

应用报告

乌斯特®可持续性发展简报第1期

再生材料的定义、标准和纺织知识

发布单位

Uster Technologies AG
CH-8610 Uster
瑞士

编辑组

Sophie Bleyer
Floriano Crivelli
Gabriela Peters
Theresa Ritter
Anja Schleth

版面

Michel PolyDesign GmbH

©2023年乌斯特技术有限公司版权所有。

本文档中包含的所有信息均不具约束力。供应商保留随时修改产品的权利。明确排除供应商因本文件与产品特性之间可能存在的差异而产生的任何责任。

内容

	编者按	5
1	简介	6
1.1	当今的纺织价值链	6
1.2	为什么要回收纺织品?	7
1.3	生态影响	7
1.4	纺织废料作为原材料	8
1.5	政府举措和规定	9
1.5.1	欧盟	9
1.5.2	中国	10
1.5.3	印度	10
1.5.4	美国	10
1.6	主要零售商	11
1.7	警告	11
1.8	乌斯特技术公司的角色	12
2	定义	13
2.1	废料类型	13
2.1.1	工业废料	13
2.1.2	消费前废料	14
2.1.3	消费后废料	15
2.2	再生方法	16
2.2.1	机械再生	16
2.2.2	热机械再生	17
2.2.3	化学再生	17
2.3	再生材料: 乌斯特术语和命名法	18
3	采买原材料	19
3.1	认证	22
3.2	可追溯性	23

4	纱线生产	24
4.1	选择纺纱系统	24
4.2	纤维与纱线质量的相关性	25
4.3	纱线与织物质量的相关性	26
4.4	工序建议	27
4.5	清花间和普梳中的挑战	28
4.5.1	与再生棉的典型混纺	28
4.5.2	纤维长度和短纤维含量	28
4.5.3	纤维棉结、尘杂	29
4.6	牵伸工序中的挑战	30
4.7	纺纱和络筒中的挑战	32
4.7.1	对外观的影响	32
4.7.2	疵点数	33
4.7.3	周期性疵点	34
4.8	对纱线表面的影响	36
4.8.1	捻度	36
4.8.2	密度	36
4.8.3	毛羽、毛羽变异和毛羽长度分级	37
4.9	对强力的影响和强力变异	39
5	纱线销售	42
6	进一步加工	46
7	总结与展望	49
7.1	再生材料和原生材料之间的预期质量差异	49
7.2	通用语言改善沟通	50
7.3	新的现实	50
8	参考文献	51

编者按

乌斯特概述了挑战并提出了解决方案

纺织品制造的市场需求正在迅速变化，这个行业需要调整适应以保持相关性。许多消费者已经希望在他们今天购买的服装和家用纺织品中使用再生材料。欧盟、中国和其他地方的未来立法强调再生材料的使用，推动整个纺织品价值链的创新。尽管如此，这种转变对纱线生产商的经济和技术意义仍存在很多不确定性。在乌斯特技术公司，我们还相信，作为公民，我们有责任支持提升纺织价值链的可持续性。

乌斯特技术公司希望通过成为知识提供者并建立再生纤维和纱线的定义和标准来加速技术转型。与任何其他常用纤维混纺相比，原生纤维和再生纤维的纱线混纺是一项更大的挑战。但通过全面的质量测试、所应用的专业知识和经验，并使用作为重要基准工具的2023新版Uster Statistics公报，得到的结果仍然可以接受。

本应用报告概述了当前争论的背景，定义了所使用的一些关键术语，并提出了在短纤维中使用再生材料时应考虑的事项。目的是让人清楚理解什么是再生材料，并提供与再生材料处理方式相关的思路。

有效利用再生材料将是未来几年成功的关键，特别是当消费者在购买纺织品时寻求越来越多的再生成分时。为了获得可接受的结果和盈利能力，纺织价值链中的所有参与者都需要合作并相互学习，以免集体失败。在乌斯特技术公司，我们坚信，随着再生纤维和纱线成为加工新产品的首选原材料，这对于纺织品制造商来说是引领这一重大行业转型的绝佳机会。

Davide Maccabruni
CEO

1 简介

本应用报告讨论了纺织品价值链中的可持续性主题，包括对废料类型和所用再生方法的主要定义。还提供了一些实际示例，说明纺纱厂商如何在现有工序中有效使用再生材料。做为一直在定义纤维和纱线特性的最前沿的乌斯特技术公司也支持这一努力。现在，我们的积极目标是，向在制造工序中有效使用再生材料的目标转型的这一过程中，为更广泛的行业做同样的事情。最后，本报告对未来几年的预期进行了展望，因为越来越多地使用再生材料将是不可避免的。

1.1 当今的纺织价值链

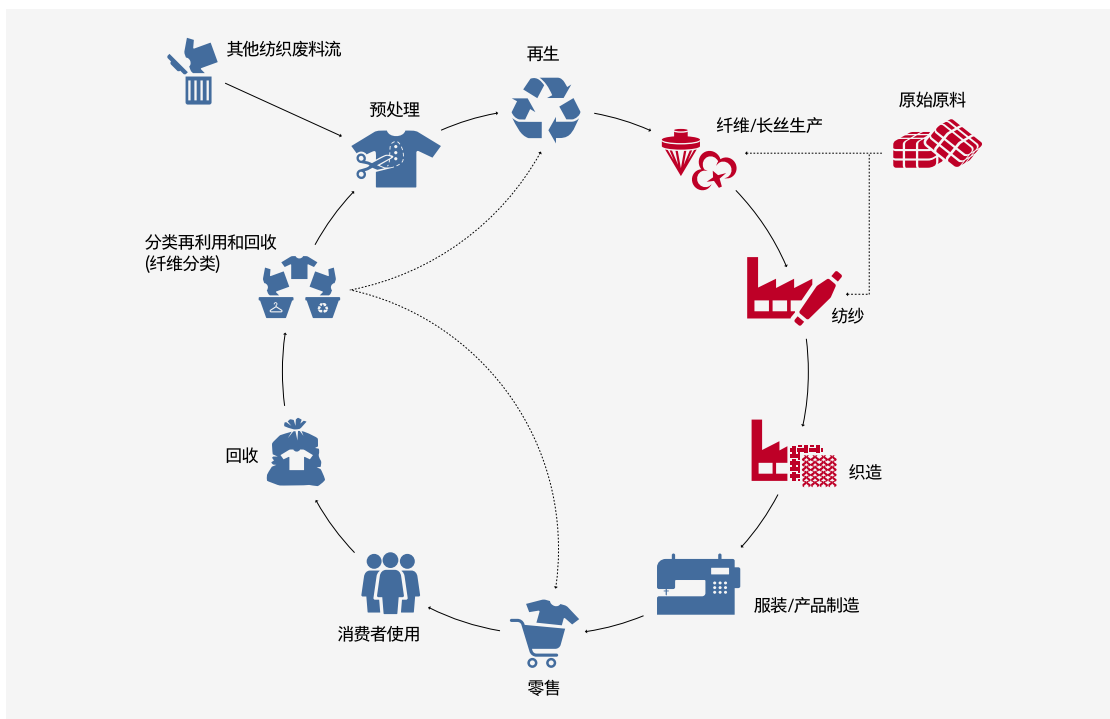


图1 乌斯特—循环纺织价值链

如今，纺织品价值链正在迅速摆脱线性结构，以适应纺织品生产和消费中对循环方法日益增长的需求，如上图所示。

乌斯特的传统专业领域以红色突出显示，包括使用“原生”（=新生产的、以前从未使用过的）原材料作为纺纱的原材料。原生棉和涤纶短纤维就属于这些类别。然后将纺纱机织或针织成织物，然后进一步加工成服装或其他纺织产品。

以蓝色突出显示的是乌斯特传统业务环境之外的领域。其中包括使用纱线和织物制造的服装和其他纺织产品。其次是零售和消费使用。消费后的废旧纺织品必须要被回收，但其他过程中发生的废料也是为此目的的回收过程的一部分。

对于下游回收过程来说非常重要是将废料预先分类为“再利用”或“再生”类别。可重复使用的服装通过在二手零售店出售而进入另一个消费周期，这对于高端和奢华服装来说已经相当成熟。预处理同样重要，因为在任何回收过程之前，有必要从服装上去除拉链或纽扣等硬件。

未来，纺织产品的分类、预处理和回收活动将发生许多变化和大幅度增加。这些过程固有的可变性对行业中的所有参与者都提出了挑战。但掌握这些方面至关重要，目的是确保纺织品回收的技术可行性和盈利能力，其中一些方面超出了本报告的范围。例如，纺纱厂商特别感兴趣的是服装中不同材料的混纺，特别是使用莱卡®等弹性纤维或其他纤维的混纺。这给本报告中未涉及的下游回收过程带来了其他挑战。

1.2 为什么要回收纺织品？

纺织品回收的必要性源于多种问题产生的压力：气候变化、生物多样性丧失、人口增长和废料数量增加（部分原因是许多国家/地区生活水平的提高）。对这些问题的高度认识，以及原材料生产和纺织产品一般消费的挑战，让新一代消费者对可持续产品更感兴趣。

几年来，许多纺织品品牌、零售商和生产商已经将可持续发展理念融入产品和价值链中，尽管采用的方式并不协调。为了响应消费者和公民的需求以及制造商的改进，世界各地的许多政府和行业协会正在为纺织产品引入相应的规定、要求和新标准。其目的是为所有人建立一个共同的竞争环境，并推动行业在解决这些问题中发挥自己的作用。这些新发展将要求整个纺织价值链发生变化，并将给纺纱厂和纤维生产商带来新的挑战。

1.3 生态影响

纺织和时尚行业对地球的影响有据可查，2016年，仅服装业就造成了约6%的全球污染[1，第18页]。这比所有国际航班和海运造成污染的总和还要多[2，第19页]，预计到2030年将大幅上升[1，第32页]。纺织品生产（主要是棉花种植和染整）造成的淡水消耗量已达到惊人的2,150亿立方米[1，第20页]。这约占全球淡水消耗总量的5%[3]。此外，气候变化对农业有直接影响，并将影响棉花和其他天然纤维的生长和收获，从长远来看将迫使人们做出重大调整适应[4]。纺织品价值链中农药、化肥和化学品的使用导致生态系统质量下降[1，第24页]并对人类健康构成很高的潜在风险[2，第28、29页]。

在原材料消耗方面，2021年纺织行业原材料消耗量约为1.18亿吨，其中2,400万吨以棉花为主，8,000万吨以化纤为主。预计到2030年，受发展中国家人口增长和生活水平提高以及快时尚和超快时尚持续增长的推动，消费量将增至1.44亿吨[5，第361页]。纺织品中使用的合成材料数量的增加直接导致每年约9%的微塑料进入海洋[2，第18页]。

从长远来看，当前形式的快时尚和超快时尚商业模式在环境上不可持续，因为需要越来越多的原材料并产生越来越多的纺织废料。早在2015年，全球纺织废料就达到了9,200万吨，预计到2030年将增至1.48亿吨[6，第10页]。

1.4 纺织废料作为原材料

这些数字突显了对原材料数量不断增加的需求，以及理论上可以回收大量纺织材料的可能性。使用再生材料生产新的纺织产品将大大减少对原生材料的需求。这将减少对环境的影响，同时为纺织品生产商提供新的机会。但这也带来了一系列新的挑战，特别是对于纺纱厂商而言。

然而，目前只有极小比例的纺织废料被回收制成新的纺织产品。在欧洲，大约70%至75%的纺织废料甚至没有被回收，而20%至25%的纺织废料被回收，然后被再利用、转售或出口。大约10%的废料被降级回收，不到1%被再生成纤维，用于制造相同质量的新纺织产品[7，第8页]。

德国最近的一项研究仅显示了所回收的纺织品的再利用、降级回收、出口和处置，但没有考虑闭环或纤维到纤维的回收[8，第7页]。这恰恰说明，回收利用对于质量相当的新纺织品的生产来说是多么微不足道。从环境角度来看，德国的例子表明，回收到的大部分纺织废料随后被出口到非洲，在那里被转售或处置，但通常最终会被焚烧或放在露天垃圾填埋场和大自然中[8]。

尽管很难获得经过核实的信息，但各大洲的其他发达国家很可能也会发生同样的情况，正如所指出的美洲阿塔卡马沙漠（智利）的情况[9]。将来，所有这些被废弃的材料都应该以一种更合理的方式使用。根据一些估计，到2030年，欧洲18%至28%的纺织废料可用于纤维到纤维的回收[7，第8页]。与目前相比，这将是一个大幅增长，可以为纺织制造业提供更多的再生材料。

再生材料的可用性的增加不会自动发生。这将是各种力量同时作用的结果，包括消费者提高环境意识，也包括以可接受的数量和价格采购原生原材料的挑战。对于纺织行业，特别是纤维生产商和纺纱厂商来说，推动力主要来自两个方面：政府法规和品牌不断变化的要求。

1.5 政府举措和规定

1.5.1 欧盟



欧盟是颁布最全面的纺织品可持续性规定的政府和政治实体之一。作为其欧洲绿色协议雄心的一部分，欧盟委员会于2022年3月通过了一项面向2030年的可持续和循环纺织品新战略[10]，以使该行业更环保、更具创新性、更具竞争力。欧盟对该行业愿景的一个非常重要的部分明确指出：

“到2030年，投放到欧盟市场的纺织产品将是寿命长且可回收的，在很大程度上由再生纤维制成，不含有害物质，并且在生产时考虑到社会权利和环境”[10，第2页]

基于这一前提，并在所提出的涵盖所有类型产品的可持续产品生态设计规定的基础上，欧盟委员会计划为纺织产品制定具有约束力的生态设计要求，包括纺织产品中的强制性再生纤维含量[10，第3页]。加上计划中的禁止销毁未售出纺织品以及可能禁止销毁退回纺织品的规定[10，第4页]，以及到2025年建立纺织品废料分类回收的义务[10，第8页]，这些要求将迫使在欧盟销售纺织品时使用越来越多的再生纤维。

为了确保出现新的可持续循环商业模式作为快时尚的替代品，并使经济增长与废料产生脱钩，一些欧盟成员国已经引入或将引入生产商延伸责任要求。其目的是抑制难以回收的低质量和低耐久性纺织品的生产[10，第7页]，并解决以虚假或欺骗方式声称具有可持续性的问题，这种问题被称之为叫“漂绿”[10，第6页]。由于在欧洲销售的大多数纺织品都是从国外生产和进口的，所有这些欧盟监管努力都与全球层面的参与(联合国、G7、G20等)相结合[10，第13页]。拟议引入的企业可持续发展尽职调查指令将迫使大公司对全球纺织品价值链的不利社会和环境的影响负责[10，第13页]。

关于回收的纺织废料的出口，欧洲委员会也提出了新的规则，以确保纺织废料出口到能够可持续地管理和加工这些废料的非欧盟国家[10，第14页]。这些规定的控制方法将是现有的纺织品贴标规定，该规定将受到审查。此外，还将针对纺织品引入数字产品通行证，定义循环性和可持续性方面的强制性信息要求[10，第5页]。因此，对于消费者和当局来说，整个纺织品价值链的信息透明度和质量将变得更加重要。

1.5.2 中国



中华人民共和国是另一个采取行动应对气候和环境危机的国家。其2030年前碳排放达峰、2060年前碳中和的目标[11]对纺织行业产生了影响。根据“中国服装行业‘十四五’发展指导意见和2035年远景目标”[12]，行业不会不惜一切代价追求增长，而是更加注重各个层面的质量，包括可持续性。中国计划推动可持续时尚和制造方面的研发：绿色设计、绿色生产、绿色标准、绿色营销和绿色消费理念将得到强化。

这些理念旨在减少纺织品对环境的影响，并在纺织行业引入循环和生态责任设计等政策。2021年至2025年的目标之一是开发纺织废料回收的关键通用技术，并在服装中使用越来越多的再生成分。以2020年纺织废料约2,200万吨、回收利用率20%、再生纤维约150万吨为基准线，中国计划2025年实现回收利用率25%、再生纤维200万吨，2030年实现回收利用率30%、再生纤维300万吨。其中将包括建立一个完整的纺织废料回收系统[13]。据估计，生产中使用的纤维约有15%应来自再生材料[14]。

