

几种塑料的老化性能

第五三研究所

为了解几种常用塑料的老化性能,我们先后作了两种高压聚乙烯、两种改性聚苯乙烯、三种聚碳酸酯、两种尼龙1010、四种低压聚乙烯以及酚醛压塑料和改性酚醛玻璃纤维增强塑料等15种材料的老化试验,得到了这些材料在广州、济南等地经三年户外曝晒试验和五年(或三年)室内储存试验的结果,同时对这些材料作了2160小时的人工加速老化试验。通过这

些试验可对被试材料的耐候性有个大概的了解。现将结果整理如下,供同志们参考。

一、材料

被试的材料列于表1,其中低压聚乙烯和增强低压聚乙烯试验刚开始,只有人工加速老化试验的结果。所有材料的室内储存试验都还没有结束。

的耐老化性能,不愧为塑料之“王”。

聚四氟乙烯之所以有这样好的耐老化性能,一方面是因为它的大分子链中C—F键的键能大,达119千卡/克分子,以至射到地面上能量最大的紫外光(约98.3千卡/克分子)和高温的作用都不能将它切断。另方面是因为氟原子对碳原子有遮蔽效应,使得C—C键(83千卡/克分子)也不易断裂。

可是,由于聚四氟乙烯的成型加工性差,不能用一般加工热塑性塑料的方法(如注射、挤出等)来加工,所以大大限制了它的应用。

结 语

事物都是一分为二的。塑料有许多宝贵性能,也有老化等一些缺点,这是不足为奇的。只要我们了解塑料老化的内因、

外因和规律,并采取各种适宜的防老化措施,就能大大延长塑料的使用寿命。

从上述试验结果看来,除聚四氟乙烯以外,其他热塑性工程塑料在户外曝露时,老化问题比较突出。因此,它们若在户外应用,最好添加紫外光吸收剂等防老剂,或采用其他有效的光防护措施。若在室内应用或贮存,只添加抗氧剂即可。

老化,只是塑料应用中的一个问题。除此之外,还有原材料质量、选材、制品和模具设计、成型加工等方面的问题。它们不但常常容易与老化问题混淆,而且还会影响到塑料的使用性能,所以也应重视。

工程塑料的老化与防老化,所包括的内容很多。以上所谈的,只是目前国内外几种主要工程塑料的一些情况,仅供参考。

(参考文献从略)

甘润德执笔

表 Y

编号	材 料 名 称	生 产 厂 及 牌 号
1	国产高压聚乙烯	上海化工研究院产 仿WJG—11型
2	英国高压聚乙烯	WJG—11型
3	补强I型聚苯乙烯	兰州合成橡胶厂生产(含本体聚合聚苯乙烯85%, 丁苯松香软胶15%)
4	FS—501	山东化工厂生产(苯酚、苯胺、甲醛树脂为基的木粉为填料的压塑料)
5	FX—508	山东化工生产(含聚乙烯醇缩丁醛改性酚醛树脂40%, 有碱玻璃短纤维60%)
6	国产聚碳酸酯	大连塑料一厂69年生产
7	日本聚碳酸酯	牌号C—1400
8	西德增强聚碳酸酯	牌号MAKOROLON GV30
9	尼龙1010	上海长红塑料厂生产
10	增强尼龙1010	宁波塑料厂生产
11	203A	上海高桥化工厂生产(丁苯乳胶改性聚苯乙烯)
12—1	纯低压聚乙烯	安徽化工研究所生产
12—2	改性1#低压聚乙烯	安徽化工研究所生产的低压聚乙烯53所改性(含防老剂D 0.5%)
12—3	改性2#低压聚乙烯	安徽化工研究所生产的低压聚乙烯53所改性(含炭黑0.3%, 防老剂D 0.5%)
31	增强低压聚乙烯	宁波塑料厂生产(含玻璃纤维20%)

二、试验方法

1. 人工加速老化试验

(1) 试验设备

日本东洋理化工业株式会社生产 WE—SH—2C型全自动万能老化试验器, 其光源为紫外型碳弧灯。

(2) 试验条件

紫外线辐射强度 0.19 卡/厘米²/分

温度: 40 ± 5 °C

相对湿度: 65 ± 5 %

降雨周期: 每180分钟降雨 9 分钟。

(3) 试验总时数

2160小时

2. 室外曝晒试验

(1) 地点:

1~5号样品曝晒于广州、重庆、西安、济南、峨眉山等地; 6~11号样品曝

晒于广州和济南两地。

各地的气候特点是

广州: 属典型的亚热带湿热气候。年平均气温为 22 °C, 相对湿度为 78 %, 多雨, 在每年4个月左右的湿热季节里, 相对湿度常达 98 %。年总日照时数为 1867.3 小时。

重庆: 亦属亚热带湿热气候。年平均气温为 18.6 °C, 夏季气温较高, 在七、八月份比广州气温还高。年平均相对湿度 83 %, 相对湿度年振幅不大, 在多数月份上比广州的相对湿度低。年总日照时数为 1289.8 小时。

西安: 属温带气候, 冬季寒冷干燥, 夏季炎热少雨, 有明显的大陆性气候特征。年平均温度 14 °C, 年平均相对湿度在 70 %左右, 年总日照时数为 2283 小时。

济南: 也属温带气候。年平均温度

14.5℃, 年平均相对湿度60%, 年总日照时数为2776.3小时。

碾子山: 位于黑龙江省齐齐哈尔市的西北边, 是亚寒带气候。每年最低气温达零下35℃左右, 年平均温度6℃左右, 年平均相对湿度60%左右。

(2) 曝晒角: 样品架正苗朝南, 与水平面倾斜45°角。

(3) 曝晒时间: 1~5号样品

广州地区: 67年8月~70年8月

其他地区: 67年4月~70年4月

6~11号样品

广州地区: 70年4月26日~73年6月5日

济南地区: 70年1月20日~73年1月20日

3. 室内贮存试验:

样品存放在广州老化所和济南53所室内。温湿度不加控制, 试样放置不受任何外力。

放置起始时间:

1~5号样品广州67年8月

济南67年4月

6~11号样品广州70年4月

济南70年1月

三、试样及性能测试

1~2号样品为2mm厚的亚铃形试样, 测抗拉强度和延伸率。拉伸速度为300mm/min。

表 2

材 料	测 试 项 目	原始值	108小时	216小时	648小时	1080小时	2160小时
国产高压 PE	抗拉强度 (kg/cm ²)	109	109	108	113	117	150
	延伸率 (%)	417	399	423	146	95	—
英国高压 PE	抗拉强度 (kg/cm ²)	116	119	105	110	108	127
	延伸率 (%)	482	398	299	126	122	—

3号样品注射成小长条(55×6×4)

