

文章编号: 1001-1498(2009)02-0285-09

# 主要发达国家林业有关碳源汇及其计量方法与参数

张小全, 朱建华, 侯振宏

(中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林生态环境重点实验室, 北京 100091)

**摘要:**本文收集了主要附件 I 国家缔约方 2008 年最新更新并向《联合国气候变化公约》递交的 1990—2006 年国家温室气体排放清单数据, 对林业 (包括森林及其与其它地类之间的转化) 碳计量采用的方法、参数和碳源汇计量结果进行了系统的对比分析。结果表明, 主要发达国家均采用了 IPCC 较高层次的碳源汇计量方法, 并采用了大量本国的参数。主要发达国家林业表现为净碳吸收汇, 且呈增加趋势; 林业碳汇在国家温室气体源排放总量中所占的比例也呈不同程度的增加趋势, 而我国则呈相反趋势。我国林业碳计量与主要发达国家还有较大差距, 迫切需要充分借鉴发达国家的经验, 加强林业碳计量方法体系的研究和开发, 收集完善相关参数, 完善我国森林资源清查体系, 提高我国当前和未来履约的能力。

**关键词:**发达国家; 林业; 碳源汇; 碳计量方法; 参数

**中图分类号:** S714 **文献标识码:** A

## Carbon Removals/Sources of Forests and Forest Conversion and Applied Carbon Accounting Methods and Parameters in Major Developed Countries

ZHANG Xiao-quan, ZHU Jian-hua, HOU Zhen-hong

(Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, CAF; Key Laboratory of Forest Ecology and Environment, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Data from updated 1990—2006 national greenhouse gas inventory submitted by Annex I parties in 2008 were collected, based on which the net carbon removals by sinks or emissions by sources for forest land and forest conversion (forestry related category) as well as their carbon accounting methods and parameters applied were analysed in this paper. In accordance with request of Conference of Parties, all Annex I Parties accounted, updated and reported their net carbon removals by sinks or emissions by sources for forest land and forest conversion based on IPCC good practice guidance for land use, land use change and forestry. IPCC higher tier methods and country-specific parameters have been widely applied in most of developed countries. The forestry-related category in major developed countries was a net carbon removal and presented a increasing trend from 1990 to 2006. The percentage of the net removals in national greenhouse gas emissions by sources in most of developed countries has been increasing, to a various extent, while China is subjected to a contrary trend. Carbon accounting methods currently applied in China's forestry-related category has a large gap compared to major developed countries. This paper recommended China to strength studies and development of its own carbon accounting systems on the basis of experiences gained by developed countries, and to develop China-specific parameters, so as to enhance China's

收稿日期: 2008-10-20

基金项目: 国家十一五科技支撑项目专题“林业生态工程造林再造林固碳技术与碳计量方法研究”; UNDP/GEF“中国准备第二次国家信息通报能力建设项目——土地利用变化与林业温室气体清单编制”

作者简介: 张小全 (1965—), 男, 重庆人, 研究员, 主要从事土地利用变化和林业温室气体清单、清洁发展机制 (CDM) 造林再造林方法学、土地利用变化与森林碳循环等方面的研究。Email: xiaoquan@caf.ac.cn

capacity in the compliance of international climate change agreements. At the same time, China shall continue to increase forest area and effectively improve forest management, aiming at increasing carbon removals of the forestry-related category.

**Key Words:** developed countries; forestry; carbon removals/emissions; carbon accounting method; parameters

大气中温室气体浓度增加引起的全球环境变化,严重威胁着人类生存与社会经济的可持续发展,成为各国政府、科学家及公众强烈关注的重大问题之一。为减缓全球气候变化,保护人类生存环境,1992年通过了《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)。根据 UNFCCC 第 4 款的规定,所有缔约方均有义务定期更新和公布人为活动引起的温室气体源排放和汇清除清单,即国家温室气体清单,并尽可能降低不确定性<sup>[1]</sup>。土地利用、土地利用变化和林业(LULUCF)温室气体清单是国家温室气体清单的重要领域。为使各国编制的温室气体清单具有满足完整性、透明性、可比性、保守性和时间序列一致性等要求,国际政府间气候变化专门委员会(IPCC)先后组织编写了《1996 IPCC 国家温室气体清单指南》<sup>[2]</sup>、《IPCC 优良做法指南和不确定性管理》<sup>[3]</sup>、《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》<sup>[4]</sup>和《2006 IPCC 国家温室气体清单指南》<sup>[5]</sup>。根据 UNFCCC 缔约方会议的决议,从 2006 年起,UNFCCC 附件 I 国家(41 个工业化国家)均采用了《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》编制 LULUCF 的温室气体清单。

我国于 2004 年首次编制完成并向 UNFCCC 递交了《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》,其中包括土地利用变化和林业温室气体清单,该清单采用《1996 IPCC 国家温室气体清单指南》编制<sup>[6]</sup>。目前我国正在启动第二次国家信息通报的编制工作,包括温室气体排放清单。

