

摘 要

Sirofil 纺纱技术是在毛纺产品的高支轻薄化流行趋势的背景下产生的，在普通环锭细纱机上稍加改造即可实现。它突破了高支轻薄面料开发中所必然遇到的原料和可加工性两大障碍，是开发轻薄毛织品的优良方法之一。

Sirofil 纱表面光洁，可免上浆织造。但在织造过程中，由于机件及相邻纱线的摩擦，纱线容易起毛起球，短纤维与长丝易分离，即 Sirofil 纱“剥毛”现象，直接影响织机的机台效率。

本论文以毛及毛/涤短纤维纱与涤长丝的复合纱为主要研究对象，以改善 Sirofil 纱线的“剥毛”性能为目的，就长丝预加张力、纺纱张力、复合三角区平衡力矩对 Sirofil 成纱结构、性能的影响进行实验分析和理论研究，并研制出 Sirofil 纺纱系统补偿装置，以解决长丝短纤维 Sirofil 纱易分离的“剥毛”问题。

由于 Sirofil 纱由力学性质完全不同的短纤维须条和长丝组成，其成纱机理有其特殊性。本文分析了不同介质的长丝、短纤维纱在成纱三角区内的抖动与平衡现象，以及汇聚点上、下部纱线的捻度传递和分布，结果表明 Sirofil 纱中单股纱和长丝及汇聚点以上单纱和长丝上均存在与成纱同向的捻度，且成纱中单股纱和长丝上捻度差别不大，而汇聚点以上单纱捻度要大于长丝捻度。

须条与长丝在前罗拉处的间距是影响 Sirofil 纱线结构性能的重要因素，本文系统、全面地分析了 Sirofil 纱须条与长丝间距的影响效果，得出 Sirofil 纺最佳成纱间距。

基于实验分析，得出 Sirofil 纱存在单纱包缠机制，即沿 Sirofil 纱长度方向存在非连续的单纱包覆长丝的现象，亦即在纱线长度方向存在复合不匀和局部包芯，使纱线在后道织造时，外表的短纤维与纱芯的长丝易分离，产生“剥毛”现象。

为了评价 Sirofil 纱的抗“剥毛”性能，本文研制了复合纱抗“剥

毛”测试仪，该装置的优点是能在同一仪器上实现纱、综及笄三种复合纱线摩擦磨料的转换，以充分考虑织造过程中可能出现的纱线磨损情况，为研究 Sirofil 纱的“剥毛”性能提供了有效的测试手段。

论文还着重探讨了长丝预加张力、纺纱张力、复合三角区平衡力矩对 Sirofil 成纱性能的影响。通过理论分析，得到 Sirofil 纺最佳长丝预加张力，分析了长丝预加张力对 Sirofil 纱强伸性能、毛羽及抗“剥毛”性能的影响；纺纱张力对 Sirofil 纱强伸性能、毛羽及均匀度的影响；复合三角区平衡力矩的改变与成纱性能的关系；

在上述研究基础上，研制了 Sirofil 纱系统补偿装置，并深入分析了系统补偿装置的作用机理，探讨了系统补偿装置的应用及对 Sirofil 纱毛羽性能及抗“剥毛”性能的改善。

关键词：Sirofil 纱；系统补偿装置；汇聚点；成纱性能；剥毛

Effects of Mechanical System and Systematic Compensation on the Properties of Sirofil Yarn

ABSTRACT

Sirofil technology is generated under the background of light worsted trend of woolen fabric, it can be realized by slight alteration on conventional spinning machine. For light worsted fabrics, Sirofil technology is one of the excellent ways to break through the obstacles caused by both raw materials and their workability.

Sirofil yarn can be used on loom without sizing for its glabrous surface, but during weaving process, the yarn is easy to fluff and pill, causing the separation of staple fiber and filament for the abrasion by machine or the adjoining yarns. That's called the phenomenon of "wool stripping", and it directly influences the efficiency of the loom.

The object of this paper is the composite yarns of wool or wool/PET staple fiber and PET filament, aiming to improve the "wool stripping" property of Sirofil yarn. Experimental analysis and theoretic researches were carried out on the effects of filament pre-tension, spinning tension and the equilibrium moment of compound triangle zone on the structures and properties of Sirofil yarn. Under this basis, the systematic compensatory equipment was developed to solve the "wool stripping" problem of filament and staple fiber of Sirofil yarn.

The spinning mechanism of Sirofil yarn is particular for it consists of two components with totally different mechanical properties. The paper analyzed the dithering and equilibrium phenomenon in compound triangle zone of different filament and staple fiber yarn and twist transfer and distribution over and below the composite point, the results showed that the two components in Sirofil yarn, the staple fiber yarn and filament over the composite point, had the same twist direction with Sirofil yarn. The results also showed that there was little twist difference between the two components in Sirofil yarn, however, the twist on the staple fiber yarn over the composite point was greater than that of the filament.

The space of staple yarn and filament under the front roller is very important to the structures and properties of Sirofil yarn. The paper analyzed the influential impact of the space of staple yarn and filament systematically and comprehensively, and the best space of Sirofil spinning was obtained.

On the basis of experimental analysis, it can be deduced that the wrapping mechanism of single yarn occurs in Sirofil yarn, there are discontinuous phenomena of single yarn's wrapping filament along Sirofil yarn length direction. That is to say, uneven composition takes place along Sirofil yarn length direction, and this brings about the local core-spun and separation of staple fiber and filament during the later weaving process, causing the phenomenon of "wool stripping".

For the appraisalment of “wool stripping” resistance of Sirofil yarn, this paper developed the testing apparatus of “wool stripping” resistance of composite yarns. The advantage of this apparatus is that it can change three different abrasion materials of yarn, heddle and reed on the same apparatus, in order to comprehensively take the practical abrasion condition of the yarn during weaving process into accounts, and this provides an effective testing measure to study the “wool stripping” property of Sirofil yarn.

This paper also put emphasis on the effects of filament pre-tension, spinning tension and the equilibrium moment of compound triangle zone on the properties of Sirofil yarn. Through theoretical analysis, the best filament pre-tension was obtained, analyzing the effect of filament pre-tension on the tensile and elongation, hair and “wool stripping” resistance of Sirofil yarn. The effect of spinning tension on tensile and elongation, hair and evenness, and the relationship between the change of the equilibrium moment of compound triangle zone and the property of Sirofil yarn were also studied.

Based on the above researches, the paper deeply analyzed the functional mechanism of the systematic compensatory equipment and the improvement of properties of hair and “wool stripping” of Sirofil yarn for the use of the equipment.

Qian Jun (Textile material and design)

Directed by Yu Jianyong

Key words: Sirofil yarn; the systematic compensation equipment; composite point; yarn properties; “wool stripping”

第一章 绪论

1.1 概述

1.1.1 毛纺产品的高支轻薄化趋势

近来，纺织服装面料的主要发展趋势一般有：原料多元化；产品轻薄化；花色潮流化；服用功能化。对毛纺产品来说，高支轻薄化已成为不可逆转的趋势。但是，高支轻薄型产品的发展必然遇到原料和可加工性两大障碍。因此，如何解决这两个问题已成为当今国际上毛纺科技研究开发的一个热点和难点，其中纱线结构、组份的变化是一个重要的研究方向。

1.1.2 Sirofil 纺纱方法的选择

目前，实现毛纺面料轻薄化的具体方法有：

1. 羊毛纤维与其它短纤维混纺：主要为化纤（2-3D，相当于 80 支以上细支羊毛）、羊绒（直径 16 μ m 以下）、兔毛（直径 13 μ m 左右）以及其它天然纤维（如绢丝、棉、麻等）与羊毛混纺。采用混纺技术可以降低用毛细度，并可使产品风格多样化。但由于纤维性能的差异，羊毛与其它纤维混纺尚须进一步攻关以解决梳理、纺纱、染色及后整理方面的问题，且细支化程度亦不高。

2. 水溶性维纶纤维与羊毛纤维伴纺：水溶性维纶纤维与羊毛纤维伴纺，在洗呢时将水溶性维纶溶解，经过后整理可以使毛纱变细，且由于纤维间空隙增加，织物手感柔软、蓬松性好。此法的缺点在于水溶性成分溶解后，织物的风格很难把握，布面效果欠佳，且去维不够彻底，原料成本高。

3. 单经单纬织造：与环锭股纱相比，在保证纱线截面根数的条件下，可大大降低对羊毛细度的要求。如 80^s/2 股纱需要 80 支以上的超细羊毛，而 40^s/1 单纱采用 22 μ m（64 支）羊毛，前者价格远远高于后者。若采用单纱织造，单纱需经上浆以满足织造的要求，难点在于毛纱的断裂伸长大，需采用专用浆料和上浆方式。

4. 采用复合纺纱技术：主要为空心锭子包缠复合线、Plyfil、Sirofil 等。Plyfil 与 Sirofil 两种复合纺纱方法均为利用化纤长丝与羊毛复合加捻，包缠成纱，对羊毛细度要求与纺单纱接近，且可免上浆织造，但 Plyfil 纺较 Sirofil 纺工艺路线长，而空心锭子复合需专用设备，投资过大。以上几种复合纱的特点、产品风格及存在的问题如表 1-1 所示：

表 1-1 几种复合纱的特性

纺纱方法特点	空心锭包缠纱	Sirofil	Plyfil
工艺特点	空心锭纺纱机上长丝包缠短纤维芯纱	长丝与短纤维纱直接在细纱机上成纱	短纤维经细纱后与长丝并捻
产品风格	织物轻、薄，但手感较硬	织物轻、薄、柔	织物轻、薄，但手感较硬
存在的问题	易于扭辫	双组分易分离，耐磨性能差，织机效率低	“扭辫纱”现象严重

由表 1-1 可知，Sirofil 纺纱工艺路线最短，产品风格独特，且可在普通环锭细纱机上略加改造即可，具有明显的优势。

国内外近来兴起的 Sirofil 纺纱技术即是在这一背景下产生的，它突破了高支轻薄面料开发中所必然遇到的原料和可加工性两大障碍，是开发轻薄毛织品的优良方法之一。

1.1.3 Sirofil 纺纱方法的特点

Sirofil 是在 Sirospun 基础上发展的一种新型纺纱技术。Sirofil 纱中由于含有长丝和短纤两种组分，因此又称为双组分纺纱，在环锭细纱机上经过改装后即可进行加工。在 Sirofil 纺纱过程中，全毛或含毛混纺粗纱通过正常牵伸，而长丝则通过导丝装置从前罗拉直接喂入，并使粗纱与长丝间保持一定的间距，然后两种组分在前罗拉输出钳口下游直接并合加捻，一步成纱。如图 1-1 所示。

1. Sirofil 纱的纱线结构、性能均不同于传统的环锭纱。Sirofil 纱的纵向呈螺旋形单线外观；同环锭纱截面呈扁平状不同的是，Sirofil 纱呈圆形截面，长丝一般位于纱线的一侧。Sirofil 纱由于长丝的引入，

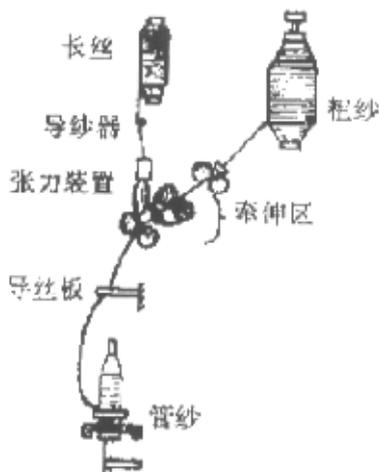


图 1-1 Sirofil 纺纱技术示意图

使其在强伸性、条干、毛羽、纱疵等性能指标上均优于同支数单纱，除了毛羽稍差外，其它指标可以和同支数股线相媲美。

2. Sirofil 纺织物的抗剪切刚度小，因此服装面料的成型性良好^[1]。Sirofil 纱织物由于长丝的增强及支撑作用，其织物在耐用性、尺寸稳定性、保形性、耐洗涤性方面均好于全毛织物。Sirofil 纱织物手感清爽、丰满度低，透气性好，在开发夏、秋季面料上前景广阔。

3. Sirofil 技术降低了成本，产品具有很高的性价比。这主要体现在：

a. 对原料的要求降低，节约了成本。由于长丝成为纱线后道加工过程中主要受力的主要承担者，因此对短纤维的细度要求降低，减少了原料成本。

b. 工艺的缩短降低了成本。Sirofil 技术在细纱机上一步成纱，可省去并、捻工序，节省了加工成本。

具体成本分析（以生产 84^s/2 为例）如表 1-2 及 1-3 所示。

从 1-2 和 1-3 可以看出，复合纱精纺毛织物较传统全毛织物毛条原料每公斤节约 77 元，而工艺成本则每米节约 0.52 元。

因此，由于采用了新的纺纱技术，Sirofil 纱产品成本可大幅度降

表 1-2 Sirofil 纺降低原料成本分析

	单位	复合纱精纺毛织物	传统全毛织物
纱线支数	Nm	F84 ^s /2	84 ^s /2
所需羊毛品质支数	公支	60/64 ^s	90 ^s
用毛量	公斤/米	0.196	0.228
毛条价格	元/公斤	63	140

表 1-3 Sirofil 纺降低工艺成本分析

	单位	复合纱精纺毛织物	传统全毛织物
纱线支数	Nm	F84 ^s /2	84 ^s /2
并捻加工成本	元/米		0.52

低，且由于产品轻薄化，又使之成为一种高附加值产品。此外，Sirofil 纱毛织物与全毛织物相比，风格独特，服用性能好。长丝的引入，降低了织物中羊毛的比例，更使 Sirofil 产品具有无可比拟的价格优势，其销售利润率预计可达 25% 以上^[2]，市场前景非常广阔。

1.1.4 Sirofil 纺纱方法存在的问题

Sirofil 复合纱作为织物的经纱，成纱中的相互间的结合力不够稳定，在织造过程中形成“剥毛（即长丝与毛纤维分离）”，严重影响织机生产效率和布面质量。

Sirofil 技术由于其纱线抗“剥毛”性能差，当前在国内还很难全面推广。这是由于 Sirofil 纱在织造过程中，由于机件及相邻纱线的摩擦，“剥毛”现象非常严重，纱线容易起毛起球，使得织机开口处上、下层经纱相互粘连，导致开口不清，织机无法完成引纬动作，直接影响织机的机台效率。

因此，若能解决纱线织造过程中的“剥毛”问题，提高织机效率，企业的经济效益将更加显著，产品将更有竞争力。通过本文实验研究表明，“剥毛”与成纱结构、纺纱工艺参数关系密切，其中，长丝喂入时的预加张力、纺纱张力及复合三角区平衡力矩更是影响“剥毛”问题的关键。

本课题正是在上述背景下展开的，它作为国家经贸委技术创新项目《差别化原料及低比例产品的技术开发》及上海市高等学校科学技

术发展基金项目《基于系统补偿的长丝短纤维复合纺纱方法》的重要内容，将注重理论联系实际，直接面向企业，为企业生产服务，以解决 Sirofil 纱的“剥毛”问题。

1.2 国内外研究现状

自 1976 年澳大利亚 CSIRO 发明 Sirospun 技术以来，国内外对 Sirospun 的纺纱工艺、成纱机理、“V”形区的捻度分布、成纱结构及织物性能做了大量的研究，但对 Sirofil 技术的研究却很少^{[3][4]}，一般认为，Sirofil 纱与 Sirospun 纱成纱机理相似。

对于 Sirospun 纱，PLATE 和 MMAQNUEL^{[5][6][7][8][9]}最早对 Sirospun 纱的捻度分布、毛羽圈结、成纱结构性能及影响因素作了一系列的研究，并和股线作比较，指出成纱中单纱上的捻度是降低毛羽的主要因素，但粗纱之间在“V”形区对毛羽的捕捉和圈结也有利于成纱毛羽的降低。

1.2.1 纱线成纱工艺的研究

对于 Siro 系列纱，国内外研究者普遍认为间距的大小是影响成纱结构性能的首要因素。几乎所有的文献都认为，存在一个最佳间距使成纱性能最优。但对最佳间距的大小却有不同的观点。PLATE^[8]认为是 14mm，Salhotra^[10]认为是 4mm，文献^{[11][12][13][14]}认为是 9mm，而文献^[15]则认为是 10mm 或 12mm，差异较多，这主要是因为纺纱用的原料、试样加工系统有差异造成的。粗纱原料性质的不同，特别是短纤维原料的长度不同，最佳间距也不同，该观点已得到 Ishtiaque^[16]等人的证实。文献^[17]实验研究了粗纱间距、捻度及锭速对纱线毛羽的影响，指出除在低捻度及高锭速情况下，增加间距都会减少成纱毛羽。SUN 等^[18]对棉型 Sirospun 纱的结构与性能进行了探讨，认为棉型 Sirospun 纱的结构及性能与成纱线密度有关，成纱越细，均匀度越差，但纱线耐磨性增强。

1.2.2 纱线结构形态的研究

文献^[19]分析了 Sirospun 纱的横截面形态结构,认为纤维在纱线横截面上呈非均匀分布状态,纱线具有中空性,而距纱线中心轴 $1/3$ 半径处,纤维聚集密度最大,并指出 Sirospun 纱表面纤维较环锭纱松散。但作者仅分析了粗纱间距对成纱结构形态的影响,而没有分析纺纱张力的影响。事实上,间距的大小决定着成纱“V”形区的大小,本质上仍为“V”区内纺纱张力的大小。

1.2.3 纱线捻度传递及分布的研究

对于 Sirospun 须条单纱段上的捻度及捻度传递问题,不同文献亦有不同观点。PLATE^[5]及文献^{[20][21]}认为成形点以上部分单纱具有一定的捻度,但成形点相当于假捻器,成纱内单股纱段上并没有捻度。文献^{[22][23]}却认为须条单纱与单股纱上都有捻度,而且捻向与成纱捻向相同,并推导了单股纱捻度与成纱捻度的数学关系式。文献^[24]研究了涤/粘复合纱的结构,认为单股纱上存在真捻,并且其捻向、捻回数与复合纱相同。对于 Sirofil 纱的成纱加捻原理只有文献^[4]从力学中的扭矩角度分析了 Sirofil 纱中短纤维与长丝的捻度分布。

1.2.4 Siro 系列纱抗“剥毛”性能的相关研究

针对 Sirospun 纱的耐磨性问题,Subramanian^{[25][26]}撰文分析了 Sirospun 纱的表面摩擦性能及纱线受压时的横截面形态变化特征,并研究摩擦系数与粗纱间距、捻系数之间的关系。Brooks 等^[27]采用润滑油增加 Sirospun 纱内纤维之间的粘性力,且降低了纱线与机件间的摩擦,以提高纱线耐磨性。侯祖龄^[28]提出采用冷上浆、增加纱线捻系数、减小经纱密度等办法解决 Sirofil 纱“剥毛”问题。

对于长丝与短纤维的包芯纱,美国专利 4922301、4961006、4973369 介绍了一种三粗纱纺纱装置,通过附加装置由两侧的粗纱须条对中间长丝进行包覆,生产包芯纱,以提高纱线抗“剥毛”性能。Sawhney^{[29][30]}提出了一种双粗纱与长丝包芯复合纺纱装置,它通过捻度控制导杆减

少加捻三角区的捻度，增加纺纱三角区的张力大小，在前罗拉下游处用一沟槽协助包芯复合成纱，由此提高短纤维对芯丝的包覆度，并加强了长丝与短纤维间的抱合力，提高纱线抗“剥毛”能力。由于双粗纱包覆长丝外观显示天然纤维的风格，Sawhney^[31]已利用纱线这一特性开发出阻燃及强耐磨特种织物。Louis^[32]等提及从粗纱包覆芯纱的思想，以生产包芯纱。Sawhney^[33]于1995年撰文提出气流纺与摩擦纺相结合的平行纺纱，认为生产的包芯纱能达到100%的包覆效果。文献^[34]提出先将长丝分束，再与短纤维纱复合，增加纤维间摩擦，以提高纱线耐磨性，但没有从纺纱的根本解决“剥毛”问题。

