缝制机械设备制造领域智能化关键技术分析和展望

李　丽[1]，房启成[1]，李　涛[2]，罗文博[1*]

（1. 工业和信息化部产业发展促进中心，北京 100846；2. 台州市椒江工业投资集团有限公司，浙江 台州 318000）

摘要：缝制机械领域是国民社会经济的一类重要装备制造行业，随着工业数字化进程不断深化，缝制机械制造业正加速转型，以建立高附加值产品、高质量品牌建设和科技创新为牵引，缝制产业结构得到持续优化，数字化转型稳步推进，形成了中国特色的缝制领域优势产业链，发展出了以绿色化制造、缝制单元智能化、生产数字化为具体举措的转型途径；目前自动化 / 信息化和智能化已经成为缝制机械行业提高效率、降低成本的关键途径。然而，缝制机械领域的多数企业仍处于产品数字化和设备数字化的初级阶段，距离轻工业高质量发展目标仍有差距，行业发展仍然面临艰巨的转型任务。针对上述问题，本文首先分析了在数字化转型过程中工业缝制机械设备为代表的高附加值产品未来发展趋势，结合知识产权（专利）数据分析，梳理了该行业未来发展的关键细分在电子电控、智能控制技术及智能工厂等方面的发展状况；同时介绍了智慧缝制系统和智慧工厂现状和发展趋势，本文将为该缝制机械领域企业数字化转型提供重要参考。

关键词：缝制机械；智能化；产业升级；电子电控；数字化；知识产权

中图分类号：[TS-9]　　**文献标志码：**A

1　引言

轻工业是我国国民经济的传统优势产业、重要民生产业和具有较强国际竞争力的产业，承担着满足消费、稳定出口、扩大就业和服务“三农”的重要任务，在经济和社会发展中发挥着举足轻重的作用。随着国际形势复杂多变、“逆全球化”倾向加深的背景下，全球产业结构持续演变。“十四五”时期是继续推动我国由“轻工大国”向“轻工强国”转变的重要阶段，目前，轻工业制造业进入新的历史进程。根据国家统计局的数据，全国宏观经济数据和制造业经济数据如图 1 和图 2 所示，2019—2023 年，规模以上工业企业的营业收入保持在 100~130 万亿，其中制造业营业收入为 5.2~7.4 万亿；特别是 2024 年 1—2 月，全国规模以上工业企业利润同比增长 10.2%，其中专用设备制造业保持增长，同比增长仅

* 通信作者：罗文博

为 2.5%，营业收入达到 4 794.6 亿元。

我国一直重视轻工业行业的发展，“十三五”时期出台了《轻工业发展规划（2016—2020）》，2022 年《关于推动轻工业高质量发展的指导意见》明确了轻工业发展的目标和方向，尤其在家用电器、轻工机械、日用化学品等领域，要加快关键技术突破，同时完善科技创新体系和标准体系建设，提升质量保障水平和强化品牌培育服务；同时，在产业链方面，明确了深入实施数字化转型的重要性。针对轻工业的具体现状和发展趋势，本文以缝制机械设备领域为研究对象，详细分析其典型性，并结合近十年该领域国内外知识产权数据，分析其上中游企业发展的细分关键技术。

缝制机械设备主要是指用于服装、鞋帽、箱包等制作的专用缝制设备生产的上、中和下游，缝制设备行业与人们的日常生活及其相关制造业联系紧密，在国民经济中具有相当的重要性和不可替代性。缝制机械设备相关的核心技术是轻工业高质量发展重点推动的家用电器关键技术研发工程的重要内容。我国是缝制机械出口大国，在当前的转型升级进程中，缝制机械制造产业正处于由大变强的关键时期，同时面临着外部环境的挑战。中国缝制协会数据统计，2023 年缝制设备领域规上企业营业收入利润率 3.40%，低于行业上年同期 5.56% 的均值，亦低于全国工业 5.76% 的均值，表明缝制领域企业面临较大的发展压力。解决装备制造业中的“短板”问题显得尤为迫切，这些“短板”主要体现在核心技术的缺乏、标准体系的不足和创新动力不足等方面，尤其是在“四基”（核心基础零部件和元器件、先进基础工艺、关键基础材料和产业技术基础）及某些领域的关键设备上[1]。

