

ICS

中国标准文献分类号

T/CSCP

中国腐蚀与防护学会标准

T/CSCP 0011—2017

全国团体标准信息平台

高分子材料大气环境腐蚀试验

Atmospheric corrosion tests of polymeric materials

2014年1月1日发布

2018年1月1日实施

中国腐蚀与防护学会 发布

全国团体标准信息平台

目 次

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试样的制备.....	1
5 试样规格.....	2
6 试样编号和标识.....	4
7 原始性能.....	4
8 样品架.....	5
9 运输.....	5
10 暴露方法.....	5
11 取样周期.....	6
12 辐射和气象数据.....	6
13 实验室环境.....	6
14 回样.....	6
15 样品保存.....	6
16 塑料的暴露试验.....	7
17 橡胶的暴露试验.....	16
18 涂层的暴露.....	19

全国团体标准信息平台

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则进行起草。

本标准是对中国腐蚀与防护学会 2014 年发布的 FB/T 0011—2014《高分子材料大气环境腐蚀试验》按团体标准的编写要求和格式进行修订。

本标准由中国腐蚀与防护学会提出并归口。

本标准主要起草单位：北京科技大学。

本标准参加起草单位：中国科学院金属研究所、武汉材料保护研究所、中国电器科学研究院有限公司、钢铁研究总院青岛海洋腐蚀研究所、中国兵器工业第五九研究所、北京航空材料研究院、国营第二九八厂、新疆吐鲁番自然环境试验研究中心。

本标准主要起草人：李晓刚、张三平、王振尧、韩冰、肖勇、蒋荃、张晓芸、刘建、杜翠薇、高瑾、董超芳、杨朝晖、王俊、肖葵、程学群、吴俊升、汪崧、卢琳、孙志华、刘玉军、张波、丁国清、安江峰、郑鹏华、吴军、郭春云、吐尔逊·斯拉依丁、王力。

全国团体标准信息平台

高分子材料大气环境腐蚀试验

1 范围

高分子材料是指以高分子化合物为基体，再配有其它添加剂（助剂）所构成的材料。高分子材料按用途可分为塑料、橡胶、涂料、胶粘剂、纤维、功能高分子六大类。本细则包括了塑料、橡胶、涂料这三类高分子材料常用的自然、人工曝露方法和性能测试、分析方法，涵盖了高分子材料从原料、制样、运输、曝露、测试等各个方面，能评价高分子材料经过规定的曝露阶段后所产生的力学、光学、结构上的变化。本标准未包括的大气曝露腐蚀试验的规定执行《材料环境腐蚀试验规程 大气环境腐蚀试验通则》。

除应符合本标准的规定外，还应符合国家现行的有关强制性标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 19292.1-2003 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 分类

GB/T 19292.3-2003 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 污染物的测量

GB/T 19292.2-2003 金属和合金的腐蚀 大气腐蚀性 腐蚀等级的指导值

GB/T 1766-2008 色漆和清漆涂层老化的评级方法

3 术语和定义

GB/T 10123-2001 界定术语和定义适用于本标准。

4 试样的制备

4.1 塑料

GB/T 17037.1-1997 规定了热塑性塑料注塑时所应遵循的一般原理和注塑试样所涉及到的条件参数的定义。控制注塑成型工艺的主要参数有加料段温度、压缩段温度、计量段温度、喷嘴温度、模具温度、射压压力、保压压力、背压压力、注塑时间、冷却时间等。为符合性能试验的要求，标准模具型腔的主要尺寸为厚度 4.0mm~4.2mm；中间部位宽度 10.0mm~10.2mm。

必须确保同一种类塑料注塑成型工艺的的稳定和统一。

4.2 橡胶

压片成型。橡胶由于弹性高、一般为网状交联结构，无法注塑成型，主要采用压片成型，压片成型是指先将橡胶原料用双辊机炼制成具有规定厚度、宽度和光滑表面的胶片，再用裁片机配合不同规格裁刀在胶片上裁出能满足试验要求的标准试样。

GB/T 2941-2006 规定了在执行橡胶物理试验用标准时，硫化橡胶或热塑性橡胶样品和试样的制备方法。控制压片成型工艺的主要参数有辊筒温度、胶片厚度等。为符合标准试样的厚度要求，胶片的厚度定为 2.0±0.2mm。

必须确保同一种类橡胶压片成型工艺的的稳定和统一。

4.3 涂料

GB/T 9271-2008 规定了喷涂用底板及其喷涂前的表面处理过程；GB/T 1727-1992 规定了制备一般漆膜的方法。控制喷涂成型工艺的主要参数有固化温度、固化时间等。为符合曝露试验的要求，漆膜的底板规定为钢板，喷涂前需要经除锈、除油和磷化处理。

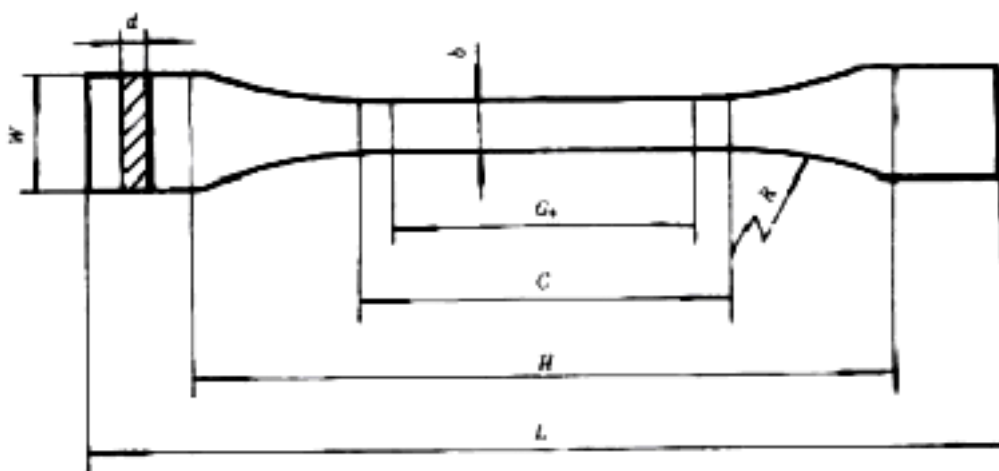
必须确保同一种类涂料喷涂成型工艺的的稳定和统一。

5 试样规格

5.1 塑料

5.1.1 拉伸试样

采用 GB/T 1040-2006 所规定的 I 型试样，试样规格见下图：



符号	名称	尺寸	公差	符号	名称	尺寸	公差
L	总长	150	—	W	端部宽度	20	±0.2
H	夹具间距离	115	±5.0	d	厚度	4	—
C	中间平行部分长度	60	±0.5	b	中间平行部分宽度	10	±0.2
G0	标距（或有效部分）	50	±0.5	R	半径（最小）	60	—

