ICS 65.020.01
CCS Z 04

T/NNAS

团　　体　　标　　准

T/NNAS 059—2026

公布日期：2026-11-05　下载时间：2026-11-05 15:26:49

沃柑果园生态系统碳汇核算指南

Guidelines for carbon sink accounting in Orah orchard ecosystems

2026－10－16 发布　　2026－11－16 实施

南宁市标准化协会　　发 布

公 布 日 期 ：2026-11-05　下 载 时 间 ：2026-11-05 15:26:49

全国团体标准信息平台

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。

本文件由广西大学提出。

本文件由南宁市标准化协会归口。

本文件起草单位：广西大学、广西应用数学中心（广西大学）、广西昂晟节能科技有限公司、南宁市标准化协会。

本文件主要起草人：袁功林、史邵亮、余家佳、佘乾仲、穆琳、金中州、李露、唐佳欢、卢俊宇、周英杰、胡午杰、周培烽、杨贺舒、王怡佳、杨天山、黄庆成、张国益、马小宁、林芷伊。

公布日期：2026-11-05　下载时间：2026-11-05 15:26:49

全国团体标准信息平台

公 布 日 期 ：2026-11-05　下 载 时 间 ：2026-11-05 15:26:49

全国团体标准信息平台

沃柑果园生态系统碳汇核算指南

公布日期：2026-11-05 下载时间：2026-11-05 15:26:49

1 范围

本文件提供了沃柑果园生态系统碳汇核算的指导，给出了核算要求、计算方法、数据管理、核算报告内容的建议。

本文件适用于沃柑果园生态系统的碳汇核算。

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 46105 陆地生态系统碳汇核算指南

GB/T 21010 土地利用现状分类

3 术语和定义

GB/T 46105界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

沃柑果园生态系统 Orah orchard ecosystem

以沃柑植株为核心，由果园植被、枯落物、土壤有机质及果园管理相关生物与非生物环境构成，通过能量流、物质流、信息流形成的功能整体。

3.2

果园碳库 orchard carbon pool

沃柑果园生态系统所存储碳的各组成部分。

注：通常包括果树生物量（含地上和地下）、枯落物和土壤有机质三个碳库。

3.3

土壤有机质碳库 soil organic carbon pool

土壤中存在于有机物质中的碳元素。

3.4

沃柑果园碳汇量 carbon sequestration of Orah orchard

一定时间段内，沃柑果园生态系统各碳库碳储量的净变化量，经二氧化碳当量换算并扣除核算边界内果园种植管理过程中能源消耗产生的温室气体排放量后得到的净碳汇量。

4 核算原则

4.1 完整性

包括沃柑果园生态系统碳汇相关的生物吸收、储存的所有二氧化碳。

4.2 一致性

在每个核算期之间，沃柑果园生态系统碳汇核算所涉及的所有要素保持一致。

4.3 透明性

所用假设和方法得到明确的解释，便于使用该报告信息的人员复制和评估。

5 核算要求

5.1 核算步骤

沃柑果园生态系统碳汇核算按以下步骤开展：

a) 确定核算边界，明确核算单元、时间区间及碳库类型；
b) 开展果园基础调查，收集初级/次级活动数据，选取适配的排放因子；
c) 分别计算各碳库的碳储量变化及碳汇/碳源量，汇总得到果园总碳汇量；
d) 开展核算结果的不确定性分析；
e) 整理核算数据，编制核算报告。

5.2 确定核算边界

5.2.1 地理边界

沃柑属于柑橘类果树，其果园核算边界的确定与柑橘类果园碳汇核算边界保持一致，以核算主体实际经营管理的沃柑果园地块范围作为地理边界。对于同一地块内同时种植沃柑和其他柑橘类果树的，应根据实际种植范围划分沃柑核算区域；无法单独划分的，不应将其他柑橘类果树产生的碳储量变化计入沃柑果园生态系统碳汇量。采用以下方法确定：

a) 确定沃柑果园的地理范围，以土地权属、种植地块边界为依据，采用 GPS 定位测量果园实际面积，单位为公顷（hm^2），精确至 0.01 hm^2；
b) 按 GB/T 21010 划分土地利用类型，确认果园为耕地中的果园用地；
c) 按沃柑树龄划分核算亚单元，分为幼龄果园（1～3 年生）、初果期果园（4～6 年生）、盛果期果园（7～20 年生）、衰老期果园（20 年生以上）；若果园内存在间作、套种，单独划分间作区域为独立核算亚单元。

