

中国沼气协会



农村 沼气 发酵 技术

四川科学技术出版社

农村沼气发酵技术

中国沼气协会编著

四川科学技术出版社

一九八五年·成都

责任编辑：黄灼章
封面设计：李文金
版面设计：翁宜民

农村沼气发酵技术

中国沼气协会 编著

出版：四川科学技术出版社
印刷：自贡新华印刷厂
发行：四川省新华书店
开本：787×1092毫米 1/32
印张：1.5
字数：28千
印数：1—9,100
版次：1985年5月第一版
印次：1985年5月第一次印刷
书号：16298·103
定价：0.35元

前 言

近几年来，我国农村的沼气建设，在建池质量、科学管理和使用水平方面都有所提高，并总结出一条建池是基础、管理是关键、经济效益是中心的基本经验。但是，要沼气池产气好，产气多，还必须加强对沼气的科学管理，才能充分发挥经济效益。目前，农村沼气的产气情况差别很大，原料的产气潜力也没有得到充分发挥。为了普及沼气科学知识，不断提高沼气发酵管理水平，更好地发挥沼气的经济效益，受农牧渔业部沼气办公室和中国沼气协会委托，沼气发酵学组组织有关人员编写了《农村沼气发酵技术》一书，供沼气推广部门的干部、沼气技术员和广大建池户阅读和参考。

本书由农牧渔业部成都沼气科学研究所许义忠、熊承永，北京师范学院周孟津，山东省能源研究所邹元良，河北省科学院能源研究所郭梦云，西南师范学院张国政等同志分部分编写，由中国科学技术情报研究所重庆分所缪连兴、黄志南同志整理修改，最后经浙江农业大学钱泽澍同志，农牧渔业部沼气办公室谢志恒同志审定。

由于我们沼气知识水平有限，加之时间匆促，错误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

一九八四年一月

目 录

一、绪论	1
(一)沼气和沼气发酵的概念	1
(二)我国沼气发展的简况	2
(三)农村办沼气的意义	3
二、沼气发酵的原料	5
(一)发酵原料的种类和性质	5
(二)发酵原料的预处理	8
(三)原料配比和浓度计算	10
三、沼气发酵的接种物	13
(一)什么是接种物	13
(二)接种物的作用	14
(三)接种物的来源与鉴定	17
(四)接种物的扩大培养	19
四、沼气发酵的启动	20
(一)什么叫启动	20
(二)启动的条件	21
(三)放气试火	22
五、沼气池的正常运转	24
(一)及时补料和出料	25
(二)适当搅拌	28
(三)保持沼气池装置完好	28
六、沼气发酵的温度及增温保温措施	29
(一)沼气发酵的温度	29

(二) 增温保温措施.....	30
七、沼气池的大出料.....	32
(一) 什么叫大出料.....	32
(二) 为什么要进行大出料.....	32
(三) 确定适宜的大出料时间.....	33
(四) 大出料前的备料.....	34
(五) 大出料的注意事项.....	35
(六) 出料机具的种类.....	35
八、安全注意事项.....	39
(一) 发生沼气烧伤的原因.....	39
(二) 发生沼气中毒的原因.....	40
(三) 防止事故的发生.....	40

一、绪 论

我们伟大的祖国，拥有九百六十万平方公里的辽阔土地和一万八千公里长的海岸线。加之地处北半球，地跨亚热带、温带和寒带三个带，其中绝大多数位于温带地区，气候温和，土地肥沃，物产丰富，境内江河湖泊纵横交织，生物能资源极为丰富。因此，我国发展沼气具有十分有利的自然条件。

（一）沼气和沼气发酵的概念

在广阔的自然界中，江、河、湖、海、池塘、沼泽以及城市下水道、污水沟、垃圾堆、农村粪坑等，甚至某些动物和人的肠胃道里，一切堆积有机物质的场所，都在不断地释放出沼气。当然，大家对这一现象都观察到过，但是，对沼气的性质和沼气的形成是不很了解的。下面简要地谈谈什么是沼气，什么是沼气发酵。