本文根据主要发达国家 2008 年递交的最新编制的温室气体国家清单及其报告,对比分析了其中的林业有关碳源汇(包括森林及其与其它地类之间的转化)及其计量方法和采用的相关参数,以期为我国未来土地利用变化和林业温室气体清单编制和国内有关碳源汇的研究和分析提供参考。

## 1 研究方法 with 数据来源

为促使各缔约方编制并递交客观、一致、透明、可比的国家温室气体排放清单,根据 UNFCCC 第 4 款第 2(b)条的要求,发达国家缔约方递交的温室气体清单须进行专家评审。各国须根据专家评审意见

和建议以及最新获得的数据,对 1990 年至清单年的温室气体清单进行更新。本研究数据来源于 UNFCCC 网站公布的 UNFCCC 各附件 I 国家 2008 年递交的最新更新的国家温室气体清单数据及其国家温室气体清单报告(<http://unfccc.int>)。《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》和《2006 IPCC 国家温室气体清单指南》将土地利用划分为 6 大类,即林地、农地、草地、湿地、居住地和其它土地,在此基础上考虑各地类内及其相互转化引起的温室气体源汇变化<sup>[4-5]</sup>。由于森林及其与其它地类之间的转化是 LULUCF 碳源汇的主体,本文集中分析讨论森林及其与其它地类之间的转化(以下简称林业)引起的碳源汇变化,不涉及其它地类及其相互转化以及其它管理活动,如石灰施用引起的 CO<sub>2</sub> 排放、林火引起的非 CO<sub>2</sub> 温室气体排放等。

## 2 碳源汇计量方法

IPCC 国家温室气体清单指南将温室气体源汇的计量方法从简单到复杂分为 3 个层次,使各国根据其本国的活动水平数据和参数的可获得性,选择适合的方法。具有高质量详细数据的国家可选择较高层次的方法,使不确定性得以尽可能的降低。而数据缺乏甚至没有数据的国家也可根据国际上统计或估计的活动水平数据和参数,完成温室气体排放清单的编制和报告。

第一层次(Tier 1):采用 IPCC 的基本方法及其提供的参数的缺省值和保守性假设,活动水平数据来自国际或国家级的估计或统计数据;

第二层次(Tier 2):应用 IPCC 的基本方法,但采用较详细的本国活动水平数据和国内获取的参数;

第三层次(Tier 3):应用专门的国家碳计量系统、体系或模型工具,包括地理信息系统和遥感技术的应用,活动水平数据基于详细的分地区或类型的数据。

IPCC LULUCF 优良做法指南将森林及其相关的土地利用变化进行了如下分类:

5A.1 森林:林龄大于或等于一定年龄(20~100 年,由各国根据实际情况确定)的有林地,IPCC 缺省值为 20 年;

5A 2非林地转化为森林:与 5A1对应,林龄小于一定年龄(20~100年)的有林地;

森林转化:包括 5B2 1农地向森林的转化、5C2 1草地向森林的转化、5D2 1湿地向森林的转化、5E2 1居住地向森林的转化、5F2 1其它土地向森林的转化。

发达国家 2008 年向 UNFCCC 递交的 1990—2006 年 LULUCF 的最新温室气体清单表明(表 1),美国、澳大利亚、加拿大、英国、日本、瑞典、挪威、爱尔兰、芬兰、奥地利等主要发达国家的林业碳源汇计量均采用了 IPCC 较高层次的方法,其所用的参数大多为来自其本国的国别参数,澳大利亚、加拿大、英

国等还专门建立了 LULUCF 国家碳计量系统,专门用于 UNFCCC 和《京都议定书》的履约需求。经济转型国家如白俄罗斯、克罗地亚、爱沙尼亚、立陶宛等国家均采用 IPCC 最低层次的方法,由于缺乏本国的研究数据,采用的参数也以 IPCC 缺省参数和假设为主。但是,由于林业碳源汇的计量和报告涉及森林及其与其它五大地类之间的相互转化,还涉及生物量(这里特指活生物量)、死有机质(枯落物和枯死木)、矿质土壤和有机土壤等碳库的碳源汇变化,所有国家都会不同程度地遇到缺乏数据的问题,因此,即使是做得最好的几个发达国家也不同程度的采用了 IPCC 较低层次的方法和 IPCC 缺省参数值。

