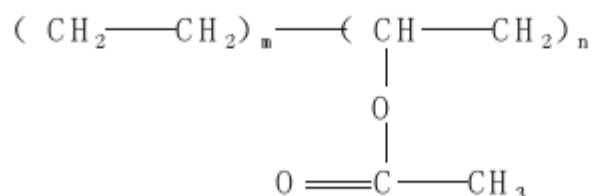


层压简介

在太阳能组件生产过程中，层压是一道非常重要的工序。组件的寿命、性能及美观都在层压这里定型。而在此过程中也经常出现一些致命的问题，这些问题往往会使组件完全报废。这无疑会使我们的生产成本增加。所以有必要进行一些总结。

首先介绍一下 EVA:

EVA 是乙烯与醋酸乙烯酯的共聚物，它的结构如下：



EVA 具有优良的柔韧性、耐冲击性、弹性、光学透明性、低温绕曲性、粘着性、耐环境应力开裂性、耐候性、耐腐蚀性、热密封性以及电性能等。EVA 的性能主要取决于分子量（可以用熔融指数 MI 表示）和醋酸乙烯酯（以 VA 表示）的含量。当 MI 一定时，VA 的含量增高，EVA 的弹性、柔软性、粘结性、相溶性和透明性提高；VA 的含量降低，EVA 则接近于聚乙烯的性能。当 VA 含量一定时，分子量降低则软化点下降，而加工性及表面光泽改善，但强度降低；分子量增大，可提高耐冲击性和应力开裂性。

未经改性的 EVA 具有透明、柔软、有热熔粘接性、熔融温度低（ $<80^\circ\text{C}$ ）、熔融流动性好等特点。这些特征满足了胶膜制造与太阳电池封装的需求，但其耐热性差，易延伸而低弹性，内聚强度低而抗蠕变性差，易产生热胀冷缩致硅晶片碎裂。为此要对 EVA 进行改性，其办法是采取化学交联，即在 EVA 中添加有机过氧化物交联剂，当 EVA 胶膜加热到一定温度时，交联剂分解产生自由基，引发 EVA 分子间的结合，形成三维网状结构，使 EVA 胶层交联固化，当交联度达到 60% 以上时就能承受大气的变化，不再发生热胀冷缩。

此外，生产厂家和用户比较关心的问题是，EVA 是否能经得住紫外光老化。如果 EVA 胶膜未经改性，它必定会受紫外线破坏，发生龟裂，或降解变色，或和玻璃、TPT 脱胶，尤其用于高原地区的太阳电池更应重视此问题。因此还要采取抗紫外光老化措施。使 EVA 胶层内含有吸收紫外光的主、辅剂配合的复合光稳定剂，能起到吸收紫外光的协同效应。EVA 胶膜具有吸收紫外光性能，除保护 EVA 胶层本身外，还可保护电池背材 TPT，从而能保障太阳电池长年正常工作。

综上所述，EVA 胶膜不仅是起粘接密封作用，而且对太阳电池的质量与寿命起着至关重要的作用，从某种意义上说，太阳电池板的寿命由 EVA 决定。而 EVA 的质量又决定于它的配方与改性技术，这不是从 EVA 胶膜的表现上或仅从粘接得好坏上就能判断的。

为了 EVA 胶膜在太阳电池中充分发挥应有的作用，在使用过程中，要注意防潮防尘，免与带色物体接触；不要将脱去外包装的整卷胶膜暴露在空气中；分切成片的胶膜如不能当日用完，应遮盖紧密。若吸潮，会影响 EVA 和玻璃的粘接力；若吸尘，必影响透光率；和带色、不洁的物体接触，由于 EVA 胶膜的吸附能力强，易被污染。

然后了解一下层压:

一、层压机：层压机是真空层压工艺使用的主要仪器，它的作用就是在真空条件下对 EVA 进行加热加压，实现 EVA 的固化，达到对太阳电池密封的目的。对于层压机来说需

要设置的参数主要有四个：

1、层压温度：对应着 EVA 的固化温度。

2、抽气时间：对应着加压前的抽气时间。又因为抽气完成后就是充气加压的过程，所以抽气时间又对应着加压的时机。抽气的目的，一是排出封装材料间隙的空气和层压过程中产生的气体，消除组件内的气泡；二是在层压机内部造成一个压力差，产生层压所需要的压力（参见层压机的工作原理）。

