

# T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—XXXX

## 钙钛矿光伏组件用热塑性聚烯烃（TPO）封装胶膜

Thermoplastic polyolefin (TPO) encapsulation film for perovskite photovoltaic modules

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国西部开发促进会 发布



# 目 次

前 言 .....	II
1 范围 .....	3
2 规范性引用文件 .....	3
3 术语和定义 .....	3
4 技术要求 .....	3
4.1 外观 .....	3
4.2 规格及偏差 .....	4
4.3 物理性能 .....	4
4.4 化学性能 .....	4
5 试验方法 .....	4
5.1 试验环境 .....	4
5.2 取样 .....	5
5.3 外观 .....	5
5.4 规格与偏差测定 .....	5
5.5 物理性能测试 .....	5
6 检验规则 .....	10
6.1 出厂检验 .....	10
6.2 型式检验 .....	10
6.3 组批和抽样 .....	10
6.4 检验项目 .....	10
7 包装、标志、运输和贮存 .....	10
7.1 包装 .....	10
7.2 标志 .....	11
7.3 运输 .....	11
7.4 贮存 .....	11

## 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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

# 钙钛矿光伏组件用热塑性聚烯烃（TPO）封装胶膜

## 1 范围

本文件规定了钙钛矿光伏组件用热塑性聚烯烃封装胶膜的技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志、运输和贮存等内容。

本文件适用于钙钛矿光伏组件封装用热塑性聚烯烃封装胶膜（以下简称“胶膜”）。

## 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 1033.1 塑料 非泡沫塑料密度的测定 第1部分：浸渍法、液体比重瓶法和滴定法  
 GB/T 1040.3 塑料 拉伸性能的测定 第3部分：薄膜和薄片的试验条件  
 GB/T 1408.1 绝缘材料 电气强度试验方法 第1部分：工频下试验  
 GB/T 2410 透明塑料透光率和雾度的测定  
 GB/T 2790 胶粘剂180°剥离强度试验方法 挠性材料对刚性材料  
 GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划  
 GB/T 2918 试样状态调节和试验的标准环境  
 GB/T 4207 固体绝缘材料耐电痕化指数和相比电痕化指数的测定方法  
 GB/T 6672—2001 塑料薄膜和薄片厚度测定 机械测量法  
 GB/T 21529 塑料薄膜和薄片水蒸气透过率的测定 电解传感器法  
 GB/T 26253 塑料薄膜和薄片水蒸气透过率的测定 红外检测器法  
 GB/T 31838.2 固体绝缘材料 介电和电阻特性 第2部分：电阻特性（DC方法） 体积电阻和体积电阻率  
 IEC 61215—2：2016 地面用光伏组件 设计鉴定和定型 第2部分：试验程序 [Terrestrial photo-voltaic (PV) modules—Design qualification and type approval—Part 2: Test procedures]  
 ASTM E313—2010 仪器测量的颜色坐标的白度与黄度指数计算规程 (Standard practice for calculating yellowness and whiteness indices from instrumentally measured color coordinates)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**钙钛矿光伏组件** perovskite photovoltaic module

