

ICS 13.020.01

CCS Z 04



团 体 标 准

T/ZGZS 0116-2024

废弃光伏组件回收利用碳排放量核算

Specification of carbon emission accounting for
recycling of decommissioned PV Module

2024-12-06 发布

2024-12-06 实施

中国再生资源回收利用协会 发布

目 次

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语与定义	2
4 核算原则	3
5 核算目标与内容	3
6 核算方法	4
7 数据	6
8 碳排放量核算程序	8
9 结果通报	9
附录 A	10
附录 B	11
参考文献	14

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。

本文件由再生资源产业技术创新战略联盟、北京工业大学联合提出。

本文件由中国再生资源回收利用协会归口。

本文件起草单位：北京工业大学、常州瑞赛环保科技有限公司、中节能太阳能科技有限公司、长沙矿冶研究院有限责任公司、南通复源新材料科技有限公司、昆明理工大学、常州大学、再生资源产业技术创新战略联盟、生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、中国质量认证中心、中国矿业大学、北京市标准化研究院、重庆工商大学、中北大学、江苏理工学院、合肥工业大学、北京中再联盟技术服务有限公司。

本文件主要起草人：戴铁军、李丹、尚辉良、庄虎梁、张会学、张胜广、杨斌、于志强、魏伟、林军、许忠兴、张建文、宋爽、马林、黄丽君、何亚群、张克、马帅、龚海峰、张文达、朱炳龙、李鑫、李京伟、魏坤霞。

废弃光伏组件回收利用碳排放量核算

1 范围

本文件规定了废弃光伏组件回收利用碳排放量的核算原则、核算目标与内容、核算方法、数据、核算程序和结果通报。

本文件适用于废弃光伏组件回收利用过程内碳排放量计算。

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，其最新版本适用于本文件。

GB/T 39753 光伏组件回收再利用通用技术要求

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 术语与定义

GB/T 39753 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 废弃光伏组件 decommissioned PV module

光伏组件的拥有者不再使用且已经丢弃或放弃的退役光伏组件。

[来源：GB/T 39753，有修改]

3.2 碳排放 carbon emission

系统边界内全部活动的温室气体排放量减去输出的电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的温室气体排放量。

注：温室气体范围涵盖二氧化碳(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)和三氟化氮(NF₃)。

3.3 输出电力和热力产生的排放 emission from exported of electricity and heat

回收利用企业自备电厂输出到系统边界之外的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放。

[来源：GB/T 32151.7，有修改]

3.4 收集 collection

废弃光伏组件聚集、分类和整理活动。

[来源：GB/T 39753，有修改]

3.5 前处理 pretreatment

通过人工或机械方式将废弃光伏组件进行初级拆卸和解体，以便于处置的活动。

3.6 处置利用 disposal and recycling

对废弃光伏组件进行处理,使其中的零部件能够满足其原来的使用要求或用于其他用途的过程,包含对能量的回收与利用。

[来源: GB/T 39753, 有修改]

3.7 单元过程 unit process

碳排放量核算清单分析中输入和输出数据被量化的最小过程。

3.8 功能单位 function unit

评价废弃光伏组件回收利用系统边界内碳排放水平的基准单位。

[来源: ISO 14067-2018, 3.1.3.7, 有修改]

3.9 取舍准则 cut-off criteria

对与废弃光伏组件回收利用各单元过程相关的物质或能量流的数量或环境影响重要性程度是否被排除在计算范围之外的规定。

3.10 碳排放核算报告 carbon emission report

记录碳排放量核算系统边界、功能单位、碳源、数据与分配、计算程序、排放总量及排放影响的报告。

4 核算原则

4.1 全过程原则

核算过程应包含收集、前处理和处置利用等阶段。

4.2 一致性原则

核算过程应基于一一致性的假设、方法和数据。

4.3 准确性原则

活动数据的收集和量化应符合准确、可验证原则,减少偏差和不确定性。

5 核算目标与内容

5.1 核算目标

核算目标包含下列的一种或几种:

- a) 识别系统边界内重要的碳排放工序或过程,用于决策;
- b) 确定系统边界内碳排放对全球暖化的贡献,以二氧化碳当量表示;
- c) 向受众通报碳排放量化结果和过程,如碳排放报告等。