5.1.2 弯曲试样

采用 GB/T 9341-2008 所规定的标准试样，试样规格如下：

长 80±2mm，宽 10.0±0.5mm，厚 4.0±0.2mm

5.1.3 简支梁冲击试样

采用 GB/T 1043.1-2008 所规定的无缺口试样，试样规格如下：

长 80±2mm，宽 10.0±0.5mm，厚 4.0±0.2mm

5.1.4 悬臂梁冲击试样

采用 GB/T 1843-2008 所规定的无缺口试样，试样规格如下：

长 80±2mm，宽 10.0±0.2mm，厚 4.0±0.2mm

5.1.5 小方片试样

采用 GB/T 17037.3-2003 中的注塑方法制备小方片试样，试样规格如下：

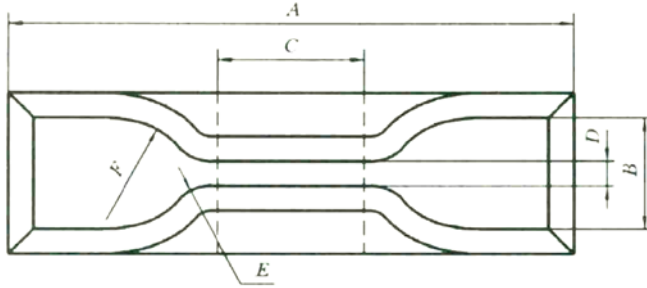
整体尺寸：长 70±2mm，宽 50±2mm，厚 3.0±0.1 mm

测试区尺寸：长 35±1mm，宽 50±2mm，厚 3.0±0.1 mm

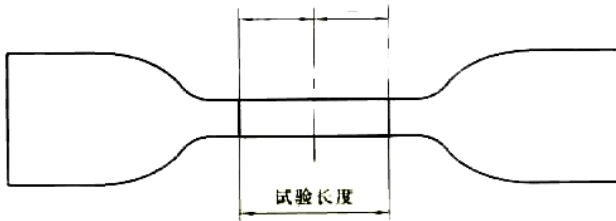
5.2 橡胶

5.2.1 拉伸试样

采用 GB/T 528-2009 所规定的哑铃状 1 型试样，裁刀和试样规格如下：



裁刀尺寸



试样形状

A（最短总长度）=115mm；B（端部宽度）=25.0±1.0mm；

C（狭小平行部分长度）=33.0±2.0mm；D（狭小平行部分宽度）=6.0±0.4mm；

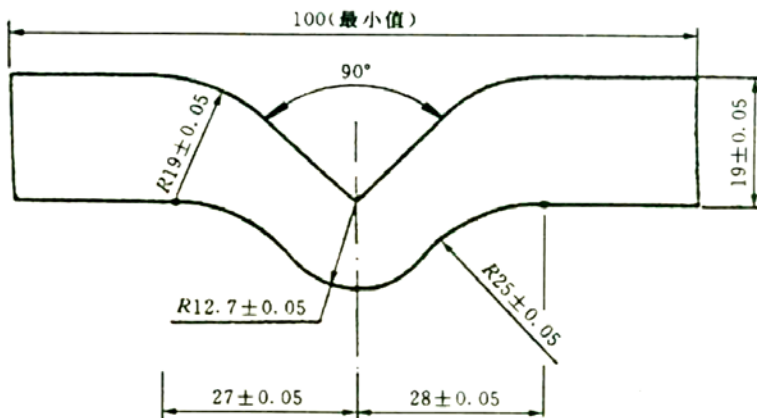
E（外过渡边半径）=14.0±1.0mm；F（内过渡边半径）=25.0±2.0mm

试样狭窄部分的标准厚度为 2.0±0.2mm；试验长度为 25.0±0.5mm

在试样的上、下夹持部位，距边缘 5mm 处，各打一个直径 5mm 的小孔

5.2.2 撕裂试样

采用 GB/T 529-2008 所规定的直角形试样，试样规格如下：



试样厚度为 2.0±0.2mm

在试样的上、下夹持部位，距边缘 5mm 处，各打一个直径 5mm 的小孔

5.2.3 小方片试样

试样规格为：长 70±2mm，宽 50±2mm，厚 2.0±0.2 mm

在试样的上、下方中线，距边缘 5mm 处，各打一个直径 5mm 的小孔

5.3 涂料

涂料试样（底板为钢板）规格为：长 50mm，宽 120mm，厚 0.45~0.55mm

涂膜厚度按下表选择：

	一般涂料	低固体分、低粘度涂料	乙烯磷化底漆
底漆	两道共 40±5μm	两道共 30±5μm	一道 10±2μm
面漆	两道共 60±5μm	两道共 40±5μm	
总厚度	100±10μm	70±10μm	

涂层板上、下端用 15~20mm 宽电工绝缘胶带缠一圈，封边，避免曝露试验时，直接与金属接触。

6 试样编号和标识

试样的标识一定要明确、清晰，避免出现混淆。

6.1 编号规则

塑料拉伸、弯曲、冲击试样；橡胶拉伸、撕裂试样的编号原则就是编号要尽可能的短，因为这些试样可标记的宽度很窄。其编号由字母+数字+字母表示，如 T1H：

第一个字母表示项目编号，如 T 可表示台站 2006 年投样项目；

数字表示材料的编号，如 1 可表示耐候 PP；

第二个字母表示投样地点，如 H 可表示为海南；

T1H 表示台站 2006 年投样项目中，在海南进行曝露的耐候 PP。

塑料小方片试样；橡胶小方片试样；涂层板试样的编号原则除了短以外，还必须有顺序编号，因为片或板的性能测量结果要与同一块片或板的原始或前期性能测量结果相比较。其编号由字母+数字+字母+数字表示，如 T1H6：

第一个字母表示项目编号，如 T 可表示台站 2006 年投样项目；

第一个数字表示材料的编号，如 1 可表示耐候 PP；

第二个字母表示投样地点，如 H 可表示为海南；

第二个数字表示顺序编号，如 6 表示第 6 块板

T1H6 表示台站 2006 年投样项目中，在海南进行曝露的耐候 PP 的第 6 块小方片。

材料投试前，一定做好详细的投试方案，明确项目、材料、曝露点的代码；明确每一个字母和数字的含义。

6.2 标识

塑料拉伸、弯曲、冲击试样；橡胶拉伸、撕裂试样的标记位置在试样的夹持端，任选一端，标记宽度不得超过 1cm；塑料小方片试样、橡胶小方片试样、涂层板试样的标记位置为试样背面测试区下部。同一种材料同类型试样的标记位置应统一，标记位置不能影响到试样的试验结果。

塑料的标记用尖锐的小刀或针将编号刻在标记位置区域内；橡胶、涂料用油漆将编号写在标记位置区域内。

曝露试验时，标记面均作为背面，而未标记面作为曝露面，塑料悬臂梁冲击试样是以厚度面作为曝露面。

7 原始性能

所有试样在曝露开始前，必须完成原始性能测试和微观分析工作。

7.1 塑料

力学性能见：16.3 节

光学性能见：16.4 节

微观分析见：16.5 节

7.2 橡胶

力学性能见：17.3 节

光学性能见：17.4 节

微观分析见：17.5 节

7.3 涂料

光学性能见：18.3 节

8 样品架

选用铝合金作为曝露试验用样品架材料，可以保证在曝露过程中，不对高分子材料的曝露产生影响。

样品架由二根带挂钩支架和若干 H 型带孔铝合金横梁组成，必须确保试样安装投放后，不会受到应力的作用，试样能自由收缩、翘曲和扩张。

一般先按试样的尺寸安装好样品架的框架。塑料拉伸、弯曲、冲击试样可倾斜着放入框架内，放好后，拉伸试样每 5 条为一组、弯曲和冲击试样每 10 条为一组，每组的上、下、左、右四个角用电线穿过横梁上的小孔固定；橡胶拉伸、撕裂、小方片试样放入框架后，每条试样的上、下端都用电线对穿横梁和试样上的小孔，固定；塑料小方片试样和涂层板可以从横梁两端推入上、下横梁形成的槽内，每块片或板的四角用电线穿过横梁上的小孔固定。这种结构的样品架一是保证了试样安装的方便和运输、曝露过程中的安全；二是样品架到达曝露场后，曝露场人员只需将样品架挂上曝露架即可，减化了他们的工作，也减少了出错的可能；三是使取样相当容易，取样时，仅需取下固定用电线即可取出试样，不必调整样品架，不会使继续曝露的试样受到影响。

9 运输

建议将试样装上样品架后，样品架用木箱包装好，再运或寄去曝露场。样品架用结实的木箱装上，四个边和上、下二个面均垫上足够多的泡沫，如果多个样品架装一个木箱，则样品架之间也必须用泡沫隔开、压实。必须确保木箱在运输过程中，不受大的冲击或重物挤压，尽量减少运输时间。

10 暴露方法

曝露方向应面向正南，并且根据曝露目的按下列条件之一选择一个与水平面形成的倾斜角：

- a) 与水平面倾角为 45° 或纬度，传统的曝露角度，结果便于比较；
- b) 为得到最大的年紫外太阳辐射，与水平面倾角应为 5° ；
- c) 为得到最大的年总太阳辐射，在我国北方中纬度地区，与水平面形成的倾斜角应该比纬度角小 10° ；
- d) 按实际需求，选择与水平面成 10° 到 90° 之间的任何其它特定角度。

11 取样周期

试样的取样周期应根据材料的种类来制定。一般来说，容易曝露的材料取样周期前期要密集些；耐曝露性能好的材料取样周期要长些。但同一批投试材料的取样周期要一致，以方便管理。

