

户用沼气区域适宜性评价指标体系 构建及分级标准的研究

陈豫^{1,2}, 杨改河^{1,2}, 冯永忠^{1,2}, 包风霞², 任广鑫^{1,2}

(1.西北农林科技大学农学院, 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: 户用沼气的区域适宜性评价是户用沼气合理布局的关键。针对我国农村户用沼气的发展现状, 系统分析了影响我国农村户用沼气发展的区域因素, 依据评价指标建立的原则从气候条件、能源状况、社会经济因素3个方面选择了年平均温度、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 持续天数、生物质资源量、商品能源获取的难易程度、户年均收入、国家投资和农民平均文化水平7个评价指标, 构建了农村户用沼气区域适宜性评价指标体系; 运用层次分析法确定了农村户用沼气区域适宜性分级标准, 其中适宜性总分值大于等于80的区域, 为最适宜区, 适宜性总分值在80~60的区域, 为适宜区, 总分值在60~40的区域, 为次适宜区, 总分值小于40的区域, 为不适宜区。

关键词: 户用沼气; 区域适宜性评价; 指标体系; 分级标准

中图分类号: S216.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)05-0228-06

中国大规模发展农村户用沼气始于20世纪70年代, 截至2004年, 已发展到1541万户^[1]。在过去的30多年间, 由于社会、经济、环境、技术和政策等形势的不断变化, 沼气的发展经历了曲折的路程, 目前已经进入了持续、快速、稳定发展的新阶段^[2,3]。进入20世纪90年代之后, 沼气技术不断发展和完善, 因国家经济和社会发展形势也发生了变化。这个时期沼气开发和利用的目的改变了过去单一解决农村能源短缺问题的观念, 形成了以沼气为纽带的综合利用模式, 极大地提高了沼气池的利用效益, 使沼气技术不仅能解决农村能源问题, 而且对发展庭院经济、增加农民收入做出了贡献, 因而突破了能源领域, 进入农村经济建设市场^[4]。到1995年, 全国沼气发展到570万户, 从1992年到1995年的4年间增加了94.5万户, 平均每年增加23.6万户, 与1991年相比, 年均增长率4.7%; 户用沼气池数量以5%的速度逐年增加, 到1996年底发展到602万户^[2]。与此同时, 广泛开展了各种形式的以沼气综合利用为纽带的庭院农业生态工程建设, 覆盖面积达106.7万 hm^2 , 提高了收益, 增加了自身发展活力。进入21世纪后, 农村沼气建设对促进农业结构调整、农业增效、农民增收和生态建设作用日益突出, 产生了良好的综合效益。于2000年1月启

动和实施了以沼气综合利用建设为重点, 符合当前农业和农村经济发展新阶段的“生态家园富民计划”。2003年国家安排了10亿元国债资金用于农村户用沼气建设。截至2005年底, 在全国推广“三结合”(畜禽舍、卫生厕所和沼气池)沼气池1751万户, 取得了显著的经济、生态和社会效益。我国户用沼气的发展除了与池型结构、发酵工艺、建造与管理水平等有关外, 还受到不同区域的气候、资源、及其农村社会经济水平等因素的影响和制约。哪些区域适合发展农村户用沼气, 哪些区域不适合发展农村户用沼气, 现仍缺乏可操作的标准。目前国内针对农村户用沼气的研究主要集中在沼气发酵、沼气综合利用、沼气生态农业模式上。而对于农村户用沼气区域适宜性标准至今还未制定出来。出现了一些地区不顾实际情况, 一哄而上的现象, 不仅造成国家资金浪费, 而且劳民伤财, 贻误了广大农民致富奔小康的时机。只有因地制宜地发展农村户用沼气, 才能使我国农村能源问题得到彻底解决, 使农村生态环境得到进一步改善, 使农民收入增加和农村经济持续良性发展。因此, 建立一套切合我国实际的农村户用沼气区域适宜性评价指标体系和评价标准势在必行, 可为国家和政府在发展农村户用沼气时提供科学理论依据和决策支持。

