ICS 71.120，83.200
CCS G 95

CPCIF

中国石油和化学工业联合会团体标准

T/CPCIF 0477—2026

温室气体　产品碳足迹量化方法与要求　橡胶塑料机械

Greenhouse gases—Quantification methods and requirements for carbon footprint of products—Rubber and plastic machinery

CPCIF
84885505

（此文本仅供个人学习、研究之用，未经授权，禁止复制、发行、汇编、翻译或网络传播等，侵权必究）

2026-04-20 发布　　2026-07-20 实施

中国石油和化学工业联合会　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　量化目的 …… 3
5　量化范围 …… 3
6　生命周期清单分析 …… 5
7　产品碳足迹影响评价 …… 7
8　生命周期结果解释 …… 7
9　产品碳足迹报告 …… 8
附录 A（资料性）　产品碳足迹数据收集表 …… 9
附录 B（资料性）　全球变暖潜势值 …… 11
附录 C（规范性）　产品碳足迹量化与产品每功能单位碳足迹的量化方法 …… 12
附录 D（资料性）　产品碳足迹报告模版 …… 16
参考文献 …… 21

CPCIF

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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由中国石油和化学工业联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：海天塑机集团有限公司、软控股份有限公司、大连橡胶塑料机械有限公司、山东豪迈机械科技股份有限公司、广东伊之密精密注压科技有限公司、余姚华泰橡塑机械有限公司、宁波力劲塑机智造有限公司、东华机械有限公司、博创智能装备股份有限公司、伯乐智能装备股份有限公司、富强鑫（宁波）机器制造有限公司、浙江泰瑞装备有限公司、桂林橡胶设计院有限公司、震雄机械（深圳）有限公司、江苏维达机械有限公司、广东佳明机器有限公司、青岛科技大学、北京橡胶工业研究设计院有限公司、大连塑料机械研究所、国家塑料机械产品质量监督检验中心。

本文件主要起草人：毛荣水、徐嘉伟、官炳政、贾朝阳、孙日文、李青、鲁伟、刘莹莹、严厚明、李崇德、张洪、何雯丽、朱文忠、刘小军、逄彭博、刘靖、方来、王旭、焦冬梅、王更新、韩帮阔、郑吉、王宇洲、王金霞、杨慧丽、刘云成。

CPCIF

温室气体　产品碳足迹量化方法与要求　橡胶塑料机械

1　范围

本文件规定了橡胶塑料机械产品碳足迹的量化目的、量化范围、生命周期清单分析、产品碳足迹影响评价、生命周期结果解释和产品碳足迹报告。

本文件适用于橡胶塑料机械产品碳足迹的核算与报告活动。

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　环境管理　生命周期评价　原则与框架

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

GB/T 36587　橡胶塑料机械　术语

3　术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24067、GB/T 32150 和 GB/T 36587 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

橡胶塑料机械　rubber and plastics machinery

加工制造各种橡胶和塑料制品的机械设备。

注：包括橡胶塑料通用机械、橡胶专用机械和塑料专用机械。

3.2

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]

3.3

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地球表面、大气层和云层所产生的、波长在红外光谱内辐射的气态成分。

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.1]

3.4

生命周期　life cycle

产品相关的连续且互相连接的阶段，包括原材料获取或从自然资源中生成原材料至生命末期处理。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.2]

3.5

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]

3.6

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 24067—2024，3.3.7]

3.7

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：如各种化石燃料的消耗量、原材料的使用量、购入的电量、购入的热量等。

[来源：GB/T 32150—2015，3.12]

CPCIF

3.8

初级数据　primary data

通过直接测量或基于测量的计算得到的过程或活动的量化值。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.1]

3.9

次级数据　secondary data

不符合初级数据要求的数据。

[来源：GB/T 24067—2024，3.6.3]

3.10

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]

3.11

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]

3.12

取舍准则　cut-off criteria

对与单元过程或产品系统相关的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作出的规定。

[来源：GB/T 24067—2024，3.4.1]

4 量化目的

开展橡胶塑料机械产品全生命周期或部分碳足迹量化的目的是通过量化橡胶塑料机械产品对全球变暖治理的潜在贡献［以二氧化碳当量（CO_2e）表示］，披露产品碳足迹信息，计算产品碳足迹；明确生命周期相关阶段或单元过程对产品碳足迹的影响程度；为产品研发、技术改造、优化产品碳足迹和推动行业发展提供方向。

