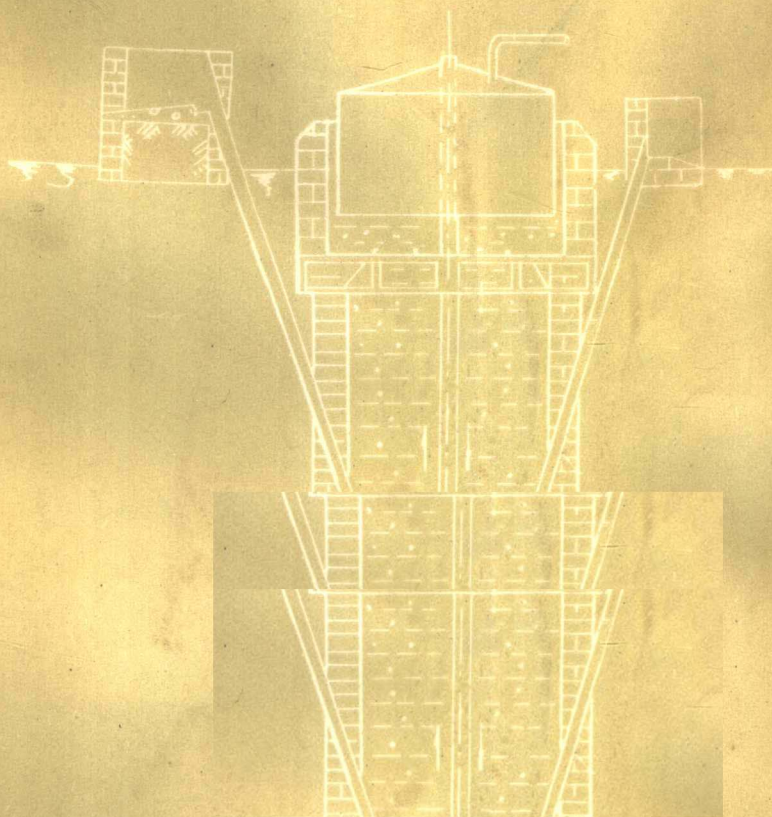


沼气技术员培训教材之一

沼 气 发 酵

周孟津 编著



北京师范学院出版社

沼气技术员培训教材之一

沼 气 发 酵

周 孟 津

北京师范学院出版社

1986年·北 京

北京师范学院出版社出版
(北京阜成门外花园村)

北京市新华书店发行 北京昌平兴华印刷厂印刷
开本: 787×1092 1/16 印张: 8 字数: 191千
1986年5月第一版 1986年5月第一次印刷

印数: 1—6000册

统一书号: 17427·003 定价: 1.90元

说 明

为了建设一支沼气应用技术人员队伍，进一步推广沼气应用技术，普及沼气应用的科学知识，提高沼气应用的经济效益，农牧渔业部能源及环境保护办公室委托北京师范学院生物系周孟津同志主持编写了这套“沼气技术员培训教材”。

参加本书编写工作的有：周孟津、曹国强、张榕林、赵锡惠、沈瑞芝、曹泽玺、陈声根等同志。编著者都是长期从事沼气科学研究工作和沼气应用推广工作的、经验丰富的科技工作者。

“沼气技术员培训教材”共四册。第一册“沼气发酵”，第二册“沼气建池”，第三册“沼气燃料”，第四册“沼气应用中的若干问题”。该教材是作者们对沼气科学研究工作及沼气应用工作中先进经验的总结。它重于实际应用，但不忽视基本理论；在着重解决实际问题的同时，也为学习者今后进一步探索沼气应用的规律奠定了初步的理论基础。该书是沼气技术员培训教材，也是沼气应用技术普及读物。

本书曾由郑元景、刘克鑫、赵微平，胥俊章、奚黛玲、曹居易、文继皋等同志审阅并提出了许多宝贵意见。农牧渔业部能源及环境保护办公室的同志在该书编写及出版中给予了热情支持及帮助，北京师范学院出版社为此书出版提供了必要条件谨在此一并致以谢意。

