

“十一五”国家科技支撑计划课题
不同地域特色村镇住宅建筑设计模式研究系列丛书
黄一如 主编

Energy Efficiency Evaluation and Biomass Utilization for Chinese Rural Housing

不同地域特色村镇住宅 生物质能利用技术与节能评价方法

林忠平 秦朝葵 寿青云 俞海淼 编著
Lin Zhongping Qin Chaokui Shou Qingyun Yu Haimiao



中国建筑工业出版社
CHINA ARCHITECTURE & BUILDING PRESS

“十一五”国家科技支撑计划课题
不同地域特色村镇住宅建筑设计模式研究系列丛书
黄一如主编

不同地域特色村镇住宅生物质能利用 技术与节能评价方法

林忠平 秦朝葵 寿青云 俞海淼 编著

中国建筑工程出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

不同地域特色村镇住宅生物质能利用技术与节能评价方法 / 林忠平等
编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012.7

“十一·五”国家科技支撑计划课题, 不同地域特色村镇住宅建筑设计
模式研究系列丛书

ISBN 978-7-112-14513-3

I. ①不… II. ①林… III. ①农村住宅—生物能—能源利用—建筑设计
②农村住宅—生物能—节能—评价 IV. ①TU241.4 ②TU111.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 161831 号

责任编辑: 徐 纺 滕云飞

责任设计: 赵明霞

责任校对: 王誉欣 王雪竹

“十一·五”国家科技支撑计划课题

不同地域特色村镇住宅建筑设计模式研究系列丛书

黄一如主编

不同地域特色村镇住宅生物质能利用技术与节能评价方法

林忠平 秦朝葵 寿青云 俞海森 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/16 印张: 10 字数: 300 千字

2012 年 9 月第一版 2012 年 9 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-14513-3

(22593)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前言

随着城镇化进程的深入推进,农民生活水平不断提高,在炊事、热水供应、住宅采暖与空调方面的能耗均持续攀升,如何因地制宜地开发利用生物质能、推广低成本的建筑节能技术,成为缓解国内能源供应紧张局面的一个关键问题。

我国幅员辽阔,农村地区的气候、农作物种植情况、农宅围护结构特点、农民生活习惯、经济发达程度等均存在很大差别。2008~2011年,在国家十一五科技支撑项目“不同地域特色村镇住宅建筑设计模式研究”的资助下,我们在村镇住宅的节能设计与评价方法、住宅设备节能方法以及生物质能的利用现状方面开展了一系列工作。本书对其中的部分内容进行了整理、汇总,以期从生物质能的开发利用和建筑与设备的节能两方面,研究适合我国现阶段村镇住宅的“开源与节流”并重的技术路线。

全书共分为十章,第一章主要介绍了课题在生物质能的资源与使用现状方面所开展的调研情况;第二章阐述了国内外的一些生物质能利用方法;第三章介绍了沼气与沼气的有关内容;第四章重点阐述了一种新的将沼气与液化石油气掺混、进行管道供应的技术路线,包括关键的掺混设备与燃烧特性;第五章介绍了村镇各种常见的采暖方法;第六章介绍各种空调设备;第七章介绍热水的获得方法与设备节能问题;第八章通过村镇住宅现状调查与实测分析了一些农村住宅的用能情况,尤其是目前研究比较少的川西地区的特色建筑;第九章使用建筑能耗模拟计算软件,分析了两个典型村镇住宅的能耗情况,并对农村住宅的自然通风潜力进行了分析计算;第十章提供了一种新的能耗分析方法(Real Bin法)用于预估农村住宅的能耗,以便为建筑师在方案设计阶段提供依据。

本书第一、二章由俞海森编写,第三、四章由秦朝葵编写,第五~七章由寿青云编写,第八~十章由林忠平、孙雨林编写。主编林忠平、秦朝葵。同济大学博士研究生戴万能、硕士研究生雷亚平、孙雨林、李振群、王晓梅都不同程度地参与了相关课题的研究,为本书的编写做出了一定的贡献。

