

基于ISO标准比较不同热收缩膜的收缩性能

王望舒¹, 陈欣², 于佳佳²

(1. 国家包装产品质量监督检验中心, 济南 250102; 2. 济南兰光机电技术有限公司, 济南 250031)

摘要: **目的** 研究不同材质热收缩膜的热缩力和冷缩力与温度的关系, 确定各收缩膜收缩时测试的方向, 验证试验设置温度与最大热缩力出现时间等参数的关系。 **方法** 依照ISO 14616空气加热原理试验方法, 测试不同材质热收缩膜在最佳设置温度下(最大热缩力出现在15~30 s内时的温度)的收缩性能, 并设置一系列试验温度对国内外3种性能差异较大的热收缩膜进行大量测试。 **结果** 不同热缩膜的最大冷缩力、最大热缩力的趋势并不相同, 热收缩方向因收缩膜的材质及加工工艺而异, 而同种热收缩膜在不同的FST-02薄膜热缩性能测试仪上表现出基本一致的收缩性能。 **结论** ISO 14616规定的试验方法和仪器基本适用于各种材质的热收缩膜, 仅试样测试方向、温度设置范围需根据收缩膜的材质及加工工艺进行调整。

关键词: 空气加热原理; 热收缩膜; 热缩力; 冷缩力; 收缩率

中图分类号: TB485.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)03-0054-05

Comparison of the Thermal Shrinkage Properties of Heat-shrinkable Films Based on ISO Standard

WANG Wang-shu¹, CHEN Xin², YU Jia-jia²

(1. National Center for Packaging Quality Supervision & Inspection, Jinan 250102, China;

2. Labthink Instruments Co., Ltd., Jinan 250031, China)

ABSTRACT: To study the thermal shrinkage properties of heat-shrinkable films, including shrinking force, contracting force and shrinking direction, and to determine the influences of the test temperature and the test duration to reach the maximum shrinking force on the shrinkage properties. According to the air heating principle test method in ISO 14616, the heat-shrinkable films were treated in the heated air to determine the shrinkage properties of various heat-shrinkable films at the optimal temperature (the temperature at which the maximum recorded shrinking force occurred between 15 s and 30 s). Multiple tests were conducted with three types of heat-shrinkable films with distinct thermal shrinkage properties at a series of temperature. The trends of maximum shrinking force and maximum contracting force of various heat-shrinkable films were different. And the shrinking direction was different for films with different materials and processing technologies. The same heat-shrinkable film demonstrated basically identical thermal shrinkage properties on different FST-02 film thermal shrinkage testers. The test method and instrument specified in ISO 14616 were suitable for all kinds of heat shrinkable films, except that the sample direction and scope of preset temperature should be adjusted according to the material and the processing technique of the heat-shrinkable films.

KEY WORDS: air heating method; heat-shrinkable film; shrinking force; contracting force; shrinkage ratio

热收缩膜包装是现今应用较为广泛的一种包装形式, 具有包装紧实、透明美观、贴合度强等优点, 常用于饮料标签、瓶装收束、肠类收缩、日化用品外膜、

香烟盒外膜等产品的包装^[1-4]。在特定高温环境下将热收缩膜材料进行拉伸, 部分分子链段在拉伸方向上定向取向, 无序卷曲的分子链段将会产生有序排列,

收稿日期: 2014-06-17

作者简介: 王望舒(1983—), 男, 安徽淮南人, 国家包装产品质量监督检验中心(济南)工程师, 主要研究方向为包装质量检测。

待温度急速降低时,分子链段取向结构与内应力被“冷冻”,薄膜在此温度下被定型^[5]。当热收缩膜再次被加热到上述温度时,被“冷冻”的分子链段发生解取向,恢复到无序卷曲形态,即为热收缩^[6]。当进一步冷却时,已热收缩的薄膜将进一步产生紧致力,即冷缩力^[7-8]。

