

ICS XX. XXX
CCS X XX

团体标准

T/CIECCPA □□□—202□

光伏电力产品碳足迹量化与评价方法

Carbon footprint quantification and assessment method for the PV power

(征求意见稿)

202□-□□-□□发布

202□-□□-□□实施

中国工业节能与清洁生产协会 发布

СЛЕДСТВИЕ

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 产品碳足迹量化与评价	3
4.1 评价流程	3
4.2 目的和范围的确定	4
4.3 产品功能单位	4
4.4 产品系统边界	4
4.5 生命周期清单分析	6
4.6 生命周期影响评价	10
4.7 生命周期解释	10
4.8 碳足迹量化评价	10
5 附加环境信息	11
6 评价报告	11
6.1 报告的要素	11
6.2 评价报告的发布	12
附录 A（资料性） 光伏电力产品典型工艺流程	13
附录 B（资料性） 光伏电力产品碳足迹量化数据清单	15
参考文献	19
图 1 光伏电力产品生命周期系统边界示意图	5
图 A.1 光伏电力产品典型工艺流程图	14
表 1 现场数据质量评价表	6
表 2 背景数据质量评价表	6
表 3 温室气体全球变暖潜势	10
表 B.1 光伏电力产品上游环节数据清单	15
表 B.2 光伏电力产品核心环节数据清单	17

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。

本文件由中国工业节能与清洁生产协会提出并归口。

本文件起草单位：浙江大唐能源营销有限公司、上海易碳数字科技有限公司、浙江菲达环保科技股份有限公司、中国电力工程顾问集团有限公司、中国电气装备集团科学技术研究院有限公司、锥宇能源科技(嘉兴)有限公司等。

本文件主要起草人：。

本文件为首次发布。

光伏电力产品碳足迹量化与评价方法

1 范围

本文件界定了光伏电力产品碳足迹量化与评价方法的术语和定义，规定了产品碳足迹量化与评价、附加环境信息和评价报告。

本文件适用于光伏电力产品碳足迹量化与评价。

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 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 环境管理 生命周期评价 要求与指南

3 术语和定义

GB/T 24044、GB/T 32150、GB/T 38335 和 GB/T 2297 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏电力（发电）产品 **photovoltaic (PV) power**

利用太阳能电池的光生伏特效应，将太阳辐射能直接转化成电能的发电产品。

[来源：GB/T 38335-2019, 3.3]

3.2

组件（太阳能电池组件） **module (solar cell module)**

系统具有封装及内部联结的、能单独提供直流电输出的，最小不可分割的太阳能电池组合装置。

[来源：GB/T 2297-1989, 4.1]

3.3

板（太阳能电池板） **panel (solar cell panel)**

由若干个太阳能电池组件按一定方式组装在一块板上的组装件叫做板（太阳能电池板），通常作为方阵的一个安装单元。

[来源：GB/T 2297-1989, 4.9]

3.4

硅片 **silicon wafer**

硅单质材料的片状结构，厚度比较薄，有单晶和多晶之分，光伏硅片多为圆角方形。

[来源：EPDCN-PCR-202201, 4.1]

3.5

硅锭 silicon ingot

晶体硅（c-Si: Crystalline Silicon）的锭块或晶棒用于制造晶片。它是一个可以切成薄片的成型锭或棒状结构。

[来源：EPDCN-PCR-202201, 4.1]

3.6

生命周期 life cycle

产品系统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，直至最终处置。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.1]

3.7

产品碳足迹 carbon footprint of a product; CFP

产品系统中的温室气体排放量和温室气体清除量之和，以二氧化碳当量表示，并基于生命周期评价，使用气候变化单一影响类别。

注1：产品碳足迹可分解成一组数字，确定具体的温室气体排放量和清除量，产品碳足迹也可被分解成生命周期的各个阶段，例如各个过程所处的空间范围。

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质量表示。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.1.1]

3.8

温室气体 greenhouse gas

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。

注：如无特别说明，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）。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.1]

3.9

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二氧化碳辐射强度影响相关联的系数。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.15]

3.10

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent

CO₂ e

在辐射强度上与某种温室气体质量相当的二氧化碳的量。

注：二氧化碳当量等于给定温室气体的质量乘以它的全球变暖潜势值。

[来源：GB/T 32150-2015, 3.16]

3.11

III 型环境声明 **type III environmental declaration**

提供基于预设参数的量化环境数据的环境声明，必要时包括定性或定量的附加环境信息。

注：预设参数基于 GB/T 24040 和 GB/T 24044。

[来源：GB/T 24025-2009, 3.2, 有修改]

