

有沼气池农户与无沼气池农户家庭能源消费结构比较与发展趋势研究

陆 慧^{1,2}, 刘浩华¹

(1. 南京航空航天大学, 江苏 南京 210016; 2. 南京农业大学工学院, 南京 210031)

摘 要: 本文利用层次分析法, 分析、比较有沼气池农户、无沼气池农户家庭能源消费结构及发展趋势, 得出结论: 有沼气池农户、无沼气池农户家庭能源消费结构存在较大差异, 有沼气池农户家庭能源消费中生物能、商品能、沼气所占比例分别为 12.2%~20.6%, 49%~64.1%, 23.7%~29.5%, 无沼气池农户家庭能源消费中生物能、商品能所占比例分别为 16.4%~30.8%, 69.2%~83.7%, 有沼气池农户中沼气部分地取代了商品能消费, 商品能的需求较无沼气池农户减少大约 20% 左右, 同时随着收入水平的提高, 有沼气池农户、无沼气池农户家庭生活用能中生物能比例不断减少, 商品能比例不断增加; 收入在 4000 元以下的有沼气池农户在选择家用能源时, 将优先选择户用沼气, 通过使用沼气, 农户消费的生物能、商品能的比例明显下降; 随着沼气技术的进一步发展, 农户商品能的使用量将下降 70% 以上。

关键词: 有沼气池农户; 无沼气池农户; 能源消费结构

中图分类号: S216.4; TK01 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1166(2006)03-0019-06

Energy-consuming Structure of Rural Family with and without Biogas Digester and Developing Tendency / LU Hui, LIU Hao-hua / (Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

Abstract: This article studies and compares energy-consuming structure of rural family with and without biogas digester via level analytic method. The result showed that the energy consuming structure of the two kinds of family differs strongly. The former mainly uses the bio-energy (firewood and crop stalk), commercial energy and biogas, which accounts for 12.2%~20.6%, 49.9%~64.1%, 23.7%~29.5% respectively. And the later uses mainly the bio-energy and commercial energy, which accounts for 16.4%~30.8%, 69.2%~83.7% respectively. The family with biogas digester reduces the commercial energy consuming by about 20% in comparing with the family without biogas. Along with the social economic development, the bio-energy proportion is decreasing and commercial energy is increasing. With the further development of the biogas technology, the biogas utility proportion will increase and commercial energy will decrease by more than 70%.

Key words: rural family; biogas digester; energy-consuming structure

1 引言

我国是一个农业大国, 有近 70% 的农业人口, 因此保证我国农村居民生活用能的安全消费与供给是我国能源战略的重要目标之一, 同时农村地区居民生活用能结构的变动也会对我国能源体系与国家能源安全带来重要影响。因此研究我国农村地区居民的能源消费结构与变动趋势对于我国能源战略的制定有着非常重要的意义。

一直以来, 我国农村生活用能主要是薪柴、秸秆

等生物能源, 加之少量的煤炭、液化气、电力等商品能源。随着农村居民收入的增长以及生活水平的提高, 在农村居民的生活用能结构中, 薪柴、秸秆等生物能源比例不断减少, 煤炭、液化气、电力等商品能源的比例不断增加。农村居民生活用能商品化比例的增加, 无疑加重了我国原本储备就不充足的能源供给的压力。因此在我国农村地区急需一种既具有商品能使用便利的优点、同时又具有生物能使用成本低廉优点的新能源品种的出现。农村地区有大量可供开发利用的可再生能源, 可再生能源的开发

收稿日期: 2005-11-21 修回日期: 2006-04-07

项目来源: 农业部自然科学基金资助研究课题-农村户用沼气池对家庭能源消费及经济行为影响的研究(2004-28)

作者简介: 陆 慧(1969-), 女, 江苏滨海人, 副教授, 主要研究方向为农村能源、农业经济, 电话: 13815852056, E-mail: njlh920@163.com

利用对环境不产生或很少产生污染,既是近期急需的补充能源,又是未来能源结构的基础。沼气就是这样的一种可再生能源。

沼气是以人、畜粪便等有机物质为原料,经过微生物发酵生成的以甲烷为主的可燃气体,稍加开发利用就成为成本低廉、使用方便的绿色能源。我国很早就着手对沼气的研究,研究历史已有 80 多年,我国沼气的开发利用在几起几落的挫折中得到不断的发展。到 2005 年,全国发展农村户用沼气池近 1900 万户。

