

怎样利用沼气发电

朱 可 周文海著



水利电力出版社

怎样利用沼气发电

朱 可 周文海著

*

1110R235

水利电力出版社出版(北京西郊科学路二里沟)

北京市书刊出版业营业许可证出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华书店发行

*

787×1092 $\frac{1}{32}$ 开本*1册印张*37千字

1958年6月北京第1版

1958年6月北京第1次印刷(0001—200,100册)

统一书号: T15143·115 定价(第9类)0.28元

出版者的話

大規模地利用沼氣作為燃料和動力，是我國在工農業大躍進中的一件重大創舉，它十分適合我國目前生產發展的要求，可以大大地促進農業電氣化、機械化的實現。這是因為：以沼氣作為燃料和動力的資源，是不受任何自然條件的限制的，凡是人畜糞便、污水、污泥、落葉、湖草、雜草、禾稈、城市里的垃圾、廚房里的廢物，屠宰、皮革等工廠所排除的物質等，都可以作為生產沼氣的原料。這種生物能是取之不尽，用之不竭的。利用沼氣資源變成燃料，來發電，來開動拖拉機、抽水機、耕犁、飼料磨碎機、汽車及其他需要動力的機械，來直接用于家庭照明、燒水和煮飯，將使農村面貌根本改觀。

廣東省番禺縣在利用沼氣方面“一馬當先”(5月14日“人民日報”載)，預計在最近幾個月內，全縣236個農業生產合作社，社社都有沼氣動力站。而且，他們特別注意將沼氣用于發電。僅番禺縣市橋鎮在短期內已經建成具有2640立方公尺的巨型發酵池的沼氣發電站，發電量將比當地原來電力廠的電力還多三倍。這一切，充分表現了他們向農業電氣化、機械化大踏步邁進的豪邁氣概！

目前利用沼氣的情況是：不僅在番禺，在廣東省的其他地方，在湖北，在浙江、江蘇、安徽，在四川，在甘肅，都在積極研究和推廣利用沼氣，還有更多的地方也必將急起直追。沒有疑問，利用沼氣將會在很短的時間內普及到全國各個農村和無數農民的家庭中。不僅如此，在城市也將有不少地方提倡和推廣利用沼氣。

由於番禺縣在利用沼氣方面作出了先進的榜樣，創造了先

进的經驗，全国各地要求利用沼气的地方，也必然希望了解番禺县的作法，学习和参考番禺县的經驗。因此，我社特約請番禺县的同志编写“怎样利用沼气发电”一書。由于中共番禺县委的大力支持，在短短二十多天內就写成了。

这本书主要是总结了番禺县建設沼气发酵池和沼气发电站的实际經驗。作者朱可、周文海同志，在番禺县开始进行利用沼气的工作时，就在县委领导下，在技术上担任試驗、研究和推广工作，参加了沼气发电站的建設。因而，他們能够在書中介绍許多具体的經驗，列举了不少生动的实例。同时，他們一边收集資料，一边写作，使書中包括了最新的資料。特別值得提出的是：書中对沼气发电站的主要构成部分——沼气发酵池及貯气裝置的构造和施工方法，介绍得比較詳細，这就为一切以沼气作各种用途的地方提供了有价值的資料。書中对沼气发电站的其他設備及安装、操作的方法，也作了較詳細的介绍，这些資料对各地建設沼气发电站也是有参考价值的。

当然，番禺县大規模利用沼气的工作还只是开始，因而，他們的經驗虽然是可貴的，但也是初步的。这就必然有許多技术問題还有待于各个地方在實踐中繼續深入研究和更好地解决。其中如沼气发酵池的結構形式，最經濟、最有利的生产沼气的經驗，以及如何更好的使用沼气等一系列的技术問題。我們相信，在全国各地开遍利用沼气的花朵的同时，必将逐步得到更为圓滿的解决。我們也希望，凡是利用沼气的地方，都能及时总结自己的經驗，如果有普遍推广的价值，还可以写成小冊子交出版社出版，以不断地丰富我們利用沼气的技术知識，以利于我国农业电气化、机械化的事业不断向前跃进！