表 1 UNFCCC 主要附件 I 国家林业碳源汇计量方法和参数来源

国家	5A1 森林		5A2 非林地转化为森林		森林转化	
	方法	参数	方法	参数	方法	参数
澳大利亚	T1, T2, T3, CS	CS, M	T3	M	T3	M
奥地利	T1, T3	CS			T1, T3	CS
白俄罗斯	T1	D, CS				
加拿大	T3, CS	CS			T3	CS
克罗地亚	T1	D				
捷克	T1, T2, CS	D, CS	T1, T2	D, CS	T1, T2	D, CS
爱沙尼亚	T1	D, CS				
芬兰	T2, T3	D, CS				
法国	T2, CR, CS	CS	T2, CR, CS	CS	T2, CS	CS
希腊	T1, T2, CS	D, CS				
爱尔兰	T1, T3	D, CS	T1, T3	D, CS	T2	CS
意大利			T1, T2	D, CS		
日本	T1, T3	D, CS	T1, T2, T3	D, CS	T2	D, CS
拉脱维亚	T2	CS	T2	CS		
列支敦士登	T2	CS			T2	CS
立陶宛	T1	D, CS				
荷兰	CS	CS	T2	CS	CS	CS
新西兰	T2	CS			T1	D
挪威	T3	CS				
葡萄牙	T2, CS	D, CS	T2	D, CS	T2	D, CS
罗马尼亚	T1, T2	D, CS				
俄罗斯	T2	CS				
斯洛伐克	T2	CS	CS	CS	T2	CS
斯洛文尼亚	T2	D, CS				
瑞典	T1, T3	CS			T3	CS
瑞士	T1, T2	D, CS	T2	CS	T2	CS
乌克兰	T1, T2	D, CS	T2	CS		
英国和北爱尔兰			T3, CS	CS	T3, CS	CS
美国	T3	CS				

注: T1、T2 和 T3 分别表示 IPCC Tier 1、Tier 2 和 Tier 3 方法; CS 表示国别方法或参数; D 表示 IPCC 缺省参数; M 表示模型模拟获得参数; CR 表示欧盟清单计划的方法。

### 3 林业碳源汇计量采用的参数值

#### 3.1 生物量

根据 IPCC LULUCF 优良做法指南,在计量 LULUCF 碳源汇时,须分别生物量(地上生物量、地下生物量)、死有机质(枯落物和枯死木)和土壤有机质共

五大碳库计量其碳储量变化<sup>[4]</sup>。各碳库单位面积碳储量变化成为碳源汇计量的关键参数。所有的附件 I 国家均计量和报告了“5A1 森林”生物量库中的碳储量变化,大部分国家计量和报告了“5A2 非林地转化为森林”,且除了少数几个经济转型国家采用 IPCC 缺省值外,大多数国家均采用基于国家森林资源清查获

得的森林生长和消耗数据,通过木材密度、生物量扩展因子转换得到碳储量的变化量。对于 5A1,单位面积森林生物量中的碳储量年变化量因不同森林类型而异,各国的平均值从  $0.2 \text{ Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  至  $3.5 \text{ Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  不等 ( $1 \text{ Mg} = 10^6 \text{ g}$ )。根据我国首

次编制的林业温室气体清单(中国林业科学研究院森林生态环境研究所,2004,中国林业温室气体清单报告),我国单位面积森林平均生物量中的碳储量变化量约为  $1.8 \text{ Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。5A2的单位面积生物量中的碳储量变化量低于 5A1(表 2)。

表 2 UNFCCC 主要附件 1 国家清单中采用的林业碳源汇计量参数值  $\text{Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$

国家	5A1 森林			5A2 非林地转化为森林		
	生物量	死有机质	矿质土壤	生物量	死有机质	矿质土壤
澳大利亚	0.996	-0.141		4.641	0.510	
白俄罗斯	1.402					
比利时	3.544		0.043			
保加利亚	0.935					
加拿大	3.488	0.279	0.031	2.017	0.290	0.058
克罗地亚	2.357					
捷克	3.003			2.493		0.157
丹麦	3.764			1.389		0.149
爱沙尼亚	1.647					
芬兰	1.565	0.031	0.061			
法国	2.891	-0.315	0.012	1.708	0.431	0.290
德国	1.941			3.468		
希腊	0.273	-0.010		2.848		
匈牙利	0.692			1.158		
冰岛	0.219			1.200		
爱尔兰	0.895	0.014		0.508	0.010	
日本	0.892	0.001	0.018	0.892	-0.041	0.006
拉脱维亚	2.402	0.009		2.402		
列支敦士登	3.102	0.003	0.009	1.698		
立陶宛	2.163			0.685		
荷兰	2.588	0.208		1.515		
挪威	0.647	0.039	0.089	11.199		
葡萄牙	2.065	-0.001		1.838	-0.065	0.314
罗马尼亚	2.373					
俄罗斯	0.099					
斯洛文尼亚	2.448					
西班牙	0.547			2.596		
瑞典	0.323	-0.034	0.044	1.721		
瑞士	3.038			1.510		
乌克兰	1.972			1.626	0.434	0.443
英国和北爱尔兰				6.766	0.195	0.433
美国	0.519	0.120				