因时间短促，组稿匆匆，水平有限，必有不少谬误与不当之处，恳切希望各界读者提出宝贵意见，以便在修订时补充、订正。

编者 一九八六年三月

目 录

第一章 前 言	(1)
一、什么是沼气发酵.....	(1)
二、发展沼气意义深远.....	(2)
三、沼气发酵的历史.....	(5)
四、目前我国沼气建设的有关政策.....	(6)
第二章 沼气发酵的生物化学基础	(7)
一、醇、醛、酮、羧酸.....	(7)
二、糖类.....	(13)
三、蛋白质.....	(20)
四、脂类.....	(22)
五、酶.....	(23)
六、生物氧化.....	(27)
第三章 沼气发酵的微生物学基础	(31)
一、什么是微生物.....	(31)
二、微生物的主要类群.....	(32)
三、微生物的代谢和酶.....	(39)
四、微生物的营养.....	(41)
五、微生物的呼吸作用.....	(43)
六、微生物的生长规律.....	(45)
第四章 沼气发酵的微生物学原理	(47)
一、沼气发酵阶段性的划分.....	(47)
二、沼气发酵的第一阶段——水解发酵阶段.....	(49)
三、沼气发酵的第二阶段——产氢产乙酸阶段.....	(54)
四、沼气发酵的第三阶段——产甲烷阶段.....	(56)
第五章 沼气发酵的影响因素.....	(64)
一、原料.....	(64)
二、厌氧活性污泥.....	(68)
三、发酵器的负荷.....	(71)
四、温度.....	(72)

五、pH值和碱度	(73)
六、C : N比值和其它营养物质	(75)
七、毒性化合物	(77)
八、搅拌	(79)

第六章 沼气发酵的工艺类型

一、常规发酵器 and 高速消化器	(82)
二、厌氧接触工艺	(85)
三、厌氧滤器 (AF)	(86)
四、上流式厌氧污泥床 (UASB)	(88)
五、流化床生物膜反应器 (FBBR)	(91)
六、厌氧折流反应器	(91)
七、两阶段沼气发酵	(92)
八、干发酵	(95)

第七章 农业剩余物沼气发酵规律

一、分批投料沼气发酵规律	(99)
二、半连续投料和连续投料沼气发酵	(103)
三、家畜家禽粪便的沼气发酵	(107)
四、作物秸秆及青杂草等的沼气发酵	(112)

第八章 农村沼气发酵工艺要点

一、沼气发酵原料	(118)
二、接种物 (活性污泥) 的准备	(119)
三、沼气发酵的起动	(120)
四、沼气池的运转管理	(121)
五、沼气发酵的温度及增温保湿措施	(122)
六、沼气池的大出料	(122)
七、安全注意事项	(122)
附：农村沼气发酵工艺流程图	(123)

第一章 前 言

在自然界里，沼气的生成是一种古老的生物现象。在湖泊或沼泽中常常可以看到有气泡从水底的污泥中冒出，如果将这种气体收集起来，便可以点燃，由于它产生于沼泽，所以人们叫它“沼气”。虽然人们发现沼气已经有很长的历史，但把沼气收集起来作为能源加以利用，或根据沼气形成的原理来处理各种有机废物，还是近几十年的事。

沼气，这种可再生的、清洁的生物能源，在我国已经走进了农民的家庭、职工的住宅。它不仅开始解决一些地区燃料缺乏的困难，并且给家庭带来方便和欢乐。在一些地方沼气更是大显身手，促进了生产，改善了生活，改良了生态，富裕了农民。发展沼气实在是利国利民、造福子孙、一举多得的大事。

沼气的生成是一个复杂的微生物学过程，了解这一过程的基本原理及其规律性，才能把沼气生产建立在科学的基础上。沼气池的修建、发酵管理、沼气的利用都要求我们具备一定的科学知识。掌握这些知识，才能使沼气建设取得更大成绩，在农业现代化建设中发挥更大的作用。

一、什么是沼气发酵

“发酵”一词本来是指在制做面包时，由于酵母菌的作用使面团发松的过程，随着微生物利用范围的扩大，发酵一词的概念也随之发生变化，如今把所有利用微生物生产各种产品的工艺过程都叫做发酵。如沼气发酵、酒精发酵、醋酸发酵、抗菌素发酵等。沼气发酵是有机物在厌氧条件下被厌氧微生物分解产生沼气的过程。

沼气发酵应用于不同的地区往往有不同的目的。在农村进行沼气发酵主要是为了获得能源；在城市进行沼气发酵主要是为了处理有机废物和有机废水，以保护自然环境。由于沼气发酵利用目的不同，以及各地区、各行业习惯用语不同，因而有不同的名称，除沼气发酵之外还称做厌氧发酵、厌氧消化等。对沼气发酵器习惯称呼也各不相同，在农村，沼气发酵器多建于地下，习惯称为沼气池；在城市里则多称为厌氧消化器、消化池、发酵器、发酵罐或反应器等。尽管名称多种多样，但其发酵原理都是有机物在厌氧条件下的分解过程，其最终产物都是沼气。

沼气是一种混合气体，其主要成分是甲烷和二氧化碳，此外还有少量氢、硫化氢、一氧化碳、氮气和氨等。通常甲烷占60%左右，二氧化碳占40%左右，其它气体的量均很少。

二、发展沼气意义深远

沼气发酵引起人们重视,开始于能源紧张和环境污染等方面的原因。我国在发展沼气的过程中,受到党和政府的重视和支持,逐步认识到了它的深远的意义。我国发展沼气的经验和成就,引起了国际上特别是发展中国家的重视。