目前,国内绝大多数企业采用烘箱^[9-10]或油浴设备^[11]测试热收缩膜的收缩性能,美国热收缩膜的检验标准 ASTM D2732^[12]中规定使用油浴热收缩检测方法。油浴法是指将热收缩膜试样放入已升至指定温度的液体油类介质中加热一定时间,取出后测试试样横、纵向尺寸的变化。烘箱法是指将收缩膜试样平放在已加热至指定温度的烘箱内,加热一定时间后取出,测试试样横、纵向的尺寸变化。

文中利用基于ISO 14616^[13]标准研发的、以空气加热为原理(区别于油浴法)的多工位薄膜热缩性能测试仪,测试多种热收缩膜的收缩力、收缩率等性能,比较不同材质原料生产的收缩膜性能的差异,同时研究ISO 14616所规定的测试方法是否适用于测试不同材质的热收缩膜。

1 实验

1.1 仪器与试样

1.1.1 仪器原理

将热收缩膜分别完全平直地放置在带有位移传感器、力值传感器的夹具上,保证力值传感器不受力,即力值显示为0。当加热舱加热到设定温度后,薄膜试样入舱,仪器自动记录薄膜的实时收缩率及热缩力。试样的热缩力增加到最大值后降低,当力值降低到设定的范围时,薄膜出舱,进入冷却阶段,仪器继续记录薄膜的收缩率及冷缩力。见图1。

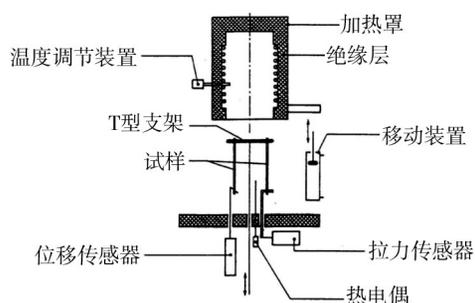


图1 薄膜热缩性能测试仪的结构原理

Fig.1 The structure principle of film thermal shrinkage tester

该仪器的测试原理与烘箱法相比,相同之处在于均为空气加热原理,即通过加热空气使处于热空气中的收缩膜发生热收缩。不同之处在于,烘箱法仅能测试收缩膜的收缩率,而该设备可测试收缩膜的热缩力、冷缩力(试样出舱后冷却过程中的力值)、收缩率、收缩时间等性能,有助于研发不同材质的热收缩膜,保证各种材质热收缩膜性能的稳定性,满足各种热收缩膜在各行业的使用需求;烘箱法需要手动测试收缩膜的尺寸,而该设备自试样装夹完成后,整个试验无需人为手动参与,仪器可自动记录试验过程中试样位移的实时变化,测量精度高,避免了人为测量产生的误差。

1.1.2 仪器结构

FST-02 薄膜热缩性能测试仪可同时测试3组试样,采用PID(即比例/积分/微分控制器)精确控温技术可提高测试时温度的可靠性与稳定性。高精度位移传感器与力值传感器的应用及低阻尼位移测试结构可保证测试样品的稳定性及各热收缩性能的准确性。该仪器突破了其他检测设备应用范围的局限性,极大地满足了国内企业和质检机构对可测试多项热收缩性能指标设备的需求。



图2 FST-02 薄膜热缩性能测试仪

Fig.2 The photo of FST-02 thermal shrinkage tester

1.1.3 试样

从国内热收缩膜生产厂家获取2款PVC标签膜(PVC-1与PVC-2,厚度分别为25,30 μm)、2款PETG热收缩膜(PETG-1与PETG-2,厚度均为40 μm)、1款OPS热收缩膜(厚度为35 μm)、1款BOPP热收缩膜(厚度为20 μm)、1款POF热收缩膜(厚度为25 μm)、1款PE热收缩膜(厚度为110 μm),从国外厂家获取2款PE热收缩膜(LDPE-1与LDPE-2,厚度分别为80,120 μm)。上述薄膜在不同方向上具有一定的热收缩性能。