沼气在农村地区大量推广普及,必然带来农村居民生活用能结构的巨大变化。本文试图通过对有沼气池农户与无沼气池农户生活用能结构的比较,分析两者之间的差异及变动趋势,揭示沼气的推广使用对农户及农村地区的能源消费可能产生的影响。

2 有沼气池农户与无沼气池农户选择生活用能的影响因素及评估标准分析

2.1 数据来源及样本说明

本文所用的调查数据均取之于农业部自然科学基金资助研究课题——“农村户用沼气池对家庭能源消费及经济行为影响研究”的调查数据。调查采用分层随机抽样的方法,在江苏省的涟水县和安徽省贵池地区分别抽取了 356 户和 340 户农户,使用统一设计的有关家庭能源消费和沼气池建设效益的问卷进行了入户调查,并同时在两地分别请教了相关专家完成了 30 份问卷的调查,收回问卷 726 份,有效样本 721 份。

2.2 有沼气池农户与无沼气池农户选择生活用能的影响因素及评估标准

农户家庭常用生活能源主要包括薪柴、秸秆等生物能源,煤炭、液化气、电力等商品能源两大类五种能源,本文在此又加入了农村户用沼气,由于户用沼气目前只是在少数地区试点使用,还没有在农村地区全面推广,对大多数农户而言,户用沼气还不能作为备选能源,因此根据农户家庭是否已建有户用沼气池,把农户分为两类:可选择沼气的农户(简称有沼气池户)、不可选择沼气的农户(简称无沼气池户)。

根据调查,有沼气池农户与无沼气池农户在选择生活用能时,参考的影响因素大致相同。农户(包括有沼气池农户与无沼气池农户)在选择家庭生活用能时主要考虑到如下几个因素:能源的经济性、能源的便利性、能源的舒适性、能源的卫生性。

(1) 经济性:农户在选择家庭常用能源时,必须考虑能源的消费成本,即农民是否消费得起,节约、省钱,是农户选择能源时考虑的一个首要因素。根据调查资料显示,家庭常用能源的经济性由高到低的顺序依次为户用沼气、薪柴、秸秆、煤炭、液化气、电力(表 1)。户用沼气的经济性占第一位是因为农户使用沼气费用是一次性投入。农户只需要在建立沼气池时,一次性投入建池费用,以后在使用中主要靠人、畜粪便发酵产气,维护沼气池每年只需花 50 元的沼渣清理费用即可,一年只需清理一次。

(2) 便利性:能源使用的方便与否,也是农户要考虑的因素之一。根据调查资料显示,家庭常用能源使用的便利性由高到低的顺序依次为液化气、电力、户用沼气、煤炭、薪柴、秸秆(表 1)。

(3) 舒适性:能源的使用是否舒适,也是农户要考虑的重要因素之一。根据调查,家庭常用能源使用的舒适性由高到低的顺序依次为液化气、电力、户用沼气、煤炭、薪柴、秸秆(表 1)。

(4) 卫生:能源的使用对农户的居住环境、对农户的生活卫生是否有影响,也是农户在选择能源时要考虑的一个重要因素。根据调查,家庭常用能源使用的卫生性由高到低的顺序依次为户用沼气、液化气、电力、煤炭、薪柴、秸秆(表 1)。

表 1 农村常用能源各种性能评价结果^[1]

能源名称	经济性(B ₁)	便利性(B ₂)	舒适(B ₃)	卫生(B ₄)
户用沼气(C ₁)	5	4	4	5
薪柴、秸秆(C ₂)	4	2	2	2
煤炭(C ₃)	3	3	4	3
液化气(C ₄)	1	5	5	4
电力(C ₅)	1	5	4	4

注:1. 数据来源:调查数据整理所得;2. 表中 5,4,3,2,1 分别表示某一能源的某种性能的强弱程度,数据由高到低表示某一性能的强度依次下降;3. 采用 9 个等级,比较各种能源性能的相对强弱,将判断数量化。

