

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程



1

任务2.1 电池片检测

2

任务2.2 电池片焊接

3

任务2.3组件叠层

4

任务2.4组件层压

5

任务2.5组件装框、安装接线盒、组件清洗

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程



本书以一实际太阳能光伏组件（选择太阳能路灯或太阳能草坪灯所用的光伏组件）为例说明其工艺制作过程，具体相关参数及要求如下：类型，层压太阳能电池板 / 组件；功率 10（W）；短路电流 0.62A，峰值电流 0.56A；开路电压 22.4V，峰值电压 17.9V；电池数量 36（片）；外形尺寸，307mm×338mm×25mm。

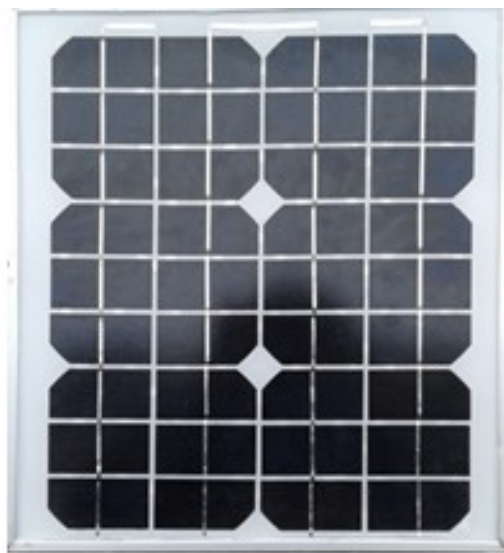


图 2-1 所制作的太阳能光伏组件

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 太阳能电池片检测 太阳能电池片检测主要分外观检查、电性能测试等。外观检查主要是查看电池片完整度、印刷质量、镀膜效果等；电性能测试主要检测单片功率和光电转化效率等。

2.1.1 电池片外观检查

1. 测量工具

(1) 钢直尺（或塑料直尺）

钢直尺主要用于测量零件的长度尺寸，它的测量结果不太准确。



图 2-2 钢直尺

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

1. 测量工具

(2) 游标卡尺

游标卡尺是工业上常用的测量长度的仪器，它由尺身及能在尺身上滑动的游标组成



图 2-3 游标卡尺外形及结构

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

1. 测量工具

(2) 游标卡尺

$L = \text{主尺刻度} + \text{游标上第} n \text{条刻度线与尺身刻度线对齐} * \text{游标分度值}$
 $= 31\text{mm} + 20 * 0.02\text{mm} = 31.40\text{mm}$

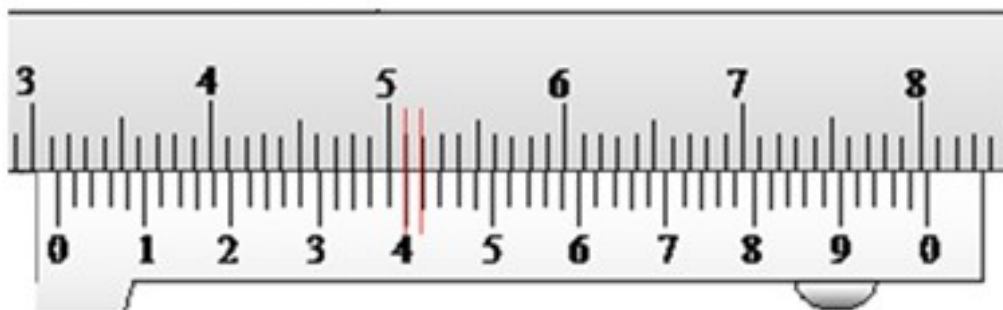


图 2-4 游标卡尺测量原理



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 太阳能电池片检测

2. 外观检查判定准则

以组件封装为目的的电池片分档，主要从是否有机机械损伤作为第一出发点，其次依次考虑色差、翘曲、图案偏离度、栅线不良等情况。

太阳能电池片外观检查判定准则参见教材表 2-1 所示；常见不合格电池片参见教材表 2-2 所示。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

3. 尺寸检验标准

表 2-3 标准电池片尺寸检验标准

电池类型	边长 (mm)	对角 (mm)	同一批次厚度偏差 (μm)
单晶电池	125.0 $\pm$ 0.5	150.0 $\pm$ 1.0	标称厚度 $\pm$ 40
	125.0 $\pm$ 0.5	165.0 $\pm$ 1.0	标称厚度 $\pm$ 40
	156.0 $\pm$ 0.5	200.0 $\pm$ 1.0	标称厚度 $\pm$ 40
多晶电池	125.0 $\pm$ 0.5	175.4 $\pm$ 1.0	标称厚度 $\pm$ 40
	156.0 $\pm$ 0.5	219.2 $\pm$ 1.0	标称厚度 $\pm$ 40

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

2.1.2 电子显微镜检测电池片

太阳能电池片检测显微镜系统是将传统的光学显微镜与计算机（数码相机）通过光电转换有机的结合在一起，不仅可以在目镜上作显微观察，还能在计算机（数码相机）显示屏幕上观察实时动态图像，太阳能电池片检测显微镜并能将所需要的图片进行编辑、保存和打印。



图 2-5 电子显微镜



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

2.1.3 太阳能电池分选仪检测电池片

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（如功率）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。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

2.1.3 太阳能电池分选仪检测电池片

1. 描述光的物理概念

(1) 发光强度

发光强度简称光强，国际单位是 **candela**（坎德拉）简写 **cd**，其他单位有烛光等。

(2) 光通量

光通量（ φ ）的定义是点光源或非点光源在单位时间内所发出的能量，其中可产生视觉者（人能感觉出来的辐射通量）即称为光通量。光通量的单位为流明（简写 **lm**）。

(3) 辐照度

通常称为“光强”，即入射到单位面积上的光功率，单位是 **W/m²** 或 **mW/cm²**。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

2.1.3 太阳能电池分选仪检测电池片

2. 太阳能光谱特性

太阳能电池并不是把任何太阳能光都同样转换为电能，如红色光转换成电能的比例和蓝色光转换成电能的比例是不一样的。由于光的颜色（波长）不同，转换成电的比例也不不同，这种特性称为光谱特性。

大气对地球表面接收太阳光的影响程度被定义为大气质量（**air mass**）。大气质量为 1 的状态（**AM 1**），是指太阳光直接垂直照射到地球表面的情况，其入射光功率为 $925\text{W}/\text{m}^2$ ，相当于晴朗夏日在海平面上所承受的太阳光。目前国内外的标准都规定，在晴朗的气候条件下，当太阳透过大气层到达地面所经过的路程为大气层厚度的 1.5 倍时，其光谱为标准地面太阳光谱，简称 **AM1.5** 标准太阳光谱。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

2.1.3 太阳能电池分选仪检测电池片

3. 测试原理

目前通用的方法是把电池或组件放在稳定的自然或模拟太阳能光下，并保持一定的温度，描绘出它们的电流 - 电压特性曲线，并测定入射光辐照度。然后将测得的数据修正到标准测试条件（STC）。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

