林木生物质对温室气体减排的作用机制研究

陈媛，俞少君

（南京林业大学经济管理学院，南京210037）

摘要：为了有效控制二氧化碳等温室的吸收和排放，人们将目光从传统的化石能源转向了林木生物质能源。通过分析当前林木生物质能源的资源与技术水平现状，并结合森林固碳和林木资源的替代减排作用，从生命周期分析角度，阐明了林木生物质对二氧化碳等温室气体减排方面的重大作用，林木生物质能源可有效减少温室气体的排放。

随着化石能源的枯竭，发达国家对高效率能源利用的要求也逐步提高。根据能源部和政府间气候变化专门委员会（IPCC）的数据，当前世界所使用的可再生能源77%来自生物质能源，而林木生物质能源占生物质能源的87%[1]。所以伴随着世界经济新一轮产业革命的到来，以低碳环保为目标的林木生物质能源产业一定会在能源发展的经济格局中占据重要位置。同时，发展能够替代高污染化石能源的林木生物质能源可以提高资源利用率，加强森林生态系统的抗氧化和碳汇作用，实现二氧化碳等温室气体的减排。

1林木生物质的发展现状

1.1资源现状

与全国第七次森林资源普查相比，第八次的全国森林面积净增长了122.3亿㎡，覆盖率提高了1.27%，覆盖率提高了1.27个百分点，其中人工林面积增加了76.4亿㎡，居全球首位。目前，全球主要使用林木资源中的木质资源、木本油料和淀粉植物，而我国主要使用木质资源和木本油料。木质资源在我国含量分布广泛，加工技术较为纯熟，利用率是化石燃料的10倍，广泛应用于发电和气化。木本油料是较好的物柴油原料，虽然在我国分布面积较广但加工技术相对落后，因此在“十一五”“十二五”之后，该原料的开发利用被特别确定为未来能源发展的重点之一叫截至2016年底，以木本油料为原料的生物柴油能源示范基地已经超过8.4亿㎡，果实产量已经超过1000万t。

1.2技术水平现状

林木生物质能源可以作为生物液体燃料的原料来源，同时也可以用于生物质发电和制取生物质成型燃料。目前林木生物质能源的转换技术已较为成熟，并逐步实现产业化。一些发达国家已建立了一套综合技术系统以更好地开发利用林木生物质能源，其中热电联产技术和木煤混燃利用技术已在瑞典等国家得到了广泛应用叫目前我国对于林木生物质能源的转化利用技术已经获得了许多科技上的创新，2013年，南京林业大学、河北丰宁宏森木业有限公司等五家科研单位针对林木高含水率碎料的分选问题，共同研发出了可同时进行多辊式钻石筛选和比重力分析的清洁生产技术，大大提高了生物质燃料产品的质量和设备的使用寿命，降低了能源的耗用量。能源转化技术的不断发展和成熟，调整和优化了我国的能源结构，促进了林木生物质能源的产业化和市场化发展。

2林木生物质对二氧化碳减排的作用机制

2.1森林固碳

森林资源是林木生物质资源系统发展的物质基础[4]。森林在进行光合作用时，大量吸收二氧化碳和水分，并将其以生物质的形式留存在树木体内，这种能力和过程就是森林固碳效应[5]。由于森林被普遍视为陆地生态系统中容量巨大的碳储存库，在降低二氧化碳等温室气体浓度方面能起到十分重要的作用，因此增加森林密度和碳汇量是减缓二氧化碳含量快速上升的较好方法之一[6]。

根据植物光合作用方程式：

太阳能（28.3kj）+CO_2（264g）+H_2O（108g）→葡萄糖（180g）+O_2（192g）→（162g）

可知，每生产162g干物质（多糖）就需要吸收约264g二氧化碳叫换句话说，在光合作用的条件下，二氧化碳通过吸收碳而成为木材的主要成分，同时氧被大量还原出来成为空气的主要组成部分。

国内外学者对森林固碳能力的估测方法做了大量研究，主要可以分为3类：样地清查法、模型模拟法和遥感估测法[

8]。样地清查法主要根据样地生物量的观测数据推算碳储量，种类较多，是最传统的估算方法，包括生物量法、蓄积量平衡估算法和植物碳储量估算法。模型模拟估算法主要建立在数学模型上，适用于理想土地利用条件下森林生态系统生产力和碳储量的评估模型，包括生产力碳储量平衡估算模型、生物森林生理科学模型、生物森林地理科学模型和森林生物地球化学模型。遥感估测法主要是将通过遥感技术获得的植被参数与实测数据相结合，进行较大型森林生态系统碳储量的动态估算，并分析其空间变化的意义。此外应用较多的固碳估算方法还有涡旋相关法、箱式法[9]。

