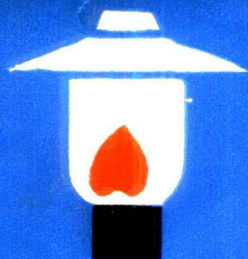


魏宝荣 编著



农村沼气利用 与管理

辽宁科学技术出版社

农村沼气利用与管理

魏 宝 荣 编著

辽宁科学技术出版社

一九八五年 四月

农村沼气利用与管理

Nongcun Zhaoqi Liyong Yu Guanli

魏宝荣 编著

辽宁科学技术出版社出版 (沈阳市南京街6段1里2号)

辽宁省新华书店发行 朝阳六六七厂印刷

开本: 787×1092 1/32 印张: 5 5/8 字数: 112,000

1985年3月第1版

1985年3月第1次印刷

责任编辑: 柯 奇

插 图: 魏耀芹

封面设计: 邹君文

责任校对: 王 莉

印数: 1—10,000

统一书号: 15288·132 定价: 0.87元

前 言

近年来，我国农村沼气建设有了很大发展，被世界誉为“沼气王国”。沼气能的开发与利用，在发展新能源建设中占据很重要的地位。沼气能是取之不尽，用之不竭的优质、廉价、卫生的燃料。沼气能的利用是农村能源建设上的新途径，它不仅对扩大农村能源，解决农村千家万户烧柴困难发挥重大作用，而且对维护生态平衡，建立良性循环的生态环境，搞好环境卫生，增加优质有机肥料，促进农牧业生产发展，扩大多种经营，发展商品生产都起着积极作用。因此，沼气建设是一件利国利民一举多得的大好事。

为了适应沼气事业的发展，根据各地沼气建设的实践经验、科研单位研究的成果和国内外有关沼气资料，编著了这本《农村沼气利用与管理》小册子，供有关从事沼气建设的干部、农民沼气技术员和广大使用沼气的农民群众阅读和参考。

在编写本册子时，虽然注意吸收了国内外沼气新技术、新经验和科研成果，但由于本人经验不足，水平有限，如有不妥之处，敬请读者斧正。

编著者

一九八四年十月

目 录

前 言

一、沼气的产生和用途	2
(一) 沼气的来源与分类	2
(二) 沼气的成分与性质	3
(三) 沼气的用途	9
二、沼气池的修建技术	12
(一) 沼气池的构造及其作用	12
(二) 池型结构与设计要求	13
(三) 池型、容积和位置的选择	15
(四) 建池材料及配合比	16
(五) 沼气池的施工技术	26
(六) 沼气池的质量检验与维修	50
三、沼气发酵的基本原理	53
(一) 沼气发酵微生物	53
(二) 沼气发酵中有机物质的分解	58
(三) 沼气发酵中甲烷的形成	60
四、沼气发酵工艺	62
(一) 沼气发酵的工艺流程	62

(二) 沼气发酵的工艺条件	63
(三) 沼气发酵的设计与操做	67
五、沼气池的科学管理	83
(一) 沼气的日常管理	83
(二) 沼气的越冬管理	87
(三) 沼气的早春管理	97
(四) 沼气的安全管理	100
(五) 沼气池常见的故障与排除方法	106
六、沼气的利用	112
(一) 沼气燃烧的原理	112
(二) 沼气输气系统的设置	118
(三) 沼气燃烧器	125
(四) 家庭沼气灶具的使用方法	128
(五) 家用沼气灯	136
(六) 沼气在内燃机上的应用	139
(七) 沼气红外线无焰燃烧器	142
七、沼气发酵残余物的利用	144
(一) 沼气肥的特点及其增产效果	144
(二) 沼气肥的处理	147
(三) 沼气肥的施用技术	148
八、酒厂办沼气大有可为	150
(一) 酒厂办沼气的意义	150

