

本期责编：刘路



# 太阳能电池组件的封装

导读：单件电池片由于输出功率太小，难以满足常规用电需求，因此需要将其封装为组件以提高其输出功率。封装是太阳能电池生产中的关键步骤，没有良好的封装工艺，再好的电池也生产不出好的组件。电池的封装不仅可以使电池的寿命得到保证，而且还增强了电池的抗击强度。产品的高质量和高寿命是赢得客户满意的关键，所以组件的封装质量非常重要。

## 太阳能电池组件的定义

具有外部封装及内部连接、能单独提供直流输出的最小不可分割的太阳能电池组合装置，叫太阳能电池组件，即多个单体太阳能电池互联封装后成为组件。太阳能电池组件是太阳能发电系统中的核心部分，也是太阳能发电系统中最重要的部分。

## 封装的目的

1. 防止太阳能电池破损。晶体硅太阳能电池易破损的原因：晶体硅呈脆性；硅太阳能电池面积大；硅太阳能电池厚度小。
2. 防止太阳能电池被腐蚀失效。太阳能电池的自然抗性差：太阳电池长期暴露在空气中会出现效率的衰减；太阳电池对紫外线的抵抗能力较差；太阳电池不能抵御冰雹等外力引起的过度机械应力所造成的破坏；太阳电池表面的金属化层容易受到腐蚀；太阳电池表面堆积灰尘后难以清除。
3. 满足负载要求，串联或并联成一个能够独立作为电源使用的最小单元。由于单件太阳电池输出功率难以满足常规用电需求，需要将它们串联或者并联后接入用电器进行供电。

## 太阳能电池组件的分类

太阳能电池组件的种类较多，根据太阳能电池片的类型不同可分为晶体硅(单、多晶硅)太阳能电池组件、非晶硅薄膜太阳能电池组件及砷化镓电池组件等；按照封装材料和工艺的不同可分为环氧树脂封装电池板和层压封装电池组件；按照用途的不同可分为普通型太阳能电池组件和建材型太阳能电池组件。其中建材型太阳能电池组件又分为单面玻璃透光型电池组件、双面夹胶玻璃电池组件和双面中空玻璃电池组件。由于用晶体硅太阳能电池片制作的电池组件应用占到市场份额的85%以上，在此就主要介绍用晶体硅太阳能电池片制作的电池组件。



