

# 北京市夏村沼气集中供气工程案例分析

孙 赫<sup>1</sup>, 林 聪<sup>1</sup>, 田海林<sup>1</sup>, 段 娜<sup>1</sup>, 赵业华<sup>2</sup>

(1. 中国农业大学 水利与土木工程学院, 北京 100083; 2. 北京盈和瑞环保工程有限公司, 北京 100043)

**摘 要:** 农村社会环境和经济条件的改善, 以及城乡统筹和现代农业发展, 为农村沼气建设的多元化发展提供了崭新的机遇和更广阔的空间。特别是沼气集中供气工程, 符合农村发展的大趋势, 更具有代表性和典型性。文章以北京市房山区夏村大中型沼气集中供气工程为例, 根据沼气销售统计记录, 分析了村民一年四季以及各个月份的用气规律, 并通过深入农户调查统计, 研究了村民的能源消费结构。研究发现, 冬季相对于其他季节, 户均月用气量显著增加, 比夏季、秋季、春季分别高出 10.3%、13.5%、18.2%; 同时, 在新农村建设中, 炊事用能已经退居到微不足道的比例, 取而代之的是生活其他方面用能的需要, 为沼气等新能源的广泛开发提出了更高的要求。

**关键词:** 沼气工程; 集中供气; 清洁能源; 新农村建设

**中图分类号:** S216.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-1166(2015)01-0091-04

**Case Study of Centralized Biogas Supply Project in Xia Village of Beijing / SUN He<sup>1</sup>, LIN Cong<sup>1</sup>, TIAN Hai-lin<sup>1</sup>, DUAN Na<sup>1</sup>, ZHAO Ye-hua<sup>2</sup> / (1. College of Water Resources and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. Beijing Yingherui Environmental Engineering CO LTD, Beijing 100043, China)**

**Abstract:** New opportunity of developing centralized biogas supply project are provided by the improvement of rural social environment and economic conditions, as well as urban-rural integration and modern agricultural development, which is conforming to the trend of rural development. Taking the centralized biogas supply project in Xia village of Fangshan District of Beijing as an example, the biogas consumption regularity every month throughout the year were analyzed based on the sale recording of biogas. The energy consumption structure of villagers were also investigated. The results showed that the villager's biogas consumption in winter was significantly high, which was 10.3%, 13.5%, 18.2% higher than that in summer, autumn and spring, respectively. The proportion of energy for cooking had become trivial in the new rural construction, replaced by the energy consuming of other aspects in daily life, which means higher requirements for biogas and other new energy development.

**Key words:** biogas project; centralized biogas supply; clean energy; new countryside construction

随着新农村建设的逐步推进,我国已进入加快改造传统农业、向城乡统筹协调发展转变的重要时期,农村生产生活方式正在发生历史性变化。原有秸秆、煤等生活用能方式已不适应新农村建设的需要,农民对商品化清洁能源的需求正与日俱增<sup>[1]</sup>。积极推广沼气集中供气是一项利国利民的好事,是农业节能减排的一项重要措施。北京地区近年来建设了近百个大中型沼气工程,形成了畜禽粪便、作物秸秆、沼气、粮食蔬菜生产综合利用的良性循环种养模式。大中型沼气工程的建设,净化了农村周边环境,促进了京郊农业产业化结构调整,增加了农民的经济收入,同时利用沼气集中供

气,不仅减少了农民的生活支出,提升了农民的生活用能品位,使农民用上清洁廉价的沼气能源,还对提高农民的生活水平、改善农民的生产生活条件具有重要意义<sup>[2]</sup>。本文结合北京市“三起来”工程项目点之一的房山区夏村沼气集中供气工程,分析了清洁能源在新农村建设中的运行情况,探索“美丽乡村”建设中节能减排、新能源利用、环境保护、产业结构调整模式可持续发展的综合效益。

## 1 集中供气项目建设情况

### 1.1 背景概况

北京市房山区夏村位于房山区石楼镇东北角,

收稿日期: 2014-10-14

项目来源: 高等学校博士学科点专项科研基金(20130008110038)

作者简介: 孙 赫(1990-)男,硕士,研究方向为农业生物环境与能源工程, E-mail: sunhe@cau.edu.cn

通信作者: 林 聪, E-mail: lincong@cau.edu.cn

距京石高速公路 3 公里,有农户 1152 户,常住人口 3500 人左右,于 2007 年被评为北京市新农村规划试点村。夏村养殖现状为存栏:5400 头猪,100 头肉牛,700 只羊,20000 只鸡,100000 只鸭。全村共有农田 4000 亩,蔬菜大棚 200 亩,日产各类畜禽固体粪便约 20 吨,年产农作物秸秆约 7200 吨,具有充足的沼气发酵原料,具备建设沼气集中供气的客观条件。此外,年产 2.1 万吨的沼肥完全能够被夏村 4200 亩农田蔬菜和周边 800 亩的蔬菜大棚消纳,不存在沼渣、沼液施用过剩和二次污染的问题。