8字形抗拉试条和抗压试样(10×10×15), 测抗弯、冲击、抗拉、抗压等强度。

4、5号样品压制成大长条(120×15×10)8字形抗拉试条和抗压试样(φ10×15), 测抗弯、冲击、抗拉、抗压等强度。

6~11号样品均注射成小长条(55×6×4), 测抗弯和抗冲强度。

12、13号样品注射成大长条(120×15×10), 测抗弯和抗冲强度。

以上小试样弯曲试验速度为50mm/min, 大试样弯曲试验速度和拉伸、压缩试验速度的均采用10mm/min。

样品从老化机或曝晒架取出后, 需在室内放置24小时再作测试。试验时, 样品受光面均背向冲锤(或压头)。

四、试验结果

1. 人工加速老化试验

高压PE试验结果列于表2并示于图1。

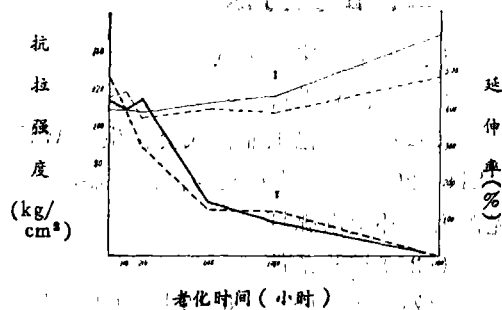


图 1

实线为国产高压聚乙烯 虚线为英国高压聚乙烯
I: 抗拉强度 II: 延伸率

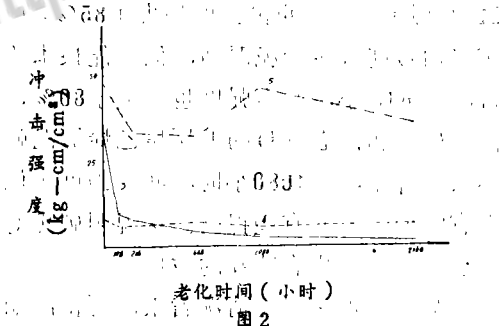
由表2可知,经过2160小时,两种高压聚乙烯的抗拉强度都比原始值高。而延伸率在648小时已大为损失,国产高压聚乙烯损失65%,英国高压聚乙烯损失73%,至

2160小时,两种聚乙烯延伸率都全部丧失。

补强I型聚苯乙烯、FS-501和FX-503三种材料的人工加速老化试验结果列于表3。其冲击强度的变化情况示于图2。

表 3

材 料	测 试 项 目	原始值	108小时	216小时	648小时	1080小时	2160小时
补强I型 PS	抗冲强度 ($\text{kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2$)	34.8	9.8	8.0	4.5	3.0	1.8
	抗弯强度 (kg/cm^2)	771	822	763	803	569	497
	抗拉强度 (kg/cm^2)	353	387	336	316	250	207
	抗压强度 (kg/cm^2)	368	692	699	714	722	806
FS-501	抗冲强度 ($\text{kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2$)	8.4	6.3	6.5	7.3	6.0	6.9
	抗弯强度 (kg/cm^2)	989	830	829	840	876	807
	抗拉强度 (kg/cm^2)	591	576	586	552	587	444
	抗压强度 (kg/cm^2)	1922	2140	2030	2240	1992	2300
FX-503	抗冲强度 ($\text{kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^2$)	48.1	40.6	33.4	32.4	46.1	35.8
	抗弯强度 (kg/cm^2)	1019	1079	1004	1384	—	1203
	抗拉强度 (kg/cm^2)	734	784	678	772	648	701
	抗压强度 (kg/cm^2)	1986	2110	2076	2008	1922	2127



3: 补强I型聚苯乙烯 4: FS-501 5: FX-503

由表3可知,补强I型聚苯乙烯的冲击强度下降很快,经108小时便损失71.8%,经1080小时已损失91.4%,经2160小时抗冲强度损失殆尽,抗弯强度和抗拉强度都损失40%左右。是耐老化性能较差的一种材料。

两种热固性塑料FS-501和FX-503的性能变化较小。经2160小时FS-501的抗拉强度降低25%,抗冲和抗弯都降低18%左右。FX-503的抗拉、抗弯、抗压强度都没有明显变化,抗冲强度虽降低了25%,但在该材料原始强度波动范围以内,可以认为变化不大。

另外,以上三种材料在加速老化过程中抗压强度都略有增加。

6~10号样品的人工加速老化试验结果列于表4,示于图3。

由表4可知,日本聚碳酸酯经1728小时仍保持全部韧性,经2160小时才略有降低(7%左右)。

国产聚碳酸酯在1286小时以后逐渐变脆,到2160小时几乎丧失全部韧性。

表4 五种塑料加速老化冲击强度

老化时间 (小时)	日本聚 碳酸酯	大连聚 碳酸酯	尼龙1010	增强尼 龙1010	增强聚 碳酸酯
0	142	150	118	27.7	24.2
54	154	153	86.2	25.1	18.6
108	159	157	84.6	24.3	21.6
216	140	155	85.6	22.8	20.7
432	145	146	86.2	23.3	18.7
648	145	126	85.8	18.7	18.1
884	150	157	87.9	19.3	18.5
1080	151	159	89.6	17.6	18.7
1296	154	三根159, 二根12.7*	三根87.9, 一根22.6*	19.7	17.9
1512	158	163	三根90.5, 二根16.8*	17.7	18.0
1728	157	三根174, 一根4.0*	三根117, 三根13.7*	12.1	14.8
1944	124	三根133, 四根4.0*	四根114, 四根5.5*	15.0	12.9
2160	133	3.7*	五根101, 二根5.5*	12.8	1.8

说明：增强聚碳酸酯和增强尼龙1010的全部试样都被冲断，其余试样注有“*”者被冲断，因被冲断和不断数据相差甚大，不便平均，故一次试验的五根试样中有几根不断，几根断，分别列出平均值（以3F类似情况不再说明）。

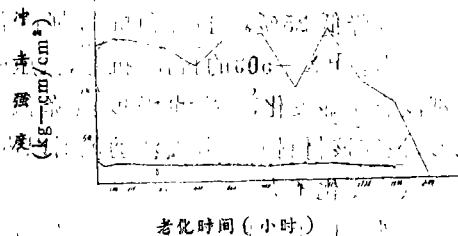


图3

6: 国产聚碳酸酯 7: 日本聚碳酸酯 8: 西德增强聚碳酸酯 9: 尼龙1010 10: 增强尼龙1010

尼龙1010在人工加速老化试验机内很快丧失部分韧性，仅54小时，冲击强度便降低20%左右，但在以后一段时间内保持在这个水平，直到1080小时后才逐渐变脆。

增强聚碳酸酯和增强尼龙1010的冲击强度变化很相似，经1944小时损失50%左右。

几种低压聚乙烯的冲击强度(kg-cm/cm²)在表5和图4中表示得很清楚。

表5

老化时间 (小时)	增强低 压聚乙 烯	纯低压聚 乙	加防老剂 D的低压 聚乙烯	加碳黑和防 老剂D低 压聚乙烯
0	65.1	204	185	188
54	118.0	203	197	200
108	47.9	四根203, 一根87.9	203	208
216	18.5	24.6*	200	207
432	19.0	31.3*	四根212, 一根21.8*	198
648	18.7	29.6*	38.4*	203
884	17.2	35.9*	二根179, 三根18.2*	197
1080	16.0	22.6*	42.4*	203