2.1.3 太阳能电池分选仪检测电池片

4. 太阳模拟器

太阳模拟器作为光源，在某中程度上说，可以等同于太阳光源，可以模拟太阳光照射。





项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.1 电池片检测

2.1.3 太阳能电池分选仪检测电池片

5. 太阳能电池分选仪

太阳能电池片分选仪是一种高可靠性、高精度的太阳能电池测试专用设备



图 2-9 太阳能电池片分选仪

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接准备

1. 焊接简介

钎焊是在焊件不熔化的状况下，将熔点较低的钎料金属加热至熔化状态，并使之填充到焊件的间隙中，与被焊金属相互扩散达到金属间结合的焊接方法。电池片焊接就是属于钎焊。

焊接过程包括润湿（横向流动）、扩散（纵向流动）和形成合金层（界面层）三个层次。润湿又称浸润，是指熔融焊料在金属表面形成均匀、平滑、连续并附着牢固的焊料层。浸润程度与表面张力。

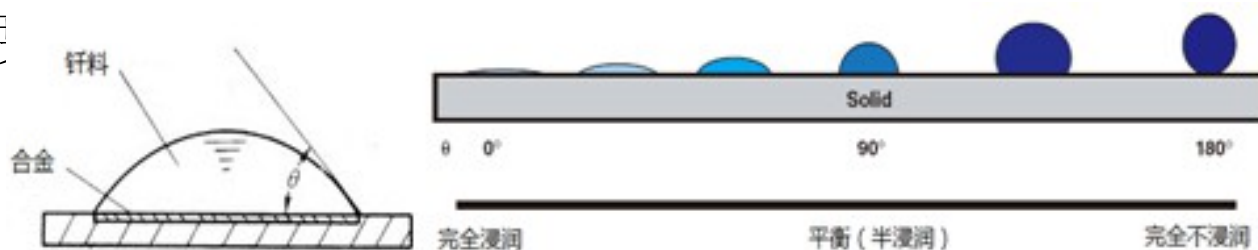


图 2-24 浸润角及不同的浸润状态



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

2. 焊接工艺参数

太阳能电池片焊接工艺参数包括焊接温度、焊接时间、冷却速度、预加热温度等。

焊接温度：高于焊料熔点 $25-60^{\circ}\text{C}$ 。

冷却速度：根据电池片和焊带的材料、形状和大小确定。

焊接时间：根据焊件的大小及焊料与电池片相互作用的剧烈程度决定。

预热温度：焊接电池片时，在焊接工作台要配备电池片自动恒温加热控制器及加热板，对准备焊接的电池片进行预热。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接准备

3. 焊接工具及辅助设备

(1) 焊接工作台

焊接工作台的台面上铺有专用防静电橡胶毯。每个工位都应配有角度可调的抽风口。工作台一侧为单焊工位，另一侧为串焊工位，各工位台面上放有串焊加热板以及加热板恒温控制器，一般两个单焊工位对应一个串焊工位。



图 2-25 焊接工作台

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 焊接工具及辅助设备

(2) 加热板及恒温控制器

为减少电池片的焊接温度及电池片温度之间温差，保证电池片的焊接温度及电池片温度的均匀性，减少电池片在焊接时因热应力破损，焊接工作台上应有加热板及温控制器。



图 2-26 单焊、串焊加热板及温控器

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接准备

3. 焊接工具及辅助设备

(3) 焊接工具

在光伏组件生产中，手工焊接常用工具是恒温电烙铁；常用的自动化焊接设备是自动焊接机。



图 2-27 恒温电烙铁



图 2-28 自动焊接机

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 焊接工具及辅助设备

(3) 焊接工具

1) 电烙铁的选用

光伏组件的制造过程中，电烙铁的作用主要是用来焊接汇流条或互连条。根据焊带的宽度选择 2C、3C 或 4C 型的烙铁头。C 型烙铁头的特点：用烙铁头前端斜面部份进行焊接，1C 表示烙铁头的直径



图 2-29 烙铁头的选择

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 焊接工具及辅助设备

(3) 焊接工具

2) 电烙铁的保养

3) 电烙铁在电池片焊接中的使用



图 2-30 工作台烙铁的摆放

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 焊接工具及辅助设备

(3) 焊接工具

4) 串焊模板

串焊模板主要用于串焊时电池片的定位。

5) 电烙铁测温仪

主要用于对恒温电烙铁烙铁头温度的检测与校正。



图 2-31 串焊模板



图 2-32 电烙铁测温仪



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 焊接工具及辅助设备

(3) 焊接工具

6) 光伏焊带

光伏焊带又称镀锡铜带或涂锡铜带，按铜基材可分纯铜（99.9%）、无氧铜（99.95%）、紫铜；按涂锡层可分60%Sn 40%Pb、62%Sn 36%Pb 2%Ag、96.5Sn 3.5%Ag等；按用途可分汇流条和互连条。

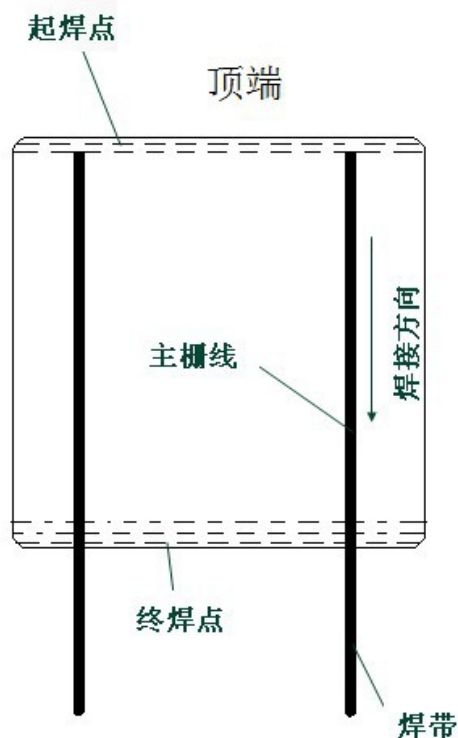
一般选用标准是根据电池片的厚度和短路电流的多少来确定焊带的厚度，焊带（互连条）的宽度要和电池的主栅线宽度一致，焊带的软硬程度一般取决于电池片的厚度和焊接工具。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

单片焊接指在电池片的正面主栅线上焊接两条焊带。





项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

1. 单片焊接工艺要求

- 1) 电池片表面清洁完整，无缺角、破损、隐裂等质量问题；
- 2) 焊带要均匀地焊接在主栅线内，焊带与电池片主栅线的错位不应大于 0.5mm ；
- 3) 焊带焊接后要平直、光滑、牢固，表面不应有焊锡的堆积等情况；
- 4) 焊接参数要求：电烙铁温度设定范围为 $350 \sim 380^{\circ}\text{C}$ ；工作台加热板温度设定为范围 $45 \sim 50^{\circ}\text{C}$ 。具体参数值由现场技术人员确定。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

