



中华人民共和国国家标准

GB/T 43752—2024

晶体硅光伏组件回收处理方法 物理法

Recovery and treatment method of crystalline silicon photovoltaic modules—
Physical method

2024-03-15 发布

2024-10-01 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 I

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 概述 2

5 处理条件 3

6 设备 3

7 样品 4

8 组件的处理 4

9 质量回收率..... 12

10 管理 12

附录 A(资料性) 光伏组件示意图 14

附录 B(资料性) 数据统计 16

参考文献 19



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。

本文件由中国建筑材料联合会提出。

本文件由全国建筑用玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 255)归口。

本文件起草单位：河北省凤凰谷零碳发展研究院、深圳市标准技术研究院、山西潞安太阳能科技有限责任公司、英利集团有限公司、晶科能源股份有限公司、国家电投集团青海光伏产业创新中心有限公司、青海黄河上游水电开发有限责任公司光伏产业技术分公司、晋能清洁能源科技股份公司、东方日升新能源股份有限公司、隆基乐叶光伏科技有限公司、天津大学、中国科学院电工研究所、中国电子技术标准化研究院、常州瑞赛环保科技有限公司、中节能太阳能科技(镇江)有限公司、苏州腾晖光伏技术有限公司、正泰新能科技有限公司、深圳市拓日新能源科技股份有限公司、广东永光新能源设计咨询有限公司、中国质量认证中心、佛山职业技术学院、新特能源股份有限公司、河北大学、河北工业大学、广东华矩检测技术有限公司、无锡市产品质量监督检验院、中国国检测试控股集团股份有限公司、中建材浚鑫科技有限公司、宁波欧达光电有限公司、江苏日托光伏科技股份有限公司、无锡奥特维科技股份有限公司、江苏爱康能源研究院有限公司泰兴分公司、山东力诺阳光电力科技有限公司、亚洲硅业(青海)股份有限公司、中山火炬职业技术学院、保定云鹰能源科技有限公司、深圳市创益新材料有限公司、保定嘉盛光电科技股份有限公司、英利能源(中国)有限公司、秦皇岛玻璃工业研究设计院有限公司、深圳市上古光电有限公司。

本文件主要起草人：吴翠姑、杨舸、张波、田惠林、张昕宇、邹鹏辉、郑璐、朱丽、贾慧君、刘亚锋、任改改、尹宝泉、吕芳、裴会川、庄虎梁、黄国平、钱洪强、徐伟智、陈昊、孙韵琳、苏博杰、段春艳、李西良、赖伟东、陈聪、陈思铭、吴晓丽、肖鹏军、郭万武、刘宁、逯好峰、季斌斌、刘松民、倪志春、任现坤、梁哲、布红伟、罗元清、代松、李英叶、王彤彤、李淳伟、刘刚、赵科巍、冯琪宇、林重阳、苏国良、郭志球、何银凤、孙勇、鲍守珍、高丹妮、柏贵贤、王有能、陈鹤、许忠兴、周诚、鲁伟文、邱达赖。

晶体硅光伏组件回收处理方法 物理法

1 范围

本文件规定了晶体硅光伏组件基于物理法的回收处理的术语和定义、概述、处理条件、设备、样品、组件的处理、质量回收率以及管理。

本文件适用于晶体硅光伏组件基于物理法的回收处理。其他类型光伏组件基于物理法的回收处理参照使用。

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 8978—1996 污水综合排放标准
- GB 12348—2008 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 16297—1996 大气污染物综合排放标准
- GB 18599—2020 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
- GB/T 23685—2009 废电器电子产品回收利用通用技术要求
- GB/T 39753—2021 光伏组件回收再利用通用技术要求
- HJ 364—2022 废塑料污染控制技术规范

3 术语和定义

GB/T 39753—2021 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

收集 collect
光伏组件聚集、分类和整理活动。
[来源：GB/T 39753—2021, 3.3]

3.2

贮存 storage
为实现收集、运输、处理和处置的目的，在符合要求的特定场所暂时性存放光伏组件的活动。
[来源：GB/T 39753—2021, 3.4]

3.3

回收 take-back
对光伏组件进行收集和贮存的活动。

3.4

拆解 disintegrate
通过人工或机械方式将光伏组件进行拆卸、解体，以便于处理的活动。
[来源：GB/T 39753—2021, 3.5, 有修改]

3.5

处理 treatment

对光伏组件及零部件进行除污、拆解、破碎及其再生利用的活动。

[来源:GB/T 39753—2021,3.10,有修改]

3.6

处置 disposal

采用焚烧、填埋或其他改变光伏组件及零部件的物理、化学、生物特性的方法,达到减量化或者消除其危害性的活动,或者将光伏组件及零部件最终置于符合环境保护规定要求的场所或者设施的活动。

[来源:GB/T 39753—2021,3.11,有修改]

3.7

引出端 terminal

将直流电从光伏层压件(3.8)中引出的零部件。

注:引出端包括接线盒、光伏直流电缆、电缆连接器等。

[来源:GB/T 38785—2020,3.2]

3.8

光伏层压件 photovoltaic lamination

已完成电池封装,尚未安装接线盒、引出线和边框,由两层或多层相同或不同的材料黏合制成的光伏组件半成品。

[来源:GB/T 39753—2021,3.12,有修改]

3.9

再生利用 recycling

对光伏组件进行处理,使之能够作为原材料重新利用的过程。

注:再生利用不包括能量的回收和利用。

[来源:GB/T 39753—2021,3.7,有修改]

3.10

质量回收率 recovery rate

光伏组件回收处理前后的质量比。

4 概述

4.1 晶体硅光伏组件(以下简称光伏组件)中的有价材料铝边框、接线盒、光伏直流电缆、玻璃、背板、胶膜、焊带与汇流带、电池片,利用人工或机械物理法分离回收。

4.2 采用物理法处理光伏组件结构的各个部分(图 1 中以虚线框表示),主要处理流程(图 1 中以实线框表示)包括预处理、边框处理、引出端处理、玻璃处理、背板处理、胶膜处理、焊带与汇流带处理、电池处理,使分离后的各材料便于资源化再生利用。光伏组件结构示意图见附录 A。物理法处理指引示意图见图 1。

