

团 体 标 准

T/ZGSCLT 003—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 农产品及农加工产品

**Greenhouse gases—Quantification methodologies and requirements for carbon
footprint of products—Agro-products and agro-processed products**

征求意见稿

2025 - 09 - 22 发布

2025 - 09 - 23 实施

中国蔬菜流通协会 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 基本原则	4
4.1 科学性	4
4.2 实用性	4
4.3 完整性	4
4.4 规范性	4
4.5 可比性	4
4.6 准确性	4
4.7 透明性	4
4.8 避免重复计算	5
5 碳足迹评价方法	5
5.1 概述	5
5.2 目标和范围	5
5.3 生命周期清单分析	7
5.4 生命周期影响评价	20
5.5 生命周期解释	20
6 评价报告编写	21
7 碳足迹披露和碳足迹标识	21

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。

本文件由中国蔬菜流通协会提出并归口。

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、中国蔬菜流通协会预制产业工作委员会、华夏预制（北京）农业科技发展有限公司、赤峰市强本农牧业（投资）集团有限公司、北京数碳智合科技有限公司、中国生产力学会生态产业价值发展专委会。

本文件主要起草人：顾峰雪、秦晓波、王剑、巩贺、郑立明、戴中久、沈杨、李冰。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 农产品及农加工产品

1 范围

本文件规定了农业初级产品和农加工产品碳足迹评价的原则、评价内容、评价方法和流程、评价报告和碳标识等内容。

本文件适用于任何组织开展基于生命周期方法的种植业和养殖业获得的农产品和农加工产品的碳足迹评价。

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 24025-2009 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序

GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架

GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南

GB/T 24067-2024 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

GB/T 44903-2024 温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 畜产品

GB/T 32150-2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 24001-2016 环境管理体系 要求及使用指南

GB/T 32151.11-2018 温室气体排放核算与报告要求 第11部分：煤炭生产企业

GB/T 11891-1989 水质 凯氏氮的测定

NY/T525-2012 有机肥料

NY/T3177-2018 农产品分类与代码

T/CIECCPA 016-2022 种植业农产品与农加工产品碳足迹量化与评价导则

T/ACEF 072-2023 食品碳足迹评价技术通则

ISO/TS 14067:2013 温室气体 产品碳足迹 量化与通报要求及指南 (Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication)

ISO 14064-1:2006 温室气体 第一部分 组织层次上对温室气体排放和清除的量化和报告的规范及指南 (Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emission and removal)

PAS 2050:2011 商品和服务的生命周期温室气体排放评价规范 (Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

农产品 agricultural products

农业活动中获得的植物、动物、微生物及其产品，包括NY/T3177-2018中种植业产品和畜牧业产品两个一级类。

[来源：T/CIECCPA 016—2022，3.1，有修改]

3.2

农加工产品 agricultural processing products

以农产品为原料，用物理、化学和生物学的方法制成的各种食品或其他用品。

[来源：T/CIECCPA 016—2022，3.2]

3.3

生命周期 life cycle

产品（或服务）系统中前后衔接的一系列阶段，从自然界或从自然资源中获取原材料，直至最终处置。

[来源：GB/T 24001-2016，3.3.3]

3.4

生命周期评价 life cycle assessment; LCA

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 3.4.4]

3.5

生命周期清单分析 life cycle inventory analysis; LCI

生命周期评价的阶段，涉及产品整个生命周期内输入和输出的汇编和量化。

[来源：GB/T 24044-2008，3.3]

3.6

生命周期影响评价 life cycle impact assessment; LCIA

生命周期评价的阶段，旨在了解和评估产品系统在产品的整个生命周期中潜在环境影响的大小和重要性。

[来源：GB/T 24044-2008，3.4]

3.7

生命周期解释 life cycle interpretation

生命周期评价中根据规定的目标和范围对清单分析或影响评价的结果进行评估以形成结论和建议的阶段。

[来源：GB/T 24067—2024 3.4.6]

3.8

产品碳足迹 carbon footprint of a product (CFP)

仅考虑气候变化这一影响类型的生命周期评价，以二氧化碳当量表示的产品系统温室气体排放量与清除量之和。

[来源：ISO/TS 14067:2013，3.1.1.1]

3.9

产品碳足迹标识 CFP label

位于产品上的、根据产品碳足迹通报要求标示出特定产品种类下的该产品碳足迹的标识。

[来源：ISO/TS 14067:2013，3.1.2.6]

3.10

温室气体 greenhouse gas

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：如无特别说明，本文件中的温室气体包括二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）、氧化亚氮（N₂O）、氢氟碳化物（HFCs）、全氟碳化物（PFCs）、六氟化硫（SF₆）与三氟化氮（NF₃）。

[来源：GB/T 32150-2015，3.1]。

3.11

全球增温潜势 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度的影响与等量二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015，3.15]

3.12

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

CO₂e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.16]

3.13

碳存储 carbon storage

通过植物光合作用吸收从大气中的碳并将其储存在农田土壤中的过程。

3.14

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.13]

3.15

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 24044-2008, 3.32]

3.16

功能单位 functional unit

基于产品系统性能用来量化的基准单位。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.20]

3.17

产品系统 product system

具有基本流和产品流，执行一种或多种特定功能，并能模拟产品生命周期的一系列单元过程的集合。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.28]

3.18

初级数据 primary data

通过在原始源直接测量或基于直接测量的计算而得到的单元过程或活动的量化值。

注：初级数据并非必须来自所评价的产品系统，因为初级数据可能涉及其他与所评价的产品系统具有可比性的产品系统。

[来源：ISO/TS 14067:2013, 3.1.7.1]

3.19

现场数据 site-specific data

从产品系统内部获得的初级数据。

注 1：所有现场数据均为初级数据，但并不是所有初级数据都是现场数据，因为数据可能是从不同产品系统内部获得。

注 2：现场数据包括场地内一个特定单元过程的温室气体排放量和温室气体清除量。

[来源：GB/T 24067—2024 3.4.6]

3.20

次级数据 secondary data

通过在原始源直接测量或基于直接测量的计算以外的方式获得的单元过程或活动的量化值。

注：次级数据的来源可包括数据库和有关部门批准发布的资料。

[来源：ISO/TS 14067:2013, 3.1.7.3]

3.21

数据质量 data quality

数据在满足所声明的要求方面的能力特性。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.19]

3.22

不确定性 uncertainty

与量化结果相关联的、表征数值偏差的参数。该数值偏差可合理地归因于被量化的量。

注：不确定性分析一般指对可能发生的数值偏差进行定量估算，及对可能引起偏差的原因进行定性描述。

[来源：ISO 14064-1:2006, 2.37]

3.23

取舍准则 cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关和物质和能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在研究范围之外所做出的规定。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.18]

3.24

生物质 biomass

生物来源的物质，不包括嵌入地质构造中的物质和转化为化石的物质。

注 1：包括有机物质（有生命的和死亡的），例如树木、作物、草、树木凋落物、藻类、动物、粪便和生物源废物。

注 2：在本文件中，生物质不包括泥炭。

[来源：GB/T 24067—2024 3.7.1]

3.25

生物质碳 biogenic carbon

源自生物质的碳。

[来源：GB/T 24067—2024 3.7.2]

