

DOI: 10. 13475/j. fzx. 20170803008

# 纸尿裤服用性能测评研究进展

刘慧慧<sup>1 2</sup>, 王云仪<sup>1 2 3</sup>

(1. 东华大学 服装与艺术设计学院, 上海 200051; 2. 东华大学 现代服装设计与技术教育部重点实验室, 上海 200051; 3. 同济大学上海国际设计创新研究院, 上海 200092)

**摘要** 为给纸尿裤安全舒适性能提升和产品优化设计提供基础数据和科学参考,以纸尿裤的功能需求和技术现状为基础,综述了纸尿裤服用性能的测评方法、测评内容,并阐述了性能测评的研究展望。此外,鉴于纸尿裤水分管理能力、接触舒适性、热湿舒适性和适体舒适性间的交互关系,提出测评时各性能的地位和优先次序。未来纸尿裤服用性能的测评可聚焦在纸尿裤多层结构间热湿传递机制的探讨、专业实验平台和测量仪器的搭建、纸尿裤舒适性评价体系的构建 3 个方面。纸尿裤服用性能的测评需注重各方面的平衡,水分管理能力是前提和首要模块,接触舒适性和热湿舒适性是主体部分,适体舒适性是不可忽视的潜在影响因素。

**关键词** 纸尿裤; 服用性能; 舒适性; 水分管理能力; 评估

中图分类号: TS 941. 16 文献标志码: A

## Progress in overall wearability evaluation of disposable diapers

LIU Huihui<sup>1 2</sup>, WANG Yunyi<sup>1 2 3</sup>

(1. College of Fashion and Art Design, Donghua University, Shanghai 200051, China; 2. Key Laboratory of Clothing Design & Technology, Donghua University, Shanghai 200051, China; 3. Shanghai International College of Design and Innovation, Tongji University, Shanghai 200092, China)

**Abstract** The overall wearability evaluation of disposable diapers provides a theoretical basis for the development of evaluation system and product optimization. Therefore, progress in overall wearability evaluation of disposable diapers was reviewed and future research field was prospected in this paper according to diapers functional requirements and technical status. In view of the interactive relationship among diapers moisture management capability, contact comfort, heat and moisture comfort and fit comfort, the performance evaluation priorities was put forward. The future study in disposable diapers wearability evaluation may focus on the heat and moisture transfer mechanism between its multilayer constructions, the professional experimental platform and measuring instruments, and the comfort evaluation system of disposable diapers. The balance of four performances is very important in disposable diapers' overall wearability evaluation, in which the moisture management capability is the premise and the primary modules, contact comfort and thermal comfort are the principal part, and fit comfort is a potential factor that can not be neglected.

**Keywords** disposable diapers; wearability; comfort; moisture management capability; evaluation

纸尿裤可视为具有液体吸控功能的特殊服装,吸收区域由内到外主要包括表面包覆层(面层、导流层)、吸收芯层、底膜。消费者对纸尿裤的原始诉求是能够快速吸收并存储尿液,即具备良好的液态水吸收和防反渗性能,这主要取决于纸尿裤吸收芯

层的液态水吸收控制能力。高吸水性树脂(SAP)的网状结构上连接有强亲水基团,具有超强的吸水能力<sup>[1]</sup>,即使在外界有压力的情况下,也不容易失水,具有良好的吸水性和保水性。20 世纪 80 年代开始,大都用 SAP 与绒毛浆混合材料作为纸尿裤吸收

收稿日期: 2017-08-18 修回日期: 2017-12-25

基金项目: 上海市自然科学基金项目(17ZR1400500); 中央高校基本科研业务费专项基金项目(17D110714)

第一作者简介: 刘慧慧(1994—),女,硕士生。研究方向为服装功能与舒适性。

通信作者: 王云仪, E-mail: wangyunyi@dhu.edu.cn。

芯层的主要填充材料。

纸尿裤表面包覆层材料与人体皮肤直接接触,其手感影响人们购买和穿着纸尿裤时的直接感受。摩擦刺激(皮肤—皮肤,皮肤—纸尿裤)可能是尿布疹重要的诱发因素<sup>[2]</sup>,皮肤湿度增加,还会加大摩擦引起的伤害<sup>[3]</sup>,因此,表面包覆层材料要求手感柔软、透气性强。此外,表面包覆层是纸尿裤实现其功能的第一个环节,是整个吸液过程的开始,功能上起到将水分单向传递至吸收芯层的作用,强调导水、快干、防反渗等性能。目前常用的材料主要有热风黏合非织造布、聚烯烃(ES)或聚丙烯(PP)短纤热轧法非织造布、PP纺粘法非织造布,也有使用水刺法非织造布、聚乙烯(PE)/PP(EP)双组分非织造布和经过亲水整理的“纺粘+熔喷+纺粘”(SMS)非织造布<sup>[4]</sup>。对表面包覆层进行结构上的处理,如凹凸处理、打孔膜等,使面层材料的凹点与吸收芯层直接接触或改变与皮肤的接触面积,可达到加快液体传导、减少回渗量、保持皮肤干爽的效果,是目前国内外产品中常用的处理方式之一。对面层材料的后整理及新型功能性纤维的开发也在提升纸尿裤面层材料的亲水性、透气性<sup>[5]</sup>、抗菌性<sup>[6]</sup>等方面做出积极的贡献。

