

对沼气净化池的研究与应用

王永智 王虎
四川省绵竹市农村能源局
欧阳运春
四川省绵竹市环境保护局

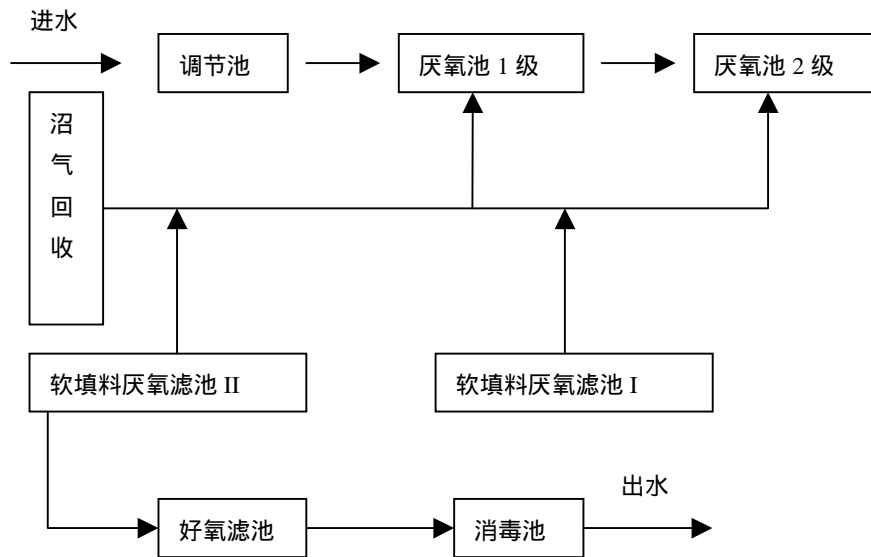
沼气净化池是一种分散处理城镇粪便污水装置，它集无害化、稳定化、减量化、资源化 and 防富营养化为一体。是参照沼气工程、排水工程和卫生学来设计的，既是一个沼气净化池又是一个小型二级处理装置。绵竹市农村能源局从 1986 年研究应用净化沼气技术对城镇粪便污水进行处理，经过反复实验，对出口水质测定寄生虫卵去除率达 99.9%，粪大肠菌达标率为 77%，有机物 COD_{Cr}、BOD₅、SS、TS、色度去除率为 95.6%、98.3%、98.2%、93.9%和 93.6%，分别达到 GB7959-87《粪便无害化卫生标准》和 GB8978-88《综合污水排放标准》中一级标准。1988 年净化沼气技术已在城镇的公厕、住宅、办公房、宾馆、旅游区中全面推广应用，到 2000 年全市城镇、旅游区、医院已建净化沼气池 850 处，日处理生活污水 45 万吨，普及率达到 92%。

一、 沼气净化池的工艺特征

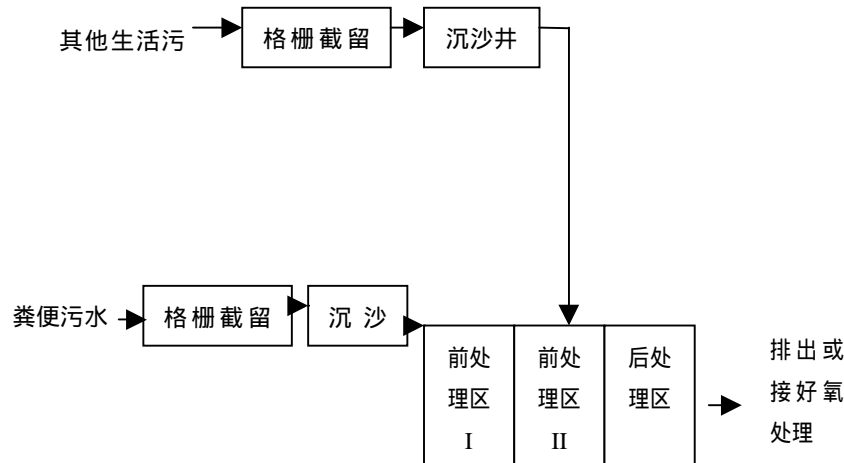
沼气净化池分前处理池和后处理池。前处理池分一级和二级池，一级池和二级池都是厌氧发酵池，只是在二级池中要有 PVC 塑料管固定在池内，按间距 200 安装软填料。后处理池是过滤池。一级池、二级池和过滤池的池容比例为 4：3：3，设计池容参数按人平 0.5 -0.7 立方米考虑。由于粪便污水和生活中产生的洗涤污水，有机物浓度不大，各种病菌、寄生虫卵相对较少，只要按照滞留时间和清掏时限决定设计池容大小，就可以将有机物彻底分解，把各种病菌、虫卵彻底杀灭。

