

# 规模养猪场沼气工程设计要求和建设标准

刘耕

(农业部科技发展中心能源生态建设处,北京 100122; 中国沼气学会,北京 100122)

随着经济的迅速发展和人民生活水平的不断提高,全国各类动物性食品需求高涨,我国畜禽养殖业得到了高速发展。畜禽产品产量不断增加,1996年到2006年的10年间,牛肉、猪肉和禽蛋产量分别增加了221万t、1492万t、729万t,增长幅度为62%、47%、43%。但随之而来的畜禽粪便处理问题日益严重,畜禽粪便污水不经处理排放造成的对水体、水源和农田土壤的污染问题及传播疾病问题日益凸现。畜禽废水的污染负荷已经远远超过工业废水和生活废水污染负荷的总和,成为水体的最大污染源。使我国畜禽养殖业面临着发展与环保的巨大双重压力。

受居民的饮食结构、畜禽产品的增殖性能、生产投资等因素影响,我国猪肉食用量在肉食消费中一直占有重要地位,养猪业在畜禽养殖中占有很大的比重。1983年到2006年猪肉消费占肉食比例均大于60%。2010年全国生猪年末存栏46440万头,出栏66700万头,猪肉产量5070万t,目前,我国是世界上第一大猪肉生产国,猪肉产量占世界总产量的50%左右。2010年全国猪粪便年排放量超过了7亿t,其中集约化猪场每年集中排泄量高达3.2亿t。

养猪业的发展为人们提供了大量高品质的肉食来源,提高了人们的生活品质;同时带动了地方农牧副业的发展,吸引了大量社会劳动力,增加了社会就

业,实现了农民增收;大型养殖场的建设提高了养猪业的整体科技水平,带动了养猪业的发展。随着养猪业的发展,猪场粪污的治理成为畜禽污染治理的关键之一。养猪生产过程中产生大量有机废弃物,这些有机废弃物中含有大量的生物质能和有机肥资源,如不进行处理和综合利用而直接排放,不仅严重污染了水源、生态自然环境,对生产产生不利影响,也造成资源的极大浪费;同时,粪水四溢,将导致病菌传播,对企业扩大再生产和安全生产也将产生限制。因此,必须对大中型养猪场生产过程中产生的废弃物、废水进行综合利用和有效处理。

如果善加处理和利用,包括猪粪等畜禽养殖所产生粪便污水不是负担,反而是资源。

为了在不以牺牲环境质量为代价的前提下,实现畜禽养殖的快速增长,就需要消除畜禽养殖场产生的粪污等对环境的不利影响。而利用畜禽粪水开发利用生物质产生清洁的能源是最好的选择之一。利用厌氧消化技术处理畜禽养殖废水,制取清洁能源——沼气,制取无害化的有机肥——沼肥,在治理污染的同时变废为宝,减少温室气体的排放量,从而可以开发生物质能源,回收有机肥资源,将治理污染、净化环境、回收能源、综合利用、改善生态环境有机结合起来,走生态畜牧业产业化可持续发展的道路,实现可持续发展。

规模化畜禽养殖场沼气工程是指以规模化畜禽养殖场粪便污水的厌氧消化为主要技术环节,集污水处理、沼气生产、资源化利用为一体的系统工程。规模化畜禽养殖场沼气工程是有效处理畜禽粪便污水,杀灭病虫卵,切断疾病传播途径的重要技术工程手段。同时沼气工程还有着能源效益、生态效益等多种综合效益,在建设农业循环经济方面有重要的作用和深远的意义。

为了发挥规模养猪场沼气工程的功能、效益,保障安全和正常运行,其设计和建设有着严格的要求。

## 1 规模养猪场沼气工程设计要求

### 1.1 总体要求

#### 1.1.1 规模养猪场沼气工程设计前应确定科学的建设目的

总体目标是:促进养猪粪污等有机废弃物资源的综合利用,开发农村清洁能源,提高农业综合生产能力,保护农业生产环境,实现农业的可持续发展,充分发挥大中型沼气工程的经济效益、环境效益和社会效益。

具体目的是:规模养猪场沼气的建设,应以生产沼气、沼肥,兼顾畜禽养殖业和食品加工工业废弃物的无害化处理为主要目的。

#### 1.1.2 其他要求

1) 规模养猪场沼气工程的设计应该符合当地总体规划,与当地客观实际紧密结合,能够正确处理集中与分散、

处理与利用、近期与远期的关系。

2) 沼气工程的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,积极采用新技术、新工艺、新材料、新设备,以提高自动化水平、降低劳动强度、降低投资和运行费用。