5.2 核算工作的主要内容

废弃光伏组件回收利用过程碳排放量核算内容包含下列内容：

- a) 生命周期；
- b) 功能单位；
- c) 系统边界；
- d) 取舍准则；
- e) 数据收集与验证方法、数据质量要求、数据时间边界和数据分配程序；
- f) 回收情景假设；
- g) 核算程序；
- h) 其他内容。

6 核算方法

6.1 功能单位

核算的基准单位为完成回收利用 1MW 废弃光伏组件。

6.2 系统边界

6.2.1 设置步骤

系统边界设置应符合 GB/T 24040、GB/T 24044 的要求，且遵循下列步骤：

——沿生命周期找出与评价对象直接关联的过程，系统边界包含收集、前处理和处置利用过程，见图 1；

——识别每个过程的活动；

——识别每个活动的碳源。

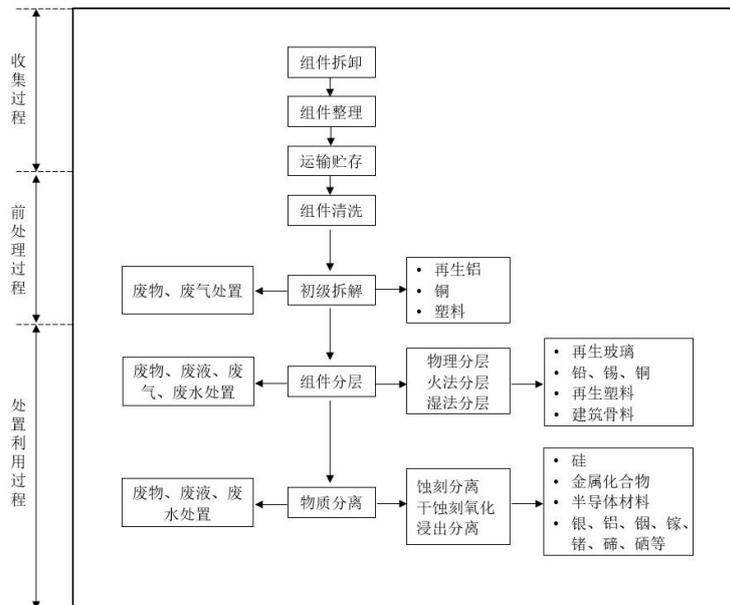


图 1 废弃光伏组件回收利用碳排放系统边界图

6.2.2 过程与活动

6.2.2.1 废弃光伏组件收集

本文件规定废弃光伏组件回收利用碳排放量核算的系统边界包含组件收集、前处理和处置利用共三个生命周期过程。其中处置利用过程可进一步划分为组件分层、物质分离过程。见图 1。

1、集中式光伏电站，收集过程始于电站对退役组件的拆除活动，结束于退役组件进入处置中心。此过程活动应包含：

- 电站的拆卸活动；
- 拆卸后组件的清理、整理、包装和固定活动；
- 拆卸后组件的贮存和装卸活动；
- 从电站到处置中心的运输活动；
- 其他活动。

2、分布式光伏系统，收集过程始于拆除点的拆除活动，结束于组件进入处置中心。此过程活动应包含：

- 拆除点的拆卸活动；
- 拆卸后组件的清理、整理、包装和固定活动；
- 拆卸后组件的贮存和装卸活动；
- 从拆除点到处置中心的运输活动；
- 其他活动。

6.2.2.2 废弃光伏组件前处理

前处理过程始于退役组件进入处置中心，结束于完成初步拆解的层压件进入组件分层过程。此过程活动应包含：

- 废弃组件的清洗；
- 拆除铝合金边框、接线盒、接线头；
- 被拆除零部件在过程内的运输；
- 零部件、废物的贮存；
- 废物的处置；
- 其他活动。

6.2.2.3 废弃光伏组件处置利用

处置利用过程始于对层压件的组件分层活动，结束于物质完成分离和废物处置活动。此过程活动应包含：

- 对组件的分层，包含物理、热处理、酸碱、溶液等多种分层方式；
- 对组件的物理拆解、崩解、破碎和研磨；
- 对分层和拆解后的物料（包含玻璃、电池片、薄膜和焊带等）分选；
- 对金属化合物、半导体材料的物质分离活动，包含蚀刻、浸出和氧化等；
- 过程内部的运输和贮存；
- 废物和废液的处置；