下面为推荐的取样周期：

月：1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12。

月：2, 4, 6, 9, 12, 16, 20, 24。

年：0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3。

12 辐射和气象数据

试样曝露期间，需要收集的气象数据有：

同曝露角度太阳辐射总量；

同曝露角度紫外辐射总量；

月最高、最低、平均气温；

月最高、最低、平均湿度；

月总降雨量；

月日照时数。

13 实验室环境

实验室环境的温度和湿度对试样的测试结果会产生不同程度的影响。试样的性能测试必须在规定的实验室环境下进行，实验室应密闭，避免空气流动，不受阳光直接照射，无蒸汽、其它气体或污染物。推荐二种实验室环境：

标准环境，环境温度 23℃，容许偏差±2℃；相对湿度 50%，容许偏差±5%；

室温环境，环境温度20~30℃，相对湿度小于60%。

14 回样

到达试样的取样周期后，曝露场人员应按规定的数量取下试样。塑料拉伸、弯曲、冲击试样；橡胶拉伸、撕裂试样按种类和类型分别用信封装好，塑料小方片试验；橡胶小方片试验和涂层板试样必须每片（块）单独用小自封袋包装，避免运输过程中划伤表面，而后按种类和类型分别用信封装好。在信封上详细注明取样日期。

邮寄时，要注意包裹的空隙要用泡沫或报纸填实，避免运输过程中出现内部震动。

收到回样后，立即拿到静置室，初步检查试样，看是否有损坏或遗漏，如有问题立即通知曝露场。初步检查完毕后，在信封上补全材料种类、类型、曝露地点、取样周期。

对塑料拉伸、弯曲、冲击试样先按 16.3.1 进行状态调节，再进行力学性能测试和微观分析；对橡胶拉伸、撕裂试样先按 17.3.1 进行状态调节，再进行力学性能测试和微观分析；塑料小方片试样、橡胶小方片试样、涂层板分别按本部分 16.4、17.4、18.3 进行光学性能测试。

15 样品保存

原料、试样（包括留样和回样）至少保存在 12 所规定的 b 类室温环境下，避免阳光和透过窗玻璃的阳光的直接照射。性能测试时可允许日光灯管等一般照明用光源的短期照射。试样放置时要摆放整齐，不允许受到较大的外压。推荐保存在 12 所规定的 a 类标准环境下。

塑料小方片试样、橡胶小方片试样和涂层板在没有自封袋的保护下，必须放置在柔软的泡沫和纱布上，以免划伤表面。

16 塑料的暴露试验

16.1 自然大气曝露

16.1.1 直接曝露

直接曝露是将试样直接置于户外经受自然气候作用的曝露试验方法。

依据 GB/T 3681-2011 所确定的操作步骤如下：

详细了解材料投试方案中的各项要求，按材料的投试方案确定好曝露方向和曝露角度，将样品架挂到确定好的曝露架上，在样品架上作上不易消除的记号，为检查方便，还可以保留试样摆放的布置图；

从挂样开始，记录同角度的太阳辐射总量和紫外辐射总量；

记录所有的气象条件和会影响试验结果的变化；

定期检查和保养曝露场地，以便记录试样的一般状态和修复损坏或破坏的设备，并重新固定松动的试样，特别是在暴风雨后；

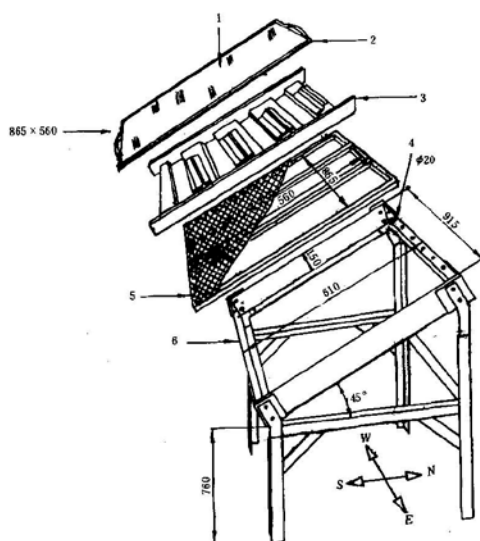
确保试样的安全，当试样出现异常或不正常情况时及时通知投样方；

到达规定的取样周期后，按投试方案的要求取样、包装，将辐射、气象资料和试样一并邮寄给投样方。

16.1.2 玻璃下曝露

玻璃下曝露是自然大气曝露的一种特殊试验方法，它同直接曝露的主要不同在于试样的上方有一个玻璃顶盖。玻璃板下曝露主要是为了模拟高分子材料在室内的使用环境。

玻璃下曝露的示意图如下：



1—玻璃板；2—顶罩；3—试样架；4—通风孔；
5—网屏；6—支架

玻璃下曝露所用玻璃板应该是平整的、均匀透明的和无缺陷的，玻璃厚度 2~3mm，在可见光区内从 370~830nm 的透过率接近 90%；在 310nm 以下的透过率小于 1%。装上玻璃顶盖后，顶盖和试样之间的距离不小于 75mm，以确保足够的通风。顶盖的无障碍面应大于样品架以免形成阴影。

依据 GB/T 3681-2011 所确定的操作步骤如下：

详细了解材料投试方案中的各项要求，按材料的投试方案确定好曝露方向和曝露角度，将样品架挂到确定好的曝露架上；

安装玻璃顶盖，玻璃顶盖应严密而对称地盖于样品架上，确保玻璃顶盖与曝露架的接触处密封、不渗水；

记录所有的气象条件和会影响试验结果的变化，如果有条件，记录下同角度同种玻璃下的太阳辐射总量和紫外辐射总量；

在整个试验期间，确保玻璃板的清洁。定期检查和保养曝露场地，以便记录试样的一般状态和修复损坏或破坏的设备，并重新固定松动的样品，特别是在暴风雨后；

确保试样的安全，当试样出现异常或不正常情况时及时通知投样方；

到达规定的取样周期后，按投试方案的要求取样、包装，将辐射、气象资料和试样一并邮寄给投样方。

16.2 自然加速曝露

16.2.1 有背板曝露

有背板的直接曝露的特点是改变了试样的温度，主要是为了能模拟试样的最终使用环境。

应该用惰性材料作为背板，一般采用 12mm 厚的木夹板。

依据 GB/T 3681-2011 所确定的操作步骤如下：

详细了解材料投试方案中的各项要求，按材料的投试方案确定好曝露方向和曝露角度。将曝露架用规定的木夹板填实，再将样品架挂到填好后的曝露架上，使样品架的背面紧贴在木夹板上，用电线固定；

从挂样开始，记录同角度的太阳辐射总量和紫外辐射总量；

记录所有的气象条件和会影响试验结果的变化，如果有条件，在样品架上同时安装上黑标准温度计，记录曝露期间试样所能达到的最高温度；

定期检查和保养曝露场地，以便记录试样的一般状态和修复损坏或破坏的设备，并重新固定松动的样品，特别是在暴风雨后；

确保试样的安全，当试样出现异常或不正常情况时及时通知投样方；

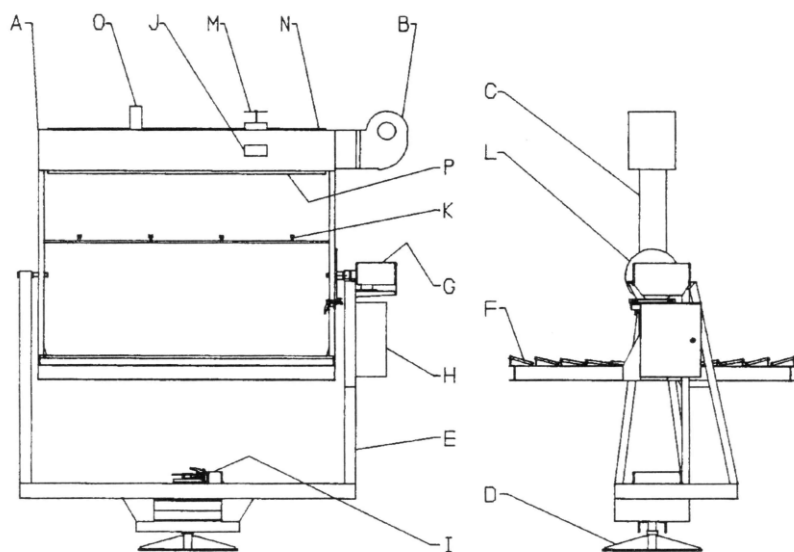
到达规定的取样周期后，按投试方案的要求取样、包装，将辐射、气象资料和试样一并邮寄给投样方。

