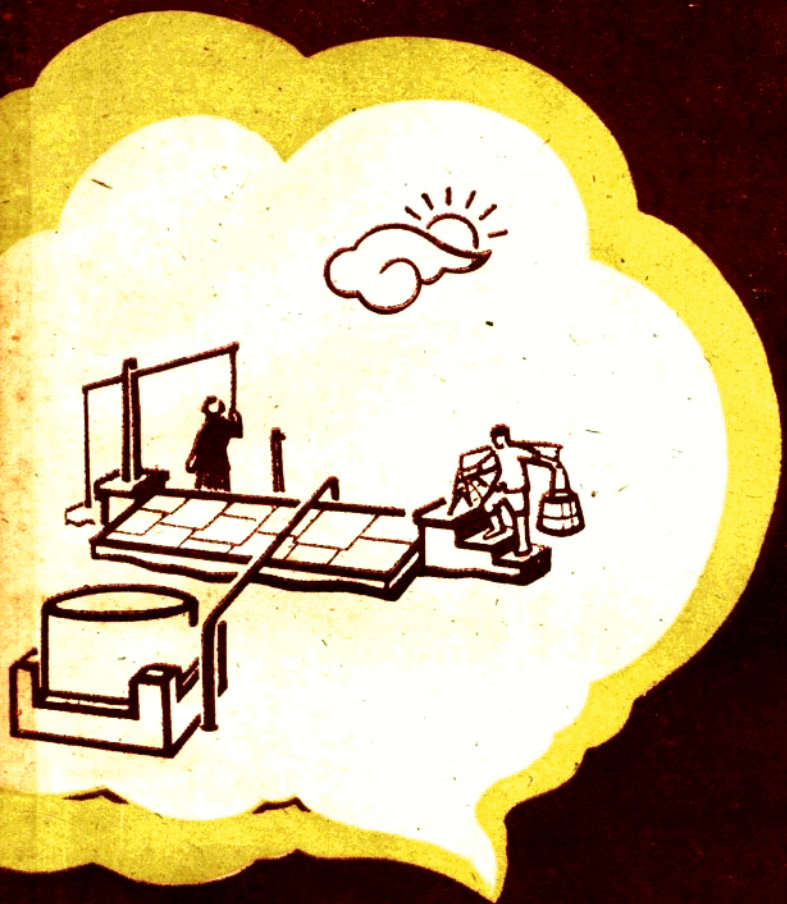




沼氣問答

張元萬 張君勉 編

科技衛生出版社

目 录

一、沼气的来源、性质、用途等問題解答.....	2
二、人工沼气发酵工艺过程等問題解答.....	8
三、人工发酵池的建筑結構等問題解答.....	16
四、天然气的钻井、装置、管理等問題解答.....	20
五、沼气的利用方法及肥效保持等問題解答.....	41
六、沼气化的规划及預算等問題解答.....	58
七、器材制造和代用品等問題解答.....	63
八、有关安全常識的問題解答.....	67

一、沼气的来源、性质、用途等问题解答

1. 什么是沼气?

沼气又名甲烷，是一种可燃气体。我們在池沼中常常可以看到有气泡向上冒出来，如果收集起来，用火去点，就会发出蓝色的火焰，这种气体就是沼气。沼气的名称，也就是由此得来的。

我們現在根据来源不同，把沼气分为天然和人工二种：象上面所講从池沼中产生的沼气，和浅地层开采出来的天然气，統称为天然沼气。利用粪便、垃圾等有机物质发酵所产生的气体，統称为人工沼气。

天然或人工沼气中还含有少量其他成分的气体。人工沼气中含沼气約为 60—70%，上海地区发现的天然气中含沼气最高，达90%以上。此外还含有二氧化碳、氮、氫、不饱和碳氢化合物和重烴等。

2. 沼气的性质有那些?