——回收利用活动中的能量回收，如焚烧发电；

——其他活动。

6.2.3 碳源

系统边界内过程和活动涉及的碳源包含：

a) 化石能源燃烧；

b) 电力、热力消费,应考虑电力和热力配置结构；

c) 化学反应；

d) 物质消费，包含溶液、化学制剂等；

e) 废物、废液处置；

f) 能量回收引致的碳减排量应纳入考虑，方法应符合国家发布的方法学规定。

6.3 取舍准则

废弃光伏组件回收利用碳排放量核算应符合下列取舍准则：

——有实质性贡献的单元过程、活动数据和温室气体均应纳入核算；

——难以获取且排放贡献小于 1%的活动数据可不纳入核算，但应在报告中解释并记录；

——因符合前款要求不纳入考虑的排放量总和不得超过碳排放总量的 5%。

7 数据

7.1 数据收集与验证

7.1.1 应收集系统边界内所有的单元过程数据，包含定性和定量数据。

7.1.2 数据收集方式可采用测量、统计、估算和计算。

7.1.3 对需要分配的数据收集时，应分析数据相关的所有单元过程边界；

7.1.4 数据应进行验证，保证满足 7.2 的规定。

7.1.5 数据验证应包含质量平衡分析、能量平衡分析或对排放因素、排放场景等比较分析。

7.2 数据质量要求

7.2.1 被收集的数据应与评价目标和内容要求一致。

7.2.2 无时间要求时，应收集最新数据。

7.2.3 应收集最小单元过程数据，避免因数据分配引致偏差。

7.2.4 系统边界涉及多个地区的，优先收集针对性地区数据；若不可得，可采用国内通用数据或其他地区类似产品或过程数据，但应分析偏差和正确性并记录。

7.2.5 系统边界涉及多项技术的，优先收集针对性技术数据；若不可得，可采用国内通用技术数据，但应分析偏差和正确性并记录。

7.3 初级数据

7.3.1 单元过程应优先收集初级数据。

7.3.2 初级数据应包含单元过程中相关输入和输出。输入应包含原材料、辅料、化学制剂、能源

和水等；输出应包含产品、副产品、废物和排放等，排放应为向大气的排放。

7.3.3 初级数据可采用以下收集方式：

- 能源和物质消费量统计，可通过台账、库存变化、采购数据等获得；
- 直接测量，如废气浓度、体积，废物成分等；
- 间接测量，如通过测量车辆能耗效率获得消费总量数据；
- 边界内某企业对上游过程具有控制权，应从上游过程收集初级数据。

7.4 次级数据

7.4.1 初级数据不可得时，可使用次级数据。

7.4.2 有多个次级数据源可供使用时，应确定选用优先级。

7.5 数据时间边界

7.5.1 数据的时间边界是指某活动数据具有代表性的时间段。

7.5.2 单元过程的活动数据随时间变化具有较大波动性，可取一个波动周期的平均数据。

7.5.3 处于时间边界外且对某单元过程排放具有实质性贡献的活动数据应纳入考虑，但需基于合理的数据分配方法。

7.5.4 数据时间边界至少为 1 年。

7.6 数据分配

7.6.1 过程间分配

- 系统内过程间数据宜避免进行数据分配。
- 单元过程输出数据同时包含共生品和废物时，应确定两者比例，仅对共生品数据分配。
- 辅料、废水和废物处理等数据分配应分析含水率、成分比例等因素的影响。
- 运输与贮存数据分配应合理取值。
- 数据分配后，子过程的输入或输出数据总和应与分配前的输入或输出数据相等。

7.6.2 与其他系统边界间的分配

离开系统边界进入其他产品系统的中间品、副产品和其他可用产品的输出数据，应基于物理关系比例分配。

7.6.3 代际分配

- 物质多次循环利用时，应合理确定代际间数据分配。
- 代际间的数据分配方法应按以下顺序确定：
 - a) 物理特性，如质量等；
 - b) 物质经济价值之比；
 - c) 物质回收次数。

