

# 2000~2050年中国森林生物量碳库: 基于生物量密度与林龄关系的预测

徐冰, 郭兆迪, 朴世龙, 方精云\*

北京大学城市与环境学院生态学系, 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871

\* 联系人, E-mail: jyfang@urban.pku.edu.cn

收稿日期: 2010-05-20; 接受日期: 2010-06-21

国家自然科学基金(批准号: 30721140306, 90711002, 40638039)资助项目

**摘要** 中国森林具有林龄小、平均碳密度低、人工林面积大的特点, 因而具有很高的固碳潜力. 本文根据 1994~1998 和 1999~2003 年两期森林资源清查资料中各主要森林类型的林龄组、以及各林龄组的面积和蓄积数据, 分别为 36 种森林类型建立生物量密度与林龄之间的关系. 在此基础上, 结合中国林业发展规划, 预测到 2050 年中国森林(不包括经济林和竹林)的生物量碳汇潜力. 结果显示, 在自然生长状况下, 到 2050 年, 中国现有森林生物量碳库将由 1999~2003 年的 5.86 Pg C 增加到 10.23 Pg C, 碳汇量为 4.37 Pg C; 新造森林将增加碳汇 2.86 Pg C; 2000~2050 年中国现有森林与新造森林的生物量碳汇合计为 7.23 Pg C, 平均年碳汇量为 0.14 Pg C/a, 表明中国森林具有较大的碳汇潜力.

**关键词**

生物量-林龄关系  
碳库  
碳汇  
森林资源清查数据  
森林蓄积量

森林储存了陆地生态系统中 50%~60% 的碳<sup>[1]</sup>, 在缓解大气 CO<sub>2</sub> 升高、保护全球气候方面具有重要作用. 中国现有森林具有以下特点: (i) 林龄小, 幼龄林约占森林总面积的 1/3<sup>[2]</sup>; (ii) 平均碳密度低, 目前中国森林的平均碳密度为 41.1 Mg C/ha (Mg=1×10<sup>6</sup> g), 其中 78.7% 的森林平均碳密度在 50 Mg C/ha 以下<sup>[3]</sup>; (iii) 人工林面积大, 达 3230 万公顷, 占森林总面积的 23%, 且仍在不断增加<sup>[3-6]</sup>. 这些特点说明中国森林碳储量在未来具有巨大的碳汇潜力.

中国是世界上拥有人工林面积最大的国家<sup>[7]</sup>. 过去 30 年里, 中国开展了一系列重点林业工程, 如退耕还林工程、三北防护林工程、长江流域防护林体系建设工程、京津风沙源治理工程等. 其中人工林的大部分仍处于幼龄林阶段, 具有很高的固碳潜力<sup>[8-11]</sup>.

20 世纪 90 年代以来多个研究给出了中国森林生物量碳库的估算<sup>[8-11]</sup>. 研究表明, 在过去 22 年中, 中国森林生物量碳库增加了 1.55 Pg C (1 Pg=1×10<sup>15</sup> g), 年平均增加 0.075 Pg C/a<sup>[3,12-14]</sup>. 预测中国森林的增汇潜力是制定中国减排政策的重要依据, 对中国获取必要的 CO<sub>2</sub> 排放空间和参与全球气候变化谈判都有实质性意义. 然而, 这方面的研究却鲜有报道.

本文利用中国森林资源清查资料中各森林类型(以优势树种为代表)各林龄组的面积和蓄积量数据, 分析全国 36 种主要森林类型的生物量密度与林龄之间的关系, 并以国家林业发展规划中的森林面积增长目标为依据, 预测 2000~2050 年中国森林生物量碳库大小及其变化, 以探讨中国森林生物量碳汇的潜力.

