

防水功能膜复合织物在校服外套上的应用

杨允出^{1,2}, 李洁³, 郑浩栋⁴

(1. 浙江理工大学 国际教育学院 浙江 杭州 310018; 2. 浙江理工大学 丝绸文化传承与产品设计数字化技术文化部重点实验室, 浙江 杭州 310018; 3. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 4. 浙江理工大学 纺织科学与工程学院(国际丝绸学院), 浙江 杭州 310018)

摘要:为解决学生群体在阴雨天穿着校服易被雨水淋湿的问题,设计了一款功能性校服外套。通过面料性能测试选出两款具有良好防水、透湿功能的膜复合面料应用于校服,并对校服外套进行结构设计;结合自制淋雨装置模拟自然降水的情景,比较校服成衣的防水性能和结构设计的合理性。结果表明,将防水、透湿功能膜复合面料局部应用于校服外套,既能有效提升外套整体的防水性能,又可改善校服的舒适性,达到户外运动所需的日常防护效果。

关键词:校服;功能性服装;防水透湿面料;淋雨实验

中图分类号:TS 941.732.9;TB 383 文献标志码:A 文章编号:2096-1928(2023)06-0480-06

Application of Waterproof Functional Membrane Composite Fabric on School Uniform Outerwear

YANG Yunchu^{1,2}, LI Jie¹, ZHENG Haodong⁴

(1. School of International Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Key Laboratory of Silk Culture Inheriting and Products Design Digital Technology, Ministry of Culture and Tourism, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 3. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 4. College of Textile Science and Engineering (International Institute of Silk), Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: A functional school uniform jacket had been designed to address the issue of students wearing school uniforms that were prone to getting wet in rainy weather. Two membrane composite fabrics with waterproof and moisture permeability functions were chosen through fabric performance testing, and the structure design of the school uniform jacket was carried out. Combined with a self-made rain device to simulate natural precipitation scenarios, the waterproof performance and structural design of the ready-made school uniform were compared and verified to be reasonable. The results indicate that the partial application of waterproof and breathable functional membrane composite fabric to school uniform jackets can effectively improve the overall waterproof performance of the jacket, as well as improve the comfortability of the school uniform, achieving the daily protection required for outdoor sports.

Key words: school uniform, performance apparel, waterproof and breathable fabric, rain test

校服,是学生在受教育阶段不可或缺的教育用品之一,对学生的身体健康、心理发展有着重要的影响。随着经济快速的发展以及生活水平的提高,

校服的品质受到家长的关注。若运用科技手段提高校服面料的功能性,并在校服设计上满足学生户外运动的需求^[1],将校服的功能性与美观性相结

收稿日期:2023-09-12; 修订日期:2023-10-26。

基金项目:浙江省自然科学基金项目(LY17E06007)。

作者简介:杨允出(1979—),男,教授,硕士生导师。主要研究方向为服装数字化技术、服装功能性与舒适性。

Email:gary0577@zstu.edu.cn

合^[2],则对校服品质提升具有积极的推动作用。

国内在校服功能性设计的研究中,王淳^[3]结合小学生体型生长发育规律设计出可调节校服,解决了因学生生长发育快导致的校服不合体问题。申佳惠^[4]将反光材料应用于校服设计,提升学生在夜间出行时的安全性。赵锦^[5]考虑到学生活动量大,提出校服应具有良好的吸湿散热、防风透气性能。在国外,澳大利亚以及欧洲的一些国家规定中小學生校服必须由防紫外线布料制成,以增加校服对学生身体的安全防护功能。韩国有校服品牌研制出中空保暖纤维面料^[6],满足了学生对校服的保暖性需求。

目前,国内外关于校服的研究大多集中在校服的款式设计及面料的开发,且在校服面料方面侧重于透气、防水、速干等新功能方向。由于 GB/T 31888—2015《中小学生校服》^[7]中并未提及对校服防水性能的具体要求,而在生活中,广大老师及家长群体对学生户外运动的重视程度日渐加深,故文中结合实际需求,在面料的选择以及校服设计时侧重于校服防水性能的提升。

