

# Quality Requirements for Photovoltaic Frames and Improvement Measures for Common Problems

Huihui Gao<sup>1</sup> Yuanmei Yi<sup>2</sup>

1. Xinyu Haiyuan Power Supply Technology Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, 318000, China  
2. Xinyu LDK Energy Technology Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, 318000, China

## Abstract

At present, there are mainly aluminum alloy frames for photovoltaic modules, followed by steel frames and composite frames, no matter which kind of frame, the quality requirements of PV frame include mechanical performance, geometric size, surface quality, weather resistance and corrosion resistance to ensure the stable operation and long-term use of PV modules. Therefore, we need to clearly understand how each quality standard of PV border affects the component products, so that we can improve the cost-effective multi-dimensional border products. In this paper, the scratch problem, corner gap problem and up-down dislocation problem of long and short frame are analyzed, and the corresponding solutions are given.

## Keywords

PV-frame; frame quality; frame standard; scratch; high and low angle

## 光伏边框质量要求及常见问题的改善措施

高慧慧<sup>1</sup> 易媛梅<sup>2</sup>

1. 新余海源电源科技有限公司, 中国·江西 新余 318000  
2. 新余赛维能源科技有限公司, 中国·江西 新余 318000

## 摘要

目前, 光伏组件用边框主要有铝合金边框, 其次还有钢边框和复合材料边框, 无论哪种边框, 光伏边框的质量要求均涵盖了力学性能、几何尺寸、表面质量、耐候性和耐腐蚀性等多个方面, 以确保光伏组件的稳定运行和长久使用。因此, 我们需要清楚地了解光伏边框的每项质量标准是如何影响组件产品的, 以方便我们多维度提升边框产品的性价比。论文同时分析了光伏组件在生产过程中遇到的划伤问题、边框角缝问题以及长短边框框后上下错位问题, 并给出了对应的解决方案。

## 关键词

光伏边框; 边框质量; 边框标准; 划伤; 高低角

## 1 引言

光伏边框是光伏组件的重要组成部分, 安装于光伏组件四周, 保护光伏玻璃边缘, 加强组件密封性能, 提高组件机械强度。根据材质不同, 光伏边框可以分为铝合金边框、钢材边框和复合材料边框等几种类型。其中, 铝合金边框是目前市场上最常用的一种, 其优点是轻便、耐腐蚀、美观大方。

## 2 边框结构介绍

边框的截面结构如图1所示: A面和组件正面平行, 为了降低边框对电池片的遮挡, A面宽度一般在10~11mm; B面为组件侧面, 主要在生产过程中, 组件运输

过程中接触到的面, 为了美观一般设计有装饰线, B面的厚度也直接影响组件的承载能力, B面的厚度一般是30mm和35mm两种规格; C面平行于组件背面, 主要用于和支架固定安装, 如果采用螺母安装的, C面的宽度和厚度都要加大, 以保证其承受风载的能力。

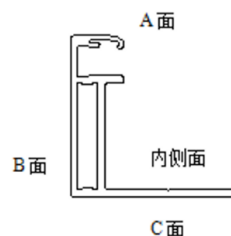


图1 边框结构

【作者简介】高慧慧(1988-), 男, 中国陕西榆林人, 本科, 高级工程师, 从事光伏电池和光伏组件研究。

## 3 边框的质量要求

光伏边框的质量要求均涵盖了力学性能、几何尺寸、

表面质量、耐候性和耐腐蚀性等多个方面,以确保光伏组件的稳定运行和长久使用。

### 3.1 光伏边框材质

铝合金边框的质量主要受铝合金材质的影响。首先,铝合金的特性包括轻质、强度高、耐腐蚀和易加工等。例如,铝的密度约为  $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ ,只有铁或者铜的三分之一,这使得它成为结构材料中非常轻便的一种。其次,纯铝强度不高,但通过合金化和热处理可以使之强化。强化后的铝合金强度可以和合金钢媲美,弹性率、刚性、金属疲劳值高,不易变形,这有利于保护太阳能电池板。最后,铝具有良好的导电性和导热性,仅次于银、金、铜,所以有利于组件安装接地。