1. 什么是沼气 沼气是沼泽中产生的一种可燃气体，人们就顾名思义称之为沼气。国外有人称它为生物气。它是在一种无氧环境，通过微生物的发酵作用而产生的一种可燃气体。沼气是混合气体，它的主要成份是甲烷（50~70%）和二氧化碳（20~40%），还有少量的硫化氢、氮、氧等。

最近，有人发现沼气中含有极微量的磷化三氢（ H_3P ），这是一种剧毒的气体，它也许是导致沼气中毒的原因之一。

甲烷在常温、常压条件下，是一种无色、无味、无臭、无毒、不溶于水的气体，又是一种优良的气体燃料。纯甲烷每立方米发热量为8800千卡，沼气每立方米发热量约为5600千卡。近几年来，我国农村把沼气作为生活燃料的一部分，这将是一次具有战略意义的重大变革。

2. 什么是沼气发酵 沼气发酵是指有机物质（如作物稿秆、杂草、人畜粪便、垃圾、污泥等）在厌氧条件下，通过多种微生物的分解代谢作用，最终产生沼气的过程。这一过程有人称为沼气发酵，也有人称为厌氧消化。

在这一过程中涉及到沼气微生物、厌氧环境和有机物质，这三者是相互依赖的。一些沼气微生物是不喜欢氧气的，特别是产甲烷的细菌更讨厌氧气，它们喜欢在无氧环境中生活，才能分解代谢有机物质，而有机物质的分解又为沼气微生物生命活动、生长发育提供必须的碳源和氮源。沼气发酵过程的进行，除了以上三个因素之外，还需要有适当的酸碱度（pH）、温度和发酵液浓度，才能使沼气正常地形成。

（二）我国沼气发展的简况

在二十年代初，我国就开始人工制取沼气，罗国瑞先生已进行了多年的研究，并设计我国最早的带有搅拌的长方形水压式沼气池。1929年他在广东省汕头试办沼气，1930年获得专利权。1934年举办沼气训练班，编有《中华国瑞天然瓦斯库实习讲义》。随后在浙江省的诸暨县、普陀山，江苏省的

宜兴，无锡等县修建了一些沼气池，后因日本帝国主义的侵华，抗日战争开始，沼气建设的发展停止下来。解放后，由于党和人民政府对沼气工作的重视，在农村积极推广沼气，为农村解决能源问题，组织有关科研单位和大专院校进行沼气科研，召开推广沼气的现场会，不断总结办沼气的经验，使我国的沼气建设迅速地发展起来。到目前为止，全国已修建了几百万口农村沼气池，并把农村的沼气建设工作列入国家农村能源发展的长远规划。

近年来，我国的沼气科技发展较快，在池型结构和沼气发酵技术上都有新的进展。目前出现有较为成功的干发酵研究，双池发酵的研究，干发酵和水压池相结合的研究，两步法发酵的研究，“满装料”发酵的研究，浮罩和气袋贮气的研究，玻璃纤维沼气池、半塑料池和全塑料池的研究等等。这些研究，将对我国沼气建设事业的发展起到推动作用。

（三） 农村办沼气的意义

农村办沼气的好处，归纳起来有以下几个方面：1.为农村提供方便、清洁、廉价的燃料；2.为农业开辟有机肥来源，提高土壤肥力，改良土壤结构；3.使农村的环境卫生得到改善，减少了一些疾病和寄生虫的传染；4.由于燃料有了保证，草木、树林免遭损害和砍伐，可以保护自然资源，改变生态环境，维持生态系统的平衡。因此，农村办沼气是一件一举数得的好事，对促进工农业生产的发展，改善农民的生活，提高农民的科学文化水平都有积极的意义。由于沼气

发酵确实使广大农民得到好处，多年来，在国家和各级人民政府的大力提倡和支持下，积极稳步地在农村推广沼气，使我国农村的沼气建设有了很大的发展。同时，使我国成为世界上生产和利用沼气最广泛的国家，这引起了世界各国，特别是第三世界国家的重视。