收稿日期: 2007-10-15

基金项目: 农业科技成果转化项目(05EFN217100423); 农业结构调整项目(06-07-05B); 陕西省重大科技专项计划(2006kz09-G5); 陕西省科技攻关项目(2005K01-G17-03); 国家自然科学基金(30700482)

作者简介: 陈豫(1983—), 女, 新疆博乐人, 在读硕士, 主要从事旱区农业资源管理方面的研究。E-mail: chenyu—2006@163.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方面的研究与教学工作。

1 农村户用沼气区域适应性评价指标体系构建

1.1 农村户用沼气区域适宜性的因素

影响农村沼气推广的制约因素有自然因素和社会经济发展的因素。自然因素以温度为主,社会经济因素以原料推广区的经济发展水平、生产和生活习惯等为主。

(1) 适宜的温度条件

温度是沼气发酵的重要外部条件,温度适宜则细菌繁殖旺盛,活力强,厌氧分解和生成甲烷的速度就快,产气就多。从这个意义上讲,温度是产气好坏的关键。研究发现,在10~60℃的范围内,沼气均能正常发酵产气。低于10℃或高于60℃都严重抑制微生物生存、繁殖,影响产气。在这一温度范围内,一般温度愈高,微生物活动愈旺盛,产气量愈高。微生物对温度变化十分敏感,温度突升或突降,都会影响微生物的生命活动,使产气状况恶化。通常把不同的发酵温度区分为三个范围,即把46~60℃称为高温发酵,28~38℃称为中温发酵,10~26℃称为常温发酵。农村沼气池靠自然温度发酵,属于常温发酵。常温发酵虽然温度范围较广,但在10~26℃范围内,温度越高,产气越好^[5]。在我国东部与西部及南北之间气温差异很大。热量条件决定了靠自然温度发酵的沼气生产效率和产量。我国东北和西北部分冷凉地区,一年只有4个月的产气时间,寒冷的冬季则停止工作,沼气池工作时间短,造成利用效率不高。在这些地区冬季需增加保温条件才能正常产气。另外,青藏高寒地区,不适于日光温室的建设,无法发展温棚沼气。因此,温度是构成农村户用沼气区域适宜性评价指标体系的重要因素。

(2) 充足的发酵原料

沼气发酵除了与适宜的温度有关外,还需要充足的发酵原料。这就要和农业主导产业相配套,构建和形成能源—经济—生态良性循环系统,才能增强系统自身的可持续发展能力^[6]。因此,不以种植或猪、牛养殖为主的农村地区,缺少沼气的发酵原料,不宜作为沼气的发展区域。例如在我国乡镇企业发展迅速的农村地区,大部分农户已不再从事种植、养殖业。还有一些农村地区的大部分农户以渔业和农产品流通经营为主要行业。在我国的牧区腹地农民主要以游牧为主,沼气发酵原料不能周年不间断足量供给。因此,在建立农村户用沼气区域适宜性评价指标体系时应充分考虑各区域是否具有充足的沼气发酵原料。

(3) 能源状况

我国农村能源主要有商品能源和可再生能源。商品能源主要包括煤、电、油、天然气等;可再生能源主要有地热能、太阳能、风能、海洋能、水电能和生物质能。其中生物质能是世界第四大能源,它对全世界一次能源的贡献约占14%。在我国,生物质能占一次能源总量的33%,是仅次于煤的第二大能源。在农村能源消费结构中,生物质能约占生活用能的70%,占整个用能的50%^[7]。但随着农村经济的发展和农民收入的增加,地区差异正在逐步扩大,农村生活用能中商品能源的比例正以较快的速度增加。作者认为,农民收入的增加与商品能源获得的难易程度都将成为他们转向商品能源的契机和动力。随着农民生活水平的提高,直接燃烧秸秆的方式逐渐被商品能源取代,商品能源成为农民提高生活质量的首选目标。江苏、浙江等省的农民生活用能的商品化率已超过90%^[8]。在较为接近商品能源产区的山西、河南等农村地区,农民很容易获得廉价的商品能源,商品能源已成为当地农民炊事和生活用能的主要来源。此外,在地热能、太阳能、风能、微水电资源十分丰富的地区,应充分开发和利用上述能源资源,因地制宜地发展农村可再生能源,不宜把沼气作为重点发展。因此,了解农村各区域的能源状况是建立农村户用沼气区域适宜性评价指标体系的前提。

