

森林能源学术讨论会

论文选集



1981.9.25—30 南京

森林能源学术讨论会论文选集

编辑委员会

主 编	徐纬英			
副主编	王定选	高尚武		
编 委	景 雷	孙景波	徐 进	霍应强
	周雄尊	潘志刚	孙德林	蔡之权
	张嘉宾	舒裕国		

序 言

为了迅速开发和发展森林能源，有步骤分阶段地解决我国农村燃料短缺的危机，中国林学会于1981年9月在南京召开了森林能源学术讨论会。通过会议讨论，对我国现有森林能源资源实际水平作出评价；向党和政府提出有科学依据、切实可行、经济有效、适合我国国情的开发森林能源包括解决农村燃料的途径和科学技术措施，并就如何开展森林能源的科研工作，抓哪些主要课题，提出可行性的意见。

自1973年以来，国外逐渐出现开发森林能源的新潮流，有的已经取得成效。目前，国际上的趋势，重视建立速生、短轮伐期能源人工林，以及充分利用各项木质废材，谋求解决森林资源与能源供应的矛盾。也有人研究利用“柴油树”（续随子、霍霍巴、汉咖树等）直接生产燃料油。气态、液态木质燃料利用也会逐渐扩大。

国外许多国家的政府和国际机构虽然很重视开发森林能源，但没有哪一个国家或机构认为要通过森林能源完全解决能源问题，而是认为解决百分之几、十几、几十，是可能的。同时还认为开发森林能源具有其它能源事业所不可能具备的附带好处。发达国家森林能源是以小规模分散方式对大规模集中方式能源的一种补充和辅助，而在发展中国家特别是在广大农村则是一种基本能源，不可能由煤、石油、原子能来代替。

我国农村能源主要问题是供不应求和利用不合理。据农村能源区划组统计，1979年全国煤炭、石油、水电、天然气等的产量折合

RWT/192/03

标准煤 6.3 亿吨，其中供应农村的 1.03 亿吨，只占总产量的六分之一，全国人均能耗 0.66 吨，而农村人均能耗却只有 0.13 吨。农村能源十分短缺，以致把大量生物质能源直接烧掉。作物秸秆不能还田，土壤养分和有机质得不到补充，森林植被遭到破坏带来水土流失、风沙干旱，农业生态失去平衡，给农业生产发展造成严重影响。

同时，在林区森林工业上存在着大量剩余物，不能合理利用，但又存在着能源不足的情况。

农民煮饭、取暖、煮饲料等生活用燃料，据全国沼气办公室 1980 年对 28 省（区）调查，缺柴农户占全国总农户的 47.7%，半数农户全年缺柴 3~6 个月。我国农村 80,738 万人口（1979 年农业部统计）生活用燃料主要靠生物质能源。农村五种能源资源总量，据农村能源区划组统计为 52,652 万吨（按标准煤计算）。其中作物秸秆、薪柴、牲畜粪占 72%，主要用于农村生活消费；而小水电、小煤窑占 27%，用于农业生产和部分生活消费。据典型地区调查，农村生活用燃料一项，每户每天需要 4,500 千卡有效热量，也就是说需要 26 斤秸秆或 15 斤薪柴。1979 年农村平均每户消耗有效热能只有 3,500 千卡，缺 22%，等于平均缺柴 3 个月以上。但是，由于能源资源量在各地分布不均，所以农村缺柴程度在各地亦不同。就全国来说，作物秸秆一半以上集中在华北、中原、华东和四川几个省，薪材集中在西南少数省，而小煤窑近 1 亿吨的产量一半集中在山西、河南和四川 3 省。而且作物秸秆并不是全部用作燃料，有相当数量作饲料、工业原料和肥料。

薪柴在目前或将来都是我国农村传统能源。全国 5 亿多吨农村消费能源中，薪材占 13%，农村人民生活消耗燃料中，薪材所占比例则为 17.5%。薪材所占比例越小，说明消耗秸秆和粪肥越大，这是

对农业生产很不利的一个因素。

1973~1979年全国森林资源清查：现有薪炭林0.54亿亩，用材林13.2亿亩，防护林1亿亩，疏林2.2亿亩，灌木林4亿亩，四旁植树94亿株。这样的资源量，每年究竟能提供多少薪材？所以需要研究估算确定现有资源的实际水平或潜在水平。与此同时，我们还应知道农村或小城镇薪材消耗的水平。

目前国内外的人们，对燃料的需求和开发森林能源的认识已进入一个新的时期，因为，森林是最能将太阳能转化为生物质能的场所，而且它是可再生的能源。为此，森林资源具有能源生产的巨大潜力。将来森林经营的方式，要把能源问题纳入其多种用途管理中，把传统的林产品同环境、社会方面的价值结合起来。森林能源的开发要和防护林带、水源林、水土保持林、用材林、四旁树、果树等相结合，它是整个生态系统中的一个重要的环节。开辟森林能源资源，现在新兴起来营造能源林，即速生、短轮伐期的燃料人工林，生产能源薪材。这种专用能源林要求选择能产生高热量、生长快、生物量大、耗肥少的品种，经营方式上也有其特殊要求的方式，要求在单位面积与单位时间内获得高热量的产品。

