

中国工程院咨询研究项目

我国纺织产业智能制造发展战略研究

研究报告

“我国纺织产业智能制造发展战略研究”项目组

2018年1月

目 录

第一章 研究背景	1
一、发达国家先进制造战略概况.....	1
二、我国创新驱动和制造强国发展战略.....	5
三、我国纺织产业的优势与新挑战和新机遇.....	6
（一）我国纺织产业的优势.....	6
（二）我国纺织产业面临的新挑战.....	10
（三）我国纺织产业面临的发展新机遇.....	11
四、智能制造助推我国纺织产业由大转强走向中高端.....	13
第二章 纺织产业智能制造技术发展概况	16
一、智能制造基本概念和主要支撑技术.....	16
（一）智能制造基本概念.....	16
（二）智能制造主要支撑技术.....	17
二、国际纺织智能制造技术发展概况.....	20
三、国内纺织产业智能制造技术进展.....	24
四、国内外纺织产业智能制造发展比较.....	34
五、我国纺织产业智能制造发展中的问题及制约因素.....	54
第三章 我国经济社会发展对纺织产业智能制造的需求	57
一、我国经济社会发展对纺织产业的影响.....	57
（一）供给侧结构性改革收入增长促使纺织产业须提升市场响应度....	57
（二）劳动力成本等上升促使纺织产业须提升全要素生产率.....	58
（三）城镇化持续发展促使纺织产业须提供更好就业.....	58
（四）高端制造战略促使纺织产业须加快走向中高端.....	59
（五）生态绿色发展促使纺织产业须节能减排减量.....	60
（六）互联网经济促使纺织产业须加快发展新模式和智能产品.....	60
二、我国纺织产业新发展对智能制造的需求.....	61
（一）提升生产率、增强需求响应等亟需发展纺织智能制造新模式....	61
（二）构建纺织智能制造体系亟需智能装备及共性技术和标准支撑....	62
（三）适应时代需求拓展纺织应用亟需发展智能纺织材料.....	63
第四章 我国纺织产业智能制造的实践与探索	65

一、纺织产业制造特征.....	65
二、纺织产业领域智能制造实例分析.....	66
(一) 义乌华鼎全流程锦纶生产智能工厂.....	66
(二) 中复神鹰千吨级碳纤维智能制造新模式应用.....	71
(三) 福建百宏涤纶长丝纺丝工程模拟计算系统及工艺优化.....	73
(四) 山东华兴纺织集团有限公司智能纺生产线.....	75
(五) 山东康平纳筒子纱染色智能工厂.....	79
(六) 青岛酷特服装大规模个性化定制产业模式.....	83
(七) 浙江报喜鸟大规模个性化服装智能定制系统.....	87
(八) 泉州海天纺织服装网络协同制造.....	90
(九) 常州五洋纺机数字化全成形经编装备及智能生产管理系统.....	92
(十) 深圳智裳科技有限公司智能服装技术.....	100
(十一) 安润普有限公司智能可穿戴技术.....	103
三、纺织产业智能制造技术架构探索.....	106
(一) 纺织产业智能制造技术发展研究分类.....	107
(二) 纺织产业智能制造基本范式.....	109
第五章 我国纺织产业智能制造发展战略定位与目标	114
一、发展战略定位与发展思路.....	114
(一) 发展战略定位.....	114
(二) 发展思路.....	114
二、发展战略目标.....	115
(一) 2020 年发展目标.....	116
(二) 2025 年发展目标.....	117
三、纺织产业智能制造总体发展路径.....	118
第六章 我国纺织产业发展智能制造的重点任务与路经	120
一、纺织产业智能制造基础及支撑技术领域.....	120
(一) 纺织智能制造标准及共性技术.....	120
(二) 智能纺织装备技术.....	124
二、纺织产业智能制造新模式技术领域.....	128
(一) 化学纤维智能制造车间(工厂)技术.....	128
(二) 纺织加工智能车间(工厂)技术.....	132

(三) 染整加工智能车间(工厂)技术.....	135
(四) 服装设计与加工智能化技术.....	139
(五) 个性化定制和网络协同制造及远程运维技术.....	143
三、智能纺织材料技术领域.....	146
第七章 我国纺织产业智能制造重大专项建议	151
一、基于 CPS 的纺织智能生产技术	151
二、新一代纺织服装产品大规模个性化定制技术.....	154
三、智能纺织装备及纺织加工智能化技术.....	160
四、服装绿色智慧制造生态系统.....	165
五、柔性智能可穿戴纺织技术.....	168
六、纺织产业智能制造生态系统支撑平台.....	171
第八章 推进我国纺织产业智能制造的政策措施建议	175
一、加强纺织产业智能制造组织机构和网络等基础设施建设.....	175
二、国家层面进一步增设各类专项加快纺织产业智能制造发展.....	175
三、加快推进国家、产业、行业层面纺织智能平台体系建设.....	176
四、多方筹资促进纺织产业智能制造核心技术研发及应用.....	177
五、出台政策措施加强纺织产业智能制造人才队伍建设.....	178

“十三五”以来，我国创新驱动发展战略深入实施。以技术创新为引领，新技术、新产业、新业态、新模式为核心，以知识、技术、信息、数据等新生产要素为支撑的经济发展新动能正在形成。《中国制造 2025》、“互联网+”、“新一代人工智能”等行动纲领加快了传统产业改造提升，促进了实体经济转型升级。十九大报告指出我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。未来 10 年我国将向基本实现社会主义现代化方向迈进，初步形成创新型经济格局，不断创造新技术和新产品、新模式和新业态、新需求和新市场，实现更可持续的发展、更高质量的就业、更高水平的收入、更高品质的生活。新时代中国特色社会主义发展战略安排，以及创新驱动发展战略为我国纺织产业创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展、提升品质，实现网络化、智能化、服务化、协同化，尽快突破发展瓶颈制约，走向创新驱动的科技产业、文化引领的时尚产业、责任导向的绿色产业，实现大而强指明了方向。

第一章 研究背景

一、发达国家先进制造战略概况

21 世纪第二个十年以来，在新科技革命和新工业革命推动下，以及发达国家加快再工业化，发展先进制造技术，国际制造业的形态和模式正在发生前所未有的变化。国际发展趋势预示，制造业对劳动力高度依赖时代行将结束，智能制造正在引领制造业的发展。

世界工业化进程已经历了两次工业革命，目前正处于第三次工业革命和第四次工业革命交汇点。第一次工业革命的标志是出现了以煤炭为能源基础，蒸汽机为动力的纺织机械，开启了人类的机械化时代。第二次工业革命的标志是以石油为能源基础，内燃机为动力，伴随发电机的问世，开启了人类的电气化时代。第三次工业革命以原子能、电子计算机、空间技术等应用为标志，开启了人类的自动化时代。第四次工业革命以信息技术为标志，网络通信技术、大数据、云计算、

智能工厂、智能生产，开启了人类智能化时代。当今世界数字化、智能化、定制化等使得智能制造与企业和经济发展的关系比以往任何时候都更加直接和密切。与此同时，2008年世界金融危机之后的后金融危机时代，发达国家充分认识到“去工业化”导致的国家抗危机能力不足弱点，正在推进“再工业化”战略，利用其技术综合优势，制定先进制造发展战略，在高起点上重归实体经济。

美国。2012年，美国公布《先进制造业国家战略计划》，将先进制造业提升为国家战略。苹果、卡特彼勒等制造业企业开始将海外生产线迁回美国本土。同年，美国投资10亿美元建立15个制造业创新研究所(Manufacturing Innovation Institutes)，并将以信息网络、智能制造、新能源和新材料领域的创新技术为核心，重新树立美国制造业在21世纪的竞争优势。美国制造业协会对美国“再工业化”提出了四大目标：第一，现在到未来要使美国成为世界上最优越的制造中心和吸引国外直接投资的地方。第二，拓展全球市场，要使美国制造商的市场扩大到95%的国外顾客。第三，要使美国制造商拥有符合21世纪经济需求的劳动力。美国制造业要保持其世界主导地位，必须拥有精通科学、技术、工程和数学等领域的知识，掌握制造商所需要的技能最优秀的高技能人才。第四，要使美国制造商成为世界制造业的创新主导者，美国必须保持研发活动，保护制造商知识产权。2016年美国设立革命性纤维与织物制造创新机构，支持具有与众不同属性的智能等功能的纤维和织物创新，开展柔性智能可穿戴等新技术的研发。

德国。2013年，德国针对来自亚洲制造业的竞争和美国的“先进制造业”发展，公布《工业4.0》计划。《工业4.0》计划以智能制造为主导，充分发挥德国在制造业领域的综合技术优势，旨在通过充分利用信息通讯技术和网络空间虚拟系统—信息物理系统(Cyber Physical System)相结合的手段，将制造业向智能化转型。《工业4.0》计划有两大主题：一是“智能工厂”，重点研究智能化生产系统及过程，以及

网络化分布式生产设施的实现；二是“智能生产”，主要涉及整个企业的生产物流管理、人机互动以及 3D 技术在工生产过程中的应用等。德国依托其在工业过程中广泛应用的信息和通信技术、强大的机械和装备制造业、在嵌入式系统和自动化工程方面的高技术水平和全球市场的领导地位，通过《工业 4.0》计划的实施。德国正在进一步巩固其作为全球领先生产制造基地、生产设备供应商和 IT 业务解决方案供应商的地位。2014 年，《工业 4.0》在纺织产业领域推出了“future TEX”计划，重点是可再生的纤维材料，以顾客为中心的纤维产品制造，未来的新兴纤维材料等。

法国。“工业强则国家强”，面对伴随“去工业化”而来的工业增加值和就业比重的持续下降，法国政府于 2013 年 9 月推出了《新工业法国》战略，旨在通过创新重塑工业实力，使法国处于全球工业竞争力第一梯队。《新工业法国》战略为期十年，主要解决能源、数字革命和经济生活三大问题，共包含 34 项具体计划，展现了法国在第三次工业革命中实现工业转型的决心和实力。34 项计划包括软件和嵌入式系统、智能创新纺织技术、大数据、云计算、物联网、增强现实技术、非接触式服务、超级计算机、机器人、网络安全、未来工厂等。目前，法国已推出了 10 项标志性成果，包括：无人机、搭载氢燃料电池的雷诺 kangoo 电动汽车、外骨骼机器人、智能仿生腿、联网 T 恤、新型电动飞机等。

欧盟。2014 年，欧盟开始实施经费高达 800 亿欧元的“地平线 2020”（Horizon2020 计划）。Horizon 2020 重点关注三个主要目标：“做杰出的科学”（预算 246 亿欧元）、“做产业界领袖”（预算 179 亿欧元）和“应对社会挑战”（预算 317 亿欧元）。将通过投资 1.02 亿美元推进工业和服务机器人技术在医疗、消费和运输领域的发展，以及推进认知、人机交互（HRI）、机电一体化、导航和感知等“关键机器人技术”的发展。在纺织产业领域，他们的重点主要是智能纤维的制品，新工

业发展用的高技术非织造布，轻质化的高性能复合纤维材料，纳米纤维的先进材料，安全防腐纤维等。同年，欧盟正式宣布欧委会和欧洲机器人协会 euRobotics 下 180 个公司及研发机构共同启动全球最大的民用机器人研发计划“SPARC”。“SPARC”计划项目主要研发内容包括机器人在制造业、农业、健康、交通、安全和家庭等各领域的应用。到 2020 年欧委会将投资 7 亿欧元，euRobotics 将投资 21 亿欧元，大幅推动机器人研发、项目建设、成果转换等。欧委会预计，该“SPARC”计划将在欧洲创造 24 万就业岗位，使欧洲机器人行业年产值增长至 600 亿欧元，占全球市场份额提高至 42%。

日本。2015 年，日本政府公布《机器人新战略》。该战略提出提升机器人“易用性”，并向与信息技术相融合的方向发展；制定着眼于机器人新时代的“世界机器人创新基地—彻底巩固机器人产业的培育能力”、“世界第一的机器人应用社会—使机器人随处可见”、“迈向领先世界的机器人新时代”三大核心战略，实现机器人革命，并解决社会问题。到 2020 年，要最大限度应用包括政府改革在内的多项政策，扩散机器人开发投资，推进 1000 亿日元规模的机器人扶持项目。该战略提出将通过营造创新环境、人才培育和面向下一代（即推进下一代技术的研发），三方面巩固机器人产业培育能力；该战略还提出了以系统集成为主推进机器人安装、扩大各类企业参与度、机器人应用的管理制度改革等支持机器人灵活应用的总体政策。预计，到 2020 年日本机器人市场规模为现在的 3 倍以上，达到约 2.8 万亿日元(约合 1700 亿元人民币)。

未来 5-10 年，在新工业革命和美、欧、日等发达国家先进制造发展计划、“再工业化”的推动下，网络经济与实体经济的相互融合程度将日趋加深，生产能力的复苏与增长必然奠基于新的生产方式之上，形成以互联网为支撑的智能制造生产方式。发达国家在更高的层次上争夺制造业发展主动权，必然会对全球产业尤其是制造业活动的空间

分布，以及各国产业结构的调整产生重大影响。

二、我国创新驱动和制造强国发展战略

为加快我国的创新型国家建设，以及把我国建设成为引领世界制造业发展的制造强国，我国于 2016 年和 2015 年发布了实施创新型国家战略和制造强国战略的纲领性文件《国家创新驱动发展战略纲要》和《中国制造 2025》。

《国家创新驱动发展战略纲要》。2016 年，党中央和国务院发布《国家创新驱动发展战略纲要》，标志立足全局、面向全球、聚焦关键、带动整体的创新驱动国家重大战略，进入到加快实施阶段。“十三五”及未来 30 年，我国将在全面建成小康社会的同时，初步形成创新型经济格局。若干重点产业进入全球价值链中高端，成长起一批具有国际竞争力的创新型企业 and 产业集群；主要产业进入全球价值链中高端。不断创造新技术和新产品、新模式和新业态、新需求和新市场，实现更可持续的发展、更高质量的就业、更高水平的收入、更高品质的生活。部署了发展新一代信息技术、智能绿色制造技术、资源高效利用和生态环保技术、先进有效安全便捷的健康技术、引领产业变革的颠覆性技术等方面重要战略任务。

《中国制造 2025》。2015 年，我国发布了实施制造强国战略的行动纲领《中国制造 2025》，提出到 2020 年制造业数字化、网络化、智能化取得明显进展；到 2025 年，制造业整体素质大幅提升，创新能力显著增强，全员劳动生产率明显提高，两化融合迈上新台阶。在全球产业分工和价值链中的地位明显提升；到 2035 年，我国制造业整体达到世界制造强国阵营中等水平。同时提出了改造提升传统产业，推动生产型制造向服务型制造转变，推动传统产业向中高端迈进，全面推进轻工、印染等传统制造业绿色改造及制造过程智能化等新要求。

《新一代人工智能发展规划》。2017 年，我国发布了抢抓人工智能发展重大战略机遇，构筑我国人工智能发展先发优势，加快建设创

新型国家和世界科技强国的纲领性文件《新一代人工智能发展规划》。文件提出：到 2020 年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步，人工智能产业成为新的重要经济增长点，人工智能技术应用成为改善民生的新途径，有力支撑进入创新型国家行列和实现全面建成小康社会的奋斗目标。到 2025 年人工智能基础理论实现重大突破，部分技术与应用达到世界领先水平，人工智能成为带动我国产业升级和经济转型的主要动力，智能社会建设取得积极进展。到 2030 年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心，智能经济、智能社会取得明显成效，为跻身创新型国家前列和经济强国奠定重要基础。同时提出：加快培育具有重大引领带动作用的人工智能产业，促进人工智能与各产业领域深度融合，形成数据驱动、人机协同、跨界融合、共创分享的智能经济形态。数据和知识成为经济增长的第一要素，人机协同成为主流生产和服务方式，跨界融合成为重要经济模式，共创分享成为经济生态基本特征，个性化需求与定制成为消费新潮流，生产率大幅提升，引领产业向价值链高端迈进，有力支撑实体经济发展，全面提升经济发展质量和效益。

三、我国纺织产业的优势与新挑战和新机遇

面对汹涌而至的新工业革命和发达国家先进制造技术、“再工业化”发展浪潮，长期依靠要素驱动，在资源比较优势基础上快速发展壮大，产业规模世界第一的我国纺织产业，既拥有多年积累的产业优势，也面临制造业发展新模式和先进制造技术新环境下，可持续发展和高端发展的新挑战和新机遇。

（一）我国纺织产业的优势

纺织产业是我国传统支柱产业、重要的民生产业和创造国际化新优势的产业，是科技和时尚融合、生活消费与产业用并举的产业。近年来，我国纺织产业在国内经济下行、国际上原纺织大国“再工业化”的双重压力下，仍保持了相当的优势。

1、产业规模世界第一

2016年，我国纺织全行业纤维加工总量5420万吨，占全球纤维加工总量50%以上，纺织品服装出口额全球占比达到37.4%，纺织产业规模稳居世界第一。我国纺织产业在规模增长的同时，效益也稳定增长。2011年-2015年间，规模以上纺织企业主营业务收入从2011年的5万亿元，提高到2016年7.3万亿元。规模以上纺织企业实现利润从2011年的2956亿元，增加到2016年的4003.57亿元，年均增长率13%左右，高于全国规模以上企业10%左右的年均增长率。2015年，我国规模以上纺织工业增加值、主营业务收入、利润总值分别占全国规模以上工业的5.9%、6.4%和6.1%，纺织产业规模以上企业的利润增长了5.4%，全行业保持就业人数约2300万人，涉及全产业链就业人数接近1亿。

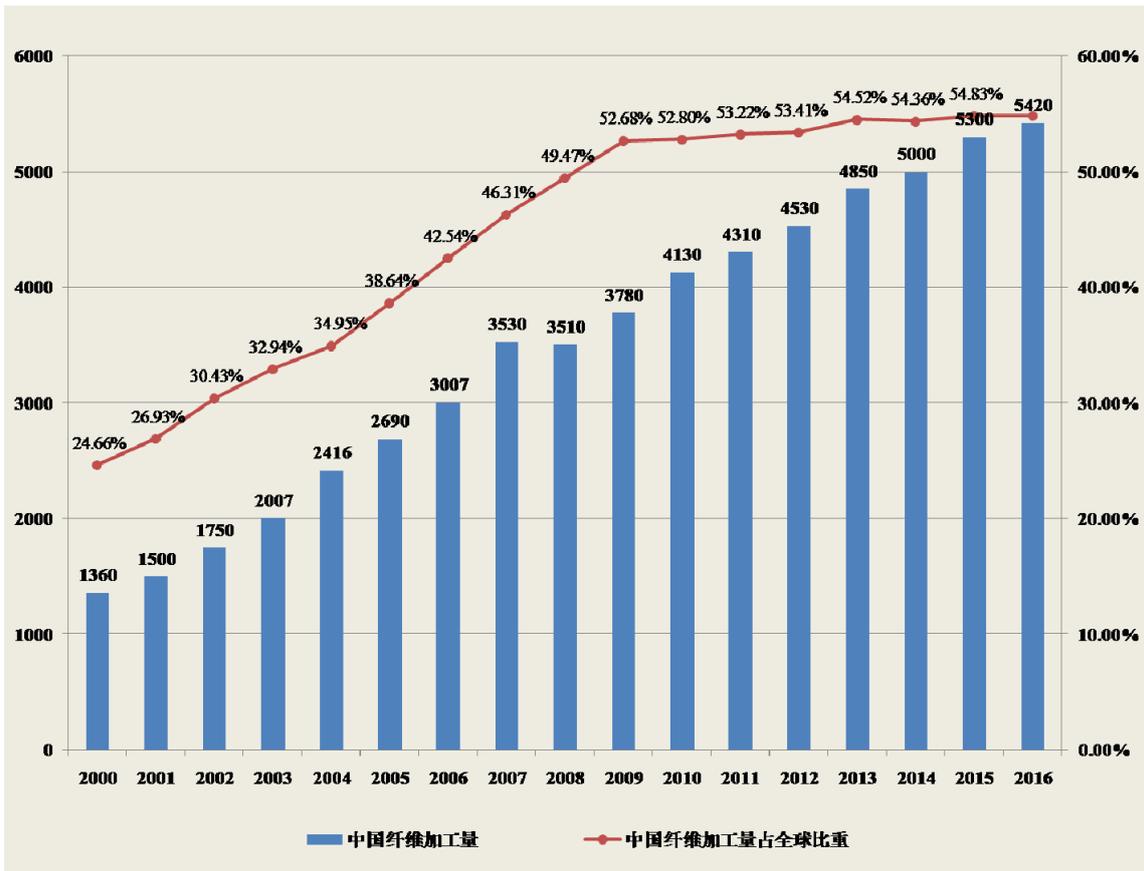
表 1-1 全国规模以上纺织企业 2011 年-2016 年经济指标

年份	纺织企业主营业务收入（亿元）	实现利润（亿元）	
		全国企业	纺织企业
2011	53397	54544	2956
2012	56852	55578	3015
2013	63849	62831	3506
2014	67220	64715	3663
2015	70714	63554	3860
2016	73302	68803	4004

表 1-2 我国化纤产量 2010 年-2016 年全球占比

单位：万吨

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
全球	5166.8	5570.2	6021.8	6380.0	6653.1	6647	6940
中国	2983.3	3361.0	3796.5	4107.5	4352.6	4832	4944
中国占比	57.7%	60.3%	63%	64.4%	65.4%	72.7%	69.4%



注：参考“中国纺织工业发展与展望”（高勇）相关图表绘制

图 1-1 我国纤维加工总量占世界比重

2、行业科技持续进步

通过行业关键技术的持续攻关，2011年-2016年间，纺织产业在高品质纤维新材料、先进纺织加工、数字化与智能化清洁印染、新型产业用纺织品、数字化纺织装备等领域 20 项成果获国家科学技术奖。其中“筒子纱数字化自动染色成套技术与装备”获国家科技进步一等奖。2014 年，大中型纺织企业研究与试验 R&D 经费支出 257 亿元，比 2010 年增长 81%，研发投入强度为 0.67%；有效发明专利数 5381 件，是 2010 年的 2.3 倍。“十二五”期间，人均劳动生产率年均增长 10%左右。碳纤维、间位芳纶等高性能纤维及海洋生物基纤维等实现技术突破；信息化集成应用及智能制造形成若干试点示范。

表 1-3 纺织科技领域 2011 年-2016 年国家级科技奖项统计表

获奖年份	国家技术发明奖 二等奖	国家科技进步奖		合 计
		一等奖	二等奖	
2011 年	0	0	3	3
2012 年	1	0	3	4
2013 年	0	0	3	3
2014 年	1	1	2	4
2015 年	0	0	2	2
2016 年	1	0	3	4
总 计	3	1	16	20

3、电商与品牌协同发展

高速发展的互联网技术、移动通信技术和电子商务技术与品牌纺织产品的协同发展，不断扩大了纺织品牌产品的市场影响力。依托互联网、移动终端和电子商务技术，服装家纺网上销售额年均增长超过 40%，一批服装家纺品牌在海外建立设计机构和销售网络。纺织行业品牌培育管理体系与品牌价值评价体系初步形成。中国国际服装服饰博览会、中国服装大奖、中国国际时装周、各地服装节等活动连续举办，纤维、面料、家用纺织品流行趋势研究和发布，《纺织服装行业年度品牌发展报告》发布等，推动了行业品牌发展。目前活跃在国内市场的服装家纺品牌约 3500 个，全行业拥有“中国驰名商标”300 多个。中国设计师作品得以在国际舞台展示交流。CSC9000T 中国纺织服装社会责任管理体系广泛推广，企业社会责任建设取得积极进展。

4、绿色发展成效明显

2011-2015 年，纺织品低温前处理、筒子纱数字化自动染色等大量节能降耗、减量减排新技术的应用，促使纺织行业百米印染布新鲜水取水量由 2.5 吨下降到 1.8 吨以下，水回用率由 15%提高到 30%以上，全面完成单位增加值能耗降低、取水下降以及污染物总量减排等约束性指标。再利用纤维占纤维加工总量比重由 2010 年的 9.6%提高到 2015 年的 11.3%。废旧纺织品回收、分检和综合利用产业链建设启动，“旧衣零抛弃”活动推动了旧服装家纺规范回收和再利用进程。

（二）我国纺织产业面临的新挑战

新一轮工业革命是信息技术与制造业深度融合，以制造业数字化、网络化、智能化为核心，建立在物联网和务（服务）联网基础上，结合新能源、新材料等方面的新突破而引发的产业变革。面对新一轮工业革命，我国纺织产业面临诸多挑战。对我国纺织产业新发展构成的新挑战既来自于纺织产业自身发展的瓶颈，也来自于纺织产业与网络和信息新技术的融合。

1、纺织产业生产效率增速面临低于制造成本增速的挑战

美国波士顿咨询集团最近公布的研究报告，对出口排名世界前 25 位经济体的制造业成本进行了量化比较。以美国作为标准，美国是 100，中国是 94。比较结果表明，中国作为低成本制造业大国的竞争优势正在逐步丧失，部分商品在中美两国的生产成本几乎没有差异。我国纺织产业也面临同样的生产效率增速低于制造成本增速的挑战。虽然我国纺织产业在过去的“十二五”期间取得了稳定增长的效益，但随着劳动力成本及其他要素成本上升，以及国内外其他因素影响，企业利润增长幅度已经从 2011 年的 43.9% 降到 2015 年的 5.3%。

2、传统生产经营模式面临飞速发展的网络信息技术挑战

工业互联网、信息物理系统、大数据、云计算、电子商务和跨境电商等网络信息新技术的发展，既给我国纺织产业发展智能制造带来机遇，同时也对纺织产业传统生产经营模式提出了挑战。企业如不适应信息化新技术发展，不转变传统生产经营模式，必然无法生存。因此绝大多数纺织企业的生产经营模式将面对与“信息物理系统”、“互联网+”、“电子商务”等智能化生产经营模式的磨合。转型过渡期，不仅有网络信息新技术推进产业结构优化，还将面临企业成本和管理能力方面的阵痛，这是纺织产业必然面对的挑战。

3、纺织产业智能转型面临起点低和处于价值链低端的挑战

目前我国纺织产业发展智能制造的基础整体比较弱。虽然纺织产

业领域有福建百宏、宁夏如意、宁波慈星、泉州海天列为智能制造示范试点单位，青岛酷特以“互联网+服装产业”，实现了服装的大规模个性化定制，但就全国纺织产业 3 万多家规模以上企业而言，这仅仅是示范和代表，绝大多数企业与国内的其他传统制造企业类似，还处于工业 2.0 与 3.0 交汇，并向工业 4.0 发展的阶段，既需要加快与信息化的融合，又需要实现“互联网+”的跨越。一些纺织产品制造工艺落后，主要依靠人工操作和控制，工人劳动强度大，加工精准度和生产效率低，能源和水资源消耗大，污染物排放量大，产品以中低档居多，高档产品国际竞争力低下，整体看尚处于纺织产业价值链低端。

4、网络服务安全和协同信用机制不健全与转型风险挑战

面向纺织制造和服务的网络信息系统主要作用是机器与机器、设备与设备通信，以及客户与企业互通。其最大特点是实时通信，对现场环境部署加密技术难度很大。目前网络信息的顶层安全战略设计、网络风险意识、相关法规制度、开放式产品验证和检验机制等，还在建立和完善过程中。网络信息服务的可信体系和产业链协同合作共享信用机制尚不健全。网络化、信息化主体和交易客体以及交易行为真实性的在线监测和信用管理，企业的可信交易、移动支付、网络安全解决方案、电子商务交易安全等存在漏洞，也构成了纺织产业向智能制造转型升级的挑战。此外企业转型中资金投入的风险，以及缺乏新模式下企业生产经营经验，也构成了新的挑战。

（三）我国纺织产业面临的发展新机遇

对接新一轮工业革命的《中国制造 2025》、《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》纲领性文件的发布，为我国纺织产业从制造向“智”造发展提供了新机遇。

1、互联网、大数据等技术为纺织产业发展智能服务奠定基础

中国互联网络信息中心（CNNIC）统计，我国迄今已经有 6.5 亿网民，5 亿智能手机用户，互联网普及率达到 46.9%。智能终端、APP

软件应用异军突起，使我国成为全球智能终端增长的绝对主导力量。大数据、云计算技术日趋发展，通信网络的进步、互联网、智能手机、智能芯片在企业、人群和物体中的广泛安装，以及以智能终端为接入界面异彩纷呈的 APP，为“互联网+”奠定了坚实的基础。纺织产业很大程度上与消费品的营销、体验、展示、定制、发布等服务关联。快速发展的互联网和移动终端，以及大数据及其运用，为纺织产业发展智能化服务型制造奠定了基础，带来发展新机遇。

2、制造业与互联网业相互渗透，为纺织产业智能制造提供机遇

随着智能制造逐渐成为推进工业化和信息化两化深度融合的核心，制造企业与互联网企业的相互渗透趋势日益明显。双方利用各自的市场竞争优势寻求合作，共同应对由智能化与互联网化发展带来的挑战和机遇，这也是两化深度融合的结果。小米 1 入股美的，上汽和阿里巴巴打造智能化互联网汽车，百度和宝马合作发展高度自动化驾驶技术，东风和华为合作开发汽车电子和智能汽车等等，传统制造企业与 IT（信息技术）企业联手，将开创我国制造业崭新一页。纺织产业目前总体上属于传统产业，与日益发展的互联网企业相互渗透融合，为纺织产业加快向智能制造方向转型升级发展带来了机遇。

3、工业机器人技术为纺织产业机器换人高效发展提供机遇

2013 年，国家工信部发布了《关于推进工业机器人产业发展的指导意见》，提出到 2020 年，培育 3-5 家具有国际竞争力的龙头企业和 8-10 个配套产业集群，高端机器人方面国产机器人占到 45%左右市场份额。目前，国产机器人发展有很大的进步。机器人突破了主要用在汽车行业的界限，已经在纺织等工业行业里逐步得到应用。随着《中国制造 2025》战略的实施，我国机器人技术将在国际先进技术的基础上，迎来自主创新大发展。2015 年全球工业机器人销量为 24.8 万台，我国的工业机器人全年销量累计 6.67 万台，占全球工业机器人市场份额超过 1 / 4。预计到 2020 年我国将拥有 30 万台机器人，

机器人及系统产值约 1000 亿元，将带动 3000 亿元零部件市场。纺织产业目前大部分制造单位还是劳动密集型企业，工业机器人技术的发展，为纺织产业用机器换人，破解劳动力成本上升，以及企业用工紧张、连续制造过程中的工序衔接等问题，高效率发展提供了机遇。

四、智能制造助推我国纺织产业由大转强走向中高端

中国工程院院长周济提出智能制造三种基本范式：第一种基本范式（数字化制造），第二种基本范式（数字化网络化制造），第三种基本范式（数字化网络化智能化制造，也称为新一代智能制造）。这三种基本范式指明了我国智能制造的发展路径，也给纺织产业智能制造提供了基本路线图。

针对《中国制造 2025》等的要求，我国纺织行业已经提出了《“十三五”纺织行业智能制造工程实施方案》，其要点为：

主要目标。通过工程 5-10 年的持续实施，明显提升纺织行业智能制造共性技术水平与应用水平，完善纺织工业智能制造标准体系，基本实现纺织装备智能化、成套化，纺织生产控制互联互通、数据化，纺织管理和商贸数字化，智能制造新模式广泛推广，纺织工业、纺织装备智能制造水平大幅度提升，初步建立从原料的生产、加工到成品及与供应商、市场紧密衔接的新型纺织制造服务体系。

到 2020 年具体目标。

智能制造关键共性技术取得突破。利用信息技术成果，实现纺织行业在大数据处理、工业互联网、人工智能等技术的研发与应用同步发展，推动纺织机器人、增材制造技术与装备、纺织专用智能传感与控制装备、智能检测与装配装备、智能物流和仓储装备等五类关键技术的应用与发展。初步建立基本完善的纺织行业智能制造标准体系，完成 3-5 项重点标准的编制。

重点智能装备研发产业化。利用感知、控制、决策、执行等智能制造核心关键技术，研发并产业化一批工艺先进、绿色节能、信息技

术深度嵌入的智能化装备及其纺织专用基础件。最大程度减少人为因素对生产的干扰，提高生产效率，稳定并提高纺织品质量，降低工人的劳动强度，降低能耗和减少污染物排放量，有效降低企业的生产和用工成本。

纺织生产过程全流程自动化、智能化推广应用。在纺丝、纺纱、织造、非织造、染整、服装六大领域展开生产过程智能化的研发与试点示范，建立 20-30 个智能制造示范点。棉纺万锭用工从 80 人降低到 28 人以下；色织及后整理智能化装备可使生产过程中水回用率不低于 50%，余热回收率不低于 30%；高效能短流程高黏度聚酯智能制造成套装备节能 25%以上；非织造粉尘过滤材料数控生产线生产的除尘袋产品将广泛用于发电、水泥、钢铁行业；服装实现模版化缝纫、吊挂式输送；纺织生产全流程实现 ERP 与 MES 集成管理。

智能制造新模式试点示范。在纺丝、非织造领域开展流程型智能制造、在纺纱、织造、染整领域开展离散型智能制造、在针织产品与服装、家用领域开展以电子商务、个性化定制、网络协同设计与制造为代表的智能制造等五类新业态新模式试点，建立 10-15 个试点示范。试点示范项目运营成本降低 30%、产品生产周期缩短 30%、不良品率降低 30%，同时改善作业环境。

纺织机械制造智能化示范应用。研究纺织机械智能制造制造过程数字化设计与仿真技术，装配质量控制技术，信息物理单元等关键技术，推进并进行纺织机械智能制造试点示范应用，建立纺织机械主机、专用基础件智能化生产试点示范 2-5 个。劳动生产率提高 30%、产品可靠性提高 50%。

立足我国纺织产业优势，面对纺织产业发展面临的新挑战和新机遇，以《“十三五”纺织行业智能制造工程实施方案》为起点，进一步开展我国纺织产业智能制造发展战略研究，将助推我国纺织产业在新形势下加快向智能制造新方向发展，由大转强，率先走向中高端。

首先将有助于纺织产业在我国深化供给侧结构性改革，加快建设制造强国建设进程中发挥更大作用。纺织产业是我国国民经济支柱产业之一，其产出在国家 GDP 中占有举足轻重地位。纺织产业对接《国家创新驱动发展战略纲要》和《中国制造 2025》，发展智能制造，加快产业转型升级，实现品质革命，将对我国深化供给侧结构性改革，加快建设制造强国，显著增强经济质量优势起到强有力的支撑作用，同时也将进一步巩固纺织产业在国民经济体系中的重要地位。

第二将有助于我国纺织产业在新形势下加快产业新旧发展模式转换，实现新发展。面对日益发展和泛在的信息网络技术，制造业与信息网络相融合，转变生产经营模式是必然的选择。不融入网络化、信息化，不发展智能制造，企业就没有出路。只有将智能制造作为纺织产业实施工业化与信息化两化深度融合的主攻方向，推进纺织生产装备智能化，纺织生产过程智能化，纺织产品智能化，加快纺织产业新旧发展模式转换，培育纺织产业新业态，提升纺织企业研发、设计、生产、产品、管理、服务的智能化水平，才能促进纺织产业“增品种、提品质、创品牌”，实现新发展。

第三将有助于我国纺织产业生态、绿色、高端发展，进一步向新兴领域拓展。发展纺织产业智能制造，推进我国纺织产业链的纤维制造、纺纱、机织、针织、非织造、染整加工、服装设计与加工智能化，推动纺织产业向智能纺织材料领域拓展，实现个性化智能定制、纺织协同制造、纺织电子商务、纺织装备远程运行维护等，将有助于我国纺织产业加快向技术密集、附加值高、成长性好、带动性大的产业高端转型升级，加快提质增效，走向生态、绿色、低碳、高端，加大向新兴产业领域拓展的比重。

第二章 纺织产业智能制造技术发展概况

一、智能制造基本概念和主要支撑技术

（一）智能制造基本概念

“智能制造”最早出现在 1988 年美国《Manufacturing Intelligence》中，指出智能制造是利用集成知识工程、制造软件系统及机器人视觉等技术，在没有人工干预条件下，智能机器人独立完成小批量生产的过程。中国机械工程学会在 2011 年出版的《中国机械工程技术路线图》一书中提出，智能制造是研究制造活动中的信息感知与分析、知识表达与学习、智能决策与执行的一门综合交叉技术，是实现知识属性和功能的必然手段。我国科技部 2012 年发布的《智能制造科技发展“十二五”专项规划》指出，智能制造是面向产品全生命周期，实现泛在感知条件下的信息化制造。智能制造技术是在现代传感技术、网络技术、自动化技术、拟人化智能技术等先进技术的基础上，通过智能化的感知、人机交互、决策和执行技术，实现设计过程、制造过程和制造装备智能化，是信息技术和智能技术与装备制造过程技术的深度融合与集成。

欧美日等发达国家在 1995 年启动的“智能制造系统”（IMS）计划实施 15 年之后，提出“智能制造系统 2020”愿景，其智能的含义更加广泛。从目前 IMS 计划关注的 5 个关键领域主题“可持续的制造、产品与服务；高能效制造；关键技术；标准化；创新、技能发展与教育”，可以发现，精益、可持续、节能、绿色技术以及标准、教育也是 IMS 计划着力发展的，体现了智能的另一层含义“应付新情况和新问题所需的能力”。而 IMS 计划的柔性制造系统、低成本制造系统、节能制造系统、嵌入产品四方面关键技术中，智能更多是指“有效地使用推理和推断力的能力”。

2014 年美国能源部牵头组建国家制造创新网络中智能制造创新机构。美国能源部将智能制造定义为：智能制造是先进传感、

仪器、监测、控制、工艺/过程优化的技术和实践的组合作，它们将信息和通信技术与制造环境融合在一起，实现工厂和企业中能量、生产率、成本的实时管理。智能制造将制造从原材料进入到成品交付所有方面连接起来。它建立了一个跨产品、运行和商务系统谱系，富含知识的环境，这个谱系延伸至工厂、分销中心、企业和整个供应链。

智能制造的典型应用包括：带有嵌入式、自动过程控制的数字控制系统、运行工具和信息服务系统，以使工厂的运行和安全管理最优化；使用预先维修工具、具有统计评估和先进测量的资产管理，以最大限度地提升工作可靠性；智能传感器发现异常并帮助避免异常和灾难事件；工业能量管理系统中的智能系统与智能电网集成，以实现实时的能量优化。

（二）智能制造主要支撑技术

智能制造通过工业自动化与信息技术（IT）的融合，提升企业生产灵活性，节约能源、保护环境、降低成本、提高质量和人身安全，是一种高度网络连接、知识驱动的制造模式，它优化了企业全部业务和作业流程，实现生产力可持续增长、能源可持续利用、生产高效率，从根本上改变产品研发、制造、物流和销售过程。实现智能制造需要工业物联网、云计算、工业大数据、工业机器人、增材制造、信息物理系统、实时定位系统、工业网络安全、虚拟现实、人工智能等主要技术的支撑。

工业物联网。工业物联网是智能制造的核心基础，它是利用局部网络或互联网等通信技术，把传感器、控制器、机器、人员和物品等通过新的方式联在一起，形成人与物、物与物相联，实现信息化、远程管理控制和智能化的网络，从而最大限度地提高机器效率以及整个工作的吞吐量。应用范围包括运动控制、机器与机器通信、预防性维护、大数据分析以及互联医疗系统等。

云计算。在互联网虚拟大脑的架构中，互联网虚拟大脑的中枢神

经系统是将互联网的核心硬件层，核心软件层和互联网信息层统一起来为互联网各虚拟神经系统提供支持和服务，而云计算就是互联网虚拟大脑中枢神经系统。“云”其实是网络、互联网的比喻说法，它是一种按使用量付费的模式，这种模式提供可用的、便捷的、按需的网络访问，进入可配置的计算资源共享池（资源包括网络、服务器、存储、应用和服务等），这些资源能够被快速提供，只需投入很少的管理工作，或与服务商进行很少的交互。

工业大数据。大数据具有“4V”的特征，即 Volume—容量，从 TB 级别，跃升到 PB 级别；Velocity—速度，根据 IDC 的“数字宇宙”的报告，预计到 2020 年，全球数据使用量将达到 35.2ZB，在如此海量的数据面前，处理数据的效率就是企业的生命；Variety—多样性，相对于以往便于存储的以文本为主的结构化数据，非结构化数据越来越多，包括网络日志、音频、视频、图片、地理位置信息等，这些多类型的数据对数据的处理能力提出了更高要求；Veracity—真实性，即避免数据收集和提炼过程中发生的数据质量污染所导致的“虚假”信息。工业大数据是以工业 4.0 数据分析和特色收集为基础，对设备、装备的质量和生产效率，以及产业链进行更有效的优化管理，并为未来的制造系统搭建无忧的环境。它通过工业传感器、无线射频识别、条形码、工业自动控制系统、企业资源计划、计算机辅助设计等技术来扩充工业数据量。

工业机器人。工业机器人是面向工业领域的多关节机械手或多自由度的机器装置，它能自动执行工作，是靠自身动力和控制能力来实现各种功能的一种机器。工业机器人由主体、驱动系统和控制系统三个基本部分组成，具有可编程、拟人化、通用性的特点。它可以接受人类指挥，也可以按照预先编排的程序运行，现代的工业机器人还可以根据人工智能技术制定的原则纲领行动。现阶段，工业机器人已广泛应用于汽车、电子电气、金属和机械等领域，机器人替代人工生产

是未来制造业重要的发展趋势，是实现智能制造的基础，也是未来实现工业自动化、数字化、智能化的保障。

增材制造（Additive Manufacturing）。增材制造（3D 打印）堪称一项颠覆性的技术，它实际上是从生产材料的角度来定义的。“增材制造”在 1984 年被提出，1986 年实现样机，到现在不过 30 年时间，是极有前景的制造技术。增材制造是采用材料逐渐累加的方法制造实体产品的技术，是一种“自下而上”的制造方法，其不需要传统多道加工工序，在一台设备上可快速精密地制造出任意复杂形状的产品，从而实现了产品“自由制造”，解决了许多复杂结构产品的成形，并大大减少了加工工序，缩短了加工周期。而且产品结构越复杂，其制造速度的作用就越显著。我国的自然资源禀赋并不占优势，人均资源占有量在很多方面都低于世界平均水平，“增材制造”可能会对我国发展方式带来颠覆性的重大转变。

信息物理系统（cyber physical systems,简称 CPS）。CPS 作为计算进程和物理进程的统一体，是集成计算、通信与控制于一体的下一代智能系统。信息物理系统通过人机交互接口实现和物理进程的交互，使用网络化空间以远程的、可靠的、实时的、安全的、协作的方式操控一个物理实体。信息物理系统包含了将来无处不在的环境感知、嵌入式计算、网络通信和网络控制等系统工程，使物理系统具有计算、通信、精确控制、远程协作和自治功能

工业网络安全。信息网络是智能制造系主要支撑。在制造业全球联网的趋势中，工业网络安全将极大地促进制造业互联环境的构建和全球制造业的持续复苏。这需要管理与产品相结合、企业与供应商相合作，才能够使建立的工业网络安全体系真正作用于抗击外来的恶意攻击。信息安全不拘泥于从产品的角度来着手，更要从服务的角度来考虑。信息的获取和数据的安全必须制定严格的规范；需建立比较完备的系统安全应急措施。当系统遭受攻击，失效乃至崩溃时，要有强

大、快速的应急方案和系统恢复方案，使原有的系统可以最低限度地正常运行。

虚拟与增强现实。虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术是一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统。它将多源信息融合的交互式三维动态视景和实体行为相连接，生成一种模拟环境，仿真使用户沉浸于该环境之中。与传统的人机界面以及流行的视窗相比，作为未来人机交互的新形式，该技术通过视觉、听觉、触觉、语音，甚至感情、情境等多重感官方式，让计算机设备能够感知人类意图，让人与设备之间的交互变得更加自然，是智能制造的一种新型人机交互界面。

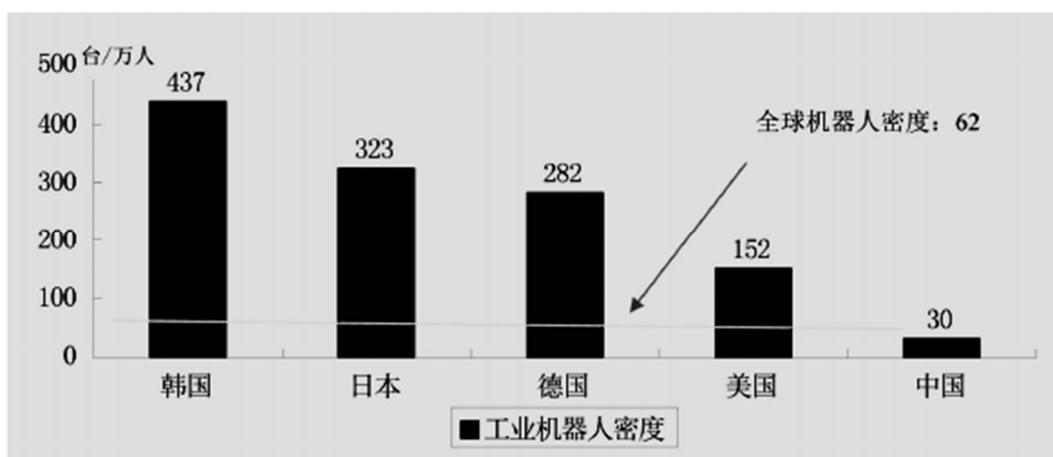
人工智能。人工智能亦称机器智能，是指由人制造出来的机器所表现出来的智能，该领域的研究包括机器人、语言识别、图像识别、自然语言处理和专家系统等。如今人工智能发展进入新阶段，呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征。大数据驱动知识学习、跨媒体协同处理、人机协同增强智能、群体集成智能、自主智能系统成为人工智能的发展重点，正在引发链式突破，推动经济社会各领域从数字化、网络化向智能化加速跃升。

二、国际纺织智能制造技术发展概况

近年来，在新科技革命和新工业革命、“工业 4.0”、发达国家重振制造业等多重因素影响下，国际纺织工程科技呈现“极限、多元、智能、绿色、融合、服务”等新的发展主题。美国、欧盟、日本等发达国家凭借其在互联网、计算机、工业大数据、工业机器人、增材制造、信息物理系统、虚拟现实、人工智能等技术领域的综合优势，在纺织产业智能制造为代表的新一代纺织工程科技创新中占据主导地位，处于领先水平。

纺织产业智能制造支撑技术快速发展。CPS 技术成为研究热点，得到深入应用。欧、美、日等发达国家大幅度地对现有的制造过程进

行优化，企业建立全球化的网络，并将机器、仓储系统和生产设施都纳入 CPS 中，给企业的制造、工程、材料使用、供应链、生命周期管理等带来根本性的改进；信息网络技术对传统制造业带来颠覆性、革命性的影响。“物联网”将产品、机器、资源和人有机联系在一起，推动各环节数据共享，实现产品全生命周期和全制造流程的智能化；美国、德国、欧盟、日本、韩国等通过政府主导的《先进制造伙伴计划》、《新经济增长战略》等，投入巨资发展工业机器人，掌握了机器人本体、减速器、伺服系统、控制系统等关键零部件核心技术，各领域工业机器人应用密度远高于我国（见图 2-1）。在智能制造主要支撑技术支持下，纺织产业智能制造技术快速发展。如德国工业 4.0 项目之一的“future TEX”项目构建以顾客为中心的柔性价值链，并设定了未来的纺织品工厂、数字化制造过程、大规模定制和新的商业模式四大方向。目前国外已研发出多种纺织工艺参数在线监控技术和装置。如在织物印染中检测皂洗及水洗牢度、汗渍牢度，分析织物表面残余物质（浆料、碱度、酸度、盐分、双甲醛等）、导电性等，检测整纬、织物含水率、废气含湿率、温度、定形时间和色差等的监控技术和装置方面，有德国玛诺、意大利编可和日本赛练的光电自动整纬技术，以色列 evs 公司的 svalite 在线色差分析仪，以及德国玛诺公司的 colorsancms 匹（轧）染色差控制系统等。



数据来源：IFR《世界机器人 2014》，2015 年 1 月

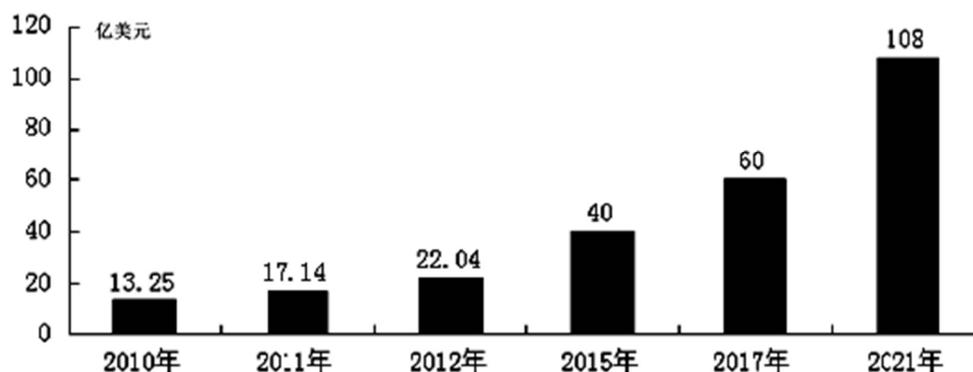
图 2-1 各国工业机器人密度

纺织产业全流程数字化、智能化、网络化全面发展。美国、日本和欧盟等发达国家投入巨资，建立“快速反应”中心，通过信息技术提升本国纺织产业核心竞争力。他们在纺织加工数字化、智能化、网络化等方面采用组合技术，实现纺织流程中基于物联网的监控，以及高精度控制与快速柔性反应，保证纺织产品加工质量的恒定性，为面向大众的个性快速定制奠定基础，同时降低纺织企业人力成本，推动纺织产业在时间、市场的广阔空间争取效益。如德国公司以间歇式染整车间为对象开发而成的 Sedo-Treepoint 系统得到了产业化应用，该系统包含 Color Master 配方控制系统、Sedo Master 生产与工艺控制系统和能源控制系统三大模块。据报道，应用该系统后织物一次染色成功率提高至 90%，用工减少 50%，单位产品节水 25%，节能 20%，综合效益显著。