纸尿裤的底膜用于防止尿液渗出,起到隔离的作用<sup>[7-8]</sup>,主要的功能需求是良好的透气防水性及抗拉伸撕裂性能。底膜主要是由PP透气微孔薄膜或者热轧非织造材料PE复合底膜材料组成。现有研究主要尝试通过材料和加工工艺的优化,提升底膜材料的透气性、弹性和柔软性<sup>[9]</sup>。

此外,为防止尿液侧漏,纸尿裤在开口部位均需要较好地贴合人体和具有一定的束紧功能,如立体护围和防漏侧边的设计等。然而,纸尿裤在束紧的同时会加大对人体的压力,可能造成血液受阻等隐患。同时,压力不适也会加剧接触刺激性<sup>[10]</sup>。适体性还会改变衣下微环境的大小与分布,以及通过改变纸尿裤开口的通风性能,影响热湿传递过程<sup>[11]</sup>。纸尿裤与人体间相对密闭的内环境阻碍水分传递的同时,也降低了热量向外界传递的能力,易形成高湿高热衣下微环境,造成着装人体的不适感,热压严重时会导致人体产生疾病。

综上,纸尿裤整体服用性能的测评应是其投入使用前的关键步骤,直接影响穿着者的舒适与安全。由于纸尿裤特定的性能要求和特殊的结构形态,其整体服用性能的测评涉及到水分管理能力、热湿舒适性、接触舒适性和适体舒适性等多个方面,且这些不同角度的功能设计相互影响,甚至存在一定程度的矛盾制约,例如,为满足纸尿裤对水分管理能力的

高要求,结构或材料的选择往往会带来其他性能的削弱。本文基于纸尿裤水分管理能力、热湿舒适性、接触舒适性和适体舒适性间的矛盾统一关系,从当前服装舒适性常用的测评方法出发,结合纸尿裤本身的材料性能和技术特点,对适用于这一特殊服装的相关测评标准和手段进行讨论,以期为纸尿裤安全舒适性能提升和产品优化设计提供基础数据和科学依据。

## 1 水分管理能力测评

纸尿裤最基本的功能是快速吸收并储存尿液,这就要求其具备良好的液态水吸收及防反渗性能。目前对纸尿裤水分管理能力的测评主要从3个角度展开:一是借助或参考现有标准对纸尿裤的液体吸收能力和控制能力进行静态测评;二是使用水分管理测试仪等方法探究液态水分在纸尿裤多层结构间的动态传递过程;三是通过人体皮肤的生理指标间接测评纸尿裤的水分控制能力。

### 1.1 静态水分管理能力测评

国内外制定了较多的标准用来评价纸尿裤的水分管理能力,如GB/T 28004—2011《纸尿裤(片、垫)》、QB/T 2493—2000《纸尿裤(含纸尿裤/垫)》、ISO 11948-1—1996《吸尿器材 第1部分:整品检验》等。其中,ISO 11948-1—1996自1996年颁布以来,被广泛应用于尿失禁纸尿裤吸水量的评价中。一些学者针对ISO 11948-1—1996的可重复性与可再现性展开了验证,结果均表明该标准具有良好的有效性<sup>[12-13]</sup>。

在针对纸尿裤导流层结构优化设计的研究中<sup>[14]</sup>,研究人员参照GB/T 8939—2008《卫生巾(含卫生护垫)》测试了不同导流层结构的婴儿纸尿裤的吸收倍率,此外还测定了纸尿裤多次渗透回渗量、渗透液体下渗时间、多次渗透扩散时间等指标,讨论了不同导流层结构、材料纸尿裤间的性能差异。具有导流层结构的纸尿裤可使液体快速渗透并减少回渗,但扩散性能不佳,芯体利用率低,而面层凹凸点加打孔结构可增大液体纵向和垂直方向的扩散。基于该数据,作者设计了一种特殊结构的复合导流层,以使液体纵向和垂直方向的扩散达到平衡。

### 1.2 动态水分传递能力测评

现有标准实现了对纸尿裤基本使用性能的评价,但是水分在单层织物内部和多层织物之间的传递过程仍不明确。对纸尿裤内水分动态传递过程的了解,有助于提升其材料、结构等整体构成设计水平,同时也能深入了解伴随着水分扩散和传递的热