## 1.2 工程概况

沼气工程于 2009 年开始建设,采用全混发酵工艺(CSTR),两个 1000 m<sup>3</sup> CSTR 反应器并联,总厌氧消化罐体容积 2000 m<sup>3</sup>,储液储气一体化容积 1500 m<sup>3</sup>,35 m<sup>3</sup> 高压储气柜 4 套,储气压力 0.7 MPa。铺设管道近 60000 m,该工程主要建设内容详见表 1~表 3。工程设计日处理固体粪便 30 吨,消化温度 35℃~38℃,水力滞留期 20 天,40% 沼液回流进行循环搅拌,进料浓度约 6%,日产沼气 1500 m<sup>3</sup>,设计

表 1 主要构筑物

构筑物	规模
匀浆进料池/m <sup>3</sup>	200
厌氧发酵罐/m <sup>3</sup>	2000
储液储气一体化/m <sup>3</sup>	1500
预处理间/m <sup>2</sup>	72
泵房/m <sup>2</sup>	36
锅炉房/m <sup>2</sup>	39
沼气净化间/m <sup>2</sup>	72
空压机房/m <sup>2</sup>	25.2

表 2 主要设备

主要设备	数量
进料泵(螺杆泵)/台	2
切割泵/台	1
立轴搅拌器/台	5
沼气流量计/台	1
热水锅炉/套	1
干式脱硫塔/套	4
沼液泵/台	2
固液分离机/套	1
高压气柜套/套	4
沼液罐车套/套	2

表 3 沼气管线布置、管件材料表(以 1000 户计)(m)

材料名称	规格型号	数量	备注
PE 管线	Φ25	25000	盘管(每户 25 m 计算),低压
PE 管线	Φ32	8000	盘管,低压
PE 管线	Φ50	6200	盘管,低压
PE 管线	Φ50	3800	盘管,中压
PE 管线	Φ63	500	盘管,中压,估计数

并安装供气户数 1000 户。沼气工程于 2011 年 8 月正式运行,目前实际供气用户为 821 户,已连续供气 3 年,未出现间断供气情况,冬季通过锅炉辅助加热维持消化温度,保证了冬季正常沼气供应。

## 2 工程运行情况

目前沼气工程主要发酵原料为牛粪,来源为邻村外购,每日进入沼气罐的牛粪约 10 t,每吨 50 元左右,日产沼气体积约 400~500 m<sup>3</sup>,进料浓度约 3%~4%,水力滞留期约 40~45 天,日产沼肥约 25~30 吨,在一体化储液罐内停留约 40 天以上,冬季沼气工程加温每年约 30 吨标煤。村内其他畜禽粪便和农作物秸秆全部进入有机肥厂生产有机肥。

### 2.1 供气规模

经过一年的稳定运行后,2012 年 8 月夏村开始采用 IC 卡售气用气管理模式,截至 2012 年 12 月,全村开卡户已达 605 户,已售沼气体积 52375 m<sup>3</sup>,考虑

表 4 2013 年~2014 年购气统计表

日期		新增用户	已有用户	总售气量	户均月用气量
		户	户	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
2013 年	1 月	40	645	16095	24.95
	2 月	32	677	9945	14.69
	3 月	16	693	8230	11.87
	4 月	16	709	11613	16.38
	5 月	7	716	9615	13.43
	6 月	6	722	12460	17.25
	7 月	12	734	12755	17.38
	8 月	10	744	9848	13.24
	9 月	7	751	9595	12.78
	10 月	11	762	12510	16.42
	11 月	8	770	13375	17.23
	12 月	10	780	12300	15.77
2014 年	1 月	7	787	20250	25.73
	2 月	4	791	5985	7.57
	3 月	1	792	8200	10.35
	4 月	7	799	10680	13.37
	5 月	10	809	11378	14.06
	6 月	7	816	9965	12.20
	7 月	5	821	11405	13.89

首次开卡预存沼气的量,平均每户每月用气量约在 $17.3\text{ m}^3$ 。根据夏村2013年~2014年新增用户和售气统计分析(见表4),截至2014年7月,全村已开户售卡821户,沼气用户覆盖率已达到管道安装入户的82.1%。剩下的农户多由于外出务工、家中常年无人等非主观原因暂未开通沼气入户服务。