纺织装备智能化取得新发展。智能纺织装备是构成纺织产业智能制造的重要内容。近年来发达国家智能纺织装备技术不断发展，达到了新的高度。瑞士洛菲公司的新一代清纱器 YarnMaster ZENIT+，使用了先进和高速的处理器和测量技术，能够可靠地检测出极小的不规则纱疵，清纱更精确，并能够对测量结果进行多层面计算，使纱线制造实现 100%的在线质量监控；德国阿迪达斯公司将自动化，信息技术、新型生产(包括 3D 技术)和创新产品相结合，打造了 SpeedFactory，把纺织和体育用品制造中心带回德国和用户现场，并推广到其他行业；意大利 SAVIO MACCHINE TESSILI SPA 研发的 Eco PulsarS 络筒机每个独立纱锭和筒子自动喂送系统都可以按所需的吸力水平来独立设定，因此将能耗降至最低，同时由于减少了非生产循环，提高了效率，在自动络筒工艺上实现了巨大突破。

纺织品增材制造投入实际应用。增材制造作为一种新型成型技术，被称为“改变世界的制造新技术”，其市场规模不断增长，未来发展空间相当大(见图 2-2)。从技术发展水平看，目前增材制造技术最强的

国家是以色列、美国和德国。纺织品增材制造近年发展迅速，英国的纺织品增材制造技术已经有突破。纺织品增材制造主要优势有：一是能够按照个体设计进行单件制造，真正实现个性化；二是一次成型，快速制造，省去传统工艺的多道工序；三是采用增量法而非传统的减量法，节省原料，基本上没有废弃物产生。服装增材制造技术配合3D 人体测量、CAD、CAPP 等技术，将实现智能化的“单量单裁”，量身定制满意的衣服，是服装业期待的新技术。英国公司 Tamicare 取得了名为 Cosyflex 的纺织品增材制造纺织工艺和生产系统相关专利，并宣布正式运作第一条生产线，可实现用增材制造技术年产 300 万件服装。



数据来源：Wohlers Associates 2015 年 2 月

图 2-2 全球 3D 打印产业市场规模

智能纺织材料从戴向穿及更宽领域发展。该类纺织材料融纺织、电子、医学、计算机、物理、化学等多技术于一体，可感知环境变化，并依此作出反应，对提高生活质量，改善劳动条件，满足特种行业需要等方面发挥着重要作用。美国、英国、日本等已开展大量研究，研制出了具有调温功能，透湿量大大提高兼有保暖性和伸缩性的织物，以及可对军用车辆或坦克移动侦查，或人体各项生理指标检测的纺织材料。谷歌联手李维斯推出智能服饰，将导电纤维嵌入任何类型的纺织品来制作智能化面料，在衣物上加入纽扣大小的超小型计算系统，

将可穿戴技术融入牛仔裤、夹克、衬衣甚至内衣中。英特尔联手建筑学运动服装设计师大卫·克拉克推出“响应式服装”。智能服装搭载了英特尔只有纽扣大小的硬件平台 Curie，利用传感器收集的心跳、体温等人体生理信号，并通过在衣服中集成的形状记忆合金进行衣服变形。加拿大 OMsignal 智能服装开发公司，已完成了 100 万美元融资，并发布了在服装内嵌入传感器的智能服装技术，能追踪心率、呼吸频率、呼吸量、运动状态、热量消耗运动的强度，以及心率等信息。葡萄牙纳米技术和智能材料中心（CeNTI）研究人员已开发出一种能产生足够能量让衣服发光的智能纺织物。CeNTI 一直专注于通过智能纺织品采集能源，并用在一些常见的应用领域中，例如不依赖传统的电网充电。此外，CeNTI 还专注于自洁纺织品的商业化，该产品旨在显著提高人们的整体生活质量。

三、国内纺织产业智能制造技术进展

作为传统制造业，我国纺织产业如何通过自动化、数字化实现升级发展一直是产业重点思考的问题。1990 年代初，纺织装备行业就开始尝试对棉纺行业重要的自动化装备-自动络筒机 AC238 进行国产化。随着我国计算机技术、网络和通信及相关的软硬件技术、装备制造等的发展，尤其在《中国制造 2025》等计划的推动下，我国纺织产业制造技术从自动化、数字化向智能化方向发展已经起步，并取得初步成效。

1、共性技术为发展纺织智能制造奠定基础

纺织装备互联互通技术以及高速化通信网络技术方面。纺织产业要成功转型，迈向智能制造，首先需要解决的问题是实现装备互联、消除信息孤岛。实现设备间、设备与系统间互联互通与互操作，需要纺织制造系统的垂直集成，既要有智能设备的支持也要有数据交换的标准化，才能打破纺织企业生产过程中的信息孤岛，将整个工厂连接成一个整体。目前，我国各大纺织企业都在积极实现智能制造转型升

级，打造自己的信息化生产管控平台。部分企业的管理系统已实现通过以太网、互联网远程实时获取设备运转及实时质量情况，供决策管理参考。通过数据分析与处理，对每台设备进行故障统计与效率评价。设备维护、电气维护、生产管理等人员通过对多发性故障、低效率设备的分析，采取有针对性的维护与管理措施（对部分电气故障可以做到远程诊断），从而提高企业的生产效率。如陕西华燕的喷气涡流纺纱机、江苏凯宫的高效精梳机、青岛赛特环球的全自动落纱粗纱机、杭州宏华的自适应数码印花机、常州五洋的高速双针床经编机、宁波慈星全自动电脑横机等设备都具备了不同程度的自动化、数字化和智能化功能。在纺织装备互联互通技术以及高速化通信网络技术方面，我国也取得了一定的进步。

数据采集与传输技术方面。智能制造离不开车间生产数据的支撑。在纺织制造过程中，通过对机器所产生的各种数据的自动化采集、统计、分析和反馈，将结果用于优化制造过程，大大提高制造过程的灵活性和加工过程的集成性，从而提高生产效率。纺织设备现场数据的采集依赖于智能传感设备与技术。一般来说，智能传感器能够实现对传感器的原始数据进行加工处理，而并非仅仅是将模拟信号转换为数字信号。智能传感器具备的特征包括：根据输入信号值进行判断和制定决策，通过软件控制作出多种决定且与外部进行信息交换，有输入输出接口，具有自检测、自修正和自保护功能。目前越来越多成本低廉具备 Internet/Intranet 网络化功能的智能传感器、执行器涌向市场。现场总线技术是在仪表智能化和全数字控制系统的需求下产生的。现场总线是连接智能化现场设备和控制室之间全数字式、开放式和双向的通信网络。随着各种智能传感器、变送器和执行器的出现，传统的集散控制系统 DCS（Distributed Control System）正在被新的工业控制系统体系-数字化到现场、控制功能到现场、设备管理到现场的现场总线控制系统 FCS（Fieldbus Control System）所取代。

信息融合技术方面。数据的融合感知有着重要的作用。数据融合技术包括对各种传感器数据的采集、实时可靠的传输、综合和过滤后，最终通过规则来实现数据的关联分析，以便辅助人们获取对应机器的状态和生产状况，实现生产资源的合理分配。数据融合的关键是数据模型、数据关联、数据转换、数据分析和存储等。数据模型技术包括数据结构、数据操作和数据约束。数据模型技术的应用，对于纺织制造智能转型升级有很大的价值和意义。纺织企业通过构建整个纺织生产流程信息模型，融合纺织工艺数据、纺织设备状态数据、纺织加工过程数据、纺织物流控制数据，为生产活动提供决策和支持。目前国内相关纺织企业重点应用了郑州天启的 MES 系统、品特的细纱单锭检测系统、长岭纺电的实验室管理系统，实现了数据的融合、集成、共享。在设备之间和设备与操作者之间进行互联，通过设备系统所带的传感器或添加传感器来采集设备状态及生产数据信息。通过因特网、工业以太网、现场总线，实现了机器联网，快速进行在线数据检测，设定调整各种工艺参数，进行远程故障诊断。

智能执行技术方面。纺织智能制造执行技术，向下连接智能化设备，向上与管理智能化软件系统集成，并对智能化新模式、新业态提供必不可少的支撑，处于整个智能制造的核心地位。通过智能执行技术，纺织企业建立在线监测系统，能充分采集制造进度、现场操作、质量检验、设备状态等现场信息；建立生产过程实时数据库，并与过程控制、生产管理系统实现集成。并能够对生产计划、调度实现生产模型化分析，进行过程的量化管理，成本的在线动态跟踪。系统的目标是实现基础数据共享、工艺流程改造、实时在线优化，全面提升企业的生产资源优化配置水平。经纬纺织机械公司的 E 系统，覆盖了从开清棉到并条、粗纱、细纱、络筒的纺纱生产全过程；杭州开源电脑技术有限公司研发了全自动电脑调浆系统及 MES 系统，集合色彩空间理论、范例推理、色光-粘度数学模型、数据库、全闭环控制及精

密称量技术等，对织物染色生产工艺在线检测、自动控制及自动配送进行全方位管理，应用于印花调浆、染色配液，可准确控制调浆核心工艺参数，完成快速自动调浆配液及残浆残液回用，实现节能减排；山东康平纳的全自动筒子纱染色系统，实现了包括染料助剂自动配料和筒子纱自动输送，建成了自动化、连续化生产线；上海和鹰开发了从人体三维测量到服装 CAD、三维虚拟试衣、自动剪裁、吊挂缝纫的服装全过程生产系统。

智能运营技术方面。国内部分纺织企业生产车间已经实现生产数据的分布式采集，决策信息的集中式管理。ERP 等管理系统一直是纺织企业信息化应用的主要领域，ERP 系统的使用率正呈现逐步上升的势头，约占应用的 70%。在纺织企业内，通过车间的监控系统既可实现与 ERP 系统的无缝集成，也可在生产现场对各机台的产量、质量等信息进行实时采集、存储、处理、计算和统计分析，实现从制定生产计划到生产任务分配，从生产过程监控到对设备运行状态和产质量管理，厂级信息控制中心的管理系统对各车间生产数据进行整合，形成生产管理决策数据，为企业的生产管理者提供真实、可靠的依据。但目前大量小型纺织企业管理信息化仍需加强。

2、智能制造试验车间等示范性试点覆盖纺织产业链

目前，我国化纤、纺纱、织造、印染、服装制造的自动化、数字化、智能化水平都有相当程度提升，国内已经有了化纤全流程自动化、智能化长丝车间，智能化纺纱工厂、针织内衣工厂、筒子纱车间，筒子纱数字化自动染色生产线等。在工信部组织开展的智能制造试点示范专项行动中，福建百宏聚纤科技实业有限公司的涤纶长丝熔体直纺智能制造数字化车间、宁波慈星股份有限公司的针织品智能柔性定制平台、山东康平纳集团有限公司的筒子纱染色智能工厂、宁夏如意科技时尚产业有限公司的年产 3 万吨纱线染色智能化工厂、青岛酷特集团有限公司的服装大规模个性化定制、浙江报喜鸟服饰股份有限公司

的服装大规模个性化定制、泉州海天材料科技股份有限公司的纺织服装网络协同制造、浙江理工大学的针织装备间互联互通及互操作标准研究与实验验证等被列为试点示范。山东华兴智能纺以 MES 等应用系统为平台，使工厂内部的人、机、料等生产要素互通、互联、互动，建立了全集成自动化纺纱生产线、环锭智能纺纱管理系统、多维数据分析与逆向动态追踪，构建了智能纺纱车间系统，使纱线制造走向高柔性、高效率、低成本、短交期、高品质。山东华纺股份公司 2013 年提出智慧华纺目标，发展纺织品染整智能生产线、智能检测和监控、自动立体仓库等，实现印染加工的在线检测和管控。总体上通过横向整合形成中央集控系统 HFCPS，加强纵向延伸发展个性化智能制造技术，发展具有企业特色的智能制造。

适应纺织行业管理特点的企业管理信息系统（如企业资源计划 ERP 系统）在棉纺、毛纺、针织、印染、服装等行业已进入应用阶段，不同程度地覆盖了销售、采购、仓储、研发设计、生产、分销、能源、财务等业务管理环节。

3、数字化智能化纺织装备和工艺有突破

“十二五”以来，大量数控新技术进入我国纺织机械领域，使国产纺织装备在自动化方面快速追赶国际先进水平，与国外先进产品的差距明显缩小，新型纺织装备基本实现数控化，并向智能化方向发展。目前，国产纺织装备数字化普及率已达到 70%以上。

国内纺织装备采用数控和网络等新技术，效能全面提升，逐步缩小了与国际先进水平的差距。“筒子纱数字化自动染色成套技术与装备”项目创新研发了筒子纱数字化自动染色成套装备和染色生产全过程的中央自动化控制系统，实现了筒子纱染色从原纱到成品全过程数字化自动生产，获 2014 年国家科学技术进步奖一等奖。江苏赛格公司在消化吸收欧洲先进设计理念基础上，并行改造创新，设计研发了新型智能环保高速退煮漂联合机，其核心部件配置均跟国际接轨，采

取全自动加料工作方式，具有水、电、汽和 pH 在线监控系统，可对水、电、汽消耗量进行精准控制，减少不必要的浪费，能通过 ERP、互联网、局域网等完成在线监测与远程诊断，并可实现订单管理及工艺储存，有效避免批差，保证产品质量的稳定性；“高效能棉纺精梳关键技术及其产业化应用”项目建立了多目标综合优化模型，实现多系统高速运行及精准配合等，打破了高端精梳机依赖进口的局面，获 2014 年国家科学技术进步奖二等奖。自动落纱粗纱机及粗细联输送系统、细络联型和纱库型自动喂管自动络筒机均已形成小批量生产规模。全自动粗纱机及粗细联输送系统的全自动集体落纱及自动生头技术、管纱识别技术等关键技术取得突破，达到国际先进水平。化纤装备的智能化、全流程自动化和信息化技术正开始在化纤企业中推广。化纤长丝生产自动落卷和物流系统已实现产业化。印染设备工艺参数数字化在线检测与控制技术已取得长足发展，浓碱及双氧水浓度在线检测及自动配送系统、染料与助剂自动配送系统、定形机在线监控系统等在不断研发中得到应用。

三维人体测量设备及三维虚拟试衣系统技术的研制取得了较大进展。总后军需装备研究所、北京服装学院、天津工业大学、上海和鹰机电科技股份有限公司等科研机构与企业研发了不同的三维人体测量系统。例如西安蒜泥科技研发的 Visbody 三维人体扫描仪采用多视图融合技术实现了 360° 人体瞬时扫描，能够在 1 秒内完成数据采集。东华大学、苏州大学和江南大学等与企业合作，在三维人体体型数据库的建立、人体体型特征数据的提取与分析、虚拟三维人体模型的构建等方面取得了一定进展。香港 Gay Gianio、上海蔓楼兰等，开始采用三维人体扫描技术代替手工测体，获取人体三维尺寸数据，进行服装个性化定制；多家企业独立开发了三维虚拟试衣系统，系统整体紧跟国际先进水平。如好买衣公司研发的虚拟试衣系统可根据用户输入的身高、体型等数据，结合人体体形数据库，建立用户的虚拟三维人

体模型。通过二维图片生成三维图像，还原面部形态。该系统在个性化人脸三维重建、机器人尺码智能推荐等方面具有一定技术优势。目前国内大部分网上交易平台，如淘宝、京东、麦考林等，都配备在线三维虚拟试衣功能。“京东试衣间”推出拥有自主知识产权的 2.5D 技术，可以对不规则的物体进行识别测量，将平面的图片变成平面立体的效果，实现 2.5D 服装展示，解决了个性化虚拟试衣的功能和商业化要求。

服装增材制造技术研发取得持续进展。国内增材制造技术产业联盟和技术创新中心相继成立，推动了增材制造技术产业化和市场化进程。在服装增材制造方面，国内高校与服装企业合作开展 3D 打印服装的设计与制作。武汉纺织大学、青岛一华正红服装公司与青岛尤尼科技公司合作，香港爱莎集团推出了 3D 打印服装、配饰、裙子等。

成衣智能化缝制设备技术取得一定进展。铺布和裁剪方面，使用新型激光技术提高裁剪速度，借助图像分析技术协助排版提高布料的利用率和裁剪的准确性。东莞爱玛数控科技有限公司研发的皮革智能裁剪机器人，通过高清图像自动识别面料疵点，提高面料利用率，同时能进行智能精确排版和切割；缝纫加工方面，国内主要缝纫机研发及生产企业有近 60 家，包括大豪、斯迈迪、鲍麦克斯、星火等，其研发的缝纫机可实现半自动化操作，即人工完成缝制准备和辅助工作后，由缝纫机自动车缝，实现多人承担的工序由一人完成。目前国内的研发重点转移至半自动化缝纫机与操作人员的适配性。如南邦推出“会说话”的包缝机，其操作面板布局合理，缩短了手与操作面板的距离，提升了工作效率。我国的杰克缝纫机采用传感技术对面料进行感应，并自动调整缝纫参数，确保面料移动、缝纫针和缝纫线等参数的高度匹配性，实现高精度、准确无误的面料缝合；服装生产智能调度与吊挂线方面。目前，我国工人规模达到 350 人以上的服装企业大部分都采用了智能服装吊挂系统。九牧王服饰首批引进瑞典 ETON 公司

的最新设备，根据生产工艺的要求，自动将衣片、半成品及成衣按加工顺序输送到各个工序，并且直接输送到每个操作人员最方便的位置，提升裤装的生产效率。波司登羽绒服生产车间通过引进智能吊挂生产线，使得同一工序效率提高了 60%。威明男装、梦舒雅和逸阳等企业陆续配置了智能吊挂系统。然而，大部分服装企业所实现的自动化生产大多依托于日本、瑞典和美国等发达国家的进口加工设备或技术，国产吊挂流水系统所占比例不足 10%。

4、大规模个性化定制和网络协同制造等得到发展

纺织服装产品线上营销日趋成熟。电子商务（B2B）、移动电子商务在行业中得到了快速发展，O2O 线上线下联动成为行业电子商务的重要经营模式。2015 年纺织服装 B2B 电商交易额达 2.85 亿元，约占行业电子商务交易总额的 77%，在行业电子商务发展中占主体地位；互联网技术、数字技术与传统服装制造业融合的服装大规模个性化定制得到发展。

目前，国内服装企业的大规模个性化定制服务进入成长阶段，出现了青岛酷特、浙江报喜鸟、广东爱斯达等领军企业。青岛酷特集团的服装大规模个性化定制凭借款式数据、工艺数据、流行元素数据等海量数据，能满足超过万万亿种设计组合，员工在互联网云端上获取数据，与市场 and 用户实时对话，零距离服务，整个企业具备了超强的满足大规模个性化定制需求能力，效率质量大大提升，增强了市场的竞争力；物联网推动家纺产品个性化制造。山东愉悦家纺有限公司建立纺织品印染和整理生产资源管控系统（PRCS），对相关的物料、能源、工艺等进行实时在线监控、检测、管控，实现纺织品印染和整理加工智能化。并通过商业网络平台对接，实现产品个性化定制，大规模生产；互联网助推纺织协同制造。泉州海天材料科技股份有限公司依托面料研发生产和成衣加工方面的优势，通过互联网技术将供应链向前延伸到服装设计、向后延伸到销售终端，形成一个集消费者、设

计师、面料商、辅料商、智能工厂及智能化销售终端于一体的，完整的纺织服装供应链闭环体系，以及协同优化的纺织服装绿色智慧制造生态系统，进行休闲运动服饰小批量、多批次补货需求的敏捷制造、柔性制造，为消费者提供个性化定制服务。

5、智能纺织材料成为产业拓展新热点

近年来我国智能温控纺织材料研发和应用取得了较大的进步。国内已有部分企业通过不同的技术手段研发出了多款智能调温纺织品。例如恒天海龙股份有限公司同天津工业大学合作采用微胶囊技术开发的具有蓄热、放热双向温度调节功能的“耐高温相变材料微胶囊及高储热量储热调温纤维”，实现了发热、蓄热、保暖的衔接，提高了人体穿着冬季服装后的灵活性。此外，安伯士国际集团和河北省雄亚纺织集团共同将太空相变调温纤维与进口高级洛科绒合成，设计出了相变智能调温纺织品，而且还推出了国内首款具有“冬暖夏凉”性能的服装。国内已有初具规模的生产厂家，并形成了智能纺织材料市场。例如青岛雪达集团有限公司、青岛益泉针织服装有限公司和青岛荣海服饰有限公司合力研发了智能调温纤维商务休闲服装，并实现了批量规模生产，具有良好的国内外竞争力。但我国智能温控纺织材料研发起步较晚，一方面在产品研发方面还存在着许多突出问题，如技术不成熟、加工难度大、服装耐久性差、产品性能不足等；另一方面，技术研发与产业结合较弱，导致智能温控纺织材料应用相对滞后，处于产品探索开发阶段，没有规模化生产。

国内一些企业或研究机构的智能形状记忆纺织材料研发和应用取得了较大的进展。如天津工业大学利用后处理技术对纤维进行处理，设计出了热致感应型形状记忆纤维。香港理工大学形状记忆研究中心发明了纤维素基形状记忆纺织品，并深入研究了智能形状记忆纤维的组成、结构对形状记忆温度、恢复力和记忆效果的影响，在温敏形状记忆聚合物、形状记忆面膜等方面的研究发挥了重要的作用。国内智

能形状记忆纺织材料已有了初步应用。该类智能纺织材料可用于制作衬衣、内衣、外套、家用装饰织物等，尤其可满足织物自定形要求。如七匹狼男装采用形状记忆纤维、斜纹记忆功能面料等研发的休闲茄克，用手轻抹，便可如熨烫般平整，快速恢复至原形，免除了熨烫的步骤。博柏利贸易有限公司利用具有形状记忆功能的面料制成服装，可自如迎合身体律动。国内在形状记忆纺织材料方面研究虽然较多，但大多处于试验阶段，用料单一，整体创新度不够，且大多为跟踪研究，许多新的品种尚在开发中，尚未实现规模化工业生产。

智能变色纤维与传统服装制造技术结合，实现了服装智能变色。如深圳智裳科技有限公司利用光的传导原理，结合互联网技术与电子传感技术，设计制造出智能变色婚纱，且能实现手机 APP 远程控制，一键变色，自动闪烁。近年来我国多家企业和研究机构开发了智能变色纤维，整体水平紧跟国际先进水平。例如，石狮森科智能科技有限公司通过在衣服内层植入森科自主研发的“柔屏”产品，实现服装的自动变色，且能呈现各式各样的灯光图案，满足当年轻人对时尚纺织品的追求。目前，智能变色纺织材料的研究技术已经比较成熟，且智能变色纤维种类较多。针对不同的应用环境，智能变色纺织材料可起到保护、娱乐等作用。但我国智能变色纺织材料的价值有待开发，产品的产业化和市场范围有待发展。

我国已形成了相对较成熟的电子信息智能纺织材料技术研发。如博迪加科技（北京）有限公司将传统服装工艺与电子技术结合，采用柔软高强弹力透气面料，在服装内层嵌入织物电极，实现了对人体心率、呼吸频率的实时监测，快速准确地采集人体运动生理信号。我国在应用电子信息智能纺织材料监测人体生理指标、收集运动数据、智能化理疗、服装微气候监测等方面取得了较大的进展。电子信息纺织材料在国内已有部分市场。例如，东莞市南耀智能服饰有限公司研发出的智能理疗内衣，可通过 APP 操控内衣进行智能健康按摩，实现

纺织品与人体健康的结合。目前，我国电子信息智能纺织品研发主要以具有传输信号功能的导电纤维和织物技术为主，并加大了人体生理指标与传感器、系统结合的研究投入。该类智能纺织材料还需解决电子传感设备给服装洗涤带来的不便问题和穿着舒适性等问题，并需进一步优化产品类型，加快产品的产业化。

四、国内外纺织产业智能制造发展比较

在《中国制造 2025》、《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》、《新一代人工智能发展规划》等纲领性文件的指引下，我国纺织产业向智能制造升级已经启动，并取得了一定进展。但与国外先进水平相比，我国在纺织装备互联互通，纺织产业链各制造领域的数据采集、信息融合、智能执行，以及纺织企业的智能运营等方面的发展还有一定差距。

1、共性技术领域

互联互通技术。发达国家纺织机械设备互联互通水平领先于我国。国际上绝大多数新型纺织设备都自带有智能通讯接口，并且控制通讯容量比较大，可极为便捷地进行纺织机械联网集中控制管理。目前在瑞士、比利时、德国等纺织机械技术先进的国家，60%的小型企业、80%的中型企业、90%以上的大型企业已经采用信息化管理模式。这些国家新型的智能纺织设备能够实现互联互通，设备在运转过程中产生的信息和数据可视、可传递、可读取。利用MES系统来获取和传递设备的信息数据，将其传输到云平台上，SCM、APS、WMS各个产品模块也能从云平台读取对自身有价值的信息数据，从而支持整个纺织企业高效运行。德国、日本等国家先进纺织企业在设备互联互通，并建立在线监测系统的基础上，能充分采集生产进度、现场操作、质量检验、设备状态等现场信息数据，通过建立生产过程实时数据库，与过程控制、生产管理系统实现集成。

数据采集技术。目前英国、德国、日本等国纺织企业的生产管理

已实现信息化，并开发了相应的数据采集和信息管理系统，如英国 Crosrol 公司为纺织制造开发的人机界面系统、德国特吕茨勒公司为纺织设备开发的数据采集系统等，都不同程度地实现了纺织设备之间的连锁控制，提高了单机运转效率，较大程度推动了车间乃至企业信息化的发展，提升了企业在国际市场上的核心竞争力。我国由郑州纺机公司和中国纺织科学研究院相继联合组织开发了一种纺织网络监控系统，其通过人机交互在计算机上进行工艺设计、原料优化搭配等，但其主要体现在信息的管理方面，而非真正意义上的数据采集。近年来，随着网络技术、控制技术的发展，纺织制造的智能信息传感技术与检测控制系统技术得到了快速发展，相关的先进技术被应用到了系统中。但总体而言，我国目前还没有真正比较通用的纺织网络化数据采集与信息系统。

信息融合技术。国外先进纺织企业通过构建整个纺织生产流程的信息模型，融合纺织工艺数据、纺织设备状态数据、纺织制造过程数据、纺织物流控制数据，为生产活动提供决策和支持。国内重点应用了郑州天启的 MES 系统、品特的细纱单锭检测系统、长岭纺电的实验室管理系统，实现了数据的融合、集成、共享。在设备之间和设备与操作者之间进行互联，通过设备系统所带的传感器或添加传感器来采集设备状态及生产数据信息。通过因特网、工业以太网、现场总线，实现了机器联网，快速进行在线数据检测，设定调整各种工艺参数，进行远程故障诊断。

智能执行技术。国外先进纺织企业大多已应用了相关智能系统来进行生产管理与制造执行。纺织行业智能执行技术应用比较好的企业主要在美国、欧盟、日本以及韩国。纺织智能执行综合系统的使用，使大多数纺织装备实现高精度运动控制，并实现了纺织生产和工艺仿真、智能物流和仓储等。我国纺织制造智能执行技术研究、开发和应用还处于初级阶段。随着制造业信息化的发展，国内纺织行业也开始

意识到纺织生产智能执行的重要性。目前国内东华大学与福建百宏公司，山东华兴集团合作开展 MES 定制开发与实施，北京雪莲羊绒集团与中科院以“雪莲流程业 MES 应用示范研究”课题开展纺织制造智能执行技术合作研究。此外，还有一些大中型针织企业如北京铜牛针织集团、宁波申洲等也在开展 MES 的课题研究。

智能运营技术。德国、美国和日本等国在运用大数据、云计算、互联网等技术的基础上，使用先进的传感器技术和通信技术，对设备运行数据、工艺质量数据和生产能耗数据进行在线分析，为企业调整生产、优化管理以及降低能耗提供数据支持，从而实现生产全流程的网络化、集成化，提高了生产效率和管理精细化水平，实现制造的智能化。全球 500 强中的纺织企业有 80% 采用了 ERP 系统，使企业合理利用资源、降低库存、降低成本、提高生产效率和市场占有率。如德国奥伽（OrgaSystem）公司采用 MEP 原理和方法开发的 TESIS 软件，包括合同订单、生产过程、成品原材料库存、采购计划、成本核算、成品发货等模块。目前，国内纺织企业在智能运营方面处于初步运行阶段，还不成熟和完善，还需以智能化的理念，不断丰富和完善。

2、纺织装备技术领域

纺纱装备。运用电子技术、先进制造技术、可靠性以及人性化设计上有着大幅度的提高，国产纺纱设备整体技术水平有所突破。纺纱设备广泛采用自动控制、信息采集分析及网络化管理等先进技术，机电气仪一体化、数字化、智能化、模块化技术迅速发展。与国外先进水平设备相比，我国纺纱成套设备在自动化、生产工序连续化、数字化、网络化、机电一体化技术，设备的可靠性、稳定性，设备的专配件、材料和制造精度上仍有差距。

化纤装备。智能化、全流程自动化和信息化逐步在企业中推广。化纤装备自动化、数字化、智能化包括原料配送与投料系统、聚合与纺丝操作系统、落丝系统、纤维外观检测系统，以及包装、仓储及物

流系统的自动化、数字化、智能化。在线添加等技术的研发成功为涤纶差别化生产的自动化、数字化提供了基础支撑；自动化、数字化、智能化技术促使化纤设备专用件高速卷绕头锭长从 1200 毫米发展到 1800 毫米，为化纤长丝的快速发展和技术进步做出了贡献；高速连续纺丝系统、自动吸切丝装置、自动卷绕装置、毛丝断丝的自动监测、纺丝设备的自动维修更换等不仅提高了产品品质，还减少人员伤害，提高了劳动效率，实现工序无人化、少人化操作；纤维张力及均匀性在线检测和监控系统，以及纤维外观在线检测技术与系统的广泛应用，实现了纤维产品自动化、智能化外检，提高外观质量判定的准确度，减少个人差异，大幅提升检测效率；纤维智能自动包装线以及全自动仓储物流系统可大幅度提高工作效率（效率可提升 1.2 倍以上）。化纤智能装备良好的产品质量和经济效益正在显现。与国外先进水平相比，国内差距主要表现在缺乏应用工程理论和数学模型的支持，装备产品质量不稳定维修率比进口设备高 2 至 3 倍，关键零部件仍存在瓶颈等方面。

机织与准备机械。应用新型主电机及数控直接驱动技术，不仅推进了织机的完全自动化，并可节能 15%~20%，接近世界先进水平。喷气、高档剑杆两种机型均向高效、节能、智能、模块化应用方向快速发展。但国产喷气、喷水织机和剑杆织机在品种适应范围、机电集成化、信息化、智能化等技术以及可靠性方面，尚与国外先进水平仍有一定差距。

针织机械。国产针织机械中经编机电子送经技术已经得到普遍应用，电子牵拉卷取技术也在逐步推广使用，电子贾卡提花技术以及 EL 电子梳栉横移机构、新型钢丝花梳横移机构等电子横移技术已经趋于成熟。具有自主知识产权的经编针织物计算机辅助设计系统已取得用户的认可并得到广泛应用。但经编机高速运行状态下的稳定性仍需加强。

印染机械。国产印染设备工艺参数在线检测与控制技术已取得长足进步，浓碱及双氧水浓度在线检测及自动配送系统、联合机张力同步控制系统、定形机生产在线监控系统等得到应用。自动化筒子纱染色生产物流系统研发成功，流程中引入机器人，实现从化料、上料、染色、脱水、烘干及物料转运全过程计算机监控与自动化操作。纺织品数码喷印技术与装备的一些关键技术已突破，喷印速度大幅度提高。但国产印染设备自动化停留在单机的控制层，未能将所有的现场分散信息集成在一起，为决策者提供有效的管理信息，现场总线控制系统（FCS）与工业以太网络的应用还很少，企业存在着很多信息孤岛。设备控制的智能化水平不足，大部分无通讯接口，数据无法上传和共享；非织造布装备自动化、信息化等方面取得了成效，制造水平和电气控制档次都大有提升。但在设备运行稳定性、自动化、连续化、信息化、智能化等方面与世界先进水平还存在一定差距。

非织造机械。近年来，我国通过技术引进、消化吸收，非织造设备在高速度、高性能、高质量以及连续化、自动化、信息化等方面取得了成效，制造水平和电气控制档次都大有提升。目前我国已能生产大部分非织造布干法、纺丝直接成布法以及部分后整理的单机和生产线，常规非织造布产品的成套生产线基本可以实现国产化。新型高档水刺法非织造布生产线在水压自密封式水刺头、水刺头密封条快换装置、三辊筒提花水刺设备、水刺与纺粘复合设备等关键技术领域处于世界前列。但国产非织造设备运行稳定性、自动化、连续化、信息化、智能化等方面与世界先进水平还存在一定差距。特别是非织造布设备的电气自动化控制水平与国外仍有差距，设备与流程的人性化和智能化稍显不足。

3、化纤制造技术领域

化纤生产智能化装备与系统集成技术。国际上先进纺丝装备系统应用计算机、可编程逻辑控制器，提高了高速纺丝系统的智能化水平，

已出现最高转速 8000r/min 的高速纺丝卷绕机。国外先进卷绕设备研发和制造主要集中在欧瑞康巴马格公司、日本 TMT 机械株式会社、瑞士立达公司和意大利康尼坦克斯公司等少数几家企业。这些公司生产的高端卷绕机处于世界领先水平。我国恒天重工股份有限公司、北京中丽制机有限公司等也开展卷绕机研制，在一定程度上打破了外公司垄断。但与国际先进水平相比，卷绕速度控制、卷装成型质量等还存在一定差距；化纤生产自动化落丝系统方面，欧瑞康巴马格公司、日本 TMT 机械株式会社都是自动落丝系统的先进生产厂家。自动落丝系统可实现自动与卷绕设备、监控系统、辅助转运设备进行数据通讯，自动检测故障并报警系统，自动检测运行端点并停止设置，具有自动防护装置。国内，由北京机械工业自动化研究所推出的全自动落丝系统已在多家化纤生产企业应用。系统实现了落丝、装车和转运的自动化，并自动完成丝饼产品信息的跟踪及标签打印；恒逸、新凤鸣、荣盛、恒力、盛虹、百宏等大型化纤企业使用了聚酯长丝的智能检测系统，将聚酯长丝外观检验嵌入在智能包装系统中，实现外观指标检验的在线智能检验，减少人为因素对检验结果的影响。自动包装、检测和仓储物流方面，由北京机械工业自动化研究所与盛虹股份公司共同合作开发的自动化物流系统是国内化纤行业首套国产化纤生产自动化物流系统（见图 2-3），技术水平与国际 autafa 基本一致。化纤生产物流系统中涉及的智能测控技术和装置，如机器人、自动小车、立体仓库、PLC 系统、车间管理系统 MES、大型生产物流系统集成等，国内都具备了一定的技术基础、装备准备和工程经验，但可靠性偏低。



图 2-3 全自动落丝及机器人落卷系统

化纤生产数字化、智能化控制执行系统。Aspen 公司近年来成功开发了 Polymer Plus 聚合物流程模拟软件，可实现聚合体系物性、相平衡、聚合反应动力学、传质传热和结晶动力学等的高效耦合，并支持开放式结构，能够解决聚合物过程模型的复杂问题，可实现聚合过程的稳态及动态建模以及仿真。福建百宏聚纤科技实业有限公司与东华大学联合开发了“熔体直纺涤纶长丝纺丝工程模拟计算及工艺优化系统”，提升了熔体直纺涤纶长丝产品品质，指导了细旦等新产品开发，产品开发周期从 180 天缩短到 150 天。中国昆仑工程有限公司开发聚酯产业链工艺仿真系统和设计聚酯上下游一体化装置，优化了聚合工艺，获得高品质的功能性聚酯纤维。在化纤数控技术方面，目前国产化纤机械数控装置已无处不在，除普遍利用 PLC、变频器进行逻辑控制和简单的运动曲线控制外，工控机、伺服驱动等也已大量应用，多电机分部传动也被应用到多种装备上。化纤生产过程控制方面，普遍采用了 DCS。一些大型化纤企业已经开始利用 DCS 较强的和开放的通信功能，使全厂 DCS 组成监控网络，并与以管理为主的信息网络一起，形成一个管控一体化的综合信息网络，使之在实时控制的同时，为经营管理和领导决策提供依据。此外，PLC 系统与下层设备采用 Profibus-DP 通讯，更加经济，节约成本。现场传感器设备采用 ASI 总线模式连接，减少了设备的故障，保证系统的稳定可靠，同时极大减少了现场施工的工作量；质量控制方面，国外已有针对化纤生产的专家系统，能不间断监视和分析有“问题”的络简单元，随时提出相应的改进建议；Picanol 公司还推出了用于化纤生产的实时诊断咨询专家系统 Realtex，该系统与美国的 Barco 设备监视系统相联并一起工作，当故障发生后，故障分析系统便自动被激活，根据存储在计算机内知识库里的知识，系统能够对应该检查那些部件以及如何改变工艺参数提出建议。国内的专家系统由于质量控制技术相对落后而且单一。

化纤企业智能化、网络化管理系统（图 2-4）。目前国内先进化纤

企业的计算机管理信息系统可实现连通生产、管理、决策三级应用，系统可把网络触伸到生产现场，由数十个先进的传感设备采集原始数据，将庞大的、环环相扣的连续性生产状况实时、直观地输送给主控部门。生产、计划、财务等职能部门也拥有分层次信息。国内一些大型化纤企业通过应用 ERP 改善管理，经济效益大大提升，如仪征化纤、江苏盛虹、浙江恒逸等，已经初步形成 ERP 大面积应用。除企业资源计划 ERP 以外，还有智能化生产执行系统 MES。在实际生产中应用 MES 的有美国 Honeywell 公司的 Business FLEXTM Solutions 解决方案，ASPENTech 公司的 AspenORION 调度系统等。我国化纤行业使用 MES 来优化生产制造过程比起国外起步晚。智能化运营管理方案主要是给化纤企业提供全面的智能制造方案。欧瑞康集团的化学纤维工业 4.0 系统可以提供覆盖整个纺织增值链的解决方案。根据智能的“POC-工厂运行中心 4.0”系统控制软件提供的新功能和服务，生产商可以持续掌握所有工艺的基本情况——从缩聚、纺丝、加弹直至下游进一步的处理工序，可帮助客户提高系统生产效率，节约能源，有效利用资源。普立万公司是世界领先的特种聚合物材料、服务和解决方案供应商。公司的特色产品，普立万 OnColor 纤维着色剂系列解决方案兼具优异的可纺性和环保性，其中 ColorMatrix 纤维着色剂解决方案为聚酯纤维提供了一种创新的熔体挤出纺纱着色技术，在流程后阶段进行液体颜色注入，可有效减少生产过程中的浪费和换色时间。

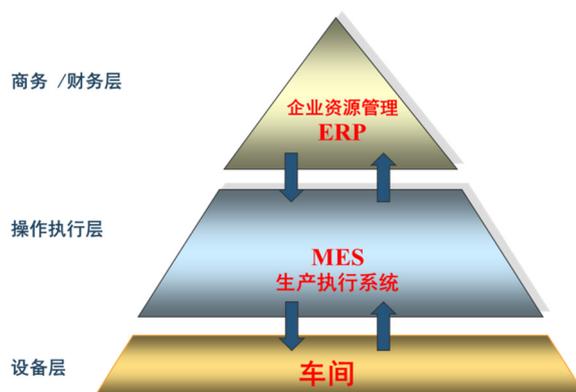


图 2-4 纤维制造 MES 及 ERP 系统

4、纺织加工技术领域

发达国家纺织加工控制系统的自动化、数字化、智能化达到了新的高度。一些纺织加工控制系统采用西门子公司集运动控制、逻辑控制及工艺控制功能于一身的 SIMOTION 运动控制系统，以及 PROFIBUS 通讯方式，实现高速、稳定，高精度的运动控制和定位；立达（Rieter）公司研发的 C.I.S. 纺纱自动化生产线，在清钢工序中采用了 Aero-feed 散棉喂给装置，再用 ABC-Control 型处理机控制清钢连续化和自动化生产线，VDU 彩色图表管理机台为操作人员提供了控制、监视、报警和记录等多种功能；日本岛津公司 SSR112 横编机的 DSCS 数控纱环系统首创数字控制纱线装置，只要在配备 DSCS 数控纱环系统的横编机上输入目标线圈长度程式，该系统就会对纱线消耗情况进行连续的监控，同时亦会调整纱线的输送和张力，从而确保织物整体质量的一致性；韩国山水公司的 LT 系列袜机产品，其突出提点是可以透过人机交互界面的控制，实现针距可变，选针位置和针数可变，很大幅度的提高了袜机对不同产品的适应性。

目前我国纺织加工技术仍处于工业 1.0 和 2.0 阶段。为适应需求，我国加快了纺织加工系统智能化研发和创新。青岛宏大公司研发生产了 ISPERO-M 系列自动络筒机的智能接头，经纬纺机公司研发和生产了 ZAX 系列喷气机的织造导航系统（见图 2-5）等。柔性织造单元技术方面。青岛宏大、经纬纺机等公司已陆续开发了以络筒机、剑杆织机为中心，通过集成自动换模系统、工业机器人以及其它周边设备，实现高度自动化的织造生产，可面向不同材料，不同产品，实现多品种，小批量，快切换的柔性化生产。目前产品已成功应用在客户制品生产；织布机工业 4.0 解决方案方面。针对无梭织机行业智能制造的发展要求，国内以经纬纺机为代表的企业推出了自主研发的纺机行业 4.0 解决方案。采用 CAN 总线控制器区域网络的电控系统，可与中央电脑系统形成整体网络监测，调整和控制每台织机的织造全过程，并

可进行远程遥控诊断及处理。这些方案构建了基于互联网的织机运行数据采集和数据库平台，可实现设备的远程监控、工艺参数管理、生产任务调度、设备的维保管理以及远程登录维护等功能，并且后续的功能模块还在进一步开发和国产化之中。



图 2-5 ZAX 系列喷气机织造导航系统

总体上, 我国纺织加工技术领域在一批行业优势企业的带动下, 在智能化装备和核心零部件、装备智能化集成、信息化管理软件等方面紧跟纺织机械智能化发展方向, 取得了一定的进步。但由于大多还没有完全掌握纺织加工自动监控核心技术, 关键功能部件依靠进口, 如织造加工采用日本津田驹等国外公司的织机监控系统解决方案等, 导致集成自主性差以及机器的制造成本高, 缺乏竞争力。伺服系统是织造加工实现精密化、智能化的关键, 国产技术在系统可靠性等方面尚存在一定不足, 导致国内纺织加工装备厂家仍不得不选用国外的伺服系统, 产品在价格、交货期等方面均不占优。

5、染整加工技术领域

生产参数快速检测及与控制技术。在单台印染装备的数字化控制

技术以及织物含水率、光电整纬、织物密度在线调控系统、双氧水浓度在线调控系统、pH 值在线调控系统等方面，国内外目前基本处于同一水平。国际上针对染色织物开发的在线色差监控装置方面处于领先地位，国内则在印花疵点在线监测系统方面有创新突破。在产品质量（如染色牢度、织物浆料退除率、含碱等）快速检测方面，德国 Sedo 公司有成套技术，国内在这方面与国外差距较大。

染化料助剂的精准配送技术。染化料助剂的自动配送系统，国外技术较为成熟，比较成熟的系统有意大利拉沃公司的 Dos-Chem 全自动配液系统，韩国的 TADS-LS2001 染/助剂供给自动化系统，瑞士贝宁格的染助剂称量系统，香港立信代理的德产 CHD distribution system，以及近来进入中国市场的 UPSON 公司的助剂自动移送系统等。国内康平纳机械有限公司、杭州开源有限公司、杭州凡腾科技股份有限公司等多家公司也推出了自主品牌产品，但在系统运行的稳定性和精准度等方面与国外还存在一定差距。

单机台数字化控制技术。国内外大多数染整设备都实现了数字化控制，但由于不同类型、不同厂家制造的染整设备、制造系统其网络通信接口、数据协议不一致，各机台成为相互独立的信息孤岛，基本无法实现设备数据、运行数据、生产数据、质量数据及工艺数据等的实时传输、实时监控、故障报警、故障诊断和远程控制等功能。染整生产装备间及生产装备与制造系统之间实现全面的互联互通及互操作是实现印染智能生产面临的最大难题。

印染专用制造执行系统（MES）。针对间歇式印染加工，德国 SEDO 公司开发的 Sedo-Treepoint 印染数字化系统以网络信息管理为平台，实现印染工厂全流程数字化管理。其主要功能为：原料及产品性能快速检测功能、生产配方管理功能、染液配置管理功能、生产与工艺控制功能、能源管理功能。Sedo-Treepoint 系统以网络信息管理为平台，以面向生产应用的模型为核心系统，连接实时数据库和关系

数据库，对生产过程进行全程监视、控制和诊断、能源监测、单元整合、模拟和优化。为企业提供一个快速反应、有弹性、精细化的生产环境，减少用工，降低成本、按期交货、提高产品质量。最终达到一次染色成功率提高至 98%，生产操作人员减少 50%，用水量节约 45%，能源降 30%。但该系统只适用于间歇式印染工程，不适合连续式印染加工的企业。国内印染行业 MES 系统的研究起步较晚。目前，浙江大学、东华大学、浙江理工大学、浙江工业大学、杭州讯博软件有限公司、华纺股份有限公司和杭州开源电脑有限公司等在此领域的研究工作主要是系统体系结构的构建，开发纺织印染行业 MES 系统的总体模式，侧重研究间歇式染色车间的集中监控、生产作业调度和生产过程能耗管理模块的构建等。

6、服装设计制造技术领域

服装产品流行趋势与市场需求智能化预测技术。欧洲、美国等企业的数据库丰富、预测技术集成化、智能化程度高，且预测结果逐步精细化。如 Stylesignal 公司研发的 Trend Science 社交监测工具，能够实时获取更新用户的浏览记录及流行机构发布的信息，进行流行趋势的快速准确预测，同时实现不同服装种类的分类预测和不同服装风格的细分预测。日本企业进行基于人工智能的流行趋势预测，通过优化大数据学习技术，提高预测过程的智能性和预测结果的准确性。早稻田大学的 Edgar Simo Serra 研发了基于人工智能的“服装样式和流行”预测系统，利用人工智能学习了近 14 万件衣物的搭配方式，以用户对搭配方式的互动及反馈为标准量化评价了用户服装搭配的时尚度，利用该系统还能推测具备高时尚度的搭配方式以及世界各国的时装特性。国内大多数服装企业对于大数据、人工智能等新技术应用不足，数据源的获取渠道狭隘且具有滞后性，预测方法耗时精度差，预测周期长、结果准确性低、无法实时反映消费者动态需求。

智能化三维人体测量及虚拟试衣技术。发达国家三维人体测量技

术已经相对成熟，美国 Cyberware 系统、德国 Human Solution 系统和 TecMath 系统、法国 Telmat 系统等的商业化应用也相当广泛。Creaform 公司生产的 MetraSCAN 3D 能够测量尺寸在 1~3.5m 范围内的物体，精度可达 0.064mm，且在不同环境下也能维持较高的测量精度。西班牙 IBV 公司开发出三维人体扫描 APP，只需通过手机拍摄人体前面和侧面两张图片即可完成对人体全身的 3D 建模。国内企业生产的三维测试系统在测量精度、特征尺寸的快速识别、图像的修复和操作的便携性等方面仍存在技术差距。随着三维人体扫描技术的发展和普及，英国、美国、日本、韩国等国家已经建立了本国规模性的三维人体数据库。日本已经展开大规模的全国第二次三维人体测量项目。欧洲实施了以服装人体数据库更新和服装工业革新为目标的“e-Taylor”项目。我国人体体型数据库仍局限在局部小规模范围内，缺乏大型人体数据库；三维虚拟试衣的基础是三维人体建模。我国与欧美日等发达国家均实现了间接和直接两种建模技术，例如我国好买衣公司研发的虚拟试衣系统以及国外的 My Virtual Model 和 H&M 试衣系统。我国在虚拟试衣技术发展及其应用方面，部分产品和系统已经达到国际先进水平。在虚拟试衣服务一体化研究方面，美国 Memomi 公司、俄罗斯 AR Door 公司研发的虚拟试衣系统为每个消费者建立用户信息，并记录消费者浏览和试穿过的服装，根据这些数据为用户推送相关服装产品，并且提供线上购买服务。国内这方面的发展主要在网上交易平台，线下试衣系统的研发仍处于初级阶段。

智能化服装设计技术。以日本的自动化制版技术为代表，YUKA 公司的自动打版功能，旭化成 AGMS3D 虚拟打板系统等，实现固定款式的自动生成以及随时任意位置的修改版型，大幅缩短了传统制版的时间和工作量。美国格伯公司、法国力克公司、加拿大 PAD 公司等研发的服装 CAD 软件也基本实现了服装 3D 虚拟设计功能，包括基于虚拟人体的服装三维款式设计、三维服装向二维纸样转换、二维

纸样的修正和放码排料等功能。国内目前基于平面设计的二维服装 CAD 技术已经成熟，3D 服装虚拟设计技术的应用尚未普及。富怡、爱科、智尊宝纺等服装 CAD 开发商与供应商在 3D 技术上有所突破，但较国外水平仍有差距，尚不具备成果产业化广泛应用的条件。

