

DB23

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB23/T ××××—××××

水曲柳天然林碳储量估算技术指南

(征求意见稿)

起草单位：东北林业大学

联系人：贾炜玮

联系电话：13503637511

邮箱：jiaww2002@163.com

××××—××—××发布

××××—××—××实施

黑龙江省市场监督管理局 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。

本文件由黑龙江省林业和草原局提出。

本文件起草单位：东北林业大学、黑龙江省林业科学研究院、黑龙江省林业技术服务中心、哈尔滨市双城区林业和草原局、中铁第五勘察设计院集团有限公司

本文件主要起草人：贾炜玮、宿曼、魏胜利、梁金锋、张志军、赵尊宇

水曲柳天然林碳储量估算技术指南

1 范围

本文件给出了水曲柳天然林碳储量估算技术的立木生物量模型、含碳系数、碳密度估算方法、碳储量估算方法及应用和技术档案。

本文件适用于水曲柳天然林立木及林分碳储量的估算。

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 26424 森林资源规划设计调查技术规程

LY/T 2259 立木生物量建模样本采集技术规程

3 术语与定义

GB/T 26424、LY/T 2259界定的及下列术语和定义适用于本文件。

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。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 2-5cm 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 立木含碳量计算

4.1 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 生物量模型参数估计值

天然水曲柳立木生物量模型的参数估计值见表 1。

表 1 天然水曲柳立木生物量模型参数估计结果

样本数	参数							
	c0	b0	r2	k2	r3	k3	r4	k4
72	0.150173	2.380274	0.010546	0.919177	0.041904	0.015826	0.354807	-0.007005

4.3 模型评价指标

天然水曲柳生物量模型的评价指标见表 2。

表 2 天然水曲柳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	16.7989	-12.5589	14.6086	87.5191

4.4 含碳系数

对天然水曲柳各器官进行取样，采用碳氮分析仪测定其含碳系数，见表 3。

表 3 天然水曲柳各器官含碳系数

树干	树叶	树枝	树根
0.4454	0.4543	0.4407	0.4287

4.5 含碳量计算

利用天然水曲柳立木生物量模型（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 林分碳密度估算方法

5.1 基于标准地的碳密度计算方法

基于天然水曲柳立木生物量模型（式 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：

$$CD_{ma} = \frac{\hat{B}_a}{S} \times CF_a \dots\dots\dots (10)$$

式中：

CD_{ma} ——利用立木生物量模型计算的林分碳密度，单位为吨/每公顷（t/hm²）；

$\hat{B}_a$ ——样地生物量估计值，单位为千克（kg）；

CF_a ——各器官含碳率系数。

5.2 基于林分断面积和平均高的碳储量密度计算方法

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。

$$C_q = a \cdot G^b \bar{H}^c \quad (1)$$

式中：

C_q ——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）；

$\bar{H}$ ——林分平均高，单位为米（m）。

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
287	1.0822	1.0863	0.2729

5.2.2 模型评价指标

水曲柳天然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%
69	1.30	2.48	-0.67	6.42	98.50

6 林分碳储量估算方法

6.1 基于标准地的碳储量计算方法

在不同林分条件的水曲柳天然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，计算水曲柳天然林碳储量。

6.2 基于林分每公顷断面积和平均高的碳储量计算方法

利用标准地或森林资源小班调查数据中的林分断面积和平均高，采用所建立的基于林分变量的林分碳储量密度模型（式 11），结合水曲柳天然林面积，计算出水曲柳天然林碳储量。

7、应用

7.1 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。

7.2 林分碳储量计算

如已获得林分调查因子（ G 和 $\bar{H}$ ），采用基于林分断面积和平均高的碳储量计算方法进行碳储量估算；如未获得以上指标，应进行标准地设置，采用基于标准地的碳储量计算方法估算碳储量。

8 技术档案

应建立技术档案,内容包括:立木碳储量计算、林分碳密度估算方法、林分碳储量估算方法 and 应用。
