

陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价

——以延安市为例

包风霞^{1a,2},杨改河^{1b,2},冯永忠^{1b,2},陈 豫^{1b,2}

(1 西北农林科技大学 a. 资源环境学院, b. 农学院, 陕西 杨凌 712100; 2 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】建立合理的陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价指标体系,为陕北黄土高原农村户用沼气的建设提供依据。【方法】以延安市为例,应用 DPS 多元统计软件中提供的主成分分析法,对延安市农村户用沼气区域适宜性进行了综合分析,并用聚类分析方法进行了区域划分。【结果】延安市农村户用沼气区域适宜性综合得分排序结果为:吴旗县(4. 927 66) > 安塞县(2. 593 485) > 洛川县(1. 087 115) > 志丹县(0. 104 478) > 延川县(-0. 423 69) > 宜川县(-1. 541 01) > 黄龙县(-3. 539 25);根据聚类分析结果可将其划分为 3 类:户用沼气适宜区、次适宜区和不适宜区,适宜区包括延川、宜川 2 个县;次适宜区包括安塞、洛川和吴旗县;不适宜区包括志丹县和黄龙县。【结论】延安市农村户用沼气适宜区和次适宜区范围广阔,有较好的户用沼气适宜性。

【关键词】 黄土高原;户用沼气;聚类分析;主成分分析;综合评价;适宜性评价

【中图分类号】 S216. 4;S210. 1 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)11-0117-06

Evaluation on regional suitability of household biogas in the Loess Plateau in North Shaanxi Province

—A case study of Yan'an City

BAO Feng-xia^{1a,2}, YANG Gai-he^{1b,2}, FENG Yong-zhong^{1b,2}, CHEN Yu^{1b,2}

(1 a. College of Resources and Environment, b. College of Agriculture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2 The Research Center of Recycle Agricultural Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 The research established rational household biogas regional suitability evaluation index system in the Loess Plateau in North Shaanxi Province, and analyzed regional suitability of biogas in Yan'an City with multivariant statistics to provide a fundamental basis for biogas construction in rural area. 【Method】 A case study of Yan'an City, comprehensive analysis was done by principal components analytic method and the regional classification was classified by cluster analytic method. 【Result】 The comprehensive sequence of regional suitability of household biogas in the Yan'an City was: Wuqi County (4. 927 66) > Ansai County (2. 593 485) > Luochuan County (1. 087 115) > Zhidan Country (0. 104 478) > Yanchuan Country (-0. 423 69) > Yichuan Country (-1. 541 01) > Huanglong Country (-3. 539 25). According to the clustering analysis the 7 countries were divided into 3 regional suitability types: suitable region, fairly suitable region, unsuitable area. Suitable region included Yanchuan Country and Yichuan Country, fairly suitable region Ansai County, Luochuan County and Wuqi County, while Zhidan Country and

* [收稿日期] 2007-11-14
[基金项目] 科技部农业科技成果转化项目(2007GB2G000312);国家自然科学基金项目(30700482);陕西省科技攻关项目(2005K01-G17-03)
[作者简介] 包风霞(1981—),女,甘肃静宁人,在读硕士,主要从事农村能源评价与规划研究。E-mail: baozi975@126. com
[通讯作者] 杨改河(1957—),男,陕西耀县人,教授,博士生导师,主要从事资源与环境生态研究。

Huanglong Country belonged to unsuitable area.【Conclusion】The range of suitable region and fairly suitable region is large with great household biogas regional suitability.

Key words: Loess Plateau; household biogas; cluster analysis; principal component analysis; comprehensive index; evaluation on regional suitability