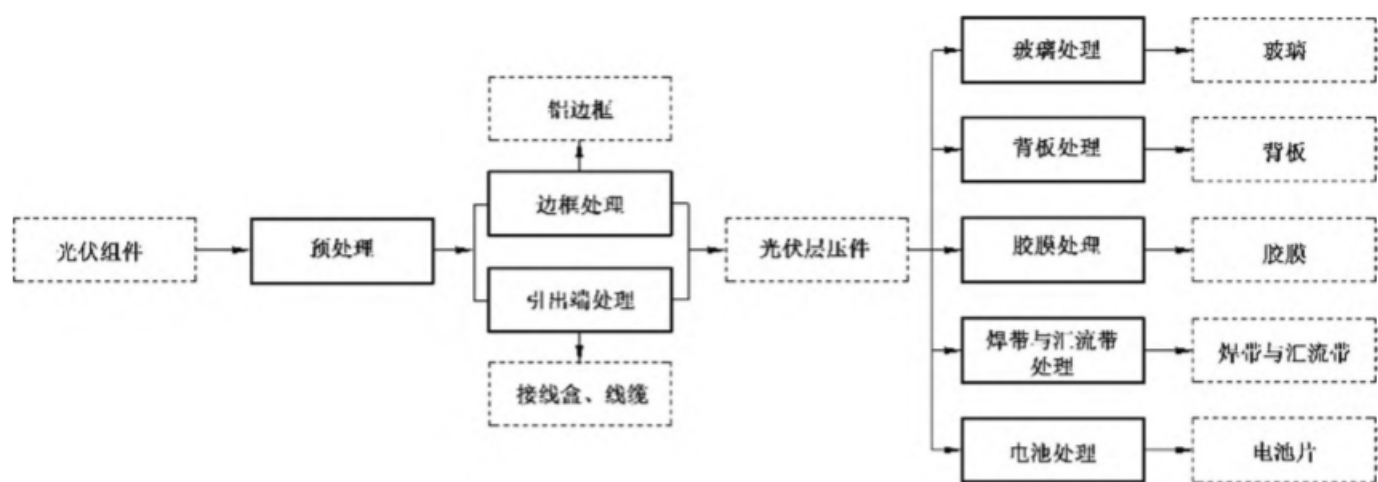


图 1 物理法处理指引示意图

5 处理条件

- 5.1 回收处理设备处理光伏组件时,室内环境温度应控制在 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- 5.2 回收处理设备处理光伏组件时,室内环境相对湿度应控制在 $30\%\sim 70\%$ 。
- 5.3 回收处理设备处理光伏组件时,室内环境光照强度应控制在 $1\,000\text{ W/m}^2\sim 2\,000\text{ W/m}^2$ 。
- 5.4 回收处理设备处理光伏组件时,室内环境气压应控制在 $101.3\text{ kPa}\sim 110\text{ kPa}$ 。
- 5.5 回收处理设备处理光伏组件过程中产生的废水、噪声应进行处理,废水的各项污染物排放应符合 GB 8978—1996 的规定,噪声的各项排放应符合 GB 12348—2008 的规定。

6 设备

- 6.1 主要设备包括分选装置、清洗装置、干燥装置、边框拆解装置、引出端铲除装置、热刀分离装置、高压研磨装置、线切割设备、热振荡装置、机械破碎装置、筛分设备、机械剥离装置等。
- 6.2 分选装置:用于分选光伏组件,主要特征是根据光伏组件的完整程度、型号、结构等性质,将光伏组件分类和整理。
- 6.3 清洗装置:用于清洁光伏组件表面杂质和污染物,主要特征是通过水冲洗、喷淋等方式,将光伏组件表面高效清洗。
- 6.4 干燥装置:用于对清洁后的光伏组件进行干燥处理,主要特征是通过热风、热气流等方式,将光伏组件表面加速干燥。
- 6.5 边框拆解装置:用于拆解、分离光伏组件的边框结构,主要特征是利用对边框单边、对边、对角等拆解、分离的方式,将光伏组件的边框拆解、分离。
- 6.6 引出端铲除装置:用于移除光伏组件的引出端部分,主要特征是通过引出端部分进行剪切、切割等分离方式,将光伏组件的引出端部分分离。
- 6.7 热刀分离装置:用于分离光伏层压件的玻璃,主要特征是利用热刀原理通过高温切割、热熔技术等,将光伏层压件的玻璃分离。
- 6.8 高压研磨装置:用于分离光伏层压件的材料,主要特征是通过高压研磨、破碎等技术,将光伏层压件的背板、胶膜、电池片、焊带与汇流带、玻璃等材料研磨成所需状态。
- 6.9 线切割设备:用于分离光伏层压件材料,主要特征是通过细丝、线切割材料的快速运动,将光伏层压件的背板、胶膜、电池片、焊带与汇流带、玻璃等材料分割成所需状态。

6.10 热振荡装置：用于分离光伏层压件材料，主要特征是通过加热传导、振荡等技术，将光伏层压件的背板、胶膜、电池片、焊带与汇流带、玻璃等材料分离。

6.11 机械破碎装置：用于分离光伏层压件材料，主要特征是通过机械破碎、分离等技术，将光伏层压件的背板、胶膜、电池片、焊带与汇流带、玻璃等材料分离。

6.12 筛分设备：用于筛分破碎、分离光伏层压件材料，主要特征是通过不同粒径分级、分离、分选、收集等步骤，将光伏层压件的背板、胶膜、电池片、焊带与汇流带、玻璃等材料分离。

