

腈纶纱强度与温湿度之间关系的理论分析

王厉冰 张连房

(山东纺织工学院)

【摘要】 本文通过对腈纶纱在不同大气温湿度条件下, 品质指标测试数据的相关分析和理论探讨, 初步明确了腈纶纱强度与温度、相对湿度(回潮率)之间的关系。

一、实验

1. 试样: 18.5 tex 棉型腈纶纱, 纤维规格 0.198 tex × 38 mm.
2. 测试: 按国家规定棉纱线品质指标测试方法进行, 结果见表 1.

表 1 腈纶纱品质指标测试值

试样编号	温度 (°C)	相对湿度 (%)	回潮率 (%)	品质指标
1	17.5	53	1.340	2184
2	19	61	1.395	2157
3	20	73	1.605	2141
4	20	67	1.730	2131
5	21	68	1.710	2125
6	23	52	1.794	1913
7	21.5	69	1.862	1909
8	24	80	2.069	1873
9	26	82	2.216	1860
10	28	76	2.026	1858

注: 表中数据为两次平均。

二、实验结果分析

1. 品质指标与温度、相对湿度间的关系

在通常范围内, 相对湿度与纤维强度之间的关系是线性的, 一般认为, 相对湿度对纱线强度的影响也是线性的。温度对纱线强度的影响是非线性的, 可用一条二次抛物线逼近之^[1]。因此, 在品质指标与温度、相对湿度之间的关系式中, 应有温度的二次项。虑及温度与相对湿度之间的相互影响, 在考察二者共同作用时, 加进了二者的乘积项。设腈纶纱品质指标与温度、相对湿度之间的相关方程为:

$$y = K_0 + K_1x_1 + K_2x_2 + K_3x_2^2 + K_4x_1 \cdot x_2$$

式中: y 为品质指标; x_1 为相对湿度(%); x_2 为温度(°C); K_i 为常数。

令 $x_3 = x_2^2$; $x_4 = x_1 \cdot x_2$, 则原方程变为:

$$y = K_0 + K_1x_1 + K_2x_2 + K_3x_3 + K_4x_4$$

故可用多元线性相关分析求出 K_i 。根据表 1 中数据, 用计算机求得相关方程为:

$$y = 3881.6 + 42.526x_1 - 261.132x_2 + 7.479x_3 - 1.785x_1x_2 \quad (1)$$

经计算得相关方程(1)的检验统计量 $F = 9.28$, 查表得在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 时, $F_{0.05}(4, 10 - 4 - 1) = 5.19$ 。由于 $F > F_{0.05}(4, 10 - 4 - 1)$, 所以, 在 0.05 显著性水平下, 相关方程(1)相关显著, 方程具有使用价值。

2. 品质指标与温度、回潮率之间的关系

在一定相对湿度下, 腈纶纱的回潮率受温度和纱线原始回潮率的影响, 不是定值, 所以, 直接考察回潮率对纱线强度的影响更合乎实际需要。根据表 1 中数据, 就品质指标与温度、回潮率之间的关系, 用与(1)同样方法求得:

$$y = 4021.2 + 808.362x'_1 - 204.485x_2 + 5.223x_2^2 - 38.219x'_1x_2 \quad (2)$$

式中: x'_1 为回潮率(%)。

相关方程(2)的检验统计量 $F = 6.996 > F_{0.05}(4, 10 - 4 - 1) = 5.19$, 故在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 时, 相关方程(2)相关显著, 具有使用价值。

3. 分析结果的讨论

- (1) 温度对品质指标的影响: 相关方程(2)对温度求偏导数 $\partial y / \partial x_2 = 10.446x_2 -$

$204.485 - 38.219x_1'$; 令 $\partial y/\partial x_2 = 0$, 得 $x_2 = (204.485 + 38.219x_1')/10.446$ 。 x_2 即为温度对品质指标以回潮率为参变量的抛物线的极点。当 x_1' 取最小值 1.340 时, $x_2 = 24.48^\circ\text{C}$; 取最大值 2.216 时, $x_2 = 27.68^\circ\text{C}$ 。