以钙钛矿材料为光吸收层，将太阳能转化为电能的光伏组件。

### 3.2

**热塑性聚烯烃胶膜** thermoplastic polyolefin encapsulation film; TPO

以聚烯烃弹性体（POE）、聚丙烯（PP）或共聚聚烯烃为主要基材，未添加过氧化物交联剂，具备热塑性的封装胶膜

## 4 技术要求

### 4.1 外观

4.1.1 表面应平整、无折痕、无污点、无可见杂质、无气泡且压花清晰。

4.1.2 胶膜颜色均匀，无明显色差、色条。

#### 4.2 规格及偏差

单卷产品的规格及偏差应符合表1的规定。如有特殊要求，可由供需双方协商共同决定。

表1 规格及偏差

项目	指标
厚度/mm	0.2~0.8
面密度偏差/%	±5%
密度/(g/cm <sup>3</sup> )	0.83~0.95

#### 4.3 物理性能

胶膜的物理性能应符合表2的规定。如有特殊要求，可由供需双方协商共同决定。

表2 物理性能

项目		指标	
透光率/%	紫外线(UV)高透型	290nm~380nm	≥80
		380nm~1100nm	≥85
	紫外线(UV)截止型	290nm~380nm	≤30
		380nm~1100nm	≥85
雾度/%		≤5%	
剥离强度/(N/cm)	TPO/玻璃	≥70	
	TPO/背板	≥60	
收缩率(层压前)/%	纵向	≤3.0	
	横向	≤1.5	
体积电阻率/(Ω·cm)		≥5.0×10 <sup>14</sup>	
电气强度(交流法)/(kV/mm)		≥35.0	
耐电痕化指数/V		≥600	
拉伸强度/MPa		≥12	
断裂伸长率/%		≥450	
水汽透过率/[g/(m <sup>2</sup> ·d)]		<5.0	
耐紫外老化性能 (120kWh/m <sup>2</sup> )	TPO/玻璃剥离强度(N/cm)	>40	
	TPO/背板剥离强度(N/cm)	>40	
	黄变指数ΔYI	<5.0	
高温高湿老化性能 (DH2000h, 85°C, 85%RH)	TPO/玻璃剥离强度(N/cm)	>40	
	TPO/背板剥离强度(N/cm)	>40	
	黄变指数ΔYI	<5.0	
干热老化性能 (105°C, 500h)	TPO/玻璃剥离强度(N/cm)	>40	
	TPO/背板剥离强度(N/cm)	>40	
	黄变指数ΔYI	<5.0	

#### 4.4 化学性能

胶膜应呈现化学惰性，与钙钛矿层接触后，钙钛矿层应无分解、变色。

### 5 试验方法

#### 5.1 试验环境

5.1.1 试验环境：除另有规定外，所有试验应在 GB/T 2918 规定的标准环境（温度 23°C±2°C，相对湿度 50%±5%）下进行。

5.1.2 试验样品应在上述标准环境下水平静置 24h 以上，方可进行试验。

## 5.2 取样

取样时应去掉胶膜样品卷最外3~5层，裁取样品卷中间平整的胶膜作为试样，取样应具有代表性，每个试验项目至少取3个试样

## 5.3 外观

在不低于1000lux的照度下，采用目视法检查。

## 5.4 规格与偏差测定

### 5.4.1 厚度

#### 5.4.1.1 仪器设备

测厚仪：精度0.01mm。

#### 5.4.1.2 试验方法

按照GB/T 6672—2001的规定进行，在距离样品纵向端部约1m处，沿横向整个宽度截取试样。在距离边缘50mm处开始测量，在宽度方向上等分至少测5个点，取平均值。

### 5.4.2 面密度偏差

#### 5.4.2.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 圆形或方形取样器：取样面积 100cm<sup>2</sup>；
- b) 分析天平：精度为 0.001g。

#### 5.4.2.2 试验方法

将样品放置在表面平整的橡胶垫上，在距离边缘50mm处采用取样器取样，在胶膜宽度方向上等分至少取5个试样，称量样品，计算每个试样的面密度（g/m<sup>2</sup>）。

#### 5.4.2.3 结果计算

按式（1）计算面密度偏差，结果保留1位小数，计算结果取平均值。

$$G_d = \frac{G_i - G_{avg}}{G_{avg}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$G_d$  ——面密度偏差，%；

$G_i$  ——单个试样的面密度测试值，单位为克每平方米（g/m<sup>2</sup>）；

$G_{avg}$  ——所有试样的面密度测试值，单位为克每平方米（g/m<sup>2</sup>）。

### 5.4.3 密度

按照GB/T 1033.1的规定进行测试，每块试样至少测3组，取平均值。

## 5.5 物理性能测试

### 5.5.1 透光率

#### 5.5.1.1 试验设备

分光光度计：带积分球，积分球直径应大于90mm。

#### 5.5.1.2 试样制备

取一块尺寸为50mm×50mm的胶膜试样，从下到上依次按前板材料、不粘膜、胶膜试样、不粘膜、背板材料叠合后，前板朝下放入真空层压机内，按产品固化温度和时间（或由供需双方商定）进行处理，固化完成后取出，放入干燥器中冷却至室温。从不粘膜上取下的试样要求上下表面平整、厚度均匀、无气泡。每组试样不少于3个。

注 1：前板材料和背板材料要与实际光伏组件所用的材料相一致。

注 2：不粘膜层压过程中不与胶膜反应，能耐受 200℃ 以上高温，可使用表面未经处理的 ETFE 膜，厚度范围 50 μm~125 μm。

### 5.5.1.3 试验方法

将试样按 GB/T 2410 的分光光度计法进行测试。分光光度计的波长范围设置为 290nm~1100nm。分别计算波段范围为 290nm~380nm 和 380nm~1100nm 的透光率平均值。每组至少测试 3 个试样，测试结果取平均值。