3.26

土地利用 land use; LU

在相关边界范围内，人类对土地的使用或管理。

注 1：在本文件中，相关边界指的是所研究系统的边界。

注 2：在生命周期评价中，土地利用多指“土地占用”。

[来源：GB/T 24067—2024 3.7.4]

4 基本原则

4.1 科学性

从生命周期视角，明确评价产品的系统边界，包括生命周期的所有阶段和不同来源的温室气体排放和清除量，注重数据的准确性、全面性，采集样本的代表性。

4.2 实用性

根据评价产品的生产流程和特点，评价目的、范围和数据可获得性，确定适合所评价产品的系统边界、评价流程、指标、方法和数据采集方法。标准包括的量化方法在现有的技术水平下可以完成农产品和农加工产品碳足迹评价和报告。

4.3 完整性

产品碳足迹评价应包括对产品碳足迹有实质性贡献的所有温室气体的排放与清除。

4.4 规范性

评价程序应覆盖所界定的系统范围、生产阶段和温室气体种类，采集用适宜的评价方法，确保评价结果准确、有效。

4.5 协调一致性

评价依据的方法是已被认可和采用的方法学和标准，与已经发布的温室气体产品碳足迹量化方法与要求体系协调一致，确保特定产品种类的评价结果之间可比较。

4.6 准确性

确保产品碳足迹量化和通报是准确的、可核证的、相关的、无误导的，并尽可能减少偏差和不确定性。

4.7 透明性

所有相关问题的记录应以公开的方式来呈现。应在评价报告中阐述所有相关假设、所使用的方法学和数据来源。应清楚地解释所有估计值并避免偏差，以使产品碳足迹评价报告如实地阐明其内容。

4.8 避免重复计算

避免对所评价产品系统温室气体排放量与清除量进行重复计算，以及避免对其他产品系统已考虑的温室气体排放与清除进行分配。

5 碳足迹评价方法

5.1 概述

在产品碳足迹的评价中考虑了产品的整个生命周期，包括原材料获取、生产、储存运输、销售、使用和生命末期阶段。产品碳足迹评价应包括针对产品碳足迹或部分产品碳足迹的LCA的四个阶段，即目标和范围定义、生命周期清单分析、生命周期影响评估和生命周期解释。产品生命周期中的温室气体排放和清除应分配到温室气体排放和清除发生的产品生命周期阶段。对于各部分产品碳足迹，只要按相同方法评估，则可对其进行累计，以形成完整的产品碳足迹。

5.2 目标和范围

5.2.1 目标

通过量化产品生命周期或选定过程中的所有重要温室气体排放和清除量，计算产品对全球变暖的潜在贡献（用二氧化碳当量表示）。在确定某个具体产品碳足迹评价目标时要包含评价的预期应用、评价原因和目标受众。评价农业产品和农加工产品碳足迹的具体目标包括：

- a) 量化农业生产和农产品加工企业的碳排放，通过引导绿色消费促进农业生产和农产品加工企业的减排；
- b) 向政府、消费者和产业链下游客户提供产品生产的某个阶段的温室气体排放情况；
- c) 在产品声明和企业碳披露声明中包含碳足迹结果，如在企业碳披露文件中，或以证书形式和碳标签数据发布。

5.2.2 范围

5.2.2.1 产品系统

依据评价的目标，选择不同碳足迹评价的范围，包括涵盖整个生命周期阶段（从摇篮到坟墓）、从原材料获取到产品离开生产组织（从摇篮到大门）、从原材料获取到产品离开销售阶段（从摇篮到销售）和从产业链上游生产组织到下游生产组织（大门到大门）的产品碳足迹评价。

5.2.2.2 LCA 阶段

a) 农业生产和原料获取阶段

农业生产和原料获取阶段的碳排放来自于农作物的种植、动物养殖、水产养殖、微生物发酵、投入品生产，包括生产、土地利用变化、能源使用、原料运输、原料储存和废弃物处理等方面。

农作物种植阶段的碳排放和清除包括种植生产、运输、农作物生长（播种、灌溉、施肥、防控、采收和翻耕等）和土壤碳储存等环节。

动物养殖的碳排放包括饲料兽药生产、肠道发酵、粪便管理、养殖过程等环节。

微生物发酵产品的碳排放包括原材料处理、发酵、分离、干燥、包装、工艺水制备、压缩空气生产、废气废水治理等环节。

b) 生产加工阶段

农加工产品生产阶段的碳排放来自生产加工耗能、耗电、包装、加工产品储存和废弃物处理等方面。加工产品生产加工一般包括原料储存、预分选、清洗、干燥、切分、分级、粗加工、深加工、分装、杀菌、包装和品质检验等流程。

c) 储运阶段

食品储运阶段的碳排放来自运输和储存能耗及废弃物处理等方面。运输阶段的碳排放除了来自运输的燃油（汽油、柴油等化石能源）和用电消耗外，还包括制冷保鲜环节的能源消耗和制冷剂泄漏等。产品储存的碳排放包括产品生命周期各阶段输入物料（包括原材料）的储存，与产品有关的环境控制（如制冷、供暖、湿度控制和其他环境控制），使用阶段产品的储存和再利用、回收利用等生命末期阶段之前的储存。