经过几十年的发展,我国户用沼气建设已进入普及阶段,农村户用沼气池的数量和质量不断提高。但由于各地区的温度、生物质能源的种类、生活方式等不同,发展户用沼气池的适宜程度也就不同,因此,推广所达到的效果便有很大差异。鉴于此,沼气的建设和推广应用急需进行科学合理的区域适宜性评价,以便指导我国农村沼气的推广与建设。目前,有关户用沼气综合效益评价的研究较多^[1],而关于农村户用沼气的区域适宜性评价研究尚是沼气建设中的薄弱环节,特别是如何评价农村户用沼气的区域适宜性程度、应该采用那些指标以及如何通过这些指标来衡量当前农村户用沼气的区域适宜性等,相关的报道和研究成果还较少。由于缺少可操作的量化指标和方法,许多地区无法对当地农村户用沼气发展的适宜程度作出科学的判断,沼气建设的模式、综合利用途径及合理规划缺乏合理的依据,从而影响到决策层的科学决策,严重阻碍了我国农村户用沼气事业发展战略的制定与实施。因此,本研究以地处黄土高原丘陵沟壑区的陕西延安市为例,确定了延安市农村户用沼气区域适宜性评价指标体系,以期客观地分析延安地区发展户用沼气的潜力,并为各地区农村户用沼气的区域适宜性评价提供参考和借鉴。

1 陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价指标体系的构建

1.1 评价指标的选取原则

评价指标选取的合理与否,将直接影响到评价结果的准确性和可靠性,也关系到户用沼气建设规划和沼气建设资金的合理安排。因此,应在考虑陕北黄土高原户用沼气池发展实际情况的基础上,确定陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价的指标体系。

(1)科学性原则。评价指标体系应从科学的角度出发,选取最能反映陕北黄土高原户用沼气区域适宜性的要素和因子,客观真实地反映户用沼气区域适宜性评价系统中各个子系统和指标间的相互联系。

(2)主导性原则。陕北黄土高原户用沼气区域

适宜性受自然、资源、社会、经济等影响因素的制约,各种因子的作用过程及作用方式有很大差异。因此,在众多因子中应选择具有代表性的、能直接反映陕北黄土高原户用沼气区域适宜性的主导性指标。

(3)综合性原则。作为一个有机整体,构建的指标体系应能全面反映区域户用沼气适宜性评价体系的基本特征,全面衡量所考虑的诸多环境因子,进行综合分析和评价,做到既能作单项分析又便于作综合分析。

(4)层次性原则。陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价是一个复杂的综合系统,建立的指标体系层次分明,可将复杂的问题简单化、系统化,能真实反映黄土高原农村户用沼气区域适宜性相关因素各个侧面的基本特征。

(5)可操作性原则。指标体系的选取,应尽可能考虑数据的易获性,做到各指标代表的含义明确,以便对户用沼气区域适宜性评价系统进行评价。

1.2 评价指标的选取

1.2.1 气候指标 沼气发酵过程是物质代谢和能量转换的过程,温度是影响沼气产气率的重要外因条件,温度适宜则发酵繁殖旺盛、活力强,生成甲烷的速度快、产气多^[2];温度不适宜时,沼气细菌生长发育慢,产气少或不产气。沼气发酵的温度范围较广,一般认为沼气在 8~60 ℃都能产气,8 ℃是沼气生产的下限温度,20 ℃是沼气发酵的适宜温度。在冬季温度达不到产气下限温度的地区,只要能采取适宜的增温和保温措施,沼气池也能够安全越冬并正常产气。例如,在太阳能资源丰富的地区,充分利用太阳能,将沼气池建于日光温室或太阳能畜禽舍内,即使是在冬季最冷月份,温室和暖圈内夜间气温也在 4 ℃以上,沼气池内发酵料液的温度在 12~15 ℃^[3],可以有效地避免最冷月或极端低温下沼气池的冻裂损坏。气候是沼气建设的重要决定要素,也是农村户用沼气区域适宜性评价及相关研究的重要基础数据。

1.2.2 原料指标 要使沼气系统正常发挥其功效,除了要具备适宜的温度外,发酵原料的可获得性也是一个重要因素。农村户用沼气发酵原料主要包括农作物秸秆及人畜粪便等生物质能源,陕北黄土高

原地区绝大多数农户都从事着农业生产和畜禽养殖活动,随着农业和畜牧业的发展,农村农作物秸秆和牲畜粪便也日益增多,为本地区发展户用沼气提供了物质基础。在资源指标中,选取了乡村人口数、粮食总产量、生猪存栏量 3 个指标。

