

团体标准

T/CAGDRS XX—2025

农产品碳足迹核算规范 茶叶

Specification for Carbon Footprint Accounting of Agricultural
Products – Tea

征求意见稿

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施



中国农业绿色发展研究会 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 应用 2

5 原则 2

6 目的和范围 3

7 核算步骤 4

8 数据收集、数据质量和数据保存 4

9 碳足迹核算方法 6

10 碳足迹核算报告 11

附 录 A （资料性） 茶叶碳足迹核算原辅材料碳排放因子推荐值..... 12

附 录 B （资料性） 茶叶碳足迹核算相关参数推荐值..... 14

附 录 C （资料性） 茶叶碳足迹核算报告..... 15

参考文献 20

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。

本文件由南京农业大学提出。

本文件由中国农业绿色发展研究会归口。

本文件起草单位：南京农业大学、江苏省绿色食品办公室、江苏省农业科学院、淮阴工学院、中国国检测试控股集团股份有限公司、南京国环有机产品认证中心有限公司、通标标准技术服务（上海）有限公司、江苏天圭认证有限公司。

本文件主要起草人：王金阳、邹建文、韩召强、林海燕、郭姝敏、徐继东、朱凤、曹爱兵、姚瑶、张冰心、孙以文、徐品上、徐凯达、郭汝清、陈健、王栋、魏俊杰。

农产品碳足迹核算规范 茶叶

1 范围

本文件确立了茶叶碳足迹核算的原则与目的，规定了核算范围、核算步骤、核算数据以及核算报告的要求，描述了相应的核算方法。

本文件适用于茶叶生命周期温室气体（GHG）排放的核算、评价和报告。

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 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则

3 术语和定义

GB/T 24067 和 GB/T 32150 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于产品系统的一部分。

[来源：GB/T 24067-2024，3.3.4]

3.2

温室气体排放量 greenhouse gas emission; GHG emission

在特定时段内释放到大气中的温室气体总量(以质量单位计算)。

[来源：GB/T 24067-2024，3.2.5]

3.3

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

比较某种温室气体与二氧化碳的辐射强迫的单位。

注：表示给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 24067-2024，3.2.2]

3.4

活动数据 activity data

导致温室气体排放的生产或消费活动量的表征值。

注：如各种化肥农药使用量、化石燃料消耗量、购入电量等。

[来源：GB/T 32150-2015，3.12]

3.5

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的GHG排放量和GHG清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化这一单一环境影响类型进行生命周期评价。

[来源：GB/T 24067-2024, 3.1.1]

3.6

土壤固碳 soil carbon sequestration

通过生物、化学和物理过程将大气中的二氧化碳（CO₂）固定并储存在土壤有机碳（SOC）或无机碳（SIC）库中的过程。该过程主要受植物光合作用、生物残体分解、土壤微生物活动及土壤管理措施的影响。土壤固碳不仅有助于缓解气候变化，还能改善土壤肥力和生态系统服务功能。本文件的土壤固碳仅指以土壤有机碳形式固定下来的土壤碳。

4 应用

4.1 本文件可适用但不限于为产品研究和开发、技术改进、产品碳足迹绩效追踪和信息交流提供信息。

4.2 本文件有助于按照 ISO 14026 开展产品碳足迹和产品部分碳足迹的信息交流。

5 原则

5.1 相关性

数据和方法的选取适用于所研究系统产生的 GHG 排放量和清除量的评价。

5.2 完整性

在产品碳足迹研究中，所有对产品系统有显著贡献的 GHG 排放量和清除量都应包括在内，显著程度取决于取舍准则。

5.3 一致性

在产品碳足迹研究的全过程，使用相同的假设、方法和数据，以得到与目的和范围一致的结论。

5.4 统一性

采用国际上已认可并已应用于具体产品种类的方法、标准和指南，以提高任何特定产品种类中产品碳足迹之间的可比性。

5.5 准确性

产品碳足迹的量化是准确的、可核查的、相关的、无误导性的，并尽可能地减少偏差和不确定性。

5.6 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式记录所有相关问题，披露所有相关假设，并适当引用所使用的方法和数据来源。

6 目的和范围

6.1 核算目的

- 开展茶叶碳足迹核算的目的包括：
- 评价茶叶生产生命周期内相关活动带来的 GHG 排放；
 - 识别茶叶生产关键排放环节，挖掘减排潜力；
 - 为茶叶碳足迹标识提供依据。

6.2 核算范围

将茶叶的生命周期视为一个具有特定功能的产品系统，并依照生命周期评价（LCA）方法对系统进行分区划分，以明确物质与能量流的进入和输出。总系统边界采用从农资及包装材料的原料获取开始，至成品茶离开加工厂为止。为量化温室气体（GHG）排放与碳清除，将茶叶系统划分为若干单元过程，并按照图1所示生命周期阶段进行分组。