目 录

出版者的話

第一章 什么是沼气	4
第一节 沼气的存在	4
第二节 沼气的性質	5
第三节 利用沼气应注意安全	6
第四节 利用沼气有什么好处	7
第二章 怎样生产沼气	9
第一节 生产沼气的原理	9
第二节 生产沼气的原料	12
第三节 产生沼气的几个条件	17
第三章 沼气发电站的建設和运行	23
第一节 沼气发酵池的設計和施工	23
第二节 沼气发电站的設备及安装	33
第三节 沼气发电的操作	40
第四章 农村中沼气动力站的綜合利用	43
第一节 以沼气动力站为中心建設联合工厂	43
第二节 沼气在照明、燃烧及动力机械上的应用	45

第一章 什么是沼气

第一节 沼气的存在

平常在粪池中或污水沟渠里，常常可以看到：一个连一个的气泡继续地跑到面层，这些气泡中有一部分就是沼气。含有杂草、落叶的池沼内，也常可看到气泡上升。农村的小孩大都知道，假如用木棍搅动池沼的底，水面上就冒出气泡。这种气泡的气味像新割下的草一样，气泡中的沼气可以燃烧，还带有蓝色的火焰；农村小孩对这种现象很感兴趣（见图1）。

在一些地方的田土里，也发现这些气体的存在；在干枯了的井中及煤坑里，也都存在沼气。因此，沼气在自然界里的存在是十分广泛的，只是我们平日没有注意收集起来加以利用，因而使沼气白白散失在空气中。



图1 搅动池沼的底，冒出沼气，
可以点燃

因为这种气体最先在池沼、泽地发现，所以“沼气”由此得名。

产生沼气的的原因是：在池沼、泽地底层，含有很多有机物质，特别是纤维素，如杂草、落叶等等，在隔绝空气并有适当的温度、湿度的情况下，加上一种嫌气性的甲烷菌的分解作用，就有沼气产生。

沼气除了在自然界中存在以外，还可以用人为的方法来取

得。例如把煤放在密封的容器中，經高溫加热产生各种气体，其中三分之一左右是沼气。

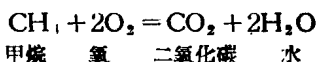
第二节 沼气的性質

沼气的化学名称是“甲烷”，是一种无色、无味、无嗅的气体，如气体中存有少量的硫化氢(H_2S)时，則带有臭蒜味。甲烷气同足量的空气配合(1:10)燃烧时，可以发出很大的热量，每立方公尺气体可达5,000~6,000千卡(一公斤的水在它的温度升高摄氏一度时所需的热量，叫做一个千卡，又叫大卡)。因此，可以把这种气体作点灯、煮飯、开动汽车、发电等等的燃料。

甲烷的化学结构式是：
$$\begin{array}{c} H \\ | \\ H-C-H \\ | \\ H \end{array}$$
，即由一个碳原子和四个氢

原子所结合成的，它是一种很稳定的气体。它的分子量为16.14，熔点 $-182.5^{\circ}C$ ，沸点 $-162.5^{\circ}C$ ，与空气的比重为1:0.55，它是比空气轻的一种气体。

甲烷气作为动力燃料用时，各项性能良好。根据化学反应式，每一体积甲烷需要二个体积氧作用，其反应式为：



因此，甲烷和空气的理论混合量应含9.47%甲烷，比一般煤气所需空气量为多，所以在利用沼气作燃料的动力机械引擎中，空气和沼气进口管径比相差要大。甲烷在空气中可燃性的浓度范围为5~15%，比石油的2~5%的浓度范围要宽。这个特点使引擎中可用的混合量范围较大。甲烷的最低起火点温度为 $650^{\circ}C$ ，比汽油要难起火。这就是为什么用沼气作为内燃机燃料时，需要先用汽油发动的原因。

甲烷在内燃机中，分佈良好，积炭少，机器不易污秽，甲

烷的这些性能，适于作为动力机械的良好燃料。

第三节 利用沼气应注意安全

沼气的物理特性，是一种非常易于燃烧的气体，只要和空气配合一定的比例，遇到火种，便能立即燃烧起来；在密闭容器里燃烧，还会引起爆炸。沼气发酵池是密闭容器，它的附近应严禁带有火种的东西存在。

为什么沼气发酵池附近有火种就会引起爆炸呢？这是因为：池内气体负压（即池内压力低于外面大气压^①）时，火就很易引入池内使沼气燃烧，甚至把整个池炸掉。刚结束抽气工作或内燃机发动完毕的时候（是指直接使用池内沼气的），都会造成负压，这时，尤其需要特别注意防火。

