

ICS 65.020.40
CCS B 65

CSF

团 体 标 准

T/CSF 0089-2024

城市绿地种植和管养活动碳计量指南

Guidelines for carbon accounting of planting and management activities
in urban green spaces

2024-00-00 发布

2024-00-00 实施

中 国 林 学 会 发 布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 城市绿地种植和管养活动碳计量	4
附 录 A	11
附 录 B	14
参 考 文 献	15

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。

请注意本文件中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。

本文件由中国林学会提出并归口。

本文件起草单位：诚通凯胜生态建设有限公司、诚通碳汇经营管理(湖南)有限责任公司、北京柏儒中和生态科技有限公司、北京林业大学；

本文件主要起草人：李方相、张子超，陈春林、宋国宝、张简、许茜茜、陈焯、耿永成。

城市绿地种植和管养活动碳计量指南

1 范围

本文件给出了城市绿地种植和管养过程中，与温室气体排放和清除量计量相关的术语、温室气体排放量和清除量的计量以及监测方法等方面的建议。

本文件可用于城市绿地管养活动过程中温室气体源排放量和二氧化碳清除量的计量。国内碳普惠及其他减排机制下与城市绿地固碳、增汇和减排活动相关项目的碳计量与监测也可参考本文件执行。

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 40761-2021 城市和社区可持续发展 改变我们的城市 GB/T 40759 本地实施指南
GB 55014-2021 园林绿化工程项目规范
GB/T 38590-2020 森林资源连续清查技术规程
GB/T 21010-2017 土地利用现状分类
GB/T 51346-2019 城市绿地规划标准
GB 50137-2011 城市用地分类与规划建设用地标准
GB/T 50420-2007 城市绿地设计规范
GB 50280-1998 城市规划基本术语标准
LY/T 2250-2-14 森林土壤调查技术规程
CJJ/T 85-2017 城市绿地分类标准
DB11/T213-2003 城市园林绿化养护管理标准
DB4403/T 87—2020 园林绿化管养规范
LY/T 《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文件。

3.1

城市绿地 urban green space

城市中以植被为主要存在形态，用于改善城市生态，保护环境，为居民提供游憩场地和绿化、美化城市的一种城市用地²⁾。

3.2

城市绿地碳库 carbon pool for urban green space

城市绿地生态系统碳循环过程中，储存碳的植物体和土壤。

注：植物体包括包括乔木、灌木、草本等。

3.3

活动边界 activity boundary

1) 林业行业标准《立木生物量模型及碳计量参数》系列标准

2) 城市绿地包括公园绿地、生产绿地、防护绿地、附属绿地、区域绿地五大类。

实施城市绿地种植和管养活动的范围，包括地理、时间和碳排放源/汇边界。若活动在若干个不同的地块上进行，边界不包括不同地块之间大于2米的区域。

4 城市绿地种植和管养活动碳计量

4.1 碳计量活动类型的确定

4.1.1 温室气体排放活动的确定

温室气体排放活动可通过以下两个阶段的活动确定：

- a) 绿地种植阶段：包括绿地地形的整理和改造工程完成后，乔木、灌木、草本（包括草坪）的运输和栽植活动（包括挖坑、施肥及浇水等）。
- b) 绿地管养阶段：包括使用绿篱机、打药机、剪草机、吊机、挖机以及灌溉设施等导致的化石燃料燃烧以及土壤扰动引起碳排放的植物灌溉、土壤改良与施肥、病虫害防治、除草与中耕松土、修剪、整形、补植、换苗、结构调控及群落密度调控等活动。

4.1.2 温室气体清除活动的确定

可通过管养过程中，植物进行光合作用，吸收大气二氧化碳的植物生长活动确定。

4.2 活动边界的确定

4.2.1 地理边界及面积的确定

可通过卫星导航系统、高分辨率的地理空间数据、城市绿地规划图等工具或手段获得实施种植和管养活动地块的拐点坐标，或者通过使用大于等于1:5000比例尺的地形图进行现场勾绘，确定实施绿地种植和管养活动的地块的拐点坐标，然后将各地块的面积累计。

