

沼气——大中型沼气工程设计

2008/9/20

兰州市生物和医药科技产业办公室 主办
客服电话：0931-8266411
Email: bec@bioenergy.cn
Copyright © 2005-2008 中国生物能源网

目 录

(一) 沼气工程工艺设计原则	2
(二) 沼气工程工艺设计的主要内容	2
1. 明确工程最终目标	2
2. 工程设计注意事项	3
3. 工程设计内容	3
(三) 沼气净化系统	9
1. 沼气净化工艺流程	9
2. 沼气脱水原理与方法	9
3. 沼气脱硫	10
(四) 贮气罐设计	15
1. 设计原则	15
2. 贮气罐设计	16
(五) 输气系统的设计	21
1. 压力降组成	21
2. 沼气输气管网设计的基本内容	21
3. 沼气集中供气输配管网系统	22
(六) 发酵消化器的设计	24
1. 消化器的设计要求	24
2. 消化器设计主要参考内容	25
3. 厌氧消化器设计关键参数	26
4. 厌氧消化器设计时需注意的问题	28
5. 厌氧消化器排泥管道设计要点	28
6. 消化器的保温设计	29

大中型沼气工程设计

（一）沼气工程工艺设计原则

首先，沼气工程的工艺设计应根据沼气工程规划年限、工程规模和建设目标，选择投资省、占地少、工期短、运行温度、操作简便的工艺路线。做到技术先进、经济合理、安全实用。沼气工程工艺设计中的工艺流程、构（建）筑物、主要设备、设施等应能最大限度地满足生产和使用需要，以保证沼气工程功能的实现。

其次，工艺设计应在不断总结生产实践经验和吸收科研成果的基础上，积极采用经过实践证明行之有效的新技术、新工艺、新材料和新设备。

再次，在经济合理的原则下，对经常操作且稳定性要求较高的设备、管道及监控系统，应尽可能采用机械化、自动化控制，以方便运行管理，降低劳动强度。

最后，工艺设计要充分考虑邻近区域内的污泥处置及污水综合利用系统，充分利用附近的农田，同时要与邻近区域的给水、排水和雨水的收集、排放系统及供电、供气系统相协调。工艺设计还要考虑因某些突发事故而造成沼气工程停运时所需采用的措施。

（二）沼气工程工艺设计的主要内容

沼气工程工艺主要包括发酵原料的收集、前（预）处理、沼气生产、沼气净化、储存、输配与利用及沼渣与沼液的综合利用（或进一步深度处理达标）等。

主要设计内容有：整体工艺技术方案的选择、确定及设计；各个处理单元的工艺技术参数的选择与确定；全系统的物料及能量的变化和平衡计算；各构筑物、建筑物、设施及设备单元的工艺设计。同时设计文件还应包括工艺设计总说明、工艺平面布置图，工艺纵向流程图、各处理构（建）筑物及设备的工艺条件图等。

1. 明确工程最终目标

为规模化畜禽场、屠宰场和食品加工厂的酒精厂、淀粉厂、柠檬酸厂等设计沼气工程，首先要明确工程最终达到的目标。最终目标基本上有三种类型：一是以生产沼气和利用沼气为目标；二是以达到环境保护要求，排水负荷国家规定的标准为目标；三是

前两个目标的结合，对沼气、沼渣和沼液进行综合利用实现生态环境建设。工程达到的最终目标，要由厂方提出，或者由设计方根据原料来源的具体情况，给厂方提出参考意见，确定工程最终目标。

2. 工程设计注意事项

工程设计涉及国家或集体的投资，一项工程的寿命至少定为 15~20 年，所以原料供应要相对稳定，尤其是以畜禽场粪污为原料的大中型沼气工程。出售肉猪容易受到市场价格的起落而转向经营，更要注意粪便原料的相对稳定。

必须重视沼气、沼渣和沼液的综合利用。以环保达标排放为目标的大中型沼气工程，因为是以环保效益和社会效益为主，因此，只有对沼气、沼渣和沼液进行综合利用，才能增大工程的经济效益。

在工程设计中，单一追求高指标，忽略了工程总体技术的可靠性、操作简单、运行费用低这三个方面，可能会使工程半途夭折，终止运行，因此工程设计必须把追求高指标与实用性二者相结合。

3. 工程设计内容

(1) 工程设计依据和内容工程建设的批复文件、国家对资源综合利用方面的优惠政策、国家对工程建设项目的相关规定、工程设计的技术依托单位等，都是工程设计的具体依据，需要明确。

工程设计项目必须符合国家或部门规定的相关条款要求，还要根据场地和原料来源等具体情况，进行全面综合设计。

不论情况如何变化，共性的设计内容应该包括：工程选址和总体布置设计、工艺流程设计、前处理工艺段设备选型与构筑物的设计、厌氧消化器结构形式的设计、后处理工艺段设备选型与构筑物设计、储气罐设计、沼气输气管网设计及安全防火篇章等。

(2) 总体布局设计。总体布置需要在满足工艺参数要求的同时，与周围的环境相协调，选用设备装置及构筑物平面布局与管路走向合理，并要符合防火相关条款规定。若以粪便为原料来源，在条件允许的前提下，还要考虑养殖场生产规模扩展的可能性。

(3) 沼气工程预处理系统设计的主要内容

一般预处理系统包括粗格栅或水力筛、沉砂池、调节（酸化）池、营养盐和 pH 调控系统。

格栅和沉砂池的目的是去除粗大固体物和无机的可沉降固体。为了使各种类型厌氧

消化器的布水管免于堵塞，格栅和沉砂池是必需的。当污水中含有沙砾等不可生物降解的固体时，必须考虑并设计性能良好的沉砂池，因为不可生物降解的固体在厌氧消化器内的积累会占据大量的池容，反应器池容的不断减少将使厌氧消化系统的效率不断降低，直至完全失效。

由于厌氧反应对水质、水量的冲击负荷较为敏感，所以对工业有机废水处理的设计，应考虑适当尺寸的调节池以调节水质、水量，为厌氧反应稳定运行提供保障。

调节池的主要作用是均质和均量，还可考虑兼有沉淀、混合、加药、中和和预酸化等功能。如果在调节池中考虑沉淀作用时，其容积设计应扣除沉淀区的体积；根据颗粒化和 pH 调节的要求，当废水碱度和营养盐不够而需要补充碱度和营养盐（N、P）等时，可采用计量泵自动投加酸、碱和药剂，并通过调节池中的水力或机械搅拌以达中和作用。

酸化池或两相系统主要作用是去除和改变对厌氧过程有抑制作用的物质并改善生物反应条件和可生化性，这也是厌氧预处理的主要手段之一。

在发酵原料仅为溶解性废水时，一般不需考虑酸化作用。对于复杂废水，可在调节池中取得一定程度的酸化，但是完全的酸化是没有必要的，甚至是有害的，这是因为达到完全酸化后，污水 pH 值会下降，需采用投药调整 pH 值，另外有证据表明完全酸化对 UASB 反应器的颗粒化过程有不良的影响。

（4）工艺流程设计

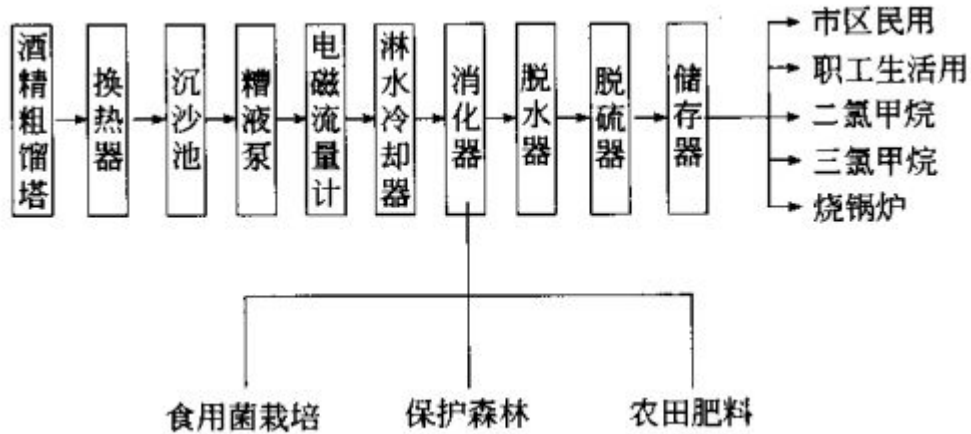
设计工艺流程是工程项目设计的核心，不仅要结合建设单位的资金投入情况、管理人员的技术水平、所处理物料的水质水量情况，还要采用切实可行的先进技术，最终实现工程的处理目标。

