

基于集装箱装载优化的太阳能组件包装模型

洪雪琴, 陆佳平, 王艳菊

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: 针对太阳能组件包装在集装箱内的合理装载布局问题, 提出了根据集装箱尺寸来设计改变运输包装件尺寸的方法。通过对运输包装件尺寸、组件产品装载数量和集装箱装载效率 3 者之间关系的计算, 得出了较合理的太阳能组件包装模型, 实现了集装箱装载效率最大化、包装方式的最优化, 为行业产品包装提供理论依据和参考价值。

关键词: 太阳能组件; 包装模型; 集装箱装载; 利用率

中图分类号: TB482.2; TB485.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)15-0061-03

Solar Energy Components Packaging Model Based on Container Loading Optimization

HONG Xue-qin, LU Jia-ping, WANG Yan-ju

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: A method of changing transportation package size according to container size was put forward to solve the layout problem of solar components packaging reasonably loaded in the container. A reasonable solar components packaging model was obtained through calculation of the relationship among transportation package size, components loading number, and container loading efficiency, in order to maximize the efficiency of container loading and optimize of the packaging. The purpose was to provide theoretical basis and reference for industry product packaging.

Key words: solar components; packaging model; container loading; utilization efficiency

通常组件包装通过集装箱运输发送到各个销售地, 业界主要研究组件包装的安全性为主, 较少研究组件包装的集装箱利用率, 导致其集装箱的利用率普遍偏低。数据显示某些企业其组件的集装箱空间利用率在 22%~54% 之间。目前在集装箱装载优化方面的研究, 主要是通过合理布局包装件在集装箱内的放置方式来提高集装箱的装载效率^[1-6]。笔者通过改变组件的整体运输包装方式来提高集装箱利用率, 以使企业获得更多的经济效益, 并减少资源浪费。

1 太阳能组件结构特点和集装箱装载要求

太阳能组件通常是由玻璃、EVA、电池片、玻璃纤维和背板自下而上封装而成, 铝框装在玻璃组件上, 组件产品示例见图 1, 组件的结构具有易碎、易磨损、

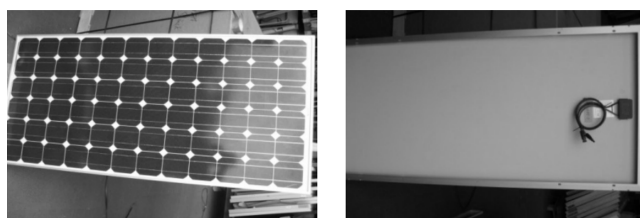


图 1 太阳能组件

Fig. 1 Solar energy component

较薄、长宽比例大等特点, 其中铝框具有承载和固定作用。文中以结构尺寸为 $l \times w \times h = 1580 \text{ mm} \times 808 \text{ mm} \times 35 \text{ mm}$, 单片质量为 15.5 kg 的太阳能组件为主要分析对象。

集装箱的装载要求主要有 2 种: 一是在集装箱的数量和待装货物的数量都有限的条件下, 使集装箱的

收稿日期: 2012-05-19

作者简介: 洪雪琴(1987—), 女, 浙江人, 江南大学硕士生, 主攻运输包装。

利用率达到最高;二是在集装箱数量固定而待装货物无限的条件下,使集装箱的利用率达到最高^[7]。所要研究的内容属于第2种情况。

根据太阳能组件的结构特点,集装箱在装载中的约束条件^[8]如下:

1) 倒向的约束。在装载过程中,包装件的摆放方向受约束,托盘必须放在底部,不能倒置。

2) 耐压能力的约束。在装载过程中,包装件所能承受的最大压力受限制,即组件所能承受的最大压力受限制,否则包装件和组件会被上面的包装件损坏,所以装载层数和单元货载的组件个数要受限制。

3) 箱体最大载重的约束。装载结束后,包装件的总重量不得超过集装箱的最大限重。

4) 包装件不得悬空放置,必须完全放置在另一件包装件的上面。

5) 包装件的总尺寸不得超过集装箱的总尺寸。

2 集装箱的装载优化

以40尺高柜集装箱为例,结合数学规划法来优化组件单元货载尺寸和集装箱的装载方式。

2.1 建立数学模型

将集装箱的装载优化问题简化为数学模型,优化目标是求取集装箱的空间利用率和组件装载数量的最大化。目标函数可表示为: $F = AF_1 + (1-A)F_2$,其中 A 为空间利用率,表示在总体利用率的重要度, F_1 为集装箱的空间利用率, F_2 为集装箱组件的装载量。组件包装采用集装箱运输,其运输成本的衡量指标是单片组件的运输总成本,因此集装箱的装载优化主要是使得每个集装箱组件的装载量达到最大化。