1. 发展沼气开发生物能源

千百年来,我国广大农村主要以柴草的直接燃烧作为生活用能的主要方式,全国每年约有四亿吨作物秸秆被烧掉,随着人口的增长和生活的改善,农村对能源的需要量日益增长。全国一亿七千万农户,严重缺柴的约占47.7%,即有八千万户全年缺柴2~4个月。作物秸秆直接燃烧,热能利用率只有10~20%;如果将它发酵成沼气,热能利用率可达40~60%。据实验,用十斤草直接燃烧,即使使用效率较高的省柴灶也只能烧开50公斤水,而制成沼气却能烧开90公斤水。同时由于沼气发酵把本来不宜作为燃料的人畜粪便也用来生产沼气,因而扩大了燃料来源,为满足农村对能源的需要为发展农副业生产创造了物质条件。

柴草直接烧掉,不仅使用不便,并且烟熏火燎,污染环境,有害健康。制成沼气则可使燃料气体化,不仅使用方便,并且环境清新;有条件的地区还可用来开动机器抽水、磨面、碾米、发电,亦可用来开动汽车,为实现农业现代化开创了新的前景。

从长远发展来看,地球上的矿物燃料,如石油、煤、天然气等,总是要耗尽的。我们必须寻找新的能源。在新能源,生物能、太阳能、风能、小水电、海洋能、地热等中,最直接的可再生能源当然是每年都在生长着的植物所据有的生物能。植物吸收太阳能并将其转化为生物能的形式而加以贮存。地球从太阳接收的能量中,只有0.1%固定于光合作用产物,在全世界相当于1500~2000亿吨干有机物质。这些有机物的一部分用作人和动物的食品,转化为动物性有机物;而相当大量的废弃物则可用来进行发酵而生成液体燃料(如酒精)或气体燃料(如沼气)。沼气发酵,是将有机物转化为气体燃料的经济而有效的方法。所以,发展沼气不仅是为了解决当前的燃料短缺,也是为了未来可再生能源的开发。因而它是具有战略意义的大事。

2. 发展沼气是保护环境和改善卫生状况的有效手段

沼气来自生物质,它是一种清洁的能源。使用沼气减轻了烟雾弥漫、污染空气的现象。因为沼气的主要成分是甲烷和二氧化碳,燃烧后的主要产物是二氧化碳和水。大力发展沼气还可以减少煤炭的用量,因为煤炭中含有大量硫磺,燃烧时生成的二氧化硫会造成酸雨,煤燃烧时还会排放出致癌物质及粉尘,这些也都对环境造成污染。烧煤的另一个问题是产生更多的二氧化碳。使用沼气时,每燃烧一个碳原子的同时烧掉四个氢原子;烧石油时每烧掉一个碳原子,同时烧掉两个氢原子;而烧煤时每烧掉一个碳原子,同时烧掉的氢还不到一个原子。这就是说生产单位能量,烧煤所产生的二氧化碳为烧石油的两倍,烧甲烷的2.5倍。Calyin等通过测定树木年轮中 C^{14} 的浓度,知道一八八〇年时空气中二氧化碳的含量为290 ppm,而现在则为330 ppm。一百年中空气中二氧化碳的含量升高了15%,其中的一半是近20年内增加的。大气中二氧化碳浓度的升高,使红外线辐射受到阻碍,这样就使白天照射到

地球上的可见光，晚上以红外线形式再返回外层空间时受到阻碍，因而产生了“温室效应”，使地球表面温度升高，造成气候的异常。因此，发展沼气，减少烧煤，也间接起到了保护环境的作用。

随着城镇的发展，人口向城镇集中，随之各种农产品也必然向城镇集中。在人们消费农产品时所剩余的有机物变成为垃圾和污水，造成环境的污染。如果用传统的好氧曝气的方法处理这些废物，则需消耗大量能量；用沼气发酵的方法来对有机物进行厌氧消化，既可减少能量的消耗，又可生成一定量的能源物质——沼气。因此，近些年来厌氧消化引起了全世界的重视，在我国发展也很迅速。

农村办了沼气，露天粪坑去掉了，人畜粪便进入了沼气池，这样就减少了蚊蝇的孳生场所，也减少了人畜粪便污染水源的机会。同时人畜粪便进入沼气池后，经过较长时间的停留，一部分致病菌和寄生虫卵可被杀死，也有一部分寄生虫卵沉降于池底，这就减少了病原菌和寄生虫卵的传播机会，起到了改善农村卫生状况的作用。一般说来，办了沼气的村镇，由于卫生状况的改善，肠道传染病和寄生虫病的发病率明显降低。据调查中层出料的沼气池出口粪液中的虫卵减少率为93.8~98.5，钩虫卵在沼气池中5~6个月可全部死亡。有些地方菌痢的发病率，办沼气后比办沼气前下降80%以上。

