

T/JSF

团 体 标 准

T/JSF 042—2025

杨树高固碳用材林造林密度确定技术规程

Code of practice for determining the planting density of high-carbon-sequestering
poplar timber forests

2025 - 12 - 22 发布

2025 - 12 - 22 实施

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、归口并负责宣贯。

本文件起草单位：南京林业大学、江苏省林业科学研究院、泗洪县半城马浪湖林场有限公司、国营东台市林场。

本文件主要起草人：王维枫、阮宏华、高俊峰、马雪红、吴永波、于水强、徐明、王淼、沈彩芹。

杨树高固碳用材林造林密度确定技术规程

1 范围

本文件确立了杨树高固碳用材林造林密度的技术规程，规定了数据收集模型模拟与结果分析、以及基于土壤有机碳本底值的造林密度确定等核心内容。（本文件规定了杨树高固碳用材林造林密度确定的数据收集、模型模拟、结果分析等技术要求。）

本文件适用于江苏省的江淮平原地区以协同提升碳汇功能与木材生产为目标的高固碳杨树用材林造林密度确定。

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 15776 造林技术规程

GB/T 32741-2016 森林土壤碳储量调查技术规程

GB/T 42490-2023 土壤质量 土壤与生物样品中有机碳含量与碳同位素比值、全氮含量与氮同位素比值的测定 稳定同位素比值质谱法

GB/T 43647 中国森林认证 森林碳汇

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高固碳用材林 high-carbon-sequestration timber production forest

一种以木材生产为主要经营目标，同时显著注重和提升森林生态系统碳汇能力的特殊人工林。它将传统的用材林经营与应对气候变化的固碳增汇功能相结合。

3.2

生态系统过程模型 ecosystem process-based model

一种基于数学方程和计算机程序的定量工具，通过模拟生态系统中能量、水分、碳、养分（如氮、磷）等关键物质和能量的物理、化学与生物过程及其相互作用，来揭示生态系统的结构、功能及其动态变化的模型。

3.3

模型校准 model calibration

依据实际观测数据，对模型中的关键参数进行调整和优化，使模型模拟结果与实际情况相吻合的过程。

4 数据收集

4.1 气象数据收集

4.1.1 收集原则

1) 气象数据的收集应遵循科学性、一致性和可溯性原则。数据应源自权威机构发布的标准化数据集或经同行评议的学术文献，确保序列完整、统计口径一致，且来源信息可追溯。

2) 所收集数据的时间跨度应不少于连续十年，时间分辨率应为月数据。

3) 数据来源应优先采用国家级气象业务部门（中国气象局）或国际权威气候机构（世界气象组织、欧洲中期天气预报中心等）发布的数据集。采用学术文献中的数据时，应明确标注出处。

4.1.2 收集清单

气象数据包含温度和水分两个类别（表1），其他气象数据如辐射及天气现象等可作为气候情况的参考。

表1 气象数据收集的参数

参数类别	具体参数	单位
温度	月平均气温（monthly mean are temperature）	°C
水分情况	月降水量（monthly total precipitation）	mm
	月平均相对湿度（monthly mean relative humidity）	%

4.1.3 数据整理

收集的气象数据应规范化整理，包括对原始数据检查与清洗处理缺失或异常值；各气象要素的单位统一至国际单位制或标准计量单位。

4.2 生理生态与形态参数收集

收集的参数应包括光合参数、生长参数与形态参数（表2）。美洲黑杨高固碳树种参数见附录表B.1。

表2 生理生态与形态参数

参数类别	具体参数	单位
光合参数	冠层量子效率	—
	最大树冠导度	ml/(m ² ·s)
	气孔导度	ml/(m ² ·s)
生长参数	最大林龄	yr
	最大树高	m
	年叶片周转率	—
	年细根周转率	—
形态参数	冠茎径比	—
	比叶面积	m ² /kg
	木材碳密度	T C/m ³

4.3 立地参数收集

收集研究区域内各林分或生态区域的立地条件参数，每条记录对应一个具体的样地。记录总数不应超过气象数据文件的列数。参数值应采用数值形式。收集的参数包括样地编号、样地代码、造林年份、纬度（十进制度数）、土壤碳储量。

4.4 土壤数据收集

4.4.1 土壤样品采集

土壤样品的采集、处理与保存方法应按照《森林土壤分析方法》系列国家标准GB/T 32741-2016规定的方法执行。具体包括采样深度、分层、样点布设、混合方式、样品处理与保存等要求。

4.4.2 土壤样品分析

土壤样品有机碳和全氮含量的测定应按GB/T 42490-2023规定的方法执行。

5 模型模拟

5.1 参数校准与模型初始化

使用收集的立地条件数据与生理生态参数，结合研究区的实测数据或权威文献值，对模型的关键参数进行校准。校准工作应针对树木生长、碳分配等核心过程，将校准后的参数集记录存档。以造林年份或模拟起始年份为时间零点进行模型初始化。初始状态应设置林木胸径、树高、生物量等关键状态变量

