

城市植被碳计量技术规程

Technical code for urban vegetation carbon accounting

(征求意见稿)

(本稿完成时间: 2026年3月7日)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国测绘学会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	3
5 基本规定	3
6 城市样地植被碳汇估测	4
6.1 样地设置	4
6.2 样地数据获取	5
6.3 样地碳储量计算	7
6.4 样地估算精度及质量评估	11
7 城市全域植被碳汇计量	12
7.1 数据采集及处理	12
7.2 全域植被类型识别	12
7.3 全域碳储量模型建立	13
7.4 精度评估	13
7.5 全域碳储量反演	13
7.6 全域碳汇计量	13
8 编制报告	14
附录 A (资料性) 样地数据采集记录表	15
附录 B (资料性) 我国部分地区树/竹种 (组) 地上生物量异速生长方程参考表	20
附录 C (资料性) 我国常见树种 (组) 及竹种 (组) 根茎比参考值	26
附录 D (资料性) 我国部分植被种类 (组) 含碳率参考表	28
附录 E (资料性) 精度评估指标	33
附录 F (规范性) 精度指标评价等级	35
附录 G (资料性) 《城市植被碳汇计量评估报告》大纲	37
参考文献	38

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。

本文件由中国测绘学会提出并归口。

本文件起草单位：XXXXX、XXXXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX。

引 言

城市植被是城市生态系统碳汇的重要载体，在维持碳氧平衡、缓解城市热岛效应、改善人居环境等方面具有不可替代的生态功能。城市植被具有植被类型多样、景观破碎化程度高、受人类活动干扰强等特点，其碳汇能力的精确评估亟需融合现代测绘与遥感技术，实现高精度、高效率的空间化监测。城市植被碳汇计量是对城市范围内植被碳吸收和存储能力进行量化评估的关键环节，准确评估城市植被碳汇能力，有助于科学支撑国家“双碳”战略实施，提升城市生态产品价值实现的透明度，并为绿色金融、生态补偿、碳汇交易等经济机制提供可信的数据基础，促进城市绿色低碳转型与可持续发展。

为规范各机构在城市植被碳汇计量中的操作行为，确保方法的科学性、流程的标准化以及估算结果的准确性与可比性，特制定本标准。本标准立足于城市植被的空间特征与管理需求，突出测绘与遥感技术在碳汇计量中的应用优势，强调多源数据协同及动态监测能力，构建涵盖城市植被样地调查、碳储量估算、碳汇监测等方面的标准化技术体系，推进城市碳汇核算向精细化及标准化方向发展。

城市植被碳计量技术规程

1 范围

本文件规定了城市植被碳计量的基本规定,确立了城市样地尺度及全域尺度植被碳计量技术要求以及城市植被碳计量评估报告编制方法,描述了对应的实证方法。

本文件适用于城市建成区内植被的碳计量工作。

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 24708 湿地分类
GB/T 30363 森林植被状况监测技术规范
GB/T 50563 城市园林绿化评价标准
HJ 1169-2021 全国生态状况调查评估技术规范——湿地生态系统野外观测
LY/T 1820-2009 野生植物资源调查技术规程
LY/T 3196-2020 竹林碳计量规程
LY/T 3253-2021 林业碳汇计量监测术语
DB11/T 953-2024 林业碳汇计量监测技术规程
DB11/T 2468-2025 城市绿地碳汇计量监测技术规范
DB31/T 1232-2020 城市森林碳汇调查及数据采集技术规范
DB31/T 1234-2020 城市森林碳汇计量监测技术规程
DB33/T 2416-2021 城市绿化碳汇计量与监测技术规程
DB33/T 1424-2025 森林植被碳储量计量监测规范
DB4403/T 534-2024 城市森林碳储量与碳汇量评估技术规范
DB51/T 2985-2022 竹林经营碳普惠方法学
TD/T 1055-2019 第三次全国国土调查技术规程
T/CSGPC 041-2025 陆域国土空间生态保护修复工程碳汇计量规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

城市建成区 urban built-up area

城市行政区内实际已成片开发建设、市政公用设施和公共服务设施功能覆盖的空间地域范围。

[来源:DB4401/T 103-2020, 3.1, 有修改]

3.2

城市植被 urban vegetation

城市建成区内覆盖在城市地表的所有植物种类,具有绿化美化、改善环境、保护生物多样性、提供生态服务等功能,具体包括自然生长与人工栽培的乔木、灌木、草本、湿地和竹林等所有植被的总和。

3.3

城市乔木 urban arbor

城市建成区内人为种植或自然生长的、具有明显直立主干和发育强盛的枝条构成广阔树冠的木本植物,高度一般在3米以上。

[来源：LY/T 1820-2009，2.2，有修改]

3.4

城市灌木 urban shrub

城市建成区内人为种植或自然生长的、枝干系统不具明显直立主干的木本植物，高度一般在3米以下，如有主干也很短，并在出土后即行分枝呈丛生状态。

[来源：LY/1820-2009，2.3，有修改]

3.5

城市草地 urban grassland

城市建成区内人为种植或自然生长的、以草本植物为主覆盖地面的土地，不包括生长草本植物的湿地、盐碱地等。

[来源：TD/T 1055-2019，A.1，有修改]

3.6

城市湿地 urban wetland

城市建成区内具有生态功能的天然或人工、长久或暂时性的沼泽地、泥炭地或水域地带，以及低潮时水深不超过6米的水域，不包括水田以及用于养殖的人工的水域和滩涂等。

[来源：GB/T 50563-2010，2.0.8，GB/T 24708-2009，2.1，有修改]

3.7

城市竹林 urban bamboo

城市建成区内由平均胸径不小于2cm、平均高度不低于2m的竹类植物作为主要组成部分的林分。

[来源：LY/T 3196-2020，3.1，有修改]

3.8

城市植被样地 urban vegetation sample plot

城市建成区内具有代表性的用以推算城市植被资源数量和质量的地块单元。

[来源：GB/T 30363-2013，3.2，有修改]

3.9

城市植被生物量 urban vegetation biomass

城市建成区中特定时间段内所有活体植被的有机物总量，通常以干重表示，涵盖地上部分（如干、枝、茎、叶、花、果、种子等）和地下部分（如根）。

注：单位为千克（kg）或吨（t）。

[来源：LY/T 3253-2021，3.2.17，有修改]

3.10

城市植被地上生物量 urban vegetation above-ground biomass

城市建成区中特定时间段内所有活体植被的地上部分（如干、枝、茎、叶、花、果、种子等）有机物总量。

注：单位为千克（kg）或吨（t）。

3.11

城市植被碳储量 urban vegetation carbon stocks

城市建成区中特定时间段内在各类植被中储存的碳元素总量。

注：单位为吨碳（tC）或吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

[来源：LY/T 3253-2021，3.2.33，有修改]

3.12

城市植被地上碳储量 urban vegetation above-ground carbon stocks

城市建成区中特定时间段内在各类植被的地上部分中储存的碳元素总量。

注：单位为吨碳（tC）或吨二氧化碳当量（tCO₂e）。

3.13

城市植被碳汇 urban vegetation carbon sink

指在一定时间周期内城市建成区内植被通过光合作用吸收大气中的二氧化碳，将其固定在植被体内的碳增量。

注：单位为吨碳/年（tC/a）或吨二氧化碳当量/年（tCO₂e/a）。

3.14

城市植被碳汇计量 urban vegetation carbon accounting

指通过科学的方法、标准和技术体系，对城市建成区内的植被在特定时间范围内的碳吸收、固定和存储等过程进行量化核算与监测的系统性工作。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AGB：地上生物量（Above-Ground Biomass）

AGC：地上碳储量（Above-Ground Carbon）

LiDAR：激光雷达（Light Detection and Ranging）

5 基本规定

5.1 计量范围

计量范围为城市建成区。

5.2 计量时间

城市植被的定期碳汇监测，以3-5年为周期。每次碳储量调查监测原则上应在相同季节开展。

5.3 计量内容

计量内容为计量范围内乔木、灌木、草本、湿地和竹林五种植被类型从大气中吸收或固定的碳元素量，通过植被碳储量变化反映。

5.4 计量流程

确定城市植被碳汇计量的计量范围与计量时间，进行城市样地植被碳汇估测、城市建成区全域植被碳汇计量，最后进行报告编制。

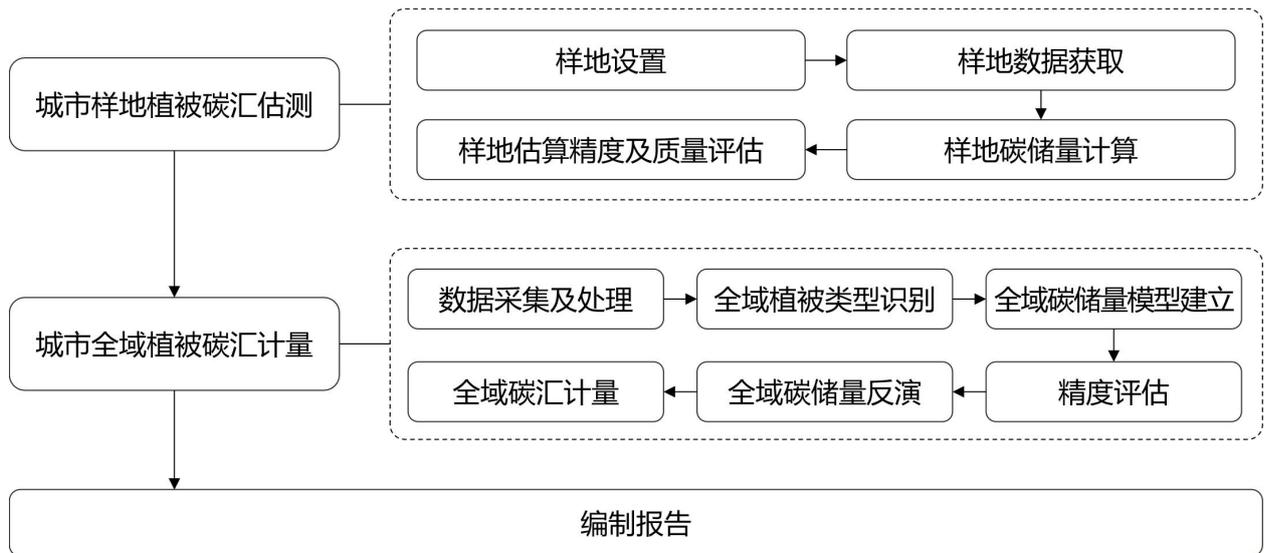


图1 城市植被碳汇计量流程图

5.5 计量方法应结合实际情况，优先采用国家、行业、地方和团体标准规定的技术方法。

5.6 城市植被碳汇计量应遵循科学性、规范性、可操作性和可比性的原则，确保全域碳汇计量的可靠性和准确性，符合可测量、可追溯、可核证的计量标准。

6 城市样地植被碳汇估测

6.1 样地设置

6.1.1 城市样地分类

根据保存时间、调查方法、样地形状和植被类型等的不同，样地可划分为不同类型。按保存时间分为固定样地和临时样地；按调查方法分为直接测量样地和间接测量样地；按抽样单元的样地数量分为单个样地和群团样地；按样地形状分为方形样地、菱形样地、圆形样地、角规样地、带状样地和复合样地；按调查植被类型分为乔木样地、灌木样地、草本样地、湿地样地和竹林样地。