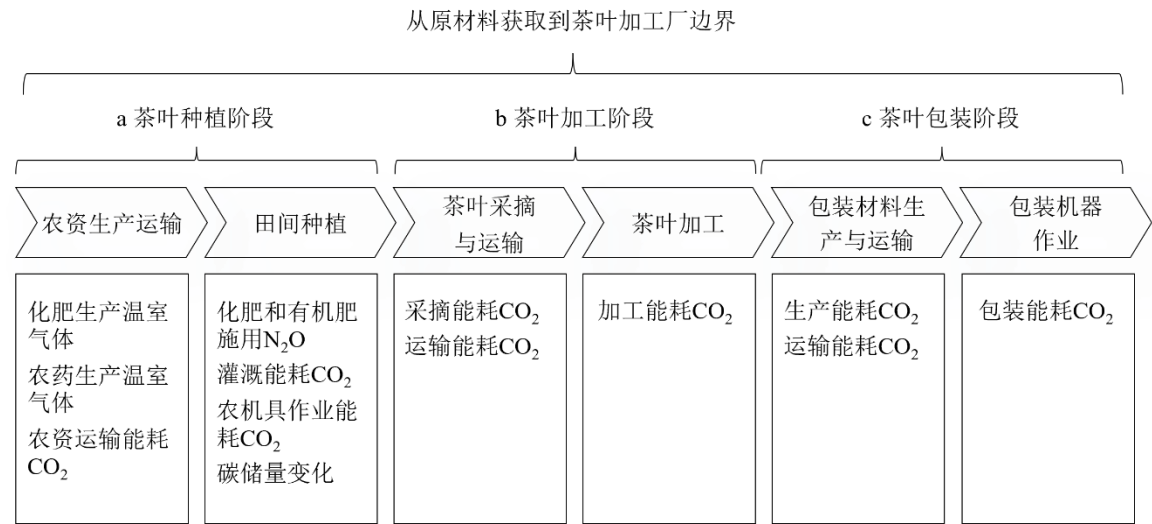


图1 茶叶碳足迹核算的单元过程、生命周期阶段和系统边界

6.3 功能单位

茶叶采用1千克干重作为功能单位。

6.4 系统边界

6.4.1 通用要求

系统边界的选择应与茶叶碳足迹核算的目的保持一致。应确定并说明系统边界中包括的生命周期阶段和单元过程。

6.4.2 系统边界选择及要求

- 6.4.2.1 茶叶碳足迹核算的系统边界宜选择以下生命周期阶段和单元过程，如图 1 所示。
- 6.4.2.2 种植阶段。包括茶叶种植涉及的农资生产运输、田间种植两个单元过程，各单元过程核算内容如下：

- a) 农资生产运输单元过程核算内容包括氮肥、磷肥、钾肥等化肥生产过程产生的GHG排放、农药生产过程产生的GHG排放和农资运输消耗能源产生的CO₂排放；
 - b) 田间种植单元过程核算内容包括化肥和有机肥施用产生的N₂O排放、农机具作业消耗能源产生的CO₂排放、灌溉消耗能源产生的CO₂排放；茶树年生物量增量形成的生物量固碳，以及有机肥、生物炭施用和修剪物还田提高土壤有机质所形成的土壤有机碳增量，在评价期内折算为CO₂当量，并自总排放量中扣减。
- 6.4.2.3 茶叶加工阶段。应包括茶叶采摘与运输、茶叶加工两个单元过程，各单元过程核算内容如下：
- a) 原料运输与储存单元过程核算内容包括鲜叶采摘以及由茶园运输至加工厂及厂内短途周转引起的CO₂排放；
 - b) 茶叶加工单元过程核算内容包括萎凋（摊青）、杀青、揉捻、发酵、干燥等工序使用过程中燃料或电力产生的CO₂排放。
- 6.4.2.4 茶叶包装阶段。由包装材料生产与运输、包装机器作业两个单元过程组成，各单元过程核算内容如下：
- a) 包装材料生产与运输单元过程核算内容包括纸箱、塑料袋等材料生产和运输过程中产生的CO₂排放；
 - b) 包装机器作业单元过程核算内容包括计量、充填、真空封口、装箱等作业所消耗电力引起的CO₂排放。

6.4.3 取舍准则

在茶叶碳足迹量化过程中，可舍弃影响小于1%的环节，但系统边界内舍弃环节总的影响不应超过碳足迹总量的5%。

6.4.4 时间边界

数据采集时间边界至少应以1年为期限。

7 核算步骤

开展茶叶碳足迹核算应按照以下基本步骤：

- a) 确定系统边界、GHG产生阶段和功能单位；
- b) 选择和收集系统边界内各单元过程的定性活动信息和定量活动数据；
- c) 选择和获取排放因子数据；
- d) 计算各单元过程的GHG排放量和碳清除量；
- e) 计算系统边界内茶叶碳足迹。