1 面料性能测试

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料 防水功能织物(PTFE 膜复合面料、PU 膜复合面料、TPU 膜复合面料),黄山揽胜天下户外用品有限公司提供;高密度防水织物(塔丝隆面料),吴江铭志纺织有限公司提供;常用校服织物(涤棉面料),绍兴坤牧纺织品有限公司提供。

1.1.2 仪器 XY 系列精密电子天平,常州幸运电子设备有限公司制造;YG(B)141D 型数字式织物厚度仪,温州大荣纺织仪器有限公司制造;YG813 型沾水试验仪,宁波纺织仪器厂制造;YG461E 型织物透气量测试仪,宁波纺织仪器厂制造;YG601 型织物透湿仪,南通三思机电科技有限公司制造。

1.2 测试方法

1.2.1 试样参数测试 根据 GB/T 3820—1997《纺织品和纺织制品厚度的测定》^[8]方法测试织物的厚度,采用电子天平测量试样质量,计算得到织物的面密度。

1.2.2 防水性能测试 在 5 种平整面料的不同部位分别取 3 块 180 mm×180 mm 试样,按照 GB/T 4745—2012《纺织品 防水性能的检测和评价 沾水法》^[9]测试其防水性能。每种面料测试 3 次,并与标准图卡进行比对,判定等级。沾水等级分为 1~5 级,等级越高,表示织物防水性越好。

1.2.3 透气性能测试 根据 GB/T 5453—1997《纺织品织物透气性的测定》^[10]方法,采用织物透气量测试仪测定 5 种不同面料的透气率。同一面料不同部位重复测定 10 次,取其平均值。

1.2.4 透湿性能测试 按照 GB/T 12704.2—2009《纺织品织物透湿性试验方法第 2 部分:蒸发法》^[11]测试方法,采用织物透湿仪测试 5 种不同面料的透湿量,每种面料选 3 个试样,取其平均值。

1.3 结果与分析

面料性能测试结果见表 1。

表 1 面料性能测试结果
Tab.1 Experimental results of fabric performance testing

面料名称	厚度/mm	面密度/(g/m ²)	沾水等级	透气率/(mm/s)	透湿率/[g/(m ² ·d)]
PTFE 膜复合面料	0.19	285.0	4~5	10.25	11 860
TPU 膜复合面料	0.23	407.5	2	10.33	1 620
PU 膜复合面料	0.20	515.5	4~5	9.95	4 244
塔丝隆面料	0.18	295.0	3~4	10.36	3 449
涤棉面料	0.57	701.0	1	491.31	12 360

1.3.1 防水性 由表 1 可以看出,普通的涤棉面料沾水等级最低,为 1 级,故其防水性较差;功能性防水面料的沾水等级在 2~5 范围内,说明功能性防水面料的抗湿性能明显提升,其中 PTFE 膜复合面料和 PU 膜复合面料的防水性能最优,塔丝隆面料和 TPU 膜复合面料次之。究其原因,不同织物表面对水的润湿效果有较大的差异。涤棉面料表面纱线间的空隙大、孔隙多,使得液态水在其表面形成较小的接触角,试样易被沾湿,液态水沿孔隙进入纱线内部,填满空隙,从而使得试样被浸湿,防水性差;防水功能膜复合面料表面孔隙少,液态水在其

表面易形成大于 90°的接触角,其表面不易被沾湿,故防水性能较好。另外,功能性防水面料的防水性能差异主要取决于膜的质量和孔径大小^[12]。膜的微观形态可分为微孔结构与无孔结构,PTFE 膜是微孔结构,PTFE 膜及其复合面料的防水性能由其表面微孔的数量及孔径大小决定,通常 PTFE 膜表面微孔的孔径小于液态水滴的,因此可以有效防止液态水滴浸润通过;PU 与 TPU 膜表面则是致密无孔结构,其大分子链中的硬链段存在大量疏水基团,故可以有效疏离液态水滴,硬链段中疏水基团的数量可以影响 PU 与 TPU 膜及其复合面料的防水性能。

1.3.2 透气性 影响透气性的主要因素是织物中空隙大小的分布特征。由表 1 可以看出,前 4 种功能性面料的透气率远小于涤棉面料,故功能性面料相较涤棉面料有更好的防风性能,且以 PU 膜复合面料表现最优,PTFE 膜复合面料次之。究其原因,功能性面料中膜的微孔直径只有微米级^[13],远远小于普通涤棉织物纱线间的空隙。

