

ICS 13.020.40

CCS Z 04

团体标准

T/ACEF--XXX—2022

食品碳足迹评价技术通则

General technical rules for carbon footprint
assessment

XXXX-XX-XX 发布 XXXX-XX-XX 实施

中华环保联合会发布

目次

前言 I

引言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 食品碳足迹计算 4

5 不确定性检查 10

6 报告编写 10

7 评价结果通报 11

附录 A（资料性）常用燃料、电力、热力、食材和其他相关温室气体排放因子推荐值 12

附录 B（资料性）各温室气体全球增温潜势 14

参考文献 18

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。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

引言

日益频繁的人类活动加剧了全球气候变暖,使人类发展与环境的矛盾日益激烈。近年来,“碳达峰”“碳中和”成为人们关注的焦点。我国作为世界上负责任的大国,积极参与全球气候治理工作,依据我国国情制定了碳减排战略。国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话指出,中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值,努力争取 2060 年前实现碳中和。

食品全产业链的温室气体排放量约占全球总量的四分之一,并呈持续上升的趋势。食品全产业链通常可细分为畜牧业、农作物生产和生产供应链。碳排放量最高的为畜牧业,占比高达 31%,其中反刍动物通过肠道发酵产生的甲烷相较于其他温室气体贡献度最高。其次是农作物生产,主要来源于稻田产生的甲烷和耕地施加氮肥时分解出的一氧化二氮。剩余的部分可追溯至耕地扩张或集约化处理引起的碳固存损失和食品的生产供应阶段,涉及仓储运输带来的电力和能源消耗、食物浪费以及制冷剂逸散等。此外,食品生产过程中还可能对土壤和地下水造成污染、影响生态系统平衡,进一步加剧气候变暖,极端天气的出现以及生态系统的失衡又会对农牧业的生产造成影响,造成农作物病虫害加重、粮食产量降低,引发恶性循环。因此,食品产业需加快推动碳减排进程,早日实现“碳达峰与碳中和”。

碳足迹可以对食品生命周期内的碳排放进行量化评估,帮助生产者和消费者提出碳减排措施。在我国现有关于评价产品碳足迹的标准方法中,主要针对电子信息产品、电子电气产品、通信产品、家用电器和塑料等,关于评价食品类产品碳足迹的技术通则鲜见。因此,为引导我国食品企业低碳转型升级、引导公众低碳消费、促进绿色贸易、提高绿色竞争力,建立食品碳足迹评价技术体系及标准尤为必要。

食品碳足迹评价技术通则

1 范围

本文件规定了食品的碳足迹计算、不确定性检查、报告编写、产品分级及食品碳标签评价体系构建等内容。

本文件适用于指导食品类产品碳足迹的评价。

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 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

PAS 2050 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T24044 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 product

基于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]

3.2

温室气体排放 greenhouse gas emission, GHG emission

在特定时间段内，释放到大气层中的温室气体总质量（以质量单位计算）即温室气体排放。

注：如无特别说明，本文件中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：ISO14064-1：2019，2.5]

3.3

温室气体排放因子 greenhouse gas emission factor, GHG emission factor

将活动数据与温室气体排放相关联的因子。

[来源：ISO14064-1：2019，2.7]

3.4

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]

3.5

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent, CO₂e

在辐射强度与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

[来源：ISO14064-1：2019，2.19]

3.6

生命周期 life cycle

食品生产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，直至生命周期结束，包括任何回收利用或回收活动。

[来源：GB/T 24040—2008，3.1，有修改]

3.7

生命周期评价 life cycle assessment

对一个产品系统的生命周期中输入、输出及其潜在环境影响的汇编和评价。

[来源：GB/T 24044—2008，3.2]

3.8

功能单位 functional unit

用作基准单位的量化的产品系统性能。

[来源：GB/T 24044—2008，3.20]

3.9

单元过程 unit process

生命周期评价中为量化输入和输出数据而确定的最基本部分。

[来源：T/DZJN 001—2018，3.17]

3.10

输入 input

进入一个单元工艺的产品、物质或能量流。

注：产品和物质包括原材料、中间产品和共生产品。

[来源：GB/T 24040—2008，3.21]

3.11

输出 output

离开一个单元过程的产品、物质或能量流。

注：产品和物质包括原材料、中间产品、共生产品和排放物。

[来源：GB/T 24040—2008，3.25]

3.12

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，定义 3.32]

3.13

取舍准则 cut-off criteria

对于单元过程或产品系统相关的物质或能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在评价范围之外所作的规定。

[来源：GB/T 24040—2008，3.18]

