

LY

中华人民共和国林业行业标准

LY/T 2988—2018

森林生态系统碳储量计量指南

Guideline on carbon stock accounting in forest ecosystem

(发布稿)

2018 - 12 - 29 发布

2019 - 05 - 01 实施

国家林业和草原局 发布

目 次

前言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 计量内容.....	2
5 计量方法.....	2
5.1 林分地上生物质碳库.....	2
5.1.1 乔木层.....	2
5.1.2 灌木层.....	4
5.1.3 草本层.....	4
5.1.4 林分地上生物质碳储量.....	5
5.2 地下生物质碳库.....	5
5.2.1 乔木层.....	5
5.2.2 灌木层.....	6
5.2.3 草本层.....	6
5.2.4 林分地下生物质碳储量.....	7
5.3 枯落物碳库.....	7
5.4 枯死木炭库.....	8
5.5 土壤碳库.....	9
附录 A（规范性附录） 主要优势树种（组）生物量转换参数.....	10
附录 B（规范性附录） 枯落物生物量比例.....	12
附录 C（规范性附录） 枯死木生物量比例.....	13
附录 D（规范性附录） 土壤碳密度.....	14
参考文献.....	15

前 言

本标准按照 GB/T1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由北京林业大学提出。

本标准由国家林业和草原局归口。

本标准起草单位：北京林业大学、中国林业科学研究院、中国质量认证中心。

本标准主要起草人：武曙红、朱建华、何友均、毕华兴、吴金友、于洁、王振阳、林向群、李罡、刘欢、赵慧君、孙雅妮。

森林生态系统碳储量计量指南

1 范围

本标准规定了森林生态系统碳储量计量的内容和方法。
本标准适用于森林生态系统林分尺度碳储量的计量。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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。
立木生物量模型及碳计量参数¹⁾

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本指南

3.1

森林生态系统 forest ecosystem

是森林生物群落与其环境在物质循环和能量转换过程中形成的功能系统。

3.2

碳库 carbon pool

在碳循环过程中，森林生态系统存储碳的各组成部分。包括地上活体植物生物质、地下活体植物生物质、枯落物、枯死木以及土壤等五个部分。

3.3

森林碳储量 forest carbon stock

森林生态系统各碳库中碳元素的储备量（或质量）。

3.4

地上生物量 above-ground biomass

地表以上以干重表示的所有活体植物的重量，可分为乔木层（包括干、桩、枝、皮、种子、叶）和下木层（灌木、草本和幼树）。

3.5

地下生物量 below-ground biomass

地表以下以干重表示的所有活体植物的重量。包括根状茎、块根、板根在内的所有活根。

3.6

1) 林业行业标准：《立木生物量模型及碳计量参数》系列标准。

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。

3.7

枯死木 dead wood

枯落物以外的所有所有死的林木生物质。

3.8

土壤有机碳 soil organic carbon

土壤矿质土和有机土（包括泥炭土、砂砾层）中的有机碳储量。

3.9

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。

4 计量内容

应对森林生态系统中的地上活体植物生物质、地下活体植物生物质、枯落物、枯死木及土壤等五个碳库的碳储量进行计量。

5 计量方法

5.1 林分地上生物质碳库

5.1.1 乔木层

乔木层地上部分碳储量应根据组成林分各树种的平均单位面积地上生物量、树种含碳率及林分面积，采用以下公式计量：

$$C_{\text{乔木地上部分}} = \sum_{k=1}^n (B_{\text{乔木地上部分},k} \times CF_{\text{乔木},k}) \times s \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$C_{\text{乔木地上部分}}$ —— 林分乔木地上部分生物质碳储量，单位为吨碳（tC）；

