

# 基于穿着者需求的医用防护服设计

侯玉

(南京艺术学院 设计学院 江苏 南京 210013)

**摘要:** 新型冠状病毒肺炎疫情期间,医用防护服在抗击疫情、保护医护人员健康与生命安全过程中发挥了极大作用,但在使用过程中也出现了诸多问题。通过对新冠肺炎疫情期间医用防护服使用现状的梳理,从穿着者需求及使用场景角度分析现有防护服存在的问题及成因,提出新型医用防护服的基本设计思路,并从款式、版型、材料及功能方面对其设计要点进行解析,以期为医用防护服的设计提供一定实践依据。

**关键词:** 新型冠状病毒肺炎; 医用防护服; 穿着者需求; 使用场景; 设计

**中图分类号:** TS 941.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2020)03-0238-06

## Design of Medical Protective Clothing Based on the Needs of Wearers

HOU Yu

(School of Design, Nanjing University of the Arts, Nanjing 210013, China)

**Abstract:** During the epidemic of novel coronavirus pneumonia, medical protective clothing played a great role in combating the epidemic and protecting the health and life safety of medical staff, but many problems also appeared in the use process. By sorting out the current situation of the use of medical protective clothing during the epidemic, the problems and causes of the existing clothing were analyzed from the perspective of wearers' needs and usage scenarios. Then the basic design ideas of new medical protective clothing were proposed, and the design points were analyzed in terms of the style, type, materials and functions, which would provide a practical basis for the design of medical protective clothing.

**Key words:** new outbreaks, medical protective clothing, the wearer's need, usage scenarios, design

2020年初,新型冠状病毒肺炎(简称新冠肺炎)爆发,给社会带来了巨大的影响和冲击。在抗击疫情过程中,广大医护人员始终在抗疫一线,为保障人民生命安全付出了巨大努力甚至作出牺牲。在这过程中,医用防护服在保护医护人员安全的同时,也暴露出其舒适性差、穿着困难、识别性差、生理适应性低等问题,给医护人员带来诸多不便,甚至严重影响其工作效率,因此医用防护服的设计值得深入研究。

### 1 新冠肺炎疫情期间医用防护服使用现状

由于新冠肺炎具有很强的传染性,医护人员在

对病患进行诊疗的过程中存在高度风险,因此防护服成为其必不可少的生命防线。目前,一线医护人员使用的防护服主要为一次性医用防护服,根据GB 19082—2009《医用一次性防护服技术要求》<sup>[1]</sup>进行生产制造。医用防护服对结构、液体阻隔性能、断裂强力、断裂伸长力、过滤效率、阻燃性能等关键性防护指标有明确的参数要求,在单次穿着周期内(一般为4 h)可以满足医护人员的基本使用要求,有效抵御外部工作环境可能带来的感染。同时,由于制造成本较低,工艺要求较为简单,使得防护服使用成本较低,因而可大规模应用于抗疫一线,但在新冠肺炎的诊疗过程中,此类型防护服也暴露出一些明显缺陷。

收稿日期: 2020-04-01; 修订日期: 2020-05-22。

作者简介: 侯玉(1984—),女,讲师,硕士。主要研究方向为服装设计。Email: 33701825@qq.com

### 1.1 穿着舒适性差

根据目前媒体报道及一线医护人员反映,由于新冠肺炎具有高风险性且传染渠道多样,医护人员必须长时间穿着防护服。例如,北京协和医院副院长韩丁指出,一线病房排班时,护士一个班的工作时间为4~6 h,医生一个班的工作时间为6~8 h,但由于需要交接班以及会发生各种特殊情况,导致医护人员在一个班中的实际工作时长要大于医院规定工作时间<sup>[2]</sup>。由于防护服对液体、气体具有较好的阻隔性,其内部的热量及水汽无法排出,穿着者深感不适,特别是经过几个小时的高强度劳作后,全身已被汗水浸透(见图1),因此穿着医用防护服时无法长时间进行高强度的活动<sup>[3]</sup>。另外,由于防护服材料易被刮破,穿着者不能用手指进行抓挠,当医护人员由于防护服内部环境湿热而引起皮肤瘙痒时,只能选择忍耐。



