

DB23

黑龙江省地方标准

DB23/T ××××—××××

红松人工林碳储量计量方法 征求意见稿

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

黑龙江省质量技术监督局 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

3.1 立木生物量 1

3.2 生物量模型 1

3.3 含碳系数（*CF*） 1

3.4 碳密度（*CD*） 1

3.5 碳储量（*C*） 1

3.6 模型评价指标 1

4 立木生物量模型 2

4.1 立木生物量模型 2

4.2 立木生物量模型参数估计值 3

4.3 模型评价指标 3

4.4 立木含碳系数 3

4.5 立木含碳量计算 3

5 碳密度计量方法 3

5.1 基于标准地的碳密度计算方法 3

5.1.1 直接收获法 3

5.1.2 模型估算法 4

5.2 基于林分断面积和林分年龄的碳密度计算方法 4

5.2.1 林分碳储量密度模型 4

5.2.2 林分碳储量密度模型参数估计值 4

5.2.2 模型评价指标 4

6 碳储量计量方法 5

6.1 基于标准地的碳储量计算方法 5

6.2 基于林分每公顷断面积和林分年龄的碳储量计算方法 5

7 应用 5

7.1 数据范围 5

7.2 立木生物量模型 5

7.3 林分生物量模型 5

7.4 区域条件 5

附表 A 6

（数据性附录） 6

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。

本文件由黑龙江省林业和草原局提出。

本文件起草单位：黑龙江省濒危野生动物救护繁育中心、黑龙江省林业科学研究院、东北林业大学、黑龙江省林业技术服务中心

本文件主要起草人：司玉娟、魏胜利、贾炜玮、宋蕾、梁金锋、周雪峰、孟瑶、白雅溶、姬悦歆

红松人工林碳储量计量方法

1 范围

本标准规定了红松人工林碳储量计量方法的术语与定义、立木生物量模型、含碳系数、碳密度计量方法和碳储量计量方法及应用。

本标准适用于黑龙江省红松人工林立木及林分碳储量的计量。

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。

GB/T 26424-2010 森林资源规划设计调查技术规程

LY/T 2259-2014 立木生物量建模样本采集技术规程

3 术语和定义

GB/T 26424-2010、LY/T 2259-2014 界定的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1 立木生物量

某一时刻存在于活立木中的有机物质总干重，分地上生物量和地下生物量，分别用 W_a 和 W_b 表示。其中，地上生物量包括树干（带皮）、树枝、树叶 3 个组分；地下生物量包括大根 $\geq 5\text{cm}$ 、中根 $2\text{--}5\text{cm}$ 和小根 $\leq 2\text{cm}$ ，直径 0.2cm 以下须根不计入根系生物量。

3.2 生物量模型

林木生物量模型是利用林木易测因子来推算较难测定的立木生物量（特别是树根生物量），以减少生物量测定的外业工作。目前，异速生长方程广泛被用于构建生物量模型。异速生长方程根据自变量的多少，又可分为一元或多元模型，一元和二元立木生物量模型是最常见的函数形式。

3.3 含碳系数（ CF ）

林木生物量中有机碳占有机质总量的比值，也叫含碳因子或含碳率。依据该参数可由生物量推算碳密度和碳储量。

3.4 碳密度（ CD ）

利用立木生物量及其含碳系数，测算出某一森林类型单位面积的含碳量。

3.5 碳储量（ C ）

利用某一森林类型的碳密度，乘以该森林类型的面积，得到该森林类型的碳现存量，即为碳储量。

3.6 模型评价指标

主要包括调整后确定系数（ R_a^2 ）、均方根误差（RMSE）、平均预测误差（MPE）、平均预测误差百分比（MPE%）、平均绝对误差（MAE）、平均绝对误差百分比（MAE%）和预测精度（P%）。具体计算公式为：

$$R_a^2 = 1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2} \right) \left(\frac{N-1}{N-p} \right) \dots\dots\dots (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N-p}} \dots\dots\dots (2)$$

$$MPE = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_{i-i})}{N} \dots\dots\dots (3)$$

$$MPE\% = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{Y_i - \hat{Y}_{i-i}}{\bar{Y}} \right) \times 100}{N} \dots\dots\dots (4)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |Y_i - \hat{Y}_{i-i}|}{N} \dots\dots\dots (5)$$

$$MAE\% = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{|Y_i - \hat{Y}_{i-i}|}{Y_i} \right) \times 100}{N} \dots\dots\dots (6)$$

$$P\% = 1 - \frac{t_\alpha \cdot \sqrt{\frac{(Y_i - \hat{Y}_{i-i})^2}{N-p}}}{\bar{Y} \cdot \sqrt{N}} \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

