

Abir Chakrabarti
Birla Cellulose (TRADC)
Kharach, India

Dr. Aspi N Patel
Aditya Birla Group
Mumbai, India

Harald Schwiapl
Rieter Machine Works Ltd.
Winterthur, Switzerland

2020年9月份



使用原液着色粘胶纤维，
开启喷气纺新篇章

目录

1.	原液着色粘胶喷气纺	4
2.	蓬勃发展的天然纤维素纤维	5
3.	原料和试验条件	6
4.	原液着色粘胶纤维及其对纺纱过程的影响	8
5.	纤维准备的重要性	11
5.1.	棉结含量	11
5.2.	纤维强力和伸长率	12
6.	纱线特性	13
6.1.	条干均匀度	13
6.2.	度和毛羽	14
7.	面料特性	15
7.1.	机织面料的均匀度	15
7.2.	针织面料的抗起毛起球性	17
7.3.	水洗测试	18
8.	更高效率，更少污染	20
9.	简介	21
10.	注	22

1. 原液着色粘胶喷气纺

从纤维和短纤维纱线，到针织或机织面料，一直到纺织面料的后整理，整个纺织价值链对可持续性和环保生产的需求越来越高。在纤维生产中对天然和合成纤维素纤维进行染色，取代复杂且成本高昂的纺织面料染色工艺是顺应这种趋势的解决办法之一。但是，务必要保证染料在短纤维纺纱过程中不会对纺织面料造成不良影响。

得益于机器和技术的不断发展，喷气纺为粘胶、天然纤维及其混纺等天然纤维素纤维纺成的纱线开辟了更多新的可能性。不同颜色的原液着色粘胶纤维表现出不同的特性。本特刊概述了使用喷气纺纱机 J 26 以黑色、紫色和黄色的原液着色粘胶纤维为原料，生产不同纱支的纱线时所得到的试验结果（图1）。试验采用本白色粘胶和普通环锭纺系统作为对比参照。为了能够全面地评估纱线质量，我们还使用这些纱线生产了机织和针织面料。

使用喷气纺时，染色纤维与机器工艺部件之间的摩擦非常小。本试验测试了喷气纺加工的纤维所承受的应力是否比环锭纺更小。在环锭纺中，纤维因“钢丝圈原理”受到摩擦力；而在转杯纺中，分梳辊分离纤维时会产生摩擦力。本试验的重点是研究面料的质量和准备过程的性能。

使用原液着色粘胶纤维和未染色粘胶纤维生产的棉条
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米



来源：TIS 26258/工艺和过程分析

图1：在纤维制造过程中进行纤维染色对环境的影响会更小。

2. 蓬勃发展的天然纤维素纤维

虽然棉花和合成纤维依然占据市场主导地位，但是，以天然可再生原料制成的纤维在全球范围的需求量正在不断增长。截止到目前为止，天然纤维素制成的短纤维的全球产量已超过600万吨（图2）。

粘胶是如何生产的？纤维素纤维由树皮、木材或植物残渣制成。这些植物原料经过粉碎后，被溶解到化学溶液中。然后将得到的浆液压制浆粕。粘胶纤维制造商需要再次溶解这些浆粕，以提取纤维并用于进一步加工。根据制造方法，这些纤维素纤维可细分为粘胶纤维、莫代尔纤维和莱赛尔纤维。粘胶纤维是最常见的“人造”纤维素纤维之一。

根据应用范围的不同，不同纤维类型会在以下方面表现不同特性：

- 物理特性，比如强力
- 结构，比如截面的形状，进而影响到织物的手感
- 保持和释放水分的能力
- 染色特性

粘胶纤维和喷气纺具有诸如抗起毛起球性等多种优点。如果能有一种性能稳定且经过优化的纺纱系统来加工粘胶纤维，那么，我们将得到一种具有多种独特优点的新型纺织产品 - 比如生产效率高、对环境的影响更小、纱线生产成本更低以及为用户提供质量更好的产品。

全球短纤维产量
不同原料

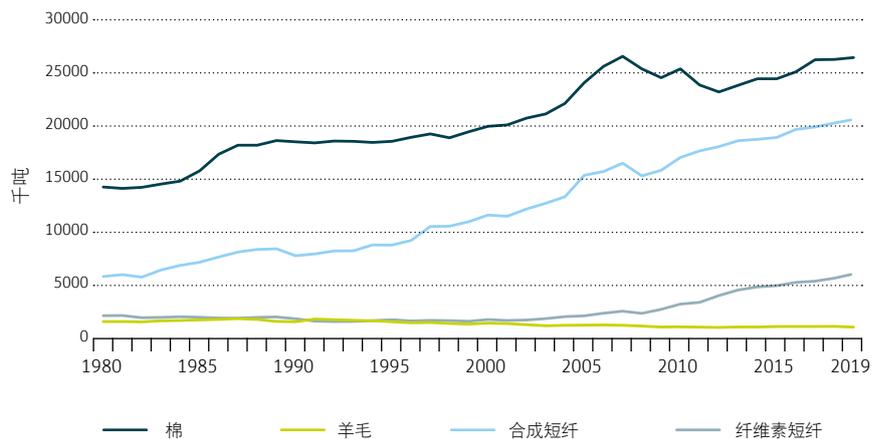


图2：自2002年以来，天然纤维素纤维的产量开始持续增长。

来源：伍德麦肯兹咨询公司

3. 原料和试验条件

位于印度的Grasim Industries Limited公司隶属于全球主要粘胶纤维制造商之一Aditya Birla Group (ABG) 集团。Grasim与立达携手合作，共同探索由粘胶短纤及其混纺纤维制成的优质喷气纱及面料。

在本试验中，Grasim和立达测试了不同纺纱系统对原液着色粘胶纤维纺纱性能的影响，以确定理想的纺纱工艺及其优点和风险。

染料颜色是决定粘胶纤维特性的因素之一。不同的颜色会影响纱线的质量。但是，本试验将重点研究使用喷气纺工艺加工原液着色粘胶纤维的优势。我们测试了不同颜色的粘胶来获得全面的认识，而非区分不同颜色粘胶的差异性。

下表显示了纤维的几个关键参数值。用于原液着色粘胶纤维的细度为1.45分特，比本白色粘胶纤维1.3分特粗。

未染色纤维和原液着色纤维的主要纤维参数值

颜色	未染色	黑色	紫色	黄色
原料	粘胶	粘胶	粘胶	粘胶
切断长度/ 纤维分级[毫米]	38	38	38	38
纤维细度 [马克隆]/[分特]	1.3	1.45	1.45	1.45
商业分级长度; L25% (w)[毫米]	38.7	39.5	38.8	38.9
平均纤维长度(n)[毫米]	33.8	33.5	32.2	33.8
短纤维含量 < 12.5毫米(n) [%]	1.1	1.7	6.5	2.8
棉结[个/克]	37	50	30	36
纱线强力[厘牛/特克斯]	27.2	26.3	23.9	24.0