3、充气时间：对应着层压时施加在组件上的压力，充气时间越长，压力越大。因为像 EVA 交联后形成的这种高分子一般结构比较疏松，压力的存在可以使 EVA 胶膜固化后更加致密，具有更好的力学性能。同时也可以增强 EVA 与其他材料的粘合力。

4、层压时间：对应着施加在组件上的压力的保持时间，是整个过程中时间最长的一个阶段。抽气时间，层压时间和抽气时间之和就对应着总的固化时间。

二、层压工艺：

层压工艺要达到的要求是 EVA 交联度在 75-85%；EVA 与玻璃和 TPT 粘合紧密（剥离强度，玻璃/EVA 大于 30N/cm，TPT/EVA 大于 15N/cm），电池片无位移，组件无明显的气泡。在具体操作上就是对主要就是层压机的几个参数进行设置。这几个参数的设置要考虑到很多的因素。下面从理想状况和实际状况两个方面来介绍。

1、理想的层压条件设置。图 1 是一个比较理想的层压过程中的参数设置。它的要点就是在较低温度下进行抽气，然后在较高的温度下使 EVA 固化。这个过程大概可以分成三步：

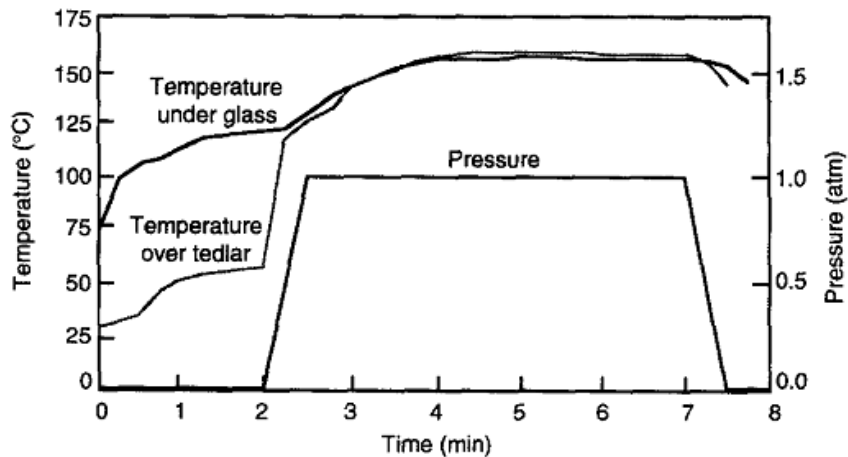
（1）开始阶段，层压机的温度保持在较低温度，EVA 熔化，有良好的流动性，但是交联速度很慢。真空泵对下室抽真空，于是组件内部的气体迅速并且很容易的被抽走。上室保持真空，组件不受压力。

（2）EVA 固化阶段。层压机温度升高到一个较高温度，EVA 发生快速的交联反应。下室继续保持抽真空，及时排出固化过程产生的气体。同时上室

（3）充气，上下室之间的压力差使层压机中的橡胶层对组件施加压力。

（4）结束阶段。EVA 固化完成。先是上室抽真空，撤去压力，然后下室充气，开盖。

这种工艺的的好处，一是低温阶段抽气，可以得到比较好的抽气效果；二是可以对 EVA 的固化进行比较好的控制。但是实际生产过程中这是很不受欢迎的，因为每层压一次都要降温，降到一定温度然后在开始新的层压过程。这既浪费时间，又浪费能源。所以在实际生产过程中往往是“一步到位”，直接设置到固化温度。



A process cycle diagram (time, temperature and pressure) for a fast-cure EVA cycle 【1】。

2、实际的参数设置。“一步到位”的层压工艺虽然省时省力，却也带来了很多问题：一是开始阶段温度就很高，EVA 会很快的熔化，这样就不利于组件内部间隙间的空气被抽出，容易造成气泡；二是开始阶段温度就很高，EVA 会很快开始交联，交联度不能得到很好的控制。如何解决这些问题并达到封装的要求，可以从下面几点来看：