合理利用森林及其采伐加工剩余物是开辟森林能源的另一个重要方面。为了开发利用，要研究解决收集、加工、运输、贮存、燃烧方式和能量转化技术。在当前首先要研究直接燃烧技术，主要是研究改革炉灶，以提高热效率，从而节约薪材，这是森林能源中的一个战略步骤。其次，要研究木材的气化、热解、液化、水解等热化学转化和生物化学转化技术，以获得木煤气、木炭、乙醇、甲醇和合成汽油等产品，将森林及其采伐加工剩余物，转换为其它形式的能，这是开辟新能源的重要途径之一，是我国森林能源研究与开

发利用不可忽视的重要方面。

我们希望今后随着植树造林工作的开展和森林的合理经营开发利用，森林能源的开发，将进一步取得进展，我国农村生物能源短缺的局面，将逐步得到缓和。并深信，广大林业工作者和科技人员将为此作出积极的贡献。

徐 伟 英

一九八一年十一月

目 录

序 言.....	徐伟英 (1)
中国林学会副理事长朱济凡同志的讲话.....	(1)
发展薪炭林, 增加农村能源	
——参加联合国农村能源专家组会议侧记.....	潘志刚 (3)
国外森林能源利用的现状和展望.....	景 雷 (6)
东北林区森林能源调查报告.....	
.....中国林业科学研究院林产化学工业研究所森林能源调查组 (15)	
黑龙江省薪炭林的能源地位、类型区划与展望.....	张万鹏 (21)
吉林省森林能源的开发和合理利用探讨.....	刘守典 王玉山 (24)
大兴安岭地区烧柴情况的调查报告.....	宋喜滨 李修强 (30)
冀西山区农户缺柴情况及解决途径的初步探讨	
.....韩敦义 张梦周 张玉良 (34)	
我国南方森林能源利用情况的调查报告.....	景 雷 陆宝瑛 (38)
安徽森林能源现状和今后发展的意见	舒裕国 方介人 (44)
结合经济用材林发展森林能源, 保护森林资源.....	钟成发 (51)
浙东沿海地区农村能源与森林生物量的初探	冯世祥 (54)
关于云南森林能源建设方针的初步探讨	张嘉宾 (58)
广东的能源结构和薪炭林发展初探.....	霍应强 (63)
苍梧县梨埠公社经营薪炭林调查初报	
.....梁 游 陆生利 刘佑房 (69)	
植物纤维原料水解法能源转化研究进展.....	何源禄 (72)
柞树薪炭林的初步探讨	池桂清 姚国清 董兆琪 (79)

柞树的林学特性及其能源价值	孙景波 (83)
优良速生的森林能源树种—大叶相思	郑海水 黄荣聪 (89)
优良的多用途能源树种—新银合欢.....	徐燕千 霍应强 (92)
元谋县干热河谷地区速生的能源树种—赤桉	吴开远 (101)
海南岛的油楠.....	中国林业科学研究院热带林业研究所 (106)
滇中地区几个薪炭林树种的生长特性与经济效益	张茂钦等 (107)
国外植物纤维水解制酒精技术的新进展—兼谈浙江省的前景	项绪农 (112)
促进木材水解酒精的生产增加能源—对南岔水解厂工艺的几 点改进意见	张 矢 (115)
甲醇—代替石油的液体燃料.....	刘善楨 (119)
利用树皮作能源	郑志方 (122)
利用木材废料作能源.....	郭幼庭 郭凤兰 (127)
滴水法松香厂节能问题的初步调查.....	陈原勋 周国安 (132)
中国林学会“森林能源学术讨论”会纪要	(135)
附 录 中国林学会森林能源学术讨论会论文目录	(138)
编 后.....	编辑委员会 (140)

中国林学会副理事长朱济凡同志的讲话

同志们：

中国林学会森林能源学术讨论会今天召开了。森林能源是一个新的重大课题，直接关系到林业的发展和全国自然生态的平衡，关系到改善人民生存条件和保障工农业生产，关系到我国八亿农民的燃料供应，所以，是一件大事。大家千里迢迢来南京参加这次学术讨论会，是很有意义的，我代表中国林学会，向代表同志表示热烈的欢迎，并预祝大会成功。

自从石油危机以来，世界各国对能源问题日益重视，并且投入了很大的力量进行研究和开发，森林能源就应运而生。欧美许多工业发达的国家，在六十年代就兴起了这方面的研究，取得了不少成果。