本试验选择的工艺步骤

用于生产普梳纱的喷气纺工艺



用于生产普梳纱的环锭纺工艺



图3：试验中定义的两两种纺纱工艺。

由于各种粘胶原料的摩擦条件不同，因此选择了仅以60千克/小时的速度来生产普梳棉，确保梳棉过程更柔和。根据目前发现，现代高性能梳棉机在加工本白色粘胶时，可在大约80 - 85千克/小时的生产速度下达到最佳的可加工性。

每种颜色生产四种不同支数的纱线（Ne 24、Ne 30、Ne 40和 Ne 50）。

粗支纱喷气纺工艺的纺纱计划

机器	类型	喂入 [特克斯]	合并 [倍]	牵伸 [倍]	产量 [特克斯]	引纱速度 [米/分钟]	备注
开清系统	A 11 - B 3/4 (混开棉机) - A 79 - 喂棉箱						
梳棉	C 70		1	100	6000		60千克/小时
并条机1	SB-D 15	6000	6	7.2	5000	650	
并条机2	SB-D 15	5000	5	6.25	4000	400	
带自调匀整 并条机	RSB-D 40	4000	6	6.0	4000	400	
喷气纺纱机	J 26	4000	1	136	29.6	350	
喷气纺纱机	J 26	4000	1	204	19.6	350	

细支纱喷气纺工艺的纺纱计划

机器	类型	喂入 [特克斯]	合并 [倍]	牵伸 [倍]	产量 [特克斯]	引纱速度 [米/分钟]	备注
开清系统	A 11 - B 3/4 (混开棉机) - A 79 - 喂棉箱						
梳棉	C 70		1	100	6000		60千克/小时
并条机1	SB-D 15	6000	6	7.2	5000	650	
并条机2	SB-D 15	5000	5	6.25	4000	400	
带自调匀整 并条机	RSB-D 40	4000	4	7.0	2300	400	
喷气纺纱机	J 26	2300	1	156	14.7	350	
喷气纺纱机	J 26	2300	1	195	11.8	350	

普梳环锭纺工艺的纺纱计划

机器	类型	喂入 [特克斯]	合并 [倍]	牵伸 [倍]	产量 [特克斯]	引纱速度 [米/分钟]	捻度 [ae] [捻/米]	锭速[转/ 分钟]	备注
开清系统	A 11 - B 3/4 (混开棉机) - A 79 - 喂棉箱								
梳棉	C 70		1	100	6000				60千克/ 小时
并条机	SB-D 15	6000	6	7.2	5000	650			
带自调匀整 并条机	RSB-D 40	5000	6	6	5000	400			
粗纱机	F 15	5000	1	6.9	720		0.84	1000	
环锭细纱机	G 35	720	1	29	24.6	22.6	3.4 655	14800	钢领直径 40毫米
环锭细纱机	G 35	720	1	37	19.6	22.2	3.4 732	16200	钢领直径 40毫米
环锭细纱机	G 35	720	1	49	14.7	20.2	3.4 845	17000	钢领直径 40毫米
环锭细纱机	G 35	720	1	61	11.8	18.0	3.4 946	17000	钢领直径 40毫米

4. 原液着色粘胶纤维及其对纺纱过程的影响

对于原液着色纤维，染料已成为纺丝过程的一部分，并均匀分布在纺丝原液中。与后期纤维、面料或织物染色相比，这种工序能够改善水洗和日晒牢度。这不仅对在纺织服装有利，对工业用纺织品也有好处，比如暴露在紫外线下的家具面料。

我们可在纤维的横截面和表面上清楚地看到染料的存在，尤其当使用黑色染料时（图4和图5）。黑色染料的应用测试显示，如果采用深色染色，则工艺部件上沉积的染料更多。因此对纤维应力的反应可能比浅色染色时更敏感。

