

石漠化地区农村能源结构调整及其生态经济效应分析——以广西平果县龙何屯为例

何成新, 黄玉清, 吕仕洪, 陆树华, 王晓英, 李先琨

(广西壮族自治区 广西植物研究所, 广西 桂林 541006)
中国 科学院

摘要: 通过对岩溶石漠化地区农村能源结构调查显示, 实施生态重建工程, 开展沼气系统工程和薪炭林建设, 节柴效果十分明显, 龙何屯三个生产队的沼气普及率达 60% 以上, 年总节柴量达 96 408 kg, 三个队节约燃烧生物量分别为 31%、16% 和 20%, 平均每年少砍森林面积 10.25 hm²、6.44 hm² 和 7.46 hm², 沼气工程可以节省劳动力, 龙何三个队的人均节柴工值分别为 95 元、53 元和 69 元。同时, 通过沼气工程建设, 森林得以封育生息。经固定样地研究与测算, 以这样的沼气利用水平, 一年后, 第一年只需砍伐 69 hm², 第二年只需砍伐 34.5 hm², 第三年为 23 hm², 因此更多面积的植被将得以休养生息, 植被恢复可望实现。

关键词: 农村能源; 沼气系统; 植被恢复; 生态效益

中图分类号: S210 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2007)06-0855-06

Rehabilitation process of “Rocky Desert” region, improvement of farm fuel and its ecological efficiency

HE Cheng-Xin, HUANG Yu-Qing, Lü Shi-Hong,
LU Shu-Hua, WANG Xiao-Ying, LI Xian-Kun

(*Guangxi Institute of Botany, Guangxi Zhuangzu Autonomous Region and the Chinese Academy of Sciences, Guilin 541006, China*)

Abstract: Methane system and fuel woodland is developing as a rehabilitation approach in the Longhe “rocky desert” sub-village (three producing communities). Over 60% of families were using methane for cooking, which saved a total fuel wood 96.41 t · a⁻¹ with fuel wood saving rate of 31%, 16% and 20% in the three communities respectively. The result also shows vegetation conservation are 10.25 hm², 6.44 hm² and 7.46 hm² each year which therefore contributed to restoring the ecological environment because of using methane. Meanwhile, the improvement of farm fuel could save labors that were calculated as 95 CNY, 53 CNY, and 69 CNY per person per year of each community. Basing on the fixed sampling and analysis, after using methane system, there are 69 hm² will clear for fuel in the first year, but the number would reduce by 34.5 hm² in the second year, then 23 hm² in the third year, consequently, more and more rocky area will be preserved and it is possible that the vegetation restoration will be achieved.

Key words: farm fuels; methane system; vegetation restoration; ecological efficiency

我国西南岩溶区由于其优越的地理环境条件, 养育形成了资源的多样性, 然而, 资源蕴藏量低, 粗放型的发展模式造成经济增长与资源、环境和资金

的矛盾相当尖锐, 资源面临严重危机(庞冬辉等, 2003)山区农村长期以来以上山樵采植物作为农村生活能源。近年来由于经济发展的需要和人口增

收稿日期: 2007-04-25 修回日期: 2007-07-10

基金项目: 国家科技部科技攻关项目(2001BA606A-08, 2004BA606A-8); 广西科技攻关项目(0322021-2, 0133001-3)[Supported by National Key Technologies Research and Development Program of China(2001BA606A-08, 2004BA606A-8); Key Technologies Research and Development of Guangxi(0322021-2, 0133001-3)]

作者简介: 何成新(1965-), 男, 副研究员, 植物生态学专业, 目前从事环境生态学研究, (E-mail) hecx@gxib.cn.

