

农村能源资源及其区划

黄志杰 张正敏等 编著



能源出版社

农村能源资源 及其区划

黄志杰 张正敏等 编著

能源出版社

1985

内 容 简 介

本书是研究农村能源区划、规划的一本专著。书中除比较全面地介绍了生物质能、小水电、薪柴能源、太阳能、风能等资源特征、资源量计算及其区划指标外，还系统地介绍了农村能源消费与能流图编制，能源需求量预测与供需综合平衡方法，多能联合系统设计，能源综合区划原理和方法等。内容比较丰富，几乎涉及农村能源区划、规划的各个方面的基本知识和技能。既有理论又结合中国实际，且通俗易懂。适合于从事农村能源管理与规划设计的科学技术人员使用，也可供大专院校有关专业的师生参考和广大农村能源爱好者阅读。

农 村 能 源 资 源 及 其 区 划

黄志杰 张正敏等 编著

能源出版社出版 北京市新华书店发行

顺 义 小 店 印 刷 厂 印 制

3 2 开 本 6.2 印 张 1 3 5 千 字

1 9 8 5 年 6 月 第 一 版 1 9 8 5 年 6 月 第 一 次 印 刷

印 数 1—3000

书 号： 1 3 2 7 7·7

定 价： 1.20 元

前 言

全世界大多数发展中国家，都不同程度存在着如何满足农村用能的问题。因为在这些国家农村人口比例大，并大量燃烧生物质能，用能方式落后，能量使用效率低，使每年消耗的生物质数量，超过了全年的生物生长量。结果是森林面积日益减少，土壤肥力下降，生态失去平衡。而这些国家，又都很难用商品能源来满足农村生产和生活对能源的需要。如何有计划地、合理利用生物质能和其它再生能源，是一个迫切需要解决的问题。

近几年来，我国在再生能源的资源评价、农村能源区划，农村用能供需预测、规划，建设能源自给的自然能源村等方面都做了一些工作。为了加强发展中国家这方面的研究，交流经验，联合国亚洲太平洋地区经济与社会理事会的再生能源发展规划机构，联合国粮食与农业组织与中国国家经委联合组织，于1983年4月11~29日在中国召开了“发展中国家农村能源规划讨论会”。会上中国专家对再生能源资源量的计算和农村能源规划有关内容作了十一个学术报告。本书即在以上工作的基础上重新修改汇集成册，编辑出版的。由于时间仓促，对错误和不足之处，希望读者共同修正和补充。

编 者

1983年8月

参加编写人员（按姓氏笔划）

王炳忠

白 林

石清峰

何建坤

吴昌伦

芦承贤

张正敏

屠家宝

黄志杰

彭芳春

廖少葆

薛 桁

目 录

一、农村能源规划概论.....	(1)
二、农村沼气资源及其利用区划.....	(20)
三、小水电资源及其利用规划.....	(46)
四、森林能源与发展区划.....	(62)
五、太阳能资源及其利用区划.....	(73)
六、风能资源及其利用区划.....	(91)
七、农村能源的消费与节约.....	(114)
八、农村能源需求量的预测方法.....	(127)
九、农村“太阳能综合体”的概念设计.....	(146)
十、农村能源供求系统的优化方法.....	(160)
十一、农村能源区划的原理和方法.....	(177)
参考文献.....	(191)

一、农村能源规划概论

(一) 发展中国家的能源问题

能源是社会经济发展的动力。人类社会发展的历史证明,经济的增长需要一定数量能源消费的增加,这是因为无论是工农业生产的发展,还是人民生活的提高,都直接和间接地与相应的能源消费联系在一起。所以,在欧洲的发达国家里,在澳洲和日本等,每人每年的能源消费量超过5吨标准煤,北美比这个数量还要大。占世界人口1/4的发达国家,消费了全世界商品能源总消费量的4/5。而大多数发展中国家,每人每年的商品能源消费量还不到1/4吨标准煤,即使包括非商品能源在内,一年也不到半吨标准煤。所以,在大约110个发展中国家里,占全世界3/4的人口,却只消费了全部商品能源的1/5。