6005、6061和6063都是铝合金材料,但它们之间在强度、用途和性能上存在明显的差异。具体来说:6005铝材比6061和6063具有更高的抗拉强度和屈服强度,显示出更好的断裂韧性,适合高强度的应用。6063铝材的可塑性优于6061,挤压型材大多会选择6063。然而,6063的强度和可加工性能不如6061。6063和6061的表面光泽度要优于6005,因此6063铝材更适合做装饰性材料。目前光伏组件的铝边框主要材质为6063,但是一些高强度的环境中也有采用6005铝合金的。

### 3.2 边框表面硬度

表面硬度也是评估光伏边框质量的一个重要指标。常规组件边框要求韦氏硬度 $\geq 10\text{HW}$ 。但是随着太阳能电池板尺寸的增大和成本的降低,对边框的硬度和抗拉强度的要求也越来越高。6063材质的边框硬度理论也只能达到12HW,已经无法满足当前的需求,因此,更硬度的6005材质边框开始被广泛使用。

### 3.3 铝合金边框的氧化膜厚度

铝合金边框的氧化膜厚度对其质量有着重要影响。其中,氧化膜可以有效保护铝合金边框,延缓其腐蚀速度,从而提高使用寿命。

氧化膜的厚度与铝合金的成分有关,不同成分的铝合金在进行阳极氧化处理时,需要采取不同的措施。此外,工业铝型材通过电解氧化时,电解液的温度也会对氧化膜的质量产生影响。在边框氧化膜厚度的检验中,普遍采用涡流测厚仪来测量铝材氧化膜的厚度。针对太阳能边框,普通的铝合金型材氧化膜平均厚度在  $10\mu\text{m}$  以上,而潮湿或腐蚀性大的环境中,光伏组件边框的氧化膜厚度则要达到  $15\mu\text{m}$  以上。

### 3.4 长短边框及组装尺寸精度

边框作为组件的一种物料,作为来料检验要求其长度和宽度在正负  $0.5\text{mm}$  以内,如果大于这个值一般会出现批量角缝,拼缝不良。边框进行组装后,A面和B面错位在  $0.5\text{mm}$  以内,C面错位在  $0.8\text{mm}$  以内。并且要求组装后组件的长度和宽度在  $2\text{mm}$  的误差范围内。

其他的尺寸要求也包括孔距长边方向  $\pm 1\text{mm}$ ,短边方

向  $\pm 2\text{mm}$ ;安装孔离边  $\pm 0.5\text{mm}$ ;成品组件组装后,边框距离内部电池片的最小距离大于  $2\text{mm}$  等。

### 3.5 边框壁厚要求

壁厚决定了边框的承载能力,组件要求的承载能力是  $5400\text{Pa}$ ,面积越大,其组件表面需要承受的重量更重。传统156电池片的小光伏组件采用的  $1.2\text{mm}$  壁厚边框已经无法满足目前182和210超大面积光伏组件的承载需求。目前182电池片的光伏组件,其组件尺寸为  $2279\text{mm} \times 1134\text{mm} \times 35\text{mm}$ ,要求边框的壁厚在  $1.5\text{mm}$  以上,以满足  $5400\text{Pa}$  的承载需求。

### 3.6 弯曲度

边框弯曲度过大,可能会导致在组框过程中,边框不平整,导致玻璃没有顺利进入边框的卡槽,导致层压件碎裂;如果边框卡槽足够大,会出现边框和层压件之间有明显间隙,后期发生脱层、漏水等情况。这些问题会影响组件的稳定性,从而降低其使用寿命。导致边框弯曲度过大主要原因是企业为了降低成本,边框的壁厚很薄导致的。为了保证组件生产过程的顺利进行,行业对边框的弯曲度要求是  $\leq 1\text{mm}/\text{m}$ ,并且  $\leq 0.3\text{mm}/300\text{mm}$ 。