1.5.3 印度



其他国家和地区也在推出项目和立法，以减少纺织行业对环境的破坏和污染。例如，在印度，纺织部与联合国驻印度机构、印度服装制造商协会CMAI和知名行业参与者一起启动了SU.RE（“可持续解决方案”）项目，该项目提出了几项原则，使可持续发展成为纺织行业的主流。该项目于2019年启动，旨在增加可持续原材料的比例[15]。

1.5.4 美国



在美国加州，州参议院正在审查“2023年负责任纺织品回收法案”：该法案将要求生产商为基本上所有纺织品建立收集和回收流程[16]。

这些只是纺织行业在立法和监管方面即将发生范式转变的一些例子。世界各地都在推出类似的举措。

1.6 主要零售商

除监管机构外，领先品牌也是纺织行业可持续发展的另一股重要力量。许多主要品牌正在与专注于纺织品可持续发展的非营利国际组织合作，包括TextileExchange（纺织品交易所）和GlobalFashionAgenda（全球时尚议程）[17]。特别是，纺织品交易所已经开发了许多品牌和供应商正在使用的术语和标准。其中包括“首选材料”，意思是从生态和/或社会方面来看很先进的材料，因为与传统材料相比，它们更具可持续性[18]。同样值得注意的是回收声明标准（RCS）和全球再生标准（GRS）[19]，它们为再生材料的外部认证设定了标准。

现在，许多主要国际品牌和时尚集团在整个价值链上都有公共可持续发展目标，重点关注循环利用、再生和可持续材料、减少浪费、减少排放和节约用水。特别关注再生和可持续材料的情况下，以下几个例子说明主要品牌如何设定具有挑战性的目标：

- Inditex的主要目标是到2040年实现净零排放，并希望到2025年基本上所有材料都来自首选来源，而对于棉来说则更早，是到2023年所有棉都来自首选来源[20，第130页（30）]
- H&M计划到2023年为其产品采购30%的经认证再生材料，到2030年采购100%的经认证再生材料或更可持续的材料[21]
- 优衣库已经使用了约15%由回收PET瓶产生的涤纶，并计划到2030年使用约50%的再生材料[22]
- GapInc.希望到2030年实现100%再生棉、有机棉或回收棉，以及100%再生涤纶[23，第9页]
- PVH的目标是到2025年采用可持续方式采购100%的棉和粘胶，到2030年采用可持续方式采购100%的涤纶[24，第9页]
- 宜家使用的棉花约占全球种植棉花的0.7%，已于2015年淘汰传统棉花[25]，并计划到2030年只使用负责任来源的可再生或回收材料[26]
- 彪马希望90%的服装和配饰包含至少50%的可持续来源材料，包括75%的再生涤纶和100%的可持续来源的棉[27]

这份清单可以持续很多页，但从这几个例子可以清楚地看出，领先品牌正在设定重要目标，这些目标将对从采购到材料加工的整个纺织行业产生巨大影响。同时，这些目标很难评估。再生或首选来源的定义尚未正式确定，这可能会遭到漂绿指控。

1.7 警告

需要注意两个方面：设定这些目标不仅是为了遵守即将出台的法律要求，也是为了满足消费者对可持续产品日益增长的需求。与此同时，随着消费者接受越来越多的环保教育，他们对所提出的声明也越来越挑剔，希望确保自己的可持续购买真正产生积极影响。因此，品牌和生产商的声明将面临越来越多的审查，必须确保透明度和真实性，以避免遭到漂绿指控。

另一方面，由于行业中有如此多的重要参与者设定了雄心勃勃的目标，以合理的价格获得再生材料并不是必然的[28]。纺织行业必须面对这两个主要挑战才能成功进入可持续发展的新时代。

1.8 乌斯特技术公司的角色



出于前面提到的原因，纺织品制造商需要找到一种方式来转变他们的商业模式，以实现更可持续的未来。这不仅限于按照当地立法的要求成为整体上更具可持续性的生产设施。它特别适用于用什么类型和质量的原材料可以有效地生产什么类型和质量的产品。

有效加工再生材料会给短纤维纺纱带来挑战，这些挑战将在下面的章节中概述。这些都是“再生材料”一词的应用仍然非常宽松的例子。尽管如此，这些挑战仍然存在，纺织价值链中涉及的各方都必须接受这些挑战。

在当今纺织加工的上游，纺纱厂商的任务是用再生材料生产纱线，并有望提供相当的质量。然而，在纺纱中使用机械再生纤维有特定的质量考虑。此类纤维的短纤维和棉结含量较高，并且通常可能有颜色，特别是在使用来自于消费后材料的情况下。再生纱线在细度方面也确实存在局限性。热机械和化学再生纤维和长丝通常被认为具有较少的加工挑战，因为“新再生的”纤维和长丝具有与新纺合成和粘胶纤维和长丝非常相似的加工性能。因此，本报告将重点放在由机械再生纺织废料制成的原材料上。

在乌斯特，我们将自己的角色视为知识提供者，我们设定定义和标准，以加速这一持续的行业转型。作为纺织制造业长期值得信赖的质量控制系统供应商，乌斯特帮助该行业的方式对各种测试结果进行评估，明确当今处理多种形式的再生材料时可能做到哪些方面。Uster Statistics公报2023版将有助于衡量、控制和提高质量，支持整体行业转型。因此，乌斯特担当着“质量卫士”的角色，恰如中立的裁判，可以报告加工不同再生材料时预期的质量如何。



2 定义

目前，关于废料的类型和回收过程在各种场合和论坛上都有许多的讨论和不同的描述。以下定义已被证明最适用于纺织品制造商：

2.1 废料类型

通过不同的再生方法进行再处理的三种主要不同类型的废料分别是工业废料、消费前废料和消费后废料。



图2 不同废料类型

2.1.1 工业废料

工业废料是尚未制成成品服装或其他最终用户产品的用前废料。其中包括纺纱/络筒产生的纱线废料以及机织和针织产生的织物边角料。通常这些都是本色纱线织物，这意味着它们是天然的米色，没有经过染色或任何印花或整理化学品的处理。



图3 络筒机产生的工业废料（硬废料）

工业废料不是常规纺纱过程中产生的生产废料，那些被称为“软废料”。这可能会令人困惑，因为纺纱厂在纺纱过程中不可避免地会产生生产废料。例如，精梳机落棉是纺制非常细的精梳环锭纱时的“副产品”。它要么加工成支数较低、较粗的纱线，要么作为原材料出售给另一家生产此类纱线的纺纱厂。精梳机落棉的另一个用途是作为造纸原料。在短纤纺纱或相关行业中重新利用软废料是纺织制造中一个由来已久的过程，因此在本文中讨论的背景下不作为再生材料的范围。

工业废料，也称为“硬废料”，是已经处于半成品中但尚未制成最终产品或服装的纱线和织物。它在某种程度上“更容易”加工，因为材料成分和织物结构很可能是已知的，从而消除了上述一些预处理步骤。根据定义，它也是消费前废料，因为它尚未到达在零售点购买服装或家居用品的最终成品消费者手中。

2.1.2 消费前废料

消费前废料是指未零售和未使用就被退回的成品服装或家居用品。与工业废料的主要区别在于，纱线和织物被制成最终产品，这意味着它经过整理、染色和裁剪与缝纫操作，成为牛仔裤或厨房毛巾等产品。

消费前废料的优点是通常是干净的、未使用的和未清洗的，而且最重要的是，产品类别是众所周知的。这有助于将成品预先分类为不同的原材料组、颜色和织物类型，这对于后续过程至关重要。

然而，与消费后废料一样，来自零售的消费前废料也有一个缺点，即必须在织物回收之前对其进行预处理：任何硬件，例如纽扣、拉链、牛仔裤中的铆钉等，以及腰带、衣领和袖口中使用的明显不同的材料都必须拆除。通常，这必须手动完成，因为在工业规模上还不可能自动对成品服装或家居用品中的不同硬件和其他部件进行识别、分离和分类。

可用于回收的消费前废料的确切数量很难估计，因为这些信息不容易获得。

2.1.3 消费后废料

这是消费者丢弃用过的纺织品后回收的废料。到那时，衣服或家庭用品已经被穿过、使用和清洗多次，并且已经达到其寿命的终点。

通常，消费后废料会以肮脏的状态被丢弃，并且关于所用原材料的信息很少或根本没有。经过多次洗涤后，标签不再清晰，或者随着服装的使用而被去除。织物整理、染色和涂层增加了额外的挑战，因为在回收点尚不清楚纺织品的化学成分。这使得预分类非常困难，并增加了由其制成的再生材料的可变含量。



图4 消费后废料

与零售产生的消费前废料一样，任何硬件和明显不同的材料都需要在加工成再生材料之前进行拆除（主要是手动拆除）。

此外，与消费前废料一样，可用于回收的消费后废料的确切数量难以估计。大多数工业化国家尚未实施标准有效的消费后纺织品回收流程。然而，随着各种倡议在各层级得到讨论和实施，可以肯定的是，这种废料类型将在未来发挥最重要作用，特别是如果未售出的纺织品数量减少，并且消费后纺织品的回收率提高的话。

2.2 再生方法

有许多不同的再生方法可用于重新处理上述不同类型的废料。我们专注于三个主要领域：机械再生、热机械再生和化学再生。



图5 不同的再生方法

2.2.1 机械再生

就投入材料而言，机械再生是最灵活的。这是因为投入材料的成分与产出材料的成分保持一致（假设没有混合其他纤维材料），这意味着机械再生工序改变了材料的状态，但化学结构保持不变[29]。在机械再生中，先前预切割的纺织品片通过机器元件被机械力撕破。这样一来，纺织品上的机械应力很大。因此，从纺织品中拉出的纤维或纱线片段所实现的纤维长度明显短于原生纤维。除此之外，根据所采用的撕破工序，它可能会被灰尘污染。在某些情况下，在撕破工序之前将纺织品弄湿以改善加工状况。然而，不需要其他物质/化学品。与其他再生方法相比，能耗较低，这也是该工序相对具有成本效益的原因之一[30，第21页]。

机械再生已经在工业规模上建立起来，并且一些制造商提供了用于该工序的机器。由于所得的产出材料纤维长度较短，机械再生纤维的应用范围受到限制。某些产品完全由再生纤维制成，包括喷绘毛绒、清洁碎布、回纺纤维等。这些主要是无纺布应用。然而，这些应用完全与降级回收相关，这意味着再生材料的质量和功能低于原生材料。这些产品之后不会重复使用，这意味着它是一个开环过程[29]。

为了能够将纤维再次纺成纱线，机械再生纤维与明显更长的原生纤维混合。与原生纤维混纺的可能性意味着已在纺纱厂中使用这些纤维。然而，理想情况下，必须优化机械再生工序，使其对纤维更加温和，限制短纤维的产生，并让纤维长度分布更均匀，让纤维长度更长。这是在短纤纺纱中增加使用机械再生纤维的唯一途径来达到提高纱线质量并服务于更广泛的应用。目标应该是实现闭环应用。[7，第21页]。

2.2.2 热机械再生

热机械再生仅适用于由热塑性材料制成的合成纺织品，因为塑料在热和压力下熔化，然后被挤出。因此，热机械过程基于热塑性材料。使用的废料必须无污染且纯净。由于只有热塑性材料可以再次熔化和挤出，因此任何其他非热塑性材料的污染都可能导致该工序中出现问题。该工序非常敏感，即使是少量杂质也会造成麻烦。例如，就纺织废料而言，这可能是少量的弹性纤维甚至天然纤维。在螺旋输送机的帮助下，材料被排入再造粒机并在那里熔化。这是通过系统内的内置加热元件和摩擦热来实现的。挥发性物质可能作为熔化过程的副产品产生。可借助脱气系统去除挥发性物质。熔体需要冷却（通过水）以进行进一步加工。然后，冷却的熔体被旋转刀切成短条。用这些短条重新造粒，可以在常见的生产工序中进一步加工[29]。由于分子结构保持完整，该工序为保持高质量提供了良好的基础。与机械再生相比，质量下降应显著降低。

如今，该工序主要用于非纺织废料，特别是PET瓶。该活动目前已达到商业规模。然而，PET瓶的供应量有限，因为这取决于这些瓶子的初始使用水平。此外，对原料的要求较高，这减少了可用原材料的量。应用这种纺织废料再生方法的工序仍在开发中[7，第21页]。

2.2.3 化学再生

多种工序可以归类为化学再生。一般来说，在化学再生中塑料被分解成中间产品。这可以一直分解到聚合物或单体水平。无论该工序是基于聚合物还是单体，这些物质都需要纯化以进行进一步加工。这是通过过滤或分离工序来完成的[29]。纯聚合物或单体可以在后续工序中进一步加工成新的原材料，其中单体必须首先恢复到聚合物水平。然后用这种原材料纺成纤维。由于基础材料是纯化的聚合物或单体，新纺成的纤维的质量几乎可与原生纤维相媲美。这是化学再生的一大优势。然而，对能源和化学品的需求高于机械再生[7，第21页]。

纤维混纺对化学再生提出了重大挑战，化学再生的目的是溶解两种混纺元素，然后将它们分开处理。在大多数工序中，一次只能从纤维混纺中提取一种纤维。这意味着会产生许多残留物，这些残留物要么必须进一步处理，要么在最坏的情况下，最终成为废料[7，第21页]。

如果选择化学再生，废料的类型是最重要的。目前，如果原生材料是棉基材料或MMCF（人造纤维素纤维），则主要使用回到聚合物水平的工序。提取纤维素并应用常规纤维素工序中已使用的制浆工序。存在替代工序开发，其中可以使用涤纶或涤纶/棉混纺作为模料。原理各不相同。例如，它可以是溶剂基的或水热的。作为最终产品，获得涤纶熔体，然后可以将其纺成新的PET纤维[29]。

对于回到单体水平的工序，优选涤纶或锦纶作为原料。这些技术的原理可能不同。例如，它们可以基于甲醇分解、糖酵解、水解或酶促作用。这些回收工序需要从单体水平（例如，单乙二醇[MEG]和精对苯二甲酸[PTA]）回到聚合物水平（例如PET）的额外处理，然后才能再纺成纤维[7，第21页]。已经有几个试点工厂对纺织废料进行化学再生，并纺出新的纤维。计划在未来几年进行商业规模的纤维生产[7，第21页]。

2.3 再生材料：乌斯特术语和命名法

为了有助于在提及再生材料时清晰明了，乌斯特决定采用以下术语：

- 以再生棉为例，完整地写为Cotton-R，其中R表示再生。缩写为CO-R。

使用此命名法有两个原因：首先，ISO标准（ISO6938）中指定了术语CO。其次，这两个术语在我们的仪器中一眼可见——CO代表原生棉，CO-R代表再生棉。所有其他纤维术语都遵循相同的模式。

在Uster Statistics公报应用程序中，棉铃图标旁边使用了众所周知的回收图标。同样，其他纤维也遵循相同的模式。

下表列出了仪器中和Uster Statistics公报应用程序中使用的所有新术语。







乌斯特仪器1	乌斯特仪器2	USP 2023应用程序
再生棉	CO-R	
再生涤纶	PES-R	
再生粘胶	CV-R	
再生莫代尔	CMD-R	
再生莱赛尔	CLY-R	
再生羊毛	WO-R	
再生锦纶	PA-R	
再生锦纶6.6	PA 6.6-R	

图6 乌斯特仪器中和Uster Statistics公报中使用的术语

3 采买原材料

原生原材料和再生原材料之间的区别在于，原生原材料按字面意思就是，第一次在纺织品制造中加工的原材料。“原生”一词在过去仅用于“原生或新羊毛”，表示来自绵羊或羔羊绒毛的优质纤维，之前从未纺成纱线或毡化，也从未纳入成品中[30]。如今，该术语通常用于纺织制造中尚未加工成成品的所有原材料，例如术语“原生棉”。

再生原材料是上面第2.1段中确定的原材料。再次强调，再生材料不是指常规短纤维纺纱工序中产生的废料，这一点很重要。要被视为“再生材料”，纤维必须至少被纺成纱线，然后再次撕成纤维材料，也称为“硬废料”。

热机械和化学再生材料具有与原生材料几乎相同的特性，因此（理论上）不会给纱线制造商带来加工问题。因此，这些纤维类型在当今业界引起的争议较少。热机械再生材料的一个例子是由PET瓶制成的PES-R（再生涤纶）。这已经在规模化生产和交易中[31]：

