



中华人民共和国国家标准

GB/T 47652—2026

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 光伏发电

Greenhouse gases—Quantification method and requirements for carbon
footprint of products—Photovoltaic power generation

2026-07-02 发布

2027-02-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

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 量化原则 2

5 量化目的 3

6 量化范围 3

7 清单分析 5

8 影响评价 9

9 结果解释..... 11

10 产品碳足迹报告 11

附录 A（资料性） 部分产品碳足迹因子默认值 13

附录 B（资料性） 海拔高程调整系数表 17

附录 C（资料性） 全球变暖潜势 18

附录 D（资料性） 产品碳足迹报告(模板) 19

参考文献 23

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。

本文件由中国电力企业联合会和全国碳排放管理标准化技术委员会(SAC/TC 548)共同归口。

本文件起草单位：中国电力企业联合会、华电电力科学研究院有限公司、中国华电集团有限公司、中广核太阳能开发有限公司、中国标准化研究院、中国华电集团有限公司重庆分公司、中国华电集团碳资产运营有限公司、北京中创碳投科技有限公司、华电重庆新能源有限公司、国家电投集团科学技术研究院有限公司、华电青岛发电有限公司、国家能源集团电力营销中心有限公司、北京低碳清洁能源研究院、中国大唐集团绿色低碳发展有限公司、中国水利水电科学研究院、华能碳资产经营有限公司、中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心、中国投资协会。

本文件主要起草人：张晶杰、杨富春、庄荣、黄平、刘华、范炜、田鑫、张洁、王建峰、石丽娜、杨帆、卓德勇、朱德臣、郑文广、谢权、孙友源、王莉、秦雯雯、霍少伟、尚慧宁、刘羿鑫、张新春、王海军、张浩博、富兰克、杨鑫、刘龙、吴文龙、宋明光、刘亦芳、王静、宋胜男、刚良、李洪吉、黄鑫水、张晋睿、伍宏环、王旭涛、迟成宇、王金刚、冯田丰、陈衍、王虎、时国梁、张成阳、朱艳伟、唐进、谷尔雪、吴旻冬、刘佳沛、郭伟、刘莉、曹鑫源、牛建宇、罗小林、向思静、隋欣、秦亚琦、纪良、杨燕、宋尧、杜歆欣、魏玲、董博、雷雨蔚、王晨龙、蒋承志、杨蕊、刘志强、郑冬冬、姜艺、张杰。

温室气体 产品碳足迹量化方法与要求 光伏发电

1 范围

本文件确立了光伏发电产品碳足迹的量化原则,规定了量化目的和范围、清单分析、影响评价、结果解释和产品碳足迹报告等内容。

本文件适用于光伏发电产品碳足迹的量化。

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 24044 环境管理 生命周期评价 要求与指南
- 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 32151.2—2015 温室气体排放核算与报告要求 第2部分:电网企业
- GB/T 51366—2019 建筑碳排放计算标准
- NB/T 32035—2016 光伏发电工程概算定额

3 术语和定义

GB/T 24040、GB/T 24044、GB/T 24067、GB/T 32150、GB/T 32151.2—2015、GB/T 51366—2019、NB/T 32035—2016 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

光伏发电 photovoltaic power

利用半导体材料的光电效应,将太阳能转换为电能。

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。

注:本文件涉及的温室气体包括二氧化碳(CO₂)和六氟化硫(SF₆)。

[来源:GB/T 24067—2024,3.2.1]

3.3

二氧化碳当量 carbon dioxide equivalent; CO₂e

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。

[来源:GB/T 32150—2015,3.16]

3.4

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

生命周期 life cycle

产品相关的连续且相互连接的阶段,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]

3.6

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]

3.7

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]

3.8

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。

[来源:GB/T 32150—2015,3.12]

3.9

系统能效 system performance

指包括光伏发电系统年等效利用小时数、系统能效比、平准化度电成本、单位面积效能、外部效益等指标。

[来源:NB/T 10394—2020,3.13]

3.10

上网电量 on-grid energy

发电企业在电网电量计量点向系统(电网)输入的电量,即发电企业向市场出售的电量。

[来源:DL/T 1365-2014,4.1.4,有修改]

3.11

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]

3.12

分配 allocation

将过程或产品系统中的输入和输出流划分到所研究的产品系统以及一个或更多的其他产品系统中。

[来源:GB/T 24040—2008,3.17]

4 量化原则

4.1 概述

4.2~4.8 的原则是光伏发电产品碳足迹量化的基础。

4.2 相关性

数据和方法的选取适用于所研究光伏发电产品系统产生的温室气体排放量的评价。

4.3 完整性

在光伏发电产品碳足迹研究中,将所有对光伏发电产品系统有显著贡献的温室气体排放量都包括在内,显著程度取决于取舍准则。

4.4 一致性

在光伏发电产品碳足迹研究的全过程中,使用相同的假设、方法和数据,以得到与目的和范围一致的结论。

4.5 统一性

采用国际上已认可并已应用于光伏发电产品碳足迹的方法、标准和指南,以提高光伏发电产品碳足迹之间的可比性。

4.6 准确性

光伏发电产品碳足迹的量化是准确的、可量化的、相关的、无误导性的,并尽可能地减少偏差和不确定性。

4.7 透明性

以公开、全面和可理解的信息表述方式处理和记录所有相关问题。披露所有相关假设,并适当引用所使用的方法和数据来源。明确地解释所有估计值并避免误差,以使光伏发电产品碳足迹研究报告如实地阐明其意图说明的内容。