纤维横截面

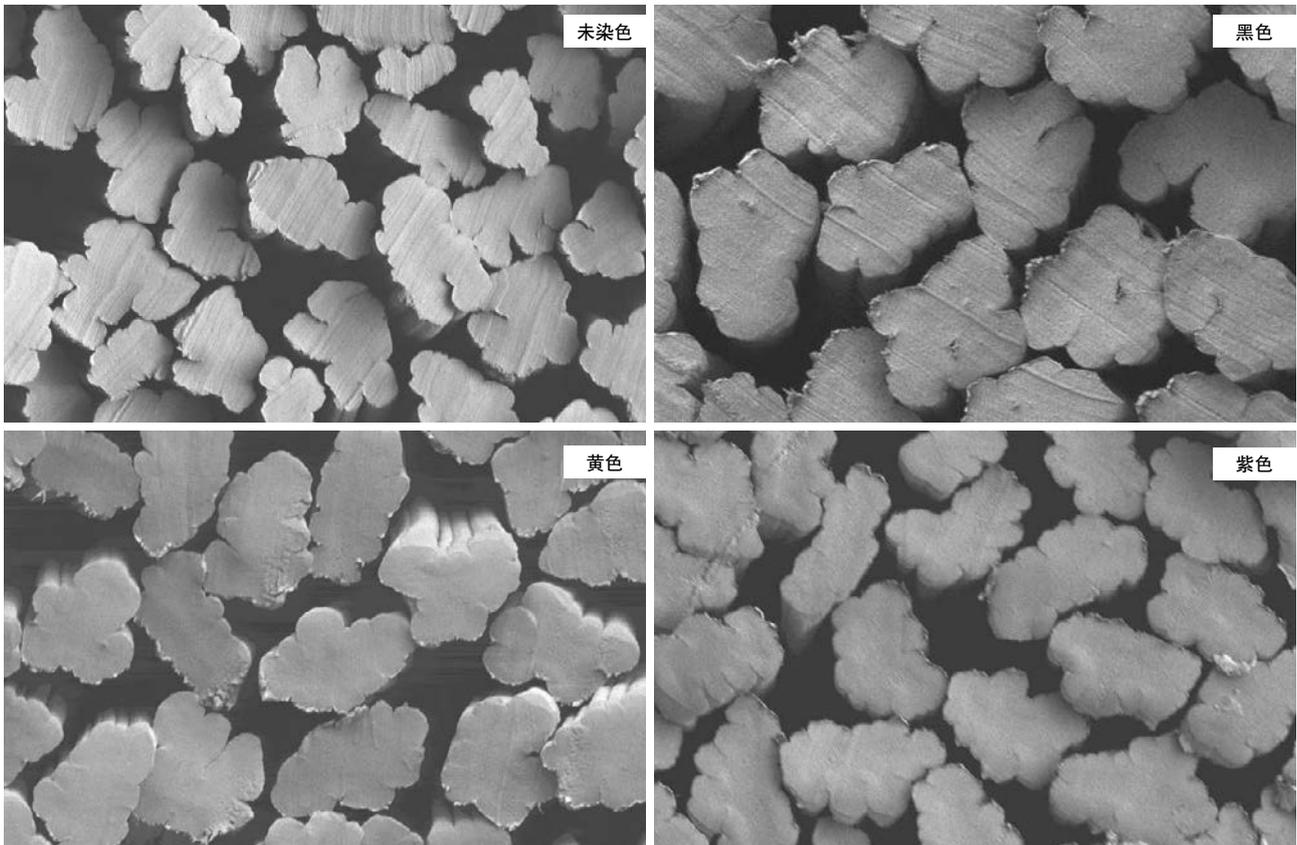


图4：该图显示了不同颜色的粘胶纤维横截面。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

纤维表面的染料

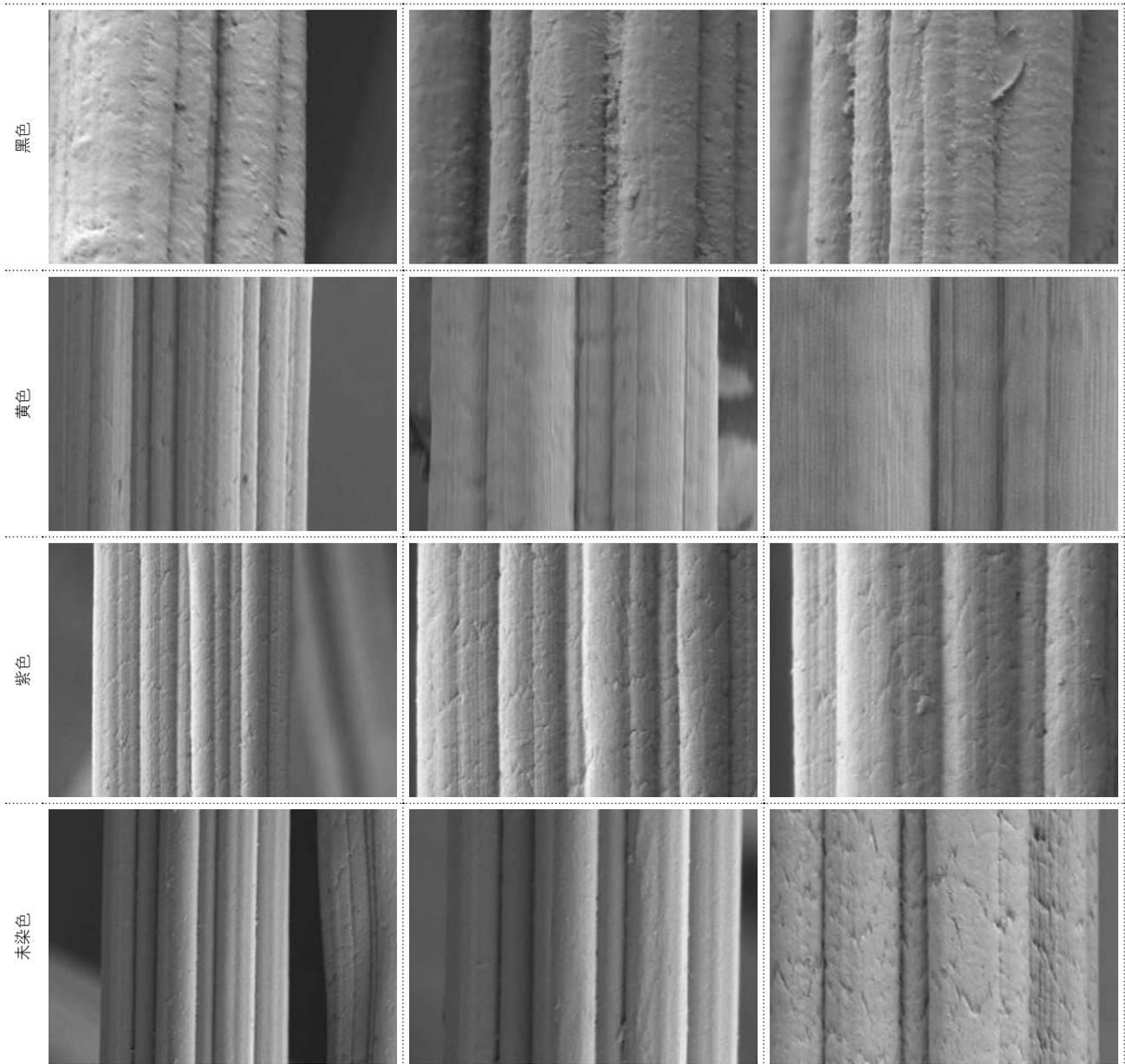


图5：染色纤维的表面状况因颜色而异。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

纤维表面图片清楚地显示，黑色纤维的表面极其粗糙，这会在纤维准备阶段导致多种“并发症”。黑色纤维的表面上有更多颗粒物，因此纤维间摩擦力更大，而这种摩擦力又与纤维和金属之间的摩擦力直接成正比关系。

上图中显示的染料会影响粘合力。根据染料类型的不同，可产生高达30%的影响。根据图6所示，黑色纤维表现出的纤维间摩擦力高于其他纤维。如有必要，必须稍微调整机器设置，比如牵伸隔距、纤维质量或产能等。

只有对从纤维加工到纺纱过程的整个系统进行优化，才可能实现成功。系统性的联合开发可使包括终端用户在内的整个制造过程受益。需要满足在短纤维纺纱过程中的加工特性。例如，相应系统的运行特性和运行稳定性等与制造相关的各种标准。

新的可能性和方法包括：

- 更高效率，
- 减少环境影响，
- 降低纱线生产成本，以及
- 为终端用户提供质量更好的产品。

各个工艺阶段的Rothschild抱合力（喷气纺工艺）
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米

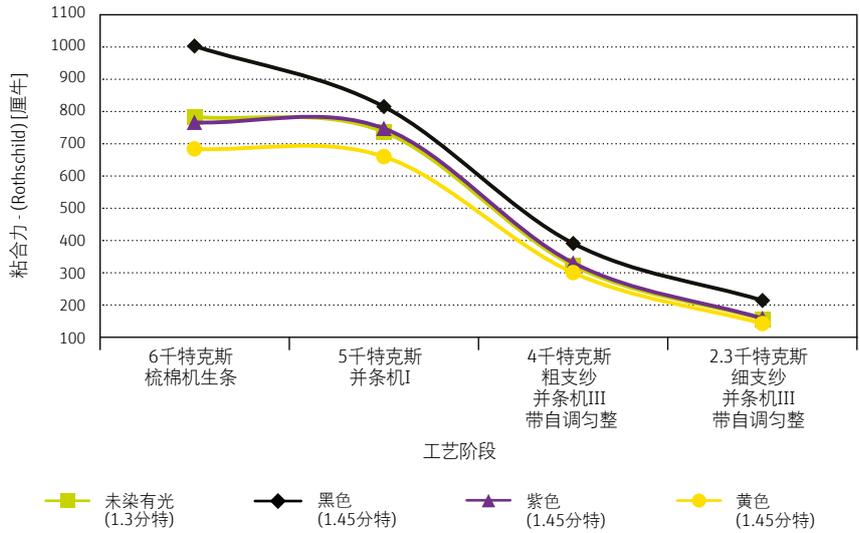


图6：抱合力高于黑色纤维。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

5. 纤维准备的重要性

5.1. 棉结含量

纺纱过程中的纤维准备对后纺机器的加工特性有显著影响，对喷气纺的影响尤其明显。重要参数包括具有最佳的纤维开松度和最低的纤维棉结；开松程度高或通过梳棉清除因此产生的纤维棉结；以及尽可能减少梳棉机输送单元以及后道牵伸通道中产生的弯钩。如果未能选择最佳的机器配置和设置，则在每道棉条并合以及用于后道加工的临时存放时，都会造成弯钩的风险。

