

生產建設知識叢書

农村沼氣化

張元万 張君勉 編著



科技卫生出版社

內 容 提 要

全國各地農村正在廣泛實現沼氣化。

農村廣泛利用天然沼氣和人工沼氣來發電、點燈、燒飯抽水等，這將促進農村實現機械化和電氣化，從而迅速改變農村的面貌。

這本書介紹了在不同情況、不同條件下，各種產生沼氣、利用沼氣的方法，以及沼氣化後農村的新面貌。

農 村 沼 氣 化

編著者 張元萬 張君勉

*

科 技 衛 生 出 版 社 出 版

(上海南京西路 2004 號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

科學出版社上海印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

開本 787×1092 毫米 1/32 · 印張 1 5/16 · 字數 28,000

1958 年 9 月第 1 版

1958 年 9 月第 1 次印刷 · 印數 1—80,000

統一書號：15119 · 999

定 價：(7)0.14 元

目 錄

一、沼氣的一般介紹.....	2
什麼是沼氣?	2
沼氣是怎樣產生的?	3
沼氣的用途.....	4
沼氣發酵的好處.....	6
二、沼氣的製取和收集.....	9
人工沼氣發酵的條件.....	9
沼氣發酵池.....	13
天然氣的收集.....	20
三、怎樣實現農村沼氣化.....	27
農村沼氣化的意義.....	27
怎樣制訂沼氣化規劃.....	30
實現沼氣化的幾個措施.....	32
實現農村沼氣化的幾個問題.....	34
四、幾種土法製造的器材.....	39
土製燃燒器.....	39
蘆葦導管.....	40
土紗罩.....	40
土水泥.....	40
天然氣井吊水桿.....	40
竹開關.....	41
竹井管.....	41

利用天然沼氣和人工沼氣來燒飯、點燈、開動機器、發電，是解決目前農村燃料和動力不足的重要關鍵。最近農業部召開的全國沼氣現場會議，要求全國在今明兩年內普遍使用沼氣，促進農村電氣化、機械化。可以預料到，在不久的將來，我國農村將普遍實現沼氣化，做到鄉鄉社社有沼氣站，家家戶戶利用沼氣。在這裏準備對農村如何實現沼氣化作一個簡單的介紹。

一、沼氣的一般介紹

什麼是沼氣？

沼氣是一種含有甲烷的氣體，我們在池沼中常常可以看到有氣泡向上冒出來，如果拿木棒把池沼裏的污泥攪動，把冒出來的氣體收集起來，用火去點它，就會發出藍色的火焰，這種氣體就是沼氣。沼氣的名稱也就是由此得來的。

現在我們把主要成分是甲烷的氣體，一般都叫做沼氣。因此從地底下冒出來的石油氣叫“天然沼氣”，糞便密閉發酵產生的氣體，含有甲烷 50% 以上的也叫做“沼氣”。

純粹的甲烷是無色、無嗅、無味的可燃氣體，發熱量非常高，每立方公尺可發熱 8,265 仟卡以上。發酵所產生的沼氣，含有少量的硫化氫，因此帶有酸臭味。它的分子式為 CH_4 ，分子量為

16.14, 結構式爲 $\begin{array}{c} \text{H} \\ | \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$, 因此是一種穩定的氣體, 和一般

酸、碱、鹽類都不起作用, 與氧化劑也不起作用或作用極小; 能溶於醇或苯中, 微溶於水, 溫度在 20°C 時, 祇溶解 0.033%, 但在酒精中溶解度比較大, 可以溶解 1.079%。

在一個大氣壓和 0°C 下, 與空氣的比重爲 0.55 (空氣每升重 1.293 克, 沼氣重 0.7163 克)。在一個大氣壓和 0°C 液體狀態下與水 (4°) 的比重爲 0.711。它的溶點爲 -182.5°C , 沸點 -162°C 。臨界溫度 (在此溫度以上不能液化) 爲 -82.1°C 。在 200 個大氣壓常溫下, 可將 10 立方公尺沼氣壓縮到 50 公升鋼瓶中。空氣中如果含有 25%—30% 的沼氣, 就會使人引起麻醉, 但無毒。與空氣混合後, 如果沼氣比例佔 5%—15% 時, 在密閉的環境中, 遇到火種, 就會發生爆炸。

沼氣是怎樣產生的?

