

T/CGFA

团 体 标 准

T/CGFA013—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求
茶叶

Greenhouse gases—Quantification methodologies and requirements for carbon
footprint of products—Tea

2025-12-18 发布

2025-12-19 实施

中国绿色食品协会

发布

目 录

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 核算原则..... 4

5 目的和范围..... 4

6 核算步骤..... 6

7 数据收集、质量控制和数据保存..... 6

8 碳足迹核算方法..... 8

9 核算报告..... 14

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。

本文件由中国绿色食品协会提出并归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、北京数碳智合科技有限公司、中国绿色食品协会碳中和委员会、包头市农村牧区社会事业发展中心、福建农林大学、福建年年香茶业股份公司、杭州易兑科技有限公司、南京农业大学、中国农业科学院农业经济与发展研究所、北京林业大学、中国农业大学、农业农村部农业生态与资源保护总站、重庆市农业科学研究院、北京中绿壹号农业科技中心、新质绿链（北京）农业科技有限公司、能碳（山东）生态科技有限公司、北京绿林认证有限公司、江西省微藻资环技术产业有限公司、加多宝（中国）饮料有限公司、贺州学院、九江地福来农业科技发展有限公司、绩溪瀚辉农业开发有限公司、芜湖市安兴生态农业有限公司、福建年年香茶业股份公司。

本文件主要起草人：李迎春、巩贺、韩雪、刘鑫、马芬、郑立明、李阔、程琨、田地、赵靖、宝哲、赵明月、马欣、许吟隆、孙媛、王静、牛坤玉、庞振国、郭李萍、娄翼来、胡宁、顾峰雪、倪润祥、秦康曦、余文梦、许雪乔、杭晓宁、匡文农、樊大勇、李可心、马晓雄、吴盛富、袁乐乐、任旭东、袁谢勤、刘舜舜、吴仁宇、李运祖。

引 言

产品碳足迹核算体系的深化应用，将成为我国完善碳排放统计核算体系的重要突破口，对构建产品碳标识认证制度、培育低碳产业创新集群具有战略性支撑作用。针对茶产业绿色低碳转型的迫切需求，系统构建涵盖茶树种植、加工和包装环节的茶叶全生命周期碳足迹量化方法与要求，促进茶产业的低碳发展和价值提升。

本文件基于GB/T 24067《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》中确定的产品碳足迹量化要求和指南，制定了本文件，旨在为茶叶碳足迹核算提供具体的量化方法和要求，为低碳农业发展和低碳消费提供技术和方法支撑。

本文件运用生命周期评价方法，通过提供明确和一致的茶叶碳足迹量化方法和要求，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、核算方法以及核算报告的要求，使组织、政府、行业、服务提供商、社区和其他相关方从中受益，具体包括：

- 明确茶叶生产的碳足迹量化要求；
- 统一茶叶生产的碳足迹量化方法；
- 支撑茶叶生命周期碳足迹评估；
- 保证茶叶碳足迹具有可比性；
- 识别茶叶全过程关键排放环节，挖掘减排潜力；
- 提高茶叶碳足迹量化和报告的可信度、一致性和透明度；
- 促进茶叶供应链温室气体管理策略和计划的制定和实施。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 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，界定了相关术语和定义，规定了核算边界、内容和流程、核算方法、数据质量保证与控制等要求。

本文件仅针对单一环境影响类型，即气候变化，不评价茶叶生命周期内产生的其他潜在环境影响，也不评价茶叶生命周期内可能产生的社会和经济影响。

本文件适用于我国茶叶全生命周期温室气体（GHG）核算、评价和报告，为茶叶研究和开发、技术改进、产品碳足迹绩效追踪和信息交流提供技术支撑。

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

3 术语和定义

GB/T 24067界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

产品碳足迹 carbon footprint of a product

产品系统中的温室气体排放量和清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于气候变化作为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]

3.2

茶叶碳足迹 carbon footprint of agricultural food products

茶叶生产系统中温室气体排放量和清除量之和。

注：包括种植、加工和产品包装过程的温室气体排放量以及茶树碳汇量和土壤固碳量之和。以二氧化碳当量表示。

3.3

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]

3.4

单元过程 unit process

进行生命周期清单分析时为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：GB/T 24044—2024，3.3.6]

3.5

功能单位 functional unit

用来量化产品系统功能的基准单位。

[来源：GB/T 24040—2024，3.3.7]

3.6

生命周期评价 life cycle assessment

一个产品系统在其整个生命周期内的输入、输出和潜在环境影响的汇编与评估。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.3]

3.7

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气层中自然存在的和由于人类活动产生的能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内的辐射的气态成分。

注：本文件涉及的温室气体包含二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）和氧化亚氮（N₂O）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.1]

3.8

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 32150—2015，3.2.5]

3.9

温室气体排放因子 greenhouse gas emission factors

活动数据与温室气体排放相关的系数。

注文：表征单位人为活动（例如每千克氮肥施用量、每升柴油等）的GHG排放量。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.7，有修改]