图1 医用防护服排湿性差

Fig.1 Poor wetting transfer of medical protective clothing

### 1.2 便利性差

医用防护服的穿脱过程较为复杂,因其阻隔性要求较高,故设计为连身款,穿着者需从上衣位置处将腿部先伸入防护服中,然后上拉防护服,再依次将手臂穿入,随后需将裤脚盖住脚踝及安全鞋,并依次佩戴好护目镜等其他防护用具,最后完成戴防护帽、拉拉链等一些列操作(见图2)。在脱下防护服时,由于防护服内部水汽无法排出,导致防护服与内部衣物贴合在一起,加大了脱下防护服的难度。此外,医用防护服袖子、裤腿与躯干相连处较为肥大,在肢体伸展时容易刮到其他物体,影响工作;而在上肢自然下垂时,腋窝处又容易形成衣物材料堆叠,不利于人体活动。

### 1.3 如厕操作复杂

基于防护密闭性要求,目前医用防护服没有快速开合的结构设计,医护人员在进行如厕时需要将防护服全部脱下,如厕后再将其按操作规程穿好,

整个过程需要花费较长时间。因此,在此次新冠肺炎疫情期间,许多一线医护人员为减少由于如厕而产生的穿脱操作,不得不控制食物和水分摄入,这在一定程度上损害了医护人员的身体健康。



图2 医用防护服便利性差

Fig.2 Poor convenience of medical protective clothing

### 1.4 身份识别难

目前疫情一线医护工作者所穿着的防护服普遍没有合适的身份标示方式。由于医用防护服需将穿着者全身包裹起来,并使用护目镜等附件遮盖面部,使得无法明确、快速地识别医护人员面貌(见图3)。而在实际工作中,医护人员之间需要进行一些必不可少的交流,较差的识别性会导致工作效率下降。



图3 医用防护服身份识别困难

Fig.3 Identification difficulty of medical protective clothing

## 2 医用防护服设计现状

目前医用防护服设计中存在的问题主要反映在设计理念、设计方法及设计形式等方面。

## 2.1 以防护级别为核心的设计理念

防护级别是防护服设计、制作的核心指标,通常具有多项技术参数要求,而不同的国家根据自身需求在参数要求上有所差异。以 GB 19082—2009 为例,其中对液体阻隔功能、断裂强力、断裂伸长力、过滤效率、阻燃性能有着明确、详尽的参数规定,但对防护服的结构、款式设计要求较为简单,且更多地强调制作工艺,表现出重参数、轻设计的倾向。而在实际穿着过程中,防护服不仅要求防护级别达标,在此基础上也要充分考虑穿着者的需求,以获取既安全又便捷的穿着体验。因此必须转变医用防护服单纯以防护级别为中心的设计理念。

## 2.2 以参数验证为主的设计方法

医护人员是穿着防护服的主体,但目前的防护服设计却忽略了对穿着者需求的研究,将其需求简化为参数指标的达成,因此在实际穿着过程中产生一系列的困扰和问题,且长期得不到有效解决。例如,防护服的舒适度、便利性、可操作性等方面的不足在新冠肺炎疫情期间暴露得非常明显,而这些问题在以往的使用过程中就已存在。与之相对的是,已有学者在其他领域的防护服设计中找到一些高效的解决方案,并在生产中实施。例如,BSL-4 实验室的一体正压防护服设计根据实验人员需求配备了空气输送系统、听觉保护系统、故障报警装置、通信装置等,在保证穿着者安全的基础上,提供了更为优良的工作环境<sup>[4]</sup>;美国约翰·霍普金斯中心生物医疗工程实验室对在西非工作的抗击埃博拉病毒一线医护人员调研的基础上,于 2014 年推出改良版正压防护服,采用了新的结构及版式设计,更方便穿脱,且增加了正压通风系统,使穿着者不再觉得闷热、潮湿,极大地改善了医护人员的穿着体验<sup>[5]</sup>。

## 2.3 以一般性场景取代特殊场景的设计形式

目前医用防护服的设计是以医院日常工作场景为背景,在非紧急情况下基本可以满足一般的防护需求。但在此次新冠肺炎疫情下,医护人员的工作场景发生明显改变,工作时长、工作内容、工作环境以及劳动强度都不同以往。在短时工作场景内不会出现或短暂出现的状况转变为一种常态化现象,对医护人员的耐力、体力乃至健康造成了很大影响。另外,在这种高强度工作环境下的交流、工作交接也不同于一般医疗工作场景,防护服内部闷热环境与外部工作环境都极大地影响了工作效率。因此,有必要从防护服的使用场景层面提出新的设计思路。

