

服装拉链对典型纺织面料磨损过程的研究及损伤等级评价

黄 益¹, 汤石艳¹, 吴建中², 王 赵¹, 孙世元², 魏晓英², 邵建中¹

(1. 浙江理工大学生态染整技术教育部工程研究中心, 杭州 310018; 2. 嘉兴市产品质量检验检测院, 国家服装辅料产品质量监督检验中心(浙江), 浙江嘉兴 314050)

摘 要: 为了建立服装拉链磨损机械安全性的测试评价方法, 研究了五种典型服装面料在常用拉链摩擦作用下的损伤过程。研究发现: 平纹棉织物、平纹蚕丝织物、平纹涤纶织物在拉链摩擦过程中存在典型的阶段性磨损特征, 即表面磨损、单向纱线断裂、双向纱线断裂(出现破洞)、破洞变大直至破损严重, 上述磨损特征可用于拉链对于织物磨损等级的制订; 不同材质拉链对织物磨损程度的对比实验和拉链微观机械结构的观察分析表明, 由于拉链材质、啮合方式及锐边锐角结构的差异, 三种拉链对于织物磨损程度的排序为: 金属拉链、尼龙拉链、注塑拉链。

关键词: 拉链; 服用织物; 磨损过程; 表面结构; 等级评价

中图分类号: TS911

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2017) 03-0322-07

0 引 言

拉链作为一种重要的服装辅料, 是提升服装实用性和整体品质的重要部件, 已成为服装产品中不可或缺的一部分。我国是世界上最大的拉链生产国和出口国, 国内拉链企业逾 3000 家, 产量占世界拉链份额的 60%, 拉链销售额逾 400 亿元^[1]。随着日益增长的市场需求, 拉链产品的服用安全性日益凸显。除了拉链产品中重金属释放对人体的危害外^[2], 因拉链折断、爆开、夹持以及锐边、尖端、毛刺等质量问题而引发的服用安全事故, 引起了生产企业、政府监管部门以及消费者的高度关注^[3-4]。

当前服装安全性技术指标和测试方法主要集中于成衣产品, 如服装机械性安全、可燃性安全和化学性安全等^[5-6], 尚无系统的测试方法和评价体系用于服装辅料的机械安全性评估。我国相关部门已关注到服装辅料产品的表面机械安全性问题, 2008 年出台的 GB/T 22704—2008《提高机械安全性的儿童服装设计和生产实施规范》、FZ/T 81014—2008《婴

幼儿服装》标准等均明确指出, 应避免拉链、钮扣或装饰物上的尖锐边缘对穿着者特别是婴幼儿造成的伤害, 但上述标准尚无具体的技术要求和测试方法。此外, 我国作为拉链出口大国, 如何站在全球贸易的制高点上, 切实制定拉链产品的技术测试和评价标准来提高拉链产品的机械安全性, 是规避贸易风险、加快企业发展的重要举措之一。

本文根据拉链在日常使用过程中对衣物等的摩擦力特点, 结合国内外磨损测试已有的研究基础, 自制了磨损检测装置, 研究了五种典型服装面料在受到拉链摩擦后的损伤过程和机理, 并优选适用于摩擦损伤等级评价的织物磨料, 为最终建立一套简单、快速、完整、准确的拉链表面磨损机械安全性的测试和评价方法提供依据。

1 实验部分

1.1 实验材料与仪器

材料: 平纹全棉织物(14 Tex, 160 g/m², 600×380 根/10cm)、针织羊毛织物(36 Tex, 300 g/m²)、

收稿日期: 2016-08-21 网络出版日期: 2017-01-03

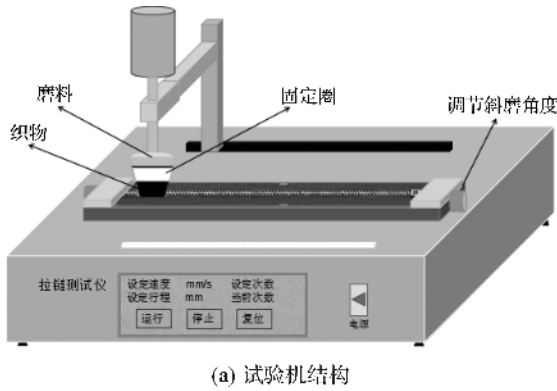
基金项目: 浙江省质量技术监督系统科研计划项目(20150255)