(二) 厌氧过滤装置处理固体酒糟	151
(三) 利用酒槽制取沼气的生产工艺	153
(四) 沼气和消化液的综合利用	161
九、附录	164
(一) 设计参考资料	164
1. 常用面积、体积计算公式	164
2. 短壁圆型沼气的基本尺寸	167
3. 普通水泥与矿渣水泥的强度指标 (最低值) ...	168
4. 常用的普通粘土砖的标号	168
5. 混凝土配合料用量表	169
6. 常用材料重量表	170
7. 常用砂浆配制比例及使用范围	170
8. 水泥砂浆配合比	170
(二) 几种单位的换算	171
1. 长度换算表	171
2. 重量换算表	171
3. 面积换算表	171
4. 容量换算表	172
5. 压力单位换算表	172
6. 马力与千瓦换算表	172
7. 几种气体的着火点及爆炸限度	173
8. 酸碱度变化对沼气产量的影响	174
9. 常用水泥新旧标号对照	174

沼气是生物气的俗称，是一种生物能源。所谓生物能源是指自然界里各种绿色植物，通过叶绿素的光合作用，将太阳能转换成化学能，固定在生物体内的一种能源。所有生物物质里都贮存着以化学能形式存在的生物能量，为区别于人畜消耗的生物能量，国际上又称生物能源为生物质能源。沼气是属于生物质能，是自然界不断再生的能源，是取之不尽、用之不竭的生物能源。

沼气是一种无污染的卫生能源，发展沼气是最科学、最经济、最合理地利用生物质能源的最好方式，它具有制备容易，资源丰富，用途广泛，能够综合利用以及经济效益显著等特点。农村发展沼气，对于解决能源短缺，补充农村能源的不足，开辟了一条新的途径。农村办沼气好处很多，它不仅为解决农村生活燃料来源开辟了新的途径，而且有利于扩大肥源，提高肥效，促进农业生产的发展；有利于改变农村卫生面貌、净化环境、除害灭病；有利于保护林木资源，发展植树造林，维护大自然生态平衡；有利于扩大饲料来源，促进畜牧业的发展；有利于减轻农民家务劳动，增加生产劳动力，从事多种经营，发展大农业生产；有利于促进物质文明和精神文明建设。总之，兴办沼气有利于国家，有利于集体，有利于社员群众，是一举多得的大好事。

一、沼气的产生和用途

(一) 沼气的来源与分类

根据沼气的来源和性质，沼气可分为天然沼气和人工沼气。天然沼气广泛存在于自然界中，产生于腐烂有机质积聚较多的地方，按其产生条件又可分地上天然沼气和地下天然沼气。

地上天然沼气，常见于沼泽、池塘、粪坑、污水沟等处的底部，冒出气泡，这种气泡在液面上能点燃，中国成书记载“泽中有火”就是指地上天然沼气。草食动物的肠胃中也有沼气产生，牛的瘤胃实际是一只天然沼气池，一头大的乳牛的瘤胃容积约是一百立升，每天可以有二百多立升的甲烷从牛的嗝气中逸出。

地下天然沼气有天然煤气之称，是蕴藏在地层中的气体矿藏。煤矿的坑道和石油伴生气所产生的气体，主要成分也都是甲烷。工业上大量的甲烷（沼气的主要成分）是从天然气和石油伴生气得到的，它们都是优良的燃料和重要的有机化工原料。

人工沼气，是按天然沼气产生的条件，用人工的办法制取的。一般是采用有机质作原料（作物秸秆、杂草、人畜粪便或工农业生产和人民生活的有机废物），仿照产生沼气的自然环境在适当条件下进行发酵分解即可产生。完整的沼气

概念是：“各种有机物质在一定温度、湿度、酸碱度和隔绝空气的条件下，经过微生物发酵分解作用而产生的一种可燃性气体。”这种气体是因为最先在沼泽中发现，所以称它为沼气。

(二) 沼气的成分与性质

无论天然产生的或人工制取的沼气都不是一种单纯气体，而是一种以甲烷为主要成分的混合气体，其组成不仅取决于发酵原料的来源及种类，而且与发酵条件（温度、湿度、酸碱度）及发酵阶段有关。通常混合气体的组成，甲烷60~70%，二氧化碳40~30%，此外还含有少量的一氧化碳、氢气、硫化氢气体、氧气、氮气、氨气、磷化氢气体和碳氢化合物等，总量不超过5%。据测定沼气主要成分体积百分比详见表1—1。