d) 销售阶段

销售阶段的碳排放来自分销和零售能耗及废弃物处理等方面。

e) 消费阶段

消费阶段的碳排放来自农产品和农加工产品烹饪耗能和产品储存等方面，主要来源于化石能源和电能的使用。

f) 废弃物处置阶段

废弃物处置阶段的碳排放来自回收利用和最终处置工作等方面，主要来源于农产品和农加工产品废弃物中蛋白质、淀粉和脂肪等成分及包装物处理过程中产生的温室气体。

5.2.2.3 系统边界

农业产品和农加工产品的生命周期系统边界应包括农业生产、非农业原材料获取、产品加工、原材料、农产品和加工产品的运输储存、产品使用和产品生命周期结束。

具体产品的系统边界划分见图1-3所示。

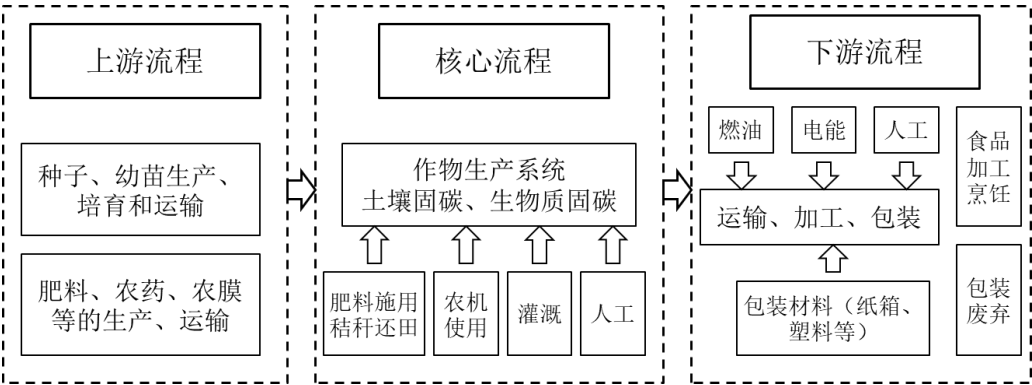


图1 种植业初级农产品生命周期评价的系统边界

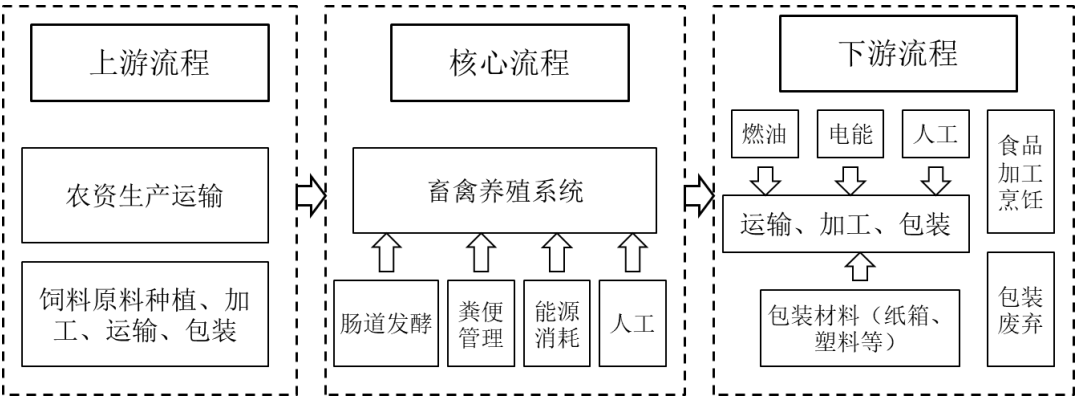


图2 养殖业初级农产品生命周期评价的系统边界

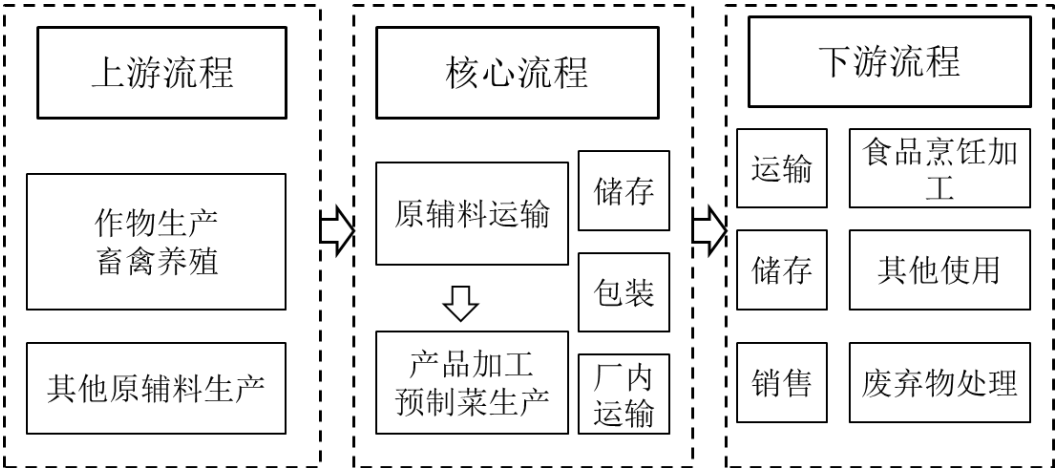


图3 农加工产品生命周期评价的系统边界

5.2.2.2 功能单位

所使用的功能单位应为产品碳足迹-产品种类规则中所定义的功能单位，且应与评价目标和内容相一致。功能单位宜采用单位质量（1 kg）或单位体积（1 L），也可采用其它符合生命周期评价要求的单位。产品碳足迹评价报告中应以每功能单位的二氧化碳当量来记录产品碳足迹量化的结果。

5.3 生命周期清单分析

5.3.1 数据收集

5.3.1 数据收集范围

应收集系统边界内所有单元过程的定性资料和定量数据。通过测量、计算或估算而收集到的数据，均可用于量化单元过程的输入和输出。数据收集包括现场数据和背景数据的收集。

5.3.1.2 现场数据的取舍原则

单元过程数据种类多，应对数据进行适当的取舍，取舍原则如下：

- a) 能源的所有输入均应列出；
- b) 原料的所有输入均应列出；
- c) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.1%的输入可忽略；
- d) 小于固体废物排放总量 1%的一般性固体废物可忽略；
- e) 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、人员及生活设施的消耗均忽略。

5.3.1.3 数据来源

数据来源主要包括以下四方面：自行收集、现有相关生命周期分析数据库、非报告性数据和文献数据。其中自行收集数据主要是以单元过程为基础进行的，通过测量、计算或估算而收集到的数据，均可用于量化单元过程的输入和输出。

5.3.1.4 数据分类

采用排放因子法进行碳足迹计算时需要收集活动水平数据和排放因子。活动水平数据可根据生产组织生产过程监测记录获得，化石燃料消耗量可根据生产组织能源消费台账或统计报表来确定，原材料消耗量可根据生产组织采购账单或采购记录来确定。活动水平数据通常包括初级活动水平数据和次级活动水平数据。初级数据是农产品和农加工

产品生命周期过程中直接测量获得的，次级数据是同类原料或过程平均或通用测量的，如协会的行业报告中的数据等。

5.3.1.5 数据质量要求

产品碳足迹评价宜使用能尽可能降低偏向性和不确定性的具有最高质量的数据。应选取能满足评价目标和内容的初级数据和次级数据。数据质量的评价要考虑以下几个方面：

a)时间范围：即数据的年份和最短的数据收集时间。应优先选择对所评价产品而言具有时间针对性的数据。

b)地理范围：即为满足评价目标而收集数据的地理范围。应优先选择对所评价产品而言具有地理针对性的数据，现场调研和取样时要覆盖农产品碳足迹评价单元所包含的地理范围。若无法获取具有地理针对性的数据，则可使用通用数据或类似产品（或过程）的数据，并对数据差异的原因和正确性进行分析和记录。

c)代表性：现场数据应为企业生产单元或上游农业生产范围内的生产统计数据。

d)准确性：现场数据中的资源、能源和原材料消耗数据应来自于实际生产统计记录，所有现场数据应详细记录原始数据、数据来源、数据时间和计算过程等。

e)完整性：包括由测量得到的数据所占的百分比，数据能代表利益相关方的程度，以及样本容量是否足够大、测量频率是否足够高等方面，按照5.3.1.2 现场数据的取舍原则。

f)一致性：数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径和处理规则等。

排放因子数据采取真实原则和就近原则进行选取，优先选用符合质量要求的生产组织实测值。有条件的生产组织可委托有资质的专业机构对化石燃料进行定期检测，或自行检测，获取排放因子相关参数。外购原料相关排放因子优先选用生产组织或其上下游实测数据。没有实测数据的，应优先选择代表中国国内平均生产水平的公开碳足迹评价数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。若无，可选择国外同类技术数据作为背景数据。