二、沼气发酵的原料

大家都知道，纺纱、织布需要有棉花，饲养家畜、家禽需要有饲料，而农村办沼气也需要有沼气发酵的原料。沼气发酵原料不仅为沼气微生物提供营养来源，而且也是形成沼气的物质基础。因此，农村办沼气，每个建池户首先要准备好足够的发酵原料，不能象过去那样搞“无米之炊”。一般地说水压式沼气池每立方米大约应准备粪便50公斤以上，稿秆40~60公斤，接种物的量约50公斤。一个8立方米的沼气池，全年准备1500~1600公斤鲜粪便，800公斤稿秆（风干态）和500~800公斤接种物，则可每天平均产气约为1立方米。沼气发酵原料的性质、原料预处理方法以及原料配比都影响沼气微生物的活动和产气效果。

（一） 发酵原料的种类和性质

我国农村可作沼气发酵的原料是极为丰富的，来源亦是多种多样的，可说是“取之不尽，用之不竭”。在农村几乎所有的农业生产剩余物和农产品加工废物都可作为沼气池的发酵原料，而关键是要善于利用和收集发酵原料。根据沼气发酵原料的来源和性质不同，大致可以把它们分为三类。

1. 含碳素多的原料 这类原料包括各种作物稿秆、野生

杂草、枯枝落叶、水生植物以及谷物加工残余物等。这类发酵原料含碳素较多，特别是作物稿秆、杂草、落叶含纤维素的量比较高，是目前农村沼气发酵的主要原料之一，约占沼气发酵原料资源总固体量的一半。由于这类原料含碳素较多，碳与氮之比例（碳氮比）可高达90:1。因此，利用它们作为发酵原料时，必须注意防止入池产酸太多，否则沼气发酵就不能正常地进行。同时，还应考虑到这类原料，在沼气发酵过程中，分解速度较慢，发酵的周期长，一般沼气发酵60天仅能分解纤维素的30~40%。

2. 含氮素多的原料 主要有人粪尿、家畜家禽粪便以及动物尸体等。这类发酵原料含氮素多，在沼气发酵过程中容易分解，产气较快，发酵周期短，是沼气发酵中的优质原料。但是总的产气量不如含碳素多的原料。

3. 其他发酵原料 有下水道污泥、屠宰场污泥以及一些工厂的有机废水和废渣等。这类原料由于来源不同，其性质差异很大。如酒厂、豆腐厂、糖厂等的废水、废渣，含淀粉、糖份和有机酸较多，发酵时往往偏酸性，属于偏酸性的发酵原料。造纸厂的废水含碱量高，制革厂的废水含蛋白质、脂肪酸较高，发酵时往往偏碱性，属于偏碱性的发酵原料。下水道污泥、屠宰场污泥大多为中性，这类污泥既可作发酵原料，又可用作沼气发酵的接种物。农村如果要利用这些原料做为沼气发酵原料时，就要特别注意进行酸碱度的调节，防止过酸或过碱造成产气不好或不产气的情况发生。

当前，农村常用的发酵原料主要是各种作物的稿秆、人畜禽粪便以及各种青杂草等。这些原料的有机组份非常复杂，它们的产气量和产气速度都各不相同，同一种原料，由

于各种条件的不同,其产气量和产气速度也有所不同。因此,我们在了解沼气发酵原料性质的基础上,还需要了解这些常用发酵原料的产气潜力。产气潜力就是指某一种发酵原料,在一定的温度(35℃)和浓度条件下,经过一定的发酵时间(粪便类原料发酵60天,稿秆类原料发酵90天)达到最大的产气能力。这一工作,国内有许多单位研究,对一些常用的发酵原料进行了几年的测定,其结果是玉米稿秆的产气量最高,每公斤干物质可产沼气0.5立方米;麦秆、人粪、猪粪和稻草等每公斤干物质可产沼气0.4~0.45立方米;马粪、牛粪、鸡粪等产气量较低,每公斤干物质只产沼气0.3~0.34立方米。在生产实践中,由于各种条件的限制,如农村沼气发酵是在常温情况下进行的,因而发酵温度受气温、地温的影响波动很大,所以各种原料的实际产气量为产气潜力的50~65%。(表1)