大家知道，太阳能是世界上最大的取之不尽用之不竭的能量来源。地球表面每天每平方米吸收大气层外的各种波长的光能，平均达 700 卡；现在世界各国都在研究利用这些宝贵的能源。但是，根据现在人类达到的科学技术水平，比较可靠行之有效，又能立即采用广泛推广的，就是能源林。绿色植物可以进行光合作用，把太阳的光能转变为贮存在植物体内的化学能。据估计，地球上植物光合作用合成的有机物数量十分惊人，固定的总碳量每年达到一千三百九十多亿吨，其中森林占一半左右，达到六百二十多亿吨。这个数字远远超过全世界一年消耗的石油和煤的总和。即使是石油和煤，也是古代的植物所贮存的能。可见森林能源的潜力很大，它是解决我国能源问题的一个重要方面，对我国农村的能源，更是至关重要。

在光能利用上，森林比农作物的效率更高。森林的第一性生产率远远超过农作物。热带森林的第一性生产率每年每平方米平均为 2000 克，温带森林为 1300 克，北方森林为 800 克，而一般农作物每年每平方米只有 650 克。也就是说，热带森林的第一性生产率每年每公顷可达 2 万公斤，比农作物多两倍；温带森林为一万三千公斤，比农作物多一倍；北方森林为八千公斤，也比农作物多 23%。

同时，森林可以再生，可以永续经营，可以改善生态平衡，保障农业丰产稳产。所以，能源林是一种投资少经济效益显著，有巨大潜力的再生新能源，是充分利用太阳能的有效途径。能源林在林业中有非常重要的地位，世界上生产的木材总产量中，几乎有一半是作为薪炭的；在不发达国家，有的达到 70~80%。

能源林生产的薪材，可以作多种用途，譬如在国外，有用作发电的，有作为发动机、工业和农产品加工工业的能源的。在我国，主要是发展农村薪炭林，解决八亿农民的烧柴问题。据林业部造林局统计，目前我国农村，每人每年平均需要薪炭材 657 公斤，其中北方 760 公斤，南方 600 公斤，而目前每人每年平均只占有薪炭约 146 公斤，仅为总需要量的 1/5 左右。同时，由于森林分布不均，有的林区烧的是大树大材，浪费严重；而无林少林的平原，很少有薪柴，烧的是农作物秸秆，而且严重不足，价格昂贵；丘陵半山区的树木很少，群众砍灌丛、挖树根，甚至破坏新造的幼林，造成水土流失。所以，薪炭林与用材

林、防护林是相辅相成的，发展薪炭林，群众有柴烧了，用材林、防护林才能得到保护，得到发展。

我国宜林的荒山荒地很多，只要政策落实，调动群众的积极性，都可以统一规划，因地制宜地发展各种类型的薪炭林。即使在平原地区也可以在四旁营造薪炭林，或者在营造防护林、用材林时，适当密植，及时间伐薪材。在这方面，各地都有许多很好的经验，在会上报告的论文中，就有不少这样很好的典型材料。江苏的宿迁县，位于苏北平原，那里的林业搞得很好，发展很快，不少社队已经解决了群众的烧柴问题，有的还可提供农用和民用木材。苏南丘陵山区的句容县，群众有用马尾松营造薪炭林的经验，但是马尾松不能萌芽更新，群众修剪部分松树枝梢作为薪柴，让其它枝叶继续生长，修剪后树形很像鹿的角，所以叫作鹿角桩作业，同北方柳树头状作业一样，可以多次锯取薪材。

薪炭林对立地条件的要求，相对来说比较低一点，宜林的面积更多一点，但是它的产量并不低，如按疏林或灌丛估算，其第一性生产率每年每公顷为三千到六千公斤，如果经营得好，还可提高产量。

如上所说，发展能源林是一种十分重要的大事。但是，要使这件事办好，还要做大量的工作，今天我们召开讨论会，就是要对我国的森林能源的现状和前景，作出正确的估计和评价，提出发展能源林、开展森林能源研究的建议，交流研究成果。当然，我们在研究能源林的同时，还要开展薪材热能利用的研究。据云南的代表介绍：云南每年用于烧柴消耗的森林资源，大约有一千七百万立方米。这些木柴绝大多数使用的是古老的直接引火燃烧形式，其热值的利用率只有10%。譬如一公斤松、杉柴，最低热值大约为三千一百千卡，现在只利用了三百多千卡。估计全省每年损失的热值，相当于454万吨标准煤，浪费是惊人的。因此，薪材热能的利用，也是一个亟待解决的重大课题。

同志们，我们是社会主义国家，我们的党和国家是为人民谋利益的，我们的科学家是人民的科学家，八亿农民的事，就是我们大家的事，我们进行森林能源的研究，就是为八亿农民服务。这项工作的任务很重，但是，只要我们共同努力，是一定可以搞好的。目前的农村形势很好，由于贯彻了党的三中全会决议和落实了农村政策，农民的积极性充分调动起来了。如果按政策划出部分荒山荒地让社员营造薪炭林，自造、自营、自用，国家再给予必要的帮助，薪炭林是可以很快发展起来的。现在的关键是，我们要广泛宣传，建议各级领导重视和加强领导，同时要为发展薪炭林提供科技成果，给农民以技术指导。没有技术，就会影响薪炭林的发展，甚至重演“一哄而起，一哄而散”的悲剧，不仅要浪费人力物力，而且会丧失时间，挫伤群众的积极性。