因为时间和水平的限制,书中错讹之处难免,恳请读者批评指正。

目 录

前言

1 第一章 不同地域农村生物质能资源评估和承载力分析

1 1.1 不同地域农村生物质能资源状况调查

6 1.2 目前实际利用状况及存在问题

12 第二章 农村生物质能利用技术

12 2.1 生物质能利用技术概况

12 2.2 国内外生物质能应用技术发展状况

15 2.3 农村沼气发酵技术

17 2.4 生物质气化技术

20 第三章 沼气燃烧与沼气具节能

20 3.1 沼气燃烧原理

23 3.2 家用沼气灶

26 3.3 沼气热水器

28 第四章 沼气与液化石油气掺混气燃烧技术

28 4.1 技术路线概述

34 4.2 掺混装置及性能分析

42 4.3 掺混气的燃烧特性研究

49 4.4 总结

51 第五章 村镇住宅采暖系统节能技术

51 5.1 火炕

55 5.2 家用热水采暖系统

61	5.3 低温热水地板辐射采暖系统
65	第六章 村镇住宅空调设备节能技术
65	6.1 房间空调器原理
69	6.2 村镇房间空调器的节能设计和使用
76	第七章 村镇住宅热水供应系统节能技术
76	7.1 家用热水器的分类和原理
83	7.2 村镇家用热水器的节能设计和使用
91	第八章 村镇住宅现状调查与实测分析
91	8.1 村镇住宅围护结构现状调查
99	8.2 村镇住宅能耗现状调查
101	8.3 农村住宅冬夏季热环境实测与分析
109	第九章 典型农村住宅能耗模拟案例
109	9.1 上海农村住宅供暖空调设备年能耗模拟
113	9.2 安徽铜陵古圣村住宅能耗模拟及节能优化
118	9.3 农村住宅自然通风潜力评估
130	第十章 使用Real Bin法进行村镇住宅能耗预算
130	10.1 Real Bin法的建立
139	10.2 Real Bin法能耗计算程序的生成
143	10.3 Real Bin法用于村镇住宅能耗预算可靠性分析
148	10.4 小结
149	参考文献

第一章

不同地域农村生物质能资源评估和承载力分析

1.1 不同地域农村生物质能资源状况调查

1.1.1 农村生物质能资源概述

我国幅员辽阔、人口众多，其中大部分人口分布于农村地区，能源消耗量很大。尽管煤炭、液化石油气等商品能源在农村的使用迅速增加，但目前我国农村居民生活用能中，秸秆、薪柴等生物质能仍占有非常重要的地位。农村地区有大片土地可以种植能源作物。据统计，全国近年秸秆年产量约 6 亿 t，薪柴年产量为 2 亿 t 左右，还有大量的人畜粪便及工业排放的有机废料、废渣，每年生物质资源总量折合成 2~4 亿 tce（吨标准煤）。但是长期以来，大多数生物质能的利用均以直接燃烧形式为主，不仅利用效率低下，造成浪费，而且产生的烟尘直接排放到大气中，严重污染自然环境。因此我国农村生物质能利用技术有很大的发展潜力与改善空间。

近几十年来，随着农村经济的不断发展和城镇化进程的加速，农村能源消费总量有了大幅度的提高，结构也发生了明显的变化，目前关于城市的能源调查很多，关于农村能源的报告则较少。

考虑到我国各地区间的气候和生活习俗有很大区别，不同地域农村的资源结构和用能结构也存在差异，故针对温和地区、夏热冬暖地区、夏热冬冷地区、寒冷地区和严寒地区 5 个不同地域的农村生物质能资源现状，以及家庭用能情况，进行了调查、统计、分析。这将有助于了解我国不同地域农村生物质能的利用潜力，从而改善农村能源结构，因地制宜地对农村生物质能源科学进行开发，以提高农村能源的使用效率。

1.1.2 调查概况

鉴于不同地域的气候、生活习俗、资源结构和用能结构均存在差异，按建筑气候区划分，对温和地区、夏热冬暖地区、夏热冬冷地区、寒冷地区和严寒地区 5 个不同地域的 23 省市 54 个村镇进行了抽样调查。如图 1-1、图 1-2、图 1-3 所示，分别是各省的调查取样村户数图、中国建筑气候分区图和各地区调查抽样村镇分布图。

在温和地区中，选取贵州、云南两省的各两个村镇作为样本；夏热冬暖地区选取广西、广东省各两村镇；夏热冬冷地区的样本包括在四川省的五个村镇，江苏省、湖南省各三个村镇，广西壮族自治区两个村镇，以及贵州、河南、湖北、福建、江西和浙江省各一村镇；寒冷地区中，选取山东省的四个村镇作为样本，江苏省、河南省、河北省、陕西省、山西省和北京市各取了两个村镇作为样本，天津市有一村镇取作样本；严寒地区的辽宁、内蒙古各有两个村镇取作样本，甘肃、黑龙江、吉林等省各选取一个村镇。

主要调查了各抽样村镇的面积、统计人口、常住人口、家庭户数以及秸秆、薪柴等各类生物质资源的资源量，并在每个村镇取 3~5 户居民调查其电、煤、油和各类作物秸秆、各类薪柴等能源的使用情况。秸秆类农业废弃物包括水稻、麦类、玉米、棉花、大豆等；薪柴等草本植物：包括薪柴、芦苇、杂草等。



图 1-1 各省的调查取样村、户数图



图 1-2 中国建筑气候分区图

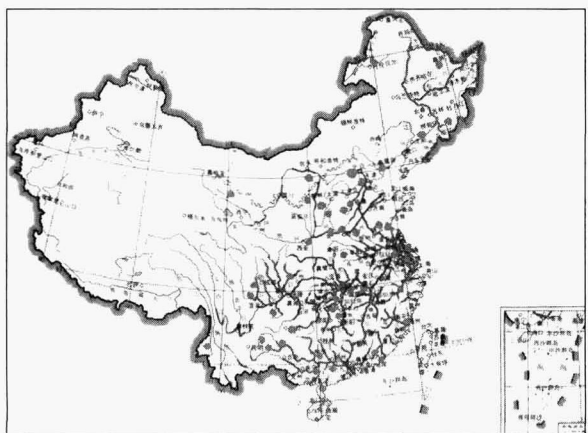


图 1-3 各地区调查抽样村镇分布图

1.1.3 数据处理方法

调查所得数据为水稻、麦类、玉米、棉花等各类秸秆，木柴、芦苇等各类薪柴，人、畜、家禽粪便资源以及用煤、油、气等资源的质量或体积，统计时统一折算为标准煤以便计算处理。其中各类能源资源与标准煤之间的转换系数取值见表 1-1 和表 1-2 所示。