4.8 避免重复计算

相同的温室气体排放量仅分配一次,以避免温室气体排放量的重复计算。

5 量化目的

本文件用于量化光伏发电产品生命周期温室气体排放量(以二氧化碳当量表示),基于本文件开展碳足迹量化的目的包括但不限于以下方面:

- a) 识别光伏发电生命周期温室气体排放的关键环节和主要因素,提高光伏发电生命周期低碳管理水平;
- b) 明确和传递碳足迹信息,推动上游供应链低碳措施实施,为下游产品碳足迹量化提供依据。

6 量化范围

6.1 功能单位

光伏发电产品的功能单位为 1 kW·h 电量。

6.2 系统边界

6.2.1 系统边界设置

本文件界定的光伏发电产品系统边界包括原材料及生产设备获取阶段、运输阶段、设施建设阶段、

生产及退役阶段和输配电阶段,系统边界示意图见图 1。

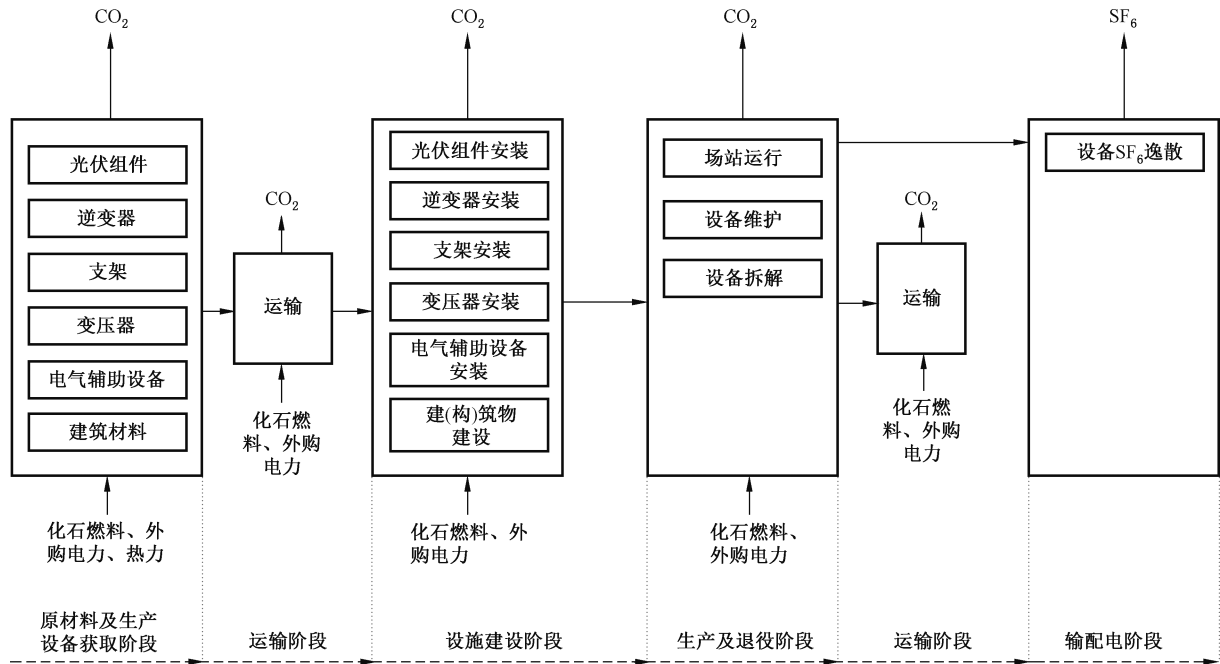


图 1 光伏发电产品系统边界示意图

6.2.2 原材料及生产设备获取阶段

本阶段包括但不限于从上游企业获得光伏组件、逆变器、支架、变压器、电气辅助设备、装置性材料和建筑材料。

本阶段包括上游企业制造企业的原材料获取、加工、制造等活动。

6.2.3 运输阶段

本阶段包括但不限于从上游设备、材料等企业运输到光伏发电场站的运输,如光伏组件、支架、逆变器、变压器、建筑材料等运输和光伏设备退役之后从光伏场站到废弃物处理回收站的运输,如废旧物资等运输。

本阶段运输方式包括铁路运输、公路运输、水路运输等。

6.2.4 设施建设阶段

本阶段包括但不限于土建建筑工程和安装工程等活动。其中,土建工程活动包括土方工程、支架基础、场地及地下设施、建(构)筑物等的建设;安装工程活动包括光伏组件、逆变器、变压器、电气设备等的安装。

