

DOI: 10.13475/j.fzxb.20200404206

漂浮自救泳衣设计开发

方佳璐, 陈明艳, 黄紫荆

(温州大学 美术与设计学院, 浙江 温州 325000)

摘要 针对游泳溺水事故频发和传统泳衣缺少安全防护功能的问题,以泳池环境为测试条件,研究开发了在突发溺水时可及时充气上浮的漂浮自救泳衣。首先依据小苏打与醋酸接触快速生成二氧化碳气体的化学反应确定充气原理;然后采用热塑性聚氨酯弹性体材料制作气囊储存气体,用热熔胶接法固定气囊、圆软管与旋钮式气阀的气囊充气结构,保证气囊的气密性;最后对泳衣结构、色彩、面料进行表征与分析。结果表明:原料配比关系是气囊浮力值的关键,上下半身气囊的充气占比分别为67%和33%,可确保人体漂浮时头颈部始终露出水面;该漂浮自救泳衣实现了操作便捷、快速充气、夜间发光的功能性设计开发,对降低溺亡事故的发生率、及时自救和救援效率等具有一定的借鉴作用。

关键词 漂浮自救泳衣; 充气气囊; 阀门; 聚氨酯弹性体; 泳衣结构设计

中图分类号: TS 941.73 文献标志码: A

Design and development of self-rescue floating swimsuit

FANG Jialu, CHEN Mingyan, HUANG Zijing

(College of Fine Arts and Design, Wenzhou University, Wenzhou, Zhejiang 325000, China)

Abstract In view of frequent occurrence of swimming drowning accidents and the lack of safety protection functions of traditional swimsuits, this research used the swimming pool environment as the test condition to study the self-rescue floating swimsuit that could be inflated in time for sudden drowning. The chemical reaction between baking soda and acetic acid to generate carbon dioxide gas quickly was applied to inflate the swimming suits, and thermoplastic polyurethane elastomer material was employed to make the gas storage bag. The inflatable structure of the airbag was fixed with a round hose and a gas valve by the hot melt glue connection to ensure the airbag tightness. The structure, color and fabric of the swimsuit were characterized and analyzed. The results show that the ratio of raw materials is the key to the buoyancy value of the airbag, 67% inflation in the upper airbags and 33% in the lower bags ensure that the head and neck are always exposed above the water. The self-rescue floating swimsuit facilitates the functional design and development of convenient operation, fast-inflating and night-lighting features, demonstrating a prototype swimming suit for reducing drowning accidents, and enabling timely self-rescue and rescue efficiency.

Keywords self-rescue floating swimsuit; inflatable airbag; valve; thermoplastic polyurethane elastomer; swimsuit structure design

近年来,游泳导致的溺水事故频发,成为世界十大主要死因之一,其中我国儿童和青少年每年因溺水身亡的人数达5万多^[1-2]。溺水者往往因难以呼救而错失仅有的4 min 救生黄金时间,因此,自救泳衣开发显得尤为重要。为加强游泳者的自救能力,提高救援效率,减少事故发生,设计开发一键充气上

浮的漂浮自救泳衣,满足游泳者安全、舒适的需求是关键。

在我国服装业探索功能化泳衣的进程中,张以涵等^[3]开发的救生圈采用内置压力感应器,通过按动报警按钮自动打开颈圈的两侧安全气囊,使溺水者头部浮于水面;同时打开声光报警系统发送求救