生物质种类与标煤换算系数表（单位：kg 标煤 /kg 生物质）

表 1-1

能源名称	热值 (kJ/kg)	折标准煤系数	能源名称	热值 (kJ/kg)	折标准煤系数
薪柴	17000	0.580	水稻	14000	0.478
桑条	17000	0.580	麦秸	15000	0.512
棉秆	16500	0.563	木炭	34000	1.160
树皮	16700	0.570	猪粪	12560	0.429
杂草	13800	0.471	马粪	15472	0.529
秧类	14000	0.478	兔粪	15491	0.529
竹子	16000	0.546	羊粪	15491	0.529
玉米秸	15000	0.512	牛粪	13861	0.473
豆秸	15000	0.512	鸡粪	18841	0.643

家庭用能与标煤换算系数表

表 1-2

能源名称	热值 (kJ/kg)	折标准煤系数	单 位
电	—	0.404	kg 标煤 / 度电
原煤	21000	0.714	kg 标煤 /kg 原煤
液化石油气	50000	1.710	kg 标煤 /kg 石油气
汽油	43070	1.470	kg 标煤 /kg 汽油
木炭	34000	1.160	kg 标煤 /kg 木炭
柴油	42700	1.460	kg 标煤 /kg 柴油
沼气	20000	0.683	kg 标煤 /m ³ 沼气
薪柴	17000	0.580	kg 标煤 /kg 薪柴
桑条	17000	0.580	kg 标煤 /kg 生物质
棉秆	16500	0.563	kg 标煤 /kg 生物质
树皮	16700	0.570	kg 标煤 /kg 生物质
杂草	13800	0.471	kg 标煤 /kg 生物质
秧类	14000	0.478	kg 标煤 /kg 生物质
竹子	16000	0.546	kg 标煤 /kg 生物质
玉米秸	15000	0.512	kg 标煤 /kg 生物质
豆秸	15000	0.512	kg 标煤 /kg 生物质
水稻	14000	0.478	kg 标煤 /kg 生物质
麦秸	15000	0.512	kg 标煤 /kg 生物质

经折算为标准煤后，可计算出各地区村平均拥有的生物质资源量、各地区人均拥有的生物质资源量及各类生物质资源所占比例；计算出各地区村镇人均用能值、各地区平均家庭用能值、人均家庭用能值及其比例；计算出各地区村镇资源利用率、各地区生活用能中生物质资源的利用率。

1.1.4 不同地域农村生物质能资源状况分析

对调查数据进行整理统计得到不同地域各种主要生物质资源量及其比例构成，见表 1-3、表 1-4 所示。

不同地域各生物质资源量表 表 1-3

地 区	平均每村人口 (人)	村均资源量 (tce)	村均秸秆资源量 (t)	村均秸秆折合 (tce)	人均秸秆折合 (kgce)	村均薪柴资源量 (t)	村均薪柴折合 (tce)	人均薪柴折合 (kgce)	村均粪便资源量 (t)	粪便折合 (tce)	人均粪便折合 (kgce)	人均总资源量 (kgce)
温和地区	1441	636.8	652.8	311.9	216.4	300.0	149.3	103.6	376.5	175.6	121.9	441.9
夏热冬暖地区	1970	814.3	973.2	465.0	236.1	330.0	170.9	86.7	357.7	178.3	90.5	413.3
夏热冬冷地区	1861	982.0	1048.4	501.5	269.5	643.7	326.7	175.6	300.3	153.8	82.6	527.7
寒冷地区	1462	801.5	1006.4	482.2	329.8	341.0	166.6	113.9	283.4	152.8	104.5	548.1
严寒地区	1437	2003.8	2506.2	1252.1	871.3	742.6	437.9	304.7	793.9	313.9	218.4	1394.5

注：温和地区（地区 A）、夏热冬暖地区（地区 B）、夏热冬冷地区（地区 C）、寒冷地区（地区 D）、严寒地区（地区 E）。

不同地域各类生物质资源量比例表 表 1-4

地 区	总资源量折合标煤 (tce)	秸秆资源所占比 (%)	薪柴所占比 (%)	粪便所占比 (%)
温和地区	636.8	49.0	23.4	27.6
夏热冬暖地区	814.3	57.1	21.0	21.9
夏热冬冷地区	982.0	51.1	33.3	15.7
寒冷地区	801.5	60.2	20.8	19.1
严寒地区	2003.8	62.5	21.9	15.7

从不同地域农村生物质资源量组成可看出，如图 1-4、表 1-4 所示，严寒地区平均每村的生物质资源总量最大，达 2003.8tce，远高于其他地区的资源总量。这可能主要是因为严寒地区农村耕地面积大，而且种植的作物以玉米、小麦等为主，而单位耕地的玉米秸秆量约为 0.9t/亩，远大于南方稻秆 0.5t/亩。次之的夏热冬冷地区为 982.0tce，而温和地区的生物质资源总量最小，为 636.8tce。从生物质能的 3 大组成来看，严寒地区无论秸秆量，还是薪柴、粪便量都是最高的；夏热冬冷地区的秸秆量和薪柴量相对也较高，分别达到 500tce 和 300 多吨标准煤（tce）；温和地区总量较低主要是薪柴资源量不足，不到 150tce。结合图 1-4、图 1-5、表 1-4

