

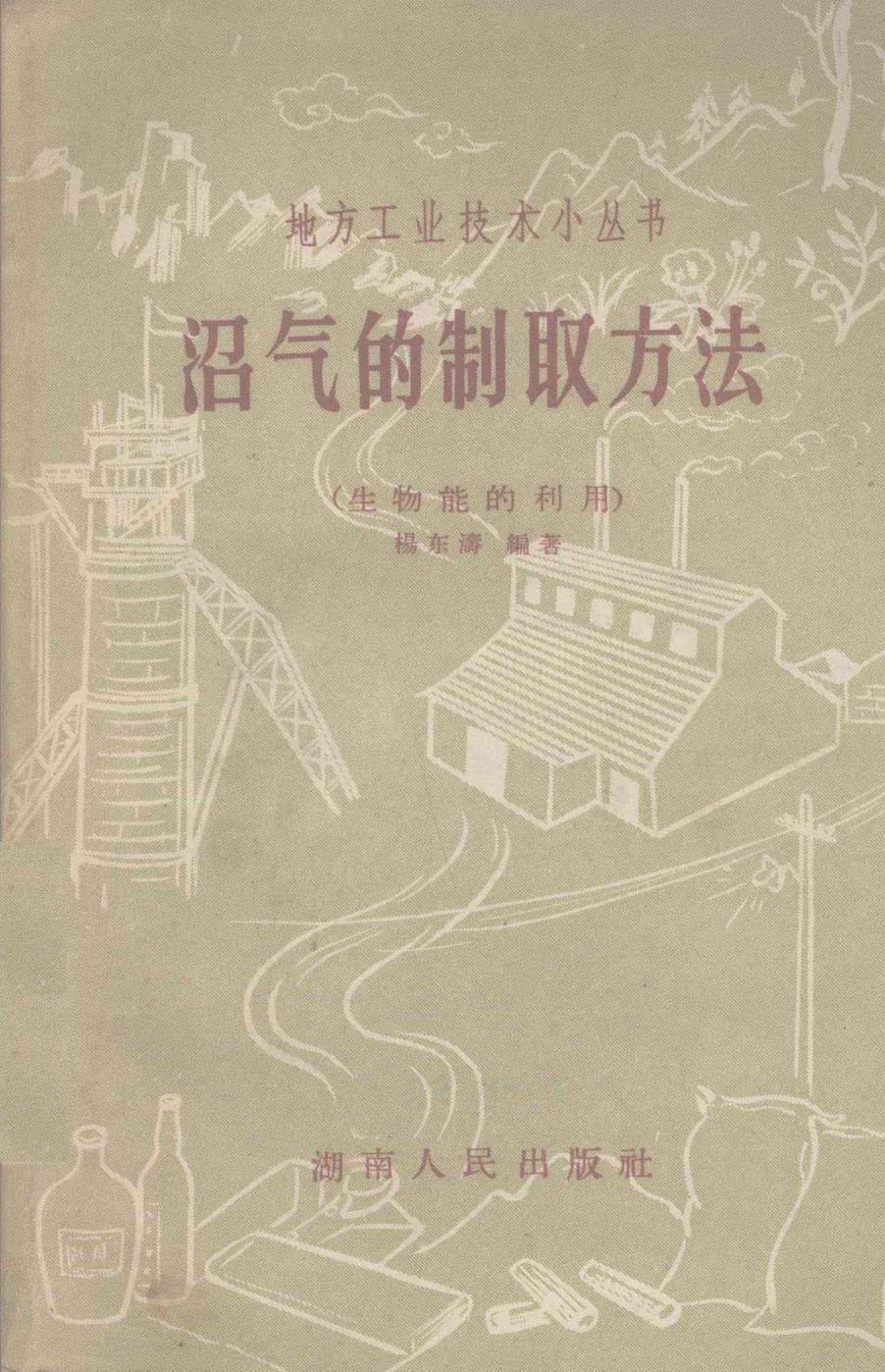
地方工业技术小丛书

沼气的制取方法

(生物能的利用)