3.12

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 24044-2008, 3.20]

3.13

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。

注：在本文件中，系统边界与 LCIA 无关。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.32]

3.14

生命周期清单分析 **life cycle inventory analysis (LCI)**

生命周期评价中对所研究产品（或服务）整个生命周期中输入和输出进行汇编及量化的阶段。

[来源：GB/T 24044-2008, 3.3]

3.15

生命周期影响评价 **life cycle impact assessment (LCIA)**

生命周期评价中理解和评价产品（或服务）系统在其整个生命周期中的潜在环境影响大小和重要性的阶段。

[来源：GB/T 24040-2008, 3.4]

3.16

产品碳足迹量化 **quantification of product carbon footprint**

确定产品或部分产品碳足迹的活动

注：产品或部分产品碳足迹的量化属于产品碳足迹研究的一部分。

[来源：ISO 14067:2018, 3.1.1.6]

4 产品碳足迹量化与评价

4.1 评价流程

光伏电力产品碳足迹量化与评价基本程序包括：目的和范围的确定、功能单位的确定、系统边界的确

定、生命周期清单分析、生命周期影响评价、生命周期解释和产品碳足迹量化评价。

4.2 目的和范围的确定

4.2.1 评价目的

通过量化光伏电力产品生命周期或选定过程中的所有温室气体排放量和清除量，计算光伏电力产品对全球变暖的潜在影响。

4.2.2 评价范围的确定

目标产品（光伏电力产品）的确定需满足以下要求：

a) 每种光伏电力产品应为同一企业在同一产地生产的产品；

b) 对于同一企业不同规模的光伏电力产品，或同一规模但不同产地生产的光伏电力产品，应分别核算碳足迹；

c) 对于同一企业在同一产地生产的电力，如采用的工艺技术、生产设备或原辅材料供应商有差异时，在进行数据调查时，原则上应按产品比例进行加权平均。

4.3 产品功能单位

功能单位宜选取单位产品：由于光伏电力产品工艺流程复杂，应根据产品主要功能来定义其功能单位。例如：太阳能级硅制造商-1 公斤太阳能级硅；硅锭制造商-1 公斤硅锭或硅棒；硅片制造商-1 片太阳能硅片；太阳能电池制造商-1Wp 输出功率太阳能电池；光伏组件制造商-1 kWp 光伏组件；光伏系统运营商-从系统产生并输送到电网（用于并网）或独立终端用户（离网系统）1 kWh 交流电。

该文件考虑整个光伏电力产品生产系统，产品功能单位选取基于电厂环境下发电并输送到当地电网 1kWh 的电量。光伏电力产品典型工艺流程见附录 A。

4.4 产品系统边界

4.4.1 系统边界概述

本文件界定的光伏电力产品生命周期系统边界为“从摇篮到大门”，包括上游环节和核心环节。光伏电力产品生命周期系统边界见图 1。

4.4.2 上游环节

上游环节具体包括以下过程：

a) 建筑材料生产：包括从自然界开采原料到进一步加工为建筑材料的过程，以及过程中的设施设备维护、废物运输、处理和综合利用。这个阶段主要是准备光伏电力产品基础设施建设的原材料，包括钢筋、水泥、玻璃、铝架和塑料等基础材料；

b) 机器设备与光伏组件生产：包括从自然界开采原料到进一步加工为机器设备与光伏组件的过程，以及过程中的设施设备维护、废物运输、处理和综合利用过程。该环节涉及到的机器设备包括由硅料加工成的电池片、由电池片和铝合金组装成的光伏组件，由铜和绝缘材料加工成的线缆，由金属和塑料加工成的逆变器、控制器、变压器等；

c) 辅料生产：包括建设到运行发电阶段所需辅料和水的生产过程，例如养护油、清洁剂、涂料等；

d) 运输： 建筑材料、机器设备与光伏组件、辅料从生产地到光伏电站的运输过程。

4.4.3 核心环节

核心环节具体包括以下过程：

- a) 光伏电厂建设：包括光伏电厂的基础设施建设，以及建造过程中产生的废物运输、处理和综合利用，还包括建造过程中输入能源的开采和消耗；
- b) 设备安装调试：在基础设施建成后，需要将光伏电池板、缆线和温度辐照仪等设备安装到光伏电厂基座、变电站等指定地点并进行调试，以确保设备的正常运行，包括组装过程中产生的废物运输、处理和综合利用，还包括该过程中输入能源的开采和消耗；
- c) 运行和维护：为了维持光伏电厂的运行，还需要持续供给如清洁用水、汽油、柴油等能源。这些能源主要用于电站主体设施的冷却、清洁和养护等过程。包括运行维护中设备和车辆的化石能源消耗；
- d) 电厂回收利用：随着设备的老化或技术更新，废旧设备需要进行处理。这包括材料设备的回收、再利用和报废等步骤，以及废物处理过程中输入能源的开采和消耗；
- e) 电力并网：升压、降压等过程中电力产生的损耗。

