



中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 6138.1—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 航空燃料 第1部分：通则

Greenhouse gases—Quantification requirement and method of product carbon
footprint—Aviation fuel—Part 1: General rules

2025-08-09 发布

2025-09-01 实施

中国民用航空局 发布

目 次

前言 II

引言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 量化目的 3

5 量化范围 4

 5.1 产品说明 4

 5.2 功能单位与基准流 4

 5.3 系统边界 4

6 清单分析 4

 6.1 数据收集 4

 6.2 数据质量 4

 6.3 数据审定 5

 6.4 分配原则 5

7 影响评价 5

 7.1 产品碳足迹计算方法 5

 7.2 特征化因子 GWP 的选取 8

8 结果解释 8

9 产品碳足迹报告 8

10 产品碳足迹声明 8

附录 A （资料性） 产品碳足迹量化数据收集表（示例） 10

附录 B （资料性） 航空燃料产品碳足迹数据质量评价方法 12

附录 C （资料性） GWP 参考值 14

附录 D （资料性） 产品碳足迹报告（模板） 15

参考文献 19

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。

本文件是MH/T 6138《温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 航空燃料》的第1部分。MH/T 6138已经发布了以下部分：

——第1部分：通则；

——第2部分：酯类和脂肪酸类加氢改质工艺生产的煤油组分。

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。

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民用航空科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所、中国航空油料有限责任公司、民航二所（成都）可持续航空燃料科技有限公司、易高生物化工科技（张家港）有限公司、中国石油化工集团公司、中国民航大学、浙江嘉澳环保科技股份有限公司、山东海科化工有限公司、北京海新能源科技股份有限公司、河南省君恒实业集团生物科技有限公司、四川金尚环保科技有限公司、中国电能成套设备有限公司、中国质量认证中心有限公司、四川天舟生物质能源科技有限公司、四川能投天府新能源研究院有限公司、成都海关技术中心。

本文件主要起草人：胡晓佳、杨智渊、周宁、邵京、夏祖西、曾萍、刘汶雯、相金晶、陈宇、义正、董艺苑、付尧、李毅、李元博、钱行昆、胡瑞、叶彬、张宇阳、吴永涛、邓宇森、孟维、杨晓军、董伟。

引 言

生命周期碳足迹核算是量化产品排放值、衡量减排效益时广泛应用的科学方法，本文件基于现有生命周期评价相关国内标准GB/T 24040、GB/T 24044和GB/T 24067中确定的原则、要求和指南，制定碳足迹核算、评价和报告的方法与要求，旨在为航空燃料原料、生产、供应和使用等全产业链以及各相关利益方提供统一的量化标准，拟由两个部分构成。

——第1部分：通则。目的在于规定航空燃料生命周期碳足迹核算的总体原则和要求。

——第2部分：酯类和脂肪酸类加氢改质工艺生产的煤油组分。目的在于为酯类和脂肪酸类加氢改质生产的煤油组分的生命周期碳足迹核算提供量化方法。

本次对MH/T 6138.1的制定，聚焦于航空燃料生命周期碳足迹的核算技术总体要求，使航空燃料供应链开展碳足迹核算时有据可依，以便更好地促进民航深度脱碳。

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

本文件提供统一的产品碳足迹量化方法，使具有同样功能的航空燃料产品之间可以进行比较，一方面可以为购买方提供可靠和可比的碳足迹信息，另一方面也为生产者持续改进产品的碳足迹绩效提供数据支持。提出产品碳足迹报告或声明的组织宜确保数据得到第三方的独立验证，以增加报告或声明的准确性和可信度。

MH

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 航空燃料

第1部分：通则

1 范围

本文件规定了航空燃料产品碳足迹量化方法和要求，包括量化目的、量化范围、清单分析、影响评价、结果解释、报告和声明。

本文件适用于满足GB 6537或GB 1787的航空燃料产品碳足迹核算、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 1787 航空活塞式发动机燃料

GB 6537 3号喷气燃料

GB/T 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序

GB/T 24067 温室气体 产品碳足迹 量化要求和指南

ISO 14026 环境标志和声明 足迹信息交流的原则、要求和指南 (Environmental labels and declarations—Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

温室气体 greenhouse gases

大气层中自然存在和人类活动产生的，且能够吸收和散发由地球表面、大气层和云层产生的波长在红外光谱内辐射的气态成分。

注：本文件涉及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）和三氟化氮（NF₃）类。

[来源：GB/T 32150—2015，3.1，有修改]

