

人类及牲畜排泄物的综合利用途径

张无敌 宋洪川 李建昌 韦小岩
云南师范大学省农村能源工程重点实验室, 昆明 650092

摘要 本文述及厌氧消化技术处理人及牲畜排泄物的生态环境和卫生效果, 以及厌氧消化后的沼气、沼液和沼气发酵残留物的各种可能利用途径。农村处理人畜粪便的沼气技术与农业的可持续发展联系紧密, 能合理兼顾能源、生态(环境和卫生)、社会和经济各个方面的效益, 并可因地制宜地建立以沼气为纽带的各种生态农业模式。在利用厌氧消化技术无害化处理城市公共厕所粪便同时, 可开发精制人粪高效有机液肥。

关键词 人及牲畜排泄物 厌氧消化 沼气生态 有机液肥 可持续发展

1 引言

人类的生存与发展始终伴随着大量的人及牲畜排泄物的产生。合理处置这些排泄物是保护清洁环境的必然, 废物的合理利用是生态循环和人类可持续发展的最佳方式。诚然, 我们必须把排泄物作为一种资源来对待, 寻求这种资源的利用途径是未来可持续发展的明智选择。近 20 年来的实践已经证明, 厌氧消化技术在处理排泄物、生活污水方面是卓有成效的。这一技术能适应各种浓度的有机废水, 既可分散处理, 又可规模化处理, 运行费用极低, 还可回收一定的能源。在对待高含水的粪便污染物方面, 几乎没有什么技术能够替代厌氧消化技术。本文将我们多年来的研究与实践进行总结, 试图开发人及牲畜排泄物有效而可行的利用途径。

2 厌氧消化技术的环境和卫生效果

2.1 生态和环境效果

沼气池的推广不但能有效解决农村能源短缺的局, 改善农村生活用能结构, 同时能有效保护森林植被免遭砍伐, 对改变农村落后的环境卫生起到积极的作用。以云南省为例, 每口沼气池每年可保护 3 亩左右的林地免遭砍伐, 年节约薪柴 2000 千克以上; 沼气池有效地处理了人、畜、禽的排泄物, 消除了农村庭院的柴堆、草堆和粪堆, 农村的村落村貌大为改观, 有力地促进了农村环境卫生的改变和精神文明的建设。沼气的推广应用, 节省了用于砍柴的劳动力; 清洁燃料的使用, 使农村妇女从烟熏火燎的厨房中解放出来。沼液沼肥的使用, 大大改善了农村生态环境, 有效避免大量化肥和农药对环境的污染。

公共厕所的粪便无害化处理, 可有效防止江河湖泊的污染和水体的富营养化, 有效改善城市的环境卫生和市容市貌。这种处理方式, 出水 COD 值不超过 200mg/L, 可达到城市污水排放标准, 同时能回收粪便中的能源(沼气), 大量的粪便可加工生产有机肥, 部分取代化肥, 降低化肥对环境的影响和危害。

2.2 卫生效果

粪便在厌氧消化池中, 许多常见的病原菌、致病菌、虫卵等均能被杀灭, 这些微生物是伤寒杆菌、副伤寒杆菌、痢疾杆菌、脊髓灰质炎病毒、大肠杆菌、血吸虫卵、钩虫卵、蛔虫卵等(见表 1)。

表 1 有害微生物在厌氧消化过程中的死亡情况

有害微生物	高温 (53~55)		中温 (35~37)		常温 (8~25)	
	天数 (天)	死亡率 (100%)	天数 (天)	死亡率 (100%)	天数 (天)	死亡率 (100%)
伤寒和副伤寒杆菌	1~2	100	7	100	44	100
痢疾杆菌	1	100	5	100	30	100
脊髓灰质炎病毒			9	100		
大肠菌值	2	$10^{-1} \sim 10^{-2}$	21	10^{-4}	40~60	$10^{-4} \sim 10^{-5}$
血吸虫卵	数小时	100	7	100	7~22	100
钩虫卵	1	100	10	100	30	90
蛔虫卵	2	100	36	98.8	100	53

农村推广使用沼气，能显著改善环境卫生和减少疾病的发生，具体表现如下：

- 消灭了苍蝇蚊虫的孳生场所，蝇蛆蛹的密度显著下降；
- 减少病原菌和寄生虫对土壤和水体的污染；
- 有效控制一些流行病的传播；
- 降低肠道传染病的发病率。

2.3 沼液对一些有害生物的抑制效果

- 沼液大肠杆菌有显著的抑制作用；
- 沼液对仔猪副伤寒杆菌有显著的抑制作用；
- 沼液对猪丹毒杆菌有抑制生长作用；
- 沼液对一些霉菌有抑制效果；
- 沼液对 10 多种植物病原菌有明显的抑制作用；
- 沼液对农作物的 23 种病害有良好的防治作用；
- 沼液对农作物的 14 种虫害有良好的防治作用。