先看一下所使用 EVA 的特性。参考 EVA 的固化曲线，对层压参数的设置进行指导。EVA 的固化曲线是在一个恒定的温度下测得的，与实际生产中 EVA 的固化环境相似，近似反映了 EVA 在实际生产环境下的交联过程，所以具有很大的参考价值。图 2 是在直接固化温度下，利用无转子硫化仪测得的某品牌 EVA 的固化曲线（EVA 在固化过程中的粘度不断增大，硫化仪即是在 EVA 固化过程中通过测试扭矩来反应 EVA 的粘度变化，并由此来间接测定交联程度的一种仪器。

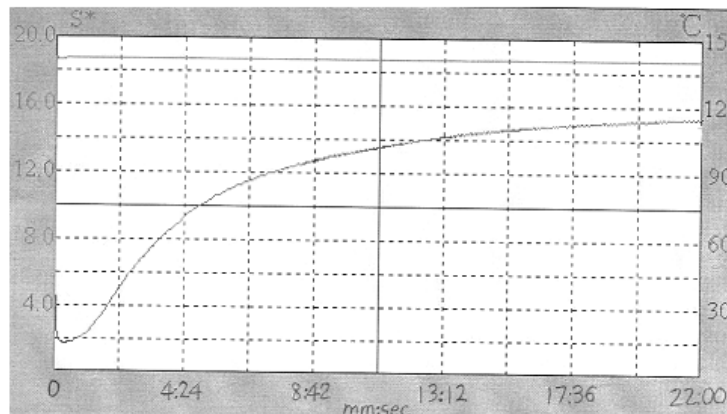


图 2 用无转子硫化仪测得的 EVA 的固化（硫化）曲线，横轴为时间，纵轴为转矩 S*。图中所示的测试条件为 测试温度：140℃；角度：±5°；测试时间：22min；测试结果：MH:14.739dN.m；ML:1.059dN.m；tc10:1:42；tc90:12:55；ts1:1:38；ts2:2:02。（本图所示的只是一个具体的实例，不同品牌的产品，其固化曲线会有所不同）

(1) 层压温度。层压温度可以说是最关键的一个因素，直接关系着组件的质量。可以先测试 EVA 在不同固化温度下的固化曲线，然后参考这些曲线确定合适的固化温度。

(2) 下室抽真空的设置。这个设置主要有两个方面要注意。

①：抽气的关键点是动作要快，越早开始抽气越好。图 2 中的 Tc10 为 1:42，在这个时间之前的一段时间内可以认为是最佳的抽气时间。在这段时间内

EVA 或者为固态，或者为流动性好的液体状态，组件内部空隙里的残存气体可以比较容易的抽走。过了这段时间，随着 EVA 交联程度的增加，流动性越来越差，残存的气体就被陷在了组件里面，很难再去处掉。这个最佳时间段是很短的，所以在层压机内放置样品时速度一定要快，要做到迅速的放样品，放好样品后马上合盖，合盖后马上开始抽气。抽气之前的这个过程占用的时间越少，抽气效果就会越好。另外由此还得到启发：一，EVA 的改进中可以包括一个指标，即焦烧时间。如果焦烧时间延长，就能增加操作的安全性，减少了气泡的发生；二是增大真空泵的功率，加快抽真空的速度，这也是相当于延长了 t_{c10} 。但是这个功率不能太大，否则大的气流可能导致电池片的移位。

②：抽气时间的长短。抽气时间的长短关系到两个问题，一是能否排尽残存气体二是影响到加压的时机。参考下面的加压时机的说明。

(3) 充气的设置。充气对应着加压，有三个地方要注意。

①：加压的时机。对应着抽空时间，因为对于自动运行的层压机来说抽空后马上对应着上充气，所以抽空时间对应着加压时机。加压时机的控制应该注意几个方面：一，加压不要过早。加压过早的话，EVA 流动性还很好，压力的存在容易导致 EVA 的流动，使电池片移位。二，加压不要过晚。加压过晚的话，EVA 交联程度已经很高，高分子的三维网络结构基本形成，压力对于增大 EVA 的密度的作用不大。对于这个问题可以这样考虑，当交联度达到某一个取值范围时加压最好，这个范围对应的时间就是最好的时机。