3) 规模养猪场沼气工程的设计应以减量化、无害化、资源化为目标,应首先考虑养猪场改进生产工艺,实行清洁生产,从源头上减少粪污排放量。

4) 规模养猪场污染物的特性及其技术参数,以实际测定数据为准。

5) 规模养猪场沼气工程的原料应是养猪场的污水和粪便,应有充足和稳定的来源,严禁混入其它有毒、有害污水或污泥。

6) 规模养猪场沼气工程的设计应充分利用沼气,充分利用附近的农田消纳沼液、沼渣。

7) 沼气工程的设计应由具有相应设计资质的单位承担。

8) 在进行工艺设计时,应首先根据规模养猪场沼气工程的建设目标选定工艺类型。

9) 规模养猪场沼气工程主要由以下四个环节组成:前处理、厌氧消化、后处理、综合利用。

10) 单元处理技术应先易后难,以节省投资和降低运行费用。

## 1.2 工程选址和总体布置

### 1.2.1 工程选址

规模养猪场沼气工程的选址应符合养猪场整个生产系统的规划和要求,并根据以下因素综合考虑确定:

- 1) 在畜禽养猪场和附近居民区主导风向的下风侧;
- 2) 在畜禽养猪场的标高较低处;
- 3) 有较好的工程地质条件;
- 4) 满足防疫要求;
- 5) 有方便的交通运输和供水供电条件。

### 1.2.2 总体布置

1) 规模养猪场沼气工程的总体布

置应考虑到养猪场远期生产规模扩展的可能性,如必要,应依此作出分期建设方案。

2) 总体布置应满足沼气工程工艺的要求,布置紧凑,便于施工、运行和管理。应结合地形、气象和地质条件等因素,经过技术经济分析确定。

3) 竖向设计应充分利用原有地形坡度,并达到排水畅通、降低能耗、土方平衡的要求。

4) 构筑物的间距应紧凑、合理,并应满足施工、设备安装与维护、安全的要求。

5) 附属建筑物宜集中布置,应与生产设备和处理构筑物保持一定距离。

6) 厌氧消化器、贮气柜、输气管道的设计及防火要求见 GB J16 中的相关规定。

7) 各种管线应全面安排,避免迂回曲折和相互干扰,输送污水、污泥和沼气管线

布置应尽量减少管道弯头,以减少能量损耗和便于清通。各种管线应用不同颜色加以区别。

8) 应设置废渣等物料堆放及停车的场地。

9) 平面布置应留有汽车进出通道,各建筑物间应留有连接通道,其设计应符合下列要求:

① 主要车行道的宽度:单车道为 3 m,双车道为 5 m,并应有回车道。车行道转弯半径不小于 6 m;

② 人行道的宽度为 1 m ~ 1.5 m;

③ 通向建筑物顶端的扶梯与水平面夹角不大于 40°,其宽度 0.8 m ~ 1.0 m;

④ 高架物上不经常通行的部位可设置爬梯,其宽度为 0.4 m;

⑤ 绿地面积不宜小于总面积的 30%。

10) 沼气工程应设围墙(栏)。

11) 各建筑物和构筑物群体效果应与周围环境相协调。

12) 主要畜禽污水处理设施应设置溢流口、排泥管、排空阀和检修人孔。厌氧消化器和贮气柜应设有安全窗,确保装置正常运转。

13) 应设置给水和排水系统,拦截暴雨的截水沟和排水沟应与场区排水通道相连接。

14) 应配置简单的化验设备和必要的仪器、仪表、自动控制设备及沼气流量计。

15) 处理构筑物 and 贮气柜应设置护栏等安全设施,护栏高度不宜低于 1.1 m。

16) 沼气工程应有保温防冻措施。

17) 沼气工程供电应按三类负荷设计,厂区内设置操作控制间、独立的动力和照明配电系统。

18) 沼气工程的安全、防爆、防雷与接地参照 GB 12801、GB 50028、GB J16、GB 50057、GB J65 等的相关规定执行。

19) 控制室应有良好的照明,设有监控所有设备运转、故障、程序操作、显示的控制屏(台),操作应具有集中与就地操作的功能。应有紧急状态报警装置。应采用可靠的自动控制系统进行自动控制、自动检测。并应设有值班人员休息室。