成衣智能化生产加工技术。随着机器人手臂（美国 Softwear）、机器人裁缝（日本 Juki、日本 Brother）、自动疵点图像识别技术（美国 Gerber）的开发，自动化生产已应用到服装生产流水线的缝前、缝中和缝后各个流程，在提高服装生产效率的同时增加了服装产业链下游的附加价值。国内品牌企业基于人机工程学进行产品研发，如开发语音提示功能、设计符合手部操作的零件等，以满足产品的用户友好化和人性化需求。国内服装生产环节的自动化、智能化设备普及程度较低，主要体现在单一环节（如排版和车缝），总体上自动化普及率不及 5%。相比之下，欧美等发达国家普及率高达 60~80%。铺布和裁剪环节，美国格柏（Gerber）推出的 PRARAGON CUTTER 系列自动裁床，综合运用传感和自动化运动控制技术，实现生产准备阶段的高度自动化。缝纫方面，日本重机（Juki）运用传感技术精准控制缝纫轨迹，降低线迹误差率。美国 Softwear 自动缝纫技术公司研发多维度自由推布齿条，确保面料移动和缝纫针移动的高度匹配性，实现高精度、准确无误的面料缝合；整烫和折叠加工等后整理阶段应用高新技术提升生产效率、提高服装生产附加价值。其中，高压、低体力消耗、无死角的整烫设备及技术已逐渐成熟。结合三维扫描、图像分析、具有机器人手臂的折叠设备，智能成衣折叠技术逐渐应用于服装生产后整理环节。日本松下公司借助图像分析技术开发了 Laundroid 智能衣柜，通过识别服装的材质和配件，自动生成折叠方案并执行。智能折叠设备和技术有利于多品种的服装加工模式，在生产终端实现全生产流程的高度自动化；大规模个性化定制生产方式对服装智能生产线的高效运行提出了新要求。美国 Softwear 通过机器人手臂实现服装半

成品在多道工序间的传递，辅助工序的自动化，极大地提高了前后工序的衔接效率。基于网络信息传输技术，例如 RFID（Radio Frequency Identification，射频识别）传感技术和无线网络信息集成技术，实现服装加工信息的实时共享，减少了工序反应时间，保证了生产上游根据下游变化的及时响应。

服装增材制造技术。3D 打印设备的高速化、高精度化以及打印产品的实用化一直是服装增材制造技术的发展方向。美国、德国、以色列、日本和瑞典等发达国家在相关装备及材料研发上处于领先地位，主要体现在各类柔性打印材料的研发、新型设备的开发方面。英国 Tamicare 公司利用新工艺所开发的“Cosyflex”弹性可降解的织物，在 3 秒内可完成打印一次性内衣，该工艺可使用各种类型的液体聚合物和纺织纤维以打印不同类型的内衣、外套和运动服。发达国家的一些服装企业，如英国公司 Tamicare 于 2015 年正式运行第一条增材制造服装生产线，该生产线可以进行大批量纺织品的 3D 打印生产。目前 4D 打印技术已经开始发展。美国麻省科技设计公司 Nervous System 研发出全球第一件“4D 打印裙”，使得打印成品的形状能够自动组装或自动转变形状，提升了第四维度的灵活性，增加了服装的舒适性能。

与发达国家相比，我国服装增材制造装备和材料研发尚处于攻关阶段。基于 3D 打印技术的服装设计也仍处于探索阶段，国内服装企业的关注重点主要在新技术的应用以及新款式设计，对服装舒适性以及功能性的关注较少，在 3D 打印服装产业化方面相对滞后。

7、个性化定制及网络协同制造和远程运维技术领域

纺织品服装大规模个性化定制技术。网上电子商务交易平台的发展为个性化定制奠定了基础。自 20 世纪末以来，随着网络技术和计算机技术的快速发展，网上电子商务交易平台得到了快速的发展，且以服装业最为突出。美国企业 Proper Cloth 发展了一套专利算法来解决定制服装合身的问题，提高定制服装的合体性。国内以青岛酷特红

领为代表的大规模个性化定制服务模式的形成，使得纺织服装行业由提供单一产品向提供产品与服务整体解决方案方向发展，成为我国在全球推进工业 4.0 进程中具有国际竞争优势的重要环节。网易推出的网易严选、阿里的 OEM 生产（定点生产）的个性化运作以及京东的“京·制”战略等相继出现。大杨集团发布“大杨定制”智能化和信息化的定制平台。通过建模、版型智能匹配，实现订单处理的程序化、自动化以及远程下单。同时，高效整合订单管理、量体数据、材料备货、生产工序、终端店面等多方资源，提升了订单效率和生产效率。国际服装厂商在消费终端为消费者提供定制端口和生产信息查询。如阿迪达斯在终端店铺服务器内安装产品定制系统，消费者根据已有数据库选择服装款式、色彩组合以及尺寸，操作系统直观地为消费者呈现定制产品的样貌。这种基于网络的互动型订单模式缩短了服装设计、生产和销售周期，降低了制造成本。消费者掌握实时的服装生产进度信息，也可以在进程中调整和细化定制需求。总体上国内在个性化定制方面，部分技术比较前沿，但在很多方面和国外先进技术还存着差距。国内大规模个性化定制化服务所需的各阶段技术尚未完全成熟，如虚拟试衣阶段服装细节和面料质感等的仿真模拟，虚拟服装动态全方位展示等，尚须应充分融合大数据、云计算、智能化、互联网等新技术。

装备远程运维技术。目前国际上最先进的远程设备控制与维护的代表企业之一，是瑞典的 HMS 公司。HMS 发明了“Anybus”产品概念。Anybus 产品有两种不同类型的工业应用：一是提供“嵌入式” Anybus，产品可以集成在设备之中，实现多种网络接口。二是系统集成，包括工厂升级、现场安装、厂房改造中的监测控制，HMS 提供“网关产品”，可以实现不同网络之间的联接。

网络协同制造（Collaborative Production Commerce）。这是 21 世纪的先进制造模式，也是敏捷制造、协同商务、智能制造、云制造的核心内容。我国对网络协同制造技术方面的研究在 CAD/CAE/CAM

和仿真技术等基础上开展。目前主要集中在网络化设计制造技术的理论研究和实施准备阶段，系统的研究尚处于国外虚拟制造技术的消化和与国内环境的结合上。近年来，网络化协同设计制造在纺织产业领域也已经开展。泉州海天材料科技股份有限公司构建以客户需求为导向的面料快速反应供应链管理体系，实现面料产供销协同，以及织造、染整等主要生产环节的实时管控。该公司与中国科学院软件研究所合作，建立快速补货的拉式供应链信息化生产计划系统；引进德国 SEDO 公司的全流程数字化印染工艺控制系统，在印染环节实现标准化、数字化管理；引进美国甲骨文公司的服装 JDE 管理系统，对服装供应链上的打样、计划、采购、生产、物流、销售等主要环节进行整合，同时加入财务集成，形成业务、财务一体化的服装供应链协同云平台。运用网络协同制造技术，该公司在上海建立研发和市场推广中心，在泉州建立织造、染整、服装生产基地，在厦门建立纺织品进出口基地。

8、智能纺织材料技术领域

智能调温纺织材料。该类智能纺织材料被选为“改变 21 世纪人类生活的 21 项革新”之一，具有超高的实用性与适用性。目前智能调温纺织品技术向高性能、高技术水平、大规模产业化方向发展，智能纺织品的技术研发、服装设计和操作便利性设计等方面不断满足人类对智能产品的需求。随着德国工业 4.0 概念、美国 CPS 智能化系统的提出，国外在产品技术研发和产业化方面已经相对成熟，美国 Outlast 公司的 PCM（相变）技术在美国、英国等地已有了相当广泛的产业化应用。Mid6 技术公司开发了一种新型的智能潜水服 SmartSkin，其外层是闭孔氯丁橡胶泡沫材料，中间夹层是温敏性水凝胶与开孔的聚氨酯泡沫材料的复合物。美国 Triangle 公司合成了直径 15-40 直径的微胶囊，这种微胶囊具有吸放热的作用，将其整理在织物表面，就使织物具有温度调节的功能。与发达国家相比，国内该类产品研发渠道、

全流程数字化制造以及基于信息通信技术的模块集成还不太成熟，无法实现大规模的产业化制造。当前国内大多数产品还需要国外技术的支持，自主创新不够，如香港福田实业集团与美国杜邦公司合作，采用 Outlast 相变材料微胶囊技术，生产出具有温度调节功能的针织面料，制成的“Fountian”牌温度响应型智能服装。

智能形状记忆纺织材料。该类智能纺织材料综合实现以下三个目标，绿色环保材料的设计、高记忆性产品的研发以及产品的批量化生产，是目前形状记忆纺织品的主要发展方向。国外在形状记忆纺织品的研究起步较早，市场范围大、整体技术水平高、数据源丰富、智能化程度高。目前，在日本、美国、英国、意大利、荷兰等地有关形状记忆纤维的研究已取得了很大的进展。如，英国纺织机构在研制防烫伤服装时，对形状记忆合金类智能纺织品成功实践，将镍钛合金纤维进行加工并固定在服装内部，一旦接触高温形状记忆纤维就会被激发，达到防烫伤的目的。日本是提出形状记忆纤维最早的国家，以日本东洋纺公司为首的众多企业在此领域已有深入的研究。日本三菱重工的一个子公司开发出了一种具有形状记忆功能的聚氨酯类新材料 Diaplex，这种膜与外衣面料层压附和，不仅表现出高拒水性，而且通过对热量释放的控制，可对穿着者新陈代谢释放的热量进行智能性响应，适用于制造具有形状记忆且能在环境温度较高时产生散热和水气通道的多功能智能服装，目前已有此种材料的商业化产品，如智能运动服、登山服等。与国外企业相比，国内企业在研发方面紧跟世界发展水平，但存在人才队伍相对薄弱、竞争乏力、投入少、开发力度不够等问题，此外对于共享技术、智能技术等新技术的认识较为不足，国内实现形状记忆纺织品的工业化生产仍有较长路要走。

智能变色纺织材料。这是一种具有高附加值和高效益的智能产品，在纺织、军事、娱乐、防伪等领域具有良好的发展前景。智能变色纺织品技术朝着高实用性、高安全性、高智能化方向发展，变色纤维的

结构设计、功能设计以及智能化设计等全方位满足产品应用的需求。目前，智能变色材料的研发技术主要分为两类，一是对变色纤维的直接研发，如后整理技术、接枝聚合技术等，设计出具有不同功能的变色纤维；另一种将变色染料与纤维的结合，如微胶囊技术。目前，我国与国外一些发达国家均已实现以上两种技术的研发，但在技术水平上与发达国家相比还存在较大的差距。在产品的制造技术水平方面，国内企业大多处于初级阶段。国外已实现智能产品的市场销售。如以美国国家航空航天局的技术为支撑，目前已投入市场的名为 Radiate 的运动衣。该产品能根据身体辐射出来的热量改变光子的反射方式，身体散发出的热量不同，衣服对应部位的颜色就会有所不同。此款智能变色运动衣最大的功能就是让用户实时看到肌肉的发热情况，调整不同的运动策略，实现智能产品与人体运动的结合。日本 Kanebo 公司将吸收 350~400nm 波长紫外线后由无色变为浅蓝色或深蓝色的光敏物质包敷在微胶囊中，用于印花工艺制成智能光敏变色织物，采用这种技术生产的光敏变色 T 恤衫早已供应市场。

电子信息智能纺织材料。全球经济大环境下，电子信息在推动纺织业的技术革新、优化纺织业的产业结构和产品类型中发挥出了非常重要的作用。电子信息智能纺织品作为不同技术领域的融合产品，正朝着多系统结合、多功能化、优异产业结构与产品类型的发展方向发展。电子信息智能纺织品的主要技术包括三类：第一，对外部环境和条件进行感知的技术研发；第二，反馈功能的技术研发；第三，响应功能的技术研发。目前，在互联网、大数据的背景下，国外对于电子产品与服装的融合，已达到了较高的技术水平。如加拿大 OMsignal 智能服装开发公司，已完成了 100 万美元融资，并发布了在服装内嵌入传感器的智能服装技术，能追踪心率、呼吸频率、呼吸量、运动状态、热量消耗、运动的强度以及心率等信息。联想与英特尔共同发布了一款智能运动鞋，由于内置了英特尔的 Curie 模块，不仅可以实时监测

鞋的压力、发光、位置等数据，还可以监控走路的姿态，并收到个性化的信息推送，将娱乐和健身合二为一有利于满足当代人们对服饰产品的需求。目前国内已有部分企业研发出电子信息智能纺织品，但其应用并未普及。国内如深圳智裳、Aika 爱家科技、石狮森科智能有限公司、金利莱斯等企业在智能纺织品的研发与应用上有所进步，但还未达到发达国家的整体水平，且尚未形成大规模的生产模式。

表 2-1 国内外纺织产业智能制造技术水平比较

技术项	发达国家水平	国内水平	比较结论
设备互联互通	新型智能纺织设备都自带智能通讯接口，且控制通讯容量比较大，设备互联互通水平高	纺织设备具备了一定的数字化、自动化水平，也具备了一些智能化功能	国内纺织设备互联互通标准缺失，发达国家纺织机械设备互联互通水平领先于我国
数据采集	英国、德国、日本等纺织生产管理已实现了信息化，并开发了相应的数据采集和信息管理系统	目前还没有真正比较通用的纺织网络化数据采集与信息系统	与国外先进水平相比，生产过程数据采集技术水平存在一定的差距，急需突破
信息融合	纺织企业能构建整个纺织生产流程的信息模型	部分纺织企业在纺织生产信息融合、集成与共享方面做了相关的研究	国内信息化水平尚处于初级阶段，需进一步扩大应用，提升管理智能化水平与信息化水平
智能执行	能够实现大多数纺织设备高精度运动控制、纺织生产和工艺仿真、智能物流和仓储等	智能执行技术在我国的研究和应用已有明显的效果。	国内外纺织产业智能执行技术水平相差不大，国内的智能执行技术水平需进一步提升。
智能运营	德国、美国和日本等国在纺织企业智能运营方面做了一定的研究与应用	纺织企业在智能运营方面处于初步运行阶段	国内外在智能运营方面都处于初级阶段，但国外技术基础较好
供应链管理技术	形成智能化产品生命周期管理系统，实现无纸化管理，降低人力、物力、财力消耗，提高生产效率	吊挂生产线及自动化仓储已发展成熟；海澜之家等企业开始往智能仓储方向发展	国内外差距显著，国内需在生产信息实时共享及生产计划智能化技术上有所突破
个性化定制技术	已实现订单信息和成品信息网络化交易；借助大数据，为用户提供个性化产品方案，提升用户体验，降低库存	近几年发展较快，已有青岛酷特等为代表的成功案例；此类技术多见于下游工厂，终端店铺较少见	国内外智能化程度相当；国内需拓展大规模个性化定制技术的应用渠道，增加销售终端的个性化产品定制体验

技术项	发达国家水平	国内水平	比较结论
纺织品增材制造技术	研发了各类柔性打印材料和新型设备；一些公司已经形成3D打印服装生产线；开始发展4D打印技术	主要通过进口国外设备；3D打印服装仅限于展示和装饰	国内纺织品增材制造设备关键技术、适用的材料研发，以及纺织品增材制造批量化等方面落后于发达国家
智能纺织材料技术	智能调温、形状记忆纺织材料技术研发相对成熟，已有部分商业化应用；智能变色纺织材料技术成熟；电子信息智能纺织材料技术趋向成熟	智能调温、形状记忆纺织材料水平相对较弱，自主创新不足，基础能力薄弱；智能变色纺织材料紧跟世界发展水平；电子信息智能纺织材料小规模应用，技术水平较低	智能调温、形状记忆纺织材料研发及产业化有较大差距；智能变色纺织材料技术水平与国外相当，市场须拓展；电子信息智能纺织材料水平较落后，需加大研发力度

五、我国纺织产业智能制造发展中的问题及制约因素

在《中国制造 2025》等重大战略和计划的推动下，我国纺织产业界已经认识到，在世界新科技革命和新产业革命的环境下，纺织产业可持续发展，走向高端，直至引领世界，产业领域实现智能制造是必由之路。近年来我国已经开始在纺织产业领域推进智能制造，并取得了一定的成效。但目前总体上我国纺织产业领域制造水平还处于工业 2.0 与 3.0 交汇，并向工业 4.0 发展的阶段，与发达国家相比，纺织产业领域智能制造水平差距仍然相当大。制约我国纺织产业领域智能制造快速发展的主要因素是数量众多纺织企业的传统工业思维、纺织人才队伍和科技资源薄弱、纺织智能制造研发投入不足、纺织智能制造软硬件基础能力弱、跨领域协同不够等方面。

数量众多的纺织企业尚停留于传统工业思维。随着新科技革命和新工业革命的深入发展，纺织产业也进入了互联网时代。互联网思维的核心是开放、平等、互动、合作，互联网时代的工业思维须更加关注产品个性化、制造柔性化、服务延伸化、组织扁平化、经营虚拟化、竞争系统化。与传统纺织产业生产大规模、标准化，组织架构多层次、多单元，营销依靠实体店，竞争单一的思维相比，有本质的区别。我国规模以上纺织企业有 38000 多家，少部分企业已经融入到互联网时代，着手重构以互联网为基础的智能制造企业经营管理模式。但相当

多的企业还基本停留于传统工业思维，或者简单“触网”，企业内外价值链数据化尚未形成，互联网与企业的生产和经营管理等未能深度融合。企业的传统经营管理模式仍在延续，组织架构层次多，制造规模化、产品同质化、要素成本高、竞争乏力。

纺织智能制造人才队伍和科技资源力量薄弱。一方面缺乏具有纺织制造和网络信息交叉复合知识和实践能力的人才。发展纺织产业领域智能制造，以机器换人，是纺织制造由传统向智能制造发展的一个显性标志。但机器换人不是不需要人，目前最紧缺的恰恰是具备纺织制造技术与互联网技术相融合的知识和能力，适应纺织产业领域智能制造的各层次人才。多年前纺织产业需要优秀的挡车工、机修工、营销业务员等。随着纺织产业领域智能制造的推进，机器人、网络、传感器等纺织智能制造装备和器件将在纺织企业普及，企业急需熟知纺织流程特征的机器人工匠、网络工程师、自动控制工程师等各类各层次的复合型人才。这类人才的缺乏，还反应在教育领域，目前纺织行业类高校等的相关专业人才培养存在课程设置过于老化，缺乏学科交叉，专业教育与企业实际需要脱节，学生所学在短期内难以致用等问题；另一方面缺乏相应的科技创新基地和服务平台。目前虽然纺织产业领域有几家企业成为智能制造示范试点企业，但就纺织产业38000多家规模以上企业而言，带动力有限。尤其是纺织产业领域智能制造需要一批共性技术、标准的支撑，相关的基地和平台目前一是非常缺乏，二是现有几个与智能制造相关的平台，目前尚未能够真正发挥出相应的作用。

纺织产业领域智能制造研发投入不足。从企业层面看，目前国内制造业32个行业中属于纺织行业的化学纤维制造、纺织、服装服饰行业的年度R&D经费投入强度都低于1%，而且纺织、服装服饰行业的年度R&D经费投入强度排名居于制造业32个行业的中下游。理论上企业都有销售收入3%的研发投入，但投入的研发资金主要用

于硬件设施的引进、更新，真正用于纺织智能制造相关关键技术创新研发的投入普遍偏少。从国家层面看，目前国家对于纺织产业领域智能制造技术研究方面的投入相对少，如 2016 年度的国家重点研发计划项目中，尚无纺织产业领域的智能制造重点研发计划项目。国家重点研发计划的重点专项按照基础前沿、重大共性关键技术到应用示范进行全链条设计，一体化组织实施，涉及纺织产业领域的智能制造须以纺织制造为主体，跨领域组织联合相关力量开展科技攻关，相关的机制目前尚不完善，各方的积极性尚未充分调动。

纺织产业领域智能制造软硬件基础和应用能力薄弱。与美国、欧盟、日本等发达国家相比，我国纺织产业领域智能制造技术总体落后，主要表现在纺织智能制造的装备、传感器、专用控制器件、控制软件、管理软件等软硬件基础能力相对弱。已经开始实施两化融合的企业大多采用跟随和模仿战略，核心技术缺失，共性技术不足，高端装备、关键部件，基础件和电子元器件等大多依靠引进，或通过引进，消化、吸收，进行二次开发。大多数纺织企业尚未建立 MES（执行制造系统），即使建立了 MES 的企业，其计划和成本控制对象也未细化，未完全实现与 ERP（企业资源计划）的集成应用。纺织全产业的“两化”（工业化与信息化）尚未能深度融合。“互联网+”融入纺织产业，涵盖通信运营商、互联网企业、纺织制造企业等多方面，各方对信息互联互通、接入技术标准等尚未形成统一认识，缺乏对标准规范、业务流程、管理模式、知识经验等数字化能力要素进行全面集成和充分融合。

第三章 我国经济社会发展对纺织产业智能制造的需求

一、我国经济社会发展对纺织产业的影响

未来 5-10 年，我国将转变发展方式、优化经济结构、转换增长动力，建设现代化经济体系，从全面建成小康社会向基本实现现代化方向迈进。新时代，我国经济社会的新发展将对纺织产业产生重大影响，推动纺织产业迈向全球价值链中高端。

（一）供给侧结构性改革深化和收入增长促使纺织产业须提升市场响应度

未来 5-10 年，我国将坚持深化供给侧结构性改革，把提高供给体系质量作为主攻方向，显著增强我国经济质量优势。我国将加大重点领域关键环节市场化改革力度，调整各类扭曲的政策和制度安排，完善公平竞争、优胜劣汰的市场环境和机制，最大限度激发微观活力，优化要素配置，推动产业结构升级，扩大有效供给和中高端供给，增强供给结构适应性和灵活性，提高全要素生产率。与此同时，我国居民收入将持续增长。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》主要目标确定，到 2020 年国内生产总值和城乡居民人均收入比 2010 年翻一番，主要经济指标平衡协调，发展质量和效益明显提高。党的十九大报告提出，从 2020 年到 2035 年，在全面建成小康社会的基础上，再奋斗十五年，基本实现社会主义现代化。届时我国中等收入群体将由当前大约 3 亿人扩大到 6 亿人左右，稳定消费主体将形成，“橄榄形”社会结构的重要基础将得到奠定，社会的贫富差距将逐步缩小。随着我国供给侧结构性改革的深入，以及《国家创新驱动发展战略纲要》的实施，可以预见，在 2025 年左右，我国人均可支配收入将进一步增加，并将进一步促进人们对更美好生活的向往和追求，与此相关联的衣着时尚等消费将进一步提高，市场反应敏感性对产业发展重要性将进一步显现。

（二）劳动力成本等上升促使纺织产业须提升全要素生产率

进入 21 世纪第二个十年以来，一方面，我国法定最低工资加快增长，制造业与发达国家在人工成本方面的差距，大体已从开放之初的 100 倍，收缩为 5 倍，甚至还将再进一步收缩。另一方面，我国老年人口比重快速增加，人口日趋老龄化。国家统计局数据显示，全国农民工人均月收入已从 2010 年的 1690 元增加到 2015 年的 3072 元，年平均增长 12.7%（见图 3-1）。2015 年我国总人口超过 13.6 亿，其中 60 周岁以上老龄人口超过 2.1 亿，占总人口的 15.5%，65 周岁及以上人口 13755 万人，占总人口的 10.1%。这两项指标都超过了国际上公认的人口老龄化的“红线”。未来 5-10 年，一方面我国还将大幅度增加劳动所得在整个国民收入中的比重另一方面，我国将在“未富先老”的情况下提前进入老龄化社会，面临人口老龄化压力。虽然目前我国已经实施“全面二胎”政策，但预计我国劳动年龄人口在比较长的一段时间，至少在 2025 年以前还会逐步减少。劳动力成本上升，伴随人口老龄化，劳动力人口还将持续减少，再加上原材料和土地资源等成本上升，对我国纺织产业而言，长期依靠低成本发展的优势已不复存在。这促使我国纺织产业须尽快转换发展模式，提高全要素生产率，同时要大幅增加健康、护理、医疗等方面的纺织产品。

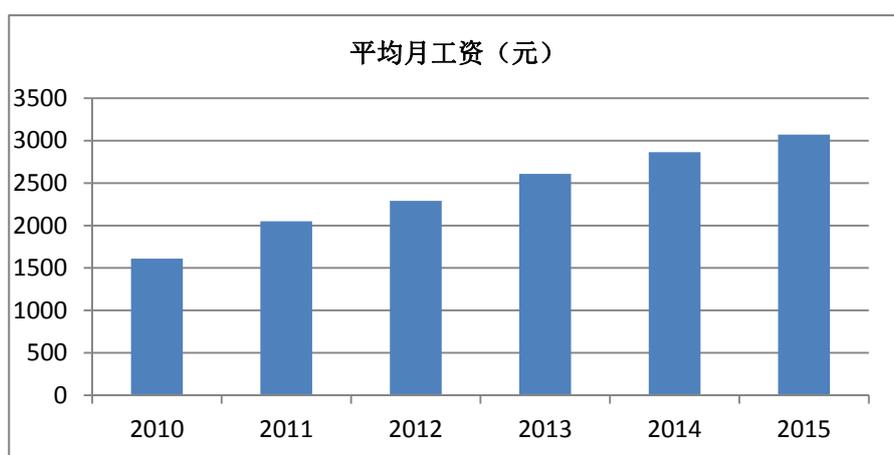


图 3-1 我国农民工 2010 年-2015 年人均月收入变化情况

（三）城镇化持续发展促使纺织产业须提供更好就业

工业化与城镇化是社会经济发展的两翼，也是我国通向社会主义

现代化强国的必由之路。我国目前正经历着世界最大规模城镇化过程，并且未来 5-10 年我国城镇仍将处于快速发展的阶段。2011 年，我国城镇化率已经达到 51.3%，城镇人口首次超过农村人口，达到 6.9 亿人。现阶段我国城镇化到了转折时期，从快速城镇化阶段正进入城镇化中期阶段。2013 年至 2017 年五年间城镇化率年均提高一点二个百分点，八千多万农业转移人口成为城镇居民。随着城镇化的持续发展，到 2025 年，我国农村农业劳动力占比还将进一步下降。城镇化在促进我国工业化和消费水平提高的同时，带来了巨大的就业、资源、环境、社会等压力，以及人们对于更好工作环境和条件选择的压力。纺织产业中尚有不少相对比较艰苦的工种，如印染、缝纫、纺纱、织造等，将面临更加突出的招工难问题。按照中国特色新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化“新四化”发展要求，纺织产业不断改善就业人员劳动生产环境，部分纺织制造工序由智能化装备替代，走工业化与信息化深度融合的道路，发展纺织产业智能制造是必然的选择。

（四）高端制造战略促使纺织产业须加快走向中高端

未来 5-10 年，在新科技革命和新工业革命的推动下，尤其在着我国制造强国战略的行动纲领《中国制造 2025》、经济提质增效的行动纲领《‘互联网+’行动计划》等战略推动下，中国制造的竞争优势将不断富集，配套不断完善，加上过去十多年制造业大发展积累的经验，技术，人才，项目，管理流程等，我国在电子微电子、新型汽车、大飞机、高速列车、新医药、新材料、新能源等新兴领域将在全球具有举足轻重的地位。同时，纺织等传统产业也将加快转型升级速度。资本、技术、人才、产业集群等力量聚集，将在我国诞生全球顶级的高新技术及尖端产品制造中心。到 2025 年，中国制造的附加值将迫近全球前列，为实现制造向创造的转变，速度向质量的转变，产品向品牌的转变，彻底改变我国制造业初级加工的产业结构奠定坚实基础。在此进程中，我国纺织产业作为具有世界影响力的产业，借助自身的

产业基础及国家战略的推动，有可能借助智能制造技术，在传统产业的升级发展中率先走向大而强，走向高端。

（五）生态绿色发展促使纺织产业须节能减排减量

我国经济发展和资源环境的矛盾依然突出。我国人均资源紧缺，而资源消耗量却排在世界前列，随着我国工业化和城镇化发展，经济持续增长并处于新一轮上升周期，这一状况势必继续延续。2015 年我国石油的对外依存度已超过 60%。而我国的水资源一是短缺，二是水污染严重。有资料显示，我国人均淡水资源仅为世界平均水平的 1/4，在世界上名列 121 位，是全球人均水资源最贫乏的国家之一。未来经济社会发展，我国必然与世界其他国家一样，在共同应对气候变化、大气污染、水资源和化石能源短缺、荒漠化和自然灾害等资源环境问题中，进入互联网与可再生能源相结合的“后碳”产业新时代。面对资源环境的严峻挑战，我国绿色发展的理念，纺织产业作为国内五大消耗水资源的产业之一，以及石油基为主的化学纤维制造占全球 65%以上（2014 年）的产业，其可持续发展必须走节水、节能、减排、减量，低碳绿色发展之路。

（六）互联网经济促使纺织产业须加快发展新模式和智能产品

互联网对世界生活方式，产业生产经营模式等产生了重要的影响。传统集市+互联网有了淘宝，传统百货卖场+互联网有了京东，传统银行+互联网有了支付宝，传统交通+互联网有了快的、滴滴。互联网不仅全面应用到第三产业，形成了诸如互联网金融、互联网交通、互联网医疗、互联网教育等新生态，而且正在向第一和第二产业渗透。工业互联网从消费品工业向装备制造和能源、新材料等工业领域渗透，全面推动传统工业生产方式的转变。互联网的普及带动了电商发展，2014 年我国网民 6.5 亿户，网购用户 3.6 亿户，25%的企业开展网上销售，电子商务交易额近 13 万亿，个人网购规模近 3 万亿。据国家统计局数据显示，2015 年，全国网上零售额 38773 亿元，同比增长

33.3%，其中穿着类商品零售额同比增长 21.4%。2016 年纺织服装电子商务交易总额达到 4.45 万亿元，是 2012 年的 2.4 倍。在互联网经济时代，传感器、处理器、存储器、通信模块、传输系统融入各种产品，使得产品具备动态存储、感知和通信能力等智能功能。专家预期，到 2020 年与物联网关联的智能产品将超过 500 亿个，且这个进程将持续 10 年、20 年甚至 50 年。互联网经济发展也促使纺织产业向服务型制造等新模式转换，并促使纺织产业加快发展社会急需的智能纺织材料。

二、我国纺织产业新发展对智能制造的需求

在国际及我国经济社会发展大环境影响下，我国纺织产业面临劳动生产率增速低于制造成本上升速度、传统生产经营方式不适应飞速发展的网络信息技术等挑战，同时一些纺织制造还存在工艺落后、工人生产劳动强度大、加工精准度和生产效率低、能源和水资源消耗大、污染物排放量大等瓶颈，亟需通过发展智能制造技术，转换成纺织产业智能制造新模式，推动我国纺织产业在规模总量世界第一的基础上，由大转强，走向中高端。

（一）提升全要素生产率、增强需求响应等亟需发展纺织智能制造新模式

面对不断提升的劳动力用工成本、不断减少的劳动力数量；面对随着社会发展，纺织产业生产者对工作环境要求的提高，人民群众对纺织产品品种和质量要求不断提升，纺织产业亟需适应时代发展，充分应用工业软件、大数据、工业互联网技术和智能装备、控制、执行、分析、运营技术等，构建纺织智能（车间）工厂，实现化纤制造、纺纱、织造、非织造、染整、服装设计与加工等环节的智能化，大幅度提升劳动生产率、改善生产工作环境、提高产品品质。一是要充分发挥制造执行系统（MES）的重要作用，加强生产现场自动化层和 MES 之间无缝化对接；二是要虚拟与现实结合，加快产品设计以及工程实

践的数字化世界和真实世界的融合；三是要构建信息物理系统（CPS），沟通现有物理工厂的系统与数字世界的仿真，实现纺织制造生产过程的完全可控、可调。通过纺织智能（车间）工厂的构建，大幅度提高纺织制造生产效率，缩短产品周期，提升产品品质；消减体力劳动人工的投入，适应劳动者数量的绝对性减少趋势；提供更多知识岗位用工，适应劳动者就业意愿变迁导致的劳动者数量的绝对性减少趋势；创造岗位内容和薪资水平具有竞争力的纺织产业就业需求。

随着互联网经济迅猛发展，纺织产业正面对“互联网+”、大数据、云平台、云制造、电子商务和跨境电商等新兴网络信息技术对于传统生产经营模式的挑战。纺织产业亟需须以“互联网+纺织”，推进大规模个性化定制、纺织协同制造、纺织电子商务、纺织装备远程运行维护等纺织智能制造新模式，激活企业生产活力，增强需求响应度。以纺织智能制造新模式推动跨行业协同制造，提高纺织制造专业化程度，并拓宽纺织品应用领域，使纺织产业为经济建设、社会发展提供更丰富产品；推进企业供应链智能优化，构建精益供应链，全面提高企业经营管理效率；面向市场需求加快产品更新周期，密切制造过程与消费者需求相互动，引领消费需求；推进个性化规模定制，通畅纺织制造商与客户信息，客户服务更加精准及时，产品营销模式向更直接的感知和便捷转变，满足日益个性化的消费趋势。

（二）构建纺织智能制造体系亟需智能纺织装备及共性技术和标准支撑

构建纺织产业智能制造体系，智能装备、标准体系和共性技术是基础和支撑。要围绕纺织产业链加工制造的智能化，研发具有感知、控制、决策、执行等智能功能，工艺先进、绿色节能，芯片、传感器、软件系统等信息技术深度嵌入的化纤、纺纱、机织、针织、非织造、印染和整理、服装设计和制造等智能化纺织装备专用基础件、纺织工序连结机器人及专用机器人等典型纺织智能装备。以智能纺织装备和

先进纺织工艺支撑纺织产业推进智能化设计和制造，转变目前一些纺织加工、印染和整理等环节的粗放式生产工艺和人为因素对生产的严重干扰，大幅度提升纺织制造的精准度，降低劳动强度、物耗、能耗、排放、成本等，突破日趋严峻的资源环境制约瓶颈，同时实现纺织制造过程柔性化，提高生产效率和产品品质，有效提升纺织制造企业的竞争力。

国际和国内经济社会发展环境促使纺织产业必须加快发展智能制造，而从顶层设计上解决标准问题，是突破阻碍纺织产业智能制造体系发展的重要工作。智能制造标准体系建设是一项复杂的系统工程，要站在产业的高度，做好顶层规划，运用系统的分析方法针对智能制造标准化对象，及其相关要素所形成的系统进行整体标准化研究。需要对包括纺织产业的设计、工艺、生产、管理、服务、评价和安全等要素综合考虑，协同推进。同时还须要做好产业链各行业标准的协调，聚焦与纺织智能制造紧密相关的互联互通、信息融合、工业物联网等标准，形成一系列面向纺织全流程的物联标识、数据交换、智能车间等基础标准。纺织产业构建智能制造技术体系需要安全、传感(测控)共性技术、通用软件系统等共性技术的支撑。为此，亟需跨领域协同，研发适用于纺织制造特征的高精度、高可靠智能控制、运动控制共性关键技术，以及智能仪器仪表、高速通信网络、智能物流和仓储、智能传感与检测控制系统等共性关键技术。

（三）适应时代需求拓展纺织应用亟需发展智能纺织材料

纺织产业智能制造是纺织产业整体的智能化，必然包括智能纺织材料。随着新科技革命和新工业革命深入发展，适应当代人们生活、健康、人体功能拓展等需求，以及现代军事装备需求的智能纺织材料，正在日益拓宽纺织材料应用领域。智能技术集成化和网络化的新一代智能纺织材料基于数字化、智能化技术，具有形状记忆、生理检测、环境监测、全球定位及播放功能，且可穿戴。通过研发纺织材料传感

与反馈、信息识别与积累、响应与自适应等机理，摩擦/形变/温差/光能等自发电蓄能、光/热/电/力致变色、形状记忆与温度响应高效智能纤维关键技术，推进可穿戴智能纺织材料时尚化等，加快发展智能纺织材料，将在为我国经济社会发展和国防建设提供有效产品的同时，使纺织产业从以传统穿着和家居为主，向智能穿着和家居，以及更广阔的产业用和国防建设用智能材料领域拓展。

第四章 我国纺织产业智能制造的实践与探索

在《中国制造 2025》、《‘互联网+’行动计划》、《新一代人工智能发展规划》等的推动下，我国纺织产业各行业开展了智能制造实践，取得了一定成效。课题组在分析纺织产业制造特征，调研分析纺织产业领域智能制造新模式、智能装备与标准和共性技术、智能纺织材料制造等实例的基础上，对纺织产业领域的智能制造范式开展了积极的探索。

一、纺织产业制造特征

纺织产业总体上属体量庞大的传统制造业。纺织产业的生产制造包括化纤制造、纺纱、机织、针织、非织造、染整、服装，以及纺织装备制造等。这些制造经历材料位移、流体动力学、物质热交换、化学反应等过程，以及借助工艺设备按顺序或并列完成的工艺过程。总体上，纺织产业的生产制造兼具流程制造和离散制造特点，属于流程制造和离散制造混合模式，其中一部分生产制造属于流程式。纺织产业内不同行业的制造类型、管理模式、生产工艺流程、市场营销方式不同，其实现智能制造的技术内容也会有所不同。

化学纤维制造过程主要包括化纤原料制备，高分子化合物合成（聚合）或天然高分子化合物的化学、物理处理和机械加工；纺丝熔体或纺丝溶液制备；化学纤维纺丝成型；化学纤维后加工。高度自动化的化学纤维生产从原料投放到制成化学纤维，基本属于流程制造。

纺织加工过程主要包括纺纱的清花、梳棉、并条、粗砂、细纱、后加工，以及形成织物的机织或针织等。棉、毛、丝、麻、化纤及各类纤维混纺、纯纺加工过程各不相同，机织和针织加工过程也不相同。就加工过程看，纺织加工总体属于流程制造和离散制造混合式。

非织造加工过程主要包括原料（配料）、加热、挤压、过滤、拉伸、成网热轧、卷取分切等，基本属于流程制造。

染整加工主要包括前处理，染色，印花，后整理，洗水等。部分

生产工艺接近流程式的特点，如织物连续式染色，部分则具有接近离散式的特点，如织物间歇式染色，总体上染整属于流程制造和离散制造混合式。

服装设计和加工主要包括服装设计、面料采购、服装生产加工、市场推广等。总体上服装设计与加工属离散式制造。在服装加工环节，尽管可借助服装加工吊挂流水线，但本质上仍属离散制造和流程制造混合式。

纺织装备制造。纺织装备制造主要包括成套装备、零部件、纺织装备专件等的制造，整体属离散式制造。

二、纺织产业领域智能制造实例分析

本课题组在课题实施过程中，在纺织产业的智能制造新模式、智能装备与标准和共性技术、智能纺织材料领域选取了智能车间(工厂)、大规模个性化定制、网络协同制造、智能纺织装备、共性技术、标准、智能纺织材料等实例，开展实地调研或资料调研，进行了纺织产业智能制造实例分析。

(一) 义乌华鼎全流程锦纶生产智能工厂

1、背景

义乌华鼎锦纶股份有限公司是一家专业从事高品质、差别化民用锦纶长丝研发、生产和销售的企业，主要生产具备高织造稳定性与染色均匀性的 POY、FDY、DTY 民用锦纶长丝，产品范围覆盖 8.8-444dtex 所有规格。公司自 2002 年创建以来，通过了 ISO9001 质量管理体系、ISO14001 环境管理体系、瑞士生态纺织、AAA 标准化和计量检测体系等认证。“全流程锦纶生产智能工厂”项目是 2017 国家工信部智能制造新模式示范项目。

2、总体构成

(1) 系统由感知与自动控制系统、工业和管理软件、工业智能服务平台和工业以太网 4 大部分组成，共 16 个子系统。智能感知与

自动控制部分包括：智能切片配送系统、一体化集成纺丝卷绕系统、纤维智能化管理系统、智能立体仓库。工业和管理软件包含执行层的制造执行系统（MES）、产线控制系统（IMS）、实时数据采集系统（SCADA）、能源管理控制系统（EMCS）、仓储管理系统（WMS）、物流调度系统（TCS）和计划层的企业资源管理系统（ERP）。针对锦纶行业现场设备干扰大的问题和生产设备实时产生的数据量大的需求，项目智能工厂的通讯网络架构采用工业级光纤网络建设方案来保证数据的可靠、及时传输。通讯网络的拓扑结构如图 4-1 所示。

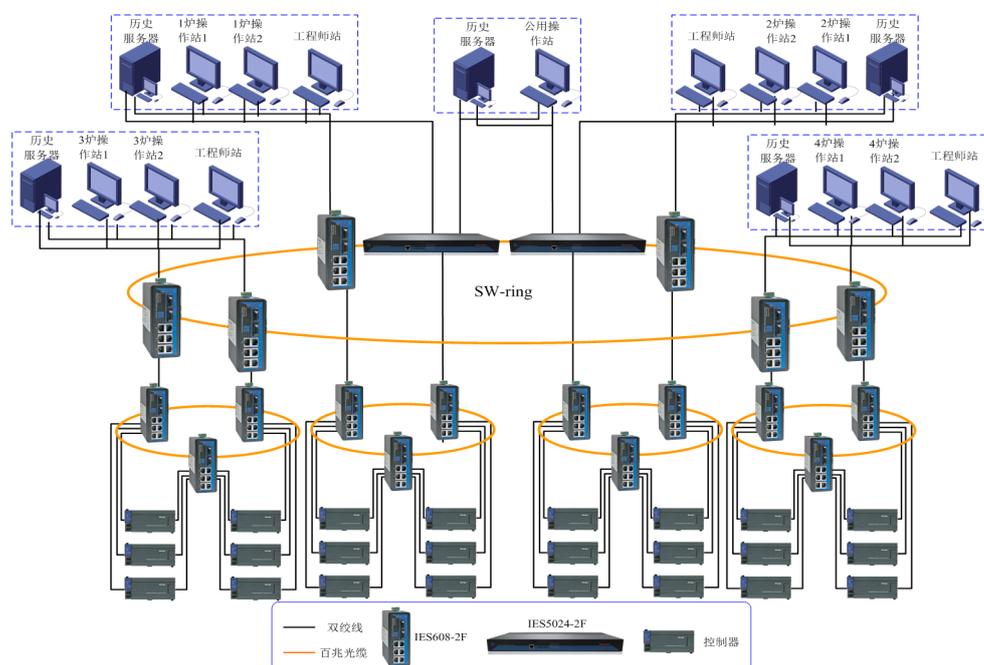


图 4-1 光纤网络拓扑图

（2）整个智能工厂由“一硬、一软、一网、一平台”四大核心技术要素构成，即整个系统分为感知与自动控制、工业软件、工业网络、工业智能服务平台四大部分（图 4-2）。

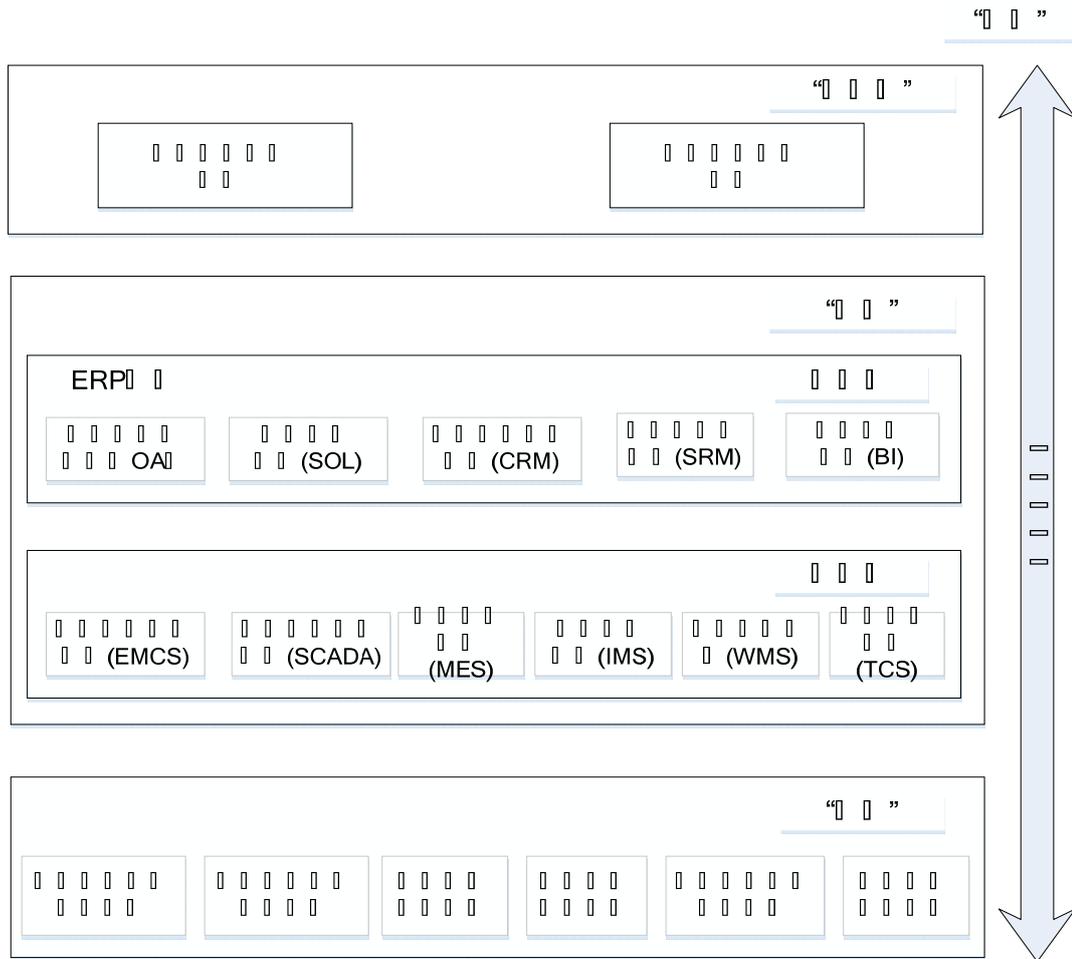


图 4-2 信息系统集成方案

(3) 引入嵌入式开发平台技术和控制器开发技术，实现核心控制部件安全可控的目的；集成自研和引入开源的人工智能技术，应用到项目各个系统的智能化中，实现智能图像识别、生产资源统筹优化和生产数据分析；引入纺丝工程技术、配送技术、智能仓储技术、自动落丝技术、在线检测技术和自动包装技术，实现锦纶生产全流程的高效、智能化生产。总体技术方案如图 4-3 所示。

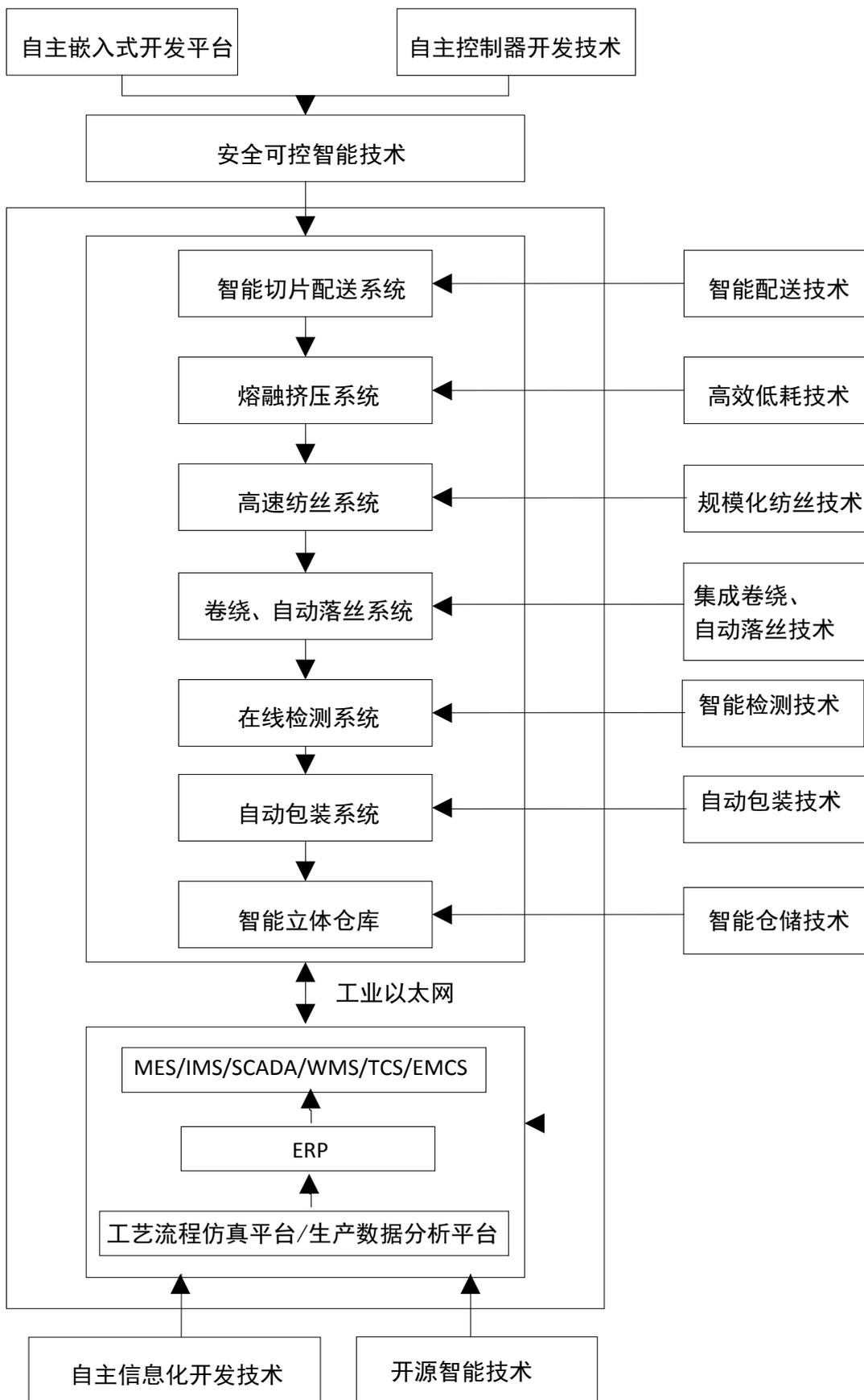


图 4-3 技术方案总图

(4) 整个锦纶全流程智能工厂通过采用和自研 24 种核心智能

制造装备，除了部分平面关节（SCARA， Selective Compliance Assembly Robot Arm）搬运机器人、电子标签与条码采集系统这两种分别采用日本安川和美国 Microscan 公司的产品外，其它 22 种核心智能制造装备都采用或自研的国产装备，核心智能制造装备国产化率达到 95%。