由于不同收入水平的农户在选择家庭用能源时,能源的经济性、便利性、舒适性、卫生等性能对农户选择能源品种的影响程度差别较大。为了剔除收入水平的差异对两类农户(有沼气池户、无沼气池户)能源消费结构可能产生的影响,力求研究的准确性,笔者把农户的收入水平进行分类,并结合《中国农业统计年鉴》(2005)对农民收入水平的分类标准,笔者把农户的年收入分成五个等级:1500 元以下、1500~2000 元、2000~3000 元、3000~4000 元、4000 元以上。力求在同一收入水平下对两类农户的能源

消费结构进行比较分析。

根据专家打分,结合调查资料综合整理(2004、2005年江苏省盐城市、安徽省贵池地区农村户用沼气情况入户调查资料),得出各因素对不同收入水平农户选择家用能源品种的影响程度评估结果,如表2所示。

表2 不同收入水平农户选择家庭用能时各因素影响程度分析与评估

农民收入水平	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
1500元以下	9	3	3	1
1500 - 2000元	7	5	5	1
2000 - 3000元	5	5	5	3
3000 - 4000元	3	7	7	5
4000元以上	3	9	9	9

注:1. 数据来源:调查数据整理所得;2. 表中9,7,5,3,1分别表示不同收入水平农户在选择家庭用能源时所参考因素的重要程度,数据越大表示选择时该因素所起的作用越大,数据由高到低表示因素的重要性逐渐下降;3. 采用9个等级,比较各种能源性能的相对强弱,将判断数量化。

3 有沼气池农户与无沼气池农户家庭能源消费结构比较分析方法与步骤

本文分析的问题具有多个标准、多个目标、多属性、多方案决策的特点,故非常适合用层次分析法(AHP)进行分析。层次分析法分析的步骤如下:

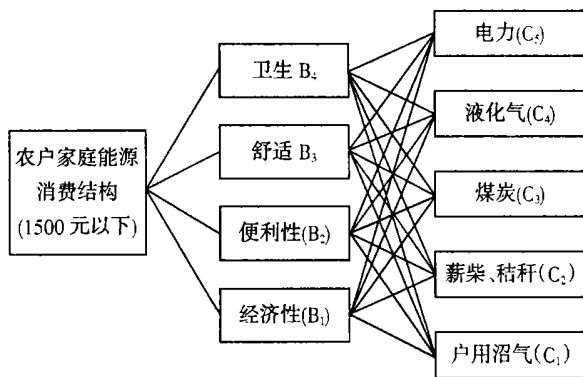


图1 农户家庭能源消费结构的层次结构图(1500元以下收入水平)

3.1 建立农户家庭能源消费结构的分析框架图

为了剔除收入对农户选择家庭消费能源时的影响,建立的层次结构图必须保证在同一收入水平上。在同一收入水平下,比较两类农户(有沼气池农户、无沼气池农户)的家庭能源消费结构,如图1,是收入水平在1500元以下的农户家庭能源消费结构分

析框架图(其它收入水平的框架图如图1,由于篇幅所限,在此省略)。分析框架图共分为三层:第1层(即A层),目标层;第2层(即B层),准则层;第3层(即C层),方案层。

3.2 确定各层次的权重

本文将利用层次分析方法确定不同收入水平农户使用各种能源在经济性、便利性、舒适性及卫生方面的权重。运用层次分析法计算权重主要包括三个步骤:建立层次结构、建立判断矩阵并计算权重系数、进行一致性检验^[2]。

3.2.1 建立层次结构

根据对问题的初步分析,将所包含的因素按总目标、准则层和措施层进行分组,每一组作为一个层次,然后以连线表示各层次元素之间的关系,构成一个从上至下的递阶层次结构(如图1),清楚地表明每个层次之间的关系。

3.2.2 建立判断矩阵并计算权重系数

通过两两比较的方法确定各层次中诸因子的相对重要性,获得估计值,建立判断矩阵。

若记 $b_{ij} = \frac{Z_i}{Z_j}$ ($i, j = 1, 2, \dots$), 表示第 i 个目标对第 j 个目标的相对重要性的估计值。这里 Z_i 为第 i 个目标的权重, Z_j 为第 j 个目标的权重。根据计算的数值,构造判断矩阵,利用构造的判断矩阵可以进行下述相应计算:

计算判断矩阵 B 中每行元素 b_{ij} 的乘积 M_i

$$M_i = \prod_{j=1}^n b_{ij} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

计算 M_i 的 n 次方根 A_i

$$A_i = \sqrt[n]{M_i} \quad (2)$$

对向量 $(A_1, A_2, \dots, A_n)^T$ 进行规范化

$$W_i = \frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

则向量 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)^T$ 即为所求的特征向量

计算判断矩阵 B 的最大特征根 $\lambda_{\max}$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{W_i} \quad (4)$$

对任意的 $i = 1, 2, \dots, n$, 式中 $(BW)_i$ 为向量 BW 的第 i 个元素。

3.2.3 进行一致性检验

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

$$C. R = \frac{C. I}{R. I} \tag{6}$$

如通过检验 ,则用方根法计算得到结果即可作为权系数。

4 有沼气池农户与无沼气池农户家庭能源消费结构评价与结果

农户家庭能源消费结构的评价步骤:

第一步 ,建立农户家庭能源消费结构的递阶层次结构。此步骤在上文已经完成。

第二步 ,利用层次分析法 (AHP) 确定不同收入水平下各层次及指标的权重^[3]。

根据上述公式 (1) ,(2) ,(3) ,分别计算 B 层各指标 (B₁ ,B₂ ,B₃ ,B₄) 相对于 A (即 A - B 判断矩阵) ;C 层各指标 (C₁ ,C₂ ,C₃ ,C₄ ,C₅) 相对于 B₁ ,B₂ ,B₃ ,B₄ (即 B - C 判断矩阵) 的权重 W_i。由于篇幅所限具体计算过程没有列出 ,计算结果见表 3 ,表 4 ,表 5。

表 3 A - B 判断矩阵权重计算结果

A	W _i (1500 元以下)	W _i (1500 ~ 2000 元)	W _i (2000 ~ 3000 元)	W _i (3000 ~ 4000 元)	W _i (4000 元以上)
B ₁	0. 562	0. 388	0. 278	0. 137	0. 1
B ₂	0. 188	0. 278	0. 278	0. 318	0. 3
B ₃	0. 188	0. 278	0. 278	0. 318	0. 3
B ₄	0. 062	0. 056	0. 166	0. 227	0. 3

注 :表中数据由表 1 ,表 2 的数据整理 ,并通过公式 (1) ~ (4) 计算所得

表 4 B - C 判断矩阵权重计算结果 (有沼气户)

B - C	W _i (经济性 B ₁)	W _i (便利性 B ₂)	W _i (舒适 B ₃)	W _i (卫生 B ₄)
C ₁	0. 357	0. 211	0. 211	0. 25
C ₂	0. 286	0. 105	0. 105	0. 10
C ₃	0. 215	0. 158	0. 211	0. 15
C ₄	0. 071	0. 263	0. 262	0. 25
C ₅	0. 071	0. 263	0. 211	0. 25

注 :表中数据由表 1 ,表 2 的数据整理 ,并通过公式 (1) ~ (4) 计算所得

表 5 B - C 判断矩阵权重计算结果 (无沼气户)

B - C	W _i (经济性 B ₁)	W _i (便利性 B ₂)	W _i (舒适 B ₃)	W _i (卫生 B ₄)
C ₂	0. 445	0. 133	0. 133	0. 133
C ₃	0. 335	0. 200	0. 267	0. 200
C ₄	0. 110	0. 333	0. 333	0. 333
C ₅	0. 110	0. 333	0. 267	0. 333

注 :表中数据由表 1 ,表 2 的数据整理 ,并通过公式 (1) ~ (4) 计算所得

第三步 ,进行一致性检验。

根据上述公式 (4) ,(5) ,(6) ,计算各判断矩阵最大特征值 ,并进行一致性检验 ,计算结果全都通过检验 ,由于篇幅限制 ,具体计算略。

第四步 ,计算不同收入水平下 ,各种能源的权系数。

根据表 6、表 7 的指标权重 ,采用综合评价的方法 ,利用公式 (7) :

$$Y_{nj} = \sum_{i=1}^4 W_{nji} W_{ni} \tag{7}$$

计算不同收入水平下 ,各类能源的综合权系数。

其中 :n 依次取 1 ,2 ,3 ,4 ,5 ,分别表示农民人均纯收入在 1500 以下、1500 ~ 2000 元 ,2000 ~ 3000 元 ,3000 ~ 4000 元 ,4000 元以上水平 ;

j 依次取 1 ,2 ,3 ,4 ,5 ,分别表示户用沼气、薪柴与秸秆、煤炭、液化气、电力 ;