4.2.2 时间边界的确定

碳计量的初始时间可通过种植地地形整理和改造结束，开始运输种植植物的时间确定；结束的时间为开始计量的时间。

4.2.3 源汇边界的确定

4.2.3.1 计量碳库选择

可根据城市绿地种植和管养过程中温室气体排放和二氧化碳清除活动导致的、活动边界内碳储量变化的显著性，选择地上和地下活体生物质以及土壤两个碳库。

4.2.3.2 计量温室气体类型确定

排放气体：可根据城市绿地种植和管养过程中使用肥料、化石燃料以及扰动土壤等造成的二氧化碳、氧化亚氮来确定。

吸收气体：可通过对种植植物管养，使其生物量增加所吸收的二氧化碳来确定。

4.3 温室气体清除活动的碳计量

4.3.1 抽样设计

4.3.1.1 抽样单元的选择

可根据绿地植物种植的形状采用样地或样带的方法选取抽样单元。

4.3.1.2 抽样方法

可根据面积的大小选择典型抽样或随机抽样。

4.3.1.3 分层

可将城市绿地景观，将绿地类型、景观类型、种植植物的生长习性作为分层依据进行分层。

4.3.2 样地监测

4.3.2.1 样地大小

乔木林和竹林等植被调查应使用400m²—600m²之间的方形或圆形样地；调查灌木林、林下幼树及大灌木调查可使用100m²的样方；调查草本植物及小灌木可使用4m²和1m²小样方。

4.3.2.2 样地数量的确定

4.3.2.2.1 典型抽样

典型抽样可根据项目具体情况选择有代表性的区域布设样地，抽样总面积不得小于总面积的5%。

4.3.2.2.2 随机抽样

随机抽样样地数量宜满足90%的可靠性和90%的抽样精度要求，可采用公式1确定。

$$n = \left(\frac{t}{E}\right)^2 \left[\frac{\sum_{h=1}^L W_h \cdot S_h^2}{\left(\sum_{h=1}^L W_h \cdot \bar{y}_h\right)^2} \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

W_h 、 S_h^2 、 \bar{y}_h 由预备调查得到。各类样本单元数 $n_h = n \cdot \frac{N_h}{N}$

- n : 抽样调查中所需要的样地总数；
- L : 对活动边界内的区域进行分层的数量；
- t : 为置信水平为90%时的可靠性指标；
- E : 允许误差（±10%）；
- S_h^2 : h层的标准差；
- W_h : N_h/N ；
- N : 所有层的总体单元数；
- N_h : h层的抽样单元数。

4.3.2.3 地上和地下活生物质碳库生物量的监测

4.3.2.3.1 乔木层生物量的监测

已公布林业行业标准《立木生物量模型及碳计量参数》的树种，测定样地内所有林木的胸径、树高（一元模型只测定胸径），将测定数值代入相应树种的生物量模型。尚未公布的树种，可根据样地形状及数据的可获得性，采用以下顺序选择标准木法和生物量扩展因子法完成生物量的测定。

a) 标准木法

- 对样地内所有林木的胸径（D）进行每木检尺，并测量树高（H），计算平均胸径和平均高；
- 根据平均胸径和平均树高选取标准木 1-3 株，伐倒后分别干、枝、叶、根称取各组分的鲜重；
- 采集标准木各组分新鲜样品 100-500g，各重复，称其鲜重，并在 80℃的恒温下烘干 72 小时，测定其干重，计算干鲜比；
- 根据样品的干重与样品鲜重的比，确定标准木的生物量；
- 根据林分密度，推算单位面积乔木地上生物量（ $B_{AB-tree}$ ）和地下的生物量（ $B_{BB-tree}$ ）。

b) 生物量扩展因子法

- 测定样地或样带内所有林木胸径和（或）树高；
- 利用适用于本地区的一元材积或二元材积表查找样地中全部林木的材积（ V_{tree} ）求和得到样地蓄积。

4.3.2.3.2 灌木层生物量的监测

- a) 测定样方内的每丛（株）灌木地径(D)、冠幅(L)、丛（株）高(H)，并计算相应的平均值；
- b) 根据平均值，选出标准丛，采用收割法分别测定丛（株）干、枝、叶及根的鲜重；
- c) 采集标准丛（株）的各组分样品，称其鲜重，并在 80℃的恒温下烘干 72 小时，测定其干重和干鲜比，并估算标准丛的地上和地下生物量；

d) 根据样地面积及灌木丛数（株数），推算单位面积的灌木地上（ $B_{AB-shrub}$ ）和地下生物量（ $B_{BB-shrub}$ ）。

4.3.2.3.3 草本层生物量的监测（ab 上方添加概述）

对草本层生物量的监测可采用实验测定法获得，具体步骤如下：

- 收获样方中所有植物，测定总鲜重。按重量等比例取植物鲜样 100g-300g，3 个重复，称鲜重；
- 在 80℃ 的恒温下烘干 72 小时，测定草本植物的干重和干鲜比，估算样方内草本的地上和地下生物量，并根据样方面积推算单位面积草本的地上（ $B_{AB-grass}$ ）和地下生物量（ $B_{BB-grass}$ ）。

