

# 第三部分

## 氙灯曝晒结果：

### Q-Sun 与转鼓式试验箱之间的比较

Patrick Brennan, Greg Fedor and Ronald Roberts,  
Q-Lab 公司

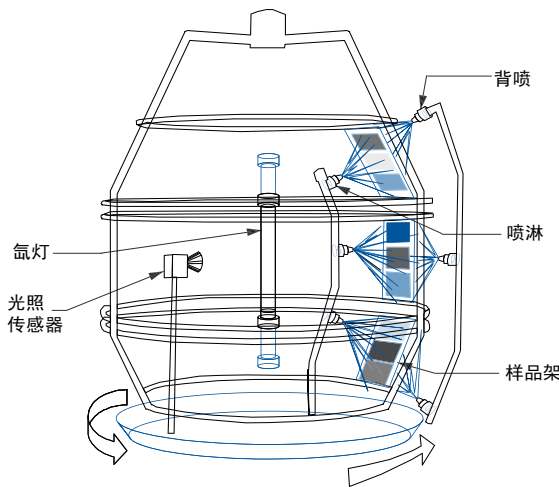
#### 摘要

本文研究平板式氙灯试验箱是否能提供与旧的转鼓式氙灯试验箱相同的试验结果。最终目的，是对以性能为基础的标准，在实际应用中的有效性进行评估。我们测试了9种不同的材料，它们涉及多种材料种类和降解模式。在平板式和转鼓式氙灯曝晒之间得到了很好的一致性。这些结果显示，只要可比较的过滤器系统和曝晒条件被正确地定义和执行，以性能为基础的测试方法是有效的。无论哪种型号或制造商，两种试验箱几乎所有的曝晒结果之间的差异都在可接受的正常变化范围之内。

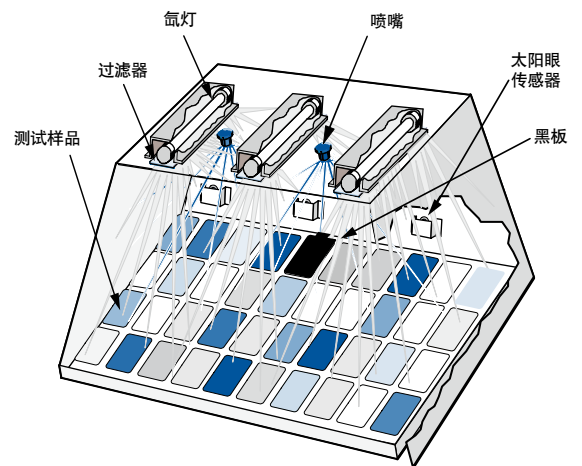
#### 背景

过去，大多数氙灯老化和光稳定性试验箱的设计是，灯管位于试验箱的中心，而一个圆柱形样品架载着样品像旋转木马一样围绕光源旋转。这种样品安装系统通常被称为“旋转鼓”，并在第一次世界大战后以碳弧耐光试验箱的形式问世。转鼓式试验箱有许多制造厂家和多种类型及型号。一些旋转鼓带有直边，另一些则有几层，以各种角度向光源倾斜，以图增进辐照度的均匀性。列于附录A.1的不同的制造商和型号选用不同的系统和方法以控制辐照强度和均匀性、黑板温度、箱体空气温度、温度均匀性、相对湿度和气流速度等关键测试参数。

最近，平板样品安装系统的Q-Sun氙灯试验箱问世（见附录A.2）。如同旧的转鼓式试验箱，这些平板试验箱使用多种方法来控制测试条件。



转鼓式样品安装系统符合以硬件为基础的标准



Q-Sun 符合以性能为基础的标准

## “以性能为基础”的标准

现在市场上已经有很多类型的氙灯试验箱，因此包括 ISO 和 ASTM 在内的大多数技术组织鼓励开发以性能为基础的测试方法和测试程序。这些方法描述了测试条件（如辐照度、光谱、温度和湿度等）以及可以接受的性能范围，而没有要求必须使用哪种设备或对硬件构造加以要求。这些新的测试方法正在取代旧的对硬件（如水冷灯管还是气冷灯管）加以要求的测试方法。旧的以硬件为基础的测试方法，与当时缺乏可行的技术以对关键测试条件进行精确测量和控制有关。由于我们不能充分地描述曝晒条件的特点，我们制定了简单描述这些测试装置的方法。这一方法寄希望于，通过使用同样（或非常类似）的硬件，能够将测试样品曝晒在同样的条件下并得到相同的结果。不幸的是，这种方法并非总是有效的。

旧的以硬件为基础的测试方法还阻碍技术创新和进步，因为它们把用户局限在“我们以前一直是这样做的”。改进的技术和参数控制被自动否决。在一些极端情况下，一些以硬件为基础的测试方法实际上指定的硬件是早已过时的或不再销售的。

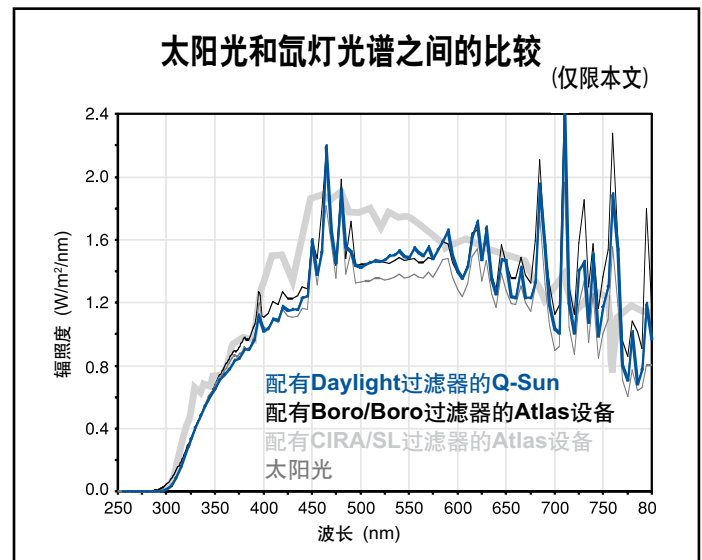
新的以性能为基础的测试方法很明显对用户有利。它们详细定义了曝晒条件。确保了在技术和参数控制方面的改进。最后，它们鼓励竞争（这会降低用户成本）。这些以性能为基础的方法包括 ISO 4892, ISO11341, ASTM G151 以及 ASTM G155。

## 实验室老化试验箱之间的固有差异

当我们比较两个试验箱的结果时，即使结果来自同一制造商的同一型号，甚至测试是在同一个实验室由同一个人进行操作的，我们仍会发现曝晒结果之间存在差异。

这会使那些理所当然地认为结果不会有差异的科学家感到失望。然而，这是当前技术的局限性所造成的。

由 ASTM G03 老化和耐候性委员会进行的一项研究，对由同一制造商生产的不同型号的氙灯试验箱的测试结果的一致性进行了比较。研究发现，当被测材料按“与其它材料或标准样品的性能进行排序比较时”(ASTM G151)，测试结果之间存在极好的一致性。然而，即使使用制造商生产的相同型号的设备，“不同的实验室使用相同的测试装置和曝晒循环，所得到的结果的绝对值却有很大差异”（根据 ASTM G151 精度和偏差声明）。这些结果的详细信息，请参阅 Fischer (1993) 以及 Foisher 和 Ketola (1995) 的论文。



ASTM 关于试验箱存在内在差异性的结论，得到了 SAE/IFAI 纺织品和弹性塑料委员会的证实。SAE/IFAI 对每一批次的 SAE J1960 和 J1885 用聚苯乙烯标样设定性能极限。其中一些测试结果会在本文中加以讨论。结论是：很不幸，没有一个完美的测试结果，可变性是不可避免的。

## 研究目的

本文研究平板式氙灯试验箱是否能提供与旧的转鼓式氙灯试验箱相同的试验结果。最终目的，是对以性能为基础的标准，在实际应用中的有效性进行评估。

为了确定转鼓式样品架与平板式样品架的氙灯曝晒方面的相关性，我们对9种不同类型的材料进行了对比测试。

进行曝晒的材料种类和降解模式见表A。

表 A  
材料和降解模式

材料类型	降解模式
不透明塑料	黄变
透明塑料	黄变
AATCC 蓝羊毛	褪色
SDC 蓝纸标样	颜色变化
蓝片标样	透射率
SAE 聚苯乙烯标样	黄变
印刷油墨	颜色变化
乙烯薄膜	失光
美术材料	颜色变化

本文将对一系列测试结果进行比较和总结。它将证明，只要关键的曝晒参数得到合理控制，以性能为基础的方法就可以得到适当的结果。研究使用了不同型号的平板式 Q-Sun 氙灯试验箱，并且与 Atlas 转鼓式试验箱的多种型号的结果进行了比较。结果显示，只要使用可比较的过滤系统和曝晒条件，Q-Sun 基本上可产生与 Atlas 试验箱相同的结果。

## SAE 聚苯乙烯标样:

### 黄变性能

作为对氙灯试验箱性能的检验，汽车工程协会 (SAE) 的测试方法要求使用 Test Fabrics 公司制造的聚苯乙烯标样与测试材料同时进行曝晒。定期测量标样的颜色变化 ( $\Delta b^*$  黄变)。如果变化在预先确定的偏差范围内，则认定试验箱工作正常。由测试实验室保留一个标样性能的记录，并可根据要求作为测试报告的一部分来提供。