作者简介: 黄 益(1986—), 男, 江苏太仓人, 博士, 讲师, 主要从事纺织品数码印花技术方面的研究。

通信作者: 邵建中, E-mail: jshao@zstu.edu.cn

仿牛皮涂层织物(100 %聚酯纤维基底弹力 PU 皮, 300 g/m²)、平纹蚕丝织物(5 Tex, 46 g/m², 510×480 根/10cm)、平纹涤纶织物(18×3 Tex, 137 g/m², 610×1160 根/10cm)、金属拉链、尼龙拉链、注塑拉链(上述织物与拉链均由嘉兴产品质量检验检测院提供)。

仪器: 拉链摩擦磨损试验机(自制), HIROXKH-7700 型三维视频显微镜(美国科斯塔公司)。



1.2 实验方法与表征

织物摩擦损伤测试: 剪裁 6 cm×6 cm 织物试样, 使用固定圈将试样固定于摩擦头, 根据常规服用搭配选择合适的拉链材质, 采用自制拉链摩擦磨损试验机进行织物摩擦损伤实验, 试验机结构如图 1 所示。设定拉链摩擦损伤试验机运行的基本参数为: 负重 5 N, 速度 250 mm/s, 行程 150 mm, 斜磨和侧磨角度 0°, 将织物用固定圈套在磨料上进行摩擦实验。

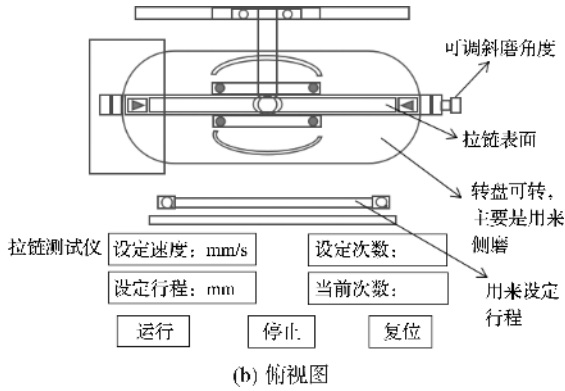


图 1 拉链摩擦磨损试验机结构及俯视图

织物摩擦损伤表征: 织物在试验机摩擦过程中出现一定物理破坏时(拉毛、断纱、破洞等), 采用三维视频显微镜在 50 倍放大倍数下观察织物组织结构和纱线摩擦损伤情况。

2 结果与讨论

2.1 拉链对典型织物摩擦损伤过程研究

纺织品的摩擦损伤是当织物与固体相接触并发生相对移动后, 织物发生压缩、拉伸、弯折、剪切

或切割所致^[7]。服用织物的摩擦损伤性能与织物组织结构、纤维自身的模量、断裂强力、断裂延伸率和耐磨性等均密切相关, 常见纤维物理机械性能如表 1 所示。故本文选取五种典型服用织物(平纹棉织物、平纹蚕丝织物、平纹涤纶织物、针织纯羊毛织物及仿牛皮涂层织物), 在初步试验的基础上设定摩擦负重 5 N, 速度 250 mm/s, 行程 150 mm, 研究上述织物试样在受到拉链摩擦后的损伤过程。

表 1 常见纤维应力-应变行为的典型特征及耐磨性^[8]

纤维类型	应力-应变特征					耐磨性
	模量	屈服应力	断裂强力	断裂伸长率	纤维表现	
棉	高	无	中	低	刚而脆	较好
蚕丝	高	高	高	中	刚而强	中等
羊毛	低	低	低	中	柔软而弱	中等
涤纶	高	高	高	高	刚而韧	好

棉织物具有柔软、透气、吸湿等特点, 同时棉型服装吸汗透气, 耐磨耐洗, 不易起毛球, 是目前消费者最常用、最受欢迎的服装面料之一。棉纱的耐磨性与其条干、毛羽及棉纤维的断裂强度相关^[9]。棉纤维本身具有较高的模量和良好的断裂伸长率, 同时其纵向呈不规则的天然转曲, 使其具有良好的成纱抱合力, 因此棉织物拥有良好的耐磨性和尺寸稳

