

半切片光伏组件引出线问题的系统解决方案

Systematic Solution to the Problem of Semi-sliced Photovoltaic Module

高慧慧¹ 高快²

Huihui Gao¹ Kuai Gao²

1. 新余赛维电源科技有限公司 中国·江西 新余 338000

2. 西安建筑科技大学 中国·陕西 西安 710055

1. Xinyu Saiwei Power Technology Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, 338000, China

2. Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, 710055, China

摘要: 半切片光伏组件可以大幅度提升组件功率, 目前光伏组件也已经从整片全面切换为半切片光伏组件, 半切片组件在生产过程中不可避免地将其中一根汇流条设置在光伏组件的中间位置, 用于将上下两部分电池串的并联焊接。半切片光伏组件的引出线位置因为高低差问题经常出现气泡, 漏出背面接线盒, 影响组件外观; 也因为中间汇流条不可能完全处于上下串的中间位置, 而导致焊接面积不够, 接触电阻增大的问题; 层压机也因为引出线位置溢胶导致脏污, 组件清洁度差、面临后期组件脱层, 使用寿命降低等一系列问题。但是, 该类问题可以通过设计优化、工艺改良进行改善, 下面将给出半切片光伏组件的引出线处系列问题的系统解决方案。

Abstract: The half slice photovoltaic module can greatly improve the module power. At present, the photovoltaic module has been fully switched from the whole piece to the half slice photovoltaic module. During the production process of the half slice module, it is inevitable to set one of the bus bars in the middle of the photovoltaic module for parallel welding of the upper and lower battery strings. Because of the height difference, the outgoing line position of the half slice photovoltaic module often appears bubbles, which leak out of the back junction box, affecting the appearance of the module; Also, because the middle bus bar cannot be completely in the middle of the upper and lower strings, the welding area is insufficient and the contact resistance increases; The laminating machine also has a series of problems such as dirt, poor cleanliness of components, delamination of components in the later stage and reduction of service life due to the overflow of rubber at the outgoing line. However, such problems can be improved through design optimization and process improvement. The following will give a systematic solution to a series of problems at the lead line of the half slice photovoltaic module.

关键词: 光伏组件; 汇流条; EVA; 气泡; 组件成本

Keywords: photovoltaic modules; bus bars; EVA; air bubbles; module cost

DOI: 10.12346/peti.v4i3.6713

1 引言

中国能源结构仍然以传统化石能源为主, 比如煤炭占比约 60%, 石油和天然气约占 30%, 新能源只有 10%, 因为煤炭、石油等传统能源属于不可再生能源, 使用了多少存量就少多少。为了实现可持续发展, 国家大力倡导发展清洁可再生的新能源, 如光伏发电、风力发电、水力发电等^[1]。光伏组件就属于可再生能源的一种, 它是利用半导体材料的光生

伏特效应将太阳能转化为电能的装置, 最早用于航天事业, 随着技术的发展, 组件成本的下降, 目前已经实现了民用, 但是相对传统能源, 光伏组件发电成本还是略高^[2]。为了淘汰落后产能, 鼓励和推动光伏技术的进步, 发改委等七部委在 2015 年 1 月发布《能效领跑者制度实施方案》, 提出多晶硅电池组件和单晶硅电池组件的光电转换效率分别要达到 16.5% 和 17% 以上。光伏产业随即涌现出大量新技术, 如

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

组件端的 MBB 技术、半切片技术、叠瓦技术等，再加上国产设备研发的投入，使得组件端的新技术从实验室迈向了工厂。同时，实现了将 MBB 技术和半切片技术的融合，大幅度提升了组件功率^[3]。然而，要实现 MBB 半切片光伏组件的规模化生产，预示着要淘汰落后设备，进行新设备的采购，这对于光伏企业家来说投资太大。所以在 2015 年到 2019 年该技术在企业内普及率不是很高。只有部分大企业或者新入光伏的企业进行了部分新设备采购，所以技术推动很慢。随着 2020 年“碳达峰”的目标及系列政策的推出，大幅度推动了光伏产业的发展，也加快了组件产品的技术升级换代，在 2021 年 MBB 的半切片技术已经开始大量推广，然而，因为时间短，技术不成熟，组件成本及组件质量仍然有很大的优化空间。