我们的学术讨论会只开五天，时间短、任务重，我相信在大家的共同努力下，充分发挥学术民主、相互磋商、深入探讨，一定能把这次会议开成生动活泼的学术讨论会，提出有水平的、有创见的建议和规划，提供研究成果，为发展我国的森林能源贡献力量。

发展薪炭林，增加农村能源

——参加联合国农村能源专家组会议侧记

潘 志 刚

(中国林业科学研究院林业科学研究所)

为了给1981年在肯尼亚首都召开的联合国新能源和可再生能源会议作准备，筹备委员会农村能源特邀专家组，于1981年1月28日至30日在内罗毕召开了会议，其职责是审查有关农村地区更广泛地利用能源技术和系统的办法提出建议。参加会议的有来自世界五大洲及中国等9个国家的代表，还有联合国的一些机构派代表列席或当观察员，共约20余人。

会议讨论了农村能源的现状与前景。发展中国家的能源危机，可称之为“第二次能源危机”，因为它与“石油危机”关系密切，实际上石油危机使它更加恶化。在发展中国家，它影响到直接用薪材、农作物秸秆和牲畜粪便等的20亿人民，而农村地区95%的能耗来自这些能源。利用这些除薪材以外的有机肥料，等于变相从农民手中夺走粮食。据联合国粮农组织估计，每年在亚洲、非洲及中东要烧掉4亿吨牛粪，其“代价”约为每年减少2,000万吨粮食。

发展中国家木材的消耗远远超过林木的生长，森林复盖面积急剧减少，肯尼亚照目前速度破坏森林，到2000年森林将砍光。由于土壤营养物被烧掉，肥力不断下降，造成广泛的水土流失，沙漠化也日趋严重；水库淤积；农业生产率降低，生态平衡失调，由此造成进一步的恶性循环。仅在非洲，每年大约有200万公顷的森林被当做燃料烧掉。据粮农组织调查，1980年全世界有1亿多人口深受燃料严重短缺之苦，另外有10亿多人感到不易取得薪材，照目前趋势继续发展，到2000年缺柴人数将总共增加到31亿2千6百万人，亚洲为17亿7千万人，其中农村人口占15亿。

1978年世界上作为燃料的薪材使用量为15亿8千6百万立方米，占世界木材消耗量的59%。所有发达国家薪材使用量约1亿4千5百万立方米，占其圆材总使用量的十分之一，每人消耗量为0.13立方米；所有发展中国家薪材使用量约14亿2千1百万立方米，占其圆材总使用量的80%，每人消耗量为0.46立方米，比发达国家每人多消耗254%。薪材能源占世界能源总消耗5.4%，在发达国家平均占0.7%，而在发展中国家占20.6%(附表)。

估计发展中国家有超过15亿人口靠薪材作饭取暖，薪材非商品能源占85%，有些国家几乎全靠薪材作农村民用能源。非洲坦桑尼亚某些地区，一个农户每年要花250~300个劳力用于收集薪材，西非一些农村要花25~40%收入用于薪材，烧柴比锅中的粮食还贵。发展农村工业也需要大量薪材，如烧砖和石灰、烤烟、制茶等。如坦桑尼亚有5万3千户种3万1千公顷烟草，烤1公顷烟草需1公顷林地(稀树草原1公顷林地年生长量仅2立方米)。

附表

1978年世界薪材能源消耗量

地 区	使用薪材的居民人数 (百万)	薪材消耗总量(1) (百万立方米)	每人消耗量 (立方米)	薪材的热能当量(2) (百万千焦耳)	商业能源(3) (百万千焦耳)	薪材占总消耗量的百分率(4) (%)	附 注
全世界	4,258	1,566	0.37	14,720	256,594	5.4	(1) 包括制造木炭的薪材在内;
所有发达国家	1,147	145	0.13	1,363	205,115	0.7	(2) 1立方米相当于9.4千焦耳;
市场经济	775	54	0.07	508	145,148	0.3	(3) 1百万吨煤相当于29.3千焦耳;
中央计划经济	372	91	0.24	855	59,967	1.4	(4) 未包括某些区域其他重要的非商业性能源在内。
所有发展中国家	3,111	1,421	0.46	13,357	51,479	20.6	
非洲	415	353	0.85	3,318	2,415	57.9	
最不发达国家	138	163	1.18	1,532	255	85.7	
亚洲	2,347	796	0.34	7,478	37,558	16.6	
最不发达国家	130	34	0.26	319	180	63.9	
中央计划经济	1,010	220	0.22	2,068	24,048	7.9	
拉丁美洲							
最不发达国家	349	272	0.78	2,557	11,306	18.4	