梳棉机C 70可在纤维开松后实现高达88%的棉结减少，效果出色。每克棉条的纤维棉结少于10个，满足后纺过程的要求（图7）。

三道并合（请参见第6页和第7页上的工艺步骤和纺纱计划）可保证短片段和长片段棉条的条干均匀度，不会出现纤维环积聚，并能确保纤维的伸直平行度，以适合喷气纺加工。

理想的纤维准备可降低成纱断头率，并减少喷气纺纱机上的清纱器剪切次数。这对于保持稳定、优异的纱线质量和生产效率至关重要。

各个工艺阶段的棉结含量（喷气纺工艺）
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米

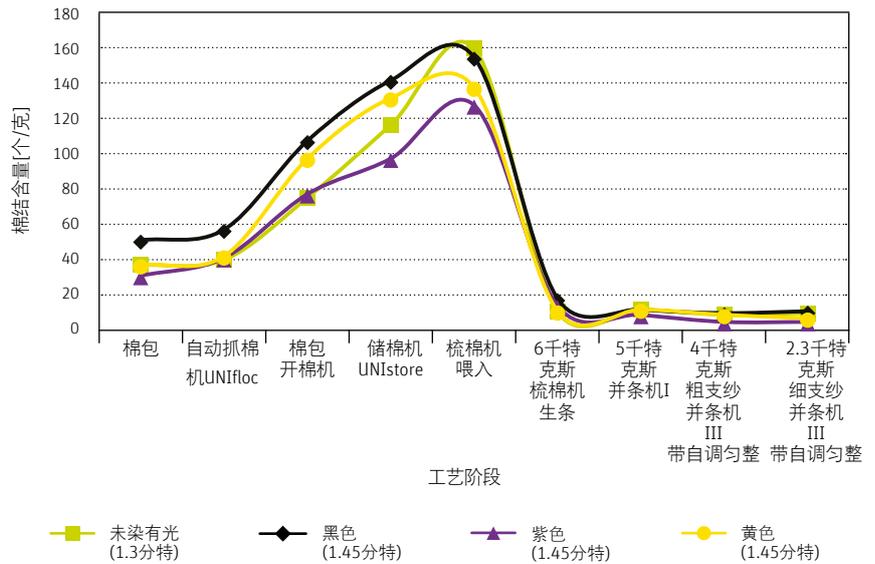


图7：这些工艺流程能够为后纺准备理想的棉条。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

5.2. 纤维强度和伸长率

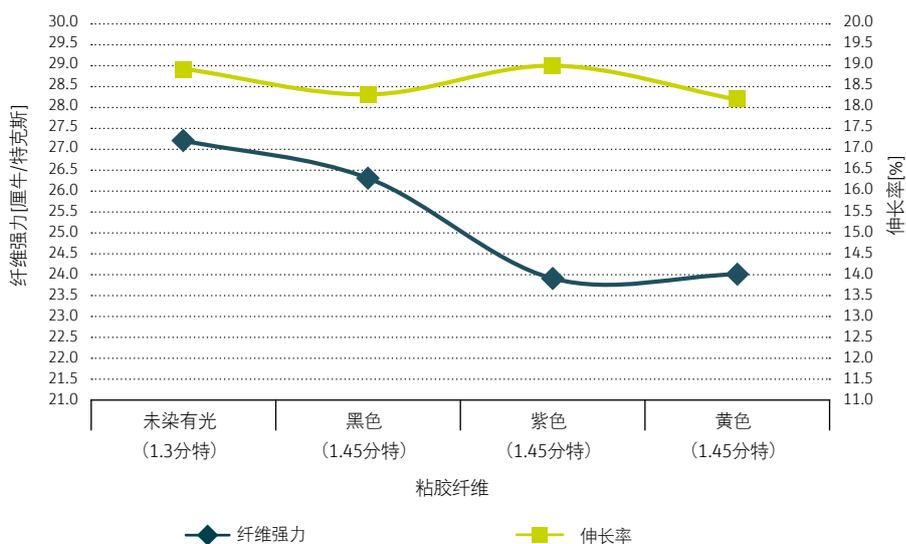
与原液着色纤维相比，未染色纤维的强力更好（图8）。这意味着，纤维染色会影响纤维强力，具体取决于染色方法。染色几乎不会影响伸长率。

原液染色纤维中的染料为固体颗粒，不会随纤维变形。所以，这些颗粒会成为纤维断裂的起始点，从而降低纤维强力。染料的用量和类型因颜色而异。因此，每种颜色的纤维强力损失各不相同。