1.3.3 透湿性 织物透湿性是指织物对水蒸气的吸附和扩散能力,是衡量人体散热发汗时维持身体产热和散热的热平衡能力指标之一^[14]。织物透湿性除了与织物中的空隙大小有关,还与纤维自身的吸湿性能有关,防水透湿膜织物则与膜的透湿性能密切相关。

微孔型膜的水蒸气透湿量(water vapour transmission, WVT)遵守 Hagen-Poiseuille 方程^[15],即

$$I_{WVT} = \frac{CNR^4\Delta p}{KL}。$$

式中: C 为常数; N 为单位面积孔数,孔数/ cm^2 ; R 为孔的平均半径, μm ; Δp 为膜两侧的压差, Pa ^[16]; K 为通道的曲折系数; L 为薄膜厚度, cm 。

亲水性无孔膜水蒸气的透湿量(WVT)遵守由 Fick 第一扩散定律和 Henry 定律所确定的方程,即

$$I_{WVT} = \frac{DS\Delta p}{L}。$$

式中: D 为扩散常数; S 为溶解度参数。

国标规定不同种类服装有着各自的透湿率要求:GB/T 21980—2017《专业运动服装和防护用品通用技术规范》^[17]中,透湿率 $\geq 2\,500\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$;GB/T 32614—2016《户外运动服装 冲锋衣》^[18]中,I 级洗前透湿率 $\geq 5\,000\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,洗后透湿率 $\geq 4\,000\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,II 级洗前透湿率 $\geq 3\,000\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$,洗后透湿率 $\geq 2\,200\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 等。由表 1 可以看出,在环境温度为 $38\text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度为 50% 的实验条件下,涤棉面料的透湿率显著高于功能性面料,而功能性面料中以 PTFE 膜复合面料的透湿率最高,PU 膜复合面料次之,但均能达到户外运动服装的标准要求,故具备较好的透湿性能。

综合分析 5 种不同面料的防水、防风和透湿性能,其中 PTFE 膜复合面料和 PU 膜复合面料皆有优良的防水性能,适用于户外运动服装;且 PTFE 膜具有优良的透湿性,PU 膜具有优良的防风性,将 PTFE 膜和 PU 膜与织物复合用于服装成衣制作,可赋予服装一定的防护性、舒适性和美感。

2 校服成衣设计

2.1 设计原则

GOLDMAN R F^[19]对于服装设计提出 4F 原则:

Fashion(时尚性)、Function(功能性)、Feel(舒适性)和 Fit(适合性)。文中依据 4F 原则,同时遵循合理、适应、创新的设计理念,选取小学生体型 150/72A 号型尺寸,充分考虑冬季校服外套应具备的防风、防水、保暖和透湿性,同时兼顾服装穿着舒适性,结合流行趋势设计款式造型与色彩,开发出一款校服产品。

2.2 设计实现

2.2.1 款式设计 冬季校服外套的廓形是 H 型,整体呈直筒状,以宽松为主,不贴身不显身形,既有利于中小学生的生长发育,又便于校园日常活动,满足穿着的舒适性。在户外运动时人体上肢部位易受衣袖的束缚,袖山松量会影响手臂的活动范围,腋下余量产生的摩擦也会给手臂带来不适。文中校服采用插肩袖设计,可以增加手臂摆动时的活动空间,提高舒适性。

2.2.2 材料选择 传统的冬季校服外套以针织面料为主,舒适柔软,透气保暖,但不具备一定的防风、防雨性能,如逢雨季或骤然降温等情况,无法为学生外出提供必要的防护。文中选取两款功能性面料——PTFE 膜复合面料和 PU 膜复合面料,局部应用于校服外套上,以提升校服外套的防风、防雨及保暖透湿性能。

2.2.3 结构设计 分割线是校服外套结构设计的重要组成部分,一般可分为功能性分割线、装饰性分割线和综合性分割线^[20]。

功能性分割线可巧妙地将省道转移到分割线上,突显人体的曲线美,用简单的分割代替复杂的归拔工艺塑型,同时达到功能性的要求;装饰性分割线以修饰体型、美化服装线条为主,满足大众的视觉审美需求;综合性分割线依据人体结构特征确定出分割线运用的位置和形态,从而达到装饰与结构设计的双重效果。