4 食品碳足迹计算

4.1 功能单位确定

功能单位应为有详细量化指标（如质量、体积、产量、营养素含量等）的单位食品产品。食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食品碳足迹量化的结果。

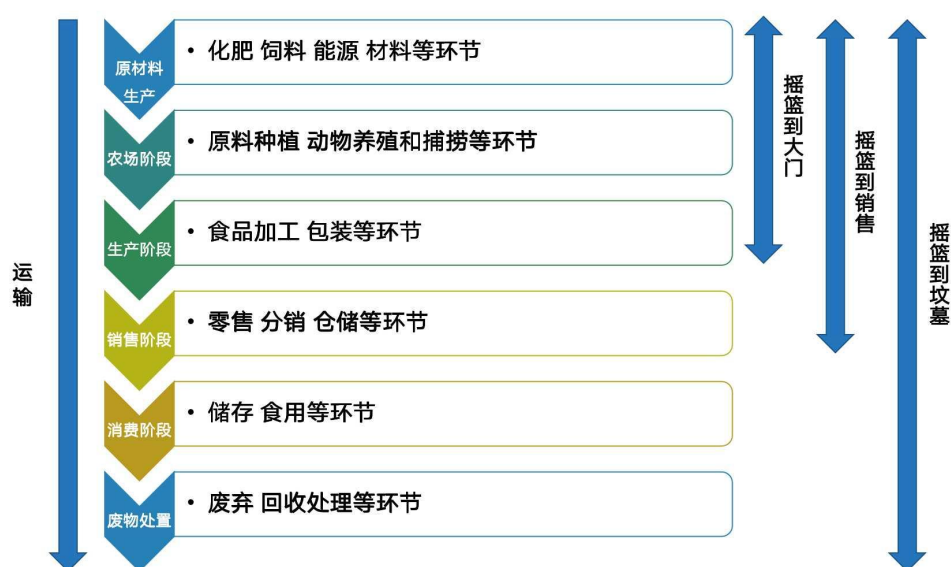
4.2 系统边界设定

4.2.1 一般要求

食品的全生命周期应包括从原材料生产、农场阶段、生产阶段、销售阶段、消费阶段、废弃物处置回收阶段。

系统边界的设定可根据评价的目的而确定。包含下列 4 种形式：

- 涵盖整个生命周期阶段（从摇篮到坟墓）的食品碳足迹评价；
- 从原材料获取到产品离开生产阶段（从摇篮到大门）的食品碳足迹评价；
- 从生产阶段到离开销售组织（从大门到销售）的食品碳足迹评价；
- 生产阶段的食品碳足迹评价（从大门到大门）。



4.2.2 食品原料获取和农场阶段

食品原料获取和农场阶段的碳排放来自原料种植、动物养殖和捕捞、微生物发酵、辅料生产、包材生产、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。

4.2.2.1 植物性食品

植物性食品涉及原料种植阶段，碳排放来源包括种子生产、运输、农作物生长（播种、灌溉、施肥、收割和翻耕等）过程等环节。

4.2.2.2 动物性食品

动物性食品涉及动物养殖和捕捞，碳排放来源包括饲料生产、肠道发酵、粪便管理、养殖场和捕捞过程等能源消耗环节。

4.2.2.3 微生物发酵食品

微生物发酵产品涉及原料处理、发酵、分离、干燥、包装、工艺水制备、压缩空气生产、废水废气治理等环节。

注：非以上来源的食品原料可根据实际情况确定碳排放环节。

4.2.3 食品生产加工阶段

食品生产加工阶段的碳排放来自生产加工能耗、包装过程、食品储存和废弃物处理等方面。食品生产加工一般包括采购、进库验收、原料贮存、预分选、清洗、干燥、切分分级、粗加工、深加工、灌装、杀菌、包装和品质检验等流程。

4.2.4 食品收储运销阶段

食品分销运输阶段的碳排放来自分销、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铁路、公路和民用航空运输的燃油（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露等。

4.2.5 食品消费阶段

食品消费阶段的碳排放来自食品烹饪耗能和食品储存等方面，主要来源于天然气、燃煤和电能的使用。

4.2.6 食品废弃物处置阶段

食品废弃物处置阶段的碳排放来自食品最终被消费后造成的浪费、进行回收利用和最终处置工作等方面。其中餐余垃圾主要以蛋白质、淀粉和脂肪为主要成分，处理过程中会产生温室气体等。

4.3 数据收集

4.3.1 基本要求

食品碳足迹评价数据收集应涵盖系统边界内的所有单元过程，须收集纳入系统边界内所有单元过程涉及的定性和定量数据，分析食品全生命周期的每个步骤，根据生产流程图合理分配每个阶段的数据，做到数据真实可靠。