## 1 数据与方法

### 1.1 数据来源

本文使用全国森林资源清查数据和野外实测的生物量调查数据。

全国森林资源清查数据包括 4 个时期: 1984~1988, 1989~1993, 1994~1998 和 1999~2003 年。全国森林资源清查将中国森林划分为林分、经济林和竹林, 其中林分又包括了人工林和天然林, 是中国森林的主体, 本文只对林分部分进行预测。由于数据限制, 本文的预测不包括香港、澳门、台湾地区。

全国森林资源清查将中国林分按优势树种分为 36 种类型, 又按其生长发育阶段将各林分类型划分为 5 个林龄组, 即幼龄林、中龄林、近熟林、成熟林、过熟林(1984 年以后的划分方法)。全国森林资源清查资料提供了每个森林类型各林龄组的面积和蓄积。

由于 1994 年以后森林资源清查对森林的定义从郁闭度大于 30% 变为郁闭度大于 20%, 本文仅使用 1994~1998 和 1999~2003 年的数据为各主要森林类型建立生物量密度-林龄关系。

野外实测的生物量调查数据主要来自文献收集<sup>[3,5]</sup>。

### 1.2 生物量密度计算方法

本文采用连续生物量换算因子法估算各清查时期各森林类型的生物量密度<sup>[3,15]</sup>。即: 首先根据各森林类型各林龄组的面积和蓄积数据计算蓄积量密度, 再采用连续生物量换算因子计算生物量密度, 方程如下:

$$\text{BEF} = a + \frac{b}{x},$$

$$B = \text{BEF} \cdot x,$$

其中,  $x$  为某类型某林龄组的蓄积量密度,  $B$  为生物量密度,  $a, b$  为某一森林类型的常数,  $\text{BEF}$  为生物量转换因子。用该方法计算的生物量密度即为该森林类型在该林龄组的平均生物量密度。

### 1.3 生物量密度与林龄的关系

依据森林资源清查对不同森林类型林龄等级的划分标准<sup>[16]</sup>(附表 1), 确定 36 种森林类型的林龄分段方法, 以林龄段的中值代表该林龄组的平均林龄。

利用 Logistic 生长方程来拟合各森林类型生物量密度与林龄的关系, 即:

$$B = \frac{w}{1 + ke^{-at}}, \quad (1)$$

其中,  $B$  为生物量密度,  $t$  为林龄,  $w, k, a$  为常数。

方程采用统计软件 SPSS 13.0(2001, v.13.0; SPSS Inc., USA)中的非线性回归进行拟合。

### 1.4 未来中国森林生物量碳库的预测

假设第 6 次森林资源清查(1999~2003 年)的森林面积数据代表 2000 年各类型森林各林龄组的面积分布情况, 并且在未来 50 年中没有森林的成片砍伐和死亡, 则这部分现有森林在未来某一年的生物量碳库大小可以通过以下公式计算:

$$C_{\Delta t} = \sum_{i=1}^{36} \sum_{j=1}^5 c \cdot A_{ij} \cdot B_{ij} = \sum_{i=1}^{36} \sum_{j=1}^5 c \cdot A_{ij} \cdot \frac{w_i}{1 + k_i e^{-a_i(t_{ij} + \Delta t)}}, \quad (2)$$

式中,  $C_{\Delta t}$  为现有森林在  $\Delta t$  年后的总碳库;  $i, j$  分别为森林类型和林龄组的编号;  $c$  为碳转换系数, 本文取 0.5;  $A_{ij}$  为第  $i$  个森林类型第  $j$  个林龄组现有森林的面积,  $B_{ij}$  为第  $i$  个森林类型第  $j$  个林龄组的生物量密度,  $w_i, k_i, a_i$  为第  $i$  个森林类型生物量密度与林龄 Logistic 曲线的常数,  $t_{ij}$  为第  $i$  个森林类型第  $j$  个林龄组目前的平均林龄,  $\Delta t$  为预测年距 2000 年的时间跨度。

新造森林生物量碳库的预测按如下几步进行: 首先, 根据中国可持续发展林业战略研究项目组给出的中国森林发展规划推算未来 50 年的中国森林总面积<sup>[7]</sup>。中国现有林分面积占森林总面积的比例为 87.5%, 假定该比例不变, 则可计算出未来 50 年中国林分的总面积。假定没有森林的成片砍伐和死亡, 则可通过各年份之间林分总面积的差值计算新造森林的面积(附表 2)。另一方面, 不同森林类型具有不同的生长曲线, 因此需要将新造森林面积分配到各个森林类型当中。假设现有人工林的面积比例能够近似反映未来新造森林的面积比例, 根据《1999~2003 年全国森林资源统计》中各森林类型现有人工林的面积比例, 将新造森林的总面积分配到各森林类型中。各森林类型新造森林的面积变化如附表 3 所示。最后将各森林类型新造森林的面积代入②式即可计算出新造森林生物量碳库的变化。

将现有森林和新造森林的碳库累加起来, 即得到中国森林总碳库的变化情况。

## 2 主要结果

### 2.1 生物量密度与林龄的关系

所有森林类型生物量密度与林龄关系的拟合结

果见表 1. Logistic 曲线在大多数森林类型中拟合效果较好, 在 36 个树种中有 31 个树种  $R^2$  大于 0.8, 表明曲线较好地拟合了各类型森林的自然生长过程. 图 1 给出了 4 个面积最大的森林类型的 Logistic 曲线.

