

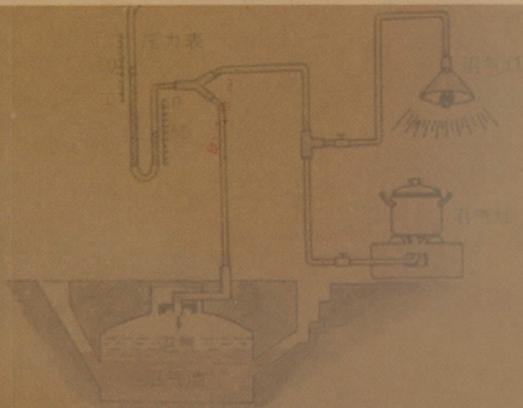
● 阳光工程丛书

# 沼气池建造、使用 与维护技术

ZHAOQICHI

JIANZAO SHIYONG YU WEIHU JISHU

李健 贺瑞肖 主编



河北科学技术出版社

# 沼气池建造、使用与维护技术

主编 李 健 贺瑞肖

河北科学技术出版社

## 阳光工程丛书编委会

主 任	傅文才						
主 编	田 芬						
副 主 编	王仲群	宋海柱	李俊英	范海昌	杨伯明	李树强	
编 委	刘贵中	鲁新堂	张君惠	单占榜	安 蔚	任永志	
	王建新	张 斌	杨宪理	刘凤川	孙福军	董瑞峰	
	孙 毅	赵振英	苑清民	宗 纲	吕小强	杨秀萍	
	都建卫						

## 《沼气池建造、使用与维护技术》编委会

主 编	李 健	贺瑞肖					
副 主 编	安秀海	黄振平					
编 者	王丽丽	安秀海	韩 诤	李 健	贺瑞肖	刘 栋	
	薛开吉	黄振平	杜东法	孟宪林	马吉华	李凤池	

---

---

# 前 言

目前,我国大力发展循环经济、低碳经济,沼气作为一种可再生的清洁能源,受到农村广大群众的青睐。以沼气为纽带的生态家园富民工程是推进社会主义新农村建设的重要内容。加快农村能源建设步伐,优化农村能源结构,积极推广沼气等可再生清洁能源技术,对促进新农村建设的可持续发展,实现农村家居环境清洁化、农业生产无害化、资源利用高效化,转变农民的生产、生活方式,改善农村的环境面貌,增加农民收入,提高新农村建设的科技含量,培育新型农民,都具有非常重要的意义。

为了适应新农村沼气建设的发展,满足广大沼气技术人员和沼气用户的需求,我们编写了《沼气池建造、使用与维护技术》一书。本书采用图文并茂的形式,全面系统地介绍了沼气池的设计、施工、发酵工艺、安全使用与维护等技术。本书内容丰富,技术实用,深入浅出,通俗易懂,是沼气技术人员和广大沼气用户必不可少的参考书。

在本书编写过程中,我们参考了一些专家、学者的研究成果和技术资料,在此一并表示感谢。由于水平有限,错误和不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作 者

2010年6月

---

---

# 目 录

第一章 沼气发酵基本原理	( 1 )
一、沼气的概念	( 1 )
二、沼气的性质	( 2 )
三、沼气发酵的基本条件	( 3 )
四、沼气发酵的过程	( 8 )
第二章 沼气发酵原料	( 11 )
一、原料的种类及数量	( 11 )
二、原料的成分	( 13 )
三、原料的产气性能	( 15 )
第三章 沼气发酵工艺	( 18 )
一、发酵的基本条件	( 18 )
二、发酵的工艺类型	( 24 )
第四章 沼气池的构造及设计	( 27 )
一、沼气池的构造和工作原理	( 27 )
二、沼气池的设计原则	( 32 )
三、沼气池建筑材料	( 39 )
四、沼气池建筑施工	( 54 )
第五章 常用小型沼气池池型图	( 62 )
一、圆筒形水压沼气池	( 62 )
二、底层出料水压沼气池	( 65 )
三、分离贮气浮罩式沼气池	( 68 )

四、旋流布料水压式沼气池 .....	( 71 )
第六章 沼气池的正常启动 .....	( 77 )
一、原料搭配与接种物选择 .....	( 77 )
二、配料启动 .....	( 82 )
第七章 沼气输配设施 .....	( 87 )
一、管道与配件 .....	( 87 )
二、沼气设备 .....	( 88 )
三、输配设施的安装 .....	( 93 )
第八章 沼气的安全生产管理与维护 .....	( 95 )
一、日常管理 .....	( 95 )
二、沼气的安全生产管理 .....	( 97 )
三、沼气池的安全维护 .....	( 101 )
四、沼气池常见故障及处理方法 .....	( 104 )
五、预防沼气中毒和烧伤 .....	( 105 )
第九章 沼气、沼液、沼渣的综合利用 .....	( 108 )
一、沼气综合利用概况 .....	( 108 )
二、沼气综合利用的基本原理 .....	( 109 )
三、沼气的综合利用 .....	( 111 )
四、沼液的综合利用 .....	( 123 )
五、沼渣的综合利用 .....	( 131 )
附录 .....	( 142 )
附录一 各种能源热值及折标煤系数表(参考) .....	( 142 )
附录二 发酵原料的平均沼气产量(参考) .....	( 144 )
附录三 新能源技术节标煤量计算表 .....	( 145 )
附录四 常用计量单位换算 .....	( 146 )
参考文献 .....	( 147 )

---

---

# 第一章 沼气发酵基本原理

## 一、沼气的概念

沼气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气体。由于这种气体最先在沼泽中发现，所以称之为沼气。

在自然界中，除含腐烂有机物质较多的沼泽、池塘、污水沟、粪坑等处可能有沼气外，也可以人工制取。用作物秸秆、树叶、人畜粪便、污泥、垃圾、工业废渣、废水等有机物质作原料，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出沼气来。

沼气是属于生物质能利用的一种方式。生物质能是自然界各种植物通过叶绿素的光合作用，将太阳辐射能转换成化学能固定下来的，它是一种自然界不断再生的能源。由于制取沼气的原料很多，尤其是在我国农村，因此利用生物质能资源发展沼气的潜力很大。这对于解决农村燃料、肥料和饲料，加速发展农业生产，实现农业现代化，建设社会主义新农村，都有着极其重要的意义。同时，利用厌氧发酵处理城市和工厂排出的粪便、废物、污泥、垃圾、有机废水等，既可获得相当数量的沼气，又可达到基本无害化处理的目的。因此，兴办沼气，综合利用生物质能资源，不仅是实现农业现代化的重要措施，也是处理城市“三废”、保护环境的有效途径。

## 二、沼气的性质

沼气是一种可燃性混合气体，其性质不像单一气体那样稳定。沼气的性质取决于沼气的主要成分。

### （一）沼气的成分

沼气的组成以甲烷为主，其次是二氧化碳。据测定，沼气一般含甲烷（ $\text{CH}_4$ ）55% ~ 70%，二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）20% ~ 40%，还含有少量的硫化氢（ $\text{H}_2\text{S}$ ）、氮气（ $\text{N}_2$ ）、氢气（ $\text{H}_2$ ）、一氧化碳（ $\text{CO}$ ）和氧气（ $\text{O}_2$ ）等。沼气成分不是固定的，受发酵条件、工艺流程、装置结构等许多因素的影响。发酵条件适宜、工艺先进、装置高效、管理好，产生的沼气质量就好，甲烷含量高，二氧化碳等其他气体含量就低，反之二氧化碳等其他气体含量就高。

### （二）沼气的理化特性

因为沼气的主要成分是甲烷，所以它的理化特性在很大程度上与甲烷的性质相似。又因沼气中含有一定量的二氧化碳，所以它也有二氧化碳的一些特性。同时沼气成分是变化的，这就导致了其自身理化特性的波动性。

**1. 物理性质** 沼气是一种无色、无一定形状、略有臭鸡蛋味的混合气体，难溶于水，易扩散，不易液化，其比重和密度随气体成分的变化而变化，在甲烷含量为50% ~ 70%、二氧化碳含量为50% ~ 30%时，比重为0.847 ~ 1.042，密度为1.095 ~ 1.347 千克/米<sup>3</sup>。

#### 2. 化学性质

（1）燃烧特性。沼气的可燃成分为甲烷、氢气、一氧化碳、

硫化氢等，在一定条件下，其可燃成分与氧发生激烈的氧化作用，并产生大量的热和光。这一物理化学反应称为燃烧。沼气燃烧的特性见表 1-1。

表 1-1 沼气的燃烧特性

特性参数	CH <sub>4</sub> 50% CO <sub>2</sub> 50%	CH <sub>4</sub> 60% CO <sub>2</sub> 40%	CH <sub>4</sub> 70% CO <sub>2</sub> 30%
热值 (千焦/米 <sup>3</sup> )	17937	21524	25111
理论空气量 (标米 <sup>3</sup> /标米 <sup>3</sup> )	4.76	5.71	6.67
爆炸极限 (%) $\begin{matrix} \text{上限} \\ \text{下限} \end{matrix}$	$\begin{matrix} 26.1 \\ 9.52 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 24.44 \\ 8.8 \end{matrix}$	$\begin{matrix} 20.13 \\ 7.0 \end{matrix}$
理论烟气量 (标米 <sup>3</sup> /标米 <sup>3</sup> )	6.763	7.914	9.067
火焰传播速度 (米/秒)	0.152	0.198	0.243

(2) 其他特性。因沼气的主要成分是甲烷，甲烷可以热分解，与卤素起化学反应，生成卤代甲烷，甲烷在特定的条件下也能与水发生相应的反应。所以沼气不仅是很好的气体燃料，也是很重要的化工原料。

### 三、沼气发酵的基本条件

沼气是多种厌氧性细菌发酵分解有机物质产生的。人工制取沼气，必须创造厌氧发酵的基本条件。这些细菌的生命活动越旺盛，产生的沼气就越多；相反，细菌的生命活动受到阻碍，产气就会减少，甚至不产气。这些基本条件是：

(1) 严格密封的厌氧发酵池。分解有机物质产生沼气的细菌（以下简称为沼气细菌）都是厌氧性细菌，它们的整个生命

活动（包括生长、发育、繁殖、代谢等）都不需要空气。相反，空气中的氧气对它们还有损害。它们对游离的氧非常敏感，有机物质的分解，在有氧气的情况下产生二氧化碳，在无氧气的情况下就产生甲烷。因此，修建储料间不漏水、贮气间不漏气的厌氧发酵池，是人工制取沼气的关键。这不仅是为了装料和贮气的需要，更重要的是保证细菌在厌氧条件下生活，使之达到正常产生沼气的目的。

（2）充足的发酵原料和菌种。各种有机物质如人畜粪便、作物秸秆、树叶杂草、污泥垃圾、生活污水以及含有机物质的工业废渣、废水等，都可以作为沼气池的发酵原料，也就是沼气细菌生长所需要吸取的营养物质。但是细菌对营养物质中的碳素、氮素的需要量必须维持适当的比例。据实际测定分析，适合厌氧发酵的碳氮比为 25 : 1 ~ 30 : 1。

人畜粪便含氮素较高，而含碳素较低，称为“富氮有机原料”；秸秆、树叶、杂草等纤维多的物质含碳素较高，而含氮素较低，称为“富碳有机原料”。因此，厌氧发酵池中，不仅需要经常补充足够的发酵原料，并应注意各种原料按碳氮比、产气量合理搭配，综合进料，这样才能多产气而且持续时间长。

同时，还要充分富集大量的厌氧发酵菌种，这样才能产气快。新鲜原料入池发酵，若加入的菌种很少，厌氧发酵停滞期很长，则迟迟不产气或产气甚微。采用预先沤制过的原料，并加入少量沼气池污泥（粪坑底脚污泥、各种阴沟污泥）进行发酵，甲烷含量很快上升，6 天即达 50% 以上，30 天左右可达 70%，这就说明厌氧发酵必须有大量的菌种。

（3）适当的水分。沼气细菌正常生长、繁殖需要有适量的水分，发酵池里水分过少，发酵液太浓，不利于沼气细菌的活动，发酵原料不易分解，产气慢而少，同时容易在发酵池液面浮料结壳，影响产气；水分过多，发酵液太稀，发酵原料相对减

少，沼气细菌养分不足，也影响产气，不利于沼气池的充分利用。实践证明，池中发酵物质的含水量控制在 90% 左右为宜，最适量的原料干物质浓度为 10%。由于发酵原料不同，干湿程度各异，进料时，应根据发酵原料的含水情况，加入适量的水，并随季节的变化而改变原料干物质浓度（夏季可低些，冬季要高些）。根据实践经验，配料时杂草、秸秆和人畜粪便等，约占全池的一半，另一半加清水，这样产气情况一般比较好。

(4) 适宜的温度。发酵温度（指池内发酵液的温度）对产气有很大影响。温度适宜，细菌的生命力旺盛，沼气就产得多、产得快。厌氧发酵的温度范围很广，沼气细菌在 8 ~ 70℃ 都能生存，根据实际使用情况，可分为高温发酵、中温发酵和常温发酵三种类型。高温发酵，最适宜的温度为 50 ~ 55℃，日产气量为每立方米沼气池产气 2.0 ~ 2.5 米<sup>3</sup>；中温发酵，最适宜的温度为 33 ~ 38℃，日产气量为每立方米沼气池产气 1.0 ~ 1.5 米<sup>3</sup>；常温发酵的温度为 10 ~ 30℃，日产气量为每立方米沼气池产气 0.1 ~ 0.3 米<sup>3</sup>。我国各地农村都是采用常温发酵，一般说来，夏季 7 ~ 8 月份，产气量最高，冬季 11 月至翌年 2 月份，产气量最低，从 3 ~ 4 月份开始产气回升。根据地区和季节的不同，要加强管理，采取保温措施，维持池温在 10℃ 以上，保证正常产气，如果池温低于 10℃，沼气产量明显下降。沼气细菌对温度的变化很敏感，上下突然波动超过 3℃，就要影响沼气的产生，所以，一定要保持池内温度的相对稳定性。温度对厌氧发酵的影响，实质上是对原料消化速度的影响。实践证明，在 15 ~ 35℃ 的范围内，每吨同种原料所产沼气总量大致是相等的。只是温度高时，发酵微生物的生命活动旺盛一些，原料消化速度快一些，发酵周期比较短一些；而温度低时，其消化速度慢一些，发酵周期要长一些。表 1-2 为粪便发酵期限与温度的关系。

表 1-2 粪便发酵期限与温度的关系

池温 (°C)	8	10	15	20	27	32
发酵周期 (昼夜)	120	90	60	45	30	20

(5) 适当的酸碱度。沼气细菌适宜在中性或微碱性的环境中生长繁殖，发酵液的酸碱度（即 pH）以 6.5 ~ 7.5 为宜，过酸、过碱都不利于产气。实验测定表明，pH 为 6 ~ 8，均有沼气产生；但 pH 在 6.5 ~ 7.5 的范围内，产气量最高；当 pH 低于 4.9 或高于 9 时，均不产气。并且发现，在正常厌氧发酵过程中，其 pH 有一个由高变低，然后又升高，以致基本恒定的过程。变化时间的长短与发酵温度等因素有关。在夏季发酵温度较高（22 ~ 26°C），6 天内，pH 就能达到稳定，而秋季温度较低（18 ~ 20°C），则需要 14 ~ 18 天才能稳定。这一变化说明厌氧发酵的 pH 有一个自然平衡过程，一般不需要进行调节。

只有在配料、管理不当的情况下，才可能出现挥发酸大量积累，pH 下降，需要采取措施进行调节。如果发酵液过酸，可加入适量的石灰水或草木灰中和；如果过碱，则加入一些鲜青草、水草、树叶和水，酸碱度就可以得到调节。实践证明，鲜青草、水花生等绿肥投料量大时，在发酵过程中容易使溶液过酸。发酵液过碱的情况很少发生。

(6) 严格控制阻抑物含量。沼气细菌很容易受到阻抑物的影响，抑制沼气细菌的生命活动，妨碍产气。在发酵料液中必须严格控制阻抑物含量，不超过其抑制浓度。沼气池内挥发酸浓度过高（0.2% 以上）时，对发酵有阻抑作用，氨态氮浓度过高（超过 0.15%）时，对发酵菌有抑制和杀伤作用，各种农药，特别是剧毒农药，都有极强的杀菌作用，其他很多盐类，特别是贵金属，也是厌氧发酵的阻抑物。

投入发酵池的原料、废水等都要经过检验，不能投入农药、

油毡、电石、刚喷过农药的作物秸秆，以及含有阻抑物的废渣、废液和废水等。

另外，要提高沼气产量，还应注意以下几个问题：

(1) 要经常对发酵料液进行搅拌。其目的是使发酵原料分布均匀，增加沼气细菌与原料的接触面，防止浮渣增厚和结壳，加快发酵速度，提高产气量。试验证明，在同样的发酵器、同样的容积和同样的发酵条件下，搅拌比不搅拌可提高产气量10% ~ 15%。特别是大型沼气池必须采取有效的搅拌措施，一般情况下，料液移动速度不超过 0.5 米/秒为宜，因为这一速度是发酵微生物生命的临界速度。

(2) 要控制沼气池内气压不宜过大。在实践中发现，沼气池内气压过大时产气减慢，据有关单位的试验研究表明，池内气压对产气有直接影响，压强在 40 ~ 50 厘米水柱高时，对产气量没有影响；压强大于 60 ~ 90 厘米水柱高时，产气量就会下降。所以，要注意合理设计气箱或贮气柜的容积。

(3) 可适量掺入添加剂。能促进有机物质分解并提高产气速度的各种物质，统称为添加剂。其种类很多，包括一些酶类、无机盐类、有机物和其他无机物等。添加少量的活性碳粉末，可提高产气量 2 ~ 4 倍，在碳的浓度为 500 ~ 4000 毫克/升时，产气量的增强与浓度成正比，并且甲烷含量增加，挥发性固体减少。加入 5 毫克/千克的稀土元素 ( $R_2O_3$ )，可提高产气量 17%。添加黑曲霉可以提高下水污泥的甲烷发酵能力，使甲烷产量提高 1.4 ~ 1.6 倍。通入氢或添加 0.25% ~ 0.5% 的甲醇和醋酸钠等，都可以提高沼气产量和甲烷含量。

(4) 必须经常补充新鲜原料。为了保持适宜的发酵原料浓度，保证沼气发酵微生物能经常得到新鲜营养物质和产沼气基质，维持正常而持久地产气，“勤进新料”和“勤出旧料”是一项重要措施。进料、出料的速度要一致，数量（按体积计）要

相等，按重量计，新料的有机物质重量要大于排出分解物的重量。保证适宜的添加料和发酵周期，减少进料量而增加进料次数，可连续维持比较高的产气量。采用混合原料发酵的农村常温沼气池，在池温为 20~24℃ 的情况下，经 38 天发酵后需开始添加新料，每隔 5 天添加 4% 的新鲜原料，可维持较高的产气量。城市下水和粪便污泥中温发酵，其投配率（每日投料数量占沼气发酵池有效容积的百分比）为 5%~7% 较为适宜，其产气量最高。

## 四、沼气发酵的过程

沼气是有机物质在一定条件下，经厌氧性细菌的发酵分解作用而产生的。简单的说，沼气产生的基本原理，就是厌氧发酵机理。

### （一）厌氧发酵的阶段

厌氧发酵是一个复杂的生物化学过程。大致经过以下三个阶段：

第一个阶段是液化阶段。微生物的胞外酶，如纤维素酶、淀粉酶、蛋白酶和脂肪酶等，对有机物质进行体外酶解，将多糖水解成单糖（或二糖），蛋白质转化成肽和氨基酸，脂肪转化成甘油和脂肪酸。即把固体有机物转化成可溶于水的物质。

第二个阶段是产酸阶段。上述液化产物进入微生物细胞，在胞内酶的作用下将它们转化为低分子化合物（简单的有机物），如低级脂肪酸、醇等。其中主要是挥发酸（包括乙酸、丙酸和丁酸），乙酸比例最大，约占 80%，故此阶段称为产酸阶段。

这两个阶段是一个连续的过程，我们统称它们为不产甲烷阶段。除了形成大量小分子化合物外，还产生大量二氧化碳和少量

氢气，这些都是合成甲烷的基质。因此，不产甲烷阶段可以看成是一个原料加工阶段，将复杂的有机物转化成可供甲烷细菌利用的物质，特别是低分子有机酸——乙酸。乙酸是脂肪、淀粉和蛋白质发酵后所生成的一种最普通的副产物。大约 70% 的甲烷都是在发酵过程中由乙酸来形成的。它们可以为产甲烷菌提供丰富的营养，为大量产生甲烷奠定雄厚的物质基础。

第三个阶段是产甲烷阶段。在此阶段，产氨细菌大量活动，而使氨态氮浓度增高，氧化还原势降低，为甲烷菌提供了适宜的环境条件，大量产生甲烷（简单有机物及二氧化碳氧化或还原成甲烷）。

这三个阶段不仅是相互衔接、逐步连续、交替变化的，而且是彼此相互依赖和互相约束，达到液化、产酸和产甲烷阶段的动态平衡，发酵初期大量产酸，在挥发酸浓度迅速增高的同时，氨态氮浓度也急剧上升。氨态氮浓度的增高，造成挥发酸浓度下降，氧化还原势下降，产气量和气体中甲烷含量上升。这一连续反应完成之后的一段时间内，pH、氧化还原势、产气量和甲烷含量等都基本稳定，而挥发酸浓度明显下降。这意味着在一定条件下微生物的种类、数量及其生化活性的稳定，相应的有机物消化速度、中间产物的浓度、产甲烷速度及沼气的成分都随之而保持稳定。

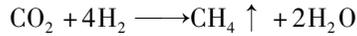
## （二）复杂有机物的分解代谢

厌氧发酵原料十分复杂，主要有糖类、蛋白质和脂肪等。它们在厌氧条件下经过各类微生物的协同作用，分解成简单而稳定的物质，终产物主要是甲烷和二氧化碳，还有少量的硫化氢、一氧化碳和铵离子（ $\text{NH}_4^+$ ），发酵液中还有一类环状化合物的聚合物——腐植酸及未消化的残渣等。

### (三) 甲烷形成途径

对甲烷形成途径的研究已经有近百年的历史，由于所得结果不同而产生了一些不同的看法。而甲烷菌利用氢气还原二氧化碳生成甲烷已得到公认。

二氧化碳 ( $\text{CO}_2$ ) 还原成甲烷 ( $\text{CH}_4$ )，必须有氢气 ( $\text{H}_2$ ) 作为电子供体，其反应为：



其他许多基质也能在甲烷菌的游离细胞浸液中产生甲烷，它们是丙酮酸 ( $\text{CH}_3\text{COCO}_2\text{H}$ )、丝氨酸 ( $\text{CH}_2\text{OHCH}_2\text{CO}_2\text{H}$ )、5-甲基四氢叶酸 ( $5-\text{CH}_3-\text{FH}_4$ )、5-10-甲基四氢叶酸 ( $5-10-\text{CH}_3-\text{FH}_4$ )、甲基维生素  $\text{B}_{12}$  ( $\text{CH}_3-\text{B}_{12}$ )、甲酸 ( $\text{HCO}_2\text{H}$ )、甲醇 ( $\text{CH}_3\text{OH}$ )、甲醛 ( $\text{HCHO}$ )、蛋氨酸和一氧化碳等。

---

---

## 第二章 沼气发酵原料

农村沼气发酵原料主要有各种作物秸秆、树叶、杂草、畜禽粪便、人粪尿、生活垃圾、乡镇企业工厂有机废渣废水和各种农副产品加工的下脚料等农业废弃物。

### 一、原料的种类及数量

发酵原料是生产沼气的物质基础。建造沼气池之前应视原料的多少来确定池容。沼气池建造过大，会形成无“米”之炊，且造成建池材料的浪费；沼气池建造太小，不能满足用气要求，也达不到完全处理废弃物的目的。所以掌握各种原料的产量和收集量是建造沼气池的依据之一。

#### （一）人、畜禽粪便排泄量

人、畜禽粪便排泄量分理论值和实测值两种。粪便排泄量受机体代谢状况、个体大小、食物种类、季节变化等多种因素的影响。人、畜禽粪便排泄量理论近似值见表2-1。

表2-1 人、畜禽粪尿排泄量（理论） 单位：千克

项目 个体	体重	一昼夜排泄量			一年排泄量		
		粪	尿	合计	粪	尿	合计
人	50	0.5	1.0	1.5	182.5	365.0	547.5
猪	50	6.0	15.0	21.0	2190.0	5475.0	7665.0

续表

项目 个体	体重	一昼夜排泄量			一年排泄量		
		粪	尿	合计	粪	尿	合计
牛	500	20.0	34.0	54.0	7300.0	12410.0	19710.0
马	500	10.0	15.0	25.0	3650.0	5475.0	9125.0
羊	15	1.5	2.0	3.5	547.5	730.0	1277.5
鸡	1.5	0.1	0.0	0.1	36.5	0.0	36.5

### (二) 其他原料产量

其他原料主要是秸秆类，据统计，我国秸秆年产量在6亿吨左右，工业品与其生产废水之比大体在1:13以上，生活垃圾每人每天大约为1千克。种养殖能源植物，如水葫芦、海藻、水百合、单细胞藻等也有发展。如此折算，待处理的秸秆、废渣水、垃圾、人畜粪尿数量相当可观。

### (三) 原料体积与重量的换算

在农村制取沼气，有时因条件所限，需把物料的体积折算成重量，进行粗略的浓度计算。掌握原料体积与重量的换算关系，可给沼气的生产带来许多方便。根据有关资料 and 实际测定，有关原料体积与重量的换算关系见表2-2。

表2-2 原料体积与重量的换算

原料名称	1米 <sup>3</sup> 原料重(吨)	1吨原料的体积(米 <sup>3</sup> )	备注
鲜牛粪	0.70	1.43	
鲜马粪	0.40	2.50	
猪粪	0.51	1.96	
禽粪	0.30	3.33	
羊圈粪	0.67	1.49	
灰土粪	0.66	1.52	新堆
土粪	0.41	2.43	原料

续表

原料名称	1 米 <sup>3</sup> 原料重 (吨)	1 吨原料的体积(米 <sup>3</sup> )	备注
旧沼渣	1.00	1.00	
堆沤秸秆	0.35	2.85	
混合干草	0.055	18.18	
小麦秸	0.038	26.32	
大麦秸	0.048	20.83	

## 二、原料的成分

### (一) 原料的总固体和挥发性固体

原料中除去水分以后的总量为总固体，又称干物质或蒸发残留物，用符号 TS 来表示。各种原料通常都含有不同比例的水分，其含水量的多少随原料种类、生长期、存放环境、存放时间等不同而异。沼气发酵配料常以总固体为基础进行计算，掌握原料的总固体含量对备料和发酵浓度的计算、原料碳氮比的计算都有直接关系。

挥发性固体是指一定量的总固体在  $(550 \pm 50)^\circ\text{C}$  温度下灼烧 3 小时挥发掉的部分，用符号 VS 表示。有机物一般都是可挥发的，挥发性固体大体可代表原料中有机物的比例，知道原料的挥发性固体含量，就可根据原料的产气参数预先估算沼气的产量。几种常用原料的总固体和挥发性固体含量近似值见表 2-3。

表 2-3 原料的总固体及挥发性固体

原料名称	含水量 (%)	总固体 (TS) (%)	挥发性固体 (VS) (%)
干稻草	17.0	83.0	84.0
干麦草	18.0	82.0	83.2

续表

原料名称	含水量 (%)	总固体 (TS) (%)	挥发性固体 (VS) (%)
玉米秸	20.0	80.0	89.0
青 草	76.0	24.0	81.3
高粱秸	10.2	89.8	81.9
树 叶	70.0	30.0	81.0
大豆茎	10.3	89.7	85.5
花生茎叶	11.6	88.4	
人 粪	80.0	20.0	88.4
猪 粪	82.0	18.0	83.9
牛 粪	83.0	17.0	74.0
马 粪	78.0	22.0	83.8
羊 粪	25.0	75.0	
鸡 粪	70.0	30.0	82.2
风干粪	35.0	65.0	

注：挥发性固体含量是相对总固体而言。

## (二) 原料的碳氮比

原料的碳氮比是指原料中碳素总量与氮素总量的比例。各种原料的碳素和氮素含量不等，通常称含碳素高的原料为富碳原料，称含氮素高的原料为富氮原料。沼气细菌对原料碳氮比有一定的要求，沼气发酵配料的合适与否常以原料的碳氮比来衡量，一般认为原料的碳氮比在 20:1 ~ 30:1 为好。沼气发酵适宜的碳氮比与原料性质有关，同时也受微生物区系和发酵条件等多种因素的影响，所以提供的碳氮比的幅度较大。

值得注意的是，不是所有的碳素和氮素都能被沼气微生物所利用，如木质素也是碳源，这种碳素几乎不能被沼气发酵微生物利用。一般认为可溶性的碳素、氮素容易被分解利用。故配料时还应考虑碳素与氮素的性质。不同的原料碳氮比不同，几种常用

原料的碳氮比见表 2-4。

表 2-4 几种原料的碳氮比

原料名称	碳素占原料重量 比例 (%)	氮素占原料重量 比例 (%)	碳氮比 (C: N)
干麦草	46.0	0.53	87: 1
干稻草	42.0	0.63	67: 1
玉米秸	40.0	0.75	53: 1
树叶	41.0	1.00	41: 1
大豆茎	41.0	1.30	32: 1
野草	14.0	0.54	26: 1
花生茎叶	11.0	0.59	19: 1
鲜牛粪	7.3	0.29	25: 1
鲜马粪	10.0	0.42	24: 1
鲜猪粪	7.8	0.60	13: 1
鲜羊粪	16.0	0.55	29: 1
鲜人粪	2.5	0.85	2.9: 1
鸡粪	25.5	1.63	15.6: 1
鲜人尿	0.4	0.93	0.43: 1

### 三、原料的产气性能

各种原料因成分不同，产气性能各异。从产气潜能的大小、产气速度的快慢到气质的好坏，都存在着一定的差别。掌握其产气性能对提高产气率和原料分解率都有很好的指导作用。

#### (一) 原料的产气潜能

原料的产气潜能系指在适宜的发酵条件下，一定量的原料在一个发酵周期内所能产生的沼气总量，通常用升/（千克·TS） $[L/(kg \cdot TS)]$ 表示。掌握原料的产气潜能，可根据原料的多少和用气量等指标确定沼气池的容积。

农村沼气发酵原料产气潜能的释放受发酵条件、发酵工艺、装置类型、管理技术等诸多因素的影响，现场实测值往往低于室内小试测定值和理论计算值。所以，若制取一定量的沼气，实际用料要比理论计算用料大得多。原中国沼气协会发酵学组对各种原料的产气潜能进行了多次测试，其结果见表 2-5。

表 2-5 几种原料的产气潜能

原 料	产气潜能 [升/(千克·TS)]	甲烷含量 (%)	发酵条件
麦 秸	425	60.0	温度 35℃，发酵 周期：秸秆 90 天，粪便 60 天， 浓度 2% 和 6%
稻 草	409	61.0	
玉米秸	442	59.0	
高粱秸	386	63.0	
青 草	455	63.0	
树 叶	252	58.0	
人 粪	426	68.0	
猪 粪	425	65.0	
马 粪	340	63.6	
牛 粪	300	59.0	
鸡 粪	310	67.0	

## (二) 原料的产气速率

原料的产气速率系指在适宜的发醇条件下，原料产生沼气的速度。一般以某段时间内的沼气产量占总产气量的百分数来表示。

沼气发酵原料在沼气发酵过程中，产气快的称速效性原料，产气慢的称迟效性原料。各种原料产气速率的大小与其自身的组成成分、性质等内因有关，同时也受发酵条件、发酵工艺、装置类型等多种外因的影响。测定原料的产气速率必须在相对稳定的适宜的条件下进行。原中国沼气协会沼气发酵学组对有关原料的产气速率进行了测试，为沼气生产的配料和日常管理提供了科学

依据。其测试结果见表 2-6。

表 2-6 几种原料的产气速率

项目 原料	原料产气量占总气量的 (%)						
	10 天	20 天	30 天	40 天	50 天	60 天	90 天
人粪	40.7	81.5	94.1	98.2	98.7	100	
猪粪	46.0	78.1	93.9	97.5	99.1	100	
马粪	63.7	80.2	89.0	94.5	98.5	100	
牛粪	34.4	74.6	86.2	92.7	97.3	100	
青草	75.0	93.5	97.8	98.9	99.1	100	
干麦草	8.8	30.8	53.7	78.3	88.7	93.2	100

