

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2014.01.008

粮食柔性集装袋基本力学性能试验分析

陈晨伟¹, 杨福馨¹, 卢立新², 高 兰³

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 江南大学 包装工程系, 江苏 无锡 214122;
3. 国家粮食储备局 郑州科学研究设计院, 河南 郑州 450053)

摘 要: 通过拉伸试验, 测定了某聚丙烯粮食柔性集装袋基材的基本力学性能, 分析了其力学性能预期值与试验值存在差异性的原因, 从而得出在粮食柔性集装袋设计与生产中: 应对扁丝强度进行控制, 确保整经过程中扁丝所受张力均匀, 提高基布的强力利用率; 袋体纵横向基布应选用强度相同的扁丝材料; 对于连接部, 应优化缝制方法, 控制集装袋在受到极限载荷时能使连接部与袋体基布保持断裂一致性, 避免材料浪费。

关键词: 粮食柔性集装袋; 聚丙烯; 基材; 力学性能

中图分类号: TB301

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2014)01-0036-04

Experimental Analysis on Basic Mechanical Properties of Cereal Flexible Intermediate Bulk Container

Chen Chenwei¹, Yang Fuxin¹, Lu Lixin², Gao Lan³

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China;

2. Department of Packaging Engineering, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China;

3. Zhengzhou Scientific Research Institute of National Grain Storage Bureau, Zhengzhou 450053, China)

Abstract: The basic mechanical properties of polypropylene FIBC base material were tested by tension experiment, the reason of differences in mechanical properties of main base material between expectant value and experimental value was analyzed. And the advertent issues were obtained during FIBC production and designing as follow: by controlling the strength of ribbon-like filament to ensure that the tension received during beam-warping is well-distributed in order to improve the strength efficiency; the fabric materials with same strength should be selected for longitude and woof fabric of bag body; optimizing the sewing method for connection parts to make them breaking at the same time with fabric of bag body in order to avoid material wasting.

Key words: cereal flexible intermediate bulk container; polypropylene; base material; mechanical properties

0 引言

粮食的运输包装是确保粮食安全流通的重要环节^[1-3]。目前, 粮食的储运主要采用散装粮和包装粮

两种形式, 其中包装粮主要以柔性集装袋为其运输包装形式。柔性集装袋 (flexible intermediate bulk container, 简称 FIBC) 是由聚烯烃塑料扁丝编织而成的柔性运输包装容器, 运输过程中主要以起重机或

收稿日期: 2013-10-27

基金项目: 国家高技术研究发展 863 计划基金资助项目 (2012AA092301)

作者简介: 陈晨伟 (1983-), 男, 浙江台州人, 上海海洋大学讲师, 硕士, 主要从事食品贮运与包装方面的研究,

E-mail: packeng@163.com

叉车来实现其装卸,具有质量轻、抗气候性好、便于装卸、能循环使用等特点^[4],已被广泛应用于粮食谷物、化工原料等散体物料的运输包装中。柔性集装袋常见的结构形式主要有圆形和方形两种,图1所示为圆形集装袋结构示意图。

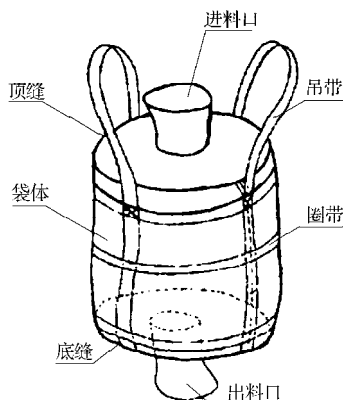


图1 柔性集装袋结构示意图

Fig.1 Diagram of structure of FIBC

粮食储运运用柔性集装袋的主要制造工序为:首先,将聚烯烃塑料原料加工成丝、纱或者带,然后

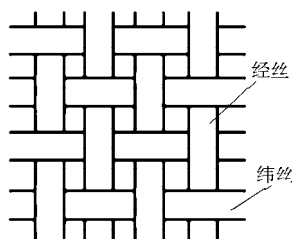


图2 柔性集装袋基布结构

Fig.2 FIBC fabric structure

用织机将它们编织成平面结构的布状产品。编织时包括相互垂直的两组平行丝,沿织机(长)方向的称为经丝,横过织机(宽)方向的称为纬丝,如图2所示。

柔性集装袋基材的力学性能是保证其安全储运的重要因素^[5],其抗拉强度主要由原材料的性能、配比及生产工艺等因素决定^[6-8],且不同散体物料的流动性对柔性集装袋的耐用性也有着较大的影响^[9]。不少学者基于不同的假设,对柔性集装袋袋体所受的理论静应力和冲击应力作了讨论与分析^[10-12],但未曾见对于柔性集装袋基材的基本力学性能进行系统性试验测定与分析方面的报道。因此,本文拟通过拉伸试验,测定以聚丙烯为基材的粮食柔性集装袋的基本力学性能,分析其主要基材基本力学性能预测值与试验值之间存在差异的原因,以期优化柔性集装袋生产工艺与设计,提高其使用性能,及后续深入研究提供一定的理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料

