

云南农村地区生物质能利用技术概况

Overview of Biomass Energy Technology in Rural Yunnan of China

颜梅 苏宇芳 Fredrich Kahrl Timm Tennigkeit

Southeast Asia



The China Agroforestry Programme

The China Agroforestry Programme or World Agroforestry Centre, China Programme, was established in August 2002. The World Agroforestry Centre is a centre for learning and, at the same time, enabling. It seeks to transform lives and landscapes through agroforestry science in West China. Currently, the Programme has a liaison office in Beijing, established in accordance with an agreement with the Chinese Ministry of Agriculture and the Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS), and a Centre for Mountain Ecosystem Studies (CMES), a joint centre of the World Agroforestry Centre and Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences (CAS). The overall goal of the Programme is to generate knowledge and innovative options on agroforestry science that support ecosystem services and livelihoods in the mountain areas of West China to benefit both local people and other populations living downstream in Southeast and South Asia and inland and coastal China. China-Agroforestry brings together a partnership of international, national and local research institutions, development practitioners, government and non-government organizations, and donors with commitment to a "Knowledge and Innovations to Action" framework to bridge knowledge gaps between science and policy and between science and field practices in the actual mountain environment. Agroforestry science will be integrated into a single system perspective that places research and development linkages within socio-ecological systems to facilitate its harmonization into society.

云南农村地区生物质能利用技术概况 Overview of Biomass Energy Technology in Rural Yunnan of China

颜梅 苏宇芳 Fredrich Kahrl Timm Tennigkeit



ICRAF China 2009
ICRAF Working Paper No. 92





World Agroforestry Centre

TRANSFORMING LIVES AND LANDSCAPES

Correct citation

Yan, M.; Su, Y; Kahrl, F.; Tennigkeit, T. 2009. "Overview of Biomass Energy Technology in Rural Yunnan of China". ICRAF Working Paper No. 92.

Titles in the Working Paper Series aim to disseminate interim results on agroforestry research and practices and stimulate feedback from the scientific community. Other publication series from the World Agroforestry Centre include: Agroforestry Perspectives, Technical Manuals and Occasional Papers.

World Agroforestry Centre
Transforming Lives and Landscapes
ICRAF China, Beijing Office
#12 Zhongguancun Nan Dajie, CAAS Mailbox 195
Beijing 10081
PR China
Tel: +86-10-62119430, fax: +86-10-62119431

ICRAF China, Kunming Office
Centre for Mountain Ecosystem Studies
C/O Kunming Institute of Botany
Heilongtan, Kunming, 650204
PR China
Tel: +86-871-5223014, Fax: +86-871-5216350
Website: <http://cmes.kib.ac.cn>

ICRAF Southeast Asia Regional Office
Jl. CIFOR, Situ Gede, Sindang Barang, Bogor 16680
PO Box 161, Bogor 16001, Indonesia
Tel: +62 251 625415, fax: +62 251 625416
Email: icraf-indonesia@cgiar.org
ICRAF Southeast Asia website: <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea>

© World Agroforestry Centre 2009
Working Paper No. 92

The views expressed in this publication are those of the authors and not necessarily those of the World Agroforestry Centre, the European Commission or its subsidiaries. This publication may be quoted or reproduced without charge, provided the source is acknowledged.

About the authors

Yan Mei, Su Yufang and Timm Tennigkeit are working on carbon finance and rural bioenergy issues at CMES, a joint research centre between the Chinese Academy of Sciences and the World Agroforestry Centre (ICRAF), Kenya, hosted by Kunming Institute of Botany.

Centre for Mountain Ecosystem Studies

c/o Kunming Institute of Botany

Heilongtan, Kunming, 650204

PR China

Tel: +86-871-5223014, fax: +86-871-5216350

Website: <http://cmes.kib.ac.cn>

EM: yanmei@mail.kib.ac.cn; suyufang@mail.kib.ac.cn.

Fredrich Kahrl is an energy economist with a research interest on climate change economics and regional economic development in China

Center for Energy, Resources, and Economic Sustainability (CERES).

University of California at Berkeley

337 Giannini Hall, Berkeley, CA 94720, USA

EM: fkahrl@are.berkeley.edu

Acknowledgements: This report/review/publication/paper has been produced under the Re-Impact project ENV/2007/114431, funded by the European Union Aid Cooperation Office Programmes on Environment in Developing Countries and Tropical Forests and other Forests in Developing Countries. Re-Impact is a 40 month project undertaken by a consortium of 7 partners led by the Centre for Land Use and Water Resources Research at Newcastle University, which started in May 2007.

致谢

本文写作得到EU AIDCO grant 121998/C/G: Rural Energy Production from Bioenergy Projects: Providing regulatory and impact assessment frameworks, furthering sustainable biomass production policies and reducing associated risks (RE-Impact)的资助。

通信地址: 苏宇芳 (suyufang@mail.kib.ac.cn) , 颜梅 (yanmei@mail.kib.ac.cn)

Abstract 摘要

Driven by energy security concerns and increasingly severe pollution from coal-fired power generation, the Chinese government has begun to pay more attention to renewable energy as an alternative energy solution, proposing that renewable energy account for 10% of total energy consumption in 2010 and reach 20% by 2020. Bioenergy is an important part of these plans. Although biomass energy has struggled to achieve commercial scale, bioenergy is the primary energy source in much of rural China. With advanced energy conversion technologies, bioenergy can provide a renewable, clean, affordable, and stable source of energy for rural China in the future.

This working paper gives a brief introduction to biomass energy technologies in rural Yunnan Province, describing both their current status and prospects. Yunnan Province is typical of China, as most of its rural areas depend on inefficient combustion of firewood and crop residues to meet their energy needs. To address this situation, policymakers could set up a more effective mechanism to distribute limited funding resources; develop policies to promote and leverage a more vibrant rural energy market; and, in doing so, play a more active role in supplying rural communities with appropriate energy technologies.

In our review of rural bioenergy technologies, we find that, although local governments have been subsidizing household biogas digesters and efficient stoves for more than two decades, little has changed in the structure of rural energy consumption; indeed, farmers recently have begun to use even more crop residues. Based on our analysis, insufficient inputs, inadequate technical services, and a government-centered extension model are the main reasons that the status quo has been so persistent.

Gasoline-ethanol and biodiesel are becoming the new darlings of bioenergy development in China, and Yunnan Province has tried to follow suit by heavily investing in scientific research and industrial development for liquid biofuels. This paper also discusses whether farmers could utilize this trend to meet a portion of their own energy demands, and analyzes a host of obstacles such as policy constraints, oil price fluctuations, feedstock production bottlenecks, and institutional difficulties.

Key words 关键词

China rural energy biomass technology biofuel 中国农村能源 生物质能利用技术 生物燃料

目 录

1. 前言	1
2. 中国农村能源政策与技术发展概况	2
3. 云南农村地区生物质能利用技术	4
4. 讨论	25
参考文献	27

表格与图表目录

表格 1 中国农村能源政策发展进程	3
表格 2 高效节能商品灶投资测算表	9
表格 3 云南农村户用沼气池类型及构成情况	10
表格 4 云南省2003年至2007年农村沼气国债项目情况	12
表格 5 农村户用沼气池投资测算表	13
表格 6 秸秆气化集中供气站投资测算表	15
表格 7 云南省燃料乙醇定点生产企业及备选企业	20
表格 8 云南省生物柴油科研机构及相关活动	21
图表 1 1998年与2005年云南省农村生活用能标煤	5
图表 2 1998年与2005年云南省农村人均生活用能标煤	6
图表 3 云南农村生物质能利用技术发展状况	7
图表 4 云南农村地区户用沼气池发展状况	11
图表 5 云南省省级财政支持农村户用沼气及节柴灶推广项目情况	11
图表 6 2005年中国，贵州省，四川省，云南省农村生活能源消费结构图	17

1. 前言

国务院总理温家宝指出可再生能源是重要的战略替代能源，对保障能源安全和保护环境有重要作用¹。中国从发展替代能源、保障能源安全和减少污染、保护环境的角度出发颁布了一系列政策，大力推动可再生能源的发展。2006年正式实施的《可再生能源法》和2007年出台的《可再生能源发展规划》，从决策层面确定了中国大力发展可再生能源的远景目标，即2010年使可再生能源消费量达到能源消费总量的10%，2020年提高到20%²。

中国能源发展战略中首先关注能源安全问题，石油安全是中国能源安全的核心，降低对国际石油的依赖关系国家根本利益和国民经济安全（舒先林 阎高程，2007）。据统计，2008年我国石油表观消费量达38965万吨，同比增长6.5%；石油净进口19985万吨，同比增长12.5%；石油对外依存度由2007年的46.05%³上升至2008年的51.3%⁴。随着资源与需求之间的矛盾日益尖锐和国际石油价格的波动冲击，可再生能源的替代作用日益突显。

此外以煤炭为主的能源结构，使得环境问题日趋严重。煤炭污染不仅存在于煤炭的终端消费，而且在煤的前期开发过程中，每开采1吨煤就会破坏2.5吨地下水；煤炭开采后还会造成地表塌陷，废水、废气和废渣以及矽肺病等。然而在我国的电力装机中，火电装机一直占据总装机容量的75%以上，风电及新能源的600多万千瓦装机仅占0.8%⁵。中国能源发展如何减少燃煤数量、缓解环境污染已成为当务之急，而发展清洁的可再生能源是解决这一问题的有效途径之一。

生物质能是可再生能源的重要组成部分，随着2006年一系列限制粮食乙醇发展的政策措施相继出台，它替代化石燃料的可行性明显降低。但是作为广大农村地区的传统能源，生物质能在解决农村生活燃料短缺的问题上仍占有重要地位。《可再生能源中长期发展规划》把农村作为可再生能源发展的重要领域，总目标是提高可再生能源在能源消费中的比例，解决农村无电人口用电问题和农村生活燃料短缺问题。2003年我国农村生物质能（秸秆、沼气、薪柴）的使用量达2.62亿吨标准煤，占当年全国总能耗比例22.4%（王奇、向筱，2007），因此发展生物质能优质化转换和利用的技术势在必行。

云南省与我国其他地区的广大农村在生物质能利用方面有着一致性。如拥有丰富的能源林木、能源作物、水生植物和各种有机废弃物等生物质资源；农村能源消费主要依靠薪柴、秸秆等生物质能；节柴灶、户用沼气等成熟的生物质能利用技术在云南农村地区已经得到推广应用，燃料乙醇和生物柴油等新兴技术正逐步成为云南省生物质能发展的热点。由于农村能源建设多依靠政府投入，属于公共

¹ 徐锭铭，2006，发展可再生能源是人类发展必经之路，第二界东亚投资论坛，<http://www.wabei.com/news/200807/118542.html>

² 国家发改委，2007，《可再生能源中长期发展规划》

³ 加快推进中国能源结构的战略性调整，中国经济时报2009-03-04，<http://www.cctd.com.cn/detail/09/03/04/00185961/content.html>

⁴ 去年我国石油对外依存度升至51.3%，新华财经2009-02-11，http://news.xinhuanet.com/fortune/2009-02/11/content_10800575.htm

⁵ 加快推进中国能源结构的战略性调整，中国经济时报2009-03-04，<http://www.cctd.com.cn/detail/09/03/04/00185961/content.html>

服务性质，深入了解生物质能利用技术的相关特性，并形成有针对性的政策建议，能够推动决策部门更有效率的分配和使用有限的资源，推动农村能源市场机制的建立，帮助广大农村地区因地制宜的解决好农村能源问题。以云南省为例讨论农村能源中生物质能的利用技术，对于了解我国农村地区生物质能利用技术的发展现状、以及分析未来的发展趋势有很大的借鉴作用。

文章从技术发展、政策支持和成本效益等方面分析发展现状，并探讨了为什么沼气和节柴灶等技术在农村地区推广多年，政府给与大量补贴，仍然没有改变云南省农村的薪柴和秸秆占较大比例的能源结构。同时介绍新兴的生物质能利用技术，探讨在现有政策导向、市场需求、原料供给和管理制度的作用下，新兴技术解决农村能源问题的可能性。

