

几种常见缓冲托盘的缓冲材料研究

沈训乐, 刘 乘

(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: 对应用于大型工业设备的缓冲托盘的常用缓冲材料: 防震垫圈、单层发泡聚乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物进行了介绍。试验研究了其中 2 种泡沫材料的静态压缩、跌落冲击性能曲线, 为缓冲托盘的设计提供理论根据。

关键词: 缓冲托盘材料; 性能曲线; 缓冲托盘设计

中图分类号: TB485.1; TB482.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)01-0046-03

Study of Several Cushioning Materials Commonly Used for Cushioning Pallet

SHEN Xun-le, LIU Cheng

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

Abstract: Skid-mate, planked EPE, and EVA which were commonly used for cushioning pallet of large industrial facilities were introduced. Static compression, dynamic compression and vibration transmissibility curves of 2 kinds of foam were obtained from experiments. The purpose was to provide theoretic basis for cushion pallet design.

Key words: material for cushioning pallet; performance curve; cushion pallet design

在缓冲包装设计理论中, 托盘定义为便于装卸、运输、仓储、使用的集装单元工具^[1], 托盘的设计是根据需求和使用工况进行选择, 托盘的缓冲性能不作为其功能要求。在传统缓冲包装设计中如果产品需要缓冲保护, 一般是单独设计其缓冲包装^[2]。在一些大型工业设备的包装中, 设备需要固定在底座托盘上, 或者因为设备重、体积庞大, 为了节约成本, 只在托盘底部进行缓冲的缓冲托盘, 笔者主要研究其常用的缓冲材料的性能和在托盘设计中的应用。

1 缓冲托盘的常用材料介绍及结构设计

1.1 防震垫圈

1.1.1 防震垫圈缓冲托盘设计方法

防震垫圈是空气防震装置, 它通过螺栓板条箱和托盘连接, 便于操作, 而且极大地降低产品在装卸过程中由冲击和振动造成的破坏, 在医疗设备等的包装中得到了广泛的应用。对防震垫圈托盘的设计, 业内根据防震垫圈的颜色和产品的质量来选择使用防震

垫圈的个数, 避免繁琐的试验过程。每种颜色对应的承载能力见表 1。

表 1 不同颜色的防震垫圈对应的承载力范围

Tab.1 Different colors of skid-mates corresponding to specific load range

颜色	褐色	绿色	黄色	蓝色	橙色
承载范围	9.1~	13.6~	20.4~	31.8~	56.7~
/kg	15.9	22.7	36.3	56.7	102

设计人员根据表 1 数据、产品质量、托盘结构合理选择防震垫圈的颜色和数量, 进行缓冲托盘设计。

1.1.2 防震垫圈缓冲托盘的结构设计

防震垫圈缓冲托盘设计有 2 种结构: 垫圈上下均有木板将其固定, 见图 1, 一种垫圈直接着地, 见图 2。

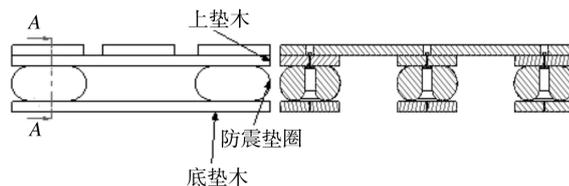


图 1 防震垫圈托盘结构 1

Fig. 1 Structure 1 of skid-mate pallet

收稿日期: 2011-10-08

作者简介: 沈训乐(1986—), 男, 江西九江人, 陕西科技大学硕士生, 主攻运输包装、包装测试技术。

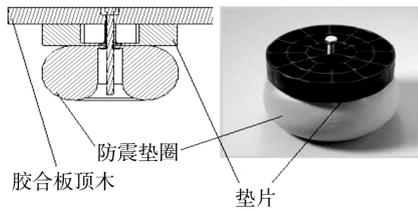


图2 防震垫圈托盘结构 2

Fig. 2 Structure 2 of skid-mate pallet

对于防震垫圈直接着地的托盘,为了适合所有的叉车进叉,需在顶部垫一个黑色垫圈,以便于叉车进叉,见图 2。

1.2 单层 EPE 发泡材料

1.2.1 单层 EPE 发泡材料

单层 EPE 发泡材料俗称 ethafoam,采用一次发泡成型相应的厚度,国产泡沫一般是先发泡成 3~10 mm 的片材,而后根据要求通过热力作用粘合成需要的厚度。ethafoam 柔韧、质轻,富有弹性,克服了国产泡沫易碎、变形、回复性差等缺点。目前行业内应用于重型设备的缓冲托盘的 ethafoam 的密度一般为 64 kg/m^3 ,它具有良好的承载性能和缓冲防震性能。