当前，数字经济已成为主要经济形态，正以前所未有的速度、规模和范围推动要素资源更新、基础设施重置和市场场景延展。我国装备制造业保持了稳中有进的增长态势，对工业“稳增长”发挥了重要作用。作为传统产业，设备装备制造业展现出与数字化信息技术不断融合的态势，在行业层面和企业层面均表现出较高的数字化水平。尽管制造业各行业间存在差距，相对低于制造业平均水平，缝制机械制造行业数字化转型程度仍较为缓慢。

近些年，缝制机械制造领域以企业为主体，充分利用物联网和自动化控制等技术，对机器设备和生产流程进行优化更新，加快企业数字化技术改造，显著提升企业的生产效率与产品品质，尤其在端到端数字化运营及

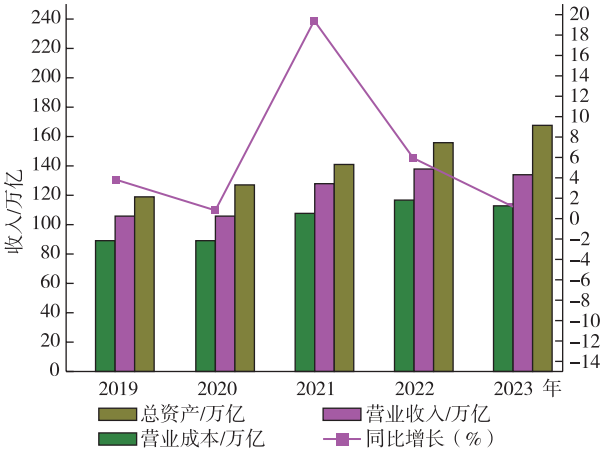

图 1　全国宏观经济数据

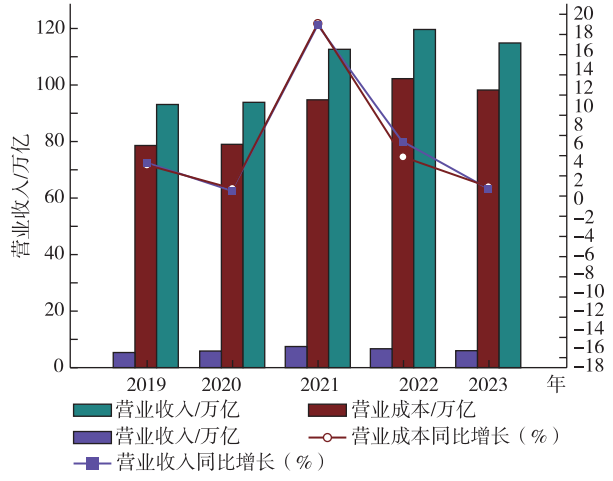

图 2　制造业经济数据

大规模个性化定制，数字化生产、质量、供应链、设备管理和远程运维服务等智能制造解决方案。例如，面向缝制行业建立的“缝制产业大脑”服务平台，鼓励中小企业全面实现“上云”，推动企业成本和管理的低成本化[2]，实现企业内外部的“人、机、料、法、环”的互联互通，快速提升企业数字化水平。同时，加快在智能制造、数字化升级改造方面的应用。

缝制机械领域的智能化主要涉及上游的零部件和电子电控部件的制造，以及中游的各种缝纫机、刺绣机、缝前缝后设备等，再到下游的服装、鞋帽、纺织等行业，以面向纺织服装业的缝制机械制造领域为例，伴随数字化的浪潮，工业互联网、智能制造深度融入纺织服装业各个领域，催生了协同研发设计、自动化生产、在线监测和共享制造等新业态、新模式、新场景，涌现出种类繁多的关键技术[2-3]。本文将重点分析工业缝纫机和刺绣

