

Empirical Study and Characteristics of Survival Carbon Emission of Household in Southwest Agro-Pastoral Area of China*

—The Case Study on Lanping and Shangri-La Counties of Yunnan Province

Pengpeng Zhang, Jianxin Xia[#], Yanhong Wu

School of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing

Email: kuaile0703@163.com

Received: Nov. 24th, 2012; revised: Dec. 16th, 2012; accepted: Dec. 23rd, 2012

Abstract: With the development of society and economy, household energy consumption is one of the important resources for CO₂ emissions. Through the introduction of the world's historical emissions and present situation to the atmosphere, this paper explained the concept of household survival carbon emission. And then calculating and analyzing the household consumption of carbon emissions, it could reflect the nature of its carbon emission, due to the difference of area social economic development level. Taking Lanping county and Shangri-la county of Yunnan province as examples, based on the investigation and survey, this study has brought forward the index system of evaluating household survival carbon emissions and calculated their per capita carbon emissions amounts of energy consumption and food consumption. The result showed that the main energy consumptions were biomass fuel and electricity, and the use of fuel wood was as high as 98.76% in the energy sector; the per capita carbon emissions of rural food consumption is 76.52 kg, dominated by consumption of 81.30%. The average per capita amount of survival carbon emission in this region was the basic life line carbon emission, 50.42% of US, 56.19% of Canada, and 78.76% of Japan, respectively.

Keywords: Survival Carbon Emission; Southwest Agro-Pastoral Area; Lanping and Shangri-La County; Characteristic

西南农牧区生存性碳排放特征与实例论证*

—以云南省兰坪县和香格里拉县为例

张鹏鹏, 夏建新[#], 吴燕红

中央民族大学生命与环境科学学院, 北京

Email: kuaile0703@163.com

收稿日期: 2012年11月24日; 修回日期: 2012年12月16日; 录用日期: 2012年12月23日

摘要: 随着社会经济的发展, 家庭生活用能是大气中温室气体 CO₂ 重要来源之一。通过介绍世界各国对大气中温室气体排放的历史累计及现状, 诠释家庭生存性碳排放的概念。而且对家庭消费的碳排放进行计算和分析, 可以反映不同地区因社会经济发展水平不同, 其碳排放的本质特征, 特别是我国是一个多民族的国家, 南北方自然人文环境差别大。本文以我国云南省的兰坪县和香格里拉县为例, 结合实地考察和问卷调查, 提出家庭生存碳排放评估的意义和指标体系, 计算农牧区人均能源消耗碳

*资助信息: 中央民族大学“985工程”项目(MUC98507-08)和国家民委民族问题研究项目(编号: 2010-GM-012)。

[#]通讯作者。

排放量和食品消费碳排放量。研究结果表明：在能源方面，主要是以生物质燃料和电能，特别是对薪柴的使用高达 98.76%；在食物方面，人均食物消费碳排放总量为 76.52 kg，以粮食消费占主导，占食物总消费量的 81.30%。该区农牧民人均食物消费碳排放只是美国的 50.42%，加拿大的 56.19%，日本的 78.76%，属于基本生存线碳排放。

关键词：生存性碳排放；西南农牧区；兰坪县、香格里拉县；特征

1. 引言

工业化以来，人类活动引起温室气体排放急剧增加，人为排放的 CO₂ 占总排放量的 77%^[1]。在过去 30 年，中国的温室气体排放总量增长了 7 倍多。尽管中国温室气体排放总量巨大，但是人均排放量刚达到世界平均水平，还远远低于发达国家，如 2007 年中国与能源燃烧相关的人均 CO₂ 的排放为 4.58 t，而同期美国和澳大利亚的人均排放分别达到 19.10 t 和 18.75 t。即使是温室气体减排力度很大的德国和英国，人均排放也达到 9.71 t 和 8.60 t^[2]。实际上，除高能耗的工业生产碳排放之外^[3]，中国居民碳消费较低，是典型的生存性碳排放。随着城镇化和现代化发展，中国居民生活水平逐渐提高，其碳消费水平增长不可避免，尤其是农村居民。对目前农牧区居民碳消费水平进行评估和分析，不仅可为未来占人口大多数的农村居民碳消费预测奠定基础，更重要的是可为节能减排政策提供依据。