注:表中所列数值为平均值,具体所用的数值取决于森林生态系统类型。

### 3.2 死有机质

由于缺少参数,仅少部分国家计量和报告了死有机质和土壤有机质中的碳储量变化。大部分国家没有计量和报告,或者采用 IPCC 缺省值或保守性假设。各国单位面积平均死有机质中的碳储量年变化量,“5A1 森林”约为  $-0.315 \sim 0.279 \text{ Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ,占生物量碳储量变化的  $0.1\% \sim 23.1\%$ ,平均为  $6.8\%$ ;“5A2 非林地转化为森林”在  $-0.041 \sim 0.510 \text{ Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$  之间,占该类生物量碳储量变化

的  $2.0\% \sim 26.7\%$ ,平均为  $11.3\%$ (表 2)。可见森林死有机质中的碳储量变化较小。就天然和半天然林而言,热带森林、针叶林和阔叶林枯死木的量平均占活生物量的百分比分别为  $11\%$ 、 $20\%$ 、 $14\%$ ,最大不超过  $25\%$ <sup>[4]</sup>,按 IPCC 缺省的 5 年周转期计算,其年碳储量的变化量约为活生物量碳库变化量的  $2\% \sim 5\%$ 。IPCC Tier 1 方法假定这两类森林中死有机质的碳储量变化为零(即输入等于输出)<sup>[2,4-5]</sup>。

### 3.3 土壤有机质

各国单位面积平均矿质土壤有机碳储量年变化量,“5A1森林”约为  $0.009 \sim 0.061 \text{ Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ,占生物量碳储量变化的  $0.3\% \sim 13.8\%$ ,大部分小于  $2\%$ ,平均为  $4.5\%$ ;“5A2非林地转化为森林”在  $0.006 \sim 0.443 \text{ Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 之间,占该类生物量碳储量变化的为  $11.0\%$  (表 2)。对于“5A1森林”,IPCC Tier 1方法假定森林土壤有机碳处于动态平衡状态,不论其管理程度如何,碳储量变化为零<sup>[2,4-5]</sup>。

非林地转化为森林后,土壤有机碳的动态平衡被打破,但经过一定时间(IPCC缺省值为 20年)的恢复后,会重新达到新的动态平衡<sup>[4]</sup>。因此对于“5A2非林地转化为森林”,IPCC Tier 1方法建议用下式计算该类土地利用变化引起的土壤有机碳储量的变化<sup>[4]</sup>:

$$C_{SOC} = (SOC_{Forest} - SOC_{Non\_Forest}) / T$$

式中,  $C_{SOC}$ 为土壤有机碳储量变化 ( $\text{Mg C} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ ),  $SOC_{Forest}$ 为平衡状态下森林土壤有机碳储量基准值 ( $\text{Mg C} \cdot \text{hm}^{-2}$ ),  $SOC_{Non\_Forest}$ 转化前平衡状态下土壤有机碳储量 ( $\text{Mg C} \cdot \text{hm}^{-2}$ ),  $T$ 为转化为森林后达到新的平衡状态所需时间(IPCC缺省值为 20年)。

由于各国林业有关温室气体清单的编制均是以国家森林资源清查为基础的,而国家森林资源清查数年才进行一次,很难获得 20年或更长时期内的“5A2非林地转化为森林”和森林转化的面积。因此大多以森林资源清查的间隔期为基础计算这两类转化的面积,并假定在清查间隔期内每年的转化面积相同。这从客观上导致该两类与森林有关的土地利用变化引起的土壤碳变化的低估。

## 4 主要发达国家林业碳源汇及趋势分析

### 4.1 主要发达国家林业碳源汇

2006年,UNFCCC附件 I所列 41个发达国家缔约方的林业表现为净温室气体吸收汇,其大小为  $1.45 \text{ Pg CO}_2$  ( $1 \text{ Pg} = 10^{15} \text{ g}$ ),占当年温室气体源排放总量的  $8.2\%$ 。“5A1森林”是林业最主要的碳吸收汇,而森林转化为主要的碳排放源(表 3)。

不同国家之间林业碳源汇的大小和方向差异较大,除澳大利亚和加拿大林业均表现为净碳排放源外,其它国家的林业均表现为净碳吸收汇,尤其是以

“5A1森林”为主。澳大利亚的森林表现为较强的碳吸收汇,但其森林转化是一个更大的碳排放源。尽管加拿大森林面积达  $2.3$ 亿  $\text{hm}^2$ ,但它是森林表现为净排放源的唯一国家,主要与森林火灾有关,同时森林转化也是加拿大的一个重要碳排放源。美国以其  $2.56$ 亿  $\text{hm}^2$ 的有林地,成为林业碳汇量最大的国家,高于欧盟 15个成员国林业碳汇量的总和,俄罗斯为全球森林面积最大的国家,达  $6.19$ 亿  $\text{hm}^2$ ,但由于其地入寒温带,林业碳汇量相对较低(表 3)。