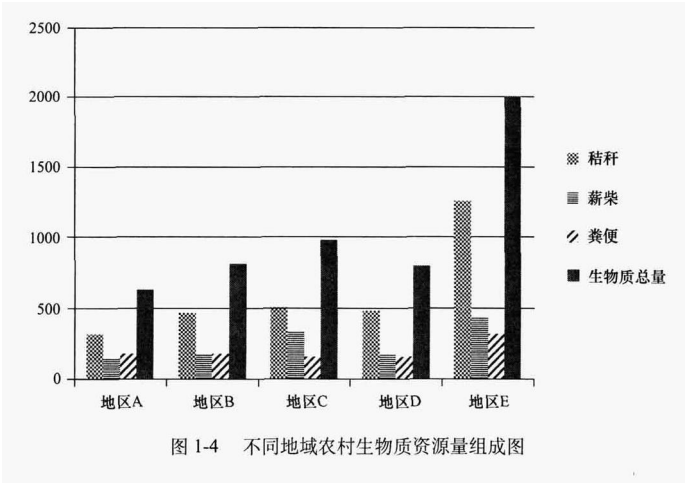


图 1-4 不同地域农村生物质资源量组成图

显示，各地区的生物质资源，都以秸秆资源所占比例最大，约为本地区生物质总量的 50%~63%。其中严寒地区和寒冷地区秸秆资源量所占份额较大，均超过 60%。而夏热冬冷地区薪柴资源则相对丰富，达该地区生物质资源总量的 1/3。温和地区的粪便资源量所占比重相对较大，超过 1/4。

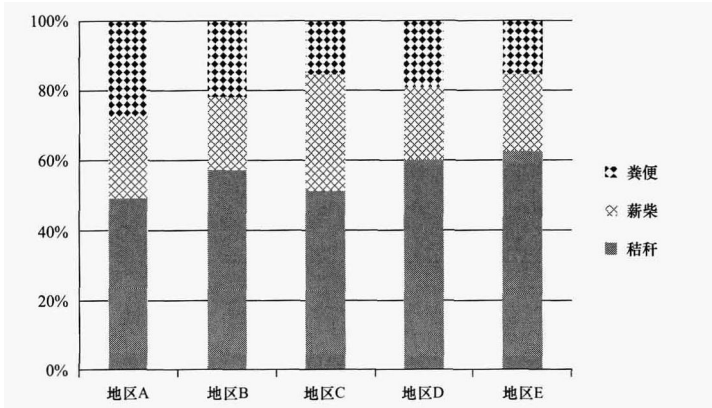


图 1-5 不同地域农村生物质资源量组成比例图

如图 1-6 所示的不同地域农村人均生物质资源量组成可以看出，相对于村资源总量来说，人均拥有的生物质资源量不同。夏热冬暖和夏热冬冷地区自然村人口较多，约 1900 人左右，而温和、寒冷和严寒地区平均人口为 1400~1500 人，见表 1-3。当折算到人均生物质能拥有量时，严寒地区人均拥有量仍为最高，达到 1400kgce，最低的夏热冬暖地区仅为 368.4kgce，寒冷地区超过夏热冬冷地区，人均拥有量为 548.1kgce。从人均秸秆量和薪柴量来看，除严寒地区外，分别是寒冷地区和夏热冬冷地区最高，达到 330kgce 和 175kgce 左右。

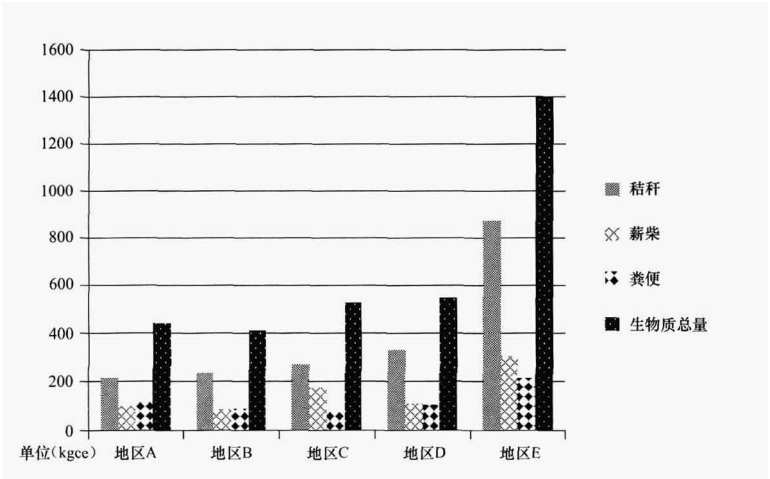


图 1-6 不同地域农村人均生物质资源量组成图

1.2 目前实际利用状况及存在问题

1.2.1 不同地域农村家庭用能情况分析

不同地域农村家庭用能调查结果，见表 1-5 所示。

不同地域农村家庭用能调查结果表（单位：kgce/年）

表 1-5

地 区	电	燃煤	薪柴	秸秆	液化石油气	燃油	其他	总量
温和地区	415.0	506.8	381.5	367.0	77.5	38.9	27.5	1814.2
夏热冬暖地区	518.4	32.1	344.6	221.0	156.2	19.6	59.9	1351.8
夏热冬冷地区	273.5	232.4	525.0	198.6	52.1	42.2	15.8	1339.7
寒冷地区	258.0	523.1	177.6	328.0	58.0	60.0	8.0	1412.7
严寒地区	318.5	805.6	224.6	241.1	80.7	23.0	69.6	1763.5

