

太阳能组件的整体包装设计

邢月卿, 郭西雅, 李剑玲
(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: **目的** 对太阳能组件多片集装进行运输包装设计, 为小型机电产品的整体包装设计提供一种方法。**方法** 了解太阳能组件的产品属性、流通过程和环境条件, 从产品的防护、装卸搬运、堆码、防潮、防静电等方面考虑, 对托盘、内部缓冲装置、外包装箱等方面进行整体包装设计。**结果** 内缓冲包装结构采用胶合板材质的木支架和木质固定块对组件进行支撑和固定, BC 楞结合的五层瓦楞纸板做上下垫板, 灰底白卡纸板作为纸护角对组件进行分割保护, 利用 PET 打包带对组件和底部的瓦楞纸板垫板进行纵向 2 道捆扎, 并对托盘的结构形式、材质、堆码、防护固定方式等进行设计, 完成太阳能组件的整体包装过程。**结论** 该整体设计方案能够完全满足太阳能组件的运输包装需求, 在节省材料、降低成本的同时, 提高了安全防护性, 为小型机电产品的整体包装设计提供了思路。

关键词: 太阳能组件; 整体包装设计; 缓冲结构; 托盘

中图分类号: TB485.3; TB489 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2016)19-0033-06

Overall Package Design of Solar Components

XING Yue-qing, GUO Xi-ya, LI Jian-ling

(Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: The work aims to design the transport packaging for multi-chip solar components and provide a method for the overall package design of small mechanical and electrical products. The pallet, the internal cushion devices and the outer packing box were designed for the whole package considering the products protection, loading and unloading, handling, stacking, and moisture-proof and anti-static performance with understanding of product attributes of solar components, circulation and environment condition. The internal cushion package structure used plywood frame and wooden fixed block to support and fix the components. The up and down plates were made of five corrugated board layers with corrugated BC. The ash bottom and white face paperboard as the paper corner was used for component segmentation protection. The components and the bottom corrugated plate were strapped with PET packed belts for 2 longitudinal roads. The structure form, material, stacking and protection fixed methods of the pallet were designed. The whole packaging process of solar components was completed. In conclusion, the overall design scheme can fully meet the transportation packaging demand for solar components, saving materials, reducing the cost and improving the safety protection. This can provide methods and ideas for the overall package design of the small mechanical and electrical products.

KEY WORDS: solar components; overall package design; cushion structure; pallet

经济和科技的快速发展, 促进了各类小型机电产品的进出口业务, 保持了较好的经济发展势头,

经济和国民生活水平的提高, 也使得国内对小型机电产品的需求日益增大, 这对小型机电产品的运输

收稿日期: 2016-08-11

作者简介: 邢月卿 (1979—), 女, 河北保定人, 陕西科技大学讲师, 主要研究方向为缓冲包装材料。

包装提出了更高的要求。小型机电产品的运输包装不仅要起到安全防护的作用,同时要求便捷、高效、低成本,而且其出口时更需要考虑国外的相关的法律法规等因素,因此其运输包装设计就需要考虑很多因素,变得复杂。需要对产品特点和流通环境条件等因素进行全面了解、分析之后,制定出适合特定小型机电产品的整体包装设计方案和具体实现方法,以满足其运输包装要求^[1]。文中以太阳能组件为例,从内部的缓冲结构、外部的包装箱和托盘的固定等方面进行整体包装设计,使用尽量少的包装材料,采用有效的包装技术和方法,尽可能降低在运输流通过程中对产品造成的损坏,保护太阳能组件的安全,方便储运装卸,同时要实现防潮、防电、防锈,保证太阳能组件完好无损地到达世界各地的用户手中,同时为小型机电产品的运输包装提供一种思路和方法。