4.3.2.4 土壤层碳储量的监测

可按 LY/T 2250-2-14 森林土壤调查技术规程的规定执行，包括：

- 土壤样品采集和处理：在布设的样地内两条对角线距边角 1/4 处和中心处共布设 5 个点，用土钻分别 0-10cm、10-30cm 和 30-50cm 土层取土壤，分土层充分混合后，用二分法分别取 200-300 克土壤样品，去除全部根系和其他死残体，带回实验室风干，过 2mm 土壤筛，用于测定土壤有机碳含量。
- 土壤密度的测定：在样地内一条对角线上等距离选择三个点，用环刀分别在 0-10cm、10-30cm 和 30-50cm 每层取一个土柱，去除石砾称重，并用 TDR 测定土壤含水率，计算环刀内土壤的干重和密度。三个点的相同土层求平均。土壤含水率可以用烘干法测定。

4.3.3 温室气体清除活动碳汇量的核算

4.3.3.1 种植活动初始碳储量的核算

可通过种植活动结束，管养活动尚未开始时，活动地理边界内活生物质碳库和土壤碳库碳储量之和计算，计算公式如下。

$$C_{absorb-start} = C_{Bio-start} + C_{soil-start} \dots\dots\dots (2)$$

$$C_{Bio-start} = C_{AB-start} + C_{BB-start} \dots\dots\dots (3)$$

$$C_{AB-start} = C_{AB-tree-start} + C_{AB-shrub-start} + C_{AB-grass-start} \dots\dots\dots (4)$$

$$C_{BB-start} = C_{BB-tree-start} + C_{BB-shrub-start} + C_{BB-grass-start} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

- $C_{absorb-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内的初始碳储量；单位：t CO₂e
- $C_{Bio-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内的活生物质碳库碳储量；单位：t CO₂e
- $C_{AB-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内活地上生物质碳库碳储量；单位：t CO₂e
- $C_{AB-tree-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内乔木地上生物质碳储量；单位：t CO₂e 计算方法见规范性附录A
- $C_{AB-shrub-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内灌木地上生物质碳量；单位：t CO₂e，计算方法见规范性附录A
- $C_{AB-grass-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内草地上生物质碳储量；单位：t CO₂e，计算方法见规范性附录A
- $C_{BB-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内活地下生物质碳库碳储量；单位：t CO₂e
- $C_{BB-tree-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内乔木地下生物质碳储量；单位：t CO₂。计算方法见规范性附录A

- $C_{BB-shrub-start}$: 种植活动完成, 管养活动开始前, 活动边界内灌木地下生物质碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A
- $C_{BB-grass-start}$: 种植活动完成, 管养活动开始前, 活动边界内草本地下生物质碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A
- $C_{soil-start}$: 种植活动完成, 管养活动开始前, 活动边界内土壤碳库碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A

4.3.3.2 管养活动碳储量的核算

可根据管养合同规定的管养期内, 规定的管养活动结束时, 活动地理边界内活生物质碳库和土壤碳库碳储量之和计算。计算公式见公式6-9。

$$C_{absorb-active} = C_{Bio-active} + C_{soil-active} \dots\dots\dots (6)$$

$$C_{Bio-active} = C_{AB-active} + C_{BB-active} + C_{soil-active} \dots\dots\dots (7)$$

$$C_{AB-active} = C_{AB-tree-active} + C_{AB-shrub-active} + C_{AB-grass-active} \dots\dots\dots (8)$$

$$C_{BB-active} = C_{BB-tree-active} + C_{BB-shrub-active} + C_{BB-grass-active} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