开展产品碳足迹评价的组织宜建立数据管理系统，并努力持续提高数据的质量和一致性，以及保留相关文件和其他记录。

5.3.1.6 数据质量评价体系

根据评价对象、评价边界等特征因素，针对现场数据与背景数据，建立定性或定量数据质量评价方式，建立数据质量评价体系。

5.3.1.7 数据收集步骤

- a) 绘制单元过程的输入与输出流程图；
- b) 设计统计单元过程的实物流输入与输出的数据收集表和背景数据收集表；
- c) 对数据收集技术和要求做出表述；
- d) 对报送数据的特殊情况、异常点和其他问题进行说明；
- e) 技术人员完成数据收集工作。

5.3.1.8 数据汇总和审核

收集到足够数据后进行数据汇总，汇总后输入过程的总量要与输出过程的总量相等，即质量平衡。

5.3.1.9 数据分配

评价报告应清楚的表述是否涉及多产品分配，是如何分配的。分配应满足 GB/T 24040-2008 及 GB/T 24044-2008 的相关要求。优先考虑产品与系统的物理关系（如辅助性过程可基于产品重量或产品数量、运输过程可基于产品重量或体积等）进行拆分，如无法获取物理关系，则可使用经济关系（如按投入成本、产品价值等）进行拆分。

5.3.1.10 数据计算

在计算产品碳足迹时，要考虑温室气体排放到大气中的量以及从大气中清除的量。应使用下列方法计算产品的碳足迹：

a) 将每个功能单位系统边界内每个活动的排放活动数据与清除活动数据确定为初级数据或次级数据，排放为正值，清除为负值。依据数据质量要求，可以使用特征数据或通用数据，通用数据优先次序为：

- 1) 国家LCI数据库
- 2) 国内相关行业平均数据
- 3) 其他国家或地区公开发布的数据库
- 4) 公开发用于LCA评价软件自带数据库

b) 用活动数据乘以各活动相应的排放因子，从而将初级数据和次级数据换算为排放量或清除量数据。排放因子选用的优先次序为：

- 1) 测量或质量平衡获得的排放因子；
- 2) 供应商提供的排放因子；
- 3) 区域排放因子；
- 4) 国家排放因子；
- 5) 国际排放因子。

c) 种植业生产阶段固碳效益的计算：固碳作用可移除大气中的二氧化碳，从而产生环境收益。在 100 年内，部分或全部未排放至大气中的碳应被视为固碳作用储存的碳。产品中生物质碳的储存取决于产品类型、产品的平均寿命、回收率及其处置途径（例如填埋或焚烧）。固碳作用环境收益可依据不同时间尺度进行均值折算，如年均固碳量。在种植过程中农田的植物和土壤都能起到固碳作用，本文件指导下的碳足迹评价过程或产品种类规则编制应包括植物和土壤固碳作用产生的环境收益，固碳作用为负值。

d) 用各排放量或清除量数据乘以相应的全球增温潜势值（GWP），从而将排放量与清除量数据换算为二氧化碳当量数据。

e) 将所评价产品生命周期内以二氧化碳当量表示的排放量与清除量数据相加，得到每个功能单位以二氧化碳当量表示的温室气体净排放量数据（正值或负值）。

5.3.1.11 数据资料的记录和保存

产品碳足迹评价的支撑资料，包括（但不限于）系统边界、单元过程、排放因子、活动数据记录表和相关证明材料、原材料的识别、碳存储、分配的依据、关于排除的说明等。支撑资料应以适于分析和核证的格式被记录和保存。

记录应该至少保存三年。

5.3.2 碳足迹评价

5.3.2.1 种植业初级产品碳足迹评价

不同阶段种植业初级产品碳足迹核算内容应包括：

- 农资生产：种子、化肥、农药、农膜生产过程消耗化石能源产生的 CO₂ 排放；
- 农资储存运输：农资储存运输过程消耗化石能源产生的 CO₂ 排放；
- 种植过程：氮肥和粪肥施用产生的 N₂O 排放，农机具作业和灌溉消耗化石能源产生的 CO₂ 排放；
- 生物质碳储量：当种植作物为乔木且评估期内树体有生物量的增加时计算，是植物体生物质碳的年增加量；
- 土壤有机碳：土壤有机碳储量的年变化量；

- 产品固碳量：木质或竹质等工艺品的固碳量；
- 产品加工、运输、储存消耗化石能源产生的 CO₂ 排放；
- 产品消费过程的能源消耗，主要为食物的加工、烹饪过程；
- 废弃物处置：产品剩余物和产品包装废弃过程的运输、包装和处置的能源消耗。

a) 温室气体排放总量

种植业农产品田间生产和储存、运输、加工过程中温室气体排放总量采用公式 (1) 计算：

$$CF_S = GHG_{input} + GHG_{N_2O} + GHG_{machine} + GHG_{irrig} + \Delta C_{biomass} + \Delta SOC + CF_{TP} + C_P + GHG_{CO_2 goods, trans} \quad (1)$$

式中：

CF_S ——种植业农产品田间生产过程中产生的单位面积温室气体排放总量，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)；

GHG_{input} ——农资生产和运输过程，柴油、电力等能源投入以及人工劳作产生的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)；

GHG_{N_2O} ——肥料施用产生的 N₂O 排放，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)；

$GHG_{machine}$ ——作物生产田间作业农机具消耗能源产生的 CO₂ 排放，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)；

$GHG_{machine}$ ——作物生产灌溉用电产生的 CO₂ 排放，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)；

$\Delta C_{biomass}$ ——生物质碳储量年变化量，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)，当种植作物为乔木且评估期内树体有生物量的增加时计算；

ΔSOC ——土壤有机碳储量的年变化量，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)，正值表示碳的排放，负值表示碳的清除；

CF_{TP} ——农产品储存和加工过程中的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)；

C_P ——木质、竹质等工艺产品的固碳量，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)；

$GHG_{CO_2 goods, trans}$ ——农资和产品运输过程中的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)。

b) 各种生产资料生产投入产生的温室气体排放量

农作物生长过程中各种生产资料和能源投入，农机使用过程（耕作、播种、收获和粮食运输等）、灌溉耗电、以及人工劳作过程产生的温室气体排放量，采用公式 (2) 进

行计算。

$$GHG_{input} = \sum_{i=1}^n (Input_i \times EF_i) \quad (2)$$

式中:

i ——不同投入源;

$Input_i$ ——农资投入, 如种子、肥料、地膜、农药、灌溉耗电和农机油耗等活动水平数据, 单位为千克每公顷 ($kg \cdot hm^{-2}$);

EF_i ——农资和能源等投入的排放因子 ($kg CO_2e$ 每千克活动水平数据)。

c) 施用肥料产生的温室气体碳排放量

农产品田间生产中肥料投入主要为化肥、有机肥和还田秸秆。土壤施用肥料产生的总 N_2O 排放量 (以 CO_2 当量表示) 由公式 (3) 计算。

$$GHG_{N_2O} = (N_2O_{NPKS} + N_2O_{direct} + N_2O_{(ATD)} + N_2O_{(L)}) \times GWP_{N_2O} \quad (3)$$

式中:

GHG_{N_2O} ——施用化肥、有机肥和秸秆还田产生的 N_2O 排放, 单位为千克氧化亚氮-氮每公顷 ($kg N_2O-N \cdot hm^{-2}$);