20) 化验室应配有动力电源、给排水系统、排风措施及良好的照明。

## 1.3 工艺

### 1.3.1 工艺流程

沼气工程基本可分为“能源生态型”和“能源环保型”两类。

1) 工艺流程(见图 1)。

2) “能源生态型”沼气工程。

“能源生态型”沼气工程其厌氧出水(沼液)依靠土地处理系统。要求周围有足够的农田消纳厌氧发酵后的沼液、沼渣,养殖业与种植业的规模要配套。可采用以下工艺。

养殖场污水通过排水沟自流到调节池,调节池前设置格栅,以清除污水中

较大的杂物。人工清出的粪便运到调节池内，与污水搅拌后流入计量池，计量池内设泵，定时定量地将料液送入厌氧消化器。为保持厌氧消化器内的温度控制在 35℃ 左右，在计量池内有蒸汽加热系统，蒸汽由锅炉房引入。计量池和厌氧消化器内设有温度传感器，调整进入调节池的蒸汽量。也可使用其它加热方式。产生的沼气经脱硫、脱水、脱杂净化后进贮气柜，作为生产或生活用能。沼渣根据情况定期排出并可干化，作为有机肥使用。沼液进入后处理系统，作为农田的液体有机肥使用。

### 3) “能源环保型”沼气工程。

“能源环保型”沼气工程要求最终出水达到一定的标准后排放到自然水体。可采用以下工艺。

养殖场污水经管道自流入调节池，在调节池前设置格栅，去除污水中较大的杂物。调节池内设提升泵，将污水抽至分离机，分离的粪渣人工清走作有机肥原料，分离的污水自流入沉淀池。沉淀池的上清液自流入集水池，集水池内设提升泵，将污水提升至厌氧消化器的布料装置并在池内均匀布水。厌氧消化器的出水自流入后处理系统。后处理以好氧处理为主要技术手段，处理的出水可达标排放或回用。

### 1.3.2 工艺设计内容

工艺设计包括生产工艺、流程、设备的选择，参数和物料、能量平衡及配套公用工程的计算等。工艺设计应包括以下几个方面：

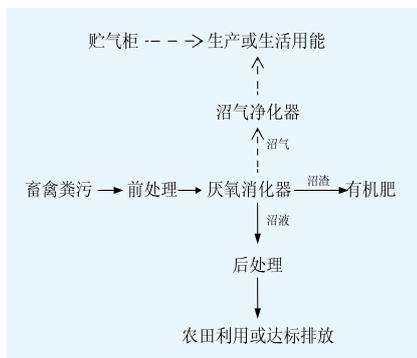


图 1 沼气工程工艺流程图

### 1) 工艺流程的选择和确定。

通过多方案的比较、选择最佳的生产工艺方案和制定生产流程。生产流程反映由原料到产品的生产过程中，物料和能量的流向、变化以及所经历的设备、仪器和工艺过程。

### 2) 工艺参数计算和物料衡算。

工艺参数是生产过程中应控制的各种技术数据，包括各个工艺单元的进料、出料有机物浓度，有机物去除率，污水量，厌氧工艺产沼气量，沼气的含硫量，等等。

计算正常生产所需要的原材料、辅助材料、公用工程的用量，以及产生的主、副产物及废渣量。

### 3) 产气装置和设备的确定。

比选各设备方案对建设规模的满足程度，对产品质量和生产工艺要求的保证程度，设备使用寿命，物料消耗指标，操作要求、备品备件保证程度，安装试车技术服务，以及所需的设备投资等确定机器设备，及其型号、规格和数量。

### 4) 工艺设计图。

包括：工艺流程图，工艺平面布置图，水力高程图，各个处理工艺单元的条件图。

## 1.4 前处理

### 1.4.1 前处理工艺类型

#### 1) “能源生态型”沼气工程

污水通过管道自流入调节池，在调节池前设有格栅，以清除较大的杂物，人工清出的粪便运至调节池，与污水充分地混合，然后流入到计量池，计量池的容积根据厌氧消化器的要求确定。当以鸡粪为原料时，应在调节池后设沉砂池。粪便的加入点与厌氧消化器类型有关，一般在调节池加入，带有搅拌装置的塞流式反应器也可直接加入到厌氧消化器。