6.2.5 生产及退役阶段

本阶段包括运营、维修、保养等活动,如资源消耗、损坏部件维修更换、组件清洗维护以及运营维护等,并包括设备拆解等。

6.2.6 输配电阶段

本阶段为光伏发电产品经输配电设备将电力输送到用户使用的过程,包括使用六氟化硫设备检修

与退役过程产生的六氟化硫的逸散。

6.3 取舍准则

在光伏发电产品碳足迹量化过程中,所涉及的物料数据的取舍应遵循如下准则:

- a) 所有设备、建筑材料、化石能源、外购电力等应列出;
- b) 对产品碳足迹影响小于 1% 的环节可舍弃,但舍弃环节总的影响不应超过产品碳足迹总量的 5%;
- c) 厂区人员通勤的消耗和排放均可舍弃。

7 清单分析

7.1 收集原则

光伏发电产品碳足迹研究使用数据尽可能地减少偏差和不确定性,数据质量的特征应包括定量和定性两个方面,相关特性描述应涉及以下方面:

- a) 时间覆盖范围:选用光伏发电所包含设备生产时间、项目投产时间和使用寿命,如更换设备应按照设备生产年份选择数据收集;
- b) 地理覆盖范围:包括光伏发电设备的生产厂家、光伏发电所在地进行地理代表性数据收集,并按照实际辐照条件参数收集辐照强度数据;
- c) 技术覆盖范围:选用光伏发电设备、设施建设使用材料和光伏发电的发电原理选择有技术代表性的数据;
- d) 精度:对每个数据值的可变性的度量(如方差),应选择可变性最小、精度最高的数据;
- e) 数据来源:现场数据来源统计数据、工程计算等,如记录台账等。

7.2 数据收集

7.2.1 原材料及生产设备获取阶段

原材料及生产设备获取阶段数据收集应遵守表 1 中的数据收集规定。

表 1 原材料及生产设备获取阶段数据收集

名称	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	数据	来源及优先序
光伏组件	kW、块	a) 采用光伏发电现场实际光伏组件安装统计值数据,如设备清册; b) 在光伏发电生命周期中光伏组件的更换量估算数据; c) 光伏组件收集数据宜按如千瓦、块等数据统计	kgCO ₂ e/kW、 kgCO ₂ e/块	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经第三方评估国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 附录 A 中表 A.1 和表 A.2 或其他

表 1 原材料及生产设备获取阶段数据收集（续）

名称	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	数据	来源及优先序
支架	t、套	a) 采用光伏发电现场实际支架安装统计值数据,如设备清册中固定支架、跟踪式支架数量等; b) 在光伏发电生命周期中支架的更换量估算数据; c) 支架收集数据宜按如吨、套等数据统计	kgCO ₂ e/t、 kgCO ₂ e/套	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经第三方评估国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 附录 A 中表 A.1 和表 A.2 或其他
逆变器	台	a) 采用光伏发电现场实际逆变器安装统计值数据,如设备台账组中串式逆变器数量等; b) 在光伏发电生命周期中逆变器的更换量估算数据,如生命周期替换设备量; c) 逆变器收集数据宜按如台等数据统计	kgCO ₂ e/台	
变压器	台	a) 采用光伏发电现场实际变压器安装统计值数据,如设备台账中箱式变压器、主变压器数量等; b) 在光伏发电生命周期中变压器的更换量估算数据; c) 变压器收集数据宜按如套等数据统计	kgCO ₂ e/台	
电气辅助设备	台、套、m	a) 采用光伏发电现场实际控制电缆、动力电缆、开关等安装统计值数据,如台账中 35kV 动力电缆长度等; b) 在光伏发电生命周期中电缆的更换量估算数据; c) 线缆收集数据宜按如米、吨等数据统计	kgCO ₂ e/台、 kgCO ₂ e/套、 kgCO ₂ e/m	
运维车辆	辆	a) 采用光伏发电现场实际维护车辆等统计值数据,如设备台账; b) 运维车辆收集数据宜按如辆数据统计	kgCO ₂ e/辆	
建筑材料	t、m ³	a) 采用光伏发电现场实际使用的混凝土、砌块、钢筋等安装统计值数据等,如统计台账; b) 建筑材料收集数据宜按如吨等数据统计	kgCO ₂ e/t、 kgCO ₂ e/m ³	

7.2.2 运输阶段

运输阶段数据收集应遵守表 2 中的数据收集规定。

表 2 运输阶段能源消耗方式数据收集

运输方式	活动数据 (运输距离)		活动数据 (运输重量)		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	计量方法	单位	来源
铁路运输	km	a) 优先采用铁路部门出具的货运单据(如货票、运单)里的计费距离; b) 通过铁路线路查询系统查询的距离	t	通过经校验合格的皮带秤、轨道衡、汽车衡、水尺等计量	kgCO ₂ e/(t·km)	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经第三方评估国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 表 A.3 或其他
公路运输	km	a) 运输车辆国内权威定位系统里的实际距离; b) 物流运单里的距离; c) 通过专业物流地图获取推荐线路的距离	t		kgCO ₂ e/(t·km)	
海运运输	km	采用航运公司出具的货运单里的距离	t		kgCO ₂ e/(t·km)	
内河运输	km	a) 采用航运公司出具的货运单里的距离; b) 通过航道地图获取运输距离	t		kgCO ₂ e/(t·km)	