注：发酵温度 35℃，浓度为 2% 和 6%。

由表 2-6 可以看出，人畜粪便和青草产气速度快，发酵周期一般为 60 天。秸秆类产气慢，发酵周期为 90 天，在常温下，发酵周期还要长些。用混合原料发酵时，速效性原料和迟效性原料应搭配使用，以便产气快，产气持久。

### （三）几种慎用的原料

在自然界里，几乎所有的有机物质都可用于沼气发酵，一般讲，能进行好氧处理的任何有机废物都可以作为厌氧发酵的原料，如各种作物秸秆、杂草、树叶、水生植物、城市垃圾、污泥、工业废水和废渣等，都是沼气发酵的好原料。但也有例外，桃叶、皮皂子（果）、元江金光菊、元江黄芩、大蒜、马钱子、植物生物碱、萜类、地衣酸、某些强心苷、安息香酸等，对沼气发酵有较大的抑制作用，不宜作为发酵原料，培育能源植物和选用发酵原料时应注意。

---

---

## 第三章 沼气发酵工艺

### 一、发酵的基本条件

#### (一) 严格的厌氧环境

设计密闭的发酵装置，为沼气微生物创造严格的厌氧环境，是产生沼气并有效收集沼气的先决条件。发酵液中溶解氧为零，氧化还原电位在  $-300 \sim -600$ 。

#### (二) 合理配料

原料是产生沼气的物质基础。发酵前必须准备充足的原料，农村沼气发酵还应注意合理配料，粪便、秸秆和杂草等进行适当搭配，使发酵启动快，产气既迅速又持久。

#### (三) 适宜的酸碱度

沼气发酵的适宜酸碱度即 pH 为  $6.8 \sim 7.5$ 。发酵装置内或流出料液的 pH 低于 6.5 或高于 7.5，则示意沼气细菌的活动受到了抑制。导致 pH 不正常的原因及调整措施见表 3-1。

含较多有机酸的料液虽然 pH 很低，但只要发酵装置内有足够的菌种，采用连续进料或“少而勤”的进料方法，有机酸会很快被利用，pH 可自行上升到适宜值，发酵照样正常运转。

#### (四) 温度的选择

温度对沼气发酵有很大的影响，在一定温度范围内，温度越高，沼气菌分解有机物的速度越快，沼气产量越高。提高温度，可缩短有机物的滞留期，提高产气量，详见表 3-2。沼气发酵可分成三个温度区域。

**1. 10~26℃的常温发酵区** 常温发酵区又称变温发酵区，农村沼气发酵，因条件所限，一般采用常温。发酵装置建在地下，发酵料液的温度受地温的影响，而地温又受气温的影响，均随季节的变化而变化（表 3-3）。常温发酵原料分解慢，产气率低，以猪粪和牛粪为原料，产气率在  $0.2 \text{ 米}^3 / (\text{米}^3 \cdot \text{日})$  左右，且产气不均衡，是一种不够理想的发酵条件。

表 3-1 pH 不正常的原因及调整措施

导致 pH 不正常的原因	调整措施
1. 启动时负荷太大，接种物不足，pH 下降	减少负荷，增加接种物量
2. 进料 pH 偏低，超出自行调整的范围，pH 下降	加石灰水或草木灰，提高进料 pH，减少进料量，改批量进料为连续进料
3. 进料显碱性，pH 升高	降低进料 pH，加新料或加水冲淡
4. 酸性物投入过量，pH 下降	减少进料量，适当提高进料的 pH，改变进料方式
5. 碱性物投入过量，pH 上升	减少进料量，适当降低进料 pH，改变进料方式
6. 沼气细菌中毒，pH 下降	分析中毒原因，杜绝中毒，清除部分料液，加入新接种物或彻底出料，重新启动

表 3-2 温度对鸡粪和牛粪沼气发酵的影响

发酵 温度 (℃)	鸡粪			牛粪		
	滞留期 (日)	产气率 [米 <sup>3</sup> /(米 <sup>3</sup> ·日)]	VS 去除 率(%)	滞留期 (日)	产气率 [米 <sup>3</sup> /(米 <sup>3</sup> ·日)]	VS 去除 率(%)
15	55	0.48	50.8	60	0.24	40.0
20	40	0.72	60.5	45	0.42	41.4
25	30	1.38	61.1	32	0.50	60.0
30	24	1.80	71.5	28	0.60	64.0
35	20	1.45	75.0	25	0.65	69.3

**2. 28 ~ 38℃ 的中温发酵区** 适宜的温度为 28 ~ 32℃，发酵装置建在地上，集中供气点及大中型沼气工程多采用中温发酵，料液需用外热源加温。我国南方地区，一年需增温的时间为 3 ~ 4 个月。中温发酵和常温发酵相比，有机物分解速度快，产气量高且稳定。以猪粪、牛粪为原料的中温发酵，平均年产气率可达 0.6 米<sup>3</sup> / (米<sup>3</sup> · 日) 以上，是较理想的发酵条件。

**3. 45 ~ 60℃ 的高温发酵区** 适宜的温度范围为 48 ~ 55℃，料源本身有较高的温度或为了特殊需要时采用，如杀死虫卵、除害灭病等，有机物转化率高，分解速度快，产气率也高。以酒糟为原料的高温发酵，平均产气率可达 6.0 米<sup>3</sup> / (米<sup>3</sup> · 日) 以上。但由于维持较高的料温，增温能耗及热损失较大。

### (五) 接种物的选择与驯化

沼气发酵主要靠沼气细菌的活动来完成，与其他类型的发酵，如味精发酵、柠檬酸发酵等不同，前者要求严格的厌氧环境，是混合菌发酵，后者是经过纯化的单一菌种发酵。

表 3-3 气温、地温与池温的关系

温度 (°C)	月		1 月					7 月				
	日		8	9	16	23	30	3	10	17	24	31
气温			2.5	6.3	1.3	11.4	3.0	33.2	32.3	28	28.9	27.4
距地面 30 厘米处地温			6.5	8	6.5	7.5	6.5	31	32.5	30.5	29	28
距地面 100 厘米处地温			11	11	10	8.5	9.5	25	26	27	26	26
距地面 190 厘米处地温			14	13	13	11	11	21	21	21.5	21.5	22
料液平均温度			13.5	11.5	11.5	11.5	11.5	21	21.5	22	22	22.5

注：发酵装置为 8 米<sup>3</sup>，水压式沼气池。

沼气发酵启动时，要加入 30% 左右的接种物，接种物的用量与其质量及驯化程度有关。

下水污泥、池塘泥、粪坑泥、沼气发酵的渣水均可用作接种物。不同来源的接种物，活性菌的数量和质量不同，对产气率和启动时间有明显影响。

以畜粪为原料的沼气发酵，启动时较快，在畜粪中加入少量池塘泥或正常池的沼渣、沼液，拌匀堆沤 5~7 天，即可作为接种物。有大量的沼渣、沼液时，直接加入 15%~20% 的渣水作为接种物，一般也能正常启动。

以畜粪为原料的沼气发酵，启动时要防止酸化。启动时，先加入少量禽粪，然后逐渐加大粪量，直至启动完成。

城镇工业废水的沼气发酵，应根据废水的性质，选用不同的污泥作为接种物。发酵前应先进行接种物的驯化。方法是污泥沉淀，去上清液和底部泥沙、石块及杂质，然后加入预处理的污水，在预定的试验条件下厌氧培养，直至有正常的沼气产生。驯化可在发酵装置中进行，也可在其他装置中进行，驯化好的接种物送入发酵装置。在发酵装置中驯化接种物，实际是和发酵启动同时进行，污泥装好后，开始进料，负荷由低到高，循序渐进，

使接种物得以驯化增殖，直到正常产气启动完毕。启动时间取决于原料种类、接种物的质量和用量，一般需用2~3个月。

### (六) 发酵参数的控制与调节

沼气发酵的参数（又称指标）可分为物理的、化学的及生物三种类型。参数的控制与调节有利于发酵的正常运转，有利于产气率的提高和水质的净化。发酵的主要参数及其控制指标见表3-4。

表3-4 沼气发酵的主要参数及其控制

主要参数		控制指标
物理参数	总固体 (TS)	禽畜粪便 4~6 千克/米 <sup>3</sup> 池容(常规地下池) 与 1~2 千克/米 <sup>3</sup> 池容(地面池)
	挥发性固体(VS)	占 TS 的 70% ~85%
	悬浮物	只需去除较长、颗粒大的不溶物
	产气量	不同原料有不同的产气潜力，按要求与需要添加发酵料，以维持均衡产气量
	产气率	产气率的高低与装置的类型、发酵温度、原料的种类以及滞留期的长短等有关。以禽畜粪便为原料，常规地下池 0.1~0.6 米 <sup>3</sup> / (米 <sup>3</sup> ·日)，地面池 0.6~1.8 米 <sup>3</sup> / (米 <sup>3</sup> ·日)；以酒糟为原料，常规池 2~3 米 <sup>3</sup> / (米 <sup>3</sup> ·日) (35℃) 与 3~5 米 <sup>3</sup> / (米 <sup>3</sup> ·日) (55℃)，地面池 (USAB + AF) 3~5 米 <sup>3</sup> / (米 <sup>3</sup> ·日) (35℃) 与 5~8 米 <sup>3</sup> / (米 <sup>3</sup> ·日) (55℃)
	温度	有常温、中温与高温发酵之分，视原料的特性及预期目的而选用

续表

主要参数	控制指标	
滞留期	与原料特性、发酵温度、装置类型及预期目的有关，常规地下池 20 ~ 60 天（禽畜粪便），地面高效装置 8 ~ 15 天（禽畜粪便）与 0.5 ~ 4 天（酒精废液及高浓度有机废水）	
化学参数	化学耗氧量	>3000 毫克/升，COD 去除率 70% 以上
	生物耗氧量	>1000 毫克/升，BOD 去除率 75% 以上
	挥发酸	控制负荷及进料速度，同时与装置类型、进料方式、装置内沼气细菌数量等有关。通常控制 VFA 去除率 70% 以上，出水 VFA <500 毫克/升
	pH	进料 pH 与原料性质、进料方式有关，进料 pH 一般为 4 ~ 6.8，出料 pH 为 6.8 ~ 7.5
	总氮及氨态氮	以禽畜粪便为原料的沼气发酵对总氮及氨态氮没有严格的要求。工业有机废水处理时，应防止氨氮过高引起沼气细菌中毒事故，高氮废水的排放易引起水域的富营养化。因此氨氮含量也是当今环保指标之一（要求在 30 毫克/升以下）
生物参数	细菌总数	有产甲烷菌与非产甲烷菌、好氧菌（包括兼性菌）与严格厌氧菌之分，细菌数量与原料种类及发酵条件有关
	粪大肠菌	有粪大肠菌表明有鲜粪污染，即可能有肠道致病菌存在，若粪大肠菌数很少，表明肠道致病菌可能死亡，故粪便无害化卫生标准中使用的指标是“粪大肠菌值”
	大肠菌群	大肠菌群是肠道好氧菌中最普遍和数量最多的一种，常将其作为粪污染的指标

## 二、发酵的工艺类型

### (一) 工艺类型及其主要特点

按照沼气发酵的温度、进料方法、装置类型以及作用方式等可将沼气发酵工艺分成若干种类型（表3-5）。

表3-5 沼气发酵工艺类型

分类依据	工艺类型	主要特征
发酵温度	常温发酵	发酵温度随气温的变化而变化，沼气产气量不稳定，转化效率低
	中温发酵	发酵温度 28 ~ 38℃。沼气产量稳定，转化效率较高
	高温发酵	发酵温度 48 ~ 60℃，有机质分解速度快，适用于有机废物及高浓度有机废水的处理
进料方式	批量发酵	一批料经一段时间发酵后，重新换入新料。可以观察发酵产气的全过程，但不能均衡产气
	半连续发酵	正常的沼气发酵，当产气量下降时，开始小进料，以后并定期地补料和出料，能均衡产气，适用性较强
	连续发酵	沼气发酵正常运转后，便按一定的负荷量连续进料或进料间隔很短，能均衡产气，运转效率高，一般用于有机废水的处理

续表

分类依据	工艺类型	主要特征
装置类型	常规发酵	装置内没有固定或截留活性污泥的措施，提高运转效率受到一定限制
	高效发酵	装置内有固定或截留活性污泥的措施，产气率、转化效果、滞留期等均较常规发酵好
作用方式	二步发酵	沼气发酵的产酸阶段与产甲烷阶段分别在两个装置中进行，有利于高分子有机废水及有机废物的处理，有机质转化效率高。但单位有机质的沼气产量稍低
	混合发酵	沼气发酵的产酸阶段与产甲烷阶段在同一装置内进行
发酵料液状态	液体发酵	TS 含量在 10% 以下，发酵料液中存在有流动态的液体
	固体发酵 (或干发酵)	TS 含量在 20% 左右，不存在可流动态的液体。甲烷含量较低、气体转化效率稍差。适用于水源紧缺，原料丰富的地区
	高浓度发酵	发酵浓度在液体发酵和固体发酵之间，适宜浓度为 15% ~ 17%

## (二) 各类工艺的应用范围

根据原料的种类及具体条件，因地制宜地选择工艺类型能收到较好的效果。表 3-6 列举了各工艺的应用范围。

表 3-6 各类工艺的应用范围

工 艺 类 型	应 用 范 围
常温发酵	禽畜粪便、下水污泥、中低浓度的废水处理（气温较高的南方地区较适用）
中温发酵	大中型集中供气工程，高浓度有机废水处理
批量发酵	原料产气量的测定，观察沼气发酵产气规律，多池轮换使用的沼气工程
半连续发酵	以禽畜粪便为原料的沼气发酵，有机废水、下水污泥的处理等
连续发酵	高浓度有机废水处理
常规发酵	禽畜粪便、下水污泥、高浓度有机废水的处理
高效发酵	禽畜粪便、下水污泥、高浓度有机废水的处理
混合发酵	禽畜粪便、下水污泥、高浓度有机废水的处理及以秸秆为原料的沼气发酵
二步发酵	高分子有机物、固形物含量高的废水垃圾、作物秸秆等的处理
固体发酵	垃圾发酵，缺水地区的禽畜粪便处理
高浓度发酵	以秸秆和粪便为原料的农村沼气发酵

---

---

## 第四章 沼气池的构造及设计

### 一、沼气池的构造和工作原理

沼气池主要由发酵间、贮气间、进料口、出料口、水压间、导气管和活动盖等七个部分组成，如图4-1所示。

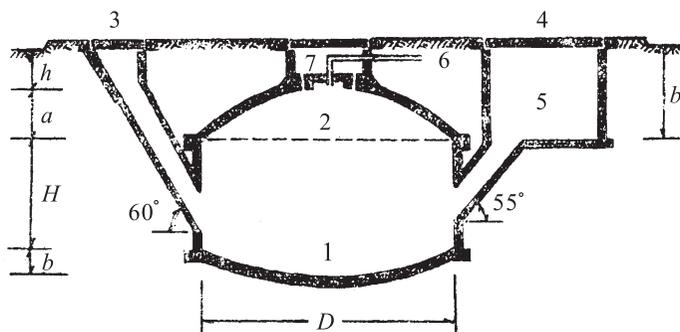


图4-1 沼气池构造示意图

1. 发酵间 2. 贮气间 3. 进料口 4. 出料口  
5. 水压间 6. 导气管 7. 天窗和活动盖

发酵间：是存放各种发酵料液进行发酵产气的地方。发酵料液的液面以下部位称发酵间。

贮气间：积聚、贮存沼气的地方。发酵间的上部称贮气间，也叫气箱。贮气间盖顶至地面（或覆盖土表面）的距离，宜浅不宜深，以填土压力大于池内向上气压为准，并适当考虑有利于

采取越冬保温措施为度。

发酵间和贮气间一般连成一个整体，组成沼气池的主体，也叫做主池。池内压力的大小由水压间调节，称为水压式沼气池（图4-1）。也有将发酵间和贮气间分开建造的，称为浮罩式沼气池，如图4-2所示。其优点是：降低发酵池的压力，达到恒压产气，可以相应地增加发酵间的容积；贮气间密封较好，不漏气；便于管理使用和清池修理。但贮气间构造复杂，施工安装要求较严。对于供动力用的中型沼气池，也可用气袋（聚氯乙烯、红泥塑料或橡胶）代替浮罩式气柜，这种贮气方式，也称为气袋式沼气池。

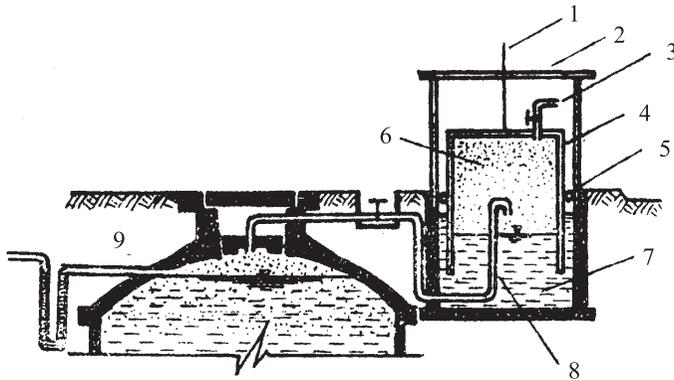


图4-2 浮罩式（恒压）沼气池示意图

1. 浮罩升降控制杆
2. 浮罩定位框架
3. 排气管
4. 贮气浮罩
5. 浮罩升降滑动球
6. 沼气
7. 水封用的水
8. 沼气导气管
9. 沼气池溢流管

进料口：是将发酵原料送进发酵间的通道。应建斜直筒形，上口成喇叭形，下口和发酵间相通，倾斜度要适中，一般与池墙的夹角为 $30^{\circ}$ 左右，下口上沿位于池墙高的 $1/2 \sim 1/3$ 处为宜，既要保证贮气间的容积和贮气，又便于发酵原料进入池底中心部

位。进料口通道管径视沼气池的大小而定，10 米<sup>3</sup> 的池子，进料口管径一般采用 200 毫米，50 米<sup>3</sup> 以上的池子，其管径采用 300~500 毫米，或在不同部位多设一两个进料口，它的平面位置一般与出料口相对应（图 4-3 甲）或稍偏一点（图 4-3 乙、丙），但不宜靠近出料口（图 4-3 丁），以利原料充分发酵。若受建池位置限制，进料管可以沿池壁直放（图 4-3 戊），也可吊管放在拱顶中心位置（图 4-3 己），但不要过分影响拱顶强度，管的下口位置一般以大于池墙高的 1/2 为宜。

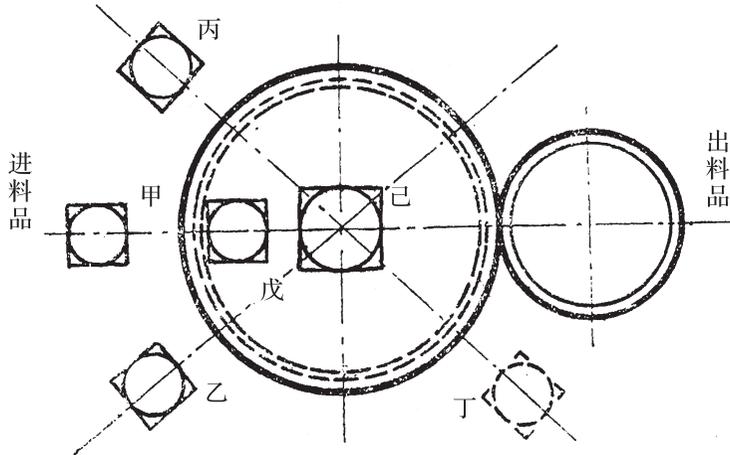


图 4-3 进料口的平面位置示意图

出料口：是平时取出粪液（水肥）的出口。上口一般和水压间结合在一起，其平面尺寸除考虑水压间容积的大小外，要便于人出入，进行清理沉渣或修理池子，一般不小于长 100 厘米、宽 80 厘米。下口和发酵间相通，下口上沿的位置和进料口一样，在池高的 1/3~1/2 处。

进、出料口的上口比池子顶盖稍高一点比较合适，最好盖上活动盖板，以保持环境卫生，防止小孩或牲畜跌入坑内。

水压间：是储存贮气间排出的水液，封闭沼气池，使沼气保持一定压力的部位。一般设置在出料口处，称为“侧反式”；也可设置在拱顶活动盖处，称为“顶反式”。水压间的容积一般不小于主体容积的10%，以适应12小时的贮气容积的需要。

导气管：固定安装在沼气池拱顶最高处（或在活动盖上）的管子；下端与贮气间相通，上端连接输气管道，以便将沼气输送出来。导气管的位置不可偏低，以免形成“死气”。导气管可选用铁管、铝管、硬塑料管或陶瓷管。一般小型沼气池，导气管内径以8~10毫米为宜，容积大于10米<sup>3</sup>的沼气池要相应增大其内径。导气管的长度应为拱顶（或活动盖）厚度的2倍，一般长500毫米左右，不宜过长，安装时，靠池内一端不能与拱顶面齐平，而应多出10~20毫米，这样可以减少水分带入输气管道。

天窗和活动盖：天窗一般设在贮气间拱顶中央，圆形孔直径500~600毫米，下小上大。和天窗孔相适应的盖板，叫活动盖，如图4-4所示。

活动盖在检修池子时起到通风透光的作用，也便于大换料和必要时搅拌浮料。平时为了防止从盖边漏气，要用胶泥（或黏土加水和成的黏泥）抹在盖边上密封。

设置活动盖的好处是：开始时可作为进料口使用，便于投料，也可以揭盖搅拌，有利于产气；建池、检修时，也可作为人的出入口，有利于通风采光；清除沉渣时，能做到“三路”（进料口、出料口和天窗孔）通风，工作较为安全方便。

据观察，沼气池中发酵原料可分为三层：上层，浮料或形成结壳，新鲜原料多，沼气细菌少，不易分解，产气少，产酸多；中层，发酵料液浓度低，沼气细菌少，产气少，含可溶性物质及氨基氮多；下层，是发酵原料的沉渣污泥，大部分沼气细菌生长在这一层，产气也主要是这一层，腐熟原料多，新鲜原料少，水层压力高，附着在发酵原料上的沼气小气泡不易上升释放出来。

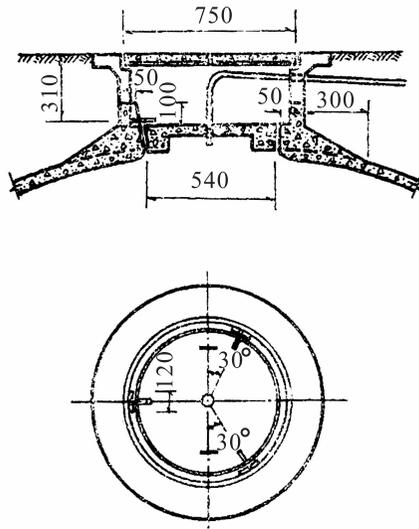


图 4-4 活动盖和导气管示意图

所以，“勤搅拌”可以维持沼气池正常产气和提高产气量。

我国农村常用水压式沼气池的工作原理如图 4-5 所示。发酵原料在发酵间经沼气细菌分解产生沼气，上升到贮气间内，由于贮气间密封不漏气，沼气的不断积聚，便产生了压力。当气压超过外界大气压时，便把沼气池内的料液压出，进、出料口和水压间水位上升，贮气间水位下降，产生了水位差，水压气，使贮气间内的沼气保持一定的压力。产气越多，挤出的水越多，水位差越大，气压就越大。用气时，沼气从导气管输出，水压间的水流回贮气间，即水压间水位下降，贮气间水位上升。依靠水压间水位的自动升降，使贮气间的沼气压力能自动调节，保持燃烧设备火力的稳定性。如果发酵间产生的沼气来不及供应，那么，贮气间水位将逐渐与水压间水平相平，最后压力差消失，沼气也停止输出。

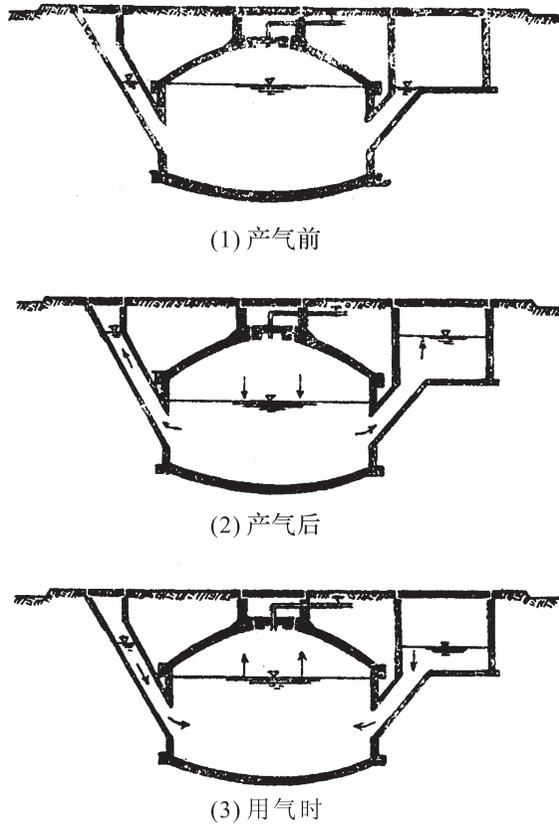


图 4-5 沼气池的工作原理示意图

## 二、沼气池的设计原则

修建沼气池之前，一定要科学合理地设计沼气池的池型、结构，确定其容积大小和各部分尺寸等，并绘制施工图。

合理的设计,可以节约材料、省工省时,是确保建池成功的关键。几年来的实践经验证明,农村家用沼气池的结构和构造最好做到:“三结合”(厕所、猪圈、沼气池连通)，“圆、小、浅”(圆形池,容积小,深度浅)，“活动盖”,“直管进料”,方便出料,各口加盖的原则设计。池盖矢跨比 $\frac{f_1}{D} = \frac{1}{4} - \frac{1}{5}$ ,池底反

拱 $\frac{f_1}{D} = \frac{1}{8} - \frac{1}{10}$ ,池墙高 $H = 1.0$ 米。

为适应我国沼气建设事业发展的需要,促进全国农村建池科学化,国家有关部门正在总结全国各地经验,研究制定农村家用沼气池定型设计通用图集。其设计的主要原则是:第一,要技术先进,经济耐用,结构合理,便于推广;第二,在满足发酵工艺要求、有利产气的情况下,兼顾肥料、卫生和管理等方面的要求,充分发挥沼气池的综合效益;第三,因地制宜,就地取材,池型标准化、材料规范化、施工多样化;第四,农村建池量大、面广,各地气候、水文地质情况不一,既要考虑通用性,又要照顾区域性。

在这里着重介绍沼气池设计的几个主要问题:

**1. 沼气池池型的选择** 沼气池的池型是多种多样的,设计沼气池时,首先要选择合适的池型。

按几何形状来分,沼气池分为圆柱形、球形、半球形、壶形、长方形等(图4-6)。由于圆柱形、壶形、半球形沼气池结构合理,受力均匀,强度较高,抗震性强,施工方便,节约用料,密封性好,便于输气,被各地广泛采用。圆形池比长方形池,在同等容积、同等受力情况下,表面积可小20%,池壁厚度可小50%左右。

圆形水压式地下沼气池,是适合我国农村当前技术经济现状而得到推广的主要池型。除上述优点外,它的综合效益较好,管

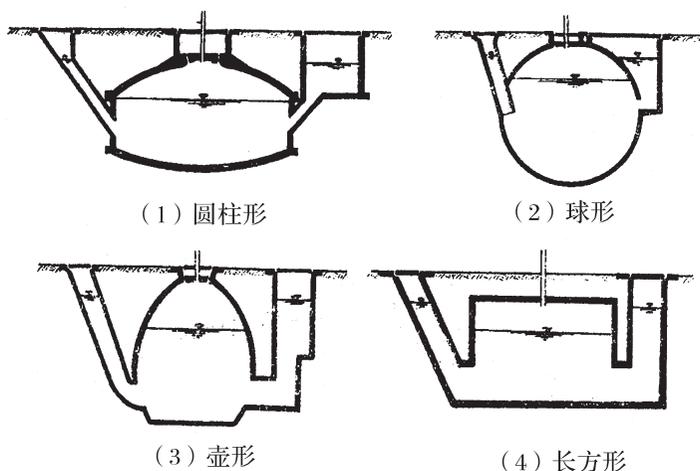


图 4-6 沼气池的池型示意图

理使用方便，节约用地，造价较低，适用性较强。

我国农村家用小型沼气池，大部分采用立式圆柱形；集体畜牧场用的中型沼气池，扩大应用了卧式拱形；在沿海和河网地带采用较多的是球形沼气池。

沼气池池墙和池盖的材料采用现浇混凝土、混凝土预制块、标准砖和块石四种，池底和上下圈梁均采用现浇混凝土。水压间的结构与沼气池的池墙相同，进、出料管分为圆管和外方内圆管两种。

池墙与池盖允许分别采用不同材料进行组合，提倡采用现浇混凝土池盖。

总之，根据池型标准化、材料规范化的要求，因地制宜，就地取材和勤俭节约的原则选择材料结构，使其在满足制气要求的前提下，达到经济合理、坚固耐用的目的。

池型的选择，除考虑材料结构、池体形状外，还必须考虑建

池地点的地形、位置、地下水位等条件。

2. 沼气池结构的受力状况、荷载及选材 由沼气池的构造和工作原理可知，沼气池的受力状况如图 4-7 所示。

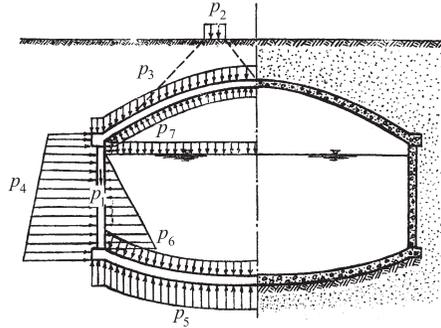


图 4-7 沼气池的结构受力状况示意图

当未装料产气时，池体除其自重  $p_1$ （混凝土容重  $2.2 \sim 2.5$  吨/米<sup>3</sup>，砖结构  $1.6 \sim 1.8$  吨/米<sup>3</sup>，料石  $1.8 \sim 2.6$  吨/米<sup>3</sup>）外，所受外力有：池盖顶部的填土压力  $p_2$ （容重为  $1.8 \sim 2.0$  吨/米<sup>3</sup>）、池体地面上的活荷载  $p_3$ （人、畜活动，按  $150 \sim 200$  千克/米<sup>2</sup> 计；修建猪圈，按  $300$  千克/米<sup>2</sup> 计；车辆压力，按马车、小型拖拉机考虑，以  $500 \sim 1200$  千克/米<sup>2</sup> 计。若考虑车辆压力，可以不再考虑人、畜活动荷载）、池墙外侧的土压力  $p_4$ （按静止土压力计算）、沼气池底地基反力  $p_5$ （可按均布考虑）；地下水位高时，还应考虑地下水浮力的影响。

当沼气池装料产气后，池体内有两个向外的压力，即料液的水压力  $p_6$ （容重为  $1.1 \sim 1.3$  吨/米<sup>3</sup>）、气体向气箱壁和料液的压力  $p_7$ （为  $800 \sim 1200$  千克/米<sup>3</sup>）。装料产气后，向外的力和向内的力虽然能抵消一部分，但要保证沼气池坚固耐用，必须考虑按最不利情况下（未入料的空池）的受力状况来计算，根据不同部位的设计要求，合理设计和选材。

中小型沼气池不同部位的抗压设计强度和应选用材料，如表 4-1 所示。

表 4-1 沼气池各部位抗压设计强度及选用材料

部 位	混凝土	砖	料 石	砂 浆
进料管、连接管、活动盖、蹬脚、圈梁	$\geq 150$ 千克/厘米 <sup>2</sup> ，用普通水泥	$\geq 75$ 号砖	$\geq 200$ 千克/厘米 <sup>2</sup> ，软化系数 $\geq 0.7$	$\geq 75$ 号砂浆，用普通水泥
池 盖、池 墙、池底	$\geq 100$ 千克/厘米 <sup>2</sup> ，用普通水泥（或无熟料水泥）	$\geq 75$ 号砖	$\geq 200$ 千克/厘米 <sup>2</sup> ，软化系数 $\geq 0.7$	50 号砂浆，用普通水泥
密封层（砂浆、石蜡）	砂浆中掺入水泥重量 1% ~ 3% 的 FeCl <sub>3</sub>	砂浆中掺入水泥重量 1% ~ 3% 的 FeCl <sub>3</sub>	—	50 号砂浆，用普通水泥（或无熟料水泥）
基 础	$\geq 100$ 吨/米 <sup>2</sup>	$\geq 75$ 号砖	$\geq 200$ 千克/厘米 <sup>2</sup> ，软化系数 $\geq 0.7$	50 号砂浆，用普通水泥
地 基	$R \geq 8$ 吨/米 <sup>2</sup>	$R \geq 8$ 吨/米 <sup>2</sup>	$R \geq 8$ 吨/米 <sup>2</sup>	