量产生及传递,辅助纸尿裤穿着热湿舒适性能的研究。

当前纺织品织物动态水分传递能力的测评,主要采用液态水管理系统(MMT)进行<sup>[15]</sup>。该测试仪器通过捕获水分传递过程中的10个指标(上下表面的润湿时间、吸湿速率、最大润湿半径、扩散速率,以及单向传递指数、液态水动态传递指数等),输出织物内水分含量随时间变化曲线,定量观测水分在单层织物内部及多层织物间传递和扩散过程。该方法被美国纺织化学和染色家协会(AATCC)纳入测试标准中。我国相应的测试标准有出入境检验检疫行业标准SN/T 1 689.1—2005《多孔材料 液态水动态传递性能的测定 第1部分:纺织品》。

然而有学者认为纸尿裤内SAP的填充,使纸尿裤的构成结构和普通织物有很大的区别,MMT的指标体系并不完全适用于纸尿裤水分管理能力的评估<sup>[16]</sup>,因此,研究人员从纸尿裤面层材料的“水分含量-时间”动态变化曲线中,筛选并重新定义了表面润湿时间、最大水分含量、水分滞留量、水分积累速率、水分渗透速率及整体水分管理能力6个指标描述纸尿裤动态水分传递特点;然后又通过逐步回归分析剔除,将其余5个指标作为纸尿裤水分管理能力的评价指标。

此外,有学者利用彩色盐水动态图像分析系统研究纸尿裤的水分传递行为,可以客观评价液态水分在垂直和水平方向的扩散特性<sup>[17]</sup>。

### 1.3 人体生理反应测评

除直接测量纸尿裤的吸收和防反渗性能外,一些学者通过纸尿裤覆盖区域人体皮肤的生理指标变化来间接评价纸尿裤的水分管理性能,主要探究其对人体皮肤的角质层水合作用、角质层屏障功能、皮肤pH值以及温度的影响。

Wang等<sup>[18]</sup>进行了成人和婴幼儿试用实验,发现表面材质经过凹凸形状处理的纸尿裤能减少皮肤角质层的水合,抑制物质的渗透,比市售商品具有相同或更高的安全性。

基于Li等<sup>[19]</sup>建立的皮肤含水量与环境相对湿度、空气温度、风速、皮肤温度的预测模型,有学者<sup>[20]</sup>提出了纸尿裤覆盖区域皮肤角质层的动态可逆水合模型,建立了角质层厚度与水分蒸发散失及暴露条件之间的函数,可用于预测瞬态条件下皮肤水合作用。研究发现纸尿裤覆盖区域皮肤的水合作用在一定范围内是可逆的,因此纸尿裤的定期更换十分重要。

综上,从测评方法上看,上述3类方法在纸尿裤水分管理能力的评估中发挥着不同的作用。借助或

参考现有标准可简便快速地判断纸尿裤液态水分的吸收和控制能力,对于纸尿裤使用性能的评价具有重要的实用价值,而对揭示其内部水分传递过程存在不足。以水分管理仪为代表的动态水分传递能力测评则对上述不足作出补充,量化了水分在纸尿裤内部的传递过程,并可直观清晰地输出结果,对于纸尿裤性能的提升和热湿传递机制的研究大有裨益。纸尿裤性能测评的根本目的是提升其使用性能,更好保障穿着者安全,人体生理反应测评揭示了纸尿裤对人体皮肤的影响,建立了纸尿裤性能和人体生理反应之间的关系,对纸尿裤安全性能的提高有重要意义。从测评结果上看,纸尿裤良好的吸收性能、扩散性能以及防反渗性能,主要通过表面包覆层、吸收芯层及其之间的配合来实现。现有SAP与绒毛浆混合材料的应用使纸尿裤具有卓越的吸收和液体保持性能,三维立体结构的处理、材料的后整理以及新型纤维材料的开发提升了纸尿裤的扩散性能和防反渗性能。整体来看,目前纸尿裤的液态水吸收能力和控制能力已能满足正常的使用需求,现有研究主要以提升材料的环保性和穿着舒适性及轻薄化为主要目标。

## 2 接触舒适性测评

接触舒适性是指人体皮肤与织物或服装接触作用时的一种生理感觉<sup>[21]</sup>,其作用形式往往为局部的刺激和压迫,严重时会产生连锁反应,导致生理不适和心理不悦<sup>[22]</sup>。本文从手感和接触刺激性两方面分析纸尿裤接触舒适性测评的现状。

### 2.1 手感测评

织物手感的成因复杂,与其低应力下的多项力学性能密切相关,显著影响其接触舒适性<sup>[23]</sup>。当前纸尿裤手感的测评主要从纸尿裤面层材料的手感预测及纸尿裤润湿后手感的变化两方面展开。