机两个领域在数字化发展方向上的关键技术及发展趋势。

2 工业缝纫机关键技术分析及发展方向

2.1 发展趋势和问题

智能化产品成熟应用。智能缝制单元和多机协作加工中心将向更多样化和功能丰富的方向发展，同时提升通用伺服控制系统的可编程性和定制化能力；刺绣机方面，自动换底线、自动穿线、机器视觉和故障自诊断等技术已经在整机上实现成熟应用，随着人工智能技术等深度学习及其应用，将推动电脑刺绣机技术发展，更大范围地解放人工、替代人工操作是行业发展的必由之路。

数字化生产逐渐提速。依托云平台、大数据、物联网和人工智能等技术，实现缝制设备智能化生产和全流程生产管理服务，提供数字化、智能化、柔性化的工业生产升级方案，满足缝制工厂整机智能化、网络化改造需求，逐步成为下游行业构建智能工厂的发展方向与路径。

个性化需求和应用跨界化更加凸显。随着下游用户对个性化、定制化产品需求的不断提升，以市场驱动的应用创新是缝制机械行业技术创新的重要方向。例如，缝制机械行业骨干企业开始自研缝纫机功能传动结构，以配合步进 + 伺服多电机控制器实现整体结构优化和性能提升，从数控产品的配套向为整机企业提供成套方案转变；在刺绣机行业，丰富的应用场景、技术与工艺的创新、应用边界不断延展，使得跨领域的应用扩展成为可能，这就要求泛刺绣定制化研制能力大幅增强，如鞋面刺绣机、激光刺绣一体机、烫钻刺绣一体机、多色绳绣、带自动换线和自动剪绳功能的电热丝布线机等特种应用。

绿色低碳化是有序推进工业碳达峰的必由之路。据测算，全球缝制机械行业每年总耗能超过800万吨标准煤，其中1/3在中国。随着全球对绿色制造的重视将推动低能耗缝制机械和环保生产技术成为行业创新的重点，以无害化、集约化、减量化、低碳化和循环化等绿色属性突出的产品设计理念和方法，构建从基础原材料到终端消费品全链条的绿色产品供给体系，树立能耗环保标杆企业，推动能效环保对标、达标，推动缝制机械设备跟新换代和产品循环利用。缝制机械行业可以开展减碳路径研究，将“数字赋能”和“节能降碳”发展理念贯彻到生产制造全周期中，研制绿色驱控技术，提高能效水平，提升设备生产率，推动缝制机械设备绿色升级改造，构建绿色生产车间和工厂。

行业技术升级路径仍然存在堵点、难点问题。一是核心技术储备不足，行业在智能集成控制技术、软件研发、机器人控制等技术层面，仍存在设备互联互通、数据整合技术堵点导致的数据孤岛等问题；二是行业科技资源分散，缺乏有效的科技协同创新平台，面对行业智慧缝制工厂整体解决方案相关核心技术攻关、重点标准研制方面无法有效合力；三是人才引进方面缺乏有效渠道，缺乏与大专院校、科研院所等社会优势资源间的人才合作渠道，自身人力资源整体素质偏低，互联网、智能化等方面的高端复合型人才尤为短缺，跨界技术融合和智能化技术研发受阻。

2.2 工业缝制机械领域专利分析

专利和技术发展的重要成果表现、专利数量和分布是企业发展的重要方式，本文首先对全球缝制领域的专利进行了统计和分析（数据截至2024年3月），如图3所示。全球主要国家在缝制领域专利总数和目前的有效专利数量，总计220 791项，有效专利59 962项；中国、日本、美国、韩国和德国是目前该领域持有专利数量最大的五个国家，持有有效专利56 336项，占全球有效专利的93.95%，中国在缝纫机领域申请和授权专利仍然是全球第一。2007—2024年（截至3月底）中国缝制领域发明专利申请、授权情况如图4所示，这些年申请总量为19 612项、授权总量5 757项；从2010年以后，发明专利呈现快速增长，2018年发明专利申请/授权量达到最大，分别为2 184、546项；2019年以来的申请总数量为7 160项、授权数量1 620项，近两年申请数量逐渐下降，2023年分别只有985、48项。