6.1.2 样地布设方法

对于均一地面样地，可在区域内进行简单随机抽样布设方法。对于非均一地面样地，应根据样地内空间异质程度进行分层抽样，层内相对均一。

6.1.3 样地布设原则

样地应按照代表性、随机性、一致性、典型性和多样性的原则进行布设。

a) 代表性：样地应能够充分反映所调查区域实际情况，在考虑不同地理位置、生境环境的前提下，涵盖城市乔木、灌木、草本和湿地等植被的形态、结构、种类等特征信息，以保证样地能够覆盖调查区域的总体情况。

b) 随机性：样地的选择应遵循随机原则，以消除人为干扰或主观选择对结果的影响。通过随机抽样的方式选择样地，可以降低样本选择的偏倚性，提高结果的可靠性。

c) 一致性：样地设计应具有在一定的一致性，即在相同研究区域或类似环境条件下，采用相同的样地设计原则。这有助于不同研究之间的比较和总结，提高调查结果的可比性。

d) 典型性：样地应保证典型植物和重点区域内植被得到细致和重点的调查。

e) 多样性：样地应选取由不同植被种类组成的多样化样地进行调查，以体现出植物群落在色彩、形态和物种上的多样性，有助于反映城市植被的真实格局。

6.1.4 乔木样地

在乔木生长的典型区域根据一定数量布设样地，根据样地点坐标，以定位样点作为样地的中心点，统一标记并编号，样地四角需设立样桩。乔木样地大小为 $20\text{m} \times 20\text{m}$ ，为方形样地。对于行道树区域，可按照 $20\text{m} \times 5\text{m}$ 设置样地，为矩形样地。

6.1.5 灌木样地

在灌木生长的典型区域根据一定数量布设样地，根据样地点坐标，以定位样点作为样地的中心点，统一标记并编号。灌木样地大小为 $2\text{m} \times 2\text{m}$ ，为方形样地。共设置 4 个，分别位于样地西南角向西 2m 处、西北角向北 2m 处、东北角向东 2m 处、东南角向南 2m 处。

6.1.6 草本样地

在草本生长的典型区域根据一定数量布设样地，根据样地点坐标，以定位样点作为样地的中心点，统一标记并编号。草本样地为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，为方形样地。共设置 4 个，分别位于样地西南角向西 1m 处、西北角向北 1m 处、东北角向东 1m 处、东南角向南 1m 处。

6.1.7 湿地样地

针对湿地样地内的不同植被类型设置不同样方大小，其中，对湿地样地中的木本植物设置样方大小为 $20\text{m} \times 20\text{m}$ ，草本植物设置样方大小为 $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，样地四角进行标记或位置记录。

6.1.8 竹林样地

立竹平均胸径 5cm 以上或平均高度 10m 以上的竹林样方面积设置不小于 400m^2 ，且样方内株数不小于 30 株（丛）；立竹平均胸径 2~5cm 以上或平均高度 6m 以上的竹林样方面积不小于 100m^2 ，且样方内株数不小于 30 株（丛）。样方的形状设置为方形或矩形。

6.2 样地数据获取

样地数据获取方法分为直接测量法和间接测量法。直接测量方法通过实地测量方式获取，间接测量方法通过测绘及遥感手段获取，两种方法均可获取样地碳储量数据。

6.2.1 直接测量样地

直接测量样地的样地数据采集记录表见附录 A。

6.2.1.1 乔木样地

调查样地内乔木的基本信息，包括样地中心点位置及每木检尺信息，对所有胸径 $>5.0\text{cm}$ 的活立木进行每木检尺，调查因子包括：样地位置、树种、胸径、树高、冠幅、郁闭度等。

6.2.1.2 灌木样地

调查样地内灌木的基本信息，包含胸径 $<5.0\text{cm}$ 的幼树，调查因子包括：种类、盖度、株数、平均高度等；针对各种类灌木设置3~5株标准株，采集各类标准株整个植株，称量鲜重，选取茎、叶、枝、根样品，带回实验室测定其鲜重、干重及含水率。

6.2.1.3 草本样地

调查样方内草本植物的基本信息，调查因子包括：种类、丛数量、平均高度、盖度等；采挖样方内包含地上部分与地下根部的所有植株，进行称重、记录生物量鲜重，再选取10-20%的样本，带回实验室测定其含水率。

6.2.1.4 湿地样地

对湿地样地中以木本植物和草本植物覆盖为主的样地采用不同的调查方法：

a) 木本植物样地

对湿地中的木本植物开展立木及冠层下部观测。

立木观测：对样方内所有林木进行测量，获取样地位置、树种、胸径、树高等数据。

冠层下部观测：在样方内随机选择不小于4个同等大小的区域，分别收集其全部植株，称量鲜重，并从中抽取不少于5%的样品， 105°C 下烘干至恒重称干重，获取植株含水量。

b) 草本植物样地

针对湿地草本植物，应选择植物生长高峰期时进行野外观测，需将不少于3个样方内的所有植株进行采挖，不分物种按样方分别装进信封袋，做好标记。对采集的样本进行称量鲜重后， 65°C 烘干至恒重称量干重。

6.2.1.5 竹林样地

调查样地内竹林的基本信息，包括样地中心点位置及竹林检尺信息，对所有胸径 $>2.0\text{cm}$ 的活竹进行检尺，调查因子包括：样地位置、竹种、胸径、竹高、年龄、平均冠幅等。

6.2.2 间接测量样地

间接测量样地数据获取步骤如下。

6.2.2.1 数据采集

a) 三维点云数据

通过手持、头盔、背包、车载、地面站、机载等多源平台采集覆盖样地区域的植被点云数据。

b) 二维图像数据

获取覆盖样地区域的众源街景、无人机影像等二维图像数据。

c) 植被资料文档

收集样地相关现有的实地调查数据及植被类型分布图等资料。

6.2.2.2 数据预处理

a) 三维点云数据

包括去噪、地面滤波等。

b) 二维图像数据

色彩归一化、图像裁剪等。

6.2.2.3 样地信息调查

a) 调查因子

涵盖样地位置以及样地内每木(竹)、灌木和草本信息,仅对所有胸径>5.0cm的活立木和胸径>2.0cm的活竹进行记录。乔木(竹林)类的调查因子包括:树(竹)种、胸径、树(竹)高等,灌木和草本类的调查因子包括:面积和种类等。

b) 调查步骤

1) 单木(竹)分割

基于点云(如:基于欧氏聚类的区域生长法或基于树冠分水岭分割法等)或影像数据,采用单木(竹)分割算法(如:基于阈值分割或边缘检测的分割方法等)获取每株单木(竹)的激光点云或影像,并提取单木(竹)的位置;

2) 形态参数提取

通过点云或影像语义分割方法(如:监督分类或聚类分割方法等)提取灌木和草本面积;基于点云的几何方法(如:最小二乘法圆拟合提取胸径、高度通过点高差法、冠幅通过水平投影法等)或基于影像的深度估计方法(如:立体匹配法、结构光深度估计法等)获取单木(竹)的胸径、树(竹)高等形态参数;

3) 植被种类分类

利用已收集的实地调查数据及植被类型分布图、影像目视判别、专家先验知识等方法(如:决策树分类、最近邻 KNN 分类、最大似然法的监督分类法等),得到样地内各植被的种类信息。

6.3 样地碳储量计算

模型应优先使用针对本地树种和城市环境建立的模型。如无本地模型,可参考国家或行业标准及公开发表的权威文献,但需在报告中说明模型来源并评估其适用性。

6.3.1 乔木样地碳储量

乔木样地碳储量为样地内所有乔木地上碳储量与地下碳储量之和,计算方法见公式(1):

$$C_{\text{乔木}} = C_{\text{乔木-地上}} + C_{\text{乔木-地下}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$C_{\text{乔木}}$ ——乔木样地碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{乔木-地上}}$ ——乔木样地地上碳储量,单位为吨碳(tC);

$C_{\text{乔木-地下}}$ ——乔木样地地下碳储量,单位为吨碳(tC)。

6.3.1.1 乔木样地地上碳储量计算

乔木样地地上碳储量为样地区域内所有乔木地上碳储量之和,乔木地上碳储量为乔木地上生物量与含碳率的乘积,计算方法见公式(2)。

$$C_{\text{乔木-地上}} = \sum_{i=1}^n (W_{i\text{-地上}} \times CF_i) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$C_{\text{乔木-地上}}$ ——乔木样地地上碳储量，单位为吨碳（tC）；

n ——样地内乔木的株数；

i ——样地内乔木编号，取值为1, 2, 3...n；

$W_{i-地上}$ ——样地内单株乔木 i 的地上生物量，单位为千克（kg）；

CF_i ——乔木树种 i 的每吨干物质含碳率，单位为吨每吨（t/t），可采用附表D.1中所列的我国部分树种（组）含碳率参考值，也可实际测定获得，或采用缺省值0.5。