8 碳排放量核算程序

8.1 活动碳排放量计算

某活动的碳排放量可通过活动数据、排放因子和全球变暖潜势按公式（1）计算。

$$C_i = \sum_{i=1}^m AD_i \times EF_i \times GWP_{100-i} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- C_i ——某活动的碳排放量，单位 tCO₂e；
- AD_i ——碳源活动数据；
- EF_i ——排放因子；
- GWP_{100-i} ——温室气体对应的全球变暖潜势（100年）数据。

注 1：相关数据或参数按下列次序选择：

- 测量与验证获得；
- 供应商提供；
- 行业发布；
- 区域或国家发布，推荐值参见附录 A；
- 国际发布。

注 2：生命周期清单分析应优选国内生命周期数据库。

8.2 过程碳排放量计算

单元过程的碳排放量等于全部碳源活动排放量之和，按公式（2）计算。

$$C_{unit} = \sum_{j=1}^n C_j \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- C_{unit} ——单元过程的碳排放量，单位 tCO₂e；
- C_j ——碳源活动的碳排放量，单位 tCO₂e。

8.3 碳排放量计算

废弃光伏组件回收利用的碳排放量为系统边界内全部活动的温室气体排放量减去输出的电力、热力所对应的电力、热力生产环节产生的温室气体排放量，按公式（3）计算。

$$CF_R = \sum_{k=1}^q C_{unit-k} - C_{EXP} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- CF_R ——某批次废弃光伏组件回收利用的碳排放量，单位 tCO₂e；
- C_{unit-k} ——单元过程的碳排放量，单位 tCO₂e。
- C_{EXP} ——回收利用企业自备电厂输出到系统边界之外的电力、热力生产环节产生的二氧化碳排放，单位 tCO₂e。

9 结果通报

9.1 通报形式

废弃光伏组件回收利用的碳排放核算结果通报形式为碳排放核算报告。

9.2 报告要求

9.2.1 废弃光伏组件回收利用碳排放核算报告除记录量化结果外，应陈述在核算目标和核算边界确定阶段的决定，同时应证明核算过程符合本文件规定。

9.2.2 报告应符合时效性要求，因技术、环境、评价目的和评价范围变更等因素导致生命周期发生变化，原评价结果失效，应重新进行碳排放量核算。

9.2.3 报告应符合生产者信息保密性要求。

9.2.4 报告内容应符合完整性要求，参见附录 B。

9.2.5 报告发布方式应合规。

9.2.6 报告可由光伏处置企业或第三方机构编制，处置企业编制的报告需经第三方机构核证。

附录 A
(资料性)

排放因子及相关参数推荐值

表 A.1 废弃光伏组件回收利用企业外购电力排放因子推荐值。

表 A.1 外购电力相关参数推荐值

电网名称	EF _{grid,OM Simple,y} (tCO ₂ /MWh)	EF _{grid,BM,y} (tCO ₂ /MWh)
华北区域电网	0.9350	0.3020
东北区域电网	1.0472	0.2070
华东区域电网	0.7703	0.2030
华中区域电网	0.8771	0.2696
西北区域电网	0.9014	0.3597
南方区域电网	0.7738	0.1981
西南区域电网	0.5959	0.0634

数据来源：国家应对气候变化战略研究和国际合作中心《2023 年度减排项目中国区域电网基准线排放因子》2024.7.

注 1：表中 OM 为 2019-2021 年电量边际排放因子的加权平均值；BM 为截至 2021 年统计数据的容量边际排放因子。

注 2：华北区域电网覆盖北京市、天津市、河北省、山西省、山东省、内蒙古自治区；
 东北区域电网覆盖辽宁省、吉林省、黑龙江省；
 华东区域电网覆盖上海市、江苏省、浙江省、安徽省、福建省；
 华中区域电网覆盖河南省、湖北省、湖南省、江西省；
 西北区域电网覆盖陕西省、甘肃省、青海省、宁夏自治区、新疆自治区；
 南方区域电网覆盖广东省、广西自治区、云南省、贵州省、海南省；
 西南区域电网覆盖四川省、重庆市。

表 A.2 废弃光伏组件回收利用企业外购热力排放因子推荐值。

表 A.2 外购热力排放因子推荐值

参数名称	单位	推荐值
热力排放因子	tCO ₂ /GJ	0.09315

数据来源：生态环境部《火电行业建设项目温室气体排放环境影响评价技术指南（试行）》2024.5.附录 E. 热电联产供热排放水平 I 级与 II 级水平的均值。

附录 B

(资料性附录)

