

团 体 标 准

T/CESA 1450—2025

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 机器人

Greenhouse gases—Quantification methods and requirements for carbon footprint of
products—Robots

(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)

2025-12-15 发布

2025-12-15 实施

中国电子工业标准化技术协会 发布

目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 量化目的与范围.....	3
5 清单分析.....	5
6 影响评价.....	8
7 结果解释.....	10
8 产品碳足迹报告.....	11
9 产品碳足迹声明.....	11
附录 A (资料性) 机器人产品碳足迹量化数据收集表.....	13
附录 B (资料性) 全球变暖潜势值.....	15
附录 C (资料性) 全国电力平均碳足迹因子.....	17
附录 D (资料性) 产品碳足迹报告 (模板)	18
附录 E (规范性) 机器人产品零部件名录.....	23
参考文献.....	24

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这些专利的责任。

本文件由中国电子技术标准化研究院提出。

本文件由中国电子技术标准化研究院、中国电子工业标准化技术协会归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、中环联合（北京）认证中心有限公司、库卡机器人（广东）有限公司、爱普生（中国）有限公司、常州检验检测标准认证研究院、浙江省特种设备科学研究院、中国电子技术标准化研究院华东分院、中国电子工业标准化技术协会、中国科学院生态环境研究中心、工业和信息化部电子第五研究所。

本文件主要起草人：崔晓冬、乔岑、管琪、申娜、姬学峰、李泽平、薛琳、钟海见、张晓萌、杨宇华、周志峰、王直荣、潘京津、赵礼弢、单皖粤、丁冠元、张宝帅、颜旺、朱静、陈庆帅、赵梦芳、孙婷婷、吕彬、段先月。



温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 机器人

1 范围

本文件规定了机器人产品碳足迹量化要求并描述了对应的产品碳足迹量化方法，包括量化目的与范围、清单分析、影响评价、结果解释、碳足迹报告、碳足迹声明等。

本文件适用于工业机器人及服务机器人产品的碳足迹量化与评价。

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 12642 工业机器性能规范及其试验方法

GB/T 12643—2025 机器人 词汇

GB/T 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序

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 32150—2015 工业企业温室气体排放核算和报告通则

GB/T 40575 工业机器人能效评估导则

GB/T 40576 工业机器人运行效率评价方法

3 术语和定义

GB/T 12643—2025、GB/T 24044—2008、GB/T 24067—2024、GB/T 32150—2015 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机器人 robots

具有一定自主能力，执行运动、操作或定位的可编程机构。

注：按照预期的用途，机器人分类可划为工业机器人（3.2）或服务机器人（3.3）。

[来源：GB/T 12643—2025，3.1，有修改]

3.2

工业机器人 industrial robot

自动控制且可重复编程的多用途的操作机，能对三个或更多的轴编程，能固定在某一位置或固定在移动平台上，在工业自动化中使用。

[来源：GB/T 12643—2025，3.6]

3.3

服务机器人 service robot

个人使用或专业用途下，为人类或设备完成有用任务的机器人。

注1：个人用途的任务包括物品的处理或提供、运输、身体的支撑、提供指引或信息、梳理、烹饪和食物处理，以及清洁。

注2：专业用途的任务包括检查、监控、处理物品、提供指引或信息、烹饪和食物处理，以及清洁。

[来源：GB/T 12643—2025，3.7]

3. 4

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中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. 5

温室气体 greenhouse gas; GHG

大气层中自然存在的和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。

[来源：GB/T 32150—2015，3.1，有修改]

3. 6

系统边界 system boundary

通过一组准则确定哪些单元过程属于系统的一部分。

[来源：GB/T 24067—2024，3.3.4]

3. 7

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. 8

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]

3. 9

初级数据 primary data

通过直接测量或基于直接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. 10

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的。

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—2024，3.6.2]

3. 11

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. 12

碳抵消 carbon offsetting

用所研究产品系统边界以外的，通过避免排放、减少或清除的温室气体排放量来全部或部分补偿产品碳足迹或产品部分碳足迹的机制。

示例：在相关产品系统之外的投入，例如对可再生能源技术、能源效率措施、造林或再造林的投入。

注 1：在产品碳足迹或产品部分碳足迹的量化中不允许进行碳抵消，碳抵消的信息交流不属于本文件的范围。

注 2：ISO 14021: 2016/Amd 1: 2021 和 ISO 14026: 2017 中涵盖了与碳抵消和碳中和相关的足迹信息交流以及声明。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.1.7]

3.13

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 24044—2008, 3.18]

4 量化目的与范围

4.1 量化目的

通过量化机器人产品全生命周期阶段的所有显著的温室气体排放量和清除量（以二氧化碳当量表示），客观分析机器人产品对气候变化的潜在影响，以及在不同阶段、不同过程对产品碳足迹的贡献比例。

