

团体标准

T/CPIA 0089—2024

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 光伏并网逆变器

Greenhouse gases—Quantification requirement and method of product carbonfootprint—Interconnected photovoltaic inverters

中国光伏行业协会

China Photovoltaic Industry Association

(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)

2024 - 12 - 15 发布

2024 - 12 - 30 实施

中国光伏行业协会 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

 4.1 量化目的 3

 4.2 量化范围 3

5 清单分析 5

 5.1 数据收集 5

 5.2 数据审定 6

 5.3 数据与单元过程和功能单位或声明单位的关联 7

 5.4 系统边界调整 7

 5.5 分配 7

6 影响评价 8

 6.1 产品碳足迹或部分产品碳足迹核算 8

 6.2 原料获取阶段 8

 6.3 产品生产阶段 9

 6.4 产品运输（交付）阶段 9

 6.5 使用阶段 9

 6.6 生命末期阶段 10

7 结果解释 10

8 产品碳足迹报告 10

9 产品碳足迹声明 11

附录 A（资料性） 产品碳足迹量化数据收集表 12

 A.1 初级数据收集表 12

 A.2 次级数据收集表 13

附录 B（资料性） 全球变暖潜势值 14

附录 C（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。

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。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会提出。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：中国电子技术标准化研究院、阳光慧碳科技有限公司、爱士惟科技股份有限公司、固德威技术股份有限公司、阿特斯光伏电子（苏州）有限公司、上能电气股份有限公司。

本文件主要起草人：庄天奇、裴会川、陈韦、潘京津、吴生闻、许丽艳、罗锋、丁冠元、赵礼弢、李丹。



温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 光伏并网逆变器

1 范围

本文件规定了光伏并网逆变器产品碳足迹的量化目的与范围、清单分析、影响评价、结果解释、碳足迹报告、碳足迹声明等内容。

本文件适用于光伏并网逆变器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 2297 太阳光伏能源系统术语

GB/T 24025 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序

GB/T 24040 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

ISO 14026 环境标签和声明 足迹信息通信的原则要求和指南 (Environmental labels and declarations — Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information)

3 术语和定义

GB/T 2297、GB/T 24025、GB/T 24040、GB/T 24067界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏逆变器 PV inverter

用于将光伏直流电转换成单相或多相交流电的电气设备。

注：光伏逆变器主要包括集中式、集中分散式、组串式和微型逆变器。

3.2

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 24067—2024, 3.2.1]

注：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)。

3.3

产品碳足迹 carbon footprint of product; GHG

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。

注1：产品碳足迹可用不同的图例区分和标示具体的GHG排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解到其生命周期的各个阶段。

注2：产品碳足迹研究报告中记录了产品碳足迹的量化结果，以每个功能单位的二氧化碳当量表示。

[来源：GB/T 24067—2024, 3.1.1]

3.4

产品部分碳足迹 partial carbon footprint of a product; partial GHG

在产品系统生命周期内的一个或多个选定阶段或过程中的 GHG 排放量和 GHG 清除量之和,并以二氧化碳当量表示。

注1: 产品部分碳足迹是基于或由与特定过程或足迹信息模型有关的数据汇集而成,这些数据是产品系统的一部分,可作为产品碳足迹量化的基础。

注2: “足迹信息模型”的定义请参见ISO 14026: 2017, 3.1.4。

注3: 产品碳足迹研究报告中记录了产品部分碳足迹的量化结果,以每个声明单位的二氧化碳当量表示。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.1.2]

3.5

生命周期 life cycle

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

注: 与产品相关的生命周期阶段包括原材料获取、生产、销售、使用和生命末期处理。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.4.2]

3.6

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

比较某种温室气体与二氧化碳的辐射强迫的单位。

注: 给定温室气体的二氧化碳当量等于该温室气体质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.2.2]

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

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]

3.9

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。

注1: 初级数据并非必须来自所研究的产品系统,因为初级数据可能涉及其他与所研究的产品系统具有可比性的产品系统。

注2: 初级数据可以包括温室气体排放因子和温室气体活动数据。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.6.1]

3.10

现场数据 site-specific data

在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, 3.6.2]