长, 樵采植物的数量成倍增长, 林地过度樵采, 植被遭受严重破坏, 广西岩溶地区灌丛平均覆盖率仅为 14.8% (中国南方岩溶调查组, 2004), 生态环境恶化现象非常普遍。这种无计划性的采伐, 使植被退化速度快于自然恢复速度, 水土流失加剧。广西岩溶石漠化面积已达 21 840 km², 且以每年 3%~6% 的速度发展 (贺根生等, 2002)。

沼气是指利用生活垃圾、污水、人畜粪便、植物茎叶以及杂草等为原料, 通过密闭沼气池中的微生物厌氧发酵、分解, 制取以甲烷为主要成分的可燃气体。作为一种有效、洁净的生物质能, 沼气利用是将清洁生产、资源综合利用、生态设计和可持续消费有机融为一体, 通过“资源—生产—产品—消费—废弃物再资源化”的多重闭环反馈式循环, 使得经济链、生物链、生态链的物质交换和能量流动良性运行, 有效地利用和保护了资源, 成为解决农村生态、农村能源、农业环保和农民增收等一系列问题的有效载体, 推动着农村全面、协调、可持续发展 (李求明, 2005; 中国沼气网, 2006)。农业要实现可持续发展, 就必须处理好环境和资源的问题, 通过发展沼气综合利用不仅可以保护和改善农业生态环境, 合理、永续地利用自然资源, 也可以避免掠夺式经营和滥用、浪费资源的现象, 提高劳动生产率和资源利用率, 促进农业的可持续发展 (毛羽等, 2003)。我们在石漠化地区开展生态重建过程中, 将沼气工程作为一个重要的技术手段, 本文以平果县龙何屯为例, 通过分析当地能源结构, 探讨沼气这种生物质能在石漠化治理过程中在生态功能方面的重要贡献。

1 研究区概况

平果县位于广西西南部、右江中游, 107°12'~107°51' E, 23°12'~23°51' N。属南亚热带季风气候区, 雨水丰富, 年降水量达 1 200 mm 上, 但季节分布不均, 主要集中于 4~7 月, 旱季明显, 集中在 9~1 月。该区热量丰富, 夏季时间长达 8 个月, 没有明显的冬季。龙何示范区以平果县果化镇布尧村龙何屯为核心, 距离平果县城 33 km, 土地总面积 500 hm², 其中龙何屯的土地面积 320 hm², 为典型的石灰岩峰丛洼地分布区, 海拔介于 130~560 m 之间, 最高点为埂怀山, 海拔 562.1 m。据统计, 全屯共有 35 个弄, 这些弄是由众多高低错落的联座尖峭 (锥状) 山峰与其间形态各异的多边形封闭洼地组成, 洼

地一般标高 200~380 m, 石峰高度 300~500 m, 峰顶与洼地的高差 100~300 m 不等。龙何屯自然条件恶劣, 可利用土地资源少而贫瘠, 农业生产经营粗放, 经济水平落后, 人民生活比较贫困。据 2000 年统计, 龙何屯共有 114 户, 人口 530 人, 土地总面积 320 hm², 其中耕地面积 28.5 hm², 人均不到 0.06 hm², 稀疏林地及荒山 291.5 hm²。粮食和经济作物种类单一, 以玉米为主, 黄豆次之, 近年来有少量甘蔗种植。农作物产量低, 经济效益差, 如玉米单位产量不足 2 625 kg·hm², 黄豆约 600 kg·hm²。耕地严重不足, 立地条件差, 农业可利用土地资源贫乏; 优良品种率低, 生产技术水平落后。种养和劳务输出是家庭经济收入的主要来源, 2001 年人均纯收入仅为 686 元, 炊事活动主要为薪柴, 农村使用“老虎灶”, 特别是冬季十分普遍, 大多数农户的生活仍处于较贫困状态, 生态环境恶化仍未得到根本遏制。

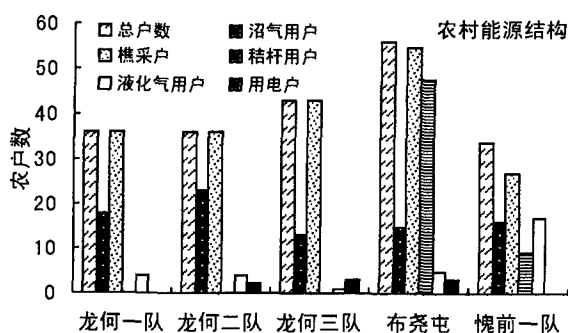


图 1 示范区各生产单位的能源结构
Fig. 1 The structure of energy source in five production unit in demonstration site