开展机器人产品碳足迹量化的目的包括但不限于：

- a) 评价产品对气候变化的潜在影响；
- b) 用于生产者与上下游供应链或消费者之间的温室气体排放信息沟通、绿色供应链管理；
- c) 用于生产者降低产品碳足迹的设计与改进；
- d) 为机器人产品碳足迹标识提供依据。

4.2 量化范围

4.2.1 产品描述

机器人产品描述应使用户能够明确地识别产品，包括但不限于：

- a) 产品名称及型号；
- b) 产品用途和功能；
- c) 产品的示意图；
- d) 产品的主要组成；
- e) 产品的主要性能指标和规格参数，包括但不限于：
 - 负载容量：机器人可保持或操作的最大重量；
 - 工作半径：机器人基座基准点到末端执行器基准点的最大/有效直线距离；
 - 设计轴数：机器人具备的独立运动关节数量（自由度），决定运动灵活度与作业范围；
 - 定位精度：机器人末端实际位姿与理论目标位姿的吻合程度；
 - 运动速度：含关节转动速度和末端移动速度，分极限速度与额定负载下实际速度。
- f) 产品符合相关质量标准的证明文件。

4.2.2 功能单位

量化机器人产品碳足迹时，应使用“1台机器人”作为功能单位，同时应涵盖：

- a) 产品类型；
- b) 参考使用寿命。

示例：一台参考使用寿命为 10 年的工业机器人。

4.2.3 系统边界

4.2.3.1 通则

机器人产品碳足迹量化系统边界见图 1，当量化产品碳足迹时，系统边界应选取图中列出的全部阶段（A~E）。量化活动应包括所选取各个阶段中对产品碳足迹有显著贡献的所有温室气体排放量和清除量，其中产品碳足迹不应包括碳抵消。