16.2.2 太阳聚光加速曝露

由于太阳聚光加速实验使试样曝露在整个加强了的自然阳光的光谱区域内，因此，它是一种可行的自然加速曝露方法。

太阳聚光加速设备的结构简图如下：

全国团体标准信息平台



- A- 风道
- B- 风机
- C- 转轴组件
- D- 导流片
- E- A形架组件
- F- 镜面
- G- 齿轮箱, 升降驱动
- H- 控制箱
- I- 齿轮箱, 方位角驱动
- J- 气流闸
- K- 喷嘴
- L- 离合器圆盘, 升降驱动
- M- 光电池/遮光器盖
- N- 试样保护门
- O- 开门结构
- P- 气流变流装置

太阳聚光加速设备的有效目标区域比所使用镜子的尺寸稍小, 典型尺寸为 130mm×1400mm。反射镜在 295nm~700nm 的紫外及可见光波长范围内应具有较高的镜面光谱反射率。应调节反射镜使在目标区域平面内被强化的太阳光的非均匀性小于 5%。设备所使用的反射镜应平整, 在 310nm 波长处的镜面光谱反射率应有 65%或更高。

依据 ASTM G90-2010 所确定的操作步骤如下:

将试样装在合适的试验框架内, 使试样被夹紧装置覆盖的面积最小, 试样的厚度不要超过 13mm; 将已装入框架的试样安装在离背板 5mm 处, 试样的曝露面面对反射镜。试样的安置应使得空气流出口及试样框之间保持间隙, 调整机器的空气偏转器以在试样的曝露面及空气偏转器边缘之间提供 6mm 至 13mm 的间隙;

按投试方案选择喷水循环周期, 常用喷水循环周期见下表, 也可根据实际需要来制订喷水周期;

循环	白天			夜晚		
	喷水时间	干燥时间	循环/h	喷水时间	干燥时间	循环/h
1	8min	52min	1	8min	52min	每晚共 3 次
2	不喷水			不喷水		
3 ^a	不喷水			3min	12min	4

定期清理反射镜, 每 6 个月测量一次反射镜在 295nm~400nm 紫外区域的镜反射率。这可以通过一个便携式的反射率测量仪来实现。当镜子在 310nm 处的镜反射率下降至低于 65%时, 更换设备的反射镜;

从挂样开始, 记录试样受到的太阳辐射总量和紫外辐射总量;

记录所有的气象条件和会影响试验结果的变化, 并详细记录设备的黑标准温度;

确保试样的安全，当试样出现异常或不正常情况时及时通知投样方；

到达规定的取样周期后，按投试方案的要求取样、包装，将辐射、气象资料、循环周期和试样一并邮寄给投样方。

16.3 力学性能

16.3.1 状态调节

塑料拉伸、弯曲、冲击试样的状态调节依据 GB/T 2918-1998 的规定进行，采用标准环境 23/50，等级 2。即空气温度 23℃，容许偏差±2℃；相对湿度 50%，容许偏差±10%。状态调节时间不少于 88 小时。

16.3.2 拉伸试验

拉伸试验是对试样施加静态拉伸负荷，以测定拉伸强度、拉伸断裂强度、拉伸屈服强度、断裂伸长率的试验方法

拉伸试样经过状态调节后，依据 GB/T 1040-2006 所确定的操作步骤如下：

确保仪器已通过计量并在计量允许时间之内，并能正常工作后，安装好夹具；

在拉伸试样的中间平行部分做标线示明标距，此标线对测试结果不应有影响；

测量拉伸试样中间平行部分的宽度和厚度，精确至 0.01mm。每根试样测量三个点，取算术平均值；

调整夹具，夹持拉伸试样，夹具夹持试样时，要使试样纵轴与上、下夹具中心连线相重合。并且要松紧适宜，以防止试样滑脱或断在夹具内；

将形变测量装置卡在标记好的标线上；

设定试验速度后，开始试验；推荐以下九种试验速度：速度 A 为 1mm/min±50%；速度 B 为 2mm/min±20%；速度 C 为 5mm/min±20%；速度 D 为 10mm/min±20%；速度 E 为 20mm/min±10%；速度 F 为 50mm/min±10%；速度 G 为 100mm/min±10%；速度 H 为 200mm/min±10%；速度 I 为 500mm/min±10%，设定的试验速度应为使试样能在 0.5~5min 试验时间内断裂的最低速度。在设定试验速度时，必须考虑到曝露试验后试样拉伸性能的明显下降，一般在定试验速度时，应定的较低，以避免较长曝露周期后测定结果出现较大偏差，同一种材料在整个曝露周期的拉伸速度应保持一致；

观察拉伸试样在拉伸过程中的拉伸现象和应力—应变曲线，并详细记录；

重复以上步骤，测试完同一种类同批所有的拉伸试样；

记录的结果有拉伸强度、断裂强度、断裂伸长率；若材料有屈服，还需记录屈服强度。拉伸强度、断裂强度、屈服强度按下式计算：

$$\sigma = \frac{P}{bd}$$

σ —拉伸强度或断裂强度或屈服强度，MPa

P —最大负荷或断裂负荷或屈服负荷，N

b —试样宽度，mm

d —试样厚度，mm

断裂伸长率按下式计算：

$$\varepsilon = \frac{G - G_0}{G_0} \times 100$$

ε —断裂伸长率，%

G_0 —试样原始标距，mm

G —试样断裂时标线间距离，mm

目前一般的电子万能试验机均可自动计算出上述结果。拉伸强度、断裂强度和屈服强度取三位有效数字，断裂伸长率取二位有效数字；

拉伸时，若拉伸试样断裂在中间平行部分之外或试样的拉伸现象明显不同于其余试样时，此试样的拉伸结果作废，不作为有效结果；

同一种类同批拉伸试样有效结果的算术平均值作为这批拉伸试样的拉伸强度、断裂强度、屈服强度和断裂伸长率，保存同批拉伸试样的应力—应变曲线。

16.3.3 弯曲试验

弯曲试验是对试样施加静态三点式弯曲负荷的弯曲性能的测定方法。

弯曲试样经过状态调节后，依据 GB/T 9341-2008 所确定的操作步骤如下：

确保仪器已通过计量并在计量允许时间之内，并能正常工作。安装好压头和支座，压头半径 5.0，支座圆弧半径 $2.0 \pm 0.2 \text{mm}$ ；

弯曲性能测试时，以曝露面或未标记面作为底面，在弯曲试样的非曝露面或标记面中线处做上标线，此标线对测试结果不应有影响；

测量弯曲试样宽度准确至 0.1mm，厚度准确至 0.02mm；调节跨度为试样厚度的 15 倍，即 60mm，跨度测量准确到 0.5% 以内；设定试验速度为 2.0mm/min；