温和地区农村家庭用能结构，如图 1-7 所示，该地区的生物质能资源量丰富，家庭用能中薪柴和秸秆所占比重较大，分别为 21% 和 20%。而在调查中，有相当比例的家庭有生产活动，如烤烟等，这些生产活动需要消耗一定量的燃煤，所以煤炭的比例也较大。由于可再生资源的利用，液化石油气、燃油和其他类能源的使用比例比较小，总量约 8%。

夏热冬暖地区农村家庭用能结构，如图 1-8 所示。该地区的电力消耗很大，占据总能量的 1/3 以上。主要是因为调查对象多位于南方沿海地区，经济发达，生活相对富裕，电力使用方便，因而受欢迎度较高。在该地区，煤矿较少，所以使用量很少，仅为 2% 左右。因较早开始使用液化石油气，故普及率相当高，液化石油气也占了相当高的比例，超过 10%。因薪柴产量大，所以在日常生活中，薪柴多应用于炊事，秸秆也占据了相当比例，达到 26% 左右。该地区较高的平均气温使得沼气在生活中的应用较多，以及部分的太阳能利用，共占了约 4%。

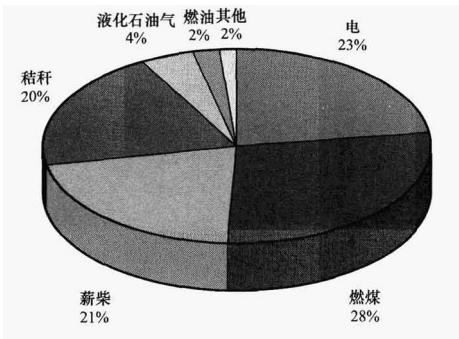


图 1-7 温和地区农村家庭用能结构图

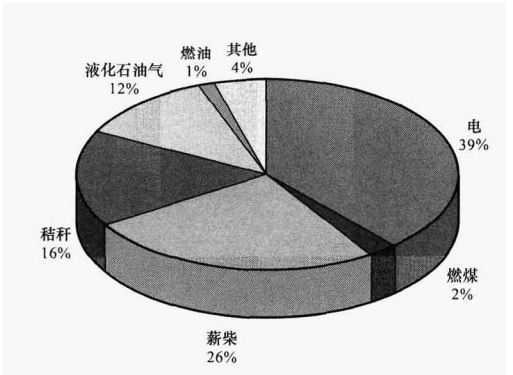


图 1-8 夏热冬暖地区农村家庭用能结构图

夏热冬冷地区农村家庭用能结构，如图 1-9 所示，该地区位于秦淮以南的广大地区，农业较为发达，薪柴和秸秆产量较大，薪柴在家庭用能中占据接近 40%，燃煤则用于家庭取暖等；电力由于使用方便，所占的能耗也较大，空调等家用电器耗能较多。

寒冷地区农村家庭用能结构，如图 1-10 所示，该地区农业秸秆产量比薪柴量大，在家庭用能中，秸秆的使用量是薪柴的近 2 倍。由于寒冷地区是产煤区，因而冬季取暖时候会使用大量的煤炭，所以煤炭的份额很大，达到 37%，而燃油和液化石油气的份额相对也较高。

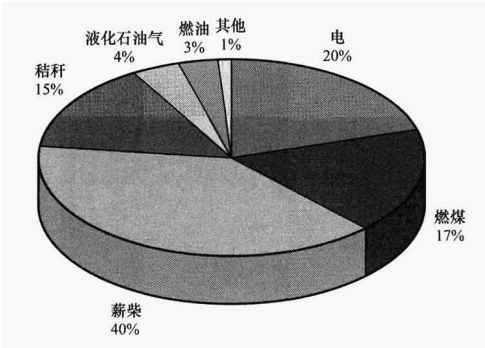


图 1-9 夏热冬冷地区农村家庭用能结构图

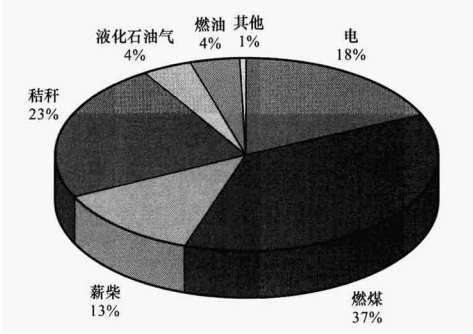


图 1-10 寒冷地区农村家庭用能结构图

严寒地区煤农村家庭用能结构，如图 1-11 所示，该地区煤炭资源丰富，在家庭能耗中占了接近一半，主要用于取暖和炊事。相对其他地区，虽然严寒地区的薪柴总资源量很大，但其所占比例却较小，约 13%。