2 半切片光伏组件设计

传统光伏组件是将若干电池片进行串联，正面设置有钢化玻璃，背面设置有绝缘和耐腐蚀的背板，紧挨中间电池串设置有 EVA，然后通过层压，使得 EVA 将中间的电池片和正反面的玻璃、背板粘结成一个整体，最后通过安装边框和接线盒实现组件的生产，如图 1 所示。传统光伏组件中的所有电池片均采用串联结构，因为单片电池片的电流可以达到 10A 以上，但是工作电压只有 0.65V 左右，只有串联才能提升组件的输出电压，进而达到直接使用的目的。为了提升组

件的发电效率，可以先将电池片进行切割，切割后进行电池片的串联，如此生产出的组件功率将明显提升，因为组件内部电路的功率损耗 $P_1=I^2R$ ，如果将整片电池片切割为相等的两半，则组件内部的功率损耗 $P_2=(I)^2R$ ，组件功率提升为 $P=P_1-P_2=I^2R$ 。为了进一步保持和现有组件的电性能一致，组件设计采用先串联后并联的方案，即实现了组件输出功率的提升，也实现了与现有组件电压电流的适配。

3 半切片光伏组件生产中的问题点

半切片光伏组件为了提升组件的功率，其电路设计一般采用先串联后并联的结构，如图 2 所示，这样就会设置一根汇流条在组件的中间位置，用于将上下两部分电池串的并联焊接。在完成上下电池串的焊带和汇流条焊接后，因为焊接部分高度明显高于组件其他部位，需要更高克重的 EVA 填充高度差，增加了光伏组件生产成本。另外，连接内部的汇流条需要穿出背面高截止 EVA 和背板，实现汇流条和背面接线盒的焊接，将内部电池片的电能输出。然而，在量产过程中如果将背板和 EVA 的开孔尺寸设计的和汇流条一样大小，汇流条穿出的难度将很高，无法大规模生产；如果将背板和 EVA 的开孔放大，方便引出线穿过 EVA 和背板，开孔又会导致该部位 EVA 短缺，因为没有足够的 EVA，层压后出现“气泡”，如图 3 所示，影响组件外观和使用寿命。

