

塑料人工气候老化试验

刘冠文, 苏仕琼

(广州合成材料研究院, 广东广州, 510665)

摘要: 综述了塑料人工气候老化试验的 3 种常用方法: 碳弧灯、氙弧灯、荧光紫外灯, 介绍了塑料及其制品老化性能的评价方法以及自然气候老化与人工气候老化的相关性。

关键词: 塑料; 老化; 自然气候; 人工气候; 碳弧灯; 氙灯; 荧光紫外灯; 试验; 相关性

中图分类号: TQ32

Plastics Test Method of Resistance to Artificial Weathering

LIU Guan-wen, SU Shi-qiong

(Guangzhou Research Institute of Synthetic Materials, Guangzhou 510665, Guangdong, China)

Abstract: Three kinds of plastics test method of resistance to artificial weathering: Flame Carbon - arc lamp, Xenon - arc lamp, Fluorescent UV lamp were reviewed briefly. The assessment method of plastics and plastics products' ageing properties and the correlativity of natural weathering and artificial weathering were introduced.

Key words: plastics, ageing, natural weathering, artificial weathering, Flame Carbon - arc lamp, Xenon - arc lamp, Fluorescent UV lamp, test, correlativity

塑料和其它高分子材料在加工、贮存和使用过程中, 特别是在户外使用时, 长期受光、氧、热等环境因素作用, 导致塑料逐渐变色、发脆、力学性能下降, 以致最终无法使用。评价塑料的耐候性, 知道其使用寿命对塑料生产厂家和用户来说是非常重要的。塑料在自然气候中的老化速度很慢, 因此, 从实际使用环境中测定其寿命需要几年甚至更长的时间, 要推算其使用寿命, 可采用人工气候加速老化试验。人工气候老化试验是采用模拟和强化大气环境中主要气候因素的一种人工加速老化试验, 可以在较短的时间内获得近似于自然气候老化试验的结果。本文介绍了塑料人工气候老化试验的常用方法、各种塑料材料及其制品人工气候老化试验的性能评价方法以及自然气候老化与人工气候老化的相关性。

1 塑料人工气候老化试验方法

人工气候加速老化试验中模拟自然气候环境的主要因素有太阳光、温度、降雨、湿度等, 人工气候老化试验一般模拟以上几个因素, 其中太阳光最

为重要。光源是人工气候老化试验的重要影响因素, 人工气候老化试验方法一般按光源分类, 常用的有碳弧灯、氙弧灯 (简称氙灯)、荧光紫外灯 3 种。

1.1 碳弧灯人工气候老化试验

碳弧灯人工气候老化试验是应用较早的一种人工气候老化试验方法, 有开放式和密封式 2 种, 一般选用开放式碳弧灯。碳弧灯主要是通过 2 个碳棒电极间形成的碳弧, 透过平板玻璃滤光器照射到试样表面。碳弧灯的模拟性较差, 操作难度大, 每 48~72h 要求换一次碳棒, 运转成本较高, 现在较少采用。目前, 国际上有以氙灯光源代替碳弧灯光源的趋势, 普遍认为氙灯光源对自然太阳光的模拟性更好。塑料碳弧灯人工气候老化试验方法可参考 GB/T16422.4^[1]、ISO4892.4^[2] 和 ASTM G152^[3]、ASTM G153^[4], 其中 GB/T16422.4 等效于 ISO4892.4。

1.2 氙灯人工气候老化试验

氙灯人工气候老化试验被认为是目前模拟性最好的一种人工气候老化试验方法。氙灯试验光源是目前模拟性最好的一种光源, 理论早已确定氙灯比

其它光源好^[5~8]，它在紫外区和可见区的光谱能量分布与太阳光的近似。氙灯发出的辐射经过滤光器，过滤掉较短的紫外光波和红外光波，使到达试样表面的光谱接近太阳光的。塑料氙灯人工气候老化试验方法可参考 GB/T16422.2^[9]、ISO4892.2^[10]、ASTM G155^[11]，其中 GB/T16422.2 等效于 ISO4892.2。有些材料及制品有规定的氙灯人工气候老化试验方法，如汽车内部件与外部材料的氙灯老化试验可依据 SAE J1885 - 1992^[12]和 SAE J1960 - 2001^[13]。