1.2.2 ethafoam 缓冲托盘的结构设计

缓冲托盘一般包括:胶合板、缓冲材料。胶合板一方面起到承载作用,使托盘具有一定的刚度,另一方面起连接缓冲材料的作用。其结构见图 3,泡沫和上下胶合板采用螺栓连接固定,螺栓需要一定的预紧力,避免缓冲材料变形时螺栓的松动,变形量大时螺栓可能戳穿包装件。

1.3 EVA

EVA 乙烯-醋酸乙烯共聚物,是新型环保材料,具有良好的缓冲隔振性能、承载能力、耐热、防潮、韧性好^[3]。在缓冲托盘中,若以 EVA 作为缓冲材料,一般使用密度为 120 kg/m^3 的 EVA,其与胶合板连接结构与 ethafoam 相同,见图 3。

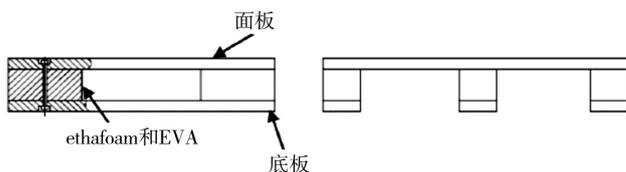
图3 泡沫材料缓冲托盘结构^[3]

Fig. 3 Structure of foam cushioning pallet

2 2种缓冲材料的性能测试

在利用 ethafoam 和 EVA 做缓冲托盘时,常用 64 kg/m^3 的 ethafoam 和密度为 120 kg/m^3 的 EVA,厚度为 75~90 mm。下面对这 2 种泡沫的静态压缩、动态冲击测定,对比 2 种材料的性能,为缓冲托盘设计提供理论参考。试验的初始条件:温度 $15 \text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度 74%。

2.1 静态压缩性能

对比不同材料的应力-应变曲线,可以得出材料应力随应变变化的快慢,从而判断材料的变形效率;缓冲系数-最大静应力曲线是缓冲材料的缓冲性能的表现,它与厚度、面积无关,只与材料本身和材料的密度相关。密度为 64 kg/m^3 的单层 EPE,密度为 120 kg/m^3 的 EVA,材料面积均为 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$,厚度为 75 mm。试验根据 GB/T 4857.4-2008,采用 YE-50 压力试验机,以 10 mm/min 移动试验机的下压板,压力、位移传感器数据经数据采集卡的 AD 转换,实时显示压力-位移曲线,经数据处理得到应力-应变曲线、缓冲系数-最大静应力曲线^[4],见图 4 和 5。

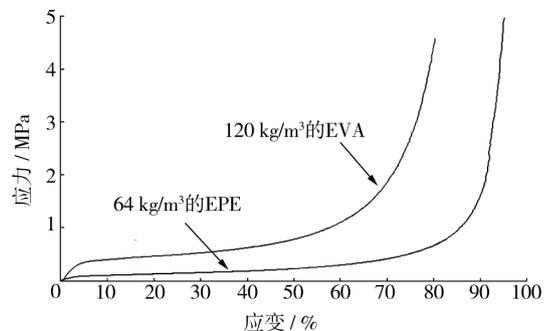


图4 EPE 和 EVA 的应力-应变曲线

Fig. 4 Stress-strain curves of EPE and EVA

1) 从图 4 可以看出,在相同应变下, 120 kg/m^3 的 EVA 的应力要远大于 64 kg/m^3 的 EPE,证明在该试验条件下,EVA 相对于 EPE 是硬质材料。

2) 从图 5 可以看出不同材料缓冲系数的极值点:EPE 在应力为 0.2 MPa 达到缓冲系数的极值点,而 EVA 在 0.6 MPa 时达到缓冲系数的极值点,缓冲效果最好,因此在缓冲托盘设计时,针对不同质量的产品,综合考虑成本、缓冲效率因素,在两者之间选择合适的面积进行缓冲。