目前国外开展的有关居民家庭消费碳排放及其对环境的影响研究较多。Weber 和 Matthews 指出，家庭消费和对环境的影响仍然是可持续发展研究中最重要主题之一，利用消费支出调查和生命周期评估技术对美国家庭消费及其碳足迹进行量化，发现家庭碳排放的差异主要来源于家庭收入和支出的差异^[4]。Biesiot 和 Noorman 对荷兰的家庭能源消费及其 CO₂ 排放进行分析，指出荷兰当时的家庭消费模式与可持续发展目标背道而驰^[5]。我国学者魏一鸣对 1998~2002 年中国城镇和农村消费行为变化对终端能源消费及其 CO₂ 排放的影响进行研究，结果表明每年能源消费总量的 26% 和 CO₂ 排放量的 30% 满足居民的生活和经济活动的需求^[6]。

本文借鉴国内同类研究构建的农牧区生存性碳排放指标构成体系，评估研究区域内农牧民生存性碳

排放情况，分析居民家庭生存性碳排放的特征。

2. 研究区域概况及数据来源

本文选取云南省兰坪县和香格里拉县作为研究对象，是南方典型的半农半牧区，可作为研究我国南方民族地区生存性碳排放现状的代表。通过对该两县进行入户问卷调查，获得相关数据。

2.1. 兰坪县和香格里拉县概况

兰坪县地处云南省怒江傈僳族自治州的横断山脉滇西北纵谷区，全县林地面积 $18.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，森林覆盖率达 68.4%^[7]。兰坪县自然资源富集，开发潜力巨大，主要有矿产、水能、生物、旅游等四大优势资源。

香格里拉县地处云南省迪庆藏族自治州东部，林地面积 $77.38 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，覆盖率达 66.63%，其中尚有大面积未采伐的原始森林，生态保持完好，林木蓄积量达 $1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ，居全省之首。

2.2. 数据来源

云南省兰坪县和香格里拉县农牧区居民家庭生存性碳排放的基础数据主要来源于统计年鉴数据和案例研究区问卷调查。引用《云南省统计年鉴》^[8]中 2008 年农牧区居民食品消费数据计算食品消费碳排放。农牧区居民矿石燃料及生物质燃料的消费数据通过兰坪县和香格里拉县农牧区问卷调查获取。问卷调查采用典型调查的方式，以农户为样本单元，于 2006 年 7 月至 8 月进行了问卷和实地调查。在问卷调查中，共随机调查采访农牧民 353 户，其中兰坪县 188 户，香格里拉县 165 户，采取抽样的方式，对不同地区、不同经济水平的农牧户进行调查，获得有效问卷 337 份。调查中各种能源消费情况均以实物消耗量进行统计，在数据处理中依据相关标准^[9]，并对数据进行统计分析。

3. 云南省农牧区家庭生存性碳排放计算

3.1. 生存性碳排放指标构成

家庭能源消费产生的CO₂排放是对家庭相关活动引起的直接和间接 CO₂ 排放量或者家庭消费的产品(服务)全生命周期中所产生的 CO₂ 排放量的一种测度。根据 Tukker 和 Jansen^[10]对直接碳排放和间接碳排放的区分—由化石燃料燃烧产生的 CO₂ 为直接碳排放, 由非能源产品或服务的全生命周期中产生的 CO₂ 为间接排放。间接排放指日常家庭生活中所消费的各种非能源商品和服务(如食品、衣物、家具、休闲娱乐、医疗、教育等), 在它们的生产、加工、运输、使用、处置的全生命周期中会产生大量的碳排放, 一般仅考虑其在上游生产、加工、制造、运输等过程产生的能耗和碳排放, 而不包括它们在下游使用、处置时的能耗和碳排放^[11,12]。直接碳排放部分按照 IPCC 参考方法对居民家庭化石燃料的直接消费量进行直接计算; 间接碳排放部分则通过投入产出分析和消费支出等方法进行分析。在数据分析过程中, 主要采用相关分析和回归分析方法等统计方法(如图 1)。