从表 1-5 和图 1-12 家庭用能总量来看，地区之间的差异性较为明显，呈现出两头高，中间低的状态。温和地区最高，其次是严寒地区、寒冷地区、夏热冬暖地区，最低的是夏热冬冷地区。

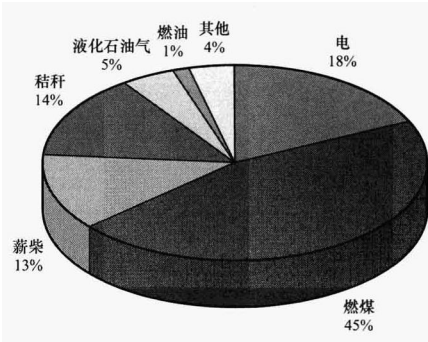


图 1-11 严寒地区农村家庭用能结构图

对于电力资源，夏热冬暖地区和温和地区使用量较高，此

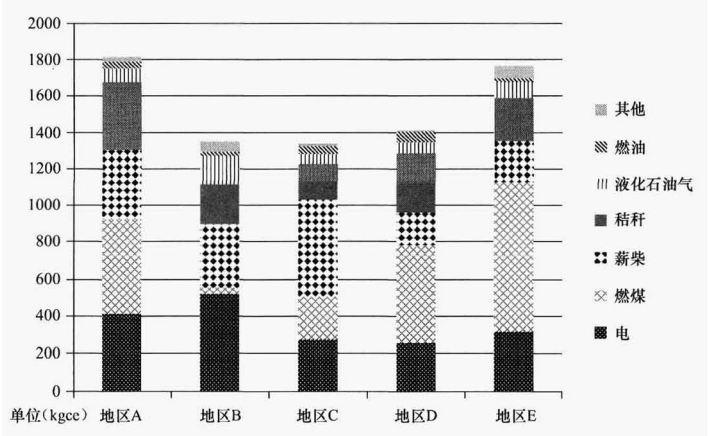


图 1-12 家庭用能总量图

两地区夏季气候炎热、空调使用较多，而且电磁炉等炊具耗电也较多，而其他 3 个地区则较为平均。

煤炭的应用主要受制于其资源量，在煤炭资源丰富的寒冷和严寒地区，煤炭使用量很大，而且由于冬季需要取暖，较为便宜的煤炭是最好的取暖燃料，所以受到欢迎。夏热冬冷地区由于资源很少，所以几乎不应用，而在温和地区，由于一些家庭生产活动的原因，如烤烟等，煤炭也有很大的应用。

对于薪柴和秸秆，由于薪柴的使用较秸秆方便，所以薪柴使用量普遍比秸秆大，温和地区和夏热冬暖、夏热冬冷地区的秸秆和薪柴产量很大，使用量也很大；而在寒冷地区，耕地面积比山林面积大，薪柴量很少，所以薪柴使用量少；严寒地区，如东北等地区，薪柴丰富，而内蒙等地，秸秆产量高，使用量相差不大。

液化石油气的用途主要是炊事，南方沿海地区由于经济发达，液化石油气的使用量比内地大。燃油则主要应用于动力，如摩托车等。在一些地区，沼气和太阳能已经得到应用，但是很不均匀，量也较少，所占比重很小。

1.2.2 不同地域农村生物质能利用状况

各地区村平均生物质资源利用情况，见表 1-6 所示。

各地区村平均生物质资源利用情况表

表 1-6

地 区	生物质资源	资源量 (tce)	利用量 (tce)	利用率 (%)	主要利用方式
温和地区	秸秆	652.8	479.5	73.5	牲口饲料或还田
	薪柴	300.0	245.1	81.7	主要用于炊事燃烧
夏热冬暖地区	秸秆	973.2	653.7	67.2	牲口饲料或还田
	薪柴	330.0	273.9	83.0	主要用于炊事燃烧
夏热冬冷地区	秸秆	1048.4	439.8	42.0	少量燃烧及还田
	薪柴	643.7	430.6	66.9	烧火、炊事
寒冷地区	秸秆	1006.4	651.7	64.8	炊事、还田、饲喂牲口
	薪柴	341.0	223.8	65.6	烧火取暖
严寒地区	秸秆	2506.2	1991.1	79.4	产沼气、直接燃烧、饲喂牲口
	薪柴	742.6	562.08	75.7	燃烧、取暖

从表 1-6 数据可得出，各地区村对秸秆和薪柴的资源利用率普遍较高。除夏热冬冷地区外偏低外，其他地区对秸秆资源的使用率均超过 60%，严寒地区以 79.4% 的利用率居首。而薪柴的利用率也都在 65% 以上，温和地区和夏热冬暖地区的薪柴资源利用率更高，达 80% 以上。各地区的畜禽粪便资源基本都用作农业肥料还田。