尽管能源对经济发展的关系如此密切,但只是在能源危机以后,人们才重视能源对经济繁荣和人类进步所起的重大作用。

对于发达国家,石油价格的大幅度上涨,通货膨胀加剧,失业人数增多,导致了严重的经济衰退。由于能源危机,对主要依靠进口石油的发展中国家影响更大。这是因为第二次世界大战以后的一个时期,石油价格每桶只有2美元左右,不少发展中国家在发展经济中,采用了大量使用石油的办法,不少进口石油的发展中国家与发达国家相比更依赖

进口石油。据世界银行1980年的统计，除石油输出国组织国家外，在100多个发展中国家里，有80多个是石油进口国，而进口石油占能源消费量的75%以上的就有60多个国家。表1-1列出了部分发展中国家商品能源的消费构成。

从表中可以看出，1978年全世界平均能源消费中石油占45%，而东部亚洲发展中国家的石油消费比重却占58%，有相当一部分进口石油的发展中国家，石油在能源消费构成中的比例超过80%，甚至达90%。石油价格的大幅度上涨，发达国家的经济的衰退，使世界市场对原料的需要下降，而原料输出是大多数发展中国家外汇收入的主要来源，再加上进口能源费用的增加，使不少发展中国家出现了外汇收支的不平衡，进口石油问题成了经济发展中的一个棘手问题。

对于大多数发展中国家来说，能源问题还不仅于此。因为发展中国家的大多数人口居住在农村，中国和印度的农村人口占80%，在非洲许多国家农村人口占90%以上（见表1-2）。这些人口消费的能源，绝大部分属于生活用能，每人每年的能源消费量虽然很少，但消耗的能源主要是生物质能，商品能源极为有限。例如，中国1979年农村人口平均能源消费量相当于406公斤标准煤，其中2/3以上是生物质能。而大多数发展中国家消费生物质能的比例还要高。由于长期以来薪柴和木炭作为发展中国家的主要能源，使许多地区出现了木柴消耗超过了林木生长的速度（见表1-3），形成了一个恶性循环。在燃烧作物秸秆不敷需要，树木被大量砍伐的情况下，每个农民家庭必须付出更多的时间和劳力，走出离家更远的地方去找薪柴。结果，大片地区的表层土壤失去植被防护，受到风雨的侵蚀。特别是在山区，不仅造成水土流失，河流淤塞，还将形成山洪暴发，加速了土地生产能力的

表1-1 部分发展中国家能源消费构成(%)

国 家	煤 炭	石 油	天 然 气	水力、原子能
全 世 界	32	45	20	3
发展中国家	32	58	7	3
阿 富 汗	20.2	67.6	4.3	7.9
孟 加 拉 国	10.5	50.5	37.1	1.9
緬 甸	10.4	73.9	10.9	4.8
斐 济	4.2	95.8	—	—
印 度	65.6	28.2	1.6	4.6
印度尼西亚	0.6	84.4	14.3	0.7
尼 泊 尔	6.3	80.7	—	13.0
巴 基 斯 坦	6.4	39.9	48.6	5.1
菲 律 宾	1.8	94.1	—	4.1
新 加 坡	0.2	99.8	—	—
斯里 兰 卡	0.2	90.3	—	9.5
泰 国	1.4	94.7	—	3.9
上 沃 尔 特	—	100	—	—
马 里	—	96	—	4
尼 日 尔	—	96	4	—
苏 丹	—	94	1.5	4.5
坦 桑 尼 亚	—	88	7	5
肯 尼 亚	2	85	—	13
秘 鲁	1	77	14	8
哥 伦 比 亚	21	56	16.5	6.5
伊 朗	1.6	53.5	44.1	0.8
马 来 西 亚	0.4	88.1	10.1	1.4