2. 焊前准备

- 1) 穿好工作衣、工作鞋，戴好工作帽和手套或手指套；
- 2) 清洁工作台面，清理工作区域表面，做好工艺卫生；
- 3) 备好所需工具和材料，并摆放整齐有序，做好生产准备；
- 4) 预热电烙铁和加热台。根据现场技术人员要求确定温度。
- 5) 待电烙铁温度达到设定值后，将烙铁头放于清洁海绵上擦拭干净，并在烙铁头上镀一层锡，以便进行焊接。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 单片电池片焊接

3. 焊接步骤

- 1) 焊接前要对领取的电池片进行检查。
- 2) 将电池片正面（负极）向上放在单焊加热台上。
- 3) 取互连条置于主栅线上。左手食指和中指轻轻按住，拇指按住互连条下部，互连条上端与电池片上端第二条栅线齐平。
- 4) 右手拿烙铁，烙铁与电池片成 $40 \sim 50^\circ$ 角，焊接时将烙铁头置于焊带上，烙铁头的起焊点应超出焊带端头约 1mm 处，待焊带头上的焊锡熔化之后，从上至下均匀地沿焊带轻轻压焊，在电池片末端空 2~3 条栅线时收尾，并以水平 50° 左右角轻轻抬起滑出电池片边缘。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 焊接步骤

5) 待电烙铁温度达到设定值后, 将烙铁头放于清洁海绵上擦拭干净, 并在烙铁头上镀一层锡, 以便进行焊接。

6) 焊接完毕后将每组电池片正面向上放置, 叠放整齐 (一叠高度不能放置超过 36 片), 检查确认无误后, 转入下一道工序, 并填写好生产流程卡或跟踪单。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

4. 单片焊接存在问题、原因及改善措施

1) 虚焊

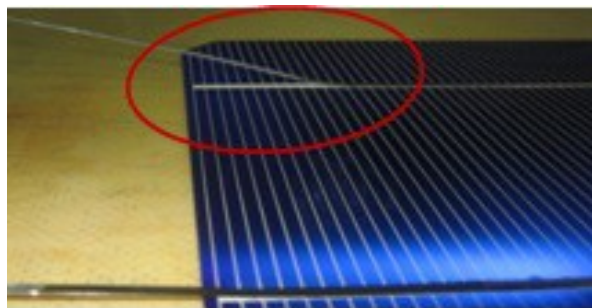


图 2-46 虚焊

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 单片电池片焊接

4. 单片焊接存在问题、原因及改善措施

2) 电池片上有锡丝或焊点



图 2-47 电池片上有锡丝、焊点

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

4. 单片焊接存在问题、原因及改善措施

3) 裂片



图 2-48 裂片

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

4. 单片焊接存在问题、原因及改善措施

4) 其他人为原因造成单焊问题

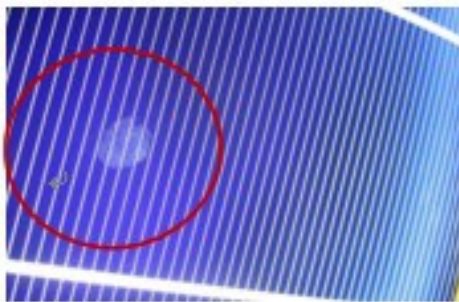


图 2-49 电池片上有手指印

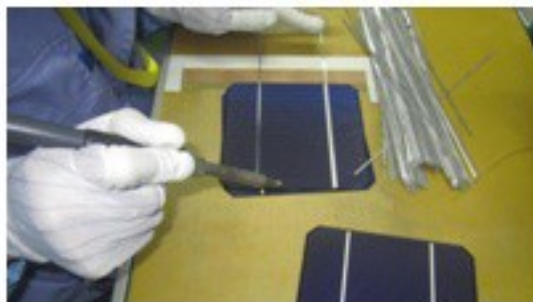


图 2-50 叠片焊接



图 2-51 焊带弯曲



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

指将单片焊接好的电池片按照工艺要求的数量一片片串联焊接在一起。

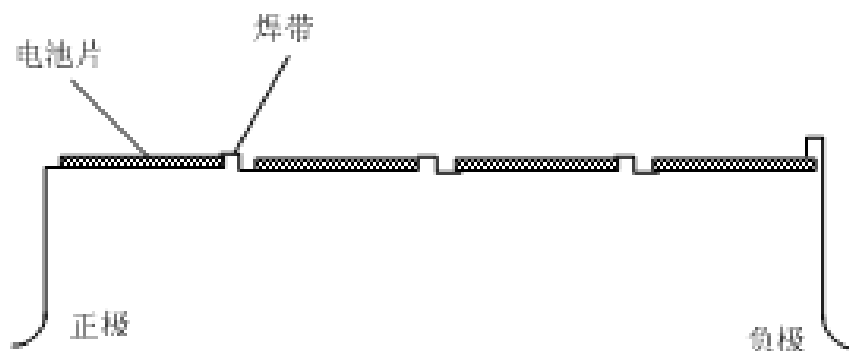


图 2-52 电池片串联焊接



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

1. 工艺要求

- (1) 电池片表面清洁完整，无隐裂现象。
- (2) 焊带要均匀地焊接在背电极栅线内，焊带与背电极栅线的错位不大于 0.5mm。
- (3) 焊带的长度必须覆盖背电极长度的 80 % 以上。
- (4) 焊带焊接后要平直、光滑、牢固，无凸起、无毛刺、无焊锡堆积等情况。
- (5) 焊接参数要求：电烙铁温度设定范围为 $350 \sim 380^{\circ}\text{C}$ ；工作台加热板温度设定范围为 $50 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 。具体参数由现场技术人员确定。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

2. 焊前准备

- 1) 穿好工作衣、工作鞋，戴好工作帽和手套或手指套；
- 2) 清洁工作台面，清理工作区域表面，做好工艺卫生；
- 3) 备好所需工具和材料，并摆放整齐有序，做好生产准备；
- 4) 预热电烙铁和加热台。根据现场技术人员要求确定温度。
- 5) 待电烙铁温度达到设定值后，将烙铁头放于清洁海绵上擦拭干净，并在烙铁头上镀一层锡，以便进行焊接。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 串联焊接

3. 串焊操作步骤

1) 焊前对单焊工序转来的每组电池片按工艺要求进行检查，将电池片露出部分的焊带均匀地涂上助焊剂。

2) 将单焊后的单片电池正极向上，露出焊带的一端统一朝一个方向，依次排列在串焊模板上，一格一片，焊带落在下一片的背电极内。

3) 将电池片按模板进行定位，检查电池片之间的间距是否均匀且相等。

4) 用左手手指轻压住焊带和电池片，右手用电烙铁从电池片左边沿起焊，待焊带上的焊锡熔化后，从左到右一次性焊接，焊接速度控制在每条 $3 \sim 5s$ 。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 串焊操作步骤