对于农牧民家庭来说, 家庭能源消费产品包括矿物燃料、生物质燃料和电能; 家庭非能源消费产品主要是食品和耐用消费品。在此次研究中, 由于缺乏兰坪县和香格里拉县耐用消费品能耗数据, 而部门耐用消费品以耗电为主, 家庭总用电量也反映了部分耐用消费品的能耗情况。因此, 农牧民家庭耐用消费品碳排放部分不做计算。

3.2. 农牧区家庭消费能源产品碳排放计算

根据我国家庭能源消费类型划分为矿物燃料(煤、液化气)、生物质燃料(薪柴、秸秆、沼气、木炭)以及电力三类进行计算。农牧区家庭矿物燃料计算采用 ORNL(Oak Ridge National Laboratory)提出的方法对化石燃料燃烧释放 CO₂ 量进行计算(见公式(1)), 其中 E_f 为燃煤的碳排放量, C_f 是燃煤的量, O_f 是燃煤的有效氧化率, P_f 为每吨标准煤的含碳率, S 为在获得相同热能情况下, 石油、燃油释放 CO₂ 是煤释放 CO₂ 的倍数^[13]:

$$E_f = C_f \times O_f \times P_f \times S \quad (1)$$

生物质燃料燃烧排放的 CO₂, 首先计算生物质燃

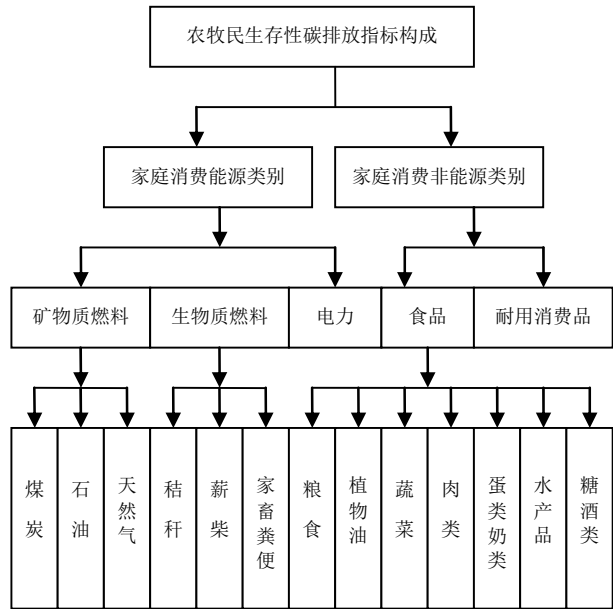


Figure 1. The index form of agriculture herdsman survivability carbon emissions

图 1. 农牧民生存性碳排放指标构成

料燃烧的 CH₄ 排放量, 计算公式如下:

$$E_b = C_b \times R_b \times O_b \times M \times 16/12 \quad (2)$$

其中, E_b 为生物质燃烧 CH₄ 排放量, C_b 为生物质消费量, R_b 为生物质含碳率, O_b 为氧化率, M_b 为某种生物质甲烷产生率, 然后乘以 16/12 换算为甲烷排放量, 进而计算生物质燃料燃烧碳排放量。在得到某种生物质燃烧的甲烷排放量后, 再利用全球温室效应潜能(GWP)可以将排放到大气中的 CH₄ 排放量转化成 CO₂ 当量。其中, GWP 是指单位质量某种气体排在给定时期内, 对全球变暖的影响与 CO₂ 的相对比值^[14]。家庭用电碳排放核算采用替代法计算, 即节约 1 度电=减排 0.997 kg CO₂。

按照公式(1)、(2)计算云南省兰坪县和香格里拉县家庭矿物燃料及生物质燃料碳排放, 结果列入表 1、2 中。表 1 中兰坪县和香格里拉县农牧民家庭人均燃煤和液化气的碳排放量为 3.56 kg 和 4.16 kg。表 2 中兰坪县和香格里拉县农牧民家庭生物质燃烧(包括薪柴、秸秆、沼气、木炭)的人均碳排放量为 302.96 kg。在用电力的碳排放方面, 根据节能产业网给出的数据, 按照节约 1 度电=减排 0.997 kg CO₂ 计算, 农牧区电力人均碳排放为 317.02 kg。人均能源消费碳排放量为 324.77 kg。

Table 1. The per capita carbon emissions of fossil fuel and electricity in agro-pastoral area
表 1. 农牧区矿物质及电能人均碳排放

