皮層。使液体中形成的沼气放不出來，这些浮皮層甚至能硬到人站上去也不下陷。在池內形成这种厚膜以后，再想用目前某些常用的攪拌器來打破这膜是相当困难的。

④保溫問題 这是北方各省建池时應該考慮的問題，因为溫度低时發酵迟緩，使得出气量减少，会妨碍使用，到冬季嚴寒时，沒有保溫設備，如果不停止使用，掏出發酵液体，甚至可能由于發酵液体的冻结，減低了沼气池的使用寿命。如果准备常年应用沼气，就應該在建筑方面考慮怎样减少热的散失或加溫的問題。

2、國內各种發酵池結構情况 自从湖北省在1957年試驗沼气成功后，各地學習了建池經驗，在群众性的創造革新运动中又有許多改進，創造了各种結構形式。我們在学习这些經驗后，可以根据这些經驗結合当地情况進一步改進这些設計來建池。这里分別按大、中型和小型的情况來介紹。我們区别大、中、