

太阳能光伏发电组件接线盒的模块化设计

施燕萍

(江苏省宜兴技师学院, 江苏 宜兴 214206)

摘要: 针对太阳能光伏发电组件传统接线盒散热性能差, 不适用大功率电路等问题, 首先改进了传统接线盒的连接线路, 然后制成印刷电路板(PCB 板), 使元器件相对集中, 形成了模块化组合, 并且对两类接线盒进行了大量的测试与温度比较。研究结果表明, 该设计所得的接线盒散热效果明显, 可用作高功率的太阳能光伏发电组件, 具有一定的市场价值。

关键词: 太阳能; 模块化接线盒; 大功率电路; 散热性能

中图分类号: TK615; TM645

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2012)02-0230-04

Modular design of junction box of solar photovoltaic power generation components

SHI Yan-ping

(Yixing Technical College, Yixing 214206, China)

Abstract: Aiming at the problem that the traditional junction box of solar photovoltaic power components is not applicable to high-power circuit due to poor heat dissipation, the connection of traditional junction box was firstly updated, and then it was made into printed circuitboard (PCB) to relatively concentrate the components so as to form a modular combination. The lots of test and temperature were compared to the two kinds of junction boxes. The results indicate that the design enjoys great heat dissipation to be applied to high-power solar photovoltaic power components and it will become the product with high market value and competitiveness.

Key words: solar power; modular junction box; high-power circuit; heat dissipation

0 引言

随着全球范围内自然资源的日益枯竭, 人类已经越来越认识到太阳能是一种廉价又清洁的能源选择。如今世界各国正在把太阳能的商业化开发和利用作为能源使用的重要发展趋势。目前, 太阳能技术主要应用领域有: 太阳能集热器、太阳能热力发电、太阳能光伏发电、太阳能海水淡化、太阳能空调、太阳能电动车、太阳能建筑、太阳能制氢、太阳能照明灯等等^[1]。我国的太阳能资源非常丰富, 理论储量达每年 17 000 亿吨标准煤, 太阳能资源开发利用的前景非常广阔。而接线盒作为太阳能光伏电池组件的一个重要部件, 是光伏组件和负载的连接器件, 是一项综合性设计, 虽然结构简单, 却至关重要。

本设计拟通过对接线盒内线路的改进, 制成 PCB 板, 对盒内元器件进行合理选择, 对焊料进行优化使用, 设计出散热性能优良, 可用于大功率太阳能光伏组件的模块化接线盒。

1 我国太阳能光伏产业的现状

近 20 年来, 我国光伏产业的发展虽初具规模, 但在总体水平上同国外相比还有很大差距, 具体表现为: ①生产规模小; ②技术水平较低; ③专用原材料未完全国产化; ④成本高; ⑤市场培育和发展迟缓, 缺乏市场培育和开拓的政策、措施支持^[2]。

现阶段, 我国的一系列关于合理利用太阳能的举措和政策, 客观上为太阳能的高速发展奠定了良好的基础。《可再生能源法》的颁布和实施, 为太阳能产业

的发展提供了政策上的保障;国际上《京都议定书》的签定、环保政策的出台和对国际的承诺,表现出国家对太阳能产业发展的决心;西部大开发,又为太阳能产业提供巨大的国内市场;调整能源战略,加大对可再生能源发展的支持,所有这些都为我国太阳能产业的发展带来极大的机遇。总之,太阳能发电的前景将是十分广阔的,而目前笔者研制设计的太阳能光伏发电组件模块化接线盒正是应用于太阳能光伏组件的一款新型产品。

2 模块化接线盒的开发设计

2.1 设计目的

太阳能电池组件的组成为:

- (1) 层压件。组件发电的主题;
- (2) 铝合金。保护层压件,起一定的密封、支撑作用;
- (3) 接线盒。保护整个发电系统,起到电流中转站的作用;如果组件短路,接线盒自动断开短路电池串,防止烧坏整个系统。接线盒中最关键的是二极管的选用,根据组件内电池片的类型不同,对应的二极管也不相同;
- (4) 硅胶。密封作用,用来密封组件与铝合金边框、组件与接线盒交界处^[3]。

