

中国木质林产品碳储量及其减排潜力

白彦锋, 姜春前*, 张守攻

(中国林业科学研究院 林业研究所 北京 100091)

摘要: 伐后木质林产品作为森林生态系统碳循环的一个组成部分, 对森林生态系统和大气之间的碳平衡起着至关重要的作用。为准确合理估算木质林产品碳储量和我国参加气候变化谈判提供依据, 在达喀尔会议上确立的 3 种估算方法框架下, 即: 储量变化法、生产法和大气流动法, 利用寿命分析法和逐步递归法以及国内参数计算我国木质林产品的碳储量, 且对生产法的应用提出了一种新假设思路, 并分析我国木质林产品在替代建筑材料方面的减排潜力, 结果显示: ①分别利用储量变化法、生产法和大气流动法估算我国 1961~2004 年木质林产品的碳储量变化, 证明我国的木质林产品是一个碳库, 并且这个碳库的碳储量不断在增长; ②3 种方法估算 1961~2004 年木质林产品碳储量的年平均增长量分别是 $11.73\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$ ($\text{Mt} = 10^6\text{t}$)、 $9.31\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$ 和 $7.90\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$; ③木质林产品在建筑材料领域的替代作用以及延长其使用寿命使其减排潜力增大; ④从碳储量计量和估算的难易程度来看, 储量变化法的应用可能对我国较为有利; ⑤针对生产法假设的实践应用, 还需要进一步的研究。

关键词: 木质林产品; 碳储量变化; 储量变化法; 生产法; 大气流动法; 减排潜力

文章编号: 1000-0933(2009)01-0399-07 中图分类号: Q147, S718.55 文献标识码: A

Carbon stock and potential of emission reduction of harvested wood products in China

BAI Yan-Feng, JIANG Chun-Qian*, ZHANG Shou-Gong

Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 0399~0405.

Abstract: Harvested wood products (HWP), as one of the components of carbon cycle of forest ecosystem, plays an important role in the carbon balance between forest ecosystem and atmosphere. The carbon stock of HWP is also a part of greenhouse gases (GHG) inventory. Carbon stock of HWP in China was estimated by lifetime analysis method and step regression method based on Stock-change approach, Production approach and Atmospheric-flow approach which were established during Dakar Session in 1998 and a new hypothesis on application of Production approach was proposed. The results showed that the HWP was a carbon reservoir in China, and the carbon stock of HWP was increasing during 1961—2004. For the period of 1961—2004, the estimations were different by Stock-change approach, Production approach and Atmospheric-flow approach, the average increased amount of carbon stock-change in HWP were $11.73\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$, $9.31\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$, and $7.90\text{Mt}\cdot\text{a}^{-1}$, respectively. The potential of emission reductions of HWP would increase through its substituting function in architecture area and its used life prolonging. Stock-change approach would be favorable to China based on the actual situations for estimate the carbon stock of HWP. Because of the difficulty and complexity in practice, further research should be done for the application of production approach.

Key Words: harvested wood products (HWP); stock change; stock-change approach; production approach; atmospheric-flow approach; potential of emission reductions

基金项目: 国家发展改革委员会提供资助(2006/SBSTA23/5(a)); 国家林业公益性行业专项基金资助项目(200804004)

收稿日期: 2008-04-01; 修订日期: 2008-10-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiangchq@caf.ac.cn

采伐后木质林产品(harvested wood products, HWP)译为伐木制品,又简称木质林产品。《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)技术报告中定义的木质林产品范围^[1,2]和联合国粮农组织(FAO)定义的林产品范围基本一致^[3],都将木制品、纸制品和竹藤类产品纳入到木质林产品中,但是考虑到林木和竹藤类资源在全球的分布不均匀的情形,尤其是竹藤类产品的分布尤为突出,再考虑未来气候变化谈判该议题的谈判趋势,将木质林产品的定义分为广义和狭义之分较为合适。狭义木质林产品包括木制品和纸制品;广义定义与前面所提的定义范围相同,将竹藤类产品纳入到木质林产品的范畴。本文研究的木质林产品定义仅是指狭义的定义,这样可以与我国的传统称呼基本保持一致。