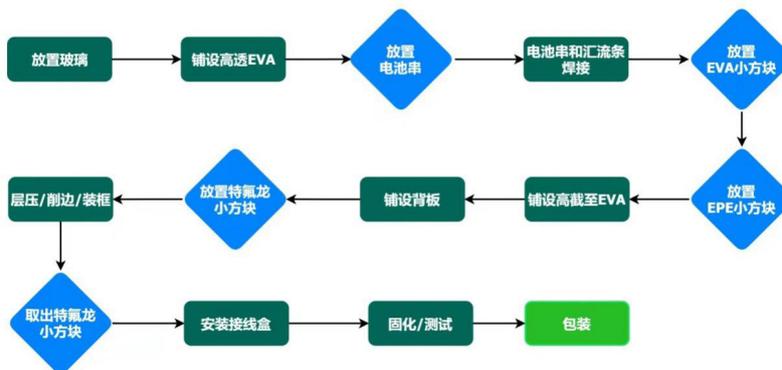


图 1 组件工艺流程

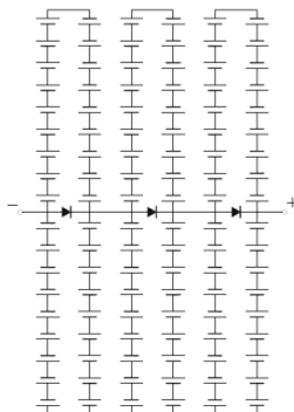


图 2 半切片组件电路图

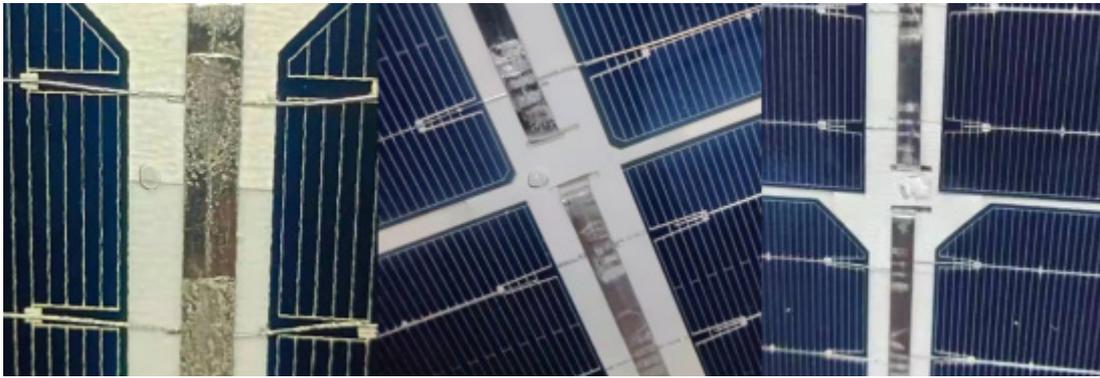


图3 汇流条处气泡

4 解决方案

4.1 汇流条焊接导致的高低差解决方案

组件制作过程中，首先是放置钢化镀膜玻璃，铺设高透EVA，正面向下放置电池串，然后进行电池串的串、并联焊接，其中一根汇流条设置在组件的中间位置，用于将上下电池串并联焊接。直接将电池串和汇流条焊接后，焊接部位的高度就是汇流条的厚度再加上两根焊带的厚度（一根是上串电池串的焊带，另一根是下串电池串的焊带）。此时，该部位和四周其他位置有明显的高度差，需要使用更高克重的EVA进行空隙的填充，增加组件生产成本。解决方案是在放置电池串的工艺流程中（工艺流程图见图1），将组件上半部分和下半部分的电池串进行错位设计，一般错位距离是1mm，使得上下两部分焊带在汇流条上焊接的时候不会重叠，降低了一根焊带的高度，在组件生产中无需增加EVA克重，无需增加组件成本。另外一种叠加的技术方案是中间汇流条的厚度可以设计的低于两头的汇流条，可以设计为0.25~0.35mm，明显低于电池片加焊带的高度。

4.2 汇流条焊接导致的高低差解决方案

中间汇流条的作用一是实现上下电池串的并联焊接；作用二将内部电池串的电输出到组件的外部接线盒中。用于将上下串焊接的汇流条部分称之为汇流条，用于将内部电输出并和接线盒焊接的部分为引出线。因为中间汇流条要实现上下电池串的焊接，所以汇流条的位置必须是非常居中的，也就是在上下两串电池串的中间，这样才能达到上下串的焊带都和汇流条进行了充分的焊接。如果汇流条偏向一边，就意味着另一边的焊带没有充分和汇流条焊接，焊接面积不够会引起接触电阻大，组件发电过程中发热，易引起火灾等问题。针对这个问题，通过研究发现只要汇流条和焊带有效焊接长度大于3mm，就可以实现汇流条和焊带的充分焊接。同时为了保证上下电池串与汇流条的有效长度均大于3mm，可以将中间汇流条的宽度设计为6~8mm，组件两头的汇流条设计为4mm。中间汇流条位置即使偏向一侧3~5mm，也可以实现另一侧的有效焊接长度3mm。

4.3 引出线位置 EVA 缺失解决方案

高截止EVA用在组件的背面，处于电池片背面和背板

之间，用于将两者粘接在一起。为了实现批量简化生产，在铺设高截止EVA之前先进行了引出线位置开孔，如图4所示。这样，连接内部电池片的引出线很容易通过EVA的孔，实现引出线的穿出。但是，因为高截止EVA的开孔，同时也导致该位置和其他地方有明显的高度差，在缺少EVA填充的前提下，层压后该处会出现气泡，如图3所示。当然这种现象也会影响到组件的使用寿命。解决方案是在该处额外增加EVA小垫块，用于补充高截止EVA因为开孔而导致的高低差。EVA为乙烯醋酸乙烯酯的共聚物，是一种热熔胶，在高温下可以流动，填充缝隙，冷却后变得透明且实现材料的黏结。

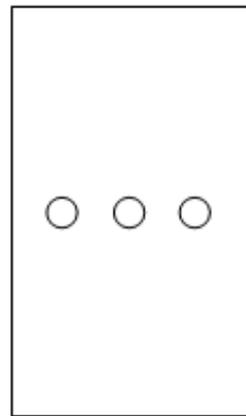


图4 EVA/背板开孔示意图

EVA小方块设计在电池串和高截止EVA中间，在电池串和汇流条焊接好后进行，见工艺流程图1，尺寸一般在40×40mm左右，达到了填充高截止EVA因开孔导致的EVA不足问题，提升了层压后组件的美观度，延长了光伏组件后期的使用寿命。