楊东濤 編著

湖南人民出版社



前 言

开展群众性的技术革命运动，普遍制取和利用沼气，为社会主义建设事业服务，是当前一件崭新的工作。

沼气是利用有机物质，经过微生物作用所产生的一种新的能量。利用生物能不仅资源丰富，用途广泛，而且制取的设备和操作技术简易，农业社员只要经过短期的参观、学习，就可以掌握。特别是制造沼气的原材料，处处皆是，最宜在广大农村推广。1958年4月，毛主席在湖北省地方工业展览会参观时，很称赞他们对生物能的利用，并指示各地要好好推广。目前，各地党委、农业社，也正在着手建立沼气池，制取沼气。为了帮助广大干部、社员制取和利用沼气，我根据自己在实际工作中的体会和在湖北等地参观时所学习的一些资料，编成这一本小册子，供广大干部、社员学习参考。

由于作者科学技术和文化水平有限，实际经验也很少，因此，难免有许多缺点甚至错误之处，希望读者指正。

目 录

一、生物能利用的意义·····	(2)
二、沼气的性質、技术安全及用途·····	(4)
三、沼气产生的原理和条件·····	(8)
四、制取沼气的操作过程·····	(12)
五、沼气池的結構和設計·····	(14)
六、沼气池的施工方法·····	(16)
七、建立沼气池的材料、成本和經濟价值···	(22)
八、用土办法建立沼气池·····	(24)
附：沼气池图样	

一、生物能利用的意义

我們的祖国在中国共产党和毛澤东同志的英明领导下，在社会主义經濟战綫和政治思想战綫上，都取得了輝煌的成就。目前，全国人民为了把祖国早日建設成为具有現代化工业和現代化农业以及現代化文化科学水平的社会主义强国，正在“鼓足干劲、力爭上游，多快好省地建設社会主义”的总路綫的鼓舞下，發揮了空前的高度的政治热情和劳动积极性。社会主义建設事业正以万馬奔騰之势向前飞跃。随着工农业生产全面大跃进，特别是技术革命运动的蓬勃發展，城市和农村对燃料的需要量大大增加了。从工业來說：燃料是工业的粮食，缺少燃料，工业生产的发展便会受到阻碍，甚至会处于停滯状态；从农业來說：生产工具的机械化、肥料的化学化以及农村电气化，都需要大量的燃料。可是，我国目前煤、石油等燃料的生产量还远远赶不上国民經济的需要，而且这些燃料还存在熏烟、气味惡劣、运输不方便等缺点。农村地广人多，农业上高速度地扩大再生产，需要动力燃料之多是无法估量的。如果全部采用上述燃料，就难于滿足，或者还将影响大工业的燃料供应，即使能够供应，运输也不方便。因此，从自然界中各种有机的廢弃物質中，制取廉价的、取之不尽、用之不竭的气体燃料，来补充和代替現有的固体和液体燃料，并广泛地应用到工农业生产

和城乡人民的生活中去，是保证以充足的燃料满足社会需要的重要途径之一。同时为农村的电气化、机械化，半机械化供给动力，对发展地方小型工业、革新农业技术，提前实现全国农业发展纲要40条，改变农村面貌，将会有伟大的贡献。

综上所述，可以这样肯定：生物能利用有着极其重大的意义，它是贯彻总路线，为力争高速度建设社会主义事业，所采取的多快好省的措施之一。因此，低估生物能利用的意义，从而对研究和推广生物能利用抱消极态度，是不恰当的，片面的。

什么是生物能呢？

利用自然界中各种有机物质（碳化合物）作为原料，经过微生物的分解作用，生成新的物质，从这些新的物质中获取的能量，叫做生物能。本书介绍的利用沼气来为人类服务，便是生物能的一种。

生物能与原子能、物理化学能构成自然界中的三大能量。原子能与物理化学能的利用，已经为人类作出了伟大的贡献。但是，对于生物能的利用，很少为人们重视。虽然在80年前就有学者进行过研究，而直到最近20年，苏联、捷克斯洛伐克、日本、德国才正式研究和利用。在我国正式大力研究和利用这种能量为社会主义建设事业服务，还是1958年从湖北省开始的。