純粹的沼气是一种无色、无臭、无味的气体。但人工沼气略帶蒜臭，因含有硫化氫的原故。沼气的化学式为 CH_4 ，分子

量为16.14，結構式为 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$ ，是一种稳定的气体，和一般酸、碱、盐类或氧化剂都不起作用。

沼氣能溶解于醇和苯中，微溶于水。于溫度 20°C 時，它在下列幾種溶劑中的溶解度為：

溶 劑	沼氣溶解度
水	0.033%
醋 酸	0.603%
丙 酮	0.616%
乙 醚	0.910%
已 烷	0.952%
苯	1.078%
乙 醇	1.079%

在一個大氣壓及 0°C 下，沼氣與空氣的比重為 0.55（空氣每升重 1.293 克，沼氣重 0.7168 克）。在上述氣壓與溫度下的液態沼氣與同氣壓 4°C 的水的比重為 0.711。沼氣的熔點為 -182.5°C ，沸點為 -162°C ，臨界溫度為 -82.1°C （在此溫度以上不能液化，稱為臨界溫度）。

在 200 大氣壓及常溫下，可將 10 立方米沼氣壓縮到 50 公升鋼瓶中，供開駛汽車拖拉機之用。

空氣中含有沼氣達 25% 以上時，會起麻醉作用，但無毒。沼氣與空氣混合後，前者占 5—15%，如在密閉容器中，遇有火種，可以發生爆炸。

純沼氣的發熱值每立方米約為 8000—9200 仟卡，人工沼氣發熱值一般為每立方米 5500—6500 仟卡（所謂仟卡系指一公斤水升高攝氏一度的熱量）。沼氣的着火點為 $650-750^{\circ}\text{C}$ （汽油着火點為 336°C ，酒精為 558°C ）。

3. 什麼叫沼氣發酵？

糞便垃圾等有机物质，在隔绝空气的情况下，經一群嫌气性細菌进行分解，可以产生沼气。这种分解作用，便叫做沼气发酵。

4. 什么是生物能利用？

由一群嫌气性微生物（即細菌）对有机物质进行分解，产生了沼气，从而可以轉变为热能、电能或机械能。这样产生的沼气能就叫做生物能，这种能的利用便叫做生物能利用。

还有一种說法：植物經光合作用，吸收和儲备了大量的太阳能，动物所吃的食物或飼料，能够吸收的只有一半，还有一半成为糞便排洩出来，因此动植物遺体及糞便，都蘊藏了大量的潜在能，这种潜在能即称为生物能。在沼气发酵中，这些潜在能大量保存在所产生的气体——沼气中，可以供我們利用，轉变为各种能。这种能的利用就是生物能的利用。

苏联科学家对于生物能利用，非常重视，把它与原子能，物理化学能并列为三大能之一，他們把蘊藏在有机廢物中的能称为取之不尽用之不竭的农业生产中的“原子能”，把这些有机廢物又称为农业的灰色煤。

5. 沼气有那些用途？

沼气的用途很广，可以燃燒、照明、发电、开汽車、抽水、和作为制造化工产品的原料。現分述于下：

(1) 燃燒——沼气燃燒时的发热量比煤气为高，因此耗气量也应该低些。根据試驗，燒水 6 斤費时 15 分鐘，耗气 0.1 立方米。在室温 25°C 时燒一鍋 2 人吃的飯，用米 1 斤水 1 斤 3 两，費时 17 分鐘（包括文火焖的时间），耗气 0.07 立方米。

(2) 照明——利用沼气直接照明，需要有一只沼气灯和一个紗罩，沼气灯一般有二种形式：一种象汽灯一样，灯头和紗罩都是朝下挂的，一种类似洋油灯一样，灯头和紗罩都是向上的。根据試驗，后者的耗气量低，适用于压力低的沼气池。上海煤气公司过去制造的一种壁灯就是朝上的，每小时耗气量为 0.03 立方米。光度約为 100 支光。安徽阜阳制造的一种泥灯也是朝上的，效果也很好。上海宝华汽灯厂等制造的一种挂灯是朝下的，适用于压力較高的沼气池，光度与汽油灯相仿，但耗气量較大，每小时为 0.1 立方米。