表1-2

部分发展中国家农村人口比例

国	家	农村人口比例(%)
上	沃尔特	91
坦	桑尼亚	88
尼	日尔	87
肯	尼亚	86
马	里	80
印	度	80
苏	丹	75
菲	律宾	64

表1-3

森林的生长量和消费量 (百万立方米)

国 家	年净增长量	年消费量	年有余或不足数量
马 里	3	4.3	-1.3
上 沃尔特	3	4.3	-1.3
尼 日 尔	2.9	3.6	-0.7
坦 桑 尼 亚	15	35	-20
苏 丹	62	39	+23
肯 尼 亚(1979)	23	24	-1
(1985)	19	30	-11
(2000)	15	43	-28

下降。由于秸秆不足，木柴稀少，人们不得不将粪草作为燃料，这就使土壤失去了植物生长所需的养料和保持丰产所必需的有机质，从而破坏了土壤的结构，改变了土壤的性质，这种情况的继续发展，必将导致农业生态危机。由农用能源危机引起的严重后果，目前还没有引起足够的重视，但它的影响将大大超过七十年代发生的石油危机。作为能源工作者，不仅对此要十分重视，并要为缓和和制止危机作出贡献。

(二) 发展中国家农村用能的特点

为了做好农村能源规划，需要分析农村用能的特点，存在问题，以及可以作为农村能源的资源。

发展中国家农村用能的一个特点是，在包括非再生能源在内的能源总消费量中，农村用能所占比例比发达国家要大得多。例如，1979年中国包括非商品能源在内的能源总消费量是8.55亿吨标准煤，其中用于农村部分为3.28亿吨标准煤，占全国总消费量的38%（见表1-4）。

表1-4 中国和印度农村用能构成和占总能耗的比例

国 名	全国总能耗(亿吨标准煤)	农村用能		其 中	
		数量(亿吨标准煤)	%	商品能源	%
中 国 (1979年)	8.55	3.28	38	1.03	2.25
印 度 (1970年)	3.80	1.64	43	0.12	1.52

印度 1970 年包括非商品能源在内的能源总消费量为 3.8 亿吨标准煤，其中用于农村的部分占 1.64 亿吨标准煤，占全国总消费量的 43%。在大多数发展中国家，这个比例还要高得多。这是因为这些国家工业、交通不甚发达，商品能源消费量相对较少和农村人口众多，在农村大量消费非商品能源的结果。

对于大多数发达国家来说，农业生产作业中的直接用能在商品能源的总消费量中的比例都不大，1972 年平均为 3.4%，一般均在 5% 以下。另外，由于这些国家的农村人口比例小，所以农村商品能源的总消费量一般不超过 10%，而且，生物质能作为燃料使用的数量极少。所以，包括农业生产和农村人口的生活用能总计，农村能源消费量也不超过全国能源总消费量的 10%。

这样，就决定了大多数发展中国家不可能在短期内，用商品能源来满足农村用能的需要。在解决农村能源问题上，一定要考虑开发利用相当数量的可再生能源。

发展中国家农村用能的另一个特点，是生活用能的比例大。表 1-5 列出了中国和印度农村能源的消费结构。可以看出，在农村用能数量中，生活用能占 80% 以上，在大多数发展中国家一般都不低于这个比例。这是因为在大多数发展中国家，农村动力还大量依靠劳动力和畜力，机械化、电气化的水平不高，农业生产作业中使用商品能源的数量有限。而在生活领域，人口众多的农村居民还在大量地直接燃烧生物质能，这种落后的能源利用方式效率很低，为获得相同的有效热量，需要多消耗几倍的一次能源。所以仅这部分生物质能，在许多发展中国家就占全国总消费的绝大部分。

