

空气垫缓冲包装承载性验证及影响分析

济南兰光机电技术有限公司

摘要：空气垫是一种应用广泛的缓冲包装材料，集经济环保效益于一体。承载性，是其缓冲效果重要决定因素，通过静态压缩试验和动态压缩试验能实现该性能的数据化表征。通过分析发现，空气垫缓冲包装的诸多工艺参数和流通环境，如薄膜材料的拉伸性、包装整体的密封质量、充气压力等，都会在一定程度上影响其承载性和缓冲效果，建议相关企业加强对上述因素的试验监测和研究。

关键词：空气垫缓冲包装、承载性、薄膜拉伸、密封质量、充气压力

前言

近年，电商经济迅速发展，极大促进了商品的地域流通，同时，运输野蛮装卸的问题也越发突出，使得包装内容物的损坏率逐年上升。流通中，引起商品损坏的原因主要来自于装卸和运输环境的外力冲击，虽速度变化不大但作用时间短促，因而在瞬间对内容物产生较大的冲击力，造成损坏。因此，具有合适缓冲效果的缓冲材料在包装过程中是极为必要的。

缓冲材料的历史悠久，最早可追溯到稻草、刨花、纸屑等。随着商品交易的范围和速度增大，缓冲材料的品类被极大的扩充，如今，已经形成了以泡沫塑料为主，气泡薄膜、纸衬垫、纸张模塑为辅的缓冲材料体系。泡沫塑料质轻、吸湿性强、价廉物美，具有良好缓冲效果和吸振性能，但降解和环境污染问题仍有待解决。纸类缓冲材料是一种可降解的环保材料，温度适应范围比泡沫塑料更宽，但耐潮性不佳，且价格颇高。在这一背景下，寻求经济效益和环保效益的相统一的新型缓冲材料迫在眉睫，“空气垫缓冲包装”应运而生。

空气垫缓冲包装的承载性及验证方法

空气垫缓冲包装是将一定可压缩气体密封在塑料薄膜袋内实现缓冲作用，具有体积小、质量轻、弹性大、包装方便、可重复使用的特点，兼具经济、社会和环保效益。空气垫缓冲包装的缓冲效果是气体和薄膜袋共同作用的结果。气体自身具有扩散性，当其填充于塑料薄膜袋后，能迅速充满整个容器，遇到外界压迫时，气体体积缩小借此吸收冲击能量。薄膜袋约束着气体的体积变化，同时保障气体的密封，是空气垫缓冲包装材料的重要承载容器。

目前，空气垫缓冲包装材料的承载性并没有统一的标准，主要通过试验的方式获得缓冲曲线，包括压缩应力应变曲线、最大加速度曲线等，来验证被测材料的缓冲承载性

能。这些试验包括静态压缩试验和动态压缩试验，分别依据国标 GB/T 8168-2008 包装用缓冲材料静态压缩试验方法和 GB/T 8167-2008 包装用缓冲材料动态压缩试验方法。所谓静态，是指在压缩机上对试样加压的速度很慢，如 12mm/min，接近于静态载荷。借助静态压缩试验能获得静态压缩应力应变曲线、缓冲系数曲线等，从而了解材料的静态缓冲承载性。

静态压缩试验过程简单易行，费用低、耗时短，利用压缩仪器，如 i-Boxtek 1700 纸箱抗压试验仪器，参考 GB/T8168 方法 A 进行检测。试验前，对空气垫样品进行厚度测量，作为原始厚度。将上压板以 12.7mm/min 的速度沿厚度方向对试验样品逐渐增加载荷。压缩过程中，仪器系统自动记录压缩力和相应的变形量，绘制“力值-变形量曲线”、“力值-时间曲线”和“变形量-时间曲线”三条曲线。当压缩载荷急剧增加时停止试验，卸去载荷 3min 后测量试验后样品的厚度。根据公式 1 和公式 2 计算压缩应力和压缩应变。

$$\alpha = \frac{P}{A} \times 10^6 \quad \text{----- 1}$$

$$\epsilon_a = \frac{T - T_j}{T} \quad \text{----- 2}$$

式中， α —— 压缩应力 (Pa)；P —— 压缩载荷 (N)；A —— 试验样品承载面积 (mm²)； ϵ_a —— 方法 A 试验时压缩应变 (%)；T —— 试验样品原始厚度 (mm)； T_j —— 试验样品试验后的厚度 (mm)。

相较于静态压缩试验，动态压缩试验条件更加接近实际情况。它是利用冲击试验机上的重锤以一定的冲击能量冲击试样，获得最大冲击加速度。通过改变重锤的跌落高度和重量，求得一系列的最大加速度，从而可以得到缓冲材料的缓冲性能曲线。根据 GB/T 8167 的要求，需要测试多次获得不同高度、不同厚度条件下的试验数据，因此动态压缩试验具有耗时长、成本高、过程复杂等缺点。