Y_{nj}表示不同收入水平农户 ,使用不同种类能源的可能性大小 ,即综合权重 ;

W_{nji}表示在不同收入水平下 ,各种能源的指标权重 ;

W_{ni}表示不同收入水平下 ,能源的各影响因素的权重。

利用表 3、表 4 各指标的数值可以得到 1500 元以下收入水平的农户使用户用沼气的最终得分为 :

$$Y_{11} = 0. 357 \times 0. 562 + 0. 211 \times 0. 188 + 0. 211 \times 0. 188 + 0. 250 \times 0. 063 = 0. 295$$

其它计算略 ,评估结果如表 6、表 7 所示。

5 分析与讨论

由上表 6 ,表 7 所示 ,有沼气池农户与无沼气池农户在家庭能源的选择上存在较大差异。对有沼气池农户而言 ,在 4000 元以下收入水平的农户中 ,无一例外的首选沼气作为家庭第一生活用能源。而无

表 6 不同收入水平农户各种能源的综合权系数

能源种类	农 户 人 均 收 入				
	1500 元以下	1500 ~ 2000 元	2000 ~ 3000 元	3000 ~ 4000 元	4000 元以上
户用沼气 (C ₁)	0. 295	0. 27	0. 258	0. 24	0. 237
薪柴、秸秆 (C ₂)	0. 206	0. 175	0. 154	0. 129	0. 122
煤炭 (C ₃)	0. 2	0. 194	0. 187	0. 181	0. 177
液化气 (C ₄)	0. 154	0. 187	0. 207	0. 233	0. 24
电力 (C ₅)	0. 145	0. 173	0. 193	0. 217	0. 224

注 :表中数据由表 3、表 4 中数据通过公式 (7) 计算所得。

表 7 不同收入水平农户各种能源的综合权系数
(无沼气池农户)

能源种类	农 户 人 均 收 入				
	1500 元 以下	1500 ~ 2000 元	2000 ~ 3000 元	3000 ~ 4000 元	4000 元 以上
薪柴、秸秆(C ₂)	0.308	0.254	0.22	0.176	0.164
煤炭(C ₃)	0.289	0.271	0.256	0.24	0.234
液化气(C ₄)	0.208	0.246	0.271	0.302	0.312
电力(C ₅)	0.195	0.228	0.253	0.281	0.291

注:表中数据由表 3、表 5 中数据整理、并通过公式(7)计算所得。

沼气池农户的首选家庭消费能源随收入不同而不同,收入在 1500 元以下的无沼气池农户中,薪柴、秸秆由于成本低廉,成了他们首选的家庭生活用能源,其次依次是煤炭、液化气、电力;收入在 1500 ~ 2000 元的农户中,首选煤炭,其次依次是薪柴、秸秆、液化气、电力,但两者的差别较小;收入在 2000 ~ 3000 元的农户中,液化气成了他们的优先考虑的能源,其次是煤炭、电力、薪柴、秸秆;而收入在 3000 元以上的农户,首选能源是液化气,其次依次是电力、煤炭、薪柴、秸秆。

有、无沼气池农户随收入水平提高,家庭生活用能中生物能比例不断减少,商品能比例不断增加。有沼气池农户中,1500 元、1500 ~ 2000 元、2000 ~ 3000 元、3000 ~ 4000 元、4000 元以上的农户的家庭能源消费结构中,户用沼气、生物能源、商品能源占比以及无沼气池农户中,1500 元、1500 ~ 2000 元、2000 ~ 3000 元、3000 ~ 4000 元、4000 元以上的农户的家庭能源消费结构中,生物能源、商品能源占比根据表 6、表 7 的数据,计算能源消费结构如表 8 所示。

