# 高原贫困地区规模化生猪养殖场沼气工程的规划设计

——以云南省保山市隆阳区瓦渡乡荒田村为例

张雅峰1,张无敌1,庄朝义2,林卫东1\*,尹芳1,张 蕾2

(1. 云南师范大学能源与环境科学学院, 云南昆明 650500; 2. 云南省保山市降阳区委党校, 云南保山 678000)

摘要 以荒田村作为高原贫困地区的代表,通过考察和分析,结合当地实际情况设计出一套适合其发展规模化生猪养殖场沼气工程的规划方案。该工程在带动荒田村脱贫致富的同时,也能够为整个高原贫地区建设规模化养殖场沼气工程提供理论指导,帮助高原贫困地区发展生态农业,实现农业的可持续发展。

关键词 高原贫困地区;养殖场;沼气工程;荒田村

中图分类号 S216.4 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2015)22-340-04

Biogas Engineering Program Design of Large-scale Swine Farm in Plateau Poverty-stricken Region - Taking Huangtian Village, Wadu County Longyang District Baoshan City, Yunnan Province as an Example

ZHANG Ya-feng<sup>1</sup>, ZHANG Wu-di<sup>1</sup>, ZHUANG Chao-yi<sup>2</sup>, LIN Wei-dong<sup>1</sup>\* et al (1. School of Energy and Environment Science, Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan 650500; 2. Longyang Regional Committee School of the CPC in Baoshan of Yunnan, Baoshan, Yunnan 678000)

**Abstract** Elected Huangtian Village as a representative in plateau poverty-stricken region, through investigation and analysis, on the basis of local actual situation to design a set of suitable biogas engineering program for the development of large-scale swine farm. The whole engineering proposal is designed in order to make local farmers' life better, meanwhile to provide theoretical guidance for biogas engineering construction of large-scale swine farm in plateau poverty-stricken region, so as to achieve the goal to help poverty-stricken region in plateau area develope ecological agriculture, and realize the sustainable development of agriculture as well.

Key words Poverty-stricken plateau region; Swine farm; Biogas engineering; Huangtian Village

荒田行政村归属于云南省保山市隆阳区瓦渡乡,其村委会位于瓦渡乡乡政府偏北3 km,距离隆阳区 41 km。荒田村东西南北分别被平林子村、打坪村、瓦渡村和水寨乡所围绕。其村下设长洼子、荒田、旧寨、河东、河西、白草坡、满九寨、茭瓜塘等共计17个村民小组,共有农户621户,人口总数达到2595人。荒田村地处半山区,共有国土面积2250 km²,海拔高度1860~2100 m,平均海拔1870 m,因海拔高度和地理条件不同,年平均气温范围在18~22℃之间。荒田村的物候属于西南季风区亚热带高原气候类型,每年12月份和1月份最冷,温度为10℃;最高温度在6、7月份,温度为23℃,历年平均温度为21℃。该村冬季无严寒、夏季无酷暑,四季如春,终年常绿。荒田村年降水量为1150 mm,主要集中在春秋两季。2013年村民经济总收入1030万元,农民人均毛收入不足4000元,在整个瓦渡乡甚至是整个云南省都处于偏低水平,因此该区是典型的高原贫困地区。

养殖业与种植业作为农业生产的两大经济支柱并驾齐驱,但荒田村的养殖业经济收入仅占该村经济总收入的26%,种植业收入占到53%,比例明显失调,因此荒田村的养殖业急需大力发展。荒田村目前养殖的牲畜有猪、牛、羊、马等,属于一家一户的小型分散饲养,均未形成较大规模,且以养殖生猪为主,全村年出栏生猪2265头。