- $C_{absorb-active}$: 管养活动结束时, 活动边界内的管养活动吸收的碳储量; 单位: t CO₂e
- $C_{Bio-active}$: 管养活动结束时, 活动边界内的活生物质碳库碳储量; 单位: t CO₂e
- $C_{AB-active}$: 管养活动结束, 活动边界内活地上生物质碳库碳储量; 单位: t CO₂e
- $C_{AB-tree-active}$: 管养活动结束, 活动边界内乔木地上生物质碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A
- $C_{AB-shrub-active}$: 管养活动结束, 活动边界内灌木地上生物质碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A
- $C_{AB-grass-active}$: 管养活动结束时, 活动边界内草本地地上生物质碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A
- $C_{BB-active}$: 管养活动结束, 活动边界内活地下生物质碳库碳储量; 单位: t CO₂e
- $C_{BB-tree-active}$: 管养活动结束, 活动边界内乔木地下生物质碳储量; 单位: t CO₂。计算方法见规范性附录A
- $C_{BB-shrub-active}$: 管养活动结束, 活动边界内灌木地下生物质碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A
- $C_{BB-grass-active}$: 管养活动结束, 活动边界内草本地下生物质碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A
- $C_{soil-active}$: 管养活动结束, 活动边界内土壤碳库碳储量; 单位: t CO₂e, 计算方法见规范性附录A

4.3.3.3 温室气体清除活动碳汇量 (或清除量) 的核算

可通过管养活动结束时, 活动边界内种植植物的碳储量减去种植活动结束、管养活动开始前种植植物的碳储量核算。

$$C_{absorb} = C_{absorb-active} - C_{absorb-start} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

C_{absorb} : 温室气体吸收活动碳汇量；单位：t CO₂e

$C_{absorb-active}$: 管养活动结束时，活动边界内的管养活动吸收的碳储量；单位：t CO₂e

$C_{absorb-start}$: 种植活动完成，管养活动开始前，活动边界内的初始碳储量；单位：t CO₂e

4.4 温室气体排放活动的碳计量

4.4.1 排放活动数据获取

园林管养活动导致的温室气体排放所需数据可根据项目活动期间的园林管养台账、电表记录及肥料购买订单等相关资料获得。

4.4.2 种植活动的碳排放

4.4.2.1 种植植物扰动土壤产生的碳排放

种植植物扰动土壤产生的碳排放可通过种植和管养活动土壤碳库碳储量的变化量核算。由于4.3部分已经将土壤碳库碳储量的变化进行了考虑，所以，该部分可以不再单独核算。

4.4.2.2 施肥引起的碳排放

种植过程中，施肥导致的碳排放，可通过使用肥料的种类、用量以及所施肥料的排放因子采用公式11-13确定。

$$GHG_{start_N_2O} = (F_{SN,S} + F_{ON,S}) \times EF_1 \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O} \dots\dots\dots (11)$$

$$F_{SN,S} = \sum_{i=1}^I M_{SF_i,S} \times NC_{SF_i} \times (1 - Frac_{GASF}) \dots\dots\dots (12)$$

$$F_{ON,S} = \sum_{j=1}^J M_{OF_j,S} \times NC_{OF_j} \times (1 - Frac_{GASM}) \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$GHG_{start_N_2O}$: 种植活动开始时，活动边界内由于施肥引起的温室气体排放量；单位：t CO₂e

$F_{SN,S,t}$: 扣除以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的 N 以外，种植活动开始时合成氮肥施用量，t-N

$F_{ON,S,t}$: 扣除以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的 N 以外，种植活动开始时有机氮肥施用量，t-N

EF_1 : 肥料的 N₂O 排放因子，tN₂O-N/施入的 t-N，默认值为 0.01

GWP_{N_2O} : N₂O 的增温潜势，273

$M_{SF_i,S,t}$: 种植活动开始时合成氮肥施用量，t

$M_{OF_j,S,t}$: 种植活动开始时有机肥施用量，t

NC_{SF_i} : 合成氮肥类型 i 的含氮量，t-N/t

NC_{OF_i} : 有机肥类型 i 的含氮量，t-N/t

$Frac_{GASF}$: 合成氮肥以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的比例，默认值为 0.1

$Frac_{GASM}$: 有机肥以 NH₃ 和 NO_x 形式挥发的比例，默认值为 0.2

i : 合成氮肥类型

j : 有机肥类型

4.4.2.3 燃油运输及机械设备产生的碳排放

可通过运输苗木的交通工具、种植植物使用的机械设备（挖机、吊机等）类型，使用化石燃料种类、消耗量以及排放因子，采用公式14核算：

$$GHG_{fossil-start-FC} = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K FC_{start_k,l} \times EF_{CO_2,k} \times NCV_k \dots\dots\dots (13)$$