其中，单株乔木样地地上生物量采用乔木树种的生物量异速生长方程计算，一元异速生长方程见公式（3）、二元异速生长方程见公式（4）。我国部分地区树种（组）生物量异速生长方程参数参考值见附表 B.1。

$$W_{\text{乔木-地上}} = aD^b \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{或 } W_{\text{乔木-地上}} = aD^b H^c \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$W_{\text{乔木-地上}}$ ——乔木的地上生物量，单位为千克（kg）；

a 、 b 、 c ——异速生长方程参数；

D ——胸径，单位为厘米（cm）；

H ——树高，单位为米（m）。

6.3.1.2 乔木样地地下碳储量计算

乔木样地地下碳储量为样地区域内所有乔木地下碳储量之和，乔木地下碳储量为乔木地下生物量与含碳率的乘积，计算方法见公式（5）。

$$C_{\text{乔木-地下}} = \sum_{i=1}^n (W_{i-地下} \times CF_i) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$C_{\text{乔木-地下}}$ ——乔木样地地下碳储量，单位为吨碳（tC）；

n ——样地内乔木的株数；

i ——样地内单株乔木编号，取值为1, 2, 3...n；

$W_{i-地下}$ ——样地内单株乔木 i 的地上生物量，单位为千克（kg）；

CF_i ——乔木树种 i 的每吨干物质含碳率，单位为吨每吨（t/t），可采用附表D.1中所列的我国部分树种（组）含碳率参考值，也可实际测定获得，或采用缺省值0.5。

其中，单株乔木样地地下生物量计算通常采用地下与地上生物量换算关系（根茎比）作近似计算，见公式（6）。

$$W_{\text{乔木-地下}} = R_i \times W_{\text{乔木-地上}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$W_{\text{乔木-地下}}$ ——乔木的地下生物量，单位为千克（kg）；

$W_{\text{乔木-地上}}$ ——乔木的地上生物量，单位为千克（kg）；

R_i ——乔木树种 i 的根茎比，我国常见树种（组）根茎比参考值见附表 C.1。

6.3.2 灌木样地碳储量

灌木样地的碳储量基于单位面积与密度计算，采用公式（7）：

$$C_{\text{灌木}} = A \times WD \times CF_{\text{灌木}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$C_{\text{灌木}}$ ——灌木样地碳储量，单位为吨碳（tC）；

A ——样地面积，单位为平方米（ m^2 ）；

WD ——样地内灌木的生物量密度，单位为千克每平方米（ kg/m^2 ）；

$CF_{\text{灌木}}$ ——样地灌木的每吨干物质含碳率，单位为吨每吨（t/t），可采用附表D.2中所列的我国部分灌木种类含碳率参考值，也可实际测定获得，或采用缺省值0.47。

6.3.3 草本样地碳储量

草本样地的碳储量基于单位面积与密度计算，采用公式（8）：

$$C_{\text{草地}} = A \times WD \times CF_{\text{草地}} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$C_{\text{草地}}$ ——草本样地碳储量，单位为吨碳（tC）；

A ——样地面积，单位为平方米（ m^2 ）；

WD ——样地内草本的生物量密度，单位为千克每平方米（ kg/m^2 ）；

$CF_{\text{草地}}$ ——样地草本的每吨干物质含碳率，单位为吨每吨（t/t），可采用附表D.3中所列的我国部分草本种类含碳率参考值，也可实际测定获得，或采用缺省值0.45。

6.3.4 湿地样地碳储量

对湿地样地中的木本植物和草本植物分别采用不同的碳储量计算方法：

6.3.4.1 木本植物碳储量

木本植物样地碳储量采用公式（9）计算：

$$C_{\text{木本}} = C_{\text{立木}} + C_{\text{其他}} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$C_{\text{木本}}$ ——湿地木本植物样地碳储量，单位为吨碳（tC）；

$C_{\text{立木}}$ ——湿地立木样地碳储量，单位为吨碳（tC），基于6.3.1中乔木样地碳储量公式计算；

$C_{\text{其他}}$ ——湿地其他植物样地碳储量，单位为吨碳（tC），基于6.3.3中草本样地碳储量公式（8）计算。

6.3.4.2 草本植物碳储量

草本植物样地碳储量采用6.3.3中草本样地碳储量公式（8）进行计算。

6.3.5 竹林样地碳储量

竹林样地碳储量为样地内所有竹林地上碳储量与地下碳储量之和，计算方法见公式（10）：

$$C_{\text{竹林}} = C_{\text{竹林-地上}} + C_{\text{竹林-地下}} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

- $C_{\text{竹林}}$ ——竹林样地碳储量, 单位为吨碳 (tC);
- $C_{\text{竹林-地上}}$ ——竹林样地地上碳储量, 单位为吨碳 (tC);
- $C_{\text{竹林-地下}}$ ——竹林样地地下碳储量, 单位为吨碳 (tC)。

6.3.5.1 竹林样地地上碳储量计算

竹林样地地上碳储量为样区域内所有竹子地上碳储量之和, 竹林地上碳储量为竹林地上生物量与含碳率的乘积, 计算方法见公式 (11)。

$$C_{\text{竹林-地上}} = \sum_{i=1}^n (W_{i-地上} \times CF_i) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- $C_{\text{竹林-地上}}$ ——竹林样地地上碳储量, 单位为吨碳 (tC);
- n ——样地内竹子的株数;
- i ——样地内竹子编号, 取值为1, 2, 3...n;
- $W_{i-地上}$ ——样地内单竹 i 的地上生物量, 单位为千克 (kg);
- CF_i ——竹林竹种 i 的每吨干物质含碳率, 单位为吨每吨 (t/t), 可采用附表D.4中所列的我国部分竹种 (组) 含碳率参考值, 也可实际测定获得, 或采用缺省值0.47。

其中, 单竹样地地上生物量采用竹林树种的生物量异速生长方程计算, 一元异速生长方程见公式 (12)、二元异速生长方程见公式 (13)。我国部分地区竹种 (组) 地上生物量异速生长方程参数参考值见附表 B.2。

$$W_{\text{单竹-地上}} = aD^b \dots\dots\dots (12)$$

$$\text{或 } W_{\text{单竹-地上}} = aD^b H^c \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- $W_{\text{单竹-地上}}$ ——单竹的地上生物量, 单位为千克 (kg);
- a 、 b 、 c ——异速生长方程参数;
- D ——胸径, 单位为厘米 (cm);
- H ——竹高, 单位为米 (m)。

6.3.5.2 竹林样地地下碳储量计算

竹林样地地下碳储量为样区域内所有竹子地下碳储量之和, 竹林地下碳储量为竹林地下生物量与含碳率的乘积, 计算方法见公式 (14)。

$$C_{\text{竹林-地下}} = \sum_{i=1}^n (W_{i-地下} \times CF_i) \times 10^{-3} \dots\dots\dots (14)$$

式中:

- $C_{\text{竹林-地下}}$ ——竹林样地地下碳储量, 单位为吨碳 (tC);
- n ——样地内竹子的株数;

i ——样地内单竹编号，取值为1, 2, 3...n;

$W_{i-地下}$ ——样地内单竹 i 的地上生物量，单位为千克 (kg)；

CF_i ——竹林竹种 i 的每吨干物质含碳率，单位为吨每吨 (t/t)，可采用附表D.4中所列的我国部分竹种 (组) 含碳率参考值，也可实际测定获得，或采用缺省值0.47。

其中，单竹样地地下生物量计算通常采用地下与地上生物量换算关系 (根茎比) 作近似计算，见公式 (15)。

$$W_{单竹-地下} = R_i \times W_{单竹-地上} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$W_{单竹-地下}$ ——单竹的地下生物量，单位为千克 (kg)；

$W_{单竹-地上}$ ——单竹的地上生物量，单位为千克 (kg)；

R_i ——单竹竹种 i 的根茎比，我国常见竹种 (组) 根茎比参考值见附表 C.2。

6.4 样地估算精度及质量评估

6.4.1 直接测量样地

外业调查数据的精度要求：

——样地中心点的定位精度精确到0.5m；

——乔木和竹林调查时胸径精确到0.1cm，树高精确到10cm；灌木和草本调查时盖度精确到1%，平均高度精确到1cm；

——植物样品鲜重干重精确到1g；

——植物含水率、含碳率测定时，鲜重和干重精确到1g，含水率和含碳率精确到0.1%。

6.4.2 间接测量样地

间接测量样地的精度要求：

——样地中心点的定位精度精确到0.5m；

——乔木和竹林测量时胸径精确到5cm，树高精确到1m；

——灌木和草本测量时面积精确到1m²。

6.4.3 样地质量评估

样地质量评估应结合样地布设原则、数据获取方式及精度要求，对样地代表性和数据可靠性进行综合判断。

首先，检查各类样地布设是否符合6.1中“代表性、随机性、一致性、典型性和多样性”的原则要求，样地类型、面积及样点位置设置是否与乔木、灌木、草本、湿地和竹林等不同植被类型的规定相一致。其次，对直接测量样地，核查样地中心点坐标、胸径、树高、冠幅、盖度、平均高度、生物量鲜重、干重及含水率等调查因子是否记录完整，测量精度是否符合6.4.1规定；对间接测量样地，核查样地中心点定位精度以及胸径、树高、冠幅、面积等测量精度是否满足6.4.2的要求。再次，检查碳储量计算

中所采用的模型和参数是否与6.3条款保持一致，核对样地面积、生物量密度及含碳率等输入数据与外业记录是否一致、取值是否合理。对于模型计算结果需要2人及以上技术人员交叉核实或专家抽检评估。

根据上述检查结果，对样地给出质量评估结论；对存在关键数据缺失、精度不达标或不满足样地布设原则的样地，应进行标记并限制其用于碳储量统计分析，必要时予以剔除。

7 城市全域植被碳汇计量

本章规定了城市建成区全域尺度下植被碳汇计量的全流程技术要求。全域碳汇计量工作以多源数据采集与处理为基础，通过植被类型识别明确计量对象，根据不同植被类型分别构建碳储量模型并进行碳储量估算，最终实现城市建成区全域植被碳汇计量及精度评估。

7.1 数据采集及处理

7.1.1 数据来源

包括卫星、有人机、无人机等平台获取的主被动（光学、微波和激光雷达）遥感多源数据。

其中，光学遥感影像根据局地植被物候特征，采用植被生长季期间影像，空间分辨率优于10m；微波和激光雷达数据与光学影像的时间范围保持一致。

7.1.2 数据预处理

- a) 光学影像：包括辐射校正、大气校正、几何校正等；
- b) 雷达影像：包括多视处理、斑点噪声滤波、几何校正、辐射定标等；
- c) 激光雷达点云：包括去噪、地面滤波等。