工艺流程要经过反复比较，确定最佳的适用的工艺流程。

大中型沼气的工艺流程，概括来讲，包括原料的预处理、沼气发酵、后处理等几部分。

①液体酒糟沼气发酵工艺

液体酒糟高温发酵工艺，是利用从酒精蒸馏塔排出具有 80~90℃ 的糟液，通过沉砂池将酒糟中砂粒和碎石沉淀分离，并进行适当的冷却。沼气发酵温度一般控制在 53~56℃，所以要将高温糟液先冷却到 60℃，在进入消化器发酵。以某酒精厂的沼气工程为例，沼气发酵工艺流程如下图所示。

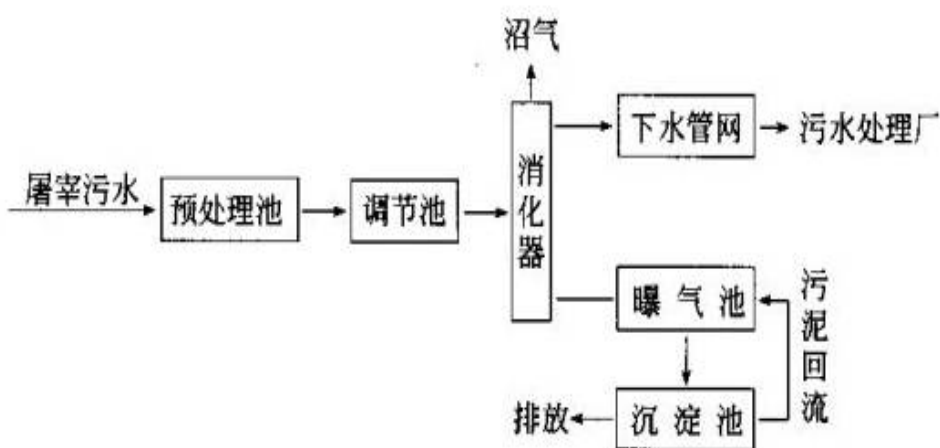


某酒精总厂沼气发酵工艺流程示意图

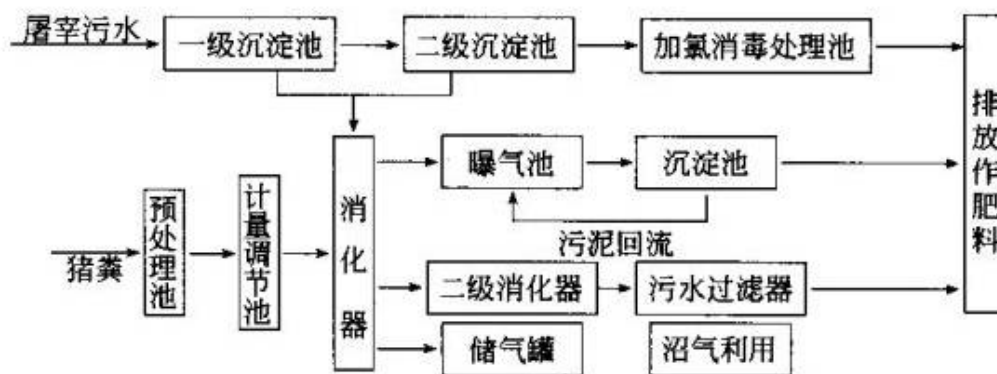
糟液进料浓度为 COD_c 50000mg/L，厌氧处理后，排放浓度为 COD_c 8000mg/L，去除率为 84%；BOD（即原料中的有机物含量用生物耗氧量来表示）由 25000mg/L 降至 2300mg/L，去除率 90.8%；pH 由 4.2 升至 7.2~7.5；悬浮物由 20000mg/L 降至 700mg/L，去除率 96.5%。

糟液发酵产沼气，在启动消化器进行接种时，要调节料液 pH 值。待启动运转正常后，经冷却后的糟液方可按规定投料量直接进入消化器，发酵过程中可通过控制投料量及污泥回流来调节 pH 值，应保持消化料液的 pH 值在 7 左右。

② 屠宰污水与猪粪二级沼气发酵工艺



图一：屠宰污水、猪粪沼气发酵工艺流程

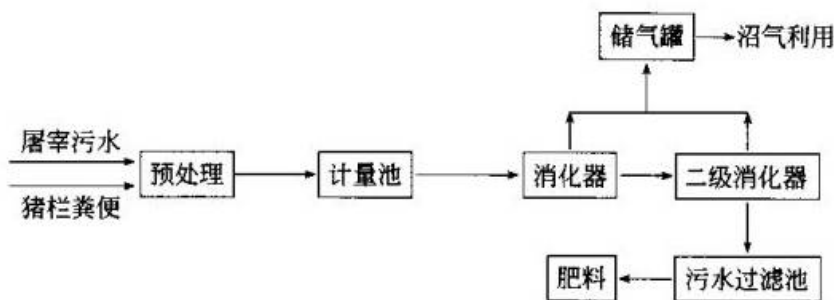


图二：屠宰污水、猪粪二级沼气发酵工艺流程方案

屠宰污水经两级沉淀后加氯处理效果良好。屠宰污水与猪栏的粪便在预处理池，通过格栅除去杂物后，用泵从计量调节池送入消化器，进行常温发酵。先在第一级消化器发酵后又进入第二级消化器（第一级和第二级消化器是两个单独装置串联起来进行厌氧发酵）再发酵，使有机物更好地为沼气微生物代谢分解，减少对环境的污染。经发酵后的污水通过滤池里的细沙石滤层，可进一步减少寄生虫卵与 COD_c 值，达到较好的卫生环境效果。其工艺流程如图一和图二所示。

只用屠宰污水为原料进行沼气发酵和曝气处理工艺如下图所示。

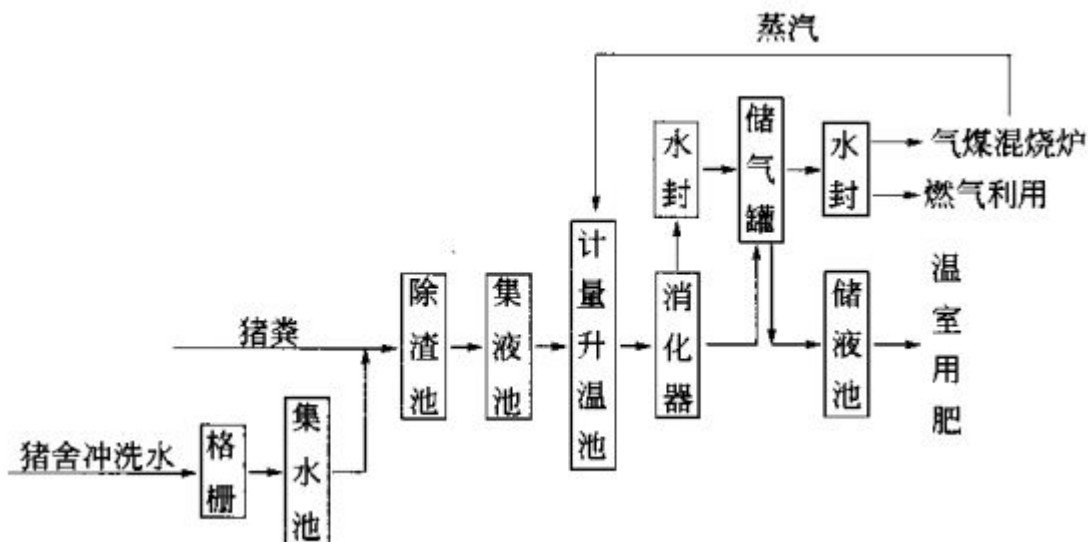
屠宰污水在处理池除去碎皮、烂毛、毛屑类难消化物后，进入调节池调节料液浓度和 pH 值，然后进入消化器进行常温消化。厌氧消化器处理的污水分成两路再处理，经厌氧消化后的污水，可以采用曝气（好氧）处理并沉淀后排放；沉淀池沉淀的污泥回到曝气池中被利用，最终达到排放标准。



