

# 高端功能鞋靴智能研发制造体系关键技术研究与应用示范

谢松军<sup>1</sup>, 弓太生<sup>2</sup>, 万蓬勃<sup>2</sup>, 段银海<sup>1</sup>, 高凌云<sup>1</sup>, 梁高勇<sup>3</sup>, 孙润军<sup>4</sup>, 柳鑫<sup>1</sup>

(1. 际华三五—三实业有限公司, 陕西 西安 710068;

2. 陕西科技大学设计与艺术学院, 陕西 西安 710021;

3. 中国人民解放军总后勤部军需装备研究所, 北京 100010;

4. 西安工程大学纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048)

**摘要:**以高端功能鞋靴产品研发制造需求为突破口,对功能鞋靴传统制造流程进行了智能化升级,系统分析了裁断、制帮、制底及帮底成型存在的突出问题,针对性地提出了一种功能鞋靴智能制造体系理论和实践方法,设计并建设实施了全自动智能生产线及质量控制体系,实践证明其成效突出,对制鞋企业探索转型升级路径、激发行业变革热情有积极的示范作用。

**关键词:**功能鞋靴;智能制造;制鞋流程优化;质量控制闭环系统

中图分类号 TS 94 文献标识码 A DOI:10.13536/j.cnki.issn1001-6813.2021-009-001

## Key technology research and application demonstration of intelligent R&D and manufacturing system for high-end functional shoes

*XIE Songjun<sup>1</sup>, GONG Taisheng<sup>2</sup>, WAN Pengbo<sup>2</sup>, DUAN Yin Hai<sup>1</sup>, GAO Lingyun<sup>1</sup>,  
LIANG Gaoyong<sup>3</sup>, SUN Runjun<sup>4</sup>, LIU Xin<sup>1</sup>*

(1. Jihua 3513 Industrial Co., Ltd, Xi'an 710068, China;

2. College of Art and Design, Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China;

3. The Quartermaster Equipment Institute of the General Logistics Department, Beijing 100010, China;

4. School of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

**Abstract:** Taking the R&D and manufacturing demands of high-end functional shoes as a breakthrough, intelligent upgrade was done on the traditional manufacturing process of functional shoes, the outstanding problems in cutting, upper making, sole making, and upper and sole forming were systematically analyzed, theory and practical methods of intelligent manufacturing system for functional shoes were put forward, and a fully automatic intelligent production line and quality control system was designed, established, and implemented in the paper. It is proved by the practice that the result is effective, could play a demonstrated role for the path of transformation and upgrading of shoemaking en-

terprises, and also stimulate the enthusiasm of industry innovation and reform.

**Key words:** functional shoes; intelligent manufacturing; shoemaking process optimization; quality control closed loop system

## 引言

我国鞋类生产和出口优势明显,但在制鞋生产技术方面,还存在着自动化程度不高、设备系统性不强等亟待解决的问题;特别是在高端功能鞋靴研发制造领域,产品特种功能研发及相应的智能制造体系关键技术还有待突破,转型升级势在必行。

党中央和中央军委高度重视部队的装备水平,提高部队装备水平是实施国家安全战略的重要举措,研制高性能作战靴对减少非作战减员意义重大。针对现代军事训练及战争中对鞋靴性能的需求,本研究以高端功能鞋靴智能研发制造为突破口,提出研发制造升级、关键技术改进、产品性能提升的总体思路,对传统制鞋产业进行技术升级,探索高端功能鞋靴智能研发制造技术体系及实践路径。

### 1 功能鞋靴智能制造流程分析与优化

功能鞋靴制造流程包括裁断、制帮、制底及帮底成型等部分,每一部分又包含若干道工序。传统制造流程受工艺技术、生产设备、人员经验和信息传递等因素制约,存在产品质量不稳定、机械化自动化程度低、过度依赖员工操作经验、制造信息交互及质量监控实时性差等普遍存在的典型问题,亟需转型升级<sup>[1]</sup>。