3.11

次级数据 secondary data

不符合初级数据要求的数据。

注1: 次级数据是经权威机构验证且具有可信度的数据,可来源于数据库、公开文献、国家排放因子、计算估算数据或其他具有代表性的数据,推荐使用本土化数据库。

注2: 次级数据可包括从代替过程或估计获得的数据。

[来源: GB/T 24067—2024, 3.6.3]

3.12

全球变暖潜势 global warming potential

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]

3.13

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

活动数据与温室气体排放相关的系数。

注：本文件中的排放因子指的是生命周期的足迹因子

[来源：GB/T 24067—2024，3.2.7]

4 量化目的与范围

4.1 量化目的

通过量化光伏组件产品生命周期或部分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)，客观分析光伏组件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。

- 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；
- c) 用于生产者降低产品碳足迹的设计与改进。

4.2 量化范围

4.2.1 产品描述

产品描述应使用户能够明确地识别产品，应至少包括以下内容：

- a) 产品名称（型号、规格、分类、用途）；
- b) 产品的示意图；
- c) 产品的主要组成；
- d) 产品的主要技术参数和性能；
- e) 产品生产工艺流程图；
- f) 产品包装信息。

4.2.2 功能单位或声明单位

4.2.2.1 功能单位

当量化全部生命周期阶段（A~E）产品碳足迹时，应使用功能单位。功能单位应涵盖以下信息：

- 单位数量产品的计量；
- 预期用途；
- 主要性能指标或规格参数（如额定功率等）；
- 参考使用寿命。

示例：1 台用于将光伏面板发出的直流电转换为 1kwh 交流电的光伏并网逆变器，额定功率 350kW，设计使用寿命 30 年。

4.2.2.2 声明单位

当量化部分产品碳足迹时，可使用声明单位。声明单位应涵盖以下信息：

- 单位数量产品的计量；
- 主要性能指标或规格参数（如额定功率等）。

示例：1 台光伏并网逆变器，额定功率 350kW。

4.2.3 系统边界

4.2.3.1 通则

光伏并网逆变器产品碳足迹量化系统边界如图 1 所示：

- a) 产品碳足迹应包含：原料获取阶段（A）与生产阶段（B）、运输（交付）阶段（C）、使用阶段（D）、生命末期阶段（E）；

- b) 产品部分碳足迹应至少包括原料获取阶段(A)与生产阶段(B)，运输(交付)阶段(C)、使用阶段(D)、生命末期阶段为可选阶段(E)。

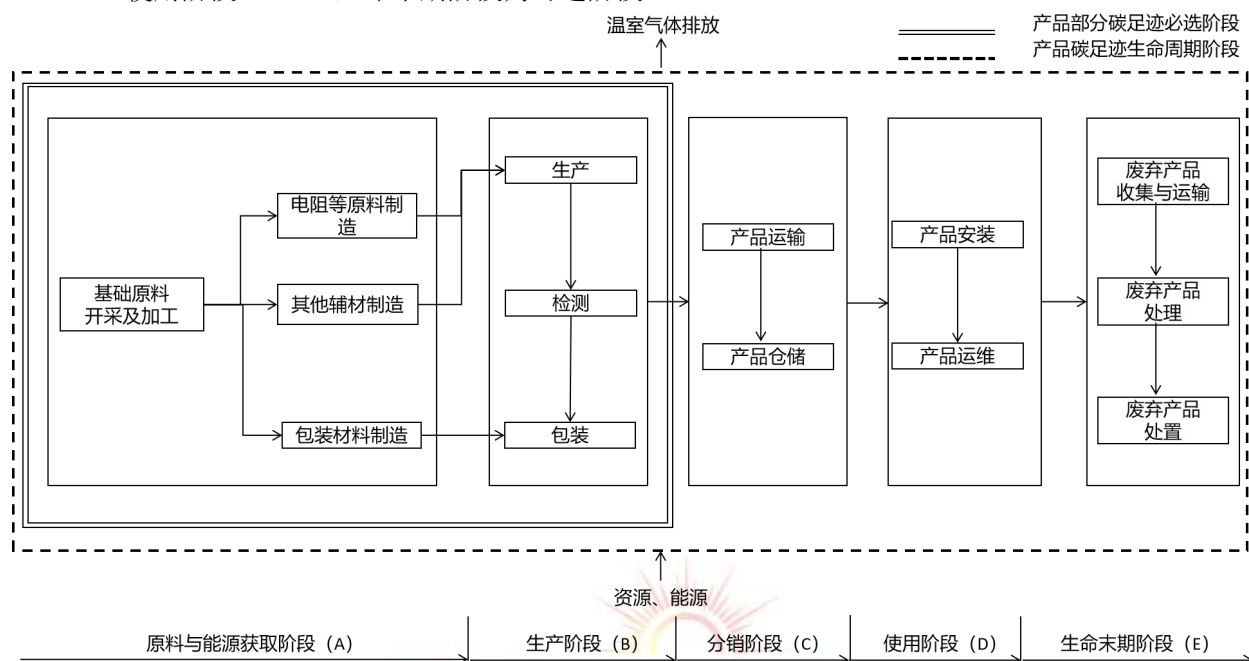


图1 光伏并网逆变器产品生命周期系统边界

4.2.3.2 原料获取阶段

原料获取阶段(A)从自然界材料提取时开始，到达光伏并网逆变器产品生产工厂时中止，包括但不限于以下过程：

- 矿产的采集与提取；
- 原料及其上游材料的生产；
- 能源生产；
- 原料与能源运输。

