

3D 打印技术在纺织服装产品设计中的应用

陈常娟

(江南影视艺术职业学院 艺术设计学院, 江苏 无锡 214153)

摘要: 从 3D 打印技术的应用趋势出发, 介绍了 3D 打印技术的概念及特点, 阐述了 3D 打印技术在纺织服装产业中的发展现状, 从纤维和织物、组织结构、单元体设计、材质特性、智能材料 5 个方面对 3D 打印技术在纺织服装产业中的应用进行了深入研究。研究结果表明: 3D 打印技术促使纺织服装产业加快了数字化应用的步伐, 革新了产品设计开发、生产加工及消费流通的模式。3D 打印技术在时尚领域将有更广阔的应用价值。

关键词: 3D 打印技术; 纺织; 服装; 产品设计; 应用

中图分类号: TS941.641

文献标志码: B

文章编号: 1001-2044(2020)08-0001-04

Application of 3D printing technology in textile and apparel product design

CHEN Changjuan

(Jiangnan Vocational College of Media arts, School of Art and Design, Wuxi 214153, Jiangsu, China)

Abstract: In terms of the application trend of 3D printing technology, the concept and characteristics of 3D printing technology are introduced, the development status of 3D printing technology in the textile and clothing industry is elaborated, and the technology of 3D printing textile and clothing is explored, from five aspects such as fiber fabrics, organizational structures, body design, material characteristics, and smart materials, the in-depth study of the application of 3D printing technology in textile and apparel has been conducted. The research conclusions show that 3D printing technology promotes the textile and apparel industry to accelerate the pace of digital application, and innovates product design, development and production, processing and consumer circulation mode. In the future, 3D printing technology will have wider application value in the fashion field.

Key words: 3D printing technology; textile; apparel; product design; application

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2020.08.001

3D 打印(3D Printing, 3DP)是工业领域的一项新兴技术, 近些年随着科学技术的进步, 3D 打印技术得到了快速发展。3D 打印技术具有成型材料范围广、速度快、成本低和个性化量产等优势, 已广泛应用于纺织服装、生物医药、航空航天、机械制造、建筑、鞋靴和珠宝设计等领域^[1]。在纺织服装产品的设计与开发中, 3D 打印技术的应用比例逐渐提高, 为满足消费者个性化和多样化的需求, 针对 3D 打印纺织服装的研究变得越来越重要。

1 3D 打印技术的概念及特点

3D 打印是一种快速成型技术, 又称为逆向工程或增材制造(Additive Manufacturing, AM)。其采用 3D 数字技术打印机完成产品制造, 是一种以数字模型文件为基础, 运用金属粉末、陶瓷、碳纤维增强塑料和高分子凝胶等材料, 通过分层打印和叠加成型的方式来构造物体的技术, 可同时实现计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)^[2]。

3D 打印有着自身的技术优势和特点: 第一, 可以

实现个性化产品定制, 简化产品设计与生产流程, 提高废弃物回收率和利用率, 优化产品库存量; 第二, 可以缩短新产品开发周期, 节省样品试制的开发费用; 第三, 3D 打印技术以数字模型文件为基础, 产品设计和修改较容易, 可以打印造型结构复杂的产品, 还可以通过网络实现资源共享, 设计、开发、生产及流通模式没有明确的界限, 在纺织服装产业中具有较大的商业经济价值。

2 3D 打印技术在纺织服装产业的发展现状

1986 年美国科学家 Charles Hull 利用立体光刻成型技术发明了全球首台 3D 打印机。1987 年 3D 打印机实现商用化。1988 年美国学者 Scott Crump 研制成功熔融沉积成型技术(FDM)。1990 年美国学者 Nissan Cohen 发明喷胶成型技术(SGC)。美国 Helisys 公司运用分层实体制造技术(LOM), 于 1990 年成功推出全球第一台 3D 打印机 LOM-1015, 并实现商用。1995 年选择性激光烧结技术(SLS)被 DTM 公司开发应用于 3D 打印。定向能量沉积(DED)、激光快速成形(LRF)和立体光固化快速成型(SLA)等多种 3D 打印技术不断被发明出来, 使得 3D 打印技术的应用更加广泛^[3]。

市场研究机构 IDC 发布的数据显示, 2019 年 3D

收稿日期: 2020-03-09

基金项目: 2018 年江苏高校哲学社会科学基金项目(2018SJA0916)

