

T/JSF

团 体 标 准

T/JSF 037—2025

杉木人工林碳汇量计算方法

Calculation method for carbon sequestration of Chinese fir plantation

2025 - 11 - 05 发布

2025 - 11 - 05 实施

江苏省林学会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由江苏省林学会提出、归口并负责实施。

本文件起草单位：南京林业大学。

本文件主要起草人：李川，刘圣阳，华畅，黄贻杰，郭阳、孙睿、刘慧鸿、余旭辰、毛岭峰，葛之葳，彭思利，伊理孝，赖竟恺，郝思军，史旭然。

杉木人工林碳汇量计算方法

1 范围

本文件规定了杉木人工林的碳汇测量内容、数据来源、碳汇计算等技术要求。
本文件适用于杉木人工林碳储量、碳汇量计算。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 43647-2024 中国森林认证 森林碳汇
LY/T 2988-2018 森林生态系统碳储量计量指南
T/CI 126-2023 高寒草地碳储量及碳汇核算技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

杉木人工林碳汇 carbon sequestration of chinese fir plantations

杉木人工林生态系统吸收大气中的二氧化碳并将其固定在植被和土壤中的数量。

3.2

含碳率 carbon content ratio

特定生物体或土壤中碳元素质量占其总质量的百分比，以%表示。

（来源：T/CI 126-2023 ， 3.9）

3.3

碳储量 carbon storage

特定区域或生态系统中所积累碳的总量，通常以吨（t）或千克（kg）为计量单位。

（来源：LY/T 2988-2018 ， 3.3）

3.4

地上生物量 aboveground biomass

地表以上所有活体植物的干重总量，由乔木层（干、枝、皮、种子、叶等）和下木层（灌木等低矮木本植物）组成。

（来源：LY/T 2988-2018 ， 3.4）

3.5

地下生物量 belowground biomass

土壤层以下所有植物活根的生物质，包括根状茎、块根、板根在内的所有活根。

（来源：LY/T 2988-2018 ， 3.5）

3.6

枯落物 dead organic matter for litter

土壤层以上，径小于 5.0cm，处于不同分解状态的所有死的植物体，包括凋落物、腐殖质以及死根。

（来源：LY/T 2988-2018 ， 3.6）

3.7

枯死木 dead wood

枯落物以外的所有所有死的林木生物质。

（来源：LY/T 2988-2018 ， 3.7）

3.8

生物量扩展因子 biomass expansion factor

森林生态系统林木地上生物量与树干生物量的比值。

(来源: LY/T 2988-2018 , 3.9)