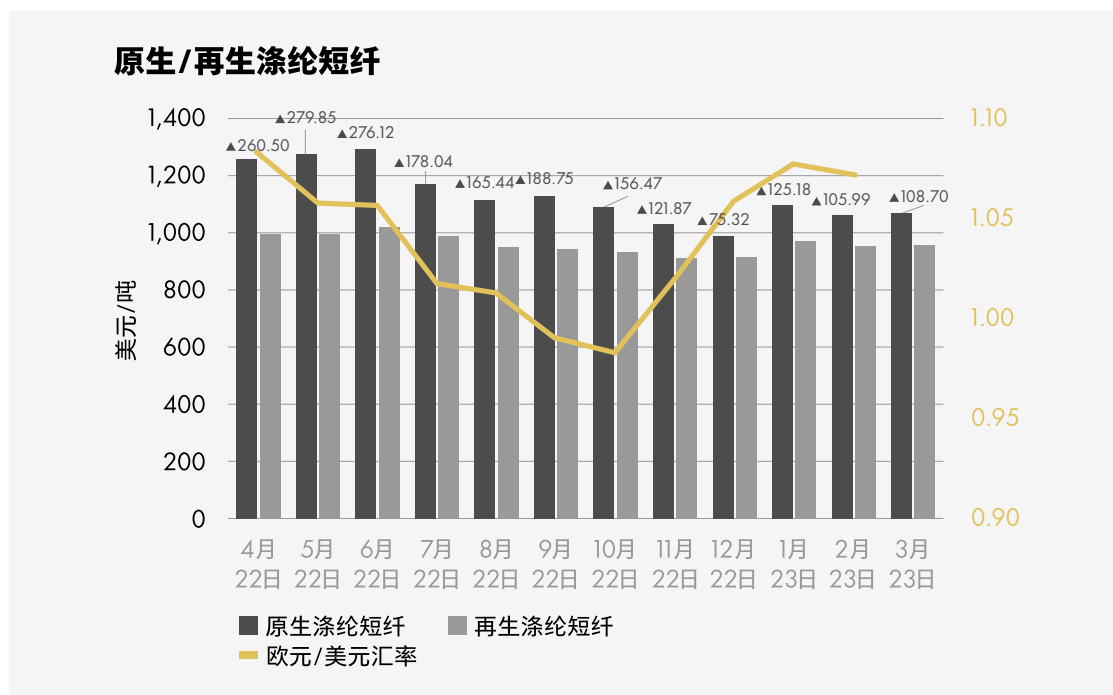


图7 再生合成二元纤维价格

机械再生材料给纺织制造业带来了更大的问题，因为材料来源的种类繁多。下图显示了当今可用的一系列不同的机械再生材料：



图8 机械再生材料

机械再生材料可以采用任何材料组合、颜色组合和开松程度。它仍然可以包含纱线甚至织物碎片，它可以是针织或机织的，并在开松过程后进行化学处理（染色或漂白）。组合真的是无穷无尽！此外，这种原材料本质上比原生材料变化更大。

这使得纱线制造商很难根据纺纱厂安装的机械来为他们打算生产的纱线选择合适的原材料。重要的是要了解，纺纱厂无法轻易进行改造以生产完全不同的产品系列。例如，如果没有大量的资本和资源投资，一家为生产衬衫用精梳环锭细纱而建的纺纱厂就不能转而生产用于家居装饰的气流纺粗支纱。

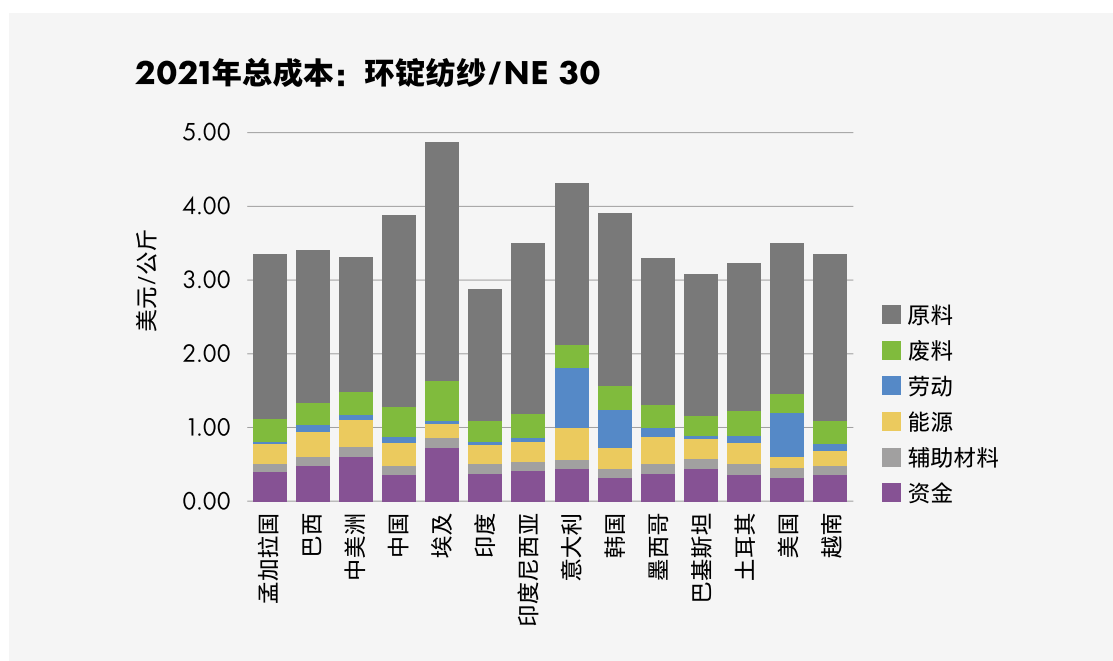


图9 纺纱厂原材料成本与总成本的比较[32]

此外，对纺纱厂来说，原材料成本仍然构成大部分财务风险（图9）。因此，进厂原材料的质量控制一直是纺纱厂所有人关注的重点。对于棉花等天然纤维尤其如此。

作为一种农产品，棉花本质上根据每年的生长条件而具有不同的特性。在过去的10至20年中，全球公认的测试方法（例如Uster HVI大容量棉花测试仪和AFIS单纤维测试仪）极大地帮助了该行业在棉花买家和生产商之间建立了共同语言。然而，在这种物理测试方法在大多数情况下取代人工评估之前，基于人工检查的规则和协议已经在棉花交易中存在了一个多世纪。

现在也需要针对再生材料发生同样的变化。首先，再生材料的买家和卖家需要就所买卖的再生原材料的主要特征达成一致。

3.1 认证

由于尚无全球公认的标准，一种方法是对再生材料进行认证。在全球范围内，目前有大量（数百个）证明书可用于识别可持续方式生产的或含有可持续材料的纤维。迄今为止，这些证明书都不是由ISO或DIN等国际标准化机构颁发的。相反，许多是私人运营的，大多是非营利或行业赞助的。

一些获得关注的认证包括全球再生标准（GRS）、回收声明标准（RCS）、全球有机纺织品标准（GOTS）、有机含量标准（OCS）和欧盟生态标签认证。所有这些对可持续性或再生材料的定义都略有不同，从以下概述中可以看出。

根据全球再生标准（GRS）认证的产品必须包含至少20%的再生材料，并通过可追溯的监管链系统进行验证。GRS认证可确保再生材料符合特定标准，并帮助公司向消费者传达其在可持续发展方面的努力。[33]

相比之下，回收声明标准（RCS）认证的是产品（包括纺织品）的再生含量，要求包含至少5%的再生材料。这些材料必须是监管链系统的一部分，即再生材料的可验证且有时可追溯的来源证明。纺织材料必须使用用前或用后废料，并符合供应链验证标准，同时尽量减少危险化学品并尊重工人权利。[34，第4页]。

全球有机纺织品标准（GOTS）没有任何适用于材料回收的具体要求。相反，它是一个综合标准，保证在整个生产过程中遵守特定的环境和社会标准。其中包括使用环保染料和化学品、减少水和能源消耗以及确保安全且公平的工作条件。此外，GOTS标准要求产品中至少70%的纤维经过有机认证，并且产品在整个供应链中符合严格的环境和社会标准。[35]

有机含量标准（OCS）认证更注重材料会输要求，强制要求产品至少含有5%的再生材料。此外，再生纤维必须符合经批准的第三方标准，如回收声明标准（RCS），并且再生含量必须通过可追溯的监管链系统进行验证（见上文）。[36]

欧盟生态标签认证的是包括纺织品在内的产品的环境性能，推广在整个生命周期中均可持续的且环保的材料。纺织产品必须符合特定的环境和社会标准，并使用环保染料和化学品，同时减少水和能源消耗并确保安全的工作条件。如果使用再生材料，则必须符合环境和社会标准，并通过可追溯的监管链系统进行验证（见上文）。制造商可以使用欧盟生态标签标志来表明他们致力于可持续发展。[37]

3.2 可追溯性

“可追溯性”是当今纺织品价值链中经常使用的另一个术语。按照其最基本的定义，它是：“[……]对产品从原材料到消费者，再到处置和回收的整个生命周期进行追踪的能力” [38]。

随着上文第1.5段所述纺织品制造立法的变化，可追溯性已成为确保将来能够满足其中一些要求的一个关键因素。其目的是在供应链中尽可能往回追溯——例如，从零售追溯到纤维生产，正如数字产品通行证等举措的目的。但它的目的还包括尽可能向前推进产品生命周期，闭合循环回路，正如生产商延伸责任举措的目的。一样[10]。

然而，当今纺织价值链的困难在于它仍然非常分散。

由于纺织品通常易于运输，因此纺织品价值链通常包括世界各地许多不同的生产商。原生棉产于中国、澳大利亚、印度和美国等原产国。涤纶和粘胶纤维及长丝主要在亚洲生产，但在其他地方也可以找到。纺纱厂主要位于相同的那些国家，例如土耳其。同样，整理和染色工厂遍布全球，服装和最终产品制造也是如此。

人们做出了许多努力来在所有这些不同的制造地点建立可追溯性，但这是该行业面临的另一个巨大挑战。例如，在收获/轧棉过程中，色素或DNA标记被应用到棉纤维上——在纤维起源点。然后通过数字方式追踪成品服装的所有生产步骤。理想情况下，全球生产的所有棉花都应使用相同或相似的标记类型，以便消费者准确了解T恤中的纤维的真正来源。这仅适用于原生棉。就适用性和成本而言，这些标记还没有达到规模。

对于再生材料，尤其是来自消费后废料的再生材料，确切的纤维类型含量（棉、涤纶、粘胶/人造丝等以及混纺成分）通常甚至是未知的，使得追溯原材料的来源几乎是不可能的。

无论如何，无论再生纤维的认证和验证如何，购买再生材料和纤维的选择取决于预期的最终用途和该目的所需的质量。完全由机械再生纤维制成的纱线通常无法满足此类质量要求，此类质量要求大多基于原生材料。因此，再生材料主要用于混纺中。

4 纱线生产

4.1 选择纺纱系统

再生纤维的加工给纺纱厂带来了新的挑战。一方面，四种不同的纺纱系统已投入商业使用，每种系统在所使用的原材料和纤维特性方面都有不同的优先级。同时，必须仔细考虑可将多少再生纤维与原生纤维混纺，以免最终纱线质量出现重大损失。值得注意的是，纱线必须含有20%的再生纤维（GRS标准）才能声明再生纤维含量。理论上可以纺制由100%再生纤维组成的纱线（例如，用于地毯等家居用品的非常粗的OE纱线），但不适用于服装制造中的标准商业用途。

下图根据纤维特性的重要性显示了四种纺纱系统。在所有系统中，纤维长度，当然还有短纤维含量，都是纺纱时最重要的特性之一。在机械再生工序中，纤维长度大大缩短，并产生大量短纤维。这与它是工业废料、消费前废料还是消费后废料无关。迄今为止的经验表明，工业废料比其他两类废料表现出更好的纤维长度分布（较低的短纤维含量）。

纺纱系统	按重要性排序的纤维特性
环锭纺纱	纤维长度 纤维强力 纤维细度 杂质含量
紧密纺纱	纤维长度 纤维强力 纤维细度 尘杂含量
转杯纺纱	纤维细度 纤维强力 尘杂含量 短纤维含量
喷气纺纱	纤维强力 纤维细度 纤维长度 尘杂含量

图10 取决于纺纱系统的纤维参数的重要性

4.2 纤维与纱线质量的相关性

纤维特性对纱线特性有直接影响。特定的纤维特性可以同时影响多种纱线特性。其中一个最好的例子是短纤维含量，它对纱线均匀度、细节和粗节、棉结、毛羽和强力有直接影响。这主要是由于在纺纱工序牵伸过程中较短纤维的不同性能，这里不再进一步讨论[39]。

下表显示了主要棉纤维与环锭纱特性之间的关系。在与再生棉的混纺中，短纤维含量发挥着更大的作用。由于织物被机械撕破并分离成更小的碎片，例如纱线和纤维，单根纤维受到很大的应力，被撕破成更短的长度。根据与原生材料混合/混纺的程度，纤维分布可能不是最佳的，从而影响纱线的所有主要质量参数，并最终在织物中显现出来。

对纱线质量特性的影响

纤维特性	均匀度CVm	粗节	细节	棉结	毛羽	强力	伸长率	外观	染色性
马克隆值/细度	●	●	●	●	●	●	●	●	●
长度	●	●	●	●	●	●	●	●	
短纤维含量	●	●	●	●	●	●	●	●	
强力						●	●		
棉结	●			●				●	●
尘杂	●	●	●	●		●	●	●	
颜色								●	●

棉花特性对环锭纱特性的影响： ● 直接关系 ● 间接关系

图11 纤维参数与环锭纱质量的相关性

4.3 纱线与织物质量的相关性

下图显示了纱线和织物质量之间的相关性，或者特定的纱线特性如何影响不同的织物特性。纱线均匀度Cvm直接影响织物的视觉外观、手感、针织过程中潜在的孔形成以及织物的颜色强度和染色性。

对织物特性的影响

纱线特性	外观	厚度	手感/柔软度	起球	免烫	尺寸稳定性	经纬断头率	孔	弹性	染色性
Cvm	●		●					●		●
粗节	●		●				●	●		●
细节	●		●				●	●		●
棉结	●		●					●		●
毛羽	●	●	●	●	●		●			●
直径	●	●								●
形状	●	●								●
密度	●	●	●	●	●					●
尘杂	●						●	●		
强力						●	●	●		
伸长率						●	●	●		
捻度	●		●	●	●	●	●		●	

图12 纱线质量与织物质量的相关性

将原生纤维与机械再生纤维混纺的新挑战需要非常仔细地考虑混纺中使用的回收纤维的百分比最终仍能生产出优质纱线。同时，还必须考虑所得织物的最终用途，以确保混纺不会导致最终产品的质量损失，例如一条牛仔裤或一件家居用品。

无论所采用的纺纱系统如何，最常见最终用途的实际纱线支数范围目前在普梳Ne 10和Ne 30之间。使用现有的纺纱技术纺出超过Ne 40的非常细的纱线支数目前是难以实现的。