表 1 生物量密度与林龄的 Logistic 曲线拟合参数<sup>a)</sup>

编号	优势树种	w	k	a	$R^2$
0	合计	201.19	6.7273	0.0617	0.988
1	红松	218.56	7.9541	0.0360	0.950
2	冷杉	357.50	4.3454	0.0211	0.920
3	云杉	274.47	5.7382	0.0295	0.983
4	铁杉	203.06	4.8039	0.0201	0.963
5	柏木	155.72	10.5681	0.0443	0.912
6	落叶松	130.20	2.6594	0.0696	0.981
7	樟子松	201.71	10.8787	0.1059	0.930
8	赤松	49.14	2.3436	0.0985	0.665
9	黑松	60.00	3.3600	0.0823	0.655
10	油松	87.98	12.2360	0.1144	0.977
11	华山松	91.06	3.2828	0.0678	0.873
12	油杉	67.22	0.6470	0.0238	0.765
13	马尾松	81.67	2.1735	0.0522	0.996
14	云南松	147.88	5.3342	0.0736	0.731
15	思茅松	95.71	2.0674	0.0878	0.832
16	高山松	162.21	3.6259	0.0578	0.966
17	杉木	69.61	2.4369	0.0963	0.963
18	柳杉	111.63	2.5125	0.1113	0.939
19	水杉	140.00	12.3200	0.2046	0.577
20	水曲柳、 胡桃楸、黄柏	212.83	8.0670	0.0607	0.994
21	樟树	120.00	5.4000	0.0566	0.394
22	楠木	206.99	9.1857	0.0615	0.900
23	栎类	197.09	8.4907	0.0422	0.992
24	桦木	163.34	7.4789	0.0516	0.990
25	硬阔类	160.99	10.3130	0.0492	0.990
26	椴树类	266.71	7.8232	0.0586	0.957
27	檫木	210.00	24.9900	0.1708	0.878
28	桉树	89.87	7.1493	0.1432	0.898
29	木麻黄	156.02	6.4432	0.0698	0.804
30	杨树	70.76	1.4920	0.1434	0.934
31	桐类	110.42	4.0946	0.0505	0.876
32	软阔类	132.24	5.2755	0.1302	0.956
33	杂木	199.15	20.7297	0.3534	0.975
34	针叶混	158.94	20.8042	0.1017	0.949
35	针阔混	290.96	8.5774	0.0560	0.993
36	阔叶混	237.57	12.2721	0.1677	0.980

a) 方程结构:  $B = \frac{w}{1 + ke^{-at}}$  其中  $B$  为生物量密度,  $t$  为林龄,  $w$ ,

$k, a$  为常数

## 2.2 中国现存森林和新造森林的碳库预测

基于林龄-生物量密度模型和 1999~2003 年森林资源清查数据, 预测现有森林在未来 50 年中碳库的变化情况, 结果如表 2 所示. 在没有森林成片砍伐和死亡的情况下, 现有森林的生物量碳库到 2050 年可以达到 10.23 Pg C, 与 1999~2003 年的 5.86 Pg C 相比增加了 4.37 Pg C, 森林平均生物量碳密度从 1999~2003 年的 41.1 Mg C/ha, 增长到 2050 年的 71.7 Mg C/ha.

中国未来 50 年新造森林的碳库变化如表 2 所示. 新造森林到 2050 年累计生长量为 2.86 Pg C, 平均生物量碳密度为 34.0 Mg C/ha.

