

印染行业绿色低碳发展技术指南

（征求意见稿）

目录

前 言	1
一、环保型前处理和后整理技术	3
(一) 棉及其混纺织物低温前处理	3
(二) 冷轧堆前处理	3
(三) 低带液高效轧车	3
(四) 双层拉幅定形	4
(五) 无氟防水整理	4
(六) 水基(性)聚氨酯涂层整理	4
(七) 机械柔软整理	5
(八) 生物酶防毡缩	5
二、节能减排染色和印花技术	5
(一) 气液染色	6
(二) 无导布轮喷射染色	6
(三) 高性能低张力卷染	6
(四) 筒子纱数字化自动染色	7
(五) 液态分散染料印染	7
(六) 低尿素活性染料印花	7
(七) 数码喷墨印花	8

(八) 新型涂料印花	8
(九) 无酚锦纶固色	8
(十) 莱赛尔织物抗原纤化交联整理	9
三、污染物治理与资源综合利用技术	9
(一) 定形机废气高效处理及余热回收	9
(二) 废水膜法再生及分质回用	10
(三) 含盐染色废水循环利用	10
(四) 低能耗风机及微氧曝气	11
(五) 热泵法中低品位热能回收	11
(六) 蒸汽热能梯级利用	12
(七) MVR 淡碱回收	12
四、减污降碳协同增效技术	12
(一) 化纤机织物连续平幅前处理	13
(二) 针织物连续平幅前处理	13
(三) 超声波连续水洗	13
(四) 连续喷射绳状水洗	14
(五) 活性染料无盐轧蒸	14
(六) 分散染料碱性染色	14
(七) 涤纶织物少水连续轧染	15

(八) 数码印花在线上浆	15
五、数字化智能化技术	15
(一) 染化料自动称量、配制和输送系统	16
(二) 印花自动调浆系统	16
(三) 工艺参数在线采集和控制系统	16
(四) 能源管理系统	17
(五) 智能化仓储物流系统	17
(六) 废水处理在线监控系统	18
六、前沿科技技术	18
(一) 棉针织物活性染料连续染色	18
(二) 数码喷染技术	19
(三) 活性染料非水介质染色	19
(四) 超临界二氧化碳染色	20
(五) 智能测配色系统	21
(六) 印染 MES 系统	21
(七) 智能缝头进布系统	22
(八) 智能验布装置	22

前 言

印染是纺织产业链关键核心环节，是赋予纺织品服装色彩、功能性，提升附加值的重要技术支撑。深入推进印染行业绿色低碳转型，是纺织行业实现绿色低碳循环发展的核心所在，是解决资源环境约束问题的根本之策，也是行业培育和发展新质生产力、实现高质量发展的必然选择。

《印染行业绿色发展技术指南（2019 版）》（以下简称 2019 版《技术指南》）发布实施以来，绿色先进适用技术在印染行业的应用面不断扩大，行业资源能源利用效率明显提升，单位产品污染物排放稳步下降，2019 版《技术指南》对推动印染行业绿色发展起到了重要作用。但随着印染技术的不断进步发展，同时国家将碳达峰碳中和纳入生态文明建设整体布局，印染行业对减污降碳协同增效技术的需求更加迫切。为给印染企业采用先进适用技术指引方向、为各地政府和园区推动印染行业提质升级提供科学支撑、引导各界行业推广先进技术、助推印染行业破解绿色发展约束、构建低碳可持续发展路径，更好发挥 2019 版《技术指南》对印染行业绿色低碳发展的引导作用，对 2019 版《技术指南》进行修订，形成本指南。

本指南共 6 部分、47 项绿色低碳技术，与上一版相比，删除技术 6 项、新增技术 17 项。1-5 部分为绿色先进适用技术，包括资源能源利用率高、污染物排放少、经济效益好、

成熟可靠、适宜推广应用的技术，其中第 4 部分为减污降碳协同增效技术，即污染物排放和碳排放协同减少的技术；第 6 部分为前沿科技技术，包括业内广泛关注、有一定研究基础、引领行业绿色低碳发展方向，但在关键领域攻关或推广应用上仍存在重大难题需要解决的技术。