3.10

净温室气体排放量 net greenhouse gas emission

在特定时间段内单位茶叶核算边界内的总温室气体排放量减去植物（林）碳汇量和土壤固碳量。

3.11

茶树碳汇量 carbon sink of tea trees

茶树光合作用吸收的碳汇量。

3.12

土壤固碳量 soil carbon sequestration

农田土壤0 cm~20 cm耕层中有机碳的增加量。

3.13

农业投入品生产CO₂排放 CO₂ emissions related to the production of agricultural inputs

农业投入品(例如肥料、农药、农膜) CO₂排放。

3.14

包装材料生产过程CO₂排放量 CO₂ emissions related to packing

茶叶包装用的包装材料生产过程产生的二氧化碳排放量。

3.15

耗能CO₂排放量 CO₂ emissions related to energy consumption

茶叶种植、加工和包装过程中使用机械设备所消耗的电、汽油、柴油、煤、天然气等燃料燃烧产生的CO₂排放量。

3.16

活动水平数据 activity data

导致茶叶种植、加工和包装过程中温室气体排放以及茶树碳汇量、土壤固碳量变化的生产活动量的表征值。

3.17

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：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]

3.18

全球变暖潜势 global warming potential; GWP

将单位质量的某种温室气体在给定时间段内辐射强迫影响与等量二氧化碳辐射强迫影响相关联的系数。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.4]

3.19

核算主体 accounting entity

茶叶种植和加工生产的企业、合作社、家庭农场等视同法人的独立核算单位。

3.20

核算边界 accounting boundary

与茶叶的种植、加工和包装有关的所有过程中的GHG排放量和碳汇量。种植过程主要包括肥料、农药、地膜等农业投入品生产过程的GHG排放，农机具耗能产生的GHG排放，以及氮肥施用到农田产生的GHG排放。

注：加工过程主要包括杀青、揉捻、干燥、筛选等茶叶加工环节耗能（煤炭、天然气、电）产生的GHG排放。包装环节主要是茶叶产品包装材料生产和包装机耗能产生的GHG排放。

3.21

核算周期 accounting period

单位成品的茶叶在种植、加工和包装等过程中温室气体排放量核算对应的时间段。

4 核算原则

基于标准的程序进行茶叶碳足迹核算时，应遵循以下原则。

a) 相关性

数据和方法的选取适用于核算茶叶系统产生的GHG排放量和清除量。

b) 完整性

茶叶碳足迹核算包括所有对系统有显著贡献的GHG排放量和清除量。

c) 一致性

在茶叶碳足迹核算的全过程中，应使用相同的假设、方法和数据，以得到与目的和范围一致的结论。

d) 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，以提高茶叶碳足迹之间的可比性。

e) 准确性

茶叶碳足迹的量化是准确、可核查、相关且无误导性，并尽可能减少核算过程中偏差和不确定性。

f) 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式处理和记录所有相关问题。披露所有相关假设，并适当披露所使用的方法和数据来源，明确解释所有估计值并避免误差。

g) 避免重复计算

相同的GHG排放量和清除量仅分配一次，以避免GHG排放量和清除量的重复计算。

5 目的和范围

5.1 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；
- 识别茶叶关键排放环节，挖掘减排潜力；
- 为茶叶碳足迹标识提供依据。

5.2 核算范围

茶叶碳足迹核算将茶叶的生命周期作为产品系统进行模拟，该系统具有一个或多个特定功能。茶叶系统可再分为一组单元过程，有助于识别系统物质流的输入和输出。构成茶叶的单元过程应按生命周期阶段进行分组，包括茶叶种植阶段、茶叶加工阶段和茶叶包装阶段。茶叶生命周期中的GHG排放应分配到发生GHG排放和清除的生命周期阶段中。单元过程之间及生命周期阶段通过中间产品流或物质流相联系，与其他产品系统之间通过产品流相联系，与环境之间通过使用的资源或GHG排放相联系。

5.3 功能单位

茶叶碳足迹核算的功能单位为每千克茶叶的净GHG排放量（kg CO₂e/kg）。

5.4 系统边界

5.4.1 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。应确定并详细说明系统边界中包括的生命周期阶段和单元过程。

5.4.2 系统边界设置

根据茶叶的类型和生产系统特点，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。

- a) 茶叶种植阶段：包括肥料生产过程 CO₂ 排放，氮肥田间应用 N₂O 排放，农业投入品生产过程 CO₂ 排放，耕作和灌溉耗能产生的 CO₂ 排放，以及茶树碳汇量、枯落物碳汇量和土壤固碳量等单元过程。
- b) 茶叶加工阶段：包括杀青、揉捻、干燥、筛选和提香等加工环节耗能（煤炭、天然气、电）等单元过程。
- c) 茶叶包装阶段：包括包装材料生产和包装过程耗能等单元过程。