为情景设置起点的数值；各碳库（如植被碳库、土壤碳库）的初始储量依据收集的立地条件数据设定。完成初始化后，导入经整理的气象数据序列，驱动模型开始运行。

5.2 模型运行

5.2.1 数据输入

正确配置驱动数据，经校准的参数及初始化状态变量。输入包括经整理的逐月气象数据序列、立地条件参数集和校准后的生理生态参数集数据。模型运行前，校验所有输入文件的格式、数据范围与逻辑一致性。

5.2.2 模型运行

在确认输入数据无误后，执行模型模拟。本生态系统过程模型运行以月为时间步长进行迭代模拟。在每一个时间步长内，模型将依次调用光合有效辐射、总初级生产力、净初级生产力、森林生长与产量、土壤碳氮动态以及土壤水平衡六个核心子模块进行计算。各子模块间通过碳、氮、水通量与状态变量进行耦合，最终动态模拟出林分生长、碳储量变化及土壤环境演变等结果。模型应持续运行直至达到预设的模拟终点。综合比较不同初植密度下，目标变量如碳固存，材积以及经济收益等，确定在特定气候条件和特定立地条件下的最佳初植密度（图A.1）。

5.3 模型结果与分析

5.3.1 结果解读

模型运行完毕后，应输出并记录模拟结果。结果数据应包含植被碳库（叶、细枝、木材、粗根、细根生物量碳）、土壤碳库（表层微生物碳、土壤微生物碳、缓效态碳、惰态碳）、淋失与排放碳量等碳储量指标，以及立木密度、平均胸径、树高、林分蓄积量、胸高断面积、叶面积指数等林分结构指标。同时应输出年总初级生产力、年净初级生产力、年凋落物量、年矿质氮量、年碳淋失量、年碳排放量及年碳收支等碳氮通量与平衡指标，并包商业材材积等变量（图B.1）。

5.3.2 造林设计

根据模型模拟结果，明确以“林业碳汇”为核心的经营目标，并制定相应的造林设计方案（附录表B.2）。设计方案应着眼于长期碳储量的最大化与碳库的稳定性。其核心参考指标是年碳汇能力(Annual carbon budget)同时考虑土壤碳库(Soil C)等指标,以关注长期、稳定的碳储存。其措施为适当提高初始造林密度，尽可能地发挥单位面积森林的光合能力，增大单位面积的碳吸收。

5.3.3 造林密度的确定

根据杨树的生理生态参数、生长参数、和立地条件参数（表B.1），模型模拟得出的林木生长与碳汇潜力结果，结合造林地实测土壤有机碳含量，确定兼顾林木生产与林业碳汇协同目标的杨树造林密度。

1) 当造林地土壤有机碳含量处于较低水平时，宜采用较低的初始造林密度，以减缓林木个体间对有限土壤养分资源的竞争，保障林分健康与稳定性，优先促进个体树木生长。

2) 当造林地土壤有机碳含量处于中等至较高水平时，可采用中等或相对较高的初始造林密度，以充分利用立地生产潜力，在保证木材产量的同时，最大化林分整体碳汇功能。

最终确定的造林密度应是一个范围值，其取值应基于模型对不同密度方案下净生态系统生产力的模拟结果进行综合权衡后选定（表B.2）。

附录 A
(规范性)
生态系统过程模型应用的实施技术方案

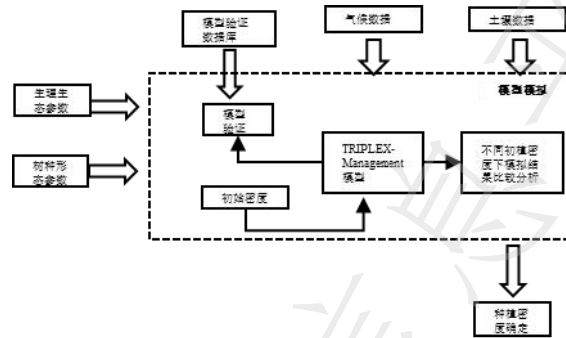


图 A.1 实施技术方案示意图

附录 B
(资料性)