目前,普遍通过纸尿裤面层材料的物理力学参数量化其手感,有研究人员<sup>[24-25]</sup>通过表面性能、压缩性能、防反渗性能预测纸尿裤吸收区域及非吸收区域无纺布在干燥及润湿状态下的手感,并对该手感预测模型的精确度做出验证。后期有研究尝试在此基础上将男性西装的手感预测方程进行修正并引入纸尿裤面层材料的手感评定中<sup>[26]</sup>,结果表明,修正后的方程可以在较小误差范围内预测纸尿裤面层材料的手感,且纸尿裤面层材料的手感与其整体手感具有显著相关性。

上述手感的预测是基于织物物理力学性能与人体主观感受之间的关系,然而,有研究者<sup>[27]</sup>提出主

观手感评定时存在个体差异性大的缺点,通过反向传播网络和逐步回归方法建立纸尿裤主观手感和物力学性能之间的关系,则可规避该误差。

由于纸尿裤的尿液存储功能,穿着者可能在一段时间内穿着润湿后的纸尿裤,尿液润湿前后接触感觉的变化也是值得研究的内容。有学者<sup>[26]</sup>使用 KES-F 系统研究纸尿裤吸收尿液后手感的变化发现:纸尿裤吸收尿液后压缩性能线性增加,手感变硬;热导率和最大热通量增加,冷感增加。有研究<sup>[28]</sup>用 U-test 万能拉伸测试仪等设备代替 KES-F 测量系统,测量纸尿裤润湿后压缩性能和传热性能的变化,结果显示 2 种方法测得的数据呈现出类似的变化趋势。

## 2.2 接触刺激测评

纸尿裤对人体皮肤的接触刺激会影响穿着者的皮肤健康,尤其是对刺激承受能力显著低于成人<sup>[29]</sup>的婴幼儿群体。

婴儿作为纸尿裤的主要穿着者之一,不具备语言表达能力,传统的用于感觉评估的主观测评方法很难实施。有学者<sup>[30]</sup>尝试建立传感器系统,通过纸尿裤对皮肤的接触压力和摩擦力量化其接触刺激,后续又在此基础上,研究了婴儿穿着不同结构纸尿裤时,接触刺激随其腿部运动的动态变化<sup>[31]</sup>。结果发现接触刺激的大小不仅与婴儿腿部运动有关,还与纸尿裤的结构有密切的联系。

综上所述,从测评内容上看,纸尿裤接触舒适性测评涉及到手感和接触刺激两个层面。纸尿裤手感主要取决于其面层材料,较少涉及复杂的内部结构,可引入服装手感测评体系进行测评,辅助面层材料的筛选和优化。而接触刺激不仅与面层材料有关,还受到纸尿裤对人体的压力、穿着者运动状态的影响,现有研究在量化纸尿裤对人体的接触刺激以及记录其动态变化上取得了一定成果,但未能明确揭示接触刺激对人体的安全范围,及其与纸尿裤结构参数的关系。目前纸尿裤接触舒适性的提升主要通过面层材料的优化来实现,面层材料的液态水分传导、扩散性能及防反渗性能的提升对纸尿裤的接触舒适性有积极的影响,在此基础上提升面层材料的柔软性,或者赋予其抗菌等特殊功能还具有一定的研究空间。

## 3 热湿舒适性测评

纸尿裤特殊的结构和用途使其具有较为复杂的传热传湿特点。同服装类似,纸尿裤的热传递特征及其与人体、环境之间的热、湿耦合作用是穿着舒适

性研究的侧重点<sup>[32]</sup>。

### 3.1 织物系统内的热湿传递

干燥状态下,纸尿裤的热传递与一般织物热传递原理相似,但传递阻力更大。尿液的吸收使得纸尿裤织物系统中的热传递过程变得复杂,受到材料变形带来的热湿性能、服装体积、织物内部间隙量,以及衣下微气候的温湿度的变化等诸多因素的交互影响。

穿着者往往希望纸尿裤具有较低的保温率,以减轻闷热感。在纸尿裤保温率的研究中,研究人员<sup>[33]</sup>通过搭建皮肤模型,模拟纸尿裤的实际穿着状态,讨论了影响纸尿裤保温率的主要因素,包括:皮肤干湿状态、与皮肤的接触方式、纸尿裤种类等。结果表明干燥的皮肤、尿布与皮肤非直接接触及较厚纸尿裤条件下,保温率较高。

还有学者<sup>[34]</sup>使用 S-SMART 系统模拟和客观测量的方法测量了 2 种类型纸尿裤(纸尿裤和可循环纸尿裤)的导热系数( $K$ )和最大热通量( $q_{max}$ ),以对比 2 种类型纸尿裤的热传递性能,为纸尿裤环保性和舒适性的平衡设计及性能提升提供指导。

织物吸收水分后热传导性能将发生改变,研究表明纸尿裤吸收水分后,热导率和最大热通量增加,保温性降低<sup>[33-35]</sup>。

一项采用真人作为实验对象的研究<sup>[34]</sup>对比了人体处于不同活动水平下纸尿裤吸收层和纸尿裤覆盖区域皮肤的温湿度,结果发现织物优越的热湿传递能力是覆盖区域皮肤温湿度降低的主要影响因素。