SAE 聚苯乙烯标样的  $\Delta b^*$  的偏差是由纺织品和弹性塑料委员会的标样分委会制定的。该分委会是 SAE 和国际工业纺织协会 (IFAI) 的一个联合委员会。偏差是由多种氙灯试验箱对每种新材料进行大量对比测试而得到的，并且仅适用于特定的一批标样。

#### 曝晒:

为了便于确定 Q-Sun 是否能产生与转鼓式试验箱相同的颜色变化，将 SAE 聚苯乙烯标样曝晒于 Q-Sun Xe-3-HS 试验箱中，试验使用 Q/B 过滤器。曝晒测试在两个不同的实验室按照 SAE J1960 条件进行（曝晒条件描述见附录）。

在每个试验中，把 4 个聚苯乙烯参照试样沿着 Q-Sun 氙灯试验箱的平板样品盘的对角线方向从左上到右下依次排列。在曝晒过程中试样始终保持同一位置（因为操作程序建议周期性地更换试样的位置，而位置不动就提供了一个“最差的”测试条件，以放大试验箱内的任何潜在可变性）。按照 SAE J1960 的要求连续一周每天测量样品的颜色变化。

曝晒重复进行 8 次，每次使用老化程度不同的灯管，以检测氙灯灯管的老化对测试结果的影响。

#### 结论:

当在每次测量间隔（总共 224 次测量）与事先设定的偏差进行比较时，两个不同的实验室中的 8 台 Q-Sun 中的每台试验箱所有 4 个试样的测试结果，都符合 SAE 委员会制定的偏差范围。图 1 显示了每 4 个一组的试样的平均性能，以便对灯管老化的影响进行量化。似乎看不到灯管老化对测试结果有任何影响。图 2 显示了这 32 个不同的聚苯乙烯薄片的每一试样的性能。

对 SAE 聚苯乙烯标样，平板式 Q-Sun Xe-3-HS 可得到与转鼓式氙灯试验箱相同的结果。

图 1

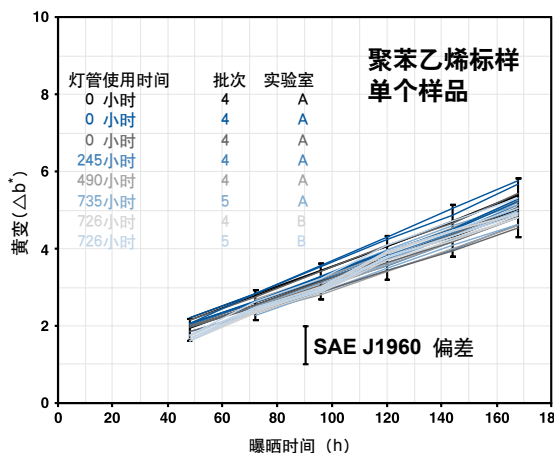
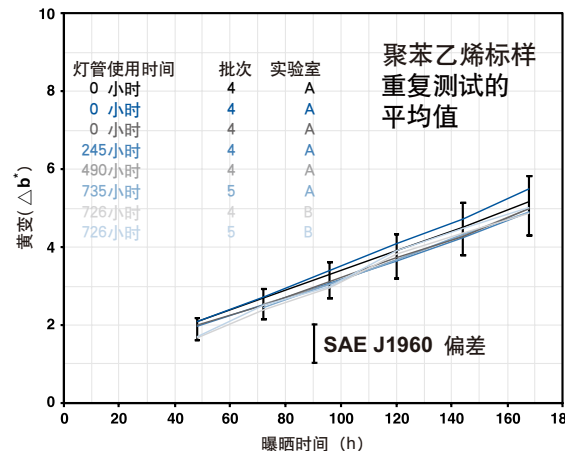


图 2



## 不透明塑料： 黄变性能

4块不透明塑料同时被曝晒在平板式Q-Sun和转鼓式Atlas氙灯试验箱中，以评估测试结果之间的差异。对样品的描述见表B。

表 B  
不透明塑料样品

样品	颜色	厚度	注释
聚乙烯	白色	0.125"	商业片材
ABS/1	白色	0.125"	商业片材
聚丙烯	白色	0.1875"	商业片材
尼龙	自然色	0.1875"	6/6商业片材

### 曝晒：

进行了三次不同的测试以确定不同试验箱和过滤器的效果。曝晒采用如附录“循环A”中所描述的102/18循环。每隔168小时按照ASTM D2244标准对颜色进行测量，曝晒时间为2000小时。

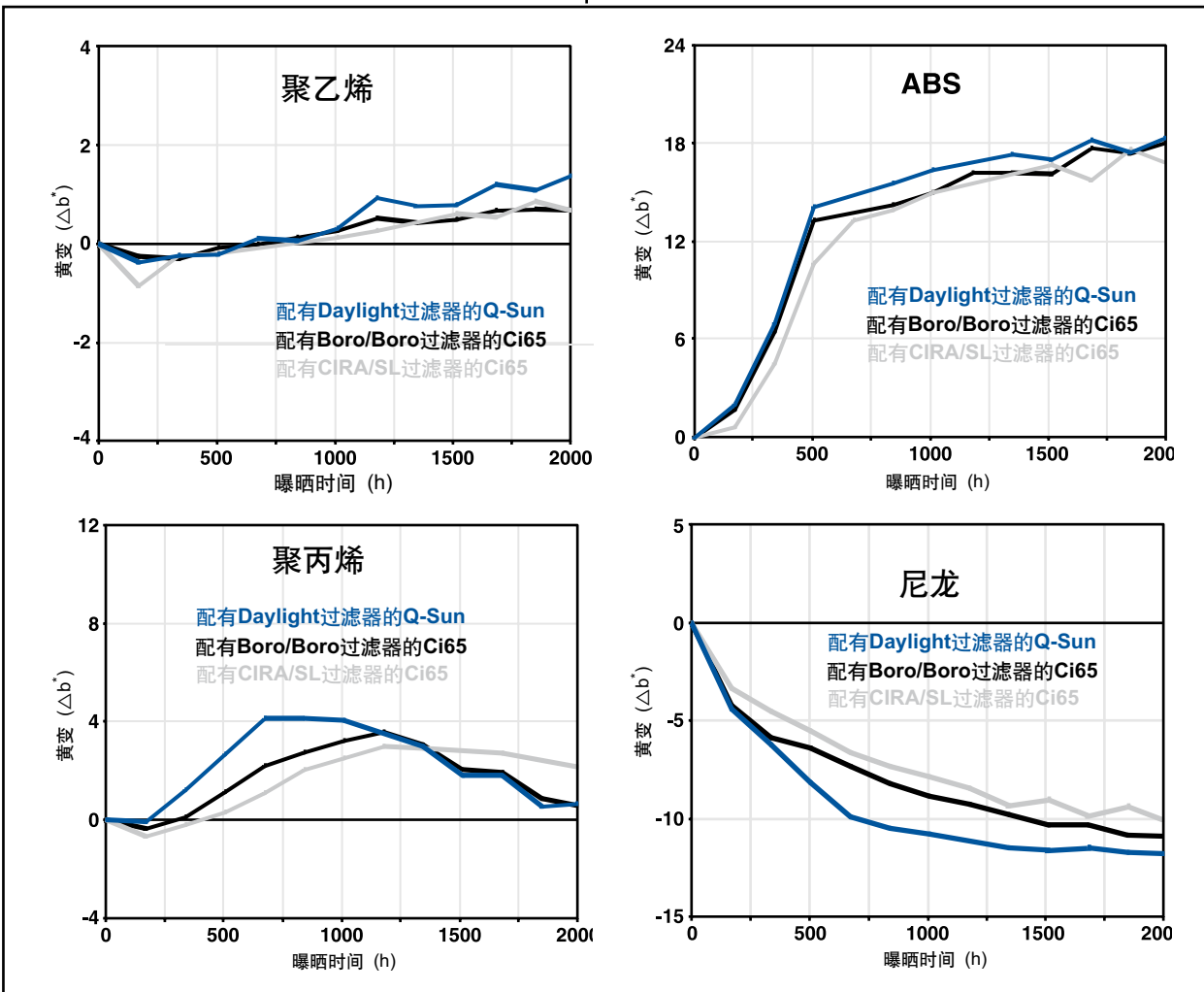
### 试验箱/过滤器配置：

- 1.) Q-Sun 氙灯试验箱，型号 Xe-3-S，配有日光过滤器。
- 2.) 配有Borosilicate S 内、外过滤器的 Atlas Ci65 老化试验机。
- 3.) 配有CIRA 内过滤器和 Soda Lime 外过滤器的 Atlas Ci65 老化试验机。

### 结论：

曝晒结果如下图所示。Q-Sun 得到了与Atlas试验箱相似的结果。然而，在Q-Sun中的降解略微快一些。

尽管造成差异的准确原因尚不知道，可能在不同类型的试验箱中的温度校准存在差异。



## 透明塑料：黄变性能

四块透明塑料同时被曝晒在平板式 Q-Sun 和转鼓式 Atlas 氙灯试验箱中，以评估测试结果之间的差异。下表中列出了对样品的描述：

表 C,  
透明塑料样品

样品	颜色	厚度	注释
聚苯乙烯	透明	0.110"	SAE 标样
CAB	透明	0.125"	商业片材
丙烯酸	透明	0.125"	商业片材
聚碳酸酯	透明	0.125"	商业片材