林业碳汇量在国家温室气体源排放量(不包括 LULUCF)中所占百分比以拉脱维亚最高,达  $151.5\%$ 。其次为北欧的挪威、瑞典和芬兰,分别为  $56.6\%$ 、 $50.8\%$ 和  $46.9\%$ 。其它主要发达国家为:美国  $9.1\%$ ,日本  $6.3\%$ ,德国  $7.8\%$ ,法国  $15.5\%$ ,丹麦  $3.8\%$ ,意大利  $16.7\%$ ,荷兰  $1.0\%$ ,西班牙  $7.7\%$ ,瑞士  $5.5\%$ ,英国和北爱尔兰  $2.2\%$ 。欧盟 15个成员国平均为  $10.0\%$ 。

### 4.2 主要发达国家林业碳源汇变化趋势分析

从 1990年至 2006年,附件 I国家的林业总的表现为净碳汇,且碳汇量总体上呈增加趋势(年增加  $9.1\%$ ),但年际间波动较大,介于  $1.11\% \sim 2.04 \text{ Pg CO}_2$ 之间。其中美国增加  $29.9\%$ ,且从 2003年开始保持稳定。欧盟增长  $21.7\%$ ,德国和日本均增加  $6.3\%$ ,法国  $38.0\%$ ,英国  $23.9\%$ ,意大利  $59.6\%$ 。澳大利亚林业一直为净排放,但在 1990—2006年期间,其排放量降低  $88.9\%$ 。加拿大的林业在上世纪 90年代初林业表现为净碳汇,随后在碳源和碳汇之间波动,2002年开始为净碳汇(图 1)。俄罗斯林业净碳源汇年际间变化极大,没有明显变化趋势。1990—2006年瑞典的林业净碳汇降低  $45.4\%$ ,比利时、捷克、爱沙尼亚、拉脱维亚、立陶宛、斯洛伐克、瑞士等国的林业虽然均一直表现为净碳汇,但均有不同程度的降低。

1990—2006年,附件 I国家林业的碳汇总量在总的温室气体源排放中所占的比例在  $5.0\% \sim 9.1\%$ 间波动,无明显变化趋势。大部分发达国家的林业碳源汇在其总的温室气体源排放中所占的比例在  $10\%$ 以下;美国略有增加,从  $8.0\%$ 增加到  $9.1\%$ ;欧盟在  $7.8\% \sim 10.0\%$ 之间;英国呈小幅增加趋势,从 1990年的  $1.5\%$ 增加到 2006年的  $2.2\%$ ;意大利从 1990年的  $11.5\%$ 增加到 2006年的  $16.7\%$ ;德国从 1990年的  $6.0\%$ 稳定增加到 2006年的  $7.8\%$ ;法国从 1990年的  $10.8\%$ 稳定增加到 2006年的

15.5% ;澳大利亚的林业为净排放 ,但其占该国温室气体排放量的比例从 1990 年的 23.2% 稳定下降到 2006 年的 2.0% 。由于俄罗斯和加拿大的林业碳源汇的年际变化极大 ,其所占比例无明显趋势。