屠宰污水沼气发酵工艺流程

③中温发酵处理畜禽粪污水工程

中温发酵处理猪粪污水工艺流程如下图所示：



中温发酵处理猪粪污水工艺流程示意

该工艺是针对规模化养殖场猪粪污水处理提出的工艺流程。猪舍粪污及冲洗流经格栅、集水池，再经潜污泵送到出渣池。猪舍鲜粪用小车运到出渣池，除杂后的料液经过前处理、计量升温后泵入消化器。消化液流经储气罐作为封后，再流进储液池，可供温室作肥用。由消化器产生的沼气，先经水封罐再进到储气罐。沼气的一部分与煤混烧，产生蒸汽用于料液升温；另一部分沼气可作其他燃料。

在北方的沼气工程设计中，要特别注意室外装置和管网的保温处中温发酵处理牛粪污水，如下图所示。这是正对规模化养牛场排放的牛粪污水处理提出的工艺流程。牛舍粪污及冲洗水流经格栅至集水池，再经潜污泵送到除渣机，把牛粪稀释后，经除渣机除去杂物，再经前处理计量升温后泵入消化器。消化溢流液先经储气罐作水封后流进沉淀池，其上清液经过调质处理作为液体肥料自用或进入市场；沉淀后稠液经固液分离机后，对其成分进行调质处理，制成有机肥。由消化器产生的沼气，其中一部分与煤混烧，获得蒸汽用于料液升温，另一部分沼气可作其他燃料用。

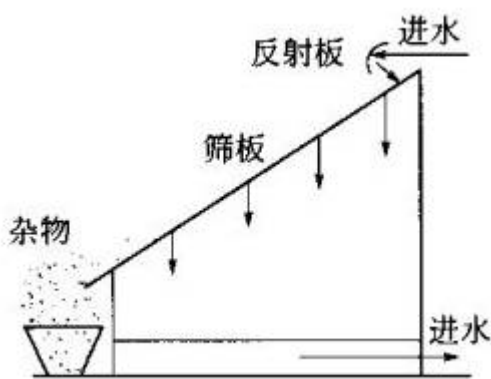
(5) 装置的造型与设置

大中型沼气工程工艺流程可分为三个阶段：预处理阶段、中间阶段和后处理阶段。料液进入消化器之前为原料的预处理阶段，主要是除去原料中的杂物和砂粒，并调节料液的浓度。如果是中温发酵，还需要对料液升温。原料经过预处理使之满足发酵条件要求，减少消化器内的浮渣和沉沙。料液进入消化器进行厌氧发酵，消化掉有机物生产沼气的中间阶段。从消化器排出的消化液要经过沉淀或固液分离，以便对沼渣进行综合利用，此为后处理阶段。由于原料不同、运行工艺不同，因此，每个阶段所需要的构筑物 and 选用的通用设备也各有不同。

大中型沼气工程所选用或设计装置与构筑物必须满足发酵工艺要求，最终达到总体设计目标。

在满足料液悬浮物沉淀或者分离，实现事先预计的消化负荷和 COD_c ，去除率的前提下，结合原料水质水量的具体情况，参照相关的设计规范和同类运行的工程实例，来设计本工程的装置结构或选用标准设备。

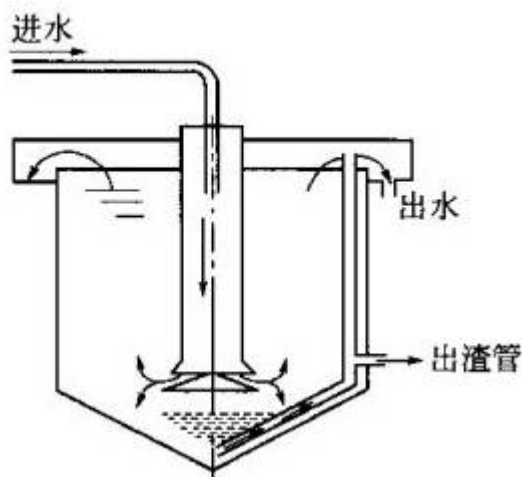
规模化养猪场粪便污水的预处理阶段，需要选用格栅及除杂物的分离设施。格栅可在环保工程设计手册上选用适宜的型号。杂物分离设施可选用斜板振动筛（如下图所示）或振动挤压分离机等。



水力斜板振动筛

固液分离是把原料中的杂物或大颗粒的固体分离出来，以便使原料废水适应潜水污水泵和消化器的运行要求。

淀粉厂的废水前处理设施，可选用真空过滤、压力过滤、离心脱水和水力筛网等设施，也有选用沉淀池（罐）等设施，如下图所示。



沉淀池（竖沉罐）

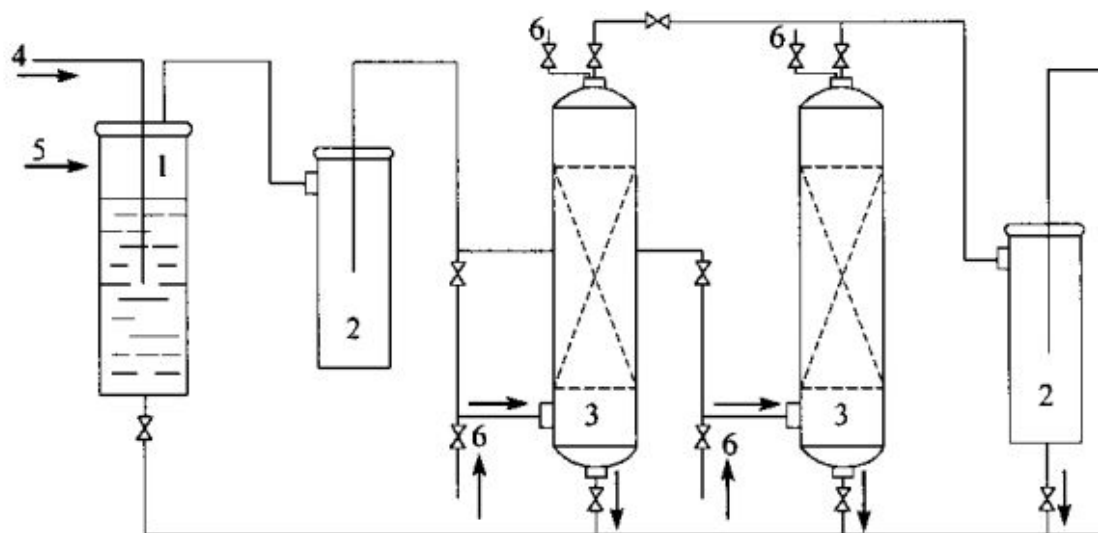
以玉米为原料的酒精厂废水前处理，可选用真空吸滤机、板框压滤机、锥篮分离机和卧式螺旋离心分离机等；以薯干为原料的酒精厂废水前处理先经过沉沙池再进入卧式螺旋离心机。

后处理阶段。以环保为目标的工程，后处理装置是好氧处理设施；以能源环保相结合为目标的工程，消化液后处理包括固液分离机和沼渣干燥、成分调包和包装设施、沼液浓缩、成分调配等设施。

（三）沼气净化系统

1. 沼气净化工艺流程

沼气作为一种能源在使用前必须经过净化，使沼气的质量达到标准要求。沼气的净化一般包括沼气的脱水、脱硫及脱二氧化碳。下图为沼气净化工艺流程。



沼气净化工艺流程

1-水封；2-气水分离器；3-脱硫塔；4-沼气入口；5-自来水入口；6-再生同期放散阀

2. 沼气脱水原理与方法

从发酵装置出来的沼气含有饱和水蒸气，可用两种方法将沼气中的水分去除。

(1) 对高、中温厌氧反应生成的沼气温度应进行适当降温，通过重力法，即常用沼气气水分离器的方法，将沼气中的部分水蒸气脱除。

(2) 在输送沼气管路的最低点设置凝水器。脱水装置为了使沼气的气液两相达到工艺指标的分离要求，常在塔内安装水平及竖直滤网，当沼气以一定的压力从装置上部以切线方式进入后，沼气在离心力作用下进行旋转，然后依次经过水平滤网及竖直滤网，

促使沼气中的水蒸气与沼气分离，水滴沿内壁向下流动，积存于装置底部并定期排除。这种凝水器分为人工手动和自动排水两种。

沼气中水分宜采用重力法脱硫，采用重力法时，沼气气水分离器空塔流速宜为 0.21~0.23m/s。对日产气量大于 10000 m^3 的沼气工程，可采用冷分离法、固体吸附法、溶剂吸收法等脱水工艺处理。沼气气水分离器按以下原则设计：