#### 2) “能源环保型”沼气工程

污水通过管道自流入调节池，在调节池前设有格栅，以清除较大的杂物，调节池的污水用泵抽入到固液分离机，

分离的粪渣用作有机肥原料，分离出的污水流入沉淀池，沉淀的污泥进入污泥处理设施，上清液自流入集水池。

### 1.4.2 前处理的一般规定

#### 1) “能源生态型”沼气工程前处理的一般规定

①前处理的目的是将粪便污水调质均化，为厌氧产沼气创造条件；

②污水进入固液分离机前应通过格栅清除污水中较大的杂物；

③以牛粪为原料时应有粪草分离装置；

④沟渠坡度应确保污水自流入沉砂池或计量池。其设计按 GBJ14 中第三章的相关规定。

#### 2) “能源环保型”沼气工程的前处理的一般规定

①前处理的目的是用物理方法尽量清除粪污中的固形物；

②污水进入固液分离机前应通过格栅清除污水中较大的杂物；

③应在排污后 3h 内进行污水的固液分离；

④沉淀池应设在固液分离机后；

⑤沟渠坡度应确保污水自流入沉砂池、集水池。其设计按 GBJ14 中第三章的相关规定；

⑥固液分离机是否需要与污水中 SS 浓度和污水量有关，当 SS 浓度不大于 2 000 mg/L 和污水量小于 50 m<sup>3</sup>/d 时可不用。

### 1.4.3 格栅

格栅的设计应符合以下要求：

①格栅应设于集水池前，其数量不宜少于二道，一道粗格栅栅条间隙为 20 mm ~ 40 mm 去除大型杂物，一道细格栅栅条间隙为 5 mm ~ 15 mm 去除中小型杂物。格栅应便于清除杂物和清洗；