森林生态系统中地上部分的固碳主要是靠森林植被完成的，不同林分的固碳能力也有区别。2011年，马炜等人对黑龙江长白落叶松人工林的固碳释氧效益进行了估算，结果表明不同林龄长白落叶松人工林的碳储存能力大小依次为：未成林＜幼龄林＜成熟林＜近熟林＜中龄林[10]。2019年，满秀玲等人研究了大兴安岭地区白桦林的固碳能力，结果发现：其乔木层和土壤层碳含量与林龄正相关，凋落物层碳含量与林龄负相关，而灌木层和草本层碳含量随林龄的增加先降后升[11]。

2.2林木生物质能源的替代减排

与化石燃料相比，林木生物质能源是可再生的，污染小，燃烧时释放的温室气体量普遍小于化石燃料[12]。全球一次能源的生产和消费结构目前以煤炭等化石燃料为主，根据2013年BP公司的统计数据：中国煤炭的消费占一次能源消费的67.5%，这使得中国成为世界上主要的碳排放国家之一。在世界性的气候变化会议上，针对全球气候变化问题，中国均以大国的身份承担温室气体减排的责任。如果长期依赖不可再生且污染性较高的化石燃料，全球终将面临严重的气候变化的问题和能源危机。生物质能源作为世界上的第四大能源，是替代化石燃料的良好选择。

林木生物质能源不同于传统的化石能源，主要通过热化学、物理、生化等方法，将储存在树木和土壤中的化学能转换成其他能量并投入应用，这样可以有效减少二氧化碳等温室气体的排放[13]。对于林木生物质能源替代化石能源潜力的估算，多数学者是采用林木生物质与标煤的替代比例估算替代量。2009年，李顺龙等人根据第六次全国森林资源清查计算得出，我国每年可获得的林木生物质能源中，超过3亿t的林木生物质可作为能源，可替代2亿t标煤，进而减少二氧化碳的排放量高达4.26亿t[4]。

表1　不同能源系统的生物碳源和化石碳源分析

碳源	能源系统：林木生物质能源	能源系统：化石能源
生物碳源	作为能源利用释放碳	林木生物质不被利用，留在森林中自然腐败释放碳
化石碳源	作为树木砍伐工具、运输工具、生产生物质燃料工具的能源燃料利用释放碳	作为能源利用释放碳

2.3生命周期评价

生命周期评价（LCA）是评价某种产品、工艺过程或活动，从原材料采集到产品的生产、运输、销售、使用、最终处理和回收循环利用整个生命周期系统有关的环境负荷的过程[15]。

Carly whittaker等人运用生命周期评价分析了将英国森林砍伐剩余物作为生物质能源利用时对化石能源的需求和温室气体排放的情况，主要集中于将砍伐剩余物从森林运出并作切碎处理运送这一生命过程，结果表明用林木剩余物以碎片形式生产1t林木生物质，可以替代0.5t的煤炭和0.3t的天然气，且分别可减少96%和94%的温室气体排放。