$k=1, 2, 3.. n$ —— 组成林分的树种；

$B_{\text{乔木地上生物量},k}$ —— 林分中树种 k 的平均单位面积地上生物量，单位为吨干物质/公顷（t.d.m/hm²）；

$CF_{\text{乔木},k}$ —— 树种 k 的含碳率，单位为吨碳/吨干物质（tC/t.d.m）；

S —— 林分面积，单位为公顷（hm²）。

公式（1）中的 $B_{\text{乔木地上部分},k}$ 可选择以下方式获得：

- a) 已发布《立木生物量模型及碳计量参数》行业标准的树种，根据碳库调查所获得的各树种测树因子的数据，采用以下公式：

$$B_{\text{乔木地上部分},k} = f_k(x1_k, x2_k, x3_k, \dots) \dots \dots \dots (2)$$

式中：

$f_k(x1_k, x2_k, \dots)$ —— 将测树因子转化为地上生物量的回归方程。

- b) 未发布《立木生物量模型及碳计量参数》行业标准的树种，应按顺序选择以下方法获得：

- 1) 采用森林生态系统碳库调查及测定获得的各树种平均单位面积地上生物量；
- 2) 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、树种的基本木材密度以及生物量扩展因子，采用以下公式：

$$B_{\text{乔木地上部分},k} = V_{\text{乔木},k} \times SVD_{\text{乔木},k} \times BEF_{\text{乔木},k} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$V_{\text{乔木},k}$ —— 树种 k 单位面积蓄积量，单位为立方米/公顷（m³/hm²）；

$SVD_{\text{乔木},k}$ —— 树种 k 的基本木材密度，单位为吨干物质/立方米（t.d.m/m³）；

$BEF_{\text{乔木},k}$ —— 树种 k 的生物量扩展因子，无量纲。

- 3) 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，并根据树种选择附录 A 中表 A.1 提供的 SVD 和 BEF 值，采用上述公式（3）。

公式（1）中的 $CF_{\text{乔木},k}$ 应按顺序选择以下方式获得：

- a) 采用森林生态系统碳库调查及树种含碳率测定的结果；
- b) 根据树种选择附录 A 中表 A.1 提供的 CF 值；
- c) 采用缺省值 0.5 tC/t.d.m。

5.1.2 灌木层

灌木层地上部分碳储量应根据林地灌木地上部分平均单位面积生物量、灌木含碳率以及林分面积，采用以下公式计量：

$$C_{\text{灌木地上部分}} = B_{\text{灌木地上部分}} \times CF_{\text{灌木}} \times S \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$C_{\text{灌木地上部分}}$ —— 林分中灌木层地上部分碳储量，单位为吨碳（tC）；

$B_{\text{灌木地上部分}}$ —— 林分中灌木层地上部分平均单位面积生物量，单位为吨干物质/公顷（t.d.m/hm²）；

$CF_{\text{灌木}}$ —— 灌木平均含碳率，单位为吨碳/吨干物质（tC/t.d.m）。

公式（4）中的 $B_{\text{灌木地上部分}}$ 和 $CF_{\text{灌木}}$ 应按顺序选择以下两种方法获得：

- a) 采用碳库调查及测定结果；
- b) $B_{\text{灌木地上部分}}$ 采用缺省值 12.51t.d.m/hm²， $CF_{\text{灌木}}$ 采用缺省值 0.47 tC/t.d.m。

5.1.3 草本层

草本层地上部分碳储量应根据林地草本地上部分平均单位面积生物量、草本植物平均含碳率及林分面积采用以下公式获得：

$$C_{\text{草本地上部分}} = B_{\text{草本地上部分}} \times CF_{\text{草本}} \times S \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$C_{\text{草本地上部分}}$ —— 林分中草本层地上部分碳储量，单位为吨碳（tC）；

$B_{\text{草本地上部分}}$ —— 林分中草本层地上部分平均单位面积生物量，单位为吨干物质/公顷

(t.d.m/hm²)

$CF_{\text{草本}}$ —— 草本植物平均含碳率，单位吨碳/吨干物质 (tC/t.d.m)。

5.1.4 林分地上生物质碳储量

森林生态系统林分地上生物质碳储量应通过上述 5.1.1、2.1.2 和 5.1.3 获得的乔木层、灌木层及草本层的地上部分碳储量，采用以下公式获得：

$$C_{\text{地上部分生物质}} = C_{\text{乔木地上部分}} + C_{\text{灌木地上部分}} + C_{\text{草本地上部分}} \cdots \cdots (6)$$