工业缝纫机和刺绣机是缝制设备智能化体现最为核心的两个场景，也是专利发表最为集中的两个领域。中国积极布局，在缝制领域智能化方面发表的专利全球第一，如图5所示，韩国、美国、日本和德国分列第2~5名；而在国内，浙江省发表专利排名第一，紧随其后的依次是广东、上海、江苏和天津，如图6所示。其中，浙江台州由于拥有完善的产业链优势，年工业总产值约占全行业的20%，生产工业缝纫机300余万台，制定、参与标准114项，占总标准数量59%，授权专利970件，是浙江省最大的缝制领域专利拥有地区。而从工业缝纫机的智能化细分领域看，近些年主要集中在机电一体化、智能化、集成化和信息化方向，相关专利数量分别为1 284、494、36、36项（近五年）。刺绣机作为一种特殊、

高附加值的缝制机械设备，在专利拥有体量上明显少于其他缝制设备。尽管如此，全球刺绣机方面的专利中中国占据绝对优势地位，其中 98% 申请人来自中国，紧随其后的依次是日本、德国、韩国和美国。在中国市场中，浙江省以 60.67% 的占有率遥遥领先，如图 6 所示，第 2 至 5 名依次是广东、江苏、福建和天津。从专利的具体情况分析，刺绣机领域主要在智能化、高速化、数字化和信息化等方面持续进行技术创新发展。