对于纱线抗“剥毛”测试的评价，Sawhney^[29]提出了主、客观评价方法，即人工撕剥法的主观评价方法和纱线、织物“摩擦”实验后，再对纱、织物图像分析包覆系数的客观评价方法。但没有文献提及复合纱专用的抗“剥毛”性能测试仪器。

1.2.5 对现有研究成果的评价

国内外对Sirospun的成纱机理、捻度结构等研究较多，但对Sirofil纱的报道却很少^{[31][4]}。Sirofil纱由于组分的不同，粗纱与长丝的刚度与细度不同，必然导致其捻度分布及传递的差异，因此有必要对Sirofil纱的成纱机理作进一步的深入研究。

对于“剥毛”现象的研究，前人多注重从织造工艺及后加工处理上延缓纱线“剥毛”问题，而没有分析纱线的“剥毛”机理及影响因素。Sawhney^[30]提出从双粗纱包覆长丝来生产包芯纱，但并不能完全解决“剥毛”问题，粗纱与长丝的定位很难控制，且要想完全包覆长丝，对长丝的细度和粗纱的比例还有一定的要求。侯祖龄^[28]提出的采用新型浆料冷上浆处理方法，仍没有从根本上解决“剥毛”问题，而且也使Sirofil纱失去免上浆织造的优势。

对“剥毛”测试的评价，Sawhney^[29]的客观评价方法优点是评价结果反映了“剥毛”对织物外观的影响，缺点是并不能完全反映Sirofil纱的“剥毛”性能及“剥毛”的本质机理。

PLATE^[35]介绍了一种测试纱线耐磨性能的装置，但不能很好地模拟纱线在织造过程中的实际磨损状态。

长丝预加张力、纺纱张力及复合三角区平衡力矩是影响 Sirofil 纱成纱结构和性能的重要因素，然而国内外却很少有针对性的报道。

1.3 本课题的研究内容、难点和意义

1.3.1 本课题的研究内容

本课题将首先探讨 Sirofil 纱的成纱机理，并研究成纱工艺（主要是间距）对 Sirofil 成纱结构、性能的影响；在此基础上讨论长丝预加张力、纺纱张力及复合三角区平衡力矩对 Sirofil 成纱结构及性能的影响；分析 Sirofil 纱的“剥毛”机理，讨论系统补偿装置的作用机理及其对 Sirofil 纱抗“剥毛”性能的改善；研制复合纱抗“剥毛”测试装置。具体内容如下：

第一章 绪论部分

分析实现毛纺产品高支轻薄化的几种方法以及 Sirofil 技术的选择的必然性，指出了 Sirofil 产品的优点及目前存在的主要问题，并对 Sirofil 技术的研究历史做了回顾，提出了本论文的研究内容和意义。

第二章 Sirofil 纺成纱机理及“V”形区纱线的捻度结构分析

分析了 Sirofil 纱的成纱机理及 Sirofil 复合纱中短纤维纱组分表面纤维圈结的机理，指出汇聚点的上下、左右移动是捻度向上传递的根本原因。

通过理论分析和实验结果证明 Sirofil 纺纱过程中“V”形区汇聚点以上单纱和长丝上均存在与成纱同向的捻度，并比较单纱和长丝上捻度大小，说明了单纱和长丝上捻度大小不同是由于材料组分模量差异造成的；从材料力学角度分析“V”形区中单纱、长丝以及成纱中单股纱和长丝上的捻度大小。

第三章 须条与长丝间距对 Sirofil 成纱结构性能的影响

就成纱工艺对 Sirofil 成纱结构、性能的影响，着重研究了须条与长丝间距大小对 Sirofil 成纱结构、强伸性能、毛羽及条干的影响。保

持其它工艺参数相同，在间距分别为 4、8、12、16mm 条件下，试纺 Sirofil 纱，观察纱线的纵、横向结构，测试成纱性能，并作比较分析，得出 Sirofil 最佳成纱间距。

第四章 复合纱抗“剥毛”测试装置及 Sirofil 纱“剥毛”机理

为了研究 Sirofil 纱的抗“剥毛”性能，本文还研制了复合纱抗“剥毛”测试仪，该装置的优点是能在同一仪器上实现纱、综及笄三种复合纱线摩擦磨料的转换，充分考虑到织造过程中可能出现的纱线磨损情况。为研究 Sirofil 纱的抗“剥毛”性能提供了有效的测试手段。另外，还分析了影响该装置测试准确性的实验参数，并对测试结果进行了表征。

首次系统分析了 Sirofil 纱的“剥毛”机理，分析了单粗纱和双粗纱的“剥毛”过程，通过 Sirospun 纱及 Sirofil 纱的捻度对比实验，说明了 Sirofil 纱所特有的单纱包缠现象，并从介质模量差异导致 Sirofil 纱包缠复合不匀角度阐述了 Sirofil 纱的“剥毛”机理。

第五章 Sirofil 纺力学系统与成纱结构性能及抗“剥毛”性能关系研究

Sirofil 纺力学系统是指长丝喂入前罗拉时的预加张力、纺纱张力及复合三角区平衡力矩。本章详细分析了长丝预加张力对 Sirofil 纱强伸性能、毛羽数目的影响；纺纱张力对 Sirofil 纱强伸性能、毛羽及条干的影响；通过改变粗纱和长丝原料改变复合三角区平衡力矩，讨论复合三角区平衡力矩对 Sirofil 纱纵向形态结构及抗“剥毛”性能的影响；本部分还分析了 Sirofil 纺力学系统对纱线抗“剥毛”性能的影响，并使用统计软件 SPSS 及 T 检验方法判别结果的显著性。

第六章 系统补偿装置对 Sirofil 成纱结构性能的影响

本部分着重分析了系统补偿装置的作用机理，探讨了系统补偿装置的引入降低了 Sirofil 成纱毛羽数目以及对纱线抗“剥毛”性能的改进；对蒸纱后纱线的抗“剥毛”性能作对比分析，说明系统补偿装置的引入在蒸纱后同样可以改善纱线的抗“剥毛”性能；通过常州三毛的中试效果可进一步说明系统补偿装置提高了纱线的抗“剥毛”性能。

第七章 结语与展望

对本论文所研究的结论做一归纳和总结，并对今后的研究工作提出展望。

1.3.2 本课题的研究难点

- a. Sirofil 纱成纱机理及捻度传递与分布分析
- b. Sirofil 纱“剥毛”现象的机理分析
- c. Sirofil 纱抗“剥毛”性能测试的评价标准及表征方法
- d. 力学系统的补偿及其机理分析

1.3.3 本课题的研究意义

本论文是国家经贸委 2000 年技术创新项目《差别化原料及低比例产品的技术开发》及上海市高等学校科学技术发展基金项目《基于系统补偿的长丝短纤维复合纺纱方法》的重要内容，就长丝预加张力、纺纱张力及复合三角区平衡力矩组成的力学系统对 Sirofil 成纱结构性能的影响进行了系统的理论研究与实验分析，特别对 Sirofil 纱的“剥毛”性能进行了机理分析，并研制出系统补偿装置以解决纱线的结构稳定性问题，研制出复合纱抗“剥毛”测试仪测试 Sirofil 纱的抗“剥毛”性能。这些对人们进一步深入掌握 Sirofil 纱的结构和性能、提高织机机台效率、开发出理想的 Sirofil 纱轻薄面料具有重要的理论意义和现实意义。

本文的研究内容《赛络菲尔纺纱模量补偿装置》以及《复合纱抗剥毛测试仪》已申请了国家发明专利；由本文研究内容所承担的科研项目《基于系统补偿装置的长丝短纤维纱复合纺纱方法》已于 2000 年 10 月 30 日通过了上海市教委鉴定，专家组一致认为达到国际领先水平。

第二章 Sirofil 纺成纱机理及“V”形区纱线捻度结构分析

有关 Sirofil 复合纱的成纱机理，很少有文献报道，但对 Sirospun 纱线的成纱机理及产品性能有较多文献报道。由于 Sirofil 是从 Sirospun 演变而来，一般认为 Sirofil 成纱机理与 Sirospun 相似。但由于短纤维和长丝两组分力学性质不同，Sirofil 纱的成纱机理与 Sirospun 亦有不同之处。

在 Sirofil 纺纱过程中，由于短纤维须条和长丝两组分之间存在间距，因此在捻度自下向上传递过程中，在前罗拉下游必然形成一“Y”形交汇区，汇聚点的上方分别为短纤维须条单纱和长丝，下方则是 Sirofil 成纱，我们称此交汇区为“V”形区。

捻度是影响 Sirofil 纱线结构、性能的重要因素。适当增加 Sirofil 成纱中单股纱捻度，将有助于纤维之间的抱合，提高纱线的抗“剥毛”性能。国内外研究的多是 Sirospun 纱的捻度^[20]，认为其两根须条单纱中的捻度为假捻，即使有少量的捻度也是由于加捻过程中捻度传递的不稳定造成的。由于 Sirofil 的成纱过程与 Sirospun 相似，因此，有关 Sirospun 的捻度研究也适用于 Sirofil 纱。但 Sirofil 纱由于长丝的引入，其捻度结构有自己的特殊性。

本章将讨论 Sirofil 纱的成纱机理，并就 Sirofil 纺“V”形区的捻度传递及纱线捻度分布结构作详细分析。

为了表述方便，我们规定汇聚点上方的短纤维须条称为单纱，下方的 Sirofil 纱线称为成纱，Sirofil 成纱中的短纤维纱称为单股纱。

2.1 Sirofil 纺成纱机理及表面纤维圈结

2.1.1 Sirofil 纺成纱机理

Fmmauel 和 Plate^[6]等人曾建立 Sirospun 纱“Y”形交汇区中纱线的几何和力学状态的力学模型（如图 2-1 所示）：假设在交汇前后单纱的截面保持一致（均为圆形），且忽略单纱的刚度，则此模型可以归纳为二个方程：

$$f = \frac{F}{2\cos\alpha} ; \quad m = \frac{M - FRt\alpha}{2\cos\alpha}$$

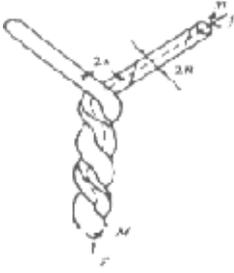


图 2-1 “Y”形交汇区
受力分析示意图

上式中： F 、 M 是纱线的张力和力矩， R 为单纱半径， F 、 M 、 R 为可计算已知量； f 、 m 为交汇区上方单纱的张力和扭矩， α 为交汇角之半， f 、 m 、 α 为待求量。Miao 等^[36]认为此模型虽然给出了双纱纺中的两个最重要的力学条件，但由于方程数目少于待求量（ f 、 m 、 α ），所以无法求解。

图 2-2 为 Sirofil 纺“V”形区汇聚点处的受力分析图。在 Sirofil 纺纱过程中，由于长丝与短纤维介质模量不同，需要对其受力分别处理，为此，假设汇聚点处于平衡、稳定状态，则汇聚点处的力学关系如下^[37]：

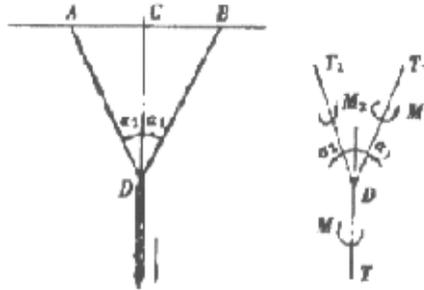


图 2-2 Sirofil 纺汇聚点处受力分析图

$$T_1 \cos\alpha_1 + T_2 \cos\alpha_2 = T \tag{2-1}$$

$$T_1 \sin\alpha_1 - T_2 \sin\alpha_2 = 0 \tag{2-2}$$

$$M_1 \cos\alpha_1 + M_2 \cos\alpha_2 + (T_1 \sin\alpha_1 + T_2 \sin\alpha_2) \frac{d}{2} = M \tag{2-3}$$

式中： T 为纺纱张力， T_1 、 T_2 与 M_1 、 M_2 分别为单纱和长丝上所受的张力和扭矩， α_1 、 α_2 分别为单纱和长丝与成纱延长线的夹角， M 为加捻扭矩， d 为成纱直径。

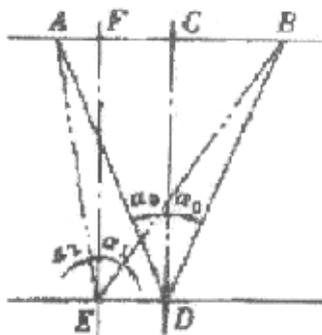
其中， $0^\circ \leq \alpha_1 < 90^\circ$ ， $0^\circ \leq \alpha_2 < 90^\circ$ ， α_1 和 α_2 不可能同时为 0，解 (2-1)、(2-2)、(2-3) 三个等式得：

$$T_1 = \frac{T \sin \alpha_2}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}, \quad (2-4)$$

$$T_2 = \frac{T \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \alpha_2)}, \quad (2-5)$$

$$M_1 \cos \alpha_1 + M_2 \cos \alpha_2 = M - \frac{\tan \alpha_1 \cdot \tan \alpha_2}{\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2} \cdot T \cdot d, \quad (2-6)$$

当单纱和长丝处于对称位置，即 $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_0$ 时，模拟实验发现，如果纺纱张力产生的力矩和加捻力矩平衡，这时汇聚点相当于捻陷点，单纱和长丝上并没有捻度。这表面在该状态下， $M_1 + M_2 = 0$ 。但在实际纺纱过程中，由于纺纱张力的波动以及单纱内短纤维的随机分布不匀，很难保持纺纱张力产生的力矩和加捻力矩处于平衡的状态，因此，单纱和长丝的汇聚点位置不断地变化，处于忽左忽右、忽上忽下地运动中。



2-3 汇聚点抖动示意图

如图 2-3 所示，设某瞬时，并合点从图中的 D 点横向移动到 E 点，这时， $\alpha_1 \neq \alpha_2$ ， $M_1 \cos \alpha_1 + M_2 \cos \alpha_2 \neq 0$ ，这就意味着单纱和长丝上有扭矩存在，必然产生捻度。

至于 Sirofil 纱“V”形交汇区汇聚点以上单纱和长丝以及成纱中单股纱和长丝上的捻度结构在下面将有详细分析。

2.1.2 表面纤维的圈结

Sirofil 复合纱中毛羽较少，除长丝自身的原因外，长丝与单纱表面纤维的圈结也是重要原因之一。

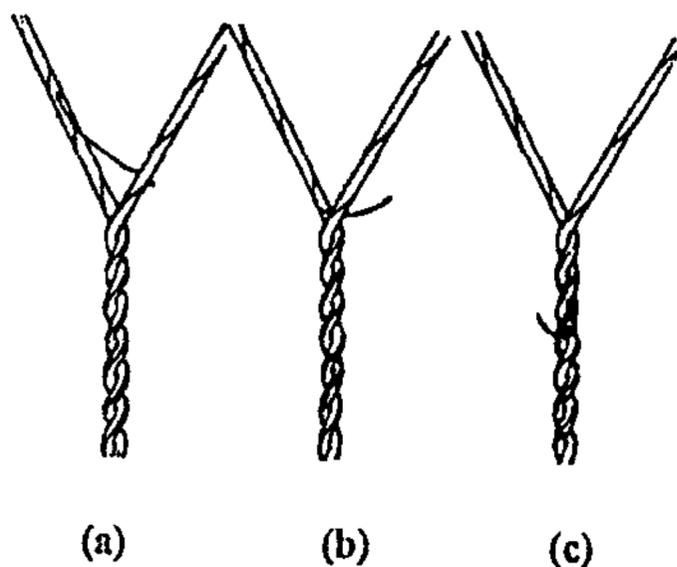


图 2-4 单股纱表面纤维圈结过程^[9]

Sirofil 纺纱过程中，长丝对相邻须条单纱表面纤维的圈结也可用图 2-4 形象说明：由于“V”形交汇区中扭矩和张力的作用，在汇聚点形成了力和力矩的平衡，如该平衡以某种方式破坏（如捻度平衡机械干扰装置的作用，或两组分介质模量的变化，或由于纱线捻度的变化等）都会使单股上产生捻度，单股纱产生捻度并沿单股纱的轴向向前移动至汇聚点。由于须条单纱和长丝之间的间隙有限，须条单纱上任何旋转的、伸出的纤维头端都可能碰到邻近的长丝，因而妨碍其进一步旋转并被相邻的长丝捕捉。最后，这些伸出的纤维大多被夹在须条和长丝之间。

Handwritten notes in the right margin: 捻度平衡机械干扰装置的作用, 捻度平衡机械干扰装置的作用, 捻度平衡机械干扰装置的作用, 捻度平衡机械干扰装置的作用, 捻度平衡机械干扰装置的作用.

2.2 Sirofil 成纱中单股纱和长丝的捻度分析

2.2.1 理论计算

a. Sirofil 成纱中的单股纱捻度

对于 Sirospun 纱中单股纱捻度与成纱捻度关系，文献^[38]给出如下关系式：

$$t_1 = T_1 \cos^2 \beta_1 \tag{2-7}$$

式中： t_1 —成纱中单股纱捻度；

T_1 —Sirospun 成纱捻度；

β_1 —单股纱轴线与成纱轴线间的夹角。

由于 Sirofil 成纱机理与 Sirospun 相似，因此捻度传递也基本相似。所不同的是 Sirofil 纱两组分中长丝与单纱直径以及介质模量等性质不

Handwritten notes in the right margin: 捻度传递也基本相似, 捻度传递也基本相似.