### 5.5.2 雾度

按 GB/T 2410 的规定进行测试，采用透光率测试后的试样，每个试样测试 3 个点，取平均值作为测试结果。

### 5.5.3 TPO/玻璃剥离强度

#### 5.5.3.1 仪器设备及辅材

仪器设备及辅材如下：

- a) 拉力试验机；
- b) 层压机；
- c) 超白压花钢化玻璃：表面应清洁平整，无污染，厚度为 3.2mm，在 380nm~1100nm 波段上透射比为 91.5% 以上；
- d) 柔性背板：表面应清洁平整、无褶皱划痕脱层气泡杂物等，水蒸气透过率应小于 2.0g/(m<sup>2</sup>·24h)，背板自身不发生层间分离，断裂力大于 300N；
- e) 浮法平板半钢化玻璃：表面应清洁平整，无污染，厚度为 2.5mm。

#### 5.5.3.2 试样制备

5.5.3.2.1 准备尺寸均为 300mm×150mm 的胶膜生料两块、玻璃一块和柔性背板一块。

5.5.3.2.2 按照玻璃/胶膜（两块）/柔性背板依次叠好，放入真空层压机内，按产品要求的温度和时间进行层压，层压后的样品内胶膜应无气泡。制备 3 个试样。

5.5.3.2.3 在宽度方向上每隔 5mm 将柔性背板/胶膜层切割成宽度为 10mm±0.5mm 的试样，用于与玻璃之间剥离力测试。

注：当胶膜封装单玻组件时，制样用玻璃为超白压花钢化玻璃；当胶膜封装双玻组件时，分别用超白压花钢化玻璃和浮法平板半钢化玻璃制样测试，浮法玻璃使用时非锡面朝胶膜。

#### 5.5.3.3 试验方法

按 GB/T 2790 的试验方法，以 100mm/min±10mm/min 的拉伸速度在拉力试验机上测量玻璃与胶膜之间的剥离力 F。

#### 5.5.3.4 试验结果

剥离强度按式（2）计算，取 3 个试样的算术平均值，精确至 0.1N/cm。

$$\sigma_{180^\circ} = \frac{F}{B} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$\sigma_{180^\circ}$ ——180° 剥离强度，单位为牛顿每厘米（N/cm）；

F ——剥离力，单位为牛顿（N）；

B ——试样宽度，单位为厘米（cm）。

### 5.5.4 收缩率

#### 5.5.4.1 仪器设备及辅材

仪器设备及辅材如下：

- a) 钢直尺：分度值为 0.5mm；

- b) 超白压花钢化玻璃：厚度 3.2mm，表面应清洁平整，无污染；
- c) 烘箱或层压机：温度范围为常温~180℃，控温精度为±2℃。

#### 5.5.4.2 试样制备

取胶膜生料一块，按胶膜的纵向长度200mm和横向宽度100mm的尺寸切割试样。分别在胶膜宽幅方向中间取一个和两侧距离边缘约50mm处各取1个试样，共制备3个试样。

#### 5.5.4.3 试验方法

先将3.2mm厚的压花玻璃的光面向上，将其放入预先升温至120℃的烘箱中或层压机热板表面，使其温度控制在120℃±5℃。然后将试样平展放在玻璃表面上，加热3min后，取出冷却至室温，测量距离最小处的长度和宽度。

#### 5.5.4.4 试验结果

收缩率按式（3）和式（4）计算，取3组试样的算术平均值，精确至0.1%。

$$\text{纵向MD: } C_{MD} = \frac{200-L}{200} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{纵向TD: } C_{TD} = \frac{200-B}{200} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$C_{MD}$ ——纵向收缩率，%；

$C_{TD}$ ——横向收缩率，%；

$L$  ——收缩后的长度，单位为毫米（mm）；

$B$  ——收缩后的宽度，单位为毫米（mm）。

#### 5.5.5 体积电阻率

##### 5.5.5.1 仪器设备

高电阻测试仪：测试范围至少包含（ $10^{12} \sim 10^{17}$ ） $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

##### 5.5.5.2 试样制备

取尺寸为100mm×100mm的胶膜生料一块，按5.5.1.2层压处理，层压好的胶膜表面应平整无气泡和杂质。制备三个试样。

##### 5.5.5.3 试验方法

按照GB/T 31838.2的规定进行。测试3个试样，结果取平均值。

#### 5.5.6 电气强度

##### 5.5.6.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 耐压测试仪；
- b) 测厚仪：最小刻度 0.01mm。

##### 5.5.6.2 试样制备

取1块尺寸为200mm×200mm的胶膜生料，按5.5.1.2层压处理，将层压后的胶膜去边，剪下表面平整无气泡和杂质、尺寸为100mm×100mm的试样，制备5个试样。

