

沼气

姜子钢·胡太山·李士春



科学普及出版社

本書提要

這是一本較全面地介紹沼氣的通俗讀物。除了介紹沼氣的一般知識和用途外，較詳細地闡述了怎樣利用沼氣發電、開動機器的问题；并着重介紹了適合農村普遍推廣的拱型沼氣池和活蓋沼氣池的構造形式、建池方法和產氣工藝過程，以及沼氣池的加溫、管理和安全的问题；最後，編者對今後沼氣事業的發展遠景作了展望。

總號：1253

沼 氣

編 著 者：姜子鋼 李士春 胡太山

出 版 者：科 學 普 及 出 版 社

（北京市西直門外郭家灣）

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

發 行 者：新 華 書 店

印 刷 者：北 京 市 通 州 區 印 刷 廠

開 本：787×1092 1/32 印張：2-3/4

1958年12月第 1 版 字數：48,800

1959年3月第2次印刷 印數：1031—14,040

統一書號：15051-222

定 價：（0）3 角 6 分

目 次

編者的話.....	3
一、什么是沼氣	5
(一)沼氣	5
(二)什么地方产生沼氣	6
(三)产生沼氣的簡單原理	8
(四)产生沼氣的原料	9
(五)沼氣的性質	11
二、沼氣有什么用	14
(一)用沼氣点灯照明	14
(二)用沼氣燒水煮飯	16
(三)用沼氣开动机器	17
(四)用沼氣开汽車和拖拉机	21
(五)用沼氣發電	23
(六)用沼氣作农具机件渗碳	26
(七)用沼氣中二氧化碳制造木	28
(八)用沼氣制造化工产品	30
三、沼氣發酵池	34
(一)沼氣池的設計要求	34
(二)拱型沼氣池的构造	35
(三)沼氣池加溫問題	46
(四)攪拌器	49
(五)活蓋子小型沼氣池	49
(六)建池方法	54
四、沼氣制取方法	53

(一)沼气的制取过程	56
(二)沼气产生的条件	64
(三)沼气池的管理	69
五、沼气發酵后的物質有什么用	69
(一)沼气發酵后的物質是优等有机肥料	69
(二)沼气發酵后消灭了病虫害	72
(三)沼气發酵后物質中可提煉 維生素 B ₁₂	73
(四)从沼气發酵后物質中提取油脂	73
六、沼气的經濟价值	75
(一)农业社沼气动力站的經濟价值	75
(二)开汽車和拖拉机的經濟价值	76
(三)制取四氯化碳的經濟价值	77
七、使用沼气应注意的安全事項	79
(一)注意防火	79
(二)防止爆炸	79
(三)防麻醉	80
八、沼气利用的展望	82
(一)苏联的估价	82
(二)我們的看法	83
九、实现沼气化的关键	85
(一)在党的领导下解放思想发动群众自力更生	85
(二)結合中心任务实现沼气化	86

附 录

編 者 的 話

我国工农业大跃进，如万馬奔騰。新形势要求机械化、电气化，刻不容緩。充分利用各种能源，为工农业大跃进服务，显得非常迫切。

生物能——沼气，是新的巨大能源，普遍利用起来对进一步提早实现农业机械化、电气化，发展社会主义经济具有重大的意义。

1958年8月中央在广东鹤山县召开全国沼气会议，解决了发展沼气事业的方针问题，促进了沼气工作的大跃进。

1958年11月中央又在安徽阜阳县召开了第二次全国沼气会议，农业部李菁玉部长助理，在会议总结上明确指出，“要求在1959年上半年基本上实现全国沼气化，因为第一、大搞沼气，可以节省煤炭，大力支援炼钢炼铁，解决煤的不足问题；第二、大搞沼气，可以节省燃油和照明用电，支援机械元帅升帐，解决燃油、电力不足问题；第三、大搞沼气，可以推动积肥和水利建设，解决化肥不足和水利施工的爆炸问题；第四、大搞沼气，可以帮助搞好公共食堂，节省劳动力（运柴、运煤的）、省钱、又清洁卫生，杀灭了病虫害。第五、所有这些，又能大大缓和当前交通运输的紧张情况”。

