

# 塑料自然老化 与人工老化之间的相关性

(文献综述)

曾 清 强

## 一、引 言

最近十多年来,塑料在户外的应用得到了迅速的发展。尤其在建筑上,塑料作为结构材料的应用更为突出。据报导,美国1982年塑料总销售量为15845千吨,其中建筑塑料为3192千吨,占总销售量的20.1%〔<sup>1</sup>〕。自1960年PVC窗框首先在西德试制成功以来,今天西德的PVC窗框已占其整个窗框市场的40%,每年大约有13000吨PVC用于制造PVC窗框〔<sup>2</sup>〕。随着PVC窗框的不断增长,PVC已扩大应用于运动场、剧院和工厂透明多层型材以及用于百叶窗、车库、阳台和围墙的波纹透明板及彩色型材上。可以说,PVC已进入新的户外应用领域〔<sup>3</sup>〕。

随着塑料在户外的广泛应用,塑料制品的耐久性以及与有关的户外寿命问题,在塑料的应用中越来越占有相当重要的位置〔<sup>2,6</sup>〕。对于一种塑料材料来说,只有全面地评价其耐候性之后,才能决定其是否可以推荐到市场上去。

要全面地评价和考核塑料的耐候性,通常的办法是进行大气(即自然)老化试验。但这种方法存在一个主要缺点,就是试验周期长,往往难于满足生产、科研及应用发展的需要。就塑料建材而言,一般要求其寿命为10—40年〔<sup>4</sup>〕,有的要求50年寿命(例如塑料自来水管)。因此,显然是不可能进行如此长期的户外暴露试验之后再决定其能否适用,而且到那时,由于工艺技术的进步,塑料制品已经更新换代了。所以,从工程的实用观点来看,基于相对短期的模拟和强化大气环境的人工老化试验去预测塑料的长期耐候性,也像塑料的耐候性本身一样,都是十分重要的〔<sup>6</sup>〕。这一问题的解决,有赖于人工气候试验与大气老化试验结果之间相关性的建立。长期以来,围绕着相关性的建立,国外进行了不少试验研究工作。

## 二、关于建立相关性的几个问题

所谓相关性,指的是在大气老化与人工老化试验中,塑料试样达到相同老化程度时,这两种试验时间之关系。然而,“耐候性”是一个不太明确的概念,因为这和塑料在复杂多变的使用条件有关,而且给定的环境对一种塑料的不同性能的影响也是不尽相同的〔<sup>6</sup>〕,因此,要把从短期的人工老化试验去预测长期耐候性的研究工作建立在比较

严格的科学基础上，就必须解决两个基本问题〔7〕：尽可能准确地决定各种暴露试验（大气老化和人工老化）条件；选择及测定有代表性的适于作比较的性能指标。

### 影响塑料老化的重要参数

#### (a) 热

热（温度）在塑料老化中的主要作用是加速其他因素引起的降解过程。塑料试样的表面温度与环境的温度有很大差别，它取决于塑料的种类，试样的颜色及空气环境条件。表1及图1是各种塑料在大气环境中及氙灯老化箱中的表面温度〔8〕。所以在建立相关性的过程中，必须考虑黑板温度、空气温度及试样表面温度之间的关系。

表1 户外环境中各种塑料的表面温度  
(黑板温度50℃, 空气温度37℃)