5.2.2 时间区间

5.2.2.1 以 1 年为最小核算时间单元，核算周期宜选取自然年（1 月 1 日～12 月 31 日），也可根据果园生产周期调整。

5.2.2.2 明确核算期初（t_1）和期末（t_2）时间，记录核算周期内果园的管理措施变化、气候异常等特殊情况。

5.2.3 碳库选择

沃柑果园生态系统碳汇核算包括果树生物量碳库、枯落物碳库和土壤有机质碳库三个核心碳库。果园实行生草栽培或存在较稳定林下植被时，宜开展林下植被生物量调查，其调查结果作为果园植被状况和碳循环辅助数据记录，不单独计入本文件规定的三个核心碳库，避免与枯落物及土壤有机质碳库重复计算。

5.2.4 温室气体选择

按GB/T 46105执行。

5.3 数据准备

5.3.1 活动数据收集

5.3.1.1 收集原则

优先收集初级活动数据，当初级活动数据收集受限于场地、设备等条件时，可选取行业公开发布的次级活动数据，并注明数据来源。

5.3.1.2 初级活动数据收集内容与方法

可采用以下方法收集：

公布日期：2026-11-05 下载时间：2026-11-05 15:26:49

a) 果园基础信息：果园地理位置、面积、树龄、种植密度、株行距、土壤类型、建园年限、历年管理措施（施肥、修剪、灌溉方式），沃柑常规种植密度范围一般为 495 株/hm^2～1 200 株/hm^2，密植栽培模式可达 1 800 株/hm^2，具体取值根据实际株行距确定，核算时以实测株数为准；
b) 沃柑植株数据：按树龄分层随机采样，每亚单元选取 3～5 个标准样地（每个样地面积≥667 ㎡），每个样地选取 5 株标准株，测量树高、地径、冠幅，采样测定植株各器官（树干、树根、树枝、树叶）的生物量和碳含量；
c) 土壤数据：在每个标准样地内采用五点取样法布设 5 个采样点，各采样点分别按 0 cm～20 cm、20 cm～40 cm 和 40 cm～60 cm 三个土层采集土壤样品；同一土层样品可按规定混合形成代表性样品，测定土壤容重、有机碳含量和土壤 pH 值；
d) 枯落物数据：在每个标准样地内设置 3 个 1 m×1 m 的枯落物调查样方，收集样方内所有枯落物，烘干称重后测定碳含量，取平均值作为该标准样地的代表值；
e) 管理活动数据：记录核算周期内果园能源使用情况，包括机械作业燃油消耗量、电力消耗量等；同时记录有机肥施用量、灌溉用水量、农药使用量、修剪枝桠移出量等与果园碳储量变化分析有关的管理活动数据。

5.3.1.3 次级活动数据来源

次级活动数据优先选取国家农业科学数据中心、柑橘产业技术体系、地方农业农村部门发布的沃柑果园相关数据，或公开发表的核心期刊、行业报告中的研究数据。

5.3.2 参数及排放因子选取

排放因子选取应满足来源明确、适用性强、时效性高的原则，优先采用国家标准、行业标准或沃柑主产区实测数据；核心排放因子包括：沃柑植株各器官碳含量因子、枯落物分解因子、土壤有机碳积累因子、管理活动碳排放因子。

6 计算方法

6.1 果园总碳储量

6.1.1 沃柑果园生态系统总碳储量为核算期内果树生物量碳库、枯落物碳库和土壤有机质碳库碳储量之和，按公式（1）计算：

$$C_{Total} = C_{Veg} + C_{Lit} + C_{Soil} \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