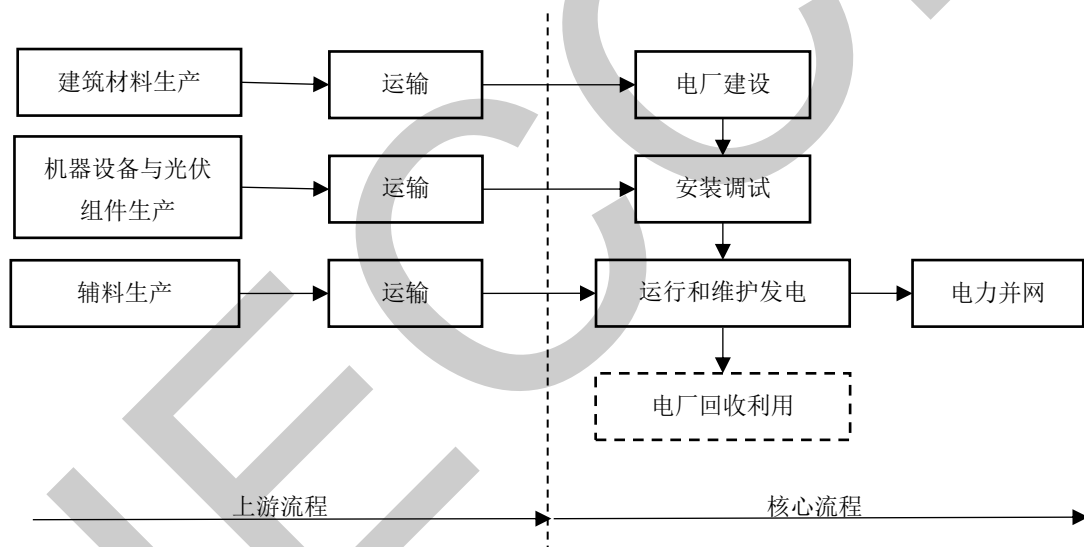


图 1 光伏电力产品生命周期系统边界

4.4.4 数据的描述

数据包括现场数据和背景数据。

现场数据包括光伏电力产品生产阶段的原辅料消耗、能源消耗、污染物排放、废物综合利用以及运输（包括运输形式、运输距离和运输量）等数据，对数据的获得方式和来源均应予以说明。

背景数据包括原辅料、能源开采与生产生命周期清单数据、原辅料运输所需的运输生命周期清单数据以及能源消耗产生直接温室气体排放的数据。所有数据应予以详细说明，包括数据来源、数据收集时间和数据类型等。

4.5 生命周期清单分析 (Life Cycle Inventory, LCI)

4.5.1 数据质量要求

4.5.1.1 现场数据的质量要求

现场数据的质量要求包括：

- a) 代表性：现场数据应为企业生产单元或上游工业生产范围内的生产统计数据；
- b) 完整性：现场数据应满足 4.5.3.2 的取舍原则；
- c) 准确性：现场数据中的资源、能源和原材料消耗数据应来自于生产单元的实际生产统计记录，所有现场数据需要详细记录相关的原始数据、数据来源、数据时间和计算过程等；
- d) 一致性：企业现场数据收集时应保持相同的数据来源、统计时期和处理规则等。

4.5.1.2 背景数据的质量要求

a) 代表性：背景数据应优先选择企业的原材料供应商提供的符合 GB/T 24044 要求的、经第三方独立验证的上游产品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背景数据；

b) 完整性：背景数据的系统边界应该从资源开采到这些原辅材料或能源产品出厂为止；

c) 一致性：所有被选择的背景数据应完整覆盖本文件确定的量化数据清单，并且应将背景数据转换为一致的物质名录后再进行计算。同一第三方机构对同类产品生命周期评价的背景数据选择应该保持一致，如果背景数据更新，则生命周期评价报告也应更新。