近年来，苏联已建立了生物能发电站，在农庄试用、效果良好。这种电站的原料只要有200头乳牛、50头母猪的畜牧场的有机废弃物，每昼夜就产生1,000立方公尺气体，可供200户农庄庄员的照明、取暖、动力应用和各种能量的应用，足有余。

生物能的资源是非常丰富的。自然界中各种有机化合物的废弃物，诸如人畜粪尿、污水、污泥、落叶、湖草、杂草、庄稼茎

叶、薯皮、豆壳、果皮、垃圾、厨房废物、屠宰场和皮革厂的残渣，除四害的遗骸等等，均可利用。

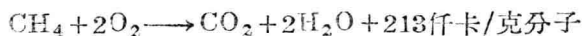
把这些物质搜集拢来，加水调成溶液，在隔绝空气和适当的温度等条件下，通过杂菌和甲烷(音完)菌对有机废物的分解和化合反应过程，可以生成沼气。这种气体与足量的空气配合，着火后，能够燃烧，产生热能或转化为电能、机械能等，就能为人类做许许多多的事情。

二、沼气的性质、技术安全及用途

(一)沼气的性质

沼气是一种混和气体。这种气体成份中甲烷(CH_4)约占40—60%；二氧化碳(CO_2)约占30—50%；还有微量的氮气(N_2)，氢气(H_2)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)等。分析沼气的性质，也即是分析甲烷的性质。因为我们制取沼气的最直接的目的，就是要利用甲烷燃烧时所放出的热能。同时，甲烷在沼气(混和气体)中占主要成份，它决定着沼气的特性。

甲烷系无色无味微作蒜臭的可燃性气体。它与足量的氧气配合点火燃烧时，发出大量的热，故名高卡气体。燃烧的反应式是：

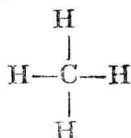


(甲烷)(氧) (二氧化碳)(水) (热能量)

纯甲烷火焰温度高达 $1,400^\circ\text{C}$ 能发热3,900—8,000仟卡/ m^3 ，含50—60%甲烷的沼气发热量通常是5,000—6,000仟卡/ m^3 ，

每立方公尺沼氣產生的熱量高于一斤煤或相當于0.75公升汽油的發熱量。

甲烷的結構式是：



甲烷的分子量：16.043

熔 點：-184°C

沸 點：-162°C

比 重：0.55(與空氣比)

液體的比重：0.42

密 度：0.7166Kg/m³

微溶于水：20°C—0.033%

壓縮度：80大氣壓—70°C時可將氣體壓縮到300倍，
在常溫時，200大氣壓可將 10 立方公尺氣體壓縮到50立升
的鋼瓶中。

(二)技術安全

1.防止中毒：甲烷本身無毒，但在空氣中濃度達到25—30%時，略具有麻醉性，只要通風便可防止。和甲烷氣體一道放出的一氧化碳和硫化氫是有毒的，人體吸收了有害健康。但是，由於它們在沼氣中存在極少，而且人體不去接觸，也就没有什么關係。

2.防止爆炸：在一般情況下，沼氣（甲烷）是很穩定的。但在密閉、不通風、密度增強的情況下，如遇明火，有爆炸、釀

成火灾的危险。因为沼气的爆炸极限为 5—15%，只要注意通风，调剂总气門，即可防止。如发生火情，首先关闭气門，避免蔓延。平日，沼气池边不宜点火。

(三) 沼气及沼气池发酵物的用途

1. 发酵后的肥料，为优质有机肥料。这是因为：(甲)有机物经过嫌气性(密闭不通空气)发酵，甲烷和二氧化碳释放出来，而原有的氮、磷、钾等肥份均被保存，大大减少了由于好气性(暴露在空气中)的贮藏方法不良而引起的损失；(乙)发酵过程中，原料中的蛋白质被分解产生氨(NH_3)。这样氨态氮相对地提高了(湖北省試驗提高5.7倍)，植物吸收肥份的绝对量增加了，效果也就提高了。苏联試驗的資料表明：发酵后的肥料与一般农肥比较，可提高农作物产量20—30%。湖北省以小白菜田间对比試驗的结果，较用人粪尿提高产量10.5%。但是，如果不懂发酵后肥料使用的技术和保管方法，那末，肥效便会降低。如果肥料取出后三天不用，速效氮就要损失50%以上。但其他肥份如磷、钾并不如此快的降低。