C_{Total} ——沃柑果园生态系统总碳储量，单位为吨（t）；
C_{Veg} ——果树（乔木层）总碳储量，单位为吨（t），Veg为vegetation的缩写；
C_{Lit} ——枯落物及粗木质残体碳储量，单位为吨（t），Lit为litter的缩写；
C_{Soil} ——土壤碳储量，单位为吨（t），Soil表示土壤。

6.1.2 各碳库碳储量分别按 6.2、6.3 和 6.4 计算。

6.2 果树碳储量

6.2.1 果树碳储量的计算方法

果园内乔木层的碳储量测算，基于平均单株的总固碳量与核算区内植株总数的乘积得出。计算模型如公式（2）。

$$C_{Veg} = N_{Total} \times \sum_{i=1}^{n}\left(W_{dry,i} \times CF_i\right) \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

C_{Veg} ——果树植被总碳储量，单位为吨（t），Veg为vegetation的缩写；
N_{Total} ——调查区域内沃柑果树的总株数，单位为株；
$W_{dry,i}$ ——平均单株第i种器官的干物质质量，单位为吨每株（t/株）；
CF_i ——第i种器官的含碳率，无量纲，宜优先采用实测值；无实测值时，树木干生物量含碳率可采用缺省值0.50，来源于联合国气候变化框架公约（UNFCCC）清洁发展机制（CDM）造林再造林方法

公布日期：2026-11-05 下载时间：2026-11-05 15:26:49

学工具《Estimation of carbon stocks and change in carbon stocks in dead wood and litter in A/R CDM project activities》（Version 03.1）；

i ——果树器官类别序号；

n ——纳入计算的果树器官类别总数。

不同树龄阶段果树碳储量计算应采用相应的计算公式，常用公式见附录A。

6.2.2 果树生物量的计算方法

6.2.2.1 平均株法

在每个样地内，根据实测地径、树高和冠幅等指标，选取5株生长正常且无明显病虫害的代表性植株作为标准株。采用全株收获法分别测定树干、树枝、树叶和树根等器官的生物量，经烘干或测定含水率换算得到各器官干物质质量，并计算平均值，作为该样地平均单株各器官生物量。商品果实因通常在核算期内采收移出果园，不计入果树长期生物量碳储量；未采收并长期留存在核算边界内的果实，应单独记录并说明处理方式。

6.2.2.2 回归模型法

基于样地实测的果树基径、树高等形态指标，构建果树组分生物量与其测树因子间的异速生长方程，在项目监测周期内根据沃柑果树的生长特性及测算精度要求选择，见公式（3）～（8）。

模型1：

$$B_i = \beta_0 \times d^{\beta_1} \quad (3)$$

模型 2：

$$B_i = \beta_0 \times (d^2 h)^{\beta_1} \quad (4)$$

模型 3：

$$B_{Stem} = e^{(\beta_0 + \beta_1 \ln h)} \times \lambda \quad (5)$$

$$B_{Branch} = e^{(\beta_0 + \beta_1 \ln d)} \times \lambda \quad (6)$$

$$B_{Leaf} = e^{[\beta_0 + \beta_1 \ln(d^2 h)]} \times \lambda \quad (7)$$

$$B_{Root} = e^{[\beta_0 + \beta_1 \ln(B_{Stem} + B_{Branch} + B_{Leaf})]} \times \lambda \quad (8)$$

式中：

B_i ——平均单株果树i种器官生物量，单位为吨每株（t/株）；

d ——地径，单位为厘米（cm）；

h ——树高，单位为米（m）；

β_0, β_1 ——异速生长模型回归参数，优先采用核算区域代表性样株实测数据拟合确定。对模型进行对数转换后，采用最小二乘法回归计算：$lnB = ln\beta_0 + \beta_1 lnX$，其中模型1中$X = d$，模型2中$X = d^2h$。参数计算公式为：$\beta_1 = \frac{\sum\left((\ln X - \overline{\ln X})(\ln B - \overline{\ln B})\right)}{\sum(\ln X - \overline{\ln X})^2}$及$\beta_0 = \exp(\overline{\ln B} - \beta_1 \overline{\ln X})$，模型3各器官参数根据对应实测生物量数据采用同样方法拟合获得。缺少实测数据时，可参考相同或近缘柑橘种类、相近立地条件和管理方式的公开研究参数，并注明来源。

