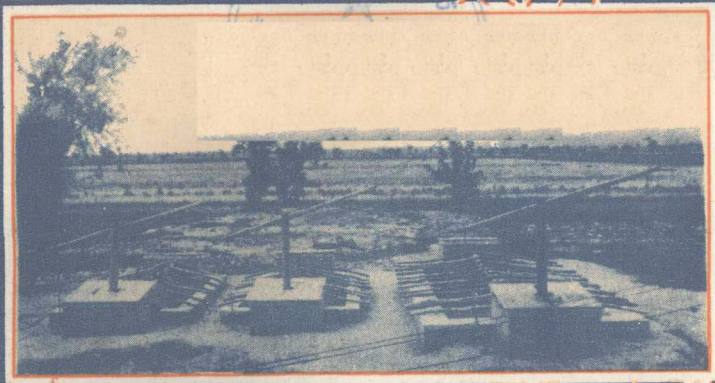


16.96

4941



沼气的生产和利用

赵培烈 路金逵 李景春 编写

山西人民出版社

沼气的生产和利用

赵培烈 路金逸 李景春编写

山西人民出版社出版 (太原并州路七号)

山西省书刊出版业营业许可证晋出字第2号

太原印刷厂印刷 山西省新华书店发行

开本: 787×1092 耗 $1/32 \cdot 1 \frac{3}{8}$ 印张 $\cdot 29,000$ 字

一九五八年十月第 一 版

一九五八年十一月太原第一次印刷

印数: 1—14,096册

统一书号: 13088·11

定 价: 一角四分

緒 言

生物能的研究和利用已有八十多年了，但在我国还是新工作。去年湖北試驗成功，我省化工石油研究所于今年二月开始試驗，三月份試驗成功。利用发出的沼气做了发电、烧水、点灯等試驗。为了广泛推广，曾在太原市郊城西村建立較大的发酵池进行扩大試驗。6月10日前后已利用沼气做了照明、烧水等試驗。在7月4日沼气发电站正式建成，利用发出的电开动了小鋼磨、水車等。并进行綜合利用的研究。

因限于經驗和知識关系，編写这本小冊子仅能做为参考，还希大家指正。

32.21

1424

目 录

第一章	概述.....	(1)
第二章	沼气的一般知識.....	(3)
一	什么是沼气.....	(3)
二	沼汽的一般性質.....	(3)
第三章	沼气发酵的基本理論.....	(4)
一	纖維素的嫌气分解.....	(5)
二	醋酸的甲烷发酵.....	(5)
三	丁酸发酵.....	(6)
四	巴斯威尔和莫勒总结发酵基理.....	(6)
第四章	沼气发酵池的建造.....	(7)
一	发酵池的构造和形式.....	(7)
二	发酵池的組成及各部份之間的关系.....	(8)
三	設計.....	(8)
四	材料計算.....	(10)
五	热工計算.....	(10)
六	怎样建筑发酵池.....	(12)
七	发酵池的施工方法和說明.....	(13)
八	建立发酵池应注意几点.....	(16)
九	貯气槽.....	(16)
	附：小型試驗裝置.....	(18)
第五章	怎样进行甲烷发酵及其掌握要点.....	(19)

一	发酵条件.....	(19)
二	原料的配比和处理.....	(24)
三	原料入池.....	(25)
四	空气的排除.....	(26)
五	試点.....	(26)
六	保温与加温.....	(27)
七	搅拌.....	(28)
八	池子的管理.....	(29)
第六章	沼气的利用.....	(30)
一	利用沼气产生热能.....	(30)
二	利用沼气产生机械能.....	(32)
三	沼气在日常生活中的应用.....	(35)
四	沼气的化学利用.....	(37)
五	沼气的其他利用.....	(37)
第七章	发酵物的应用.....	(38)
一	当作农业肥料.....	(38)
二	其他.....	(39)
第八章	安全技术操作.....	(40)
一	防止火灾.....	(40)
二	防止中毒.....	(40)
三	防止爆炸.....	(40)
附:	各种有机废物产气量表.....	(42)

第一章 概 述

我們伟大的祖国正处在一个一天等于二十年的时代，随着农业的大跃进，要求机械化的程度日益提高，但首先碰到的問題就是动力燃料，因为我国的石油生产在目前來說，还不能滿足这方面的需要。