2. 中国农村能源政策与技术发展概况

2.1 中国农村能源政策的发展

我国农村能源有计划、有组织地进行开发利用始于八十年代初期，农村能源政策经历了三个主要的发展时期，见表格1所示。

“六五”、“七五”和“八五”计划期间农村生活燃料匮乏，全国农户全年平均短缺四个月的生活燃料，政策目标是解决农村能源供应短缺，主要围绕农村地区的资源展开，着力发展沼气、薪炭林、小水电、小煤炭、以及推广省柴节煤灶（朱四海，2007）。

“九五”和“十五”时期中国由石油净出口国转变为净进口国，可持续发展理念的深入人心，人们关注的焦点转向能源的可持续和安全问题，力图建立以可再生能源为基础的可持续发展能源系统。这一时期农村能源的政策重点是发展可再生能源为主的农村能源、生物质能和能源农业。农村能源主要依靠的薪柴、秸秆等生物质能是理想的可再生能源，此外沼气技术从单纯依靠农村地区的畜禽粪便解决农村能源短缺，逐步发展成为重要的能源环境工程技术。国家同时加大对燃料乙醇和生物柴油的研究和开发。对农村电网实施改造，改革农电管理体制、改造农村电网、实现城乡同网同价（朱四海，2007）。

“十一五”计划的农村能源政策在国际社会共同应对气候变化的背景下承担起发展可再生能源替代化石燃料的重任，多项与生物质能的开发利用相关的技术成为可再生能源发展的重点。2006年年底中央政府出于对粮食安全的考虑，出台了生物质能源和生物化工发展“坚持不与粮争地，促进能源与粮食‘双赢’”的三原则⁶，坚持非粮为主的生物燃料乙醇产业发展，并采取一系列措施限制以粮食作物为原料的燃料乙醇的发展，生物燃料替代化石燃料的可行性明显下降。

⁶ 国家发改委 农业部 税务总局 林业局，2006，《关于发展生物质能源和生物化工财政扶持政策》

表格 1 中国农村能源政策发展进程

时 期	主要目标	组织实施部门	工作领域	参与范围
六五计划 (1981-1985)	缓解农村能源的供应短缺。目标基本上限于解决农村能源问题, 试图通过发展沼气、薪炭林, 推广省柴节煤灶, 以及在有条件的地方发展小水电、小煤炭、风能、太阳能、地热能	农业部	农村能源建设方针“因地制宜、多能互补、综合利用、讲求实效; 县级农村能源综合建设试点	农村能源综合建设试点6个县; 沼气建设72个县; 改灶节柴试点390个县
七五计划 (1986-1990)		农业部	12种类型区县级农村能源综合建设试点研究	农村能源综合建设试点12个县
八五计划 (1991-1995)		国家计委, 经贸委, 科委, 财政部, 农业部, 林业部, 水利部, 电力部	以县为单元的农村能源综合建设	138个农村能源综合建设重点县; 209个农村初级电气化县 ⁷ ; 215个农村电气化县 ⁸
九五计划 (1996-2000)	加快农村能源的商品化进程、形成产业 ⁹ ; 重点发展以可再生能源为核心的农村能源产业	国家计委, 经贸委, 科委, 财政部, 农业部, 林业部, 水利部, 电力部	在能源短缺地区发展水能、风能等可再生能源; 农村电网改造	190多个县参加农村能源综合建设项目; 全国90%以上的县开展农村电网建设和改造, 512个县完成
十五计划 (2001-2005)		国家计委, 经贸委, 科委, 财政部, 农业部, 林业部, 水利部, 电力部	以农村能源建设为特征的“生态家园”建设促进农村经济和生态环境改善(瞿振元, 2006: 370), 三种类型县级农村能源综合建设 ¹⁰ ;	100个农村能源综合建设县
十一五计划 (2006-2010)	发展以可再生能源为主的农村能源, 缓解以煤为主的国内能源资源和消费结构 ¹¹ , 提高减缓和适应气候变化能力	国家发改委, 国家计委, 经贸委, 科委, 财政部, 农业部, 林业部, 水利部, 电力部	农村新能源建设工程 ¹²	到2010年全国户用沼气池为4000万户, 规模化养殖场沼气工程为4700处, 农村户用沼气年产气量为150亿立方米; 农村地区太阳能热水器的总集热面积为5000万平方米, 太阳灶保有量为100万台 ¹³

来源: 朱四海(2007)与作者数据收集整理

⁷ 水利部负责在适用于小水电供电区内的建设农村初级电气化县, 标准为1992年《小水电供电区农村初级电气化标准》: 立足于当地水电资源和其他配套电源, 其自用电量应占县总供电量的60%以上; 全县户通电率必须达到90%以上, 其用电保证率应达到85%以上; 全县人均年用电量必须不低于200kwh, 牧区必须大于150 kwh; 全县户均年生活用电量不低于200 kwh, 牧区、山区、林区、少数民族地区必须大于150 kwh; 全县有10%以上的户在丰水期使用电炊; 或有20%以上的户采用以电节柴、节煤措施。

⁸ 能源部1991年颁发《农村电气化标准》规定农村电气化县标准为: 乡通电率100%, 村通电率100%, 户通电率95%以上; 排灌用电供电保证率100%, 乡村居民生活用电供电保证率90%以上; 全县人口年用电量300kwh以上, 全县农业人口年均农村用电量160kwh以上; 全县农业人口年均农村居民生活用电量50kwh以上。

⁹ 《国民经济和社会发展“九五”计划和2010年远景目标纲要》, 1996

¹⁰ 第一类配合“八七扶贫攻坚计划”的脱贫型; 第二类实现第二步战略目标小康型; 第三类经济较发达地区富裕示范型。

¹¹ 根据环境保护部部长周生贤2009年4月22日发布的数据, 煤炭在我国能源消费中的比例在70%左右, http://www.lrn.cn/media/energynews/coal/200904/t20090423_357500.htm

¹² 根据《农村新能源产业前景广阔》, 农村新能源主要包括沼气、太阳能、风力发电、微小水电和生物质能, <http://www.ehome.gov.cn/Article/UploadFiles/200911/2009111209470613.pdf>

¹³ 国家发展和改革委员会, 2008, 《可再生能源发展“十一五”规划》

2.2 中国农村地区生物质能利用技术的发展

生物质能的开发利用对中国农村具有特殊意义。我国生物质能资源非常丰富，一方面农作物播种面积有18亿亩，年产生物质约7亿吨。除部分用于造纸和畜牧饲料外，剩余部分都可做燃料使用。另一方面，我国现有森林每年通过正常的灌木平茬复壮、抚育间伐等，可获得生物质资源量约8亿至10亿吨。此外，我国还有4600多万公顷宜林地。据测算全国生物质能的理论资源总量接近15亿吨标煤¹⁴。

虽然目前农村能源消费中生物质能占有相当大的比重，而且理论资源总量很丰富，但是由于利用的技术不同，实际利用效率有很大的差别，总体来看效率较低。根据《国家能源政策问题研究报告》提供的2000年统计数据，我国农村利用能源以秸秆、薪柴和畜粪的直接燃烧为主，占农村能源消耗量的67.75%，折合2.3亿吨标准煤。热能利用的效率仅为10%左右¹⁵。

要推进可再生能源的发展，提高农村能源大利用效率，生物质能的优质转换利用是关键。2007年农业部在“第五届中国国际农产品交易会”上发布了“农业和农村节能减排十大技术”，其中以生物质能为主要依托的农村能源技术为畜禽粪便综合利用技术、秸秆能源利用技术、农村小型电源利用技术、能源作物开发利用技术和农村省柴节煤炉灶炕技术。

我国的生物质能利用技术分为不同的发展阶段。成熟技术中的沼气利用和节柴炕/灶已经形成相当的应用规模和广泛的推广使用。生物质气化发电技术仍处于产业化初期的推广应用阶段。纤维素制取乙醇和生物柴油生产的关键技术还有待突破。这些研究示范技术将成为今后生物质能技术发展的重要领域。

3. 云南农村地区生物质能利用技术

3.1 生物质能利用技术的发展

云南省是我国农村能源利用现状的一个缩影。全省能源林木、能源作物、水生植物、各种有机废弃物等生物质非常丰富，人均森林蓄积量为33.96立方米，约为全国人均占有量的4倍。宜林荒地286.7万公顷，速生树种量居全国前列（孙志国 夏朝凤，2005）。作为全国最贫困的省份之一，云南省的农村能源主要依靠传统的薪柴和秸秆。根据国家统计局发布的2005年云南省农村能源统计数据，农村能源消耗的主要结构为41%的薪柴，17%的秸秆和31%的煤。其中生活用能占70%，以薪柴、秸秆等生物质能为主，薪柴消耗量占80%。农村80—90%的人口程度不同的使用薪柴，60%的人口主要依靠薪柴做饭取暖，41.01%的人口完全使用薪柴为生¹⁷。

¹⁴ 生物质能发电前景广尚需政策扶持，中国新能源网2009-01-13，
<http://www.eco.gov.cn/html/stkj/shengwuzhinenyuan/shengwuzhifadian/2009/0210/7802.html>

¹⁵ 我国农村能源综合利用潜力可观，
<http://www.xsny.gov.cn/detail.asp?pubID=111799&page=87>

¹⁶ 根据2006年国家统计局数据，将物理单位转换为能源单位进行数据分析

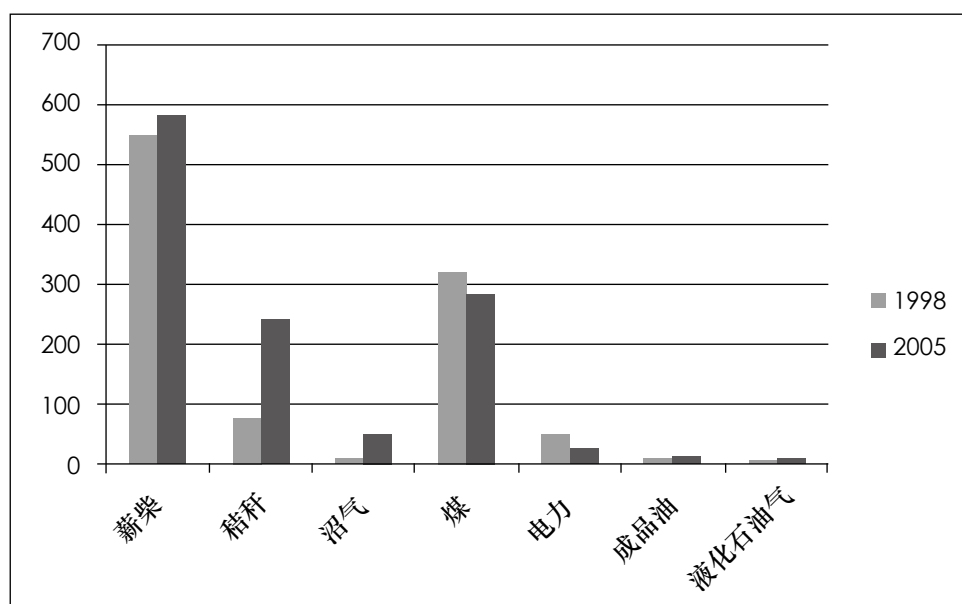
¹⁷ 云南农村能源开发应用现状及可持续发展战略对策，中英合作云南环境与扶贫项目报告，
<http://www.yedp.org/chinese/resarch/3/03.pdf>

近二十年来节能灶和沼气等能源应用技术在云南农村地区得到大力推广。“八五”以来云南省政府每年都划拨大量资金在全省改造被称为“老虎灶”和“地火塘”的传统炉灶，推广新型节能灶，同时科技部门还专门立项不断改进节能灶的技术，提高节能灶的热效率。但是由于节柴改灶的措施未能有效遏制云南省林业受到破坏的趋势，政府将农村能源的发展重点转为户用沼气能源，希望能借沼气推广减少薪柴消耗，减轻以薪柴为主的农村能源对森林造成巨大压力。

农村能源建设具有较强的社会公益服务色彩，一直以来由政府公共财政为主体进行引导，通过各政府部门牵头，以项目的形式在农村传播。以沼气为例，“十五”以前中央财政对我省农村能源建设平均每年投资20万元左右，“十五”期间中央财政小型公益项目投入809万元，中央资金国债农村沼气项目也投入了17256万元；省级财政的专项资助从1979年农村沼气建设之初的50万元上升到1991年的600万元，2007年达到8285万元¹⁸。与户用沼气建设相关的项目包括：省妇联牵头的“母亲沼气”项目，共青团省委组织实施的“保护母亲河行动计划”的沼气项目，省扶贫办在“整村推进”和“异地搬迁”等扶贫项目中配套的沼气和节柴灶项目等。

