

纺织品物理性能检验指标对服装舒适性的影响研究

杨 妙

巴音郭楞蒙古自治州检验检测中心 新疆 库尔勒 841000

摘 要: 服装舒适性是消费者选择服装时的重要考量因素,而纺织品的物理性能检验指标直接决定了服装在穿着过程中的热湿调节、触感、压力分布及活动自由度。本文系统分析了纺织品物理性能检验体系中与舒适性密切相关的指标,包括透气性、吸湿性与速干性、热阻与湿阻、抗弯刚度与悬垂性、表面摩擦系数、拉伸弹性及压缩回弹性等。在此基础上,从热湿舒适性、触觉舒适性、压力舒适性及运动舒适性四个维度,阐述了各物理指标对舒适性的影响机制。探讨了现行检验标准中若干指标限值与实际穿着体验之间的关联性及其局限性,并提出了基于舒适性导向的物理性能综合优化思路。本文旨在为纺织品检验检测、面料开发及服装设计提供理论依据,推动舒适性评价从主观感受向客观指标驱动的科学化方向转变。

关键词: 纺织品;物理性能检验;服装舒适性;透气性;热湿传递

引言

服装作为人体与环境之间的界面,其基本功能已从最初的遮体保暖发展为涵盖防护、装饰、标识及舒适性等多维需求。在各类功能要求中,舒适性被认为是最基础也最难以量化的属性。服装舒适性通常包括热湿舒适性、触觉舒适性、压力舒适性和运动舒适性四大方面,这些特性很大程度上取决于构成服装的纺织品的物理性能。纺织品物理性能检验指标是通过标准化的实验方法测得的客观参数,如透气率、热阻、湿阻、抗弯长度、摩擦系数、断裂伸长率等。长期以来,这些指标主要用于质量控制和产品分级,其与穿着舒适性之间的定量关系尚未被充分揭示。近年来,随着消费者对健康与体验的关注提升,以及功能性面料市场的快速发展,纺织品物理检验指标对服装舒适性的影响研究逐渐成为纺织科学与人体工程学交叉领域的热点。

1 纺织品物理性能检验指标体系概述

1.1 物理性能检验的基本范畴

纺织品物理性能检验采用标准方法测定其在物理因素下的响应。按目的分为结构参数(纱线支数、织物密度、厚度、单位面积质量)、力学性能(拉伸断裂强力与伸长率、撕裂强力、顶破强力、抗弯刚度)、热湿传递性能(透气性、透湿性、热阻、湿阻、吸湿性、速干性)及表面性能(摩擦系数、起毛起球性、表面粗糙度)。相关标准如 GB/T 5453、GB/T 11048、GB/T 18318 等。传统上检验主要用于评价耐用性、加工适应性及外观保持性,现对其舒适性指示作用的关注日益增加。

1.2 与舒适性高度相关的核心指标

不同物理指标对舒适性的重要性不同:热湿舒适性主要取决于透气性、热阻、湿阻、吸湿性、水分蒸发速率;触觉舒适性主要由表面摩擦系数、抗弯刚度、悬垂性、接触冷暖感决定;压力舒适性与拉伸弹性模量、压缩回弹性、松弛应力相关;运动舒适性涉及延伸率、弹性回复率、抗剪切刚度。指标需综合考量,适宜范围因应用场景而异(如高透气性利于散热但不利于防风御寒)。理解各指标的影响方向与强度,是科学进行产品质量分级与舒适性预测的前提。

2 热湿舒适性相关的物理检验指标及影响机制

2.1 透气性对热湿交换的影响

透气性指气体通过织物的能力,常用压差下单位面积空气流量(mm/s)表示,直接影响服装排出体表湿热空气的功能。活动时,透气性不足会使水汽积累、湿度饱和,阻碍蒸发产生闷热感;涂层面料、高密度防羽布等透气性过低,中等强度活动即可造成明显不适。但透气性过高会破坏边界绝热层,导致低温或大风环境下对流散热过快而产生寒冷感^[1]。检验应根据用途规定差异化限值。透气性与孔隙率、厚度、组织结构及后整理相关,机织物通常高于针织物,但轧光或涂层后会显著下降。

2.2 热阻与湿阻的耦合作用

热阻表征阻碍干热传递能力,湿阻表征阻碍水汽传递能力,常用蒸发热板法或出汗暖体假人法测定。热湿阻需与代谢产热及环境匹配:静态保温需较高热阻,但

湿阻过高会导致汗液排出受阻,湿衣物导热系数上升引发失温,即“水冷效应”。湿阻/热阻比值超阈值时舒适性显著下降。合成纤维(如涤纶)本征疏水,液态汗难扩散,湿阻偏高;天然纤维(如棉、羊毛)亲水,汗液铺展蒸发,湿阻较低。透湿指数(Im)为综合判据,越接近1越理想。现行标准虽有测定方法,但缺乏针对不同活动强度和环境条件的推荐范围,需未来修订。