8 数据收集、数据质量和数据保存

8.1 数据收集内容

8.1.1 茶叶碳足迹与GHG相关的活动数据，应根据系统边界和包括的生命周期阶段和功能单元进行数据收集。

8.1.2 茶叶种植管理阶段收集内容宜包括下列内容：

- 茶园位置、面积、茶树品种与树龄；
- 不同茶青原料（鲜叶）年产量；
- 采摘周期与年采摘次数；
- 氮肥、磷肥、钾肥、有机肥、农药等投入量；
- 茶园田间机械/设备作业能源消耗量；
- 灌溉用水量及能源消耗量；
- 农资运输距离与能源消耗量；
- 鲜叶含水率、干物质含量及鲜叶-干茶转换系数。

8.1.3 茶叶加工阶段收集内容宜包括下列内容：

- 茶青原料来源地及投入量；
- 原料运输距离与能源消耗量；
- 加工工艺；
- 加工阶段能源消耗量。

8.1.4 茶叶包装阶段收集内容宜包括下列内容：

- 包装类型与材料；
- 包装材料运输距离与能源消耗量；
- 包装作业能源消耗量。

8.2 数据收集方法和要求

8.2.1 收集的数据应明确记录其收集过程、收集时间和地理信息。

8.2.2 活动数据应按照以下方法收集现场数据：

- 茶叶种植管理阶段 活动数据应依据茶园（或茶农）农资使用台账、农机作业记录、能耗计量台 账（柴油、电力）、灌溉用水计量记录及结算单或发票等确认；
- 茶叶加工阶段 活动数据应依据初制、精制加工厂生产台账或统计报表、能源计量台账、燃料采 购发票、锅炉运行记录、水耗计量记录等确认；
- 茶叶包装阶段 活动数据应依据包装材料领用台账、包装生产线能耗计量台账、压缩空气用量记录、包装材料采购发票和结算单等确认；
- 在现场数据不可获取的情况下，宜使用国家最新公布的数据。

8.2.3 排放因子数据应按照以下方法收集：

- 优先使用现场排放因子及特征参数；
- 在现场排放因子及特征参数不可获取的情况下，宜使用国家最新公布的数据和经评估过的相关数据库数据；
- 在国家已公布数据不可获取时，宜使用 IPCC 指南缺省值或附录 A 提供的推荐值。

8.2.4 数据审定宜通过质量平衡、能量平衡、排放因子的比较分析或其他适当方法进行。

8.3 数据保存

8.3.1 开展碳足迹核算应建立数据管理系统(包括数据来源、数据获取时间及相关负责人等信息的记录管理),保留相关文件和记录,用于数据审查和质量评估。

8.3.2 纸质版数据应存放于保护袋、卷夹或保护盒等保存介质中,由负责人签字并定点保存;如有破损应及时修补,并留存备查。保存地点应具备通风、防盗、防火、防潮、防灾、防鼠、防虫、防霉及防污染等措施。纸质数据记录应至少保存 5 年。

8.3.3 电子化数据应存放于电子储存介质中并进行数据备份,由负责人定期维护管理。文件名称的命名方式应为“编号+茶园名称+记录年份”,电子化存储记录宜长期保存,如确实缺乏储存条件,应至少保存10年。

9 碳足迹核算方法

9.1 碳足迹核算

在核算期内,茶叶碳足迹的核算应包括茶叶种植、加工、包装涉及的所有单元过程,按公式(1)计算:

$$CFP = \frac{E-C}{W} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

CFP ——茶叶碳足迹,单位为千克二氧化碳当量每千克茶叶($\text{kg CO}_2\text{e/kg}$);

E ——茶叶种植、加工和包装阶段的GHG排放总量,单位为千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$);

C ——茶叶系统边界内的碳清除总量,单位为千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$);

W ——茶叶产量(以干重计, kg)。

9.2 茶叶种植、加工和包装阶段的 GHG 排放总量

9.2.1 GHG 排放总量计算

茶叶种植、加工和包装阶段的GHG排放总量按公式(2)计算:

$$E = E_{\text{种植}} + E_{\text{加工}} + E_{\text{包装}} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$E_{\text{种植}}$ ——茶叶种植阶段产生的GHG排放量,单位为千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$);

$E_{\text{加工}}$ ——茶叶加工阶段产生的GHG排放量,单位为千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$);

$E_{\text{包装}}$ ——茶叶包装阶段产生的GHG排放量,单位为千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$)。