作者简介: 陈常娟(1982—), 女, 硕士, 讲师, 主要从事服饰品设计与工程方面的研究。

打印市场的全球规模已达到 128.9 亿美元,预计至 2025 年 3D 打印市场的综合平均增长率(CAGR)将超过 16.5%。随着 3D 打印市场规模的快速增长,纺织服装产业也开始尝试应用 3D 打印技术进行产品技术革新,将 3D 打印技术及人体三维扫描技术结合进行纺织服装、服饰品、箱包及鞋靴等产品的开发。2016 年,以色列 Nano Dimension 公司尝试在功能性织物上打印导线,成功制备出具有导电功能的纺织品。德国 FHM 应用技术大学进行了 3D 打印技术增强机织物力学性能的研究,结果表明 3D 打印技术能够有效提升碳纤维机织物的横向拉伸强度。苏州大学与欧洲多所大学合作进行 3D 打印纳米复合材料研究,结果表明,聚乳酸(PLA)长丝是一种生态环保可再生纤维,并验证了 3D 打印技术应用于智能纺织品方面的可能性。武汉纺织大学成功研发出适用于 3D 打印技术的高性能光固化树脂和光固化蜡材料,该材料具有优异的力学性能。

虽然国内外研究机构和学者在 3D 打印纺织服装材料研发方面不断取得突破与进展,但与其他产业相比,3D 打印纺织服装因受到现有技术和材料的局限(不同材料具有各自的物理和化学特性),目前难以制造出完全符合纺织服装各项性能的产品,如舒适性、柔韧性、耐磨性、拉伸强度等,但是也赋予了纺织服装自身不能实现的其他功能,如导热、导电、生物分解性等。另外,3D 打印技术与传统纺织材料相结合,可使产品获得更多样性的外观。虽然 3D 打印技术在纺织服装产业中的应用范围较窄,但在纺织服装产品创新设计方面有着明显的竞争优势,对纺织服装产业的转型升级有着积极的推动作用。

3 3D 打印纺织服装技术研究

3.1 3D 打印材料

原先 3D 打印技术一直被应用于原材料加工领域,随着各种新型环保材料的问世,3D 打印开始成为制造业中的革新技术。3D 打印技术主要采用液体、粉末及固体等性质的合成材料进行产品制作,如热塑性塑料、金属、陶瓷、高分子凝胶等。常用的热塑性塑料有聚乳酸(PLA)、聚氨酯(TPU)及丙烯腈、丁二烯和苯乙烯共聚物(ABS)等;金属材料有铁、铝、铜、钛、镍、镓等;陶瓷材料有磷酸三钙(TCP)、氧化铝(Al_2O_3)、羟基磷灰石(HAP)、氧化锆(ZrO_2)、硅酸铝(Al_2SiO_5)等;高分子凝胶材料包括纤维素、蛋白胨、海藻酸钠、聚

丙烯酸、动植物凝胶等^[4]。近几年,为了解决现有 3D 打印材料应用的局限性,研究者不断开发出各种新型纳米复合材料,如碳纳米管(CNTs)、纳米线(NW)、金属纳米粒子(NP)等,这些纳米材料具有独特的光、电和化学特性。

目前常用于制作纺织服装的 3D 打印材料是 PLA 和 TPU。PLA 和 TPU 为热塑性塑料,具有优异的柔韧性、耐磨性和耐腐蚀性。随着纺织技术和 3D 打印技术的不断革新,最近的研究结果表明,天然纤维和合成纤维可以用于 3D 打印材料,如棉纤维、人造纤维、皮革、聚四氟乙烯(PTFE)等^[5]。

3.2 3D 打印工艺

3D 打印工艺实现了复杂结构产品的生产加工,为了有效利用 3D 打印技术来开发产品,需要着重考虑 3D 打印工艺、产品设计、材料应用的融合。3D 打印工艺流程主要分为三维建模、打印、后处理 3 个阶段,可细分为 CAD 三维建模设计、STL 或 AMF 数据文件输出、3D 打印机参数设定、打印、删除、整理、成型、后处理 8 个步骤^[6]。三维建模设计是指运用制图 CAD 软件(AutoDesk、AutoCAD、SolidWorks 等)或基于三维扫描仪的设计;打印是指制作三维物体;后处理是对三维物体进行打磨、抛光、喷砂、染色等表面进行处理的工艺,可以增强三维物体表面成型效果,最终达到商品化的要求。3D 打印技术与传统制造业中的物体成型技术的概念正好相反,传统物体成型技术是通过机械加工、切割立体材料或模具注塑来完成物体的成型,而 3D 打印可辅以 CAD 技术实现增材制造来完成物体成型。因此,3D 打印技术是对传统生产方式和工艺的变革,是具有发展潜力的新兴技术之一。