矿物质燃料总类	煤	液化汽	电力	合计
矿物质消费量(kg)	6.93	4.15	317.97 (kWh)	
折合标准煤(kg)	4.95	7.12	39.11	73.45
氧化率(%)	98.2	98.2		
含碳率(%)	73.26	73.26		
S 倍数	1	0.81		
碳排放量(kg)	3.56	4.16	317.02	324.77

注：在计算矿物燃料碳排放量时，需将燃料消费量换算为标准煤当量。各种化石燃料折标准煤参考系数：原煤为 0.7143 kg 标准煤/(kg)，原油、燃料油为 1.4286 kg 标准煤/(kg)，汽油、煤油为 1.4714 kg 标准煤/(kg)，柴油为 1.4571 kg 标准煤/(kg)，液化石油气为 1.7143 kg 标准煤/(kg)，天然气为 1.33 kg 标准煤/(m³)^[15]。

Table 2. The per capita carbon emissions of biomass fuel consumption in agro-pastoral area
表 2. 农牧区生物质燃料人均碳排放

名称	薪柴	秸秆	沼气	木炭	合计
消费量(kg)	2274.59	4.43	16.84	23.76	2319.62
生物质含碳率 R _b	0.45	0.40	0.36	0.87	
生物质含碳量 R	1023.56	1.77	6.06	20.67	
氧化率 O _b	0.87	0.85	0.88	0.88	
生物质燃烧总碳排放量 E	890.50	1.50	5.33	18.19	915.53
C/CH ₄ 比率 M _b	1.2	1.2	1.7	0.14	
CH ₄ 排放量比率	10.69	0.018	0.091	0.025	
生物质燃烧 CH ₄ 排放量 H	14.25	0.024	0.12	0.034	14.43
生物质燃烧 CO ₂ 排量 E _b	299.20	0.51	2.54	0.713	302.96

3.3. 家庭食品消费碳排放计算

食物是人类生存和发展的基本生活资料之一，也是居民家庭消费的重要组成部分。食物中含有的碳通过家庭生活代谢主要以 CO₂ 等温室气体或其他形式的碳化合物排放到环境中，对全球碳排放产生重要影响。

家庭食物消费碳排放计算公式如下：

$$W_c = \sum_{i=1}^n W_{ci} \quad (3)$$

$$W_{ci} = w_i \times r_i \quad (4)$$

$$r_i = c_{pi} \times p_i \times c_{fi} \times f_i \times c_{ci} \times c_i \quad (5)$$

式中，W_c 为所有食物的总 C 量；w_{ci} 为食物 i 的 C 量；W_i 为食物的消费量；r_i 为食物 i 的 C 折算系数；n 为消费食物的种数；c_{pi}、c_{fi}、c_{ci} 分别为食物 i 中蛋白质、脂肪和碳水化合物的含量；p_i、f_i、c_i 分别为食物 i 中蛋白质、脂肪和碳水化合物的含 C 量，可根据不同食物蛋白质、脂肪和碳水化合物的化学组成折算而得。

兰坪县和香格里拉县农牧区家庭食物消费组成包括：粮食、植物油、蔬菜、水果、茶叶、肉禽类、蛋类及蛋制品、奶和奶制品、水产品、食糖、酒等 11 项。根据公式(3)、(4)、(5)计算各项食物消费的碳排放量，结果见表 3。农牧民家庭人均食物消费碳排放量是 76.52 kg，其中粮食消费碳排放是家庭食物消费碳排放的重要组成部分，其比例占食物消费总碳排放量的 81.30%。

4. 西南农牧区生存性碳排放特征

4.1. 能源消费成为农牧民家庭生存性碳排放的主要部分

从农牧区人均生存性碳排放构成看(如图 2 所示)，家庭能源消费的碳排放占主导地位。兰坪县和香格里拉县农牧区人均生存性碳排放总量为 704.25 kg，其中能源消费碳排放量占到了总排放量的 89.13%，生物质

Table 3. The per capita carbon emissions of food consumption in agro-pastoral area
表 3. 农牧区食品消费人均碳排放

