

四川省新村低能耗沼气集中供气工程实例

樊战辉¹, 孙家宾¹, 陈光年¹, 彭朝晖¹, 郑丹²

(1. 成都市农林科学院, 四川 成都 611130; 2. 农业部沼气科学研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 为解决没有配套天然气的新村聚居农户的生活用能问题, 四川省开展了新村沼气集中供气工程建设。文章详细介绍了四川成都某低能耗沼气集中供气工程的工艺路线、建设规模、供气户数以及工程调试情况, 并对工程后续管理维护、建设成效进行了分析, 对四川省乃至全国农村沼气建设都有一定的借鉴意义。

关键词: 沼气; 供气; 工程实例

中图分类号: S216.4 文献标志码: B 文章编号: 1000-1166(2017)06-0070-05

A Village Level Concentrated Biogas Supply Engineering with Low-energy Consumption in Sichuan Province / FAN Zhan-hui¹, SUN Jia-bin¹, CHEN Guang-nian¹, PENG Zhao-hui¹, ZHENG Dan² / (1. Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu 611130, China; 2. Biogas Institute of Ministry of Agriculture (BIO-MA), Chengdu 610041, China)

Abstract: To solve the household energy consumption problem of populated farmers in villages without natural gas, numerous concentrated biogas supply engineering have been constructed in Sichuan province. In this paper, a concentrated biogas supply engineering in Chengdu of Sichuan was introduced in detail, including the technologic route, the construction scale, the number of biogas supply households, and the engineering debugging. Additionally, the subsequent management and maintenance as well as the system effectiveness were analyzed. And it may be used for reference in future rural biogas construction.

Key words: biogas; concentrated biogas supply; project case

四川省成都市某村现有居民 70 户, 常住人口 150 人左右, 年人均收入 1.06 万元, 炊事用能大部分为蜂窝煤和液化石油气, 群众对新能源开发利用积极性高, 项目区有商品猪养殖场 1 处, 常年存栏 600 头, 沼气发酵原料充足, 具备建设沼气集中供气的客观条件, 且附近周围有农田面积 1000 亩, 主要种植水果、蔬菜等经济作物, 有利于沼液、沼渣的资源化利用。

1 工程介绍

1.1 工程概况

该沼气集中供气工程总投资 34.60 万元, 其中省财政补贴 20 万元, 地方财政、农户自筹 14.60 万元。于 2013 年 4 月开始建设, 发酵原料为生猪养殖场粪污, 采用低能耗地下塞流式厌氧发酵工艺 (PFR), 建设发酵池 200 m³, 湿式气柜 20 m³, 调节

池 20 m³, 沼液暂存池 150 m³, 铺设管道 1000 多 m, 并于当年 8 月开始调试, 到 10 月份完全正常运行, 项目集中供气用户为 39 户, 最远供气距离 600 m, 目前已连续供气近 3 年 3 个月, 项目常年运行, 冬季正常供气, 情况良好。

1.2 工艺设计

处理工艺为低能耗厌氧生态能源模式, 按照最低日容积产气率 0.2 m³ · m⁻³, 设计发酵池容积 200 m³, 每户日用沼气 1 m³, 满足 39 户农户用能需要。考虑到该项目建成后运行管护主要靠当地沼气协会, 要求简单方便, 周边有 1 个养殖场可提供猪粪便污水, 工程设计采用几乎不耗能的地下塞流式厌氧发酵工艺, 养殖场粪污通过格栅自流进入调节池, 混合匀浆后一起投入发酵池, 沼气进入湿式储气柜, 脱水脱硫后输送到农户家中能用, 沼渣沼液供周边农田肥用。

收稿日期: 2017-01-22 修回日期: 2017-06-19

项目来源: 农业工程集成创新技术研究示范项目(2016-XT00-00007-NC)