式中：

$GHG_{fossil-start_FC}$:	种植活动使用交通工具及园林机械设备使用化石燃料导致排放量， t CO ₂ -e
$FC_{start_k,l}$:	种植活动使用类型 <i>l</i> 运输和种植苗木时，每次运输消耗的化石燃料 类型 <i>k</i> 的量，KG或L（重量或者体积）
$EF_{CO_2,k}$:	燃料类型 <i>k</i> 的排放因子，tCO ₂ /GJ
NCV_k	:	燃料类型 <i>k</i> 的净热值，GJ/重量或体积
<i>k</i>	:	燃料类型
<i>l</i>	:	交通工具或园林机械设备类型

4.4.3 管养活动的碳排放

4.4.3.1 活动管养等级及技术措施的确定

可根据绿地所在区域的园林绿化养护管理标准确定养护等级，并根据等级的技术要求确定每年浇水（*n*_{浇水}）、修剪（*n*_{修剪}）防治病虫害（*n*_{打药}）以及施肥（*n*_{施肥}）的次数。

4.4.3.2 管养施肥引起的碳排放

可通过管养活动使用肥料的种类、用量、所施肥料的排放因子以及管养等级所要求的施肥次数采用公式15确定：

$$GHG_{active_N_2O} = n_{施肥} \times T \times (F_{SN,S} + F_{ON,S}) \times EF_1 \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$GHG_{active_N_2O}$:	管养活动结束时，活动边界内由于施肥引起的温室气体排放量；单 位：t CO ₂ e
$n_{施肥}$:	管养合同规定的管养等级所要求的、每年施肥的次数；单位：次/ 年
<i>T</i>	:	管养活动的时长，单位：年

4.4.3.3 管养使用化石燃烧引起的碳排放（公式中表述注意：每次消耗量*次数）

可通过管养过程中每年使用绿篱机、打药机、剪草机等园林机械设备的类型、次数、使用化石燃料种类、消耗量以及排放因子采用公式16核算：

$$GHG_{fossil-active_FC} = \sum_{l=1}^L \sum_{k=1}^K FC_{active_k} \times EF_{CO_2,k} \times NCV_k \times n_l \times T \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$GHG_{fossil-active_FC}$:	管养过程中使用园林机械设备燃油排放量，t CO ₂ -e
$FC_{active_k,l}$:	管养过程中使用园林机械设备类型 <i>l</i> 建设或管养绿地时，消耗 的燃料类型 <i>k</i> 的量，重量或者体积
$EF_{CO_2,k}$:	燃料类型 <i>k</i> 的排放因子，tCO ₂ /GJ
NCV_k	:	燃料类型 <i>k</i> 的净热值，GJ/重量或体积
<i>k</i>	:	燃料类型
<i>l</i>	:	园林机械设备类型
<i>n</i>	:	管养过程中每年使用园林机械的次数，次/年
<i>T</i>	:	管养活动的时长，单位：年

4.4.3.4 管养活动电力消耗引起的碳排放

若管养活动使用的电力来源非清洁能源发电，则需计算电力消耗产生的温室气体排放，计算方法如下。

$$GHG_{active_EC} = T \times EF_i \times EC_t \times 0.001 \dots \dots \dots (16)$$

式中:

- GHG_{active_EC} : 管养活动使用非清洁能源产生的排放量, t CO₂-e
- EF_i : 电力排放因子, kgCO₂/kWh
- EC_t : 管养活动每年实际消耗非清洁能源的电量, kWh. a⁻¹

4.4.3.5 温室气体排放活动的排放量的核算

可通过种植活动和管养活动产生的温室气体碳排放量之和确定。

$$GHG = GHG_{start_N_2O} + GHG_{fossil-start-FC} + GHG_{active_N_2O} + GHG_{fossil-active_FC} + GHG_{active_EC} (17)$$

式中:

- $GHG_{start_N_2O}$: 种植活动开始时, 活动边界内由于施肥引起的温室气体排放量; 单位: t CO₂e
- $GHG_{fossil-start-FC}$: 种植活动使用交通工具及园林机械设备使用化石燃料导致排放量, t CO₂-e
- $GHG_{active_N_2O}$: 管养活动结束时, 活动边界内由于施肥引起的温室气体排放量; 单位: t CO₂e
- $GHG_{fossil-active_FC}$: 管养过程中使用园林机械设备燃油排放量, t CO₂-e
- $GHG_{active-EC}$: 管养活动使用非清洁能源产生的排放量, t CO₂-e