因地制宜选用建池材料，正确处理建池质量与合理用料的关系，一方面要根据当地材料来源，选用合理的池型和结构，并按沼气池的不同部位、受力状况、地下水和施工条件，正确合理地选用材料，以便节约用料，降低成本；另一方面要保证建池质量，就必须首先保证材料质量。根据混凝土、砂浆和石料的性质、作用、质量要求等，合理选用材料及其配比，拌制符合其设计要求的强度、和易性与耐久性；根据不同部位和地下水条件，

选用不同性质的砂浆，并注意清除各种材料里有机杂物、杂块及泥土等，保证设计要求的粒径和清洁度，这是保证建池质量的首要条件。

**3. 池址选择** 沼气池址应选择在选择在背风向阳、土质坚实、地下水位低、进出料方便和远离树木的地方，距用气处应在 25 米以内。最好选在离猪圈不远，便于搞“三结合”沼气池的地方。建农村户用沼气池应与农户庭院设施建设统一规划，在建造沼气池的同时，同步建设或改建畜禽舍、卫生厕所和厨房。在沼气池与猪圈、厕所“三结合”的前提下，做到住房、猪栏、厕所、沼气池等科学规划，合理布局。先建沼气池，后建猪圈和厕所，使人、畜粪便随时流入沼气池，以达到连续进料和冬季保温的目的，有利于消灭蚊蝇，改善农村的环境卫生，减少疾病的发生。

**4. 沼气池容积的确定** 沼气池的大小与使用要求、产气率以及气温条件有关。农村农户家庭用的沼气池，通常按人口数量估算沼气池发酵间的容积。沼气池容积一般按下式估算：

$$V = V_1 + V_2 \quad (4-1)$$

式中  $V$ ——沼气池容积（米<sup>3</sup>）；

$V_1$ ——发酵间容积（米<sup>3</sup>）；

$V_2$ ——贮气间容积（米<sup>3</sup>）。

$$V_1 = n \cdot k \cdot r \quad (4-2)$$

式中  $n$ ——气温影响系数；

$k$ ——人口多少系数；

$r$ ——家庭人口数量。

一般说来，每人建造 1.0 ~ 1.4 米<sup>3</sup> 的发酵间就基本上能满足生活用气需要。由于人多用气省，人少用气费的特点，各户建池容积可相应增减。一般 2 ~ 3 口人的农户， $k = 1.4 \sim 1.8$ ；4 ~ 7 口人的农户， $k = 1.1 \sim 1.4$ 。另外，考虑气温对产气的影响，气温高产气多，气温低产气少。而气候区域不同，发酵间的大小也

要相应增减，我国南方各省， $n=0.8 \sim 1.0$ ；我国中部各省， $n=1.0 \sim 1.2$ ；我国东北各省， $n=1.2 \sim 1.5$ 。

$$V_2 = V_1 \times 25\% \quad (4-3)$$

贮气间和发酵间是相互连通，没有严格界限的整体。为了计算方便起见，一般将最大贮气部位线以上作为贮气间，考虑到用气、浮料和留有储备量等问题，贮气间容积应占发酵间容积的25%左右。

例1 北京地区5口人之家的农户，需要修建多大的沼气池？

按公式(4-1)、(4-2)、(4-3)计算，即

$$V_1 = 5 \times 1.4 \times 1.2 = 8.4 \text{ (米}^3\text{)};$$

$$V_2 = 8.4 \times 25\% = 2.1 \text{ (米}^3\text{)};$$

而沼气池容积  $V = V_1 + V_2 = 8.4 + 2.1 = 10.5 \text{ (米}^3\text{)}$ 。

沼气池容积与畜禽饲养量关系和家庭人口数量与沼气容积关系见表4-2和表4-3，作为确定容积的参考。

表4-2 沼气池容积与全家人口关系

池容 (米 <sup>3</sup> )	6	8	10
每天可产沼气量 (米 <sup>3</sup> )	1.2	1.6	2.0
可满足全家人口数 (个)	3	4~5	5~6

表4-3 沼气池容积与畜禽饲养量关系

项 目		成猪	成鸡	成牛
日排粪量	(千克)	4.0	0.1	20.0
粪便总固体 (TS)	(%)	18.0	30.0	17.0
6米 <sup>3</sup> 沼气池应饲养量	(头/只)	5	167	2
8米 <sup>3</sup> 沼气池应饲养量	(头/只)	7	222	2.3
10米 <sup>3</sup> 沼气池应饲养量	(头/只)	8	278	3

### 三、沼气池建筑材料

在修建沼气池时，建池材料选择和使用是否恰当，直接关系到建池质量、使用寿命和建池费用等。了解各种建池材料的性能和用法，对修建高质量的沼气池至关重要。

#### （一）材料种类及其特性

**1. 普通黏土砖** 普通黏土砖是用黏土经过成型、干燥、焙烧而成，有红砖、青砖和灰砖之分；按生产方式又可分为机制砖和手工砖；按强度可分为 MU5.0、MU7.5、MU10、MU15、MU20 五种级别。

修建沼气池要求用强度为 MU7.5 或 MU10 的砖，其标准尺寸为 240 毫米×115 毫米×53 毫米，容重 1700 千克/米<sup>3</sup>，抗压强度 7.35~9.8 兆帕，抗弯强度 1.76~2.25 兆帕。尺寸应整齐，各面应平整，无过大翘曲。建池时，应避免使用欠火砖、酥砖及螺纹砖，以免影响建池质量。

**2. 水泥** 水泥是一种水硬性的胶凝材料，当其与水混合后，其物理化学性质发生变化，由浆状或可塑状逐渐凝结，进而硬化为具有一定硬度和强度的整体。因此，要正确合理地使用水泥，必须掌握水泥的各种特性和硬化规律。

（1）水泥种类和特性。目前我国生产的水泥品种达 30 多种，建池用水泥为普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥等。

①普通硅酸盐水泥。就是在水泥熟料中加入 15% 的活性材料和 10% 的填充材料，并加入适量石膏细磨而成。其特性和匀性好，快硬，早期强度高，抗冻、耐磨、抗渗性较强。缺点是耐酸、碱和硫酸盐等化学腐蚀及耐水性较差。

②矿渣硅酸盐水泥。在硅酸盐水泥熟料中掺入 20% ~ 35% 的高炉矿渣，并加入少量石膏细磨而成。其特性是耐硫酸盐类腐蚀，耐水性强，耐热性好，水化热较低，蒸养强度增长较快，在潮湿环境中后期强度增长较快。缺点是早期强度较低，低温下凝结缓慢，耐冻、耐磨、和匀性差，干缩变形较大，有泌水现象。使用时应加强洒水养护，冬季施工注意保温。

③火山灰质硅酸盐水泥。在水泥熟料中掺入 20% ~ 25% 的火山灰质材料和少量石膏细磨而成。其特性是耐硫酸盐类腐蚀，耐水性强，水化热较低，蒸养强度增长较快，后期强度增长快，和匀性好。缺点是早期强度较低，低温下凝结缓慢，耐冻、耐磨性差，干缩性、吸水性较大。使用时应注意加强洒水养护，冬季施工注意保温。

(2) 水泥的化学成分。生产水泥的主要原料是石灰石、黏土、铁矿粉、石膏。水泥即是经过一定的配料后，混合粉磨，采用干法或湿法在 1400℃ 的高温下煅烧成熟料，尔后经细磨加入适量石膏而成。其矿物成分主要有铝酸三钙 ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ )、硅酸三钙 ( $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )、硅酸二钙 ( $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ )、铁铝酸四钙 ( $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}_3$ ) 四种。

(3) 水泥的质量标准。建造沼气池一般采用普通硅酸盐水泥配制混凝土、钢筋混凝土、砂浆等，用于地上、地下和水中结构。普通硅酸盐水泥的品质指标和特性如下：

①比重。比重一般为 3.05 ~ 3.20，通常用 3.1。容重松散状态时为 900 ~ 1100 千克/米<sup>3</sup>；压实状态为 1400 ~ 1700 千克/米<sup>3</sup>，通常采用 1300 千克/米<sup>3</sup>。

②细度。水泥的细度是指水泥颗粒的粗细程度，它影响水泥的凝结速度与硬化速度。水泥颗粒越细，凝结硬化越快，早期强度也越高。水泥的细度按国家标准，通过标准筛（4900 孔/厘米<sup>3</sup>）的筛余量不得超过 15%。

③凝结时间。为了保证有足够的施工时间，又要施工后尽快地硬化，普通水泥应有合理的凝结时间。水泥凝结时间分为初凝和终凝。初凝是指水泥从加水拌和开始到由可塑性的水泥浆变稠并失去塑性所需的时间；终凝是指水泥从加水开始到凝结完毕后所需要的时间。国家标准规定初凝不得早于 45 分钟，终凝不得迟于 12 小时。目前，我国生产的水泥初凝时间是 1~3 小时，终凝时间是 5~8 小时。

④强度。强度是确定水泥标号的指标，也是选用水泥的主要依据。水泥强度的测定方法是用标准试块（40 毫米×40 毫米×40 毫米）在标准条件（20℃±3℃、湿度>90%）下 28 天的极限抗压强度。一般水泥强度的发展，3 天和 7 天发展很快，28 天的强度接近最大值。常用的三种水泥强度增长和时间的关系列于表 4-4，供参考。

表 4-4 水泥强度增长与时间的关系

水泥品种	水泥标号	抗压强度（兆帕）			抗拉强度（兆帕）		
		3 天	7 天	28 天	3 天	7 天	28 天
普通硅酸盐水泥	225		12.75	22.06			
	275		15.69	26.97			
	325	11.77	18.63	31.87	2.45	3.63	5.39
	425	15.69	24.52	41.68	3.33	4.51	6.28
	525	20.59	31.38	51.48	4.12	5.30	7.06
	625	26.47	40.21	61.29	4.90	6.08	7.84
矿渣硅酸盐水泥 火山灰硅酸盐水泥	225		10.79	22.06		2.45	4.41
	275		12.75	26.97		2.75	4.90
	325		14.71	31.87		3.24	5.39
	425		20.59	41.68		4.12	6.28
	525		28.44	51.48		4.90	7.06

⑤安定性。安定性是指水泥在硬化过程中体积变化均匀和不产生龟裂的性质。安定性不良的水泥会在后期使已硬化的水泥产生裂缝或完全破坏，影响工程质量。体积安定性不良的水泥主要是含有过多的游离氧化钙、氧化镁或石膏。一般水泥出炉后 45 天方可使用。

⑥水泥的硬化。水泥加水变成水泥浆后，便发生化学反应和物理作用，并逐渐变硬变成水泥石，这就是水泥的硬化。水泥的硬化可以延续到几个月，甚至几年。水泥在凝固和硬化过程中，要放出一定的热量，潮湿环境对水泥的硬化是有利的，水泥在水中的硬化强度比在空气中的硬化强度要大。因此，在工程上常利用这一性质进行养护，比如加盖稻草垫喷水养护。

⑦需水量。水泥水化时所需水量一般为 24% ~ 30%，为了满足施工需要，通常用水量超出水泥水化需水量的 2 ~ 3 倍。但必须严格控制水灰比。尤其不能随意加水，多加水会引起胶凝物质流失，水分蒸发后，在水泥硬化后的块体中会形成空隙，使其强度大为降低。在空气中，水分从水泥块中蒸发出来，引起水泥块收缩变形，并出现纤维状裂缝，使其强度进一步降低。

⑧水泥的保管。水泥在贮存中，能与周围空气中的水蒸气和二氧化碳作用，使颗粒表面逐渐水化和碳酸化。因此，在运输时应注意防水、防潮，并贮存在干燥、通风的库房中，不能直接接触地面堆放，应在地面上铺放木板和防潮物，堆码高度以 10 袋为宜。水泥的强度随贮存时间的增长而逐渐下降，一般正常贮存 3 个月约下降 20%，6 个月下降 30%，1 年下降 40%。建池时，必须购买新鲜水泥，随购随用，不能用结块水泥。

**3. 石子** 石子是配制混凝土的粗骨料，有碎石、卵石之分。碎石是由天然岩石或卵石经破碎、筛分而得的粒径大于 5 毫米的岩石颗粒，具有不规则的形状，以接近立方体者为好，颗粒有棱角，表面粗糙，与水泥胶结力强，但空隙率较大，所需填充空隙

的水泥砂浆较多。碎石的容重为  $1400 \sim 1500$  千克/米<sup>3</sup>。建小型沼气池采用细石子，最大粒径不得超过 20 毫米。因为沼气池池壁厚度为 40 ~ 50 毫米，石子最大粒径不得超过壁厚的 1/2。碎石要洗干净，不得混入灰土和其他杂质。风化的碎石不宜使用。

卵石又叫砾石，是岩石经过自然风化所形成的散粒状材料。由于产生不同，有山卵石、河卵石与海卵石之分。按其颗粒大小分为特细石子（5 ~ 10 毫米）、细石子（10 ~ 20 毫米）、中等石子（20 ~ 40 毫米）、粗石子（40 ~ 80 毫米）四级。建小型沼气池宜选用细石子。卵石的容重取决于岩石的种类，坚硬岩石的石子容重为  $1400 \sim 1600$  千克/米<sup>3</sup>，中等坚硬石子容重为  $1000 \sim 1400$  千克/米<sup>3</sup>，轻质岩石的石子容重低于  $1000$  千克/米<sup>3</sup>。修建沼气池的卵石要干净，含泥量不大于 2%，不含柴草等有机物和塑料等杂物。

**4. 沙子** 沙子是天然岩石经自然风化，逐渐崩裂形成的，粒径在 5 毫米以下的岩石颗粒称为天然沙。按其来源不同，天然沙分为河沙、海沙、山沙等；按颗粒大小分为粗沙（平均粒径在 0.5 毫米以上）、中沙（平均粒径为 0.35 ~ 0.5 毫米）、细沙（平均粒径为 0.25 ~ 0.35 毫米）和特细沙（平均粒径在 0.25 毫米以下）四种。

沙子是砂浆中的骨料，混凝土中的细骨料。沙子颗粒愈细，而填充沙粒间空隙和包裹沙粒表面以薄膜的水泥浆愈多，需用较多的水泥。配制混凝土的沙子，一般以采用中沙或粗沙比较适合。特细沙亦可使用，但水泥用量要增加 10% 左右。天然沙具有较好的天然连续级配，其容重一般为  $1500 \sim 1600$  千克/米<sup>3</sup>，空隙率一般为 37% ~ 41%。

建造沼气池宜选用中沙，因为中沙颗粒级配好。级配好就是有大有小，大小颗粒搭配得好，咬接得牢，空隙小，既节省水泥，强度又高。沼气池是地下构筑物，要求防水防渗，对沙子的

质量要求是质地坚硬、洁净，泥土含量不超过3%，云母允许含量在5%以下，不含柴草等有机物和塑料等杂物。

**5. 钢筋** 一般20米<sup>3</sup>以下的农村户用沼气池可不配置钢筋，但在地基承载力差或土质松紧不匀的地方建池，则需要配置一定数量的钢筋，同时天窗口顶盖、水压间盖板也需要部分钢筋。

常用的钢筋，按化学成分划分，有碳素钢和普通低合金钢两类。按强度可划分为I~V级，建池时常用I级钢筋。I级钢筋又称3号钢，直径为4~40毫米。其受拉、受压强度约为240兆帕。混凝土中使用的钢筋应清除油污、铁锈并矫直后使用。钢筋的弯、折和末端的弯钩应按净空直径不小于钢筋直径2.5倍作180°的圆弧弯曲。

**6. 水** 拌制混凝土、砂浆以及养护用的水，要用干净、清洁的中性水，不能用酸性或碱性水。

## （二）混凝土

建造沼气池的混凝土是以水泥为胶凝材料，石子为粗骨料，沙子为细骨料，和水按适当比例配合、拌制成混合物，经一定的时间硬化而成的人造石材。在混凝土中，沙、石起骨架作用，称为骨料，水泥与水形成水泥浆，包在骨料表面并填充其空隙。硬化前，水泥浆起润滑作用，使混合物具有一定的流动性，便于施工，水泥砂浆硬化后，将骨料胶结成一个结实的整体。

混凝土具有较高的抗压能力，但抗拉能力很弱。因此，通常在混凝土构件的受拉断面设置钢筋，以承受拉力。凡没有加钢筋的混凝土称素混凝土，加有钢筋的混凝土称钢筋混凝土。混凝土除具有抗压强度高、耐久性良好的特点外，其耐磨、耐热、耐侵蚀的性能都比较好，加之新拌和的混凝土具有可塑性，能够随模板制成所需要的各种复杂的形状和断面，所以，农村沼气池和沼气工程大都采用混凝土现浇施工或砖混组合施工。

### 1. 混凝土的组成

(1) 水泥。混凝土强度的产生主要是水泥硬化的结果。水泥标号由要求的混凝土标号来选择，一般应为混凝土标号的 2 ~ 3 倍。修建沼气池一般选用 425 号普通硅酸盐水泥。

(2) 骨料。石子的最大颗粒尺寸不得超过结构截面最小尺寸的 1/4，有钢筋时最大粒径不得大于钢筋间最小净距离的 3/4。对于厚度为 10 厘米和小于 10 厘米的混凝土板、沼气池盖，可允许采用一部分最大粒径达 1/2 板厚的骨料，但数量不得超过 25%。沙子用于填充石子之间的空隙，一般宜选用粗沙。粗沙总面积小，拌制混凝土比用细沙节省水泥。混凝土沙石之间的空隙是由水泥填充的，为了达到节约水泥和提高强度的目的，应尽量减小沙石之间的空隙，这就需要良好的沙石级配。在拌制混凝土时，沙石中应含有较多的粗沙，并以适当的中沙和细沙填充其中的空隙。优良沙石级配不仅水泥用量少，而且可以提高混凝土的密实性和强度。

(3) 水。拌制混凝土、砂浆以及养护用水要用饮用的水。不能用含有有机酸和无机酸的地下水和其他废水，因为各种酸类对混凝土都有不同程度的腐蚀作用。

### 2. 影响混凝土性能的主要因素

(1) 强度。混凝土的强度主要包括抗压、抗拉、拉剪等强度。一般情况下，大都采用混凝土的抗压强度评定混凝土的质量。抗压强度是指试块在标准条件下，养护 28 天后进行抗压试验，将试块压至破坏时所承受的压强。试件抗压强度按下式计算：

$$C = \frac{P}{A} \times 10^4 \text{ (帕)}$$

式中  $C$ ——试件抗压强度 (帕)；

$P$ ——试件破坏时的最大负荷 (牛)；

$A$ ——度件受压面积（厘米<sup>2</sup>）。

混凝土抗压强度以强度等级表示，常用的强度等级有：C7.5、C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60等。基础、地坪常用C7.5、C10号混凝土，梁、板、柱和沼气池用C15号以上混凝土。混凝土标号与抗压强度对照见表4-5。

表4-5 混凝土标号与抗压强度关系

混凝土标号	C7.5	C10	C15	C20	C25	C30	C40	C50	C60
抗压强度(兆帕)	7.35	9.81	14.71	19.61	24.52	29.42	39.23	49.03	58.84

混凝土的抗压强度与水泥标号、水灰比、骨料强度及级配、沙石比率及硬化时的温度、湿度、龄期、捣固密实程度均有很大关系。

①与水泥标号、水灰比的关系。水泥标号和水灰比是影响混凝土强度的主要因素，当其他条件相同时，水泥标号愈高，则混凝土强度愈高；水灰比愈大，则混凝土强度愈低。

②与密实程度的关系。浇筑混凝土时，必须充分捣实，才能得到密实而坚硬的混凝土，同样的混凝土拌和物，用机械震捣比人工震捣的质量高。因此，有条件的地方尽量采用机械震捣。

③与养护时间的关系。普通混凝土在无外加剂和标准养护条件下，其强度的增长是初期快，后期缓慢。

④与养护温度、湿度的关系。水泥硬化时，在水分充足的情况下，温度愈高，混凝土强度发展愈快；当水分不足，温度高时，混凝土强度发展缓慢，甚至停止。当混凝土的养护温度降低时，强度发展变慢，到0℃时，硬化不但停止，还可能因结冰膨胀等致使混凝土强度降低或破坏。

混凝土除有抗压强度外，还有抗拉、抗弯、抗剪强度。抗拉强度为抗压强度的1/20~1/5。混凝土的强度因受材料的质量、

配制比例、拌和、浇捣、养护等一系列因素影响，所以其实配强度应比混凝土设计标号高 10% ~ 15%。

(2) 和易性。和易性是指混凝土混合物能保持混凝土成分的均匀、不发生离析现象，便于施工操作（拌和、浇灌、捣实）的性能。和易性包括流动性（坍落度）、黏聚性和保水性。和易性好的混凝土拌和物，易于搅拌均匀；浇灌时不发生离析、泌水现象；捣实时有一定的流动性，易于充满模板，也易于捣实，使混凝土内部质地均匀致密，强度和耐久性得到保证。

和易性是一个综合性指标，它主要包括流动性、黏聚性和保水性三个方面。水泥品种、水泥浆数量和水灰比、粗骨料的性能、沙率和温度以及时间等因素影响混凝土拌和物的和易性。此外，混凝土拌和物的和易性还与外加剂、搅拌时间等因素有关。在施工时通常以测定混凝土自流动性（坍落度）及直观观察来评定其黏聚性和保水性。

(3) 水灰比。混凝土中用水量与用水泥量之比称为水灰比，用  $W/C$  表示。水灰比的大小，直接影响混凝土的和易性、强度和密实度。在水泥用量相同的情况下，混凝土的标号随水灰比的增大而降低。水灰比越大，混凝土标号越低，密实度也降低。因为水泥水化时所需的结合水一般只占水泥重量的 25% 左右，但在拌制混凝土时为了获得必要的流动性，加水量一般占水泥重量的 40% ~ 70%。混凝土硬化后，多余的水分就残留在混凝土中形成水泡或蒸发出来形成气孔，影响混凝土的强度和密实度。因此，水灰比愈小，水泥与骨料黏结力愈大，混凝土强度愈高。但水灰比过小时，混凝土过于干硬，无法捣实成型，混凝土中将出现较多蜂窝、孔洞，强度也将降低，耐久性不好。因此，在满足施工和易性的条件下，降低水灰比，可以提高强度和密实度、抗渗性和不透气性。根据水泥、混凝土标号和骨料的不同，按经验常数，其水灰比可参考表 4-6。

表 4-6 混凝土水灰比参考表

混凝土标号	水泥标号	水灰比 (W/C)	
		碎 石	卵 石
C15	325	0.62 ~ 0.65	0.59 ~ 0.63
C20	325	0.51 ~ 0.53	0.48 ~ 0.52
C30	425	0.46 ~ 0.49	0.44 ~ 0.48
C40	425	0.37 ~ 0.41	0.35 ~ 0.41

(4) 水泥用量。水泥用量多少直接影响混凝土的强度及性能，水泥用量增多，混凝土标号提高。但水泥用量过多，干缩性也增大，混凝土构件易产生收缩裂缝；而水泥用量过少，则影响水泥浆与沙石的黏结，使沙石离析，混凝土不能浇捣密实，也会降低强度。

(5) 沙率。沙的重量与沙石总重量之比称为沙率。在混凝土中沙子填充石子的空隙，水泥填充沙子的空隙。沙率过大时表明沙子过多，沙子的总表面积及空隙都会增大；沙率过小，又不能保证粗骨料有足够的砂浆层，会造成离析、流浆现象。因此，沙率有一个最佳值。适合的沙率，就是使水泥、沙子、石子互相填充密实。

**3. 混凝土的配合比** 混凝土的配合比是指混凝土中各种组成材料的数量比例，用水泥：石：沙：水表示，以水泥为基数 1。农村沼气池用钢模整体浇筑混凝土工艺建池时，一般采用人工拌制和捣固的方法，在有震动设备的情况下，也采用机械震捣的方法；用砖混组合工艺建池时，一般采用人工拌制和捣固的方法，其混凝土设计标号为 C15 ~ C20。建池时，应根据混凝土选材要求，参考下列配料表进行配料。

(1) 人工拌制和捣固的普通混凝土配合比见表 4-7。

(2) 机械震捣的普通混凝土配合比见表 4-8 和表 4-9。

表 4-7 人工拌制和捣固的普通混凝土参考配合比

混凝土 标号	水泥 标号	卵石粒径 (厘米)	水灰比	沙率 (%)	材料用量(千克/米 <sup>3</sup> )				配合比(重量比) 水泥:中沙:卵石:水
					水泥	中沙	碎石	水	
C10	325	0.5~2	0.82	34	220	680	1320	180	1:3.09:6.00:0.82
C15	325	0.5~2	0.68	35	275	678	1260	187	1:2.46:4.59:0.68
C15	425	0.5~2	0.75	35	249	688	1276	187	1:2.76:5.12:0.75
C15	325	0.5~4	0.68	32	250	634	1346	170	1:2.53:5.38:0.68
C15	425	0.5~4	0.75	32	234	637	1354	175	1:2.72:5.79:0.75
C20	325	0.5~2	0.60	32.5	308	620	1287	185	1:2.01:4.18:0.60
C20	425	0.5~2	0.65	34	284	658	1273	185	1:2.32:4.48:0.65
C20	325	0.5~2	0.60	31	284	604	1342	170	1:2.13:4.73:0.60
C20	425	0.5~4	0.67	31.5	255	622	1352	171	1:2.44:5.30:0.67

表 4-8 机械震捣的中沙卵石混凝土参考配合比

混凝土 标号	水泥 标号	卵石粒径 (厘米)	水灰比	沙率 (%)	坍落度 (厘米)	材料用量(千克/米 <sup>3</sup> )				配合比(重量比) 水泥:中沙:卵石:水
						水泥	中沙	卵石	水	
C15	325	0.5~2	0.60	27	0~1	263	548	1481	158	1:2.08:5.63:0.60
C15	425	0.5~2	0.68	29	0~1	237	595	1457	161	1:2.52:6.15:0.68
C15	325	0.5~2	0.60	29	2~4	280	575	1407	168	1:2.05:5.03:0.60
C15	425	0.5~2	0.68	31	2~4	251	622	1346	171	1:2.48:5.52:0.68
C15	325	0.5~2	0.60	31	5~7	290	606	1350	174	1:2.09:4.65:0.60
C15	425	0.5~2	0.68	33	5~7	260	654	1329	177	1:2.52:5.11:0.68
C20	325	0.5~2	0.52	26	0~1	300	518	1476	156	1:1.73:4.92:0.52
C20	425	0.5~2	0.60	27	0~1	263	548	1481	158	1:2.08:5.63:0.60
C20	325	0.5~2	0.52	28	2~4	319	545	1400	166	1:1.71:4.39:0.52
C20	425	0.5~2	0.60	29	2~4	280	575	1407	168	1:2.05:5.03:0.60
C20	325	0.5~2	0.52	30	5~7	331	575	1342	172	1:1.74:4.05:0.52
C20	425	0.5~2	0.60	31	5~7	290	606	1350	174	1:2.09:4.86:0.60

表 4-9 機械震搗的中沙碎石混凝土參考配合比

混凝土 標號	水泥 標號	卵石粒徑 (厘米)	水灰比	沙率 (%)	坍落度 (厘米)	材料用量(千克/米 <sup>3</sup> )				配合比(重量比) 水泥:中沙:卵石:水
						水泥	中沙	卵石	水	
C15	325	0.5~2	0.62	30	0~1	282	589	1374	175	1:2.09:4.87:0.62
C15	425	0.5~2	0.70	32	0~1	254	636	1352	178	1:2.50:5.32:0.70
C15	325	0.5~2	0.62	32	2~4	298	613	1304	185	1:2.06:4.38:0.62
C15	425	0.5~2	0.70	34	2~4	269	661	1282	188	1:2.46:4.77:0.70
C15	325	0.5~2	0.62	34	5~7	308	643	1248	191	1:2.09:4.05:0.62
C15	425	0.5~2	0.70	36	5~7	277	691	1228	194	1:2.49:4.43:0.70
C20	325	0.5~2	0.53	29	0~1	326	557	1364	173	1:1.71:4.18:0.53
C20	425	0.5~2	0.61	30	0~1	287	587	1371	175	1:2.05:4.78:0.61
C20	325	0.5~2	0.53	31	2~4	345	580	1292	183	1:1.68:3.75:0.53
C20	425	0.5~2	0.61	32	2~4	303	612	1300	185	1:2.02:4.29:0.61
C20	325	0.5~2	0.53	33	5~7	357	609	1235	189	1:1.71:3.46:0.53
C20	425	0.5~2	0.61	34	5~7	313	641	1245	191	1:2.05:3.98:0.61

### (三) 砂漿

砂漿是由水泥、沙子加水拌和而成的膠結材料，在砌築工程中，用來把單個的磚塊、石塊或砌塊組成牆體，填充砌體空隙并把砌體膠結成一個整體，使之達到一定的強度和密實度。砌築砂漿不僅可以把牆體上部的外力均勻地傳布到下层，還可以阻止塊體的滑動。

**1. 砂漿的種類** 按砂漿組成材料不同，可分為水泥砂漿、混合砂漿和石灰砂漿；按其用途分為砌築砂漿和抹面砂漿；按其性質分為氣硬性砂漿和水硬性砂漿。

(1) 砌築砂漿。砌築砂漿用於磚石砌體，其作用是将單個磚石膠結成為整體，並填充磚石塊材間的間隙，使砌體能均勻傳遞載荷。

① 材料的選擇。水泥選用標號高於砂漿標號 4~5 倍的普通

水泥，每立方米砂浆的水泥用量最少为 80 千克。沙的最大粒径应小于砂浆厚度的  $1/5 \sim 1/4$ ，砌筑体使用中沙为宜，粒径不得大于 2.5 毫米。应选用洗净的沙子和洁净的水拌制砂浆。人工拌和水泥砂浆时，应先将水泥和沙子干拌 3 次，然后加水拌和 3 次，至颜色均匀为止。

②配合比。砌筑沼气池的砂浆一般采用水泥砂浆，其组成材料的配合比见表 4-10。

表 4-10 砌筑砂浆配合比

种 类	砂浆标号	配合比 (重量比)	材料用量 (千克/米 <sup>3</sup> )	
			325 号水泥	中沙
水泥砂浆	M5.0	1:7.0	180	1260
	M7.5	1:5.6	243	1361
	M10.0	1:4.8	301	1445

(2) 抹面砂浆。抹面砂浆用于平整结构表面及保护结构体，并有密封和防水防渗作用，其配合比一般采用 1:2、1:2.5 和 1:3，水灰比为 0.5~0.55 的水泥砂浆。沼气池抹面砂浆可掺用水玻璃、三氯化铁防水剂 (3%) 组成防水砂浆。庭院沼气池抹面砂浆配合比见表 4-11。

表 4-11 抹面砂浆配合比

种 类	配合比 (体积比)	1 米 <sup>3</sup> 砂浆材料用量		
		325 号水泥(千克)	中沙 (千克)	水 (米 <sup>3</sup> )
水泥砂浆	1:1.0	812	0.680	0.359
	1:2.0	517	0.866	0.349
	1:2.5	438	0.916	0.347
	1:3.0	379	0.953	0.345
	1:3.5	335	0.981	0.344
	1:4.0	300	1.003	0.343

**2. 砂浆的性质** 砂浆的性质决定于它的原料、密实程度、配合成分、硬化条件、龄期等。砂浆应具有良好的和易性，硬化后应具有一定的强度和黏结力，以及体积变化小且均匀的性质。

(1) 流动性。流动性也叫稠度，是指砂浆的稀稠程度，是衡量砂浆在自重或外力作用下流动的性能。

砂浆的流动性与砂浆的加水量、水泥用量、石灰膏用量、沙子的颗粒大小和形状、沙子的空隙率以及砂浆搅拌的时间等有关。对流动性的要求，可以因砌体种类、施工时大气温度和湿度等的不同而异。当砖浇水适当而气候干热时，稠度宜采用 8 ~ 10；当气候湿冷，或砖浇水过多及遇雨天，稠度宜采用 4 ~ 5；如砌筑毛石、块石等吸水率小的材料，稠度宜采用 5 ~ 7。