有機物質發酵有兩種方法: 一種是利用存在空氣中的好氣性細菌, 在空氣中使有機物質發酵, 產生大量二氧化碳和水。另一種是隔絕了空氣, 利用嫌氣性細菌, 使有機物質發酵。這種發酵就產生了沼氣, 因之這種發酵又叫做沼氣發酵。沼氣發酵的方式很多。池沼底層下面積存的動植物遺體, 在隔絕的空氣情形下, 經過嫌氣性細菌的作用會發酵產生沼氣, 糞便、雜草、污水在密閉情況下也會發酵發生沼氣。

沼氣發酵的過程大致是這樣的: 比較複雜的有機物例如碳

水化合物、脂肪、蛋白質等先經過好氣性細菌發酵分解為有機酸、二氧化碳、氫氣、氨氣，再在隔絕空氣的情況下，嫌氣性細菌（沼氣菌）將有機酸分解為沼氣、氫氣和二氧化碳。而另一種嫌氣性細菌（氫氣菌）再使氫氣與二氧化碳作用而產生了沼氣和水。

·碳水化合物 → 葡萄糖 → 有機酸 → 沼氣↑
+ 氫氣↑ + 二氧化碳↑

脂肪 → 甘油 + 有機酸

蛋白質 → 銨基酸 → 有機酸 + 氨氣↑

沼氣的用途

沼氣是發熱量相當高的可燃氣體，它比煤氣的發熱量高一倍多。因之它的用處非常大，不僅可以代替一般燃料用來燃燒照明，還可以作為動力機的燃料，用來發電、抽水、發動汽車等；另外，沼氣經過氯化後，可以生成一系列化學產品，因此也是化學工業上的重要原料。

1. 燃燒照明由於沼氣的發熱量高，用它來燃燒，效率要比煤氣高得多。根據上海的試驗，在室溫 25°C 時燒一鍋 2 個人吃的飯（米 1 斤，水 600 c.c.）約 17 分鐘（包括飯熟後用文火燜的時間），耗氣 0.07 立方公尺；燒水 6 斤，費時 15 分鐘，耗氣 0.1 立方公尺。把沼氣導入一種特製的沼氣燈（圖 1），使它在特製紗罩上燃燒，就發出和汽油燈一樣的白光。沼氣燈耗氣非常少，根據上海煤氣公司製造的 100 支光紗罩的壁燈，照明 24 小時，每盞每小時耗氣只有 0.03 立方公尺，但一般 200 支紗罩燈耗氣量約為 0.1 立方公尺。點燈時，應該注意調節空氣使燈光發白。沼氣壓力小、

成分低時，空氣應當少些；相反，沼氣壓力大、成分高時，空氣應當多些。

2. 動力 將沼氣通入煤氣機，不必改裝就可以代替煤氣發動煤氣機，帶動發電機發電或其他機器轉動。汽油機如果改裝一下，在化油器前加一混合器就一樣可使用沼氣來發動(圖1)。柴油機比較麻煩，除了增加混合器以外，還要添裝火花塞及更換磁電器，但農村這種內燃機較多，應該設法利用。利用沼氣發動內燃機進行發電抽水，每小時每匹馬力耗氣量約為 0.5 立方公尺，一般發 1 瓩電每小時耗氣為 0.75 立方公尺，可供 25 盞 40 瓦的電燈用電量，如果用 0.75 立方公尺沼氣直接點燈照明，每小時只能點 7 盞燈 (200 支)，因此發電效果要比直接點燈照明大(圖2)。