一、环保型前处理和后整理技术

（一）棉及其混纺织物低温前处理

适用范围：棉针织物、机织物和筒子纱的前处理。

技术特点：采用高效双氧水催化/活化剂和低温精练剂，在低于传统 95℃ 温度下除去棉纤维表面杂质和氧化漂白，实现 40℃-75℃ 低温煮练和漂白。

应用效果：避免织物氧漂破洞，改善织物手感，提高棉织物品质。相比传统双氧水 95℃ 前处理，在保证染色效果的前提下，大幅降低能耗。

（二）冷轧堆前处理

适用范围：棉织物前处理，长丝类涤纶、锦纶等化纤织物的前处理。

技术特点：织物浸轧前处理工作液，打卷后匀速转动堆置一段时间，退卷后进行水洗处理。通过优化轧余率、打卷速度、织物张力、带液率等工艺参数，保证织物处理的一致性和重现性。化纤织物冷轧堆前处理带液率和处理液均匀性较难控制。

应用效果：工艺适应性强，织物强度损失小。相比传统连续高温前处理工艺，棉织物综合节能 30% 左右，化纤织物节能 20%-30%。

（三）低带液高效轧车

适用范围：各类织物的浸轧环节。

技术特点：通过油缸加压、轧辊性能的优化设计，使棉织物的轧余率降低到 55% 以下，涤纶织物的轧余率降低到 35%

以下，实现低给液浸轧。

应用效果：降低烘干环节能耗 25%左右。不同织物对压力有不同的要求，由于压力增加会破坏部分织物的组织结构，应根据不同织物设定不同的压力，在保证被加工织物质量的前提下达到节能效果。

（四）双层拉幅定形

适用范围：针织物的拉幅定形。

技术特点：采用双层烘箱结构、进出布同侧布局，通过垂直链条回转送布，使织物在烘箱内正反面均匀受热的工况下平稳运行，通过控制织物张力、烘箱温度、喷风量大小、车速等工艺参数，实现织物的脱水、烘干、拉幅定形。

应用效果：可提高生产效率，上下层烘箱结构设计，提高热能利用率的同时减少占地面积。较常规单层定形机节约场地、节约用工和节能。

（五）无氟防水整理

适用范围：各类织物的防水整理。

技术特点：无氟防水剂不含氟碳化合物，可使织物的表面张力介于水和油之间，水不能润湿织物，达到防水效果。无氟防水剂容易降解，不具备长距离迁移性，避免了 PFOS、PFOA 等全氟化合物造成的环境问题。

应用效果：无氟防水剂具有良好的防水和耐洗效果但防油效果差。使用时还应注意色变、手抓痕、色牢度等影响。

（六）水基（性）聚氨酯涂层整理

适用范围：各类织物的涂层整理。

技术特点：水性聚氨酯分子链中含有亲水性基团，与水有较强的亲和性。以水代替传统有机溶剂作为分散介质，形成水溶性聚氨酯。

应用效果：生产的涂层织物无毒，气味小，同时织物具有较良好的手感、耐磨性。

（七）机械柔软整理

适用范围：各类织物的柔软整理。

技术特点：不使用化学处理剂，通过气流以拍打、搓揉等机械方式对织物进行处理。

应用效果：织物不易产生折痕，整理效果均匀性好，可增加织物的柔软度、蓬松感和尺寸稳定性，生产重现性好，减少污染物排放及化学品在织物中的残留。

（八）生物酶防毡缩

适用范围：羊毛防毡缩处理。既可用于染前毛条前处理环节，也可用于染后织物后整理环节。

技术特点：利用蛋白酶、脂肪酶等生物酶对羊毛表面鳞片进行处理，改变羊毛鳞片层结构，实现羊毛无氯防毡缩处理。

应用效果：避免了氯化防毡缩处理技术带来的环境污染问题，且在不影响羊毛制品染色性和可纺性的基础上，增强羊毛制品的抗起球性，减少羊毛纤维的损伤，提高防缩处理加工的均匀性。为提高处理效果，可配合使用生物酶活化剂等助剂。