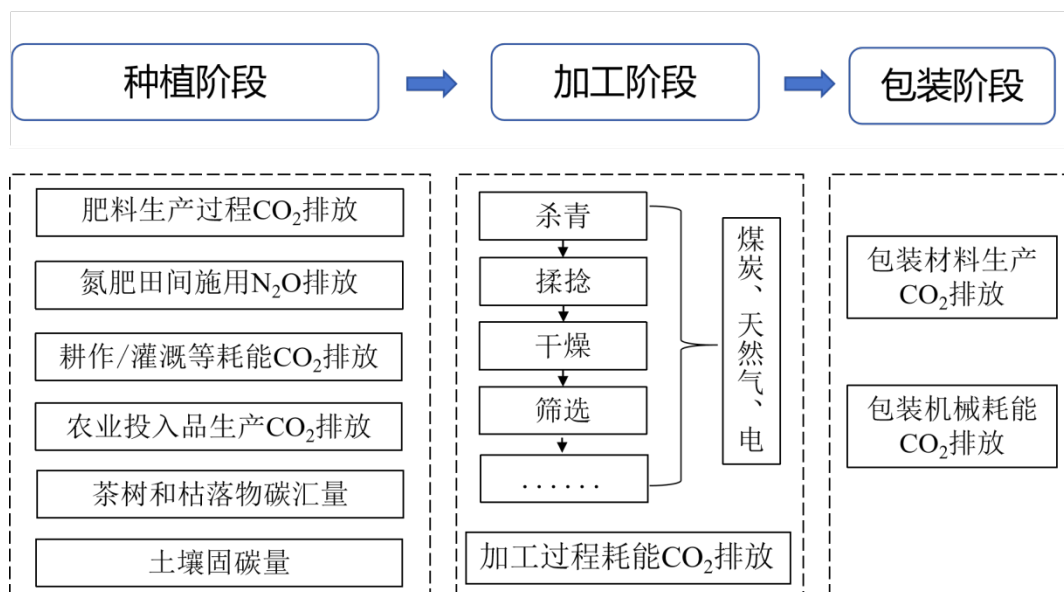


图1 茶叶碳足迹核算的生命周期阶段、单元过程和系统边界

5.4.3 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%。

5.4.4 时间边界

茶叶的数据采集时间边界为1年。

6 核算步骤

开展茶叶碳足迹核算应按照以下基本步骤进行：

- 确茶叶碳足迹核算边界，确定核算主体在茶叶种植、加工和包装过程中的典型活动，识别温室气体排放源和类型；
- 选择和收集系统边界内各单位过程的定性活动信息和定量活动数据；
- 选择和获取排放因子数据；
- 计算各单元过程的 GHG 排放量和清除量；
- 计算系统边界内茶叶碳足迹。

7 数据收集、质量控制和数据保存

7.1 数据收集内容

7.1.1 茶叶碳足迹核算需要的活动数据，应根据系统边界内各单元过程和功能单元进行确定。

7.1.2 茶叶种植阶段收集的活水平数据包括以下内容（附录 A）：

- 肥料的类型和用量，可能包括氮肥、磷肥、钾肥、复合肥、有机肥等；
- 灌溉耗能类型和用量；

- 耕作农机具耗能的类型和用量；
- 茶叶的树龄、种植密度；
- 土壤容重、0 cm~20 cm或0 cm~30 cm有机碳含量。

7.1.3 茶叶加工阶段收集的活动水平数据包括以下内容：

加工过程的机器类型、能耗类型和用量、单位时间加工量。

7.1.4 茶叶包装阶段收集的活动水平数据包括以下内容

- 包装材料的类型、用量；
- 包装机类型、能源类型和用量、单位时间包装量。

7.2 据收集方法

7.2.1 收集的数据应该明确记录其收集过程、收集时间和地理信息。

7.2.2 活动数据应该按照以下方法收集现场数据。

- 茶叶种植阶段的活动水平数据，根据种植农户的农资使用台账或统计报表、肥料供应商的肥料生产台账或统计报表；
- 茶叶加工阶段各加工环节的耗能，根据加工厂台账或是统计报表或是能源计量台账或是结算单或发票确定；
- 包装阶段的包装材料用量：根据加工厂的台账或是供应商的台账或是结算单或发票确定；
- 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。

7.2.3 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B提供的推荐值。

7.3 数据质量保证与控制

7.3.1 制定数据获取的技术步骤和细则

茶叶碳足迹主要涉及茶叶种植、加工和包装三个环节，根据不同环节的单元过程确定所需收集的数据类型、步骤和细则。

7.3.2 相关责任人员培训

根据数据收集的步骤和细则，对从事茶叶数据获取和数据分析的相关责任人员进行培训，并就茶叶种植、加工和包装三个环节的数据特征，重点强调注意事项。

7.3.3 数据记录

详细记录数据获取的过程，保留并归档原始记录、修正记录、验证记录。

7.3.4 数据录入与分析

7.3.4.1 按监测与估算流程依次进行数据录入，并由独立专家组进行复核，确保录入数据的准确性和一致性。

7.3.4.2 对定期收集的数据进行交叉检验，对可能产生的数据误差风险进行识别，并提出相应的解决方案。

7.3.4.3 进行不确定性评估。

7.3.5 数据质量控制

核算质量主要取决于数据的特性和数据的选择。产品碳足迹研究宜使用现有最高质量的数据。在开展茶叶碳足迹研究的组织拥有财务或运营控制权的情况下，应收集现场数据。所收集的过程数据应具有代表性。对于重要的单元过程，即使没有财务或运营控制权，也宜使用现场数据。数据收集过程中，要求数据具有以下特性：

——技术代表性：数据应真实、全面反映茶叶在种植、加工和包装各环节的温室气体排放特征和技术程度；

——区域代表性：数据应反映茶叶系统边界内不同区域的实际地理位置程度，不同区域的生产特性具有一定的区域特征。

——时间代表性：数据应反映当前技术水平下的现实状况，避免出现回推过去或超前的技术预测行为。

7.4 数据保存

7.4.1 开展茶叶碳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。

7.4.2 纸质版数据应该存放于保护袋、卷夹或保护盒等保存介质中，由负责人签字并定保存；如有破损应及时修补，并留储备查。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。

7.4.3 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+茶叶种植企业/加工厂+记录年份，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。

