

老年防跌伤材料应用及防护服装发展趋势

李艳梅, 王伟

(上海工程技术大学 纺织服装学院, 上海 201620)

摘要: 为了解预防老年人跌倒及跌伤服装的发展, 分析老年人对跌伤防护服装的需求, 列举了视频图像分析法、音频信号分析法和可穿戴传感技术分析法及其应用原理和优缺点, 重点分析弹性缓冲材料、压缩气室空气变形材料及新型冲击硬化高分子材料在跌伤防护服装领域的应用形式, 总结国内外防护产品的代表性研究成果及其与服装的结合方向, 指出开发老年人跌伤防护服装的注意事项, 得出应从服装款式与结构, 服装舒适性、美观性及安全性, 服装智能化 3 个方面综合考虑老年人防跌伤服装的发展趋势。

关键词: 老年人; 跌倒检测; 跌倒防护; 吸能缓冲材料; 发展趋势

中图分类号: TS 941.73 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2021)03-0189-07

Application of Protective Materials for Falls in the Elderly and Development Trend of Protective Clothing

LI Yanmei, WANG Wei

(School of Textiles and Fashion, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

Abstract: In order to understand the development of fall prevention and fall protection clothing for the elderly, analyze the needs of fall protection clothing for the elderly, the video image analysis method, audio signal analysis method and wearable sensor technology analysis method were listed and their application principles, advantages and disadvantages were discussed. The application form of elastic cushioning materials, compressed air chamber air deformation materials and new impact hardening polymer materials were analyzed in the field of fall protection clothing. The representative research results of domestic and foreign protective products and their combination with clothing were summarized, and the development Precautions for fall protection clothing for the elderly were pointed out. It is concluded that the development trend of fall protection clothing for the elderly should be comprehensively considered from the three aspects of clothing style and structure, clothing comfort, aesthetics and safety, and clothing intelligence.

Key words: elderly, fall detection, fall protection, energy-absorbing buffer material, development trend

由于年龄的增长, 老年人的骨质脆弱, 受伤后需要的修复时间长, 当其摔倒跌伤后, 会对身体造成巨大的伤害。据统计, 国内老年人因意外造成伤害死亡中, 跌倒居于第 4 位, 60 岁以上老年人在跌倒伤害人群中占比达 40.60%^[1], 而 65 岁以上老年人因意外造成死亡中跌倒排在首位^[2], 且随着年龄的增加, 死亡率不断上升。老年人的健康安全已经成为全社会普遍关注的问题和重点研究的方向。

随着智能服装的发展, 针对老年人的智能服装领域产品不断丰富, 同时, 老年人群的身心健康、安全防护及医疗保健等问题越来越被社会广泛关注^[3], 如能进行理疗及监控心率、血压等的智能服装, 在老年人群中有很大需求^[4], 老年人服装市场逐渐成为焦点。文中主要对跌倒检测方法和吸能缓冲材料应用研究现状进行梳理, 分析可穿戴设备和吸能缓冲材料在安全监测和提升服装抗冲击性

收稿日期: 2020-12-05; 修订日期: 2021-04-13。

基金项目: 国家自然科学基金项目(11802171); 闽江学院现代服装技术协同创新开放基金项目(MJKFFZ201702)。

作者简介: 李艳梅(1974—), 女, 教授, 硕士生导师。主要研究方向为服装材料及高性能服装研发、数字化服装技术应用。

Email: lym0350 @ 126.com

能方面的应用过程及效果,为中国老年人防跌伤服装的发展提供参考。

1 老年人跌伤防护服装现状分析

1.1 老年人意外伤害现状分析

随着年龄的增长和身体机能的衰退,老年人容易发生诸多意外伤害,其中跌伤居于首位,而且老年人 90% 的骨折是由跌倒造成的。根据国家统计局发布的数据,2019 年末中国 60 岁及以上老年人口数达到 2.54 亿,占总人口比例 18.1%,65 岁及以上老年人口达到 1.76 亿人,占总人口的 12.6%,随着人口老龄化的到来,越来越多老年人需要安全防护。另外,老人自身疾病因素也是造成跌伤的重要原因,如帕金森综合征、白内障、血栓等神经疾病、眼部疾病、心血管疾病等,会造成老年人肢体不协调、活动不便,以及视力模糊、头晕目眩而失去平衡^[5]。因此,加强老年人跌伤防护,对其健康安全尤为重要。