3. 发展沼气是增辟有机肥料和增加饲料，发展农副业生产的有效措施

我国农村每年从土地上收获的作物秸秆约五亿多吨，其中绝大多数用作生活燃料被烧掉。造成土壤缺乏有机肥料，牲畜缺少饲料，轻工业缺少原料。

据江苏省统计，五十年代有机肥用量占总用肥量的90%，六十年代占70%，七十年代下降到30%；而化肥用量则逐步上升，六十年代平均每亩施用化肥30斤，七十年代每亩60斤，到八十年代每亩增加到150斤。六十年代施一斤化肥可增产粮食4.5斤，七十年代初降到2.5斤，到一九七六年每施一斤化肥只能增产粮食0.8~1.0斤。由于有机肥急剧减少，化肥用量大大增加，造成了土壤氮、磷、钾等养分比例的严重失调，土壤板结，粮食生产成本上升，以致增产不能增收。办沼气就能较好的解决这一问题。人畜粪便和一部分秸秆用来进行沼气发酵，有机物中一部分较易分解的碳素化合物生成了沼气，供人们用作燃料；剩下有机物和几乎全部氮、磷、钾等矿质营养元素成为优质的有机肥料，又重新回到土壤供作物生长的需要。这样就使光合作用产物所贮存的能量得到逐级释放，把本来一次直接烧掉的秸秆，经过饲料、燃料、肥料利用了三次。同时也使秸秆中所含的矿质元素重新回到土壤，这就有效的提高了秸秆的利用率和土壤的肥力，这种利用有机物的方式要比直接燃烧或直接沤肥还田更加科学，经济效益也大的多。秸秆直接燃烧则损失了全部有机物和氮素，进行堆肥也比沼气发酵的氮素损失要大的多（表1-1）。

办沼气省下了秸秆，可用做饲料发展畜牧业或其它副业。经过沼气发酵后的有机物，一般情况是碳素含量相对下降，氮素含量相对上升，B族维生素和酪氨酸、鸟氨酸、赖氨酸、精氨酸等表现为净增长。因此，沼渣可用来养鱼、养蚯蚓，并可作为养猪、养牛的填加饲料。不少农村由于办了沼气。饲料量增加，使畜牧业得到发展。

4. 发展沼气有利于保护生态平衡

所谓生态是指生物与环境（包括环境中的生物）之间的关系。在自然界里生物与环境条件之间构成自然生态系，生物与生物，生物与环境条件之间互相依存，又互相制约，保持了物质和能量流动的平衡。例如阳光、降雨、空气中的二氧化碳、土壤里的氮、磷、钾等各

表1-1

堆肥与沼气发酵氮素含量的变化(%)

氮素	露天堆沤	沼气发酵
蛋白质氮素	51.2	62.0
无机态氮素	19.8	33.0
氮素损失量	29.0	5.0
保存氮素量	71.0	95.0

种养料,保证了植物生长所必须的养料和条件。植物吸收这些养料和光能进行光合作用制造了各种有机物,一部分植物被动物吃掉转化为动物性有机物,一部分植物及动物的排泄物和遗体进入土壤,在土壤中有有机物被微生物分解,生成二氧化碳、水、腐殖质、氮、磷、钾物质。光合作用过程中贮存的能量经过动物、微生物而逐步释放,所生成的二氧化碳和各种无机元素经过一个循环又回到原有的状态。在这个循环过程中土壤保持了结构和养分。在这个生态系中,如果一个环节遭到破坏,则整个生态系的平衡就会失调。假如因为燃料缺乏,人们把大量柴草拿走,动物则会因缺乏食物和栖息场所而死亡或迁徙,微生物则会因得不到有机物而数量减少,土壤结构恶化,养分得不到恢复。这样,植物则会因得不到足够的养分而生长缓慢或死亡……自然界的生态平衡被打乱了,如不及时加以保护,就会年复一年造成恶性循环。

农业生态系是在自然生态系基础上发展起来的一种生态系,它受到人类强有力的调节与控制。人类通过耕地、施肥、灌溉、防治病虫害、培育良种等一系列农业技术措施,对生态系统进行干预,以获得更多的农副产品。在农业生态系统中,能量和物质的流动同样是沿着:环境→植物→动物→微生物→环境的顺序流动的。农作物综合能量和物质形成碳水化合物、蛋白质和脂肪,积蓄于种子或秸秆中。动物消费饲料生产肉、蛋、奶等动物性产品。植物和动物的精华部分被人类吃掉,剩余物则被微生物分解,又回到环境中。然而,人们从土地上拿走的东西太多,而还回土壤的东西又太少,开始是利用化肥来补偿这种不平衡。大量化肥的施用造成土壤板结,磷、钾养分缺乏,开始的丰产田成了低产田,农业生态系的平衡遭到破坏。大量施用有机肥料是保护和恢复农业生态平衡的重要手段之一。

