第18期

中国森林碳储量现状与潜力预测

评估和预测森林植被碳储量及其变化，是制定未来林业应对气候变化政策与行动目标的重要基础。近年来关于中国森林碳储量和固碳能力的评估结果并不一致，多数研究简单地假定未来森林面积不发生变化，只考虑林龄增长引起的碳储量变化，而忽略了采伐更新这一必要的森林经营措施，和森林非常重要的木材生产功能。评估和权衡中国森林的木材生产和碳固持功能，同时考虑采伐更新和木产品对于中国森林碳储量和固碳能力的贡献，在保障木材供给的同时尽可能地保持和提高中国森林碳储量，是亟待解决的科学问题。

本研究以符合国家“森林”定义的乔木林为研究对象，基于全国第5次到第8次森林资源清查数据、文献资料数据和实测数据，构建了各优势树种（组）“蓄积-林龄”生长方程、“生物量-蓄积”相关方程、生物量碳计量参数等。通过构建未来情景假设，以采伐更新为主要驱动因子，预测未来中国乔木林面积、单位面积蓄积，采用IPCC指南的方法，估算森林生物质碳密度和碳储量变化、采伐木产品碳储量及其变化。

3种假设情景分别是：（1）减少采伐更新情景。这相当于加大森林保护的力度、减少森林采伐更新，未来有更多的森林能进入成熟林和过熟林阶段。（2）保持历史采伐更新水平。这相当于未来森林管理和森林经营水平、木材生产和供给能力等均按历史相同水平发展。（3）增加采伐更新情景。老龄林采伐更新力度加大，森林的林龄结构逐步趋于年轻化，同时国内木材生产量和供给量将随之增大。

研究结果表明，2010年中国乔木林面积164.22×106hm2，2050年将增加至201.42×106hm2，新增乔木林面积37.20×106hm2，平均年增加量为0.93×106hm2。在保持历史水平情景下（k=1），2010-2050年幼、中龄林和近熟林面积保持相对稳定的水平，而老龄林（成熟林+过熟林）面积将持续增加，从2010年的32.34×106hm2增加至2050年的59.49×106hm2，老龄林面积占比从2010年的19.69%增加至2050年的29.54%。在加强森林保护和减少采伐更新情景下（k=2），未来老龄林面积相比于历史水平将大幅度增加，2050年将达到79.23×106hm2（占比增加至39.34%），森林的林龄结构总体向老龄化发展。在增加采伐更新情景下（k=-1），2050年老龄林将减少至19.90×106hm2，老龄林面积占比降至9.88%，林龄结构整体将向年轻化发展。



图1 2010-2050年中国森林各龄组的面积

加强森林保护和减少采伐更新有助于提高中国森林立木蓄积，尤其是老龄林（成熟林和过熟林）的立木蓄积；而增加采伐更新强度，则将使中国森林立木蓄积减少，尤其是老龄林蓄积占比降低。保持历史水平情景（*k*=1）下，2011-2020年间年均采伐更新消耗蓄积303.98×106m3·a-1，且随时间呈下降趋势，2041-205年间年均采伐更新消耗蓄积276.55×106m3·a-1。加强森林保护和减少森林更新采伐情景（*k*=2）下的年均采伐更新消耗的蓄积明显较低，2011-2020年间年均采伐更新消耗蓄积251.64×106m3·a-1，2041-2050年间年均采伐更新消耗蓄积为202.18×106m3·a-1。而增加更新采伐情景下，2011-2020年间年均采伐更新消耗蓄积408.18×106m3·a-1，2041-2050年间为396.44×106m3·a-1。尽管加强森林保护和减少森林更新采伐有利于保护和增加森林立木蓄积，但由于采伐更新量减少，木材生产和供给量（377.10×106m3·a-1）相比于保持历史水平情景（316.98×106m3·a-1）有所下降。而加强森林更新采伐强度情景下，尽管森林立木蓄积量下降，但是2011-2050年期间的木材生产和供给量（419.00×106m3·a-1）相比于历史水平情景增加102.03×106m3·a-1。