3.2

温室气体排放量 greenhouse gas 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

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的CO₂的量。

[来源：GB/T 32150—2015，3.16，有修改]

3.4

温室气体清除量 greenhouse gas removal

在特定时段内从大气中清除的温室气体总量（以质量单位计算）。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.6]

3.5

排放因子 emission factor

表征单位生产或消费活动量的温室气体排放的系数。

[来源：GB/T 32150—2015，3.13，有修改]

3.6

产品碳足迹 carbon footprint of product

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以CO₂e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]

3.7

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度的影响与等量CO₂辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150—2015，3.15，有修改]

3.8

生命周期 life cycle

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

[来源：GB/T 24040—2008，3.1，有修改]

3.9

功能单位 functional unit

用来作为基准单位的量化的产品系统性能。

[来源：GB/T 24040—2008，3.20]

3.10

基准流 reference flow

在给定产品系统中，为实现一个功能单位的功能所需的过程输出量。

[来源：GB/T 24040—2008，3.29]

3.11

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 24040—2008，3.32]

3.12

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 24040—2008，3.34]

3.13

生物碳 biogenic carbon

源自生物质的碳。

[来源：GB/T 24067—2024，3.7.2]

3.14

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接测量的计算而得到的过程或活动的量化值。

注：初级数据通常来自所核算的产品系统或其他与所核算的产品系统具有可比性的产品系统。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.1]

3.15

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注：次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据，通常来源于数据库和公开文献中的数据、国家公布的排放因子、计算数据、估计值或其他经主管部门验证的代表性数据，推荐使用本土化数据库。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.3]

3.16

碳储量 carbon stock

生态系统中各碳库中碳元素的质量。

注：包括地上生物量、地下生物碳储量、枯落物、枯死木以及土壤有机碳的碳储量。

[来源：LY/T 2988—2018，3.3，有修改]

3.17

地上生物量 above-ground biomass

地表以上以干重表示的所有活体植物的质量。

注：活体植物通常分为乔木层（包括干、桩、枝、皮、种子、叶）和下木层（灌木、草本和幼树）。

[来源：LY/T 2988—2018，3.4，有修改]

3.18

地下生物量 below-ground biomass

地表以下以干重表示的所有活体植物的质量。

注：活体植物包括根状茎、块根、板根在内的所有活根。

[来源：LY/T 2988—2018，3.5，有修改]

3.19

枯落物 dead organic matter for litter

土壤层以上，径小于5.0 cm，处于不同分解状态的所有死的植物体。

注：枯落物包括凋落物、腐殖质以及死根。

[来源：LY/T 2988—2018，3.6]

3.20

枯死木 dead wood

枯落物以外的所有死的林木生物物质。

[来源：LY/T 2988—2018，3.7]

3.21

土地利用 land use

在相关边界范围内，人类对土地的使用或管理。

注：在本文件中，相关边界为所研究系统的边界。

[来源：GB/T 24067—2024，3.7.4]

3.22

直接土地利用变化 direct land use change

在相关边界范围内，人类使用土地的变化。

注1：土地利用变化发生在政府间气候变化专门委员会（IPCC）规定的六类土地（林地、草地、农田、湿地、定居地和其他土地）利用类别发生变化时（例如从林地到农田）。

注2：同一用地类别内的土地管理变更不视为土地利用变化。例如从一种作物到另一种作物的变化，或休耕地（即休耕一年或几年后再耕种的土地），肥料的改变等均不被视为土地利用变化。

[来源：GB/T 24067—2024，3.7.5]

3.23

共生产品 co-product

同一单元过程或产品系统中产出的两种或两种以上的产品。

[来源：GB/T 24044—2008，3.10]

3.24

土壤有机碳 soil organic carbon

土壤矿质土和有机土（包括泥炭土、砂砾层）中的有机碳储量。

[来源：LY/T 2988—2018，3.7]

4 量化目的

开展航空燃料产品碳足迹量化的总体目的是结合取舍准则，通过量化航空燃料产品系统边界内所有显著的温室气体排放量和清除量，计算航空燃料产生1兆焦（MJ）热量（以低位发热值计）对全球变暖的潜在贡献（以CO_{2e}表示）。开展航空燃料产品碳足迹量化研究时，应明确说明以下问题：

- 应用意图；
- 开展该项研究的理由；
- 目标受众（即研究结果的接收者）；
- 符合 ISO 14026 要求，提供产品碳足迹交流信息（如有）。

5 量化范围

5.1 产品说明

产品说明应使用户能够清晰识别，描述内容包括但不限于：

- 产品名称；
- 产品牌号；
- 生产商信息；
- 产品原料；
- 生产工艺；
- 产地；
- 产品批号；
- 符合的产品标准、分析检验结果及检验部门印记；
- 出厂日期。