1.2 老年人跌伤防护服装的分类

预防和保护老年人跌伤已经成为社会共同关注的话题,老年人防跌伤产品也越来越受关注。随着科技的发展,老年人跌伤防护服装不断更新换代。如老年人跌伤防护服装应人体工效学和高新面料及技术,围绕老年人需求设计,用于老年人跌伤防护,减轻跌倒伤害、缓解跌伤程度。老年人跌伤防护服装按照功能可分为跌倒监测和跌倒保护两类;按照材料可分为常见缓冲材料(如海绵材料等)、充气材料(如安全气囊等)、新型高分子材料(如 D30 材料等);按照季节可分为夏季款和秋冬款。

1.3 老年人跌伤防护服装存在的问题

目前服装市场上的防护服装主要针对户外运动,如登山、赛车等。针对老年人日常穿着的防护服装较少,而且大多不被老年人接受。存在的问题主要有:①防护效果差,达不到老年人对跌伤防护的要求;②美观不足,外观设计差,与服装的结合显得突兀,厚重、臃肿;③舒适性差,如夏季穿着闷热。因此,在老年人防护服装的设计方面,应该结合受众需求,基于“防”“护”作用,从服装的面料、色彩、款式结构方面综合考虑进行设计。

2 老年人跌伤防护检测方法

近年来,许多学者对老年人跌倒预警和报警展开了相关研究,针对老年人跌倒防护的检测方法也

有相关的研究成果。其中,跌倒检测技术在老年人跌倒防护方面研究和应用较为广泛,目前主要有 3 种跌倒检测方法:基于视频图像分析法、基于音频信号分析法、基于可穿戴传感技术法。

2.1 基于视频图像分析法

该方法主要用于室内,其原理是分析人体静止或活动时身体形态变化。刘非非^[6]通过捕捉图像中人体的形态特征进行跌倒检测,利用图像采集设备获取图像,再通过多帧对比提取出跌倒信息,达到预警效果。RANTZ M 等^[7]在一家老年生活公寓安装了由脉冲多普勒雷达、微软 Kinect 和摄像头组成的跌倒风险和检测系统,收集和计算老年人的步态参数,并与雷达和 Kinect 生成的变量比较,判断老年人跌倒情况。王鹏等^[8]基于 FPGA 的视频监控获取老年人跌倒信息,通过帧间差分法提取出老年人运动情况,结合人体高宽比和有效面积比进行老年人跌倒判定,并对老年人跌倒情况进行报警定位。摔倒检测图像测试帧如图 1 所示。

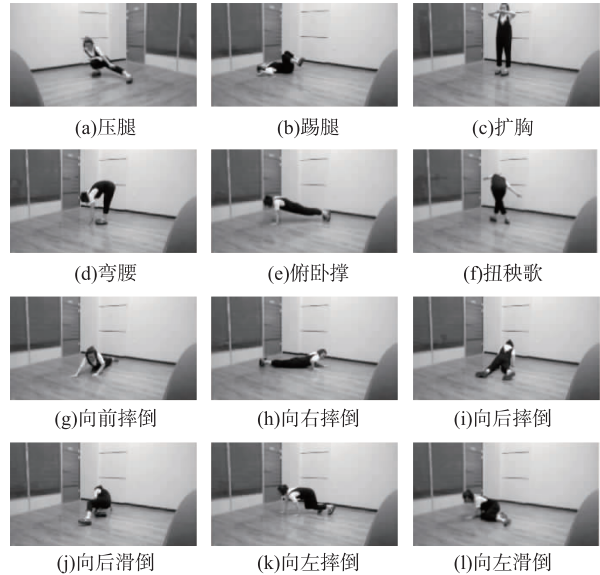


图 1 摔倒检测图像测试帧

Fig. 1 Test frame of fall detection image

2.2 基于音频信号分析方法

该方法要在固定环境下安装传感设备,收集相关信息数据,识别人体姿势。庄晓丹等^[9]基于声学传感检测,利用麦克风采集声音信号强度及特征,通过分析跌倒冲击导致的振动频率来判断被检测者是否发生跌倒行为。RIMMINEN H 等^[10]提出了一种基于近场成像的地面传感器跌倒检测方法,具体如图 2 所示。该方法测试用地板的分辨率为 $9 * 16$,更新速率为 4.5 Hz,根据传感器测量在地板下的薄电极矩阵阻抗来检测人的位置和模式,并依据其形状、大小分类判别人体摔倒状况。