说明：增强聚乙烯全部被冲断，其余注有“*”者被冲断。

由表5可知，纯低压聚乙烯加速老化216小时就脆了，冲击强度损失了85%，加防老剂D能减缓变脆时间，但不能根本改善，经648小时冲击强度也损失了80%，而加碳黑和防老剂D的低压聚乙烯情况就不大一样了，经1080小时，冲击强度不但没有降低，反而有些提高。这说明碳黑对聚乙烯防光老化有特殊的效用。

从人工加速老化情况看来，可得出如下结论：两种热固性塑料的耐老化性能比较优良，加碳黑和防老剂D的低压聚乙烯也明显地耐老化，补强I型聚苯乙烯则是最差的一种材料。

2. 室外曝晒试验

(1) 两种高压聚乙烯

表6列出国产高压聚乙烯和进口高压聚乙烯的老化数据

表 6

材料	曝晒时间	测试项目	广州	重庆	西安	济南	琢子山	材料	曝晒时间	测试项目	广州	重庆	西安	济南	琢子山
国产高压聚乙烯	0	抗拉强度 (kg/cm ²)	110	110	110	110	110	进口高压聚乙烯	0	抗拉强度 (kg/cm ²)	136	136	136	136	136
		延伸率 (%)	330	330	330	330	330			延伸率 (%)	448	448	448	448	448
	四个月	抗拉强度 (kg/cm ²)	148	119	124	105	118		四个月	抗拉强度 (kg/cm ²)	141	121	121	120	117
		延伸率 (%)	82	86	79	115	100			延伸率 (%)	177	117	149	384	240
	八个月	抗拉强度 (kg/cm ²)	129	114	137	133	136		八个月	抗拉强度 (kg/cm ²)	128	140	137	148	138
		延伸率 (%)	55	0	55	74	76			延伸率 (%)	77	139	104	93	197
	一年	抗拉强度 (kg/cm ²)	129		114	128	109		一年	抗拉强度 (kg/cm ²)	117		110	129	110
		延伸率 (%)	37		42	56	77			延伸率 (%)	59		83	94	128
	二年	抗拉强度 (kg/cm ²)		一年半 取样已 断裂		81.8			二年	抗拉强度 (kg/cm ²)	—40 年半 0		均已 断裂	137	
		延伸率 (%)				0				延伸率 (%)				60	
	三年	抗拉强度 (kg/cm ²)				均已 断裂			三年	抗拉强度 (kg/cm ²)				148 表面已有 深度裂纹	
		延伸率 (%)								延伸率 (%)				20	

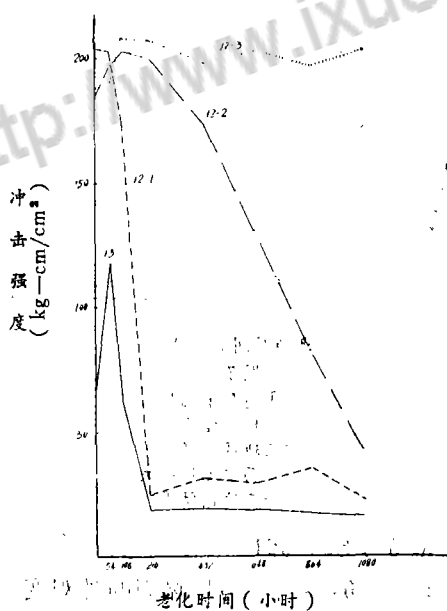


图 4

- 12-3: 加碳黑和防老剂D的低压聚乙烯
12-2: 加防老剂D的低压聚乙烯
12-1: 纯低压乙烯
13: 玻璃纤维增强低压聚乙烯

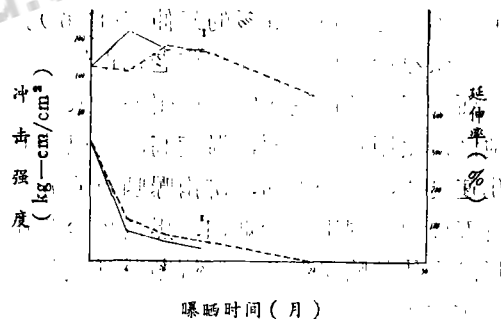


图 5

国产高压聚乙烯 实线为广州地区结果
虚线为济南地区结果 I: 抗拉强度 II: 延伸率

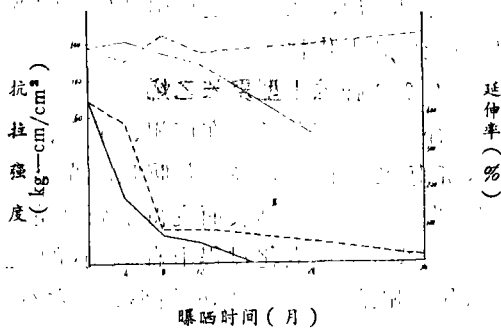


图 6

进口高压聚乙烯 实线为广州地区结果
虚线为济南地区结果 I: 抗拉强度 II: 延伸率

由表 6 可知, 国产高压聚乙烯在广州经四个月曝晒, 延伸率损失 78%, 经一年抗拉强度虽没有降低, 但延伸率却丧失了 90% 左右。一年半后完全脆断。在其他地区曝晒结果也发现全部失去使用价值。在济南地区老化要比广州缓慢些。经四个月延伸率损失 65%, 一年丧失 83%, 经二年表面裂纹, 抗拉强度损失 25.6%, 延伸率全部丧失(图 5)。

英国高压聚乙烯在广州四个月延伸率损失 60%, 一年损失 87%, 一年半后表面已严重龟裂, 抗拉强度丧失 70% 左右。与国产聚乙烯相同, 在济南性能降低也要缓慢些, 经四个月延伸率仅损失 14%, 一年损失 79%, 抗拉强度则始终没有降低, 直到三年曝晒期满, 样品虽已有深度裂纹, 但并不很脆, 还具 20% 的延伸率(图 6)。

聚乙烯在广州比在济南老化得快, 一方面气候条件造成的, 广州处于低纬度地区, 太阳辐射强烈, 温度高, 所以光氧化速度快; 另一方面, 济南曝晒点(五三所五楼顶)周围有大烟囱, 黑色粉尘落在样品上使其略呈灰色, 对屏蔽紫外线起了一定作用。

比较而言, 英国高压聚乙烯比国产高压聚乙烯耐候性好一些。

可以看出, 在曝晒过程中延伸率的变化最能反映老化程度。

(2) 补强 I 型聚苯乙烯

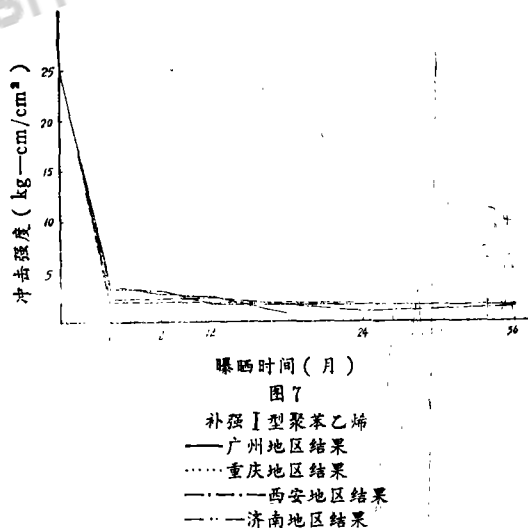
补强 I 型聚苯乙烯在广州、重庆、西安、济南、碾子山等地经二年曝晒, 光泽全部丧失, 经三年, 样品表面变得十分粗糙。