目标受众包括橡胶塑料机械产业链相关企业、使用者、政府部门和第三方机构等。

5 量化范围

5.1 功能单位

以一台（套）橡胶塑料机械产品在参考使用寿命内生产 1 kg 橡胶塑料制品为功能单位，产品碳足迹报告中应注明产品名称、型号及功能单位，以该型号一台（套）橡胶塑料机械产品在参考使用寿命内，生产每 kg 橡胶塑料制品所分摊的全生命周期的产品碳足迹来记录产品碳足迹量化的结果。

5.2 系统边界

5.2.1 总则

橡胶塑料机械产品碳足迹核算的系统边界应包括原材料获取阶段、生产阶段、运储阶段、使用阶段和回收处置阶段。

5.2.2 系统边界示意图

橡胶塑料机械产品碳足迹核算的系统边界如图 1 所示。

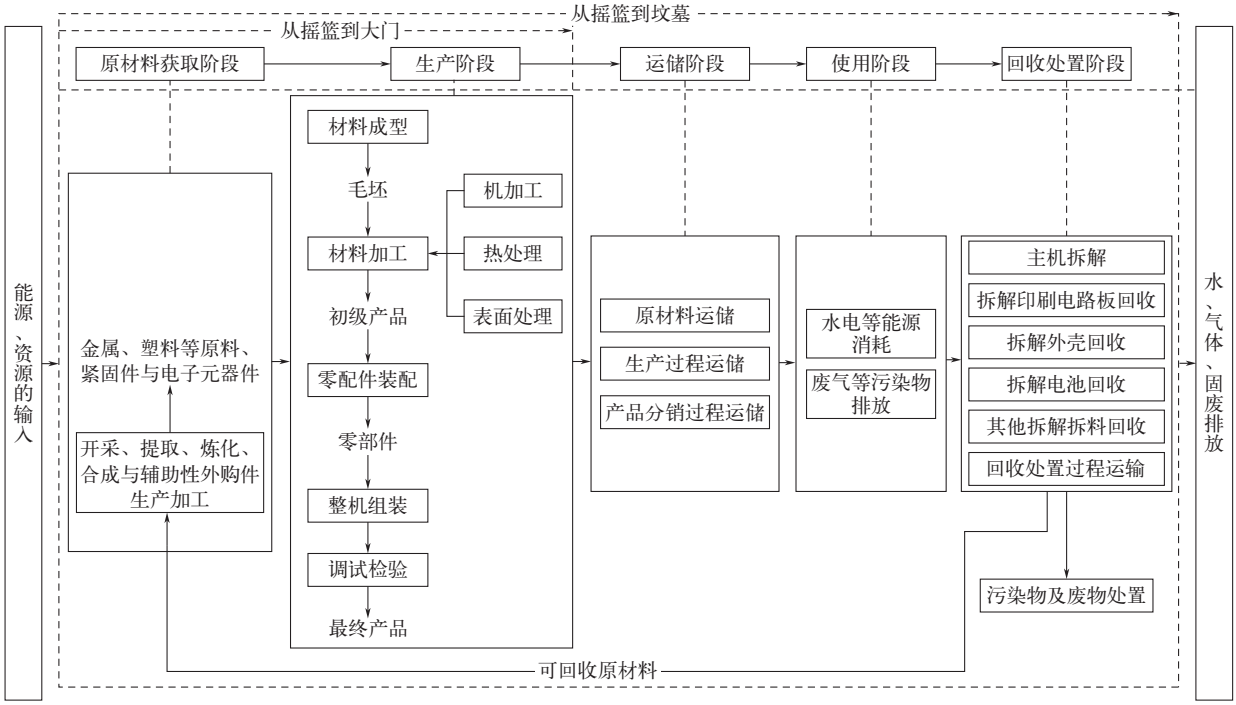


图 1 橡胶塑料机械产品碳足迹核算系统边界示意图

CPCIF

5.2.3 原材料获取阶段

5.2.3.1 原材料获取阶段从自然界材料提取时开始，在原材料产品到达制造商工厂时终止。

5.2.3.2 原材料获取阶段包括：

a） 钢件、铸件等采矿和提取（材料或化石燃料）；
b） 紧固件、电子元器件等辅助性外购件生产加工；
c） 能源（天然气、汽柴油、电力、蒸汽等）的消耗。

5.2.4 生产阶段

5.2.4.1 生产阶段从产品原材料进入工厂开始，到最终产品离开工厂终止。在作为最终产品离开生产阶段之前，产品可能通过许多前端生产过程和相应的中间设施，比如材料成型、元器件、部件和组件的生产，若属于外购件，可归入原材料获取阶段。