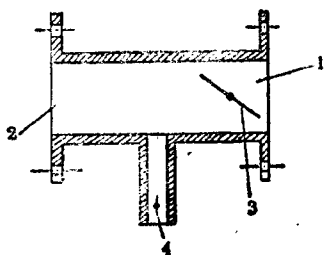


圖 1. 汽油機用混合器

- 1. 接進氣口 2. 接汽化器 3. 與調節機聯接 4. 沼氣入口

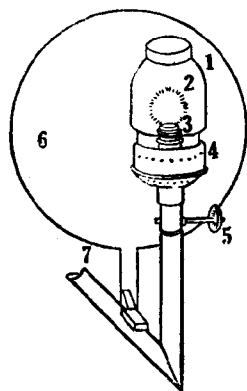


圖 2. 沼氣燈

- 1. 燈單 2. 燈紗 3. 瓦阻
- 4. 燈座 5. 調節開關制
- 6. 反光鏡 7. 駁輪氣管口

將沼氣壓縮到鋼瓶中去，還可以利用它來作為汽車的動力，(發動內燃車)。一個 40 公升的鋼瓶在 150 個大氣壓下，可容沼氣 6 立方公尺，根據湖北省的試驗，“3 噸半萬國 K6 型”公共汽車

載 68 人，每 1 立方公尺沼氣可行駛 2.5 公里，6 立方公尺沼氣相當於 1 加侖汽油。用壓縮的沼氣開車時，只要先經過減壓手續就行。

3. 製造化工原料 沼氣在不完全燃燒或高溫分解時，可以產生炭黑，炭黑是染料、顏料、墨水及皮鞋油的原料，炭黑又可以作橡膠的填料，汽車胎中加入 900 克炭黑，使用壽命可由 8,000 公里提高到 32,000 公里。沼氣經過高溫熱解或催化與蒸氣作用，可以產生氫氣，為合成氨的原料，沼氣經過氯化等處理後，還可以製造一系列化工原料，例如上海鴻源化工廠等利用沼氣作原料，製造了不少化工產品，其中有塑料、皮革、人造纖維、膠管、燈罩、四氯化碳和二氯甲烷等。

我國農村在不久的將來，就要實現機械化、電氣化，而實現機械化、電氣化的基本關鍵就是能源問題。開拖拉機要汽油，發電更需要燃料。儘管水力和風力可以利用作為動力，可是水力或風力並不是每一個地區都有的。因此廣泛地利用天然氣和人工沼氣是解決農村動力的重要方法。

人工沼氣發酵的好處

我們從上面所談到的已經可以看出沼氣的用途非常廣泛，但是利用人工發酵產生沼氣，還有它的特殊意義。

1. 充分利用了生物能 植物經過光合作用吸收和儲備了大量的能，但是植物和糞便經過高溫堆肥的好氣性發酵，產生了大量的熱量、二氧化碳和水，大約有 50% 的能量被白白消耗掉了，但是經過密閉發酵產生了沼氣，就可以轉變熱能、電能，為我們服務。因此可以說這是一種用之不盡、取之不竭的能源。

2. 提高肥效 根據全蘇農業電氣化科學研究院梯比里斯分院的資料，兩種不同發酵中氮的損失比例如下表：

氮的含量	好氣性發酵	嫌氣性發酵
全 氮	51.2%	62.0%
有 效 氮	19.8%	33.0%
氮的損失	29.0%	5.0%
合 計	100.0%	100.0%

從上表可以看到好氣性氮的損失非常嚴重，根據凱列爾估計，西德每年因為好氣性發酵而損失的氮素為 35 萬噸，大約相當於硫酸銨 170 萬噸。這是一個驚人的數字，好氣性發酵中氮的損失主要是有效氮部分。沼氣發酵中則保持了大量的有效氮，根據浙江省的試驗，有效氮含量最高可達到 70% (佔全部氮的%)，根據湖北省的試驗，發酵後肥料中有效氮的含量較生料提高 571%。