1.2.1 试样

a 试样制备 试样制备根据试验要求而定，如检测力学性能，试样可通过注射、机械加工等方法制成标准样条；外观变化可直接用制品原样作为试验试样。

b 试样数量 试样的数量主要根据试样的检测项目以及取样周期而定，如力学性能的每个检测项目检测试样一般不少于 5 个，评定外观变化试样一般至少需要 1 个。

c 试验前状态调节 试样制好后，必须经过状态调节，才能放入老化箱进行人工气候老化试验，否则测出的数据是不准确的。试样状态调节应根据试验材料的相关标准进行，如无规定可参照 GB/T2918^[14]，采用以下条件调节：

(1) 在标准环境 23、50% RH 或 27、65% RH 下，放置不少于 88h；

(2) 在 18~28 室温下，放置不少于 4h。

1.2.2 试验条件

a 辐照强度在人工气候老化试验中，光源的辐照量是决定试样老化程度的主要因素，辐照量越大，老化程度越严重。在各国的试验方法中一般规定辐照强度，其中 GB/T16422.2 中规定，波长 290~800nm 之间的通带，选择 550W/m² 的辐照强度用作暴露试验的参考值，通常选用 340nm 的光谱辐照强度为 0.5W/m²·nm 作为试验的辐照强度；而 ASTM G155 常用的辐照强度为 0.35W/m²·nm (340nm 的光谱辐照强度)。试验时应根据具体要求设定辐照强度。

b 试验温度与湿度

(1) 试验温度 由于试样的表面温度难以准确测定，因此采用黑标准温度作为试验温度，黑标准温度近似于导热性差的深色试样的温度，黑标准

温度计放在试样架上与试样一样受到氙灯辐照。GB/T16422.2 中有 2 个黑标准温度可供选用：(65 ±3)、(100 ±3)，试验温度高时，试样受热老化作用增强，改变了以光为主的人工气候老化试验的性质，在实际试验中，常用的温度是 (65 ±3)，ASTM G155 常用的温度是 63。黑标准温度与试样室的温度是不一样的，前者要高于后者，试样室温度一般设定为 40 左右，一般来说试样的温度介于试样室温度与黑标准温度之间。

(2) 试验湿度 GB/T16422.2 中规定的湿度是 (50 ±5)% 和 (65 ±5)%，实际试验中一般采用 (65 ±5)% 作为试验的湿度，ASTM G155 中无明确规定湿度值。

(3) 降雨周期 试验中的降雨是模拟大气环境中的真实降雨，降雨使试样受到冷热交替变化的影响，并能冲去试样表面的污渍。降雨一般使用去离子水或蒸馏水，以免腐蚀设备，GB/T16422.2 中规定的降雨周期为：降雨 18 分钟 降雨间歇时间 102 分钟，ASTM G155 常用的降雨周期与 GB/T16422.2 相同。

1.2.3 试验过程

把试样放入试验箱，试样在试样架上不应受任何外加应力的作用，启动试验箱，设定好试验条件，并记录开始试验时间。试样在试验过程中，要定期观察试样以及试验条件的变化，在整个试验期间要保持规定的试验条件恒定。

1.3 荧光紫外灯人工气候老化试验

荧光紫外灯人工气候老化试验使用低压汞弧激发荧光物质发射出紫外光，主要是模拟雨水或露水以及太阳光中的紫外能量。荧光紫外灯老化试验模拟性较差，但加速倍率很高，可以在较短时间获得塑料的耐候性能。塑料荧光紫外灯老化试验方法可参考 GB/T16422.3^[15]、ISO4892.3^[16]、ASTM G154^[17]，其中 GB/T16422.3 等效于 ISO4892.3。

1.3.1 试样

试样的制备、数量、状态调节可参照氙灯老化试验。

1.3.2 试验条件

常用的荧光紫外灯有 2 种，分别是 UV - A340 灯和 UV - B313 灯，辐照强度分别是 0.77W/m²·nm 和 0.63W/m²·nm，A 灯的辐照强度比 B 灯高，可根据试验要求选用不同的灯。