其中,传统接线盒结构设计包括盒盖、箱体、盒体内二极管器件、输入接点和输出导线。根据太阳能电池组件引线连接接线盒的输入接点,电流通过盒体内旁路二极管经输出导线的输出端输出,这种接线盒的箱体本身偏大,相应提高了材料成本;盒体内二极管器件为分立元件,由导线插件连接固定;用空气作为隔热的介质,散热效果往往比较差,功率损耗也偏大;随着太阳能电池组件的功率不断提高,接线盒箱体也不可能无限制放大。再者,分立元件由导线插件连接固定的方式,使接触电阻变大,给电池组件的本身也带来某些安全隐患。

为改善以上传统接线盒的缺点,笔者设计研发了模块化接线盒,盒内安装 3 只肖特基二极管,根据预先设计好的电路,将铝基板烧焊成 PCB 板形式,再将贴片式肖特基二极管焊接在铝基板上,形成模块化组合的接线盒。

2.2 设计开发步骤

太阳能电池正常发电时,若其中一个发电电池被遮蔽,将被当作负载消耗其他有光照的太阳电池组件所产生的能量,同时会减少未被遮蔽电池的电流,使得它们产生更高的工作电压;而被遮蔽的太阳能电池又将承受很大的反向偏压,导致电池上有很大的热耗

散,这就是“热斑效应”。这种效应会严重地破坏太阳能电池,为了防止造成反向充电损坏光电池,以及防止由于一个光电池短/断路而使整个光电池组都无法使用所带来的严重后果,需在太阳电池组件的正负极间并联一个旁路二极管^[4-5]。当电池被阴影遮挡或者由于其他原因无法发电时,在其他电池的驱动下,旁路二极管将会正偏,以便防止这个电流流过不发电的电池。

接线盒内旁路二极管的接线图如图 1 所示。

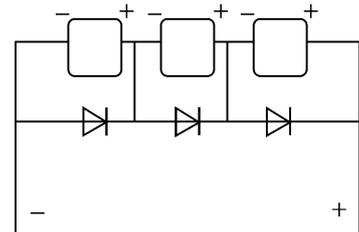


图 1 旁路二极管接线图

本研究先根据预先设计好的电路,将铝基板烧焊成 PCB 板的形式,然后将旁路二极管用贴片的形式牢固地焊接在面积较大的铝基板上,形成模块化组合,专用模块包括铝基板、肖特基二极管,引出线等。

模块化接线盒的实物图如图 2 所示。

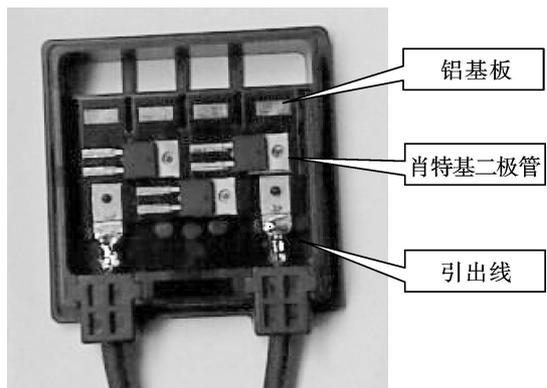


图 2 模块化接线盒

具体研发内容是:做一块铝基板,在铝基板上贴上一层绝缘层,绝缘层上根据线路贴铜片,起线路连接的作用,然后在整个线路板上烧结一组肖特基旁路二极管。

而对铝基板上的特定线路,具体做法为:以铝基板为最低层,铝基板上覆盖一层绝缘膜,绝缘膜上用铜片做成线路,然后线路上镀锡,锡层上镀绝缘层,根据线路设计分区域烧结,形成一定的导通路线,其主要目的是为了合理的解决散热问题。

铝基板上线路设计图如图 3 所示。

2.3 模块化接线盒的特征

模块化接线盒的特征如下:

- (1) 大面积的使用散热性能优良的铝基板;
- (2) 贴片式焊接方式使元器件连接牢固,空间占

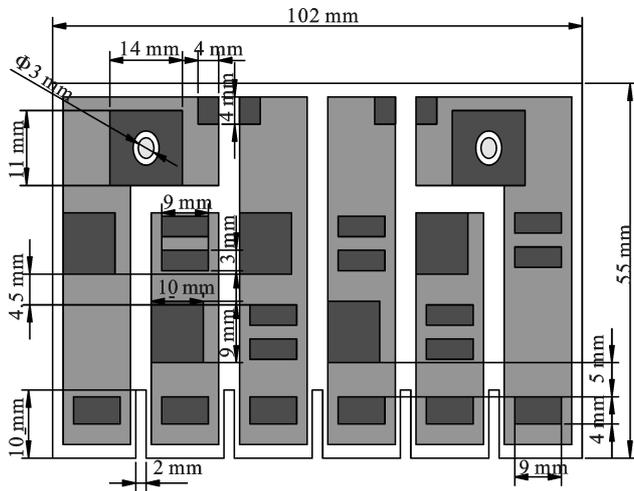


图 3 铝基板的线路设计

有率低;