我们从事沼气研究工作一年多，初步摸索了一些情况，并参阅全国各地的改进与创造。特编出这本小册子，概括的介绍情况，给从事这一工作的同志们参考，以便共同为沼气事业努力。

本想写得更通俗些，讓人人都懂，对許多化学符号和反应式，以及微生物的机理变化，都省略未談。但不少化学名詞，未能找出更通俗的代名詞，这可能还未完全符合普及的精神。

这本冊子內首先介紹了沼气的一般知識，多方面用途，使用方法和安全事項。着重叙述磚拱沼气池和活盖子小型沼气池的修建方法。另外还講述了制取沼气应掌握的条件，管理方法，沼气發酵后物質的利用，使用沼气的經濟价值。最后作了沼气事业的展望。

由于我們水平所限，提出来的意見和看法，可能有很多錯誤和不妥之处，請讀者多批評和指正。并希随时提出宝贵意見，徑送湖北省輕工业厅生物能利用研究組，以便再版时修正。

編 著 者

1958年11月

于武汉湖北生物能利用研究組

一、什么是沼气

(一) 沼 气

动植物的遗体及人、畜粪便等有机质，在隔绝空气的情况下，受微生物(细菌)发酵作用，发生分解和合成，能放出气体来。这种气体原来是在湖沼中发现的，所以就取名叫“沼气”。它的学名叫甲烷。沼气中约有 60% 左右甲烷，30% 二氧化碳，还有少量的其他气体，如一氧化碳、氢、氮、氧等。

沼气燃烧力强，燃烧时能发出高热，因此是一种很理想的气体燃料。利用沼气可得到热能、机械能和电能等。沼气发酵后的残余物质，是优等有机肥料。

虽然所得到的能有各种各样，但基本上是来源于自然界中各种生物潜在的能量，这种生物潜在的能，只有利用有机质(如动植物遗体及粪尿)，在密闭情况下进行发酵，经过微生物的分解与合成作用，才能释放出来。有机质发酵的结果，主要就是产生沼气。因此，这是属于生物能的范畴，我们称它为“生物能”。它的利用称为“生物能利用”。

自然界中若干种能量的储藏和转化，主要是吸收太阳的能。各种动植物，间接或直接地吸收太阳能，作为“生物能”储备着。牲畜吃了食物，本身能够吸收和利用的能量只占一半，另一半都随粪便排泄出去了。

每吨新鲜畜粪所含的“生物能”量，平均高达 33 万仟卡^①。

^① 仟卡是热量单位。使每公斤水升高温度摄氏一度的热量就是一个仟卡。

如換算為電能，約為 383 瓩小時（就是 383 度電）。

實際每噸新鮮畜糞，平均可產生沼氣 60 立方公尺，它可以發出電能 88 瓩小時（就是 88 度電），如以 25 支光燈泡計算，可供約 3,000 盞電燈照明一小時。如果用於直接點沼氣燈，可以供 600 盞燈，照明一小時。如果用它開動機器，可供 120 匹馬力內燃機，開動一小時，或使 10 匹馬力內燃機連續開動 12 小時。或使 5 匹馬力內燃機連續開動 24 小時。60 立方公尺的沼氣，相當於 45 公升汽油。由此可知，自然界中蘊藏著極為豐富、廣闊而且容易獲得的“生物能”。它是自然界中三大能源之一（原子能、物理化學能及生物能），是取之不尽，用之不竭的。如圖 1 是表示一噸新鮮牲畜糞便的能量。