2.2 理想状态下组件装载量理论值的计算

40尺高柜集装箱的尺寸为 $L \times W \times H = 11950 \text{ mm} \times 2300 \text{ mm} \times 2350 \text{ mm}$ 。在不考虑包装材料所占的空间尺寸和组件的放置方式一致的情况下,设集装箱装载的组件个数能达到的最大理论值为 N , N 可以由式(1)计算得到。

$$N_1 = \frac{L}{l} \times \frac{W}{w} \times \frac{H}{h}$$

$$N_2 = \frac{L}{w} \times \frac{W}{l} \times \frac{H}{h}$$

$$N_3 = \frac{L}{l} \times \frac{W}{h} \times \frac{H}{w}$$

$$N_4 = \frac{L}{h} \times \frac{W}{l} \times \frac{H}{w}$$

$$N_5 = \frac{L}{w} \times \frac{W}{h} \times \frac{H}{l}$$

$$N_6 = \frac{L}{h} \times \frac{W}{w} \times \frac{H}{l}$$

$$\text{则 } N = \max(N_1, N_2, \dots, N_6) \quad (1)$$

由式(1)计算所得 N 为3752,这个数值是理论值,实际中是不可能达到的,以下的计算以最大化接近这个值为目标。

2.3 包装件内组件放置方式的确定

设包装件内缓冲衬垫、包装箱、托盘等所占的空间总尺寸为 $l_1 \times w_1 \times h_1$,集装箱中包装件为两层堆码,装载的组件个数能达到的最大值为 n 。以某企业的太阳能组件包装为例,对其进行集装箱装载优化。选择该企业内部最优的包装方式,并参考其外包装材料的空间尺寸($l_2 \times w_2 \times h_2 = 45 \text{ mm} \times 45 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$)。考虑到组件之间须放隔离材料,则组件侧放情况下, $l_1 \times w_1 \times h_1 = 50 \text{ mm} \times 110 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$;组件平放情况下, $l_1 \times w_1 \times h_1 = 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 260 \text{ mm}$ 。 n 可由式(2)计算得到。

$$n_1 = \frac{L-7l_1}{l} \times \frac{W-2w_1}{w} \times \frac{H-2h_1}{h}$$

$$n_2 = \frac{L-13w_1}{w} \times \frac{W-l_1}{l} \times \frac{H-2h_1}{h}$$

$$n_3 = \frac{L-7l_1}{l} \times \frac{W-2h_1}{l} \times \frac{H-2w_1}{w}$$

$$n_4 = \frac{L-2h_1}{h} \times \frac{W-l_1}{l} \times \frac{H-2w_1}{w}$$

$$n_5 = \frac{L-13w_1}{w} \times \frac{W-2h_1}{h} \times \frac{H-l_1}{l}$$

$$n_6 = \frac{L-2h_1}{h} \times \frac{W-2w_1}{w} \times \frac{H-2l_1}{l}$$

$$\text{则 } n = \max(n_1, n_2, \dots, n_6) \quad (2)$$

n_1 所对应的包装方式称为包装方式(1),依次类推,各包装方式与集装箱的空间关系见图2,其中 L 表示集装箱的长度方向, H 表示集装箱的高度方向。由式(2)可知,组件的集装箱装载率与组件的包装方式直接相关,当组件的包装方式改变时,对应集装箱的装载方式也应相应改变。反之,根据集装箱的装载方式也可以改变组件的对应包装方式。将 l_1, w_1 和 h_1 带入式(2),可得 $n = \max(728, 676, 756, 660, 702, 660)$,由结果可知,包装方式1和包装方式3所对应的集装箱装载效率较优。