### 2.2 用气分析

根据IC卡销售沼气管理模式统计,系统共销售沼气体积 $268580\text{ m}^3$ ,按沼气实际售价每立方米2元计,沼气销售金额达到了53.716万元。从户均用气量分析(见图1),户均月用气量除每年1月2月波动较大外,全年范围内变化较为平稳,基本保持在 $10.35\sim 17.38\text{ m}^3$ 之间。2014年2月户均用气量仅为 $7.57\text{ m}^3$ ,但1月有个购气高峰,高达 $25.73\text{ m}^3$ ,主要是由于村民春节前大量储备购气,导致预存购气量不均所致。

按照北京地区四季月份的划分,对2013年4个季节的户均月用气量分析如图2所示。冬季相对于其他季节而言,户均月用气量较高为 $17.61\text{ m}^3$ ,夏季、秋季、春季用气量依次为 $15.96\text{ m}^3$ , $15.52\text{ m}^3$ , $14.90\text{ m}^3$ 。冬季户均月用气量比夏季、秋季、春季

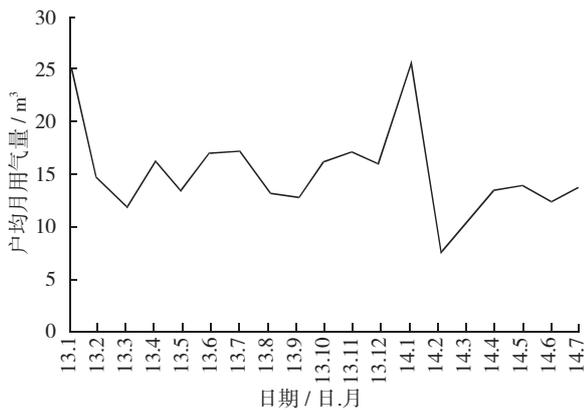


图1 户均月用气量变化图

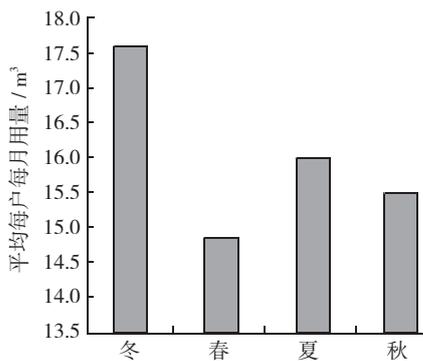


图2 一年四季户均月用气量

分别高出10.3%、13.5%、18.2%;与2013年户均月用气量 $16.00\text{ m}^3$ 相比,冬季高出10.1%,而夏季、秋季、春季依次低0.2%、3.0%、6.9%。因此,沼气集中供气工程应提高冬季供气的重视程度,尤其对于处于北方寒冷地区的沼气集中供气工程,更应注意保温增温以保证冬季沼气的正常供给。

### 2.3 户均各种能源消费结构分析

通过深入农户调查统计发现,每天使用沼气少于 $1\text{ m}^3$ 的农户比例占71.4%,多于 $1\text{ m}^3$ 的比例为28.6%,其中最大用气量为每天每户 $2.9\text{ m}^3$ ,最小用气量为每天每户 $0.2\text{ m}^3$ 。在沼气的使用方式方面,有64.3%的农户选择烧水、做饭,35.7%的农户只用来做饭;户均每年各种能源消费情况如图3所示,煤所占比例最高,为42.44%,主要用于冬季采暖用能;电居其次,为36.25%,主要用于电器和照明用能;沼气和液化气分别为15.57%和5.74%,多用做炊事用能。该户均用能比例也说明目前新农村建设中,人们的用能结构是多方面的,炊事用能已经退居到微不足道的比例,取而代之的是生活其他方面用能的需求,如冬季采暖,电视、电脑和更多的能源消费渠道,也为沼气等新能源的广泛开发提出了更高的要求。

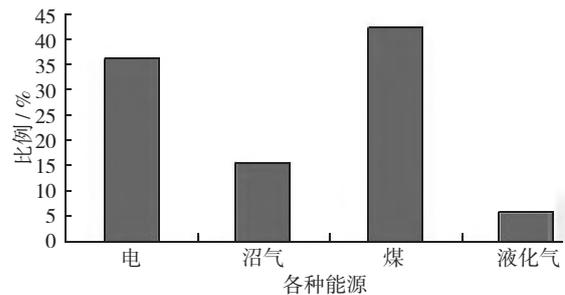


图3 全年各种能源消费比例

## 3 效益分析

### 3.1 经济效益分析

在沼气集中供气前,当地村民烧水、做饭主要以使用液化气为主,沼气集中供气实际上扮演了取代液化气的角色。在未供气前,每户村民平均每年使用液化气8.2罐,供气后平均使用2.6罐,每罐价格按120元计算,村民每年在液化气上节省了672元,与此同时,每户村民平均每年在沼气上的消费为362.64元,因而每户每年在炊事用能上节省了309.36元。从以上数据可以看出,沼气相对于液化气而言,不仅环保、可再生,而且在价格上具有优势,

