

基于文献计量的国内服装产业智能制造研究现状

沈海娜, 季晓芬*, 邵一兵

(浙江理工大学 国际教育学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:通过文献计量学方法,梳理了中国服装产业智能制造领域的研究成果,从统计1987—2018年文献发文量、发文机构分布、研究团队情况和关键词共现网络4个方面,对服装产业智能制造的研究现状及趋势进行分析。结果表明:2015—2018年相关研究的数量和热度迅增,并形成服装产业数字化和智能化转型、服装CAD开发、智能服装研发、智能生产系统构建与优化4个热点;认为服装产业的个性化和智能化转型、智能服装的商业化推广、智能制造人才培养和管理模式创新将是未来的研究趋势。

关键词:研究现状分析;智能制造;文献计量学;个性化定制

中图分类号:TS 941.7 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2019)06-0490-08

Research Actuality of Intelligent Manufacturing in the Apparel Industry Based on Bibliometric

SHEN Haina, JI Xiaofen*, SHAO Yibing

(School of International Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: By the bibliometric method, the latest development and research of intelligent manufacturing in the apparel industry have been summarized from four perspectives, including annual distribution of literature, publication institutions and research group as well as keywords co-occurrence analysis. The results show that relevant studies increased rapidly from 2015 to 2018, forming four research focuses, including the digital and intelligent transformation of the apparel industry, garment CAD technology, smart clothing and the optimization of intelligent production systems. Finally, the paper concluded that the future research outlooks are the personalized and intelligent transformation in the apparel industry, the commercialization of smart clothing, the talent cultivation and management innovation of intelligent manufacturing.

Key words: research actuality, intelligent manufacturing, bibliometric analysis, personalized customized

在《中国制造2025》^[1]政策的推动下,服装产业智能化成为近年来研究的热点。中国服装制造业在产业链上逐渐从低端向中高端、定制化模式转型,技术含量和设计水平有所提高,能够快速满足客户需求。依托智能化软件、自动化设备、新型技术实现智能工厂是当下服装企业转型升级的主流。

文中通过文献计量学的方法^[2],分析1987—2018年服装产业智能制造研究热点的分布和变化规律,了解未来的发展趋势,为该领域的研究提供知识脉络和创新思路。

1 资料与方法

1.1 资料来源

为更全面分析服装产业智能制造研究情况,对比中国知网、万方、维普3大常用中文数据库的文献收录情况表明:①知网与万方数据库收录期刊、会议、学位、报纸、图书等文献的范围比维普更广;②以“智能制造”和“服装”为主题,分别精确检索中国知网和万方数据库中的学术期刊、学位论文及

收稿日期:2019-05-24; 修订日期:2019-10-26。

基金项目:浙江省教育厅一般科研项目(Y201840295);杭州市哲学社会科学规划常规性课题项目(Z19JC048)。

作者简介:沈海娜(1988—),女,实验师。

*通信作者:季晓芬(1971—),女,教授,博士生导师。主要研究方向为服装企业运营管理。Email:xiaofen.ji@163.com

会议论文数据,知网涵盖相关文献的数量最多。因此,选择中国知网数据库进行高级检索,并设置检索主题为:“服装 & 智能 & 制造/生产/技术/系统”,数据来源于2018年12月31日之前的学术期刊、博士学位论文、会议论文等,并对同义词进行扩展功能检索。经阅读筛选,删除新闻报道以及与服装产业无关的文献后,最终获取到446篇相关文献,其中期刊271篇,学位论文163篇,会议论文12篇。

1.2 分析方法

首先,使用Endnotes软件进行文献整理,并转换题录导出格式;其次,选用文献题录信息统计分析软件SATI 3.1提取字段、统计频次,生成词条矩阵,形成1987—2018年发文量、发文机构分布、研究团队情况及关键词分类的数据资料,并利用绘图软件生成文献分布图;最后,通过知识图谱绘制工具Vosviewer1.6.10获取作者之间合作关系和关键词共现网络图谱,以获取发文量前5的研究团队及其研究领域热点和发展趋势。其中在构建关键词共现网络图谱时,需建立数据清洗词表,将含义相同、表述相异的缩写词、中英混用、同义词和近义词等出现频率较高的关键词进行合并,以提高文献计量评价结果的准确性。

2 结果与分析

2.1 1987—2018年发文量

1987—2018年,国内学者在服装产业中对智能制造领域的关注呈上升趋势,其相关研究成果也在逐年增长,具体如图1所示。张兆璞等^[3]在1987年首次介绍了国产智能服装CAD系统的配置,指出人工智能及机器人技术的发展,将推动服装产业沿着设计和生产全过程完全自动化的方向发展。从2003年开始,国内相关研究文献数量逐渐增长,尤其在2015年之后文献量迅增,表明国内学者越来越重视服装产业智能制造的发展。