塑 料	表 面 温 度 °C
深褐色PVC	46.1
白色PVC	35.4
白色PMMA	44.1
黑色PMMA	49.1
黑色PE	51.1

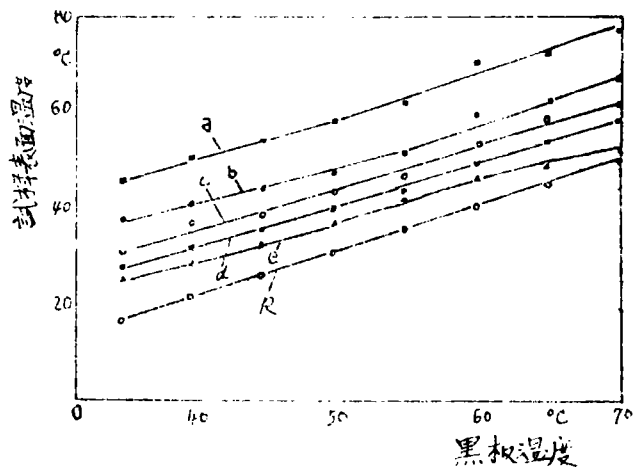


图1、各种塑料在氙灯老化箱中表面温度与黑板温度的依赖关系

a: 黑色PE, b: 棕色PVC, c: 黑色PMMA,  
d: 白色PMMA, e: 白色PVC, R: 室温

### (b) 水份

通常在室温下,水不能单独与塑料起反应。然而,水份对塑料的光降解的影响是十分重要的。例如它可引起聚酯类、聚酰胺类等聚合物水解;附着在塑料试样表面上的水膜能使水份扩散到试样内层中去;水的存在,加速了试样对氧的吸收,从而引起化学变化;在各种老化试验中,小水滴有可能落在样品上,这些水滴使太阳辐射集中反射到样品的某一面积上,这一面积上由于受到最大的太阳辐射而导致损坏〔<sup>9</sup>〕。然而,迄今为止,在暴露试验中,定量地测定试样中水份含量的问题还未得到解决;由于太阳辐射引起试样表面加热,所以在空气湿度与试样中水份含量之间不存在唯一的相关关系,而试样的潮湿时间决定了水份扩散到试样内部中去的深度,因此,认为潮湿时间与试样中水份的含量有密切的关系,所以在目前的各种人工老化试验中,试样的潮湿时间被认为是最明确的测量参数。但在大气老化试验中,潮湿时间的测定尚未付诸实施,只能从气象台站得到有关的定性资料〔<sup>7,11</sup>〕。

### (c) 太阳光

太阳光是塑料老化的最主要因素之一,户外使用的塑料制品都要受到它的破坏。目前普遍认为太阳光中的紫外光是引起高分子材料老化的最重要因素。欧洲有关老化试验及医学文献常常把紫外光再分为三个光区:UV-A(波长为315nm—400nm)、UV-B(波长290nm—315nm),及UV-C(波长短于290nm)。由于大气中臭氧的吸收作用,UV-C几乎不能到达地面。

在大气老化试验中,十分需要测定紫外光在太阳光中的能量分布。通常都是使用总日射表(Pyranometer)或直射辐射表(Pyreheliometer)来测定到达地球表面的太阳光总能量,然后根据标准的“全球辐射”(global radiation),取太阳光总能量的6%近似作为紫外光的能量〔<sup>7</sup>〕。此外,还可以根据光强度测定学,使用高密度聚乙烯(HDPE)、聚苯醚(PPO)及聚砜(PSU)作为辐射剂量计来直接测定紫外光辐射剂量。这三种聚合物薄膜暴露于紫外光时,其紫外光吸收明显增加,这种现象与光辐射剂量有定量的关系。然而,因为PE的光氧化速率与温度有关,而且要制备合适的试样,为了能得到适当的活化度,在加工PE试样时似乎需要一定量的表面氧化。而PPO对于波长短于380nm的UV光敏感,PSU的敏感波长小于320nm,因此,它们在测量紫外光能量中的使用还受到一定限制〔<sup>7</sup>〕。然而,PPO材料已经用于连续监测世界上24个地区的紫外光达四年之久〔<sup>20</sup>〕。

根据各种光学方法测定的大多数聚合物的活性光谱〔<sup>16</sup>〕,几乎都落在UV-A及UV-B的范围内。最近,关于监测UV-A及UV-B的光电辐射传感器(型号:UV-Centra,西德Osram公司制造)已出现在西德市场上〔<sup>7</sup>〕,并已成功地用于大气老化试验中〔<sup>11</sup>〕。

### 大气老化试验

关于塑料户外暴露试验,各国都已制定了不少标准。由于户外暴露试验取决于暴露场所所在地区的气候特征,因此,这样的试验不能期望作为实际使用条件下的模拟试验。

值得指出的是,在这种试验中,有一些因素是特别重要的:

在中欧, 普遍采用的暴露角为面朝南 $45^\circ$ , 这是根据Darby及Graham对软PVC试样在美国佛罗里达州暴露场作的暴露试验得出的〔12〕。考虑到天体辐射的影响, Davis〔14〕等发现漫射紫外光是到达地面的紫外光辐射量中的主要部分, 为了获得最大的漫射辐射量, 试样应当平放。(Davis等利用PPO UV监测技术在昆斯兰的热带联合研究所及英国炸药研究组织进行的测定表明: 在热带和温带地区采用水平暴露, 全年的紫外光接受量约比 $45^\circ$ 角的多10%, 而且还发现, 暴露角为 $12^\circ$ 时, 所接受的辐射量最大, 试样降解得最快。而这个角度正好是直接辐射最大时的角度 $26^\circ$ 及漫散射最大时的角度 $0^\circ$ 的平均〔17〕)。为确保雨水良好排出, 他们建议采用 $10^\circ$ 作为折衷的暴露角。

最近, Saffer和Heinrich〔9〕考虑到一些塑料制品, 例如窗框, 落水管, 阳台异形材料等在实际使用中的暴露角为 $90^\circ$ , 他们对非冲击型的硬PVC模塑试样在西德的来因贝格(Rheinberg)按不同暴露角、不同方向进行了几年的户外暴露试验。根据试样灰色度的变化(按DIN54001进行测定), 发现在三年的暴露期间内, 试样老化从慢到快的顺序如下:  $90^\circ$ 北,  $90^\circ$ 西= $90^\circ$ 东,  $90^\circ$ 南,  $30^\circ$ 北,  $30^\circ$ 东,  $30^\circ$ 西,  $30^\circ$ 南,  $45^\circ$ 南但在三年之后, 因为试样的灰色度变化曲线与 $30^\circ$ 的变化曲线相交, 如图2所示, 上述的顺序就不可能成立。同时, 他们通过计算表明, 在来因贝格进行暴露试验, 当暴露角为 $51.58^\circ$ 时(相当于来因贝格的纬度角)其相对太阳辐射最大(100%), 而采用 $45^\circ$ 面朝南暴露时, 相对太阳辐射为99.34%。

看来, 由于实验数据变化很大, 关于暴露角的问题仍在争论之中, 还未得到最后解决。

此外, 关于暴露时间的估算问题, 也未取得一致意见。经二年, 甚至五年的户外暴露试验后, 季节的影响仍然相当明显, 而且仅仅用暴露时间的表示法却忽略了不同气候地区之间的重大差别。因此, 有些作者采用日照小时数, 或测量总辐射剂量表示方法。在一些情况下, 亦计算UV辐射剂量。还有采用太阳小时数等表示方法。由于户外的环境条件变化不定, 尤其太阳总辐射量及其紫外光含量随季节, 地区和大气条件而改变, 所以在整个暴露期间必须对各种重要的环境因素不断进行监测, 耐候性应作为吸收辐射能的函数, 并利用电子计算机综合其他重要因素的影响效果, 求出一个平均的暴露条件, 测得聚合物破坏所吸收的能量后, 再利用暴露场所在地区的长期气象报告换算成暴露时间。