4.4 工序建议

对原生纤维和机械再生纤维进行混纺时，建议使用以下纺纱系统：

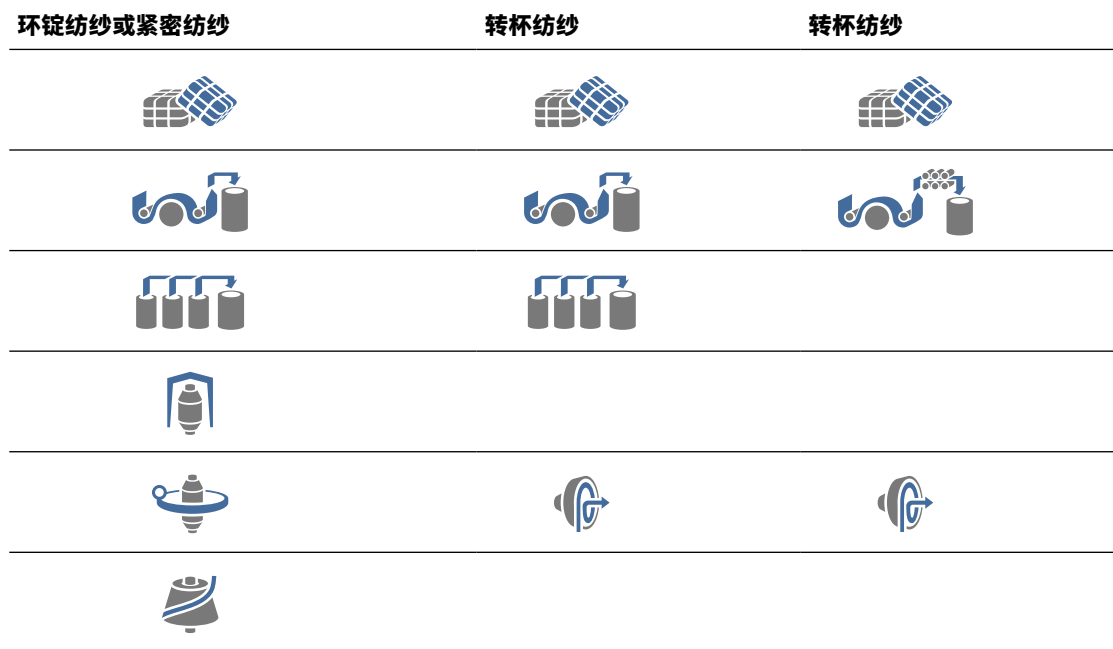


图13 建议使用的纺纱系统

除了传统的环锭纱和紧密纱之外，在某些应用中还生产双股纺纱。由于短纤维含量较高，不建议生产喷气纱，而且增加精梳工序也不经济。

4.5 清花间和普梳中的挑战

4.5.1 与再生棉的典型混纺

到目前为止，传统纺制棉纱中最常见的混纺百分比如下：

- 80% CO/20% CO-R，环锭纱和转杯纱，普梳
- 75% CO/25% CO-R，环锭纱和转杯纱，普梳
- 70% CO/30% CO-R，环锭纱、紧密纱和转杯纱，普梳
- 40% PES-R/30% CO/30% CO-R，环锭纱、紧密纱、双股纺纱，普梳

根据应用领域，例如地毯纱线，再生纤维的百分比可能更高。但这些纱线通常纺成非常粗的支数。

如上所述，纱线中使用的再生材料的确切来源无法验证。这尤其适用于含有机械再生棉的纱线。如果它仍然是原生棉典型的天然米色，可以有把握地认为它来自消费前的工业废料。如果它是多色的并且纱线生产商声称它主要含棉，那么再生成分很可能来自消费后废料。

经过化学或热机械再生的废料所产生的特性大多与原生粘胶和涤纶纤维非常相似，甚至完全相同，因此可以不受限制地进行纺纱。因此，我们在这里重点关注与机械再生棉纤维的混纺，因为它们目前给纺纱厂商带来了最多的加工问题。

以下观察结果基于瑞士乌斯特实验室收到和测试的样品的测试结果以及生产商收到的有关这些特定样品的信息。它们主要是自然着色的样品，含有机械再生纤维。它们当然并不涵盖当今可用的所有机械再生材料，但应该仍然指示要寻求的相应情况。

4.5.2 纤维长度和短纤维含量

如上所述，由于织物被机械撕破并分离成更小的碎片，例如纱线和纤维，单根纤维受到很大的应力，被撕破成更短的长度。

在下面的示例中，将原生棉与100%再生棉进行了比较。总体而言，再生棉的所有平均纤维长度参数值明显较低。另一方面，短纤维含量相当高，因此纤维长度变异较大。

棉包	L(n)	L(n) CV%	SFC (n)	5% L(n)
100% CO	19.1	51.7	27.7	34.5
100% CO-R	11.0	66.0	61.4	24.8

图14 原生棉包和再生棉包的比较

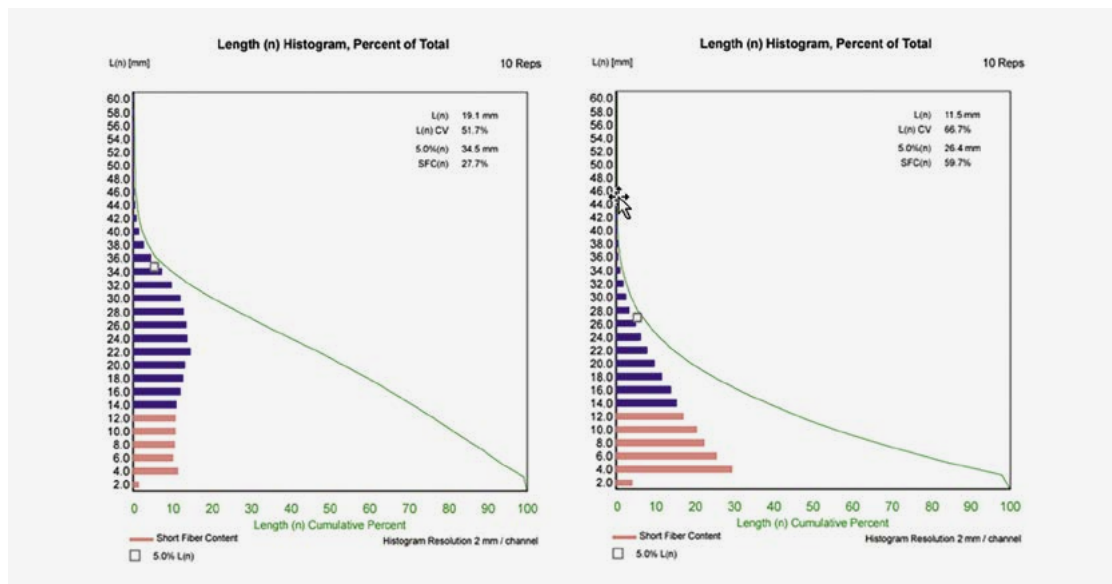


图15 原生棉和再生棉的长度分布

这种倾斜的纤维长度分布（如右上方的再生棉示例所示）对于混纺来说并不理想，导致纺纱工序中面临挑战，特别是在牵伸工序中。短纤维在棉条中容易粘在一起并且难以分离。现在必须设置并条机罗拉之间的距离，以便不会有太多的纤维在牵伸区“游动”，同时，较长的纤维不会被夹在设置过紧的罗拉之间，导致纤维断裂。

未加控制的牵伸过程反过来会导致纱线出现相当大的质量问题，如下文进一步所述。

4.5.3 纤维棉结、尘杂

机械再生工序的另一个不受欢迎但不可避免的副产品是与原生棉相比数量增加的纤维棉结。未开松的纤维碎片也可能导致这些增加。

棉包	纤维棉结
100% CO	262
100% CO-R	563

图16 原生棉和再生棉的棉结比较

原材料中的尘杂颗粒最终进入纱线会对机织物的纬纱和经纱断头率产生负面影响，并有可能导致针织物中形成破洞。

在这种情况下，我们观察到原生棉和再生棉样品之间存在显著差异，以棉包形式进行测试时，再生棉样品中的尘杂颗粒较少。

棉包	灰尘	杂质
100% CO	248	37
100% CO-R	39	7

图17 原生棉和再生棉中的尘杂比较

4.6 牵伸工序中的挑战

如上所述，由于再生棉（CO-R）中短纤维的含量很高，而且在与原生棉（CO）混合时，纤维长度分布有时不理想，纺纱厂商面临着重大困难。例如，这会导致牵伸系统中的短纤维引导不正确以及潜在的牵伸错误。

在测试中，将含75% CO和25% CO-R的Ne 20转杯纱与100%棉纱进行了比较。图18显示了纤维的长度分布情况。可以清楚地看到，纤维长度分布是倾斜的，因此不是最佳的。

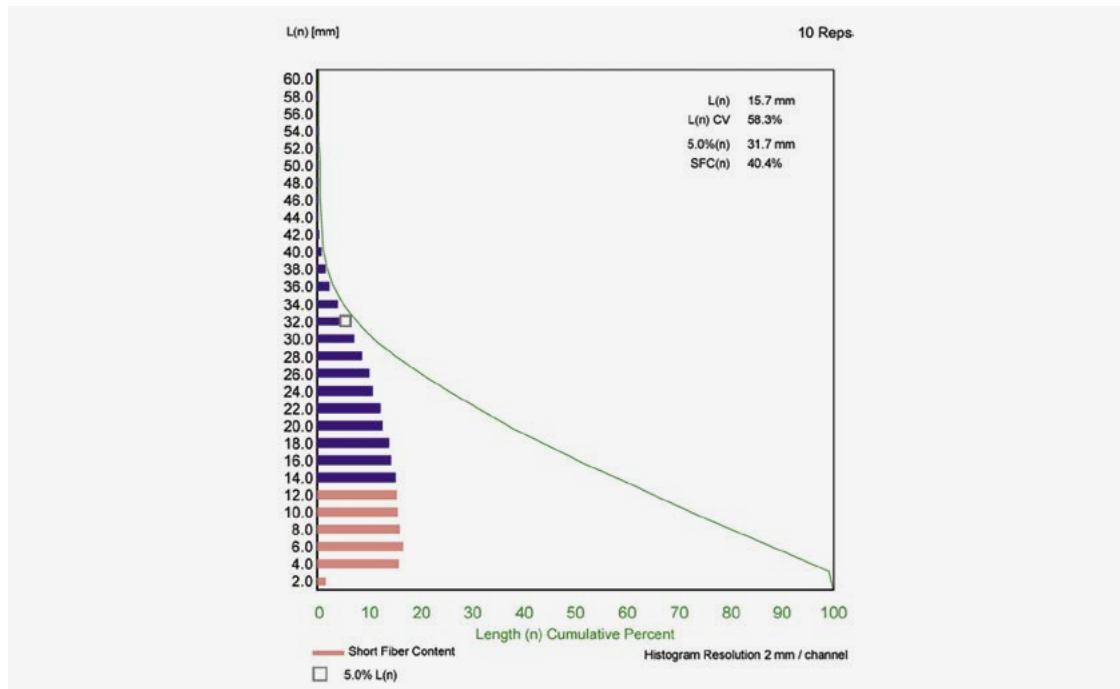


图18 75% CO/25% CO-R混纺纤维的长度变异曲线

测量了均匀度、疵点和毛羽的值，与Uster Statistics公报中的100%原生棉相比，CVm%为22%。如果仅依靠数值，这表明再生纱线的质量非常好。然而，使用Uster Tester条干仪波谱图进行更仔细的分析显示并条机存在明显的牵伸误差（图19）。

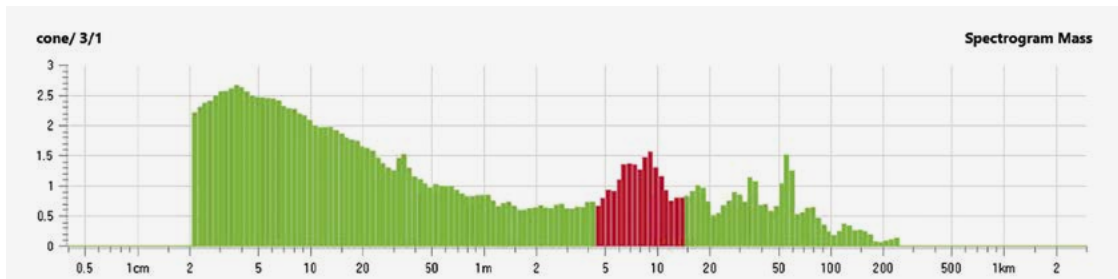


图19 转杯纱，Ne 20 75%CO/25%CO-R，存在牵伸误差

相比之下，图20显示了原生参考材料的正常波谱图。在这种情况下，这种问题被及早检测出来，避免后续在该纱线制成的织物中导致结构不均匀。

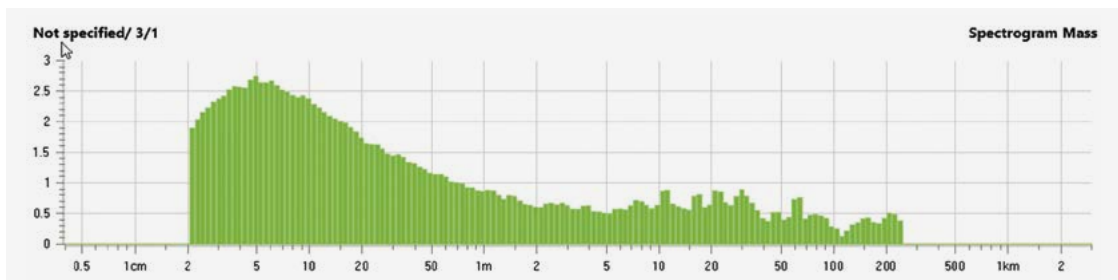


图20 转杯纱，Ne 20，100% CO，参考材料

意识到再生纤维混纺纱线质量下降的风险意味着质量控制是确保客户满意度的唯一途径。即便如此，这个任务也绝不简单。在纺制新材料时，乌斯特强烈建议同时考虑数值测试结果和图形评估，以消除进一步加工中出现问题的风险。

4.7 纺纱和络筒中的挑战

4.7.1 对外观的影响

织物的外观会受到许多因素的影响。当纱线均匀度恶化时，疵点通常会增加，或者在纺纱工序中出现周期性误差。其中一些误差会因络筒工序而加剧。

对于再生纱线，值得注意的是，即使CVm仍然相当不错但在不同切割长度下的CVm 1m、CVm 3m和CVm 10m也存在明显的困难（图21和22）。

No.	CVm	CVm	CVm	CVm
	%	1m	3m	10m
	%	%	%	%
1 / 1	14.09	5.15	3.76	2.24
2 / 1	13.59	5.26	4.10	2.56
3 / 1	13.92	5.27	3.87	2.41
4 / 1	13.51	5.01	3.60	2.06
5 / 1	13.18	4.89	3.61	2.13
6 / 1	13.71	5.12	3.94	2.40
7 / 1	13.43	5.13	3.95	2.29
8 / 1	13.65	5.95	4.68	3.14
9 / 1	14.04	6.02	4.86	3.44
10 / 1	13.30	5.04	3.89	2.29
Mean	13.64	5.28	4.03	2.49
CV	2.2	7.3	10.4	18.0
s	0.30	0.39	0.42	0.45
Q95	0.22	0.28	0.30	0.32
USP™ 2018	38	>95	>95	67

图21 示例1: Ne 10, 转杯纱, 普梳, 52% PES/48% CO-R

No.	CVm	CVm	CVm	CVm
	%	1m	3m	10m
	%	%	%	%
1 / 1	16.04	5.79	4.69	2.93
2 / 1	15.44	7.00	6.09	3.95
3 / 1	15.72	7.04	6.01	4.29
4 / 1	15.37	6.21	5.29	3.64
5 / 1	15.88	6.93	6.03	4.32
6 / 1	15.30	6.14	5.92	4.18
7 / 1	14.95	5.71	4.73	3.32
8 / 1	15.46	6.00	4.87	3.31
9 / 1	15.41	6.23	5.16	3.14
10 / 1	14.16	5.46	4.68	3.33
Mean	15.37	6.32	5.35	3.64
CV	3.4	9.3	11.3	14.0
s	0.53	0.58	0.61	0.51
Q95	0.38	0.42	0.43	0.37
USP™ 2018	15	>95	>95	>95

图22 示例2: Ne 30, 转杯纱, 普梳, 65% CO-R/35% PES

CVm 3m对于单面针织物尤为重要。该值的增加反映在针织物的外观上。图23表示由于纱线不匀率高而导致针织物表面不匀率高。



图23 由于纱线不匀率高而导致针织物表面不匀率高

4.7.2 疵点数

纱线不匀率高和疵点数多使针织物或机织物“模糊不清”，如下图24所示。

在均匀的情况下，注意到当再生纤维被混合时，短片段变异尤其增加（上图21和22）。无法确定疵点数的明显趋势，因为疵点数高度取决于纺纱系统和纱线支数。



图24 具有有害疵点的针织物

4.7.3 周期性疵点

正如本报告中多次提到的，原生纤维与再生纤维混纺会导致纤维长度分布不良，这对纺纱产生不利影响。为了解决这个问题，通常选择非常高的粗纱捻度。这种捻度很难牵伸开，并且经常导致由粗纱硬头引起的周期性纱疵（图25）。