1 太阳能组件的产品特点分析

太阳能组件是太阳能发电系统中的关键部件,是能将光能转换成电力的器件。目前,太阳能组件主要有2类:由晶体硅制成带有铝合金边框的光伏组件,该太阳能组件技术比较成熟;薄膜晶体太阳能电池,该太阳能组件更为先进。文中是针对带有铝合金边框的太阳能组件开展的运输包装技术研究。它是由背板、电池片、焊带、玻璃、接线盒、光伏线等光伏元器件组成。由于单片太阳能电池片的电流和电压都很小,需要把它们先串联获得高电压,再并联获得高电流后,通过一个二极管(防止电流回输)输出,封装在一个不锈钢金属体壳上,安装好上面的玻璃、充入氮气、密封,它的整体称为组件,见图1,其规格为1540 mm×1068 mm×50 mm,质量为16 kg,功率为150 W,峰值电压为36 V。



图1 太阳能组件
Fig.1 Solar components

该太阳能组件的产地为上海,将会运输至世界各地,因此要针对此流通过程和环境进行一些特性

分析。要对此太阳能组件进行组合包装,每箱有20片太阳能组件,总质量为320 kg,由图表法确定其跌落高度 h 为46 cm。根据此太阳能组件的特点,由类比法和经验估算法^[2-3]确定该产品的脆值 G_C 为95g。

2 太阳能组件整体包装设计方案

在进行产品的整体包装设计之前,需要了解一些基本信息,如规格、形状、质量、性能特点;采用的运输方式,如海运集装、散装、铁路运输、公路运输、其他混合方式及其目的地;还有其他的一些特殊要求,如防护固定方式、防潮、防震、防磁、防电等,对于出口包装,必需考虑国外相关的法律法规及物流环境因素,如温湿度条件、限高、仓库存放还是露天存放、路况、对包装材料的限制等。对这些信息进行汇总分析,逐步对缓冲材料、包装方法和技术、力学核算等方面进行分析解决和确定,完成产品的整体包装设计^[4-7]。

基于以上设计思想,根据太阳能组件的特点,设计其整体包装时,着重考虑保护性、流通环境、包装工艺过程以及包装成本等因素,特制定其整体包装设计方案,见图2。由于要进行太阳能组件多片组合包装,在设计时,首先应该选择满足多片组合包装结构排列,同时选择可拆卸的包装容器,以符合组件逐片装箱的可行性。然后确定太阳能组件在包装容器内的放置方式和外包装箱尺寸,并由此设计合理的缓冲结构和选择合适的缓冲材料^[8-9]。太阳能组件属于大型平板类产品,通常在包装中的放置方式有平放和立放2种,由于平放方式容易使最下层组件遭到损坏,因此,立放的放置方式更有利于减少组件的损坏率,对规格为1540 mm×50 mm×1068 mm的太阳能组件进行运输包装设计,其单片质量约为16 kg,整体包装设计采用数量为20片的组合立放方式进行。

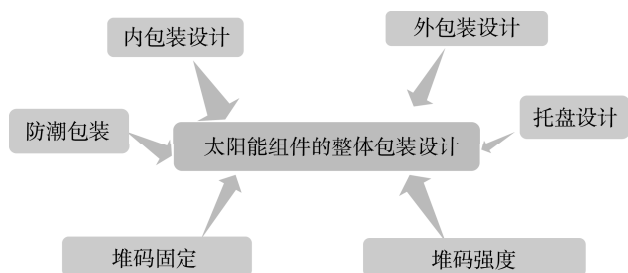


图2 太阳能组件整体包装设计组成
Fig.2 Overall package design form of solar components

2.1 内包装设计

内包装主要实现以下功能：具有分隔组件的功能，以避免组件相互摩擦；具有固定组件的功能，能减少组件相对晃动，提高整体包装稳定性；具有一定的缓冲性能，可以减少流通环节中跌落、冲击和振动等对组件的影响^[10]。

内包装的结构采用纸木结合的方式，考虑到成本、环保等多方面因素，针对太阳能组件的特性和规格，以及小型机电产品运输包装的要求，利用胶合板材质的木支架和木固定块对组件进行支撑和固定，利用 PET 打包带对组件和底部的瓦楞纸垫板进行纵向 2 道捆扎，垫板的材质为 BC 楞组合的五层瓦楞纸板，尺寸为 1024 mm×1070 mm×7 mm，对组件进行缓冲防护。此外，采用材质为 400 g/m² 灰底白卡纸包角对组件进行分隔保护，减少组件之间由于相互摩擦而带来的损坏，内包装缓冲结构见图 3。