压头与试样应该是线接触，并使压头与标线相重合后，进行试验；

观察弯曲试样在弯曲过程中的弯曲现象和弯力—挠度曲线，并详细记录；

重复以上步骤，测试完同一种类同批所有的弯曲试样；

记录的结果为弯曲强度。弯曲强度按下式计算：

$$\sigma = \frac{3P \cdot L}{2b \cdot h^2}$$

σ – 弯曲强度，MPa

P – 试样所承受的弯曲负荷，N

L – 跨度，mm

b – 试样宽度，mm

h – 试样厚度，mm

目前一般的电子万能试验机均可自动计算出结果，弯曲强度取三位有效数字；

若弯曲试样断裂在试验跨度三等分中间部分以外的，此弯曲试样的结果作废，不作为有效结果；

同一种类同批弯曲试样有效结果的算术平均值作为这批弯曲试样的弯曲强度，保存同批弯曲试样的弯力—挠度曲线；

注意事项：整个曝露过程中，所有弯曲试样的测试应统一为曝露面或未标记面朝下，作为底面。因为以曝露面为底面或非曝露面为底面测量到的弯曲强度将出现明显差别。

16.3.4 简支梁冲击试验

简支梁冲击试验是用简支梁冲击试验机，对硬质塑料试样施加一次冲击弯曲负荷使试样破坏，并用试样破坏时单位面积所吸收的能量衡量材料冲击韧性的方法。

简支梁冲击试样经过状态调节后，依据 GB/T 1043.1-2008 所确定的操作步骤如下：

确保仪器已通过计量并在计量允许时间之内，并能正常工作。安装好摆锤和支座；

冲击刀刃规定夹角为 $30^\circ \pm 1^\circ$ ，端部圆弧半径为 $2.0 \pm 0.5 \text{mm}$ 。摆锤下摆时，刀刃通过两支座间的中央偏差不得超过 $\pm 0.2 \text{mm}$ ，刀刃应与试样的打击面接触，接触线应与试样长轴线相垂直，偏差不得超过 $\pm 2^\circ$ 。支座支撑刃前角为 5° ，后角为 $10^\circ \pm 1^\circ$ ，端部圆弧半径为 1mm；

冲击性能测试时，刀刃应首先接触到非曝露面或标记面，在冲击试样的非曝露面或标记面中线处做上标线，此标线对测试结果不应有影响；

测量试样中部的宽度和厚度，准确至 0.02mm；

根据试样破坏时所需的能量选择摆锤，使消耗的能量在摆锤总能量的 10%~85% 范围内。简支梁冲击试

验所用摆锤冲击能量有 0.5J、1.0J、2.0J、4.0J、7.5J、15.0J、25.0J、50.0J，若符合这一能量范围的不只一个摆锤时，应该用最大能量的摆锤。在选择摆锤时，还必须考虑到曝露试验后试样冲击性能的明显下降，一般在定摆锤能量时，应定的较低，以避免较长曝露周期后测定结果出现较大偏差，同一种材料在整个曝露周期的摆锤能量应保持一致；

调节能量度盘指针零点，使它在摆锤处于起始位置时与主动针接触，进行空击试验，保证总摩擦损失不超过 0.5%；

抬起并锁住摆锤，把试样放置在两支撑块上，支撑线间距离为 60mm，试样支撑面紧贴在支撑块上，使冲击刀刃对准试样中心，平稳释放摆锤；

观察冲击试样在冲击过程中的冲击现象，并详细记录；

重复以上步骤，测试完同一种类同批所有的简支梁冲击试样；

记录的结果为简支梁冲击强度。简支梁冲击强度按下式计算：

$$\alpha = \frac{A}{b \cdot d} \times 10^3$$

α – 简支梁冲击强度，kJ/m²

A – 试样吸收的冲击能量，J

b – 试样宽度，mm

d – 试样厚度，mm

目前一般的电子冲击试验机均可自动计算出结果，冲击强度取三位有效数字。

若试样冲击试验后未断裂的，此冲击试样的结果作废，不作为有效结果；

同一种类同批简支梁冲击试样有效结果的算术平均值作为这批简支梁冲击试样的冲击强度；

注意事项：整个曝露过程中，所有冲击试样的测试应统一为刀刃先接触到非曝露面。因为曝露一段时间后，曝露面的结构出现变化，而非曝露面基本无变化，此时，先接触非曝露面或先接触曝露面的冲击强度将出现明显差别。

16.3.5 悬臂梁冲击试验

悬臂梁冲击试验是在确定条件下塑料悬臂梁冲击强度的测定方法。

悬臂梁冲击试样经过状态调节后，依据 GB/T 1843-2008 所确定的操作步骤如下：

确保仪器已通过计量并在计量允许时间之内，并能正常工作。安装好摆锤和虎钳支座；

摆锤冲击刃应为圆柱形表面的硬化钢，曲率半径为 0.8mm±0.2mm，其轴线为水平，并垂直于摆锤的运动平面。摆锤冲击过程中刀刃应与试样的整个被冲击面接触，其接触线应与试样的纵轴线垂直，偏差在±2°范围内；

试样支座为固定夹具和夹具组成的虎钳，夹具的夹持面应平行，偏差在±0.025mm 之内。虎钳所夹持的试样的长轴线铅直，与虎钳顶面垂直。虎钳夹具的顶棱圆角半径为 0.2mm±0.1mm。调整虎钳，使试样位于冲击刀刃的中心，偏差在±0.5mm 以内，并且刀刃中心离虎钳顶面的距离为 22mm±0.2mm，应避免虎钳在夹持试样和试验过程中产生松动；

冲击方向为侧向冲击，冲击性能测试时，刀刃应首先接触到非曝露面；

测量每个试样中部的厚度和宽度，精确到 0.02mm；

根据试样破坏时所需的能量选择摆锤，使消耗的能量在摆锤总能量的 10%~85% 范围内。悬臂梁冲击试验所用摆锤能量有 1.0J、2.75J、5.5J、11.0J、22.0J，若符合这一能量范围的不只一个摆锤时，应该用最大能量的摆锤。在选择摆锤时，还必须考虑到曝露试验后试样冲击性能的明显下降，一般在定摆锤能量时，应定的较低，以避免较长曝露周期后测定结果出现较大偏差，同一种材料在整个曝露阶段的摆锤能量应保持一致；

抬起并锁住摆锤，把试样放在虎钳内，按规定夹好；

平稳释放摆锤，记录试样所吸收的冲击能，并对其摩擦损失等进行修正。观察冲击试样在冲击过程中的冲击现象，并详细记录；

重复以上步骤，测试完同一种类同批所有的悬臂梁冲击试样；

记录的结果为悬臂梁冲击强度。悬臂梁冲击强度按下式计算：

$$\alpha = \frac{W}{b \cdot h} \times 10^3$$

α – 悬臂梁冲击强度，kJ/m²

W – 破坏试样所吸收并经过修正后的能量，J

b – 试样宽度，mm

h – 试样厚度，mm

目前一般的电子冲击试验机均可自动计算出结果，冲击强度取三位有效数字。

若试样冲击试验后部分破坏或不破坏的，此冲击试样的结果作废，不作为有效结果；

同一种类同批悬臂梁冲击试样有效结果的算术平均值作为这批悬臂梁冲击试样的冲击强度；

注意事项：整个曝露过程中，所有冲击试样的测试应统一为刀刃先接触到非曝露面。

16.4 光学性能

16.4.1 外观

塑料大气曝露后的外观检查主要在小方片上依据 GB/T 15596-2009 所规定的步骤进行。塑料小方片的观察分为二步，一是在小方片清洗前进行初步观察；二是在小方片清洗后的观察，并以清洗后的观察为准。

在标准对色箱的标准照明体 D₆₅ 光源下，将塑料小方片从自封袋中取出，初步观察小方片颜色的变化、灰尘在表面的累积情况、是否有明显的损伤，用数码相机在不小于 300 万像素下拍摄小方片未清洗前的照片，并记录。

用柔软的医用纱布沾去离子水轻轻擦拭小方片的正、反面，直至洗去小方片表面的灰尘和杂质，将小方片放置在纱布上，在实验室标准环境下避光阴干。

在标准对色箱的标准照明体 D₆₅ 光源下，仔细观察清洗后的塑料小方片：颜色如何变化（变深或变浅、变浓或变淡、变明或变暗）、上、下表面是否有划痕、是否光滑、是否有裂纹、斑点、是否翘曲、收缩等，推荐的区分级别为没有变化、稍有变化、中等变化、显著变化，详细记录观察到的各种现象。有必要时用原始留存小方片或之前取样周期的小方片进行对比观察，以明确小方片在曝露不同周期后的变化规律。观察完毕后，用数码相机在不小于 300 万像素下拍摄塑料小方片清洗后的照片，必要时，将小方片与原始留存小方片放在一起对比拍照。

16.4.2 颜色

清洗后的塑料小方片在完成外观检查后，可进行颜色测量。

塑料颜色的测量和色差的计算依据 GB/T 3979-2008 和 GB/T 7921-2008 所确定的操作步骤如下：

在使用色差仪测量颜色前，必须按操作要求用工作标准白板进行校准，确保色差仪的测量值准确、可靠；

选择 D₆₅¹⁰ 光源，CIELAB 色空间。测量时，色差仪的另一边需要垫一块同样厚度的塑料小方片，以保持色差仪在测量时左、右二端的平衡，避免出现误差；

每块小方片均需在测试区范围内至少取三个不同点测量 Lab 值，测量完毕后，以三个点 Lab 值的平均值作为此块小方片的 Lab 值，记录下此块小方片的 Lab 值；