(2) 保水性。保水性是衡量砂浆拌和后保持水分的能力，也指砂浆中各组成材料不易分离的性质。它是表示砂浆从搅拌机出料后，直至使用到砌体上为止的这段时间内，砂浆中的水、水泥及骨料之间分离的快慢程度。一般来说，石灰砂浆的保水性比较好，混合砂浆次之，水泥砂浆较差。同一种砂浆，稠度大的容易离析，保水性就差。所以，在砂浆中添加微沫剂是改善保水性的有效措施。

(3) 强度。强度是砂浆的主要指标，其数值与砌体的强度有直接的关系，以抗压强度衡量。砂浆强度是由砂浆试块的强度测定的，试块就是将取样的砂浆浇筑于尺寸为 7.07 厘米 × 7.07 厘米 × 7.07 厘米的立方体试模中，每组试块为 6 块，在标准条件下养护 28 天（养护温度为 20℃ ± 3℃、相对湿度 70%）后，将试块送入压力机中试压而得到每块试块的强度，再求出 6 块试块的平均值，即为该组试块的强度值。例如，某组试块试压后得到的平均允许承受压力为 2700 牛，以承受压力的面积 7.07 厘米 × 7.07 厘米 = 50 厘米<sup>2</sup>去除，求得压强为 540 牛/厘米<sup>2</sup>，折合为 5.4 兆帕，则该组试块的强度等级为 M5。常用的砂浆有

M1.0、M2.5、M5.0、M7.5、M10号。

### 3. 影响砂浆性质的因素

(1) 配合比。配合比是指砂浆中各种原料的组合比例，应由施工技术人员提供，具体应用时应按规定的配合比严格计量，要求每种材料均经过磅秤才能进入搅拌机。水的加入量主要靠稠度来控制。

(2) 原材料。原材料的各种技术性能是否符合要求，要经试验室鉴定。

(3) 搅拌时间。一般要求砂浆在搅拌机内的搅拌时间不得少于2分钟。

(4) 养护时间和温度。砌到墙体内后要经过一段时间以后才能获得强度。养护时间、温度和砂浆强度的关系见表4-12。

(5) 养护湿度。在干燥和高温的条件下，除了应充分拌匀砂浆和将砖充分浇水湿润外，还应对砌体适时浇水养护。

表4-12 用325号、425号普通硅酸盐水泥拌制的  
砂浆强度增长率

龄期 (天)	不同温度下的砂浆强度百分率(以在20℃时养护28天的强度为100%)							
	1℃	5℃	10℃	15℃	20℃	25℃	30℃	35℃
1	4	5	8	11	15	19	23	25
3	18	25	30	36	43	48	54	60
7	38	46	54	62	69	73	78	82
10	46	55	64	71	78	84	88	92
14	50	61	71	78	85	90	94	98
21	55	67	76	85	93	98	102	104
28	59	71	81	92	100	104	—	—

#### (四) 密封涂料

沼气池结构体建成后，要在水泥砂浆基础密封的前提下，用

密封涂料进行表面涂刷，封闭毛细孔，确保沼气池不漏水、不漏气。

对密封材料的要求是：密封性能好，耐腐蚀，耐磨损，黏结性好，收缩量小，便于施工，成本低。常用的沼气池密封涂料种类有以下几类：

**1. 水泥掺和型** 该类密封涂料采用高分子耐腐蚀树脂材料制成膜物，以水泥为增强剂配成的混合密封涂料。用该密封涂料涂刷沼气池，使全池以“硬质薄膜”包被，填充了水泥疏松网孔，又利用水泥高强度性能，使薄膜得以保护。用该密封剂制浆涂刷后，具有光亮坚硬、薄膜包被、密封性能高、黏结性强、耐腐蚀、无隔离层、使用简单、节约投资等特点。

**2. 直接涂刷型** 该类密封涂料无需配比，可直接用于沼气池内表面涂刷，常用材料有硅酸钠（俗称水玻璃）、泡花碱，具有较好的胶结能力，比重 1.38 ~ 1.40，模数 2.6 ~ 2.8。纯水泥浆、硅酸钠交替涂刷 3 ~ 5 遍即可。

**3. 复合涂料** 复合密封涂料具有防腐蚀、防漏、密封性能好的特点，能满足常温涂刷，24 小时固化，冬夏和南北方都能保持合适的黏流态。在严格保证抹灰和涂刷质量的前提下，可减少层次，节约水泥用量。

## 四、沼气池建筑施工

### （一）放线、挖坑、池坑校正

**1. 放线** 按设计的池型内尺寸加上池墙厚度，在沼气池址上撒灰放线，并埋设中心桩和中心线，两条线十字交叉点即为池中心（图 4-8）。

**2. 池坑开挖** 根据池址的地质、水文情况，决定直壁开挖

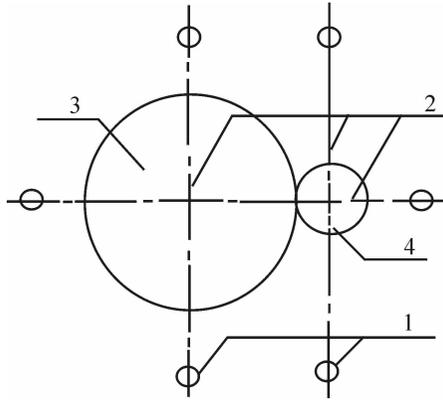


图 4-8 中心桩示意图

1. 桩位 2. 中心线 3. 主池体 4. 出料间

还是放坡开挖池坑。可以进行直壁开挖的池坑，应尽量利用土壁作胎模。圆筒形沼气池上圈梁以上部位，可按放坡开挖池坑，上圈梁以下部位应按模具成型的要求，进行直壁开挖（图 4-9）。

主池的放样、取土尺寸，按下列公式计算：

主池取土直径 = 池身净空直径 + 池墙厚度 × 2

主池取土深度 = 蓄水圈高 + 拱顶厚度 + 拱顶矢高 + 池墙高度 + 池底矢高 + 池底厚度

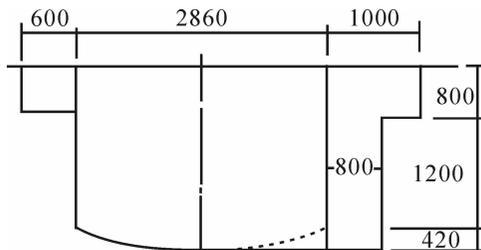


图 4-9 8 米<sup>3</sup>沼气池池坑开挖剖面图

不同容积的施流布料沼气池结构尺寸见表 4-13。

表 4-13 沼气池结构尺寸 单位：毫米

主池容积 (米 <sup>3</sup> )	6	8	10	12	15	20
主池直径 $D$	2400	2700	3000	3200	3400	3600
池墙高度 $H$	1000	1000	1000	1000	1040	1400
池盖矢高 $f_1$	480	540	600	640	680	720
池底矢高 $f_2$	340	390	430	460	490	510
池盖半径 $R_1$	1740	1960	2180	2320	2460	2600
池底半径 $R_2$	2290	2530	2830	3010	3190	3430
旋流墙半径 $r$	1440	1620	1800	1920	2040	2160
酸化间长度 $L_1$	900	1000	1100	1200	1300	1500
酸化间宽度 $B$	800	880	920	960	1000	1100
储肥间长度 $L_2$	600	800	1000	1200	1500	2000

开挖池坑时，不要松动原土，池壁要挖得圆整，边挖边修，可利用主池半径尺随时检查，进料管、水压间、出料口、出料器或闸阀式出料装置的闸门口、排料管，应根据设计图纸几何尺寸放样开挖，应特别注意水压间的深度应与主池的零压水位线持平。

**3. 池坑校正** 开挖圆筒形池，取土直径一定要等于放样尺寸，宁小勿大。在开挖池坑的过程中，要用放样尺寸校正池坑，边开挖，边校正。池坑挖好后，在池底中心直立中心杆和活动轮杆（图 4-10），校正池体各部弧度，以保证池坑的垂直度、水平度、圆心度和光滑度。同时，按照设计施工图，确定上、下圈梁位置和尺寸，挖出上、下圈梁。

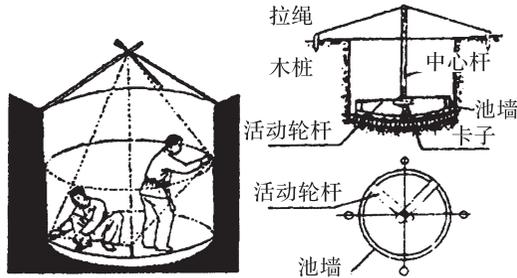


图 4-10 活动轮杆法校正沼气池坑

## (二) 混凝土沼气池施工技术

### (1) 夯池底，抹坑壁。

①先将坑底原土夯实，然后用灰粉与土拌和成三七土夯实 15 厘米厚，坑周围用铁锤反复砸实。

②坑壁是浇筑混凝土的外模，要求平整圆滑，为防止混凝土中的水分流失过多，可将坑壁用灰土泥或黄土泥找平抹光。

### (2) 按设计混凝土标号所用材料进行拌和。

①拌和。要求均匀，拉拌配合翻拌，达到石子、水泥、沙、浆无分离现象为准。

拌制混凝土：农村建造沼气池，混凝土一般采用人工拌和。首先，在沼气池基坑旁找一块面积 2 米<sup>2</sup> 左右的平地，平铺上不渗水的拌制板（一般多用钢板，也可用油毛毡）。然后，先将称量好的沙倒在拌制板上，将水泥倒在沙上，用铁锨反复干拌至少 3 遍，直到颜色均匀为止；再将石子倒入，干拌一遍；尔后渐渐加入定量的水湿拌 3 遍，拌到全部颜色一致，石子与水泥砂浆没有分离与不均匀的现象为止。

②加水不宜太多，也不宜太少，要求混凝土坍落度 5 厘米左右。

### (3) 混凝土浇筑。

①底圈梁和池底。浇筑顺序，从周围向中心均匀浇筑。先把底周围圈梁宽 15 厘米、厚 8 厘米筑好，接着按 5 厘米厚浇筑池底，要求均匀、捣实、抹出水泥浆等混凝土稍凝，撒细沙铺面 1~2 厘米。

②池墙、池顶。池墙、池顶混凝土浇筑可用钢模浇筑。浇筑前将池底圈梁与池墙接荐部位刷一层浓水泥浆。再分层筑池墙，每层高度不超过 24 厘米，边浇边捣密实，不得漏浇漏捣，不要有蜂窝麻面，筑到进、出料管下口高度时，将管用 1:1.15 水泥砂浆接好安装好，仰角为  $60^\circ$ （实际可据情况而定），再继续筑墙，一直将上圈梁筑好。安好池顶模具后，上抹 1~2 厘米细沙，再抹 1~1.5 厘米的 1:1.15 砂浆，尔后接筑池顶，对称进行，由下向上，要震拍密实，保证池顶几何尺寸，厚度均匀。可将池口与水压池筑起来。将池顶外表再抹 1~1.5 厘米厚的 1:1.5 水泥砂浆，要拍实抹光。浇筑活动盖时，直径可比蓄水圈直径小 3~4 厘米，注意将导气管（最好用长 10~12 厘米、口径 10~15 厘米的铜管）筑于盖中间部位，将两个把手对称筑于盖的两部位。

在没有模具的情况下，可以用砖模浇筑混凝土。浇筑程序同用模具是一样的，只是没有模具时，改用砖模而已。其方法是：在坑壁周围留出 5 厘米的池墙厚度，用黏土泥砌砖作内模，要求砖块上下垂直、砌圆、挤紧。砌完一圈，按上述钢模浇筑技术要求，浇筑一圈再砌砖、再浇筑，同时安装好进、出料管，一直筑到上圈梁，然后用砖砌池顶拱模。方法是：先立曲率半径杆，采用吊绳压砖方法，以曲率半径为标尺，砌上第一块砖后，用绳子压起来，然后边转动标尺边砌砖，砌完一圈后，将砖下底缝用石子嵌紧，一直将顶模砖砌完，再用黏土泥将砖模抹光，再抹 1~2 厘米厚的细湿沙，再抹 1~2 厘米厚 1:1.15 的砂浆，拍实抹

光，尔后进行混凝土浇筑。在砌筑池顶砖模上，也可用手砌斜砖，圈圈层砌法，注意用曲率半径杆控制砌砖的削球弧度即可，其浇筑混凝土的方法、程序同上述一样。等浇筑混凝土凝固发硬后，再进行池顶回填土。

### （三）沼气池密封

沼气池顶回填土后，视温度情况，一般养护7~28天后，即可拆模进行池内抹灰密封，以堵塞混凝土骨架层内的麻面、细孔，增加抗渗漏性能。其程序为首先清池，再用1:1.5砂浆补坑找平，尔后再抹。

**1. 拌制砂浆** 拌制砂浆是砖混组合沼气池施工的基本技能，分砌筑砂浆和抹面砂浆等多种砂浆的拌制。户用沼气池施工，一般采用人工拌制。人工拌制砂浆的要点是“三干三湿”，即水泥和沙按砂浆标号配制后，干拌3次，再加水湿拌3次。

第一层：先刷一层厚约1毫米的纯水泥浆，浆内可加密封剂。注意刷遍刷匀。

第二层：当第一层水泥浆不粘手时，及时抹1:1砂浆，内加密封剂，厚约0.5厘米，作为基层，抹成麻面。

第三层：当第二层砂浆用手按不动时，均匀刷1毫米厚的纯水泥浆，内加密封剂。

第四层：当第三层水泥浆不粘手时，可再抹0.4厘米厚的1:1砂浆抹平抹光。注意要加密封剂。

第五层：全池不粘手、不翻沙时，及时再刷两次1毫米厚的纯水泥浆，最后抹平、抹出光亮即可。

#### 2. 注意事项

(1) 砂浆拌制好以后，应及时送到作业地点，做到随拌随时。一般应在2小时之内用完，气温低于10℃时可延长至3小时。当气温达到冬季施工条件时，应按冬季施工的有关规定

执行。

(2) 严禁直接在泥土地上拌和混凝土，混凝土从拌和好至浇筑完毕的延续时间不宜超过 2 小时。

(3) 人工配制混凝土时，要尽量多搅拌几次，使水泥、沙、石混合均匀。同时，要控制好混凝土的配合比和水灰比，避免蜂窝、麻面出现，达到设计的强度。

#### (四) 沼气池的质量验收

沼气池建成后，是否合乎技术质量要求，是否能保证不漏水、不漏气，是否能坚持正常使用，这就需要进行检查验收。其方法是：

**1. 目测法** 就是人入池观察，池内表面有无蜂窝、麻面、孔洞、裂纹、起壳、敲击空响及局部灰浆脱落等现象。发现问题及时处理。

##### **2. 水压法**

(1) 在目测无问题的基础上，向池内加水，超过进料管下口 10~20 厘米高度时，停止加水，记下高度，经 12 小时观察水位变化，当水位无明显变化时，则证明进料管以下不漏水。

(2) 按好活动盖进行水封处理。将上输气管、气压表，关好开关，继续向水压池内加水，直至气压表达达到 90~100 个气时，停止加水，记住水压池水位高度及气压表高度，经 24 小时后，观察水位和气压表变化，若下降不超过 3 厘米，并能稳定下来，可认为合格。

##### **3. 气压法**

(1) 向池内加水，至池顶 10 厘米，停止加水，记住水位，经 12 小时，观察水位变化，若无明显变化，则认为全池不漏水。

(2) 确认池子不漏水后，按好活动盖加水封处理。装上导气管、气压表，关好开关，向池内充气，当气压达到 90~100 厘

米时，停止充气，经 24 小时观察气压表，若下降不超过 3 厘米，并能稳定下来，证明不漏水、不跑气，则认为合格。

经试气查漏，确认合格的沼气池即可投料使用。经试验良好，即可填表登记，户主签字验收存档。

## 第五章 常用小型沼气池池型图

### 一、圆筒形水压沼气池

应用特点：圆筒形水压沼气池在我国应用较早，群众比较熟悉，使用管理方便。

4~10 米<sup>3</sup> 现浇混凝土圆筒形水压沼气池材料参考用量见表 5-1。

表 5-1 4~10 米<sup>3</sup> 现浇混凝土圆筒形沼气池材料参考用量表

容积 (米 <sup>3</sup> )	混凝土				池体抹灰			水泥 素浆	合计材料用量		
	体积 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (米 <sup>3</sup> )	中沙 (米 <sup>3</sup> )	碎石 (米 <sup>3</sup> )	体积 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (米 <sup>3</sup> )	中沙 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (米 <sup>3</sup> )	中沙 (米 <sup>3</sup> )	碎石 (米 <sup>3</sup> )
4	1.257	350	0.622	0.959	0.277	113	0.259	6	469	0.881	0.959
6	1.635	455	0.809	1.250	0.347	142	0.324	7	604	1.133	1.250
8	2.017	561	0.997	1.540	0.400	163	0.374	9	733	1.371	1.540
10	2.239	623	1.107	1.710	0.508	208	0.475	11	842	1.582	1.710

圆筒形沼气池构造详图见图 5-1。

6 米<sup>3</sup> 现浇混凝土圆筒形水压沼气池及水压间选用尺寸见图 5-2。



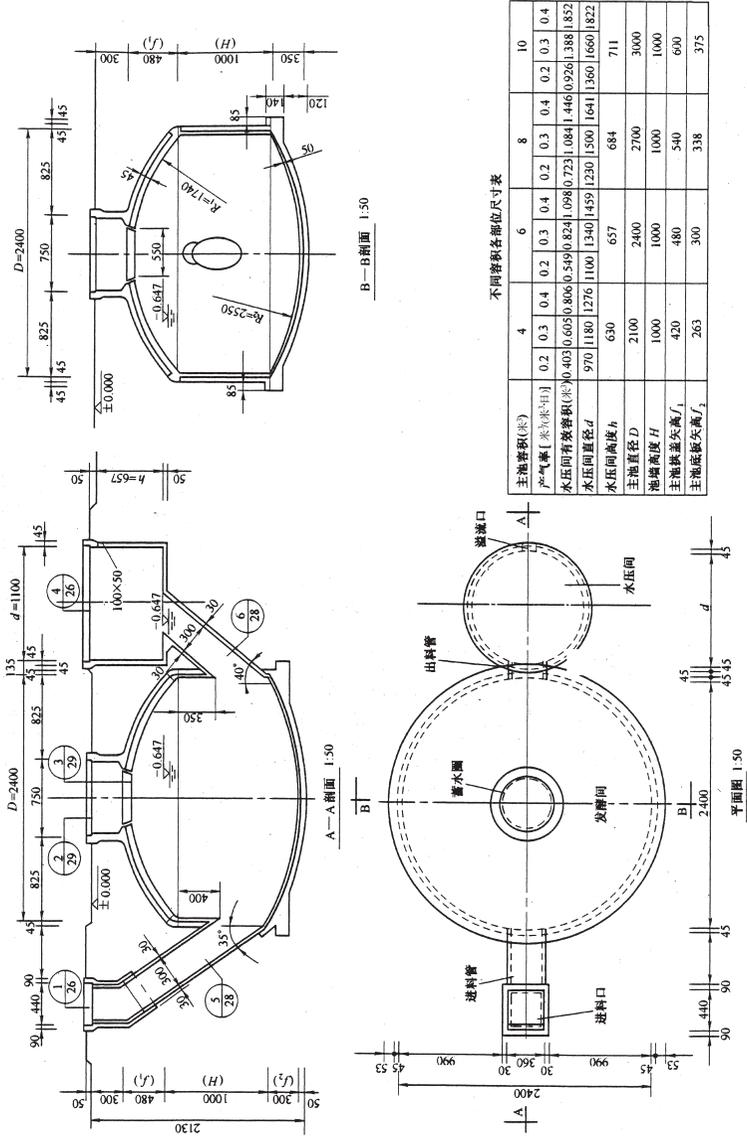


图5-2 6米<sup>3</sup>圆筒形水压沼气池及水压间选用尺寸

## 二、底层出料水压沼气池

应用特点：池底由进料口向出料口倾斜，池底部最低点设在出料间底部；在倾斜池底作用下，形成一定的流动推力，实现主发酵池进出料自流，可以不打开天窗把全部料液由出料间取出。

4~10 米<sup>3</sup> 现浇混凝土底层出料沼气池材料参考用量见表 5-2。

表 5-2 4~10 米<sup>3</sup> 现浇混凝土底层出料沼气池材料参考用量表

容积 (米 <sup>3</sup> )	混凝土				池体抹灰			水泥 素浆	合计材料用量			
	体积 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	碎石 (米 <sup>3</sup> )	体积 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	碎石 (米 <sup>3</sup> )	
4	1.828	523	0.725	1.579	0.393	158	0.371	78	759	1.096	1.579	
6	2.148	614	0.852	1.856	0.489	197	0.461	93	904	1.313	1.856	
8	2.508	717	0.995	2.167	0.551	222	0.519	103	1042	1.514	2.167	
10	2.956	845	1.172	2.553	0.658	265	0.620	120	1230	1.792	2.553	

底层出料沼气池构造详图见图 5-3。

6 米<sup>3</sup> 现浇混凝土底层出料沼气池及水压间选用尺寸见图 5-4。

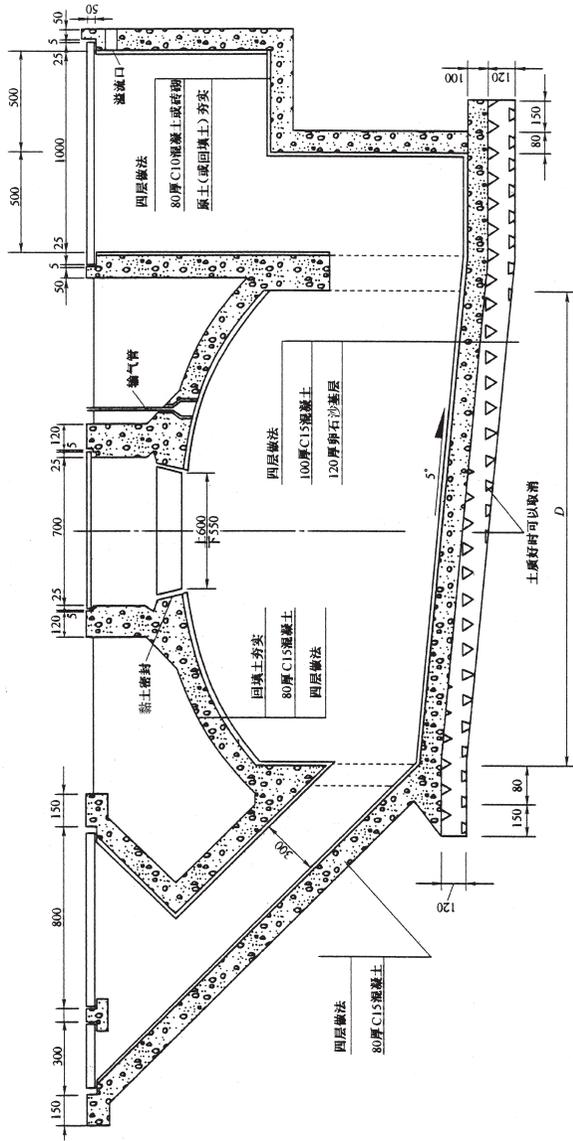


图5-3 底层出料沼气池构造详图

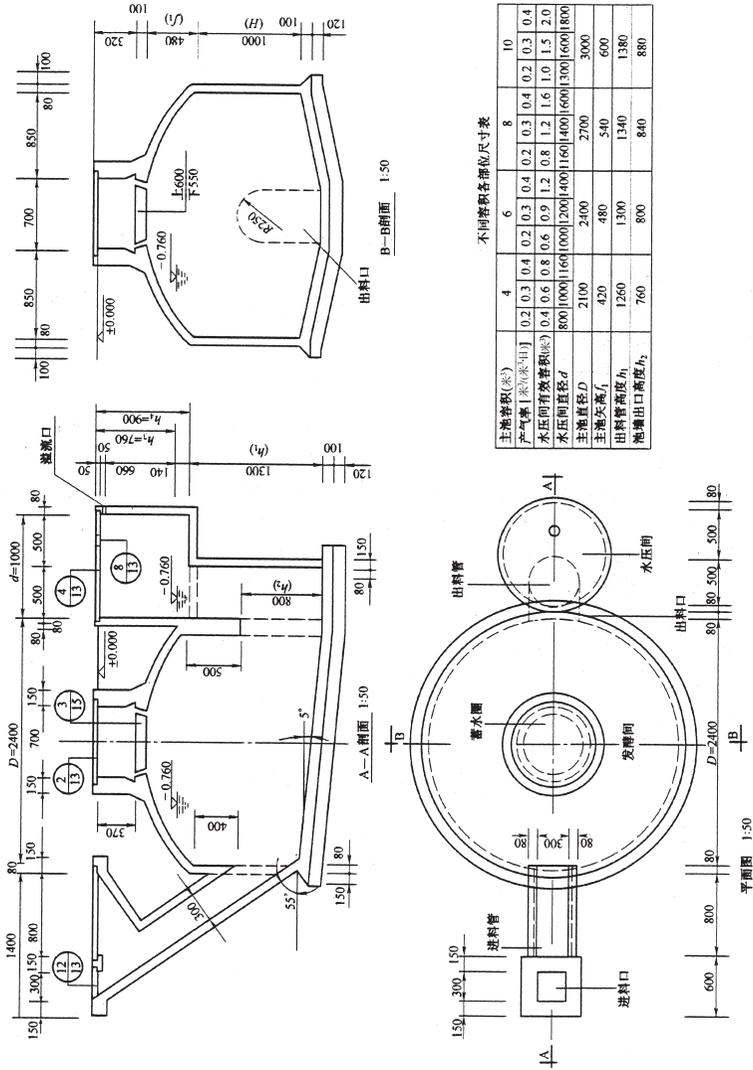


图5-4 6米³底层出料沼气池及水压间选用尺寸

### 三、分离贮气浮罩式沼气池

应用特点：分离贮气浮罩式沼气池已不属于水压式沼气池的范畴，发酵池与气箱分离，没有水压间，采用浮罩与配套水封池贮气；有利于扩大发酵间容积，最大投料量为沼气池容积的98%；浮罩贮气相对于水压式沼气池其气压在使用过程中是稳定的。

分离贮气浮罩式沼气池结构详见图5-5。

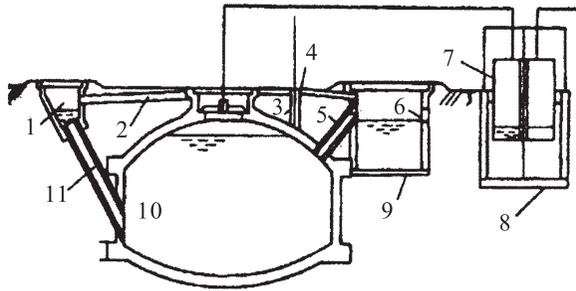


图5-5 分离贮气浮罩式沼气池结构示意图

1. 进料口 2. 污泥回流沟 3. 出料搅拌器 4. 排渣沟
5. 溢流管 6. 溢流口 7. 浮罩 8. 水封池
9. 储粪池 10. 厌氧池 11. 进料管

6~10米<sup>3</sup>现浇混凝土分离贮气浮罩式沼气池材料参考用量见表5-3。

表 5-3 6~10 米<sup>3</sup> 分离贮气浮罩式沼气池材料参考用量表

池容 (米 <sup>3</sup> )	混凝土工程				密封工程			合 计		
	体积 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	卵石 (米 <sup>3</sup> )	面积 (米 <sup>2</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	卵石 (米 <sup>3</sup> )
6	1.47	396	0.62	1.25	17.60	260	0.20	656	0.82	1.25
8	1.78	479	0.75	1.51	21.21	314	0.24	793	0.99	1.51
10	2.14	578	0.90	1.82	25.14	372	0.28	948	1.18	1.82

注：本表系按实际容积计算，未计损耗；表中未包括贮粪池的材料用量。

1~4 米<sup>3</sup> 现浇混凝土分离贮气浮罩式沼气池水封池材料参考用量见表 5-4。

表 5-4 1~4 米<sup>3</sup> 分离贮气浮罩式沼气池水封池材料参考用量表

浮罩容积 (米 <sup>3</sup> )	制作工程			刷浆工程		合 计	
	砂浆 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	
1	0.144	80	0.134	14	94	0.134	
2	0.283	129	0.217	23	152	0.217	
3	0.304	168	0.283	30	198	0.283	
4	0.368	203	0.342	37	240	0.342	

水封池 容积 (米 <sup>3</sup> )	混凝土工程				粉刷工程		合 计		
	体积 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	卵石 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	水泥 (千克)	中沙 (米 <sup>3</sup> )	卵石 (米 <sup>3</sup> )
2	0.323	87	0.140	0.280	79	0.19	166	0.330	2.26
3.5	0.466	125	0.196	0.396	115	0.27	240	0.466	0.39
5	0.535	158	0.250	0.500	144	0.34	302	0.590	0.5
6.5	0.689	186	0.289	0.586	171	0.40	357	0.689	0.5

6 米<sup>3</sup> 分离贮气浮罩沼气池及浮罩选用尺寸见图 5-6。

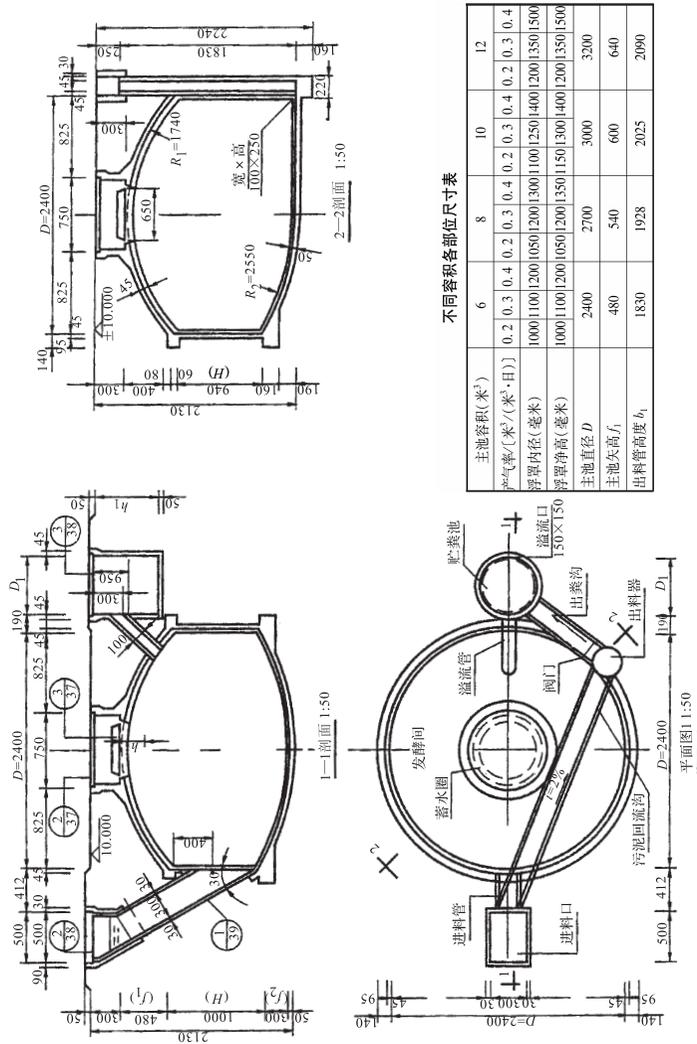


图5-6 6米<sup>3</sup>分高贮气浮罩沼气池型图

## 四、旋流布料水压式沼气池

应用特点：旋流布料水压式沼气池利用沼气产气动力和动态连续发酵工艺，实现了自动循环、自动搅拌等高效运动状态，解决了静态发酵料液盲区、短路和结壳等技术问题，提高了产气率。

下面介绍由西北农林科技大学邱凌教授研究发明的一种新型高效沼气池——旋流布料自动循环太阳能增温沼气池。

**1. 构造** 旋流布料自动循环沼气池由进料口、进料管、发酵间、贮气室、活动盖、水压酸化间、旋流布料墙、单向阀、抽渣管、活塞、导气管、出料通道等部分组成。根据水压间的位置不同，旋流布料自动循环沼气池可分为侧水水压式沼气池（图 5-7，图 5-8）和顶上水压式沼气池（图 5-9）。

**200×250 橡胶板（1）** 进料口和进料管。进料口位于畜禽舍地面下，与设在地下的进料管与发酵间连通。进料口将厕所、畜禽舍收集的粪污，通过进料管注入沼气池发酵间。进料管内径一般为 20~30 厘米，采取直管斜插于池墙中部（图 5-8）或直插与池顶部（图 5-9）的方式与发酵间连通，目的是保持进料顺畅、便于搅拌、施工方便。