6.13 机械剥离装置：用于剥离光伏层压件的背板、胶膜材料，主要特征是通过加热、机械力等方式，将光伏层压件的背板、胶膜材料分离。

7 样品

7.1 回收处理的光伏组件样品的基本信息应完整，包括样品名称、编号、来源以及获取时间等信息。

7.2 应对回收处理的光伏组件样品进行外观信息的初步判断，包括样品的大小尺寸、外形结构以及是否有玻璃破损等外观特征。

7.3 回收处理的光伏组件样品应无黏附物，不黏附任何杂物。

8 组件的处理

8.1 一般规定

8.1.1 不能再生利用的固废处理应符合 GB 18599—2020 的规定。

8.1.2 进行热分离处理时，对加热工序产生的烟气应设置处理系统，控制烟气中杂质气体的含量，污染物排放应符合 GB 16297—1996 的规定。

8.1.3 光伏层压件处置后得到的部件和材料应分类收集，设立明显的区分标识，分区贮存。

8.1.4 回收玻璃时，可根据玻璃的完好程度，选择合适的处理方式进行处理。

8.1.5 通过加热方式剥离含氟背板，加热设备应小于 200℃。

8.1.6 剥离后的背板材料、胶膜的处置应符合 HJ 364—2022 的规定。

8.1.7 经物理法处理光伏组件后，仍产生废弃物的应进行其他方法处理，处理方法应符合相关环保标准要求。

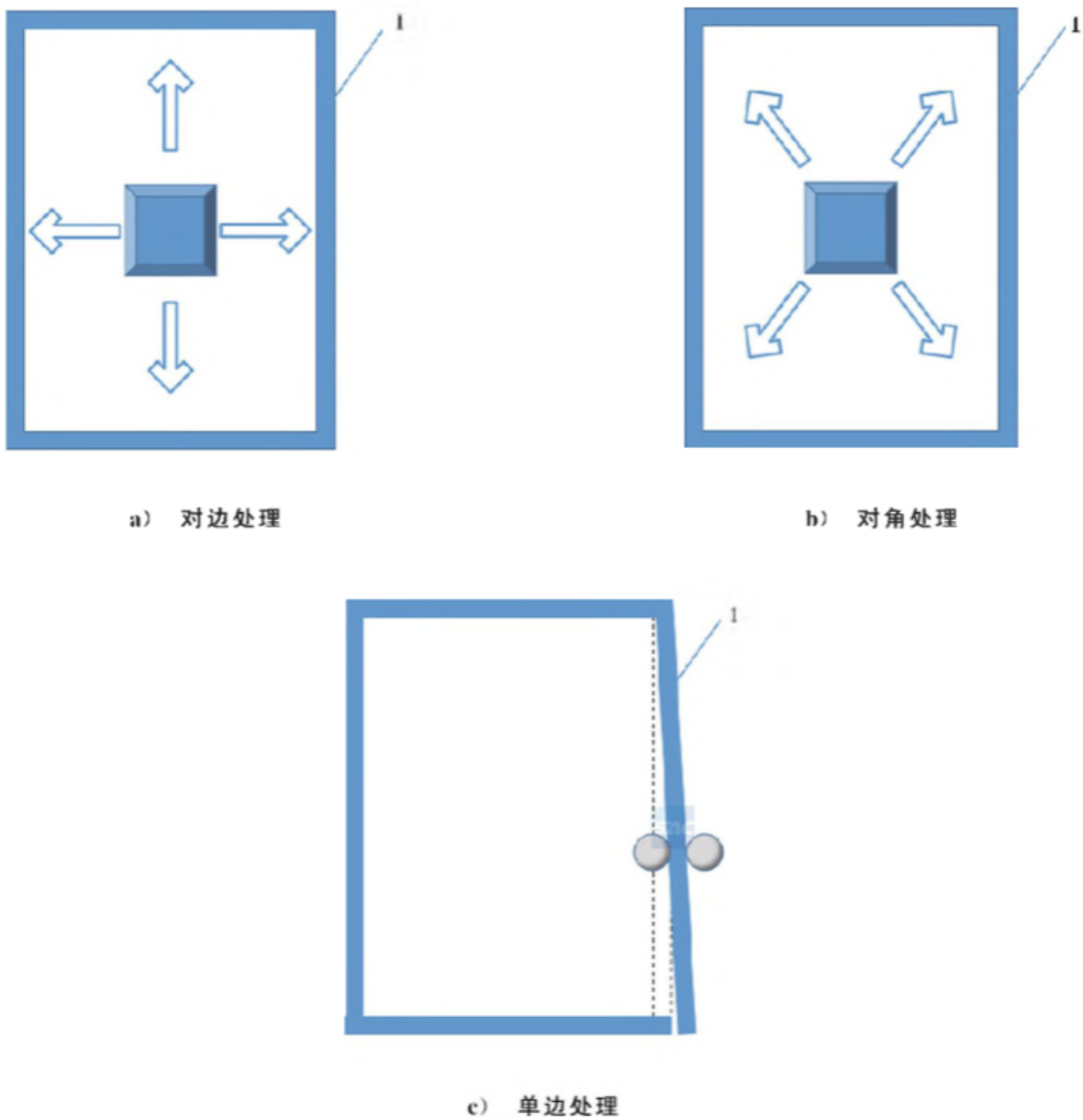
8.2 预处理

光伏组件预处理主要装置包括分选装置、清洗装置、干燥装置等，实现光伏组件分选、清洗和干燥等内容，具体如下：

- 分选环节根据光伏组件的完整程度、型号、结构等进行分选；
- 清洗环节采用节水的物理清洗工艺，去除光伏组件中的尘土、杂草、鸟粪等杂质；
- 干燥环节选择自然晾干的方法对经过分选和清洗环节的光伏组件进行干燥。

8.3 边框处理

对于含边框的光伏组件，将光伏组件安放在平坦的工作台上，可采用人工或机械的方式进行拆解。人工拆解时选用易操作工具对边框进行敲击，使其与层压件分离；机械拆解则通过边框拆解装置实现边框与层压件的分离。根据封边材料和接线盒的特性，选择合适的拆解方法。拆解后的铝边框便于后续处理及再生利用。边框处理方式示意图见图 2。



标引序号说明：
1——铝边框。

图 2 边框处理方式

8.4 引出端处理

引出端的分离,可采用人工或机械装置铲除。人工铲除时选用易操作工具对引出端进行敲击,使其与光伏层压件分离;机械装置的铲除则通过引出端铲除装置实现引出端与光伏层压件的分离。分离后的接线盒和光伏直流电缆按照 GB/T 23685—2009 的规定进行处理。引出端处理方式示意图见图 3。

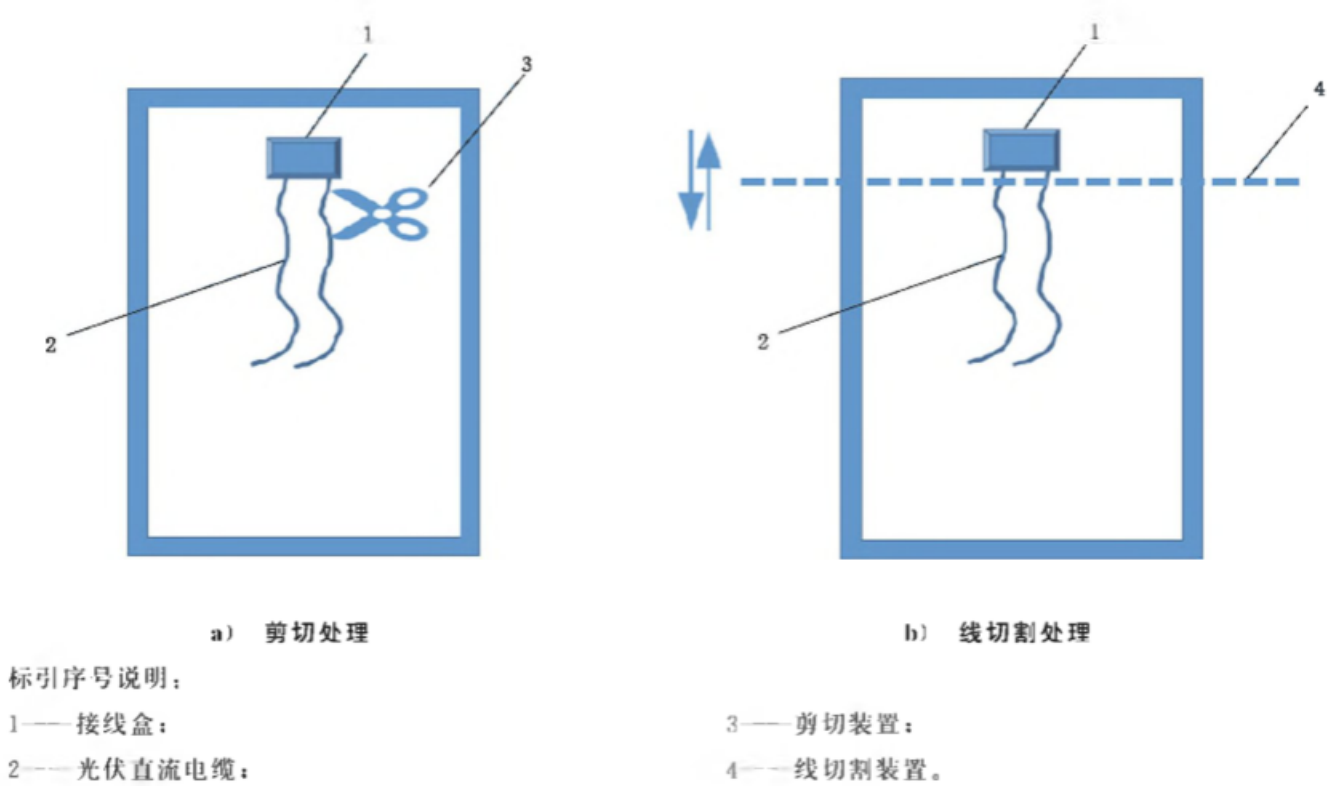


图3 引出端处理方式

8.5 玻璃处理

8.5.1 热刀分离法

将光伏层压件放置在工作平台上,启动热刀分离装置,调整热刀温度和速度,确保能够有效地将光伏层压件分离。移动刀具或移动光伏层压件到切割的位置,实现分离光伏组件玻璃与层压件,达到玻璃与层压件的柔性拆解。热刀分离法示意图见图4。