农村办沼气大多数采用混合原料(人畜粪便和作物稿秆)进行沼气发酵,则可根据各种原料的产气潜力来估算投料量,而投料量的多少要依用气量的多少而定。如果以每公斤干物质平均产气为0.25~0.30立方米来计算,那么一个5口之家的农户(每天用气量为1.0~1.5立方米),每天就需要投料4~6公斤干物质,才能保证沼气的正常供应。

原料经沼气发酵后,稿秆类发酵原料的消化率仅达30~40%,剩余的部分可做有机肥料。因沼气发酵是在密闭容器内进行,除部分碳素物质形成沼气外,其中氮、磷、钾等元素损失很少。根据试验,沼气发酵的残余物中保存有效氮素的能力高于堆肥,同时还保存了植物生长所需的各种营养成分,因而沼气肥能促进粮食作物的总穗数和结实数,提高作

表 1 各种原料的有关性质

原料名称	含水量%	C%	N%	C : N	产气潜力 (米 ³ /公斤干物质)	备 注
干麦秆	18	46	0.53	87 : 1	0.45	(1) 含水量数值各地有相当差别, 以下各表配料的干物质含量, 均按此表所载含水量计算。
干稻草	17	42	0.63	67 : 1	0.40	
玉米秆	20	40	0.75	53 : 1	0.50	
落 叶		41	1.00	41 : 1		
大豆茎		41	1.30	32 : 1		
野 草	76	14	0.54	27 : 1	0.44	(2) 产气潜力测定是在35℃条件下, 粪便发酵60天、稿秆发酵90天所测得的平均值。
花生茎叶		11	0.59	19 : 1		
鲜牛粪	83	7.3	0.29	25 : 1	0.30	
鲜羊粪		16	0.55	29 : 1		
鲜马粪	78	10	0.42	24 : 1	0.34	
鲜猪粪	82	7.8	0.60	13 : 1	0.42	
鲜人粪	80	2.5	0.85	2.9 : 1	0.43	
鲜鸡粪	70	35.7	3.70	9.65 : 1	0.31	
鲜人尿	99.6	0.4	0.93	0.43 : 1		

物的产量。另外, 沼气发酵的剩余物施入土壤, 还可起到改良土壤团粒结构, 增加土壤疏松程度, 促进土壤微生物活动等多方面的作用。

(二) 发酵原料的预处理

各种作物稿秆和人畜粪便是农村办沼气的主要原料, 粪便类原料一般可直接入池不必进行预处理, 而稿秆类作沼气发酵原料时必须进行预处理。作物稿秆经各种方法预处理后,

稿秆表面的蜡质层和内部的纤维素结构和木质素结构受到破坏，这就增加了原料与沼气细菌的接触面，加速原料的分解利用，同时防止发酵原料投池后上浮结壳，有利于沼气发酵的启动。

发酵原料的预处理有多种方法，归纳起来大致可分为三种：1.机械预处理法（或物理预处理法），如机械粉碎、铡碎和滚压等；2.生物预处理法，如作物稿秆的堆沤和加酶处理等；3.化学预处理法，如发酵原料中加水、加热、加酸和碱等。现根据我国农村的情况，着重介绍一下机械预处理和堆沤预处理。

1. 机械预处理法 这是一种简单易行的方法，就是把作物稿秆用铡刀铡碎，或用粉碎机粉碎。将稿秆铡碎或粉碎入池，可以提高产气量。根据有关单位多次试验的结果，表明作物稿秆经粉碎入池，其产气量比不粉碎入池要高15~20%，若用孔径2.5毫米筛的粉碎机粉碎，则产气量可提高37~45.6%。

2. 堆沤预处理法 原料堆沤处理可以使一些微生物分解稿秆表面的蜡质和果胶等，起到软化稿秆的作用，因而可以增加装料量，避免原料入池后大量漂浮结壳。经过堆沤的原料，碳氮比相对降低，沼气微生物的数量有所增加，便于沼气发酵的启动。目前，农村常用的堆沤方法有两种。