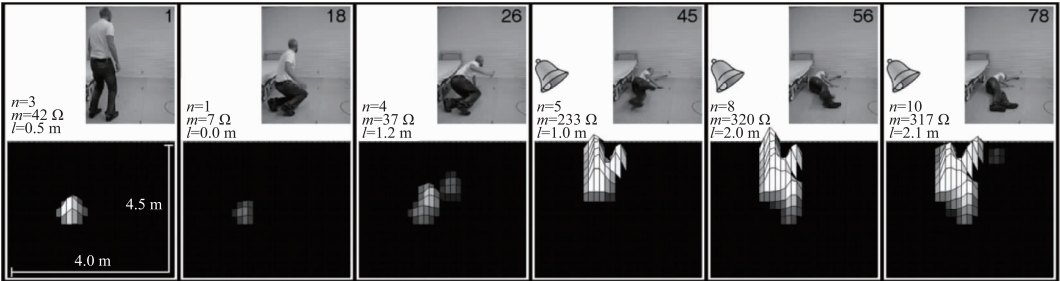


图 2 一种基于近场成像的摔倒检测方法

Fig.2 A fall detection method based on near-field imaging

2.3 基于可穿戴传感技术分析方法

可穿戴传感技术分析方法是利用嵌入的传感器设备实时监测分析数据判别人体动作行为。该方法包括加速度分析法,如李冬等^[11]基于加速度分析法,结合传感元件和信息传输等技术,提出一种鲁棒跌倒算法,能区分出正常人体活动与跌倒行为,自动发出跌倒报警信号。此外还有阈值分析法^[12]、支持向量机进行离线训练和在线检测分析法^[13]、压力传感信息分析法^[14]、热释红外检测法^[15]等一系列检测跌倒行为的传感技术方法。可穿戴检测技术是将传感元件嵌入可穿戴服饰中,佩戴在老年人身体的各部位,实时监测老年人的运动状态,以此判断跌倒行为。可穿戴传感技术设计可分为

表 1 3 种跌倒监测方法及其特点

Tab.1 Three fall monitoring methods and their characteristics

类 别	监测方法	特 点
视频图像监测	通过固定的视频摄像头实时监测老年人的运动状态,经过图像相关算法分析、判断老年人是否发生跌倒行为	精确度高,监测范围较固定,成本高,计算复杂,容易侵犯使用者的隐私,不便大范围使用,不能及时预防,不易全面推广
音频信号监测	通过人跌倒时在地面上产生的音频信号来判断跌倒情况	仪器装置安装起来比较复杂,精确度较差,易受外界噪音干扰,误报率较高,成本过高,实用性不强
可穿戴传感技术监测	利用随身携带的可穿戴传感器实时监测人体动态,以算法分析人体是否发生跌倒情况	便于随身携带监测,不受场所限制,精确度高,保护了老年人的隐私

国内跌倒检测的相关研究相较于国外晚,尚处于起步阶段^[16],大多检测设备只是单一的检测装置,多侧重于算法分析,与服装的结合较少,因此,跌倒检测在防护服装上的应用研发具有广阔的前景。另外,所有防护监测措施都不能离开服装,应该以服装为研究对象,在不影响服装本身的结构合理性和舒适性等的同时,将可穿戴监测装置与服装紧密联系,才能在服装领域有可行性和发展空间。

3 吸能缓冲材料在防护服装上的应用

3.1 弹性缓冲材料的应用

吸能缓冲材料在防护服装上的应用原理在于该材料本身吸收了人体摔倒冲击力,或通过材料将

预警和定位两方面,当传感元件检测出跌倒行为时,立即发出跌倒预警,随即将跌倒信号通过无线传输的方式发给医院或亲属,实现实时防护和及时救治。

由上述可知,基于视频图像、音频信号的跌倒分析检测技术投入工程量较大、过程较烦琐,花费较多,且拘泥于固定场所,适用于医院、养老院等。可穿戴传感跌倒检测及防护技术虽然能保证随时随地检测人体活动状态,但传感元件应向多功能化、微型化方向发展;在算法上,由于人体形态的复杂性,摔倒检测的误判率高,改进空间大;对于防护模块,其所采用方式的安全性和稳定性能暂时未知,推向市场仍需很长时间。3 种跌倒监测方法及其特点见表 1。