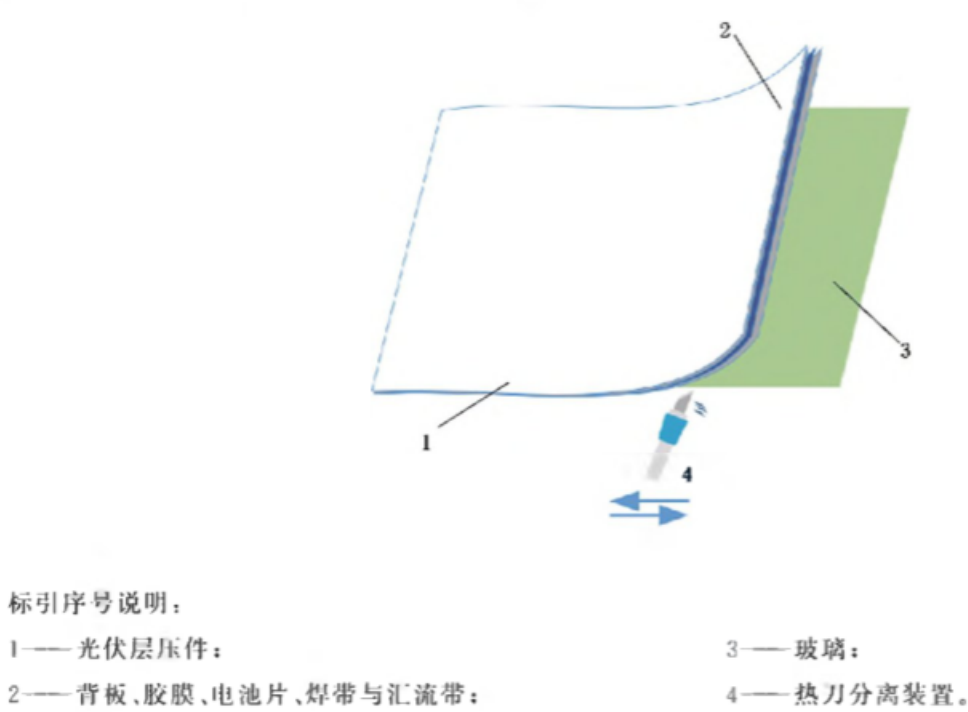


图4 热刀分离法

8.5.2 高压研磨法

将光伏层压件放置在工作平台上,启动高压研磨装置,设定研磨压力和研磨速度,确保能够有效地将光伏层压件分离。移动高压研磨头或移动光伏层压件到研磨的位置,实现光伏组件玻璃黏附的材料面依次层级研磨,达到玻璃的分离。高压研磨法示意图见图 5。

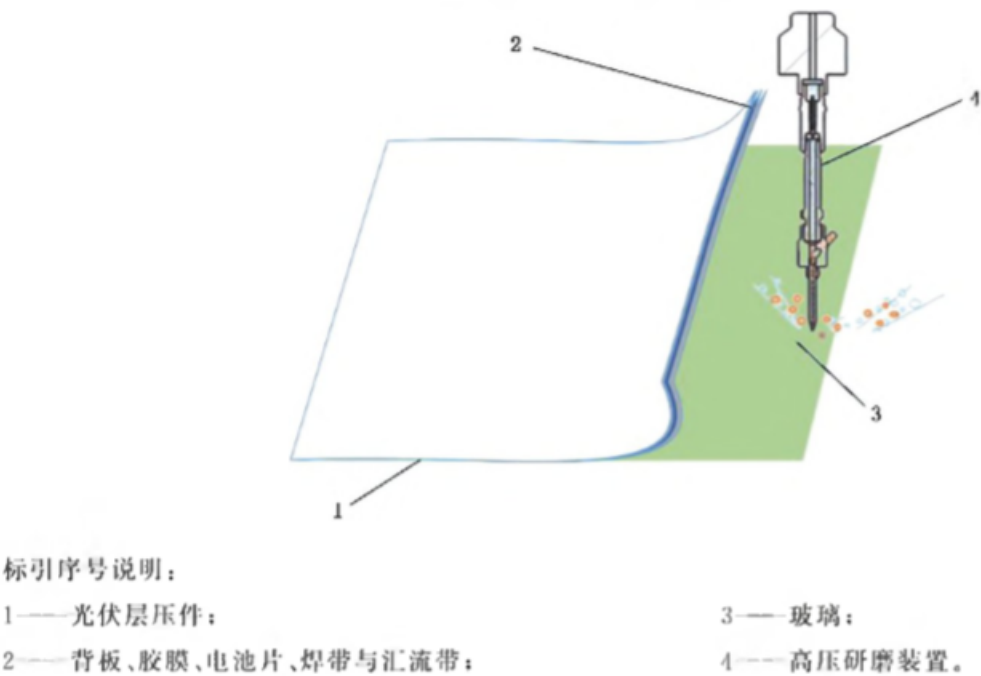


图 5 高压研磨法

8.5.3 线切割法

将光伏层压件放置在工作平台上,启动线切割设备,设备中金属线高速振动,沿着预定的路径切割光伏组件玻璃黏附的材料面,达到玻璃的分离。线切割法示意图见图 6。

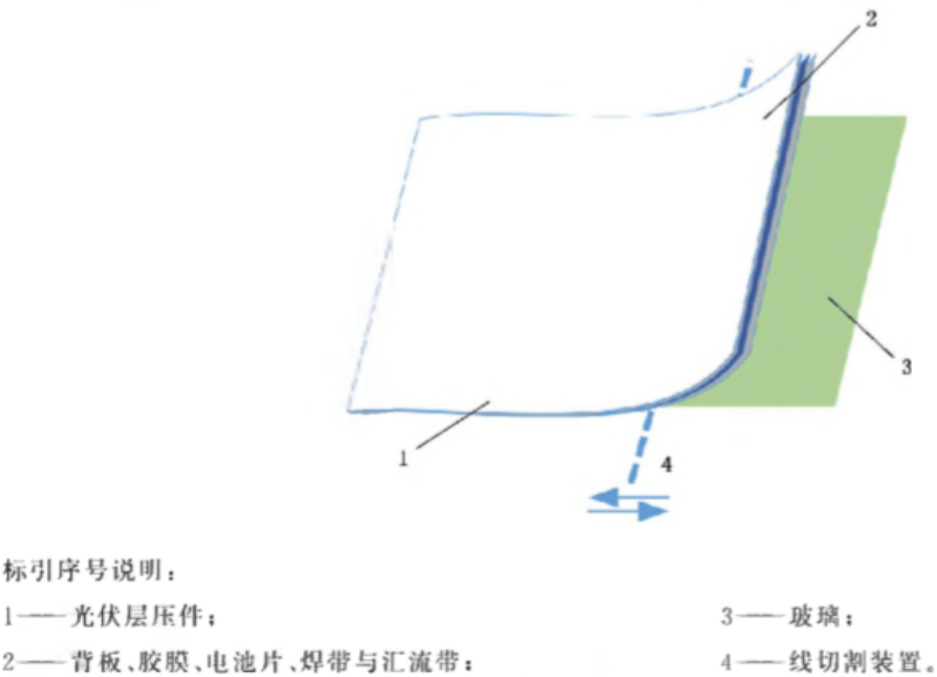
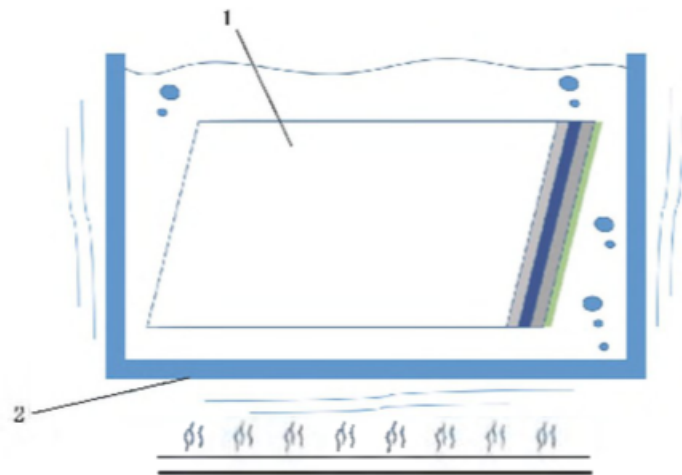