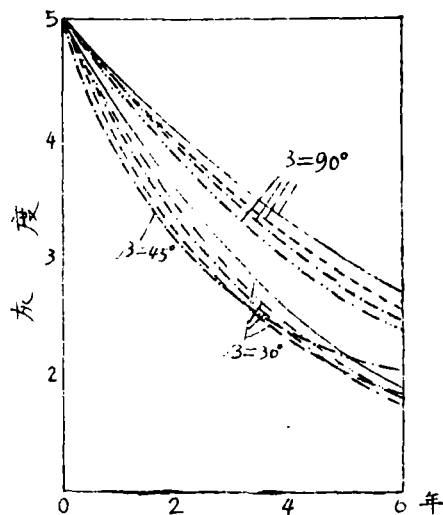


图2 试样灰色度与暴露时间之关系

——北·····西 B为暴露角  
- - -南- - -东

### 加速老化试验

加速老化试验分人工加速试验(亦称气候箱老化试验)和大气加速试验两种。迄今为止, 人工加速试验, 或更严格地说就是将试样在光辐射能、热能或湿度之中任一或二

个组合环境中的暴露试验，一般都被认为在预测塑料的户外耐候性中只具有很有限的价值。导致和大气老化不太好的或不合理的相关性是由于许多因素造成的：户外天气的可变性（例如太阳光总辐射量及其紫外光含量都随地区、季节及大气条件而改变）使得人工加速试验不能完全不失真地模拟出自然气候，缺乏户外试样的微观环境的精确数据（例如试样被水膜复盖的时间百分比是多少？），太阳光谱与人工光源的不良匹配、光源及滤光片的老化等等。而且可见光、紫外光、热或湿度所引起的聚合物降解的机理及速率是不尽相同的，仅仅一个或几个气候因素的任意加速都会歪曲试验结果。辐射强度的提高会产生光谱分布的不平衡，提高温度会产生在大气老化中所观察不到的热破坏，湿度的增加也会使试验结果无效〔16〕。这样，任何人工气候箱老化试验都将破坏塑料在缓慢户外暴露试验中所观察到的响应平衡〔6〕。因此，在人工老化试验中，建立像大气气候因素间那种平衡的环境，特别是紫外区辐射光谱分布的严格匹配是获得人工老化试验与自然老化试验结果之间良好相关性的重要条件。常用的人工光源有碳弧灯、氙灯、荧光灯、水银灯以及各种组合光源。这些光源都得到了广泛的应用，根据不同的聚合物，这些光源在预测耐候性方面都获得不同程度的成功。但是还没有那一种光源都能够普遍适用于各类聚合物耐候性的预测。而且同一种聚合物在同一种光源的老化箱中进行老化试验，由于气候箱中光强度，黑板温度以及喷水周期的改变都会使试验结果发生很大的变化。因此，最近国外在围绕着影响人工加速老化试验的因素方面，开展了不少研究工作。

人工气候试验的结果与户外暴露试验结果的一致与否，首先取决于人工光源重现太阳光谱的好坏。人工光源的辐射波谱中，必须含有在太阳光中能导致聚合物老化的有害波长（即活化光谱），而且这种有害光波的强度应当与太阳光中的相似。否则就会促使聚合物发生户外暴露时所没有的反应。因此，要评价人工光源的效果，必须先测定聚合物的活化光谱，由于最大活化光谱可能是聚合物的吸收，也可能是添加剂的吸收，而且塑料最大活化光谱随测试光谱的不同而有差异，这表明各种波长的光有不同的影响，因此，只考虑一个波段的匹配是不充分的，也就是说不能仅限于紫外光区，有时甚至需要扩延到可见光区〔15、18〕。

通常，在老化试验中，聚合物的光谱吸收曲线  $\alpha(\lambda)$  是用来评价聚合物的关于依赖于波长的降解过程，然而，聚合物的光谱吸收行为作为耐候性的数据还是不够的，还必须包括辐射光能分布，一般称为全球辐射  $D_{0.5}$ 。这个全球辐射是直射辐射和散射（所谓天空辐射）之和。对于人工老化试验来说，这个全球辐射已标准化为 daylight phase  $D_{0.5}$ 。鉴于老化过程中，物理化学反应既可发生在聚合物中，亦可发生在颜料与粘合剂的交界面上，认为光辐射与聚合物之间相互作用的决定因素是相对辐射光能吸收  $E\alpha D_{0.5}(\lambda)$ 〔19〕

$$E\alpha D_{0.5}(\lambda) = E_{D_{0.5}}(\lambda) \cdot \alpha(\lambda) \cdots \cdots \textcircled{1}$$