试验过程是一个循环过程，GB/T16422.3中有2种试验条件供选用：

(1) 试样在黑标准温度（60 ±3）下辐照暴露4h或8h，然后在黑标准温度（50 ±3）下无辐照冷凝暴露4h；

(2) 试样在黑标准温度（50 ±3）、空气相对湿度10 ±5%条件下辐照暴露5h，然后在黑标准温度（20 ±3）下继续辐照暴露并喷水1h。

上面2种试验条件中，第1种较常用，ASTM G154中试验条件见下表。

表 1 ASTM G154 荧光紫外灯人工气候老化试验条件

序号	荧光灯	辐照度	波长	循环条件
1	UVA - 340	0.77W /m ² /nm	340nm	黑板温度 60 ±3 下辐照暴露 8h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 4h
2	UVB - 313	0.63W /m ² /nm	310nm	黑板温度 60 ±3 下辐照暴露 4h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 4h
3	UVB - 313	0.44W /m ² /nm	310nm	黑板温度 70 ±3 下辐照暴露 8h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 4h
4	UVA - 340	1.35W /m ² /nm	340nm	黑板温度 70 ±3 下辐照暴露 8h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 4h
5	UVB - 313	0.55W /m ² /nm	310nm	黑板温度 80 ±3 下辐照暴露 20h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 4h
6	UVA - 340	1.35W /m ² /nm	340nm	黑板温度 60 ±3 下辐照暴露 8h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 4h
7	UVA - 340	1.35W /m ² /nm	340nm	黑板温度 60 ±3 下辐照暴露 8h; 无控温无辐照降雨 0.25h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 3.75h
8	UVB - 313	28W /m ²	270 ~ 700nm	黑板温度 70 ±3 下辐照暴露 8h; 黑板温度 50 ±3 下无辐照冷凝暴露 4h

1.3.3 试验过程

把试样放入试验箱，试样在试样架上不应受任何外加应力的作用，当试样没有装满试样架时，要用空白板填满剩下的空位，以保持箱内的试验条件稳定。启动试验箱，设定好试验条件，并记录开始试验时间。试样在试验过程中，要定期观察试样以及试验条件的变化，在整个试验期间要保持规定的试验条件恒定。

2 塑料材料及其制品老化性能评价

评价塑料性能有很多方法，如外观、物理力学性能、电性能、热性能、阻燃性能等，可按照GB/T15596^[18]，对塑料进行老化性能的评价，常用的评价指标主要有外观变化以及物理力学性能的变化。外观变化包括颜色改变，有无龟裂、粉化等；物理力学性能变化主要有拉伸强度、断裂伸长率、冲击强度（包括悬臂梁和简支梁）及弯曲强度等变化。

2.1 外观变化

2.1.1 颜色变化

塑料在贮存和使用过程中，其颜色会发生变化，颜色变化大，说明其耐候性差。塑料老化前后

颜色的变化可用目测法和仪器法来评定。

(1) 目测法 按GB250^[19]对塑料进行颜色变化的评价，可用灰色样卡对塑料进行变色评级，级别有5级9档，分别是5、4-5、4、3-4、3、2-3、2、1-2、1，其中5级表示试样完全未变色，1级表示试样完全变色。

对于塑料材料及制品评定其颜色变化，应根据具体要求而定，有些是规定老化时间和变色级别。如GB/T11793.2^[20]中规定PVC塑料窗型材经过不少于500h（内窗）或1000h（外窗）的氙灯老化试验后，变色评级不应低于3级。对于大多数塑料来说，老化后变色评级在3级以上（包括3级），其耐候性较好；3级以下，耐候性较差。

(2) 仪器法 可用色差仪测定试样颜色变化程度，测定色差可参照GB/T7921^[21]，用色差仪可直接测出试样老化后的色差，色差越大表示试样变色越严重。GB250给出了变色评级与色差之间的对应关系，见表2。

在评价塑料老化后颜色变化时，可用灰色样卡评定变色级别或色差仪测定色差，变色评级带有一定的主观性，而色差是比较客观反映颜色的变化，在进行颜色变化评价时应根据材料要求选择评价方法。

表 2 变色级别与色差之间对应关系

变色级别	色差	容差
5	0	0.2
4 - 5	0.8	±0.2
4	1.7	±0.3
3 - 4	2.5	±0.35
3	3.4	±0.4
2 - 3	4.8	±0.5
2	6.8	±0.6
1 - 2	9.6	±0.7
1	13.6	±1.0