色差值 ΔE 反映的是小方片在不同曝露周期与其初始颜色相比的变化值。按小方片上的顺序编号找到此块小方片的初始 Lab 值，按下式计算小方片的色差值 ΔE ：

$$\Delta E = \sqrt{(L - L_0)^2 + (a - a_0)^2 + (b - b_0)^2}$$

ΔE – 色差值

L_0 – 初始明度指数

a_0 、 b_0 – 初始色品指数

计算同种塑料同批小方片色差值的算术平均值，以此值作为这种塑料在某个曝露周期的色差值。通过比较同一种塑料不同曝露周期的色差值 ΔE ，就可以掌握这种塑料在曝露试验中颜色的变化规律；在测量同批小方片的过程中，如果发现某块小方片的测量结果与其余小方片的测量结果相差较大，应对这块小方片进行重新测量，以确定上次测量是否存在人为误差，如果二次测量的结果相近，记录后一次的测试结果。

16.4.3 黄色指数

清洗后的塑料小方片在完成外观检查后，可进行黄色指数测量。

黄色指数的测量主要应用于无色透明、半透明或白色不透明塑料，黄色指数和在日光照射下观察到的黄色程度能较好的吻合，因此能用于评价塑料的曝露程度。一般来说，转换光源后的色差仪也能用来测量黄色指数。

依据 HG/T 3862-2006 所确定的操作步骤如下：

在使用色差仪测量黄色指数前，必须按操作要求用工作标准白板进行校准，确保色差仪的测量值准确、可靠；

选择 C_2 光源，XYZ 三刺激值。测量时，色差仪的另一边需要垫一块同样厚度的塑料小方片，以保持色差仪在测量时左、右二端的平衡，避免出现误差；

每块小方片均需在测试区范围内至少取三个不同点测量 XYZ 值，测量完毕后，以三个点 XYZ 值的平均值作为此块小方片的 XYZ 值，记录下此块小方片的 XYZ 值；

黄色指数反映的是小方片的变黄程度，正值表示呈黄色，负值表示呈蓝色，可以和其原始黄色指数相比较，按下式计算小方片的黄色指数：

$$YI = \frac{100(1.28X - 1.06Z)}{Y}$$

YI – 黄色指数

X、Y、Z – 标准照明体 C_2 的光谱三刺激值

计算同种塑料同批小方片黄色指数的算术平均值，以此值作为这种塑料在某个曝露周期的黄色指数。通过比较同一种塑料不同曝露周期的黄色指数，就可以掌握这种塑料在曝露试验中黄色指数的变化规律；

在测量同批小方片的过程中，如果发现某块小方片的测量结果与其余小方片的测量结果相差较大，应对这块小方片进行重新测量，以确定上次测量是否存在人为误差，如果二次测量的结果相近，记录后一次的测试结果。

16.4.4 光泽

清洗后的塑料小方片在完成外观检查后，可进行光泽测量。

光泽反映的是在规定的入射角下，试样的镜面反射率与同一条件下基准面的镜面反射率之比。光泽受试样表面光滑程度的影响较大，在曝露过程中，同批试样的光泽波动很大。

依据 GB/T 8807-1988 所确定的操作步骤如下：

在使用光泽计测量光泽前，必须按操作要求用一级工作标准板进行校准，确保光泽计的测量值准确、可靠；

选择 60° 入射角。如果测量透明材料的光泽，必须在透明材料的下面垫上乌黑的底板后再测量；

每块小方片均需在测试区范围内至少取三个不同点测量光泽，测量完毕后，以三个点光泽的平均值作为此块小方片的光泽，记录下此块小方片的光泽；

计算同种塑料同批小方片光泽的算术平均值，以此值作为这种塑料在某个曝露周期的光泽；

在测量同批小方片的过程中，如果发现某块小方片的测量结果与其余小方片的测量结果相差较大，应对这块小方片进行重新测量，以确定上次测量是否存在人为误差，如果二次测量的结果相近，记录后一次的测试结果。

16.4.5 透光率和雾度

清洗后的塑料小方片在完成外观检查后，可进行透光率和雾度的测量。

透光率和雾度仅应用在透明塑料上，它们能反映透明塑料在曝露不同周期，表面的损伤程度。一般来说，仪器可同时测量透明塑料的透光率和雾度。

透光率是透过试样的光通量和射到试样上的光通量之比，用百分数表示；雾度是透过试样而偏离入射光方向 2.5 度以上的散射光通量与透射光通量之比，用百分数表示。

依据 GB/T 2410-2008 所确定的操作步骤如下：

接通电源，使仪器稳定 10min 以上；

测量试样的厚度。板、片材试样精确到 0.05mm，薄膜试样精确到 0.001mm；

调节零点旋钮，使积分球在暗色时检流计的指示为零；

当光线无阻挡时，调节仪器使检流计的指示为 100；

将试样夹持在光通路上，压紧，开始测量；

每片小方片取三个点进行透光率和雾度的测量，以这三个点透光率和雾度的平均值作为此块小方片的透光率和雾度；

计算同种塑料同批小方片透光率和雾度的算术平均值，以此值作为这种塑料在某个曝露周期的透光率和雾度值；

在测量同批小方片的过程中，如果发现某块小方片的测量结果与其余小方片的测量结果相差较大，应对这块小方片进行重新测量，以确定上次测量是否存在人为误差，如果二次测量的结果相近，记录后一次的测试结果。

16.5 微观分析

16.5.1 红外光谱 (FTIR)

红外光谱法主要用于分析塑料曝露面曝露前后分子结构的变化，它具有样品需要量少、结果准确、测试快速等优点。

依据 GB/T 6040-2002 所确定的操作步骤如下：

采用 KBr 压片法测量曝露前后塑料曝露面的红外光谱图；

主要采用测试完毕后的塑料弯曲试样来做红外光谱分析，用沾有酒精的棉球擦拭弯曲试样的曝露面，去除掉灰尘和杂质；用沾有酒精的棉球将制样工具：研磨皿、研磨棒、手术刀、小勺、压片器擦拭干净；用手术刀刮取试样曝露面，将刮下的少量粉末小心的收集到研磨皿中，用小勺取适量的 KBr 颗粒加入研磨皿，用研磨棒用力研磨，将 KBr 颗粒和样品粉末完全碾成粉状后，用小勺舀至压片器中，放入油压机，适当加压，将混合粉末压成透明或半透明的薄片；

将压好的薄片固定在插板上。打开红外光谱设备，运行随机软件，将扫描次数定为 32 次，扫描精度定为 4cm^{-1} 。收集红外光谱仪测量室的背景后，将插板插入测量室固定，再通过软件收集样品的红外光谱图；

由于不可能将 KBr 颗粒和样品粉末研磨到极细，测量出来的红外光谱图一般会出现基线偏移。因此，对测量到的红外光谱图一般需要进行基线校正和平滑处理。进行处理之后的红外光谱图，可以同原始或之前取样周期试样的红外光谱图进行比较，分析曝露不同周期试样在分子结构上的变化。

16.5.2 热重法 (TG)

热重是测量样品的质量随温度变化的一种方法，它主要用来评定塑料曝露前后的热稳定性。

按 ISO11358-2014 所确定的操作步骤如下:

使用仪器前, 开机预热 30min, 打开氮气开关, 控制其压力在 0.05MPa;

主要采用测试完毕后的塑料弯曲试样进行热重分析。用沾有酒精的棉球擦拭弯曲试样的曝露面, 去除掉灰尘和杂质; 用沾有酒精的棉球将手术刀、镊子擦拭干净;

用小刀刮取弯曲样条曝露面, 将刮下的样品收集在一起;

将空的坩埚放入仪器, 合上顶盖, 使用仪器自带的天平称取坩埚的重量后, 清零;