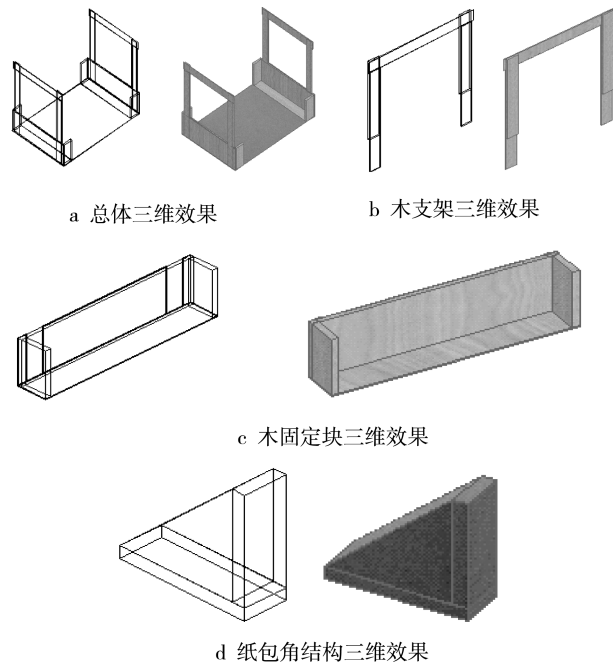


图 3 内包装缓冲结构
Fig.3 Inner package cushioning structure

2.2 外包装箱设计

外包装具有以下作用：避免组件裸露在外，为组件提供一个较为封闭的空间，并且具有一定的防潮作用；维持包装完整性，方便装卸搬运、流通、储存和周转等环节的作业实施^[11]。

结合太阳能组件的尺寸规格及特性、装箱可操作性、成本和环保性等，选用瓦楞纸箱作为太阳能组件的外包装箱。参考 GB/T 6543—2008《运输包

装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》和 GB/T 16717—1996《包装容器重型瓦楞纸箱》，由太阳能组件的特点和性能等因素，选用以 AAA 楞组合的三瓦楞超强瓦楞纸板为材质的 0310 型纸箱，它满足纸箱的运输包装的强度要求。

在受到外界冲击时，瓦楞纸箱也可以作为缓冲结构对组件进行一定程度的缓冲保护，在装箱过程中，盖箱盖之前，放一块瓦楞纸板于组件顶部，尺寸规格为 1540 mm×1070 mm×7 mm，可以减少组件片之间的摩擦。装箱完成后，使用打包带对包装整体进行捆扎，包装箱的横向和纵向分别用 3 条打包带进行交叉捆扎，并且保证横向低端的打包带距离纸围框底部 100 mm。

2.2.1 尺寸设计

瓦楞纸箱内状物的最大外廓尺寸为 1585 mm×1070 mm×1038 mm，根据瓦楞纸箱的尺寸计算过程得出围框和箱盖设计见图 4。

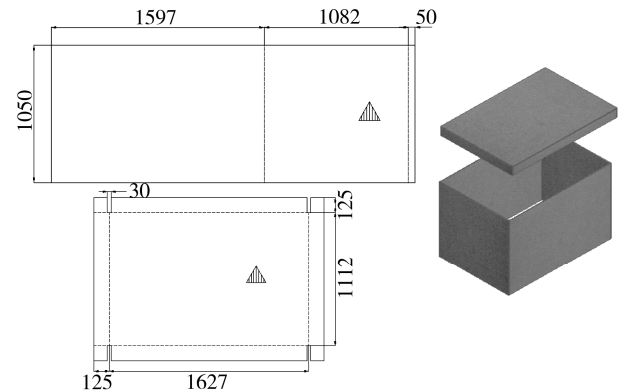


图 4 外包装箱的围框和箱盖设计
Fig.4 Expansion and cover of outer packing box

2.2.2 外包装箱装潢效果

在绘制瓦楞纸箱的外观装潢图时，要注明向上放置、小心轻放、防潮、堆码高度的运输标志，标志尺寸大小为 140 mm×100 mm，其次是产品基本的性能参数，其中最重要的是瓦楞纸箱的外尺寸，还应注明是什么产品及其规格。装潢效果见图 5。