②污水过栅流速一般为 0.5 m/s ~ 0.8 m/s，格栅倾角为 45° ~ 75°；

③格栅处应设置工作平台，其高度应高出格栅前最高设计水位 0.5 m。采用格栅机时，参照设备说明书。

#### 1.4.4 调节池

1) 在进水口处应设置调节池

2) 调节池容积应按式(1)计算

$$V=Q/n \dots \dots \dots (1)$$

式中：

V—调节池有效容积，单位为立方米(m<sup>3</sup>)；

Q—畜禽养殖场每日排污水量，单位为立方米每日(m<sup>3</sup>/d)；

n—畜禽养殖场每日排污次数。

#### 1.4.5 固液分离机

选用固液分离机时，应遵守下列规定：

①应根据被分离物料的性质、流量、脱水要求，经技术经济比较后选用；

②污水进入固液分离机的含水率一般不应小于98%；

③固液分离机的设置应考虑到废渣的贮存、运输。

#### 1.4.6 沉淀池

1) 沉淀池设计见GB J14中6·4相关规定。

2) 畜禽污水滞留时间应大于1h。

3) 沉淀池应设排泥管道。

4) 当以鸡粪为原料而前面未有沉砂池时应有沉砂功能。

#### 1.4.7 集水池

1) 畜禽养殖场污水厌氧处理系统前，应设置集水池。

2) 集水池容积不应小于该池水泵30min的出水量。

#### 1.4.8 泵与泵房

1) 泵的选择应根据其用途和输送介质的种类、流量、扬程和工作性质等因素确定，应符合下列要求：

①泵应尽量选用同一型号；

②进料泵应设置一台备用泵与工作泵并联。

2) 泵房及室内机组基础布置、设计按GB J14中4·3相关规定执行。

### 1.5 厌氧消化

#### 1.5.1 一般规定

1) 厌氧消化器的选择和设计应根据

粪污种类、工程类型和工艺路线确定。

2) 厌氧消化器设计，应符合下列规定：

①根据发酵原料选用适宜的厌氧消化器；

②厌氧消化器应设有取样口和测温点；

③厌氧消化器在设计上要有防止超正、负压的安全装置及措施。其防止超正、负压力装置的安全范围，应满足工艺设计的压力及池体安全的要求；

④厌氧消化器的下部管道凡有阀门处应设计为串联式双阀门，内侧阀门为常开；

⑤池体侧面下部应设有检修人孔、排泥管(其管径不小于100mm)，人孔中心与池外地平的距离不大于1m。直径不宜小于600mm；

⑥厌氧消化器必须达到抗渗和气密性要求，并应采取有效的防腐蚀措施和保温措施。

⑦厌氧消化器应有沉降检测点。

#### 1.5.2 “能源生态型”沼气工程所用厌氧消化器

1) 厌氧消化器主要反应器有升流式固体反应器(USR)、全混合厌氧消化器(CSTR)和塞流式反应器(PFR)；

2) 厌氧消化宜采用中温消化(35℃左右)，也可采用近中温消化(25~30℃)，或采用高温消化(55℃左右)。

3) 中温发酵主要设计参数宜符合表

1的规定。

4) 厌氧消化一般采用一级厌氧消化。

5) 对于投配率(%), 进料COD<sub>cr</sub>高时宜用下限值, 进料COD<sub>cr</sub>低时宜用上限值。

6) 厌氧消化器的总有效容积, 可按式(2)计算：

$$V=TQ \dots \dots \dots (2)$$

式中：

V—厌氧消化器的总有效容积，单位为立方米(m<sup>3</sup>)；

Q—设计处理量，单位为立方米每天(m<sup>3</sup>/d)；

T—设计水力滞留期, 单位为天(d) (中温, PFR取15d~20d、USR取8d~15d)；

7) 沼气产量

理论上每去除1kg COD<sub>cr</sub>可产0.35m<sup>3</sup>甲烷。

8) 不同厌氧消化器装置的几何尺寸

①升流式固体反应器一般采用立式圆柱形, 有效高度6m~12m；

②塞流式高浓度厌氧消化器, 大多采用半地下或地上建筑。

9) 厌氧消化器内的溢流管可采用倒U型管、溢流堰方式, 应设有水封器和通气管。

10) 升流式反应器应选用合理的布水方式, 以保证液体均匀上升, 避免短路、勾流。其设计应满足下列要求：

布水器的喷水孔应朝池底与水平面夹角不大于40°；

表1 中温发酵厌氧消化器主要设计参数

序号	项目	升流式厌氧固体床	全混合厌氧消化器	塞流池
1	温度/℃	35℃左右	35℃左右	35℃左右
2	水力滞留期/d	8~15	10~20	15~20
3	TS浓度/%	3~5	3~6	7~10
4	COD <sub>cr</sub> 去除率/%	60~80	55~75	50~70
5	COD <sub>cr</sub> 负荷/(kg/(m <sup>3</sup> ·d))	5~10	3~8	2~5
6	投配率/%	7~12	5~10	5~7

布水器设置于厌氧消化器底部，距池底的距离应不大于1 m。

### 1.5.3 “能源环保型”沼气工程所用厌氧消化器

1) 厌氧消化器主要有升流式厌氧污泥床(UASB)、复合厌氧反应器(如UBF)。

2) 厌氧消化一般采用常温消化，但最低温度不宜低于15℃。

3) 主要设计参数宜符合表2的规定。

4) 厌氧消化器的总有效容积，可按下式计算：

按容积负荷计算：

$$V=24(S_0-S_e)Q/(U_v) \dots \dots \dots (3)$$

式中：V——厌氧消化器的总有效容积，单位为立方米(m<sup>3</sup>)；

S<sub>0</sub>——厌氧消化器进水化学需氧量，单位为克每升(g/L)；

S<sub>e</sub>——厌氧消化器出水化学需氧量，单位为克每升(g/L)；

Q——厌氧消化器的设计流量，单位为立方米每小时(m<sup>3</sup>/h)；

U<sub>v</sub>——厌氧消化器的化学需氧量容积负荷，单位为千克COD<sub>cr</sub>每立方米(kgCOD<sub>cr</sub>/m<sup>3</sup>)；

5) 厌氧消化器沼气产量的计算  
理论上每去除1kg COD<sub>cr</sub>可产0.35 m<sup>3</sup> 甲烷。

6) 升流式厌氧污泥床(UASB)

① UASB反应器平面形状有矩形和圆形，高度不宜超过10 m；

② 反应器的设备有三相分离器、布

水系统、排泥装置及沼气收集系统等。

### 1.5.4 加热保温

沼气工程一般应有加热保温措施。

1) 对采用中温(或高温)发酵的厌氧消化器加热，宜采用蒸汽直接加热，蒸汽通入点宜在计量池内，也可采用厌氧消化器外热交换或池内热交换。对大型消化器也可将几种加热方式结合使用。

2) 对采用常温发酵的厌氧消化器应保证池内料液温度不低于12℃。当料温不够时，宜采用蒸汽直接加热，蒸汽通入点宜在集水池内，也可采用厌氧消化器外热交换或池内热交换。