##### 5.5.6.3 试验方法

试验步骤如下：

- a) 用测厚仪测量试样厚度，不同位置测量 3 次，取平均值作为该试样的厚度值。
- b) 按 GB/T 1408.1 规定的要求，在工频下测试试样击穿电压，并计算试样电气强度。测试结果为取 5 个试样的平均值。

### 5.5.7 耐电痕化指数

#### 5.5.7.1 试样制备

取胶膜生料，按5.5.1.2层压处理，在表面平整、无气泡和杂质位置，剪下尺寸30mm×30mm的样品，用多个样品进行叠层，得到总厚度至少3mm的1组试样，制备5组试样。

#### 5.5.7.2 试验方法

按GB/T 4207规定的要求，配置溶液A，在试样表面上，以30s±5s的速度滴加溶液A50滴或100滴后，观察并记录5组试样外观情况，根据GB/T 4207规定判断试样的耐电痕化指数。

### 5.5.8 拉伸强度和断裂伸长率

按GB/T 1040.3的规定进行测试，试样采用哑铃型试样，拉伸速度为500 mm/min±50 mm/min，每个方向至少测试3个试样，取平均值作为测试结果。

### 5.5.9 水蒸气透过率

按GB/T 21529或GB/T 26253的规定进行测试，试验温度为38℃±1℃，相对湿度为90%±2%，每个试样测试1次，至少测试3个试样，取平均值作为测试结果。

若结果存在争议，应采用红外法进行仲裁。

### 5.5.10 耐紫外老化性能

#### 5.5.10.1 仪器设备

仪器设备如下：

- a) 紫外试验箱，设备光源、紫外辐照计、温度传感器等应符合 IEC 61215—2：2016 中的要求；
- b) 测色仪；
- c) 拉力机。

#### 5.5.10.2 辅材

试验所用辅材如下：

- a) 超白压花钢化玻璃：表面应清洁平整，无污染，厚度为 3.2mm，在 380nm~1100nm 波段透射比不低于 91.5%，280nm~380nm 波段透射比不低于 75%；
- b) 柔性背板：采用双面含氟材质，表面应清洁平整、无褶皱划痕脱层气泡杂物等，水蒸气透过率应小于 2.0g/(m<sup>2</sup>·24h)，背板自身经过老化后，黄变指数小于 2.0，不发生层间分离，断裂力大于 200N；
- c) 浮法平板半钢化玻璃：表面应清洁平整，无污染，厚度为 2.5mm，在 380nm~1100nm 波段透射比不低于 85%；
- d) 其它辅材，与光伏组件实际所用的前板材料和背板材料相一致。

#### 5.5.10.3 试样制备

取尺寸为300mm×150mm的胶膜两块，从下到上依次按前板材料、前层胶膜、后层胶膜、背板材料叠合后，前板朝下放入真空层压机内，按产品要求的温度和时间进行层压，制得外观无缺陷的层压件试样。制备3个层压件试样。

#### 5.5.10.4 试验方法

按IEC 61215—2：2016中4.10的规定。试验过程如下：

- a) 将试样玻璃面朝向光源，放入紫外老化试验箱有效辐照区域内，试验条件：
  - 1) 紫外光谱分布：在波长 280nm~400nm 间的辐照强度为 50W/m<sup>2</sup>~150W/m<sup>2</sup>，测试试样表面的光照均匀性在 15%以内。280nm~320nm 波段的辐照量占总辐照量的 3%~10%；
  - 2) 在紫外辐照的同时，试验箱内试样表面温度保持在 60℃±5℃；
  - 3) 辐照功率累积：按试样表面实际所受的辐照量进行累积。
- b) 试验时间：以辐照功率累积的剂量计，120kWh/m<sup>2</sup>；

- c) 试验结束后将试样取出。在  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于 75% 的敞开环境下恢复 2h~4h 后，进行外观检查，要求没有外观缺陷；
- d) 分别对试验前后层压件试样按 ASTM E 313—2010 进行黄度指数 YI 测量，每块试样测不少于 3 个点，试样黄度指数 YI 取所测点的平均值，记录老化后黄度指数 YI 与老化前黄度指数 YI 的差值，即黄变指数  $\Delta\text{YI}$ 。对于采用柔性背板材料的层压样，按 5.5.3 的试验方法测量试验前后层压件中胶膜与玻璃之间的剥离强度。

#### 5.5.11 高温高湿老化性能

##### 5.5.11.1 仪器设备与辅材

设备仪器及辅材如下：

- a) 高温高湿老化试验箱；
- b) 测色仪；
- c) 拉力机；
- d) 辅材，同 5.5.10.2。

##### 5.5.11.2 试样制备

取尺寸为  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$  胶膜两块，按 5.5.3.2 的要求制备层压件。制备 3 个层压件试样。