同，因此两组分捻度应存在差异。

b. Sirofil 成纱中两组分的捻度比较

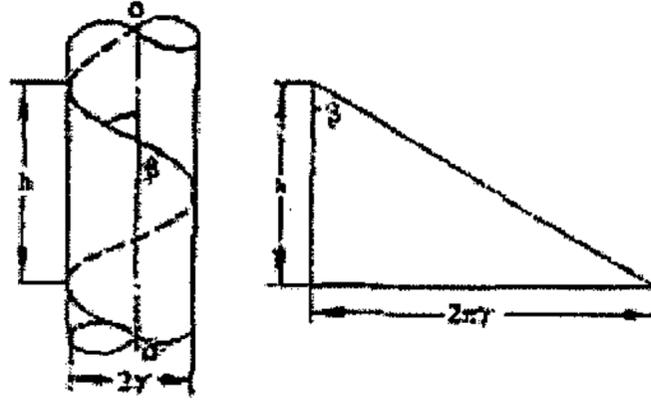


图 2-5 螺旋线展开示意图

Sirofil 成纱截面基本呈圆形，且长丝和短纤维纱各位于成纱一侧。将圆柱螺旋线展开，如图 2-5 所示，则有：

$$\cos\beta = \frac{1}{\sqrt{1+4\pi^2\gamma^2T^2}} \quad (2-8)$$

式中：T—Sirofil 成纱捻度；

将 (2-8) 代入 (2-7)，则有：

$$t_1 = \frac{T}{1+4\pi^2\gamma_1^2T^2} \quad (2-9)$$

$$t_2 = \frac{T}{1+4\pi^2\gamma_2^2T^2} \quad (2-10)$$

式中： γ_1 —长丝轴线距 Sirofil 成纱轴心的距离；

γ_2 —单股纱轴线距 Sirofil 成纱轴心的距离；

t_1 —成纱中长丝上的捻度；

t_2 —成纱中单股纱上的捻度。

在 Sirofil 成纱中，由于长丝直径远小于单股纱的直径， $\gamma_1 > \gamma_2$ ，故在理论上应有 $t_1 < t_2$ ，即 Sirofil 成纱中长丝捻度应小于单股纱捻度。

2.2.2 实际测试结果及分析

2.2.2.1 测试方法的选择

要想正确测出 Sirofil 纱线中单股纱和长丝的捻度，首先应将两者完

全分离。但由于 Sirofil 纱线和单股纱同步加捻的特殊性，若退捻不正确，则很可能在对股线进行退捻的同时，也使单股纱上捻度减少。因此，正确的方法应是夹持住 Sirofil 成纱两股中的某一股，将另一股从 Sirofil 成纱上退去。

对于捻度的测试方法，文献^[39]运用数理统计理论分析了测试 Sirospun 纱线捻度的两种方法，结果表明退捻加捻法和退捻平行法（直接计数法）测试的结果是一致的。由于 Sirofil 与 Sirospun 的成纱方法相似，因此，本文采用退捻加捻法测试 Sirofil 纱线的捻度。

2.2.2.2 结果与分析

表 2-1 Sirofil 成纱中长丝组分捻度

1200	1050	1115	1115	1164	1129	1233	1115	1080	1175
1020	998	1030	975	1120	1086	1208	1078	1088	1008
1154	965	1152	1085	1146	1015	976	1035	1012	1052

表 2-2 Sirofil 成纱中单股纱组分捻度

966	1188	1058	1188	1030	1129	1147	996	1082	1052
973	1160	1090	1176	1122	1108	1045	1176	975	1095
1110	1230	1153	968	1016	1012	1157	1034	1069	1152

表 2-1 和表 2-2 分别为 Sirofil 成纱中长丝组分和短纤维单股纱组分捻度，其平均值分别为 1086 T/m 和 1088 T/m，Sirofil 成纱捻度为 1141 T/m。由上面测试结果可知，单股纱和长丝上捻度均小于 Sirofil 成纱捻度，约是成纱捻度的 95%，与公式 (2-10)、(2-11) 的计算结果相符。

2.3 “V”形区汇聚点上方单纱和长丝捻度分析

2.3.1 理论分析

下面通过对 Sirofil 加捻过程的分析，从理论上阐明在加捻过程中，Sirofil “V”形区汇聚点以上单纱和长丝同时也获得捻度，且捻向与成纱相同。

如图 2-6 所示，为汇聚点处 Sirofil 纱线结构示意图^[40]。假设单纱和长丝截面为圆形，则成纱中单股纱和长丝轴线为圆柱形螺旋线。设股线转动角速度为 ω ，向下移动的速度为 V ，单纱或长丝进入 Sirofil 成纱的

移动线速度为 V_p 。对于单纱圆柱形螺旋线上某点 P ，可分解成三个基本矢量，即切线矢量 \vec{a} ，主法向矢量 \vec{h} 和副法向矢量 \vec{b} 。

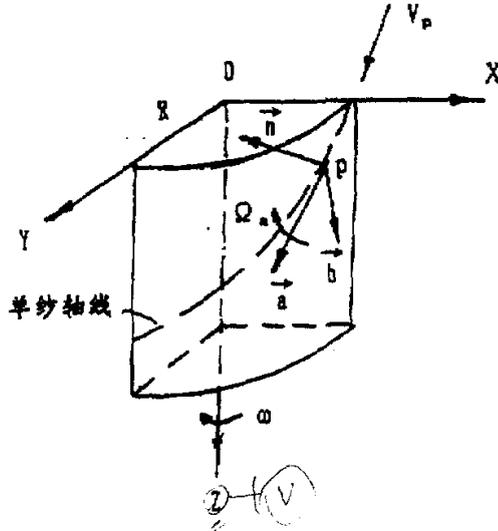


图 2-6 汇聚点纱线结构示意图

当 P 点速度 V_p 进入圆柱螺旋线时，其瞬时转动角速度 Ω 为：

$$\vec{\Omega} = (\lambda \vec{a} + \tau \vec{b}) \times V_p,$$

式中， λ 、 τ 分别为曲线的挠率和曲率。其中，

$$\lambda = \frac{h}{R^2 + b^2}; \quad \tau = \frac{R}{R^2 + b^2}$$

其中： R —圆柱面半径，即纱线的半径；

h —螺旋线螺距， $h = 0.5\pi T_p$ ；

T_p —成纱捻度。

瞬时转动矢量在曲线切线方向的分量 Ω_a 为：

$$\Omega_a = \vec{\Omega} \times \vec{a} = \lambda \times V_p,$$

Ω_a 的物理意义，即为当单纱或长丝在汇聚点处以 V_p 速度进入成纱时，单纱或长丝横截面绕单纱或长丝轴线的转动角速度。单纱或长丝在汇聚点处受到扭转而变形。

由于扭转扰动在纱线中的传播速度一般为 $3000 \sim 6000 \text{m/min}^{[41]}$ ，远大于单纱或长丝的移动线速度 V_p ，因此捻度将向上传递，使得从汇聚点到前罗拉钳口间的单纱或长丝获得真捻。同时，由于 Ω_a 的矢量方向与

V_p 方向间的关系，同 ω 的矢量方向与 V 的方向的相互关系一致，因此单纱或长丝上所获捻度的捻向与成纱的捻向相同。

2.3.2 理论计算^[4]

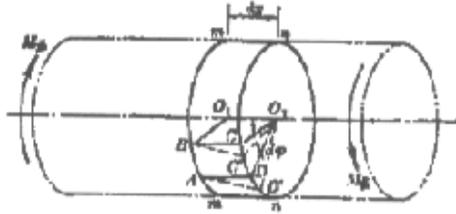


图 2-7 纱段扭矩分析图

如图 2-7 所示，根据材料力学方法取汇聚点以下纱段微元 d_x ，其两端所受力矩为 M_x ，相对扭转角为 d_θ 。则距轴线 r 处的剪应力 τ_r 为：

$$\tau_r = Gr \left(\frac{d_\theta}{d_x} \right) = 2\pi GrT \quad (2-11)$$

式中： G —材料的剪切模量，与材料的性质及纱线的紧密度有关。

纱条扭转时，横截面上的扭矩由无数微元剪力对圆心之扭矩组成，即：

$$M_x = \int_A r \tau_r dA = 2\pi TG \int_A r^2 dA = 2\pi TG I_p \quad (2-12)$$

式中： $\int_A r^2 dA$ 为极惯性矩，以 I_p 表示。

若长丝半径为 r_1 ，在 Sirofil 成纱中的截面积为 A_1 ，成纱半径为 R ，单股纱在成纱中的截面积为 A_2 ，则有：

$$\int_{A_1} r^2 dA = \int_0^\theta d\theta \int_{R-2r_1}^R r^3 dr = 4r_1\theta(R-r_1)(R^2+2r_1^2-2Rr_1) \quad (2-13)$$

$$\int_{A_2} r^2 dA = \int_A r^2 dA - \int_{A_1} r^2 dA = \frac{\pi R^4}{2} - 4r_1\theta(R-r_1)(r^2+2r_1^2-2Rr_1) \quad (2-14)$$

将 (2-13)、(2-14) 分别代入 (2-12) 得到：

$$M_{z_1} = 8\pi TG r_1 \theta (R - r_1) \times (R^2 + 2r_1^2 - 2Rr_1) = 2\pi TG_1 I_{p_1} \quad (2-15)$$

$$M_{z_2} = 2\pi TG_2 \left[\frac{\pi R^4}{2} - 4r_1\theta(R-r_1) \times (R^2 + 2r_1^2 - 2Rr_1) \right] = 2\pi TG_2 I_{p_2} \quad (2-16)$$

式中： M_z —汇聚点以下长丝所受扭矩；

G_1 —汇聚点以下长丝的剪切模量；

M_{z_2} —汇聚点以下单股纱所受的扭矩；

G_2 —汇聚点以下单股纱的剪切模量；

I_{P_1} —长丝的极惯性矩；

I_{P_2} —单股纱的极惯性矩。

汇聚点处两组分相互摩擦产生捻陷作用。当捻陷存在时纱条上捻度分布规律为^[42]：

$$t - t' = \frac{k'S(e^{k\mu\alpha} - 1)}{k\mu} \quad (2-17)$$

式中： t —汇聚点以下单股中的捻回；

t' —汇聚点以上单股中的捻回；

S —汇聚点以上单纱和长丝张力；

α —摩擦包围角；

μ —摩擦系数。

(2-17) 式中， $k' = \frac{r\mu \sin(\beta)}{2\pi G_1 I_{P_1}}$ ， $k = \cos\beta^d$ ，

式中： β^d —汇聚点处单股上的捻回角；

r —单股纱或长丝半径。

由力的平衡知，短纤维须条和长丝上张力大小相等。将(2-9)、(2-10)代入(2-17)式，并求解，可得“V”形区汇聚点以上短纤维须条单纱及长丝上的捻度分别为：

$$t_1' = \frac{T}{1 + 4\pi^2 r_1'^2 T^2} - \frac{r_1 \sin \beta_1}{2\pi G_1 I_{P_1} \cos \beta_1} S(e^{\mu\alpha_1 \cos \beta_1} - 1); \quad (2-18)$$

$$t_2' = \frac{T}{1 + 4\pi^2 r_2'^2 T^2} - \frac{r_2 \sin \beta_2}{2\pi G_2 I_{P_2} \cos \beta_2} S(e^{\mu\alpha_2 \cos \beta_2} - 1)。 \quad (2-19)$$

由(2-18)、(2-19)式可知，汇聚点以上须条单纱和长丝上捻回大

小与两组分剪切模量 G 、汇聚点处捻回角 β 、半径 r 有关。

2.3.3 实际结果

在 Sirofil 纺纱过程中，由于单纱和长丝在加捻的同时还在作轴向运动，因此很难观察其捻回的传递过程。为此，我们模拟不作轴向运动的 Sirofil 加捻试验。

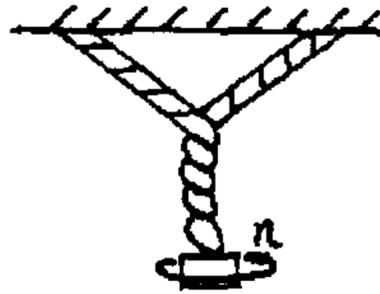


图 2-8 不作轴向运动的 Sirofil 加捻模拟图

如图 2-8 所示，将单股纱和长丝的一端固定，另一端加捻，观察“V”形区汇聚点上方单纱和长丝上捻度分布情况。

结果发现，单纱和长丝上均存在明显捻回，并且当汇聚点稳定时，“V”形区上方单纱和长丝上的捻回数不变。比较羊毛单纱和长丝上的捻回数大小，发现羊毛单纱中传递的捻回数要大于长丝中传递的捻回数，说明捻度传递与组分材料性能有关。长丝组分由于剪切刚度大、汇聚点处捻回角小、半径小，导致最终传递的捻回数小于须条单纱。

捻回传递

$G \uparrow$ 后一项 \downarrow 大 \uparrow
 不如前者

第三章 须条与长丝间距大小对 Sirofil 成纱结构性能的影响

在所有影响 Siro 系列纱成纱结构性能的工艺参数中，间距是不同于传统环锭纺的一个参数，亦是最重要的参数。几乎所有的文献都认为存在一个最佳成纱间距，但对最佳成纱间距的大小却是众说纷纭。PLATE^[8]认为是 14mm，Salhotra^[10]认为是 4mm，文献^{[11][12][13][14]}认为是 9mm，而文献^[15]则认为是 10mm 或 12mm，差异较多，这主要是因为纺纱用的原料、试样加工系统有差异造成的。

在 Sirofil 纺纱过程中，间距是指长丝与短纤维须条在前罗拉端口处的距离。

本章将研究不同间距条件下的 Sirofil 成纱结构与性能，并得出毛型 Sirofil 纺最佳成纱间距。

3.1 实验

3.1.1 原料及成纱工艺参数

3.1.1.1 原料

粗纱—毛/涤 50/50

其中：毛纤维-64^s，涤纶短纤维-2.5D

长丝—100D 普通涤纶长丝

3.1.1.2 工艺参数

长丝预加张力—20g；捻度—590T/m；

间距大小—4、8、12、16mm

3.1.2 实验分析方法

其它工艺参数相同，在须条与长丝间距分别为 4、8、12、16mm 条件下，试纺 Sirofil 纱，观察纱线的纵、横向结构，测试成纱性能，并作比较分析，得出 Sirofil 最佳成纱间距。

3.1.3 纱线结构性能测试

3.1.3.1 纱线外观结构测试

采用美国科视达三维视频摄像系统对 Sirofil 纱线横、纵向结构进行观察。

3.1.3.2 性能测试

采用长岭系列纱线性能测试仪器测试 Sirofil 纱线强伸性、毛羽数及条干均匀度。

3.2 结果与分析

3.2.1 纱线横、纵向结构分析

当须条与长丝的间距变化时, Sirofil 纱横向结构变化不大, 长丝一般都位于横截面一侧, 且长丝与毛/涤短纤维在横截面上表现为两种独立成份, 这是因为两种成份在并合加捻前都具有一定的捻度, 因此在汇聚点处加强捻时, 彼此均很难再进入对方结构中, 只能以螺旋线形式互相包缠。

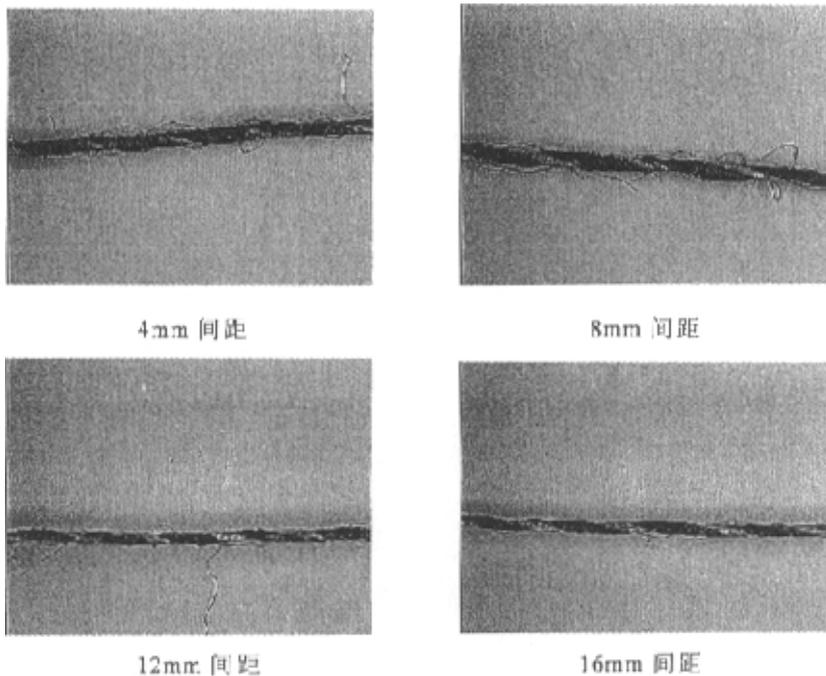


图 3-1 不同间距下 Sirofil 纱纵向外观图

图 3-1 为不同间距下的 Sirofil 纱纵向外观图。Sirofil 纱纵向皆呈

螺旋形外观，间距越大，则“V”形区夹角越大，成纱螺旋角 γ 也越大，故间距在 8、12、16mm 时，螺旋形外观更明显。因为在 4mm 间距下，由于间距很小，纱线外观更接近毛/涤包芯纱。

在不同间距下，纱线横向紧密度也有差别。间距为 12 和 16mm 时纱线的紧密度要大于 4 和 8mm 间距时纱线的紧密度，亦即前者直径系数 k_d ($k_d = d \times \sqrt{N_m}$, d 、 N_m 分别为纱线直径和支数) [43] 小于后者。因为，随着间距增大， γ 会增大，当 γ 达到 γ_{max} 时，成纱中单股纱捻度达到最大值，由公式 $T_1 = T \cos(\gamma/2)^2$ [38]，

其中： T_1 为单股纱捻度； T 为成纱捻度； $(\gamma/2)$ 为成纱轴线与须条单纱轴线间夹角，即“V”形区夹角的半数。在间距为 12 和 16mm 时，由于 γ_{max} 变大，Sirofil 成纱中毛/涤单股纱上捻度大，截面变细，导致 Sirofil 成纱直径系数变小，纱体结构更紧密。

另外，从图 3-1 还可以看出，当比较间距为 12、16mm 和 4、8mm 的纱线表面时，发现前者纱线表面的光洁程度要好于后者，这一方面是由于间距的增大减少了纱线毛羽（见本节 3.2.3），另一方面是因为间距增大使 Sirofil 纱体包缠的更紧密。

3.2.2 纱线强伸性分析

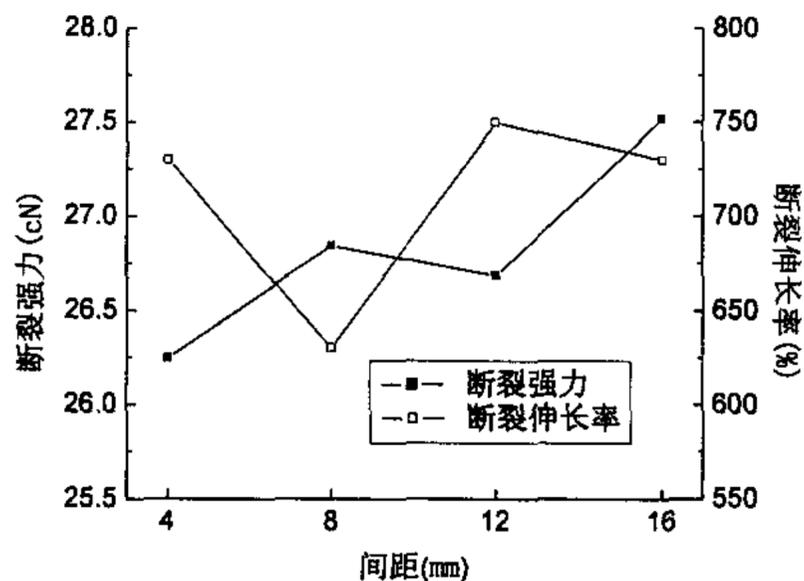


图 3-2 不同间距下 Sirofil 纱强伸性比较

图 3-2 为不同间距下的 Sirofil 纱强伸性比较图。由图可知，间距从 4mm 变化至 16mm，强力先增大、后减小、再增大，伸长先减小、后增大、再减小，且间距为 16mm 时纱线强力最大，间距为 8mm 时伸

长最小。这是因为，当间距增大时，毛/涤粗纱须条上所得捻回增多^[14]，纤维内、外层转移充分，纱线受力时强力利用系数高，对强力贡献大，同时，纱线直径系数小，抱合紧密（见本章 3.2.1），相互间不容易滑动。而间距增大到 16mm 时，须条单纱段长度变长，短纤维在纺纱张力作用下充分伸直，须条中伸直纤维的比例增大，对成纱伸长不利，且纱线抱合紧密时亦不利于伸长，因此，纱线断裂伸长率的变化规律正好和强力相反。纱线的伸长由纤维间的滑移、纤维本身的伸长、纱线直径变细而导致的伸长三部分组成。在间距很小的时候，由于 γ 小，纤维间抱合较松，拉伸时纤维间滑移而导致的伸长是纱线伸长的主要部分；随着间距的增加， γ 变大，成纱螺旋角增大，纱体结构紧密，纤维滑移逐步减少，断裂伸长率减少，在 8mm 时，伸长最小。随着间距再增加，纱线的伸长以纱线直径变细、成纱螺旋角变小而导致的伸长占主导地位。所以，在 8mm 以后，随着间距增加，断裂伸长率亦相应增加。

3.2.3 纱线毛羽分析

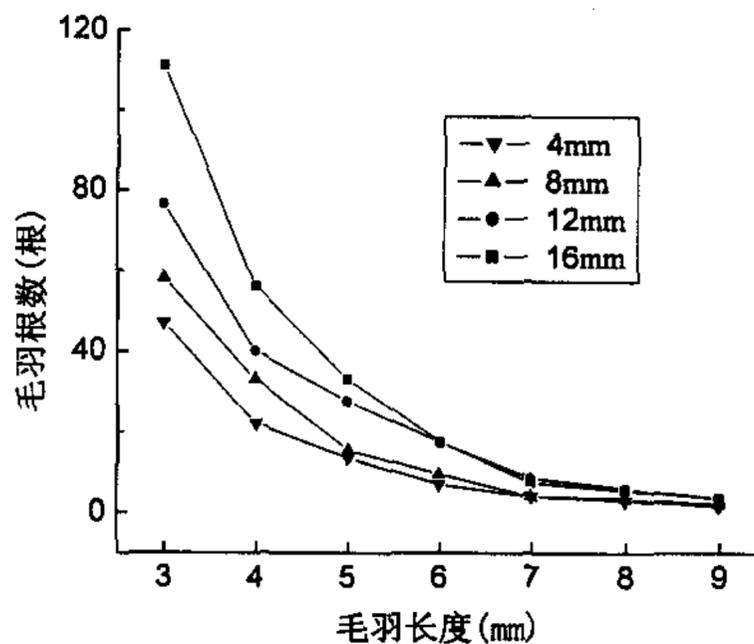


图 3-3 不同间距下 Sirofil 纱毛羽比较

图 3-3 为不同间距下 Sirofil 纱毛羽比较图。由于短毛羽对 Sirofil 纱织造性能影响不显著，故只比较 3mm 长度以上的毛羽。对于 Sirospun，一般，除了在低捻度和高锭速时，增加粗纱须条间距都会降低毛羽数目^[17]。由图 3-3 可知，Sirofil 纱毛羽数目随粗纱与长丝间距