广东省番禺县山西农业生产合作社沼气池发生爆炸，就是一个很明显的例子。今年4月27日该发酵池建好后，池内发酵原料刚刚产生沼气，里面还有一定量的空气存在，晚上挂了一盏煤气灯在池顶上的沼气导管处，约两小时之久，结果气管被烧得通红，以致发生爆炸。爆炸时的威力很大，整个池的顶部被炸翻，百多市斤重的石块被抛到20多公尺远。在池子100公尺范围内的地面都受到震动，而且爆炸的声音很大，响如雷声（见图2）。（该社农民以高度干劲，两三天内即修复此池。）

甲烷在一般情况下，即在充足的空气中，毒性不大，但这种气体大量存在时，即在空气中达到70%以上，能使人、畜昏迷，严重的能中毒死亡。所以，在使用沼气的家庭中，如果室内沼气管漏气，要立即修补，并将室内窗户全部打开，使空气流通。如发现有人中毒，应立即进行人工呼吸，严重的要送

^① 大气压——地面上的空气是有压力的，据测定，在正常情况下，每一平方公分约有一公斤压力，我们管这种压力数值叫作一个大气压——编者。



图 2 沼气池发生爆炸，威力很大

往医院进行急救。

如果池子或通气管漏气，还会引起附近建筑物火灾的危险，应特别注意。

产生爆炸、火灾和中毒等等事故，其原因既然主要是池子或气管漏气所致，因此，在建池时要特别注意质量，投入生产后要经常检查，如发现池子有裂缝或小孔，要立即进行修补。气体导管也要经常检查。检查的方法是用肥皂水涂在气体导管的接口处，以测定导管是否漏气。

第四节 利用沼气有什么好处

粪便、污物进行密闭发酵所产生的沼气，为动力机械的燃料开辟了取之不尽、用之不竭的源泉。大力提倡和推广利用沼气，就会大大加速农村电气化、机械化的实现。广东省番禺县准备每个农业生产合作社都办沼气动力量站，正在逐步实现，这就是一个生动的实例。

利用沼气的好处不仅可以发电、照明、煮饭、烧水，开动拖拉机、汽车、抽水机等机械。而且，密闭发酵后，不单保存了本身的肥效，还变成了优质肥料，它的特点是浓淡均匀，极宜

于被农作物吸收，因而也就大大提高了农作物的产量。根据我們所作的小型莧菜生长試驗，証明了密閉发酵过比露天貯存的有机肥料效果高得多，我們估計大約能提高农作物产量 30~50%。我們对一部分莧菜施放密閉发酵过的肥料，对另一部分莧菜施放露天貯存的农家肥，在第四天后就有显著的差别。

据推测，发酵后的肥料可以提高肥效到五倍。原因是：肥料在发酵的时候，其中蛋白質被分解为氨，而且由于沼气发酵池内的压力使氨溶在水内，这样作为肥料的重要因素——氨就稳定在肥料内。但露天貯存的肥料，其中的氨容易跑掉。所以密閉发酵过的肥料效果要高得多。

此外，由于把一切粪便、污物进行密閉发酵，也就极为圆满地解决了向来无法解决的难题，那就是农村中积存起来的肥料——粪便、废物等，在积存直到使用这个过程中所引起的一系列問題都可以解决。我們可以設想，在全面利用沼气后，环境卫生，将会焕然一新，随处是粪坑、污物堆积成为蒼蝇、蚊子的孳生地，将会为井井有条、清洁干淨的面貌所代替。不单如此，粪便中原来存有的寄生虫，如吸血虫、鈎虫、蛔虫等都会处于隔絕空气的发酵过程而全部死掉。这就对保証人民身体健康带来很大的好处。