3、总体性能

（1）智能原料配送技术

自主研发锦纶行业全球首创的智能切片配送系统，将原料从仓库提升到加料间，由自动移动搬运机器人输送到各个用料点，人均效率提高 6 倍；与氮气气流输送方法相比，避免了因气流速度太快而导致的切片粉尘的产生，有效保证了纺丝质量，是目前全球化纤切片纺丝最好的配送料技术。

（2）智能丝饼管理技术

目前国内外的锦纶丝饼生产过程中仍需大量的人工操作，而项目首次采用了全流程智能化生产技术，使锦纶从落丝、输送、在线检测、分级包装完全自动化、智能化，生产自动化率达到 95%以上，实现了全过程人与丝饼的“零”接触，提高了生产效率，降低了用工成本，减少丝饼油污、毛丝，成品非 AA 优等品率降低 44.4%以上；丝饼缺少身份识别，只能对丝饼的部分生产环节进行产品追溯，项目采用 RFID 对每个丝饼进行身份识别，可实现丝饼的全程可追溯。

（3）生产数据分析技术

对实时采集到的各个生产环节的现场数据，按照数据仓库设计的数据模型进行云存储；利用服务提供的多种经典分布式计算模型，对数据进行实际加工计算和生产数据挖掘；根据生产计划和生产设备参数，充分利用开源智能算法进行模拟仿真和统筹优化，对生产资源进行优化配置。

（4）智能立体仓库技术

自主研发化纤行业首创的智能立体仓库，研发了双伸位自动化立体仓储技术，比单伸位的立体仓库库容率提高 80%，比人工仓库库容率提高约 10 倍，实现仓储能力最大和和配送作业准确和迅速；对仓储过程采用智能算法进行统筹优化，达到节能增效。

（5）螺杆加热、环吹风及精密卷绕技术

项目采用国际领先的高频电磁螺杆加热系统，而国内外锦纶企业采用电热棒铝哈呖加热，高频电磁螺杆加热耗电量降低 32%，温度控制精度提高 5 倍($\pm 0.1^{\circ}\text{C}$)。整个纺丝系统实现综合节能约 30%左右，其中纺丝热媒保温系统节能近 45%，环吹风系统、卷绕系统分别节能约 30%、25%。

4、运行效果

采用以高频电磁感应螺杆加热技术及单组双喷真头纺等为代表的高效低耗加工技术，以及先进的工艺设备，包括卷绕机、纺丝机、自动化立体仓库设备等主要生产设备及空压机、冷水机组、环吹风空调机组、循环水系统等辅助设备具有高效、环保、低耗的特点，有利于减少项目的能源消耗，单位产值能耗可降低 25%。由于实现了送配切片、卷绕自动落丝、在线上检测、自动包装、智能仓储等全流程智能化生产，产品非 AA 优等品率降低 44.4%，生产效率提高 50%。由于实施了锦纶生产流程仿真平台，能对新产品的生产工艺和参数进行仿真；MES 系统能对新产品的 BOM 进行管理，自动调整各个生产环节的生产工艺流程与参数；在线检测系统可对新产品进行快速、高效检测，可产品研制周期缩短 30%以上。

（二）中复神鹰千吨级碳纤维智能制造新模式应用

1、背景

目前，我国实现了 T700/T800 级高性能碳纤维的自动化连续生产，但关键核心技术装备、碳纤维产品的质量稳定性、原料损耗率以及生产能耗等亟需实现产业跃升。在国家战略需求领域里，对碳纤维的用

量和质量要求越来越高。因此，碳纤维行业在面临国内外双重压力下，急需通过智能制造实现制造业的转型升级。中复神鹰碳纤维有限责任公司是目前国内规模最大的 T300、T700、T800、M30 碳纤维生产和销售企业，国内碳纤维的市场占有率达到 60%以上，并且具备了在航空航天及重点工业领域推广应用的条件。

2、总体构成

(1) 碳纤维生产控制智能化：联合工艺、设备、自动化等技术层面，将物联网、大数据、云计算等新一代信息技术与先进自动化技术、传感技术、控制技术、数字制造技术结合，在碳纤维智能生产方面，利用工业以太网、工业无线网、PLC、DCS、ICE 智能控制系统等实现高性能碳纤维关键制造设备的控制智能化。

(2) 物流智能化：集成利用工业条形码、视觉传感器、微机电系统、立体仓库等实现碳纤维在制品以及成品的物流智能化。

(3) 企业管理智能化：集成 ERP 系统、MES、财务、人事、供应链、设备管理、质量管理体系等，实现企业管理智能化。

3、总体性能

采用工业机器人、电子标签、条码、分布式控制系统（DCS）、可编程逻辑控制器（PLC）、数据采集系统（SCADA）、在线无损检测系统设备、智能物流与仓储等 16 种以上核心智能制造装备的创新应用，实现聚合单元智能化程度 95%以上，纺丝单元智能化程度 98%以上，碳化单元智能化程度 95%以上，溶剂分离单元智能化程度 98%以上，仓储系统智能化程度 95%以上；突破碳纤维生产过程中存在设备调试运行匹配联动性问题，实现了碳纤维整体制造的智能化，快速提升碳纤维品质和生产效率，降低碳纤维成本，在一定程度上弥补与国际先进水平的差距。

4、运行效果

生产效率提高 20%以上，运营成本降低 20%以上，产品研制周

期缩短 30%以上，产品不良品率降低 20%以上，单位产值能耗降低 10%以上。

（三）福建百宏涤纶长丝纺丝工程模拟计算系统及工艺优化

1、背景

福建百宏聚纤科技实业有限公司成立于 2003 年，是华南地区最大的聚酯纤维生产基地，产能超百万吨，产品差别化率达 67%，被认定为国家企业技术中心。随着聚酯市场日益激烈的竞争以及不断被压缩的利润空间，福建百宏坚持走差别化路线，并通过坚持不懈的探索和努力，在聚酯的智能化生产方面取得了显著的成绩，自主开发出“熔体直纺涤纶长丝纺丝工程模拟计算系统及工艺优化”，并获得了 2012 年度福建省科技进步一等奖，实现了聚酯纤维低耗、自动化程度高、少人生产的全流程数字化智能工厂，提升了企业生产效率，提高了差别化产品品质，促进了企业效益增长。

2、总体构成

建立企业网络架构，企业局域以太网包括管理网、控制工业以太网以及分布式控制系统；通过建立企业数据中心，构建企业一体化信息集成系统，采用“确定方案→关键技术研究→设备（软件）开发→系统集成→应用验证及完善”的技术路线，完成化纤智能制造数字化车间的建设。聚酯纤维智能化制造系统模型架构情况如图 4-4 所示：

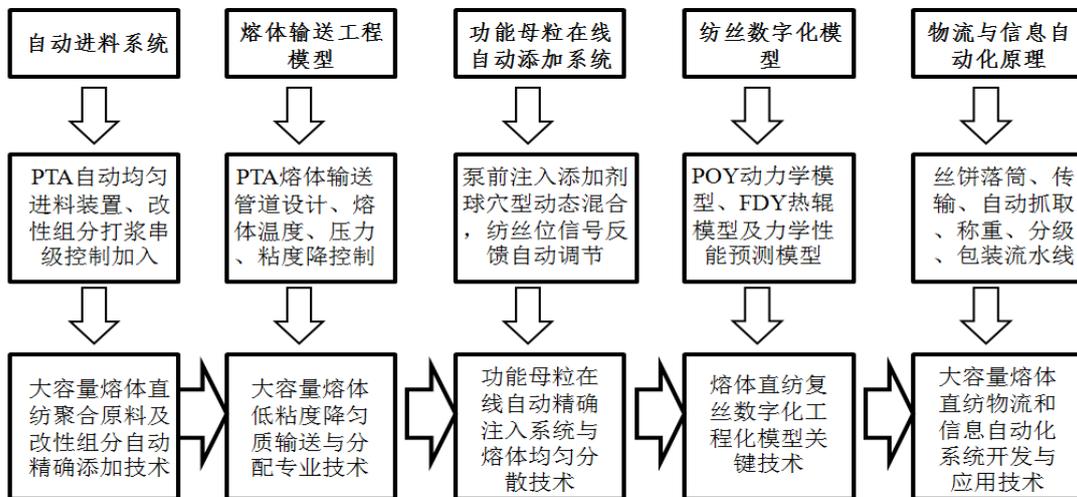


图 4-4 聚酯纤维智能化制造工艺流程系统模型架构

3、总体性能

在聚酯行业激烈的竞争环境下，福建百宏采用熔体直纺涤纶长丝生产工艺，引进全自动落筒系统和全自动包装生产线，实现智能化生产，打造数字智能化企业。自主开发了熔体直纺涤纶长丝纺丝的工艺优化系统，为行业大容量聚酯的柔性开发与品质保障提供经验。公司信息通信与网络系统选用业界先进、性能稳定、功能强大、安全可靠、操作方便、采用先进、实用、有效的通信，实现整个公司范围内的生产数据实时采集和信息共享。采用 PLC 系统对生产过程进行实时监控控制，通过各生产要素之间的联锁，安全监测，自动报警，避免工艺事故和设备事故的发生提高了生产的稳定性。联合开发的化纤制造执行系统 MES 与生产过程连接的企业信息系统，实现了对聚酯生产的智能管理与控制，实现了经营部门和生产部门之间信息的无缝集成，加强了成本管理和综合调度，提高经营管理的决策效率。同时，企业还建立以 ERP 为核心的集生产控制层、业务管理层和决策支持层于一体的三层架构的信息技术平台奠定了良好的基础，形成了具有百宏特色的企业信息化体系，自主研发了办公自动化（OA）综合管理平台。尤其是企业开发的“熔体直纺涤纶长丝纺丝工程模拟计算系统及工艺优化”在纺丝成形理论及工程模拟的基础上，建立了熔体输送工程模型，利用该模型进行产能优化设计和品种的开发形成了具有自主知识产权的熔体输送、纺丝、卷绕喂入全流程涤纶长丝工程模拟计算及优化系统，成功用于 33 万吨/年聚酯及纺丝实际生产过程管理，提升了熔体直纺涤纶长丝产品品质。该技术还获得了 2012 年度福建省科技进步一等奖，2013 年度泉州市科技重大贡献奖，总体处于国际先进水平。

4、运行效果

产品研发，提升了熔体直纺涤纶长丝产品品质，指导了细旦等新产品开发，产品开发周期从 180 天缩短到 150 天。

生产制造与管理，减少工人 1000 人，产品双 A 率从 96%提高到 98%，加强了成本管理和综合调度，实现少人工厂的目标。

市场销售，客户信息不断规范和完整，信用控制更加有效，库存信息一目了然，每锭产品都可以追溯，提高售后服务。应收账款周转天数明显减少，销售节奏更加合理。经营风险进一步降低，应收账款平均余额同比大幅降低。

物流与财务管理，采用全自动包装，自动仓储一体化的物流管理技术，减少用工，提高产品品质和生产效率。财务风险有效受控，成本核算体系明显细化，逐步实现了按生产装置、按品种进行成本核算。

另外，项目的运行带动了国产智能装备发展，国产设备占总设备投入高达 96.3%，将带动 100 亿新增产值国产智能装备的制造，推动 2000 多亿元产值涤纶长丝产业技术升级转型；同时还将带动国产核心智能制造发展，本项目国产核心智能制造装备占总设备投入高达 76.7%，集成应用 14 种国产核心智能制造装备，推动国产化核心智能制造装备在化纤行业的应用水平，带动国产软件、自动化装备、工业机器人制造、在线自动检测、智能物流与仓储设备的集成创新。

（四）山东华兴纺织集团有限公司智能纺生产线

1、背景

山东华兴纺织集团有限公司是国家高新技术企业、中国航天事业合作伙伴，建有省院士工作站、省级企业技术中心、省级示范工程技术研究中心；公司先后荣获“全国纺织工业劳动模范先进集体”、“首批 AAA 诚信示范企业”、“省两化融合优秀企业”等多项荣誉称号。“智能制造试点示范项目”并被列入山东省首批战略性新兴产业重点项目。智能纺纱生产线是国内首条实现包括自动输送、智能周转、智能仓储在内的实现纺纱全流程自动化、连续化生产的智能化生产线，关键技术装备达到国际先进水平。

2、总体构成

总工艺流程。智能纺的总工艺流程如图 4-5 所示。

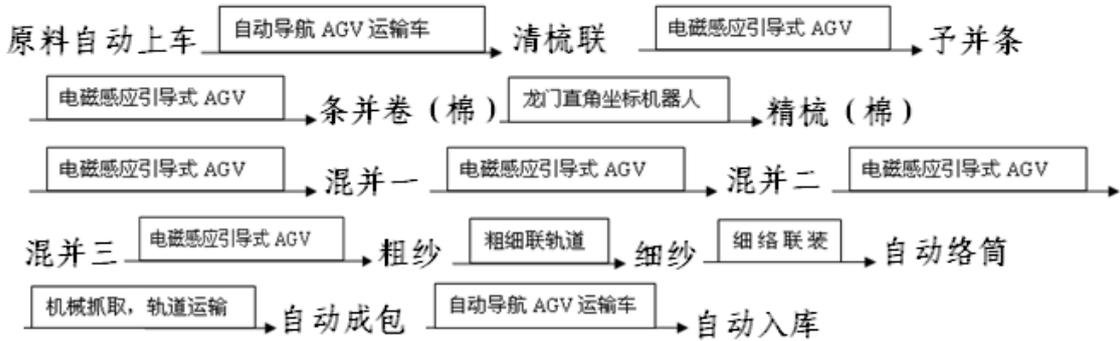


图 4-5 总体工艺流程图

通过物联标识、设备集成、工业控制网等共性技术的应用，实现了从原料投入到并条、并条到粗纱、粗纱到细纱、细纱到络筒、络筒到成包、成包到入库等工序之间物流和信息流的自动化连接，使用维护非常方便，真正实现了纺纱的数字化、自动化、连续化、智能化。通过 HTBW-01 筒纱智能包装物流系统，实现了络筒到成包的智能连接，使筒纱分品种智能输送，在线机器视觉检验、自动堆垛、自动缠绕、编织袋包装、纸箱包装，自动码垛、智能仓储的多方案全流程连续高效无人化、智能化生产。

智能纺的车间总体构成。引入 5 万锭集聚赛络纺纱，引进清梳联设备 2 套，精梳设备 1 套，并条机 18 台，粗纱机 13 台，集聚赛络纺细纱机 30 台，细络联络筒机 30 台，如图 4-6 所示。实施后，可年产各类高档混纺纱 6000 吨。



图 4-6 智能纺生产车间设备布局图

选用国内先进水平的清梳联新流程，该流程配置从开松→混开→精开，由粗到细，逐步层层开松、除杂、混合，工艺合理，能提供优质的筵棉，为后道半成品质量打好基础。梳棉机设计合理，筵棉经刺辊分梳区强力除杂后，进入锡林盖板分梳区，由于二者的最佳配合，可减少棉结，除去微尘，分梳成单纤维状态。锡林前后的双联固定盖板系统可根据纤维的不同灵活配置，有利于纤维的分梳和除杂。因此，该机在提高产量的同时，质量也得到提高。

采用先进的精梳准备工艺，生条经予并、条并卷再到精梳机，小卷横向均匀度好，无条痕，不易横向扩散，成卷质量好，精梳机产质量提高，可获得较高的精梳纱质量，有利于节约用棉，降低生产成本。

粗纱机为四罗拉型牵伸装置，牵伸工艺合理，对纤维控制有利，可提高纤维的平行度，伸直度，为后道工序的顺利牵伸打好基础，该设备速度高，产量大，制造加工精度好，机电一体化水平高。

采用超长细纱机，每台 1680 锭，加装赛络集聚纺装置、单锭检测以及粗纱停喂装置，对纺纱三角区内纤维束进行有效控制，纺纱过程实时检测，使纱的外观好并改进纱线结构。

3、总体性能

应用物联标识、设备集成互联互通、工业网控制等共性技术的应用，智能纺车间的条筒 AGV 输送系统、细纱接头智能导航系统、筒纱智能包装与输送系统等，实现了对国内外不同供应商的设备和系统全流程综合集成，建成了从原料投入到成品入库的全自动生产线。

所用原料运输进入分级室排队，采用自动导航 AGV 运输车按照预定路线将原料从分级室运至往复式抓棉机，经过清梳联生产的满桶生条采用电磁感应引导式 AGV 运输至预并条，预并条生产的半熟条采用电磁感应引导式 AGV 运输至条并卷联合机，条并卷联合机生产的小卷通过轨道运输至精梳机，精梳机生产的满桶精梳条采用电磁感应引导式 AGV 运输至并条机使用，并条机生产的满桶熟条采用电磁

感应引导式 AGV 运输至粗纱，并将使用完毕的空桶送回梳棉机。实现了从原料投入到粗纱生产的货物和物料装卸与搬运全过程自动化。

粗纱到细纱实现了自动运输粗纱，即实现了智能纱库粗细联，从根本上颠覆了粗细联主要适用大批量生产的传统观念，使多品种小批量在粗细联系统的应用更加得心应手。

粗细络包联纺纱系统是由自动落纱粗纱机、细纱机和粗细联输送系统与自络联型自动络筒机、全自动包装入库物流生产线等部分联合组成，实现了粗纱、细纱、络筒、成包、入库等工序的自动化、连续化、智能化联接。

为提高产品质量、节约原料，在国内首次使用 1680 锭/台的超长细纱机并加装集聚赛络纺装置、单锭监测装置和单锭粗纱停喂装置，通过对管纱质量实时监测，弥补了传统的离线检测的片面性，使所有纱线都能够得到检测和监控，从而使筒子纱的质量大大提高。提高了工作效率、设备管理效率、细纱数据统计效率，为工艺优选提供数据。单锭粗纱停喂装置解决了纺纱厂常见的三个问题，即：节省原材料；消除纤维绕花问题；尽量减少对生产的人为影响。

细纱单锭监测系统将实时断头即时传送到云中心，云中心自动按“先断先接和就近接头相结合”的规则对路径优化分析，将路径优化结果实时传送至值车工的 PAD 上，PAD 引导值车工快速到相应的断头锭子位置，进行接头工作。减少了值车工巡回时间，缩短了值车工接头时间，减少了粗纱浪费，提高了生产效率。

采用粗细络包联纺纱系统可实现纺纱生产过程的自动化与连续化，改善劳动环境，提高劳动生产效率，提高产品质量，降低劳动强度，节能降耗，节约用工，解决了纺织企业用工荒的难题。这套设备不仅能提高劳动生产率，降低劳动强度，改善产品质量，便于管理，同时它还能将先进的物联网技术用于纺织企业的生产经营之中，建成国内首条自动化、连续化、智能化纺纱生产线。

采用智能物流仓储技术的全自动编织袋智能包装输送系统，从络筒机取纱→输送→品种识别→机器人卸纱、堆垛→机械手拆垛→自动套袋→编织袋自动成包→自动贴标→自动码垛→自动入库→自动出库，整个流程无任何人工直接参与，真正的无人智能包装输送系统；全过程自动化、无人直接参与、无人接触、实现了真正的智能化、无人化；编织袋、纸箱、热缩膜、缠绕膜等多种包装形式共线运行；塑料编织布在线仿人工自动成包技术，包装成本降低；筒纱品种自动识别和跟踪、追溯一对一；全流程筒纱质量无损伤；采用机器视觉系统，全过程质量监控，对不合格筒纱自动剔除。

4、运行效果

企业应用物联标识、设备互联互通、纺织工业控制网、仓储与物流等共性技术，实施智能纺生产线，能够有效提高生产效率 30%，缩短产品生产周期 35%，在制品库存资金周转加快，取得间接经济效益 10%；企业万锭用工数量下降 75%，降低人工成本可达 70%；能源利用率提高 12%；智能配棉的应用，可平均降低配棉等级 0.5 级，从而大幅降低用棉成本；企业综合运营成本降低 25%。此外，项目实施后可有效降低在库库存资金占用和在制品物资资金占用，降低库存资金占用 10%，从而有效节约财务成本。

（五）山东康平纳筒子纱染色智能工厂

1、背景

筒子纱染色是生产高档色织、针织面料等众多纺织品、赋予产品功能、提升产品附加值的纺织产业重要组成部分。筒子纱染色存在三大问题：染色用工密集生产效率低，染色质量稳定性差，能耗高废水排放量大。筒子纱染色智能化是国内外努力追求目标，因其工艺繁杂，德国、意大利等国虽经多年努力，但目前仅研发出局部自动化卧式染色生产系统。为提高效率、提升质量、节能减排，山东康平纳领衔研发了筒子纱染色智能工厂，突破了染色工艺数字化、智能化，染色装

备自动化运行，全流程系统控制三大技术难题，实现了智能工厂。

2、系统总体构成

数字化筒子纱智能染色示范生产线总体构成如图 4-7 所示：

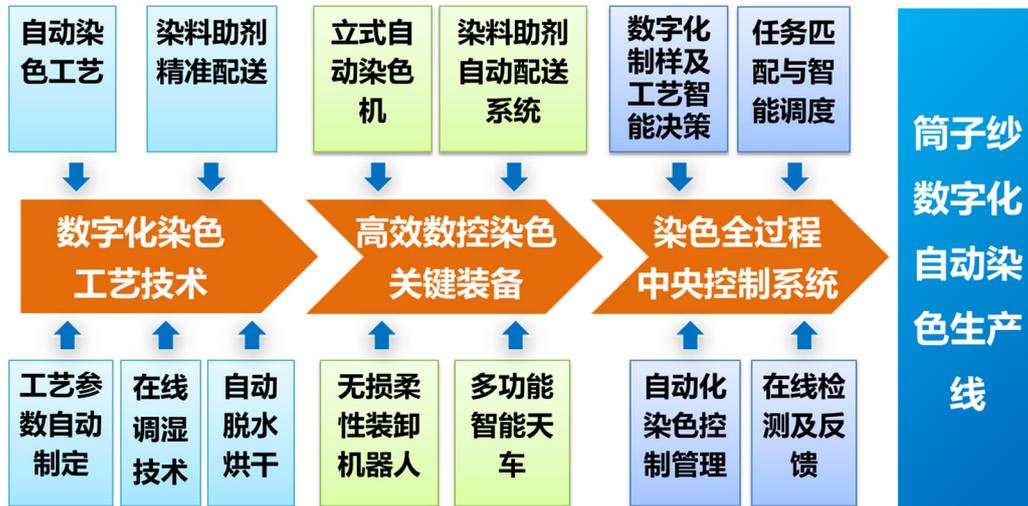


图 4-7 数字化筒子纱智能染色示范生产线总体构成

该系统通过染色工艺、装备、系统三大创新，研制出适合于筒子纱数字化自动染色的工艺技术、数字化自动染色成套装备及染色生产全流程的中央自动化控制系统，实现了筒子纱染色从手工机械化、单机自动化到全流程数字化、系统自动化的跨越，使我国成为首个突破全流程自动化染色技术并实现工程化应用的国家。关键技术如下：

准确快速制样自动化参数匹配与制定技术。通过数十万组人工制样与仪器校样配方比对回归分析，创建出多元制样配方的自动匹配数学模型，研究出数字化快速精确制样技术。解决了制样依赖人工经验、偏差大、效率低、配方智能化生成等难题，实现制样一次准确率提高 25% 以上。

自动染色工艺及数据库。研究了纱线、流量、水头损失等多参数对染色质量影响规律，研究出少水染色液位控制及工艺参数制定模型。提出染色工艺智能生成方法，研究出棉、毛、丝、麻等多种纱线自动化染色工艺，创建百万组自动染色工艺数据库。解决了染色生产准确性差、用水量大、工艺智能化等技术难题。

自动化染色机、粉状助剂自动配送技术及装备。研发纱卷自动锁

紧、纱笼自动装载、粉状助剂高效精确计量、长距离配送及溢流化盐系统，研制出系列中央控制的立式自动化节水染色机及粉状助剂称量与输送一体化系统，突破国内外一直没有解决的染料粉状助剂配送堵塞、计量精度差、适时加注等难题。实现了染色工艺精确执行、染料助剂精准配送，节约染料助剂 10%以上。

筒子纱高效脱水、节能烘干技术及装备。针对纱卷脱水变形大、烘干变色等难题，研究出了棉、毛、丝、麻等多种纤维高效脱水及替代传统烘干的筒子纱微波烘干技术。研发出纱卷高效脱水防变形及精定位装置，首创纱卷柔性精定位自动脱水机及 CMW 系列筒子纱微波烘干机。实现了高效脱水、节能烘干，纱卷变形小，烘干效率高达 500kg/h。

筒子纱自动装卸及精准输送技术。针对纱卷排布密集、空间狭小、快速精准定位等难题，研究纱卷自动化无损高效装卸方法，创新开发出纱笼防摇摆与精定位一体化机构，创新研制出装纱、脱水、烘干等工位系列机器人及智能装运天车。解决纱线损伤、高效装纱、精准装运等难题，实现多种染色物料及装置多工序间、长距离、自动化高效装运。

自动染色生产线在线检测及反馈闭环控制技术。研究自动染色过程整线运行检测、工艺参数采集及处理技术，解决了自动染色生产线多参数在线检测、补偿反馈、协同控制等技术难题，创建出筒子纱生产全流程的均衡染色控制系统。实现染色全过程 100 多台套设备、2000 多个参数自动在线检测、实时全流程闭环控制。

筒子纱自动染色控制管理技术。在染色工艺、任务执行、生产节拍等离散控制研究基础上，创新提出从络纱到成品染色全过程由一个任务单直接驱动自动染色，创建出全流程自动化染色控制管理系统。实现染色生产效率提高 10%~15%。

自动染色生产线运行安全可靠技术。研究自动化染色系统运行

及安全互锁、联动设备冗余控制、工艺数据反馈与软件记忆双重控制技术，解决了工艺稳定及系统运行可靠性等难题，创新建立了四级安全可靠性保障体系。

3、总体性能

筒子纱染色智能工厂一是适合于筒子纱数字化自动染色的工艺技术，解决了染色工艺过程由依靠人工经验到工艺数字化、智能化的技术难题，实现了制样及染色工艺自动化，为全流程自动化染色奠定了重要工艺基础。二是开发出筒子纱数字化自动染色成套装备，研制出了 23 种自动化染色装备，解决了缺乏全流程染色自动化装备难题，为自动化染色提供了重要装备支撑。三是实现数字化染色生产全过程的中央自动化控制系统，解决了控制对象复杂、高温高湿环境下，全流程系统控制及可靠运行技术难题，实现了染色全流程检测反馈控制，为自动化染色提供了重要系统保障。筒子纱数字化自动染色成套技术与装备实现了 100 多台套设备、2000 多个参数在线检测、实时全流程闭环控制，大幅度提高了纺织染色的质量效率和节能减排水平。该装备全部实现了自动化，节约用工 70%以上，超过了德国、意大利等国际先进技术水平。通过本装备染色，色差由原来 4 级提高到 4.5 级以上，染色一次合格率达到 95%以上，比国际先进水平高 5 个百分点，工艺稳定及生产运行可靠性由原来 57%提高到 95%，有效实现了染色生产效率和品质提高。本装备可为棉纱、毛纱、棉麻纱等各种筒子纱染色，也可扩展到坯布染色、印花等领域，可实现吨纱节水 27%、节约蒸汽 19.4%、节电 12.5%、减少污水排放 26.7%。该系统与国际先进技术水平对比如下：

表 4-1 该系统与国际先进技术水平对比

类别	国际先进水平	本项目	先进性对比
自动化水平	局部	全部	高
制样一次合格率	70%	75%	高 5%
染色一次合格率	90%以上	95%以上	高 5%
筒子纱装卸	6 个/次	10 个/次	高

类别	国际先进水平	本项目	先进性对比
烘干方式	射频烘干	微波烘干	节能 10%
吨纱用水	100 吨以上	78~82 吨	节水 20%以上

与德国、意大利技术相比，本项目在自动化水平上全部实现自动化，制样一次合格率高 5-25%，染色一次合格率 95%以上，筒子纱装卸效率高，烘干工艺比热风节能 30%，比射频节能 10%，吨纱用水平均节水 27%。

4、运行效果

筒子纱染色智能工厂首次实现了筒子纱染色从原纱到成品的全过程数字化自动生产。创建了筒子纱数字化自动高效染色生产线，建立起筒子纱数字化自动染色车间，实现筒子纱染色从手工机械化、单机自动化到全流程数字化、系统自动化到智能化的跨越，实现了印染行业“两化”融合，使我国成为世界上突破全流程自动化少水染色技术并实现工程化应用的国家。

（六）青岛酷特服装大规模个性化定制产业模式

1、背景

青岛酷特智能股份有限公司成立于 2007 年，通过 10 年实践，将互联网技术、数字技术与传统制造业结合，实现了个性化定制服装的数字化大工业生产，探索出了以“酷特智能”为代表的“互联网+工业”的新生产模式。“酷特智能”专注于“互联网+工业”彻底解决方案的研究、实践、推广、实施、落地和 C2M 商业生态的建设、运营，发展了崭新的 C2M(Customer to Manufactory)大规模个性化定制模式，为中国传统制造业转型升级提供一种新路径。2016 年获评中国两化融合服务联盟组织评选的年度两化融合优秀解决方案和两化融合十大领军人物两项奖励。

2、总体构成

酷特 C2M 平台包含 20 多个子系统，包括“客户交互系统”、“供应链系统”、“自主研发系统”、“智能配套、物流系统”、“全程计算机

网络控制系统”等。

消费者通过个性化定制系统自主选择产品并付款生成订单，平台运用大数据和云计算技术，将分散的顾客需求数据转变成生产数据。接着客户需求数据直接传输到员工手里，客户的个性化需求由 C 端直接到 M 端，形成两点交互。

以订单信息为源点，在组织节点进行工艺分解和任务分解，以指令推送的方式将分解任务推向各部门（工位），以基于物联网技术的数据传感器，持续不断地收集任务完成状况，反馈至中央决策系统及电子商务系统，透明、高效地弹性化实现商务流程和生产流程的基础信息架构。每一个工位都有专用电脑读取制作标准，利用信息手段数字化快速、准确传递个性化定制工艺，确保每件定制产品高质高效制作完成，通过全程数据驱动，传统生产线与信息化深度融合，实现了以流水线的生产模式制造个性化产品。



图 4-8 青岛酷特生产工位示意图

3、总体性能

在 2015 年服装行业整体低迷的形势下，酷特互联网定制服装业务收入实现翻倍增长，利润率达到 25% 以上。这与其基于 C2M 平台打造用户与厂商无缝对接，依托面料、版型、号型数据库满足个性化需求，以及以电子标签为载体实现产品加工信息云端化及实时共享性紧密相关。

(1) 基于 C2M 平台的用户与厂商沟通无缝化

酷特 C2M 平台的“客户交互系统”支持全球消费者的自主设计，消费者从电脑、手机等信息终端登录，在线自主选择产品的原材料、款式、工艺，生成的订单直接传输到生产端，实现了客户端和生产端的直接交互，取消了中间环节。依照客户需求进行定制生产，充分释放了员工生产力，生产效率提升了 30%以上。企业根据订单进行生产，降低了资金和货物积压，最大限度让利消费者。企业的定制生产的成本比批量制造高 10%，但利润空间是传统模式的 3~4 倍以上。这种高效的点对点供给，实现了“按需生产、零库存”，解决了企业恶性循环的库存积压问题。

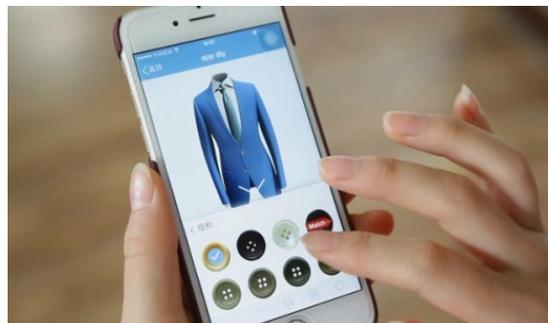


图 4-9 酷特 C2M 平台

(2) 大数据推动面料、版型、号型库规模化，满足个性化需求

酷特 C2M 平台可定制产品的品类覆盖面广、种类齐全，智能研发体系中包含有 100 万万亿款式，满足 99.99% 消费者的个性化定制需求。这都得益于背后庞大的产品信息数据库。

酷特注重多源数据的整合与开发，积累了超过 200 万名顾客个性化定制的版型、款式数据库，包括各类领型数据、袖型数据、扣型数据、口袋数据等，衣片组合超过万亿种以上款式组合。然后进行数据建模，通过“三点一线”量体法，采集到每位顾客身体的 18 个部位、22 个数据，在系统上建立数据模型，进行计算机 3D 打版，实现“一人一版、一衣一款”。最后是建立算法，对顾客没有清晰描述的需求，系统通过算法进行最佳匹配，同时计算出最佳的成衣生产流程。目前，酷特的版型数据、款式数据库，建模数据、服装建模编程已能满足各种人体数据需求。

基于大规模数据库的大规模个性化定制服务，不仅满足用户个性化的产品类别、款式需求，而且 3D 打版支撑的服装结构设计，突破了传统大规模生产带来的合体性不佳的问题，提升了用户体验，促进了行业的可持续发展。

(3) 以电子标签为载体的产品加工信息云端化及实时共享性

用户在客户端下单后，订单数据都转换成计算机语言，及时传递到酷特定制系统中。订单信息首先进入自主研发的数据库进行数据建模，自动转化为生产数据。C2M 平台再进行任务分解，以指令推送的方式将任务推向各工位，7 天内完成生产。生产过程中，每件产品都有单独的伴随生产全流程的电子标签，每个工位都有自主开发的终端设备，可从互联网云端下载并读取电子标签上的订单信息，从而将用户的个性化需求落到实处。员工可在云端直接与市场 and 用户实时对话，零距离服务。当用户在云端修改订单信息后，员工可实时获得信息更新，有效缩短了协调与沟通时间，降低了生产错误率及次品率，同时也获得客户的一致好评。图 4-10 所示为整体效益的提升情况。

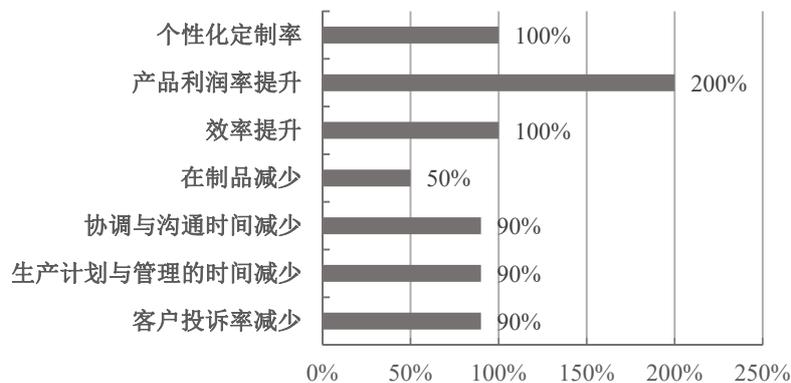


图 4-10 整体效益提升情况

4、运行效果

目前，酷特全年生产个性化定制服装超过 100 万套件，每天要设计 2000 多种不同款式，其“服装个性定制项目”纳入国家工业和信息化部首批智能制造试点示范项目。2014 年，在（成衣）零库存的状态下实现了业绩 150% 的增长。2015 年，酷特服装板块业务收入 37

亿元，其中互联网定制业务的收入和净利润同比增长 130%以上，利润率高达 25%以上。据中华全国商业信息中心统计，2015 年 1-6 月全国百家重点大型零售企业服装类商品零售额同比仅增长 3.7%。

借助大数据，酷特集团颠覆了原有的商业模式，用工业化手段实现大规模个性化定制，成为中国首批将工业 4.0 落地的企业。酷特提出的“面向服装行业的大规模个性化定制应用基础性标准研究及试验验证”项目已入选 2017 年国家专项，将为中国传统低端制造企业的转型提供数字化解决方案。

（七）浙江报喜鸟大规模个性化服装智能定制系统

1、背景

浙江报喜鸟集团有限公司组建于 1996 年，主要从事报喜鸟品牌西服和衬衫等男士系列服饰产品的设计、生产和销售，相继建设了温州、上海和合肥三大工业园区，是浙江省“五个一批”重点骨干企业。报喜鸟集团自 2015 年以来，逐步建立“云翼互联”智能体系，是中国服装行业首个工业 4.0 的项目。该体系由“一体两翼”构成，即以 MTM 智能制造透明云工厂为主体，以私享定制云平台 and 分享大数据云平台为两翼，通过云工厂、云定制、云分享，打造服装大规模个性化定制平台。该体系的主要特点是生产过程高度自动化，实现虚拟现实仿真、私人定制云平台、客户自主设计、客户个性化需求挖掘与分析 and 定制产品工业化生产等功能。

2、总体构成

报喜鸟大规模个性化智能定制系统主要由以下三个子系统构成：

（1）“MTM 智能制造透明云工厂”，通过 CAPP、RFID、智能吊挂、MES 制造执行、智能 ECAD、自动裁床和 EWMS 等系统建设，打造 EMTM 数字化驱动工厂；

（2）“私享定制云平台”通过对 Hybris 电子商务平台的二次开发改造，与国内专业软件厂商合作开发虚拟现实仿真技术与 3D 渲染技

术，构建 PLM、CRM、SCM 等系统，实现“一单一流、一人一版、一衣一款”的全品类模块化客户自主设计；

(3) “分享大数据云平台”实现对用户的个性化需求特征的挖掘和分析，通过样本数据采集分析，让西装版型更加符合穿着者的身材。

另外，企业引进世界一流生产流水线，拥有美国格柏计算机辅助生产系统、德国杜克普缝制流水线、意大利罗通迪全自动整烫流水线，实现流水线上的个性化定制。

3、总体性能

报喜鸟“云翼互联”大规模个性化定制项目，利用互联网采集并对接用户个性化需求，以用户为中心，以消费者需求为导入点，构建后向传导的生产模式，以销定产，实现产销的无缝对接，满足了消费者个性化、时尚化的需求。该体系主要有如下两大特点：

(1) 个性化产品批量生产

通过线上的私享定制云平台，消费者可以自主选择面料、工艺、款式、领型和纱线颜色等，生产部门接收到数据后，后台进行智能化数据分析和信息整合，通过三种不同功能的智能系统生成“版型、工艺、物料、排单”四类生产资源信息。各组数据同步汇集到 MES 生产执行系统生成唯一编码，并将编码导入 RFID 芯片，根据 RFID 个人服装身份证数据信息，所有原材料和辅料通过智能制衣吊挂体系传送到每个工人面前，相应所有信息也会在每位工人的平板显现屏上显现，作为员工的操作指南，确保一人一版、一衣一款，一单一流。通过生产系统自动对服装部件进行拆解和重装，并配备智能化的加工方式，报喜鸟解决了个性化订单通过传统纸质工艺单传递的低效率和高差错问题，实现了个性化定制产品的大批量生产。

在个性化定制业务上，报喜鸟的“HYBRIS 全渠道客户互动平台”保证客户自主下单与智能工厂的直接交互，即客户对自己的订单在工厂的流程环节可进行全程了解，使客户参与到个人服装生产过程中。

（2）自动化和高效生产

报喜鸟通过 PLM 产品生命周期管理系统和智能 CAD 系统构建智能版型模型库，实现标准化、部件化自动装配及模型参数智能改版，大规模推版速度比人工提高 50 倍。接收到排单、物料、版型、工艺等信息后，利用 CAM 自动裁床系统，按照 CAD 版型数据，实现服装单件自动裁剪，裁剪效率较传统的人工裁剪提高 5 倍以上。智能车间内实现了工序流的自动排序，系统会根据顾客选择衣服的工艺情况进行自动处理，安排生产工序。衣袖、衣领和口袋等制作西服所需的各部件通过流水线传输到各个工位，加工完成后经过自动筛选，再通过流水线传送到相对应的工位进行组装，排除人工操作带来的时间延迟和资源浪费。通过报喜鸟云翼互联项目的实施，克服了服装个性化定制生产效率低的困难，同时解决了个性化订单通过传统纸质工艺传递的低效率和高差错问题，全品类服装定制从下单到交付每套服装平均生产时间由 15 天缩减至 7 天。



图 4-11 报喜鸟智能车间

4、运行效果

“云翼互联”智能体系已经稳定运行了两年，自应用以来实现以销定产、精准供给，突破行业高库存、低周转、高渠道成本的瓶颈，为报喜鸟带来了良好的经济效益。依托智能设备，不仅裁剪效率提高 5 倍以上，并且定制产品的产量从每天 600 件扩大到 1200 件，合格率从 95%提升到 99%。同时，物耗下降 10%，能耗下降 10%，生产人员精简 10%左右。

（八）泉州海天纺织服装网络协同制造

1、背景

泉州海天材料科技股份有限公司创立于 1994 年，经过 20 多年的发展，已成为集“产品设计—材料研发—面料织造—染整印花—面料复合—服装加工”于一体，产业链配套完整的高科技纺织企业。海天拥有博士后科研工作站，具备强大的研发力量，非常注重企业的研发创新能力。

面对“中国制造 2025”和“工业 4.0”的发展浪潮以及纺织服装行业的高库存问题，海天致力打造“时尚梦工厂”，成为“互联网+纺织服装”企业样本。依托在面料研发生产和成衣加工方面的优势，通过开放共享的互联网技术吸引服装行业人才及企业，将供应链向前延伸到服装设计、向后延伸到销售终端，集消费者、设计师、面料商、辅料商、智能工厂及智能化销售终端于一体，形成一个完整的纺织服装供应链闭环体系，以及协同优化的纺织服装绿色智慧制造生态系统，进行休闲运动服饰小批量、多批次补货需求的敏捷制造、柔性制造，为消费者提供个性化定制服务。

2、总体构成

海天依靠共享互联网技术搭建的互联网协同制造平台，涉及整条服装产业链，为设计师、配套企业、终端销售商提供平台支撑和技术支持。具体构成包括设计师创新创业平台（汇聚设计资源）、公共技术服务平台（研发工艺技术和制定标准）、O2O 电子商务平台（建设与维护终端渠道）、生产协同平台（整合利用生产资源）以及检验检测平台（把关产品质量）。

3、总体性能

拉式营销平台的自助式及全面化，引领个性化定制需求。为了提升市场活力，降低产品库存，海天从产品本身及零售服务两方面入手，由惯用的推式营销方案转变为拉式营销，保证自身产品足够的吸引力。

海天建立设计师创新创业平台，接受全球设计师入驻，不限门槛不限资历。入驻设计师的单件样品都能挂在 O2O 平台上进行售卖，为终端用户提供尽可能多的选择。在 O2O 平台上，一件服装可以拆分为多个模块，消费者可以通过系统提供的定制平台，在选定基本款型后，对各个模块及颜色、花型进行自由搭配。平台还开发了 3D 模拟试衣模块，可自动检测顾客服装参数。消费者还可根据自己的需求与设计沟通，按照个人喜好，增加一些个性化的图案或者文字设计，让设计师为顾客度身定做，满足顾客的个性化需求。



图 4-12 用户在终端进行个性化定制

拉式营销平台不仅全方位激发了顾客的购买欲望，让产品满足不同人群的需求，可以帮助企业摆脱产品积压问题，也推动了“小批量、多批次、低库存、快时尚”的纺织服装转型升级新模式的发展。

产业链信息的实时传递性及全行业共享性。海天打造网络协同制造的时尚工厂，除了依靠拉动式营销平台刺激个性化定制需求，其依据公共技术服务平台和生产协同平台实现的生产信息实时共享同样起到支撑和保障作用。

2004 年海天引进了 X3 协同系统，构建以客户需求为导向的面料快速反应供应链管理体系，实现面料产供销协同及织造、染整等主要生产环节的实时管控。2015 年，海天与中国科学院软件研究所合作，建立快速补货的拉式供应链信息化生产计划系统。引进德国 SEDO 公司的全流程数字化印染工艺控制系统，在印染环节实现标准化、数字化管理。引进美国甲骨文公司的服装 JDE 管理系统，对服装供应链

上的打样、计划、采购、生产、物流、销售等主要环节进行整合，同时加入财务集成，形成业务、财务一体化的服装供应链协同云平台。海天通过运用上述一系列供应链管控系统，实时共享原材料、产品及生产信息，确保各个环节准确、高效地沟通，降低了产业链下游生产环节的成本消耗，提升了生产效率。

另外，海天打造的纺织产业公共技术服务平台，在平台上导入织造技术、染整印花技术、服装开发打样及裁剪等产业链核心环节的工艺技术中央控制系统，通过开放共享的互联网平台，服务纺织服装企业，在保证自身快速成长的同时，加速释放产业经济新动能，引领全行业变革，协助打造绿色、可持续的纺织制造生态圈。

4、运行效果

海天已延伸出“织造、染整、成衣的智能制造平台”、“整合上下游产业链的产业云平台”及“O2O 营销的设计师平台”，并扩充为六大平台，于 2015 年正式上线“时尚梦工厂”。因企业致力于纺织服装绿色智能制造生态系统建设，海天 2015 年被列为首批福建省智能制造试点示范企业、2016 年获得国家智能制造综合标准化与新模式示范试点项目。

(九)常州五洋纺机数字化全成形经编装备及智能生产管理系统

1、背景

针织机械中的经编装备具有生产流程短、高速高效、节能环保等诸多优点，具有广阔的发展前景。传统经编设备的主控系统主要是单机版模式，生产过程中的监控与数据无法与企业 ERP 系统实时对接，缺乏实时监测的能力。因此，通过各类传感器、监控设备实现对生产线运行时产生的各种信息进行采集，实现生产线的智能化及远程管理，保证产品质量，提高生产效率，是经编装备智能化的重要途径。

双针床经编机是经编机中的一个大类，由于其具有一次立体成形的特点，改变了针织产品从坯布织造到裁剪、缝制的传统生产模式，

实现单台装备从纱线上机、立体编织到服饰一次成形编织完成的全新生产模式，可大幅度提高劳动生产率，显著提升产品的档次和附加值，又符合时尚、个性化的消费趋势，实现传统针织服装产业的转型升级，因此，近几年国内外双针床立体编织技术得到迅猛发展。我国全成形经编设备的生产，特别是智能化生产线和核心智能装备的生产起步比较晚，底子薄弱，与德国、意大利等装备强国相比存在差距。

五洋纺机有限公司是我国双针床经编机领军企业，通过对数字化全成形经编装备及智能生产管理系统进行持续不断的开发，在全成形精细化加工技术、经编机智能控制技术、基于物联网的高效智能化生产线等方面取得突破，实现了基于物联网技术的全成形产品生产线全产业链的智能化和远程监控、信息交换，极大的保证了产品质量，提高了生产效率。

2、总体构成

数字化全成形经编装备及智能生产管理系统包括无缝成形经编机、全成形3D织物经编机、双面成形提花经编机、数控绒毯类经编机和经编智能生产线管理系统等，其关键技术主要包括：

经编装备及其全成形精细化加工技术。在现有各类经编设备的基础上，突破了高机号全成形编织技术、压电陶瓷贾卡控制系统、智能多轴导纱针横移系统、曲轴连杆传动、成圈位移曲线、张力控制监测、多速多段电子送经、成形织物任意密度牵拉系统等关键技术，实现了精细化、数字化全成形系列经编装备及产业化的推广和应用。

经编机智能控制系统。开发了自主知识产权的经编机多维精协嵌入式智能控制系统，实现了机构控制、人员的生产过程管理、远程运维一体化协同控制，采用工控计算机、高速现场总线和高精度动态响应伺服系统及开发的专用软件，与ERP、智能生产管理系统全闭环运行，实时管理、运行数据，达到智能化高精度协同在线控制。

基于物联网的高效智能化生产线。通过各类传感器、监控设备实

现对生产线运行时产生的各种信息进行采集，通过网络传输至服务器进行存储，再由软件系统进行分析、管理以及输出，创新了智能化、远程监控、信息交换等技术的高效智能化生产线，集成订单、个性化服装设计、原料、整经、编织、缝剪、包装、仓储、物流等，实现了全成形服装的全产业链智能化生产和管理。

3、总体性能

(1) 突破了全成形精细化加工技术

三维全成形双针床经编机的机构及生产工艺相当精细复杂，技术关键主要集中在全成形经编机结构设计、成圈位移曲线、短动程高速编织技术、高精度加工、传动精确稳定控制技术、贾卡提花控制技术、整经及张力控制监测技术等，具体如下：

突破了三维全成形精细化短动程舌针无缝编织技术。创新了双面短动程舌针多维编织技术，通过复合式组合机构成圈位移曲线设计，建立了短动程舌针双针床无缝成圈模型，优化设计成圈运动曲线，实现低张力、减少了成圈时间，低摩擦（降低 50%），降低了纤维的损伤，确保了布面质量。

突破了 E30 高机号编织及任意提花可编织技术。突破流延成型破了压电陶瓷片新型封装、精细化涂装和贾卡针微组装技术及贾卡提花装置，研制的一侧凸起独特结构的导纱针，满足了高机号安装精度及高速化要求，响应速度高达 8ms，打偏力度达到 10g，实现了所有纤维的三维全成形和密实型产品加工，织物密度达到 23cpc 以上，三维全成形服饰的成形和款式花型的任意组合，合体性和舒适性更好。

创新了高速双针床经编机曲轴连杆传动装置。基于运动学与动力学原理研究了双针床经编机高速运动系统，结合遗传算法优化设计、计算机仿真技术，创新设计和使用双面曲轴、连杆相配合的双针床成圈运动机构，突破了多相位、多拐曲轴和连杆相配合的技术难题，确保了各成圈机件动作配合的精准性，使构件数量减少、冲击力减小、