5.2 功能单位与基准流

功能单位为航空燃料产生1兆焦（MJ）的热量（以低位发热值计），基准流为1吨（t）航空燃料。

5.3 系统边界

5.3.1 系统边界为“从摇篮到坟墓”，应涵盖原料和辅助材料获取、加工生产、供应、使用以及涉及的运输和直接相关的辅助生产等单元过程，不包含经济运营商员工生活设施、交通和差旅等非生产过程。若原料为农作物，其直接土地利用变化而产生的温室气体排放和清除应包含在系统边界内。

5.3.2 划分单元过程应根据实际情况确定，并保持过程的完整性和数据的可获得性，通常包括以下过程：

- 原料和辅助材料获取（如开采、种植、收集）；
- 原料加工；
- 燃料生产；
- 燃料掺混；
- 燃料加注；
- 燃料使用；
- 储存；
- 运输；
- “三废”处置。

注：“三废”指废水、废气和固体废弃物。

5.3.3 产品碳足迹计算遵循以下取舍准则：

- 不应将对产品碳足迹有实质性贡献的原辅料、能源、直接温室气体排放或清除排除在外；
- 可舍弃对产品碳足迹各单元过程中质量小于1%的原辅料和能耗，舍弃部分累计不应超过5%；
- 可忽略小于固体废弃物排放总质量1%的一般性固体废弃物；
- 取舍准则不适用于有毒有害物质，产品碳足迹核算应包含所有有毒有害的材料和物质；
- 舍去的温室气体排放与清除应记录在核算报告中。

6 清单分析

6.1 数据收集

6.1.1 应收集系统边界内所有单元过程中通过测量、计算或估算而得到的活动数据，用于量化单元过程的输入和输出，参考附录A收集数据。

6.1.2 对于一次性投入的消耗品，应按其使用期内对应的产品产量折算其消耗量。

6.2 数据质量

6.2.1 航空燃料碳足迹核算应使用高质量数据，以降低偏向性和不确定性。对数据质量开展评价时，

可按照附录 B 进行评分和分级。衡量标准包括但不限于以下 4 个方面。

- 完整性：在满足取舍规则的情况下，应涵盖对核算的产品系统有实质性贡献的所有温室气体的排放和清除，并进行质量平衡和能量平衡检查。
- 代表性：使用对核算产品而言具有时间、地理及技术代表性的数据；宜使用最近至少 1 年的数据，若产品生产不足 1 年，可使用从生产初始至核算前的累计数据；若原料供应或加工涉及多个地理区域、多个工厂，应在核算报告中清晰描述，并采用根据产量的加权平均值；核算报告中应清晰描述核算产品的制造工艺技术，若使用了不同技术，应采用根据产量的加权平均值。
- 准确性：所有原辅料、能源、运输等的输入数据和产品、共生产品、废弃物和残留物等的输出数据，宜使用初级数据，应保持统计口径和过程边界一致。在初级数据无法获取的情况下，可按照优先级顺序依次使用统计数据、文献数据、估算数据等次级数据，并注明数据来源。直接的温室气体排放应采用实测值、政府官方以及 IPCC 的排放因子或采用质量平衡进行计算。应详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等，避免非必要的偏差和不确定度。
- 可追溯性：所有数据均应透明可追溯，初级数据应提供生产统计记录，次级数据应提供公开可访问来源，并明确数据的时间、地理及技术代表性。

6.2.2 应优先采用经溯源性核验的实测数据开展碳足迹因子测算，如无实测数据，可按照优先级顺序依次采用政府官方数据、行业经验值、文献值等开展碳足迹因子的测算，同时应注明所采用数据的来源，并开展数据有效性和不确定性分析。

6.3 数据审定

6.3.1 在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查，以确认并提供证据证明其符合 6.1 规定的的数据质量要求。

6.3.2 数据审定宜通过建立质量平衡、能量平衡或排放因子的比较分析或其他适当的方法。由于每个单元过程都遵守物质和能量守恒定律，因此物质和能量的平衡可为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

6.4 分配原则

6.4.1 各过程中如果有共生产品（如其他类燃料、化学品、电力、蒸汽和氢气等）产生，应按照能量进行分配，用低位热值计算，以克二氧化碳当量每兆焦（gCO₂e/MJ）表示。