的增大也呈下降趋势，在间距为 16mm 时，毛羽最少。当间距增大时，一方面，须条段得到的捻回大，成纱中单股纱获得的捻度也增大，由于须条中短纤维之间的相互转移，能有效地对须条单纱表面纤维进行圈结，可以降低毛羽；另一方面，间距增大，成纱段“V”形区的夹角增大，长丝捕捉短纤维毛羽的机会增大，也利于减少毛羽。因此，Sirofil 纱毛羽随间距增大呈减少趋势。

3.2.4 纱线条干均匀度分析

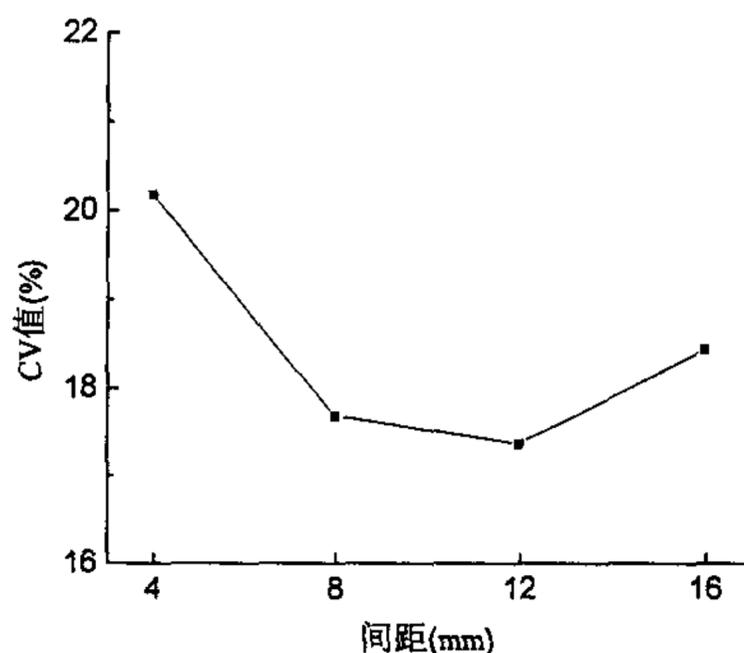


图 3-4 不同间距下 Sirofil 纱条干均匀度比较

图 3-4 为不同间距下的 Sirofil 纱条干均匀度比较图。须条与长丝间距是影响 Sirofil 成纱条干的重要因素，由上图可知，它对条干不匀的影响是非单调性的。当间距适当增大时，有利于成纱条干，但当间距继续增大时，则条干均匀度恶化。当间距为 4mm 时，由于间距很小，Sirofil 纱的成纱过程近似于毛/涤环锭纺包芯纱的成纱过程，由于单粗纱和长丝复合时成纱不够紧密，单股纱在长丝上可能会产生滑移，因此条干差。当间距从 4mm 增加到 8mm 时，成纱较紧密，纱体结构稳定，Sirofil 纱的成纱过程近似趋向于股线的成形过程，长丝的引入有利于消除毛/涤单纱的条干不匀，故条干趋好。而当间距从 8mm 增大到 16mm 时，条干又变差，原因可能是，间距很大时，“V”形区中单纱段长度过大，单纱受力较大，此时单纱易产生意外牵伸，细节增多，导致条干不匀。另外，通过观察 Sirofil 成纱过程，发现当间距为 16mm

时，成纱段在前罗拉钳口对粗纱须条边缘纤维的控制减弱，由于吸风槽的作用，边缘毛、涤短纤维很容易被吸走，从而在纱线上产生细节，由于纺纱过程的连续性，吸入的短纤维又可能被成纱带出，从而又在纱线表面产生粗节，此粗、细节产生过程是非周期性的，它的存在使纱线条干进一步恶化。

3.3 结论

3.3.1 间距大小变化引起“V”形区夹角和单纱段长度的改变以及纱线捻度的重新分布，它是导致 Sirofil 成纱结构性能改变的根本原因。

3.3.2 间距大小的变化对 Sirofil 纱横、纵向结构影响不大，但使纱线紧密度和直径系数 k_d 产生差异。间距为 12 和 16mm 时的纱线直径系数要小于间距为 4 和 8mm 时的纱线直径系数，即后者纱线外观相对于前者更显蓬松，且前者纱线的光洁度好于后者。

3.3.3 当间距从 4mm 变化到 8、12、16mm 时，强力经历先增大、后减小、再增大的变化过程，而断裂伸长率的变化过程正好和强力相反。

3.3.4 毛羽数目随间距的增大呈下降趋势，间距 16mm 时 Sirofil 纱的毛羽最少。

3.3.5 间距对均匀度的影响是非单调的，过大或过小的间距都会使 Sirofil 纱条干变差。

3.3.6 综合考虑成纱结构与性能，在其它参数相同时，Sirofil 最佳成纱间距为 12-16mm，这与目前企业采用的间距为 14mm 的工艺参数一致。

一致
2012.10

第四章 复合纱抗“剥毛”测试装置及 Sirofil 纱“剥毛”机理

为了保证后道织造顺利进行,经纱需要具有良好的强力、耐磨性和光洁的表面。在织机往复机件的反复摩擦下,短纤维纱线表面纤维容易脱落,所以很少将短纤维纱线直接用作经纱。在精梳毛纺中,一般是将单纱并合成股线,以降低纱线的毛羽度,提高耐磨性,作经纱用。但是捻线工艺路线很长,生产成本亦较高。

采用 Sirofil 纺纱工艺,可以从粗纱直接生产出类似于股线的产品,用作经纱,因而工艺路线大大缩短。但目前, Sirofil 纺纱技术还存在着三大问题,即“剥毛”、手感板结、残余扭矩,尤其是“剥毛”问题成为 Sirofil 技术推广的最大障碍。手感板结可采用使用细旦长丝及提高短纤维包覆率的方法来改善;对于 Sirofil 复合纱的残余扭矩,吴雄英^[1]已从机理及实践上予以解决;但对 Sirofil 纱的“剥毛”问题,至今仍没有有效的解决方法。

Sirofil 纱“剥毛”是指纱线在后道加工过程中受纱线或机械装置的磨损作用,短纤维从纱线中被剥离,形成毛茸;继续磨损,则毛茸逐渐聚集,形成毛球;随着磨损的加剧,毛球越聚越大,短纤维和长丝被完全剥离,最终在纱线上形成一段裸丝。我们把 Sirofil 纱线在织造过程中的起毛、起球及形成裸丝的特性称为 Sirofil 纱的“剥毛”性能。Sirofil 纱线抵抗“剥毛”的特性称为纱线的抗“剥毛”性能。

分析研究 Sirofil 纱线的“剥毛”性能,应有相应测试纱线“剥毛”性能的仪器及评价方法。目前,用于测试织物耐磨性能的仪器很多,而对于纱线的耐磨性能,却没有相应的测试仪器和标准。因此,在研究 Sirofil 纱线的抗“剥毛”性能之前,首要工作是研制相应复合纱“剥毛”测试装置,对测试装置进行系统的标定,并对测试结果进行表征。

4.1 复合纱抗“剥毛”测试装置

对于纱线的耐磨性能,Flory^[44]介绍了一种通过纱线之间相互磨损的方法来评价耐磨性能的装置,并且证明如果测试条件选择恰当,则

能用该仪器得到可靠的测试结果。Ding Xin^[45]等撰文介绍了一种测试包芯纱耐磨性能的方法，用该方法能实现连续测定摩擦包芯纱的耐磨性能。目前还未见专门用于复合纱耐磨性能的测试仪器。

4.1.1 对装置的要求

由织造学可知^[46]，纱线在织造过程中主要受到三方面的摩擦作用：纱线和织机综丝的摩擦、纱线和织机钢筘的摩擦以及纱线之间的相互摩擦。为了很好地模拟纱线实际织造过程中所承受的摩擦作用，要求此装置应能反映纱线所承受的这三种摩擦。另外，从实验角度考虑，要求仪器要操作方便，测试结果具有重现性，离散小。

4.1.2 仪器的构造及操作

4.1.2.1 仪器的构造

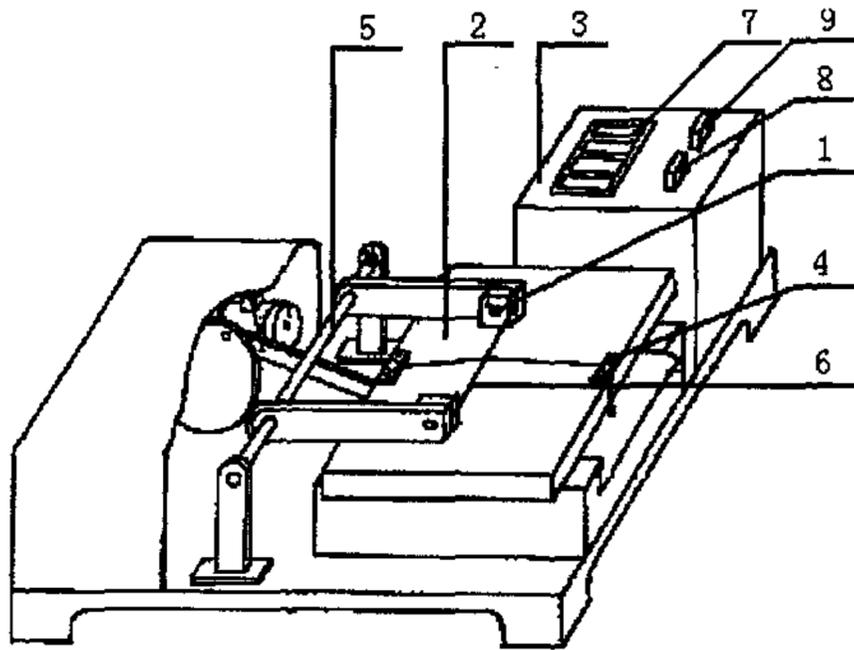


图 4-1 复合纱抗“剥毛”测试装置示意图

如图 4-1 所示，本测试装置主要由可变换磨料盘 1、往复动程固位平台 2、驱动控制面板仪 3、及预加张力夹头 4 组成。

可转动换料盘 1 为两个长 1.5-2.0cm、厚 0.3-0.5cm 的金属方块，中心连有轴，固定在支架 5 上，支架通过固位平台固定于仪器壳体上。磨料 6 横跨两可转动换料盘，固定在可转动换料盘上，转动可转动换料盘，可替换不同的磨料。磨料分别由三种物质安装而成，即复合纱、综及筘，以模拟实际织造时纱线与纱、综及筘的摩擦情况。磨料长度为 30cm，安装时使磨料伸直而不伸长。

往复动程固位平台 2 上有两预加张力夹头 4, 两夹头相距 25-30cm, 与磨料高度差为 1-2cm, 使复合纱经磨料后在两端固定, 并使复合纱与平台平面形成一定角度差, 在复合纱固紧前, 用预加张力夹头对复合纱施加预加张力后再固紧, 预加张力大小与纱线实际织造时的张力相当。

往复动程固位平台由驱动马达及曲柄驱动往复运动, 往复位移 10-15cm, 使纱线不断往复运动, 开、停机由驱动控制面板仪控制。

驱动控制面板仪 3 由电子计数器 7、计数器复位键 8 及开关键 9 组成, 与马达相连, 记录马达转动圈数, 即往复动程固位平台的往复次数, 亦为复合纱与磨料的往复动程摩擦次数。

4.1.2.2 仪器的操作

本仪器的操作过程: 将计数器复位键复位至 0, 选择纱、综或笄磨料, 固位端将纱与磨料接触后, 用预加张力夹头施加预加张力, 固紧两端, 启动控制面板控制开关, 观察复合纱受磨损情况, 或起毛起球时记录计数器往复次数, 或长丝裸露于纱线表面时记录计数器次数, 或在一定的往复磨损次数下, 比较复合纱“剥毛”、起毛绒及起毛粒程度, 以评价复合纱抗“剥毛”性能。

4.1.3 本仪器的优点

a. 可在同一仪器上实现三种复合纱线摩擦磨料的转换, 充分考虑到织造过程中可能出现的纱线磨损情况。

b. 复合纱与磨料摩擦时的张力大小、张角大小与织造时情形相近, 接近纱线实际织造情况。并且可以通过调节磨料高度, 反映织造过程中提综时纱线与综丝的摩擦状况。

4.1.4 实验参数

本测试装置的实验参数主要有纱线预加张力、纱线与磨料的包围角、测试速度、测试环境的温湿度等。其中, 纱线预加张力是最主要

的实验参数。

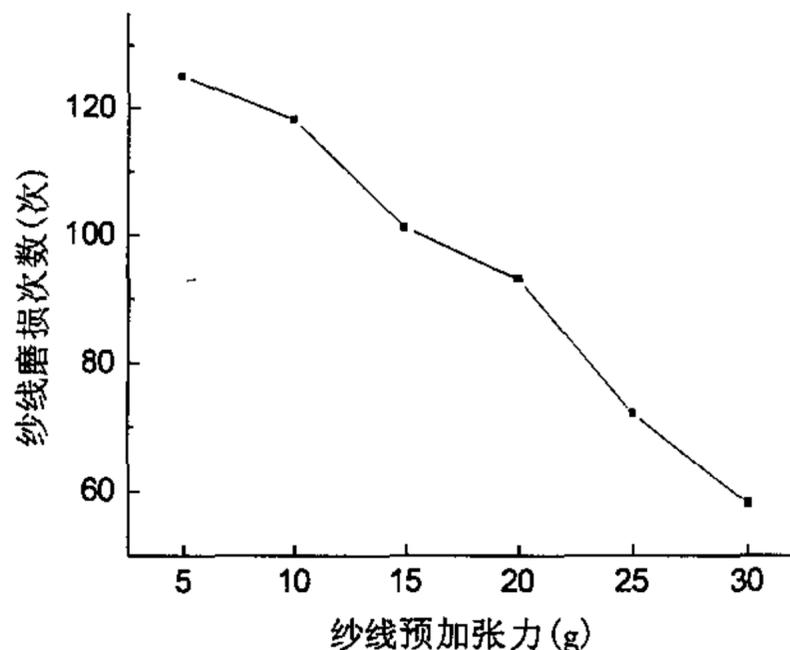


图 4-2 纱线预加张力与耐磨次数的关系

图 4-2 为纱线预加张力与纱线磨损次数的关系，从图中可以看出，随着预加张力的增大，纱线耐磨损次数逐渐减少。这是因为纱线预加张力越大，磨损时，磨料对纱线的作用力也越大，显然增强了对纱线的作用强度，使纱线耐磨次数降低。

纱线与磨料的包围角可以反映织造过程中纱线的弯曲程度。很明显，包围角越大，纱线受磨损强度越大。

4.1.5 测试结果的表征

4.1.5.1 表征方法

要测试复合纱的抗“剥毛”性能，首先应建立评价纱线耐磨强度的标准，即如何对结果进行表征的问题。根据国内外研究结果^{[35][44][45][47][48]}，结合本装置的特点，我们总结出如下几种表征结果的方法：

a. 间接法：在磨损次数一定的情况下，测试纱线的结构形态和力学性能，用纱线磨损后的结构形态力学性能测试结果间接反映纱线的抗“剥毛”性能；

b. 直接法：确定纱线的表面形态特征，在纱线磨损后表面形态相同的条件下，记录纱线的磨损次数，耐磨次数多的纱线抗“剥毛”能力强。

对于间接法，可以先根据不同的纱线，确定磨损次数，再测试磨

损后纱线的结构形态特征，具体包括测试纱线的强伸性、表面短纤维的包覆率、短纤维的转移程度等指标，根据这些性能指标的好坏来评价纱线的抗“剥毛”性能。

对于直接法，可以先确定磨损后纱线的表面形态特征，如纱线表面起毛起球、纱线表面出现裸丝、纱线发生断头等，在同一磨损形态情况下比较纱线耐磨次数的大小，以此来评判纱线抗“剥毛”性能的优劣。

4.1.5.2 不同表征方法的评价

对于间接法，由于复合纱抗“剥毛”测试装置用纱线长度约为 20cm 左右，纱线的强伸性能测试最少需要纱线 40cm 左右（包括夹头和施加预加张力所需纱线长度），很难在这样的样品长度条件下，测试纱线的强伸性能指标，而且由后面章节分析可知，Sirofil 纱线的强伸性主要由长丝决定，抗“剥毛”实验后，长丝所受损伤很小，纱线的强伸性能变化并不大，因此很难从强伸性能上反映纱线的抗“剥毛”性能；测试短纤维的包覆率，本身测试就有一定的难度，测试结果并不一定能反映 Sirofil 纱线的抗“剥毛”性能。在磨损过程中，短纤维从纱体中转移至纱线表面，短纤维包覆率增大，可以从包覆率大小反映纤维的转移程度。但在实验过程中，发现总有一部分短纤维会从纱线表面脱落，给测试结果造成误差。对于直接法，先要确定纱线经过磨损后形态特征，但对于不同试验样品的同一种形态特征并没有仪器进行测试规定，完全凭肉眼观察，测试结果具有一定的主观性。但相对于间接法而言，直接法却是可行的，因此后面的 Sirofil 纱线抗“剥毛”试验均采用直接法，并规定纱线表面出现毛球时，记录纱线磨损次数，以此来评价 Sirofil 纱线抗“剥毛”性能大小。

4.1.6 实际织造对比实验

兰州三毛送样的三种不同复合纺纱方法的复合纱，测试结果如表 4-1 所示。在此，双粗纱 Sirofil 纱是指纺纱过程中存在左、右两根粗

纱须条对中间长丝进行包缠，单粗纱 Sirofil 纱是指一根粗纱须条和长丝分别位于左右两侧，互相包缠。

表 4-1 不同复合纱抗“剥毛”性能比较

复合成纱方式	原料	耐磨次数(次)	织机效率(%)
无“V”形区包芯	80 ^s 毛+30D 涤纶	38	30
双粗纱 Sirofil	80 ^s 毛+30D 涤纶	48	40
单粗纱 Sirofil	80 ^s 毛+30D 涤纶	57	50

如表 4-1 所示，对于无“V”形区包芯纱、双粗纱 Sirofil 纱、单粗纱 Sirofil 纱，其起毛球时的平均摩擦次数分别为 38、48、57，三种纱应用于织造时的效率分别约为 30%、40%、50%，亦为从小到大的趋势，与实际织造时织机效率变化相吻合。由此认为，本仪器测试纱线的耐磨次数结果可以反映纱线用于织造时的织机效率，即能反映复合纱的抗“剥毛”性能。

4.2 Sirofil 纱“剥毛”过程及“剥毛”机理分析

4.2.1 Sirofil 纱“剥毛”影响因素分析

Sirofil 纱“剥毛”过程也就是纱线在织造过程中的起毛、起球、形成裸丝的过程，因此影响 Sirofil 纱抗“剥毛”性能的因素也即影响纱线起毛起球的因素。在 Sirofil 纱体结构中，虽然长丝不起毛起球，但由于 Sirofil 纱线独特的双组分结构，起毛、起球及裸丝现象主要发生在短纤维纱部分，使其影响因素与一般短纤维纱线相似，主要取决于下列因素：