(4) 社会经济因素

在经济贫困生态环境恶劣的地区,农民经济承受能力差,政府补贴资金较少,大部分建池经费仍需农民自筹,困难农民负担不起。加上经济落后地区信息闭塞,民众文化水平偏低,对有一定科技含量的户用沼气利用及其管理技术接受能力有限,存在的诸多问题导致沼气池及其配件短期运行后即闲置,从而影响了沼气系统的持续使用。而在经济相对发达的农村地区,富裕起来的农民大部分追求快捷和清洁的消费方式,出现了商品能源替代生物质能的现象。因此,在建立农村户用沼气区域适宜性评价指标体系时,应充分考虑农村各区域的社会经济状况。

1.2 指标体系构建的原则

指标体系的建立是一个复杂的系统工程,农村户用沼气区域适宜性问题涉及自然、生态、经济、社会等各方面的因素,是一个复杂的多种因素相互作用的整体。指标体系的好坏直接关系到评价的精确性和科学性。所以,在建立农村户用沼气适宜性评价指标体系时,需遵循以下原则:

(1) 显著性原则。要选取对农村户用沼气发展有显著影响,对产气量密切相关的区域因子作为评价指标。

(2) 主导性原则。由于因子之间具有联系性,重复选择相似的因子不仅会加大工作量,而且会对评价结果产生不良影响。因此,要选择代表性强的主导因子作为评价指标。

(3) 定量与定性相结合的原则。农村户用沼气区域适宜性评价应尽量把定性的、经验性的分析进行量化,选取的评价因子要求基本上可用具体指标加以量化,对那些只有定性资料的评价因子,则运用数量化方法给予程度上的分级划分。定量与定性相结合的方法可以避免由单纯采用定性方法而带来的评价的模糊性,以及单纯采用定量方法所带来的评价的机械性。

(4) 简单、易获取性原则。所选指标要尽可能利用现有的统计资料,农村户用沼气区域适宜性评价的工作量很大,如果依靠实验数据来定,不但分析费用高,而且也给调查带来相当大的困难。因此,指标要有可测性和可比性,易于量化,在实际调查评价中,指标数据易从统计资料中获取,也可通过各种调查或直接从有关部门获取。