二、节能减排染色和印花技术

(一) 气液染色

适用范围：棉、涤纶等织物的染色。

技术特点：采用气液分离技术，结合了气流染色和溢流喷射染色的优点。但织物在低浴比条件下容易产生色花问题特别是机织面料。

应用效果：气液染色机比气流染色机能耗低，比溢流、喷射染色机浴比小，适应织物品种较多。

(二) 无导布轮喷射染色

适用范围：化纤及混纺织物的染色。

技术特点：染色机装有染液匀染装置、布槽变载调节装置等，通过液体喷射带动织物循环运转，无需主动导布轮带动织物。

应用效果：可减少织物折印和布面擦伤，织物表面质量好。

(三) 高性能低张力卷染

适用范围：适用于需求高度均匀染色且对张力和皱折有严格要求的机织物。

技术特点：大容量设计，大幅提升生产效率。通过张力控制软件和先进的变频传动技术，保持恒定张力和速度，避免织物收缩和变形。采用双液槽和创新的穿布路线，进行逆流冲洗，提高洗涤效率。精准的剂量系统，有效防止中边和头尾色差。

应用效果：独特的机械设计和配置，较传统卷染机节水、

节能约 30%。

（四）筒子纱数字化自动染色

适用范围：棉、化纤、麻、毛等纤维的筒子纱染色。

技术特点：采用基于中央控制系统的筒子纱染色自动化生产，实现染色任务统筹规划、工艺参数实时监测及在线反馈、任务信息在线查询及追溯、生产流程在线监控。

应用效果：与传统筒子纱染色技术相比，生产效率提高 10%-15%，平均吨纱节水 25%以上，节约染料 5%以上，节省用工量。

（五）液态分散染料印染

适用范围：涤纶织物的染色和印花。

技术特点：液态分散染料中添加的分散剂量远少于粉末状染料，易制备成纳米级颗粒，染料更易向纤维内扩散和固着，残留在纤维表面的染料少。

应用效果：液态分散染料的分散性较好，称料无粉尘飞扬，化料简单，计量准确，使用方便，可提高染料固色率，降低用水量及废水 COD 值。在少水洗条件下，仍具备颜色鲜艳度好、牢度高等优点。液态分散染料用于印花时，可降低印花糊料的用量。

（六）低尿素活性染料印花

适用范围：棉织物、再生纤维素织物、麻织物和真丝织物的活性染料印花。

技术特点：通过在染料商品化过程中添加电解质、分散剂、助溶剂等提高染料的溶解性，在现有活性染料中筛选出

适用于低尿素或者无尿素印花工艺的活性染料，在印花色浆中加入尿素代用剂替代部分尿素，在蒸化过程中提高布面含湿量等方法，实现低尿素活性染料印花。

应用效果：减少印花生产中的尿素用量，降低印花废水中的氨氮浓度，减轻废水处理负担。

(七) 数码喷墨印花

适用范围：各类织物、衣片的印花。

技术特点：无需分色、描稿、制版，电脑设计好的花型图案可通过喷头将专用墨水直接喷印到织物上。除涂料墨水外（上预处理液），织物在图案喷印前需上浆处理，喷印后需蒸化固色、水洗等。

应用效果：工艺简单流程短，印花精度高，能满足多品种、个性化订单需求。与传统印花相比，数码喷墨印花单位产品水耗降低 10%-20%，能耗降低 5%-10%。

(八) 新型涂料印花

适用范围：各类织物的涂料印花。

技术特点：通过使用新型粘合剂，使织物在满足手感的要求下获得优异的印花牢度，解决织物手感与印花牢度无法兼顾的问题。也可用于金银粉印花等特殊的印花方法。

应用效果：与传统涂料印花相比，织物的耐摩擦色牢度、耐洗色牢度、手感均有提高。

(九) 无酚锦纶固色

适用范围：锦纶织物酸性染料染色后的固色处理。

技术特点：环保酸性固色剂产品不含甲醛，以及苯酚、双酚 A、双酚 B、双酚 S、双酚 F、双酚 AF 等禁限酚物质，避免了对人体及环境造成的健康和环保问题。产品通过合适分子的立体构象设计强化了固色剂与锦纶纤维的亲合力，使固色剂能很好地附着在纤维的表层并有效阻止染料向外扩散，从而提高织物的色牢度。