图 6 线切割法

8.5.4 溶胀法

将光伏层压件置于具备不同配比混合溶剂的设备中,设备装有热振荡装置,装置具备加热、振荡功能,通过高频振荡将光伏层压件加热到特定温度,使其在热胶层的作用下变软,破坏胶膜的黏结力,达到玻璃与胶膜的分离。采用振荡或其他方法,提升溶胀的速率。溶胀法示意图见图 7。

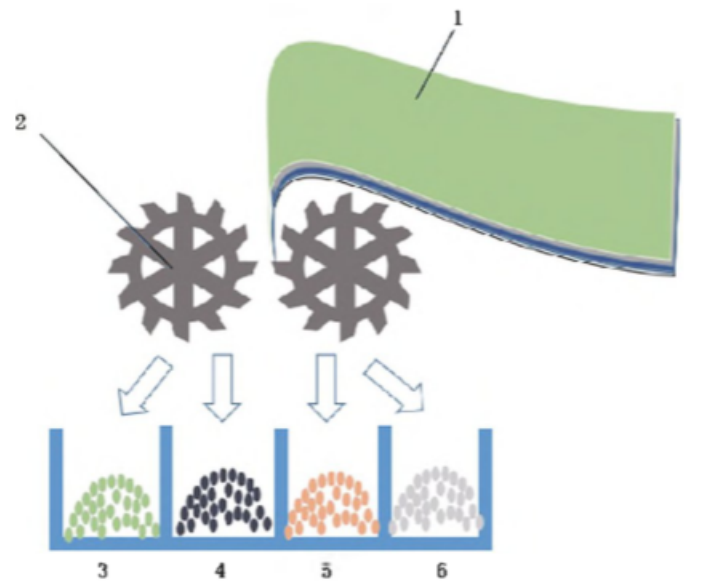


- 标引序号说明:
- 1——光伏层压件;
 - 2——热振荡装置。

图 7 溶胀法

8.5.5 机械破碎法

将光伏层压件放入机械破碎装置中,启动机械破碎装置对光伏层压件施加剪切力将其破碎、分离成小块,通过筛分设备将小块材料分选、收集,实现玻璃及其他材料的分离。机械破碎法示意图见图 8。



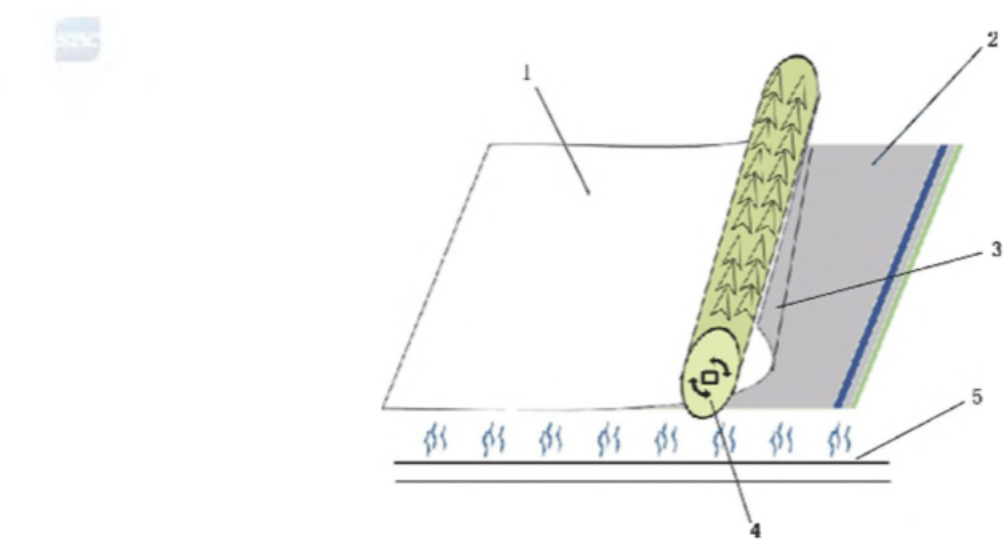
- 标引序号说明:
- | | |
|------------|--------------|
| 1——光伏层压件; | 4——硅颗粒; |
| 2——机械破碎装置; | 5——铜颗粒; |
| 3——玻璃颗粒; | 6——背板、胶膜混合物。 |

图 8 机械破碎法

8.6 背板处理

8.6.1 加热剥离法

将光伏层压件放置在机械剥离装置中,启动机械剥离装置,使其加热到一定温度,加热温度、时间视光伏层压件的厚度和胶膜黏合剂的材料而定,当胶膜黏合剂变软,降低胶膜黏度后,进行机械剥离,实现背板、胶膜的分离。加热剥离法示意图见图 9。



- 标引序号说明:
- | | |
|---------------------|----------|
| 1——光伏层压件; | 4——剥离装置; |
| 2——玻璃、胶膜、电池、焊带与汇流带; | 5——加热装置。 |
| 3——背板; | |

图 9 加热剥离法

8.6.2 研磨分离法

将光伏层压件放置在工作平台上,启动高压研磨装置,设定研磨压力和研磨速度,确保能够有效地将背板分离。移动高压研磨头或移动光伏层压件到研磨的位置,对光伏层压件上背板进行研磨,实现背板的分离。研磨分离法示意图见图 10。

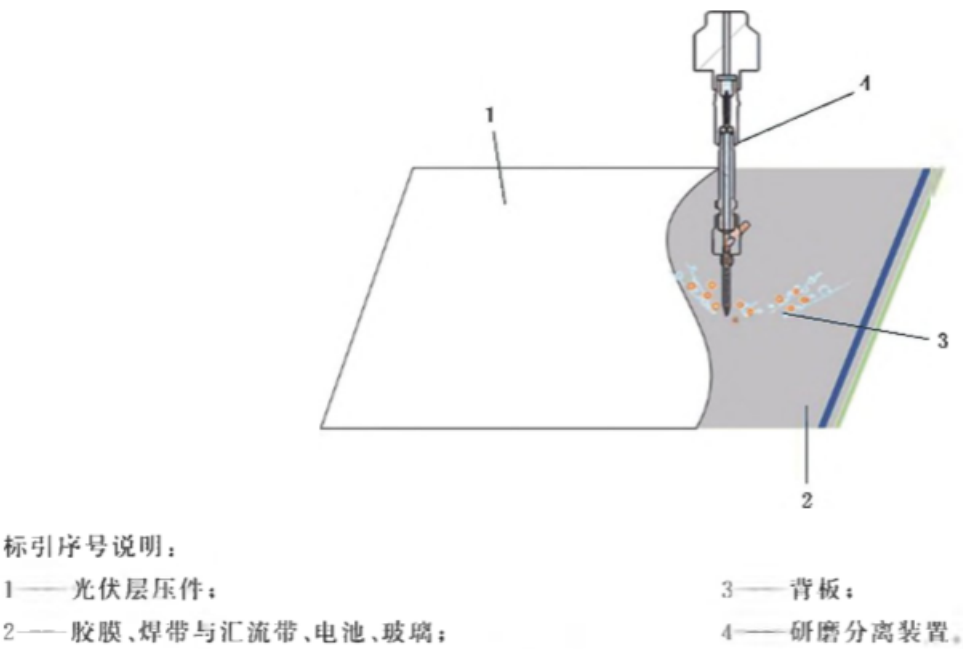


图 10 研磨分离法

8.7 胶膜处理

8.7.1 研磨分离法(分离胶膜)

