



---

# 太阳能光伏行业产品类别规则（PCR）介绍

---

阳强 EPD中国独立咨询顾问

2022年2月10日



# 目 录

一、光伏行业PCR开发背景与意义

二、光伏行业PCR主要内容

三、碳足迹与碳减排声明



# 第一章

## 光伏行业PCR开发背景与意义



- 2021年3月，欧洲议会通过了“碳边界调整机制”的决议，涉及电力、钢铁等五个领域，2023至2025年，所涵盖领域的产品**需履行碳排放报告义务**；
- 光伏产品出口到国际市场均需要提供产品环境认证证书（**EPD或者碳足迹证书**）
- 绿色建材行业推进光伏建筑一体化（BIPV），目前已经有19省市印发BIPV支持政策，均有不同程度的资金补贴。**建材行业逐渐完善的低碳采购体系**将对光伏低碳认证有需求；
- 2021年7月16日，全国碳排放交易正式上线。随着碳交易市场的开放，光伏CCER项目开发有望快速增长，**光伏项目的减排量的核查**对光伏产品低碳认证提出需求；
- 2021年9月7日，全国绿电市场正式启动，首日交易量为68.98亿千瓦时。**差异化电价促使发电企业为提高绿电市场竞争力**，对光伏产品低碳认证提出要求；
- 2021年10月10日，《国家标准化发展纲要》提到建立健全碳达峰、碳中和标准。完善能源核算、检测认证、评估、审计等配套标准。加快完善地区、行业、企业、**产品等碳排放核查核算标准**，完善可再生能源标准。



# 现有光伏产品环境影响评估体系

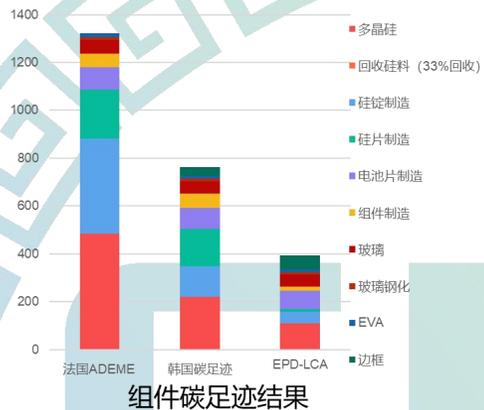


Process step / Material	Unit	China
polySi, Siemens process	kg CO2-eq/kg	141.023
ingot processing, mono	kg CO2-eq/kg	80.345
ingot processing, multi	kg CO2-eq/kg	18.323
wafers processing, mono, 156 mm x 156 mm	kg CO2-eq/wafer	1.064
wafers processing, multi, 156 mm x 156 mm	kg CO2-eq/wafer	0.891
cell processing, mono, 156 mm x 156 mm	kg CO2-eq/cell	0.520
cells processing, multi, 156 mm x 156 mm	kg CO2-eq/cell	0.577
glass	kg CO2-eq/kg	1.164
glass tempering	kg CO2-eq/kg	0.243
EVA foil	kg CO2-eq/kg	2.915
PET granulate	kg CO2-eq/kg	2.821
PVF film	kg CO2-eq/kg	25.892
modules processing mono or multi	kg CO2-eq/m2 module	11.446
modules processing a-Si	kg CO2-eq/m2 module	57.088
modules processing a-Si/uc-Si	kg CO2-eq/m2 module	79.680

法国碳足迹系数表

区分	韩国	中国	美国
多晶硅(kg)	89.871	122.568	93.605
硅锭(kg)	52.820	70.631	54.854
晶圆(PCS, 156*156mm2)	0.821	0.862	0.826
单元(PCS, 156*156mm2)	0.396	0.483	0.406
组件(kg)	10.485	11.885	10.645
玻璃(kg)	1.008	1.041	1.012
钢化玻璃(处理)(kg)	0.167	0.204	0.171
EVA(kg)	2.304	2.403	2.316
PET(kg)	3.088	3.145	3.094
PVF(kg)	19.312	20.147	19.407
铝框(kg)	7.243	7.715	7.297