4.5.1.3 不符合项

不符合数据质量要求的数据应在生命周期解释部分说明合理性。

4.5.2 数据质量评价体系

4.5.2.1 本文件对数据质量进行评价，进行 5 分制评分，数据保留 1 位小数。现场数据质量评价表见表 1，背景数据质量评价表见表 2。该评价体系对数据评价指标有 3 个：来源、类型和时间，通过计算每个数据的得分来判断单个数据的质量（最高总分 15 分），并以平均分（最高 5 分）记为该数据的数据质量。

表 1 现场数据质量评价表

数据来源		数据类型			数据时间		
现场	其它	实测、统计	估算	其它	≤1 年	1~3 年	>3 年
5	1	5	3	1	5	4	1

表 2 背景数据质量评价表

数据来源			数据类型				数据时间			
现场实验、供应商	文献、报告	其它	测量、计算	平均	估算	未知	≤1 年	1~5 年	5~10 年	>10 年

5	3	1	5	3	2	1	5	4	3	1
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

4.5.2.2 对所有工序单元过程数据（即一组具有匹配关系的现场数据和背景数据组合）分别做现场数据和背景数据的质量评价，取其算术平均值为该工序单元过程数据的现场数据和背景数据的质量评价结果。

4.5.2.3 本文件规定在产品生命周期碳足迹中贡献占比绝对值超过 5%的工序单元过程数据为敏感性高的数据，其现场数据和背景数据的质量不应小于 3 分。

4.5.2.4 敏感性高的工序单元过程数据应进行敏感性分析或不确定性分析，检查说明产品生命周期忽略的过程、忽略的现场数据以及主要的假设等相关因素可能对最终结果造成的影响，说明背景数据选择、现场数据收集与现场数据处理是否符合本文件的规定。

4.5.2.5 敏感性分析或不确定性分析详细要求应符合 GB/T 24040 和 GB/T 24044 的规定。

4.5.3 数据收集

4.5.3.1 数据收集范围

数据收集范围应涵盖系统边界中的每一个单元过程，包括定性数据和定量数据。数据收集包括现场数据和背景数据的收集。

现场数据包括：

- a) 原辅材料的输入；
- b) 能源的输入；
- c) 污染物排放；
- d) 副产品或固体废弃物利用；
- e) 运输形式、距离和运输量；
- f) 原辅材料、能源、污染物和副产物含碳量（可选）；

背景数据包括：

- a) 排放因子；
- b) 文献数据；
- c) 其他无法现场获取的数据。

所有收集数据应予详细说明，包括数据来源、数据时间和数据类型。

4.5.3.2 现场数据的取舍原则

单元过程数据种类很多，应对数据进行适当的取舍，取舍原则如下：

- a) 能源的所有输入均应列出；
- b) 原料的所有输入均应列出；
- c) 辅助材料质量小于原料总消耗 0.1%的输入可忽略；
- d) 向大气、水体的各种排放均列出；
- e) 小于固体废物排放总量 1%的一般性固体废物可忽略；

f) 低于产品生命周期碳排放 1%的单元过程，可以排除在系统边界外，累计不超过 5%。应对排除的单元过程进行说明；

- g) 道路与厂房的基础设施、工作人员及生活设施的消耗可忽略;
- h) 取舍原则不适用于有毒有害物质, 任何有毒有害的材料和物质均应包含于清单中。

4.5.3.3 数据收集步骤

数据收集程序主要步骤应包括下列内容。

- a) 根据评价的目的与范围确定单元过程, 进行数据收集的准备, 包括:
 - 1) 绘制光伏发电单元过程工艺流程图;
 - 2) 设计统计单元过程的实物流输入输出的数据收集表和背景数据收集表;
 - 3) 对数据收集技术和要求做出表述;
 - 4) 对报送数据的特殊情况、异常点和其它问题进行明确说明。
- b) 数据收集准备的要求:
 - 1) 技术人员完成数据收集工作;
 - 2) 光伏电力产品碳足迹量化数据清单格式见附录 B。

4.5.3.4 数据审定

应对收集的单元过程数据进行审定确认, 审定过程应包括:

- a) 物料平衡: 应判断单元过程输入的原料、辅料的质量与产品、副产品和排放物的质量是否平衡;
- b) 工序能量平衡: 应计算工序使用的能源与历史数据的平衡情况;
- c) 数据与功能单位的关联, 即将收集的实物流的输入与输出处理为单位产品的输入与输出。

4.5.4 计算程序

4.5.4.1 数据确认

在数据的收集过程中, 应检查数据的有效性, 以确认并提供证据来证明所规定的的数据质量要求已得到满足。在数据的确认过程中发现明显不合理的数据, 应分析原因, 予以替换, 替换的数据应满足数据质量要求, 并于局限性章节说明。