3.3 3D 打印技术

现有多种 3D 打印技术的共同点是將原材料分层打印固化生成三维实体原型。按照分层打印的技术,可将 3D 打印技术分为熔融沉积(FDM)、选择性激光烧结(SLS)、选择性激光熔化(SLM)、熔丝制造成型(FFF)、激光快速成型(LRF)、喷胶成型(SGC)、电子束熔融(EBM)、电子束自由成型(EBF)、立体光固化(SLA)、数字光处理(DLP)、聚合物喷射(PolyJet)、多喷射成型(MJM)、直接金属沉积(DMD)、定向能量沉积(DED)、分层实体制造(LOM)和彩色打印成型(CJP)等^[7]。

在纺织服装产业中,FDM 和 SLS 技术应用最广

泛。另外,在服饰品、箱包、鞋靴设计制作中还会应用到 SLA、PolyJet、SGC、DED、LOM、SLA、LOM、CJP 等技术。

4 3D 打印技术在纺织服装中的应用

目前,世界各服装知名品牌均在尝试利用 3D 打印技术为消费者定制个性化产品,并进行了商业化推广。独立服装设计师也在服装面料中融入 3D 打印的独特设计,成为设计师展示创意构思的一种方式。

4.1 3D 打印技术与纤维织物融合

3D 打印技术与纤维织物融合是指在纺织服装的特定部位链接 3D 打印织物或将设计的物体形态直接打印到织物上。将 3D 打印技术应用于织物局部设计中,既可以保持织物的舒适性、柔韧性和拉伸强度,又可以展现纺织服装设计的科技性和外观多样性。

德国下莱茵应用技术大学应用选择性激光烧结(SLS)技术,推出了与尼龙编织物相结合的 3D 打印服装,其具有良好的柔韧性、细腻感及高分辨率,见图 1。



图1 3D 打印尼龙编织服装

由于 SLS 产品存在加工时间长和制作成本高等问题,普通消费者难以承受产品的销售价格,因此大多数 3D 打印纺织服装生产企业采用普及型 FDM 技术制作产品。FDM 技术可以直接将图案纹样打印到棉、羊毛、涤纶、黏胶纤维等织物上。另外,3D 打印技术在聚乳酸(PLA)纤维织物上打印时,其黏合力、扭曲力和质量等都较佳,见图 2。



图2 PLA 纤维织物

4.2 3D 打印技术与组织结构结合

3D 打印技术与织物组织结构结合,是指 3D 打印模仿传统针织物或编织物的组织结构,进行 3D 打印

纺织服装产品开发。此种 3D 打印成型方式汲取了传统织物组织结构的优点和特性,能够尽可能保持织物结构的透气性、柔韧性和规律性,有助于消费者在心理上迅速接受 3D 打印服装。

以 ABS 为材料,采用 FDM 技术进行 3D 织物打印时,由于 FDM 是一种熔融沉积成型技术,在制造过程中经纬向交叉点会再次融化,且 ABS 材料自体质量大,所以存在不能打印小尺寸织物的缺点,但 ABS 织物的抗弯强度和耐久性较高。以 Bend Lay、PLA、尼龙粉末为基材,采用 FDM 技术进行打印,织物的拉伸性、强度会相对较差,且细微结构难以打印清晰。如果采用 SLS 技术进行打印,则织物的柔韧性、抗弯强度、拉伸性及分辨率方面均比 FDM 优异。另外,SLS 技术还能够打印多种结构和厚度的织物。SLS 技术与传统织物组织结构相结合进行服装创新设计,将有效提升服装产品的附加值。FDM 与 SLS 技术打印织物效果对比见图 3。