N_2O_{NPKS} ——秸秆还田产生的温室气体 N_2O 排放量, 单位为千克氧化亚氮-氮每公顷 ($kg N_2O-N \cdot hm^{-2}$);

N_2O_{direct} ——土壤施肥直接 N_2O 排放, 单位为千克氧化亚氮-氮每公顷 ($kg N_2O-N \cdot hm^{-2}$);

$N_2O_{(ATD)}$ ——肥料以 NH_3 和 NO_x-N 的形式挥发后沉降的 N_2O 排放, 单位为千克氧化亚氮-氮每公顷 ($kg N_2O-N \cdot hm^{-2}$);

$N_2O_{(L)}$ ——氮肥淋溶和径流产生的 N_2O 间接排放, 单位为千克氧化亚氮-氮每公顷 ($kg N_2O-N \cdot hm^{-2}$);

GWP_{N_2O} —— N_2O 的 100 年全球增温潜势, 其值按 GB/T 32151.11 中给出的系数取值。

秸秆还田产生的 N_2O 排放量 (N_2O_{NPKS}) 采用公式 (4) 计算:

$$N_2O_{NPKS} = EF_i \times F_{CR} \times 44/28 \quad (4)$$

式中:

F_{CR} ——每季秸秆还田 (含根量) 的纯氮量, 单位为千克氮每公顷每季 ($kg N \cdot hm^{-2} \cdot growing season^{-1}$), 采用公式 (5) 计算:

$$F_{CR} = (Yield/R_{AG} - Yield) \times R_{RT} \times N_c + Yield/R_{AG} \times R_{RS} \times N_c \quad (5)$$

式中:

$Yield$ ——作物籽粒产量, 单位为千克 (kg);

R_{AG} ——产量与地上部生物量的比例, 单位为% (%);

R_{RT} ——作物秸秆还田率，单位为% (%)； N_c 为作物含氮量；

R_{RS} ——作物根冠比；

N_2O_{NPKS} ——土壤秸秆还田产生的 N_2O 排放，单位为千克氧化亚氮-氮每公顷($kg\ N_2O-N \cdot hm^{-2}$)；

EF_i ——田间 N_2O 直接排放系数，单位为千克氧化亚氮-氮每千克氮 [$kg\ N_2O-N \cdot (kg\ N)^{-1}$]

$FRAC_{LEACH}$ ——氮肥因淋溶和径流损失的比例；

EF_3 ——氮肥淋溶和径流产生的 N_2O 间接排放系数，单位为千克氧化亚氮-氮每千克氮 [$kg\ N_2O-N \cdot (kg\ N)^{-1}$]

44/28 ——N 向 N_2O 的转换系数。

由于土壤施肥产生的直接 N_2O 排放量 (N_2O_{direct}) 采用公式 (6) 计算：

$$N_2O_{direct} = [(F_{SN} + F_{ON}) \times EF_i] \times 44/28 \quad (6)$$

式中：

F_{SN} ——每季土壤化肥投入的纯氮量，单位为千克氮每公顷每季 ($kg\ N \cdot hm^{-2} \cdot growing\ season^{-1}$)；

F_{ON} ——每季土壤有机肥投入的纯氮量，单位为千克氮每公顷每季 ($kg\ N \cdot hm^{-2} \cdot growing\ season^{-1}$)。

肥料以 NH_3 和 NO_x 形式挥发后沉降产生的间接 N_2O 排放 ($N_2O_{(ATD)}$) 采用公式 (7) 计算：

$$N_2O_{(ATD)} = (F_{SN} \times FRAC_{GASF} \times EF_{2SN} + F_{ON} \times FRAC_{GASM} \times EF_{20N}) \times 44/28 \quad (7)$$

式中：

$FRAC_{GASF}$ ——化肥以 NH_3 和 NO_x-N 的形式挥发的比例；

$FRAC_{GASM}$ ——有机肥以 NH_3 和 NO_x-N 的形式挥发的比例；

EF_{2SN} ——化肥以 NH_3 和 NO_x-N 的形式挥发后沉降的 N_2O 排放系数，单位为千克氧化亚氮-氮每千克氮 [$kg\ N_2O \cdot (kg\ N)^{-1}$]

EF_{20N} ——有机肥以 NH_3 和 NO_x-N 的形式挥发后沉降的 N_2O 排放系数，单位为千克氧化亚氮-氮每千克氮 [$kg\ N_2O \cdot (kg\ N)^{-1}$]。

肥料淋溶和径流产生的间接 N_2O 排放 ($N_2O_{(L)}$) 采用公式 (8) 计算：

$$N_2O_{(L)} = (F_{SN} + F_{ON}) \times FRAC_{LEACH} \times EF_3 \times 44/28 \quad (8)$$

d) 农机具作业耗油温室气体排放

农机具作业耗油温室气体排放量排放采用公式 (9) 计算

$$GHG_{machine} = \sum_i S_i \times EF_{diesel,CO_2} \times AP_{feed,diesel,i} \times \rho_{diesel} \times 10^{-3} \quad (9)$$

EF_{diesel,CO_2} ——每消耗 1 公斤柴油排放的温室气体，单位为千克二氧化碳每千克柴油 ($kg\ CO_2/kg$)；

$AP_{diesel,i}$ ——不同作物每公顷农田农机具运行消耗的柴油量，单位为升每公顷 (L/hm²)，推荐值采用《全国农产品成本收益资料汇编》；

ρ_{diesel} ——柴油的密度，单位为千克每升 (kg/L)，采用固定值 0.85 kg/L。

e) 灌溉耗电温室气体排放

灌溉耗电温室气体采用公式 (10) 计算。

$$GHG_{irrig} = \sum_i S_i \times EF_{electric,co_2} \times AP_{electric,i} \times 10^{-3} \quad (10)$$

$EF_{electric,co_2}$ ——电网排放因子，单位为吨二氧化碳每兆瓦时 (t CO₂/MWh)；

$AP_{feed,electric,i}$ ——灌溉每公顷不同作物消耗的电量，单位为千瓦时每公顷 (kWh/hm²)，推荐值采用《全国农产品成本收益资料汇编》。

f) 生物质碳储量年变化量的计算

本文件中生物质碳储量年变化量 ($\Delta C_{biomass}$, kg CO₂-eq·hm⁻²) 计算采用公式 (11)：

$$\Delta C_{biomass} = V \times GR \times SVD \times BEF \times 0.5 \quad (11)$$

式中：

V ——乔木总蓄积量，单位为立方米 (m³)；

GR ——总蓄积量年增长率，单位为% (%)；

SVD ——为基本木材密度，单位为吨每立方米 (t/m³)；

BEF ——生物量转换系数，即全林生物量与树干生物量的比值 (无量纲)；

0.5 ——生物量含碳率。

g) 土壤有机碳储量年变化量的计算

本文件中土壤有机碳储量的年变化量 (ΔSOC , 单位为千克二氧化碳当量每公顷 (kg CO₂-eq·hm⁻²)) 计算采用公式 (12)：

$$\Delta SOC = (SOM_j - SOM_{j-1}) \times 0.58 \times Dpt_{soil} \times BD \times (1 - D) \times 10000 \times 44/12 \quad (12)$$