森林采伐和木质林产品使用对一个国家碳平衡非常重要,它是缔约国呈交温室气体清单的一个重要组成部分^[7,8],因此木质林产品碳流动已经成为一个迫切需要研究的问题。目前已有研究证明每年全球木质林产品的碳储量一直在增长,即使碳储量增加不明显,该库的增长潜力也相当大^[4]。气候变化专门委员会(IPCC)第2次评估报告估计每年全球木质林产品碳储量增加26Mt^[5]。目前国内外一些学者对木质林产品的碳储量进行了估算,但主要是在缺省参数条件下应用储量变化法和大气流动法计量^[6,8,10,13],由于生产法存在的技术难题,所以应用比较少见。Pingoud 利用 FAO 统计数据估计全球木质林产品每年的碳储量增长40Mt^[6];1998年达喀尔会议报告指出全球木质林产品碳库每年约增长140Mt·a⁻¹,产品碳吸收相当于全球化石燃料碳排放的2%^[7];Winjum 等^[8]利用大气流动法和储量变化法估算1990年全球森林采伐和木质林产品使用的碳排放量是980Mt。林俊成利用储量变化法和大气流动法对台湾地区的木质林产品碳储量进行了估算^[13],阮宇等假设产品的分解率符合指数变化,并利用 IPCC 缺省值估算了我国木质林产品的碳储量^[9],但是利用 IPCC 缺省值估算我国木质林产品的碳储量有可能给估算结果带来潜在的不确定性。

另外,木质林产品可以将碳保存较长的时间,尤其是废旧产品垃圾填埋,甚至长期储存;同时由于木质林产品的环保特性使其在一些领域可以替代化石燃料和钢、铁或水泥等能源密集型产品^[4,10]。利用木质林产品的碳储量增加可以抵消部分温室气体排放,并且是减少温室气体排放的一种具有潜力的方法,IPCC 特别报告对此也予以肯定^[11]。因此,木质林产品碳储量对于评价温室气体的减排潜力和提交国家温室气体排放清单有着重要的意义^[12]。

本文是利用达喀尔会议的估算框架和国内研究参数估算我国木质林产品碳储量及其减排潜力,尤其是针对生产法应用的困难,提出了一种新估算思路,研究结果为我国参加气候变化谈判和制定相关的方针政策提供依据,同时促进木质林产品议题谈判。

1 数据来源和估算方法

1.1 数据来源

本研究所使用的原木和木质林产品的生产、消费和贸易数据均来自 FAO 官方林产品数据库统计^①。木质林产品的分类采用 FAO 的分类,这与国际上分类方法一致(图1)。基本密度、含碳率和树皮比例收集前人的研究结果,使用寿命数据的调查方法参考林俊成对木质林产品使用寿命的调查^②,然后将调查的结果咨询专家意见进行最后确定。

1.2 估算方法

依照气候变化专门委员会1996年提出的 IPCC 缺省法和1998年达喀尔会议上确立的用于估算木质林产品碳储量的概念型估算方法(conceptual approach):储量变化法(SC)、生产法(PA)和大气流动法(AF),使用寿命分析法(lifetime analysis method)和逐步递归法(step regression method)估算我国木质林产品的碳储量及其变化^[1,7]。假设产品的分解率随时间变化而恒定^[14],估算过程中没有考虑回收和垃圾填埋的情况。计算的数学式如下:

① <http://faostat.fao.org/site/512/default.aspx>. 更新至2006-2-7

② 林俊成. 台湾地区木材供需及碳流动与贮存之研究. 博士论文. 国立台湾大学, 2002年, 共192页.