然而图1和图2中1998年、2005年云南省农村生活用能消费的对比显示，无论在消费总量或人均消费量上，薪柴和秸秆都占据了农村生活用能的主要部分，近年来秸秆的人均消费量还有所上升；沼气的数量虽然有所增加，但是从消费整体来看只是很小一部分。可见多年来依靠政府指令性任务和项目推动生物质能利用技术，以及对节柴灶、沼气和秸秆气化集中供气等技术的大量补贴推广，并没有帮助云南省改变以秸秆和薪柴等生物质能源为主的农村能源消费结构。

图表 1 1998年与2005年云南省农村生活用能标煤，单位：万吨

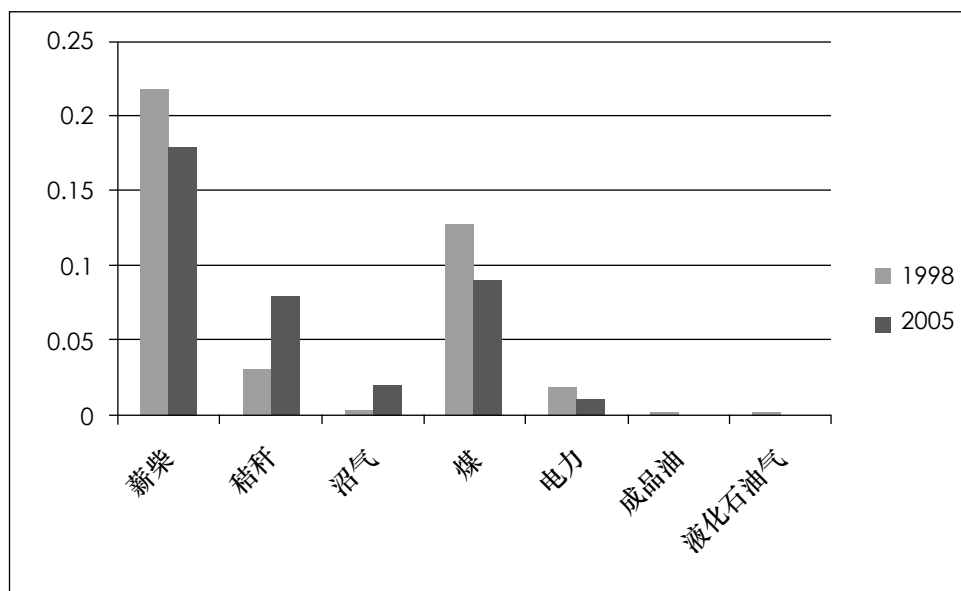


来源：中国自然资源数据库-1998年农村能源消费（分省）数据，2006年国家统计局数据¹⁹

¹⁸ 云南省农村能源工作站，2007，关于云南农村能源建设和发展的汇报

¹⁹ 根据中国自然资源数据库-农村能源消费（分省）数据库 1998年数据及2006年国家统计局数据，将物理单位转换为能源单位进行数据分析。

图表 2 1998年与2005年云南省农村人均生活用能标煤，单位：吨

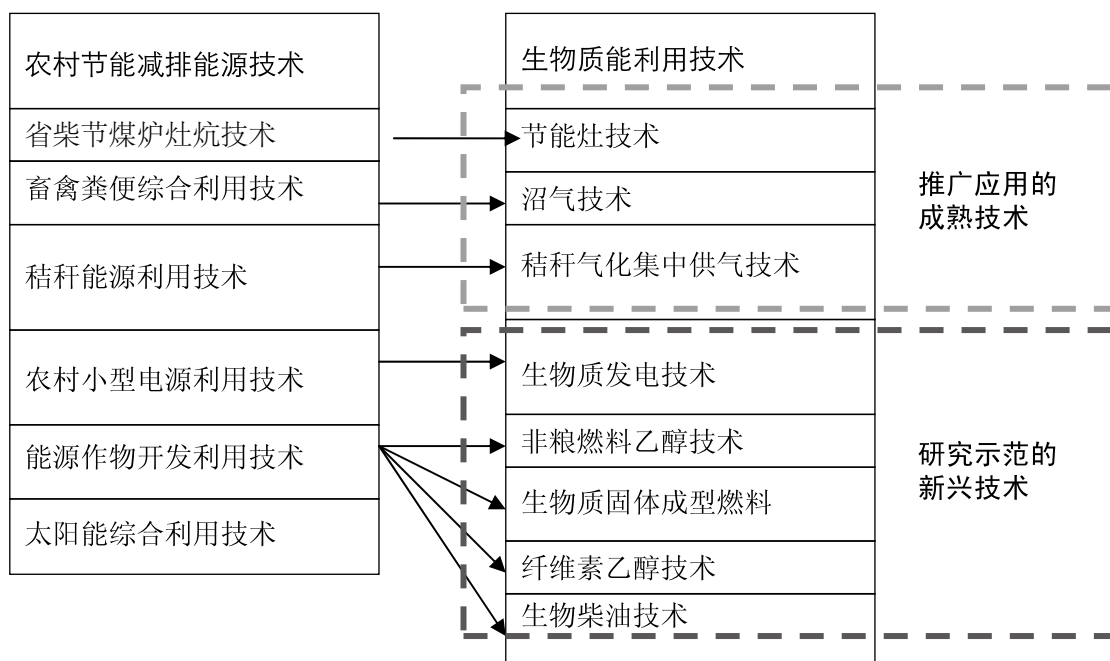


来源：中国自然资源数据库-农村能源消费（分省）数据库 1998年数据，2005年国家统计局数据²⁰

在今后相当长的时期内，许多地区的农村能源技术推广仍将延续沼气为主，辅之电、柴和其它新能源的路线（王秀花 姚建国，2002）。下文从生物质能技术的发展、政策支持以及成本与效益分析三个方面分析了较为成熟、并且得到大力推广的节柴灶、农村户用沼气和秸秆集中供气技术。随着科学技术的发展和经济发展对能源的需求越来越迫切，近年来一些新兴的生物质能利用技术逐渐成为关注焦点，云南省在燃料乙醇、生物柴油和生物质发电技术方面也进行了一些尝试。本文回顾了新兴技术的发展现状，并分析了新兴技术在解决农村能源问题方面遇到的障碍。图表3展示了目前和今后可以帮助云南农村地区解决能源问题的生物质能技术。

²⁰ 根据中国自然资源数据库-农村能源消费（分省）数据库 1998年数据及2006年国家统计局数据，将物理单位转换为能源单位进行数据分析。

图表 3 云南农村生物质能利用技术发展状况



3.2 推广应用的成熟技术

3.2.1 节能灶技术

技术发展

云南广大农村所用燃料主要靠薪柴，群众生活中使用的传统炉灶被称为“老虎灶”、“地火塘”，结构简单，耗柴量大，热效率仅为10%至15%（Zhimin Li et al, 2005）。从上个世纪八十年代云南省开始改造传统的大火塘灶、老虎灶、三脚灶，推广节柴（煤）灶，“八五”期间云南省农村能源建设的重点是节柴改灶工作，并且每年划拨大量资金在全省农村推广新型节能灶，同时科技部门还专门立项不断改进节能灶的技术。2005年累计数据显示全省630万户农户使用上了新型节能灶²¹，根据2005年全省农户为850万²²计算，推广率达到74%。

2001年根据云南省对节柴灶的新要求，农村改灶的炉灶热转化率要求大于30%²³。由于已推广的节柴灶热效率低，大多都只能达到15%或20%²⁴，各种新型的节能灶和高效生物质炉具应运而生，热效

²¹ 云南农村能源建设取得五大成效，新华网云南频道2005-11-11，
http://www.yn.xinhuanet.com/newscenter/2005-11/11/content_5565862.htm

²² 西部农村金融发展报告，
http://www.china.com.cn/economic/zhuanti/xbjj2007/2007-12/07/content_9358567.htm

²³ 云南省政府关于加强农村能源建设降低森林资源消耗的意见，2001年8月1日云政（2001）103号公布，
<http://www.ynepb.yn.gov.cn/laws/Show.asp?id=1118>

²⁴ 云南农村能源开发应用现状及可持续发展战略对策，中英合作云南环境与扶贫项目报告，
<http://www.yedp.org/chinese/resarch/3/03.pdf>

率达到40%以上，可以燃烧柴煤杂秆，果壳锯末、农作物秸秆（玉米秆、麦秆、棉秆、烟秆）等各种农家废弃物。

政策支持

“八五”期间云南省每年拨出500万元专项改灶资金，2002年开始至今连续将农村户用沼气建设列为省委、省政府为民办实事的民心工程，重点支持农村户用沼气建设和改灶。通过政府项目先后筛选出几十种适合不同地区、不同条件使用的节能灶，组织了改灶专业队伍，走村串寨帮助农户改灶。同时提高补助标准，平均每户补助100元。

成本与效益分析

在上世纪80年代末，云南省每年农村烧柴的消耗量达2700万立方米左右²⁵，省政府把大规模开展农民容易接受、投资小、见效快的改灶节柴作为保护森林资源的突破口来抓，希望以此降低薪柴的消耗。据云南省林业厅调查，全省农民每年生活用柴要采伐森林3253万立方米，而全省森林能源合理提供量仅1421万立方米²⁶。过量的采伐造成了森林资源过度消耗，森林生态功能削弱，生态环境恶化。1991年6月，云南省人民政府在《云南省人民政府关于在“八五”期间实现森林资源消长平衡的通知》文件中指出，加强“改灶节柴，是扭转森林消长的重大措施”²⁷。到2004年10月底，全省累计改灶保有量已达689万户，每年可少烧薪柴700万立方米，据测算相当于保护了170多万亩中幼林²⁸。根据云南省计委、省林业厅编制的《云南省农村能源建设规划（2003—2010年）》提出农村能源建设目标，2005—2010年农村改灶主要集中在林区，高海拔山区和低温地带农村，计划2006年-2010年完成50万户，减少农村烧柴量150万立方米²⁹。

云南农村的改灶工作，一是推广符合产品标准的节能商品炉灶，二是对原有灶膛进行改造使之达到热效率达30%以上的标准，每户投资约300元，如表格3所示。峨山县参与节柴改灶的农户实验结果表明，4口之家改灶前煮一顿饭需薪柴6—7公斤，改灶后只需薪柴4—5公斤，改灶前煮一顿饭需70—80分钟，改灶后只需40—50分钟，既节能又省力，改灶前烧开水需17分钟，需薪柴1.2公斤，改灶后只需10分钟，比原来提前了7分钟，需柴0.72公斤，比原来减少0.48公斤，改灶后比改灶前省柴32%，省时41%³⁰。根据晋宁县对节柴改灶的测算，通过推广气化节柴灶，能源利用率比普通节能灶提高1倍，达到36%以上，每户每年可省柴1吨，节约燃料费支出达300余元³¹。

²⁵ 云南省节柴改灶工程显效，2004-11-17，
<http://www.hnly.gov.cn/hnly/asp/detail.jsp?id=9B68954C-A982-4AE6-8226-E1FEE9778B66&typeid=2c90819c0eab7ec1010eab8e7b5a0004>

²⁶ 刘远达 黄骞，云南推广农村新能源 保护生态环境，新华社2000-12-07
<http://www.zjep.gov.cn/sy/list.asp?pagenum=213&category=-1&record=746>

²⁷ 云南农村能源工作站，2007，关于云南农村能源建设和发展的汇报

²⁸ 云南省发动“炉灶革命”节约大量木材，云南省人民政府门户网站2004-11-10，
<http://www.yn.gov.cn/yunnan,china/73474877411033088/20041110/14397.html>

²⁹ 云南省农村能源工作站，2003，关于云南农村能源建设情况的简要汇报，
<http://ynlyt.223.8v9.com/news/972.shtml>

³⁰ 我县新农村建设中节柴改灶深受农民喜爱，峨山彝族自治县人民政府门户网站2006-11-14，
<http://www.yxes.gov.cn/view.php?tsid=7c590f01490190db0ed02a5070e20f01@795>