7.2.3 设施建设阶段

设施建设阶段数据收集应遵守表 3 中的数据收集规定。

表 3 设施建设阶段数据收集

名称	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
化石能源	L、m ³ 、t	光伏发电相关设备设施建设阶段实际化石能源实际消耗量,如汽油、柴油、燃气等,如记录台账、结算凭证等	kgCO ₂ e/L、 kgCO ₂ e/m ³ 、 kgCO ₂ e/t	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经第三方评估国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 表 A.4 和表 A.5 或其他
外购电力	kW·h	光伏发电相关设备、材料等的运输方式实际消耗电量,如外购电量结算单	kgCO ₂ e/(kW·h)	

本阶段如以上数据不可得时,活动数据按 NB/T 32035—2016 描述的方法和 GB/T 51366—2019 中表 C 计算,其中不同区域海拔高程光伏发电建设能源消耗见附录 B 中表 B.1 确定调整系数。若活动数据采用估算值,应在报告中说明。

7.2.4 生产及退役阶段

生产及退役阶段数据收集应遵守表 4 中的数据收集规定。

表 4 生产及退役阶段数据收集

名称	活动数据		碳足迹因子	
	单位	计量方法	单位	来源及优先序
化石能源	L、m ³ 、t	a) 生产及退役阶段实际化石能源实际消耗量,如汽油、柴油、燃气等,如记录台账、结算凭证等; b) 生命周期化石燃料按照参考使用寿命进行估算	kgCO ₂ e/L、 kgCO ₂ e/m ³ 、 kgCO ₂ e/t	a) 上游供应商提供的数据; b) 政府发布数据; c) 行业发布数据; d) 经第三方评估国内外主流数据库数据; e) 有关文献碳足迹因子; f) 表 A.4 和表 A.5 或其他
外购电力	kW·h	a) 生产及退役阶段实际消耗电量,如外购电量结算单; b) 生命周期外购电力按照参考使用寿命进行估算	kgCO ₂ e/(kW·h)	

7.2.5 输配电阶段

输配电阶段六氟化硫总排放量涉及的数据按照 GB/T 32151.2—2015 中 5.2.2 规定的方法收集;全国输配电碳足迹因子(不含线损)、全国线路损失率应采用政府部门、行业协会公布的最新数据;电力数据的收集应符合表 5 的要求。

表 5 输配电阶段数据收集

名称	数据来源
上网电量	a) 实际上网电量。 b) 首年上网电量宜按设计值选取,或采用设计值。 c) 参考运行年限按照设计寿命 25 年~30 年选取,运行年限应在报告中说明。 d) 使用特定的衰减率时,应在报告中明确说明各年衰减率或生命期总衰减率;如果能够获得并披露实际的年上网电量,则不需要进行上述计算。如果没有可用数据,上网电量计算可采用首年衰减率为 3%,剩余年份为逐年衰减率 0.45%。 e) 上网电量宜按设计光伏发电具体发电能力和系统能效等参数计算
直供电量	采用计量数据或结算凭证数据

7.3 数据审定

在数据采集过程中应对数据的有效性进行检查。数据的审定可通过建立质量平衡、能量平衡、碳平衡等的比较分析或其他适当的方法。由于每个单元过程遵守物质和能量守恒定律,因此物质和能量的平衡能为单位过程描述的准确性提供有效的检查。

7.4 分配原则

处理数据的分配宜按照以下程序进行：

- a) 尽量避免或减少分配；
- b) 当不可避免时，宜使用能反映其物理关系的方法进行分配；
- c) 当物理关系不能作为分配基础，宜以能反映他们之间经济科学等其他关系进行分配。

7.5 清单计算

生命周期清单分析结果通常表现为一系列的数据表，展示每个功能单位产品在每个阶段的资源使用量，以及释放到环境中的排放物（如温室气体、废弃物等）。

8 影响评价

8.1 光伏发电产品碳足迹量化

光伏发电产品碳足迹量化方法见公式(1)：

$$CFP_{pv} = \frac{Em_{rs} + Em_{tr} + Em_{cs} + Em_{us}}{(E_{oge} + E_{dps}) \times (1 - \eta)} + \frac{Em_{td}}{E_{oge} \times (1 - \eta)} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

CFP_{pv} ——光伏发电产品碳足迹，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$ ；

Em_{rs} ——原材料及生产设备获取阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

Em_{tr} ——运输阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

Em_{cs} ——设施建设阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

Em_{us} ——生产及退役阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

E_{oge} ——光伏发电生命周期总上网电量，单位为千瓦时 $(\text{kW} \cdot \text{h})$ ；

E_{dps} ——光伏发电总直供电量，单位为千瓦时 $(\text{kW} \cdot \text{h})$ ；

η ——全国电网平均线损率，以百分数表示 $(\%)$ ；计算直供电产品碳足迹时， η 取0；

Em_{td} ——输配电阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ，计算直供电电量产品碳足迹时， Em_{td} 取0。