二、 工艺流程

城市生活粪便污水沼气净化池处理工艺：



1. 室内污水管网为分流制。即冲洗厕所污水管道和其他生活污水管道分系统安装流程。



2. 特点。粪便滞留期长，经处理后的生活污水的各种指标完全能达到卫生、环保要求并能回收沼气作为生活用能。

三、 工作原理

废水厌氧处理技术是在缺氧条件下，利用厌氧微生物（包括兼氧微生物）分解有机物的方法，也称厌氧消化或厌氧发酵，产生沼气，因为它既可消除环境污染，又可开发生物能源，所以应用最为广泛。

沼气发酵过程是一种非常复杂的过程，其中涉及多种交替作用的菌群，各类细菌要求不同的基质与条件，形成了极为复杂相互作用关系。

长期以来，将沼气发酵分作两大阶段，即复杂有机物分解为简单有机物，因积累多种有机酸，使 PH 下降，故称产酸阶段，然后由简单有机物发酵生成甲烷。随着研究的深入，现较普遍接受沼气发酵的三阶段理论，明确认识到微生物生成甲烷的底物只限于乙酸、甲酸、 H_2 、 CO_2 等几种化合物，因而将厌氧发酵通常分为：液化阶段、产酸阶段和产甲烷阶段三个过程。

1. 液化阶段

复杂有机物。如纤维素、蛋白质、脂肪等在水解细菌作用下降解至基本结构单位，蛋白质除解为多肽及氨基酸，脂肪降解为甘油和链脂肪酸，多糖降解为单糖或双糖，这些水解细菌是一些广泛存在于环境中的异氧微生物，它为兼性厌氧微生物及少数厌氧菌。

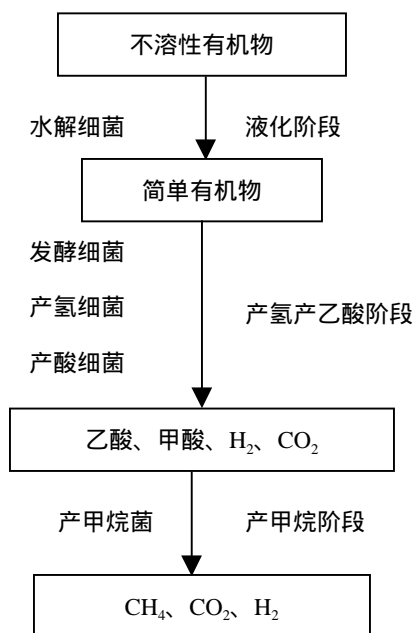
2. 产氢产乙酸阶段

主要是第一阶段产生的或原已存在于物料中的简单有机物经微生物作用转化成 H_2 及 CO_2 引起作用的菌统称产氢产乙酸细菌，主要加芽胞杆菌属、微球菌以及假单胞菌属等。