N——样本总数；

Y_i ——第 i 个观测值；

$\hat{Y}_i$ ——全部数据拟合回归方程计算的 Y_i 的预测值；

$\bar{Y}$ ——观测值的平均值；

$\hat{Y}_{i-i}$ ——原始数据中删除第 i 个样本观测值后，按 p 个参数模型拟合回归方程计算 Y_i 的预测值；

t_α ——置信水平 α ($\alpha = 0.05$) 时的 t 值。

4 立木生物量模型

4.1 立木生物量模型

$$\begin{cases} w_s = c_0 D^{b_0} / (1 + r_2 D^{k_2} + r_3 D^{k_3} + r_4 D^{k_4}) \\ w_b = c_0 r_2 D^{k_2+b_0} / (1 + r_2 D^{k_2} + r_3 D^{k_3} + r_4 D^{k_4}) \\ w_l = c_0 r_3 D^{k_3+b_0} / (1 + r_2 D^{k_2} + r_3 D^{k_3} + r_4 D^{k_4}) \\ w_r = c_0 r_4 D^{k_4+b_0} / (1 + r_2 D^{k_2} + r_3 D^{k_3} + r_4 D^{k_4}) \end{cases} \dots\dots\dots (8)$$

式中：
 W_s 、 W_b 、 W_l 、 W_r ——分别为树干、树枝、树叶、树根的生物量估计值，单位为千克（kg）；
 c_0 、 b_0 、 r_2 、 k_2 、 r_3 、 k_3 、 r_4 、 k_4 ——模型参数；
 D ——立木胸径，单位为厘米（cm）。

4.2 立木生物量模型参数估计值

红松人工林立木生物量模型的参数估计值见表 1。

表 1 红松人工林立木生物量模型参数估计结果

样本数	参数							
	c_0	b_0	r_2	k_2	r_3	k_3	r_4	k_4
72	0.101476	2.444062	0.081341	0.29581	0.178589	0.367342	-0.24807	0.248521

4.3 模型评价指标

红松人工林生物量模型的评价指标见表 2。

表 2 红松人工林立木生物量模型的评价指标

检验样本	MPE	MAE	MPE%（%）	MAE%（%）	精度（%）
24	-13.214	14.4712	-2.6908	14.6086	91.0491

4.4 立木含碳系数

对红松人工林各器官进行取样，采用碳氮分析仪测定其含碳系数，不同区域红松人工林各器官平均含碳系数及全省红松人工林各器官含碳系数平均值见表 3。

表 3 不同区域各主要乔木树种各器官平均含碳系数

地区	器官			
	树干	树叶	树枝	树根
小兴安岭	0.5112	0.5088	0.5018	0.5228
张广才岭	0.4675	0.4864	0.4824	0.4786
全省平均	0.4704	0.4879	0.4837	0.4815

4.5 立木含碳量计算

利用红松人工林立木生物量模型（式 8）和含碳系数（表 3）计算立木的含碳量。

$C_t = W_s \times CF_s + W_b \times CF_b + W_l \times CF_l + W_r \times CF_r \dots\dots\dots (9)$

式中：
 C_t ——立木总含碳量，单位为（kg）；
 W_s 、 W_b 、 W_l 、 W_r ——分别为树干、树枝、树叶、树根的生物量估计值，单位为千克（kg）；
 CF_s 、 CF_b 、 CF_l 、 CF_r ——分别为树干、树枝、树叶、树根的含碳系数。