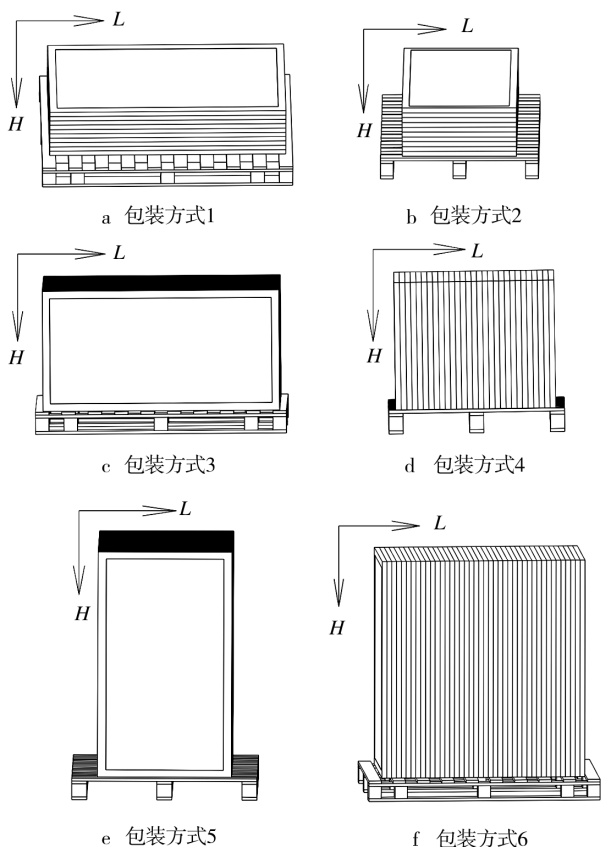


图2 组件的6种包装方式

Fig. 2 Six packaging modes of the components

3 优化的组件包装模型

根据式(2)的计算,包装方式1是组件平放包装,其集装箱装载后,集装箱的空余空间尺寸为 $540\text{ mm} \times 584\text{ mm} \times 10\text{ mm}$,即长、宽、高3个方向的空余尺寸占集装箱对应方向的尺寸比例为 4.5% 、 25.4% 和 0.4% ,因此其在集装箱中的空间浪费主要由宽度方向的空余引起的。而包装方式3是组件立放,其集装箱装载后,集装箱的空余空间尺寸为 $540\text{ mm} \times 10\text{ mm} \times 514\text{ mm}$,即长、宽、高3个方向的空余尺寸占集装箱对应方向的尺寸比例为 4.5% 、 0.4% 和 21.9% ,因此其在集装箱中的空间浪费主要是由高度的空余引起的。

针对包装方式1和包装方式3的优缺点,可以采取混合包装方式提高利用率,见图3。方式之一是以包装方式1为基础,在平放组件的两边侧放一定数量的组件;方式之二是立方组件上方平放一定数量的组件。以混合包装方式一为例,根据计算结果,集装箱一共可放置混合包装方式一的组件数为28托,每个

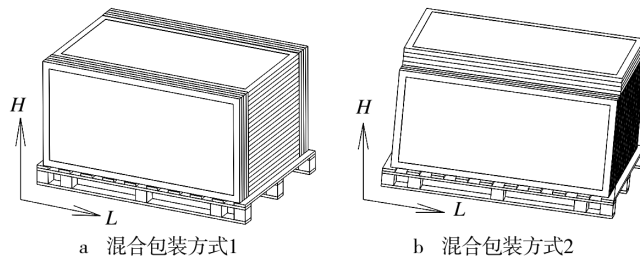


图3 组件的混合放置包装模型

Fig. 3 Packaging model of components mixed placement

包装件中立放组件8个,平放组件26个,装载的组件总数为952个,集装箱的组件空间利用率为 65.86% ,较现有的各种组件包装方式均有大幅度提高。

4 结论

通过对太阳能组件集装箱装载问题的分析,提出了针对太阳能组件集装箱装载的约束条件。基于特定包装对象及运输柜箱,通过分析集装箱的装载优化理论,提出了合理优化的组件包装模型。为寻求集装箱装载优化,其具体步骤方法为:建立数学模型、理想状态下的理论值计算、包装方式的确定、优化包装模型。研究独特之处在于根据集装箱的尺寸来设计包装件的尺寸,并以此为依据设计改变组件的排列方式和数量,最大限度地利用集装箱的空间,提高运输包装效率。

参考文献:

- [1] 陈少为,杨涛,杨传民.立方体包装件集装优化及可视化研究[J].包装工程,2004,25(2):79-80.
CHEN Shao-wei, YANG Tao, YANG Chuan-min. Discontinuous Optimization on the Spatial Containerization of Cubic Package and Visualizing[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(2): 79-80.
- [2] 靳志宏,兰辉,郭贝贝.基于现实约束的集装箱配载优化及可视化[J].系统工程理论与实践,2010,30(9):1722-1728.
JIN Zhi-hong, LAN Hui, GUO Bei-bei. Optimization and Visualization of the Container Loading Problems with Realistic Constraints[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2010, 30(9): 1722-1728.
- [3] 庄风庭,张磊,张春鲜,等.基于蚁群算法的集装箱装载问题[J].江南大学学报,2007,6(6):795-799.

(下转第124页)