韩国碳足迹系数表



## 存在的问题

1. 默认系数中，硅料、硅锭等碳足迹系数较实际结果高，导致中国组件商结果较高，偏离实际
2. 对LCA方法没有具体规定，存在很大的不确定性
3. 采用的电力因子较高，影响LCA的评价结果



挪威EPD：主要针对光伏建筑一体化建筑体系的评估，缺少对光伏发电的评估要求，仅提供了评估光伏组件及上游原料的相关规定



国际EPD、意大利EPD：缺少对原料评估的有关规定，仅提供了光伏发电环评的规定，且对光伏发电量关键指标的计算要求较模糊



EPD中国：旨在开发包含各种光伏系统（大型电站，建筑用光伏等）发电及全产业链原料（组件、电池、硅片、硅锭、硅料）的PCR，提供更加科学且明确的评估方法



支持光伏行业制造商开展EPD以及碳足迹评价工作，以及下游建筑、能源等行业开展相关评估工作

通过建立基于PCR的评估和EPD中国的审核的数据体系，逐步建立中国光伏产业全生命周期数据集

基于PCR的规定以及LCA的科学评估结果可为产品减排提供清晰的依据与数据支持，进而减少光伏行业生产环境影响，降低成本

确保不同时期或不同工艺生产的同类产品的环境影响进行科学的对比和减排量声明





# 光伏行业PCR开发研究基础



与多家光伏组件商进行合作，协助光伏组件商先后获得了**瑞典国际EPD认证、意大利EPD认证、美国UL EPD认证、德国IBU EPD认证、挪威EPD认证（互认）等。**