5) 当焊到焊带末端时, 烙铁头往下滑, 顺势将焊锡拖走。然后再进行另一条焊带的焊接。

6) 在每串串联电池组的最后一块电池片的主背电极上焊两条焊带。

7) 串联焊接数量达到一个完整组件数量后 (4 串或 6 串), 经检查确认无误, 将电池串放置在托板或周转盒内, 转入下一道工序, 并填写好生产流程卡或跟踪单。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

4. 串联焊接存在问题、原因及改善措施

1) 串焊间距不一

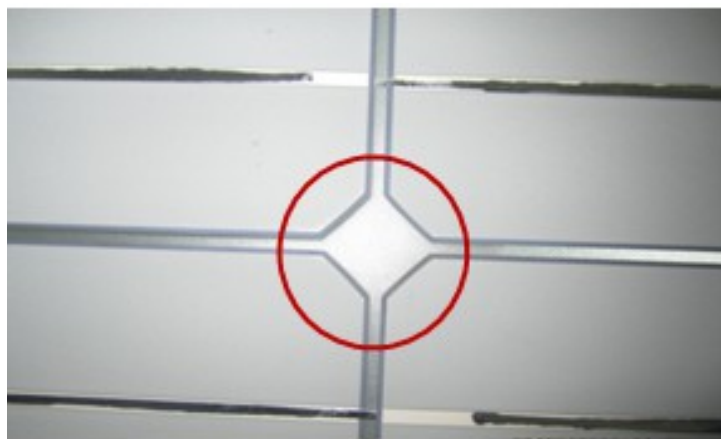


图 2-54 串焊间距不一



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

4. 串联焊接存在问题、原因及改善措施

2) 焊带歪

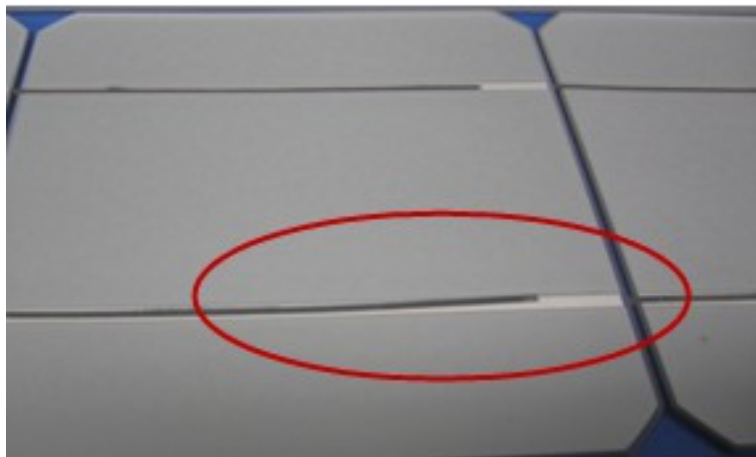


图 2-55 焊带歪



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

4. 串联焊接存在问题、原因及改善措施

3) 电池串上有脏物、异物



图 2-56 电池串上有脏物、异物



项目2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务2.2 电池片焊接

太阳能全自动焊接机可以按照设定要求对电池片正反面同时自动连续焊接，组成电池串。焊接时焊带自动送料，自动切断，焊接完成后电池串自动收料。

1. 自动化设备焊接优势

- ① 产品一致性更加可靠。
- ② 大幅提高劳动生产率。
- ③ 产品质量具有高度重复性、一致性，能够大幅降低不合格率。
- ④ 产品精度高。
- ⑤ 缩短制造周期，减少次品数量。

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

2. 自动化焊接设备分类

太阳能全自动焊接机主要是由各种机械臂、传送机构、智能传感器，在各种微电脑控器（**PLC**、工控机）的控制下协调工作，完成利用焊带把一组太阳能电池片相邻的上下交错（负、正极）串联焊接在一起的工作。



