

灰色模型在塑编袋老化试验中的应用

张 慧, 张超勇

(兰州铁路局货运处, 兰州 730000)

摘要: 抗老化塑编袋的研发过程中需要进行人工加速老化试验。由于老化试验会导致时间及生产成本的增加,故通过 GM(1,1)模型,分别使用 5 个及 9 个数据对最终试验结果进行预测,并计算和比较了 2 种预测结果的相对误差。结果表明,使用 9 个数据得到的预测结果误差在可接受范围内,可以使用该模型进行预测。利用此模型进行预测,人工加速老化的试验时间可以缩短为 96 h,因而可以降低成本,缩短研发时间。

关键词: 塑料编织袋; 人工加速老化; 灰色理论

中图分类号: TB484.3; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)15-0079-03

Application of Grey Model in Weathering Tests of Plastic Woven Sack

ZHANG Hui, ZHANG Chao-yong

(Dept. of Freight, Lanzhou Railway Bureau, Lanzhou 730000, China)

Abstract: The R&D process of anti-weathering plastic woven sacks requires accelerated weathering test. Weathering tests can increase time and production cost. Gray model GM(1,1) was applied to predict the final test results using five and nine data separately. The relative error of the two perditions was calculate and compared. The results showed that the prediction error which calculates from nine data is within an acceptable range, so the model can be used for prediction. As a result, in the process of product development, the weathering test time can be shortened to 96 hours to reduce costs and development time.

Key words: plastic woven sack; artificial accelerated weathering; grey theory

塑料编织袋由于其质量轻盈、耐化学腐蚀性良好等优点,而逐渐广泛用于各种行业之中,但是,塑料编织制品不可避免地会发生老化,引起老化的主要原因是紫外线及高温。在我国西部地区,紫外线强烈、光照时间长,塑编包装的老化更为严重;且西部地区塑编袋在装载货物后很多均露天存放,这些包装件在昼夜温差、湿度变化及内装物带来的机械剪切力的影响下,发生老化,强度不断下降,甚至发生破损,导致无法进行正常的物流活动,因此,西部地区使用的塑编袋更应注重抗老化性能^[1-3]。

目前,虽然 GB 8946—1998 及 GB 8947—1998 等标准中没有对塑编袋的抗老化性能进行要求^[4-5],但实际中抗老化性能是切实需要的,也是部分客户的实际需求。为考量塑编制品的抗老化性能,通常采用实验室光源加速老化的方法,但是该方法需要上百小时的循环试验,试验周期较长,且老化光源价格昂贵而

寿命短。在无需知悉具体的抗老化性能而只是用于抗老化产品的研发时,可以考虑依据若干首先获得的数据使用模型进行预测,以缩短产品的研发周期,节省生产及试验费用。

考虑使用 GM(1,1)模型对试验数据进行预测。该模型为一阶的灰色系统模型,建模方法简单易行,且易于程序化,对原始数据分布及样本容量没有特殊的要求,预测精度良好。笔者对若干种塑编袋进行了人工加速老化试验,并选取其中 3 种具有代表性的塑编袋,使用模型对其试验数据进行预测。

1 试验

1.1 设备及方法

老化试验采用由 Q-Lab 公司生产的 QUV 快速耐候试验机,该试验机使用 8 根 UVB-313 荧光灯管。

收稿日期: 2011-06-08

作者简介: 张慧(1971—),女,兰州人,兰州铁路局货运处高级工程师。

拉力试验使用日本岛津公司生产的 AG-50KNI 型精密拉力试验机。

每次试验均依据 ASTM G154 标准,光照阶段 4 h/60 ℃,冷凝阶段 4 h/50 ℃,持续进行 144 h^[6]。每 12 h 取样一次,每次取样 2 个,2 试样强度值的平均作为试验值。

1.2 样品

试验样品共 5 种,均来自西部地区生产使用的塑编袋,其抗老化性能不同,将样品裁成设备样品架所需大小后放入其中,进行试验。

2 试验结果及模型预测

2.1 试验结果

试验得出了所有样品各取样间隔的抗拉强度保持率的数值,只选取了其中 3 种具有代表性的样品数据使用模型进行处理。这 3 种样品分别编号为 a, b, c。3 种样品的抗拉强度保持率见表 1。由表可以看