会议上专家认为,农村可利用的能源种类较多,如一些发展中国家由于所处的纬度,自然地接受大量日光辐射能,故日光能的利用较为有利,在一些农村可用太阳灶,也可用于水泵灌溉、海水脱盐及谷物干燥等。会上还介绍了中国利用沼气的经验,受到与会代表的重视;小水电在世界上一些国家广泛采用;风能也可应用于灌溉、提水、脱盐等;一些地区还可以利用地热。

会议中大家一致认为薪材及利用农作物秸秆仍是目前及将来(到2000年)发展中国家农村的主要能源。发展中国家要因地制宜,大力发展薪炭林,同时也要注意发挥生物能源在环境保护方面的作用。要充分重视发展各种速生、短轮伐期的薪炭林,以便就地取得薪炭材。

发展薪炭林,选择薪炭林树种很重要。根据一些国家经验,要注意以下几个方面:

1. 生长快,总木质生物产量高,且容易繁殖的树种,可以短轮伐期作业。
2. 萌芽更新能力强,最好能形成矮林的,这样每次投资少,也可免去重新栽植。
3. 最好是有多种用途的树种,即除薪材外,尚能提供饲料、肥料(指绿肥)、木料和其它林副产品(如纸浆材等)。
4. 适应性强,能耐瘠薄的立地条件。
5. 最好选择豆科或非豆科能固氮、改良土壤的树种,注意发挥薪炭林树种对生态环境的保护与平衡作用。

6. 单位体积产生热值高,即能产生高热量,燃烧时不发生火花或有毒气体。一般比重大,较重的木材其热值也高。影响热值的包括木材的比重、湿度、松脂含量及其它提取物含量。

薪炭林树种可以采用乡土树种或引种外来树种。许多国家常常很成功地采用引种外来速生树种作为薪炭林树种,常见的有各种杨树、松树、桉树(特别是大叶桉、赤桉、蓝桉、柳叶桉、巨桉)等;豆科植物有大叶相思、朱缨花、铁刀木、银合欢、洋槐、紫穗槐及金合欢属一些树种;还有木麻黄、赤杨等。在树种确定后,应注意最适宜的种源、品种、家系或无性系,以便不断提高其产量。

一些国家发展能源林的经验可供我们借鉴与参考。如菲律宾主要发展银合欢,来绿化茅草地及解决部分能源。银合欢又称“速生能源树”,是一种具有多种用途的豆科树种。

它生长快，每公顷每年可生产干物质20~30吨，它可用作燃料，其燃烧力为燃烧油的70%，还可作木料、饲料、肥料及纸浆材。它很容易繁殖，可采取直播或飞机播种，也可把草烧掉，开沟播种，若头几个月精心管理，银合欢可以把杂草压倒。菲律宾有6万公顷以上的林地，现变为茅草地。菲律宾总统指定一个专门委员会来保证这些无价值的茅草地重新更新。银合欢不耐过酸（pH在5.5以上）及过分贫瘠土壤，作为饲料，尚待改进，因它含有含羞草碱，牛吃的过量要脱毛。

菲律宾政府还把银合欢的木材作发电厂的燃料，以支持农村电气化。早在1978年就营造银合欢能源林，用来发75兆瓦的蒸汽发电厂。考虑到运输距离、造林、冷却水的需要及政府可能的更新造林面积，确定了25个能源林，总面积约为32万公顷。若全部种植，能维持19个发电厂用，在经济上不仅能与用油作燃料的发电厂相竞争，而且在运转的头10年估计能节省外汇1.46亿美元。

非洲的埃塞俄比亚首都，由于引种桉树，保证了木材及薪材供应，使多次迁移的首都安定下来，变成了永久的首都。在本世纪初，它引进15种桉树，主要是蓝桉，其次是赤桉。由于过去政府的鼓励，包括免税免费分发种子，发动居民大量种植，使桉树迅速推广。从1910年只有几公顷，1964年桉树扩大到135平方公里，现正从首都沿公路外伸到27公里远。桉树生长快，一旦种植后，在40年内无需重植，每2~3年伐1次，可生产5米长8厘米粗的干材，其树叶、小枝、树皮都可作燃料用，还能起到美化作用。总之，埃塞俄比亚首都居民靠桉树生活，而无桉树城市也就不能存在。

印度尼西亚在南亚松林下及陡坡上发展朱缨花，作为薪炭林及水土保持林树种，朱缨花1年后，每年每公顷可产35~65立方米的小径薪材。朱缨花的叶子也是饲料，每公顷产7~10吨干饲料（含粗蛋白质22%）。