##### 5.5.11.3 试验方法

按 IEC 61215—2：2016 中 4.13 的规定。试验过程如下：

- a) 将所有试样放入高温高湿老化试验箱中，试验条件：温度  $85^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度  $85\% \pm 5\%$ ；
- b) 试验时间：1000h；
- c) 试验结束后将试样取出，在  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于 75% 的敞开环境下恢复 2h~4h 后，进行外观检查；
- d) 分别对试验前后层压件试样按 ASTM E 313—2010 进行黄度指数 Y7 测量，每块试样测不少于 3 个点，试样黄度指数 YI，取所测点的平均值，记录老化后黄度指数 YI 与老化前黄度指数 YI 的差值，即黄变指数  $\Delta\text{YI}$ 。对于采用柔性背板材料的层压样，按 5.5.3 的试验方法测量试验前后层压件中胶膜与玻璃之间的剥离强度。

#### 5.5.12 干热老化性能

##### 5.5.12.1 仪器设备及辅材

仪器设备及辅材如下：

- a) 恒温烘箱；
- b) 测色仪；
- c) 拉力机；
- d) 辅材，同 5.5.10.2。

##### 5.5.12.2 试样制备

取尺寸为  $300\text{mm} \times 300\text{mm}$  胶膜两块，按 5.5.3.2 要求制备层压件。制备 3 个层压件试样。

##### 5.5.12.3 试验方法

试验过程如下：

- a) 将所有试样放入烘箱中，设定试验条件：温度  $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度低于 50%。
- b) 试验时间：500h。
- c) 试验结束后将试样取出，在  $23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于 75% 的敞开环境下恢复 2h~4h 后，进行外观检查。
- d) 分别对试验前后层压件试样按 ASTM E 313—2010 进行黄度指数 YI 测量，每块试样测不少于 3 个点，试样黄度指数 YI，取所测点的平均值，记录老化后黄度指数 YI 与老化前黄度指数 YI

的差值，即黄变指数  $\Delta YI$ 。对于采用柔性背板材料的层压样，按 5.5.3 的试验方法测量试验前后层压件中胶膜与玻璃之间的剥离强度。

## 6 检验规则

### 6.1 出厂检验

产品出厂必须经生产厂质检部门按本标准规定检验合格后，并附上产品质量合格证，方能出厂。

### 6.2 型式检验

当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型鉴定时；
- b) 产品的原材料、工艺配方等有较大改变，可能影响产品性能时；
- c) 产品停产 1 年以上重新生产或新机器生产时；
- d) 国家质量监督检验机构提出型式检验的要求时；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时。

### 6.3 组批和抽样

使用同批原料，同一配方，在相同工艺条件下生产的同一规格的胶膜为一个检查批，以胶膜面积为单位。

抽样按 GB/T 2828.1 的规定进行，采用特殊检验水平 S-3，正常检验一次抽样方案，合格质量水平 (AQL)

6.5。

### 6.4 检验项目

胶膜出厂检验和型式检验的检验项目见表 3。

表 3 检验项目

试验项目	出厂检验	型式检验
外观	√	√
厚度	√	√
面密度偏差	√	√
密度	√	√
透光率	—	√
雾度	—	√
TPO/玻璃剥离强度	—	√
TPO/背板剥离强度	—	
收缩率	√	√
体积电阻率	—	√
电气强度	—	√
耐电痕化指数	—	√
拉伸强度	—	√
断裂伸长率	—	√
水汽透过率	—	√
耐紫外老化试验	—	√
高温高湿老化试验	—	√
干热老化试验	—	√

## 7 包装、标志、运输和贮存

### 7.1 包装

7.1.1 产品以卷为单位，每卷产品做防潮防尘包装。

7.1.2 每卷产品附有合格证，项目为：产品型号、规格、批号、生产日期。

## 7.2 标志

每箱产品出厂时应标明：生产厂名、产品名称、型号、规格、数量、生产日期、执行标准。

## 7.3 运输

产品应避光、避热、避潮运输，避免摔打和露天堆放，不得使产品弯曲和包装破损。

## 7.4 贮存

### 7.4.1 贮存地点

产品应当贮存在室内，温度控制在0℃~30℃范围内，相对湿度低于60%，避免直接光照。不要靠近加热设备和暴露在有灰尘的地方。

### 7.4.2 贮存方法

贮存方法如下：

- a) 在开箱之前，检查贮存产品的包装箱应原封不动；
- b) 一旦原包装箱被打开，建议产品在8h内使用完，未用部分用原包装或相似包装重新封好。

### 7.4.3 贮存时间

产品自生产之日起，贮存期为六个月。

---