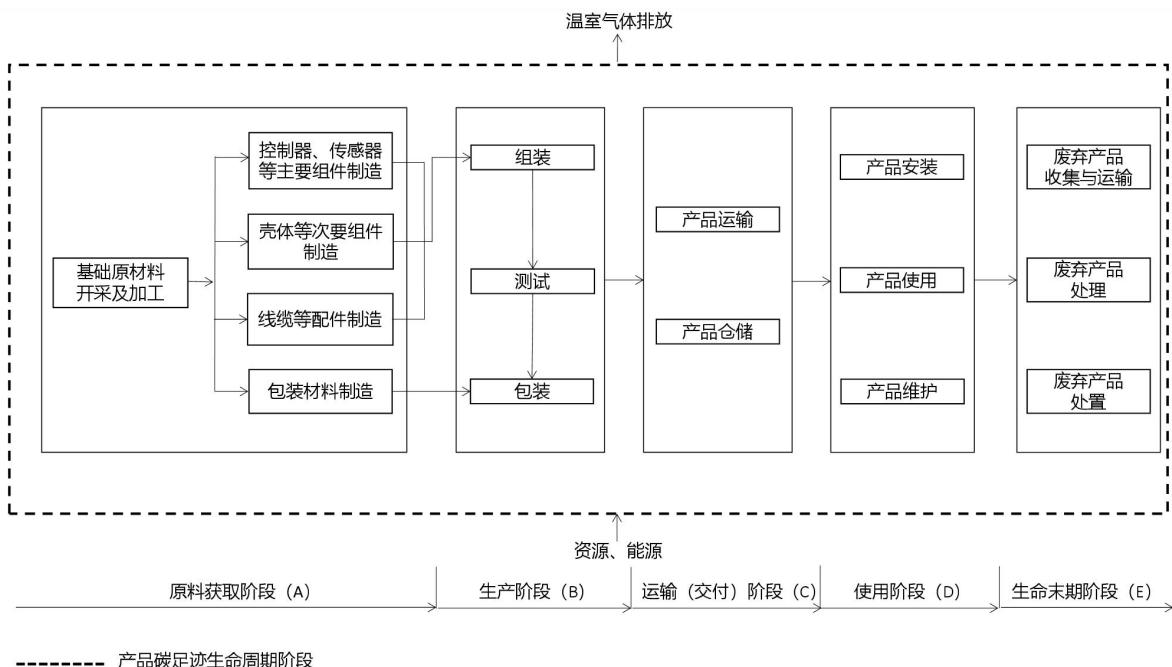


图 1 机器人产品碳足迹量化系统边界

4.2.3.2 原料获取阶段

机器人产品原料获取阶段（A）从上游供应商提供加工完成的原料或部件开始，到机器人产品生产工厂接受该类原料或部件时结束，应包括但不限于：

- a) 控制器、传感器等主要组件，壳体等次要组件，线缆等配件以及包装等材料的生产；
- b) 组件、配件及包装等材料的运输。

4.2.3.3 生产阶段

机器人产品生产阶段（B）从产品部件进入工厂开始，到最终产品离开工厂结束，应包括但不限于：

- a) 产品的组装、测试和包装；
- b) 产品及中间产品在生产过程中的运输；
- c) 产品生产过程中产生的固体废物的运输与处理处置、污染物的处理处置。

4.2.3.4 运输（交付）阶段

机器人产品运输（交付）阶段（C）从最终产品离开工厂开始，到产品使用者得到产品结束，应包括但不限于：

- a) 工厂、仓库、销售地点、使用者间的各类运输，包括空运、船运、公路运输、铁路运输等；
- b) 产品的分销和仓储。

4.2.3.5 使用阶段

机器人产品使用阶段（D）从使用者得到产品开始，到产品废弃时结束，应包括但不限于：

- a) 机器人产品的安装；
- b) 机器人产品的使用；
- c) 机器人产品的运维。

4.2.3.6 生命末期阶段

机器人产品生命周期末期阶段（E）从产品废弃后的收集开始，到产品回归自然或被分配到另一种产品的生命周期为止，应包括但不限于：

- a) 废弃机器人的收集与运输；
- b) 废弃机器人的处理处置（包含焚烧、填埋和回收等）。

4.2.3.7 取舍准则

所涉及的物质（能量）数据的取舍应遵守下列准则：

- a) 机器人产品的操作系统、软件的开发过程能源消耗忽略，其余的能源输入均列出；
- b) 列出主要的原辅料，若符合以下要求则忽略：
 - 1) 单项物质（能量）流或单元过程对产品碳足迹的贡献均不超过 1%；
 - 2) 所有物质（能量）流与单元过程对产品碳足迹贡献总和不超过 5%，且在碳足迹报告中予以说明。
- c) 道路与基础设施、各工序的设备生产制造过程、厂区内外人员及生活设施的消耗和排放，均忽略。

5 清单分析

5.1 数据收集

5.1.1 各阶段数据收集

在系统边界内开展各单元过程的数据收集，数据种类和数据类型符合表 1 的要求，所有收集的数据的获得方式和来源均应予以说明并记录。其中初级数据收集参照附录 A 中表 A.1 开展。

表 1 数据收集要求

所属阶段	数据种类	数据类型
原料获取阶段 (A)	符合 5.1.3 要求的由上游供应商提供的主要组件或主要原料的温室气体排放因子	应使用初级数据
	其他原材料和部件（次要组件、配件以及包装等材料）的温室气体排放因子	可使用次级数据
	已加工原材料或部件的实际消耗量	应使用现场数据
	已加工原材料或部件从供应商到机器人产品生产工厂的运输量、运输距离、运输方式	可使用初级数据
	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
生产阶段 (B)	生产工艺的温室气体直接排放量	应使用现场数据
	产品组装、测试、包装等过程电力、柴油、天然气等能源（含厂内运输）的消耗量	应使用现场数据
	生产阶段所需化石燃料的运输量、运输距离、运输方式	可使用初级数据
	污染物、固体废物的产生量、处理处置方式、运输距离、运输方式	可使用初级数据
	电力的碳足迹因子	可使用次级数据
	柴油、天然气等能源获取阶段的温室气体排放因子	可使用次级数据
	柴油、天然气等能源燃烧过程的温室气体排放因子	可使用次级数据
	污染物、固体废物处理处置的温室气体排放因子	可使用次级数据
运输(交付)阶段 (C)	不同运输方式的温室气体排放因子	可使用次级数据
	产品仓储过程能源与物料的消耗量	可使用次级数据
	产品运输至使用者所在地的运输距离、运输距离与运输方式	可使用次级数据

表1 数据收集要求（续）

所属阶段	数据种类	数据类型
运输（交付）阶段（C）	能源获取阶段、不同运输方式、物料的温室气体排放因子	可使用次级数据
使用阶段（D）	产品安装、使用及维护过程能源与物料的消耗量	可使用次级数据
	产品使用能耗、时数和寿命	可使用次级数据
	能源与物料到维护点的运输量、运输距离、运输方式	可使用次级数据
	能源获取阶段、不同运输方式、物料的温室气体排放因子	可使用次级数据
	废弃产品运输至处理/处置地的运输量、运输距离、运输方式	可使用次级数据
生命末期阶段（E）	废弃产品处理过程能源与物料的消耗量	可使用次级数据
	能源与物料到处理/处置地的运输量、运输距离、运输方式	可使用次级数据
	废弃产品在不同处理处置方式下的重量	可使用次级数据
	废弃产品在不同处理处置方式下的碳足迹因子	可使用次级数据
	能源获取阶段、不同运输方式、物料的碳足迹因子	可使用次级数据

5.1.2 使用情景

机器人产品应在碳足迹量化报告中具体说明产品使用者和产品使用情景。产品使用寿命信息应包括预期使用条件和产品相关功能和验证。使用情景应代表选定市场的实际使用情况。

机器人产品在参考使用寿命内的耗电量应由制造商或者使用方提供，并给出不同使用模式的时间分布模型及其原理。在没有其他证明的情况下，应测量产品不同工作模式下的实际功耗，具体测量方法应符合 GB/T 40575、GB/T 40576 的规定，相关参数测量应遵循 GB/T 12642 中关于轨迹特性与位姿精度的测试要求。测量工作应在典型负载与标准测试轨迹下执行，其中针对不同工作模式功耗的测量，需在产品碳足迹报告中明确记录以下主要参数：位置到达精度（±mm）、运行时间（s）、移动距离（mm）。使用时数默认为 16h/d，使用寿命为 10a，其中每小时运动状态时间占比 50%，每小时待机状态时间占比 50%。