1.2.3 经济指标 沼气的发展离不开资金的投入,一套完整的农村户用沼气模式的建设,包括沼气池的建设、厨房改建及厕所、畜禽圈舍等基础配套设施的建设等,所需资金较大,完全依靠农民自身的力量,难以满足沼气建设的需要。目前,我国沼气建设资金有国家补助、地方补助和自筹经费 3 个来源。其中政府的政策扶持起到了关键性的作用,是加快我国户用沼气建设事业的重要保障。其次,地方各级政府本着因地制宜、发挥地区优势的宗旨,将农村沼气作为重要的补充能源以缓解本地区能源短缺的问题,大力发展户用沼气并取得了一定的效果。国家和政府的支持极大地提高了农民发展沼气的积极性,在陕北黄土高原农村地区掀起了建设沼气池的热潮。因此,选取农民人均纯收入、地方财政收入 2 项指标作为衡量对象。

1.2.4 社会指标 广大农民是农村沼气建设的主体,农民素质的高低直接关系着农村户用沼气建设的成败。在建造沼气池的施工和维护过程中,需要家里有一定的劳动力。同时,农民文化素质的高低及各类专业技术人员的多少,直接影响沼气建设的水平。一般而言,农民文化水平越高,接受沼气建设的新知识、新技术的可能性就越大。因此,社会指标选取乡村劳动力、人口自然增长率、小学在校学生数 3 个指标。

1.3 评价指标体系的构建

陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价系统是一个复杂的综合大系统,在评价过程中应根据陕北黄土高原地区的特点和实际情况,结合各地的气候特点、资源分布、社会状况、经济状况等沼气综合评价指标的不同,确定该地区发展户用沼气池的适宜程度、建池模式、池型和生态农业结构,尽可能做到投资少、效益高。

依据评价指标体系的选取原则,经过系统分析和筛选,确定了陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价指标体系,包括气候、原料、经济、社会 4 个准则层,10 个具体指标。其中,气候适宜性子系统包括年平均气温(℃)、年平均日照时数(h) 2 个指标;原料适宜性子系统包括乡村人口数(万人)、粮食总产量(t)、生猪存栏量(万头) 3 个指标;经济适宜

性子系统包括农民人均纯收入(元)、地方财政收入(万元) 2 个指标;社会适宜性子系统包括乡村劳动力(万人)、人口自然增长率(‰)、小学在校学生数(人) 3 个指标,将这 10 个指标分别记为 x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 、 x_5 、 x_6 、 x_7 、 x_8 、 x_9 和 x_{10} 。

2 评价方法

2.1 主成分分析

主成分分析(Principal Component Analysis)是利用降维的思想,将多个指标转化为少数几个综合指标的多元统计分析方法,是一种针对多元问题的数据处理方法,也是系统分析中的一种常用方法。其利用降维思想,将多指标化为少数几个综合指标,从原始变量中导出少数几个主分量,使其尽可能多地保留原始变量的信息,且彼此间互不相关^[4-7]。

2.2 评价步骤

(1) 对原始数据进行标准化处理。有:

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{S_j}, (i=1, 2, \cdots, n; j=1, 2, \cdots, p)。$$

式中: x_{ij} 和 x_{ij}^* 分别为原始数据和标准化后的数据, $\bar{x}_j$ 和 S_j 分别是第 j 个变量的平均值和标准差。

(2) 计算指标的相关系数矩阵。对标准化的数据矩阵,求其变量之间的相关系数,得到相关系数矩阵为:

$$R = (r_{ij}), r_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ki}^* x_{kj}^*, (i, j=1, 2, \cdots, p)。$$

式中: $r_{ij} = r_{ji} (i, j=1, 2, \cdots, p)$; r_{ij} 为指标 i 与 j 的相关系数。

(3) 根据特征方程 $|R - \lambda I| = 0$, 计算 R 的特征值并依次排列 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_p$, 计算 λ 对应的特征向量 $\eta_i (i=1, 2, \cdots, p)$ 。

(4) 计算主成分 $y_i = \eta_i [x_1^*, x_2^*, \cdots, x_p^*]$, 其中 $x_i^* = [x_{1i}, x_{2i}, \cdots, x_{ni}]$, $(i=1, 2, \cdots, p)$ 。