2.1.2 其它外观变化

除通过颜色变化评价塑料的老化性能外，还可通过试样有无龟裂、粉化、脆化、斑点、起泡等外观变化评价塑料的耐候性能。如 GB/T17794^[22]中规定柔性泡沫橡塑绝热制品氙灯老化 150h后，要求轻微起皱、无裂纹、无针孔、不变形。

2.2 力学性能变化

从力学性能评价塑料的老化性能，主要是通过塑料老化后力学性能的保持率。试样性能保持率可按下式计算：

$$P_0 = \frac{X_2}{X_0} \times 100\%$$

$$P_1 = \frac{X_2}{X_1} \times 100\%$$

P_0 —以初始值计算的性能保持率，%；

P_1 —以对照值计算的性能保持率，%；

X_0 —初始性能值；

X_1 —避光贮存了相应老化时间后的对照试样的性能值；

X_2 —老化试验后性能值。

一般塑料材料及其制品以力学性能下降至 50%时的时间，作为其使用寿命。有些材料及制品也有其规定的指标要求，不同塑料的老化性能评价指标也不同，有些是对拉伸强度有指标要求，如 GB/T17641^[23]中规定裂膜丝机织土工布经过氙灯老化 500h后，强度保持率 $\geq 70\%$ ；有些是对拉伸强度和断裂伸长率都有要求，如 BB/T0011^[24]中规定聚乙烯低发泡防水阻隔薄膜经过荧光紫外灯（UV - B 灯）老化 200h后，拉伸强度保持率 $\geq 80\%$ ，断裂伸长率保持率 $\geq 50\%$ ；也有些是对冲击强度有指标要求，如 GB/T11793.2 中规定 PVC 塑料窗型材经过不少于 500h（内窗）或 1000h（外窗）的氙灯老化试验后，简支梁冲击强度保持率不低

于 70%。

2.3 其它性能变化

其它性能的变化包括尺寸、密度、质量变化，电性能（表面电阻率、体积电阻率、击穿电压、介质损耗角正切）变化，热性能（维卡软化点温度、热变形温度）变化，熔体流动速率变化，分子量变化以及化学变化等。

3 塑料自然气候老化与人工气候老化的相关性

塑料自然气候老化与人工气候老化的相关性是十分复杂的，自然气候时时刻刻在变化，塑料在放置和使用过程中除受到自然气候因素影响外，在使用过程中还受到许多人工因素的影响。人工气候老化试验的试验条件在试验开始前设定，在试验过程中很少更改，而且试验箱内的试验条件要比自然气候条件简单，目前自然气候老化与人工气候老化的相关性没有规定的标准以及准确的关系。

人工气候老化试验强化了自然气候条件，加速了塑料的老化，可以在较短的时间内获得塑料的耐候性能，但要推断其使用寿命，还需要与自然气候老化试验相结合。可对塑料分别进行自然气候老化试验与人工气候老化试验，通过比较其性能变化与试验时间的关系，找出两种试验方法的相关性关系式。这种相关性关系式较常用的主要有以下 2 种^[25]：

(1) 性能变换系数（ R_a ）

$$R_a = \frac{A_1}{A_2}$$

R_a —某一规定时间内，自然气候老化试验与人工气候老化试验的性能变化之比；

A_1 —某一规定时间内，自然气候老化试验的性能变化；

A_2 —某一规定时间内，人工气候老化试验的性能变化。

(2) 时间变换系数（ R_t ）

$$R_t = \frac{T_1}{T_2}$$

R_t —自然气候老化试验与人工气候老化试验在性能上达到某一预先规定值时，所需时间之比；

T_1 —自然气候老化试验在性能上达到预先规定

值时, 所需时间;

T_2 —人工气候老化试验在性能上达到预先规定值时, 所需时间。

时间变换系数表示塑料性能变化相同时, 人工气候老化试验时间与自然气候老化试验时间的对应关系, 可用相关性关系式评价塑料的耐候性以及推算其使用寿命。这种方法计算方便, 直观, 用得较为普遍。