机器人产品耗电量按公式(1)计算：

$$E_u = (P_i \times T_i + P_w \times T_w) \times t \times Y \times 365. \quad (1)$$

式中：

- E_u —— 机器人产品在参考使用寿命期间的总耗电量，单位为千瓦时（kW•h）；
- P_i —— 机器人每小时运动状态功耗，单位为千瓦（kW）；
- T_i —— 机器人每小时运动状态时间所占比例，单位为百分率（%）；
- P_w —— 机器人每小时待机状态功耗，单位为千瓦（kW）；
- T_w —— 机器人每小时待机状态时间所占比例，单位为百分率（%）；
- t —— 产品每日使用时数，单位为小时（h）；
- Y —— 产品使用年限，单位为年（a）。

5.1.3 数据质量要求

5.1.3.1 初级数据的质量要求应包括：

- a) 完整性。初级数据宜采集企业最近一个自然年内的生产统计数据；根据输入输出的选择准则

- 的要求，检查是否有缺失的过程、消耗和排放；
- b) 准确性。初级数据中的能源、原料消耗数据应来自企业的实际生产统计记录。环境排放数据优先选择相关的环境监测报告，或由排污因子或物料平衡公式计算获得。所有初级数据均应转换为以功能单位为基准，且应详细记录相关的原始数据、数据来源、计算过程等；
 - c) 一致性。初级数据采集时同类数据应保持相同的数据来源、统计口径、处理规则等。
- 5.1.3.2 次级数据的质量要求应包括：
- a) 代表性。优先选择企业的原料供应商提供的符合 GB/T 24044—2008 或 GB/T 24067—2024 要求的、经第三方独立验证的上游产品碳足迹/生命周期评价报告中的数据。若无，优先选择代表同一地理区域的公开产品碳足迹/生命周期评价数据，数据的参考年限应优先选择近 3 年；在没有符合要求的国内数据的情况下，可以选择国外同类技术数据作为次级数据；
 - b) 完整性。次级数据应完整覆盖系统边界中除初级数据外所有的阶段与过程，并应包含系统边界内的所有温室气体排放信息；
 - c) 一致性。同一机构对同类产品次级数据的选择应保持一致。

5.1.4 数据库的选用

- 5.1.4.1 数据库的选择应遵守：
- a) 完整性。数据库涵盖联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）规定的温室气体种类；
 - b) 透明性。数据库有公开的数据库指南，用于说明数据库开发的方法。此外，数据库的每个数据集有完整的文档，包括模型完整性、数据代表性、数据来源和同行评审意见。
- 5.1.4.2 为确保产品碳足迹量化结果的准确性，次级数据应优先使用国家公布的或相关主管部门推荐的碳足迹因子。若尚无相应的碳足迹因子，生产企业可自行选用次级数据，但应遵守：
- a) 首先选取本地化生命周期评价或碳足迹数据库中代表中国区域的次级数据；
 - b) 其次选取国外商业化数据库中标识为中国区域代表性的次级数据；
 - c) 最后选取国外商业化数据库中标识为全球代表性的次级数据；
 - d) 如果产品在中国以外的其他地区/国家制造，应选取国外商业化数据库中标识为该国家/区域代表性的次级数据。

5.2 数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查，以确认数据质量要求符合 5.1.3 的规定。

数据确认可通过建立质量平衡、能量平衡或排放因子的比较分析或其他适当的方法。

5.3 数据与单元过程和功能单位的关联

对于每个单元过程都应确定一个合适的流。单元过程中定量的输入和输出数据应以和该流的关系为依据来进行计算。

以流程图和各单元过程间的流为基础，所有单元过程的流都与基准流建立联系。计算应以功能单位为基础得出系统中所有的输入和输出数据。

在产品系统中，合并输入输出数据时宜慎重，合并程度应与研究目的保持一致。如需更详细的合并原则，宜在目的和范围的确定阶段加以说明，或在之后的影响评价阶段进行说明。

注：如需开展产品碳足迹的地理范围分析时，将相关单元过程与其所处的地理位置进行关联。

5.4 系统边界调整

基于产品碳足迹量化工作需要不断迭代的特性，应根据由敏感性分析所判定的重要性来决定数据的取舍。初始系统边界应根据目的和范围确定阶段所规定的取舍准则进行调整。应在产品碳足迹研究报告中记录调整过程和敏感性分析结果。基于敏感性分析的系统边界调整可导致：