³¹ 因地制宜，多能互补——晋宁县2005年秸秆综合利用情况，2005-12-09，<http://www.kmjnagri.gov.cn/nyzx>

表格 2 高效节能商品灶投资测算表

名 称	费用（元）
秸秆气化灶灶心	220
水 泥	40
砂 砖 工费	40
合 计	300

来源：云南省农村能源工作站，2003，关于云南农村能源建设情况的简要汇报

3.2.2 户用沼气技术

技术发展

云南第一座人造沼气池（12立方米）于1936年在蒙自县新安所建成。1972年巧家县首批试用沼气获得成功，1975年开始在全省推广。但是，由于技术和资金的限制，1979年虽然成立了“沼气站”，当时的农村能源工作重点留在改灶的层面上，并没有大面积建设沼气。

2000年根据农业部提出“生态家园建设思路”，我省以能源建设为切入点建设沼气，改变农民传统的生产和生活方式为目标，将沼气建设与农户住宅、厨房、厕所、畜舍，庭院环境卫生等结合起来，促进农户生活与生产，庭院与农田的良性循环。沼气发展逐步实现了“三结合”，沼气池与畜厩、厕所相结合；“五配套”，沼气池与畜厩、厕所、太阳热水器、洗澡间相配套；“八个一”，为农户配套建一个沼气池、一个节能灶、一个卫生厩、一个卫生厕所、一个太阳热水器、一个小水池、一亩防护林、一亩经济林（王晓燕 谢建，2004）。

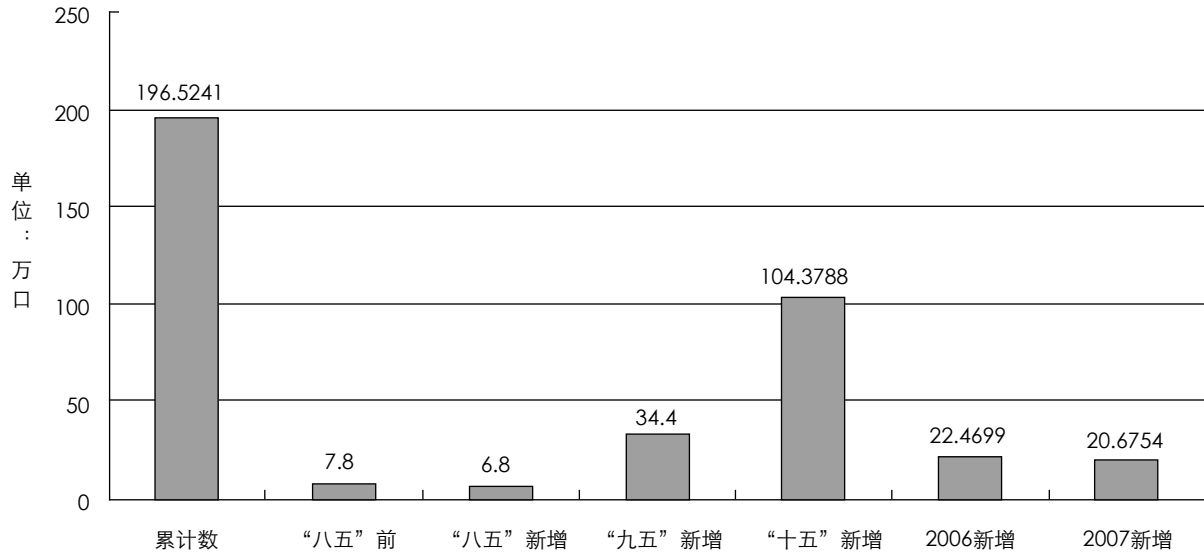
目前云南省农村普遍推广的“曲流布料沼气池”主要有6m³，8m³和10m³三种容积，最常见的有“三位一体”、“四位一体”和“五位一体”模式，分别占沼气建设总量的66.4%、16.3%和7.0%，其他还包括单口沼气池、大中型沼气工程、沼气生态家园模式和沼气循环经济模式。截至2007年年底，共计150万农户已经享受了沼气技术带来的便利（王献霞，2008）。

表格 3 云南农村户用沼气池类型及构成情况

发展模式	特点	沼气发展	
		农户数 (万户)	所占比例 (%)
单口沼气池	6-8立方的沼气池直接与厨房相连，主要供给农户生活用能需求。	4.8	3.2
“三位一体”模式	(即一池三改模式)沼气与厕所、猪禽舍、厨房结合在一起。	99.6	66.4
“四位一体”模式	将沼气池、猪禽舍、厕所和日光温室组合在一起，构成“四位一体”模式。	24.5	16.3
“五位一体”模式	将沼气池、猪禽舍、厕所、日光温室和太阳能组合在一起，构成“五位一体”模式。	10.5	7.0
大中型沼气工程模式	随着现代农业向企业化、集约化、规模化、商品化方向发展，以养殖场为依托，将多个沼气池和储气罐联在一起，形成一个沼气能源供应站，既可以为养殖照明和取暖，也可以用沼气发电。	3	2.0
以沼气为核心的农户生态家园建设模式	以农户居住地房前屋后的院落为依托，以沼气为纽带，种植、养殖和加工多业并举，互相促进，共同发展，综合经营，立体开发，达到各种资源循环利用，多级转化形成典型的物质良性循环利用的农村庭院经济。	5.0	3.3
以沼气为核心的农业循环经济发展模式	以种植业为基础，以养殖业为主干，以沼气为纽带，组成物质良性循环利用的生态农业系统。在该系统中，一个生产环节的产出(如废弃物排出)是另一个生产环节的投入，使得系统中的各种废弃物在生产过程中得到再次、多次和循环地利用，从而获得更高的资源利用率，并有效地防止了废弃物对农村环境的污染。	2.7	1.8
合计		150	100

来源：王献霞 (2008)

图表 4 云南农村地区户用沼气池发展状况

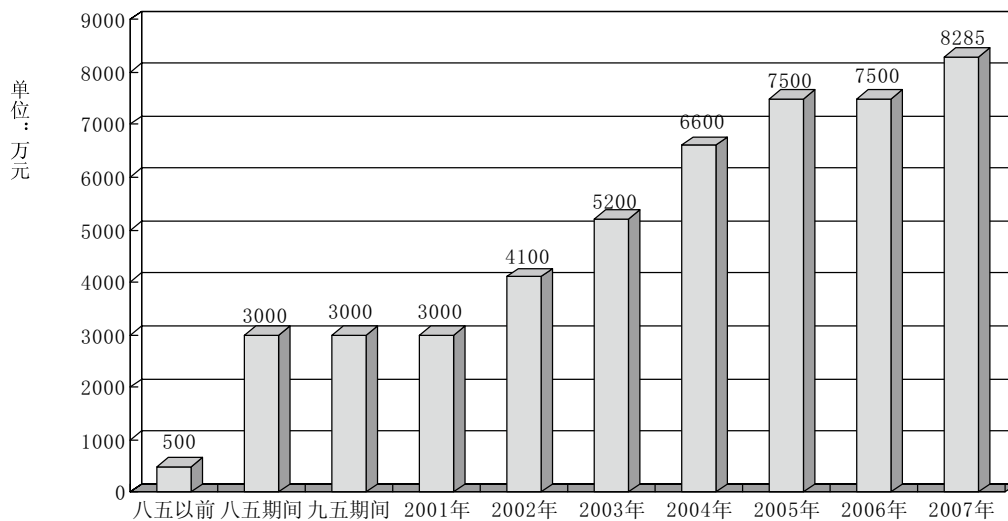


来源：王献霞（2008）

政策支持

2001年以来云南省财政和中央财政，都加大了对农村能源，特别是沼气能源建设的扶持力度，支持经费逐年增加。云南省林业厅从1990年至2000年每年得到省财政拨款600万用于沼气建设（王献霞，2008）。省政府通过省级农村能源专项资金用于农村能源建设，从2002年开始至今连续将农村户用沼气建设列为省委、省政府为民办实事的民心工程。仅“十五”期间，在各级政府投入到农村沼气建设中的经费中省级投入36352.34万元，占43.74%；州（市）级投入14724.26万元，占17.72%；县（乡）投入14773.84万元，占有17.78%（王献霞，2008）。

图表 5 云南省省级财政支持农村户用沼气及节柴灶推广项目情况



来源：王献霞（2008）

2003年以来中央资金利用国债投入对云南省沼气建设的扶持也逐年增大，并带动了省级投入。农村沼气国债项目以农村户用沼气为核心，沼气池与改圈、改厕和改厨同步建设，有条件的地方引导开展改院、改水等配套建设，建池户每户由国家补助1000元³²。按国债项目资金管理规定，补助资金全部用于购置水泥、灶具等关键设备和支付施工人员技工工资。水泥由农业局农村沼气建设工作站招标后统一发放，灶具由农业部招标采购后统一提供，技工工资由农村沼气建设工作站统一支付³³。

表格 4 云南省2003年至2007年农村沼气国债项目情况

年	中央国债投入		省级配套资金		覆盖农户
	每户投资(元)	共计(元)	单位投资(元/户)	共计(元)	
2003 ³⁴	1000	62350000	125	7800000	23个县, 62350户
2004 ³⁵	1000	59850000	100	5990000	33个县, 59850户
2005 ³⁶	1000	50360000	100	5036000	50360户
2006 ³⁷	1000	77000000	130	10010000	39个县, 352个村, 77000户
2007 ³⁸	1000	113812000	130	15490600	58个县, 113812户

其他还有外资援助农村户用沼气建设的项目，如1999年至2001年在英国壳牌环境基金会、美国琼斯基基金会、以及世界自然基金会（WWF）联合支持北京天恒可持续发展研究所（SNISD）在云南白马雪山自然保护区开展沼气综合利用技术商业化发展示范项目。2001年至2005年由英国国际发展部（DFID）无偿援助云南省政府的云南环境发展与扶贫项目（YEDP）在昌宁、南华、和宁蒗县的3个行政村引进的“三合一”或“四合一”沼气池。此外还有美国大自然保护协会（TNC）在滇西北地区的替代能源项目中建造和安装的沼气池。

成本与效益分析

“九五”以来云南省农村能源建设的主题是保护森林资源和改善生态环境，农民增收和脱贫致富，以及促进农业和农村经济的发展，1996年云南省农村能源会议明确了以农村户用沼气建设为重点（胡向军，2000）。沼气建设突破了传统的燃料生产供应领域，开始参与农村经济建设，为农户创造了多重效益。

³² 中央投资补助标准为：西北、东北地区每户补助1200元，西南地区每户补助1000元，其它地区每户补助800元。补助对象为项目区建池农户。

³³ 弥渡县2007年度农村沼气建设国债项目告农户书，
<http://dlmd.xxgk.yn.gov.cn/midmh/74383211588747264/20080425/11660.html>

³⁴ 农业部发展计划司，2008，云南省农村沼气国债项目建设情况评价报告，
http://ac.agri.gov.cn/ac/ViewContent.do?id=4affaa1f17812c5901178680013800ec&year=2008&month=1&right=ARTICLE_ALLVIEW

³⁵ 农业部发展计划司，2008，云南省农村沼气国债项目建设情况评价报告，
http://ac.agri.gov.cn/ac/ViewContent.do?id=4affaa1f17812c5901178680013800ec&year=2008&month=1&right=ARTICLE_ALLVIEW

³⁶ <http://ac.agri.gov.cn/ac/upload/door/files/xls/44f392aaca7f2aa000399ad5917c7b7e.xls>

³⁷ 农业部关于云南省2006年第一批农村沼气国债项目可行性研究报告的批复，
<http://ac.agri.gov.cn/ac/upload/door/files/doc/91bfb020ca7f2aa00133a17bd8e5408c.doc>

³⁸ 农业部发展计划司，2008，云南省农村沼气国债项目建设情况评价报告，
http://ac.agri.gov.cn/ac/ViewContent.do?id=4affaa1f17812c5901178680013800ec&year=2008&month=1&right=ARTICLE_ALLVIEW