表1—1 各地测定沼气成分表

资 料 来 源	沼气成分体积百分数 (%)							
	CH ₄	CO ₂	CO	H ₂	N ₂	CmHn	O ₂	H ₂ S
鞍山污水处理厂	58.2	31.4	1.6	6.5	0.7	—	1.6	—
四川化工研究所	61.9	35.77	—	—	1.88	0.186	0.23	0.034
成都污水处理厂	50	29	1	—	1.6	3	1	—
青岛双山肥城无害化工厂	53—65	40—30	0.5— 0.15	2—4	—	0.1—1	1—2	—
苏 联	62.2	34.41	—	1.38	1.61	—	0.4	—
英 国	68.6	29.9	—	—	1.2	—	0.17	0.13

沼气的性质由组成它的气体性质及相对含量来决定。沼气中各单一气体的主要物理常数详见表1—2，其中以甲烷

和二氧化碳对沼气的性质影响最大。现将沼气主要成分特性分述如下。

表 1—2 沼气中各单一气体的物理常数

名称 分子式	甲烷	二氧化碳	氢气	氧气	氮气	硫化氢	一氧化碳	水蒸气
参数	CH ₄	CO ₂	H ₂	O ₂	N ₂	H ₂ S	CO	H ₂ O
分子量	16.04	44	2.01	32	28	34	28	18
容重(kg/m ³)	0.717	1.977	0.08	1.43	1.25	1.53	1.250	0.833
比重(空气)	0.554	1.528	0.06	1.10	0.967	1.18	0.967	0.644
临界温度	-82.5	31.1	-239.9	-198	-147	100	-140	374
临界压力	45.8	72.9	12.8	47.7	33.49	88.9	34.53	225

注：临界温度单位(℃)；临界压力(大气压)；比重(空气)；

1. 甲烷(CH₄)

纯甲烷是无色、无味、无臭的气体，但由于沼气中含有少量的硫化氢气体，故在燃烧前微带蒜臭味。甲烷气体比较轻，它对空气的比重是0.55，约为空气的一半重。沼气略比

$$\frac{1 \text{ 立方米甲烷重量}}{1 \text{ 立方米空气重量}} = \frac{0.716 \text{ 公斤}}{1.293 \text{ 公斤}} = 0.554$$

空气轻，它对空气的比重为0.85。甲烷的扩散速度较空气快三倍。甲烷难溶解于水，在一个大气压下，温度为0℃时，其溶解度0.033%，温度在20℃时，溶解度为3%。甲烷较难液化，在-82.5℃和45.8个大气压下，才能变为液体，体积可缩为原体积的百分之一，其液态比重为0.42，熔点为-182.5℃，沸点为161.6℃，着火点为650~750℃，热值为8562~9505千卡/米³。而沼气的着火点比甲烷略低为645℃，

热值为5500~6500℃。几种物质的热值比较详见表1—3。

表1—3 沼气与其它燃料值和能量的比较

燃 料 名 称	燃 料 量	热 量 (千 卡)
纯 甲 烷	1 米 ³ (标准)	8620
纯 甲 烷	1 公斤	12000
沼 气 (含70%甲烷)	1 米 ³	8620 × 甲烷含量%
	1 公斤	8400
煤 气	1 米 ³	4000
柴 油	1 公斤	低热值10200
汽 油	1 公斤	低热值11000
	1 公升	7300
酒 精	1 公斤	7200
原 煤	1 公斤	5500
无 烟 煤	1 公斤	8000 (约)
干 木 柴	1 公斤	3000 (约)
标 准 煤	1 公斤	7000