定性。平纹棉织物与金属拉链经不同摩擦次数后, 织物的表观形貌如图 2 所示。随着织物与拉链摩擦次数的增大, 棉织物表面磨损不断加剧。当摩擦次数少于 200 次时, 棉织物表面仅有部分纤维抽出; 继续摩擦至 1500 次时, 伴随着拉链齿牙对棉纤维的摩擦、切割作用, 不断有纤维从纱线中解聚、抽出, 同时纤维表面会发生物理形变及原纤化过程, 直至纱线

发生断裂^[10]。当摩擦次数达到 2150 次时,平纹棉织物的纬向出现多根纱线断裂,继续摩擦至 2300 次

时,织物表面发生双向纱线的断裂并出现小破洞。进一步增加磨损次数,破洞不断增大,织物磨损加剧。

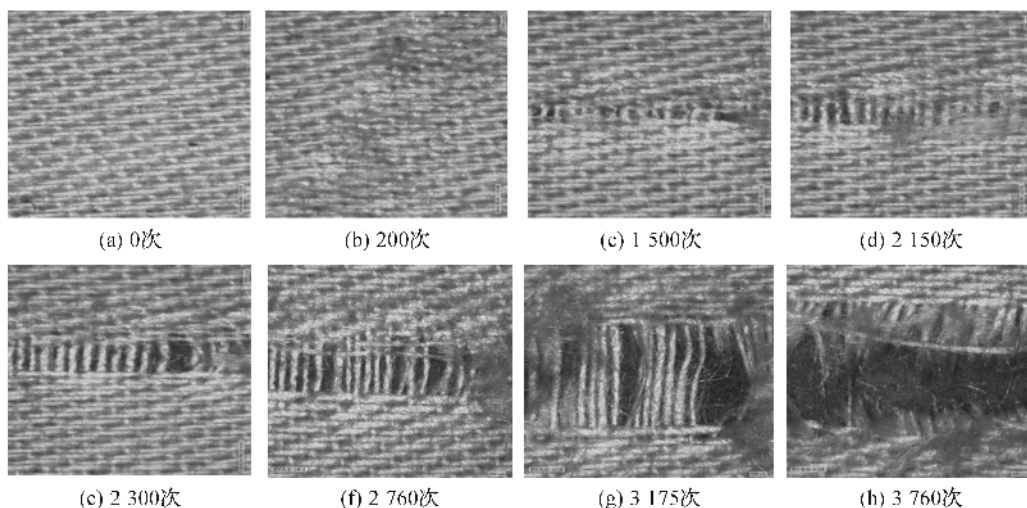


图2 平纹棉织物在金属拉链摩擦不同次数后的表面磨损照片

真丝被誉为“纤维皇后”,其面料手感柔软,有丝鸣感,光泽优雅,穿着舒适,是一类极受欢迎的高档服用面料。真丝织物与尼龙拉链经不同摩擦次数后织物的表面形貌如图3所示。在摩擦初期,真丝织物仅出现表面磨损,表现为表面“毛纤”不断增加。表面“毛纤”的产生主要归因于蚕丝纤维的原纤化损伤过程。蚕丝纤维表面存在一层连续的外表层,厚度为 150~250 nm,该连续外表层将丝纤维内部的

微结构单元(也称原纤)通过无序的粘连而包覆集成纤维整体^[11-13]。在拉链摩擦应力的作用下,蚕丝纤维表面的连续外表层被逐渐破坏而导致蚕丝原纤化程度加剧。随着摩擦次数的不断增加,蚕丝纤维在周期性摩擦应力下发生疲劳损伤而断裂,分别在摩擦 2550 次和 2750 次后出现单向纱线断裂和双向纱线的断裂(即出现破洞)。进一步增加摩擦次数,蚕丝织物表面破洞不断增大,织物破损严重。