开展了法国光伏简化碳足迹评估（ECS）工作，协助企业取得了ECS证书

作为韩国能源局官方认可的第三方评价审核机构，开展了韩国光伏碳足迹评价与审核工作



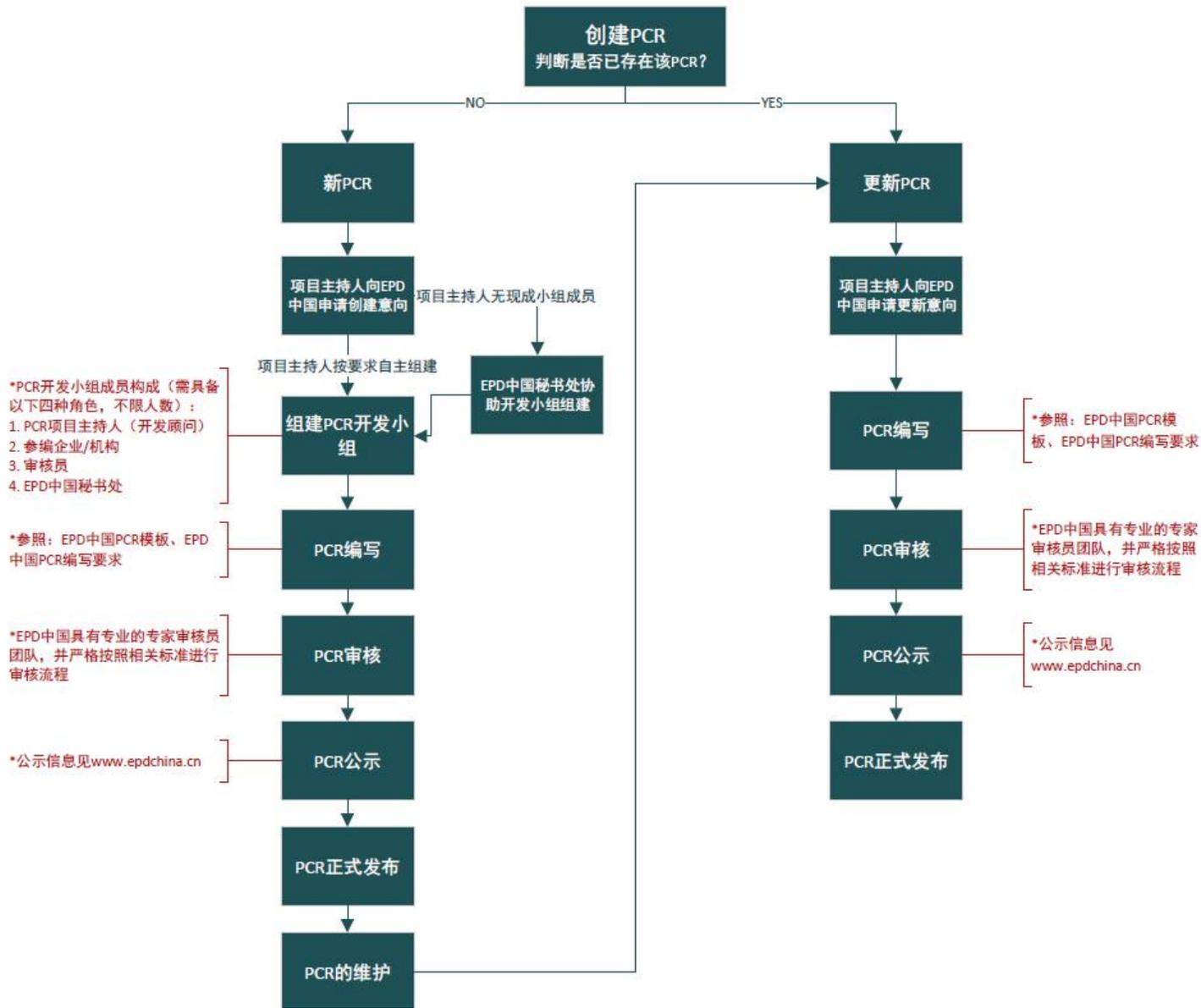


## 第二章

# 光伏行业PCR主要内容



# 光伏行业PCR开发步骤与内容



## 光伏PCR主要内容

1. PCR的使用范畴
2. 功能单位/声明单位
3. 系统边界和生命周期阶段
4. 排除过程和取舍原则、分配原则
5. 数据质量要求
6. 环境影响评价类别及评价指标
7. 产品碳足迹评估
8. 碳减排声明
9. 附加环境信息



- **PCR名称：**用于发电的太阳能光伏系统，包括光伏组件、太阳能电池、硅片、硅锭和多晶硅的生产
- **参考规范：**EPD中国 v1.0 项目指南GPI、EPD中国PCR通用模板

## ➤ PCR技术范畴

1. **可评估产品范畴：**光伏系统发电及上游光伏组件、太阳能电池、硅片、硅锭、太阳能级硅的环境属性
2. **不包含在内的产品与系统：**只针对晶体硅且用于发电应用的产品，其余如薄膜电池、发热应用的产品不包含在内

标准标识	描述
ISO 14020: 2006	环境标志和声明—通则
ISO 14025: 2006	环境标志和声明—III型环境声明原则和程序
ISO 14040:2006	环境管理—生命周期评估原则和框架
ISO 14044:2006+A1:2018	环境管理—生命周期评价要求和导则
EN 15804:2012+A2:2019	建筑工程可持续发展 - 环境产品声明 - 建筑产品产品类别核心规则
EN50693: 2019	电子电气产品和系统生命周期评估的产品类别规则
EPD China GPI v1.0	EPD中国GPI 项目指南
ISO 21930: 2017	建筑施工的可持续性—建筑产品和服务的环境影响声明通则
ISO 14067: 2018	温室气体—产品的碳足迹—量化要求和指南
IEA PVPS Task 12, Subtask 2.0, LCA	光伏发电生命周期评估方法指南第四版