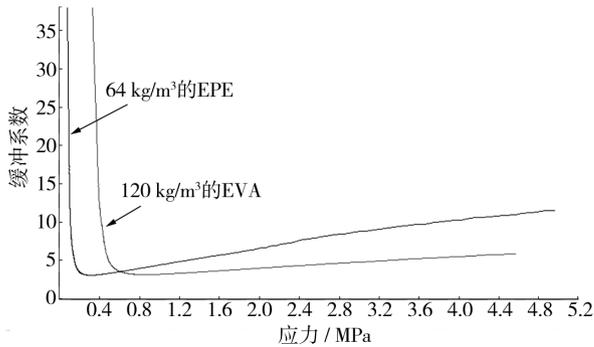


图5 EPE和EVA的缓冲系数-最大静应力曲线

Fig. 5 $C-s_m$ curves of EPE and EVA

2.2 动态缓冲性能

为了更接近于包装在运输过程中的承载能力,研究缓冲材料的抗冲击性能,通过最大加速度-静应力曲线进行动态缓冲包装设计^[5]。此研究针对大型工业设备,质量较大,为了便于研究和节约试验成本,因此跌落高度设置为450 mm。试验根据GB/T 8167-2008,设置5种重锤质量,每种重锤质量5块样品,每块样品5次试验,取5次试验的峰值加速度的平均值,而后将5块样品的峰值加速度平均值再作平均,得到该应力下的峰值加速度。经过125次试验,得到5个应力点对应的最大冲击响应加速度,再由最小二乘法拟合得到最大加速度-静应力曲线,根据动态缓冲特性曲线指导缓冲托盘设计^[6]。试验结果见图6,

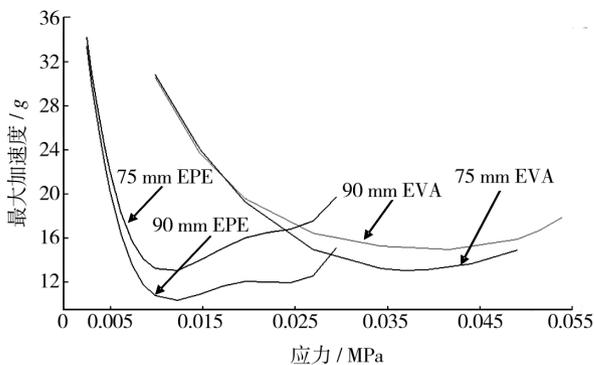


图6 EPE和EVA的最大加速度-静应力曲线

Fig. 6 Maximum acceleration-static stress curves of EPE and EVA

可以看出:EPE的冲击响应加速度的合理范围的应力值比EVA要小,因此要根据产品所受静应力大小合理选择材料;相同密度和面积下,75 mm的EPE比90 mm的EPE响应加速度更大,而75 mm的EVA

比90 mm的EVA响应加速度要小,证明并不是缓冲材料越厚越好,因此在缓冲设计时,要合理选择缓冲材料的厚度。

上述测定方法是依据国标法,如果需要测定在其他跌落高度下不同厚度材料的最大加速度-静应力曲线,可使用应力-能量法^[7]:

$$G_m = \frac{ae^{bE}}{\sigma_{st}} \quad (1)$$

根据在跌落高度450 mm,厚度为75 mm的125次跌落试验,求出参数 a, b 值,可得到该密度的材料在不同跌落高度和不同厚度情况下的系列最大加速度-静应力曲线。用应力-能量法确定缓冲材料最大加速度-静应力曲线的方法简便易行,但是其前提是缓冲材料在受到冲击过程中没有能量损失,即重锤跌落的重力势能全部被缓冲材料吸收^[8]。因此只能在一些没有精确度要求的缓冲设计中,可作为设计人员首选考虑方法。

3 结论

研究了3种缓冲托盘常用缓冲材料:防振垫圈、进口发泡聚乙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物橡塑制品的托盘结构固定方式和设计准则,3种缓冲材料都采用螺栓和胶合板固定,虽然托盘价格超过木质托盘,但是其相对木质托盘,拥有良好的缓冲性能,尤其是某些大型工业设备,需要固定在底座托盘上,对托盘进行缓冲,可以省去或节约内部缓冲材料,一方面节约了总体包装材料成本,另一方面降低了体积,节省物流成本,总体包装成本可以降低。

通过EPE和EVA材料试验结果可以看出:

1) 静态压缩试验EPE的缓冲系数极值点对应的应力要小于EVA,因此根据缓冲系数-最大静应力曲线设计时,最大静应力在0.2 MPa附近,选择EPE比EVA更适宜,而在最大静应力0.6 MPa附近,选择EVA更适宜。

2) 动态压缩试验测试结果表明:EPE的冲击响应加速度的合理范围的应力值比EVA要小,因此在利用最大加速度-静应力曲线进行缓冲设计,应根据静应力大小,合理选择EPE或EVA;当静应力在0.01 MPa附近,选择EPE冲击响应加速度比EVA小,而静应力在0.035 MPa附近,选择EVA冲击响应加速度比EPE小。因此应根据该缓冲曲线,合理