综合现有森林和新增森林的碳库变化, 可以得到未来 50 年中国森林总碳库的变化情况(图 2 和表 2). 到 2050 年, 中国森林总碳库将达到 13.09 Pg C, 与 1999~2003 年相比新增碳汇 7.23 Pg C, 平均年碳汇量为 0.14 Pg C/a. 中国森林总平均生物量碳密度由 1999~2003 年的 41.1 Mg C/ha, 增加到 2050 年的 57.7 Mg C/ha, 净增 16.6 Mg C/ha.

## 3 讨论

### 3.1 森林生物量碳库的预测方法及可能的误差分析

在全国及省区尺度上, 有多种方法用于估算现有森林生物量碳库的大小<sup>[14]</sup>, 但对于未来森林碳库变化趋势的预测仍缺少合理有效的方法<sup>[17,18]</sup>. 本文提出了以森林资源清查资料和林业发展规划为依据, 通过生物量密度与林龄的关系预测区域和全国尺度森林碳库的方法. 本文构建的各森林类型生物量密度与林龄关系以最近两次森林资源清查中各林龄组的平均生物量密度为依据, 这一数据实际上已经包含了间伐、补植等人工管理措施对森林生物量的影响, 因此本文给出的预测结果在一定程度上已经考虑了人为因素和历史过程对中国森林生物量碳库的影响, 预测结果能比较真实地反映森林碳库及其变化情况.

为检验本研究方法的可靠性, 利用生物量密度与林龄的回归关系对 1984~1988, 1989~1993, 1994~1998, 1999~2003 年这 4 个时期的生物量碳库进行了估算, 并与 Fang 等人<sup>[3]</sup>用连续 BEF 法估算的实际结果相比较. 可以看出, 预测值与实际估算结果非常一致, 误差在 -2.1%~3.6% 之间(图 3), 说明本文建立的

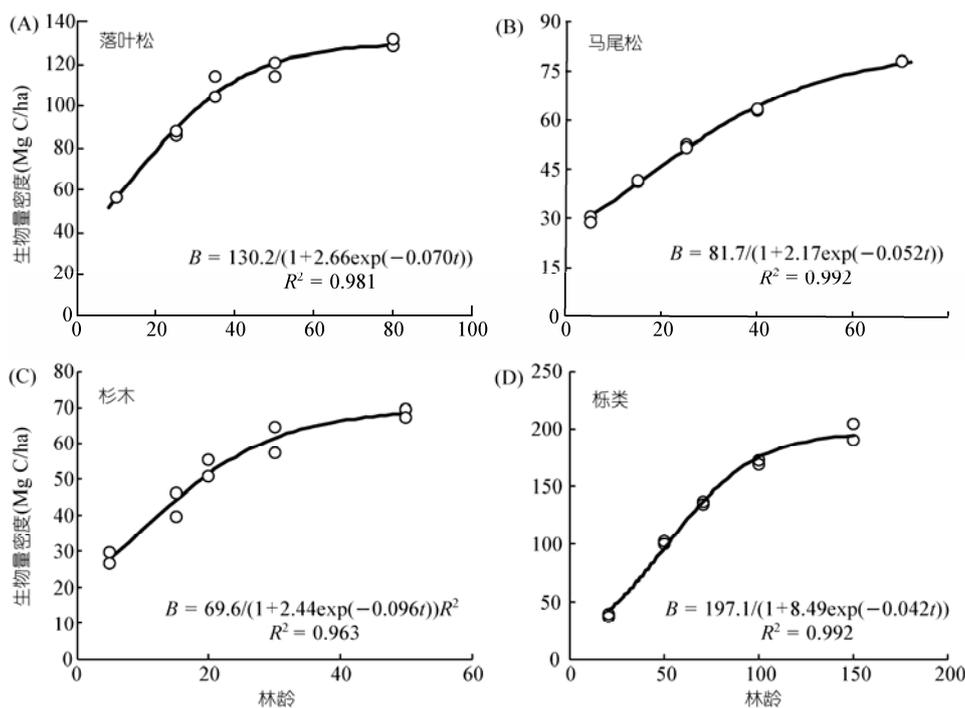


图 1 4 个主要森林类型生物量密度随林龄变化的 Logistic 曲线

表 2 2000~2050 年中国森林碳库预测( $Tg=1 \times 10^{12} g$ )