(1)池外堆沤：将铡碎的作物稿秆加上适量的粪（粪便和稿秆的比例可参见表2）和水（加水量以料堆下部不出水为宜）拌匀，亦可加进适量的接种物。混合均匀后堆成料堆，料堆上覆盖塑料薄膜，气温在15℃左右时堆沤4~5天，气温在20℃以上时堆沤2~3天，使料堆内温度上升到40~60℃时

即可，切不可使堆沤时间过长。

(2)池内堆沤：将混合均匀的原料放在沼气池内堆沤，堆制时适当将原料踩紧压实，使其在有氧和半有氧的条件下发酵，不盖池盖，气温在15℃左右时堆沤4~5天，在20℃以上时堆沤2~3天。发酵原料在沼气池内堆沤，可以利用堆沤时产生的热量来增加原料和池壁的温度，提高发酵温度。然后加水封池，沼气发酵启动较快。

稿秆堆沤处理时，若按稿秆的重量加入1%的石灰，可以中和堆沤时形成的有机酸，有利于微生物的活动，收到较好的效果。

在原料的堆沤处理过程中，会损失一部分原料的营养成份和能量，因此在堆沤时应当严格掌握堆沤的时间和温度，切不可堆沤过度。根据试验表明，稿秆在池外堆沤5天，原料损失率达9.6%，堆沤15天，原料损失率达25%。因此，有人不主张在池外堆沤处理，而主张在池内堆沤处理，最好是稿秆不经堆沤处理，而是采用稿秆粉碎入池，这可减少原料的能量损失，提高原料的利用率。

(三) 原料配比和浓度计算

我国农村沼气池的另一特点，是采用多种发酵原料，按一定的比例入池发酵，而国外的沼气池大多是用单一原料入池发酵。使用多种原料进行沼气发酵，这就需要考虑各种原料的配比和各种原料数量多少的问题，因为原料配比和数量又涉及到沼气发酵的浓度。

1. 原料配比 各种沼气发酵原料的搭配，一般可按每种

原料的碳氮比来考虑。如作物稿秆类原料含碳素较多，氮素很少，碳氮比一般为50~80:1；粪便类原料的碳氮比一般为10~30:1（表1）。由此可见，不同的发酵原料所含的碳素和氮素差别很大，所以在原料配比时，要考虑适宜的碳氮比，这不仅有利于沼气微生物的生长繁殖，而且也有助于沼气发酵的启动。

原料的碳氮比，在沼气发酵过程中范围较宽，一般认为碳氮比在10~30:1的范围内均可很好地进行沼气发酵。但目前农村中常常因原料碳氮比过高而影响沼气发酵，产气效果不好。因此，农村发酵原料的碳氮比不应超过30:1，若以粪便和稿秆为发酵原料，其粪便和稿秆的重量比不应小于1:1，最好是2:1的比例投池发酵。根据试验表明，粪便（鲜粪）和稿秆（风干态）的比例为1:1，经发酵105天后原料产气率为0.286升/克总固体，原料分解率较低，而粪便和稿秆比例为3:1时，经发酵105天后原料产气率为0.319升/克总固体，原料分解率较高。由此说明，加大粪便的数量可以提高产气率。如果有些农村地区由于粪便原料缺乏，可适当添加少量的碳酸氢铵或尿素调整碳氮比，即碳酸氢铵或尿素的用量分别为沼气池发酵料液总量的0.3%或0.1%。

2. 发酵原料浓度的计算 在沼气发酵原料准备完毕以后，下一步即开始原料入池发酵和加水封池。那么应加进多少原料和水分，才能达到较好的发酵原料浓度呢？这里所说的浓度就是指发酵料液中干物质的含量，通常以重量的百分比表示。干物质又叫总固体（用TS表示），它是指一定重量的发酵原料，在105℃下烘至恒重时的固体重量。故投入沼气池的原料浓度（即发酵料液干物质含量）可按下列公式进