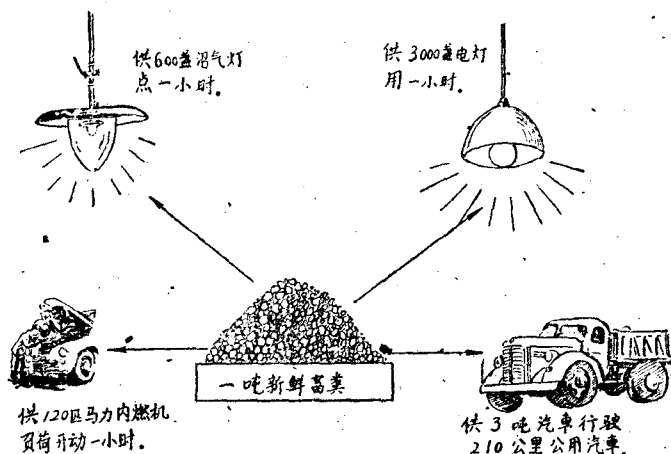


圖 1 一噸新鮮牲畜糞便的能量

（二）什麼地方產生沼氣

在日常生活範圍內，很多地方能產生沼氣。在农村的糞窖、糞池、污水池塘、湖泊沼澤或城市的下水道陰溝中，我們常常可

以看到有許多气泡冒出来，这就是沼气。据报載湖北天門老农民在甲子年間曾亲眼见过“沉湖里發霞”。当时認為是蚌珠發霞，实际湖里發霞就是沼气燃燒，并没有什么神秘。在湖沼阴沟池塘的底層，都积存有动植物腐烂的遗体，經過微生物的發酵分解与合成，就产生沼气。总之，凡是有机物質，在阴暗潮湿的地方，隔絕空气，都会慢慢地产生出沼气(如圖 2)。

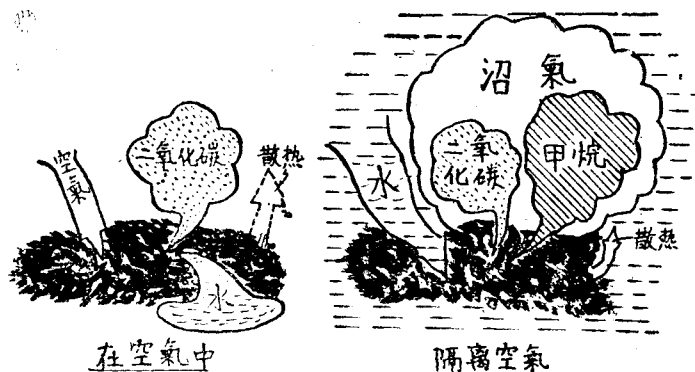


圖 2 湖沼中产生沼气的情况

圖 2 的左边，表示动物植物腐烂或人畜粪便發酵，在空气流暢下，不易产生沼气，而是放出不能燃燒的二氧化碳气。这就是农村所習用的积肥堆肥方法發酵的結果。圖 2 右边表示在隔絕空气下，进行發酵，产生沼气，其中以甲烷为主，伴随着有二氧化碳及其他雜質气体。这种發酵作用是我們用沼气池，制取沼气的依据。

一般，自然界的湖沼污水塘泥，所产生的沼气，也能收集使用，例如全国沼气會議介紹的安徽省阜阳县用活动盖，盖到

污水塘里收集沼氣，收3分鐘就能燃燒15分鐘，該縣縣委在城關鎮，親自主持試驗，結果三天內就在污泥塘邊，建成了沼氣發電站。用沼氣作動力，供應兩個工廠加工生產用，自然界中的沼氣，是可以收集使用的。如用沼氣池，人工制取沼氣，運用起來，就更為方便。

自然界中，另有一種天然氣，蘊藏在地下的深處，有時也冒出地面來，一般可用打氣井的辦法開采出來使用。這種天然氣含甲烷成分較高，大約在70—97%範圍的樣子。因此也是很優良的氣體燃料。這種天然氣僅僅比沼氣多含了約5—10%左右的乙烷，而二氧化碳含量少，其他成分大致相同，只是含量不一樣。

湖北省沿長江兩岸，均發現有大量的天然氣，在武漢市的青山區，隨便打一個洞眼，每天就有720余立方公尺的天然氣，經化驗含甲烷成分在92—97%。每天可供應一千多人煮飯的燃料。（但尚未正式開采）。

（三）產生沼氣的簡單原理

在講沼氣產生的原理之前，先講一講什麼是“有機質”。簡單說來，有機質是碳元素的化合物（一般將一氧化碳、二氧化碳除外）。例如糧食中的淀粉，就是碳、氫、氧三種元素化合成的一種較複雜的碳水化合物。這種有機質在自然界中是很多的。除此而外，動植物體中的脂肪、蛋白質等，以及凡以碳氫元素為主，配合氮、硫、磷等元素組成的化合物，都叫做有機質。例如動物的排泄物（糞尿、汗液等）也是有機質。