式中：

J ——采样年份；

SOM ——土壤有机质含量，单位为克每千克 (g/kg)；

0.58 ——有机质转换为有机碳的系数；

Dpt_{soil} ——土层厚度，单位为米 (m)，取 0.2m；

BD ——土壤容重，单位为千克每立方米 (kg/m³)；

D ——直径大于 2mm 的砾石含量，单位为% (%)。

h) 产品储存和加工温室气体排放量计算

为种植业初级产品销售而发生的储存、运输和包装加工而产生的温室气体排放量采用公式 (13) 计算：

$$CF_{TP} = \sum A_i \times EF_i \times GWP_i \quad (13)$$

式中：

A_i ——产品储存和包装加工过程中燃油、电能、人工、包装材料等排放源*i*的活动水平数据;

EF_i ——第*i*中排放源的排放因子;

$GWPI$ ——温室气体的增温潜势。

i) 产品固碳量的计算

产品的固碳量采用公式 (14) 计算:

$$C_p = G_p \times \text{Ratio}_C / G_L \quad (14)$$

式中:

G_p ——产品质量, 单位为千克 (kg);

Ratio_C ——含碳率, 单位为千克每千克 (Kg/Kg);

G_L ——产品平均寿命, 单位为年 (年)。

j) 农资和产品运输过程排放量

农资和产品运输过程带来的温室气体排放量排放采用公式 (15) 计算:

$$GHG_{CO_2, goods, trans} = \sum_{i,t} (n_{i,t} \times EF_{trans, CO_2}) \quad (15)$$

$n_{i,t}$ ——运输次数;

EF_{trans, CO_2} ——单次运输带来的温室气体排放因子, 单位为吨二氧化碳当量每次 (t CO₂-eq/次)。

运输次数采用公式 (16) 计算:

$$n_{i,t} = \sum_{i,t} \left(\frac{M_{i,t}}{m_{i,t}} \right) \times 2 \quad (16)$$

$M_{i,t}$ ——运输的饲料和化肥的总质量, 单位为 (t);

$m_{i,t}$ ——车辆平均载重量, 单位为吨 (t)。

单次陆地运输带来的温室气体排放因子采用公式 (17) - (19) 计算。

$$EF_{trans, land, CO_2} = Q \times EF_{diesel, CO_2} \quad (17)$$

$$Q = q \times L \times m_t \quad (18)$$

$$q = \left(\frac{g_l}{v_l} + \frac{g_0}{v_0} \right) \times K_n \quad (19)$$

Q ——单次运输所消耗的柴油量, 单位为吨 (t);

L ——单台车辆完成一次运输的平均距离, 单位为千米 (km)

q ——车辆单位质量每千米耗油量, 单位为每吨每千米[t/(t km)];

g_l ——满载时的耗油率, 单位为吨每千瓦时 (t/kWh);

g_0 ——空载时的耗油率, 单位为吨每千瓦时 (t/kWh);

V_l ——满载时的车速, 单位为千米每小时 (km/h);

V_0 ——空载时的车速, 单位为千米每小时 (km/h);

K_n ——车辆功率比, 单位为千米每吨 (kW/t)。

k) 产品碳足迹的计算

产品碳足迹 (CF_A , 单位为千克二氧化碳当量每千克 ($Kg CO_2\text{-eq/kg}$)) 的计算采用公式 (20) :

$$CF_A = CF_s / \text{Yield} \quad (20)$$

5.3.2.2 养殖业初级产品碳足迹评价

不同阶段养殖初级产品碳足迹核算内容应包括:

- 农资生产: 化肥、农药、农膜生产过程消耗化石能源产生的 CO_2 排放;
- 饲料原料种植: 氮肥和粪肥施用产生的 N_2O 排放, 农机具作业和灌溉消耗化石能源产生的 CO_2 排放;
- 饲料加工: 饲料加工过程消耗化石能源产生的 CO_2 排放;
- 饲料运输: 饲料和化肥运输过程消耗化石能源产生的 CO_2 排放;
- 肠道发酵: 肠道发酵产生的 CH_4 排放;
- 粪便管理: 粪便处理和还田利用过程产生的 N_2O 和 CH_4 排放;
- 养殖场消耗化石能源产生的 CO_2 排放;
- 产品加工消耗化石能源产生的 CO_2 排放;
- 产品废弃物和包装处置产生的 CO_2 排放。

a) 养殖业初级产品碳足迹总核算方法

(1) 原材料获取到养殖场大门初级产品碳足迹

原材料获取到养殖场大门初级产品碳足迹采用公式 (21) 计算:

$$CF_{\text{raw product}} = \frac{[GHG_{\text{feed}} \times AF_{\text{feedi}} + GHG_{\text{enteric}} + GHG_{\text{manure}} + GHG_{\text{land}} + GHG_{\text{energy}}] \times AF_j}{M_{\text{raw product}}}$$

(21)

式中:

$CF_{\text{raw product}}$ ——初级产品生产碳足迹, 单位为千克二氧化碳当量每千克产品 (tCO_2e/kg 产品);

GHG_{feed} ——饲料作物种植环节温室气体排放, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

AF_{feedi} ——饲料主副产品分配系数;

GHG_{enteric} ——肠道发酵温室气体排放, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

GHG_{manure} ——粪便管理温室气体排放, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

GHG_{land} ——粪便田间施用温室气体排放, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

GHG_{energy} ——养殖场能源消耗温室气体排放, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO_2e);

$M_{\text{raw product}}$ ——初级产品年生产总量, 单位为吨产品 (t 产品);

Af_j ——系统温室气体分配系数。

(2) 原材料获取到工厂大门初级产品碳足迹

原材料获取到工厂大门初级产品碳足迹采用公式 (22) 计算:

$$CF_{\text{product}} = \frac{((CF_{\text{raw product}} \times I_{\text{process adjusted}} + GHG_{\text{process}}) \times AF_{\text{process}})}{M_{\text{product}}} \quad (22)$$

式中:

CF_{product} ——初级产品生产碳足迹, 单位为千克二氧化碳当量每千克产品 (tCO₂e/kg 产品);

$I_{\text{process adjusted}}$ ——原始产品调整投入量, 单位为吨 (t);

GHG_{process} ——初级产品加工能源消耗温室气体排放, 单位为吨二氧化碳当量 (tCO₂e);

M_{product} ——初级产品年生产总量, 单位为吨产品 (t 产品);

b) 饲料原料种植、加工、运输环节碳足迹核算

按照 5.3.2.1 种植业初级产品碳足迹评价计算。

c) 肠道发酵甲烷排放

肠道发酵甲烷排放量采用公式 (23) 计算:

$$GHG_{\text{enteric}} = \sum_s N_s + \frac{EF_{\text{enteric, CH}_4, s}}{1000} \times GWP_{\text{CH}_4} \quad (23)$$

式中:

GHG_{enteric} ——肠道发酵甲烷排放量, 单位为二氧化碳当量 (tCO₂e);

s ——不同生长阶段;

N_s ——动物存栏量, 单位为头每年;

$EF_{\text{enteric, CH}_4, s}$ ——肠道发酵甲烷排放因子, 单位为千克甲烷每年每头或只 (kg CH₄/(头·年或只));