- ①进入分离器的沼气体积应按平均日产气量计算；
- ②分离器内的沼气供应压力应大于 2000Pa；
- ③分离器的压力损失应小于 100Pa；
- ④沼气气水分离器的入口管内流速宜为 15m/s，沼气出口管内流速宜为 10m/s；
- ⑤沼气进口管应设置在筒体的切线方向；沼气气水分离器下部应设有积液包和排污管；
- ⑥沼气气水分离器内宜装入填料，填料可选用不锈钢丝网，紫铜丝网，聚乙烯丝网，聚四氟乙烯丝网或陶瓷拉西环等；
- ⑦沼气管道的最低点必须设置沼气凝水器，定期或自动排放管道中的冷凝水。沼气凝水器直径宜为进气管的 3.0~5.0 倍，高度宜为直径的 1.5~2.0 倍。

3. 沼气脱硫

(1) 沼气成分的生理特性

可以从生理效应来分析沼气成分对人或牲畜的危害程度。生理反应是指一定量(浓度)的气体，在一定的时间内，对人(或重 68kg 的动物)所产生的生理反应。对于体重轻的动物反应较快，重的动物则反应较慢。

国家标准卫生标准规定： H_2S 气体含量在居民区的空气中不得超过 0.00001mg/L；在工厂车间不得超过 0.01mg/L；在城市煤气中不得超过 0.02mg/L。因为当 H_2S 含量达 1.2~2.8mg/L 时，可使人立即致死；在 0.6mg/L 时，在 0.5~1h 内致人死亡。

沼气中各种成分的生理特性见下表。由表中可见，其中大多数仅是一些窒息性气体，而 H_2S 气体是有毒性的。从各种处理厂沼气中 H_2S 的含量来看，按如下顺序排列：

粪便处理厂沼气中含有 7.56~7.59mg/L；

屠宰场沼气中含有 1.7~1.96mg/L；

畜禽厂沼气中含量有 1.22~1.79mg/L；

酒厂沼气中含有 0.96~1.15mg/L。

对于制酒行业，要注意在制酒发酵过程中是否添加了硫酸铵。有的由于添了大量的硫酸铵，使沼气中 H_2S 的含量高达 11.38g/ m^3 之多，其含量比不添加之前增长 11 倍之多。上述说明必须设法除去沼气中的 H_2S 有毒气体，以达到国家标准的要求。

沼气成分的生理特性

气体成分	浓度/ (mg/L)	暴露时间/h	人的生理反应
CH_4	0.5	-	窒息、头痛、非中毒
CO	0.02	-	安全
	0.03	-	气喘
	0.04	-	昏昏欲睡、头痛
	0.06	0.5	呼吸困难、窒息
	0.3	0.5	可能致命
H_2S	0.001	数小时	刺激眼
	0.002	1	头痛、眩晕
	0.005	0.5	恶心、兴奋、失眠
	0.01	-	失去知觉、致死

H_2S 气体腐蚀性很强。有过量空气时， H_2S 可燃烧生成 SO_2 ，在有水蒸气的环境中，就变成硫酸 (H_2SO_4)，具有强烈腐蚀性。在不同的浓度下，硫酸的露点在 90~160℃ 之间。硫酸接触到金属（特别有色金属）就会使其受到腐蚀（例如沼气发动机的轴承和一些配合表面），也会使发动机的润滑油变质，从而加快发动机磨损。

(2) 大中型沼气工程脱硫的特点

① 沼气中硫化氢的浓度受发酵原料或发酵工艺的影响很大，原料不同则沼气中硫化氢含量变化也很大，一般在 0.5~14g/ m^3 ，其中以糖蜜、酒精废水发酵后，沼气中的硫化氢含量为最高。

② 沼气中的二氧化碳含量一般在 35%~40%，而人工煤气中的二氧化碳只占总量的 2%，由于二氧化碳为酸性气体，它的存在对脱硫不利。

③ 一般沼气工程的规模较小，产气压力较低，因此在选择脱硫方法时，应尽量便于

日常运行管理。所以在现有的大中型沼气工程中，多采用以氧化铁为脱硫剂的干法脱硫，很少采用湿法脱硫。但近年来某些工程也开始试用生物法脱硫。

(3) 氧化铁法脱硫

干法脱硫中最为常见的方法为氧化铁脱硫法。它是在常温下沼气通过脱硫剂床层，沼气中的 H_2S 与活性氧化铁接触，生成硫化铁和硫化亚铁，然后含有硫化物的脱硫剂与空气中的氧接触，当有水存在时，铁的硫化物又转化为氧化铁和单体硫。这种脱硫再生过程可循环进行多次，直至氧化铁脱硫剂表面的大部分孔隙被硫或其他杂质覆盖而失去活性为止。一旦脱硫剂失去活性，则需要将脱硫剂从塔内卸出，摊晒在空地上，然后均匀地在脱硫剂上喷洒少量稀氨水，利用空气中的氧，进行自然再生。

干法脱硫装置宜设置两套，一备一用。

脱硫罐（塔）体床层应根据脱硫量设计为单床层、双床层或多床层。沼气干法脱硫装置宜在地上架空布置，在寒冷地区脱硫装置应设在室内，在南方地区可设置在室外，脱硫剂的反应温度应控制在生产厂家提供的最佳温度范围内，一般当沼气温度的低于 10°C 时，脱硫塔应有保温防冻和增温措施，当沼气的温度大于 35°C 时，应对沼气进行降温。脱硫装置进出气管可采用上进下出或下进上出方式。脱硫装置底部应设置排污阀门和沼气安全泄压等设备。

大型沼气干法脱硫装置，应设置机械设备装卸脱硫剂。氧化铁脱硫剂的更换时间应根据脱硫剂的活性和装填量、沼气中硫化氢含量和沼气处理量来确定。脱硫剂宜在空气中再生，再生温度宜控制在 70°C 以下，利用碱液或氨水将 pH 调整为 $8\sim 9$ ，氧化铁法脱硫剂的用量不应小于下式的计算值：

$$V = \frac{1673\sqrt{C_s}}{f\rho}$$

式中 V ——每小时 1000 m^3 沼气所需脱硫剂的容积， m^3 ；

C_s ——气体中硫化氢含量，%；

f ——脱硫剂中活性氧化铁含量，%；

ρ ——脱硫剂的密度， t/m^3 。

沼气通过粉状脱硫剂的线速度宜控制在 $7\sim 11\text{mm}/\text{s}$ ；沼气通过颗粒状脱硫剂的线速度宜控制在 $20\sim 25\text{mm}/\text{s}$ 。

氧化铁脱硫剂的装置高度按下列原则确定：

①颗粒状脱硫剂装填高度以 1~1.4m 为宜，当脱硫装置床层高度过高时，应采用分层装填，每层脱硫剂厚度以 1m 为宜；

②粉状脱硫剂宜采用分层装填，每层脱硫剂高度以 300~500mm 为宜。

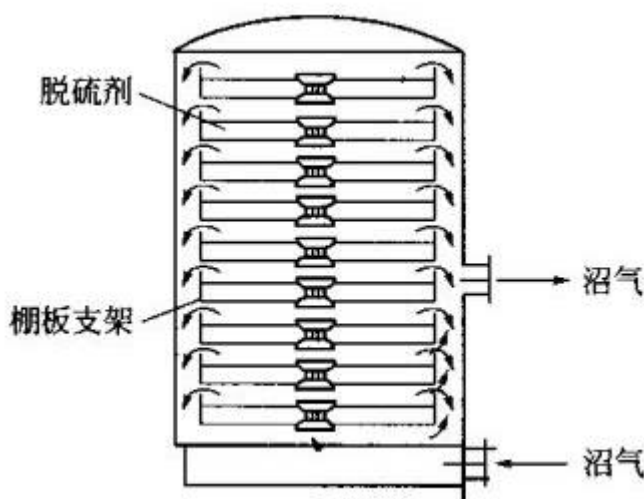
脱硫塔内装有中央圆孔的吊筐。叠置起来的吊筐在净化塔中心形成的圆柱形沼气通道，如图一上箭头表示的方向。

沼气由塔底进入中心通道，并均匀分布进入各个吊筐中，通过脱硫剂层后进入吊筐与塔壁形成的空隙内，而由塔侧壁排出。气体以正常的速度通过脱硫剂时，每米厚脱硫剂的阻力为 125~255mm H_2O 。