冲击负荷分散,增大缓冲效率^[17-18]。海绵、泡沫等材料因其优良的物理强度、柔韧度以及抗震性能,被广泛应用于体育用防护用品中^[19]。刘有伦^[20]发明了一款老年人防摔裤,其底层面料和表层面料之间填充海绵等弹性材料,当老年人穿着后,一旦遇到跌倒等意外情况时,弹性填充层可以起到缓冲、防撞和抗震的作用,从而大大减轻跌倒对老年人造成的损伤,减小老年人因跌倒造成骨折或骨裂的概率。迈克达威品牌基于 Hex Pad 技术,使用聚乙烯衬垫材料设计了一款运动防护紧身短裤^[21],具体如图 3 所示。该防护裤在臀部位置设计有独特的六边形透气复合材料护垫,其设计能更好地贴合人体,分散冲击负荷,舒缓运动过程中的外力冲击,具有

良好防护性,常用于篮球、健身等高强度运动服装中。李子丹等^[22]根据人体工程学原理,设计了老年人智能化防摔马甲(见图 4),马甲在腋窝缝合处、肩部和胯部等关节处拼接了带弹性的抗冲击面料,起到了保护作用,保障了老年人安全。

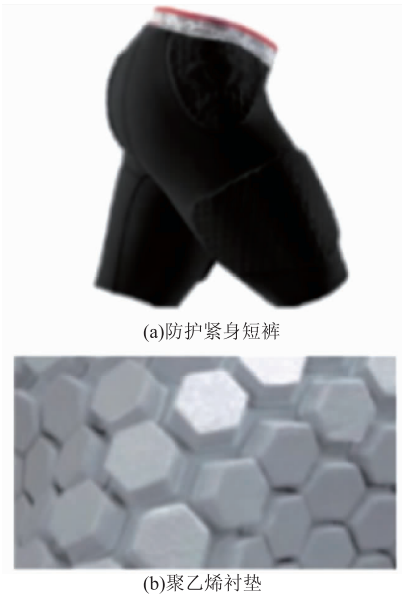


图 3 Hex Pad 技术防护护具

Fig. 3 Hex Pad technical protective gear



图 4 马甲款式设计

Fig. 4 Design drawing of vest style

3.2 压缩气室空气变形材料的应用

此类材料是将压缩空气充入材料充气室,在人体发生跌倒时,压缩气室内空气吸收缓冲能量,从而发挥缓冲防护作用,如气垫材料^[23]、安全气囊等。2014 年意大利 Alpinestars 品牌研发了一款电子安全气囊防护背心^[24],具体如图 5 所示。该款背心在碰撞发生 200 ms 内即能启动,25 ms 内气囊完成充气,实用性和安全性高。



图 5 Alpinestars 安全气囊骑行服

Fig. 5 Alpinestars airbag riding suite

同年,由瑞典安全配件生产商 POC 和法国初创公司 In&Motion 基于集成式传感器监测功能联合设计出 Spine VPD 2.0 气囊背心,具体如图 6 所示。该产品传感器可以监测运动员的运动状态,检测冲击水平,当判断运动员即将遭受意外时,立刻释放气囊,为其胸口、下腹等易受伤部位提供减震保护^[25],目前被广泛应用于户外滑雪服领域。



图 6 Spine VPD 2.0 空气气囊背心

Fig. 6 Spine VPD 2.0 air bag vest

赵文超等^[26]设计了一种带安全气囊的新型高空防坠落安全服,具体如图 7 所示。安全服气囊安装的位置主要在头部、胸部、臀部等几个较易受伤的部位,所有气囊在触发前均没有充气,并用魔术贴折叠封装或隐藏在拉链两端,当有危险发生时,气囊会立即充气,保护作业人员的人身安全。