如数据发现缺失, 对缺失的数据应进行断档处理, 代之以合理的“非零”数据、合理的“零”数据或采用同类技术单元过程报送的数据计算出来的数值, 并于局限性章节说明。

4.5.4.2 数据与功能单位的关联

数据与功能单位的关联的计算方法是将各个工序或单元过程的输入输出数据除以产品的产量, 即得到单位产品(功能单位)的原辅材料消耗、能源消耗和碳排放。

4.5.4.3 数据合并

仅当数据类型是涉及等价物质并具有类似的环境影响时才允许进行数据合并。同一工序的不同生产设备, 若其生产技术水平相当, 输入输出种类基本相同, 则可采取数据合并。

4.5.4.4 生命周期清单计算方法

生命周期清单数据是以功能单位为基准的产品在所定义的生命周期过程的累积, 基本流是以功能单位为基准的环境负荷。温室气体 g (如 CO_2 的排放) 的累积量按式 (1) 计算:

$$b_{T,F,g} = b_{F,g} + \sum_{i=1}^n a_i b_{i,g} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

F ——单位产品（1 kWh 上网电量）；

$b_{T,F,g}$ ——以功能单位 F 为基准的温室气体 g 的累积量 T ，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）；

$b_{F,g}$ ——以功能单位 F 为基准的温室气体 g 在产品生产过程的直接流量，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）；

n ——单元过程 i 的数量；

a_i ——原辅料及能源等在产品系统中单元过程 i 每功能单位的直接消耗量，或硅矿在加工成硅片过程中产生的废料及烟气处理副产物等在产品系统中单元过程 i 每功能单位的直接利用量或处置量，

当产品消耗量或利用/处置量单位为质量， a_i 单位为千克每千瓦时（kg/kWh），

当产品消耗量或利用/处置量单位为体积， a_i 单位为标立方米每千瓦时（Nm³/kWh），

当产品消耗量或利用/处置量单位为能量， a_i 单位为千瓦时每千瓦时（MJ/kWh），

当产品消耗量或利用/处置量单位为电力， a_i 单位为千瓦时每千瓦时（kWh/kWh）；

$b_{i,g}$ ——温室气体 g 在单元过程 i 的直接流量，

当产品消耗量单位为质量， $b_{i,g}$ 单位为千克每千克（kg/kg），

当产品消耗量单位为体积， $b_{i,g}$ 单位为千克每标立方米（kg/Nm³），

当产品消耗量单位为能量， $b_{i,g}$ 单位为千克每兆焦耳（kg/MJ）

当产品消耗量单位为电力， $b_{i,g}$ 单位为千克每千瓦时（kg/kWh）；

$\sum a_i b_{i,g}$ ——以功能单位 F 为基准的温室气体 g 在各单元过程中的累积量，视研究边界所包含的单元过程而定，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）。

4.5.5 数据分配

4.5.5.1 分配原则

光伏电力产品工序中存在一个单元过程同时产出两种或多种产品，而投入的原材料和能源又没有分开的情况（例如：硅料生产加工流程中同时产出硅片、切割废料等产品）。也会存在输入渠道有多种，而输出只有一种的情况（例如：废水处理车间的废水来源渠道多种多样）。在这些情况下，不能直接得到清单计算所需的数据，应根据一定的关系对这些过程的数据进行分配。清单是建立在输入与输出的物质平衡的基础上，分配关系需反映出这种输入与输出的基本关系与特性。分配的主要原则如下：

a) 应识别与其他产品系统公用的过程，并按分配程序加以处理。

b) 分配过程中，输入和输出应保持平衡，输出质量与输入质量相比质量损耗应不大于 5%。若质量损耗大于 5%，应将废物的产生种类、产生量与处理方式一一列出，并将废物处理产生的碳足迹纳入分配总量。

c) 如果存在若干个可采用的分配程序, 应进行敏感性分析, 以说明采用其他方法与所选用方法在结果上的差别。

4.5.5.2 分配程序

优先考虑产品与系统的物理关系(如辅助性过程可基于产品重量或产品数量、运输过程可基于产品重量或体积等)进行拆分, 如无法获取物理关系, 则可使用经济关系(如按投入成本、产品价值等)进行拆分。

4.5.6 废物利用环境收益

光伏电力产品生命周期内的副产品或废料综合利用环境收益按照系统扩展法计算, 即根据副产品或废料综合利用的实际用途, 抵扣其所替代的产品的环境负荷。

4.6 生命周期影响评价(Life Cycle Impact Assessment, LCIA)