- a) 排除被判定为不具有显著性影响的生命周期阶段或单元过程；
- b) 排除对产品碳足迹研究结果不具有显著性影响的输入和输出数据；
- c) 纳入具有显著性影响的新单元过程、输入和输出。

5.5 数据分配

5.5.1 机器人产品进行碳足迹评价涉及分配时，应符合 GB/T 24044—2008 中 4.3.4 的要求。对包含多

个产品的系统时，宜避免分配。若分配无法避免：

- 应使用物理关系进行分配；
- 若无法建立物理关系，宜根据经济价值或其他关系进行分配，所有分配方式需提供所使用分配关系的依据及计算说明。

注：物理关系包括数量、重量、工时等。

5.5.2 针对不同情况下的具体分配方法：

- 对产出多种产品（包括副产品）的同一单元过程（如同一生产线），应采用该单元过程或生产线的产品产量进行分配；
- 对公共设施能源消耗产生的温室气体排放，在划分单元过程的时候应确保各单元过程输入能源和资源可以计量。如不可单独计量，则应根据该单元过程生产产品产量占全厂产品总产量的比例进行分配；
- 对废水和固体废物处理过程（包括委外处理）的温室气体排放，应根据该单元过程生产产品产量占全厂产品总产量的比例进行分配。

5.5.3 机器人产品碳足迹量化范围（见 4.2）在生命周期末期阶段（E）若涉及回收处理的分配，参照 GB/T 24067—2024 附录 D。

5.6 特定温室气体排放量和清除量的处理

特定温室气体排放量和清除量应符合 GB/T 24067—2024 中 6.4.9 的要求，其中温室气体清除量应在报告中解释说明。

5.7 记录与保存

机器人产品碳足迹核算的资料，包括（但不限于）系统边界、单元过程、排放因子、活动数据来源、原材料的识别、分配的依据、关于排除的说明等，应至少保存 3 年。

6 影响评价

6.1 产品碳足迹核算

在数据收集与确认完成后，将现场数据和非现场数据折算为统一的功能单位。在使用功能单位进行机器人产品碳足迹核算时，按公式（2）计算：

$$CFP_{GHG} = \sum_i (GWP_i \times CFP_i) \quad (2)$$

式中：

- CFP_{GHG} —— 产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每功能单位（kgCO₂e/功能单位）；
 GWP_i —— 第 i 类温室气体的 GWP 值，采用 IPCC 给出的 100aGWP 值，见附录 B；
 CFP_i —— 每功能单位产品在系统边界内的第 i 类温室气体排放总量，单位为千克（kg）。

其中，每功能单位产品在系统边界内的第 i 类温室气体排放总量按公式（3）计算：

$$CFP_i = CFP_{A,i} + CFP_{B,i} + CFP_{C,i} + CFP_{D,i} + CFP_{E,i} \quad (3)$$

式中：

- $CFP_{A,i}$ —— 每功能单位产品在原料获取阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克（kg）；
 $CFP_{B,i}$ —— 每功能单位产品在生产阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克（kg）；
 $CFP_{C,i}$ —— 每功能单位产品在运输（交付）阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克（kg）；
 $CFP_{D,i}$ —— 每功能单位产品在使用阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克（kg）；
 $CFP_{E,i}$ —— 每功能单位产品在生命末期阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克（kg）。

其中，每功能单位产品在原料获取阶段、生产阶段、运输（交付）阶段、使用阶段、生命末期阶段的第 i 类温室气体排放量，按公式（4）~（8）计算。若涉及电力碳足迹因子参见附录 C。

6.2 原料获取阶段

机器人产品原料获取阶段温室气体排放量按公式（4）计算：

$$CFP_{A,i} = \sum_i \sum_j (M_{1,j} \times CEF_{1,i,j}) + \sum_i \sum_k (M_{1,j} \times D_{1,j,k} \times TEF_{i,k}) \quad (4)$$

式中：

- $CFP_{A,i}$ — 每功能单位产品在原料获取阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克（kg）；
- $M_{1,j}$ — 每功能单位产品第 j 种原料或配件的消耗量，单位视原料或配件的种类而定；
- $CEF_{1,i,j}$ — 实际供应链/上游供应商生产的单位第 j 种原料或配件的第 i 种温室气体排放量，或第 j 种原料或配件的第 i 种温室气体排放因子，包括开采、加工、运输等过程，单位视原料的种类而定；
- $D_{1,j,k}$ — 第 j 种原料或配件的第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；
- $TEF_{i,k}$ — 第 k 种运输方式的第 i 种温室气体排放因子，包括化石燃料开采、加工、燃烧等过程，单位为千克每吨每千米[kg/(t·km)]。

6.3 生产阶段

机器人产品生产阶段温室气体排放量按公式（5）进行计算：

$$CFP_{B,i} = \sum_i \sum_j (M_{2,j} \times CEF_{2,i,j}) + \sum_i \sum_k (M_{2,j} \times D_{2,j,k} \times TEF_{i,k}) + \sum_i \sum_k (FC_{2,j,k} \times NCV_{2,j} \times EF_{2,i,j,k}) + \sum_i E_i \quad (5)$$