式中：

$C_{\text{地上部分生物质}}$ —— 林分地上生物质碳储量，单位为吨碳 (tC)；

5.2 地下生物质碳库

5.2.1 乔木层

森林生态系统乔木地下部分碳储量应根据组成林分各树种的单位面积地下生物量、树种含碳率及林分面积，采用以下公式获得：

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

式中：

$C_{\text{乔木地下部分}}$ —— 林分乔木地下部分生物质碳储量，单位为吨碳 (tC)；

$B_{\text{乔木地下生物量},k}$ —— 林分中树种 k 的平均单位面积地下生物量，单位为吨干物质

/公顷 (t.d.m/hm²)；

公式 (7) 中的 $B_{\text{乔木地下生物量},k}$ 应按顺序选择以下方式获得：

- a) 采用森林生态系统碳库调查获得的各树种的平均单位面积地下生物量结果；
- b) 根据树种选择附录 A 中表 A.1 提供的 RSR 值，通过以下公式：

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

式中：

RSR_k ——树种 k 地下生物量与地上生物量的比值，无量纲。

采用公式（8），并采用缺省值0.236作为RSR值。

5.2.2 灌木层

灌木层地下部分的碳储量应根据灌木地下部分平均单位面积生物量、灌木含碳率以及林分面积采用以下公式计算：

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

式中：

$C_{\text{灌木地下部分}}$ —— 林分灌木层地上部分生物质碳储量，单位为吨碳（tC）；

$B_{\text{灌木地下部分}}$ —— 林分中灌木层地下部分平均单位面积生物量，单位为吨干物质/公顷（t.d.m/hm²）；

公式（9）中的 $B_{\text{灌木地下部分}}$ 和 $CF_{\text{灌木}}$ 应按顺序选择以下两种方法获得：

- 根据森林生态系统碳库调查获得的灌木平均单位面积地下生物量结果及灌木含碳率的测定结果；
- $B_{\text{灌木地下部分}}$ 采用缺省值 6.721t.d.m/hm²， $CF_{\text{灌木}}$ 缺省值 0.47 tC/t.d.m。

5.2.3 草本层

草本层地上部分碳储量应根据林地草本地下部分平均单位面积生物量、草本植物含碳率及林分面积采用以下公式获得：

$$C_{\text{草本地下}} = B_{\text{草本地下}} \times CF_{\text{草本}} \times S \dots \dots \dots (10)$$

式中：

$C_{\text{草本地下部分}}$ —— 林分中草本层地下部分碳储量，单位为吨碳（tC）；

$B_{\text{草本地下部分}}$ —— 林分中草本层地下部分平均单位面积生物量，单位为吨干物质/公顷（t.d.m/hm²）

5.2.4 林分地下生物量碳储量

森林生态系统地下生物量碳库碳储量应通过上述 5.2.1、5.2.2 和 5.2.3 获得的乔木层、灌木层及草本层的地下部分碳储量之和获得：

$$C_{\text{地下部分生物量}} = C_{\text{乔下地上部分}} + C_{\text{灌木地下部分}} + C_{\text{草本地下部分}} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

$C_{\text{地下部分生物量}}$ —— 林分地下生物量碳储量，单位为吨碳（tC）；

5.3 枯落物碳库

森林生态系统枯落物碳储量应根据林地枯落物平均单位面积生物量、枯落物含碳率以及林分面积采用以下公式计算：

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

式中：

$C_{\text{枯落物}}$ —— 林分中枯落物碳储量，单位为吨碳（tC）；

$B_{\text{枯落物}}$ —— 林分中枯落物平均单位面积生物量，单位为吨干物质/公顷（t.d.m/hm²）

$CF_{\text{枯落物}}$ —— 枯落物平均含碳率，单位吨碳/吨干物质（tC/t.d.m）。

公式（12）中的 $B_{\text{枯落物}}$ 和 $CF_{\text{枯落物}}$ 应按顺序选择以下方法获得：

a) 采用森林生态系统碳库调查及测定结果；

- b) $CF_{\text{枯落物}}$ 采用缺省值 0.37 tC/t.d.m, $B_{\text{枯落物}}$ 根据森林类型选择附录 B 中表 B.1 提供的估计值, 并采用下列公式获得。