注：燃烧热值一是单位燃料充分燃烧所发出的热量。

1 大卡—1 公斤水升高温度 1℃ 的热量。

甲烷是一种最简单的有机化合物，分子式(CH_4)是由一个碳原子和四个氢原子组成的，是一种碳原子最少的烷烃，故称甲烷。

甲烷燃烧时发出淡蓝色火焰，温度可达 1400°C 以上。甲烷和空气的理论混合量为空气的9.47%，即1份甲烷需10份空气始能完全燃烧。空气中如混有5~15%的甲烷，在封闭条件下遇火会引起强烈爆炸。煤矿里发生的瓦斯爆炸，就是由于空气中混有一定数量的甲烷，遇火而产生的。甲烷本身无毒，但在空气中浓度达25~30%时，对人畜有一定的麻醉作用，含量达70%时也能使人窒息。甲烷含量在50%时可以燃烧，计算沼气的发热量可利用下面公式：

$$1 \text{ 立方米沼气的发热量} = 8580 \text{ 千卡} \times \text{甲烷含量} \%$$

注：1立方米纯甲烷平均发热量为8580千卡

例：沈阳市长白酒厂利用酒糟制取沼气，其甲烷含量为65%，试求该沼气1立方米发热量是多少？

$$\begin{aligned} \text{解：} 1 \text{ 立方米沼气的发热量} &= 8580 \text{ 千卡} \times 65\% \\ &= 5577 \text{ 千卡} \end{aligned}$$

答：长白酒厂沼气每立方米发热量为5577千卡。

2. 二氧化碳(CO_2)

二氧化碳是无色不能燃烧的气体，有弱酸味，比空气重1.53倍。在 20°C ，一个大气压下，一个体积水可以溶解1.71体积的二氧化碳，溶于水的二氧化碳部分和水作用生成碳酸。二氧化碳对生物有窒息作用，如空气中二氧化碳浓度达到10%时，会使人丧失知觉，如二氧化碳达20%时，会使人神经中枢瘫痪，晕倒致死。

3. 硫化氢(H_2S)

是一种具有强烈臭鸭蛋味的气体，较空气重，在空气中

浓度达千分之一时，就能使人中毒而引起头痛、晕倒等症状，吸入高浓度的硫化氢，将引起呼吸麻痹而死亡。按规定空气中硫化氢含量不得超过 0.01毫克/升。硫化氢在空气中能燃烧，热值为 3524~5995大卡/米³，燃烧时呈蓝色火焰，在空气充足时生成二氧化硫，不足时生成硫磺。沼气中因有少量硫化氢，所以有臭鸭蛋味，不过燃烧后也就消除臭味了。硫化氢的水溶液是一种弱酸，叫氢硫酸，化学性质较活泼，能与铁等金属起反应，具有强烈腐蚀作用，所以利用沼气做燃料，一定要注意防腐。许多金属离子能和硫化氢作用生成溶解度很小的硫化物沉淀，如与铅最易化合生成硫化铅黑色沉淀。

4. 氢气(H₂)

是无色无臭的气体，比重很轻，约为空气的十四分之一，扩散速度最快。熔点-259℃，沸点-253℃，在水中溶解度很小，为2%。纯净的氢气会在氧气里或空气里平静地燃烧，但氢气跟氧气或空气的混合物遇火要发生爆炸，热值为2580~3048千卡/米³。沼气发酵过程中，碳水化合物与金属钙、镁等作用，可以产生氢气。这种生物作用放氢，很迅速，易被利用，是甲烷菌的很好基质。

5. 一氧化碳(CO)

是无色无臭的气体，比空气轻，不易溶于水，也不和酸碱作用。一氧化碳具有夺取生物组织中的生机氧(O)，而生成二氧化碳的特性，当空气中一氧化碳含量达千分之一时，就会使人中毒，以致死亡。对一氧化碳的毒性，有关工业规定，空气中含量不得超过 0.02毫克/升。一氧化碳能燃烧，呈蓝色火焰，热值 3045大卡/米³。

6. 磷化氢(PH₃)

是一种剧毒的气体，产生于发酵料中的含磷物（油饼、磷矿粉、骨粉、草木灰、钙镁磷肥、过磷酸钙等）。接触此种气体，即便是微量的（鼻吸1~2个气泡）也会使人中毒死亡。

7. 碳氢化合物(CmHn)