7.1.3 遥感特征提取及筛选

- a) 光学影像：波段、植被指数、纹理、特征变换信息等；
- b) 雷达影像：后向散射系数、极化特征等；
- c) 激光雷达点云：高度、密度、结构特征等。

基于已提取的遥感特征与样地计算数据，采用相关性分析或主成分分析方法去除冗余特征，采用重要性排序或关联性分析等方法对特征进行筛选。

7.2 全域植被类型识别

7.2.1 植被类型样本标注

结合遥感特征信息构建乔木、灌木、草本、湿地和竹林类型的标注样本。

7.2.2 植被类型分类模型建立

基于已标注的样本数据，采用机器学习算法或深度学习算法建立植被类型分类模型，植被分为乔木、灌木、草本、湿地、竹林。

7.2.3 植被类型全域识别

将训练好的分类模型应用于全域遥感数据，获得植被类型的空间分布。在识别过程中，应考虑地形、

气候等环境因素对植被分布的影响。

7.3 全域碳储量模型建立

7.3.1 数据集构建

根据各类植被样地空间位置信息提取对应遥感特征，形成乔木、灌木、草本、湿地和竹林五种植被类型的碳储量样本数据集。

7.3.2 建模策略与方法选择

按植被类型分别建立碳储量估测模型，可采用如多元回归、机器学习或深度学习等建模方法。

7.3.3 模型训练与参数优化

对每类植被分别训练碳储量模型，通过交叉验证、网格搜索等方式优化碳储量模型参数，确保模型稳定且达到预期性能。

7.3.4 模型检验

对各植被类型模型分别进行精度评价，验证模型效果。

7.4 精度评估

7.4.1 植被类型识别精度评估指标

基于混淆矩阵、总体精度和Kappa系数等对植被类型识别精度进行评估，计算公式见附录E。

7.4.2 植被碳储量计算精度评估指标

通过决定系数、均方根误差以及相对均方根误差指标来衡量模型的精度，计算公式见附录E。

7.4.3 精度评价

7.4.3.1 精度评价方法

数据集划分：将样本数据集随机划分为训练集和测试集，常用比例为7:3或8:2；

交叉验证：采用K折交叉验证法（例如K为5或10），提高模型评估的可靠性；

辅助监测：结合地面实测数据对模型预测结果进行验证，确保模型的准确性。

7.4.3.2 精度评价指标等级

将植被类型识别和碳储量估测所涉及的指标进行定量评价，评价的等级划分见附录F。

7.5 全域碳储量反演

利用筛选后的遥感特征，基于构建的分类型模型反演不同植被类型的碳储量并进行汇总，得到城市全域的植被碳储量。

7.6 全域碳汇计量

全域碳汇计量可采用差值计算法和动态更新法。

7.6.1 差值计算法

通过获取目标区域在不同时间点的遥感数据，反演各期的碳储量，进而计算碳储量的变化量，以此估算碳汇的增减情况。

7.6.2 动态更新法

结合目标区域植被分布和碳储量本底数据，通过植被变化发现确定碳汇计量区域，再基于植被生长方程计算目标年份碳汇量。

8 编制报告

编制《城市植被碳汇计量评估报告》，包括前言、计量城市植被概况、计量方法、数据来源、精度评价、城市植被碳汇计量与空间格局、结论、附录，报告大纲见附录G。

附 录 A

(资料性)

样地数据采集记录表

表A.1 乔木样地因子直接调查记录表

调查员：_____

调查日期：_____年____月____日

项目：					
样地号：					
样地坐标：			经度：_____； 纬度：_____		
样地面积及形状：			面积：_____； 形状：_____		
环境因子	地形特征		坡度_____° 坡向_____ 坡位_____		
	样地特征		优势树种：		
			郁闭度：		
备注					
乔木每木检尺记录表					
编号	树种	胸径/cm	树高/m	冠幅/m	备注

表A. 2 灌木样地因子直接调查记录表

调查员：_____

调查日期：_____年____月____日

项目：											
样地号：											
样地坐标：						经度：_____；纬度：_____					
样地面积及形状：						面积：_____；形状：_____					
环境因子		地形特征				坡度_____° 坡向_____ 坡位_____					
		样地特征				优势种类：					
样地灌木基本信息						盖度：					
						株数：					
						平均高度：_____m					
备注											
灌木标准株取样记录表											
编号	种类	样品鲜重/g				样品干重/g				含水率	备注
		茎	叶	枝	根	茎	叶	枝	根		

表A.3 草本样地因子直接调查记录表

调查员：_____

调查日期：_____年____月____日

项目：		
样地号：		
样地坐标：		经度：_____；纬度：_____
样地面积及形状：		面积：_____；形状：_____
环境因子	地形特征	坡度_____° 坡向_____ 坡位_____
	样地特征	优势种类：
样地草本基本信息		丛数量：
		平均高度：_____m
		盖度：
		样方内所有植株鲜重：_____g
		样品鲜重：_____g
		样品干重：_____g
		样品含水率：
备注		

表A.4 湿地样地因子直接调查记录表

调查员：_____

调查日期：_____年____月____日

项目：					
样地号：					
样地坐标：			经度：_____；纬度：_____		
样地面积及形状：			面积：_____；形状：_____		
环境因子	地形特征		坡度_____° 坡向_____ 坡位_____		
	样地特征		优势树种：		
			郁闭度：		
备注					
草本植物记录表					
丛数量：					
平均高度：			_____m		
盖度：			_____%		
样方内所有植株鲜重：			_____g		
样品鲜重：			_____g		
样品干重：			_____g		
样品含水率：			_____%		
木本植物记录表					
编号	树种	胸径/cm	树高/m	冠幅/m	备注

表A.5 竹林样地因子直接调查记录表

调查员：_____

调查日期：_____年____月____日

项目：						
样地号：						
样地坐标：				经度：_____；纬度：_____		
样地面积及形状：				面积：_____；形状：_____		
环境因子	地形特征			坡度_____° 坡向_____ 坡位_____		
	样地特征			优势竹种：		
			郁闭度：			
备注						
竹林检尺记录表						
编号	竹种	胸径/cm	竹高/m	年龄/度或年	平均冠幅/m	备注

附录 B

(资料性)

我国部分地区树/竹种(组)地上生物量异速生长方程参考表

B.1 我国部分地区树种(组)地上生物量异速生长方程参考表见表B.1。

表B.1 我国部分地区树种(组)地上生物量异速生长方程参考表

序号	树种	一元地上生物量方程 $W_{\text{乔木}} = aD^b$	二元地上生物量方程 $W_{\text{乔木}} = aD^bH^c$	胸径适用范围/cm	建议应用地区
1	油松	$W_{\text{乔木}} = 0.1138D^{2.2461}$	$W_{\text{乔木}} = 0.1179(D^2H)^{0.8150}$	4.5~34.5	北京
2	白皮松	$W_{\text{乔木}} = 0.165D^{2.0780}$	$W_{\text{乔木}} = 0.241(D^2H)^{0.7270}$	2.6~28.7	北京
3	侧柏	$W_{\text{乔木}} = 0.23D^{1.9190}$	$W_{\text{乔木}} = 0.174(D^2H)^{0.7290}$	3.3~33.0	北京
4	毛白杨	$W_{\text{乔木}} = 0.1079D^{2.4104}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0552(D^2H)^{0.9040}$	9.1~42.0	北京
5	臭椿	$W_{\text{乔木}} = 0.142D^{2.3027}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0469(D^2H)^{0.9520}$	9.6~41.4	北京
6	旱柳	$W_{\text{乔木}} = 0.0071D^{3.1094}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0038(D^2H)^{1.1815}$	11.8~48.3	北京
7	栎树	$W_{\text{乔木}} = 0.1843D^{2.2285}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0797(D^2H)^{0.9172}$	8.4~32.4	北京
8	楸树	$W_{\text{乔木}} = 0.0918D^{2.3453}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0442(D^2H)^{0.9411}$	10.3~30.3	北京
9	国槐	$W_{\text{乔木}} = 0.0758D^{2.5904}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0122(D^2H)^{1.1390}$	11.2~41.0	北京
10	银杏	$W_{\text{乔木}} = 0.117D^{2.2118}$	$W_{\text{乔木}} = 0.01821(D^2H)^{1.0166}$	9.8~30.6	北京
11	悬铃木	$W_{\text{乔木}} = 0.0356D^{2.7610}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0093(D^2H)^{1.1273}$	12.9~34.1	北京
12	元宝枫	$W_{\text{乔木}} = 0.1268D^{2.3146}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0355(D^2H)^{1.0186}$	8.6~23.3	北京
13	丁香	$W_{\text{乔木}} = 1.086D^{1.2240}$	$W_{\text{乔木}} = 0.845(D^2H)^{0.4840}$	2.9~10.5	北京
14	刺槐	$W_{\text{乔木}} = 0.428D^{1.973}$	$W_{\text{乔木}} = 0.1704(D^2H)^{0.8020}$	10.5~45.2	北京
15	龙爪槐	$W_{\text{乔木}} = 0.042D^{2.5230}$	$W_{\text{乔木}} = 0.048(D^2H)^{0.9950}$	6.6~14.5	北京
16	樱花	$W_{\text{乔木}} = 0.206D^{1.5650}$	$W_{\text{乔木}} = 0.105(D^2H)^{0.7260}$	5.1~21.5	北京
17	海棠	$W_{\text{乔木}} = 0.876D^{1.4780}$	$W_{\text{乔木}} = 0.729(D^2H)^{0.5620}$	1.8~8.2	北京
18	碧桃	$W_{\text{乔木}} = 0.1093D^{2.2870}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0453(D^2H)^{0.9949}$	2.4~13.3	北京
19	紫叶李	$W_{\text{乔木}} = 0.0474D^{2.6510}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0335(D^2H)^{1.0475}$	2.1~13.7	北京
20	水杉	$W_{\text{乔木}} = 0.06291D^{2.4841}$	$W_{\text{乔木}} = 0.05488(D^2H)^{0.8583}$	8.4~27.5	上海
21	香樟	$W_{\text{乔木}} = 0.10387D^{2.5350}$	$W_{\text{乔木}} = 0.00751(D^2H)^{1.2675}$	7~17	上海
22	杨树	$W_{\text{乔木}} = 0.019011D^{3.1051}$	$W_{\text{乔木}} = 0.008429(D^2H)^{1.1249}$	7.5~22.3	上海
23	银杏	$W_{\text{乔木}} = 0.133137D^{2.3357}$	$W_{\text{乔木}} = 0.118604(D^2H)^{0.8237}$	-	上海