发展沼气,实际上是在有机物被微生物分解这一环节上加以控制,既获得了能源物质,又防止了养分的流失。农作物秸秆和有机废物,可在生态系的物质和能量循环过程中多层次的加以利用。从这个意义上说,发展沼气既可保护自然生态的平衡,又可保护农业生态的平衡,使我们伟大祖国变得山清水秀,五谷丰登,更加可爱,更加富强。

总之,发展沼气的直接目的是为了解决农村燃料紧缺和实现燃料现代化,但它同时带给人们的好处是多方面的。一九八三年六月中国沼气协会和农牧渔业部沼气办公室组织了二十多名科技人员,对江苏省海安县进行了沼气发展水平与效益的综合考察。通过调查,对农户办沼气的综合效益分析及计算结果列于表1-2。

表1-2

沼气效益的分析计算

项	目	效 益	备 注
直 接 效 益	1. 生产沼气213.5立方米		
	炊事用197.8立方米(折188.4天)	44.31元	沼气代替柴草费用
	点灯用15.7立方米(折78.5天)	1.36元	点煤油每月1.5斤
	2. 生产肥料10968公斤	21.94元	
	3. 节约秸秆1091.3公斤	32.74元	每斤草按1.5分计
	直接效益合计	100.35元	
间 接 效 益	4. 作为原料发展多种经营	—	已按节约秸秆价值计算。
	5. 作为饲料发展畜牧业	—	
	6. 节约用工		
	砍柴节约工36.11个	22.19元	
	炊事每天节约1小时	11.78元	
	7. 沼气肥料		
	增产粮食89.45公斤	17.89元	粮增产按5%计算
	增产棉花12.25公斤	24.50元	棉增产按8%计算
	8. 用沼渣育菇、养鱼等付业		
	9. 改进卫生、减少就医		
	10. 创造了从事家庭付业的条件		
	11. 改善文化娱乐、学习等条件		
	间接效益合计	76.36元	

三、沼气发酵的历史

人们对沼气是一种可燃性气体的认识已经历史久远,一八七五年波波夫等人发现沼气的产生是一个微生物学过程,这引起了人们广泛兴趣。一八九六年在英国一个小城市里(Eleter)建起了一座沼气池,用来处理生活污水所产生的污泥,所产的沼气用来照明一条街道。一九〇〇年在印度Matunga建造了用人粪做原料的沼气池。一九〇五年Imhoff在Emscher地区研制了Imhoff池。一九一四年美国大概有七十五个城市和许多机构都建造了沼气池。一九二七年德国开始用沼气发电,并用冷却发电机的热水来加热沼气池。

沼气发酵技术随着人们对发酵原理认识的提高飞速发展。从开始时的简单的化粪池,到一九五〇年采用了具有搅拌的高速消化器。一九五五年出现了使微生物可以回流的厌氧接触法,这样使厌氧消化的效率大大提高。一九六九年Young和Mccarty发表了厌氧滤器(AF)的应用,一九七九年Letinge等研制成功厌氧污泥床(UASB)工艺。后两种工艺,使可溶性原料在沼气池内发酵的时间大大缩短,从原来的几十天缩短到一天,甚至几个小时,这样就使沼气发酵用于处理污水等工程成为可能。也为沼气生产创造了更好的方法。

在一九二〇年左右,我国台湾省人罗国瑞在广东省汕头市开始建造沼气池生产沼气。一

九二九年夏季在汕头开设了我国第一个沼气商号，名曰“中国天然气瓦斯灯行”。一九三〇年秋，工商部承认了罗国瑞的沼气专利权，在我国十个省建立了分行，沼气池的修建遍及十三个省。池形与我国目前使用的水压式沼气池基本相似，至今有的沼气池还可以使用。直到一九四二年商行遭到日本侵略者破坏，沼气发展被迫停止。

一九五八年，我国的沼气发酵出现了第二次高潮，全国很多省市都修建了沼气池，中国科学院微生物研究所等单位围绕沼气发酵进行了很多工作，全国也出版了不少指导沼气发酵的书刊。一九五九至一九六一年的三年经济困难时期，使这一高潮平息了下来。第三次沼气发展高潮，始于一九六八年，延续至今。十多年来，我国先后修建了几百万个沼气池，虽然几经曲折，但终于闯开了这条道路，如今已经走上健康发展的轨道。从中央到地方成立了一套沼气建设的领导和推广机构，农村已经有了一支掌握沼气建设技术的专门队伍，在科研机关及大专院校已经有了一支训练有素的科研力量。我国已经基本上掌握了目前世界上所拥有的各种沼气发酵工艺，并且也开始了厌氧微生物的研究。今后我国的沼气建设事业一定会得到蓬勃发展。