(3) 肖特基二极管与铝片紧密结合, 利用铝的快速导热性快速降低二极管的工作温度;

(4) 4 块表面互不相连, 而是通过二极管进行连接, 可以连接 3 个二极管, 也可以连接 5 个二极管;

(5) 二极管串联排列。

2.4 模块化接线盒的优点

接线盒的主要作用是将光伏组件产生的电流导出并提供与负载或其他光伏系统的便捷连接。在户外应用中, 接线盒作为发电装置外露且传导电流的部分, 其可靠性好坏将对组件安全产生重大影响^[6]。模块化接线盒的优点如下:

(1) 模块化接线盒的设计使其拥有良好的散热性, 可以解决太阳能电池组件向大功率发展后需要解决的温度过高而烧化接线盒的问题;

(2) 二极管模块与铝基/铜基镀层贴片式焊接连接固定, 结构简单, 组装、性能测试都很方便, 适合大批量生产;

(3) 使用铝基板后, 二极管直接烧结在上面, 占用空间很小, 接线盒壳体相应也变成结构小巧, 辅助零件减少, 从而降低了盒体的材料成本;

(4) 模块化组合使二极管的安装比较方便快捷, 可有效降低制造过程中的劳动力成本。

模块化接线盒采用了表面安装的肖特基势垒二极管, 单向导电性能好, 而用贴片的形式烧焊在铝基板上的焊接方法, 又解决了旁路二极管发热后的散热问题, 弥补了以上缺陷。模块化接线盒拥有良好的散热性, 可有效解决太阳能电池组件向大功率方向发展后, 因为温度过高而烧化接线盒的问题。

模块化接线盒与现有市场上的传统接线盒有完全不同的设计理念, 具体表现为: 具有特殊的线路分布, 并且是采用烧焊的方式把肖特基二极管焊接在铝

基板上。接线盒的壳体在对应于旁路二极管的位置设有散热器^[7], 使肖特基二极管的热量通过散热铝基板最大限度的散热, 使它的工作温度控制在安全工作温度内, 为太阳能光伏发电组件提供了安全、可靠的工作保证。另外, 模块化接线盒还适用于多块太阳能电池板的连接, 其优势是功率大、可靠性强、成本低, 未来市场占有率高。

2.5 模块化接线盒工艺流程

模块化接线盒目前对环境没有影响, 主要使用的材料为: 铝板、铜片、肖特基二极管等。

产品的工艺流程如图 4 所示。

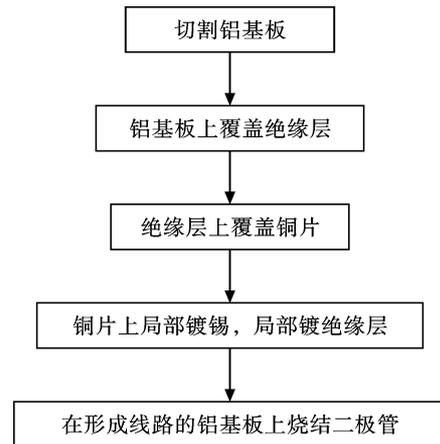


图 4 工艺流程简介

3 与传统接线盒的比较

3.1 外观特征

传统接线盒面积大、结构复杂、使用零件多、浪费严重; 而模块化接线盒外形小巧、结构简单、零件少、成本低廉。

3.2 焊接方式及用料

目前传统的接线盒是二极管采用插件安装的形式, 插件安装方式会导致线路接触部分电阻过大, 在大电流通过时, 线路接触部分会产生大量的热量, 如果无法及时散发, 就会使接线盒过热, 易造成损坏。模块化接线盒将二极管烧结在铝基板上, 利用铝基板的良好导热性, 进行有效散热, 同时模块化接线盒所用的焊料在导电性、稳定性、抗蚀性、抗拉和抗疲劳、机械强度、工艺性都是非常优秀的, 而且资源丰富, 价格便宜。考虑高温对元器件封装的影响, 表面贴装元器件的封装材料必须满足 240 °C 以上的高温焊接温度, 模块化接线盒的所用焊料完全满足要求。