在当今的功能性服装设计领域,情感、直觉的量化成为服装安全性研究的重点<sup>[6]</sup>,设计师不仅要满足防护指标,也要重视对穿着者需求的研究。

## 3 新型医用防护服的基本设计原则

针对此次疫情暴露的医用防护服设计中的问题,有必要从穿着者角度提出新的设计思路。新型医用防护服设计的核心是充分考虑穿着者的舒适性需求。服装舒适性从广义上而言,是指着装者通过感觉(视觉、触觉、听觉、嗅觉、味觉)和知觉等对所穿着服装的综合体验,包括生理上的舒适感、心理上的愉悦感和社会文化方面的自我实现、自我满足感<sup>[7]</sup>。新型医用防护服的设计原则是以生理舒适感为主,综合考虑穿着者的心理需求和工作需求,总体可以归纳为 CUAEE 原则,即舒适性(comfort)、通用性(universality)、审美性(aesthetic)和经济性(economy)。

### 3.1 平衡防护等级与生理需求的舒适性原则

医用防护服设计的核心是安全性,所以防护等级、参数指标仍然是其设计的基础。但正如马斯洛需求层次理论指出,人的需要是由低级向高级不断发展的,这一理论对服装设计师如何有效设计出适用于各需求层次人员的服装具有启发作用<sup>[8]</sup>。因此,医用防护服在保证防护性能的基础上,应当进一步从设计层面提升其穿着的舒适度、便利性,并充分考虑特殊场景下的用户需求。

### 3.2 满足多种场景需求的通用性原则

新冠肺炎疫情中医用防护服的使用暴露了舒适度、便利性、识别度等诸多问题,背后的原因是长时间穿戴防护服。目前医用防护服都是针对短时间穿着而设计,不能满足当下新冠肺炎疫情期间高强度、长时间的工作需求,因此有必要将穿戴时长作为新型医用防护服设计的重要考量指标,借鉴通用设计的思维方法,研究长时间工作条件下医护人员的具体需求,进而解决目前医用防护服在穿戴过程中暴露的问题。

### 3.3 提升穿着者视觉识别和身份界定的审美性原则

医护人员在救治病人过程中不可避免地需要进行一定的工作交流,但在长时间穿着防护服的封闭工作环境下,防护服内的高温高湿会产生大量水汽,严重阻挡穿着者的视线,影响正常的工作交流。因此,在提升防护服排湿性能的同时,需增加有助于穿着者视觉识别和身份界定的设计元素,通过对



尺寸、色彩等视觉要素的强化处理,弥补穿着者视觉辨识度的不足。此时,审美要素不仅是对防护服的视觉美化,也具有一定的补偿功能。

### 3.4 强化材料耐用和使用成本的经济性原则

医护人员在工作期间会接触并使用多种医疗器械,较容易导致医用防护服的破损并引发感染,存在极大的安全隐患。因此,防护服必须使用具有一定强度的材料,以避免上述状况的发生。另外,在此次抗疫过程中,医用防护服的使用量非常大,这就要求控制防护服材料的成本,因此需要在材料的性能及成本之间达成平衡。

目前常用于制造医用防护服的材料主要包括机织面料、非织造布以及复合材料。机织面料具有结构稳定、布面平整适合多种裁剪方法的特点,多用于可重复使用的低防护等级防护服,但经过多次使用、洗涤和消毒后,其材料强度和对有害物质的阻抗性会明显下降,因此不适用于防护等级要求高的防护服。非织造布和复合材料多用于一次性防护服,不同的材料通常具有各自的特点,例如:SMS(聚丙烯纺黏-熔喷-纺黏复合非织造布)在对微生物及血液的阻隔性能上优势突出,材料强度能满足国内医用一次性防护服的力学性能要求,且其制作工艺较为成熟,制造成本也较低;微孔聚四氟乙烯薄膜与织物复合材料的阻隔性能非常好,但材料价格较为昂贵,不适宜大规模生产使用;杜邦公司开发的Tyvek(特卫强)也具有较好的阻隔性能,且具有很好的透气性和抗拉、抗剪切力性能,生产成本也能得到较好的控制。因此,根据经济性原则,SMS和Tyvek更加符合新型医用防护服的设计要求。