由於沼氣發酵中氮的損失極微，有效氮的含量很高，因此用這種肥料的增產效果應該更好。1954 年德國阿列爾豪城把普通發酵的厩肥與沼氣發酵的厩肥作肥效比較試驗，每公頃谷物收穫量，前者為 30 公担，後者為 45 公担。後者增產 50 %。1955 年蘇聯列寧集體農莊小麥試驗，每公頃產量，沼氣發酵肥料為 20 公担，普通發酵肥料 12 公担，沼氣發酵肥料增產 66%，根據湖北省的試驗，用沼氣發酵的肥料作小白菜的肥料，較施人糞尿增產 8.3%，如小麥施用沼氣發酵的肥料施堆肥的增產 8.3%。

這裏特別應該提一下的就是沼氣發酵肥料的保肥問題。這種肥料從發酵池取出後，由於失去了密閉，降低了壓力，加上發酵液又是碱性反應，有效氮(氨態氮)很容易揮發損失，一般在露

天放置1—2天後，氨態氮會損失50%左右。因此這種肥料取出後應該馬上施到田裏去，讓土壤把肥料中的氨態氮吸收，固定起來。這是最好的保肥方法。如果出料數量大，來不及用，應該放到儲糞池中去，加上蓋子。在儲糞池中如果能加上3%的過磷酸鈣或泥炭，保肥效果就可以加強：泥炭用量一般為50%。

3. 消滅雜草及病蟲卵

蘇聯凱列爾指出施用一噸新鮮畜糞，等於把8,000多粒有發芽能力的草種撒播到田裏去。但畜糞經過沼氣發酵8晝夜後，其中所含的雜草種子即完全喪失發芽能力。因此減少了除草工作，大大節約了勞動力和減少了肥料的浪費。

沼氣發酵對環境衛生的好處很大。糞便垃圾露天發酵容易孳生蚊子蒼蠅，還有臭氣外溢，這些缺點在沼氣發酵中都可以得到解決。不但如此，在嫌氣情況下進行無氧發酵還可以殺滅各種病菌蟲卵，例如蒼蠅幼蟲1—12天即被殺滅；大腸桿菌及姜片蟲28天可以殺滅79%以上。因此對改善環境對衛生、減少傳染病，有很大的積極意義。

二、沼氣的製取和收集

人工沼氣發酵的條件

利用糞便、雜草(雜草在小缸中不宜使用,因容易結成不透氣層)等發酵產生沼氣是在密閉的沼氣發酵池裏進行的,這種發酵與好氣性發酵完全不同。究竟在什麼條件下才能進行發酵?在建造發酵池和使用發酵池時究竟應該注意那些問題?現在我們就來談談這些問題。

1. 隔絕空氣——這是嫌氣性發酵的先決條件,因此,建築沼氣發酵池時,應當做到不漏氣為原則。如果池子漏氣,除了會損失發酵所產生的沼氣外,還會造成池內部分好氣性發酵,增加二氧化碳的成分,甚至會引起爆炸。如果池子不漏氣,第一次加料,池內剩餘的空氣可以不必抽掉,因為發酵過程中,首先需要少量空氣將複雜的有機物分解為有機酸。但這個階段二氧化碳產生較多,應該設法排去。在排去二氧化碳時,剩餘的空氣也可以逐漸帶出去了。

2. 接種——糞便和垃圾中含有各種細菌,有好氣性的,也有嫌氣性的,如果在密閉的條件下,嫌氣性細菌就會優先繁殖起來。但是為了加速發酵,提早產氣,最好還要進行接種。接種時可加入老池液 10%,或一定數量的河泥和糞池底層物,因為在這些物料內含有較多的嫌氣性細菌。