4.4 引出线位置漏光问题解决方案

为了将组件内部电输出，组件内部的汇流条还需要穿过背面的背板，伸出到组件背面。为了方便汇流条从组件内部伸出到组件外部，背板在生产过程中也进行了开孔，开孔示意图如图4所示。这样，直接制作出的组件会因为背板开孔而漏光，安装接线盒后，组件正面可以通过该位置看到组

件背面的接线盒，影响组件的美观度。因为组件正面看到的颜色除了电池片的蓝色外就是背板的白色，然而接线盒为黑色，如果背板在引出线位置进行了开孔，直接安装接线盒后，是可以从正面观察到接线盒的黑色，影响组件整体外观。引出线的位置可以采用白色的 EPE 进行该问题的解决，额外增加材料就预示着增加了组件的厚度，为了降低高度，EPE 可采用厚度 0.25mm 以下。另外，因为 EPE 本身无法和背板黏结，所以可以将该 EPE 设计在 EVA 小方块和高截止 EVA 中间。最后，为了保证 EPE 四周有充足的 EVA 黏结，EPE 的尺寸略小于 EVA 小方块的尺寸，一般设置在 25×25mm。采用以上方案可以完全解决因为引出线位置背板开孔而导致的漏光问题或者安装接线盒后导致露出接线盒的问题。

4.5 背板开孔导致层压溢胶问题的解决方案

铺设高截止 EVA 和背板后，因为背板进行了开孔，并且紧挨背板的是高截止 EVA，在层压过程中，高截止 EVA 熔化流动，在层压机加压的过程中 EVA 从背板开孔处流出，粘接到层压机设备上和组件背面，严重影响组件的清洁度，长期溢胶不清理甚至会导致组件粘接在层压机内部无法流出。针对该问题的解决方案是在组件的背板外面增加特氟龙高温布小垫块，特氟龙高温布耐高温且表面光滑，与 EVA 不粘接。增加后，特氟龙高温布可以阻止层压过程中组件内部的 EVA 通过背板的孔洞溢出到组件背面和层压机上。当然，高温布太大容易使得该处层压后有凹坑，一般尺寸在 40×40mm，这个尺寸也基本接近接线盒安装需要的尺寸。高温布中间位置按照汇流条尺寸进行了开孔，其中孔间距 7mm，孔大小为 1×7mm 的矩形孔，见图 5，用于引出线穿出，引出线穿出后进行左右两边下压。固定特氟龙高温布的同时使得组件背面平整，可以继续完成 EL 测试、层压、削边和装框。

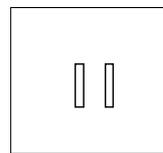


图 5 特氟龙高温布和 EPE 结构

安装接线盒的时候，首先将引出线两头垂直于组件折起，其次，取出特氟龙高温布（可以循环使用），然后将打胶了的接线盒粘接在引出线位置，并将引出线和接线盒的焊接柱进行焊接，最后进行接线盒灌胶、组件固化、测试、打包，完成组件的制作。

5 结论

半切片光伏组件首先是将电池片进行切割，降低了单片电池片的电流，然后进行电池片的串并联焊接，有效提升光伏组件的输出功率，降低单瓦成本；采用上、下串错位的技术制作的半切片光伏组件，汇流条处高低差小，无需额外增加 EVA 克重，解决了高低差导致的气泡问题，有效降低了组件生产成本；采用 EVA 小方块进行对高截止 EVA 开孔处进行补充，防止该处因为汇流条折弯，EVA 短缺等导致的气泡问题；白色 EPE 解决了组件汇流条处因为背板开孔导致露出背面接线盒黑色的问题，提升了组件的美观度；在组件背面的背板开孔处采用特氟龙高温布解决了层压过程中 EVA 从背板开孔处漏出，污染高温布以及组件的问题，提升了组件的清洁度。

参考文献

- [1] 荣丹丹,蒋京娜,倪健雄,等.半片电池技术在光伏组件中的应用[J].新能源进展,2017(4):255-258.
- [2] 杨浩雷.清洁度对光伏组件发电量的影响及脏污的危害[J].产业与科技论坛,2017(3):74-75.
- [3] 刁维村,别红玲,何杰峰,等.太阳能光伏组件边缘脱层分析研究及改善措施[J].中小企业管理与科技,2016(8):270-271.