文中根据雨天及学生运动情况,对校服外套采用综合性分割线和开口设计。雨天学生在户外活动,最先被雨淋湿的部位是头顶、肩膀、手臂外侧;人体运动出汗时,最易产热的部位是颈部、腋下、后背中间部分。面料设计时,在主要淋雨部位采用 PU 膜复合面料,而在颈部、腋下等极易产热部位,拼接上透气性能良好的 PTFE 膜复合面料;结构设计时,在颈部、腋下等关键位置设弧形分割线,同时在后背中间处设一开口,确保体内大量产热可以及时排出,防止汗水在衣下冷凝。

服装款式结构设计如图 1 所示。

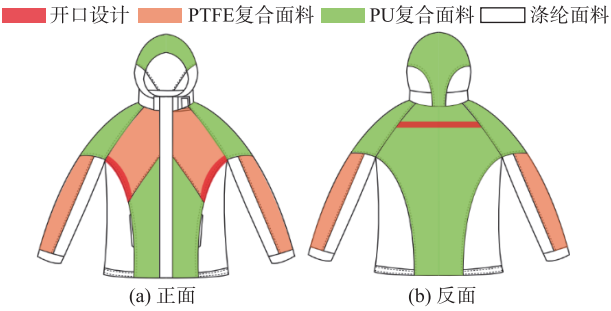
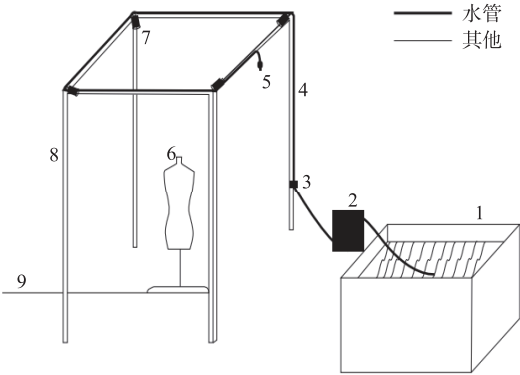


图1 校服款式设计
Fig.1 School uniform style design

3 成衣防水性能测试

3.1 实验装置设计

根据生成雨滴原理不同,目前我国人工模拟降雨的装置可分为4种形式:喷嘴式、针头式、管网式和悬线式^[21]。文中采用喷嘴式设计模拟降雨装置,辅助用于检测成衣的防水性能,装置简化示意如图2所示。



注:1—水箱;2—水泵;3—开关;4—水管;5—堵头;6—人台;7—喷头;8—支架;9—滑动轨道。

图2 淋雨实验装置
Fig.2 Rain test device

降雨强度可用单位时间内的降雨深度或单位面积上的降雨体积表示,根据GB/T 28592—2012 参考文献《降水量等级》^[22]规定,降水按雨量可分为7个等级,文中模拟大雨、大暴雨两种雨强,测试成衣的防水性能。

3.2 实验方案

1)实验样衣。一件杭州市某小学学生校服外套(面料聚酯纤维,去内胆),一件自制样衣,型号均为150/72A,具体如图3所示。

2)测试部位。将人体大致分为4个基本物理区域:头,躯干(胸部、腹部、背部、腰部),上肢(肘部、手部),下肢(膝盖、腿部、脚部)。按人体躯干结构拆分为头部、胸部、腹部、背部、手肘5个部位,按成衣衣片结构划分为帽子、前片上下部分、后片上

下部分、袖片中间与两侧7个部位,记为1#~7#,以女上衣原型为例进行区域划分,具体如图4所示。



图3 两种校服实验样衣
Fig.3 Two kinds of school uniform samples

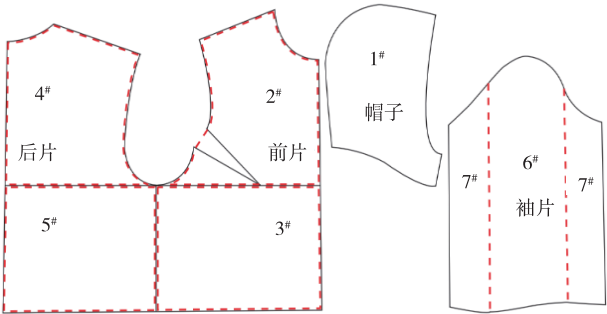


图4 衣片区域分割
Fig.4 Clothing area segmentation

3)测试指标:吸水量。为检测校服成衣外套的防水性能,用大头针将吸水无纺布按部位固定在衣片内侧,记录实验过程中各部位吸水无纺布的质量差,同时观测服装内外层水分润湿渗透情况,如水珠、淌水、渗透、润湿等现象。