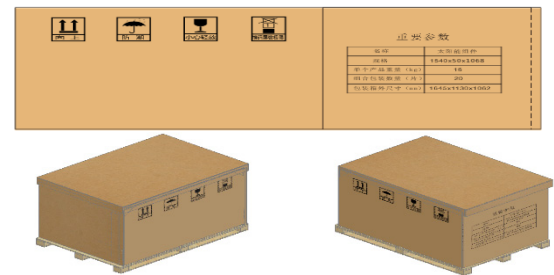


图 5 外包装箱装潢效果
Fig.5 Decoration effect of outside box

2.2.3 外包装箱抗压强度的核算

AAA 组合的七层瓦楞纸板各层的配料(定量)为 440, 180, 230, 180, 230, 180, 440 g/m²。由凯里卡特公式计算瓦楞纸箱的抗压强度 P :

$$P = P_x \left(\frac{4aX_z}{Z} \right)^{\frac{2}{3}} CJ \quad (1)$$

式中: P 为瓦楞纸箱抗压强度(N); P_x 为瓦楞原纸的综合环压强度(N/cm); aX_z 为瓦楞常数; C 为瓦楞纸箱周长(cm); J 为纸箱常数。由式(1)可以得到瓦楞纸箱的抗压强度 $P=32\ 818.67\text{ N}$ 。

由于凯里卡特公式仅适用于 0201 型箱, 对于其他箱型, 还需要在该计算公式的基础上进行计算。03 类纸箱抗压强度可按下式计算: $P=\gamma P_{0201}=19\ 691.202\text{ N}$ 。由于凯里卡特公式没有考虑纸箱长宽比和高度的因素, 因此比实际测量值约小 5%, 则实际测量值约为 20 675.76 N。瓦楞纸箱的抗压力值 P_y 应不小于按式(2)计算出的值:

$$P_y = KW \left(\frac{h_a - h_b}{h_b} \right) \quad (2)$$

式中: P_y 为瓦楞纸箱抗压力值(N); K 为强度保险系数; W 为瓦楞纸箱所装货物的重量(N); h_a 为纸箱堆码高度(cm); h_b 为纸箱高度(cm)。

根据产品特性, 取 $K=2.00$, 则瓦楞纸箱的抗压力值 $P=1167.91\text{ N}$ 。由于 $20\ 675.76\text{ N} > 1167.91\text{ N}$, 所以纸箱的抗压强度满足要求。

2.3 托盘设计

根据规格设计综合因素, 一个托盘上放置一个纸箱, 每个包装件采用 20 片太阳能组件组合包装, 总质量为 320 kg, 采用瓦楞纸箱的外包装形式, 并且由叉车进行堆码、集装箱装卸以及位置移动等操作, 因此结合外包装箱和叉车等来设计托盘。考虑流通环境和成本等因素, 选用木质平托盘, 材料为胶合板, 其受力也比较均匀, 并留有 5~8 mm 的操作空间方便产品装入, 类型为 D₂ 型。胶合板在此条件下的弹性模量 $E=6548\text{ MPa}$, 抗弯强度为 $\sigma=24.65\text{ MPa}$ 。托盘尺寸: 面板规格为 1665 mm×1105 mm×15 mm; 连板规格为 1665 mm×100 mm×18 mm; 垫块规格为 100 mm×100 mm×70 mm; 底板规格为 1665 mm×100 mm×15 mm。外形尺寸为 1665 mm×1105 mm×118 mm, 托盘结构见图 6。



图 6 托盘结构
Fig.6 Pallet structure

2.4 托盘的堆码和固定

太阳能组合件属于大型纸箱的机电产品包装, 因此, 每一个托盘上仅放置一个包装箱。将产品按照要求打包完成后, 将托盘和瓦楞纸箱整体的横向和纵向各利用 3 条 PET 捆扎带交叉捆扎, 其中, 捆扎带的宽度按照国标要求, 根据整体包装规格, 宽度为 30 mm, 厚度为 1.5 mm, 并且捆扎顺序应为先进行横向捆扎, 并应先从底层货物开始捆扎, 然后再进行纵向捆扎, 成为一个整体包装件, 其整体设计和分解效果见图 7。