5.2.4.2 产品制造过程所涉及的各类设施（如工厂、仓库、办公室）的运行都包括在这一阶段。在这个阶段应考虑生产时期形成的任何副产品或废弃物。

5.2.4.3 生产阶段的流程包括：

a） 毛坯件的生产，包括铸造、锻造、注塑、增材制造（3 D 打印）等材料成型工艺；
b） 材料加工和主要零部件生产，包括机加工、热处理、表面处理（磷化、喷涂、电镀）等工序；
c） 其他元器件、部件和组件生产；
d） 装配和整机组装；
e） 调试、检验和包装；
f） 其他生产制造过程。

CPCIF

5.2.5 运储阶段

5.2.5.1 运储阶段覆盖产品在全生命周期之内的所有运储，包括空运、海运和陆路运储。一个产品在运储阶段可能发生多段运输、储存和销售，适用情况下包括在物流中心和零售地点的存储。

5.2.5.2 运储阶段的流程包括：

a） 原材料获取阶段的运储；
b） 生产过程中主要零部件、半成品在工厂、各生产基地之间的运储；
c） 产品分销过程运储。

5.2.6 使用阶段

使用阶段从使用者得到产品开始，到产品报废时结束。

注 1： 使用阶段的流程因消费者的不同使用习惯而存在较大差异。

注 2： 由于在使用过程中长期耗能，橡胶塑料机械在使用阶段的温室气体排放量占整个生命周期的比重较大，其实际温室气体排放量很大程度上取决于产品的能效表现和服务寿命。

5.2.7 回收处置阶段

5.2.7.1 回收处置阶段从产品废弃后运储到回收处置点或自行拆解时开始，到产品回归到自然或分配到另一种产品的生命周期结束。该阶段主要考虑对产品和产品包装采取不同的处理处置方式，包括填埋、回收、焚化等。

5.2.7.2 回收处置阶段的流程包括：

a） 废弃产品拆解；
b） 收集和整理废弃产品可回收利用零部件或材料以及不可利用部分垃圾；
c） 可回收利用部分的再生；
d） 不可利用部分垃圾的焚烧或填埋；
e） 产品报废后拆解回收处置过程运储。

6 生命周期清单分析

6.1 数据收集和确认

6.1.1 数据收集管理

组织应收集系统边界内所有单元过程的定性资料和定量数据，以生产制造的物料清单（BOM 系统）为基础，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。常见橡胶塑料机械产品碳足迹数据收集表见附录 A。

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。

6.1.2 数据收集期间

一般情况下，初级数据的收集期间为数据盘查前的最近一年。生产期间未达一年者，以至少最近三个月的生产期间为基础，同时应考虑该数据的代表性与准确性。

6.1.3 数据质量要求

6.1.3.1 在确定产品碳足迹量化所使用的活动数据、初级数据和次级数据时，应优先考虑以下方面。

a） 覆盖范围：数据的覆盖范围与产品系统边界保持一致，且能够满足产品碳足迹量化的需要。
b） 地域代表性：收集数据所在的地理区域，以及针对具有地理特性的产品的具体数据。
c） 技术代表性：数据是否针对具体某项技术或一套混合技术，以及针对产品的具体技术数据。
d） 时间代表性：数据的年份和收集数据的最短时间期限，以及针对具体被评价产品的时间数据。
e） 准确性：当数据、模式和假设等存在多种选择时，应优先考虑最准确的数据。
f） 完整性：数据采样范围应足够大，测量的周期项应足够长，数据删减应满足 6.3。
g） 一致性：数据收集时应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。
h） 可再现性：对其他独立从业人员采用同一方法学和数值信息重现相同研究结果的定性评价。
i） 来源：当活动数据和初级数据易于获取时，产品碳足迹的量化应优先使用活动数据和初级数据；用于产品碳足迹量化的所有数据，其获得方式和来源均应予以说明。
j） 不确定性：尽可能使用现有的质量最好的数据，以减少偏差和不确定性。

6.1.3.2 数据汇总过程应注意数据单位的转换，各数据应至少保留两位有效数字。

6.1.4 初级数据收集和数据质量确认

根据系统边界收集各个单元过程或发生这些过程的设施来收集初级数据。橡胶塑料机械产品的关键部件和主要生产过程数据应使用活动数据和初级数据，如生产阶段的原材料消耗、能源消耗、污染物排放以及运储（包括运储形式、运储距离和运储量）等。

6.1.5 次级数据收集和数据质量确认

若无法获取初级数据，则应使用次级数据。次级数据从外部来源获得，可使用特征数据或通用数据，通用数据优先次序为：

a） 公开发布的国际数据库；
b） 国家 LCI 数据库；
c） 国内橡胶塑料机械行业平均数据；
d） 公开发行用于 LCA 评价软件自带数据库。

6.2 数据分配

在边界设置或数据收集时，若发现至少有一个过程的输入和输出包含多个产品，则产品碳排放量需要对生命周期内的多个产品总排放量按照分配原则进行分配。

分配的原则如下：

a） 宜避免进行数据分配；
b） 优先使用物理关系参数（包括但不限于标准台产量、重量、生产工时等）进行分配；
c） 无法找到物理关系时，则依经济价值进行分配；
d） 若使用其他分配方法，应提供所使用参数的基础及计算说明。