塑料种类繁多, 每种塑料材料的分子结构不同, 其老化过程也不一样, 另外设定的试验条件不同得到试验结果也不同, 因此用相关性关系式推算使用寿命时, 要推算寿命的材料必须是与得到相关性关系式所用的材料相同, 试验条件也要相同。不能把从某种材料中得到的相关性关系式套用到全部塑料上, 否则得出的结论必然是错误的。由于自然气候的复杂多变、塑料在使用过程中也是千变万化的, 用人工气候老化试验推算出来的使用寿命只能作为参考, 不能把推算寿命作为实际使用寿命。

4 结束语

人工气候老化试验可以在较短时间内, 获得近似于自然气候老化试验的结果, 可以快速对塑料的耐候性能作出评价, 有利于新材料的研制与开发。自然气候老化试验结果与人工气候老化试验结果存在粗略的相关性, 可利用相关性关系式粗略推算塑料的使用寿命, 对指导塑料的生产与使用有重要意义。

参考文献

- 1 GB/T16422 4 - 1996 塑料实验室光源曝露试验方法第 4部分: 开放式碳弧灯
- 2 ISO4892 4 - 1994 Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 4: Open - flame carbon - arc lamps
- 3 ASTM G152 - 2005 Standard Practice for Operating Open Flame Carbon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials
- 4 ASTM G153 - 2004 Standard Practice for Operating Enclosed Carbon Arc Light Apparatus for Exposure of Nonmetallic Materials
- 5 Hirt, R. C. and Searle, N. Z., App. Symp. No. 4, Interscience, 1967, 63
- 6 Hirt, R. C., Schmitt, R. G., Searle, N. D. & Sullivan, A. P. J. Opt Soc Am. 50 1960, 706
- 7 Topffer, H., Mel Text 39, 1958, 1246
- 8 Boettner, E. A. & Miedler, L. J., Appl Opt 2, 1963, 105
- 9 GB/T16422 2 - 1996 塑料实验室光源曝露试验方法第 2部分: 氙弧灯
- 10 ISO4892 2 - 1994 Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 2: Xenon - arc sources
- 11 ASTM G155 - 2005 Standard Practice for Operating Xenon Arc Light Apparatus for Exposure of Non - Metallic Materials
- 12 SAE J1885 - 1992 Accelerated Exposure of Automotive Interior Trim Components Using a Controlled Irradiance Water Cooled Xenon - arc Apparatus
- 13 SAE J1960 - 2001 Accelerated Exposure of Automotive Exterior Materials Using a Controlled Irradiance Water Cooled Xenon - arc Apparatus
- 14 GB/T2918 - 1998 塑料试样状态调节和试验的标准环境
- 15 GB/T16422 3 - 1996 塑料实验室光源曝露试验方法第 3部分: 荧光紫外灯
- 16 ISO4892 3 - 1994 Plastics - Methods of exposure to laboratory light sources - Part 3: Fluorescent UV lamps
- 17 ASTM G154 - 2005 Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials
- 18 GB/T15596 - 1995 塑料暴露于玻璃下日光或自然气候或人工光后颜色和性能变化的测定
- 19 GB250 - 1995 评定变色用灰色样卡
- 20 GB/T11793 2 - 1989 PVC塑料门窗力学性能、耐候性技术条件
- 21 GB/T7921 - 1997 均匀色空间和色差公式
- 22 GB/T17794 - 1999 柔性泡沫橡塑绝热制品
- 23 GB/T17641 - 1998 土工合成材料 裂膜丝机织土工布
- 24 BB/T0011 - 1997 聚乙烯低发泡防水阻隔薄膜
- 25 曾宪丰, 等. 高分子材料老化与防老化. 化学工业出版社, 1979

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. [硫化橡胶人工气候\(氙灯\)老化试验方法研究](#)
2. [干、湿热气候环境塑料自然老化试验与研究](#)
3. [汽车内外饰材料的人工加速气候老化试验及其标准](#)
4. [《硫化橡胶人工气候\(氙灯\)老化试验方法》国家标准宣贯材料](#)
5. [硫化橡胶人工气候\(荧光紫外灯\)老化试验方法研究](#)
6. [硫化橡胶人工气候\(荧光紫外灯\)老化试验方法](#)
7. [Γ O C T 17170—71塑料:在自然气候因素作用下的老化试验方法](#)
8. [大气加速机与人工气候箱、大气曝晒的关系及其老化试验的应用](#)
9. [塑料人工气候老化试验](#)
10. [第四节 橡胶的人工气候老化试验](#)