
山羊绒平均直径测量（投影显微镜法）根数之探讨

中国纤检

关键字： 山羊绒 纺织原料

山羊绒素有“软黄金”、“纤维钻石”之称，属稀有的特种动物纤维，是一种极为珍贵的纺织原料，其平均直径是指纤维纵向投影宽度的平均值。山羊绒纤维的直径是决定山羊绒品质和使用价值最重要的指标之一，据有关资料介绍，在精纺工艺中，如果山羊绒纤维的各种指标对纱线强度和条干均匀度的影响可用百分比表示，那么平均直径的影响能占到 80%，可以说山羊绒纤维纺纱性能主要取决于直径。

目前山羊绒直径测试方法有投影仪法、OFDA 纤维细度分布分析仪法、激光纤维细度分析仪法等。采用 OFDA 纤维细度分布分析仪、激光纤维细度分析仪测试速度快，准确性好，自动化程度高，但是该仪器对样品的制备要求较高，制样过程较为复杂，设备价格昂贵，大范围推广具有很大困难。国内测量山羊绒直径的方法中，应用最广泛的是按照投影显微镜法，即 GB/T10685-1989《羊毛纤维直径试验方法-投影显微镜法》进行。据笔者近几年的了解，在测量根数的掌握上，国内大部分检测机构均参照羊毛纤维的根数，即 300 根以上，而在使用投影显微镜进行测试时需在暗室操作，熟练的试验人员测试一个直径样子（300 根以上）也需 30 分钟左右，长时间的暗室工作使试验人员的眼睛受到较大损伤。为了降低人员的劳动强度，根据山羊绒纤维的平均直径整齐度较好、变异系数较小这一特征，笔者对 50 批分梳山羊绒样品进行了不同根数的测定，并对不同根数进行了对比性研究。

1 试验

1.1 试验仪器

多功能显微投影仪 CYG-055C 型，放大倍数为 500 倍。

1.2 试验样品、制备

50 批未知直径、不同产地的分梳山羊绒样品各 20g，将样品充分混合摊开，用多点法（不少于 40 个点）从正、反两面随机抽取纤维，在将所抽取的纤维充分混合，平均分为三份，每份满足纤维根数不少于 4000 根。用哈氏切片器切取

0.2mm~0.4mm 长的纤维段，将这些纤维段充分混合，取出一小部分放在载玻片上滴上液体石蜡，用镊子搅拌均匀，使之均匀分布在石蜡里，盖上盖玻片，注意尽量避免气泡的产生。每批试验共制作三个样片，以供测量使用。

1.3 测量方法

将制好的载玻片置于显微镜载物台上，找好边缘，按照“之”字法进行测量，测量视野内的每一根纤维的直径，严重损伤或畸形的纤维和纤维长度过短的除外，纤维有明显粗细变化的，测其居中部位。测量时按根数分为 100 根、200 根、300 根、400 根、500 根（测量根数在 100、200、300、400、500 根左右）等 5 组进行测量，每组测量结果以两次结果的平均值表示，若两次结果差异大于两者平均值的 3% 时，则测第三个样片，最终结果取三次的平均值。测量时注意一定要将纤维边缘调清楚，保持目光的恒定。

2 结果分析

不同根数测定结果见表 1、表 2、表 3。

2.1 T 检验计算

$$T = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}} / n(n-1)}$$

$D_f=45-1=44$ 查 t 表:

$$\alpha=0.05, D_f=n-1=44, t_{\alpha}=2.0141 \quad |t| = 0.2308 < t_{0.05},$$

由此可知，测量 200 根与测量 300 根的方法不存在显著差异。

表 1 200 根与 300 根平均直径测试结果统计表 μm

试样编号	X_1	X_2	$D=\bar{X}_1-\bar{X}_2$	D^2
	200 根组	300 根组		
1	15.06	14.98	0.08	0.0064
2	14.57	14.65	-0.08	0.0064
3	14.97	14.99	-0.02	0.0004
4	14.37	14.37	0.00	0.0000
5	15.76	15.93	-0.17	0.0289
6	15.32	15.35	-0.03	0.0009