图 2-59 太阳能全自动焊接机焊接原理示意图



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

2. 自动化焊接设备分类

(1) 接触式加热焊接

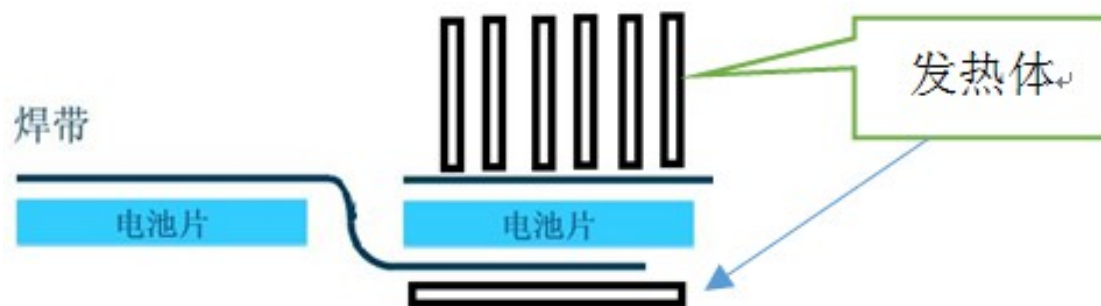


图 2-60 接触式焊接示意图



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

2. 自动化焊接设备分类

(2) 电磁焊接

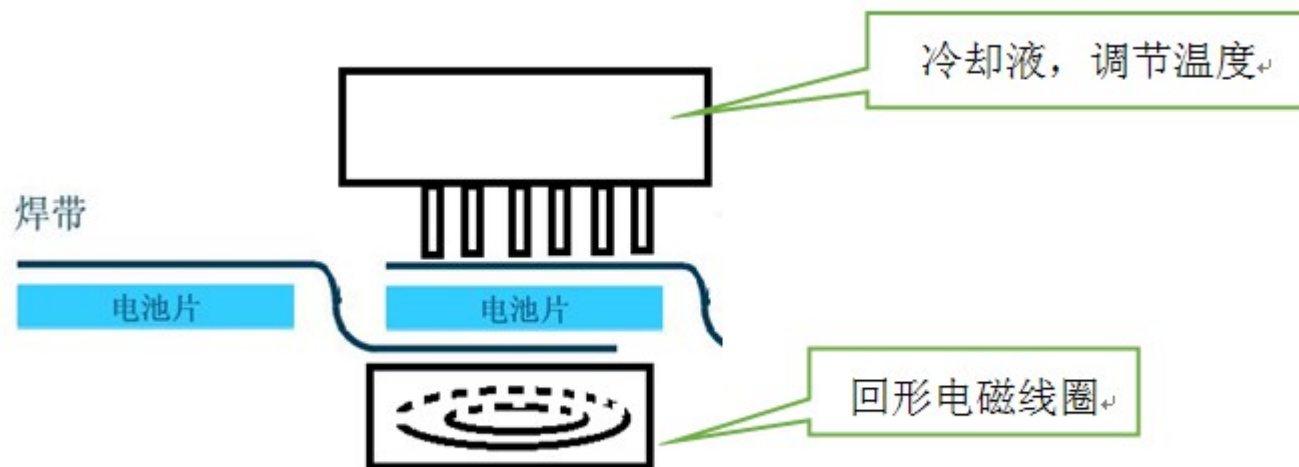


图 2-61 电磁式焊接示意图



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

2. 自动化焊接设备分类

(3) 红外线焊接

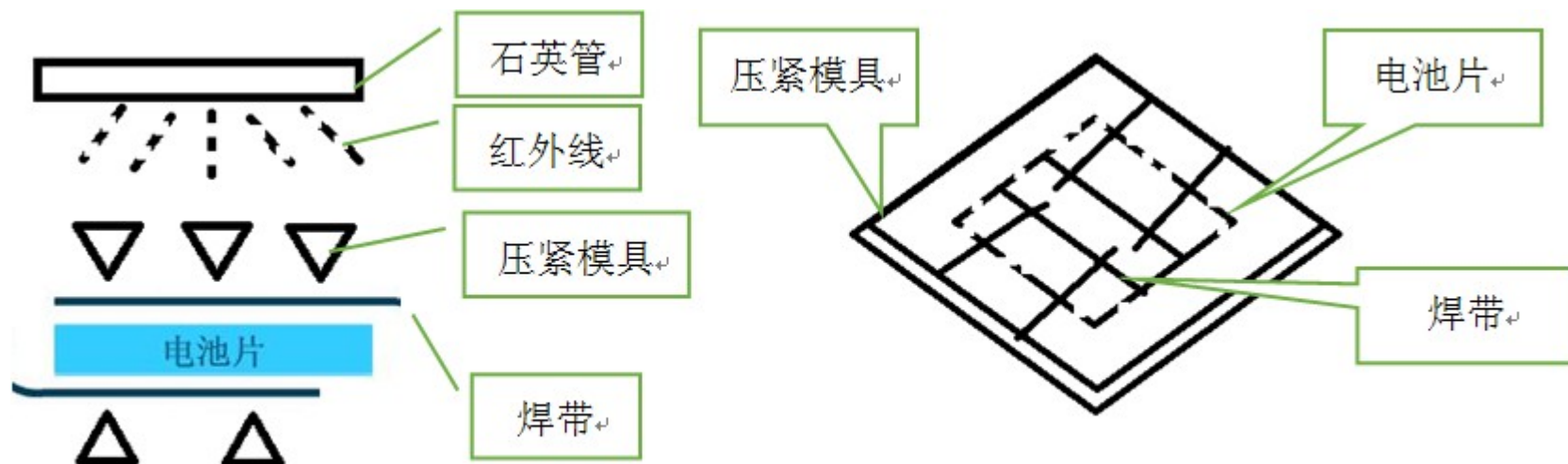


图 2-62 红外线焊接示意图



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 太阳能电池片焊接

2. 自动化焊接设备分类

（4）激光焊接

激光焊接是利用高能量密度的激光束作为热源的一种高效精密焊接方法。太阳能电池片焊接过程属热传导型，即激光辐射加热工件表面，表面热量通过热传导向内部扩散，通过控制激光脉冲的宽度、能量、峰值功率和重复频率等参数，使工件熔化，形成特定的熔池。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

3. 自动化焊接设备结构

太阳能全自动焊接机主要有视觉图像处理系统、电池片供给、焊带供给、电池片视觉检测、电池片焊接、电池片串排版等几个关键部分组成。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.2 电池片焊接

4. 全自动焊接机工作过程

- 1) 取料
- 2) 检测
- 3) 喷涂助焊剂
- 4) 预升温
- 5) 焊带铺设
- 6) 无接触电磁感应焊接
- 7) 缓降温区
- 8) 电池串翻面收集机构

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层

电池片串联焊接好且经过检验合格后，将组件串、玻璃和切割好的 **EVA**、背板 **TPT** 按照一定的层次敷设好，为层压打好基础。敷设层次由下向上分别为玻璃、**EVA**、电池、**EVA**、背板。还应根据需要用汇流带（焊带），将已经焊接成串的电池片进行正确连接（串联或并联，以串联居多）



图 2-75 组件叠层



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层与防热斑原理

1. 太阳能电池的连接与失配

（1）太阳能电池的串联连接与失配

太阳能电池串联后，总输出电流为最小一片电池的值，而其总的输出电压为各个电池电压之和。电池串中一旦有一个单体电流小于其他单体，由于输出电流取决于单个电池中的最小值。

（2）太阳能电池的并联连接与失配

如果不同输出电压的电池片并联在一起称为并联失配，其输出电压取决于最小电池电压，输出电流仍为各单体电流之和。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层与防热斑原理

2. 太阳能电池组件的板型设计

为节约封装材料，要尽量合理地排列太阳能电池，使其总面积尽量减小。在生产电池组件之前，就要对电池组件的外型尺寸、输出功率以及电池片的排列布局等进行设计，称为太阳能电池组件的板型设计。是对电池组件的外型尺寸、输出功率、电池片排列布局等因素综合考虑的过程。既要了解电池片的性能参数，还要了解电池组件的生产工艺过程和用户的使用需求，做到电池组件尺寸合理、电池片排布紧凑美观。

组件的板形设计一般从两个方向入手：一是根据现有电池片的功率和尺寸确定组件的功率和尺寸；二是根据组件尺寸和功率要求选择电池片的尺寸和功率。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层与防热斑原理

3. 电池串排版

制作太阳能电池组件时，根据标称的工作电压确定单片太阳能电池的串联数；根据标称的输出功率（或工作电流）来确定太阳能电池片的并联数。在设计中主要是确定组件工作电压和功率两个参数，按输出电压要求以一定数量（ n ）的电池片用互连条相互串联起来；然后按输出功率要求以一定数量（ m ）的电池片用汇流条并联起来，并通过层压封装成为太阳能光伏组件。



项目2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务2.3 组件叠层与防热斑原理

4. 防热斑原理

太阳能光伏组件在长期使用中难免落上飞鸟、尘土、落叶等遮挡物，形成了阴影，组件的其余部分仍处于阳光暴晒之下，这样局部被遮挡的太阳能电池就要由未被遮挡的那部分太阳能电池来提供所需的功率，局部被遮挡的太阳能电池就变成负载，消耗部分未被遮挡的那部分太阳能电池来发出的功率，使该部分太阳电池如同一个工作于反向偏置下的二极管，其电阻和压降较大，从而消耗功率而导致发热，这就是热斑效应。这种效应可能使焊点熔化、封装材料破坏，甚至会使整个组件失效。可以通过加装旁路二极管的方法，减小热斑效应对组件的影响。