此外，正是由于利用沼气，人畜粪便中所含有的杂草种子，也因粪便长期处于密閉的状况下而死掉，因而农作物中的杂草也就大大地减少了。

因此，我們可以毫不誇張地說，利用沼气真是有百利而无一害（見图 3）。

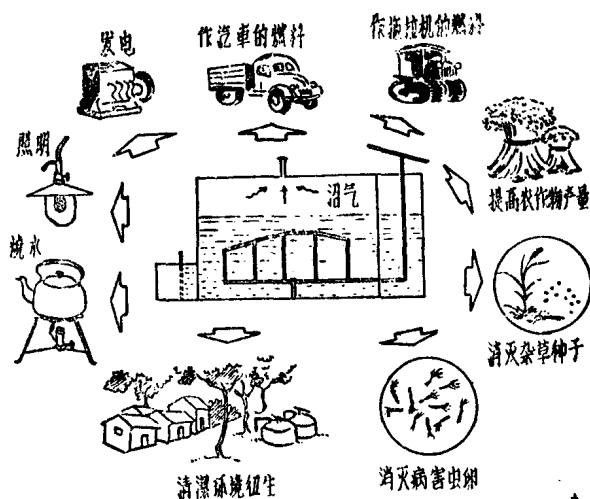


图 3 利用沼气有百利而无一害

第二章 怎样生产沼气

第一节 生产沼气的原理

在自然界里，植物不断地制造有机物，貯存能量。但是有机物中所含的能量不能被动物全部吸收，一半左右的能量从动物的粪便中排出。例如牛从粪便中排出的能量就佔飼料总能量的一半左右。动物粪便在普通腐熟成廐肥的过程中，又散失热量，放出气体。在一般情况下約有50%的能量遭到損失。每吨(2,000市斤)新鮮粪便在好气性分解(即在露天情况下)过程中，平均損失热量达 350,000千卡，折合电能大約有400瓩小时(图4)。把这种潛在的能量收集起来利用，对我国社会主义建設事业具有重大的經济意义。

如果将粪便等有机废物的好气分解改变为嫌气分解，也就是将粪便等进行沼菌酵化，就能够取得沼气作为能源。这种能称为“生物能”。它和原子能、物理化学能总称为自然界中三大能量，这些能量都能够为人类服务。

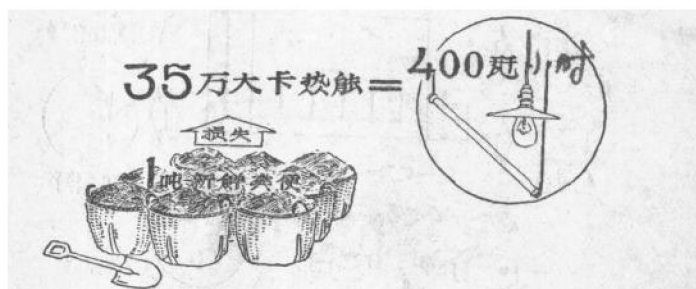
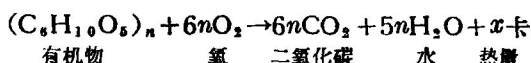


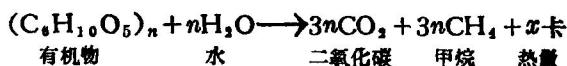
图 4 新鲜粪便在露天情况下大量损失热能

为什么有机物质在不同情况下(好气性和嫌气性)发酵，能够消失或产生能量呢？我们可以从它发生变化的过程来说明这个道理。

有机物的好气性分解，是按下列化学反应进行的：



有机物质在好气分解时产生二氧化碳和水分，並产生大量的热量散失在空气中。而嫌气性分解，是按照另一化学反应进行的：



嫌气分解下的有机物大部分的碳(60~70%)变为沼气和一部分二氧化碳，同时散失較少的热量(图5)。由此可见，沼气是通过一种嫌气性甲烷细菌对有机质的作用分解出来的。

19世纪末叶，俄国学者 B.Л. 奥梅梁斯基院士对这种细菌

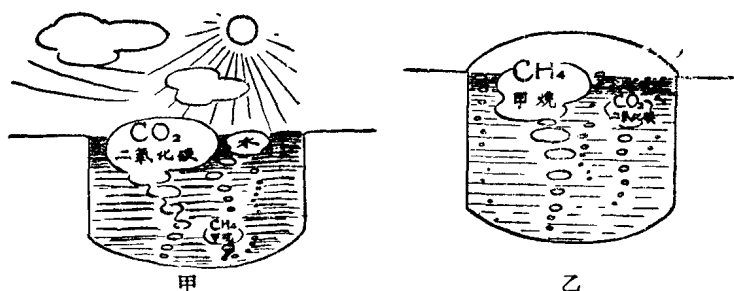


图 5 有机物质在露天和密闭情况下发生气体的不同变化

甲—露天时产生大量的二氧化碳；

乙—密闭情况下产生大量的甲烷（沼气）。

作了详细的研究，并确定在纤维素嫌气性发酵时有两种细菌参与作用：一种细菌能分解纤维素产生大量的氢气；另一种细菌能形成大量的沼气。前一种细菌称为氢发酵细菌，后一种叫甲烷发酵细菌。这两种细菌经常生活在一起，在形态上和生理上也基本相同，所以有人把这两种细菌合为一种，称为奥梅梁斯基桿菌。