为此利用各种粪便，和农村的有机廢物（如：麦稈、稻草、杂草、玉蜀黍、向日葵、馬鈴薯等的茎叶），城市中的污泥、污水，酿造厂和屠宰厂的廢水、廢物，以及厨房的垃圾等經過密閉发酵，将会产生出一种气体燃料——沼气（甲烷）。这种沼气（甲烷），不仅能做为煤气机、汽油机、拖拉机、汽車等动力机械的燃料，还可点灯、做飯、发电、抽水。这样就可节约大量的汽油和煤炭，对我国实现农村四化（电气化、机械化、水利化、化肥化）起很大的作用。經過发酵的粪便、污水和杂草等也有很多用处。

制沼气和沼气的利用，对农村至少有以下的重要意义：

一 增加肥料扩大肥源

在我国目前來說肥料还是缺乏的，如果用发酵的方法来处理有机廢物，这样既制出了沼气，又会把有机廢物变成高效的优質有机肥料。

在一般农村的堆肥过程中，有效氮要損失50%以上，如采用密閉的方法发酵，則只損失5%，并且速效氮和不发酵

以前比較增加了五倍以上。据文件記載，应用发酵肥料能使作物产量增产20——30%。

二 可解决农业机械化部份燃料問題

利用沼气除可做为煤气机、給油机等动力机械的燃料来发电、照明、抽水磨面等外，还可把沼气压入鋼瓶中来开动汽車和拖拉机等。

由此看来，利用沼气是能解决大部份农业机械化动力的燃料問題的。

三 改善环境卫生

我們发酵所采用的原料，都是极其肮脏的，它寄生着大量的病菌和虫卵，这些病菌和虫卵是传染疾病的直接媒介物，由于我們要进行发酵，这就会促使人們經常不断的把它送入发酵池，在发酵过程中由于時間长（約30天）、溫度高（32—34°C），大部份的病菌、虫卵会被分解而死，这样就大大的改善了环境卫生，减少人民的疾病。

四 减少农田杂草

杂草和牲畜粪便中都含有很多草子，由于发酵的結果，草子会被分解，这样就会使农田减少草害。

如在城市利用污水、污泥、厨廢物等来进行发酵，一方面可得到大量的沼气，可做居民的燃料之外，还可制取珍贵的化工产品。如利用沼气可制成炭黑、四氯化炭、甲醇、甲

醛、橡胶、醋酸等等。另一方面它的残渣还可经过干溜提出气体燃料，汽油、煤油、焦煤等等。同时还可从残渣中提取活性污泥。活性污泥是塑料制品——电門、电话机壳、留声机片等的原料。此外，还可从中提取工业油脂、蛋白質和猪饲料等等。

总之，沼气（甲烷）的利用，無論在农村、在城市都有重要的意义，对我国经济建设将会起到很大的作用。

第二章 沼气的一般知識

一 什么是沼气

沼气，最初是在池沼中被人发现的，故名“沼气”，它的学名叫“甲烷”，它是由一个炭原子和四个氢原子组成的，故称“炭氢四”。

二 沼气的一般性質

沼气是一种无色、无味、无臭的气体，燃烧时能发出高热，每立方公尺的沼气，其热值约为5500——6500大卡的热量，故称“高卡气体”。

沼气較空气輕，比重为0.55，在标准气压下，每升沼气的重为0.176克。

沼气微溶于水，在20°C时，每100毫升水中，可溶沼气0.33克；在0°C时，每100毫升水中，可溶沼气0.056克。

沼气在常温或降温中都可进行压缩，常温 200 大气压下，可将 10 立方公尺沼气压入 50 立升的钢瓶中，每个 6 公秉的钢瓶中，在 200 大气压时，能容 12 立方公尺气体。