4)实验过程。先用电子天平称取样衣外套的总质量,以及7个分割区域吸水无纺布的干重;将吸水无纺布分别固定在对衣片内侧后,穿套样衣至人台。设定喷头出水量为0.5 L/h,启动开关,调试5 min,待装置出水流量稳定且均匀即可开始实验。启动开关,送入人台,同时开始计时,每隔60 s记录一次小区域吸水无纺布的质量数据,并观测服装内外层的渗透润湿情况,测试时长共计1 h。实验结束时,最后一次称取小区域吸水无纺布和外套的质量。

通过设置不同的小区域,观察不同时刻校服外套的吸水情况,探究校服外套主要的吸水部位,同时测试改进后校服外套的防水效果。

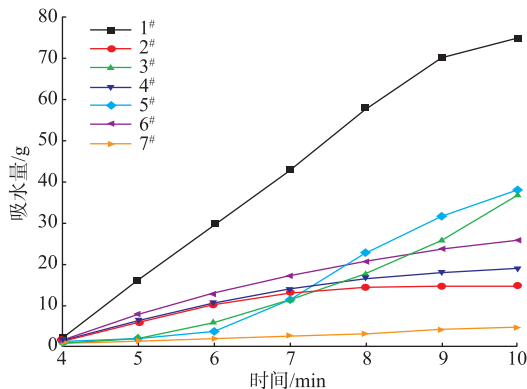
3.3 结果与分析

两款校服产品在不同降雨强度条件下,服装各部位小区域的吸水情况如图5所示。

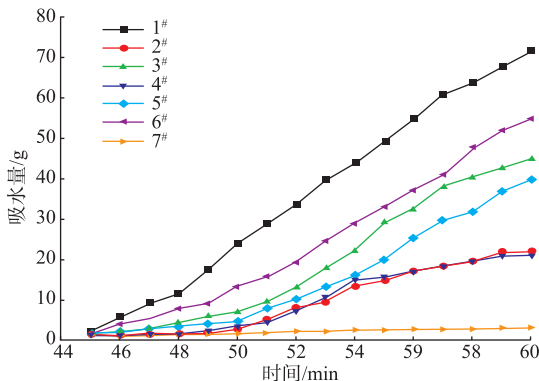
由图5(a)可以看出,出水量为0.5 L/h时,普通校服在模拟淋雨的环境下仅淋了10 min,校服本

身及内层吸水无纺布已被完全润湿,此时的降水量约为 32 mm,符合大雨的降水等级。因此,普通校服难以抵挡持续大雨的环境,给学生户外活动造成一定的影响。

由图 5(b)可以看出,出水量为 0.5 L/h 时,自制校服在模拟淋雨环境中淋了 60 min 后达到湿润状态,此时降水量约为 250 mm,降雨等级符合大暴雨甚至接近于特大暴雨,即自制校服可以在短时间内抵御暴雨及以下的降水量,自制校服的防水效果较普通校服有所提升。



(a) 杭州市某小学学生校服



(b) 自制校服

图 5 样衣淋雨实验测试结果

Fig. 5 Rain test results of samples

从环境-服装-人体的角度观察,在淋雨实验过程中,普通校服外立面在接触雨水的瞬间即发生“毛细管效应”^[23],因校服面料本身有一定厚度,能吸收储存一定量的水分,且纱线之间的孔隙大,织物自发进行润湿过程,故前 4 min 以校服面料本身的吸湿为主,内附的吸水无纺布质量无明显变化;随着降雨时长的增加,雨量持续增大以及校服面料不断润湿、吸水、扩散,内附吸水无纺布的质量也随之增加。在局部应用功能性防水面料后的校服外立面,前 45 min 保持“荷叶效应”^[24],雨水落在面料外立面时以水珠形式滚落,没有渗入织物,内附吸水无纺布无质量增加;随着降雨的持续,面料两侧