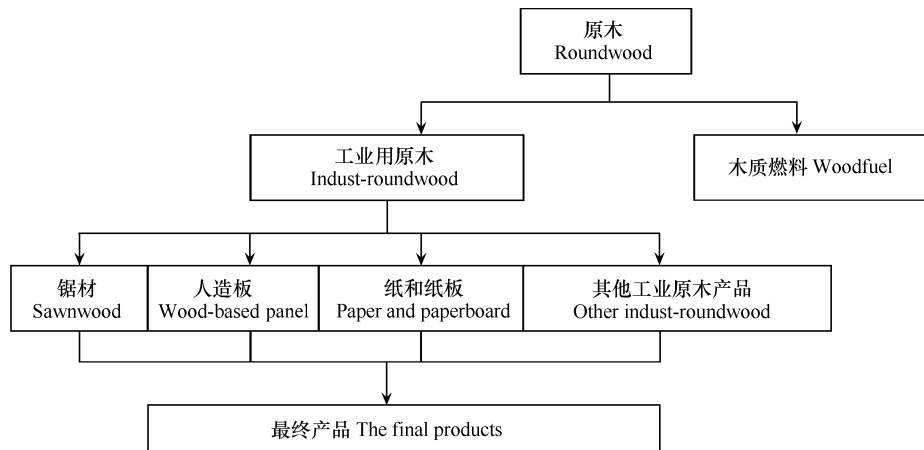


图1 木质林产品分类

Fig.1 Categories of HWP

(1) IPCC 缺省法 木质林产品碳储量不发生变化, 即: $\Delta LC_i = 0$ 。IPCC 缺省法是最简单的计量方法体系^[13]。

(2) 储量变化法 $\Delta LC_i = H + IM - EX - E_{use}$

(3) 生产法 $\Delta LC_i = H - (E_{DOM} + E_{EX-DOM})$

(4) 大气流动法 $\Delta LC_i = H - E_{use}$

(5) 碳排放的计算 $E_{use} = E_{inherit} + E_{current}$

式中, ΔLC_i 为第 i 年碳储量变化量; H 为原木生产的含碳量; IM 为进口木材和产品含碳量; EX 为出口木材和产品含碳量; E_{use} 为国内使用产品的碳排放量; E_{DOM} 为由国内采伐的木材所加工的产品并在国内使用的碳排放量; E_{EX-DOM} 为由国内采伐的木材并出口到国外所生产的木质林产品在海外使用产生的碳排放量; $E_{inherit}$ 为历史碳排放量; $E_{current}$ 为当年生产的木质林产品的碳排放量。

由于缺乏出口到国外产品使用情况的资料, 并且很难准确追踪出口到国外产品的使用情况, 因此, 目前生产法估算碳储量的研究还不多见^[14], 主要基于两种假设: 一是出口到国外的产品的使用情况与国内类似; 二是产品中由国内采伐的木材加工的产品数量/产品的产量 = 国内木材的生产量/国内木材消费量。其中各转化因子见表 1。

表 1 木质林产品的基本密度, 使用寿命, 含碳率, 树皮比例

Table 1 Basic density, lifetime, carbon fraction and bark fraction of different wood commodities

木材/木质林产品 Wood/wood products	基本密度 Basic density ($t \cdot m^{-3}$) ^[15-17]	使用寿命 Lifetime (a)	含碳率 Carbon fraction	树皮比例 Bark fraction ^[18-22]
工业原木 Industrial roundwood	0.485	—	0.50	0.1
薪材 Woodfuel	0.485	1	0.50	0.1
锯材 Sawnwood	0.485	60	0.50	—
人造板 Wood-based panel	0.570	40	0.50	—
其他工业原木 Other industrial roundwood	0.485	20	0.50	0.1
纸和纸板 Paper and paperboard	0.9*	10	0.50	—

* 1t 风干纸张具有 0.9t 烘干纸 One tonne of paper air dry are assumed to have 0.9 tonne of paper oven dry