## 4 基于CUAE原则的医用防护服设计要素

文中对新型医用防护服的设计要点进行具体阐述,其中生理舒适性要素的设计主要基于服装热阻理论。影响服装热阻的因素主要有:覆盖面积、衣下空气层、服装开口、服装穿着层数、服装质量、服装组合搭配形式、风速、人体动作与姿势。在医用防护服设计中,覆盖面积有硬性要求,不可改变;服装质量受材料影响较大;风速、人体动作与姿势属于服装外部因素,不受设计的影响,因此在设计过程中主要综合考虑的因素是衣下空气层、服装开口、服装穿着层数、服装组合搭配形式。

### 4.1 合理的结构设计

图4为医用防护服设计。

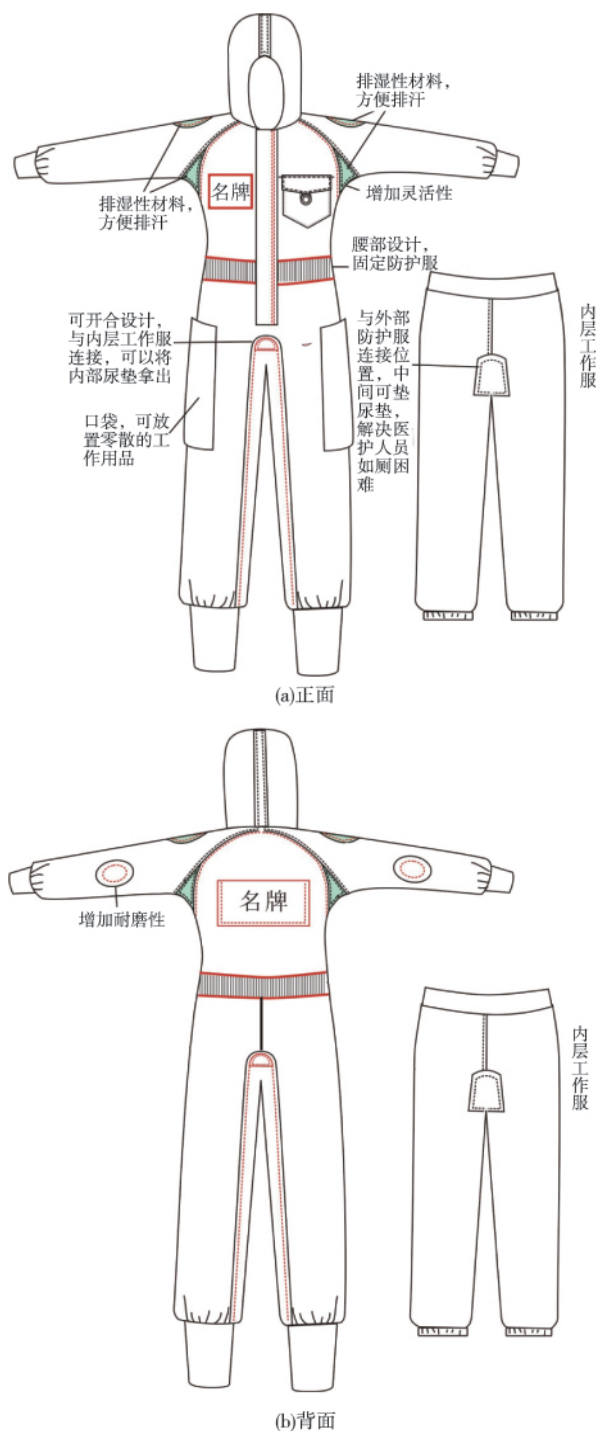


图4 医用防护服设计

Fig. 4 Design of medical protective clothing

医护人员在日常着装外直接穿着防护服会形成多层重叠着装,导致各织物层透湿性、透气性下降,考虑到医护人员对防护服舒适性、便利性及防护功能的总体要求,新型医用防护服可采用内外分离两件套设计。具体而言,即将外层设计为主要的防护隔离层,以达到阻隔外界环境、防止感染的功能;内层为医用工作服,通过连接件在腋下、裤裆等位置与外层防护服连接并形成夹层,在夹层中放置吸水棉垫,作为排尿系统及吸汗系统。医护人员穿

着时,可先在消毒更衣室将自己的日常衣物更换为内层医用工作服,再穿着外层防护服,既起到隔离防护的作用,也可以充分满足其工作时舒适性、便利性以及工作后清洁消毒的需求。