式中：

- $CFP_{B,i}$ — 每功能单位产品在生产阶段的第 i 类温室气体排放量，单位为千克（kg）；
- $M_{2,j}$ — 每功能单位产品第 j 种能源的消耗量或污染物、固体废物的处理处置量，单位视能源、污染物、固体废物种类而定；
- $CEF_{2,i,j}$ — 第 j 种能源生产的第 i 种温室气体排放因子，包括开采、加工、运输等过程，或第 j 种污染物、固体废物处理处置的第 i 种温室气体排放因子，包括处理处置过程中的能源消耗等过程，单位视能源、污染物、固体废物种类而定；
- $D_{2,j,k}$ — 第 j 种能源或污染物或固体废物第 k 种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；
- $TEF_{i,k}$ — 第 k 种运输方式的第 i 种温室气体排放因子，包括化石燃料开采、加工、燃烧等过程，单位为千克每吨每千米[kg/(t·km)]；
- $FC_{2,j,k}$ — 每功能单位产品第 j 种化石燃料的第 k 种燃烧方式对应的消耗量，单位视燃料种类而定；
- $NCV_{2,j}$ — 第 j 种化石燃料的低位发热量，单位视燃料种类而定；
- $EF_{2,i,j,k}$ — 第 j 种化石燃料的第 k 种燃烧方式对应的第 i 种温室气体排放因子，包括开采、加工、运输等过程，单位为千克每吉焦（kg/GJ）；
- E_i — 产品生产阶段由非燃料燃烧来源造成的第 i 种温室气体的过程排放，单位为千克（kg）。

6.4 运输（交付）阶段

机器人产品运输（交付）阶段温室气体排放量按公式（6）计算：

$$CFP_{C,i} = \sum_i \sum_j (M_{3,j} \times CEF_{3,i,j}) + \sum_i \sum_k (M_{3,j} \times D_{3,j,k} \times TEF_{i,k}) \quad (6)$$

式中：

- $M_{3,j}$ — 每功能单位产品运输（交付）阶段第 j 种能源或物料的消耗量，单位视能源或物料种类而定；
- $CEF_{3,i,j}$ — 第 j 种能源或物料的第 i 种温室气体排放因子，包括开采、加工、运输等过程，单位视能源或物料种类而定；

- $D_{3,j,k}$ —— 第 j 种产品或能源第 k 种运输方式的运输距离, 单位为千米 (km) ;
 $TEF_{i,k}$ —— 第 k 种运输方式的第 i 种温室气体排放因子, 包括化石燃料开采、加工、燃烧等过程, 单位为千克每吨每千米 [kg/(t·km)]。

6.5 使用阶段

机器人产品使用阶段温室气体排放量按公式 (7) 计算:

$$CFP_{D,i} = \sum_i \sum_j (M_{4,j} \times CEF_{4,i,j}) + \sum_i \sum_j \sum_k (M_{4,j} \times D_{4,j,k} \times TEF_{i,k}) \dots \quad (7)$$

式中:

- $M_{4,j}$ —— 每功能单位产品使用阶段第 j 种能源或物料的消耗量, 单位视能源或物料种类而定;
 $CEF_{4,i,j}$ —— 第 j 种能源或物料的第 i 种温室气体排放因子, 包括开采、加工、运输等过程, 单位视能源或物料种类而定;
 $D_{4,j,k}$ —— 第 j 种能源或物料第 k 种运输方式的运输距离, 单位为千米 (km) ;
 $TEF_{i,k}$ —— 第 k 种运输方式的第 i 种温室气体排放因子, 包括化石燃料开采、加工、燃烧等过程, 单位为千克每吨每千米 [kg/(t·km)]。

6.6 生命末期阶段

机器人产品生命末期阶段温室气体排放量按公式 (8) 计算:

$$CFP_{E,i} = \sum_i \sum_j (M_{5,j} \times CEF_{5,i,j}) + \sum_i \sum_j \sum_k (M_{5,j} \times D_{5,j,k} \times TEF_{i,k}) + \sum_i \sum_j \sum_m (M_{6,m,j} \times CEF_{6,i,j}) \dots \quad (8)$$

式中:

- $M_{5,j}$ —— 每功能单位产品生命末期处理处置过程第 j 种能源或物料的消耗量, 单位视能源或物料种类而定;
 $CEF_{5,i,j}$ —— 第 j 种能源或物料的第 i 种温室气体排放因子, 包括开采、加工、运输等过程, 单位视能源或物料种类而定;
 $D_{5,j,k}$ —— 第 j 种能源或物料第 k 种运输方式的运输距离, 单位为千米 (km) ;
 $TEF_{i,k}$ —— 第 k 种运输方式的第 i 种温室气体排放因子, 包括化石燃料开采、加工、燃烧等过程, 单位为千克每吨每千米 [kg/(t·km)];
 $M_{6,m,j}$ —— 每功能单位产品生命末期阶段第 m 种固体废物第 j 种处理处置方式 (包含焚烧、填埋和回收等) 的处理处置量, 单位为吨 (t) ;
 $CEF_{6,i,j}$ —— 第 j 种处置方式的第 i 种温室气体排放因子, 包括处置过程中的能源消耗等过程, 单位为千克每吨 (kg/t) 。