与普通织物不同,纸尿裤内 SAP 颗粒在吸收水分时会抑制水分子的活动性,而当水分达到一定量时,SAP 颗粒急剧膨胀,发生碰撞摩擦重新释放自由水分子<sup>[36]</sup>。针对该特殊性,有学者<sup>[37]</sup>讨论了纸尿裤吸收芯层由湿度变化引起的热传导性能的变化。通过干燥状态下吸收芯层的导热率、纸浆纤维和水的导热率、纸浆纤维和水的密度、吸收芯层的吸水量计算吸收芯层在润湿状态下的导热率。结果表明:当 SAP 颗粒吸收了大约一岁婴儿所排出的尿液量后,其导热性能迅速增加,最大热通量值升高了 2.5 倍,导热率升高了 1.4 倍。该研究有助于揭示纸尿裤热传递机制及评估 SAP 颗粒使用性能。

### 3.2 微气候内热湿传递

服装衣下微气候在服装系统的热湿传递中起着关键的作用。纸尿裤的密闭性能良好,其衣下微小环境<sup>[38]</sup>中的热湿传递因其对流通道的阻断而对人体着装舒适感的影响更为显著。

有学者<sup>[39]</sup>自行构建了一个恒温站立的假人试

验平台,探索纸尿裤微气候内温湿度的分布。通过模拟婴儿排尿,测试纸尿裤在多次尿湿情况下衣下微气候内温湿度的分布和变化。

微气候温湿度等特征受到纸尿裤的结构、材料、穿着者的状态等多种因素的影响。研究表明<sup>[40]</sup>,搭口式纸尿裤相对内裤式纸尿裤更易于散热散湿,适用于卧床患者或夜间使用。Yayoi 等<sup>[11]</sup>使用示踪气体法和可模拟婴儿腿部运动的实验平台(见图 1),发现纸尿裤微环境的通风性影响其热湿传递过程,而通风性又与纸尿裤结构、材料以及婴儿运动状态之间具有密切关系。

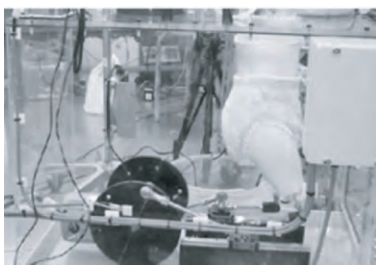


图 1 可运动婴儿假人  
Fig. 1 Moving infant manikin

文献[38]讨论了纸尿裤物理性能和微气候内温湿度分布之间的关系发现,透湿率、放湿干燥率与纸尿裤热湿舒适性有明显的相关性。研究人员还采用主观感受温湿度方案得到了温湿度舒适范围图,该研究对纸尿裤微气候热湿舒适性评价标准的建立提供参考。

目前,纸尿裤热湿舒适性的测评在热传递特征、监测微气候内温湿度的变化规律上取得一定进展,而多层结构间的传热传湿规律仍不明确,动态热湿传递数学模型尚未建立。纸尿裤热湿舒适性受到织物传热传湿能力及纸尿裤结构的显著影响,表面包覆层材料优越的导湿快干性可提升热湿舒适性,而纸尿裤厚度及其与皮肤间相对密闭的空间则会对人体的热湿舒适性产生消极的影响,因此,纸尿裤的热湿舒适性与纸尿裤的吸收、防侧漏性能存在一定的矛盾关系,未来研究应注重这 2 部分功能的平衡以提升纸尿裤整体服用性能。

### 4 适体舒适性测评

适体舒适性是指服装与人体复杂曲面相吻合的程度,包括服装的尺寸合体性与运动自由度等,与作用于人体表面的压力大小有关<sup>[32]</sup>。

目前,有较多从结构方面提高纸尿裤适体性的专利。例如,易固定、可调整尺码的婴儿纸尿裤<sup>[41]</sup>,在尿布本体一端的吸水芯体两侧防侧漏围边上设有

位置相对的尿布系带孔,可根据婴儿各生长时期的围度变化进行调节,增大适用范围。

有学者<sup>[42]</sup>提出了一种可预测穿着中纸尿裤形态的模型,该模型通过有限元计算、几何映射、动态计算等方法,根据纸尿裤的纸样、材料特性和婴儿体型来预测纸尿裤穿着时的形态,并计算其与人体之间的距离,模拟结果如图 2 所示。该方法可作为纸尿裤适体性研究的参考方法,并可支持衣下微环境形态的进一步量化研究。