(3) 作动力的燃料——利用沼气可以作为燃料，发动多种內燃机，带动抽水机、发电机或其他机器轉动。用在三种不同的內燃机上，办法也不同：煤气机不須改装就可使用；汽油机須在化油器前加上一个空气与沼气的混合器；柴油机除了加混合器外，还要添装火花塞和更換磁电器。利用沼气发动內燃机进行发电和抽水等，每小时每匹馬力的耗气量約为 0.5 立方米。发一瓩电每小时耗气量約为 0.75 立方米，可供 25 瓩 40 瓦的电灯用电量。如用 0.75 立方米的沼气直接照明，每小时只能点 200 支光的沼气灯七盞。因此发电照明效果比較大。

如果把沼气压縮在鋼瓶中，还可利用来开汽車。一个 40 公升的鋼瓶，在 150 大气压下，可容沼气 6 立方米，可开 3 吨半載重汽車行駛 15 公里。用压縮的沼气開車时，須先經過减压的手續。

(4) 作制造化工产品的原料——利用沼气可制造炭黑、氢、四氯化碳、二氯甲烷、塑料、皮革、人造纖維及葯剂等，经济价值很大。上海鴻源化工厂等即有多种化工产品是利用沼

气作原料制成的。

6. 請介紹一種測定人工沼氣成分的簡便方法。

人工沼氣的成分主要是沼氣和二氧化碳，二者含量約占95%以上。一般只需測定混合氣體中二氧化碳的含量，用100減去此含量即作為沼氣的含量。

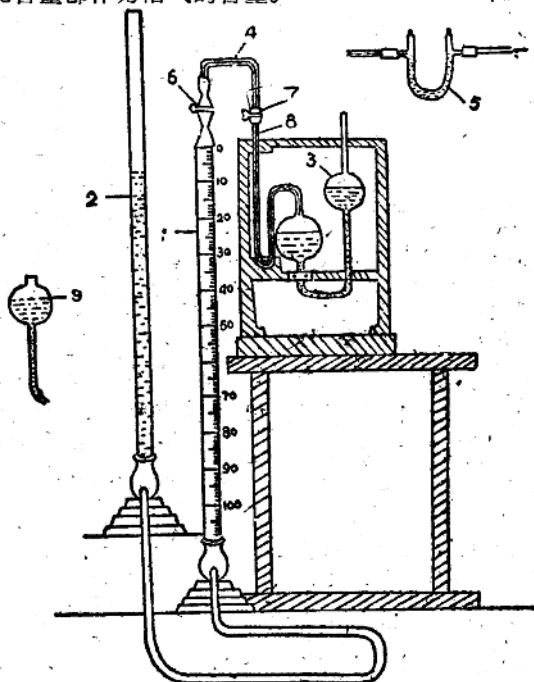


图1. 測定儀器示意图

- | | | |
|----------|---------|----------------|
| 1. 氣體量管 | 4. 毛細管 | 7. 橡皮管(中央加一夾子) |
| 2. 水準管 | 5. 氯化鈣管 | 8. 刻度 |
| 3. 氣體吸收球 | 6. 夾子 | 9. 水準瓶 |

茲將浙江省測定人工沼氣成分的簡便方法介紹如下：

(1) 儀器裝置(圖 1)。

(2) 氣體收集——將氣體量管與U-形毛細管“4”分開，接以氯化鈣管，並提高水準管，小心開啟夾子“6”，使其中鹽水流入氣體量管中，待水面剛達量管“0”處，立即關夾子“6”。然後，放低水準管，通過氯化鈣管的另一端，將需要分析的混合氣從此端導入。直到取入氣體略超過 100 毫升時，再慢慢提高水準管，並控制夾子“6”，等氣體量管內鹽水達 100 毫升的刻度時，立即關閉夾子，使氣體量管中的氣體剛為 100 毫升。