空气垫缓冲包装的承载性影响分析和检验方法

空气垫缓冲包装的诸多工艺参数和流通环境，如薄膜材料的拉伸性、包装整体的密封质量、充气压力等，都会在一定程度上影响其承载性和缓冲效果。

空气垫缓冲包装薄膜拉伸性能

空气垫受冲击发生形变的过程，也是空气垫薄膜材料拉伸的过程。薄膜拉伸至断裂，可以视为两个阶段：线弹性区和塑性区。起初，试样由自由状态逐渐变为绷紧状态，进入线弹性区，超出弹性形变极限后进入塑性变形区。薄膜沿外力作用方向进行分子取向、重排、滑移，发生屈服，原组态被破坏，整个结晶模式发生重排，晶区和非晶区出现较大范围的相对移动。第二个塑性变形阶段，薄膜分子不仅沿外力作用方向进行分子取向、

重排和滑移，而且分子主链之间部分发生断裂。薄膜的拉伸性能是通过薄膜材料在拉断前承受的最大应力值来表征，通常采用拉力机进行试验。拉伸性能越好意味着薄膜材料在承载压力方面更具优势，为空气垫的缓冲作用提供了更加可靠的保障。

空气垫缓冲包装袋密封质量

密封，是空气垫各项性能发挥的前提和基础。包装的密封性能主要表现在包装袋的完整性和封边的封合质量两方面。封边在热封操作时，高温处理会影响到封边周围材料的机械强度，如拉伸性能，所以热封边及其周围部位常常会成为空气垫缓冲薄膜袋密封性的薄弱点。当冲击作用于空气垫时，薄膜袋的封边受到强大且分布不均匀的空气压力，承压强度最低的部分最先出现破裂和气体泄漏，从而导致空气垫缓冲作用的失效。因此，评判空气垫缓冲包装的密封质量，一方面是薄膜袋的耐压强度，另一方面则是封边的热合强度。

薄膜袋的耐压强度是通过内加压试验获得的，业内也称作爆破试验。通过向薄膜袋内充入一定压力的气体直至破裂，即能精确测定薄膜袋的最大承压能力。就空气垫缓冲包装材料而言，所使用的薄膜多为柔软高弹材料，具有优异的拉伸性和变形率，会随着充入气体的增加出现明显的形变，使得最大承压力的测试变的困难。在实际应用中，空气垫缓冲薄膜袋被填塞在商品和外包装之间，受到二者的挤压，受力情况有别于一般的自由膨胀。基于上述情况，建议内加压试验中引入约束板试验装置，如图 1，将待测样品置于约束板上下夹板之间，实现对薄膜袋的加压膨胀及材料的拉伸变形的有效控制，将压力转移至热封边处，从而极大提高了耐压施力的均匀性，也更贴近实际情况。



图 1. 约束板装置

封边热合强度是使用拉力机测得的，材料在受力方向一致、力值均匀的情况下（例

如剥离), 热封边抵抗分离的能力。上述耐压强度试验直观的暴露了薄膜袋封边承压薄弱部位, 于此同时, 热封强度参数亦能对封边各部位的牢固度给出具体的数据评价, 二者相辅相成, 有利于从根源解决影响空气垫缓冲包装密封质量的问题。

空气垫内部初始气压

空气垫缓冲包装的初始充气压力目前没有统一的标准, 但不同的充气压力对于同规格空气垫的缓冲承载效果多有不同。笔者对一款具有 7 个承载气室的空气垫分别充入 40kPa、60 kPa 和 90 kPa, 气室厚 10mm, 采用方法 A 进行静态压缩试验。根据公式 1 和公式 2 对测试结果进行计算, 见表 1。

表 1 不同充气压力的空气垫静态压缩试验结果

充气压力 kPa	压缩载荷 N	样品承载面积 mm ²	压缩应力 Pa	试验前后样品厚度差 mm	压缩应变 %
40	289.64	7852.34	36885.82	4.25	42.5
60	391.45	8485.72	46130.44	5.01	50.1
80	459.67	9721.82	47282.29	4.96	49.6

从上表中可以发现, 随着充气压力的增大, 空气垫缓冲包装的承载能力有所提高。这一结论对提高空气垫的缓冲性能有所助益, 同时也对空气垫薄膜袋的密封质量和抗压性能提出了更加严苛的要求。但也要注意的, 充气压力的增加需适度, 如果太大, 空气垫过硬, 起不到缓冲作用, 反之, 则缓冲效果不明显。合适的压力需经过反复的试验数据来获得。

总结

空气垫是一种应用广泛的缓冲包装材料, 集经济环保效益于一体。承载性, 是其缓冲效果重要决定因素, 通过静态压缩试验和动态压缩试验能实现该性能的数据化表征。通过分析发现, 空气垫缓冲包装的诸多工艺参数和流通环境, 如薄膜材料的拉伸性、包装整体的密封质量、充气压力等, 都会在一定程度上影响其承载性和缓冲效果, 建议相关企业加强对上述因素的试验监测和研究。

Labthink[®]