9.2.2 种植阶段产生的 GHG 排放量

9.2.2.1 茶叶种植阶段产生的 GHG 排放量按公式(3)计算:

$$E_{\text{种植}} = E_{\text{田间}} + E_{\text{农资}} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

$E_{\text{田间}}$ ——种植阶段田间管理产生的GHG排放量,单位为千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$);

$E_{\text{农资}}$ ——种植阶段农资投入品(如化肥、农药、农膜等)产生的GHG排放量,单位为千克二氧化碳

当量每公顷 (kg CO₂e/hm²)。

9.2.2.2 种植阶段田间管理产生的 GHG 排放量按公式 (4) ~ (6) 计算:

$$E_{\text{田间}} = E_{\text{肥料}} + E_{\text{农机具}} \dots\dots\dots (4)$$

$$E_{\text{肥料}} = E_{\text{N}_2\text{O}} \times \text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}} \dots\dots\dots (5)$$

$$E_{\text{农机具}} = \sum_a (AD_a \times CEF_a) \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$E_{\text{肥料}}$ ——由氮肥施用引起的温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量每公顷(kg CO₂e/hm²);

$E_{\text{农机具}}$ ——田间机械作业能源消耗引起的温室气体排放量,单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂e/hm²);

$E_{\text{N}_2\text{O}}$ ——代表茶叶种植阶段,茶园每公顷的氧化亚氮总排放量,单位为千克氧化亚氮每公顷 (kg N₂O/hm²);

$\text{GWP}_{\text{N}_2\text{O}}$ ——代表氧化亚氮的全球增温潜势,本文件建议采用政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告提出的缺省值273。

AD_a ——第 a 种能源在评价期内的消耗量,单位为升、千瓦时或千克每公顷(L、kWh 或 kg/hm²);

CEF_a ——第 a 种燃料的碳排放因子,单位为千克二氧化碳当量每千瓦时、每千克或每升 (kg CO₂e/kWh、kg或L),具体数值可参考附录A。

其中:

a) 茶叶种植阶段的氧化亚氮总排放量按公式 (7) 计算:

$$E_{\text{N}_2\text{O}} = \text{N}_2\text{O}_{\text{直接}} + \text{N}_2\text{O}_{\text{间接}} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$\text{N}_2\text{O}_{\text{直接}}$ ——茶叶种植阶段的氧化亚氮直接排放量,单位为千克氧化亚氮每公顷 (kg N₂O/hm²);

$\text{N}_2\text{O}_{\text{间接}}$ ——茶叶种植阶段的氧化亚氮间接排放量,单位为千克氧化亚氮每公顷 (kg N₂O/hm²)。

b) 茶叶种植阶段的氧化亚氮直接排放量按公式 (8) 计算:

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{直接}} = \sum N_i \times EF_{1(\text{直接})} \times 44/28 \dots\dots\dots (8)$$

式中:

i ——代表不同的氮输入来源,包括化肥、有机肥;

N_i ——氮输入来源 i 的氮输入量,单位为千克氮每公顷 (kg N/hm²);

$EF_{1(\text{直接})}$ ——表示直接氧化亚氮排放的排放因子;

44/28 ——表示N₂O-N转化为N₂O系数。

c) 茶叶种植阶段的氧化亚氮间接排放量按公式 (9) ~ (12) 计算:

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{间接}} = \text{N}_2\text{O}_{\text{沉降}} + \text{N}_2\text{O}_{\text{淋溶}} \dots\dots\dots (9)$$

$$N_2O_{\text{沉降}} = [(F_{\text{SN}} \times \text{Frac}_{\text{GASF}}) + (F_{\text{ON}} \times \text{Frac}_{\text{GASM}})] \times EF_{4(\text{沉降})} \times 44/28 \dots\dots\dots (10)$$

$$N_2O_{\text{淋溶}} = (F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} + F_{\text{CR}}) \times \text{Frac}_{\text{LEACH-(H)}} \times EF_{5(\text{淋溶})} \times 44/28 \dots\dots\dots (11)$$

$$F_{\text{CR}} = S_{\text{R}} \times S_{\text{N}} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$N_2O_{\text{沉降}}$ ——化肥和畜禽粪便、堆肥等有机肥中以 NH_3 和 NO_x 形式挥发后再沉降引起的氧化亚氮排放，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$N_2O_{\text{淋溶}}$ ——以淋溶/径流形式损失进入水体进而引起的氧化亚氮排放，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