### 曝晒：

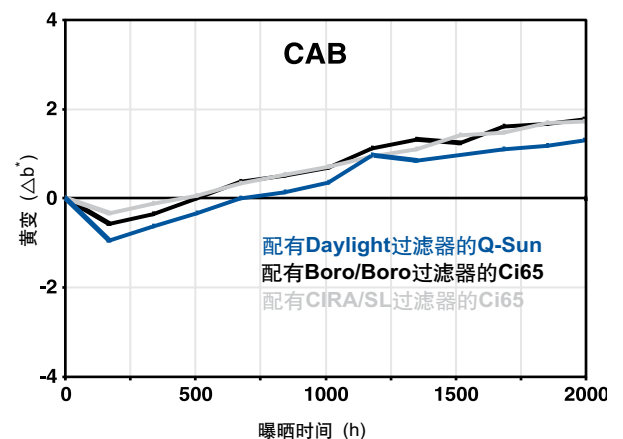
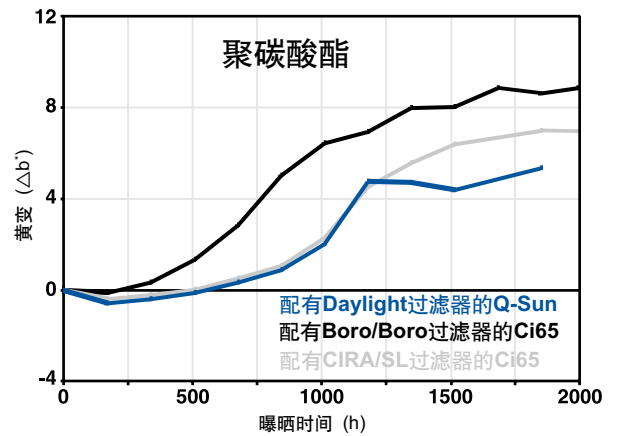
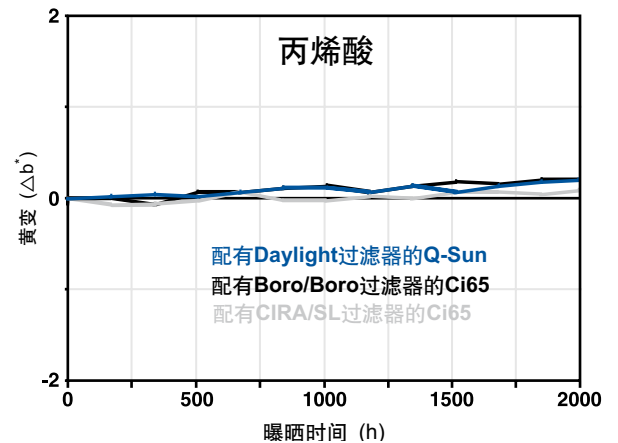
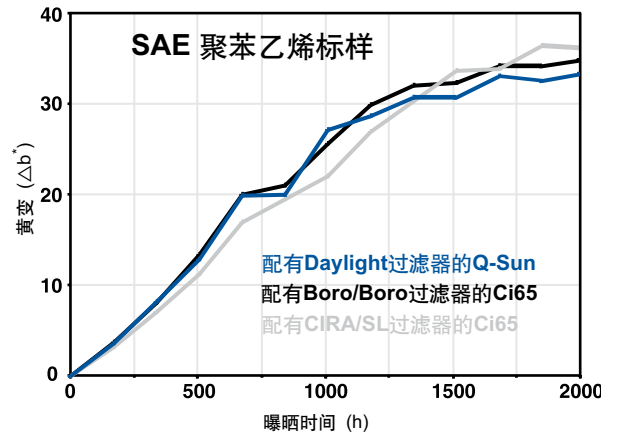
进行了三次不同的测试以确定不同试验箱和过滤器的效果。曝晒采用如附录“循环A”中所描述的 102/18 循环。每隔 168 小时按照 ASTM D2244 标准对颜色进行测量，曝晒时间为 2000 小时。

试验箱/过滤器配置：

- 1.) Q-Sun 氙灯试验箱，型号 Xe-3-S，配有日光过滤器。
- 2.) 配有 Borosilicate S 内、外过滤器的 Atlas Ci65 老化试验机。
- 3.) 配有 CIRA 内过滤器和 Soda Lime 外过滤器的 Atlas Ci65 老化试验机。

### 结论：

下图显示了曝晒效果。聚苯乙烯、CAB 和丙烯酸的结果几乎没有区别。两种试验箱和所有过滤器给出了基本一致的结果。对于聚碳酸酯，在 Q-Sun 日光过滤器和 Atlas Ci65 CIRA/SL 过滤器的测试结果之间有着极好的一致性。然而，boro/boro 过滤器提供了更为严重的曝晒结果。可能这是由于这种过滤器允许更短的紫外线光谱通过的缘故。





## AATCC 蓝羊毛标准: 褪色性能

美国纺织品染化师协会 (AATCC) 测试标准 AATCC 16 “耐光性测试”，要求操作者在进行曝晒测试之前，使用 AATCC 蓝羊毛耐光性标准对氙灯装置进行校准。AATCC 提供 8 种不同耐光性的蓝羊毛，从 L2 (非常不耐光) 到 L9 (非常耐光)。最常用的标准是 L2 和 L4。蓝羊毛在适当的温度、湿度等条件下连续曝晒 20 +/-2 小时。在曝晒后，以目测或仪器方法测量蓝羊毛的褪色等级。

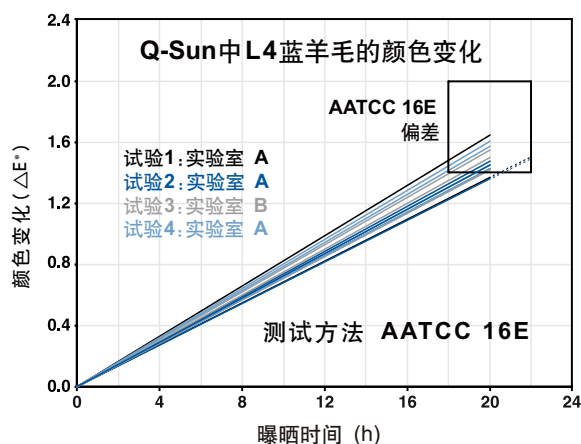
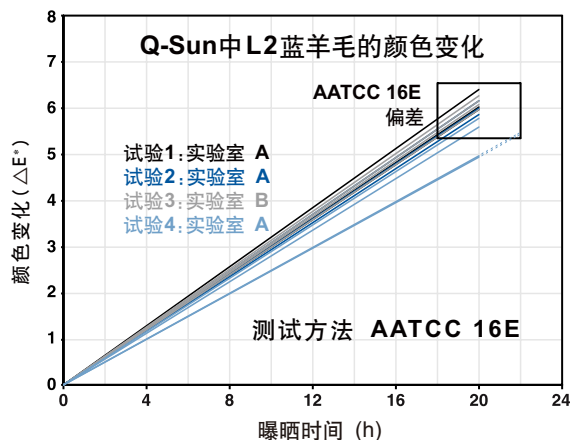
蓝羊毛的每批新标样都要经 AATCC 委员会 RA50 耐光分委会在多种氙灯试验箱中进行大量的耐光性测试。只有当一个新批次被确定符合性能要求后，才能被投放到纺织品市场。

### 曝晒:

为了确定平板式 Q-Sun 是否能够产生与转鼓式试验箱一样的颜色变化，在 Q-Sun 氙灯试验箱的 Xe-3-HS 型号中进行了一系列 L2 和 L4 蓝羊毛曝晒。Q-Sun 按 16E 方法测试 22 个小时 (请参考 16E 测试条件的完整描述的附录)。曝晒后，按照 AATCC 评估步骤 6 对颜色进行测量。

在每次测试中，AATCC 蓝羊毛耐光标准的 4 个试样被置于 Q-Sun 的平板样品盘上，从左上角到右下角按对角线进行排列。在曝晒过程中，样品始终保持在固定位置上。

对 L2 和 L4 各重复曝晒 4 次。



### 结论:

与允许偏差相比，所有 8 次曝晒，每次 4 个试样 (总共 32 个试样) 的测试结果，均在 AATCC 测试方法 16 制定的偏差范围内。

在 AATCC 测试方法 16 中，平板式 Q-Sun Xe-3HS 对 AATCC L2 和 L4 蓝羊毛耐光性标准的测试结果与转鼓式试验箱的相同。

## SDC 蓝纸标样: 颜色变化

英国染色协会 (SDC) 提供具有不同耐光性 (耐光标准 1-8) 的蓝纸以供研究。这些实验用纸是用来作为 ISO 蓝羊毛类似用途的标样。SDC 标样的耐光性与颜料配方有关, 且对紫外线敏感度。

### 曝晒:

SDC 蓝纸按照 ASTM D4303 进行曝晒, “评估艺术颜料耐光性标准测试方法”中的方法 C (请参考描述曝晒条件的附录), 曝晒在 Q-Sun 和 Atlas Ci35 中。在曝晒之前和之后按照 ASTM E1349 和 D 2244 方法用仪器测量颜色的变化。

试验箱/过滤器配置:

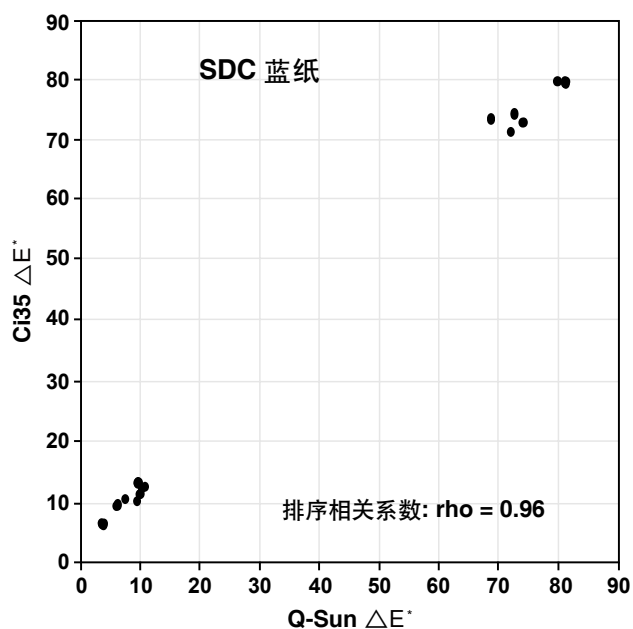
- 1.) 配有窗玻璃过滤器 Q-Sun 氙灯试验箱。
- 2.) 配有 Borosilicate S 内过滤器和 Soda Lime 外过滤器的 Atlas Ci35 老化试验机。

### 结果:

报告中的颜色变化用  $\Delta E$  来表示。以下是表 D 和下图中显示的数据。

表 D,  
SDC 蓝纸 -  $\Delta E$

样品	Q-Sun	Ci35
SDC-1	68.3	72.8
SDC-1	72.4	73.7
SDC-2	71.6	70.8
SDC-2	73.7	72.2
SDC-3	80.8	79.0
SDC-3	79.6	79.2
SDC-4	9.6	11.0
SDC-4	9.3	9.9
SDC-5	10.4	12.4
SDC-5	9.5	12.8
SDC-6	7.2	10.3
SDC-6	7.2	10.2
SDC-7	6.1	9.4
SDC-7	5.9	9.1
SDC-8	3.6	5.9
SDC-8	3.3	6.3
平均值:	32.4	34.1



### 结论:

尽管颜色变化的绝对值有一些微小差异, 如附图所示, 两种曝晒之间的 Spearman 相关系数是非常好的, 达到了 0.96。相关系数达到 0.90 或更高表示有非常好的相关性。如果排序完全一致, 则 Spearman 相关系数为 1.0。

两种不同的试验箱的颜色变化结果相同。



## 蓝片标样： 透射率

由Textile Innovators, Inc.开发的一系列蓝色透明塑料片已被美国纺织品染化师协会(AATCC)的技术委员会和国际标准组织(ISO)用作抗老化和耐光性研究的潜在标样。通过测量610 纳米处的反射率或透射率的变化来确定曝晒的影响。目的是想在老化测试中使用这种“蓝片”。蓝片因能经受住水喷淋而可以作为AATCC蓝羊毛的替代标样。蓝片的厚度是0.125英寸。

### 曝晒：

4 块耐光性不同的蓝片，同时被曝晒在平板式 Q-Sun 和转鼓式 Atlas 氙灯试验箱中以评估测试结果之间的差异。进行了 3 次不同的测试以确定不同试验箱和过滤器的效果。曝晒使用如附录“循环A”中所描述的102/18循环。每隔168小时按照 ASTM D 2244 标准对颜色进行测量。曝晒时间为2000小时。

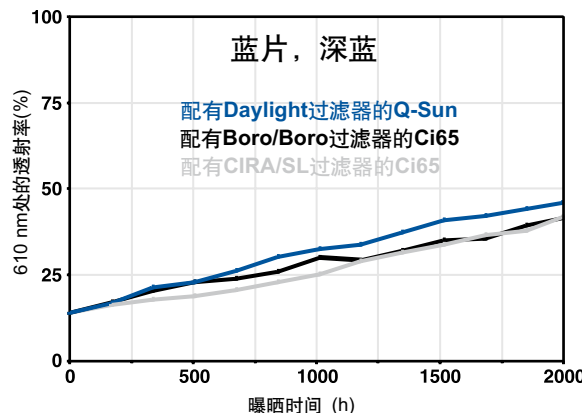
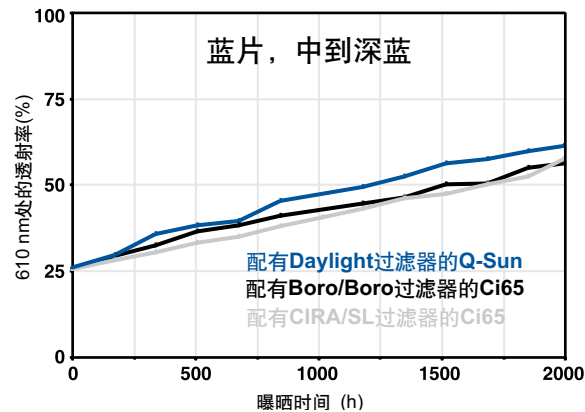
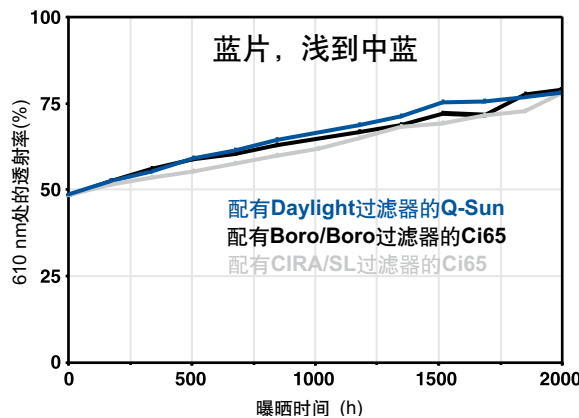
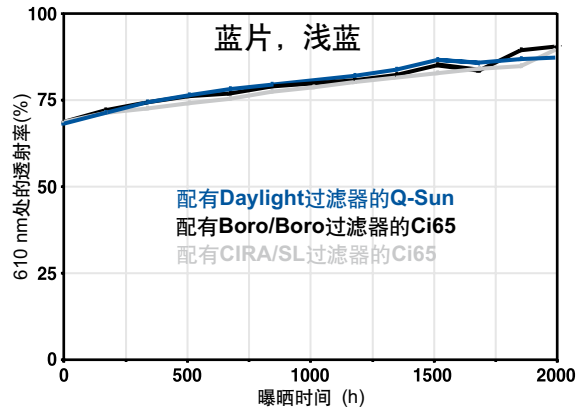
### 试验箱/过滤器配置：

- 1.) Q-Sun 氙灯试验箱，型号 Xe-3-S，配有日光过滤器。
- 2.) 配有Borosilicate S内、外过滤器的Atlas Ci65老化试验机。
- 3.) 配有CIRA内过滤器和 Soda Lime外过滤器的Atlas Ci65老化试验机。

### 结论：

如下图所示，无论使用何种试验箱，所有蓝片的变化都是线性的。

两台 Ci65 使用不同的过滤器，产生的氙灯光谱之间的差异似乎并不影响蓝片的曝晒结果。在转鼓式试验箱与平板式 Q-Sun Xe-3-S 的测试结果之间没有明显差别。



## 美术材料：颜色变化

ASTM 关于美术材料的 D01.57 分委会做了一项研究，以确定15种彩色美术铅笔的各种曝晒方法之间的相关性。尽管该研究还做了在玻璃框下的户外曝晒测试，本文将只关注 Q-Sun 和 Atlas Ci35 曝晒结果之间的比较。(就该数据的完整讨论，包括与户外测试的相关性，请参考 Brennan 和 Everett 于 2000 年发表的文章)。

三家制造商参与了此项研究。每家为 5 种不同颜色的铅笔准备了两个试样。每种铅笔都加一个纸质衬底。为了提供有代表性的数据，制造商提供的样品有各种颜色和耐候性等级，范围从很好到很差。

### 曝晒：

样品在 Q-Sun 和 Atlas Ci35 中按 ASTM D4303，“艺术家用颜料耐光性评估标准测试方法”中的方法 C (请参考有关曝晒条件描述的附件) 进行曝晒。在曝晒之前和曝晒之后按照 ASTM E 1349 和 D 2244 方法用仪器测量样品的颜色变化。

试验箱/过滤器配置：

- 1.) 配有窗玻璃过滤器 Q-Sun 氙灯试验箱。
- 2.) Atlas Ci35 老化试验机，配有 Borosilicate S 内过滤器和 Soda Lime 外过滤器。