## ➤ 功能单位/声明单位

1. 原料：太阳能电池片、硅片（1m<sup>2</sup>）；硅锭、太阳能级别硅（1kg）
2. 光伏组件：1kWc组件额定输出功率
3. 光伏系统发电：送往电网或独立用户1kWh光伏发电量

## ➤ 为了提高声明的透明度，EPD报告还需增加披露相应产品信息

1. 硅片、电池片：尺寸（边长和厚度），单重和输出功率
2. 组件：尺寸、重量、电池种类等
3. 光伏系统：系统技术参数，电站发电量计算依据

### 光伏系统技术参数

参数	单位	值
光伏系统峰值功率	kWp	
纬度和经度	N/S: ° ' " , E/W: ° ' "	
海拔	m	
标准太阳辐照度	Wh/m <sup>2</sup> /year	
地面的反射率	%	
背面效率*	%	

$$E_{RSL} = E_1 * (1 + \sum_{n=1}^{RSL-1} (1 - deg)^n)$$

$$E_1 = W \times H \times PR$$

RSL：光伏系统运行年限，统一取30年

deg：系统衰减率，按实际披露，无原始数据，可按首年3%，剩余年0.7%假设

E1：首年发电量，在运行系统采用实际值，建设中系统可采用理论公式或模拟软件（PVSYST）进行计算



## ➤ 系统边界和生命周期阶段（对标EN15804或EN50693）

1. 生产阶段 (A1-A3)
2. 产品运输阶段 (A4)
3. 安装阶段 (A5)
4. 使用阶段 (B1-B7)
5. 拆除阶段 (C1)
6. 生命周期终止阶段 (C2-C4)
7. 回收及再利用效益 (D)

强制性披露生命周期阶段

EPD拥有者	系统边界	披露阶段
多晶硅制造商	摇篮到大门	A1-A3 和 A4
硅锭制造商	摇篮到大门	A1-A3 和 A4
硅片制造商	摇篮到大门	A1-A3 和 A4
太阳能电池制造商	摇篮到大门	A1-A3 和 A4
组件制造商	摇篮到坟墓	A1-A3, A4-A5, C1-C4 和 D (可选)
光伏系统	摇篮到坟墓	A1-A3, A4-A5, B, C1-C4, D (可选)



## ➤ 生产阶段 (A1-A3)

### 1. 原材料获取与加工 (A1) :

- a) 光伏系统和光伏组件：玻璃、边框、背板、EVA、太阳能电池、接线盒、其他材料（包括包装材料或与最终产品生产相关的任何相关材料）的获取和加工；
- b) 太阳能电池：硅片的提取和加工，电池制造过程中使用的化学品，其他材料（包括包装材料或与最终产品生产相关的任何相关材料）；
- c) 硅片：硅锭的提取和加工，电池制造过程中使用的化学品，其他材料（包括包装材料或与最终产品生产相关的任何相关材料）；
- d) 硅锭：晶体硅、再生硅锭、化学品、其他材料（包括包装材料或与最终产品生产相关的任何相关材料）的提取和加工

### 2. 原材料运输 (A2) : A1过程涉及到物料运输以及生产现场的运输（柴油、电的消耗）；

### 3. 生产阶段 (A3) : 制造过程涉及的能源（电、热）以及用水、三废排放和相关处理过程；



## ➤ 产品运输阶段 (A4)

1. 对于光伏系统的A4阶段，指的是光伏组件从出厂到光伏系统安装所在地之间的运输，对于其它产品的运输，应明确产品市场份额以及各市场的运输距离
2. 运输方式以及运输工具需要明确，若没有原始数据，可进行合理的假设
3. 若假设运输距离，并采用敏感性分析对假设的合理性进行评估 (LCA)

目的地	运输方式	运输距离
省内	卡车 (国3)	1000km
跨省	卡车 (国3)	2000km
跨国	轮船	10000km
跨国 (亚洲)	飞机	5000km
跨国 (非亚洲)	飞机	15000km