噪音降低，生产速度达到 1000 横列/分钟。

突破了复杂特殊要求的多速多段智能送经和牵拉装置。突破了多速多段电子送经和多速多段电子牵拉控制技术的无缝匹配，确保了目标产品完全符合人体结构特征，提升了服饰的档次，解决了瞬间送经速度变化时经轴转动惯量对送经精确度的影响，达到送经量和即时牵拉密度变化的完全吻合，确保了化工、家居、体育及产业用纺织品对编织单件不同密度产品的使用需求。

创新了恒张力控制补偿及纱管送经阻尼装置。经编及整经时保证每根纱线张力一致和恒张力是编织高品质织物的前提条件，创新了可调节的过纱杆装置和张力的补偿装置，配置多组调节块组件，可调节张力的补偿装置的张力杆实时调节补偿纱线恒张力；创新了带张力调节装置的切向退绕的纱管支撑架，防止纱线产生扭矩缠绕现象，并配有可调节的阻尼张力器保证纱线退绕张力恒定，停车惯性时可及时张力补偿，实现了每根纱线张力的一致性。

创新了梳栉横移的伺服电子驱动装置。输出轴通过联轴器与滚珠丝杆联接，设计了副导向轴并共同作用，有效地消除了对主导向轴产生的径向应力，提高了梳栉移针的准确度和传动效率，并对机械传动部分采取供油式润滑，提高了横移的速度和精度，满足高速、复杂花型的要求。

研制了双面曲轴风冷、恒温、润滑系统及减震降噪装置。解决了多相位、多拐双面曲轴的恒温和均匀润滑的关键技术，采用油箱、过滤器、叶片泵、油压表、油路分配器、冷却器等一体化设计，调压阀对各支路进行定量输油调节，从而达到最佳的润滑冷却效果；确保油箱温度和三轴整体温度保持在 34-35°C，消除了机器因转速太快烧瓦的现象，创新了新型弹簧装置和辅助减振装置，确保针距的精准性，使整机保证高速运转，同时延长了机器使用寿命。

（2）创新了全成形经编智能控制技术

三维全成型服装时尚、个性化的消费需求不断提高，对新型全成形经编机智能控制技术提出了更高的要求。三维全成形经编机的智能控制系统实现了机构控制、人员的生产过程管理、远程运维一体化协同，达到智能化高精度协同在线控制。具体如图 4-13：

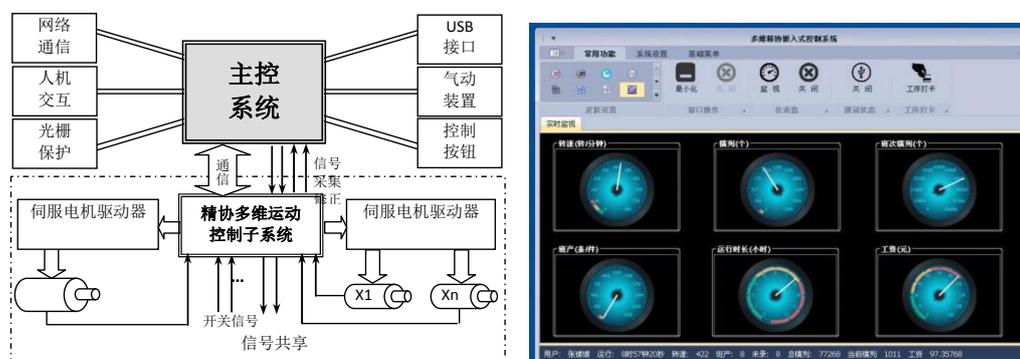


图4-13 全套闭环控制系统及智能管理平台

创新了多维精协嵌入式智能控制系统。通过创新设计具有高性能 ARM 处理器与专业运动控制芯片的多维精协嵌入式控制系统及平台，自主开发了将功能独立的分层控制体系、递阶式架构控制原理、嵌入式（ARM、FPGA）控制方式等相结合的智能控制系统，实现整机机电一体化高速、高精度协调全闭环控制，提高整机智能化水平；多维精协嵌入式控制系统与横移控制系统、成圈控制结构、送经控制机构等实时控制和快速动态响应，具有嵌入式故障诊断系统和纱线激光自停装置，新型电子横移装置及控制技术，实现行程变换和任意花型的提花编织。

实现了中央在线监控和系统自主思维引擎模式。创新了中央计算机、高速现场总线在线监控系统，车间所有机台由中央管控员在线监控，可实时了解到具体机台的生产情况、转速、订单完成情况、为操作人员和管理人员提供生产计划的制度、执行和跟踪间；集成了历史大数据分析和自主思维引擎模式，每台机器客户端会自动接受从 ERP 下单消息，并分析数据发送决策，远程传输工艺至机台、挡车工，过程中的数据被记录，系统及时进行自主思维引擎更加智能，决策也更加精准。

构建了机器层和业务层的通道。多维经协嵌入式控制系统上与 ERP 集成,下可与设备打通,从而搭起了机器层和业务层之间的断崖,能够在恰当时机将正确的信息,有效的给到正确的人;基于嵌入式控制系统内长期数据的积累分析,提醒和引导对的人及时准确无误的判断和参数调整。

创新了具有模拟仿真功能的三维全成形款式花形与服饰产品的设计与工艺软件系统。为了降低生产成本,快速适应市场要求,满足个性化消费需求,建立了专门具有模拟仿真功能的三维全成形款式花形、服饰产品的设计与工艺软件系统,并在系统中建立各种原料、款式、技术参数、人体特征数据、花形工艺及设备的技术指标、客户要求等信息,能同时适应原料多样性及款式、花形、品种的个性化消费需求,实现终端产品的高档次,快速投放市场的要求。

创新了经编机连杆传动保护系统及远程监控装置。通常机器一旦出现故障,若对其进行拆卸,容易对传动装置造成二次损害,创新了经编机连杆传动保护及远程监控装置,通过在转轴上连接有轴保护器及感应装置,对远程控制连接件进行实时感应,信息通过无线传输方式反馈到机器生产厂商的远程控制系统,对经编机的传动装置进行很好地保护,降低人力物力财力的浪费。

(3) 基于物联网技术的经编全成型生产线智能化管理与控制

项目创新利用物联网、工业大数据、云计算、智能监测和控制等先进信息技术与企业制造业务过程的深度融合,实现企业制造业务过程的集成化、在线化、数据化、柔性化、可视化以及智能化,实现经编织造生产线智能化、网络化管理与控制,促进企业传统生产业务过程的智能化转型升级。具体如图 4-14:



图4-14 经编织造生产线智能物联控制系统结构图

创新了经编全成型生产线智能化管理与控制系统。如何实现智能织造生产线智能化控制与生产流程管理，是实现纺织智能化的关键。通过创新设计具有高性能 ARM 处理器与专业运动控制芯片将物联网技术应用到现代经编织造设备中，将经编全成型产品生产线分为传感层、传输层、应用层三层结构，并对数据进行分析、管理，与企业 ERP 实时对接，实现经编全成型生产线智能化、网络化管理与控制，实时反馈、实时监控与修正，为远程监控、会诊提供数据。解决了针织企业原有存在用工密集、生产效率低、质量稳定性差等问题，节约用工 70%，企业实现了从手工机械化、单机自动化到全流程数字化、系统自动化的跨越，生产效率提高 60%。

创新了车间多源信息实时采集传感网配置模型及优化方法。构建了多种类型传感器与经编车间内部员工、设备、物料等制造资源的配置关系、设备选型与拓扑构型，建立了服务于经编智能车间多源制造信息实时采集的传感网的配置空间和配置模型，实现车间智能控制，基于 CPS 技术，打破设计、管理、生产之间的信息通道，支持企业从产品三维设计、车间生产制造过程优化调度到底层资源智能控制的集成一体化管控，使用该系统后，在生产现场管理与产品统计环节人均管理台数可达到 9 台，生产管理效率提高 3 倍。

创新了基于智能感知与控制终端的车间数据动态采集系统。车间现场数据采集采用先进的智能感知与控制终端，该终端可基于规则/策略库进行灵活快速配置，可以适应各种不同的设备/装置的异构多源的信息采集要求，根据设置的规则、来自上层 MES 系统的命令以

及实时采集的可信数据，自动形成对现场设备/装置的智能控制输出，实现生产信息监控和全程追溯、关联分析及处理反馈，提升终端产品的成品率，将原先的成品率从 95.5%提升到 99.5%，提高 4%。

突破了车间工艺参数网络化优化决策支持技术。创新了基于嵌入式智能信息交互终端的经编制造现场环境信息智能采集方法，智能制造加工系统实时环境信息的规范化描述方法，多种经编生产类型下操作工人、专家经验、知识的规范化描述方法，进行工艺参数网络化优化，建立经编制造工艺综合数据库和知识库系统模型。

形成了工业大数据互联传输与智能分析决策系统。基于 MES 系统采集的经编生产、质量、设备、成本消耗等全过程数据，云计算的大数据分析技术，大数据可视化展示及人际交互解决方案，形成一套能支持经编相关数据智能分析处理方法，建立现场层、MES 层与 ERP 层之间工业大数据全网智能传输模型和协同管理体系，实现监控子系统、通信与网络子系统、数据采集子系统、系统集成与管理子系统等数据的统一。

实现了虚拟可视化及个性定制。基于底层资源的智能感知、监测与接入，支持车间生产过程多源信息的采集与交互，结合虚拟仿真技术，支持车间生产现场布局、生产制造业务过程的统一建模，生产任务执行全过程可视化监控应用构件，实现企业生产业务产业链全过程的动态虚拟可视化展示；通过互联网平台结合公司打造的环球经编网、智能工厂、智能物流平台实现网上订单下达、个性定制、智能设计、生产、物流。

4、运行效果

数字化全成形经编装备及智能生产管理系统已累计销售 1800 余台套。开发的各类经编机及智能生产线管理系统已被多家用户厂家应用，相关机型已出口印度、泰国、埃及、乌兹别克斯坦、墨西哥等多个国家，用于生产各类高档三维全成型无缝内衣、3D 间隔织物、双

面提花织物、绒毯类织物等各类独具特色的产品，形成了自主品牌“艾诗丽”三维成形无缝内衣系列产品等。

数字化全成形经编装备及智能生产管理系统的應用，大幅提高了劳动生产率，降低劳动强度，有效地促进我国纺织企业向“无人化”和智能决策的智能生产转型升级，推动针织行业从劳动密集型向技术密集型转型升级。

在保护自然资源和生态环境方面，间隔织物产品正在向产业用和高技术领域扩展，对于保护自然资源或生态环境等均可起到相当作用；双面成形提花毛毯实现了真正意义上的毛毯一次提花成形编织，为用户创造经济效益创造了条件；攻关相关产品可降低能耗 30%以上、生产效率提高 60%，极大的实现节能减排和保护环境，智能生产实现绿色化低碳化，进而不断地提高终端产品市场竞争力。

在保障国家和社会安全方面，代表机型 GE2298 经编机开发的间隔网类产品，3D 织物结构等已用于军事屏蔽防护伪装用仿生草、个人防护用抗冲击材料等，运动防护缓冲材料、户外用品、3D 医用防护材料等，在保障国家和社会安全方面、安全防护等领域起到了积极的作用。

在改善人民物质文化生活、提升健康水平方面，三维全成形产品引领了全球全成形智能化经编生产技术和产品发展趋势，经编无缝成形产品符合时尚、个性化的消费趋势，具有较高产品档次和附加值，进一步改善了人民物质文化生活，大大的提升了健康水平方面，可创造很好的经济社会效益。

（十）深圳智裳科技有限公司智能服装技术

1、背景

深圳智裳科技有限公司以研发智能服装方案为主。旗下莱仕特智能服装品牌开创并发布了国内第一款智能服装。莱仕特第一代智能夹克一经发布便获得科技界、媒体界、时尚界及市场的广泛关注，受到

数万时尚用户的追捧及认可，并荣获中央网信办授予的创客先锋奖。目前智裳科技产品种类丰富，先后研发出心率+心电图的智能健康衣、旋磁理疗预防乳腺疾病的智能内衣、自发光变色的智能面料、智能恒温+GPS 多功能智能模块、智能服装辅料等 5 大智能服装方案，可广泛应用于诸多产品，具有广阔的市场空间。

2、总体构成

智能服装技术主要包括技术研发系统、服装设计系统和基于互联网平台的营销系统三大部分。消费者根据自身需求通过互联网平台定制智能纺织品，公司技术研发和服装设计团队依据平台进行大数据分析，量身定制个性化技术方案，设计出满足顾客需求的智能服装。目前，基于互联网与电子技术，同时融合传感、通讯、信息反馈、人工智能等高科技，公司已研发出以下几种核心技术：

柔性技术，采用柔性纱线来传导用户生物电，从而实现心率、心电图的准确检测；

发光变色面料技术，利用光的传导原理结合特殊的纺织工艺制成，设计的服装可自由发光、变色，打破传统让服装高度个性化；

旋磁技术，开发“微型旋磁机”与服装有机结合，促使旋磁穿透皮肤到达指定穴位帮助用户科学预防各种疾病；

定位技术，开发出 GPS 定位鞋，适用于诸多特殊人群和使用场景，如儿童、老人、户外从业者等。

3、总体性能

深圳智裳科技有限公司与国内外知名设计师合作，将时尚和科技融为一体，开发出智能恒温服装、智能监护服装、智能发光变色服装等。智能服装可通过 APP 直接进行调控，达到所需功能，有效实现服装智能化，积极响应环境变化。

（1）智能冲锋衣

在普通冲锋衣防水透气、吸汗排湿和防风防雨的基础之上，通过

柔性技术、定位技术、智能调温技术等智能高科技的引入，实现智能GPS定位功能、智能恒温功能以及运动监测功能。并且通过独特的无线连接技术，直接与APP结合，通过手机可实时追踪定位、监测并控制人体与服装之间的微环境温度以及记录运动里程数、消耗卡路里。并且基于不同客户个性化需求，可定制不同功能的智能冲锋衣，如图4-18。

(2) 智能健身衣

智能健身衣用于健身科学指导，避免因不科学运动造成心肺损伤、心肌缺血、运动型尿血、晕厥等人体损伤。智能健身衣集合柔性技术和智能传感技术，并且通过与APP连接，实现心率、心电图监测，运动量、运动轨迹监测。与其他运动产品比较，智能健身衣在静息心率和运动心率均具有较高的准确度，采用独特的柔性技术使穿着者感到自然舒适，并且其语音播报功能可实时提醒运动状态，如图4-19。



图4-18智能冲锋衣示意图

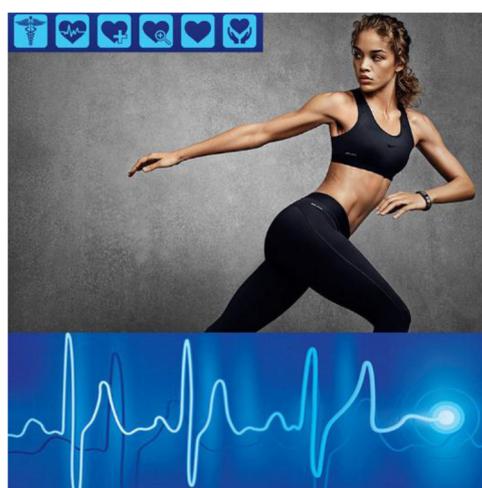


图4-19智能健身衣示意图

(3) 智能发光变色婚纱礼服

独特的发光变色面料利用光的传导原理结合特殊的纺织工艺制成，由织物主动发光调节色彩，并非传统的借物打光。以该技术设计得到的智能婚纱礼服通过APP智能操控，可以随心情自由变换千种颜色，直接实现服装的调色功能。且独特的发光面料中不包含各种金

属导线，具备一定的水洗性能，提高了服装的使用性能，如图 4-20。



图4-20智能发光变色婚纱礼服示意图

4、运行效果

2015 年深圳智裳科技有限公司旗下莱仕特发布国内首款智能服装，在短短 30 天获得 650 万元项目筹款，单款出货量过万件。目前，智裳科技发布了新一代智能服装，配备 10 多项智能科技功能，并且具有 APP 操控、智裳云大数据处理功能，受到广大用户喜爱，并得到国内外媒体广泛报道。智裳科技有限公司凭借勇于创新的精神、先进的可穿戴技术，围绕当代人们生活、健康、人体功能拓展等需求开发出一系列智能纺织产品，并荣获 2016 年度“创客先锋奖”、“最黑科技奖”和正和岛新物种万人大会“优秀企业奖”等多个奖项。

（十一）安润普有限公司智能可穿戴技术

1、背景

安润普有限公司成立于 2010 年，是一家致力于新型柔性传感技术及相关智能可穿戴产品开发和应用的科技公司。目前，总部位于珠海，在香港、北京设有研发基地。团队汇集了来自智能纺织及传感器技术、计算机、通讯、网络及云计算、物理、生物力学、康复和运动医学、工业设计等领域的专家，拥有丰富的跨学科研发、设计、制

造及商业运营经验。安润普有限公司的主要产品为 Softceptor 系列柔性传感器，并且公司可根据客户需求定制智能服装、智能可穿戴设备以及穿戴式无线数据采集、分析、应用的整体解决方案与服务。

2、总体构成

安润普有限公司智能可穿戴技术主要包括柔性电子技术研发系统、柔性智能产品设计系统和基于互联网平台的定制系统三大部分。安润普可根据客户需求，提供柔性传感技术供应、功能开发、核心算法、大数据分析及支持服务、数据管理及应用平台等智能设备的全套解决方案，助力客户及相关产业技术创新、转型升级、增效扩益。目前，安润普有限公司拥有100%自主知识产权核心技术，国内外专利达80余项，基于这些技术开发出了一系列智能纺织品。其核心技术包括柔性织物应变传感技术、柔性压力传感器和柔性织物电极。

（1）柔性织物应变传感技术

柔性织物应变传感器采用独特的纳米新材料技术及工艺，形成智能面料，不仅具备传感功能，而且兼具普通面料的特性，将它植入普通服饰，则赋予了普通衣物智能化功能。

（2）柔性压力传感器技术

柔性压力传感器具有优异的灵敏度，可以精确感知人体的各种压力，并且其柔性特质不会给用户带来任何不适感。

（3）柔性织物电极技术

柔性织物电极技术基于电子信息技术和传统纺织技术，兼具普通织物外观，也是生物电检测仪，贴合皮肤感知人体的生物电信号。

4、总体性能

安润普有限公司研发的智能可穿戴产品不仅具备传统织物的特性，包括可折叠、可水洗、柔软舒适，更赋予了普通衣物智能化功能，可实现呼吸暂停筛查、睡眠监测、呼吸监测、运动训练等诸多功能。

（1）智能呼吸带

智能呼吸带佩戴舒适，基于安润普自主研发的 Softceptor 柔性织物应变传感器技术，可有效感知用户呼吸、姿势、肌肉纬度等生理信号和运动信号。通过关联 APP，可分析睡眠时的呼吸状态，实现鼾症筛查。除此之外，它还具备瑜伽放松训练、心率监测、睡眠监测等诸多功能。与传统基于金属材质的应变传感器相比，Softceptor 柔性织物应变传感器外观是柔软的布料，可以长期贴身穿，并且具备百万级拉伸、弯折使用寿命以及可水洗的特性。安润普拥有该技术的完全自主知识产权，目前，已实现大规模量化生产，并开始产业化应用。



图4-21 安润普有限公司智能呼吸带示意图

(2) 智能鞋垫

智能鞋垫采用 Softceptor 柔性传感技术，具有优异的柔性和耐久性等特点。其核心传感器与普通鞋垫硬度处于同一个数量级，将传感器植入鞋类产品，可带来舒适的穿戴体验，且穿戴者自由奔跑 500 公里，该智能产品的性能依旧稳定如初。智能鞋垫分基本版和普及版两种，均采用充电式电池提供能量，在连续运动状态下，电量可续航长达十小时，如果作为日常锻炼使用，则可以连续使用 7—10 天。智能鞋垫的外形设计延续了运动活力的风格，满足当前年轻人的时尚需求。用户使用智能鞋垫，通过相应的 APP，可查看每一步的压力分布状态、甚至于足内外翻的情况。除此之外，智能鞋垫还具备、冲击力评估和

提醒、疲劳提醒、损伤预警、跑步训练建议、运动统计分析和运动计步等功能。这款智能鞋垫是目前已实现规模量产，即将全面推向市场。



图 4-22 安润普有限公司智能鞋垫示意图

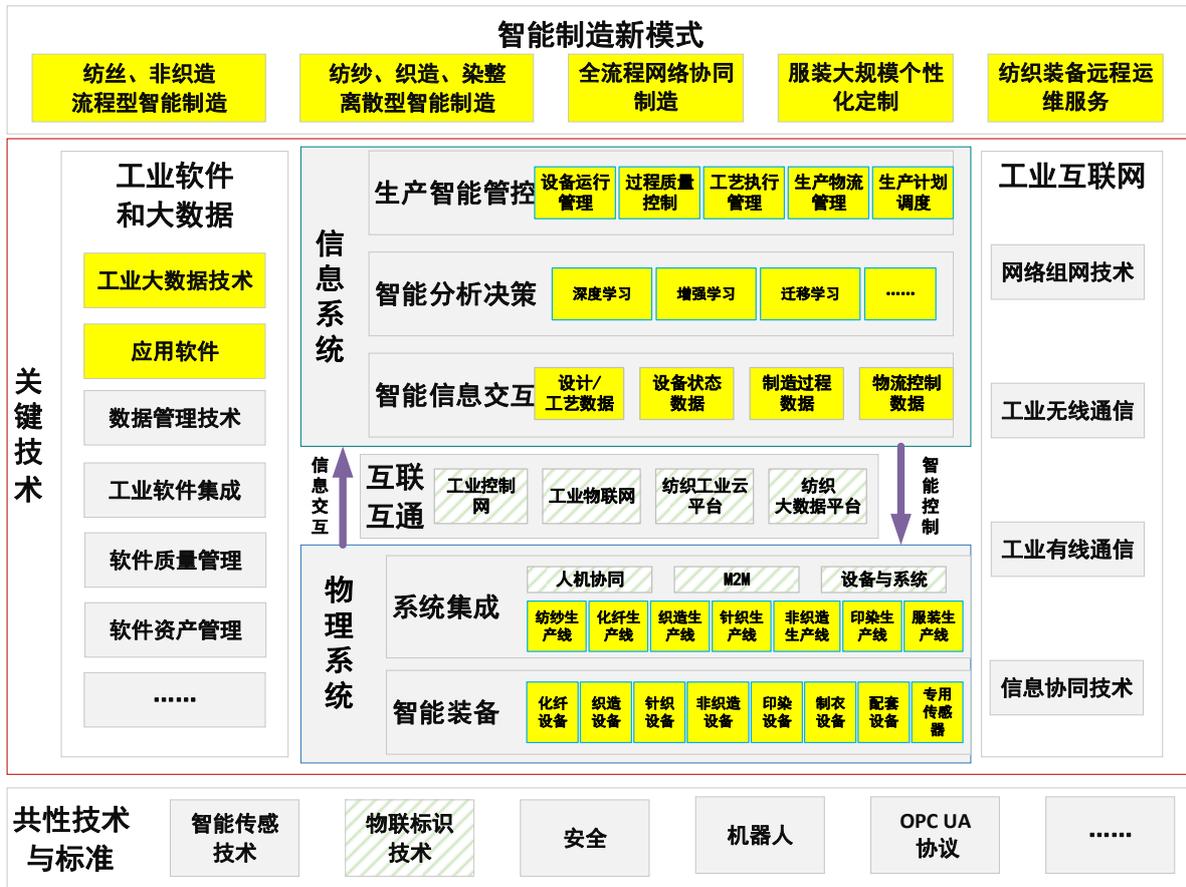
4、运行效果

安润普有限公司目前研发了智能运动衣、智能鞋垫、智能拳击手套、智能床垫、智能坐垫、智能呼吸带、智能内裤等一系列智能化产品，并且部分产品已经实现量产。此类智能产品受到了国内外用户一致好评，并且得到 CCTV 等媒体的广泛报道。安润普有限公司凭借其创新性技术和产品获得第五届中国创新创业大赛（广东赛区）省赛二等奖以及在 2016 年香港资讯及通讯科技奖中获得最佳生活时尚（学习·生活）银奖。

三、纺织产业智能制造技术架构探索

智能制造分为三个基本范式：数字化制造、数字化网络化制造以及数字化网络化智能化制造（新一代智能制造）。纺织产业智能制造不仅包括以计算机数字控制为代表的数字化技术贯穿产品全生命周期，而且要重点突破实现泛在感知和互联条件下的网络化制造（互联网+制造）。随着人工智能加速发展，在工业软件、大数据、工业互联网基础上，通过深度学习、增强学习、迁移学习等人工智能学习方法，实现纺织制造的装备智能化、生产过程系统智能管控、资源优化配置等。在第一代第二代智能制造系统基础上继续补课和完善，直接利用

互联网、大数据、人工智能等最新技术，走纺织产业智能制造的发展新路。纺织产业智能制造标准体系结构见图 4-23。



纺织智能制造标准体系结构图

图 4-23 纺织产业智能制造标准体系结构

(一) 纺织产业智能制造技术发展研究分类

纺织产业推进智能制造须全面考虑设计、生产、管理、服务的特点，产业链主体技术和支撑技术的智能化与智能制造主要支撑技术的关联性，以及纺织产业制造特征等，整体构建智能制造技术体系。为此，本课题分纺织产业智能制造新模式、智能纺织装备及共性技术和标准、智能纺织材料三个技术领域，设化纤制造智能车间（工厂）、纺织加工智能车间（工厂）（含纺纱、机织、针织、非织造）、染整智能车间（工厂）、服装设计加工智能化、纺织个性化定制和网络协同制造及装备远程运维、典型智能纺织装备、纺织智能制造标准及共性技术、智能纺织材料 8 个专题，对纺织产业智能制造技术进行战略

布局性质的探索（见表 4-2）。

表 4-2 纺织产业智能制造技术发展研究分类

技术领域	主要内容
纺织智能制造新模式	化纤、纱线、机织、针织、非织造、染整、服装智能车间（工厂） 纺织大规模个性化定制、网络协同纺织制造、纺织装备远程运维
智能纺织装备及共性技术和标准	智能化纺织装备专用基础件、纺织工序连结机器人及专用机器人、 纺织装备制造智能化 纺织智能制造标准与安全、传感（测控）共性技术、通用软件系统
智能纺织材料	柔性智能可穿戴产品、柔性智能家居纺织材料、柔性智能产业用纺织材料

纺织智能制造新模式领域。主要针对纺织产业链的化纤制造、纺纱、织造（机织和针织）、非织造、染整、服装设计与加工等的设计、生产、物流、管理信息集成（含 MES、ERP、外部信息）等智能化技术环节进行梳理、构建，研究提出适应各环节高效率、高精度性、高品质、高市场敏感性的流程制造，或流程与离散制造混合的智能制造关键技术，构建纺织智能制造车间（工厂）；研究提出新一代纺织服装大规模个性化定制、网络协同纺织制造、纺织电子商务、纺织装备远程运行维护等关键技术，加快企业对市场反应敏捷度，适应纺织服装产品个性化定制需求，以及大数据、物联网服务和营销，网络协同制造、装备远程运维需求。

纺织智能装备及共性技术和标准领域。主要针对纺织产业链主体实现智能制造对智能化纺织装备的需求，研究提出智能化纺织装备专用基础件、纺织工序连结机器人及专用机器人等关键技术，以及纺织装备制造行业自身的智能制造关键技术等。为纺织产业推进智能制造提供技术支撑；围绕纺织产业的设计、生产、管理、产品、服务等环节感知、决策和执行等方面智能功能的实现，研究提出相关的标准与安全、传感（测控）共性技术、通用软件系统等，为纺织产业发展智能制造技术提供共性技术，以及标准化技术支撑。

智能纺织材料领域。主要围绕当代人们生活、健康、人体功能拓展等需求，以及国家经济社会发展和国防建设需求，研究提出基于数

数字化、智能化技术，具有形状记忆、生理检测、智能变色、信息传导等功能的可穿戴智能纺织材料关键技术；推进纺织材料传感与反馈、信息识别与积累、响应与自适应等机理研究，以及摩擦/形变/温差/光能等自发电蓄能、光/热/电/力致变色、形状记忆与温度响应的智能纤维技术研究。

（二）纺织产业智能制造基本范式

1、基于 HCPS 的纺织产业智能制造体系

智能制造的核心是信息物理系统（CPS），《中国制造 2025》提出，“基于信息物理系统的智能装备、智能工厂等智能制造正在引领制造方式变革”。在新一代智能制造中，人工智能技术使得信息物理系统发生质的变化，从二元系统发展到三元系统（人-信息-物理系统，HCPS），其信息系统强化了认知和学习功能，信息系统不仅具有强大的感知、计算分析与控制能力，更具有了学习提升、产生知识的能力。新一代纺织产业智能制造技术构架遵循中国制造 2025 的整体构架，并考虑纺织产业的行业特色，将 HCPS 融合到纺织全流程来建设含化纤、纺纱、机织、针织、非织造、染整、服装智能车间（工厂）架构。

智能制造的范围包括智能工厂、智能生产、智能物流和智能产品。连接在纺织全生命周期的底层是物联网，将纺织的设计、生产加工、销售等过程贯穿起来；顶层是服务互联网，通过云的服务模式，实现纺织生产全生命周期的价值链集成。智慧工厂则反应在纺织品制造过程，其基于信息物理生产系统建立智能工厂，包括产品全生命周期的信息链，质量管理、企业运营和制造执行。如图 4-24 所示。

新一代 HCPS 的四大核心技术要素是“一核、一硬、一软、一网、一平台”。“一核”（认知学习内核）、“一硬”（感知和自动控制）、“一软”（工业软件）、“一网”（工业网络）、“一平台”（工业云和智能服务平台）。其中状态感知就是通过各种各样的传感器感知物质世界的运行状态，实时分析就是通过工业软件实现数据、信息、知识的转化，

科学决策就是通过大数据平台实现异构系统数据的流动与知识的分享，精准执行就是通过控制器、执行器等机械硬件实现对决策的反馈响应，这一切都依赖于一个实时、可靠、安全的网络，（信息物理系统白皮书，2017）。



图 4-24 纺织智能制造体系构架

纺织智能制造的“一硬一网”就是利用各种传感器，在工业网络环境下感知纺织品生产过程中的各种信息，如设备运行状态、质量、计划执行等。纺织产业中制造设备多样，接口极为丰富，且没有国际通用接口。如何构建适合中国国情的纺织产业CPS的硬件系统，实现互联互通是一个巨大挑战。随着信息技术和无线技术的逐步成熟，中国纺织产业的硬件体系，必须要走开放标准，也必须让各种设备来实现开放协议。建立开放标准的物联网、移动互联网（尤其是5G标准移动互联网）、实现水平和垂直的集成，如图4-25所示。

纺织智能制造的关键赋能体系体现在“一核”驱动下的“一软”（工业软件），纺织产业工业软件是对纺织产业的研发设计、生产制造、经营管理、服务等全生命周期环节的模型化、代码化、工具化，工业

软件定义了信息物理系统，其本质是要打造“状态感知-实时分析-科学决策-精准执行”的数据闭环，构筑纺织制造全生命周期的数据自动流动的规则体系，应对纺织制造中的流程性环节和离散环节，实现制造资源的高效配置。

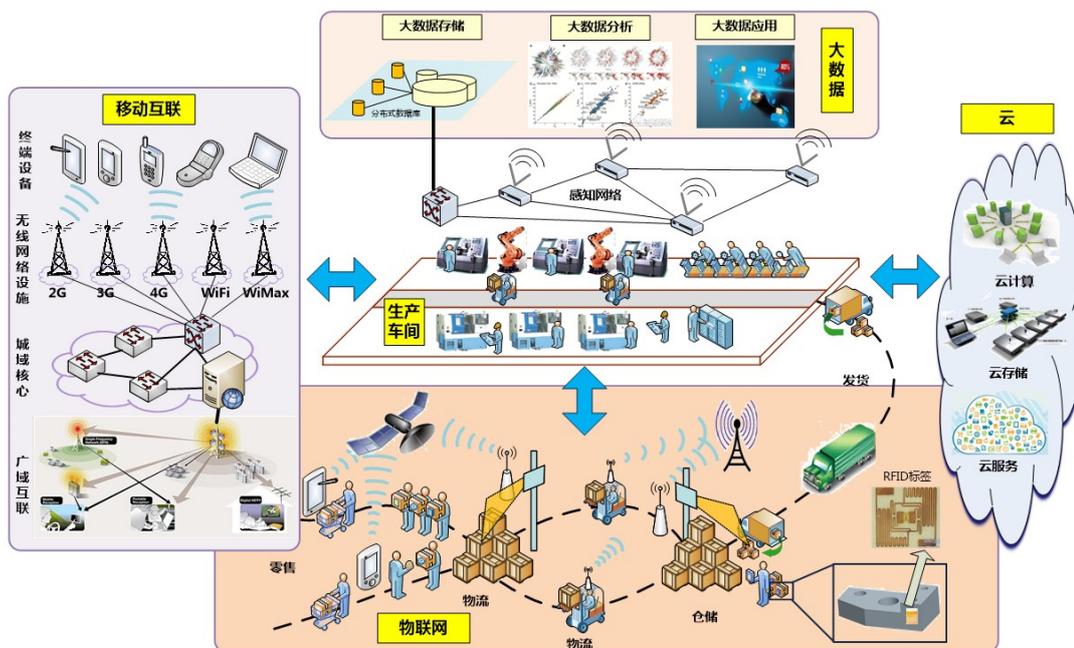


图 4-25 开放标准的纺织智能制造硬件互联互通构架

立足基于数据驱动的纺织生产，纺织产业的工业软件，将以大数据、制造云服务为基础，实现智能决策平台，如图 4-26 所示。

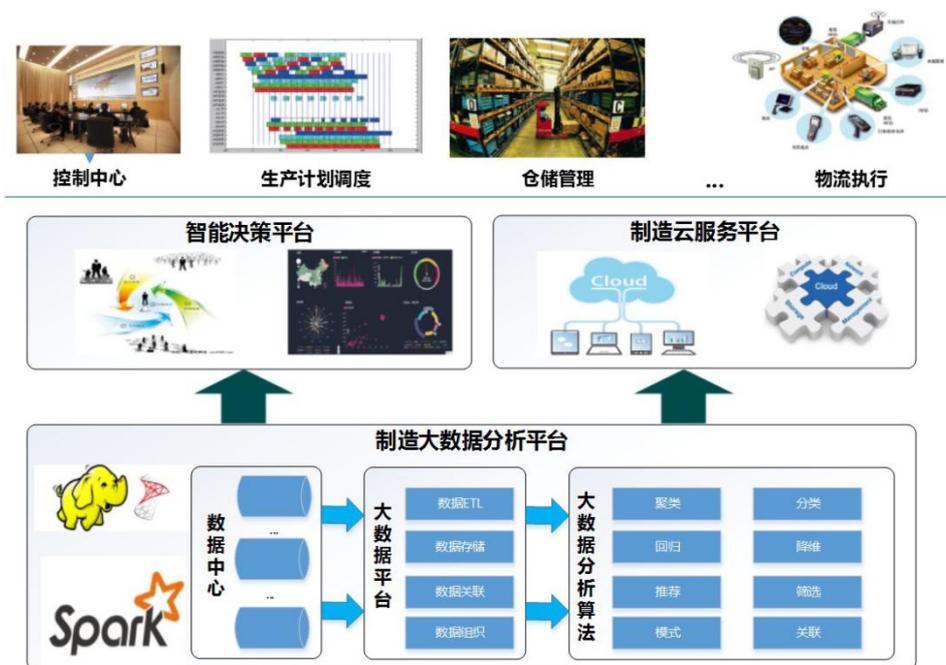


图 4-26 基于工业大数据和云服务的工业软件体系

2、基于工业大数据的纺织产业数字化管控体系

纺织产业正处在新制造时代，企业管理系统（如 ERP、WMS、CRM）为企业的业务活动进行科学管理，改变了企业管理模式和管理理念。生产制造执行系统(MES)是实现纺织生产纵向整合的核心，联通了设备、原料、订单、排产、配送等各主要生产环节和生产资源。在网络化协同生产、服务型制造等生产新模式的驱动下，基于工业大数据的定制化、平台化、网络化和智能化已成为推动纺织生产模式变革的重要方向。

工业大数据平台是高度集成、开放和智能决策的数据服务平台，是跨系统、跨平台、跨领域的数据集散中心、数据存储中心、数据分析中心和数据共享中心。基于工业云服务平台推动大数据在纺织生产过程中深入应用，实现生产全要素、全流程、全产业链、全生命周期管理的资源配置优化，以提升生产效率、创新模式业态，构建全新产业生态，如图 4-27 所示。

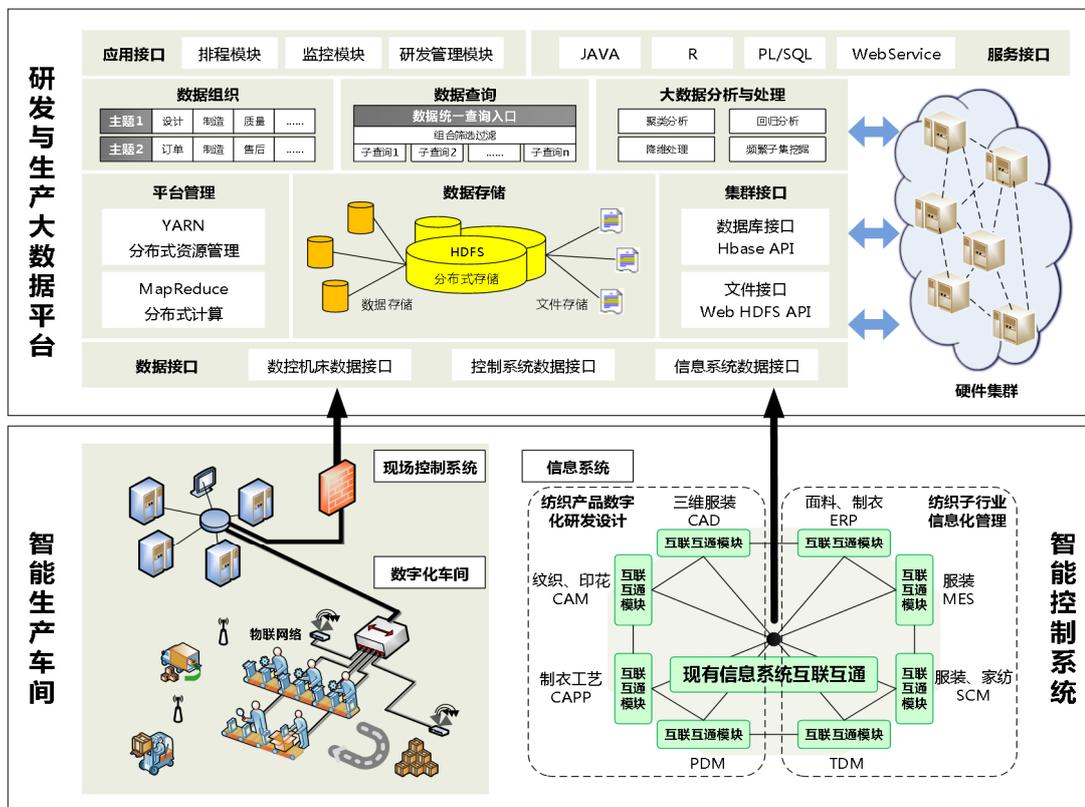


图 4-27 基于工业大数据的生产智能管控体系

纺织生产全过程通过工业物联网/工业互联网实现全流程互联互通，智能传感器采集各种数据形成工业大数据，在工业大数据平台上通过工业软件实现纺织生产的大数据应用场景。其中工厂能耗监控是工业大数据的经典应用场景，如图 4-28 所示。

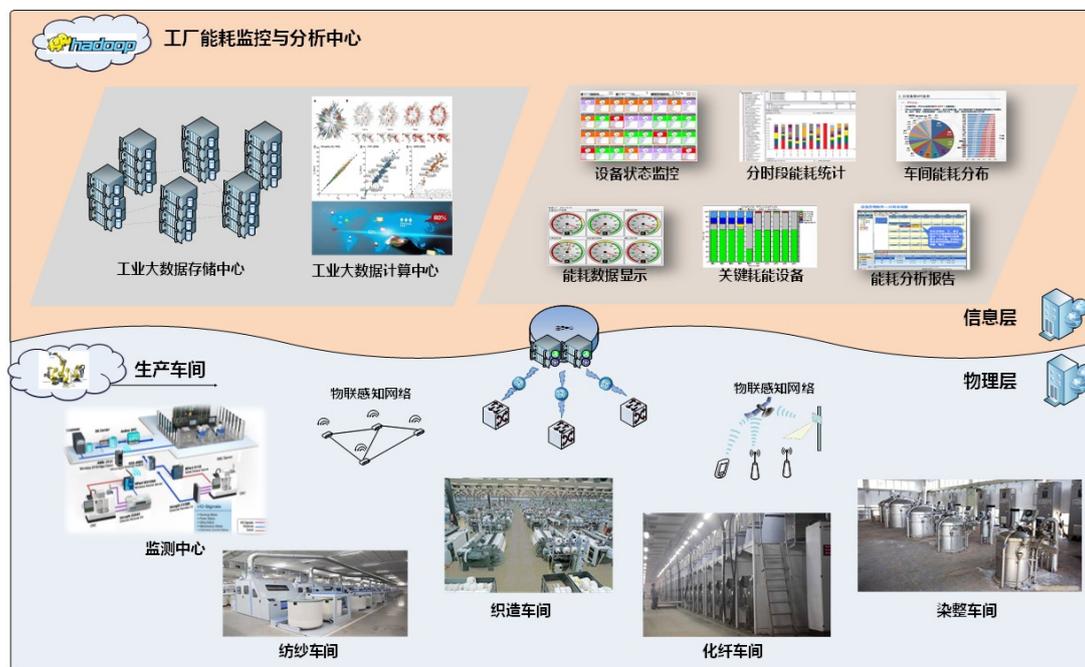


图 4-28 基于工业大数据的典型纺织生产应用场景

第五章 我国纺织产业智能制造发展战略定位与目标

一、发展战略定位与发展思路

（一）发展战略定位

纺织产业在我国全面建成小康社会，基本实现社会主义现代化，跻身创新型国家前列的进程中，发展空间巨大。面对快速发展的，以智能制造为核心的世界新工业革命潮流，未来 5-15 年，智能制造是我国纺织产业可持续发展，走向高端的可靠保证。为此，须加强纺织产业领域“两化融合”，数字化、网络化、智能化要并行推进，融合发展，尤其要推进新一代人工智能在纺织行业的深入应用，加快纺织产业智能制造转型升级。其发展战略定位为：适应国家经济、社会发展重大需求，人民生活、市场模式重大变迁，以及现代网络技术、传感技术、信息技术、控制技术等飞速发展，以纺织智能制造新模式、纺织智能装备和纺织智能制造标准及共性技术、智能纺织材料等为重点，构建纺织产业智能制造体系，整体提升我国纺织产业领域智能制造技术水平，达到同期国际先进。以智能制造引领我国纺织产业由劳动密集型、资源消耗型向技术密集型转变，由制造向创造、速度向质量、产品向品牌转变，在国内传统产业中率先走向高端。

（二）发展思路

聚焦我国纺织产业领域智能制造技术整体达到同期国际先进水平的战略定位，坚持“需求引导、基础支撑、重点突破、加快过渡、智能转型”的原则，突破传统工业思维，适应经济发展和社会需求变化，以及智能制造为核心的世界新工业革命带来的制造和市场模式变迁，充分考虑纺织产业流程制造及流程与离散制造混合的特征，构建纺织产业智能制造第三种范式体系。加快纺织产业领域的设计、生产制造、管理、服务、产品营销等环节自动化补缺和数字化升级；跨行业发展智能传感、物联标识、信息网络安全等纺织产业智能制造标准和共性技术，以及纺织智能装备、纺织工业物联网、纺织大数据平台

和纺织制造云平台等基础支撑技术；围绕纺织产业链，加强生产系统集成，装备、网络 and 平台互联互通与信息融合，制造执行和运营分析等关键技术研究，重点突破纺织智能车间（工厂）技术、大规模个性化定制技术、网络协同纺织制造技术、纺织装备远程运维技术等，加快形成纺织产业智能制造新模式；加强发展智能纺织材料技术。实现纺织产业智能制造技术整体协同发展（见图 5-1），推动我国纺织全产业向智能制造转型升级，走向生态、绿色、低碳、高端。

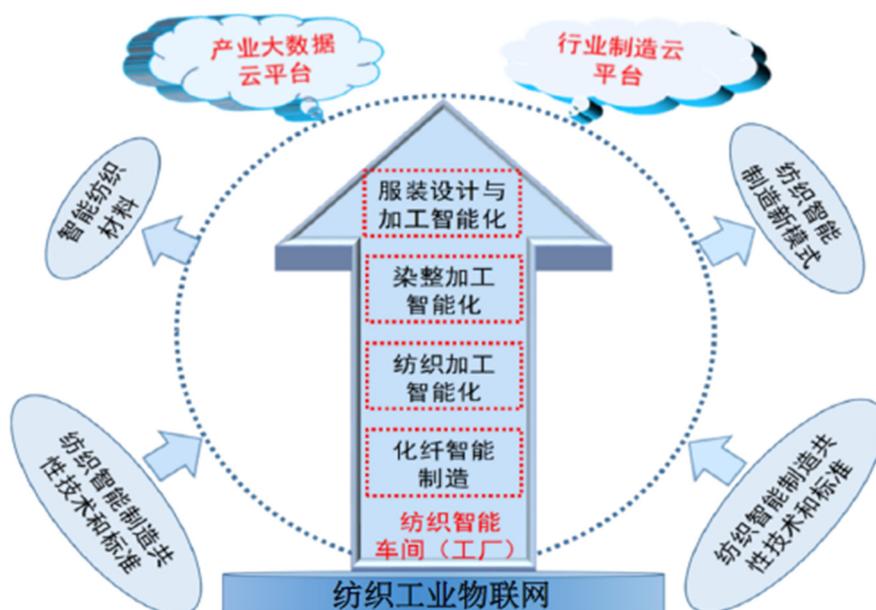


图 5-1 纺织产业智能制造技术协同发展示意图

二、发展战略目标

按照《中国制造 2025》、《“互联网+”行动指导意见》、《新一代人工智能发展规划》等对智能制造的战略布局，针对纺织产业智能制造主要基础和支撑技术，加强发展新一代纺织智能制造系统标准，适用于纺织产业的新一代 HCPS（人-信息物理系统）、工业大数据、工业互联网等纺织智能制造共性技术，以及典型智能纺织装备；围绕纺织产业链，重点突破化纤制造、纺纱、织造、非织造、染整、服装设计与加工等纺织智能车间（工厂）技术，以及纺织服装大规模定制、网络协同纺织制造、纺织装备远程运维等为主要内容的纺织智能制造新模式技术；适应国家经济社会发展和国防建设对智能产品的需求，加

快发展可穿戴智能纺织材料及其他智能纺织材料技术，整体构建标准化、模块化、数字化和智能化的纺织产业智能制造体系。

（一）2020 年发展目标

加强发展新一代纺织产业智能制造基础和支撑技术。在数字化网络化智能化的纺织智能制造（新一代纺织产业智能制造）关键共性技术领域取得突破。充分应用人工智能技术，推动纺织大数据处理、工业互联网、智能机器人与智能传感器等技术发展；加强适应纺织产业制造特征的高速化通信网络、智能传感与检测控制、智能物流和仓储等纺织产业智能制造共性技术，纺织智能装备专用基础件、纺织工序连接机器人及专用机器人等纺织智能制造共性技术和典型纺织智能装备的自主研发；形成一系列自主知识产权的新一代纺织产业智能制造的使能工具和工业软件。

加快发展新一代纺织产业智能制造新模式相关技术。在纺织产业链加工制造主体的化纤制造、纺纱、织造、非织造、染整、服装设计与加工各环节全面推进生产过程自动化和集成化改造，向数字化和智能化生产发展。基于互联接口，实现设备资源的互联互通，在此基础上实现纺织各生产线的设备互联和数据采集，通过数据智能分析和信息融合，实现纺织车间的智能计划、智能调度、制造过程质量智能控制与优化、智能故障诊断与调控等智能决策与运营，在纺织产业链各制造领域形成一批主要技术由我国自主创新研发的智能车间（工厂），大幅度减少一线生产用工，提升生产效率和产品品质。

面向经济社会发展对针织品、服装、纺织面料、产业用纺织品的个性化需求等，推动相关企业融合网络信息技术和纺织制造技术，建立网络化新型纺织品制造资源协同平台、纺织品服装大规模个性化定制平台，逐步实现纺织服装产品柔性化、个性化、高品质制造；开展纺织装备生命周期分析、虚拟维护方案制定与执行等服务，逐步推进纺织装备远程运维。

积极拓展纺织应用领域，加快发展智能纺织材料。积极拓展纺织品应用领域，加快发展具有视听、形状记忆、智能发光变色、温湿度自适应调节等功能的可穿戴智能纺织材料，以及电子信息智能纺织材料等具有自主知识产权的智能纺织材料，满足经济社会发展和国防建设需求。

系统布局纺织产业智能制造物联网和工业大数据平台建设。在国家层面布局建设面向纺织产业智能制造标准及共性技术，产业链智能制造主体技术，集基础研究、工程技术研究于一体的国家重点实验室、国家工程研究中心；建设纺织工业物联网，构建面向纺织行业的大数据云平台；建设面向企业的纺织智能制造云平台，形成我国纺织产业智能制造平台体系。