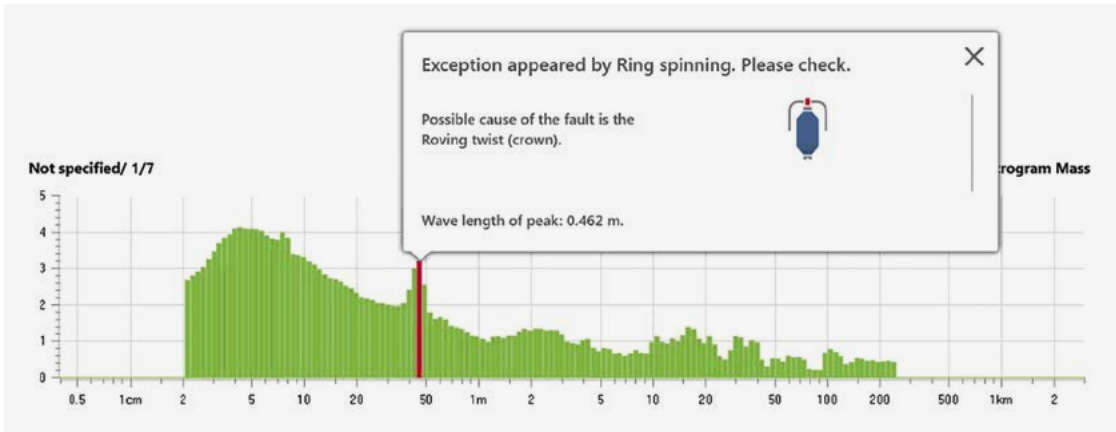


图25 Ne 34，环锭纱，普梳，75% CO/25% CO-R

其他例子（图26、27、28）显示了周期性牵伸疵点及其可能的原因。这种周期性疵点会导致外观不均匀，并且还会影响纱线的强力和伸长率。

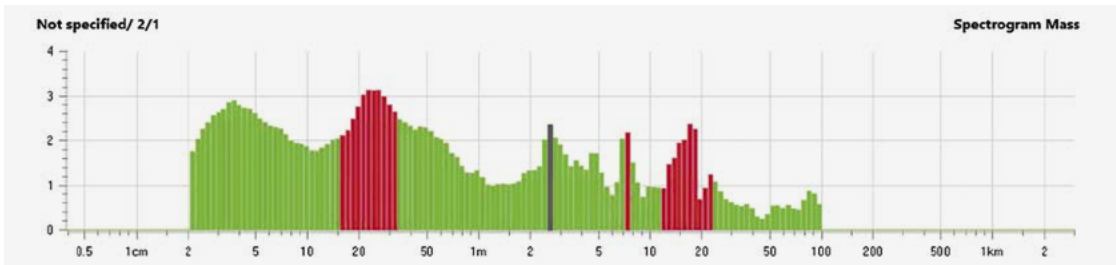


图26 Ne 7，环锭纱，普梳，70% CO/30% CO-R





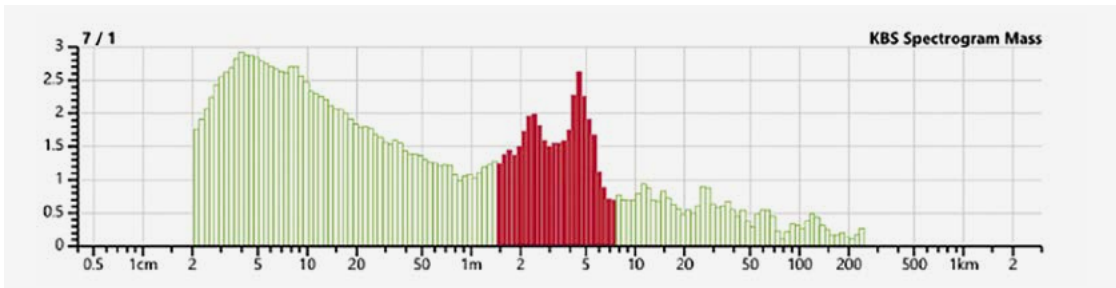
Type	Wavelength	Exception	
Wave	0.163 - 0.326 m	Possible cause of the fault is the Main Draft.	
Wave	0.163 - 0.326 m	Possible cause of the fault is the Roving twist (crown).	
Type	Wavelength	Exception	
Peak	14.775 m	Possible cause of the fault is the Pre-process Roving.	
Peak	14.775 m	Possible cause of the fault is the Pre-process Finisher Drawing.	

图27 Uster Tester 6条干仪知识库系统提供的可能原因



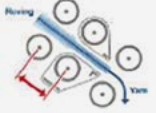

Type	Wavelength	Exception	
Wave	1.500 - 7.387 m	Possible cause of the fault is the Break Draft Zone.	
Wave	1.500 - 7.387 m	Possible cause of the fault is the Pre-process Roving.	

图28 Ne 40, 环锭纱, 普梳, 80% CO/20% CO-R以及可能的原因

4.8 对纱线表面的影响

4.8.1 捻度

纱线捻度显著影响纱线的密度和毛羽。这些特征是密切相关的。如果对纱线施加更大捻度，则密度会增加，毛羽会减少，反之亦然（图29）。

捻度	↑ 增加	密度	↑ 增加	毛羽	↓ 下降
捻度	↓ 下降	密度	↓ 下降	毛羽	↑ 增加

图29 纱线捻度、密度、毛羽的关系

捻度决定织物的触感。值得注意的是，无论纱线支数如何，对原生棉与再生棉混纺纱线所施加的捻度均高于对原生棉纺制纱线所施加的捻度。分析的混纺纱线为70%–75%原生棉与25%–30%再生棉混合而成的纱线。

以USP 2023作为指南（图30），得出以下观察结果：与5% USP水平相比，纱线捻度增加了20%。在50% USP水平下，需要多加10%的捻度，只有在95%的水平下才可能比原生棉减少5%的捻度。

USP 2023	捻度变化
5%	+20%
50%	+10%
95%	-5%

图30 再生纱线捻度变化对比

4.8.2 密度

密度也决定织物的触感。起球性和“免烫”也由密度决定。与针对原生棉的USP 2023相比，据显示，在5%的水平下，密度会降低10%–20%。在50%的水平下，降低幅度仍然为5%–10%，而在95%的水平上则没有差异（图31）。

USP 2023	密度变化
5%	-10 – -20%
50%	-5 – -10%
95%	0%

图31 再生纱线密度变化对比

4.8.3 毛羽、毛羽变异和毛羽长度分级

40年来，H值一直是全球公认的毛羽基准。它用于纱线贸易，并作为生产过程中的预警机构。这是每台Uster Tester 6条干仪的标准测量值。传感器HL具有所需的高灵敏度，可用于纱线工程，用于识别可能引起起球的较长伸出纤维，还支持机器检查。传感器HL提供S3u、S1+2u和7个长度分级。

毛羽对最终产品的后续加工有多种影响：

- 纱线中毛羽多会增加纱线中的棉结和织物中的起球（图32）



图32 起球多的织物

- 毛羽多会增加经纱缠结的可能性。这导致更多的经纱断头和织物疵点
- 纱线中毛羽多会导致机织和针织机器受到更严重的污染，由于纤维碎片的积累，会导致更多的织物疵点（图33）



图33 织机上的飞花

- 纱管到纱管之间的毛羽变异大和周期性毛羽会导致染色后织物出现条纹
- 纱线中毛羽会导致织物外观模糊不清

纱线毛羽决定织物的许多特性。在所有使用再生纱线的测试中注意到，与100%原生棉相比，毛羽变异明显更大（图34和35）。这是由于短纤维含量明显较高。此外，这些纤维并不总是最佳分布。

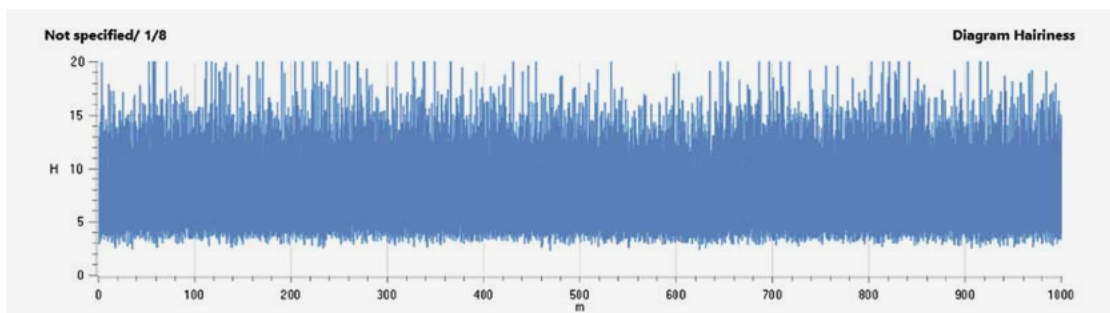


图34 毛羽示意图，Ne 30，环锭纱，普梳，纱筒，75% CO/25% CO-R

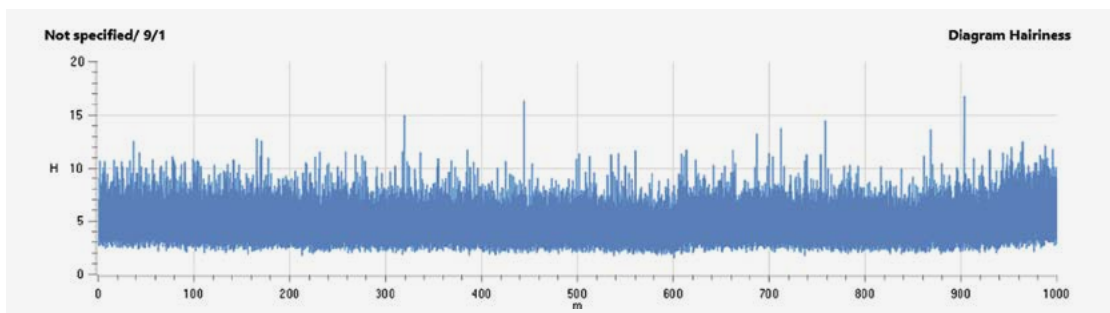


图35 参考原生纱线Ne 30

值得注意的是，尽管捻度较大，再生CO-R环锭纱仍达不到原生CO环锭纱的毛羽值。对于环锭纺和气流纺的粗支纱，仍然可以接近原生棉的毛羽水平。Ne 30-40再生纱线的毛羽水平明显高于原生棉。这适用于H值以及S1+2u/S3u值。

4.9 对强力的影响和强力变异

很明显，在与原生纤维的混纺中使用再生棉将影响整体强力及强力CV%。即使是最先进的纺纱机械也无法解决这个问题。

当混纺含有20%或更多的再生纤维时，平均纤维长度会更短，短纤维含量也会更高。这会影纤维分布，这也体现在强力的CV%中。

我们将100%棉的Ne 20转杯纺纱线与10%原生棉和90%再生棉的混纺纱线进行了比较（图36和37）。Uster Tensojet高速强伸仪测量值生成的散点图表明，混纺纱线的变异明显较大。根据经验，我们知道这种混纺纱线很有可能在进一步加工中引起问题。

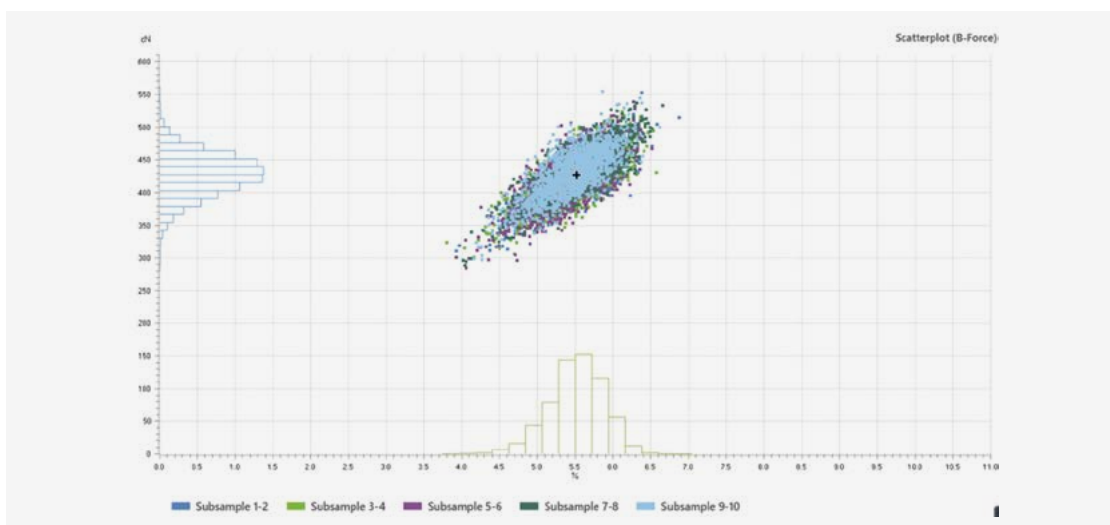


图36 转杯纺纱线，Ne 20，100% CO

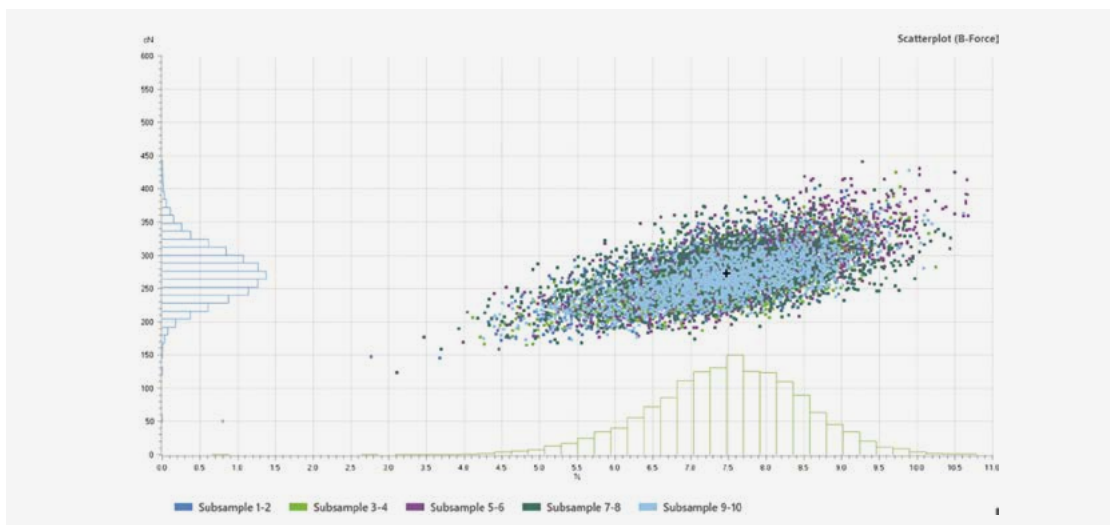


图37 转杯纺纱线，Ne 20，10% CO和90% CO-R混纺

以下示例（图38）适用于与上面所用相同的纱线，以说明周期性疵点（图28）。我们可以清楚地看到，这些疵点在强力和伸长率方面也明显。伸长率的变异较大，为12.2%，强力的变异为9.6%。在随后的机织过程中，强力和伸长率的巨大变异可能会导致停机。