粮食柔性集装袋,上海环和塑料电器厂生产。其原材料即基材为聚丙烯,方形底吊结构,最大承载质量为1 000 kg,吊带数量为2,环形连接,基布针织标准为每10 cm²含52×52根丝,190 g/m²,吊带宽

度为6.5 cm,围带宽度为5.0 cm。

1.1.2 主要仪器与设备

程式恒温恒湿试验机,THS-D7C-100AS型,庆声电子科技有限公司生产;万能材料试验机,LR×PLUS 5KN型,英国LLOYD公司生产;电液式万能试验机,WA-300B型,无锡建仪实验器材有限公司生产。

1.2 试验方法

粮食柔性集装袋基材包括袋体扁丝、袋体纵向基布、进出口纵向基布、吊带、围带和连接部(包括顶缝和底缝)。本研究选用抗拉强度与断裂伸长率作为其基本力学性能指标,具体的测试条件、取样方法以及试验方法同文献^[13]。

2 结果与讨论

2.1 基本力学性能测试

粮食柔性集装袋主体基材的基本力学性能测试结果见表1。此外经测定,吊带的抗拉强度为10 421.0 N,负载为其抗拉强度的30%时吊带伸长率为10.6%,围带的抗拉强度为5 176.2 N,顶缝的抗拉强度为896.5 N,底缝的抗拉强度为1 084.2 N。

表1 柔性集装袋基材拉伸力学性能

Table 1 Tensile mechanic performance of base material of FIBC

基 材	抗拉强度 /N		伸长率 /%	
	横向	纵向	横向	纵向
扁 丝	72.3	86.2	15.3	17.5
袋体基布	1 831.3	1 906.5	20.3	21.8
进料口基布	719.6	690.8	11.7	11.4
出料口基布	709.1	691.2	10.6	11.5

分析表1可知,粮食柔性集装袋的顶缝和底缝的抗拉强度分别是袋体纵向基布抗拉强度的47%和57%,围带抗拉强度是袋体纵向基布抗拉强度的2.7倍。根据GB/T 10454—2000《集装袋》中的相关规定,吊带抗拉强度须满足抗拉强度≥7.5 kN。

据表1及计算结果,该粮食柔性集装袋基材的各项基本力学性能指标均符合GB/T 10454—2000中的要求。另外,柔性集装袋袋体横向、纵向基布的密度均为每5 cm含28根扁丝,进出口纵向、纵向基布的密度均为每5 cm含19根扁丝,符合TB/T2689.3—1996《铁路货物集装化运输一次性集装袋》的要求。

2.2 基布力学性能分析

粮食柔性集装袋的基布由扁丝编织而成,由表1可知,构成袋体横向、纵向基布的扁丝强度存在一定的差异。若基布的强力利用率达100%,则袋体横向、纵向基布的抗拉强度应分别可达2 024.4 N和2 413.6 N,

而实际强力利用率分别为 90.5% 和 79.0%，其断裂伸长率也分别从 15.3% 和 17.5% 增加到 20.3% 和 21.8%。基布是由扁丝编织而成，按照理想状态，若再考虑扁丝之间的相互作用力，则基布的抗拉强度应至少达到 100% 的强力利用率，而测试结果与之存在差异。图 3 所示为试验所得粮食柔性集装袋袋体基布的力 - 位移关系曲线。

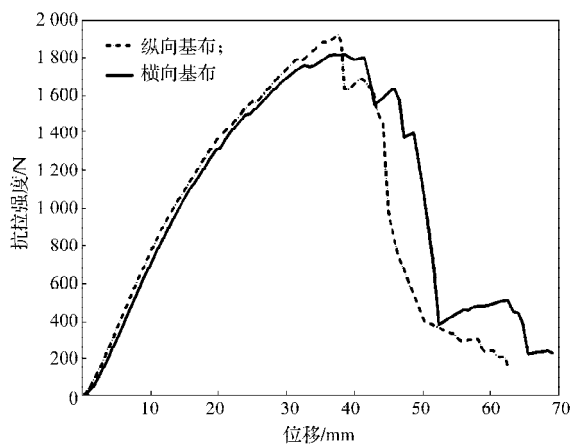


图 3 袋体基布的力 - 位移关系曲线

Fig. 3 Force versus displacement curves of body fabric

从图 3 中可看出，粮食柔性集装袋基布的力 - 位移曲线中出现了锯齿形波形，其主要原因可能是同方向扁丝断裂具有不同步性，导致基布强度利用率降低，抗拉强度减小，断裂伸长率增大。上述问题的产生，可能是因生产整经过程中扁丝所受的张力不均或扁丝自身强度间存在差异所致。