作者简介: 樊战辉(1980-), 男, 陕西韩城人, 硕士, 主要从事农村能源与环境方面的研究与应用工作, E-mail: van4226@163.com

项目所在地常年气温较高,属川内较暖和地区,年平均气温 14.9℃~16.7℃,冬季最冷温度约 2℃左右,采用常温厌氧发酵,为了保证冬季产气满足农

户需要,在发酵池上建阳光大棚。沼气集中供气工艺流程图见图 1。

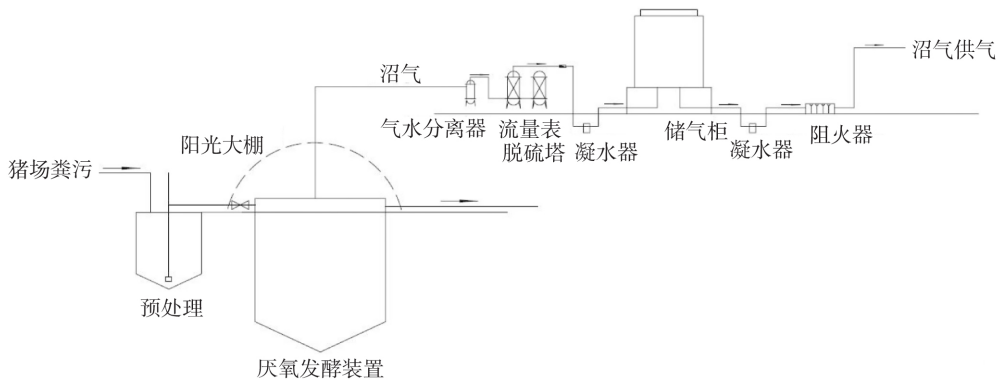


图 1 沼气集中供气工艺流程图

1.3 主要建设内容

该沼气集中供气工程总投资为 34.6 万元,建设内容包括原料预处理系统、沼气发酵系统、沼气储存单元、沼气净化设施、沼气输送单元及安全防护设施等。详见表 1 和表 2。项目建成后主要设施见图 2~图 7。

表 1 工程主要构筑物

序号	构筑物	单位	结构	规模
1	预处理池	m ³	砖混	20
2	沼气池	m ³	砖混	200
3	沼液暂存池	m ³	PE 膜/砖混	150
4	湿式储气柜	m ³	钢结构	20
5	管理用房	m ²	砖混	12
6	防护栏	m	钢网	120
7	阳光大棚	m ²	钢+塑料	80

表 2 工程主要设备

序号	名称	单位	数量
1	沼气流量表	台	1
2	沼气净化系统	套	2
3	户用流量表	台	39
4	入户设施	套	39
5	阻火器	套	1
6	凝水器	套	6
7	主管及配件	套	1
8	避雷装置	套	1
9	消防器材	套	1



图 2 湿式储气柜及管理房



图 3 沼气发酵池阳光大棚外观



图 4 阳光大棚内沼气发酵池及储液池

1.4 工程设计特点

(1) 工程采用低能耗地下塞流式厌氧发酵工艺(PFR),其特点是易于管理,不需要搅拌,不耗能,池



图5 脱硫脱水装置



图6 沼气输气管道及凝水器



图7 入户脱硫设施及灶具

形结构简单,适用于高SS废水的处理,运行方便,故障少,稳定性高。

(2) 工程在地下发酵池顶部采用阳光大棚冬季保温,造价低廉,冬季大棚保温蓄热效果较好,后期使用维护成本较低,有利于提高冬季产气量,保证用户冬季用气。

(3) 工程采用湿式储气柜保证气压稳定,地下塞流式厌氧发酵池自身本来就有储气间,但是考虑到用户户数多,用气时间上比较集中,湿式储气柜可以有效平衡产气和用气稳定性。

(4) 工程供气采用电脑智能控制,用户采用IC卡充值用气,用户多用多充少用少充,不用上门抄表收费,节约人力物力,有效解决收费难的问题。

2 调试启动、运行情况与运行管理

2.1 调试启动

沼气集中供气工程土建、设备安装完成后,对施工安装质量进行检查,并进行气密性试验。沼气池注满清水,增压到4~6 KPa,经24 h检查压力表数值没有变化,检验合格;储气柜用增压泵加压至一定高度并做标记,经24 h检查标记高度没有变化,检验合格;管道、阀门按照相应承压用清水承压检验合格。

沼气集中供气工程试车合格后进行了发酵启动,采用连续培养法,试车后保留沼气池内有一定量清水,投入养猪场排水沟内的污泥200 kg左右,并

表3 沼气集中供气工程运行1年产气状况

时 间	气表读数	实际产气量	产气量	产气率
	m ³	m ³	(m ³ ·d ⁻¹)	(m ³ ·m ⁻³ d ⁻¹)
2013年10月25日	409	—	—	—
2013年11月25日	1655.2	1246.2	40.2	0.201
2013年12月25日	2849.3	1194.1	39.8	0.199
2014年1月25日	3909.5	1060.2	34.2	0.171
2014年2月25日	4932.1	1022.6	33	0.165
2014年3月25日	5878.8	946.7	33.8	0.169
2014年4月25日	7174.2	1295.4	41.8	0.209
2014年5月25日	8422.5	1248.3	41.6	0.208
2014年6月25日	9730.9	1308.4	42.2	0.211
2014年7月25日	11122.1	1391.2	46.4	0.232
2014年8月25日	12592.4	1470.3	47.4	0.237
2014年9月25日	14024.8	1432.4	46.2	0.231
2014年10月25日	15302.5	1277.7	42.6	0.213
年产气量	—	14893.5	—	—
日均产气	—	40.8	—	—
年平均产气率	—	—	—	0.204