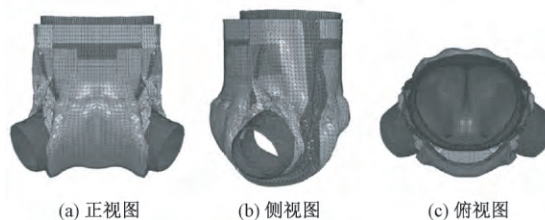


图 2 纸尿裤穿着形态模拟图  
Fig. 2 Simulated diaper shape. (a) Front view; (b) Side view; (c) Top view

纸尿裤适体舒适性与其水分管理能力、接触感觉以及热湿舒适性能密切相关,然而,这方面的研究在理论和实验上均显不足,符合纸尿裤穿着形态和服用性能的主观评价标尺及压力舒适范围还未提出。

### 5 纸尿裤各项服用性能的关系

纸尿裤的液态水分管理能力决定了其对尿液的吸收及控制能力,即其基本功能的实现,且对纸尿裤接触舒适性和热湿舒适性产生一系列影响,应是性能测评的前提和首要模块;接触舒适性和热湿舒适性极大影响穿着者的舒适性及生理健康,是纸尿裤整体服用性能测评的主体部分;而适体舒适性可影响纸尿裤的基础功能、接触舒适性及热湿舒适性,是纸尿裤整体服用性能测评时不可忽视的潜在影响因素,图 3 示出各性能间的交互关系。

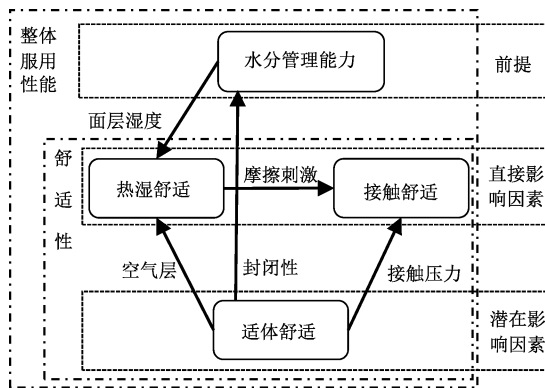


图 3 各性能关系图  
Fig. 3 Relation schema of four performances

## 6 结束语

本文从水分管理能力、接触舒适性、热湿舒适性、适体舒适性 4 个方面概括了纸尿裤整体服用性能测评的研究进展。上述 4 个方面的性能直接影响穿着者的舒适与安全且存在复杂的交互影响,因此纸尿裤整体服用性能的测评对产品性能的优化具有重要意义。下列问题的深入研究将有助于提升服用性能测评的有效性、合理性和完整性。

1) 揭示纸尿裤多层系统的热湿传递机制。纸尿裤多层结构间热湿传递原理与织物类似,但由于其使用时会吸收大量含有热量的尿液,且材料和结构上均具有密闭性要求,导致热湿传递过程要比织物更复杂。目前关于纸尿裤多层结构间热湿传递的研究主要集中在测量内环境的温湿度分布上,而在热湿传递机制及模型建立上存在不足。

2) 搭建专业的实验平台和测量仪器。由于纸尿裤特殊的服装形态和特定的穿着人群,使得普通人主观穿着实验等常规测试手段不能直接应用于纸尿裤的性能测评。许多学者根据其研究目的自行搭建了一些实验平台,但是目前还没有专用于纸尿裤舒适性评价的实验平台,这也是未来进行稳定可靠的纸尿裤实验测评的重要课题。

3) 建立纸尿裤舒适性评价体系。服装不同性能之间均存在相互关联和内在制约,且对不同种类的服装而言,这种内在关联的表现不同。对于具有特殊功能的纸尿裤而言,其性能之间的相互作用机制尚不明晰,需要建立科学合理的评价体系和评价标准,才能为功能平衡的产品研发提供参考和依据。