四、目前我国沼气建设的有关政策

为了发展农村的大好形势，改善农民生活，建设富裕文明的新农村，必须解决农村能源问题。根据我国实际情况，农村能源主要立足于当地。这就要贯彻“因地制宜，多能互补，综合利用，讲求实效”的方针政策。“因地制宜”就是要根据本地具体情况确定能源发展的重点。生物能在多数地区都有比较丰富的资源可以开发。“多能互补”就是说多数地区靠一种主要能源还不能解决问题，要根据情况开发生物能、太阳能、风能、小水电、地热等各种能源，互相补充。“综合利用”是说对有限的资源要综合利用，办沼气主要是解决烧柴问题，同时也可以增加有机肥料，改善卫生条件，保护自然环境，达到综合利用农业废物的目的。“讲求实效”就是要讲科学、讲经济效益，不要只求数量，不求质量。

今后一个时期发展沼气的方针是：“巩固提高，积极发展，建管并重，讲求效益”。核心是重视质量，提高效益，在这个前提下力争有个较快的发展速度。当前应把经济实用的水压式沼气池作为我国第一代沼气池在农村加以推广。同时，在科研上积极研制性能更好，技术更先进的第二代沼气池，并努力开拓沼气利用从个体到集体、从生活到生产、从农村到城市的广阔前景，为沼气建设的大发展进行科学贮备。

第二章 沼气发酵的生物化学基础

如果说植物是太阳能的贮存者，那么微生物就是这种贮存能量的最大释放者。沼气发酵只不过是微生物在分解这些贮能物质时发生于厌氧环境中的一种生物现象。这种能量的贮存和释放过程都是生命活动的结果，也都伴随着化学变化的发生，这种生命活动的化学就是生物化学。要想较为深入地了解沼气发酵的原理和规律，就必须对生物化学过程有所认识。因此，要求我们有一些生物化学知识。

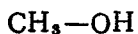
沼气发酵原料都是动植物遗体或其排泄物，这些物质主要由糖类、蛋白、脂肪构成。这些物质通称为有机物，沼气发酵过程就是这些有机物分解的过程。在这一章里我们要学习有关沼气发酵的一些主要有机物的构成和性质，以及有机物分解发酵的基本原理。

一、醇、醛、酮、羧酸

这几种有机物在沼气发酵原料和发酵过程中经常出现。

1. 醇

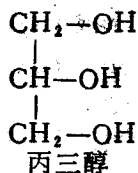
醇可以看作是水分子中的一个氢原子被烃取代的衍生物。醇中的一OH叫羟基，是醇的官能团。甲醇、乙醇（酒精）、丙三醇（甘油）等都是醇类。



甲醇



乙醇



醇类的命名是看其连有羟基的碳链的长短，按主碳链所含原子数称做某醇。如含有一个碳原子的称甲醇，含有两个碳原子的称乙醇，以下依次类推。分子中含有两个或两个以上羟基的醇，分别称为二元醇或多元醇。如甘油，含有三个羟基称丙三醇。

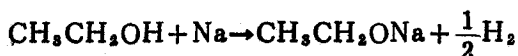
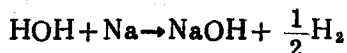
物理性质：

十二个碳原子以下的一元醇是无色液体，高级醇是蜡状物质。低级醇如甲醇、乙醇、丙醇等，由于烷基在分子中的比例不大，所以能与水以任意比例混溶。从丁醇开始，在水中的溶解度随分子量的增高而降低。分子中羟基数同碳原子数的比值增加，则水溶性加大，如乙二醇、丙三醇等都能与水混溶。

醇的沸点比多数分子量相近的其它有机物为高，如甲醇（分子量32）的沸点是65°C，而乙烷（分子量30）的沸点为-88.6°C，乙醇的沸点为78.3°C。

化学性质：

醇和水中都含有与氧原子相结合的氢，在性质上醇与水确有某些相似处。与氧结合的氢表现了一定程度的酸性，但醇的酸性比水还弱。醇不能与碱的水溶液作用，而只能与碱金属或碱土金属作用放出氢气，并形成醇化物。