甲烷发酵细菌的生长速度比氢发酵细菌要快得多，所以在分解纤维质的过程中甲烷细菌常占优势，生成的沼气较氢气为多。所以称为沼气发酵。

甲烷发酵细菌在显微镜下观察时，是单独桿状稍有弯曲的细菌。这种细菌生长后期，细胞延长，细胞一端缩成球状孢子，孢子能耐高温，在 100°C 下可维持90分钟而不死亡。这种细菌生长时不需要氧气，而且只有在完全隔绝空气的条件下才能生长，在 34°C 至 35°C 时生长得最好；还能在酸碱度(PH值)6.8~8.4度之间生长，但最适宜生长的PH值是7~7.4度。有机质的湿度为含水量88~90%时，是沼气菌醇化的最好条件。

甲烷细菌分解纤维素产生沼气的过程是这样的：

先将纖維素水解成纖維醣，再水解成葡萄糖，最后分解成有机酸(主要是乙酸和丁酸)、甲烷和二氧化碳及少量的其他气体。甲烷和二氧化碳的量約占被分解纖維素的一半，另外一半是有机酸。

根据上述沼气发生的原理，如果以有机废物来生产沼气，那就需要建造一个围绕密闭室为主的具有各部分相互配合作用的发酵池。例如有一个原料发酵室，它的上部要有一定的空間来貯积气体；气体产生以后，需要有气管引导出来；为了发酵均匀，沼气易于上升，就需要安装一个攪拌器；原料新旧的更換問題又需設有进料間和出料間(见图6)。

关于池的形式及其构造等項問題，将在下章介紹。不过无论什么样的建造形式，它的构造依据都是按照沼气发生的原理，因而上述几个基本构造都是不可缺少的。

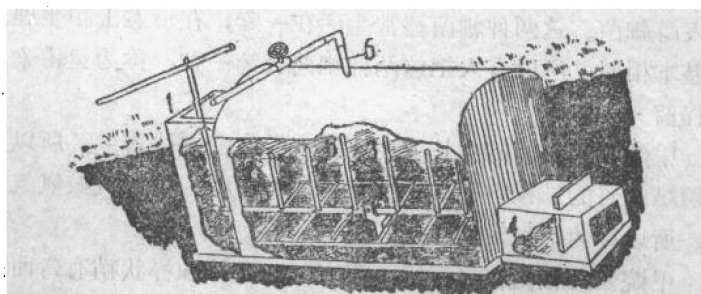


图 6 沼气发酵池的构造

- 1—进料間；2—发酵間；3—攪拌器；4—出料間；5—沼气导出管；
6—沼气貯存空間。

第二节 生产沼气的原料

生产沼气的原料是非常广泛易得的。凡是有机废物，例如人、畜粪便，稻稈、麦稈、莖叶、杂草、落叶、垃圾、污泥、厨

房废物、加工厂废物、屠宰场、皮革厂的废物等等都能利用，这些原料随处可获，真是取之不尽，用之不竭。为什么这些原料都能产生沼气呢？因为这些原料的成分，其中如稻稈、麦稈、杂草、莖叶、落叶等，主要是纖維素；馬、牛等吃草动物的粪便中也都含有丰富的纖維物質。但必須指出，产生沼气决不是单纯有大量的纖維素物質就能够解决問題。正如前面所提到的，分解纖維素这种有机物質，是靠甲烷菌进行作用的，而甲烷菌繁殖速度的快慢及其生命活动良好与否，和摄取其所需的营养物質（主要是氮）有关。有无营养物質或其数量的多寡，能够影响甲烷菌的生命活动力。它的关系是：足够的营养物質→甲烷菌生命活动旺盛→纖維素物質的分解多→产生大量沼气；相反地，营养物質缺乏→甲烷細菌生命活动力衰弱→纖維質分解慢→沼气产生量少。

由此，就必须注意原料的配合。那么，原料的配合怎样才恰当呢？应该把貧氮有机質发酵原料，如稻稈、麦稈、杂草、落叶等等，再增配富氮的物質如人、畜粪便、污泥等等，就能够保证甲烷細菌在生命活动过程中必需的营养，以利于纖維質的分解而大量产生沼气。