7	15.34	15.33	0.01	0.0001
8	15.27	15.13	0.14	0.0196
9	14.75	14.63	0.12	0.0144
10	13.91	13.95	-0.04	0.0016
11	15.10	15.02	0.08	0.0064
12	13.93	14.03	-0.10	0.0100
13	15.14	15.17	-0.03	0.0009
14	14.78	14.71	0.07	0.0049
15	16.21	16.24	-0.03	0.0009
16	16.24	16.32	-0.08	0.0064
17	16.62	16.58	0.04	0.0016
18	16.43	16.34	0.09	0.0081
19	16.44	16.38	0.06	0.0036
20	17.58	17.46	0.12	0.0144
21	15.58	15.58	0.00	0.0000
22	15.06	14.93	0.13	0.0169
23	14.84	14.64	0.20	0.0400
24	15.59	15.61	-0.02	0.0004
25	14.98	14.89	0.09	0.0081
26	15.92	15.96	-0.04	0.0016
27	16.05	16.11	-0.06	0.0036
28	16.92	16.98	-0.06	0.0036
29	14.57	14.46	0.11	0.0121
30	14.70	14.63	0.07	0.0049
31	15.11	15.12	-0.01	0.0001
32	14.21	14.07	0.14	0.0196
33	14.18	14.27	-0.09	0.0081
34	13.51	13.65	-0.14	0.0196

www.cwta.org.cn

中国毛纺织行业协会

35	14.26	14.45	-0.19	0.0361
36	15.54	15.51	0.03	0.0009
37	16.19	16.20	-0.01	0.0001
38	15.89	15.90	-0.01	0.0001
39	15.86	15.89	-0.03	0.0009
40	14.71	14.68	0.03	0.0009
41	14.19	14.13	0.06	0.0036
42	14.45	14.57	-0.12	0.0144
43	15.83	15.87	-0.04	0.0016
44	16.19	16.27	-0.08	0.0064
45	16.39	16.42	-0.03	0.0009
平均值	15.30022	15.29667	0.00356	0.00756
总和	-	-	0.16000	0.34040
T 计算		T=0.2308		

表 2 200 根与 400 根平均直径测试结果统计表 μm

试样编号	X1	X2	D=X1-X2	D*D
	200 根组	400 根组		
1	15.06	15.02	0.0400	0.0016
2	14.57	14.69	-0.1200	0.0144
3	14.97	15.09	-0.1200	0.0144
4	14.37	14.37	0.0000	0.0000
5	15.76	15.95	-0.1900	0.0361
6	15.32	15.32	0.0000	0.0000
7	15.34	15.31	0.0300	0.0009
8	15.27	15.09	0.1800	0.0324
9	14.75	14.69	0.0600	0.0036
10	13.91	13.98	-0.0700	0.0049
11	15.10	14.98	0.1200	0.0144

12	13.93	13.98	-0.0500	0.0025
13	15.14	15.11	0.0300	0.0009
14	14.78	14.82	-0.0400	0.0016
15	16.21	16.34	-0.1300	0.0169
16	16.24	16.51	-0.2700	0.0729
17	16.62	16.65	-0.0300	0.0009
18	16.43	16.44	-0.0100	0.0001
19	16.44	16.46	-0.0200	0.0004
20	17.58	17.33	0.2500	0.0625
21	15.58	15.53	0.0500	0.0025
22	15.06	14.98	0.0800	0.0064
23	14.84	14.77	0.0700	0.0049
24	15.59	15.61	-0.0200	0.0004
25	14.98	14.99	-0.0100	0.0001
26	15.92	15.93	-0.0100	0.0001
27	16.05	16.00	0.0500	0.0025
28	16.92	16.92	0.0000	0.0000
29	14.57	14.54	0.0300	0.0009
30	14.70	14.75	-0.0500	0.0025
31	15.11	15.01	0.1000	0.0100
32	14.21	14.10	0.1100	0.0121
33	14.18	14.16	0.0200	0.0004
34	13.51	13.71	-0.2000	0.0400
35	14.26	14.28	-0.0200	0.0004
36	15.54	15.50	0.0400	0.0016
37	16.19	16.22	-0.0300	0.0009
38	15.89	15.89	0.0000	0.0000
39	15.86	15.92	-0.0600	0.0036

www.cwta.org.cn

中国毛纺行业协会

40	14.71	14.67	0.0400	0.0016
41	14.19	14.09	0.1000	0.0100
42	14.45	14.63	-0.1800	0.0324
43	15.83	15.89	-0.0600	0.0036
44	16.19	16.29	-0.1000	0.0100
45	16.39	16.39	0.0000	0.0000
平均值	15.30	15.31	-0.0087	
总和	—	—	-0.3900	0.4283
T 计算		T=0.6		

$$|t| = 0.6 < t_{0.05} = 2.0141$$

，由此可知，测量 200 根与测量 400 根的方法不存在显著差异。

表 3 200 根与 500 根平均直径测试结果统计表 μm

试样编号	X1	X2	D=X1-X2	D*D
	200 根组	500 根组		
1	15.06	15.17	-0.11	0.0121
2	14.57	14.66	-0.09	0.0081
3	14.97	15.09	-0.12	0.0144
4	14.37	14.41	-0.04	0.0016
5	15.76	15.93	-0.17	0.0289
6	15.32	15.43	-0.11	0.0121
7	15.34	15.32	0.02	0.0004
8	15.27	15.08	0.19	0.0361
9	14.75	14.61	0.14	0.0196
10	13.91	13.98	-0.07	0.0049
11	15.10	15.10	0.00	0.0000
12	13.93	13.98	-0.05	0.0025
13	15.14	15.18	-0.04	0.0016