上面几个例子说明要解决农村烧柴，政府应积极鼓励和采取一些资助的办法，还要选择好适应性广、生长迅速、具有多种用途的薪炭林树种。

薪炭林不仅用于家用（即作饭、取暖），美国等一些国家还建立能源林，作为燃料用于发电机、火车发动机；烘干农产品、鱼、烟草及木材；制砖、烧石灰；糖加工厂；金属融化等。美国从1974年从木材取得能源比核能还多。一些国家木材和造纸厂长期用树皮废材发电及产生蒸汽。事实上瑞典能源的8%，芬兰的15%来自木材。巴西发电厂设计每月消费2.5万吨干木材为造纸厂、锯材厂及1万人的城镇提供能源。

发展薪炭林，对解决发展中国家农村能源至关重要，它对改善人民生活、增加农作物产量、保持水土、美化环境和改善生态平衡等方面均有重要意义。根据参加会议的体会，特建议如下：

一、建议国家对解决农村能源问题加强领导，制定与落实政策，协调各部门的力量，把解决农村能源纳入农村发展项目内。以“多种途径，互为补充，因地制宜，讲求实效”，抓好农村能源。对各类能源的利用，要抓好典型与示范，取得成功经验再因地制宜地逐步推广。

二、我国8亿农村人口，按林业部造林局统计，每人平均占有薪柴146公斤，如按每人年需700公斤计算，目前每年可提供的能源，约可满足1.67亿人的需要，占全部农村人口的21%，即约可以满足8亿农村人口每年2.5个月的生活燃料。目前农村主要还是靠农作物秸秆、薪炭材及一些牧畜粪作饭、取暖。建议逐步把秸秆用来制备沼气和有机肥料，因

地制宜推广省柴、省煤灶。最主要是要大力发展农村薪炭林，满足农村能源的需要及改善自然生态平衡。

三、建议林业部门加强对发展薪炭林的领导，首先对全国森林能源（包括薪炭林）进行区划，摸清资源及其潜力，并作出评价。对发展农村薪炭林，除社、队集体营造外，按政策还可以划出一部分荒山荒地，让社员自造、自管、自用。国家给予适当种苗、技术援助及经济扶持或补贴，并制定落实发展薪炭林的措施。

参 考 文 献

(1) 联合国新能源和可再生能源会议筹备委员会第三届会议（1981年3月30日至4月17日）临时议程项目2，农村能源包括能源在农业上的利用（特邀专家组的报告）。

(2) National Academy of Sciences 1980

Firewood Crops. (Shrub and Tree Species for Energy Production).

国外森林能源利用的现状和展望

景 雷

（中国林业科学研究院林产化学工业研究所）

一、导 言

目前世界上日益增长的能源消费形势，使人们担心在不远的将来，煤、石油、天然气等矿物燃料将有枯竭的危险，铀能利用的现实性也未必乐观。因此，必须把注意力转移到可再生能源的研究与开发上来。联合国为此鉴定了太阳能、地热能、风力、潮汐力、波涛力、海热变化率、生物质转化、木柴、木炭、泥炭、牲畜牵引力、油页岩、焦油砂和水力等14种能源，并且决定在1981年间举行一次“新能源和可再生能源会议”，成立了“木柴和木炭技术”等八个专家小组为大会的筹备提供资料。“木柴和木炭小组”对薪炭的资源、生产、使用、转化率、利用效率等进行了估计和评价。认为薪炭是应当给予特别重视的生物能源之一。

人类很久以来就用木材作为能源，时至今日薪炭仍占木材全部使用量的50%，成为木材的主要用途；而发展中国家采伐的木材80%左右用作燃料。在工业发达的国家中，也是在1800年以后，由于工业化的发展木材才为煤所代替，1900年以后，进入所谓“先进的工业化”阶段时，石油和天然气又逐渐取代了煤而成为主要的能源。

进入七十年代，美国对矿物燃料有不足之虑，重新注意生物质能的利用，以能源部、农业部、环保署以及国家科学基金会为主的11个政府部门和机构，参与了研究和发展计划。1978年的研究经费约为1.2亿美元，并在丹佛的太阳能研究所筹建了一个生物——化学转换研究室以便提高生物质能研究的水平。此外能源部还资助了大量的能源开发计划，其中有生物质转化成酒精，木材转化成气体、液体燃料等各方面的研究工作。

我国森林能源问题也很严重，迫切需要进行研究和开发，尤其是东北林区和西北地区

及南方各省农村的烧柴薪炭供应和森林资源、生态平衡之间存在着极其尖锐的矛盾和严重的困难，急需进行研究和解决。为此对国外现状和发展进行了解和借鉴实有必要，同时还必须结合我国不同地区，不同用途，不同情况来比较、分析，才能更好地为我国森林能源研究提供参考。