**（2）** 发酵间和贮气间。这是沼气池的主体部分，其几何形状为圆筒形，发酵原料在这里发酵，产生的沼气溢出水面进入上部的扁球形贮气间贮存。因此，要求发酵间不漏水，贮气间不漏气。

**（3）** 水压酸化间。其主要功能是为了贮存沼气，维持正常气压和便于大出料，其容积由沼气池产气量来决定，一般为沼气池 24 小时所产沼气的一半。水压间的下端通过出料通道（图 5-7）或出料管（图 5-9）与发酵间相连通，发酵完成的沼肥由此

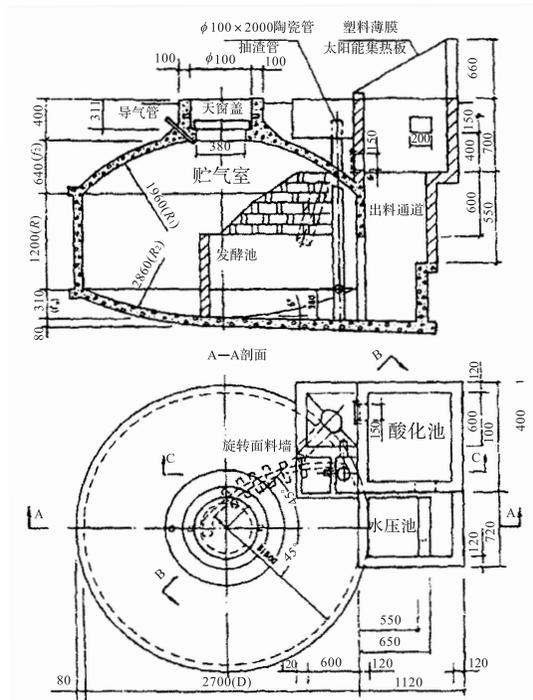


图 5-7 侧水水压式旋流布料自动循环沼气池 (一)

通道排向出料间。酸化间与水压间通过回流口连通，用于处理草料，酸化液和发酵液通过单向阀和进料管回流入发酵间。

(4) 回流搅拌器。由抽渣管和活塞构成的回流搅拌器是户用沼气池的重要组成部分，其作用是通过活塞在抽渣管中上下运动，从发酵间抽取沼液或沼渣，达到出料搅拌、回流冲刷的目的。抽渣管一般采用内径 100 毫米的厚壁 PVC 管，直插或斜插于池墙或池顶。

(5) 活动盖。设置于贮气室顶部，起着封闭活动盖口的作

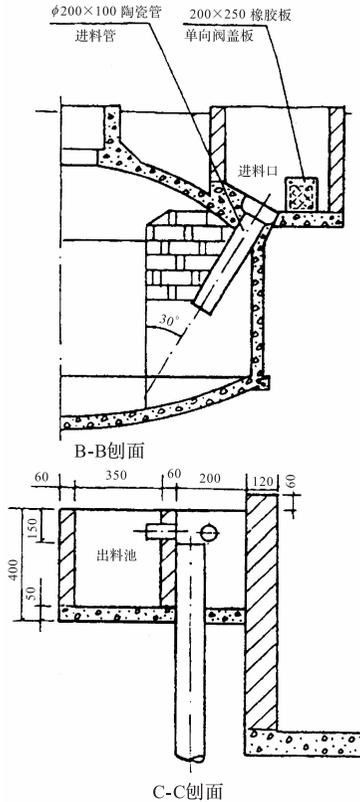


图 5-8 侧水水压式旋流布料自动循环沼气池 (二)

用。活动盖口是沼气池施工时通风采光和维修时进出及排出残存有害气体的通道。

(6) 导气管。固定在沼气池拱顶最高处或活动盖上的—根内径 1.2 厘米，长 25~30 厘米的铜管、铝管或 PVC 硬塑管，下端与贮气间相通，上端连接输气管道，将沼气输送至农户厨房，用于炊事和照明。

为了贮存沼气发酵后的残余物，应在水压间的旁边设置贮肥

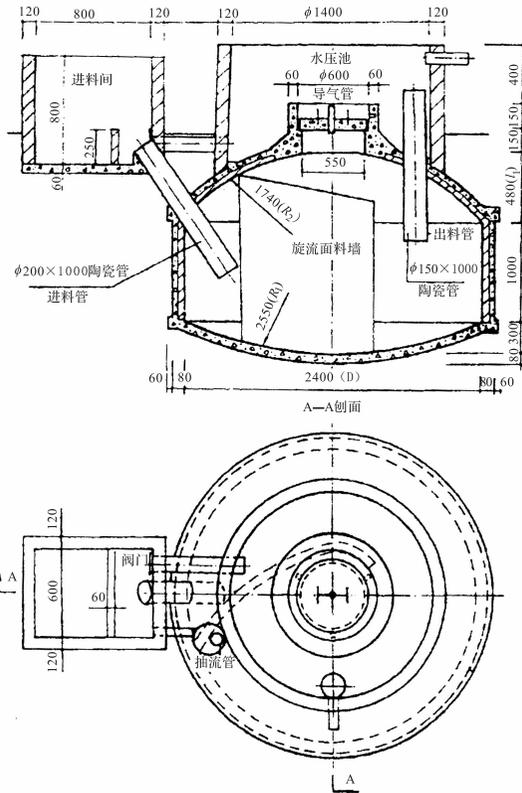


图 5-9 顶上水水压式旋流布料自动循环沼气池

池，以便合理地解决用肥和用气之间的矛盾。

为了使用安全、越冬保温、改善环境卫生，在进、出料间上部、蓄水圈上部应设以盖板。

**2. 原理与功能** 旋流布料自动循环沼气池利用沼气产气动力和动态连续发酵工艺，实现了自动循环、自动搅拌等高效运行。该池型将西北农林科技大学专家教授独创的菌种自动回流、自动破壳与清渣、微生物富集增殖、纤维性原料两步发酵、太阳

能自动增温、消除发酵盲区和料液“短路”等新技术优化组装配套，解决了静态不连续发酵沼气发酵装置存在的技术问题。

(1) 菌种自动回流新技术。利用沼气池产气动力将池内含有大量微生物的悬浮污泥压到水压间和酸化间，用气时流动性能好的含大量微生物的悬浮污泥经单向阀和进料管重新回流进发酵间，从而实现了菌种自动回流和料液自动循环。

(2) 微生物富集增殖新技术。利用空隙率较高的旋流布料墙表面形成微生物生长繁殖的载体，通过沼气微生物的富集增殖，在其表面形成厌氧生物膜，从而保留了高活性的微生物，减少了微生物的流失。

(3) 自动破壳新技术。圆弧形旋流布料墙顶部的齿状自动破壳装置在沼气池产气、用气时，使可能形成的结壳自动破除、浸润，充分发酵产气。

(4) 清渣出料新技术。池底沉渣通过活塞的抽渣管中上下运动，从发酵间底部抽出，既可直接取走作为肥料施入农田，又可通过进料管进入发酵间，达到人工强制回流搅拌的目的，从而实现轻松管理和连续利用的目的。

(5) 两步发酵新技术。将秸秆等纤维性原料在敞口酸化池里完成水解和酸化两个阶段，酸化液通过单向阀和进料管自动进入发酵间发酵产气，剩余的以木质素为主体的残渣在酸化间内彻底分解后直接取出，从而解决了纤维性原料入池发酵出料困难的技术难题。

(6) 太阳能自动增温新技术。通过设置在水压间和酸化间上的太阳能吸热和增温装置，对发酵料液自动增温，并通过单向阀和进料管，将加热后的料液自动循环进入发酵间。从而提高了发酵原料的温度，促进了产气率的提高。

(7) 克服发酵盲区和料液“短路”新技术。在螺旋面池底上用一圆弧形旋流布料墙将进、出料隔断，使入池原料必须沿圆

周旋转一圈后，才能从出料通道排出，从而增加了料液在池内的流程和滞留时间，解决了标准水压式沼气池存在的微生物贫乏区、发酵盲区和料液“短路”等技术问题。

### 3. 关键技术

#### (1) 旋流布料墙。

①旋流布料墙是实现发酵原料旋转流动、自动破壳、自动循环和滞留菌种的重要装置，用砖在密封好的发酵间内筑砌而成。

②为保证旋流布料墙的稳定性和强度，底部50厘米处用12厘米砖砌筑，顶部用6厘米砖十字交叉砌筑，以增强各个水平面的破壳和流动搅拌作用。

③旋流布料墙半径约为 $\frac{6}{5}$ 池体净空半径，要严格按设计图尺寸施工，充分利用池底螺旋曲面的作用，使入池原料既能增加流程，又不致阻塞。

#### (2) 料液循环装置。

①单向阀是保证发酵料液自动循环的装置，预埋在酸化间墙上。

②单向阀盖板为双层结构，里层切入预留在酸化间墙上的圆孔内，尺寸与圆孔一致，外层盖在圆孔外，两层之间用胶黏合。

③水压间和酸化间隔墙上的回流口底部距零压面50厘米。

#### (3) 回流搅拌装置。

①抽渣和回流搅拌装置由抽渣管和抽渣活塞构成，是抽取发酵间底部沉渣和人工强制回流搅拌的重要装置，抽渣管一般选用内径10厘米的厚壁PVC管或陶瓷管。

②抽渣管采用直插或斜插方式直接和发酵间连通，下部距池底20~30厘米。

③应特别注意抽渣管与池体连接处的密封处理，确保此处不漏水、不漏气。

---

---

## 第六章 沼气池的正常启动

### 一、原料搭配与接种物选择

发酵原料及接种物的准备是户用沼气池发酵启动的基础工作，分为原料营养搭配、接种物的选择和处理等工序。

#### (一) 原料营养搭配

**1. 发酵原料营养** 沼气发酵过程中，各种物质的消耗或生成是微生物不断进行生长繁殖的结果。周围环境中的营养物质是微生物代谢作用（生命活动）的原料和能量来源的物质基础。微生物的营养物质包括以下几种：

(1) 水分。水分既是构成细胞的组成部分，又是进行各种生化反应的介质。细胞的含水量在 80% 左右。所以，微生物需从环境中吸收水分，以维持其正常的代谢活动，特别是单细胞微生物，离开水则无法进行生长繁殖。

(2) 碳素。碳素是有机物的主要元素，也是沼气微生物生长和形成沼气的主要物质。从生物学观点看，原料中碳素为微生物提供生命活动所必需的能源，组成新细胞生命物质的碳架和成为形成沼气的碳源。绝大多数细菌是以有机物作为碳素来源和能量来源的，它们可以利用单糖和双糖、低级有机酸、醇和氨基酸等作为碳源。少数细菌（如硝化细菌、硫化细菌）则可利用二氧化碳合成糖类。

(3) 氮素。原料中的氮素是蛋白质的基本成分，是为微生物提供组成新细胞生命物质的主要原料。微生物在生长繁殖过程中，需要一定量的氮素物质和碳素物质构成生物体，还需要消耗一定量的碳素物质作为能量来源，这就出现了碳氮比值问题(C:N)，它是协调微生物正常生长或旺盛繁殖的主要因素。自然界中存在的氮素物质有氮气、无机氮化物(铵盐、硝酸盐)、简单的有机氮化合物(如氨基酸)及复杂的有机氮化合物(如蛋白质)。大多数微生物可以利用简单有机氮化合物或无机氮化合物作为氮源，部分细菌及放线菌、真菌能够利用复杂的有机氮，只有固氮菌能够利用氮气。沼气发酵微生物中的产甲烷菌只能利用铵态氮，当发酵原料中氮素不足时，加入一定量的铵盐或尿素，就可满足微生物对氮素营养的需要。

(4) 无机盐。无机盐是微生物生长所不可缺少的物质，它的主要功能是构成细胞成分和酶的组成成分，维持酶的活性，调节细胞渗透压，调节酸碱度(pH)等。根据需要量的大小，可将无机元素分为两大类，一类为大量元素，如硫、磷、钾、钠、钙、镁等；另一类为微量元素，如铜、锌、锰、硼、钴、钼等。微量元素的存在往往非常强烈地刺激微生物的生命活动。一般情况下，微生物所需要的无机盐类，都可以从水和发酵原料中得到满足，特别是家畜粪便中都含有丰富的无机盐类。

(5) 生长素。所谓生长素是指微生物生长时所不可缺少的除水、碳、氮、无机盐以外的微量有机物质，如维生素、脂肪酸、氨基酸和辅酶M等。这些物质的提供，有的可以由细菌自身合成代谢，有的则需要从外部加入。例如，在一个新开始的发酵系统中，加入老发酵液，往往可以明显提高沼气产量，这与老发酵液含有丰富的生长素有密切关系。

## 2. 发酵原料配比

(1) 发酵原料碳氮化。所谓沼气发酵原料的碳氮比是指原

料中碳素总量和氮素总量的比例。发酵原料的碳氮比不同，其发酵产气情况差异也很大。从营养学和代谢作用角度看，沼气发酵细菌消耗碳的速度比消耗氮的速度要快 20 ~ 30 倍。由此可知，如果在其他条件都具备的情况下，碳氮比例配比成 20:1 ~ 30:1 可以使沼气发酵在合适的速度下进行。

一般认为，在沼气发酵的启动阶段，碳氮比不应大于 30:1。实践证明，低碳氮比的发酵原料启动较快，高碳氮比的发酵原料启动缓慢，且容易酸化失败。在沼气池正常运动过程中，碳氮比在 6:1 ~ 30:1 的范围内仍然合适。只要沼气池内的碳氮比适宜，进料的碳氮比则可高些。因为厌氧细菌生长缓慢，同时老细胞又可作为氮素来源。所以，污泥在沼气池内的滞留期越长，对投入氮素的需求就越少。

(2) 发酵原料碳氮比搭配。农村沼气发酵原料以人畜粪便和农作物秸秆为主。在实际应用中，根据各种原料的碳素和氮素的含量，按照碳氮比 20:1 ~ 30:1 配料，可以使沼气发酵在适宜的营养条件下进行，以求顺利启动和获得较高的产气量。

碳氮比计算公式如下：

$$K = C/N = \frac{\sum C_i X_i}{\sum N_i X_i} = \frac{C_1 X_1 + C_2 X_2 + C_3 X_3 + \dots}{N_1 X_1 + N_2 X_2 + N_3 X_3 + \dots} \quad (6-1)$$

式中  $K$ ——发酵物料的适宜碳氮比值；

$C_i$ ——第  $i$  种原料的碳素百分含量 (%)；

$N_i$ ——第  $i$  种原料的氮素百分含量 (%)；

$X_i$ ——第  $i$  种原料的重量。

**3. 相关知识** 有机物质是沼气发酵微生物生命活动的主要营养物质，也是产沼气的物质基础。为了准确表示固体或液体中有机物的含量，常用以下方法对其进行测定：

(1) 总固体 (TS)。总固体又称为干物质，简称 TS，是可溶性固体和不溶性固体的总体，表示原料中除去水分后剩余的物

质总含量。

总固体是为了对有机物进行计量时，排除含水量不同的影响的重要指标，通常是將有机物在 103 ~ 105℃ 温度下，烘至恒重，用以下公式计算：

$$\text{干物质 (TS) 含量 (\%)} = Wd/Ws \times 100\% \quad (6-2)$$

式中  $Wd$ ——烘至恒重时样品重量，即干物质重量；

$Ws$ ——烘干前有有机物样品的重量 (25 毫升取样重)。

(2) 挥发性固体 (VS)。挥发性固体是指一定量的总固体在 550℃ ± 50℃ 的温度下灼烧 3 小时挥发掉的部分，常用 VS 表示。有机物一般都是可挥发的，挥发性固体大体可代表原料中有机物的比例，知道原料的挥发性固体含量，就可以根据原料的产气参数预先估算沼气的产量。

发酵原料中挥发性固体的含量常用下式计算：

$$\text{挥发性固体 (VS)} = \frac{Wd - Wa}{Ws} \times 100\% \quad (6-3)$$

式中  $Wa$ ——灼烧后的总固体重量 (克)。

(3) 总有机碳 (TOC)。碳素是有机物构成的主要元素，也是微生物生长和形成沼气的主要物质。测定发酵原料中的碳素含量，不仅可以知道原料中有机物质的含量，也可据此调整原料碳氮比 (C : N) 值。

(4) 化学需氧量 (COD)。COD 是指在一定条件下，水中有机物与强氧化剂重铬酸钾作用所消耗的氧的量。用重铬酸钾作为氧化剂时，水中的有机物几乎可以全部被氧化，这时所得到的耗氧量，即称为化学需氧量，简称 COD。COD 的量以单位体积的水所消耗氧的量表示，计量单位为毫克/升。常用其评价河流或污水被有机物污染的程度，也可以比较准确地测定发酵液中有有机物的总量。

(5) 生物需氧量 (BOD)。BOD 是指在有氧的情况下，经微

生物活动将水中有机物分解所消耗的量，也称为生化需氧量。生物需氧量的反应速度取决于微生物的种类、数目及温度。在20℃下，一般有机物全部分解需经100天以上，实际测定不可能采用。通常是在20℃下，经5天培养后所消耗的溶解氧的量，用BOD<sub>5</sub>表示，计量单位为毫克/升。

#### 4. 注意事项

(1) 在接种物数量不足的情况下，忌用鸡粪和人粪启动沼气池。

(2) 秸秆等纤维性富碳原料用做启动原料时，一定要进行粉碎和预处理。

(3) 不能用含泥量过高、失水干结、堆沤时间过长失去营养成分的畜禽粪便作原料。

#### (二) 接种物的选择

用于沼气池启动的厌氧活性污泥叫接种物。沼气发酵过程是多种类群微生物共同作用的结果，因此要提高沼气发酵的效率，首先要注意所进原料与微生物之间的一致性，这在利用难降解有机物原料时尤为重要；二是要注意接种物的产甲烷活性，因为产酸菌繁殖快，而产甲烷菌繁殖很慢，如果接种物中产甲烷菌数量太少，常因在启动过程中酸化与甲烷化速度的过分不平衡而导致启动失败。

在厌氧消化污泥来源缺乏的地方，可以利用畜禽场、酒厂等的污水排放沟内污泥，或城市污水厂的初沉池污泥等作为接种物。利用鸡场、猪场、酒精厂、豆制品厂等排水沟内的污泥，经沉沙和过筛后，去掉上清液，使悬浮固体含量达到2%~5%即可作为接种物。

在农村，来源较广、容易采集、适应性强、使用方便的接种物是正常产气沼气池的发酵剩余物。启动户用沼气池，要首先选

择正常产气沼气池的沼渣或沼液作为接种物；其次，如果没有正常产气沼气池可供利用，则可选择粪坑、屠宰场、豆腐加工厂、食品加工厂和酿造厂的下水污泥作为接种物。

## 二、配料启动

### （一）启动程序

**1. 按要求的比例配料** 启动农村大户型沼气池配料比例为：接种物：原料：水 = 1: 2: 5。以 20 米<sup>3</sup> 的沼气池为例，接种物需 2 米<sup>3</sup> 左右，启动原料需 5 米<sup>3</sup> 左右，启动用水需 10 米<sup>3</sup> 左右。对收集到的接种物经过富集培养后，与经过碳氮比配料和预处理的原料，按以上比例投入沼气池。

**2. 加入 20℃ 以上的温水** 启动大户型沼气池，加入池内的水占有效池容的 5/8。因此，水温高低、水质好坏对发酵启动快慢影响很大。当接种物和启动原料加入沼气池后，最好能从正常产气的沼气池水压间中取 2000 千克左右富含菌种的沼液加入沼气池，再找水茅坑或污水坑中的发泡污水，加至距活动盖口 400 ~ 500 毫米处。除了注意加入水的质量外，还应尽量想办法加入温度较高的水。启动用水，温度应尽量控制在 20℃ 以上，例如，夏季可采用晒热的污水坑或池塘的水等，避免将从井里抽出来的 10℃ 左右的冷水直接加入池内。因为沼气池结构如同保温瓶，加入冷水，要靠外部热量提高其温度是比较困难的。沼气池一旦处于“冷浸”状态，要改变其状态，需要经过很长的时间。

在大户型沼气池启动和发酵中，加入多少原料和水，直接影响到料液浓度。沼气池最适宜的发酵浓度，随季节不同（即发酵温度不同）而变化。一般浓度范围为 4% ~ 10%，夏季浓度以 4% ~ 6% 为宜，低温季节以 6% ~ 10% 为宜。进料量过少，有效

物质少，产气时间短；进料量过多，不利于沼气细菌的活动，原料不易分解，产气慢而少。合适的启动进料量应根据沼气池发酵启动的有效容积、发酵原料的品种及含水量（或干物质含量）、启动所采用的浓度等进行计算。

**3. 检测酸碱度** 原料和接种物加入沼气池，再加入 20℃ 左右的温水至零压面（距活动盖口 400 ~ 500 毫米），在封闭活动盖之前，要用 pH 试纸检测启动料液的酸碱度。当启动料液的 pH 为 6.5 ~ 7.5 时，即可封闭沼气池活动盖。

在沼气池启动和发酵过程中，沼气微生物适宜在中性或微碱性的环境中生长繁殖。池中发酵液的酸碱度（即 pH）以 6.5 ~ 7.5 为宜，过酸（pH < 6.0）或过碱（pH > 8.0）都不利于原料发酵和沼气的产生。一个启动正常的沼气池一般不需调节 pH，靠其自动调节就可达到平衡。

沼气发酵启动过程中，一旦发生酸化现象，往往表现为所产气体长期不能点燃或产气量迅速下降，甚至完全停止产气，发酵液的颜色变黄。为了加速 pH 自然调节作用，可向沼气池内增投一些接种物，当 pH 降到 6.5 以下时，需取出部分发酵液，重新加入大量接种物或者老沼气池中的发酵液。也可加入草木灰或石灰水调节，使 pH 调节到 6.5 以上，以达到正常产气的目的。

**4. 封闭活动盖** 户用沼气池一般用石灰胶泥密封活动盖，要选择黏性大的黏土和石灰粉制成的密封材料，先将干黏土锤碎，筛去粗粒和杂物，按 3:1 ~ 5:1 的配比（重量比）与石灰粉干拌均匀后，加水拌和，揉搓成为硬面团状，即可作为封池胶泥使用。

封盖前，先用扫帚扫去粘在蓄水圈、活动盖底及周围边上的泥沙杂物，再用水冲洗，使蓄水圈、活动盖表面洁净，以利黏结。清洗完后，将揉好的石灰胶泥，均匀地铺在活动盖口表面上，再把活动盖坐在胶泥土上，注意活动盖与蓄水圈之间的间隙

要均匀，用脚踏紧，使之紧密结合。然后将水灌入蓄水圈内即可。

**5. 放气试火** 沼气发酵启动初期，所产生的气体主要是二氧化碳，同时封池时气箱内还有一定量的空气，因而气体中的甲烷含量低，通常不能燃烧。当沼气压力表上的水柱达到4千帕（400毫米水柱）以上时，应放气试火。放气1~2次后，所产气体中的甲烷含量达到30%以上时，所产生的沼气即可点燃使用。

## （二）沼气微生物的生长规律

沼气微生物在适宜条件下进行培养，其生长过程具有一定的规律性，掌握或积极利用这一规律性，对于大量和快速繁殖微生物及获取其代谢产物是十分重要的。若以时间为横坐标，以细菌数目的对数为纵坐标，可以绘出一条微生物生长曲线图。按其生长阶段的不同，可分适应期、对数生长期、平衡期、衰亡期四个时期（图6-1）。

（1）适应期。菌种刚刚接入新鲜培养液中，细菌的各种生理机能需要有一个适应过程，细菌内各种酶系统要经过一番调整，这一时期细菌并不马上进行繁殖。适应期的长短与细菌的种类及环境变化条件有关。例如，繁殖速度快的酸化菌，一般适应期较短；繁殖速度慢的产甲烷菌适应期就较长。此外，接种量的多少，接种物所处的生长发育阶段及其前后生活条件都对适应期的长短有所影响。

（2）对数生长期。细菌经过一段时间适应后，逐步以最快速度进行繁殖，即按1、2、4、8、16……的级数上升。这一段时间内发酵产物的增长速度随细胞数量的增加而上升。如果微生物所处的环境条件能够不断得到更新，所需的营养物质能够及时得到供应和保障，这种增长速度可以一直保持下去。这就是连续投料发酵可以获得最高产气率的理论根据。

(3) 平衡期。微生物细胞经过一定时期高速繁殖后，由于养料的消耗和代谢产物的积累，以及其环境条件（如酸碱度、氧化还原势等）的变化使得细胞繁殖速度减慢，少数细胞开始死亡，因此表现在一定时期内繁殖速度与死亡速度相对平衡。这一时期发酵液内细胞总数达到最高水平，是积累代谢产物的重要时期。

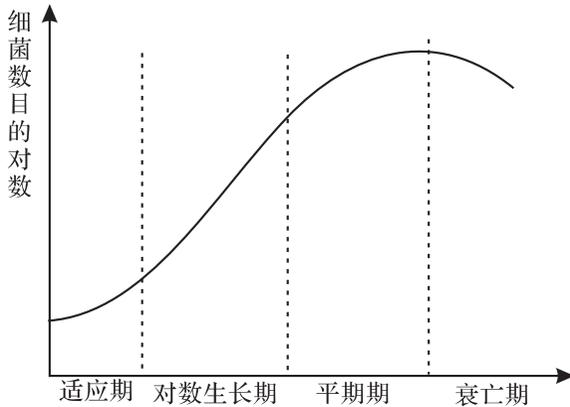


图 6-1 微生物生长曲线图

(4) 衰亡期。由于培养基中营养物质的显著减少，环境条件越来越不适宜微生物的生长繁殖，细胞死亡速度加快，以致细胞死亡数目大大超过新生数目，活菌总数明显下降。

通过以上对微生物生长规律的分析，微生物在旺盛生长期生长的速度快，生理活性也最强，如采用这一时期的微生物进行接种就可以缩短适应期。在发酵工艺上，采用连续投料发酵的方法，可以保证微生物始终在适宜条件下旺盛生长，从而获得较高的产气量。

在沼气发酵过程中，由于有机物经过酸化和甲烷化阶段最终生成甲烷和二氧化碳，这两种代谢产物及时以气体方式释放出，故代谢产物的积累对环境条件的影响很小，不会形成毒害。所

以，在相当长的一个时期内，只要能及时补充消耗掉的有机物，就可维持细菌旺盛生长。同时，采取料液回流的方法，对发酵液反复利用，可以提高厌氧消化微生物的活性，提高产气量。

### （三）注意事项

（1）大户型沼气池要低负荷（6%以下的浓度）启动，等产气正常后，再逐步加大负荷，直到设计的额定运行负荷。

（2）沼气池启动，加入池内的水量较大，大约占沼气池有效容积的5/8。因此，启动水温对沼气池能否顺利启动影响很大。一般启动水温应控制在20℃以上，如果要在秋冬季节启动沼气池，除了要加入30%左右的优质活性污泥和经过充分堆沤的优质原料外，加入池内的启动水温一般应控制在35℃以上。

（3）要使活动盖密封不漏气，天窗口和活动盖的施工一定要认真、规范。活动盖的厚度不低于100毫米，斜角不能过大。

（4）密封活动盖的胶泥要用石灰胶泥，不能太硬，也不能太软，要能填充活动盖和天窗口之间的缝隙。活动盖上的蓄水圈要经常加水，以防密封胶泥干裂，出现漏气。

---

---

## 第七章 沼气输配设施

农村户用沼气输配设施由导气管、输气管、管道连接件、开关、压力表、脱硫器、集水器等组成（图 7-1），其作用是将沼气池内产生的沼气畅通、安全、经济、合理地输送到每一个用具处，保证压力充足，火力旺盛，满足不同的使用要求。

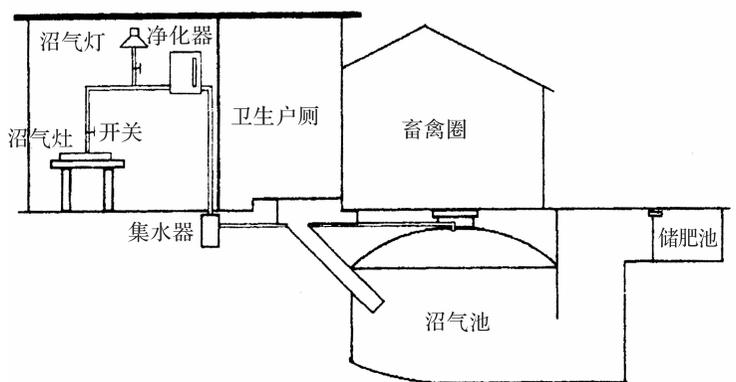


图 7-1 农村户用沼气输配设施示意图

### 一、管道与配件

#### （一）输气管道

1. 材质 要求气密性好，耐老化，耐腐蚀，光滑，价格低。输配沼气一般使用 PVC 硬管或铝塑复合管。

2. 管径 沼气输气管道的管径大小应根据气压、距离、耗

气量等情况而定。农村户用沼气输配系统室外管一般选用内径为 14 毫米的硬塑管，室内管一般选用内径为 12 毫米的 PVC 硬管或铝塑复合管。

## （二）管道配件

管道配件包括导气管、三通、四通、弯头、开关等。

**1. 导气管** 指安装在沼气池顶部或活动盖上面的出气短管。对其要求是耐腐蚀，具有一定的机械强度，内径要足够，一般应不小于 12 毫米。常用材质为镀锌钢管、ABS 工程塑料管、PVC 管等。

**2. 管件** 包括三通、四通、异径接头，一般用硬塑制品。管件内径要求不小于 12 毫米。硬塑管接头采用承插式胶黏连接，其内径与管径相同。变径接头要求与连接部位的管道口径一致，以减小间隙，防止漏气。要求所有管接头管内畅通，无毛刺，具有一定的机械强度。

**3. 开关** 开关是控制和启、闭沼气的关键附件，应耐磨、耐腐蚀，光滑，并有一定的机械强度。其质量要求是：气密性好；通道孔径必须足够，应不小于 6 毫米；转动灵活，光洁度好，安装方便；两端接头要能适应多种管径的连接。农村户用沼气池常用铜开关、铝开关，铜开关质量好，经久耐用，应首选使用。

## 二、沼气设备

### （一）压力表

压力表是观察产气量、用气量及测量池压的简单仪表，也是检查沼气池和输气系统是否漏气的工具。农村户用沼气输气系统常用低压盒式压力表和“U”形压力表。

1. 低压盒式压力表 采用防酸碱、防腐蚀材料加工成型，直径为 60 毫米，重量为 32 克，检测范围 0 ~ 10 千帕（图 7-2）。具有体积小、重量轻、耐腐蚀、压力指示准确直观、运输携带及安装方便等特点。适用于沼气灶等低压燃气炉具的压力监测和沼气池密封测试等。

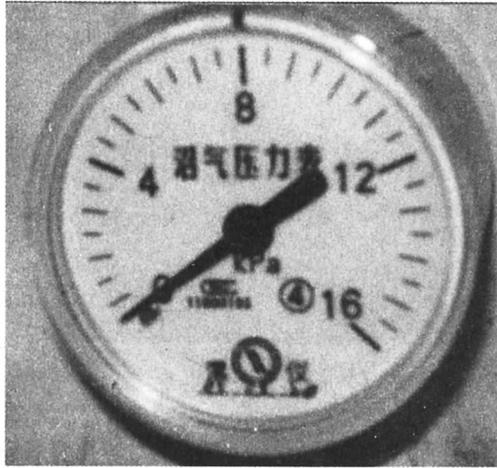


图 7-2 低压盒式压力表

2. “U”形压力表 有玻璃直管形和玻璃或透明软塑管形两种。一般常用透明软塑料管或玻璃 U 形管压力表，内装带色水柱，读数直观明显，测量迅速准确。

这种压力表的制作方法为：在一块长 1.2 米、宽 0.2 米左右的木板（或三合板、纤维板等）上，用 1 号线卡钉上市售的沼气压力表纸；再用软橡皮套管将两根长约 1 米的玻璃管连接成“U”形（或直接用透明塑料管弯成“U”形），管内注入用 1/2 水稀释的红墨水，以指示沼气压力；“U”形管的一端接气源，另一端接安全瓶（图 7-3）。当沼气压力超过规定的限度时，便将“U”形管内的红水冲入安全瓶内，多余的沼气就通过瓶内的

长管排出；当压力降低时，红水又回到“U”形管内。这种压力表不仅能显示沼气池的气压，而且能起到安全水封的作用，避免了因沼气池内压力骤增而胀裂池体，也可防止压力过大时把液柱冲出玻璃管而跑气。