6.3 取舍准则

取舍准则应按如下要求。

a） 若某排放源的温室气体排放量估测值小于或等于产品生命周期内温室气体排放量估测值的1%，则可进行删减。但所有删减项目的温室气体排放量估测值合计不得超过产品生命周期内温室气体排放量估测值的5%。
b） 若单一原材料来自多个供应商时，应收集所有供应商的初级数据，并按照采购比例进行数据分配。若收集所有初级数据存在困难，则宜收集供应原材料数量50%以上的具有代表性的供应商的初级数据，其平均值可作为无法取得数据的供应商的次级数据。若原材料数据缺失严重，应针对缺失数据对核算结果产生的影响进行评估，并在核算报告中做出说明。
c） 若产品存在多处生产地点，应收集所有地点的初级数据。若收集所有初级数据存在困难，则宜收集生产总量超过总生产量50%的具有代表性的重要生产地点的初级数据，其平均值可作为所有其它地点的次级数据。
d） 若产品分销的运储路线不止一条，应收集所有路线的初级数据。若收集所有初级数据存在困难，则宜收集销售量占总销售量50%以上的具有代表性的主要销售点的运储路线，其平均值可作为无法取得数据的路线的次级数据。此原则适用于原材料的运储以及产品回收处置过程的运储路线选择。
e） 如涉及上述情况以外的数据取舍内容，应对取舍原因做出必要性说明。所选择的取舍准则对核算结果产生的影响都应在核算报告中做出解释。

6.4 碳足迹核算流程

开展橡胶塑料机械产品碳足迹核算的完整工作流程主要包括：

a） 确定橡胶塑料机械产品系统范围（产品名称、产品型号及产品性能参数等）；
b） 确定橡胶塑料机械产品核算期（即从自然资源中获取原材料开始，到生产阶段或直到产品最终回收处置的整个生命周期）；
c） 划分橡胶塑料机械产品核算系统边界（即原材料获取阶段、生产阶段、运储阶段、使用阶段

以及回收处置阶段）；

d） 确定并收集橡胶塑料机械产品生命周期活动数据；

e） 选择和获取对应排放因子数据；

f） 核算橡胶塑料机械产品各阶段温室气体排放量；

g） 核算橡胶塑料机械产品碳足迹数据；

h） 编制橡胶塑料机械产品碳足迹量化报告。

7 产品碳足迹影响评价

7.1 概述

产品碳足迹为所有温室气体潜在气候变化影响的总和。通过排放或清除的温室气体的质量乘以政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的100年全球变暖潜势值，来计算产品系统每种温室气体排放和清除的潜在气候变化影响，单位为每千克（或吨）排放量的千克（或吨）二氧化碳当量。

IPCC公布了不同温室气体的100年全球变暖潜势值，见附录B。若IPCC修订了全球变暖潜势值，应使用最新评估数值。

7.2 产品碳足迹量化方法

橡胶塑料机械产品碳足迹量化应包括系统边界内原材料获取阶段、生产阶段、运储阶段、使用阶段以及回收处置阶段等生命周期的全部阶段或部分阶段，根据生命周期阶段 i 单元过程 j 排放源 k 的活动数据、排放因子，结合相应温室气体的全球变暖潜势值，获得产品温室气体排放量，按公式（1）计算：

$$CFP_{\mathrm{GHG}}=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{l}\sum_{p=1}^{7}(AD_{i,j,k,p}\times EF_{i,j,k,p}\times GWP_{p}) \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

CFP_{GHG}——橡胶塑料机械产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每功能单位（$\mathrm{kgCO_2e/kg}$）；

$AD_{i,j,k,p}$——系统边界内，各功能单位中生命周期阶段 i 单元过程 j 排放源 k 温室气体 p 的活动数据，包括购买的原料、物料、能源和生产、运输、使用、生命末期等过程的量，单位依据活动数据的量化单位；

$EF_{i,j,k,p}$——生命周期阶段 i 单元过程 j 排放源 k 温室气体 p 的排放因子，包括产品所有应计入的上游过程的排放与清除，单位为千克温室气体每单位数量（kg温室气体/单位数量）；