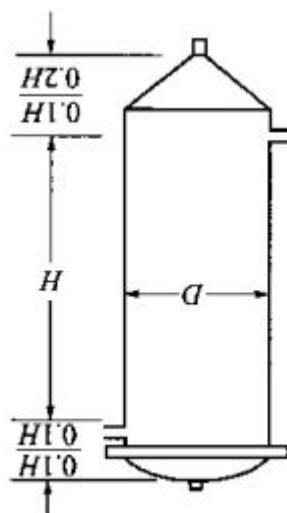
沼气与脱硫剂接触时间，一般取 50~300s。脱硫后沼气中含硫化氢量应降低到 10~20mg/ m^3 。脱硫器的直径 D，一般按 $H/D=2\sim3$ 选取，其他尺寸按图二标注尺寸关系计算。脱硫剂宜分层填装，要求再生或更换方便。

连续干法脱硫器，一般采用三个脱硫塔串联工作，如图三所示。颗粒状脱硫剂时相互转换使用，新鲜脱硫剂首先装入第 3 塔，然后由第 3 塔排出，经过活化萃取后，依次再装入第 2 塔和第 1 塔。

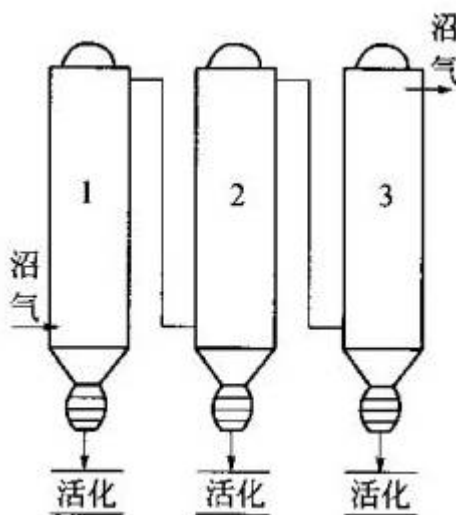
脱硫剂从第 1 塔排出，再采用过氯乙烯萃取脱硫剂中的硫元素，将处理过的脱硫剂转换到第 2 塔循环使用。装置中约 80%的脱硫剂要经过萃取，各塔内脱硫剂经过活化、萃取、过筛后损失掉一部分，只能用新鲜脱硫剂来补充。



图一：塔式干法脱硫装置示意图



图二：脱硫器尺寸 D-脱硫器直径；H-脱硫器工作高度



图三：连续干法脱硫

连续脱硫装置节约了脱硫的处理费用，并实现工艺过程的连续性。当脱硫器出口沼气中 H_2S 含量超过使用要求指标时，即使脱硫剂中硫化铁含量未达 30%，也应进行脱硫剂的再生。再生过程要控制好床层温度，一般为 30~70℃，最高不能超过 90℃。

对于吸附硫量较小的情况，一般采用空气再生，当床层温度升高过快时，则调节空气进气阀来控制温度。对于含硫量高的情况，则要采取强制通气再生。

再生过程所需时间取决于吸硫量的多少，吸硫量多，再生过程长；否则再生过程短。再生一般为 2~3 次。待床层温度不在上升，而进口和空气中的含氧量基本相等时，则表明再生过程结束。

(4) 湿法脱硫

目前湿法烟气脱硫被认为是最成熟、控制 SO_2 最行之有效的途径。

所谓湿法烟气脱硫，特点是脱硫系统位于烟道的末端，除尘器之后，脱硫过程的反应温度低于露点，所以脱硫后的烟气需要再加热才能排出。由于是气液反应，其脱硫反应速度快、效率高、脱硫剂利用率高，如用石灰做脱硫剂时，当 $Ca/S=1$ 时，即可达到 90% 的脱硫率。

沼气湿法脱硫宜采用氧化再生法，并应采用硫容量大、副反应小、再生性能好、无毒和原料来源比较方便的脱硫液。但是，湿法烟气脱硫存在废水处理问题，除投资大，运行费用也较高。

沼气脱硫方案设计应根据沼气中硫化氢含量和要求去除的程度，做技术经济分析后确定。沼气中硫化氢含量可按下列方法确定：

- ①通过小型试验生产沼气，测量其中硫化氢含量；
- ②参照类似工程沼气中的硫化氢含量。下表为几种常用原料发酵生产的沼气中硫化氢含量。

几种常用原料生产的沼气硫化氢含量

生产废水行业	屠宰废水 猪场粪水 牛场粪水	鸡粪废水	酒精厂废醪 城粪污水 柠檬酸厂废水
沼气中硫化氢含量/ (g/m^3)	0.5~2	2~5	5~18

(四) 贮气罐设计

1. 设计原则

沼气贮气罐分为低压贮气罐和高压贮气罐。因为我国目前建造和使用低压贮气罐的技术是成熟的，运行可靠，管理方便，并具有输送沼气所需的压力，而高压贮气罐对材质、密封要求较高，成本较大，所以在现有工程中通常采用低压贮气罐。

低压贮气可采用湿式贮气罐或干湿贮气罐贮气。

低压湿式贮气罐由水槽、贮气钟罩、塔节以及升降导向装置所组成，其贮气钟罩可采用直立升降式或螺旋升降式。

低压湿式贮气罐宜按以下原则设计：

- ①低压湿式贮气罐水封池布置宜采用地下式，也可采用半地下式或地下式布置，其

结构宜采用钢筋混凝土结构或钢结构，寒冷地区水封池应有防冻措施；

②贮气罐钟罩与水封池内壁的间距应不小于 400mm；

③钟罩宜采用钢结构，对容积小于 300 立方米的低压湿式贮气罐钟罩，也可采用钢筋混凝土结构；

④贮气罐应设置进气管、出气管、自动放空管、上水管、排水管及溢流管；当贮气罐连接有沼气加压装置时，贮气罐应设置低位限位报警和自动停止加压联锁装置；导轨、导轮应能保证贮气罐钟罩平稳升降；

⑤低压湿式贮气罐应设贮气量指示器；

⑥低压湿式贮气罐应有防雷接地设施，其接地电阻应小于 10Ω 。

低压湿式贮气罐贮气气压宜设计为 2000~5000Pa。当有特殊要求时，也可设置为 6000~8000Pa。低压湿式贮气罐气压力由重块调整。

低压干式贮气罐可用抗紫外线、抗老化、阻燃的强力柔性织物制作贮气袋作为独立气罐存沼气，也可安装在沼液池上方建成一体化气罐，贮存来自厌氧罐的沼气及沼液池内二次发酵的沼气。气袋现在多由红泥塑料等柔性塑料薄膜压接成型。一体化干式低压气罐时内部设有活塞的圆筒形或多边形立式气罐。活塞直径约等于外筒内径，其间隙靠稀油或干油气密填封，也可采用润滑油密封或橡胶夹布密封干式贮气罐。气罐随贮气量增减，活塞上下移动。

干式低压气罐的基础费用低，占地少，运行管理和维修方便，维修费用低，无大量污水产生，气压稳定，寿命可达 30 年之久。大容量干式气罐在技术与经济两方面均优于湿式气罐。

2. 贮气罐设计

在中大型沼气工程中，沼气储存是重要的组成部分。沼气站由于用气量的变化和产气量的波动，均会造成供气不均衡，要求配置沼气贮气罐进行调节。在产气量大于用气量时，将多余的沼气送入贮气罐；反之，则由贮气罐供气，以维持供需平衡。如果要确定贮气罐的容积，必须首先确定用气量。

(1) 居民用气量

影响居民用气量的因素很多，包括生活水平、生活习惯、灶具、气候等诸多因素。可按居民过去使用的燃料消耗量进行折算。

①采用用气量表示：

$$V = \frac{GQ_1\eta_1}{Q_2\eta_2}$$

式中 V——折算成用沼气的量（标准状态下）[$m^3 / (\text{人} \cdot \text{年})$];

G——过去使用燃料年消耗量[kg/（人·年）];

Q_1 ——过去使用燃料低热值（kJ/kg）;

η_1 ——炉灶热效率，一般为 12%~18%;

η_2 ——沼气灶热效率，为 55%;

Q_2 ——沼气低热值（标准状态下）(kJ/ m^3)。

②采用用热量表示:

$$H = \frac{GQ_1\eta_1}{\eta_2}$$

式中 H——折算成需要沼气的热值[kJ/（人·年）]。

我国几个城市居民用气定额如下表所示。

几个城市民用气定额

城市	用热量/[kJ×10 ⁴ /（人·年）]	用气量（标准状态下）/[$m^3 / (\text{人} \cdot \text{年})$] 热值为 20934kJ/ m^3
北京	272~305.6	130~146
上海	197~201	94~96
南京	205~218	98~104
大连	197~209	94~100
沈阳	201~218	96~104
哈尔滨	243~251	116~120
成都	2181~280	104~134
重庆	230~272	110~130