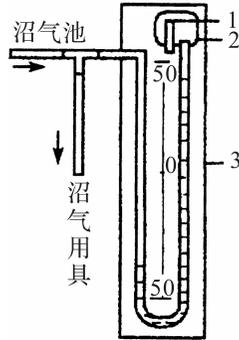


图 7-3 “U”形压力表

1. 排水管 2. 安全瓶 3. 透明塑料管

## (二) 集水器

沼气中含有一定量的饱和水蒸气，池温越多，水蒸气越多。这些水蒸气在输气管道中遇冷后变成水，积聚在管道中，堵塞输气管道，使沼气输送受阻。用气时，水柱压力表经常发生波动，沼气炉、沼气灯燃烧不稳定，火焰忽大忽小，忽明忽暗。在寒冷地区，常因积水结冰，沼气输送不畅，严重影响用气。集水器又称气水分离器，是用来清除输气管道内积水的装置，分人工集水器和自动集水器两类。

**1. 手动排水集水器** 取一个磨口玻璃瓶和一个合适的胶皮塞，在塞上打两个孔，孔内插入两根内径为6~8毫米的玻璃弯管，把胶塞塞紧玻璃瓶。两弯管水平端分别与输气管连接（图7-4），当冷凝水高度接近弯管下口时，揭开瓶塞，将水倒出。

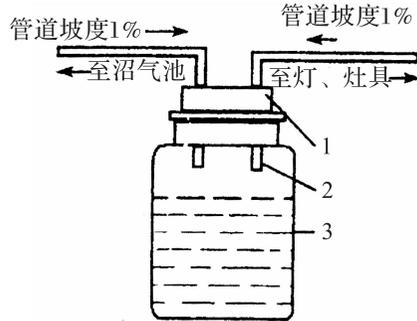


图 7-4 手动排水集水器

1. 橡皮塞 2. 玻璃管 3. 玻璃瓶

2. **自动排水集水器** 是指积水不需人工操作能自动排出的集水器。这种集水器不需监视积水水位和揭瓶塞倒水、扭开关放水。装好后，便可自动排积水。自动集水器的制作方法：在一个瓶塞上插两根玻璃管，下端插入水瓶中，其中一管上端接上三通，其两水平端接入输气管道，另一根直管上端与大气相通，作为溢流水孔，该溢流水孔应低于三通管，否则在产气量较低时，冷凝水也会阻塞管道（图 7-5）。

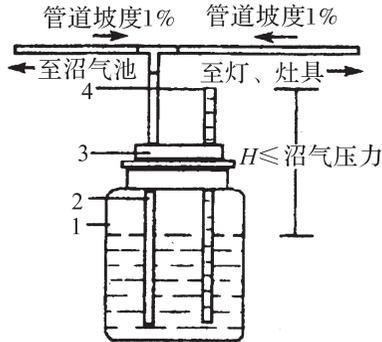


图 7-5 自动排水集水器

1. 玻璃瓶 2. 玻璃管 3. 橡皮塞 4. 溢流口

### （三）脱硫器

沼气中的硫化氢气体对高档沼气灯及灶具的电子点火装置具有很强的腐蚀性，因此，完善的沼气输配系统应采用脱硫器脱除硫化氢，避免其危害。

户用沼气池脱硫一般采用干式脱硫和湿式脱硫两种方法。干式脱硫法（图 7-6）属氧化铁脱硫法，当含有硫化氢的沼气通过脱硫剂时，沼气中的硫化氢与活性氧化铁接触，生成硫化铁和亚硫化铁，脱除沼气中的硫化氢。湿式脱硫法属化学吸收脱硫法，当含有硫化氢的沼气通过脱硫液时，沼气中的硫化氢与脱硫液发生化学反应，生成硫化物，从而脱除沼气中的硫化氢。



图 7-6 户用沼气池脱硫器

脱硫器中的脱硫剂硫容量一般为 30%，超过容量的脱硫剂就达到了饱和状态，这时固体脱硫剂必须要倒出，在空气中自行氧化，最好阴干，待黑色变成橙、黄、褐色，然后再装入脱硫瓶

中。在安装脱硫器时，一定要保证不漏气。液体脱硫剂达到饱和后，也要与空气中的氧进行还原反应，然后再装入脱硫瓶中，同时可补充新的脱硫剂。

### 三、输配设施的安装

导气管浇筑在池顶最高点，室外管埋在地下（冰冻线以下，地面下 60~80 厘米以下），以 1% 的坡度坡向最低点，在最低点处安装集水装置，室内管路设计要合理，横平竖直（水平坡度 1%，坡向集水器），尽量缩短输气距离，保证灶前压力，提高供气质量，如图 7-7 所示。一般要求灶台不小于 100 厘米×50 厘米，高度 65 厘米，净化器安装高度距地面 140~150 厘米，距灶台近边缘水平，距离不小于 50 厘米，沼气灯距房顶 75 厘米左右，距地面 200 厘米左右。

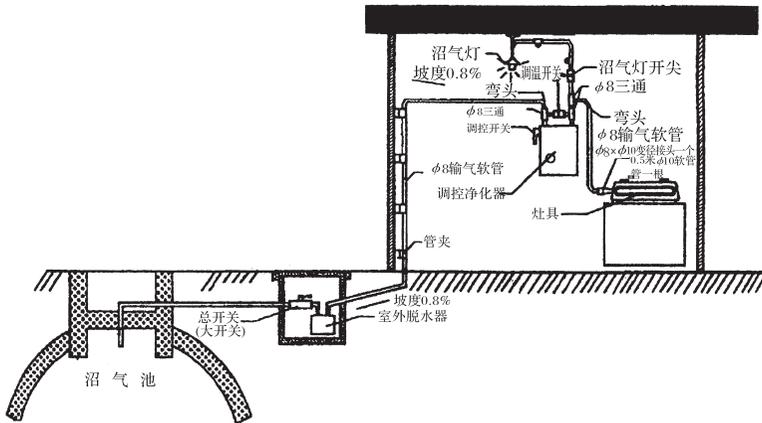


图 7-7 农村户用沼气安装使用示意图

注：灶具使用完毕欲关闭时，应首先关闭调控开关，再关闭灶具旋钮。

说明：

①调控净化器距地面的安装高度，以人能平视到面壳液位计指示液位为宜，一般在 1.4 ~ 1.5 米。

②室内沼气灯的安装见图 7-7，其高度距地面 2.0 ~ 2.2 米为宜，但同时必须保证距屋顶棚不小于 1.0 米的距离（安全防火要求）。

③大棚内沼气灯的输气管可以不经调控净化器直接连接（即沼气可以直接输入灯具），安装时由用户根据实际情况自定。

④室外脱水器必须安装在整个沼气输气系统最低点，一般在沼气池附近为宜。

⑤沿墙壁布置的输气软管应用管夹固定在墙上，每隔 0.4 ~ 0.5 米设一个管夹为宜。

---

---

## 第八章 沼气的安全生产管理与维护

### 一、日常管理

沼气池能否常年正常运行，持续不断地供应充足的沼气和沼肥，关键问题是对它进行科学的日常管理。经验告诉我们，沼气是“三分建，七分管”。管理就是在发酵过程中需要注意控制和调整发酵条件，维持发酵产气的稳定性。

#### （一）沼气池进料与出料

沼气池加新料一般要在产气量高峰没有下降前进行，即启动后20天，最迟不得超过30天，非“三结合”沼气池每5~10天进、出料一次，每次加料量占发酵料液的3%~5%，折合每天应加入20千克左右。人畜（禽）粪便入池发酵，“三结合、四结合”沼气池，从启动开始就向池内进料，但应该对每天进料多少进行估计，一般存栏4头猪或1~2头牛，再加人粪尿入池发酵就可以满足需要。经常保持贮肥池中的料液掏出使用。

#### （二）沼气池发酵原料分层与搅拌

**1. 沼气发酵原料** 发酵原料与沼气细菌不断均匀接触，细菌获得新的食料，才能保证正常发酵。

发酵原料分四层，由上至下依次为：第一层浮渣层。是一些难溶于水的原料，细菌少，有机物得不到消化。如果浮渣太厚，

还会结壳，影响沼气进入气室。第二层是上清液。原料浓度稀，沼气细菌少。第三层是活性层，发酵浓度大，沼气细菌多，是产气的主要部分。第四层是沉渣层，含大量发酵残余物和部分活性污泥，能产生少量沼气（图 8-1）。

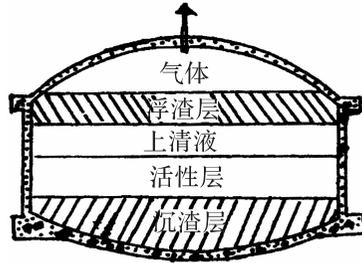


图 8-1 发酵原料分层示意图

2. 沼气原料搅拌 沼气原料搅拌有三方面好处。

- (1) 能使沼气池内发酵原料和细菌分布均匀，提高产气率。
- (2) 可以打破上层结壳。
- (3) 可以使沼气池内的温度均衡。

搅拌办法：第一种方法是用长柄的粪勺或其他器具从沼气池进料管伸入发酵间，来回搅动数十次。第二种方法是从出料间舀出 10 桶沼液，向进料口冲入。第三种方法是用泥浆泵从出料间向进料口抽液十几分钟。

### （三）沼气发酵原料浓度

沼气原料发酵浓度低则产气量少，发酵浓度大则造成料液酸化或液面形成硬壳。因此，适宜的发醇浓度应控制在 6% ~ 10%。夏秋温度高，发酵浓度可低一些，一般为 6% ~ 8%；冬春季温度低，发酵浓度应提高到 8% ~ 10%。

#### （四）沼气发酵原料酸碱度

沼气细菌适宜在中性或微碱性的环境条件下生长繁殖。始终保持在 pH 在 6.8 ~ 7.4。若发酵料液过酸，即 pH 小于 6.8 时，应向沼气池内加入适量的草木灰或澄清石灰水；若发酵料液过碱，即 pH 大于 7.4 时，应向沼气池内加入适量的新鲜发酵原料或加水冲淡，以维持正常的沼气发酵料液酸碱度。

#### （五）沼气池越冬管理

“三结合、四结合”沼气池入冬前在畜禽舍上覆盖塑料薄膜或建设温室大棚。非“三结合、四结合”沼气池，进、出料口要加盖，并在大于池体面积上也用塑料覆盖。禁止 10℃ 以下冷物入池。

## 二、沼气的安全使用管理

（1）做到沼气池安全发酵很重要，如果不慎进入了一些有毒物质，就会使产气受到抑制或者停止产气，所以严禁将以下物质投入沼气池：

①各种剧毒农药，特别是有机杀菌剂、杀虫剂以及抗生素，喷洒过农药的作物茎叶、刚消过毒的禽畜粪便；能做土农药的各种植物，如大蒜、韭菜、葱等；重金属化合物，如盐类、电石、洗衣粉等。

②禁止加入油枯、骨粉、磷矿粉等含磷物质。

③加入过多秸秆和青草时，应同时加入适量草木灰和接种物，以防料液酸化。

④防止碱中毒，尽量避免过多加入石灰等强碱物质。这些物质一方面具有杀菌作用，另一方面会改变菌种生活环境，抑制菌

种活动。

⑤防止氨中毒，不要加入过多含氮量高的人畜粪便，避免因发酵料液浓度过大、接种物少、氨态氮浓度过高引起料液中毒。

(2) 沼气池平常如果不注意管理，也会有许多安全隐患。那么怎样才能做好沼气池的安全管理工作呢？以下几点要加以注意：

①沼气池的进料口加篦子，出料口或水压间要加盖子，防止大块物体掉入或卡在进料口处，防止人、畜掉进池内造成伤亡。

②要教育小孩不要在沼气池边和输气管道上燃放鞭炮和玩火，不要随便扭动开关。

③每个沼气池都要安装压力表，经常观察压力表上水柱的变化。当沼气池产气旺盛、池内压力过大时，要立即用气和放气，以防胀坏气箱，冲开池盖。

④注意防寒防冻。北方冬天寒冷，如果水压间裸露，水压间中的沼液很容易结冰冻裂池体。

⑤沼气池不论投料与否，都不能敞口时间太长，如果暂时不用，就要在池中加入适量的水，防止池体因风干出现龟裂而漏气。

(3) 沼气池装料后，就算没有封池，也会产生沼气。其中少量的硫化氢、一氧化碳等有毒气体和甲烷、二氧化碳等窒息气体充满贮气室空间，氧气含量很少。人一旦进入沼气池，池内的有毒气体很易导致人身中毒或者因缺氧造成呼吸困难，时间稍长一点，就会造成中毒、窒息死亡，所以在沼气池投入原料后，严禁进入沼气池。

鉴别新装料的沼气池是否已产生沼气，或产生的气体能否正常使用时，要特别注意严禁在导气管和出料口点火测试，而应将沼气通过输气管引到灶具上进行试火。试火点距沼气池的距离应在5米以上，以免引起回火，造成沼气池爆炸。

(4) 沼气池爆炸的原因一般有两种：一是新建沼气池投料产气后，在导气管上试火，引起回火，造成池内沼气燃烧爆炸；二是池子出料时，池内形成负压，这时点火用气，容易发生内吸现象，引起火焰入池，发生爆炸。

防止方法：新建沼气池投料产气后，应在灶具上进行试火；池内如果出现负压，应停止用气，立即投入发酵原料，待池子恢复正压后再点火用气。

(5) 现在的沼气灶、沼气灯，基本上都装有电子打火装置。对于非脉冲或电子打火的灶、灯具，由于使用时间长等原因，点火装置损坏，又未能及时修配，此时要采用其他方式点火时，应采取火等气的方式。要先划燃火柴或点燃引火物，再打开灶具开关，先开小一点，等点燃后再调节沼气的大小。先打着火，后打开开关，可以避免因沼气提前过多溢出，引起爆燃。

(6) 保证输配系统安全，也是安全用气的重要一环。因为输配系统绝大多数部件是用塑料制成的，坚固程度有限。特别应防止鼠、畜咬坏和老化等，造成漏气，引起人畜中毒和火灾发生。因此，对输配系统要经常进行检查，如果有条件还可在输配系统上安装回火控制装置，防止回火爆炸。

(7) 农户在使用沼气时应注意的安全事项也很多，最主要的是防止失火。

①沼气灯、灶具不能靠近柴草、衣服、蚊帐等易燃物品，特别是草房，沼气灯与房顶之间要保持75厘米以上的距离，以防失火。一旦发生火灾，不要惊惶失措，应立即关闭开关或把输气管从导气管上拔掉，切断气源，把火扑灭。

②沼气灶具要安放在厨房的灶台上使用，不要在床头、桌柜上煮饭烧水。

③每次用完沼气灶具后，要把开关拧紧，以防沼气泄漏。

④教育小孩不要在进料和出料间、输气管附近玩火，以免发

生火灾。

⑤如在室内闻到腐臭蛋味，应迅速打开门窗或风扇，将沼气排出室外，这时不能使用明火，以防引起火灾。

(8) 在日常使用沼气过程中，要经常注意有无异常情况，以防止意外事故发生，确保沼气池正常工作，保护人身安全。

①防止漏气。要经常用蘸有洗衣粉或肥皂水的小毛刷检测输气管、开关和接口处有无漏气现象，如输气管被鼠咬破，或因老化而发生破裂，要及时更新。

维修更换时必须关闭气源总开关。平时不用气时，要关好阀门或开关。

②防雨防污。沼气池的进、出料口应有盖板覆盖，以防止雨水、污水进入沼气池，影响沼气池正常工作。

③严格用具质量。选用质量高的优质沼气灯、沼气灶、开关等，对超过使用期限的管道和沼气用具，注意及时更新。

④防止压力过高。经常查看压力表，如果出现压力过高等异常现象，要立即采取放气降压等措施予以解决。

⑤注意通风。使用沼气燃具的房间、厨房，经常保持良好的通风状态。

(9) 当闻到室内有臭鸡蛋味（沼气中硫化氢的气味）时，有可能是沼气泄漏，应立即关闭阀门，打开门窗，人员离开房间，让室内空气流通。绝对不要在室内点火，同时要关掉沼气总开关，待气味消失后，及时检查漏气部位进行维修。要特别注意：这时不能打开电灯及任何家用电器，杜绝外来火种，以免产生火花，引起火灾。

(10) 检查管道是否漏气，或者检查漏气部位时，用压力检测或者用涂抹肥皂水检测都可以，但绝对不允许用明火直接在输气管上试漏。

### 三、沼气池的安全维护

(1) 工作人员进入沼气池前，必须做好以下工作：一是打开活动盖板和进出口盖板，通风换气2~3天，并向沼气池中鼓风，排出沼气池内残余的沼气。二是将鸡、鸭、兔等小动物绑好放入篮子中，用绳系入沼气池中试验一下（图8-2）。20分钟后，如果小动物没有不良反应，人员方可入池工作。如果小动物反应异常，则要继续通风换气，直到反应正常，人才可进入池内作业。但是，严禁用蜡烛等明火做试验。

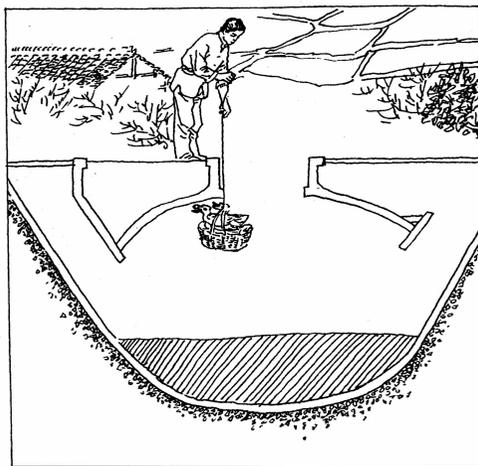


图8-2 用小动物试验沼气池安全示意图

(2) 沼气池经过长期密封，池中的氧气十分缺乏，同时沼气的渣液中仍有沼气不断溢出，存于池中。如果贸然下池，极易造成入池人员麻醉、窒息，甚至死亡等。所以，对沼气池进行换料和维修的时候，一定要谨慎，不能贸然入池。如果以秸秆、蒿草为原料，出现浮渣，可用耙子、沼渣抓卸机等器械清除浮

渣；如果以人畜粪便为原料，可用液肥泵或真空出渣车等出料机具清除浮渣，人员尽量不要进入沼气池清渣。如果必须进入沼气池，一定要采取必要的防范措施，避免人员伤亡和灾害发生。

(3) 大出料后的沼气池，池内仍含有残余的甲烷、二氧化碳、硫化氢、一氧化碳等气体，这些气体和一定数量的空气混合后，如遇明火仍会发生燃烧甚至爆炸，破坏池体或伤及人员。所以严禁向池内丢明火燃烧余气。

(4) 工作人员进入沼气池出渣、维护时，应注意以下事项：

①用绳索把入池人员身体系牢，绳索另一端系于重物上，并专人看管。

②入池作业人员要穿戴严实，防止皮肤接触沼气池粪液，造成腐蚀。

③严禁在池中用明火照明。在进行沼气池维修，特别是出沉渣时，池中不要用蜡烛、煤油灯、打火机等明火照明。要将防爆灯、手电筒、反光镜或日光灯等系入池中照明，以免池中残存沼气遇明火燃烧。

④严禁单人入池作业。工作过程中，要有专人守护，入池人员出现头昏、恶心等不舒服症状，要立即将其拉出通风、救护。

⑤通风换气。人员在沼气池中作业时，要在进料口、出料口或天窗口放一台鼓风机，向池中吹风；或者在入池作业人员的口中含一根塑料软管，软管的另一端固定在池外，这样就可以呼吸到池外的新鲜空气，降低中毒几率。

⑥池中作业时间不宜过长。在出料和维修时，除了有专人看护外，还要注意适时替换池中作业人员，免得作业时间过长而导致中毒。

(5) 常看到进入沼气池作业的人员把安全绳随便绑在腰上，这是非常危险的。因为沼气池的天窗口很小，进池作业人员一旦出现窒息、中毒，需要救护时，已经不能自我控制。如果安全绳

只简单地绑在腰上，向上拉出时，接受救治人员就会出现偏躺，卡在沼气池口不能顺利被拉出。

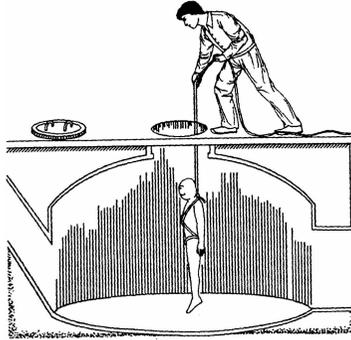


图 8-3 “双称人结” 绑扎法

应采用专用安全绳索，可以参考“双称人结”绑扎法，即先结出两个同样大小的环圈，两条腿分别放入两个绳环里，绳子套拉到腿根，胸部十字交叉绑好，最后把绳结留在后颈部位（图 8-3）。这样，即使是放开双手也是很安全的，特别是对救助失去意识的人或是需要用两只手工作的人来说相当便利。绳结留在进池作业人员的后颈处，可以把受伤人员竖直、顺利地拉出沼气池。

（6）如因违规操作造成入池作业人员窒息、中毒，应迅速向池中鼓风换气，其他人员不可在没有防护措施的情况下盲目入池，以免接连受害，造成连发事故。如果作业人员窒息昏倒，而又难以拉出时，入池抢救人员需系好安全绳，绳的另一头让池外人拉住。入池后要憋住气，从受伤人员身后将其拦腰抱住，拉出池体。如果一次救不出，须到池外换气后再救。

## 四、沼气池常见故障及处理方法

经实践，现将沼气发酵过程中遇到的故障检查症状、原因及处理方法总结于表 8-1，作为处理沼气发酵故障的参考。

表 8-1 沼气池故障检查表

症状	原因	处理方法
新装料不产气	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 接种物不足</li> <li>2. 水温低</li> <li>3. 料液浓度过大</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 取出部分料液加入正常产气 1 个月以上的沼液</li> <li>2. 加入晒热的水</li> </ol>
装料后产气很少或气压较高但燃烧不理想	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 料液浓度大，酸积累过多，甲烷菌活动能力受抑制</li> <li>2. 缺乏甲烷菌</li> <li>3. 料液温度低</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 排放池内气体，添加菌种</li> <li>2. 用适量石灰水调和，使 pH 在中性偏碱范围内</li> </ol>
开始产气正常以后逐渐下降或明显下降	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 未添新料</li> <li>2. 管道漏气</li> <li>3. 可能有有毒物质进入池内</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 添新料</li> <li>2. 检查维修管路</li> <li>3. 中和有毒物质或大换料</li> </ol>
池内产气，表上无压力显示	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 导气管以上部位漏气</li> <li>2. 活动盖漏气</li> <li>3. 拱顶或池墙结合部位漏气</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查导气管以上管道部件及活动盖</li> <li>2. 检查拱顶及池墙结合部位，进行处理</li> </ol>
压力表水柱上升很慢或者不再上升	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 沼气有漏水现象</li> <li>2. 发酵原料不足，产气少</li> <li>3. 发酵料液过酸或过碱</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 可用正负压测气比较来判断是漏气还是漏水</li> <li>2. 补充新鲜发酵原料</li> <li>3. 用 pH 试纸测试，调节 pH 至 7 左右</li> </ol>
开关未打开时压力表水柱上下波动	管有漏气现象，同时管内也积存凝结水	修理调换有渗漏的管道部位，排出积水

续表

症状	原因	处理方法
压力表水柱高, 一经使用急剧下降, 关上开关又回升到位, 火力弱	导气管堵塞或输气管受压贴在—起, 使沼气难以导出	检查导气管, 并及时疏导
打开开关, 压力表水柱上下波动, 火力时强时弱	输气管内有凝结水, 沼气流—动不畅	排出管道内积水
压力低时上升很快, 以后愈上升愈慢, 到—定高度就不再上升	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 漏气与压力成正比, 压力低时, 产气大于漏气, 压力上升, 到—定高度产气与漏气相平衡就不再上升了</li> <li>2. 零压水位低, 当充满气箱, 发酵液与进料口相平时, 沼气便从进出料口溢走</li> <li>3. 墙上半部有漏洞, 当发酵液淹没时暂不漏气, 水位下降, 当漏洞部位露出时即漏气</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 检查气箱部位, 对漏气处进行修补, 再进行粉刷—次</li> <li>2. 增加发酵池内的原料及水分, 升高池内水位, 保持零压水位的稳定</li> <li>3. 查漏气部位, 进行修补粉刷</li> </ol>
压力表高、水柱高, 但使用效果差	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 沼气质量不纯, 甲烷含量低, 发热量小</li> <li>2. 池内水位高, 气箱容积小</li> <li>3. 炉子漏气或进气孔阻塞</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 增加产气好的发酵原料, 如牲畜粪便等</li> <li>2. 控制零压水位, 增大气箱容积</li> <li>3. 检查炉具, 修补漏处</li> </ol>

## 五、预防沼气中毒和烧伤

沼气是清洁能源, 对提高农民朋友的生活品位, 改善生态环境效果明显, 但使用不当也会给人们造成伤害。沼气池中甲烷含

量达到 60%，二氧化碳占 25% ~ 40%，几乎没有供人进行呼吸的氧气。在这种环境下，人的呼吸就会受到抑制，极容易发生窒息事故。硫化氢和一氧化碳是沼气中的主要有毒气体，当空气中硫化氢浓度超过 0.02% 时，可引起头痛、乏力、失明、胃肠道病等症状；当浓度超过 0.1% 时，可很快致人死亡。沼气池投料时，如果大量加入鸡粪、油菜壳秆、油枯或磷酸钙等物质，在厌氧的条件下，会产生剧毒的磷化氢。当空气中磷化氢含量达到每升 0.1 毫克时，会使人中毒；当含量达到每升 0.26 毫克时，半小时人就会死亡。所以，向沼气池投料时，要注意不能添加产生有毒气体的原料；在使用沼气时，同样要采取安全防范措施，防止沼气泄漏造成中毒。

沼气中毒会出现轻、中、重三种不同症状：

(1) 轻型。中毒的患者主要表现恶心、昏倒、不省人事；但脱离有沼气的环境后，呼吸加深，能张口吸气，一般情况下数分钟后可以清醒。

(2) 中型。中毒的患者出现阵发性、强直性全身痉挛、昏迷，脸色苍白，心跳、呼吸加快，瞳孔变小，随后转为正常；经过抢救转好后，对曾经发生的事表现失忆，定向力发生暂时障碍，但仍能恢复。

(3) 重型。中毒的患者出现昏迷、轻微抽搐、呼吸停止，但心脏仍能跳动，身体发紫色，如果抢救及时，还有治好的可能。

中毒的轻重与在沼气池中停留的时间长短有关系，所以要做到早发现、早诊治。一旦发现中毒等异常情况，要及时向池中通风并输入新鲜空气，切不可盲目入池抢救，以免造成连续发生窒息中毒事故。患者从沼气池中被拉出后，要抬到空气流通、暖和的地方，使其平躺，头部稍低，解开衣扣和腰带，使患者呼吸顺畅，并用衣物盖好，避免受凉，最大程度地保证中毒患者转危为

安。轻度中毒患者不久即可苏醒，对中毒较重患者应拨打 120 急救电话送医院抢救。不能惊惶失措，失去抢救患者的良机。

如果遇到失火要立即断开气源，使沼气不再扩散，同时，要用湿被、湿毯扑盖火焰，迅速组织力量灭火，疏散其他人员，切断一切火源以免火灾蔓延。如有人衣服着火，要马上就地打滚灭火，快速脱下着火的衣服。不要用手扑打，更不能东奔西跑，助长燃烧。

沼气事故是完全可以避免的，好比用电、天然气、罐装石油液化气一样，只要大家了解了它，就可以安全使用。如果出现沼气事故，主要由于三个方面的原因：一是违规操作；二是侥幸心理；三是无知。所以，只要广大沼气技术工作者和使用者重视沼气使用安全，认真掌握安全操作技术，严格按安全操作规程去做，沼气事故是完全可以避免的。

## 第九章 沼气、沼液、沼渣的综合利用

沼气综合利用是指沼气、沼液、沼渣（简称“三沼”）运用到生产过程中，降低生产成本，提高经济效益的一项技术措施。它是全国广大建池农户与无数科技人员历经几十年探索、研究出的技术结晶，是一套完善的具有中国特色的农业生态技术。

### 一、沼气综合利用概况

目前，不管是长城内外，大江南北，不管是深山老林，煤海油田，一个建沼气池、用沼气的热潮正在持续稳步增长，全国600多万个建池农户，开展沼气综合利用项目已达几十个，范围涉及种植业、养殖业、加工业、服务业、仓储业等诸多方面（表9-1），在有些地区，沼气综合利用技术及其好处，已是家喻户晓，妇孺皆知。

表9-1 “三沼”综合利用项目简介

	种植业	养殖业	其他行业
沼气	塑料大棚增温、增二氧化碳	孵禽、幼禽增温，点灯诱蛾，养鸡、养鸭、养鱼、房增温	储粮、柑橘保鲜、火补轮胎、沼气冰箱、沼气热水器、沼气喷灯、灭菌灯、金属焊接切割、医药化工原料、炒茶、烤烟、烘干、开汽车、发电

续表

	种植业	养殖业	其他行业
沼液	浸种、叶面喷肥、农作物底肥、追肥、拌营养土、配制土农药、保花保果剂、无土栽培母液、窖酒、生产食用菌、配方滴灌	养鱼、养猪、养鸡、养鸭、养牛、养羊	养花卉、苗木生产
沼渣	种植粮、棉、油、菜、瓜、薯、橘、梨、葡萄、桃、李，育苗、育秧，生产食用菌	养鱼、养猪、养鳝鱼、养泥鳅、养蚯蚓	养花卉、苗木生产

## 二、沼气综合利用的基本原理

沼气发酵是由众多微生物参与的复杂生化过程。在沼气发酵过程中，几乎所有沼气发酵原料都被消化，一部分物质被转化为沼气、微生物菌体和代谢物，一部分物质被作为残渣而沉淀下来。沼液、沼渣中的大部分物质都是新生的，这就是沼液、沼渣与敞口池中粪水的根本区别。表9-2 仅从氮素比较来说明问题。

表9-2 沼气发酵与敞口池沤制氮素转化及保存效果对比

发酵方式	发酵原料	发酵时间	投入氮量(克)	回收量(克)	回收率(%)	铵态氮(克)	氨氮占全氮比例(%)
沼气池发酵	牛粪、稻草	3个月	5.5148	5.2585	95.35	0.435	8.27
敞口池沤制	牛粪、稻草	3个月	5.5148	4.4087	79.94	0.2005	4.55

沼液中，已经测出含各类氨基酸、维生素、蛋白质、赤霉素、生长素、糖类、核酸以及抗生素等（表9-3、表9-4、表9-5、表9-6）。这些物质都是综合利用的物质基础。例如，赤

霉素可使种子提早发芽，某些核酸、单糖能增强作物的抗旱能力，某些游离氨基酸能增强作物抗冻能力，某些抗生素则能防治一些作物病虫害，多种氨基酸和微量元素添加到饲料中以弥补其不足，促进畜禽生长等。

表 9-3 沼液肥分含量

	全碳 (毫克/ 毫升)	全氮 (毫克/ 毫升)	全磷 (毫克/ 毫升)	全钾 (毫克/ 毫升)	铵态氮 (毫克/ 升)	速效磷 (毫克/ 升)	速效钾 (毫克/ 升)
样品数	135	133	74	75	74	78	78
最高含量	4.82	0.99	0.98	3.90	971	315	3900
最低含量	0.42	0.09	0.10	0.38	24	4.95	375
平均	2.03	0.39	0.37	2.06	295.5	73.32	1758.3

表 9-4 沼液中的氨基酸含量

必需氨基酸 (毫克/升)	非必需氨基酸 (毫克/升)
苏氨酸 5.42	天门冬氨酸 12.30
缬氨酸 12.70	丝氨酸 5.61
蛋氨酸 4.05	甘氨酸 8.07
赖氨酸 7.10	丙氨酸 6.56
苯丙氨酸 12.03	半胱氨酸 26.79
异亮氨酸 7.16	谷氨酸 14.01

表 9-5 沼液中的金属离子含量

离子种类	含量	离子种类	含量
磷	43.00 毫克/升	锶	107.00 微克/升
镁	97.00 毫克/升	镉	8.9 微克/升
硫	14.30 毫克/升	钼	4.20 微克/升
硅	37.40 毫克/升	镍	8.5 微克/升
钠	26.20 毫克/升	铝	2.830 微克/升
铁	1.414 微克/升	钡	50.20 微克/升
铜	36.80 微克/升	砷	3.060 微克/升