这里  $E_{D_{0.5}}(\lambda)$  = 全球辐射  $D_{0.5}$  的光能分布，

$$\alpha(\lambda) = \text{光吸收度} = \frac{\text{吸收的辐射能}}{\text{入射辐射能}}$$

试验证明〔1°〕：不同的聚合物以及聚合物与添加剂的相对辐射光能吸收是不同的。见图3、图4及图5。相对辐射光能吸收不仅可区分光化学降解的类型，而且还能决定降解的程度。

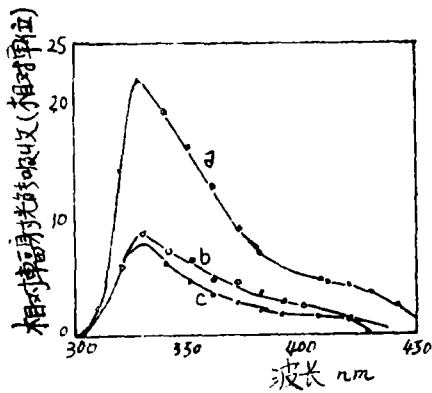


图3 相对辐射光能吸收 $E_{\alpha, D_{65}}$

- a: 长油醇酸树脂
- b: 短油醇酸树脂
- c: 聚碳酸酯

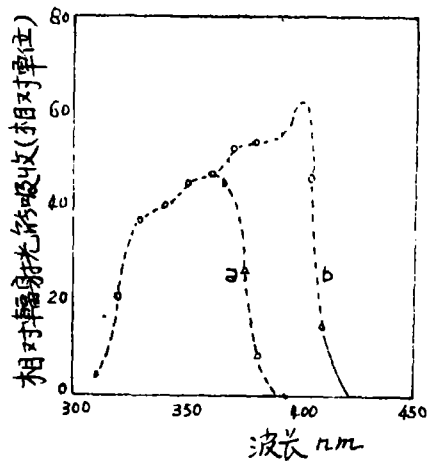


图4 白色颜料的相对辐射光能吸收 $E_{\alpha, D_{65}}$

- a: 锐钛矿二氧化钛
- b: 金红石二氧化钛

因此，在人工老化试验中，应当通过选择适当的光源及滤光系统，使辐射光能分布的最大值调节到与聚合物相对辐射光能吸收的最大值相同。对于一般的无颜料的聚合物，在人工老化试验时，应使试样在波长低于全球辐射的短波端的光波下暴露，即波长 $<300\text{nm}$ 。这样既大大缩短试验时间，又不致于造成与大气老化不良的相关性〔1°〕。

此外，调节暴露时间对耐候试验数据的可靠性也有很大的影响，人工光源的辐射能及其光谱分布在试验过程中发生改变，因此基于暴露时间的试验结果仅能用于一批试验中的比较，严格说来是不能进行许多不同暴露试验的比较。因此，必须测定在选择波段上，特别是在对应于 $E_{\alpha, D_{65}}$ （入）曲线的主要部分上试样所接受的辐射总能量，并以此来和老化过程中性能老化的数据相关。