8 碳足迹核算方法

8.1 概述

茶叶碳足迹的核算采用IPCC温室气体清单方法，通过排放因子乘以活动水平数据计算。该方法主要涉及活动数据（AD）和排放因子（EF）。活动数据指茶叶种植、加工和包装过程中导致温室气体排放的人为活动量，如燃料用量、投入品用量等。排放因子是与活动数据相对应的系数，用于量化单位活动数据的温室气体排放量。

特别指出，活动水平数据是相关活动的实际记录数据，排放因子数据优先采用区域特定排放因子，其次为国家通用排放因子，最后是IPCC给出的推荐值。

茶叶全生命周期的碳足迹（CF），计算公式如下：

$$CF = CE_{\text{net, cultivation}}/Y_{\text{product}} + CE_{\text{process}}/P_{\text{product}} + CE_{\text{package}}/P_{\text{product}} \quad (1)$$

式中：

CF——单位茶叶碳足迹，以千克二氧化碳当量每千克（kg CO₂e/kg）计；

CE_{net, cultivation}——种植阶段净GHG排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）计；

CE_{process}——加工阶段GHG排放量，以千克二氧化碳当量（kg CO₂e）计；

CE_{package}——包装阶段GHG排放量，以千克二氧化碳当量（kg CO₂e）计；

Y_{product}——单位面积茶叶产量，单位为千克每公顷（kg/hm²），需根据鲜茶量换算为成品茶叶量；

P_{product}——茶叶产品加工量，单位为千克（kg）。

注：单位面积鲜茶产量和成品茶叶具有一定的换算关系，例如4.5 kg鲜茶加工成1 kg成品茶叶，根据实际情况确定。

8.2 种植阶段 GHG 排放量

茶叶产品种植阶段 GHG 排放源主要包括肥料、农药、农膜、灌溉和机械（农机具）耗能等。肥料产生的 GHG 排放来自两部分，一部分是肥料产品（化肥和有机肥）上游生产端的 GHG 排放，另一部分是无机氮肥和有机氮肥的田间施用引起的土壤 N₂O 直接排放，以及氮素挥发、沉降和淋溶径流产生的 N₂O 间接排放。

$$CE_{\text{net, cultivation}} = (CE_{\text{N}_2\text{O}} + CE_{\text{input}} + CE_{\text{irrigation}} + CE_{\text{machinery}}) - CS_{\text{teagarden}} \quad (2)$$

式中：

CE_{net, cultivation}——种植阶段净GHG排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）计；

CE_{N₂O}——茶园种植过程中的N₂O排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）计；

CE_{input}——种植阶段农业投入品（肥料、农药、农膜）上游生产端产生的GHG排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）计；

CE_{irrigation}——种植阶段灌溉耗能产生的GHG排放，以千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）计；

CE_{machinery}——种植阶段耕作机械耗能产生的GHG排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）计；

CS_{teagardn}——茶园碳汇量，以千克二氧化碳当量每公顷（kg CO₂e/hm²）计。

8.2.1 茶园N₂O排放量

茶园土壤N₂O排放包括直接排放和间接排放。直接排放是指氮肥施用引起的土壤N₂O排放，间接排放是指大气氮沉降和氮淋溶径流损失引起的N₂O排放。分别按照如下公式计算：

$$CE_{\text{N}_2\text{O}} = CE_{\text{dir}} + CE_{\text{indir}} \quad (3)$$

$$CE_{\text{dir}} = (F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}}) \times EF_{\text{d}} \times GWP_{100} \times 44/28 \quad (4)$$

$$CE_{\text{vol/dep}} = (F_{\text{SN}} \times \text{Frac}_{\text{SN}} + F_{\text{ON}} \times \text{Frac}_{\text{ON}}) \times EF_{\text{vol/dep}} \times GWP_{100} \times 44/28 \quad (5)$$

$$CE_{\text{leach/run}} = (F_{\text{SN}} + F_{\text{ON}}) \times \text{Frac}_{\text{leach/run}} \times EF_{\text{leach/run}} \times GWP_{100} \times 44/28 \quad (6)$$

$$CE_{\text{indir}} = CE_{\text{vol/dep}} + CE_{\text{leach/run}} \quad (7)$$

式中：

CE_{N_2O} ——单位面积茶园土壤 N_2O 排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（ $kg\ CO_2e/hm^2$ ）计；

CE_{dir} ——单位面积茶园土壤 N_2O 直接排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（ $kg\ CO_2e/hm^2$ ）计；

CE_{dir} ——单位面积茶园土壤 N_2O 间接排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（ $kg\ CO_2e/hm^2$ ）计；

F_{SN} 和 F_{ON} 分别——单位面积化肥和有机肥的N养分用量，单位为千克每公顷（ $kg\ N/hm^2$ ）；

EF_d ——茶园土壤 N_2O 直接排放因子，以千克 N_2O-N 每千克氮肥（ $kg\ N_2O-N/kg\ N$ ，%）计；

44/28—— N_2O 与N的分子量之比；

GWP100—— N_2O 在100年尺度下的全球增温潜势，值为273（IPCC, 2021）；

$CE_{vol/dep}$ 和 $CE_{leach/run}$ 分别是单位面积氮挥发沉降和淋溶径流产生的 N_2O 排放量，以千克二氧化碳当量每公顷（ $kg\ CO_2e/hm^2$ ）计；

$Frac_{SN}$ 和 $Frac_{ON}$ 分别指氮肥和有机肥以 NH_3 和 NO_x 形式挥发的比例，分别为11%和21%； $EF_{vol/dep}$ 为土壤和水面N大气沉积的 N_2O 排放因子，以千克 N_2O-N 量每千克挥发的 $kg\ NH_3-N+NO_x-N$ （%）计；