4 测量内容

核算杉木人工林的地上生物量、地下生物量、枯落物生物量、枯死物生物量、土壤生物量五个部分所对应的碳储量。

5 数据来源

5.1 木材成分含碳率

纤维素含碳率: 纤维素理论含碳率44.44% (即4/9), 参考《生物质结构及成分分析详解》。

半纤维素含碳率: 杉木经硝酸-醋酸混合液水解法测定含量, 其平均含碳率45.55% (即5/11), 参考《我国森林碳动态及其对全球碳平衡的贡献》。

木质素含碳率: 云杉经热分析法与元素, 参考《木材固碳量与含碳率研究进展》。

5.2 森林生态系统碳储量计算参数

木材密度 (SVD): 取值0.359t/m³。

生物量扩展因子 (BEF): 取值1.2。

地上生物量与地下生物量比值 (RSR): 取0.236计算。

林分枯落物平均单位面积地上生物量 $B_{枯落物}$: 按地上生物量的5.086%计算。

林分枯死物平均单位面积地上生物量 $B_{枯死物}$: 按地上生物量的2.25%计算。

林分土壤碳密度: 取值31.7tC/hm²。

5.3 生物量计算来源

地上生物量(来源: LY/T 2988-2018《森林生态系统碳储量计量指南》, 5.2.1)。

地下生物量(来源: LY/T 2988-2018《森林生态系统碳储量计量指南》, 5.2.1)。

枯落物生物量(来源: LY/T 2988-201《森林生态系统碳储量计量指南》, 5.3), 提取附录 A《枯落物生物量比例表》。

枯死物生物量(来源: LY/T 2988-2018《森林生态系统碳储量计量指南》, 5.4)。

土壤生物量。(来源: LY/T 2988-2018《森林生态系统碳储量计量指南》, 5.5), 提取附录 D《土壤有机碳密度表》。

6 碳汇测量

6.1 含碳率测定

含碳率计算按照公式 (1) 进行。

$$CF = W_s \times \frac{4}{9} + W_f \times \frac{5}{11} + W_l \times 82.2\% \dots \dots \dots (1)$$

式中:

CF——含碳率 (%) ;

W_s ——纤维素含量 (%) ;

W_f ——半纤维素含量 (%) ;

W_l ——木质素含量 (%) 。

6.2 杉木人工林地上碳储量计算

6.2.1 乔木碳储量

采用森林生态系统碳库调查及测定获得的各树种单位面积蓄积量，采用公式（2）测算：

$$B_{\text{乔木地上部分}, k} = V_{\text{乔木}, k} \times \text{SVD}_{\text{乔木}, k} \times \text{BEF}_{\text{乔木}, k} \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$B_{\text{乔木地上部分}, k}$ ——林分中树木 k 的平均单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（ t/hm^2 ）；

$V_{\text{乔木}, k}$ ——树种 k 单位面积蓄积量，单位为立方米每公顷（ m^3/hm^2 ）；

$\text{SVD}_{\text{乔木}, k}$ ——树种 k 的基本木材密度，单位为吨干物质每立方米（ t/m^3 ），杉木木材密度，取 0.359（ t/m^3 ）；

乔木地上部分碳储量采用公式（3）计算：

$$C_{\text{乔木地上部分}} = \sum_{k=1}^n (B_{\text{乔木地上部分}} \times \text{CF}_{\text{乔木}}) \times S \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$C_{\text{乔木地上部分}}$ ——林分乔木地上部分碳储量，单位为吨（ t ）；

$\text{CF}_{\text{乔木}}$ ——树木 k 的含碳率，单位为吨（ t ）；

S ——林分面积，单位为公顷（ hm^2 ）。

6.2.2 灌木碳储量

灌木层地上部分碳储量采用式子（4）获得：

$$C_{\text{灌木地上部分碳储量}} = B_{\text{灌木地上部分}} \times \text{CF}_{\text{灌木}} \times S \dots \dots \dots (4)$$

式中：

$C_{\text{灌木地上部分碳储量}}$ ——林分灌木地上部分碳储量，单位为吨（ t ）；

$B_{\text{灌木地上部分}}$ ——林分中灌木的平均单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（ t/hm^2 ）；

$\text{CF}_{\text{灌木}}$ ——灌木树种灌木的含碳率，无量纲；

S ——林分面积，单位为公顷（ hm^2 ）。

6.2.3 草本碳储量

草本地上部分碳储量采用公式（5）计算：

$$C_{\text{草本地上部分碳储量}} = B_{\text{草本地上部分}} \times \text{CF}_{\text{草本}} \times S \dots \dots \dots (5)$$

式中：

$C_{\text{草本地上部分}}$ ——林分草本地上部分碳储量，单位为吨（ t ）；

$B_{\text{草本地上部分}}$ ——林分中草本的平均单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（ t/hm^2 ）；

$\text{CF}_{\text{草本}}$ ——为草本灌木的含碳率，无量纲；

S ——林分面积，单位为公顷（ hm^2 ）。

6.2.4 林分碳储量

森林生态系统林上生物部分碳储量采用式子（6）获得：

$$C_{\text{地上部分碳储量}} = C_{\text{乔木地上部分}} + C_{\text{灌木地上部分}} + C_{\text{草本地上部分}} \dots \dots \dots (6)$$