(3) 吸收二氧化碳——移去氯化鈣管，將氣體量管接上氣體吸收球，開啟夾子“6”和“7”並提高水準管，將氣體通入吸收球中，當水面將近量管“0”處時，關夾子“6”，搖動吸收球數次，使其中二氧化碳全被氫氧化鉀吸收。然後，再開啟夾子“6”，放低水準管，使量管中水面下降，將吸收球中剩留的氣體抽回，直到氫氧化鉀溶液回到原來刻度處“8”時，立即關閉夾子。上述操作將重複數次，直到氣體量管內剩餘氣體不再變動為止。

(4) 讀數——氣體量管中剩留下來的气体就是沼氣體積的百分含量(包括微量氫、氧、氮等)。例如所取分析氣體為 100 毫升，經氫氧化鉀吸收後還剩 65.4 毫升，即沼氣含量為 65.4%。讀數時水準管的水平面和氣體量管中的水平面必須同樣高度，否則壓力不一致，分析結果就不準確了。

二、人工沼氣發酵工藝過程等問題解答

1. 請簡單介紹一下製造人工沼氣的工藝過程:

(1) 配料——首先需要測定原料的含水量。可取樣品10兩左右，放在蒸發皿或燒杯內，隔水燒煮，使樣品水分燒干為止。稱一稱干樣品的重量，損失的重量即作為水分。求水分占樣品重量的百分率。例如損失重量為7兩，樣品為10兩，則樣品含水量為70%。

其次，應當確定採取那一種比例來配料。如果採取豬糞，人糞，牛糞=1:1:1的比例來配料，假使三種糞便的含水量豬糞為75%，人糞為80%，牛糞為70%時，加料數量為200担，混合後總含水量為90%時，可照以下方法計算料水用量：

$$200 \text{担} \times 10\% = 20 \text{担} \text{ (干物質總含量)}$$

$$20 \times 33\% = 6.6 \text{担} \text{ (每種糞便所含干物質量)}$$

$$\frac{6.6}{100 - 75} \times 100 = 26.4 \text{担} \text{ (應加豬糞數量)}$$

$$\frac{6.6}{100 - 80} \times 100 = 33 \text{担} \text{ (應加人糞數量)}$$

$$\frac{6.6}{100 - 70} \times 100 = 22 \text{担} \text{ (應加牛糞數量)}$$

$$100 - (26.4 + 33 + 22) = 18.6 \text{担} \text{ (應加水數量)}$$

(2) 下料——料子配好後，最好倒在拌和池中（另加10—

20%的老池液作为接种)搅拌均匀后,再下到发酵池中去。在拌和时可用 pH 試紙測驗料液的酸碱性, pH 7 为中性, 7 以下为酸性, 7 以上为硷性。如果在 6—8 之間, 即可下料。如果在 6 以下, 可稍加石灰調节到 6 以上即可(一般粪便的酸碱性可以毋須人工調节, 約在 6—7 之間)。下料时, 应将总开关打开, 讓里面的空气排出。下料可加至占发酵間九成以上。这时可把总开关关闭, 讓料在內密闭发酵。

(3)排气——下料密闭发酵 24—36 小时后, 即可产生沼气。但第一次下料开始产生的气体含二氧化碳較多, 不易燃着, 可将总开关扭开排气一次或二次, 再关闭数小时, 即可燃点。

(4)管理——每天应进行攪拌至少三次, 目的要打破料子的表面結皮和底下的沉淀, 使气体容易上升和促进发酵作用, 每次約15分鐘。此外, 还要經常檢查池温、气压、和进出料洞口是否暢通。如有条件, 应定期測驗池液的酸碱性及沼气成分的变化。冬天应将池頂鋪盖稻草保温。

2. 为什么要掌握料水的酸碱性?

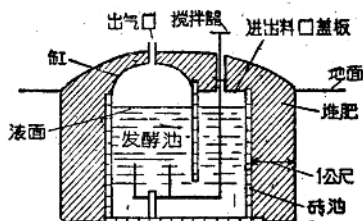
沼气发酵是一群細菌对有机质的分解作用。这些細菌对酸碱度的敏感性很强, 如果过酸过碱, 它們的分解作用就会变慢, 甚至停止发酵; 一般 pH 值在 6—8 之間发酵最好, 如料子过酸可加入碳酸鈣或碱来中和, 如过碱应考虑換料。

3. 沼气发酵的最理想温度是多少?