表 3 发达国家 2006 年林业温室气体源汇量

国家	报告的森林面积 / ( $10^3 \text{ hm}^2$ )	碳源汇 / ( $\text{GgCO}_2$ )			合计	占总源排放 量的百分比 /%
		5A1 森林	5A2 非林地 转化为森林	森林转化		
澳大利亚	16 910	- 26 779	- 22 793	60 311	10 739	2.0
奥地利	3 620	- 16 959	- 2 770	1 295	- 18 434	20.2
白俄罗斯	8 082	- 27 166	IE,NO,NE	NE	- 27 166	33.5
比利时	621	- 2 777	NO,NE	NE	- 2 777	2.0
保加利亚	4 077	- 6 996	NE	NE	- 6 996	9.8
加拿大	229 995	12 102	- 1 072	18 922	29 952	4.2
克罗地亚	1 890	- 7 490	NO,NE	NO	- 7 490	24.3
捷克	2 593	- 2 997	- 369	- 366	- 3 366	2.3
丹麦	476	- 2 574	- 184	NO	- 2 758	3.8
爱沙尼亚	2 252	- 3 482	NO,NE	NE	- 3 482	18.5
欧盟 (15)	121 287	- 362 363	- 58 036	7 388	- 413 011	10.0
芬兰	22 146	- 40 865	IE	3 219	- 37 646	46.9
法国	16 384	- 66 871	- 17 875	NO	- 84 746	15.5
德国	10 799	- 74 064	- 4 986	986	- 78 064	7.8
希腊	6 560	- 3 940	- 492	NE	- 4 432	3.3
匈牙利	1 806	- 4 465	- 196	NE	- 4 661	5.9
冰岛	56	- 24	- 110	NE	- 134	3.2
爱尔兰	554	- 839	- 119	- 19	- 977	1.4
意大利	11 261	- 79 926	- 14 958	NA	- 94 884	16.7
日本	24 986	- 81 910	- 1 479	- 601	- 83 990	6.3
拉脱维亚	2 929	- 16 061	- 1 548	NE	- 17 609	151.5
列支敦士登	6	- 19	-	- 5	- 24	8.8
立陶宛	2 030	- 7 539	- 563	NA	- 8 102	34.9
荷兰	479	- 2 289	- 220	488	- 2 021	1.0
新西兰	1 840	- 25 860	2 128	828	- 22 904	29.4
挪威	9 435	- 26 306	- 3 996	NO	- 30 302	56.6
波兰	8 991	- 50 835	- 3 431	NE	- 54 266	13.6
葡萄牙	3 476	- 5 103	- 577	973	- 4 707	5.7
罗马尼亚	6 755	- 37 497	NA,NE	NO	- 37 497	23.9
俄罗斯	619 349	- 67 080	IE,NO,NE	NE	- 67 080	3.1
斯洛伐克	1 932	- 2 577	- 519	NO	- 3 096	6.3
斯洛文尼亚	1 174	- 4 733	IE,NO,NE	NA	- 4 733	23.0
西班牙	14 191	- 27 114	- 6 360	NA	- 33 474	7.7
瑞典	28 226	- 32 911	- 517	NA	- 33 428	50.8
瑞士	1 301	- 3 287	- 64	436	- 2 915	5.5
乌克兰	9 766	- 46 696	- 6 467	NO	- 53 163	12.0
英国和北爱尔兰	2 494	IE,NO	- 15 112	446	- 14 666	2.2
美国	256 358	- 635 070	IE	NE	- 635 070	9.1
(合计)	1 335 800	- 1 428 999	- 104 649	87 279	- 1 446 369	8.2

注: 1  $\text{Gg} = 10^9 \text{ g}$ , 负值表示净碳汇, 正值表示净排放;

碳源汇不包括非  $\text{CO}_2$  排放。

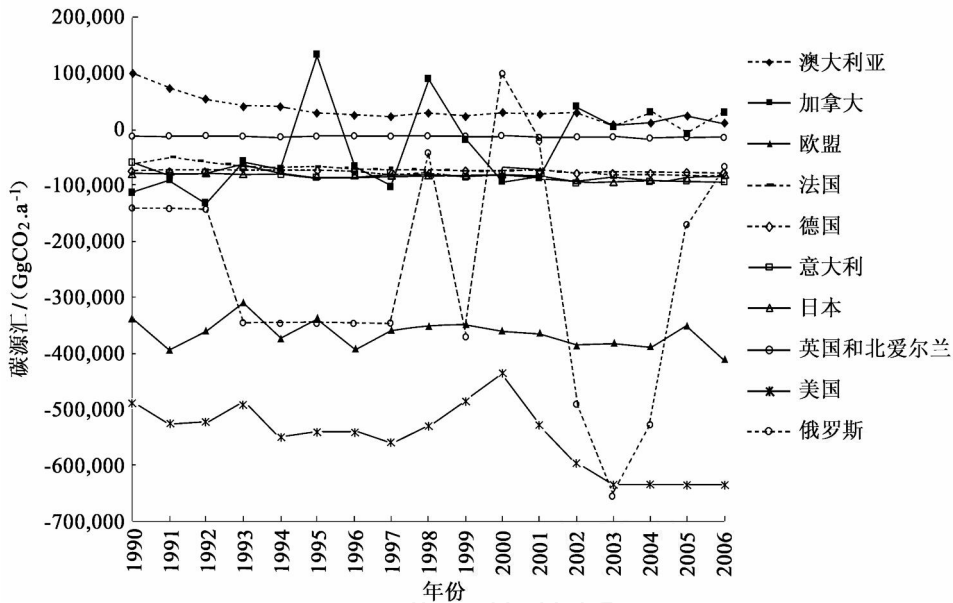


图 1 主要发达国家林业碳源汇的趋势 (负值表示净碳汇,正值表示净排放)