在鞋靴智能制造流程体系层面,本项目研究系统分析裁断、制帮、制底及帮底成型存在的突出问题,针对性地提出了一种功能鞋靴智能制造体系理论和实践方法,设计并建设实施了全自动智能生产线及质量控制体系,实践证明其成效突出。引入智能化设备与工装解决了传统制鞋生产工艺中各工序制造信息存在的孤岛问题,如通过应用智能裁床、数控电子花样机、智能针车、粘接面激光智能烧结等设备与工装实现了功能鞋靴生产中工序信息的实时交互与集成。应用信息化技术实现了鞋靴制造信息的无缝传递和质量控制闭环系统,如通过智能芯片实现物料加工信息的无缝传递,通过多个机械臂实现了物料自动精确传递和加工轨迹的精确控制,形成了帮底成型工艺的质量控制闭环系统。使生产效率提升 80%

以上。

#### 1.1 裁断工艺分析优化

传统制造流程裁断工艺存在的突出问题有:使用龙门裁断机和摆臂裁断机等设备,借助刀模进行人工辅助裁断,其劳动效率低、强度大;过度依赖裁断操作人员人工经验,操作人员需要按照经验选择合适的排版方向和层数进行物料下载;裁断部件品质不稳定,材料利用率低,所下载部件易出现变形、拉丝、毛边等问题,严重影响成品鞋靴产品外观;裁断物料数量、品质、生产期等重要信息数据无法高效传递,与后工序间无法实现柔性同步生产。

本项目研究采用智能裁床进行物料下载,最大程度降低了部件品质对操作人员的经验依赖,裁断物料信息可实现数据化、可视化及实施传递,并可与后工序实现柔性同步生产;裁断效率为传统模式的 2~3 倍;产品质量稳定,一次下机合格率由原先的 96.9% 提高到 99.8%;刀模及人工费用大幅减少。

#### 1.2 缝制工艺分析优化

传统制造流程制帮缝制工艺存在的突出问题有:普通缝纫机进行单工位缝制过程复杂且工作效率低、功耗较大;要求操作员工细致耐心、技能高;缝制线迹美观度与一致性差,成帮一次下机合格率较低,仅为 89.3%;整体缝制工艺信息无法与前后工序高效传递,且各道工序之间也无法快速传递,导致生产不平稳、物料堆积多<sup>[2]</sup>。

本项目研究采用数控电子花样机、智能针车等缝制设备,重新规划、编制、实施了缝制工艺流程,通过网络互联单机设备,预先编制缝制花样、图案与缝制工艺参数,制作模块化工艺模板,可做到全自动高速缝制;改进后的缝制工艺线能完成各类复杂线迹的缝纫,线迹美观,品质稳定;员工操作难度降低;各工序间协同平顺,生产能耗明显降低;经测算,单位时间内缝合效率提升 26.3%,单位产量用电量减少 12.6%,成帮一次下机合格率提升 6.9%。

### 1.3 帮底成型工艺分析优化

粘接面预处理及模具脱模剂的合理使用是制约产品品质的重点工序,传统制造流程成型工艺存在的突出问题有:粘接面处理采用人工划线、人工砂磨方式,脱模剂采用人工涂刷方式,导致批量化产品均一性较差;人工砂磨、涂刷存在皮革、胶料等碎屑粉尘、脱模剂溶剂污染等环保问题<sup>[3]</sup>;砂磨边界位置控制、粘接面皮革纤维高度、脱模剂涂刷不均匀及过度消耗等都会造成帮底结合强度不足的质量隐患。

本项目研究采用激光智能烧结技术对粘接面进行预处理,采用机械臂控制实现定路径、定量喷涂脱模剂,有效保证了批量产品的加工参数一致性,产品品质明显提升;激光智能烧结技术能根据帮底成型工艺参数需要,设置激光能量、频率、划线轨迹等系列参数,从而有效保证粘接面预处理位置边界、高度、深度等工艺参数精确、一致,使成鞋子口整洁美观,帮底粘合强度明显增强;利用静电吸附原理,机械臂可将脱模剂精确、定量喷涂到模具所需区域,最大程度地避免了手工喷涂的随意性,无论是基于水、蜡、硅的何种脱模剂,都能使其消耗量减至最低;通过专用集尘装置有效解决了碎屑粉尘、脱模剂溶剂所引发的环境污染问题;经测算使用机械臂控制定路径、定量喷涂可降低60%左右的脱模剂用量。