在发达国家，由于农业生产的机械化、电气化水平高，

表 1-5

中国和印度农村能源消费结构

国 名	农村用能		其 中		
	数量(亿吨 标准煤)	农业生 产用能	%	农村生 活用能	%
中 国 (1979年)	3.28	0.66	20	2.62	80
印 度 (1970年)	1.64	0.24	15	1.40	85

每个农业工人在农业生产中平均消耗的商品能源几乎是发展中国家的50倍。在生活用能方面，不但农村人口比例小，使用的又都是能源利用效率较高的商品能源，所以农村生活用能一般比例不高。根据这个特点，要求我们在解决农村能源问题时，要把较多的注意力放在生活用能方面。

发展中国家农村用能的第三个特点，是生活用能中主要消费的是非商品能源，特别是生物质能，而且在相当多的国家中，消费的主要是薪柴。表 1-6 列出了1979年中国农村用能的消费构成情况。在农村生活用能中，商品能源只占14.1%，非商品能源占85.9%。在非商品能源中，薪柴几乎占一半。

几千年来，薪柴和作物秸秆一直为农村提供了大部分能源，而作物秸秆不仅作为能源，又是牲畜的饲料，加上农村人口的增加，对薪柴的需要量日益增加。目前，全世界采伐的木材，至少有一半是用作生活燃料的（见表 1-7）。对许多国家来说，特别是农村生活用能，薪柴仍是主要的燃料。

表 1-6 1979年中国农村生活用能消费构成

项 目	消费能源数量 (亿吨标准煤)	百分比(%)
农村生活用能	2.62	100
商品能源	0.37	14.1
非商品能源	2.25	85.9
其中：薪柴	1.04	为商品能源的 46.2%

表 1-7 1976年世界薪柴和木材消费量
(单位：百万立方米原木当量)

项 目	官方统计数字		估计数字		发展中国家 消 费 量	
	数量	百分比	数量	百分比	数量	百分比
薪 柴	1184	47	3050	63	2460	82
木材、纸浆	1340	53	1758	37	545	18
总 计	2524	100	4808	100	3005	100

大约占不发达国家木材总消费量的80%。现在在很大程度上依赖薪柴做饭和取暖，大约占世界总人口的40~50%。

在大多数发展中国家，人们正在过量地消耗着森林资源，林地面积迅速退缩，无数农村中薪柴的短缺和价格的昂贵，对更多的人来说，其影响比原油价格上涨更为直接。这种状况，使日益众多的村庄把饲料以外的剩余秸秆，以及大

量牲畜粪使用作燃料烧掉。这些作为燃料的秸秆和粪饼，夺取了农田极需的营养和有机质，破坏了土壤的结构和性质。据估计，在印度每年作为燃料烧掉的畜粪就有3~4亿吨（湿重），仅损失的植物营养成分相当于印度化肥使用量的1/3。

这个特点使我们认识到：这种状况的继续发展，终将导致一场农业——生态危机。而这一场由薪柴不足引起的生态危机，将会比由石油不足引起的能源危机更难解决，对人类社会发展的影响更深，时间更长。但问题的严重性尚没有引起全世界应有的重视。

（三）发展中国家农村能源及其 规划问题

要使发展中国家的30多亿人口得到足够的能源，其需求量是巨大的。这一问题的解决，不可能遵循固有的方法，只有根据能源资源的特点，各个发展中国家走自己的道路。除了石油资源丰富和人口稀少的国家之外，大多数发展中国家都要开发利用在当地可以取得的可再生能源，以及采用能提高能源利用效率的技术。

对于大多数发展中国家来说，农村用能除了一部分商品能源外，可供利用的自然能源主要有生物质能、水力、太阳能、风能和地热。

光合作用把太阳能转换成能量较为富集的生物质。它为人类提供食物，为牲畜提供饲料，并为绝大多数发展中国家的农民提供生活用能，为工业提供木材和工业原料。在研究了发展中国家农村用能的特点以后，应当对农业生产建立一种新的概念。过去传统的标准是对农业生产的衡量只局限于