自古以来就有猪粮安天下之说,可见生猪生产对社会和 经济都具有重大的意义,因此荒田村发展规模化生猪养殖是

基金项目 云南省科技平台提升计划(2013DH041)资助。

作者简介 张雅峰(1986 - ),男,河南洛阳人,硕士研究生,研究方向: 农业推广。\*通讯作者,副教授,硕士,从事农业技术与园 艺教学与科研工作。

收稿日期 2015-06-09

该村脱贫致富的重要途径之一。荒田村目前这种家庭散养生猪模式存在很多弊端,诸如:饲养条件的简陋和饲养技术的落后导致疫病的频发和蔓延;抗生素、激素和各种重金属饲料添加剂的滥用导致猪肉的不安全;人畜混居的状况导致农户生活环境的污染和生活质量的下降;农户信息闭塞不能够及时掌握市场信息导致承受和抵抗市场风险能力薄弱而蒙受损失等。在这样的背景下,荒田村要建设一个以沼气为纽带的规模化生猪养殖场也是大势所趋。这样的养殖模式可以把村中资源整合起来,能够很好地解决家庭散养所带来的一系列问题,给该村创富增收的同时也能够保证农业的可持续发展。

## 1 项目的设计理念

荒田村规模化生猪养殖场沼气工程建设运用了 4F 循环经济理念。所谓 4F 循环经济是指通过有机废弃物的资源化利用,将饲料(feed)、肥料(fertilizer)、食品(food)和能源/燃料(fuel)的生产进行有机结合,实现养殖业的可持续发展<sup>[1]</sup>。为了能使 4个 F 紧密结合并循环起来,沼气工程的建设不可或缺。有了沼气工程作为纽带,饲料(feed)、肥料(fertilizer)、食品(food)和能源/燃料(fuel)就能够按照自然生态系统的循环模式进行物质的循环反复,从而带动经济的发展,具体循环过程如图 1 所示。

沼气工程的建设在处理猪粪尿等有机废水的同时,还能变废为宝得到更多可利用的资源。沼气的产生可以供给农户用于炊事、取暖、照明;同时还可以利用沼气发电,将电力用于整个养猪场的电力供应,完全实现自给自足。荒田村现有的 467 hm² 泡核桃及其树下套种的 40 hm² 续断,100 hm² 玉米、大麦、大豆等粮食种植地,还有正在规划建设中的 36

hm² 有机水稻及其将来要发展的有机蔬菜基地等都需要用 大量的有机肥料。因此该沼气工程设计采用"能源生态型" 沼气工程模式,这样的模式不但解决了污染问题,还解决了 荒田村所有农作物的肥料问题,同时还带来了能源,真可谓

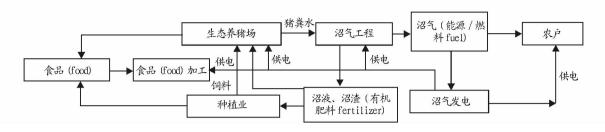


图 1 沼气工程为纽带的 4F 循环经济模式

是一举多得。

## 2 生猪产业化经营模式的选择

小规模分散饲养生猪的生产经营模式面临着自然和市场两大风险的考验<sup>[2]</sup>,为了降低风险,必须寻求一种符合现代农业的新型产业化经营模式。根据市场导向和荒田村的实际情况,采用"公司+生猪养殖合作社+农户+基地"的运作模式比较适合荒田村的发展。生猪养殖合作社由当地村干部、能人、养殖大户等带头组织成立并发展当地农户人社,再由合作社和当地政府牵头引进有资质的公司进村投资,养殖合作社成员和当地农户可以自愿人股,根据农户自身情况可选择用生猪或者资金进行人股。这样的经营模式以生猪养殖合作社采用契约为纽带把公司、农户和基地紧密联系起来,一定会使荒田村的生猪养殖业走向高效化、标准化和节约化,实现生产、加工和销售一体化,从而降低自然和市场的双重风险,保证各方利益都能得到满足。