### 1.4 功能鞋靴制造信息的无缝传递和质量控制闭环系统

传统鞋靴加工制造按照预定计划进行,以半人工、半机械化加工为主,生产组织高度集中且人机分离。存在的突出问题有:流水线中前后工序间重复性、间歇性的物料传递操作较多,生产柔性不够;在进行新、旧产品技术转换时,容易出现产品信息缺失,无法实现数字化、信息化管理;半人工、半机械化的人机分离加工模式导致无法实现产品质量在线实时监控及反馈<sup>[4]</sup>。

本项目设计实施的功能鞋靴全自动智能成型流水线,在帮底成型工艺流程中采用3个机械臂进行物料智能抓取和传递,一方面减少了用工量,提高了工作效率;另一方面保持了加工动作的一致性和连贯性,实现了生产线的持续运转,可满足实时调整的柔性化生产需求;采用加工信息数据智能芯片存储、识

别及综合控制系统,实现了自动化流水线物料传递、加工、在线质量监控及反馈的整体智能控制,解决了新、旧产品技术转换时的技术信息衔接问题。在控制系统中存储的主要技术参数信息达40余项:如产品种类、运转速率、激光烧结参数、加工轨迹、运转频率、鞋帮探测参数、机械臂运行轨迹、模具参数、PU注射信息等,这些技术参数通过芯片识别系统实现了制造信息的无缝传递;通过应用机器人、PLC、触摸屏、现场总线、RFID识别等技术解决了制鞋成型过程的智能控制问题,成功实现了整条制鞋流水线的稳定运行。经测算,每年仅机械臂一项节约15人,节约工资成本90.0万元。

## 2 功能鞋靴制造关键技术创新与示范效应

### 2.1 功能鞋靴制造关键技术创新

本项目研究在功能鞋靴制造关键技术方面取得了3个层面的创新。

一是构建了鞋靴智能研发制造体系。本项目设计的流水线在关键工序采用智能设备提升了工作效率,采用芯片技术存储和传递信息实现生产的实时监控和管理,较好地实现了生产柔性化、过程数字化、系统信息化的精益管理。

二是提出了鞋靴制造4个关键环节技术的解决方案。在裁断工艺技术方面,本项目研究采用智能激光裁床进行自动排版和下裁,替代传统的液压裁断工艺,提升劳动效率、提高品质,达到部件标准化。在缝帮工艺技术方面,本项目研究采用数控电子花样机、智能针车等缝制设备,解决了普通缝纫机的单工位缝制问题,成帮下机合格率从89.3%提高到98%。在鞋靴粘接面处理工艺方面,本项目研究采用智能机械臂激光烧结技术定轨迹、定量喷涂,将人工划线、砂磨和刷胶等工序进行替代,保证了批量产品品质的一致性,并解决了传统工艺中产生的粉尘和溶剂的污染问题。在传统注胶工艺技术方面,本项目研发的自动吹胶系统,保证了鞋模内注胶量的准确性、标准性和稳定性,改变了传统工艺注塑胶量不均匀,杜绝了胶条与胶枪粘连、鞋底出现缺胶、欠胶等造成的次品问题,实现了注胶工艺的全自动化工作。

三是针对作战和训练需要,研发具有特殊功能的产品。基于本项目构建的智能研发制造体系,依托制鞋关键技术的突破,原先传统工艺无法实现或残次率

高的特殊功能鞋靴产品,现在可以高效率、高品质的实现研发制造。如高空跳伞条件下的减震、极寒环境下的御寒、高空索降条件下的平衡、涉水环境下的防水及速干等。

## 2.2 项目成果应用示范效应

本项目研究成果实现了规模应用,示范效应好,近3年来累计新增销售14.8亿元,新增利润2.55亿元。

研发设计的鞋靴智能制造生产线被宁波德士马鞋业有限公司、河南远航鞋业有限公司等多家鞋企采用。研发的山地作战靴、海底救援靴、空降靴等产品远销东南亚、拉美、非洲等世界多地;研发的作战靴、阅兵皮鞋、空军地勤靴等产品远销到苏丹、刚果、意大利等多个国家;研发的17轻便防寒鞋、抗洪救灾专用鞋、07作战靴、特战防护靴等产品已装备解放军、武警、消防等多个兵种;研发的民用鞋靴销售到安徽省司法系统、中国铁路总公司、大唐电力集团、中国石化集团等大客户。