直线尺寸在老化过程中有缩小的趋势, 如广州地区经三年厚度缩小 2% 左右, 宽度缩小 1.3% 左右, 长度变化率最小, 仅缩小 0.3% 左右。在济南, 尺寸变化率小于广州: 经三年厚度缩小 1.2%, 宽度缩小

0.68%。由此可见, 厚度变化大于宽度变化, 这是因厚度与曝晒面有更直接的关系。

力学性能的变化列于表 7。冲击强度变化情况示于图 7。

由表 7 可知, 在几项力学性能中, 冲击强度变化最急剧, 仅四个月就丧失了 90% 左右。抗弯强度的变化次之, 仅四个月, 除广州地区下降不到 10% 外, 其他地区都下降 25% 左右。经三年, 抗弯强度在广州下降 26%, 在西安下降 35%, 在济南下降 50%。抗张强度也有不同程度的减小, 经三年, 在广州下降 50%, 在济南下降 30%。抗压强度都有不同程度的提高, 最显著的是济南地区, 三年提高 30% 左右。由上述的变化可以认为补强 I 型聚苯乙烯是一种耐候性很差的材料。



(3) FS-501

FS-501塑料在各地曝晒的外观变化大致一样: 开始的三四个月样品表面发暗, 一年以后光泽全部消失, 而且表面变得越来越粗糙。

尺寸的变化在各地不完全一样。在广州, 第一年厚度增加 0.23%, 宽度增加

表 7

测 试 项 目	曝晒时间	广 州	重 庆	西 安	济 南	碾 子 山
抗 冲 强 度 (kg-cm/cm ²)	0	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1
	四 个 月	3.7	2.1	2.3	3.3	2.4
	八 个 月	2.9	2.1	2.1	3.2	2.2
	一 年	2.6	缺	2.5	1.9	2.2
	二 年	一年半0.9	1.9	1.1	1.8	1.2
	三 年		缺	1.5	1.5	缺
抗 弯 强 度 (kg/cm ²)	0	740	740	740	740	740
	四 个 月	691	648	556	567	548
	八 个 月	726	574	609	603	530
	一 年	536	缺	606	587	573
	二 年	缺		513	417	538
	三 年	564		482	380	缺
抗 拉 强 度 (kg/cm ²)	0	300	300	300	300	300
	四 个 月	272	281	294	300	298
	八 个 月	277	274	298	275	311
	一 年	249	缺	259	264	273
	二 年		224	218	208	236
	三 年	154	缺	缺	207	缺
抗 压 强 度 (kg/cm ²)	0	620	620	620	620	620
	四 个 月	788	728	751	676	734
	八 个 月	702	777	788	797	769
	一 年	700	缺	736	726	712
	二 年	缺	754	752	833	751
	三 年	714	775	757	823	缺

0.25%，第三年厚度基本恢复到曝晒前的尺寸，宽度增加0.2%。在其他地区，(重庆地区没有数据，不包括在内)样品尺寸变化的趋势基本上是缩小，但很有限。经三年，变化率最多不超过-0.5%。样品在广州地区开始尺寸增大，大概是因为那里湿度大，而酚醛塑料是亲水性材料，填料木粉也很能吸潮的原因，以后随着日光、

风、雨等因素的作用，样品表面风蚀脱落逐渐加剧，由此引起的厚度尺寸减小，抵消了因吸湿引起的尺寸增大，使厚度又基本恢复到原尺寸。

由表 8 所列数据看出，FS-501 的机械性能，在前四个月抗弯强度和抗冲强度有所下降(分别下降20%和30%左右)，在此以后抗冲强度基本稳定，抗弯强度的变

化也要缓慢多了。抗拉强度和抗压强度始终变化不大。

表 8

测试项目	曝晒时间	广 州	重 庆	西 安	济 南	峨 子 山
抗 冲 强 度 (kg-cm/cm ²)	0	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4
	四 个 月	5.2	5.6	4.9	7.1	6.1
	八 个 月	5.5	6.4	6.8	6.1	6.1
	一 年	5.5	缺	6.1	6.1	6.6
	二 年	一年半4.7	5.8	6.6	4.7	6.0
	三 年	4.8	缺	7.1	5.6	缺
抗 弯 强 度 (kg/cm ²)	0	989	989	989	989	989
	四 个 月	770	702	720	687	843
	八 个 月	817	759	805	756	815
	一 年	846	缺	878	756	880
	二 年	一年半691	670	746	736	821
	三 年	620	缺	783	650	缺
抗 拉 强 度 (kg/cm ²)	0	591	591	591	591	591
	四 个 月	501	514	549	553	535
	八 个 月	537	523	539	474	563
	一 年	611	缺	621	562	518
	二 年	一年半545	420	559	452	590
	三 年	501	532	574	459	缺
抗 压 强 度 (kg/cm ²)	0	1922	1922	1922	1922	1922
	四 个 月	2090	1919	2040	2000	2060
	八 个 月	1930	2060	2150	2245	2270
	一 年	1740	缺	2010	2088	2040
	二 年	缺	1860	1950	2210	2020
	三 年	缺	1693	1865	2170	三年未测

(4) FX-503

增强塑料FX-503在曝晒过程中尺寸变化不大,2样品在广州地区三年宽度增加0.3%左右,厚度增加0.2%左右。在济南地区三年,宽度基本没有变化,厚度减小不到0.2%。它的外观变化很引人注目,经四个

月,表面树脂明显脱落,经一年,玻璃纤维已表露。到第二年,曝晒面的玻璃纤维束已部分疏松的露在外面,反面的玻璃纤维也已微露。到三年,样品表面布满了白色的玻璃纤维束,纤维很容易飞到空气中。

FX-503力学性能列于表9。

表 9

测 试 项 目	曝晒时间	广 州	重 庆	西 安	济 南	碾子山
抗 冲 强 度 (kg-cm/cm ²)	0	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1
	四 个 月	46.2	37.9	53.6	52.9	38.3
	八 个 月	37.6	36.5	41.7	50.2	53.1
	一 年	39.2	缺	44.5	37.5	47.5
	二 年	一年半 37.3	44.8	缺	41.8	缺
	三 年	43.1	36.2	39.7	40.0	
抗 弯 强 度 (kg/cm ²)	0	1019	1019	1019	1019	1019
	四 个 月	1581	1101	1557	1519	1290
	八 个 月	1289	1495	1304	1440	1295
	一 年	1640	缺	1794	1175	1475
	二 年	一年半 1500	1687	1760	1578	1444
	三 年	1118	1523	1988	1250	缺
抗 拉 强 度 (kg/cm ²)	0	734	734	734	734	734
	四 个 月	894	746	755	844	828
	八 个 月	887	776	802	779	836
	一 年	877	缺	774	775	998
	二 年	一年半 837	589	690	918	866
	三 年	825	813	846	缺	864
抗 压 强 度 (kg/cm ²)	0	1968	1968	1968	1968	1968
	四 个 月	2218	2140	2107	2116	1943
	八 个 月	2079	2143	2173	2120	2103
	一 年	1946	缺	2065	2020	2140
	二 年	缺	2055	1950	1920	2110
	三 年	缺	1920	2057	缺	2208