(5) 可操作性原则。选取的评价指标要有可操作性,便于在实践中应用,指标要有可测性和可比性,易于量化,资料可获取,便于选择统计方法和一定的数学模型进行量化分析。

1.3 构建指标体系

根据影响农村户用沼气区域适宜性的因素和指标体系选取的原则构建农村户用沼气区域适宜性评价指标体系(见图 1)。

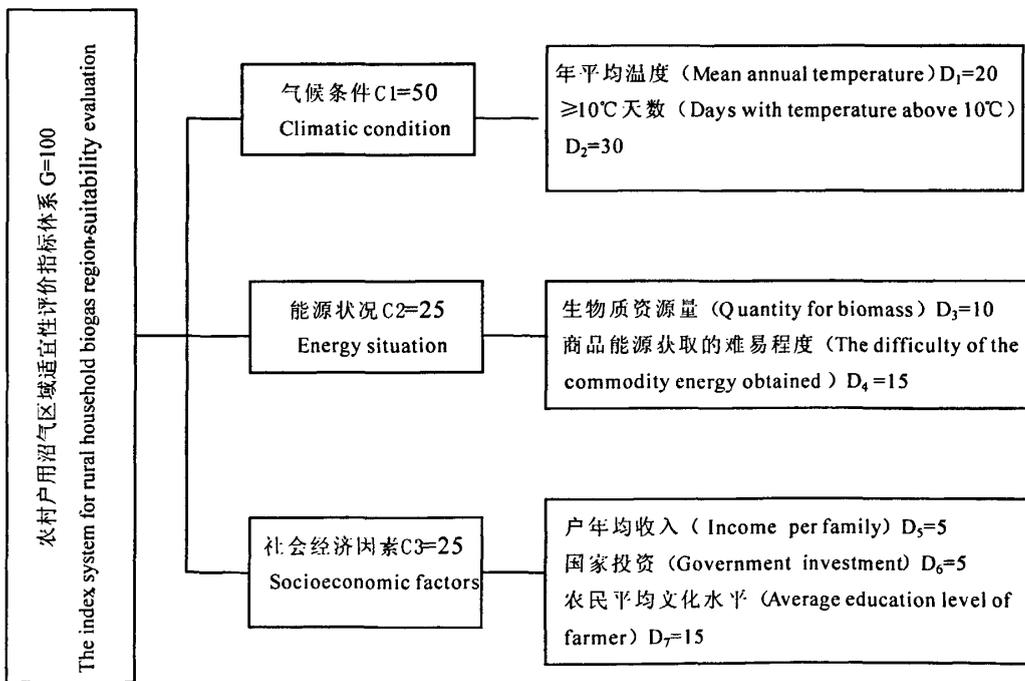


图 1 农村户用沼气区域适宜性评价指标体系 G = 100

Fig. 1 The index system for rural household biogas region suitability evaluation

(1) 气候条件是对农村户用沼气发展有显著影响,对产气量密切相关的区域因子。其中我们选择年平均温度、 $\geq 10^\circ\text{C}$ 持续天数两个指标。年平均温度从总体上评价不同地区是否具有沼气发酵的适宜温度;农村户用沼气靠自然温度发酵,属于常温发酵, 10°C 是户用沼气常温发酵的下限温度,因此,选择 $\geq 10^\circ\text{C}$ 持续天数来评价不同地区沼气的使用周

期。

(2) 能源状况是构成农村户用沼气区域适宜性评价指标体系的重要因素。我们选择的指标包括生物质资源量、商品能源获取的难易程度。生物质资源量评价不同区域沼气发酵原料是否充足;商品能源获取的难易程度定性反映各区域农民的能源消费结构,从经济角度评价不同区域发展沼气的适宜性。

(3)我们选择了户年均收入、国家投资、农民平均文化水平 3 个指标作为社会经济因素指标。其中户年均收入评价不同区域的经济水平,从而反映农民是否具有购买商品能源的经济能力;户年均收入和国家投资来评价农民是否负担的起建池经费;农民平均文化水平评价农民对有一定科技含量的户用沼气利用及其管理技术的接受能力,是决定沼气系统能否持续使用的关键。

2 农村户用沼气区域适应性分级标准

农村户用沼气区域适宜性分级标准是户用沼气区域适宜性评价的基础性工作,是我国户用沼气合理布局的依据,对于我国大规模户用沼气技术的推广和使用有着重要的理论和指导意义。首先运用层次分析法确定指标的权重,并对指标进行分级量化,最后根据 D 层指标总分值确定农村户用沼气区域

适宜性分级标准。

2.1 指标权重的确定

将每一层级两两因子间的重要性程度分为 9 个层次,等级依次为绝对重要、极重要、重要、比较重要、同等重要、较不重要、不重要、极不重要、绝对不重要,分值分别记为 9、7、5、3、1、1/3、1/5、1/7、1/9,由沼气研究专家和有实践经验的技术人员对每一矩阵进行对偶比较打分,得到判断矩阵,计算权重;利用 Seaty 检验标准进行一致性检验^[9-11],具有满意的一致性;设定农村户用沼气区域适宜性评价综合模型得分总值为 G = 100 分,根据各权重值得分得各评价因子分值(见图 1)。