气压差加大,迫使雨滴渗入衣内。

从不同小区域观察,自然降雨过程中,最先接触雨水的部位是头部、肩膀,其次是前胸、手臂外侧,然后是腰腹、后背。肩膀部位由衣片前片上端和后片上端共同组成,因此前片上部分和后片上部分(2[#]和 4[#])先被润湿;随着降雨的持续,内附吸水无纺布不断吸水,在重力作用下,部分水分向前片下部分和后片下部分(3[#]和 5[#])转移扩散,致使成衣完全被润湿时,头部、腰腹、后背累积的水量达到最大(1[#]、3[#]和 5[#])。自制校服在前片和后片局部应用功能性防水面料,在雨淋 45 min 左右时,内附吸水无纺布质量变化不大,无明显被水润湿的现象,故有效提升了服装前后衣片的防水性能。头部和手臂外侧亦是长时间被雨淋的主要部位,由于帽子和袖片增加了半圆弧形分割线,加之局部应用功能性防水面料,雨水顺应弧形分割线落到后片和袖中,随即在重力作用下流向底摆和袖口,在淋雨情况下 45 min 内,内附吸水无纺布质量变化不明显,即雨水未渗入服装内里,因此服装帽子和袖片部分的防水性能可以满足日常防护所需。

4 结 语

为解决学生群体在刮风雨雪环境下无法正常进行户外活动的困扰,引入校服的防水功能性设计,从面料选用、结构设计、成衣实验 3 个阶段验证提升校服产品防水性能的可行性;在确保良好服用性的前提下,为学生群体在复杂环境下进行户外活动提供有效防护,从而自如地应对持续阴雨刮风或短时强降雨的天气。面料性能测试结果表明,PTFE 膜复合面料具有优良的透湿性,PU 膜复合面料具有优良的防风性,是适合作户外运动服装的纺织面料;将两款面料局部应用在校服外套上,结合淋雨装置实验,证明校服成衣可以在暴雨情形下持续 45 min 不被淋湿。该时长足够学生在未携带雨具时找到庇护场所,也能在其他小雨、中雨、大雨等常见天气下,满足学生户外活动的防护需求。该校服产品采用局部大面积拼接功能性防水面料以提升服装防水性能;若能缩小局部使用范围,更精准地使用功能性面料,同时满足日常防护所需,平衡用户穿着的舒适性与功能性,其户外服装的轻体验预期可进一步提升。

参考文献:

[1] 段雪景, 张晓强, 张瑜, 等. “双碳”背景下校服产业绿色化转型的挑战与对策[J]. 毛纺科技, 2022, 50 (9): 99-105.