图 7 防坠落安全服

Fig. 7 Anti-fall safety clothing

目前,国内外的功能服装企业对于气囊材料的应用大多限于赛车、高空作业等高危比赛或工作中,往往制作成本和价格较高,在大众日常穿着的防护服装方面还没有完全普及。

3.3 新型冲击硬化高分子材料的应用

新型冲击硬化高分子材料在常态下柔软有弹性,可弯曲,一旦受到冲击,其材料的胶状物质会迅速凝固,能有效吸收冲击能量^[27-29],如凝胶材料等,这类材料的冲击效应有可逆性,当外界冲击力消失时,该材料又很快恢复可流动状态^[30]。2009 年,英国科学家发明了 D30 凝胶,这种凝胶采用尖端纳米技术,外观看上去像果冻,可以被随意挤压成各种形状。由于该凝胶的优异性能,英军计划利用这种

凝胶来制作士兵防弹头盔,以保护士兵安全^[31]。此外,美国蜘蛛人滑雪服公司选用了此材料生产滑雪服装^[32],并且美国和加拿大等国的高山滑雪选手的滑雪服也使用了 D30 凝胶材料制作。在国内,阎珺等^[33]在老年人防护服装领域应用了 D30 凝胶材料,裤子膝盖处选用符合膝盖曲面的 DEFLEXION 材料,腰部侧缝处和膝盖内侧处绗缝有 D30 材料,极大减轻了老年人跌倒时受到的冲击及摩擦伤害。该凝胶已被应用于滑雪服、摩托车服等服装领域^[34],以及新型防弹衣等防护设备领域^[35],还被用于制作滑雪手套、芭蕾舞鞋、护腕等体育用品^[36]。

目前,这些吸能缓冲材料已经广泛应用于运动

医疗、航空航天、汽车军工、机械减震等多个领域。但将其应用于老年人防护服装还存在一些问题,具体见表 2。弹性缓冲材料的服用性能不足,长期使用效果降低,且会对老年人的身体造成损害,不建议普遍使用。已有实验证明气垫、气囊材料在防护服上应用的可行性^[37],目前,市场上有封闭气囊、手动充气及自动充气 3 种,而且使用效果较好,在防护服的应用上具有广泛的前景;相较于泡沫材料和气囊材料,新型抗冲击材料有赖于高分子材料的开发,就目前而言,此类材料价格昂贵,实用性不足,但随着科技的发展,新型材料会在防护领域有其独特的发展。

表 2 3 种缓冲材料说明

Tab.2 Description of three kinds of cushioning materials

材 料	优 点	缺 点
弹性缓冲材料	能够重复使用,缓冲性较好,易与服装组合	透气性较差,不利于健康,易磨损,使用寿命不长,长期穿戴缓冲性能会降低,需要进行更换
压缩气室空气 变形材料	保护性能强,在正常状态下不影响美观、穿着舒适性,质量轻,使用方便,适应性好	重复性差,不够环保,缓冲率略低,作为日常防护类服装会显得较为臃肿,且一般不可拆卸,实用性不佳
新型冲击硬化 高分子材料	防护性能好,常态下柔软不影响人体活动	价格较高,不易获取

4 老年人跌伤防护服装发展趋势

目前,老年人防护服的研究主要是从服装材料和可穿戴传感元件本身出发,而将其应用于防护服领域的研究力度还不够,形式较为单一^[38]。前者注重材料本身经过设计后的防护性能;后者则主要运用在预警和防护方面^[39],在应用过程中也出现一些问题,如反应时间过长、防护效果不明显、信号传输中断或失败等。所以,老年人服装设计首先应考虑服装本身,再结合服装结构设计和材料设计及可穿戴技术,其涉及了服装设计、人体工效学、电子信息技术等领域。

4.1 服装款式与结构

由于老年人身体机能退化和身体形态变化,会出现穿脱不便等问题,所以在人体工效学的基础上,要以宽松款式为主,增加肩部、肘部、臀部等活动放松量,如采用 H 型服装廓形和对襟的穿脱形式。另外,防跌伤服装要从人体静态和动态两方面综合设计,全面考虑防护服的款式和结构,既要注重美观、穿脱方便、材料贴合人体,也要考虑服装符合日常穿着原则,使其遵循人体工程学。