## 4 边框划伤标准及预防方法

边框表面划伤主要是影响组件外观的美观度,目前行业标准一般A面要求划伤在  $10\text{mm}$  以内,允许1处;B面在  $30\text{mm}$  以内,允许3处;C面在  $50\text{mm}$  以内,允许5处。

边框划伤的主要原因是边框在切割及冲孔的加工过程中会产生大量铝屑,铝屑残留在工作台上时进行下一根切割,很容易造成边框划伤,这就要通过及时清理工作台面来避免<sup>[1]</sup>。

另外,还有一个主要原因是在运输过程中,边框与边框之间摩擦造成边框划伤,可以在铝型材表面粘贴一层塑料保护膜进行避免。当然,塑料保护膜如果太薄,当边框放置时间3个月以上(尤其是高温环境)会导致塑料膜和边框粘贴非常紧,在撕膜的过程中,膜容易断裂,不易清理。这几年随着中国高速路的普及以及组件生产线的自动化程度提升(组件不再频繁人工搬运,流水线均有皮带传送,避免了边框划伤),慢慢已经不需要塑料保护膜。

针对个别组件轻微的划伤可以使用砂纸或者磨砂布进行打磨,以减轻划痕的影响。但要注意不要过度打磨,以免影响边框的美观。对于较深的划痕,可以考虑使用木蜡油或者金属抛光剂进行处理。首先,将划痕处擦拭干净;其次,涂抹适量的处理剂,用软布轻轻擦拭,直至划痕消失;最后,用干净的软布擦拭干净,保持边框的光泽。

## 5 边框四周溢胶质量及改善方法

为了提升组件质量,组件对边框四周的溢胶也有相应的要求。首先,要求组件四周溢胶均匀,美观。主要表现是正面硅胶没有溢出组件边框,但是采用  $0.3\text{mm}$  的塞尺伸入

到边框和玻璃之间的缝隙中 5mm 可以检测到硅胶的存在。其次,要求背板与边框的溢胶无可视间隙、断胶、气泡、堆胶现象,视线与背板面角度大于 15° 检查有可视硅胶溢出。最后,硅胶上的单边气泡数量 ≤ 10 个,整块组件气泡 ≤ 20 个;溢胶造成的硅胶卷边 ≤ 500mm。

解决溢胶不均的问题主要方法有:首先,先保证单块组件的硅胶用量在 SOP 规定的范围内;其次,需要保证装框机长短边框的水平度一致;再次,硅胶的表干时间满足技术要求;最后,确保打了胶的边框及时使用,硅胶表干后使用会导致硅胶从边框溢胶不顺畅,出现卷胶现象。

## 6 边框角缝、高低角的质量要求及解决方法

光伏组件成品要求组件 A 面的角缝和高低差 ≤ 0.3mm; B 面和 C 面的角缝 ≤ 0.5mm。然而,因为装框机的不水平,边框尺寸精度不达标,边框角码和型腔设计的不合理,会导致出现批量的在光伏组件生产过程中遇到最多的还是组件装框过程中导致的角缝和高低差。边框角缝和高低差主要是分为装框机不水平,装框机长短边框没有同时装等。高低差,长、短边框放置台不水平,边框型腔和角码不匹配等。

以上边框的质量要求中,其中角缝是最为频繁出现的,因为原因多样化,也是最难根本上消除的。装框机台不水平可以通过调试设备解决,长短边框不是 45° 的可以通过角尺测量识别。然而,因为组装后角码松动问题导致的角缝,很难直接测量出来。因为边框的设计的型腔宽度和角码厚度一般是一致的,一个走上公差,一个走下公差,实现角码套在型腔里面,最后通过卯点进行固定。卯点深度公差一般在 0.4~1mm,如果是下限,那么很可能就没有起到作用,导致长短边框之间是松动的。