单晶硅组件

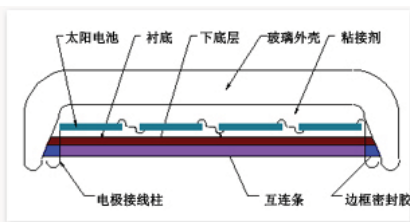


多晶硅组件

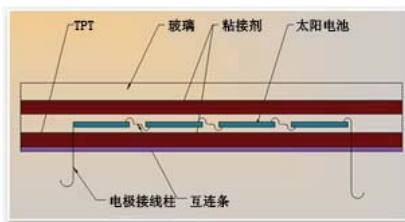


非晶硅组件

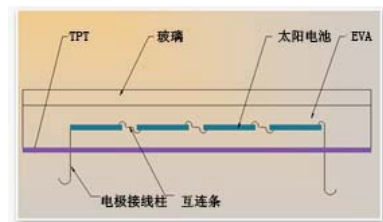
## 太阳能电池封装的历史



第一代室温硫化硅橡胶封装

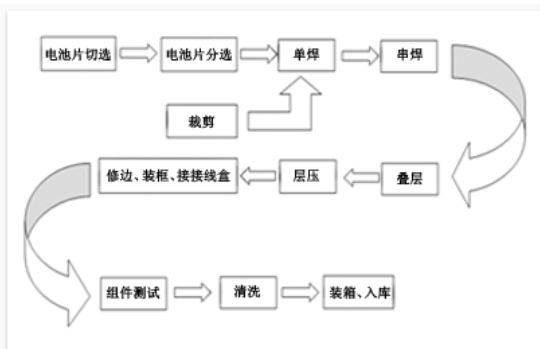


第二代聚乙烯醇缩丁醛 (PVB) 封装

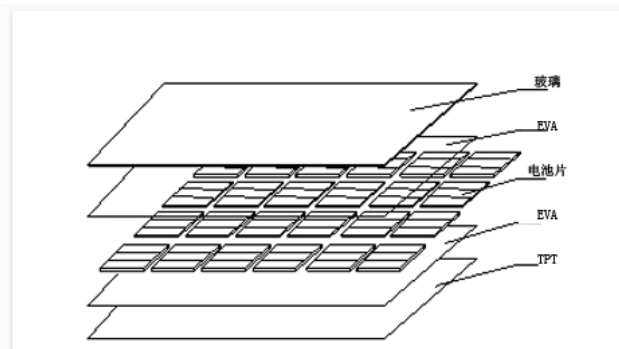


第三代乙烯-醋酸乙烯共聚物 (EVA) 封装

## 乙烯-醋酸乙烯共聚物 (EVA) 封装



组件的封装工艺流程图



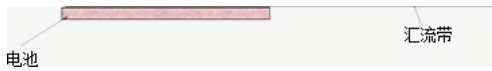
封装结构图

### 1 电池分选

由于电池片制作条件的随机性，生产出来的电池性能不尽相同，所以为了有效的将性能一致或相近的电池组合在一起，所以应根据其性能参数进行分类；电池测试即通过测试电池的输出参数（电流和电压）的大小对其进行分类。以提高电池的利用率，做出质量合格的电池组件。

### 2 单焊

是将汇流带焊接到电池正面（负极）的主栅线上，汇流带为镀锡的铜带，焊带的长度约为电池边长的2倍。多出的焊带在背面焊接时与后面的电池片的背面电极相连。

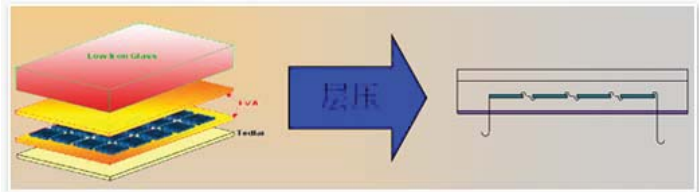


### 3 串焊

背面焊接是将N张片电池串接在一起形成一个组件串，电池的定位主要靠一个膜具板，操作者使用电烙铁和焊锡丝将单片焊接好的电池的正面电极（负极）焊接到“后面电池”的背面电极（正极）上，这样依次将N张片串接在一起并在组件串的正负极焊接出引线。

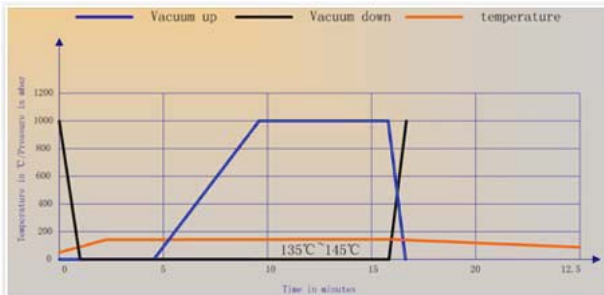
### 5 组件层压

将敷设好的电池放入层压机内，通过抽真空将组件内的空气抽出，然后加热使EVA熔化将电池、玻璃和背板粘接在一起；最后冷却取出组件。层压工艺是组件生产的关键一步，层压温度层压时间根据EVA的性质决定。我们使用快速固化EVA时，层压循环时间约为22分钟。固化温度为145℃左右。