4.5 城市绿地种植和管养活动净温室气体清除量的核算

城市绿地种植和管养活动净温室气体清除量可通过活动边界内温室气体吸收活动导致的汇清除量与温室气体排放活动的排放量之差, 采用公式19核算:

$$C_{total-absorb} = C_{absorb} - GHG \dots \dots \dots (18)$$

式中:

- $C_{total-absorb}$: 净温室气体清除量; 单位: t CO₂e
- C_{absorb} : 活动边界内温室气体吸收活动导致的汇清除量, t CO₂e
- GHG : 温室气体排放活动的排放量; 单位: t CO₂e

附录 A

(资料性)

碳库碳储量的核算方法

A.1 地上生物量碳库碳储量

A.1.1 乔木层

乔木地上部分碳储量的计量可通过各树种单位面积地上生物量 ($B_{AB-tree}$) 或单位面积蓄积量和生物量扩展因子 (BEF)、林分面积 (S)、林分密度 (N)、树种含碳率、树种含碳率 (CF)、木材密度 (D)，采用以下公式获得：

$$C_{AB-tree} = \sum_{k=1}^{\frac{1}{A}} (B_{AB-tree,k} \times CF_{tree,k} \times N_{tree,k}) \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A. 1)$$

式中：

- $C_{AB-tree}$: 林分乔木层地上生物量碳储量; t CO₂e
- k : 1, 2, 3... 现成林分中的树种;
- $B_{AB-tree,k}$: 林分乔木层地上树种k的单株生物量; t.d.m·株⁻¹
- $CF_{tree,k}$: 树种k的含碳率;
- $N_{tree,k}$: 树种k的密度;
- A : 样地的面积; hm²
- S : 林分面积; hm²

式中的 $B_{AB-tree}$ ，可通过以下方式获得：

a) 已公布林业行业标准《立木生物量模型及碳计量参数》的树种可采用以下公式 (A. 2)：

$$B_{AB-tree,k} = f_k(x_{1k}, x_{2k}, x_{3k}, \dots) \dots\dots\dots (A. 2)$$

式中：

- $B_{AB-tree,k}$: 林分乔木层地上树种k的单株生物量; t.d.m·株⁻¹;
- $f_k(x_{1k}, x_{2k}, x_{3k}, \dots)$: 测树因子。

b) 未建立立木生物量模型的树种可根据 4.3.6.1 的调查结果采用以下公式获得：

$$B_{AB-tree,k} = B_{s-tree} + B_{b-tree} + B_{l-tree} \dots\dots\dots (A. 3)$$

$$B_{AB-tree,k} = V_{tree,k} \times \rho_{tree,k} \times BEF_{tree,k} \dots\dots\dots (A. 4)$$

式中：

- $B_{AB-tree,k}$: 林分乔木层地上树种k的单株生物量; t.d.m·株⁻¹;
- $V_{tree,k}$: 乔木蓄积; m³
- $\rho_{tree,k}$: 木材密度; t.d.m/m³
- $BEF_{tree,k}$: 生物量扩展因子;无量纲

A.1.2 灌木层

灌木层地上部分的碳储量可采用以下公式计算：

$$C_{AB-shrub} = B_{AB-shrub} \times 0.47 \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A. 5)$$

式中：

- $C_{AB-shrub}$: 林分中灌木层地上部分碳储量t CO₂e;;
- $B_{AB-shrub}$: 林分中灌木层地上部分单位面积生物量; t.d.m·hm⁻²;
- 0.47 : 我国LULUCF温室气体清单灌木林含碳率的缺省值。

其中，灌木层地上部分单位面积生物量可通过以下两种方法获得：

- a) 通过 4.3.6.2 测定获得的灌木标准株的地上生物量、灌木密度 $N_{shrub,k}$ 和样地面积 A 的乘积获得。
- b) 采用我国 LULUCF 温室气体清单使用的灌木林地上部分平均单位面积生物量的缺省值 $12.51 \text{ t. d. m. hm}^{-2}$ 。

A.1.3 草本层

草本层地上部分碳储量可通过 4.3.6.3 测定获得的单位面积生物量、树种含碳率的缺省值及林分面积采用以下公式获得：

$$C_{AB-grass} = B_{AB-grass} \times 0.5 \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.6)$$