- [J]. 包装工程, 2009, 30 (1): 89—90.
- DONG Hai-rong, TANG Zheng-ning. Analysis and Calculation of the Width and Thickness of Ink-jet Printing Film[J]. Package Engineering, 2009, 30(1): 89—90.
- [2] JUNG H C, CHO S H, JOUNG J W, et al. Studies on Inkjet-Printed Conducting Lines for Electronic Devices[J]. Journal of Electronic Materials, 2007, 36(9): 1211—1218.
- [3] AMIN Y, PROKKOLA S, BOTAO S, et al. Inkjet Printed Paper Based Quadrate Bowtie Antennas for UHF RFID Tags[C]. 11th International Conference on Advanced Communication Technology, 2009: 109—112.
- [4] VIRTANEN J, UKKONEN L, BJRNINEN T, et al. Inkjet-Printed Humidity Sensor for Passive UHF RFID Systems[J]. IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, 2011, 60(8): 2768—2777.
- [5] LAKAFOSIS V, RIDA A, RVIYAS, et al. Progress Towards the First Wireless Sensor Networks Consisting of Inkjet-Printed, Paper-Based RFID-Enabled Sensor Tags[J]. Proceedings of the IEEE, 2010, 98(9): 1601—1609.
- [6] TENTZERIS M M. Novel Paper-based Inkjet-printed Antennas and Wireless Sensor Modules, IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems, 2008: 1—8.
- [7] BJRNINEN T, ELSHERBENI A Z, UKKONEN L. Low-Profile Conformal UHF RFID Tag Antenna for Integration With Water Bottles, Ieee Antennas and Wireless Propagation Letters, 2011, 10: 1147—1150.
- [8] VIRTANEN J, BJRNINEN T, UKKONEN L, et al. The Effect of Conductor Thickness in Passive Inkjet Printed RFID Tags, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, 2010: 1—4.
- [9] SIDEN J, OLSSON T, KOPTIOUG A, et al. Reduced Amount of Conductive Ink with Gridded Printed Antennas, Polytronic 2005. 5th International Conference on Polymers and Adhesives in Microelectronics and Photonics, Polytronic, 2005: 86—89.
- [10] 曹丽娜, 钱军浩, 导电油墨厚度对 RFID 标签天线辐射效率的影响[J]. 包装工程, 2012, 33 (5): 122—125.
- CAO Li-na, QIAN Jun-hao, Influence of Conductive Ink Thickness on Radiation Efficiency of RFID Tag Antenna[J]. Package Engineering, 2012, 33 (5): 122—125.
- [11] 吴光远, 钱军浩, 唐铖. 基于电子标签导电油墨厚度的研究[J]. 包装工程, 2012, 33 (5): 119—121.
- WU Guang-yuan, QIAN Jun-hao, TANG Cheng. Research on Electrically Conductive Ink Thickness Based on RFID[J]. Package Engineering, 2012, 33 (5): 119—121.
- [12] SIDEN J, FEIN M K, KOPTYUG A, et al. Printed Antennas with Variable Conductive Ink Layer Thickness, Microwaves, Antennas & Propagation, IET, 2007, 1(2): 401—407.
- [13] Alien Higgs-3 RFID IC, Product Overview, Available Online: <http://www.alientechnology.com/docs/products/Alien-Technology-Higgs-3-ALC-360.pdf>, Viewed On March 3, 2012.
- [14] MARROCCO G. The Art of UHF RFID Antenna Design: Impedance-matching and Size-reduction Techniques, Antennas and Propagation Magazine, IEEE, 2008, 50(1): 66—79.
- [15] Fujifilm, Dimatix DMP-2800 Materials Printer, Overview, Available Online: http://www.fujifilmusa.com/products/industrial_inkjet_printheads/deposition-products/dmp-2800/index.html, Viewed On March 3, 2012.

(上接第 63 页)

- ZHUANG Feng-ting, ZHANG Lei, ZHANG Chun-xian, et al. Research on Solution to Container Loading Problem Based on Ant Colony Optimization[J]. Journal of Jiangnan University, 2007, 6(6): 795—799.
- [4] 刘嘉敏, 刘晓楠, 黄有群. 具有承载能力约束的集装箱装入问题的求解方法[J]. 计算机工程与设计, 2009, 30 (22): 5204—5220.
- LIU Jia-min, LIU Xiao-nan, HUANG You-qun. Approach to Container Loading with Load Bearing Strength[J]. Computer Engineering and Design, 2009, 30 (22): 5204—5220.
- [5] SCULLI D, HUI C F. Three-dimensional Stacking of Containers[J]. Omega, 1988, 16(6): 585—594.
- [6] GEORGE J A. A Method for Solving Container Packing of a Single Size of Box[J]. Journal of Operational Research Society, 1992, 43(4): 307—312.
- [7] 何大勇, 鄂明成, 查建中, 等. 基于空间分解的集装箱布局启发式算法及布局空间利用率规律[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2000, 12(5): 367—370.
- HE Da-yong, E Ming-cheng, CHA Jian-zhong, et al. A Heuristic Approach to Container Loading Problem Based on Space Decomposition and A Rule for Usage Rate of Packing Space[J]. Journal of Computer Aided Design & Computer Graphics, 2000, 12(5): 367—370.
- [8] 雍文君. 多约束三维装箱问题的研究及实现[D]. 西安: 西安理工大学, 2008.
- YONG Wen-jun. The Research and Implement of Mulyi-constraints 3D Bin-packing[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2008.