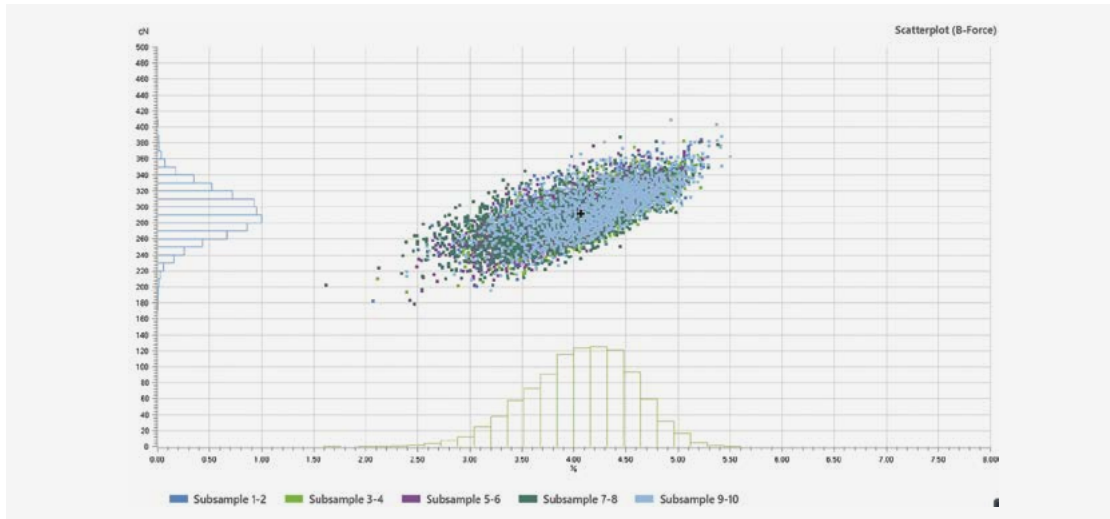


图38 散点图，Ne 40，环锭纱，普梳，80% CO/20% CO-R

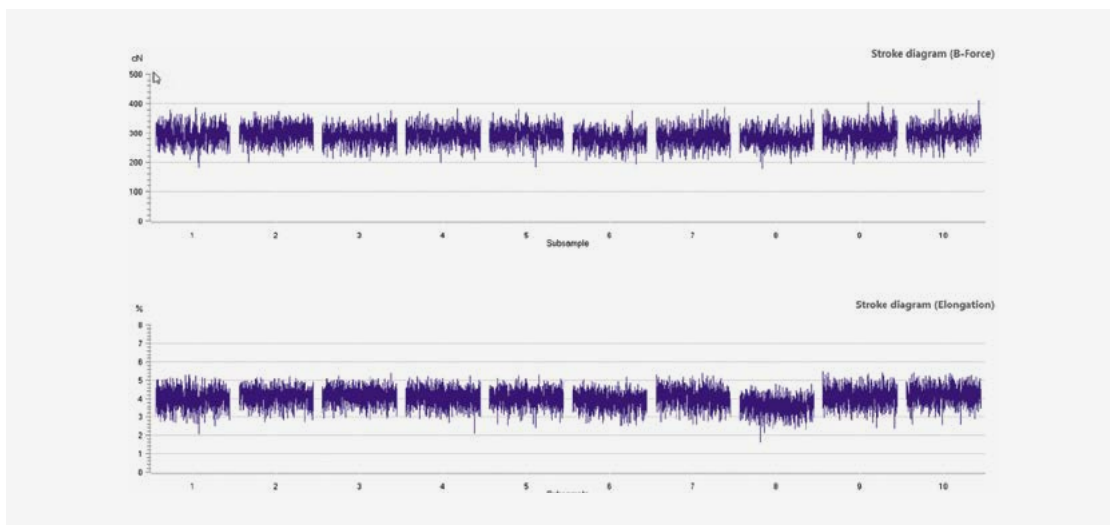


图39 强力与伸长率的划线图，Ne 40，环锭纱，普梳，80% CO/20% CO-R

图39不仅显示了单个纱筒的较大变异。例如，可以清楚地看到8号纱筒处于完全不同的水平。

下一个例子（图40和41）还显示了Uster Tester条干仪波谱图中的误差，以及Uster Tensojet高速强伸仪散点图中的误差。周期性误差会导致伸长率和强力的较大变异。

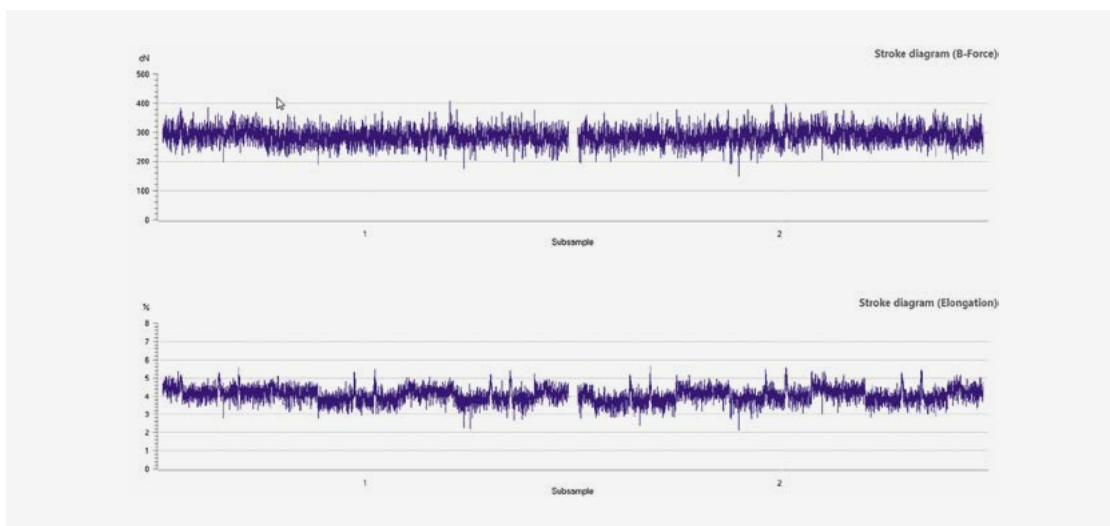


图40 强力与伸长率的划线图，Ne 34，环锭纱，普梳，75% CO/25% CO-R

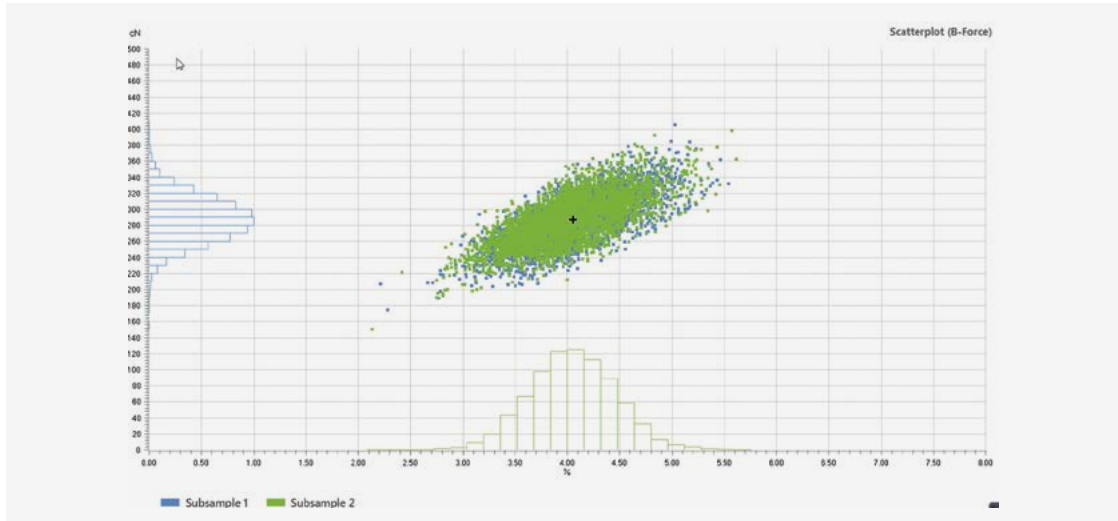


图41 散点图, Ne 34, 环锭纱, 普梳, 75% CO/25% CO-R

5 纱线销售

纱线的价格由多种因素决定, 对于由再生材料制成的纱线, 与由原生纤维制成的纱线相比, 还有一些其他因素。与再生纱线相关的主要因素是需求 (和供应) 以及生产成本。无论如何, 影响纱线价格的因素众多, 这意味着对再生纱线的价格做出一般性的陈述是非常困难且不明智的。随着该行业调整适应更多再生材料的使用, 新的总体趋势可能会在未来几年出现。

总体而言, 市场需求是决定再生纱线价格的主要因素。在其他条件相同的情况下, 再生纱线的供需平衡是纺织商与纱线贸易商和面料生产商之间的博弈。贸易商和面料生产商通常受到客户和市场需求的驱动: 当再生材料制成的纺织品需求旺盛时, 它们会比需求较低时卖得更贵。与此同时, 如果再生纱线的供应增加, 价格往往会下降。

根据目前的趋势, 供应和需求估计都会增加, 因此很难看出天平会向哪个方向倾斜。以未来几年再生涤纶 (R-PET) 需求为例, 纺织和包装行业对R-PET产品的需求可能超过原材料的供应[28], 这很可能导致原材料价格上涨。这可能会传递给纺纱厂商的客户, 然后这些客户会将其传递给自己的客户, 以此类推, 直到到达零售商。零售商和品牌都需要履行其在产品中使用更多再生材料的承诺, 并遵守日益严格的规定。

另一种可能的趋势可能会导致对再生纱线的需求减少。由于通货膨胀和经济挑战影响许多国家，消费者可能会削减非必要支出并降低要求，因此购买由再生材料制成的纺织产品可能不再是优先事项，从而减少了对再生纱线的需求。这将导致纺纱厂商之间的竞争加剧，并有可能降低再生纱线的价格。这些需求方趋势很难预测，并且可以预期会出现重大的区域差异，因为消费者不是一个同质群体。

在纱线价格等式的另一边，与用原生纤维生产纱线的成本相比，再生纱线的生产成本主要在两个层面上受到影响。

第一个方面是原材料的成本。在用原生纤维制成的纱线中，根据使用的是棉纤维还是合成纤维，原材料的成本可能会有很大差异。棉花的价格波动性比合成纤维高得多，但总体而言，原材料在成本中所占比例最高。在图42所示的例子中，对于1 kg的100%环锭棉纱，Ne 30 [32, 第31页]，购买原材料的成本占总生产成本的50%以上，而不考虑生产国。

Product	Unit	Bangladesh	Brazil	Central America	China	Egypt	India	Indonesia	Italy	Korea, Rep.	Mexico	Pakistan	Turkey	U.S.A.	Vietnam
Waste	USD per kg of Total	0.32 10%	0.31 9%	0.32 10%	0.41 10%	0.56 11%	0.29 10%	0.33 9%	0.32 7%	0.33 8%	0.32 10%	0.28 9%	0.33 10%	0.27 8%	0.33 10%
Labour	USD per kg of Total	0.03 1%	0.1 3%	0.06 2%	0.1 3%	0.03 1%	0.04 1%	0.06 2%	0.81 19%	0.52 13%	0.11 3%	0.04 1%	0.12 4%	0.58 17%	0.09 3%
Power	USD per kg of Total	0.26 8%	0.32 9%	0.37 11%	0.29 8%	0.19 4%	0.27 9%	0.27 8%	0.43 10%	0.27 7%	0.37 11%	0.27 9%	0.29 9%	0.15 4%	0.21 6%
Auxiliary material	USD per kg of Total	0.12 4%	0.14 4%	0.12 4%	0.11 3%	0.13 3%	0.11 4%	0.11 3%	0.12 3%	0.12 3%	0.12 4%	0.12 4%	0.13 4%	0.12 3%	0.12 4%
Capital*	USD per kg of Total	0.4 12%	0.49 14%	0.62 19%	0.38 10%	0.75 15%	0.39 14%	0.43 12%	0.46 11%	0.33 9%	0.39 12%	0.46 15%	0.38 12%	0.34 10%	0.36 11%
Raw material	USD per kg of Total	2.21 66%	2.04 60%	1.83 55%	2.6 67%	3.22 66%	1.77 62%	2.31 66%	2.17 50%	2.33 60%	1.97 60%	1.91 62%	1.99 62%	2.04 58%	2.25 67%
Total	USD per kg of Total	3.34 100%	3.4 100%	3.32 100%	3.89 100%	4.87 100%	2.86 100%	3.5 100%	4.31 100%	3.91 100%	3.29 100%	3.08 100%	3.23 100%	3.5 100%	3.35 100%
Index: Italy		78	79	77	90	113	66	81	100	91	76	71	75	81	78

* depreciation & interest

图42 2021年总成本：纺纱/NE30, 100% CO [32, 第31页]

对于再生纤维来说，情况更为复杂。机械再生棉的商品贸易仍在发展中，质量参数尚未标准化，就像原生棉一样。再生棉质量的不可预测性对加工性能和剩余废料有很大影响，从而导致再生棉含量高的产品纱线质量参差不齐。由于实际原材料成本难以估计，这给竞争激烈的棉花纱线销售市场带来了挑战。

相比之下，图43 [40, 第7页]中的数据显示，再生涤纶纱线的价格在0.91至2.31美元/千克之间。同样，价格因材料、纱线类型和地区而异。

Recycled PET Flakes (R-PET)						
Product Specifications	Market	Term	Unit	Last 12 months	Dec-2022	Jan-2023
Green flakes to spin virgin-like R-PSF	China	Ex-works	US\$/ton	677.6	688.6	707.5
Clear flakes to spin 3-dimensional-crimped R-PSF	China	Ex-works	US\$/ton	792.9	803.4	825.4

Recycled Polyester Staple Fiber (R-PSF)						
Product Specifications	Market	Term	Unit	Dec-2022	Jan-2023	
0.8D, down-like re-PSF	China	Ex-works	US\$/Kg	1.10	1.13	
1.5D virgin-like re-PSF	China	Ex-works	US\$/Kg	0.89	0.91	
1.5D high-tenacity low elongation, virgin-like re-PSF	China	Ex-works	US\$/Kg	0.93	0.96	
6-15D, 2-dimensional, hollow, siliconized	China	Ex-works	US\$/Kg	0.95	0.97	
6-15D, 3-dimensional, hollow, siliconized	China	Ex-works	US\$/Kg	1.05	1.08	
1.4D/38mm	India	Ex-works	US\$/Kg	1.06	1.13	
1.4D/38mm	Pakistan	Ex-works	US\$/Kg	1.37	1.42	

Recycled Polyester Filament Yarn (R-PFY)						
Product Specifications	Market	Term	Unit	Dec-2022	Jan-2023	
Recycled POY 150D/96F	China	Ex-works	US\$/Kg	1.00	1.05	
Recycled POY 250D/96F	India	Ex-works	US\$/Kg	1.52	1.58	
Recycled DTY 75D/36F	Taiwan	FOB	US\$/Kg	2.31	2.31	
Recycled DTY 75D/36F	Indonesia	FOB	US\$/Kg	2.26	2.26	

Recycled Polyester Spun Yarn						
Product Specifications	Market	Term	Unit	Dec-2022	Jan-2023	
16s, low quality recycled content	China	Mainstream offer	US\$/Kg	1.33	1.39	
21s, high quality recycled content	China	Mainstream offer	US\$/Kg	1.48	1.52	
32/2s, high quality recycled content	China	Mainstream offer	US\$/Kg	1.69	1.74	
20s	India	Ex-works	US\$/Kg	1.46	1.54	

图43 再生纱线价格[40, 第7页]

原料的质量也会影响回收成本，从而影响再生材料的成本。例如，严重脏污或污染的材料需要更多的清洁和加工，这会增加再生纱线的总体成本。此外，一些材料可能比其他材料更难回收，需要更多的加工才能变成可用的纤维，从而导致成本增加[7, 第39页]。例如，由机械再生纤维制成的纱线虽然更环保，但其销售价格却无法与由热机械或化学再生纤维制成的纱线相同，因为所得纤维的质量差异很大。这些较高的成本可以通过更好的纱线质量获得更高的收入来抵消，因为一些工序回收了更多的高质量长纤维，或者在化学再生合成纤维的情况下甚至可以达到与原生纤维相同的质量[7, 第28页及以后]。

尽管如此，这两种再生工序在运营中都已实现盈利。尽管热机械或化学再生材料的成本可能是机械再生纤维的两倍，但这仍然适用。

在生产气流纺纱时，总体原材料成本起着更为重要的作用。原材料在总生产成本中的比例可能高达83%，具体取决于纱线的细度[32, 第32页]。因此，气流纺纱的最终售价在很大程度上取决于原材料成本。

影响再生纱线生产成本的第二个主要因素是生产过程的效率和有效性，特别是考虑到产生的废料的量和工序的性能。在加工机械再生纤维（尤其是棉）时，这一因素最为突出。一般来说，使用消费后废料时，预计会产生更高比例的材料浪费，而且加工成本也更高。因此，立达表示，环锭纱的纱线加工成本比转杯纺纱高出0.3美分/公斤。这个数字基于土耳其生产的环锭纱和转杯纺纱的成本比较（支数为Ne 12和Ne 20）。然而，可持续（再生）纱线的价格预计会上涨，例如，由含有25%–50%再生原材料的混纺制成的纱线价格可能会上涨至少0.1–0.2美分/公斤，具体取决于纺纱工序和纱线支数[41，第41页]。