如果沼气工程能保证常年稳定运行且具有足够的沼气产量,完全可以替代液化气,成为村民烧水、做饭的绿色能源。

### 3.2 环境生态效益

该项目以发展循环农业为核心,融循环农业、生态村建设为一体,并以夏村现有基本生态架构和“六区一带”的功能分区为依托,以沼气站、有机肥厂为纽带将各功能区有机的联系起来,形成“种—养—能—肥—种”的生态农业产业化和可持续发展的有机循环经济模式(见图4),有效控制并解决了养殖污染问题,提升了环境质量,年减少CO<sub>2</sub>排放330.6 t,减少SO<sub>2</sub>排放3.7 t,减少NO<sub>x</sub>排放1.3 t,减少粉尘排放1.7 t<sup>[3]</sup>。村容整洁,乡风文明,迎合了建设社会主义新农村的潮流,实现了农业资源再生增值和多级利用的目的,显著地改善了农村生态环境,改变了农民的生产生活方式,提高了农民的健康生活水平,生态环境效益十分显著。

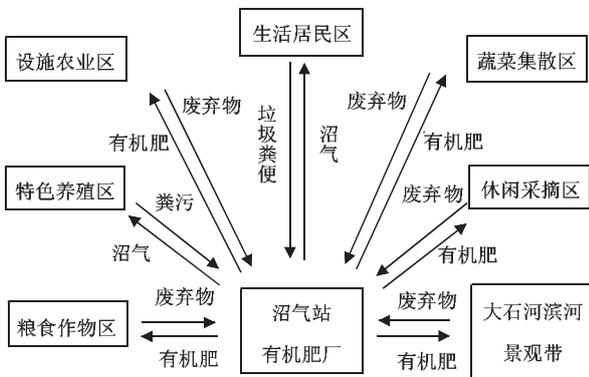


图4 夏村“六区一带”功能框架图

## 4 问题与建议

### 4.1 规模创造效益,丰富发酵原料

该工程厌氧发酵罐体2000 m<sup>3</sup>,日产气量仅有400~500 m<sup>3</sup>,池容产气率较低。究其原因主要是进料浓度低,消化原料投入不足,造成工程运行不佳。按照现有建设规模,在设备、电力、人员等投入保持

表5 沼气工程运行投产比分析

牛粪	原料成本	进料浓度	池容产气率	日产气量	售气总价	利润
t	元	%	m <sup>3</sup> ·m <sup>-3</sup> d <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup>	元	元
10	500	4	0.26	500	1000	500
30	1500	6	0.8	1500	3000	1500

注:利润=售气总价-原料成本。

不变的前提下,增加各种消化原料的投入,都能取得好的效益。例如按牛粪价格每吨50元计,沼气工程运行投产比分析见表5。

从表5可以看出,在其他成本不变的情况下,适当提高进料量和浓度,可提高池容产气率,这对于沼气工程建设和运行管理的规模效益是十分重要的。

### 4.2 增设多能互补系统,促进节能减排

在全年运行成本中,原料成本和冬季燃煤成本占总成本的70%左右。这两项成本的降低无疑会显著提高沼气工程运行的经济效益。对于冬季燃煤成本,可通过加设太阳能增温保温系统,有效减少冬季加热保温的运行成本,实现多能互补,促进节能减排,提高沼气工程经济效益。

### 4.3 重视沼肥的综合利用,实现沼气产品产业链延伸

加大沼肥在沼气集中供气工程中的作用和效益,开发满足不同需求的沼肥施用产品,建立以“生态建设”为基础,以“有机循环”为核心,以“沼气工程”为纽带,以“综合利用”为特色,以“特色农产品”为目标的可持续发展体系,实现沼气产品产业链延伸,争取更大的经济效益。

### 参考文献:

- [1] 李惠斌,赵凯,刘悦,等. 河北省秸秆沼气联户供气应用与发展[J]. 中国沼气,2011(06):43-44.
- [2] 朱飞虹,马康,张安来. 农村沼气集中供气项目推广经验探讨[J]. 农业工程技术(新能源产业),2012(09):47-48.
- [3] 王宇欣,苏星,唐艳芬,等. 京郊农村大中型沼气工程发展现状分析与对策研究[J]. 农业工程学报,2008(10):291-295.