收稿日期:2020-04-17 修回日期:2020-09-16

第一作者:方佳璐(1997—),女,硕士生。主要研究方向为服装工程数字化。

通信作者:陈明艳(1968—),女,教授。主要研究方向为服装产品开发、服装结构学、服装数字化、拼布艺术等。E-mail: 515973703@qq.com。

声和位置信号。该救生装备为未来救生功能服发展带来启示,但内置芯片在水下不稳定因素较大,若浸水信号受影响会造成安全系数降低。符式培等^[4]在智能自救泳衣中加入经优化增强防水防信号屏蔽的 GPS 全球定位、GSM 全球移动通信模块,以便更好地进行求助,安装自动充气装置,泳衣快速充气,并将通信技术与服装相联。该设计虽将充气装置与服装相结合,但经优化的模块成本高,不易于市场推广。别凯文^[5]采用“压缩气瓶+针刺”原理研发了便携式自动充气的救生装置,危险发生时用刺针扎破含有压缩气体的气瓶封口,迅速释放大气量气体起到充气作用,该救生装置采用简单机械原理,充气部分不受信号与外界环境干扰。但该附着式的装置存在体积大、不便携的缺陷,妨碍游泳者自由运动。陈超^[6]开发的应急自动充气装置泳衣,将内置点火器与叠氮化钠相连,使得泡沫块发生作用,实现防水服带人上浮,达到应急充气目的,但叠氮化钠爆炸充气原理本身就具有一定的危险性,不适合用于服装,故未能市场化。目前,充气救生装置相关研究较少,现有研究也存在装置体积大,成本高,救生功能在水下不稳定及充气方法不安全等问题,无法真正投产与市场化。

近年来,可穿戴智能设备成为研发的热点和发展趋势^[7]。服装被赋予定位追踪、医疗诊断、抑菌防毒、发热发光等功能。相比于保健类功能性服装,功能泳衣研发未得到重视,且研发尚不成熟;市场上现有的泳衣很少有上浮应急装置的安全功能,存在一定程度的安全隐患,传统泳衣亟待创新开发。为此,本文将安全功能的充气系统融入泳衣中,旨在开发以人为本的救生泳衣,保证游泳者在危急时漂浮于水面防止溺水,减少不幸事故的重演。

1 漂浮自救泳衣的充气装置原理

1.1 充气装置总体结构

充气装置采用即时开启、充气成型的气囊装置,包括气囊、旋钮阀门和盛放小苏打的第一腔室(与阀门的左通孔相连),盛放醋酸溶液的第二腔室(与阀门的右通孔相连)。充气装置切面结构如图 1 所示。

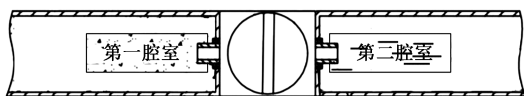


图 1 充气装置切面结构图

Fig.1 Inflatable device cutaway structure diagram

1.2 充气反应原理

充气反应原理为小苏打与醋酸产生强烈的化学

反应产生气体。本文设计充气原料安全,成本低廉,且气囊体积小,质量轻,较市面上的一般救生装置更易携带,方便游泳者日常游泳运动。其反应式为 $\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ 。

当穿戴者旋动阀门,第二腔室中的醋酸溶液流至第一腔室,与小苏打发生反应,迅速释放出二氧化碳气体,气囊迅速充气膨胀,增大浮力上浮,使人体漂浮水面实现自救目的。

1.3 阀门通气原理

阀门通气采用简单机械原理,初始为关闭状态阻断气囊内 2 个腔室的流通。当游泳者遇险时,旋动阀门使 2 个腔室导通,化学反应产生气体。阀门启闭结构简单易操作,适合危急时使用,且旋钮阀为常规件,市场上易购易加工。

1.4 气囊及腔室材质选择

气囊靠储存气体膨胀,其材质需要绝对防水性和密闭性,可选择丁苯橡胶(SBR)^[8]、氧化石墨烯纳米带-碳纳米管/热塑性聚氨酯弹性体橡胶(TPU)复合材料^[9]、聚氯乙烯(PVC)^[10]等潜水材料,具有良好的不漏水、不透气,易于储存气体的特性,且弹力强,易于膨胀,抗化学腐蚀特性,十分适合作为气囊材料。第一腔室用透气的小布袋储存小苏打;第二腔室用气囊相同的材料做小袋储存醋酸溶液。

1.5 气囊端口设计

将气囊及内腔室的端口与丁苯橡胶 SBR 圆软管胶接,圆软管外口紧套在阀门通孔口固定,以保证阀门与气囊及内腔室之间的密封性,防止第一腔室和第二腔室内的溶液、粉末及气囊内的气体泄漏。阀门外置可装卸,圆软管口可重复将小苏打注入到布袋内腔室,醋酸注入到潜水料内腔室。