## ➤ 产品安装阶段 (A5)

对于光伏系统，建模时应至少考虑以下单元过程：

- 该阶段应包括包装材料的处理；
- 材料、燃料和基础设施（逆变器、电缆、支架、变压器等）的供应；
- 系统基建（例如钢或混凝土基础）；
- 安装期间的能源、水和排放；
- 安装过程中产生的废物；

对于光伏组件，建模时应至少考虑以下单元过程：

- 该阶段应包括包装材料的处理；
- 安装期间的能源、水和排放；
- 安装过程中产生的废物；



## ➤ 产品使用阶段 (B1-B7)

1. 使用 (B1): 产品或系统使用过程中的废物排放、排放, 不考虑与产品/系统使用间接相关的活动 (如员工通勤和生活);
2. 维护 (B2): 使用能源、水、材料进行光伏组件清洗、杂草去除等操作, 以保持组件的性能
3. 维修 (B3): 使用能源、水、材料修复损坏部件 (组件、逆变器等)
4. 更换 (B4): 更换组件、其他基础设施 (逆变器等), 以及相关的废弃物处理
5. 翻新 (B5): 基础设施的加固、刷漆等操作
6. B6: 产品运行能耗: 一般光伏系统运行不需要能源, 但运行过程能耗需要考虑, 如需要用电运行的机械、电器元件、电量和来源 (无论是来自系统本身或外部) 均应当建模进行计算。如果无法获得此类数据, 则可以做出合理的假设, 即系统产生电量的5%。
7. B7: 产品运行水耗: 光伏系统一般不需要水来运行, 但水耗也需要建模计算, 比如电站或者一些电器元件的冷却水。



## ➤ 拆卸阶段 (C1)

1. 如果有原始数据，拆解阶段可以分开披露，否则根据EN50693要求，需要包含在报废阶段；
2. 应包含拆解过程涉及的能耗、物耗以及站内拆解涉及的运输，拆解过程涉及的排放和废弃物产生

## ➤ 报废阶段 (C2-C4)

1. 废弃运输 (C2)：将电站拆解的所有报废产品运输到废弃物处理站的运输
2. 废弃处理 (C3)：将组件、逆变器、变压器等设备拆解、破碎、分选、筛选等操作过程
3. 终端处置 (C4)：填埋、焚烧、堆肥等。

## ➤ 再利用、翻新或回收 (D)

1. 遵循Cut-off原则，即再利用、翻新回收阶段的环境负荷以及效益均排除在产品生命周期之外，以D阶段分别披露。



## ➤ 可排除单元过程和取舍原则、分配原则

1. 排除单元过程：与产品生命周期影响不相关的输入输出可排除在评价边界之外（例如固定资产、员工生活用水等）
2. 取舍原则：对应GPI中的规定，取舍原则为生命周期清单中小于1%的输入与输出
3. 分配原则：分为输入的分配、副产品的分配、多功能产品的分配、再利用、翻新或回收的分配

## ➤ 数据质量要求

1. 生产阶段要求：至少6个月的原始生产数据
2. 运输阶段（包含原料和产品运输）要求：需披露运输工具和运输距离，缺少相关信息可进行合理假设，并做敏感度分析证明合理性
3. 安装阶段、使用阶段要求：优先使用原始数据，若缺少原始数据，可进行合理假设，披露有关依据，并做敏感度分析证明合理性
4. 报废阶段要求：终端处置需参考地区或行业相关标准或规定，缺少相关标准下，需建立多种处置情景并分析结果差异
5. 电力组合选用：地区电网电力因子数据库（1mi1CN2021）

地区电网电力因子

地区电网	单位	高压电	中压电	低压电
华东	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	0.807	0.819	0.862
华中	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	0.494	0.503	0.530
北方	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	1.170	1.185	1.246
西北	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	0.756	0.767	0.807
东北	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	0.976	0.989	1.040
南方	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	0.400	0.408	0.441
电网平均	kgCO <sub>2</sub> -eq/kWh	0.802	0.814	0.856