表 1 样品抗拉强度保持率

Tab. 1 Strength retention of samples %			
时间/h	样品 a	样品 b	样品 c
0	100	100	100
12	96.46	98.10	97.69
24	97.15	94.32	91.82
36	95.35	92.60	83.48
48	94.68	84.57	74.59
60	92.70	82.64	66.77
72	90.10	73.52	61.13
84	94.23	68.41	53.86
96	89.87	64.27	50.88
108	88.66	61.35	46.35
120	83.40	56.62	41.67
132	81.36	54.33	35.28
144	82.69	50.12	33.65

出,至试验完全结束时,a 样品表现出良好的抗老化性能,b 样品老化性能恰好合格,而 c 样品为不合格。

2.2 模型计算步骤^[7-8]

该模型形式为:

$$\frac{dx}{dt}+ax^{(1)}=u$$

式中: a 为灰色系统的发展系数; u 为灰作用量。
GM(1,1)模型的建立只需要很少的数据,一般来

说 4 个及以上即可;可以通过模型的处理而变成光滑离散数据;能较准确地表现系统的实际形式。

该模型的建立方式如下:

① 已知的数据序列:

$$x^{(0)}(t)=\{x^{(0)}(1),x^{(0)}(2),\cdots,x^{(0)}(t)\}。$$

② 数据序列的一次累加(1-AGO):

$$x^{(1)}(t)=\sum_{k=1}^tx^{(0)}(k)。$$

③ 列白化方程:

$$\frac{dx}{dt}+ax^{(1)}=u。$$

④ 解白化方程的系数

$$\hat{a}=\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix}=(B^TB)^{-1}B^TY_1;其中:$$

$$B=\begin{bmatrix} -\frac{1}{2}[x^{(1)}(2)+x^{(1)}(1)] & 1 \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(3)+x^{(1)}(2)] & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -\frac{1}{2}[x^{(1)}(n)+x^{(1)}(n-1)] & 1 \end{bmatrix},Y_1=$$

$$\begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}$$

⑤ 求解 $\hat{a}=\begin{bmatrix} a \\ u \end{bmatrix}=(B^TB)^{-1}B^TY_1$,得到模型

$$\hat{x}^{(1)}(k+1)=\left[x^{(0)}(1)-\frac{u}{a}\right]e^{-ak}+\frac{u}{a}$$

⑥ 对数据序列进行还原,得预测值:

$$\hat{x}^{(0)}(k)=\hat{x}^{(1)}(k)-\hat{x}^{(1)}(k-1)$$

⑦ 计算结果的误差。

2.3 模型预测结果

依据以上模型,对各样品所得数据进行预测。

2.3.1 5 个原始数据预测结果

各样品的抗拉强度保持率预测值与相对误差见表 2。

由表可以看出,各样品的预测值误差较大,b 样品尤为明显。a 样品最大误差 10.67%;b 样品高达 19.65%;c 为 15.38%,预测结果误差过大,故应增加建模数据量。

2.3.2 9 个原始数据预测结果

各样品抗拉强度保持率预测结果见表 3。

表 2 5 个原始数据的抗拉强度保持率预测值及相对误差

Tab.2 The predictions and relative errors of the 5 samples' strength retention %						
时间 /h	样品 a		样品 b		样品 c	
	预测值	相对误差	预测值	相对误差	预测值	相对误差
0	100	0	100	0	100	0
12	96.98	0.54	98.76	0.68	98.71	1.05
24	96.26	-0.91	94.38	0.07	90.34	-1.61
36	95.55	0.21	90.20	-2.6	82.69	-0.95
48	94.84	0.17	86.20	1.92	75.68	1.46
60	94.12	1.56	82.38	-0.32	69.26	3.73
72	93.45	3.71	78.72	7.08	63.39	3.69
84	92.76	-1.56	75.23	9.97	58.01	7.71
96	92.07	2.45	71.90	11.87	53.10	4.36
108	91.39	3.08	68.71	11.99	48.60	4.84
120	90.71	8.77	65.66	15.97	44.48	6.73
132	90.04	10.67	62.75	15.50	40.70	15.38
144	89.38	8.09	59.97	19.65	37.25	10.71