- DUAN Xuejing, ZHANG Xiaoqiang, ZHANG Yu, et al. Challenges and countermeasures for the green transformation of the school uniform industry in the context of "double carbon" [J]. Wool Textile Journal, 2022, 50 (9): 99-105. (in Chinese)
- [2] 周婕, 何天虹. 我国中小学校服现状研究及服装品牌企划[J]. 针织工业, 2022(2): 89-93.
- ZHOU Jie, HE Tianhong. Current situation of school uniforms and clothing brand planning in primary and secondary schools in China[J]. Knitting Industries, 2022 (2): 89-93. (in Chinese)
- [3] 王淳. 基于小学生体型生长规律的校服设计研究[D]. 上海: 东华大学, 2017.
- [4] 申佳惠. 基于视知觉的反光材料应用于中小学校服的设计研究[D]. 上海: 东华大学, 2021.
- [5] 赵锦, 张海波, 李天应. 校服功能性和时尚性设计研究[J]. 艺术评鉴, 2016(18): 14-15.
- ZHAO Jin, ZHANG Haibo, LI Tianying. Research on functional and fashionable design of school uniforms[J]. Art Evaluation, 2016(18): 14-15. (in Chinese)
- [6] 胡勇杰, 韩健健. 中小学校服现状及功能性面料发展趋势[J]. 染整技术, 2021, 43(8): 9-11.
- HU Yongjie, HAN Jianjian. Current situation of school uniforms and development trend of functional fabrics for primary and middle school students[J]. Textile Dyeing and Finishing Journal, 2021, 43 (8): 9-11. (in Chinese)
- [7] 中国纺织工业联合会. 中小学校服: GB/T 31888—2015[S]. 北京: 国家标准出版社, 2015.
- [8] 全国纺织品标准化技术委员会基础标准分委员会. 纺织品和纺织制品厚度的测定: GB/T 3820—1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [9] 全国纺织品标准化技术委员会基础标准分技术委员会. 纺织品防水性能的检测和评价 沾水法: GB/T 4745—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [10] 中国纺织总会标准化研究所. 纺织品织物透气性的测定: GB/T 5453—1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [11] 全国纺织品标准化技术委员会基础标准分会. 纺织品 织物透湿性试验方法 第2部分: 蒸发法: GB/T 12704.2—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [12] 李梅芳. 织物的透水性及其检测方法[J]. 纺织导报, 2012(7): 154-155.
- LI Meifang. Water permeability of fabric and its testing methods[J]. China Textile Leader, 2012(7): 154-155. (in Chinese)
- [13] 郭玉海, 张建春, 张旭东. 聚四氟乙烯薄膜防水透湿层压织物的研究[J]. 北京纺织, 1998(4): 12-15.
- GUO Yuhai, ZHANG Jianchun, ZHANG Xudong. Research on waterproof and moisture laminated fabric of PTFE[J]. Beijing Textile Journal, 1998(4): 12-15. (in Chinese)
- [14] 路林凤, 黄机质. 基于 PTFE 膜的防水透湿层压复合织物制备与性能研究[J]. 化工新型材料, 2017, 45 (9): 204-206.
- LU Linfeng, HUANG Jizhi. Preparation and property of PTFE based waterproof and breathable laminated composite fabric[J]. New Chemical Materials, 2017, 45 (9): 204-206. (in Chinese)
- [15] 王艳新. 防护服用层压织物结构与透湿性能研究[D]. 西安: 西安工程大学, 2005.
- [16] VAN ROEY M. Water-resistant breathable fabrics[J]. Journal of Coated Fabrics, 1992, 22(1): 20-31.
- [17] 全国服装标准化技术委员会. 专业运动服装和防护用品通用技术规范: GB/T 21980—2017[S]. 北京: 国家标准出版社, 2017.
- [18] 全国体育用品标准化技术委员会. 户外运动服装 冲锋衣: GB/T 32614—2016[S]. 北京: 国家标准出版社, 2016.
- [19] GOLDMAN R F. The four 'Fs' of clothing comfort[M]// Environmental ergonomics: the ergonomics of human comfort, health and performance in the thermal environment. Amsterdam: Elsevier, 2005(3): 315-319.
- [20] 桑盼盼, 沈雷. 分割线设计对女装造型的影响[J]. 纺织导报, 2018(7): 76-78.
- SANG Panpan, SHEN Lei. Influence of dividing line on women's wear[J]. China Textile Leader, 2018(7): 76-78. (in Chinese)
- [21] 林凯, 姜静, 李雄威, 等. 人工模拟降雨机装置的研究与制作[J]. 山西建筑, 2013, 39(35): 58-59.
- LIN Kai, JIANG Jing, LI Xiongwei, et al. Research and production on artificial simulation rainfall device [J]. Shanxi Architecture, 2013, 39 (35): 58-59. (in Chinese)
- [22] 全国气象防灾减灾标准化技术委员会. 降水量等级: GB/T 28592—2012[S]. 北京: 国家标准出版社, 2012.
- [23] 于策, 李旭, 吴永康, 等. 毛细导水布料排水性能及孔隙结构试验研究[J]. 工程地质学报, 2022, 30(5): 1494-1503.
- YU Ce, LI Xu, WU Yongkang, et al. Experimental study on the drainage performance and pore structure of the capillary water-conducting materials[J]. Journal of Engineering Geology, 2022, 30 (5): 1494-1503. (in Chinese)
- [24] 顾佳华, 王惠婷, 戴鑫鑫, 等. 超疏水纺织材料研究现状[J]. 化工新型材料, 2023, 51(2): 24-29.
- GU Jiahua, WANG Huiting, DAI Xinxin, et al. Current status of research on superhydrophobic textiles materials [J]. New Chemical Materials, 2023, 51(2): 24-29. (in Chinese)