应用效果：环保酸性固色剂能有效提高酸性染料染色锦纶织物的湿处理牢度，尤其是耐水洗牢度、耐汗渍牢度和耐水渍牢度。产品属于阴离子物质，使用时应避免与阳离子物质接触。

（十）莱赛尔织物抗原纤化交联整理

适用范围：莱赛尔织物抗原纤化整理。

技术特点：莱赛尔作为新型环保纤维，强度高、舒适性好，但在水洗过程中容易出现起毛起球，即原纤化现象。可以通过分子间交联技术解决莱赛尔纤维原纤化问题，过程中不产生甲醛等有害物质。

应用效果：通过交联技术，莱赛尔织物水洗 50 次后不出现起毛起球现象。使用时应注意对织物亲水性、色变、手感等的影响。

三、污染物治理与资源综合利用技术

（一）定形机废气高效处理及余热回收

适用范围：用于定形机废气处理及余热回收。

技术特点：通过高效过滤、喷淋、热交换、高压静电除油、自动清洗、消雾等系统实现废气处理和余热回收。

应用效果：对定形机废气纤维尘、油烟去除率高，可将定形机高温废气降至 60℃ 以下，通过热交换加热工艺用水回收的定形废气的热能，节约能源，降低生产成本。但要注意安全防护。

(二) 废水膜法再生及分质回用

适用范围：印染废水深度处理和再生，降低废水中有机物和总盐的浓度。

技术特点：膜法工艺对废水中溶质具有选择性分离的特点，印染废水处理中常用的膜法工艺主要有超滤和反渗透。前者可以分离废水中悬浮固体、胶体和聚合物，操作压力相对较低，反渗透理论上可截留所有溶解盐和有机物，操作压力一般在 0.8MPa 以上，处理高盐浓水时可采用余压能量回收装置。此外，纳滤可分离大分子有机物和多价离子，可根据再生水回用目标选择不同分离精度的纳滤膜。

应用效果：超滤应用于膜生物反应器（MBR），可以提高出水水质，减少占地面积；纳滤膜可进行印染尾水脱色和分盐；反渗透膜可以进行废水脱盐，水质满足印染全工序水质要求。

(三) 含盐染色废水循环利用

适用范围：纤维素纤维活性染料染色废水的循环利用。

技术特点：利用酸性条件下可阳离子化的萃取剂与活性染色废水中的荷负电的残余染料发生络合作用，对染色废水中的染料进行萃取分离，分离出的盐水可循环用于染色环节，利用 pH 摆动效应实现络合萃取剂的再生，分离出残余染料

浓液。浓液可采用复配絮凝和高级氧化进行深度处理。

应用效果：活性染色废水中的染料去除率可达 95%以上，脱色后的含盐水可回用于织物染色，实现水和元明粉的重复利用，大幅减少纤维素纤维染色过程中的盐用量，减少废水中的全盐量。

（四）低能耗风机及微氧曝气

适用范围：废水处理的曝气环节，包括磁悬浮风机、可提升微孔曝气软管的曝气技术、智能溶解氧控制技术。

技术特点：通过设备和过程管理降低废水处理中的曝气能耗。采用磁悬浮轴承技术、高速大功率永磁同步电机技术、高效率流体技术、智能控制技术大幅降低风机能耗。通过可提升微孔曝气软管的低通气量曝气，减缓微气泡在水中的上浮速度，从而延长气泡在水中的停留时间，大幅提高氧传递效率；智能溶解氧控制系统通过记录、运算电流信号，调整鼓风机运行频率，同时具有数据记忆、自动调档、自我学习的功能从而精确跟踪并控制曝气量，大幅降低运行能耗，低溶解氧的控制能够提升生化系统脱氮能力并降低碳源需求量。