5 碳密度计量方法

5.1 基于标准地的碳密度计算方法

5.1.1 直接收获法

在某一林分内选择适当面积（至少应为 0.01 hm²）设置标准地，将该标准地内的树木皆伐，测定各器官的生物量，一次推算出林分生物量，结合含碳系数（表3），计算红松人工林碳密度。具体计算公式：

$$CD_{za} = \frac{B_a}{S} \times CF_a \dots\dots\dots (10)$$

式中：
 CD_{za} ——实测林分碳密度；
 B_a ——样地实测各器官生物量，单位为千克（kg）；
 S ——样地面积，单位为公顷（hm²）；
 CF_a ——人工红松各器官的含碳系数；

5.1.2 模型估算法

基于红松人工林立木生物量模型（公式 8-8），利用标准地每木检尺数据计算生物量，结合含碳系数（表3）计算碳密度。具体计算公式如下：

$$CD_{ma} = \frac{\hat{B}_a}{S} \times CF_a \dots\dots\dots (11)$$

式中：
 CD_{ma} ——利用立木生物量模型计算的林分的碳密度；
 $\hat{B}_a$ ——样地地上生物量估计值，单位为千克（kg）；

5.2 基于林分断面积和林分年龄的碳密度计算方法

5.2.1 林分碳储量密度模型

以林分每公顷碳储量作为因变量，利用 G 和 $\bar{H}$ ，构建基于林分断面积和平均高的林分碳储量模型。

$$Cq = a \cdot G^b T^c \dots\dots\dots (12)$$

式中：
 Cq ——碳储量密度，即单位面积林分碳储量估计值，单位为吨/每公顷（t/hm²）；
 G ——林分每公顷断面积，单位为平方米/每公顷（m²/hm²）；
 T ——林分年龄，单位为年（a）。

5.2.2 林分碳储量密度模型参数估计值

林分碳储量密度模型的参数估计值见表 4。

表 4 林分碳储量密度模型参数估计结果

样本数	参数		
	a	b	c
336	1.0693	0.9488	0.2347

5.2.2 模型评价指标

红松人工林基于林分断面积和平均高的林分碳储量密度模型评价指标见表 5。

表 5 林分碳储量密度模型的评价指标

样本数	模型检验指标				
	MPE	MPE%	MAE	MAE%	P%
84	4.30	3.48	-4.13	5.44	94.76

6 碳储量计量方法

6.1 基于标准地的碳储量计算方法

在不同林分条件的红松人工林中设置一定数量的标准地（具体调查方法详见GB/T 26424），并进行每木检尺，利用立木生物量模型（式 8）和含碳系数（表3），计算各林分的碳密度，结合林分的面积，计算红松人工林碳储量。

6.2 基于林分每公顷断面积和林分年龄的碳储量计算方法

利用标准地或森林资源小班调查数据中的林分断面积和林分年龄，采用所建立的基于林分变量的林分碳储量密度模型（式 12），结合红松人工林面积，计算出红松人工林碳储量。

7 应用

7.1 数据范围

本标准中的立木生物量模型应在建模样本的变量幅度范围内应用（参见附录 A）。

7.2 立木生物量模型

立木生物量模型应用时应与建模地域范围一致。一元立木生物量模型在局部范围应用时（如林场区域范围），首先建立树高-胸径回归模型，再以通用二元立木生物量模型为基础构建适用于该范围的一元立木生物量模型。

7.3 林分生物量模型

如已获得林分调查因子（G 和T），采用基于林分断面积和林分年龄的碳储量计算方法进行碳储量计量。如未获得以上指标，应进行标准地设置（一个林分至少 3 块 0.06 hm² 的标准地），采用基于标准地的碳储量计算方法计量碳储量。

7.4 区域条件

估算省、市、县级、林场级区域范围红松人工林碳储量时，应统计不同林分条件（林分年龄、立地质量、林分密度等）的红松人工林的面积，结合不同林分条件红松人工林的碳密度，计算红松人工林的总碳储量。

附表 A
(数据性附录)

红松人工林立木生物量建模样本统计表

变量	统计指标			
	最小值 Min	最大值 Max	平均值 Mean	标准差 SD
胸径 D / cm	5.3	33.0	17.9	5.7
树高 H / m	5.0	19.5	11.4	2.5