3. 碳氮比例——碳氮比例是發酵原料（糞便、雜草等）中碳含量與氮含量的比例。某些原料含碳量比較多，某些原料含氮量比較多，因之，在發酵前各種發酵原料應該有適當的比例。沼氣發酵最適宜的碳氮比例為40:1左右，過高過低都會阻礙出氣量。因為碳元素(C)是產生甲烷(CH_4)的主要成分之一，氮元素則是沼氣菌用來生存的重要營養成分。碳含量太少，當然產生的沼氣量要減少；氮含量太少，細菌生存條件太差，也會減低發酵速度。因此發酵原料的含碳量和含氮量就需要掌握一定的比例，才能使出氣量的旺盛。根據研究的結果，每公升發酵物含100毫克氮態氮時產氣最好，如果氮態氮提高到3,000毫克時，發酵就會完全停止，這就是碳氮比例的關係。一般說來，雜草等纖維素含量較高的物質，含碳量較高，而糞便特別是人糞尿蛋白質含量較多，也就是含氮量比較多，因此如果用糞便、雜草混合發酵，碳氮比例基本上可以做到符合要求。單獨用人糞尿做原料，碳氮比例太低，必須適當加入有機垃圾或雜草等，以提高碳氮比例，才能使發酵旺盛。一般從下料起一個月後，碳氮比例會顯著下降，如不進行換料，發酵就會衰退。最好在發酵一個月後，每天換料一次，每次進出料各4%，這樣25天就可以循環一次。

現將幾種有機物的碳氮比例列舉如下：

糞便	20:1	鮮紅花草	30:1
燕麥稈	50:1	小麥稈	128:1
木屑	500:1		

4. 水分——沼氣發酵最適宜的水份為90%左右，根據浙江省的試驗，水份可以掌握在88%—92%之間；當水份為85%時，

產氣量只有水份 92% 的 1/5 左右。配料前最好先測定原料的水份，以便計算用料數量，例如原料水份為 70% 時，料水比例 1:2（即原料一担，加水二担）就可以得到 90% 水份的配料了。

5. 溫度——沼氣發酵適當的溫度是 20—40°C 之間。德國浦赫試驗證明，高溫發酵沼氣產量大，例如 30°C 時，每一立方公尺，每天產氣為 820 公升，溫度提高到 52°C 時，氣體產量可增加到 1,570 公升。但蘇聯生物能學者凱列爾認為高溫發酵所需加熱用的燃料耗用太大，例如中溫發酵加熱需用燃料約佔產氣

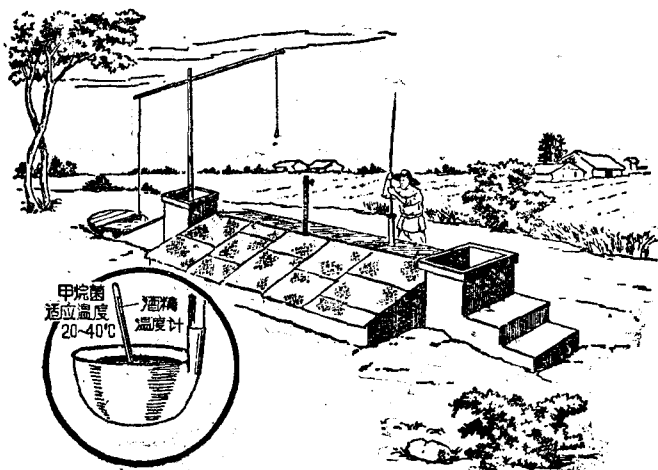


圖 3. 取樣檢驗溫度

量的 21%，而高溫則達到 43%，還要多花一些設備費用。因此並不十分經濟。凱列爾進一步又指出沼氣菌對溫度波動很敏感，升高或下降 2—3°C 時，都會顯著增加或減少產氣量。天