7 结果解释

7.1 步骤

机器人产品碳足迹研究的结果解释应包括下列步骤:

- 根据清单分析和影响评价的计算过程和结果, 识别重大问题 (可包括生命周期阶段、单元过程或流);
- 开展完整性、一致性和敏感性分析;
- 出具结论、局限性和建议。

7.2 内容

按照机器人产品碳足迹研究的目的和范围, 对产品碳足迹的量化结果进行解释, 包括以下内容:

——应对产品碳足迹和各阶段碳足迹的说明;

- 应详细记录选定的分配程序；
- 应分析不确定性，包括取舍准则的应用或范围；
- 应说明产品碳足迹研究的局限性；
- 宜对重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）进行的敏感性检查，以了解结果的敏感性和不确定性；
- 宜评估替代使用情景对最终结果的影响；
- 宜评估不同生命末期阶段情景对最终结果的影响；
- 宜评估建议对结果的影响。

8 产品碳足迹报告

机器人产品碳足迹报告宜按照附录 D 编制。

机器人产品碳足迹报告应包括但不限于以下内容：

- a) 基本情况：
 - 1) 委托方和评价方信息；
 - 2) 报告方信息；
 - 3) 依据的标准；
 - 4) 使用本文件或其他补充要求的参考资料（如有）。
- b) 目的：
 - 1) 量化目的（见 4.1）；
 - 2) 预期用途。
- c) 范围：
 - 1) 产品描述（见 4.2.1）；
 - 2) 功能单位（见 4.2.2）；
 - 3) 系统边界（见 4.2.3）；
 - 4) 取舍准则（见 4.2.3.7）；
 - 5) 生命周期各阶段的描述，包括对选定的使用阶段和生命末期阶段假设情景的描述（如适用），生命末期阶段情景对最终结果影响的评价。
- d) 清单分析：
 - 1) 数据收集信息，零部件名称符合附录 E 的要求；
 - 2) 代表性的时间范围和地理范围；
 - 3) 分配原则与程序（见 5.5）；
 - 4) 数据说明。
- e) 影响评价：
 - 1) 影响评价方法；
 - 2) 清单结果与计算；
 - 3) 结果的图示（可选）。
- f) 结果解释：
 - 1) 结论和局限性；
 - 2) 披露在产品碳足迹研究决策中所作出的价值选择并说明理由；
 - 3) 范围和修改后的范围（如适用），并说明理由和排除的情况。
- g) 产品碳足迹比较，与可比性条款的符合性（见第 9 章）。

9 产品碳足迹声明

如需要声明时，应按照 GB/T 24025 的要求开展机器人产品碳足迹声明或信息交流，具有同样功能的产品之间可进行比较。产品碳足迹报告用于比较时，应符合以下条件：

- a) 产品类别的定义和描述（例如性能指标、规格参数）相同；
- b) 功能单位相同；
- c) 产品系统边界等同；

- d) 现场数据的收集方法是相同的（包括数据的描述、数据收集、取舍原则、数据质量要求、分配方法等）；
- e) 同种物质的次级数据是相同的（包括获取方式和来源、处理方法等）；
- f) 数据计算方法是相同的（包括数据确认、数据计算、分配方法、全球变暖潜势选取等）。



附录 A
(资料性)
机器人产品碳足迹量化数据收集表

机器人产品碳足迹量化数据收集表示例见表 A.1。

表 A.1 初级数据收集表示例

企业信息		企业名称							
		所在省份							
		企业地址							
		数据统计周期							
		联系人及联系方式							
		产品情况							
		产品产量信息							
资源消耗	原料名称		材料名称	消耗量	单位	运输方式	运输距离 (km)	数据来源	
	结构件	底座	铸铁		kg				
		转盘	铸铁		kg				
		摇臂	铸铁		kg				
	传动机械件	手臂	铸铁		kg				
		齿轮箱	合金钢		kg				
		齿轮	合金钢		kg				
	伺服电机	传动轴	合金钢		kg				
		外壳	铸铝		kg				
		转子	永磁体		kg				
			硅钢片		kg				
		定子	合金钢		kg				
			硅钢片		kg				
	控制柜	定子	铜线圈		kg				
			电路板	元器件	kg				
		外壳	钢板		kg				
	管线包	波纹管	尼龙		kg				
		动力线	铜		kg				
			聚氨酯		kg				
			铁		kg				
		信号线	铜		kg				
			聚氨酯		kg				
			铁		kg				
...							
能源消耗			电		kW·h				
			柴油		kg				
			...						