打开仪器顶盖, 取出坩埚, 将之前刮下的样品小心的收集到坩埚中, 将附着在坩埚外表面的样品清理干净。将装有样品的坩埚再放入仪器中, 合上顶盖。此时, 仪器自带的天平上显示的读数就是坩埚中样品的质量, 一般保证样品的质量在 2~5mg;

运行随机软件, 在输入样品的质量, 升温速率定为 10°C/min, 温度范围定为 30°C~600°C后, 开始升温。温度的上限可根据塑料的实际分解温度来定, 分解温度高的塑料, 温度上限还可高些;

测试结束后, 标定样品的起始分解温度和剩余物含量。可以同原始或之前取样周期试样的热重图进行比较, 分析曝露不同周期试样在热稳定性上的变化。

16.5.3 差示扫描量热法 (DSC)

差示扫描量热法是在程序控制温度下, 测量样品与参比物的功率差与温度关系的一种方法。主要用于评价塑料曝露前后玻璃化温度或熔点的变化。

按 GB/T 19466.1~3-2004 所确定的操作步骤如下:

使用仪器前, 开机预热 30min, 打开氮气开关, 调节保护气体和清扫气体的流量;

主要采用测试完毕后的塑料弯曲试样进行差示扫描量热法分析。用沾有酒精的棉球擦拭弯曲试样的曝露面, 去除掉灰尘和杂质; 用沾有酒精的棉球将手术刀、镊子擦拭干净;

用小刀刮取弯曲样条曝露面, 将刮下的样品收集在一起;

将铝制坩埚放入电子天平称重并清零后, 将刮下的样品收集到铝制坩埚中, 再将装有样品的坩埚放入清零后的电子天平称重, 此时电子天平的读数即为样品的质量。一般要保证样品的质量在 2~5mg, 记录下样品的质量;

取一片坩埚盖, 用镊子将坩埚盖的中部戳一个小孔。将有小孔的坩埚盖合到装有样品的坩埚上, 放入专用的加压器中, 加压, 使坩埚盖和坩埚合在一起;

将压好后的样品坩埚和参比坩埚一起放入仪器中, 运行随机软件, 在输入样品的质量, 升温速率定为 10°C/min, 温度范围定为 30°C~250°C后, 开始升温。温度的上限可根据塑料的实际玻璃化温度或熔点来定, 玻璃化温度或熔点高的塑料, 温度上限还可高些;

一般在完成第一次升温后, 待仪器温度降至室温, 再进行第二次升温测试, 并以第二次的测试结果为准。这主要是考虑第一次升温时, 坩埚内的样品并未能充分的接触到坩埚底部, 使测试结果出现偏差, 而经过一次熔融冷却过程后, 样品能与坩埚底部完全接触, 测试出来的结果更准确可靠, 波动小。第二次升温结束后, 标定样品的熔点或玻璃化温度。可以同原始或之前取样周期试样的 DSC 图进行比较, 分析曝露不同周期试样在熔点或玻璃化温度上的变化。

17 橡胶的暴露试验

17.1 自然大气曝露

17.1.1 直接曝露

依据 GB/T 3511-2008 所确定的操作步骤同 16.1.1。

17.1.2 玻璃下曝露

依据 GB/T 3511-2008 所确定的操作步骤同 16.1.2。

17.2 自然加速曝露

17.2.1 有背板曝露

依据 GB/T 3511-2008 所确定的操作步骤 16.2.1。

17.2.2 太阳聚光加速曝露

参考 16.2.2

17.3 力学性能

17.3.1 状态调节

橡胶拉伸、撕裂试样的状态调节依据 GB/T 2941-2006 的规定进行，采用标准温度 23℃，容许偏差±2℃；标准湿度 50%，容许偏差±5%。状态调节时间不少于 24 小时。

17.3.2 拉伸试验

拉伸试样经过状态调节后，依据 GB/T 528-2009 所确定的操作步骤如下：

确保仪器已通过计量并在计量允许时间之内，并能正常工作后，安装好夹具；

在拉伸试样的中间平行部分做标线示明标距，此标线对测试结果不应有影响；

用测厚计在拉伸样条的中部和试验长度的两端测量其厚度，取三个测量值的中位数计算横截面的面积，在任何一个拉伸样条中，狭小平行部分的三个厚度值均不应超过中位数的 2%；

将拉伸样条匀称的置于上、下夹具上，使拉力均匀分布到横截面上，并且要松紧适宜，以防止试样滑脱；

将形变测量装置卡在标记好的标线上；

设定试验速度后，开始试验；试验速度定为 300mm/min。主要是考虑曝露试验后试样拉伸性能会明显下降，如果试验速度太高，在较长曝露周期后测定结果出现较大偏差。同一种材料在整个曝露阶段的拉伸速度应保持一致；

观察拉伸试样在拉伸过程中的拉伸现象和应力—应变曲线，并详细记录；

重复以上步骤，测试完同一种类同批所有的拉伸试样；

记录的结果有拉伸强度、扯断伸长率。拉伸强度按下式计算：

$$\sigma = \frac{P}{bd}$$

σ —拉伸强度，MPa

P —最大负荷，N

b —试样宽度，mm

d —试样厚度，mm

扯断伸长率按下式计算：

$$\varepsilon = \frac{G - G_0}{G_0} \times 100$$

ε —扯断伸长率，%

G_0 —试样原始标距，mm

G —试样断裂时标线间距离，mm

目前一般的电子万能试验机均可自动计算出上述结果；

拉伸时，若拉伸试样在狭小平行部分之外断裂之外或试样的拉伸现象明显不同于其余试样时，此试样的拉伸结果作废，不作为有效结果；

同一种类同批拉伸试样有效结果的算术平均值作为这批拉伸试样的拉伸强度和扯断伸长率，保存同批拉伸试样的应力—应变曲线。

17.4.3 撕裂试验

依据 GB/T 529-2008 所确定的操作步骤如下：

确保仪器已通过计量并在计量允许时间之内，并能正常工作后，安装好夹具；

用测厚计在撕裂试样的撕裂区域测量其厚度，取三个测量值的中位数计算横截面的面积，厚度值不得偏离所取中位数的 2%；

拉伸速率设为 300mm/min，主要是考虑曝露试验后试样撕裂性能会明显下降，如果试验速度太高，在较长曝露周期后测定结果出现较大偏差。同一种材料在整个曝露阶段的拉伸速度应保持一致；

将撕裂样条延轴向对准拉伸方向分别夹入上、下夹具一定深度，以保证在平行的位置上充分均匀的夹紧，设定拉伸速率后，开始试验；

观察撕裂试样在拉伸过程中的撕裂现象，并详细记录；

重复以上步骤，测试完同一种类同批所有的撕裂试样；

记录的结果有撕裂强度。撕裂强度按下式计算：

$$\sigma = \frac{P}{d}$$

σ – 撕裂强度，MPa

P – 最大负荷，N

d – 试样厚度中位数，mm

目前一般的电子万能试验机均可自动计算出上述结果；

撕裂时，若有撕裂试样的撕裂现象明显不同于其余试样时，此试样的撕裂结果作废，不作为有效结果；同一种类同批撕裂试样有效结果的算术平均值作为这批撕裂试样的撕裂强度。

17.4 光学性能

17.4.1 外观

橡胶大气曝露后的外观检查主要在小方片上依据 GB/T 3511-2008 所规定的步骤进行。橡胶小方片的观察分为二步，一是在小方片清洗前进行初步观察；二是在小方片清洗后的观察，并以清洗后的观察为准。在标准对色箱的标准照明体 D_{65} 光源下，将橡胶小方片从自封袋中取出，初步观察小方片颜色的变化、灰尘在表面的累积情况、是否有明显的损伤，用数码相机在不小于 300 像素下拍摄小方片未清洗前的照片，并记录。

用柔软的医用纱布沾去离子水轻轻擦拭小方片的正、反面，直至洗去小方片表面的灰尘和杂质，将小方片放置在纱布上，在实验室环境下标准环境下避光阴干。

在标准对色箱的标准照明体 D_{65} 光源下，仔细观察清洗后的橡胶小方片：上、下表面是否有明显划痕、是否有裂纹、是否粉化、有无斑点、有无起泡、有无变形等，推荐的区分级别为没有变化、稍有变化、中等变化、显著变化，详细记录观察到的各种现象。必要时用原始留存小方片或之前取样周期的小方片进行对比观察，以明确小方片在曝露不同周期后的变化规律。观察完毕后，用数码相机在不小于 300 像素下拍摄橡胶小方片清洗后的照片，必要时，将小方片与原始留存小方片放在一起对比拍照。