农村“一建三改”沼气工程的建设平均每户投资2500元。一般5—6口人的小农户养3—4头猪，或一头牛，配套厕所，基本满足一个6立方沼气池日常发酵所需原料。

表格 5 农村户用沼气池投资测算表

名 称	单 位	费用（元）
改厩 材料费	1	500
改厕 材料费	1	200
改厨 材料费	1	300
6-8立方沼气池主体工程 电子双灶	1	150
公分石	3.5m ³	125
砂 子	2.5m ³	125
钢 材	20kg	100
沼气灯	2	30
压力表	1	20
铝塑管	40 m	80
铝开关	5	20
涂 料	2kg	25
集水瓶		5
脱硫器		20
其它配件		100
人工费用		700
合 计		2500

来源：关于云南农村能源建设情况的简要汇报，云南省农村能源工作站，2003-11-01，

在经济效益方面，沼气池帮助农户节省了能源开支。6m³沼气池的池容产气率为0.25米/(米·天)，如果根据年产沼气730立方米，各年产气量相等，产出的价值以与它等量用能的农家燃料的费用替代，按照以下公式计算可得³⁹：

沼气的热值=（沼气的热值×沼气灶热效率）÷（被替代燃料的热值×炉灶热效率）×替代燃料的价格

则沼气的热值为20935千焦/立方米，沼气灶热效率60%，薪柴热值为14236千焦/立方米，柴灶热效率25%，柴价0.12元/公斤。

沼气价值=（20935×0.6）÷（14236×0.25）×0.12=0.423元/立方米

沼气的年效益为730×0.423=308.79元

沼气的效益不能单纯用金钱来衡量。农民建沼气池后改用沼气做炊事能源，节省了薪柴的消耗，有效的遏制了乱砍林木的现象。此外农户日常能源消费主要依靠的薪柴多半靠自己收集，他们为此要花费大量的时间和劳力，因此薪柴短缺与否是影响农户生计的一个主要因素。使用沼气的帮助农户节

³⁹ 沼气成本及效益分析，http://www.cres.org.cn/person_file/2008-5-23/200852383625.html

省砍柴时间和用工，节省煮饭做菜时间，减轻劳动强度，使农民有更多的时间投入发展农业生产。YEDP研究报告中的数据显示⁴⁰，沼气的的使用基本可以满足农户煮饭烹饪的需要，节省农户用于煮饭的全部薪柴，即减少农户薪柴消耗总量的60%。这意味着农户每天可以节省5—15公斤的薪柴，旱季每个家庭每星期可以省下3个工日（用于薪柴收集）。在冬季每个家庭每天需要2公斤的薪柴用于烤火，部分农户依然保持煮猪食的习惯，如果农户不再煮猪食，那么可以节省更多的薪柴和劳动力，平均每户每年可节省薪柴2-3吨。妇女是主要的受益者，她们可以将节省的时间用于增加收入或其它如做家务、拾猪草的生产性活动。

3.2.3 秸秆气化集中供气技术

技术发展

秸秆气化集中供气是利用农作物秸秆、草糠等，通过气化技术，使其变成一氧化碳、甲烷、氢气等混合可燃气体，通过储气柜和管网，送到农户家中。云南省于1992年就开始立项探索，先后在晋宁县、翠云区、安宁市、禄劝县分别建立了7处秸秆气化集中供气工程，每年利用秸秆近千吨，产气量182万立方米，为1768户农户输气⁴¹。

晋宁县宝兴秸秆气化站是云南省的首个秸秆气化集中供气站。2001年在昆明市农业局列项支持下，晋宁县农村能源环境保护站引进山东科学院的秸秆气化集中供气技术和XFF—2000型秸秆气化机组，在宝兴示范推广秸秆气化集中供气技术，建成了宝兴秸秆气化集中供气站。该供气站供应400户以上农户用气，储气量500立方，气化站占地面积2220平方米，总投资112.4万元⁴²。

政策支持

云南省没有将推广秸秆气化列入发展计划，也没有安排专项投资。省级农村能源专项资金总量远远不能满足发展的需要，主要用于农村户用沼气，难以再调剂资金用于秸秆气化（胡向军，2001）。

成本与效益分析

“十五”期间，云南省为了响应《秸秆焚烧和综合利用管理办法》中要求到2005年各省、自治区的秸秆综合利用率要到达85%的规定，提高秸秆的综合利用，开始发展秸秆气化集中供气工程。然而采用高度分散、收集困难、且热值低的作物秸秆进行集中供气，难以解决云南省大部分山区的农村能源问题。目前集中供气站的运作范围以村为单位，主要集中在交通便利的坝区，由于运输和交通困难，在农户居住分散的山区不可能实现集中供气。如果考虑在更大范围的山区进行技术推广，就必须扩大供气站的加工能力。为了维持供气站成百上千吨的加工能力，工程的收集、干燥、打包和运输等环节的费用都会随收集半径增大而增加。

⁴⁰ 云南农村能源开发应用现状及可持续发展战略对策，中英合作云南环境与扶贫项目报告，<http://www.yedp.org/chinese/briefing/5.pdf>

⁴¹ 云南省农村能源工作站，2007，关于云南农村能源建设和发展的汇报

⁴² 昆明市科学技术研究成果公告2001年度，<http://www.kmsti.net.cn/UploadFiles/2007112915410668.doc>

云南省作为全国最贫困省份之一，秸秆集中供气工程的高额建设成本和运转费用只有依靠政府投入和支持，大部分农村都难以承受这样的负担。与节柴灶、沼气等投资低、接受度高，可覆盖面广的技术相比，秸秆集中供气的因高投资、可覆盖面小，并不适合在云南省大规模推广。

根据云南省农村能源站提供的数据，建一座300-500户规模的秸秆气化集中供气站平均投资需120万元，户均投资达到2400元⁴³。目前并没有对已建成秸秆气化站是否赢利、并维持营运的相关报道，但是根据已有的对山东、浙江和河南三省的调查资料，多数秸秆气化站扣除年流动成本略有剩余，可以维持短期运行。但如果要考虑固定资产折旧，就会入不敷出，难以维持长期运行，以燃气为主要经营内容的气化站只能依靠村集体经济扶持。只有那些村级集体经济发达(人均收入在2500元以上)的村庄才能拿出一定行政费用补贴气化站，使其能够维持经营(陈百明 张正峰 陈安宁，2005)。

表格 6 秸秆气化集中供气站投资测算表

名 称	投 资 (万元)
土建部分 机房	25
消防水池 围墙 干料棚 晒场设备及安装	20
500 立方米储气柜制作安装	30
气柜基础建设及储气柜配重块制作安装	6
室外管网安装	18
室内管网及炉具的安装	18 (600元/户, 300户)
规划设计费	3
合 计	120

来源：云南省农村能源工作站，2003，关于云南农村能源建设情况的简要汇报

3.2.4 技术推广的障碍

贫困地区农户解决能源问题的主要障碍仍然来自于资金缺乏。地方财政贫困，无力配套，当地农户贫穷，自筹困难的现象普遍存在。农村能源建设以单一的财政投入为主，农户投入为辅，其他渠道的资金少，普遍存在投入不足的情况，难以有效的扩大推广范围。以沼气为例，农村建“三结合”户用沼气池投资3000元，国债补助1000元，省级财政补助平均100元(王晓燕 谢建 胡向军，2004)，虽然部份地县可配套投入资金，但相当多农村经济不发达的县级财政难以配套投入。一般每户沼气池需要投资1000~1500元，农民收入增长缓慢，经济承受能力较差，自筹资金比较困难，严重制约了农村能源建设的发展，发展难度较大。

秸秆集中供气系统的高造价也制约了技术的推广。工程单元投资在100万元人民币，户均投资在2000元以上，一次投入较大。在农村建设这种大型集中供气系统工程，必须具备人口相对集中、经济状况较好的条件，而且整村连片推广。云南很大程度上就受到这些方面的制约，特别是农民经济条件

⁴³ 云南省农村能源工作站，关于云南农村能源建设情况的简要汇报，2003-11-01，<http://ynlyt.223.8v9.com/news/972.shtml>

有限、支付能力差，使大型集中供气设施推广十分缓慢，大部分农村特别是山区和边远地区因为居住分散，秸秆运输成本较高，不适宜使用秸秆大型气化集中供气技术和设施。2003年3月省计委、省林业厅编制的《云南省农村能源建设规划（2003—2010年）》提出2003至2005年要新建农村秸秆气化集中供气站10座，覆盖5000户左右。而实际情况是截至2005年，云南省建成了7处农作物秸秆气化集中供气工程，覆盖农户1936户，只完成了目标的38%⁴⁴。

其次，生物质能利用项目大都依靠政府指令性任务推广和大量补贴建设，缺乏技术服务使农村普遍存在为完成任务“只管建，不管养”现象。以沼气应用为例，虽然《农村沼气建设国债项目管理办法》的规定沼气的建设都应该由专业技术人员进行施工，实际情况是很多村民没有得到有效的指导和帮助，大部分人只能依靠一张设计图纸来建池，有的人是先看别人建，然后就照着建了。很多沼气池结构不合理，大多没有合理的破壳装置，出渣装置，安全装置等，用了两三年就出现漏气，产气不足，结壳，沼渣沉底板结等一系列问题，最终导致沼气池使用寿命过短。农户在使用中出现质量和技术问题，由于技术人员和服务有限，问题得不到及时解决，几乎没有任何关于沼气池保养，日常使用，管理等方面的指导和宣传，也缺乏对正确使用和维护沼气池的培训。

再次，利用行政手段做技术推广，容易忽视地区差异，造成技术推广的一刀切。特别是在资金有限的情况下通常支持了这个技术，就减少了对另一个技术的支持，不能因时因地制宜的推广技术。早期的节能灶热效率不高，所以农户的保有量低。2000年底全省累计完成节柴省煤改灶724万户，占总农户806万户的90%，但是由于农村改灶炉膛多为土坯，容易损坏，热效率不高（约为25%）⁴⁵，保有量较低，截至2004年只有627万户的节柴灶仍在继续使用⁴⁶。2005年云南省政府将节柴灶的热效率要求提高到30%，节柴灶技术的日益成熟，市场上出现热效率为40%以上的高效炉灶。虽然省政府也继续划拨出部分省级农村能源建设专项资金支持节柴改灶的工作，但是由于政策的主要导向是扶持沼气的推广，对新型高效节柴炉的推广力度和补助额度都相应的减小，影响了高效节柴灶的进一步推广。此外，政府大力推广的6立方米沼气池只适用于低海拔地区，云南省94%以上的地区为山地，在高海拔地区由于气温低，有机物分解较慢，产气效果差。虽然云南环境发展与扶贫项目通过示范证明，在海拔较高的地区修建较大容积的沼气池可以解决产气不足的问题⁴⁷，但是需要增加沼气建设的投入和需要饲养足够的牲畜来提供粪源，这些都超出了贫困农户的承受能力。

以政府为主导的能源技术推广模式使农民普遍抱有“等、靠、要”的思想，农户被动依赖政府的资金投入和技术引进，政府没能在企业生产与农户需求之间搭建起有效的沟通通道，市场没能充分发挥它在解决农村能源问题上应有的作用。某品牌的高效灶在农村地区的销售主要依托政府项目推广。政府通过招标将商家纳入技术推广项目，向农户宣传推广灶具并通过项目补助农户购买灶具，或由政

⁴⁴ “十五”期间云南省农村能源建设成效显著，2006-02-17，
<http://www.yn.gov.cn/yunnan,china/72621643502977024/20060217/1044893.html>

⁴⁵ 郝芳洲，农村炉灶及产业概述，中国农村能源行业协会节能炉具专业委员会，2006-05-18，
http://www.carei.org.cn/hyxx/jmsc/t20060518_612506.htm

⁴⁶ “十五”期间云南省农村能源建设成效显著，2006-02-17，
<http://www.yn.gov.cn/yunnan,china/72621643502977024/20060217/1044893.html>

⁴⁷ 云南农村能源开发应用现状及可持续发展战略对策，中英合作云南环境与扶贫项目报告，
<http://www.yedp.org/chinese/briefing/5.pdf>

府直接向公司购买灶具、统一发放给农户。虽然公司在各地都有私营的代理和经销商，但是因为政府的项目补贴使私营销售活动无法与政府项目竞争，农户更愿意参加政府项目拿补贴，而不愿意自己掏腰包解决能源问题；企业也一味依赖政府的项目推广，缺乏市场营销的动力。