2 龙何农村能源结构变化分析

对现有的农户 (个别农户除外) 进行逐户统计, 中心示范区的龙何屯和全部三个生产队均在调查之列。其他两个生产队属示范辐射区, 布尧屯全部调查而愧前只调查一个生产队。调查内容包括人口、常在家的人口、沼气池建立年、数量、容量、使用天数、季节、日使用小时、冬、夏月消耗的薪柴担数、种类、一般每担柴的重量、薪炭林 (主要是任豆树) 的使用情况等 (表 1)。通过分析, 果化示范区五个生产队的能源结构如图 1。而通过进行薪炭林的建设后, 能满足一定的农户炊事能源要求 (图 2), 对自然植被的樵采有一定的缓解作用。

从图 1 和表 1 上看, 农户的主要能源来源仍然

是以直接的植物能为主,几乎所有的农户每年或多或少都烧柴,但不同的自然屯结构不太一样,龙何屯所有农户每年均烧柴,但不烧秸秆,秸秆全部还田。布尧烧秸秆现象比较严重。通过项目开发,龙何2001年后开始建立沼气池,使用沼气的用户的绝对数和比例均比其他两个屯统计单位的多,沼气的普及率达50%以上。其他现代能源的使用只有自然条件最好的愧前一队有一些。近年来在当地政府和项目推进下,大部分农户都种植任豆树,其具有薪炭、材用以及饲用等多功能,很受当地群众欢迎。但从调查数据看,布尧的情况最好,薪炭林基本满足和过剩的农户占70%以上;而龙何屯多数农户只满足少量的需要,通过测算薪炭林约满足25%的薪柴,愧前一队几乎没有薪炭林。

表1、2显示,龙何的沼气的相对数量比其他两个队高。但在有没有沼气的前几年,地处峰丛洼地腹地的龙何、布尧两个自然屯,人均年消耗薪柴达到1500 kg以上,只这一项对环境造成了灾害性的破坏已显而易见。与自然和经济条件较好的愧前屯相比,龙何和布尧两屯的人均用柴量明显较高,这可能与生活习惯、节柴灶的使用等相关。因为这两个屯

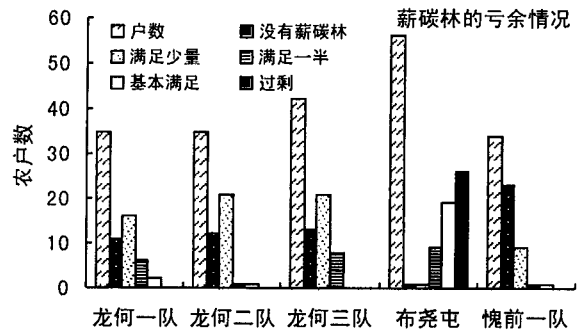


图2 示范区各生产单位的薪炭林亏余情况
Fig. 2 The deficiency/surplus of firewood of five production unit in demonstration site

地处山区,而愧前地势比较平坦。山区的人在观念上偏向“靠山吃山”,不注意使用节柴灶,特别是冬天,喜欢四面出火的“老虎灶”来取暖。通过开发沼气,各队人均用柴量明显减少,龙何三个生产队的实际人均用柴由原来的1700 kg以上减少到1010~1299 kg,人均耗柴量以龙何三队最多。龙何的每个生产队的节柴量达26160~41114 kg,这个自然屯的总节柴量达96408 kg三个队节柴率分别为31%、16%和20%。

表1 果化示范区主要能源消耗情况

Table 1 The consumption of energy source in Guohua demonstration site

生产队名 Production unit	家庭人口总数 Population	驻家人口 Permanene population	沼气池 Methane pool			柴薪(无沼气时,樵采) Firewood consumption(no methane)					
			数量 No.	容量 Vol.	累计使用天数 C. U. D.	夏季(担/月) Summer(picul/month)			冬季(担/月) Winter(picul/month)		
						木质	草质	秸秆	木质	草质	秸秆
龙何一队	147	91	34	420	4515	343	74	0	463	113	0
龙何二队	155	105	19	435	2550	411	80	0	576	127	0
龙何三队	160	92	24	330	4150	384	82	0	531	122	0
布尧屯	234	150	28	—	4520	311	157	160	507	252	233
愧前一队	146	105	11	—	2905	251	41.5	22	393	70	29

注:每担重量平均为35 kg,含水量木质(参考任豆树)19.4%(侯伦灯,2000),草质按抽样烘干而得的30%计算。C. U. D. = Cumulative utilization days.