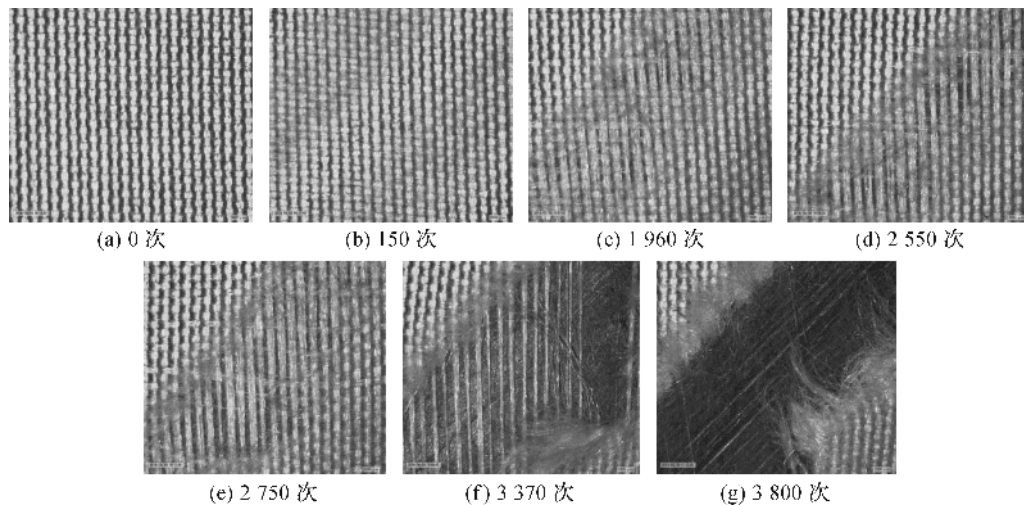


图3 平纹蚕丝织物在尼龙拉链摩擦不同次数后的表面磨损照片

涤纶是世界上产量最大、应用最广泛的合成纤维品种,具有断裂强力好,初始模量高及弹性恢复力优良等特点,其作为服装面料同样具有坚牢耐磨、挺括抗皱等优点,因此被广泛用于服装面料。平纹涤纶织物与金属拉链经不同摩擦次数后织物的表面形貌如图4所示。由于涤纶本身断裂强力高、弹性好,因此在初始摩擦过程中仅表现出织物组织结构的扭曲。当摩擦次数

超过 300 次后,逐渐有部分纤维发生断裂而从织物组织结构中抽出,直至摩擦次数达到 1300 次时产生单向纱线的断裂。进一步增加摩擦次数,涤纶纤维会因反复摩擦而累积产生高温,并发生部分塑性或熔融变形,从而影响纤维的结构和力学强度。因此,在摩擦 2470~2710 次过程中,涤纶织物的摩擦损伤加剧,在发生双向纱线的断裂后随即出现严重的摩擦损伤情况。

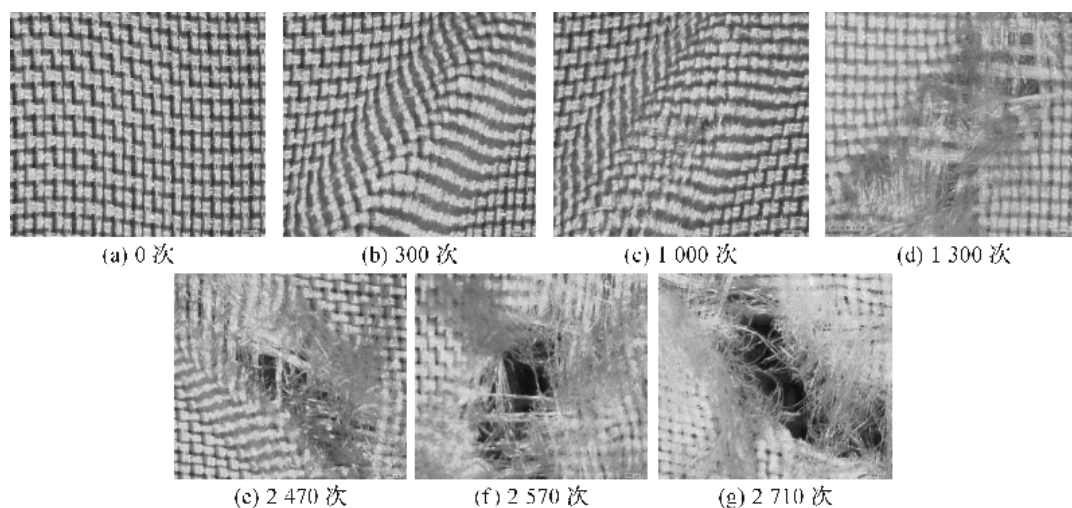


图4 平纹涤纶织物在金属拉链摩擦不同次数后的表现磨损照片

羊毛作为一种重要的纺织原料具有弹性好、吸湿性强等特点,而羊毛织物具有保暖性好、不易沾污、光泽柔和等特性,是一种具有独特的风格和使用功能的高级服用面料。羊毛针织面料与金属拉链经不同摩擦次数后织物的表现形貌如图5所示。由于羊毛纤维本身具有独特的鳞片层结构,且断裂强力 and 模量较低,因此羊毛织物原有的表面绒毛在摩擦初期即被摩擦断裂而脱落。纱线外层羊毛纤维在进