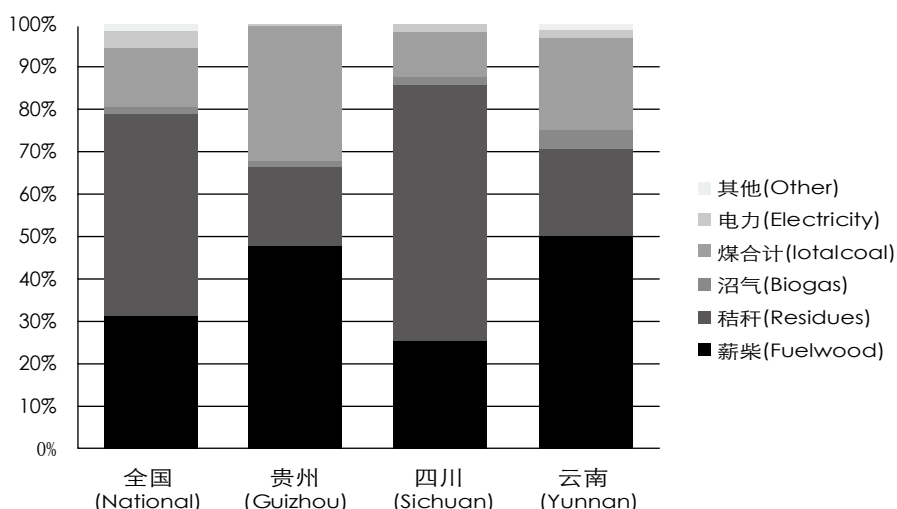
太阳能热水器在农村地区的推广应用与生物质能利用技术的推广形成鲜明对比。云南省至今没有一个政府部门具体负责太阳能技术与产品的研究、发展、生产和管理，也没有政府的补贴和推广计划，太阳能热水器产业完全依靠市场化机制发展，并且情况良好。根据不完全统计，云南有近200家太阳能生产厂家，2007年农村地区太阳能热水器达到151.13万平方米⁴⁸，可是就1998年农村地区的太阳能热水器面积仅为29.06万平方米⁴⁹。

考虑到农村地区经济发展的差异性以及农村能源的公益性，笔者认为政府应该更有效率地使用有限的资金，加强贫困地区的能源补贴；建立有偿技术服务机制，为提供服务的技术人员增加收入，也为农户的正常使用提供保障，实现互利共赢，而在经济发展较快地区则应推动能源的商品化和市场化。

3.2.5 碳减排贸易市场机遇

鉴于我国西南地区相对较贫困的贵州、四川和云南省农村生活能源仍然以秸秆和薪柴为主，见图6。如果通过适合的技术提高秸秆和薪柴的利用效率、或者减少薪柴的投入，就能降低对森林的破坏，减少燃烧中的碳排放，因此农村生物质能源的利用具有很大的碳减排潜力。

图表 6 2005年中国，贵州省，四川省，云南省农村生活能源消费结构图



来源：国家统计局2006年年报数据

⁴⁸ 云南省2007年环境状况公报(生态环境保护与建设), http://www.7c.gov.cn/color/DisplayPages/ContentDisplay_390.aspx?contentid=23301

⁴⁹ 中国自然资源数据库--农村能源消费情况数据库, <http://www.data.ac.cn/zrzy/DU61.asp?name=&pass=&danwei=>

农村户用沼气方面已经有一些有益的尝试。美国环保协会自2005年起就与中国环保主管部门合作，在新疆维吾尔自治区与四川省根据杜克标准⁵⁰开展了为期两年包括滴灌、农户沼气、测土施肥、水稻田甲烷减排的农业温室气体减排项目。项目主办方尝试运用二氧化碳排放权交易手段，将交易产生的相关收入用于帮助农民实施项目及扶贫，最后达到促进温室气体减排的效果⁵¹。2007年11月美国国际集团（AIG）宣布计划通过购买二氧化碳排放指标的方式，资助新疆和四川两地的项目并购买相关的减排额度⁵²。

节柴灶和集中供气技术同样也存在碳减排的可能性。在经济收入特别低的贫困乡村，节柴改灶是减少薪柴消耗，保护森林资源和生物多样性，改善室内空气质量的有效方法。上世纪80年代末，云南省每年农村烧柴的消耗量达2700万立方米左右，通过节柴改灶的农村能源建设，全省进入“九五”以来农村烧柴年消耗逐年下降到1700多万立方米，实现森林面积和活立木蓄积量的双增长。而秸秆气化的燃气主要用于民用炊事，从发展方向看，更有效的选择是用于发电，为农村提供分散的、更洁净和方便的终端能源⁵³。但是目前没有适合的方法论发展节柴改灶和秸秆气化集中供气的碳减排项目。

3.3 研究示范的新兴技术

3.3.1 生物燃料技术

云南省既无油田，又无炼油厂，是能源净输入省份，发展生物燃料主要目的是缓解自身石油供应紧张的状况。多年以来云南省每年需从省外进口成品油400万吨以上。从2003年起，石油制品的输入量占输入能源的比重达到52.6%，成为云南输入能源的主要品种。受经济社会发展的需求影响，云南省在未来一段时间内对石油制品的需求量还将持续增长，据预测，今后十五年云南省成品油消耗量将以年均6%的速度递增⁵⁴。

随着国际油价的不断攀升，生物燃料开发显现出巨大的经济开发价值。云南省发展的生物燃料主要分为两方面，一是发展以木薯为主要原料的非粮燃料乙醇，二是发展以膏桐为主要原料的生物柴油。根据新修订的《云南省燃料乙醇产业及深加工中长期发展规划》，到2010年云南省计划使燃料乙醇的产量达到200万吨，实现产值187亿元⁵⁵。此外，截至2008年云南省膏桐种植面积已达102.556万亩，在种植面积和投资规模上居全国第一，有中石油、红河阳光等22家大型企业在云南开展了膏桐种

⁵⁰ 由美国环境保护署（EPA）和杜克大学于2007年6月在北京发布的《Harnessing Farms and Forests in the Low Carbon Economy: How to Create, Measure, and Verify Greenhouse Gas Offset》，同时也称为“杜克标准”首次确立了农业碳排放交易的准则。

⁵¹ http://news.idoican.com.cn/scjlrh/html/2008-04/28/content_4515290.htm

⁵² <http://www.sing-hua.com/sg/html/01/1001-31390.html>

⁵³ 国家经贸委资源节约与综合利用司，2000，《2000-2015年新能源和可再生能源产业发展规划要点》，<http://www.hlbrhb.org/hjfg/imagebig/060613035157.doc>

⁵⁴ 发挥云南资源优势，努力打造生物质能源大省，2006-09-04，http://www.ynetc.gov.cn/Article_Show.asp?ArticleID=1156

⁵⁵ 高油价引发产业梦想，云南燃料乙醇产值187亿元，<http://www.cbbf.cn/news/bencandy-4-717-1.htm>

植⁵⁶，云南省林业厅投入膏桐种植基地建设和膏桐能源化的相关科研工作的财政资金已达到5500多万元⁵⁷。

燃料乙醇

云南省具有发展非淀粉燃料乙醇的良好产业基础：有甘蔗、木薯、红薯、马铃薯、芭蕉芋等10多种生产非淀粉燃料乙醇的原料品种；10多家以木薯、脱毒红薯等非粮食作物生产淀粉酒精的企业；10户燃料乙醇定点生产企业及6户备选企业组成的云南省生物质能行业协会⁵⁸；以及中科院昆明植物研究所、昆明理工大学、云南省轻工业科学研究所等致力于生物燃料研究的科研院所。根据省经委的《云南省燃料乙醇产业及深加工发展规划》，到2010年时，云南省燃料乙醇产量将达200万吨，实现工业销售收入187.2亿元；2015年产量达到300万吨，实现销售收入345.4亿元；2020年达到400万吨，实现销售收入463.5亿元⁵⁹。

2007年云南省燃料乙醇的产能已达45万至50万吨⁶⁰，由于未被列入乙醇燃料试点省份，企业只能先把产品制成酒精。全省79条蔗糖生产线在甘蔗榨季均可利用甘蔗榨糖后的糖蜜为原料生产酒精，平均生产成本约3330元/吨，年酒精生产能力为15万吨。将酒精转化为燃料乙醇，每吨平均增加成本100元，每吨燃料乙醇的加工费为600元左右，这样每吨燃料乙醇的生产成本约为4000元（马策，车麟，2007）。元阳糖厂、红河糖厂、南伞糖厂、芒市华侨糖厂、江城糖厂等在榨季结束后以木薯、红薯等薯类淀粉为原料生产燃料乙醇，其生产成本约为4300元（马策 车麟，2007）。

云南目前尚无乙醇汽油出售。变性燃料乙醇必须由国家批准的企业负责生产供应。燃料乙醇生产企业的产品销售给中石油和中石化两大公司，由两大公司调配成乙醇汽油在定点省统一销售，国家在试点推广车用乙醇汽油的省份，对燃料乙醇实施封闭销售和封闭使用。国家要把云南作为推广使用的试点省份，在得到两集团的支持后才可能真正把燃料乙醇添加到加油站的汽油中。目前云南省正积极向国家申报、争取成为燃料乙醇的试点省份。

⁵⁶ 云南生物柴油原料林膏桐面积已逾102万亩，
http://www.ah.xinhuanet.com/swcl2006/2008-12/15/content_15185541.htm

⁵⁷ 云南迎来生物柴油发展新商机，http://www.sipo.gov.cn/dfzz/yunnan/dtxx/mtbd/200803/t20080306_235804.htm

⁵⁸ 胡金铭，云南非粮乙醇2010年直指187亿元，云南电力报2008-03-24，<http://dlb.ydxw.com/pdf/922-8.pdf>

⁵⁹ 云南燃料乙醇集团将亮相，汽车“喝酒”指日可待，春城晚报2008-03-21，
http://www.lcec.gov.cn/Article_Show.asp?ArticleID=1482

⁶⁰ 高油价引发产业梦想，云南燃料乙醇产值187亿元，<http://www.cbbf.cn/news/bencandy-4-717-1.htm>

表格 7 云南省燃料乙醇定点生产企业及备选企业⁶¹

	企业名称	原 料
燃料乙醇定点生产企业	云南龙川江生物开发有限公司	红薯, 木薯 ⁶²
	云南临沧市晶莹糖业有限责任公司沧源糖厂	木薯 ⁶³
	元阳县红泰糖业有限公司	红薯, 木薯 ⁶⁴
	云南新蓝景化学工业有限公司	红薯, 木薯 ⁶⁵
	云南永德糖业集团有限公司南伞糖厂	甘蔗, 木薯 ⁶⁶
	云南力量生物制品有限公司江城糖厂	甘蔗, 木薯 ⁶⁷
	嵩明盛世工贸有限公司	红薯 ⁶⁸
	云南德宏奥环集团有限公司华侨糖厂	甘蔗 ⁶⁹
	云南新平云新糖业有限责任公司	红薯, 木薯 ⁷⁰
	云南德宏英茂糖业有限公司景罕糖厂	甘蔗 ⁷¹
燃料乙醇生产备选企业	云南西双版纳英茂糖业有限公司景真糖厂	甘蔗 ⁷²
	永胜桃园糖业有限责任公司	甘蔗 ⁷³
	云南丘北县晖鸿生物能源开发有限公司	
	云南省建水县宏溪经贸有限公司	红薯, 木薯 ⁷⁴
	河口县长远酿酒有限责任公司	
	云南格瑞环保工程有限公司	甘蔗 ⁷⁵

⁶¹ 云南省经委关于公布燃料乙醇产业首批10户定点生产企业及6户备选企业名单的通知,
http://www.ynetc.gov.cn/Article_Show.asp?ArticleID=1454

⁶² 胡金铭, 云南非粮乙醇2010年直指187亿元, 云南电力报2008-03-24, <http://dlb.ydxw.com/pdf/922-8.pdf>

⁶³ 我县木薯制取燃料乙醇项目助推经济社会快速发展,
http://www.cangyuan.gov.cn/Leadership/gov_news/2008-06-27/915.shtml