加强纺织产业智能制造科技人才队伍建设。加大纺织产业领域智能制造科技人才队伍建设，加强相关领军人才队伍和多学科、跨领域协同的创新团队建设，加快熟悉纺织和网络信息、控制技术的复合型纺织工程科技人才和技术工人培养，构建跨领域、跨学科、多层次的纺织产业智能制造科技创新人才体系。

（二）2025 年发展目标

新一代纺织智能制造基础和支撑技术、纺织智能制造新模式技术、智能纺织材料技术等实现全面突破；人工智能驱动和使能下的新一代纺织智能制造平台体系初步完善，建成纺织产业智能制造国家重点实验室，成为我国纺织产业智能制造科技创新中心；形成国际化的纺织智能制造工程科技人才高地。

总体上我国纺织产业智能制造技术水平在 2020 年追赶国际先进的基础上，2025 年达到国际先进。以纺织产业智能制造科技创新支撑我国纺织产业转型升级，走向生态、绿色、低碳、高端，并向新兴产业领域深度拓展延伸，进一步提高纺织产业对我国经济、社会、国防安全的贡献度。

三、纺织产业智能制造总体发展路径

未来 5-10 年，通过纺织产业智能制造基础和支撑技术、纺织产业智能制造新模式技术、智能纺织材料技术研发及产业化应用，以及平台建设和人才队伍建设等，构建我国纺织产业智能制造体系，总体发展路径见图 5-2。

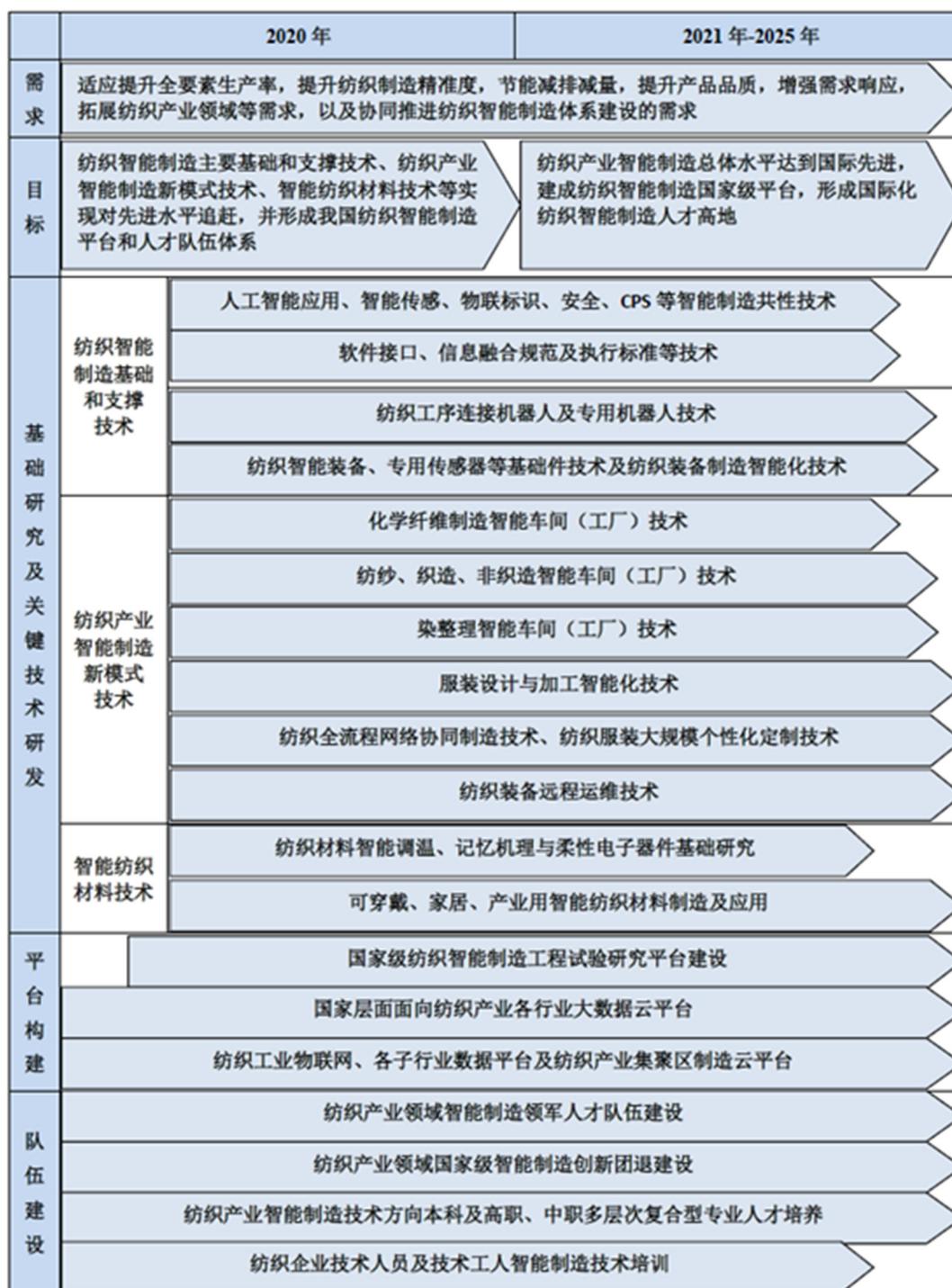


图 5-2 我国纺织产业智能制造技术总体发展路径

纺织产业领域智能制造技术研发和工程化应用。以纺织产业智能制造标准、共性技术、装备等技术为基础和支撑；围绕纺织产业链布局发展纺织制造智能车间（工厂）技术、大规模个性化定制技术、网络化纺织制造和纺织装备远程运维等纺织智能制造新模式技术；面向纺织产业智能化拓展，布局发展智能纺织材料技术，构建纺织产业智能制造技术体系。

纺织产业智能制造平台体系建设。布局建设涵盖智能制造基础和支撑技术、智能制造新模式技术、智能纺织材料技术等纺织产业智能制造国家重点实验室；布局建设纺织产业智能制造标准和共性技术国家工程技术研究中心；构建面向纺织各行业的纺织工业物联网和纺织产业大数据平台；在纺织产业集聚区建设若干面向企业的纺织智能制造云平台。

纺织产业智能制造科技人才队伍建设。加强纺织产业领域智能制造领军人才及国家级创新团队建设；发展纺织产业智能制造技术方向高等教育、高等职业技术教育及中等职业技术教育，培养多层次复合型纺织智能制造专业人才；加强纺织企业技术人员及技术工人智能制造技术培训，整体提升企业人员专业素质，转变知识能力结构。

第六章 我国纺织产业发展智能制造的重点任务与路径

一、纺织产业智能制造基础及支撑技术领域

(一) 纺织智能制造标准及共性技术

1、发展目标

分阶段并行推进纺织产业智能制造三种基本范式，夯实第一第二种范式，将数字化和网络化深入，实现纺织智能设备间互联互通、信息安全和功能安全，建立纺织企业生产决策、质量管控和全流程追溯的智能生产；着重推进人工智能驱动下的智能制造共性技术与使能技术研发与应用，研发纺织生产过程的智能传感、模式识别、认知学习分析、推理、决策智能化执行等支撑技术和使能工具，为纺织产业新一代智能制造实施提供有力支撑。

(1) 2020 年目标。初步建立基本完善的新一代纺织产业智能制造标准体系框架。优先完成纺织物联标识、纺织产品与设备，M2M、纺织设备与系统、工业控制网、纺织工业云平台、纺织大数据平台等相关标准的编制；

发展纺织各生产线设备间集成和互联互通技术。通过工业控制网、工业物联网、纺织工业云平台、纺织大数据平台实现纺织生产线设备的即时通信、数据交互和实时监控。形成纺织智能装备（纺纱、化纤、织造、非织造、染整、制衣、物流和质检设备）的集成与互联互通标准。实现通讯的标准化和分布式网络控制技术水平进一步提升；

研发纺织装备专用新型传感器。根据纺织装备中各种信息检测的需求，研究纺织装备专用新型传感器的检测原理和方法，实现纺织机械装备动态有效监测，研发适应纺织制造特征的高精度在线检测技术、高可靠智能控制、运动控制技术传感装置，形成一系列面向纺织全流程的物联标识、数据采集、数据交换标准；

发展纺织数据模型技术。基于纺织工艺数据、纺织设备状态数据、纺织过程数据和纺织物流控制数据等，构建设备状态模型、系统状态

模型、纺织过程信息模型和功能模型，实现纺织制造的大数据分析和智能决策；

研究纺织智能制造执行关键技术。开发纺织生产全流程制造执行系统（MES），实现与 ERP 系统的集成，包括设备管理、智能生产物流和仓储管理、纺织生产和工艺仿真、全流程生产计划与控制等；

建立纺织全流程认知学习框架。将深度学习等人工智能方法应用在纺织生产的关键环节，实现智能感知、制造过程自适应、控制闭环自优化、质量分析自反馈等，基本建立新一代纺织智能制造 HCPS 系统，并展开示范应用工程。

（2）2025 年目标。在国家层面布局建设面向新一代纺织产业智能制造标准和共性技术，发布纺织大数据服务与工业互联网架构共性标准，构建面向纺织各行业的大数据云平台；建设面向企业的新一代纺织智能制造云平台，并在纺织产业集聚区进行推广，形成我国纺织产业制造平台体系；广泛深入采用人工智能驱动纺织智能制造共性技术和标准，建设智能化纺织工厂，在纺织产业链各制造领域形成一批主要技术由我国自主创新研发的智能工厂，形成纺织大规模定制的新模式。

2、重点任务

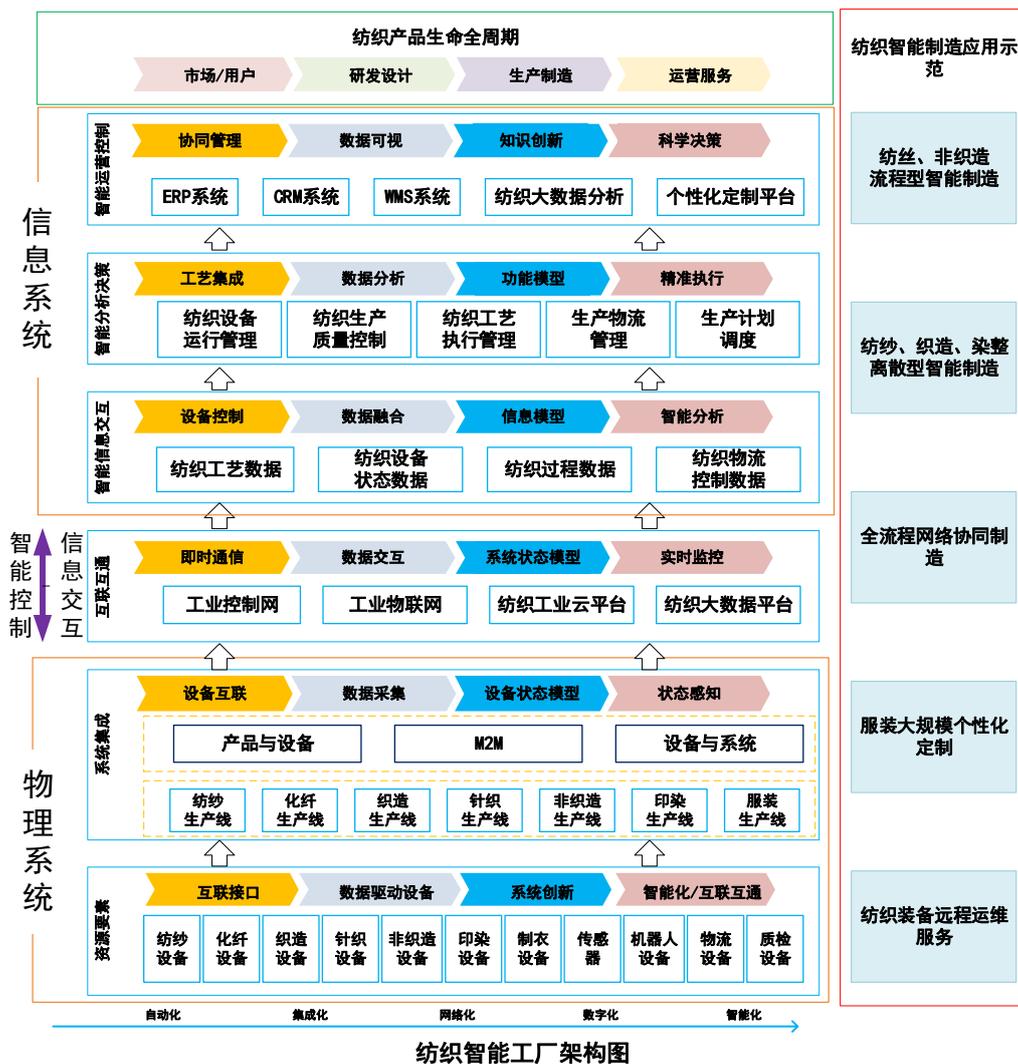
纺织智能制造综合标准体系结构。在工业软件、大数据、工业互联网基础上，对纺织制造过程的智能装备、系统集成、互联互通、信息融合、制造执行和运营分析共性技术和标准进行研究，包括纺织智能传感技术、物联标识技术、网络安全、纺织机器人技术等。开展典型纺织企业内部设备信息、生产工艺信息接口及互联互通技术规范、信息安全评估方法和标准的研究及应用推广。

纺织智能装备（各门类）集成与互联互通标准。研发纺织制造各流程装备间互联互通、M2M 技术，纺织制造过程传感器、控制层、设备层、车间生产层和企业层的垂直水平互联，设备的无线传感互联

以及与互联网、物联网的链接技术，形成纺织智能装备（各门类）的集成与互联互通标准。

纺织智能制造工厂通用技术标准与参考模型。以系统化的管理思想，研究纺织智能制造工厂通用技术标准，建立纺织智能制造工厂架构参考模型，如图 6-1 所示，建立系统集成和设备状态模型，信息融合通用模型、生产执行系统（MES）的共性功能模型等，实现纺织企业的生产决策、设备监测、质量管控和全流程追溯、智能物流与仓储管理等功能。

纺织大数据服务与工业互联网架构共性标准。构建纺织工业物联网平台，新一代纺织智能制造 HCPS（人-信息物理系统）和纺织制造大数据平台。



6-1 纺织智能工厂架构图

图

纺织大数据服务与工业互联网架构共性标准。构建纺织工业互联网平台，新一代纺织智能制造 HCPS（人-信息物理系统）和纺织制造大数据平台。

纺织工业互联网平台及仓储与物流。开展纺织生产设备编码、标识、识别，生产工艺信息的编码与读取，以及基于工业互联网，包括智能自动包装线等的典型纺织企业内部物流、仓储信息平台等研究和应用推广；开展自动存储立体区、入出库输送系统、电气控制系统、计算机监控调度系统，智能仓储网络结构和信息管理系统，以及纺织产业各企业间物流、仓储的物联网信息平台技术研究和应用推广。

纺织智能制造 CPS（信息物理系统）技术。开展纺织生产所涉及的设备仪器及部件（纺纱设备、织造设备、染整设备、在线检测装置、质量监控系统等）工作运行数据高效可靠采集，相关数据的本地代理及通讯方式，智能传感器、控制器、制造系统（包括 ERP 和 MES 等）运行数据的挖掘与处理，以及制造系统数据的网络化管理等研究和实际应用推广；开展纺织装备与 ERP 系统和 MES 系统融合研究和应用推广。

纺织智能制造技术规范 and 标准。开展典型纺织企业内部设备信息、生产工艺信息接口及互联互通技术规范 and 标准的研究及应用推广；开展纺织产业链化纤、纺纱、织造、非织造、印染和整理、服装设计与加工等企业共性技术互联互通技术规范 and 标准研究及应用推广。

3、发展路径

未来 5-10 年，适应我国纺织产业向智能制造方向发展对相关共性技术及标准的需求，分阶段研发纺织智能制造传感、质量在线检测、纺织专用机器人、物联标识、工业控制网等共性技术和标准，形成纺织智能制造工厂共性技术架构，构建纺织产业智能制造标准体系框架，相关技术水平达到国际先进（见图 6-2）。

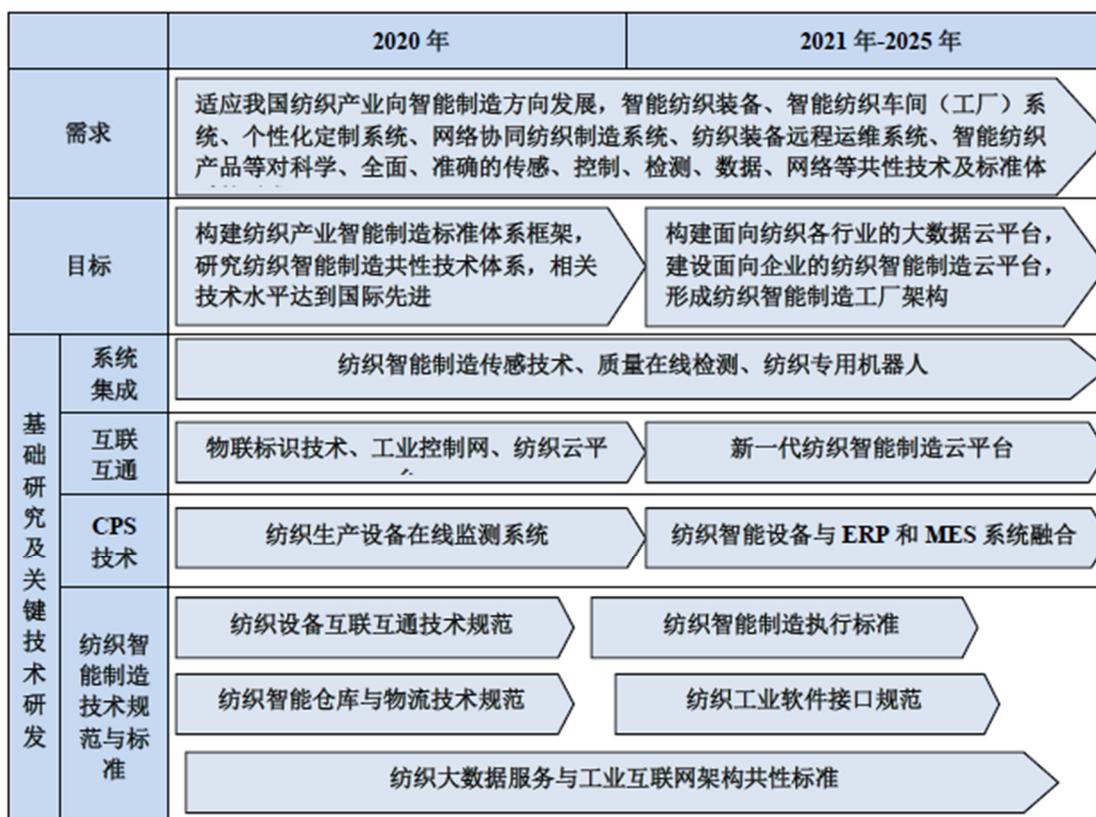


图 6-2 纺织智能制造共性技术及标准发展路径

（二）智能纺织装备技术

1、发展目标

通过先进制造、信息处理、人工智能等技术的集成与融合，研发工艺先进、绿色节能、信息技术深度嵌入的智能化装备及纺织专用基础件，实现包括化纤设备、纺纱设备、机织设备、针织设备、非织造设备、染整设备、制衣设备、传感器、机器人设备、物流、质检设备等纺织装备接口的互联互通，在此基础上实现设备数据采集和智能分析，为形成具有感知、分析、推理、决策、执行、自主学习及维护等自组织、自适应功能的纺织智能生产执行系统，以及网络化、协同化的纺织制造提供支撑。

（1）2020 年目标。推进纺织装备从自动化向智能化升级。加强发展涵盖化纤机械、纺纱机械、机织机械、针织机械、染整机械、非织造机械、服装机械的纺织智能装备专用基础件、纺织工序连接机器人及专用机器人和典型纺织智能装备的自主研发和示范应用，实现纺

织设备互联互通和数据采集，建立设备状态模型，从而实现纺织设备的状态感知；

开展纺织装备生命周期分析、虚拟维护方案制定与执行等服务，逐步推进纺织装备远程运维；

推动纺织装备制造智能化。推广纺织装备数字化设计、仿真优化与验证集成的纺织装备全生命周期的数字化设计和生产技术；涵盖智能物流系统、智能加工系统、智能自动化装配以及纺织装备整机智能测试与质量控制系统的纺织装备智能制造（车间）工厂技术，基本实现数据可视化，在线监控、预防性维护、物流预测和智能决策等的纺织机械智能制造信息物理系统（CPS）融合技术研发和产业实际应用。

（2）2025 年目标。纺织智能装备主要基础和支撑技术、主体智能制造技术、纺织智能制造新模式技术等实现全面突破；纺织智能制造平台体系初步完善。总体上我国纺织智能装备水平在 2020 年追赶国际先进的基础上，2025 年达到国际先进。以纺织产业智能制造科技创新支撑我国纺织产业走向生态、绿色、低碳、高端。

2、重点任务

分阶段重点开展纺织智能传感器与控制单元、智能检测与分析器件，纺织机器人，纺织智能车间（工厂）成套装备，纺织装备制造智能化等关键技术研发与产业化应用。

纺织智能传感器与控制单元、智能检测与分析器件。研发和应用异纤检测与控制，棉网、条子、纱线质量在线检测，并条机自调匀整在线检测与控制，染液、浆液浓度在线检测与精确控制，纺织材料湿度、回潮率检测；机织与针织机械在线断纱自停检测元件；织物疵点检测单元和器件；研发和应用非织造纤网物理结构、水分检测、视觉传感器等智能监控单元和器件；研发和应用纺丝关键部件工况在线检测，纺织材料色差、色度在线检测与控制，环锭纺纱线质量智能在线检测，三维人体智能测量单元和器件等。

纺织机器人。研制并应用具有工序切换或补给功能的柔性化纺织机器人、换管机器人，环锭纺络纱机器人，化纤长丝生产中的落丝机器人，经纱准备系统中的整经机换筒机器人，棉卷、条桶、小卷自动输送系统，全自动络筒机自动络筒和筒子纱传输系统，化纤丝饼搬运、分拣和仓储技术，染整全流程织物或色纱搬运与调度，服装生产智能调度与吊挂线，纺织品自动检测分级、包装、输送和仓储单元；研制并应用纺纱工序中的各种接头机器人，经纱准备系统中的穿经机器人，织造过程中的挡车机器人，基于机器视觉的漏纱、次纱、废纱、织物疵点的检测机器人，非织造工艺中污点、异物、破洞、毛发等疵点检测及自动剔除机器人，毛衫加工过程中的针织套口机器人，服装机械中的袖（裤）口缝制机器人，纺织复合材料的铺丝机器人等。

纺织智能车间（工厂）成套装备。建设化纤、纺纱、机织、针织、非织造、印染和服装等纺织产业链主体生产线，打通纺织产业链从化纤制造到纺纱、织造、染整和成衣智能化制造的全过程，并与智能移动、智能物流、智能建筑、智能电网无缝联接。研发化纤生产成套智能装备并推进产业化应用，研发长丝生产线自动落丝饼、丝饼物流自动输送技术，丝饼嵌入智能传感器件，成为智能产品。研发和应用主机智能化、工序连续化、车间环境智能监控、物流智能、数据智能分析预测系统集成的棉纺智能化成套系统；研发纬编全成型编织智能化成套装备，由针织毛衫向家纺、产业用纺织品拓展，研发和应用经编针织内衣生产智能化成套装备，由涤纶长丝、棉纱、筒子纱（经轴纱）染色，向涤纶短丝、锦纶、毛麻纤维等纤维原料拓展，以及成衣、家纺等其它加工工艺拓展；研发和应用智能非织造设备，建立自动化物流及智能仓储运输管理系统，实现实时数据采集与可视化，现场数据与生产管理软件实现信息集成，生产流程互联互通。

纺织装备制造智能化。研发数字化工厂、设计、仿真优化与验证集成的纺织装备全生命周期数字化设计和生产技术，涵盖纺织装备制

造智能物流系统、智能加工系统、智能装配及纺织装备整机智能测试与质量控制系统的纺织装备智能制造（车间）工厂技术。面向纺织装备制造大数据和云计算平台，开展包括企业应用软件、数据可视化、在线监控、预防性维护、物流预测和智能决策等的纺织机械智能制造信息物理系统（CPS）融合技术研发和产业应用。

3、发展路径

适应我国纺织产业向智能制造转型升级对智能纺织装备的需求，分阶段发展化纤、纺纱、机织、针织、染整、非织造装备智能化关键技术，实现典型智能纺织装备自主研发和广泛应用，总体水平达到国际先进（见图 6-3）。

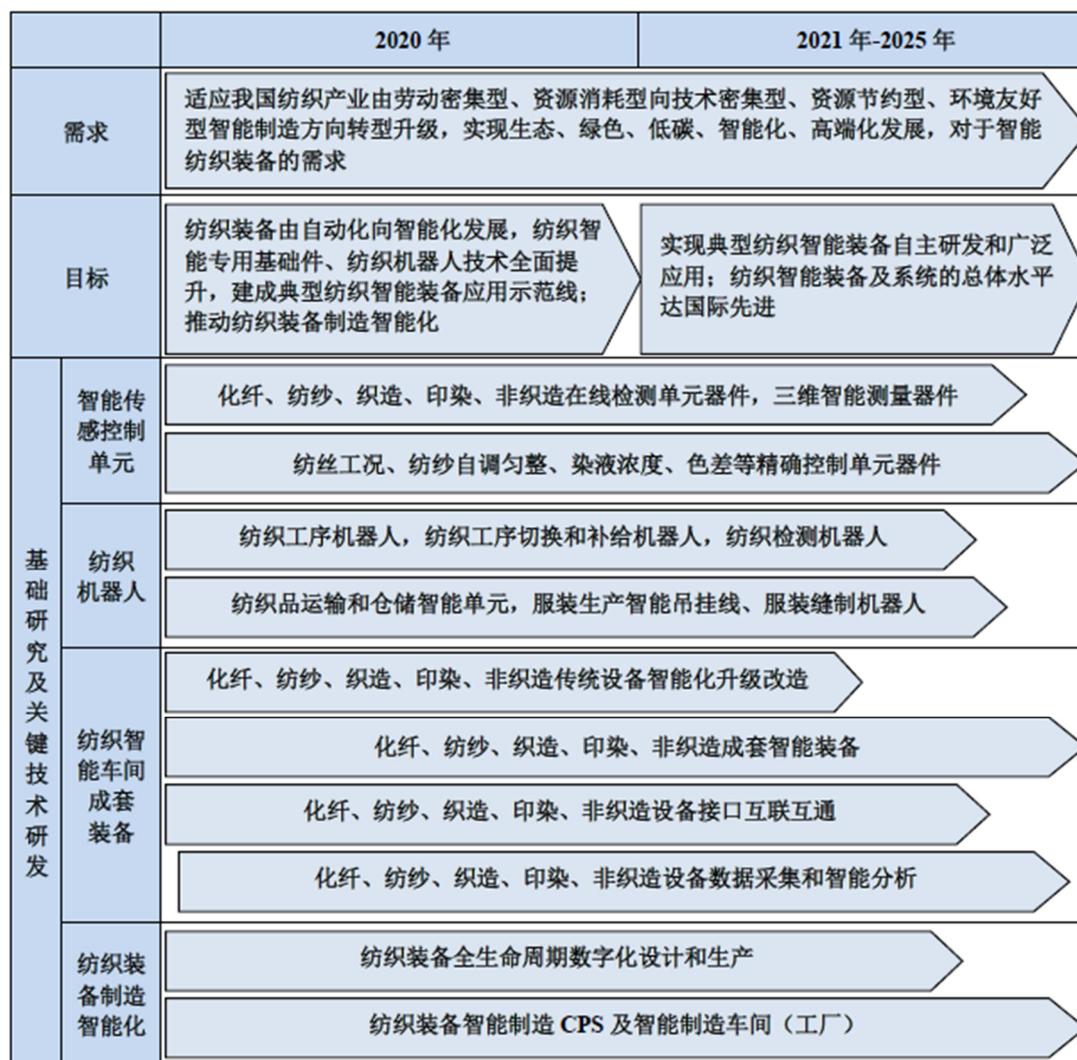


图 6-3 智能纺织装备技术发展路径

二、纺织产业智能制造新模式技术领域

(一) 化学纤维智能制造车间（工厂）技术

1、发展目标

分阶段发展化学纤维智能制造车间（工厂）技术，实现化纤生产线产品与设备互联互通基础上的化学纤维制造车间智能运营与管理，相关技术达到国际先进水平，提升化学纤维制造的全要素生产率、产品质量、新产品研发能力和能源利用率，总体满足社会对运动、休闲、家纺和服装等领域差别化功能化纤维材料的需求。

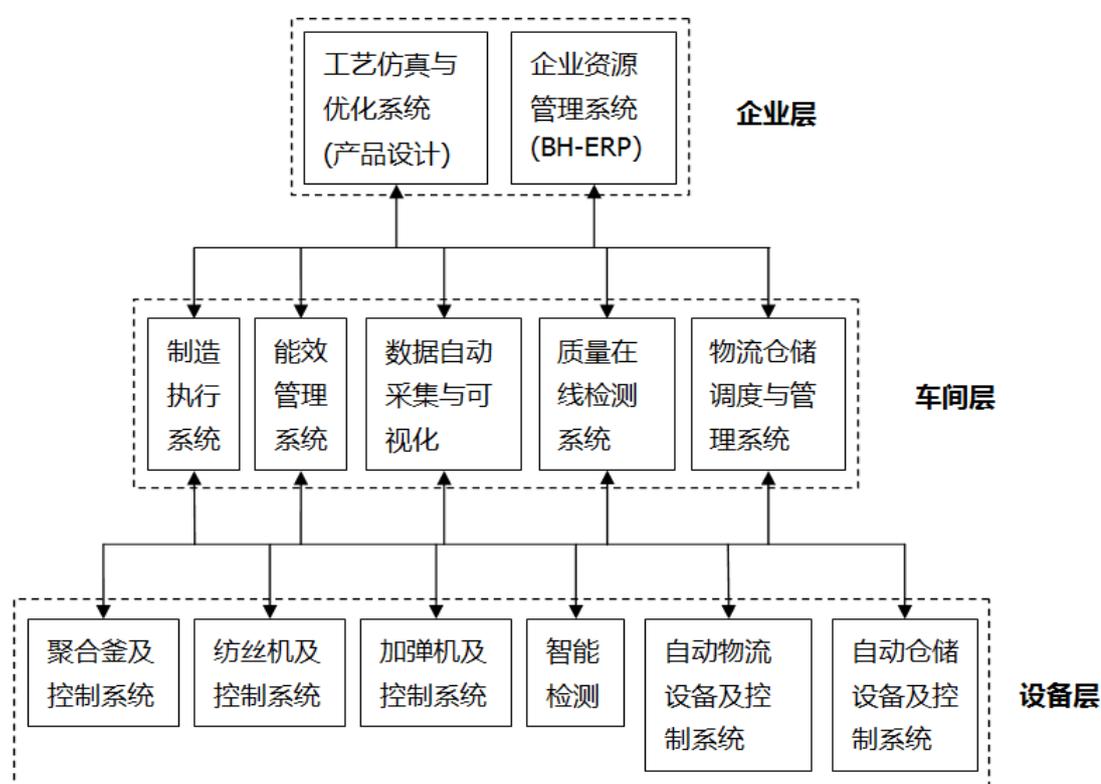


图 6-4 化学纤维智能制造车间结构示意图

(1)2020 年目标。建立国际先进的化纤智能制造车间(图 6-4)。通过智能化装备互联互通与系统集成，实现化纤生产车间设备数据采集和状态感知，为化纤车间数据分析和智能运营提供支撑。降低车间劳动强度，减少重复性劳动、人工操作和危险性操作，实现化学纤维生产过程设备管理、工艺分析与质量控制，降低劳动强度，减少重复性劳动、人工操作和危险性操作，提升产品品质；

建立原料、聚合、熔体输送、纺丝等数字化仿真系统，形成化纤制造过程数字化、智能化仿真模拟体系，并建立工艺参数与纤维结构性能关系。建立工程模型，实现熔体输送、高压喷丝、冷却成形、拉伸卷取生产过程仿真与优化。实现原料、装备、工艺和品质指标等数据自动采集、分析、监测。建立以产品原料参数、装备参数、工艺参数为基础的模块化数据库，实现设备状态数据实时传递，对生产过程工艺和装备进行实时监测；

对生产过程工艺数据和设备状态数据进行数据融合和智能分析，基于工业物联网、纺织工业云平台 and 纺织大数据平台实行信息共享。通过对基于大数据的人工智能算法等前沿科学技术的研究和应用，实现化纤制造车间的智能运营与决策，包括化纤设备运行管理、化纤生产质量控制、工艺执行管理、生产物流管理和生产计划调度，实现企业经营管理决策智能化。

(2) 2025 年目标。建立化纤智能制造无人车间（熄灯车间），提高国产设备使用率，实现数字化、智能化纤维制造体系的自主创新；机遇纺织工业大数据平台建立纤维研发生产柔性化、智能化新模式。优化升级企业资源管理系统（ERP）；

高度融合 DCS、POC、ERP、WMS、云计算、电商、BI、远程运维等，搭建企业信息系统，实现企业生产订单智能排产、订单跟踪、原辅料计划制定，客户询价、议价、下单、融资及产品准时交付等智能化，实现装备系统远程诊断、有效控制和及时维护；

建立满足大规模个性化定制要求的工艺数据库及需求数据库，满足服装、家纺等领域个性化定制对纤维个性化制造需求。

2、重点任务

分阶段针对化学纤维流程型生产特征，实现化纤制造车间底层智能化设备集成、数据采集和信息融合，建设集化学纤维生产工艺仿真与优化、纺丝-加弹等生产环节先进控制、产品质量智能在线检测、

智能物流与仓储、生产工艺数据自动采集与可视化、现场数据与生产管理软件信息集成等于一体的化学纤维智能制造车间。

化纤生产智能化装备与系统集成。化纤装备柔性化、自动化升级，主要包括纺丝在线监控系统和智能分级系统，成品、纸管、托盘、隔板存储和物流自动化；聚合纺丝一体化，纤维素浆纤一体化，化纤生产连续化、均质化、规模化、高效化、绿色化；建立智能化纤维熔体直纺车间，包括设备层（纺丝机及控制系统、加弹机及控制系统、智能检测、自动物流设备及控制系统、自动仓储设备及控制系统），车间层（制造执行系统、能效管理系统、数据自动采集与可视化、质量在线检测系统和物流仓储调度与管理系统、设备运行管理），企业层（工艺仿真与优化系统、企业资源管理系统）。

化学纤维数字化、智能化制造执行控制。基于纤维成形动力学原理，建立包括工艺过程模型，物性参数模型，风温风速分布模型，FDY热辊模型，纤维性能预测模型的纺丝工程模型，结合现场在线或离线检测数据偏差分析，实现纤维结构及性能的精准模拟计算，从而实现化纤生产过程工艺执行管理与质量控制；分析、学习生产过程原料、装备、工艺与纤维质量指标数据之间的内在规律，采用数据驱动与学习的方式进行非机理建模；建立集在线监测、协同控制、性能评估、工艺优化、柔性化品种切换等多功能于一体的化纤制造协同优化控制平台，形成包括产品开发、工艺优化、柔性化生产在内的智能工艺设计与优化系统；建立与优化纺丝动力学工程模型，优化工艺参数，指导品种开发；建立智能物流及仓储系统，包括智能落丝系统、自动包装系统、AGV 辅助输送系统、智能仓储如图 6-5 所示；建立化纤小试、中试与产业化试验标准数据接口，实现化纤生产全线数据采集与监控，应用 DCS 进行软测量，对化纤生产优化控制，建立制造执行管理系统，实现生产过程设备云运行管理、生产质量控制、工艺执行管理、物流和生产计划与调度管理，实现化纤生产过程智能管控。

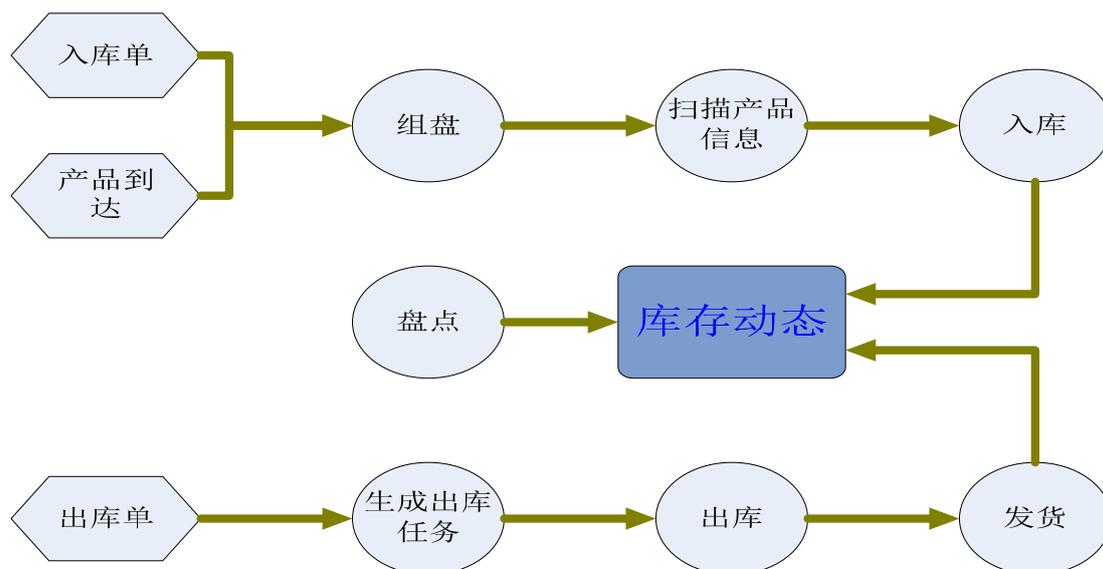


图 6-5 成品智能仓储流程图

化纤企业网络化、智能化管理系统。优化升级企业资源管理系统（ERP），包括 PTA、MEG 等大宗原材料价格走势分析，产量与仓储分析，产品销售趋势分析，客户订货分析和售后服务分析等，产品实现全程信息跟踪，与客户建立实时信息反馈，实现全供应链及产品销售管理优化，企业管控一体化及管理决策优化。

3、发展路径

适应化纤制造全要素生产率提升，化纤制造过程节能、减排、减量、生态、绿色，以及化纤制造柔性化，产品品质提升、高端化、品牌化发展需求，建立智能化车间，实现化纤制造全流程智能化工厂，建立与柔性化制造匹配的 MES 和 ERP 系统，在纺织工业大数据平台基础上，通过纺织大数据分析技术，实现化纤柔性化制造和企业智能化管理，见图 6-6。

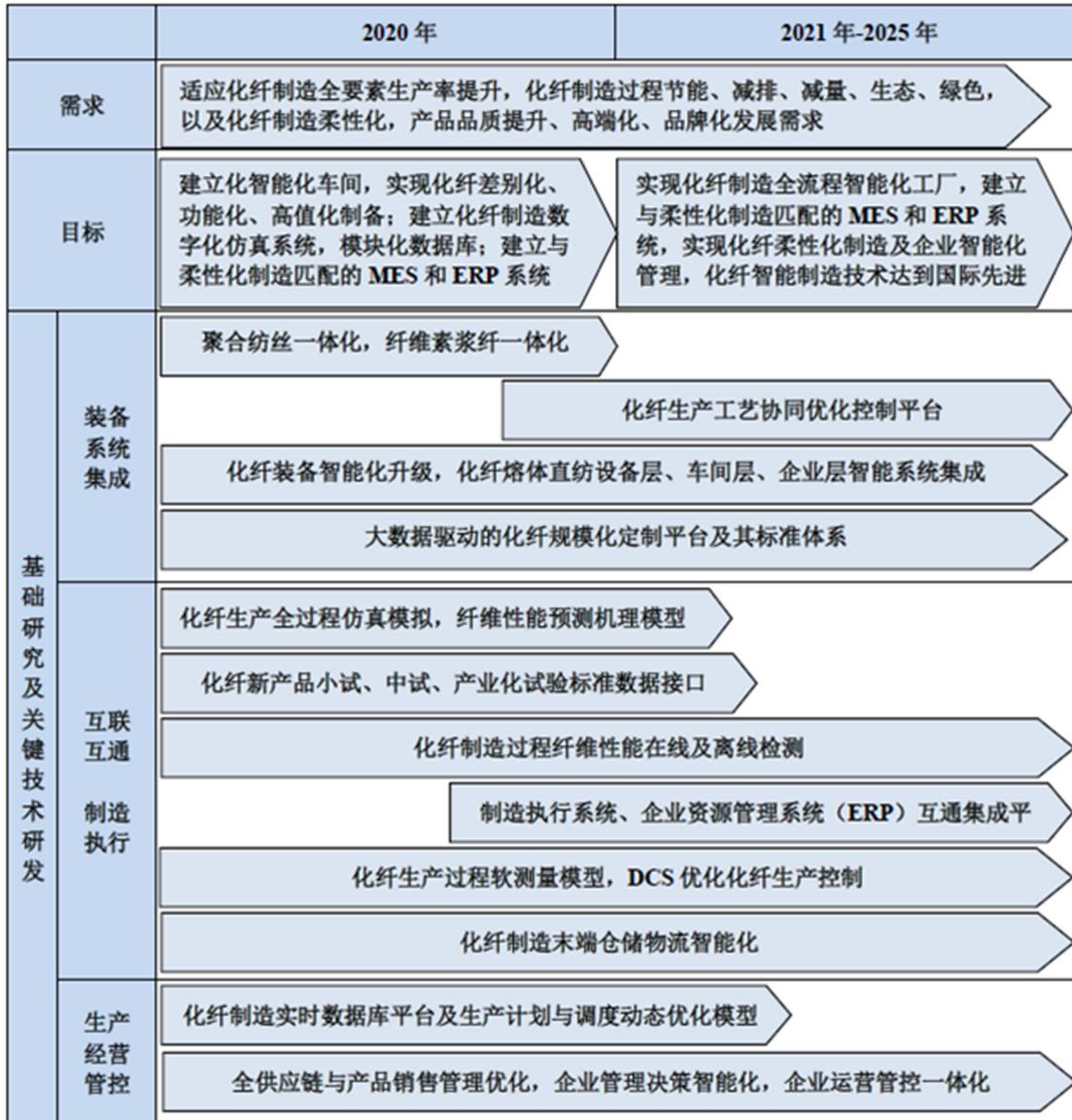


图 6-6 化学纤维制造智能化技术发展路径

（二）纺织加工智能车间（工厂）技术

1、发展目标

分阶段突破数据驱动的纺织工艺设计及生产过程全流程智能化集成技术，实现纺纱、针织、机织、非织造等纺织加工各工序生产设备的系统集成和互联互通，并建立纺织加工各工序加工生产线，实现各种纺织品及其制造设备的在线数据采集和自动检测、实现纺织品设计和加工过程智能管控。建立面向服务的智能化纺织加工体系，形成有带动和辐射作用的整体解决方案。

（1）2020 年目标。开展纺织加工智能化关键技术研发和产业化

应用，建立纺纱、机织、针织和非织造纺织加工生产线，实现纺织加工设备的系统集成和信息互联互通，相关技术水平达到国际先进；

发展智能化纺纱车间（工厂）、织造车间（工厂）、非织造车间（工厂）、针织车间（工厂）等关键技术，实现基于纺织加工生产过程工艺数据、设备状态数据、纺织加工过程数据和纺织加工物流控制数据等信息融合的纺织加工制造过程智能管控。对纺织加工车间生产计划调度管理、纺织加工设备运行管理、纺织生产工艺过程执行管理、纺织加工质量控制和物流管理等实现智能闭环控制，从而实现纺织加工制造过程的精准执行，夯实纺织智能制造第一第二种范式。

（2）2025 年目标。全面实现建成智能化纺纱车间（工厂）、机织车间（工厂）、非织造车间（工厂）和针织车间（工厂）。纺织加工全流程系统集成和设备互联互通基础上实现智能化监控、运营决策优化管理，生产状态及装备远程智能控制，纺织加工全流程仿真优化软件应用于生产实际，纺织加工过程实现智能化运营管理。

2、重点任务

未来 5-10 年，分阶段重点开展智能化纺纱车间（工厂）、智能化机织车间（工厂）、智能化非织造车间（工厂）和智能化针织车间（工厂）相关的关键技术研发和产业化应用。

智能化纺纱车间（工厂）。开展纺纱工艺数据集成分析、工艺参数在线调整、多光谱融合异纤检测、棉网均匀度检测、条子均匀度动态检测、断纱自停、纱线质量在线检测、自动络纱、自动接头等技术研发和纺织专用传感器技术研究，研究智能纺纱设备数据接口技术、无线传感网络、无线射频识别网络技术，建立纺纱全流程连续化生产线，研发设备连接、物流自动等技术，实现开清、梳理、并条、粗纱、细纱和络筒的全流程连续化生产，通过设备集成与数据自动采集，开展并条机自调匀整在线检测及控制，环锭纺纱线智能在线检测等技术应用，进行数据挖掘，研发虚拟纺纱、智能原料配比，以及纺纱全流

程仿真优化软件等关键技术研发与产业化应用。

智能化机织车间（工厂）。研发整浆一体化、整经张力自调、调浆质量在线检测、浆纱张力自调匀整、上浆质量在线检测、高效自动穿结经、经纱上机张力自调补偿、纬纱张力自调、坯布疵点机上自检测等关键技术，实现织造设备的系统集成与互联互通，基于工业物联网建设，实现织造生产过程实时生产状态、设备状态的数据采集。基于织造生产工业大数据平台，实现织造生产过程智能运营管理，包括工艺执行、设备管理、生产计划调度等智能执行管理。

智能化针织车间（工厂）。研发断纱自停和自动接纱技术、织物在线疵点检测自停与识别技术、自动换纱/经轴技术、自动落布技术，基于工业物联网建设，构建针织设备、花型设计系统数据库、原料数据库系统、销售推广系统的集成与互联互通，研发针织装备生产过程智能化控制、移动远程控制和数据采集分析决策技术，实现不同车间针织装备互联互通，生产数据中控系统分析决策，生产过程的智能运行、调度和管理。

智能化非织造车间（工厂）。实现非织造设备的系统集成与互联互通，基于工业物联网建设，研发非织造纤网质量在线检测与控制、生产参数智能化调节，纤网结构密度在线检测及反馈，含水率在线检测与联动烘干，疵点、金属在线检测与自动剔除，以及卷材分切、包装机器人，能耗实时监测与动态优化，工艺参数自动记忆与智能化调用，生产设备互联及移动端远程控制、生产过程智能管理等关键技术。研发及构建非织造智能工厂数据中心，实现基于工艺、生产、设备、质量、物料和资源数据的绩效评估与分析，质量分析、工艺参数优化以及设备状态监测与智能维护。

3、发展路径

适应纺织产业生态、绿色、低碳、智能化、高端化、品牌化发展对纺织加工节能减排减量，资源充分，精细化、提升产品品质的需求，

建立纺织加工智能化技术体系，发展纺织智能车间（工厂），实现纺织加工全流程设备互联互通、生产工艺过程智能化监控和管理，生产状态及装备远程智能控制，实现纺织加工制造企业智能化管理。见图6-7。

		2020年	2021年-2025年
需求		适应纺织产业生态、绿色、低碳、智能化、高端化、品牌化发展对纺织加工节能减排减量，资源充分，精细化、提升产品品质的需求	
目标		建立纺织加工智能化技术体系，实现纺织加工过程与终端产品销售全过程无缝化、生产管理和反应敏捷，相关技术水平达到国际先进	纺织加工全流程智能化监控和管理，生产状态及装备远程智能控制，纺织加工过程实现无人或少人
基础研究及关键技术研发	装备系统集成	多光谱融合异纤检测、纱线质量在线检测、工艺数据集成分析在线动态调整	
		织造准备和织造车间智能化在线检测监控、高效自动穿结经	
		高机号多功能全成形针织智能化加工系统，针织一次成型智能化加工	
		非织造设备智能系统集成、加工质量在线检测与控制、生产参数智能化调节	
	互联互通	纺纱工序串联、原料配比智能化、全流程仿真优化	
		浆纱张力自调匀整、纬纱张力自调、模块化智能化织造	
		针织装备互联互通，单纱张力动态监测、断纱自停自动接纱	
	制造执行	非织造工艺参数自动记忆与智能化调用、加工装备互联及移动端远程控制	
		纺织加工工艺过程及产品质量检测专家系统	
	生产经营管控	生产计划调度、设备运行、加工质量、物流管理智能闭环控制	

图 6-7 纺织加工智能化技术发展路径

（三）染整加工智能车间（工厂）技术

1、发展目标

以大数据为核心，通过底层感知层（物联网层面）智能化和制造云（务联网层面）的建设，最终实现纺织品印染加工智能化。依据整体谋划、分步实施的原则，在 2025 年前重点完成底层感知层的智能化建设工作，发展印染和整理加工过程精准化、自动化、智能化技术，最大程度减少人为因素对生产的干扰，提高生产效率，稳定并提高纺

织品质量，降低劳动强度，降低资源消耗和污染物排放量，实现印染和整理节能减排减量，提质增效。

(1) 2020 年目标。建立印染产品质量快速检测方法。围绕实现印染生产工艺反馈控制的关键问题，建立色牢度和净洗效果等印染产品质量指标快速检测方法，实现在线快速检测产品质量和生产参数在线调控；

实现染化料助剂的精准自动配送。聚焦印染产品一次准率较低的关键因素，解决印染生产过程中，染化液、助剂的配制和输送对人工经验的依赖性高，参数调控的灵活性较低，纠错实时性较差，精度和能耗效率均较低等技术问题，实现印染加工过程的自动化、数字化和智能化，染化料助剂的精准自动配送；