(下转第66页)

- neering, 2006, 27(6): 136-138.
- [3] 余震, 缪宪文, 袁根福. 薄钢板激光焊接实验研究[J]. 现代制造工程, 2005(12): 75-76.
YU Zhen, MIAO Xian-wen, YUAN Gen-fu. Technology Research on Thin Metal Sheet by Laser Welding[J]. Modern Manufacturing Engineering, 2005(12): 75-76.
- [4] 彭小祥. 影响金属容器成装上底的因素[J]. 包装工程, 1991, 12(2): 104.
PENG Xiao-xiang. The Factors of Metal Containers Forming[J]. Packaging Engineering, 1991, 12(2): 104.
- [5] 俞肇庆, 徐明唐. 马口铁包装罐电阻焊接缝工艺与频率[J]. 包装工程, 1992, 13(3): 144-145.
YU Zhao-qing, XU Ming-tang. Research on Technology and Frequency of Tin Cans Resistance Welding[J]. Packaging Engineering, 1992, 13(3): 144-145.
- [6] 余震, 缪宪文, 袁根福. 薄板激光拼焊工艺研究[J]. 电焊机, 2005(10): 40-42.
YU Zhen, MIAO Xian-wen, YUAN Gen-fu. Technology Research on Laser Welding Thin Metal Sheet[J]. Electric Welding Machine, 2005(10): 40-42.
- [7] 游德勇, 高向东. 激光焊接技术的研究现状与展望[J]. 焊接技术, 2008(4): 22-25.
YOU De-yong, GAO Xiang-dong. Studies and Prospects of Laser Welding Technology[J]. Welding Technology, 2008(4): 22-25.
- [8] 张文毓. 激光焊接技术的研究现状与应用[J]. 新技术新工艺, 2009(1): 48-51.
ZHANG Wen-yu. Research Situation and Application of Laser Welding Technology[J]. New Technology & New Process, 2009(1): 48-51.
- [9] 吴美彬. 影响电阻食品罐焊接质量的因素[J]. 食品科学, 1994, 15(3): 59-63.
WU Mei-bing. The Factors of Resistance Welding Quality of Food Cans[J]. Food Science, 1994, 15(3): 59-63.
- [10] 彭国勋, 刘筱霞. 国内外包装新技术的发展动向[J]. 包装工程, 2003, 24(5): 110-112.
PENG Guo-xun, LIU Xiao-xia. Domestic and International Packaging Trends in the Development of New Technologies[J]. Packaging Engineering, 2003, 24(5): 110-112.

(上接第 48 页)

选择材料和面积, 既能使冲击响应加速度最小, 又可以选择最省材料的应力点。

参考文献:

- [1] 彭国勋. 物流运输包装设计[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2006.
PENG Guo-xun. Logistics and Transport Packaging Design[M]. Beijing: Graphic Communications Press, 2006.
- [2] 陈满儒, 马领校. EPE 泡沫缓冲托盘结构设计[J]. 包装工程, 2010, 31(15): 66-68.
CHEN Man-ru, MA Ling-xiao. Structural Design of EPE Foam Cushioning Pallet[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(15): 66-68.
- [3] 陈满儒, 马卫静. 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. Transport Packaging Design for Solar Panels[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(19): 46-49.
- [4] 明星, 赵燕, 卢杰, 等. 基于静态压缩试验的缓冲包装材料性能对比分析[J]. 包装工程, 2006, 27(2): 59-61.
MING Xing, ZHAO Yan, LU Jie, et al. Contrast and Analysis of Packaging Material Buffering Performance Based on Static Compression Testing[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(2): 59-61.
- [5] 刘乘, 任亚东. 几种常用材料缓冲的性能研究[J]. 包装工程, 2010, 31(7): 117-119.
LIU Cheng, REN Ya-dong. Research on Properties of Several Cushion Material[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(7): 117-119.
- [6] 郭彦峰, 张景绘. 蜂窝纸板动态缓冲特性曲线测试分析[J]. 包装工程, 2002, 23(6): 6-8.
GUO Yan-feng, ZHANG Jing-hui. Test and Analysis of Dynamic Cushioning Property of Honeycomb Paperboard[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(6): 6-8.
- [7] 张波涛. 应力-能量法在测定泡沫塑料缓冲曲线中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(1): 59-60.
ZHANG Bo-tao. Application of the Stress-energy Method in Determining Cushion Curves of Foam Material[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(1): 59-60.
- [8] 刘乘, 吴莎. 测定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.