

旋转式与平板式氙灯日晒机测试 均匀性的研究

李治恩¹, 孙杏蕾², 张恒²

1 中国纺织科学研究院测试中心

2 美国科潘诺实验设备公司上海代表处

GB/T8427-2008 标准解读系列 II

摘要: 本文是 GB/T8427-2008 标准解读的第二部分。通过计算和试验方法来分析旋转式与平板式氙灯日晒机的测试均匀性。研究表明, 无论是旋转式氙灯日晒机还是平板式氙灯日晒机的测试条件都存在不均匀问题, 关键看是否符合相关测试标准的要求。

关键词: GB/T 8427; ISO 105 B02; 旋转式氙灯日晒机; 平板式氙灯日晒机; 均匀性

1. ISO 105 B02:1994 标准的广泛性和局限性

GB/T 8427-2008《纺织品色牢度试验耐人造光色牢度氙弧》是修改采用 ISO 105 B02:1994 标准[1]及其修改单对 GB/T 8427-1998 进行修订后产生的。

ISO 105 B02:1994《纺织品色牢度试验 B02 部分: 耐人造光色牢度: 氙灯》是纺织行业一个应用非常广泛的国际标准, 标准利用氙灯光源来加速测试纺织品因光照、温度、湿度等因素共同作用而产生的褪色和变色特性。除 GB/T 8427 之外, 还有很多国标也采用或引用了该标准, 如 GB/T 8431-1998[2]、GB 11189.1-89[3]、GB 11189.2-89[4]、GB/T 14576-93[5]及 GB/T16991-1997[6]等。

但 ISO 105 B02:1994 在某些方面也存在一定的局限性, 如该标准中要求样品架是旋转式的, 这是很明显的硬件特性。这违背了 ISO 组织有关标准应尽可能以性能为基础的基本导则, 所以有必要对它进行修改。2007 年 7 月 ISO/TC 38 国际纺织品技术委员会在美国拉斯维加斯召开的年会上, 中国、英国、印度等国家已经提出了重新修订 ISO 105 B02:1994 的提议并且获得通过。委员会已授权英国小组来负责修订标准。

同样应用广泛的 AATCC TM16 标准已于 2003 年作了修订, 删除标准原有的旋转样品架的要求。

2. 旋转式与平板式氙灯日晒机测试均匀性的研究

以上部分已经提到, ISO105 B02:1994 标准中要求样品架是旋转的。这一要求往往给人们造成一种误解, 认为只有旋转式样品架才能用于 ISO 纺织日晒测试。其实在 ISO 105 B02:1994 中要求样品架旋转是由历史原因及当时的技术局限性造成的, 并不能说明旋转式样品架的测试均匀性一定好于平板式的。下面就通过计算和试验来研究两种氙灯日晒机的测试均匀性。

2.1 旋转式氙灯日晒机测试结果均匀性的研究

日晒设备均匀性的研究, 需要从光照、温度、湿度等方面来考虑。但本文对于旋转式氙灯日晒机, 首先仅从辐照均匀性角度, 用计算的方法来进行研究。

以市场上较为常见的某进口水冷旋转式氙灯日晒机为例来进行研究。日晒机试验箱的中间是一根水冷式灯管, 实验中样品架围绕灯管为轴转动, 所围成的空间近似是圆柱形, 如下面图 1 所示。

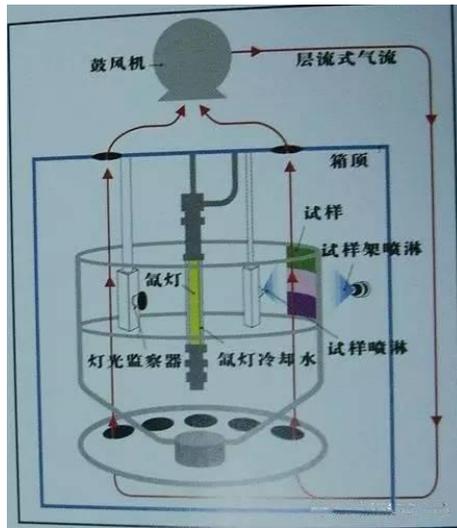


图 1 某型号旋转式氙灯日晒机的测试室截面图

理论上说，只有在灯管长度为无限长，而且灯管上的每一点的光强都相同的情况下，在样品架上离灯管相同距离的点才能形成相同的光强分布。因为灯管长度有限，而且灯管各点的光强并不相同（一般灯管两端的光强要比中间点弱），从而导致不同高度样品架上的样品接收到的光强不同，为了计算不同位置样品架上的样品接收到的光强之间的差异，我们把图 1 简化，简化图如图 2 所示。