式中：

$C_{\text{地上部分碳储量}}$ ——林分地上部分碳储量，单位为吨（t）。

6.3 杉木人工林地下生物碳储量

6.3.1 乔木碳储量

乔木地下部分碳储量采用公式（7）计算：

$$C_{\text{乔木地下部分}} = \sum_{k=1}^n (B_{\text{乔木地下部分}} \times CF_{\text{乔木}}) \times S \dots \dots \dots (7)$$

式中：

$C_{\text{乔木地下部分}}$ ——林分乔木地下部分碳储量，单位为吨（t）；

式（7）中 $B_{\text{乔木地下部分}}$ 可根据实地调研测算或式（8）求得：

S ——林分面积，单位为公顷（ hm^2 ）。

$$B_{\text{乔木地下部分}} = B_{\text{乔木地上部分}} \times RSR \dots \dots \dots (8)$$

式中：

RSR ——地上生物量与地下生物量的比值，取0.236进行计算。

6.3.2 灌木碳储量

灌木层地下部分碳储量采用式子（9）获得：

$$C_{\text{灌木地下部分碳储量}} = B_{\text{灌木地下部分}} \times CF_{\text{灌木}} \times S \dots \dots \dots (9)$$

式中：

$C_{\text{灌木地下部分碳储量}}$ ——林分灌木地下部分碳储量，单位为吨（t）；

$B_{\text{灌木地下部分}}$ ——林分中灌木的平均单位面积地下生物量，单位为吨每公顷（ t/hm^2 ）；

式（8）中的 $B_{\text{灌木地下部分}}$ 采用实地碳库测定结果获取；

S ——林分面积，单位为公顷（ hm^2 ）。

6.3.3 草本碳储量

草本地下部分碳储量采用公式（10）计算：

$$C_{\text{草本地下部分碳储量}} = B_{\text{草本地下部分}} \times CF_{\text{草本}} \times S \dots \dots \dots (10)$$

式中：

$C_{\text{草本地下部分}}$ ——林分草本地下部分碳储量，单位为吨（t）；

$B_{\text{草本地下部分}}$ ——林分中草本的平均单位面积地下生物量，单位为吨每公顷（ t/hm^2 ）；

S ——林分面积，单位为公顷（ hm^2 ）。

6.3.4 林分碳储量

森林生态系统林下生物部分碳储量采用式子（11）获得：

$$C_{\text{地下部分碳储量}} = C_{\text{乔木地下部分}} + C_{\text{灌木地下部分}} + C_{\text{草本地下部分}} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$C_{\text{地下部分碳储量}}$ ——林分地下部分碳储量，单位为吨（t）。

6.4 枯落物碳储量

林分枯落物质碳储量采用公式（12）计算：

$$C_{\text{枯落物}} = B_{\text{枯落物}} \times CF_{\text{枯落物}} \times S \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$C_{\text{枯落物}}$ ——林分枯落物部分碳储量，单位为吨（t）；

$B_{\text{枯落物}}$ ——林分中枯落物的平均单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（t/hm²）；

$CF_{\text{枯落物}}$ ——草本枯落物的含碳率，无量纲；

式子（12）中 $B_{\text{枯落物}}$ 数值取地上生物量的5.086%进行计算；

S——林分面积，单位为公顷（hm²）。

6.5 枯死物碳储量

林分枯死物质碳储量采用公式（13）计算：

$$C_{\text{枯死物}} = B_{\text{枯死物}} \times CF_{\text{枯死物}} \times S \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$C_{\text{枯死物}}$ ——林分枯死物部分碳储量，单位为吨（t）；

$B_{\text{枯死物}}$ ——林分中枯死物的平均单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（t/hm²）；

$CF_{\text{枯死物}}$ ——草本枯死物的含碳率，无量纲；

式子（13）中 $B_{\text{枯死物}}$ 数值取地上生物量的2.25%进行计算；

S——林分面积，单位为公顷（hm²）。

6.6 土壤碳储量

森林土壤碳储量采用公式（14）计算：

$$C_{\text{土壤}} = SOCC \times S \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$C_{\text{土壤}}$ ——林分土壤碳储量，单位为吨（t）；