8.2 原材料及生产设备获取阶段温室气体排放量化

原材料及生产设备获取阶段温室气体总排放量计算方法见公式(2)：

$$Em_{rs} = \sum (AD_i \times EF_i) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

Em_{rs} ——原材料及生产设备获取阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量 (kgCO_2e) ；

AD_i ——原材料及生产设备获取阶段第*i*种设备、电气辅助材料、建筑材料等。如为支架、钢筋等时，单位为吨 (t) ；为变压器、逆变器、电气辅助设备时，单位为台；为光伏组件时，单位为千瓦 (kW) 或块；为电缆等时，单位为米 (m) ；为混凝土等时，单位为立方米 (m^3) ；

EF_i ——原材料及生产设备获取阶段第*i*种设备、电气辅助材料、建筑材料产品碳足因子。如为支架、钢筋等时，单位为千克二氧化碳当量每吨 $(\text{kgCO}_2\text{e}/\text{t})$ ；为光伏组件时，单位为千克二氧化碳当量每千瓦 $(\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kW})$ ；为变压器、逆变器、电气辅助设备时，单位为千克二氧化碳当量每台 $(\text{kgCO}_2\text{e}/\text{台})$ ；为电缆等时，单位为千克二氧化碳当量每米 $(\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m})$ ；为混凝土等时，单位为千克二氧化碳当量每立方米 $(\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^3)$ 。碳足因子优先序同表1。

8.3 运输阶段温室气体排放量化

运输阶段温室气体总排放量计算方法见公式(3)：

$$Em_{tr} = \sum (AD_j \times EF_j \times D_j) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Em_{tr} ——运输阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e)。

AD_j ——运输阶段第 j 种运输方式运输重量，单位为吨(t)。

EF_j ——运输阶段第 j 种运输方式碳足迹因子，单位为千克二氧化碳当量每吨千米[kgCO₂e/(t·km)]。碳足迹因子优先序同表 2。

D_j ——运输阶段第 j 种运输方式运输距离，单位为千米(km)。

8.4 设施建设阶段温室气体排放量化

设施建设阶段温室气体总排放量计算方法见公式(4)：

$$Em_{cs} = \sum (AD_k \times EF_k) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

Em_{cs} ——设施建设阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e)。

AD_k ——设施建设阶段第 k 种能源消耗量。如为汽油、柴油等时，单位为吨(t)；为燃气时，单位为立方米(m³)；为电力时，单位为千瓦时(kW·h)。

EF_k ——设施建设阶段第 k 种能源碳足迹因子。如为汽油、柴油等时，单位为千克二氧化碳当量每吨(kgCO₂e/t)；为燃气时，单位为千克二氧化碳当量每立方米(kgCO₂e/m³)；为电力时，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时[kgCO₂e/(kW·h)]。碳足迹因子优先序同表 3。

8.5 生产及退役阶段温室气体排放量化

生产及退役阶段温室气体总排放量计算方法见公式(5)：

$$Em_{us} = \sum (AD_l \times EF_l) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

Em_{us} ——生产及退役阶段温室气体总排放量，单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e)。

AD_l ——生产及退役阶段第 l 种能源消耗量。如为汽油、柴油等时，单位为吨(t)；为燃气时，单位为立方米(m³)；为电力时，单位为千瓦时(kW·h)。

EF_l ——生产及退役阶段第 l 种能源碳足迹因子。如为汽油、柴油等时，单位为千克二氧化碳当量每吨(kgCO₂e/t)；为燃气时，单位为千克二氧化碳当量每立方米(kgCO₂e/m³)；为电力时，单位为千克二氧化碳当量每千瓦时[kgCO₂e/(kW·h)]。碳足迹因子优先序同表 4。

8.6 输配电阶段温室气体排放量化

输配电阶段温室气体总排放量 Em_{td} 为使用六氟化硫设备检修与退役过程产生的六氟化硫的总排放量，单位为千克二氧化碳当量(kgCO₂e)，按照 GB/T 32151.2—2015 中 5.2.2 规定的方法计算。计算直供电产品碳足迹时， Em_{td} 取 0。计算时所使用的全球增温潜势参考值见附录 C 中表 C.1。

只有当输配电阶段检修和退役设备的六氟化硫排放数据获取困难时，输配电阶段温室气体排放量可简化，见公式(6)：

$$Em_{td} = CFP_{td} \times E_{oge} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：
 CFP_{td} ——全国输配电碳足迹因子（不含线损），单位为千克二氧化碳当量每千瓦时 $[\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})]$ ，取值见附录 A 中表 A.6，计算直供电产品碳足迹时， CFP_{td} 取 0。

8.7 光伏发电总上网电量

光伏发电总上网电量计算方法见公式(7)：

$$E_{oge} = \sum E_D + W \times H \times PR \times \sum_t^{RSL} (1 - deg)^t \dots\dots\dots (7)$$