### 3 养殖场沼气工程的选址

生猪养殖场及沼气工程基地的选址定在荒田村旧寨组一处宽阔平坦的15 度缓坡地带。此处位于 N 25°13′63.71″, E99°35′49.68″附近,海拔2 000 m,年平均气温 20 ℃,年照时长 2 260 h,年降水量 1 050 mm,霜冻期 60~90 d。常年以西风和西南风为主,位于下风口,风力以威风和小于3 级以下的风为主。旧寨到水田直线距离 800 m,猪场到村委会 3.3 km,直线距离 1.83 km,工程质地良好,适合建造。距离最近的农户 1.5 km,水电都很方便,距离主干道 1.4 km,交通也方便,是一个很好的地址。

#### 4 养猪场沼气工程规模参数的确定

生猪养殖场规划年产生猪 10 000 头,需要饲养存栏种公猪 30 头,生产母猪 720 头,哺乳期仔猪 900 头,保育猪 1 000 头,生长育成猪 3 500 头,共计 6 150 头生猪。一头育肥猪占地 3.5 m²,年出栏 10 000 头育肥猪的猪场面积定(10 000 × 3.5 m²)3.5 hm²,年活办公建筑面积和沼气工程面积共计1.5 hm²,除此之外还要有 1 hm² 的绿化面积,所以整个项目的占地面积共计为 6 hm²。按照一头猪日排粪量为 2 kg,日排尿量为 3 kg,日冲洗水 2.5 kg/头,一万头猪每天的排污量(10 000 × 2 kg + 10 000 × 3 kg + 10 000 × 2.5 kg)共计75 t 污物处理,采用全混合发酵,水力滞留时间 HRT 设计为 20 d,这样不仅能有效杀灭寄生虫卵和肠道致病菌,而且能充分降解粪污中的有机质,保证厌氧消化的效果。该沼气工程日产气量为[20 t×20%(TS)×300

 $m^3/tTS$ ]1 200  $m^3$ ,厌氧反应器容积为(67  $t/d \times 20 d$ )1 340  $m^3$ ,为了方便以后扩大养殖规模,厌氧反应器设定为 1 500  $m^3$ 。储气柜容积(1 200  $m^3 \times 40\% = 480 m^3$ )设定为 500  $m^3$ ,沼液贮存池按 30 d 存储计算,容积应为(67  $t/d \times 30 d$ )2 010  $m^3$ ,粪污收集预处理池 HRT 为 2 d,容积则为(67  $t/d \times 2 d$ )134  $m^3$ ,溢流沉淀池同样也设计为 134  $m^3$ 。

该设计使用 2 台 60 kW 沼气发电机。沼气发电机功率为( $1200 m^3 \times 1.6 kWh/m^3/16 h$ )120 kW。该工程日产沼渣约为日进料干物质 50%,即为 2t,沼液日产量近似等于日进料量的 85%,即为( $67t \times 85\%$ )56.95t。

# 5 养猪场建设的规划设计

该规模化养猪场建设主要分为3个功能区域,分别是生活办公区域、养殖生产区域和沼气工程区域。根据选址处的主导风向,生活办公区应该建在上风口,即在西南方向,然后顺斜坡而下,依次是养殖生产区和沼气工程区域。这样的布局可以减少养殖区域对生活办公区域的污染,同时养殖区域的粪污水可以利用地势流入沼气工程区域,方便粪污物的收集。办公生活区主要包括办公室、职工宿舍和餐厅等,设计建筑面积为1500 m²。生产区建设在办公室生活区下方,其中包括:配种与保胎栏2500 m²,产房与哺育房2000 m²,保育栏1500 m²,育肥栏5000 m²,种公猪栏200 m²,除此还有消毒间、兽医室、值班室等共计500 m²。养殖生产区周围要设立围墙整体包围起来,周围要种植树木作为绿化防护,使养殖区域拥有完全封闭独立的环境,防治疾病的传入,同时所有外来人员、车辆、物资的进入都要进行严格的检验消毒。