关键印染装备的智能化。实现关键印染装备的智能化，最大程度减少人为因素对生产的干扰，提高生产效率，稳定并提高纺织品质量，降低工人的劳动强度，降低能耗和减少污染物排放量，有效降低企业的生产和用工成本；

实现印染生产装备的互联互通。建立印染装备统一的网络通信接口规范和数据协议等，解决印染生产线中各机台信息孤岛问题，实现设备数据、运行数据、生产数据、质量数据及工艺数据等的实时传输、实时监控、故障报警、故障诊断和远程控制。

(2) 2025 年目标。实现印染产品及生产工艺的数字化表达。研究建立印染产品的质量标准，建立不同产品质量的数字化表达模型，基于染化料助剂的标准化和产品性能的数字化，研发印染产品的标准化生产工艺，并建立相应生产工艺数字化模型；建立印染生产专用 MES 系统。针对我国印染行业实际情况，以连续印染生产企业为对象，开发专用 MES 系统。为纺织印染企业科学制定和执行生产调度计划，精确在线检测和控制生产过程关键工艺参数，控制及平衡能源耗用提供关键技术支持，实现纺织印染生产全过程的数字化管理；初

步建立印染生产专用制造云。研究印染产品的云制造技术、大数据技术（生产工艺自优化、生产策略和销售策略等）、个性定制及云安全等，初步建立印染生产专用制造云，建设新一代智能染整车间（工厂）。

2、重点任务

未来 5—10 年，分阶段重点开展印染产品性能快速检测方法、纺织品印染加工工艺数字化虚拟模型、印染工作液浓度在线精确监测及控制、印染设备接口与协议标准、染整生产计划自动排程等关键技术研发和产业化应用。

印染产品性能快速检测方法。研究原材料及染色产品布面残余物质(染料、浆料、碱度、酸度、盐分、甲醛等)的快速萃取技术，建立萃取物含量织物前处理效果、织物色牢度等数量关系，形成整套产品性能的快速检测技术。

纺织品印染加工工艺数字化虚拟模型。研究开发具有绿色生态特性的印染技术，建立印染生产工艺与产品性能关联的模型，实现印染加工工艺数据化。

印染工作液浓度在线精确监测及控制技术。研发自动滴定间接测量、比重差压间接测量、总线式管路等技术，研究建立配送转子泵的数学模型，开发具有自主知识产权的染化料助剂自动配送系统，实现工作液浓度的在线精确监测及控制，实现多种染化料助剂单管道的多点高效配送，实现对不同粘度染化料助剂的精确定量输送技术，从而全面提升染化料助剂的自动、高效、精确计量和输送水平，解决困扰行业的生产过程化学品管控问题。

印染设备接口与协议标准。开展染整智能设备与制造系统间互联互通及互操作系列行业/国家标准的制定，实现染整智能设备与制造系统间互联互通及互操作；构建染整智能设备与制造系统间互联互通及互操作标准研究和试验验证平台，在平台验证的基础上，在生产现场对标准进行验证，并建设标准示范试点生产线，进行全行业的示范

和推广。

生产计划自动排程技术。设计基于大数据的可插拔式通用印染生产计划自动排程的调度模型，搭建支持多目标生产调度（包括效率和能耗）、高效（快速求解）、可扩展（基于统一数据编码和存储结构，支持不同算法）和实时反馈（根据生产要求，动态调整计划）的生产计划自动排程系统，支持印染专用 MES 系统的开发。

3、发展路径

适应染整加工清洁化、染整产品高品质化及大幅度降低劳动强度，提高生产效率发展需求，开发实现生产及产品性能关键数据快速采集、印染装备互联互通的技术，并进一步开发具有自动排产功能的印染专用 MES 系统，见图 6-8。

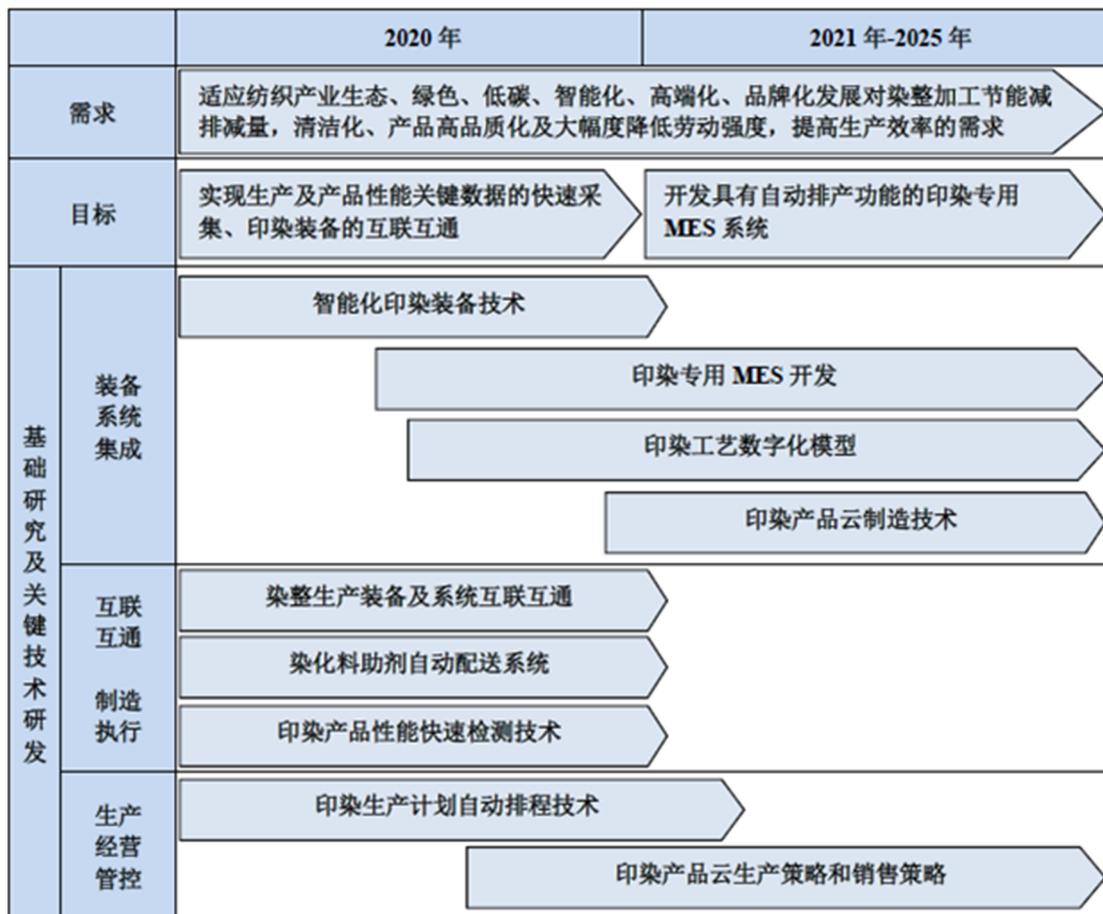


图 6-8 染整加工智能化技术发展路径

（四）服装设计与加工智能化技术

1、发展目标

充分应用信息化、数字化新技术，未来 5—10 年分阶段突破服装设计与加工中市场预测、设计、加工制造等智能化关键技术，实现产业应用，培育服装产业智能制造新业态。

（1）2020 年目标。高效高精度智能化预测技术。开展基于大数据技术的消费数据精准采集及挖掘与分析，实现高效高精度流行趋势预测和消费者需求预测；

智能化三维人体测量及虚拟试衣。在三维服装制造技术基础上，进一步突破三维人体测量、三维虚拟试衣系统、3D 打印系统的工程化关键技术，提高三维服装设计与制造设备的效率、精度和真实度，取得一批具有自主知识产权的技术装备成果。推动三维人体扫描仪、三维虚拟试衣系统和 3D 打印技术向高效化、精准化和网络化发展。构建 SizeChina 大规模三维人体数据库，形成三维虚拟服装设计云平台。加强三维人体测量、三维虚拟试衣和 3D 打印等相关科技成果转化和产业化示范应用；

智能化服装设计新技术与新模式。结合最新非接触式远程量体技术、3D 人体建模技术，实现人体体型参数获取和三维人体建模。应用智能 CAD、3D 服装虚拟设计技术和虚拟试衣技术，形成交互式的虚拟试衣体验，实现根据消费者需求对服装版型进行在线实时调整的功能。构建以消费者需求为导向的个性化、便捷化、快速化私人远程定制系统；

成衣智能化生产加工。针对服装制造下游生产环节，发展核心技术，实现服装加工的自动化和部分智能化；

建设服装行业智能制造技术标准体系，为服装产业智能装备、智能工厂建设提供依据。推广大规模个性化定制生产模式，基本实现服装制造业转型升级。

(2) 2025 年目标。构建基于人工智能的预测模型。融合高速化通信网络、智能传感与检测控制、智能物流和仓储等智能共性技术，推动基于人工智能和机器学习的大数据学习、推理和预测，构建基于大数据的人工智能预测模型；

实现服装设计制造全流程网络化和智能化。初步实现融合虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术的三维虚拟试衣系统产业化应用。推进服装行业的云制造技术与 3D 虚拟制造技术融合，围绕服装制造资源共享，构建从 3D 虚拟服装设计、3D 虚拟试衣、3D 服装打印到服装全渠道智能零售的服装三维制造与销售一体化云平台，实现服装设计、生产、销售全过程的数字化、网络化和智能化。提升智能化服装设计技术，完善 3D、4D 服装打印。建立二维纸样与三维成衣款式之间的对应算法模型。发展虚拟试衣系统。推进 3D 打印技术的产业化和市场化应用，缩短产品设计研发周期，探索具有时间维度的 4D 打印技术，提高打印服装的舒适性和可调整性；

建成服装智慧制造生态产业链。基于 RFID 技术，实现机器与产品互联，生产全程数字化可控。健全服装行业智能制造技术标准体系，促进标准服务高效发展。基于大数据和人工智能技术，实现整条产业链上下游的“人—机器—产品”相互感知与联控，打造智慧制造生态产业链，实现服装制造业的可持续发展。

2、重点任务

未来 5-10 年，分阶段重点开展服装产品流行趋势与需求市场智能化预测、智能化三维人体测量及虚拟试衣、智能服装设计系统、智能化缝制生产设备等服装设计和生产的研究开发和产业实际应用。

服装产品流行趋势智能化预测。研究新型的知识获取技术、数据处理和存储技术，支持预测结果实时化、快速化和准确化；开展流行趋势预测理论研究和应用，包括基于大数据技术精准跟踪和捕获海量消费数据，依托云计算进行数据分析与计算，利用互联网技术对预测

数据的传播与反馈等；开展人工智能和机器学习的大数据学习、推理和预测以及基于虚拟试衣的市场需求预测相关理论研究和应用。

服装智能化设计。以数字存储的方式使设计模型和数据向网络化、服务化、云端化发展，增强设计创新和经济可承受性，将虚拟网络与实体链接，形成更具效率和个性化的设计模式；重点开展智能 CAD 设计、服装虚拟设计、融合 3D 打印技术的服装设计新模式以及大数据环境下的远程“个性化定制”平台等的理论研究和应用；开展依托虚拟试衣的一站式定制化服务、“互联网+”大规模智能定制等理论研究和应用；提高智能服装产品设计水平，打造具有中国特色的新型设计模式和时尚创意品牌。

智能化服装 3D 打印技术。重点开展三维人体测量、三维人体建模、三维虚拟试衣和 3D 打印等关键技术的研发，并加速各项技术的产业化应用。通过融合计算机技术、互联网、大数据，完善网站平台的虚拟试衣系统，将人体测量、建模、虚拟试衣和 3D 打印各环节相融合，实现由生产到制造的智能化一站式服务。

成衣智能化生产加工。加快自动化及智能化装备的研发与应用。开展铺布、裁剪、缝纫、整烫和折叠等关键生产环节设备智能化研发和推广应用，实现单机智能化；在铺布和裁剪方面，运用机器人手臂自动拉取和叠放面料；全方位自由化控制裁刀，运用传感器技术实时监控裁刀速度、温度和位置。缝纫方面，实现高精度、高可重复性缝纫加工；突破自动化机器人手臂，开发智能化机器人，具备执行缝纫指令功能的同时，还具有决策和规划能力；突破智能制造设备集成技术。实现生产环节信息化管理，仓储、物流环节快速响应；推进智能装备的互联，整合生产链各关键环节模块，灵活调整生产装备及模块，实现柔性智能生产线；缩短供应链时间，实现服装生产提质增效；健全智能制造技术标准体系。以形成服装生产链的企业间设备与工艺信息的互联互通技术标准为目的，开展典型服装企业内部设备信息、生

产工艺信息接口及互联互通技术规范 and 标准的应用与推广，促进服装智能制造软硬件、数据的集成应用；推广大规模个性化定制应用。充分利用网络信息技术促进客户关系管理（CRM）的转型升级，将生产方式从大规模生产转为大规模个性化定制。并基于移动互联网技术、云计算和物联网平台，实现订单信息和服装成品的全面网络化交易。

3、发展路径

适应服装消费个性化、多样化，需求，网络经济发展，以及制造业生态、绿色、高效、高端、节能、减量发展趋势，分阶段开展服装产品流行趋势与市场需求智能化预测、智能化服装设计、成衣加工智能化等关键技术，推进产业化应用，见图 6-9。

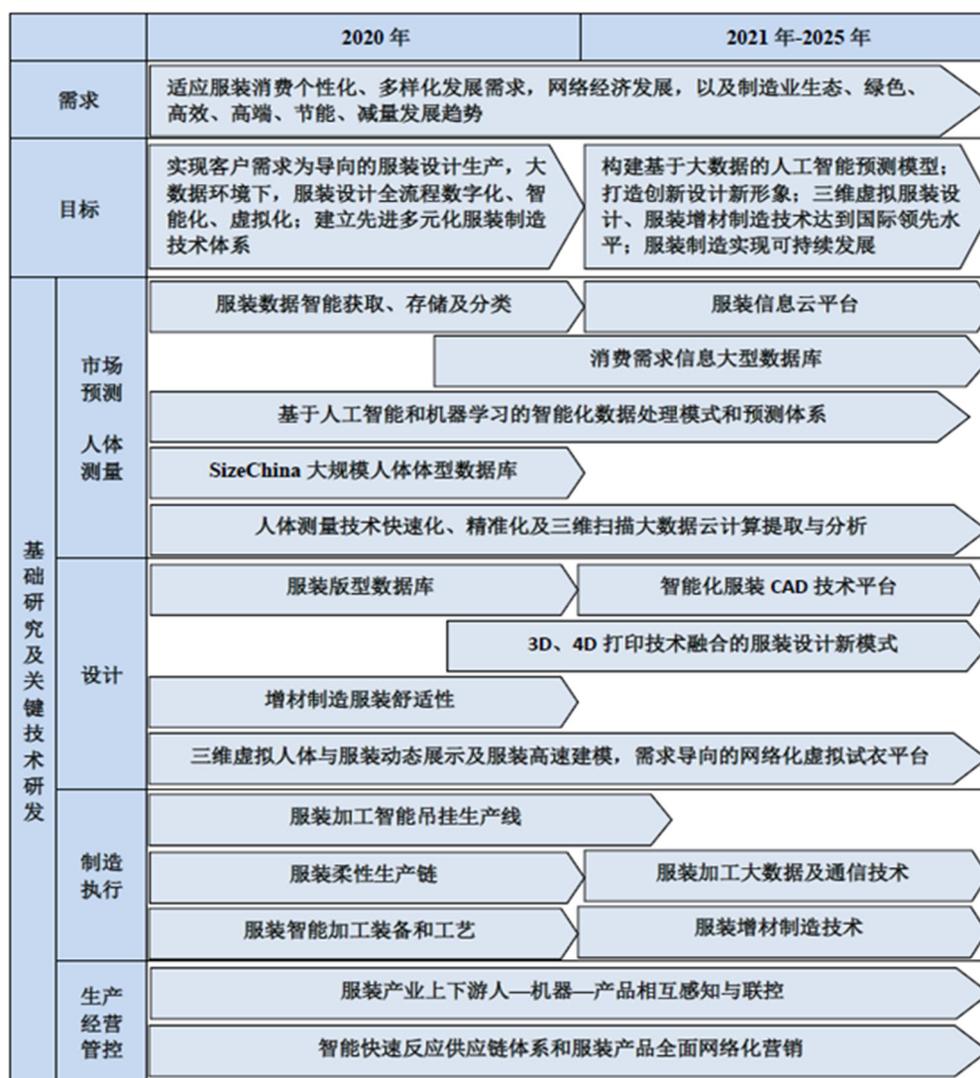


图 6-9 服装设计与加工智能化技术发展路径

（五）个性化定制和网络协同制造及远程运维技术

1、发展目标

分阶段推动互联网、大数据、云计算、物联网在纺织行业融合应用，促进要素资源优化配置，推动制造模式和商业模式创新，形成纺织经济发展新动能。以提高企业生产效率和产品品质，加快市场反应敏捷度为重点，基于大数据的协同分析，优化调整制造流程，发展基于互联网的纺织品服装大规模个性化定制、网络协同纺织制造、纺织装备远程运维技术。

2020 年目标。纺织品服装大规模个性化定制。发展基于三维服装虚拟制造技术的服装大批量个性化定制、时尚快速反应体系，构建服装三维个性化定制平台，并制定相关应用技术标准。研发实现完成较为全面的智能 3D 人体测量系统，高端定制的 VR 展示系统。建立人体三围技术数据库并进行细化整理归类。建立服装辅料高端定制技术子系统（3D 打印技术等）；

网络协同纺织制造。实现三维空间 RFID 注册定位、工业物联网信息三维空间搜索、显示与交互。纺织制造过程各环节实现信息获取、实时通信和动态交互。实现基于纺织智能制造标准、核心支撑软件、工业互联网基础与信息安全系统的关键技术装备和先进制造工艺集成应用。建立网络化纺织智能制造资源协同平台，企业间、企业部门间创新资源、生产能力、市场需求实现集聚与对接，设计、供应、制造和服务环节实现并行组织和协同优化；

纺织装备远程运维。建立纺织智能装备/产品远程运维服务平台，实现纺织智能装备/产品远程运维服务平台与装备制造商产品全生命周期管理系统（PLM）、客户关系管理系统（CRM）、产品研发管理系统信息共享。

（2）2025 年目标。纺织品服装大规模个性化定制。纺织品服装高端定制款式、型号、面料选择，颜色选择，纽扣选择等辅料数据库

全流通，实现一站式高端定制平台。打通高端定制科技评价和反馈体系。打通 VR 展示系统与现实高端定制的全流通环节。实现运用大数据分析技术与高端定制案例数据进行实时个人高端定制有效配对；

网络协同纺织制造。纺织产品设计、制造、服务整个生命周期形成统一的网络协同制造信息和标准，构建多方参与的网络平台，实现整个流程的高效运作。形成网络协同的快速、高效、便捷物流供应。实现纺织品设计、制造、服务联动协同；

纺织装备远程运维。建立智能装备/产品远程运维服务平台相应的专家库和专家咨询系统，能够为智能装备/产品远程诊断提供智能决策支持，并向用户提出运行维护解决方案。建立远程设备维护信息安全管理系统，具备信息安全防护能力。通过持续改进，建立高效、安全的智能远程设备服务系统，提供的服务能够与产品形成实时、有效互动。

2、重点任务

分阶段发展纺织品服装大规模个性化定制技术、网络化纺织协同制造技术，优化行业供应链，创新业务流程，逐步实现纺织服装产品柔性化、高品质制造。研发纺织装备远程运维及工艺优化服务技术，逐步推进纺织装备远程运维。

纺织品服装大规模个性化定制技术。研发纺织品规模化定制平台系统，见图 6-10。研发客户需求识别管理系统、纺织终端产品规格与功能数据库、纺织品个性化定制工艺数据库，纺织品需求数据库。开发反映客户订单特征的采购和生产指令软件套装，以及适应纺织品大规模个性化定制的技术及标准体系。研发定制型纺织制造执行系统（MES）、定制型 ERP 系统，并进行系统融合；研发智能化三维人体测量及虚拟试衣技术，和基于移动互联网、云计算和物联网平台，订单信息和服装成品全面网络化交易技术，发展服装大规模个性化定制。

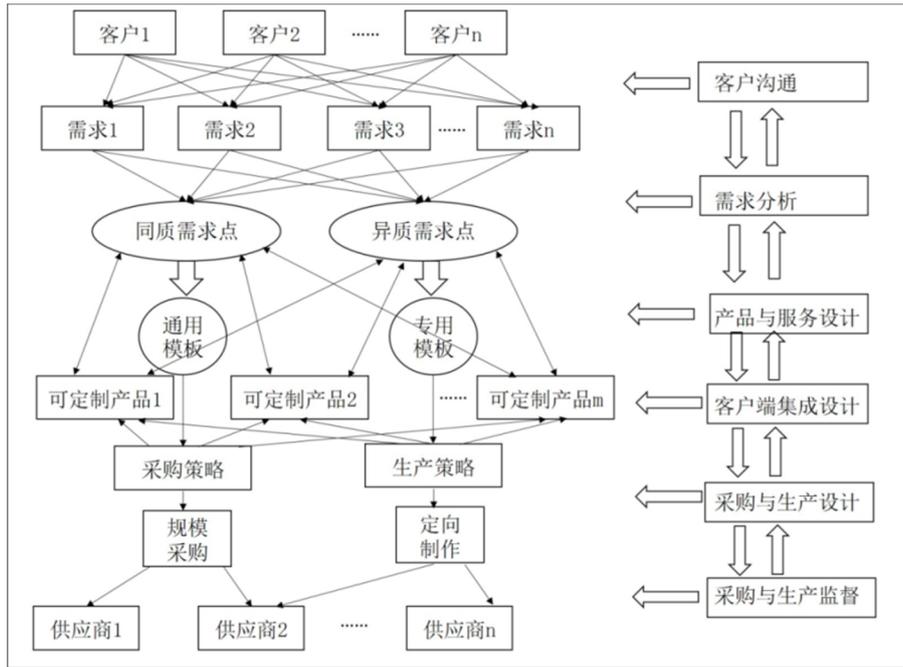


图 6-10 纺织品规模化定制系统

网络协同纺织制造技术。研究基于纺织智能制造标准、核心支撑软件、工业互联网基础与信息安全系统的纺织关键装备与纺织先进制造工艺集成应用，开发纺织智能制造成套装备，并推广应用与产业化，实现纺织制造业智能化改造；建立网络化纺织智能制造资源协同平台，研究企业间研发系统、信息系统、运营管理系统横向集成技术，信息企业内外数据资源交互共享技术。研究企业间、企业部门间创新资源、生产能力、市场需求集聚与对接技术，推动纺织设计、供应、制造和服务环节实现并行组织和协同优化。

纺织装备远程运维及工艺优化服务技术。研发纺织智能装备/产品开放数据接口，以及数据采集、通信和远程控制技术，工业互联网在纺织产业中应用技术；建立纺织智能装备/产品远程运维服务平台，对纺织装备/产品上传数据进行有效筛选、梳理、存储与管理，并通过数据挖掘、分析，向用户提供日常运行维护、在线检测、预测性维护、故障预警、诊断与修复、运行优化、远程升级等服务；研发纺织产品全生命周期管理系统（PLM）、客户关系管理系统（CRM）、产品研发管理系统信息共享技术；建立纺织装备远程运维服务专家库和专家

咨询系统，为智能装备/产品的远程诊断提供智能决策支持，并向用户提出运行维护解决方案；研发信息安全管理技术，提升信息安全防护能力。研发高效、安全的纺织装备智能服务系统，提供的服务能够与产品形成实时、有效互动，大幅度提升纺织装备嵌入式系统、移动互联网、大数据分析、智能决策支持系统的集成应用水平。

3、发展路径

适应日益快速发展的互联网经济，日益变化的市场需求，产品的个性化趋势，以及提升纺织制造效率和纺织产品质量的需求，研发和实现高端纺织大规模个性化定制，纺织设计、制造、服务联动协同，高效、安全、实时的纺织装备远程运维系统，技术水平达到国际先进，见图 6-11。

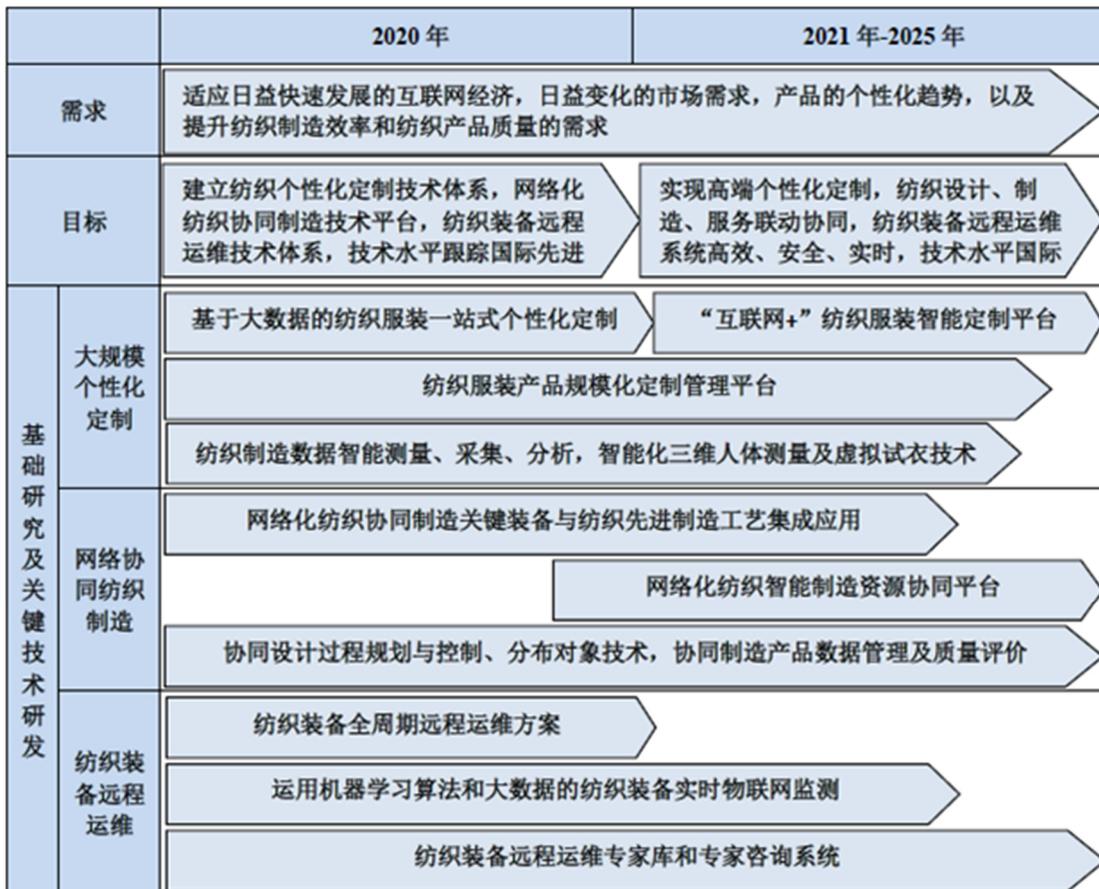


图 6-11 个性化定制、网络协同制造及远程运维发展路径

三、智能纺织材料技术领域

(一) 发展目标

适应当代人们生活、健康、人体功能拓展等需求，以及现代军事装备等发展需求，分阶段突破柔性传感器、智能调温、智能形状记忆、智能变色、微纳器件嵌入织物等智能纺织材料关键技术，实现可穿戴、家居用、产业用等智能纺织材料产业化。

(1) 2020 年目标。智能调温纺织材料。构造新一代优良智能调温纺织材料，基本解决耐久性、耐洗涤性差等问题，提高智能调温纺织材料服用性能，适应当代人体健康、人体功能拓展以及现代军事装备应用需求。在加工制造主体环节实现智能调温纺织品生产的自动化和部分智能化。基本确立智能调温纺织品行业标准体系，逐步完善质量管理；

智能形状记忆纺织材料。掌握智能形状记忆核心技术。开发不同形状、反应时间、激发温度、回复力的形状记忆材料及丰富多样的形状记忆纱线和织物等，实现形状记忆纺织品无毒、绿色环保材料的设计、高记忆性产品的研发以及产品的批量化生产。实现对原有形状记忆纺织品的全方位优化，提高形状记忆纤维生产效率和精度，取得一批具有自主知识产权的技术装备成果；

智能变色纺织材料。建立智能变色材料创新研发中心，加快光/热/电/力致变色材料机理研究，突破高效稳定智能变色纺织品的制备技术，开发新一代高灵敏度智能变色纺织材料，满足可穿戴、家居用以及产业用等领域的应用需求。发展智能化生产的核心关键技术，建立智能变色纺织材料制备工艺智能优化系统，减少工程更改量，提高生产效率，降低成本和能耗；

电子信息智能纺织材料。结合最新微纳器件织物集成嵌入技术，最新柔性电子器件技术，实现纺织材料通信、自发电蓄能以及对人体信号的实时检测等功能，并有效解决服用舒适性、耐久性、耐水洗型等问题。实现电子信息智能纺织材料生产自动化和部分智能化。建立智能纺织材料的制造示范基地与综合应用评价体系，引领功能智能一

体化纺织材料开发与应用。

(2) 2025 年目标。建成智能纺织材料制造科技创新中心。开发系列智能调温、智能形状记忆、智能变色以及电子信息智能纺织材料，满足经济社会发展和国防建设需求。在智能纺织材料加工制造主体环节全面推进生产过程智能化改造，建立智能纺织材料设计制造示范基地与综合应用评价体系，引领功能智能一体化纺织材料开发与应用。完善智能纺织材料行业标准体系，基本完善质量管理。建立网络化智能纺织材料制造资源协同平台、智能纺织服装产品大规模个性化定制平台，基本实现智能纺织材料高品质制造。

(二) 重点任务

未来 5-10 年，分阶段重点开展智能调温、智能形状记忆、智能变色纺织材料，以及电子信息智能纺织材料的结构及信息传导机理、材料可加工性、可穿戴、家居用、产业用等机理原理和关键技术研发，推进相关智能纺织材料产业化发展。

智能调温纺织材料。依托纺织、物理、化学、纳米、计算机等交叉学科体系，重点开展智能调温材料响应与控温机制研究，构筑材料相变机制，开发出基于不同机理的智能调温材料，应用于不同领域。建立材料调温热力学模型，开发出具有相变温度适当、性能优越、体积变化小的智能调温材料、有机/无机复合调温材料或者多元复合调温材料；增加智能调温纺织材料制备工艺的自主研发投入，突破智能调温纺织品制备技术。重点研发具备耐久性、耐水洗性能和优异服用舒适性的智能调温纺织材料，实现智能调温纺织材料低成本、大面积推广生产。建立智能调温纺织材料与人体表面之间微环境温度模拟模型。开发针对不同外界温度环境和人体需求的智能调温纺织材料，重点研发用户主动调控温度参数的产品技术。加快自动化及智能化装备的研发与应用，实现智能调温纺织材料速度快、稳定性好、精度高的生产制备。

智能形状记忆纺织材料。重点开展新型智能记忆材料的机理研究，以高性能新型材料为先导，研发材料基于不同形状、反应时间、激发温度的智能记忆机理，开发具有超高记忆性、舒适性、柔软性的智能记忆材料，实现不同机理材料的优化应用。逐步实现材料的高效记忆性；将新型记忆材料融入纺织品材料开发设计中，形成绿色无污染的智能纺织材料；基于互联网平台，建立智能形状记忆纺织材料设计模型，根据消费者需求智能化调整开发参数，形成更具效率与实用性的智能纺织材料开发设计。逐步推进智能纺织材料智能化制备，实现智能形状记忆纺织材料智能化加工和大规模产业化生产。

智能变色纺织材料。推进纺织材料智能变色机理研究。基于物理、化学、光学等交叉学科，研究纺织材料智能变色机理，建立纺织材料结构与变色之间的关联，构建纺织材料智能变色模型，开发出基于不同外界刺激的高灵敏新型智能变色纺织材料。基于光学、计算机、电子信息等交叉学科，重点研发与纺织材料有机结合的智能变色集成电子电路，开发出可设定颜色变化的智能纺织材料。深入开展智能纺织材料生产环节关键技术研究，突破高效稳定智能变色纺织品的制备技术，建立从产品规格到纤维制备工艺的智能优化制造系统。根据消费者使用需求提供智能变色纺织材料的设计与生产方案，打造个性化定制服务系统，实现智能变色纤维智能化开发和产业化应用。

电子信息智能纺织材料。深入探索有关信息传导、积累与反馈的机理，研发出具有快速响应的高灵敏度智能纺织材料；构建智能纺织材料信息反馈的流程模型，基于大数据的优化分析，实现对电子信息智能纺织材料技术的高效集成与控制；基于纺织、电子、医学、计算机、物理、化学等多技术，构建跨领域协同体系，研发适应电子信息智能纺织材料特征的高精度、高可靠智能控制、运动控制等关键技术，挖掘电子信息智能纺织材料更多的可能性应用。以柔性传感、柔性摩擦纳米发电机等器件的开发为依托，以微纳器件集成技术为基础，实

现纺织材料与电子技术的进一步互联互通，提高电子信息智能纺织材料的服用舒适性与使用寿命，推进电子信息智能纺织材料时尚化与产业化。加快电子信息智能纺织材料的产业化进程。进一步研究不同技术领域的相互融合，开发高可靠性柔性传感、柔性电容器等器件；建立智能纺织品的制造示范基地与综合应用评价体系，引领功能智能一体化纺织材料开发与应用。

（三）发展路径

适应当代人们生活、医疗、健康、体育等领域需求，以及工业、现代军事装备等领域发展需求，分阶段开展分阶段开展智能调温、智能形状记忆、智能变色、微纳器件嵌入织物等智能纺织材料基础研究和关键技术研究，实现智能纺织材料产业化，见图 6-12。

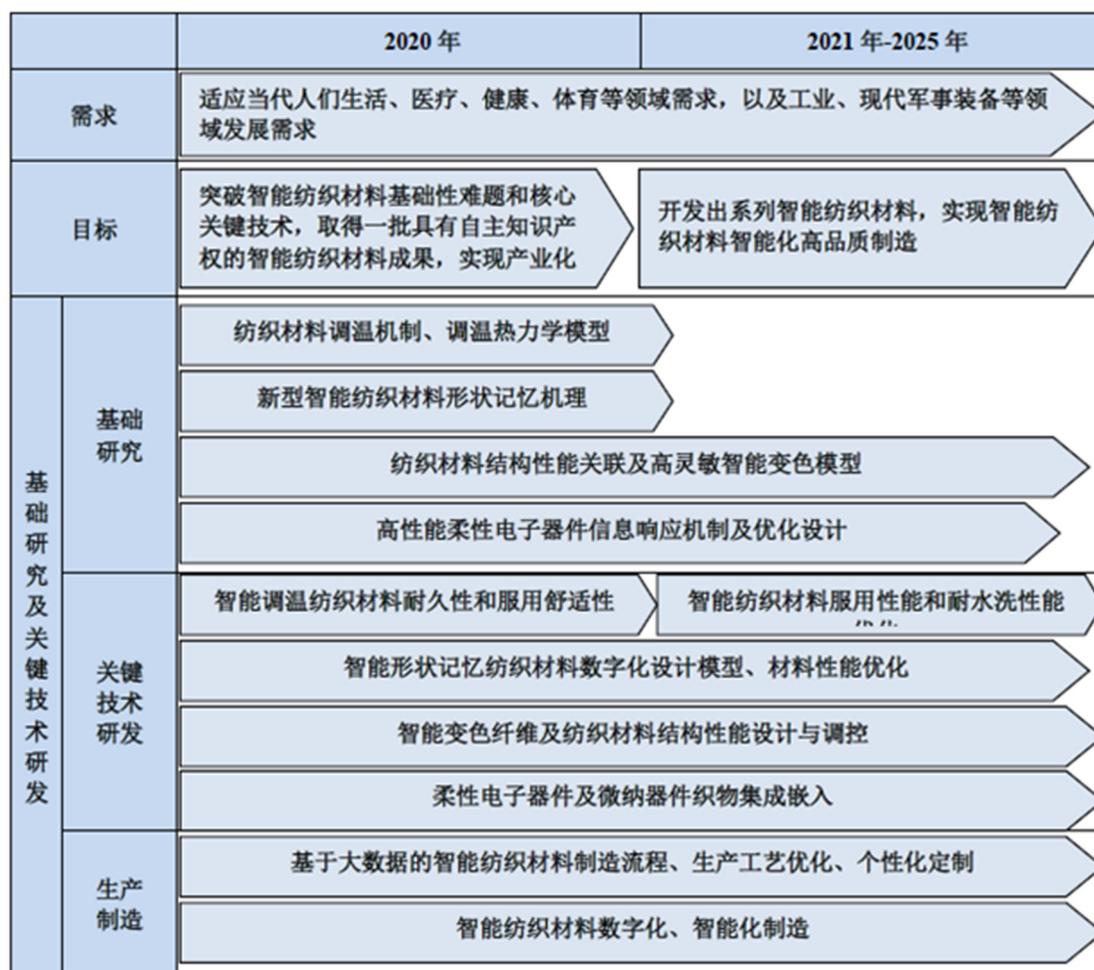


图 6-12 智能纺织材料技术发展路径

第七章 我国纺织产业智能制造重大专项建议

一、基于 CPS 的纺织智能生产技术

（一）设立本专项的意义

工业 4.0 专致力发展基于信息物理系统和物联网技术的智能技术，促使生产方式向数字化、个性化和智能化方向变革，提升制造业的价值创造能力。智能制造是以信息物理系统（Cyber-Physical System, CPS）为核心，将人、机、数据流和控制流、计算机网络等连接起来的多维深度融合的过程。近年来，越来越多的行业开始涉及智能制造。

《纺织工业发展规划（2016-2020 年）》明确，要促进要素资源优化配置，推动制造模式和商业模式创新，形成纺织经济发展新动力。纺织产业是传统产业、民生产业和国家的支柱产业，更要以 CPS 为抓手，推进智能制造，加速产业升级，进一步提高产品质量，提升品牌效应。

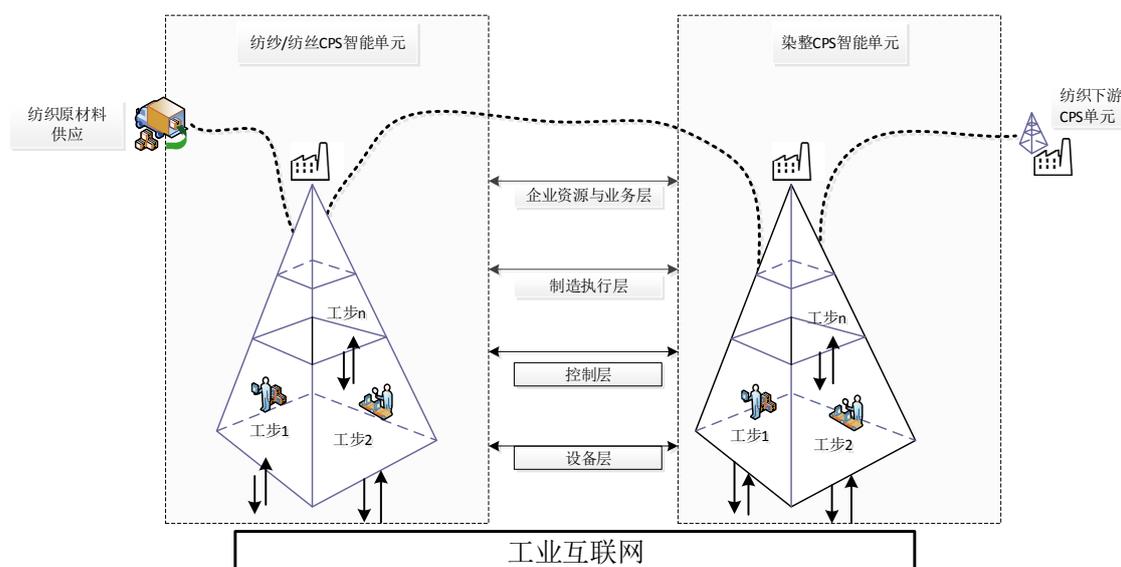
（二）本专项目标

融合纺织、机械、控制、计算机、通信等多学科知识，聚焦智能制造核心技术 CPS，面向纺织生产领域，开展基于 CPS 系统的智能制造基础理论和应用研究。针对纺织生产的复杂批制造、离散制造或批制造和离散制造相结合的生产模式，以工业现场总线、工业以太网、工业无线网络和异构网络集成等技术，实现纺织装备、控制系统和信息系统的对接，以及物料、产品与人的无缝集成，建立纺织生产中的各种资源要素的互联互通关系、生产过程数据分析与决策、流程智能优化层次，以实现纺织生产过程优化、产品质量全流程追溯以及智能决策等，为纺织智能制造提供基础应用框架。通过对纺织生产全生命周期中数据的全面感知、实时传输交互、智能计算处理和建模，使纺织生产中数据的流动和无缝集成，建立数据分析的模型，挖掘影响纺织品质的数据之间的关联关系或一般规律，建立纺织品质预测模型，实现纺织品质在线预测和自适应的控制策略，形成从信息空间对物理空间的闭环控制。

（三）本专项主要任务和推进计划

1、主要任务

实现从传统纺织生产向基于CPS的纺织智能制造的跨越，以工业互联网为纽带，贯穿纺织生产全流程（见图7-1），为实现纺织产品生产的高质量、高效率 and 绿色发展提供技术支持。进一步与中国制造、下一代人工智能和纺织战略接轨，适应不断变化的战略格局，推动我国纺织智能制造的发展进程。



主要任务包括纺织生产过程中的智能感知、纺织生产大数据和智能决策三个方面技术的突破和成熟。

智能感知技术是智能传感器和工业物联网技术，采集纺织生产制造过程中的大量数据，形成纺织生产大数据环境。同时在工业互联网基础下，纺织生产设备、纺织生产原料和纺织生产环境等在内的各种数据在不同过程互联互通，实现数据流动并无缝对接。

纺织生产大数据技术是将智能感知技术收集的数据转化为生产知识和决策信息过程的技术。通过对纺织上下游的原始数据积累、梳理和关联聚合，发现物理实体状态在时空域和逻辑域的内生因果性或关联性关系的过程。利用工业大数据挖掘、机器学习、聚类分析等数据处理分析技术对纺织生产过程中产生的原始数据进行分析估计使

得这些数据不断转化为符合人类认知的“透明”数据。

智能决策技术是基于生产大数据分析和可视化后，对信息的综合处理和对纺织生产过程的反馈与控制执行技术。根据当前时候所获取的所有所有来自不同系统或不同环境下的信息，自主形成最优决策来对物理空间实体进行控制。并且不断地迭代优化形成系统运行、产品状态、企业发展所需的知识库。

2、推进计划

2020年。重点完成搭建纺织智能生产CPS系统所需的工业网络，研发适合纺织智能生产的智能传感器等纺织智能生产CPS的硬件支撑技术；初步实现工业软件的模块设计，保证工业研发设计、生产制造、经营管理、服务等全生命周期环节规律的模型化、代码化、工具化；实现纺织全生命周期数据的采集和存储（见图7-2）。

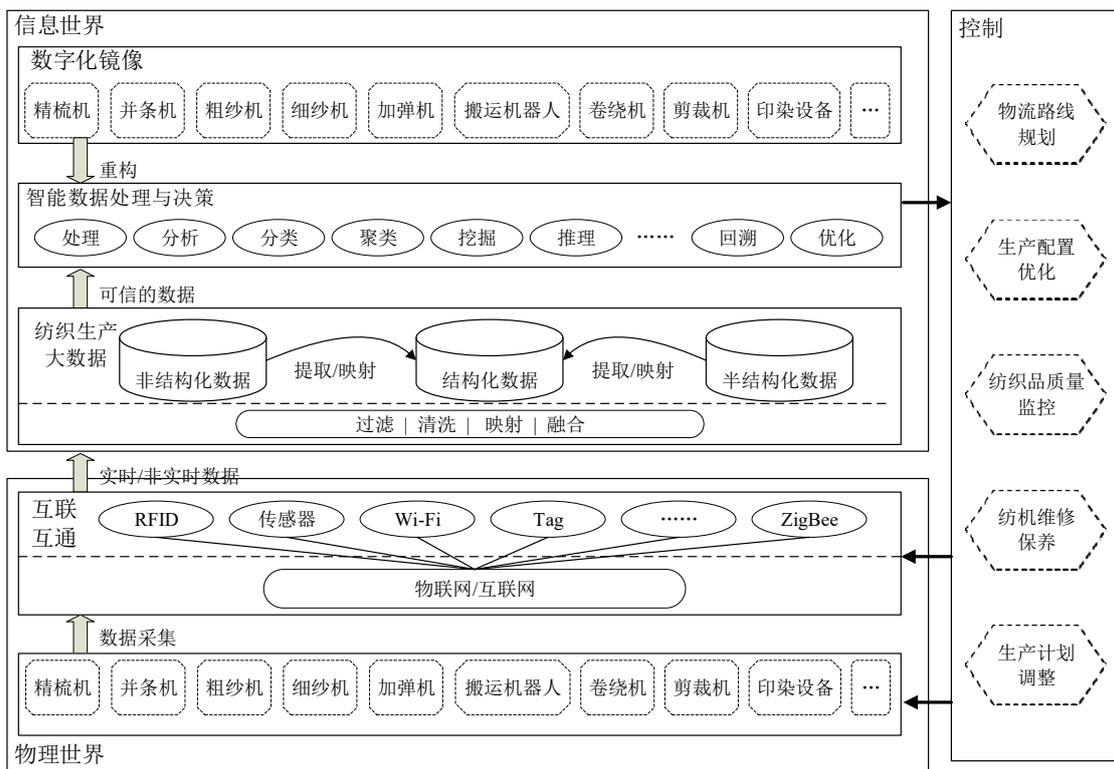


图7-2 纺织全生命周期数据采集和处理

2025年。进一步完善工业软件设计和研发；对纺织生产过程中产生的原始数据建立纺织品数据分析和处理的模型，建立数字化的纺织品设计模型，并对纺织品质量进行预测，并对纺织品质量进行追溯；

建立智能化的纺织品生产管控体系，进一步完善不同技术领域的融合，实现全纺织领域智能生产 CPS 的推广并对其他制造领域有借鉴。

二、新一代纺织服装产品大规模个性化定制技术

（一）设立本专项的意义

随着我国经济社会发展和互联网经济的发展，市场需求个性化日益凸显。以用户个性化需求为驱动、用户全流程参与的新一代纺织服装产品大规模个性化定制，成为纺织产业发展的新动能。在纺织产业领域立足自主创新，基于大数据挖掘、3D 人体建模、交互式虚拟现实、人工智能深度学习等关键技术，发展服装个性化智能定制技术；发展在线添加系统技术，工艺、装备、原料等在线管控系统技术，以及智能化工艺设计和仿真优化系统等技术，发展化纤规模化智能定制，整体加快纺织产业升级，实现按需定产、以销定量、精准供给，更加高效地、有针对性地设计和制造纺织服装产品，提高企业效益与核心竞争力，意义十分重大。

（二）本专项目标

新一代服装个性化智能定制。应用大数据、云计算、物联网技术，整合生产制造、设计研发、创意设计、营销推广等各类要素，打造融合线上互动、交易以及线下服务的专业平台，推动大规模个性化云定制系统向便捷化、本土化和快速响应的方向发展。实现产业链各环节的数据共享与智能化制造，完善并整合从客户需求、人体体型数据、面料研发到产品生产等流程，建立服装个性化云定制系统，并实现产业化发展。掌握若干前沿核心技术，取得自主知识产权，数字化与智能化技术达到产业领先水平，巩固我国服装产业在全世界的地位。

新一代化纤规模化智能定制。实现化纤生产工艺仿真与优化及系统功能创新。设计与开发纤维质量智能在线检测系统，实现纤维制造智能在线检测；完成研发中央数据库与化纤定制型制造执行系统（MES）、定制型企业生产管理系统（ERP）互通集成平台，实现基

于工业互联网的信息共享及企业经营、管理和决策的优化。

(三) 本专项主要任务和推进计划

1、主要任务

(1) 新一代服装个性化智能定制

主要包括：三维人体测量技术，尤其是云定制的基础环节，开发新型非接触式人体自动测量技术，建立基于互联网的大规模三维人体数据库和三维虚拟人体模型；开发基于二维样板拼接的三维参数化服装建模技术，提高服装模型的精确度和可调节度；实现 3D 打印技术的产业化和普及化，并推动 3D 打印技术向 4D 的跨越；依托虚拟仿真技术，优化服装动态虚拟展示效果，增强消费者虚拟试衣的代入感和科技感体验。开发基于物联网技术的 C2D（Customer to Designer，客户对设计师）、C2M 的（Customer to Manufactory，客户对工厂）电子商务平台，对所有商品提供其使用材料、生产加工、仓储物流、体验场景、线上商铺、用户反馈等环节的全程信息追溯，构建一体化柔性的云定制系统。