**FZXB**

### 参考文献:

- [1] 宋喆. 耐盐性高吸水树脂的研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2012: 7.  
SONG Zhe. Studies of Salt Tolerance super absorbent resin [D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2012: 7.
- [2] BERG R W, MILLIGAN M C, SARBAUGH F C. Association of skin wetness and pH with diaper dermatitis[J]. Pediatric Dermatology, 1994, 11(1): 18-20.
- [3] KYUNG Hwa Hong, SOO Chang Kim, TAE Jin Kang. Effect of abrasion and absorbed water on the handle of nonwovens for disposable diapers[J]. Textile Research Journal, 2005, 75(7): 544-550.
- [4] 赵学玉, 邢明杰. 婴儿纸尿裤面层材料的发展[J]. 山东纺织科技, 2016, 57(5): 48-50.
- ZHAO Xueyu, XING Mingjie. Development of baby diapers surface materials [J]. Shandong Textile Science and Technology, 2016, 57(5): 48-50.
- [5] 陈大鹏. 无纺布瞬吸孔纸尿裤: 201855363U [P]. 2011-06-08.  
CHEN Dapeng. Non-woven instant sucker diaper: 201855363U [P]. 2011-06-08.
- [6] 袁传刚, 韩旭. 功能型纸尿裤表层材料的开发及其性能研究[J]. 产业用纺织品, 2008, 26(8): 6-8.  
YUAN Chuangang, HAN Xu. Study on the development and properties of diapers functional surface materials [J]. Technical Textile, 2008, 26(8): 6-8.
- [7] 徐小萍, 张寅江, 靳向煜. 纸尿裤各层结构的作用及吸液机理分析[J]. 产业用纺织品, 2013(5): 19-23.  
XU Xiaoping, ZHANG Yinjiang, JIN Xiangyu. Analysis of the functions and imbibition mechanism of disposable diaper's each layer [J]. Technical Textiles, 2013(5): 19-23.
- [8] 王雨, 钱晓明. 婴儿纸尿裤各层结构的研究现状及市场发展[J]. 纺织导报, 2016(12): 66-69.  
WANG Yu, QIAN Xiaoming. Research status and market development of baby diaper's each layer [J]. China Textile Leader, 2016(12): 66-69.
- [9] 周珍琪, 丁志勤. 一种复合无纺布: 201120300749.X [P]. 2012-05-09.  
ZHOU Zhenqi, DONG Zhiqin. A composite non-woven: 201120300749.X [P]. 2012-05-09.
- [10] NOMATA T, OKUYAMA T, TANAKA M. Evaluation of contact stimuli by diapers for infants: relationship between contact stimuli and walking motion [J]. International Symposium on Applied Electromagnetics & Mechanics, 2012, 39(1): 479-485.
- [11] SATSUMOTO Yayoi, HAVENITH George. Evaluation of overall and local ventilation in diapers [J]. Textile Research Journal, 2010, 80(17): 1859-1871.
- [12] COTTENDEN A M, ROTHWELL J G, LEANDER H, et al. An investigation of the repeatability and reproducibility of ISO 11948-1 (the Rothwell method) for measuring the absorption capacity of incontinence pads [J]. Medical Engineering & Physics, 2002, 24(2): 159-163.
- [13] COTTENDEN A M, FADER M J, PETTERSSON L, et al. How well does ISO 11948-1 (the Rothwell method) for measuring the absorption capacity of incontinence pads in the laboratory correlate with clinical pad performance [J]. Medical Engineering & Physics, 2003, 25(7): 603-613.
- [14] 李悦. 婴儿纸尿裤结构与吸收性能关系的研究[D]. 上海: 东华大学, 2015: 24-44.  
LI Yue. Study on the relationship between structure and absorbability of baby diapers [D]. Shanghai: Donghua University, 2015: 22-44.
- [15] HU Junyan, LI Yi, YEUNG Kwokwing, et al. Moisture