36 立方公尺的沼气，可使三吨的载重汽车行驶 100 公里。

沼气在空气中燃烧时，生成二氧化碳和水，与一定量的空气混合，在密闭的情况下遇火，便发生爆炸。兹将空气中含沼气的爆炸范围，略述于下：

0 —— 4 % 不爆炸

4 —— 6 % 微爆炸

6 —— 9 % 强烈爆炸

9 —— 10 % 猛烈爆炸

10 —— 13 % 强烈爆炸

13 —— 16 % 微爆炸

16 % 以上即成为可燃混合气体

沼气与氧之混合物，遇光则爆炸；与氟之混合物，能自燃。

沼气的自燃点及自动着火点为 650 —— 750 °C。

空气中沼气达 30 % 时，略具麻醉性。

第三章 沼气发酵的基本理论

沼气发酵的原理，已研究好多年了，但因为细菌种类的不同和发酵物料的不同，很难把它综合成一个系统的理论。

沼气的生成，是由细菌集团的活动所引起的，除了沼气菌本身外，还有氢菌、纤维素分解菌、蛋白质分解菌、硫酸盐和硝酸盐的还原菌以及其他辅助的同类的产气菌。

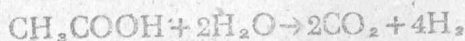
一 纖維素的嫌气发酵

1875年俄国学者波波夫观察纖維素等的轉化分解时，形成有机酸、甲烷和二氧化碳。后由奥梅梁斯基院士进行了卓越的研究，証明纖維素的分解是两种細菌的活动：一是甲烷发酵杆菌，另一种是氢发酵杆菌，結果生成甲烷和氢。而依姆歇涅茨基詳細研究，認為纖維素的分解形成醋、醇、有机酸、氢和二氧化碳，并无甲烷产生，而微生物伴随者分解形成的物質，成为揮发性的有机酸、二氧化碳和甲烷，这显然是在纖維素分解产物的还原作用中产生的。

除了上述中温发酵（30——35°C）引起纖維素分解外，尚有較高温度发酵，如：从馬糞中分离出一种細菌在35——51°C时分解纖維素形成丁酸、醋酸、乙醇、二氧化碳和氢；另一种是从馬糞中分离出的細菌在60——65°C时分解纖維素形成揮发性的有机酸（醋酸占多数）酒精，而这些有机酸醇类繼續分解而形成大量的甲烷等气体。

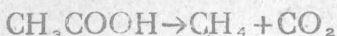
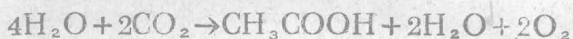
二 醋酸的甲烷发酵

醋酸进行甲烷发酵的原理，在发酵过程中是有些爭論的。有人認為醋酸分解生成氢和二氧化碳，而后氢气将二氧化碳还原成甲烷。其反应式如下：



但也有一部份人認為在醋酸发酵时，并未发现有氢，即有微量的氢，根据化学反应在发酵气体中应有氢气存在，根

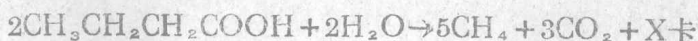
据甲烷发酵中通过氢和二氧化碳的结果会产生醋酸。西蒙和勃斯威尔将二氧化碳和氢循环通入20公升培养液中100天只产生甲烷3.5公升。如用培养菌进行醋酸发酵能产生甲烷75公升。因此西蒙等认为醋酸发酵的反应如下：



不过这种还原过程用在乙醇进行甲烷发酵的机理中将二氧化碳还原产生甲烷还是可能的。

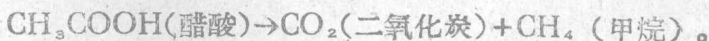
三 丁 酸 发 酵

丁酸菌是专门的嫌气菌，纤维素的发酵是更为复杂的丁酸发酵，在这个作用中产生丁酸、醋酸、乙醇、二氧化碳、氢及甲烷。丁酸分解时的反应式如下：

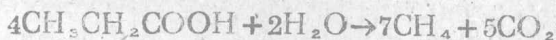
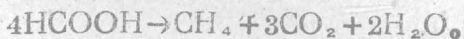


四 巴斯威尔和莫勒总结发酵基理

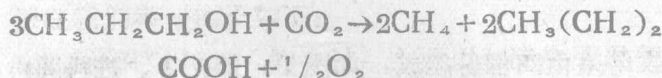
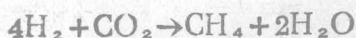
(1) 不包括二氧化碳还原的反应。