沼气中也常含有碳原子较多的重烃和烯烃，一般在低温高压的情况下易产生这种烃类，含碳原子愈多的烃类，发热量亦愈多，详见表1—4。

表1—4 几种烃类的发热量

烃类名称	燃烧量	热量(千卡)
甲 烷	1 公斤	12000
乙 烷	1 公斤	13000~14000
丙 烷	1 公斤	15510~16923
甲 烯	1 公斤	11000~13000
乙 烯	1 公斤	14927~15239

综上所述，沼气成分中甲烷(CH₄)、一氧化碳(CO)、氢气(H₂)、硫化氢(H₂S)、碳氢化合物(CmHn)都是可燃气体，氧气(O₂)是助燃气体，二氧化碳(CO₂)、氮气(N₂)是惰性气体。一般说来，沼气中可燃气体占30%时，可免强点燃，含量在50%以上时，方能正常燃烧。

(三) 沼气的用途

沼气是一种优质的气体燃料，可以用来烧水做饭、点灯照明；也可以作动力燃料开动机具，用来发电；还可作化工原料，制取许多重要化工产品。

1. 用沼气作生活燃料

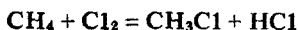
一立方米的沼气可以满足四、五口人家烧水做饭。利用沼气作生活燃料，不仅清洁卫生、使用方便，而且热效率高，可节省时间，一般烧一顿饭，只需半个小时，用零点三立方米的沼气。一立方米沼气能供一盏沼气灯照明5~6小时，相当于60~100瓦的电灯光亮度。

2. 用沼气作动力燃料

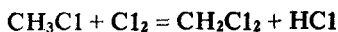
一立方米的沼气热量相当于0.5公斤汽油，或0.6公斤柴油，或1公斤原煤，或2公斤干木柴。沼气可以直接用来发动各种内燃机，如汽油机、柴油机、煤气机等。如果用来发电，将沼气燃烧释放的热能转变为电能，一立方米沼气，可发1.25度电，能使一马力的内燃机工作2小时。

3. 用沼气作化工原料

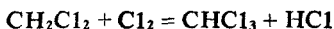
沼气中的主要成分甲烷是重要的化工原料，沼气经过净化，可得到很纯净的甲烷。甲烷是一种很稳定的碳氢化合物，但在高温、高压或有催化剂存在的条件下，甲烷能进行很多反应：甲烷在光照条件下，甲烷分子中的氢原子能逐步被氯原子（或溴原子、碘原子等）所取代，生成一氯甲烷、二氯甲烷、三氯甲烷和四氯化碳的混合物。



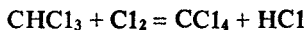
(一氯甲烷)



(二氯甲烷)



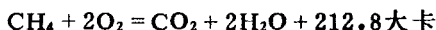
(三氯甲烷)



(四氯化碳)

上述反应的四种产物都是重要的有机化工原料。一氯甲烷是制取有机硅的原料；二氯甲烷是塑料和醋酸纤维的溶剂；三氯甲烷是合成氯化物的原料；四氯化碳是溶剂又是灭火剂，也是制造尼龙的原料。

甲烷在高温条件下，与空气中的氧反应发生燃烧生成二氧化碳和水，并放出大量的热，是较好的气体燃料。

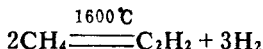


在特殊条件下，甲烷还可以转变成甲醇、甲醛和甲酸类。甲烷在隔绝空气加强热（1000~1200℃）的条件下，便可裂解生成碳黑和氢气。



(碳黑) (氢气)

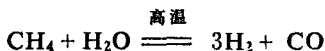
甲烷在1600℃高温下（电燃处理）裂解生成乙炔和氢气。乙炔可以用来制取醋酸、化学纤维和合成橡胶。甲烷在



裂解

(乙炔) (氢气)

800~850℃高温，并有催化剂存在的情况下，能跟水蒸气反



(氢气) (一氧化碳)

应，生成的氢气、一氧化碳是制取氨、尿素、甲醇的原料。