图 4 所示为粮食柔性集装袋进出口基布的力 - 位移关系曲线。

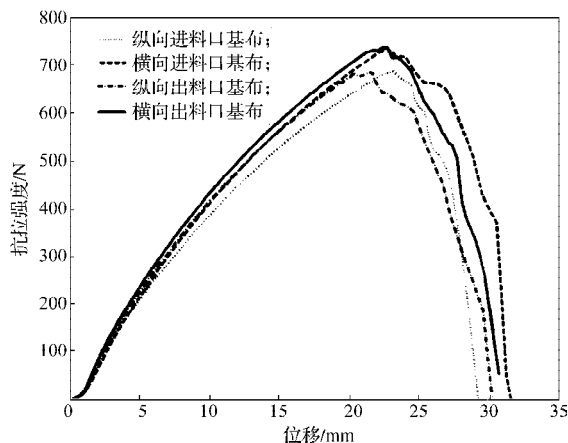


图 4 进出口基布的力 - 位移关系曲线

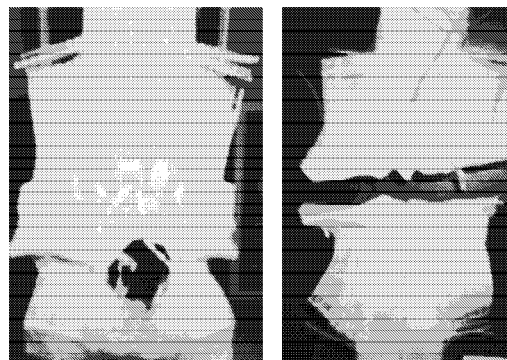
Fig. 4 Force versus displacement curves of FIBC inlet/outlet fabric

从图 4 所示关系曲线可看出，粮食柔性集装袋进出口料口横向、纵向基布的抗拉强度的差异不大，各曲线的线形基本一致，从而可得出其基布材料及构

成基布的扁丝材料均相同。

2.3 连接部力学性能分析

所测试粮食柔性集装袋的连接部结构，其底缝是由 2 根缝包线缝制而成的，顶缝是由 1 根缝包线缝制而成的。根据缝制的结构特点预测，底缝的抗拉强度应是顶缝的 2 倍，而实际测试结果中，顶缝为 896.5 N，底缝为 1 084.2 N，底缝的抗拉强度仅为顶缝的 1.2 倍。分析拉伸试验后的试样可得，当试样被拉伸破坏时，顶缝在缝合处断裂，而底缝不是在缝合处断裂，而是在缝合处周边的袋体基布上发生断裂（如图 5 所示），从而导致其抗拉强度小于预期值。



a) 底缝

b) 顶缝

图 5 连接部拉伸试验破坏后的照片

Fig. 5 Photos of connection parts destroyed after testing

图 6 所示为连接部的力 - 位移关系曲线。

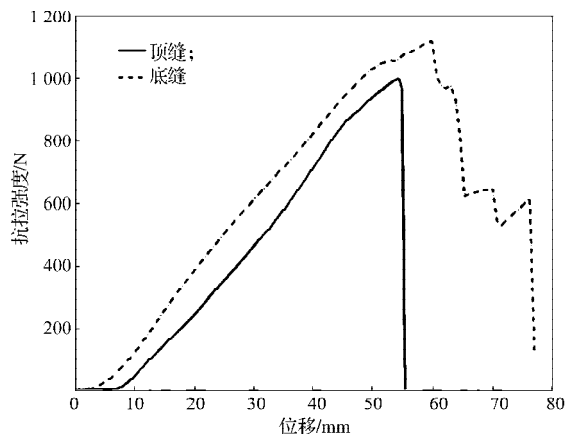


图 6 连接部的力 - 位移关系曲线

Fig. 6 Force versus displacement curves of connection parts

从图 6 所示关系曲线可看出，粮食柔性集装袋的顶缝受到最大载荷而发生断裂时，其抗拉强度瞬间降低；而底缝的曲线形状与基布的相似，出现了锯齿形波形，其抗拉强度是逐渐降低的，这可能与底缝断裂位置有很大关系。

3 结论

对粮食柔性集装袋的基本力学性能进行了试验

测定与分析,所选用集装袋的各项基本力学性能指标均符合GB/T 10454—2000和TB/T 2689.3—1996标准中的相关要求。袋体基布的强力利用率小于100%,可能是因同方向扁丝断裂的不同时性,导致了袋体基布强力利用率降低,抗拉强度减小,断裂伸长率增大。这主要是由生产整经过程中扁丝所受张力不均和扁丝自身强度的差异性所导致的。连接部拉伸试验断裂的不同时性和断裂位置的不同是导致其实际抗拉强度与预测值存在一定差异的主要原因。