乙醇

乙醇钠



醇

醇镁

醇与酸（包括无机酸和有机酸）失水所得的产物叫脂，醇与无机酸形成的脂叫无机酸脂，是由醇去掉羟基，酸去掉氢生成的。



硝酸脂

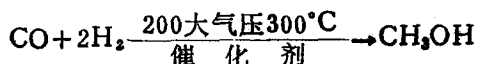


硫酸甲脂

多数硝酸脂受热后能因猛烈分解而爆炸。

重要代表物：

(1) 甲醇： CH_3OH 最初是由木材干馏得到的，所以俗称木精。甲醇是无色液体，沸点 65°C ，工业上由一氧化碳及氢制取。



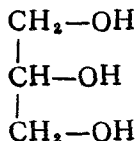
甲醇有毒，服入10毫升能使双目失明，30毫升即能致死，用作溶剂和化工原料。

甲烷八叠球菌能代谢甲醇形成甲烷及 CO_2 。所以含有甲醇的废水可用来进行沼气发酵。



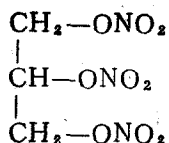
(2) 乙醇：乙醇是酒的主要成分，所以俗名酒精。目前主要靠用淀粉或糖酿造。发酵液中含10~18%的乙醇，此外还含有丁二酸、甘油、乙醛和杂醇油等，因此带有各种气味。将发酵液分馏可得到含95.5%乙醇及4.5%水的混合液，这就是工业酒精，沸点为 78.15°C 。工业酒精可用做燃料代替汽油，是生物能源资源利用的方式之一。

(3) 丙三醇：俗名甘油。为无色、无臭，有甜味的粘稠液体，比重1.261，熔点 180°C ，



沸点 290°C （分解）。甘油以酯的形式存在于油脂中，可由油脂制肥皂的余液中提取。无水甘油有吸湿性，能吸收空气中的水分，至含水20%后即不再吸水。

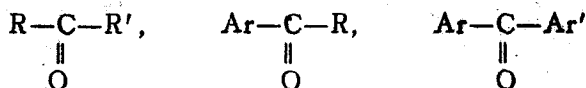
甘油与硝酸形成的三硝酸甘油酯俗称硝化甘油：



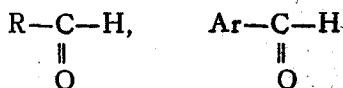
硝化甘油可用做炸药，硝化甘油有扩张冠状动脉的作用，用做医药可治疗心绞痛。

2. 醛和酮

醛和酮分子里都含有羰基 (>C=O)，统称为羰基化合物。羰基所连接的两个基团都是烃基，叫做酮，如：

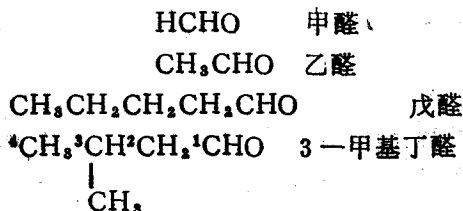


羰基所连接的两个基团中至少有一个是氢原子的是醛，如：

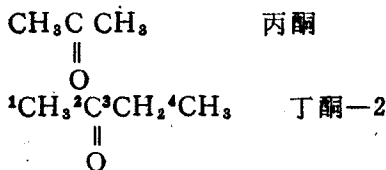


所以也常将 >C=O 叫做酮基； $\text{H}-\text{C=O}$ 叫做醛基，简写为 $-\text{CHO}$ 。

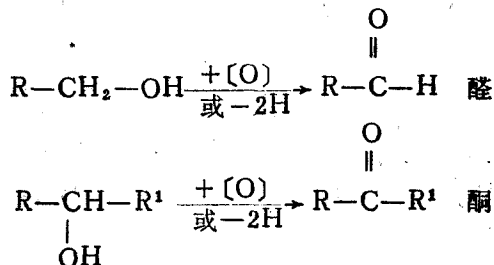
羰基很活泼，可以发生多种多样的有机反应。所以羰基化合物在有机合成中是极为重要的物质，同时也是生物代谢过程中十分重要的中间体。醛的命名根据碳链的长短而定。如：



酮的命名法与醇的命名相同：



醇用高锰酸钾或重铬酸钾等氧化剂氧化或在催化剂作用下脱氢，可生成醛或酮。



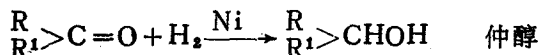
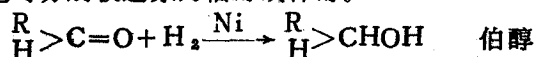
物理性质：

除甲醛是气体外，十二个碳原子以下的醛、酮是液体。高级醛、酮多为固体。醛、酮的沸点比相应的醇低的多。甲醛为 -19.5°C ，乙醛为 20.8°C 。醛、酮易溶于有机溶剂，四个碳

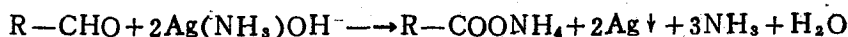
原子以下的醛、酮易溶于水。中级醛、酮和一些芳香醛都有特殊香味，可用于化妆品和食品工业。

化学性质：

醛或酮经催化氢化可分别被还原为伯醇或仲醇。

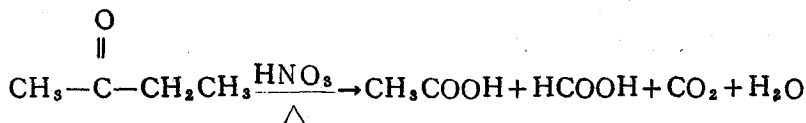


醛很容易被氧化成相应的羧酸，空气中的氧就可以将醛氧化。酮则不易被氧化。我们可以选择一个较弱的氧化剂来区别醛和酮。常用的是托伦 (Tollens) 试剂。托伦试剂是硝酸银的氨溶液，起氧化作用的是银离子，它们将醛氧化为羧酸，本身还原为金属银。反应在碱性溶液中进行。