粮食、棉花、油料等农产品的产量，而秸秆的产量不作为衡量的标准。如果从人类利用阳光作为一种能源的观点来看待农业，则在衡量和选择作物的品种时，过去通常不注意的因素——如生物质的含能量，将可能变得很重要。为了使农作物在生长期內尽可能地获得并贮存太阳能，要求选择光合作用系统有效程度高的品种，即不仅是粮食等农产品的高产作物，而且是总含能量高的能源作物。为了最大限度地利用阳光，要求农田在一年里有尽可能的时间被绿色植物所覆盖。所以，农业要结合解决农村用能问题，来改良作物品种和安排作物的种植。

现在不少发展中国家出现生活用能得不到满足，秸秆不够烧，还大量砍伐树木和焚烧畜粪，一个很重要的原因是能源利用不适当。作物秸秆和粪便直接燃烧，不但能量利用效率低，而且农作物生长所需的营养物被燃烧挥发。

生物资源的利用，可以有以下几种方式：

第一种方式：植物的叶、茎自然枯萎、坠落，农作物的秸秆直接还田，生物体本身腐烂，在光合作用时固定在生物体内的碳元素，由细菌的呼吸作用转化成二氧化碳回到大气，进行生物圈内的碳循环；生物体内的氮元素，通过细菌的反硝化作用，转化成氮气，或氧化氮，除了被植物所吸收的一部分之外，其余的又送回大气，进行着生物圈内的氮循环。在进行这两种反应时，都同时放出能量，这些能量用来维持微生物的生存。生物资源的这种方式，能增加土壤的有机质，使土壤疏松，提高土地的肥力，有利于农作物生长，但生物质只作为肥料使用一次，而生物在光合作用时所固定的能量并没有加以利用。

第二种方式：将植物的叶、茎和农作物的秸秆作为燃料

直接烧掉，生物体内的碳元素与空气中的氧化合成二氧化碳进入大气。同时放出热量被人们所利用；生物体内的氮和磷也和氧化合挥发到大气中。生物能资源的这种利用方式，虽然利用了生物固定的能量，并将草木灰作为肥料，使生物质使用了两次，但这种利用方式的能量利用效率很低。为人们利用的有效能量很少。肥料的有机质遭到破坏，只能补偿土壤中钾的含量。

第三种方式是：生物质作为人和牲畜的食物，通过消化作用和呼吸作用，生物体内的一部分碳元素与氧化合成二氧化碳，生物所固定的能量一部分被释放出来，以维持人类和动物的生命活动；但还有一部分没有被消化转化的有机物形成粪便排出。粪便作为肥料要经过堆沤发酵，与第一种利用方式相同，粪便中的碳元素转化成二氧化碳散入大气。同时放出能量，使堆肥温度升高；肥料中农作物所需要的氨态氮也损失很大一部分。生物资源的这种利用方式，作为食物和肥料也是使用两次，但生物在光合作用时所固定的能量只利用了一部分，还有相当一部分能量没有充分利用。

第四种利用方式：如果将生物能源资源作为人类和牲畜的食物，人和牲畜的粪便又和青草、树叶、作物秸秆等一起投入沼气池发酵，粪便和植物体内的碳元素，由微生物转化成甲烷气和二氧化碳。碳转化成二氧化碳释放能量，维持微生物的生命活动，甲烷气则是优质燃料，在燃烧时与氧化合放出热量。沼气池中的水和沉渣都可以作为肥料使用。生物资源如这样利用，作为食物，燃料和肥料就使用了三次，而且以甲烷气作为燃料，使用方便，燃烧的效率也比较高，沼气池中的水和沉渣都是优质肥料，生物体内的氮、磷、钾大部分可以还田，还能够增加土壤的腐殖质，起到改良土壤，