将去除背板后的光伏层压件或去除玻璃后的光伏层压件放置在工作平台上,启动高压研磨装置,设定研磨压力和研磨速度,确保能够有效地将胶膜层分离。移动高压研磨头或移动光伏层压件到研磨的位置,对光伏层压件上与背板相连的胶膜或与玻璃相连的胶膜进行依次层级研磨,实现胶膜层的分离。研磨分离法(分离胶膜)示意图见图 11。

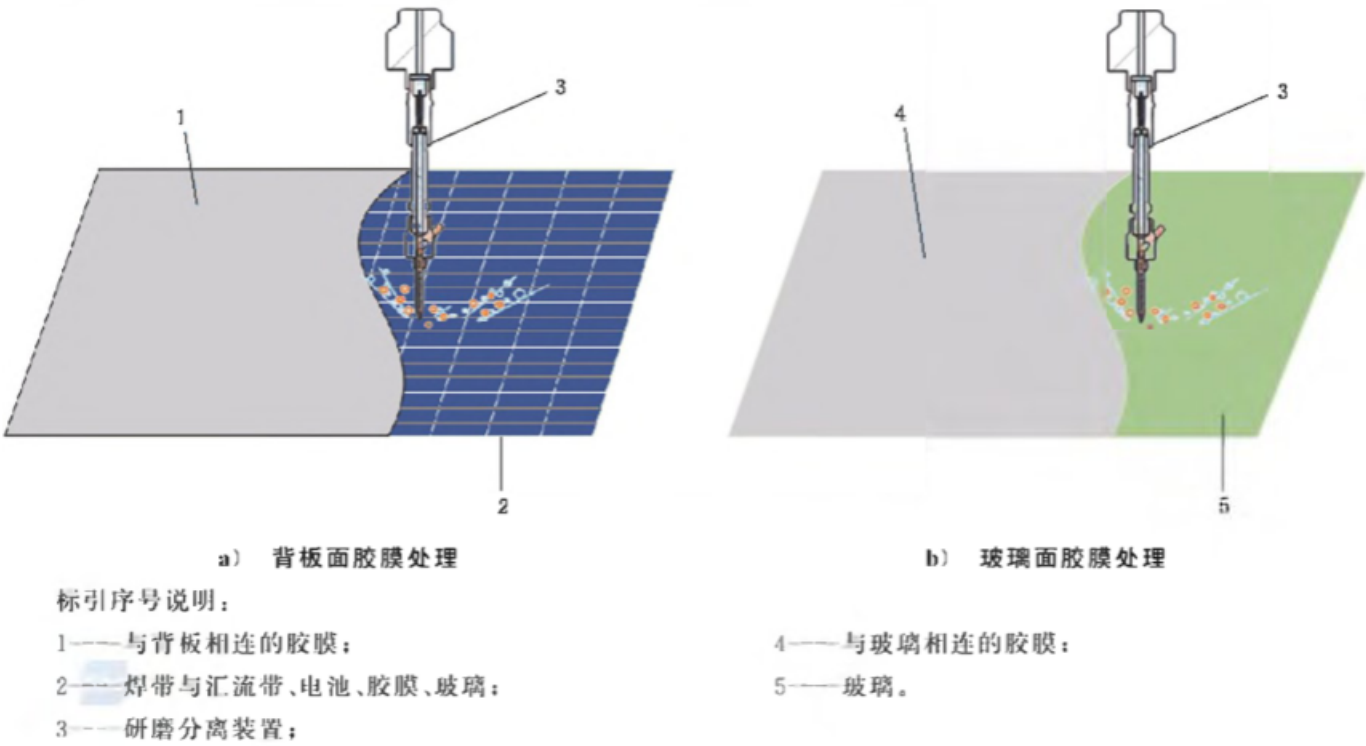


图 11 研磨分离法(分离胶膜)

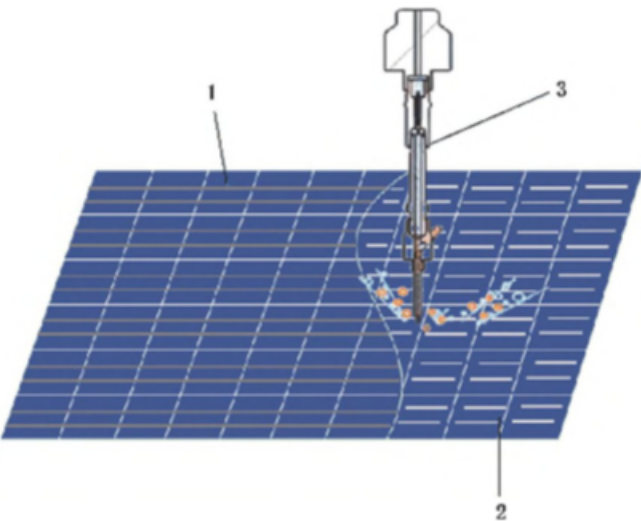
8.7.2 机械破碎法

将光伏组件或无玻璃层压件放入机械破碎装置中,启动机械破碎装置对光伏组件施加剪切力将其破碎成小块,通过筛分设备将小块材料研磨、分选、收集,实现背板胶膜混合物的分离。机械破碎法示意图见图 8。

8.8 焊带与汇流带处理

8.8.1 研磨分离法(分离焊带与汇流带)

将去除背板、背板相连胶膜层后的光伏层压件放置在工作平台上,启动高压研磨装置,设定研磨压力和研磨速度,确保能够有效地将焊带与汇流带分离。移动高压研磨头或移动光伏层压件到研磨的位置,对光伏层压件上焊带与汇流带进行研磨分离,实现焊带与汇流带的分离。研磨分离法(分离焊带与汇流带)示意图见图 12。



- 标引序号说明:
- 1——焊带与汇流带;
 - 2——电池、胶膜、玻璃;
 - 3——研磨分离装置。

图 12 研磨分离法(分离焊带与汇流带)

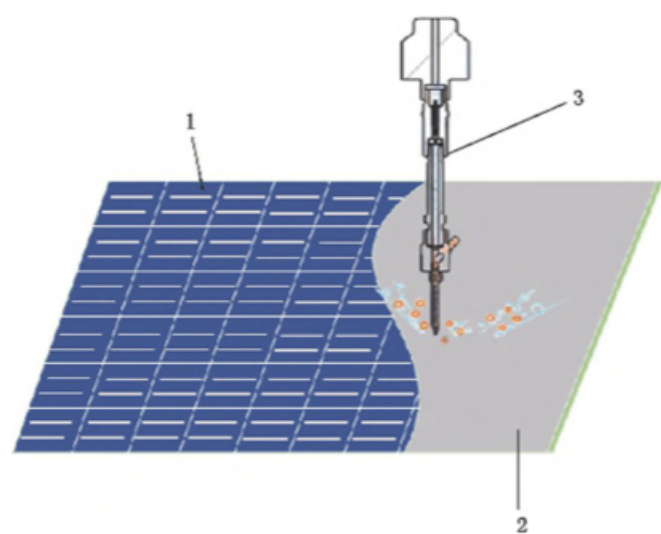
8.8.2 机械破碎法

将光伏组件或无玻璃层压件放入机械破碎装置中,启动机械破碎装置对光伏组件施加剪切力将其破碎成小块,通过筛分设备将小块材料研磨、分选、收集,实现焊带的处理分离。机械破碎法示意图见图 8。