废弃光伏组件回收利用碳排放量核算报告框架

产品名称： _____

委托单位： _____

报告编号： _____

核算依据： _____

结论： _____ 公司（填写处置机构的全名）基于从 _____ 到 _____ 的生命周期过程，完全回收利用 1MW 废弃光伏组件物料的碳排放总量为 _____ kg CO₂e。

批准人： _____（签名）

核算单位： _____（盖章）

批准日期： _____ 年 _____ 月 _____ 日

B.1 概况

B.1.1 委托单位

委托单位： _____

单位地址： _____

法定代表人： _____

授权人（联系人）： _____

联系电话： _____

B.1.2 产品信息

产品名称： _____

功能单位： _____

物料介绍： _____

产品图片： _____

B.2 核算目标

披露废弃光伏组件回收利用的碳排放量对于光伏组件处置企业的发展具有重要意义。企业对物料基于生命周期温室气体排放水平进行核算后，可根据核算结果采取有效可行的措施来减少重点过程的碳排放，不仅可降低企业能耗，还可节约生产成本并提高企业效益。

结果通报方式： _____

结果通报对象： _____

B.3 核算范围

B.3.1 功能单位

本核算过程以_____为功能单位。

B.3.2 系统边界

对_____碳排放量的计算涵盖了从_____到_____生命周期的各个阶段，属于（填写“从摇篮到坟墓”和“从摇篮到大门”两者之一）模式，确定生命周期包含以下阶段：

- 光伏组件收集；
- 组件前处理；
- 处置利用。

据此建立_____系统边界图，如图 B.1：

图 B.1 _____系统边界图

B.3.3 取舍准则

本核算过程采用的取舍准则以_____为依据，具体规则如下：

B.3.4 时间范围

_____年度。

B.4 核算过程

B.4.1 数据来源

清单数据：_____（具体数据情况见表 B.1）；

排放因子：_____；

软件与数据库：_____。

表 B.1 生命周期碳排放清单数据表

清单数据名称	数量	单位	排放/清除原因	数据类型	数据来源

B.4.2 分配原则与程序

分配依据：_____；

分配程序：_____；

具体分配情况如下：

B.4.3 清单及计算

生命周期各个阶段碳排放计算说明见表 B.2。

表 B.2 生命周期碳排放清单说明

生命周期过程	活动数据	排放因子	碳排放量 (kgCO ₂ e/吨废弃光伏组件)
组件收集			
前处理			
组件分层			
物质分离			
运输			
贮存			

B.4.4 数据质量评价及缺失数据处理

数据质量评估的目的是判断计算结果和结论的可信度，并指出提高数据质量的关键因素。

本核算工作的数据质量可从定性和定量两个方面进行管控和评估，具体核算内容包含：时间覆盖面、地理覆盖面、技术覆盖面、准确定、精确定、完整性（说明缺失数据处理方案）、代表性、一致性、可再现性、数据来源及不确定性。

B.5 核算结果解释

B.5.1 结果说明

_____（每功能单位物料）从_____（填写某生命周期过程）到 _____（填写某生命周期过程）生命周期碳排放总量为_____kgCO₂e。各生命周期过程的温室气体排放情况如表 B.3 和图 B.2 所示。

表 B.3 生命周期各过程碳排放情况

生命周期过程	碳排放量 (kgCO ₂ e/ MW 光伏组件)	百分比 (%)
组件收集		
前处理		
处置与利用		

图 B.2 废弃光伏组件回收利用碳排放过程分布图

B.5.2 假设和局限性说明

B.5.2.1 组件回收情景假设说明：

B.5.2.2 相关局限性说明

B.5.2.2 其他说明

参考文献

- [1] GB/T 24025-2009 环境标志和声明 III型环境声明 原则和程序
- [2] 《电子设备制造企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》
- [3] ISO14067: 2018 Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification.
- [4] ISO14064-1: 2018 Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emission and removal.
- [5] ISO14064-2: 2019 Greenhouse gases – Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements.
- [6] ISO14064-3: 2019 Greenhouse gases – Part 3: Specification with guidance for the validation and verification of greenhouse gas assertions.