表 8 有沼气池农户与无沼气池农户能源消费结构比较

收入水平	有沼气池农户			无沼气池农户	
	沼气占 比(%)	生物能占 比(%)	商品能占 比(%)	生物能占 比(%)	商品能占 比(%)
1500 以下	29.5	20.6	49.9	30.8	69.2
1500 ~ 2000 元	27.0	17.5	55.4	25.4	74.5
2000 ~ 3000 元	25.8	15.4	58.7	22.0	78.0
3000 ~ 4000 元	24.0	12.9	63.1	17.6	82.3
4000 元以上	23.7	12.2	64.1	16.4	83.7

注:表中数据由表 6、表 7 中数据整理计算所得。

通过使用沼气,农户消费的生物能、商品能的比例明显下降,并且随着沼气技术的日新月异,农户能

源消费中使用的商品能比例将进一步下降。如表 9 所示,有沼气池的农户能源消费结构中,与无沼气池农户相比,商品能的使用减少达 19 % 左右。

目前农户的沼气主要用于做饭、烧水、照明,并且沼气用于做饭、烧水、照明的技术已经成熟,但由于冬季时沼气池供量不是很充足,影响了农户的使用,有时还会用一些液化气、煤炭作为替补。随着沼气技术的不断发展,沼气池的产气量会越来越多,沼气的供给会越来越充足。当沼气池的产气量足够多时,沼气会完全取代煤炭、液化气作为农户常用生活能源,则农户使用商品能的比例会进一步下降,商品能的使用减少达 55 % 以上;对普通的农户来说,现阶段沼气取代电能还仅限于照明。随着对沼气利用技术的不断开发,当沼气可以取代电能用于电风扇、电视、电冰箱等家用电器的能源消耗时,则沼气完全可以取代电能的使用,农户商品能的使用减少高达 70 % 以上。而且随着沼气使用比例的提高,取代的商品能的比例逐渐增加,生物能的比例则逐渐减少。

6 结束语

(1) 户用沼气使用方便、卫生、舒适,又无成本,它的推广使用,极大地改善了低收入农村地区农户的生活质量,又减少了煤炭、液化气、电能的消费,它的普及推广对改善农民生活条件、缓解我国农村能源供给不足具有非常重要的意义。

(2) 我国沼气的开发利用技术,与发达国家相比,还处在初级阶段,可以使用沼气的农户还不到全国农户数量的 1 %,因此沼气对我国能源安全供给、对我国农村居民生活质量提高的影响力还远没有显现出来。只有当沼气的开发利用技术达到足够的深度、沼气的推广普及达到足够的广度,它的非凡的价值才能体现出来。

(3) 户用沼气池也不是在所有农村地区都适宜推广,在收入水平比较高的地区不适宜推广沼气池。根据表 6 显示,在 4000 元以上的农村地区农户优先选择液化气为常用生活能源而非沼气。在收入水平较高的农村,农户在选择家用生活能源时,对卫生、舒适、便利等性能要求较高。而与户用沼气池相结合的厕所通常建在室外,当收入达到一定水平时,考虑到生活的便利性,农户可能会把厕所移居室内,这时便不适合建沼气池。

(下转第 26 页)

[5] Kightly D , D B Nedwell ,M Cooper. Capacity for Methane Oxidation in Landfill Cover Soils Measured in Laboratory ~ Scale Soil Microcosms[J]. Applied and Environmental Microbiology , 1995 , 61(2) : 592 - 601.

[6] Boeckx P , O V Cleemput ,I Villaralvo. Methane Emission from a Landfill and the Methane Oxidising Capacity of its Covering Soil [J]. Soil Biology & Biochemistry , 1996 , 28 : 1397 - 1405.

[7] Bogner J E , K A Spokas ,E A Burton. Kinetics of Methane Oxidation in a Landfill Cover Soil : Temporal Variations , a Whole ~ Landfill Oxidation Experiment , and Modeling of Net CH₄ Emissions [J]. Environmental Science & Technology , 1997 , 31 : 2504 - 2514.