沼气发酵的适当温度一般应掌握在 30°—40°C 之間, 最适当的温度为 37°C 左右。

4. 冬天应该怎样加温?

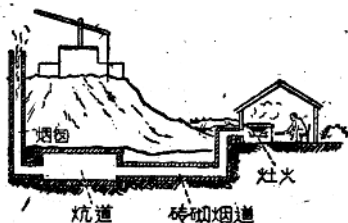
沼气池冬天加温问题很重要，如果不加温，发酵慢，产气量低。池温在 10°C 以下时，每昼夜产气量还不及 0.1 立方米/每立方米池。小型池的加温可用堆肥方法解决。在池的四周堆上堆肥(图 2)，堆肥发热量很高，可达



堆肥加热

图 2.

70°C 以上，平均 50°C 左右，这样的平均温度可以维持一个月以上。据试验，外面堆上一个堆肥，池内温度在冬季可以提高到 30°C 以上。小型以上的池可采坑道法加温(图 3)，所用热源，可在坑上燃烧



坑道废气加热

图 3.

作物茎，或将猪棚、食堂的烟囱热气导入。如有条件，亦可采用循环水加温(图 4)。

5. 为什么要搅拌？搅拌器有几种式样？

发酵池中的料子如果不搅拌，会造成上面结块

循环水加热

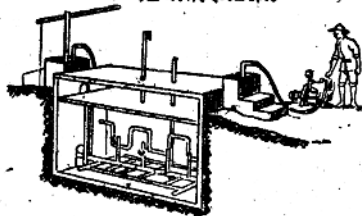


图 4.

和下面沉淀的現象，阻碍气体上升，和影响发酵的順利进行。
一般每天可攪拌三次，每次攪拌一刻鐘左右。

攪拌器的式样很多，現在采用比較普遍的有下面几种：

(1) 升降式——攪拌器的立柱，嵌紧在发酵間一端頂盖与池底之間，作为支点。攪拌器的另一部分由出料閘伸出。通过杠杆作用，上下升降起攪拌作用，这种攪拌器攪拌幅度較小(图5)。

(2) 跷跷板式——形式同上，但将支点移在中央，攪拌幅度較升降式为大(图6)。

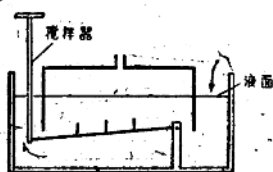


图5 升降攪拌

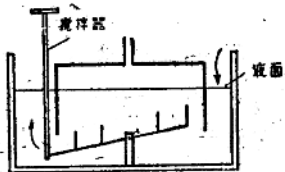


图6. 跷跷板攪拌

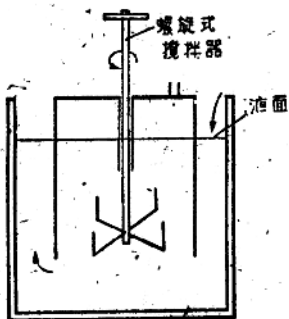


图7. 螺旋式攪拌

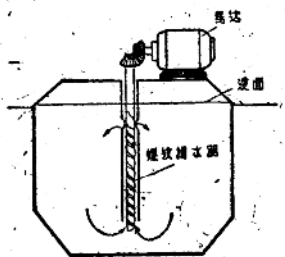


图 8. 水泵攪拌

(3)螺旋式——在池頂安插导管一根至池內，埋入料內，管中安裝螺旋攪拌器，利用人力，风力或机械进行攪拌(图7)。

(4)水泵式——利用水泵将料子自下抽上再翻入池中或自池的一端抽送至另一端，以达到攪拌目的(图8)。

6. 什么叫碳氮比例？試举几种原料的碳氮比例？

碳氮比例是指原料中碳和氮的含量比例而言。发酵一般应掌握的碳氮比例为 40:1 左右。比例过高，則原料含氮量少，細菌的营养不足；比例过低，細菌营养太足，都会影响細菌发酵的分解作用。下面是几种原料的碳氮比例情况：