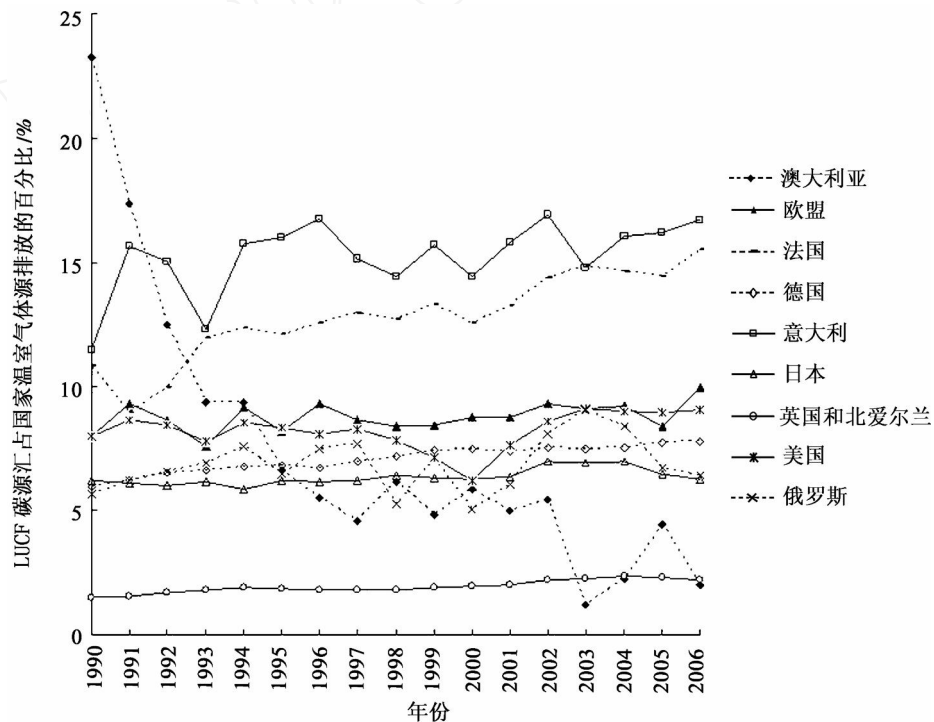


图 2 主要发达国家林业碳源汇占国家总温室气体源排放的百分比

### 5 我国森林有关碳源汇计量现状和面临的挑战

#### 5.1 我国森林碳源汇计量现状

不同学者利用我国森林资源清查资料,采用生物量扩展因子方法,对我国森林生物量中的碳储量变化进行了估计,其结果差异较大,甚至在上世纪 70—80 年代,不同学者估算的我国森林碳源汇的方向上均存在差别,除了是否包括经济林和竹林引起的差异外,

采用的生物量转换参数的差异是其主要原因(表 4)。我国首次编制的温室气体清单表明,1994 年中国林业表现为 0.11 GtC 的碳汇(有林地面积 1.34 亿  $hm^2$ ,包括经济林、竹林、疏林、散生木和四旁树)<sup>[6]</sup>,与欧盟 15 个成员国 2006 年林业总的净碳汇量相当(有林地面积 1.21 亿  $hm^2$ )。据最新初步估算,目前我国林业约为 0.175 GtC 的碳汇(有林地面积 1.75 亿  $hm^2$ ),与美国相当,占全国温室气体源排放的 10.5%,与欧盟和美国相当。

表 4 不同森林资源清查期间碳储量变化  $Gt C \cdot a^{-1}$ 

清查期					说明	数据来源
1~2	2~3	3~4	4~5	5~6		
-0.012	0.010	0.036	0.024		不包括经济林和竹林	[7]
			0.086	0.102	不包括经济林和竹林	[8]
0.076	-0.009	0.028			不包括经济林和竹林	[9]
0.015	0.013	0.068			包括经济林和竹林	[10]
0.018	0.012	0.066			不包括经济林和竹林	[10]

注:清查期:1:1973~1976;2:1977~1981;3:1984~1988;4:1889~1993;5:1994~1998;6:1999~2003

## 5.2 我国森林有关碳计量面临的挑战

IPCC森林有关的国家温室气体清单编制方法日趋完善,但也更复杂,要求更高,我国未来清单的编制将面临严峻的挑战。

(1) IPCC指南只要求对受人为干扰或管理的林地进行计量,而我国森林资源清查没有对被管理的或受人为干扰森林的有关信息进行统计。

(2)新的 IPCC指南在划分“5A.1森林”、“5A.2非林地转化为森林”和森林转化时,要求至少以20年为划分的时间标准。这就要求需要具备清单计算年和20年前详细的各土地类别数据。例如,假定我国下一温室气体清查年为2005年,则同时需要1985和2005年的数据。只有1985年时为森林,在2005年仍为森林的地类才纳入“5A.1森林”计算;而1985年的非林地,到2005年为森林时,则纳入“5A.2非林地转化为森林”类计算,森林转化则与此相反。更困难的是,“5A.2非林地转化为森林”和森林转化均指土地利用的变化,在判断无林地时,不包括暂时为无林地的采伐迹地和火烧迹地。如上例,当1985年为经营性采伐形成的采伐迹地,而在2005年为森林时,则该地类计入“5A.1森林”;同样当1985年为森林,而在2005年为经营性采伐形成的采伐迹地时,也须将该地类计入“5A.1森林”。而我国的森林资源清查没有提供这方面的详细信息。