表 9-6 沼液中有有机物含量

种类	维生素 B <sub>12</sub>	维生素 B <sub>11</sub>	蛋白质	纤维素酶	生长素	赤霉素
浓度	9.3	6.42	1.43	7.65	8022	3.510
	毫克/千克	毫克/千克	活力单位	活力单位	毫克/升	毫克/升

沼渣是由部分未分解的原料和新生的微生物菌体组成的，它含有较多的沼液，真正的固体物含量在 20% 以下，这是沼渣在综合利用过程中，兼有沼液功效的原因（表 9-7）。

表 9-7 沼渣的成分

样品	有机质 (%)	腐植酸 (%)	全氮 (%)	全磷 (%)	全钾 (%)
沼渣	36 ~ 49.9	10.1 ~ 24.6	0.78 ~ 1.61	0.39 ~ 0.71	0.61 ~ 1.3

沼渣由三种不同成分组成，发挥着三个不同的作用。一是有有机质、腐植酸，对改良土壤起着重要作用；二是氮、磷、钾等元素，满足作物生产需要；三是未腐熟的原料，施入农田继续发酵，释放肥分，这就是沼渣肥迟速兼效的原因之一。

### 三、沼气的综合利用

**1. 沼气在日光温室中的应用** 作物生长需要一定的二氧化碳气体肥。例如，蔬菜的地上部分干重中有 45% 是碳素，这种碳素是由作物在光合作用时，吸收空气中二氧化碳得来的。作物生长最适宜的二氧化碳浓度是 0.1%。而空气中二氧化碳含量是 0.03%。日光温室里作物在光合作用旺盛期中有 0.02% 的二氧化碳。这远远满足不了作物生长的需要，所以要提高日光温室作物的产量和品质，在日光温室里燃烧沼气提高室温和增施二氧化碳气体肥是一项关键的技术措施。

(1) “四位一体”生产模式二氧化碳来源。在种、养、沼相结合的日光温室中，新增二氧化碳主要有四个来源：一是在温室

内燃烧沼气，每立方米沼气可获得 0.98 米<sup>3</sup> 二氧化碳，一个 1000 米<sup>3</sup> 容积的日光温室中有 1 米<sup>3</sup> 二氧化碳，其二氧化碳浓度就会达到 0.1%，加上原有的 0.03%，二氧化碳浓度可达 0.13%。二是沼肥施于土壤中被微生物继续分解释放二氧化碳。三是位于日光温室内的沼气池水压间释放二氧化碳。四是畜禽舍的两个通气交换孔也释放二氧化碳，如 50 千克重的猪每小时呼出二氧化碳 43 升，如果养 4 头猪每昼夜共呼出 4128 升二氧化碳。畜禽舍产生的二氧化碳通过温室内山墙的通气孔和日光温室的氧气进行交换。“四位一体”生产模式现状如下：

①不同温室内的二氧化碳浓度。在选择温室容积和所种蔬菜状况基本相同的情况下，所测得有沼气池运行的温室二氧化碳浓度显著高于无沼气池运行的温室，更高于不施底肥的温室。在不通风情况下，有沼气的韭菜温室上午 9 时二氧化碳浓度达 1150 微升/升左右，而无沼气的施了灰土粪的韭菜温室内二氧化碳浓度为 430 ~ 600 微升/升，未施基肥的韭菜温室二氧化碳浓度只有 160 ~ 245 微升/升。

温室的体积不同，饲养的畜禽数量不同，其室内的二氧化碳浓度也不相同，大多数温室在不通风时的二氧化碳浓度为 1100 ~ 1200 微升/升，体积小的温室可高达 2500 ~ 3000 微升/升。

②温室二氧化碳浓度的日变化。在冬季温室密闭的情况下，温室二氧化碳浓度的日变幅很大。每天揭苫前，无沼气池运行的温室二氧化碳浓度可达 800 ~ 900 微升/升，而揭苫后急剧下降。9 ~ 11 时是蔬菜进行光合作用的旺盛时期，二氧化碳浓度下降至 200 微升/升左右，造成蔬菜光合作用的碳缺乏。“四位一体”模式的日光温室，在揭苫前二氧化碳浓度高达 1200 微升/升，揭苫后二氧化碳浓度迅速下降，但大部分时间能维持在 600 微升/升以上，不但高于无沼气池温室，也高于自然界空气中的二氧化碳浓度。

③二氧化碳浓度的空间变化。种、养、沼相结合温室内二氧化碳浓度的水平和垂直方向的变化，与温室内的通风状况、温室内蔬菜的生长状况密切相关。3月上旬，温室还未开始通风，室内黄瓜株高已达0.8~1.0米，进入结瓜期。温室内二氧化碳浓度在水平方向上存在着西高东低的现象，分析其原因是其西侧紧邻养殖间，并且沼气池的出料口在西侧；二氧化碳在垂直方向上差异不算大，但也可看出上高下低的现象，即在黄瓜植株生长部位即1.0米以下的二氧化碳浓度比2.0米高度为低，因为黄瓜进行光合作用要消耗大量二氧化碳的缘故。

(2) 增施二氧化碳对蔬菜生长发育的作用与调控技术。

①增施沼气二氧化碳对黄瓜光合速率的影响。利用LI—6200光合测定系数，测定黄瓜叶片在不同二氧化碳浓度时其光合速率有很大差异。在温度基本相同的情况下，光合有效辐射为280~450微摩尔/(米<sup>2</sup>·秒)，二氧化碳浓度为160微升/升时，黄瓜叶片的净光合速率为2.6微摩尔/(米<sup>2</sup>·秒)；当二氧化碳浓度瞬间提高到800~900微升/升时，净光合速率可达13.98微摩尔/(米<sup>2</sup>·秒)，后者是前者的5.4倍。在光合有效辐射达800~1000微摩尔/(米<sup>2</sup>·秒)、二氧化碳浓度为120~190微升/升时，黄瓜叶片的净光合速率为8.4微摩尔/(米<sup>2</sup>·秒)；二氧化碳浓度瞬间提高到800~900微升/升时，黄瓜叶片的净光合速率为29.42微摩尔/(米<sup>2</sup>·秒)，后者是前者的3.5倍。

②增施二氧化碳对蔬菜生长的作用。许多试验表明，无论是叶菜类还是果菜类，在二氧化碳浓度增加时，除了植株的光合速率明显提高外，其株重、叶面积及干叶比均有增加(表9-8)。无沼气池的温室，在不放风时的二氧化碳浓度只有200~300微升/升，其芹菜的单株干物重只相当于有沼气池的60%。在二氧化碳浓度增高后，黄瓜叶片明显变厚，其干叶比重比低浓度二氧化碳时可增加30%。

表 9-8 增施沼气二氧化碳对蔬菜生长的作用

项目 二氧化碳浓度(微升/升)	芹 菜		黄 瓜	
	株高 (厘米)	单株重 (克)	单株叶面积 (厘米 <sup>2</sup> )	干叶比重 (克/厘米 <sup>2</sup> )
200 ~ 300	44.9	7.8	1888.6	0.01975
800 ~ 1100	66.8	12.5	4014.3	0.02575

③增施沼气二氧化碳对提高果菜类结果率的作用。增施二氧化碳不但可以促进蔬菜的营养生长，许多试验表明，增施二氧化碳后可使黄瓜的雌花增多，坐果率增加（表 9-9）。表 9-9 表明，施沼气二氧化碳后黄瓜的结瓜率可提高 27.1%。在青椒开花结果期增施二氧化碳，也得到同样的结果，单株开花数增加 2.4 个，单株坐果率增加 29%。

表 9-9 增施沼气二氧化碳对提高黄瓜结瓜率的作用

项目 处理	结瓜数	节位数	结瓜率 (%)
有沼气	9.4	12.6	74.6
无沼气	5.8	12.2	47.5
差 值	3.6	0.4	27.1

④增施沼气二氧化碳对提高蔬菜早期产量和总产量的作用。增施沼气二氧化碳，促进了蔬菜的生长发育，相应地产量和产值均有较大幅度的增长，特别是早期产量增长更为明显（表 9-10）。从表 9-10 可见，增施沼气二氧化碳的温室，黄瓜早期产量增长 66%，产值增长 84%，总产量增长 31%。番茄和青椒在定植后开始增施二氧化碳，增产效果也很明显。试验表明，番茄较对照可平均增产 21.5%，青椒较对照增产 36%。

表 9-10 增施沼气二氧化碳对提高黄瓜产量的作用

处理 \ 时段	早 期		总 产	
	产量 (千克/亩)	产值 (元/亩)	产量 (千克/亩)	产值 (元/亩)
施沼气二氧化碳	1219	3240	6862	9899
对照	734	1762	5215	6724
差值	485	1478	1647	3175
增值%	66	84	31	30

⑤增施沼气二氧化碳对产品质量的影响。温室蔬菜增施沼气二氧化碳后，不但增加了产量和提高了经济效益，同时也改善了蔬菜的品质。据群众反映，增施沼气二氧化碳的蔬菜，色正、口味好，到市场上后大受消费者欢迎。经对黄瓜和番茄果实进行分析，果实中维生素 C 和可溶性糖的含量均有增加，黄瓜的可溶性糖比对照增加 13.8%（表 9-11）。

表 9-11 增施沼气二氧化碳对黄瓜、番茄品质的影响

项目 \ 种类	每 100 克中含维生素（毫克）			可溶性糖（毫克）		
	增施	对照	增加(%)	增施	对照	增加(%)
黄瓜	14.65	12.56	16.20	1.81	1.59	13.80
番茄	20.03	16.49	21.40	2.26	2.10	7.60

⑥二氧化碳气体调控技术。温室中的二氧化碳气体调控技术与蔬菜生长发育和产量形成关系密切。

一是不同蔬菜适宜的二氧化碳浓度不同。蔬菜种类不同，所处生育期不同，肥水条件、环境条件不同，所需空气中二氧化碳浓度也不同。苗期所需二氧化碳浓度低些，生长期则高些，大多数蔬菜生长期所需二氧化碳浓度一般在 1000 ~ 1500 微升/升（表 9-12）。

二是燃烧沼气增施二氧化碳技术。燃烧沼气释放二氧化碳和

增温，一般是每 100 米<sup>2</sup> 设置一个沼气灶，或者 50 米<sup>2</sup> 设置一盏沼气灯。每立方米日光温室容积燃烧没有经过脱硫的沼气数量为 0.001 米<sup>3</sup>，最多不要超过 0.0015 米<sup>3</sup>。经过脱硫的沼气，释放二氧化碳增多。在植株叶面积系数较大的温室内需要长时间通风的情况下，应在日出后 30 分钟左右燃烧沼气灶或点沼气灯，平均施放速度为每小时 0.5 米<sup>3</sup> 左右，据此计算出不同体积温室增施各种浓度二氧化碳所需燃烧沼气的的时间。一般采取断续施放的方法，每施放 10~15 分钟，间歇 20 分钟。在放风前 30 分钟停止施放。表 9-13 列出了不同容积温室增施各种浓度二氧化碳所需燃烧沼气的的时间，供参考。

表 9-12 不同蔬菜适宜二氧化碳浓度

种类 \ 浓度	苗期 (微升/升)	生长期 (微升/升)
西瓜、西葫芦、青椒	600~900	1200~1500
番茄、茄子	600~900	1000~1200
韭菜、菠菜等叶菜		1500~2000

表 9-13 不同体积温室增施各种浓度二氧化碳所需燃烧沼气的的时间

时间(分钟) \ 浓度 (微升/升) \ 体积(米 <sup>3</sup> )	200	400	600	800	1000
100	2.4	4.8	7.2	9.6	12.0
200	4.8	9.6	14.4	19.2	24.0
300	7.2	14.4	21.6	28.8	36.0
400	9.6	19.2	28.8	38.4	48.0
500	12.0	24.0	36.0	48.0	60.0
600	14.4	28.8	43.2	57.6	72.0
700	16.8	33.6	50.4	67.2	84.0

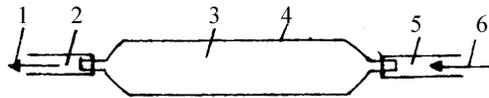
(3) 要防止有毒气体对作物的危害。沼气中约有万分之一的硫化氢随沼气燃烧后生成二氧化硫。当日光温室中二氧化硫浓度达到五百万分之一(即0.2微升/升)时,几天后植株出现受害症状,首先在气孔周围及叶缘出现水浸状,在叶脉内出现斑点。高浓度二氧化硫则会使植株组织脱水、死亡。由于二氧化硫是从气孔及水孔浸入叶组织,在细胞中可以水化成硫酸,毒害植物的原生质。对二氧化硫比较敏感的有番茄、茄子、菠菜、莴苣等。所以,在日光温室内燃烧没有经过脱硫的沼气要掌握好点燃沼气的数量。一般和日光温室结合的沼气池为8~10米<sup>3</sup>,深秋、冬天、早春产气量在0.5~1.0米<sup>3</sup>。这些沼气完全在日光温室容积600米<sup>3</sup>以上燃烧不会造成危害,如1000米<sup>3</sup>的日光温室内燃烧1米<sup>3</sup>沼气,扩散到温室内其二氧化硫浓度只有0.1微升/升,不会产生毒害,如果要燃烧2米<sup>3</sup>沼气就会产生毒害。在辽宁近20万个模式用沼气增温、增施二氧化碳气体肥,未曾发现蔬菜受害的情况。但是近年来有的地区在养殖场建立30米<sup>3</sup>以上的沼气池,将大量的沼气用于日光温室增温和增施二氧化碳,这就应该安装脱硫装置,对所产沼气脱硫后方可在温室中大量使用。

(4) 沼气脱硫的方法。沼气脱硫就是利用装有氧化铁的设备,清除沼气中有害物质硫化氢。因为硫化氢混在沼气中对管道、阀门炉具等有较强的腐蚀作用,燃烧后又生产二氧化硫,达到一定的浓度时对植物产生危害。

目前,一般采用干法脱硫,因为干法脱硫具有工艺简单、成熟可靠、造价低等优点,并能达到较高的净化程度。

①配制脱硫剂。农户可以自行配制人工氧化铁脱硫剂。其方法是:将铸铁屑和木屑按重量1:1掺洒水后充分翻晒进行人工氧化,在进脱硫器前再加入0.5%的熟石灰以调节pH达到8~9,并使含水量达到30%~40%即可。这种脱硫剂配制方便,可就

地取材,但使用效果不太好。目前已有氧化铁脱硫剂成品,如山西省汾阳催化剂厂生产的TG型脱硫剂,北京公用事业科研所研制的TIL-1型脱硫剂,脱硫效果都比较好。自制简易脱硫器见图9-1。脱硫器材料可选玻璃管或塑料管,不漏气均可。现有商品脱硫器出售,可以采用。



1. 接灶具 2、5. 输气导管 3. 内装脱硫剂
4. 脱硫器 6. 进气

图9-1 简易脱硫器

②及时更换脱硫剂。脱硫剂一般为橘黄色,当沼气中的硫化氢与脱硫剂接触起化学反应后,生成硫化铁呈黑色,当发现脱硫器内的脱硫剂全部变成黑色,则要再生或更换脱硫剂。

一般户用沼气池内的发酵原料为猪粪、牛粪及人粪。据测试,户用沼气池原产沼气中的硫化氢含量在300毫克/米<sup>2</sup>左右。使用时间约180天。

**2. 沼气储粮** 沼气储粮是根据“低氧储粮”原理,利用沼气含氧量低的特性,将沼气输入粮仓而置换出空气,造成低氧环境,致使粮仓中的害虫窒息而死。它具有方法简单、操作方便、投资少、无污染、防治效果好等优点,既可为广大农户采用,又可在中、小型粮仓中应用。主要步骤:清理储粮器具→布置沼气分配管→装粮密封→输入沼气置换→密闭杀虫。

据湖北宜都市试验,沼气储粮,米象96小时不再复活,锯谷盗、拟谷盗、谷蠹72小时后不再复活,沼气除虫率可达到98.8%;据湖南常德大仓试验,沼气储粮比对照仓,水分降低13.5%,谷仓温度低38.5%,出糙率增加0.39%,虫数100%除尽,发芽率提高4.71%。每万千克减少虫害损失、减少管理用

工、节省药物费用合计 1210 元。因此，具有广泛的推广前景，现将农户储粮及粮库储粮技术要点分列于下：

(1) 农户储粮。随着我国农村广泛推行家庭联产承包责任制，由过去集体、国家储粮而改为家庭、国家储粮，因而会储粮、储好粮就变得重要起来。沼气储粮以其简便易行的优点，成为农户储粮的首选方案。

①建仓。农户可用大缸作为沼气储粮工具，也可新建 1~4 米<sup>3</sup> 小仓，总的要求是密闭保气。

②布置沼气扩散管。为使沼气能在谷仓内迅速、均匀扩散，需因仓制作沼气扩散管，其方法是：缸用管可用沼气输气管烧结一端，然后用烧红的大头针刺小孔若干，置于缸底。仓式储粮则需制作“十字形”、“丰字形”沼气扩散管置于仓底，各支管上刺孔若干，以便迅速充满沼气（图 9-2）。

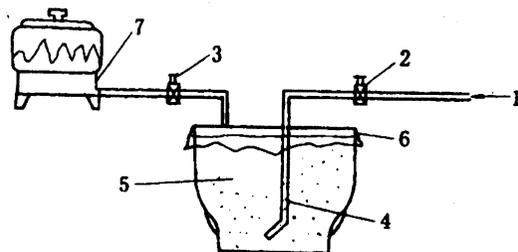


图 9-2 农户沼气储粮灭虫示意图

1. 沼气输入 2. 开关1 3. 开关2 4. 沼气扩散管 5. 粮食 6. 塑膜密封 7. 沼气炉

③装粮密封。将需除虫的粮食装入缸中，装好沼气进、出气管，塑膜密封。

④输入沼气。上述工序结束之后，即可向仓内输入沼气，一般每立方米粮食共需输入沼气 1.5 米<sup>3</sup>，才能使仓内氧气含量由 20% 下降到 5% 以下，达到杀灭害虫的要求。具体简易检验方法

是：将沼气输出管接上沼气炉，并以能点燃沼气炉为止。

⑤密封4天后，再输入1次沼气。以后可每15天输入1次沼气。

(2)粮库储粮。粮库储粮数量很大，它由原有粮仓、沼气进出系统、塑料薄膜密封材料等构成。关键是有足够的沼气和密闭处理。

①清扫粮仓，常规药品消毒，在粮堆底部设置“十字形”、中上部设置“丰字形”沼气扩散管，扩散管要达到粮堆边沿。扩散管用口径10毫米塑料管作主管，6毫米塑料管作支管，每隔30厘米钻一个通气孔，扩散管与沼气池相通，其间设有开关，粮堆周围和表面用0.1~0.2毫米的塑料薄膜密封，安装1~2道测温、测湿线路，在粮堆顶部的薄膜上安设一根小管作为排气管，并与氧气测定仪相连（图9-3）。

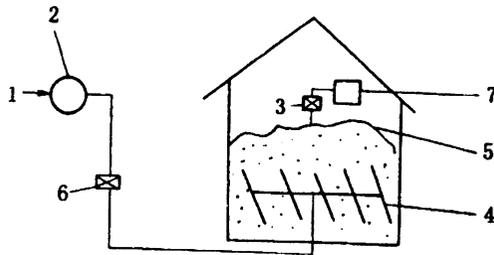


图9-3 粮库沼气储粮灭虫示意图

1. 沼气输入 2. 沼气流量计 3、6. 开关  
4. 沼气扩散管 5. 塑膜密封 7. 测氧仪

②在检查完整个系统，确定不漏气后方可通入沼气，按每立方米粮食输入1.5米<sup>3</sup>沼气计量，也可用二氧化碳、氧气测定仪测出，当粮库中二氧化碳达到20%以上，氧气含量降到5%以下时，停止输入沼气，并关闭整个系统，以后每隔15天输1次沼气。

## (3) 注意事项。

①要经常检查整个系统是否漏气，严格注意安全，当空气中含有7%~26%的沼气，就会发生爆炸。另外，沼气的燃烧速度是每秒0.27~0.43米，人是逃避不及的。为防止火灾和爆炸事故发生，严禁在粮库周围吸烟、用火。

②沼气管、扩散管内若有积水，应及时排出。

③沼气池的产气量要与通气量配套，若沼气池产气量或储气量不够，可连续2天输入沼气，同时加强沼气池管理，多进料、多产气，以满足需要。

④沼气中含有一定的水分，要求储粮前应尽量将粮食晒干，水分降至13%以下，储粮时输气管中应安装集水器或生石灰过滤器，灭虫后，及时翻晒。

各种粮食每立方米重量见表9-14。

表9-14 每立方米粮食重量表 单位：千克/米<sup>3</sup>

品 种	最 低	最 高	平 均
稻 谷	511	587	560
籼 稻	550	588	575
粳 稻	500	566	546
小 麦	687	781	736
玉 米	675	807	727
绿 豆	727	807	785
蚕 豆	607	835	682
豌 豆	664	795	758
黄 豆	658	762	722

3. 沼气灯诱虫养鱼、养鸡、养鸭 沼气灯光的波长在300~1000纳米，许多害虫对330~400纳米的紫外光线有最大的趋性，夏、秋季节正是沼气池产气和各种害虫发生的高峰期，利用沼气灯诱虫养鱼、养鸡、养鸭，可以一举多得，其技术要点如下：

(1) 合理确定沼气灯高度。根据照度大小与距离平方成反比的规律，沼气灯应吊在距地面或水面 80 ~ 90 厘米处的高度最佳。

(2) 诱虫喂鸡、鸭。在沼气灯下放置一个盛水的大木盆，水面上滴少许食用油，当害虫大量拥来时，放出鸡、鸭采食，也可不用木盆，由鸡、鸭直接抢食。

(3) 诱虫喂鱼。离塘岸 2 米处，用 3 根竹竿做成简易三脚架，将沼气灯固定。

(4) 可在沼气输气管中加少许水，产生气液局部障碍，使沼气灯产生忽闪现象，增强诱蛾效果。

(5) 诱蛾时间。根据害虫前半夜多于后半夜的规律，天黑至夜晚 12 时为好。

(6) 沼气灯与沼气池相距 30 米以内时，可用直径 10 毫米的塑料管作沼气输气管，超过 30 米时应适当增大管径（加粗输气管）。

**4. 沼气灯增温育雏鸡、养蛋鸡** 早春气温低，空气湿度大，雏鸡体温调节机能不全，若此时补给一定的光照和温度，对满足雏鸡生长发育具有重要作用。

(1) 沼气灯育雏方法简单，投资小，效果好。具体作法是：

①选择一些旧纸箱、木箱、竹筐作育雏箱，每箱最多放雏鸡 30 只（以防过多雏鸡扎堆压死）。

②将点燃的沼气灯置育雏箱上方 70 ~ 80 厘米。

③经常检查箱温，1 周龄小鸡的适宜温度是 30 ~ 33℃，2 周龄时温度降到 28 ~ 30℃，3 周龄及以后控制在 28℃。

④光照时间。1 ~ 2 日龄可照 23 小时，3 ~ 4 日龄 22 小时，4 ~ 7 日龄 20 小时，以后逐步减少，至 20 周龄时，只保持 9 小时光照即可。

⑤注意通风换气，以防废气过多，小鸡中毒。

(2) 沼气灯养蛋鸡，主要用于蛋鸡在产蛋期光照不足，利用沼气灯作光源给予补充。

蛋鸡生长最适宜温度是 15 ~ 25℃，每日光照长度 16 小时，达不到上述要求时，可以考虑利用沼气灯给蛋鸡增温、增光照。办法是：按每 15 米<sup>2</sup> 鸡舍点一盏沼气灯，时间是日出前或日落后可，按当天光照时间补足到 16 小时来确定沼气灯照明时间，切忌点长明灯，否则易造成母鸡的调节机制紊乱。

## 四、沼液的综合利用

**1. 沼液浸种** 沼液浸种就是将农作物种子放在沼液中浸泡后再播种的一项种子处理技术。由于该项技术简单、安全、效果好，不需投资，因而在农村迅速得到推广。据统计，全国每年沼液浸种面积在 100 万公顷以上。

由于沼液中含有多种活性、抗性、营养性物质，利用沼液浸种具有明显的抗病、壮苗、增产作用。据各地试验表明，沼液浸种对水稻根腐病、纹枯病、小球菌核病、恶苗病、棉花炭疽病、玉米大小斑病具有较强的抑制作用。由于沼气池出料间的水温一般稳定在 8 ~ 16℃，pH 在 7.2 ~ 7.6，有利于种子新陈代谢，因而沼液浸种芽齐芽壮，成秧（苗）率高，根系发达，长势旺，抗寒抗病力强。以水稻为例，沼液浸种比清水浸种发芽率提高 5% ~ 10%，成秧率提高 10% ~ 15%，分蘖数、假茎宽、白根数都有提高。据湖北省两年 11 个对比试验材料表明，沼液浸种可使水稻增产 5% ~ 10%，沼液浸种玉米增产 5% ~ 10%，小麦增产 5% ~ 7%。

(1) 技术要点。

①晒种。为提高种子吸水性，沼液浸种前，将种子翻晒 1 ~ 2 天，清除杂物，以保证种子纯度和质量。

②装袋。选择透水性好的编织袋和布袋，将种子装入，并留出适当空间，以防种子吸水后胀破袋子。

③清理沼气池出料间。将出料间浮渣、沉渣尽量清除干净，以便沼液浸泡种子。

④浸种。将绳子一端系袋口，另一端固定在池边，使种子处于沼液中部为好。有些浸泡时间较短的（12小时以内）种子，可以在容器中进行。

⑤清洗。沼液浸种结束后，应将种子放在清水中淘净，然后播种、催芽。

沼液浸种改变种壳颜色，但不影响发芽。

（2）浸种时间。由于地区、墒情、温度的不同，浸种时间各地可先进行一些简单的对比试验后确定，这里综合各地试验结果，介绍各类种子的浸种时间，供参考。

①常规水稻。常规稻种可以采取一次性浸种，也可以采用间歇性浸种，在沼液中浸泡时间为：早稻48小时，中稻36小时，晚稻36小时，粳稻、糯稻还应适当延长一些。

②杂交水稻。由于其呼吸强度大，一般采取间歇式浸种，即在沼液中浸泡一段时间后，提出来晾一段时间。早稻浸14小时，晾6小时；再浸14小时，晾6小时；再浸14小时，晾6小时，三浸三晾。沼液浸种不少于42小时，清水洗净，然后催芽。中稻浸12小时，晾6小时；再浸12小时，晾6小时；再浸12小时，晾6小时，沼液浸种不少于36小时，清水洗净，然后催芽。晚稻浸8小时，晾6小时，三浸三晾，破胸为止，清水洗净，然后催芽。

③小麦沼液浸种。小麦沼液浸种适宜土壤墒情较好时应用，具体做法是在播种前一天进行，浸种时间12小时左右。清水洗净，即可播种。若抗旱播种（土壤墒情差），则不必采用沼液浸种。

④玉米沼液浸种。一次浸种 12 ~ 16 小时，清水洗净，晾干后即可播种。

⑤棉花沼液浸种。包衣种不必采用沼液浸种，非包衣种一次浸 14 ~ 18 小时。浸种时注意在种子袋内放块石头，以防种子袋浮起。

⑥甘薯、马铃薯沼液浸种。一次浸泡 4 小时，也可盛入缸、桶容器中，取正常沼液浸泡，沼液超过上层薯面 6 厘米，浸种结束后，清水洗净，然后催芽或播种。

⑦花生沼液浸种。一次浸泡 4 ~ 6 小时，清水洗净晾干后即可播种。

⑧瓜类、豆类沼液浸种。一次浸泡 2 ~ 4 小时，清水洗净，晾干后播种或催芽。

### (3) 注意事项。

①作为沼液浸种的沼气池，一定要正常产气使用 1 个月以上，废池、死池的沼液不能用于浸种。

②浸种时间随地区、品种、温度差别，灵活掌握，浸种时间不可过长，以种子吸足水分为好。

③沼液浸过的种子，都应用清水淘净，然后播种，或催芽育苗。

④注意安全，池盖及时还原，以防人畜坠入池内。

**2. 沼液拌料喂猪** 沼液拌料喂猪，是将沼液作为一种饲料添加剂，拌入猪饲料中，起到促进生猪生长，缩短育肥期，提高饲料转换率，降低料肉比，达到增加收入的目的。

据湖北省 14 个试验材料 212 头猪对比：喂沼液比喂“清水头”平均日增重多 35 ~ 129 克，料肉比下降 12.9%，缩短育肥期 32 天。同时发现，猪体重 20 ~ 50 千克时增重明显，70 千克后有个低谷，90 千克时效果又很明显。

据测定，沼液中除了含有生猪生长的 8 种必需氨基酸和 8 种

非必需氨基酸外，还含有铜、铁、锌等微量元素。沼液拌料喂猪能有效地解决广大农村猪饲料营养不完全问题。

(1) 技术要点。

①选择正常产气并能燃烧 1 个月以上的沼气池，长期没有使用及废池中的沼液不能使用。

②经常清理出料间或在出料间置入滤渣装置，以便随时提取出料口中层的纯净沼液。

③确定生猪重量及每餐需投喂的沼液量。

④经常观察生猪食沼液后有无异常现象，以便处置。

(2) 沼液用量。

①以猪体重定日喂沼液量。育肥猪从 20 千克体重开始，日喂沼液 2 千克；40 千克体重时，日喂沼液 3 千克；60 千克体重时，日喂 4 千克；以后逐步减少。

②以精饲料定日喂沼液量。这里所指的精饲料为不完全营养成分拌和料，若为完全营养配合饲料，则添加沼液效果不太明显。据试验，猪 20 千克重时，每千克饲料拌沼液 1.5 千克，逐步增加到猪体重 60 千克时，每千克饲料添加沼液 2.5 千克，以后逐步减少至每千克饲料添加 1.5 千克沼液。

③沼液泡青饲料。以青饲料为主的地区，可将青饲料粉碎淘净放在沼液中浸泡 2 小时后直接饲喂。

(3) 注意事项。

①饲喂沼液有个适应过程，可采取先盛放沼液让其闻到气味，或者饿 1~2 顿，从而增加食欲，或将少量沼液拌入饲料等等，3~5 天后，即可正常进行。

②严格掌握日饮沼液量，最好准备一个小瓢勺，称准重量，作为计量工具。如发现猪食沼液后拉稀，是因喂量偏大，可减量或停喂 2 天，待正常后，继续进行。

③沼液拌料喂猪，只是解决广大农村猪饲料营养不完全的问

题，故生猪的防疫驱虫、治病等仍需在当地兽医的指导下进行。

种公猪及空怀母猪不宜采用此法，否则增膘过快，会影响发情和降低受胎率。

④注意安全，池盖及时还原，以防人畜掉入，沼液喂猪期间，死畜禽、有毒物不能进入该沼气池。

附：

(1) 沼液养奶牛。将沼液与饲料按 1:1 比例拌和，注意不要添加过多，以防腹泻。

(2) 沼液养蛋鸡。3 份沼液与 7 份饲料拌和，可提高产蛋率 7% ~ 12%。

(3) 沼液养肉鸡。3 份沼液与 7 份饲料拌和，饲喂 90 天后，可比不添加沼液的鸡重 34% 左右。

(4) 沼液拌料喂鸭。3 份沼液与 7 份清水拌和饲料，1 个月可比用清水拌料的鸭子，每只多增重 25.5 克。

(5) 沼液养羊。取洁净沼液，让羊只自由饮用，早晚各 1 次，每只羊每月可多增重 3000 克。

**3. 沼液叶面施肥** 沼液经过充分腐熟发酵，其中富含多种作物所需的营养物质（如氮、磷、钾），因而极宜作根外施肥，其效果比化肥好，作物生长季节都能进行，特别是当农作物以及果树进入花期、孕穗期、灌浆期、果实膨大期，喷施效果明显，对水稻、麦类、棉花、蔬菜、果树都有增产作用。沼液既可单施，也可与化肥、农药、生长剂等混合施用。叶面喷施沼液，可调节作物生长代谢，补充营养，促进生长平衡，增强光合作用能力，尤其是施用于果树，具有促进花芽分化、保花保果、果实增重快、光泽度好、成熟一致、商品果率提高等优点。