年份	现有森林		新造森林		总计	
	碳库(Tg C)	碳密度(Mg C/ha)	碳库(Tg C)	碳密度(Mg C/ha)	碳库(Tg C)	碳密度(Mg C/ha)
2000	5862.5	41.1	0.0	0.0	5862.5	41.1
2010	7385.0	51.7	303.7	15.7	7688.6	47.4
2020	8536.5	59.8	880.3	19.8	9416.8	50.3
2030	9299.9	65.1	1538.5	25.2	10838.4	53.2
2040	9839.3	68.9	2196.9	30.3	12036.2	55.9
2050	10234.7	71.7	2855.6	34.0	13090.3	57.7
碳汇(Tg C)	4372.3		2855.6		7227.9	
年增汇(Tg C/年)	87.4		57.1		144.6	

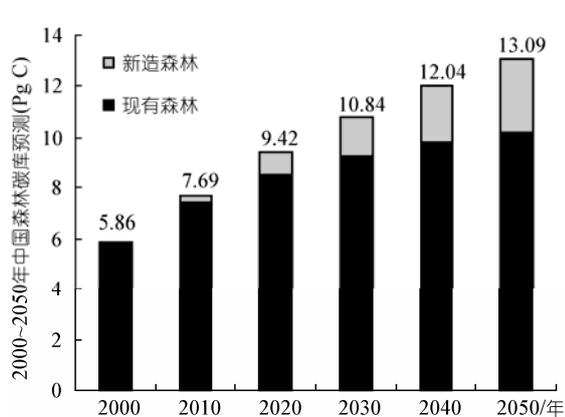


图 2 2000~2050 年中国森林生物量碳库预测

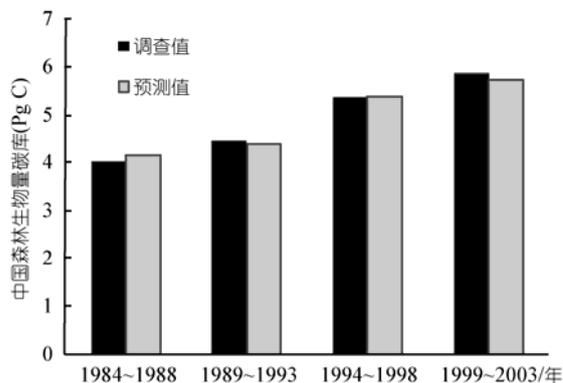


图 3 以往 4 期森林资源清查实际调查值与生物量密度模型推算值的比较

方法能够用于全国尺度森林生物量碳库及其变化的预测, 结果较为可靠.

然而, 本文的预测基于一些假设, 因此, 其结果会存在一定的不确定性. 影响预测结果精度的因素主要有如下方面. (i) 在预测过程中, 假设没有森林的成片砍伐和死亡, 已有森林均按平均生长方程自然生长. 而实际上, 如果森林在生长过程中受砍伐和死亡的影响, 即使森林面积仍按规划增长, 但存在低生物量密度的幼龄林替代高生物量密度的成熟林的情况, 这将使得估算的森林总碳库偏大. 例如, 根据第六次森林资源清查(1999~2003年)的结果, 中国森林林分的年均总消耗量为  $3.72448 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 枯损量约为  $7.2426 \times 10^7 \text{ m}^3$ <sup>[2]</sup>. 如果未来中国森林仍保持同样的枯损量, 则根据目前森林蓄积量与碳储量的关系<sup>[3]</sup>, 未来50年中国森林将大约损失 1.75 Pg C, 那么2000~2050年的生物量碳汇值将由 7.23 Pg C 减小到 5.48 Pg C; (ii) 新造森林面积在不同森林类型间的分配也是本文预测结果的误差来源之一. 本文按照最近的森林资源清查数据中人工林的面积比例进行新增森林面积的分配, 但随着中国林业的发展和森林覆盖率的提高, 新造森林的面积比例可能发生变化; (iii) 气候变化、大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高和氮沉降等因素也可能影响森林生物量密度的积累过程<sup>[19-21]</sup>; (iv) 中国可持续发展林业战略研究项目组给出的林业发展目标能否实现, 将直接影响本文的预测结果.

### 3.2 中国森林生物量的碳汇潜力

本文预测中国森林在2000~2050年中将净吸收 7.23 Pg C, 相当于目前现有碳库的 123%, 约是过去20年森林总碳汇的4倍. 中国森林的平均碳密度在未来50年中将持续增长, 2020年将超过 50 Mg C/ha, 2050年将达到 57.7 Mg C/ha, 说明中国森林具有较大的碳汇潜力.