F_{SN} ——施用于土壤的化肥氮量，单位为千克氮每公顷（ kg N/hm^2 ）；

$\text{Frac}_{\text{GASF}}$ ——化肥氮中以 NH_3 和 NO_x 形式损失的比例（%）；

F_{ON} ——施用于土壤的畜禽粪便、堆肥、污水污泥等添加的有机氮量，单位为千克氮每公顷（ kg N/hm^2 ）；

$\text{Frac}_{\text{GASM}}$ ——有机氮肥中以 NH_3 和 NO_x 形式挥发的比例（%）；

$EF_{4(\text{沉降})}$ ——大气氮沉降导致氧化亚氮排放的排放因子；

F_{CR} ——茶园每年以作物残体形式（地上部和地下部）返回土壤的氮输入量，单位为千克氮每公顷（ kg N/hm^2 ）；

$\text{Frac}_{\text{LEACH-(H)}}$ ——所添加氮以淋溶/径流损失的比例（%）；

$EF_{5(\text{淋溶})}$ ——氮淋溶和径流引起的氧化亚氮排放的排放因子，具体值见附录B；

S_{R} ——返回每公顷土壤中的茶树修剪枝叶和凋落物的重量，推荐值见附录B；

S_{N} ——返回土壤的茶树修剪枝叶和凋落物中的氮含量，推荐值见附录B。

注： F_{CR} 是否计入，应结合茶园残枝落叶等有机物是否还田的实际管理措施判定；若未实施还田，可将 F_{CR} 置零。

9.2.2.3 种植阶段农资投入品 GHG 排放量按公式（13）～（15）计算：

$$E_{\text{农资}} = E_{\text{生产}} + E_{\text{运输}} \dots\dots\dots (13)$$

$$E_{\text{生产}} = \sum(AD_b \times CEF_b) \dots\dots\dots (14)$$

$$E_{\text{运输}} = \sum(AD_c \times CEF_c) \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$E_{\text{生产}}$ ——农资投入品生产过程中产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{运输}}$ ——农资投入品运输到茶园过程中产生的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

- b ——代表不同的投入品类型，包括化肥、农药等；
 AD_b ——代表每公顷投入品 b 的活动水平数据；
 CEF_b ——代表投入品 b 的碳排放因子，常用碳排放因子见附录A；
 c ——代表不同运输方式，包括柴油货车、汽油货车、电动货车等；
 AD_c ——代表不同运输方式产生的能源消耗量；
 CEF_c ——代表运输方式 c 的碳排放因子，常用碳排放因子见附录A。

9.2.3 加工阶段的 GHG 排放量

茶叶加工阶段的GHG排放按公式（16）～（19）计算：

$$E_{\text{加工}} = E_{\text{茶叶采摘}} + E_{\text{茶叶运输}} + E_{\text{加工用能}} \dots\dots\dots (16)$$

$$E_{\text{茶叶采摘}} = \sum (AD_d \times CEF_d) \dots\dots\dots (17)$$

$$E_{\text{茶叶运输}} = \sum (AD_e \times CEF_e) \dots\dots\dots (18)$$

$$E_{\text{加工用能}} = \sum (AD_f \times CEF_f) \dots\dots\dots (19)$$

式中：

$E_{\text{茶叶采摘}}$ ——茶叶采摘过程能源消耗引起的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷
 (kg CO₂e/hm²)；

$E_{\text{茶叶运输}}$ ——茶叶运输过程能源消耗引起的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷
 (kg CO₂e/hm²)；

$E_{\text{加工用能}}$ ——茶叶加工过程能源消耗引致的GHG排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷
 (kg CO₂e/hm²)；

d ——茶叶采摘所用能源类型；

AD_d ——每公顷茶园产出的茶叶采摘过程所用能源类型 d 的消耗量，单位为千瓦时每公顷
 (kWh/hm²) 或者升每公顷 (L/hm²)；

CEF_d ——代表茶叶采摘过程所消耗能源 d 的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时
 (kg CO₂e/kWh) 或者千克二氧化碳当量每升 (kg CO₂e/L)，具体值见附录A。

e ——茶青运输方式；

AD_e ——茶青运输活动水平数据；

CEF_e ——运输方式 e 的碳排放因子，详见附录 A；

f ——加工过程所用能源类型；

AD_f ——每公顷茶园产出的茶叶加工过程所用能源类型 f 的消耗量，单位为千瓦时每公顷
 (kWh/hm²) 或者升每公顷 (L/hm²)；

CEF_f ——代表加工过程所消耗能源 d 的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时
 (kg CO₂e/kWh) 或者千克二氧化碳当量每升 (kg CO₂e/L)，具体值见附录A。

9.2.4 包装阶段的 GHG 排放量

茶叶包装阶段的GHG排放包括包装材料生产、运输和包装机器作业按公式（20）～（23）计算：

$$E_{\text{包装}} = E_{\text{包装生产}} + E_{\text{包装运输}} + E_{\text{包装机器}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$E_{\text{包装生产}} = \sum (AD_g \times CEF_g) \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$E_{\text{包装运输}} = \sum (AD_h \times CEF_h) \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$E_{\text{包装机器}} = \sum (AD_i \times CEF_i) \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中：