SOCC——林分土壤碳密度，单位为吨每公顷（t/hm²）；

式子（14）中SOCC取31,7(tC/hm²)计算；

S——林分面积，单位为公顷（hm²）。

6.7 杉树人工林碳汇测算

$$\Delta C = Ct_2 - Ct_1 \dots\dots\dots(15)$$

式中：

ΔC ——一定时间段内杉树碳储量的变化量，单位为吨（t）；

C_{t_2} ——年份为 t_2 时间段时杉树的碳储量值，单位为吨（t）；

C_{t_1} ——年份为 t_1 时间段时杉树的碳储量值，单位为吨（t）；

$$\Delta C_s = \Delta C \times 44/12 \dots\dots\dots(16)$$

式中：

ΔC_s ——一定时间段内杉树的碳汇量；

ΔC ——一定时间段内杉树碳储量的变化量，单位为吨（t）；

44/12—— CO_2 与 C 的相对分子质量比值。

7 附录表

杉树人工林碳汇数值所需详细记录见附录。

附录 A (资料性)
枯落物生物量比例表

各林地类型的枯落物生物量占地上生物量的比例

森林类型	估计 (%)	样本数	标准差	95%置信区间	
				下限	上限
云冷杉林	9.575	21	9.316	5.334	13.815
落叶松林	26.997	22	24.610	16.085	37.909
红松林	12.814	8	13.922	1.175	24.453
油松林	22.107	26	16.834	15.308	28.907
马尾松林	6.024	36	5.053	4.314	7.733
其它松类—亚热带	9.815	13	5.325	6.598	13.033
其它松类—温带	12.814	8	13.922	1.175	24.453
杉木林	5.086	171	3.735	4.523	5.650
柏木林	3.874	16	5.748	0.811	6.937
栎类	8.874	20	11.653	3.420	14.328
桦木林	22.976	15	40.363	0.624	45.328
其它硬阔类	7.138	30	5.832	4.961	9.316
刺槐林	9.883	9	5.792	5.431	14.335
桉树林	13.100	24	9.360	9.148	17.053
相思林	9.462	10	3.636	6.861	12.063
其它软阔类	8.574	27	6.975	5.815	11.333
针叶混	15.466	5	9.146	4.110	26.822
阔叶混	11.414	31	14.111	6.238	16.590
针阔混-亚热带	7.309	33	4.649	5.660	8.957
针阔混-温带	12.077	6	7.275	4.442	19.711
毛竹林	6.630	12	2.699	4.915	8.345
杂竹林	17.728	5	12.068	2.744	32.713
经济林	13.940	10	12.772	4.803	23.077
灌木林	32.049	60	50.935	18.891	45.207

附 录 B
(资料性)
计算树木含碳率所需数值表

各树种纤维素、半纤维素、木质素含量

树种类型	纤维素含量 (%)	半纤维素量 (%)	木质素含量 (%)
红松	53.98	13.48	25.56
冷杉	41.34	17.19	28.96
云杉	58.96	8.14	26.98
铁杉	44.96	9.79	31.13
柏木	50.13	7.72	29.87
落叶松	52.63	15.33	26.46
樟子松	55.34	11.70	27.15
赤松	50.19	21.62	23.45
黑松	52.09	11.46	28.10
油松	55.32	11.94	26.83
华山松	56.17	19.63	22.34
油杉	55.13	7.70	26.73
马尾松	43.45	10.09	26.84
云南松	49.89	11.42	28.91
思茅松	50.91	25.74	22.18
高山松	47.26	13.99	27.65
杉木	33.51	10.76	32.24
柳杉	43.03	11.18	32.24
水杉			
针叶混			
针阔混	42.19	9.05	32.92
樟树	47.46	23.41	21.20
楠木	48.79	21.88	22.71
栎类	44.91	26.89	21.72
桦硬阔类	41.82	30.37	20.37
椴树类	41.84	23.52	17.81
檫树	42.91	22.08	23.57
桉树	40.33	20.65	30.68
木麻黄	42.55	17.94	27.66