所有颜色的纱线都具有足够的纱线强力，不仅能够满足喷气纺的纱线形成过程对纱线强力的要求，还能满足纱线后道加工和纺织成品的要求。

与环锭纺相比，由于喷气纺纱过程中的纤维制成率的差异，纱线强力受纤维强力的影响更小。

不同粘胶纤维的纤维强度和伸长率（喷气纺工艺）
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米



来源：TIS 26258/工艺和过程分析

图8：染色导致纤维强力下降，但仍有足够的强力完成所有后道加工。

6. 纱线特性

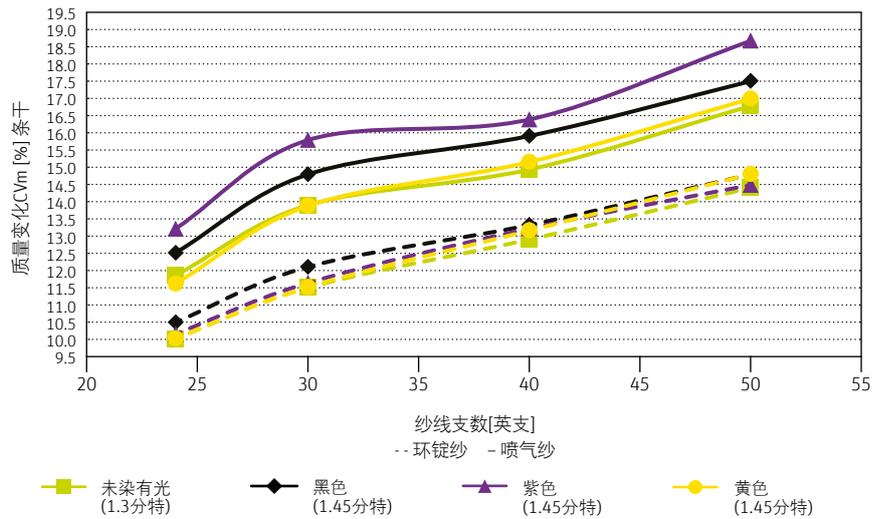
6.1. 条干均匀度

由于喷气纱、环锭纱或转杯纱的纱线结构不同，对比纱线在短片段长度内的不匀率无法得到理想结果。

本试验对喷气纱和环锭纱进行了对比，以确定哪种工艺更理想。为了获得尽可能贴近实际情况的对比结果，对络筒后的环锭纱进行了质量分析。

由于纱线结构的差异，喷气纱不匀率的测量结果高出15% (图9)。喷气纱对纤维设计和染色等影响因素的反应也比环锭纱更敏感。

不同纱支的环锭粘胶纱和喷气粘胶纱的条干均匀度变化
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米



来源：TIS 26258/工艺和过程分析

图9：喷气纱因结构特殊，均匀性更好。

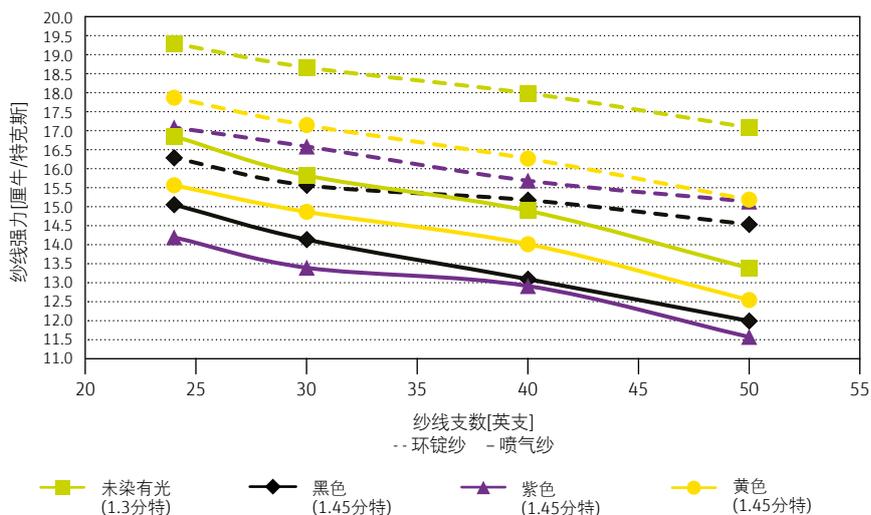
6.2. 强度和毛羽

正如预料的一样，喷气纱的纱线强力值低于环锭纱（图10）。但是，喷气纱能够完全满足纱线后道加工对纱线提出的各项要求。

染色喷气纱的纱线强力比本白色喷气纱低7 - 14%，具体情况视颜色而异。尽管如此，所有喷气纱（包括黑色和紫色纱线）依然能够满足后道加工的要求。

由于特殊的纱线结构，与环锭纱相比，喷气纱表现出了特有的低毛羽优点（图11）。这会带来巨大的功能性优势，例如抗起毛起球性以及更高的色牢度。

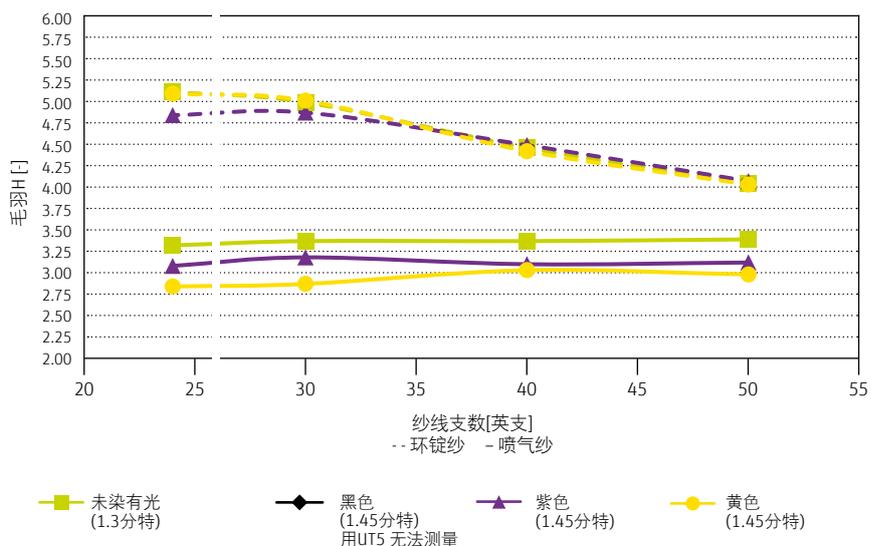
不同纱支的环锭粘胶纱和喷气粘胶纱的纱线强度
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米



来源：TIS 26258/工艺和过程分析

图10：虽然喷气纱的强度更低，但依然满足后道加工的要求。

不同纱支的环锭粘胶纱和 喷气粘胶纱的纱线毛羽
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米



来源：TIS 26258/工艺和过程分析

图11：喷气纱表现出更好的毛羽结果。

7. 面料特性

7.1. 机织面料的均匀度

纱线检验结果显示，除毛羽外，环锭纱在各项测试指标上都要显著优于喷气纱。但在面料加工阶段，喷气纱条干不佳的测量结果并未像我们想象的那样完全反映到面料上。相反的是，使用喷气纱织成的面料结构在外观上比环锭纱面料更加均匀。原因之一就是在于喷气纱的特殊纱线结构 - 这种纱线的直径更大，加捻纤维围绕芯纤维包缠，毛羽更少。

这是喷气纺在加工原液着色纤维时的又一个重要优势。与喷气纱相比，在环锭纺系统上，由于钢丝圈和钢领工艺部件处的纤维与金属之间的摩擦力更大，加上络筒过程，更多纤维会沿着纱线轴向被推起。

喷气纺的这一优势在加工原液着色粘胶纤维时会显得尤为突出。此类纤维可大大提高面料结构的均匀度，达到本白色纤维无法企及的水平。因此可以得出结论：使用喷气纺工艺加工原液着色纤维可产生更多的新优势(图12 - 15)。