GWP_{p}——橡胶塑料机械行业生产中所涉及的7种主要的温室气体 p［二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）、六氟化硫（FS_6）与三氟化氮（NF_3）］的全球变暖潜势，应使用政府间气候变化专门委员会最新发布的气候评估报告中的全球变暖潜势值；

i——生命周期阶段类型；

j——单元过程类型；

k——排放源类型；

p——温室气体种类。

注：生命周期各阶段二氧化碳排放量与产品每功能单位碳足迹的具体核算方法见附录C。

8 生命周期结果解释

8.1 产品碳足迹研究的生命周期解释阶段应包括以下步骤。

a） 根据生命周期清单分析和生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果，识别重大问题（可包括生命周期阶段、单元过程）。
b） 完整性、一致性和敏感性分析。
c） 结论、局限性和建议的编制。

8.2 按照产品碳足迹研究的目的和范围，对生命周期影响评价的产品碳足迹的量化结果进行解释，解释应包括以下内容：

a） 对产品碳足迹和各阶段碳足迹的说明；
b） 对不确定性分析，包括取舍准则的应用或范围；
c） 详细记录选定的分配程序；
d） 描述空间系统的划分方法及空间格网粒度（如适用）；
e） 说明产品碳足迹研究的局限性；
f） 对重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）进行敏感性检查；
g） 空间系统的划分和空间格网分辨率选择对结果的影响评价（如适用）。

注：更多信息见 GB/T 24044—2008 中的 4.5。

9 产品碳足迹报告

9.1 报告内容

橡胶塑料机械产品碳足迹报告至少应包含以下内容：

a） 产品名称、规格、型号和功能描述；
b） 功能单位；
c） 系统边界；
d） 量化期；
e） 量化依据；
f） 生命周期阶段描述；
g） 数据来源；
h） 数据分配原则与程序；
i） 数据取舍准则描述；
j） 产品碳足迹；
k） 结论和不确定性说明；
l） 其他需要说明的情况。

9.2 报告模版

产品碳足迹报告见附录 D。

CPCIF

附　录　A
（资料性）
产品碳足迹数据收集表

产品碳足迹各阶段数据收集表见表 A.1～表 A.5，产品碳足迹数据收集汇总表见表 A.6。

表 A.1　原材料获取阶段数据收集表

材料类型	部件类型	部件名称	装机数量	单件重量 kg	总重量 kg	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$
注：原材料获取阶段应区分外购件和自制件，外购件应增加加工工艺（包括但不限于氮化、磷化、镀铬等）会影响排放因子选择的因素。							

表 A.2　生产阶段数据收集表

化石燃料燃烧	化石种类		功能单位消耗量		排放因子		二氧化碳当量 $kgCO_2e$
净购入电力	加工类型	功能单位 供电量 kW·h	燃烧电力 碳足迹因子 $kgCO_2e/kW·h$	燃烧用电 碳足迹 $kgCO_2e/kW·h$	光伏电力 碳足迹因子 $kgCO_2e/kW·h$	光伏电力 碳足迹 $kgCO_2e$	二氧化碳当量 $kgCO_2e$
净购入热力	化石种类		功能单位消耗量		排放因子		二氧化碳当量 $kgCO_2e$
其他气体	气体种类		功能单位消耗量		排放因子		二氧化碳当量 $kgCO_2e$

表 A.3　运储阶段数据收集表

原材料	运输类型	部件类型	部件名称	装机数量	单件重量 kg	运输里程 km	总重量 kg	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$
整机	起送点	客户信息		订单量台	产品毛重 kg/台	陆运距离 km	数据来源	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$

表 A.4　使用阶段数据收集表

产品型号	单位小时生产量 kg/h	年运行小时数 h	使用寿命 年	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$

表 A.5　回收处置阶段数据收集表

废弃物种类名称	材质	回收处置量 kg	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$
钢	再生铁			
铁	废铁			
铜	二次铜			
铝	再生铝			
废塑料	混合废塑料			
废电子器件	废电子器件			
合计				

表 A.6　产品碳足迹数据收集汇总表

阶段	二氧化碳当量 $kgCO_2e$	占比
原材料获取阶段		
生产阶段		
运储阶段		
使用阶段		
回收处置阶段		

CPCIF

附 录 B
（资料性）
全球变暖潜势值

部分温室气体的全球变暖潜势值见表 B.1。

表 B.1 全球变暖潜势值

温室气体名称	化学分子式	100 年的 *GWP*
二氧化碳	CO_2	1
甲烷	CH_4	27.9
氧化亚氮	N_2O	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_2F_2	771
HFC-41	CH_3F	135
HFC-125	CHF_2CF_3	3 740
HFC-134	CHF_2CHF_2	1 260
HFC-134a	CH_2FCF_3	1 530
HFC-143	CH_2FCHF_2	364
HFC-143a	CH_3CF_3	5 810
HFC-152a	CH_3CHF_2	164
HFC-227ea	CF_3CHFCE_3	3 600
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	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_2F_6	12 400
全氟甲烷	C_3F_8	9 290
全氟丁烷	C_4F_{10}	10 000
全氟环丁烷	C_4F_8	10 200
全氟戊烷	C_5F_{12}	9 220
全氟己烷	C_6F_{14}	8 620