附录 C
(资料性)
各树种含碳率数据表

各树种含碳率

树种类型	纤维素含量 (%)	半纤维素量 (%)	木质素含量 (%)	含碳率量 (%)
红松	53.98	13.48	25.56	0.5113
冷杉	41.34	17.19	28.96	0.4999
云杉	58.96	8.14	26.98	0.5208
铁杉	44.96	9.79	31.13	0.5022
柏木	50.13	7.72	29.87	0.5034
落叶松	52.63	15.33	26.46	0.5211
樟子松	55.34	11.70	27.15	0.5223
赤松	50.19	21.62	23.45	0.5141
黑松	52.09	11.46	28.10	0.5146
油松	55.32	11.94	26.83	0.5207
华山松	56.17	19.63	22.34	0.5225
油杉	55.13	7.70	26.73	0.4997
马尾松	43.45	10.09	26.84	0.4596
云南松	49.89	11.42	28.91	0.5113
思茅松	50.91	25.74	22.18	0.5224
高山松	47.26	13.99	27.65	0.5009
杉木	33.51	10.76	32.24	0.5201
柳杉	43.03	11.18	32.24	0.5235
水杉	42.19	9.05	32.92	0.5013
针叶混				0.5011
针阔混				0.4978
水、胡、黄				0.4822
樟树	47.46	23.41	21.20	0.4916
楠木	48.79	21.88	22.71	0.5030

附录 D
(规范性)
土壤碳密度表

不同森林类型土壤碳密度值

植被	碳密度 (SOCC) (tC/hm ²)	样本数	90%置信区间不确定性 (tC/hm ²)
热带常绿林、雨林季雨林	33.1	16	5.8
热带灌丛、矮林	35.8	27	6.9
亚热带常绿阔叶林	40.0	12	8.2
亚热带常绿-落叶阔叶林混交林	49.2	5	24.4
亚热带落叶阔叶林	53.6	6	35.7
亚热带常绿针叶林	31.7	50	3.9
亚热带针阔混交林	50.3	87	6.9
亚热带矮林	228.3	11	75.5
亚热带疏林	36.9	41	11.0
亚热带灌丛	39.9	72	5.0
温带暗针叶林	153.7	15	36.7
温带常绿针叶林	67.9	6	27.1
温带落叶针叶林	37.9	10	12.5
温带落叶阔叶林	65.5	37	14.3
温带针阔混交林	62.5	37	15.0
温带疏林	33.3	14	13.2

附 录 E
(规范性)
各主要优势树种(组)按龄组划分的生物量转换参数表
生物量转化参数表

优势树种	BEF						SVD
	幼龄	中龄	近熟	成熟	过熟	全部	全部
桉树	1.297	1.178	1.165	1.138	1.151	1.263	0.578
柏木	1.847	1.497	1.233	1.245	1.535	1.732	0.478
檫木	1.427	1.762	1.636	1.198	1.384	1.483	0.477
池杉	1.220	1.216	1.218	1.217	1.217	1.218	0.359
赤松	1.446	1.376	1.411	1.393	1.402	1.425	0.414
榿树	1.407	1.407	1.407	1.407	1.407	1.407	0.420
枫香	2.230	1.347	1.142	1.245	1.193	1.765	0.598
高山松	1.651	1.651	1.651	1.651	1.651	1.651	0.413
国外松	1.881	1.461	1.456	1.200	1.416	1.631	0.424
黑松	1.551	1.551	1.551	1.551	1.551	1.551	0.493
红松	1.558	1.267	1.413	1.340	1.377	1.510	0.396
华山松	1.808	1.830	1.679	1.755	1.717	1.785	0.396
桦木	1.526	1.395	1.252	1.109	1.180	1.424	0.541
火炬松	1.881	1.461	1.456	1.200	1.416	1.631	0.424
阔叶混	1.514	1.514	1.514	1.514	1.514	1.514	0.482
冷杉	1.328	1.339	1.334	1.310	1.286	1.316	0.366
栎类	1.380	1.327	1.360	1.474	1.587	1.355	0.676