- management tester: a method to characterize fabric liquid moisture management properties [J]. *Textile Research Journal*, 2005, 75(1): 57-62.
- [16] FENYE Meng, SAU Fun Frency Ng, CHI Leung Patrick Hui, et al. An objective method to characterize moisture management properties of disposable diapers [J]. *Textile Research Journal*, 2011, 81(16): 1641-1654.
- [17] YANG Xiaoqi, YANG Minzhuang, MATSUDAIRA Mitsuo, et al. Examination of water transfer characteristics in disposable diapers by colored salt water [J]. *Textile Machinery Society of Japan*, 2004, 57(10): 100-105.
- [18] WANG Xuemin, ZOU Ying, TAN Yimei, 等. 凹凸形状表面材质纸尿裤的有效性评价 [C]//2014 全国中西医结合皮肤性病学术年会论文汇编. 南昌: 中国中西医结合学会皮肤性病专业委员会, 2014: 59.  
WANG Xuemin, ZOU Ying, TAN Yimei, et al. Effectiveness evaluation of diaper with concavo convex shape and surface texture [C]// 2014 National Integrated Dermatology and Venereology Annual Conference Proceedings. Nanchang: Chinese Society of Integrative Medicine Dermatology Professional Committee, 2014: 59.
- [19] LI X, JOHNSON R, WEINSTEIN B, et al. Dynamics of water transport and swelling in human stratum corneum [J]. *Chemical Engineering Science*, 2015, 138: 164-172.
- [20] SAADATMAND M, STONE K J, VEGA V N, et al. Skin hydration analysis by experiment and computer simulations and its implications for diapered skin [J]. *Skin Research & Technology*, 2017: 1-14.
- [21] 戴晋明, 任玉杰. 防水透气织物舒适性 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2003: 48-51.  
DAI Jinming, REN Yujie. Comfort of Proofed Breathable Fabric [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2003: 48-51.
- [22] 张雪峰. 贴身类服装的主观接触舒适性与其织物手感的相关性研究 [D]. 上海: 东华大学, 2004: 6.  
ZHANG Xuefeng. Study on the relationship between close-fitting garment subjective tactile comfort and its fabric handle [D]. Shanghai: Donghua University, 2004: 6.
- [23] 李俊, 王晓琼, 张雪峰, 等. 服装接触舒适性与其织物手感的相关性研究 [J]. *青岛大学学报(工程技术版)*, 2006, 21(1): 65-70.  
LI Jun, WANG Xiaoqiong, ZHANG Xuefeng, et al. Research on relativity between clothing comfort and fabric handle [J]. *Journal of Qingdao University (Engineering and Technology Edition)*, 2006, 21(1): 65-70.
- [24] YOKURA Hiroko, NIWA Masako. Objective hand evaluation of non-wovens used for nappies [J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 1997, 9(3): 207-213.
- [25] YOKURA Hiroko, NIWA Masako. Objective hand measurement of materials used for disposable diapers [J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2000, 12(2): 184-192.
- [26] YOKURA Hiroko, NIWA Masako. Objective hand measurement of nonwovens used for top sheet disposable diapers [J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2002, 14(3/4): 230-237.
- [27] YAMAN Necla, SENOL Fikri M, GURKAN Pelin. Applying artificial neural networks to total hand evaluation of disposable diapers [J]. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2011, 6(1): 38-44.
- [28] YAMAN N, SENOL M F, TAYYAR A E. Alternative test methods for assessing mechanical properties of disposable diapers [J]. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 2007, 15(2): 80-84.
- [29] ATHERTON D J. The aetiology and management of irritant diaper dermatitis [J]. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology Blackwell Science*, 2001, 15(S): 1-4
- [30] NOMATA T, OKUYAMA T, TERAOKA H, et al. Quantification of a contact stimulus by diapers [J]. *Proc Spie*, DOI: 10.1117/12.858310.
- [31] NOMATA T, OKUYAMA T, TANAKA M. Evaluation of contact stimuli by diapers for infants: relationship between contact stimuli and walking motion [J]. *International Journal of Applied Electromagnetics & Mechanics*, 2012, 39(1): 479-485.
- [32] 张渭源. 服装舒适性与功能 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2011: 12, 129.  
ZHANG Weiyan. Clothing Comfort and Function [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2011: 12, 129.
- [33] 李仲. 尿布保温性的基础研究 [J]. *青海师专学报(教育科学)*, 2006, 26(5): 60-63.  
LI Zhong. Basic study on diapers thermal insulation [J]. *Journal of Qinghai Teachers College (Education Science)*, 2006, 26(5): 60-63.
- [34] GUO Yueping, FRENCY S F N, PATRICK C L, et al. Heat and mass transfer of adult incontinence briefs in computational simulations and objective measurements [J]. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2013, 64(7): 133-144.
- [35] YOKURA Hiroko, NIWA Masako. Changes in disposable diaper properties caused by wetting [J]. *Textile Research Journal*, 2000, 70(2): 135-142.
- [36] 李建颖. 高吸水与高吸油性树脂 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 11.  
LI Jianying. High Water Absorption and High Oil Absorption Resin [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005: 11.
- [37] YOKURA H, NIWA M. Heat transfer properties of

- absorbed cores in water-absorbing hygiene products [J].  
Sen I Kikai Gakkaishi ,2004 ,57( 9) : 89 - 94.
- [38] 张思云. 纸尿裤热湿舒适性的评价与研究 [D]. 上海: 东华大学, 2014: 16.  
ZHANG Siyun. Evaluation and study on thermal and moisture comfort of diapers [D]. Shanghai: Donghua University ,2014: 16.
- [39] 张思云, 靳向煜. 纸尿裤微气候内温湿度的测试与分析 [J]. 产业用纺织品, 2014( 8) : 22 - 27.  
ZHANG Siyun ,JIN Xiangyu. Test and analysis of micro climate temperature and humidity under diapers [J]. Technical Textiles ,2014( 8) : 22 - 27.
- [40] 王颖, 雷成, 吴悦, 等. 成人纸尿裤的内环境温度测试研究 [J]. 武汉纺织大学学报, 2016 ,29( 3) : 39 - 42.
- WANG Ying ,LEI Cheng ,WU Yue ,et al. Study on the temperature measurement of internal climate under adult diapers [J]. Journal of Wuhan Textile University ,2016 , 29 ( 3) : 39 - 42.
- [41] 李望秀, 李华新. 一种易固定、可调整尺码的婴儿纸尿裤: 201620055807. X [P]. 2016 - 06 - 22.  
LI Wangxiu ,LI Huaxin. An easy fixed ,adjustable baby diaper: 201620055807. X [P]. 2016 - 06 - 22.
- [42] HORIBA Yosuke ,INUI Shigeru ,MAEDA Yuki ,et al. Prediction of diaper shape while worn by using finite element method: focus on posture of open legs wearing tape-type baby disposable diaper [J]. Fiber , 2014 , 70( 8) : 180 - 186.