4.3.2 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。

4.3.3 数据分类

碳足迹计算宜采用排放因子法，计算过程需要收集活动水平数据和排放因子。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。初级数据是食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，如农业协会的行业报告中的数据。

4.3.4 数据选择

计算时宜使用初级活动水平数据，为减排提供可能性。初级数据可由企业内部人员或第三方收集。如果无法获得初级数据，则可使用来源可靠的次级数据。所使用的数据应遵循 PAS 2050 中碳足迹计算的数据质量规定。

4.3.5 数据汇总

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

4.4 分配

分配应满足 GB/T 24040-2008 及 GB/T 24044-2008 的相关要求。

注 1: 对于辅助性过程或污水/废物处理过程，分配应基于产量(如产品重量或产品数量)。

注 2: 若所评价产品和其它产品一起被运输，则应基于产品重量或体积(无论哪一项是制约因素)来对运输产生的温室气体排放进行分配。

4.5 碳排放计算

4.5.1 取舍准则

应纳入系统边界中所有排放，需要对数据的取舍准则进行规范。根据食品全生命周期的各阶段，在保障核算的食品碳足迹覆盖食品生命周期碳排放的 95%以上的前提下制定取舍准则，并对相关取舍形成文件说明。

4.5.2 食品全生命周期及特定阶段碳足迹计算

整个食品生命周期各个环节的碳排放总量应是每项活动的所有材料、能源和废物与其排放因子乘积的和等。

食品全生命周期阶段的碳足迹（E）计算见公式（1）：

$$E = E_a + E_b + E_c + E_d + E_e \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- E — 食品全生命周期阶段的碳足迹；
- E_a — 食品原材料获取和农场阶段阶段的温室气体排放量（kg CO₂e）；
- E_b — 食品生产加工阶段的温室气体排放量（kg CO₂e）；
- E_c — 食品分销运输阶段的温室气体排放量（kg CO₂e）；
- E_d — 食品消费阶段的温室气体排放量（kg CO₂e）；
- E_e — 食品废弃物处置阶段的温室气体排放量（kg CO₂e）。

E_a , E_b , E_c , E_d 和 E_e 分别为食品原材料获取和农场阶段，生产加工阶段，分销运输阶段，消费阶段和废弃物处置阶段的温室气体排放量（kg CO₂e）。

食品全生命周期中第 X 个阶段的碳足迹（ E_x ）计算见公式（2）：

$$E_x = \sum A_i \times EF_i \times GWP_i \dots \dots \dots (2)$$

式中：

- E_x — 食品全生命周期阶段的碳足迹；
- A_i — 第 i 种排放源的活动水平(如耗煤量)；
- EF_i — 第 i 种排放源的排放因子(单位燃料下二氧化碳排放量)；
- GWP_i — 温室气体的增温潜势（参考附录 B）。

4.5.3 不同来源的碳排放计算

4.5.3.1 化石燃料燃烧过程

食品生命周期中生产加工设备运行、原料和产品运输与储存等过程涉及到化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放，计算公式见公式（3）：

$$E_{\text{燃烧}} = \sum AD_i \times EF_i \dots \dots \dots (3)$$

式中，

- $E_{\text{燃烧}}$ — 化石燃料燃烧的二氧化碳排放量（t CO₂）；
- AD_i — 第 i 种化石燃料的消耗量，固体或液体燃料以 t 为单位，气体燃料以万 Nm³ 为单位；
- EF_i — 第 i 种燃料的排放因子（t CO₂/t、t CO₂/万 Nm³）；

i — 化石燃料的种类。

第 i 种化石燃料排放因子 EF_i 的计算见公式 (4)：

$$EF_i = \sum NCV_i \times CC_i \times OF_i \times 44/12 \dots\dots\dots (4)$$

式中，

NCV_i — 第 i 种化石燃料的平均低位发热值 (GJ/t, GJ/万 Nm^3)；
 CC_i — 第 i 种化石燃料的单位热值含碳量(t 碳/GJ)；
 OF_i — 第 i 种化石燃料的碳氧化率 (%)；
 $44/12$ — 二氧化碳与碳的分子量之比。

4.5.3.2 电力和热力使用过程

食品生命周期中生产加工设备等用电过程中电力消耗产生的二氧化碳排放, 计算公式见公式 (5)：

$$E_{\text{电力}} = AD_{\text{电力}} \times EF_{\text{电力}} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$E_{\text{电力}}$ — 使用电力产生的二氧化碳排放量 (t CO_2)；
 $AD_{\text{电力}}$ — 电力消耗量 (MW·h)；
 $EF_{\text{电力}}$ — 电力消耗的碳排放因子 (t CO_2 /MW·h)。