式中：

- $C_{AB-grass}$: 林分中草本层地上部分碳储量; t CO₂e
 $B_{AB-grass}$: 林分中草本层地上部分单位面积生物量; t. d. m · ha⁻¹

A.2 地下生物物质碳库碳储量

A.2.1 乔木层（公式 A.7, k: 1 去掉）

乔木地下部分碳储量可通过 4.3.4.1 获得的乔木地下部分生物量（根）或者地上部分生物量和根茎比采用以下公式获得：

$$C_{BB-tree} = (B_{AB-tree,k} \times R_{tree,k} \times CF_{tree,k} \times N_{tree,k}) \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.7)$$

$$C_{BB-tree} = \sum (B_{BB-tree,k} \times CF_{tree,k} \times N_{tree,k}) \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中：

- $C_{BB-tree}$: 乔木层地下生物量碳储量; t CO₂e
 A : 样地的面积; hm²
 $B_{BB-tree,k}$: 乔木层地下树种 k 的单株生物量; t. d. m · 株⁻¹

A.2.2 灌木层

灌木层地下部分碳储量可通过以下公式获得：

$$C_{BB-shrub} = B_{BB-shrub} \times 0.47 \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.9)$$

$$C_{BB-shrub} = B_{AB-shrub} \times R \times 0.47 \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.10)$$

式中：

- $C_{BB-shrub}$: 林分中灌木层地下部分碳储量; t CO₂e
 $B_{BB-shrub}$: 林分中灌木层地下部分单位面积生物量; t. d. m · hm⁻²
 $B_{AB-shrub}$: 林分中灌木层地上部分单位面积生物量; t. d. m · hm⁻²
 0.47 : 我国 LULUCF 温室气体清单灌木林含碳率的缺省值。

其中，灌木层地下部分单位面积生物量可通过以下两种方法获得：

- a) 通过 4.3.6.2 测定获得的灌木标准株的地下生物量、灌木密度样地面积的乘积获得。
- b) 采用我国 LULUCF 温室气体清单使用的灌木林地下部分平均单位面积生物量的缺省值 $6.72 \text{ t. d. m. hm}^{-2}$ 。

A.2.3 草本层

草本层地下部分碳储量可通过 4.3.4.3 获得的灌木地下部分生物量（根）或者地上部分生物量和根茎比采用以下公式获得：

$$C_{BB-grass} = B_{AB-grass} \times R \times 0.5 \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.11)$$

$$C_{BB-grass} = B_{BB-grass} \times 0.5 \times S \times \frac{44}{12} \dots\dots\dots (A.12)$$

式中：

$C_{BB-grass}$: 林分中草本层地下部分碳储量; t CO₂e

$B_{BB-grass}$: 林分中草本层地下部分单位面积生物量生物量; t.d.m · ha⁻¹

A.3 土壤碳库碳储量

土壤碳库碳储量可通过下列公式核算：（SCOC、SOC确认）（公式使用公式编辑器）

$$C_{Soil} = \sum_{i=1}^3 (SOCC \cdot BD \cdot F \cdot Depth_i) \times 10 \dots\dots\dots (A. 13)$$

式中：

C_{soil} : 土壤有机碳库的平均碳贮量 (t/hm²)

SOC : 土壤有机碳含量%或 (gC kg⁻¹)，可从实验室中分析得到

BD : 土壤密度 (Mg/m³)

$Depth_i$: 为获取土样的深度或土层的厚度 (cm)

F : 土层1的1— (%粗糙的碎片的体积/100)

10 : 为单位转换为Mg C/hm²的乘数。

附录 B
(资料性)

B.1 园林机械燃料排放因子

种植和管养活动中所使用的园林机械设备的排放因子可以参考表B-1进行选择。

表 B-1 园林机械燃料排放因子

机械及材料名称	碳足迹	排放因子
中重型货车和洒水机	柴油燃烧	0.709kgC/L
挖机	柴油燃烧	0.709kgC/L
吊机	柴油燃烧	0.709kgC/L
打药机	汽油燃烧	0.578kgC/L
无机复合肥	生产	0.742kgC/kg
自来水	生产	0.092kgC/t
杀虫剂	生产	5.10kgC/kg
杀菌剂	生产	3.90kgC/kg

参 考 文 献

- [1] 《2022 年全国森林、草原、湿地调查监测技术规程》
-