应用效果：可提升微孔软管比传统曝气方式氧利用率提高 30%以上，减少反硝化过程投加的碳源 25%以上，磁悬浮风机相比传统的罗茨风机节能 25%左右，溶解氧控制系统按需供给曝气量规避了负荷变化造成的风量不足/过剩的情况。

（五）热泵法中低品位热能回收

适用范围：印染企业及园区内中高温废水和废气余热回

收。

技术特点：通过热泵机组、换热器、水泵以及控制系统实现热量回收和利用。系统杂质过滤精度、自动化程度高，防止热泵机组和管道结垢和腐蚀。

应用效果：可回收中高温工艺废水和废气中 70%左右的余热，可降低废水、废气的温度，有利于废气的后续处理。回收余热可用于工艺水预热、污泥干化等。

(六) 蒸汽热能梯级利用

适用范围：低压蒸汽印染设备。

技术特点：中压蒸汽经定形机使用后，通过一级闪蒸罐回收至低压蒸汽管网后，低于 0.8MPa 的冷凝热水和蒸汽进入二级闪蒸罐，通过热泵系统加压后再次进入低压蒸汽管网，用于染色机等低压设备，充分利用所有蒸汽热能。

应用效果：通过闪蒸系统减少蒸汽消耗，实现热能再利用。

(七) MVR 淡碱回收

适用范围：印染丝光淡碱的回收利用。

技术特点：利用蒸汽机械再压缩技术将蒸发过程中产生的蒸汽压缩，使蒸汽压力和温度升高，经压缩的蒸汽被送到蒸发器加热室作为热源加热淡碱液，实现蒸汽的循环使用，同时将淡碱液浓缩至所需浓度。

应用效果：相比蒸汽多效蒸发节能 30%左右，可降低生产成本。

四、减污降碳协同增效技术

（一）化纤机织物连续平幅前处理

适用范围：化纤及其混纺机织物的前处理。

技术特点：选用高效稳定的退浆助剂体系和精确的碱浓度在线监控系统，以连续化加工替代传统间歇式方式。工艺控制要求比间歇式加工高，对浆料重、密度高的织物处理效果不佳。

应用效果：可避免织物机械擦伤，减少织物上的折皱印。相比传统间歇式前处理工艺，生产效率高、节水减排、节汽、节电，碱液用量少、减少污染物排放。

（二）针织物连续平幅前处理

适用范围：适合较大批量的棉及其混纺针织物的连续平幅前处理。

技术特点：使用扩幅与展边装置，通过控制织物张力、碱液浓度、带液率等工艺参数，采用平幅均匀轧碱工艺，结合高效水洗，实现连续高效针织物平幅前处理。该技术对工艺控制要求高于间歇式前处理。