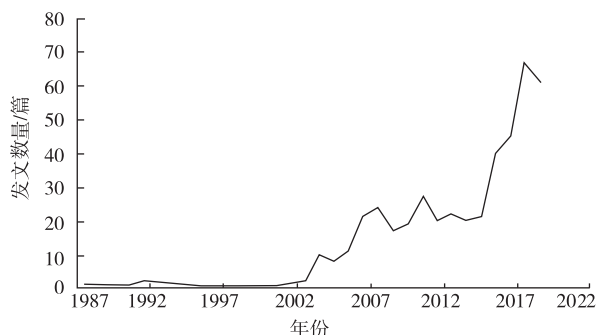


图1 1987—2018年发文量

Fig.1 Distribution of annual publications form 1987 to 2018

产生这种现象的原因主要包括以下3个方面:①从消费市场来看,2010—2014年是电子商务迅猛发展阶段,形成了以消费者为中心的按需生产商业模式,倒逼服装企业实现制造柔性化和快速反应,以满足其“小品种、多批量、快翻新”的个性化生产需求^[4]。②从服装产业内部来看,劳动力成本持续保持近10%的上升速度,而产业利润增速却低于劳动力成本增速,服装制造业盈利空间越来越窄,低附加值的“世界工厂”模式走到尽头。因此,国内将保留资本和高附加值技术,将中低端产能转移至东南亚、南亚等新的全球劳动力“价值洼地”,促使整个产业高度重视制造技术的提升^[5]。③从政策环境来看,2015年中国提出《中国制造2025》战略规划,将提高制造业创新能力,推动信息化和工业化融合,将“中国智造”转型升级作为战略重点,如青岛红领集团服装个性化定制试点成为首批智能制造示范项目,推动了学者对服装行业智能制造研究的关注。

2.2 发文机构分布与研究团队

排名前10的作者发文机构分布如图2所示。由图2可知,这些学校均是纺织服装专业特色非常鲜明的院校。另外,通过Vosviewer软件构建作者关系网络图,获取发文量前5的研究团队,分别是耿兆丰、刘晓刚(东华大学),沈雷(江南大学),朱伟明(浙江理工大学),张志斌(邢台职业技术学院),刘国联(苏州大学)。

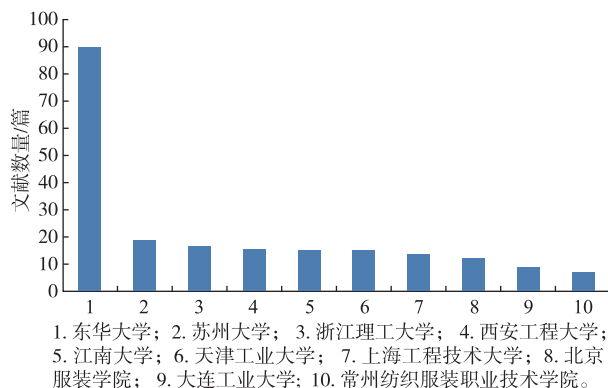


图2 排列前10作者的发文机构

Fig.2 The top ten research institutions that published the papers

耿兆丰、刘晓刚团队从1992—2018年共发表12篇关于服装智能制造的文章,是研究时间跨度最长的团队,其主要围绕服装款式设计系统、服装设计数字化、三维设计技术等展开研究,并提出基于款式原型与款式要素参数化的,具备2D样板知识库与3D智能转换的Agent结构智能设计系统^[6-8]。沈雷团队从2015年开始致力于智能服装设计研究,

共发表相关文章 10 篇,其梳理了目前国内外智能服装的特点、关键技术等,并提出以“需求决定设计”为基本理念的儿童和女性智能安全服装研发模式,以及基于信息交互模型的以术后安全和运动生理监测功能的智能服装设计构思^[9-11]。朱伟明团队在 2017—2018 年共发表 6 篇关于服装智能化定制的文章,其提出在互联网、大数据、云计算技术支撑下,基于纸样生成技术、三维测量技术、智能化柔性生产技术的西服和牛仔裤的大规模个性化定制运营模式及平台构架^[12-14]。张志斌团队主要研究基于工业工程视角的服装工艺模板技术在智能化流水线中的应用^[15-17]。刘国联团队主要研究模块化思想下服装智能传输系统的开发^[18],以解决多品种、小批量的生产需求。