8.9 电池处理

8.9.1 研磨分离法(分离电池片)

将去除背板、背板相连胶膜层、焊带与汇流带层后的光伏层压件放置在工作平台上,启动高压研磨装置,设定研磨压力和研磨速度,确保能够有效地将电池片分离。移动高压研磨头或移动光伏层压件到研磨的位置,对光伏层压件上电池片进行研磨、分选,实现电池的处理。研磨分离法(分离电池片)示意图见图 13。



标引序号说明：
1——电池；
2——胶膜、玻璃；
3——研磨分离装置。

图 13 研磨分离法(分离电池片)

8.9.2 机械破碎法

将光伏组件或无玻璃层压件放入机械破碎装置中,启动机械破碎装置对光伏组件施加剪切力将其破碎成小块,通过筛分设备将小块材料研磨、分选、收集,实现电池的分离。机械破碎法示意图见图 8。

9 质量回收率

9.1 指标要求

光伏组件的质量回收率应不小于 90%。

9.2 质量回收率的计算

质量回收率按式(1)计算。

$$\eta = \frac{m_2}{m_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- η ——光伏组件的质量回收率；
- m_2 ——光伏组件经破碎、分选,回收的各组分质量之和,单位为千克(kg)；
- m_1 ——生产该光伏组件或回收处理前的光伏组件,各组分质量之和,单位为千克(kg)。

10 管理

- 10.1 回收处理机构应建立光伏组件的统计信息管理系统,并保存有关数据。统计信息档案见附录 B。
- 10.2 通过安装在监测点的采集设备和控制设备终端进行自动数据采集或人工数据采集。
- 10.3 有完善的光伏组件回收处理人员管理制度,对操作工人进行安全操作和处理方面的培训,推行培训上岗制度。

- 10.4 回收处理区域应配备消防安全设施,符合消防安全管理规范要求。
- 10.5 回收处理区域应分区分布合理,应按照功能分区、分块布置,应包括贮存、处理、办公等区域。
- 10.6 回收处理区域应维持各个区域及周边的环境卫生,做到无积存垃圾,无污水溢流等。
- 10.7 处置后的各材料应设立可回收利用标识,以供消费者、回收者、处理者参考。
- 10.8 处置后的各材料应存放在干燥通风处,防止暴晒雨淋。
- 10.9 处置后的各材料装箱后应适应汽车、火车、船舶、航空等运输。



附录 A
(资料性)
光伏组件示意图

A.1 实物图与结构示意图

光伏组件的正面、背面实物示意图如图 A.1 所示,结构示意图如图 A.2 所示。

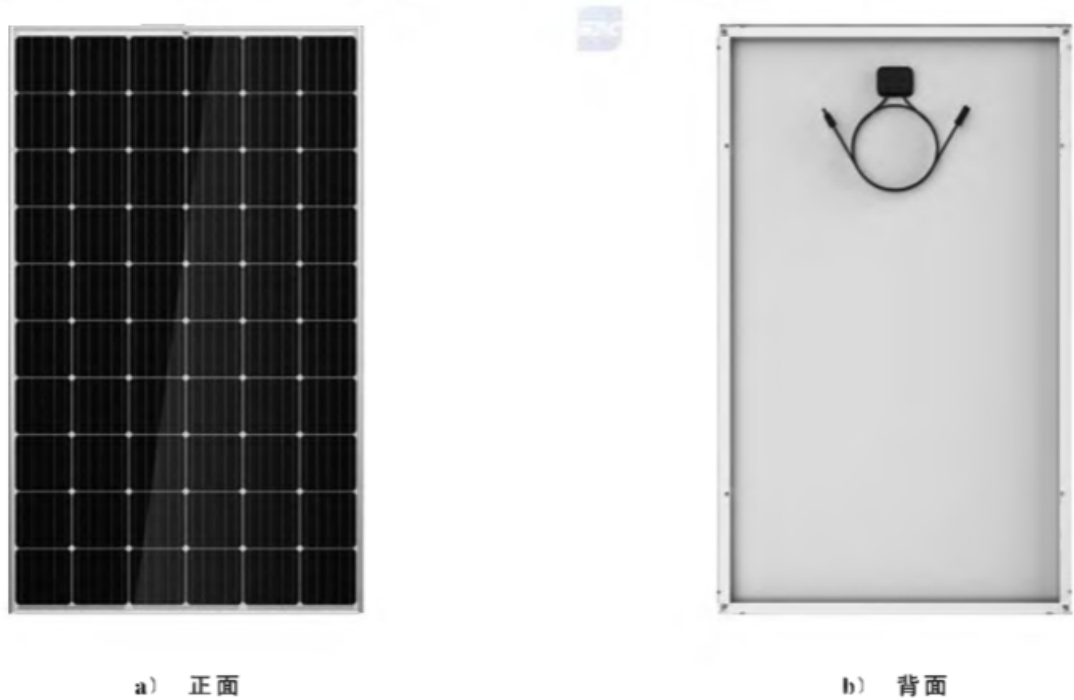
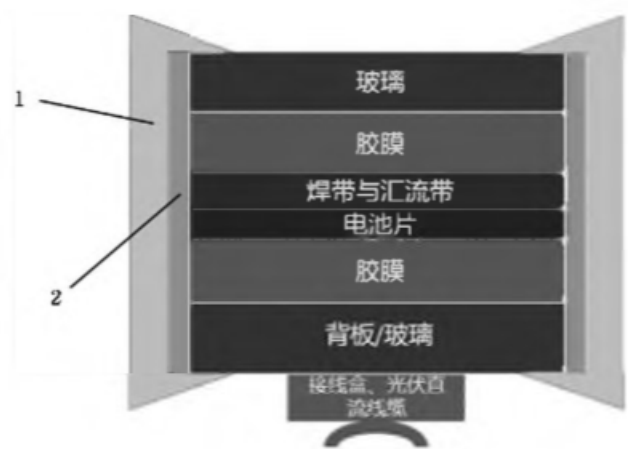