开始每日 5 m³ 连续进料, TS 6% ~ 8%, 1 个月左右基本达到正常发酵。

2.2 运行情况

该沼气集中供气工程自 2013 年 8 月进入调试运行阶段, 10 月中旬进入正常运行阶段, 从 2013 年 10 月至 2014 年 10 月运行 1 年的产气状况见表 3。

从表 3 统计情况看 2013 年 10 月 ~ 2014 年 10 月 1 年总产气量 14893.5 m³, 日均产气量 40.8 m³, 可满足 39 户正常用气。日均产气量最高月份出现在 8 月, 日产沼气 47.4 m³; 最低出现在 2 月, 受气温影响产气量仅为 33 m³ · d⁻¹, 可能存在不能正常供

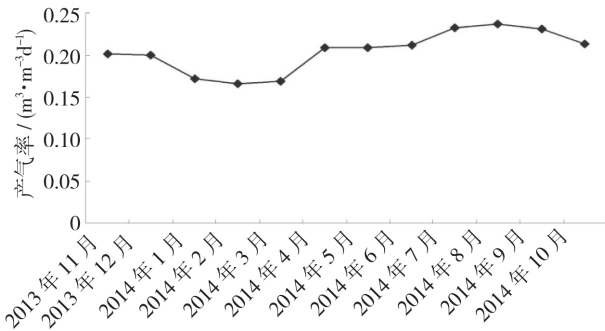


图 8 沼气集中供气工程产气率年变化图

气, 但实际入户调查发现有 8 户已经搬离, 在冬季也可以满足现有用户正常使用。

从图 8 可见, 沼气集中供气工程产气率在 1 年中不断变化, 主要原因是产甲烷菌受温度变化影响较大, 在冬季温度比较低, 产甲烷菌活性低, 产气率最低出现在 2 月, 产气率为 0.165 m³ · m⁻³ · d⁻¹ 左右; 随着气温升高产气率也不断升高, 最高月份出现在 8 月达到 0.237 m³ · m⁻³ · d⁻¹。

根据该沼气集中供气工程实际运行情况, 在这种类型工程设计上可以根据极低月份产气率和供气户数, 适当加大沼气池有效发酵容积以达到冬季正常供气的需求。

2.3 运行管理

(1) 营运主体。当地县级沼气协会, 负责该沼气集中供气工程的建设及运营, 具有沼气专业技术人员 5 人, 主要从事技术交流, 普及沼气科学知识, 开展科技咨询服务, 兴办经济实体等相关业务。

(2) 能耗分析。该集中供气工程 2013 ~ 2014 年产沼气 14893.5 m³, 能源品种只有电, 主要照明和沼液输送泵(用于从沼液暂存池提升到地面), 单位产品综合能耗详见表 4。

表 4 2013 ~ 2014 年沼气集中供气工程单位产品综合能耗

主要用能产品	功率 kW	数量 个	工作时间 h · d ⁻¹	年用电量 kWh	折合系数 (kg · kWh ⁻¹)	折合标煤 kg	能耗 (kg 标煤 · m ⁻³ 沼气)
沼液输送泵	2.2	1	0.5	401.5	0.123	49.3845	0.0033
照明	0.04	1	3	43.8	0.123	5.3874	0.0004
合计	—	—	—	445.3	0.123	54.7719	0.0037

该项目属于低能耗集中供气工程, 单位产品综合能耗仅为 0.0037 kg 标煤 · m⁻³ 沼气, 低于沈其林^[2] 等人研究报道的浙江省用太阳能板增温的集中供气工程, 其单位产品综合能耗 0.0070 kg 标煤 · m⁻³ 沼气; 远低于川内常见的地上式沼气工程的单位产品综合能耗(笔者调查一般地上式沼气工程单位产品综合能耗 0.01 ~ 0.02 kg 标煤 · m⁻³ 沼气, 如乐至县鸿福农牧科技发展有限公司沼气工程单位产品综合能耗 0.0175 kg 标煤 · m⁻³ 沼气, 四川省马氏牛肉有限公司肉牛养殖场大型沼气工程单位产品综合能耗 0.0185 kg 标煤 · m⁻³ 沼气, 四川玉泉养殖有限公司猪场粪污处理沼气工程单位产品综合能耗 0.0148 kg 标煤 · m⁻³ 沼气)。