由表 9 可以看出,尽管外观变化很大,但强度降低却很小。经三年暴露后,抗拉强度特别是抗压强度多少有些增加,抗弯强度有较大幅度增加(约 50% 左右),抗冲强度数据比较分散,大约降低 20% 左右,但这一降低并没有超过材料原始性能的波动范围(六个试样测量的初始性能值是 30.6; 68.9; 50.0; 35.2; 66.1; 37.6 kg-cm/cm²),

可以认为变化不大。因此,就力学性能而言,FX-503 是耐候性很好的材料。

(5) 国产聚碳酸酯和日本聚碳酸酯

两种聚碳酸酯在济南户外曝晒的尺寸变化率列于表 10。

由表 10 看出,尺寸有减小的趋势,但又都很小。比较起来,厚度比宽度变化略大些,经三年曝晒,变化率在 +0.5% 左右。

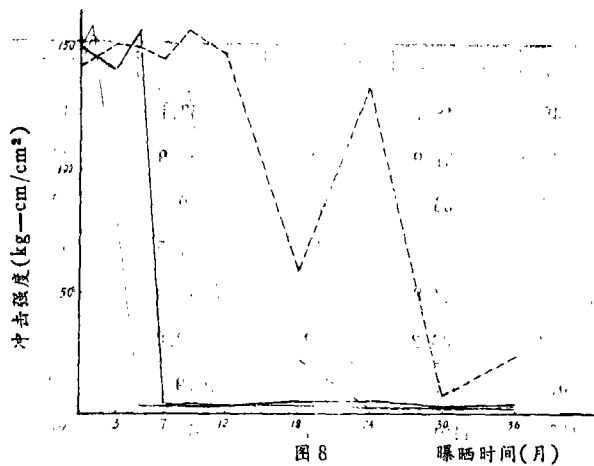


图8 曝晒时间(月)
实线为国产聚碳酸酯 虚线为日本聚碳酸酯
粗线为济南地区结果 细线为广州地区结果

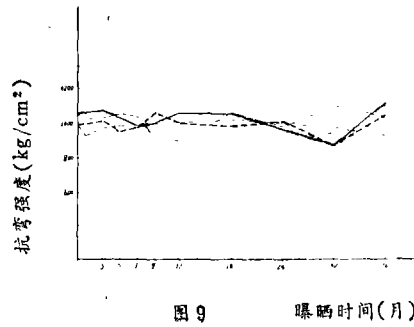


图9 曝晒时间(月)
实线为国产聚碳酸酯 虚线为日本聚碳酸酯
粗线为济南地区结果 细线为广州地区结果

表10

材 料	尺寸变化率 (%)	一年	二年	三年
国 产 P C	宽 度	-0.17	-0.03	-0.23
	厚 度	-0.17	-0.33	-0.47
日 本 P C	宽 度	-0.13	-0.05	-0.16
	厚 度	-0.34	-0.42	-0.55

聚碳酸酯的冲击强度和抗弯强度在广州和济南户外曝晒的结果列于表11。

由表11可知,与人工加速老化试验结果不同,聚碳酸酯在曝晒情况下冲击强度的降低是急剧的,特别是国产聚碳酸酯,在济南地区七个月便失去97%,在广州经五个月便达到同一程度。日本聚碳酸酯冲击强度的降低要缓慢些,在广州经一年损失80%左右,在济南经一年还没有下降,经二年半损失95%(图8)。

国产聚碳酸酯比日本聚碳酸酯的抗弯强度稍差些,经济南曝晒七个月便有些下降,以后基本保持在这个水平。日本聚碳酸酯则始终变化不大(图9)。

(6) 尼龙1010

尼龙1010的尺寸变化与聚碳酸酯相

仿,变化率很小,经济南地区户外曝晒三年厚度也仅有0.5%左右的缩小。

由表12可知,在广州地区尼龙1010冲击强度降低明显地比济南快,在济南曝晒两年半平均降低47%,而在广州曝晒一年就损失了同样的韧性。经三年,济南地区样品的冲击强度是广州的2.5倍(图10)。

抗弯强度有较大幅度的波动。从趋势来看,济南地区没有多少降低,广州地区则有所下降。

尼龙1010的力学性能在广州地区变化快,原因可能与前面所述高压PE的原因相同,因济南地区的样品表面也因粉尘而略呈灰色。尼龙1010冲击韧性的降低不如聚碳酸酯剧烈,如表12。

(7) 增强尼龙1010和增强聚碳酸酯

在济南曝晒的增强聚碳酸酯样品的尺寸变化情况列于表13。

由表13可以看出,直线尺寸同样是缩小。经三年,厚度变化率也在-0.5%左右。增强尼龙1010和增强聚碳酸酯的抗冲击强度、抗弯强度以及在大气曝晒条件下的变化情况都比较接近,见表14。

表11

测试项目	曝晒时间	国 产 聚 碳 酸 酯		日 本 聚 碳 酸 酯	
		广 州	济 南	广 州	济 南
冲击强度 $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$	0	曝晒一个月159	150	曝晒一个月155	142
	三个月	一根144, 两根5.7*	141	142	151
	五个月	3.9*	157	149	150
	七个月	3.1*	4.5*	一根14.3*, 六根145	145
	九个月	4.0*	3.6*	一根17.6*, 六根150	157
	一 年	4.0*	3.9*	五根5.4*, 一根143	148
	一年半	3.4*	5.1*	六根3.4*, 一根139	三根119*, 二根135
	二 年	3.0*	5.5*	2.9*	134
	二年半	2.7*	3.6*	2.1*	7.8*
	三 年	2.4*	4.0*	2.6*	六根4.8*, 一根135
抗弯强度 kg/cm^2	0	曝晒一个月1024	1053		991
	三个月	1030	1074	972	1015
	五个月	1059	1032	987	957
	七个月	1049	一根827, 六根1045	973	973
	九个月	三根737, 四根1050	一根930, 六根1100	996	1059
	一 年	三根714, 四根1030	一根888, 六根1080		1000
	一年半	1060	五根1056	1020	981
	二 年	二根703, 五根1068	一根566, 四根1060	999	1003
	二年半	1099	一根572, 三根980	971	一根524, 四根961
	三 年	1038	五根1120, 二根869	984	1050