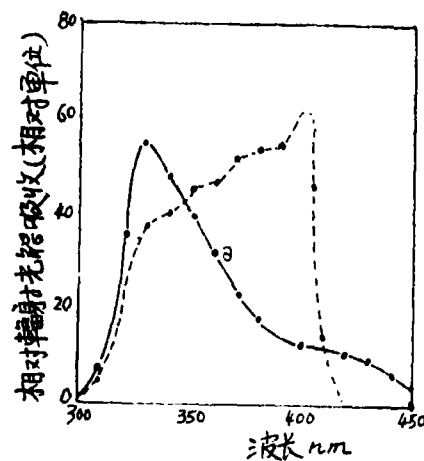


图5 长油醇酸树脂和加有金红石二氧化钛颜料的长油醇酸树脂的相对光能吸收 $E_{\alpha, D_{65}}$

- a: 纯的长油醇酸树脂
- b: 加有金红石二氧化钛的长油醇酸树脂

虽然人工气候箱能够控制试验环境，但是在老化试验过程中，人工光源输出的光能量不是恒定的，这主要是由于光源的老化，滤光片的老化 (Sarisation) 以及不正确的试验操作造成的。这些都是引起人工老化试验中实验误差的重要原因。为了在实验室老化设备中以及设备之间都能获得重复的试验结果，必须在试验中监控人工光源的光能输出，尤其要监测紫外区中的光能输出。最近Davis和Gardiner [20] 利用PSU薄膜UV监测技术对各种光源的UV输出进行了连续监测，测试结果见表2，从中得出Xenotest1200的UV输出和大气的比较接近，但由于氙灯光源和荧光光源的光强度较高，还不能进行连续测试，而碳弧灯光的UV输出 (波长小于320nm) 比户外的低，在评价无颜料聚合物耐候性时要谨慎使用。

表2 各种人工光源与户外阳光UV能量之比较

气候箱	能量 ( $Wm^{-2}$ )
荧光灯	
白灯和黑灯	13.3
05Actinic	4.5
Q-U-V	18
氙灯	
Xeontest1200 (带UV滤光片)	3.6
Xenotest1200 (不带UV滤光片)	21.0
Xenotest1200 (窗玻璃)	0.2
Xenotest450*	1.0
Xenotest150*	2.3
碳弧灯	
Fugitometer	0.02
Marr	0.01
户外	
直射阳光，晴朗天气条件下	4.2

目前人工老化试验机趋向于比户外气温高得多的情况下操作，这是造成不良相关性的另一个原因。因此，除了控制人工光源的光能及其分布外，控制人工老化箱中试样温度并使之稳定不变同样是十分重要的。老化箱中的黑板温度反映的只是老化箱的特性而不是气候条件的描述，塑料试样的表面温度既可低于黑板温度 $15^{\circ}K$  ( $8^{\circ}C$ )，也可高于黑板温度 $5^{\circ}K$  (约 $3^{\circ}C$ ) [7]，这取决于塑料的种类，试样的颜色及老化箱的喷水周期。图1给出了各种塑料在氙灯老化箱中的试样表面温度 [8]。老化箱中黑板温度的不同，在老化试验时聚合物性能下降到相同数值所需的总辐射能，UV能及曝露小时数都会不尽相同的，因此，调节黑板温度是能使老化箱中试样性能下降到相同数值时

所需的光能强度与大气的相接近〔21〕。Gluck和Poschet〔8〕对含有钡镉稳定剂及含有铅稳定剂的抗冲击型PVC试样(厚度为2.5mm)进行了大气老化及人工老化(试验机为氙灯型,型号450LF)试验,其中人工老化试验是选定不同的黑板温度下进行的。其试验条件见表3及表4。通过对老化试样的颜色变化,剩余稳定性(脱氯化氢法DHC)及热性能(DSC)的测定,发现当氙灯气候箱的黑板温度为50°C时,根据相同的总辐

表3 氙灯老化箱的试验条件

辐射能量 (Mws/cm <sup>2</sup> )	黑板温度				
	不喷水			喷水	
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C
0.25	+	+	+	+	+
0.50		+		+	+

表4 户外气候条件(1978年6月2日开始)

暴露时间 (年)	辐射总量 (KJ/cm <sup>2</sup> )	日照时间 (小时)	降雨量 (l/m <sup>2</sup> )
0.5	219.2	786	305
1	375.3	1382	620
2	757.4	3091	1181

射量,氙灯老化试验与大气老化试验结果之间具有良好的相关性。当黑板温度为60°C时,加速系数比50°C的高得多,但如果延长户外大气老化的试验时间,仍然存在相关关系。黑板温度为70°C时,降解过程进行得较快。而DIN53387规定的黑板温度为45°±5°C,由于这个温度范围对DHC及DSC测定的数据进行比较来说是太高了,因此,按DIN53387进行的氙灯老化试验应当周密地研究。他们还建议,对于白色PVC试样,老化试验至少应在黑板温度为50°C下进行,并且温度的波动要相当小,而对其他的无定型塑料例如PMMA及PC,应当检验其黑板温度是否接近于各自的玻璃化温度〔8〕。超过玻璃化温度,水份的渗透速度及溶解速度会发生改变,从而导致活化能的差异〔19〕。