综上所述，沼气生态农业模式能把种植业、养殖业、特色农产品发展与农村生活用能紧密结合，提高农业生产水平，提高农民的科技意识和水平，促进无公害农产品的生产与发展，同时还能起到脱贫致富、改善生态、防治水土流失、发展农村经济的作用。

3 农村沼气的综合利用技术

沼气综合利用的途径是多种多样的，相关综合利用途径有如下一些技术：

- 沼气非热利用保鲜水果、蔬菜；
- 沼气非热利用贮藏粮食和农副产品；
- 沼气热能利用加工农副产品
- 沼气热能利用升温育秧、育雏、养蚕；
- 沼气用于大棚升温和二氧化碳施肥；
- 沼液浸种、叶面施肥、防治农作物病虫害；
- 沼液用于无土栽培；
- 沼液/沼气发酵残留物养猪、养鱼；
- 沼液替代化肥、改良土壤。

可以结合农业开发进行因地制宜地发展，从而形成不同地区的沼气生态模式。典型的模式有如下几种：

北方“四位一体”模式：在蔬菜大棚中，建造一口沼气池和一个猪圈，即“大棚—

蔬菜—养猪—沼气池” 三者一体，沼液种蔬菜，沼液作叶面肥和防治病虫害，沼气加温
和进行棚内二氧化碳施肥，棚内温度提高，蔬菜和猪生长良好，沼气池产气率高。

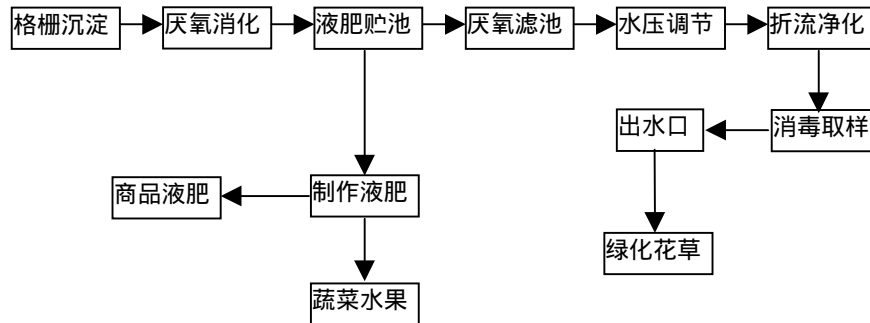
南方“猪—沼—果”模式：发展养殖业，利用养殖业粪便进入沼气池，沼气解决生
活燃料，沼液沼肥用于种果树和蔬菜，兼作病虫害防治剂，发展绿色食品。

江南低湿地区“桑基鱼塘+沼气”模式：在湿地开挖鱼塘，用挖出的鱼塘垫高塘边
形成基，在基上种植桑树（果树、蔬菜、甘蔗、花木、大田作物等），在塘中积水养鱼，
并种植一些浮游植物，塘边建猪舍和沼气池，沼液沼肥用于养鱼和种植。

养殖场“沼气工程”：养鸡场粪便进入第一个厌氧消化池中发酵产沼气，沼气发酵
残留物添加在猪饲料中养猪，猪粪进入第二个厌氧消化池中发酵产沼气，沼液沼肥流入
鱼塘中养鱼，剩余的沼液沼肥可用于植物青绿饲料、蔬菜和果树，沼气作为养殖场和食
品加工的能源和动力。

4 公共厕所粪便处理及利用

公共厕所粪便及冲洗水的处理采用厌氧消化和折流式净化沟的工艺进行处理，厌氧
部分分为混合式厌氧池和厌氧过滤池，其工艺流程参见下图。



该工艺无需耗能，运转费用极低，可回收沼气能，处理效果好，可达到国家生活污
水排放三级或二级标准，该出水可能直接用于公厕周围的绿化用水。除此之外，从液肥
贮池中可将发酵液加工精制成高效有机液肥，该液肥方便卫生、肥效好。

在上述工艺中，格栅沉淀池容积为 $0.5\sim 0.8\text{m}^3$ ，用于除去悬浮物和沉淀沙石；混合
式厌氧消化池可设计为 2 级或多级，采用底层进料上中层出料工艺，容积为总容积的
55~60%；液肥贮池为调节混合式厌氧消化池的沼气贮量，从该池可取液肥进行加工，容
积为 1m^3 左右；厌氧过滤池为下进上出，内挂纤维束，容积为总容积为 15~20%；水压调
节池用于调节厌氧过滤池的水位和贮气，可沉降少量活性污泥，可进行厌氧处理效率的
取样分析，容积约 0.5m^3 ；折流式净化槽：分为 4 级或 6 级折流净化间，其中放入硬性和
软性两种填料，槽容为总池容的 20~25%；取样消毒井：池容 0.5 立方米，可进行最后
出水的取样分析，若遇特殊情况可进行消毒处理，此后的出水可直接排放。