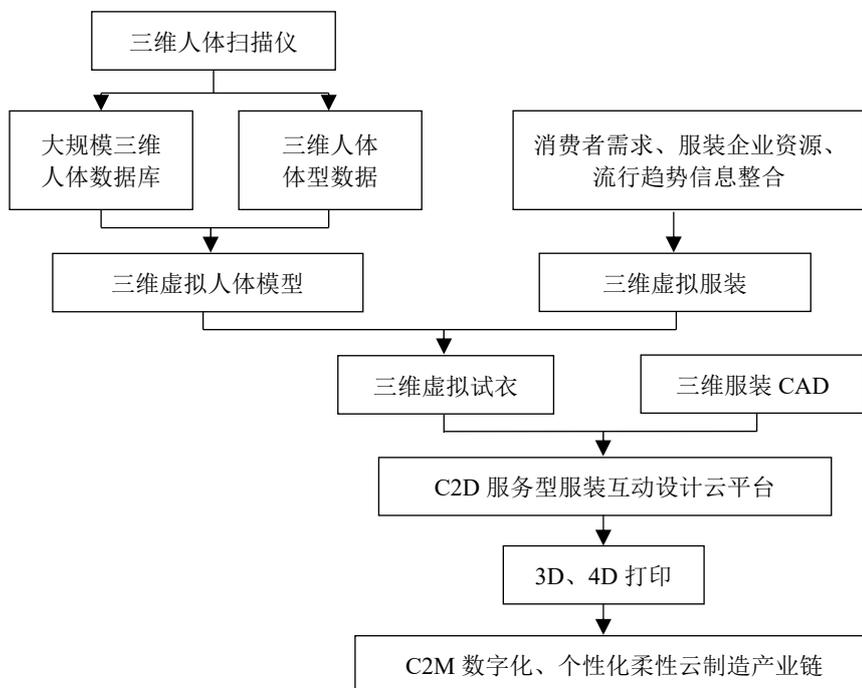


图 7-3 服装个性化云定制系统技术路径

(2) 新一代化纤规模化智能定制

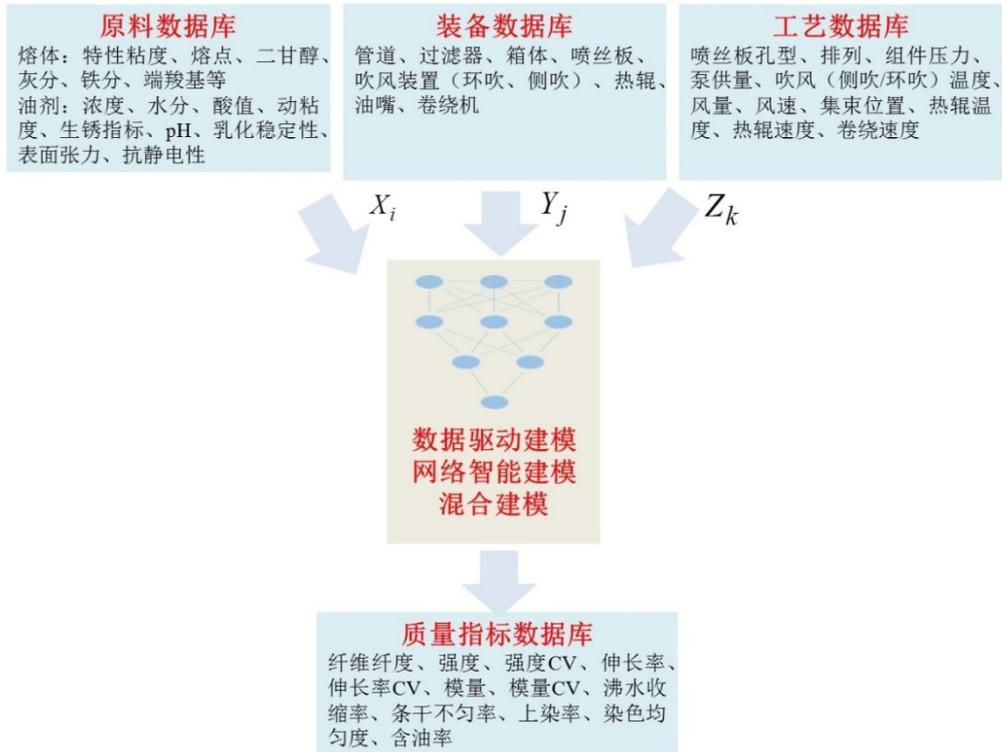


图 7-5 非机理模型构建示意图

以涤纶、锦纶等纤维生产流程为基础，建立以产品原料参数、装备参数、工艺参数为基础的模块化数据库，采用大数据技术进行数据处理和筛选策略配置；设置数据交换与监控模块，有效实现状态数据的实时传递，通过大数据对整个生产过程的工艺和装备进行监测，同时为智能监控模块和数据处理与方案配置模块提供动态状态信息，如图 7-6。

根据产品标准和客户需求，建立包括原料参数、装备参数和工艺参数的大数据在线品质管理系统，建立纤维材料条干、张力不匀率等与产品质量相关的主要参数的在线测试和监控系统，建立毛丝、僵丝、油污丝、卷装成型异常等不良外观的在线检验系统。（外观在线检验系统、在线张力及均匀性监控系统）；建立纤维材料强度、伸长率、染色一致性等产品理化性能的离线抽检系统。融合原料数据、装备数据、工艺数据，对产品影响因素进行分类分析，为产品质量抽检的可行性奠定基础。基于在线品质管控系统，对产品质量进行抽检，同时

记录数据，做到数据的可追溯。

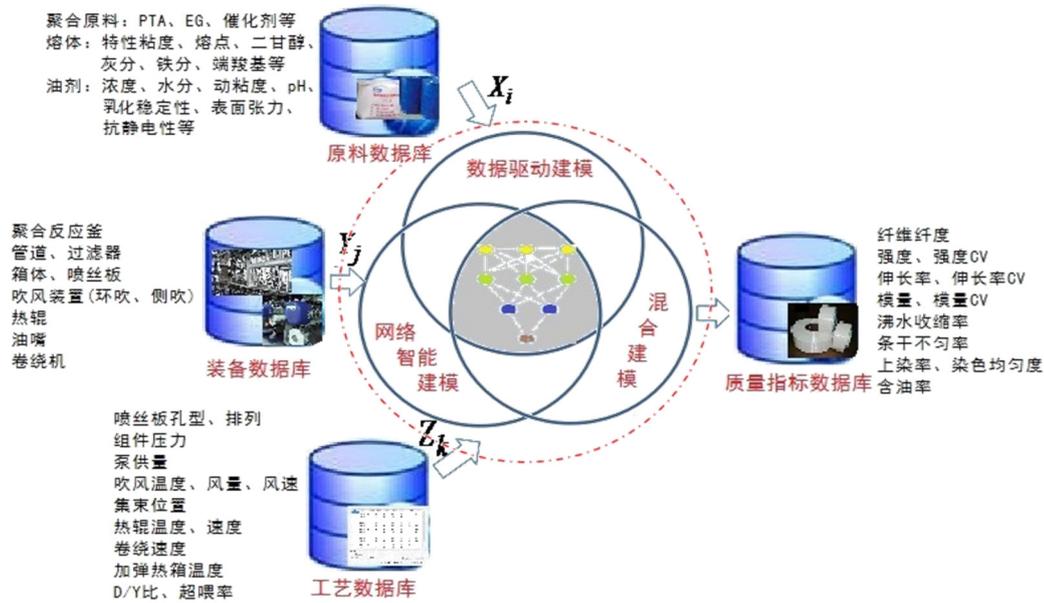


图 7-6 非机理模型构建示意图

建立智能自动落丝线，包括自动落丝车、辅助转运设备、机器人、设备运行调度和信息管理子系统。建立智能自动包装线，包括自动化输送设备、机器人、自动包装设备、自动控制系统、自动检测系统、信息管理与调度系统的建立；建立智能仓储系统，包括自动存储立体区、入出库输送系统、电气控制系统、计算机监控调度系统，智能仓储网络结构和信息管理系统。

建立熔体输送、纺丝、加弹生产、检测及物流信息实时数据库平台；开发基于客户系统的生产计划与调度动态优化模型，与聚合、纺丝、加弹、检测、物流仓储、公用工程等工序无缝衔接。包括 MES 系统网络结构以及 MES 系统功能模块的建立。系统从订单、计划到各个生产部门各个工序执行、跟踪、反馈，过程控制、过程质量以及产品库存、物料配送等整个环节，同时辅管理系统和设备管理；开发中央数据库与制造执行系统、企业资源管理系统（ERP）互通集成平台，实现各生产单元的产量、品质、物耗、能耗、成本的量化管理与动态跟踪。通过在包装区设置管理站点，实现对包装过程的管理，包括正常流程和其它流程，具体内容包括：自动称重、打印条码、产品

包装、特殊流程处理等内容；开发优化升级企业资源管理系统(ERP)，内容包括原材料价格走势分析，催化剂、油剂、功能母粒等辅助材料品质与供应分析，产量与仓储分析，产品销售趋势分析，客户订货分析和售后服务分析等模块，产品实现全程信息跟踪，实时与客户建立反馈，实现全供应链与产品销售的管理与优化；利用云计算、大数据等新一代信息技术，在保障信息安全的前提下，实现企业经营、管理和决策的智能优化。通过财务与业务一体化，产、供、销一体化，管理与控制一体化，信息化与业务管理一体化，平台一体化，实现企业运营的管控一体化

建立需求识别的客户关系管理系统、需求导向的产品功能模块，及生产过程敏捷化、柔性化。以客户需求的变化为重点，形成需求数据库，明确对纤维产品共性需求与个性需求。建立终端面料及纤维产品规格、功能等产品数据库；以建立的全线互通互联的柔性化技术为基础，建立满足个性化定制要求的工艺数据库。对聚酯长丝产品需求信息、产品性能指标、工艺参数数据库标准化、通用化。通过需求数据库转换成纤维产品数据库，驱动工艺数据库安排最合理生产线、最优的工艺，高效、高品质完成生产任务。整个规模化定制系统的设计如图 7-7 所示：

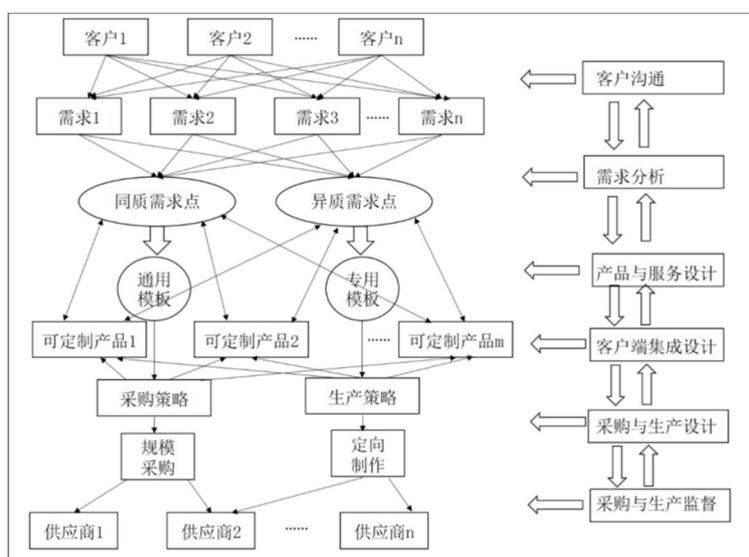


图 7-7 化纤规模化定制系统

2、推进计划

（1）新一代服装个性化智能定制

2020年。实现三维服装CAD技术在服装设计领域的全面产业化应用，形成3D打印技术与服装制造融合的示范型企业，探索4D打印技术与服装设计与制造的融合方式，初步建成服装4D打印平台。

2025年。完成设计、制造、供应、服务等环节的并行组织和协同运行，以服装虚拟设计、虚拟试衣、3D和4D打印技术为依托，建成全行业的服装C2M数字化、个性化、柔性化制造产业链。

（2）新一代化纤规模化智能定制

2020年。建立熔体流动数学模型和以产品原料参数、装备参数、工艺参数为基础的模块化数据库；建立产品品质在线管理和检测系统；建立智能自动落丝线、包装线；建立MES系统网络结构以及MES系统功能模块；优化升级企业资源管理系统（ERP）。

2025年。建立基于工艺原理的机理模型与基于大数据的非机理模型；实现状态数据的实时有效传递；建立纤维材料强度、伸长率、染色一致性等产品理化性能的离线抽检系统；建立智能仓储系统；开发中央数据库与制造执行系统、企业资源管理系统（ERP）互通集成平台；实现企业经营、管理和决策的智能优化。

三、智能纺织装备及纺织加工智能化技术

（一）设立本专项的意义

目前，我国纺织制造业一些环节还存在劳动密集度高、资源消耗大、绿色化尚待发展等问题。针对纺织产业发展中的问题，在机电一体化基础上，发展智能化纺织装备和纺织加工各工序智能化设备集成、数据采集、信息融合、智能执行、运营分析等智能制造共性技术，并将网络化、智能化的物联网系统，与纺织加工控制系统有机集成，实现纺织加工车间的群控管理，形成纺织智能制造专家系统，支撑纺织产业向技术密集型、资源节约型、环境友好型产业转变，适应经济

社会发展对纺织产业生态、绿色、低碳、智能化、高端化发展的需求，对纺织产业向大而强、中高端发展意义重大。

（二）本专项目标

纺织装备智能化。推动纺织装备由自动化向智能化发展，促进纺织智能专用基础件、纺织机器人技术全面提升，建成典型纺织智能装备应用示范线，推进纺织装备制造的智能化工程。

纺织加工智能化。实现纺织加工车间生产管理智能化，产品质量、能源消耗、资源利用等全面智能化监控；研究智能制造共性技术，包括生产全流程智能制造模型、数据描述、数据管理技术、数据分析通用技术要求和数据可视化标准系列等，突破一系列智能制造关键技术。转换传统生产模式，降低劳动强度，提高生产效率和产品品质，实现纺织加工全流程智能制造，建成科技和品牌实力领先、产业结构不断优化、生态文明，大而强的纺织产业。

（三）本专项主要任务和推进计划

1、主要任务

（1）智能纺织装备

开展纺织装备智能化相关基础研究，包括研究粘弹性高聚物熔体的纺丝流变学，纺丝过程中温度、流量、压力数字化控制理论；变质量、变刚度、变速度悬臂式回转体动力学理论；纺织加工过程中纤维、纱线、织物等柔性体与刚体或流体（包括高速、低速气流与液体流、牛顿流体与非牛顿流体、单相与多相流等）的相互作用机理、纤维集合体之间的相互作用机理；基于机器视觉的纤维、纱线和纺织品检测原理；基于动态数据驱动的协同控制模型；速度闭环数字化控制理论；协同控制理论；系统状态监测、故障诊断技术；基于物联网的信息管理与智能化处理技术。

发展纺织智能机器人技术。包括纺纱与织造工序机器人、纺纱与织造在线检测机器人、非织造纤网疵点检测及剔除机器人、非织造卷

材自动搬运及包装机器人、印染流程织物搬运与调度机器人、纺织复合材料铺丝机器人、柔性化纺织机器人、具有深度学习功能的人机协同纺织工序机器人。

发展纺织装备智能制造技术。包括纺织装备全生命周期数字化设计及制造技术、纺织装备智能制造过程信息物理系统（CPS）关键技术、纺织装备制造智能供应链管理技术。

发展纺织全流程成套智能装备技术。包括化纤纺丝流程成套智能装备技术、智能化纺纱车间（工厂）成套装备技术、智能化织造车间（工厂）成套装备技术、智能化针织车间（工厂）成套装备技术、智能化非织造车间（工厂）成套装备技术、无人化印染车间成套智能装备技术、人机交互式服装智能制造装备技术。

（2）纺织加工智能化

织造智能化。集成推进织造车间数字化、智能化，实现织造准备工艺和织造上机工艺技术智能衔接，构建织造车间智能专家系统，研发和产业化应用数字化织造工艺、多台套织机生产管理系统，织机中央控制系统及智能化在线检测系统，基于 ERP、PCS/MES 技术的智能化车间管理系统，工艺参数在线检测及反馈系统。并开展绿色环保常温上浆工艺对浆纱质量的影响规律，上机工艺参数在线监测与反馈之间的关系，特种纤维、纤维束及混合物、织物、机械零件之间的摩擦特性及量化关系等基础研究。

非织造智能化。建立智能化、数字化的研发和管理体系，满足非织造产品设计工艺仿真数字化、生产加工智能化、企业管理信息化的需求，构建非织造车间的数字化建模与仿真分析系统，设备在线监控与智能维护系统，生产车间互联互通与数据采集系统，智能车间大数据中心与分析系统，非织造生产管控系统，智能仓储与物流管理系统，同时，实现非织造智能制造基础环境与标准建设。

全流程智能制造共性技术。构建纺织加工全流程智能控制模型；

研究设备多机台智能控制技术、位置、动态张力、测速传感器、RFID装置和设备互联互通技术；研究纺织加工全流程数据描述和分析技术；研究设备数据的实时分析，对加工状态、压力、张力等参数进行调控，从而提高花边和高端纬编织物编制质量；运用大数据分析技术，对面料织造质量、面料前处理质量、染色升温曲线、染料和助剂的计量加料、水洗等工艺数据进行实时分析和调节，从而提高染色质量；研究纺织产品的制造流程智能计划与调度系统，提升生产效率，保障产品交期；开发全流程智能管控系统，在企业进行示范应用，从设备状态、产品工艺、系统运行等多方面全面提升纺织加工车间的智能化水平，提升企业的核心竞争力。同时开展高端纺织面料生产全流程智能制造模型架构；全流程数据描述规范；专用新型传感器和检测仪器的检测原理和实现技术；纺纱过程中须条纱线动态张力检测与控制；织造过程纱线和织物的动态张力控制；全流程设备集成技术；全流程数据采集和管理技术；大数据分析技术；基于数据监测的设备异常侦测模型；工艺参数优化和性能评估理论模型与技术；全流程智能生产计划与调度算法等基础研究。

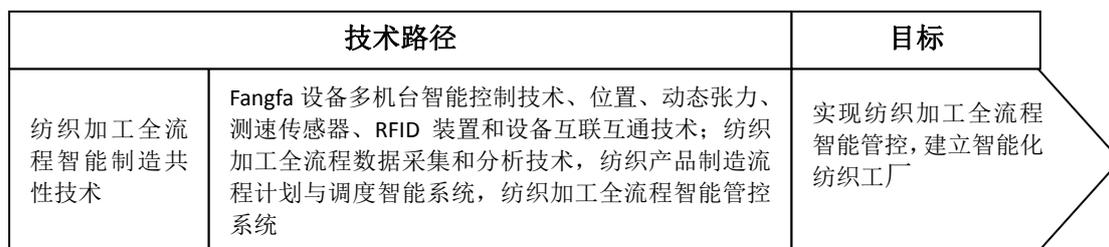


图 7-8 纺织加工全流程智能制造共性技术发展路径

2、推进计划

(1) 智能纺织装备

2020 年。推进纺织装备由自动化向智能化发展，纺织智能专用基础件、纺织机器人技术全面提升，建成典型纺织智能装备应用示范线；推动纺织装备制造智能化。

2025 年。实现典型纺织智能装备的自主研发和广泛应用；纺织智能装备及系统的总体水平达国际先进，支撑纺织产业实现生态、绿

色、低碳、循环、智能化发展。

（2）纺织加工智能化

2020 年。突破细纱自动接头技术、智能化精密恒张力浆纱和绿色环保常温上浆技术，自动穿结经技术；智能化纬纱张力控制和断纬寻纬技术，特种织物的智能卷取技术；织造车间智能化生产监控系统，高速共轭凸轮传动系统、自动纱头夹持器、接头机械手、倒纱机械手、档车机械手技术等。

建立纺织加工全流程数据描述模型，研究专用新型传感器和检测仪器的检测原理和实现技术，实现纺纱过程纱线恒张力控制，织造过程纱线和织物的恒张力控制，减少断纱，提高织造质量；研究全流程设备互联互通和数据采集技术；研究基于设备数据实时采集的数据分析技术，研究设备异常侦测模型；工艺参数优化和性能评估理论模型与技术；全流程智能生产计划与调度算法等。建立非织造数字化车间仿真和工艺仿真平台对车间关键性能指标进行综合分析，实现制造过程可视化和透明化，以及制造过程与工艺的闭环控制，形成工艺数据库；建立非织造数字化智能制造生产管控平台和大数据中心，动态协调制造资源和生产计划以及生产工艺，实现车间智能化、可视化、数字化质量管控和智能决策排产以及生产管控集成。

2025 年。研究碳纤维、有机高性能纤维、无机纤维，纤维及纤维集合体与纺织加工机件之间的摩擦性能等，突破特种产业纤维智能化织造技术及装备技术；研发完成织造车间智能化控制系统，坯布质量在线检测系统和织机控制系统集成技术，织造车间智能化专家控制系统等；研发并推进非织造车间的信息集成和加工测量一体化，以及物流、设备和质量的可控，实现非织造材料的自动化、高品质制造。

开发纺织加工全流程智能管控系统，构建高纺织加工全流程工业云平台 and 大数据平台，建立纺织加工全流程智能制造共性技术标准规范，在纺织加工企业进行全流程智能制造系统的示范应用。

四、服装绿色智慧制造生态系统

（一）设立本专项的意义

美国、德国、日本等发达国家推行“再工业化”战略，继续谋求技术领先优势，依托智能机器人、快速反应供应链、终端店铺个性化定制服务抢占服装制造业高端。与此同时，印度、越南、老挝等发展中国家大力发展劳动密集型产业，以更加低廉的劳动力成本抢占服装制造业中低端。我国作为世界服装制造业第一大国，面临来自发达国家和发展中国家的双重挤压。对接“中国制造 2025”，应用互联通信技术整合服装产业链，立足自主创新，发展具有自主知识产权的智能化服装加工技术，建立绿色智慧制造生态系统，对我国解决服装制造业产能过剩、技术落后，产品附加值低、产业结构不合理的状况，增强服装企业竞争力，提高服装产品价值含量，促进服装产业可持续发展，实现从服装大国向服装强国的转变，具有重要意义。

（二）本专项目标

实现服装生产各个环节的数字化、智能化升级，打造柔性成衣制造系统，构建智能工厂，建立立体化智能仓库，形成大规模个性化定制的产业模式；借助互联网+、大数据，整合数字化产业链资源，打造绿色智能制造生态系统，并在服装行业逐步推广，实现服装制造业的转型升级。从“智能化装备技术”、“智能化生产管理技术”、“智能化立体仓储物流技术”、“云定制平台技术”四个方面展开研究，基于 RFID 技术、传感器技术、互联网信息技术，开发自动化、智能化的先进生产和管理技术，实现订单、生产、仓储、物流各环节的物物相连和信息联通，逐步完成由局部试点到全局的产业转型升级计划。

（三）本专项主要任务和推进计划

1、主要任务

实现服装产品订单、制造、管理、物流各环节的资源集聚与对接，形成绿色智慧制造生态产业链，推进传统服装产业的转型升级，实现

服装产业的可持续发展。

制造环节。全面实现人工转自动，逐步推进自动转智能。开发并推广应用新一代服装 CAD、CAM 技术，实现智能排版和裁剪，推广应用智能平/包缝机、智能特种机、自动缝制单元、模板自动缝制系统等高效直驱式数控缝制设备，突破衣片抓取及传送技术难题，以衬衫、西服、裤子为试点，集成创新一批数控智能装备，实现机器人参与生产。

生产管理环节。推广应用新一代 CAT/CAD/CAM 集成系统、吊挂及其它单件衣片自动输送系统、机械手或机器人参与衣片抓取传递和操作系统，利用物联网、信息互联网及人工智能加强系统连接和组合，建成信息物流（CPS）系统，消除技术孤岛，实现平台集成应用。充分利用企业资源信息管理（ERP）及产品生命周期管理（PLM）技术，打造智能车间。

仓储物流环节。发展 RFID 技术，无缝连接生产环节和销售环节，快速响应生产和销售需求，打造智能仓库。

个性化定制商业模式。充分利用互联网大数据，加强服装设计与工程知识库、服装用人数据库等行业基础数据库建设，推动企业运营从业务驱动到数据驱动的转变。借鉴 O2O、C2M 的电商模式，构建云定制平台，满足消费者个性化需求。依托 Zigbee 等无线通讯技术，确保信息流通的准确性和及时性，实现消费者对产品参数信息、生产信息、物流信息的实时把控。

制造技术标准体系。针对服装制造具体需求，细化关键技术标准、行业应用标准，健全标准化体系，发展标准服务，指导服装行业智能制造发展，促进服装智能制造工业化和信息化的融合。

研发多功能一体化智能装备，细化并实施服装生产和行业应用标准，解决供应链多模块管理系统二次开发与集成应用技术，推进各类服装版型数据库以及人体尺寸数据库建设；开展基于互联网大数据和

云定制平台建设，解决单机设备自动化、智能化技术：开展智能排版技术、疵点自动识别技术、自动裁剪技术、自动缝纫技术、多种缝纫功能一体化智能设备、智能化纺织品熨烫识别技术、自动化纺织品折叠包装技术、装备自动诊断技术研究；研发（半）成品自动传送技术、产品加工信息实时共享技术，柔性供应链管理技术，智能仓储技术、自动化产品识别及分拣技术、自动化产品运输技术，服装版型数据库、人体尺寸数据库、服装面料数据库、服装三维虚拟设计技术、云定制平台技术。

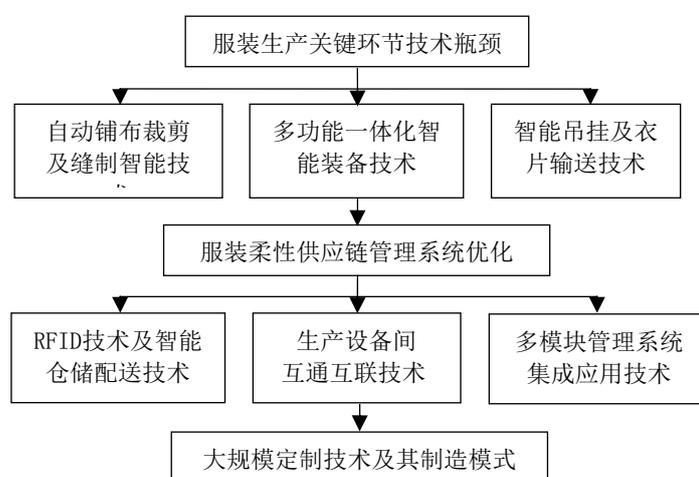


图 7-9 服装绿色智慧制造生态系统技术路径图

2、推进计划

2020 年。着力发展生产环节的关键核心技术，如单机自动化、智能化加工技术、设备互联互通技术等。与此同时，全面推广大规模个性化定制加工模式，推动由大规模生产向小规模定制方向发展，节约能源，提高效率，降低制造成本，缩短我国与发达国家间的差距。并构建自动化生产标准体系，规范服装行业自动化生产过程，基本实现制造业转型升级。

2025 年。在全面推进服装生产各环节自动化的基础上，整合产业链，实现供应链柔性化、智能化，打造“绿色工厂”。促进服装制造业向服务型、绿色、可持续发展方向发展，推动我国发展为服装强国。

五、柔性智能可穿戴纺织技术

（一）设立本专项的意义

柔性智能可穿戴纺织技术是由纺织、材料、电子、信息、医学、人工智能等学科交叉融合的新兴技术领域。柔性智能可穿戴纺织技术将推动颠覆性新产业的发展。近年来，发达国家纷纷制定研究计划，着力突破柔性智能可穿戴关键技术，欲抢占产业发展制高点。由于我国对该技术的研究尚处在萌芽阶段且不成体系，基础研究薄弱、研究和应用协同不够、综合技术人才匮乏，造成柔性智能材料、功能器件，以及系统集成技术发展缓慢。加强发展柔性智能可穿戴纺织技术，将带动传统纺织向中高端智能电子纺织时代迈进，给纺织行业带来强大的市场活力。有利于我国从纺织大国向强国转变，对于纺织产业对接国家战略，为我国经济社会发展和国防建设提供更强有力的支撑，实现纺织产业的新发展，率先走向中高端，具有重要意义。

（二）本专项目标

融合纺织、材料、电子、互联网、数学等多学科知识，基于大数据背景，研发有机、无机或复合电子器件柔性机理，构筑电子器件柔性模型，开发新一代柔性功能电子器件，突破柔性摩擦发电器件、柔性超级电容器和柔性电池等关键技术，开发新一代柔性能源器件，包括突破柔性传感器、织物天线、织物电路等关键技术，使我国柔性智能可穿戴纺织技术机理研究达到世界领先水平。

通过研发纺织材料传感与反馈、信息识别与积累、响应与自适应等机理，掌握核心技术。大力发展摩擦/形变/温差/光能等自发电蓄能、光/热/电/力致变色、形状记忆与温度响应高效智能纤维关键技术，开发出适应当代人们生活、健康、人体功能拓展等需求以及现代军事装备需求的智能纺织材料。基于数字化、互联网技术，建立智能化设计模型，通过调整智能纺织材料的研发参数，达到优化智能变色纤维技术、智能形状记忆纤维技术、智能相变纤维技术、电子信息智能纤维

技术的目的，开发出高性能智能调温、智能变色、智能形状记忆、智能检测等纺织材料。深入研发先进智能纺织材料技术，达到国际领先。

（三）本专项主要任务和推进计划

1、主要任务

为柔性智能可穿戴纺织材料的开发与制造提供技术支持，开启电子信息智能时代，满足人们对健康、功能拓展的需求，以及国家经济社会发展和国防建设需求，主要任务包括：

柔性智能可穿戴技术机理研究。融合多学科知识体系，建立机理分析模型，探索不同技术手段，如微胶囊技术、微纳器件嵌入技术等，以及不同的材料对智能纺织材料机理的影响，充分掌握不同材料调温、形状记忆、变色、信息反馈的机理，为开发出高效复合、高柔性、高精度耐久性优良的柔性智能可穿戴电子材料奠定基础。

建立柔性智能可穿戴电子材料反馈评价模型。基于大数据模型，建立柔性可穿戴电子材料反馈评价模型，优化材料性能设计。

研发新一代高性能柔性可穿戴功能器件和柔性可穿戴能源器件。开发高能量密度的柔性可穿戴能源器件，为可穿戴电子器件提供长效稳定、绿色安全的能量，实现可穿戴电子器件的高精度功能和超长时间续航，满足用户长时间使用需求。满足用户长时间使用需求

智能纤维、纺织品加工制备技术。将可穿戴电子器件植入、嵌入纺织品，或者将可穿戴电子器件直接制备成纺织材料，实现柔性可穿戴电子纺织材料的加工制备，提高产品的服用舒适性和耐久性。

构建柔性、节能、绿色环保、低成本、智能化的柔性智能纺织材料制造模式。形成材料研发与生产加工的闭环结构，推动一体化的生产系统，实现智能纺织材料的产业化。建立柔性可穿戴纺织材料智能制造车间和大规模个性化定制数据平台，实现生产各环节高效率、高精度性、高品质、高市场敏感性制造。

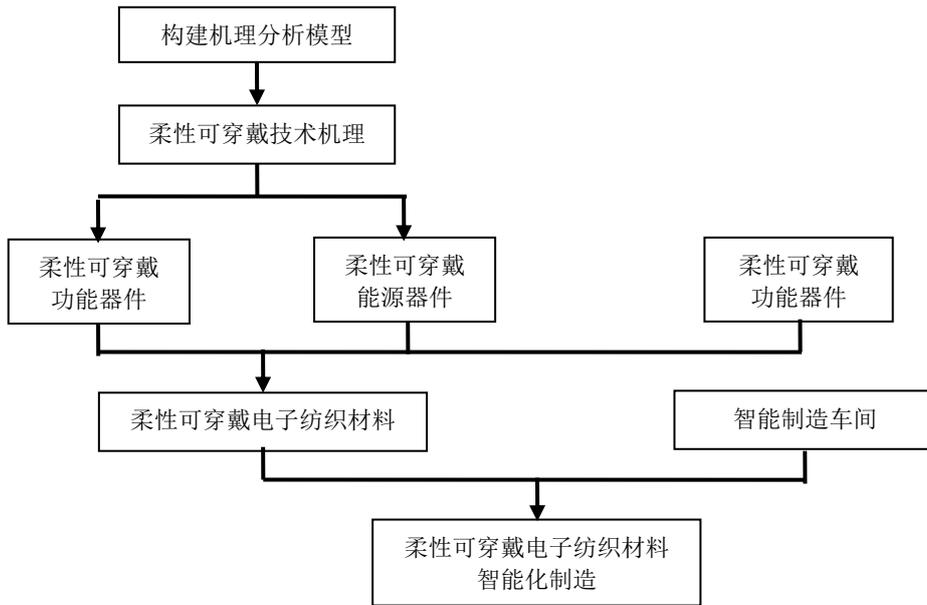


图 7-10 柔性可穿戴智能电子器件研发制备系统技术路径

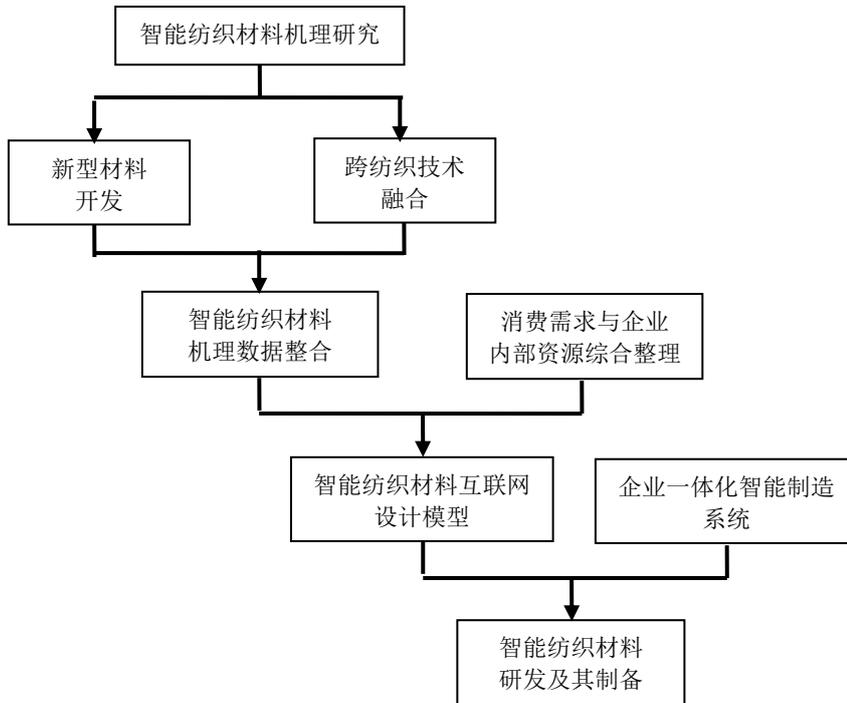


图 7-11 智能纺织材料研发技术系统技术路径

2、推进计划

2020年。实现柔性智能可穿戴技术机理创新，掌握若干前沿核心技术，取得自主知识产权，追赶世界领先水平，并研制高效稳定柔性智能可穿戴功能器件和柔性可穿戴能源器件。基于纤维、纺织品加工制造技术，开发出具备高性能、服用性优良、绿色安全的柔性智能可

穿戴电子纺织材料；重点掌握多功能材料的研发技术以及不同方法的复合技术；初步实现对智能纺织材料机理的收集与整理，构建出智能纤维材料的初步设计模型；完成智能纺织材料的生产制备以及多领域应用的开发任务。

2025年。加快推进柔性智能可穿戴技术机理创新，建立较为完善的理论体系和模型，部分领域达到世界领先水平，开发出高效稳定的柔性智能可穿戴电子纺织材料，并初步建立生产线。初步出台柔性可穿戴电子纺织品的行业标准，规范产品生产环节以及控制产品质量；进一步完善智能纺织材料机理研发；完成建立智能纤维材料设计模型，实现基于互联网平台的多功能材料设计；建立智能纺织材料的智能化制造体系，进一步融合不同领域技术，开发集调温、形状记忆、变色、生理检测等于一体的智能纺织材料并实现其大规模的产业化应用。

六、纺织产业智能制造生态系统支撑平台

（一）设立本专项的意义

随着互联网经济引发的产销模式深度变革，我国纺织产业面临巨大挑战，同时也是我国纺织产业的重大转型升级拐点。世界经济格局在不断变化，国家间竞争模式也随之不断变化，我国纺织产业面临着来自发达国家和发展中国家“前后夹击”的双重挑战。在当期的世界经济格局下，国家间产业竞争已发展为产业生态系统之间的竞争。我国《智能制造发展规划（2016-2020）》也指出要培育智能制造生态体系。我国纺织产业的发展必须牢牢把握产业生态系统的主导权，才能真正从纺织大国转型升级为纺织强国。围绕产业生态系统主导权的构建，提升需求链、供应链、创新链的快速响应与传导能力，鼓励围绕制造资源的碎片化、在线化、再重组、再封装的机遇，培育新技术、新产业、新业态以及新的商业模式创新能力。同时，对于支撑纺织企业尤其是广大中小企业的智能升级，支撑平台是不可或缺的助推器和使能器。因此，纺织产业智能制造生态系统的支撑平台必然成为纺织

强国建设的重要内容，意义十分重大。

（二）本专项目标

建立纺织产业智能协同制造互联标准和大数据支撑平台。建立纺织产业智能协同制造互联标准体系，利用云计算、大数据等新一代信息技术，在保障信息安全的前提下，实现信息协同共享，产业智能互联的核心数字资产，取得自主知识产权，使我国纺织产业智能协同制造互联标准成为国际标准。建设纺织产业智能制造大数据平台，构建纺织产业智能制造知识图谱，实现产业链各环节之间的数据互联，成为纺织产业智能制造的信息中枢和智能制造创新平台，支撑个性化定制、远程运维、云制造等智能制造生态系统中的新模式。抓住在中国市场制定竞争新规则的机会，打破发达国家主导格局，形成中国自主知识产权的核心产业智能制造标准体系。

建立纺织产业智能制造云服务平台。实现市场需求、设计资源、制造资源整合与优化配置，支撑 B2B、C2M、C2D 等多种商业模式，形成纺织产业全域生产服务体系。实现纺织产业智能制造服务的数字化、网络化、智能化，促进纺织产业智能制造企业由制造向制造服务转型并且快速覆盖全球市场。支撑纺织产业智能制造企业、运维企业、平台运营企业、商业服务企业和产消者等生态系统各群落各取所需、合作共赢、优化配置，形成以数据和服务为核心的纺织产业智能制造生态系统。

（三）本专项主要任务和推进计划

1、主要任务

（1）纺织产业智能协同制造互联标准和大数据支撑平台

智能制造，标准先行。标准化是发展智能制造的基础，与技术进步、产业发展和市场运行紧密衔接。本专项开展纺织产业智能协同制造互联标准的基础研究，包括纺织智能协同制造技术标准体系（参考模型、术语定义、标识解析、数据格式等关键互联技术标准）、纺织

产业大数据标准体系、纺织产品可追溯数据标准体系研究和纺织产业的智能制造知识图谱研究。在此基础上构建纺织产业智能制造标准公共服务平台，和智能制造产品全生命周期追溯平台。打通数据流、资金流、业务流等基于产业互联网的生态系统，构建面向智能化支撑服务的纺织产业大数据平台，包括产业数字资产管理、产业数据集成和交易、产业数据智能分析和产业数据产品服务。研究纺织产业大数据驱动的智能设计、智能化生产、智能化协同制造、智能化服务以及个性化定制等领域的应用模式和转型路径。在此基础上构建纺织产业智能制造协同创新平台，打造智能制造数据应用生态系统。开展纺织产业智能协同制造互联标准和大数据平台的实验验证、试点示范和推广认证工作。

（2）纺织产业智能制造云服务平台

新一代智能制造是数字化、网络化、智能化的制造，制造服务化是产业转型升级的战略趋势，云计算为制造服务化提供了最佳平台，支撑纺织产业智能制造生态系统的可持续良性发展必须建立纺织产业智能制造云服务平台。包括建设智能制造资源和能力虚拟化平台、智能制造资源和能力服务和交易平台和智能制造资源和能力协同制造平台，形成设计云平台，生产云平台和协作云平台，支撑以智能服务为中心的产业模式变革。开展 B2B 纵向一体化智能制造支撑平台建设，支撑纺织产业建立从纺织原料到产品制造的深度垂直纺织服装产业链生态系统，并形成智能制造产品追溯系统；开展 M2B 创意生产支撑平台建设，支撑创意生产体系企业（品牌商、零售商和创意产业企业）通过服务平台获得灵活满足终端消费者个性化需求的高品质制造能力，提升协同创新能力；开展 P2M 全域生产服务支撑平台建设，消费者在服务平台的支持下演化为产消者（P），与制造企业（M）形成价值共创体系，并且以“消费大众创新”作为生产企业转型升级方向。同时开展纺织产业智能制造生态系统中基于云服务平台的商业模

式创新研究，研究纺织产业集群的新型发展模式、纺织企业智能升级路径和场景以及纺织产业智能制造发展的产业政策支撑体系。

2、推进计划

（1）纺织产业智能协同制造互联标准和大数据支撑平台

2020年，初步完成纺织产业智能协同制造互联标准体系和公共服务平台建设。完成示范企业集群的产业大数据共享和服务创新平台。

2025年，完成面向智能制造生态系统的产业大数据平台、智能制造产品全生命周期追溯平台和产业协同创新平台。

（2）纺织产业智能制造云服务平台

2020年，完成纺织产业智能制造资源和能力虚拟化与交易平台，形成若干示范产业集群的云服务平台。

2025年，完成全域生产服务平台。基于云计算平台整合产业大数据，形成全生命周期的全域智能制造服务；提供产业标准认证服务，产业大数据服务，产业协同创新服务，中小企业创新创业服务，支撑纺织产业智能制造生态系统。

第八章 推进我国纺织产业智能制造的政策措施建议

一、加强纺织产业智能制造组织机构和网络等基础设施建设

目前我国纺织产业正处于传统制造模式向智能制造模式转换关键时期。推进纺织产业领域的智能制造涉及本领域、跨领域相关科技资源协同，以及科技研发与企业应用协同，但国内尚无统筹和协同推进纺织产业智能制造的组织机构，相关的政策措施和网络及软硬件基础设施等也需优化，为此建议加强纺织产业智能制造组织推进机构和网络等基础设施建设。

一是设立推进纺织产业智能制造转型升级的组织机构。由国家相关主管部门、行业联合会、相关高校和研究机构等负责人和专家，建立跨领域的联席机构，负责协同开展纺织产业智能制造升级改造的顶层设计及相关政策和规划制定。

二是建立跨领域、跨行业的纺织产业智能制造协同推进工作机制。由国家相关主管部门牵头，行业联合会、相关高校和研究机构、相关重点企业专家等参与，加强纺织产业智能制造标准联合研究、关键技术协同攻关、技术成果应用协同推广方面的统筹推进力度，构建促进纺织产业智能制造的“互联网生态”政策工具箱。

三是优化网络及软硬件基础设施为纺织产业推进智能制造创造良好环境。以国家推进“中国制造+互联网”等为契机，国家相关主管部门和行业联合会共同推动纺织服装企业加强网络基础设施建设，加快发展适用的电子商务应用软硬件，搭建纺织产业智能制造规划设计和应用服务平台，形成引导相关企业向智能制造转型升级的良好环境。

二、国家层面进一步增设各类专项加快纺织产业智能制造发展

为加快纺织产业新旧发展模式转换，加快培育和发展纺织产业新业态、新模式，提升纺织企业研发、设计、生产、产品、管理、服务的智能化水平，促进纺织产业“增品种、提品质、创品牌”，建议国家相关主管部门进一步增设纺织产业智能制造各类专项，推动我国纺织

产业加快向智能制造方向发展。

一是在国家实施“发展智能绿色制造技术，推动制造业向价值链高端攀升”战略任务中，以及实施“新一代人工智能发展规划”的重点任务中，设立加快纺织产业智能制造的重点专项。开展包括纺织设计、生产、物流、信息集成的智能车间，包括智能化纺织装备专用基础件、纺织工序连结机器人及专用机器人、纺织装备制造智能化的纺织智能装备，包括标准与安全、传感（测控）共性技术、通用软件系统等等的纺织智能制造标准及共性技术，大规模个性化定制、纺织协同制造、纺织电子商务、纺织装备远程运行维护等的纺织智能制造新模式研究和工程化推广。

二是在国家实施发展新一代信息网络技术和大数据技术战略任务中，加强对纺织产业智能制造网络基础建设的支持。支持建设我国纺织产业大数据公共服务平台，为企业提供行业及市场信息，提高企业对市场需求反应的敏捷度，开发适销对路的产品；支持面向纺织行业移动互联网络基础平台、电子商务平台建设，规范数据交换标准、线上商品和服务授权准入，加强对通信安全的保障和监管，增强向数以万计小微纺织企业和创业团队提供数据信息、计算能力等的服务。

三是进一步增加纺织产业智能制造示范试点项目。聚焦纺织产业制造关键环节，在纺织产业自身对智能制造企业孵化的基础上，选择符合两化融合管理体系标准的企业，开展纺织智能车间和智能工厂、纺织智能装备、纺织协同制造、纺织产品大规模个性化定制、纺织装备远程运维服务等进行示范试点。

三、加快推进国家、产业、行业层面纺织智能平台体系建设

纺织产业领域智能制造是传统产业的制造体系与互联网、数据云、信息物理系统、电子商务等新兴科技的融合，涉及纺织、互联网、信息、控制、计算机、机械等跨领域科技。建议国家主管部门和行业联合会等布局建设多领域协同的纺织智能制造平台和基地。

一是布局建设纺织产业智能制造国家重点实验室。由具有相关学科和科研优势的高校或科研院所牵头，协同跨领域的人才和研究资源，组建纺织产业智能制造国家重点实验室。通过对适应纺织制造特征的智能制造共性技术基础和前沿科技开展跨学科、跨领域研究，引领纺织产业智能制造发展方向，同时在技术创新与成果转化、相关人才培养与培训等方面为纺织产业发展智能制造提供支撑与服务。

二是布局建设纺织产业智能制造国家工程技术研究中心。由具有相关学科或科研优势的高校或科研院所牵头，协同跨领域的相关科研资源，建设纺织产业智能制造国家工程技术研究中心，对纺织产业智能制造标准、安全认证系统、各环节智能制造共性核心关键技术等协同开展应用基础研究，以及相关科技成果的工程化与产业化等研究和应用开发。

三是跨行业、跨领域建设纺织产业大数据云平台。由国家主管部门和纺织联合会牵头，依托互联网企业，跨纺织、消费、金融、贸易等行业和领域，融合与纺织产业相关的纤维制造、纺织加工、染整加工、服装设计与加工、纺织装备制造等设计和制造数据，纺织服装产品预测数据，纺织服装产品消费和应用数据、营销数据、贸易数据、纺织装备数据等，构建涵盖纺织产业整体，面向纺织各子行业发展和实际应用的纺织产业大数据云平台。

四是联合纺织企业集群建立纺织制造云平台。由国家和地方政府主管部门联合相关行业协会，在纺织产业集聚区以智能制造基础条件好的纺织服装企业为核心，培育和建设面向纺织制造企业的纺织制造云平台，为纺织协同制造、大规模个性化制造、装备远程运维等纺织制造新模式提供平台支撑。

四、多方筹资促进纺织产业智能制造核心技术研发及应用

纺织产业智能制造升级主要应由企业面对市场变化，主动投入开展改造。但智能制造的基础和支撑条件建设，需要公共资金投入加以

支持，并且需要由国家相关部门出台一些加快企业开展智能制造升级改造的激励措施。

一是推进纺织产业智能制造共性技术研究与应用研究的联动。由政府主管部门以“专项发展资金”和“金融信贷支持”等政策支持，加大对纺织产业智能制造共性关键技术研发的投入和供给。通过政府采购促进纺织产业智能制造共性关键技术的转移和扩散，促进纺织企业，特别是中小企业的智能制造升级改造。

二是充分提升财政资金的使用效率。利用工业转型升级专项、智能制造专项等现有资金渠道，加快智能纺织装备专件、工序衔接机器人等研发和产业化。同时发挥财政专项杠杆作用，吸收社会资金，建立投资基金市场化运行机制，重点支持纺织产业发展智能制造的软硬件一体化系统解决方案。

三是充分利用和调动社会资源支撑纺织产业智能制造升级改造。加强财税金融政策对纺织产业智能制造科技创新的引导作用，积极探索多渠道、多元化的投融资机制，加大对纺织产业智能制造科技创新的投入。支持符合条件的纺织企业发挥自身优势，在依法合规、风险可控的前提下，发起设立或参股财务公司、金融租赁公司、融资租赁公司，实现智能制造资源共享和优势互补。

四是给予纺织智能制造企业各项优惠政策。鼓励发展智能制造的纺织企业参加各类资格条件、企业类别认定，符合条件的同等享受相关的税收等优惠政策。

五、出台政策措施加强纺织产业智能制造人才队伍建设

发展纺织产业智能制造需要一批既懂纺织技术又懂软件控制的复合型人才，针对具有纺织、信息、控制等多学科交叉知识背景的复合型专业人才短缺的现状，建议由政府主管部门出台“产业复合型人才”队伍培养、建设的政策措施，加强对纺织产业各层次智能制造专业技术人才队伍建设指导。

一是面向全球汇聚纺织产业智能制造领军人才，建设创新团队。依托纺织产业领域智能制造科技平台、重要项目，重点企业智能制造升级改造、相关的重点学科和科研基地等，面向全球汇聚纺织产业智能制造科技领军人才，积极推进相关的创新团队建设。

二是跨领域汇聚高水平纺织智能制造专业人员。制定相关的专项政策措施，跨领域汇聚国内外智能制造核心技术领域高级专家。进一步破除人才发展中的论资排辈和急功近利现象，重实际能力，不拘一格培养造就一批纺织产业智能制造领域的中青年高级专家。

三是校企联合开展智能制造技术人才定制式培养。建立高校、高职、中职院校以相关企业智能制造示范项目为平台的，学校与企业单位联合开展纺织产业智能制造技术应用型人才培养机制，支持高校、高职、中职院校相关学科专业与互联网企业及纺织产业融合、产学研用结合建立实训基地，依托基地定制式开展纺织企业智能制造人才培养，同时开展相关企业人员的智能制造技术培训。

四是多学科交叉融合培养纺织产业领域智能制造专业学位研究生。改革行业特色高校工程科技人才培养模式，纺织与材料、机械、信息、计算机、工商管理等学科交叉融合，培养复合型纺织产业领域智能制造专业学位研究生。改革本科生课程设置，加强工程实践，跨专业培养具有纺织产业智能制造专业知识和工程实践的专业人才。