由此可以看出,国内多位学者从智能服装产品开发、智能设计、生产优化、工艺改进及企业运营模式等多个角度对服装智能制造展开了研究。

2.3 关键词分类

在文献检索中排列前 10 的关键词分类如图 3 所示。

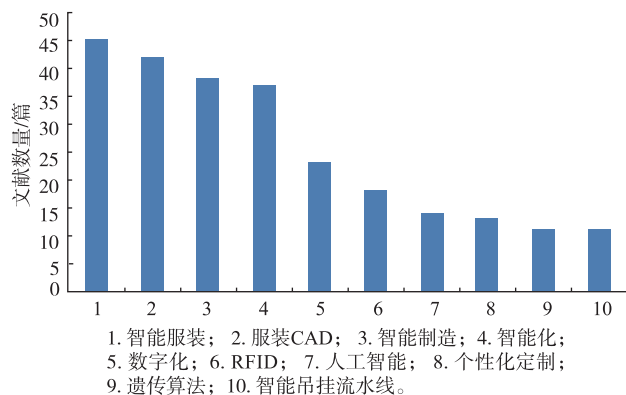


图3 排列前10的关键词分类

Fig. 3 The top ten key words

2.3.1 智能服装 智能服装通常是指模拟生命系统,同时具有感知和反应双重功能的服装,需结合电子信息技术、传感器技术及材料学相关领域的先进技术,以实现健康监护、定位预警等特殊功能,同时兼具耐久性与可穿戴性^[19]。智能服装的概念源于 1993 年麻省理工学院提出的计算机系统的“可穿戴性”理念,此后智能可穿戴技术受到了广泛的关注。

目前智能服装主要应用于以下几方面:①以健康管理、辅助医疗为目的,针对老弱病残孕等特殊群体的智能服装。其主要通过整合传感器和电极器件,以实现心电、呼吸、体温 3 大人体生命体征的检测。如美国 Sensatex 公司研制的可预警心脏病发作的智能衬衫;於凌等^[20]设计了采用心电传感器和

超声传感器采集人体心电信号和血流速度的智能服装,实现了对人体血压的实时监测;②运用于军事、运动、救援等方面,以满足智能变色、自动清洁、定位、保暖等特殊需求的功能性智能服装。如赵靖等^[21]设计了具备有害气体采集模块、温湿度采集模块、加速度采集模块、LCD 显示模块、ZigBee 通信模块的智能救援服装检测系统。③结合电脑芯片、传感器和计算机编程,设计可接听电话、演奏音乐、为电子设备充电等具娱乐功能的智能服装。如张乃中等^[22]将导电纱线编入针织服装中,利用微电流触控原理,成功研发具备音乐演奏功能的电子智能服装。

随着交互技术、人工智能的发展,多功能集成与商业化的智能服装将是未来的发展趋势,但是智能服装的可穿戴性、安全性、耐久性、环保性等问题亟待解决。

2.3.2 服装 CAD 服装计算机辅助设计系统 (garment computer aided design) 主要包括面料设计、款式设计、制板与排料、工艺设计等功能模块。国外知名服装 CAD 系统有 Gerber、PGM、Lectra、东丽等;国内从 1987 年至今,随着制版技术逐渐成熟,出现了 ET、富怡、博克、航天等服装 CAD 系统。

目前智能化 CAD 系统依赖于智能算法构建专家系统和推理系统,从传统鼠标绘制发展到自动生成样板,一般依据人体尺寸从典型样板库中搜索出较匹配的版型,参照修版规则实现智能改版。如胡长鹏等^[23]基于 Visual Lisp 与 OpenDCL 语言,对服装纸样专家知识库进行数值化,实现西装样板自动生成功能。而未来在服装版型智能化方面,不只是将样板信息数值化,更强调如何模拟设计师的思维将款式信息转化为样板信息。如王燕珍^[24]、董晨雪^[25]都提出从服装款式图中提取服装结构参数的方法生成样板,实现设计开发流程一体化,为服装 CAD 系统的智能化提供了一个新的研究方向。

2.3.3 智能制造 东华大学闻力生认为,服装开展智能制造应构建“智能机器人+人+智能机器”3 位一体的加工模块,打造自主学习、自主适应、自我维护的高效、柔性生产流水线,以物联网、服务网为支撑,创建设计系统、制造系统、经营管理系统及大数据分析平台是智能制造建设的重点内容^[26-27]。服装智能制造的最终目标是实现“无人工厂”,目前一批先进服装企业,如红领、雅戈尔、如意等,已通过 CAD/CAM 集成、吊挂传输、自动缝制单元、MES 制造执行系统和立体仓储管理系统等,基本实现了流程自动化。