在版型方面,外层防护服的版型设计首先遵循整体性原则,不进行过多的分片处理,以减少不必要的拼接缝隙,通过一条拉链实现开合,便于穿着,并在拉链处设置密封条,有效阻隔外部物质渗入,确保其阻隔性。防护服表面的开口位置直接决定了人体表面的空气流走向,进而影响服装的散热效果,因此通过在肩部和腋下设计通风结构,结合材料拼搭,利用“烟囱效应”使散热效果得到显著提升。内层医用工作服为常规上下分体款式,便于衣内空气流通。由于衣下空气层较小(即松量较小)的服装总热阻、总湿阻较小,服装热湿舒适性较好<sup>[9]</sup>,因此两层衣物间的衣下空气层不宜过大。通过以上设计,可使防护服具备适用于多种工作场景的通用性,医护人员即使在较高的工作强度下和较长的工作时间内,也能保持较为舒适的穿着体验。

#### 4.2 新颖的材料应用

新型医用防护服材料首先需考虑阻隔渗透功能,通过与美国、欧盟防护服性能测试方法的比较可以看出,国内医用防护服缺少对微生物渗透的测试,而国外医用防护服对此类测试均有相关技术要求,其防病毒能力更强<sup>[10]</sup>。这些安全性的差异主要体现在材料选用方面,因此,必须提高对材料防护等级的要求。

此外,一次性防护服的排湿透气性较差,这就需要通过采用具有一定排湿透气性能的材料,同时基于防护性的要求,防护服材料的排湿透气应该具有单向性,以保证外界空气不会反向渗透到防护服内。周晓洁等<sup>[11]</sup>利用 FG-910 型含氟类拒水整理剂对纯棉水刺非织造布进行整理,发现当整理液质量浓度在 40 g/L 时,整理的样品可达到良好的单向导湿性,穿着者产生的汗水被迅速导出,从而保证人体干爽、舒适。

相关实验结果显示,除头部外,人体显性出汗最多的部位在后背,且相比于上背,中下背的显性出汗率更高,而由躯干到四肢呈现逐渐减少的趋势,四肢的出汗率最低<sup>[12]</sup>。因此,可以通过在下背部采用单向渗透材料来增强防护服的排湿排热能力,提高穿着舒适度。例如,可以采用 SMS 复合材料,因其是纺黏材料和熔喷材料复合而成,具备熔喷材料优异阻隔性能的同时,还具有纺黏材料良好的强力 and 透湿性<sup>[13]</sup>。另外,由于 SMS 复合材料属

于非织造材料,材料成本较低,生产工艺简单,因此经济性较好,适用于大规模生产。

#### 4.3 差异化的装饰识别

基于一线医护人员对穿着防护服后辨识度降低的反馈,新型医用防护服需在前胸和后背分别增加可以用于辨识的姓名标签,标签可采用粘贴方式附着于防护服上,并采用软质材料,以防止划破防护服或影响穿着者操作。同时,为适应不同光线条件下的辨识度要求,可通过可视距离测量法、图像分析法和眼动跟踪分析法<sup>[14]</sup>对姓名标签的尺寸、色彩和材料进行整体设计。医护人员在工作过程中的相互空间距离属于一般社交距离,通常约 1 200 ~ 3 700 mm,基于此,前胸标签尺寸设计为 120 mm × 80 mm,放置于右侧胸部,后背标签的尺寸设计为 200 mm × 100 mm,居中放置,以满足一般视力状况下对文字的快速识别要求。标签色彩根据医护人员职责分工进行区分,医生标签设计为浅蓝色,护士标签设计为浅绿色,便于工作人员及患者快速识别。同时,标签可使用自发光材料,使其在弱光环境下也具有良好的识别性。另外,在防护服透气透湿区域采用不同的色彩搭配,配合整体版型,使防护服在一定程度上摆脱刻板的视觉形象,具有一定的审美性。

### 5 结 语

由新冠肺炎疫情引发的对医用防护服设计缺陷的反思,促使人们对新型医用防护服的设计进行深入思考,防护用品的优劣不能简单地以防护指标参数为唯一的评价标准。医用防护服的舒适性、便利性是对穿着者的充分保护和尊重,因此设计的介入极其必要。文中从穿着者的具体需求和穿着场景入手进行研究,帮助设计师建立新的思路,设计出更加人性化的防护服装,以适应多种恶劣环境下的工作需求,这也是未来防护服装及防护用品设计的发展趋势。