这种肥料适宜做追肥，不宜做基肥。肥料取出后要馬上施用。施肥后，立即进行中耕。运输时要用桶装好，上面加木盖。因为肥料中的速效氮与阳光、空气接触后，最容易挥发出去。

2. 沼气可以代替汽油发动各种内燃机作为动力，带动拖拉机、汽车、抽水机、碾米机等。湖北省工业厅試驗，將36立方公尺的气体压缩到鋼瓶中，可供載重三吨的汽车行駛100公里；日本試驗：1立方公尺气体可带动3吨重的汽车行駛4—5公里。根据苏联資料，一个馬力/小时的功率需沼气0.5立方公尺。湖北

省工业厅用改装三匹馬力汽油机,帶动0.95瓩的直流发电机,发出的电量每小时可供20盞(40支光)电灯的耗电,而所需要的沼气只有1.5立方公尺。

此外,用沼气作动力燃料,与用柴油、汽油比較,可相对地延長机器寿命。因为柴油、汽油中含有硫磺,而沼气中仅含微量的硫化氢。

3. 沼气可以代替石油、煤油和其他油类用作点灯照明。每盞灯(200—400支光的紗罩)每小时只需0.1立方公尺的气体,而且无烟、无气味、非常卫生。光亮和煤气灯一样。30个学生的教室只要一盞灯就够了。

如果以气体发动动力帶动发电机发电照明,比直接用气体照明的数量可增加3倍。

4. 沼气可以代替煤、木炭,用来燒飯、燒水、取暖。湖南攸县发电厂試驗: 10个人的飯菜在45分鐘內煮熟,只耗費0.54立方公尺的气体。

5. 由于制取沼气需要經常收集室內外的污穢物、垃圾等,因此一則可以改善环境卫生,消灭病菌(如血吸虫、蛔虫等),减少疾病流行;二則增积了肥料。

6. 还可以从沼气和发酵物里提煉出許多重要的化学工业原料和蛋白質、燃料油、氨液等。甲烷是有机合成的重要原料,可以制造人造皮革、漆布、染料、油漆、炸葯、有机玻璃、电影膠片、机械軸承、齿輪,也可以造酒、醋等化工原料。沼气中的二氧化碳抽提出来可以制造“干冰”(冷冻剂)。

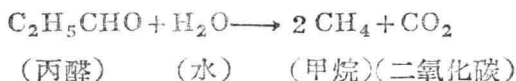
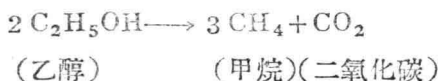
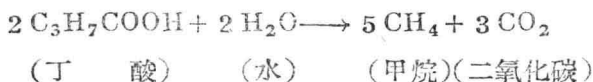
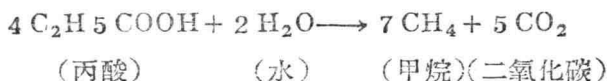
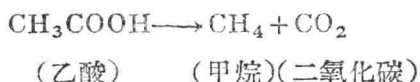
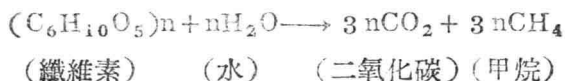
三、沼氣產生的原理和條件

沼氣產生的原理：有機質如蛋白質、纖維素、脂肪、淀粉等腐敗物，通過嫌氣性發酵，經過雜菌和甲烷桿菌的分解，即可產生沼氣。

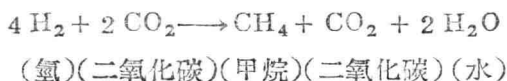
甲烷細菌系一種嫌氣菌，它們在自然界中是普遍存在的。特別在污泥和腐敗的有機物質中存在最多。甲烷細菌類型很多。但是他們都只能利用較簡單的有機化合物作為發酵的原料。而有機物的廢棄物質都是較複雜的有機化合物。在這樣的情況下進行甲烷發酵時，要先依靠其它細菌將它分解成為簡單的化合物，然後再由甲烷細菌進行分解。氫細菌在發酵過程中起很大的作用。假使沒有它，有機酸便不能分解成甲烷。所以嫌氣分解作用是分兩步進行的，第一步生成有機酸；第二步轉化為氣體物質。