在未来,服装智能制造的研究一方面将利用机器学习^[28]、机器视觉^[29]及机械手来减少对人的依赖;另一方面是使用3D打印技术创造新的制造模式。

2.3.4 智能化 服装产业智能化是指将传统制造技术、信息技术、自动化技术及管理科学等相结合,并将其融入到产品生产过程中的各个环节,实现全流程生产和决策的自动化^[30]。一般服装企业技术变革需经历标准化、精益化、数字化、网络化,最终走向智能化,而这期间需要软件、物联网与机器学习的深度结合,如吊挂传输与MES系统相结合,以形成智能排产。

2.3.5 数字化 近年来,数字化的概念逐渐代替了信息化,传统企业信息化建设是利用软件系统改善业务流程,提高管理效率。企业数字化建设则是以客户需求为导向,实现从设计到服务、从客户到生产的数据互通,将企业从产能驱动转变为数字驱动。

目前,服装行业的数字化应用主要体现在以下几方面:①在服装设计方面,三维人体测量技术、面料数字化模拟技术、虚拟缝制技术的应用实现了电脑试衣,为大规模定制服务打下了基础;②在工艺设计方面,CAPP系统(计算机辅助工艺过程设计)的应用,实现了工序设计和工艺路线安排,提升了生产要素优化配置和制造的柔性;③在营销方面,通过消费者信息的深度分析,形成用户画像,提高了销售精准度与市场反应力^[31]。

2.3.6 RFID RFID(无线射频)识别技术是一项通过磁场耦合实现无接触信息传递而达到目标识别的技术,具有强抗干扰性和同时识别多个目标的特点^[32]。从20世纪90年代起,RFID技术已经进入商品应用阶段,在服装大规模定制过程中,其在生产、仓储、物流配送及零售等环节提高了企业的快速反应能力。黄琼英^[33]将RFID技术应用于报喜鸟服饰的生产管理系统中,有效解决了制品过程中的进度及质量跟踪问题,准确地预测了生产时间。徐琪^[34]将RFID技术融入服装供应链仓储配送系统,构建智能数据分析模型,通过对畅销和滞销产品的跟踪来优化补货决策,实现仓储配送智能化管理。田丙强等^[35]将RFID技术进一步与CRM(客户关系管理系统)相结合,通过进店、试穿、消费记录的追踪,形成用户画像,实现精准营销。

目前,沃尔玛、梅西百货(Macy's)、Uniqlo、波司登、海澜之家等品牌将RFID电子标签广泛运用于产品中,增强了零售终端的管理效率与顾客自主式

购物体验。零售环节相较于制造环节更复杂,需要依赖人像识别、物联网、大数据分析等技术手段分析顾客的消费行为,实现智能搭配与个性化推荐。

2.3.7 人工智能 人工智能主要研究如何用计算机系统来实现以往只能用人工来完成的工作。其初级阶段是基于规则的“专家系统”,进行知识搜索、提取和简单关联;第二阶段是通过机器自主学习,使程序对现有案例、知识进行反复训练,实现机器自主判断、预测等功能;最终阶段的人工智能研究是使机器具有自我意识。对于服装产业来说,人工智能的应用处于初级阶段,即目前的款式设计系统、订单分配系统、工序编排系统及客户管理系统等专家知识库的基础应用还未完全脱离人工操作,因此为了使服装在制造和销售环节减少对人的依赖,学者正尝试通过机器学习实现系统自主分析生产数据、预测消费趋势等功能^[36-37],以提升服装产业的人工智能应用水平。而在服装产品设计上,设计师考虑将人工智能设备植入服装中,以增强服装与用户的互动。

2.3.8 个性化定制 服装个性化定制可以使消费者参与服装设计过程,同时商家也可以按需生产,实现“零库存”。目前以模块化设计为基础的大规模个性定制,是一种有效平衡生产效率和成本的定制服务模式。其中红领集团基于互联网C2M的商业模式最为典型,它打造了一个智能定制平台(红领酷特),顾客通过门店或移动大巴进行激光量体,然后在平台上根据喜好选择图案、面料及部件细节设计,自动下单给智能车间完成成衣制造^[38]。相较于传统的定制生产,智能数据平台为红领集团客户订单自动完成版型匹配、生产任务分配、进度控制,实现“一衣一款”7天定制。除了红领模式,还有海思堡、衣邦人、PP为代表的“代加工+智能制造”“设计师品牌+智能制造”“定制平台+定制品牌”的定制模式^[14]。这些定制模式有效提高了原创设计的竞争力,同时促进了产业链上下游创新的设计和智能化生产。

2.3.9 遗传算法 遗传算法是计算数学中用于解决最佳化的搜索算法^[39],在服装领域中广泛用于构建工序编排、生产调度、作业平衡等智能决策系统中的模型优化。朱英^[40]以男士衬衫工序流程为例,采用二次选择策略和扩大种群排序法改进传统遗传算法数据模型,优化了工序编排问题。张澜^[41]结合遗传算法和人工神经网络技术,针对订单型企业设备配置问题建立了预测模型,提高了设备使用率,有助于准时化生产系统需求下的车间作业计划