## ➤ 环境影响评价类别及评价指标：参考GPI要求

影响类别	推荐的LCIA评估方法或模型	指标	单位
气候变化—总	基于 IPCC 2013 的 IPCC 100 年基线模型	全球变暖总潜势 (GWP-总)	kg CO <sub>2</sub> eq.
气候变化——化石能源		全球变暖潜势 (GWP化石能源)	kg CO <sub>2</sub> eq.
气候变化——生物质		全球变暖潜势 (GWP生物质)	kg CO <sub>2</sub> eq.
气候变化——土地使用及用途改变		全球变暖潜势 (GWP 土地luluc)	kg CO <sub>2</sub> eq.
臭氧层消耗	稳态臭氧层消耗 (ODPs), WMO 2014	臭氧破坏潜势 (ODP)	CFC-11 千克当量
酸化	Accumulated Exceedance, Seppälä et al. 2006, Posch et al., 2008	酸化潜势, 累积指标(AP)	mol H <sup>+</sup> eq.
富营养化	EUTREND model, Struijs et al., 2009b, (ReCiPe方法)	富营养化潜势, (E P - freshwater)	kg P 当量
光化学臭氧形成	LOTOS-UIROS, Van Zelm et al., 2008, (ReCiPe方法)	对流层臭氧 (POCP) 的形成潜势	kg NMVOC 当量
非生物资源消耗——矿产及物质	CML 2002, Guinée et al., 2002, and van Oers et al. 2002.	非化石资源的非生物消耗潜势 (ADP-矿物和金属)	kg Sb 当量
非生物资源消耗——化石资源	CML 2002, Guinée et al., 2002, and van Oers et al. 2002.	化石资源的非生物消耗潜势 (ADP - 化石)	MJ, 以低位发热量计算
水资源消耗	Available Water REmaining (AWARE) Boulay et al., 2016	水消耗潜势, 按照缺水程度加权(WDP)	m <sup>3</sup> 当量

参数	单位
可再生一次能源的使用, 不包括用作原材料的可再生一次能源PERE	MJ, 净热值
可再生一次能源作为原料的使用 PERM	MJ, 净热值
可再生一次能源的使用总量 (一次能源和用作原料的一次能源) PERT	MJ, 净热值
不可再生一次能源的使用, 不包括用作原料的不可再生一次能源 (PENRE)	MJ, 净热值
不可再生的一次能源作为原材料的使用 PENRM	MJ, 净热值
不可再生一次能源的使用总量 (一次能源和用作原料的一次能源) PENRT	MJ, 净热值
淡水净用量 (FW)	m <sup>3</sup>
二次原料的使用 (SM)	kg
可再生二次燃料的使用 (RSF)	MJ, 净热值
不可再生二次燃料的使用 (NRSF)	MJ, 净热值



## ➤ 能量回收期

$$\text{能量回收期[年]} = \frac{\text{能量总投入 (MJ)}}{\text{年均发电量 (kWh)} * 3.6}$$

PERT: 可再生一次能源的使用总量

PENRT: 不可再生一次能源的使用总量

$$\text{能量总投入[MJ]} = (\text{PENRT} + \text{PERT}) * \text{生命周期发电量}$$

## ➤ 农光、林光、渔光互补和相关的环境影响

- 如果光伏系统所在地有农光、林光、渔光互补项目，相关的环境影响及效益（如土地利用或土地利用转变）应单独申报。EPD/CFP 拥有者应声明指标以及影响评估模型或计算方法。