100%粘胶纤维，机织，40英支，经纱：长丝，纬纱：黄色喷气纱和环锭纱

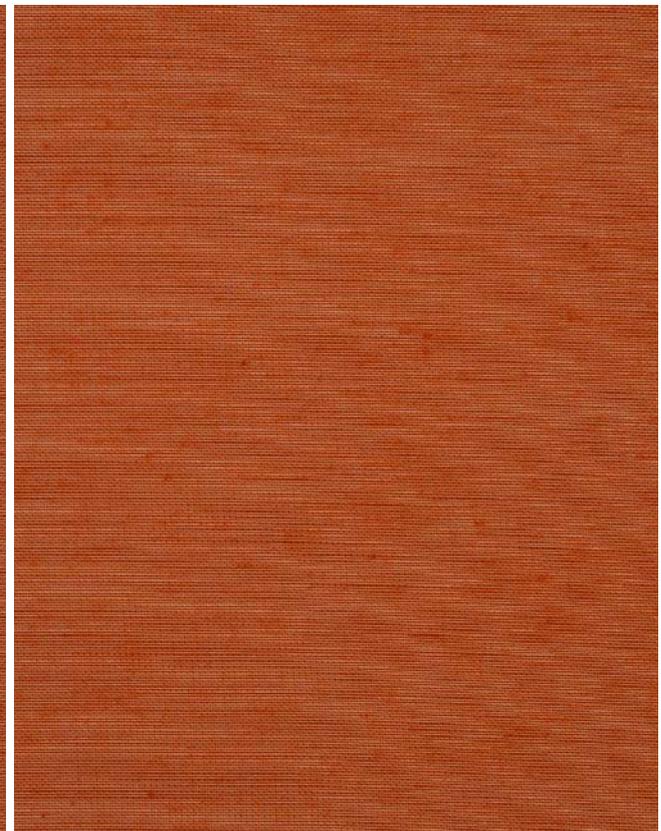
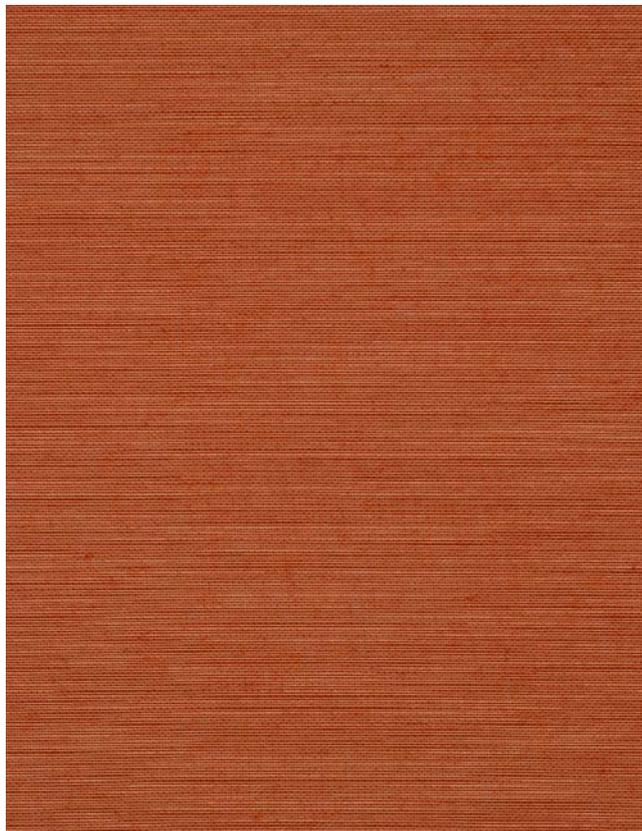


图12：尽管喷气纺工艺生产出的纱线条干不均匀率更高，但加工出的面料在外观上比环锭纱更好。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

100%粘胶纤维，机织，40英支，经纱：长丝，纬纱：紫色喷气纱和环锭纱

喷气纱

环锭纱

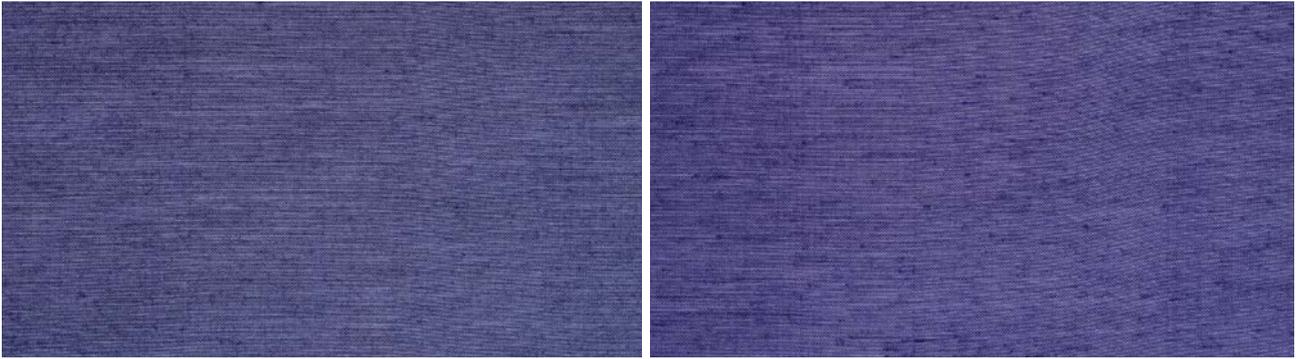


图13：使用喷气纺工艺加工原料着色纤维时，可带来加工未染色纤维时不具有的若干新优势。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