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层与防热斑原理

4. 防热斑原理

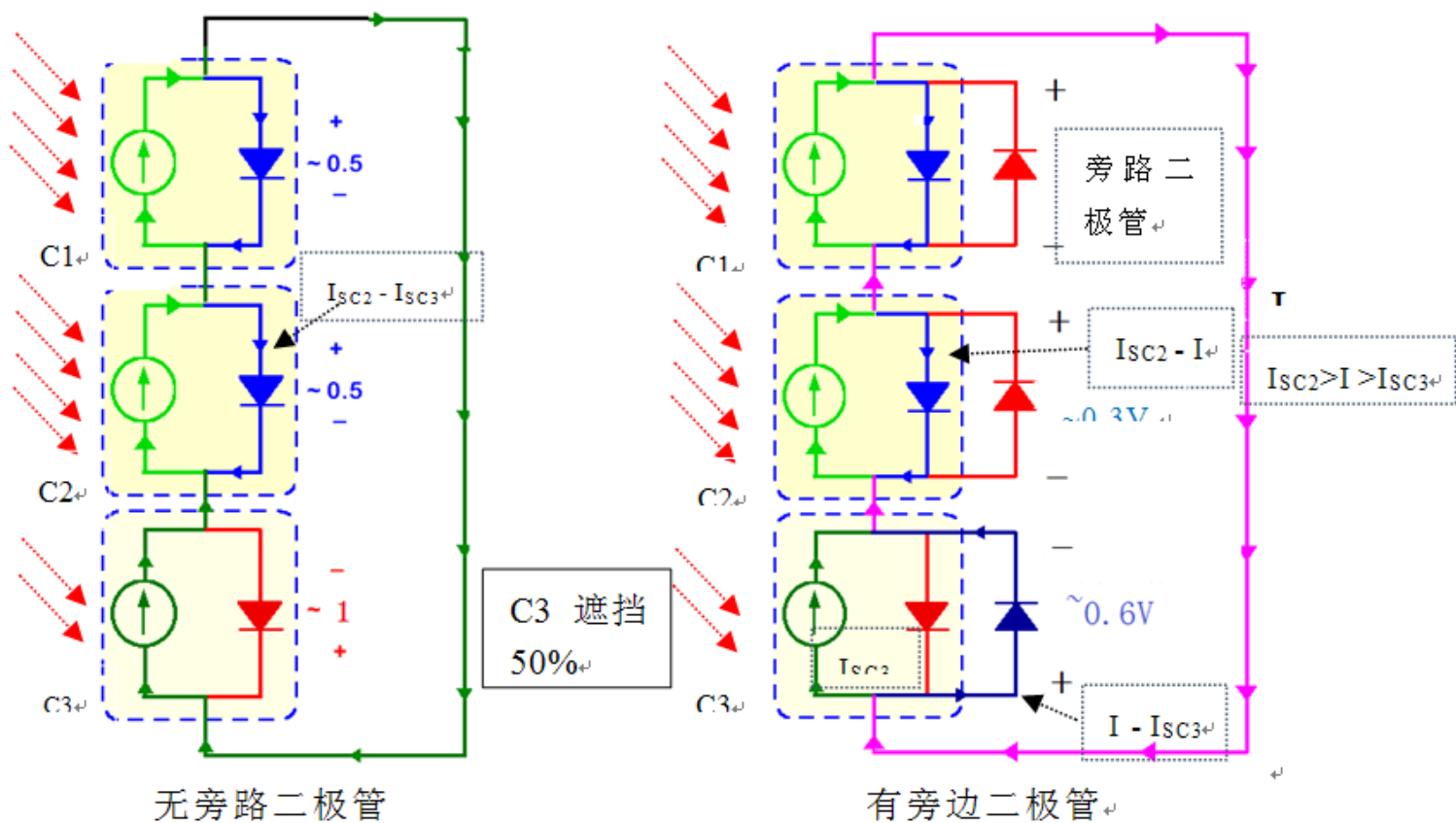


图 2-76 热斑效应及防热斑原理

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层与防热斑原理

4. 防热斑原理

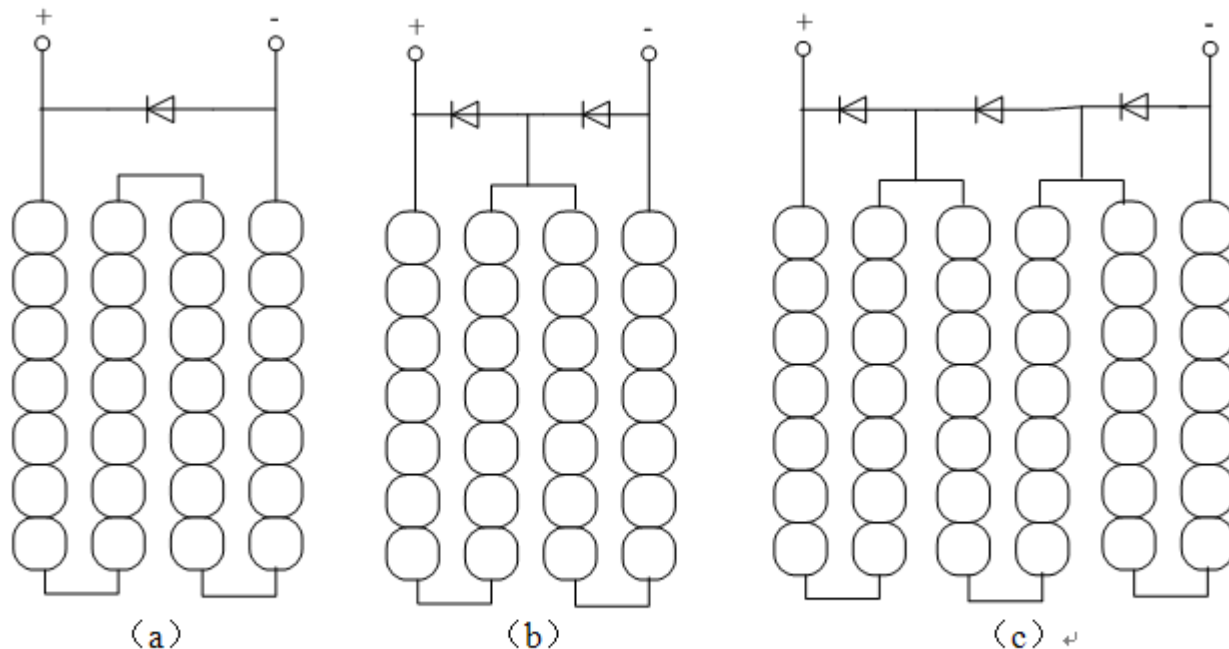


图 2-77 旁路二极管接法示意图

(a) 接一个旁路二极管 (b) 接 2 个旁路二极管 (c) 接 3 个旁路二极管

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务2.3 组件叠层

EVA（Ethylene Vinyl Acetate）是乙烯与醋酸乙烯酯的共聚物。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。



图 2-78 EVA

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层选择

TPT（聚氟乙烯复合膜）是目前应用较多的背板材料。TPT 是由耐候性优异的 HAFLON（氟树脂薄膜）与高强度的 PET（聚酯薄膜）复合而成的高性能保护层。用于封装的 TPT 一般为 3 层结构，即 PVF/PET/PVF，外层保护层 PVF 具有良好的抗环境侵蚀能力，中间层为 PET 聚脂薄膜具有良好的绝缘性能，内层 PVF 需经表面处理和 EVA 具有良好的粘接性能。