$E_{\text{包装生产}}$ ——包装材料生产过程产生的排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{包装运输}}$ ——包装材料由生产厂运至包装现场的运输排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$E_{\text{包装机器}}$ ——包装机具作业能耗产生的排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

g ——代表不同的包装材料，包括塑料袋、瓦楞纸箱等；

AD_g ——代表每公顷茶园产出的茶叶所需的包装材料 g 的消耗量，单位为千克每公顷（ kg/hm^2 ）；

CEF_g ——包装材料 g 生产过程的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量每千克（ $\text{kg CO}_2\text{e/kg}$ ），推荐值见附录A；

h ——包装材料运输方式；

AD_h ——包装材料运输活动水平数据；

CEF_h ——运输方式 h 的碳排放因子，推荐值见附录A；

i ——包装机具所用能源类型；

AD_i ——包装机具在评价期内消耗能源 i 的量；

CEF_i ——能源 i 的碳排放因子，推荐值见附录A。

9.3 茶叶系统边界内的碳清除总量

9.3.1 碳清除总量

碳清除量主要包括茶树生物质碳储量和土壤有机碳储量的变化，按照公式（24）计算：

$$C = \Delta NPP + \Delta SOCS \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中：

ΔNPP ——核算期内，每公顷茶园的茶树生物质碳储量变化量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）；

$\Delta SOCS$ ——核算期内，每公顷茶园土壤有机碳储量变化量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e/hm}^2$ ）。

9.3.2 茶树生物质碳储量变化量

茶树生物质碳储量变化量按公式（25）～（27）计算：

$$\Delta NPP = (\Delta M_a \times C_a + \Delta M_b \times C_b) \times 44/12 \quad \dots\dots\dots (25)$$

$$\Delta M_a = M_{a_t} - M_{a_0} \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$M_a = -14.95 + 56.3 \times (1 - e^{-0.27t}) \dots\dots\dots (27)$$

- 式中：
- ΔM_a ——每公顷茶树地上生物量的增量，单位为千克碳每公顷（kg C/hm²）；
 - ΔM_b ——每公顷茶树地下生物量的增量，通过公式 $\Delta M_b = \Delta M_a \times 0.6$ ，即假设地下部分约占地上部分的60%，单位为千克碳每公顷（kg C/hm²）；
 - M_{a_0} ——根据核算期初的茶树树龄计算得到的每公顷茶树地上生物量，单位为千克碳每公顷（kg C/hm²）；
 - M_{a_t} ——根据核算期末的茶树树龄计算得到的每公顷茶树地上生物量，单位为千克碳每公顷（kg C/hm²）；
 - t ——茶树树龄，单位为年；
 - C_a ——茶树地上生物量的含碳量（%）；
 - C_b ——茶树地下生物量的含碳量（%）；
 - 44/12 ——将土壤碳转换为二氧化碳的系数。

注：茶叶和凋落物碳停留时间太短、最终会迅速返回大气，为防止重复和高估，只将能长期储碳的木质部入茶园生物质碳固存。

9.3.3 土壤有机碳储量变化量计算

土壤有机碳储量变化量的计算按公式（28）～（29）计算：

$$\Delta SOCS = SOCS_t - SOCS_0 \dots\dots\dots (28)$$

$$SOCS = BD \times H \times SOC \times 44/12 \dots\dots\dots (29)$$

- 式中：
- $SOCS_t$ ——核算期末，每公顷茶园土壤碳储量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）；
 - $SOCS_0$ ——核算期初，每公顷茶园土壤碳储量，单位为千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）；
 - BD ——土壤容重，单位为克每立方厘米（g/cm³）；
 - H ——土层厚度，单位为厘米（cm）；
 - SOC ——核算期初或者期末的土壤有机碳含量，单位为克碳每一百克土壤（g C/100g）。

10 碳足迹核算报告

10.1 茶叶碳足迹核算报告应包括以下组成部分：

- a) 茶叶生产单位的基本信息；
- b) 核算目的；
- c) 功能单位；
- d) 系统边界；
- e) 取舍原则；
- f) 时间边界；
- g) 数据信息和来源；
- h) 核算结果和结果解释。

10.2 茶叶碳足迹核算报告模板见附录 C。

附 录 A

(资料性)

茶叶碳足迹核算原辅材料碳排放因子推荐值

茶叶碳足迹核算原辅材料碳排放因子推荐值参见表A.1

表 A. 1 农业投入品碳排放因子推荐值

排放源	碳排放因子	单位	数据来源
化学肥料（氮肥）	8.3	kg CO ₂ e/kg	《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》
化学肥料（磷肥）	2.33		
化学肥料（钾肥）	0.66		
农药	13.50		