(5) 计算主成分 y_i 的贡献率和前 $m (m \leq p)$ 个主成分 $y_1, y_2, \cdots, y_m$ 的累积贡献率。

(6) 由累积贡献率 $D_m \geq 85\%$ 确定主成分个数 m 。

(7) 选择 m 个主成分并计算主成分得分和综合得分。

3 陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性评价实证研究

延安市地处 $107^{\circ}41' \sim 110^{\circ}31' E, 35^{\circ}21' \sim 37^{\circ}31' N$, 属黄土高原丘陵沟壑区。下辖 1 区 12 县、166

个乡镇(街道办事处)、3 396 个村委会、10 173 个自然村。北接榆林市,南连咸阳、铜川、渭南市,东隔黄河与山西省临汾、吕梁地区相望,西依子午岭与甘肃省庆阳地区为邻,南北长 212 km,东西宽 198 km,总土地面积 37 037 km²,其中市区面积 80 km²,城市建成区面积 10.2 km²。地势西北高,东南低,黄土高原丘陵沟壑地貌,地形以塬、梁、峁为主,平均海拔 1 000 m。延安市属大陆性季风气候,四季分配极不均匀,冬季约占 6 个月。年平均气温 7.7~11.6℃,1 月份气温最低,年日照时数 2 300~2 700 h。无霜期平均 160 d 左右。年均降水量 500 多 mm,降

水年际变化较大,降雨年内分配不均。延安市物质资源丰富,土地面积辽阔,农业、畜牧业和设施农业前景广阔;经济总体上连年增长,人民生活水平不断提高。

3.1 数据来源

气象数据采用延安市辖的延川、安塞、志丹、吴旗、洛川、宜川和黄龙等 7 个县级单元 1970~2005 年的逐日气象资料,通过计算得到相应的气候数据,其余数据均来源于《陕西统计年鉴 2005》^[8]、《延安年鉴 2005》^[9]和《陕西经济年鉴 2005》^[10],详见表 1。

表 1 延安市农村户用沼气区域适宜性评价指标的实际值
Table 1 Index actual value of household biogas regional suitability in Yan'an City

地区 Area	<i>x</i> 1	<i>x</i> 2	<i>x</i> 3	<i>x</i> 4	<i>x</i> 5	<i>x</i> 6	<i>x</i> 7	<i>x</i> 8	<i>x</i> 9	<i>x</i> 10
延川 Yanchuan	10.737	2 447.856	13.90	42 248	9.93	1 279	11 615	13.90	3.20	22 795
安塞 Ansai	9.065	2 381.050	14.08	65 595	5.40	2 196	20 058	14.08	4.55	22 605
志丹 Zhidan	8.213	2 313.425	10.50	53 110	6.28	2 072	38 988	10.50	6.00	18 671
吴旗 Wuqi	10.067	2 483.431	10.65	45 089	4.68	1 889	33 076	10.65	3.79	15 293
洛川 Luochuan	9.686	2 531.097	16.23	86 816	10.78	2 780	5 715	16.23	3.70	24 438
宜川 Yichuan	10.154	2 452.623	9.43	35 676	0.76	1 487	1 320	9.43	2.15	11 546
黄龙 Huanglong	8.864	2 334.792	3.23	51 724	1.02	1 706	681	3.23	0.88	5 269

3.2 特征值和特征向量

运用 DPS 软件对 *x*1~*x*10 10 个指标进行主成分分析,计算出相关系数矩阵及其特征值、各主成分的贡献率、累积贡献率,以累计贡献率大于 85%的原则选择主成分。由表 2 可知,前 3 个主成分的累积贡献率达到 92.457 48%(>85%),表明前 3 个主成分已经代表了全部因子 92.457 48%的综合信息,其余主成分所起的作用很小。因此,选择前 3 个主成分作为影响延安地区户用沼气的重要因子,分别用 F1、F2 和 F3 表示。

表 2 主成分的特征值、贡献率和累积贡献率

Table 2 Eigenvalue, proportion and cumulative of principal component

序号 Number	特征值 Eigenvalue	贡献率/% Proportion	累计贡献率/% Cumulative
1	5.213 11	52.131 14	52.131 14
2	2.504 75	25.047 48	77.178 62
3	1.527 89	15.278 86	92.457 48