2.3.10 智能吊挂流水线 智能吊挂流水线系统是服装企业实现智能制造的重要载体,尤其在服装生产缝制阶段,是实现柔性生产的基础^[45]。智能吊挂系统主要由工作站、运输轨道及传输控制系统组成,一般将整件衣服的裁片挂在吊架上,按照预设的加工顺序,在工作站自动完成传输,减少缝绉过程中的大量非生产时间。就目前服装生产智能化情况而言,智能吊挂和自动缝制单元所组成的服装生产流水线能够真正实现减员增效,利于全行业推广。在机械工程中,吊挂系统的研究主要是传输机构和控制系统的设计,但在服装行业中,流水线编排设计的优化更受广大学者关注。如 BOYSEN N 等^[46]采用混合排程方法进行流水优化,并进行了验证。闫亦农等^[47]采用直线递进式的优化方法和粒子群算法快速搜索最

关键词时间分布如图 5 所示。由图 5 可以看出,最新研究热点集中于智能制造、个性定制、数据处理、企业转型升级等,说明行业内部及外部制造业环境正在发生变化,国内服装企业需要快速探索新的生产模式。而以提升流程效率为目的的生产流水线、专家系统、数据库,尤其是计算机辅助设计方面的研究已经比较完善,能够助力服装智能制造新模式的构建。



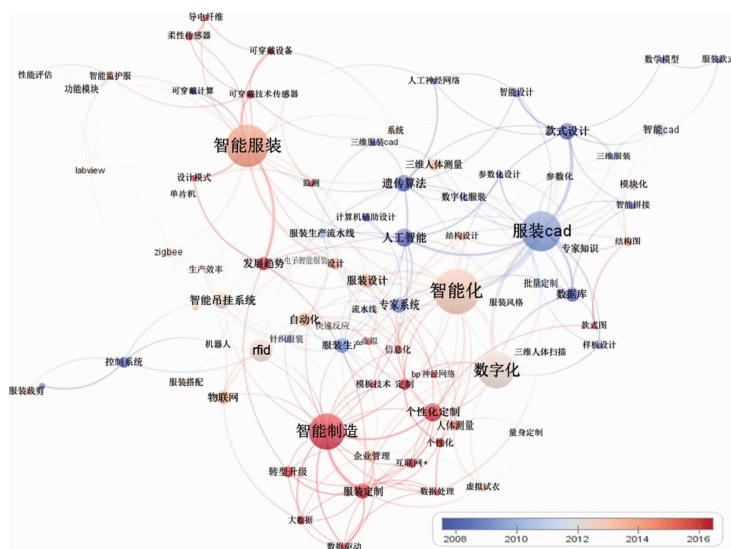


图5 关键词共现网络时间分布

Fig. 5 Time distribution of keywords co-occurrence network graph

3 结语

通过对 1987—2018 年期间的 446 篇服装产业智能制造相关文献的年度发文量、发文机构分布、研究团队情况和关键词共现网络 4 个方面的计量分析,归纳出该领域的研究趋势:

1)从文献年度分布情况可以看出,2015—2018 年服装产业智能制造领域的相关研究热度不断上升。

2)目前的智能制造研究团队和机构,主要来自于纺织服装专业领域的专家、学者,其研究成果多注重先进制造技术在服装产业的应用和优化,而与智能制造联系密切的计算机科学、信息学、控制学等专业领域的研究不够深入,因此纺织服装学科应加强与各学科之间的深度合作,以加快中国服装制造业转型升级。

3)未来数年内发展先进制造业仍是中国新经济发展的重中之重,而服装消费市场以消费者需求为中心的“线上+线下+物流”的零售新模式正在形成,因此个性化、智能化将是未来服装制造业发展的重点。

4)在智能服装领域,健康管理、辅助医疗、运动、救援、娱乐等功能性服装的研发已初步成形,但是目前仍未实现商业推广,因此如何使智能服装生活化和商业化是未来的研究方向。

5)从服装智能制造研究内容来看,目前主要从设备、软件、生产模式上去推进智能制造,却忽略了人的作用。由于在服装企业实施智能制造的过程中,通常由上及下进行改革,高层对具体执行层业

务不参与,底层对改革整体架构不了解,而企业本身缺少相关人才储备,严重影响了服装企业智能化实施效果。因此关于智能制造背景下服装专业人才的培养和管理模式的创新是值得研究方向之一。

参考文献:

- [1] 国家制造强国建设战略咨询委员会. 中国制造 2025 蓝皮书[M]. 北京:电子工业出版社, 2016:278.
- [2] 朱亮,孟宪学. 文献计量法与内容分析法比较研究[J]. 图书馆工作与研究, 2013(6):64-66.
ZHU Liang, MENG Xianxue. The comparative study on bibliometric method and content analysis method[J]. Library Work and Study, 2013(6):64-66. (in Chinese)
- [3] 张兆璞,沈宏. 智能化的服装 CAD 系统[J]. 计算机工程与设计, 1987(5):21-25.
ZHANG Zhaopu, SHEN Hong. Intelligent computer aided garment design system[J]. Computer Engineering and Design, 1987(5):21-25. (in Chinese)
- [4] 王若明,任建华. 推动宁波纺织服装产业智能制造的实证调研与对策建议[J]. 宁波经济(三江论坛), 2018(7):14-18.
WANG Ruoming, REN Jianhua. Empirical research and suggestions on promoting intelligent manufacturing in Ningbo textile and garment industry[J]. Ningbo Economy (Sanjiang Forum), 2018(7):14-18. (in Chinese)
- [5] 郎丽华,赵红洁. 基于比较优势的中国加工贸易重新布局研究[J]. 学习与探索, 2014(11):86-91.
LANG Lihua, ZHAO Hongjie. Study on the rearrangement of China's processing trade based on comparative advantages[J]. Study and Exploration, 2014(11):86-91. (in Chinese)
- [6] 刘雁,耿兆丰. 基于原型的三维服装款式智能 CAD 方法[J]. 计算机工程与应用, 2004,40(9):228-232.