λ ——模型对数转换的偏差校正因子，根据模型残差计算：$\lambda = exp\left(\frac{\mathrm{MSE}}{2}\right)$，其中MSE为对数回归模型残差均方；

B_{Stem} ——树干生物量，单位为吨每株（t/株）；

B_{Branch} ——树枝生物量，单位为吨每株（t/株）；

B_{Leaf} ——树叶生物量，单位为吨每株（t/株）；

B_{Root} ——树根生物量，单位为吨每株（t/株）。

6.3 枯落物碳储量

在代表性的小样方采用全收获法采集地表枯落物，通过室内烘干测定单位面积的干物质生物量。沃柑果园核算边界内的枯落物总碳储量由单位面积生物量、果园总面积及含碳率共同决定，计算见公式（9）。

公布日期：2026-11-05 下载时间：2026-11-05 15:26:49

$$C_{Lit} = B_{Lit} \times A \times CF_{Lit} \quad (9)$$

式中：

C_{Lit} ——沃柑果园枯落物碳储量，单位为吨（t）；

B_{Lit} ——单位面积枯落物生物量，单位为吨每公顷（t/hm²）；

A ——果园核算总面积，单位为公顷（hm²）；

CF_{Lit} ——枯落物含碳率，无量纲，宜采用实测值；无实测值时，可采用IPCC缺省值0.37。

6.4 土壤碳储量

沃柑果园土壤有机碳储量由各土层有机碳密度累计并结合果园核算面积进行推算而得，见公式（10）。

$$C_{Soil} = A \times \sum_{i=1}^{n}(C_i \times D_i \times E_i) \times \mu \quad (10)$$

式中：

C_{Soil} ——沃柑果园土壤有机碳总储量，单位为吨（t）；

C_i ——第i层土壤有机碳含量，单位为克每千克（g/kg）；

D_i ——第i层土壤容重，单位为克每立方厘米（g/cm³）；

E_i ——第i层土层厚度，单位为厘米（cm）；

A ——果园核算总面积，单位为公顷（hm²）；

i ——土层序号；

n ——土层总数；

μ ——量纲转换系数，μ取值为0.1。

6.5 能源消耗温室气体排放

沃柑果园核算边界内的温室气体排放，主要核算种植管理过程中因修剪、采摘、翻耕、灌溉以及运输肥料等农事活动，使用机械燃油和电力等能源消耗引起的二氧化碳排放。按照燃油、电力种类分别计算各能源消耗产生的温室气体排放量，并以二氧化碳当量（CO_2-e）为单位进行汇总，计算见公式（11）。