化石能源碳排放因子推荐值参见表A.2

表 A. 2 化石能源碳排放因子推荐值

燃料类型	碳排放因子	单位	数据来源
汽油	3.85	kg CO ₂ e/kg	《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》
柴油	3.82		

各省电网电力碳排放因子推荐值参见表A.3

表 A. 3 各省电网电力碳排放因子推荐值（kg CO₂e/kWh）

省份	碳排放因子	省份	碳排放因子	省份	碳排放因子
北京	0.5580	浙江	0.5153	海南	0.4184
天津	0.7041	安徽	0.6782	重庆	0.5227
河北	0.7252	福建	0.4092	四川	0.1404
山西	0.7096	江西	0.5752	贵州	0.4989
内蒙古	0.6849	山东	0.6410	云南	0.1073
辽宁	0.5626	河南	0.6058	陕西	0.6558
吉林	0.4932	湖北	0.4364	甘肃	0.4772
黑龙江	0.5368	湖南	0.4900	青海	0.1567
上海	0.5849	广东	0.4403	宁夏	0.6423
江苏	0.5978	广西	0.4044	新疆	0.6231
数据来源	生态环境部、国家统计局发布的《关于发布 2022 年电力二氧化碳排放因子的公告》				

各类包装材料碳排放因子推荐值参见表A.4

表 A. 4 各类包装材料碳排放因子推荐值

包装类型	推荐值	单位	来源
塑料编制布包装袋	2.51	kg CO ₂ e/kg	《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》
塑料薄膜包装袋	3.24		
塑料袋	8.21		
包装纸	0.14		
瓦楞纸箱	7.10		
透明胶带	2.77		

附 录 B
(资料性)

茶叶碳足迹核算相关参数推荐值

茶叶碳足迹核算相关参数推荐值见表B.1。

表 B. 1 茶叶碳足迹核算相关参数推荐值

项目	符号	推荐值	数据来源	说明
氧化亚氮的全球增温潜势	GWP_{N_2O}	273	Nabuurs et al.,2022	IPCC 缺省值
排放因子	$EF_{1(直接)}$	1.72%	Wang et al.,2022	茶园特定值
		1%	IPCC, 2019	IPCC 缺省值
	$EF_{4(沉降)}$	1%	IPCC, 2019	IPCC 缺省值
	$EF_{5(淋溶)}$	1.1%	IPCC, 2019	IPCC 缺省值
以 NH_3 和 NO_x 形式损失的肥料氮的比例	$Frac_{GASF}$	11%	IPCC, 2019	IPCC 缺省值
	$Frac_{GASM}$	21%	IPCC, 2019	IPCC 缺省值
以淋溶/径流形式损失的氮占添加氮的比例	$Frac_{LEACH-(H)}$	24%	IPCC, 2019	IPCC 缺省值
茶园修剪枝叶和落叶的重量	S_R	1670 kg/hm ²	尤雪琴等, 2008	-
茶园修剪枝叶和落叶的含氮量	S_N	2.94%		-

附 录 C
(资料性)
茶叶碳足迹核算报告

茶叶碳足迹核算报告模板如下。

茶叶碳足迹研究报告

报告单位名称：_____

报 告 编 号 ：_____

报 告 年 度 ：_____

报告完成日期：_____

报 告 完 成 人：_____

一、茶叶生产单位的信息
<p>(一) 茶叶生产单位基本信息</p> <p>生产单位名称：</p> <p>地 址：</p> <p>法定代表人：</p> <p>联 系 人：</p> <p>联 系 电 话：</p> <p>企 业 概 况：</p> <p>(二) 产品信息</p> <p>产 品 名 称：</p> <p>产 品 规 格：</p> <p>产 品 简 介：</p> <p>产 品 图 片：</p>
二、核算目的
三、功能单位