4.6.1 基本步骤

根据清单分析所提供的资源消耗数据以及各种排放数据, 对产品系统潜在的环境影响进行评价, 为光伏电力产品生命周期解释提供必要的信息。根据 GB/T 24040 的规定, 光伏电力产品生命周期影响评价主要包括以下步骤:

- a) 选择影响类型、类型参数以及特征化模型;
- b) 将生命周期清单分析结果归类(分类);
- c) 类型参数结果的计算(特征化)。

4.6.2 影响类型、类型参数以及特征化模型的选择

开展产品碳足迹影响评价时, 生命周期环境影响种类仅包含全球变暖潜势, 无需考虑其他环境影响。全球变暖潜势利用 IPCC 开发的特征化模型计算的特征化因子, 表示为 100 年范围内的全球变暖潜力, 类型参数结果为每个功能单位的千克二氧化碳当量。

4.7 生命周期解释

光伏电力产品生命周期解释应根据研究的目的重点考虑系统功能、功能单位和系统边界定义的适当性以及数据质量评价和敏感性分析所识别出的局限性。根据 GB/T 24044 的规定, 生命周期解释应包括以下内容:

- a) 对重大问题的识别;
- b) 对完整性、敏感性和一致性的检查;
- c) 结论、局限和建议。

4.8 碳足迹量化评价

产品碳足迹的量化评价采用温室气体 100 年内的全球变暖潜势(GWP100)。温室气体的全球变暖潜势见表 3。

表 3 温室气体全球变暖潜势

温室气体类别	化学式	全球变暖潜势 GWP100
二氧化碳	CO ₂	1
甲烷	CH ₄	27.9
氧化亚氮	N ₂ O	273
氢氟碳化物	HFCs	4.84-14600
全氟碳化物	PFCs	7380-12400
六氟化硫	SF ₆	25200
三氟化氮	NF ₃	17400

注：表格来源于 IPCC 第六次评估报告《2021 年气候变化：自然科学基础》（IPCC AR6 WGI）

碳足迹量化评价按公式（2）计算。

$$C = \sum_{i=1}^n (Q_i m_i) \dots\dots\dots (2)$$

式中：

C ——产品碳足迹的计算结果，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时（kg CO₂ e/kWh）；

m_i ——温室气体 i 生命周期清单的结果，单位为千克每千瓦时（kg/kWh）， $m_i = b_{T,F,g}$ ；

Q_i ——温室气体 i 的全球变暖潜势，单位为千克二氧化碳当量每千克（kg CO₂ e/kg）；

注：实际产品碳足迹量化与评价的案例中，碳足迹计算结果的单位应考虑功能单位的影响，如以 1 kWh 为功能单位，碳足迹的计算结果为 kg CO₂ e/kWh。

5 附加环境信息

除产品碳足迹量化与评价的环境信息外，其它相关的重要环境信息可在附加环境信息中进行描述，包括但不限于清洁生产工艺、节能减排技术、产品环境特性及企业环境管理等。

6 评价报告

6.1 报告的要素

评价报告应包括以下内容。

a) 公司/组织的描述：

- 1) 联系人、地址、电话、传真和 e-mail；
- 2) 生产过程或环境的特别信息。

b) 产品或服务的描述：

- 1) 产品名称；
- 2) 产品功能用途；
- 3) 产品成分；
- 4) 产品生产、运输和使用信息。

- c) 报告的有效期。
- d) 产品的可追溯性。
- e) 碳足迹量化评价信息如下：
 - 1) 功能单位；
 - 2) 系统边界；
 - 3) 数据的描述；
 - 4) 数据的取舍准则；
 - 5) 数据质量；
 - 6) 数据收集；
 - 7) 计算程序；
 - 8) 碳足迹量化评价结果。
- f) 附加环境信息。

6.2 评价报告的发布

6.2.1 应用本文件可编制产品的碳足迹量化与评价报告。应用本文件也可进行产品的 III 型环境声明，III 型环境声明应遵守 GB/T 24025 的要求。

6.2.2 评价结果的发布应遵守国家或地方的有关规定，如无特殊规定，可采用以下一种或多种发布方式：

- a) 将评价报告的内容印刷在公司的宣传手册上或发布在公司的网站上；
- b) 将评价结果提供给下游生产加工企业，用于下游产品的碳足迹量化与评价；
- c) 将本评价得出的碳足迹数值应用于碳标签设计。

附录 A

(资料性)