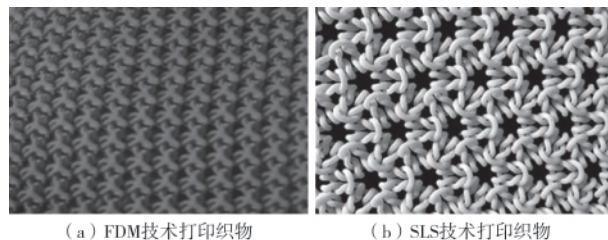


图3 FDM 与 SLS 技术打印织物效果对比

4.3 3D 打印技术与单元体设计结合

3D 打印纺织服装一般会以几何结构组织形态呈现,在设计出一个单元组织结构后,通过连续打印出若干个单元体并使其巧妙连接,最终构造出组合体。此种成型方法是 3D 打印纺织服装中最活跃的研究热点,其主要特征是:具有链子锁形态,单元体接缝处为灵活结构,能够制造出适合人体穿戴的产品。

2016 年美国 3D 打印设计工作室 Nervous System 采用 SLS 技术和尼龙塑料开发出 Kinematic 礼服,见图 4。

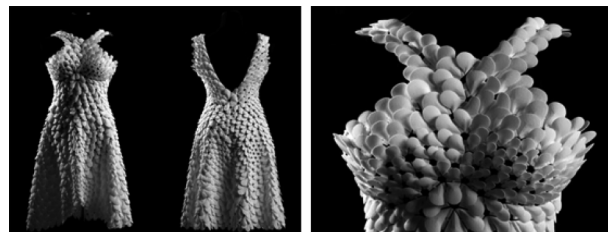


图4 Kinematic 礼服

该系列礼服由固有单元体连续打印成型,每个单

元体为花瓣片状,通过巧妙的连接设计,使礼服整体结构灵活,且符合人体工程学。

Nervous System 发明了一种 3D 打印方法,通过算法将服装在数字空间中折叠至足够小,经整体打印后再展开。这种打印方法大大缩短了现有 3D 打印产品的生产时间,同时解决了 3D 打印机输出尺寸固定的局限性^[8]。

英国赫特福德大学推出的 MODECLIX 项目,通过模拟传统织物材质来设计 3D 打印服装,织物为环链结构,解决了 3D 打印服装的适体性问题。采用 SLS 技术打印完成后,对织物进行后处理及手工染色,并按照服装款式用传统的制衣工艺将各个部分连接起来。根据服装设计的要求,3D 打印可以自由控制织物的厚度,还可以定制成任何尺寸和形状,这将是 3D 打印技术与服装设计融合的重要突破。MODECLIX 项目服装产品见图 5。

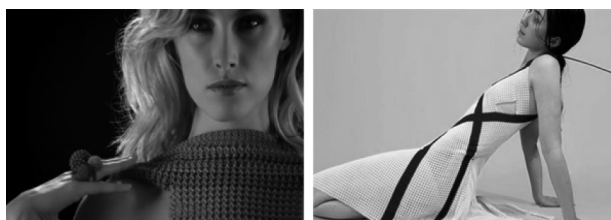


图 5 MODECLIX 项目服装产品

4.4 3D 打印技术与材质特性结合

随着纺织科技的不断发展,越来越多的新型材质适用于 3D 打印技术,如橡胶弹性软料(Soft PLA)、热塑性弹性体(TPE)、聚氨酯粉末(TPU)等,这些材质的回弹性、柔韧性及拉伸强度等均较好,在一定程度上符合制作纺织服装的要求。另外,3D 打印能够根据不同材质的特性,选择 FDM、SLS、LOM 或 FFF 等进行成型,使得纺织服装产品种类越来越丰富。

Lussenburg K 以丙烯酸为原材料,根据材质的化学特性,采用聚合物喷射(PolyJet)技术,分层打印出 3D 打印织物,织物表面呈现柔软的薄膜形态。美国设计师 Mora-Sanchez 采用热塑性聚氨酯(TPU),根据材质高弹性、高耐磨性、高强度和低温的特性,结合 SLS、FFF 技术,设计了一款可穿戴 3D 打印连衣裙。此款连衣裙表面的三维立体图案会随着身体的运动发生缩小或扩展变化,极大颠覆了消费者对服装的审美认知,突破了传统意义上的服装设计理念及产品开发方法^[9]。3D 打印连衣裙见图 6。