$Frac_{leach/run}$ 为溶淋和径流损失的所有施加氮/矿化氮的比例为，值为24%；

$EF_{leach/run}$ 为淋溶和径流氮的排放因子，以千克 N_2O-N 量每千克溶淋和径流氮（%）计。

8.2.2 农业投入品上游生产端GHG排放量

农业投入品（包括肥料、农药和地膜）上游生产端的GHG排放量，按照如下公式计算：

$$CE_{input} = \sum_f (AD_f \times EF_f) \quad (9)$$

式中：

CE_{input} ——单位面积农业投入品的碳足迹，以千克二氧化碳当量每公顷（ $kg\ CO_2e/hm^2$ ）计；

AD_f ——肥料、农药和地膜等农业投入品的活动水平数据，肥料以千克纯氧分量每公顷（ $kg\ N/hm^2$ 、 $kg\ P_2O_5/hm^2$ 、 $kg\ K_2O/hm^2$ ）计，农药和地膜的单位分别为 L/hm^2 和 kg/hm^2 ；

EF_f ——排放因子，即单位投入品产生的 CO_2 排放量，以千克二氧化碳当量每千克（或每升）（ $kg\ CO_2e/kg$ ， $kg\ CO_2e/L$ ）计。

8.2.3 灌溉耗能产生的 CO_2 排放量

茶叶种植过程中灌溉耗能可能是电或其他化石能源，根据实际情况选择对应的计算公式，单位面积灌溉耗能产生的 CO_2 排放量，按照如下公式计算：

$$CE_{irrigation} = CE_{electricity} + CE_{fuel, i} \quad (10)$$

式中：

$CE_{irrigation}$ ——茶叶种植单位面积灌溉耗能产生的 CO_2 排放量，以千克二氧化碳每公顷（ $kg\ CO_2/hm^2$ ）计；

$CE_{electricity}$ ——单位面积灌溉耗电产生的 CO_2 排放量，以千克二氧化碳每公顷（ $kg\ CO_2/hm^2$ ）计；

$CE_{fuel, i}$ ——单位面积灌溉耗 i 类化石能源产生的 CO_2 排放量，以千克二氧化碳每公顷（ $kg\ CO_2/hm^2$ ）计。

茶叶种植过程中灌溉耗电产生的 CO_2 排放量，按照如下公式计算：

$$CE_{electricity} = AD_{electricity} \times EF_{electricity} \times 1000 \quad (11)$$

式中，

$AD_{\text{electricity}}$ ——单位面积灌溉耗电量，以千瓦时每公顷($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{hm}^2$)计；

$EF_{\text{electricity}}$ ——各区域电网排放因子，以千克二氧化碳每千瓦时($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{kW}\cdot\text{h}$)计；

1000——单位转换系数。

茶叶种植过程中灌溉消耗*i*类化石能源产生的 CO_2 排放量，包括能源生产过程的 CO_2 排放量以及能源使用过程中的 CO_2 排放量，按照如下公式计算：

$$CE_{\text{fuel}, i} = CE_{\text{fuel-use}, i} + CE_{\text{fuel-production}, i} \quad (12)$$

$$CE_{\text{fuel-use}, i} = (AD_{\text{fuel-use}, i} \times EF_{\text{fuel-use}, i}) \quad (13)$$

$$CE_{\text{fuel-production}, i} = (AD_{\text{fuel-use}, i} \times EF_{\text{fuel-production}, i}) \quad (14)$$

式中，

$CE_{\text{fuel}, i}$ ——单位面积*i*类化石燃料消耗产生的 CO_2 排放量，以千克二氧化碳每公顷($\text{kg CO}_2/\text{hm}^2$)计；

$CE_{\text{fuel-use}, i}$ ——单位面积*i*类化石燃料使用产生的 CO_2 排放量，以千克二氧化碳每公顷($\text{kg CO}_2/\text{hm}^2$)计；

$CE_{\text{fuel-production}, i}$ ——单位面积*i*类化石燃料上游生产端产生的 CO_2 排放量，以千克二氧化碳每公顷($\text{kg CO}_2/\text{hm}^2$)计；

$AD_{\text{fuel-use}, i}$ ——茶叶种植过程中单位面积灌溉*i*类化石能源的消耗量，以千克每公顷(kg/hm^2)、升每公顷或(L/hm^2)立方米每公顷(m^3/hm^2)计；

$EF_{\text{fuel-production}, i}$ ——第*i*类型化石能源生产的排放因子，以千克二氧化碳每千克($\text{kg CO}_2/\text{kg}$)、千克二氧化碳每升($\text{kg CO}_2/\text{L}$)或千克二氧化碳每立方米($\text{kg CO}_2/\text{m}^3$)计，能源生产的排放因子推荐值可参考表B4；

$EF_{\text{fuel-use}, i}$ ——第*i*类型化石燃料使用的排放因子，以千克二氧化碳每千克($\text{kg CO}_2/\text{kg}$)、千克二氧化碳每升($\text{kg CO}_2/\text{L}$)或千克二氧化碳每立方米($\text{kg CO}_2/\text{m}^3$)计，能源使用的排放因子推荐值可参考表B4。