表1. 2011-2050年中国森林蓄积年均变化量（×106m3·a-1）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 情景 | 蓄积变化量 | 2011-2020年 | 2021-2030年 | 2031-2040年 | 2041-2050年 | 2011-2050年 |
| *k*=2 | 年均更新采伐量 | 251.64 | 295.01 | 285.23 | 202.18 | 258.52 |
|  | 年均生长量 | 380.77 | 383.22 | 374.59 | 369.81 | 377.10 |
|  | 年均净变化量 | 129.14 | 88.20 | 89.36 | 167.63 | 118.58 |
| *k*=1 | 年均更新采伐量 | 303.98 | 343.29 | 344.07 | 276.55 | 316.98 |
|  | 年均生长量 | 383.28 | 392.95 | 393.38 | 401.76 | 392.84 |
|  | 年均净变化量 | 79.30 | 49.65 | 49.31 | 125.21 | 75.87 |
| *k*=-1 | 年均更新采伐量 | 408.18 | 430.81 | 440.58 | 396.44 | 419.00 |
|  | 年均生长量 | 387.61 | 408.83 | 423.88 | 461.61 | 420.48 |
|  | 年均净变化量 | -20.58 | -21.98 | -16.69 | 65.16 | 1.48 |

在保持历史水平情景下（*k*=1），**2010-2050年中国森林生物质碳储量将保持增加趋势，从2010年的6717.23Tg C增加至2050年的8028.16Tg C。**加强森林保护和减少采伐更新情景下（*k*=2），**2050年中国森林生物质碳储量达到8645.09 Tg C**。**增加采伐更新情景下（*k*=-1），2050年中国森林生物质碳储量达到6968.98 Tg C**。相比于保持历史水平情景（*k*=1），加强森林保护和减少采伐更新情景（*k*=2）使2010-2050年间中国森林的老龄林（成熟林+过熟林）生物质碳储量明显增加，而幼、中龄林和近熟林生物质碳储量则明显减少。反之，增加森林采伐更新情景（*k*=-1）则使2010-2050年间中国森林的老龄林生物质碳储量明显下降，而幼、中龄林和近熟林生物质碳储量增加。

表2. 2010-2050年中国森林生物质碳储量（Tg C）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 情景 | 森林 | 2010年 | 2020年 | 2030年 | 2040年 | 2050年 |
| *k*=2 | 天然林 | 5584.13 | 5851.25 | 5950.08 | 5958.38 | 6160.55 |
|  | 人工林 | 1133.10 | 1316.98 | 1368.51 | 1425.79 | 1538.62 |
|  | 新造林 | 0.00 | 124.80 | 346.64 | 627.96 | 945.93 |
|  | 合计 | 6717.23 | 7293.03 | 7665.23 | 8012.13 | 8645.09 |
| *k*=1 | 天然林 | 5584.13 | 5723.38 | 5720.33 | 5636.10 | 5763.89 |
|  | 人工林 | 1133.10 | 1260.86 | 1273.45 | 1286.90 | 1344.13 |
|  | 新造林 | 0.00 | 124.80 | 345.96 | 618.16 | 920.14 |
|  | 合计 | 6717.23 | 7109.04 | 7339.74 | 7541.16 | 8028.16 |
| *k*=-1 | 天然林 | 5584.13 | 5466.85 | 5262.79 | 5014.80 | 5039.68 |
|  | 人工林 | 1133.10 | 1146.67 | 1102.75 | 1090.07 | 1100.64 |
|  | 新造林 | 0.00 | 124.80 | 339.42 | 571.10 | 828.66 |
|  | 合计 | 6717.23 | 6738.32 | 6704.96 | 6675.97 | 6968.98 |



图2. 2010-2050年中国森林各龄组生物质碳储量

保持历史水平情景（*k*=1）下，**2020、2030、2040和2050年来自采伐更新的木产品碳储量分别达到338.78，624.68，822.90和893.76 Tg C**。加强森林保护和减少森林更新采伐情景（*k*=2）下，由于采伐收获的木材蓄积减少，木产品碳储量相比之下也有所降低，2020、2030、2040和2050年来自采伐更新的木产品碳**储量分别达到281.14，530.25，690.02和715.66Tg C**。而*k*=-1情景下由于加大了森林的更新采伐，2020、2030、2040和2050年来自采伐更新的木产品碳储量**分别达到453.26，802.93，1058.01和1193.95Tg C**，均高于*k*=1情景。