2.2 评分标准的确定

根据 D 层评价指标的意义和有关标题确定分值与分级标准(见表 1)。

表 1 D 层因子说明、分级标准与分值

Table 1 Explanation, classification standard and point value for D layer factors

因子 Factors	分级与分值 Classification and point value					评分标准说明 Explanation of marking criterion
	I	II	III	V	VI	
D ₁ = 20	≥20℃ 16~20	10~20℃ 12~16	5~10℃ 8~12	2~5℃ 4~8	≤2℃ 0~4	年平均温度 Mean annual temperature
D ₂ = 30	≥270 24~30	210~270 18~24	150~210 12~18	90~150 6~12	≤90 0~6	≥10℃ 持续天数(d/y) Days with temperature above 10℃
D ₃ = 10	比较丰富 Comparative abundant 8~10	丰富 Abundant 6~8	一般 Normal 4~6	少 Less 2~4	较少 Comparative less 0~2	生物质资源量 Quantity of biomass
D ₄ = 15	较难 Comparative difficult 12~15	难 Difficult 9~12	一般 Normal 6~9	容易 Easy 3~6	较容易 Comparative easy 0~3	商品能源获取的难易程度 Difficulty of commodity energy obtained
D ₅ = 5	3000~5000 5	2000~3000 4	1000~2000 3	500~1000 2	≥5000 1	户年均收入(元/户) Income per family (yuan/family)
D ₆ = 5	≥1000 5	700~1000 4	300~700 3	0~300 2	0 1	国家投资(元/户) Government investment (yuan/family)
D ₇ = 15	高中以上 Above senior high school 13~15	高中 Senior high school 10~12	初中 Junior high school 7~9	小学 Elementary school 1~6	未受教育者 Illiterate 0	农民平均文化水平 Average education level of farmer

2.3 指标评分和各层级指标得分值的计算

D 层指标的得分值依据评分标准由相关人士评价获得,计算各评价指标的得分值,最后得到总分值。

本研究建议采用以下标准对农村户用沼气区域适宜性进行评价。总分值大于或等于 80 的区域,为最适宜区;总分值在 80~60 的区域,为适宜区;总分值在 60~40 的区域,为次适宜区;总分值小于 40 的

区域,为不适宜区(表 2)。评价结果的合理程度依赖于评价者对各评价因子的初始给分。

表 2 农村户用沼气区域适宜性分级标准
Table 2 Classification standard for suitability of rural household biogas

项目 Item	适宜性分区 Classified for the suitability			
	最适宜区 Optimum region	适宜区 Suitable region	次适宜区 Sub-suitable region	不适宜区 Unsuitable region
分级标准 Classification standard	≥80	80~60	60~40	<40

3 结论与讨论

本研究中农村户用沼气区域适宜性评价模型是依据前人研究的结果和分析影响农村户用沼气区域适宜性因素,利用层次分析法建立起来的。从气候条件、能源状况、社会经济因素 3 个方面选择了年平均温度、≥10℃持续天数、生物质资源量、商品能源获取的难易程度、户年均收入、国家投资和农民平均文化水平 7 个评价指标,构建了农村户用沼气区域适宜性评价指标体系;通过分析得出,在影响农村户用沼气的区域因素中≥10℃的持续天数(D₂)是最重要的,其次是年平均温度(D₁),再次是商品能源获取的难易程度(D₄)和农民的平均文化水平(D₇),这与沼气发展实际情况是相符合的。本研究所得出的农村户用沼气区域适宜性评价指标体系,不仅综合考虑了影响农村户用沼气区域适宜性发展的各个因素,而且将每一个要素的重要程度体现出来,确定了农村户用沼气区域适宜性分级标准,使决策者能够较全面地分析其所在区域发展农村户用沼气的适宜性。

对农村户用沼气区域适宜性评价是我国户用沼气区划研究方面的基础性工作,也是我国户用沼气合理布局的依据,对于我国大规模户用沼气技术的推广使用有着重要的理论和实际指导意义,可为国家巨额资金的合理使用提供依据。因此,开展农村户用沼气区域适宜性评价研究具有很大的现实意义。同时农村户用沼气区域适宜性评价又是一项复

杂的工作,目前国内对于农村户用沼气区域适宜性评价的研究工作开展得还较少,完整的评价体系还未建立起来,要达到科学、准确、客观评价相对较难。本研究在农村户用沼气区域适宜性评价指标及分级标准方面做了一些尝试性的工作,具有一定的借鉴意义,其正确性有待于实践的检验。