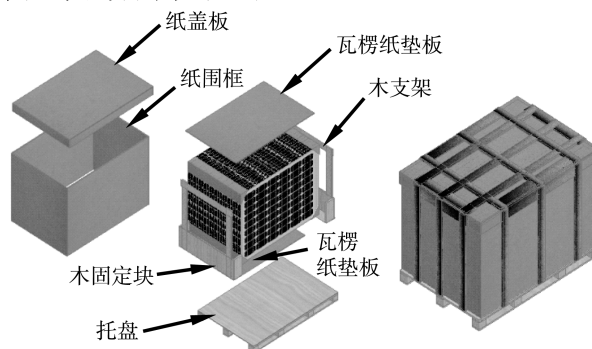


图 7 整体设计分解和打包
Fig.7 Composition and packaging of overall design

2.5 防潮包装

太阳能组件在物流运输过程中可能会受到湿度因素的影响, 因此, 在包装过程中采用铝塑薄膜和干燥剂进行防潮包装^[12-13]。一般干燥剂的简单计算:

$$m = \frac{1}{2K'} V \quad (3)$$

式中: m 为干燥剂质量(g); K' 为干燥剂的吸湿率关系系数; V 为包装容器的内部容积(dm³)。

包装箱的内部容积为 1794.71 dm³, 采用细孔硅胶做干燥剂, $K'=1$, 则需用干燥剂质量 $m=897.36\text{ g}$ 。

3 整体包装过程

太阳能组件整体包装过程: 将胶合板托盘放于待打包区域; 将木质固定块钉合在托盘面板两侧, 在木质固定块之间托盘面板的均衡位置放置2条PET打包带, 将瓦楞纸垫板放于上面; 将太阳能组件20片放于瓦楞纸垫板上, 其组件的片与片之间有纸护角防护, 最后用之前放置的PET打包带进行捆扎, 为纵向2道; 将木支架放置在木固定块插槽中, 使之配合在一起, 对产品进行支撑保护作用, 要求无漏钉、冒钉; 用铝塑薄膜裹包产品, 放入一定剂量的干燥剂, 然后将纸围框套合在内包装产品上; 将瓦楞纸盖板放于内包装产品上部; 盖上纸盖板, 完成外包装的组装; 用PET打包带对外包装箱横向和纵向各3条进行打包, 完成包装过程^[14-16], 见图8。

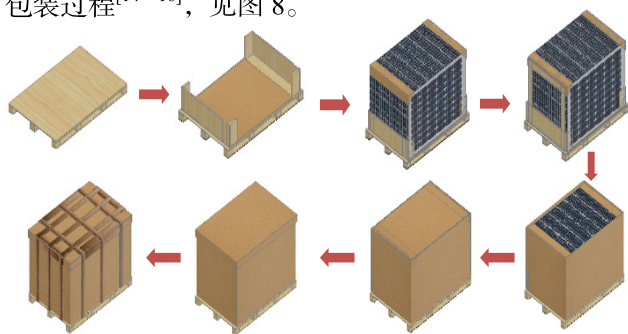


图8 太阳能组件整体包装过程

Fig.8 Overall packaging process of solar components

4 结语

太阳能组件的整体包装设计还需要考虑很多的因素, 如具体的物流工况, 缓冲材料随温湿度变化的具体性能参数的改变, 需要更多的数据和测试做支撑。太阳能组件的整体包装设计从缓冲内包装, 到外包装箱和托盘设计及校核, 防潮方法和措施, 整体打包过程等系统的设计, 能够紧贴太阳能组件包装的实际, 从产品具体性能出发, 在满足基本的运输包装要求的同时, 能够降低成本, 提高效率, 为实际的包装过程提供理论依据和支持。从包装材料的选择, 包装技术的应用, 相关包装技术数据的计算和校核, 文中都进行了严密的分析和论证, 以节能环保、高效增值为出发点, 为小型机电产品的整体包装设计提供了思路和方法, 促进了包装技术和理论的发展和进步。