3.3 旋转后的因子负载

为了便于对主成分进行解释,对因子负载进行了最大方差正交旋转(Rotated Component Matrixa),得旋转后的因子负载矩阵如表 3 所示。由表 3 可知,第一主成分与乡村人口数、乡村劳动力和小学在校学生数强相关,是一个综合反映农村人口的综合因子。第二主成分与地方财政收入、人口自然增长率强负相关,其中地方财政收入的因子最高,达

到-0.920 15,可视为经济因子。第三主成分与粮食总产量、农民人均纯收入强负相关,可看作是发酵原料因子。

表 3 正交旋转后的因子负载矩阵

Table 3 Rotated component matrix(a)

指标 Index	主成分 1 Principal component 1	主成分 2 Principal component 2	主成分 3 Principal component 3
<i>x</i> 1	0.579 36	0.549 48	0.589 55
<i>x</i> 2	0.723 43	0.536 11	0.024 13
<i>x</i> 3	0.951 97	-0.134 66	-0.213 67
<i>x</i> 4	0.342 86	0.062 09	-0.931 25
<i>x</i> 5	0.837 66	-0.150 85	-0.268 32
<i>x</i> 6	0.267 23	-0.118 32	-0.918 20
<i>x</i> 7	0.116 42	-0.920 15	0.059 56
<i>x</i> 8	0.951 97	-0.134 66	-0.213 67
<i>x</i> 9	0.433 49	-0.861 18	-0.220 00
<i>x</i> 10	0.894 99	-0.300 19	-0.250 59

3.4 主成分得分及综合评价

用最大方差(Varimax)旋转后得到的因子模型的因子得分及主成分贡献率为权重进行加权汇总,构造延安市农村户用沼气区域适宜性差异综合评价函数,有:

$$F_i=a_iF_1+a_iF_2+a_iF_3。$$

式中:*F_i* 为第 *i* 个主成分得分,*a_i* 为第 *i* 个主成分的方差贡献率。

根据以上函数可以得到延安市农村户用沼气区域适宜性的各个主成分得分(*F*₁、*F*₂ 和 *F*₃)和综合

得分(F)。由表 4 可见,延川县、宜川县、黄龙县的综合得分为负值,表明这 3 个县发展户用沼气池的适宜性低于平均水平(综合值为 0),不适宜推广户用沼气;安塞县、志丹县、吴旗县、洛川县综合得分为正值,表明这 4 个县发展户用沼气池的适宜性高于平均水平,适宜发展农村户用沼气;吴旗县的综合评

价值最大,为4.927 66,是最适宜发展户用沼气池的地区;黄龙县的综合评价价值最小,为-3.539 25,为最不适宜发展户用沼气的地区。延安市 7 个县发展农村户用沼气区域适宜性的综合评价价值依次为:吴旗县>安塞县>洛川县>志丹县>延川县>宜川县>黄龙县。

表 4 延安市农村户用沼气区域适宜性评价主成分得分及综合评价排序表
Table 4 Evaluation effect factor value and comprehensive value in Yan'an City

区域 Region	F1	F2	F3	F	排名 Range
延川县 Yanchuan	0.249 56	-1.956 41	-0.046 15	-0.423 69	5
安塞 Ansai	3.372 06	1.209 63	2.124 72	2.593 485	2
志丹 Zhidan	-0.858 18	3.986 90	-1.570 11	0.104 478	4
吴旗 Wuqi	3.548 43	4.311 81	0.533 98	4.927 66	1
洛川 Luochuan	0.692 85	2.129 16	1.121 58	1.087 115	3
宜川 Yichuan	-4.328 25	-2.273 21	-0.761 90	-1.541 01	6
黄龙 Huanglong	-4.370 79	3.936 73	-2.955 99	-3.539 25	7

3.5 主成分聚类分析

上述主成分分析结果虽然比较清楚地反映了延安市各县发展农村户用沼气的适宜状况,但尚未进行确切的类型划分。因此,将主成分得分作为自变量,对其进行标准化处理后,采用欧氏最短距离法进行系统聚类分析^[11-12],其结果如图 1 所示。