在人工气候箱中,空气湿度及喷水周期虽然是可调节和控制的,但试样表面的水份含量也像在大气曝露试样中一样仍然是个未知数。

1983年,美国南佛罗里达州试验服务公司(SFTS)的J.L. Scott在分析了相关性研究成功的和失败的试验数据后,提出了一个新的试验概念:程序环境试验〔38〕(Programmed environmental testing)。这种试验就是根据户外气候因素所进行的人工加速老化试验。也就是根据曝露场所在地区的长期气候因素,编制成一个试验程序,然后让人工老化箱按此程序进行试验。这样相关性研究获得成功的可能性将会大大提高。目前美国Atlas公司制造的人工老化箱都具有对气候因素进行编制试验程序的功能。根据作者的观点,相关性不好的原因是试验程序选择不当造成的,而不是老化箱本身的问题。这家试验服务公司正在制定一项综合研究计划,旨在对大气老化试验与各种人造光源下的程序环境试验结果进行比较。

在加速老化试验中,还有一种称之为大气加速老化试验,这是在集聚太阳光的加速试验装置EMMA,EMMAQUA,Heliomat(澳大利亚塑料协会制备的)及光电控制的转向架(Photocell—controled Bayer bogie)上进行的老化试验。这些试验装置虽然



其光能分布和户外阳光一致，而且光强度是户外阳光的8—10倍，但是对于相同的光能量（例如1000兰利）所产生的效果是变化的，一般在户外太阳光效果的50%—100%之间波动〔°〕，而且这种试验常常会使试样出现一种并非天然老化引起的效应，因此，其加速系数并非是个常数。所以这种强化太阳光的试验方法似乎还不能用来预测寿命。

综上所述，加速决不等价于和大气老化的相关。显然，加速得越快，偏离大气环境及其平衡就越厉害，预测耐候性的可靠性就越差。因此，要改善大气试验与人工老化试验结果之间的相关性，除了准确测定大气气候因素外，还必须系统地研究这些气候因素之间的相互作用，这样在设计人工老化试验程序时，才能得到比较真实的模拟环境。这就是建立相关性的基本条件。

### 曝露条件的表示

曝露试验的主要目的是寻求材料的性能变化和曝露环境的关系。因此，详细地掌握曝露环境中各气象数据是十分重要的。对气象数据的掌握不仅意味着这些气候因素能够用各种方法测定，而且也意味着这样测得数据能借助电子计算机技术去进行统计处理〔11〕。

描述曝露条件的方法很大程度上取决于最终的分析方法及曝露持续时间。如果只要定性分析试验结果时，那么气候因素的定量描述是不必要的。若如果需要定量地表示曝露条件时，太阳能，UV辐射能，温度和湿度的年平均值是可以满足分析长期数据或长期预测耐候性的需要的。另一方面，对于短期分析和相关，定量地描述这些气候变量将是必要的，而要预测1年或更短时间的性能，这些年平均数据又显得不够。

许多地区户外条件中的大多数气候因素的年平均值都可以从气象局和曝露场中得到。一般地说来，从各种来源中获得的有关气象资料都能满足粗略地定量描述气候的要求。然而，曝露条件的短期表示稍为复杂一些，在室内老化试验设备的情况下，其变量的描述比较容易。但是在人工老化箱中采用光/暗试验周期或者试样上曝露条件不是均一时，这些老化箱中曝露条件的描述就变得较为困难了。而且仍然缺乏关于人工老化箱曝露条件的各个方面的资料，其中有：颜色对试样温度的影响，由于湿热环境的变化引起的内应力，试样的实际潮湿时间，试样表面上实际的湿度条件，试样上下表面之间温度及湿度的梯度，试样固定器对上述变量的影响等等（象上述已经提到的那样，这其中的许多变量也都影响到户外曝露）。