序号	树种	一元地上生物量方程 $W_{\text{乔木}} = aD^b$	二元地上生物量方程 $W_{\text{乔木}} = aD^bH^c$	胸径适用范围/cm	建议应用地区
24	毛竹	$W_{\text{乔木}} = 0.1686D^{1.8358}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0712(D^2H)^{0.7066}$	4~12	上海
25	女贞	$W_{\text{乔木}} = 0.139994D^{2.34273}$	$W_{\text{乔木}} = 0.08685(D^2H)^{0.89923}$	4~14	上海
26	黄山栾树	$W_{\text{乔木}} = 0.10994D^{2.48438}$	$W_{\text{乔木}} = 0.02173(D^2H)^{1.08777}$	5~15	上海
27	鹅掌楸	$W_{\text{乔木}} = 0.06393D^{2.61147}$	$W_{\text{乔木}} = 0.00950(D^2H)^{1.17994}$	4~14	上海
28	杜英	$W_{\text{乔木}} = 0.18833D^{2.14125}$	$W_{\text{乔木}} = 0.00015(D^2H)^{1.28808}$	5~17	上海
29	广玉兰	$W_{\text{乔木}} = 0.330788D^{1.90957}$	$W_{\text{乔木}} = 0.267867(D^2H)^{0.71442}$	3~13	上海
30	木荷	-	$W_{\text{干}} = 0.04188(D^2H)^{0.9426}$ $W_{\text{枝}} = 0.01208(D^2H)^{0.8687}$ $W_{\text{叶}} = 0.00313(D^2H)^{0.9418}$	-	深圳
31	秋枫	-	$W_{\text{干}} = 0.0319(D^2H)^{0.9357}$ $W_{\text{枝}} = 0.0111(D^2H)^{0.8852}$ $W_{\text{叶}} = 0.004(D^2H)^{0.9589}$	-	深圳
32	杉木	-	$W_{\text{干}} = 0.0085(D^2H)^{1.1072}$ $W_{\text{枝}} = 0.0017(D^2H)^{1.0919}$ $W_{\text{叶}} = 0.0007D^{3.8866}$	-	深圳
33	樟树	-	$W_{\text{乔木}} = 0.00525D^{2.92904}H^{0.45375}$	-	深圳
34	台湾相思	-	$W_{\text{乔木}} = 1.4256(D^2H)^{0.568}$	-	深圳
35	银柴	-	$W_{\text{干}} = 0.0319(D^2H)^{0.9357}$ $W_{\text{枝}} = 0.0111(D^2H)^{0.8852}$ $W_{\text{叶}} = 0.004(D^2H)^{0.9589}$	-	深圳
36	皂荚	$W_{\text{干}} = 0.203D^{1.9500}$ $W_{\text{枝}} = 0.0042D^{3.2400}$ $W_{\text{叶}} = 0.00085D^{3.2300}$	-	-	深圳
37	荔枝	-	$W_{\text{干}} = 0.184D^{2.170}H^{0.078}$ $W_{\text{枝}} = 0.473D^{2.672}H^{1.764}$ $W_{\text{叶}} = 0.270D^{3.831}H^{3.450}$	-	深圳
38	马尾松	-	$W_{\text{乔木}} = 0.092349D^{2.02817}H^{0.49763}$ (D≥5cm) $W_{\text{乔木}} = 0.181666D^{1.60778}H^{0.49763}$ (D<5cm)	-	深圳
39	锥	-	$W_{\text{干}} = 0.541(D^2H)^{1.0124}$ $W_{\text{枝}} = 0.0339(D^2H)^{0.8357}$ $W_{\text{叶}} = 0.0125(D^2H)^{0.8258}$	-	深圳

序号	树种	一元地上生物量方程 $W_{乔木} = aD^b$	二元地上生物量方程 $W_{乔木} = aD^bH^c$	胸径适用范围/cm	建议应用地区
40	银柴	-	$W_{乔木} = 1.4256(D^2H)^{0.568}$	-	深圳
41	木麻黄	-	$W_{干} = 0.0359(D^2H)^{0.9509}$ $W_{枝} = 0.0407(D^2H)^{0.7246}$ $W_{叶} = 0.194(D^2H)^{0.433}$	-	深圳
42	刺槐	-	$W_{干} = 0.3230 + 0.015(D^2H)$ $W_{枝} = 0.098 + 0.002(D^2H)$ $W_{叶} = 0.178 + 0.007(D^2H)$	-	深圳
43	栀子花	-	$W_{乔木} = 1.4256(D^2H)^{0.568}$	-	深圳
44	柏木	$W_{乔木} = 0.02479D^{2.0333}$	-	-	江苏
45	黑松	-	$W_{乔木} = 0.0462(D^2H)^{0.9446}$	-	安徽
46	马尾松	-	$W_{乔木} = 0.02634(D^2H)^{2.7751}$	-	浙江
47	火炬松	-	$W_{乔木} = 0.06548(D^2H)^{0.8506}$	-	浙江
48	栎类	-	$W_{干} = 0.0369(D^2H)^{0.9165}$ $W_{枝} = 0.00051(D^2H)^{1.3377}$ $W_{叶} = 0.00021(D^2H)^{1.171}$	-	北京
49		-	$W_{乔木} = 0.38796(D^2H)^{1.27153}$	-	四川
50		-	$W_{乔木} = 0.16625(D^2H)^{0.7821}$	-	贵州
51	桦木	-	$W_{干} = 0.0319(D^2H)^{0.9356}$ $W_{枝} = 0.00063(D^2H)^{1.2781}$ $W_{叶} = 0.00016(D^2H)^{1.1688}$	-	北京
52	木荷	-	$W_{干} = 0.013369(D^2H)^{1.0569}$ $W_{枝} = 1.086042(D^2H)^{0.98964}$ $W_{叶} = 0.000411(D^2H)^{1.308806}$	-	江西
53	硬阔类	-	$W_{乔木} = 0.03451(D^2H)^{1.0037}$	-	浙江
54		-	$W_{乔木} = 0.07112(D^2H)^{0.910358078}$	-	安徽
55		$W_{干} = 0.0311D^{2.714}$ $W_{枝} = 0.212D^{1.644}$ $W_{叶} = 0.0181D^{1.9945}$	-	-	广东

序号	树种	一元地上生物量方程 $W_{乔木} = aD^b$	二元地上生物量方程 $W_{乔木} = aD^bH^c$	胸径适用范围/cm	建议应用地区
56	桉树	$W_{干} = 0.0761D^{2.4275}$ $W_{枝} = 0.0088D^{2.7829}$ $W_{叶} = 0.0117D^{2.5951}$	-	-	福建
57		-	$W_{乔木} = 0.0180(D^2H)^{1.0283}$	-	四川
58	杨树	-	$W_{干} = 0.0074046(D^2H)^{1.069}$ $W_{枝} = 0.0041773(D^2H)^{0.9911}$ $W_{叶} = 0.071532(D^2H)^{0.4489}$	-	江苏
59	胡杨	-	$W_{干} = 0.0611(D^2H)^{0.7858}$ $W_{枝} = 0.0679(D^2H)^{0.6698}$ $W_{叶} = 0.00024(D^2H)^{3.34}$	-	新疆
60	刺槐	-	$W_{干} = 0.312 + 0.016(D^2H)$ $W_{枝} = 0.161 + 0.003(D^2H)$ $W_{叶} = 0.091 + 0.003(D^2H)$	-	贵州
61	榆树	$W_{干} = 0.0709D^{2.42}$ $W_{枝} = 4.924D^{0.976}$ $W_{叶} = 1.163D^{0.64}$	-	-	辽宁
62	软阔类	-	$W_{干} = 0.012541(D^2H)^{1.144}$ $W_{枝} = 0.004786(D^2H)^{1.006}$ $W_{叶} = 0.047180(D^2H)^{0.769}$	-	福建
63	厚朴	-	$W_{乔木} = 0.02820(D^2H)^{0.9682}$	-	浙江
64	杜仲	$W_{干} = 0.118194D^{2.047788}$ $W_{枝} = 0.013137D^{2.919738}$ $W_{叶} = 0.033970D^{0.001548}$	-	-	河南
65	阔叶混	$W_{乔木} = 0.17322D^{2.3458}$	-	-	贵州
66		-	$W_{乔木} = 0.042086(D^2H)^{0.9703}$	-	海南
67	柏木	-	$W_{乔木} = 0.12703(D^2H)^{0.79975}$	6~20	黑龙江
68		-	$W_{乔木} = 0.1789(D^2H)^{0.7406}$	-	黑龙江
69	红松	-	$W_{乔木} = 0.0615(D^2H)^{0.3815}$	-	黑龙江
70	冷杉	-	$W_{乔木} = 0.0323(D^2H)^{0.9294}$	-	黑龙江