6.4.2 各过程中产生的废弃物和残留物不进行分配。

6.4.3 如果在统计期内有不同规格型号的产品共线生产，应按照合理的比例将各项能耗分摊到目标产品上。

7 影响评价

7.1 产品碳足迹计算方法

7.1.1 航空燃料产品碳足迹计算应将系统边界内的温室气体排放量与清除量进行汇总，排放量数据为正值，清除量数据为负值。

7.1.2 生物碳所引起的 CO₂ 排放不计入产品碳足迹，但应单独报告。

7.1.3 按照公式（1）计算航空燃料产品碳足迹：

$$CFP = \frac{\sum(AD_{m,i} \times EF_{m,i,n} \times GWP_n) + \sum(IN_{m,j} \times CFP_j) + \sum R}{(LHV + LHV_{co-product}) \times 1000} + \sum DLUC_j \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- CFP ——航空燃料的产品碳足迹，单位为克二氧化碳当量每兆焦（gCO₂e/MJ）；
- $AD_{m,i}$ ——第 m 阶段第 i 种燃料的消耗量，单位根据燃料类别确定；
- $EF_{m,i,n}$ ——第 m 阶段第 i 种燃料对应的第 n 种温室气体排放因子，单位与消耗的燃料类别相匹配；
- GWP_n ——第 n 种温室气体的 100 年 GWP；
- $IN_{m,j}$ ——第 m 阶段第 j 种原辅料或能源的消耗量，单位根据原辅料或能源类别确定；
- CFP_j ——第 j 种原辅料或能源的产品碳足迹，核算边界为“从摇篮到大门”，单位为千克

- 二氧化碳当量每吨 (kgCO₂e/t) ;
- R ——生产1吨航空燃料产生的温室气体清除量, 单位为千克二氧化碳当量每吨 (kgCO₂e/t) ;
- LHV ——航空燃料低位发热值, 单位兆焦每千克 (MJ/kg)
- $LHV_{\text{co-product}}$ ——共生产品低位发热值, 单位兆焦每千克 (MJ/kg) 。
- $DLUC_j$ ——第 j 类土地利用变化引起的碳储量变化产生的温室气体排放量, 单位为克二氧化碳当量每兆焦 (gCO₂e/MJ) 。

7.1.4 按照公式 (2) 计算直接土地利用变化产生的温室气体排放量:

$$DLUC_j = \frac{(CS_R - CS_A) \times 44/12 + F_j^{nCO_2}}{yield_i \times 25 \times (LHV_{AF} + LHV_{CO})} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- $DLUC_j$ ——第 j 类土地利用变化引起的碳储量变化产生的温室气体排放量, 单位为克二氧化碳当量每兆焦 (gCO₂e/MJ) ;
- CS_R ——基准线土地单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- 注: 基准线土地指该土地在2008年1月时的土地利用状况。
- CS_A ——实际土地单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- $F_j^{nCO_2}$ ——非CO₂排放, 单位为克二氧化碳当量每公顷 (gCO₂e/ha) ;
- $yield_i$ ——第 i 种作物的单位面积产量, 单位为千克每公顷每年 [kg/ (ha · a)] ;
- LHV_{AF} ——航空燃料低位发热值, 单位为兆焦每千克 (MJ/kg) ;
- LHV_{CO} ——共生产品低位发热值, 单位为兆焦每千克 (MJ/kg) 。

7.1.5 按照公式 (3) 计算实际和基准线土地单位面积碳储量:

$$CS_j = (C_{AGB} + C_{BGB} + C_{DOM} + C_{DM}) \times A \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- CS_j ——第 j 类土地单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- C_{AGB} ——地上生物量单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- C_{BGB} ——地下生物量单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- C_{DOM} ——枯落物单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- C_{DM} ——枯死木单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- A ——相关区域的比例系数。

7.1.6 按照公式 (4) 计算地上生物量单位面积碳储量:

$$C_{AGB} = B_{AGB} \times CF_{AGB} \times 10^6 \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- C_{AGB} ——地上生物量单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- B_{AGB} ——平均单位面积地上生物量, 单位为吨干物质每公顷 [(t d.m.) /ha] ;
- CF_{AGB} ——平均碳含量, 单位为吨碳每吨干物质 [tC/ (t d.m.)] 。

注: 地上生物量中平均碳含量通常使用默认值0.47 tC/ (t d.m.) 。

7.1.7 按照公式 (5) 计算地下生物量中单位面积碳储量:

$$C_{BGB} = B_{BGB} \times CF_{BGB} \times 10^6 \dots\dots\dots (5)$$

式中:

- C_{BGB} ——地下生物量单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;
- B_{BGB} ——平均单位面积地下生物量, 单位为吨干物质每公顷 [(t d.m.) /ha] ;
- CF_{BGB} ——平均碳含量, 单位为吨碳每吨干物质 [tC/ (t d.m.)] 。

注: 地下生物量中平均碳含量通常使用默认值0.47 tC/ (t d.m.) 。

7.1.8 按照公式 (6) 计算枯落物单位面积碳储量:

$$C_{DOM} = B_{DOM} \times CF_{DOM} \times 10^6 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- C_{DOM} ——枯落物单位面积碳储量, 单位为克碳每公顷 (gC/ha) ;

B_{DOM} ——枯落物平均单位面积生物量，单位为吨干物质每公顷[（t d.m.）/ha]；

CF_{DOM} ——平均碳含量，单位为吨碳每吨干物质[tC/（t d.m.）]。

注：枯落物单位平均碳含量通常使用默认值0.37 tC/（t d.m.）。

7.1.9 按照公式（7）计算枯死木单位面积碳储量：

$$C_{DM} = B_{DW} \times CF_{DW} \times 10^6 \dots\dots\dots (7)$$

式中：

C_{DM} ——枯死木单位面积碳储量，单位为克碳每公顷（gC/ha）；

B_{DW} ——枯死木平均单位面积生物量，单位为吨干物质每公顷[（t d.m.）/ha]；

CF_{DW} ——平均碳含量，单位为吨碳每吨干物质[tC/（t d.m.）]。

注：枯死木平均碳含量通常使用默认值0.5 tC/（t d.m.）。

7.1.10 按照公式（8）计算非 CO₂排放（ $F_j^{nCO_2}$ ）：

$$F_j^{nCO_2} = FF_j + FM_j \dots\dots\dots (8)$$

式中：

$F_j^{nCO_2}$ ——非CO₂排放，单位为克二氧化碳当量每公顷（gCO₂e/ha）；

FF_j ——与第j类土地清理相关的生物质燃烧而产生的非CO₂排放量，单位为克二氧化碳当量每公顷（gCO₂e/ha）；

FM_j ——与第j类土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂排放量，单位为克二氧化碳当量每公顷（gCO₂e/ha）。

7.1.11 按照公式（9）计算生物质燃烧产生的非 CO₂排放量（ FF_j ）：

$$FF_j = \alpha_j \times \beta_j \times \frac{CS_j \times [G_j^{CH_4} \times GWP_{CH_4} + G_j^{N_2O} \times GWP_{N_2O} + G_j^{NO_x} \times GWP_{NO_x}]}{1\ 000} / \theta \dots\dots\dots (9)$$

式中：

FF_j ——与第j类土地清理相关的生物质燃烧而产生的非CO₂排放量，单位为克二氧化碳当量每公顷（gCO₂e/ha）；

α_j ——由于生物质燃烧而清理的j类土地的面积的比列，在0和1之间变化；

β_j ——燃烧系数，根据表1选择相应默认值；

CS_j ——第j类土地单位面积碳储量，单位为克碳每公顷（gC/ha）

$G_j^{CH_4}$ ——土地转换前第j类土地的CH₄生物质燃烧排放因子，单位为千克每吨干物质[kg/（t d.m.）]，根据表1选择相应默认值；

$G_j^{N_2O}$ ——土地转换前第j类土地的N₂O生物质燃烧排放因子，单位为千克每吨干物质[kg/（t d.m.）]，根据表1选择相应默认值；

$G_j^{NO_x}$ ——土地转换前第j类土地的NO_x生物质燃烧排放因子，单位为千克每吨干物质[kg/（t d.m.）]，根据表1选择相应默认值；

GWP_{CH_4} ——CH₄的100年GWP；

GWP_{N_2O} ——N₂O的100年GWP；

GWP_{NO_x} ——NO_x的100年GWP；

θ ——木质生物量的碳分数，根据IPCC综合报告取值0.47。

表1 按土地类型和纬度划分的生物质燃烧排放因子和燃烧系数

土地类型	排放因子 G_j [kg/（t d.m.）]			燃烧系数 β_j
	CH ₄	N ₂ O	NO _x	
热带森林	6.8	0.2	1.6	0.55
温带森林	4.7	0.26	3.0	0.45
北方森林	4.7	0.26	3.0	0.34
草原	2.3	0.2	3.9	0.755

[来源：2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories（volume

4), table 2.5, table 2.6]