(2) 将二氧化碳还原，而发酵物料中二氧化碳并未有增减现象反应。



(3) 将二氧化碳还原而发酵物料中二氧化碳有减少现象的反应。



第四章 沼气发酵池的建造

一 发酵池的構造和形式

制取沼气的发酵池是多种多样的，一般的来说，全部机械化、电气化，在有条件的地方，多系采用圓形的全鋼筋混凝土制成。这样的设备投資大，适于城市中的大型处理厂建筑，这里不计划写这方面的材料。

现在仅介绍几种便于普便使用的沼气发酵池：

(1) 采用土洋灰、砖、石结构，池頂呈拱形。此种结构适于长方形（窑洞式），如图1。

(2) 采用鋼筋混凝土的頂板，池頂呈平形，四壁用砖、石、水泥结构，形式可采用长方形（与图1大致相同）或圓形的。

(3) 采用砖、石、水泥或鋼筋混凝土的结构，但无水压間而附有儲气槽。

(4) 采用厕所改制，将原粪坑加盖密封，于坑旁再挖一斜洞，洞頂口露于地面，以便粪便和污物出入。另外也可考虑利用磁甕等等，不过这些都是极小型的，产气很少。不能大量利用。

二 发酵池的組成及各部份之間的关系

发酵系由四部份組成，如图1，即：1、进料間；2、发酵池；3、水压間；4、出料間。

这四部份必須互相連通。其互相关系如下：

(1) 原料由进料間下部小口流入发酵間，发酵間按装一攪拌器，攪拌器的一端固定不动，另一端接上攪拌柄，由加料間伸出，以便进行攪拌。

(2) 发酵間与出料間的下部有一門洞互通，发酵后的熟料，由这門进入出料間。

(3) 水压間与进料間亦有一个門洞互通，以供循环粪水的出入，来調节发酵間的气压。

(4) 发酵間頂盖上安装着一个导气管，使用气时即可将开关打开，气体由此管流出。

三 設 計

(甲) 在設計一个发酵池的开始，我們首先应知道以下几个数据：

(1) 建筑要求产生多少沼气和发酵物？

(2) 原料来源主要用那几种有机物質，是否有足够数量的供应？

(3) 气体輸送到什么地方去，有何用途？

(4) 本地区夏季和冬季的平均气温如何，白天和夜間的温度差如何？

(5) 使用何种建筑材料为宜，建筑材料的来源如何，

是否經濟？

起碼得知道上述几点才能开始設計。

現在我們举一例子如下：

在太原郊区以500人的乡村，主要以解决生活用气方面（包括点灯、做飯等）所需沼气量及沼气池的規模其具体計算数据：

（1）每人每日消費0.5立方公尺沼气而每立方公尺发酵池每昼夜产0.5立方公尺沼气，因此需要500立方公尺发酵池。每吨普通有机廢物以产沼气30——60立方公尺計，則每日需9——18吨。

（2）主要采用人畜糞便、禾杆、杂草等等。每人每日糞尿和廢物以4斤計，每头牛每日糞尿以30斤計，每头猪每日以10斤計，每头馬每日糞便以10斤計等等。不足之数可由禾杆、杂草等东西补足，这样每天可产高效有机肥料30——60吨。

（3）气体輸送，須采用地下管道（鉄管或瓦管、磁管均可），有总管与分支管，地面上用鉄、竹、葦、橡皮或玻璃管均可。

（4）在太原地区，冬季以零下 25°C 計，夏季以最高 35°C 計，这样，夏天无需加溫或隔日或数日加溫一次；而冬季需每天加溫。

（5）建筑材料主要是因地制宜，在太原，可用鋼筋、水泥、砖、石等，尽量使用代用品以降低建池造价。

（6）如果集中起来进行发电，則每立方公尺沼气相当二瓩的电力，每瓩的电力相当25光的灯泡四十个点一小时。如使用內燃机而每馬力每小时消耗0.3——0.5立方公尺沼气，即可根据需要进行設置发电站，为了管理方便和保証均

衡的供应气体，我們認為建成池組并附建儲气槽为好。

四 材 料 計 算

如以建有效容积为100立方公尺的发酵池作标准，其計算如下：

(1) 池子規格：长 $10 \times$ 寬 $2.5 \times$ 高 6.76 米（內徑），进出料間长 $0.8 \times$ 寬 $0.8 \times$ 高 6.76 米（內徑）。