8.2.4 农机具作业耗能产生的 CO_2 排放量

茶叶种植过程中农机具作业耗能产生的 CO_2 排放量，参考8.2.3中的公式计算。

8.2.5 茶园碳汇量

茶园碳汇量主要包括茶树碳汇量、枯落物碳汇量和土壤碳汇量，按照以下公式计算：

$$CS_{\text{teagarden}} = CS_{\text{tea}} + CS_{\text{litter}} + CS_{\text{soil}} \quad (15)$$

式中：

$CS_{\text{teagarden}}$ ——单位面积茶园生态系统碳汇量，以千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{hm}^2$)计；

CS_{tea} ——单位面积茶树碳汇量，以千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{hm}^2$)计；

CS_{litter} ——单位面积枯枝落叶层碳汇量，以千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{hm}^2$)计；

CS_{soil} ——单位面积土壤碳汇量，以千克二氧化碳当量每公顷($\text{kg CO}_2\text{e}/\text{hm}^2$)计。

8.2.5.1 树木碳汇量计算

茶树进入采摘期后，每年进行修剪，后期生物量增加不明显，因此将果树多年的生物碳汇量按照茶叶采摘年限平均到每年。

$$CS_{\text{tea}} = \sum_j (B_{\text{organ}, j} \times C_j \times 44/12) / a \quad (16)$$

式中：

CS_{plant} ——平均每年的单位面积果树碳汇量，以千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{hm}^2$ ）计；

B_{organs} ——果树不同器官的单位面积生物量，以千克每公顷（ kg/hm^2 ）计；

C_j ——不同器官含碳率，%；

44/12—— CO_2 与C的分子量之比；

a ——预期的采摘年限。

茶树生物量可以采用直接监测法和模型模拟法获取。当有条件进行实地监测生物量时，鼓励采用直接监测法。如不能，建议参考《温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇》给出的灌木的生物量计算方法。

直接监测法

茶树生物量的计算可以采用平均值法计算，即通过田间实地监测不同器官的生物量，根据单位面积树木的棵数计算不同器官单位面积的生物量，按照如下公式计算：

$$B_{\text{organs}} = B_{\text{organs, plant}} \times N_{\text{plant}} \quad (17)$$

式中：

B_{organs} ——果树不同器官的单位面积生物量，以千克每公顷（ kg/hm^2 ）计；

$B_{\text{organs, plant}}$ ——单株不同器官的生物量，以千克每棵（ $\text{kg}/\text{棵}$ ）计；

N_{plant} ——单位面积茶树的棵数，以棵每公顷（ $\text{棵}/\text{hm}^2$ ）计。

模型法

如果不具备直接监测的条件，可以采用生长模型计算茶树生物量，公式如下：

$$M_{\text{plant}} = -14.95 + 56.3(1 - e^{-0.27t}) \quad (18)$$

$$M_{\text{all}} = M_{\text{plant}} \times (1 + 0.5) \quad (19)$$

式中：

M_{plant} ——茶树地上生物量，以千克每公顷（ t/ha ）计；

t ——是树龄；

0.5——根冠比。

8.2.5.2 枯落物碳汇量

采用样方收获法测定枯落物的生物量，测算获得每年的单位面积园地枯落物的生物量。含碳率可由室内样品直接测定，也可采用缺省值0.35~0.40，按照如下公式计算：

$$CS_{\text{litter}} = B_{\text{litter}, t1} \times C_{\text{litter}} - B_{\text{litter}, t0} \times C_{\text{litter}} \times k \quad (20)$$

式中：

CS_{litter} ——年单位面积枯落物碳汇量，以千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{hm}^2$ ）计；

B_{litter} ——年单位面积枯落物生物量增长量，以千克每公顷（ kg/hm^2 ）计；

C_{litter} ——枯落物含碳量（%）；

$t1$ ——监测当年；

$t0$ ——监测期的上一年；

k ——枯落物分解常数，一般为0.3~0.6，温暖湿润地区为0.5~0.6，寒冷干燥地区为0.3~0.4。

8.2.5.3 土壤固碳量

由于土壤有机碳的变化缓慢，短时间内无法监测出土壤有机碳含量的显著变化，本文件指出若监测周期大于3~5年，建议采用直接测量法。若监测期小于3~5年，建议采用文献数据或IPCC给出的推荐值。直接测量方法按照如下公式计算：

$$CS_{\text{soil}} = \frac{\Delta SOC \times BD \times (1-F) \times \text{Depth}}{a} \times 44/12 \quad (21)$$

式中：

CS_{soil} ——单位面积土壤固碳量，以千克二氧化碳当量每公顷（ $\text{kg CO}_2\text{e}/\text{hm}^2$ ）计；

ΔSOC ——一个生长季节或一定年份内单位面积有机碳含量的变化，单位为克每千克（ g/kg ）；

a ——土壤有机碳监测的年份数量；

BD ——土壤容重，单位为克每立方厘米（ g/cm^3 ）；

F ——土层直径大于2 mm石砾、根系和其他死残体体积百分含量的数值，单位为百分数（%）；

44/12—— CO_2 与C的分子量之比；

Depth ——土壤深度，耕层土壤厚度为20 cm或30 cm。

8.3 加工环节碳足迹核算

鉴于茶叶产品加工工艺各不同，因此本文件中在茶叶加工阶段的 CO_2 排放主要根据能源消耗量进行计算。加工环节耗能产生的GHG排放量可以参考9.1.4中的公式计算。如若具有各能源的排放因子，可以直接按照如下公式计算：

$$CE_{\text{process}} = AD_i \times EF_i \quad (22)$$

式中：

CE_{process} ——加工环节产生的二氧化碳排放量，以千克二氧化碳（kg CO₂e）计；

EF_i ——消耗单位能源*i*的GHG排放因子，以千克二氧化碳每千克（kg CO₂/kg）、千克二氧化碳每千瓦时[kg CO₂/(kW·h)]或千克二氧化碳每立方米（kg CO₂/m³）计，能源和电力碳排放因子推荐值采用国家公布的碳足迹因子；