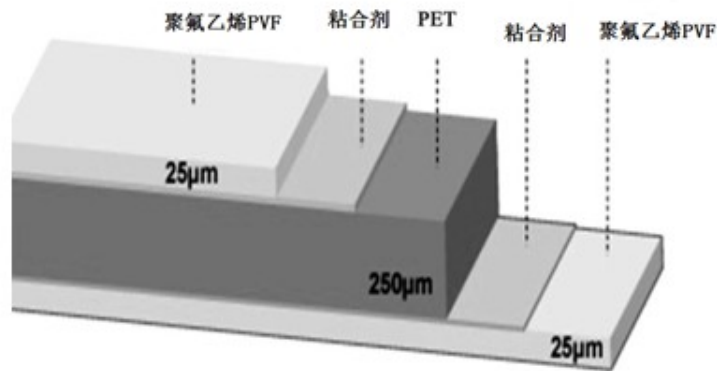
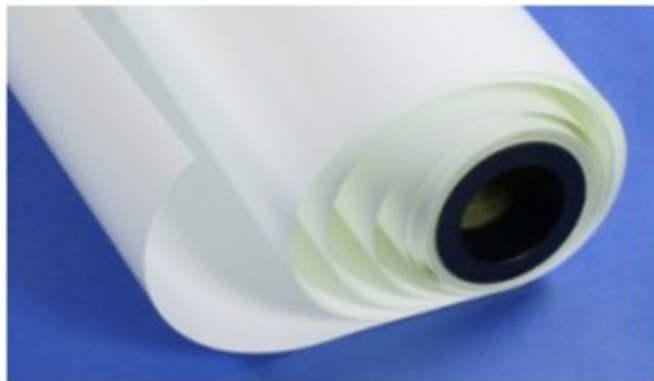


图 2-80 TPT 背板及结构示意图

（注：图中厚度为常见厚度，不同产品会略有不同）

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层

钢化玻璃是平板玻璃的二次加工产品，钢化玻璃的加工可分为物理钢化法和化学钢化法。太阳能光伏组件对钢化玻璃的透光率要求很高，要大于 91.6%，对大于 1200nm 的红外光有较高的反射率。厚度在 3.2mm。

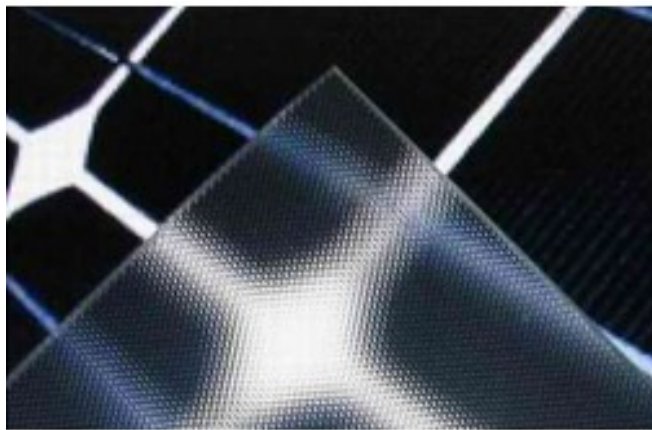


图 2-81 光伏用压花钢化玻璃



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层

组件叠层以钢化玻璃为载体，在 EVA 胶膜上将已经串接好的电池串用汇流带按照设计要求进行正确连接，串（并）接成所需电池方阵，并覆盖再次 EVA 胶膜 TPT 背板材料完成叠层过程。为了保证叠层过程中拼接电极的正确，通过模拟太阳光源对叠层完成的电池组件进行电性能测试检验。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.3 组件叠层

2.3.5 组件叠层

工序过程：

（1）将无损伤的钢化玻璃平放到工作台，将玻璃绒面朝上，用手套将钢化玻璃擦干净，把 **EVA** 绒面朝上均匀平铺在玻璃上，**EVA** 边缘与玻璃边缘相差 10mm 左右。

（2）将已经检查的电池串，根据图纸的要求，其次排列到 **EVA** 上，电池片正极朝上，并根据图纸规定，用钢尺进行定位。

（3）将已经定位好的电池串根据图纸规定的连接方式依次用汇流带进行焊接，并将多余的汇流带剪去。

（4）再铺一层 **EVA** 和 **TPT**。**EVA** 的绒面应朝向电池片；**TPT** 暗面朝下，亮面朝上。

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.1 认识太阳能光伏组件层压机

太阳能光伏组件层压机是制造太阳能电池组件所需的一种重要设备，是把 **EVA**、太阳能电池片、钢化玻璃、背板（**TPT** 等材料）在高温真空的条件下压成具有一定刚性整体的一种设备。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，达到对太阳能组件密封的目的。



图 2-96 太阳能光伏组件层压机

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.1 认识太阳能光伏组件层压机

1. 层压机的结构

主要包括加热系统、层压系统、真空系统、控制系统、传动系统等组成。



图 2-97 层压机的结构

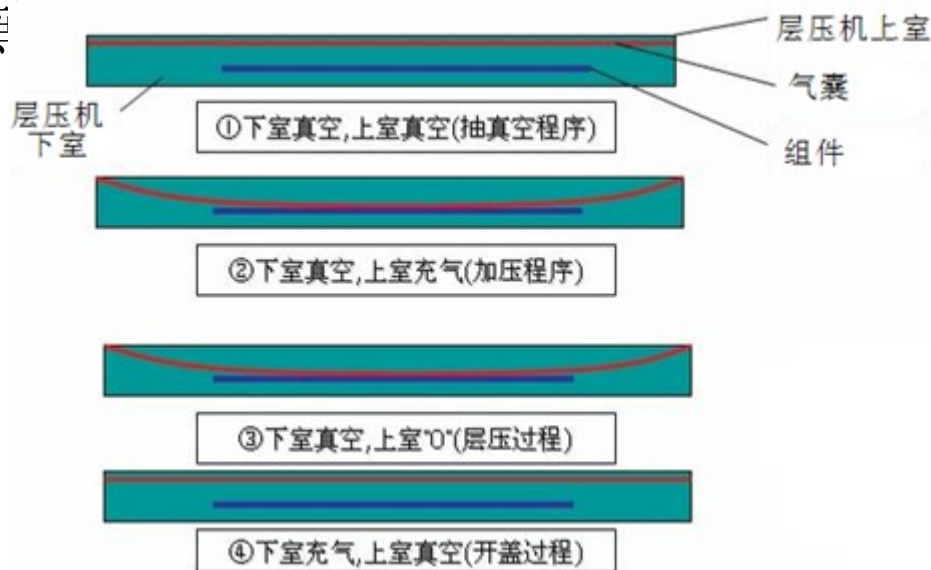
项目2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务2.4 组件层压