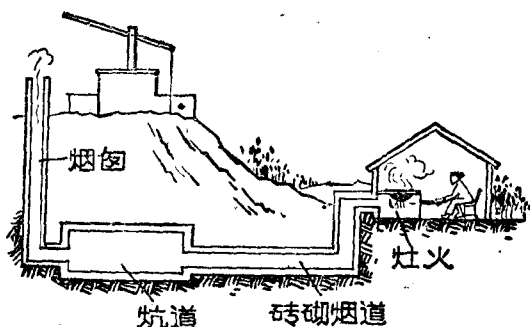


圖 4. 坑道加熱。利用灶內的廢氣通進坑道加熱。

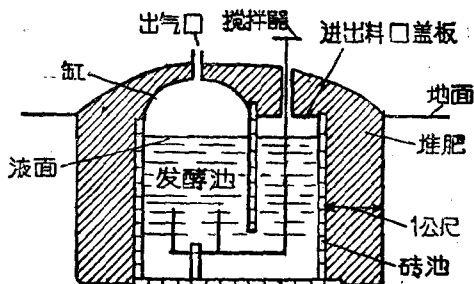


圖 5. 堆肥加熱法。把發酵池周圍挖成堆肥坑，利用堆肥發出的熱量加熱。

氣溫度在 20°C 以上時，控制沼氣發酵溫度的問題不大，但是當天氣的溫度下降到 20°C 以下時，發酵池的測溫和保溫工作就非常重要，測溫可在發酵池蓋上開一個通入發酵池的取料管，可以從取料口取出發酵液，測量溫度（圖 3）。發酵池的保溫可以利用坑道加熱法（圖 4），在池底下建一坑道，坑道內燃燒廢料加熱或利用火灶所產生的廢氣通入坑道加熱）和堆肥加熱法（圖 5）。

6. 酸鹼度——沼氣發酵最適宜的酸鹼度為 PH 7—8 (PH 7

爲中性，7 以上爲鹼性，7 以下爲酸性）。PH5 以下 9 以上產氣量都極低，甚至不產氣。一般開始發酵時，因爲有有機酸產生，PH 會下降到 6 左右，由於有機酸的分解及氨的產生，鹼性增加，PH 會逐漸上升，上升到 8 左右時，就趨向穩定，因此一般發酵物的酸鹼度可以不必用人工調節。但是因爲原料等關係，發酵液過酸或過鹼時，應當用中和劑來處理。過酸可以加石灰、小蘇打、碳酸鈣、草木灰或磷礦粉，過鹼可以加過磷酸鈣或進行適當的換料。

7. 攪拌——發酵物靜置後，自然地形成三層，中央層主要是水分，下層是沉澱物，上層是浮懸物；如果不進行攪拌，則發酵物的水分高低不一，而且表面容易結成硬塊，阻礙氣體上升，影響發酵的順利進行。因此沼氣發酵池需要進行攪拌，每日攪拌 1—2 次最爲適宜，因爲攪拌過多，會使嫌氣性細菌多接觸空氣而影響它的繁殖和產氣。

沼氣發酵池

1. 池的形狀和用料：

建造沼氣發酵池，不論大的或者小的，都應當按照沼氣發酵條件來設計。設計沼氣發酵池的基本原則是經濟耐用，不漏氣，不漏水，進出料方便，能攪拌，可以隨時抽出一部份發酵液測量溫度和酸鹼度，以及附設有保溫設備。下面是一張目前推行得比較普遍的發酵池的圖樣（圖 6）。

這種發酵池的式樣叫排糞水壓式，它主要是由進料口、發酵室、攪拌器、出料口、水壓間等五個部分組成的。這是一種設計得比較完善的發酵池，但建造這種式樣的發酵池需要鋼筋做蓋