表2 果化示范区薪柴结构及其变化

Table 2 the component of firewood in Guohua demonstration site

生产队名 Production unit	无其他能源时的耗柴量 Firewood consumption (no methane)				年总量干物质(kg)	年人均(kg, p ⁻¹)	有沼气等能源后耗柴量 Firewood consumption (with methane)		节柴量(kg)	节柴率(%)
	夏季(kg, d ⁻¹)		冬季(kg, d ⁻¹)				年总量干物质(kg)	年人均(kg, p ⁻¹)		
	木质	草质	木质	草质						
龙何一队	323	1813	435	92	133055	1706	91941	1010	41114	31
龙何二队	386	1960	542	104	159323	1770	133163	1268	26160	16
龙何三队	361	2009	499	100	157559	1898	119529	1299	30134	20
布尧屯	292	3847	477	396	203193	1580	156109	1214	47084	23
愧前一队	236	1017	370	81	105548	1173	94734	902	10814	10

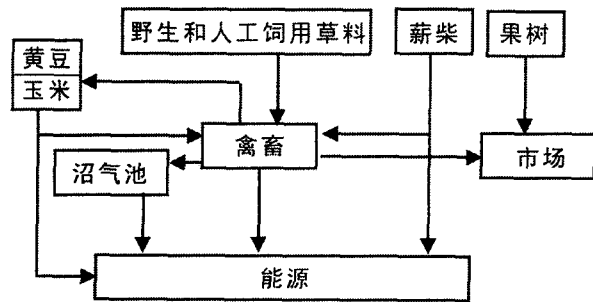


图3 以畜—沼为纽带的农业经济模式
Fig. 3 The introduced livestock-methane of agro-economy model

3 龙何农村能源生态效益分析

3.1 以沼气—畜为纽带的农村生态经济模式

调查表明,果化岩溶生态重建示范区用沼气的农户一般日均使用 2 h,主要用于煮饭、菜和烧水。

表3 沼气普及率及其效益

Table 3 The popularization rate and its efficiency of methane system

生产队名 Production unit	户数 Family	驻家人口 Permanene population	沼气池 No. of methane pool						2004 年累 计使用 小时 Hours of using	实际用 气量 Gas pro- duction (m ³)	总热值 MJ	相当植物生 物量(干) ^① Correspon- dent to plant biomass(kg)	使用沼气 热能效 益(倍) ^② Effects of methane (Times)
			2001 年 前建数 (个)	2001 年 后建数 (个)	现存总 数(个)	容量 (m ³)	使用数 量(个)	普及率 (%)					
龙何一队	36	91	—	28	28	224	27	75	9 030	4 515	94 815	4 708	9.3
龙何二队	36	105	—	29	29	232	18	50	5 100	2 550	53 550	2 659	10.4
龙何三队	43	92	—	23	23	176	23	53	8 300	4 150	87 150	4 327	7.1
布尧屯	56	150	4	11	15	—	13	23	9 170	4 585	96 285	4 780	10.5
愧前一队	34	105	16	—	16	—	13	38	5 810	2 905	61 005	3 029	3.3