GWP_{CH_4} ——甲烷全球增温潜势, 其值按 GB/T 32151.11 中给出的系数取值。

肠道发酵甲烷排放因子采用公式 (24) 计算:

$$EF_{\text{enteric, CH}_4, s} = \sum_s \frac{GE_s \times \left(\frac{V_{m, s}}{100} \right) \times 365}{55.65} \quad (24)$$

GE_s ——第 s 种畜禽每天摄取的总能量数值, 单位为兆焦每天每头或只 (MJ CH₄/(头·天));

$Y_{m, s}$ ——第 s 种畜禽甲烷转化因子, 即采食饲料中总能转化成甲烷能的比例, 单位为% (%);

55.65 ——甲烷的能值, 单位为兆焦每千克甲烷 (MJ/kg CH₄)。

d) 粪便管理温室气体排放

粪便管理温室气体总排放采用公式 (25) 计算:

$$GHG_{\text{manure}} = GHG_{\text{manure},CH_4} + GHG_{\text{manure},N_2O,D} + GHG_{\text{manure},N_2O,In} \quad (25)$$

式中:

GHG_{manure,CH_4} ——粪便管理过程中 CH_4 排放, 单位为二氧化碳当量 (tCO₂e);

$GHG_{\text{manure},N_2O,D}$ ——粪便管理过程中 N_2O 直接排放, 单位为二氧化碳当量 (tCO₂e);

$GHG_{\text{manure},N_2O,In}$ ——粪便管理过程中 N_2O 间接排放, 单位为二氧化碳当量 (tCO₂e);

粪便管理过程甲烷排放采用公式 (24) 计算:

$$GHG_{\text{manure},CH_4} = \sum_k \left[N_k \times VS_k \times 365 \times \left(B_{o(k)} \times 0.67 \times \sum_{s,t} \frac{MCF_{s,t}}{100} \times MS_{(k,s,t)} \right) \right] \times GWP_{CH_4} \quad (26)$$

式中:

s ——不同粪便管理系统;

t ——不同气候区;

VS_k ——日挥发性固体排泄物, 单位为千克挥发性固体每天每头或只[kg VS/(头·天)], 日挥发性排泄物可以通过养殖场现场测定;

365 ——用于计算干物质产量的每年天数, 单位为天/年 (d/yr);

$B_{o(k)}$ ——粪便的最大甲烷产生能力, 单位为立方米甲烷每千克挥发性固体 (m³CH₄/kg VS);

0.67 ——每立方米甲烷转化为每公斤甲烷的转化系数, 单位为千克甲烷没标立方米 (kg CH₄/Nm³);

$MCF_{s,t}$ ——不同粪便管理系统的甲烷转化因子, 单位为%。根据粪污管理方式和养殖场所在地年平均气温;

$MS_{(k,s,t)}$ ——不同粪便处理方式所占的比例, 以已发布的废弃物管理台账或统计报表为依据, 单位为%。

粪便管理过程氧化亚氮直接排放采用公式 (27) 计算:

$$GHG_{\text{manure},N_2O,D} = I \sum_s \left[\sum_k (N_k \times Nex_k \times MS_{k,s}) \right] \times EF_{N_2O,D,S} \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O} \quad (27)$$

式中:

N_{exk} ——每头动物的年均氮排泄量，单位为吨氮每年每头或只 (tN/(年·头或只))，可直接测定氮排泄量，具体步骤为分别采用 GB/T 11891 和 NY/T 525 测定尿液和粪污中的氮含量，然后乘以粪尿产生量获得氮排泄量；

$MS_{k,s}$ ——不同粪便管理系统的年氮排泄比例；

$EF_{N_2O,D,s}$ ——粪便管理系统 S 中 N_2O 直接排放因子；单位为吨氧化亚氮-氮每吨粪便 (t N_2O -N /tN)；

44/28 —— N_2O -N 转化为 N_2O 的系数。

粪便管理过程氧化亚氮间接排放采用公式 (28) 计算：

$$GHG_{manure,N_2O,In} = [N_{V-MMS} \times EF_{V-MMS} + N_{L-MMS} \times EF_{L-MMS}] \times \frac{44}{28} \times GW P_{N_2O} \quad (28)$$

式中：

N_{V-MMS} —— NH_3 和 NO_x 挥发引起的粪肥氮损失量，单位为吨氮每年 (t N/yr)；

EF_{V-MMS} —— NH_3 和 NO_x 大气沉降后产生的 N_2O 排放的排放因子；单位为吨氧化亚氮-氮每千克铵态氮和氮氧化物 (t N_2O -N/kg NH_3 -N + NO_x -N)；

N_{L-MMS} ——粪便管理系统中淋溶径流引起的粪肥氮损失量，单位为吨氮每年 (t N/yr)；

EF_{L-MMS} ——氮淋溶和径路引起的 N_2O 排放的排放因子，单位为吨氧化亚氮-氮每千克淋溶径流氮 (t N_2O -N/kg N 淋溶径流)。

e) 粪便田间施用温室气体排放

粪便田间施用过程氧化亚氮排放采用公式 (29) 计算：

$$GHG_{land,N_2O} = GHG_{land,N_2O,D} + GHG_{land,N_2O,In} \quad (29)$$

式中：

GHG_{land,N_2O} ——粪便田间施用氧化亚氮排放量，单位为吨二氧化碳当量 (t CO_2e)；

$GHG_{land,N_2O,D}$ ——粪便田间施用氧化亚氮直接排放量，单位为吨二氧化碳当量 (t CO_2e)；

$GHG_{land,N_2O,In}$ ——粪便田间施用氧化亚氮间接排放量，单位为吨二氧化碳当量 (t CO_2e)。

粪便田间施用过程氧化亚氮直接排放采用公式 (30) 计算。

$$GHG_{land,N_2O,D} = \sum_s \left[\sum_k (N_k \times Nex_k \times MS_{k,s}) \right] \times \left(1 - \frac{Frac_{loss,MS}}{100} \right)_{s,k} \times EF_{N_2O,land,D} \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O} \quad (30)$$

式中:

$Frac_{loss, MS}$ ——粪便施用过程氮损失比例, 单位为%;

$EF_{N_2O, land, D}$ ——粪便施用过程氧化亚氮直接排放系数, 单位为 t N₂O-N/t。

粪便田间施用过程氧化亚氮间接排放采用公式 (31) 计算:

$$GHG_{land,N_2O,In} = \sum_s \left[\sum_k (N_k \times Nex_k \times MS_{k,s}) \right] \times \left(1 - \frac{Frac_{loss,MS}}{100} \right)_{s,k} \times (Frac_{land,GASM} \times EF_{N,GASM} + Frac_{LEACH-(H)} \times EF_{N,LEACH-(H)}) \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O} \quad (31)$$

式中:

$Frac_{GASM}$ ——粪便施用后以 NH₃ 和 NO_x 挥发的挥发系数, 单位为 t NH₃-N + NO_x-N/t 粪便氮;

$EF_{N, GASM}$ ——粪便施用后因 NH₃ 和 NO_x 挥发造成的氮沉降的 N₂O 排放因子, 单位为 t N₂O-N/t NH₃-N + NO_x-N 挥发;