表 1-7 为不同地区农村家庭人均用能表，表中数据显示，不同地区农村家庭年总人均量相差不大，约为 430kgce~500kgce。但不同地区的用能特点明显不同：夏热冬暖地区人均电能的消耗最大，达到 172.8kgce；夏热冬冷地区的人均薪柴使用量最大，约为 170kgce；秸秆的人均使用量则是寒冷地区最高，超过 100kgce；严寒地区由于冬季供暖使用大量燃煤，燃煤的消耗量高达 215.8kgce，相对而言，秸秆和薪柴的使用量均比较低，不足 70kgce。此外，从表 1-8 中可以看出，不同地区农村家庭秸秆和薪柴利用率总体并不高。特别是秸秆，从能量利用角度来看，家庭人均秸秆用能量占人均拥有的秸秆量的比例很低，严寒地区的人均秸秆资源量高达 871.3kgce，用能秸秆量只有 57.1kgce，仅占 6.6%，温和地区人均秸秆资源量为 216.4kgce，用能秸秆量 80.1kgce，使用比例最高，也只有 37.0%，夏热的冬暖、夏热冬冷和寒冷地区分别占 19.4%、16.5% 和

22.5%。这与 2007 年全国秸秆资源总量中用作燃料占 18.72% 相符，2007 年全国秸秆利用状况如图 1-13 所示。从图中可得知，除了用作燃料外，有一半的秸秆有效利用于饲料、肥料等，仍旧有超过 30% 的秸秆废弃未加以利用。此外，从表 1-8 中薪柴的资源量和用能量来看，温和地区、夏热冬暖地区和夏热冬冷地区薪柴用能比例比较高，大部分得以利用；而寒冷地区和严寒地区利用比例不高，特别是严寒地区，人均薪柴资源量高达 304.7kgce，而用能薪柴量仅为 55.0kgce，不足 18.1%。若能有效利用薪柴、秸秆等生物质能，减少燃煤等化石燃料的使用，不仅能缓解我国农村日益紧张的能源问题，也有利于减少环境污染。

不同地区农村家庭人均用能表（单位：kgce） 表 1-7

地区	电	燃煤	薪柴		秸秆		总人均量
温和地区	106.0	129.4	97.4	83.2	93.7	80.1	463.2
夏热冬暖	172.8	10.7	114.9	71.3	73.7	45.7	450.6
夏热冬冷	88.3	75.0	169.5	117.4	64.1	44.4	432.4
寒冷地区	88.8	182.2	59.3	43.0	102.2	74.1	473.7
严寒地区	91.7	215.8	66.8	55.0	69.3	57.1	492.5

(斜体字数据为采用统计人口数计算结果，以便于和村人均拥有生物质资源量进行比较。)

不同地区农村人均生物质资源量和家庭人均用能对比表（单位：kgce） 表 1-8

地区	人均生物质资源量	人均家庭用能	人均秸秆资源量	人均用能秸秆量	人均薪柴资源量	人均用能薪柴量	人均粪便资源量
温和地区	441.9	463.2	216.4	80.1	103.6	83.2	121.9
夏热冬暖地区	413.3	450.6	236.1	45.7	86.7	71.3	90.5
夏热冬冷地区	527.7	432.4	269.5	44.4	175.6	117.4	82.6
寒冷地区	548.1	473.7	329.8	74.1	113.9	43.0	104.5
严寒地区	1394.5	492.5	871.3	57.1	304.7	55.0	218.4

1.2.3 生物质能利用存在的主要问题

我国广大农村地区目前虽然大量使用生物质能，但也存在以下几点问题：

1. 生物质资源相对分散且存在明显的区域性

与生物质资源丰富相对应的是生物质分布相对分散，各类生物质资源分布存在明显的区域性。其中，秸秆资源最大特点是既分散又集中，粮食产区基本都是秸秆资源最富裕地区。黑龙江和黄淮地区的河北、山东、

河南，东南地区的江苏、安徽，中部地区的江西、湖南、湖北等省区，其秸秆资源量占全国总量的一半。水稻主产区主要为黑龙江、湖北、湖南、江西及江苏等地，而大豆主产区则集中在华北及东北的内蒙古、吉林、山东、河南及河北等地，糖类作物则盛产于华南及西南的广东、广西及云南等地。

2. 生物质收集及运输困难

生物质资源密度小、体积大，相对于固体燃料煤而言属于低能量密度的燃料。目前，相当部分农业废弃物

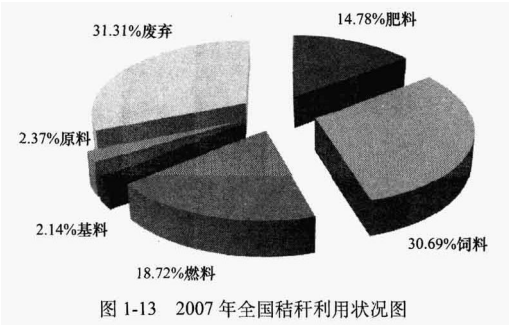


图 1-13 2007 年全国秸秆利用状况图

还未能充分利用，被堆放在田地里废弃或烧掉，只有部分粉碎还田或用于饲料、农村炊事、取暖等生活用能，以及用于造纸工业等。这些秸秆经简单捆扎后用牛、马车拉走，有条件的地方以拖拉机或船收运，并没有专用的运输车。农林废弃物的自然堆积密度通常很低，运输蓬松物质不但效率低，而且运费高，因此应尽可能就地利用废弃生物质原料，减少收集与运输费用。