注：部分温室气体的全球变暖潜势值来源于 IPCC《气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对 IPCC 第六次评估报告的贡献》。

CPCIF

附　录　C
（规范性）
产品碳足迹量化与产品每功能单位碳足迹的量化方法

C.1　产品碳足迹量化方法细化

C.1.1　原材料获取阶段

原材料获取阶段二氧化碳排放按公式（C.1）计算：

$$E_{原材料获取}=\sum_{i}^{n}I_i\times Z_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.1)$$

式中：

$E_{原材料获取}$——原材料获取阶段二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$/台）；

I_i——第 i 种原材料的质量，单位为千克（kg）；

Z_i——第 i 种单位原材料的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量/千克（$kgCO_2e/kg$）；

n——原材料种类数量；

i——原材料种类。

C.1.2　生产阶段

生产阶段二氧化碳排放按公式（C.2）计算：

$$E_{生产}=E_{燃烧}+E_{过程}+E_{电力}+E_{热力} \quad \cdots\cdots\cdots (C.2)$$

式中：

$E_{生产}$——生产阶段橡胶塑料机械单位产品的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2e）；

$E_{燃烧}$——橡胶塑料机械单位产品生产过程中化石燃料燃烧生成的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2e）；

$E_{过程}$——橡胶塑料机械单位产品生产过程排放的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2e）；

$E_{电力}$——橡胶塑料机械单位产品生产过程净购入电力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2e）；

$E_{热力}$——橡胶塑料机械单位产品生产过程净购入热力产生的碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2e）。

C.1.2.1　生产过程化石燃料燃烧产生的碳排放

生产过程化石燃料燃烧产生的碳排放按公式（C.3）计算：

$$E_{燃烧}=\sum_{i=1}^{n}(AD_i\times EF_i) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.3)$$

$$AD_i=FC_i\times NCV_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.4)$$

$$EF_i=CC_i\times OF_i\times\frac{44}{12} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.5)$$

式中：

i——化石燃料种类；

AD_i——化石燃料活动水平，以热值表示，单位为吉焦（GJ）；

FC_i——化石燃料的消耗量，固体或液体燃料单位为千克（kg），气体燃料单位为标准立方米

（Nm^3）；

NCV_i——化石燃料的低位发热量，单位为吉焦每吨（GJ/t 或 GJ/万 Nm^3）；

EF_i——i 类原材料运输燃料燃烧的有效二氧化碳排放因子，单位为千克二氧化碳每吉焦（kg CO_2/GJ）；

CC_i——化石燃料的单位热值含碳量，单位为吨碳每吉焦（t C/GJ）；

OF_i——化石燃料的碳氧化率，以百分比表示（%）；

$\frac{44}{12}$——二氧化碳及碳的相对分子质量之比。

C.1.2.2 二氧化碳气体保护焊产生的碳排放

二氧化碳气体保护焊产生的碳排放按公式（C.6）与式（C.7）计算：

$$E_{过程}=\sum_{i}^{n}E_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (C.6)$$

$$E_i=\frac{P_i\times W_i}{\sum_{j}P_j\times M_j}\times 44 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.7)$$

式中：

i——保护气体种类；

j——混合保护气体中的气体种类；

E_i——每台（套）橡胶塑料机械工业生产过程中第 i 种保护气体的二氧化碳排放量，单位为吨二氧化碳当量（tCO_2e）；

P_i——第 i 种保护气中二氧化碳的体积占比，以百分比表示（%）；

W_i——每台（套）橡胶塑料机械工业生产过程中第 i 种保护气的净使用量，单位为吨（t）；

P_j——混合气体中第 j 种气体的体积百分比，以百分比表示（%）；

M_j——混合气体中第 j 种气体的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）。

C.1.2.3 生产阶段净购入电力、热力产生的碳排放

生产阶段净购入电力、热力产生的碳排放分别按公式（C.8）与式（C.9）计算：

$$E_{电力}=AD_{电力}\times EF_{电力} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.8)$$

$$E_{热力}=AD_{热力}\times EF_{热力} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.9)$$

$$AD_{热力}=AD_{蒸汽}+AD_{热水} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.10)$$

$$AD_{蒸汽}=Ma_{蒸汽}\times(En_{蒸汽}-83.74)\times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (C.11)$$

$$AD_{热水}=Ma_{热水}\times(T_{热水}-20)\times 4.1868\times 10^{-3} \quad \cdots\cdots (C.12)$$