应用效果：可提高生产效率，降低劳动强度，避免机械擦伤和绳状加工产生的折皱印，有效控制织物缩水率，减少织物表面毛羽。较传统针织物前处理节水减排、节汽。

（三）超声波连续水洗

适用范围：化纤织物前处理除油及染色、印花的水洗。

技术特点：在水洗槽底侧安装超声波发生器，利用超声波发生器产生的“空化效应”，对浸在水介质中织物上的杂质、油渍进行物理除油。该技术对印花糊料、未上染的染料

等附着物也具有一定的去除效果。

应用效果：与传统除油水洗机相比，节能、节水，不需要或者少添加除油助剂便可获得相同除油效果，减少污染物排放。

（四）连续喷射绳状水洗

适用范围：棉、化纤及其混纺织物的水洗。

技术特点：采用大水量冲击、紧凑的并列水槽结构、浸泡+喷嘴的组合、动态过滤箱，结合逆流循环用水，实现织物的连续化绳状水洗。

应用效果：相比传统绳状、溢流工艺节能 30%左右，节水减排 20%左右，节约助剂 30%左右。

（五）活性染料无盐轧蒸

适用范围：棉机织物轧染。

技术特点：将染液施加方式由传统的染料和碱剂分开施加，优化为染料和碱剂同时施加，将常规的轧烘轧蒸工艺缩短为轧蒸工艺。

应用效果：与常规轧染工艺相比，减少无机盐用量，降低 COD 排放，节能降碳 30%左右。

（六）分散染料碱性染色

适用范围：涤纶织物的退染一浴工艺以及涤棉织物的一浴法工艺。

技术特点：耐碱性（pH7-13）分散染料含有对碱不敏感的基团，主要是单偶氮结构上联结耐碱基团，可在碱性浴中对涤纶织物染色。但染料有一定局限性，日晒牢度欠佳等。

应用效果：与酸性条件染色相比，染色成本降低约 15%，节水减排 10%-30%，节能 10%-30%。并可避免因前处理或碱减量后水洗不充分，经酸性条件染色后出现染色重现性差、色光不准等问题。

（七）涤纶织物少水连续轧染

适用范围：涤纶绒类织物的连续轧染及革基布轧染等。

技术特点：通过聚合物包裹分散染料纳米颗粒，减少分散剂用量，有效阻止分散染料向空气“逸散”，将游离染料粘附到织物上。或通过分散染料超细化加工，提高分散染料向纤维无定形区的扩散和固着。由于大部分分散染料通过升华进入纤维无定形区，残留在纤维表面的染料少，除色牢度要求非常高的织物需水洗外，一般不需要水洗处理，从而达到节水的目的。

应用效果：染色环节无需水洗或少水洗，节能30%左右，节约染料和助剂10%左右，节约运行成本15%。

（八）数码印花在线上浆

适用范围：数码印花上浆。

技术特点：采用圆网印制或均匀喷液上浆技术，对上浆量进行实时监测和控制，实现数码印花织物的在线上浆。应用湿浆印花工艺，增加印花反面渗透效果。

应用效果：与传统上浆相比，节省浆料，节省烘干能耗 10%左右，生产效率提高 8%-15%，得色量提高 5%-10%，减少污染物排放。

五、数字化智能化技术

（一）染化料自动称量、配制和输送系统

适用范围：印染企业染化料自动称量、配制和输送。

技术特点：依据生产工艺配方按需自动配制生产所需染化料，通过生产指令将配制好的染料、助剂自动输送到各生产机台，并按工艺自动添加，实现印染生产化学品物流、信息流的统一调度和管理。

应用效果：小样配方和大生产配方的一致性更高，工艺稳定重现性好。准确统计生产中染料助剂消耗量，减少用工并降低劳动强度，改善作业环境。

（二）印花自动调浆系统

适用范围：印花生产中色浆的自动调配。

技术特点：通过化料分配系统、母液储存系统、有自动上粉装置的糊料准备系统、全自动称粉化料系统等，对印花订单、工艺配方、配浆量等信息进行集中管理，准确控制色浆工艺配方的关键参数。

应用效果：可提高印花调浆配方的准确性和工艺配方的重现性，减少人为不确定因素，易于工艺处方管理，提高生产效率，改善作业环境，降低劳动强度，减少色浆浪费。

（三）工艺参数在线采集和控制系统

适用范围：印染设备工艺参数的采集和控制。

技术特点：对印染设备的工艺参数，通过传感器进行实时数据采集，将采集的数据与工艺参数进行比对分析，通过控制关键工艺参数，确保工艺参数在设定范围内。

应用效果：通过对生产过程的诸多工艺参数进行在线自

动采集和控制，减少人为调整工艺参数时的失误，提高工艺重现性和产品合格率，提升生产自动化水平，节能减排效果较为明显。

（四）能源管理系统

适用范围：印染企业能源监控与统计分析。

技术特点：基于浏览器/服务器模式架构，将蒸汽、电力、天然气等能耗仪表与数据采集网关连接，通过实时采集各监测点的能耗、影响参数和运行信息，实现能耗的分类、分项、分区域、分时段、分订单分析，并对能源参数进行智能调控。