至於甲烷細菌進行甲烷發酵的機理，現在還未最後弄清楚，許多生物學家正在對這個問題進行研究，爭論很多。不過，現在已發現兩個類型的發酵機理：醋酸是經過去羧基的作用，由本身直接產生甲烷，這裡，去羧基是發酵機理的主要過程。醇類或丙酸以上的脂酸作原料時，利用氫將二氧化碳還原的反應是發酵的主要過程。

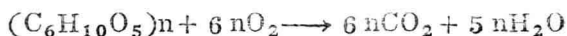
為了便於理解甲烷發酵機理，必須熟悉下列幾個反應式，即纖維素、脂肪酸類、醇類、醛類在嫌氣條件下，嫌氣分解的幾個反應式：



此外,还有些人試驗二氧化碳加氫气,也可以产生甲烷。



总之, (一) 各种有机物質都能单独地被甲烷菌酵化。糖类、淀粉、纖維素等发酵較快, 木質素和碳氫化合物則分解較慢; (二) 甲烷是碳和氫最簡單的化合物, 酵化分解的化学过程是氧化还原反应。分解反应是分兩步进行的, 第一步生成有机酸, 进行的速度很快; 第二步轉化为气体, 則慢得多。使发酵液具有适当的微硷性 (PH7.5), 是保証第二步反应能順利进行的重要条件; (三) 从有机廢弃物質中生成甲烷气体, 必須在嫌气的条件下进行。因为有机物質有好气发酵分解时放出的气体是二氧化碳, 而沒有甲烷, 例如:



(纖維素) (氧) (二氧化碳) (水)

同时，甲烷菌只在嫌气条件下繁殖、活动。对氧气和氧化剂的感应比别种嫌气细菌更为灵敏。

这里还需要说明一点：上面所介绍的甲烷产生的原理只是就生物能利用范围来说的。利用甲烷发酵原理来制取甲烷，只是许多方法中的一种。事实上，在试验室里用另外的方法，即把无水醋酸钠和硷石灰（ $\text{CaO} + \text{NaOH}$ ）混合加热，也可以得到甲烷：



(无水醋酸钠) (苛性钠) (碳酸钠) (甲烷)

工业上还有利用木炭(或炭黑)加热到 $1,200^\circ\text{C}$ 以上跟氢气直接化合生成甲烷：



(碳) (氢) (甲烷)

根据甲烷发酵原理，制取沼气必须具备下列条件：

(1) 密闭——隔绝空气。这是制取沼气的首要条件。

(2) 温度适宜。沼菌(即甲烷菌)发酵在 0° —— 55°C 之间都能进行，以 32° —— 34°C 发酵速度最快，因此沼气发酵池内必须经常保持 20° —— 40°C 的温度，争取稳定在 32° —— 34°C 之间，愈冷发酵愈慢。温度变动太大也影响发酵，使甲烷醇化时不能发出充足的热量。所以，必须做好保温、加温工作。保温的方法有：

(甲) 池身建筑在地面线以下，但要高于地下水位。

(乙) 池顶四周盖土，必须露出的部分应加盖木板。冬季还要

加盖稻草、谷壳、或用牛馬糞圍住。池子上面搭棚。不讓雨水霜雪落在池上。

如溫度低，發酵太慢，必須加熱。加熱的方法有：

(甲)使用日光加熱器。

(乙)用鍋爐燒水蒸氣，將熱蒸氣用白鐵管或無縫鋼管等導入池內，氣管在池內旋繞兩三圈。這個方法不能臨時採用，必須在沼氣池的設計和施工中將暖氣管安裝好。如事先不準備，池建起後，便無法採用這個方法。