$$E_{Energy} = \sum_{i=1}^{n}(AD_i \times EF_i) \quad (11)$$

式中：

E_{Energy} ——能源消耗产生的温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2-e）；

AD_i ——核算期内第i种能源（燃油或电力）的消耗量，燃油单位为升（L），电力单位为兆瓦时（MWh）；

EF_i ——第i种能源的排放因子，燃油单位为（tCO_2-e/L），电力单位为（tCO_2-e/MWh）；

i ——能源类型序号；

n ——纳入核算的能源类型总数。

注：能源排放因子应优先采用国家主管部门公布的最新排放因子；采用其他来源时，应在核算报告中说明来源、年份和适用范围。

6.6 碳汇量计算

监测期内的果园净碳汇量，由碳储量变化量减去总温室气体排放量得到，计算见公式（12）和（13）。

$$C_{Sink} = \Delta C \times \frac{44}{12} - E_{Energy} \quad (12)$$

$$\Delta C = \Delta C_{Veg} + \Delta C_{Lit} + \Delta C_{Soil} \quad (13)$$

式中：

C_{Sink} ——核算期内的净碳汇量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2-e）；

ΔC ——核算期内果园碳储量的总变化量，单位为吨（t）；

E_{Energy} ——核算期内总温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2-e）；

ΔC_{Veg} ——核算期内果树碳储量的变化量，单位为吨（t）；

ΔC_{Lit} ——核算期内枯落物碳储量的变化量，单位为吨（t）；

ΔC_{Soil} ——核算期内土壤碳储量的变化量，单位为吨（t）；

$\frac{44}{12}$ ——碳质量转换为二氧化碳质量的分子量换算系数。

公布日期：2026-11-05 下载时间：2026-11-05 15:26:49

7 数据管理

7.1 数据质量管理

为了保证效率和完整性，宜参考表1中的措施开展数据质量管理工作。

表1 数据质量管理方案

数据质量管理过程	核对内容
数据收集、输入与处理检查	1） 核对输入的数据样本； 2） 确定数据的完整性； 3） 确保对电子文档实施适当的版本控制规程
活动数据检查	1） 确保活动数据统计的完整性； 2） 核对活动数据计算的正确性； 3） 核证活动数据检测的准确性； 4） 不同统计方法对活动数据的交叉检验
碳汇计算过程检查	1） 核算方法是否正确； 2） 与历年数据的比较
表格数据处理步骤检查	1） 核对工作表的输入数据和计算获得的数据是否做了明确区分； 2） 手工或电子的方式核对具有代表性的计算样本； 3） 核对所有吸收汇类别、业务单元等的数据汇总； 4） 核对输入和计算在时间序列上的一致性； 5） 同类吸收汇总不同部门的交叉比较

7.2 数据质量分析

宜完成沃柑果园生态系统碳汇的不确定性分析，并形成文件。不确定性信息并非用于判断计算的正确与否，而是为帮助确定未来改进核算结果准确性的优先努力方向，并指导有关方法学的选择。

7.3 数据质量保障

宜综合考虑数据获取成本、数据时效、数据来源等因素，选择数据质量等级较高的活动数据，并不断提升数据质量，如通过第三方对活动数据进行认证，提高定性评分等级并降低不确定性。对于数据质量的改进宜形成相关文件；宜开展内部审核，公正客观地评审所报告的沃柑果园生态系统碳汇核算结果与过程，确保数据来源可靠、方法选用得当、参数取值合理、计算结果可追溯。

8 核算报告内容

8.1 沃柑果园生态系统碳汇核算报告包括的基本内容如下：

a） 沃柑果园生态系统碳汇资源概述；
b） 对核算边界的描述；
c） 对沃柑果园生态系统碳汇的识别；
d） 沃柑果园生态系统碳汇核算方法说明；
e） 沃柑果园生态系统碳汇数据来源；
f） 沃柑果园生态系统碳汇核算结果汇总；
g） 不确定性分析及数据质量管理；
h） 核算过程中参考文件及数据来源资料。

8.2 当出现以下情形，且可能影响碳储量变化或温室气体排放时，宜在核算报告中予以说明：

a） 管理措施重大变更：施肥量较历年平均水平波动超过 30%，灌溉方式或生草/清耕制度变更，大规模修剪导致枝叶移出量显著增加等；
b） 极端气候事件：持续干旱、严重冻害、台风、暴雨等，已对果树生长、枯落物输入或土壤碳矿化速率产生明显影响；
c） 其他干扰：病虫害大面积爆发、果园改土、间作作物变更等。

公布日期：2026-11-05 下载时间：2026-11-05 15:26:49

公布日期：2026-11-05 下载时间：2026-11-05 15:26:49

附 录 A
（资料性）
不同沃柑树龄阶段推荐模型

A.1 根据沃柑树龄及生长特征分阶段选用碳储量计算公式，不同阶段模型选取如下：

a) 幼龄阶段（1～3 年生，营养生长为主），采用整株异速生长模型，计算见公式（A.1）；

$$C_{Veg} = N_{Total} \times a(d^2h)^b \times CC_{whole} \quad \text{(A.1)}$$

b) 初果期（4～6 年生，营养与生殖生长并存），采用分器官异速生长模型，计算见公式（A.2）；

$$C_{Veg} = N_{Total} \times \sum_{i=1}^{n}[exp(lna_i + b_{1i} \cdot lnd + b_{2i} \cdot lnh) \times \lambda \times CF_i] \quad \text{(A.2)}$$

c) 盛果期（7～20 年生，生物量积累稳定），采用器官实测干重法，计算见公式（A.3）；

$$C_{Veg} = N_{Total} \times \sum_{i=1}^{n}(W_{dry,i} \times CF_i) \quad \text{(A.3)}$$

d) 衰老期（＞20 年生，生物量趋于下降），采用器官实测干重法，计算见公式（A.4）。

$$C_{Veg} = N_{Total} \times \sum_{i=1}^{n}(W_{dry,i} \times CF_i) \quad \text{(A.4)}$$