(1) 技术要点。

①沼液。取自正常产气 1 个月以上的沼气池，澄清，纱布过滤。

②频率。7~10天1次。

③时间。作物生长季节，晴天下午最好。

④浓度。根据沼液浓度、施用作物及季节、气温而定，总体原则是：幼苗、嫩叶期1份沼液加1~2份清水；夏季高温季节1份沼液加1份清水；气温较低，又是老叶（苗）时，可不加清水。

⑤用量。每亩40千克。

(2) 喷施举例。

①沼液喷梨树。从初花期开始，结合保花保果，每7~10天1次，至叶落前为止。浓度：沼液1份加清水1份。效果：保花保果，促进果实大小一致，采果后，还可坚持喷施3~4次，有利于花芽分化和增强树体抗寒能力。

②沼液喷水稻、小麦。时间从圆梗开始，至灌浆结束，每10天1次，浓度为1份沼液加1份清水。能增加实粒数，提高千粒重。

③沼液喷蘑菇。出菇后开始，每平方米500克，沼液加1~2倍清水，每天喷1次，提高菇质，增加产量，增产幅度37%~140%。

④沼液喷烟叶。烟苗9~11片叶开始，每7~10天1次，1份沼液加1份清水，每亩喷40千克，沼液中可加入防虫治病农药。效果：叶片增宽增厚，增级增收。

⑤沼液喷施西瓜。初伸蔓开始，每亩10千克沼液加入30千克清水；初果期，每15千克沼液加入30千克清水；后期，20千克沼液加入20千克清水。作用：增强抗病能力，提高产量，有枯萎病的地方，效果更显著。

⑥沼液喷施葡萄。展叶期开始，至落叶前结束，每7~10天1次。浓度为1份沼液加1份清水。效果：果实膨大一致，可增产10%左右，兼治病虫害。

⑦沼液喷棉花。全生育期均可进行，只是现蕾前沼液 1 份，清水 2 份，现蕾后 10 天 1 次。效果：叶色厚绿，保花保铃，兼治红蜘蛛、棉蚜。

### (3) 注意事项。

①沼液要澄清过滤好，以防堵塞喷雾器。喷雾器密封性要好，以免溅、漏，弄脏身体。

②沼液浓度不能过大，以 1 份沼液加 1~2 份清水即可。

③喷施时，以叶背面为主，以利吸收。

④喷施时间，春、秋、冬季上午露水干后（约 10 时），夏季傍晚为好，中午高温及暴雨前不要喷施。

**4. 沼液防治病虫害** 沼液中含有多种生物活性物质，如氨基酸、微量元素、植物生长激素、B 族维生素、某些抗生素等。其中有机酸中的丁酸和植物激素中的赤霉素、吲哚乙酸以及维生素 B<sub>12</sub>对病菌有明显的抑制作用。沼液中的氨和铵盐、某些抗生素对作物的虫害有着直接抑制作用。

沼液防治病虫害是广大建池农户在开展沼气综合利用过程中所发现的，并经实践和科学实验所证实，并因其无污染、无残毒、无抗药性而被称为“生物农药”。目前实验已表明，沼液对粮食、经济作物、蔬菜、水果等 13 种作物中的 23 种病害和 14 种虫害有防治作用，有的单用沼液就已达到或超过药物的功效，有的加入药物后强化了防治效果。为了简便起见，现将沼液可防治的病虫害列入表 9-15。

表 9-15 沼液可防治的农作物病虫害参考表

农作物	病 害	虫 害
水稻	穗颈瘟、纹枯病、白叶枯病、叶斑病、小球菌核病	稻纵卷叶螟、灰飞虱、白背飞虱、螟虫、稻蓟马、稻叶蝉
小麦	赤霉病、全蚀病、根腐病	蚜虫

续表

农作物	病 害	虫 害
大麦	叶锈病、黄花叶病	
玉米	大斑病、小斑病	螟虫
蚕豆	枯萎病	
棉花	枯萎病、炭疽病	棉铃虫
甘薯	软腐病、黑斑病	
烟草	花叶病、黑胫病、赤星病、炭疽病、斑点病	
西瓜	枯萎病	
大豆		蚜虫
豇豆		蚜虫
柑橘		红蜘蛛、黄蜘蛛、矢尖蚧、蚜虫
叶菜类		蚜虫、菜青虫
菊花		蚜虫

沼液防治病害的途径主要是沼液浸种、施用沼肥作底肥和追肥；沼液防治虫害的办法主要是施用沼肥和直接喷洒沼液。下面介绍一些防治虫害的实例，供参考。

(1) 沼液防治玉米螟。沼液 50 千克，加入 2.5% 敌杀死乳油 10 毫升，搅匀，灌玉米心叶。

(2) 沼液防治蔬菜蚜虫。每亩取沼液 30 千克，加入煤油 50 克，洗衣粉 10 克，喷雾。也可利用晴天温度较高时，直接泼洒。

(3) 沼液防治麦蚜。每亩取沼液 50 千克，晴天露水干后喷洒，若 6 小时以内遇雨，则应补喷 1 次。蚜虫 28 小时失活，40~50 小时死亡，杀灭率 94.7%。

## 五、沼渣的综合利用

**1. 沼肥种梨** 梨在我国南北方已广泛种植,由于其营养生长与生殖生长同时进行,且集中在3~11月。因此,加强水肥管理,是优质高产的关键。

沼肥以其富含氮、磷、钾、腐殖质、多种微量元素及具有迟速兼效的肥料功能,非常适合梨树生长需要。沼肥种梨,花芽分化好,抽梢一致,叶片厚绿,果实大小一致、光泽度好、甜度高,树势增强;能提高抗轮纹病、黑心病的能力;提高单产3%~10%,节省商品肥投资40%~60%。

具体办法是:

(1) 幼树。生长季节,可1个月使用1次沼肥,每次每株施沼肥10千克,其中春梢肥每株应深施沼渣10千克。

(2) 成年挂果树。以产定肥,基肥为主,按每生产1000千克鲜果需氮4.5千克,磷2千克,钾4.5千克要求计算(利用率40%)。

①基肥。占全年用量的80%,一般在初春梨树休眠期进行,方法是在主干周围开挖3~4条放射状沟,沟长30~80厘米,宽30厘米,深40厘米,每株施沼渣25~50千克,补充复合肥250克,施后覆土。

②花前肥。开花前10~15天,每株施沼渣50千克加尿素50克,撒施。

③壮果肥。一般有2次,第一次在花后1个月,每株用沼渣20千克(或沼液50千克),加复合肥100克,抽槽深施。第二次在花后2个月,用法用量同第一次,并根据树况树势,有所增减。

④还阳肥。根据树势,一般在采果后进行,每株用沼渣20

千克，加入尿素 50 克，根部撒施。还阳肥要从严掌握，控好用肥量，以免引发秋梢、秋芽生长。

(3) 注意事项。

①梨属于大水大肥型果树，沼肥虽富含氮、磷、钾，但对于梨树来说，还是偏少。因此，沼肥种梨要补充化肥或其他有机肥。如果有条件实行全沼肥种梨，每株成年挂果树，需沼渣沼液 250~300 千克（鲜沼渣占 60%）。

②沼肥种梨若与叶面喷沼液结合，效果更好。

**2. 沼肥养鱼** 沼肥养鱼是将经沼气充分腐熟发酵后的残留物，即沼渣、沼液施入鱼塘，为水中的浮游动、植物提供营养，增加鱼塘中浮游动、植物产量，丰富滤食性鱼类饵料的一种饲料转换技术。

沼肥养鱼有利于改善鱼塘生态环境。据湖北省黄冈市能源中心连续 6 年试验，沼肥与未经腐熟的人粪尿比较，水体含氧量高 13.8%，水解氮含量提高 15.5%，铵盐含量提高 52.9%，磷酸盐含量提高 11.8%，因而使浮游动、植物数量增长 12.1%，重量增长 41.3%，从而使白鲢增产 36.4%，花鲢增产 9%。据湖北省仙桃市越舟湖渔场 3 年对比，沼肥养鱼可增产 12%，提高优质鱼比例 13 个百分点。沼肥施入鱼塘，不再发酵，降低了泛塘死鱼的可能性，同时能减轻猫头鲢、中华鲢、赤皮病、烂腮、肠炎等常见病虫害的危害。

(1) 技术要点。

①基肥。一般在春季清塘、消毒后进行，每亩施沼渣 150 千克或沼液 300 千克，均匀撒（洒）施。

②追肥。4~6 月，每周每亩施沼渣 100 千克，或沼液 200 千克；7~8 月，每周每亩施沼液 150 千克；9~10 月，每周每亩施沼渣 100 千克或者沼液 150 千克。

③施肥时间。晴天上午 8~10 时施沼肥最好。阴雨天气，光

合作用弱，生物活性差，需肥量小，可不施；有风天气，顺风泼洒；闷热天气、雷雨来临之前不施。

(2) 注意事项。

①沼肥养鱼适用于以花白鲢为主要品种的养殖塘，其混养优质鱼（底层鱼）比例不超过40%。

②若为专业养殖户，可采用湖北省枝江市设计的猪沼鱼配套专用全自动沼气池（图9-4）。

③水体透明度大于30厘米时，说明水中浮游动物数量大，浮游植物数量少，施用沼肥可迅速增加浮游植物的数量，方法是每天施1次沼液，每次每亩100~150千克，直到透明度回到25~30厘米后，转入正常投肥。

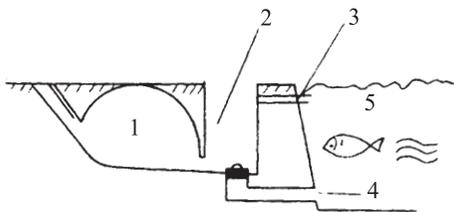


图9-4 全自动出料沼气池

1. 沼气池 2. 出料间 3. 沼液溢出管  
4. 沼渣出料管 5. 鱼池

**3. 利用沼渣养黄鳝技术** 利用沼渣养殖黄鳝，沼渣中含有较全面的养分，可供鳝鱼直接食用，同时也能促进水中浮游生物的繁殖生长，为鳝鱼提供饵料，减少商品饵料的投放，节约养殖成本。沼渣是经过沼气池厌氧发酵处理的，各种细菌和寄生虫卵绝大部分被杀灭，为此用沼渣作饵料喂养黄鳝能有效地防止鳝鱼的疾病；沼渣肥是熟性肥，投入养鳝池后不会过多地消耗水中溶氧，不会与鳝鱼争氧。实践证明，沼渣养黄鳝是一项养殖成本低、产出效益好、值得推广的新技术。

调查表明，在自然条件下，1龄黄鳝只能长到5~13克重。通过正常人工养殖，每天投放鳝鱼体重3%~6%的饵料喂养，1龄黄鳝也只能长到18~40克重。使用沼渣配合人工正常性养殖，每天投放饵料量只需鳝鱼体重的2%~4%，且达到比正常性养殖好的效果，1龄黄鳝能长到30~70克重。比正常性养殖增重67%左右，降低成本30%左右。其技术要点如下：

(1) 筑建养鳝池和巢穴埂。根据养殖规模，确定池容的大小，池深要求1.7米，不浅于1.5米。池子挖好后，池底铺水泥砂浆，池墙用砖（片石）砌好，并用水泥砂浆勾缝，以免黄鳝打洞逃走。筑巢穴埂，沿池墙四周及中央，用卵石或碎石修一道小埂，高0.7~1米，宽0.5米，石缝用稀泥和沼渣填满，作为黄鳝的巢穴和产卵埂。也可在中间开“十字”沟，自然长，宽0.8米，深0.25米，沟底部要用水泥砂浆抹面，填一些片石，石缝用沼渣和稀泥填满，同样可供黄鳝在石缝中作穴产卵。

(2) 饲养管理。

①养鳝池及巢穴埂修筑好后，放黄鳝苗前半月，向池中投放沼渣肥。方法是将沼渣与稀泥混合投放，厚度为0.5~0.7米，作为黄鳝的饲料及活动场所。填好料后，放水入池，水深随季节而定，一般夏秋季节0.5米左右，冬春季节0.25米左右。

②放养量。每平方米投放（每条25克左右）的小黄鳝2千克左右。

③投放饵料量及投放时机。黄鳝活动的习性是昼伏夜出，夜间活动频繁，所以投料通常在黄昏。投料量，小黄鳝苗下池1个月后，每隔10天左右投1次鲜沼渣，每次每平方米15千克，但要注意观察池内水质，应保持池内良好的水质和适当的溶氧量，如发现鳝鱼缺氧浮头，应立即换水。鳝鱼喜吃活食，在催肥增长阶段，每隔5~7天投喂一些蚯蚓、螺蚌肉、蚕蛹、蛆蛹、小鱼虾和部分豆饼等，投喂量为鳝鱼体重的2%~4%。鳝鱼是一种

半冬眠鱼类，在入冬前要大量摄食，需增大饵料的投放量，贮藏营养满足冬眠需要。

④常规管理。冬季为保护鳢鱼安全过冬，可将池内的水全部放干，并在池表面覆盖一层10~20厘米厚的稻草，以便保温。夏季气温高，可在池的四周种植丝瓜、冬瓜、扁豆等，并搭架为黄鳢遮阳降温。加强水源管理，防止农药、化肥等有害物质入池。经常注意观察黄鳢的行为，及时发现鳢鱼的疾病，一旦发现及时用药物防治。

**4. 沼渣栽培蘑菇** 沼渣富含营养物质，且养分全面，质地疏松，保墒性能好，酸碱度适中。沼渣中的有机质、腐植酸、粗蛋白、氮、磷、钾以及各种矿物质，能够满足蘑菇生产要求，是人工栽培食用菌的好培养料。

(1) 蘑菇的特性。蘑菇（俗称白蘑）属好气性腐生真菌，不能进行光合作用，生长发育所需的氮、磷、钾、钙及碳素营养全靠培养料供给。蘑菇由菌丝体及子实体两部分构成。菌丝体是蘑菇的营养器官，呈蜘蛛状，子实体是繁殖器官，供人们食用的部分就是蘑菇的子实体。菌丝体生长适宜温度20~25℃，湿度60%~70%，子实体生长最适宜温度15~17℃，湿度90%左右，培养料碳氮比17:1左右，pH7.0~7.5，土壤pH7.0~8.0。

(2) 栽培技术要点。

①沼渣准备。蘑菇在湖北适宜播种期为9月中旬，因此，沼渣须在8月下旬至9月上旬出池沥干，播种前，趁天晴将沼渣摊薄暴晒，去除未腐熟好的长残渣。暴晒时间应掌握沼渣湿度，以手紧捏指缝有水而不下滴为宜。经处理的沼渣，按其重量加入1%熟石膏粉、1%过磷酸钙及0.5%尿素备用。

②菇房及床架准备。菇房一般可选用有对开门窗的空房。菇床可用竹、木、铁搭成多层床架，第一层距地面不低于25厘米，以上各层相距60厘米，以秸秆、树枝铺平。

菇房用 20 倍福尔马林溶液熏蒸或 50 倍液喷洒，也可用 50 倍石硫合剂全面喷洒墙壁、地面和菇床，关闭菇房 1~2 天。然后将沼渣平铺在菇床上，保持自然疏松，厚度 12~14 厘米。最后在培养料面上、菇床反面、菇房及四周墙壁喷 1 次 0.5% 的敌敌畏或 0.3% 的乐果，以防螨类及其他害虫，隔夜即可播种。

③播种。选择纯洁菌种，按 10 厘米×10 厘米的间距用手指均匀打 2 厘米深的播种穴，将菌种掏出按每穴拇指大一块放入，随手盖一薄层培养料，以利菌丝生长。

播种后，把料面整平稍拍一下，让培养料和菌种接触紧密，但不能用力拍实，以免密不透气，然后用清水浸湿的干净报纸覆盖，关好门窗，保持房内温度 30℃ 以下，空气湿度 65%~70%，以利菌丝早日定植。

④覆土前的管理。从播种到覆土约需 20 天，这段时间主要是促进菌丝生长，管理重点是防高温，尽量使室温维持在 22~25℃，湿度 65%。

播种后 10 天内，每天需揭动报纸 1~2 次，以通风换气，10 天后可揭去报纸，早晚开门窗，并逐步增加通风次数，注意防除杂菌。

⑤覆土。就是在长满菌丝的料面上覆盖一层土粒。覆土的土质最好选用水田犁底层以下略带沙性的土壤或池塘底层泥土。覆土先覆大粒（直径 2~3 厘米），做到料面不外露，土粒不重叠。然后覆盖小粒（如蚕豆大小）。土粒含水量 20% 左右，pH7.0~8.0 为宜，如过酸，可用 0.5% 石灰水喷雾调节。

⑥出菇前的管理。覆土后，若温度、湿度及通风条件适宜，约 20 天即可出菇。

覆土后的 2~3 天内，每天轻喷水 2~3 次；10~15 天内，早晚各喷水 1~2 次，并注意通风，适当降低空气湿度，使土粒表面略呈干燥，以促进绒毛状菌丝在土粒间横向生长，为出菇打

下良好的基础。

覆土 15 天前后，即可见菌蕾，这时要喷“出菇水”，每天 1 次，水量略有增加，连续 2~3 天，使土湿润，达到手握黏手程度。每喷 1 次出菇水，菇房就要大通风 1 次。7 天左右，蘑菇子实体可长到黄豆大小，连续 2 天各喷 1 次重水（但不能让水渗到培养料表层），增加土粒湿度，让小菇及时得到足够水分，迅速膨大。

据国家环保局南京环境科学研究所陈琬瑜等人试验，50% 的沼液（一半沼液一半清水）做蘑菇追肥（清水对照），春菇增产 77%~140%，秋菇增产 60%。

### （3）沼渣地床培育蘑菇技术要点。

①配料。沼渣沥干，播种前半个月开始堆料，每 100 千克沼渣加石膏粉 1.5 千克，尿素 0.8 千克，堆成一长堆，龟背形，7 天后翻堆，翻堆时，每 100 千克沼渣加磷肥 3 千克，并用 1% 的敌敌畏消毒，5 天后第二次翻堆，准备做床。

②做床。床长约 15 米，宽 1.5 米，中间挖一条 16 厘米深、23 厘米宽的沟，使之成畦面，畦宽 0.40 米，畦四周挖排水沟，堆起 15 厘米宽、10 厘米高的土埂（以便畦面铺入培养料），再在地床两边挖 0.3 米深、0.4 米宽的畦沟作人行道，挖好后，用农药喷洒床面消毒。

沼渣地床栽培蘑菇：菌丝早出 2 天，出菇早 4 天，产量略低一点，但一级菇高 5%，原料费降低 36%，绿霉菌、白霉菌少，杂菇少。

## 5. 沼肥种西瓜

（1）西瓜特性。西瓜原产于非洲，西汉时自西域（今新疆）传入。西瓜喜炎热，怕低温，种子发芽的最低温度是 15℃ 以上，适宜温度 25~30℃。生长温度 15~32℃，能耐 40℃ 高温。西瓜对水分的要求：幼苗期 65%，伸蔓期 70%，结果期为 75%。雌

花期对水分最敏感。西瓜宜在土壤深厚、排水良好、有机质丰富肥沃的沙性壤土中生长，pH5~7。

(2) 技术要点。

①沼液浸种。沼液浸种 12~24 小时，中途搅动 1 次。浸种结束后，在清水中反复轻搓，洗去表面黏物，以防发臭腐烂，然后保温催芽，温度 30℃ 左右，一般 20~24 小时即可发芽。

②沼肥配制营养土。取充分腐熟（3 个月以上）沼渣 3 份与 7 份沙壤土拌和，至手捏成团、落地能散，然后装入纸杯（纸杯直径 7~10 厘米，高 10~13 厘米，旧报纸制成），装至一半时压实，再填入一层松散的营养土至杯口 1 厘米，播种，胚根朝下，覆土 7 毫米。

③沼液喷瓜苗。以 1 份沼液加入 2 份清水，喷洒作追肥。

④沼肥作大田基肥。移栽前 1 周，将沼渣肥施入瓜穴，亩施沼渣 2500 千克。

⑤沼肥作大田追肥。从花蕾期开始，每 10~15 天追肥 1 次，每次追施沼液 2000 千克。

⑥沼液叶面喷肥。从初蔓开始，每 7~10 天喷施 1 次，1 份沼液 2 份清水，后期改为 1 份沼液 1 份清水，可有效防治枯萎病。

## 6. 沼渣养蚯蚓

(1) 蚯蚓的特性。蚯蚓种类很多，世界上已知有 1800 多种，我国有 140 多种。蚯蚓喜欢在阴湿肥沃的环境里生活，是杂食性动物，以泥土腐殖质为生，也吃树叶、秸秆、动物粪便和植物残体。每一种蚯蚓都有它的生长温度，大平 2 号（蚯蚓中的一种）的生长温度是 5~38℃，最适宜温度为 18~27℃。蚯蚓繁殖力强。

(2) 养殖要点。

①蚓床制作。蚯蚓的养殖方式很多，有室内、室外养殖，室

内有坑养、盆养、箱养；室外以坑养为主。根据农村现有条件，可采用室内地面养殖床和室外养殖床两种方式。室内地面要求为水泥地面和坚实的泥土地面，房间要求通风透气、黑暗安静；室外应选择朝阳、地势稍高的地方，床下泥土要拍紧压实，蚓床规格：长1~10米，宽1~2米，床前墙高0.3米，后墙高1.3米，四周挖好排水沟，床两头留对称的风洞，后墙还需留一个排气孔，冬季床面要有保温措施，一般可在床面上覆盖双层薄膜，两膜间隔10~15厘米，薄膜上再加盖草席。夏季需搭简易凉棚遮阳防雨，在饵料上盖湿草，厚度10~15厘米，以避免水分大量挥发。

②沼渣饵料的配制。将从沼气池中捞出的沼渣沥干，摊开，让沼渣中的氨气和沼气逸出，然后将80%晾干的沼渣和20%的烂碎草、树叶及有机生活垃圾等拌匀上床堆放，其厚度为20~25厘米，湿度65%。

③蚓床管理。蚯蚓生活的适宜温度为15~30℃，低于12℃就停止繁殖，超过35℃就有热死的危险。因此，高温季节应注意洒水降温，冬季注意覆盖，增温保暖。一年中，4~5月是生长繁殖旺季，在适宜条件下，蚯蚓每隔7~8天产卵1次，每卵可孵出3~4条小蚓，幼蚓一般60~90天可成虫，4个月长成。

蚯蚓具有母子不愿同居的习性，所以要经常分堆，将大小蚯蚓分开饲养。

(3) 防止伤害。蚯蚓的天敌很多，如水蛭、蟾蜍、蛇、鼠、鸟、蚁、螨等。养殖床（地）要遮光，切忌强光直射，不要随意翻动养殖床，保持安静的环境，避免农药、工业废气（包括煤气）的污染。

**7. 沼肥种花** 花卉正在成为一项新兴的产业。种花养草不仅能改善生态、美化环境，还能陶冶人的情操。随着生活水平和文化素养的提高，盆栽花卉越来越受到人们的喜爱。

花卉品种繁多，其生长习性各不相同，由于人类对其雕琢过重，如易地栽培、变性育种、盆栽等，加大了培育难度，尤其是肥料，成了养花成败的关键之一。

花卉种植形式一般有露地栽培（庭院、花园、花辅）与盆栽，在肥料使用方面，主要有基肥、追肥两种。沼肥培育花卉优点很多：肥效平稳，养分完全，肥力持久，兼治病虫，比某些花卉专用肥有过之而无不及。

#### （1）露地栽培。

①基肥。提前半个月，结合整地，按每平方米施沼渣 2 千克，拌匀。若为穴植，视花卉大小，每穴 1~2 千克，覆土 10 厘米，然后栽植。名贵品种最好不放底肥，而改以疏松肥土垫穴，成活后根际抽槽施肥。

②追肥。应根据需要从严掌握，不同的花卉品种其需肥、吸肥能力不完全相同。因此，施用沼肥应有不同。生长较快花卉、草本花卉、观叶性花卉，可 1 月施用 1 次沼液，浓度为 3 份沼液 7 份清水；生长较慢的花卉、木本花卉、观花观果花卉，按其生育期要求，1 份沼液加 3 份清水追肥。穴施可在根梢处挖穴，采用沼液、沼渣混施，依花卉大小。可施 0.5~5 千克不等。

#### （2）盆栽。

①配制培养土。腐熟 3 个月以上的沼渣与风化较好的山土拌匀，比例为鲜沼渣 1 千克，山土 2 千克，或者干沼渣 1 千克，山土 9 千克。

②换盆。盆花栽植 1~3 年后，需换土扩钵，一般品种可用上法配制的培养土填充，名贵品种需另加少许山土降低沼肥含量。凡新植、换盆花卉，不见新叶不追肥（20~30 天）。

③追肥。盆栽花卉一般土少树大，营养不足，需要人工补充，但补的是不是时候，补多少，是盆栽花卉特别是阳台养花的关键。

茶花类（山茶为代表）要求追肥稀、少，即次数少，浓度稀，3~5月每月追施1次沼液，浓度为1份沼液加1~2份清水；季节花（月季花为代表）可1月追施1次沼肥，比例同上，至9~10月停止。

（3）注意事项。

①沼肥一定要充分腐熟，尤其是沼渣，可将新取沼渣用桶存放20~30天再用。

②沼液作追肥和叶面喷肥前，应敞2~3个小时。

③沼肥种盆花，应计算用量，切忌性急，过量施肥。

若施肥后，纷落老叶，视为浓度偏高，应及时水解或换土；若嫩叶边缘呈水渍状脱落，视为水肥中毒，应紧急脱盆换土，剪枝、遮阳养护。

## 附 录

附录一 各种能源热值及折标煤系数表 (参考)

能 源		平均单位发热量		折 标 煤	
名 称	单 位	千焦	千卡	系数	单 位
沼 气	米 <sup>3</sup>	20908	5000	0.714	千克标煤/米 <sup>3</sup>
薪 柴	千克	16726	4000	0.571	千克标煤/千克
树 叶	千克	14635	3500	0.500	千克标煤/千克
玉米秸	千克	15472	3700	0.529	千克标煤/千克
麦 秸	千克	14635	3500	0.500	千克标煤/千克
稻 秸	千克	12545	3000	0.429	千克标煤/千克
棉花、大豆秆	千克	15890	3800	0.543	千克标煤/千克
油料作物	千克	14635	3500	0.500	千克标煤/千克
蔗 叶	千克	13799	3300	0.471	千克标煤/千克
蔗 渣	千克	14635	3500	0.500	千克标煤/千克
青 草	千克	12545	3000	0.429	千克标煤/千克
荒草、牧草	千克	13799	3300	0.471	千克标煤/千克
水生作物	千克	12545	3000	0.429	千克标煤/千克
薯类作物	千克	12545	3000	0.429	千克标煤/千克

续表

能 源		平均单位发热量		折 标 煤	
名 称	单位	千焦	千卡	系数	单位
鸡 粪	千克	18817	4500	0.643	千克标煤/千克
羊、马类	千克	15472	3700	0.529	千克标煤/千克
猎 粪	千克	12545	3000	0.439	千克标煤/千克
牛 粪	千克	13799	3300	0.471	千克标煤/千克
人 粪	千克	18817	4500	0.643	千克标煤/千克
原 煤	千克	20908	5000	0.714	千克标煤/千克
焦 炭	千克	28435	6800	0.971	千克标煤/千克
原油、燃料油	千克	41816	10000	1.429	千克标煤/千克
汽油、煤油	千克	43070	10300	1.471	千克标煤/千克
柴 油	千克	42652	10200	1.457	千克标煤/千克
液化石油气	千克	50179	12000	1.714	千克标煤/千克
天然气	米 <sup>3</sup>	38931	9310	1.330	千克标煤/米 <sup>3</sup>
人工煤气	米 <sup>3</sup>	15000	3587	0.513	千克标煤/米 <sup>3</sup>
焦炉煤气	千克	17347	4150	0.593	千克标煤/千克
煤焦油	千克	33453	8000	1.1429	千克标煤/千克
电力（当量）	千瓦时	3596	860	0.123	千克标煤/千瓦时
电力（等价）	千瓦时	11826	2828	0.404	千克标煤/千瓦时

附录二 发酵原料的平均沼气产量（参考）

原 料		沼 气
名 称	单位（鲜料）	产气量（米 <sup>3</sup> ）
牛 粪	吨	45
猪 粪	吨	60
鸡 粪	吨	80
玉米青储饲料	吨	185
草料青储	吨	185
酒 糟	吨	175
土豆渣	吨	39
谷糖等	吨	45
甜菜叶	吨	70
甜菜根	吨	175
饲料残余	吨	87
葡萄榨渣	吨	260
水果榨渣	吨	265
废油脂	吨	230
过期食品	吨	265
食品场废水	吨	60
牛场废水	吨	25
猪场废水	吨	28

附录三 新能源技术节标煤量计算表

名 称	年节煤量
户用沼气池	0.63 吨/户
大中型沼气工程	0.17 吨/米 <sup>3</sup> 池容
秸秆气化集中供气	1.50 吨/户
太阳能热水器	0.13 吨/米 <sup>2</sup>
被动式太阳房	0.01 吨/米 <sup>2</sup>
太 阳 灶	0.30 吨/台
太阳能光电	0.383 吨/兆瓦
温室大棚	12.00 吨/亩
太阳能畜禽舍	0.01 吨/米 <sup>2</sup>
地热采暖	0.01 吨/米 <sup>2</sup>
地热种植、养殖	259.50 吨/公顷
小型风力发电	0.40 吨/千瓦
省柴节煤炉灶	0.20 吨/台
节 能 炕	0.06 吨/铺

#### 附录四 常用计量单位换算

##### (1) 长度

1 千米 (公里) = 2 市里 = 0.621 英里 = 0.540 海里

1 米 = 3 市尺 = 3.3281 英尺

1 市里 = 0.500 千米 = 0.311 英里 = 0.270 海里

1 市尺 = 0.333 米 = 1.094 英尺

1 英里 = 1.609 千米 = 3.219 市里 = 0.868 海里

1 英尺 = 0.305 米 = 0.914 市尺

1 海里 = 1.852 千米 = 3.704 市里 = 1.151 英里

##### (2) 面积

1 公顷 = 15 市亩 = 2.471 英亩

1 市亩 = 6.667 公亩 = 0.165 英亩

1 市亩 = 60 平方丈 = 666.7 米<sup>2</sup>

1 英亩 = 0.405 公顷 = 6.070 市亩

##### (3) 重量

1 千克 = 2 市斤 = 2.205 磅

##### (4) 容量

1 升 (公制) = 1 市升 = 0.220 加仑 (英制)

1 加仑 (英制) = 4.456 升 = 4.456 市升

---

---

## 参 考 文 献

王革华. 农村能源基础知识. 北京: 中国农业大学出版社, 1999.

周孟津. 沼气生产利用技术. 北京: 中国农业大学出版社, 1999.

周孟津, 张榕林, 蔺金印. 沼气实用技术. 北京: 化学工业出版社, 2004.

白廷弼. 新型家用水压式沼气池. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1990.

农业部环境能源司. 北方农村能源生态模式. 北京: 中国农业出版社, 1995.

白金明. 沼气综合利用. 北京: 中国农业科技出版社, 2002.

农业部环境能源司, 中国农业出版社编绘. 生态家园进农家. 北京: 中国农业出版社, 2001.

农业部环境能源司, 中国农业出版社编绘. 沼气用户手册. 北京: 中国农业出版社, 2002.

农业部环境能源司, 中国农学会. 农村沼气技术挂图. 北京: 中国农业出版社, 2003.

苑瑞华. 沼气生态农业技术. 北京: 中国农业出版社, 2001.

邱凌. 沼气与庭园生态农业. 北京: 经济管理出版社, 1997.

邱凌. 农家沼气综合利用技术. 西安: 西北大学出版社, 1997.

中华人民共和国国家标准. GB/T4750 - 2002. 户用沼气池

标准图集. 北京: 中国标准出版社, 2002.

中华人民共和国国家标准. GB/T4751 - 2002. 户用沼气池质量检查验收规范. 北京: 中国标准出版社, 2002.

中华人民共和国国家标准. GB/T4752 - 2002. 户用沼气池施工操作规程. 北京: 中国标准出版社, 2002.

中华人民共和国国家标准. GB9958 - 88. 农村家用沼气发酵工艺与规程. 北京: 中国标准出版社, 1998.

中华人民共和国国家标准. GB7636 - 87. 农村家用沼气管路设计规程. 北京: 中国标准出版社, 1987.

中华人民共和国国家标准. GB7637 - 87. 农村家用沼气管路施工安装操作规程. 北京: 中国标准出版社, 1987.

中华人民共和国农业部行业标准. NY/T466 - 2001. 户用农村能源生态工程北方模式设计施工与使用规范. 北京: 中国标准出版社, 2001.