100%粘胶纤维，机织，40英支，经纱：长丝，纬纱：黑色喷气纱和环锭纱

喷气纱

环锭纱

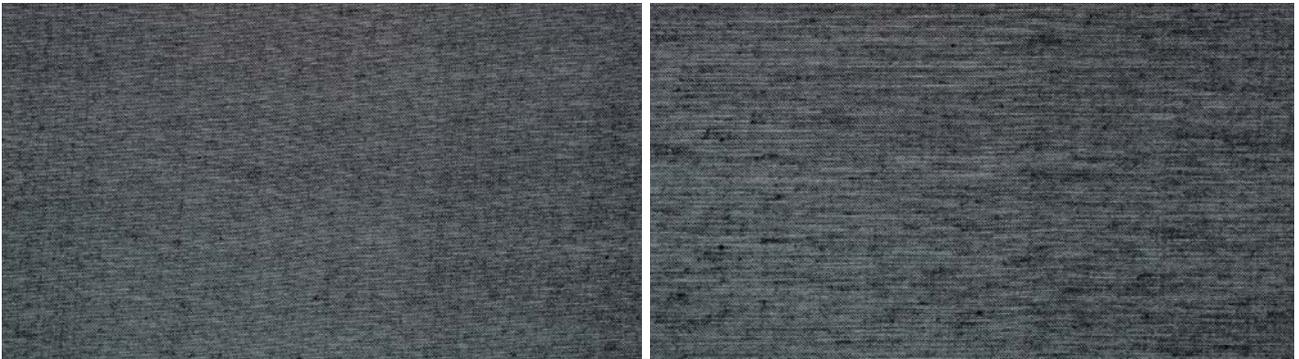


图14：黑色环锭纱面料易于形成类似棉结的效果。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

100%粘胶纤维，机织，40英支，经纱：长丝，纬纱：未染色喷气纱和环锭纱

喷气纱

环锭纱

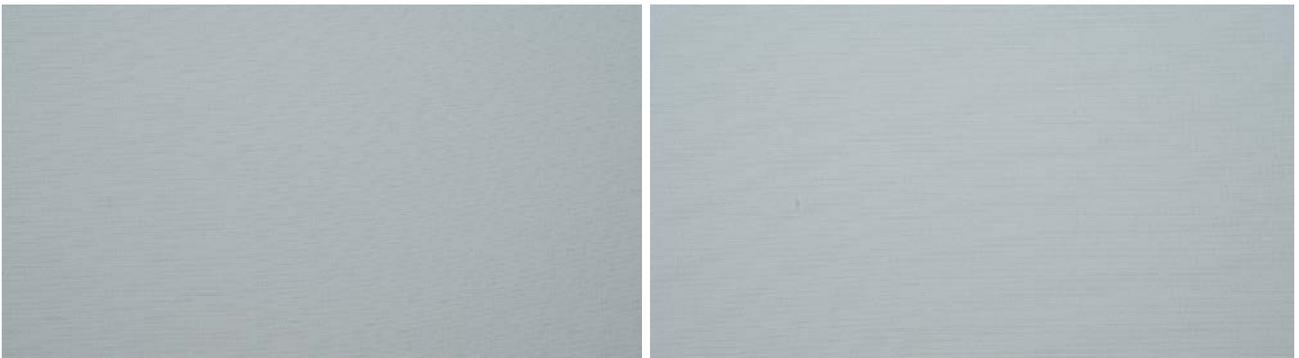


图15：与本白色面料几乎无任何差异。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

7.2. 针织面料的抗起毛起球性

纱线毛羽是评估面料表面抗起毛起球性的关键标准。喷气纺的显著优势就是毛羽少 - 在加工原液着色纤维时也能保持这种优势。

因此，喷气纱的结构会带来巨大的功能性优势，例如不易起毛起球以及色牢度更高等。

图16和图17显示，喷气纱因毛羽更少，加工出的后道和最终产品的抗起毛起球性更好。

环锭纱和喷气纱针织坯布的ICI抗起毛起球性
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米

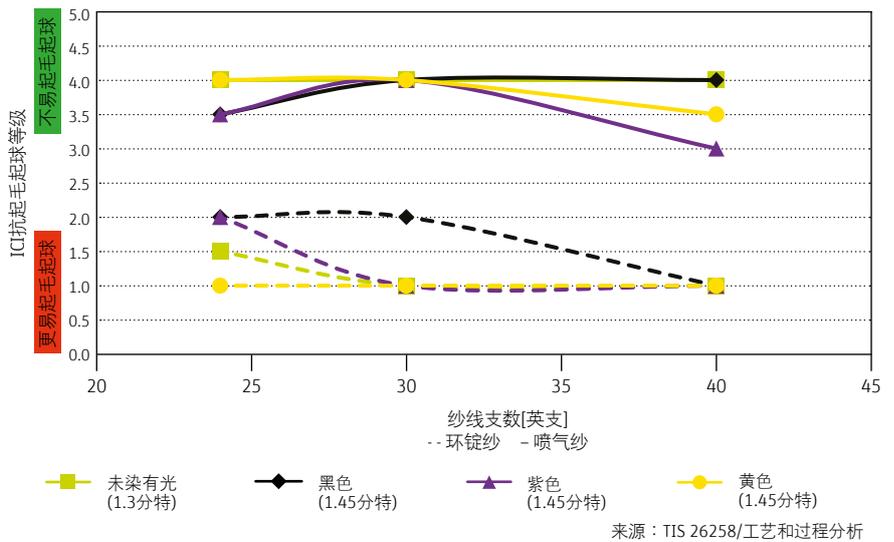


图16：使用喷气纱时，后道针织面料的抗起毛起球性明显更好。

环锭纱和喷气纱针织面料成品的ICI抗起毛起球性
100%粘胶，1.3和1.45分特，38毫米

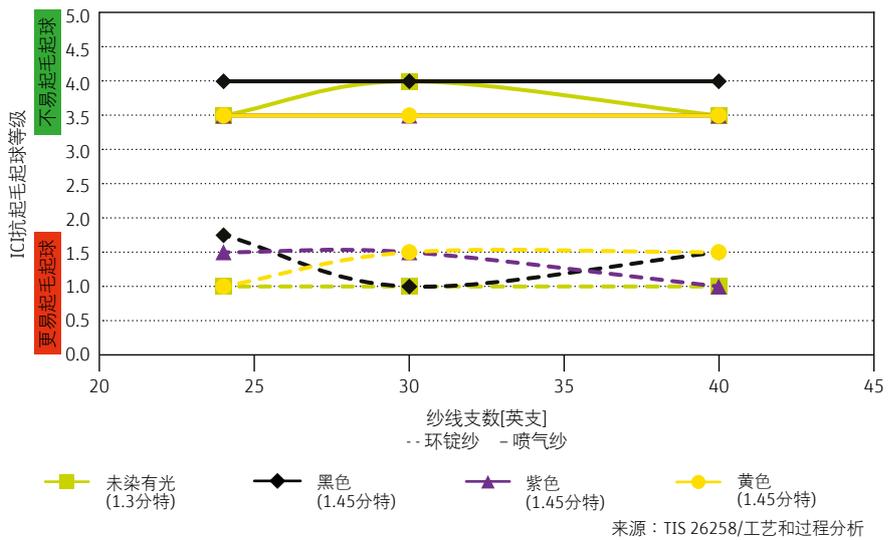


图17：纺织成品表现出与图16相同的结果。

7.3. 水洗测试

纱线毛羽还是评估产品在水洗过程中耐磨能力的关键标准。纱线中的毛羽在经过特定次数的水洗后，会在面料的表面上形成毛球。毛羽少是喷气纱独有的优势。下图显示，喷气纱针织面料的表面未出现起毛起球现象 - 甚