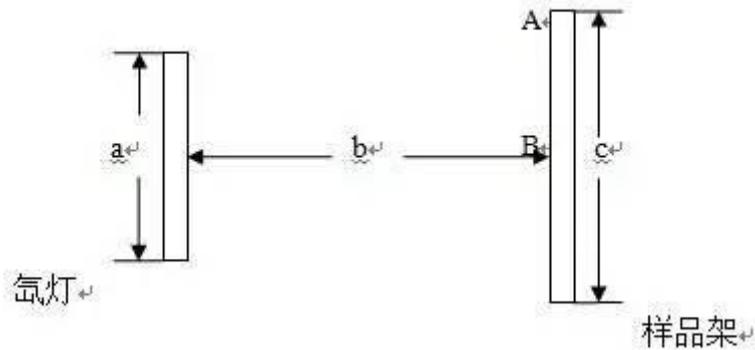


图 2 简化图

在图 2 中，灯管（发光部分）的长度为 a ，灯管与样品架之间的距离为 b ，样品架的长度为 c 。图中 A 点是样品架的上端点，B 点是样品架的中间位置。我们假设灯管均匀发光，其光强用 I 来表示。那么 A、B 两点接收到的光强的计算公式分别为：

$$\begin{aligned}
 P_A &= \int_0^{a/2} \frac{I}{4\pi[b^2 + (x + \frac{c-a}{2})^2]} dx + \int_0^{a/2} \frac{I}{4\pi[b^2 + (\frac{c+a}{2} - x)^2]} dx \\
 &= \frac{I}{4\pi} \cdot \frac{1}{b} \left(\arctan \frac{c+a}{2b} - \arctan \frac{c-a}{2b} \right) \\
 P_B &= 2 \int_0^{a/2} \frac{I}{4\pi[b^2 + (\frac{a}{2} - x)^2]} dx \\
 &= \frac{I}{2\pi} \cdot \frac{1}{b} \arctan \frac{a}{2b}
 \end{aligned}$$

通过测量，设备的实际尺寸为： $a \approx 10\text{cm}$ ， $b \approx 25\text{cm}$ ， $c \approx 14\text{cm}$ 。把 a 、 b 、 c 的数值代入 PA 、 PB 两式，经计算 $PA \approx 93.14\%PB$ 。由此可知：样品架中间位（ B 点）的光强大于两端位置（ A 点）的光强。

进一步研究发现，越是靠近样品架中间位置的地方，光强越大；越是靠近样品架两端位置的地方，光强越小。具体情况请见图 3。

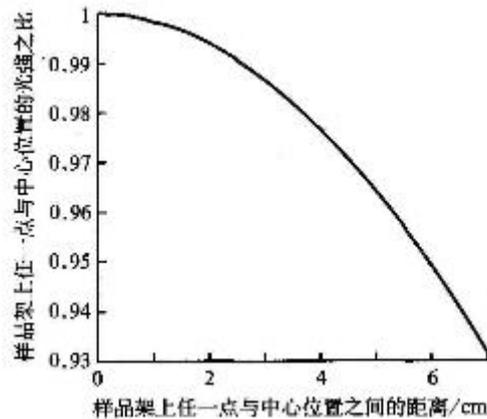


图 3 样品架上任一点与中心位置的光强之比

以上数学计算是在假设灯管功率均匀的前提下所得结果，而实际情况下灯管沿轴向的发光功率分布并不均匀，一般是中间高两端低。如果把灯管功率分布不均匀这一因素也考虑在内的话，上述旋转式氙灯日晒机的辐照度至少存在 7% 以上的差异，试验箱内不同高度的样品架上接收到的光强不同。当然除了辐照度之外，测试条件还和温度、湿度等其它条件相关，不过上面的计算表明旋转式样品架上不同位置辐照度之间的差异。这样足以证明样品架上不同位置测试条件之间存在差异，并最终导致测试结果之间存在差异。

以下通过试验方法来进一步研究以上型号水冷旋转式氙灯日晒机的测试均匀性。测试样品选用 SDC 4 号标准蓝羊毛。

把 8 块 SDC 4 号蓝羊毛标样放在以上型号的旋转式氙灯日晒机里。把它们安装在同一列样品架上，从上到下排列，测试每个试样的颜色变化。试验按照 GB/T 8427-2008 的 6.1 节欧洲曝晒条件的通常条件进行测试，一共测试 76 小时。整个曝晒过程中，所有蓝羊毛标样的位置保持不变。试验结束后，采用 CIE $L^*A^*B^*$ 颜色系统， 10° 标准观察者，D65 光源，用积分球分光光度计读取所有的颜色变化的 ΔE^* 值。

测试结果显示，8 块 SDC 4 号蓝羊毛标样的 ΔE^* 值的标准偏差除以平均值为 10%。

如上所述，试样测试结果的均匀性，不只与辐照度的均匀性有关，而且还与温度、湿度等其它条件相关。从 SDC 4 号蓝羊毛标样的测试结果不难发现，水冷旋转式日晒机中样品测试结果的均匀性不如单一的辐照度的均匀性好。