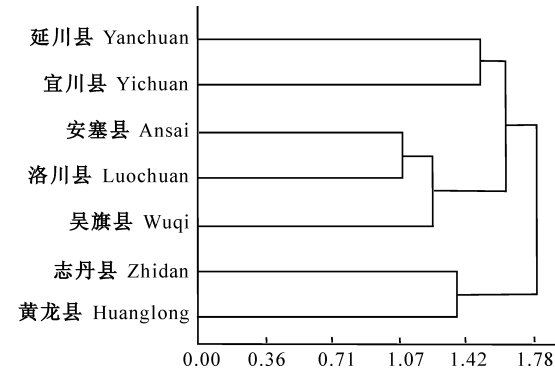


图 1 延安市农村户用沼气区域适宜性的聚类分析结果

Fig. 1 Result of household biogas regional suitability in Yan'an City

由图 1 可以看出,延安市 7 个县级地区发展农村户用沼气的区域适宜性可以划分为 3 个类型:第一类为适宜区,该类型包括延川和宜川 2 个县,目前,该区户用沼气发展势头良好,沼气建设无论是在规模上还是速度上均处于全市前列;第二类为次适宜区,该类型包括安塞县、洛川县和吴旗县;三类为不适宜区,该类型包括志丹和黄龙 2 个县。由此可以看出,延安市户用沼气区域适宜面积较大,适宜发展农村户用沼气的地区占绝大多数。

4 讨 论

1)指标选取合理与否,直接关系到分析结果是否具有合理性。陕北黄土高原农村户用沼气区域适宜性的影响因素很多,本研究在参阅大量文献资料的基础上^[13-15],选取气候、资源、经济、社会 4 个方面的 10 个具体指标进行分析,指标选取较为全面合理。

2)在主成分分析的基础上选取前 3 个主成分,这 3 个主成分代表了影响因子全部信息的 85%以上,使数据结构大为简化,同时使各主成分相对独立;并且舍去了重叠信息,又能将各原始数据指标所包含的不十分明显的差异集中表现出来,使研究对象在主成分上差异明显,便于作出比较直观的分析判断与评价。

3)从主成分分析计算出的综合得分和排名上看,可以直接对延安市农村户用沼气区域适宜性进行分区,但这样尽管形式上整齐划一,但会带有主观随意性,不具有聚类分析的科学性。因此,在主成分分析的基础上,应用聚类分析对延安市农村户用沼气适宜性进行分区,可得到合理的分区结果。

4)利用聚类分析法将 7 个县依据主成分得分划分为 3 种类型,即户用沼气适宜区、户用沼气次适宜区和户用沼气不适宜区,为各地区发展户用沼气提供了依据。每个类型的特点及发展农村户用沼气池的区域适宜性程度不尽相同,在发展户用沼气的过程中,需要结合各县自身情况,因地制宜地制定各自的能源发展战略。

5)由于数据有限,本研究仅选取了延安市 7 个

县作为研究对象,进行了延安市农村户用沼气区域适宜性差异分析,其他几个县发展户用沼气的区域适宜情况并未得到分析与评价。但总体上来说,本研究结果还是大致反映了延安市各县发展农村户用沼气的区域适宜性程度和综合排名,对今后延安市农村户用沼气的发展规划具有一定的现实指导意义。

5 结 论

1)延安市农村户用沼气适宜性区域差异明显。应用主成分分析法的分析结果表明,吴旗县的综合评价值为 4.927 66,区域适宜性排名第一;黄龙县的综合评价价值最小,为-3.539 25,二者相差较大。延安市 7 个县发展农村用户沼气的区域适宜性评价结果为:吴旗县>安塞县>洛川县>志丹县>延川县>宜川县>黄龙县。

2)根据聚类分析结果,可将延安市的 7 个县划分为发展农村户用沼气的适宜区、次适宜区和不适宜区 3 类,其中适宜区包括延川和宜川 2 个县;次适宜区包括安塞县、洛川县和吴旗县;不适宜区包括志丹县和黄龙县。由分析结果可知,延安市大部分地区适宜于发展农村户用沼气,且具有良好的发展基础,应在适宜地区大力发展户用沼气,把沼气池建设与庭院养殖、种植结合起来,使沼气作为生态农业的纽带而发挥其积极作用,有效地解决农村燃料短缺问题,保护生态环境,提高农民的生活水平。