一步的摩擦作用下不断被解聚、抽拔,随后由于纤维间表面鳞片层结构的缠结、毡化作用,纤维起绒并形成绒簇后脱落^[14]。正是由于羊毛纤维独特的鳞片层结构和物理机械性能特点,在上述磨损过程中羊毛纱线逐渐变细,羊毛织物逐渐变薄,并未出现显著的阶段性磨损特征。当摩擦次数达到8000次时,羊毛织物在反复摩擦损伤后出现破洞,随后破洞逐渐增大。

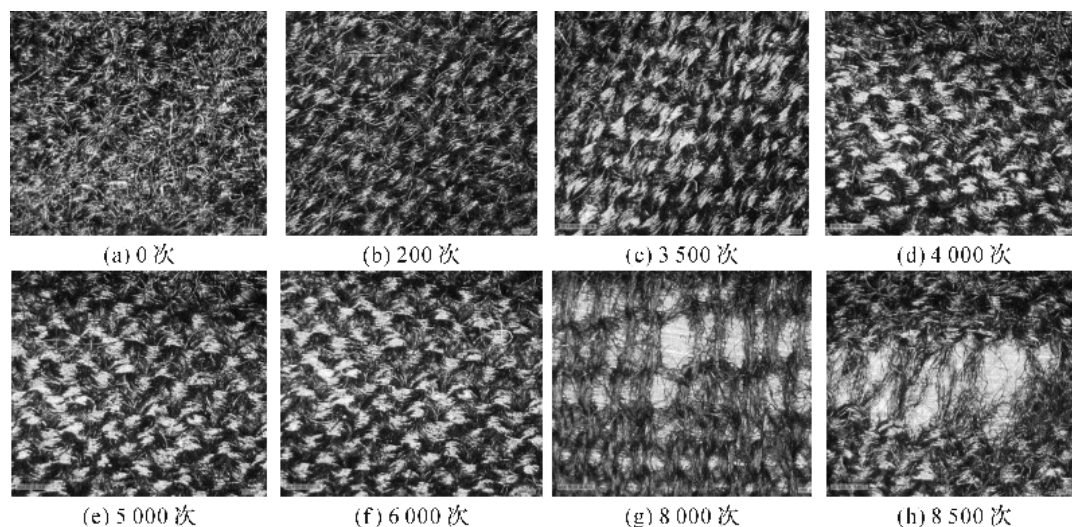


图5 针织羊毛在金属拉链摩擦不同次数后表现磨损的照片

涂层织物通常由基布和涂层材料复合而成,通过改变涂层材料可赋予织物独特的手感、风格和功能。仿牛皮涂层织物可使服装获得皮革手感和外观效果,还具有抗皱、易清洁等优点,深受到消费者欢迎。仿牛皮涂层织物与金属拉链经不同摩擦次数后织物的表现形貌如图6所示。仿牛皮涂层织物通

常采用聚氨酯(PU)作为涂层材料,服用聚氨酯涂层材料手感柔软、弹性好,但强度较差。在与拉链摩擦过程中,摩擦40次后仿皮涂层随即发生部分破损并露出基布。进一步增加磨损次数,仿皮涂层破损不断加剧并发生片状涂层脱落。当摩擦次数达到600次时,拉链摩擦区域仿皮涂层表面已全部脱落。