二、森林能源的燃料价值*

植物通过光合作用把太阳能转化为生物物质，90~95%的生物物质是由光合作用构成的有机物。全世界每年植物固定的能量为 3×10^{21} 焦耳，约等于全世界每年能量总耗量的10倍，其中90%来源于森林，因此，森林能源是潜力很大的可更新的能源之一。当然森林能源是通过光合作用转化的，其转化能量的效率是相当低的，仅接近2%，我们只能看成是无数很小而效率很低的能量转化器，然而它所转化的总能量是巨大的。

木材作为工业燃料的显著优点有：(1)几乎不含硫，(含硫量 $<0.1\%$)，而煤和石油则含有大量的硫，影响环保，甚至形成酸雨；(2)灰分小(灰分 $<0.5\%$)，而且可作为造林的肥料，将树木所含的无机物还归大地，从而结束循环。与煤、石油和天然气相比，木材的主要缺点是：

(1) 热值低

木 材	8,600 Btu/磅
全纤维素	7,527 Btu/磅
木 质 素	11,479 Btu/磅
煤	12,000~13,500 Btu/磅
石 油	18,000~19,000 Btu/磅
天 然 气	18,550 Btu/磅

(2) 由于含水分高而燃烧效率低。当木材含水率达67%时，木材作为燃料即毫无价值了。

木材由于平均化学组成是 $C_3H_4O_2$ ，因此它的热值低，平均是8,600 Btu/磅，其中木质素(11,479 Btu/磅)比全纤维素(7,527 Btu/磅)有较高的热值。农业废料(秸秆、枝叶等)由于木质素含量少，故热值也较低*(1)。木材进行热解产生挥发物和形成碳质。挥发物可作为木煤气使用，而碳质继续氧化作为木炭使用或者进行气化。Tillman根据此绘制了碳质含量

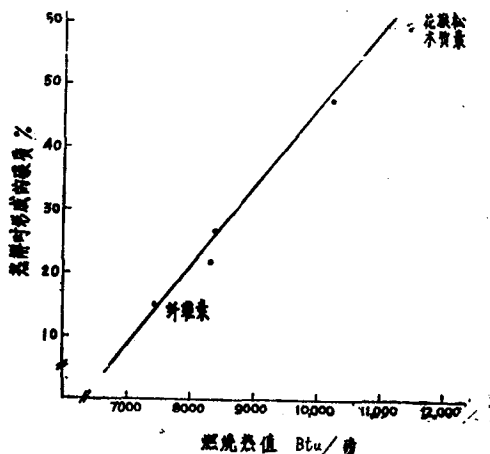


图 1

*热量换算单位：

1磅=0.45359公斤	1立方英尺=0.02832立方米
1Btu=0.25163千卡	1磅/立方英尺=0.01284公斤/立方米
1Btu/磅=0.55555千卡/公斤	1Btu/立方英尺=8.88624千卡/立方米

*(1) Tillman利用纤维素含量计算，木材热值的公式：

$$HHV = C \times 7,527 + (1 - C) \times 11,479$$

式中：HHV——较高热值Btu/磅 C——纤维素含量

与热值的相关曲线图，以便用热解分析来测定木材的热值(图1)。

煤由于氧含量低碳含量高而有较高的热值，石油则不仅含碳量高而且含氢量不少，故有更高的热值。为比较各种燃料的热值，Tillman又提出了各种燃料的碳含量以及其热含量的相关公式并绘制成(图2)*⁽²⁾。

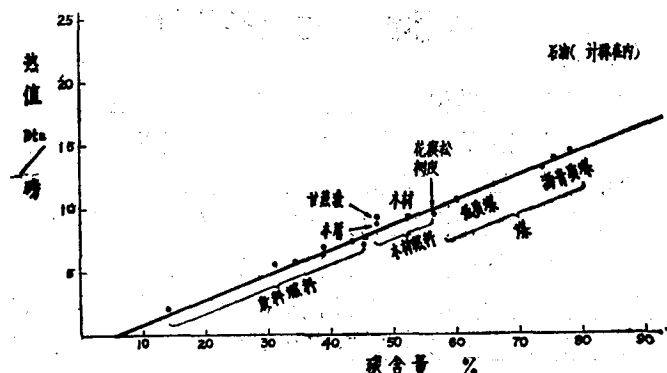


图 2

由此可见木材热含量(8,000~10,000Btu/磅)是介于煤(10,000~14,000Btu/磅)和废料(农业和城市废物)(5,000~7,000Btu/磅)之间。

在比较时，不仅要比较其热含量，而且必须进而比较其他因素，尤其是有很大影响的单位容积的热值和水份含量，才能评定是一种接近于煤的有价值的燃料，还仅仅是一种废材利用的燃料。

单位容积热值的大小会影响燃料使用的成本以及运输、贮存和处理等各项措施费用。一般情况下，木炭是15.25磅/立方英尺(198×10^3 Btu/立方英尺)，碎柴是18.0磅/立方英尺(162×10^3 Btu/立方英尺)有着很大差别，这是木材燃料使用中一个客观存在的缺点，至于废料($45.5 \times 10^3 - 5.65 \times 10^3$ Btu/立方英尺)则其价值就更低了。