2 结果与分析

利用储量变化法、生产法和大气流动法的概念框架估算我国 1961 ~ 2004 年的木质林产品的碳储量如图 2 所示, 结果显示 3 种方法估算的碳储量总体趋势均在增加 (如图 2), 3 种方法估算 2004 年我国木质林产品的碳储量分别是 532.38、443.79MtC 和 393.56MtC。从图 2 可以看出, 储量变化法估算的 1961 ~ 2004 年碳储

量结果是3种估算方法中最高的;其次是生产法估算的结果,大气流动法估算同期我国木质林产品的碳储量最低,这主要是由于3种方法对进出口的木材和产品处理不同的缘故,储量变化法认为进口木质林产品会增加进口国家的碳储量,故进口国该法估算的碳储量会比生产法和大气流动法估算的碳储量结果要高。

从碳储量年平均增长量来看,我国木质林产品碳储量变化可以分3个阶段,图3a表示在每一阶段不同方法之间的碳储量年平均增长量比较,图3b揭示了同一方法之间不同阶段的碳储量变化规律。3种方法分别估算1961~1974年的结果差别不是很大,但是从1975年以后,开始逐渐产生变化,这种现象尤其是在1990年以后表现的最为明显。这是由于我国的原木进口量和产品的消费量从1975年开始发生变化,除锯材外的各类木质林产品消费量和原木进口量开始增长,尤其是90年代以来,纸和纸板以及人造板的消费量和贸易量高速增长,到1999年我国取消了原木和锯材的进口关税,同时下调其他木制品的进口关税,促进了我国木质林产品进口贸易的迅速发展。储量变化法、生产法和大气流动法估算1961~2004年木质林产品碳储量的年平均增长量分别为:11.73,9.31,7.90MtC·a⁻¹。由碳储量的年平均增长量也可看出3种方法估算的碳储量之间差异。