#### 参考文献:

- [1] 国家食品药品监督管理局. 医用一次性防护服技术要求: GB 19082—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [2] 中华人民共和国国务院新闻办公室. 湖北举行新型冠状病毒感染的肺炎疫情防控工作新闻发布会第二十二场[EB/OL]. (2020-02-12) [2020-03-05]. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/gssxwfbh/xwfbh/hubei/document/1673391/1673391.htm>.
- [3] 王静, 戴宏钦, 王丽丽. 医用防护服热舒适性能的评价

- [J]. 现代丝绸科学与技术, 2016, 31(3): 92-94, 100.
- WANG Jing, DAI Hongqin, WANG Lili. Evaluation of thermal comfort performance of medical protective clothing [J]. Modern Silk Science and Technology, 2016, 31(3): 92-94, 100. (in Chinese)
- [4] 申峰, 李太华, 李育芬. BSL-4 实验室的一体正压防护服与生命维持系统[J]. 医疗卫生装备, 2005, 26(11): 31-32, 46.
- SHEN Feng, LI Taihua, LI Yufen. One-piece positive-pressure protective suite and its independent source of air supply system in BSL-4 laboratory [J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2005, 26(11): 31-32, 46. (in Chinese)
- [5] 中国新闻网. 美推出全新改良埃博拉防护服减少感染风险 [EB/OL]. (2014-12-22) [2020-03-09]. <http://world.people.com.cn/n/2014/1222/c157278-26251415.html>.
- [6] 杨小艺, 沈雷. 基于感性工学的安全功能性服装设计优化初探[J]. 北京服装学院学报(自然科学版), 2015, 35(3): 8-11, 32.
- YANG Xiaoyi, SHEN Lei. Optimization of security functional clothing design based on kansei engineering theory [J]. Journal of Beijing Institute of Clothing Technology (Natural Science Edition), 2015, 35(3): 8-11, 32. (in Chinese)
- [7] 张渭源. 服装舒适性与功能[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2011: 11.
- [8] 刘影童, 范聚红. 从马斯洛需要层次理论看服装设计[J]. 美与时代, 2015(1): 45-46.
- LIU Yingtong, FAN Juhong. Costume design from Maslow's hierarchy of needs theory [J]. Beauty and Times, 2015(1): 45-46. (in Chinese)
- [9] 胡紫婷, 郝晓慧, 冯铭铭, 等. 衣下空气层对透气型防护服热阻和湿阻的影响[J]. 纺织学报, 2019, 40(11): 145-150, 160.
- HU Ziting, ZHENG Xiaohui, FENG Mingming, et al. Influence of air gap on thermal and moisture properties of permeable protective clothing [J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(11): 145-150, 160. (in Chinese)
- [10] 郎楠, 袁媛, 周静. 医用个体防护装备国内外标准的比较[J]. 职业卫生与应急救援, 2020, 38(2): 112-115.
- LANG Nan, YUAN Yuan, ZHOU Jing. Comparison of domestic and foreign standards for medical personal protective equipment [J]. Occupational Health and Emergency Rescue, 2020, 38(2): 112-115. (in Chinese)
- [11] 周晓洁, 李建强. 纯棉水刺非织造材料单向导湿整理工艺的优化[J]. 武汉纺织大学学报, 2011, 24(3): 24-27.
- ZHOU Xiaojie, LI Jianqiang. Optimization in single-wizard wet finishing on pure cotton spunlace nonwoven material [J]. Journal of Wuhan Textile University, 2011, 24(3): 24-27. (in Chinese)
- [12] 张文欢, 钱晓明, 范金士, 等. 人体出汗率分布的研究进展[J]. 纺织学报, 2018, 39(8): 179-184.
- ZHANG Wenhuan, QIAN Xiaoming, FAN Jintu, et al. Research progress on sweating rate distribution of human body [J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(8): 179-184. (in Chinese)
- [13] 李娜, 钱晓明. 医用非织造材料的发展与应用[J]. 纺织导报, 2017(3): 67-70.
- LI Na, QIAN Xiaoming. Development and application of medical nonwovens [J]. China Textile Leader, 2017(3): 67-70. (in Chinese)
- [14] 郑晴, 王宏付, 柯莹. 职业防护服的可视性测评研究方法[J]. 毛纺科技, 2020, 48(3): 84-87.
- ZHENG Qing, WANG Hongfu, KE Ying. Research on the visibility test and evaluation of occupational protective clothing [J]. Wool Textile Journal, 2020, 48(3): 84-87. (in Chinese)

(责任编辑: 沈天琦)