(3)我国森林资源清查往往只给出森林转化数据,但没有林地与其它各地类的详细转化数据,也没给出转化的森林类型,将给清单计算带来很大困难。

(4) IPCC-2006-AFOLU涉及到大量的与土地利用变化和林业有关的碳计参数,参数是新的指南首次提出来的,如不同种类的生物量转换和扩展因子(BCEF)等。尽管我国已经开展了多个国家级与陆地碳循环有关的大项目,各行业部门也立项开展了许多研究,通过这些项目建立了许多研究站点,测定了大量的数据,但大多数参数的不确定性仍很高,远远不能满足新的 IPCC指南的要求,特别是枯落物、

枯死木储量及其周转以及土地利用变化与土壤碳方面的数据和参数。

(5)我国处在一个特殊的气候和生物地理区域,IPCC清单指南提供的默认参数,多来自欧洲和北美,几乎不适用于我国的情况。国际上采用的土壤分类系统与我国有较大差别,其默认参数也很难直接应用于我国。而且,IPCC指南提供的默认参数是分别按气候带和森林类型提供的,而我国森林有关的数据是按省或地区统计的。由于我国地形、气候和森林类型复杂多样,气候带、森林类型与省不能对应。当不可能获得我国自己的参数时,也无法从IPCC指南中选择合适的参数。

## 6 结论与建议

(1)由于陆地生态系统的碳源汇的复杂性和时空异质性,以及缺乏必要和可靠的活动水平和相关参数,要准确计量林业活动的碳源汇非常困难,估算的不确定性较高。为使各国的计量和报告具有客观性、准确性、一致性、透明性、可比性和保守性,IPCC为此先后多次制定和更新了LULUCF国家温室气体清单指南,使计量和报告的方法得到不断完善。目前主要发达国家均采用了较高层次的碳计量方法和其本国的参数,一些国家还建立了专门的碳计量系统或体系,以满足UNFCCC和《京都议定书》的履约需求。由于缺乏相关活动水平数据和碳计量参数,我国林业碳计量与主要发达国家还有较大差距,因此,我国迫切需要加强相关的研究,开发我国林业碳计量体系,收集和完善相关参数,以提高我国当前和未来履约能力。

(2)为使我国更好的履行《联合国气候变化框架公约》的义务,我国的森林资源清查体系须根据IPCC国家温室气体清单指南的要求,增加部分调查内容和统计项目,特别是森林受的干扰状况以及与IPCC“5A.1森林”、“5A.2非林地转化为森林”和森林转化有关的调查和统计项目。



(3)自 1990 年以来,主要发达国家林业表现为净碳吸收汇,且呈增加趋势,林业碳汇在国家温室气体源排放总量中所占的比例也呈增加趋势。个别发达国家林业虽然表现为净排放,但其排放量呈明显降低趋势,林业碳排放在其国家温室气体源排放总量中所占的比例也呈明显下降趋势。近 30 年来,虽然由于我国的大规模植树造林、森林保护和管理活动,林业碳汇量与美国相当,且呈增长趋势,但是,由于我国温室气体源排放总量增加更快,我国林业碳汇在国家温室气体源排放中的比例呈下降趋势。我国面临国际社会的温室气体减排压力越来越大,需要进一步在森林资源的质和量两方面采取强有力措施,大幅度增加林业碳汇,为我国经济保持快速健康发展提供更多的发展空间。

#### 参考文献:

- [1] UNFCCC. 2001 United Nations Framework Convention on Climate Change [M]. United Nations, 1990
- [2] IPCC. Chapter 5: Land Use Change and Forestry: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. IPCC/OECD/IEA, Paris, France, 1997
- [3] IPCC. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories [M]. IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan, 2000
- [4] IPCC. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry [M]. IPCC/IGES, Hayama, Japan, 2003
- [5] IPCC. Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU): 2006 IPCC/Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. IPCC/IGES, Hayama, Japan, 2006
- [6] 中华人民共和国. 中华人民共和国气候变化初始国家信息通报 [M]. 北京:中国计划出版社, 2004
- [7] Fang Jingyun, Chen Anping, Peng Changhui, *et al*. Changes in Forest Biomass Carbon Storage in China Between 1949 and 1998 [J]. Science, 2001, 292: 2 320-2 322
- [8] 吴庆标,王效科,段晓男,等. 中国森林生态系统植被固碳现状和潜力 [J]. 生态学报, 2008, 28 (2): 517-524
- [9] 刘国华,傅伯杰,方精云. 中国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献 [J]. 生态学报, 2000, 20 (5): 733-740
- [10] Pan Yude, Luo Tianxiang, Birdsey Richards, *et al*. New Estimates of Carbon Storage and Sequestration in China's Forests: Effects of Age-Class and Method on Inventory-Based Carbon Estimation [J]. Climatic Change, 2004, 67 (2): 211-236