参考文献:

- [1] 高德. 包装应用力学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
GAO De. Applied Mechanics for Packaging[M]. Beijing: Chinese Light Industry Press, 2013.
- [2] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2012.
PENG Guo-xun. Logistics Transportation Packaging Design[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2012.
- [3] 山静民. 包装测试技术[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2013.
SHAN Jing-min. Packaging Test Technology[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2013.
- [4] GB/T 13384—2008, 机电产品包装通用技术条件[S].
GB/T 13384—2008, General Specifications for Packaging of Mechanical and Electrical Product[S].
- [5] 刘继飞, 韩雪山. 蠕变对发泡聚乙烯缓冲性能影响的研究[J]. 包装工程, 2014, 35(3): 48—51.
LIU Ji-fei, HAN Xue-shan. Effects of Cushion Property of Foamed Polyethylene EPE Cushioning Material Exerted by the Creep[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(3): 48—51.
- [6] 丁毅, 于志慧, 许曼. 快装箱顶盖力学模型的建立及研究[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 62—63.
DING Yi, YU Zhi-hui, XU Man. Establishment and Study of Mechanical Model of Quickly Assembling Box Cover[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 62—63.
- [7] 巩桂芬, 殷科, 兰明. 重型机电产品完整包装解决方案研究[J]. 包装工程, 2012, 33(13): 80—83.
GONG Gui-fen, YIN Ke, LAN Ming. Study of Complete Packaging Solutions of Heavy Machinery and Electronic Products[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13): 80—83.
- [8] MASSO-MOREU Y. Finite Element Analysis Applied to Polyethylene Foam Cushion in Package Drop Tests[J]. Packaging Technology and Science Materials, 2012, 43(1): 39—41.
- [9] 刘乘, 吴莎. 测试缓冲材料性能的方法及其分析[J]. 包装工程, 2011, 32(13): 25—27.
LIU Cheng, WU Sha. Cushioning Material Properties Testing Methods and Analysis[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 25—27.
- [10] 刘乘, 任亚东. 几种常用缓冲材料的性能研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 117—119.
LIU Cheng, REN Ya-dong. Research on Properties of Several Cushion Materials[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 117—119.

- [11] 奚德昌, 高德. 缓冲包装材料的本构建模研究进展[J]. 包装工程, 2011, 32(1): 1—4.
XI De-chang, GAO De. The Review on Constitutive Modeling of Cushion Packaging Materials[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(1): 1—4.
- [12] JEONG K Y, CHONSS, MUNSHI M B. A Constitutive Model for Polyurethane Foam with Strain Rate Sensitivity[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2012, 26(7): 2033—2038.
- [13] 段宁宁, 陈安军. 矩形脉冲激励下斜支承系统易损件的冲击特性研究[J]. 包装工程, 2013, 34(7): 21—24.
DUAN Ning-ning, CHEN An-jun. Shock Characteristics of Vulnerable Components of Tilted Support System under Rectangular Pulse Excitation[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(7): 21—24.
- [14] 刘冰, 阮红斌, 曹海斌, 等. 蜂窝-瓦楞复合纸板的面外承载及静态缓冲性能研究[J]. 包装工程, 2012, 33(7): 4—8.
LIU Bing, RUAN Hong-bin, CAO Hai-bin, et al. Research on Outside Bearing and Static Cushioning Performance of Honeycomb-corrugated Composite Paperboard[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(7): 4—8.
- [15] 陈满儒, 马卫静, 李强. 太阳能电池板的运输包装设计[J]. 包装工程, 2010, 31(19): 46—49.
CHEN Man-ru, MA Wei-jing, LI Qiang. Transport Packaging Design for Solar Panels[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(19): 46—49.
- [16] 刘筱霞, 王强, 张艳春. 基于现场捆包包装技术模式的探讨[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 58—61.
LIU Xiao-xia, WANG Qiang, ZHANG Yan-chun. On Packaging Mode Based on Strapping in Place[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 58—61.