参考文献:

- [1] 盛凯,张衍林.我国农村户用沼气建设可持续发展思考[J].华中农业大学学报(社会科学版),2007,70(4):50—52.
- [2] 熊承永.我国沼气近期科研情况和发展趋势[J].中国沼气,1998,16(4):45—46.
- [3] 陈耀邦.可持续发展战略读本(第一版)[M].北京:中国计划出版社,1996.356—360.
- [4] 王革华.技术和政策投入与户用沼气的发展[J].中国沼气,2003,21(增刊):36—40.
- [5] 周孟津,张榕林,陶金印.沼气实用技术[M].北京:化学工业出版社,2004.34—39.
- [6] 邱凌,杨改河,毕于运.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.
- [7] 卞有生.生态农业中废弃物的处理与再生利用[M].北京:化学工业出版社,2005.160—168.
- [8] 袁振宏,吴创之,马隆龙.生物质能利用原理与技术[M].北京:化学工业出版社,2005:20—21.
- [9] 孙霞,尹林克,孟林,等.塔河中下游退耕适宜性评价的指标体系及其权重[J].干旱地区农业研究,2004,22(2):169—173.
- [10] 许树柏.实用决策方法—层次分析法原理[M].天津:天津大学出版社,1986.6—22.
- [11] 马立平.层次分析法[J].北京统计,2000,(7):38—39.

Research on index system and classification standard for household biogas region suitability evaluation

CHEN Yu^{1,2}, YANG Gai-he^{1,2}, FENG Yong-zhong^{1,2}, BAO Feng-xia², REN Guang-xin²

(1. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Research Center for Recycling Agricultural Engineering Technology of Shannxi Province, Yangling, Shannxi 712100, China)

Abstract: The household biogas region suitability evaluation is the key to the reasonable layout of the household biogas. Based on the current situation of rural household biogas growth in China, analysis was made of the regional factors influencing the development of the household biogas. Seven evaluation indexes (mean annual temperature, days with temperature above 10°C, quantity for biomass, difficulty of the commodity energy obtained, revenue per family, government investment, average education level of farmer) from 3 catalogues-climate, energy situation and social economy factors were chosen to set up the suitability evaluation index system according to its principles. Defined by the suitability classification standard with Analytic Hierarchy Process (AHP), the area with more than 80 total score of suitability was determined as the most suitable area. The area with between 80 and 60 total score of suitability was determined as the suitable area. The area with between 60 and 40 total score of suitability was determined as sub-suitable area. The area with less than 40 total score of suitability was determined as unsuitable area. It provides a scientific theory base and decision support for reasonable layout of the household biogas and biogas eco-agricultural model.

Key words: household biogas; region suitability evaluation; index system; classification standard

(上接第 227 页)

Principal component study on the driving factors of the ecological quality degrading of the typical farming-pastoral ecotone in west Jinlin province

WEI Qing^{1,3}, LU Wen-xi²

(1. College of Hydrology and Water Resource, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 210098, China;

2. College of Environment and Resource, Jilin University, Changchun, Jilin 130026, China;

3. Jiangsu Transportation Research Institute, Nanjing, Jiangsu 210017, China)

Abstract: On the basis of the ARC/INFO data-evaluating platform, the component analysis method is applied to extract the main driving-factors that leading to the ecological quality degradation in west Jilin province, then the order of the ecological quality between the nine counties and cities in west Jilin province and the corresponding driving factors are determined though evaluating the ecological quality status of this area. Results show that the main driving-factors that leading to the ecological quality degradation in west Jilin province are the pressure of population and grazing, drought index, the degree of the Soil Salinization. The order of the ecological quality between the nine counties and cities in west Jilin province are as follows: Fuyu county, Qianguo county, Chanling county, Taonan city, Tongyu County, Qianan County, Da'an city, Baicheng city, Zhenlai County.

Keywords: Principal component analysis method; GIS; ecological quality evaluation; the farming-pastoral ecotone; driving factors