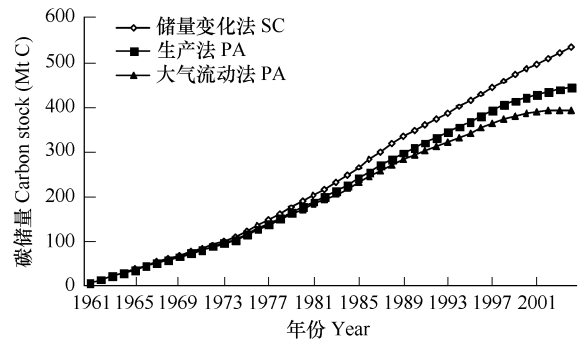


图2 1961~2004年木质林产品碳储量

Fig. 2 The carbon stock of HWP in China; 1961~2004

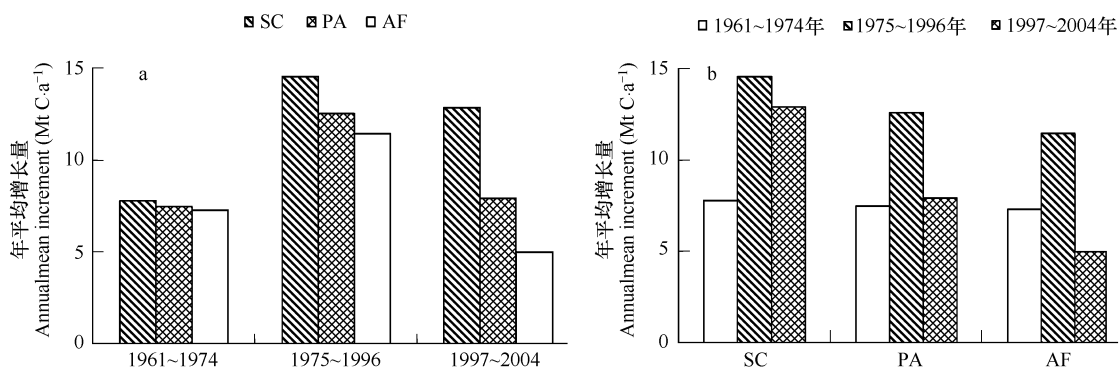


图3 碳储量的年平均增长量比较

Fig. 3 The comparison of annual mean increment in C stock

3 木质林产品的替代减排潜力

3.1 替代减排潜力

据国外能源方面统计^[23],在用到钢结构的地方用木结构来代替,则可以使国家的能耗从300减为100,若用木结构去替代钢筋混凝土结构,则能耗将从800降为100。由于木材的可再生性和环保特性,木材和木质林产品在今后替代能源密集型产品方面有巨大的减排潜力。

据日本研究^[24],建造一栋136m²的建筑时,钢筋混凝土构造的住宅和钢筋预制板住宅的主要材料制造时的CO₂平均排放量分别是木结构住宅的二氧化碳排放量4.24倍和2.87倍,其中木构造建筑的CO₂排放量约为138.5kg·m⁻²,若以木结构建筑取代钢筋混凝土与钢筋预制板建筑,可以削减CO₂排放量分别是449kg·m⁻²和258kg·m⁻²。每单位建筑面积的木建筑、钢筋混凝土和钢筋预制板建筑碳储量分别为44.1、11.8kg·m⁻²和11.0kg·m⁻²。可见,木结构建筑在CO₂减排和碳储存方面的显著效果。根据国家统计局的统计,我国1994年房屋建筑施工面积是78032.2万m²,竣工面积32383.3万m²,若按房屋建筑施工面积计算,以木结构替代钢筋混凝土和钢筋预制板建筑,则可以减少二氧化碳排放量分别为350Mt和201Mt;若按房屋建筑

竣工面积计算,则可以减少二氧化碳排放量分别是 145Mt 和 84Mt。根据我国气候变化信息通报(2004 年),1994 年我国温室气体净排放约为 2669.3Mt 二氧化碳当量,按施工面积计算的木结构替代钢筋混凝土和钢筋预制板结构所减少的 CO₂排放量分别占 1994 年净排放的 13.11% 和 7.53%;以竣工面积计算替代作用减少的 CO₂排放量占 1994 年净排放量的比例分别是 5.43% 和 3.15%。假如竣工的房屋全为木结构建筑,则房屋建筑碳储量约为 14.2Mt;若全为钢筋混凝土建筑,则碳储量约为 3.8Mt;全为钢筋预制板建筑,则碳储量约为 3.6Mt。

到 2004 年我国房屋建筑施工面积是 291938.5 万 m²,竣工面积是 128162.6 万 m²,若分别按房屋建筑施工面积和竣工面积计算,以木结构替代钢筋混凝土和钢筋预制板建筑,则可以减少二氧化碳排放量见图 4 所示。假设竣工房屋是木结构、钢筋混凝土结构和钢筋预制板结构的建筑,则碳储量如下面右图所示。从图 4 可以看出木材的减排潜力。