应用效果：降低企业综合能耗，实现节能降碳，提升企业能源精细化管理水平。

（五）智能化仓储物流系统

使用范围：各类纺织品仓储。

技术特点：通过完善 ERP 系统、WMS 系统实现从订单接单、物料需求运算、物料采购、生产管理、仓库按订单出入库管理。企业仓储管理逐渐从“人工数据录入”转变成数据自动采集和录入，从人工凭经验查找和搬运货物变为系统自动控制货物搬运。

应用效果：物流调度和管理系统的实施，有效分流了装车时间点集中的矛盾，与物流、货运之间的出货节奏得到有效协同和计划，节约了人力物力成本、提升了工作效率、提高了货物发运的准确性，也使得交付体系流程间的协同性得到加强。

（六）废水处理在线监控系统

适用范围：印染废水处理工程的数据实时监测、分析和在线控制。

技术特点：对印染废水物化处理、生化处理、深度处理等各工艺、设备和水质参数进行在线监测，并进行在线数据分析，以此为基础动态调整物化处理加药量、生化处理曝气量等关键操作参数，降低混凝剂用量以及生物曝气系统能耗，提高废水处理系统运行效率和自动化水平。

应用效果：实现废水处理的精细化运行和集约化管理，降低废水处理异常工况发生率，减少人工经验误差，降低人力成本与劳动强度，保证出水水质稳定达标。节省混凝药剂添加量，减少曝气能耗和污泥产生量。

六、前沿科技技术

（一）棉针织物活性染料连续染色

适用范围：棉针织物连续平幅染色。

技术特点：通过防褶皱平幅前处理设备、平幅染色预烘设备和大直径多辊汽蒸固色设备等，控制棉针织物在平幅运行中的形变与张力，构建棉针织物低温平幅前处理→浸轧染色→后整理→定形的连续化生产过程。

应用前景：能有效降低单位产品能耗、水耗，提高生产效率，减少用工，减少擦伤、折痕等疵点产生，提高产品品质。

技术难点：目前棉针织物全流程平幅轧染还处于研发和产业化验证阶段，仍存在一些需要解决的问题：一是轧染固

色装备需进一步优化；二是高配伍性染料仍在进一步筛选中，有关染色工艺也有待进一步研究与完善。

(二) 数码喷染技术

适用范围：数码染色。

技术特点：利用数码微喷涂喷头将染液以雾化形式喷出，气流风刀将雾化后的染液精确传输到织物，实现织物的定量低给液。该技术代替了传统染色织物需要浸泡在染液中染色的方法。

应用前景：上染量精确可调，染液换色时间短、换色时染液浪费少。相比传统浸染环节，节能、节水、降低染料用量。

技术难点：一是目前在数码微喷涂喷头的研发方面，我国技术和人才储备不足，增加了研发的复杂性和难度；二是要解决自动、准确、快速配色问题，特别是解决自动配色难题；三是要解决喷涂后织物颜色的均匀性、渗透性与喷涂速度之间的协调。

(三) 活性染料非水介质染色

适用范围：纤维素纤维的染色。

技术特点：以非水介质代替水作为染色介质对棉纤维等纤维素纤维进行活性染料染色。选用对活性染料具有较高溶解度的极性非水介质，能使纤维增塑、溶胀，实现纤维对染料的吸附、固色，达到无盐少水染色目的。目前主要研究方向包括：活性染料混合溶剂染色、使用极性溶剂取代部分水进行染色、采用极性与非极性溶剂混合染色。

应用前景：活性染料在非水介质中的稳定性更好，避免了染料的无效水解，染料利用率更高。染色过程无需使用大量无机盐来促进纤维对染料的吸附，降低染色废水的处理难度。减少染色和染色后水洗用水，节能减排效果显著。