②：加压的大小。压力的大小对应着充气时间的长短，充气时间越长，压力就越大，反之越小。压力大小的控制应该注意几个方面：一，压力不能太大。压力太大可能导致电池片被压碎，另外也容易导致 EVA 的流动，造成太阳能电池移位。二，压力不能太小。压力太小，对 EVA 固化后的致密度影响很小，起不到什么作用，对去处残存气泡的作用也不大，EVA 与 TPT、EVA 与玻璃之间的粘合力比较小。在操作过程中，应该是在不造成太阳能电池破裂和移位的情况下，尽量地增大压力。

③：层压的时间。层压时间主要关系到 EVA 最后的交联度。交联度的测定由专门的方法来测试。

现在已经对层压有了一个感性的了解，下面是实际生产中经常遇到的一些问题。

提出问题：

- 1、组件中有碎片。
- 2、组件中有气泡。
- 3、组件中有毛发及垃圾。
- 4、汇流条向内弯曲。
- 5、组件背膜凹凸不平。

问题分析：

- 1、组件中有碎片，可能造成的原因：1、由于在焊接过程中没有焊接平整，有堆锡或锡渣，在抽真空时将电池片压碎。

- 2、本来电池片都已经暗伤，再加上层压过早，EVA 还具有很良好的流动性。
 - 3、在拾组件的时候，手势不合理，双手已压到电池片。
- 2、组件中有气泡，可能造成的原因：
- 1、EVA 已裁剪，放置时间过长，它已吸潮。
 - 2、EVA 材料本身不纯。
 - 3、抽真空过短，加压已不能把气泡赶出。
 - 4、层压的压力不够。
 - 5、加热板温度不均，使局部提前固化。
 - 6、层压时间过长或温度过高，使有机过氧化物分解，产出氧气。
 - 7、有异物存在，而湿润角又大于 90° ，使异物旁边有气体存在。
- 3、组件中有毛发及垃圾，可能造成的原因：
- 1、由于 EVA、DNP、小车子有静电的存在，把飘着空的头发，灰尘及一些小垃圾吸到表面。
 - 2、叠成时，身体在组件上方作业，而又不能保证身体没有毛发及垃圾的存在。
 - 3、一些小飞虫子死命的往组件中钻。
- 4、汇流条向内弯曲，可能造成的原因：
- 1、在层压中，汇流条位置会聚集比较多的气体。胶板往下压，把气体从组件中压出，而那一部分空隙就要由流动性比较好 EVA 来填补。EVA 的这种流动，就把原本直的汇流条压弯。
 - 2、EVA 的收缩。
- 5、组件背膜凹凸不平，可能造成的原因：
- 1、多余的 EVA 会粘到高温布和胶板上。

问题解决：

- 1、组件中有碎片：
- ①、首先要在焊接区对焊接质量进行把关，并对员工进行一些针对性的培训，使焊接一次成型。
 - ②、调整层压工艺，增加抽真空时间，并减小层压压力（通过层压时间来调整）。
 - ③、控制好各个环节，优化层压人员的拾板的手势。
- 2、组件中有气泡：
- ①、控制好每天所用的 EVA 的数量，要让每个员工了解每天的生产任务。
 - ②、材料是由厂家所决定的，所以尽量选择较好的材料。
 - ③、调整层压工艺参数，使抽真空时间适量。
 - ④、增大层压压力。（可通过层压时间来调整也可以通过再垫一层高温布来实现）。
 - ⑤、垫高温布，使组件受热均匀。（最大温差小于 4° ）。
 - ⑥、根据厂家所提供的参数，确定层压总的时间，避免时间过长。
 - ⑦、应注重 6S 管理，尤其是在叠层这道工序，尽量避免异物的掉入。
- 3、组件中有毛发及垃圾：
- ①、做好 6S 管理，保持周边工作环境的整洁，并勤洗衣裤

做好个人卫生。

②、调整工艺，对叠层工序进行操作优化，将单人拿取材料改为双人。

③、控制通道，装好灭蚊灯，减少小飞虫的进入。

4、汇流条向内弯曲：①、调整层压工艺参数，使抽真空时间加长，并减小层压压力。

②、选择较好的材料。

5、组件背膜凹凸不平：①、购买较好的橡胶胶板。

②、做好每次对高温布的清洗工作，并及时清理胶板上的残留EVA。

这些是本人结合一些参考文献和自己的一些小小的工作经验，希望能对一些初学者有帮助。如果上面有错误或是有不足之处希望各位高手指出，我将万分感谢。

QQ: 306466545

bestlwang@yahoo.com.cn