7.1.12 按照公式(10)计算土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂排放量(FM_j):

$$FM_j = FM_j^{\text{Direct}} + FM_j^{\text{Indirect}} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

FM_j ——与第*j*类土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂排放量,单位为克二氧化碳当量每公顷(gCO₂e/ha);

FM_j^{Direct} ——与第*j*类土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂直接排放量,单位为千克氧化亚氮(kgN₂O);

FM_j^{Indirect} ——与第*j*类土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂间接排放量,单位为千克氧化亚氮(kgN₂O)。

7.1.13 按照公式(11)和公式(12)计算土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂直接排放量(FM_j^{Direct}):

$$FM_j^{\text{Direct}} = EF_1 \times FSOM_j \times 44/28 \dots\dots\dots (11)$$

$$FSOM_j = \Delta SOC_j / R \times 1\,000 \dots\dots\dots (12)$$

式中:

FM_j^{Direct} ——与第*j*类土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂直接排放量,单位为千克氧化亚氮(kgN₂O);

EF_1 ——非CO₂直接排放的排放系数,单位为千克氧化亚氮中氮元素质量[kg(N₂O-N)/kgN₂O],在干燥气候下取默认值0.005,在潮湿气候下取默认值0.006;

$FSOM_j$ ——第*j*类土地的矿物土壤中矿化的氮的净含量,单位为千克氮(kgN);

ΔSOC_j ——第*j*类土地中土壤有机碳的平均损失量,单位为吨碳(tC);

R ——土壤有机质的碳氮比(森林或草地为15,农田为10)。

7.1.14 按照公式(13)计算土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂间接排放量(FM_j^{Indirect}):

$$FM_j^{\text{Indirect}} = EF_5 \times \text{Frac}_{\text{LEACH-(H)}} \times FSOM_j \times 44/28 \dots\dots\dots (13)$$

式中:

FM_j^{Indirect} ——与第*j*类土地类型转换相关的土壤矿化导致的非CO₂间接排放量,单位为千克氧化亚氮(kgN₂O);

EF_5 ——氮浸出和径流的间接排放系数,单位为千克氧化亚氮中氮元素质量[kg(N₂O-N)/kgN₂O],取默认值0.011;

$\text{Frac}_{\text{LEACH-(H)}}$ ——通过浸出和径流矿化损失的氮的比值,取默认值0.24;

$FSOM_j$ ——第*j*类土地的矿物土壤中矿化的氮的净含量,单位为千克氮(kgN)。

7.2 特征化因子 GWP 的选取

非生物碳所引起的CO₂排放和CH₄、N₂O、HFCs、PFCs、SF₆以及NF₃排放的CO₂e根据100年GWP计算(见附录C)。

8 结果解释

结果解释按照GB/T 24067的规定进行。

9 产品碳足迹报告

产品碳足迹报告按照GB/T 24067的规定进行,报告参考格式见附录D。

10 产品碳足迹声明

如需声明时，按照 GB/T 24025 或 ISO 14026 的规定进行，相关声明可用于具有相同功能的不同产品之间的比较。

МН

附录 A
(资料性)

产品碳足迹量化数据收集表（示例）

表A. 1、表A. 2和表A. 3给出了开展航空燃料产品碳足迹量化时的数据收集表示例。

表 A. 1 生命周期各阶段碳足迹量化数据收集表（示例）

生命周期阶段					
阶段描述	过程边界、技术代表性等				
原辅料消耗					
原辅料类型	单位	数量	数据来源	运输过程	备注（规格型号、数据时间、地理及技术代表性等）
餐厨废油				①	
秸秆					
氢气					
...					
能源/资源消耗					
能源/资源类型	单位	数量	数据来源	备注（规格型号、数据时间、地理及技术代表性等）	
电力					
蒸汽					
自来水					
...					
产品产出					
产品类型	单位	数量	低位发热值	备注（规格型号等）	
HEFA-SPK					
FT-SPK					
...					
温室气体排放					
排放种类	单位	数量	数据来源	备注（处理方式等）	
CO ₂ ^a					
CH ₄					
N ₂ O					
...					
待处置废物					
排放种类	单位	数量	数据来源	备注（处理方式等）	
待处置废水					
待处置固废					
...					
质量平衡（%）			能量平衡（%）		
数据统计期间			填表人	填表日期	
注：斜体字为填写示例，根据单元过程实际情况修改。					
^a 只填写非生物来源的 CO ₂ 排放量。					