式中：

C_{Veg} ——果树植被总碳储量，单位为吨（t）；

N_{Total} ——果园内沃柑果树的总株数，单位为株；

d ——地径，单位为厘米（cm）；

h ——树高，单位为米（m）；

$W_{dry,i}$ ——单株第i种器官的干重，单位为吨每株（t/株）；

CF_i ——第i种器官的含碳率，无量纲，宜采用实测值；无实测值时，可采用缺省值0.50。

CF_{whole} ——整株含碳率，无量纲，宜采用实测值；无实测值时，可采用缺省值0.50；

a、b ——整株异速生长模型参数。采用$W = a(d^2h)^b$模型时，根据核算区域代表性沃柑样株实测数据进行回归拟合。将模型转换为$\ln W = lna + bln(d^2h)$，采用最小二乘法求得回归截距β_0和斜率β_1，其中$a = exp(\beta_0)$，$b = \beta_1$。缺乏实测数据时，可采用经适用性验证的公开发表柑橘类异速生长模型参数，并注明来源及适用范围；

a_i、b_{1i}、b_{2i} ——第i种器官异速生长模型参数，根据树干、树枝、树叶和树根等器官实测干生物量数据，通过拟合：$lnW_i = lna_i + b_{1i} \cdot lnd + b_{2i} \cdot lnh$确定参数。其中，$lna_i$为模型截距，$b_{1i}$和$b_{2i}$分别为地径和树高对应的回归系数。

λ ——对数回归模型反转换偏差校正因子，无量纲，采用Baskerville校正方法时按$\lambda = exp(\mathrm{MSE}/2)$计算，其中MSE为对数回归模型残差均方；近缘柑橘甜橙已有模型采用的校正因子为1.08，可作为参数合理性比较的参考值，不宜未经适用性验证直接作为沃柑模型参数使用。

i ——器官类型序号；

n ——器官类型总数。

参 考 文 献

[1] DB11/T 953—2024 林地碳汇计量监测技术规程
[2] DB42/T 2303—2024 森林碳汇计量监测技术规范
[3] GB/T 21010—2017 土地利用现状分类
[4] HY/T 0349—2022 海洋碳汇核算方法
[5] GB/T 46105—2025 陆地生态系统碳汇核算指南
[6] T/FJAASS 003—2024 柑橘类果园碳汇计量监测技术规程
[7] 谭美秋,崔耀平,马晓哲,等.河南省农田生态系统碳汇核算研究[J].生态与农村环境学报,2022,38(09):1129-1137.
[8] 宫晓琴,郭昌荣,郝向春.林业碳汇会计核算相关问题研究[J].财务与会计,2021,(15):41-43.
[9] 林清山,洪伟,吴承祯,等.永春县柑橘林生态系统的碳储量及其动态变化[J].生态学报,2010,30(02):309-316.
[10] 吴晓莲,程玥晴,罗友进,等.重庆三峡库区柑橘果园系统碳储量及碳汇潜能研究[J].西南农业学报,2014,27(02):693-698.
[11] BASKERVILLE G L. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass[J]. Canadian Journal of Forest Research, 1972, 2(1): 49－53. DOI: 10.1139/x72-009.
[12] MEHTA L C, SINGH J, CHAUHAN P S, et al. Biomass Accumulation and Carbon Storage in Six-Year-Old Citrus reticulata Blanco. Plantation[J]. Indian Forester, 2016, 142(6): 563－568.

公布日期:2026-11-05 下载时间:2026-11-05 15:26:49