式中：
 E_{oge} ——光伏发电上网电量，单位为千瓦时 $(\text{kW}\cdot\text{h})$ ；
 E_D ——实际年度上网电量，单位为千瓦时 $(\text{kW}\cdot\text{h})$ ；
 W ——装机容量，单位为千瓦 (kW) ；
 H ——满负荷运行小时数，单位为小时 (h) ；
 PR ——系统能效，以百分数表示 $(\%)$ ；
 RSL ——运行年限，可按光伏发电设计寿命选取，单位为年 (a) ；
 t ——估算年，单位为年 (a) ；
 deg ——系统衰减率，以百分数表示 $(\%)$ 。

光伏发电上网电量计算见 GB 50797—2012 中 6.6 规定的计算方法，并收集光伏发电所在地区实际辐照数据、系统能效等，其中辐照数据可采用气象部门辐照统计数据。
注：估算年 t 取值为实际发生年下一年至设计运行年末。

9 结果解释

9.1 结果解释步骤

光伏发电产品碳足迹结果解释步骤如下：
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，识别显著环节；
b) 完整性、一致性和敏感性分析的评估；
c) 结论、局限性和建议的编制。

9.2 结果解释内容

光伏发电产品碳足迹结果解释应包括以下内容：
a) 说明产品碳足迹和各生命周期阶段的碳足迹；
b) 分析不确定性，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) 说明产品碳足迹研究的局限性。
结果解释宜包括分析重要输入、输出和方法学选择（包括分配程序）的敏感性，以了解结果的敏感性和不确定性。

10 产品碳足迹报告

10.1 基本要求

光伏发电产品碳足迹报告应完整、准确、无偏向性阐述量化目的、结果及结论，应透明地、详细地阐

述量化数据、方法、假设和局限性；报告的格式应于目标及范围界定阶段予以明确，结果和解释应能以符合量化目的的方式而被使用。

10.2 报告要素

产品碳足迹报告应包括但不限于以下内容(报告参考格式见附录 D)。

- a) 基本情况：
 - 1) 生产单位信息；
 - 2) 产品信息；
 - 3) 机组信息；
 - 4) 量化方法。
- b) 量化目的：
 - 1) 开展量化的目的；
 - 2) 预期用途。
- c) 量化范围：
 - 1) 功能单位；
 - 2) 系统边界；
 - 3) 取舍准则；
 - 4) 时间范围。
- d) 清单分析：
 - 1) 数据来源说明；
 - 2) 分配原则与程序；
 - 3) 清单结果及计算；
 - 4) 数据质量评价。
- e) 影响评价：
 - 1) 影响类型和特征化因子选择；
 - 2) 产品碳足迹结果计算。
- f) 结果解释：
 - 1) 结果说明；
 - 2) 假设和局限性说明(可选项)；
 - 3) 改进建议。

附 录 A
(资料性)
部分产品碳足迹因子默认值

部分产品碳足迹因子见表 A.1。

表 A.1 产品碳足迹因子默认值

名称	碳足迹因子	来源	备注
支架	参2 415 kgCO ₂ e/t	GB/T 51366—2019	
巡检车辆	参38.71 tCO ₂ e/辆	CPCD 数据库	
变压器 FPT1842100-40/50 MVA 150/33KV	53 231tCO ₂ e/组	EPD 报告	未计算使用环节碳排放
变压器 FPT 1843100-74/92MVA 150/33KV	67 070 tCO ₂ e/组	EPD 报告	未计算使用环节碳排放
变压器 FPT 1844100-18/23MVA 132/30KV	32 100 tCO ₂ e/组	EPD 报告	未计算使用环节碳排放
变 压 器 FPT 1845100-25/30MVA 132/30KV	36 429 tCO ₂ e/组	EPD 报告	未计算使用环节碳排放
变压器 FPT 1846100-32/40 MVA 132/30KV	43 334 tCO ₂ e/组	EPD 报告	未计算使用环节碳排放
华为逆变器 SUN 2000-330KTL-H1	19.382 67 tCO ₂ e/台	EPD 报告	
阳光电源逆变器 SG350HX	19.8 tCO ₂ e/台	EPD 报告	
阳光电源逆变器 SG285HX	17.0 tCO ₂ e/台	EPD 报告	
阳光电源逆变器 SG320HX	19.9 tCO ₂ e/台	EPD 报告	
阳光电源逆变器 SG333HX	19.0 tCO ₂ e/台	EPD 报告	
隆基光伏板 LR4-72HBD	0.017 7kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度189 500 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年
隆基光伏板 LR5-72HBD	0.017 4kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度189 500 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年
隆基光伏板 LR5-72HPH	0.014 5kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度189 500 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年
隆基光伏板 LR4-72HBD	0.025 6kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度189 500 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年
隆基光伏板 LR5-72HBD	0.025 1kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度189 500 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年

表 A.1 产品碳足迹因子默认值 (续)