IPCC 报告指出, 1995~2005 年全球森林吸收了 60~87 Pg C, 相当于同时期化石燃料燃烧排放 CO<sub>2</sub> 的 12%~15%<sup>[22]</sup>. 根据森林资源清查资料的估算, 在1981~2000年间中国化石燃料燃烧排放的 CO<sub>2</sub> 有 14.6%~16.1% 被森林生物量碳库吸收<sup>[3]</sup>, 接近全球平均水平. 本文只估算了林分碳库的变化, 但如果考虑整个森林, 则中国森林的总碳汇将增加 20%~30% (未发表资料). 然而, 近年来中国 CO<sub>2</sub> 排放量急剧增加, 且随着经济的迅速发展, 中国的 CO<sub>2</sub> 排放量还会继续增长<sup>[23]</sup>. 研究表明, 2000~2050年, 中国碳排放量需要 101.5~155.9 Pg C<sup>[24]</sup>. 那么, 按照本文预测, 2000~2050年, 中国森林将吸收化石燃料燃烧排放 CO<sub>2</sub> 的 4.6%~7.1%. 在 CO<sub>2</sub> 排放量不断增加的背景下, 中国森林碳汇仍在减缓温室气体增加方面发挥重要作用. 因此, 在未来50年中, 应继续加强森林的保护和经营管理工作, 落实相关的林业政策和规划, 充分发挥中国森林的碳汇潜力, 为应对全球气候变化做出贡献.

### 参考文献

- Dixon R K, Brown S, Houghton R A, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystem. *Science*, 1994, 262: 185—190
- 国家林业局森林资源管理司. 1999~2003 全国森林资源统计. 2005
- Fang J Y, Guo Z D, Piao S L, et al. Terrestrial vegetation carbon sinks in China, 1981~2000. *Sci China: Earth Sci*, 2007, 50: 1341—1350
- Fang J Y, Wang G G, Liu G H, et al. Forest biomass of China: an estimate based on the biomass-volume relationship. *Ecol Appl*, 1998, 8: 1084—1091
- 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
- Pan Y D, Luo T X, Birdsey R, et al. New estimates of carbon storage and sequestration in China's forest: effect of age class and method on inventory-based carbon estimation. *Climatic Change*, 2004, 67: 211—236
- 中国可持续发展林业战略研究项目组. 中国可持续发展林业战略研究总论. 北京: 中国林业出版社, 2002
- Pregitzer K S, Euskirchen E S. Carbon Cycling and storage in world forests: biome patterns related to forest age. *Global Change Biol*, 2004, 10: 2052—2077
- Zhao M, Zhou G S. Estimation of biomass and net primary productivity of major planted forest in China based on forest inventory data. *Forest Ecol Manage*, 2005, 207: 295—313
- Kauppi P E, Ausubel J H, Fang J Y, et al. Returning forests analyzed with the forest identity. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2006, 103: 17574—