^①等于总热值除以 21.14kJ/g; ^②节柴的热值与沼气热值的比率。

草,能够满足部分饲料需要。果树以火龙果和牛心李为主,收获的果实直接投放市场。

按家用沼气灶国家标准,每标准立方米沼气低位热值 21 000 kJ,相当于每小时耗沼气约 0.5 标准立方米。以此计算龙何和附近生产队的沼气普及和效益情况见表 3。2001 年后龙何屯沼气的修建户比例较高,但一些农户配套设施没有跟上,一些沼气池一直没有投入使用,特别是龙何二队,建立的 29 个沼气池只有 18 个投入使用。尽管如此,目前龙何农户的沼气普及率仍然在 50% 以上,龙何一队达 75%。综合任海(1999)、林益明(1999)、官丽莉(2005)等人对亚热带常绿阔叶林群落热值的研究,本研究采用 20.14 kJ/g 的群落水平热值作为果化

季节上偏于夏、秋两季。事实上由于该示范区地处亚热带,夏季时间长达 8 个月,温度较高,而冬季或凉季只有 4 个月,这样很利于沼气池的酵解的气量的生产。调查发现,由于管理的差别,农户用气天数为 120~360 d 不等,在沼气池投料方面,龙何屯的农户只愿意投放人畜粪尿水,固体材料投放很少,主要原因是龙何屯居住地空间狭小,当地人认为经常清洗沼池不方便;同时龙何的生产条件比较恶劣,耕地分布在大小不同的山弄中,到达地头须多次上下坡,而交通工具或牛车马车均使用不上,所有的肥料均需肩扛人挑,所以沼水不适合作当地肥料,因此当地群众更倾向于将畜粪堆沤成干肥。所以尽量充足,但由于投料不足使得很多沼气池的产气量不足,特别是冬季,沼气普遍停止使用。

龙何村畜牧业以养猪为主,每一家都养猪,部分农户养羊和牛。以畜—沼为纽带的农业经济模式比较简单(图 3),以玉米和大豆为主的粮食作物用于养猪(全年)和羊(冬天),或天然放牧和割草饲养羊、耕牛,猪、羊投放市场;项目实施以后,开展人工种

示范区沼气热值换算单位,计算相当的群落植物的干物质量,即总热值相当的植物生物量。实际节柴效果与这个生物量比值即可以得出使用沼气的热能效益。表中显示热能效益比较高,龙何屯达 7 倍以上,这是因为使用沼气以后,不仅沼气灶本身的热效率提高了,群众随意烧火的浪费现象也减少了,所以综合热效大幅度提高。值得注意的是,采用了沼气后当地群众逐渐接受养猪生喂技术,有沼气产量的季节基本不砍柴火。沼气工程可以节省收集薪柴的劳动力(表 4),龙何山陡路少,植被稀疏,薪柴采集和运输都比较困难,人均一天能够樵采 2 担柴,按当地劳动力价值 10 元/d·人计算。龙何三个队的人均节柴工值分别为 95 元、53 元和 69 元。愧前最

小为 24 元。这对于年人均收入不足 1 000 元、严重缺乏劳动力山区是一个不小的数目。这里提及劳动力缺乏是因为屯里的绝大部分青壮劳动力进城务

工, 留守的劳动力一方面要照顾老、幼两代人, 还负起农事活动的全部工作。所以可以说沼气工程的效率经济和社会效益十分明显。

表 4 年用于收集薪材的劳动力资金统计
Table 4 The labor value for collecting firewood per year

生产队名 Production unit	无沼气用柴 总量 Total firewood without methane(Picul)	有沼气 With methane					
		实际用柴量(Picul) Actual amount of firewood	实际收集薪 柴工值(CNY) Labor value	采薪人均 工值(CNY) Average	节柴量(Picul) Saved firewood	节柴工 值 Value (CNY)	人均节柴 工值(CNY) Average
龙何一队	5 640	3 919	19 595	215	1 721	8 605	95
龙何二队	6 740	5 634	28 170	268	1 106	5 530	53
龙何三队	6 340	5 063	25 315	275	1 277	6 385	69
布尧屯	8 992	6 897	34 484	230	2 095	10 476	70
愧前一队	4 484	3 985	19 925	190	499	2 495	24
合计	32 196	25 498	127 489	—	6 698	33 491	—