$$B_{\text{枯落物}} = \left(\sum_{k=1}^n B_{\text{乔木地上生物量},k} + B_{\text{灌木地上部分}} + B_{\text{草本地上部分}} \right) \times DF_{\text{枯落物}} \dots\dots (13)$$

式中:

$DF_{\text{枯落物}}$ ——枯落物生物量占地上生物量的比例 (%)。

5.4 枯死木炭库

森林生态系统枯死木碳库碳储量应根据林地枯死木平均单位面积生物量、枯死木含碳率以及林分面积采用以下公式计算:

$$C_{\text{枯死木}} = B_{\text{枯死木}} \times CF_{\text{枯死木}} \times S \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$C_{\text{枯死木}}$ —— 林分中枯死木碳储量, 单位为吨碳 (tC);

$B_{\text{枯死木}}$ —— 林分中枯死木平均单位面积生物量, 单位为吨干物质/公顷 (t.d.m/hm²)

$CF_{\text{枯死木}}$ —— 枯死木平均含碳率, 单位吨碳/吨干物质 (tC/t.d.m)。

公式 (14) 中的 $B_{\text{枯死木}}$ 和 $CF_{\text{枯死木}}$ 应按顺序选择以下两种方法获得:

- a) 采用森林生态系统碳库调查及测定结果;
- b) $CF_{\text{枯死木}}$ 采用缺省值 0.37 tC/t.d.m, $B_{\text{枯死木}}$ 根据林分所在地区选择附录 C 中表 C.1 提供的 DF_{DW} 值, 并采用下列公式获得。

$$B_{\text{枯死木}} = \sum_{k=1}^n B_{\text{乔木地上生物量},k} \times DF_{\text{枯死木}} \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$DF_{\text{枯死木}}$ ——枯死木生物量占乔木地上生物量的比例（%）。