3.3 实验测试结果对比

为测试模块化接线盒的实际效果, 本研究对市场上成品接线盒与模块化接线盒进行了常规实验, 在相同电流值与时间下, 测试结果如表 1 所示。

表 1 两类接线盒的比较测试

I/A	8		11		
	t/min	30	60	30	60
温度(普通接线盒) $T/^\circ\text{C}$	120	115	112	110	
温度(铝基板接线盒) $T/^\circ\text{C}$	45	42	50	48	

注:测试过程中要求对二极管陆续加热 8 A/11 A 的电流值,并在每个电流档位上保持 1 h,然后记录该点的管壳温度。

测试结果表明:采用铝基板的模块化接线盒温度明显低于传统接线盒的温度。

4 结束语

太阳能光伏发电组件接线盒是太阳能电池的主要配件之一,它将直接影响光伏组件的性能。目前市场上的接线盒仅局限于 220 W 以下的小功率配套范围,模块化接线盒的设计定位于配套高功率组件,将很好地解决 220 W 以上的太阳能电池组件的开发和生产。随着太阳能光伏行业的不断发展壮大,需求高功率组件的生产企业必将第一时间内选用该模块化接线盒。

参考文献(References):

- [1] GREEN M A. Solar Cells Operating Principles, Technology and System Applications [M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1982.
- [2] 黄亚平. 太阳能光伏发电研究现状与发展前景探讨[J]. 广东白云学院学报, 2007, 14(2): 75-78.
- [3] 王长贵, 王斯成. 太阳能光伏发电实用技术[M]. 2 版. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] HREN R. A Solar Buyer's Guide for the Home and Office [M]. CHELSEA GREEN Publish CO., 2010.
- [5] 杨金焕, 于化丛, 葛亮. 太阳能光伏发电应用技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [6] 李大勇, 陈如亮, 崔岩, 等. 基于 Pspice 的光伏组件热斑现象仿真[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, 38(11): 88-90.
- [7] MARKVART T, CASTANER L. 太阳能电池: 材料、制备工艺及检测[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.

[编辑: 张翔]

(上接第 229 页)

参考文献(References):

- [1] HOR P J, ZHU Z Q, HOWE D, et al. Minimization of cogging force in a linear permanent magnet motor[J]. **IEEE Transactions on Magnetics**, 1998, 34(5): 3544-3547.
- [2] JANG S M, CHOI J Y, CHO H W. Thrust analysis and measurements of tubular linear actuator with cylindrical halbach array[J]. **IEEE Transactions on Magnetics**, 2005, 41(5): 2028-2031.
- [3] INOUE M, SATO K. An approach to a suitable stator length for minimizing the detent force of permanent magnet linear synchronous motors[J]. **IEEE Transactions on Magnetics**, 2000, 36(4): 1890-1893.
- [4] 李庆雷, 王先逵. 永磁同步直线电机推力波动分析及改善措施[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2000, 40(5): 33-36.
- [5] 徐月同, 付建中, 陈子辰. 永磁直线同步电机推力波动优化及实验研究[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(12): 122-126.
- [6] 龚曙光, 谢桂兰. ANSYS 操作命令与参数化编程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [7] 孙明礼, 胡仁喜, 崔海蓉. ANSYS 10.0 电磁学有限元分析实例指导教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [8] CHEN Y M, FAN S Y, LU W S. Performance Analysis of Linear Permanent Magnet Motors for Optimal Design Considerations[C] // Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2004. APEC'04, Nineteenth Annual TEEE, 2004: 1584-1589.
- [9] KWON B I, WOO K I, KIM D J, et al. Finite element analysis for dynamic characteristics of an inverter-fed PMLSM by a new moving mesh technique [J]. **IEEE Transactions on Magnetics**, 2000, 36(4): 1574-1576.
- [10] 李庆雷, 王先逵, 吴丹, 等. 永磁直线同步电机推力及垂直力的有限元计算[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2000, 40(5): 20-23.
- [11] 颜建军, 刘哲纬. 单相电动机的无线遥控调速控制器[J]. 轻工机械, 2010, 28(5): 69-72.
- [12] 叶云岳. 直线电机技术手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

[编辑: 张翔]