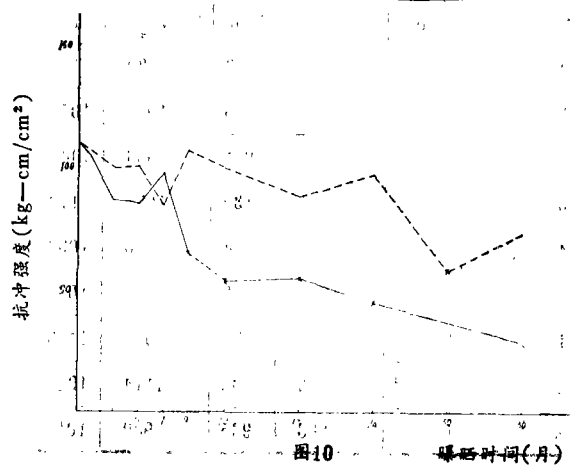


图10 尼龙1010 实线示广州地区结果 虚线示济南地区结果

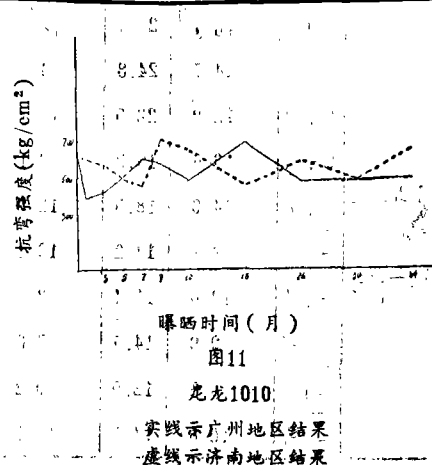
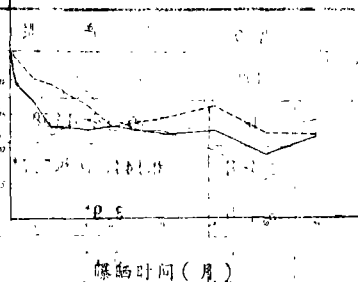


图11 尼龙1010 实线示广州地区结果 虚线示济南地区结果

表12

曝晒时间	冲击强度 (kg-cm/cm ²)		抗弯强度 (kg/cm ²)	
	广州	济南	广州	济南
0	曝晒一个月 105	110	曝晒一个月 394	602
三个月	85.5	99.5	427	568
五个月	84.8	100.4	508	494
七个月	97.1	84.2	600	457
九个月	五根87.9, 二根6.6*	107	577	709
一年	四根85.4, 三根10.2*	98.6	485	646
一年半	三根106, 四根16.7*	84.2	688	456
二年	五根81.8, 三根5.9*	96.6	四根556, 二根326	689
二年半	四根3.3*, 二根38.6*	二根7.5*, 三根91.3		493
三年	五根3.7*, 二根91.9*	三根6.2*, 三根139	491	650

抗冲强度(kg-cm/cm²)

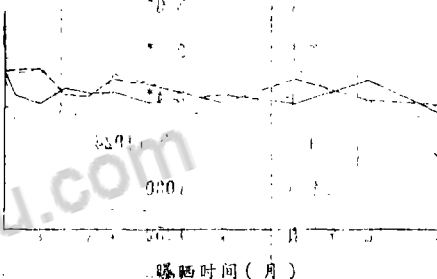
曝晒时间(月)

图12

粗线为增强聚碳酸酯 细线为增强尼龙1010
实线为广州地区结果 虚线为济南地区结果

表13

项目	时间	一年	二年	三年
宽度变化率 (%)		-0.24	-0.25	-0.24
厚度变化率 (%)		-0.20	-0.24	-0.56

抗弯强度(kg/cm²)

曝晒时间(月)

图13

粗线为增强聚碳酸酯 细线为增强尼龙1010
实线为广州地区结果 虚线为济南地区结果

表14

测试项目	曝晒时间	增强尼龙1010		增强PC		测试项目	曝晒时间	增强尼龙1010		增强PC	
		广州	济南	广州	济南			广州	济南	广州	济南
冲击强度 kg-cm/cm ²	0	曝晒一个月 19.4	27.7	曝晒一个月 19.1	24.2	抗弯强度 (kg/cm ²)	0	曝晒一个月 932	1130	曝晒一个月 1047	1150
	三个月	14.7	24.8	16.8	20.0		三个月	941	1168	1020	1164
	五个月	12.0	22.0	13.1	19.1		五个月	950	983	1080	1059
	七个月	13.6	18.2	13.1	16.2		七个月	1010	951	1060	1049
	九个月	14.3	18.5	12.9	16.5		九个月	1024	1135	1067	1112
	一年	12.7	14.2	13.4	13.4		一年	906	1094	1023	1099
	一年半	12.6	11.4	12.1	14.5		一年半	1017	910	1054	1027
	二年	9.9	14.5	12.6	16.1		二年	795	1161	1020	1120
	二年半	5.6	12.9	9.2	12.4		二年半	1033	965	1114	1032
	三年	10.6	14.1	11.9	12.2		三年	800	985	980	1018

由表14可知,两种材料经广州和济南两地户外曝晒一年,抗冲强度均下降50%左右。以后直到三年曝晒期满,两种材料在济南地区的变化都不明显,在广州还有些下降(图12)。抗弯强度的变化则始终不明显。从13图看出,样品在两地区的抗弯强度随曝晒时间的增加都有周期性的波动。这大概是因为测试时气温影响的结果。在济南,样品开始曝晒时间是1月20日,每在这时测试的结果都偏高些,而每年7月20日取样测试的结果就低些。在广州,样品开始曝晒时间是4月26日,取样寄到济南测试都在5月份,每在这时测试的结果都偏低,而11月份测试的结果偏高。回顾前面尼龙1010的数据也有类似的情况。说明这几种塑料的抗弯强度对温度比较敏感。温度低时所测数据偏高,温度高时偏低。因此,控制测试时的温度对正确反映材料的性能是十分必要的。

(8) 203A

这种材料的尺寸变化比其他几种工程塑料来得大。表15列出在济南地区的尺寸变化情况。厚度的变化远大于宽度的变化。

表15

项目	一年	二年	三年
宽度变化率(%)	-0.19	-0.20	-0.23
厚度变化率(%)	-0.31	-0.92	-1.04

203A的力学性能变化见表16。

如表16所示,力学性能的变化也比较剧烈,特别是在广州地区。

户外曝晒仅三个月,济南地区抗冲强度下降64%,广州地区下降73%。经一年,济南下降79%,广州下降85%。经三年,济南下降94%,广州下降96%(图14)。抗弯强

表16

曝晒时间	冲击强度 ($\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$)		抗弯强度 (kg/cm^2)	
	广州	济南	广州	济南
0	曝晒一个月 12.3	25.6	曝晒一个月 771	736
三个月	7.0	9.2	675	787
五个月	6.9	10.1	661	701
七个月	7.2	9.9	669	718
九个月	4.2	6.0	654	687
一年	3.9	5.3	662	645
一年半	1.5	4.4	617	572
二年	2.1	2.1	563	449
二年半	4.4	1.7	578	579
三年	1.0	1.7	414	565