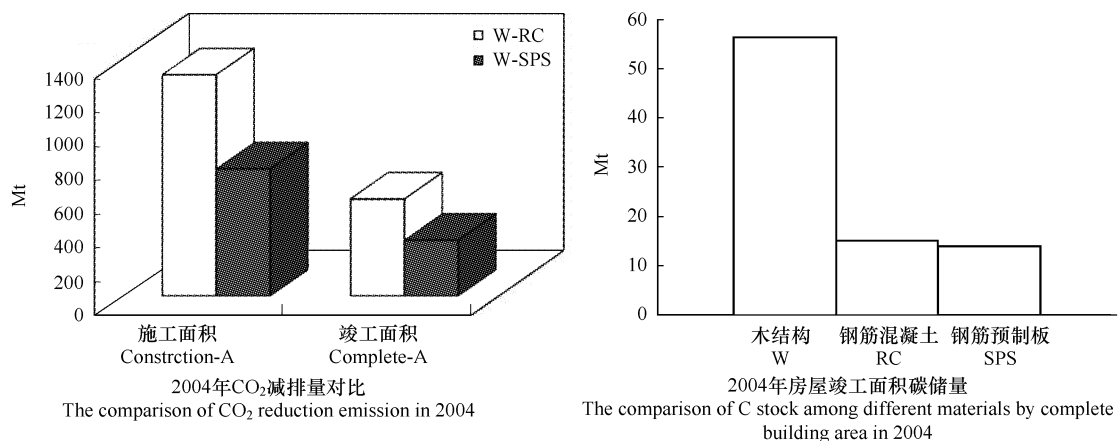


图4 木质林产品在建筑业的减排潜力

Fig.4 The potential of emission reduction of HWP in construction industry

A: 面积; W: 木结构; RC: 钢筋混凝土 reinforced concrete; SPS: 钢筋预制板 steel precast slab; W-RC: 木材替代钢筋混凝土; W-SPS: 木材替代钢筋预制板

3.2 延长使用寿命的减排潜力

延长木质林产品的使用寿命也可以减少碳排放。根据 2005 年国务院办公厅公布《关于加快推进木材节约和代用工作的意见》的通知,目前我国木材防腐比例还不到商品材产量的 1%, 远低于世界平均水平的 15%, 到 2010 年我国木材的防腐比例要达到商品材产量的 5%。这意味着在现有的水平上,我国每年需要增加防腐处理的木材约为 400 万 m³, 经过防腐处理的木材平均使用寿命延长 3~5 倍。我国台湾的林俊成和葡萄牙的 Dias 等人研究木质林产品碳储量的敏感度分析认为产品的使用寿命是敏感度较大的因子^[10,13]。根据使用寿命对我国碳排放的敏感度分析表明:产品使用寿命延长 10%, 将使我国木质林产品碳排放减少约 0.81%~0.9%。因此我国的木材工业具有很大的减排潜力。

4 结论和讨论

4.1 我国木质林产品是一个碳库,并且这个碳库的碳储量还在不断的增加。利用储量变化法、生产法和大气流动法估算的我国 1990 年木质林产品的碳储量分别是 347.11、309.52MtC 和 292.59MtC;2004 年木质林产品的碳储量分别为 532.38、443.79MtC 和 393.56MtC。根据方精云等人估算我国 1998 年的森林生物量碳储量结果^[25],3 种方法估算结果分别占我国森林生物量碳储量的比例为 8.95%、8.51% 和 5.81%。由于回收和垃圾填埋使碳在产品中保留的时间延长,会提高产品的碳储量^[26],但是文中没有考虑回收和垃圾填埋的影响,可能会使碳储量的结果低估。估算时所涉及转化因子不同,对碳储量估算结果也可能造成影响,比如纸张中的含碳率由于纸张中以木质素和纤维素为主,文中采用的缺省含碳率可能偏高,Dias 等人^[27]在估算葡萄牙

HWP 碳储量中纸张和纸板的含碳率采用葡萄牙林产品工业提供的 0.34。同时,我国竹藤类资源比较丰富,且产品种类多样,若考虑木质林产品的狭义的范围也会造成我国木质林产品碳储量的估算偏低。

4.2 3 种方法估算的我国木质林产品碳储量年平均增长量不同。储量变化法、生产法和大气流动法估算的我国 1961 ~ 2004 年的木质林产品碳储量的年平均增长量分别为 11.73、9.31 $\text{MtC} \cdot \text{a}^{-1}$ 和 7.90 $\text{MtC} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