光伏电力产品典型工艺流程

A.1 光伏电力产品典型工艺流程示例

光伏电力产品典型工艺流程示例如图 A.1 所示。

A.2 光伏电力产品典型工艺流程内容

光伏电厂除基础设施建设外最主要的设备为光伏阵列与电缆线。硅矿开采出来的硅原料经加工精洗运输至工厂，通过高温熔炼、提纯产生高纯度的晶体硅。之后将其切割、清洗，放入铸锭炉中进行熔炼，形成硅锭，后将硅锭切割得到薄切片。结合丝网印刷等技术制备电极形成电池片，之后与玻璃、EVA 胶片、背板等材料进行层压封装形成太阳能板。

光伏电力产品由光伏电站生产，电站除混凝土、支架、线缆等基础设施外，主要由光伏组件阵列构成。组件阵列典型工艺流程自硅矿石开始。硅矿石一般指脉石英、石英岩、石英砂岩等自然矿物，其和木炭、煤、石油焦等碳质还原剂经高温反应被还原为工业硅，也称冶金硅或金属硅；工业硅进一步经冶金法、改良西门子法或硅烷法提纯为光伏用太阳能级多晶硅，此时，多晶硅组件可直接经铸锭、切片等过程制备硅片，单晶硅组件则需要通过直拉法、区熔法等工艺提纯出单晶硅，再使用金刚砂或钨合金切割线进行切片。硅片经扩散制结、丝网印刷、烧结等工艺流程制备为电池片；电池片、铝型材、PVC 膜等材料被组装为光伏组件；最终，光伏组件和平衡系统共同构成光伏阵列，在基础设施的辅助下，光伏阵列稳定生产光伏电力。

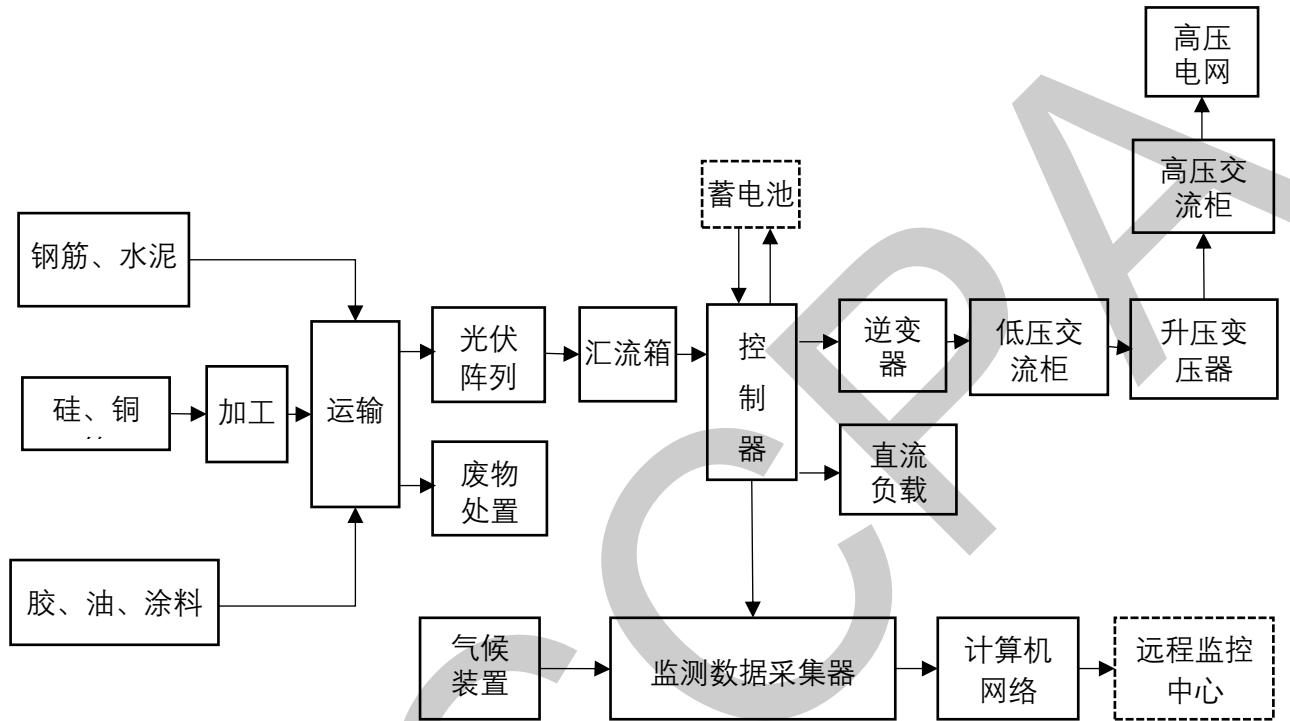


图 A.1 光伏电力产品典型工艺流程

附录 B

(资料性)