17.4.2 颜色

清洗后的橡胶小方片在完成外观检查后，可进行颜色测量。

橡胶颜色的测量和色差的计算依据 GB/T 3979-2008 和 GB/T 7921-2008 所确定的操作步骤同 16.4.2。

17.5 微观分析

17.5.1 红外光谱 (FTIR)

依据 GB/T 6040-2002 所确定的操作步骤如下：

由于橡胶材料的韧性，采用 KBr 压片法将十分困难，因此采用衰减全反射法 (ATR) 测量曝露前后橡胶曝露面的红外光谱图。ATR 是一种表面分析方法，它能分析到橡胶表面层几个微米的结构状况，对分析橡胶曝露面曝露前后的结构变化十分适宜；

主要采用测试完毕后的橡胶撕裂试样来做红外光谱分析，用沾有酒精的棉球擦拭撕裂试样的曝露面，去除掉灰尘和杂质；

将红外光谱仪的测量室换上 ATR 测试附件。打开红外光谱仪，运行软件，将扫描次数定为 32 次，扫描精度定为 4cm^{-1} ，收集背景后，将清洁后的撕裂样条放置于 ATR 附件上，用专用配件压紧，收集样品红外图；

测量出来的红外光谱图一般会出现基线偏移。因此，对测量到的红外光谱图一般需要进行基线校正和平滑处理。进行处理之后的红外光谱图，可以同原始或之前取样周期试样的红外光谱图进行比较，分析曝露不同周期试样在分子结构上的变化。

18 涂层的暴露

18.1 自然大气曝露

依据 GB/T 9276-1996 所确定的操作步骤同 16.1.1。

18.2 自然加速曝露

18.2.1 有背板曝露

依据 GB/T 9276-1996 所确定的操作步骤同 16.2.1。

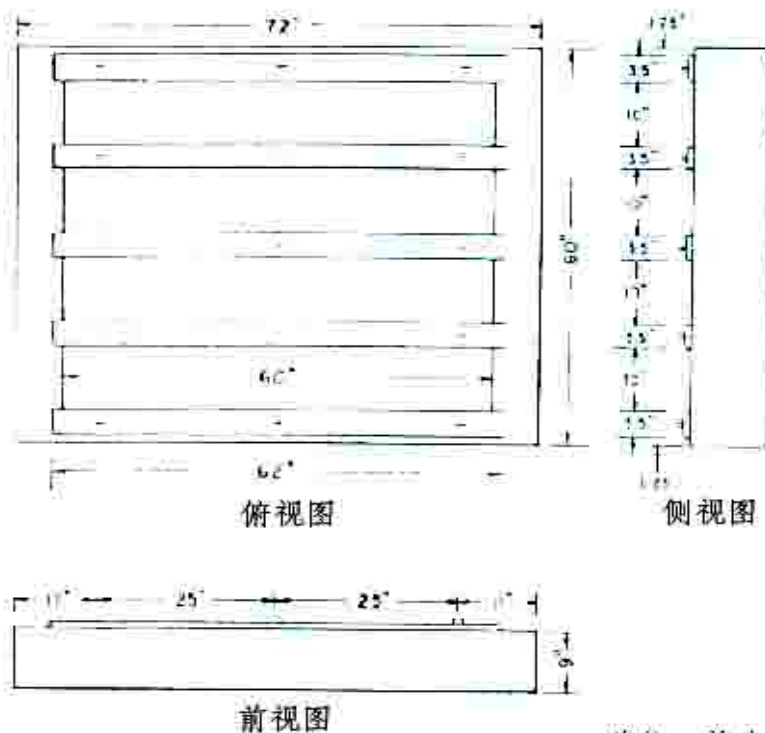
18.2.2 黑箱曝露

黑箱曝露是一种户外利用黑箱提高试验温度的自然加速曝露试验方法。

黑箱曝露主要是用来试验使用温度较高的涂层，如汽车涂层、车顶遮盖涂层等。由于黑箱曝露的温度较高，湿润时间较短，使它更为接近外用涂层的使用条件。

按 ASTM D4141-2007 所确定的操作步骤如下：

按要求用铝片制成符合下图尺寸的箱子，箱子长为 150cm，约 60"、宽为 200cm，约 80"、高为 25cm，约 10"。铝箱内、外均用耐候性良好的黑色油漆涂成黑色；



单位：英寸

将制好的黑箱朝正南，与水平面呈 5°固定；

将涂层板安装在黑箱向阳空口处。若涂层板不足，则用涂成黑色的金属板遮盖空口处的空缺；

从挂样开始，记录 5°的太阳辐射总量和紫外辐射总量；

定期检查和保养曝露场地，以便记录试样的一般状态和修复损坏或破坏的设备，并重新固定松动的试样，特别是在暴风雨后；

确保试样的安全，当试样出现异常或不正常情况时及时通知投样方；

到达规定的取样周期后，按投试方案的要求取样、包装，将辐射、气象资料和试样一并邮寄给投样方。

18.2.3 太阳聚光加速曝露

18.3 光学性能

18.3.1 外观

涂料大气曝露后的外观检查主要在涂层板上依据 GB/T 1766-2008 所规定的步骤进行。涂层板的观察分为二步，一是在涂层板清洗前进行初步观察；二是在涂层板清洗后的观察，并以清洗后的观察为准。

在标准对色箱的标准照明体 D₆₅ 光源下，将涂层板从自封袋中取出，初步观察涂层板颜色的变化、灰尘在表面的累积情况、是否有明显的损伤，用数码相机在不小于 300 万像素下拍摄涂层板未清洗前的照片，并记录。

用柔软的医用纱布沾去离子水轻轻擦拭涂层板的正、反面，直至洗去涂层板表面的灰尘和杂质，将涂层板放置在纱布上，在实验室环境下标准环境下避光阴干。

在标准对色箱的标准照明体 D₆₅ 光源下，仔细观察清洗后的涂层板：是否失光、是否变色、是否粉化、是否开裂、是否起泡、是否生锈、是否剥落、是否长霉、是否有斑点、是否沾污等。以 0 至 5 的数字等级来评定破坏程度和数量，“0”表示无破坏，“5”表示严重破坏。数字 1、2、3、4 的四个等级的确定应使整个等级范围得到最佳区分。变化程度、破坏数量和破坏大小的评定见下面三个表：

变化程度

等级	变 化 程 度
0	无变化、即无可觉察的变化
1	很轻微，即有刚可觉察的变化
2	轻微，即有明显觉察的变化
3	中等，即有很明显觉察的变化
4	较大，即有较大的变化
5	严重，即有强烈的变化

破坏数量

等级	变 化 程 度
0	无，即无可见破坏
1	很少，即刚有一些值得注意的破坏
2	少，即有少量值得注意的破坏
3	中等，即有中等数量的破坏
4	较多，即有较多数量的破坏
5	密集，即有密集型的破坏

破坏大小

等级	破 坏 大 小
----	---------

0	10 倍放大镜下无可见破坏
1	10 倍放大镜下才可见破坏
2	正常视力下刚可见破坏
3	正常视力明显可见破坏 (<0.5mm=
4	0.5~5mm 范围的破坏
5	>5mm 的破坏

详细记录观察到的各种现象。必要时用原始留存涂层板或之前取样周期涂层板进行对比观察，以明确涂层板在曝露不同周期后的变化规律。观察完毕后，用数码相机在不小于 300 万像素下拍摄涂层板清洗后的照片，必要时，将涂层板与原始留存涂层板放在一起对比拍照。

18.3.2 颜色

清洗后的涂层板在完成外观检查后，可进行颜色测量。

涂层板颜色的测量和色差的计算依据 GB/T 11186.1~3-1989 所确定的操作步骤同本部分 16.4.2。

18.4.3 光泽

清洗后的涂层板在完成外观检查后，可进行光泽测量。

依据 GB/T 9754-2007 所确定的操作步骤同本部分 16.4.4。