食品生产加工过程中部分工序需要使用热力, 热力消耗产生的二氧化碳排放, 计算公式见公式 (6)：

$$E_{\text{热力}} = AD_{\text{热力}} \times EF_{\text{热力}} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$E_{\text{热力}}$ — 使用热力产生的二氧化碳排放量 (t CO_2)；
 $AD_{\text{热力}}$ — 热力消耗量 (GJ)；
 $EF_{\text{热力}}$ — 热力消耗的碳排放因子 (t CO_2 /GJ)。

4.5.3.3 外购原料对应的温室气体排放

食品生命周期中使用外购原料 (如食材、包材、辅助性材料) 产生的温室气体排放, 计算公式见公式 (7)：

$$E_{\text{原料}} = \sum AD_{\text{原料}i} \times EF_{\text{原料}i} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$E_{\text{原料}}$ — 使用原料对应的温室气体排放量 (t CO_2)；

$AD_{\text{原料}i}$	—	第 i 种原料的消耗量 (t) ;
$EF_{\text{原料}i}$	—	第 i 种原料的温室气体排放因子 (t CO ₂ /t) ;
i	—	原料的种类。

4.5.4 活动数据获取

活动数据应根据企业生产过程监测记录获得,化石燃料消耗量应根据企业能源消费台账或统计报表来确定,原材料消耗量应根据企业采购账单或采购记录来确定。

4.5.5 排放因子获取

排放因子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企业实测值。有条件的企业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企业或其上下游实测数据。没有实测条件的企业,可采用附录 A 的推荐值。

5 不确定性检查

食品碳足迹评价结果的不确定性检查包括以下 3 方面:

- 确定已使用质量好的初级活动水平数据代替次级活动水平数据;
- 确定选用的次级活动水平数据更符合实际;
- 邀请同行权威专家对碳足迹评价流程进行监督评审。

6 报告编写

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、计算的功能单位、碳足迹评价的模式、系统运行边界、生产流程图、活动水平数据来源、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 评价结果通报

7.1 通报形式

食品碳足迹评价的结果可以产品分级或碳标签的形式通报。

7.2 产品分级

根据计算得到的碳足迹水平对不同食品产品进行分级，基数不小于 2 级，不超过 5 级。

7.3 食品碳标签

食品碳标签可分为三个类型，分别是碳排放量类型、低碳标识类型和碳等级类型。

- a) 碳排放量类型：即根据碳足迹评价的结果，披露产品的碳排放量；
- b) 低碳标识类型：当产品的碳排放量达到规定的较小值时，授予低碳标识，即具有低碳标识的产品碳排放较低；
- c) 碳等级类型：该类型的低碳产品标志进一步公布该产品的碳排放在行业中所处的水平或等级。

附录 A（资料性）常用燃料、电力、热力、食材和其他相关温室气体排放因子推荐值

常用燃料、电力、热力、食材和其他相关温室气体排放因子相关参数推荐值见表 A. 1-A. 4。

表 A. 1 常用燃料相关参数及排放因子推荐值

燃料类型	燃料名称	计量单位	低位发热量 GJ/t, GJ/10 ⁴ Nm ³	单位热值含碳量 tC/GJ	燃料碳氧化率%	CO ₂ 排放因子 tCO ₂ /t, tCO ₂ /10 ⁴ Nm ³
固体燃料	无烟煤	t	26.7	27.4×10 ⁻³	94	2.52
	烟煤	t	19.570	26.1×10 ⁻³	93	1.74
	褐煤	t	11.9	28.0×10 ⁻³	96	1.17
	洗精煤	t	26.334	25.41×10 ⁻³	90	2.21
	其他洗煤	t	12.545	25.41×10 ⁻³	90	1.05
	其他煤制品	t	17.460	33.60×10 ⁻³	90	1.94
	石油焦	t	32.5	27.5×10 ⁻³	100	3.28
	焦炭	t	28.435	29.5×10 ⁻³	93	2.86
液体燃料	原油	t	41.816	20.1×10 ⁻³	98	3.02
	汽油	t	43.070	18.9×10 ⁻³	98	2.93
	柴油	t	42.652	20.2×10 ⁻³	98	3.10
	燃料油	t	41.816	21.1×10 ⁻³	98	3.17
	煤油	t	43.070	19.6×10 ⁻³	98	3.03
	液化天然气	t	44.2	17.2×10 ⁻³	98	2.73
	液化石油气	t	50.179	17.2×10 ⁻³	98	3.10
	炼厂干气	t	45.998	18.2×10 ⁻³	98	3.01
	焦油	t	33.453	22.0×10 ⁻³	98	2.64
气体燃料	焦炉煤气	10 ⁴ Nm ³	179.81	13.58×10 ⁻³	99	8.86
	高炉煤气	10 ⁴ Nm ³	33.000	70.8×10 ⁻³	99	8.48
	转炉煤气	10 ⁴ Nm ³	84.000	49.60×10 ⁻³	99	15.12
	其他煤气	10 ⁴ Nm ³	52.270	12.2×10 ⁻³	99	2.31
	天然气	10 ⁴ Nm ³	389.31	15.3×10 ⁻³	99	21.62