[参考文献]

[1] 郝先荣,沈丰菊.户用沼气池综合效益评价方法[J].管理与政策,2006,126(2):4-6.
Hao X R, Shen F J. Evaluation on the composite benefit of household biogas digesters [J]. Renewable Energy, 2006, 126 (2):4-6. (in Chinese)

[2] 周孟津.沼气生产利用技术[M].北京:中国农业大学出版社,1999:35-40.
Zhou M J. Biogas production and application technology [M]. Beijing: China Agricultural University Press, 1999: 35-40. (in Chinese)

[3] 邱 凌.中国西部发展农村沼气的条件与对策研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(3):200-204.
Qiu L. Discussion on the conditions and counter measures of developing marsh gas in rural areas of west China [J]. Agricultura Research in the Arid Areas, 2005, 23(3):200-204. (in Chinese)

[4] 李玉珍,王宜怀.主成分分析及算法[J].苏州大学学报:自然科学版,2005,21(1):32-36.
Li Y Z, Wang Y H. PCA and algorithms analysis [J]. Journal

of Suzhou University: Natural Science Edition, 2005, 21(1):32-36. (in Chinese)

[5] 黎锦贤,胡千庭.主成分分析法在煤矿安全评价中的应用[J].矿业安全与环保,2007,34(5):71-75.
Li J X, Hu Q T. Application of FTA in safety evaluation of mine gas explosion [J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2007, 34(5):71-75. (in Chinese)

[6] 裴鑫德.多元统计分析及其应用[M].北京:北京农业大学出版社,1991:196-247.
Pei X D. Mutivaritate statistical analysis and it's application [M]. Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1991:196-247. (in Chinese)

[7] 牛向阳,倪前月.基于西部地区财政能力评价的主成分分析法[J].阜阳师范学院学报:自然科学版,2007,24(2):5-10.
Niu X Y, Ni Q Y. Principal component analysis based on evaluation of financial capability of western China [J]. Journal of Fuyang Teachers College: Natural Science Edition, 2007, 24 (2):5-10. (in Chinese)

[8] 陕西省统计局.陕西统计年鉴(2005)[M].北京:中国统计出版社,2005.
Shaanxi Statistical Bureau. Shaanxi statistical yearbook (2005) [M]. Beijing: China Statistical Press, 2005. (in Chinese)

[9] 延安年鉴编纂委员会.延安年鉴(2005)[M].西安:延安年鉴编纂委员会,2005.
Yanan Yearbook Compilation Committee. Yan'an yearbook (2005)[M]. Xi'an: Yan'an Yearbook Compilation Committee, 2005. (in Chinese)

[10] 陕西省人民政府研究室.陕西经济年鉴(2005)[M].西安:三秦出版社,2005.
Shaanxi People's Government Studio. Shaanxi economy yearbook (2005) [M]. Xi'an: San Qin Publishing House, 2005. (in Chinese)

[11] 田 冰,王 东,姬 妍,等.基于因子分析与聚类分析的安徽省城市综合实力分析评价[J].金属材料与冶金工程,2007,35(4):57-60.
Tian B, Wang D, Ji Y, et al. General evaluation and analysis of comprehensive strength of the cities of Anhui Province [J]. Metal Materials and Metallurgy Engineering, 2007, 35(4):57-60. (in Chinese)

[12] 廖学文,刘 坚.重庆市农村居民消费结构变动的统计分析[J].重庆教育学院学报,2007,20(3):8-11.
Liao X W, Liu J. Statistical analysis of the changes in consumption structure of rural residents in Chongqing City [J]. Journal of Chongqing College of Education, 2007, 20(3):8-11. (in Chinese)

[13] 马 驰,胡应得,梅成效.可再生能源应用对农村可持续发展的影响评价体系[J].贵州财经学院学报,2004(4):39-42.
Ma C, Hu Y D, Mei C X. The evaluation system for the effect of renewable energy utilization on rural sustainable development [J]. Journal of Guizhou College of Finance and Economics, 2004(4):39-42. (in Chinese)