技术难点：非水介质大部分是非极性介质，难以有效溶胀棉纤维，染料上染纤维较困难；溶剂的安全性、环保性需要重视，溶剂的回收和重复利用率等方面还有待提高。

(四) 超临界二氧化碳染色

适用范围：聚酯纤维染色。

技术特点：超临界 CO₂ 流体是指温度和压力处于 CO₂ 临界点以上的一种区别于其气态和液态的流体状态。超临界流体既有与液体相近的密度和对物质优良的溶解能力，能够溶解染料，又兼具有与气体相当的高渗透力和低粘度，将染料分子迅速、均匀地扩散到纤维中。超临界状态下 CO₂ 使纤维迅速溶胀，促使染料易于上染纤维，能大大缩短染色时间。

应用前景：染色过程无需用水，无废水产生。染色后无需烘干，缩短工艺流程，节省能源。CO₂ 稳定性好，易得且可重复使用，减少污染。

技术难点：目前超临界 CO₂ 染色还处于研发和产业化验证阶段，大规模推广应用尚需解决几个问题：一是生产设备为高压系统，价格高，一次性投资大；二是技术的基础研究和产业化验证还需要进一步加强；三是相关技术和装备需要进一步完善；四是适用的染料品种少，有关染色工艺有待进一步研究和优化；五是面料染色的研发工作需要加快，对天

然纤维染色效果不理想；六是该技术的能耗情况需要进一步验证。

（五）智能测配色系统

适用范围：色纺纱、面料测配色。

技术特点：采用测色仪、分色及识别系统、混配色模型及软件、自动化染色装备及 MES 系统，可实现色纺纱、面料智能化测色、配色、仿真数字化设计、数字化自动化生产。同时，利用计算机大批量获取调色配方数据，在快速大批量计算配方的同时，保证配方的准确性，并且同步生产现场的设备 and 原材料，减少实验小样与大货的误差。

应用前景：提高色纺纱、面料测配色效率、减少原料损耗、降低废品率、减少排污，且数字化配方易追溯、提升颜色配方管理效率。

技术难点：构建较为完备单色样 RGB 基础数据；测配色系统的软件和硬件开发；建立我国的产业标准、测量评价体系以及标准机，并在产业应用中获得基础数据。

（六）印染 MES 系统

适用范围：印染企业生产。

技术特点：主要由生产计划、机台管理、工艺管理、能源管理等模块构成。将企业的生产管理層、生产执行层和设备的运作层整合，帮助企业制定和执行科学的调度计划，精确监测和控制生产工艺、能源消耗的关键参数，实现生产过程的数字化、精细化管理。

应用前景：MES 系统承上启下，融合生产智能化和管理

智能化，在印染行业智能制造中具有重要作用。但当前很多印染企业的上层管理信息系统与车间生产执行过程存在信息断层问题。

技术难点：需要解决车间各种类型设备数据采集接口的通用性、各类生产配套系统的数据集成性及实时响应性等问题。

（七）智能缝头进布系统

适用范围：连续式印染设备进布前织物缝合连接。

技术特点：将相同幅宽布匹对中、展平，输送至自动缝合装置工作位置，与上一匹布进行缝合连接。缝合过程需要经过上布、寻找布头、夹持、展平等自动化过程，实现布匹的平整、对正、齐边地缝合连接。

应用前景：提高生产效率，降低工人劳动强度，减少人为因素引起的损失。

技术难点：解决针织布卷边、对边不准、起皱等问题。

（八）智能验布装置

适用范围：坯布、染色布、印花布的疵点检测。

技术特点：采用无监督 AI 深度学习技术自动生成疵点检测模型，实现对织物的疵点检测。实时存储检测疵点数据，自动生成质量评级报告。

应用前景：将机器视觉应用于布匹检测，不但可以降低因出厂产品质量问题造成的损失，也能减少用工人数量。

技术难点：目前检测织物类型包括常规组织结构（平、斜、缎纹等）和单色织物，对于提花纹理、非规则纹理和印

花织物需进一步研究。