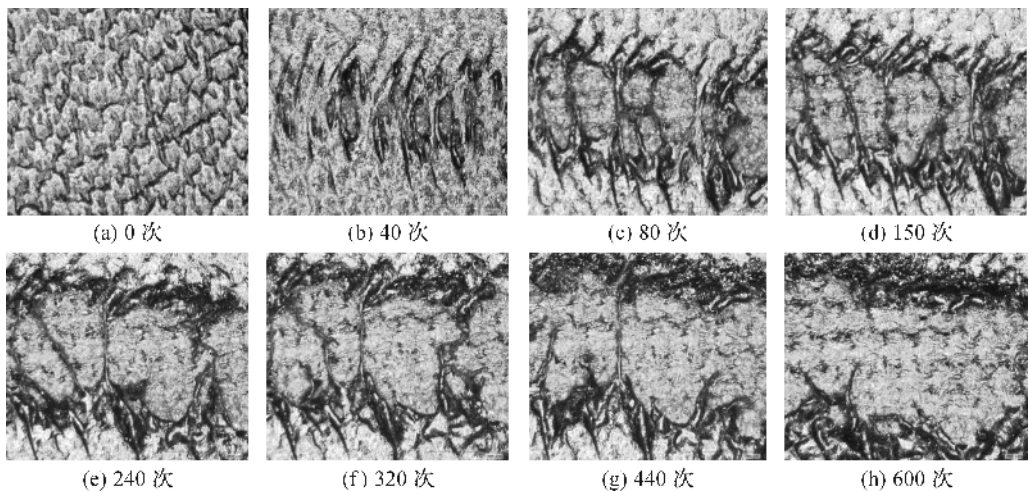


图6 仿牛皮涂层织物在注塑拉链摩擦不同次数后的表面磨损照片

2.2 典型织物优选及摩擦损伤等级评定

通过对比拉链对五种典型服用织物的摩擦损伤过程,发现针织羊毛织物和仿皮涂层织物的摩擦损伤过程阶段性磨损特征不显著,而平纹棉织物、平纹蚕丝织物、平纹涤纶织物呈现逐渐磨损过程,且摩擦

损伤过程中存在显著的阶段性特征,即织物表面磨损、单向纱线断裂、双向纱线断裂(出现破洞)、破洞变大以及破损严重五个状态。三种平纹织物清晰显著的阶段性磨损特征可用于织物磨损评级的制订,评定等级及对应的织物损伤情况如表2所示。

表2 典型织物的摩擦磨损等级评定

磨损等级	0级	1级	2级	3级	4级	5级
磨损情况	无磨损	表面磨损	单向纱线断裂	双向纱线断裂	破洞变大	破洞严重
平纹全棉 织物						
织物阶段性 磨损特征照片						
平纹涤纶 织物						

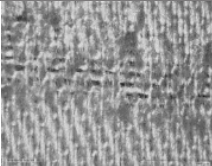
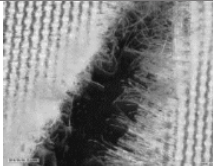
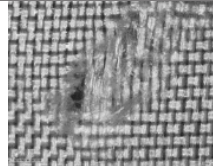
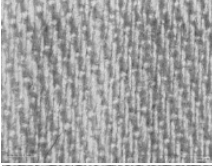
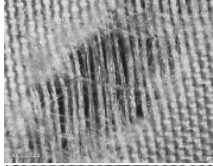
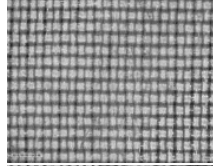
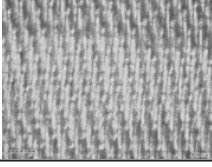
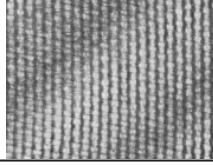
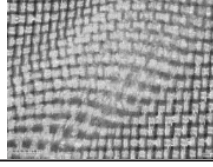
注:为进一步明晰摩擦损伤等级界限,定义3级时第二向纱线断裂 ≤ 3 根,定义5级时第二向纱线断裂 >10 根。

2.3 拉链类型对织物摩擦损伤情况的影响

不同种类拉链由于其材质、结构及表面粗糙程度等差异,在对织物摩擦过程中必然造成织物的损伤程度不同,因此需从上述差异分析对比不同种类拉链对织物摩擦损伤程度的影响。选择2.2节中典

型织物出现显著磨损状态(3级)所需摩擦次数,并选用对应的摩擦参数,研究不同拉链类型(金属、尼龙和注塑拉链)对优选的三种典型织物的摩擦损伤情况的影响,结果如表3所示,并初步分析不同材质拉链对织物的损伤程度差异及原因。

表 3 不同材质拉链与三种典型织物摩擦相同次数后织物的磨损情况

项目	平纹棉织物		平纹蚕丝织物		平纹涤纶织物	
	照片	等级	照片	等级/级	照片	等级
金属拉链		2		5		3
尼龙拉链		1		3		1
注塑拉链		1		1		1