3. 农村生物质能利用方式粗放

我国农村能源利用效率低，现阶段我国农村生物质能利用一方面是大量的生物质原料进行直接燃烧，效率低下、污染严重；另一方面沼气、秸秆气等生物质燃气以推广户式为主，随着农村生活生产习惯的改变，养殖、种植业也由分散向大型集中式转变，户式沼气和秸秆气面临原料短缺、产气不足的问题，难以成为可靠的能源来源。目前秸秆生物质资源的利用程度不高、利用技术水平低。秸秆的田间收集及预处理设备水平低下，大量秸秆被直接遗弃田野或者被露天焚烧，既浪费宝贵的能源，又严重污染环境。

1.2.4 小结

对比人均拥有的生物质资源量和实际家庭人均用能情况，可以看出，生物质资源量丰富，而实际用能使用量比较少。特别是全国用作燃料的秸秆占秸秆总量的份额平均不到 20%，见图 1-13。严寒地区的秸秆和薪柴资源量十分丰富，但用作燃料的比例却很低，仅为 6.6% 和 18.1%。如果充分利用生物质能，将能满足当前农村家庭总用能。考虑到秸秆用于饲料和还田的用途，不易全部用作燃料，可以考虑在目前利用不到 20% 的基础上，将废弃的 30% 左右的秸秆有效用于燃料。而畜禽粪便农村基本用作农田肥料，可以考虑部分用作沼气发酵原料。通过增加生物质能的利用量和优化使用生物质资源，实现农村用能的结构优化，大幅度降低对煤炭、液化气、煤电的依赖。

在过去的近 30 年中，我国农村用能结构比例显示生物质能源使用比例越来越低，到 2007 年不足 30%，如图 1-14 所示，而煤炭已经超过生物质能成为农村用能的最大来源。从可持续发展和清洁环保的角度考虑，十分有必要大力发展生物质能的利用。

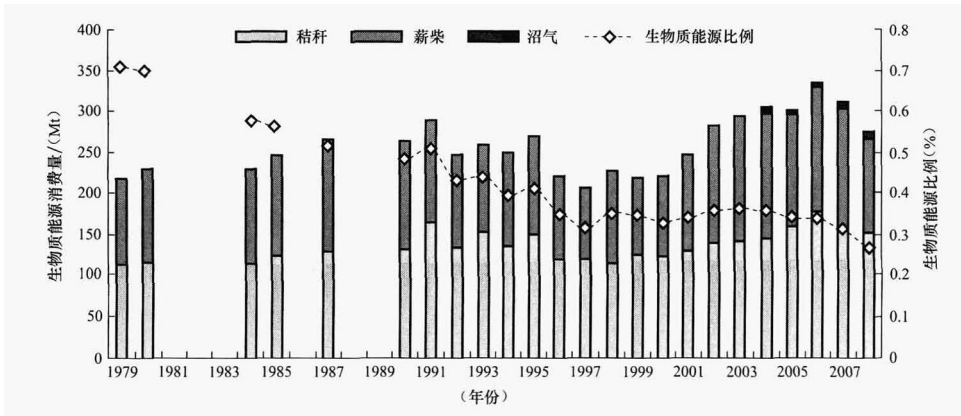


图 1-14 中国农村地区生物质能源消费图

针对温和地区目前家庭人均秸秆用能量为 80.1kgce，利用率为 37% 的现状，可以进一步提高利用比例，提高能源使用效率，建立秸秆气化集中供气、发电工程；此外，该地区畜禽粪便资源量很丰富，应当大力发展沼气技术，建立沼气示范工程或户用型沼气池。通过进一步利用生物质能，替代家庭燃煤和液化气。

夏热冬暖和夏热冬冷地区的秸秆燃料化比例均不足 20%，家庭秸秆用能约 45kgce，如果充分利用 30% 的废弃部分秸秆，采用秸秆气化技术，大力发展集中供气、发电系统，可以取代液化石油气和部分电力，杜绝燃煤在家庭生活中的使用。

寒冷地区的秸秆和薪柴均有很大的利用空间。薪柴的大量使用有利于节能柴灶的推广，采用秸秆气化热电三联供完全可以取代家庭燃煤，燃煤是目前寒冷地区农村家庭用能最大的来源。

严寒地区的秸秆和薪柴资源量十分丰富，但用作燃料的比例很低。燃煤占该地区农村家庭用能的 45% 以上，因此应发展生物质气化集中供气系统，并可同时采用生物质气化集中供暖。对于相对集中且电力比较紧张地区，建议优先发展供气与发电联产模式。通过适当提高秸秆和薪柴的使用比例，取代燃煤。这不仅能够实现家庭生活用能的可再生化，还可能实现农村生产用能的可再生化。

总的说来，农村的主要生物质资源，应首先考虑使用沼气技术，因鲜粪和作物秸秆的重量比为 2：1 左右时，对沼气发酵比较适宜，而各地区农村的秸秆资源量均高于粪便资源量，故有丰富的秸秆资源可用于秸秆气化，并视情况采用供气、供电、供暖等，从而减少生物质资源的直接燃烧，取代煤等不可再生能源的使用，以提高能量的利用效率，并减轻环境负担。

综上所述，农村家庭生活用能的总体方向是提高生物质能的使用比例，优化生物质能利用方式，降低煤炭使用率，提高能源的使用效率。