角码松动导致的角缝,主要体现在刚刚装框后,组件没有角缝,但是在固化房进行固化后出现角缝或高低角。因为固化房表面采用长度 2.5m,宽度 20cm 的聚酯板,聚酯板两头固定在传送的链条上。如果组件堆叠 2 块以上的时候,上层组件重量就会施压给下一块组件,最下面的组件受到聚酯板的反作用力,导致组件四个边框受力不均。一般是边框短边受到聚酯板向上的力,长边框受力向下,在截切力的作用下,组件出现高低角和角缝,其中短边边框朝向组件背面错位。严重影响组件的产品质量。

针对这种类型的上下错位,可以将短边框进行隔空,使得短边不再受到上下的截切力。具体方案如下:第一步,采用层压机的硅胶板裁切成 50cm × 20cm 的长条状,然后采用硅胶将裁切好的硅胶板粘贴在固化线的表面,其中裁切好的硅胶板宽度略窄于固化线表面的聚酯板。第二步,在硅胶

板的上表面用硅胶再粘贴一层 TPT/KPT 或者共挤型背板。其中背板的宽度略宽于硅胶板,但是略窄于固化线的聚酯板,主要用于充分遮挡硅胶板,防止组件表面产生硅胶板的印子。

采用上述方法改造后的固化房,可以根本上避免因为角码和型腔松动导致组件长短边框在受挤压情况下导致的上下错位,其中最下面一块组件的短边没有受到底板对其向上的推力,不会出现高低差。

## 7 未来边框的发展方向

### 7.1 通过设计降低成本

组件在中国使用过程中,其在整个生命周期内不会承受 5400Pa 的压强,故而可以采用 3600Pa,甚至 2400Pa 的组件标准要求进行设计边框,进而降低边框的壁厚,降低边框成本<sup>[2]</sup>。

边框可以采用无 C 面设计,目前行业双玻短边框基本是该设计,长边框为了方便电站采用螺母安装,宽度一般在 25~35mm,但实际上,中国 80% 以上的电站均采用的压块安装,故而长短边框的 C 面宽度均可降低到 15mm 左右,降低成本。

### 7.2 通过新材料的应用降低成本和提升质量

复合边框也可能是未来发展的一个方向。首先,因为复合边框的材料成本较低,比铝边框的价格低 20%~25%。其次,复合边框<sup>[3]</sup>具有良好的耐候性,能够抵御湿热、酸碱和盐雾的侵蚀。再次,复合材料边框是完全绝缘的,有效解决了组件 PID 的问题,无需接地,有助于简化安装过程。最后,相较于传统的铝合金边框,复合材料边框更轻,外观更美观。然而,复合边框也存在强度不如钢材和铝材边框。

钢边框在光伏组件中的优点主要表现在以下几个方面:钢材强度高,这使得钢边框在抗撕裂方面有更好的表现。此外,钢边框和铝边框一样,接地性能良好,都能有效地接地。因为尽管钢边框的重量比铝边框稍重,但这个差距并不大。此外,通过使用高抗腐蚀镀锌镁铝镀层钢,钢边框的耐腐蚀性和机械载荷性能可以得到进一步增强。一些实验对比测试发现,钢边框在高可靠性、可量产性以及适用性等方面,相比铝边框表现出了更大的优势。

### 参考文献

- [1] 马瑞通.光伏铝边框切割铝屑智能吹扫机构研究[J].湖北农机化,2019(16):120.
- [2] 杨晓君.不同铝边框结构下光伏组件抗压能力的研究[J].大众标准化,2020(18):155-156.
- [3] 叶轶.复合材料在光伏组件中的应用开发案例[J].玻璃纤维,2023(5):51-53.