⁶⁴ 胡金铭, 云南非粮乙醇2010年直指187亿元, 云南电力报2008-03-24, <http://dlb.ydxw.com/pdf/922-8.pdf>

⁶⁵ 胡金铭, 云南非粮乙醇2010年直指187亿元, 云南电力报2008-03-24, <http://dlb.ydxw.com/pdf/922-8.pdf>

⁶⁶ 张跃彬, 云南能源甘蔗开发燃料乙醇大前景分析, 中国糖料 2007年3期

⁶⁷ 张跃彬, 云南能源甘蔗开发燃料乙醇大前景分析, 中国糖料 2007年3期

⁶⁸ 昆明燃料乙醇生产进入快车道, http://www.clzg.cn/kmpap/2006-11/22/content_365494.htm

⁶⁹ 德宏奥环集团有限公司概况, <http://www.ynsugar.com/Article/web/yntq/200709/5560.html>

⁷⁰ 玉溪市生物质能源产业(燃料乙醇部分)原料调查情况,
http://www.yxag.gov.cn/magazine/agst_show.asp?news_id=476

⁷¹ 德宏英茂糖业有限公司让“甜蜜的事业”更加甜蜜,
<http://futures.cnfol.com/zxxx/080602/403,1928,4228157,00.shtml>

⁷² 村企互动, 共同打造“甜蜜的事业”, <http://www.xsbn.gov.cn/zwgk/ShowArticle.asp?ArticleID=7853>

⁷³ 云南永胜桃园糖业有限责任公司2007年节约用水工作总结, http://www.ynetc.gov.cn/Article_Show.asp?ArticleID=1876

⁷⁴ 胡金铭, 云南非粮乙醇2010年直指187亿元, 云南电力报2008-03-24, <http://dlb.ydxw.com/pdf/922-8.pdf>

⁷⁵ 云南格瑞环保工程有限公司——公司基本信息, <http://www.damabang.com/buyandsale/usercorp.jsp?userid=grhb>

生物柴油

膏桐又名麻疯树，果实的含油率为60~70%，经改性后的麻疯树油可适用于各种柴油发动机，并在闪点、凝固点、硫含量、一氧化碳排放量、颗粒值等关键技术指标上接近国内零号柴油，达到欧洲二号排放标准，被称为生物柴油树⁷⁶。云南省把膏桐产业列为生物质能源发展的重点，从2006年开始在金沙江、元江、澜沧江、南盘江和怒江等流域干热河谷区开展膏桐生物柴油原料林基地建设试点。利用6大水系干热河谷地区的荒山荒地建设膏桐生物柴油原料林基地。根据云南省林业厅的数据，计划到2017年种植1000万亩膏桐林，用以每年提炼100万吨生物柴油，把云南省建设成为全国最大木本油料基地⁷⁷。

云南省林业厅组织专家对15个州市81个县市区开展了膏桐种质资源调查，并选定云南省林科院、中国林科院资源昆虫所、西南林学院和中国科学院西双版纳热带植物园4家单位作为云南省生物柴油原料林基地建设的长期科技合作单位，并签订了划片负责的科技支撑合同⁷⁸。同时针对膏桐产业发展中的相关课题，组织相关科研机构进行研究（见表12）。

表格 8 云南省生物柴油科研机构及相关活动

机 构	研究领域
中国科学院昆明植物研究所	生物柴油提炼技术，野生品种采集与种苗选育，元谋县栽培技术研究
云南省林业科学院	栽种1600亩苗圃，并选育120个品种进行出油分析、发芽试验、种苗培育和栽培试验
云南大学	组培育苗和丰产栽培技术
西南林学院	种子采集、品种筛选、培育和栽种技术
中国科学院西双版纳热带植物园	建立种子库与苗圃
云南农业科学院	种子地调查，品种选育
云南师范大学	种子采集，品种筛选与相关栽培技术研究，已经挑选两种表现较好的品种

云南省在生物柴油项目的投资主要涉及原料林基地建设和良种繁育基地建设两方面。在云南省从2006年开始实施膏桐原料林建设和膏桐生物防火林带建设项目，资金直接来源于云南省财政下达的膏桐生物柴油原料林基地建设资金。其他投资还包括国家林业局下达中石油公司生物柴油原料林建设专项资金，其中含科技支撑及治理费。良种繁育基地建设的投资来自中央财政，中国石油投资和云南省省级财政补贴⁷⁹。

国内外的一些知名企业纷纷来云南投资开发生物质能。中国石油天然气股份有限公司2006年与云南省政府签署了生物质能源产业发展合作框架协议，在元阳、双江、元谋、勐海启动了膏桐良种繁育基地，与西南林学院、中国林科院资源昆虫所、云南省林业科学院和中国科学院西双版纳植物研究所

⁷⁶ <http://baike.baidu.com/view/915932.htm>

⁷⁷ 云南大力种植膏桐，打造生物柴油基地，http://www.hpnet.com.cn/pat/HTML/8160_2.html

⁷⁸ 云南将建生物柴油原料林基地 产值逾30亿元，http://www.gxi.gov.cn/xbkf/xbkf_kfdt/200801/t20080102_25557.htm

⁷⁹ 云南生物柴油项目投资过亿，<http://www.51protocol.com/NEWS/energy/20071221/50843.html>

4家研究机构合作，培育并推广膏桐优良种苗。2007年中国石油天然气股份有限公司和国家林业局共同投资，在临沧、红河、玉溪、楚雄、丽江和西双版纳的11个县建设40万亩林业—中石油林油一体化生物柴油（膏桐）能源林示范基地建设项目，并得到财政部200元/亩的能源林示范基地建设项目补贴⁸⁰。此外神宇公司预计在云南种植膏桐14.67万公顷，目前投资9000多万元的一期工程已经启动，包括楚雄州的2万公顷膏桐种植和一个粗加工厂的建设（郭安 赵炜，2007）。2005年英国阳光科技集团在云南元阳成功种植4000亩膏桐，2006年该公司又投资元阳种植3万亩膏桐，并与红河州政府签订了100万亩的投资造林合同⁸¹。如果所有的计划得以实施，预计到2015年云南省将培育以膏桐为主的原料林基地66.67万公顷。

3.3.2 生物质发电技术

生物质发电有直燃和气化两种发电方式。直燃发电的热利用率高，发一度电大约需要1.2~1.5公斤燃料，装机规模通常为1.2万千瓦或2.5万千瓦。气化发电发一度电需要1.5~1.8公斤燃料，装机规模从2.5万千瓦到100千瓦，甚至10千瓦、4千瓦。云南省常用耕地有414万公顷，每年主要作物的秸秆产量大约有2500万吨，但全省还没有生物质发电项目。云电投新能源公司目前正计划在曲靖陆良和楚雄姚安建设的生物质发电项目为2×1.2万千瓦生物质直燃发电项目⁸³。

根据生物质能资源分散的特点，发展以村为单位的生物质能分布式发电能更有效的利用秸秆等农业剩余物，因此相关科研机构正在研究如何利用秸秆气化发电，解决无电人口通电问题。云南省电力设计院在“‘十一五’云南省农村电网规划”中专门提出无电地区通电规划，云南电网公司也在2008年工作报告中提出“开展生物质能发电技术应用试点，全面完成无电人口通电任务”。

工程造价高和原料缺口是秸秆气化发电面临推广的主要问题。昆明电器科学研究所文山州丘北县天星乡杨柳井村进行的生物质气化发电解决无电人口的试点调查显示⁸⁴，按照6000至8000元/千瓦的单位造价计算，20千瓦机组需要12万至16万元，杨柳井村40人平均每人要负担3000元至4000元。其次20千瓦机组每小时需要消耗燃料40公斤，每天工作3小时，秸秆日消耗量在120公斤，一年43.2吨，而该村一年可用于发电的秸秆为30.4吨，还有12.8吨的缺口。虽然缺口部分可以用树枝、茅草和其他生物质来弥补，但是如果在生物质燃料不充分的地方发展气化发电项目，也有生态破坏的风险⁸⁵。

3.3.3 新兴技术的发展前景与挑战

由于新兴的生物质能利用技术在水土治理、生态建设和帮助农户增加收入方面具有很大的发展空间，政府对燃料乙醇、生物柴油和生物质发电技术做出了长远发展规划。生物质发电技术、特别是小型分布式发电为偏远贫困山区的农村无电人口解决用电问题提供了可行的技术途径。农业机械主要依靠柴油，生物柴油的发展有可能为农业生产提供更充足和便宜的替代能源方案。国际农用林业中心开

⁸⁰ 云南江培育生物柴油基地，云南电力报2007-12-07，

⁸¹ 生物柴油市场前景远大，云南电力报2007-12-03，<http://dlb.ydxw.com/pdf/893-8.pdf>

⁸² 生物能源产业将在云南大放异彩，http://www.newenergy.org.cn/html/00712/20071211_14909.html

⁸³ 胡金铭，云南生物质发电产业发展还需先行引导，<http://www.bioindustry.cn/info/view/8906>

⁸⁴ 胡金铭，云南生物质发电产业发展还需先行引导，<http://www.bioindustry.cn/info/view/8906>

⁸⁵ 胡金铭，云南生物质发电产业发展还需先行引导，<http://www.bioindustry.cn/info/view/8906>

展的研究表明种植膏桐并不能帮助中国缓解对石油进口的依赖程度，也不能有效降低二氧化碳排放。虽然膏桐种植在一定条件下可能会帮助地方财政和农民增收，但是这取决于对膏桐发展项目的合理规划。

同时，燃料乙醇和生物柴油等生物燃料的主要服务对象仍然是工业和城市物流；生物柴油因生产工艺未成熟，生产成本仍高于柴油；高度分散的秸秆资源和收集运输的困难使得“小农保生物发电”的前景渺茫。因此能否依靠这些技术解决农村能源问题仍然存在巨大的不确定性。鉴于节能灶、沼气和集中供气等能源技术农村地区的应用和推广上遇到的问题和教训，如果依靠新兴生物质能技术帮助农村解决能源问题，就需要在技术上满足农户的能源需求，在体制上改善技术服务的欠缺和激励措施。

城乡分割的能源政策

1986年制定的“因地制宜、多能互补、综合利用、讲究效益”农村能源建设方针，目标是通过发展沼气、薪炭林、推广节柴灶，以及在有条件的地方发展小水电、小煤炭、风能、太阳能和地热能解决中国农村能源的路。但是能源建设长期倾向服务工业和偏好满足城市的需求。在“城乡分割、城乡分治”的能源建设模式下，农村地区缺乏基本的商品性能源服务，尽管政府对农村能源进行了有计划和有组织的开发，但是直接焚烧薪材、秸秆的状况未得到根本性改变，至今农村地区仍然依靠薪柴和秸秆满足基本的能源需求。2000年全国农村居民生活能源消费中，秸秆和薪柴共占55.17%⁸⁶，到2006年农村居民炊事用能的调查数据显示60.2%的农户的生活用能仍主要依靠薪柴和秸秆⁸⁷。

发展生物燃料的首要目标是希望以清洁的可再生能源作为石化燃料的代用品，以云南为例，每年需要从省外进口成品油350万吨以上，其中柴油的消耗巨大，每年需求在200万吨以上，云南省发展生物燃料的最大动机是满足经济发展带来的能源缺口。然而燃料乙醇和生物柴油的服务对象仍然在城市，主要是以柴油为主要动力来源的工业、城市物流交通、以及汽车工业，目前还没有针对农业机械使用生物柴油的尝试和相关鼓励政策出台。

生物柴油的价格困扰

面对国际油价的剧烈波动，种植能源林和油料作物为小农户带来了不可忽视的市场风险。从能源林和油料作物的种植发展来看，林木质生物能源需要大量的荒山、荒地进行造林，膏桐种植多采用“公司+基地+农户”的模式，通常由公司租赁农民的土地建设原料基地，或与农民协商以股份制形式联合建设原料基地，农民仅以提供土地和劳动力的方式参与膏桐种植。公司则将大量资金投入膏桐籽的精加工和生物柴油提炼的先进设备。

目前膏桐提炼出来的生物柴油价格高于石化柴油的价格，在短期内生物柴油还不能取代石化柴油。根据2008年的数据，每升膏桐生物柴油原料提炼成本为5.40元，加上膏桐本身的成本，价格至少

⁸⁶ <http://www.sss.net.cn/ReadNews.asp?NewsID=17287&BigClassID=37&SmallClassID=35&SpecialID=0>

⁸⁷ http://www.carei.org.cn/index.php?option=com_content&task=view§ionid=6&catid=23&id=329&Itemid=58