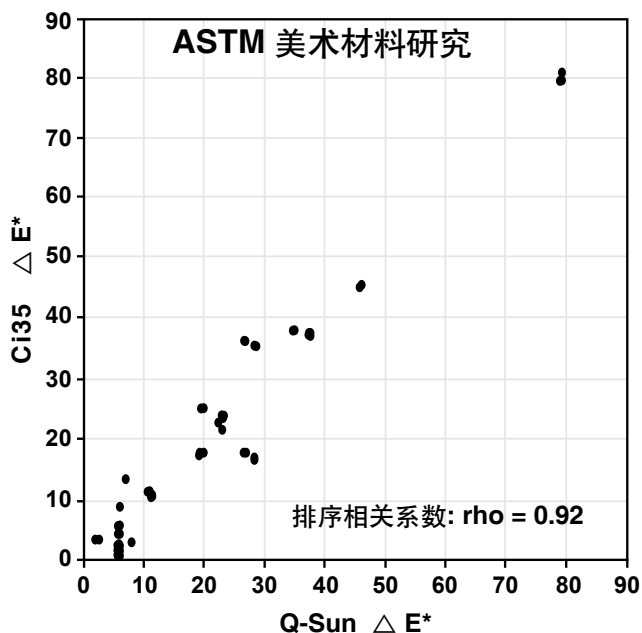


表 E,

美术材料颜色变化 -  $\Delta E$

样品	Q-Sun	Ci35
红色-1	5.7	1.2
红色-1	5.7	2.3
红色-2	26.7	36.5
红色-2	28.5	35.4
橙色-1	79.7	80.6
橙色-1	79.3	79.3
橙色-2	37.3	37.3
橙色-2	34.8	37.8
肉色	19.7	24.9
肉色	19.7	25.0
黄色	45.6	45.0
黄色	45.9	45.3
绿色-1	6.1	9.2
绿色-1	7.0	13.7
绿色-2	5.8	1.4
绿色-2	7.9	3.1
绿色-3	19.3	17.7
绿色-3	19.9	17.9
浅绿色	5.8	5.7
浅绿色	5.7	4.4
蓝色-1	10.9	11.5
蓝色-1	11.2	11.1
蓝色-2	26.8	18.0
蓝色-2	28.2	16.6
紫色-1	23.0	21.4
紫色-1	22.3	22.6
紫色-2	23.1	23.8
紫色-2	22.9	23.6
黑色	2.7	3.2
黑色	2.1	3.2
平均值:	22.6	22.6

结果：报告中的颜色变化按色差单位 ( $\Delta E$ ) 来表示。测试样品的耐候性具有很大差异，曝晒结果显示在表 E 中。

### 结论：

尽管颜色变化的绝对值有一些微小差异，但两种曝晒之间的 Spearman 相关系数非常好，达到了 0.92。

## 印刷油墨：颜色变化

过去，碳弧被用于测试印刷油墨的耐光性。然而，在过去15年，多数实验室已改用氙灯，这是因为氙灯光谱可得到更为真实的曝晒结果。

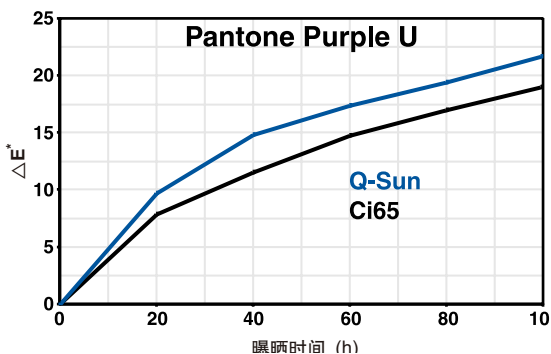
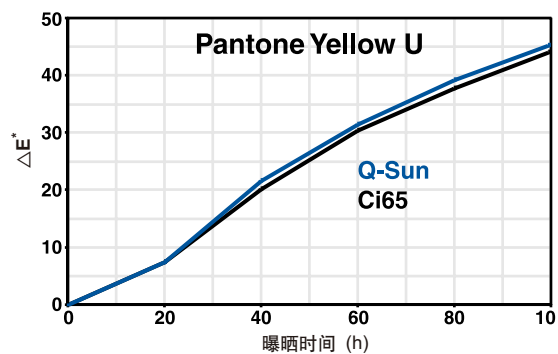
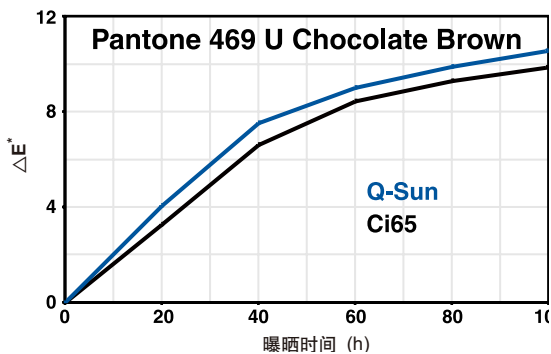
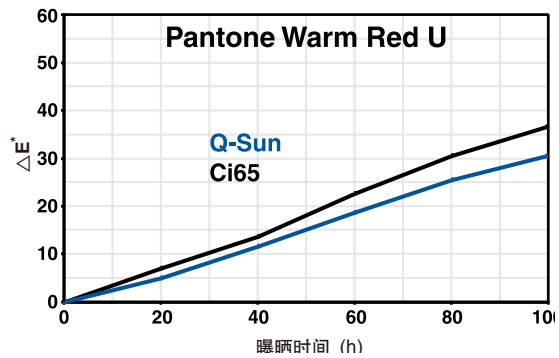
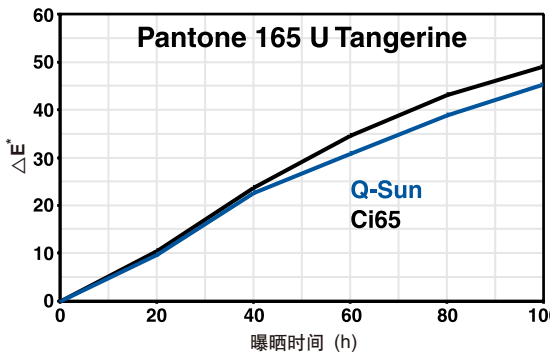
对一家制造商的17种油墨配方进行了测试，以确定转鼓式和平板式氙灯试验箱之间的关系。

### 曝晒：

进行可比较的曝晒以确定试验箱和过滤器之间的相关性。曝晒使用了如附录所描述的 AATCC 16E 条件。每20个小时按照 ASTM D 2244 标准对颜色进行测量。曝晒时间为100 小时。

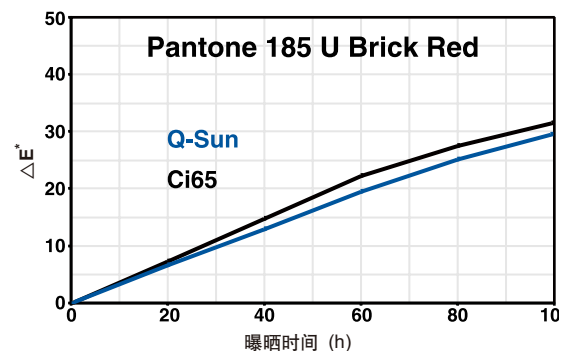
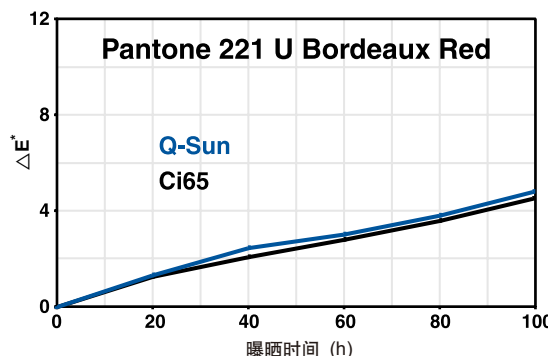
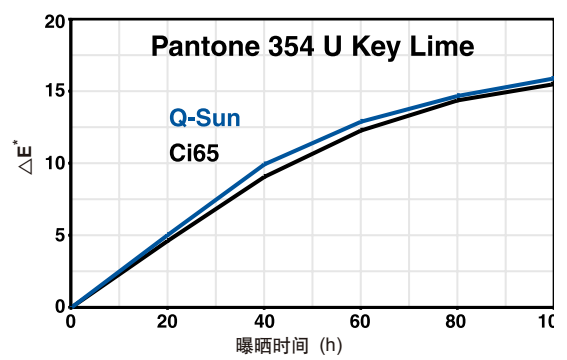
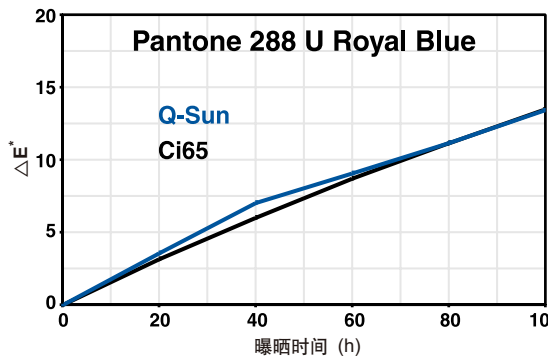
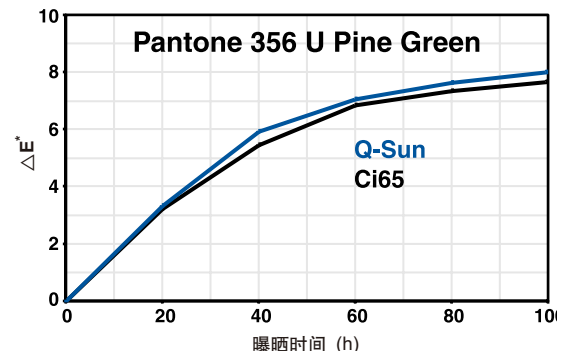
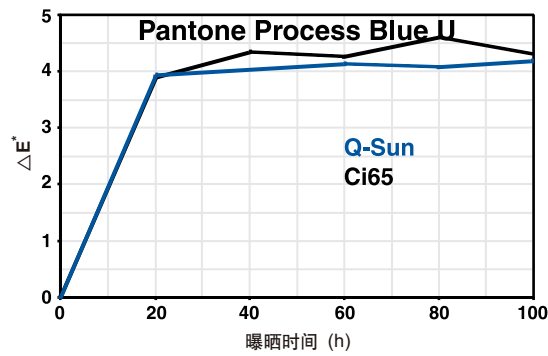
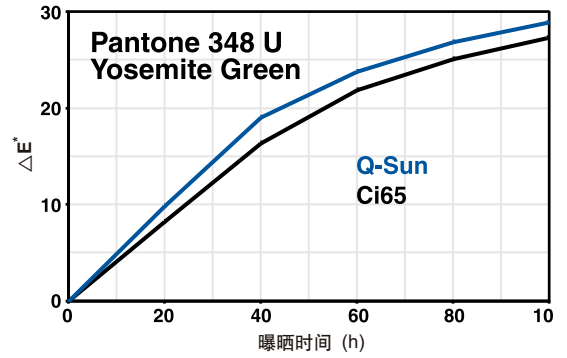
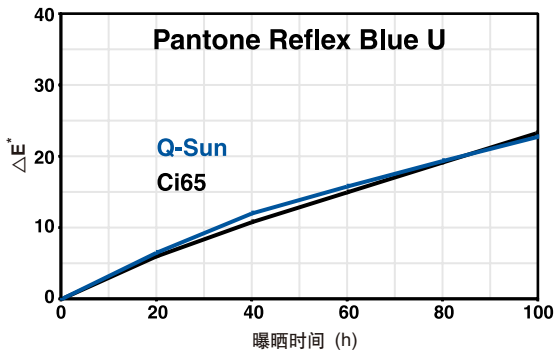
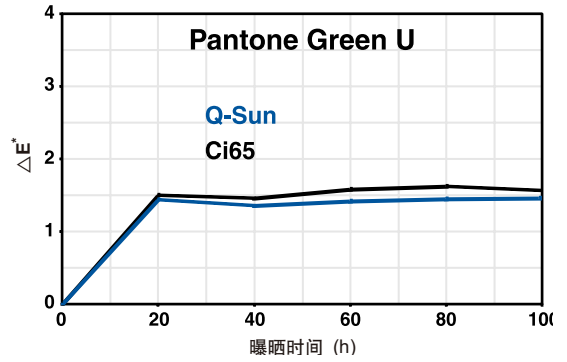
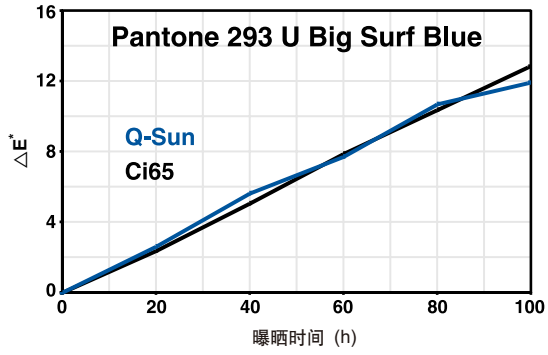
试验箱/过滤器配置：