表 3. 2010-2050年中国采伐更新后的木产品碳储量碳储量（Tg C）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 情景 | 森林 | 2010年 | 2020年 | 2030年 | 2040年 | 2050年 |
| *k*=2 | 天然林 | - | 203.64 | 375.70 | 497.39 | 521.92 |
|  | 人工林 | - | 77.50 | 154.55 | 192.08 | 192.43 |
|  | 新造林 | - | 0.00 | 0.00 | 0.56 | 1.30 |
|  | 合计 | - | 281.14 | 530.25 | 690.02 | 715.66 |
| *k*=1 | 天然林 | - | 240.48 | 433.20 | 570.19 | 605.15 |
|  | 人工林 | - | 98.31 | 191.19 | 248.84 | 276.85 |
|  | 新造林 | - | 0.00 | 0.29 | 3.87 | 11.76 |
|  | 合计 | - | 338.78 | 624.68 | 822.90 | 893.76 |
| *k*=-1 | 天然林 | - | 314.28 | 547.05 | 707.78 | 752.52 |
|  | 人工林 | - | 138.98 | 253.51 | 327.33 | 380.90 |
|  | 新造林 | - | 0.00 | 2.37 | 22.90 | 60.53 |
|  | 合计 | - | 453.26 | 802.93 | 1058.01 | 1193.95 |

综合森林生物质碳储量和源自采伐更新的木产品碳储量，在保持历史水平情景下（*k*=1），**2011-2050年间中国森林碳储量的年均变化量为55.12 Tg C·a-1，且随时间呈先下降后上升的趋势，其中生物质碳储量年均变化量约为32.77Tg C·a-1，木产品碳储量年均变化量约为22.34Tg C·a-**1。加强森林保护和减少采伐更新情景（*k*=2）有助于提升中国森林碳储量增长速率，**2011-2050年间年变化量为66.09 Tg C·a-1，其中生物质碳储量年变化量为48.20 Tg C·a-1**，**木产品碳储量年变化量为17.89 Tg C·a-1**。而增加森林的采伐更新（*k*=-1）尽管提高了森林的生长速率，但由于采伐量增加使森林生物质碳储量在2021-2040年间呈现负增长，至2041-2050年间才逐步恢复增长。**2011-2050年间森林碳储量的年均变化量为36.14 Tg C·a-1，其中生物质碳储量年变化量为6.29 Tg C·a-1，木产品碳储量年变化量为29.85 Tg C·a-1。**

表 4. 2011-2050年中国森林碳储量年均变化量（Tg C·a-1）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 情景 | 碳储量变化量 | 2011-2020年 | 2021-2030年 | 2031-2040年 | 2041-2050年 | 2011-2050年 |
| *k*=2 | 生物质碳储量 | 57.58 | 37.22 | 34.69 | 63.30 | 48.20 |
|  | 木产品碳储量 | 28.11 | 24.91 | 15.98 | 2.56 | 17.89 |
|  | 合计 | 85.69 | 62.13 | 50.67 | 65.86 | 66.09 |
| *k*=1 | 生物质碳储量 | 39.18 | 23.07 | 20.14 | 48.70 | 32.77 |
|  | 木产品碳储量 | 33.88 | 28.59 | 19.82 | 7.09 | 22.34 |
|  | 合计 | 73.06 | 51.66 | 39.96 | 55.79 | 55.12 |
| *k*=-1 | 生物质碳储量 | 2.11 | -3.34 | -2.90 | 29.30 | 6.29 |
|  | 木产品碳储量 | 45.33 | 34.97 | 25.51 | 13.59 | 29.85 |
|  | 合计 | 47.44 | 31.63 | 22.61 | 42.90 | 36.14 |