名称	消费量(kg)	C 折算系数	CO ₂ 排放量(kg)
粮食	190.37	0.3268	62.21
植物油	1.52	0.7666	1.17
蔬菜	97.84	0.0274	2.68
水果	10.00	0.0498	0.50
茶叶	0.55	0.3380	0.19
肉禽类	32.82	0.2546	8.36
蛋类蛋制品	2.41	0.1510	0.36
奶和奶制品	0.29	0.0629	0.018
水产品	1.72	0.1433	0.25
食糖	1.22	0.3965	0.48
酒	7.38	0.0411	0.30
总计	338.74		76.52

注：C 折算系数引用 Luo W 和 Zhai F Y 等人 2001 年的研究结果[16]。由于研究区的食物数据统计困难，用云南省农村住户人均食品消费数量代替。

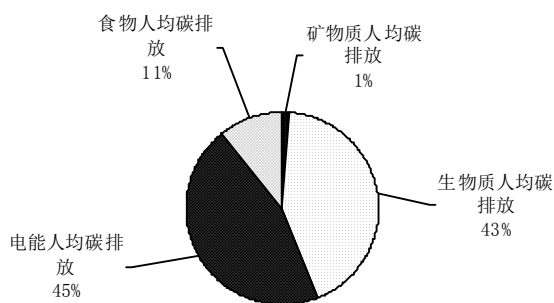


Figure 2. The carbon emission form of agriculture herdsman family

图 2. 农牧民家庭用能碳排放构成

燃料和电能消费碳排放量分别占总生存性碳排放量的 43.02% 和 45.02%。

4.2. 农牧区能源消费以一次生物用能为主，利用效率较低

从整体看，农牧区生活能源消费结构粗放，特别是生物质燃料的消费结构以薪柴为主，薪柴占的比重达到了 98.76%，且薪柴等传统生物质燃料的利用处于较低价值的消耗状态。上海市居民生活用能中电力消费量为 593.4 kwh^[17]，电能人均碳排放量为 267.62 kg，占总碳排放量的 84.48%，云南省农牧区的该指标比上海市低 39.46%。在兰坪县和香格里拉县的农民仍普遍使用低效率、高耗能、高污染的传统炉灶。能源消费主要集中于直接燃烧薪柴和秸秆等一次生物质能源。经过实验验证以铁三角为代表的火塘、用土制成的石灶、用砖或石砌成的石灶，其热效率分别有约 6.5%~8.3%、6.0%~10.7% 与 10.1%^[18]。这些造成能源使用过程的巨大浪费，加剧了能源资源的短缺。

4.3. 农牧区居民生活以传统饮食为主，食物碳化程度较高

在农牧区家庭人均生存性碳排放中，食物消费碳排放为 76.52 kg，占总体比例的 10.87%。从结构上看，粮食依旧占主导地位，占中的食物消费碳排放的 81.30%。我国北方通辽市农牧区农牧民家庭人均食物消费碳排放量为 78.42 kg，粮食消费占总消费量的 60%，同期与上海市城镇居民人均碳排放进行对比。结果表明，上海市城镇居民家庭在食物消费方面，粮食消费仅占 40.37%。粮食是云南省农牧区居民最主要

的食物消费品种，而粮食本身的含 C 量较高，粮食消费的变化成为影响居民食物消费碳排放的主要因素，而我国农村及农牧区居民的饮食习惯以传统饮食为主，对新鲜蔬菜的需求低，生活水平较低，对饮食的合理搭配、体内所需的主要营养成分及养生问题缺乏重视。

4.4. 农牧区家庭食物碳排放量低，属于基本生存性碳排放

将云南省农牧民家庭人均食物消费碳排放总量与通辽市、中国、美国、加拿大、日本、印度等国家居民人均食物消费碳排放量进行比较(如图 3 所示)。结果表明，云南省农牧民家庭食物消费碳排放量较低，为美国的 50.42%，加拿大的 56.19%，日本的 78.76%。综合来看，云南省农牧民家庭食物消费水平处于温饱状态，其消费的碳排放为满足生存的基本生存性碳排放水平。

随着我国经济的快速发展，生活水平不断提高，对饮食结构的合理性越来越重视，逐步推行健康膳食。传统食物中，粮食、植物油所占食物总碳排放量的比例会逐渐下降，而肉类、水果、蛋、奶制品等含人体所需营养元素的食品消费的碳排放量会有所增加。