- 1.) Q-Sun 氙灯试验箱，型号Xe-3-S，配有窗玻璃过滤器。
- 2.) Atlas Ci65 老化试验机，配有Borosilicate S内过滤器和Soda Lime外过滤器。

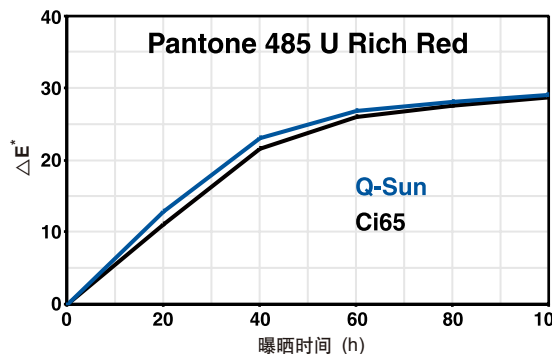
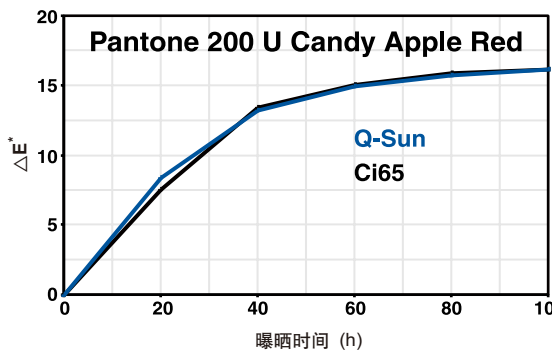


接下页...

## 印刷油墨：颜色变化



## 印刷油墨：颜色变化



### 结论:

各种彩色印刷油墨的性能相差很大。一些变化较大，另一些则较稳定。在17种样品中有11种， $\Delta E^*$ 颜色变化在两种曝晒中几乎一致。对于三种油墨，Atlas Ci65曝晒褪色较快。剩余的三种油墨，Q-Sun 氙灯曝晒较快。

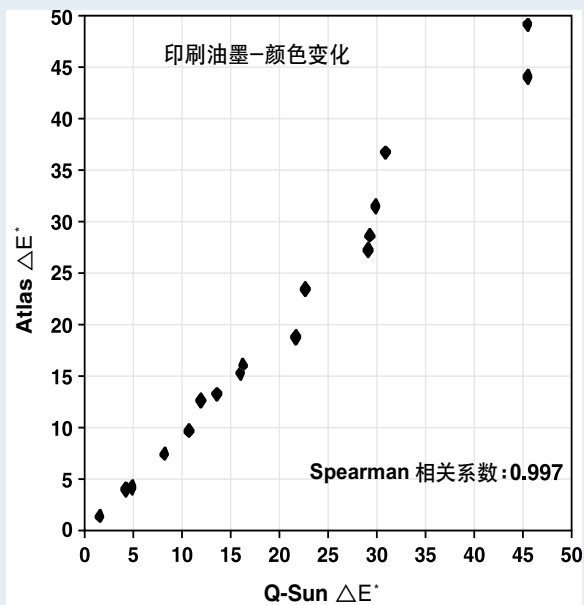
一种分析数据的方法是比较两组数据的排序。相关系数达到 0.90 或更高表示相关性较好。如果排序完全相同，则 Spearman 相关系数的值为 1.0。

如表 F 所示，两组数据之间相关性极好，相关系数为 0.9975。

表 F,  
相关系数为 0.9975 的数据

材料编号	Q-Sun	Atlas	排序	
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	Q-Sun	Atlas
55	45.43	44.27	17	16
56	45.36	49.14	16	17
57	30.64	36.79	15	15
58	29.60	31.57	14	14
59	29.08	28.73	13	13
60	16.17	16.20	9	9
61	4.80	4.51	3	3
62	21.71	19.04	10	10
63	4.18	4.31	2	2
64	11.92	12.84	6	6
65	22.74	23.43	11	11
66	13.49	13.54	7	7
67	1.46	1.56	1	1
68	15.94	15.54	8	8
69	28.94	27.29	12	12
70	8.00	7.65	4	4
71	10.54	9.84	5	5

Spearman 相关系数 = 0.9975



两种试验箱的结果表现了极好的一致性。测试结果无论是绝对值还是排序都没有明显的区别。

## 乙烯薄膜：失光性能

3M公司的Fischer和Ketola发表了几篇论文，对ASTM委员会G03(针对老化和耐候性)提供的各种类型的老化试验箱的精度、可重复性和可再现性进行了检验。这些研究使用了10种由3M公司提供的不同颜色的聚氯乙烯薄膜(0.002英寸厚，带压力敏感胶)。薄膜覆盖在铝质的测试面板上。这些特制的样品被选作用来进行ASTM研究，因为10种材料之间的耐候性(光泽保持率)有显著的区别。