4.2.3.3 生产阶段

光伏并网逆变器产品生产阶段(B)从产品原料进入工厂开始，到最终产品离开工厂终止，包括但不限于以下过程：

- 逆变器生产；
- 检测和包装；
- 燃料等能源燃烧消耗相关过程；
- 产品及中间产品在生产过程中的运输；
- 产品生产过程中产生的废弃物的运输和处理。
- 道路与厂房的基础设施、各工序的设备、厂区内人员及生活设施的消耗和排放，均忽略。

4.2.3.4 运输(交付)阶段

光伏并网逆变器产品运输(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，包括但不限于以下过程：

- 工厂、仓库、销售地点、使用者间的各类运输，包括陆运(公路运输、铁路运输)、空运、水运；
- 产品仓储。

4.2.3.5 使用阶段

光伏并网逆变器产品使用阶段(D)从使用者得到产品开始，到产品废弃时结束，包括但不限于以

下过程：

- a) 产品安装；
- b) 产品使用；
- c) 产品运维。

4.2.3.6 生命末期阶段

光伏并网逆变器产品生命周期末期阶段（E）从产品废弃时开始，到产品回归自然或被分配到另一种产品的生命周期结束，包括但不限于以下过程：

- a) 废弃光伏并网逆变器的收集与运输；
- b) 废弃光伏并网逆变器的处理（如元器件拆解、再生材料提取等）；
- c) 废弃光伏并网逆变器的处置（如焚烧、填埋等）。

4.2.3.7 取舍准则

所涉及物质（能量）数据的取舍应遵循如下准则：

- a) 所有的能源输入均需列出；
- b) 应列出主要的原材料，若符合 4.2.3.7 中 c) 和 d) 要求则可忽略；
- c) 忽略的单项物质（能量）流或单元过程对产品碳足迹的贡献均不得超过 1%；
- d) 所有忽略的物质（能量）流与单元过程对产品碳足迹贡献总和不超过 5%，且应在碳足迹报告中予以说明；

5 清单分析

5.1 数据收集

5.1.1 通则

数据收集应遵循产品碳足迹或产品部分碳足迹可量化的原则，所收集的原料消耗数据应有对应的温室气体排放因子。对于某些实际采用但无法获取温室气体排放因子的原料，应持续向上游供应链追踪，直至该原料温室气体排放可被完整量化。收集数据应涵盖所选取各个阶段中可能对产品碳足迹或产品部分碳足迹有显著贡献的所有温室气体排放量和清除量。

5.1.2 初级数据

初级数据包括每功能单位或声明单位光伏并网逆变器所消耗的原料和能源等，应对数据的获得方式及来源予以说明，参照附录 A 中表 A.1 采集。

5.1.3 次级数据

次级数据包括通过引用公用数据、参考数据和其他文献研究等数据以供组织计算产品碳排放量而收集的数据和其他次级数据，如排放因子数据等，对数据的获得方式和来源均应予以说明，参照附录 A 中表 A.2 采集。

5.1.4 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应符合表 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。

表 1 各阶段数据种类及数据类型

所属阶段	数据种类	数据类型
A: 原料获取阶段	原料的消耗量；	应使用现场数据
	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
	符合 5.1.5 要求的实际供应链生产的原料碳足迹结果或基础原材料及原料的温室气体排放因子；	宜使用现场数据