1. Sirofil 纱线中短纤维性能

a. 机械性能

若纤维伸长及受力作用后的弹性恢复性良好，则纤维能吸收一部分磨损能量。故短纤维应力-应变曲线下包围的面积越大，纤维的耐磨性能越好。

b. 短纤维截面形状

一般，扁平、椭圆状纤维间的接触面积大，纤维之间摩擦力大，

磨损时，纤维不易从纱体中拉出而形成毛羽，纱线的耐磨性强。

2. Sirofil 纱线结构

a. 纱线捻度

捻度数量的多少，对纤维在纱体内抱合程度的影响很大。捻度大，短纤维之间以及与长丝之间的抱合力大，纤维不易被拉出纱线表面。但捻度过高，纱线的硬度增加，磨损时不易形成扁平状，因此，应力容易集中在少数几点上。而且，捻度过高还会降低纱线对磨损能量的吸收^[49]，从而，使其耐磨性能变差。

b. 屈曲波大小

纱线中两组分屈曲波大，则双组分中单一组分凸起的高度高，表面摩擦系数大；而且，凸出的部分易先受力，成为一应力集中点，大大增加了磨损强度，加快了纱线起毛起球。

c. 纱线结构体内短纤维片段的能动性^[49]

纤维片段是指纱线内部两缠结点间的纤维段。纱线结构中短纤维片段相对于长丝的能动性或自由度以及移动的方向，特别是接近表面的横向移动，关系到纱线的磨损、起毛、起球。短纤维片段在纵向和横向具有最小的能动性，可认为纱线的结构尺寸是稳定的，耐磨损能力强。

4.2.2 Sirofil 纱“剥毛”过程实验

4.2.2.1 试样

为便于观察并对 Sirofil 纱线的“剥毛”过程进行全面描述，选择白色涤纶长丝、黑色全毛粗纱，分别纺双粗纱 Sirofil 纱和单粗纱 Sirofil 纱，观察并分析其“剥毛”过程。纱线规格及实验仪器如下：

纱线原料：66^s全毛粗纱；30D 涤纶长丝

细度：40Nm； 捻度：965T/m

实验仪器：复合纱抗“剥毛”测试仪

表征仪器：美国科视达三维视频摄像仪

4.2.2.2 双粗纱 Sirofil 纱“剥毛”过程观察

首先，纤维迅速在纱线表面聚集，表面存在长丝的部分立刻被短纤维覆盖，外观看似全毛单纱，不过受磨损部分的纱线所显示的颜色要比其他部分更深。继续磨损，很快纱线表面出现大量毛羽，且毛羽数量要明显多于单粗纱 Sirofil 纱，接着起球，若干次后在纱线表面形成裸丝。相对于单粗纱 Sirofil 纱而言，其露出纱线表面的毛羽更容易在纱线表面圈结，而不易形成粗节。

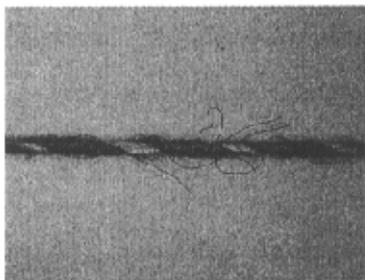
4.2.2.3 单粗纱 Sirofil 纱“剥毛”过程观察

起初也是纤维在纱线表面聚集，但其短纤维完全覆盖长丝时的磨损次数要多于双粗纱 Sirofil 纱。随着磨损的加剧，其表面出现的毛羽数要少于双粗纱 Sirofil 纱，而且毛羽更容易在纱线表面形成颗粒毛球，而不易在纱线表面圈结，最后形成裸丝的位置往往为纱线上最初形成毛球粒的位置。

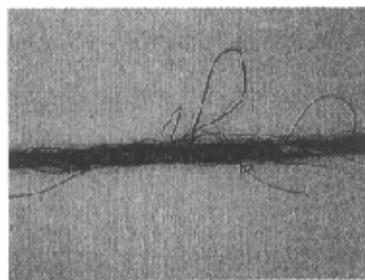
另外，无论单粗纱还是双粗纱 Sirofil 纱线，在磨损过程中，都存在毛羽被磨断而脱落的情形。

4.2.3 “剥毛”过程总体特征及分析

总结以上内容，可将 Sirofil 纱的“剥毛”过程概括为以下四阶段，如图 4-3 所示（科视达图像）：



a



b

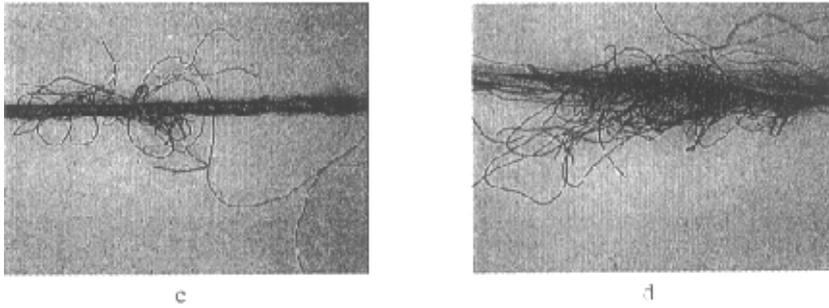


图 4-3 Sirofil 纱“剥毛”过程示意图

假设其它因素相同，讨论纱线表面短纤维量及捻度对上述“剥毛”过程各阶段的影响。其中，捻度指成纱捻度和成纱中单股纱的捻度。

对于 a 的快慢，纱线表面短纤维量是决定性因素，这从单粗纱 Sirofil 纱和双粗纱 Sirofil 纱的抗“剥毛”实验中可得到证实。双粗纱 Sirofil 纱线表面纤维的聚集速度要明显快于单粗纱 Sirofil 纱。

对于 b 的快慢，单股纱的捻度是主要因素，虽然它也和成纱捻度有关，但成纱捻度也是通过改变单股纱捻度而影响起毛快慢的。因为在纱线未起毛之前，形成毛羽的短纤维主要依靠单股纱的捻度将其聚集在一起，并依靠纤维之间的摩擦力阻止其从单股纱中被拔出。因此，单股纱的捻度大小直接影响短纤维之间的抱合牢度。

对于 c、d 的快慢，则主要与 Sirofil 成纱捻度有关。若纱线表面已起毛起球，则在以后的磨损过程中，表面起球处会成为应力集中点，推动毛球在纱线表面移动。如果成纱捻度很大，则单股纱与长丝抱合紧密，会阻止毛球的移动，不易形成裸丝。

4.2.4 Sirofil 纱“剥毛”现象机理分析

a. 单粗纱与双粗纱 Sirofil 纱对比实验

通过以上对单粗纱与双粗纱 Sirofil 纱“剥毛”过程的分析可知，“剥毛”的快慢与纱线表面短纤维量、纱线结构、两组分在纱线表面的配置密切相关，即与纱线包芯效果好坏有关，在包芯效果好的纱线表面，纱线易“剥毛”。

b. Sirofil 纺单纱包缠机制

单纱包缠机制是指一些短纤维包缠在 Sirofil 纱表面。通过大量的实验观察表明，Sirofil 纱存在单纱包绕纤维的密度大约为 30-40 处/m。每一包绕区中可以包含少至一圈多至几十圈的包绕纤维，外观与包芯纱相似，形成沿 Sirofil 纱长度方向不连续的包芯，即单纱包缠现象。

由上面单粗纱与双粗纱 Sirofil 纱对比实验可知，包芯效果好的纱段易产生“剥毛”，通过实际“剥毛”实验也发现，“剥毛”现象多产生于短纤维包绕纱段上。产生单纱包缠机制的原因是由于长丝与短纤维的初始模量不同，导致转动惯量的差异，且预加张力下的长丝的扭转刚度大于短纤维纱的扭转刚度，当两组分复合成形时，在相同的扭矩作用下，短纤维纱扭转角度大，即加捻程度大，形成 Sirofil 纱包缠不匀的单纱包缠长丝现象。

4.2.5 捻度对比实验—单纱包缠机制定量分析

为了分析 Sirofil 纱的单纱包缠机制，将相同成纱捻度下的 Sirofil 纱和 Sirospun 纱的捻度进行对比实验。结果如表 4-2、4-3 所示。

成纱条件：纱线捻度—965T/m；成纱细度—40Nm；

测试仪器：Y331A 型纱线捻度仪

表 4-2 Sirospun 纱捻度

858	928	1004	894	926	962	906	702	918	788
880	824	768	814	880	812	872	1002	848	796
944	894	898	830	850	822	822	832	908	852
784	898	816	940	994	994	760	858	822	832
862	948	972	968	942	754	854	880	794	826
892	1046	848	700	736	874	994	908	828	926

表 4-3 Sirofil 纱捻度

828	974	922	820	1066	928	954	944	928	880
966	896	696	972	948	960	944	974	868	906
1160	802	940	922	918	954	956	830	982	932
892	856	912	962	910	862	924	1034	936	1038
866	1066	924	958	944	948	906	866	1028	898
900	968	962	1044	910	964	966	700	968	989

表 4-2 和 4-3 分别为用退捻解捻法测得的 Sirospun 纱与 Sirofil 纱的捻度大小，其平均捻度分别 871T/m 和 931T/m。

Sirofil 纱较 Sirospun 纱的捻度大 60T/m。即 Sirofil 纱中有更多的捻回，Sirofil 纱存在大量单纱包缠长丝的现象，沿长度方向存在着许多单纱包缠长丝的部分包芯现象，以每米约 30-40 处单纱包缠长丝现象计，平均每个单纱包缠长丝处存在 60/30-40 即 1.5-2 个单纱包缠长丝的捻回，正是由于此局部、断续性包芯现象，而导致该部分与机件及相邻纱线摩擦时产生“剥毛”现象。

4.2.6 单纱包缠机制分析

由上述捻度分析可知，长丝的模量大，在相同扭矩作用下，长丝捻回数小于短纤维纱，短纤维纱捻回数较大，形成在相同长度的纱线情况下，短纤维纱在局部包缠长丝的单纱包缠现象。

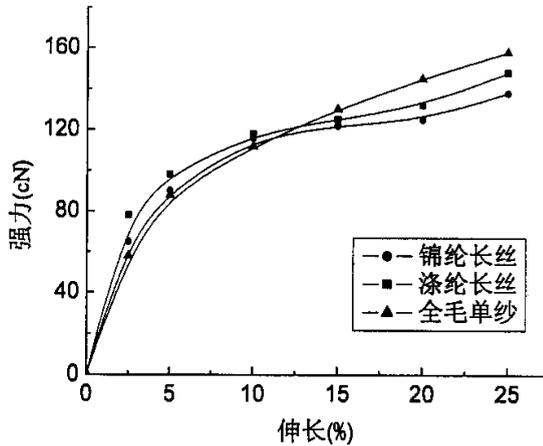


图 4-4 不同长丝原料及全毛单纱拉伸曲线

采用 30D 锦纶和涤纶长丝与毛纱复合生产 40Nm Sirofil 纱，则可以算得汇聚点以上单纱和长丝细度分别为 48Nm 和 30D。图 4-4 为 30D 锦纶、涤纶长丝及 48Nm 全毛单纱的拉伸曲线，从图中可以比较三者模量大小。由图可知，相对于涤纶长丝，锦纶长丝与全毛单纱的模量较为接近。

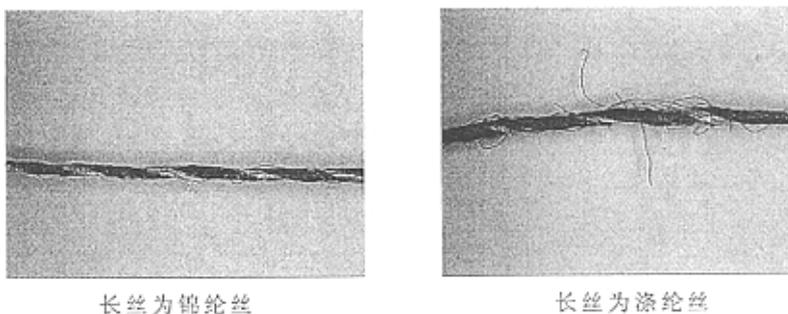


图 4-5 不同模量长丝的 Sirofil 纱外观图

图 4-5 为不同模量长丝的 Sirofil 纱外观图。从图中可以看出，采用与短纤维模量相近的锦纶长丝时，纱线复合成形均匀，通过“剥毛”实验也发现，成纱复合均匀的纱段上，纱线抗“剥毛”能力强。

第五章 Sirofil 纺力学系统与成纱结构性能关系研究

由上章结论, Sirofil 纱“剥毛”性能与 Sirofil 纱复合三角区受力及纱线复合均匀性等关系密切, 且这些因素相互作用共同影响 Sirofil 成纱结构性能。本章主要研究长丝预加张力、纺纱张力及复合三角区平衡力矩构成的力学系统对 Sirofil 成纱结构性能的影响。

长丝预加张力是指长丝由导丝轮喂入前罗拉时, 所承受的张力, 它对 Sirofil 成纱结构和性能有重要影响, 但相对于纱线其它性能而言, 长丝预加张力对纱线强伸性能和毛羽数目的影响更为显著。

纺纱张力是指纺纱过程中前罗拉至导纱钩间纱段的张力。在纱线加捻卷绕过程中, 纱线拖动钢丝圈回转要克服钢丝圈和钢领间的摩擦力, 同时还要克服导纱钩和钢丝圈给予的摩擦阻力, 气圈段在回转时要克服空气阻力等等, 因此纱线承担了相当大的张力^[50]。当纱线截面处的强力小于作用在该处的张力时, 就会发生断头。

复合三角区平衡力矩是指在前罗拉下方的“V”形区中, 单纱须条、长丝及 Sirofil 纱线之间存在力矩平衡, 并且平衡与纱线成纱均匀性密切相关。在 Sirofil 纺纱过程中, 为使纱线复合均匀, 复合三角区力求达到力矩平衡, 并且平衡与长丝及粗纱须条模量有关, 为了改变复合三角区平衡力矩, 采用不同的长丝及粗纱原料, 讨论复合三角区平衡力矩的改变对 Sirofil 成纱性能的影响。

本章中, 将首先从汇聚点稳定及复合平衡的角度研究长丝最佳预加张力的大小, 然后讨论不同长丝预加张力下 Sirofil 纱线的强伸性能、毛羽数目; 通过改变纺纱张力大小, 研究纺纱张力大小对 Sirofil 成纱性能的影响; 采用不同的长丝及粗纱原料, 改变复合三角区平衡力矩, 即改变纱线复合均匀性, 研究其对 Sirofil 成纱性能的影响。

5.1 长丝预加张力对 Sirofil 成纱及“剥毛”性能的影响

5.1.1 长丝最佳预加张力大小的确定

为使长丝与短纤维纱复合均匀, 在复合三角区内长丝与短纤维纱

的长度应相当（对称），此为长丝与短纤维复合平衡的基础。

假定长丝为理想螺旋几何体，那么小应变时^[51]，

$$E_{y_1} = E_{f_1} \cdot \cos^2 \alpha, \quad (5-1)$$

式中， E_{y_1} 、 E_{f_1} 分别为长丝纱及其单丝的拉伸模量； α 为加捻长丝纱表面捻回角。

假定纤维在纱线中为理想螺旋线结构，转移周期远大于纤维每捻长度，那么短纤维纱的拉伸模量与纱中纤维的拉伸模量有如下关系^[52]：

$$\frac{E_{y_2}}{E_{f_2}} = \cos^2 \alpha [1 - k \operatorname{Csc} \alpha] \quad (5-2)$$

式中， E_{y_2} 、 E_{f_2} 分别为短纤维纱线及其纤维的拉伸模量； k 为系数，其值为 $k = \frac{\sqrt{2}}{3L_f} \left(\frac{a \cdot Q}{\mu} \right)^{\frac{1}{2}}$ ，其中， L_f 为纤维的长度， a 为纤维的直径， μ 为纤维间摩擦系数， Q 为一个转移周期纤维的长度。

为使汇聚点稳定，成纱复合均匀，在前罗拉下方，长丝及短纤维纱在成纱中的伸长量应相同，在纺纱张力及长丝预加张力作用下，则有：

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 + \varepsilon_2,$$

其中， ε_1 为短纤维须条的伸长， ε_0 、 ε_2 分别为长丝在前罗拉端口上游和下游的伸长。

$$\text{由于, } \varepsilon = \frac{T}{E \cdot N_t}, \text{ 所以, } \frac{T_1}{E_{y_1} \cdot N_{t_1}} = \frac{T_0}{E_{y_2} \cdot N_{t_2}} + \frac{T_2}{E_{y_2}' \cdot N_{t_2}'} \quad (5-3)$$

上式中， T_1 为短纤维须条所受张力大小； T_0 、 T_2 分别为长丝在前罗拉端口上游和下游所受张力大小； E_{y_1} 、 N_{t_1} 分别为短纤维须条的模量和细度； E_{y_2} 、 N_{t_2} 和 E_{y_2}' 、 N_{t_2}' 分别为长丝在前罗拉端口上游和下游处的模量和细度。

求解（5-3）式，并将（5-1）、（5-2）式代入求解结果，可得最佳长丝预加张力应为：

$$T_0 = \left(\frac{T_1}{E_{f_1} \cdot \cos^2 \alpha_1 [1 - k \operatorname{Csc} \alpha_1] \cdot N_{l_1}} - \frac{T_2}{E_{f_1'} \cdot \cos^2 \alpha_1' \cdot N_{l_2'}} \right) \cdot E_{f_2} \cos^2 \alpha_2 N_{l_2}$$

可以看出，长丝在喂入前罗拉时的最佳预加张力与纺纱张力、短纤维须条模量和线密度以及长丝本身的性质有关。因此，对于不同的短纤维和长丝原料，长丝最佳预加张力也不同。

5.1.2 长丝预加张力大小对 Sirofil 成纱强伸性及毛羽性能的影响

5.1.2.1 实验准备及纱线编号

实验原料：粗纱—毛/涤 90/10

其中：毛-70^s；涤-2.5D

长丝—30D 普通涤纶长丝

成纱工艺：捻度—731T/m；间距—14mm

各纱线和长丝编号如表 5-1 所示。

表 5-1 纱线和长丝编号

编号	原料及成纱方式	长丝预加张力	捻度	细度
Y1	粗纱和长丝 Sirofil	5g	1004 T/m	44 Nm
Y2	粗纱和长丝 Sirofil	10g	1004 T/m	44 Nm
Y3	粗纱和长丝 Sirofil	15g	1004 T/m	44 Nm
Y4	粗纱和长丝 Sirofil	20g	1004 T/m	44 Nm
Y5	粗纱和长丝 Sirofil	30g	1004 T/m	44 Nm
Y6	粗纱 Sirospun		1004 T/m	44 Nm
Y7	有捻长丝	10g	1004 T/m	30 D

测试仪器：

a. 纱线的强伸性能用 XL-1 纱线强伸度仪测试。

每种试样均测试 30 次，结果取其平均值。

b. 纱线毛羽数目用 YG171B-1 型纱线毛羽测试仪测试。

5.1.2.2 结果及讨论

a. 纱线强伸性能

纱线强伸指标的测试结果如表 5-2 所示。

从表 5-2 可以看出，在不同长丝预加张力条件下，Sirofil 纱线的

表 5-2 纱线强伸指标的测试结果

编号	断裂强力		断裂伸长率	
	(cN)	CV(%)值	(%)	CV(%)值
Y1	275	7.12	30.1	11.84
Y2	284.2	8.44	30.1	11.59
Y3	276.9	7.70	28.4	9.54
Y4	275.6	14.36	29.9	18.60
Y5	290.5	8.10	31.0	11.45
Y6	153.7	19.71	22.6	36.53
Y7	101.9	9.47	27.0	9.52