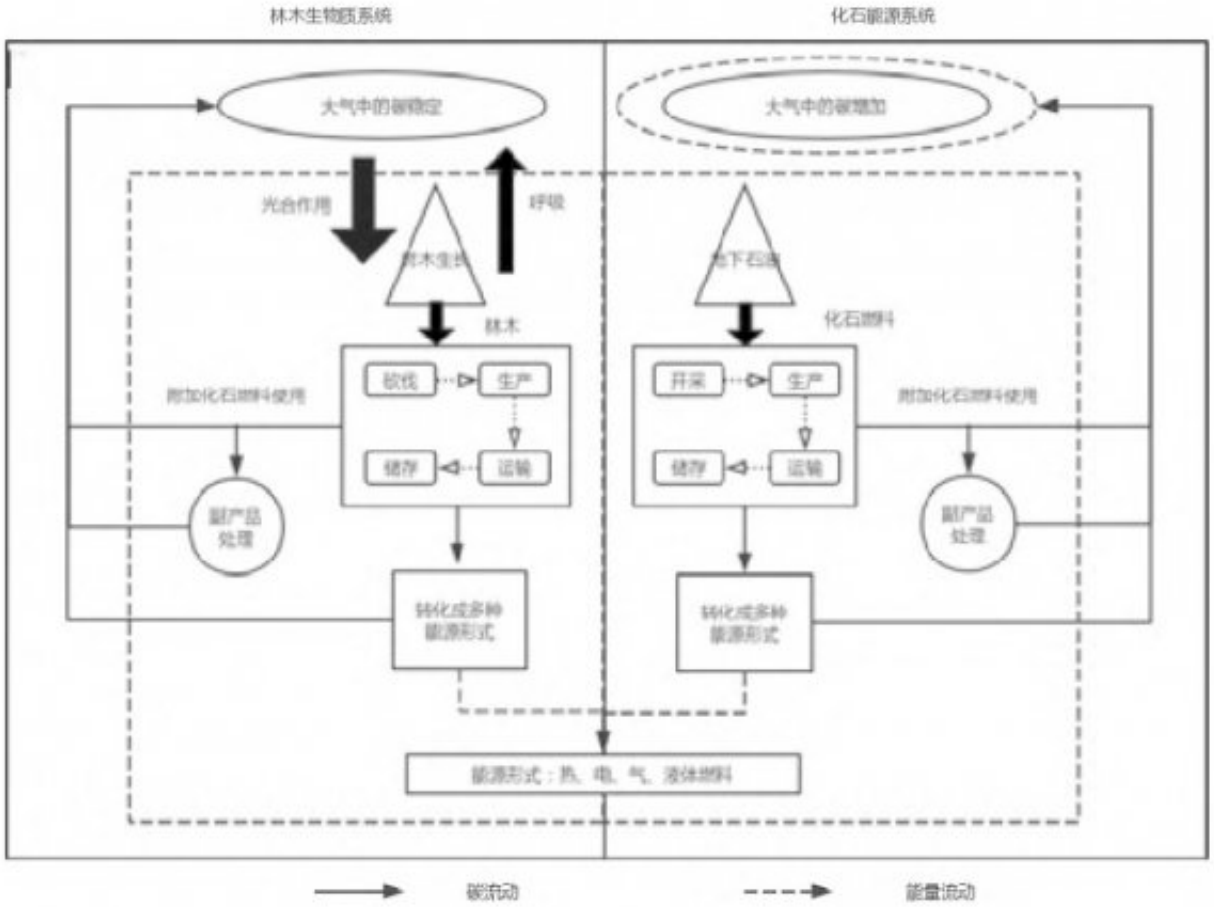

图1　生物质能源系统与化石能源系统生命周期分析比较[16]