名称	碳足迹因子	来源	备注
隆基光伏板 LR5-72HPH	0.021 0 kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度 189 500 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年
隆基光伏板 LR5-72HIBD	0.025 3 kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度 189 500 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年
东方日升 RSM144-7-450BMDG	0.014 7 kgCO ₂ e/(kW·h)	EPD 报告	辐照强度 2 147 900 W·h/(m ² ·年),设计寿命 30 年
注: 以上数据不满足量化要求可查阅相关 EPD 报告、CPCD 数据库或其他仅第三方评审数据库值。			

建筑材料碳足迹因子见表 A.2。

表 A.2 建筑材料碳足迹因子默认值

建筑材料类别	建筑材料碳足迹因子
普通硅酸盐水泥(市场平均值)	735 kgCO ₂ e/t
C30 混凝土	295 kgCO ₂ e/m ³
C50 混凝土	385 kgCO ₂ e/m ³
消石灰(熟石灰、氢氧化钙)	747 kgCO ₂ e/t
天然石膏	32.8 kgCO ₂ e/t
砂(f=1.6~3.0)	2.51 kgCO ₂ e/t
碎石(d=10 mm~30 mm)	2.18 kgCO ₂ e/t
混凝土砖(240 mm×115 mm×90 mm)	336 kgCO ₂ e/m ³
蒸压粉煤灰砖(240 mm×115 mm×53 mm)	341 kgCO ₂ e/m ³
烧结粉煤灰实心砖(240 mm×115 mm×53 mm,掺入量为 50%)	134 kgCO ₂ e/m ³
页岩实心砖(240 mm×115 mm×53 mm)	292 kgCO ₂ e/m ³
页岩空心砖(240 mm×115 mm×53 mm)	204 kgCO ₂ e/m ³
黏土空心砖(240 mm×115 mm×53 mm)	250 kgCO ₂ e/m ³
煤矸石实心砖(240 mm×115 mm×53 mm,90%掺入量)	22.8 kgCO ₂ e/m ³
煤矸石空心砖(240 mm×115 mm×53 mm,90%掺入量)	16.0 kgCO ₂ e/m ³
注: 本数据节选自 GB/T 51366—2019《建筑碳排放计算标准》表 D.0.1。	

各类运输方式足迹因子见表 A.3。

表 A.3 各类运输方式碳足迹因子默认值

运输方式类别	运输方式碳足迹因子
轻型汽油货车运输(载重 2 t)	0.334 kgCO ₂ e/(t·km)
中型汽油货车运输(载重 8 t)	0.115 kgCO ₂ e/(t·km)
重型汽油货车运输(载重 10 t)	0.104 kgCO ₂ e/(t·km)

表 A.3 各类运输方式碳足迹因子默认值（续）

运输方式类别	运输方式碳足迹因子
重型汽油货车运输(载重 18 t)	0.104 kgCO ₂ e/(t·km)
轻型柴油货车运输(载重 2 t)	0.286 kgCO ₂ e/(t·km)
中型柴油货车运输(载重 8 t)	0.179 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 10 t)	0.162 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 18 t)	0.129 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 30 t)	0.078 kgCO ₂ e/(t·km)
重型柴油货车运输(载重 46 t)	0.057 kgCO ₂ e/(t·km)
电力机车运输	0.010 kgCO ₂ e/(t·km)
内燃机车运输	0.011 kgCO ₂ e/(t·km)
铁路运输(中国市场平均)	0.010 kgCO ₂ e/(t·km)
液货船运输(载重 2 000 t)	0.019 kgCO ₂ e/(t·km)
干散货船运输(载重 2 500 t)	0.015 kgCO ₂ e/(t·km)
集装箱船运输(载重 200TEU)	0.012 kgCO ₂ e/(t·km)
注：本数据源于 GB/T 51366—2019 中表 E.0.1。	

电力碳足迹因子见表 A.4。

表 A.4 电力碳足迹因子默认值

年度	电源类型	碳足迹因子	来源
2023 年度	全国均值	0.620 5 kgCO ₂ e/(kW·h)	政府发布数据
	燃煤发电	0.944 0 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	燃气发电	0.479 2 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	水力发电	0.014 3 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	核能发电	0.006 5 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	风力发电	0.033 6 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	光伏发电	0.054 5 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	光热发电	0.031 3 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	生物质发电	0.045 7 kgCO ₂ e/(kW·h)	
2024 年度	全国均值	0.577 7 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	燃煤发电	0.924 0 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	燃气发电	0.450 3 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	水力发电	0.014 1 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	核能发电	0.006 5 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	风力发电	0.032 4 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	光伏发电	0.052 0 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	光热发电	0.031 2 kgCO ₂ e/(kW·h)	
	生物质发电	0.040 4 kgCO ₂ e/(kW·h)	
注：根据政府发布值更新对应年度数值。			

化石燃油碳足迹因子见表 A.5。

表 A.5 化石燃油碳足迹因子默认值

项目	碳足迹因子	来源
柴油	3.797 tCO ₂ e/t	CPCD 数据库
汽油	3.743 7 tCO ₂ e/t	CPCD 数据库

全国不含线损输配电电力碳足迹因子见表 A.6。

表 A.6 全国不含线损输配电电力碳足迹因子默认值

年度	碳足迹因子	来源
2023 年度	0.003 6 kgCO ₂ e/(kW·h)	政府发布值
2024 年度	0.004 6 kgCO ₂ e/(kW·h)	政府发布值
注：根据政府发布值更新对应年度数值。		