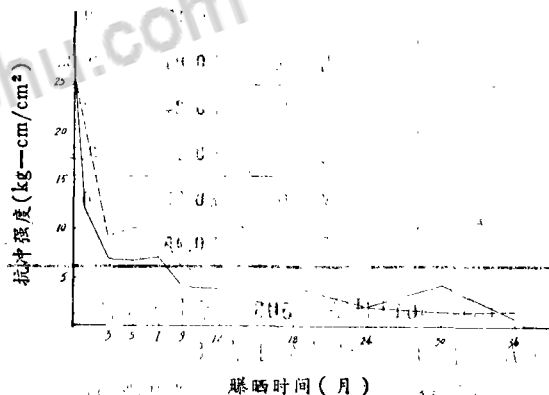


图14

203A

实线为广州地区结果
虚线为济南地区结果

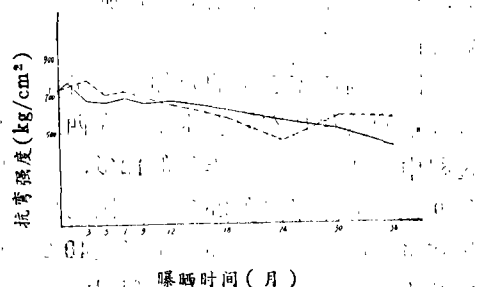


图15

203A

虚线为济南户外曝晒
实线为广州户外曝晒

度在开始的一段时间下降较慢, 经一年曝晒两地区下降均在10%左右, 以后继续下降, 到第三年, 济南地区下降23.2%, 广州地区下降43.8% (图15)

比较上述11种塑料的户外曝晒结果, 大抵可将它们按耐候性的优劣顺序排列如下: FX—503, FS—501, 增强聚碳酸酯和增强尼龙1010, 日本聚碳酸酯, 尼龙1010, 英国高压聚乙烯, 国产高压聚乙烯, 国产

聚碳酸酯, 203A, 补强I型聚苯乙烯。

3. 室内贮存试验

几种塑料在贮存中的尺寸变化比户外曝晒条件下变化要小。除FS—501因吸湿宽和厚度有微小增加外, 其余材料的尺寸都有轻微减小。(不包括表中未列出的材料), 如表17列出的那样, 这些变化率最大不超过0.5%。

两种高压聚乙烯, 补强I型聚苯乙烯

表17

济 南 地 区	尺 寸 变 化 率 (%)							
		FS-501	FX-503	补强I型 PS	203A	日本PC	国产PC	增强PC
一 年	宽 度	+0.07	0	-0.11	0	-0.13	-0.16	-0.13
	厚 度	+0.18	-0.12	-0.12	0	-0.25	-0.20	-0.18
二 年	宽 度	+0.15	0	-0.14	0	—	—	—
	厚 度	+0.06	-0.05	0	0	—	—	—
三 年	宽 度	+0.24	0	-0.18	-0.10	-0.19	-0.48	-0.35
	厚 度	+0.23	-0.2	0	-0.24	-0.25	-0.48	-0.40
五 年 半	宽 度	+0.25	0	-0.27				
	厚 度	+0.45	0	-0.24				

烯, FS—501和FX—503在济南和西安贮存五年半的力学性能列于表18。

由表18可以看出, 在5年半的贮存过程中, 这几种材料的抗拉强度都没有降低, 所测的三种材料的抗压强度也没有降低, 补强I型聚苯乙烯的抗压强度还有明显升高。

国产高压聚乙烯的延伸率在济南存放过程中始终保持在原有水平, 在西安存放过程中有所下降: 一年降低12%, 三年降低9%, 五年半降低28%。英国高压聚乙烯在济南贮存一年延伸率下降达40%, 以后基本稳定, 在西安贮存过程中延伸率在波动, 不像济南下降那样快: 一年下降29%, 三年基本恢复到初始值, 五年半又

降低15%。两种高压聚乙烯及它们在两地贮存之间性能变化的差异是什么原因造成的, 变化有什么规律等等, 还有待深入考查研究。

补强I型聚苯乙烯抗冲强度有较大幅度下降, 经一年贮存便降低65%左右, 以后基本保持在这个水平。抗弯强度则不断增加: 在济南一年增加11%, 三年增加18%, 五年半增加23%, 在西安一年增加4%, 三年增加8%, 五年半增加13%。

FS—501和FX—503在贮存过程中性能比较稳定。

其他几种材料在贮存中的力学性能列于表19。

由表19可知, 除203A以外, 其他材

表18

材 料	测 试 项 目	原始值	一 年		二 年		三 年		五 年	
			济 南	西 安	济 南	西 安	济 南	西 安	济 南	西 安
国产高压	抗拉强度 (kg/cm ²)	110	119	107	121		132	105	138	102
聚乙烯	延伸率 (%)	330	334	290	398		323	302	336	239
英国高压	抗拉强度 (kg/cm ²)	136	120	115	126		133	118	134	119
聚乙烯	延伸率 (%)	448	271	319	277		239	437	236	380
补强I型	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	25.1	9.2	9.4	8.2		8.7	8.4	8.1	7.2
	抗弯强度 (kg/cm ²)	740	824	767	796		870	799	907	836
聚苯乙烯	抗拉强度 (kg/cm ²)	300	346	308	341		359	333	367	335
	抗压强度 (kg/cm ²)	620	718	711	785		808	775	缺	781
FS-501	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	8.4	6.9	7.0	6.9		7.4	8.6	7.4	8.4
	抗弯强度 (kg/cm ²)	989	899	877	791		749	857	871	922
	抗拉强度 (kg/cm ²)	591	546	632	594		517	580	567	609
	抗压强度 (kg/cm ²)	1922	1976	1929	2020		缺	1926	缺	1915
FX-503	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	48.1	41.6	41.1	43.1		41.1	32.9	36.1	40.1
	抗弯强度 (kg/cm ²)	1019	1323	1728	1855		1442	1610	1150	1362
	抗拉强度 (kg/cm ²)	734	881	995	898		818	936	789	961
	抗压强度 (kg/cm ²)	1966	2147	2060	2020		缺	2058	缺	2003

表19

材 料	测 试 项 目	原始值	广 州		济 南		西 安	
			一 年	三 年	一 年	三 年	一 年	三 年
国产聚碳酸酯	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	150	149	135	150	139	155	145
	抗弯强度(kg/cm ²)	1053	1031	1070	1065	1088	1074	1037
日本聚碳酸酯	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	142	142	131	151	130	150	136
	抗弯强度(kg/cm ²)	991	948	952	993	994	994	960
增强聚碳酸酯	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	24.2	16.9	18.2	16.7	17.4	19.1	17.5
	抗弯强度(kg/cm ²)	1150	1066	1050	1127	1120	1156	1079
尼龙1010	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	110	88.4	86.6	102	103	106	84.5
	抗弯强度(kg/cm ²)	602	485	450	655	671	690	430
增强尼龙1010	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	27.7	21.2	21.5	22.4	23.2	24.7	23.0
	抗弯强度(kg/cm ²)	1130	1040	933	1243	1260	1270	958
203A	抗冲强度(kg-cm/cm ²)	25.6	20.0	18.2	232	12.7	13.4	10.6
	抗弯强度(kg/cm ²)	786	796	832	802	868	877	866