(3) 运行费用。当地沼气协会委托养殖场业主负责现场管理, 经培训后持证上岗, 运行费用主要是

人员工资、维护维修材料费、电费, 发酵原料由养殖场免费提供, 总运行费用约为每年 2.93 万元, 详见表 5。

表 5 工程运行费用

支出项目	数量	单价	总价/万元
人员工资	1	2000 元 · 月 ⁻¹	2.4
维护维修材料费	—	—	0.5
电费	445.3 度	0.6 元 · 度 ⁻¹	0.03
合计	—	—	2.93

(4) 收入情况。收入来源主要是沼气, 收费标准根据当地天然气价格 1.89 元 · m⁻³ 的 60%, 即 1.10 元 · m⁻³, 近 3 年实际收入在每年 1.40 万元左右。

3 效益分析

3.1 社会效益

沼气集中供气工程的建设,改善当地农村生活用能,提高农民生产生活水平。通过本项目的建设运行,为周边农户提供方便的清洁能源,特别是在当地农村中基本是老年人和儿童的情况下,沼气输送到户尤为方便,同时营养物质还田利用可减少化肥施用,增加土壤肥力,促进农业生态环境良性循环和可持续发展,使以沼气工程为纽带的生态农业真正达到社会、经济、生态效益的高度统一。

3.2 环境效益

沼气集中供气工程建成后,有效改善了养殖场周边环境。年处理畜禽粪污 300 多吨(TS10%),COD 去除率 >70%,BOD₅ 去除率 >75%,减排温室气体约 20 吨 CO₂ 当量,节约氮肥 2 吨,磷肥 4 吨,钾肥 1 吨。

3.3 经济效益

该沼气集中供气工程年实际收入大约在 1.40 万元左右,实际运行费用年约 2.93 万元,不足部分由当地沼气协会支出,目前不能实现盈利。

4 结论与建议

该沼气集中供气工程的建设,生产的可再生能源—沼气,可以满足当地农户的生活用能,延长了物质循环链,有效改善养殖场周边生态环境,提高了人民群众的生活水平,尽管目前不盈利,但是在四川省内有部分市县已将沼液商品化,田间售价每立方米 20~40 元,笔者认为随着政策导向(2017 年 6 月国务院发布《关于加快畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》(国发办【2017】48 号)、土地流转、种植业规模化、有机农业的进一步发展以及国外建设沼气工

程主要动力是发展有机农业等农业发展趋势,该沼气集中供气工程终将实现盈利。

从可持续发展角度,该沼气集中供气工程模式可以在四川省内天然气未输送到的农村区域全面推广。

参考文献:

- [1] 邓良伟等. 沼气管[M]. 北京: 科学出版社 2015.
- [2] 沈其林, 周健驹, 陶建章, 王志荣. 浙江村级沼气集中供气工程实例[J]. 中国沼气 2014 (02): 40-41 62.
- [3] 周孟津, 张榕林, 蔺金印. 沼气实用技术[M]. 北京: 化学工业出版社 2009.
- [4] 胡启春, 汤晓玉, 王文国, 朱颢, 宁睿婷. 典型村庄规模沼气集中供气站运行情况调查分析[J]. 中国沼气, 2015(06): 63-67.
- [5] 孙郝, 林聪, 田海林, 等. 北京市夏村沼气集中供气案例分析[J]. 中国沼气 2015 33(1): 91-94.
- [6] 吴进, 闵师界, 朱立志, 程静思, 李谦, 邓良伟, 等. 养殖场沼气工程商业化集中供气补贴分析[J]. 农业工程学报 2015(24): 269-273.
- [7] 华永新, 朱剑平. 大中型畜禽养殖场沼气工程模式及投资效益分析[J]. 新能源及工艺 2004(2): 11-15
- [8] 梁田庚, 张凤桐, 等. 沼气生产工[M]. 北京: 中国农业出版社 2004.
- [9] 熊飞龙, 朱洪光, 石惠娴, 吴军辉. 关于农村沼气集中供气工程沼气价格分析[J]. 中国沼气 2011(04): 16-19.
- [10] 杨建玺, 张建平. 静宁县农村沼气集中供气工程的发展对策[J]. 农业科技与信息 2016(02): 108-109.
- [11] 张窝羊, 俞国燕, 郑勇, 王金丽, 陈程. 沼气工程集中供气系统的综述[J]. 安徽农业科学 2015(30): 344-346.
- [12] 罗永成. 发展沼气集中供气是推进农村清洁能源的重要途径[J]. 能源与环境 2015(01): 95-96.