生态系统过程模型应用于苏北美洲黑杨的模拟结果和建议初值密度

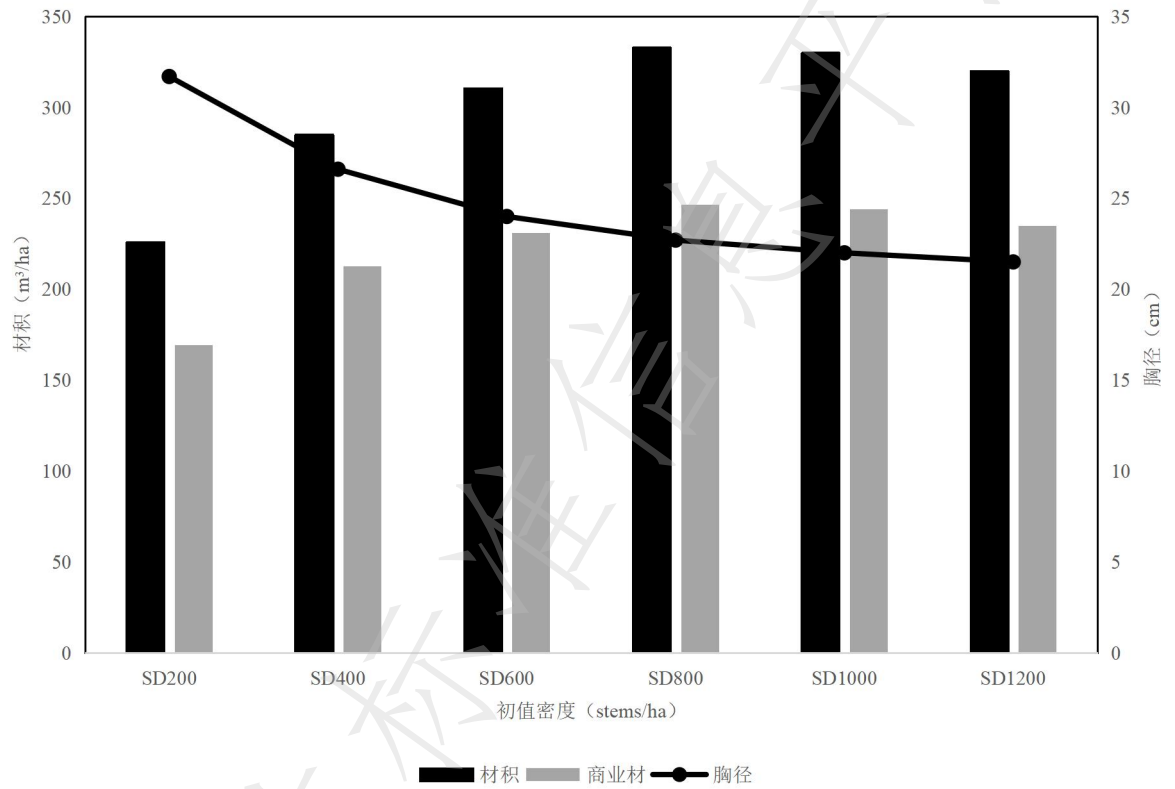


图 B.1 不同密度下美洲黑杨(20年, 土壤有机碳含量:80 t/ha)用材林材积和胸径比

表 B.1 美洲黑杨高固碳用材林密度调控模拟实验参数

参数	描述
Absorb=0.15	大气吸收因子
Cloud=0.45	阴天所占比例
PAR factor=0.65	太阳辐射因子
BlCond=0.12	冠层边界层导度, ml/(m ² ·s)
MaxCond=0.26	最大树冠导度, ml/(m ² ·s)
StomCond=0.012	气孔导度, ml/(m ² ·s)
ExT Coef=0.46	辐射消光系数
TaMin=5	最小生长温度(°C)
TaMax=40	最大生长温度(°C)
Topt=15	最适生长温度(°C)
N factor=0.2	N 影响生长因子
Na=4	年龄对GPP的影响
Sla=19	比叶面积, m ² /kg
GamaF=1	年叶片周转率
GamaR=0.21	年细根周转率
Lnr=26	Lignin-N 比率
Ls=0.215,0.215,0.235,0.255,0.255	叶、细根、粗根、枝和木材木质素
Ts=0.34	沙粒含量
Tc=0.25	粘粒含量
Tsi=0.41	粉粒含量
A1, A2, A3=15,15,15	第一、二、三层土壤水深度, cm
AWL1, 2, 3=0.5,0.3,0.2	第一、二、三层的相对根密度
KF=0.5	流向河流的比率
KD=0.5	深层水比率
KX=0.3	深层水流向河流比率
AWater=250	最大土壤水含量, mm
SWConst=0.55	土壤水分常数
MiuNorm=0	正常死亡率
MiuCrowd=0.1	竞争死亡率
CSP=0.26	碳密度, t C/m ³
CD=20	冠茎比
AlphaC=0.08	冠层量子效率
MaxHeight=30	最大树高, m
AgeMax=30	最大林龄, yr

表 B.2 基于生态系统过程模型的不同土壤有机碳条件下建议造林密度

土壤有机碳含量 (T C/ha)	建议造林密度 (stems/ha)
40-50	450-500
50-60	500-550
60-70	550-600
70-80	550-600
80-90	650-700
90-100	650-700
100-110	650-700
110-120	700-750
120-130	750-800
130-140	800-850
140-150	850-900
150-160	900-950
160-170	900-950
170-180	950-1000
180-190	950-1000