## 第三章

# 碳足迹与碳减排声明



## ➤ 碳足迹声明

1. 制造商可以依据此PCR准备仅仅披露产品碳足迹的声明，而不披露其他环境影响指标
2. 除此之外，还需遵循下列规范：
  - 碳汇：任何与产品本身无关形式的碳补偿，如CCER，绿电交易、碳交易等需要分别披露
  - 碳足迹声明的客观性：碳足迹声明只描述产品生命周期碳排放客观结果，不能用“碳中性”或“净零”、“低碳”等定义描述
  - 敏感性分析：对碳足迹结果贡献超过10%以上的重要假设和不确定数据，需要结合实际情况进行敏感性分析，判断减排量的可能合理浮动区间
  - 碳足迹与碳减排



# 碳足迹评估与原料碳足迹默认因子



在产品碳足迹评估中，若某种原料供应商制造数据无法获取，可以选择两种方法：

- 方法一：按照此PCR的要求，根据供应商的制造数据进行LCA评估
- 方法二：采用下表中列出的默认 GWP 因子：

原料全生命周期默认因子表

项目	单位	欧洲	中国	北美	亚太
多晶硅	kgCO2-eq/kg	37.556	69.335	41.612	58.720
硅锭	kgCO2-eq/kg	83.707	131.522	93.240	115.328
硅片	kgCO2-eq/m2	55.670	86.498	62.156	76.040
	kgCO2-eq/pcs	1.403	2.179	1.566	1.916
太阳能电池	kgCO2-eq/m2	73.607	114.202	83.316	100.372
	kgCO2-eq/pcs	1.855	2.179	2.100	2.530
太阳能玻璃, 低铁	kgCO2-eq/kg	1.162	1.226	1.189	1.207
玻璃钢化过程	kgCO2-eq/kg	0.211	0.220	0.215	0.217
边框	kgCO2-eq/kg	10.446	11.225	10.703	10.950
EVA	kgCO2-eq/kg	2.512	2.838	2.729	2.780
背板	kgCO2-eq/kg	3.536	3.544	3.544	3.544
接线盒	kgCO2-eq/kg	10.262	10.726	10.702	10.714

原料加工过程默认因子表

类别	单位	欧洲	中国	北美	亚太
硅锭加工	kgCO2-eq/kg	46.151	62.188	51.628	56.608
硅片加工	kgCO2-eq/m2	5.864	8.243	6.679	7.420
	kgCO2-eq/pcs	0.148	0.208	0.168	0.187
太阳能电池加工	kgCO2-eq/m2	16.267	25.109	19.295	22.050
	kgCO2-eq/pcs	0.410	0.632	0.486	0.556

各国家地区电力因子表

	单位	中国	欧洲	美国	韩国
电力碳排放因子	kg CO2-eq/kWh	参考地区电网因子	0.397	0.540	0.670

计算数据来源: (IEA) Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, 4th edition, IEA PVPS Task 12  
 计算工具: SimaPro 9.2, IPCC GWP 100a方法



## ➤ 碳减排声明（可选）

- 开展碳减排声明的前提是需要开展基准产品的碳足迹声明，基准产品和减排产品的评估需要遵守同样的PCR规则要求
- 如果同一产品类型的背景数据库发生了改变，需要单独列出由于背景数据库升级所导致的减排效果
- 评价依据：对于减排的产品所发生的能源使用率、材料类型、生产工艺的变更等优化和改进措施，需要提交明确的证明资料证明改变的相关性；
- **不能作为减排的依据**：与企业开展清洁生产、生态设计、绿色供应链以及经济结构模式优化（如循环经济、服务经济等）无关的，通过购买碳汇等外部碳减排活动抵消企业自身碳排放的行为，不能作为碳减排的依据
- **敏感性分析要求**：对碳足迹结果贡献超过10%以上的重要假设和不确定性数据，需要结合实际情况进行敏感性分析

感谢聆听



Contact EPDChina:  
Email: [EPDChina@1mi1.cn](mailto:EPDChina@1mi1.cn)  
+86-21-80238551

web: [www.1mi1.org](http://www.1mi1.org)  
[www.epdchina.cn](http://www.epdchina.cn)  
一米一，绿产品，新生态