表 A.2 运输过程碳足迹核算数据收集表（示例）

运输过程	①				
货物名称					
货物净重(t)/毛重(t)					
运输距离 (km)					
运输工具类型及能源类型					
排放因子					
数据统计期间		填表人		填表日期	
注：斜体字为填写示例，根据单元过程实际情况修改。					

表 A.3 直接土地利用变化数据收集表（示例）

作物的产量 (t)						
地上生物量						
植被类型	面积 (ha)	平均单位面积地上生物量 (t d.m./ha)	平均碳含量 [tC/ (t d.m.)]	碳储量 (tC)	数据来源	备注
乔木林地上部分						
灌木林地上部分						
...						
地下生物量						
植被类型	面积 (ha)	平均单位面积地下生物量 (t d.m./ha)	平均碳含量 [tC/ (t d.m.)]	碳储量 (tC)	数据来源	备注
乔木林地下部分						
灌木林地下部分						
...						
枯落物生物量						
类型	面积 (ha)	枯落物平均单位面积生物量 (t d.m./ha)	平均碳含量 [tC/ (t d.m.)]	碳储量 (tC)	数据来源	备注
落叶						
树枝						
...						
枯死木生物量						
类型	面积 (ha)	枯死木平均单位面积生物量 (t d.m./ha)	平均碳含量 [tC/ (t d.m.)]	碳储量 (tC)	数据来源	备注
落叶						
树枝						
...						
基准线土地信息						
土壤有机碳 (tC/ha)						
基准线土地使用相关的单位面积碳储量 (tC/ha)						
数据统计期间			填表人		填表日期	
注：表格中斜体字为填写示例，根据单元过程实际情况修改。						

附 录 B

(资料性)

航空燃料产品碳足迹数据质量评价方法

表B. 1和表B. 2为航空燃料产品碳足迹数据质量评分表和分级表。

表 B. 1 航空燃料产品碳足迹数据质量评分表

一级指标	二级指标	分值	结果	
完整性（30）	原辅料和能源（10）	识别全部种类和数量	10	
		识别80%及以上种类和数量	8	
		识别50%及以上种类和数量	5	
		其他情况	0	
	产品、共生产品、废弃物和残留物（10）	识别全部种类和数量	10	
		识别80%及以上种类和数量	8	
		识别50%及以上种类和数量	5	
		其他情况	0	
	温室气体排放（10）	识别全部类型和数量	10	
识别80%及以上种类和数量		8		
识别50%及以上种类和数量		5		
其他情况		0		
准确性（30）	原辅料、能源、产品、共生产品、废弃物和残留物使用的数据类型（10）	全部使用初级数据	10	
		80%及以上使用初级数据	8	
		50%及以上使用初级数据	6	
		30%及以上使用初级数据	4	
		30%以下使用初级数据	2	
		未使用初级数据	0	
	初级数据统计口径与过程边界的一致性（10）	全部一致	10	
		80%及以上一致	8	
		50%及以上一致	5	
		30%及以上一致	3	
	其他情况		0	
		排放因子来源（10）	全部为实测/政府官方数据/IPCC公布	10
80%及以上为实测/政府官方数据/IPCC公布			8	
50%及以上为实测/政府官方数据/IPCC公布			6	
30%及以上为实测/政府官方数据/IPCC公布	4			
30%以下为实测/政府官方数据/IPCC公布	2			
全部为其他来源	0			
代表性（40）	技术代表性：碳足迹数据使用的技术（A）与实际使用的技术（B）符合情况（10）	A和B完全一致且用于同样产品	10	
		A和B完全一致但用于不同产品	8	
		A和B相似且用于同样产品	6	
		A和B相似但用于不同产品	4	
		其他情况	0	
	时间代表性：使用的背景数据发布时间（10）	3年以内	10	
		超过3年未到5年	8	
		超过5年未到10年	3	
		10年以上	0	
	地理代表性：碳足迹数据背景过程（A）与实际过程（B）符合情况（10）	实际过程发生在背景过程代表的省市或区域内（如中国华东、中国华南等）	10	
		实际过程发生在背景过程代表的国家	8	
		实际过程发生在背景过程代表的地理区域之一	6	
		实际过程与背景过程所代表的地理区域在能源结构上相似	4	
		实际过程不满足上述情况	0	

表 B.1 航空燃料碳足迹数据质量评分表（续）

一级指标	二级指标	分值	结果
代表性（40）	碳足迹因子来源（10）	实测数据	10
		政府官方数据/行业经验	8
		文献来源	5
		其他来源	0
总计（F）			