(2) 墙：1砖（24公分）厚，进出料間、水压間为半砖（12公分）厚。

(3) 池頂为拱形，一立砌、一平砌18公分厚。跨度弧底为2.5米。

（上述三項先計算体积，再以每立方公尺的砖为500块計，則可計算出共用砖数。）

(4) 其他材料，如砂、石、碎砖、水泥、白灰等，按一般建筑估計則可。

(5) 池基掘土可以长 $11.76 \times$ 寬 $4.26 \times$ 高 6.96 米等于349立方公尺。

然后再按市价定出每項共开支多少，最后作出財務預算来。

五 热 功 計 算

发酵池的热工計算，也就是确定往沼气池內装填物料，由初溫加热到发酵溫度所必須的热量，以及补充透过沼气池壁、池底与池盖的热量損失所需的热量。普通发酵池每平方公尺面积每小时內外溫度相差 1°C 时，輻射損失一般为1.0千

卡。下列数字可以用做計算的依据：

材料名称	每平方公尺每小时輻射热量千卡
鉄板	10.0
混凝土30公分厚	2.0
混凝土50公分厚	1.5
含水土壤內的混凝土	1.3
砖墙	1.1
保护的混凝土頂盖	0.8
干燥土壤內的混凝土	0.4

一公斤蒸气液化后，能放热540大卡。

因此計算加热时，是把物料初溫加到发酵溫度所需热量，把池壁、池底、池盖以及进出料間每小时所透出的热量加起来，即所加热量的数值。如果发酵物为100立方公尺，則池壁总面积約154平方米，池底、池頂面积約60平方米，上述两项合計为214平方米，如每小时每平方米散热1.1大卡，則 $214 \times 1.1 = 235.4$ 大卡，每天为 $235.4 \times 24 = 5649.6$ 大卡。

在中温发酵时，每立方公尺发酵物每天需供給375大卡的热量，因此为 $100 \times 375 = 37500$ 大卡。

这两項共为 $37500 + 5649.6 = 43149.6$ 大卡，如以煤的发热量7200大卡每公斤（一般利用仅得4500大卡）計算，每天需10公斤多煤来加热补充热量。

但在冬季如将100立方公尺发酵物加溫，由零上 5°C 加热到 34°C ，需加 29°C 。其入池时需热計算如下：

$$34^{\circ}\text{C} - 5 = 29^{\circ}\text{C}$$

100吨物料由 5°C 升到 34°C 所需热为：

$$100,000 \times 29 = 2,900,000 \text{ 大卡}$$

换算成煤为：

$$2,900,000 \div 4,500 = 644 \text{ 公斤煤}$$

夏季物料溫度平均以 20°C 度算則：

$$34 - 20 = 14^{\circ}\text{C}$$

$$\text{故 } 100,000 \times 14 = 1,400,000 \text{ 大卡}$$

$$\text{所以 } 1,400,000 \div 4,500 = 311.11 \text{ 公斤煤}$$

据文件記載，如全部用生物气来加热，則平均消耗池中本身所产气的20——30%。

六 怎样建筑发酵池

(1) 池墙 池墙一般用紅砖或青砖砌筑，砖的質量要烧透的。如当地有方块石或紅砂石亦可用石料砌筑。砌砖所用的胶合料，为水泥石灰混合砂浆。其配合比为：1:2:9 即水泥:石灰膏:砂（体积比）。石灰使以用块石灰为佳（即生石灰），惟块灰易吸收空气中的水份，逐漸风化为粉末，致失效用。故石灰到达現場后，不得随意在露天堆放，应及时用水淋化于灰池中过滤而为石灰膏。已化成的石灰膏，如不立即使用，应在石灰膏上浮盖薄砂一层，使与空气隔离，借以保持較长期应用。

水泥采用300号或400号优質土产水泥高标号者亦可。水泥运到工地后，要妥善保存，不要受潮湿和风化。如有部分风化为硬块者，应用篩将硬块篩掉，才能使用。

(2) 池底与墙基：池底与墙基一般用1:1:4:8混凝土，即水泥:石灰:砂:碎石或碎砖（体积比）。池底混凝土所采用之石灰，不必过滤成为石灰膏，即将块灰水化成为粉末后就可使用。碎石或碎砖应选清洁坚实的，不得含有泥土和草屑。

(3) 发酵間頂盖发酵間目前有两种設計：一种是用砖