4.2 服装舒适性、美观性和安全性

老年人跌伤防护服的舒适性与其材料的透气透湿性能、手感、质量、保湿隔热性能等因素有关,

需要从多个环节综合考虑。因此,老年人跌伤防护服装舒适性还有很大改善空间,提高防护服的舒适性是老年人跌伤防护服的发展方向之一。老年人跌伤防护服的设计还应具有美观性,满足老年人对美的需求,主要体现在对材料的材质、色彩、弹性、防皱性及服装款式、结构等方面的创新,可利用色彩的感知和视错觉设计方法,实现对人体修饰,增强老年人的自信,使其保持健康心态。老年人跌伤防护服在安全性方面应以服装材料的创新为核心,向高性能、多功能及智能化方向发展,不仅要求服装面料对人体无毒无害,而且与服装相结合的信号传输元件也要对人体没有危害。

4.3 老年人跌伤防护服装智能化

随着相变材料、微电子技术、可穿戴传感技术在防护服装领域的应用,功能防护服装趋向智能化。大力研发时效性、准确性、微型化、防水性、柔软性和多元性优良的传感元件,在老年人跌伤防护服中加入传感技术,是未来老年人跌伤防护服的一个重要发展方向。将老年人跌伤防护服装与可穿戴元件结合制备出智能防护服,形成监测和防护机制,有效监护老年人心率、血压等各项生理指标,及时做出防护警示,能够为他人救助提供方便等,使其不仅具有多种防护功能,而且具有保健和生命安全防护作用。

5 结 语

文中主要介绍了老年人跌伤防护服装的现状、老年人跌倒检测方法及吸能缓冲材料在防护服装中的应用,并展望未来老年人跌伤防护服装发展前景。随着社会老龄化程度不断加深,老年人跌伤防护问题将会成为一个普遍的社会问题,未来的跌伤防护服装应从老年群体本身出发,考虑服装款式和结构设计,遵循舒适性、美观性和安全性等特性,结合智能可穿戴设备技术及吸能缓冲材料,做到以老年人为本,提升老年人穿着的体验感,降低跌倒伤害风险,保障老年人的身心安全。综上,兼具功能性和审美性的老年人跌伤防护服设计将有助于老年人生活质量的提高,同时提升他们内心的安全感与幸福感。

参考文献:

- [1] 杨林. 带有自动充气功能的老年人防摔服: 201620753156. 1[P]. 2017-02-01.
- [2] 陈巧鸽,叶向红,金莹. 防离床报警系统的研制与应用[J]. 中华现代护理杂志,2018,24(10):1142.
CHEN Qiaoge, YE Xianghong, JIN Ying. Development and application of an alarm system to prevent getting out of bed[J]. Chinese Journal of Modern Nursing, 2018, 24(10):1142. (in Chinese)
- [3] BLAZUN H, SARANTO K, RISSANEN S. Impact of computer training courses on reduction of loneliness of older people in Finland and Slovenia[J]. Computers in Human Behavior,2012,28(4):1202-1212.
- [4] 沈雷,桑盼盼. 防走失老年人智能服装的设计开发[J]. 针织工业,2019(8):61-64.
SHEN Lei, SANG Panpan. Design and development of anti-lost intelligent garment for the old[J]. Knitting Industries, 2019(8): 61-64. (in Chinese)
- [5] 贺洋,王宏付. 老年人防摔功能服的设计[J]. 纺织报告,2020(3):106-107.
HE Yang, WANG Hongfu. Analysis on design of functional protective clothing for the elderly[J]. Textile Reports, 2020(3): 106-107. (in Chinese)
- [6] 刘非非. 基于视频监控的室内跌倒行为的检测与识别研究[D]. 济南:山东大学,2016.
- [7] RANTZ M, SKUBIC M, ABBOTT C, et al. Automated in-home fall risk assessment and detection sensor system for elders[J]. The Gerontologist,2015, 55(S1):78-87.
- [8] 王鹏,王慧,孔凡宁,等. 基于FPGA的视频监控摔倒检测报警系统[J]. 电机与控制学报,2019,23(8):122-128.
WANG Peng, WANG Hui, KONG Fanning, et al. Video surveillance fall detection and alarm system in FPGA[J].