对于含有再生材料和原生材料混纺的纱线，可以制定以下一般规则：原生材料含量越高，材料成本就越高。同时，如果使用不太复杂且更高效的工序，生产成本可能会降低。然而，一项研究表明，较高比例的再生材料可以降低纺纱厂商的生产成本[42，第13页]。

这些段落中提到的初步迹象和信息表明，要生产质量可与原生材料制成的纱线相媲美的再生纱线，并因此实现最佳价格，原材料的质量至关重要。一致的原材料质量和有效的纺纱工序管理，每一项都通过供应商的经验和定期测试来保证，可以使再生纱线获得与传统纱线类似的盈利能力。

在使用再生材料的这个行业发展阶段，再生纤维制成的纱线的价格取决于多个方面，包括地区。例如，在印度，再生纱线的价格受到材料和加工成本以及颜色的影响。因此，印度的价格在0.72至1.86美元/千克（60–155卢比）之间波动[43]。

2023新版Uster Statistics公报首次为客户提供了含有再生纤维的纱线的基准数据。加工再生棉或涤纶的纺纱厂商或从事该行业的纱线贸易商现在有机会比较含有再生棉或涤纶的纱线的质量。

乌斯特只能根据从行业收到的信息来报告我们测量和观察到的内容。对再生材料和细纱的描述仍然存在许多不一致之处，我们发布这些信息作为整个行业学习过程的一部分。

6 进一步加工

消费者想要环保产品；因此，再生纤维在纺织行业越来越受欢迎。零售商和制造商通过在使用更多的再生纤维来满足这一需求。再生纤维有很多好处，例如减少浪费和保护自然资源，这吸引了具有环保意识的消费者。艾伦·麦克阿瑟基金会（Ellen MacArthur Foundation）报告称，到2030年，通过循环经济模式，时尚产业每年可节省5,000亿美元[44，第3页]。

由再生材料制成的纺织品的制造商需要改变做法，以满足消费者的质量标准。这涉及采购、纱线生产和织物生产工序的改变。虽然再生纱线的加工方式与原生纱线类似，但与完全由新材料制成的织物相比，由再生材料制成的织物的性能可能存在一些变异。与此同时，如今已经可以用再生材料生产织物，其表面参数可与原生材料制成的织物相媲美。例如，由再生原材料制成的纱线的起球性能与由原生原材料制成的纱线相当[41，第36页]。

据说良好的起球值是由于再生纤维的较短纤维具有较大的刚度，使得它们比较长的纤维更不易起球。因此，纤维的纤细度对起球特性的影响比短纤维含量的影响更大。很明显，转杯纺纱比环锭纱具有更好的起球值。只有生产双股纱才能产生与转杯纺纱相当的起球特性。这可以归因于再生纤维的较短纤维，较短纤维增加刚度，使其比较长的纤维更不容易起球。纱线结构也有较大的影响，转杯纺纱比环锭纱具有更好的起球值。由于织物良好的起球值和积极的光学特性，T恤和牛仔工作服是再生纤维的现实应用。[41，第38页]为了显示一般的起球效果，下图44显示的是常规针织物受到增加次数的摩擦循环的示例。随着摩擦次数的增加，起球现象明显增加。

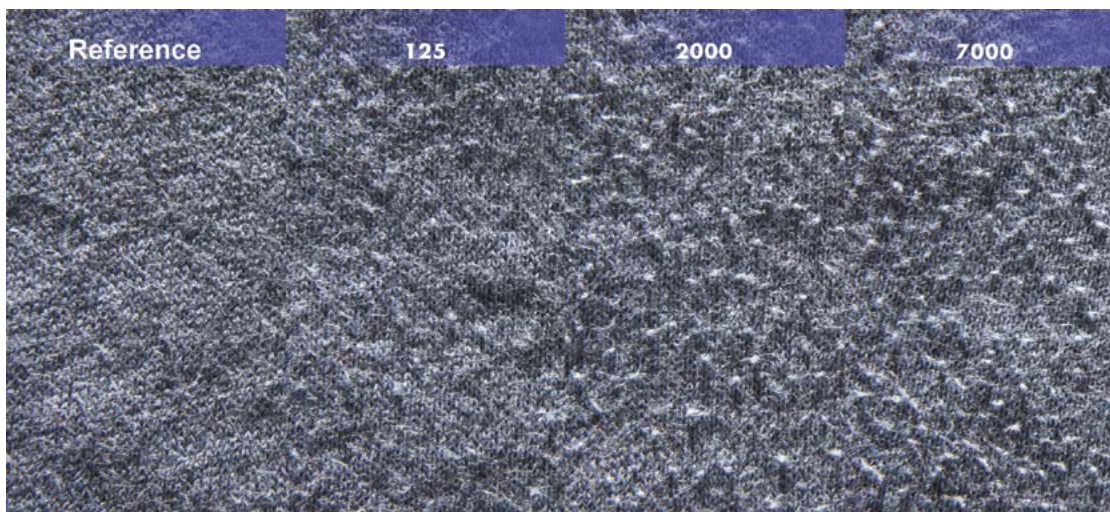


图44 不同摩擦次数下的起球值[UNB48]

一项类似的研究得出了几乎相同的结论。其中比较了棉纱的物理性质，在生产过程中，纤维比例为极值（100%原生和100%再生）和中点值（50/50原生/再生）。所有的织物都具有中等起球等级，但是由再生棉纤维制成的织物在棉类中往往具有较低的起球率。所生产的再生纱线和织物的性能受到开松和清洁效率、再生过程的质量以及再生纤维的特性的影响。根据研究结果，由再生纤维生产的纱线和织物可能适用于纱线和织物的强度不太重要，但需要控制不匀率、疵点数和手感的应用。因此，再生纤维最适合制造休闲服装，如T恤、运动衫和睡衣。[45，第75页]

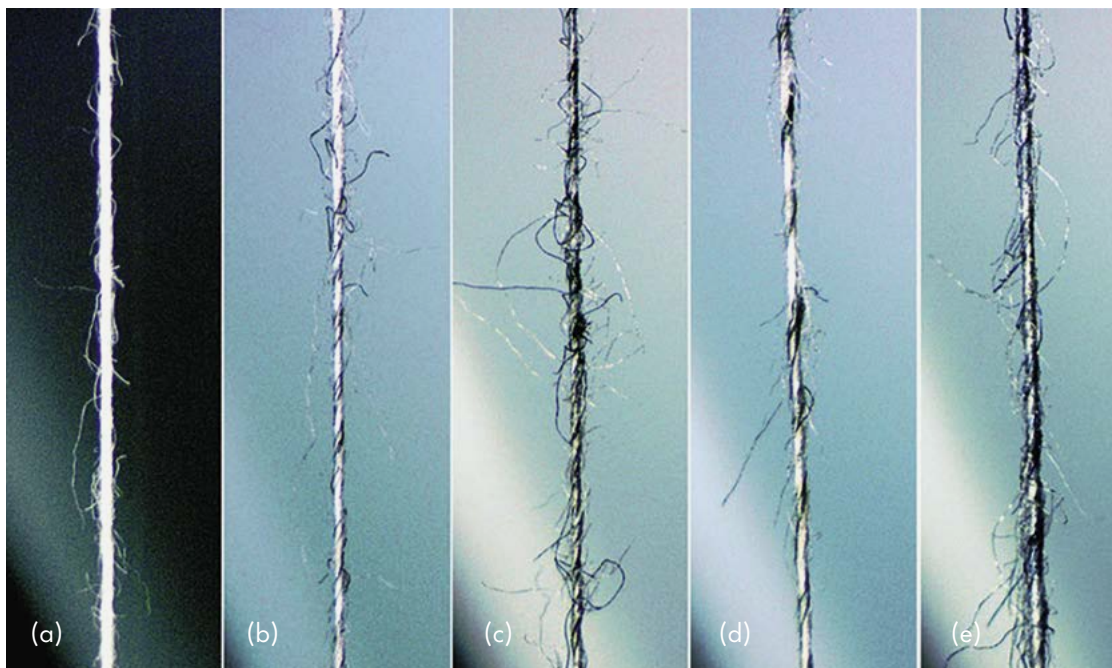


图45 由 (a) 100%原生棉、(b) 10%消费前废料、(c) 30%消费前废料、(d) 10%消费后废料和(e) 30%消费后废料生产的纱线的光学显微图像。[再生研究39，第14页]

另一项研究评估了使用再生纤维对自由端转杯纺纱线和手工织物性能的影响，比较了含有再生纤维的纱线和完全由原生棉制成的纱线的特性。使用Uster Tester条干仪和Uster Tensorapid快速强伸仪分析了物理、结构和机械特性，例如不匀率、疵点数、毛羽、断裂力和伸长率。自由端转杯纺纱线生产了平纹和斜纹手工织物，评价了再生纤维含量对起球性、耐磨性和透气性等特性的影响。结果表明，在这些混纺纱线中使用高达75%的再生纤维不会导致纱线和织物性能出现统计上显著的差异[46]。

Kipas Textiles进行了自己的研究，并评价了牛仔布纬纱中8/1 Ne 20%用前废料和80%原生棉的纱线成分。与100%原生棉纱线相比时，观察到纬纱断裂和撕破强力下降约6%–9%。然而，Kipas表示，这些数值仍在其织物标准范围内。[47]

再生材料的使用不仅改变了纱线的特性，还改变了织物的外观和表面。例如，纱线中再生纤维的含量越高，机织或针织织物的颜色越浅，因为撕破的纤维会经历漂白工序。此外，转杯纺纱和环锭纱之间的纱线均匀度差异也反映在织物上。此外，由于转杯纺纱机中的开松罗拉单元在生产过程中有效地去除了杂质，由转杯纺纱制成的织物具有的细小杂质颗粒较少。[41]

与纺纱过程中一样，再生纤维也会给染色带来一些挑战。例如，使用混合颜色的废料可能很困难，特别是在棉花回收中，大多数产品都经过染色，因此很难获得一致的高质量纺织品。再生纤维也可能在长度和质量上有所不同，影响染色工序并导致着色不均匀。纺织行业中常用的某些化学品和染料是有害的、不环保的，会危害工人健康，并对环境造成破坏。因此，采用可持续的做法至关重要，例如使用环保化学品和染料，以减少纺织行业对环境的影响。[48]

总之，由于对可持续和环保产品的需求增加，再生纤维在纺织行业的使用越来越广泛。然而，制造商需要改变做法，以满足消费者的质量标准——乌斯特仪器可以在这一过程中提供帮助。再生纤维的特性可能会有所不同，从而影响生产的纱线和织物的质量。乌斯特仪器可以提供相应的洞察意见，便于深入了解由再生纤维生产的纱线和织物的物理、结构特性。虽然再生纤维可能不适合强力至关重要的应用，但适合制造休闲服装，如T恤、运动衫和睡衣。

7 总结与展望

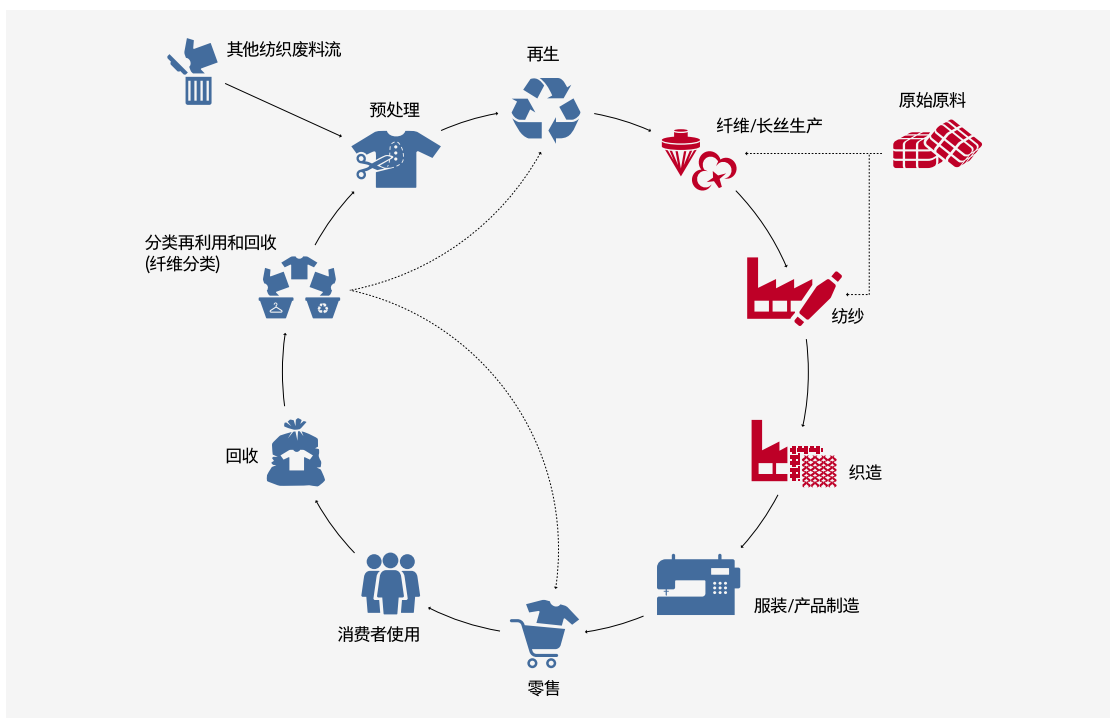


图46 乌斯特-循环纺织价值链

7.1 再生材料和原生材料之间的预期质量差异

机械再生材料的质量水平各不相同，包括开松度、材料混纺、颜色混合以及其他对短纤维纺纱至关重要的基本纤维参数。

这对纱线生产商来说是一个挑战，因为需要实验来找到达到理想产品质量的最佳混纺。必须考虑将含量变化很大的机械再生材料与本来非常均匀的原生材料（例如，标称切割长度为1.5英寸或38毫米的PES短纤维）混纺时可达到的效果。

当与用机械再生材料混纺的类似纱线相比时，采用类似的混纺、纱线支数和纺纱系统的由100%新纤维生产的短纤维将具有更高的质量特性。这是由于机械再生材料的不一致性较高，这使得在任何纺纱准备系统中混纺材料都很困难。需要进一步的调查和实践试验才能更好地了解特定混纺百分比的预期效果。

这对于服装行业Ne 20至Ne 30的环锭纺纱支数范围尤其重要。使用商业可用的纺纱技术来纺出100%再生棉的精梳环锭纱（例如Ne 48）是完全不可能的！再生棉不具有此类细纱支数所需的长度分布。大部分短纤维在精梳过程中被去除，而剩余的长纤维太少，无法将纱线结合在一起。

机械再生材料可以有效地用于纺制较粗的纱线支数范围（Ne 2至Ne 10）和使用自由端纺纱技术。自由端纺纱最初设计为利用异纤污染较高的较短纤维来生产较粗的纱线支数。这也使其成为当今加工机械再生材料的首选纺纱系统。

热机械和化学再生材料在短纤维制造中没有直接问题，因为它们被“再加工”成它们的原生状态，即MMF和MMCF短纤维或长丝。

但是，在进一步加工过程中可能还会出现其他问题。例如：客户报告了与PES-R混纺时成品织物上染问题，这取决于原料的高纯度。这需要在其他地方进一步调查。

从长远来看，预计原生材料将不太容易获得。因此，了解目前使用再生材料可以做什么（或不可以做什么）对于那些在纱线制造中愿意尝试新材料的早期采用者来说将是一个优势。纱线生产商必须决定提供何种纱线以及何种类型和数量的再生材料成分，以满足未来对此类纱线不断增长的需求。

7.2 通用语言改善沟通

原生棉和再生棉混纺会使某些质量参数恶化，这是一个无法回避的事实。使用再生纤维通常是可取的，但它为行业创造了一个新的现实。为了应对风险，整个纺织价值链需要更好的沟通和共同的理解。

乌斯特的质量通用语言将再一次成为改善整个纺织行业沟通的关键。66年来，Uster Statistics公报一直是全球唯一公认的质量基准，也是全行业质量改善的基础。将在ITMA 2023展览会上推出的新版本首次包括再生纱线部分。