基于上述分析,得出以下几点有关粮食柔性集装袋设计生产中应注意的问题:

1) 对于扁丝强度控制,应在优化原料配比的基础上,从生产工艺上合理控制拉伸倍数与拉伸温度,确保整经过程中扁丝所受张力均匀,从而提高基布的强力利用率;

2) 对于袋体纵横向基布,应选用强度相同的扁丝材料,以避免因为强度不一致而导致某方向基布先失效;

3) 对于连接部,应优化缝制方法,合理匹配各连接部与袋体基布、缝线的断裂伸长率,受到极限载荷时,使连接部与袋体基布保持断裂的一致性,从而避免材料浪费。

粮食柔性集装袋的基本力学性能分析为优化其生产工艺与设计、提高其使用性能及后续深入研究提供了理论基础。

参考文献:

- [1] 平海. 对我国粮食流通加工技术发展的思考[J]. 粮食与饲料工业, 2007(3): 15-16, 19.
Ping Hai. Thinking About the Developments of Chinese Cereal Circulation and Processing[J]. Cereal & Feed Industry, 2007(3): 15-16, 19.
- [2] 胡志鹏, 杨燕. 我国粮食包装现状及发展趋势[J]. 中国包装, 2004, 24(1): 51-52.
Hu Zhipeng, Yang Yan. The Current Situation and Trends of Chinese Cereal Packaging[J]. China Packaging, 2004, 24(1): 51-52.
- [3] 李正明. 食品与现代物流[J]. 食品与机械, 2006, 22(4): 124-125.
Li Zhengming. Food and Modern Distribution[J]. Food & Machinery, 2006, 22(4): 124-125.
- [4] Arnold J C, Brien F O, Moody M. All Polymer Composites from Recycled Woven Polypropylene Fabrics and Polyethylene[J]. Polymer Engineering and Science, 2006, 46: 1523-1529.
- [5] 陈晨伟, 卢立新, 高兰, 等. 基于多袋装卸工况的粮食集装袋吊带力学性能研究[J]. 粮食与饲料工业, 2008(5): 12-14.
Chen Chenwei, Lu Lixin, Gao Lan, et al. Research on the Mechanical Performance for Sling of Flexible Intermediate Bulk Container Based on Multi-Bag Load and Unload[J]. Cereal & Feed Industry, 2008(5): 12-14.
- [6] 李明, 于延龄, 郑全成. 双层集装袋吊带抗拉强度的性能分析[J]. 中国包装工业, 2007(2): 52-53.
Li Ming, Yu Yanling, Zheng Quancheng. Tensile Strength Performance Analysis of Double-Deck Sling of Flexible Intermediate Bulk Container[J]. China Packaging Industry, 2007(2): 52-53.
- [7] 于忠东. 集装袋设计应注意的几个问题[J]. 塑料包装, 2005, 15(4): 54-55.
Yu Zhongdong. Several Issues of Designing Flexible Intermediate Bulk Container[J]. Plastics Packaging, 2005, 15(4): 54-55.
- [8] 李炯. 浅谈如何控制编织袋扁丝的拉伸强度[J]. 塑料包装, 2005, 15(5): 55-56.
Li Jiong. How to Control Tensile Strength of Weaved Bag's Fabric[J]. Plastics Packaging, 2005, 15(5): 55-56.
- [9] Langefeld O, Kaltenborn S. Flexible Intermediate Bulk Container (FIBC) Under Dynamic Load[J]. Powder Handling and Processing, 2006(18): 361-365.
- [10] 高德, 胡洪志, 奚德昌. 圆柱形包装袋应力分析[J]. 包装工程, 1993, 14(4): 145-149.
Gao De, Hu Hongzhi, Xi Dechang. Stress Analysis of Cylindric Packaging Bag[J]. Packaging Engineering, 1993, 14(4): 145-149.
- [11] 刘明亮, 刘文霞. 编织袋的跌落强度分析[J]. 佳木斯学院学报, 1995, 13(2): 105-110.
Liu Mingliang, Liu Wenxia. Analysis of Dropping Strength for Packing Bag[J]. Journal of Jiamusi Institute of Technology, 1995, 13(2): 105-110.
- [12] 刘志鹏. 松散粉粒物品软包装冲击力学模型[J]. 包装工程, 1993, 14(4): 150-154.
Liu Zhipeng. Shock Mechanic Mode of the Flexible Bag Filled with Bulk Powder and Grains[J]. Packaging Engineering, 1993, 14(4): 150-154.
- [13] 陈晨伟. 粮食贮运集装袋力学性能分析与研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
Chen Chenwei. Research on the Mechanical Properties of Cereal Flexible Intermediate Bulk Container[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.

(责任编辑: 廖友媛)