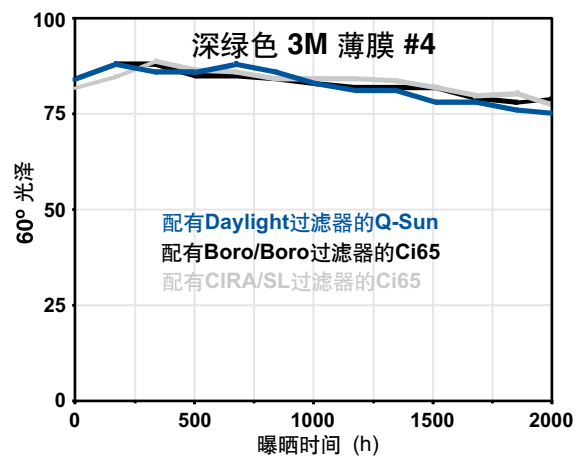
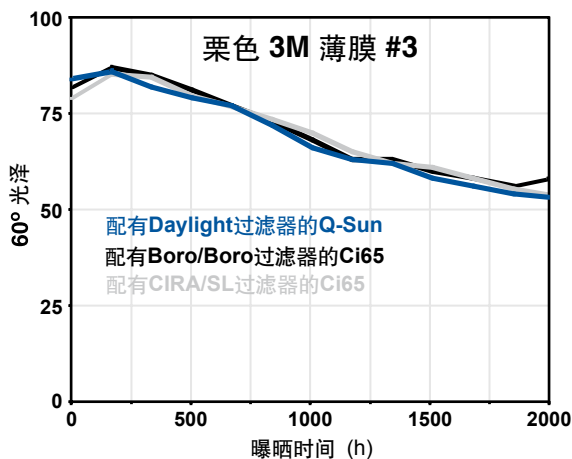
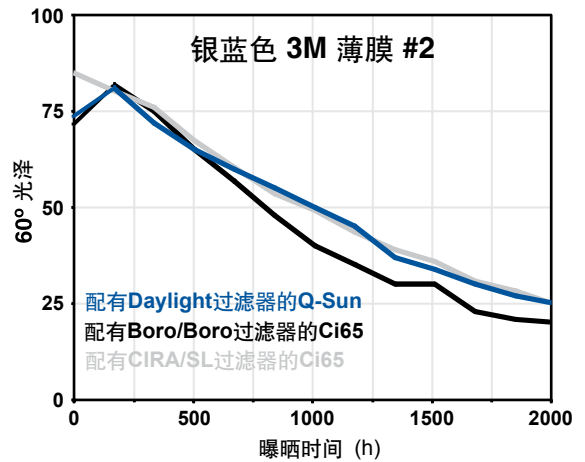
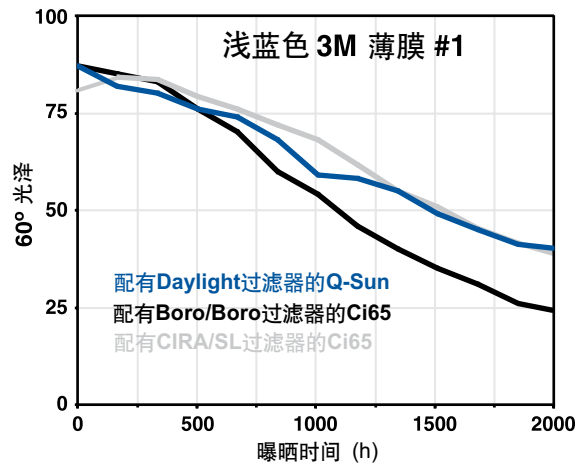
为了确定转鼓式和平板式氙灯试验箱测试结果之间的相关性，使用3M公司提供的这些薄膜进行对比研究。

### 曝晒：

进行了三种不同的曝晒以确定试验箱和过滤器之间的相关性。曝晒使用在附录中“循环A”所描述的102/18循环。每过168小时按ASTM D 523方法进行失光率(60度)测量。曝晒总时间为2000小时。

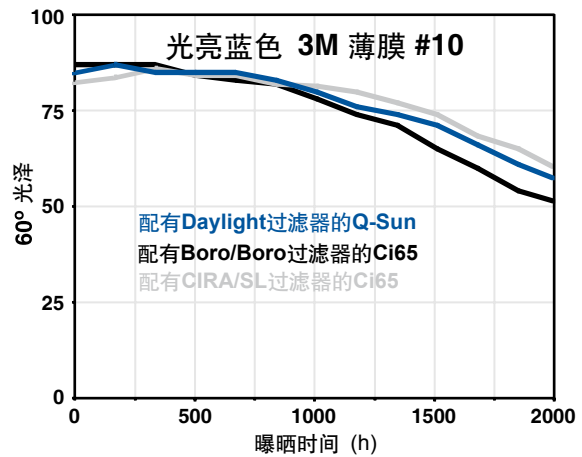
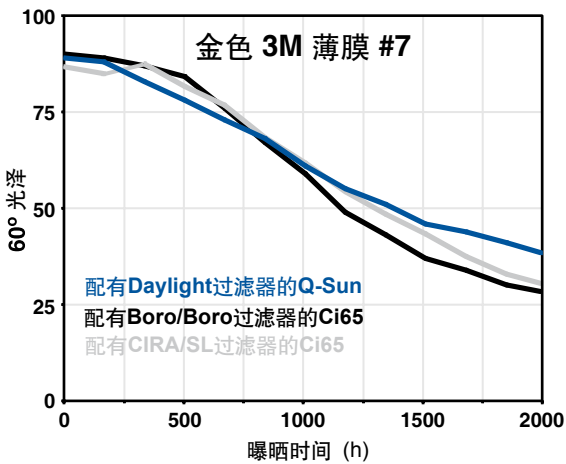
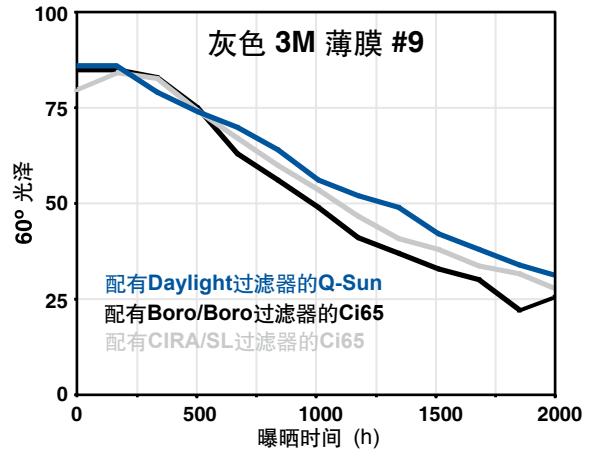
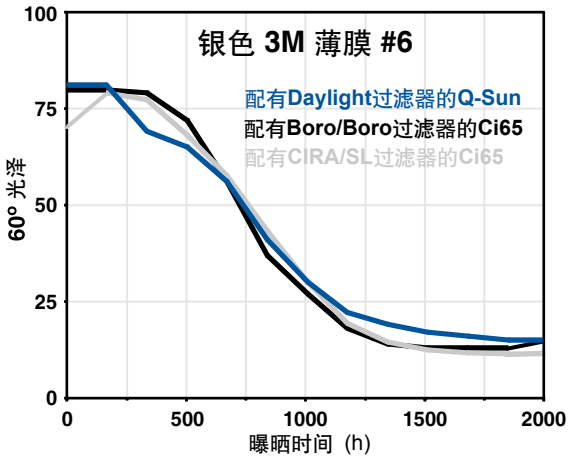
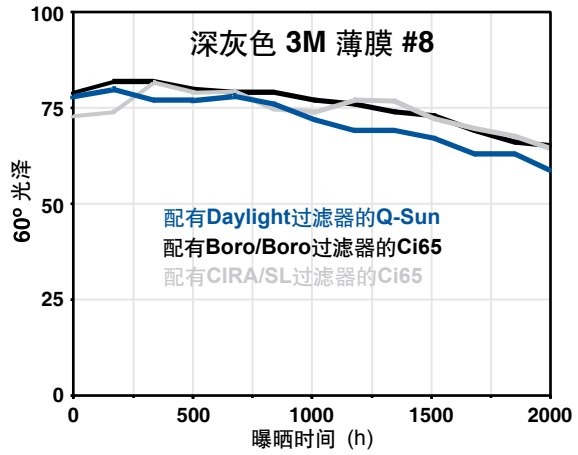
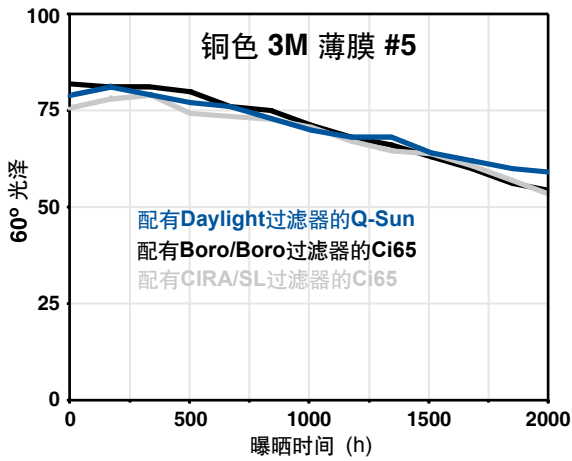
试验箱/过滤器配置：

- 1.) Q-Sun 氙灯试验箱，型号Xe-3-S，配有日光过滤器。
- 2.) Atlas Ci65老化试验机，配有Borosilicate S内、外过滤器。
- 3.) Atlas Ci65老化试验机，配有CIRA内过滤器和Soda Lime外过滤器





## 乙烯薄膜：失光性能



## 乙烯薄膜：失光性能

### 结论:

测量未曝晒样品的最初光泽，其范围在75到85之间。曝晒2000小时之后，光泽范围在15到75之间。

研究这一数据的一个方法是在下图中绘出 Ci65 与 Q-Sun 结果的对比。如果两种试验箱的结果的绝对值完全相同，则该数据将排在下图的 45 度对角线上。如图 1 所示，两组数据有极好的一致性。

分析该数据的第三种方法是比较两组数据的排序。如图 2 所示，曝晒1000小时后的数据有极好的一致性。无论时间间隔多大，相关系数都大于 0.9。

3M 公司的乙烯薄膜在 Q-Sun 和 Ci65 中的测试表现了极好的相关性。氙灯试验箱的精度、可重复性和可再现性都在正常的变化范围内，看不出同类试验箱之间的测试结果更接近。