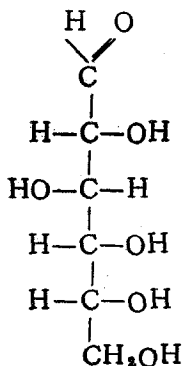
在这个反应中银离子经还原后呈黑色悬浮的金属银，如果反应用的试管壁非常清洁，则生成的银就附着在试管壁上，形成光亮的银镜，所以这个反应也叫银镜反应。酮不和托伦试剂发生反应。

酮在强烈的氧化条件下，碳链在羰基的两侧断裂，生成小分子的羧酸，如：

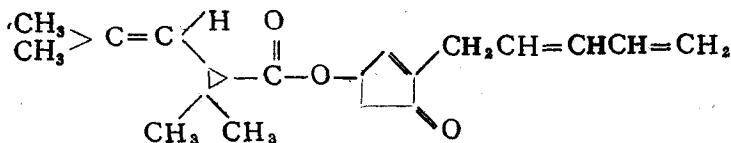


重要代表物

自然界存在许多有重要生理作用的羰基化合物。但它们的结构都比较复杂，分子中除羰基外，往往还含有许多其它的基团，如：葡萄糖、除虫菊酯 I 等：



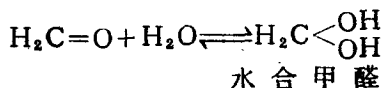
葡萄糖



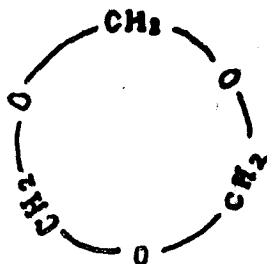
除虫菊酯 I

(1) 甲醛 HCHO 甲醛是无色、对粘膜有刺激性的气体，沸点 -19.5°C ，易溶于水。甲醛有凝固蛋白质的作用，因而有杀菌和防腐的能力。如常用含有 8% 甲醇的 40% 甲醛水溶液——福尔马林——来保存动物标本。

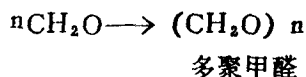
甲醛在水溶液中能以水合甲醛的形式存在，但不能由水溶液中分离出稳定的水合物。



甲醛容易聚合，如甲醛浓溶液经长期放置便能出现多聚甲醛的白色沉淀。福尔马林中加入少量甲醇可以防止甲醛聚合。甲醛可由三个分子聚合成三聚甲醛：

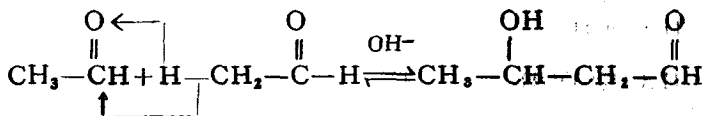


也可以由多个甲醛聚合形成线型高分子化合物：



聚合度 n 在8~100间的低分子量聚合物，仍具甲醛的刺激气味，为白色固体，熔点约为120~170°C，在少量硫酸催化下加热，可以解聚而放出甲醛，因此甲醛常以这种多聚体的形式保存，在使用时再解聚。

(2) 乙醛 CH_3CHO 是有刺激气味的液体，沸点20.8°C，易溶于水和有机溶剂。乙醛能聚合成二聚体或四聚体。在碱的催化下，两个乙醛分子可发生羟醛缩合作用生成 β -羟基丁醛。



(3) 丙酮 $\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{CH}_3$ 是最简单的酮，有愉快香味，沸点56°C，易溶于水，并能溶解多种有机物，是常用的溶剂。可由糖类物质经丙酮丁醇菌发酵制得。

3. 羧酸

烃基和羧基（ $-\text{C}(=\text{O})-\text{OH}$ ）相连的物质是羧酸。

从形式上看，羧基是由羰基和羟基组成的，但不能把羧酸的性质简单地看作是羰基化合物与醇的性质的加合。而必须把它作为一类新的有机物加以讨论。

羧酸与羧酸的衍生物（如酯等）广泛存在于自然界。许多羧酸是动、植物及微生物代谢中的重要物质。羧酸及其衍生物也是有机合成的重要原料。在沼气发酵过程中羧酸的形成和分解，是形成甲烷的重要步骤。

羧基和脂肪烃基相连的叫脂肪酸，和芳香环相连的是芳香酸。脂肪酸有饱和酸及不饱和酸两类。根据分子中含有的羧基数目，又有一元酸、二元酸、多元酸等。