注:采用不同种类拉链对棉、丝和涤纶平纹织物分别进行 2550、2750 次和 2470 次测试。

以蚕丝织物为例,选用尼龙拉链摩擦平纹蚕丝织物时达到 3 级磨损所需摩擦次数(2550 次),分别对比尼龙、注塑和金属拉链摩擦蚕丝织物后织物表面形貌与磨损评级结果如表 2 所示。平纹蚕丝织物与金属拉链摩擦 2550 次后,在织物表面出现了较大面积的破洞,评定磨损等级为 5 级;与尼龙拉链摩擦后出现小破洞,评定磨损等级为 3 级;而与注塑拉链摩擦后织物表面仅出现表面磨损现象,评定磨损等级为 1 级。此外,平纹棉织物和平纹涤纶织物的摩擦损伤测试结果类似。因此,拉链对织物的摩擦损伤程度从重到轻依次为:金属拉链、尼龙拉链、注塑拉链。

为进一步分析不同材质拉链表面结构对织物磨

损情况的影响,对三种材质拉链齿牙的微观形貌进行了观察,如图 7 所示。

三种材质拉链齿牙的微观形貌表明,金属拉链齿牙间凹凸相间,且表面呈现明显的锐边锐角和凸起。当其与织物摩擦时,除了齿牙平面部分对织物的平磨作用外,齿牙的凹凸结构使织物受到剪切作用,加之金属齿牙锐边锐角的存在,极易切割损伤纤维,加剧织物的磨损。尼龙拉链虽然齿牙圆润,但其齿牙间凹凸不平,且边缘有粗糙的纤维包裹,因此对织物具有平磨和一定的剪切作用。而对于注塑拉链,其齿牙表面及齿牙间啮合较为平整,其表面较为平滑,因此与织物摩擦过程中主要以平磨方式为主,因此对织物的摩擦损伤程度最小。

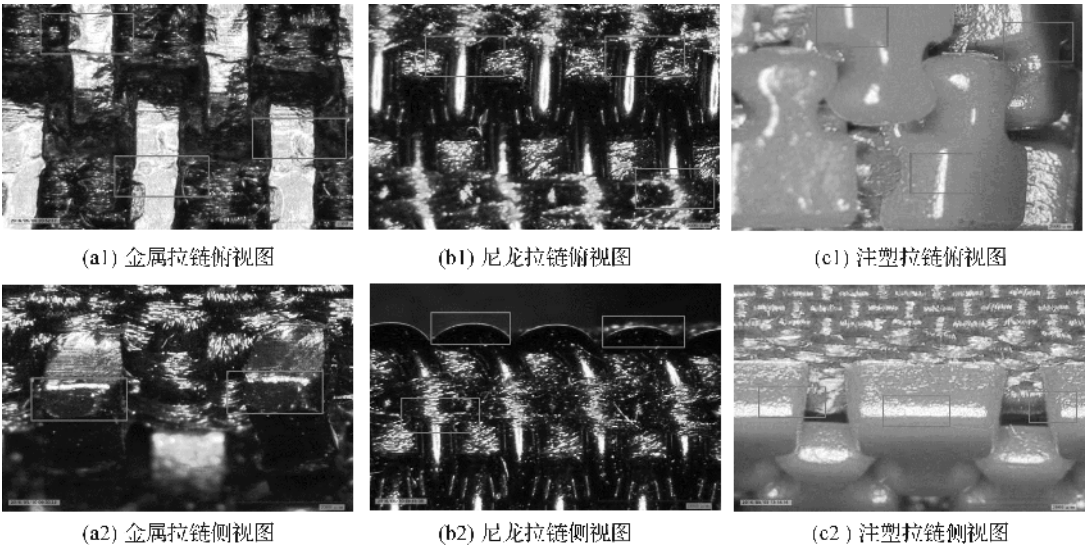


图 7 不同材质拉链表面形貌

3 结 语

五种典型织物的拉链摩擦损伤过程表明,平纹棉织物、平纹丝织物、平纹涤纶织物在拉链摩擦过程中存在典型的磨损阶段和磨损特征,可用于织物磨损评级的制订。

拉链对上述三种典型服用织物摩擦损伤等级定义为:无磨损(0级),织物表面磨损(1级),单向纱线断裂(2级),双向纱线断裂(出现破洞,第二向纱线断裂 ≤ 3 根)(3级),破洞变大(第二向纱线断裂 $3 \sim 10$ 根)(4级)以及破损严重(第二向纱线断裂 > 10 根)(5级)五个等级。