四、系统边界

（一）系统边界的单元过程

1.茶叶种植阶段

☐农资生产运输 ☐茶叶田间种植

2.茶叶加工阶段

☐茶叶采摘与运输 ☐茶叶加工

3.茶叶包装阶段

☐包装材料生产与运输 ☐包装机器作业能耗

4.其他

图 1 茶叶碳足迹量化系统边界图

（二）系统边界各阶段与单元过程的核算内容

1.茶叶种植阶段

（1）农资生产运输单元过程

☐氮肥、磷肥、钾肥等化肥生产过程产生的 GHG 排放

☐农药生产过程消耗能源产生的 GHG 排放

☐农资运输消耗能源产生的 CO₂ 排放

（2）茶叶田间种植单元过程

☐化学氮肥施用产生的 N₂O 排放

☐有机肥施用产生的 N₂O 排放

☐农机具作业消耗能源产生的 CO₂ 排放

☐灌溉消耗能源产生的 CO₂ 排放

☐碳储量变化

2.茶叶加工阶段

（1）茶叶采摘与运输单元过程

☐采摘能耗 CO₂

☐运输能耗 CO₂

（2）茶叶加工单元过程

☐加工能耗 CO₂

3.茶叶包装阶段

（1）包装材料生产与运输单元过程

☐生产能耗 CO₂

☐运输能耗 CO₂

（2）包装机器作业能耗单元过程

<input type="checkbox"/> 包装能耗 CO ₂																																
五、取舍原则																																
采用的取舍准则：_____，具体规则如下：																																
六、时间边界																																
核算年度：_____年度																																
七、数据清单和数据来源																																
<p>（一）活动数据</p> <p>生命周期各阶段活动数据清单、数值和来源见表 1。</p> <p>表 1 茶叶生命周期活动数据清单说明</p> <table border="1"><thead><tr><th>生命周期阶段</th><th>数据清单</th><th>数据数值</th><th>数据来源</th></tr></thead><tbody><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table> <p>（二）排放因子数据</p> <p>生命周期各阶段排放因子数据清单、数值和来源见表 2。</p> <p>表 2 茶叶生命周期排放因子数据清单说明</p> <table border="1"><thead><tr><th>生命周期阶段</th><th>数据清单</th><th>排放因子数值</th><th>数据来源</th></tr></thead><tbody><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr><tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr></tbody></table>	生命周期阶段	数据清单	数据数值	数据来源													生命周期阶段	数据清单	排放因子数值	数据来源												
生命周期阶段	数据清单	数据数值	数据来源																													
生命周期阶段	数据清单	排放因子数值	数据来源																													

八、核算结果和结果解释

(一) 核算过程

(二) 结果解释

_____（填写产品生产者的全名）生产的_____（填写碳足迹核算的产品名称，每功能单位的产品），从_____（填写某生命周期阶段）到_____（填写某生命周期阶段）生命周期碳足迹为_____ t CO₂e/功能单位。各阶段 GHG 排放见表 3。

表 3 茶叶生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段及单元过程	碳足迹 (t CO ₂ e/功能单位)	贡献百分比 %
总计		

参 考 文 献

- [1] GB/T 24067 温室气体产品碳足迹量化要求和指南
- [2] GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [3] Zhang, W. F., Dou, Z. X., He, P., Ju, X. T., Powlson, D., Chadwick, D., Norse, D., Lu, Y. L., Zhang, Y., Wu, L., Chen, X. P., Cassman, K. G., & Zhang, F. S. (2013). New technologies reduce greenhouse gas emissions from nitrogenous fertilizer in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(21), 8375 – 8380.
- [4] 生态环境部环境规划院, 北京师范大学, 中山大学, 中国城市温室气体工作组. 中国产品全生命周期温室气体排放系数集 [R]. 北京: 生态环境部环境规划院, 2022.
- [5] 国家发展和改革委员会办公厅, 省级温室气体清单编制指南(试行): 发改办气候[2011]1041 号.
- [6] Wang, J. and P. Smith, et al. (2022). Direct N₂O emissions from global tea plantations and mitigation potential by climate-smart practices. *Resources, Conservation and Recycling* 185: 106501.
- [7] Nabuurs, G.-J., R. Mrabet, A. Abu Hatab, M. Bustamante, H. Clark, P. Havlík, J. House, C. Mbow, K.N. Ninan, A. Popp, S. Roe, B. Sohngen, S. Towprayoon, 2022: Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU). In IPCC, 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- [8] IPCC (2019). Chapter 11: N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application. In: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Edited by Kristell Hergoualc'h, Hiroko Akiyama, Martial Bernoux, Ngonidzashe Chirinda, Agustin del Prado, Åsa Kasimir, James Douglas MacDonald, Stephen Michael Ogle, Kristiina Regina, and Tony John van der Weerden. IPCC, Geneva, Switzerland.
- [9] 尤雪琴等(2008). 田间条件下不同园龄茶树氮、磷、钾养分需求规律的研究. *茶叶科学*(03): 207-213.
- [10] 张敏等(2013). 在茶园生产周期过程中茶树群落生物量和碳储量动态估算. *浙江大学学报(农业与生命科学版)* (6): 687-694.
- [11] Han, Z. et al. (2022). "Impact of organic fertilizer substitution and biochar amendment on net greenhouse gas budget in a tea plantation." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 326: 107779.
- [12] Lin, H. et al. (2023). Can biochar application improve the net economic benefits of tea plantations? *Science of The Total Environment* 856: 159029.