表 1 各阶段数据种类及数据类型（续）

所属阶段	数据种类	数据类型
A：原料获取阶段	原料到光伏并网逆变器产品生产工厂的运输量、运输距离、运输方式；	应使用现场数据
	柴油等能源的运输量、运输距离、运输方式；	应使用现场数据
	不同运输方式的温室气体排放因子；	可使用次级数据
	电力、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
B：生产阶段	非燃料燃烧的温室气体直接排放（如保护气体逸散等）	应使用现场数据
	柴油、天然气等能源的燃烧排放因子；	可使用次级数据
	污染物、固体废物的产生量、处置方式、运输距离、运输方式；	应使用现场数据
	污染物、固体废物处置的温室气体排放因子；	可使用次级数据
C：运输（交付）阶段	产品运输至使用者所在地的运输距离与运输方式；	宜使用现场数据
	产品运输（交付）过程所用能源的消耗、生产与运输；	可使用次级数据
D：使用阶段	安装、运维过程中物料与能源的消耗量；	可使用次级数据
	物料与能源到安装、运维地的运输距离与运输方式	可使用次级数据
	废弃物（如废包装等）的处置量、处置方式；	宜使用现场数据
	废弃物（如废包装等）运输至处理/处置地的运输量、运输距离、运输方式；	宜使用初级数据
E：生命末期阶段	废弃光伏并网逆变器产品运输至回收处理/处置地的运输量、运输距离、运输方式；	可使用次级数据
	废弃光伏并网逆变器产品处理（元器件拆解、再生材料提取）过程的物料、能源消耗量、污染物排放量、再生材料产生量；	宜使用次级数据
	再生材料的排放因子；	可使用次级数据
	废弃产品各废弃物在不同处置方式下的处置量；	宜使用次级数据
	废弃产品各废弃物在不同处置方式下的温室气体排放因子。	可使用次级数据

5.1.5 数据质量要求

5.1.5.1 初级数据的质量要求包括：

- a) 完整性。初级数据宜采集企业近期一个自然年内的生产统计数据，应不低于 3 个月，详见附录表 A.1。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、原材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或声明单位为基准，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。

5.1.5.2 次级数据的质量要求：

- a) 代表性。应优先选择企业的原材料供应商提供的符合 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，应优先选择代表中国国内平均生产水平的公开生命周期评价数据，数据的参考年限应优先选择近年数据。在没有符合要求的中国国内数据的情况下，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除初级数据以外的系统边界。
- 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。

5.2 数据审定

在数据收集过程中应对数据的有效性进行检查，以确认并提供证据证明数据质量要求符合5.1.5的

规定。

数据审定可通过建立质量平衡、能量平衡和（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能为单元过程描述的准确性提供有效的检查。

5.3 数据与单元过程和功能单位或声明单位的关联

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。计算宜以功能单位或声明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，宜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) 排除被判定为缺乏重要性的生命周期阶段或单元过程；
- b) 排除对研究结果缺乏重要性的输入和输出；
- c) 纳入重要的新的单元过程、输入和输出。

系统边界调整有助于把数据处理限制在被判定为对产品碳足迹研究目的具有重要性的输入和输出数据范围内。

5.5 分配

5.5.1 光伏并网逆变器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，应避免分配。若分配无法避免，应考虑以下方面：

- a) 优先使用物理关系进行分配；
- b) 若无法建立物理关系，宜根据经济价值或其它关系进行分配，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、质量、工时等。

5.5.2 针对不同情况下的具体分配方法如下：

- a) 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；
- b) 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；
- c) 对废水和废弃物处理过程（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 光伏并网逆变器产品碳足迹量化范围（见 4.2）包括生命周期末期阶段（E）时，若涉及回收处理的分配，应符合 GB/T 24067—2024 附录 D 的要求。

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 次级数据库的选用原则

5.7.1 次级数据库的选择应当遵循以下原则：

- a) 完整性：次级数据库应该涵盖 IPCC 规定的温室气体种类；数据库所提供的数据应具有完整的

全生命周期碳足迹核算范围；

- b) 透明性：次级数据库应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应有完整的文档，包括模型完整性和数据代表性，数据来源和同行评审意见。