在短期天气条件的描述中，碰到了许多问题，其中的一些问题是：

（1）虽然天气趋向于去遵循季节性及每日的周期变化模式，但气候条件几乎不是均匀的，或几乎不是一致的。

（2）湿度，温度及太阳能的循环影响也象这些变量的实际数值一样重要。因此有必要去获得有关天气的周期变化以及这些周期变化的速率。

（3）真正影响塑料耐候性的变量还没有完全确定。精确分析耐候性所必须的许多变量不能从气候资料中得到。

（4）用代数形式精确地表示天气条件是毫无可能的。因此，许多数据是用图表方式来表示的。这样的表示方法工作量庞大，而且难于进行分析。

许多解决上述问题的研究工作正在进行之中，据报导〔1〕，西德已试制成一种能够连续地自动检测及记录太阳UV能，试样表面温度及空气相对湿度的装置。这种装置有12个通道及贮存数据的磁带。可连续使用6个月而不需维修。还可远离曝露场进行监测。能记录十种不同信号，并转换为数据送入电子计算机（Siemens7760）进一步处理。可以预料，随着电子计算机技术的广泛应用，将有助于天气参数的精确测定及定量数量表示。从而预测塑料制品使用寿命的技术会得到很大的改善。

#### 性能的选择及其测定

除了影响塑料老化的天气因素之外，在老化过程中，试样性能的变化及其测定同样是非常重要的，如果性能选择不当或者性能的变化不能精确地测定，那么在文献中所见到的加速系数或换算关系是没有多大用处的〔2〕。

要测定塑料在曝露过程中所起的变化，通常是测出它在过程中每隔一段时间的性能，然后与上述的环境中的破坏因素联系起来进行相关。从理论上来说，凡是在曝露过程中发生变化并可以测量的性能，都可作为耐候性的评价指标。因此，在评价塑料耐候性时，有各种各样的性能可供择选〔18〕。塑料耐候性的评价指标一般分为三大类：物理—化学性能，机械性能及外观性能。

在老化过程中，同一种塑料的不同性能，其变化速度是不相同的。不同的塑料，其降解机理也是不相同的。此外，不同的使用场合，塑料制品的破坏准则也不尽相同〔6,18〕。因此，评价指标的选择取决于性能的种类，塑料的品种及使用。理想上，选测的性能应当与制品在应用场合下的破坏过程直接相关，也就是选测直接导致塑料制品破坏的性能，或与实际破坏密切相关的性能。根据这一性能去预测塑料制品的户外使用寿命才是有意义的。

最近几年来，国外对短期户外曝露样品采用更灵敏的物理—化学方法去探测变质开始点，以评价耐候性的方法进行了广泛的探索。例如衰减全反射（ATR）及荧光光谱，激光—裂解气相色谱—质谱联用（Laser Pyrolysis GC—MS）、X射线光电光谱（XPS）和UV光电光谱（UPS）联用（通常称为ESCA），以及测定老化过程中稳定剂的损失等等。这种早期检测方法能够更有把握地达到人工加速的目的，并且能在短期内找出老化性能与气候数据之间的关系。但是，这种方法需要两个前提，一是有灵敏的物理—化学测试方法，二是要掌握初期老化效应与最终性能破坏之间的关系。由于灵敏的测试方法费用昂贵，同时老化反应速率与导致塑料破坏的机械性能及其他各种性能的变化之间，往往还缺乏对应关系。因此，还未获得广泛的应用。可以相信，随着新的更加灵敏的物理—化学性能测试方法的不断发展，这种早期检测方法将有可能成为一种更加实际的耐候性能评价方法。（未完待续）

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. [化学建材的自然老化与人工气候老化及其相关性](#)
2. [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](#)
3. [上海将推广使用新型双壁波纹塑料排污管](#)
4. [塑料自然老化与人工加速老化相关性研究](#)
5. [塑料自然老化与人工老化之间的相关性\(二\)](#)
6. [率文献老化研究的预测性](#)
7. [塑料人工气候老化试验](#)
8. [塑料大气老化与人工氙灯老化相关性试验](#)
9. [文献资源的老化与馆藏布局的优化](#)
10. [塑料自然老化与人工老化之间的相关性\(文献综述\)](#)