(丙)下料時調節好溫度。

(丁)燒火牆。這個方法較危險，必須注意保證池內質量，壓力合適，火道不要太近或太遠。

加熱時，溫度不能超過 60°C 。達到 75°C 時，只要1刻鐘，便可殺死全部甲烷細菌。

(3) 液體原料的酸鹼性應保持中性及微鹼性PH值6.5——8之間，都能順利地連續發酵，以7.2——7.8為最好。不宜低於6，也不宜高過8。

(4) 原料含水量充足。干料與水的比例一般是1:1—2，北京農業大學試驗時，干料與水的比例為1:10。和料時應盡量用污水。如果採用濕料，本身含水多，無需再加污水。

(5) 經常將原料攪動。因為發酵時，固體物質常常在液面形成硬結的浮渣，在浮渣附近容易生成多量的揮發性硬酸。所以，每天多攪拌幾次(總時間不超過1小時)，可使甲烷菌活躍，繁殖快，原料發酵較完全，加速沼氣的產生。

(6) 留下充足的接種物，以便調節酸鹼度，促進發酵過程。初次下料時，如果採用已經經過短期堆積腐爛的牲畜糞便、

大糞作原料，可不必另外培育接種物。繼續換料時，不能將熟料全部或大部分取出。

四、制取沼氣的操作過程

1. 建立沼氣池。這是制取沼氣唯一的設備。池地選擇必須符合下列要求：土質堅硬，地下水位低，向陽背風，交通便利，原料供應近且足，靠近用所。地下水位高和松砂的地方不宜建池。如果非建在這些地方不可的話，必須排出地下水，并用石塊墊底。

2. 下料排氣。下料前最好將原料堆積儲藏，除人畜糞尿和污泥等外，其他纖維原料必須加工切細，短期堆積腐爛。配料時可用人尿、垃圾、稻草等，但不能下得太多，因為這些物質中稍帶有不利用甲烷菌生長的雜質。下料前要用缸或池子或木桶把干料與污水拌和均勻，使濃度適當。冷天須用鍋爐將污水燒熱（ 55°C ）與干料和勻後，為 30°C 左右。暑天氣溫高，可以將污水曝曬，不必燒熱。同時用PH試紙（醫藥公司有買），檢查液體原料的酸鹼性。PH試驗紙的用法是：取試驗紙一條浸入溶液中，半秒鐘後取出與標準顏色版比較，呈紅色的為酸性，呈黃色的為中性，呈藍色的為鹼性。顏色版上標有數：7 是中性，小於7 是酸性，大於7 是鹼性。原料的PH值在7 左右就可以了。如果不到6，須加少量的熟石灰，或小蘇打，須邊加邊試，絕不可多加。如果鹼性強，可加些酸類物質。

調節酸鹼性最好的辦法是選擇適當的配料。如以豬、牛、馬糞為主，加些人糞和腐爛了的湖草、稻草等，便可以不加鹼或酸。

在原料中加少量細糖，对加速发酵也很有作用。

正式下料时，把导气管打开，使室内空气排出。原料装入量以不超过发酵池容积 $\frac{3}{4}$ 为原则，下料后将开关閉上，次日把开关擰开，排出池内空气。因为沼气比空气几乎輕一半，光靠池内生成的气体排除空气，一次不能排完，必須多排几次，使空气逐渐减少。待沼气成份增加到50%以上时，即可燃燒。所以下料后要經過3—5天，甚至上10天才能使用沼气。有些地方采取一次排除空气的办法，即初次下料时将整个发酵間裝滿，随后卸出 $\frac{1}{4}$ 的原料。卸料时必须把开关閉上。

設有貯气間(櫃)的沼气池，应用清石灰水(每百斤清水放熟石灰3—4斤)灌滿貯气間。貯气間放清石灰水的目的是利用石灰水(氫氧化鈣)吸收分解沼气中的二氧化碳，使甲烷在气体成份中的比重增大，更加純淨，有利于燃燒。

3. 檢查导气設備。經常用肥皂水檢查导气管、开关、綫路、灯头、調剂器等是否漏气。如果漏气，便要及時用凡士林、石棉、生漆、凡尔砂等涂塞好。

4. 經常測量溫度，經常攪拌(每天4—5次)。測量溫度的办法，如果沒有其他仪器，可用一根竹杆，尖端扎上溫度表，插入池内，几分鐘后取出。每天檢查兩三次，系統地記錄下来，以掌握发酵情况。如果溫度低，便采取上面介紹了的几种方法加溫。如果溫度太高(这种情况是极少的)，可取出一部分熟料，加入新料，以便降低溫度。