5.7.2 产品碳足迹核算过程中的数据库选用，应遵循以下优先级：

- 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；
- 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；
- 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。

5.8 记录与保存

产品碳足迹核算的支撑资料，包括（但不限于）系统边界、单元过程、排放因子、活动数据来源、原材料的识别、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。记录应至少保存三年。

6 影响评价

6.1 产品碳足迹或部分产品碳足迹核算

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，进行产品碳足迹核算，计算公式见式（1）：

$$CFP_{GHG} = \sum_i (GWP_i \times GHG_i) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

GHG_{GHG} ——产品碳足迹或产品部分碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每功能单位或声明单位（kg CO₂ e/功能单位或声明单位）；

GHG_i ——第i类温室气体的GWP值，采用IPCC给出的100年GWP值，参见表B.1；

GHG_i ——每功能单位（声明单位）生命周期中第i类温室气体排放总量，单位为千克（kg），按公式（2）计算。

$$GHG_i = GHG_{A,i} + GHG_{B,i} + GHG_{C,i} + GHG_{D,i} + GHG_{E,i} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

GHG_i ——每功能单位（声明单位）生命周期中第i类温室气体排放总量，单位为千克（kg）；

$GHG_{A,i}$ ——每功能单位（声明单位）在原料获取阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg），计算方法见式（3）；

$GHG_{B,i}$ ——每功能单位（声明单位）在生产阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg），计算方法见式（4）；

$GHG_{C,i}$ ——每功能单位（声明单位）在运输（交付）阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg），计算方法见式（5）；

$GHG_{D,i}$ ——每功能单位（声明单位）在使用阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg），计算方法见式（6）；

$GHG_{E,i}$ ——每功能单位（声明单位）在生命末期阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg），计算方法见式（7）。

6.2 原料获取阶段

光伏并网逆变器产品原料获取阶段温室气体排放量按公式（3）计算：

$$GHG_{A,i} = \sum_i \sum_j (M_{L,j} \times CEF_{L,i,j}) + \sum_i \sum_j \sum_k (M_{L,j} \times D_{1,j,k} \times TEF_{i,k}) \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$GHG_{A,i}$ ——每功能单位（声明单位）在原料获取阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg）；

$M_{L,j}$ ——每功能单位（声明单位）第j种原料或能源的消耗量，单位视原料或能源的种类而定；

$CEF_{L,i,j}$ ——实际供应链生产的每功能单位（声明单位）第j种原料或能源的第i种温室气体排放因子，或第j种原料或能源的第i种温室气体排放因子，单位视原料或能源的种类而定，电力碳足迹因子参见表B.2；

$D_{L,j,k}$ ——第j种原料或能源第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，单位为千克每吨每千米[kg/(t×km)]。

6.3 产品生产阶段

光伏并网逆变器产品生产阶段温室气体排放量按公式（4）计算：

$$GHG_{B,i} = \sum_i \sum_j \sum_k (FC_{2,j,k} \times NCV_{2,j} \times EF_{2,i,j,k}) + \sum_i E_i + \sum_i \sum_k \sum_l (M_{2,l,m} \times D_{2,m,k} \times TEF_{i,k}) + \sum_i \sum_l \sum_m (M_{2,l,m} \times CEF_{2,i,m}) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$GHG_{B,i}$ ——每功能单位（声明单位）在生产阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg）；

$TEF_{i,k}$ ——第k种运输方式的第i种温室气体排放因子，单位为千克每吨每千米[kg/(t×km)]；

$FC_{2,j,k}$ ——每功能单位（声明单位）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种燃料燃烧排放因子，单位为千克每吉焦（kg/GJ）；

E_i ——第i种温室气体的非燃料燃烧直接排放，单位为千克（kg）；

$M_{2,l,m}$ ——每功能单位（声明单位）第1种废弃物的第m种处置量（包含焚烧、填埋等），单位为吨（t）；

$D_{2,m,k}$ ——第m种处置量的第k种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；

$CEF_{2,i,m}$ ——第m种处置方式的第i种温室气体排放因子，单位为千克每吨（kg/t）。

注1：燃烧方式包括固定源燃烧和移动源燃烧；

注1：生物质燃料燃烧的CO₂排放为0。

6.4 产品运输（交付）阶段

光伏并网逆变器产品运输（交付）阶段温室气体排放量按公式（5）计算。

$$CFP_{C,i} = \sum_i \sum_j (M_{3,j} \times CEF_{3,i,j}) + \sum_i \sum_j \sum_k (M_{3,j} \times D_{3,j,k} \times TEF_{i,k}) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$GHG_{C,i}$ ——每功能单位（声明单位）在运输（交付）阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg）；