注：本图参考 Energy－ and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations 图1

2.4林木生物质能源的碳流动

农林生物质能源可以部分地通过固碳来减少二氧化碳的排放，在固碳和生产生物质燃料方面具有很大的潜力。

林木生物质作为能源进行碳元素输入输出的过程，在循环角度来看，其利用能够实现零排放。

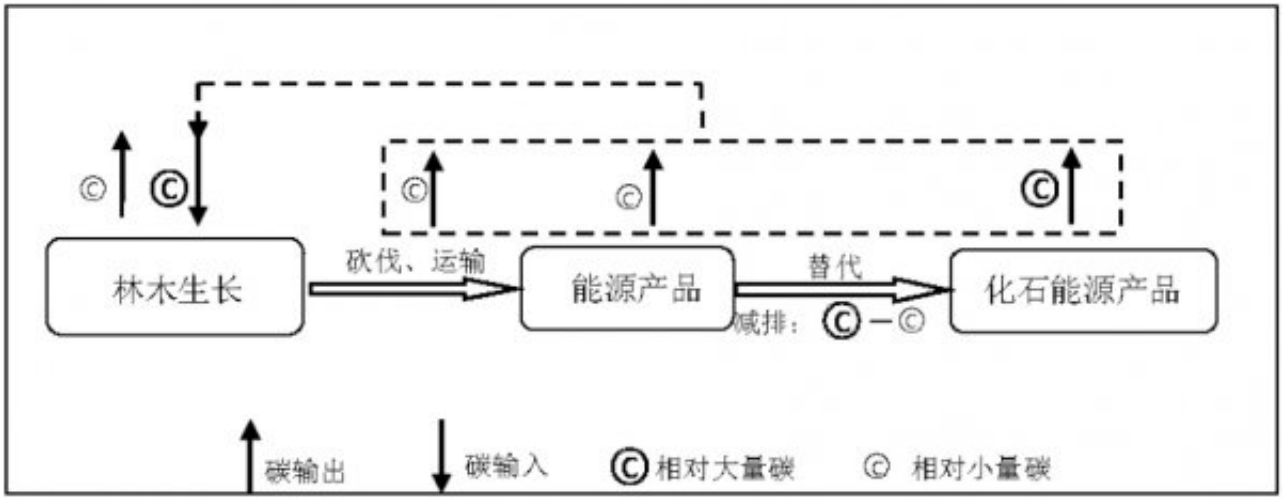

图2　林木生物质固碳及替代化石燃料的碳流动简示图

3结论

森林系统具有固碳的作用，是吸收并减少空气中二氧化碳的主要途径，在固碳量以及固碳价值评估方面，国内外众多学者进行了探究，通过有效的森林管理实现森林资源的可持续利用，实现其经济和环境的外部性。同时，世界面临着化石燃料枯竭的威胁，林木生物质能源的替代性具有较大优势。此外，林木生物质能源可以作为原材料用于发电或制取乙醇等多种液体燃料，同时可以制成生物质成型燃料。而从生命周期分析角度来看，与化石能源相比，利用生物质能源可有效减少二氧化碳等温室气体的排放，对实现全球二氧化碳减排的目标做出了重大贡献。且从长期循环角度来看，其二氧化碳的排放是零。

介于林木生物质对二氧化碳等温室气体减排的有效性，我国应加强对林木生物质能源的重视程度[17]。一方面，相关部门应该加大对林木生物质的宣传，鼓励更多更好地培育林木生物质资源。另一方面，学校和研究机构应该重视林木生物质能源利用的技术革新，提高利用率。此外，政府可以完善相关法律法规，加快发展清洁能源，以实现可持续发展的目标[18-19]。

参考文献：

[1]林业生物质能源迎机遇 共生共赢谋发展[J]. 生物质化学工程.2012(2)：61-62.

[2]黄晓霖,彭晓娟.林木生物质能源发展现状与对策[J]. 乡村科技,2017(26):85-86.

[3]李景军.林业生物质能源及其开发利用的探索[J].黑龙江科技信息,2015(35):282.

[4]谢海涛,张智光.林业绿色供应链协作动因研究: 基于“经济-资源-生态”分析框架[J].林业经济,2018,40(12):42-46.

[5]王效科. 影响森林固碳的因素[N]. 中国科学报,2019-11-12(7).

[6]冯源,肖文发,朱建华,等.造林对区域森林生态系统碳储量和固碳速率的影响[J]. 生态与农村环境学报,2020, 36(3): 287-290.

[7]王冬至,张秋良,张冬燕.大青山乔木林碳汇效益计量[J].山东农业大学学报(自然科学版),2010,41(4):522-526.

[8]宋娅丽,周芳露,吕欣莲,等.森林植被碳储量研究方法及影响因素研究进展[J].绿色科技,2019(18):5-10.

[9]潘瑞,沈月琴,杨虹,等.中国森林碳汇需求研究[J].林业经济问题,2020,40(1)：14-20.

[10]马炜，孙玉军，王秀云，等.长白落叶松人工林固碳释氧效益评估方法[J].东北林业大学学报.2011，(1)：58-61.

[11]魏红，满秀玲.中国寒温带不同林龄白桦林碳储量及分配特征[J].植物生态学报，2019,43(10)：843-852.

[12]张宝权.浅析生物质能源的开发利用及其意义[J].农民致富之友,2018(24):237.

[13]余智涵,苏世伟.生物质能源产业发展研究动态与展望[J].中国林业经济，2019(3)：5-7.

[14]李顺龙,王耀华,宋维明.发展林木生物质能源对二氧化碳减排的作用[J].东北林业大学学报,2009,37(4):83-85.

[15]黄水平,王枫,邱国玉.生命周期法研究低碳能源发电碳减排潜力[J].生态经济，2012(10)：121-124.

[16]Francesco Cherubini, Neil D. Bird, Annette Cowie, Gerfried Jungmeier, Bernhard Schlamadinger, Susanne Woess-Gallasch. Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations[J]. Resources, Conservation & Recycling,2009,53(8).

[17]杨加猛，叶佳蓉.本质生物碳化能力统计方法应用研究：江苏案例[J].中国林业经济，2018(6):99-103.

[18]耿爱欣，潘文琦，杨红强.中国林木生物质能源替代煤炭的减排效益评估[J].资源科学2020，42(3)：536-547.

[19]赵思语，耿利敏.中国与瑞典生物质能源产业政策对比分析[J]世界林业研究，2020,33(2)：90-94.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/189184.html