1.2 步骤

用FST-02 薄膜热缩性能测试仪分别测试在不同

设置温度下所有样品的热收缩性能,每个样品在不同设置温度下平行测试6次,记录最佳设置温度下薄膜的最大热缩力、最大冷缩力、热收缩率、最大热缩力出现时间等参数,计算最大热缩力、最大冷缩力与热收缩率的平均值。最佳设置温度为热收缩膜在15~30 s内出现最大热缩力的温度(ISO 14616定义当整个热收缩曲线的最大热缩力在15~30 s内出现时,所设置的设备温度为最佳设置温度)。

2 结果与讨论

2.1 最大冷缩力与最大热缩力之间的关系

各种热收缩膜在最佳设置温度下热收缩性能测试见表1。由表1可知,PE热收缩膜(国产PE膜及不同厚度的国外LDPE热收缩膜的验证数据)的最大冷缩力明显大于最大热缩力,与ISO 14616标准方法中所提及的力值变化趋势一致。OPS热收缩膜的最大冷缩力明显高于最大热缩力,而PVC-1、PVC-2、PETG-2热收缩膜的最大冷缩力仅略大于最大热缩力,

PETG-1、BOPP、POF这3种热收缩膜的最大冷缩力明显低于最大热缩力,所以热收缩膜的最大冷缩力与最大热缩力并没有固定的大小关系,这点在DIN 53369—1976中有所提及。通过试验证明了ISO 14616标准中所提及的“冷缩力远大于热缩力,可加速热收缩膜紧缩过程”^[13]主要是针对以聚乙烯为原料的热收缩膜而言的,并不适用于所有热收缩膜材料。这种现象可能与热收缩膜材质的晶体结构、熔融温度与玻璃态转化温度等自身性能,以及生产过程中拉伸定型工艺、控制温度、冷却工艺等环节有关^[14-16]。

2.2 热收缩方向的测试

由表1可知,PE热收缩膜、烯烃类POF共挤热收缩膜均为纵向收缩(MD),而其他非乙烯类热收缩膜均为横向收缩(TD)。初步分析原因,其应该与材料的结晶方向及加工定型方向有关^[14-16],所以ISO 14616标准中有关“收缩力和冷缩力的测定”中提及的“因易于取得纵向试样的测试曲线,所以建议试验先从纵向试样的测试开始^[13]。”仅针对PE热收缩膜、烯烃类POF共挤热收缩膜而言。对于其他材质的热

表1 各种热收缩膜在最佳设置温度下热收缩性能测试结果

Tab.1 Test results for thermal shrinkage properties of various heat-shrinkable films at the optimal setting temperature

热收缩膜	测试方向	最佳设置温度/℃	最大热缩力平均值/ (N·(15mm) ⁻¹)	最大冷缩力平均值/ (N·(15mm) ⁻¹)	热收缩率 平均值/%	最大热缩力 出现时间/s
PVC-1	TD	90	3.15	3.38	12.34	15.8~20.8
	MD		0.04	0.13	1.36	16.9~25.0
PVC-2	TD	85	3.35	3.41	10.92	21.6~27.7
	MD		0.31	0.22	0.94	15.9~20.4
PETG-1	TD	110	9.0	7.82	40.89	17.8~19.3
	MD		0.25	0.11	3.51	17.3~18.9
PETG-2	TD	110	3.81	3.87	35.75	16.5~19.6
	MD		0.21	0.10	4.01	17.1~20.4
OPS	TD	105	2.14	2.89	20.50	23.5~26.2
	MD		0.07	0.14	1.68	19.6~21.7
BOPP	TD	235	2.47	1.04	28.56	23.0~27.4
	MD		0.31	0.09	7.01	20.7~24.1
POF	TD	150	0.04	—	3.56	18.6~21.4
	MD		0.54	0.26	24.16	21.8~27.3
国产PE	TD	220	0.01	0.14	3.69	16.9~19.6
	MD		0.14	1.75	45.55	20.3~27.0
LDPE-1	TD	200	0.01	0.06	4.83	20.1~23.6
	MD		0.13	1.37	37.89	19.2~23.4
LDPE-2	TD	220	0.01	0.14	6.91	20.6~24.1
	MD		0.20	2.19	37.62	24.6~25.7