式中：

$AD_{电力}$——每台（套）橡胶塑料机械零部件生产过程中消耗的净购入电量，单位为千瓦时（kW·h）；

$EF_{电力}$——来自全国电网年平均供电排放因子，单位为千克二氧化碳每千瓦时（$kgCO_2e/kW\cdot h$）；

$AD_{热力}$——每台（套）橡胶塑料机械零部件生产过程中消耗的净购入热量，单位为吉焦（GJ）；

$EF_{热力}$——热力供应的排放因子，单位为千克二氧化碳每吉焦（$kgCO_2e/GJ$）；

$AD_{蒸汽}$——每台（套）橡胶塑料机械零部件生产过程中消耗的净购入热量由通过购入蒸汽产生的热量，单位为吉焦（GJ）；

$AD_{热水}$——每台（套）橡胶塑料机械零部件生产过程中消耗的净购入热量由通过购入热水产生的热量，单位为吉焦（GJ）；

CPCIF

$Ma_{蒸汽}$——每台（套）橡胶塑料机械生产过程中蒸汽消耗量，单位为吨（t）；

$En_{蒸汽}$——蒸汽所对应的温度、压力下每千克蒸汽的焓值，单位为千焦/千克（kJ/kg）；

83.74——产生蒸汽的给水温度为 20 摄氏度时的焓值，单位为千焦/千克（kJ/kg）。

$Ma_{热水}$——每台（套）橡胶塑料机械生产过程中热水消耗量，单位为吨（t）；

$T_{热水}$——热水的温度，单位为摄氏度（℃）；

20——常温下热水的温度，单位为摄氏度（℃）；

4.1868——水在常温常压下的比热，单位为千焦/千克摄氏度［kJ/(kg·℃)］

C.1.3 运储阶段

运储阶段二氧化碳排放按公式（C.13）计算：

$$E_{运储}=\sum_{i}^{n}M_i\times D_i\times T_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.13)$$

式中：

$E_{运储}$——每台（套）橡胶塑料机械产品运储阶段二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

M_i——第 i 种货物的质量，单位为吨（t）；

D_i——第 i 种货物被运输的距离，单位为千米（km）；

T_i——第 i 种货物的运输方式或车辆类型的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量/吨千米［$kgCO_2e/(t\cdot km)$］；

n——指原材料运输、产品生产过程运输、产品分销过程运输和产品回收处置过程货物运输种类数量；

i——货物运输种类，包括各类原材料、橡胶塑料机械产品等。

C.1.4 使用阶段

产品使用时的二氧化碳排放按公式（C.14）计算：

$$E_{使用}=P\times K\times T\times Y\times C+E_{废气} \quad \cdots\cdots\cdots (C.14)$$

式中：

$E_{使用}$——橡胶塑料机械使用阶段二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

P——橡胶塑料机械比能耗，单位为千瓦时每千克（kW·h/kg）；

K——橡胶塑料机械单位小时注射量，单位为千克（kg）；

T——橡胶塑料机械年运行小时数，单位为小时每年（h/a）；

Y——橡胶塑料机械使用寿命，单位为年（a）；

C——橡胶塑料机械全国电网年平均供电排放因子（$kgCO_2e/kW\cdot h$）。

$E_{废气}$——橡胶塑料机械工作时产生的废气所产生的二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）。

C.1.5 回收处置阶段

橡胶塑料机械产品回收处置阶段二氧化碳排放按公式（C.15）与公式（C.16）计算：

$$E_{回收处置}=E_{材料回收}+E_{材料处置}+E_{回收处置运输} \quad \cdots\cdots (C.15)$$

$$E_{材料处置}=\sum_{i}^{n}N_i\times P_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.16)$$

CPCIF

式中：

$E_{回收处置}$——回收处置阶段二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{材料回收}$——材料再生工艺过程中辅助原料消耗产生的二氧化碳排放和清除量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{回收处置运输}$——产品报废后拆解回收处置过程运储，参见公式（C.13），单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

$E_{材料处置}$——未回收材料通过填埋、焚烧等方式处置的过程产生的二氧化碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