[8] B rjesson G , I Sundh , A Tunlid , et al. Microbial Oxidation of CH₄ at High Partial Pressures in an Organic Landfill Cover Soil under Different Moisture Regimes[J]. FEMS Microbiology Ecology ,1998 ,26 : 207 - 217.

[9] Visscher A D , D Thomas , P Boeckx ,et al. Methane Oxidation in Simulated Landfill Cover Soil Environments[J]. Environmental Science & Technology , 1999 , 33 : 1854 - 1859.

[10] Visscher A D ,O V Cleemput. Induction of Enhanced CH₄ Oxidation in Soils : NH₄⁺ Inhibition Patterns[J]. Soil Biology & Biochemistry ,2003 ,35 :907 - 913.

[11] B rjesson G , J Chanton ,B H Svensson. Methane Oxidation in Two Swedish Landfill Covers Measured with Carbon-13 to Carbon-12 Isotope Ratios [J]. Journal of Environmental Quality , 2001 , 30 : 369 - 376.

[12] B rjesson G , I Sundh ,B Svensson. Microbial Oxidation of CH₄ at Different Temperatures in Landll Cover Soils [J]. FEMS Microbiology Ecology , 2004 , 48 : 305 - 312.

[13] Humer M ,P Lechner. Methane Oxidation in Compost Cover Layers on Landfills[A]. Environmental Sanitary Engineering Centre Proceedings Sardinia 99 ' Seventh International Waste Management and Landfill Symposium[C]. Italy : Environmental Sanitary Engineering Centre ,1999.

[14] Barlaz M A , R B Green , J P Chanton , et al. Evaluation of a Biologically Active Cover for Mitigation of Landfill Gas Emissions[J]. Environmental Science & Technology , 2004 , 38 : 4891 - 4899.

[15] Berger J , L V Forn é , C Ott ,et al. Methane Oxidation in a Landfill Cover with Capillary Barrier [J]. Waste Management , 2005 , 25(4) : 369 - 373.

(上接第 23 页) 表 9 使用沼气后其它能源使用量的减少 (单位 : %)

收入水平	使用沼气炊事,照明后			沼气完全取代液化气、煤炭后			沼气完全取代液化气、煤炭、电力后		
	沼气占比	生物能减少	商品能减少	沼气占比	生物能减少	商品能减少	沼气占比	生物能减少	商品能减少
1500 以下	29.5	10.2	19.3	64.9	10.2	54.7	79.4	10.2	69.2
1500 ~ 2000 元	27.0	7.9	19.1	65.1	7.9	57.2	82.4	7.9	74.5
2000 ~ 3000 元	25.8	6.6	19.3	65.2	6.6	58.6	84.5	6.6	77.9
3000 ~ 4000 元	24.0	4.7	19.2	65.4	4.7	60.7	87.1	4.7	82.4
4000 元以上	23.7	4.2	19.6	65.4	4.2	61.2	87.8	4.2	83.6

数据来源 :表 6、表 7、表 8 中数据整理计算所得。

参考文献 :

[1] 王效华 ,狄崇兰 ,陆 慧 ,等.农村户用沼气对家庭能源消费及经济行为影响(R).南京 :南京农业大学工学院 , 2004.

[2] 宁宣熙 ,刘思峰.管理预测与决策方法[M].北京 :科学出版社 ,2003.

[3] 李 斌.层次分析法和特尔菲法的赋权精度与定权[J].系统工程理论与实践 ,1998(12) :75 - 80.

[4] 孙振清 ,等.沼气发展障碍及建立沼气物业服务体系的可行性[J].可再生能源 ,2005(2) :56 - 58.

[5] 李泉临.我国人工沼气业的发展历程与可持续性研究[J].中国沼气 ,2004(2) :53 - 55.

[6] 郭世英 ,等.中国沼气早期发展历史[M].重庆 :科技文献出版社重庆分社 ,1988.

[7] 农业部环保能源司 ,中国沼气协会.中国沼气十年(1980 ~ 1990) [M].北京 :中国科学技术出版社 ,1990.

[8] 邓可蕴 ,等.中国农村能源综合建设理论与实践[M].北京 :中国环境科学出版社 ,2001.

[9] 中国农村能源年鉴编辑委员会.中国农村能源年鉴[M].北京 :中国农业出版社 ,1998.