(2) 居民年用气量计算

年用气量可根据用气人数（或户数）与用气定额计算:

$$V_n = nV_r$$

式中 V_n ——居民年用气量（标准状态下） $[m^3 / (人 \cdot 年)]$ ；

n ——用气人数；

V_r ——用气定额（标准状态下） $[m^3 / (人 \cdot 年)]$ 。

(3) 单位时间沼气最大用气量

沼气输配管网中月、日、时都存在用气的不均匀性。沼气输配网的通过能力应该按高峰月平均小时用气量来计算确定，即：

$$G_T = K_{\max} \frac{V_a}{8760}$$

式中 G_T ——沼气输配管网小时通过气量（标准状态下） (m^3/h) ；

V_a ——年用气量（标准状态下） $[m^3 / (人 \cdot 年)]$ ；

K_{\max} ——月高峰不均匀系数， $K_{\max} = \frac{\text{高峰月平均日用气量}}{\text{全年平均日用气量}}$ 。

我国多数地区一、二月份用气量最大，最高峰月。在设计沼气站输配时，应考虑高峰月的用气量，一般取 K_{\max} 为 1.1~1.3。

乡镇沼气最大小时用气量的确定，关系到沼气输配管网的经济性和可靠性。最大小时用气量选择过高，就会增加输配管网的投资费用；反之，又会影响供气的可靠性。

(4) 储气罐的容量

储气罐的容量应按最大小时用气量来确定，还必须考虑工业用气量和民用用气量的比例。若用气量均匀的用户沼气耗量所占的比重大，则储气容积就小；如果居民用户所占比重大，同时又必须考虑节假日期间的用气高峰，所需的储气容积就大。工业和民用不同用气比例的参考储气量见小表所示。

工业和民用不同用气比例参考储气量 (%)

工业用气量占日用气量	民用用气量占日用气最	储气罐容积占计算月平均日用气量
50	50	40~45
>60	<40	30~40
<40	>60	50~60

根据运行经验表明，储气罐容积以日供气量的 50%~60%为宜，也可计算求的。

(5) 储气罐中沼气的压力。一般小型储气罐内的压力为 75~90mm H_2O ，大中型沼气工程储气罐内的压力为 200~350 mm H_2O 。这种压力是由储气罐浮罩的质量来提供，若浮罩太轻，则需要增加配重来提供正确的压力。

储气罐出口压力适当高一些好，能够保持灶前压力稳定，使灶具和燃用沼气的发动机处于较好状态下工作。储气罐出口压力如下式表示：

$$p_{out} = \frac{W_c}{S_c}$$

式中 p_{out} ——储气罐出口压力 (Pa)；

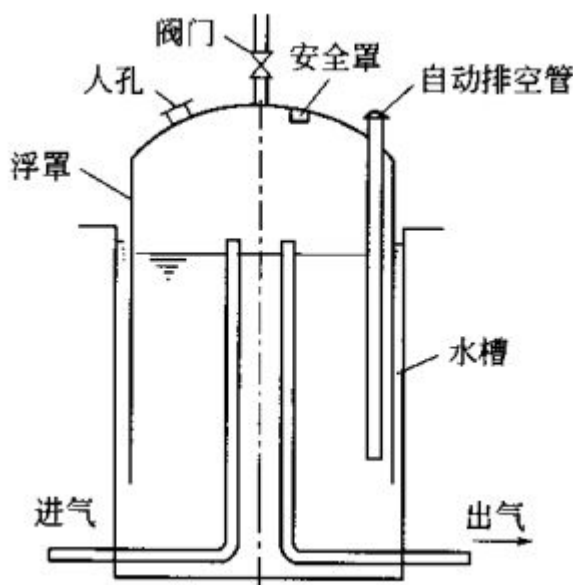
W_c ——浮罩质量 (kg)；

S_c ——浮罩水平截面积 (m^2)。

如果储气罐出口压力不符合计算压力要求值时，则应采取增加配重的方法来达到设计要求的出口压力。

(6) 沼气贮气罐的形式

①变容湿式低压贮气罐。钢制贮气浮罩，以导向轮沿纵向导轨在水槽内的水中上下浮动（如下图所示），为变容湿式贮气罐。由浮罩质量和配重提供一定沼气出口压力，压力一般为 150~350mm H_2O 。变容湿式贮气罐的优点是沼气压力比较稳定，有利于燃烧器燃烧；可靠性好。主要缺点是占地面积大，投资费用高。



变容湿式低压贮气罐

为了防止浮罩上升时倾斜，配重要逐个称重，分组组合，并将重量相等的一组对称布置，使浮罩在水中处于垂直稳定位置。

储气浮罩应设有高位、低位限位装置。

一般可在浮罩周围设置两根自动放空管，当浮罩上升到高位时，自动放空管的底部就离开水封面，沼气从放空管放出，防止浮罩内因储气过量而发生事故。

浮罩低位保护装置，是在浮罩内沼气出气立管上口处设置安全罩，当浮罩下降到最低位置时，安全罩即罩住出气立管上口，从而防止浮罩内被过量抽气而形成真空，造成浮罩顶部变形。

水槽内的水位高度要注意检查，防止因水封高度不足而造成沼气泄露。

在提高沼气出口压力时，应采用混凝土块或铸铁块来增加浮罩的配重量。

变容湿式储气罐的试验。

储气罐水槽进行注水试验，存水时间不少于 24h，检查水槽壁是否漏气。

浮罩充气，待浮罩升起后，压力计指示值应于储气罐设计压力相近。此时要用肥皂水涂抹壁板及顶盖焊缝，进行气密性试验，如有泄露随即补焊。

储气罐气密性试验合格后，打开盖顶中间阀门，使浮罩缓慢下降。

在上升和下降过程中要观察导轮与导轨接触情况，如互相配合不好，在二次升降前应加以调整。

用空气压缩机对储气罐进行 1~2 次快速升降，升降速度每分钟不超过 1.5m。

储气罐的浮罩升起后，如 U 形压力计指示压力与设计压力偏差过大，则应重新调整配重。

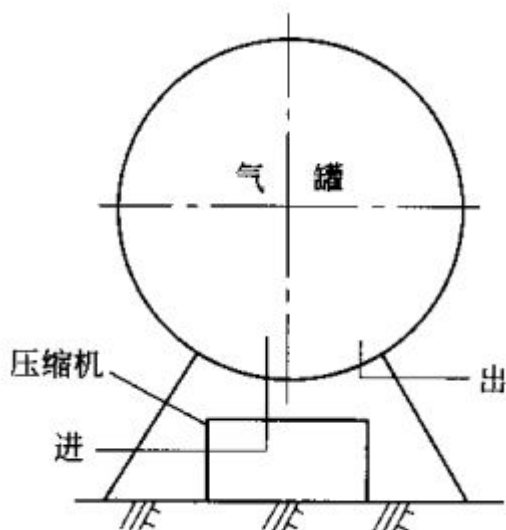
经过试验后，如所有焊缝及密封接口处均无泄漏、导轮无卡轨、无脱轨、升降机构未造成壁板变形、储气罐各部分无变形、安全限位装置动作准确，则认为储气罐试验合格。

②卧式中压贮气罐

将沼气采用压缩机升压，使沼气压进储气罐中的压力达到 $1 \times 10^5 \sim 2 \times 10^6$ Pa。使用沼气时，应按使用要求降低到规定的压力，通常由减压阀调节压力。

卧式中压储气罐结构如下图所示。

这种储气罐突出特点是容积较小，占地面积小，但投资较高，要求有特别的安全措施，一般用于工业。



卧式中压储气罐

（五）输气系统的设计

1. 压力降组成

压力降又叫压力损失。压力降就是气体从输气系统的一处流到另一处时压力的减少量，这是衡量输气畅通程度的指标。输气系统的压力降由沿程压力降和局部压力降两部分组成，即：

$$\Delta p = \Delta p_{\text{沿}} + \Delta p_{\text{局}}$$

式中 Δp ——系统压力降（ 10^5 Pa ）；

$\Delta p_{\text{沿}}$ ——沿程压力降（ 10^5 Pa ）；

$\Delta p_{\text{局}}$ ——局部压力降（ 10^5 Pa ）。

沿程压力降和局部压力降可以实测求得，或者通过水力计算求得。

2. 沼气输气管网设计的基本内容

设计沼气输气系统，首先要经过管网的水力计算设计。对输气系统的计算，通常叫水力计算。水力计算的目的是三方面：（1）根据已知输气系统要通过的沼气流流量、输气管管长和允许的压力降，要输气管所需的管径；（2）根据已知输气管的管径、管长和要求通过的沼气流流量，求压力降；（3）根据已知的起始压力、管长和管径求可以通过的沼气流流量。