2.3 吸湿性与速干性的协同效应

吸湿性指纤维吸收气态水的能力(回潮率表示),速干性指液态水从内层向外层转移并蒸发的速率(滴水扩散时间、芯吸高度、蒸发速率评价)。二者共同决定出汗状态下的湿管理能力。高吸湿纤维(棉、粘胶)能快速吸收液态汗使皮肤干燥,但水分难蒸发,湿重后贴肤产生湿冷粘腻感。低吸湿纤维(涤纶、丙纶)几乎不吸水,汗液经毛细通道传输、蒸发快,但芯吸设计不良会使汗液滞留皮肤侧。功能性面料采用异形截面纤维或亲水整理实现吸湿速干平衡(吸湿排汗)。单向传递指数(R)和液态水分管理能力等级是重要评价参数^[2]。检验应同时关注吸湿速率和蒸发速率,单一指标不能全面反映穿着体验。

2.4 厚度与单位面积质量的间接影响

厚度和单位面积质量通过影响空气层厚度和容积密度间接作用于舒适性。厚而蓬松的织物固定更多静止空气,提高热阻,适合冬季保暖,但过大厚度和克重会增加重量、阻碍汗汽扩散、加重运动负荷。夏季轻薄面料追求低克高孔隙率,但过薄易导致透明度过高或耐用性不足。检验应结合服装用途,采用厚度-克重-透气性综合指数评估热湿舒适性潜力。

3 触觉舒适性相关的物理检验指标及影响机制

3.1 表面摩擦系数与皮肤触感

表面摩擦系数过高会产生牵拉感和束缚感,长期摩擦可能导致皮肤红肿;过低则易滑脱且产生“单薄”感。适宜的摩擦系数一般为0.2~0.5。起绒织物因微气囊减少实际接触面积,摩擦感较低;光洁紧密织物摩擦阻力较大。起毛起球会使表面粗糙,降低触觉舒适性。检验应使用摩擦系数仪测定动、静态摩擦系数,并考虑皮肤湿度影响——湿润后摩擦系数可能剧变。

3.2 抗弯刚度与悬垂性对合体感的影响

抗弯刚度(抗弯长度,mm)表征织物抵抗弯曲的能力,悬垂性(悬垂系数,%)反映重力下自然垂落的形态。刚度大的面料(如帆布)形成“帐篷效应”,阻碍动作、拍打身体;刚度过小(如薄纱)则过度贴合、

产生刺痒束缚。理想刚度应静态时形成微气候空间,动态时顺应体表。悬垂性好的织物(如真丝)对皮肤压力小,是高触觉舒适性的标志。检验应将抗弯刚度与厚度归一化处理。

3.3 接触冷暖感初始冲击

接触冷暖感取决于织物热惯量 $b = \sqrt{\lambda \rho c}$ (导热系数 λ 、密度 ρ 、比热容 c)。热惯量高的材料(金属纤维、高密度聚酯)接触瞬间吸热多,产生凉感;热惯量低(羊毛、丙纶)产生温感。检验可用热流计法测定最大热流密度。表面起毛起球会减少实际接触点,减弱凉感,需建立考虑表面状态的修正模型。

3.4 起毛起球与表面光洁度的长期舒适性影响

起毛起球使表面粗糙带硬质小球,产生刺痒、刮擦感,严重可致皮肤炎症。检验使用马丁代尔耐磨仪或起毛起球箱评级(1级最差,5级最好)。为兼顾舒适性与耐久性,可进行烧毛、剪毛或树脂整理,但过度整理会降低吸湿透气性。舒适性导向的检验应推荐3.5级以上起毛起球等级,并复验整理对热湿性能的影响。

4 压力舒适性相关的物理检验指标及影响机制

4.1 拉伸弹性与弹性回复率

压力舒适性取决于服装对人体压力是否可接受。弹性面料的拉伸模量应适中:小应力下易变形(易穿着),变形后能提供足够回缩力保持形态。定伸长弹性回复率越高,多次穿着后不易松弛变形,压力分布稳定;但回复率过高会增大束缚压,日常便装易致疲劳,紧身运动服则必要。检验应结合款式设计:瑜伽服需低模量、高回复;休闲裤需低模量、中等回复。

4.2 压缩回弹性与蓬松感

压缩回弹性反映织物垂直受压后的厚度恢复能力,影响衬垫部位(肩、肘、膝)的缓冲舒适性和柔软手感。高压压缩回弹面料(如摇粒绒)能分散局部压力,减少压强,但过高会使服装臃肿、妨碍活动^[3]。常用压缩率(厚度变化率)和压缩弹性率(恢复百分比)评价。该指标还间接影响热湿舒适性,因压缩改变空气层厚度和局部热阻。

4.3 剪切刚度与服装追随性

剪切刚度表征织物抵抗面内剪切变形的能力。人体弯曲、扭转时,服装需剪切变形适应体表曲率。刚度过大,关节处产生紧绷斜向皱纹,增大局部压力、限制活动;刚度过小,易错位滑脱。常用KES或FAST系统测定剪切刚度G值(cN/(cm·度))。运动服装适宜G值约