前面說过，任何有机废物都能够产生沼气，那么，各种各样的有机物質产生沼气的数量有多少呢？

据資料測定，每吨风干的有机物質全部分解完毕，約产生混合气体300~400立方公尺。但一般很难全部进行分解，因而所存在的能量也就沒有完全被利用。同时，家畜粪便所产生的沼气数量，还因飼料的不同而異。

原料与原料之間是否应该按一定比例配合較为适当呢？一般說来，原料的配合可以不必按照严格的比例，也是能够产生沼气的。只不过配料不同，产生沼气的快慢和多少有所不同罢了。

了。但为了更快更多地产生沼气，将原料按一定比例配合发酵也是十分必要的。

現把我們的实践結果写在下面：

(1)番禺县城市桥镇西涌沼气发酵池体积为125立方公尺，所进原料几乎全部是新鮮的人粪尿(佔全部原料的90%)，只有极少量的猪、牛粪。进料后20天才开始有微弱的沼气产生，25天后，沼气的成分仍在40%以下，放出的混合气体中硫化氢很多。30天內的測定，池子每立方公尺容积每昼夜所产生沼气不超过0.2立方公尺。

(2)試驗用的沼气发酵池，体积为45立方公尺，进料是按人粪、猪粪、牛粪2:1:1的比例。所进粪便絕大部分是新鮮的，其中也有少部分是經過貯存的旧粪，和一部分污泥(佔总原料的12%)，全部水分均为污水。进料后66小时产生沼气，硫化氢极少，甲烷含量达65%，60天內的測定，沼气池一立方公尺容积每昼夜产生沼气为0.3~0.48立方公尺。

(3)市桥镇电力厂圓形池，体积为440立方公尺，原料的配合是人粪、猪粪、牛粪，其比例为2:1:1，还加入了一部分污泥(佔总原料的6%)，人粪是經過一星期以上的积存，进料后36小时即产生沼气。混合气体中硫化氢的含量也很少。沼气产生量还没有測定。

(4)番禺县大石乡山西农业生产合作社沼气发酵池，体积是360立方公尺。所放原料有污泥、人畜粪便，其中污泥佔31%，粪便佔40%，其余全部是污水。进料后2小时即产生大量沼气，用橡皮管导出即可点燃，开动15匹馬力內燃机发电5瓩/小时，能連續工作5小时。

(5)此外，我們还在實驗室作了一些原料配合的試驗，原料配合分四种处理，

1. 单纯猪粪(粪与水分的比为2:3);
 2. 单纯牛粪(粪与水分的比为2:3);
 3. 人、牛粪混合(人粪、牛粪、水的比为1:1:3);
 4. 稻秆、人粪混合(草、粪、水的比为1:15:20),
- 稻秆是新鲜的干秆。

以上几种试验的温度都保持为 23°C , 酸碱度为8度(即 $\text{PH}8$), 产气最快的是人、牛粪混合料, 入料后三天即产生沼气。

以上四种不同配料产生沼气多少的比较为: 人、牛粪 > ① 猪粪 > 人粪、稻草 > 牛粪。从这一实验说明: (1) 混合配料比单纯料好得多。例如人、牛粪混合料从今年4月13日到22日, 产生沼气共9,500毫升, 而猪粪只有1,500毫升, 人粪、稻草有700毫升, 牛粪只有350毫升。上述结果可以看出: 人、牛粪配合之所以产气较多, 原因是人粪中含有大量的氮素, 而牛粪则纤维素较多, 在发酵过程具备了产生沼气的纤维素和甲烷细菌所需要的营养素, 加上粪便容易腐熟, 所以产气较多。单纯牛粪由于含氮素少, 故产气不多。(2) 本来稻草是产生沼气的良好原料, 但人粪、稻草配料产生的气体极少, 主要原因是这次试验所用的稻草都是新鲜的干秆, 虽然切碎了, 但腐烂发酵需要的时间较长, 所以, 初期产气很少。

从上述情况中, 我们还可以看出, 从进料完毕到开始产生沼气最快的是大石乡山西农业生产合作社的池子, 只需2小时即产生沼气, 并能点燃。其余像电力厂池及试验用池也只需36~66小时就产生沼气。最慢的是市桥镇西涌池, 需要20天才开始产生沼气。

① >: “大于”的符号, 这里的意思是人、牛粪混合料比猪粪产生的沼气多