料的抗弯强度都没有什么变化。冲击强度有不同程度的减小。两种聚碳酸酯经三年贮存抗冲击强度略有降低。尼龙1010在广州贮存一年,抗弯强度和冲击强度似乎有明显下降,在西安存放一年没变化,存放三年半也有明显下降,而在济南经三年贮存却很好地保持了原强度。什么原因呢?这与户外曝晒试验的情况相似,很可能是测试时室温的差异造成的。因为原始强度是一月份在济南测得的,广州存放一年的结果是5月份测得的。如前面所说,测试室温高时所得结果偏低。在西安存放的样品的数据也符合这一点:一年的结果是在二月底测得,它与初始值很接近,而三年半的结果是8月份测得,它就明显比原强度低。为进一步证实这一点,我们于73年8月6日对在济南存放了三年半的尼龙1010作了静力弯曲试验,测得抗弯强度仅有 373kg/cm^2 ,比前几次在一月份测得的济南地区结果低42%左右,因为8月份比5月份气温还高,所以比5月份测得的数据还低。因此应该说尼龙1010在三年贮存过程中力学性能仍然是基本稳定的。增强尼龙1010和增强聚碳酸酯经一年贮存抗冲击强度有些下降;经三年贮存,两种材料的抗冲击强度基本稳定。203A的抗冲击强度一直在减小,特别是在西安地区,经一年下降48%,经三年便下降59%,与前面的材料相比它的下降速度仅次于补强I型聚苯乙烯。

五、结 论

通过上述试验,可以得出以下结论:

(1)在测试的几个力学性能指标中,材料的拉伸延伸率和抗冲击强度在老化过程中变化最灵敏。以它们作为评价老化的尺度是适宜的。抗压强度一般都有提高,用它评价老化是困难的。

(2)无论是户外曝晒还是贮存试验,对老化反映灵敏的冲击强度一般都是开始变化快以后变化慢,最后稳定在某个值附近。抗弯强度的变化比它来得缓慢、迟钝。

(3)FX-503在曝晒中尽管表面树脂脱落,纤维显露,出现老化严重的样子,其实力学性能却很稳定,是耐候性优良的塑料。

(4)FS-501也有较好的耐候性。

(5)国产高压聚乙烯和英国高压聚乙烯在五年半的贮存过程中抗拉强度基本稳定,拉伸延伸率却在变化,但尚欠规律性。

(6)日本聚碳酸酯,国产聚碳酸酯和尼龙1010在三年贮存过程中性能比较稳定。

(7)增强尼龙1010和增强聚碳酸酯在贮存一年以后性能基本稳定。

(8)在被试的几种材料中,两种改性聚苯乙烯的耐候性最差,即使在贮存条件下,冲击强度也显著降低,特别是补强I型聚苯乙烯,下降速度更快。

(9)加碳黑能有效地改善聚乙烯耐紫外辐射能力。

(10)一般说来,材料在广州地区曝晒比在其他地区曝晒性能下降快一些。

(11)从材料在济南的耐候性和其他地区耐候性的关系来看,材料在济南地区变化的情况基本与其他地区变化情况相似。因此,如果试验只在济南地区进行,那么所得到的结果在其他地区一般是适用的。

六、讨 论

本试验的目的之一,是想寻求人工加速老化试验和自然老化试验之间的关系。我们感到这是一个很复杂的问题。一方

面,天然气候千变万化,作用于塑料的环境因素很多,在人工加速老化试验机里全部再现是不可能的。将对塑料老化起重要作用的因素——日光、雨水、热、潮气等在一个试验机里再现也是相当困难的。因此在试验机里作出的性能随时间的变化曲线可能与大气曝晒条件下得出的曲线根本不相似,因而无法找出两者间的对应关系。另一方面各种材料的老化速度并不与光强度成简单的比例关系。大家知道,材料吸收了光能引起了结构破坏。但不是所有的光对每种塑料都能起同样的作用。材料对于光的吸收是有选择性的,如聚乙烯吸收 $300\text{m}\mu$ 的光能,聚氯乙烯吸收 $310\text{m}\mu$ 的光能等等。鉴于老化机内弧光灯发射的光波在每个波长的能量不相等,所以各种材料在老化机内被加速的倍率(即转换系数)并不一样。要获得一种材料的人工老化和自然老化的关系,必须通过大量试验,由两者的各种数据反复比较,在有相同规律的基础上才能找到。显然,寻求两种试验方法之间的关系,必须建立在有相同变化规律这一前提条件下。因此,关键在于设计一个理想的人工老化试验机。

这次试验用的老化机并不是很理想的。它的作用因素有光、热、雨水、潮气等,而主要的作用因素——光与自然光就相差非常悬殊。一些材料在这样的试验机

里的性能变化与自然老化不同。比如这次由人工加速老化试验得出的结果,国产PC应优于尼龙1010,因为前者冲击韧性经1296小时才开始衰减,而后者经54小时就开始衰减。但是,由大气曝晒的结果来看,国产PC冲击韧性比尼龙1010降低急剧得多,实际上是尼龙1010优于国产聚碳酸酯。这不同的结果就是由老化机对自然光的再现性不好造成的;聚碳酸酯吸收 $295\text{m}\mu$ 的光能,老化机内该波长的能量很低,所以老化速度缓慢。如果用光源接近太阳光的另一类型试验机——阳光型人工加速老化试验机作试验,结果就要好得多。当然,有一些材料在紫外型加速老化试验机里也能得到较为理想的结果。但它的局限性毕竟比较大。就这次试验结果来看,要勉强找出某些材料的某项性能在两种方法间的关系,还是可以找到的,但我们认为它们是不可靠的,在实际上也是没有什么价值的。

当然,要想以这种加速老化试验结果来推算贮存条件的结果,更是不恰当的。

我们的工作作得还很粗糙,对于在老化过程中材料微观结构的变化没有进行考查,这就影响了深入认识事物的本质。在今后的工作中必须尽力弥补这方面的不足,以使认识深化。

(物理组于明、千知化整理)

(上接第63页)

塑料制品在储存过程中也出现过一些问题。如福州军区仓库中存放的82弹玻璃钢包装筒经过3、4年发生了开裂现象;玻璃钢枪托存放2、3年也发生了开裂。69式塑料反坦克地雷(材料为ABS)存放不到2年便产生了裂纹。三机部六院六所的同志反映,一种酚醛塑料制品存放2、

3年也产生了裂纹。此外,聚碳酸酯制品的开裂,聚苯醚制品的开裂,ABS制品的铆裂等等,都是现实存在的问题。分析原因,大多是材料内应力、产品结构设计不合理、加工工艺不当等因素造成的。因此,在塑料的应用上除注意防老化外,如果不注意解决这些问题,也会造成不良的效果。

论文降重、修改、代写请加微信（还有海量Kindle电子书哦）



免费论文查重，传递门 >> <http://free.paperyy.com>

阅读此文的还阅读了：

- [1. 静态样架氙灯老化试验机的应用](#)
- [2. 几种塑料的性能与用途](#)
- [3. PC及PC／PE合金热水老化过程中的PC分子量降解规律](#)
- [4. 上海将推广使用新型双壁波纹塑料排污管](#)
- [5. 塑料在湿热和亚湿热气候大气暴露与人工加速试验相关性探讨](#)
- [6. 几种塑料的老化性能](#)
- [7. 塑料人工气候老化试验](#)
- [8. 几种工程塑料老化性能的考察](#)
- [9. 几种塑料材料的老化试验研究](#)
- [10. 塑料实验室光源暴露试验方法：第2部分：氙弧灯](#)