4.3 我国木质林产品在建筑用材的替代方面潜力巨大,并且延长木质林产品的使用寿命也可以减少碳排放^[6-10]。建筑材料和钢铁工业是我国高耗能工业部门,并且鉴于我国在木材防腐方面与国外发达国家之间的差距,未来我国在木材节约代用方面的发展前景也是广阔的,以此来增加我国木质林产品的碳储量。

4.4 从碳储量的结果来考虑,储量变化法的估算结果明显要高于生产法和大气流动法碳储量估算结果,Winjum 和 Dias 等人^[1,8,10]认为储量变化法对木材进口国是有利的,而大气流动法对木材出口量较大的国家有利,我国目前是全球最大的木材产品进口国之一,同时考虑数据收集的难度和成本,生产法的应用需要追踪产品的流动,因此综合这些方面储量变化法的应用可能对我国较为有利。

4.5 考虑到生产法在实际追踪产品的使用情况时存在技术难题,为简化方法的复杂性和降低方法应用难度,并且考虑我国林产品贸易特点,对生产法估算木质林产品碳储量及其变化的进行假设,因此生产法的应用还需要在以后的研究中进一步进行验证并分析其估算结果的潜在不确定性。

References:

- [1] United nations. United nations framework convention on climate change. Estimating, reporting and accounting of harvested wood products. Technical paper. FCCC/TP/2003/7. 2003, <http://unfccc.int/resource/docs/tp/tp0307.pdf>.
- [2] United nations. United nations framework convention on climate change. Report on the workshop on harvested wood products. Note by the secretariat. FCCC/SBSTA/2004/INF.11 2004, <http://unfccc.int/resource/docs/2004/sbsta/inf11.pdf>.
- [3] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Classification and definitions of forest products. Rome, 1982: 27—36.
- [4] Green C, Avitabile V, Farrell EP, *et al.* Reporting harvested wood products in national greenhouse gas inventories; Implications for Ireland. Biomass and Bioenergy, 2006, 30(2):105—114.
- [5] Watson R, Zinyoweara M, Moss R, *et al.* Climate Change 1995. Impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific and technical analysis. contribution of working group II to the second assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 1996.
- [6] Pingoud K. Harvested wood products: considerations on issues related to estimation, reporting and accounting of greenhouse gases. Final report delivered to the UNFCCC secretariat, 2003.
- [7] Brown S, Lim B, Schlamadinger B. Evaluating approaches for estimating net emissions of carbon dioxide from forest harvesting and wood products. IPCC/OECD/IEA Programme on National Greenhouse Gas Inventories. Meeting Report, 1998,5.
- [8] Winjum J K, Brown S, Schlamadinger B. Forest harvests and wood products: sources and sinks of atmospheric carbon dioxide. Forest Science, 1998, 44(2): 272—284.
- [9] Ruan Y, Zhang XQ, Du F. Carbon stocks of harvested wood products in China. Acta Ecologica Sinica, 2006,26(12):4212—4218.
- [10] Dias AC, Louro M, Arroja L, *et al.* The contribution of wood products to carbon sequestration in Portugal. Ann. For. Sci., 2005,62(8):902—909.
- [11] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC Special report land use, land-use change, and forestry -summary for policymakers, 2000. 24.
- [12] Pan J H. Carbon sinks: an opportunity for a prosperous and sustainable forestry sector. 21 Century Forum,2001,9:4—6.
- [13] Lin J C, Lee K J. Carbon flows and stocks from consumption of wood materials in Taiwan. Taiwan J For Sci., 2003,18(4):293—305.
- [14] United nations. Framework convention on climate change. Date and information changes in carbon stocks emission of greenhouse gases from harvested wood products and experiences with the use of relevant guidelines and guidance of the Intergovernmental Panel on Climate Change. FCCC/SBSTA/2005/MISC.9. 2005, <http://unfccc.int/resource/docs/2005/sbsta/eng/misc09.pdf>.
- [15] Research Institute of Wood Industry, CAF. The physical and mechanical properties of main wood species in China. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 1982. 1—154.
- [16] Shen J. wood processing technique. Beijing: Chemistry Industry Publishing House, 2005.
- [17] The first editing room of Chinese Standard Publishing House. Wood industrial standard assembly: Wood-based panels. Beijing: The Chinese

Standard Publishing House, 2002.