5.5 土壤碳库

森林生态系统碳库碳储量根据土壤有机碳密度及林分面积，采用以下公式获得：

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

式中，

$C_{\text{土壤}}$ —— 林分中土壤碳储量，单位为吨碳（tC）；

$SOCC$ —— 林分土壤有机碳密度，单位为吨碳/公顷（tC/hm²）。

公式（14）中的 $SOCC$ ，可按顺序采用以下方式获得：

- a) 采用森林生态系统碳库调查及测定结果；
- b) 根据森林类型选择附录 D 中表 D.1 提供的 $SOCC$ 值。

附 录 A
(规范性附录)
主要优势树种(组)生物量转换参数

A.1 主要优势树种(组)生物量转换参数

表 A.1 给出了我国主要优势树种(组)按龄组划分的生物量转换参数。

表 A.1 各主要优势树种(组)按龄组划分的生物量转换参数

优势树种	BEF						RSR						SVD (t.d.m/m ³)	CF (tC/t.d.m)
	幼龄	中龄	近熟	成熟	过熟	全部	幼龄	中龄	近熟	成熟	过熟	全部	全部	全部
桉树	1.297	1.178	1.165	1.138	1.151	1.263	0.219	0.221	0.181	0.270	0.226	0.221	0.578	0.525
柏木	1.847	1.497	1.233	1.245	1.535	1.732	0.218	0.233	0.329	0.384	0.365	0.220	0.478	0.510
檫木	1.427	1.762	1.636	1.198	1.384	1.483	0.308	0.347	0.305	0.263	0.199	0.270	0.477	0.485
池杉	1.220	1.216	1.218	1.217	1.217	1.218	0.436	0.434	0.435	0.434	0.435	0.435	0.359	0.503
赤松	1.446	1.376	1.411	1.393	1.402	1.425	0.241	0.232	0.237	0.235	0.236	0.236	0.414	0.515
椴树	1.407	1.407	1.407	1.407	1.407	1.407	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.201	0.420	0.439
枫香	2.230	1.347	1.142	1.245	1.193	1.765	0.413	0.313	0.214	0.263	0.239	0.398	0.598	0.497
高山松	1.651	1.651	1.651	1.651	1.651	1.651	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.235	0.413	0.501
国外松	1.881	1.461	1.456	1.200	1.416	1.631	0.213	0.216	0.202	0.217	0.284	0.206	0.424	0.511
黑松	1.551	1.551	1.551	1.551	1.551	1.551	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.280	0.493	0.515
红松	1.558	1.267	1.413	1.340	1.377	1.510	0.223	0.211	0.217	0.214	0.215	0.221	0.396	0.511
华山松	1.808	1.830	1.679	1.755	1.717	1.785	0.162	0.182	0.171	0.177	0.174	0.170	0.396	0.523
桦木	1.526	1.395	1.252	1.109	1.180	1.424	0.229	0.279	0.235	0.190	0.212	0.248	0.541	0.491
火炬松	1.881	1.461	1.456	1.200	1.416	1.631	0.213	0.216	0.202	0.217	0.284	0.206	0.424	0.511
阔叶混	1.514	1.514	1.514	1.514	1.514	1.514	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.482	0.490
冷杉	1.328	1.339	1.334	1.310	1.286	1.316	0.169	0.163	0.166	0.165	0.181	0.174	0.366	0.500
栎类	1.380	1.327	1.360	1.474	1.587	1.355	0.260	0.275	0.410	0.281	0.153	0.292	0.676	0.500

表 A.1 各主要优势树种（组）按龄组划分的生物量转换参数（续）

优势 树种	BEF					RSR						SVD (t.d.m/m ³)	CF (tC/t.d.m)	
	幼龄	中龄	近熟	成熟	过熟	幼龄	中龄	近熟	成熟	过熟	幼龄	中龄	全部	全部
棟树	1.729	1.489	1.254	1.432	1.559	1.586	0.278	0.282	0.276	0.412	0.310	0.289	0.443	0.485
...

附 录 B
(规范性附录)
枯落物生物量比例

B.1 枯落物生物量比例

表 B.1 给出了我国各林地类型的枯落物生物量占地上生物量的比例。

表 B.1 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	估计值 (%)	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 C
(规范性附录)
枯死木生物量比例

C.1 枯死木生物量占地上生物量比例

表 C.1 给出了我国各地区森林生态系统枯死木生物量占地上生物量比例。

表 C.1 枯死木生物量占地上生物量的比例

区域	DF_{DW} (%)
东北内蒙 (辽宁、吉林、黑龙江和内蒙东部)	3.51
华北中原 (北京、天津、河北、山西、山东、河南)	2.06
西北 (陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆和内蒙中西部)	3.11
华东中华南 (上海、江苏、浙江、安徽、福建、江西、湖北、湖南、广东、广西、海南)	2.25
西南 (重庆、四川、贵州、云南、西藏)	1.88

附 录 D
(规范性附录)
土壤碳密度

D.1 不同森林类型土壤碳密度

表 D.1 给出了我国不同森林类型土壤碳密度值。

表 D.1 不同森林类型土壤碳密度值

植被	碳密度 (<i>SOCC</i>) (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 635.7	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

参 考 文 献

[1] 国家发展改革委员会应对气候变化司. 2005 年中国温室气体清单研究[M]. 北京:中国环境出版社. 2014.

[2] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry (Task 1) [M]. Japan: IGES, 2003.

[3] Robert T Watson, Ian R Noble and Bert Bolin etal. Land use, land-use change, and forestry. [M].US:IPCC,2000.