3. 产甲烷阶段

在甲烷的作用下将乙酸（甲酸） H_2 、 CO_2 转化为甲烷。甲烷产生有两种途径，一是乙酸分子中的 CH_3 直接产生 CH_4 ；另一途径 CO_2 、 H_2 经过氧化还原作用生成 CH_4 ，在约 70% 的甲烷来源于乙酸，30% 的甲烷来自 CO_2 、 H_2 。

甲烷菌是一类严格厌氧细菌，具有相同的生理特征，其外形各不相同，常见的属有：甲烷杆菌属、甲烷八叠球菌属、甲烷球菌属、甲烷弧菌属等，甲烷菌对 PH 值的要求很严格，适应范围是 6.8—7.8，最佳范围为 6.8—7.2，产甲烷细菌对温度的适应性较差，在一定温度下驯化的甲烷菌，当温度增减 1—2 $^{\circ}C$ 时，就可能使消化过程受到破坏、甲烷细菌的繁殖很快，繁殖一代只需要 4—6 天。



甲烷发酵三阶段示意图

由于可见，沼气发酵是非甲烷和产甲烷菌联合作用的结果，非甲烷菌与甲烷菌之间存在着间氢转移，前者产生的 H_2 可为后者利用，以还原 CO_2 成 CH_4 。

产酸菌对 PH、温度变化的耐受性比产甲烷菌强，生长繁殖速度也比后者快，繁殖速度的差异以及环境因子的敏感。因此产甲烷成了整个沼气发酵的限速步骤。然而，对于难降解复杂有机物的厌氧消化，如纤维素降解，水解液化阶段是限速步骤。

既产甲烷阶段是整个发酵过程的限速步骤，保持消化系统的产甲烷细菌生物量及其生物活性是废水厌氧处理的关键，整个处理系统工艺的改进几乎都是围绕这两方面来进行，采用的措施有：延长水的停留时间（普通厌氧消化），污泥回流（厌氧接触法，升流式厌氧污泥床），如填料附着微生物（厌氧滤池），由于生活污水悬浮物质比较多，溶解性 COD_{Cr} 浓度较低，所以生活污水处理一般采用普通消化池与厌氧滤池组合工艺。

4. 对人体内排出的粪便中有各种致病菌、大肠杆菌、寄生虫卵有害病毒，还有苍蝇、

蚊子等利用厌氧处理对卫生指标都能达到国家标准，再通过化学处理（消毒）来对各种细菌沉淀、分解、吞噬、杀死。

四、 沼气净化池的特点

1. 投资分散，不需财政负担

由于沼气净化池是分散处理生活污水，建池的原则是：谁建房谁建池、谁建池谁受益、谁建池谁投资。

2. 节约能源，不占用土地

建沼气净化池不需要建设单位提供专门的建池场地，设计部门能根据建设单位的空闲地带、阴暗边角地、绿化和通道等地方进行设计和建设（通道要考虑地面的承受力）。

3. 不需要专人管理，运行稳定，费用低

净化沼气池是地埋式，其结构采用的砖和钢筋混凝土混合结构，没有机械和动力设备，不能耗，水质自流，运行很稳定，不需人管理，一般装置 3—5 年由专业队伍清掏一次。

4. 使用寿命长，处理效果好

净化沼气池处理生活污水的工艺成熟，整个设施是砖和钢筋混凝土结构，没有机械动力设备，设施全部埋在地下，不易风化和腐蚀，使用寿命一般能达到 30—40 年或更长一些，处理的效果好而且稳定。

五、 净化沼气池与建污水厂的效益对比

1. 投资效益

2000 年绵竹市在剑南镇计划建一座日处理 5 万吨污水处理厂（因投资较大没有实施）。下面就建 5 万吨污水处理厂的投资和已建沼气净化池的投资情况及有关数据列表对比，且看他们的投资、环境和社会效益。