序号	树种	一元地上生物量方程 $W_{\text{乔木}} = aD^b$	二元地上生物量方程 $W_{\text{乔木}} = aD^bH^c$	胸径适用范围/cm	建议应用地区
71	红皮云杉	$W_{\text{乔木}} = 5.2883 - 2.3268D + 0.5775D^2$	-	-	黑龙江
72	兴安落叶松	-	$W_{\text{乔木}} = 0.1200(D^2H)^{0.78759}$	-	黑龙江
73	樟子松	-	$W_{\text{乔木}} = 0.08558D^{2.00651}H^{0.45839}$	4.2~34.5	黑龙江
74	桉树	$W_{\text{乔木}} = 0.1258D^{2.4621}$	$W_{\text{乔木}} = 0.0828D^{2.0831}H^{0.4900}$	-	广西
75	青海云杉	$W_{\text{干}} = 0.0056D^{2.8441}$ $W_{\text{枝}} = 0.0133D^{2.5840}$ $W_{\text{叶}} = 0.0292D^{2.3167}$	$W_{\text{干}} = 0.0101D^{2.0347}H^{1.0277}$ $W_{\text{枝}} = 0.0105D^{2.8034}H^{0.2157}$ $W_{\text{叶}} = 0.0736D^{1.4174}H^{0.8874}$	-	青海
76	油松	$W_{\text{干}} = 0.0038D^{3.0850}$ $W_{\text{枝}} = 0.0045D^{2.8083}$ $W_{\text{叶}} = 0.0106D^{2.5002}$	$W_{\text{干}} = 0.0072D^{2.3241}H^{0.9052}$ $W_{\text{枝}} = 0.0068D^{2.3661}H^{0.4915}$ $W_{\text{叶}} = 0.0131D^{2.2799}H^{0.2271}$	-	青海
77	祁连圆柏	-	$W_{\text{干}} = 0.1030D^{0.0495}H^{2.3212}$ $W_{\text{枝}} = 0.0867D^{0.1533}H^{2.2986}$ $W_{\text{叶}} = 0.1432D^{0.4502}H^{1.5075}$	-	青海
78	青杨	$W_{\text{干}} = 0.0640D^{2.3374}$ $W_{\text{枝}} = 0.0008D^{4.1618}$ $W_{\text{叶}} = 0.0013D^{3.3212}$	$W_{\text{干}} = 0.01468D^{1.7461}H^{1.0621}$ $W_{\text{枝}} = 0.0004D^{2.5967}H^{1.3362}$ $W_{\text{叶}} = 0.0008D^{2.9057}H^{0.1860}$	-	青海
79	白桦	$W_{\text{干}} = 0.0275D^{2.2914}$ $W_{\text{枝}} = 0.0590D^{1.3509}$ $W_{\text{叶}} = 0.0021D^{2.6124}$	$W_{\text{干}} = 0.0025D^{1.7796}H^{2.2388}$ $W_{\text{枝}} = 0.0310D^{0.6223}H^{1.3959}$ $W_{\text{叶}} = 0.0003D^{2.2231}H^{1.8284}$	-	青海

注1: $W_{\text{乔木}}$ 为乔木地上生物量 (kg); D为胸径 (cm); H为树高 (m)

注2: 表中 $W_{\text{干}}$ 、 $W_{\text{枝}}$ 、 $W_{\text{叶}}$ 分别为乔木的干、枝、叶的生物量, 乔木地上生物量 $W_{\text{乔木}} = W_{\text{干}} + W_{\text{枝}} + W_{\text{叶}}$

注3: 表中数据序号1~19来源于DB11/T 2468-2025; 序号20-29来源于DB31/T 1234-2020; 序号30-43来源于DB4033/T 534-2024; 序号44-66来源于DB33/T 2416-2021; 序号67-73来源于DB23/T 3461-2023; 序号74来源于DB45/T 2751-2023; 序号75-79来源于DB63/T 2167-2023。

B.2 我国部分地区竹种（组）地上生物量异速生长方程参考表见表B.2。

表B.2 我国部分地区竹种（组）地上生物量异速生长方程参考表

序号	竹种（组）	地上生物量方程	胸径适用范围/cm	竹高适用范围/cm	建议应用地区
1	斑竹	$W_{竹林} = 0.0475(D^2H)^{0.7879}$	1.4~5.0	3.4~10.4	北京
2	黄槽竹	$W_{竹林} = 0.0572(D^2H)^{0.7045}$	1.0~5.0	2.8~10.7	北京
3	黄杆京	$W_{竹林} = 0.0533(D^2H)^{0.7636}$	1.5~4.2	3.7~6.8	北京
4	黄纹竹	$W_{竹林} = 0.0367(D^2H)^{0.7811}$	1.5~7.3	3.6~12.0	北京
5	金镶玉	$W_{竹林} = 0.105(D^2H)^{0.5952}$	0.9~4.2	2.5~7.5	北京
6	筠竹	$W_{竹林} = 0.0383(D^2H)^{0.7973}$	1.5~3.7	3.7~8.5	北京
7	早园竹	$W_{竹林} = 0.0319(D^2H)^{0.8644}$	1.0~5.6	3.8~12.1	北京
8	毛竹	$W_{竹林} = 0.186D^2 - 1.06D + 3.69$	-	-	四川
9	慈竹	$W_{竹林} = 0.137D^{1.847}$	-	-	四川
10		$W_{竹林} = 0.070D^{1.608}H^{0.484}$	-	-	四川
11	硬头黄	$W_{竹林} = 0.55781D^{1.8255}$	-	-	四川
12		$W_{竹林} = 0.257D^{1.723}$	-	-	四川
13		$W_{竹林} = 1.757 + 1.021D + 0.081H$	-	-	四川
14	水竹	$W_{竹林} = 0.6439D^{1.5373}$	-	-	四川
15		$W_{竹林} = 0.3008(D^2H)^{0.5908}$	-	-	四川
16	麻竹	$W_{竹林} = 0.540093D^{1.9305}$	-	-	四川
17	绵竹	$W_{竹林} = 0.127D^{1.999}$	-	-	四川
18		$W_{竹林} = 0.038D^{2.166}H^{0.373}$	-	-	四川
19	雷竹	$W_{竹林} = 0.1939D^{1.5654}$	-	-	四川
20	毛竹	$W_{竹林} = 0.2012 + 0.2198D^{1.8910}$	-	-	湖南
21		$W_{竹林} = 0.497D^{1.496}$	-	-	福建
22		$W_{干} = 0.031D^{2.649}$ $W_{枝} = 0.009D^{1.801}$ $W_{叶} = 0.024D^{0.993}$	-	-	广西
23	麻竹	$W_{干} = 0.114D^{2.168}$ $W_{枝} = 0.066D^{1.452}$ $W_{叶} = 0.199D^{1.387}$	-	-	广西
24	粉单竹	$W_{干} = 0.037D^{2.853}$ $W_{枝} = 0.028e^{0.557D}$ $W_{叶} = 0.073e^{0.203D}$	-	-	广西

注1: $W_{竹林}$ 为竹林地上生物量 (kg); D 为胸径 (cm); H 为竹高 (m)

注2: 表中 $W_{干}$ 、 $W_{枝}$ 、 $W_{叶}$ 分别为竹林的干、枝、叶的生物量, 竹林地上生物量 $W_{竹林} = W_{干} + W_{枝} + W_{叶}$

注3: 表中数据序号1-7来源于DB11/T 2468-2025; 序号8-19来源于DB51/T 2985-2022; 序号20来源于曾掌权等 (2016); 序号21来源于梁丽壮 (2021); 序号22-24来源于鹿士杨等 (2018)。

附录 C

(资料性)

我国常见树种(组)及竹种(组)根茎比参考值

C.1 我国常见树种(组)根茎比参考值见表C.1。

表C.1 我国常见树种(组)根茎比参考表

序号	树种(组)	根茎比	序号	树种(组)	根茎比	序号	树种(组)	根茎比
1	油松	0.251	28	紫杉	0.277	55	黄栌	0.289
2	马尾松	0.187	29	其它杉类	0.277	56	椴类	0.201
3	白皮松	0.206	30	侧柏	0.277	57	楝树	0.289
4	樟子松	0.241	31	圆柏	0.277	58	杜仲	0.261
5	华山松	0.170	32	柏木	0.220	59	檫木	0.270
6	红松	0.221	33	柏类	0.220	60	水胡黄	0.221
7	黑松	0.280	34	银杏	0.277	61	硬阔类	0.261
8	赤松	0.236	35	针叶混	0.267	62	乌柏	0.261
9	高山松	0.235	36	杨树	0.227	63	杂木	0.289
10	云南松	0.146	37	柳类	0.288	64	樟树	0.275
11	思茅松	0.145	38	泡桐	0.247	65	楠木	0.264
12	国外松	0.206	39	桐类	0.269	66	木荷	0.258
13	湿地松	0.264	40	桉树	0.221	67	木麻黄	0.213
14	火炬松	0.206	41	悬铃木	0.289	68	相思	0.207
15	落叶松	0.212	42	梧桐	0.289	69	桂花	0.289
16	金钱松	0.212	43	枫杨	0.288	70	女贞	0.261
17	雪松	0.206	44	软阔类	0.289	71	木兰科	0.289
18	其它松类	0.206	45	栎类	0.292	72	木兰类	0.261
19	杉木	0.246	46	刺槐	0.289	73	含笑	0.261
20	柳杉	0.267	47	国槐	0.289	74	核桃	0.289
21	水杉	0.319	48	榆树	0.621	75	山杏	0.289
22	池杉	0.435	49	桦木	0.248	76	阔叶混	0.262
23	云杉	0.224	50	白蜡	0.289	77	针阔混	0.248
24	冷杉	0.174	51	椿树	0.289	78	其它经	0.261
25	铁杉	0.277	52	栎树	0.289	79	其它工	0.261
26	油杉	0.277	53	元宝枫	0.289			
27	红豆杉	0.277	54	枫香	0.398			

注 1: 1)其它工指其它工业原料类树种, 如栓皮栎等; 2)其它经指其它经济类树种, 如紫穗槐等。
 注 2: 表中数据来源于 DB11/T 953-2024、DB33/T 2416-2021、LY/T 2988-2018、LY/T 2253-2014 和 DB1304/T 504-2025。

C.2 我国常见竹种（组）根茎比参考值见表C.2。

表C.2 我国常见竹种（组）根茎比参考表

序号	竹种（组）	根茎比	建议应用地区
1	所有散生竹(不含毛竹)	0.707	全国
2	毛竹	0.605	四川
3		0.336	福建
4		0.5204	全国
5	所有丛生竹	1.183	全国
6	所有混生竹	0.928	全国
7	杂竹	0.7386	全国

注：表内数据来源于 DB51/T 2985—2022、郭日生等（2013）、梁丽壮（2021）、《省级温室气体清单编制指南（2025年版）》。

附录 D

(资料性)