$Frac_{LEACH-(H)}$ ——粪便田间施用后, 径流淋溶的氮损失系数, 单位为 t N/t 粪便施用氮;

$EF_{N, LEACH-(H)}$ ——粪便田间施用后径流淋溶引起的 N₂O 排放因子, 单位为 t N₂O-N/t 淋溶径流氮。

f) 养殖场能源消耗温室气体排放

养殖场能源消耗温室气体排放采用公式 (32) 计算:

$$GHG_{energy} = \sum_j Q_{energy,j} \times EF_{energy,j} \quad (32)$$

式中:

j ——不同能源类型

GHG_{energy} ——养殖场年能源消耗导致的温室气体排放, 单位为吨二氧化碳 (t CO₂);

$Q_{energy, t}$ ——不同能源年消耗总量, 单位为吨或千瓦时 (t 或 kwh);

$EF_{energy, j}$ ——消耗单位能源导致的温室气体排放, 单位为吨二氧化碳每吨或吨二氧化碳每千瓦时 (t CO₂/t 或 t CO₂/kwh)。

g) 产品加工、储存、包装过程温室气体排放

产品加工、储存和包装过程温室气体排放采用公式 (33) 计算：

$$GHG_{process} = \sum_j Q_{energy,j} \times EF_{energy,j} \quad (33)$$

式中：

j ——不同能源类型

$Q_{energy,t}$ ——加工过程所需不同能源年消耗总量，单位为吨或千瓦时 (t 或 kwh)；

$EF_{energy,j}$ ——消耗单位能源导致的温室气体排放，单位为吨二氧化碳每吨或吨二氧化碳每千瓦时 (t CO₂/t 或 t CO₂/kwh)。

5.3.2.3 农加工产品碳足迹评价

农加工产品生命周期碳排放总量是各个阶段的每项活动的所有材料、能源和废弃物等与其排放因子乘积的和，计算见公式 (34)：

$$CF_p = CF_A + CF_P + CF_T + CF_{sa} + CF_C + CF_W \quad (34)$$

式中：

CF_A ——原材料获取和种植、养殖阶段的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kg CO₂-eq)；

CF_P ——农加工产品生产阶段的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kg CO₂-eq)；

CF_T ——农加工产品储运阶段的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kg CO₂-eq)；

CF_{sa} ——农加工产品销售阶段的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kg CO₂-eq)；

CF_C ——农加工产品消费阶段的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kg CO₂-eq)；

CF_W ——农加工产品废弃物处置阶段的温室气体排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kg CO₂-eq)。

农加工产品生命周期中各个阶段的温室其他排放量计算采用公式 (35)：

$$CF_x = \sum A_i \times EF_i \times GWP_i \quad (35)$$

式中：

CF_x —— CF_P 、 CF_T 、 CF_{sa} 、 CF_C 或 CF_W ；

A_i ——第i中排放源的活动水平数据，如燃料、电力、原料等；

EF_i ——第i中排放源的排放因子；

GWP_i ——为温室气体的增温潜势。

5.4 生命周期影响评价

根据清单分析所提供的资源消耗数据以及各种排放数据，对产品系统潜在的环境影响进行评价，为生命周期解释提供必要的信息。根据 GB/T 24040 的规定与本文件的对象，生命周期影响评价主要包括以下步骤：

- 选择影响类型、类型参数以及特征化模型；
- 将生命周期清单分析结果归类（分类）；
- 类型参数结果的计算（特征化）。

5.5 生命周期解释

生命周期解释应根据研究的目的重点考虑系统功能、功能单位和系统边界定义的适当性以及数据质量评价和敏感性分析所识别出的局限性。根据 GB/T 24044 的规定，生命周期解释应包括以下内容：

- a) 对重大问题的识别；
- b) 对完整性、敏感性和一致性的检查；
- c) 结论、局限和建议。

6 评价报告编写

按照GB/T 24067—2024《温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南》的规范撰写评价报告。碳足迹评价报告的内容包括碳足迹评价的结果、所报告组织的情况描述、背景和目的、产品介绍、功能单位、碳足迹评价的模式、系统边界、生产流程图、活动水平数据及排放因子来源、温室气体排放评价过程、不确定性分析、结论与建议以及其他支持信息等。

7 碳足迹披露和碳足迹标识

评价的结果可以通过评价报告、产品碳足迹证书或碳标签的形式披露。碳标签分为碳足迹标签、碳减排标签和碳中和标签。参与了中国蔬菜流通协会主导的产品碳标签评价，且对碳标签标识有需求的产品，应按本标准要求标识碳标签。由于产品体积、形状、表面材质或功能的限制不能在产品上标注的，可在产品说明中注明。碳标签标识应清晰可辨、易见、不易褪色并不易去除。

a) 碳足迹标签：按照标准量化产品碳排放，涵盖从原材料到废弃的全生命周期，需标明单位产品的碳排放量（如“1kg CO₂ e/件”）、核算边界及数据来源。图4为碳足迹标签标示的图样示例，其图形释义参见附录A。



图4 碳足迹标签图样示例

b) 碳减排标签：设定明确的碳排放上限（如比同类产品平均排放低30%），必须通过第三方验证，并公开减排措施。图5为碳减排标签标示的图样示例，其图形释义参见附录A。



图5 碳减排标签图样示例

c) 碳中和标签：产品碳足迹已通过碳中和的方式被完全抵消，必须标注有效期限及抵消项目类型。图6为碳中和标签标示的图样示例，其图形释义参见附录A。



图6 碳中和标签图样示例

附录 A
(资料性)
产品碳标签标识释义

农产品和农加工产品的碳标签是中国蔬菜流通协会发布的，用于企业声明基于本标准开展的碳足迹评价工作。碳标签包括碳足迹标签、碳减排标签和碳中和标签三类。

标识主色调为绿色，表明通过农业绿色低碳高质量发展，助力地球减排和碳中和目标实现；碳足迹标签由中间圆形地球和外部圆环组成，其含义是为农产品开展碳足迹评价。圆环内部由文字和图案组成，文字由阿拉伯数字、英文、中文组成，用来详细描述产品的碳排放量，并标明产品已做完碳标签评价；图案由星星组成，用来表明产品的碳足迹等级，碳足迹等级由高到低依次从六颗星至一颗星。碳减排标签由中间圆形地球和外部圆环组成，中间的一圈箭头和中间蓝色 CO₂ 表示农业的低碳技术应用，减少温室气体排放，圆环内部有“碳减排”的中英文文字。碳中和标签由中间圆形地球和外部圆环组成，中间的圆环和中间圆形蓝色 CO₂ 表示通过减排技术应用，产品已实现碳中和或为负碳产品。

标识的适宜规格应根据产品的尺寸来确定，如果需要缩小或扩大标识，应遵守标识给出的比例同等缩小或扩大。标识可单独标注，也可在其它标识中按本标准要求增加该标识，并在相关文件中予以说明。

参 考 文 献

- [1] 省级温室气体清单编制指南编写组. 省级温室气体清单编制指南2025[R]. 北京:生态环境部, 2025.
- [2] IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate change 2013, The physical science basis[R]. Cambridge Cambridge University Press, 2013.[3]
-