# 6 沼气工程工艺的规划设计

荒田村该沼气工程是一个系统的工程,它一共包含4个单元,分别为粪污预处理单元、厌氧消化单元、沼气净化储存单元和"三沼"综合利用单元。

#### 6.1 猪场沼气工程的主要工艺技术

6.1.1 粪污预处理单元。预处理的主要目的是减量化,使之达到污染物最大限度的减量<sup>[3]</sup>,因此采用干清粪法收集粪便,收集的猪粪尿和冲洗水首先进去浮渣池,以此来去除夹杂在粪污中的饲料残渣、猪毛等杂物,然后再流入沉砂池,除去粪便污水中的砂石,继而经过除渣除砂处理粪便污水进入进料池,采用空气源热泵辅助的太阳能热水系统以及沼气发电余热回收装置通过热交换将进料池中的粪污加热到35 ℃。

6.1.2 厌氧发酵单元。作为此工程的核心单元,设计采用

1500 m³ 完全混合厌氧消化器(CSTR)。厌氧消化器采用圆柱形全钢结构,内外壁做防腐处理,外壁做保温处理并选择适合颜色的彩钢板固定保温材料。加热后的粪污用泵打入CSTR 厌氧消化器中,在30℃条件下进行20 d 的厌氧消化。在发酵过程中为了使粪污与沼气发酵微生物充分混合,增加接触面积,从而提高发酵效率,搅拌技术是必不可少的。设计采用水力循环搅拌技术,即在发酵罐外部安装循环泵,并置于设备房中,发酵罐内顶部布置水力喷射器,在罐体2 m高处设置循环泵进料口,通过循环泵将发酵料液抽出,并输送到罐体顶部的水力喷射器,使料液从罐体顶部喷射入发酵罐内,经过循环回流操作,达到搅拌发酵料液的目的。

**6.1.3** 沼气净化存储单元。厌氧发酵产生的沼气里面含有大量的  $H_2O$  和  $H_2S$ ,因此必须要净化去除这些杂质才能正常使用沼气。含有杂质的沼气首先进人气水分离器,除去沼气中含有的水蒸汽;脱去  $H_2O$  后的沼气紧接着进入干式 FeO 脱硫塔中除去沼气中的  $H_2S$  气体。储气柜设计为 500  $m^3$  低

压湿式储气柜,全部采用全钢结构,并进行防腐处理,净化后的沼气就会暂时储存在储气柜里。

6.1.4 "三沼"利用单元。沼气从沼气柜中出来,设计一半用来向猪场人员和周围农户供应沼气用作炊事使用,另一半用来沼气发电,带动 2 台 60 kW 沼气发电机发电,所得电力供应猪场生活用电设备和沼气工程用电设备使用及其周围农户用电。经过厌氧发酵产生的沼气发酵残留物首先流入到溢流池中,设计容积为 134 m³ 方形砖混结构,沼渣沉淀于池底,沼液溢流入沼液储存池中,溢流池中的沼渣,要定期用泵打入固液分离器中,将沼液和沼渣分离开来,分离出来的沼液和储液池中的沼液在需肥季节通过沼液输管网运送,沼液和沼渣分别用作山下有机稻田养鱼基地、有机蔬菜基地和其他农作物基地种植的基肥、追肥和养殖的饵料,多余的沼渣进行机肥的加工进行销售。