附 录 B
(资料性)
海拔高程调整系数表

海拔高程调整系数见表 B.1。

表 B.1 海拔高程调整系数表

项目	海拔高程/m			
	2 000	3 000	4 000	5 000
机械	1	1.13	1.26	1.42
注 1：调整系数以光伏发电工程平均高度为准。一个光伏发电工程采用一个调整系数。 注 2：机械是指风动机械(包括电动空气压缩机)和燃油机械,不包括电动机械。 注 3：海拔高程不同时,采用内插法计算。				

附 录 C
(资料性)
全球变暖潜势

全球变暖潜势见表 C.1。

表 C.1 部分温室气体的全球变暖潜势

气体名称	化学分子式	100 年的全球变暖潜势
二氧化碳	CO ₂	1
六氟化硫	SF ₆	24 300
注：数据来源于政府间气候变化专门委员会(IPCC)第六次评估报告。		

附 录 D
(资料性)
产品碳足迹报告(模板)

光伏发电产品碳足迹报告(模板)见图 D.1。

光伏发电产品碳足迹报告
(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: (若有) (盖章)
日 期: 年 月 日

图 D.1 光伏发电产品碳足迹报告(模板)

一、概况

1.生产单位信息

生产单位名称:_____

地 址:_____

法 定 代 表 人:_____

授权人(联系人):_____

联 系 电 话:_____

装机容量(MW):_____

2.产品信息

产 品 名 称:_____

产 品 介 绍:_____

3.设备信息

额定功率(MW)

光伏组件型号:_____

逆 变 器 信 号:_____

变 压 器 型 号:_____

4.量化方法

依 据 标 准:_____

二、量化目的

三、量化范围

1.功能单位

以 1kW·h 电量 为功能单位。

2.系统边界

☐原材料及生产设备获取阶段 ☐运输阶段 ☐设施建设阶段 ☐生产及退役阶段 ☐输配电阶段

系统边界图如下图。

3.取舍准则

采用的取舍准则以_____为依据,具体规则如下:

图 D.1 光伏发电产品碳足迹报告(模板)(续)

四、清单分析

1.数据来源说明

活 动 数 据：_____

碳因子数据：_____

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 光伏发电产品生命周期碳排放清单说明

生命周期阶段	活动数据	碳足迹因子	温室气体量
原材料及生产设备获取阶段			
运输阶段			
设施建设阶段			
生产及退役阶段			
输配电阶段			

4.数据质量评价

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：完整性、一致性、数据代表性（时间、地理、技术）和准确性。

五、影响评价

1.影响类型和特征化因子选择

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。

2.产品碳足迹结果计算

六、结果解释

1.结果说明

_____（填写产品生产者的全名）生产提供的 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电量，从原材料及生产设备获取阶段到输配电阶段生命周期碳足迹为_____ $\text{kgCO}_2\text{e}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ 。燃煤发电产品生命周期各阶段碳排放情况见表 2。

图 D.1 光伏发电产品碳足迹报告（模板）（续）

表 2 光伏发电产品生命周期各阶段碳排放情况			
生命周期阶段	温室气体排放量/tCO ₂ e	碳足迹/[kgCO ₂ e/(kW·h)]	百分比/%
原材料及生产设备获取阶段			
运输阶段			
设施建设阶段			
生产及退役阶段			
输配电阶段			
总计			
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			

图 D.1 光伏发电产品碳足迹报告(模板)(续)

参 考 文 献

- [1] GB 50797—2012 光伏电站设计规范
 - [2] DL/T 1365—2014 名词术语 电力节能
 - [3] NB/T 10394—2020 光伏发电系统效能规范
 - [4] ISO 14067:2018 Greenhouse gases—Carbon footprint of products—Requirements and guidelines for quantification
 - [5] ISO 21930 Sustainability in buildings and civil engineering works—Core rules for environmental product declarations of construction products and services
 - [6] IEC TS 62994:2019 Photovoltaic (PV) modules through the life cycle—Environmental health and safety (EH & S) risk assessment—General principles and nomenclature
 - [7] EN 15804:2012+A2:2019 Sustainability of construction works—Environmental product declarations—Core rules for the product category of construction products
 - [8] EN 50693:2019 Product category rules for life cycle assessments of electronic and electrical products and systems
 - [9] IEA Emission Factors:Database Documentation (2023 Edition)
 - [10] PAS 2050:2011 Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services
 - [11] 温室气体核算体系 产品生命周期核算与报告标准
 - [12] 温室气体核算体系 企业价值链(范围三)核算与报告标准
 - [13] WRI 和 WBCSD《温室气体议定书:产品生命周期核算与报告标准》,世界资源研究所和世界可持续发展工商理事会,2011 年
 - [14] AR6 Synthesis Report:Climate Change 2023
-