粪 便	20:1	小麦稈	128:1
鮮紅花料	30:1	木 屑	500:1
燕 麦 杆	50:1		

7. 沒有馬粪是否可拿其他粪便做发酵的原料？

馬粪中含纖維質及发酵菌种較多，但氮的含量較少，开始时发酵快，但持久性不長，因此不能单独使用。如有老池液接种，沒有馬粪，拿其他粪便做原料，同样也可发酵得很好。猪粪和牛粪都是很好的原料，如能和人粪混合使用，效果更好。人粪含纖維質少，单独使用，效果不良。根据試驗，下面几种配料比例，发酵得都很好：猪粪：人粪：牛粪=1:1:1，猪粪：人粪：杂草=8:1:1；稻草：猪粪=1:4（均按干物质含量計）。

8. 第一次加料后几天才能产生沼气？

发酵池內温度如能保持在 30°C 以上，同时加料时又进行了适当的接种，24—36 小时内即可出气燃燒。如温度在 20°C 以上、30°C 以下，往往需要 2—3 天才能产生沼气。温度在

10°C 左右，則产气的时间更長，往往需要 2 星期或更多一些时间。

9. 原料发酵一次能使用多长时间，怎样换料？

第一次加料后一个月內产气量是逐渐上升的，一个月后即趋下降。因此在下料一个月后即需换料，换料数量可按每天进出料各 4 % 掌握。例如发酵池盛料为 1000 担，則一个月后每天进出料各为 40 担。换料时最好先出料后进料，以免新旧料混和，又出料前应进行搅拌一次。

10. 怎样进行小型发酵試驗？

先准备几只广口玻璃瓶，瓶的容积最好为 10000—20000 cc。另准备几只合适瓶口的橡皮塞，一些玻璃管和接头用的橡皮管即可。发酵試驗的装置詳见图 9。

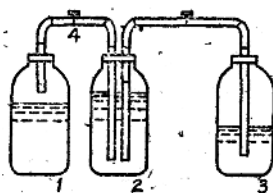


图9. 試驗瓶

瓶 1 为发酵瓶，內儲发酵用原料，瓶 2 为儲气瓶，內儲清水，由瓶 1 产生的气体通入后，即將瓶內的水排入瓶 3 中。4 为开关夹子，瓶 2 如需换水，即將夹子关好，防止气体損失。瓶 2 可註明刻度，表示气体量(或改用有刻度的容器)。每天需用手將瓶 1 搖动若干次，以代替搅拌。

11. 你們在制造人工沼气发酵时，有过哪些失败的教訓？

下面是几个例子：

(1) 在小瓶試驗时，我們有一次发现一个发酵瓶內发酵得很好，但出气很少，檢查瓶塞和导管都不漏气，但瓶身上部有肉眼难見的小孔漏气，用漆塗上后出气就正常。又有一次原料用糞便及廚房垃圾，后者含有很多酸盐菜，发酵液 pH 值在 5 以

下，也不出气。

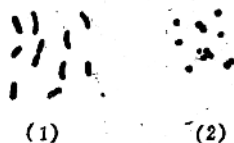
(2)在二合一浮缸試驗时，发现稻草或杂草用得太多，全部浮在上面，造成結块，不出气。把草取出后出气就正常。

(3)在建造小型池时，用石灰代替水泥塗池内部，加料后很多天都不出气。檢查料液的 pH 值，超过了10以上，原因是石灰碱性重，出清料，去掉石灰，改用水泥沙浆粉刷，出气就正常。

(4)有一只中型池，因无專人管理，攪拌器损坏了，出气很微，气压很低。后将池頂人孔打开，发现上面結皮厚达30公分，用鉄棒也难打破。經設法破碎后，重新換料，改进攪拌和管理，出气就正常。