**6.2 沼气工程工艺流程** 沼气工程的具体工艺流程如图 2 所示。

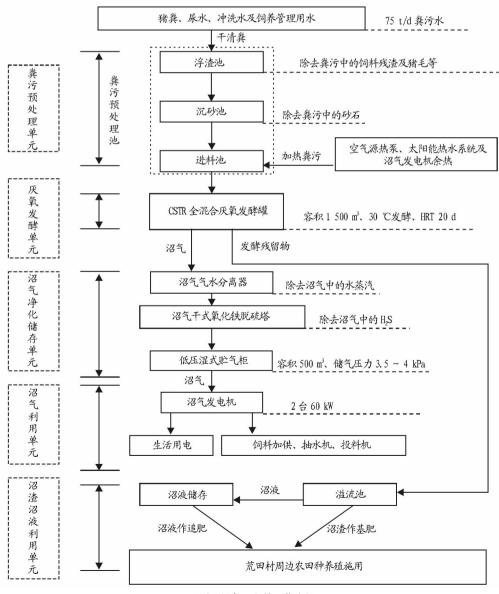


图 2 沼气工程的工艺流程

#### 7 投资估算和效益分析

#### 7.1 项目投资估算

7.1.1 养猪场投资估算。种公猪30头,每头2500元,花费7.5万元;生产母猪720头,每头2000元,花费144万元;仔猪900头,每头600元,花费54万元;保育猪1000头,每头500元,花费50万元;生长育成猪3500头,每头550元,花费192.5万元;猪种共计投资448万元。养猪场内生产区域建筑面积共计11200㎡,每平方米600元,共计672万元。办公生活区域1500㎡,每平米800元,共计120万元,建筑费用792万元。再加上其他设备和不可预见费用150万元,养猪场建设共计投资1390万元。

养猪场每年管理运行费用为911.3万元,其中包括:租地费用为6000元/ $hm^2$ (400元/亩),费用总为2.1万;厂长1名,年工资为(3000元/月×1人×12月人)3.6万元;副厂长2名,年工资为(2500元/月×2人×12月)6万元;技术员2名,年工资为(2000元/月×2人×12月)4.8万元;财务1名,年工资为(2000元/月×1人×12月)2.4万元;保卫2名,年工资为(1500元/月×2人×12月)3.6万元;饲料员2名,年工资为(1500元/月×2人×12月)3.6万元;饲料员2名,年工资为(1500元/月×2人×12月)3.6万元;饲养人员14名,年工资为(1500元/月×14人×12月)25.2万元;管理人员工资共计49.2万元。每头猪按照1年消耗饲料400kg,每kg饲料价格2元,所得每年饲料费用为800万元,水电费每年50万元,生猪医疗和其他费用为10万元。

7.1.2 沼气工程投资估算。粪污收集预处理池 10 万元,溢流沉淀池 10 万元,厌氧发酵罐 80 万元,沼气储气柜 30 万元,太阳能加热设备 32 万元,避雷设施 1 套 2 万元,60 kW 沼气发电机 2 台 30 万元,固液分离器 1 台 2 万元,有机肥加工设备 1 套 50 万元,脱硫塔 2 台 2 万元,气水分离器 1 台 1 万元,管道、泵、阀门等 15 万元,发电房 1 间 2 万元,有机肥车间 1 间 8 万元,科研与设计 8 万元,菌种与启动 8 万元,工程施工费 15 万元,其他费用 30 万元,该沼气工程共计投资费用 335 万元。

该沼气工程年运行费用为 30.25 万元,其中管理员工资 (2000 元/月人×1人×12月)2.4万元,工人工资(1500元/月人×2人×12月)3.6万元,工程运行年限为 20年,考虑 20年后工程总投资的残值约为 5%,则年折旧费大约为 17万元。维修费按折旧费的 20% 计算,年维修费为 3.4 万元,管理费按人工费的 25% 计算,年管理费为 1.25 万元;工程运行的动力/电能消耗每天约 120 kWh 电,电价按 0.60元/kWh 计,则年动力费约 2.6 万元。

#### 7.2 效益分析

7.2.1 经济效益。①养猪场经济效益。每年出栏育肥猪 10 000头,每头 100 kg,按照生猪价格按 12 元/kg 计算,每年 生猪销售额为 1 200 万元。②沼气工程经济效益。该工程可产生三大产品,即沼气、沼液和沼渣,沼气用于发电供工程所需的动力;沼液、沼渣用于肥料,其中:每天 1 200 m³ 沼气用于发电,发电量按 1.6 kWh/m³ 计,依据当地电价,电价按 0.60元/kWh 计,则年节约收益为(200 m³ ×1.6 kWh/mm³ ×