14	14.78	14.90	-0.12	0.0144
15	16.21	16.31	-0.10	0.0100
16	16.24	16.57	-0.33	0.1089
17	16.62	16.63	-0.01	0.0001
18	16.43	16.29	0.14	0.0196
19	16.44	16.61	-0.17	0.0289
20	17.58	17.29	0.29	0.0841
21	15.58	15.47	0.11	0.0121
22	15.06	15.14	-0.08	0.0064
23	14.84	14.80	0.04	0.0016
24	15.59	15.68	-0.09	0.0081
25	14.98	15.01	-0.03	0.0009
26	15.92	15.87	0.05	0.0025
27	16.05	15.94	0.11	0.0121
28	16.92	16.80	0.12	0.0144
29	14.57	14.54	0.03	0.0009
30	14.70	14.78	-0.08	0.0064
31	15.11	15.11	0.00	0.0000
32	14.21	14.10	0.11	0.0121
33	14.18	14.14	0.04	0.0016
34	13.51	13.70	-0.19	0.0361
35	14.26	14.23	0.03	0.0009
36	15.54	15.45	0.09	0.0081
37	16.19	16.21	-0.02	0.0004
38	15.89	15.85	0.04	0.0016
39	15.86	15.90	-0.04	0.0016
40	14.71	14.63	0.08	0.0064
41	14.19	13.98	0.21	0.0441

www.cwta.org.cn

中国毛纺织行业协会

42	14.45	14.60	-0.15	0.0225
43	15.83	15.86	-0.03	0.0009
44	16.19	16.26	-0.07	0.0049
45	16.39	16.41	-0.02	0.0004
平均值	15.30022	15.31111	-0.01089	0.61530
总合	—	—	-0.4900	
T 计算		T=0.6267		

$|t| = 0.6267 < t_{0.05} = 2.0141$ ，由此可知，测量 200 根与测量 500 根的方法不存在显著差异。

2.2 结果的准确性和测量根数

95%置信水平下的允许误差率为：

$$E = \frac{t \times cv}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

$$n = \left(\frac{t \times CV}{E} \right)^2 \quad (2)$$

式中：E——允许误差率，%；

t——置信水平为 95%时，取值为 1.96；

CV——变异系数；

n——测量根数。

95%置信水平下，各根数组的平均允许误差率见表 4，各组允许误差率与试验测量根数的关系见表 5。

表 4 95%置信水平下各根数组的允许误差率 %

各根数组	100 根组	200 根组	300 根组	400 根组	500 根组
平均允许误差率/%	3.40	2.32	1.93	1.67	1.49

表 5 95%置信水平下各组允许误差率与试验测量根数的关系

平均细度/ μm		变异系数/ %	纤维测量根数 (n)			
			允许误差率			
			1%	2%	3%	4%
100 根组	15.33	18.72	1346	337	150	84
200 根组	15.37	18.44	1306	327	145	82
300 根组	15.36	18.38	1298	325	144	81
400 根组	15.35	18.41	1302	326	145	81
500 根组	15.37	18.41	1302	326	145	81
平均	15.36	18.47	1310	328	146	82

由表 5 可以看出 200 根纤维直径的测量，足以满足 95%置信水平下的允许误差率。

以 200 根组的平均细度为 x ，300 根组的平均细度为 y ，得到一个一元线性回归方程，即为 $y=0.2056+0.9861x$ ，相关系数 $r_1=0.9958$ ，说明此二个变量有线性相关关系。同理，400 根组与 200 根组的一元线性回归方程为 $y=-0.1937+1.0115x$ ，相关系数 $r_2=0.9822$ 。500 根组与 200 根组的一元线性回归方程为 $y=0.3814+0.9753x$ ， $r_3=0.9918$ 。 r_1 、 r_2 、 r_3 的绝对值均接近 1，说明 200 根组分别与 300 根组、400 根组、500 根组呈线性关系，且 $|r|$ 值与 1 的差值越小，变量之间的线性相关程度越高。

3 结论

综上所述，山羊绒纤维平均直径较细，变异系数较小，纤维直径均匀。在用投影显微镜法测量山羊绒平均直径时，测量根数由 300 根减少到 200 根，大大降低了试验人员的劳动强度，以上各项数据的分析也充分证明了，测量 200 根直径足以能够真实代表山羊绒纤维的平均直径水平。