Q_i ——茶叶产品加工过程中能源*i*的消耗量，单位为千克（kg）或千瓦时（kW·h）或立方米（m³）。

8.4 包装环节碳足迹核算

茶叶产品具有多种包装类型，包括纸类、塑料类、金属类、复合材料类、无纺布类等，根据包装材料的类型选择特定的排放因子。茶叶产品包装过程分为人工包装或机器包装，人工包装不产生温室气体排放，机器包装根据耗能计算温室气体排放量。计算公式如下：

$$CE_{\text{package}} = CE_{\text{material}} + CE_{\text{fuel}} \quad (23)$$

$$CE_{\text{material}} = AD_m \times EF_m \quad (24)$$

式中：

CE_{package} ——包装过程产生的二氧化碳排放量，以千克二氧化碳当量（kg CO₂e）计；

CE_{material} ——包装材料生产的二氧化碳排放量，以千克二氧化碳当量（kg CO₂e）计；

CE_{fuel} ——包装过程耗能产生的二氧化碳排放量，以千克二氧化碳当量（kg CO₂e）计，包装机耗能产生的温室气体排放量计算方法同8.2.3中的公式；

AD_m ——*m*类包装的使用量，单位为千克（kg）；

EF_m ——*m*类包装袋排放因子，以千克二氧化碳当量每千克（kg CO₂e/kg）计。

9 核算报告

根据茶叶产品碳足迹评价和报告的目的与要求，确定报告的具体内容。核算报告至少应包括茶叶产品生产单位的基本信息、核算概述、功能单位、系统边界、数据收集与处理以及核算结果等四部分内容，参见附录 C。

附录 A
(资料性)

需监测和获取的活动数据及相关要求

需监测和获取的活动数据及相关要求见表 A.1。

表 A.1 需监测和获取的活动数据及相关要求

阶段	类型	单位
种植阶段	种植面积	hm ²
	收获时间	年/月/日
	产量	kg/hm ²
	施肥时间	年/月/日
	肥料类型	-
	施肥方式	-
	单位面积肥料施用量	kg/hm ²
	折纯量	kg N/ha、kg P ₂ O ₅ /hm ² 或 kg K ₂ O/hm ²
	灌溉时间	年/月/日
	灌溉量	m ³ /hm ²
	灌溉耗能类型	-
	灌溉耗能	kW·h/hm ² 、kg/hm ² 、L/hm ² 、m ³ /hm ²
	病虫草害防治时间	年/月/日
	防治方法	-
	农药类型	-
	农药用量	L/hm ²
	农机使用时间	年/月/日
	机具类型	-
	能源类型	-
	能源消耗量	kg/hm ² 、m ³ /hm ² 、L/hm ² 、kW·h/hm ²
加工阶段	土壤容重	g/cm ³
	土壤有机碳含量	g/kg
	机器类型	-
	功率	kW
	能源类型	-
包装阶段	能源消耗量	kg、m ³ 、kW·h
	单位时间加工量	kg/h
	包装材料类型	-
	包装材料用量	kg
	包装机器能源类型	-
	包装机器能源消耗量	kg/hm ² 、m ³ /hm ² 、L/hm ² 、kW·h/hm ²
	包装机单位时间包装量	kg/h

附录 B

(资料性)

排放因子参考值

相关参数推荐值可参考表 B.1-B.7。

表 B.1 全球变暖潜势 (GWP)

通用名称	化学分子式	100 年 GWP
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27
氧化亚氮	N ₂ O	273
注：IPCC《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对 IPCC 第六次评估报告》		

表 B.2 不同区域茶园土壤 N₂O 直接排放因子

区域	EF _d kg N ₂ O-N/kg N
北京、天津、河北、河南、山东	0.0057
浙江、上海、江苏、安徽、江西、湖南、湖北、四川、重庆	0.0109
广东、广西、海南、福建	0.0178
云南、贵州	0.0106
数据来源：《省级温室气体清单指南(试行)》	

表 B.3 茶园土壤 N₂O 间接排放因子

排放因子	总体		详细信息		
	数值	范围	类别	数值	范围
氮挥发沉降排放因子 (CE _{vol/dep} , kg N ₂ O-N/kg N)	0.010	0.002~0.018	湿润气候	0.014	0.011~0.017
			干燥气候	0.005	0.000~0.011
氮淋溶及流失排放因子 (CE _{leach/run} , kg N ₂ O-N/kg N)	0.011	0.000~0.020			
化肥气态氮损失比例 (Frac _{SN} , 无量纲)	0.11	0.02~0.33	尿素	0.15	0.03~0.43
			铵盐肥料	0.08	0.02~0.30
			硝酸盐肥料	0.01	0.00~0.02
			硝酸铵肥料	0.05	0.00~0.20
有机肥气态氮损失比例 (Frac _{ON} , 无量纲)	0.21	0.00~0.31			
氮肥淋溶及流失比例 (Frac _{leach/run} , 无量纲)	0.24	0.01~0.73			
<p>注：湿润气候为年降水量与潜在蒸散量之比>1 的温带和北方地区，以及年降水量>1000 mm 的热带地区；</p> <p>干燥气候在年降水量与潜在蒸散量之比<1 的温带与北方地区，和年降水量<1000 mm 的热带地区。</p> <p>数据来源于《2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories》。</p>					