365  $d \times 0.60$  元/kWh = 49.056 万元)49 万元,日产沼渣 2 t,年产沼渣 730 t,每吨利润按 200 元计算,则年收益为(730 t × 200 元/t)14 万元,日产沼液 56.95t,年产沼液 20 786.75t,每吨利润按 30 元计算,则年收益为(20 786.75t × 30 元/t = 62.360 25万元)62 万元,共计收益 125 万元。

由此可得整个模化生猪养殖场沼气工程基地年收益为 (1200+125)1325 万元,除去每年的运行管理费用为 941.55 万元,每年纯收益为 383.45 万元。整个基地前期的建设投资费用为 1725 万元,大概需要 4.5 年以后收回成本,然后每年保持 383.45 万元的收益。

7.2.2 社会效益。荒田村该沼气工程的建设实施,很好地解决了生猪养殖场猪粪、尿液和污水处理的问题,实现了粪便污水的资源化利用。经过厌氧发酵产出的沼液和沼渣为当地有机种植业的发展提供了坚实的肥料后盾。沼肥的施用可以灭菌杀虫,提高粮食作物的产量和质量,并且长期施用沼肥可促进土壤团粒结构的形成,使土壤疏松,增强土壤保水保肥能力,改善土壤理化性状,使土壤有机质、总 N、总 P及有效 P等养分均有不同程度的提高,同时农作物的抗冻、抗旱和抗病虫能力也都会提高<sup>[4]</sup>。此外,沼气解决了当地农户生活用能,烧煤、柴草秸秆大大减少,森林植被得到保护。同时进一步解放农村妇女生产力,从繁重的砍柴割草中解放出来<sup>[5]</sup>,可投入到荒田村生态农业的发展,因此具有较高的社会效益。

7.2.3 环保效益。该工程的建成每年能够处理养殖场 2.45 万 t 有机粪水,能有效削减 COD、NH<sub>3</sub>-N、BOD、的含量以及 CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 的排放,沼肥的使用完全替代了化肥,减少了 对荒田村环境,包括土壤、水体、大气的污染。经过厌氧消化 处理后的粪污水,里面的有害物质大部分将得到消除,使这 些污物得到了很好地处理,也就减少了病原菌的传播<sup>[6]</sup>,改 善了当地的卫生环境,提高了村民的生活质量,能够为荒田 村发展生态农业提供了良好的外部环境,因此具有较高的环 保效益。

#### 8 结束语

通过对荒田村现状的考察和分析,提出一套规模化生猪养殖场大型沼气工程的规划设计方案。该工程作为荒田村发展生态农业的核心工程,待项目实施后,可以在提高农民经济收入,改善农村生活环境,帮助荒田村脱贫致富的同时,也能够发挥科技示范和辐射作用,为整个高原贫困地区生态农业的发展建立一个示范。

## 参考文献

- [1] 张无敌,马煜,尹芳,等. 养殖场沼气工程与 4F 循环经济模式[J]. 云南 化工,2010,37(1):6-10.
- [2] 龙江, 王泽华, 云南农业新型经济组织模式选择及发展研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 2013.
- [3] 陈家欢,周超贤,林志斌. 养猪场沼气工程工艺技术浅谈[J]. 广东饲料,2012,21(3);45-46.
- [4] 林聪. 养殖场沼气工程建设发展规划[J]. 猪业科学,2007,24(1):74 76.
- [5] 毛羽,张无敌.以沼气为纽带的生态农业模式效益分析[J].中国沼气, 2005,23(3):36-39.
- [6] 陈永俊. 沼气工程对农村环境的环保效益[C]. 北京: 北京化学工业出版社,2013:489-493.