沼氣發酵就是各種有機質，如纖維素、蛋白質、脂肪和糖类等，經過嫌氣性微生物（不喜歡空氣中氧氣的微生物）一系列作用，先將纖維素水解成纖維糖，再水解成葡萄糖，最後分解成

醋酸、丁酸及沼气。这种变化是多种微生物的集体力量，絕不是沼气菌(俗称甲烷菌)单独的力量。其他微生物将复杂的有机質，逐步分解成簡單的有机質，甲烷菌最后将簡單的有机質分解成沼气。

在發酵过程中，纖維素較容易被分解，作用进行得比較猛烈。蛋白質經過水解，一部份变成微生物的营养，轉化为它的本身体質和簡單的有机酸。另一部份还不能分解。脂肪的分解就比較慢，其中一部份变成低級的脂肪酸，进而被分解成为簡單的有机酸(如乙酸、丁酸等)，最后被分解变成沼气。还有大部份残留在發酵后物質中。在不断的分解过程中，也有不断的合成，分解与合成是同时进行的。沼气是最后的产物。

这种嫌气性發酵作用分兩步进行。第一步生成有机酸或簡單的有机質。第二步才轉变为沼气。一般說来，第一步进行得快，第二步比較慢。为了使第二步能順利地进行，必須給微生物最适宜的环境，使它發酵。所謂适宜的环境，首先必須隔絕空气，有充足的水份、酸碱度(用 PH 值表示)，在 7.0—7.4 之間，最大不超过 8.0，温度在 25—35°C 之間，并应經常攪拌；另外气压对沼气的产生也有一定影响，在不大于一个大气压的压力下，产气量最多。

(四) 产生沼气的原料

产生沼气的原料，在农村中非常广闊，各种农作物的莖叶以及蒿稈、稻草、麦稈、杂草、落叶等廢弃物都是植物纖維質。牛、馬、猪等牲畜吃草后排出的糞便，也含有很多的纖維素，和多

① PH 值通俗地講，是酸碱性的标尺， PH 值等于 7 时是中性，小于 7 时是酸性，大于 7 时是碱性。有一种指示紙，叫做 PH 指示紙，用它可以粗略地測知糞便的酸碱度。在农村中使用，既經濟又方便。

种的細菌，特別是在牲畜的糞便中，有能使有机質产生沼气的甲烷菌等。以上这些，都是产生沼气的良好原料。

山区地带辽阔的山青，都是沼气发酵的原料。不过在使用这些原料时，应当注意两点：

1. 必須切碎，不能用完整的長纖維，应越碎越好，或先經過台架式的发酵，腐烂后再作沼气发酵原料下到池內，使微生物分解起来更容易些^①。

2. 纖維素是碳水化合物，必須配合一定量的含氮的物質，才能順利地发酵。因为沼气发酵是靠杂菌和甲烷菌、氢細菌等，对纖維素、脂肪、蛋白質等有机質的分解合成作用。在发酵过程中，細菌本身需要一定量的含氮物質，作为自己的营养。营养物的有无和多少都会直接地影响微生物(包括甲烷菌在內)的生存繁殖和活动力。它也关系着有机質的分解快慢，产生沼气的多少。因此不能單純地使用植物原料，必須适当地配合一些含氮物質，如豆餅粉、畜糞等。

城市中的有机垃圾，如烂紙、烂叶、厨房的廢物以及污水、阴沟中的廢物、腐烂的水果、香蕉皮、大量集中的人粪尿等，都是沼气发酵的原料。这些廢物中，既含有纖維素，又含有較多的有机含氮物質及沼气发酵所需的微生物細菌等。将此种廢物与适当的农村蒿秆、畜糞配合使用，是对沼气发酵很有利的。

工厂出来的廢水、廢物，如屠宰場的血水和渣滓、皮革厂的廢皮头、造纸厂的廢紙浆、糖厂的廢水和廢糖泥、釀酒厂的廢酒精等有机廢物，都是沼气发酵的很好的原料。总的來說，只要不是矿物質，不是含酸性或碱性过强的廢液廢物，均可应用。因此，可以說，产生沼气的原料，是广闊易得，取用不竭。