表 B.4 化石能源的排放因子

燃料类型		EF _{fuel-use} 化石能源使用的排放因子	EF _{fuel-production} 化石能源生产的排放因子
固体燃料	无烟煤	2.5215 kg CO ₂ e /kg	2.522 kg CO ₂ e /kg
	焦炭	2.8569 kg CO ₂ e /kg	3.076 kg CO ₂ e /kg
液体燃料	汽油	3.9662 kg CO ₂ e /L	0.634 kg CO ₂ e /L
	柴油	3.6421 kg CO ₂ e /L	0.651 kg CO ₂ e /L
	煤油	3.7918 kg CO ₂ e /L	3.33 kg CO ₂ e /L
	液化天然气	6.3627 kg CO ₂ e /L	2.61 kg CO ₂ e /L
气体燃料	天然气	3.0138 kg CO ₂ e /Nm ³	0.07 kg CO ₂ e /Nm ³
注：根据公式计算得出，详见编制说明。			

表 B.5 各地电网电力排放因子 (t CO₂e/kW·h)

省份	排放因子 (kg CO ₂ e/kW·h)	省份	排放因子 (kg CO ₂ /kW·h)	省份	排放因子 (kg CO ₂ /kW·h)
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	0.641	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	0.49	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
注：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》					

表 B.6 各类包装的排放因子

包装类型	排放因子 (kg CO ₂ e/kg)
塑料编织布包装袋	2.51
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
数据来源：各类包装的排放系数来自《中国产品全生命周期温室气体排放系数集（2022）》	

表 B.7 化肥的排放因子

肥料类型	肥料种类	排放因子
氮肥	合成氨/液氨	6.13 kg CO ₂ e/kg N
	尿素	7.48 kg CO ₂ e/kg N
	碳铵	7.07 kg CO ₂ e/kg N
	硝酸铵	15.41 kg CO ₂ e/kg N
	氯化铵	8.14 kg CO ₂ e/kg N
	其他氮肥	7.76 kg CO ₂ e/kg N
磷肥	重钙	1.71 kg CO ₂ e/kg P ₂ O ₅
	磷酸二铵	4.07 kg CO ₂ e/kg P ₂ O ₅
	磷酸一铵	2.71 kg CO ₂ e/kg P ₂ O ₅
	普钙	0.72 kg CO ₂ e/kg P ₂ O ₅
	钙镁磷肥	7.72 kg CO ₂ e/kg P ₂ O ₅
	其他磷肥	2.33 kg CO ₂ e/kg P ₂ O ₅
钾肥	氯化钾	0.62 kg CO ₂ e/kg K ₂ O
	硫酸钾	1.50 kg CO ₂ e/kg K ₂ O
	其他钾肥	0.66 kg CO ₂ e/kg K ₂ O
数据来源：《中国氮磷钾肥制造温室气体排放系数的估算》（陈舜等，2015）		

附录 C

(规范性)

茶叶产品碳足迹研究报告（模板）

茶叶产品碳足迹报告

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、概况

1.1 生产单位基本信息

生产单位名称：

地 址：

法定代表人：

集体负责人：

联 系 人：

联系电话：

1.2 产品基本信息

产品名称：

产品介绍：

产地基本信息：

可能包括地理位置、管理措施、气候条件、土壤条件、单位产量/加工量

1.3 量化方法

二、量化目标和范围

2.1 核算目的

2.3 功能单位

此文件统一规定，茶叶碳足迹核算的功能单位为每千克茶叶的净GHG排放量（kg CO₂e/kg）。

2.3 系统边界

碳足迹核算的系统边界描述，包括种植、加工和包装环节的具体描述。

2.4 取舍准则

2.5 时间范围

三、数据说明

数据收集和审定、数据分配原则

3.1 种植环节的数据

农业投入品的类型、用量、农机具类型和耗能。

3.2 加工环节的数据

包括仪器的类型、耗能等信息。

3.3 包装环节的数据

包装材料的类型、用量，以及包装加的类型和耗能。

3.4 数据的记录与归档

详细描述如何进行数据的记录与归档。

四、核算结果与分析

4.1 核算结果

表1 茶叶产品生命周期各阶段碳排放特征

生命周期阶段	碳足迹 (kg CO ₂ e/kg)	贡献百分比 (%)
种植阶段		
加工阶段		
包装阶段		
总计		

4.2 改进建议

五、产品碳足迹声明

茶叶产品生产单位名称生产的茶叶产品名称，从种植阶段到加工阶段的生命周期碳足迹为XXkg CO₂e/kg。

参考文献

- [1] 陈舜, 逯非, 王效科. 中国氮磷钾肥制造温室气体排放系数的估算[J]. 生态学报, 2015, 35(19): 6371-6383.
- [2] CCER—14—001—V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇.
- [3] 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.
- [4] 生态环境部和国家统计局. 2022年电力二氧化碳排放因子[EB/OL]. 2025. https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202412/t20241226_1099413.html.
- [5] IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4-Agriculture, Forestry and Other Land Use [M]. Kanagawa: IGES, 2006.
- [6] IPCC, 2019. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use.