7.3 新的现实

纺纱厂商需要找到一种方法来改造自己的纺纱厂，以实现更可持续的未来。必须承认纺再生纱线的挑战，这里的大目标是用它取得成功。纺纱厂商已经拥有所需工具，使他们能够从实验室仪器和在线质量监控系统中受益，从而优化质量和生产力。他们的经验与乌斯特在质量控制和分析系统方面的知识和最新技术相结合，可以为纺织业的可持续未来奠定良好的基础。

需要更密切沟通与合作的新现实将包括从纤维到织物的所有参与者。每个参与者都需要仔细考量—乌斯特已经准备好率先行动。

8 参考文献

- [1] Quantis, “衡量时尚：全球服装和鞋类行业研究的环境影响”，2018年，[在线]。在以下网址查看：https://quantis.com/wp-content/uploads/2018/03/measuringfashion_globalimpactstudy_full-report_quantis_cwf_2018a.pdf。[访问日期：2023年4月4日]。
- [2] 联合国环境规划署, “纺织品价值链的可持续性和循环性——全球盘点”，2020年，[在线]。在以下网址查看：<https://wedocs.unep.org/20.500.11822/34184>。[访问日期：2023年4月4日]。
- [3] 联合国粮食及农业组织, “AQUASTAT核心数据库”，[在线]。在以下网址查看：<https://www.fao.org/aquastat/en/databases/maindatabase/>。[访问日期：2023年4月4日]。
- [4] M. P. Bange, J. T. Baker, P. J. Bauer, K. J. Broughton, G. A. Constable, Q. Luo, D. M. Oosterhuis, Y. Osanai, P. Payton, D. T. Tissue, R. K. R. and B. K. Singh, “现代农业中的气候变化和棉花生产系统”，CABI, 牛津郡（英国），波士顿（美国），2016年。
- [5] 纤维年咨询, “2022纤维年”，纤维年公司, Roggwil（瑞士），2022年。
- [6] 波士顿咨询公司, 全球时尚议程, “2017年时尚产业脉搏”，波士顿（美国）、哥本哈根（丹麦），2017年，[在线]。在以下网址查看：https://www.greylockglass.com/wp-content/uploads/2021/08/Pulse-of-the-Fashion-Industry_2017.pdf。[访问日期：2023年4月5日]。
- [7] S. Hedrich, J. Janmark, M. Strand, N. Langguth和K.-H. Magnus, “扩大欧洲纺织品回收规模——变废为宝”，麦肯锡服装、时尚与奢侈品集团, 纽约, 2022年。
- [8] M. Cobbing, S. Daaji, M. Kopp and V. Wohlgemuth, “Vergiftete Geschenke: Von der Spende zur Müllhalde: Wie Textilmüll als Secondhand-Kleidung getarnt nach Ostafrika exportiert wird”，德国绿色和平组织, 2022年，[在线]。在以下网址查看：<https://www.greenpeace.de/publikationen/220421-greenpeace-factsheet-textilexporte-ostafrika.pdf>。[访问日期：2023年4月5日]。
- [9] 新社, “智利快时尚废料沙漠倾倒地”，2021年，[在线]。在以下网址查看：<https://www.youtube.com/watch?v=wAPidXqvNLk>。[访问日期：2023年4月5日]。
- [10] 欧盟委员会环境总司, “欧盟可持续和循环纺织品战略”，2022年，[在线]。在以下网址查看：https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9d2e47d1-b0f3-11ec-83e1-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF。[访问日期：2023年4月6日]。
- [11] 资源节约和环境保护司, “关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见”，[在线]。在以下网址查看：https://en.ndrc.gov.cn/policies/202110/t20211024_1300725.html。[访问日期：2023年4月11日]。
- [12] 中国纺织经济信息网 (www.ctei.cn), “中国服装行业‘十四五’发展指导意见和2035年远景目标”，[在线]。在以下网址查看：http://news.ctei.cn/domestic/gnzx/202110/t20211009_4195968.htm。[访问日期：2023年4月11日]。
- [13] 环境资源部, “加快推进废旧纺织品循环利用体系建设, 促进产业规范有序高质量发展”，2022年4月11日。[在线]。在以下网址查看：https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/jd/jd/202204/t20220411_1321838.html?code=&state=123。[访问日期：2023年4月11日]。

- [14] S. Lu, “中国纺织服装行业展望 (2021-2025年)”, 2021年6月25日。[在线]。在以下网址查看: <https://shenglufashion.com/2021/06/25/outlook-for-chinas-textile-and-apparel-industry-2021-2025/>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [15] 印度纺织部, “Union Textiles部长在拉克梅时装周可持续时尚日启动SURE项目”, 新闻信息局 (印度), 2019年8月22日。[在线]。在以下网址查看: <https://pib.gov.in/PressReleasePage.aspx?PRID=1582685>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [16] J. Newman和S. Wiener, “2023年SB-707负责任纺织品回收法案”, 2023年3月20日。[在线]。在以下网址查看: https://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=202320240SB707。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [17] 全球时尚议程, “全球时尚议程”, [在线]。在以下网址查看: <https://globalfashionagenda.org/>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [18] 纺织品交易所, “术语表”, [在线]。在以下网址查看: <https://textileexchange.org/glossary/>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [19] 纺织品交易所, “回收声明标准 (RCS) +全球回收标准 (GRC)”, [在线]。在以下网址查看: <https://textileexchange.org/recycled-claim-global-recycled-standard/>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [20] INDITEX, “2022年非财务信息声明”, 拉科鲁尼亚 (西班牙), 2023年, [在线]。在以下网址查看: <https://www.inditex.com/itxcomweb/api/media/cc6b203a-de08-4ff9-8989-e0ca52e03472/Statement-on-non-financial-information-2022.pdf?t=1680170754493>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [21] H&M集团, “目标和抱负”, [在线]。在以下网址查看: <https://hmgroup.com/sustainability/leading-the-change/goals-and-ambitions/>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [22] 优衣库, “迅销公司公布2030年可持续发展目标和行动计划”, [在线]。在以下网址查看: <https://www.uniqlo.com/us/en/news/topics/2022042902/>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [23] Gap Inc., Gap Inc., “2021年ESG报告-包容性, 精心设计”, 旧金山 (美国), 2022年, [在线]。在以下网址查看: <https://gapinc-prod.azureedge.net/gapmedia/gapcorporatesite/media/images/values/sustainability/documents/2021/gap-inc-2021-esg-report.pdf>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [24] PVH Group, “2021年企业责任报告”, 纽约 (美国), 2022年, [在线]。在以下网址查看: <https://www.pvh.com/-/media/Files/pvh/responsibility/PVH-CR-Report-2021.pdf>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [25] 宜家, “我们对棉花的看法”, [在线]。在以下网址查看: <https://about.ikea.com/en/about-us/our-view-on/cotton>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [26] 宜家, “再生资源”, [在线]。在以下网址查看: <https://about.ikea.com/en/sustainability/responsible-sourcing>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [27] 彪马, “永远更好”, [在线]。在以下网址查看: <https://about.puma.com/en/forever-better>。[访问日期: 2023年4月11日]。

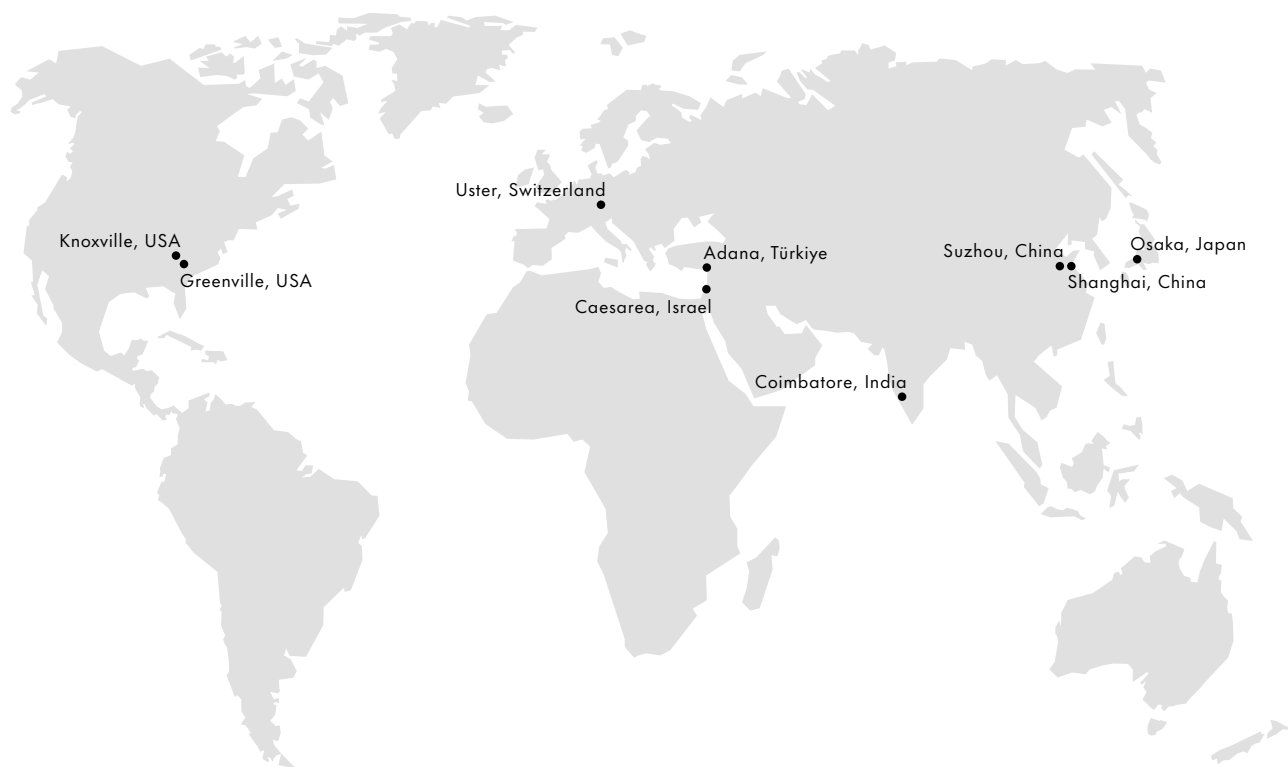
- [28] B. Angel, A. Brown和S. A. Lee, “瓶子之战：再生塑料供应之战已经开始”, Wood Mackenzie, [在线]。在以下网址查看: <https://www.woodmac.com/news/opinion/bottle-battle-the-fight-for-recycled-plastic-supply-is-on/>。[访问日期: 2023年4月11日]。
- [29] A. Becker, J. Thiel, C. Schöpe和T. Gries, “(混合) 合成纺织品回收利用的当前挑战和解决方案”, 纺织技术, 2022年, [在线]。在以下网址查看: <https://www.textiletechnology.net/fibers/trendreports/ita-current-challenges-and-solutions-for-the-recycling-of-mixed-synthetic-textiles-31929>。[访问日期: 2023年4月14日]。
- [30] 纺织研究所, 纺织术语和定义, 曼彻斯特 (英国), 2021年。
- [31] Jacoangeli M., “Rohstoffpreise 03.2023”, textil+mode, 柏林 (德国), 2023年。
- [32] 国际纺织品制造商联合会, “2021年国际生产成本比较”, 国际纺织品制造商联合会, 苏黎世 (瑞士), 2021年。
- [33] D. Goel, J. Zhang, R. Bala, T. Turner, N. Munoz和B. Mattiass, “纺织品交易所-回收声明标准2.0”, 纺织品交易所, 2017年, [在线]。在以下网址查看: <https://textileexchange.org/app/uploads/2021/02/Recycled-Claim-Standard-v2.0.pdf>。[访问日期: 2023年4月12日]。
- [34] D. Goel, J. Zhang, R. Bala, T. Turner, N. Munoz和M. Bodin, “纺织品交易所-全球再生标准4.0”, 纺织品交易所, 2017年, [在线]。在以下网址查看: <https://textileexchange.org/app/uploads/2021/02/Global-Recycled-Standard-v4.0.pdf>。[访问日期: 2023年4月12日]。
- [35] 全球标准gemeinnützige GmbH, “所有加工阶段”, 2023年, [在线]。在以下网址查看: <https://global-standard.org/the-standard/gots-key-features/all-processing-stages>。[访问日期: 2023年4月12日]。
- [36] 纺织品交易所, “纺织品交易所-有机含量标准3.0”, 2020年, [在线]。在以下网址查看: <https://textileexchange.org/app/uploads/2021/02/OCS-101-V3.0-Organic-Content-Standard.pdf>。[访问日期: 2023年4月12日]。
- [37] 欧盟, “什么是欧盟生态标签?”, 欧盟, 2023年, [在线]。在以下网址查看: [//environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/eu-ecolabel-home_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/eu-ecolabel-home_en)。[访问日期: 2023年4月12日]。
- [38] Fibre2Fashion, “纺织服装行业的可持续性、循环性和可追溯性”, 2022年, [在线]。在以下网址查看: <https://www.fibre2fashion.com/industry-article/9396/sustainability-circularity-and-traceability-in-textiles-apparel-industry>。[访问日期: 2023年5月16日]。
- [39] 乌斯特技术公司, “乌斯特第47期新闻简报”, 乌斯特 (瑞士), 2010年。
- [40] Yarnsand Fibers.com, “2023年2月YnFx可持续纺织品市场报告”, Yarnsand Fibers.com, 孟买, 2023年。
- [41] H. Schwippl, “越来越重要的回收利用”, 立达机械厂有限公司, 温特图尔 (瑞士), 2020年, [在线]。在以下网址查看: [//www.rieter.com/fileadmin/user_upload/services/documents/expertise/textile-technology/rieter-special-print-recycling-3379-v2-94958-en.pdf](https://www.rieter.com/fileadmin/user_upload/services/documents/expertise/textile-technology/rieter-special-print-recycling-3379-v2-94958-en.pdf)。[访问日期: 2023年5月16日]。

- [42] Y. Arafata和A. J. Uddin, “使用用前和用后纺织废料产生的再生纤维作为混纺成分, 通过环锭纺纱制造100%棉纱: 可持续且环保的方法”, *Heliyon*第8卷 (第e11275 条), 2022年, [在线]。在以下网址查看: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844022025634>。[访问日期: 2023年5月16日]
- [43] Fibre2Fashion新闻采编部 (KUL), “印度北部稳定的棉纱价格: 精梳机和再生PSF”, *Fibre2Fashion*, 2023年。[在线]。在以下网址查看: <https://www.fibre2fashion.com/news/textile-news/cotton-yarn-prices-steady-in-north-india-comber-recycled-psf-up-286747-newsdetails.htm>。[访问日期: 2023年4月13日]。
- [44] 艾伦·麦克阿瑟基金会, “新的纺织经济: 重新设计时尚的未来”, 2017年。[在线]。在以下网址查看: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/a-new-textiles-economy>。[访问日期: 2023年4月3日]。
- [45] M. E. Yuksekkaya, G. Celep, G. Dogan, M. Tercan和B. Urhan, “原生纤维和再生纤维生产的纱线和织物的物理性能比较研究”, *工程纤维杂志*第11卷: 2, SAGE出版物, 2016年, [在线]。在以下网址查看: <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/155892501601100209>。[访问日期: 2023年5月16日]。
- [46] D. Awgichew, S. Sakhivel, E. Solomon, A. Bayu, R. Legese, D. Asfaw, M. Bogale, A. Aduna和S. S. Kumar, “再生纤维与转杯/自由端纱线混纺生产手摇织机织物及其性能的实验研究与效果”, *材料科学与工程进展*, 2021年卷, 2021年, [在线]。在以下网址查看: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2021/4334632/>。[访问日期: 2023年5月16日]。
- [47] Kipas textiles, “利用创新方法回收纺织废料”, 第61届GFC-多恩比恩全球纤维大会, 多恩比恩, 2022年。
- [48] B. Ütebay, P. Çelik和A. Çay, “棉纺织废料特性对再生纤维质量的影响”, *清洁生产杂志*第222卷, 2019年。

本文件中包含的所有信息均不具约束力。供应商保留随时修改产品的权利。明确排除供应商因本文件与产品特性之间可能存在的差异而产生的任何责任。

2023年6月

10.23 / © 乌斯特技术有限公司 2023 版权所有



乌斯特技术（中国）有限公司
中国江苏省苏州市
苏州工业园区葑亭大道538号B幢
邮编215122
总机: +86 512-62742090
传真: +86 512-62742521
UTCNT.sales@uster.com
www.uster.cn