我国部分植被种类(组)含碳率参考表

D.1 我国部分树种(组)含碳率参考表见表D.1。

表D.1 我国部分树种(组)含碳率参考表

序号	树种(组)	含碳率			建议应用地区	序号	树种(组)	含碳率			建议应用地区
		全树	地上	地下				全树	地上	地下	
1	冷杉	0.4962	0.4957	0.4985	全国	55	广玉兰	-	0.4312	0.4372	上海
2	云杉	0.4900	0.4905	0.4880	全国	56	女贞	-	0.4312	0.4373	上海
3	落叶松	0.4893	0.4895	0.4884	全国	57	水杉	-	0.4260	0.4529	上海
4	马尾松	0.5252	0.5254	0.5082	全国	58	二球悬铃木	-	0.4407	0.4409	上海
5	油松	0.5165	0.5184	0.5093	全国	59	池杉	-	0.4422	0.4498	上海
6	云南松	0.5084	0.5106	0.4947	全国	60	雪松	-	0.4531	0.4544	上海
7	思茅松	0.5007	0.5039	0.4858	全国	61	银杏	-	0.4483	0.4447	上海
8	高山松	0.5004	0.4995	0.5048	全国	62	无患子	-	0.4332	0.4365	上海
9	黄山松	0.5060	0.5070	0.5009	全国	63	栎树	-	0.4206	0.4281	上海
10	樟子松	0.4859	0.4863	0.4840	全国	64	朴树	-	0.4109	0.4338	上海
11	湿地松	0.4736	0.4756	0.4664	全国	65	枫香	-	0.4106	0.4259	上海
12	柏木	0.4847	0.4846	0.4851	全国	66	重阳木	-	0.4288	0.4428	上海
13	杉木	0.4990	0.5003	0.4880	全国	67	梧桐	-	0.4176	0.4281	上海
14	柳杉	0.5137	0.5154	0.5091	全国	68	旱柳	-	0.4272	0.4368	上海
15	栎树	0.4802	0.4827	0.4678	全国	69	乐昌含笑	-	0.4417	0.4449	上海
16	桦树	0.4872	0.4897	0.4779	全国	70	江南桧木	-	0.4580	0.4417	上海
17	杨树	0.4705	0.4728	0.4644	全国	71	榆树	-	0.4137	0.4291	上海
18	椴树	0.4754	0.4772	0.4726	全国	72	龙柏	-	0.4317	0.4682	上海
19	榆树	0.4505	0.4546	0.4455	全国	73	国槐	-	0.4386	0.4484	上海
20	木荷	0.4706	0.4712	0.4667	全国	74	毛白杨	-	0.4271	0.4331	上海
21	枫香	0.4668	0.4690	0.4604	全国	75	紫叶李	-	0.4417	0.4380	上海
22	杉木	0.4610	0.4786	0.4408	湖南	76	落叶松	0.51	0.51	0.51	北京
23	马尾松	0.4772	0.4648	0.4704	湖南	77	红松	0.51	0.51	0.51	北京
24	杨树类	0.4270	0.4326	0.3906	湖南	78	樟子松	0.52	0.52	0.52	北京
25	栎类	0.4283	0.4280	0.4414	湖南	79	油松	0.52	0.52	0.52	北京
26	其他软阔	0.4581	0.4559	0.4291	湖南	80	华山松	0.52	0.52	0.52	北京
27	冷杉	0.4999	0.4999	0.4999	浙江	81	其它松类	0.50	0.50	0.50	北京

序号	树种(组)	含碳率			建议应用地区	序号	树种(组)	含碳率			建议应用地区
		全树	地上	地下				全树	地上	地下	
28	云杉	0.5208	0.5208	0.5208	浙江	81	其它松类	0.50	0.50	0.50	北京
29	铁杉	0.5022	0.5022	0.5022	浙江	82	侧柏	0.51	0.51	0.51	北京
30	柏木	0.5034	0.5034	0.5034	浙江	83	杉类	0.52	0.52	0.52	北京
31	黑松	0.5146	0.5146	0.5146	浙江	84	白蜡	0.49	0.49	0.49	北京
32	华山松	0.5225	0.5225	0.5225	浙江	85	栎类	0.48	0.48	0.48	北京
33	油杉	0.4997	0.4997	0.4997	浙江	86	桦木	0.49	0.49	0.49	北京
34	马尾松	0.4596	0.4596	0.4596	浙江	87	白桦	0.51	0.51	0.51	北京
35	高山松	0.5009	0.5009	0.5009	浙江	88	银杏	0.45	0.45	0.45	北京
36	杉木	0.5201	0.5201	0.5201	浙江	89	杨树	0.45	0.45	0.45	北京
37	柳杉	0.5235	0.5235	0.5235	浙江	90	五角枫	0.45	0.45	0.45	北京
38	水杉	0.5013	0.5013	0.5013	浙江	91	柳类	0.47	0.47	0.47	北京
39	樟树	0.4916	0.4916	0.4916	浙江	92	栎树	0.48	0.48	0.48	北京
40	楠木	0.5030	0.5030	0.5030	浙江	93	国槐	0.50	0.50	0.50	北京
41	栎类	0.5004	0.5004	0.5004	浙江	94	丁香	0.43	0.43	0.43	北京
42	桦木	0.4914	0.4914	0.4914	浙江	95	红瑞木	0.42	0.42	0.42	北京
43	椴树类	0.4392	0.4392	0.4392	浙江	96	紫叶李	0.46	0.46	0.46	北京
44	檫树	0.4848	0.4848	0.4848	浙江	97	海棠	0.45	0.45	0.45	北京
45	桉树	0.5253	0.5253	0.5253	浙江	98	山杏	0.43	0.43	0.43	北京
46	木麻黄	0.4980	0.4980	0.4980	浙江	99	连翘	0.43	0.43	0.43	北京
47	杨树	0.4956	0.4956	0.4956	浙江	100	苹果	0.45	0.45	0.45	北京
48	硬阔类	0.4834	0.4834	0.4834	浙江	101	梨	0.46	0.46	0.46	北京
49	软阔类	0.4956	0.4956	0.4956	浙江	102	桃	0.46	0.46	0.46	北京
50	针叶混	0.5101	0.5101	0.5101	浙江	103	针阔混交	0.49	0.49	0.49	北京
51	阔叶混	0.4900	0.4900	0.4900	浙江	104	阔叶混交	0.48	0.48	0.48	北京
52	针阔混	0.4978	0.4978	0.4978	浙江	105	其它软阔类	0.45	0.45	0.45	北京
53	经济树种	0.4834	0.4834	0.4834	浙江	106	其他经济树种	0.47	0.47	0.47	北京

注:表内数据序号 1-21 来源于 GB/T 43648-2024;序号 22-26 来源于 DB43/T 3080.7-2024;序号 27-53 来源于 DB33/T 1424-2025;序号 54-75 来源于 DB31/T 1234-2020;序号 76-106 来源于 DB11/T 953-2024。

D.2 我国部分灌木种类含碳率参考表见表D.2。

表D.2 我国部分灌木种类含碳率参考表

序号	种类	含碳率	建议应用地区	序号	种类	含碳率	建议应用地区
1	霸王	0.4237	内蒙古	24	红瑞木	0.4490	东北地区
2	白刺	0.4178	内蒙古	25	黄刺玫	0.4534	东北地区
3	柽柳	0.3468	内蒙古	26	刺参	0.4559	东北地区
4	红砂	0.3940	内蒙古	27	榛子	0.4897	华北地区
5	沙地柏	0.3637	内蒙古	28	虎榛子	0.4897	华北地区
6	沙冬青	0.4212	内蒙古	29	胡枝子	0.4897	华北地区
7	沙蒿	0.3805	内蒙古	30	土庄绣线菊	0.4897	华北地区
8	沙棘	0.3841	内蒙古	31	黄刺玫	0.4897	华北地区
9	沙柳	0.3949	内蒙古	32	华北紫丁香	0.4897	华北地区
10	四合木	0.3559	内蒙古	33	伞花胡颓子	0.4897	华北地区
11	梭梭	0.3980	内蒙古	34	金银木	0.4897	华北地区
12	柠条	0.3791	内蒙古	35	茶条槭	0.4897	华北地区
13	杨柴	0.3838	内蒙古	36	沙棘	0.4897	华北地区
14	杜鹃	0.4455	湖南	37	忍冬	0.4787	陕西
15	金银忍冬	0.4561	东北地区	38	野草莓	0.4732	陕西
16	兴安杜鹃	0.4507	东北地区	39	山楂	0.4570	陕西
17	绣线菊	0.4514	东北地区	40	野樱桃	0.4609	陕西
18	榆叶梅	0.4556	东北地区	41	栒子	0.4579	陕西
19	毛樱桃	0.4564	东北地区	42	二色胡枝子	0.4714	陕西
20	刺五加	0.4539	东北地区	43	沙柳	0.480	陕西
21	紫丁香	0.4554	东北地区	44	柠条	0.469	陕西
22	锦带花	0.4509	东北地区	45	沙营	0.468	陕西
23	接骨木	0.4445	东北地区				

注：表内数据序号 1-13 来源于刘霞等（2025）；序号 14 来源于张蕾等（2017）；序号 15-26 来源于王立海、孙墨珑（2008）；序号 27-36 来源于马钦彦等（2002）；序号 37-42 来源于杨晓梅等（2010）；序号 43-45 来源于邢睿（2025）。

D.3 我国部分草本种类含碳率参考表见表D.3。

表D.3 我国部分草本种类含碳率参考表

序号	种类	含碳率	建议应用地区	序号	种类	含碳率	建议应用地区
1	银边沿阶草	0.3920	福建	19	草木樨状黄芪	0.5291	内蒙古
2	麦冬	0.4271	福建	20	扁蓿豆	0.5332	内蒙古
3	金娃娃萱草	0.4267	福建	21	乳白华黄芪	0.5341	内蒙古
4	鸢尾	0.4194	福建	22	狭叶锦鸡	0.5410	内蒙古
5	蒙古葱	0.4956	内蒙古	23	狗尾草	0.5134	内蒙古
6	山葱	0.5060	内蒙古	24	草地早熟禾	0.5141	内蒙古
7	细叶葱	0.5110	内蒙古	25	羊茅	0.5194	内蒙古
8	双齿葱	0.5146	内蒙古	26	洽草	0.5269	内蒙古
9	野韭	0.5147	内蒙古	27	贝加尔针茅	0.5295	内蒙古
10	天门冬	0.5253	内蒙古	28	羊草	0.5388	内蒙古
11	知母	0.5265	内蒙古	29	羽茅	0.5393	内蒙古
12	矮葱	0.5289	内蒙古	30	大针茅	0.5403	内蒙古
13	黄花菜	0.5334	内蒙古	31	冰草	0.5403	内蒙古
14	华北蓝盆花	0.5187	内蒙古	32	短花针茅	0.5430	内蒙古
15	裂叶荆芥	0.5132	内蒙古	33	瓦松	0.4862	内蒙古
16	并头黄芩	0.5356	内蒙古	34	长柱沙参	0.5147	内蒙古
17	百里香	0.5433	内蒙古	35	皱叶沙参	0.5340	内蒙古
18	乳浆大戟	0.5446	内蒙古				