12. 沼氣菌的形状是怎样的？

沼氣菌有杆状和球状的二种形状，根据婁隆后同志在北京的几个发酵池中找到沼氣菌。有如图 10 的两种：



(放大 1000 倍)

图10 两种細菌

(1)革兰氏染色阴性的杆菌；(2)革兰氏染色阳性的单球菌。

13. 如何取样和測量发酵池液的温度？

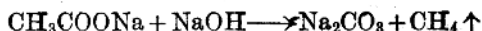
在池的中央安放一只鉄管，插到发酵液下，以便取样和测温。在取样做化学分析和檢驗料子的肥料成分时，应该先进行攪拌，使料水混合均匀。此外，在取样器口上可安上一个塞子，等取样器进入鉄管后，再将塞子上的绳子拉动，拔开塞子。这样取得的样品比不加塞子的要有代表性些。

测温可将温度表自取样管中用绳放入，停十分鐘至一刻鐘，取出后馬上看表上数字。还有一种办法就是把样品取出来，用温度表測量样品的温度也可以。

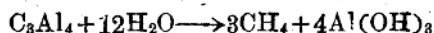
14. 在实验室和工业上有那些方法制取沼气?

实验室和工业上制取沼气的方法很多, 现在举几个例子说明如下:

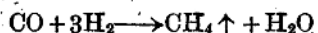
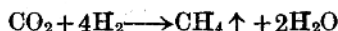
1. 取一分醋酸钠和一分氢氧化钠, 在硬质玻璃烧瓶内, 加热, 可产生沼气。反应方程式为



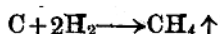
2. 将碳化铝加水, 煮沸, 可产生沼气, 反应方程式为:



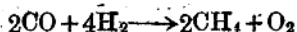
3. 在 $258^\circ - 300^\circ\text{C}$ 下, 以还原镍为接触剂, 利用氢气将二氧化碳或一氧化碳还原, 可产生沼气, 反应方程式为:



4. 在 $475^\circ - 1200^\circ\text{C}$ 下, 以镍为接触剂, 氢气和碳可直接化合为沼气, 其反应方程式为:



5. 在 220°C 温度下, 一氧化碳和氢气混合, 以细锌粉作接触剂, 可产生沼气, 反应方程式为:



6. 利用煤燃烧, 通入水蒸气可产生沼气, 但亦同时含有氢、一氧化碳及二氧化碳等气体。

15. 沼气发酵产气量变化情况如何?

根据我们在实验室内试验, 沼气发酵产气量在加料后一个月內, 是逐步上升的。一个月后即趋下降, 二个月后产气量已接近尾声。因此在加料后一个月必须换料, 才能使产气量不致显著下降。

三、人工发酵池的建筑结构等问题解答

1. 现行的沼气池有几种形式？

(1) 茅池缸式——这类池简单省事，但压力低，储气少，进出料不便。改进方法：可在下面起一个砖池，池上复一个缸，接口处用水泥沙浆封好，另增加进出料口各一个。其高度至少应与复缸相平，以增加气压。这类池适用于田间杀虫积肥及住戶照明燒水之用(图11)。

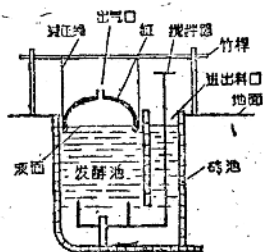


图11

(2) 粪池加盖式——利用原

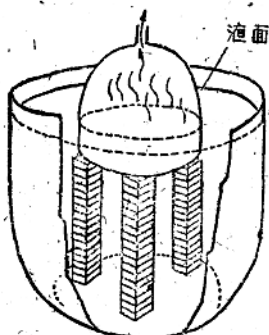


图12

有粪池加盖改为发酵池。原粪池如系长方形，可起磚拱頂或平頂；如系圆形，可加木質或塑料的活盖。这类池因系改建，費用較省，可供公共場所或多戶人家照明之用。如距离使用地点远，可将沼气收集在油布袋中，带回直接使用或放入儲气櫃中陸續使用(图12)。

(3) 排粪水压式——有一定