前者可以用来计算新敷设的沼气管道的管径,后二者可以用来核算已敷设的沼气管道的压力降和沼气通过的能力。

根据上述计算方法和原则,可分别在不同的已知条件下,求得输气管管径、压力径,以及允许通过的沼气流量。

以上是单管系统的计算,若系统是由两个或两个以上支管组成的,亦可以用同样方法分段进行计算。

通过正确计算的输气系统的管径,在一定的压力降范围内,流量大的(或管路长)的应比流量小的(或管路短)的管径大些,总管要比分支管管径大些。

根据计算的结果,可绘制成简单施工图。

3. 沼气集中供气输配管网系统

沼气集中供气的输配管路系统,主要由中、低压沼气管网、沼气压送站、调压计量站、沼气分配控制室及储气室等组成。

(1) 集中供气方式

① 低压供气

低压供气系统由变容湿式低压浮罩储气罐和低压供气站组成,目前我国已建成的几种供气站,多数是采用低压供气。

低压供气管路系统比较简单,容易维护管理,不需要压送费用,供气可靠性较大,但供气压力低。当供气量及供气区域大时,需要设大管径干管,不太经济,并难以保证压力稳定和供气均衡。此外,由于沼气在湿式储气罐内被水蒸气饱和,管道和流量计容易发生积水、锈蚀等故障,故只用于供应区域范围小的情况。

② 中压供气

将消化器或储气罐的沼气加压至几千毫米水柱后送入中压管路,在用户处设置调节器,减压后供给炉具使用。中压供气适用于供气规模较大的沼气站,这种供气系统的优点是能节约输气管路费用;而缺点是要求用户用阀门控制流量调压,如用户调节不好,就会降低炉具的燃烧效率。

③ 中、低压两级供气

这是综合了低压和中压气的优点而设计的。中、低压供气系统设置了调压站,能比较稳定地保持所需的供气压力。但这种系统由于设置了压送设备和调压器,维护管理较复杂,费用也较高,在供气时需要用动力,当停电时则不能保证供气。

(2) 输气管及其供气

输送沼气的管道当前所用的管材有钢管、铸铁管、塑料管（聚氯乙烯硬管、聚乙烯管和红泥塑料管）。对输气管总的要求是具有足够的机械强度，即优良的抗腐蚀性、抗震性和气密性等。

① 钢管

钢管具有较高的拉伸强度，易于焊接，气密性能得到保证，但易受腐蚀。

在选用钢管时，若管径大于 150mm，则选用螺旋卷焊钢管。钢管壁厚应视埋设地点、土壤和交通载荷而定，一般壁厚不小于 3.5mm；在街道红线内不小于 4.5mm；穿越重要障碍物和土壤腐蚀性极强的地段时，应不小于 8mm。

② 铸铁管

铸铁管比钢管抗腐蚀性能强，使用寿命长，但不易焊接。由于材质较脆，不能承受较大的应力，在动载荷较大的地区不宜采用。

③ 塑料管

塑料管密度小，运输、加工和安装均很方便；化学稳定性高，耐腐蚀性能好；硬塑料管内壁光滑，摩擦阻力小，在相同的压力差情况下，比钢管的流量增加 40%。

硬聚氯乙烯管的拉伸强度虽然比聚乙烯管高约 3 倍，很适合在寒冷地区使用。

硬聚氯乙烯管的线膨胀系数大，是钢管的 6~8 倍，受热易变形下垂，刚性较差，切口处强度较低。在施工安装时，尽可能不要采用螺纹连接。塑料管粘接和焊接时，要采用承插口。

④ 冷凝水排放装置

为排除沼气管道中的冷凝水，在敷设管道时应有不小于 0.5% 的坡度，以便在低处设排水器，将汇集的水排出。

(3) 管道的布线及施工安装

管道系统的布线及施工安装应严格按施工图纸进行，工作时要遵守下列原则和注意事项。

① 施工安装前，对所有管道及附件要求进行检验，并进行气密气试验。

② 管线布置要求尽可能近、直，以减少压力损失。

③ 施工时，所有管道的接头要连接牢固和严密，防止松动和透气。

④ 输气管道架空时高度应在地面 4m 以上，若沿墙架高可适当降低高度；埋地下时，南方的深度应在 0.5m 以下，北方则应在冻土层以下。

⑤敷设管道应有坡度，一般坡度为 0.5%左右。坡向冷凝水排放装置一侧，管道打弯处不要太急。

(4) 输配系统的试验

沼气输配系统施工及安装完成后，进行系统试验是很重要的，要求认真完成。

①管道强度试验

试验的目的是检验管子强度，重点检查管道的焊缝和接头的技术状态。一般使用压缩空气来进行试压，试验压力一般为 1.5 倍的工作压力，但不能小于 10Pa 的试验压力，试压长度一般不小于 1km。检验时，用肥皂液涂在焊缝和接头处，或用探伤仪检查。

②管道气密性试验

气密性试验方法是先在管道上填土不少于 0.5m，经 6~12h，待管道内空气温度与埋管的土温一致后，进行不少于 24h 的试验。其允许压力降应在 3%以内，计算如下式：

$$\frac{P_1 - P_2}{P_1} \leq 3\%$$

式中 P_1 ——试验开始时管路中燃气压力 (Pa)；

P_2 ——经过 24h 后管路中燃气压力 (Pa)。

③对硬聚氯乙烯及聚乙烯管的气密性试验采用 10^4 Pa 压力，以 24h 内管道压降不超过 20mm H_2O 为合格。

如果生产的沼气都用于本单位的锅炉助燃或者是厂内发电，可以按照水力计算规定进行。根据已知输气管路要通过的沼气流流量、管路长度和允许的压降，求输气管路的管径，再进一步算系统压力降即可。

如果沼气供给居民作炊事燃气用，管网设计必须符合城市煤气输配管网的设计规范。煤气管网设计和施工是专业性很强的特殊工程，沼气作为炊事燃气，类同城市供气，按规范要求，应该由具备燃气设计资质和施工资质的单位承担沼气工程燃气管网的设计和施工。

(六) 发酵消化器的设计

1. 消化器的设计要求

消化器是大中型沼气工程的核心处理装置，众多的设计者都努力在消化器结构形式

上精心设计，以便提高处理负荷，同时又再追求适中的造价。

由于沼气发酵的原料不同，发酵处理的最终目标不同，工程设计采用的发酵工艺也有所不同。因此尽心沼气工程设计时，必须要根据政府部门批准的计划任务书要求和所处理原料的特性，按照沼气发酵工艺参数要求，选定工艺类型和运行温度（常温、中温和高温），最后确定消化器的总体容积和结构形式。对消化器设计的总体要求应该注意以下几点：

- (1) 应最大限度地满足沼气微生物的生活条件，要求消化器内能保留大量的微生物。
- (2) 应具有最小表面积，有利于保温，使其散热损失量最少。
- (3) 要使用很少的搅拌动力，即可使新进的聊液与消化器内的污泥混合均匀。
- (4) 易于破除浮渣，方便去除器底沉积污泥。
- (5) 要实现标准化、系列化生产。
- (6) 能适应多种原料发酵，且滞留期短。
- (7) 应设有超正压和超负压的安全措施。

2. 消化器设计主要参考内容

设计消化器要根据所处理原料的物理特点，以竭尽全力为沼气微生物创造良好的活动条件为目的。按照生物化学、传热学、流体力学和机械原理等相关内容进行设计，使消化器不断完善和更新，促进沼气发酵技术的发展。

消化器结构形式是有该工程所处理原料的水质条件和最终要达到的处理目标要求来决定的，也与设计者的技术水平和实践经验密切相关。

处理的原料是各种有机废水，包括食品加工行业排放的废水（如酒精厂的醪液、淀粉厂的废水、柠檬酸厂废水），还包括规模化养殖场排放的畜禽粪便污水和屠宰厂排放的废水等。

水质特性包括所处理原料的 TS（浓度）、SS（总悬浮物）、 COD_c （化学需氧量）和 BOD_5 （五日生化需氧量）含量以及原料的温度和 pH 值高低等。

要明确工程最终处理目标是达标排放的环保项目，还是对沼气、沼渣、沼液综合利用的生态工程项目。

消化器容积大小与沼气发酵原料的物料特性、消化液浓度和水力滞留期有关。

消化液容积 V_1 与每日处理原料量、消化液浓度、消化液密度和水力滞留期有关，其计算公式如下：

$$V_1 = \frac{Gf \times HRT}{qy}$$

式中 V_1 ——消化器中消化液容积 (m^3)；
 G ——消化器每日进原料量 (kg/d)；
 f ——原料干物质含量 (%)；
HRT——消化器水力滞留期 (d)；
 q ——消化液浓度 (TS) (%)；
 y ——消化料液密度 (kg/m^3)。