2.4.1 认识太阳能光伏组件层压机

2. 层压原理

层压过程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。主要包括抽气、加压、层压、开盖等





项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.1 认识太阳能光伏组件层压机

3. 层压中的名词术语

- ① 上真空室。
- ② 下真空室。
- ③ 上真空。
- ④ 下真空。
- ⑤ 上充气。
- ⑥ 下充气。
- ⑦ 上室指示。
- ⑧ 下室提示。
- ⑨ 抽气计时。
- ⑩ 层压计时。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

1. 层压工艺要求

- (1) 搬运组件前对组件作初步检查。
- (2) 层压机处在自动状态，温度、计时设置准确。
- (3) 组件搬运时要用手托，不能压在背膜上。
- (4) 组件上下面都要铺上不粘布。
- (5) 合盖时层压机边框上不得有任何异物。
- (6) 层压结束后取出组件，待组件冷却到 60°C 以下方可进行修边。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.2 组件层压

1. 层压工艺要求

(7) 层压后组件 TPT 无划痕、划伤，平整，无明显的凸起或凹陷。

(8) 组件内电池片无破裂、无裂纹，组件内不能有气泡，相融物质要融为一体。

(9) 组件内部电池片无明显位移，间隙均匀，电池片间最小间距不小于 1mm。组件汇流条之间的间距不得小于 2mm。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2. 层压参数

（1）层压温度。

层压温度是层压过程中关键因素之一，直接影响组件的质量。层压温度与 **EVA** 的固化温度相对应。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。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.2 组件层压

2. 层压参数

(2) 抽气时间。

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。在前 5 分钟内 EVA 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。经验值一般为 260 ~ 280s。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.2 组件层压

2. 层压参数

（3）充气时间。

充气的目的主要是为了对组件施加压力，充气时间越长，压力越大。EVA 交联后形成的高分子结构一般比较疏松，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。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

3. 层压步骤

（1）层压前准备

- ① 打开真空泵冷却水循环。
- ② 打开总电源开关。
- ③ 打开设备上的急停开关。
- ④ 检查真空泵油位、层压机电加热油位、液压站油位。
- ⑤ 按照工艺要求设定相应的工艺参数。
- ⑥ 当层压温度达到设定温度（ 140°C 左右时），放入高温布。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.2 组件层压

3. 层压步骤

(2) 放置组件

把预先敷设好的组件玻璃面向下放入到层压机中。

(3) 层压过程

① 点击自动操作界面上“自动 / 加热”按钮，合上层压机盖

。

② 层压机盖到位后，真空泵开始运转，层压机抽真空，组件中的 EVA 开始融化，玻璃的四周开始上翘抽出干净，在组件内部留下许多的空洞。当上、下室真空泵指示逐渐达到 -0.1Mpa（抽真空）时，等设定时间到后上室开始充气逐渐到 0.1Mpa，下真空室则仍保持在 -0.1Mpa 时，开始层压，随着

压力的增大，组件中的空洞逐渐被 EVA 填满



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.2 组件层压

3. 层压步骤

(3) 层压过程

③ 层压时间完成后，下室充气逐渐到 0.1Mpa ，上室开始抽真空到 -0.1Mpa 。

(4) 开盖，取组件

层压操作完成后，上盖自动开启，揭去高温布，取出组件，进行外观检查。

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.4 组件层压

2.4.3 组件修边

组件层压时 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，即组件修边。



图 2-106 组件修边



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.1 装框工艺

装框也叫组框，类似与给玻璃装一个镜框，即给层压固化好的组件装铝合金边框，增加组件的强度，进一步的密封电池组件，延长电池组件的使用寿命。

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.1 装框工艺

1. 装框机

光伏组件自动组框机是螺丝连接和角码铆接式铝合金矩形框组装的专用设备，由气缸、油缸、直线导轨及钢结构组装组成。



图 2-118 光伏组件装框机

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.1 装框工艺

2. 铝合金边框

铝合金边框用来保护光伏组件玻璃边缘、铝合金结合硅胶打边加强了组件的密封性能、通过解码铆接的方式，大大提高了组件整体的机械强度，便于组件的安装运输。



图 2-119 角码铆接

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.1 装框工艺

3. 硅胶

光伏组件专用密封胶是耐高、低温有机硅密封胶。



图 2-120 硅胶

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.1 装框工艺

4. 手动胶枪

手动胶枪是一种涂覆或填注硅胶的辅助工具。



图 2-121 手动胶枪

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.1 装框工艺

5. 气动胶枪

气动胶枪是依靠空气压力为动力而进行打胶的五金工具，主要用于在铝合金边框内注入硅胶。



图 2-122 气动胶枪



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.2 认识接线盒

接线盒的主要作用是將太阳能电池组件产生的电力与外部线路连接。接线盒通过硅胶与组件的背板粘在一起，组件内的引出线通过接线盒内的内部线路连接在一起，内部线路与外部线缆连接在一起，使组件与外部线缆导通。接线盒内有二极管，保证组件在被挡光时能正常工作。

项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.2 认识接线盒

常规型的接线盒基本由以下几部分构成：底座、导电块、二极管、卡接口 / 焊接点、密封圈、盒盖、后罩及配件、连接器、电缆线等。



图 2-123 卡接式接线盒基本结构



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.3 组件装框、安装接线盒

组件装框过程如下：

1. 用气动胶枪对已装入角码的短边框和已压印的长边框的凹槽中均匀地注入适量的硅胶。
2. 将待装框的电池组件放置在装框机（或装框桌上）上，并在组件四周装上长、短铝边框；先放入相邻的一短一长铝边，再将电池组件放入固定的铝边框槽内，与之平行的另外两铝边相内挤压。
3. 操作装框机将短边框的角码压入长边框内使电池组件嵌入铝合金边框之中。
4. 用补胶枪对正面缝隙处均匀地补胶。



项目 2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务 2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.3 组件装框、安装接线盒

组件装框过程如下：

5．翻转组件，用补胶枪对组件背面 TPT 与铝边框缝隙处进行补胶。

6．补胶完毕后检查，边框与组件的接缝处硅胶应均匀并无可视缝隙。

7．在背板汇流条引出处打硅胶，使背板上的引出缝被完全密封。

8．将硅胶均匀饱满的涂在接线盒背面四周。

9．用一字螺丝刀压下接线盒接线点上的弹簧片将汇流条插入相应的接点示，松开一字螺丝刀使汇流条被压紧。



项目2 太阳能光伏组件制造工艺过程

任务2.5 组件装框、安装接线盒、组件清洗

2.5.4 组件清洗

1. 组件接线盒安装完毕后对组件进行上道工序检查；
2. 清洁组件正面玻璃表面、铝合金边框正面和侧面。先用抹布去除组件正面缝隙处多余的硅胶。翻转组件，用相同方法清洁组件背面背板、胶缝、边框和接线盒。
3. 再次检查组件表面是否完全干净整洁，待到硅胶表面固化时，将接线盒电缆捆扎在指定位置；
4. 对组件自检，检查质量是否能够达到装框工序完工检验标准。

谢谢观看！