- LIU Yan, GENG Zhaofeng. Prototype-based 3D apparel intelligent CAD[J]. Computer Engineering and Applications, 2004, 40(9): 228-232. (in Chinese)
- [7] 耿兆丰, 李益明. 服装款式智能 CAD 系统的设计与实现[J]. 北京服装学院学报, 1992, 12(2): 76-82.
- GENG Zhaofeng, LI Yiming. The design and implement of garment pattern intelligence CAD system [J]. Journal of Beijing Institute of Clothing Technology, 1992, 12(2): 76-82. (in Chinese)
- [8] 傅白璐, 李峻, 刘晓刚. 基于人体分割的智能女装廓形尺寸数据库构建[J]. 纺织学报, 2018, 39(1): 119-125.
- FU Bailu, LI Jun, LIU Xiaogang. Smart database of women's clothing silhouette dimensions based on human body segmentation [J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(1): 119-125. (in Chinese)
- [9] 沈雷, 李仪, 薛哲彬. 智能服装现状研究及发展趋势[J]. 丝绸, 2017, 54(7): 38-45.
- SHEN Lei, LI Yi, XUE Zhebin. Current situation and development trend of intelligent garment [J]. Journal of Silk, 2017, 54(7): 38-45. (in Chinese)
- [10] 薛哲彬, 沈雷, 任祥放. 基于儿童安全的智能服装系统研发模式[J]. 服装学报, 2016, 1(5): 470-476.
- XUE Zhebin, SHEN Lei, REN Xiangfang. Study on research mode of intelligent safety clothes system for children [J]. Journal of Clothing Research, 2016, 1(5): 470-476. (in Chinese)
- [11] 曾紫薇, 沈雷, 任祥放. 基于女性安全的智能服装设计模式[J]. 服装学报, 2018, 3(5): 395-399.
- ZENG Ziwei, SHEN Lei, REN Xiangfang. Research on the intelligent fashion design pattern based on female security [J]. Journal of Clothing Research, 2018, 3(5): 395-399. (in Chinese)
- [12] 朱伟明, 洪子又, 马阳. 男西装数字化个性定制与集成平台[J]. 服装学报, 2017, 2(5): 19-25.
- ZHU Weiming, HONG Ziyu, MA Yang. Research on the digital personality customization and integration platform of men's suit [J]. Journal of Clothing Research, 2017, 2(5): 19-25. (in Chinese)
- [13] 朱伟明, 谢琴, 彭卉. 男西服数字化智能化量身定制系统研发[J]. 纺织学报, 2017, 38(4): 151-157.
- ZHU Weiming, XIE Qing, PENG Hui. Digitalized and intelligentized customization system of men's suit [J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(4): 151-157. (in Chinese)
- [14] 刘慧, 朱伟明. 基于智能制造的个性化牛仔服装定制商业模式[J]. 经营与管理, 2018(1): 123-126.
- LIU Hui, ZHU Weiming. Business model of personalized denim garment customization based on intelligent manufacturing [J]. Management and Administration, 2018(1): 123-126. (in Chinese)
- [15] 张志斌, 李鹏, 温平则. 工业工程视角下智能化服装模板的应用研究[J]. 毛纺科技, 2016, 44(3): 68-71.
- ZHANG Zhibing, LI Peng, WEN Pingze. Research on the application of intelligent garment template in the perspective of industrial engineering [J]. Wool Textile Journal, 2016, 44(3): 68-71. (in Chinese)
- [16] 李鹏, 张佩思, 张志斌. 智能化模板技术在传统服装企业产线优化中的应用研究[J]. 上海纺织科技, 2018, 46(6): 22-24, 34.
- LI Peng, ZHANG Peisi, ZHANG Zhibing. Application of intelligent template technology in production line optimization of traditional garment enterprises [J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2018, 46(6): 22-24, 34. (in Chinese)
- [17] 温平则, 冯旭敏, 张志斌. 基于 IE 方法的纺织服装智能制造工艺模板技术开发与应用研究[J]. 邢台职业技术学院学报, 2016, 33(1): 88-91, 95.
- WEN Pingze, FENG Xumin, ZHANG Zhibing. Research on development and application of textile and garment intelligent manufacturing process template technology based on IE method [J]. Journal of Xingtai Polytechnic College, 2016, 33(1): 88-91, 95. (in Chinese)
- [18] 苏军强, 刘国联, 金春来. 基于模块化生产的服装智能传输系统开发思路[J]. 纺织导报, 2012(1): 91-92.
- SU Junqiang, LIU Guolian, JIN Chunlai. An idea for intelligent garment transmission system based on modular production [J]. China Textile Leader, 2012(1): 91-92. (in Chinese)
- [19] 田苗, 李俊. 智能服装的设计模式与发展趋势[J]. 纺织学报, 2014, 35(2): 109-115.
- TIAN Miao, LI Jun. Design mode and development tendency of smart clothing [J]. Journal of Textile Research, 2014, 35(2): 109-115. (in Chinese)
- [20] 於凌, 唐颖, 李琼. 面向高血压患者的智能服装设计[J]. 上海纺织科技, 2015, 43(7): 6-7, 41.
- YU Ling, TANG Ying, LI Qiong. The design of intelligent clothing for hypertensive patients [J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2015, 43(7): 6-7, 41. (in Chinese)
- [21] 赵婧, 范秀娟. 面向智能服装的心率采集监测系统设计[J]. 微型机与应用, 2015, 34(4): 20-21, 25.
- ZHAO Jing, FAN Xiujuan. Design of heart rate collection and monitoring system for smart clothing [J]. Microcomputer and Its Applications, 2015, 34(4): 20-21, 25. (in Chinese)
- [22] 张乃中, 闻婧, 王军, 等. 基于针织导电织物可演奏音乐的智能服装研究[J]. 针织工业, 2015(6): 56-59.
- ZHANG Naizhong, WEN Jing, WANG Jun, et al. Study of conductive knitted fabric based smart clothing with music play function [J]. Knitting Industries, 2015(6): 56-59. (in Chinese)
- [23] 胡长鹏, 张巨俭, 刘瑞璞. 基于 VLISP 和 OpenDCL 的西装智能 CAD 系统的实现[J]. 天津工业大学学报, 2010, 29(5): 33-36.