收缩膜,在测试过程中,因易于取得横向试样的测试曲线,建议试验应先从横向试样的测试开始,再进行纵向测试。

2.3 不同测试仪之间的稳定性比较

抽取 PETG-2、国产 PE、BOPP 等 3 种热收缩膜在 2

台不同的 FST-02 薄膜热缩性能测试仪上分别测试,测试结果见表 2,可以看出对于文中采用的同款检测设备测试的同种热收缩膜的热缩力、冷缩力、热收缩率这 3 项特征性能参数的数值基本相同,最大热缩力出现时间因设备不同而略有差别,但仍保持在 15~30 s 内出现最大热缩力。

表2 同种热收缩膜在不同设备间的测试结果比较

Tab.2 Comparison of the test results of the same heat-shrinkable films between different testers

热收缩膜	设备号	最佳设置温度/℃	最大热缩力		最大冷缩力		热收缩率		最大热缩力出现时间/s
			平均值/ (N·(15 mm) ⁻¹)	设备 偏差/%	平均值/ (N·(15 mm) ⁻¹)	设备 偏差/%	平均 值/%	设备 偏差/%	
PETG-2	1号	110	3.81	2.66	3.87	2.35	35.75	6.20	16.5~19.6
	2号	110	3.71	2.66	3.78	2.35	33.60	6.20	17.0~19.7
BOPP	1号	235	2.47	6.26	1.04	1.94	28.56	3.74	23.0~27.4
	2号	235	2.32	6.26	1.02	1.94	29.65	3.74	19.0~24.0
国产 PE	1号	220	0.14	24	1.75	2.26	45.55	3.23	20.3~27.0
	2号	220	0.11	24	1.79	2.26	44.10	3.23	22.0~26.0

不同设备之间(特别是今后会出现不同厂家生产的薄膜热缩性测试仪)因为加热元件的原理或型号不同,升温速率不同,温度的流速场不同,即使设备的设置温度相同,也可能导致测试腔内试样周围的温度略有不同。在一定温度区间内,小幅度的温差不会导致试样的热缩力、冷缩力、热收缩率等特征性能参数发生改变,这与热收缩膜材质晶体结构以及熔融温度有关,同时也与拉伸、定型温度以及冷却时间有关^[14-16]。

2.4 设置温度与最大热缩力测试时间的影响

为了验证最大热缩力所出现的时间范围与所设置的温度对收缩膜的热收缩率等性能的影响,挑选国外 LDPE-2、国内 PETG-2 以及 OPS 等 3 种典型热收缩膜进行验证。不同设置温度下最大热缩力出现时间、热收缩率及收缩力值见表 3—5。

由表 3—5 可知,对于出现在 15~30 s 范围内 PETG-2 和 OPS 的热缩率及最大热缩力值均为对应热收缩膜较为稳定的热缩参数数值,并且最大热缩力及最大冷缩力力值并不随设置温度的变化有明显波动。由图 3 可知,15~30 s 出现的收缩率在收缩率曲线中基本位于最低拐点位置附近(为何选择 15~30 s 内出现的收缩率可见“1.2 试验步骤”中有关 ISO 14616 对最佳设置温度及最大热缩力的要求)。