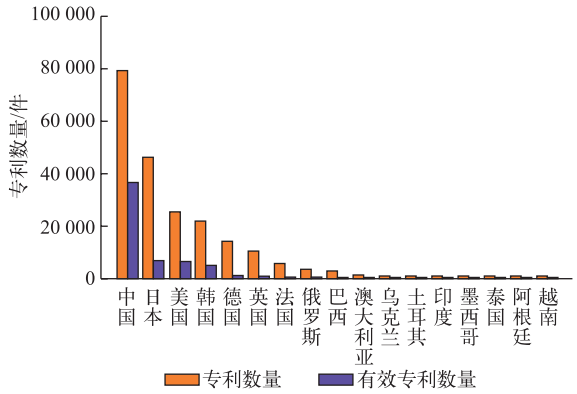

图 3　全球主要国家在缝制领域专利总数和有效专利数量

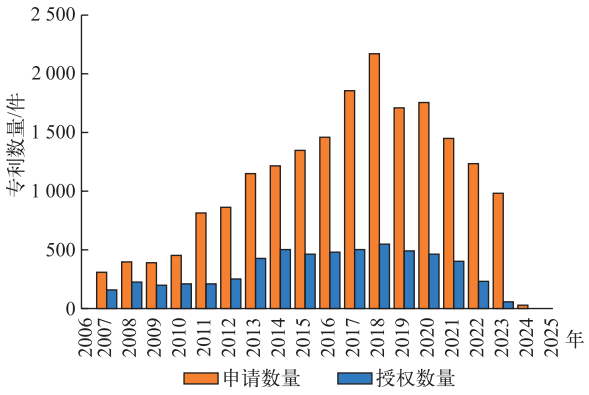

图 4　中国缝制领域发明专利申请情况

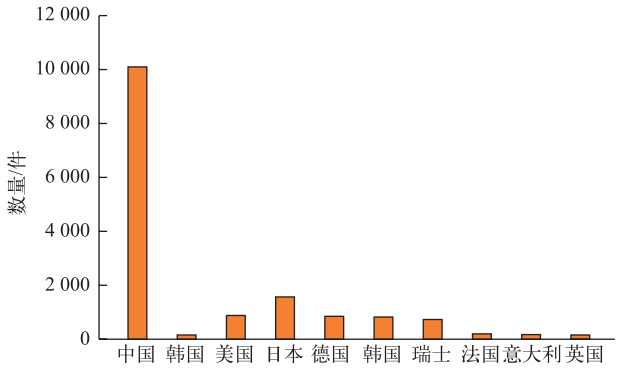

图 5　缝制机械智能化（包括工业缝纫机和刺绣机）相关专利全球分布情况

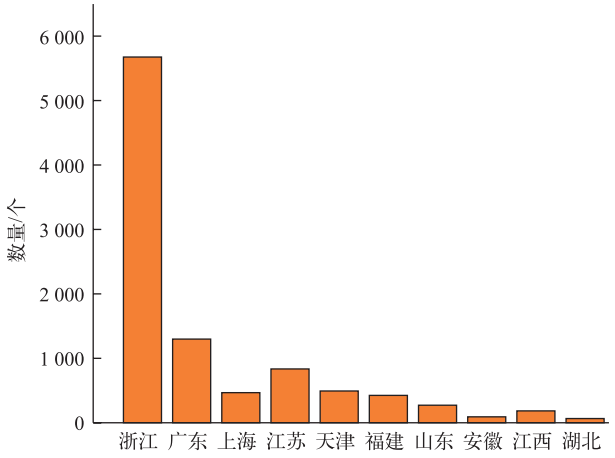

图 6　国内缝制机械智能化相关专利主要省（市）分布情况

3　关键领域发展情况

3.1　推动以高速电机、智能控制为代表的关键技术创新

缝制机械设备领域，关键技术包括高速电机、智能控制技术、人机交互技术、智能物联网技术和信息安全技术等。电子电控设备是缝制机械智能化的重要系统，也是中小企业数字化转型升级中最为关注的，中小企业在数字化转型中存在成本过高、路径模糊、人才短缺等问题，且缺少数字化转型的分析框架与参考范式[3]。

2018 年以来，缝纫机行业电子电控及其智能化是发展最为迅速的领域之一，该领域申请专利 528 件，授权 374 件，主要集中在工业缝纫机方面，电子电控的系统智能化设计、系统集成及数据可视化、伺服控制及其系统等方面[4]。细分领域包括剪线、送布和调节机构及其控制；断线检测、标识设置、回油控制；数控部件、刺绣机 / 模板机 / 罗拉车 / 平缝机 / 包缝机 / 绷缝机控制系统等。

平缝控制器方面，一体式控制器产品占比进一步提升；简易伺服控制器和下挂式控制器逐渐下降；随着智能化平缝机的功能完善与性能提升，步进 + 伺服多电机驱动产品增速明显，产量占全行业自控设备的 1/5；包、绷缝控制器方面的智能化，主要在全自动直驱包和绷缝机控制器等；多轴缝制设备控制系统方面，多轴缝制设备控制系统仍是主流。然而，与发达国家相比，尽管我国的缝制领域专利申请和授权量全球第一，产业链也最为完整，但是我国的制造业仍处于价值链的中低端。

3.2　推进以智能缝制单元为代表创新产品制造

不断深化缝制机械设备领域数字化推进工程建设，

主要集中在自动化缝制单元技术、立体缝制技术、云平台及网络远程运维技术、智能缝纫机及数控系统等方面。智能化缝制单元是指由电控自动缝纫机和其他辅助功能的程控驱动器组合而成，核心是自动感知和机构控制[5]，具备自动定位、自动送料、自动缝纫等功能的机电一体化缝制机械设备[6-7]，近些年，缝制领域企业加大缝制系统自动化、缝制系统智能化研发[8-10]，以服装行业转型升级为契机，开发面向不同领域、不同方向的智能化装置和工艺。智能化缝制单元包括现场自动化模块、信息化模块和智能化模块等三大模块[11]。在智能缝制系统、缝切一体化、自动缝制设备控制系统等方面，实现了设备的全部自动化、智能化。针对下游服装行业订单小批量、多品种、快交期的特点，采用模块化、标准化、集成化的生产方式，运用智能化缝制单元完成服装模块化生产和组装，通过 5G 技术、物联网、云平台等技术构建智能化缝制单元组服装智能生产线，实现服装生产管理可视化和透明化。