图 1

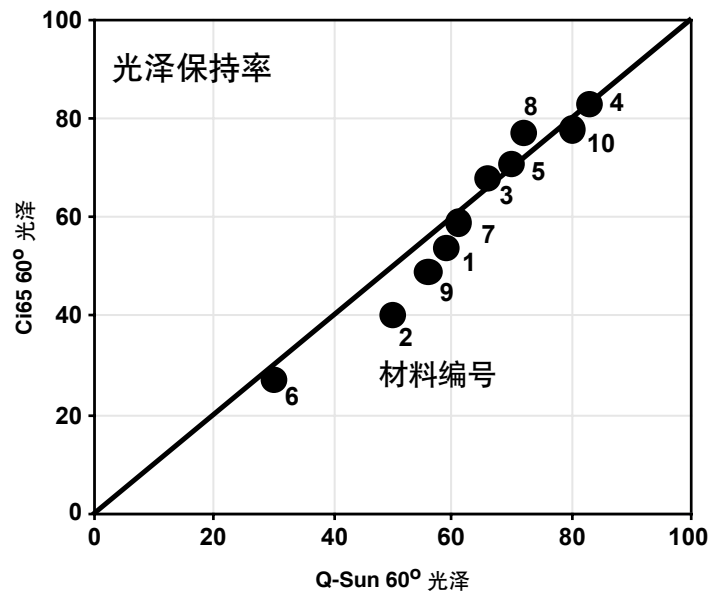
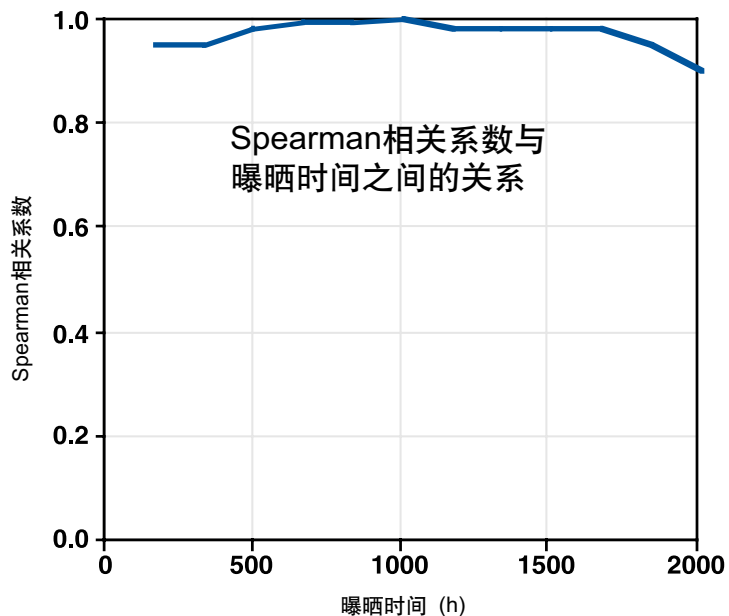


图 2



## 概括和总结

1. 在本文的9项研究中，涉及到许多材料种类和降解模式，在平板式和转鼓式氙灯试验箱的曝晒中得到了明显的一致性。结果显示，只要适当定义和使用可比较的过滤系统和曝晒条件，以性能为基础的测试方法是有效的。任何两种试验箱，不管是哪家生产商的哪种型号，几乎所有的曝晒结果之间的差异都在可接受的正常变化范围之内。

2. Q-Sun日光过滤器和Atlas CIRA/SL过滤器可很好的匹配（以及与阳光）。然而，一定的过滤器系统，特别是用于转鼓式试验箱的Borosilicate/Borosilicate组合，在某些情况下会对一些材料产生更为严重（例如：更快）的效果。据我们推测，这是由于它们使非自然的短波紫外线通过的缘故。

## 附录：曝晒循环

### 循环A 曝晒条件

- 辐照度控制在 0.55 W/m<sup>2</sup>/nm @ 340 nm; 日光过滤器;
- 在 63°C 的黑板温度下,运行102 分钟光照;
- 在温度不控制的情况下, 运行18分钟光照加喷淋;
- 每周轮转样品位置。

注意: 在光照循环中, Atlas Ci65 曝晒控制相对湿度在 50%。Q-Sun 没有控制相对湿度, 但曝晒过程中有效的相对湿度大约为15% (按环境条件计算)。

### AATCC 测试方法16E 曝晒条件

- 辐照度控制在 1.10 W/m<sup>2</sup>/nm @ 420 nm; 窗玻璃过滤器;
- 在 63°C 的黑板温度下连续光照;
- 箱体空气温度43°C; 相对湿度30%;
- 样品位置保持不变。

### ASTM D4303, 方法C, 曝晒条件

- 辐照度控制在 0.35 W/m<sup>2</sup>/nm @ 340 nm; 窗玻璃过滤器;
- 在 63°C 的黑板温度下连续光照;
- 样品位置保持不变。

注意: Atlas Ci35 曝晒控制相对湿度在55%。用于此曝晒的 Q-Sun 没有控制相对湿度, 但曝晒过程中有效的相对湿度大约为15% (按环境条件计算)。

### SAE J1960 曝晒条件

- 在光照循环中, 辐照度控制在 0.55 W/m<sup>2</sup>/nm @ 340 nm ;
- 紫外延展过滤器 ( quartz 内过滤器/ borosilicate 外过滤器或 Q-Lab 的 Q/B 过滤器);
- 在 70°C 的黑板温度下, 运行 40 分钟光照, 相对湿度为 50%;
- 20 分钟光照加水喷淋, 喷淋样品的正面;
- 在70°C 的黑板温度下, 运行 60 分钟光照, 相对湿度为50%;
- 在38°C的黑板温度下, 60分钟黑暗加水喷淋, 喷淋样品的正面及背面;
- 样品位置保持不变。

注意: 在SAE J1960测试程序中, Q-Sun曝晒有一个微小差异: 在黑暗/潮湿循环中, 只从样品正面喷水 (无“背喷”)。

## 附件：制造商和型号概括

表 A.1  
转鼓式氙灯试验箱的制造商/型号

制造商	型号
Suga	WEL-6X-HC-B-Ec WEL-45AX-HC FAL-25AX-HC
Atlas	Ci35 Ci65 Ci3000 Ci5000 Ci4000
Heraeus	Xenotest 1200 Xenotest 150 Xenotest Alpha Xenotest Beta

表 A.2  
平板式氙灯试验箱的制造商/型号

制造商	型号
Suga	Table Sun
Atlas	XR260 K.H. Steuerangle Solar Climatic
Heraeus	Suntest
Q-Panel	Q-Sun Xe-1 Q-Sun Xe-3

## 参考文献

Brennan, P., 和 Everett, E., 美术铅笔的耐光性, 自然和加速曝晒结果, ASTM STP 1385, 2000

Fischer, R., 光和水曝晒测试的系列研究结果, ASTM STP 1202, 1993

Fischer, R., 和 Ketola, W., ASTM 耐候测试标准发展研究的影响, ASTM STP 1294, 1995

Ketola, W., 和 Fischer, R., 在加速耐候性测试中标样的特征和用法, VAMAS 第30号技术报告, 可从MD, Gaithersburg 的 NIST 获取。

Ketola, W., 和 Skogland, T., Fischer, R., 过滤器和灯管的寿命对氙灯光谱功率分布的影响, ASTM STP 1294, 1995

AATCC 测试方法16, 耐光性

ASTM D2244, 用仪器测定颜色一致性的方法计算色差

ASTM D523, 光谱光泽标准测试方法

ASTM D4303, 评估美术颜料耐光性的标准测试方法

ASTM E1349, 用双向几何学通过分光光度技术测定反射率因素和颜色试验方法

ASTM G151, 非金属材料曝晒于使用实验室光源的加速测试设备中的测试方法标准, ASTM 标准年鉴, 14.04 卷

ASTM G155, 用于非金属材料曝晒的氙灯测试设备, ASTM 标准年鉴, 14.04 卷

ISO 4892-2, 塑料 - 实验室光源曝晒方法 - 氙灯

SAE J1885, 用可控辐照度水冷氙灯装置对汽车内饰件进行加速曝晒测试

SAE J1960, 用可控辐照度水冷氙灯装置的汽车外饰件进行加速曝晒测试

## 备注:

本文— " 氙灯曝晒结果: 转鼓式试验箱和 Q-Sun 之间的比较 ", 最初于2002年10月发表在材料寿命协会 ( 日本 ), 第五届国际耐候研讨会上。

SAE 聚苯乙烯标样可从位于 P.O. Box 420, 200 Blackford Ave., Middlesex, NJ 08846 的 Test Fabrics Inc. 处获得。

AATCC 蓝羊毛耐光性标准可从美国染化师协会处获得。

Q-Sun 和太阳眼是 Q-Lab 公司的注册商标。Weather-Ometer 是 Atlas 公司的注册商标。

## 致谢

Q-Lab 公司将对这些测试结果的准确性负责。然而，我们感谢下列公司所提供的测试材料：

美国染化师协会  
染化师协会 (英国)  
3M 公司  
Americhem Corporation  
Textile Innovators, Inc.  
Test Fabrics, Inc.

**Q-Lab Corporation**

**[www.q-lab.com](http://www.q-lab.com)**



**Q-Lab Headquarters  
& Instruments Division**  
Cleveland, OH USA  
Tel. +1-440-835-8700

**Q-Lab Europe, Ltd.**  
Bolton, England  
Tel. +44 (0) 1204-861616

**Q-Lab 中国代表处**  
中国，上海  
Tel. +86-21-5879-7970

**Weathering Research Service**

**Q-Lab Florida**  
Miami, FL USA  
Tel. +1-305-245-5600

**Q-Lab Arizona**  
Phoenix, AZ USA  
Tel. +1-623-386-5140

LX-5021.4-CN

© 2007 Q-Lab Corporation

版权所有

Q-Panel, QUV, Q-Lab, Q-Sun, Q-Trac, 和 Solar Eye 是美国 Q-Lab 公司的注册商标。