因此我们得知, 温度对腈纶纱品质指标的影响为一开口向上的抛物线, 温度在极点温度以下时, 品质指标随温度上升而曲线下降, 自极点温度始, 品质指标随温度升高而曲线上升。极点位置与腈纶纱的回潮率有关, 回潮率越高极点温度越高。

这种复杂的影响关系的形成原因在于温度对纤维强度和纤维间摩擦力的影响不同。一方面, 温度升高引起纤维强度下降; 同时会降低纤维表面油剂的粘滞系数, 使纤维表面更柔软平滑, 据摩擦机理, 刮削摩擦降低了。这方面的作用结果是使腈纶纱强度降低; 另一方面温度升高和纱线受拉伸时在纤维间产生的压力, 增大了纤维间的粘合作用, 即提高了剪切摩擦, 提高了纱线强度。上述两种相反作用在不同大气温湿条件下以不同的比例同时发生, 使温度与品质指标间呈复杂曲线关系。

同理, 相关方程(1)对温度求偏导数得:

$\partial y/\partial x_2 = 14.958 x_2 - 261.132 - 1.785x_1$, 令 $\partial y/\partial x_2 = 0$, 得: $x_2 = (261.132 + 1.785x_1)/14.958$ 。 x_2 即温度对品质指标以相对湿度为参变量的抛物线的极点。当 x_1 取最小值 53% 时, $x_2 = 23.78^\circ\text{C}$; 取最大值 82% 时, $x_2 = 27.24^\circ\text{C}$ 。

对照以回潮率和以相对湿度为参变量的抛物线的极点温度, 最小值时的对应点分别为 24.48°C 和 23.78°C ; 最大值时对应温度坐标分别为 27.68°C 和 27.24°C 。在同一状态下基本一致。因为回潮率和相对湿度对纤维间的摩擦存在影响, 所以极点温度随这两个参变量的不同而不同。

(2) 回潮率及相对湿度的影响: 由相关方程(2)可知, 回潮率对腈纶纱品质指标的响应系数 $808.812 - 38.219x_2$ 。当温度(x_2)高于

21.5°C 时, 回潮率与品质指标成负相关; 当温度低于 21.15°C 时, 则成正相关。在标准温度 (20°C) 附近, 回潮率对腈纶纱的品质指标影响较小。

回潮率对纤维强度的影响为负线性相关, 但回潮率对腈纶纱强度的影响在低温时会出现正相关的现象, 我们认为这仍与摩擦机理有关。由于腈纶吸湿能力差, 其回潮率的可变范围小(表 1 中变化范围不超过 1%), 故由回潮率增加引起的纤维强度的下降有限。而纤维吸湿量的增加会提高纤维间的粘合作用, 从而提高剪切摩擦系数。在低温时, 这种作用占主导就会使腈纶纱的强度略有提高。当这种作用达到或接近极限时, 前一种作用得到体现, 腈纶纱的强度就会随回潮率的增加而有所下降。

同样, 由相关方程(1)可知, 相对湿度对品质指标的响应系数为 $42.526 - 1.785x_2$, 正、负相关的界限温度为 23.82°C 。鉴于回潮率与相对湿度间并非线性关系, 甚至不是一一对应的(同一相对湿度下, 回潮率与温度、初始回潮率有关), 故两者界限温度略有差异是正常的。

三、结束语

腈纶纱强度与温湿度间的关系按所设方程分析的结果是可信的。温度对纤维强度影响不大, 但对腈纶纱强度的影响却很显著; 回潮率与相对湿度与腈纶纱强度之间在某一界限温度上、下分别呈正相关和负相关。温度、相对湿度(回潮率)对腈纶纱强度的影响十分复杂, 一般可用相关方程(1)、(2)表示。我们认为, 在此基础上充分扩大实验量, 进一步提高试验与分析精度, 进而确切腈纶纱强度与温湿度间的关系, 并求出腈纶纱品质指标修正系数是可行的, 也是有实际意义的。

本文得到李纪福、逢焕亦同志的大力协助, 特此致谢。