3.2 生态效益分析

据喻理飞等(2000)的研究, 在离示范区较近的茂兰喀斯特地区, 在植物群落不同演替阶段中, 草丛阶段、草灌丛阶段和灌丛阶段的盖度分别为 0.1、0.29、0.44、0.68、0.71 时生物量分别为 0.9139、3.9344、4.7098、12.9638、24.238 3 t/hm², 龙何示范区的植被情况与茂兰的这几个阶段相似。石山地区草灌丛群落盖度与地上生物量的关系可绘制如图 3。通过计算, 沼气节柴效益如表 5。

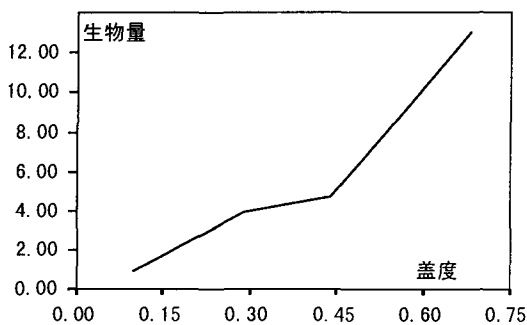


图 4 岩溶草灌群落盖度与生物量的关系
Fig. 4 Relationship between coverage and biomass in karst ground community

龙何土地总面积 320 hm², 其中耕地面积 28.5 hm², 林地面积(盖度 > 0.5, 裸岩率 70%~90%)16 hm², 荒山面积(盖度 < 0.5, 裸岩率 90%~95%)276 hm², 薪柴的樵采活动主要在荒山上进行, 因为林地所在地为“神山”, 在村规民约上不允许采伐。本文采用喻理飞等(2000)的盖度 0.44 时的地上生物量 4 709.8 kg/hm² 进行换算。在无沼气以前, 仅龙何

表 5 建立沼气后的节柴效益
Table 5 the ecological efficiency of methane system

生产队名 Production unit	有沼气前 Without methane pool		有沼气后 With methane pool		节柴面积 Saved area of vegeta- tion (hm ²)
	用柴 总量 (kg)	相当于当 地植被面 积(hm ²)	用柴量 (kg)	相当当地 植被生物 量的面积 (hm ²)	
龙何一队	155 231	32.96	106 956	22.71	10.25
龙何二队	185 876	39.47	155 558	33.03	6.44
龙何三队	174 607	37.07	139 454	29.61	7.46
布尧屯	237 058	50.33	182 128	38.67	11.66
愧前一队	123 140	26.15	110 179	23.39	2.75

屯每年烧掉的植物量就相当于清干净 109 hm² 荒山, 即使使用沼气以后, 使用沼气的节柴面积约 24 hm² · a⁻¹, 三个生产队每年仍然烧掉 85 hm² 的荒山。但由于近几年种植任豆树(*Zeniza insignis*)、银合欢(*Leucaena leucocephala*)等薪炭林, 在统计的 115 户中, 有 58 户可满足 25% 薪柴需要, 15 户可以满足 50% 的需要, 通过计算, 这一部分约占烧掉生物量的 20%。以上数据说明, 按这样的能源结构, 开展生态重建示范区以前每 2.6 年清一次山, 现在每 4.1 年就可能清一次山。可见仅农村能源一项, 人类的活动对生态环境的破坏问题仍然十分严峻。

试验表明, 通过实施封山育林的基础上, 通过人工造林定植种苗并采取必要的抚育措施, 以促进自然植被恢复和造林树种的生长。在龙河屯弄怀的固定样地监测表明, 在封山育林 4 年后, 样地内植被覆盖度从实施前 2001 年的 45%, 增加到 2005 年的 95%, 植物种类则由 25 种增加到 32 种, 群落高度明