刺绣机设备的发展主要在集成化、智能化、定制化和拼接化。智能集成一体式刺绣机电脑控制系统、多头宽幅超高速、精准控制多头减振等。大豪推出刺绣机高端电控 MATE-A8，具有数字断检，面线 3 针快速识别断线，无底线检测能力，支持自动换底线功能，支持高效剪线模式提升整机工作效率。下游行转型升级激发更新换代需求，尤其对定制化的需求较大。高效率的大幅面超高速超多头刺绣机，加装各种装置的高附加值的多功能特种刺绣机，具有自动换框、换梭等自动化、智能化刺绣机需求将继续大幅增长。此外，拼接技术将突破海外市场受货柜大小的限制，超多头刺绣机将进入海外市场，拼接机技术将大幅改变海外机型的格局；散珠装置、多色金片等复杂装置将进入海外市场，成为新的技术发展热点；高速毛巾、高速盘带等特种绣技术，将是新的技术发展热点。进一步创新和提升独立压脚技术的多头刺绣机水平，以及多轴同步联动驱动技术，和拼接式超多头高速机、盘带机型自动剪带换带、闭环高速盘带机头、超多色机型和超大幅面的独绣机型等开发，增加升级创新产品，构建高质量的供给体系。

3.3 持续推动以缝制智能工厂建设引领数字化转型

缝制领域的智能工厂有两个概念：缝制设备智能工厂和数字化服装生产智能工厂。前者主要是对原料材料及处理、零部件自动化生产和组装、数据管理、缝制设备组装、产品分类和包装等工艺，涉及到智慧物流、绿色制造、自动化生产和组装，以及企业信息管理等多个方面，目前以杰克股份、上海申贝等头部企业，已经建立“未来工厂”“数字化共享工厂”等标志性缝制机械设备制造智能工厂。而后者则是以服装为主要产品的纺织品生产流程，包括数据采集及处理系统、客户管理、智能古装设计系统、智能打版与裁剪系统、智能缝制系统、智能整烫系统，以及物流系统等关键环节[12]。尤其，从服装高端及个性定制化方面，更多地体现在柔性制造方面，通过工序解构，赋能多款式的并行生产，每个款式的生产不再受到固定产线的限制；工艺解构去掉了传统生产流程在时间上的耦合[13]；以不同应用场景为目的，进而构建定制化的服装生产车间[14]。例如，杰克建立了智联数字化服装工厂，实现了面料到服装的整体流程智能化，无论是选料、搬运、传输等体力活，还是裁剪、缝制等技术活，一直到成品服装的整理、包装，都可以通过现代化生产车间中的智能化设备“一手包办”。

缝制 / 服装智能工厂，涉及以下两个方面：

1）智慧物流。智慧物流基于大数据、云计算、智能感应等一系列现代科技，实现了物流服务的实时化、可控化和便捷化管理，同时也有助于物流产业链的优化升级。全球缝制机械行业龙头落地了 AI 企业旷视科技四向穿梭车系统（简称“四向车”）打造的“椒江总部智能密集库项目”。目前，缝制机械制造行业龙头企业已经完成了从裁剪、缝制、分拣、装配到仓储等一系列数字化改造，通过 MES、WMS、APS 等软件系统把缝前、缝中、缝后所有设备的数据进行了打通，从缝制机械供应商升级为成套智联服务供应商。

2）智能工厂和柔性生产。杰克股份、上海申贝、北京大豪在缝制智能工厂方面近些年取得一系列重要成果。紧密联系下游领域的需求，是缝制机械设备制造领域关注的一个重点，服装制造业创新转型的一个重要方向是服装的柔性制造，依照智能制造等级分模块化，通过服装产品模块化和服装生产工位模块化，构建动态模块化生产单元，形成无固定流水线的生产调度模型，实现智能化的超柔性制造模式，进而从智能决策层、制造执行层和装备执行层三个方面形成一个完善的人机共融的智能制造空间。例如，大规模个性化定制就是贯穿缝前、缝制、缝后等阶段的全流程定制。缝前阶段集成 3D-CAT + CAD + CAM 运行、智能机器人裁剪、3D-CAT 测量、数

字建模、图像识别和大数据处理等技术，以及数据库（款式、版型、工艺单和面辅料）选择、定制样式选择、数字展厅等为客户进行服务；缝中阶段采用了“智能吊挂（流水槽）＋自动平／包缝机＋自动缝制单元系统（或自动模板缝制系统）＋专用自动缝纫机”组成的缝制流程自动化；缝后阶段以 RFID 技术为核心的自动柔性整烫产线、自动整烫折叠包装机、全自动立体仓储物流配送系统及其信息化系统的完整链条。