表 3 9 个原始数据的抗拉强度保持率预测值及相对误差

Tab.3 The predictions and relative errors of the 9 samples' strength retention %						
时间 /h	样品 a		样品 b		样品 c	
	预测值	相对误差	预测值	相对误差	预测值	相对误差
0	100	0	100	0	100	0
12	97.12	0.68	100.80	2.76	99.54	1.89
24	96.16	-1.02	94.87	0.58	90.28	-1.68
36	95.20	-0.15	89.28	-3.58	81.88	-1.92
48	94.26	-0.44	84.03	-0.64	74.26	-0.45
60	93.33	0.68	79.08	-4.31	67.35	0.86
72	92.40	2.55	74.42	1.23	61.08	-0.08
84	91.49	-2.91	70.04	2.39	55.40	2.85
96	90.58	0.79	65.92	2.56	50.24	-1.26
108	89.68	1.15	62.04	1.12	45.57	-1.69
120	88.79	6.46	58.38	3.12	41.33	-0.83
132	87.91	8.05	54.95	1.13	37.48	6.24
144	87.04	5.26	51.71	3.17	33.99	1.02

由表 3 可以看出,使用 9 个数据进行预测时,预测精度大大提高。样品 a 的最大误差为 8.05%,平均相对误差为 2.74%;样品 b 最大误差为 3.17%,平均相对误差为 2.42%;样品 c 最大相对误差为 6.24%,平均相对误差为 1.89%。由该结果可以看出,完全可以使用 9 个数据的试验结果进行模型预测,来获得试验结束至 144 h 时的试验结果,故试验只需进行 96

h;并可依据此结果判断是否需要提高或降低样品的抗老化性能。如对于 a 样品,可以适当降低其抗老化性能以此降低其生产成本。

3 结论

- 1) 使用 5 个数据进行预测时,由于其数据后期变化规律与先期变化略有不同,使得预测误差过大,无法用于样品抗老化性能的估计。使用 9 个数据进行预测时,由于数据部分涵盖了后期变化规律不同的部分数据,故得到的预测值误差相对较小,由于只是用于产品研发,故其精度已经足够。
- 2) 随着试验时间的增长,样品的抗拉强度保持率不断下降,且由 b,c 样品可以看出,试验后期抗拉强度保持率的下降速度有加快的趋势。3 种样品预测值误差较大值均出现在最后,也说明样品后期抗拉强度的变化规律不同。
- 3) 该模型的建立只需要少量数据,且对样本的模拟性较好,但是在后期数据规律变化较大时,需要增加建模数据。

西部地区的环境较为特殊,要求塑编袋具有一定的抗老化性能,但是抗老化塑编袋的研发需要进行长时间的人工加速老化试验,可使用模型预测的方式缩短试验时间,达到降低成本的目的。

参考文献:

[1] 刘立舰,郑全成,张志昆. 塑编包装袋抗老化性能的试验比较及分析[J]. 包装工程,2010,31(15):22-24.

[2] 万珊,邢力,万凯,等. 对出口塑料集装袋抗老化性的分析与研究[J]. 包装工程,2004,25(1):52-64.

[3] 李东立,许文才,魏华. 聚丙烯软包装材料的改性研究[J]. 包装工程,2009,30(9):5-7.

[4] GB 8946-1998,塑料编织袋[S].

[5] GB 8947-1998,复合塑料编织袋[S].

[6] ASTM G154 ,Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials [S].

[7] 黄伟,仇君. 塑料自然老化力学性能的灰色预测[J]. 广西大学学报(自然科学版),2001(26):275-276.

[8] 田俊山,俞奇勇. 塑料老化程度的优化变参数模型及预测[J]. 塑料工业,2007(1):51-53.