水份含量对木材燃料的使用更有明显的影响。当所含水份达到67%时，则木材作为燃料即毫无价值了*⁽³⁾(图3)。

不同的品种的木质燃料在不同的具体情况和条件下，有着不同的燃料价值。因此也就

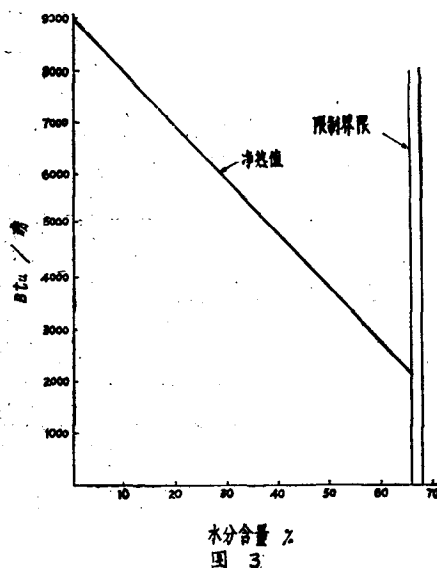


图 3

* (2) Tillman燃料的碳含量与热含量的相关公式: $Y = 188.0X - 131.5$

式中: Y——较高热值Btu/磅 X——碳含量(%)

* (3) Tillman: 净热值计算公式: $NHV = HHV - [0.0114(HHV) \times M]$

式中: NHV——净热值(有效热值) HHV——较高热值 M——水分(%)

有着不同的开发意义和实用价值。为此Blanchard不仅对水分、预处理和废热回收等可以影响木材燃料利用价值的因素进行了分析研究，而且还以总的能量平衡来考察森林资源在采、集、运中所消耗的能量与在资源中所获得的能量进行比较来研究各种采、集、运工艺的利弊，这也就是目前国外某些研究工作的实际目的。

总的说来，森林资源作为一种能源肯定是有极大的潜力的。尤其是木材（包括树皮和木炭）虽然有着某些缺点，仍然是一种很有前途的可再生能源，比其他生物质能有着显著的优点：

1. 它在世界各地都有，也可以大量存在。
2. 通过更新和建设能源林，改进经营能大大增加数量。
3. 每单位土地和每单位容积有着密集的生物质。
4. 可以结合其它采伐经营方式来供应以降低成本。

三、森林能源的资源情况

全世界森林面积约40亿公顷，其中热带郁闭林约12亿公顷，立木蓄积量为3,400亿立方米，相应的木质纤维素总量约为 2×10^{11} 吨。半数以上都在发展中国家的土地上。近年来，森林资源的年消费量近20亿立方米，用于燃料的木材约占木材总消费量的50%，其中某些发展中国家将占其木材总消费量的80~90%。据联合国粮农组织的统计，1961~65年世界各国薪炭材年平均总量为1,028,669,000立方米，1969年~78年，每年以1.4%递增，到1978年达到1,217,976,000立方米，绝大部分为发展中国家人民用于煮饭和取暖，而且有继续上升的趋势。

森林资源中可供能源使用的物料据美国的研究表明有以下几种：

(1) **无用或低值的树木**：指那些死的、腐朽的、被压的、非商品树种、间伐材以及林地和城市建设时清理所得木材等。在美国北部森林中有着大量的没有被利用的或者很少利用的树，包括50%的树、倒木、站杆和所谓“野树”*(4)，据估计美国现有此类蓄积量约 9.56×10^8 吨⁺，还有 19×10^6 吨⁺的间伐和被清理的木材。

(2) **采运废材**：指采伐时所得枝梢、桩、根、叶以及受压木等。估计美国的采伐剩余物每年超过 100×10^6 吨⁺遗留在林地上没有集运的还没有计算在内，这是森林能源潜力的所在。

(3) **加工废材**：指木材加工所产生的树皮、板皮、边条、刨花、碎木、木屑以及纸浆厂的废液等。在美国每年估计达到 102×10^6 吨，用途较多，如做木质人造板，纸和纸板以及作燃料。美国西北太平洋地区的 26.25×10^6 吨的废材和树皮中，已经利用了80%，有20%（ 2.7×10^6 吨）尚未利用，如以全美的20%（ 20×10^6 吨）计算，则尚有 3×10^{14} Btu能量可以利用。

(4) **使用过的废材**：指木质人造板和纸类产品使用后弃掉成为城市垃圾的部分，估计美国每年约有 $1.25-1.50 \times 10^8$ 吨。在典型的垃圾废料中有45%的纸料和3%左右的木料。因此，可以认为美国城市垃圾能量中有1/2是从木材衍生物得来。

* (4) “野树”指出材率达不到标准的活树以及成材没有商业价值的树。

+：系指干物质的重量。