5. 结论

中国西南农牧区家庭碳排放具有明显的生存性特征。农牧民家庭生存性碳排放以生物质燃料和电力消费为主，家庭使用能源的结构比较粗放，且受传统生活方式和习俗的影响较深；在食物消费方面，农牧

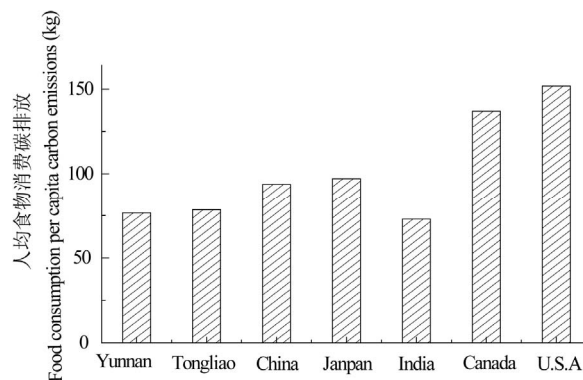


Figure 3. Comparison between different countries (regions) on C emissions per person from household food

图 3. 不同国家(地区)家庭人均食物消费碳排放对比

民家庭生活食物消费结构不够合理, 食物消费碳排放量较低, 属于基本生存性碳排放。

6. 致谢

本文对中央民族大学“985工程”项目(MUC98507-08)和国家民委民族问题研究项目、夏建新教授提供指导和帮助者、给予转载和引用权的资料、文献、研究思想和设想的所有者, 表示感谢。

参考文献 (References)

- [1] 2007 年国家气候中心. 人类减缓气候变化的途径和前景[J]. 环境保护, 2007, 6: 34-35.
- [2] International Energy Agency. CO₂ emissions from fuel combustion. Paris: OECD, 2009.
- [3] R. Reinvang, G. Peters. Norwegian consumption, Chinese pollution. An example of how OECD imports generate CO₂ emissions in developing countries. Beijing: WWF China Programme Office, 2008.
- [4] L. Christopher, H. Weber and S. Matthews. Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. *Ecological Economics*, 2008, 66(2-3): 378-391.
- [5] W. Biesiot, K. J. Noorman. Energy requirements of household consumption: A case study of the Netherlands. *Ecological Economics*, 1999, 28(3): 367-383.
- [6] Y.-M. Wei, L.-C. Liu, Y. Fan, et al. The impact of lifestyle on energy and CO₂ emission: An empirical analysis of China's residents. *Energy Policy*, 2007, 35(1): 247-257.
- [7] 马丽, 夏建新. 南北方农牧区农村生活能源利用现状及对策分析[J]. *可再生能源*, 2010, 28(4): 112-117.
- [8] 云南省统计局. 云南省统计年鉴 2010[M]. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [9] 邓可蕴, 贺亮. 我国农村地区能源形势分析[J]. *中国工程科学*, 2000, 2(6): 52-58.
- [10] A. Tukker, B. Jansen. Environmental impacts of products. *Journal of Industrial Ecology*, 2006, 10(3): 159-182.
- [11] 吴幼玲. 我国进出口商品中内涵能源的行业结构分析[D]. 厦门: 厦门大学, 2009.
- [12] Y. Wang, M. J. Shi. CO₂ emission induced by urban household consumption in China. *Chinese Population, Resources and Environment*, 2009, 7(3): 11-19.
- [13] ORNL. Estimate of CO₂ emission from fossil fuel burning and cement manufacturing. ORNL/CDIAC-25. Oak Ridge: Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, 1990.
- [14] 张仁健, 王明星, 李晶等. 中国甲烷排放限值[J]. *气候与环境研究*, 1999, 4(2): 195-202.
- [15] 何介南, 康文星. 湖南省化石燃料和工业过程碳排放的估算[J]. *中南林业科技大学学报*, 2008, 28(5): 52-58.
- [16] W. Luo, F. Y. Zhai, S. G. Jin, et al. The intra-household food distribution in Chinese adult and its determinants. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2001, 23(4): 358-362.
- [17] 上海市统计局. 上海市统计年鉴 2007[M]. 北京: 中国统计出版社, 2007.
- [18] 杨继涛. 滇西北老君山地区农村能源及产业发展研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2004.