注：表内数据序号 1-4 来源于陈莹等（2013）；序号 5-35 来源于龙世友等（2013）。

D.4 我国部分竹种（组）含碳率参考表见表D.4。

表D.4 我国部分竹种（组）含碳率参考表

序号	竹种（组）	含碳率	建议应用地区	序号	竹种（组）	含碳率	建议应用地区
1	竹类	0.47	北京	13	勃氏甜龙竹	0.4750	云南
2	竹类(包括毛竹和杂竹)	0.5042	浙江	14	粉单竹	0.4710	广西
3	慈竹	0.4434	四川	15	苦竹	0.4680	浙江
4	毛竹	0.4515	四川	16	孝顺竹	0.4630	四川
5	麻竹	0.4247	四川	17	毛竹	0.4920	浙江
6	绵竹	0.4256	四川	18	麻竹	0.4720	四川
7	苦竹	0.4227	四川	19	花吊丝竹	0.4550	福建
8	水竹	0.3989	四川	20	吊丝球竹	0.4680	福建
9	硬头黄	0.48	四川	21	水竹	0.4700	安徽
10	西凤竹	0.51	四川	22	散生竹	0.4700	全国
11	其他竹种	0.50	四川	23	丛生竹	0.4700	全国
12	慈竹	0.4670	四川	24	混生竹	0.4700	全国

注：表内数据序号 1 来源于 DB11/T 953-2024；序号 2 来源于 DB33/T 1424-2025；序号 3-11 来源于 DB51/T 2985-2022；序号 12-24 来源于赵欣宇（2025）。

附 录 E
(资料性)
精度评估指标

E.1 植被类型识别精度评估指标

E.1.1 混淆矩阵

混淆矩阵是一个 $k \times k$ 大小的矩阵，其中 k 是植被分类的类别数（此处为 $k=6$ ，分为乔木类、灌木类、草本类、湿地类、竹林类和其他类）。矩阵的第 i 行第 j 列的元素 M_{ij} 表示实际类别为 i ，预测类别为 j 的样本数量。

混淆矩阵的对角线元素 M_{ii} 表示被正确分类的样本数，非对角线元素表示分类错误的样本数。

E.1.2 总体精度

总体精度计算见公式 (E.1)：

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^k M_{ii}}{N} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

- OA —— 总体精度；
- k —— 植被分类的类别数；
- M_{ii} —— 混淆矩阵的对角线元素，即被正确分类的样本数；
- N —— 总样本数。

E.1.3 Kappa系数

Kappa系数计算见公式 (E.2)：

$$Kappa = \frac{OA - P_e}{1 - P_e} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中：

- $Kappa$ —— Kappa系数；
- OA —— 总体精度；
- P_e —— 期望一致性，计算公式见 (E.3)。

$$P_0 = \sum_{i=1}^k \left(\frac{\sum_{j=1}^k M_{ij}}{N} \times \frac{\sum_{j=1}^k M_{ji}}{N} \right) \dots\dots\dots (E.3)$$

式中：

- $\sum_{j=1}^k M_{ij}$ —— 实际类别为 i 的样本总数；
- $\sum_{j=1}^k M_{ji}$ —— 预测类别为 i 的样本总数；
- k —— 植被分类的类别数；
- N —— 总样本数。

E.2 植被碳储量计算精度评估指标

E.2.1 决定系数

决定系数计算见公式 (E. 4) :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \dots\dots\dots (E. 4)$$

式中:

- R^2 —— 决定系数;
- n —— 样本数量;
- y_i —— 第 i 个真值;
- \hat{y}_i —— 第 i 个预测值;
- \bar{y} —— 真值的平均值。

E. 2.2 均方根误差

均方根误差计算见公式 (E. 5) :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \dots\dots\dots (E. 5)$$

式中:

- $RMSE$ —— 均方根误差;
- n —— 样本数量;
- y_i —— 第 i 个真值;
- \hat{y}_i —— 第 i 个预测值。

E. 2.3 相对均方根误差

相对均方根误差计算见公式 (E. 6) :

$$rRMSE = \frac{RMSE}{\bar{y}} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}}{\bar{y}} \dots\dots\dots (E. 6)$$

式中:

- $rRMSE$ —— 相对均方根误差;
- $RMSE$ —— 均方根误差;
- n —— 样本数量;
- y_i —— 第 i 个真值;
- \hat{y}_i —— 第 i 个预测值;
- \bar{y} —— 真值的平均值。

附 录 F
(规范性)
精度指标评价等级

F.1 植被类型识别精度指标评价

F.1.1 总体精度

总体精度等级划分见表 (F.1) :

表F.1 总体精度等级划分

总体精度 (OA)	等级
0.8~1.0	优
0.6~0.8	中
<0.6	差

F.1.2 Kappa系数

Kappa系数等级划分见表 (F.2) :

表F.2 Kappa系数等级划分

Kappa系数	等级
0.8~1.0	优
0.6~0.8	中
<0.6	差

F.2 植被碳储量计算精度指标评价

F.2.1 决定系数

决定系数等级划分见表 (F.3) :

表F.3 决定系数等级划分

决定系数 (R^2)	等级
0.8~1.0	优
0.4~0.8	中
<0.4	差

F.2.2 相对均方根误差

相对均方根误差等级划分见表 (F.4) :

表F. 4 相对均方根误差等级划分

相对均方根误差 (rRMSE)	等级
<20%	优
20%~40%	中
>40%	差

附录 G

(资料性)

《城市植被碳汇计量评估报告》大纲

《城市植被碳汇计量评估报告》大纲如下：

《城市植被碳汇计量评估报告》大纲

- 一、前言：介绍碳汇计量背景、目的意义、任务来源等；
 - 1.1 碳汇计量背景
 - 1.2 目的意义
 - 1.3 任务来源
- 二、计量城市植被概况：介绍城市地理概况、主要植被类型及分布等基本情况；
 - 2.1 地理概况
 - 2.2 主要植被类型及分布
- 三、计量原则及依据
 - 3.1 科学性原则
 - 3.2 准确性原则
 - 3.3 可操作性原则
- 四、计量方法：说明碳储量估测方法、碳汇计量方法；
 - 4.1 碳储量估测方法
 - 4.2 碳汇计量方法
- 五、数据来源：说明样地数据调查、观测数据获取、数据处理方法及过程；
 - 5.1 样地数据调查
 - 5.2 观测数据获取
 - 5.3 数据处理
- 六、精度评价：说明精度评价指标、精度评价结果；
 - 6.1 精度评价指标
 - 6.2 精度评价结果
 - 6.3 碳汇计量不确定性评估
- 七、城市植被碳汇计量与空间格局：计算城市植被碳储量与碳汇量、分析城市植被碳储量与碳汇量空间格局；
 - 7.1 城市植被碳储量与碳汇量
 - 7.2 城市植被碳储量与碳汇量空间格局
- 八、结论与展望：总结城市植被碳储量及碳汇量计量结论、进行精度情况说明；
 - 8.1 城市植被碳储量及碳汇量计量结论
 - 8.2 精度情况说明
 - 8.3 存在问题与建议
- 九、附录：包含估测模型参数表。

参 考 文 献

- [1] GB/T 43648-2024 主要树种立木生物量模型与碳计量参数
 - [2] LY/T 2253-2014 造林项目碳汇计量监测指南
 - [3] LY/T 2988-2018 森林生态系统碳储量计量指南
 - [4] DB23/T 3461-2023 碳汇资源基线调查技术规范
 - [5] DB43/T 3080.7-2024 湖南省立木材积、生物量及碳系数计量监测系列模型 第7部分: 主要树种(组)立木含碳系数与碳储量模型
 - [6] DB45/T 2751-2023 立木生物量模型及碳计量参数 桉树
 - [7] DB63/T 2167-2023 林业碳汇造林项目监测与计量技术规程
 - [8] DB1304/T 504-2025 区域森林碳汇监测技术规程
 - [9] 中华人民共和国生态环境部. 省级温室气体清单编制指南(2025年版)[R]. 北京: 中华人民共和国生态环境部, 2025.
 - [10] 李增元, 庞勇, 刘清旺. 激光雷达森林参数反演技术与方法[M]. 科学出版社, 2015.
 - [11] 郭日生, 彭斯震. 中国竹林碳汇项目开发指南[M]. 科学出版社, 2013.
 - [12] 刘健, 余坤勇, 官凤英. 竹林资源遥感监测技术[M]. BEIJING BOOK CO. INC., 2017.
 - [13] 崔丽娟, 马琼芳, 宋洪涛, 等. 湿地生态系统碳储量估算方法综述[J]. 生态学杂志, 2012, 31(10):8.
 - [14] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 陈安平. 1981~2000年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学(D辑:地球科学), 2007(06):804-812.
 - [15] 朴世龙, 何悦, 王旭辉, 陈发虎. 中国陆地生态系统碳汇估算: 方法、进展、展望[J]. 中国科学:地球科学, 2022, 52(06):1010-1020.
 - [16] 辛晓平, 丁蕾, 程伟, 等. 北方草地及农牧交错区草地植被碳储量及其影响因素[J]. 中国农业科学, 2020, 53(13):2757-2768.
 - [17] Fan W, Yang B, Dong Z, et al. Confidence-guided roadside individual tree extraction for ecological benefit estimation[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2021, 102: 102368.
 - [18] Zhuang Q, Shao Z, Gong J, et al. Modeling carbon storage in urban vegetation: Progress, challenges, and opportunities[J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2022, 114: 103058.
-