图 6 3D 打印连衣裙

4.5 3D 打印技术与智能材料结合

近年来,智能材料一直是纺织领域的研究热点,3D 打印技术能够以智能材料为基材进行智能纺织服装开发,产品具有导热性、导电性及生物降解性等特殊功能。

2013 年 Tamicare 公司开发出自动化工程系统 Cosyflex,此系统具备大量生产 3D 打印纺织品的能力。与传统纺织制造工艺的不同之处在于,Cosyflex 系统有效地消除了材料浪费,提升了产品生产效率,使制造工艺更加环保^[10]。Cosyflex 系统能够将天然乳胶、硅胶、聚氨酯及特氟龙(Teflon)等高分子材料打印到棉、涤纶、黏胶纤维织物上。采用 Cosyflex 系统制作的 3D 打印织物具有良好的拉伸性、悬垂性和折皱回复性。Cosyflex 面料见图 7。

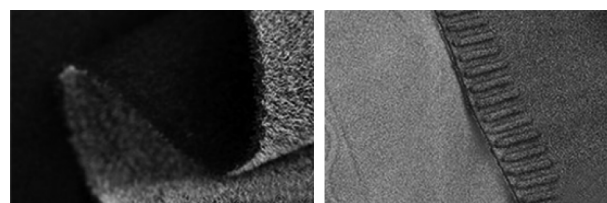


图 7 Cosyflex 面料

美国马里兰大学胡良兵团队开发出一种新的热调节织物,此种高导热性织物由 3D 打印而成,包含氮化硼(BN)和聚乙烯醇(PVA)纳米纤维。BN/PVA 纳米复合纤维在制造过程中可以实现均匀分散和高对位,具有超高的热导率和优良的机械强度,比普通棉织物的热导率高 55%,可以显著降低穿戴者的体感温度。

5 结 语

3D 打印技术使得传统纺织服装产业加快了数字化应用的步伐,可以实现从劳动密集型向技术密集型的转型升级,发展潜力巨大。3D 打印技术革新了产品设计开发、生产加工及消费流通的模式,能够快速高效

使得 PVA/AKP 纤维内部变得规整,导致纤维外部沟槽的深度变浅。

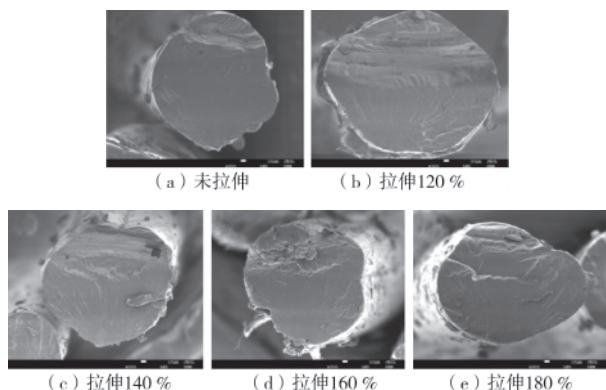


图7 不同拉伸倍率下的 PVA/AKP 纤维的断面形貌

从图7可以看出,纤维的表面接近椭圆形,纤维内部无明显的缺陷,断面有一些不均匀的凸起,这是淬断过程中纤维所受应力收缩不均导致的。而随着拉伸倍率的增大,PVA/AKP 纤维的断面没有发生明显的变化,这是因为拉伸是物理变化,不会对 PVA/AKP 纤维的内部结构产生较大的影响。

3 结 语

随着 PVA/AKP 纤维拉伸倍率的增大,分子间氢键增大,分子内氢键减少,结晶度增大,分解温度稍有提高,纤维表面的沟槽深度变浅,纤维断面呈现椭圆形。拉伸倍率对断面形貌的影响不大,拉伸后纤维手感舒适,溶胀程度减小,吸水率减小。



参考文献:

- [1] ABUSHAWASHI N, VANISSORN V. Material classification and composite elastic modulus of hybrid PVA fiber ferrocement [J]. Journal of Materials in Civil Engineering, 2016, 28(9): 04016073.