强伸性能变化不大，这是因为长丝与短纤维复合纱的强伸性能主要取决于长丝的强伸性能^[53]，Y1—Y5 五种纱线中，长丝的规格相同，故 Y1—Y5 纱线的强伸性能差别不大，用 T 检验法检验，发现它们之间也没有显著性差异（显著性水平为 $\alpha = 0.01$ ）。预加张力为 30g 时，纱线的**强力和断裂伸长最大**；预加张力为 5g 时，纱线**强力最小**；预加张力为 15g 时，纱线断裂伸长最小。另外，从表 5-2 中还可知，Sirofil 纱的**强力要大于同支数 Sirospun 纱及长丝强力之和**，说明长丝使复合纱线强度较 Sirospun 纱有较大幅度的提高，同时纱线的断裂伸长率也有提高。

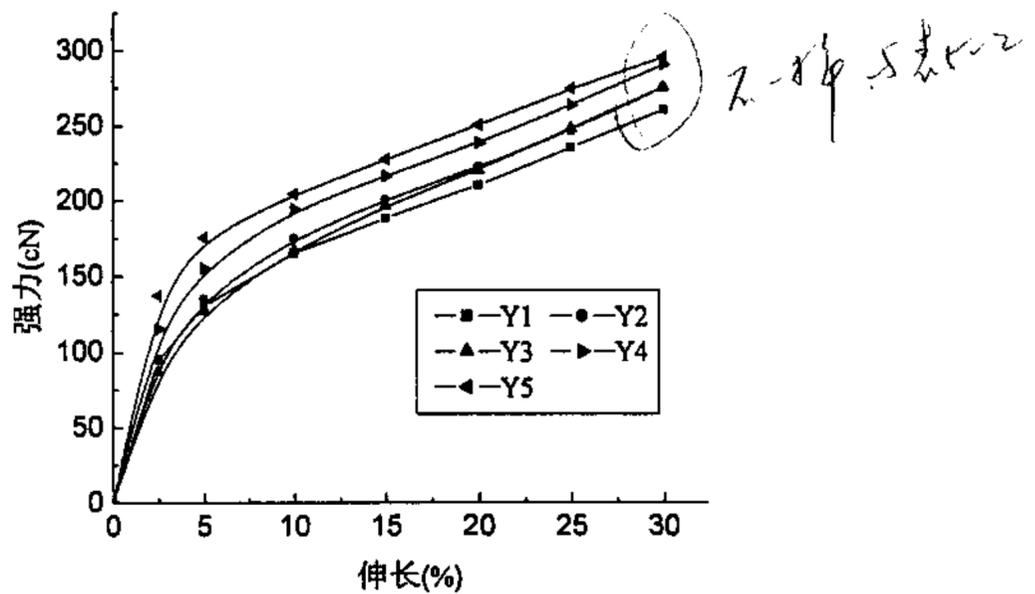


图 5-1 不同长丝预加张力下 Sirofil 纱强伸性比较

图 5-1 为不同长丝预加张力下 Sirofil 纱强伸性比较图。从图中可以看出，在不同长丝预加张力条件下，纱线的强伸性能曲线形状基本相似，这主要由纱线的组成成分以及成纱方法相同决定的。但随着长丝预加张力的增大，纱线的初始模量也增大，在图中表现为曲线在初

始阶段的斜率也增大。这是因为随着长丝预加张力的增大，长丝刚度增大，在相同扭矩作用下，长丝在纱线中的转移程度变小，更多的分布于纱芯位置，从而使成纱的初始模量相应增加。

b. 纱线毛羽性能

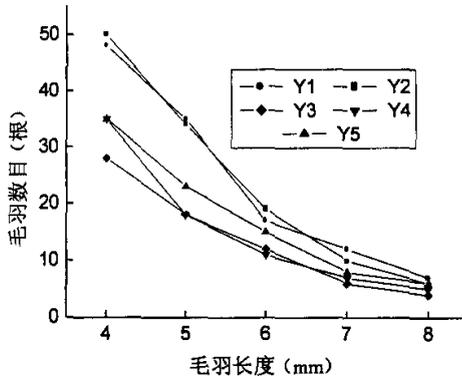


图 5-2 不同长丝预加张力条件下纱线毛羽比较

图 5-2 为不同预加张力条件下 Sirofil 纱毛羽数目比较 (3mm 长度以上)。由图中可以看出，在预加张力为 5g 时，纱线毛羽最多；长丝预加张力为 15g 时，纱线毛羽数目最少，即长丝包缠成纱程度高，单纱包缠减少，复合均匀；而预加张力超过 15g 后，毛羽数目也增加。可知长丝预加张力大小不仅影响纱线的强伸性能和初始模量，同时也影响纱线表面毛羽的圈结。

5.1.3 长丝预加张力大小对纱线抗“剥毛”性能的影响

5.1.3.1 实验条件

长丝预加张力：分别为 5g、10g、15g、20g、30g。

纱线原料及其它工艺参数同 5.1.3。

所有样品均在自制的复合纱抗“剥毛”性能测试仪上进行，每种试样均测试 30 次。

5.1.3.2 结果与分析

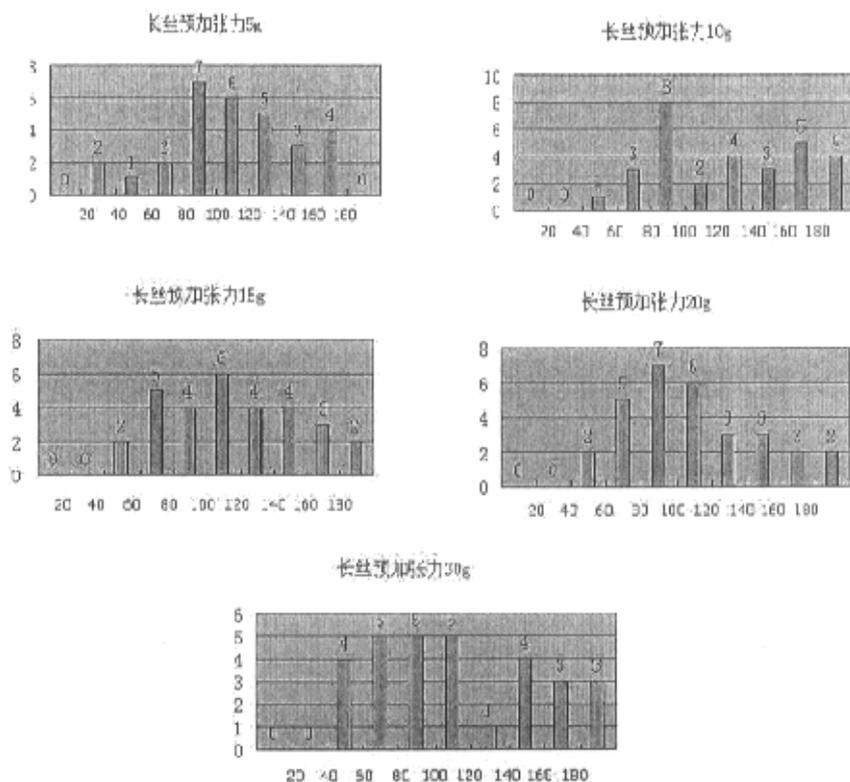


图 5-3 不同长丝预加张力柱状效果分布图

图 5-3 为不同长丝预加张力时 Sirofil 纱抗“剥毛”性能测试原始数据的柱状分布图，图中横坐标为纱线的耐磨次数，纵坐标为区间频率数，从中可以得到各个区间内纱线磨损次数的分布。从图 5-3 可以看出，长丝预加张力为 10g 时，磨损次数在大于 80 范围内的样本量最多，可以认为纱线抗“剥毛”能力强，而预加张力为 30g 时样本量最少，可以认为纱线抗“剥毛”性能差。

表 5-3 SPSS 处理结果
单样本统计分析

预加张力	次数	平均值	标准差
5g	30	104.1667	46.1236
10g	30	130.6000	47.4717
15g	30	119.7000	44.0573
20g	30	111.6333	41.8532
30g	30	114.3667	44.6639

双样本统计分析

对比		95% 置信区间		t	df	Sig.(双尾)
		最低值	最高值			
Pair 1	5g-10g	1.4603	51.4064	2.165	29	.039
Pair 2	10g-15g	-13.0170	34.8170	.932	29	.359
Pair 3	15g-20g	-14.0982	30.2315	.744	29	.463
Pair 4	20g-30g	-19.8301	25.2968	.248	29	.806

表 5-3 为 SPSS 处理结果。从表 5-3 单样本统计分析可以看出，单从平均值考虑，长丝预加张力为 10g 时，纱线的抗“剥毛”性能最好，而预加张力为 5g 时，纱线抗“剥毛”性能最差。通过表 5-3 中 SPSS 双样本统计分析处理结果可知，在 95% 置信区间的条件下，长丝预加张力为 5g 和 10g 时，双尾值不处于 95% 置信区间的最高值和最低值之间，纱线的抗“剥毛”性能有显著性差异。而在长丝预加张力分别为 10g 和 15g、15g 和 20g、20g 和 30g 之间，SPSS 检验的双尾值均在 95% 置信区间的最高值和最低值范围内，纱线的抗“剥毛”性能并没有显著性差别。结果说明，长丝预加张力很小时，由于对长丝的定位很难控制，汇聚点不稳定，成纱不够均匀，严重影响纱线的抗“剥毛”性能；而在预加张力达到一定值后，由于已有足够的张力控制长丝，使汇聚点稳定，所以预加张力再继续增大时，它对 Sirofil 成纱抗“剥毛”性能的影响并不大，故大于 10g 预加张力的各种纱线的抗“剥毛”性能并没有显著性差异。

5.2 纺纱张力对 Sirofil 成纱性能的影响

在前“V”形区汇聚点以下，采用棒状材料压、阻纱线，使纺纱张力处于不同的水平，相应的弱、中、强阻，纺纱张力从小至大。

5.2.1 原料及工艺参数

实验原料：粗纱—毛/涤 50/50

其中：毛—64^s；涤纶—2.5D

长丝—100D 普通涤纶长丝

工艺参数：长丝预加张力—20g；捻度—590T/m

5.2.2 纺纱张力大小对 Sirofil 成纱性能的影响

5.2.2.1 纺纱张力大小对 Sirofil 成纱强伸性能的影响

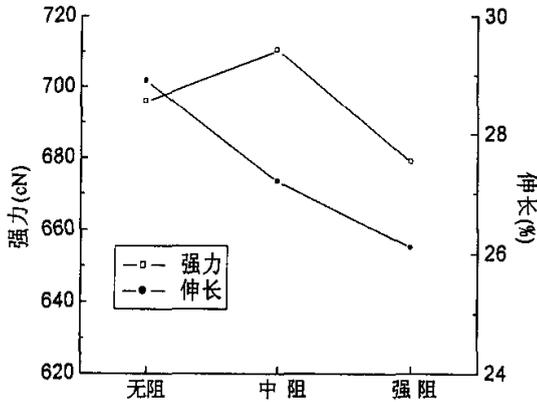


图 5-4 不同纺纱张力条件下 Sirofil 成纱强伸性

图 5-4 为不同纺纱张力条件下的 Sirofil 成纱强伸性比较图, Sirofil 纱的强力大小依次为: 中阻、无阻力、强阻力。因为无阻力张力时, 成纱点非常不稳定, 纱线跳动大, 可能会引起成纱包缠不匀, 存在松紧不匀的纱段, 强力低。强阻力张力时, 由于上传至须条单纱上的捻回数很少, 又因为“V”形区被拉长, 前罗拉钳口至成形区的单纱也变长, 致使须条单纱上捻度更少。故成纱强力最低。而中阻力张力时, 可避免上述两方面缺陷, 成纱强力高。由纺纱原理知识可知^[50], 对于环锭纺, 一般纺纱张力增大, 成纱的断裂伸长率降低。从图 5-4 中可以看出, Sirofil 纺也遵循这一规律, 成纱的断裂伸长率随着纺纱张力的增加而降低。

5.2.2.2 纺纱张力大小对 Sirofil 成纱毛羽的影响

图 5-5 为不同纺纱张力条件下 Sirofil 成纱毛羽数比较图, 由于很短的毛羽对纱线后道加工影响不大, 故只比较 3mm 长度以上的成纱毛羽。由图可知, 无阻力和中阻力张力时纱线的 3mm 短毛羽数相差不大, 但都比强阻力张力时少; 中阻力张力时纱线的长毛羽数最少, 强阻力张力时毛羽最多, 也即是纱线毛羽数目随纺纱张力的增大有增多的趋势。这是因为, 纱线毛羽的减少主要通过纤维的内外转移以圈结纤维的方式进行, 纤维内外转移现象不仅在通过汇聚点时发生, 在“V”形区的单

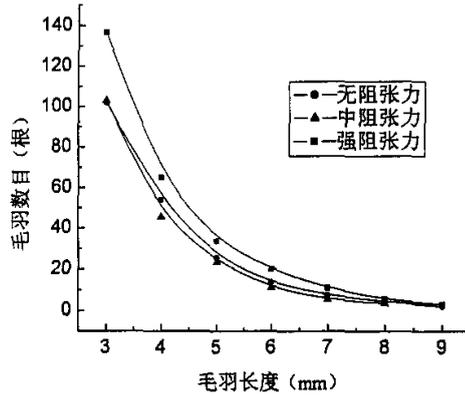


图 5-5 不同纺纱张力条件下 Sirofil 成纱毛羽数

纱中也同样发生着这种纤维的内外转移。纺纱张力的变化对汇聚点处的纤维转移影响不大，但却影响“V”形区中须条单纱中的纤维转移。在 Sirofil 纺纱过程中，在“V”形区中的纤维发生的内外转移，主要和须条单纱上的捻度大小有关。当实施强阻张力时，由于棒状材料的阻压作用，捻度很难通过汇聚点向上传递，须条单纱由于捻度的减少，纤维内外转移不充分，使须条单纱上短纤维主要通过相邻长丝的圈结作用而去除，减少了须条单纱本身纤维转移对毛羽的圈结，结果使得强阻张力时，纱线毛羽数目最多。

5.2.2.3 纺纱张力大小对 Sirofil 成纱均匀度的影响

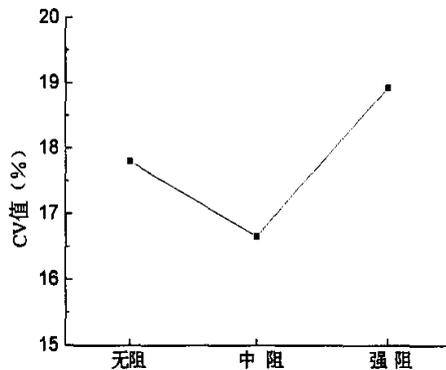


图 5-6 不同纺纱张力条件下 Sirofil 成纱条干均匀度

图 5-6 为不同纺纱张力条件下 Sirofil 成纱条干均匀度比较图。如图可知，在不同张力时，Sirofil 纱的均匀度值大小依次为：强阻、无

阻、中阻，即中阻纺纱张力时条干最均匀。因为强阻张力时，“V”形区被拉长，纺纱张力大，容易导致须条单纱牵伸不良。无阻张力时，汇聚点很不稳定，抖动大，纱线成纱很不稳定，易产生粗、细节，使条干不匀。中阻张力的情况界于上述两者之间，因此成纱均匀度最好。

5.2.3 纺纱张力大小对纱线抗“剥毛”性能的影响

5.2.3.1 实验条件

原料：粗纱一毛/涤 50/50

其中：毛-64^s；涤纶-2.5D

长丝—30D 普通涤纶长丝

工艺参数：牵伸—18 倍；间距—14mm；长丝预加张力—20g

5.2.3.2 实验结果及讨论

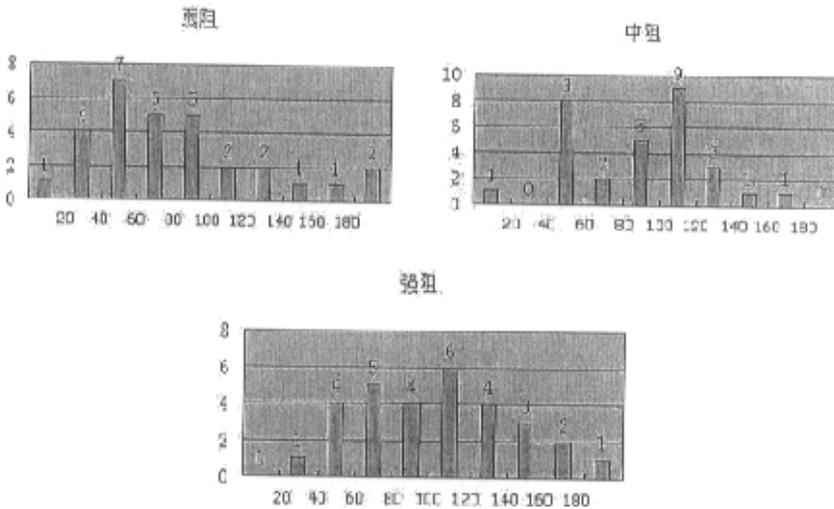


图 5-7 不同纺纱张力时 Sirofil 纱抗“剥毛”性能柱状分布图

表 5-4 SPSS 处理结果

单样本统计分析

	次数	平均值	标准差
弱阻	30	83.6667	49.0899
中阻	30	91.0333	35.3148
强阻	30	104.4667	39.2698

双样本统计分析

对比	90% 置信区间		t	df	Sig(双尾)
	最低值	最高值			
Pair 1 弱-中	-25.6477	10.9143	-.685	29	.499
Pair 2 弱-强	-39.9561	-1.6439	-1.845	29	.075
Pair 3 中-强	-30.3549	3.4882	-1.349	29	.188

图 5-7 为不同纺纱张力条件下 Sirofil 纱抗“剥毛”性能柱状分布图，表 5-4 为统计处理软件 SPSS 处理结果。如图 5-7，随着纺纱张力的增大，磨损次数大于 80 范围内的纱线样本量也增大，可知纱线抗“剥毛”性能随着纺纱张力的增大而改善。从表 5-4 单样本统计分析结果可以看出，纺纱张力越大，Sirofil 纱线的平均磨损次数也越多，即纱线的抗“剥毛”性能越强，但从 SPSS 双样本统计分析结果可知，只有弱与强两种纺纱张力时的纱线抗“剥毛”性能有显著性区别。

5.3 复合三角区平衡力矩对 Sirofil 成纱结构性能的影响

5.3.1 复合三角区平衡力矩的改变

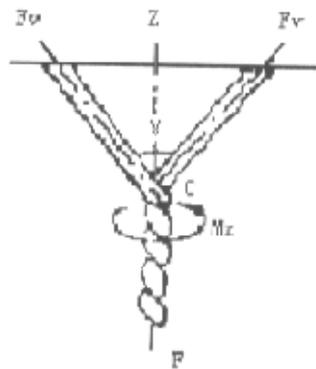


图 5-8 复合三角区平衡力矩原理图

图 5-8 为 Sirofil 纺纱过程中复合三角区的力矩原理图， F 为纺纱张力，根据汇聚点处 Z 向的力矩平衡方程式^[38]：

$$M_z = 2M_t \cos(\gamma/2) + 2M_{vb} \sin(\gamma/2) + F_v d_w \sin(\gamma/2) \quad (5-4)$$

式中： M_z 为 钢丝圈带动纱线回转产生的扭力矩； M_t 为须条和长丝分支上所受的扭矩； M_{vb} 为成纱中纤维弯曲产生的力矩； F_v 为须条和长丝上所受的张力； γ 为“V”形区夹角； d_w 为成纱中单股纱和长丝中心距。