由表 3 可以看出,LDPE-2 热收缩膜在选定的最佳参考温度(220 ± 10)℃ 范围内,最大热缩力均出现在

表3 LDPE-2在不同设置温度下各性能指标数据结果

Tab.3 Performance index results of LDPE-2 at various temperatures

设置温度/℃	最大热缩力平均值/N	最大冷缩力平均值/N	热收缩率平均值/%	最大热缩力出现时间/s
150	0.15	2.53	18.09	181.1~122.0
160	0.18	2.76	16.14	86.4~98.2
170	0.18	2.62	18.42	60.5~66.1
180	0.17	2.72	17.12	47.3~54.1
185	0.20	2.87	25.96	46.1~51.2
190	0.21	2.61	27.54	40.5~42.8
195	0.20	2.64	29.42	32.9~37.0
200	0.19	2.42	34.97	35.3~36.4
205	0.20	2.21	34.74	28.7~30.0
210	0.20	2.41	35.54	26.4~28.5
215	0.19	2.39	36.31	27.8~29.0
220	0.20	2.19	37.62	24.6~25.7
225	0.20	2.27	37.16	21.8~23.5
230	0.21	1.94	36.49	20.8~23.7
235	0.20	2.44	36.49	20.8~22.4
240	0.21	2.08	41.23	17.5~20.4

15~30 s。由表 4—5 可以看出,其他种类的热收缩膜在选定的最佳参考温度(PETG-2 的为 110℃,OPS 的为(105 ± 5)℃)范围内,最大热缩力均出现在 15~30 s。通过表 3 中的数据综合得出,ISO 14616 中“调整温度,直至最大热缩力出现在 15~30 s”的规定同样适用于除聚烯烃外的其他材料。由此,建议在设置参考温度进

表4 PETG-2在不同设置温度下各性能指标数据结果

Tab.4 Performance index results of PETG-2 at various temperatures

设置温度/ ℃	最大热缩力平均 值/N	最大冷缩力平均 值/N	热收缩率平均 值/%	最大热缩力出 现时间/s
80	3.73	3.89	41.50	261.6~316.8
85	3.62	3.67	40.49	191.1~232.8
90	3.72	3.88	40.74	143.5~163.9
95	3.70	3.87	42.95	91.5~101.1
100	3.82	3.87	41.49	36.4~44.9
105	3.64	3.69	37.27	15.4~18.3
110	3.81	3.87	35.75	16.5~19.6
115	3.85	3.95	34.41	11.3~15.1
120	3.84	3.84	39.40	10.4~12.5
125	3.90	3.93	39.84	9.2~11.0
130	3.96	3.83	43.62	7.2~9.6
135	3.94	3.71	47.28	6.5~7.7
140	3.87	3.58	47.04	6.0~6.7

表5 OPS在不同设置温度下各性能指标数据结果

Tab.5 Performance index results of OPS at various temperatures

设置温度/ ℃	最大热缩力平均 值/N	最大冷缩力平均 值/N	热收缩率平均 值/%	最大热缩力出 现时间/s
80	2.14	2.83	25.97	176.3~215.6
85	2.19	3.00	26.49	141.2~158.6
90	2.15	2.89	25.46	58.1~104.8
95	2.13	2.89	24.39	39.6~69.5
100	2.15	2.90	22.44	26.4~34.6
105	2.14	2.89	20.50	23.5~26.2
110	2.13	2.79	21.73	15.9~18.8
115	2.26	2.85	22.68	12.7~16.4
120	2.22	2.89	23.71	11.4~14.5
125	2.19	2.76	24.96	10.0~12.1
130	2.23	2.72	27.43	8.5~11.0
135	2.22	2.53	29.83	7.3~9.0

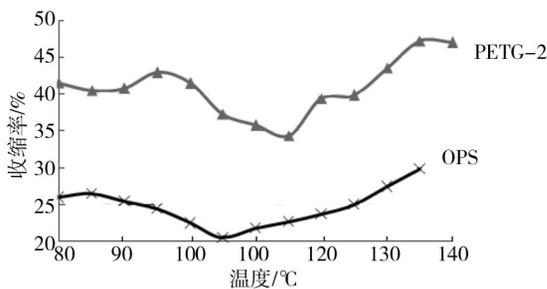


图3 PETG-2和OPS在不同温度下的收缩率

Fig.3 Shrinkage ratio of PETG-2 and OPS at different temperatures

行测试时,可以针对不同热收缩膜材料设置 $\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ 之内的参考范围。