图 A.1 光伏组件实物图示意图



标引序号说明:
1——铝边框;
2——密封胶。

图 A.2 光伏组件结构示意图

A.2 光伏层压件各材料组分的颜色示意图

光伏组件中光伏层压件各材料组分的颜色示意图如图 A.3 所示。

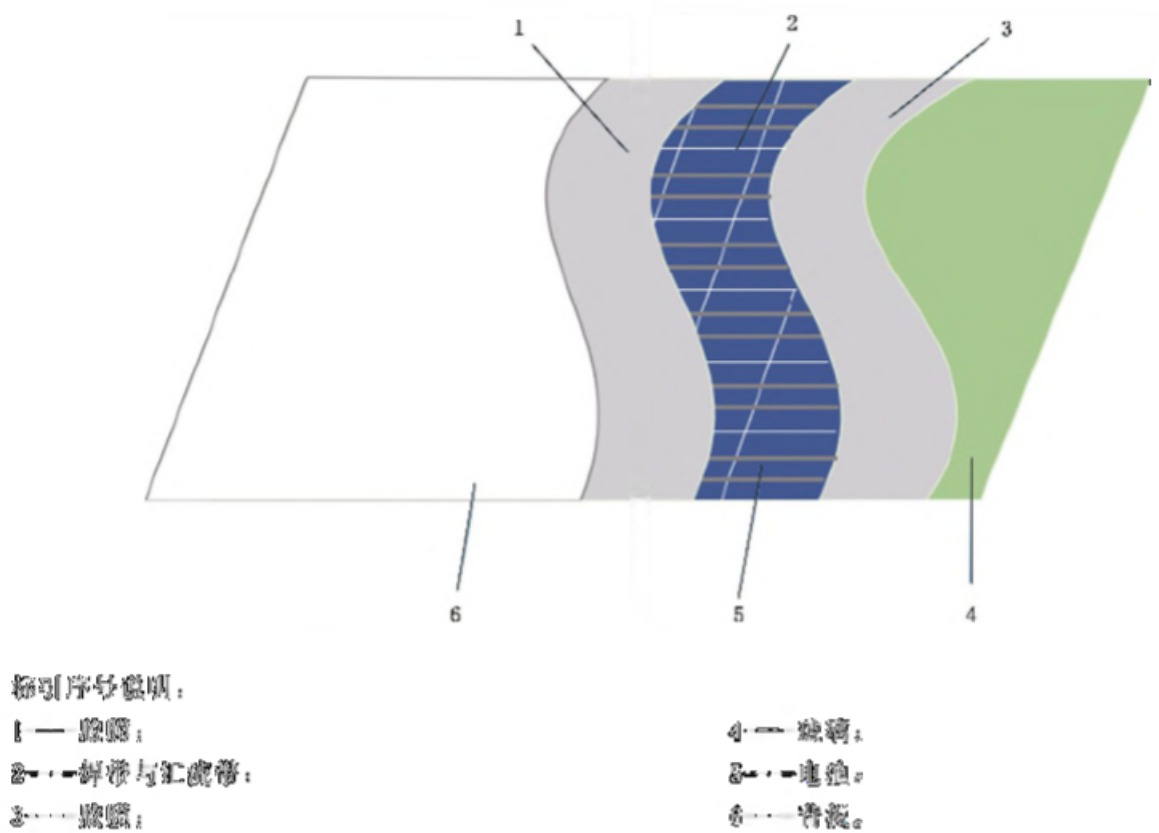


图 A.3 光伏层压件各材料组分的颜色示意图

附录 B
(资料性)
数据统计

B.1 光伏组件的数据统计

对光伏组件产品,进行数据的过程统计,主要在 3 个阶段进行:1. 回收及预处理、2. 处理、3. 处置。在这 3 个阶段,根据产品零部件或材料的状态,进行数据的统计和归类。其中产品零部件包括光伏组件类型、生产日期、生产厂家、组件尺寸、光伏组件功率、栅线数量、铝材类型、玻璃类型、接线盒类型、线缆类型、胶膜类型、背板类型等进行数据收集。光伏组件产品中玻璃状态包括:完好、破损。

B.2 数据统计示意图

光伏组件的数据统计示意图如图 B.1 所示。

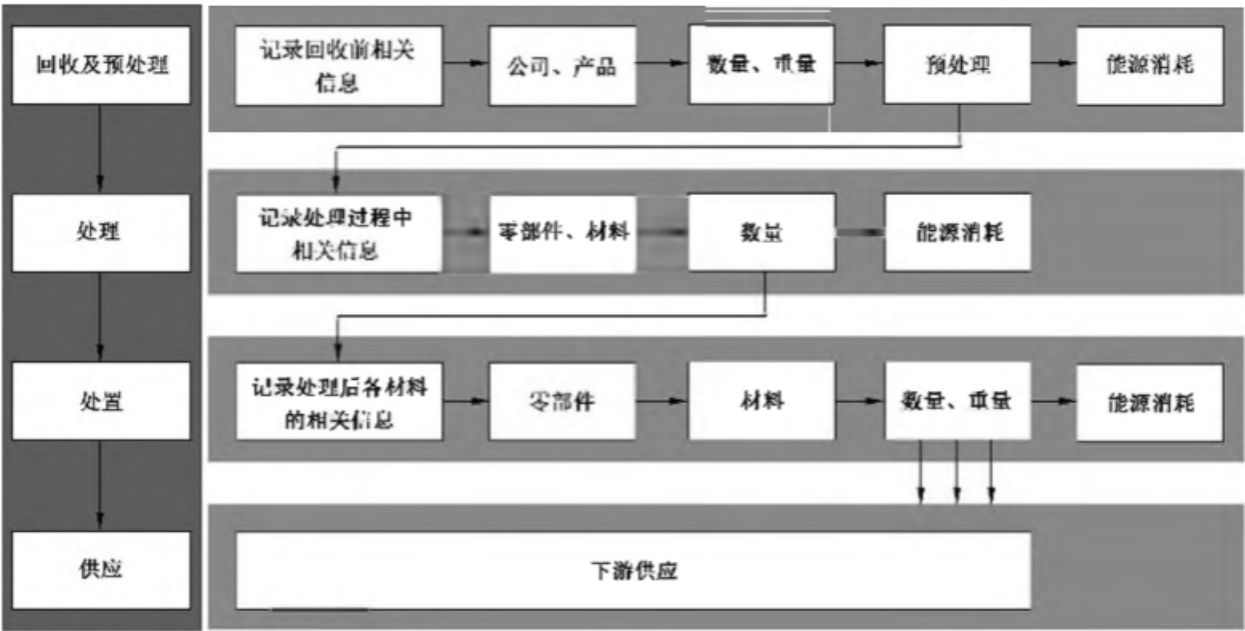


图 B.1 数据统计示意图

B.3 统计信息表

光伏组件产品的数据统计主要列为 3 类,回收及预处理统计表、处理统计信息表、处置统计信息表,分别见表 B.1、表 B.2、表 B.3。

表 B.1 回收及预处理统计信息表

登记日期					年	月	日
单位名称		电话		传真			
地址		邮编		电子邮箱			
企业性质		职工人数		年产值/万元			

表 B.1 回收及预处理统计信息表（续）

登记日期 年 月 日

回收光伏组件			预处理（零部件及材料）				
序号	数量	重量/kg	序号	名称	重量/kg	预处理	能源消耗值
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
			10				
月总量			11				
之前月累计值			12				
当年累计值			合计				

表 B.2 处理统计信息表

登记日期 年 月 日

单位名称		电话		传真			
地址		邮编		电子邮箱			
企业性质		职工人数		年产量/万吨			
回收光伏组件			最终废物(零部件及材料)				
序号	数量	重量/kg	序号	名称	重量/kg	处理	能源消耗量
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
			10				
月总量			11				
之前月累计量			12				
当年累计量			合计				

表 B.3 处置统计信息表

		登记日期		年	月	日	
单位名称		电话		传真			
地址		邮编		电子邮箱			
企业类型		职工人数		年产值/万元			
危险废物			处置结果				
序号	数量	总量/t/a	序号	名称	总量/t/a	处理	能源消耗量
			1				
			2				
			3				
			4				
			5				
			6				
			7				
			8				
			9				
			10				
			11				
月总量			12				
本前月份累积量			合计				
历年累积量							

参 考 文 献

- [1] GB/T 43752—2024 建筑用薄膜太阳能电池组件回收再利用通用技术要求
-