2.2 平板式氙灯日晒机测试结果均匀性的研究

由于平板式氙灯日晒机的构造不适合使用计算方法来研究测试均匀性问题，以下以 Q-Lab 公司的 Q-Sun Xe-3 风冷平板日晒机为例，通过试验的方法来进行研究。测试样品同样选用 SDC 4 号标准蓝羊毛。

把 19 块 SDC 4 号蓝羊毛标样放在 Q-Sun Xe-3 风冷平板日晒机里的不同位置进行曝晒（见图 4），测试每个试样的颜色变化。试验按照 GB/T 8427-2008 的 6.1 节欧洲曝晒条件的通常条件进行测试，曝晒方法选择方法 3，把 SDC 4 号蓝羊毛标样晒至颜色变化达到灰卡 3 级后停止。整个曝晒过程中，所有蓝羊毛标样的位置保持不变。试验结束后，采用 CIE $L^*A^*B^*$ 颜色系统， 10° 标准观察者，D65 光源，用积分球分光光度计读取所有的颜色变化的 ΔE^* 值。

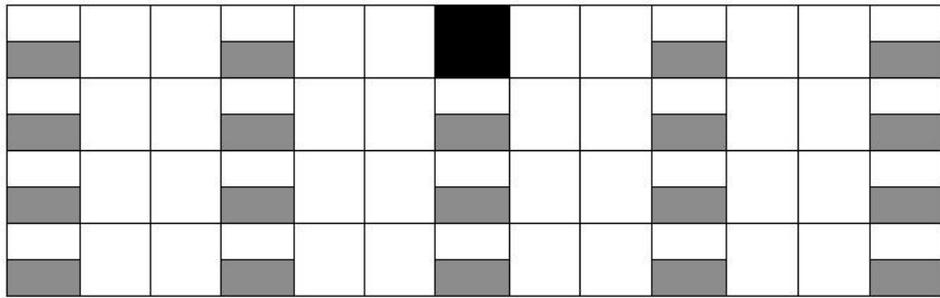


图 4 Q-Sun Xe-3 中蓝羊毛标样的位置

测试结果显示，19 块 SDC 4 号蓝羊毛标样的 ΔE^* 值的标准偏差除以平均值为 4%。

上述结果表明，Q-Lab 公司的 Q-Sun Xe-3 型风冷平板式氙灯日晒机在试验中表现出极好的褪色均匀性。在平板式日晒机中的不同位置的试样的试验结果非常相近。经计算，SDC 4 号蓝羊毛每个试样的 ΔE^* 值的最大值、最小值与平均值之间的差的百分比也只有 +6.32% 和 -7.97%。而这一差异包含了测量误差，样品温度、湿度误差等在内。

3 结论

在 ISO 105 B02:1994 进行修改的同时，GB/T 8427 也进行了修改，并且 GB/T 8427-2008 标准中已经加入了平板式氙灯日晒机的描述。本文关于平板式日晒机的以上试验结果为国标的修改提供了佐证。这就表明不但旋转式日晒机符合 GB/T 8427-2008 的要求，新型的平板式日晒机也可以符合要求。

本文通过计算和试验的方法研究了旋转式日晒机和平板式日晒机测试均匀性的问题。通过研究进一步证明了平板式日晒机符合 GB/T 8427-2008 标准对测试均匀性的要求。同时也指出，旋转式样品架不同位置的测试条件也存在差异并最终导致测试结果之间出现差异。

无论是旋转式日晒机还是新型的平板式日晒机，不同位置的样品架上不可能得到完全一致的测试结果，都会存在一定的差异。但只要这些差异控制在标准规定的范围内，就会符合新型 GB/T 8427-2008 标准及其它相关标准的要求。

参考文献：

1. ISO 105 B02:1994, 纺织品色牢度试验 B02 部分：耐人造光色牢度：氙灯
2. GB/T 8431-1998 《纺织品色牢度试验光致变色的检验和评定》
3. GB 11189.1-89 《非金属材料曝露试验用的有水和无水光曝露设备（氙弧型）及实施方法》
4. GB 11189.2-89 《非金属材料曝露试验用的有水和无水光曝露设备（碳弧型）及实施方法》
5. GB/T 14576-93 《纺织品耐光、汗复合色牢度试验方法》
6. GB/T 16991-1997 《纺织品色牢度试验高温耐光色牢度：氙弧》

上海罗中科技发展有限公司

地址：上海市江场西路 299 弄中铁中环 4 号楼 906B

Tel: +86-21-61485255 Fax: +86-21-61485258

E-mail: office@roachelab.com www.roachelab.com

RoacheLab
TEST EQUIPMENT SOLUTIONS

