

TASK 12 光伏可持续性

PVPS

## 摘要

# 光伏系统电力的环境生命周期评估

2023 数据更新

作者: Stucki, M., Götz, M., de Wild-Scholten, M., Frischknecht, R.

TASK 12 组长:

Garvin Heath, NREL, 美国

Etienne Drahi, TotalEnergies, 法国

# 光伏系统的生命周期评估

光伏生命周期评估是一种结构化和全面的方法，用于量化和评估以下各阶段的物料和能量流动及其相关的排放：

- 01 制造 - 资源开采、原材料生产、硅片、电池和组件生产
- 02 运输 - 分发和储存
- 03 安装 - 屋顶安装和布线
- 04 使用 - 30年期间的使用和维
- 05 生命周期结束 - 拆除、回收、废物管理

## 光伏范围

以一套典型住宅光伏系统为研究案例：

- 欧洲的一套3 kWp屋顶光伏系统，生产1kWh交流电
- 范围包括光伏组件、布线、安装结构、逆变器和系统安装
- 年发电量: 976 kWh/kWp，辐照度：1,331 kWh/m<sup>2</sup>
- 线性衰减率: 0.7%/年<sup>1</sup>
- 使用寿命: 组件30年，逆变器15年



本研究包括以下四种发电效率的光伏组件技术：

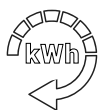
1. 碲镉 (CdTe) 18.4%
2. 铜铟镓硒 (CIS/CIGS) 17.0%
3. 多晶硅 (multi-Si, BSF) 18.0%
4. 单晶硅 (mono-Si, PERC/TOPCon) 20.9%

1 根据当前的Task 12生命周期评估方法 (IEA-PVPS T12-18:2020)，结果可以通过假定与衰减速率相关的线性关系进行调整。对于0.5%/年的衰减速率，仅需将结果乘以0.968的因子；而对于0.9%/年的衰减速率，则需将结果乘以1.053的因子。

2 对于多晶硅和CIS/CIGS技术，由于目前市场份额非常低，此更新中未提供新的技术特定数据。

3 单晶硅生产的电力、热量和硅需求已根据多个制造商的当前生产数据进行更新。

## 能量回收时间



不可再生能源回收时间的定义是，可再生能源系统生成与建造该系统所消耗（不可再生初级能源）等量能源所需的时间。

	单位	单晶硅	多晶硅	铜铟硒	碲镉化镉
不可再生能源回收时间	年	1.0	12	12	0.8



## 环境影响

从光伏系统生成1kWh太阳能电力相关的碳排放量远低于化石燃料发电机的排放量，化石燃料发电机每kWh可排放高达1kg的CO<sub>2</sub>。

	单位	单晶硅	多晶硅	铜铟硒	碲化镉
温室气体排放量	g CO <sub>2</sub> eq	35.8 <sup>4</sup>	43.6	35.5	25.2
资源使用，化石燃料	MJ	0.44	0.52	0.51	0.35
资源使用，矿物质	mg Sb eq	5.04	5.30	4.64	5.22
颗粒物	10 <sup>-9</sup> i疾病发生率	2.87	3.97	1.34	1.04
酸化	mmol H <sup>+</sup> eq	0.29	0.36	0.21	0.18
组件效率	%	20.9	18.0	17.0	18.4
数据	参考期	2020 - 2023	2019 - 2021	2010/2020	2020 - 2022

<sup>4</sup> 光伏组件：202克CO<sub>2</sub>当量（56%）；逆变器：99克CO<sub>2</sub>当量（28%）；其余：5.8克CO<sub>2</sub>当量（16%）

## 环境影响变化

与2021年系统相比，环境影响的变化见下表。超过100%的百分比表示环境影响增加，而低于100%的百分比表示环境影响相对于以前的数据减少。

	单晶硅	多晶硅	铜铟硒	碲化镉
温室气体排放量	83 %	99 %	100 %	99 %
资源使用，化石燃料	87 %	99 %	100 %	99 %
资源使用，矿物质	97 %	100 %	100 %	100 %
颗粒物	74 %	102 %	109 %	108 %
酸化	80 %	99 %	100 %	99 %
参考期	2020 - 2023 (2019 - 2021)	2019 - 2021 (2019 - 2021)	2010/2020 (2010/2020)	2020 - 2022 (2019 - 2020)



# 与2021年数据相比的主要变化

## 单晶硅光伏组件:

- 组件效率提高 (导致生命周期环境影响减少)
- 切割损耗减少/多晶硅需求减少 (导致生命周期影响减少)
- 太阳能级硅、硅片、电池和组件制造的电力和热能需求减少 (导致生命周期影响减少)

## CdTe光伏组件:

- 组件效率提高 (影响减少)

## 所有技术:

- 新版本的生命周期评估方法 (影响的细微变化)

# 单晶硅光伏系统的温室气体排放随时间的演变

下表显示了在瑞士使用单晶硅组件技术的住宅屋顶光伏系统发电时温室气体排放的变化。排放的减少归因于效率提高和制造工艺的改进。

	单位	1996	2003	2007	2014	2016	2020	2021	2023
温室气体排放	g CO <sub>2</sub> eq/kWh	121	72	76	80	107	43	43	36
组件效率	%	13.6	14.8	14.0	14.0	15.1	19.5	20.0	20.9
年产量	kWh/kWp	862	882	922	922	882	976	976	976

## TASK 12 目标

- 量化光伏相对于其他能源技术的环境概况;
- 定义和解决对市场增长重要的环境健康与安全及可持续性问题的。

### TASK12 任务:



1. 循环经济 (CE)
2. 生命周期评估 (LCA)
3. 生态系统集成光伏 (ecoPV)
4. 更广泛的可持续性方面 (BSA)

TASK 12 由美国国家可再生能源实验室 (NREL) 和 TotalEnergies OneTech 共同运营。感谢 DOE 和 TotalEnergies 的支持。