参考文献

- [1] 安晓圆,陈辰,张德婧,等.杉木北带东区杉木人工林碳储量影响因素源解析[J].生态学杂志,2024,43(05):1477-1487.
- [2] 储安婷,宁卓,杨红强.林业碳汇对人工林最优轮伐期的影响——以杉木和落叶松为例[J].南京林业大学学报(自然科学版),2023,47(03):225-233.
- [3] 闫保银,姜文龙,范俊俊,等.基于LiDAR技术的杉木人工林碳储量估算研究[J].林业资源管理,2023,(03):134-139.
- [4] 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. GB/T 43647-2024 中国森林认证 森林碳汇[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [5] 国家林业和草原局. LY/T 2988-2018 森林生态系统碳储量计量指南[S].北京: 中国标准出版社, 2018.
- [6] 余智涵,宁卓,杨红强.随机价格下杉木人工林的碳汇收益及最优轮伐期确定[J].自然资源学报,2022,37(03):753-768.
- [7] 臧颢,黄锦程,刘洪生,等.杉木人工林碳汇木材多功能经营的最优轮伐期[J].北京林业大学学报,2022,44(10):120-128.
- [8] 薛蓓蓓,田国双.不同碳补贴机制下杉木人工林最优轮伐期和碳汇成本分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2022,46(02):27-34.
- [9] 黄雪蔓,尤业明,蓝嘉川,等.不同间伐强度对杉木人工林碳储量及其分配的影响[J].生态学报,2016,36(01):156-163.
- [10] 兰斯安,杜虎,曾馥平,等.不同林龄杉木人工林碳储量及其分配格局[J].应用生态学报,2016,27(04):1125-1134.
- [11] 徐金良,毛玉明,成向荣,等.间伐对杉木人工林碳储量的长期影响[J].应用生态学报,2014,25(07):1898-1904.
- [12] 王伟峰,段玉玺,张立欣,等.不同轮伐期对杉木人工林碳固存的影响[J].植物生态学报,2016,40(07):669-678. 林卓,吴承祯,洪伟,等.杉木人工林碳汇木材复合经济收益分析及最优轮伐期确定——基于时间序列预测模型[J].林业科学,2016,52(10):134-145.
- [13] 王姣娇,高唤唤,康宏樟.杉木人工林碳储量影响因素研究进展[J].西北林学院学报,2018,33(03):74-81.
- [14] 刘延惠,丁访军,崔迎春,等.黔中地区不同林龄杉木人工林碳贮量及其分配特征[J].水土保持学报,2015,29(04):278-283.
- [15] 潘勇军,王兵,陈步峰,等.江西大岗山杉木人工林生态系统碳汇功能研究[J].中南林业科技大学学报,2013,33(10):120-125.
- [16] 李娟,白彦锋,彭阳,等.湖南会同县杉木人工林管理碳汇的核算研究[J].林业科学研究,2017,30(03):436-443.
- [17] [1] 邸富宏.中国南方杉木人工林碳动态模拟研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(08):127-134+142.
- [18] 黄贤松,吴承祯,洪伟,等.杉木人工林碳收获预估技术研究[J].自然资源学报,2013,28(02):349-359.
- [19] 巢林,刘艳艳,洪伟,等.碳汇木材复合经营对杉木人工林经济成熟龄及现值收益的影响[J].福建农林大学学报(自然科学版),2016,45(04):409-419.
- [20] 沈月琴,王枫,张耀启,等.中国南方杉木森林碳汇供给的经济分析[J].林业科学,2013,49(09):140-147.
- [21] 国家林业局.LY/T 1721-2008 森林生态系统服务功能评估规范[M].北京:中国标准出版社,2008.
- [22] 中国林业产业联合会. T/CI 126-2023 高寒草地碳储量及碳汇核算技术导则[S].北京: 中国标准出版社, 2023.