- 11 Wang X K, Feng Z W, Ouyang Z Y. The impact of human disturbance on vegetative carbon storage in forest ecosystems in China. *Forest Ecol Manage*, 2001, 148: 117—123
- 12 Piao S L, Fang J Y, Zhu B, et al. Forest biomass carbon stocks in China over the past 2 decades: estimation based on integrated inventory and satellite data. *J. Geophys Res*, 2005, 110: G01006, doi:10.1029/2005JG000014
- 13 Piao S L, Fang J Y, Ciais P, et al. The Carbon balance of terrestrial ecosystems in China. *Nature*, 2009, 458: 1009—1013
- 14 Guo Z D, Fang J Y, Pan Y D, et al. Inventory-based estimates of forest biomass carbon stocks in China: a comparison of three methods. *Forest Ecol Manage*, 2009, 259: 1225—1231
- 15 Fang J Y, Oikawa T, Kato T, et al. Biomass carbon accumulation by Japan's forests from 1947 to 1995. *Global Biogeochem Cycles*, 2005, 19: GB2004, doi:10.1029/2004GB002253
- 16 肖兴威. 中国森林资源清查. 北京: 中国林业出版社, 2005
- 17 Mickler R A, Earnhardt T S, Moore J A. Regional estimation of current and future forest biomass. *Environ Pollut*, 2002, 116: S7—S16
- 18 Zhao M F, Xiang W H, Peng C H, et al. Simulating age-related changes in carbon storage and allocation in a Chinese fir plantation growing in southern China using the 3-PG model. *Forest Ecol Manage*, 2009, 257: 1520—1531
- 19 Hyvonen R, Agren G I, Linder S, et al. The likely impact of elevated CO<sub>2</sub>, nitrogen deposition, increased temperature and management on carbon sequestration in temperate and boreal forest ecosystems: a literature review. *New Phytol*, 2007, 173: 463—480
- 20 Ju W M, Chen J M, Harvey D, et al. Future carbon balance of China's forests under climate change and increasing CO<sub>2</sub>. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 85: 538—562
- 21 Luyssaert S, Inglima I, Jung M, et al. CO<sub>2</sub> balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database. *Global Change Biol*, 2007, 13: 2509—2537
- 22 IPCC. *Climate Change 2007: The physical scientific basis. The Fourth Assessment Report of Working Group*. Cambridge: Cambridge University Press, 2007
- 23 Raupach M R, Marland G, Ciais P, et al. Global and regional drivers of accelerating CO<sub>2</sub> emissions. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2007, 104: 10288—10293
- 24 中国科学院学部咨询专题研究报告. 2009 哥本哈根气候变化谈判的科学基础和建议. 2009

附表1 各树种林龄等级的划分<sup>[16]</sup>

树种	地区	起源	龄组划分(年)				
			幼龄林	中龄林	近熟林	成熟林	过熟林
红松、云杉、柏木、 紫杉、铁杉	北部	天然	60 以下	61~100	101~120	121~160	161 以上
	北部	人工	40 以下	41~60	61~80	81~120	121 以上
	南部	天然	40 以下	41~60	61~80	81~120	121 以上
	南部	人工	20 以下	21~40	41~60	61~80	81 以上
落叶松、冷杉、樟子松、 赤松、黑松	北部	天然	40 以下	41~80	81~100	101~140	141 以上
	北部	人工	20 以下	21~30	31~40	41~60	61 以上
	南部	天然	40 以下	41~60	61~80	81~120	121 以上
	南部	人工	20 以下	21~30	31~40	41~60	61 以上
油松、马尾松、云南松、 思茅松、华山松、 高山松	北部	天然	30 以下	31~50	51~60	61~80	81 以上
	北部	人工	20 以下	21~30	31~40	41~60	61 以上
	南部	天然	20 以下	21~30	31~40	41~60	61 以上
	南部	人工	10 以下	11~20	21~30	31~50	51 以上
杨、柳、桉、椴、楝、 泡桐、枫杨、木麻黄、 软阔	北部	人工	10 以下	11~15	16~20	21~30	31 以上
	南部	人工	5 以下	6~10	11~15	16~25	26 以上
桦、榆、木荷、枫香、珙 桐	北部	天然	30 以下	31~50	51~60	61~80	81 以上
	北部	人工	20 以下	21~30	31~40	41~60	61 以上
	南部	天然	20 以下	21~40	41~50	51~70	71 以上
	南部	人工	10 以下	11~20	21~30	31~50	51 以上
栎、柞、楮、栲、樟、楠、 椴、水、胡、黄、硬阔	南北部	天然	40 以下	41~60	61~80	81~120	121 以上
	南北部	人工	20 以下	21~40	41~50	51~70	71 以上
杉木、柳杉、水杉、毛竹	南部	人工	10 以下	11~20	21~25	26~35	36 以上

附表2 未来森林面积变化<sup>a)</sup>

年份	覆盖率(%)	森林总面积/10 <sup>4</sup> ha	林分面积/10 <sup>4</sup> ha	林分新增面积/10 <sup>4</sup> ha
2000	18.2	17490.9	14278.7	
2010	20.4	19568.4	16213.0	1934.3
2020	23.5	22528.9	18714.0	2501.0
2030	25.5	24503.3	20382.0	1668.0
2040	26.9	25865.0	21532.3	1150.3
2050	28.4	27226.6	22682.6	1150.3

a) 覆盖率数据引自《中国可持续发展林业战略研究总论》<sup>[7]</sup>。森林总面积根据覆盖率和国土总面积(960.27×10<sup>6</sup> ha)推算; 在森林总面积基础上减去国家特别规定灌木林和香港、澳门、台湾地区森林面积, 根据 1999~2003 年森林资源清查中林分面积在森林总面积中的比例推算未来的林分面积