表 A.1 初级数据收集表示例（续）

直接温室气体排放		二氧化碳		kg			
		甲烷		kg			
		...					
污染物或废弃物 处置	数据类型	名称	处理处 置量	单位	处理处置 方式	运输方式与距 离 (km)	数据来源
		COD		kg			
	水体污染物	Cu		kg			
		...					
		废弃 PP 塑料薄膜		kg			
	固体废弃物	废弃瓦楞纸		kg			
		...					
	...						

注：原料名称和材料名称按产品实际情况填写。



附录 B
(资料性)
全球变暖潜势值

在碳足迹量化过程中使用的各类温室气体的全球变暖潜势值，从表 B.1 中选取。

表 B.1 部分温室气体的全球变暖潜势

气体名称	化学分子式	GWP _{100a} (kgCO ₂ e/kg)
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
三氟化氮	NF ₃	17400
六氟化硫	SF ₆	25200
氢氟碳化物 (HFCs)		
HFC-23	CHF ₃	14600
HFC-32	CH ₂ F ₂	771
HFC-41	CH ₃ F	135
HFC-125	C ₂ HF ₅	3740
HFC-134	CHF ₂ CHF ₂	1260
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄	1530
HFC-143	CH ₂ FCHF ₂	364
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	5810
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂	164
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3600
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8690
全氟碳化物 (PFCs)		
全氟甲烷 (四氟甲烷)	CF ₄	7380
全氟乙烷 (六氟乙烷)	C ₂ F ₆	12400
全氟丙烷	C ₃ F ₈	9290
全氟丁烷	C ₄ F ₁₀	10000

表 B. 1 部分温室气体的全球变暖潜势（续）

气体名称	化学分子式	GWP _{100a} (kg CO ₂ e/kg)
全氟环丁烷	C ₄ F ₈	10200
全氟戊烷	C ₅ F ₁₂	9220
全氟己烷	C ₆ F ₁₄	8620

注：部分 GHG 的 GWP 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》。



附录 C

(资料性)

全国电力平均碳足迹因子

在碳足迹量化过程中采用生态环境部最新发布的全国电力平均碳足迹因子，参考表 C.1。

表 C.1 2024 年全国电力平均碳足迹因子

发电类型	因子 (kgCO ₂ e/kWh)
全国	0.5777
燃煤发电	0.9240
燃气发电	0.4503
水力发电	0.0141
核能发电	0.0065
风力发电	0.0324
光伏发电	0.0520
光热发电	0.0312
生物质发电	0.0404

附录 D

(资料性)

产品碳足迹报告(模板)

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: _____ (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、产品描述

产品名称及型号: _____

产品用途和功能: _____

产品的示意图: _____

产品的主要组成: _____

产品的主要性能和规格参数: _____

产品符合相关质量标准的证明文件: _____

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

原料获取阶段 生产阶段 运输(交付)阶段 使用阶段 生命末期阶段

系统边界见图 1:

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	碳足迹（二氧化碳当量/功能单位）
原料获取			
生产			

运输 (交付)	运输			
	仓储			
	使用			
	生命末期			

4、数据质量评价（可选项）

（填写内容：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、技术）和准确性。）

五、影响评价

1、特征化因子选择

（一般选择 IPCC 给出的最新 100a 全球变暖潜势（GWP）。）

2、产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1、结果说明

_____公司（填写内容：产品生产者的全名）生产的_____（填写内容：所评价的产品名称，每功能单位的产品），从_____（填写内容：某生命周期阶段）到_____（填写内容：某生命周期阶段）生命周期碳足迹为_____kg CO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况见表2和图2。

表2 生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹（千克二氧化碳当量/功能单位）	百分率（%）
原材料获取		
生产		
运输（交付）		
使用		
生命末期		
总计		

(填写内容：一般以饼状图或是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）

(填写内容：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



附录 E
(规范性)
机器人产品零部件名录

表 D.1 规定了机器人产品碳足迹数据收集的部分零部件名称。

表 E.1 机器人产品部分零部件名称对照表

物质名称	英文名称	中文其他名称
底座	Base frame machined	基座
手臂	Arm machined	机械臂
摇臂	Linkarm machined	连杆、小臂
线缆	Cable	电缆
控制柜	Cabinet	控制器、电控柜



参 考 文 献

- [1] GB/T 24024—2001 环境管理 环境标志和声明 I型环境标志 原则和程序
- [2] GB/T 24040—2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- [3] ISO 14021: 2016/Amd 1: 2021 Environmental labels and declarations—Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling) Amendment 1: Carbon footprint, carbon neutral
- [4] ISO 14067: 2018 Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification
- [5] BSI PAS 2050: 2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services
- [6] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Richard P. Allan., Paola A. Arias., Sophie Berger., Josep G. Canadell., Christophe Cassou., Deliang Chen., Annalisa Cherchi., Sarah L. Connors., Erika Coppola., Faye Abigail Cruz., et al, Cambridge University Press 2021, pp 7SM24-35