建净化沼气池与污水厂投资和效应比较

时 间	2000 年	
城市人口	15 万人	
处理设施	污 水 处 理 厂	已建净化沼气池
建设规模	一座（日处理 5 万吨）	10.5 万 m ³ （容积）
总 投 资	9600 万元	3150 万元
处理能力	5 万吨	3 万吨
污水产生量	3 万吨	3 万吨
建 管 道	22km	不建管道，处理后进下水道
附属建筑物	办公、机修、仓库、住宅	不建
年运行费用	576.82 万元	140 万元
年管理费用	93 万元	0
管理人员	35 人	不要专管人员
能源消耗电	656 万度	不耗电
年能源耗费	223 万元	0
土地占用	150 亩	0
污泥处理	堆放	养鱼、喂猪、高效肥料
资源回收	回收水	回收沼气
投资渠道	财政负担（一次性）	建设单位（分散）
污水处理收费	0.80 元/吨	0
使用寿命	25 年	40 年
总 投 资	9600 万元	3150 万元
备 注	来自可研报告	由农能局提供

由以上分析不难看出：厌氧发酵工艺分散处理城市生活污水比污水处理厂处理相同污水节省投资。并且由于采用厌氧沼气净化法处理生活废水是分散投资，比兴建污水处理厂一次性投资在资金投入上更优越。沼气净化池的管理费用和维护费用很低，而一个污水处理厂每年需投入较高的运行费用、管理费用。这些费用的投入将给地方财政和用户增加负担。

2. 环境效益

利用厌氧发酵工艺处理城市生活污水，能够达到废物的减量化，并且可以回收部分生物能源。由于沼气池设施建在地表下，不占用地上空间，节省土地并充分利用城市的有限空间。此技术是在地表下完全封闭的情况下采用自流式处理流程，不但能够节省大量能耗，还可杜绝一些有害微小生物、病菌等滋生。实践证明，一些病原菌和寄生虫卵经厌氧发酵装置处理后，其数量明显的减少。沼气净化技术为绵竹市 1999 年获得全国卫生城市作出了突出贡献，蚊、蝇达标验收考核一次性合格。应用厌氧发酵工艺流程，还可去除污水中的挥发性物质，使水中的臭氧剧减，剩余污泥量达到最少化。建设污水处理厂也可达到时污水净化作用，但它与厌氧发酵工艺相比较，在废物减量化、低能耗和杀灭病原微生物及生物能回收、土地利用方面是无法相比的。

3. 社会效益

应用厌氧发酵技术处理城市生活污水，在投资方面由于采用的“谁受益，谁投入”的原则，加之在治理方面采用哪里建房哪里建沼气净化池的分散处理办法，投资分散，建设单位能够承受，不需要财政投入，财政的负担减轻。特别是采用沼气净化池处理污水是分散处理、分散管理，不需要投入人力、物力和土地，而且还可回收沼气这一清洁能源，有明显经济效益。可见，厌氧发酵处理生活污水的社会效益十分显著。

此外，从城市规划看，建污水处理厂需要在地下铺设很多生活污水专用管道将污水集中输送到污水处理厂，这对一些基础设施建设滞后的城市来讲，不但要详细规划，还要投入大量的财力物力，对下水管道进行改造。应用沼气技术分散处理城市生活污水，经处理达标的污水，可以直接进入城市下水道排放，可以减少地下管网，如果城市建设和经济发展需要兴建污水处理厂，则可将沼气净化池作为一级处理，然后再由污水处理厂作二级处理，这样不但效果好，而且将大大地减轻污水处理厂的投资和运转费用。

综上所述，应用净化沼气池处理粪便污水的技术成熟可靠，它为改善城镇的卫生和生态环境，提高人民的素质和生活质量作出很大成绩。净化沼气技术为解决中、小城市，小城镇、旅游区、厂矿住宅小区等，和发展中国家近期内无能力修建高度机械化污水集中处理厂找到一条投资省、见效快、效果好、寿命长、运转费用低，符合各地和各国国情的治污路子，值得大力宣传和推广应用。