表 B.2 航空燃料生命周期碳足迹数据质量分级表

总分	分级
$F \geq 80$	一级
$80 > F \geq 60$	二级
$60 > F \geq 40$	三级
$40 > F \geq 20$	四级
$20 > F$	五级

MH

附录 C
(资料性)
GWP 参考值

部分温室气体的GWP参考值见表C.1。

表 C.1 部分温室气体的 GWP 参考值

气体名称		化学分子式	100年的GWP（截至出版时）
二氧化碳		CO ₂	1
甲烷（化石源）		CH ₄	29.8
甲烷（非化石源）		CH ₄	27
氧化亚氮		N ₂ O	273
三氟化氮		NF ₃	17 400
六氟化硫		SF ₆	25 200
氢氟碳化物 (HFCs)	HFC-23	CHF ₃	14 600
	HFC-32	CH ₂ F ₂	771
	HFC-41	CH ₃ F	135
	HFC-125	C ₂ HF ₅	3 740
	HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1 260
	HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1 530
	HFC-143	CH ₂ FCHF	364
	HFC-143a	CH ₂ CF ₃	5 810
	HFC-152a	CHF ₂	164
	HFC-227ea	C ₂ HF ₇	3 600
	HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8 690
全氟碳化物 (PFCs)	全氟甲烷(四氟甲烷)	CF ₄	7 380
	全氟乙烷(六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12 400
	全氟丙烷	C ₃ F ₈	9 290
	全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10 000
	全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10 200
	全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9 220
	全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8 620
注：GWP来源于IPCC Climate change 2021: the physical science basis。			

附录 D
(资料性)
产品碳足迹报告 (模板)

航空燃料产品碳足迹报告格式模板如下。

产品碳足迹报告 (模板)

产品名称： _____

产品规格型号： _____

生产者名称： _____

报告编号： _____

出具报告机构： (若有) _____ (盖章)

日期： _____年 _____月 _____日

一、概况

1. 生产者信息

生产者名称: _____

地 址: _____

法定代表人: _____

授权人(联系人): _____

联系电话: _____

企业概况: _____

2. 产品信息

产品名称: _____

产品功能: _____

产品介绍: _____

产品图片: _____

3. 量化方法

依据标准: _____

二、量化目的

三、量化范围

1. 功能单位

以_____为功能单位。

2. 系统边界

☐ 原材料获取阶段 ☐ 生产阶段 ☐ 运输(交付)阶段 ☐ 使用阶段
系统边界图:

图 1 ××产品碳足迹量化系统边界图

3. 取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

4. 时间范围

_____年度。

四、清单分析

1. 数据来源说明

初 级 数 据：_____；

次 级 数 据：_____。

2. 分配原则与程序

分 配 依 据：_____；

分 配 程 序：_____。

具体分配情况如下：

3. 清单结果及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表1。

表 1 _____生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	排放因子	温室气体量 kg/功能单位或声明单位

4. 数据质量评价（可选项）

数据质量可从定性和定量两个方面对报告使用的初级数据和次级数据进行评价，具体评价内容包括数据来源、完整性、数据代表性（时间、地理、技术）和准确性。

五、影响评价

1. 影响类型和特征化因子选择

一般选择IPCC给出的100年GWP。

2. 产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1. 结果说明

_____公司（填写产品生产者的全名）生产的_____（填写所评价的产品名称，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_____gCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表2和图2所示。

表 2 _____ 生命周期各阶段碳排放情况		
生命周期阶段	碳足迹 / (gCO ₂ e/MJ)	百分比/%
总计		

注：具体产品生命周期阶段碳排放分布图一般以饼状图或柱形图表示各生命周期阶段的碳排放情况。

图 2 ××各生命周期阶段碳排放分布图

2. 假设和局限性说明（可选项）

结合量化情况，对范围、数据选择、情景设定等相关的假设和局限进行说明。

3. 改进建议

参 考 文 献

- [1] GB/T 24040 环境管理生命周期评价 原则与框架
- [2] GB/T 24044 环境管理生命周期评价 要求与指南
- [3] GB/T 32150 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [4] LY/T 2988—2018 森林生态系统碳储量计量指南
- [4] ISO 14064-2 Greenhouse gases—Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements
- [5] CORSIA Methodology for calculating actual life cycle emissions values
- [6] IPCC AR6 synthesis report: Climate change 2023
- [7] PAS 2050 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services
- [8] WRI and WBCSD. Greenhouse gas protocol: Product life cycle accounting and reporting standard. World resources institute and world business council for sustainable development
- [9] 2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (volume 4)