三种材质拉链对典型织物摩擦损伤对比结果表明,由于材质、啮合方式和锐边锐角结构的差异,拉链对典型织物磨损程度依次为:金属拉链、尼龙拉链、注塑拉链。

今后将进一步从织物磨料优选、摩擦参数设置和摩擦工艺优化等方面入手,研究上述因素对织物摩擦损伤情况的影响,为最终建立拉链表面磨损机械安全性测试评价方法提供依据。

参考文献:

- [1] 章简. 中国拉链知名品牌引领拉链转型升级[J]. 纺织服装周刊, 2013(39):48.
- [2] 吴丽娜, 曹锡忠, 周绍强, 等. 纺织服装辅料表面镍释放量的快速筛选方法[J]. 纺织学报, 2015, 36(7):89-93.
- [3] 周丽萍, 张凤鸣. 拉链的质量特征及检验[J]. 检验检疫科学, 1999(4):26-28.
- [4] 程醉. 辅料之“变”:纺织服装产品质量的大隐患[J]. 中国纤检, 2012(2):34-37.
- [5] CHEN L, YAN X, GAO C. Developing an analytic network process model for identifying critical factors to achieve apparel safety [J]. Journal of the Textile Institute, 2016, 107(12):1-14.
- [6] WU X. A paratactic subjective-objective weighting methods and SVM risk assessment model applied in textile and apparel safety [J]. International Journal of Quality & Reliability Management, 2015, 32(5):472-485.
- [7] SUSICH G. Abrasion damage of textile fibers [J]. Textile Research Journal, 1954, 24(3):210-228.
- [8] 姚穆. 纺织材料学[M]. 3版. 北京:中国纺织出版社, 2009:240-249.
- [9] 唐新军, 宋均燕, 何小东, 等. 不同纺纱方法的成纱机理及纱线耐磨性能研究[J]. 棉纺织技术, 2015, 43(7):17-21.
- [10] DWELTZ N E, SPARROW J T. A SEM study of abrasion damage to cotton fibers[J]. Textile Research Journal, 1978, 48(11):633-636.
- [11] JOSEPH, M L. Introductory Textile Science[M]. 4th ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1981.
- [12] CAI Z S, YU T Y. Examination of subunit composition of Bombyx Mori silk fibroin[J]. Journal of China Textile University(English Edition), 1998, 15(2):28-31.
- [13] 郑今欢, 周岚, 邵建中. 蚕丝素中色氨酸含量及其在丝素纤维中的径向分布研究[J]. 高分子学报, 2005(2):161-166.
- [14] 袁艺航, 艾志伟, 李龙. 粗纺羊绒纱的耐磨性能研究[J]. 毛纺科技, 2011, 39(03):48-51.

Study and Evaluation on the Damage Process of Typical Apparel Fabrics with Zipper Abrasion

HUANG Yi¹, TANG Shiyun¹, WU Jianzhong², WANG Zhao¹, SUN Shiyuan², WEI Xiaoying², SHAO Jianzhong¹

(1. Engineering Research Center for Eco-Dyeing and Finishing of Textiles, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; Jiaxing Product Quality Supervision Testing Institute, National Quality Supervision and Inspection Center of Garment Accessories(Zhejiang), Jiaxing 314000, China)

Abstract: The frictional abrasion processes of five typical apparel fabrics were studied in order to establish the test and evaluation methods for mechanical safety of apparel zipper abrasion. The results show plain cotton fabrics, plain silk fabrics and plain dacron fabrics have typical abrasion stages in zipper friction process, i. e. surface abrasion, mono-directional yarn breakage, bi-directional yarn breakage (breaking hole), breaking hole enlarging and serious damage. The above abrasion features can be applied to formulate fabric abrasion grade. The contrast experiment of fabric attrition rate resulting from different zippers and analysis of micro mechanical structure of zippers shows that due to the differences of zipper materials, meshing mode and sharp edge structure, the ranking of fabric attrition rate of the three kinds of zippers is as follows: metal zipper, nylon zipper and derlin zipper.

Key words: metal zipper; apparel fabrics; damage process; surface structure; grade evaluation

(责任编辑:唐志荣)