5. 換料。一般原料发酵完全需要40—60天。因此，下料后45天不宜加料、卸料。45天以后，只加进少量新料，取出少量熟料。絕不能全部或大部分剷換。每次最好加原有原料的2—4%，取出

熟料 1—3 %。要掌握加进多于卸出,因为发酵过程中,液体原料总量有消耗。出料必須掌握两个关键:(甲)出料后的液体水位不能低于池底的小門。否則,空气便会进入池內,妨害甲烷細菌的繁殖,而影响发酵出气;(乙)不用肥料便不出料,出了肥料要馬上用。卸出的肥料不能敞放,不能貯藏太久,也不宜远距离运输。

五、沼氣池的結構和設計

現在各地建立的沼氣池,形狀、容積和採用的建築材料有很大的區別。這種區別是貫徹敢想敢做、大膽創造發明以及“就地取材”“因地制宜”的精神所必然的產生的結果。

但是,因為制取沼氣的設備決定於沼氣產生的條件和操作過程,所以沼氣池的結構和設計要求則是大同小異。

沼氣池的結構一般分為如下幾個部分:進料間、發酵間、攪拌器、卸料間、導氣管、貯氣間、進水間、水压間(也有些地區不用貯氣間和水压間,有些很小的池,進料與出料合在一起)。

各部分的作用和關係:原料裝入進料間,順着底部一個小門,進入發酵間;在發酵間內安裝有攪拌器的攪架,人在池外將攪拌柄上下移動左右搖擺(也有用風力帶動攪拌器在池內旋轉的),池內攪架將原料液體沖動,促進發酵。發酵的物質由發酵間底部的一個小門進入卸料間輸出。發酵間產生的沼氣從池頂喇叭口出去,經導氣管進入貯氣間(或直接輸入用所)。貯氣間裝滿的清水由於沼氣排擠,從進水口上升到水压間。需用時,打開貯氣間的出氣間,沼氣便順着皮管輸出。(詳圖附后)

沼氣池的設計，由於各地建池的用途和材料不同，不能也不需要求得一致。應該大胆放手，依靠和發揮群眾的積極性和智慧，大胆創造。象建立10個立方公尺左右的沼氣池，農業社和生產隊是有力量搞好的。從設計施工一直到建成，可以由經過實地參觀和短期學習的農業社社員或手工業社員去工作。不需要專門的技術人員。但是，建立比較大型的池子，如30—100立方公尺以上的池子，那就必須由建築工程技術人員設計。設計一種新的池子，須先個別試驗，待成功後再推廣，以免造成浪費和安全事故。設計的式樣可以有長方形的、圓柱形的、橢圓形的、瓮缸形的（圓形比方形的好些）。容積從10到1,000立方公尺不等，視需要而定。設計時要注意如下幾點：

1. 池子嚴格要求結實、不透氣、不漏水、避潮、適用，便於操作，能保溫。並且要節省材料，降低造價。

2. 沼氣池各部結構的比例要適當。進料間、卸料間及池底幾個小門，不能太大或太小，應該考慮到施工（特別是粉刷）的方便，並使原料能順利轉動。

3. 磚牆、頂蓋（鋼筋混凝土或磚拱）、基礎混凝土耐壓力強。池內每立方公尺的容重量約在1,800—2,200公斤以上。側邊和上下承受力的強度要認真計算。如果用磚拱代替鋼筋混凝土頂板，要特別注意圓拱半徑、磚拱厚度與池內容積、池牆高度、厚度相適應。大型池不宜砌磚拱。磚拱過寬過高，就有崩塌的危險。在沒有鋼筋的情況下，圓拱的半徑以1—1.5公尺為限。2公尺以外的必須用鋼筋。磚拱厚度根據它的半徑和需承受的壓力確定。磚牆厚度根據池子的體積、容重、壓力等確定。發酵間與貯氣間並列的三道牆一定要特別結實。橫中的一道牆應該比兩邊的牆要厚一