4 展望

缝制机械设备领域产业结构调整不断得到优化，中小型企业加速推进适合自己的转型途径，推进全行业的数字化转型，不断完善政策支持、技术创新、标准化建设等方面关键内容，强化推进基于数字化公共服务平台的建设和长期运营；支持缝制设备制造企业在研发、生产和运维等全流程的数据汇聚，推动上下游企业开放数据、合作共享。发挥我国缝制全产业和产能优势，加强国际合作，提高“一带一路”国家地区服务程度，增强产品附加值，巩固传统国际市场，积极开拓新兴市场，逐步形成协调发展的缝制产业生态。

以绿色化制造、缝制单元智能化、生产数字化为特点的缝制机械设备工业数字化转型升级，缝制设备制造头部企业通过建立涵盖原料、制造、设备组织和服务生产全环节的智能工厂、柔性工厂等方式探索出了适合自身需求的数字化转型道路；中小型企业积极以差异化的产品、服务等方式构建自己的发展模式和品牌建设，鼓励中小企业积极进入相关产业服务平台，推动大中小企业在协同制造、供应链管理等方面加强合作，实现融通发展；缝制机械设备上游行业主要特点为机械零部件制造为中小型企业且数量众多、电子电控和相关智能控制软件企业为中大型企业且数量较少，针对零部件企业，积极引导生产企业通过信息化、数字化实现零部件的智能制造，同时拓宽相关零部件的应用领域，提升市场竞争力。

缝制机械设备制造领域数字化升级转型需要持续以发展原创技术为牵引、生产高附加值产品为目标、扩大下游市场需求的发展路线，并持续在原始创新能力和消费市场结构不断突破，加快质量和品牌建设水平，以消费升级、城镇居民结构变革为契机，培育出一批具有品牌优势、产业优势的企业；持续推动科技创新和产业变革助力产业升级，推进缝制产业供给侧结构性改革，强化科技创新、质量管理和品牌建设能力为重点，不断深化缝制机械设备领域的 “三品”战略，改善营商环境，从供给侧和需求侧两端发力，推进智能和绿色制造，优化产业结构。

参考文献

[1] 王燕梅．数字经济背景下的装备制造业发展 [J]．城市 2023 (4)：39-51．

[2] 刘九如．装备制造业数字化转型的方向与路径 [J]．中国信息化，2023 (10)：5-9．

[3] 朱宏清．一种服装智能化生产装置及工艺：CN 115094577A[P]．2022-09-23．

[4] 张盈盈，李萌，许林，等．缝制电控制造数据可视化平台的设计与应用 [J]．自动化仪表，2022，43 (5)：71-74．

[5] 杜劲松，闻力生．服装超柔性制造模式的构建 [J]．纺织高校基础科学学报，2018，31 (3)：311-316．

[6] 陈罡，金贵阳，吴菁，等．智能服装缝制关键技术及成套装备研发 [J]．纺织学报，2023，44 (8)：197-204．

[7] 杨奕昕，祝本明，赵毅忠．智能化缝制单元控制系统的实现 [J]．四川兵工学报，2011，32 (8)：74-75．

[8] 刁均艳，王伟，查长礼．口袋布自动缝制设备控制系统设计与实现 [J]．景德镇学院学报，2022，37 (3)：18-22．

[9] 王丹，石鹏，田秀敏，等．一种智能缝制系统：CN 211814876U[P]．2020-10-30．

[10] 陈添德，杨代兵，韦文武．一种缝切一体的智能化数控缝制装备：CN 110592816A[P]．2019-12-20．

[11] 李雪霞，张志斌，褚建立．基于智能化缝制单元的服装柔性生产线的构建 [J]．毛纺科技，2020，48 (10)：77-80．

[12] 吴彦君，冯蕾，卢金宝，等．服装智能化生产车间建设方案 [J]．天津纺织科技，2018 (2)：10-13．

[13] 吴煜君.服装模板技术优化设计探讨[J].山东纺织科技，2022，63 (3)：23-26．

[14] 崔琳琳．基于智能制造的中型羽绒服生产厂设计规划 [J]．上海纺织科技，2019，47 (10)：15-17．

收稿日期：2024-09-04