① 台架式的发酵方法是一种改良的堆肥方法，是結合沼气池保温作用，

由中国科学院武汉分院微生物研究室建議的。

(五) 沼气的性質

沼气是一种无色、无味的可燃性气体，因为沼气中常含有微量的硫化氢气体，所以略带臭味。燃燒时，火焰呈淡藍色，变成无味无毒的二氧化碳气和水份，同时發出大量热来，每一立方公尺沼气，可以發出 5,500 仟卡。

1. 沼气的化学成份：

經過 137 次的測定平均結果，如下表。

表 1 沼气的化学成份

項目 \ 結果(%)	二氧化碳 (CO ₂)	甲烷(CH ₄) 及氫和氮	氧 气 (O ₂)	一氧化碳 (CO)	硫 化 氢 (H ₂ S)	不飽和碳 氢 化 合 物
一 般 情 况	36—38	64	0.2—1	0—0.4	極少量	0.6—1.2
百余次化驗平均值	38	60.5	0.1—1	0.1—0.3	極少量	0.4

2. 沼气中甲烷的物理性質

甲烷是无色、无嗅、无味的气体，它的物理性質如下：

(1) 比重：甲烷的比重是 0.554，就是：

$$\frac{\text{甲烷每立方公尺重量}}{\text{空气每立方公尺重量}} = \frac{0.716}{1.293} = 0.554 \text{ 公斤/立方公尺}$$

从这个数据說明，甲烷比空气要輕一倍多，因为沼气比空气輕，它在空气中就容易扩散，大約沼气扩散速度較空气要快三倍。

(2) 溶解度：甲烷的溶解度，在 20°C 时，每百毫升水，只能溶解 0.033% (一般按体积計算，以毫升作單位)。这說明甲烷的溶解度很小。

(3) 發热值：每一立方公尺甲烷，完全燃燒时，所發出的热量就是甲烷的發热值，一般純甲烷的發热值是 8,562—9,505

仟卡。沼气的發热值，就是一立方公尺的沼气，完全燃燒时所發出的热量，一般平均为 5,500—6,500 仟卡。

(4) 密度：在 20°C 一个大气压下每立方公尺气体的質量，叫做該气体的“密度”。純甲烷的密度每立方公尺重 0.716 公斤。沼气的密度每立方公尺約重 0.6 公斤左右。沼气成份及温度、压力不同，密度也不一样，这不是一成不变的数据。

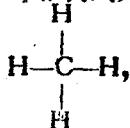
(5) 临界温度：甲烷的临界温度是 -82.1°C (即零下 82.1°C)。当气体变成液体时先須降低温度到一定程度，再加一定压力，才能使气体变成液体。如果高于这一温度，无论怎样增加压力，都不能使它变成液体。因此，把气态变为液态时的最高温度叫做这个气体的“临界温度”。

(6) 临界压力：在临界温度时，使气体变成液体所需的最低压力，叫做这个气体的“临界压力”。甲烷的临界压力是 45.8 大气压力^①。

(7) 着火点：着火点又叫自燃点，就是物質能够自己着火燃燒，并繼續燃燒下去的最低温度。甲烷的着火温度为 537.2°C 。

3. 沼气中甲烷的化学性質

(1) 甲烷的分子式是 CH_4 ，是一个碳原子四个氢原子所結合的化合物。它的分子結構式如下：



它是很穩定的最低級碳氫化合物。

(2) 甲烷的分子量是 16.04。

① 一个大气压等于每平方公分承受 1.033 公斤的压力，等于 760 公厘水銀柱高度。一工业大气压力，为每平方公分承受 1 公斤的压力。

(3) 当甲烷完全燃烧时，每一体积甲烷需要两体积的氧，并放出大量的热来。化学反应式是：



甲烷 氧 二氧化碳

一般空气中，有五分之四的氮气和五分之一的氧气，因此，一体积甲烷完全燃烧时，所需要的两个体积氧，必须从十个体积的空气中得来，甲烷完全燃烧时，所需要空气量的理论混合比是 1:9.47，即一个体积甲烷，需要 9—10 个体积的空气才行。所以利用沼气燃灯照明或燃烧或开动机器，都必须了解甲烷完全燃烧时这一化学原理，从而明白为什么一定要足量的空气。不这样，不是点不着，就是灯不亮，或者机器运转不正常。