$M_{3,j}$ ——每功能单位（声明单位）运输（交付）阶段第j种物料或能源的消耗量，单位视物料种类而定；

$CEF_{3,i,j}$ ——第j种物料或能源的第i种温室气体排放因子，单位视物料或能源种类而定，电力碳足迹因子参见表B.2；

$D_{3,j,k}$ ——第j种物料或能源第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，单位为千克每吨每千米[kg/(t×km)]。

6.5 使用阶段

光伏并网逆变器产品使用阶段涉及的物料或能源消耗产生的温室气体排放按公式（6）计算。

$$GHG_{D,i} = \sum_i \sum_j (M_{4,j} \times CEF_{4,i,j}) + \sum_i \sum_j \sum_k (M_{4,j} \times D_{4,j,k} \times TEF_{i,k}) + \sum_i \sum_k \sum_l (M_{4,l,m} \times D_{4,m,k} \times TEF_{i,k}) + \sum_i \sum_l \sum_m (M_{4,l,m} \times CEF_{4,i,m}) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$GHG_{D,i}$ ——每功能单位（声明单位）在使用阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg）；

$M_{4,j}$ ——每功能单位（声明单位）使用阶段第j种物料或能源的消耗量，单位视物料或能源种类而定；

$CEF_{4,i,j}$ ——第j种物料或能源的第i种温室气体排放因子，单位视物料或能源种类而定，电力碳足迹因子参见表B.2；

$D_{4,j,k}$ ——第j种物料或能源的第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，单位为千克每吨每千米[kg/(t×km)]；

$M_{4,l,m}$ ——每功能单位（声明单位）第1种废弃物的第m种方式处置量（包含焚烧、填埋等），单位为吨（t）；

$D_{4,m,k}$ ——第m种处置量的第k种运输方式的运输距离，单位为千米（km）；

$CEF_{4,i,m}$ ——第m种处置方式的第i种温室气体排放因子，单位为千克每吨（kg/t）。

6.6 生命末期阶段

当光伏并网逆变器产品废弃后直接进行焚烧、填埋等方式处置时，光伏并网逆变器产品生命末期阶段温室气体排放量按公式（7）计算。当光伏组件产品废弃后进行元器件拆解与再生材料提取时，应按5.5.3进行分配。

$$GHG_{E,i} = \sum_i \sum_j (M_{5,j} \times CEF_{5,ij}) + \sum_i \sum_j \sum_k (M_{5,j} \times D_{5,j,k} \times TEF_{i,k}) + \sum_i \sum_m (M_{5,m} \times CEF_{5,im}) \dots \dots \dots (7)$$

式中：

$GHG_{E,i}$ ——每功能单位（声明单位）在生命末期阶段的第i类温室气体排放量，单位为千克（kg）；

$M_{5,j}$ ——每功能单位（声明单位）生命末期阶段第j种物料或能源的消耗量，单位视物料或能源种类而定；

$CEF_{5,i,j}$ ——第j种物料或能源的第i种温室气体排放因子，单位视物料或能源种类而定，电力碳足迹因子参见表B.2；

$D_{5,j,k}$ ——第j种物料或能源第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，单位为千克每吨每千米[kg/(t×km)]；

$M_{5,m}$ ——每功能单位（声明单位）生命末期第m种方式的处置量，单位为吨（t）；

$CEF_{5,i,m}$ ——第m种处置方式的第i种温室气体排放因子，单位为千克每吨（kg/t）。

7 结果解释

光伏并网逆变器产品碳足迹研究的结果解释阶段应包括以下步骤：

- 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）；
- 完整性、一致性和敏感性分析；
- 给出结论、局限性和建议的编制。

应按照产品碳足迹研究的范围和范围，对生命周期清单分析或生命周期影响评价的产品碳足迹和部分产品碳足迹的量化结果进行解释，解释应包括以下内容：

- 对产品碳足迹和各阶段碳足迹的说明；
- 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；
- 说明产品碳足迹研究的局限性。