- [18] Zhang H R, Wang X L, Wang Z M. Study on the individual tree growth law of biomass of *Larix Olgensis*. *Forest Science and Thechnology*, 2000, (2):17-20.
- [19] Liu X L, Su Y M, Liu S R, *et al.* Macronutrients and their allocations in non-photosynthetic organs in the *Picea balfouriana* in western Sichuan *Acta Ecologica Sinica*, 2003,23(12):2573-2578.
- [20] Dang C L, Wu Z L. Study on biomass of *Pinus yunnanensis* forests. *Acta Botanica Yunnan CA*, 1991,13(1):59-61.
- [21] Tang W P, Wang Y R, Zheng L Y. Study on Biomass and Productivity from Plantation for Southern Type of Poplar. *Hubei Forestry Science and Technology*, 2004, Suppl.:43-47.
- [22] Su Y M, Mu C L, Pan P, *et al.* Research on Biomass of *Quercus liaotungensis* Natural Secondary Stand. *Jurnal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)*, 2003, 27(6):107-109.
- [23] Zhou H M. *Wood Preservation*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House,1991. 1-10.
- [24] Wood Lesson of Japanese Forestry Department. Bai Y P, selected translation. The benefit of utilization of human and environment. In: Wei D S, *Forestation and climate change*. Beijing: Chinese Forestry Publishing House, 2003. 181-186.
- [25] Fang J Y, Chen A P, Peng C H, *et al.* Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. *Science*, 2001, 292: 2320-2322.
- [26] Gundimeda H. A framework for assessing Carbon flow in Indian wood products. *Environment, Development and Sustainability*, 2001, 3(3): 229-251.
- [27] Dias A C, Louro M, Arroja L, *et al.* Carbon estimation in harvested wood products using a country-specific method: Portugal as a case study. *Environmental Science & Policy*, 2007, 10(3): 250-259.

参考文献:

- [9] 阮宇,张小全,杜凡. 中国木质林产品碳贮量. *生态学报*, 2006,26(12):4212~4218.
- [13] 林俊成,李国忠. 台湾地区木质材料消费之碳流动与贮存量研究. *台湾林业科学*,2003,18(4):293~305.
- [15] 中国林业科学研究院木材工业研究所主编. 中国主要树种的木材物理力学性质. 北京:中国林业出版社 1982:1~154.
- [16] 沈隽. 木材加工技术. 北京:化学工业出版社,2005.
- [17] 中国标准出版社第一编辑室编. 木材工业标准汇编——人造板. 北京:中国标准出版社,2002.
- [18] 张会儒,王学利,王柱明. 落叶松单木生物量生长变化规律的研究. *林业科技通讯*, 2000,(2):17~20.
- [19] 刘兴良,宿以明,刘世荣,等. 四川西部川西云杉人工林非同化器官营养元素含量与分布. *生态学报*, 2003,23(12):2573~2578.
- [20] 党承林,吴兆录. 云南松林的生物量研究. *云南植物研究*, 1991,13(1):59~61.
- [21] 唐万鹏,王月容,郑兰英. 南方型杨树人工林生物量与生产力研究. *湖北林业科技*, 2004,(增刊):43~47.
- [22] 宿以明,慕长龙,潘攀,等. 岷江上游辽东栎天然次生林生物量测定. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2003, 27(6):107~109.
- [23] 周惠明. 木材防腐. 北京:中国林业出版社,1991. 1~10.
- [24] 日本林业厅木材课. 白玉萍摘译. 有利于人与环境的木材利用. 见:魏殿生,主编. 造林绿化与气候变化. 北京:中国林业出版社,2003. 181~186.