显提高。也就是说封育4年,群落生产量将可能由 4.7 t/hm^2 提高到 24 t/hm^2 以上,在这个演替阶段,生物量平均每年提高 4.8 t/hm^2 以上。从图3看出,盖度约为0.44时的生物量有明显拐点,盖度 <0.44 ,生物量随着盖度的变大增长速度比较慢,而盖度 >0.44 ,生物量增长率加快。因此如果能够控制植物盖度 >0.45 以上就将获得相对较高的生产率。假设以砍伐后盖度维持0.45为基数,年生物量提高 4.8 t/hm^2 计算,如果没有沼气和薪炭林工程,每年需要砍伐 108 hm^2 才能满足能源需要,加上放牧和开荒,龙何 276 hm^2 荒山的植被也只是一年时间得以休息生长,很难维持盖度0.45水平即植被将退化为盖度 <0.45 的水平。开展沼气和薪炭林工程建设,封育一年后,第一年只需砍伐 69 hm^2 ,第二年只需砍伐 $69/2\text{ hm}^2$,第三年为 $69/3\text{ hm}^2$ 以此类推,这样更多面积的植被将得以休养生息,植被盖度逐年提高,植被恢复可望实现。

4 石漠化地区生态重建农村能源完善与对策

以上的研究结果证明,在西南岩溶石漠化地区,农村能源问题是生态环境恶化和恢复的关键问题。发展以沼气为主的新能源不仅能够改善人居环境,而且节约能源。沼气是个系统工程,使用沼气能使综合能值效率提高3~10倍。龙何三个生产队115户每年生产使用沼气 $11\,215\text{ m}^3$,相当植物生物量(干) $11\,694\text{ kg}$,而实际上龙何使用沼气后比使用沼气前共少烧了 $98\,408\text{ kg}$ 植物(干),按照目前石漠化植被状态,每年少砍了 24.15 hm^2 。由此可见沼气工程对岩溶石漠化地区的植被和生态恢复贡献极大。但从目前沼气使用的时间和使用后烧柴情况看,在龙何这样典型的石漠化+贫困的区域,夏季沼气流富余,沼气仍然主要于夏季使用,早春、晚秋及冬季气量不足,基本停止使用,而这个时段又是农村能源消耗的高峰时期,特别是冬季,每个家庭都树起

“老虎灶”,植物柴的用量极大。这就是沼气工程还没有完全扭转上山砍柴的主要原因之一,因而农村能源工程的建设任重而道远。

从以上研究的结果分析,我们建议今后石漠化地区的农村能源可从以下几个方面加以完善:(1)对现有的沼气进行维护和技术改进,提高沼气池的使用率和使用年限;(2)深化沼气池技术改进,提高低温期的产沼微生物活性,提高产气量,保证全年的沼气供给。(3)加强生物工程研究工作,对各种生物质能特别是植物质能材料转沼的研究,研究选择和培养产沼率高的微生物和条件;(4)探索薪炭林植物种类,为完全建立生态型农村能源体系提供一个过渡手段,保证岩溶石漠化地区的植被的快速、正向演替。

参考文献:

- 毛羽,张无敌. 2005. 以沼气为纽带的生态农业模式效益分析[J]. 中国沼气,23(3):36-39
- 中国南方岩溶区生态环境建设对策研究调查组. 2004. 中国南方岩溶区生态环境建设对策研究[J]. 中国水土保持,(2):6-8
- 李求明. 2005. 抚州市发展沼气能源及综合利用的调研思考[J]. 江西能源,(1):45-48
- 任海,彭少麟,刘鸿先,等. 1999. 鼎湖山植物群落及其主要植物的热值研究[J]. 植物生态学报,23(2):148-154
- 林益明,林鹏. 1999. 福建武夷山2个典型植物群落建群种的热值研究[J]. 武夷科学,15(12):118-123
- 官丽莉,周小勇,等. 2005. 我国植物热值研究综述[J]. 生态学杂志,4(4):452-457
- 庞冬辉,李先琨,何成新,等. 2003. 桂西峰丛岩溶区的环境特点及农业生态系统优化设计[J]. 广西植物,23(5):408-413
- 贺根生,刘昆. 2002. 岩溶地区:不仅生存还要致富[N]. 科学时报(第1版),3月29日
- 中国沼气网, www.biogas.cn
- 侯伦灯,李玉蕾,等. 2000. 任豆树材性及阻燃纤维板的研制[J]. 林业科技开发,14(2):30-32
- 喻理飞,朱守谦. 2000. 退化喀斯特森林自然恢复评价研究[J]. 林业科学,36(16):12-19