3) 消化器应有保温措施，宜采用外保温。

### 1.5.5 沼气净化

1) 沼气净化系统包括：气水分离器、砂滤、脱硫装置。

2) 经过净化系统处理后的沼气质量指标，应符合下列要求：

① 甲烷含量55%以上；

② 硫化氢含量小于20 mg/m<sup>3</sup>。

3) 沼气净化见GB J16、GB 50028中相关规定。

4) 沼气中水蒸汽一般采用重力法脱水。对产量大于1 000 m<sup>3</sup>/d的沼气工程，也可采用冷分离法、固体吸附法、溶剂吸收法等脱水工艺处理。

5) 重力法沼气气水分离器可按以下参数设计：

① 进入气水分离器的沼气流应按日产沼气流计算；

③ 气水分离器内的沼气供气压力应

大于2 kPa；

③ 气水分离器的压力损失应小于100 Pa；

④ 气水分离器筒体高度为直径的4~6倍；

⑤ 气水分离器应设有自动排水装置。

6) 沼气管的最低点必须设置冷凝水集水器。

7) 沼气脱硫

① 沼气中硫化氢含量主要由发酵原料决定。可以同一地区、同一畜种类似沼气工程所产沼气中的硫化氢含量为参照；

② 脱硫技术方案应根据工程具体情况作经济分析后再做确定。干法脱硫法可参照表3确定；

③ 脱硫装置(罐、塔)应设置两个，一备一用，应并联连接；

④ 脱硫装置宜在地上架空布置。在南方地区可设置在室外，但需要保温。在寒冷地区应设在室内，一般应设置脱硫间。

### 1.5.6 沼气贮存

1) 沼气贮存系统包括：贮气柜、流量计等。

2) 一般采用低压湿式贮气柜、低压干式贮气柜和高压贮气罐。应根据具体情况作经济分析后确定。

3) 贮气柜容积应根据沼气的不同用途确定：

① 沼气主要用于炊用时，贮气柜的容积按日产量的50%~60%设计；

② 沼气作为炊用和发电(或烧锅炉)各占一半左右时，贮气柜的容积按日产量的40%设计；

③ 沼气主要用于烧锅炉、发电等工业用气时，应根据沼气供求平衡曲线确

表2 厌氧消化器主要设计参数

序号	项目	参数	参数	备注
1	温度/℃	25	15	12℃以上
2	水力停留期/d	1.5~3	2~4	温度高时宜用下限值，温度低时宜用上限值
3	TS浓度/%	<1	<1	
4	COD <sub>cr</sub> 去除率/%	70~85	70~85	
5	COD <sub>cr</sub> 负荷/(kg/(m <sup>3</sup> ·d))	3~5	1~2	温度高时宜用上限值，温度低时宜用下限值

表3 沼气干法脱硫法选择

沼气中硫化氢含量	脱硫方法
<2g/m <sup>3</sup>	一级脱硫法
2g/m <sup>3</sup> ~5g/m <sup>3</sup>	二级脱硫法

定贮气柜的容积。

4) 贮气柜贮气压力

根据 GB 50028-1993 和贮气柜形式确定贮气柜的贮气压力。沼气管具前的沼气管压力应是其额定压力的 2 倍。

5) 贮气柜宜布置在气源附近。

6) 贮气柜必须设有防止过量充气和抽气的安全装置。放空管应设阻火器。阻火器宜设在管口处。放空管应有防雨雪侵入和杂物堵塞的措施。

7) 湿式贮气柜水封池采用地上式, 尽量避免地下式。当采用地下式时, 应设置排水放空设施。建造材料一般为钢板或钢筋混凝土。

8) 湿式贮气柜应设置上水管、排水管和溢流管; 钟罩应设置检修人孔, 直径不小于 600 mm, 钟罩外壁应设置检修梯。

9) 在寒冷地区, 湿式贮气柜应设置供热系统。

10) 当湿式贮气柜钟罩与水封池均为钢板制造时, 须做防腐处理, 采用环氧沥青、氯化聚乙烯涂料、聚丁胶乳沥青涂料等防腐材料。

11) 贮气柜安全防火距离

① 干式贮气柜之间的防火距离应大于较大贮气柜直径的 2/3, 湿式贮气柜之间的防火距离应大于较大贮气柜直径的 1/2;

② 贮气柜至烟囱的距离, 应大于 20 m;

③ 贮气柜至架空电缆的间距, 大于 15 m;

④ 贮气柜至民用建筑或仓库的距离, 应大于 25 m。

12) 沼气贮气柜出气口处应设阻火

表 4 沼气流量计选择表

小时沼气的量	流量计
户内	皮膜表
20 m <sup>3</sup> ~ 30 m <sup>3</sup>	膜式流量计
>30 m <sup>3</sup>	腰轮(罗茨)流量计、涡轮流量计等