根据以上的特性，甲烷是非常稳定的饱和碳氢化合物，就是与强酸强碱也不起作用。甚至与最活泼的卤素（如氯气）也必须在一定条件下才能够化合。

二、沼气有什么用

(一)用沼气点灯照明

沼气可直接代替煤油用来点灯照明，一立方公尺的沼气可供 10 盞灯点一小时，光度与用煤油的煤气灯相似，圖 4 是沼气灯构造简圖。照明时，将灯头装接在导气管上，打开气門，用火柴一点即可明亮。过去使用的灯头是用金属制造的，现在改用了瓷質灯头，适合于广大农村推广使用。这种灯头景德镇瓷厂已大量生产。

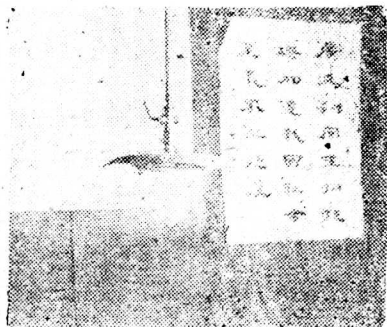


圖 3 沼气灯

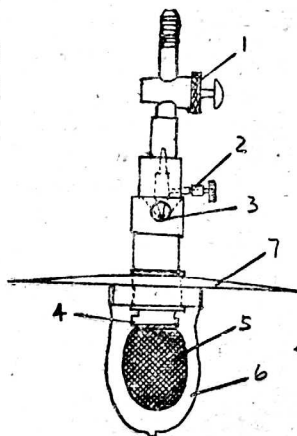


圖 4 沼气灯构造简圖

1. 沼气开关； 2. 沼气調节門；
3. 空气調节門； 4. 耐热泥脚；
5. 紗罩； 6. 玻璃罩； 7. 回光罩。

新灯头开始第一次点灯的方法，是先取掉玻璃罩 6；将紗罩 5 装于灯头下的泥脚 4 上，打开灯头开关，使沼气射到紗罩

上，再把空气調節門 3 关闭，用火柴点燃，待紗罩燒尽时，隨即漸漸打开空气門，待空气达到紗罩后，就發出白色光芒。如光綫不充足，須慢慢調節沼氣閥 2，并同时調節空气門，待沼氣与空气配合适当时，就会發出强烈的白光。

灯头經過第一次点灯后，第二次再点就極為簡單了，不必再关上空气門，也不須取掉玻璃罩，只打开沼氣开关 1，在玻璃罩的下口点火即燃，隨即發出白光。如經過了較長時間的照明，沼氣供应不足，而灯光漸漸变弱时，即將空气門調小一些，灯光就能变亮，在必要时可以关闭几盞灯头，以便維持必需的灯头，繼續使用。

各地直接用沼氣点灯照明时，在發酵池下料后的初期，常發生灯点不着或不亮的情況。根据分析，有以下几个主要原因存在，可能是一种原因，也可能是几种原因并存。

1. 下料后發酵初期，沼氣內如二氧化碳含量較高（大于 45—50%），而甲烷含量較低时，灯就点不亮。

2. 沼氣压力小（小于 30 公分水柱高的压力时）灯就不亮。有时帶明火或紅火。在这种情况下，用来燒水、煮飯是很好的。

3. 如果不是以上两个原因，另外可能是灯头本身有毛病。主要还是沼氣与空气配合的比例問題。如灯头不能很好調節空气和沼氣，就不能發出强烈白光，如能調節好（大約一份沼氣配合七份空气），它的光度与用煤油的煤氣灯相似。（如果紗罩外面有火焰出現，就是空气太少，沼氣过多，必須把空气門开大些，才發光。如果紗罩發紅光，表示空气太多，須把空气門开小些）。

4. 池子可能有漏氣地方，以致影响压力和沼氣質量。一般应当及时檢查。

5. 导气管、接头、开关等处，可能有漏氣地方，致使沼氣供应灯头的压力不大，而不能和吸入的空气相适应，也可能因