附表 3 新增森林面积<sup>a)</sup>

编号	优势树种	现有森林面积/10 <sup>4</sup> ha	分配比例(%)	新造森林面积/10 <sup>4</sup> ha				
				2010	2020	2030	2040	2050
0	合计	14278.67	100.00	1934.33	4435.34	6103.31	7253.62	8403.94
1	红松	40.28	0.08	1.48	3.39	4.66	5.54	6.42
2	冷杉	326.71	0.62	11.98	27.47	37.80	44.92	52.05
3	云杉	450.07	0.85	16.50	37.84	52.07	61.89	71.70
4	铁杉	23.46	0.04	0.86	1.97	2.71	3.23	3.74
5	柏木	319.79	2.40	46.44	106.50	146.55	174.17	201.79
6	落叶松	1049.39	7.88	152.41	349.47	480.89	571.53	662.16
7	樟子松	69.4	0.13	2.54	5.84	8.03	9.54	11.06
8	赤松	16.14	0.03	0.59	1.36	1.87	2.22	2.57
9	黑松	19.48	0.04	0.71	1.64	2.25	2.68	3.10
10	油松	228.1	1.71	33.13	75.96	104.53	124.23	143.93
11	华山松	78.38	0.15	2.87	6.59	9.07	10.78	12.49
12	油杉	26.92	0.05	0.99	2.26	3.11	3.70	4.29
13	马尾松	1739.2	18.06	349.40	801.16	1102.44	1310.22	1518.00
14	云南松	477.94	0.9	17.53	40.19	55.30	65.72	76.14
15	思茅松	56.14	0.11	2.06	4.72	6.50	7.72	8.94
16	高山松	180.47	0.34	6.62	15.17	20.88	24.82	28.75
17	杉木	1381.59	28.54	552.01	1265.74	1741.73	2070.00	2398.27
18	柳杉	23.32	0.04	0.86	1.96	2.70	3.21	3.72
19	水杉	7.97	0.02	0.29	0.67	0.92	1.10	1.27
20	水曲柳、胡桃楸、黄柏	65.37	0.12	2.40	5.50	7.56	8.99	10.41
21	樟树	8.87	0.02	0.33	0.75	1.03	1.22	1.41
22	楠木	10.53	0.02	0.39	0.89	1.22	1.45	1.68
23	栎类	1821.77	3.45	66.80	153.17	210.78	250.50	290.23
24	桦木	1138.83	2.16	41.76	95.75	131.76	156.59	181.43
25	硬阔类	974.04	7.31	141.47	324.38	446.36	530.49	614.62
26	椴树类	74.74	0.14	2.74	6.28	8.65	10.28	11.91
27	檫木	3.59	0.01	0.13	0.30	0.42	0.49	0.57
28	桉树	82.19	0.62	11.94	27.37	37.66	44.76	51.86
29	木麻黄	12.85	0.02	0.47	1.08	1.49	1.77	2.05
30	杨树	704.44	12.81	247.78	568.15	781.80	929.15	1076.50
31	桐类	19.01	0.04	0.70	1.60	2.20	2.61	3.03
32	软阔类	619.69	4.65	90.00	206.37	283.98	337.50	391.02
33	杂木	383.67	0.73	14.07	32.26	44.39	52.76	61.12
34	针叶混	168.54	0.32	6.18	14.17	19.50	23.18	26.85
35	针阔混	428.02	3.21	62.16	142.54	196.14	233.11	270.08
36	阔叶混	1247.77	2.37	45.75	104.91	144.37	171.57	198.78

a) 新造森林的面积分配比例根据《1999~2003 全国森林资源统计》推算<sup>[2]</sup>。给出了人工林面积居前三位森林类型(杉木、马尾松、杨树)的具体面积及前 10 位森林类型在人工林中所占的比例, 据此将新造森林面积按人工林的面积比例分配到各森林类型中去。对于缺乏人工林面积数据的森林类型根据现有林分面积比例进行分配