器。

13) 沼气计量

沼气流速计应根据厌氧装置最大小时产气量选择流量计, 见表 4。

14) 贮存系统见 GB J 16、GB 50028 中相关规定。

1.6 后处理

1.6.1 “能源生态型”沼气工程后处理

1) “能源生态型”沼气工程的厌氧出水进贮液池后作液态有机肥用于农田。

2) “能源生态型”沼气工程厌氧消化后的沼渣、沼液需做进一步的固液分离, 分离出的沼液进贮液池后作液态有机肥用于农田, 干化后的沼渣是良好的固态有机肥。固液分离有多种方法:

- ① 沉淀池 + 干化场;
- ② 机械分离 + 沉淀池。

1.6.2 “能源环保型”沼气工程后处理

1) 后处理一般采用以下工艺:

- ① 好氧处理系统;
- ② 稳定塘;
- ③ 好氧处理系统 + 稳定塘;
- ④ 其他处理方法, 如膜分离法、人工湿地等。

2) 好氧处理系统。

畜禽粪水中的 N、P 含量较高, 好氧处理应选择有较高脱氮除磷能力的工艺, 如 SBR、氧化沟等; 有关设计参数、设施和设备参考 GB J14-1997 的相关规定。

- 3) 好氧塘、兼性塘、水生植物塘。
- 4) 好氧塘、兼性塘、水生植物塘可

用于处理“能源环保型”沼气工程的好氧出水或厌氧出水, 用于去除污水中的氨氮和有机物;

① 水生植物主要有凤眼莲等, 设计参数可参见附录 B;

② 好氧塘、兼性塘;

③ 当用于后续处理时, 主要作用是去除水中的 N、P, 其工艺参数见表 5。

2 建设标准

2.1 规模养猪场沼气工程应达到设计的建设目的

参见本文的 1.1.1。主要就是要充分发挥大中型沼气工程的能源效益、经济效益、环境效益和社会效益。既产出能源、又产出无害化的有机肥料; 既节省能源、肥料等费用, 又创新的增值的经济效益; 既能解决畜禽养猪场的环境卫生问题, 又有效解决和减少畜禽养猪场粪污造成了对农田、大气、水域环境的破坏和污染; 既能为资源综合利用做出贡献, 又能为循环经济提供支撑做出贡献。

2.2 规模养猪场沼气工程建设必须遵守国家相关法规

主要是国家有关建设的法律法规, 执行国家节约用水、节约能源、节约土地、保护环境、消防安全等政策。

2.3 规模养猪场沼气工程应统筹规划

与城乡建设发展规划、规模畜禽养殖业发展、农产品加工业发展相协调, 做到远近结合, 以近期为主, 兼顾远期发展。需要强调的是: 大中型沼气工程的规划、设计应保证周围有足够消纳沼

表 5 稳定塘工艺设计参数 (“能源环保型”工艺)

塘型	BOD <sub>5</sub> 表面负荷 / (kgBOD <sub>5</sub> / 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup> · d)			有效水深 / m	处理效率 / %	进塘 BOD <sub>5</sub> 浓度 / (mg/L)
	I	II	III			
兼性塘	30 ~ 50	50 ~ 70	70 ~ 100	1.2 ~ 1.5	60 ~ 80	< 300
好氧塘	10 ~ 20	15 ~ 25	20 ~ 30	0.5 ~ 0.6	40 ~ 60	< 100

I 系指年平均气温在 8 °C 以下的地区; II 系指年平均气温在 8 ~ 16 °C 以下的地区; III 系指年平均气温在 16 °C 以上的地区。

渣、沼液的农田土地容量和能力；并配套建设沼渣、沼液处理、排放、消纳和利用的设施。

#### 2.4 规模养猪场沼气工程应因地制宜、规范可靠

要结合当地农业生产发展现状，做到安全可靠、技术先进、经济合理、使用方便、管理规范。

#### 2.5 规模养猪场沼气工程不得造成二次污染

规模养猪场沼气工程应能保证建成后，通过加强管理，采取有效措施确保正常运行，不直接排放沼气、沼渣、沼液，沼渣沼液处理利用设施应首选将沼

渣沼液作为有机肥料农田施用或其他综合利用。少量利用不尽的沼渣沼液，应结合当地实际条件，进行有效处理，确保不产生二次污染。

#### 2.6 规模养猪场沼气工程应完成主要建设构成

规模养猪场沼气工程由主体工程、配套工程和生产管理与生活服务设施等构成。具体包括：

##### 2.6.1 主体工程

主要包括发酵原料预处理单元、沼气生产单元、沼气净化和储存单元、沼气利用单元、沼渣沼液综合利用单元的生产设备及设施。

其中厌氧反应器应有足够的承载力、抗腐蚀性、防渗透能力和密闭性。

##### 2.6.2 配套工程

主要包括沼气站内供配电系统、工艺控制系统、给排水系统、增温系统、照明系统、消防系统、保安监测系统、道路、大门、围墙、通信、生产运输车辆等。

##### 2.6.3 生产管理与生活服务设施

主要包括办公室、值班室、门卫、公用卫生间等，寒冷地区还包括采暖设施。

(收稿日期：2011-06-13)