- Journal of Electrical Machines and Control, 2019, 23(8): 122-128. (in Chinese)
- [9] ZHUANG X D, HUANG J, POTAMIANOS G, et al. Acoustic fall detection using Gaussian mixture models and GMM supervectors[C]//IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Taipei: IEEE,2009:69-72.
- [10] RIMMINEN H, LINDSTROM J, LINNAVUO M, et al. Detection of falls among the elderly by a floor sensor using the electric near field[J]. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine: A Publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society,2010, 14(6):1475-1476.
- [11] 李冬,梁山. 基于加速度传感器的老年人跌倒检测装置设计[J]. 传感器与微系统,2008,27(9):85-88.
LI Dong, LIANG Shan. Design of a fall detection device for elderly people based on accelerometer[J]. Sensors and Microsystems, 2008,27(9):85-88. (in Chinese)
- [12] 付慧群,张秀峰,刘文涛. 基于ADXL345防跌倒检测装置的研制[J]. 微型机与应用,2017,36(4):90-93.
FU Huiqun, ZHANG Xiufeng, LIU Wentao. Development of a detection device for avoiding falling down based on ADXL345[J]. Microcomputers and Its Applications, 2017, 36(4): 90-93. (in Chinese)
- [13] 蒋宁,杜玉晓. 基于惯性传感器的穿戴式跌倒检测系统设计[J]. 电子世界,2016(5):147-149.
JIANG Ning, DU Yuxiao. Wearable fall detection system based on inertial sensors[J]. Electronic World, 2016(5):147-149. (in Chinese)
- [14] 陈洪波,高青,冯涛,等. 基于足底压力信息的跌倒姿态聚类识别方法[J]. 电子技术应用, 2016, 42(25): 113-119.
CHEN Hongbo, GAO Qing, FENG Tao, et al. Clustering method for body falling gesture recognition based on sole pressure information[J]. Application of Electronic Technique, 2016, 42(25): 113-119. (in Chinese)
- [15] 施皖,毛丽民,俞雷,等. 基于热释红外的蚂蚁搜索机器人群智系统设计[J]. 电子世界, 2014(5):154-156.
SHI Wan, MAO Limin, YU Lei, et al. Design of ant search robot swarm intelligence system based on pyro-infrared[J]. Electronic World, 2014(5): 154-156. (in Chinese)
- [16] MATHIE M J, CELLER B G, LOVELL N H, et al. Classification of basic daily movements using a triaxial accelerometer[J]. Medical and Biological Engineering and Computing,2004, 42(5):679-687.
- [17] 张彤,高树枚,宋义林. 股骨防护用海绵材料的缓冲性能研究[J]. 黑龙江大学工程学报, 2012, 3(4): 118-124.
ZHANG Tong, GAO Shumei, SONG Yilin. Buffer performance of sponge material used as hip protector[J].