至在水洗20次后都未见起毛起球。而环锭纱针织面料在洗涤10次后，就已经起毛起球。

环锭纱和喷气纱针织面料在特定水洗次数后的表现



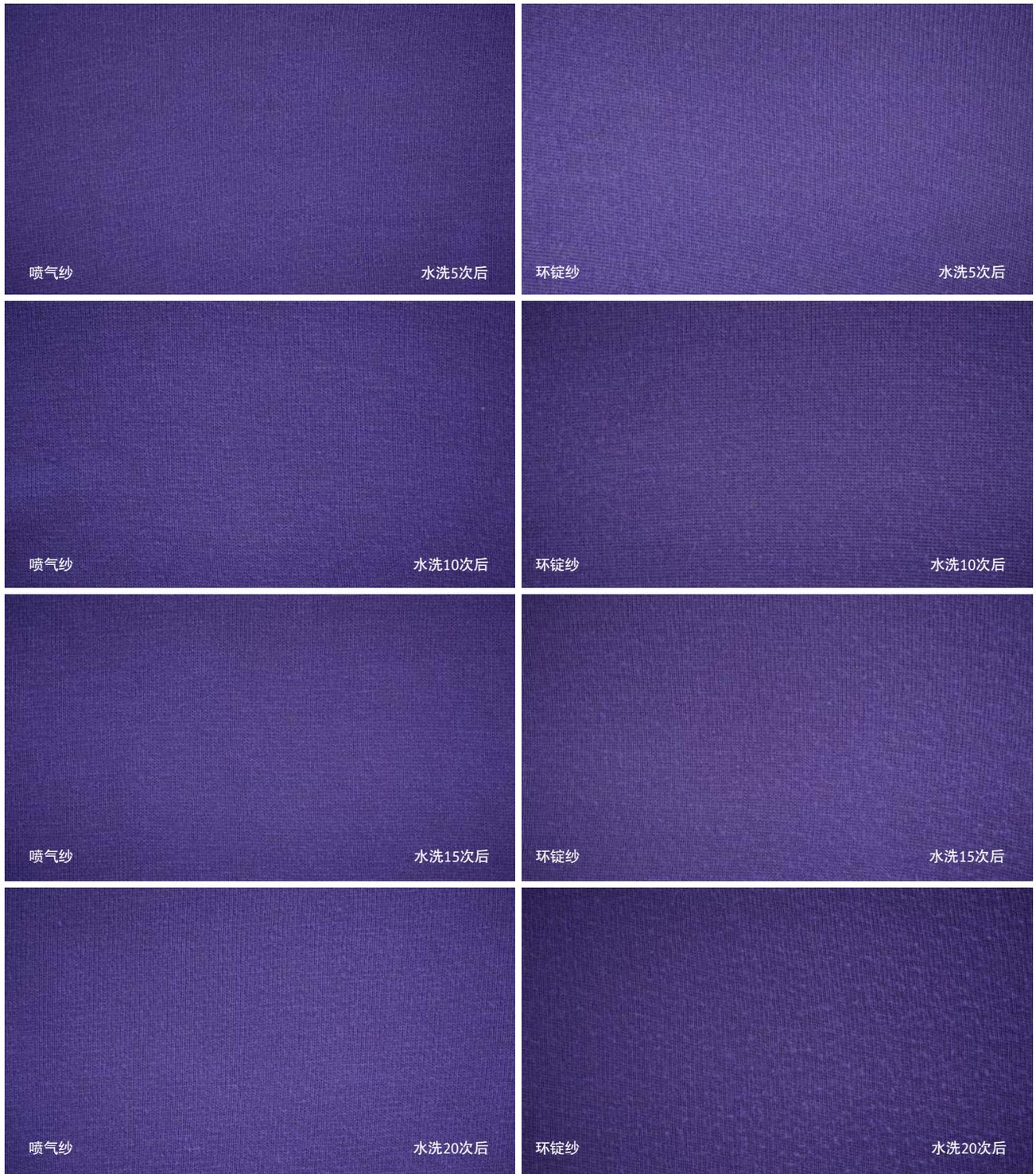


图18：喷气纱针织面料的耐水洗性能出色，优势一目了然。

来源：TIS 26258/工艺和过程分析

8. 更高效率，更少污染

喷气纺因产能更高，其生产成本要比环锭纺低20 - 25%，具体情况取决于不同纱线支数。在相应的纱线支数范围内，纱线支数越高，使用喷气纺可能更省钱（图19）。

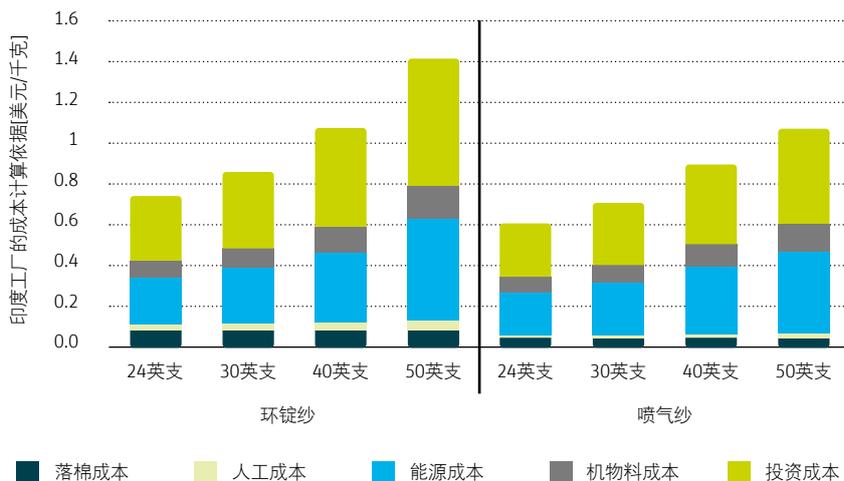
针织或机织等纺织面料染色是一道高成本工序，每千克面料的染色成本估计约为1美元。此外面料染色使用的化学品会增加工艺成本，而且用水量和能耗量更高，会造成更严重的环境污染。

而在纤维生产过程中直接向纺丝液添加染料，成本效益更高，也更环保。与面料染色相比，原液着色纤维可节省多达50%的染色剂，具体情况因颜色而异。

因此，每千克纱线的生产成本低于传统纺织面料染色工艺。

据估算，原液染色粘胶纤维将来有望占据人造纤维素纤维市场20%的份额。这包括100%原液着色纤维和混纺纤维，比如花灰纱。

环锭纱与喷气纱成本对比
100%粘胶，1.4分特，38毫米



来源：TIS 26258/工艺和过程分析

图19：生产的纱线支数越高，成本节约潜力会越大。

9. 简介

使用立达新一代的喷气纺纱机 J 26 来加工 Grasm Industries 公司生产的 Birla Spunshades™ 纤维，能够以低生产成本纺出高质量的原液着色短纤纱。

由于染料已被添加至纺丝溶液并均匀地分布在纺丝乳液中，原液着色粘胶纤维可带来多种优势。但是，必须根据纱支的颜色对机器设置进行调整。调整时，要特别考虑到黑色纤维的特性，因为其纤维间摩擦力最高。

与喷气纺相比，在环锭纺系统的工艺部件上，纤维与金属之间的摩擦力更大，导致沿纱线轴向的更多纤维被推起。喷气纺中的纤维应力更小。

鉴于原液着色粘胶纤维的特性，环锭纱的条干和纱线强力都要优于喷气纱。但是，喷气纱条干不佳的测量结果并未像我们想象的那样完全反映到面料上。

这主要得益于喷气纱的特殊纱线结构 - 这种纱线的直径更大，加捻纤维围绕芯纤维包缠，毛羽更少。

机织面料的研究表明，与环锭纺相比，使用喷气纺系统加工原液着色粘胶纤维时，会得到更好的光泽均匀度。原因之一就是喷气纱的纤维应力更小。

就面料而言，我们得到另一个有趣的发现，即使用喷气纺系统和原液着色粘胶纤维加工出的纱线在条干上优于本白色纤维。因此可以得出结论：喷气纺与原液着色纤维结合，可产生更多的新优势。

使用喷气纺系统加工原液着色粘胶纤维还有以下发现：

- **效率更高**
因为喷气纺工艺的生产成本更低，加上原液着色纤维染色过程的总加工成本更低
- **环境影响更小**
染色工艺使用的危险环境的化学品更少
- **可为终端用户提供质量更好的产品**
与棉纤维相比，粘胶纤维的颜色更加亮丽
- **色牢度更高，颜色更鲜艳**
原液着色纤维在方面优于成品染色工艺
- **耐水洗性更佳**
因为喷气纱的毛羽更少，面料经过特定次数的洗涤后，表面更不易起毛起球
- **光泽均匀度更好**
与环锭纺工艺相比，喷气纺与原液着色纤维结合使用时，纤维应力会更小



Rieter Machine Works Ltd.
Klosterstrasse 20
CH-8406 Winterthur
T +41 52 208 7171
F +41 52 208 8320
machines@rieter.com
aftersales@rieter.com

Rieter India Private Ltd.
Gat No. 768/2, Village Wing
Shindewadi-Bhor Road
Taluka Khandala, District Satara
IN-Maharashtra 412 801
T +91 2169 664 141
F +91 2169 664 226

立达（中国）纺织仪器有限公司
中国江苏省常州市新北区
河海西路390号
邮编：213022
电话：+86 519 8511 0675
传真：+86 519 8511 0673

www.rieter.com

本资料中的图片、参数及与之相关的参数资料为即期发行物。立达保留根据需要随时对有关参数进行修改并恕不另行通知的权利。立达系统和立达创新产品均受到专利保护。

3358-v1 zh 2105