- [2] 刘鹏,李东立,许文才,等. PVA 可生物降解材料研究进展 [J]. 北京印刷学院学报, 2014, 22(2): 23-26.
- [3] JO Y G, EUN J S, YOUNG J L, et al. Effect of gel spinning accompanied with cross-linking using boric acid on the structure and properties of high-molecular-weight poly(vinyl alcohol) fiber [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2009, 113(3): 1733-1738.
- [4] 吴津田,王建铨,叶光斗,等. 干法纺丝低温水溶聚乙烯醇纤维的制备 [J]. 合成纤维工业, 2014, 37(4): 10-14.
- [5] 丛龙丹,邹黎明,许永静,等. 干湿法含硼高强高模 PVA 纤维的制备及其结构性能研究 [J]. 合成纤维工业, 2019, 42(4): 1-5.
- [6] 张再兴,李智超,蒋拥权,等. 高熔点多元醇增塑聚乙烯醇的制备与性能 [J]. 塑料工业, 2020, 48(3): 66-72.
- [7] 刘玲,杨静,章亮亮,等. 聚乙烯醇的熔融加工工艺与性能研究 [J]. 橡塑技术与装备, 2019, 45(24): 34-37.
- [8] 俞昊,周腾飞,黄涛,等. 水溶性聚乙烯醇的熔融纺丝 [J]. 合成纤维, 2013, 42(8): 17-20.
- [9] NISHI H. 热塑性聚乙烯醇-硼酸络合物的制备及其热性质 [J]. 维纶通讯, 1999, 19(3): 49-53.
- [10] 白红军,杨中开,唐川江,等. 增塑改性聚乙烯醇熔体流变行为研究 [J]. 合成纤维工业, 2015(2): 43-47.
- [11] 彭贤宾,李莉,王琪. 改性聚乙烯醇熔融挤出发泡成型及影响因素的研究 [J]. 塑料工业, 2008, 36(4): 33-36.
- [12] CHEN J, GOU J, ZHAO M, et al. Hydrogen bonding in chitosan/Antarctic krill protein composite system: Study on construction and enhancement mechanism [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 142: 513-520.
- [13] 姚强,郭静,吴静. 化学交联改性海藻酸钠/磷虾蛋白复合纤维的制备 [J]. 纺织学报, 2019, 40(2): 9-13.
- [14] 王慧玲,周彬. 再生羽毛蛋白/PVA 共混长丝仿毛面料设计与生产 [J]. 毛纺科技, 2015, 43(9): 10-13.
- [15] 郭静,李学才,于春芳,等. 南极磷虾蛋白的提取及其复合纤维的性能 [J]. 大连工业大学学报, 2014, 23(4): 270-273.
- [16] 高亚宁. 生产工艺条件对聚乙烯醇纤维结构与性能的影响 [J]. 合成纤维, 2011(6): 22-24.

(上接第4页)

地应对服装市场潮流趋势的变动。随着 3D 打印制作纺织服装产品成为可能,3D 打印在时尚领域将有更广阔的应用前景。



参考文献:

- [1] 房鑫卿. 3D 打印技术的发展历程及应用前景 [J]. 轻工科技, 2019(5): 77-78.
- [2] 诸葛阳,管珂珂,逢峰. 3D 打印技术在功能性纺织品中的应用及发展趋势 [J]. 产业用纺织品, 2018(12): 5-8.
- [3] 张梦竹. 基于 3D 打印技术的概念服饰创新设计研究 [D]. 西安: 西安工程大学, 2016.
- [4] 陈晓蓉. 3D 打印技术在服装设计的应用 [J]. 山东纺织科技, 2018(4): 54-56.

- [5] JULIUS L A, LUTZ M, FINSTERBUSCH M, et al. 机织物融入 3D 打印元素增强织物力学性能 [J]. 产业用纺织品, 2017(12): 42-43.
- [6] KREIKEBAUM E, LUTZ M, DOERFEL M, et al. 纺织品上的 3D 盲文打印 [J]. 国际纺织导报, 2018(3): 40-42.
- [7] 马乾坤,裴泽光,陈革,等. 快速成型制造方法及其在纺织服装制造中的应用前景 [J]. 现代纺织技术, 2014(2): 53-57.
- [8] 张祥爱,张晓星,李珂悦. 3D 打印技术在服装上的应用 [J]. 化纤与纺织技术, 2016(4): 47-51.
- [9] 潘冬璇. 关于 3D 打印技术在服装服饰中的创新应用研究 [D]. 武汉: 武汉纺织大学, 2016.
- [10] 唐思瑶. 多孔织物与 3D 打印: 设计走向更完美 [J]. 中国纤检, 2016(9): 135-136.