在8元左右，而云南市场2008年在石化柴油紧缺的时期，柴油的市场价也只为每升约5.22元⁸⁸。如不降低原料成本，生物柴油明显缺少价格优势，在当前的能源市场中将缺乏竞争力⁸⁹。大面积种植膏桐后，面临柴油市场价格的巨大波动和生产所需的大量投资，公司极有可能将市场风险转嫁给农户，例如不及时收购或收购价格偏低等，这些都将损害农户的经济利益，导致农户随时改变种植方向，也使得对农民增收的承诺难以得到兑现。

秸秆发电的原料限制

原料制约对生物质直燃发电的影响很大。一个2.5万千瓦的机组一年可以消耗20万吨秸秆，这要求企业至少要有100万吨的秸秆拥有量，按照每亩350公斤的量计算，100万吨秸秆覆盖面积相当于50公里半径的大圆圈⁹⁰。秸秆密度低、热值低，储运成本高，云南省94%为山区，交通的不便使秸秆储运成本远超过了秸秆自身的价值。专家因此对生物质发电的可行性提出质疑，认为《1996-2010年新能源和可再生能源发展纲要》和《可再生能源法》等一系列扶持政策，受七五以来“能源工业发展以电力为中心”的政策惯性影响，以扶持可再生能源发电项目为主。这种政策导向对于水能、风能、太阳能和地热能等可再生能源可能是恰当的，但是对于原料高度分散，收集和运输需要消耗大量能源，并且单位体积能量密度小的生物质能来发电，将造成人力、物力和资源的浪费⁹¹。

农村的家庭联产承包责任制也成为制约秸秆产量的不确定因素，一旦农民改变种植方向，以家庭为单位的农业经济就会引发秸秆供应困难。此外，秸秆价格走势如何并不明朗。目前，在文山，去尖、去根、去叶的玉米秆可以卖到200元/吨。云电投新能源公司张力军主管表示，直燃电厂投产很可能造成上涨，秸秆价格将达到300元/吨⁹²。

分布式发电的制度障碍

我国电力行业的发展模式是“大机组，大电网，高电压，集中供电”，但是这种模式并未能有效解决偏远农村地区的用电问题。云南的许多农村和山区，特别是在南部、西部地区，在相当长的时间内将无法取得大电网的电力供应。截至2008年初，在云南电网供电区域中，大约有25万户农户还没有用上电，在云南电网系统以外大约还有10万户无电人口⁹³。解决无电人口通电问题的方式主要有两种，第一，延伸电网；第二，用微水电、太阳能光伏、风光互补、生物质发电等方式给予解决。

对于广大经济欠发达的农村地区来说，特别是偏远山区，要形成一定规模的、强大的集中式供配电网需要巨额的投资和很长的时间周期。根据云南电网公司规划，在整个“十一五”期间，将通过电网延伸解决大约37万户无电人口的通电问题需要建设110千伏变电站1座、30千伏变电站44座，建设35千伏线路1450公里、10千伏线路24000公里、0.4千伏线路19800公里，总投资需大约30亿元。电网延

⁸⁸ 刘树林，楚雄州膏桐产业发展的调查与思考，<http://www.cxjyzx.gov.cn/show.asp?id=1324>

⁸⁹ 三年后云南生物柴油上市，10年后年产过百万吨，<http://www.bioon.com/biology/bioengery/186601.shtml>

⁹⁰ 胡金铭，云南生物质发电产业发展还需先行引导，<http://www.bioindustry.cn/info/view/8906>

⁹¹ 倪维斗，我国的能源现状与战略对策，科技日报2007-01-25

⁹² 胡金铭，云南生物质发电产业发展还需先行引导，<http://www.bioindustry.cn/info/view/8906>

⁹³ 胡金铭，云南生物质发电产业发展还需先行引导，<http://www.bioindustry.cn/info/view/8906>

伸在经济技术上显然是不合理的，且大电网末端的供电区也是不稳定的，其余5万多户无电人口只能依靠独立发电系统解决⁹⁴。

2005年我国通过了《可再生能源法》，规定于2006年1月1日实施，并且明确规定了“上网电价”和“全网平摊”的法规条款为发展可再生能源发电提供了政策支持。分布式可再生能源发电可以成为常规电力的有益补充，为偏远地区的供电问题提供有效的技术途径，但是受并网制度的困扰，仍然无法解决农村无电人口通电问题。基于生物质能等可再生能源的分布式发电还面临许多技术和体制上的困难，并网问题是困扰众多小容量分布式发电的一个关键问题。MW级以下的分布式发电系统由于容量小负荷调控手段相对简单，独立运行时易受大负荷冲击等因素的影响，供电质量较低，最佳的运行方式应是与当地供电电网并网运行。供电部门从自身的管理、调度和安全角度考虑，缺乏将这些小容量发电装置接入电网的积极性，而且小型的发电装置其立项审批程序与大型电站基本相同十分复杂，并网接入费用较高，在一定程度上阻碍了分布式发电的推广（白明 许敏，2008）。

4. 讨论

云南省的农村能源主要依靠传统生物质能，虽然多年来政府对节柴灶、沼气和秸秆气化集中供气等技术给予了大量补贴和项目推广，可是没有改变以秸秆和薪柴等生物质能源为主的农村能源消费结构，这一现状背后有资金、技术的问题，也有推广制度的障碍。

◎资金不足是农村能源建设中所面临的普遍问题，以单一的财政投入为主，农户投入为辅，其他渠道的资金少。而面对全国最贫困省份之一的云南省，许多地方财政难以投入配套资金，农户自筹资金也比较困难。

◎农村能源建设中欠缺必要的技术服务体系。农户没有得到有效的技术指导和帮助，地方政府为了完成指令性任务，存在“只管建，不管养”现象。特别是在沼气应用方面，农户在使用中出现质量和技术问题得不到及时解决，缺乏正确使用和维护的培训，以及管理方面的指导与宣传，最终导致沼气池使用寿命过短。

◎长期以政府为主导的技术推广模式容易造成技术推广的一刀切，不能因地因时制宜的推广技术。而且无法在企业 and 农户之间政府建起有效的沟通桥梁。农户形成依赖思想，被动等待政府投入解决能源问题；而企业因政府补贴的介入，无法与政府项目竞争，影响了依靠市场机制推动技术推广的建立。

针对目前的技术推广现状，政府应该在技术推广时应考虑农村地区经济发展的差异性和农村能源的公益性，加强技术服务，加强对贫困地区的补贴，并在经济发展较快地区推动农村能源的商品化和市场化。

随着燃料乙醇、生物柴油和生物质热解气化发电技术等新兴生物质能利用技术的兴起，云南省为

⁹⁴ 胡金铭，云南生物质发电产业发展还需先行引导， <http://www.bioindustry.cn/info/view/8906>

此做出了长远的发展规划，并为关键技术的突破给与了大量的科研支持和产业扶持。由于制度和资源面临的障碍和挑战，新技术的应用能否解决农村能源问题仍然存在巨大的不确定性。

- ◎能源建设的长期倾向服务工业和偏好满足城市的需求，燃料乙醇和生物柴油的主要服务对象仍然是以柴油为主要动力来源的工业和城市交通，农民仅以提供土地和劳动力的方式参与生物燃料产业的发展，并不能依靠其解决农村目前和今后发展面临的能源需求。
- ◎由于生产膏桐生物柴油的需要非常大的资金投入和先进设备的支持，膏桐提炼出来的生物柴油价格高于石化柴油的价格，在短期内生物柴油还不能取代石化柴油，加之小农户不具备提炼生物柴油的条件，而面对石油柴油市场价格的巨大波动，公司很有可能将市场风险转嫁给农户，损害农户的经济利益。
- ◎目前根据2008年的数据，每升膏桐生物柴油原料提炼成本为5.40元，加上膏桐本身的成本，价格至少在8元左右，而云南市场2008年在石化柴油紧缺的时期，柴油的市场价也只为每升约5.22元⁹⁵。如不降低原料成本，生物柴油明显缺少价格优势，在当前的能源市场中将缺乏竞争力⁹⁶。
- ◎秸秆资源制约着直燃发电技术的发展。以单位体积能量密度小的秸秆为原料进行生物直燃发电，收集成本和储存成本远远大于煤电，将造成人力、物力和资源的浪费。许多已有的生物质直燃发电项目由于原料短缺，大都处于亏损状态。而且以“小农保生物电”的局面，一旦农民改变种植方向，以家庭为单位的农业经济就会引发秸秆供应困难。
- ◎生物质能多采用分布式发电的形式，分布式发电作为常规电力的有益补充，在云南偏远山区是比较可行的供电方式，但是面临并网技术和体制上的障碍，难以承担解决农村无电人口用电的难题。供电部门从自身的管理、调度和安全角度考虑，缺乏将这些小容量发电装置接入电网的积极性，而且小型的发电装置其立项审批程序与大型电站基本相同十分复杂，并网接入费用较高，在一定程度上阻碍了分布式发电的推广。

⁹⁵ 刘树林，楚雄州膏桐产业发展的调查与思考，<http://www.cxjyzz.gov.cn/show.asp?id=1324>

⁹⁶ 三年后云南生物柴油上市，10年后年产过百万吨，<http://www.bioon.com/biology/bioengery/186601.shtml>

参考文献

- 舒先林 阎高程, 2007, 石油: 中国能源安全的核心与国际战略, *中外能源*2007年6期
- 王奇、向筱, 2007, 我国农村生物质能利用与阳光经济发展模式的构建, *农业经济问题*2007年6期, 页97-100
- 朱四海, 2007, 中国农村能源政策: 回顾与展望, *《农业经济问题》*, 2007年9期
- 瞿振元等, 2006, *中国社会主义新农村建设研究*, 页370, 社会科学文献出版社
- 孙志国, 夏朝凤, 2005, 云南省新能源、可再生能源发展现状及对策, *可再生能源*2005年1期, 页62-64
- 王秀花, 姚建国, 云南省区域性农村能源综合建设模式, *可再生能源*2002年3期(总第103期), 页22-25
- Toward Green Rural Energy in Yunnan China, Zhimin Li et al, *Renewable Energy* 30 (2005) 99-108
- 王晓燕, 谢建, 胡向军, 2004, 云南省农村能源发展现状及思考, *中国建设动态: 阳光能源*2004年4期
- 王献霞, 2008, 云南农村生活能源现状, 云南省社会科学院
- 胡向军, 2000, 改善农村能源结构, 促进云南农村经济发展, *中国沼气*2000年1期
- 胡向军, 2001, 云南秸秆气化发展初探, *云南林业*2001年3期, 页22
- 陈百明, 张正峰, 陈安宁, 2005, 农作物秸秆气化利用技术与商业化经营案例分析, *农业工程学报*Vol. 21, No. 10
- 马策, 车麟, 2007, 国内外生物能源利用经验及对云南产业发展的启示, *能源研究与信息*, *Energy Research and Information*, Vol. 23 No. 1
- 郭安, 赵炜, 2007, 云南发展生物质能的比较优势与策略, *西南林学院学报*Vol. 27 No. 2
- 白明, 许敏, 2008, 基于可再生能源的分布式发电技术的应用及前景, *《节能与环保》*2008年2期, P20-22

Who we are

The World Agroforestry Centre is the international leader in the science and practice of integrating 'working trees' on small farms and in rural landscapes. We have invigorated the ancient practice of growing trees on farms, using innovative science for development to transform lives and landscapes.

Our vision

Our Vision is an 'Agroforestry Transformation' in the developing world resulting in a massive increase in the use of working trees on working landscapes by smallholder rural households that helps ensure security in food, nutrition, income, health, shelter and energy and a regenerated environment.

Our mission

Our mission is to advance the science and practice of agroforestry to help realize an 'Agroforestry Transformation' throughout the developing world.



A Future Harvest Centre supported by the CGIAR



United Nations Avenue, Gigiri - PO Box 30677 - 00100 Nairobi, Kenya

Tel: +254 20 7224000 or via USA +1 650 833 6645

Fax: +254 20 7224001 or via USA +1 650 833 6646

Southeast Asia Regional Programme - Sindang Barang, Bogor 16680

PO Box 161 Bogor 16001, Indonesia

Tel: +62 251 625 415 - Fax: +62 251 625 416

www.worldagroforestry.org