光伏电力产品碳足迹量化数据清单

B.1 上游环节数据清单

上游环节数据清单见表 B.1。

表 B.1 上游环节数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1.建筑原料供给					
产品名称	生产量	单位	物料产地	运输方式	运输距离/km
钢筋		t			
水泥		t			
铝材		t			
玻璃		t			
塑料		t			
钢		t			
2.机器设备与光伏组件供给					
产品名称	生产量	单位	备注		
逆变器		台			
温度计		台			
辐照仪		台			
接线盒		台			
控制器		台			
变压器		台			
接地器		台			
熔炉		台			
汇流箱		台			
脱硫设备		台			
除尘器		台			
晶体硅片		m ²			
铜缆线		m			
电缆钢管		t			

续表 B.2 上游环节数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

脱硫吸收剂		kg		
脱硝氧化剂		kg		
3.能源消耗				
电力		kWh		
燃油		t		
4.污染物排放（废气、废水和固体废物等）				
污染物排放类别	污染物名称	排放量	单位	备注
气体废物	烟尘		kg	
	SO ₂		kg	
	NO _x		kg	
	CO ₂		kg	
固体废物	脱硫废物		kg	
	废包装		t	
	污泥		t	
	废渣		t	
液体废物	废水		kg	
	废溶液		kg	

B.2 核心环节数据清单

核心环节数据清单见表 B.2。

表 B.3 核心环节数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

1.产品					
产品名称	数量	单位			
电力		kWh			
热力		t			
2.物料消耗					
原料	消耗量	单位	物料产地	运输方式	运输距离/km
电池板		m ²			
输电电缆		m			
直流电缆		m			
交流电缆		m			
高压交流电缆		m			
光纤		m			
接地线		m			
涂锡铜带		t			
塑料		t			
背板		t			
铝支架		t			
水泥		t			
清洁剂		t			
玻璃		t			
EVA		kg			
螺栓螺母		kg			
防水涂料		kg			
防火涂料		kg			
养护涂料		kg			
硅胶		kg			
水		kg			
3.能源消耗（电力、天然气等）					

续表 B.4 核心环节数据清单

制表人： 制表日期： 起止时间： 年 月 日至 年 月 日

能源种类	消耗量	单位	备注	
电力		kWh		
燃油		t		
燃气		m ³		
4.污染物排放（废气、废水和固体废物等）				
污染物排放类别	污染物名称	排放量	单位	备注
气体废物	烟尘	kg		
	SF ₆	kg		
固体废物	脱硫废物	kg		
	废弃组件	t		
	废铝	t		
	废铜	t		
	废钢	t		
	废塑料	t		
	废硅（金属级）	t		
	废玻璃	t		
	污泥	t		
	废渣	t		
液体废物	废水	kg		
	废涂料	kg		
	废胶	kg		

参 考 文 献

- [1] EPDCN-PCR-202201 用于发电的太阳能光伏（PV）系统，包括光伏组件、太阳能电池硅片、硅锭和多晶硅的生产
- [2] GB/T 2297-1989 太阳光伏能源系统用语
- [3] GB/T 42766-2023 光伏发电太阳能资源评估规范
- [4] GB/T 24001-2016 环境管理体系 要求及使用指南
- [5] GB/T 24025-2009 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序
- [6] GB/T 24040-2008 环境管理 生命周期评价 原则与框架
- [7] GB/T 24044-2008 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- [8] GB/T 38335-2019 光伏电站运行规程
- [9] GB/T 39854-2021 光伏电站性能评估技术规范
- [10] GB/T 42766-2023 光伏发电太阳能资源评估规范
- [11] ISO 14067-2018 温室气体—产品碳足迹—量化要求和指南（Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification）
- [12] PAS 2050 : 2011 商品和服务在生命周期内的温室气体排放评价规范（Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services）
- [13] PCR 2007 : 08 电力、蒸汽和冷热水的产生和分配（ELECTRICITY, STEAM AND HOT/COLD WATER GENERATION AND DISTRIBUTION）
- [14] TCIECCPA 039-2023 垃圾焚烧电力碳足迹量化与评价方法
- [15] TCIECCPA 055-2023 燃煤发电产品碳足迹量化与评价方法
- [16] 刘含笑, 吴黎明, 林青阳等. 碳足迹评估技术及其在重点工业行业的应用[J]. 化工进展, 2023, 42(05): 2201-2218.
-