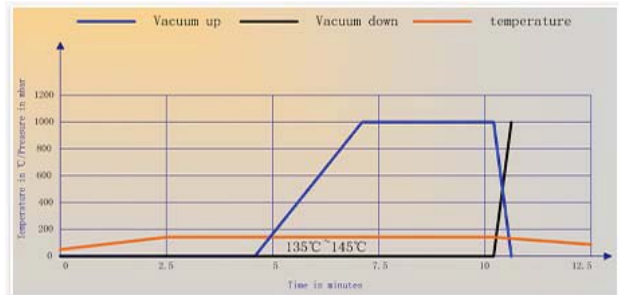


**层压工艺要求：**对于不同的EVA，层压的工艺有所不同，这里以国产EVA和日棉EVA为例来进行层压工艺的说明。

#### 1、国产EVA（浙江化工院）



#### 2、日棉EVA

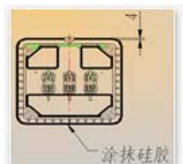


### 6 修边

层压时EVA熔化后由于压力而向外延伸固化形成毛边，所以层压完毕应将其切除。

### 8 粘接接线盒

在组件背面引线处粘接一个盒子，以利于电池与其他设备或电池间的连接。



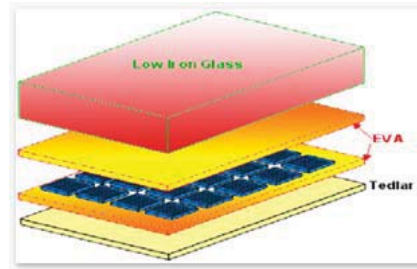
**粘接接线盒工艺要求：**如图所示，接线盒涂胶不得超过限定范围，硅胶的厚度不得超过4mm。在焊接引出线时要求焊接牢固可靠。

### 9 组件测试

测试的目的是对电池的输出功率进行标定，测试其输出特性，确定组件的质量等级。

### 4 叠层

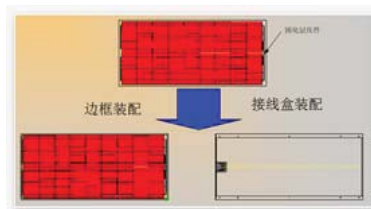
背面串接好且经过检验合格后，将组件串、玻璃和切割好的EVA、背板按照一定的层次敷设好，准备层压。敷设时保证电池串与玻璃等材料的相对位置，调整好电池间的距离，为层压打好基础。（敷设层次：由下向上：玻璃、EVA、电池、EVA、玻璃纤维、背板）。



**叠层工艺要求：**钢化玻璃置于层叠台的移动滑板上，要求位置摆放正确；在钢化玻璃上垫的EVA要求超过玻璃边缘至少5mm；EVA在玻璃上要求铺垫平整，无明显褶皱；在使用层叠台移动电池片至EVA上后检查电池组是否在要求位置上（一般无汇流条的电池片距离玻璃边缘为10mm，有汇流条的边汇流条距离玻璃边缘为10mm）。

### 7 装框

类似与给玻璃装一个镜框；给玻璃组件装铝框，增加组件的强度，进一步的密封电池组件，延长电池的使用寿命。边框和玻璃组件的缝隙用硅酮树脂填充。各边框间用角键连接。



**装框的工艺要求：**丁基密封胶要求均匀布满铝合金槽内；螺丝不得打毛，出现划手情况；在大型组件装框时要求组件不得出现中间股出现现象。

### 10 高压测试

高压测试是指在组件边框和电极引线间施加一定的电压，测试组件的耐压性和绝缘强度，以保证组件在恶劣的自然条件（雷击等）下不被损坏。

### 11 清洗

好的产品不仅有好的质量和好的性能，而且要有好的外观，所以工序保证组件清洁度，铝边框边上的毛刺要去掉，确保组件在使用减少对人体的损伤。

## 1.2 装箱入库

对产品信息的记录和归纳，便于使用和今后查找和数据调用。

## 封装设备——层压机

目前太阳能电池组件封装设备广泛使用的是层压机，是制造太阳能电池组件的一种重要设备。通过层压机把EVA、太阳能电池片、钢化玻璃、背膜（TPT、PET等材料）在高温真空的条件下压成具有一定刚性的整体。

### 1、层压机的工作过程

层压机从原理上讲叫真空热压机，叠层好的组件进入层压机被加热，EVA熔融，同时抽真空，排出腔室和组件挥发出来的气体，然后加压固化。它的工作过程如下：

上室真空 → 开盖 → 放入待压组件 → 合盖 → 下室抽空 → 上室充气（层压） → 下室抽气 → 开盖 → 取出电池板

### 2.层压机的种类

**单层层压机：**国内外的太阳能电池组件普遍采用单层层压机的层压封装技术，即每次只能在一个平面上进行层压工艺。单层层压机主要包括3部分：上料台、层压工作台、出料台，显示屏位于上料台的一侧，如下图所示。层压工作台主要由机体、上腔室、下腔室、加热系统、真空加压系统和液压升降系统等构成。



### 2.层压机的种类

**多层层压机：**由于单层层压机受到层压面积的制约，多层层压机技术正在组件设备制造商中变得日益流行。在《Photon》杂志2010年调查的24家公司中，有9家供应商一共提供了26款多层层压机型号，其中包括小尺寸的试验室设备；去年只有7家供应商提供了22款多层层压机。多层层压机是在不增加设备占地面积的情况下，将原先的单层层压机设计为多个开口的层压机，可以成倍地提高设备的产能。