N_i——第 i 种材料被回收、填埋或焚烧的质量，单位为千克（kg）；

P_i——第 i 种材料采用回收、填埋或焚烧处置方式对应的碳排放因子，单位为千克二氧化碳当量/千克（$kgCO_2e/kg$）；

n——未回收材料的种类数量；

i——未回收材料种类。

C.2 产品每功能单位碳足迹的量化方法

C.2.1 根据附录C生命周期内各阶段碳排放量的计算公式及公式（1）可得产品碳排放量 $E_{总}$ 为：

$$E_{总}=E_{原材料获取}+E_{生产}+E_{运储}+E_{使用}+E_{回收处置} \quad \cdots\cdots (C.17)$$

C.2.2 产品全生命周期内单位功能碳足迹按照公式（C.18）计算：

$$CFP_{GHG}=\frac{E_{总}}{W\times Y} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots (C.18)$$

式中：

CFP_{GHG}——产品生命周期内每功能单位所产生的碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每千克（$kgCO_2e/kg$）；

$E_{总}$——橡胶塑料机械产品生命周期内碳排放量，单位为千克二氧化碳当量（$kgCO_2e$）；

W——产品在使用过程中年加工制品的质量，单位为千克每年（kg/a）；

Y——产品参考使用寿命，单位为年，计算中可使用设计寿命。

CPCIF

附 录 D
（资料性）
产品碳足迹报告模版

产品碳足迹报告模版如下。

产品碳足迹报告（模版）

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：_____（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：

公司概况：

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

以单台（套）××产品在参考使用寿命内生产 1 kg 橡胶塑料制品为功能单位。

2. 系统边界

□ 原材料获取阶段　□ 生产阶段　□ 运储阶段　□ 使用阶段　□ 回收处置阶段

系统边界图：

重要单元工艺清单：

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

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

产品碳足迹各阶段数据收集表见表 D.1～表 D.5，产品碳足迹数据收集汇总表见表 D.6。

CPCIF

表 D.1　原材料获取阶段数据收集表

材料类型	部件类型	部件名称	装机数量	单件重量 kg	总重量 kg	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$
注：原材料获取阶段应区分外购件和自制件，外购件应增加加工工艺（包括但不限于氮化、磷化、镀铬等）会影响排放因子选择的因素。							

表 D.2　生产阶段数据收集表

化石燃料燃烧	化石种类		功能单位消耗量		排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$	
净购入电力	加工类型	功能单位 供电量 kW·h	燃烧电力 碳足迹因子 $kgCO_2e/kW·h$	燃烧用电 碳足迹 $kgCO_2e/kW·h$	光伏电力 碳足迹因子 $kgCO_2e/kW·h$	光伏电力 碳足迹 $kgCO_2e$	二氧化碳 当量 $kgCO_2e$
净购入热力	化石种类		功能单位消耗量		排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$	
其他气体	气体种类		功能单位消耗量		排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$	

表 D.3　运储阶段数据收集表

原材料	运输类型	部件类型	部件名称	装机数量	单件重量 kg	运输里程 km	总重量 kg	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$
整机	起送点	客户信息		订单量台	产品毛重 kg/台	陆运距离 km	数据来源	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$

表 D.4　使用阶段数据收集表

产品型号	单位小时注射量 kg/h	年运行小时数 h	使用寿命 年	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$

CPCIF

表 D.5　回收处置阶段数据收集表

废弃物种类名称	材质	回收处置量 kg	排放因子	二氧化碳当量 $kgCO_2e$
钢	再生铁			
铁	废铁			
铜	二次铜			
铝	再生铝			
废塑料	混合废塑料			
废电子器件	废电子器件			
合计				

表 D.6　产品碳足迹数据收集汇总表

阶段	二氧化碳当量 $kgCO_2e$	占比
原材料获取阶段		
生产阶段		
运储阶段		
使用阶段		
回收处置阶段		

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，具体评价内容包括与时间相关的覆盖范围、地理覆盖范围、技术覆盖范围、精密度、完整性、代表性、一致性、再现性、数据来源、信息的不确定性等内容。

五、影响评价

1. 影响类型和特征化因子选择

选择政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的 7 种主要的温室气体 p［二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化亚氮（N_2O）、氢氟碳化合物（HFCs）、全氟碳化合物（PFCs）、六氟化硫（FS_6）与三氟化氮（NF_3）］的全球变暖潜势（GWP）。

2. 产品碳足迹结果计算

每台（套）的产品碳足迹计算如下所示（参见表 D.7）。

CPCIF

表 D.7　每台（套）的产品生命周期阶段排放情况及占比

生命周期阶段	二氧化碳当量 $kgCO_2e$	占比
原材料获取阶段		
生产阶段		
运储阶段		
使用阶段		
回收处置阶段		
总计		

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_____$kgCO_2e$。

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

CPCIF

CPCIF

参 考 文 献

［1］ GB/T 24044—2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南

［2］ 政府间气候变化专门委员会（IPCC）. 气候变化报告 2021：自然科学基础 第一工作组对IPCC 第六次评估报告的贡献.

CPCIF