(上接 33 页)

已经超过 90%，但是达标率很低，只有 10% 左右。造成处理效果差的主要原因在于：一是由于养殖废水水量大，升温保温困难，冬季发酵温度低，产气效率不高、甚至不产气。二是采用二级生化达标处理技术时，对养殖粪污特性不清，采用的工艺缺乏针对性，主要有活性污泥法、接触氧化、缺氧-好氧(A/O)工艺等，只考虑有机物去除、没有考虑氮磷的去除，并且不能平衡处理系统酸碱度。好氧段出水 COD 一般在 700 mg/L 以上，氨氮在 100 mg/L 以上。许多好氧处理单元基本没有起作用，还需要进一步后处理(氧化塘、絮凝、臭氧氧化、活性炭吸附处理)才能基本达标。另外也存在处理装置设计容积偏小、流程复杂、操作烦琐等问题，养殖场人员操作管理困难。三是采用自然生态处理的工程，没有考虑氮的去除，设施面积严重不足，一个出栏万头猪场采用氧化塘、人工湿地进行净化处理，需要土地大约 3.5 hm<sup>2</sup>，而一般处理工程只有 0.6 hm<sup>2</sup> 左右。

### 3 主要建议

#### 3.1 真正推行种养区域平衡

限制土地紧张、环境敏感地区建设规模化猪场。鼓励种植大户办养殖，养

殖大户办种植，实施种养区域一体化。在养殖场规划征地、租地时，将粪污消纳利用的土地一并考虑，使养殖场拥有可控的消纳土地。

#### 3.2 建立粪污资源化利用激励补偿机制

改变现有的猪场粪污处理财政补贴方式，将粪污处理补贴政策从建前补贴向建后使用延伸，变基础设施建设补贴为产品补贴，如沼气补贴、上网电价补贴，有机肥补贴、沼渣沼液资源化利用补贴等。开展粪污处理工程先建后补改革试点，调动养殖场业主投入粪污处理工程的积极性。

#### 3.3 改革粪污处理设施运营管理机制

国家出台政策，鼓励成立畜禽粪污处理的专业化运营公司，公司通过收取粪污处理费、以及处理过程获得产品收益(如沼气、电、有机肥)维持运营。

#### 参考文献

- [1] 杨启堂，刘娜娜，王建勋. 新疆畜禽养殖生产环境污染现状与分析[J]. 新疆畜牧业，2009，3：8-10.
- [2] 陈智远，蔡昌达. 大型热电肥联产沼气发电工程分析[J]. 新能源及工艺，2009，6：38-40.

- [3] 邓良伟，郑平，陈子爱. Anarwia 工艺处理猪场废水节能效果的研究[J]. 农业工程学报，2006，12(22)：172-175.
- [4] 邓良伟. 一体化厌氧-湿地废水处理装置与方法：中国，200310104063.3[P]. 2007-05-16.
- [5] 邓良伟. 基于浓稀分流的猪场粪便污水处理方法：中国，200910058472.1[P]. 2010-09-08.
- [6] 李淑兰，邓良伟. 2007 年我国畜禽养殖废弃物处理的宏观政策及技术进展[J]. 猪业科学，2008，1：70-72.
- [7] 环境保护部. HJ 497-2009 畜禽养殖业污染治理工程技术规范[S]. 北京：中国环境科学出版社，2009.
- [8] 国家环境保护总局. HJ/T 81-2001 畜禽养殖业污染防治技术规范[S]. 北京：中国环境科学出版社，2002.
- [9] 国家发展改革委农村经济司，农业部发展计划司，农业部科技教育司. 农村沼气建设管理实践与研究[M]. 北京：中国农业出版社，2009.
- [10] 白中炎，仲海涛，彭晓春，等. 石马河流域规模化养猪场废水处理现状研究[J]. 广东化工，2008，35(185)：95-99.

(收稿日期：2011-06-13)