- Journal of Heilongjiang Hydraulic Engineering College, 2012, 3(4): 118-124. (in Chinese)
- [18] 王书军,王丽霞,李桂兰. 老年人髌部骨折的机制及其防护垫的设计[J]. 中医正骨,2008,20(9):22.
WANG Shujun, WANG Lixia, LI Guilan. The mechanism of hip fracture in the elderly and the design of protective pad[J]. The Journal of Traditional Chinese Orthopedics and Traumatology, 2008, 20(9): 22. (in Chinese)
- [19] 定茜. 冬季体育运动用软聚合物泡沫背保护器冲击行为的建模与仿真[J]. 粘接,2020,44(10):78-81,137.
DING Qian. Modeling and simulation of impact behavior of soft polymer foam back protector for winter sports[J]. Adhesion, 2020, 44(10): 78-81,137. (in Chinese)
- [20] 刘有伦. 防摔衣物:201520524592.7 [P]. 2016-01-06.
- [21] 阮兰. 运动防护服装复合材料的碰撞防护性能研究[D]. 上海:上海工程技术大学,2016.
- [22] 李子丹,王秋寒. 老年人智能化防摔马甲设计[J]. 服饰导刊,2021,10(1):82-86.
LI Zidan, WANG Qiuhan. Design of intelligent fall proof vest for the aged[J]. Fashion Guide, 2021, 10(1): 82-86. (in Chinese)
- [23] 赵德坚. 充气量对充气缓冲包装垫缓冲性能的影响研究[J]. 包装工程,2011,32(13):32-34.
ZHAO Dejian. On influence of gas volume on cushioning property of air cushion[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(13): 32-34. (in Chinese)
- [24] 周楠,蒋晓文,王雪婷. 基于生物力学的运动防护服装研究进展[J]. 服装学报,2020,5(3):210-215.
ZHOU Nan, JIANG Xiaowen, WANG Xueting. Research progress of sports protective clothing based on biomechanics[J]. Journal of Clothing Research, 2020, 5(3): 210-215. (in Chinese)
- [25] 李琴. 气囊式防摔功能服设计研究[D]. 重庆:西南大学,2018.
- [26] 赵文超,于晓春,张武,等. 带安全气囊的高空作业安全服研究[J]. 工业安全与环保,2019,45(3):28-31.
ZHAO Wenchao, YU Xiaochun, ZHANG Wu, et al. Research on high-altitude safety suit with airbags[J]. Industrial Safety and Environmental Protection, 2019, 45(3): 28-31. (in Chinese)
- [27] 徐晓锋. 新材料 d3o 造就的神奇滑雪服[J]. 中国纤检, 2006(5):48.
XU Xiaofeng. The magical ski suit created by the new material d3o[J]. China Fiber Inspection, 2006(5):48. (in Chinese)
- [28] 夏艳丽. 基于剪切增稠胶的柔性防护复合材料的制备及低速抗冲击性能研究[D]. 无锡:江南大学,2018.
- [29] 秦建彬,张广成,史学涛. 剪切增稠液及其复合材料[J]. 材料导报,2017,31(7):59-64.
QIN Jianbin, ZHANG Guangcheng, SHI Xuetao. Shear thickening fluid and its composite materials[J]. Materials Guide, 2017, 31(7): 59-64. (in Chinese)
- [30] 薛亚静,林兰天,张福乐. 剪切增稠流体在低速冲击防护中的应用研究[J]. 上海纺织科技,2015,43(2):1-3,16.
XUE Yajing, LIN Lantian, ZHANG Fule. Research on shear thickened fluid in the application of low velocity impact protection[J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2015, 43(2): 1-3,16. (in Chinese)
- [31] 佚名. 英国发明奇特防弹凝胶头盔遇子弹会急剧变硬[J]. 航天器工程,2009,18(2):73.
Anon. Britain invented a peculiar bullet-proof gel helmet that will harden sharply when exposed to bullets[J]. Spacecraft Engineering, 2009, 18(2): 73. (in Chinese)
- [32] 王雅娴,李艳梅. 老年人摔倒防护服装的开发现状及其发展趋势[J]. 毛纺科技,2019,47(9):84-88.
WANG Yaxian, LI Yanmei. Development status and trend of fall-prevention garments for the elderly[J]. Wool Textile Journal, 2019, 47(9): 84-88. (in Chinese)
- [33] 閻琨,陶辉,张晶晶,等. 老年人跌倒防护智能服装设计[J]. 服装设计师,2020(9):88-93.
YIN Jun, TAO Hui, ZHANG Jingjing, et al. Design of smart clothing for fall protection for the elderly[J]. Clothing Designer, 2020(9): 88-93. (in Chinese)
- [34] 佚名. D30 凝胶[J]. 现代纺织技术,2010,18(3):60.
Anon. D30 gel[J]. Modern Textile Technology, 2010, 18(3): 60. (in Chinese)
- [35] 林欢. 高科技生活用品鸟瞰[J]. 技术与市场,2010,17(1):54.
LIN Huan. A bird's-eye view of high-tech daily necessities[J]. Technology and Market, 2010, 17(1): 54. (in Chinese)
- [36] 佚名. 英国制作出防弹凝胶[J]. 商业文化,2017(28):95.
Anon. Bulletproof gel made in the UK[J]. Commercial Culture, 2017(28): 95. (in Chinese)
- [37] 王国杰. 基于惯性传感器的跌倒防护气囊系统的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2014.
- [38] 薛源,高向阳. 基于多传感器信息融合的跌倒监测系统设计[J]. 武汉理工大学学报(信息与管理工程版), 2011,33(5):712-716.
XUE Yuan, GAO Xiangyang. A design for fall detection monitoring system based on information fusion of multi-sensor[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Information and Management Engineering Edition), 2011, 33(5): 712-716. (in Chinese)
- [39] 姚冕,马英楠,高星,等. 基于惯性传感的穿戴式跌倒预警防护系统[J]. 集成技术,2015,4(5):69-77.
YAO Mian, MA Yingnan, GAO Xing, et al. A wearable pre-impact fall early warning and protection system based on inertial sensor[J]. Journal of Integration Technology, 2015, 4(5): 69-77. (in Chinese)