3 结语

文中按照ISO 14616的测试方法验证了不同材质热收缩膜的最大冷缩力与最大热缩力之间的趋势并不相同,对于以聚乙烯为原料的热收缩膜,最大冷缩力大于最大热缩力,其他材质则无明确规律。热收缩膜的测试方向则根据不同材质及加工工艺而定,同时收缩膜在采用不同检测设备测试时,不会因为设备差异而导致收缩性能变化。另外,ISO 14616标准中提及的15~30 s内获取的最大热缩力及热缩率的方法同样适用于非聚烯烃类的其他材质的热收缩膜,因此ISO 14616中所规定的试验仪器及试样方法基本适用于其他材质的热收缩膜,其中仅试样测试方向、温度设置范围试验条件需根据热收缩膜的材质及加工工艺等条件进行调整。

参考文献:

- [1] 夏秀丽,李军,崔育松,等. 新型热收缩膜用聚酯的研究与开发[J]. 聚酯工业,2012,25(5):16—19.
XIA Xiu-li, LI Jun, CUI Yu-song, et al. Research and Development of New Heat Shrinkable Film PET[J]. Polyester Industry, 2012, 25(5): 16—19.
- [2] ANTHONY J F, CHRISTOPHER J, ROBERT L, et al. A New System for Crack Closure of Cementitious Materials Using Shrinkable Polymers[J]. Cement and Concrete Research, 2010, 40(5): 795—801.
- [3] ZHU X L, CUI T H. Polymer Shrinkage of Hot Embossed Microstructures for Higher Aspect Ratio and Smaller Size[J]. Sensors and Actuators A: Physical, 2013, 195: 21—26.
- [4] SUPAK M, SIRILUX P. Preparation of Natural Rubber (NR) Latex/Low Density Polyethylene (LDPE) Blown Film and Its Properties[J]. Polymer Testing, 2011, 30(7): 716—725.
- [5] 郭红革,郭晓红,齐军. POF热收缩薄膜的包装应用性能研究[J]. 包装工程,2006,27(6):79—81.
GUO Hong-ge, GUO Xiao-hong, QI Jun. Study on Packaging Application Properties of POF Shrinkable Film[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(6): 79—81.
- [6] INDERG RD E, TOLSTOREBROV I, LARSEN H, et al. The Influence of Long-term Storage, Temperature and Type of Packaging Materials on the Quality Characteristics of Frozen Farmed Atlantic Salmon (Salmo Salar) [J]. International

(下转第84页)

- Jiangsu University of Science and Technology: Natural Science Edition, 2010, 24(1): 61—63.
- [6] LIU Cai-shan, ZHANG Ke, YANG Rei. The FEM Analysis and Approximate Model for Cylindrical Joints with Clearances[J]. Mechanism and Machine Theory, 2007, 42: 183—197
- [7] SHI Bing, JIN Ye. A Framework of Virtual Prototyping Environment for the Design and Analysis of Mechanical Mechanism with Clearance[J]. Virtual and Physical Prototyping, 2007, 2(1): 21—28.
- [8] 席晓燕. 基于ADAMS的含间隙酒瓶装箱机构优化设计[J]. 包装工程, 2013, 34(1): 69—74.
XI Xiao-yan. Optimal Design of Wine Bottle Packaging Machine with Clearance Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(1): 69—74.
- [9] 贺兵. 基于虚拟样机技术的包装机械系统仿真研究[J]. 包装工程, 2008, 29(2): 47—49.
HE Bing. Simulation Study of Packing Machine Based on Virtual Prototyping[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(2): 47—49.
- [10] 李杨, 李光. 基于SolidWorks的托盘结构有限元分析及优化设计[J]. 包装工程, 2011, 32(19): 1—4.
LI Yang, LI Guang. Structural Finite Element Analysis and Optimum Design of Pallet via SolidWorks[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(19): 1—4.
- [11] 方子帆, 舒刚, 何孔德, 等. 齿轮传动多体接触动力学模型[J]. 机械传动, 2009(1): 15—18.
FANG Zi-fan, SHU Gang, HE Kong-de, et al. Gear Transmission Dynamics of Multi-body Contact Model[J]. Mechanical Transmission, 2009(1): 15—18.
- [12] 刘飞飞, 刘金根. 基于ADAMS的捆扎机抓取机构的优化设计[J]. 包装工程, 2009, 30(7): 19—21.
LIU Fei-fei, LIU Jin-gen. Optimal Design for Locking Mechanism of Bundling Machine Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(7): 19—21.
- [13] 王晓雪. 非合作目标对接捕获机构的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2009.
WANG Xiao-xue. Research on the Docking and Capturing Mechanism for the Uncooperative Target Satellites[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2009.
- [14] 丁晓红, 李国杰. 箱型支撑结构加筋板布局设计方法研究[J]. 中国机械工程, 2012, 23(4): 449—453.
DING Xiao-hong, LI Guo-jie. Layout Design Optimization of Stiffener Plates Inside Housing Structures[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2012, 23(4): 449—453.
- [15] 魏衍侠. 基于ADAMS手抛式机器人碰撞动力学分析[J]. 机械工程与自动化, 2011(2): 82—85.
WEI Yan-xia. Analysis the Impact Dynamics of Throwing Type Robot Based on ADAMS[J]. Mechanical Engineering & Automation, 2011(2): 82—85.