- HU Changpeng, ZHANG Jujian, LIU Ruipu. Realization of intelligent CAD systems of suits producti on based on VLISP and OpenDCL [J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2010, 29(5): 33-36. (in Chinese)
- [24] 王燕珍. 服装款式识别数字化表现原则[J]. 纺织学报, 2007, 28(12): 94-98, 106.
WANG Yanzhen. Digital principles for identification of garment styles[J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(12): 94-98, 106. (in Chinese)
- [25] 董晨雪. 服装款式图像自动识别研究[D]. 上海: 东华大学, 2013.
- [26] 闻力生. 服装企业智能制造的实践[J]. 纺织高校基础科学学报, 2017, 30(4): 468-474.
WEN Lisheng. Practice of intelligence manufacturing in apparel enterprises [J]. Basic Sciences Journal of Textile Universities, 2017, 30(4): 468-474. (in Chinese)
- [27] 杜劲松, 闻力生. 服装超柔性制造模式的构建[J]. 纺织高校基础科学学报, 2018, 31(3): 311-316.
DU Jinsong, WEN Lisheng. Construction of super flexible manufacture mode of garment [J]. Basic Sciences Journal of Textile Universities, 2018, 31(3): 311-316. (in Chinese)
- [28] JORDAN M I, MITCHELL T M. Machine learning Trends, perspectives, and prospects [J]. Science, 2015, 349(6245): 255-260.
- [29] 穆向阳, 张太铤. 机器视觉系统的设计[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2007, 22(6): 104-109, 130.
MU Xiangyang, ZHANG Taiyi. Design of a machine vision system [J]. Journal of Xi'an shiyou Unirersity (Natural Science) 2007, 22(6): 104-109, 130. (in Chinese)
- [30] 江小云. 影响服装生产智能化进程因素分析[J]. 现代丝绸科学与技术, 2006, 21(2): 32-34.
JIANG Xiaoyun. Factors affecting clothing intelligent production[J]. Modern Silk Science and Technology, 2006, 21(2): 32-34. (in Chinese)
- [31] 阮哲. 基于 RFID 和专家系统的服装店智能服务系统的设计与实现[D]. 上海: 东华大学, 2013.
- [32] 文燕. RFID 射频识别专利技术综述[J]. 中国发明与专利, 2017, 14(11): 38-46.
WEN Yan. A survey of patent technology for radio frequency identification [J]. China Invention and Patent, 2017, 14(11): 38-46. (in Chinese)
- [33] 黄琼瑛. 基于 RFID 技术的报喜鸟生产过程管理系统的研究与开发[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.
- [34] 徐琪. 服装供应链基于 RFID 的仓储配送智能化管理[J]. 纺织学报, 2010, 31(9): 137-142.
XUE Qi. RFID-based intelligent management of warehousing distribution of apparel supply chain [J]. Journal of Textile Research, 2010, 31(9): 137-142. (in Chinese)
- [35] 田丙强, 胡守忠, 黄旭芬. 基于 RFID 的服装分销物流管理系统设计[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2017, 43(5): 746-751.
TIAN Bingqiang, HU Shouzhong, HUANG Xufen. Design of the logistics management system of garment distribution based on the RFID [J]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2017, 43(5): 746-751. (in Chinese)
- [36] 潘璐. 基于层次分析法的服装推荐专家系统[D]. 上海: 东华大学, 2016.
- [37] 张晓萍, 赵美华. 基于专家系统的服装工序同步化智能编排体系[C]//山东纺织工程学会第十二届第三次优秀论文评选获奖论文集. 济南: 山东省科学技术协会, 2012: 159-168.
- [38] 吴义爽, 盛亚, 蔡宁. 基于互联网+的大规模智能定制研究——青岛红领服饰与佛山维尚家具案例[J]. 中国工业经济, 2016(4): 127-143.
WU Yishuang, SHENG Ya, CAI Ning. Study on mass intelligent customization based on internet plus—cases of Qingdao Redcollar and Foshan Weishang furniture [J]. China Industrial Economics, 2016(4): 127-143. (in Chinese)
- [39] 宋杰鹏. 基于遗传算法的最优化问题求解[J]. 电脑知识与技术, 2011, 7(19): 4654-4655.
SONG Jiepeng. Solving optimization problems based on genetic algorithm[J]. Computer Knowledge and Technology, 2011, 7(19): 4654-4655. (in Chinese)
- [40] 朱英. 数字化服装技术研究[D]. 上海: 东华大学, 2004.
- [41] 张澜. 订单型服装企业流水线设备配置比例的预测及生产计划的优化[D]. 上海: 东华大学, 2004.
- [42] 范丹丹. 生产计划智能调度及其在服装 ERP 中的应用[D]. 上海: 东华大学, 2005.
- [43] 李晗. 面向个性化定制的智慧服装生态系统若干问题研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- [44] 安哲. 智能服装机器自动加工中的不规则路径优化[J]. 科技通报, 2012, 28(10): 102-103, 106.
AN Zhe. Intelligent clothing machine to be automatic processing of irregular path optimization [J]. Bulletin of Science and Technology, 2012, 28(10): 102-103, 106. (in Chinese)
- [45] 裘玉英. 服装吊挂系统在生产流水线上的应用[J]. 嘉兴学院学报, 2008, 20(6): 123-126.
Qiu Yuying. Application of FMS to product assembly line [J]. Journal of Jiaxing University, 2008, 20(6): 123-126. (in Chinese)
- [46] BOYSEN N, FLIEDNER M, SCHOLL A. Sequencing mixed-model assembly lines: survey, classification and model critique [J]. European Journal of Operational Research, 2009, 192(2): 349-373.
- [47] 闫亦农, 刘立枝, 崔慧荣. 直线递进式服装吊挂生产流水线优化设计[J]. 丝绸, 2018, 55(11): 67-72.
YAN Yinong, LIU Lizhi, CUI Huirong. Optimized design of linear progressive hanging production line for garment [J]. Journal of Silk, 2018, 55(11): 67-72. (in Chinese)

(责任编辑: 张 雪)