解释宜包括以下内容：

- 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，以理解结果的敏感性和不确定性；
- 评估替代使用情景对最终结果的影响评价；
- 对不确定性分析，包括取舍准则的应用或范围；
- 评估不同生命末期阶段情景对最终结果的影响评价；
- 建议的结果的影响评价。

8 产品碳足迹报告

依据本文件编制的产品碳足迹报告模板参见附录C，包括但不限于以下内容：

- 基本情况：
 - 委托方和评价方信息；
 - 报告方信息；
 - 依据的标准；

- 4) 使用的产品种类规则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) 功能单位或声明单位（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；
- d) 清单分析：
 - 1) 数据收集信息，包括数据来源（见 5.1）；
 - 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) 研究中使用的产品种类规则或其他补充要求的参考资料；
- h) 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

如需声明时，可按照 GB/T 24025 或 ISO 14026 的规定开展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。当根据本文件编制的产品碳足迹报告用于比较时，应符合以下条件：

- a) 产品系统边界等同；
- b) 功能单位或声明单位是相同的；
- c) 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）；
- d) 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）；
- e) 数据计算方法是相同的（包括数据审定、数据计算、分配方法、全球变暖潜势选取等）。

附 录 A
(资料性)
产品碳足迹量化数据收集表

A.1 初级数据收集表

初级数据收集表见表 A.1。

表 A.1 初级数据收集表

企业信息	企业名称							
	所在省份							
	企业地址							
	联系人				电话			
					邮箱			
	数据统计周期	____年__月__日至____年__月__日						
生产线及规模说明								
产品信息 (填写统计期内所有组件生产情况)	产品名称							
	规格型号	产品型号		重量		尺寸		
	产品示意图							
	产品工艺流程图							
类型	项目	消耗量	单位	总重量 kg	材料成分及比例	运输方式	运输距离 km	供应商所在地
资源消耗	电阻		个					
	电感		个					
	电晶体		个					
	连接器		个					
	PCB 板		个					
	包材(托盘、包装箱、打包带、缠绕膜等)		kg					
	...		kg					
	水		t					
能源消耗	电		kWh	—				
	...							
温室气体排放	二氧化碳		t		—	—	—	—
	...				—	—	—	—
废弃物排放及处置	项目	数量	单位	总重量 kg	运输方式	运输距离 km	处置方式	
	废弃包装		kg					
	...							
注：消耗的资源、能源以及温室气体排放等项目以厂家实际生产情况为准。								

A.2 次级数据收集表

次级数据收集表见表 A.2。

表 A.2 次级数据收集表

类型	项目	碳排放因子	数据来源	数据获取方式	时间代表性	地域代表性	技术代表性
原料	电阻						
	电感						
	电晶体						
	连接器						
	PCB 板						
	包装箱						
	...						
能源	水						
	电						
	..						
运输	公路运输						
	铁路运输						
	..						



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，可参照表 B.1 选择。

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}
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
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
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
六氟化硫	SF ₆	25200

注：部分温室气体的全球变暖潜势来源于气候变化专门委员会 (IPCC) 《气候变化报告2021：自然科学基础 第一工作组对政府间气候变化专门委员会第六次评估报告的贡献》

在碳足迹量化过程中宜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 B.2。

表 B.2 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 C
(资料性)
产品碳足迹报告（模板）

产品碳足迹研究报告格式模板如下。

产品碳足迹研究报告（模板）

产品名称：_____

产品规格型号：_____

生产者名称：_____

报告编号：_____



CPIA

中国光伏行业协会

China Photovoltaic Industry Association

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、功能单位或声明单位

以 _____ 为功能单位或声明单位。

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（kg CO ₂ e/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）

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、特征化因子选择

一般选择政府间气候变化专门委员会（IPCC）给出的100年全球变暖潜势（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，每功能单位或声明单位的产品），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_____kgCO₂e。各生命周期阶段的温室气体排放情况如表2和图1所。

表2 _____生命周期各阶段碳排放情况

生命周期阶段	碳足迹（kg CO ₂ e/功能单位）	百分比（%）
原料获取		
生产		
运输（交付）		
使用		
生命末期		
总计		

图 1 **各生命周期阶段碳排放分布图

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。

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 24024 环境管理 环境标志和声明 I 型环境标志 原则和程序
- [2] 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