项目组成员深入研究鞋靴智能研发制造系统、特种功能鞋靴等技术,已授权专利15件(其中发明专利2件)、制定军用标准3项,行业标准1项,发表科技论文12篇。项目引进和培养了本科以上学历人才34名,带动500多人的新增就业,培养了一批高素质、高技能的应用人才。项目在行业内的有效实施和推广推动了鞋靴制造产业链的工业化、信息化、智能化升级,响应了《中国制造2025》、军民融合国家战略。

## 3 功能鞋靴研发制造的研究局限性与未来趋势

本项目研究是在制鞋行业转型升级背景下实施的,项目设计完成全自动智能鞋靴生产线,解决了传统功能鞋靴生产中存在的低效、手工、半机械化操作等问题,取得了一定成果。项目对鞋靴生产制造环节进行了大量智能化创新,构建了鞋靴智能制造体系,但也存在一定的研究局限性,具体体现于项目仅针对

生产制造环节进行了升级创新。

随着物联网技术的迅猛发展,制鞋行业未来在研发、制造、营销等领域的主流趋势和技术将不断变化和延伸,将大数据技术、3D脚型扫描、3D虚拟化设计、智能制造、智能仓储等技术进行综合性集成,才能逐步实现鞋靴行业全链条的智能化升级<sup>[5-6]</sup>。今后将继续加大对新型功能鞋靴的研究,借鉴国际先进经验、技术,向前端产品、后端智能物流等延伸,从研发、设计、生产到仓储、终端销售,全方位地进行智能制造升级。

## 4 小结

高端功能鞋靴智能研发制造体系关键技术研究与应用示范项目对传统制鞋技术进行了改造升级,很好地落实了国家对制造业的要求,在生产过程中实现了智能化运作、关键岗位机器人替代等深度创新,各项数字化、智能化技术得到验证并产生了明显的经济效益和社会效益。其拥有的众多先进理念和技术为制鞋行业“智造”升级积累了经验、为众多制鞋企业进行转型升级探索了方向,对于促使制鞋行业发展由“质变”转向“智变”,激发行业变革热情有积极的示范作用。

## 参考文献

- [1] 谢松军,柳鑫.智能化鞋靴制造体系关键技术研究[J].中外鞋苑,2017(1):100-103.
- [2] 梁高勇,王修行,秦蕾,等.功能防护胶鞋胶靴关键技术研究及研制[J].北京皮革,2021,46(Z1):52-55.
- [3] 万蓬勃,惠品品,谢松军,等.基于电子花样机的鞋服缝制工艺模板研究进展[J].中国皮革,2019,48(9):51-57.
- [4] 万蓬勃,倪亮辰.智能鞋靴专利技术应用与功能研发趋势[J].中国皮革,2021,50(5):44-50.
- [5] 万蓬勃,惠品品,谢松军,等.鞋企在制品库存优化控制[J].中国皮革,2018,47(7):47-52,62.
- [6] 万蓬勃,赵旭梅,张文利,等.价值工程理论在鞋靴智能化设计中的应用[J].皮革科学与工程,2017,27(6):57-61.

## 《中国皮革》官方微信

《中国皮革》杂志社利用遍及全国及海外的信息网络,已经成为中国皮革和制鞋业界能为国内外皮革和制鞋工商企业在信息、咨询、广告、技术、人才、培训、购销等方面,提供全方位服务的信息机构。日前旗下推出的《中国皮革》官方微信平台为行业内人士提供行业资讯,数据分析,深度报道,打造您的每期行业必读。



扫一扫,即刻关注!