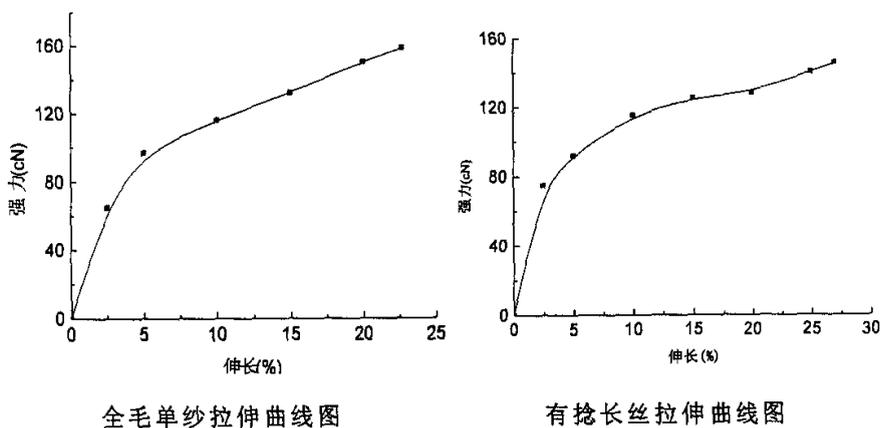


图 5-9 Sirofil 纱两组分拉伸曲线图

很明显，单纱与长丝上力矩大小与单纱及长丝的模量有关。图 5-9 为 Sirofil 纱两组分拉伸曲线图。从图中可以看出，全毛单纱与长丝的模量不同，故全毛单纱及长丝上力矩也不同，从而可以改变 (5-4) 式的平衡力矩，导致纱线复合时不平衡。

因而，选用不同的须条单纱原料及长丝原料就可以使 (5-4) 式的平衡力矩打破，从而改变复合三角区平衡力矩。

本节通过采用不同的粗纱须条及长丝原料，改变复合三角区平衡力矩，打破纱线复合时的平衡状态，研究不同长丝原料时的 Sirofil 纱纵向形态结构及不同粗纱原料时 Sirofil 纱线的抗“剥毛”性能。

5.3.2 复合三角区平衡力矩对纱线纵向结构形态的影响

5.3.2.1 实验原料

长丝原料分别为：普通涤纶长丝，锦纶低弹丝，锦纶高弹丝

长丝细度均为 30D；

粗纱原料同 5.2.3.1。

5.3.2.2 结果与分析

利用科视达三维视频显微系统对纱线纵向形态结构进行观察，如图 5-10 所示：

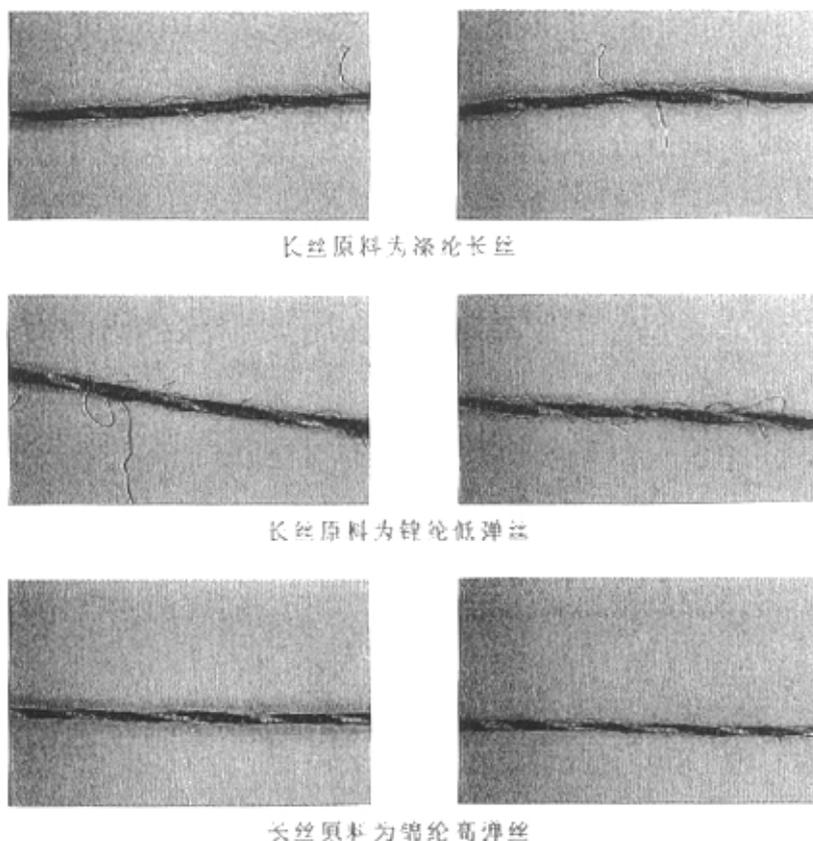


图 5-10 长丝原料不同时 Sirofil 纱线外观图

由图 5-10 可知，锦纶高弹丝由于模量最小，与短纤维纱最接近，其成纱比锦纶低弹丝和普通涤纶长丝均匀，纱体结构紧密。

5.3.3 复合三角区平衡力矩对纱线抗“剥毛”性能的影响

5.3.3.1 实验原料

粗纱原料：A[#]—毛/涤 50/50； 毛—64^s； 涤纶—2.5D

B[#]—毛/涤 35/65； 毛—64^s； 涤纶—3D

长丝：45D 普通涤纶长丝

5.3.3.2 实验结果与分析

表 5-5 不同粗纱原料时纱线抗“剥毛”性能成对双样本均值分析 (a=0.1)

试样品种	耐磨次数									
	A#	25	50	55	35	99	40	85	15	25
	50	20	92	60	99	55	62	40	45	100
B#	100	105	108	21	75	59	100	46	87	92
	95	103	35	36	95	40	30	84	85	92

t-检验：成对双样本均值分析

	A#	B#
平均	56.45	73.85
方差	757.9447368	811.0815789
观测值	20	20
泊松相关系数	0.054261876	
假设平均差	0	
df	19	
t Stat	-2.020024038	
P(T<=t) 单尾	0.028854314	
t 单尾临界	1.327728114	
P(T<=t) 双尾	0.057708628	
t 双尾临界	1.729131327	

Handwritten notes: 2.02, 1.73, etc.

表 5-5 为不同粗纱须条原料时 Sirofil 纱抗“剥毛”性能实验的原始数据及成对双样本均值分析表。如表 5-5 显著性检验可知，粗纱须条中涤纶短纤维比例提高后，纱线的抗“剥毛”性能有所改善，且结果具有显著性差异。因为涤纶短纤维比例及细度提高后，粗纱模量与长丝模量接近，使长丝短纤维纱复合均匀，提高了纱线抗“剥毛”性能。

5.4 本章小结

本章讨论了 Sirofil 纺力学系统，即长丝预加张力、纺纱张力及复合三角区平衡力矩对 Sirofil 成纱结构性能及抗“剥毛”性能的影响。主要结论有：

- a. 长丝在喂入前罗拉时的最佳预加张力与纺纱张力、短纤维须条模量和线密度以及长丝本身的性质有关；在不同预加张力条件下，纱线的强伸性能变化不大，但随着长丝预加张力的增大，Sirofil 纱线的

初始模量也增大；在纱线毛羽性能上，长丝预加张力 5g 时，毛羽最多，预加张力为 15g 时，纱线毛羽最少，且预加张力超过 15g 后，毛羽随张力增大也增多；通过复合纱抗“剥毛”性能仪的测试可知，当长丝预加张力为 10g 时，纱线的抗“剥毛”能力最强。

b. 随着纺纱张力增大，纱线强力先增大后减小，伸长率较低；纱线毛羽增多；纱线条干先减小后增大；纺纱张力越大，纱线的抗“剥毛”性能越好。

c. 通过采用不同的粗纱须条及长丝原料，改变复合三角区平衡力矩，打破纱线复合时的平衡状态。结果表面，采用与长丝模量接近的粗纱原料能使 Sirofil 成纱复合均匀、纱体结构紧密，提高了纱线的抗“剥毛”性能。

第六章 系统补偿装置对 Sirofil 成纱结构性能的影响

传统环锭纺纱方法为单根须条通过锭子旋转加捻，如保持前罗拉输出点与旋转的锭子保持在一条旋转轴线上转动平稳、均衡，成纱加捻结构均匀稳定。对于 Sirospun 在传统环锭纺纱机上两组组分及质量与扭转刚度基本相同，加捻转动同样平稳、均衡，成纱加捻结构均匀稳定，但对于长丝与短纤维须条两组分质量不同（通常长丝一组质量比较小），且两组材料的扭转刚度不同，因此在加捻转动时必然失去平衡，难以达到转动均衡、平稳的状态，其成纱加捻不均匀且不稳定。国外的发表专利、资料文章均未进行类似分析，更未见到如何解决或实现对长丝与短纤维加捻平稳、均衡的问题。

经研究，长丝喂入时的预加张力，复合三角区平衡力矩及纺纱张力是影响纱线结构稳定性问题的关键，这些因素作为系统共同影响纱线结构性能。针对长丝、短纤维基本力学性能的差异，由此在纺纱复合时复合的不均匀，对长丝短纤维的以上几个因素进行系统补偿。为此，在原长丝和短纤维纱纺纱设备上加以下系统补偿装置：自上而下，通过阻尼吊锭，调节和控制长丝喂入时的预加张力；使用模量调节钩，调节和控制复合三角区内长丝和短纤维纱平衡扭矩，通过扭矩的调节以补偿短纤维和长丝的模量差异；应用模量调节槽块，以稳定长丝和短纤维纱的模量大小及调节和控制纺纱张力。

本章利用自己研制的系统补偿装置，研究其对 Sirofil 成纱结构性能的影响，以提高 Sirofil 纱抗“剥毛”性能。通过实验发现，系统补偿装置的引入对 Sirofil 纱毛羽性能影响显著，本章着重研究系统补偿装置对 Sirofil 成纱毛羽性能及抗“剥毛”性能的影响。

6.1 系统补偿装置的引入及其作用机理

6.1.1 系统补偿装置的引入

根据实验观察，纱线“剥毛”主要和纱线表面短纤维量以及长丝

与短纤维在纱线表面的分布有关。在长丝与短纤维须条包缠均匀的纱段上，纱线抗“剥毛”能力强，而在长丝和短纤维须条包缠不均匀的纱段上，纱线在磨损过程中容易起毛起球，“剥毛”现象明显。Sirofil 纱表面短纤维的分布不匀是由纺纱过程中“V”形区汇聚点的不稳定，即上、下跳动或左、右横向移动以及介质模量差异等造成的。因此，若能减少纱线两组分介质的模量差异，使汇聚点相对稳定，即能消除 Sirofil 纱表面短纤维的分布不匀，从而改善纱线的抗“剥毛”性能。这就是最初引入系统补偿装置的构想。

6.1.2 系统补偿装置的作用机理

6.1.2.1 对短纤维纱组分的模量补偿

由前面 Sirofil 纱“剥毛”机理分析可知，Sirofil 纱存在单纱包缠机制，即沿纱线长度方向存在着许多单纱包缠长丝的部分包芯现象，正是由于此局部、不连续包芯导致该部分与机件及相邻纱线摩擦时产生“剥毛”现象。进一步分析 Sirofil 纱的单纱包缠机制可知，单纱包缠是由于长丝与短纤维纱模量的差异、导致成纱复合不均匀而产生的。

按上分析，要解决“剥毛”问题或延缓“剥毛”现象的发生，也就是说如何使长丝和短纤维须条包缠均匀，即是 Sirofil 纺纱系统补偿装置的构想。当未加系统补偿装置时，如果给短纤维须条和长丝加上同一扭力矩，由于须条和长丝模量的差异，长丝因为模量大，单位长度上的捻回数小，即螺旋线螺距大，而短纤维须条正好相反，单位长度上的捻回数多，即螺旋线螺距小。简言之，当长丝在纱线表面形成一个捻回时，短纤维须条已形成了若干个捻回，亦即二者在纱线表面包缠不均匀，存在单纱局部包缠长丝现象。当加上系统补偿装置后，由于装置的拉扯作用，使作用于短纤维须条上的拉力增大，由公式^[54]

$$L_p = (PR) \left\{ \frac{\ln(\sec^2 \theta_s) - \sin^2 \theta_s}{\operatorname{tg}^3 \theta_s \left[\frac{1}{4} + \frac{9}{4} \cos^2 \theta_s + 3 \operatorname{ctg}^2 \theta_s \ln(\cos \theta_s) \right]} \right\}$$

上式中， L_p ：由于短纤维须条拉伸而引起的纱线扭矩， P ：纱线所

受拉伸力, R : 纱线半径, θ_3 : 纱线表面螺旋角 (或加捻角)。

可知, 短纤维须条上所受拉力 P 增大, 短纤维须条的扭矩 L_p 也增大, 相当于短纤维须条与长丝的模量差异减小, 使长丝与须条单纱成纱时包缠均匀, 从而提高 Sirofil 纱线的抗“剥毛”性能。

6.1.2.2 增大纺纱张力

加上系统补偿装置后, 通过装置的拉扯作用, 能增加纺纱张力, 有利于须条单纱中短纤维的转移, 使纤维内外转移充分, 提高了纱线的强力和凝聚力, 从而提高了纱线的耐磨性能, 同时, 由于纤维的内外转移, 也有利于须条单纱表面纤维的圈结。

6.1.2.3 提高复合点稳定性

通过引入系统补偿装置, 使成形区稳定, 防止纤维因汇聚点剧烈的抖动而被摔出纱线表面, 从而减少纱线毛羽。

6.1.2.4 有利于捻度向上传递

采用系统补偿装置后, 通过对“V”形区短纤维须条的拉扯作用, 使须条单纱承受一定的张力, 从而使“V”形区中须条单纱和 Sirofil 成纱间角度接近 180° , 由第二章分析可知, Sirofil 成纱捻度 T 与成纱中单股纱捻度 t 有如下关系式:

$$t = t_0 \pm T \cos^2 \beta$$
, t_0 为单纱原有捻度, β 为单股纱轴线与成纱轴线间的夹角。

因此, β 越接近 180° , t 越大, 亦即成纱中单股纱捻度增大。通过前面对 Sirofil 纱“剥毛”过程的分析可知, 单股纱捻度的提高有助于改善纱线的抗“剥毛”性能。

6.2 系统补偿装置对 Sirofil 成纱结构性能的影响

6.2.1 系统补偿装置对纱线毛羽性能的影响

在 Sirofil 纺纱过程中, 加上系统补偿装置后, 改变“V”形区的

形状和须条单纱上的捻度，进而加强了对前罗拉钳口纤维的控制，增大前罗拉包围角，改善成纱毛羽。

本实验包括两部分：

在长丝预加张力不同和相同的情况下，分别测试普通 Sirofil 纱与加系统补偿装置的 Sirofil 纱的毛羽数目，并对结果进行比较分析。

6.2.1.1 成纱原料与工艺参数

原料：粗纱—100%羊毛；毛纤维-66^s

长丝—30D 普通涤纶长丝

工艺参数：间距—14 mm；捻度—965T/m

6.2.1.2 结果与分析

a. 长丝预加张力不同

表 6-1 普通 Sirofil 纱与加补偿装置 Sirofil 纱毛羽比较

毛羽(mm) 张力 (g)		毛羽(mm)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
5	普通 Sirofil	594	195	95	52	37	21	12	7
	补偿 Sirofil	515	121	47	19	15	7	4	2
10	普通 Sirofil	584	185	92	50	34	19	10	6
	补偿 Sirofil	456	110	44	18	11	5	3	2
15	普通 Sirofil	434	129	58	28	18	12	6	4
	补偿 Sirofil	448	109	44	19	12	5	2	2
20	普通 Sirofil	505	148	66	35	18	11	7	5
	补偿 Sirofil	503	126	56	27	16	5	4	2
30	普通 Sirofil	448	134	65	35	23	15	8	6
	补偿 Sirofil	439	96	34	14	8	3	2	1

表 6-1 为不同长丝预加张力下普通 Sirofil 纱和加系统补偿装置 Sirofil 纱毛羽比较情况。由表 6-1 可以看出，长丝预加张力在 5g 到 30g 变化时，加系统补偿装置后，Sirofil 纱线的短毛羽数量变化不大，但对 3 mm 以上的长毛羽，减少数量明显。

b. 长丝预加张力相同 (15g)

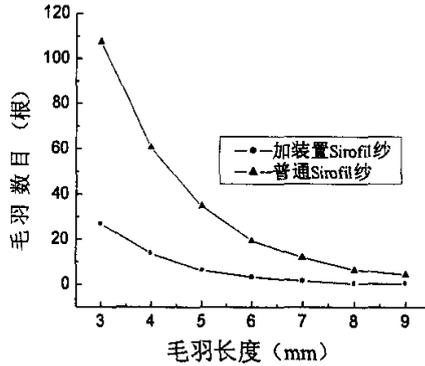


图 6-1 普通 Sirofil 纱与加系统补偿装置 Sirofil 纱毛羽比较

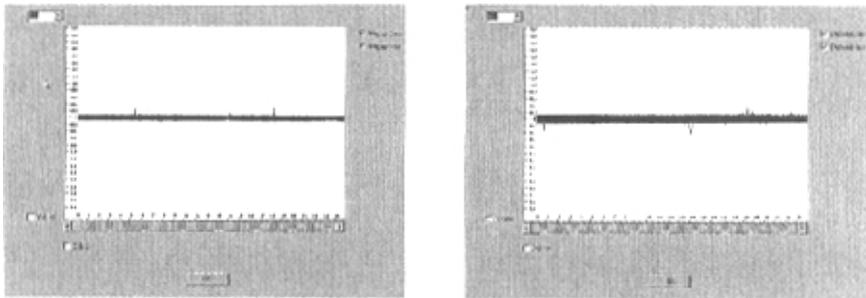


图 6-2 普通 Sirofil 纱与加补偿装置 Sirofil 纱 EIB-S 测试比较

图 6-1 为长丝预加张力 15g 时普通 Sirofil 纱与加系统补偿装置 Sirofil 纱毛羽比较图。从图中可以看出，加系统补偿装置后，纱线的毛羽数目明显减少。图 6-2 为 Lawson 公司 EIB-S 测试结果，左图为加系统补偿装置 Sirofil 纱纵向表面形态图，右图为普通 Sirofil 纱纵向表面形态图，在纱体表面竖立的部分为毛羽。从图中可以看出，加系统补偿装置后的纱线表面更加光洁，而且纱体结构更加紧密。

6.2.2 系统补偿装置对纱线抗“剥毛”性能的影响

6.2.2.1 实验条件

原料：粗纱—毛/涤 50/50

其中：毛纤维-64^s；涤纶-2.5D

长丝—30D 普通涤纶长丝

成纱工艺：捻度-640T/m；长丝预加张力-15g

成纱支数：40Nm

1# 纱—普通 Sirofil 纱； 2# 纱—加系统补偿装置 Sirofil 纱

6.2.2.2 实验结果与分析

表 6-2 纱线抗“剥毛”实验成对双样本均值分析 (a=0.1)

	1# 纱	2# 纱
平均	129.4	172.4333333
方差	4662.041379	2024.322989
观测值	30	30
泊松相关系数	0.036601442	
假设平均差	0	
df	29	
t Stat	-2.932240302	
P(T<=t) 单尾	0.003253704	
t 单尾临界	1.311434517	
P(T<=t) 双尾	0.006507408	
t 双尾临界	1.699127097	

表 6-2 为加与不加系统补偿装置时，Sirofil 纱线的抗“剥毛”数据成对双样本分析。由分析结果可知，加系统补偿装置后，2# 纱抗“剥毛”次数的平均值变大，由 T 检验可知 1# 纱和 2# 纱的抗“剥毛”性能具有显著性差异，因此，加系统补偿装置后，改善了纱线的抗“剥毛”性能。

6.2.3 蒸纱后 Sirofil 纱抗“剥毛”性能比较分析

6.2.3.1 实验条件

实验原料同 6.2.2.1。

成纱工艺：捻度-640T/m；长丝预加张力-15g

1#、2# 纱蒸纱时间为 30 分钟，温度为 85℃。

6.2.3.2 蒸纱后纱线强力及断裂伸长率变化

表 6-3 蒸纱后纱线强伸性能变化情况

蒸纱前		蒸纱后	
1# 纱	2# 纱	1# 纱	2# 纱
622cN	605cN	622.9cN	618.8cN
27.79%	27.27%	30.4%	30.5%

由表 6-3 可知, 蒸纱前 1[#]与 2[#]纱强力及断裂伸长率相差不大, 蒸纱后 1[#]、2[#]强力与断裂伸长率更加接近。蒸纱后, 2[#]纱强力及断裂伸长率有一定提高, 1[#]纱断裂伸长率有一定提高, 强力变化不大。