多层层压机基本上沿袭了单层层压机的层压模式，即多个层压工作台同时升降，从而使多个层压腔室同时开启与闭合，这样给操作使用带来了很大的方便。同时，多层层压机也解决了单层层压机暴露的主要问题，其显著优点在于：1）在提高设备产能的同时节省了设备的占地面积；2）由于多层层压机相邻的上、下层都有加热器，可以实现组件的上、下面同时被加热，提高了能量的利用率，从而降低了设备的能量能耗；3）有利于提高组件加热的温度均匀性，缩短加热时间；4）多层层压机的产能较单层层压机可以成倍提高，但不需要增加操作人员，因此能降低设备对劳动力的需求量。

### 3.层压机的发展趋势

多层层压机具有占地面积少、节省能量消耗等优点，将会成为下一代太阳能电池组件层压设备的主流产品。在市场需求与销售利润的驱动下，层压设备厂家会不断地进行技术创新和产品性能完善，多层层压机的售价也将随之下降，其市场份额必将快速增加。

从层压工艺过程和平稳高效生产的角度看，多层层压机的发展方向主要有：

1) 固定式层压模式更加符合“高效、节能”的发展方向。固定式层压模式是指将层压上腔室叠放在层压下腔室的上方，在整个层压工艺过程中，它们之间的位置不发生相对移动，组件通过层压下腔室侧面设置的通道进/出层压工作台，并通过密封机构实现层压下腔室中通道的密封。将固定式层压模式引入多层层压机，具有明显的优点：1) 它使得多个层压工作台相对独立，每一层的层压过程可以不受其他层是否在层压的制约，真正意义上实现单层独立层压，给用户提供了更多的灵活性；2) 它避免了每次层压过程中的多个层压工作台的相对运动，大幅度减少了设备升降过程中的能量消耗，同时也减少了多个层压工作台之间的连接机构与相应的维护。

2) 电加热技术的革新将使其完全取代油加热。目前，层压机普遍采用油加热方式，因为油加热的均匀性高，且符合层压工艺中升温一致性的要求；但油加热的加热速度慢，不利于层压效率的进一步提高。电加热的加热速度快，且减少了“电加热—导热油—工作台”中导热油的热传导环节，能有效降低能量消耗；其缺点在于加热的均匀性和一致性较差。为此，层压机的供应商已经采取了一些改良措施——电加热与油加热的混合加热技术，一定程度上弥补了电加热的缺陷。随着电加热技术的进步和新型材料的出现，电加热技术一定能够满足层压工艺要求的温度均匀性高、升温一致性好和升温速率可控等条件，对提高组件质量和提高设备产能都具有重要意义。

3) 引入新型材料和新技术，才能使多层层压机的优势得到充分发挥。在层压过程中，玻璃和背板之间的EVA材料会或多或少地溢出，如果这些溢出的EVA黏附在硅胶板和加热台面上，将会降低组件的层压质量。单层层压机在组件的上、下两侧分别敷设有防黏布（特氟龙布），同时还增加了清洁装置，但仍需人工定期清理，自动化程度不高。由于多层层压机受到层与层之间的结构制约，显然无法继续采用单层层压机的技术措施。目前，多层层压机还没有一个有效清除EVA胶的办法，这限制了多层层压机在自动流水生产线中的推广与应用。为了适应今后吉瓦级大规模自动化组件生产线的需要，同时也能更好地发挥多层层压机的优势，必须借鉴其他领域的先进经验，引入新型材料和新技术，彻底解决封装材料溢出所造成的不利影响。

## 组件封装相关资料

1. 关于组件封装后电池片出现隐裂原因及解决方法
2. 几种主要的封装材料的特性

6. EVA封装胶膜的交联度及粘结性解析
7. EVA封装胶膜在太阳能电池中的重要性

3. 太阳能电池组件封装工艺主要步骤

4. 太阳能电池组件封装损失的研究

5. 薄膜组件EVA和PVB封装的差别

8. 太阳能光伏电池组件的封装材料——铝边框

9. EVA封装损耗对比

10. 太阳能电池封装材料(EVA)简介