表 A. 2 电力和热力温室气体排放因子推荐值

名称	推荐值
电力	0.5810 tCO ₂ /MW·h
热力	0.11 tCO ₂ /GJ
注：电力因子采用国家最新发布值。	

表 A. 3 其他相关温室气体排放因子推荐值

名称	推荐值
自来水	0.168 kgCO ₂ e/t
包装纸箱	1.137 kgCO ₂ e/kg
塑料薄膜包装袋	3.24 kgCO ₂ e/kg

表 A. 4 常见食材相关温室气体排放因子推荐值

名称	推荐值 (kgCO ₂ e/kg)
鸡肉	5.4
猪肉	6.1
牛肉	46.2
羊肉	23.8
蔬菜	0.2
牛奶	2.8

注：肉类包含饲料生产、饲料运输、牲畜生产、牲畜运输至屠宰加工厂、产品运输至零售店过程的碳排放。

附录 B（资料性）各温室气体全球增温潜势

表 B. 1 给出了各温室气体全球增温潜势。

表 B. 1 温室气体全球增温潜势

温室气体名称	全球增温潜势（GWP）
二氧化碳	1
甲烷	28
氧化亚氮	265
HFC-23	12400
HFC-32	677
HFC-41	116
HFC-125	3170
HFC-134	1120
HFC-134a	1300
HFC-143	328
HFC-143a	4800
HFC-152	16
HFC-152a	138
HFC-161	4
HFC-227ca	2640
HFC-227ea	3350
HFC-236cb	1210
HFC-236ea	1330
HFC-236fa	8060
HFC-245ca	716

HFC-245cb	4620
HFC-245ea	235
HFC-245eb	290
HFC-245fa	858
HFC-263fb	76
HFC-272ca	144
HFC-329p	2360
HFC-365mfc	804
HFC-43-10mee	1650
HFC-1132a	0
HFC-1141	0
(Z)-HFC-1225ye	0
(E)-HFC-1225ye	0
(Z)-HFC-1234ze	0
HFC-1234yf	0
(E)-HFC-1234ze	1
(Z)-HFC-1336	2

表 B.1 温室气体全球增温潜势（续）

温室气体名称	全球增温潜势（GWP）
HFC-1243zf	0
HFC-1345zfc	0
3,3,4,4,5,5,6,6- Nonafluorohex-1-ene	0

3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8, 8-Tridecafluorooct-1- ene	0
3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8, 9,9,10,10,10- Heptadecafluorodec1-ene	0
PFC-14	6630
PFC-116	11100
PFC-c216	9200
PFC-218	8900
PFC-318	9540
PFC-31-10	9200
Perfluorocyclopentene	2
PFC-41-12	8550
PFC-51-14	7910
PFC-61-16	7820
PFC-71-18	7620
PFC-91-18	7190
Perfluorodecalin (cis)	7240
Perfluorodecalin	6290
PFC-1114	0
PFC-1216	0
Perfluorobuta-1,3- diene	0

Perfluorobut-1-ene	0
Perfluorobut-1-ene	2
六氟化硫	23500
三氟化氮	16100
数据来源：联合国政府间气候变化专门委员会 IPCC 第六次评估报告。	

参考文献

- [1] GB 7718—2011 食品安全国家标准预包装食品标签通则
- [2] GB 26687—2011 食品安全国家标准复配食品添加剂通则
- [3] GB/T 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则
- [4] DB11 /T1418—2017 低碳产品评价技术通则
- [5] SZDB/Z 166—2016 产品碳足迹评价通则
- [6] T/DZJN 001—2018 电器电子产品碳足迹评价通则
- [7] ISO/TS 14067—2013 温室气体产品的碳排放量量化和信息交流的要求与指南
- [8] ISO 14067—2018 温室气体产品碳足迹量化要求和指南