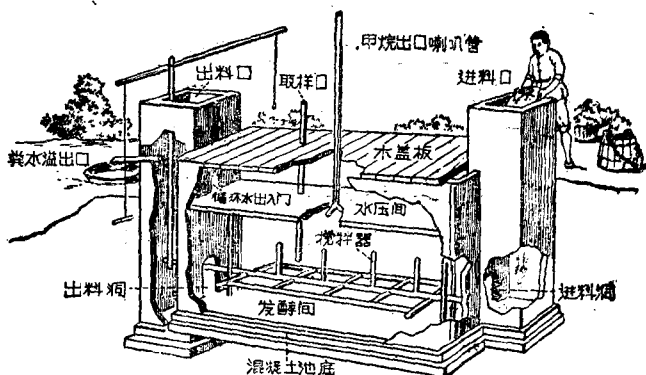
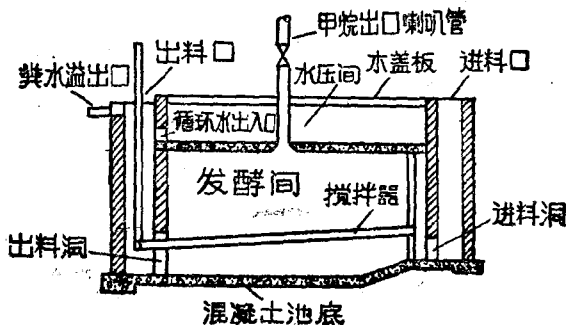


圖 6. 湖北省排糞水壓式發酵池。整個發酵池分進料間、發酵間、水壓間和出料間四個部分，各部分互相連通。首先將含水量約 90% 的糞便倒入進料間，糞水自動流入發酵間，經過相當時期，池內開始發酵產生甲烷和二氧化碳，這些氣體擠出後將排氣管接通用戶。這時甲烷一面排出去供點燈燃燒用，一面將發酵間糞水從門洞壓到出料間與水壓間，當水壓間糞水已滿時就從溢出口流出。沉入池底的殘渣由卸料口取出來。在發酵期間需用攪拌器經常攪拌。

板，是一個缺點。

除了上面介紹的這種形式外，還有以下幾種形式：

茅池缸式(圖7)——廣東鶴山和浙江諸暨採用很普遍。每只體積約1立方公尺。優點是簡單省錢，特別是廣東鶴山的茅池缸式沼氣池，不用磚頭和缸，只須把土挖成缸形就可以了。這種

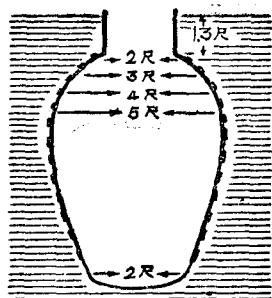


圖 甲

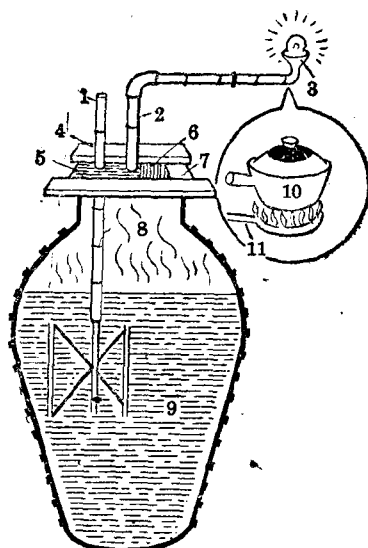


圖 乙

圖7. 廣東省鶴山縣三鳳農業生產合作社茅池缸式樣。

甲：茅池缸口徑和底均闊2尺，頸深1.3尺。茅池缸的邊緣打實後用3公分大的木棒打2公分深的孔。池身在2至3尺之間深了1尺大了一尺，3至4尺之間也深了1尺大了一尺。

乙：1. 攪拌器。2. 竹製沼氣管。3. 沼氣燈。4. 用紋石結口。5. 用水密閉檢查有無漏氣。6. 用黃泥密閉。7. 階磚入料口。8. 貯氣間。9. 原利。10. 瓦罐。11. 煮飯煮水器。