30-70 cN/(cm·度), 制服或外套可适当提高。该指标在常规检验中较边缘, 但对运动舒适性贡献显著。

5 运动舒适性相关的物理检验指标及影响机制

5.1 断裂伸长率与动态适应性

运动舒适性要求服装在人体大幅活动时能随动伸长而不束缚, 且不发生过度塑性变形。更关注低应力下(如 5N 或 10N 负荷)的伸长率。针织物天然伸长性好(50%-200%), 机织物较低(5%-30%)。肘、膝等部位至少需 15%-20% 延伸率才能无明显束缚感。检验应多方向取样(经、纬、斜向), 因为人体活动是多维的。

5.2 定伸长循环疲劳与舒适性持久性

反复穿着和洗涤会导致性能衰退。定伸长循环疲劳试验通过多次拉伸-回复循环(如 10、50、100 次)测定残余变形和弹性衰减。初始弹性优良的面料若疲劳后残余伸长率超过 5%, 表明不可逆滑移, 服装会松垮、压力失衡, 运动时“挂不住”。检验报告应包含疲劳前后性能对比, 对运动服、塑身衣等应作为强制性考核项目。

5.3 重量感知与运动负荷

单位面积质量(克重)直接影响负重感, 运动时每增加 100g, 代谢消耗约增加 1%-2%。但克重过低会单薄、飘动。检验中应将克重与厚度、孔隙率共同解读: 厚重蓬松面料(如羽绒服外层面料)实际重量感低于同等克重的密实面料。建议引入“相对表观重量”(单位面积质量除以厚度或孔隙率的函数), 更真实反映运动负荷体验。

6 现行检验指标的局限性及综合优化思路

6.1 单一指标与复杂舒适性的脱节

当前纺织品检验体系中, 各项物理指标是孤立报告的, 而服装舒适性是多个物理性能交互作用的结果。例如, 高透气性与低表面摩擦可能来自不同的整理工艺, 但两者对舒适性的贡献可能是相互增强或抵消的。检测报告通常给出达标与否的判断, 缺乏综合舒适度评分^[4]。建议开发基于多指标融合的舒适性预测模型, 采用回归分析或机器学习方法, 将透气性、热阻、湿阻、抗弯刚度、摩擦系数等指标映射到舒适性评分量表上, 实现客观检验向主观体验的有效衔接。

6.2 静态测试与动态穿着的差异

绝大多数物理检验是在静态、恒温恒湿条件下进行的, 而实际穿着中人体处于不断运动、产热、出汗的动态过程中。例如, 透气性测试压差固定为 100Pa 或

200Pa, 但人体呼吸和运动引起的衣下气流压差是波动变化的; 热阻测试假设织物干燥, 而实际出汗后湿态热阻可能剧降。因此, 检验方法需要向“动态模拟”方向改进, 开发出汗状态下透气性动态测定、往复拉伸下热阻变化测定等新方法。已有研究表明, 动态透气指数与静态透气指数之间的相关性仅为中等($r \approx 0.6$), 说明静态测试不足以预测运动舒适性。

6.3 面向舒适性导向的物理性能设计优化

基于上述影响机制, 纺织企业在开发舒适型面料时, 应当采用“舒适性逆向设计”思路: 首先确定目标服装的使用场景(气候、活动强度、接触方式), 然后设定热湿、触觉、压力、运动四个维度的舒适性目标值, 再转化为相应的物理检验指标范围, 最后通过纤维选配、纱线结构、织物组织、后整理工艺的组合来实现。检验机构在出具报告时, 可附加各指标对舒适性的影响权重和建议范围, 为设计师和消费者提供决策参考。同时, 建议国家标准中增加“舒适性物理指标综合限值”附录, 按照婴幼儿、成人运动、日常穿着等类别给出推荐性阈值。

7 结语

纺织品物理性能与服装舒适性紧密关联, 透气性、热湿阻、抗弯刚度、摩擦系数及弹性等指标, 分别从热湿调节、触感、压力分布和动态适应四个维度影响穿着体验。当前检验体系在指标全面性、动态测试及综合评判上存在不足, 导致数据与主观感受偏差。未来应推动检验向动态化、多指标融合发展, 建立基于大数据的舒适性预测模型; 鼓励材料与结构创新, 引导消费者关注检验指标。通过检验科学、材料工程与人体工学协同, 使舒适性成为可设计、可检验、可优化的工程属性。

参考文献

- [1] 王革辉, 赵立环. 基于热湿舒适性的夏季服装面料物理性能指标体系研究 [J]. 纺织学报, 2021, 42(7): 78-84.
- [2] 刘红, 陈东生. 织物表面摩擦特性与皮肤触觉舒适性的关联性分析 [J]. 毛纺科技, 2022, 50(3): 55-60.
- [3] 张欣, 李艳梅. 运动服装面料拉伸弹性与压力舒适性的定量关系 [J]. 纺织高校基础科学学报, 2020, 33(4): 22-28.
- [4] 王晓梅, 于伟东. 纺织品热湿传递性能检验方法比较及舒适性评价模型 [J]. 东华大学学报(自然科学版), 2023, 49(1): 67-74.