6.2.3.3 蒸纱后 Sirofil 纱抗“剥毛”实验分析

表 6-4 纱线抗“剥毛”实验成对双样本均值分析 ($\alpha=0.1$)

	蒸纱后 1 [#]	蒸纱后 2 [#]
平均	120.7333	145.1333
方差	3947.237	2933.361
观测值	30	30
泊松相关系数	0.978562	
假设平均差	0	
df	29	
t Stat	-8.98975	
P(T<=t) 单尾	3.49E-10	
t 单尾临界	1.699127	
P(T<=t) 双尾	6.98E-10	
t 双尾临界	2.045231	

由表 6-4 蒸纱后 1[#]与 2[#]纱抗“剥毛”数据成对双样本分析可知, 2[#]纱抗“剥毛”实验时的耐磨次数比 1[#]纱高, $t \text{ Stat} < -t$ 单尾临界值, 故 2[#]纱的抗“剥毛”性能有显著改善; 2[#]纱毛羽指标明显比 1[#]纱好, 2[#]纱明显比 1[#]纱表面光洁、包缠均匀。

上述实验可以说明, 系统补偿装置的引入在蒸纱后同样可以改善纱线的抗“剥毛”性能。

6.2.4 常州三毛中试效果分析

6.2.4.1 实验准备(常州三毛提供)

原料: 84%羊毛-66^s, 3%涤纶-2D, 13%PVA

长丝-30D 普通涤纶长丝

成纱工艺: 捻度-911T/m; 长丝预加张力-15g

A、D—加系统补偿装置 Sirofil 纱; B、C—普通 Sirofil 纱

6.2.4.2 实验结果与分析

表6-4 SPSS处理结果

单样本统计分析

编号	次数	平均值	标准差
A	30	192.5333	95.0364
B	30	139.8333	60.0540
C	30	119.7000	88.2715
D	30	182.0667	108.9707

双样本统计分析

对比		90% 置信区间		t	df	Sig. (双尾)
		最低值	最高值			
Pair 1	A-B	21.2677	84.1323	2.849	29	.008
Pair 2	C-D	-112.2516	-12.0150	-20106	29	.044

表6-4为SPSS单样本和双样本统计处理结果。从上面的结果可以看出，加系统补偿装置的A、D两种Sirofil纱的抗“剥毛”性能均好于未加系统补偿装置的B、C两种Sirofil纱，而且通过SPSS的检验，也可以看出在90%置信区间下，A和B纱、C和D纱之间抗“剥毛”性能均有显著性差异。这是因为加系统补偿装置后纱线的毛羽减少明显，而且纱线直径系数有减小的趋势，填充率有增大的趋势，纱中纤维排列更加紧密，纤维间空隙减少，抱合力增加，有助于改善纱线的抗“剥毛”性能。

第七章 结语与展望

7.1 结语

本论文就 Sirofil 纺成纱机理、纺纱工艺（主要是间距）对 Sirofil 成纱结构性能的影响、复合“V”形区纱线的捻度结构分布、复合纱抗“剥毛”测试装置及 Sirofil 纱“剥毛”机理、纺纱力学系统及系统补偿装置对 Sirofil 成纱结构性能的影响等做了系统的、探索性的实验分析和理论研究，主要结论包括：

1. 探讨了 Sirofil 纱的成纱机理，对 Sirofil 复合纱中短纤维纱组分表面纤维圈结的机理进行了分析，并说明它是 Sirofil 复合纱较普通环锭纺纱线毛羽少的原因之一。理论上阐明，在加捻过程中，Sirofil 纺汇聚点以上须条单纱和长丝同时也获得与成纱同向的捻度，且须条单纱上捻度要大于长丝上捻度；理论计算了 Sirofil 纱中单股纱和长丝上捻度大小；从材料力学角度分析了 Sirofil 纺“V”形区以上须条单纱和长丝上捻度大小，并进行实际测试结果验证。 李敏也-12

2. 就成纱工艺对 Sirofil 成纱结构、性能的影响，着重研究了须条与长丝间距大小对 Sirofil 纱线横纵向结构、强伸性能、毛羽及条干的影响，结果表明，间距大小变化引起“V”形区夹角和单纱段长度的改变以及纱线捻度的重新分布，它是导致 Sirofil 成纱结构性能改变的根本原因。实验分析得出毛型 Sirofil 纺最佳成纱间距为 12-16mm。

3. 为了研究 Sirofil 纱的抗“剥毛”性能，论文还研制了复合纱抗“剥毛”测试仪，该装置的优点是能在同一仪器上实现纱、综及笄三种磨料的转换，充分考虑到织造过程中可能出现的纱线磨损情况，为研究 Sirofil 纱的“剥毛”性能提供了有效的测试手段；另外，还分析了影响该装置测试准确性的实验参数，发现纱线预加张力越大，对纱线的磨损强度也越大，纱线耐磨次数越小；比较了不同的纱线抗“剥毛”性能的特征方法，采用的表征方法为先确定纱线的表面形态特征，在纱线磨损后表面形态相同的条件下，记录纱线的磨损次数，以耐磨次数多少来评价纱线抗“剥毛”性能的好坏；论文还详细分析了 Sirofil

纱的“剥毛”机理,分析了单粗纱和双粗纱的“剥毛”过程,通过 Sirospun 纱及 Sirofil 纱的捻度对比实验,说明了 Sirofil 纱特有的单纱包缠现象,并从介质模量差异导致 Sirofil 纱包缠复合不匀角度阐述了 Sirofil 纱的“剥毛”机理。

4. 长丝预加张力是影响 Sirofil 成纱性能的重要工艺参数。通过理论分析得到了 Sirofil 纺最佳预加张力大小,探讨了预加张力对 Sirofil 纱线强伸性、毛羽及抗“剥毛”性能的影响。结果发现, Sirofil 纱由于长丝的增强作用,在不同预加张力条件下,纱线的强伸性能变化不大,但随着长丝预加的增大, Sirofil 成纱的初始模量也增大;在纱线毛羽性能上,长丝预加张力 5g 时,毛羽最多,预加张力为 15g 时,纱线毛羽最少,且预加张力超过 15g 后,毛羽随张力增大也增多;通过复合纱抗“剥毛”性能仪的测试可知,当长丝预加张力为 10g 时,纱线的抗“剥毛”能力最强。但除了在 5g 和 10g 之间外,在其余预加张力大小之间,纱线的抗“剥毛”性能并没有显著性差异。

5. 论文探讨了纺纱张力对 Sirofil 成纱强伸性能、毛羽、条干及抗“剥毛”性能的影响。结果表面,随着纺纱张力增大:纱线强力先增大后减小,伸长率较低;纱线毛羽增多;纱线条干先减小后增大;纱线的抗“剥毛”性能越好。

6. 论文还分析了复合三角区平衡力矩对 Sirofil 成纱结构及抗“剥毛”性能的影响。通过采用不同的粗纱须条及长丝原料,改变复合三角区平衡力矩,打破纱线复合时的平衡状态,研究不同长丝原料时的 Sirofil 纱纵向形态结构及不同粗纱原料时 Sirofil 纱的“剥毛”性能,结果表明,采用与长丝模量接近的粗纱原料能使 Sirofil 纱线复合均匀、纱体结构紧密,提高了纱线的抗“剥毛”性能。

7. 论文详细分析了系统补偿装置的作用机理。采用系统补偿装置后,通过装置对“V”形区中单纱的拉扯作用,有利于须条单纱中短纤维的转移,使纤维内外转移充分,提高了纱线的强力和凝聚力,从而提高了纱线的耐磨性能;同时,由于纤维的内外转移,也有利于须条单纱表面纤维的圈结,使 Sirofil 成纱毛羽大大减少。通过系统补偿装

置的作用，调节长丝和短纤维须条的模量差异，使纱线在成形时复合均匀，纱体结构稳定，改善了纱线的抗“剥毛”性能。通过 SPSS 显著性检验可知，在 90%置信区间下，采用系统补偿装置纺制的 Sirofil 纱和普通 Sirofil 纱之间的抗“剥毛”性能具有显著性差异。

7.2 展望

考虑不同长丝以及短纤维的拉伸、扭转性能，建立 Sirofil 纱的复合模型；

张力补偿装置的定量研究分析，对其操作的定量规定；

不同长丝预加张力与 Sirofil 复合纱表面形态的定量关系。

参 考 文 献

1. 吴雄英, 东华大学博士论文, 1999 年
2. Lightweight Trend in Apparel, Wool Record
3. 黄华等, 赛络菲尔纺纱工艺与性能探讨, 国际纺织导报, 1998 年第三期, 20~22
4. 陆凯, 赛络菲尔纺成纱机理探讨, 纺织学报, 2000, 8, 204~207
5. D. E. A. PLATE, A. EMMAQNUEL, An alternative approach to two-fold weaving yarn, PartV: Control of surface fibers, J.Text.Inst., 1982, No.3, 99~106
6. A. EMMAQNUEL, D.E.A.PLATE, Part®: The theoretical model, J.Text.Inst. , 1982, No.3, 107~114
7. A. EMMAQNUL, D.E.A.PLATE, Part© : Testing of the theoretical model , J.Text.Inst. , 1982, No.3, 117~123
8. D.E.A.PLATE, A.EMMAQNUL, Part™: Factors affecting strand-twist, J.Text.Inst., 1983, No.4, 205~212
9. D.E.A.PLATE, Part[]: The properties of two-strand yarns , J.Text.Inst. , 1983, No.6, 320~328
10. K. R. Salhotra, Some Quality Aspects of Ply-spun Yarns, Indian Journal of Textile research, 1987, 12,197~200
11. S. P. Chu and K. P. S. Cheng, Siro-spun Vs. Two-ply, Textile Asia, 1995, 5, 48~57
12. K. P. S. Cheng, Y. L. How and M. N. Sun, Siro-spun Charicteristics, Textile Asia, 1992, 12, 70~71
13. K. P. S. Cheng, Y. L. How and M. N. Sun, Siro-spun Charicteristics®, Textile Asia, 1993, 2, 67~70
14. K. P. S.Cheng And M. N. Sun, Effect of Strand and Twist Multiplier on Cotton Sirospun Yarn, Textile Res. J., 1998, 7, 520~527
15. A. Mukhopadhyay, S. K.Puni&Rupa Das*, Polyester Worsted Siro Yarn, Textile Res. J., 1987, 11, 68~72

16. S M Ishtiaque, K.Dhawan, Ajay Saxena and Jai Prakash, Siro Yarn Mechanics, Textile Asia, 1988, 9, 118~120
17. V. Subramaniam and A.Peer Mohamed, A Study of Double-rove Yarn Hairiness in the Short-staple-spinning Sector, J.Text.Inst., 1991, 82No.3, 333~340
18. M. N. Sun and K.P.S Chen, Structure and Properties of Cotton Sirospun Yarn, Textile Res. J., 2000, 3, 261~268
19. S M Ishtiaque, I C Sharma & Sudarshan Sharma, Structural mechanics of siro yarn by microtomy, Indian Journal of Fiber & Textile Research, 1993, 9, 116~119
20. 毕松梅等, Sirospun 纺单纱纱线结构和捻度分布的分析, 纺织学报, 2000, 10, 25~28
21. 陈怡星, 赛络纺新工艺的纺纱质量及纱线结构研究, 纺织学报, 1986, 9, 517~522
22. 陈怀智, 赛络纺纱线的捻度, 毛纺科技, 1998 年第四期, 4~7
23. 陈怀智, 再论赛络纺纱线的捻度, 毛纺科技, 2000 年第四期, 14~19
24. 张一鸣等, 赛络纺涤粘复合纱的结构分析, 棉纺织技术, 2000, 9, 529~531
25. V. Subramaniam and K. S. Natarajan, Frictional Properties of Siro Spun Yarns, Textile Res. J., 1990, 234~239
26. V. Subramaniam and A. Peer Mohamed, Compressional Behaviour of Double-rove Yarns, J.Text.Inst., 1993, 84 No.2, 214~220
27. J. H. Brooks, U. K. Das, and L. J. Smith, Effect of Lubrication on Tensile, Frictional, and Weaving Properties of Sirospun Wool Yarn, Textile Res. J., 1989, 7, 382~388
28. 侯祖龄等, 双组份纺纱在高支轻薄型产品开发中的应用, 上海毛麻科技, 1998, 4, 21~29
29. A. P. S. Sawhney, K. Q. Robert, G. F. Ruppenicker, and L. B. Kimmel, Improved Method of Producing a Cotton Covered/Polyester Staple-Core Yarn on a Ring Spinning Frame, Textile Res. J., 1992, 1, 21~25

30. A. P. S. Sawhney, G. F. Ruppenicker, L. B. Kimmel, and K. Q. Robert, Comparison of Filament-Core Spun Yarns Produced by New and Conventional Methods, *Textile Res. J.*, 1992, 2, 67~73
31. A. P. S. Sawhney & G F Ruppiner, Special purpose fabrics made with core-spun yarns, *Indian Journal of Fiber & Textile Research*, 1997, 12, 246~254
32. Gain L. Louis and Patricia D. Bel, Yarn Spun by Different Methods from Blends of Wool/Cotton and Wool/Polyester, *Textile Res. J.*, 1985, 11, 681~686
33. A. P. S. Sawhney and Linda B. Kimmel, Tandem Spinning, *Textile Res. J.*, 1995, 9, 550~555
34. Wen-Yean Wu and Jiunn-Yih Lee, Effects of Spread Width on the Structure, Properties, and Production of a Composite Yarn, *Textile Res. J.*, 1995, 4, 225~229
35. D. E. A. PLATE, Abrasion-testing of Two-strand Yarn, *J.Text.Inst.*, 1983, No.6, 378~381
36. Miao, M., Cai, A. and Zhang, Y., Influence of mechanical variables on two-strand yarn spinning geometry. *T.R.J.*, 1993, 63, 116~120
37. 张长乐, Siro 纺纱的机理及其产品开发, *棉纺织技术*, Vol.29, 2001.1, 11~15
38. 李慧暄, 赛络纺捻度分布与结构分析, *纺织学报*, 1994, 1(1): 8~10
39. 张弦, 朱宝瑜, 赛络纱线捻度测试方法的研究, *西北纺织工学院学报*, 1998, Vol.12, No.2, 163~164
40. 季涛, 缪爱东, 关于赛络纺纱捻度的分析, *纺织科学研究*, 1997, 4, 45~47
41. M. Miao, R. Chen, Yarn Twisting Dynamics, *T. R. J.*, 1993, 63(3), 150
42. 张文庚, 加捻过程基本理论, 1983, 第一版, 纺织工业出版社, 北京, 36~37
43. 李宝良, 葛惠萍, 丝罗纺轻薄型精纺毛织物内纱线直径系数的探讨. *上海毛麻科技*, 1996, (2): 22~55
44. J. F. Flory, M. Goksoy, and J. W. S. Hearl, *J.Text.Inst.*, 1988, No.3, 417
45. Ding Xin, Song Yun, Testing of Anti-stripping Property of Friction Spun

- Corn Yarn, *Journal of China Textile University (Eng.Ed.)*, 1998, Vol.15, No.3, 66~69
46. 朱苏康, 陈元甫, 织造学, 1996, 北京, 中国纺织出版社
47. Annis-PA, Bresee-RR, Abrasion machine for evaluating single fibre transfer, *Text.Res.J*, 1990, 9, 541~548
48. Yu Chongwen, Relationship between Abrasion and Structure of Rotor and Ring Yarns, *Journal of China Textile University (Eng.Ed.)*, 1999, Vol.16, No.4, 5~8
49. B.C.戈麦斯等著, 邵礼宏等译, 纱线的工艺结构与应用, 1984, 第一版, 纺织工业出版社, 北京, 92~94
50. 陈浦, 王贤琴, 纺纱工艺学, 1994, 上海交通大学出版社, 上海, 151~153
51. J. W. S. Hearle, P. Grosberg and S. Backer, *Structure Mechanical of Fibers, Yarns and Fabrics*, Vol.1, Interscience, New York, 1969, 179~180
52. J. W. S. Hearle, P. Grosberg and S. Backer, *Structure Mechanical of Fibers, Yarns and Fabrics*, Interscience, New York, 1969, Vol.1, 193
53. 吴雄英, 王善元, 化纤长丝和天然短纤维混纺复合纱的技术发展, *纺织导报*, 1997, 5, 16~19
54. R. C. Dhingra and R. Postle, Torsional and Recovery Properties of Worsted Yarns, *J. Text. Inst.*, 1975, 66, 407~411

致 谢

本硕士学位论文是在我的导师俞建勇教授的悉心指导下完成的，俞老师严谨的治学态度和平易近人、朴实的工作作风给了我极大的帮助和教诲。值此论文完成之际，谨向我的导师致以衷心的感谢和深深的敬意！

王善元教授在整个论文的研究过程中都给予了极为细致的指导和极大的帮助，并提出了许多宝贵的建议，在此表示衷心的感谢！

本论文在完成过程中还得到了余燕平博士的鼎力帮助，余博士在资料的查阅、搜集、整理以及实验的进行、实验结果的验证方面都提供了许多关心和指导。在此对余燕平博士表示诚挚的谢意！

另外，在系统补偿装置的加工上，纺织材料研究开发中心的张志龙老师给予了热情帮助，高亚英老师也参与了本论文样品加工工作，在本文有关测试中，纺织材料实验室的沈春龙、谢海娣、沈建明、孙金龙等其它老师都给予了积极的帮助，在此一并表示衷心感谢。

二年多来，与师兄弟们建立了深厚的友谊，也得到了大家的无私帮助，借此机会，向他们及所有在本论文完成过程中得到帮助的人们表示感谢。

成果 登记	登记号	
	批准日期	

科学技术成果鉴定证书

沪教科鉴字[2002]第16057号

成果名称 基于系统补偿的长丝短纤维纱复合纺纱方法
 完成单位 东华大学
 鉴定形式
 组织鉴定单位 上海市教育委员会 (盖章)



鉴定日期
 鉴定批准日期



国家科学技术委员会

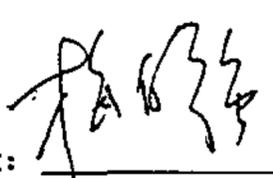
一九九八年 制

上海市科学技术委员会成果处翻印

鉴 定 意 见

2002年10月30日,上海市教育委员会组织有关专家对“基于系统补偿的长丝短纤维纱复合纺纱方法”进行了科技成果复合纱鉴定。鉴定委员会听取了课题组的情况汇报,查看了系统补偿装置及结构稳定性测试装置的使用情况,并仔细审查了全部技术文件。鉴定委员会经过认真讨论,一致认为:

1. 课题组提供的技术文件齐全完整、数据可靠,符合鉴定要求。
2. 课题组采用系统补偿的方法加工长丝短纤维复合纱,技术路线合理、构思巧妙,为解决长丝短纤维复合纱的结构稳定性提供了新的途径。
3. 在系统补偿装置的研制中,将长丝喂入时的预加张力、复合三角区平衡力矩及纺纱张力作为系统,通过系统补偿使长丝短纤维复合纱成纱时包缠均匀、稳定,纱线在后道加工及使用过程中结构稳定。将本系统补偿装置所纺纱线用于织造,织机效率显著提高。
4. 由于当前还没有仪器能很好地评价复合纱的结构稳定性,课题组还研制了复合纱结构稳定性测试装置,具有首创性。
5. 本项目已申请了赛络菲尔纺纱模量补偿装置和长丝短纤维复合纱抗剥毛测试仪两项国家发明专利。
6. 经查新检索证明,本项目的研究成果达到国际领先水平。建议加强成果的推广应用。

鉴定委员会主任: 

2002年10月30日

发表文章及申请专利

发表文章：

钱军等，须条与长丝间距对 Sirofil 成纱结构性能的影响，东华大学学报，2003，Vol.29，第五期

申请专利：

1. 赛络菲尔纺纱模量补偿装置，申请号：02110754.8（已进入实质审查阶段）
2. 长丝短纤维复合纱抗剥毛测试仪，申请号：02136019.7