=====

(上接第58页)

- Journal of Refrigeration, 2014, 41: 27—36.
- [7] VIKAS S, SHAWN A C, LALLIT A. Thermally Actuated Shape-memory Polymers: Experiments, Theory and Numerical Simulations[J]. Journal of the Mechanics and Physics of Solids, 2010, 58(8): 1100—1124.
- [8] 王会芬, 郝喜海, 李奎. PVA热收缩包装薄膜的研究与应用[J]. 包装学报, 2012, 4(4): 21—25.
WANG Hui-fen, HAO Xi-hai, LI Kui. Research and Application of PVA Shrinkable Packaging Film[J]. Packaging Journal, 2012, 4(4): 21—25.
- [9] GB/T 10003—2008, 普通用途双向拉伸聚丙烯(BOPP)薄膜[S].
GB/T 10003—2008, Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP) Film for General Use[S].
- [10] GB/T 16958—2008, 包装用双向拉伸聚酯薄膜[S].
GB/T 16958—2008, Biaxially Oriented Polyester Film for Package[S].
- [11] GB/T 13519—1992, 聚乙烯热收缩薄膜[S].
GB/T 13519—1992, Heat Shrinkable Polyethylene Film[S].
- [12] ASTM D2732—2008, Standard Test Method for Unrestrained Linear Thermal Shrinkable of Plastic Film and Sheetings[S].
- [13] ISO 14616:2004, Plastics—heatsrinkable Films of Polyethylene, Ethylene Copolymers and Their Mixture—determination of Shrinkage Stress and Contraction Stress[S].
- [14] 冯树铭. 热收缩聚酯薄膜的热收缩机理及生产[J]. 聚酯工业, 2011, 24(6): 16—18.
FENG Shu-ming. Thermal Shrinkage Mechanism and Production Technology of Thermal-shrinkage PET Film[J]. Polyester Industry, 2011, 24(6): 16—18.
- [15] 李德龙, 李振宇, 刘焱. 加工工艺对聚乙烯热收缩膜性能的影响[J]. 塑料科技, 2012, 40(2): 64—66.
LI De-long, LI Zhen-yu, LIU Yan. Effect of Processing Technology on Properties of PE Heat Shrinkage Film[J]. Plastics Science and Technology, 2012, 40(2): 64—66.
- [16] 李霖雨. 三层共挤热收缩包装膜的工艺、性能及应用前景[N]. 中国包装报, 2013-03-05(003).
LI Lin-yu. Technology, Performance and Application of Three Layer Coextruded Heat Shrinkable Film[N]. China Packaging News, 2013-03-05(003).