消化器总容积=消化器中消化液容积 (V_1) + 消化器的储气容积 (错误! 未定义书签。

V_2)，一般取 $V_2 = (8\% \sim 10\%) V_1$ ，即：

$$V = V_1 + V_2 = \frac{Gf \times HRT}{qy} (1+10\%)$$

消化器总容积经计算确定后，按所选用的消化器类型来相应地确定消化器的内径和高度。要充分考虑如何提高消化器的容积利用率并协调诸参数间的关系。

3. 厌氧消化器设计关键参数

厌氧消化器设计的关键参数主要有水力滞留时间、有机负荷、容积负荷、污泥负荷、消化器容积等。

(1) 水力滞留时间 (HRT)

水力滞留时间对于厌氧工艺的影响是通过流速来表现的。一方面，高流速将增加系统内的扰动，从而增加了生物污泥与物料之间的接触，有利于提高消化器的降解率和产气率；另一方面，为了保持系统中有足够多的污泥，流速不能超过一定的限值。在传统的 UASB 系统中，上升流速的平均值一般不超过 0.25m/s，而且反应器的高度也受到限制。

(2) 有机负荷

有机负荷指每日投入消化器内的挥发性固体与消化器内已有挥发性固体的质量之

比, 单位为 $\text{kg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ 。有机负荷反映了微生物之间的供需关系, 是影响污泥增长、污泥活性和有机物降解的重要因素, 提高有机负荷可加快污泥增长和有机物降解, 也可使反应器的容积缩小。对于厌氧消化过程来讲, 有机负荷对于有机物去除和工艺的影响尤为明显。当有机负荷过高时, 可能发生甲烷化反应和酸化反应不平衡的问题。有机负荷不仅是厌氧消化器的重要设计参数, 也是重要的控制参数。对于颗粒污泥和絮状污泥反应器, 它们的设计负荷是不相同的。

(3) 容积负荷

容积负荷为 1 立方米消化器容积每日投入的有机物 (挥发性固体 VS) 质量, 单位为 $\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

(4) 污泥负荷

污泥负荷可由容积负荷和反应器污泥量来计算得到。采用污泥负荷比容积负荷更能从本质上反映微生物代谢同有机物的关系。特别是厌氧反应过程, 由于存在甲烷化反应和酸化反应的平衡关系, 采用适当的污泥负荷可以消除超负荷引起的酸化问题。

在典型的工业废水处理工艺中, 厌氧过程采用的污泥负荷率是 $0.5 \sim 1.0 \text{Gbod}/(\text{g} \text{微生物} \cdot \text{d})$, 它是一般好氧工艺速率的 2 倍, 好氧工艺通常运行在 $0.1 \sim 0.5 \text{Gbod}/(\text{g} \text{微生物} \cdot \text{d})$ 。另外, 因为厌氧工艺中可以保持比好氧系统高 5~10 倍的 MLVSS 浓度 (混合液挥发性悬浮固体浓度), 所以厌氧容积负荷率通常比好氧工艺大 10 倍或以上, 即厌氧工艺为 $5 \sim 10 \text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, 好氧工艺为 $0.5 \sim 1.0 \text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

(5) 消化器容积

容积负荷与有机负荷是消化器容积设计的主要参数。下表列出了不同消化温度下单位容积消化器的有机负荷。消化池容积 V =每日能够接受并将其降解到预定程度的有机污染物 (BOD) /消化池容积负荷率 (N_v)。

不同消化温度下消化器的有机负荷

消化温度/ $^{\circ}\text{C}$		8	10	15	20	27	30	33	37
有机物负荷率/ $[\text{kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})]$	最大	0.25	0.33	0.50	0.65	1.00	1.30	1.60	2.50
	最小	0.35	0.47	0.70	0.95	1.40	1.80	2.30	3.50

消化器容积可按消化器投配料来确定。首先确定每日投入消化器的污水或污泥投配量，然后按下式计算消化器无你去的容积：

$$V = \frac{10 \times V_n}{P}$$

式中 V ——消化器污泥区容积， m^3 ；

V_n ——每日需处理的污泥或废液体积， m^3/d ；

P ——设计投配率，%/d，通常采用 5%~12%/d。

4. 厌氧消化器设计时需注意的问题

在消化器的单体有效容积确定后，消化器在设计时需要注意的是：

消化器的数目以不小于两座为好，以便检修时至少仍有一个消化器能工作。当设置两座消化器时，总有效容积应比计算值大 10%。

消化器内液面的高度应充分考虑以下因素后正确决定：①有效池容应尽量大；②表面积应尽量小（面积小浮渣层易破碎）；③液面升高时物料不进入沼气管；④用沼气循环搅拌时产生的飞沫不会进入沼气引出管。

厌氧消化器一般采用圆柱形结构，柱形池体的直径一般为 6~35m，柱体高与直径之比约为 0.8~2.0，池底保持一定坡度，池顶部集气罩高度常采用 0.5~1.5m，池体至少应设两个直径为 0.7m 的入孔。

消化器必须附设各种工艺管道，以确保其正常运行。工艺管道包括进料管、循环管、排水管、排泥管、溢流管、沼气管和取样管等。

5. 厌氧消化器排泥管道设计要点

- (1) 剩余污泥排泥点以设在污泥区中上部为宜。
- (2) 矩形池排泥应沿池纵向多点排泥。
- (3) 对一管多孔式布水管，可以考虑进水管兼做排泥或放空管。
- (4) 原则上有两种污泥排放方法：在所希望的高程处直接排放；采用泵将污泥从反应器的三相分离器的开口处泵出，可与污泥取样孔的开口一致。

一般来讲随着反应器被污泥浓度的增加，出水水质会得到改善，但是很明显，污泥超过一定高度时将随出水一起冲出反应器。因此，当反应器内的污泥达到某一预定最大高度之前建议排泥。一般污泥排放应该遵循事先建立的规程，在一定的时间间隔（如每

月) 排放一定体积的污泥, 其排放量应等于这一期间所积累的量。排泥频率也可以根据污泥处理装置的处理量来确定, 更加可靠的方法是根据污泥浓度分布曲线排泥。

污泥排泥的高度是重要的, 合理高度应是能排出低活性污泥并将最好的高活性污泥保留在反应器中。一般在污泥床的底层会形成浓污泥, 而在上层是稀的絮状污泥。剩余污泥一般从污泥床的上部排出, 但在反应器底部的浓污泥可能由于积累颗粒和小沙砾活性变低, 因此建议偶尔也可从反应器的底部排泥, 这样可以避免或减少反应器内积累的沙砾。

6. 消化器的保温设计

采取中、高温运行的大中型沼气工程, 消化器内料液的温度或是 35℃, 或是 54℃。而消化器周围环境温度却随着四季更替或昼夜交换而变化, 为确保消化器能在恒温条件下运行, 必须以当地最寒冷时刻的气温条件, 确定保温层的厚度, 对消化器进行保温设计。

按传热学原理确定消化器保温层厚度也是个较为复杂的计算问题。如果忽略次要因素, 只考虑消化器壁与周围环境的热传导一个因素, 建立热量平衡式, 即可把复杂的计算简化了。在一昼夜里, 由进料供给消化器的热量 (不考虑排料带走的热量时) 等于这一天消化器通过外表面散失给周围环境的热量, 即:

$$Q = 24\lambda F \frac{T_2 - T_1}{\delta}$$

$$Q = CG (T_3 - T_2)$$

式中 Q ——每天进料热量或消化器散失的热量 (kJ);

C ——料液比热容 [kJ/ (kg · °C)];

G ——日进料液量 (kg);

T_3 ——进料料液温度 (°C);

T_2 ——消化液温度 (°C);

T_1 ——最低环境温度 (°C);

λ ——保温残料的热导率 [kJ/ (m · h · °C)];

F ——消化器导热面积 (m^2);

δ ——保温层厚度 (m)。

把已知的参数代入上式中,就可求出 δ 值。保温层外表还要安装保护层,以防自然风化而破损。设计按规范进行,并要结合现实工程的一些经验。