2 漂浮自救泳衣的气囊设计

2.1 气囊设计

本文泳衣将主要气囊结构设置在上半身的领圈与臂圈部位,使游泳者头部始终浮于水面,防止水从口鼻进入。头颈也是人体最脆弱的部位,当人体和周边环境发生撞击时,气囊可起到一定的缓冲保护作用^[11]。此外气囊也设置于泳衣本体的腰部与裤腿口部位,即游泳者遇险时,在其颈部、躯干及四肢均增强漂浮力,不仅能使游泳者上浮,且受力均匀,避免游泳者身体单侧或歪斜下沉。

气囊设计分为上下 2 个双“工”字形相连的气囊。上半身为领圈与臂圈相连的双“工”字形气囊,

如图 2(a) 所示。由于头颈部是防溺水最重要部位, 为保证呼吸系统浮于水面防止溺水, 本文泳衣设计为上半身气囊的体积最大, 投放原料最多, 充气量最大。下半身为腰部与裤口相连的双“工”字形相连的气囊, 如图 2(b) 所示。防止溺水的关键因素是让人体浮于水面保证呼吸系统正常, 因此, 增加漂浮力要考虑到人体的重心平衡问题。故与上半身的充气量相比, 下半身气囊的充气量减少, 不仅保证气囊装置给人体补充足够浮力, 也使溺水者头部浮于水面, 避免侧翻歪斜, 保证安全性。

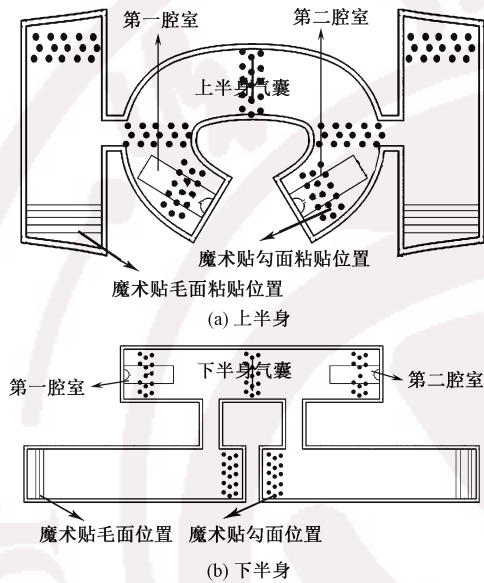


图 2 气囊样板图

Fig.2 Pattern of upper (a) and lower (b) body airbag

2.2 气囊装置方法

在泳衣上除确定气囊位置, 还要考虑其装置方法。领圈和腰圈气囊以魔术贴粘贴于泳衣本体为主, 臂圈和腿圈气囊以魔术贴或搭扣固定为辅, 即方便气囊的拆装更换, 又可重复使用泳衣, 体现泳衣的实用耐久性。

2.3 气囊开启方法

充气系统分为上下 2 个部分, 为保障遇险时的人身安全, 游泳者按先上后下的顺序迅速开启阀门旋钮充气, 先开启上半身气囊确保呼吸系统露出水面, 再开启下半身气囊辅助提供更大浮力。

3 气囊充气量及原料配方

3.1 气囊体积计算

GB/T 32227—2015《船用工作救生衣》中规定成年救生功能服装所提供的浮力需达到 74 N。文献[12]提到按照标准规格生产的救生衣, 都有其浮力标准: 一般成年为 74 N, 儿童为 49 N, 这样才能确

保胸部以上浮出水面。根据此标准, 用下式计算本文泳衣气囊体积:

$$V = \frac{F}{\rho g}$$

式中: F 为浮力, N; ρ 为水的密度, 值为 1 g/cm^3 ; g 为重力常数, 值为 9.8 N/kg 。

经计算得到本文救生泳衣的浮力满足 GB/T 32227—2015, 成人与儿童救生泳衣的气囊体积需分别为 $7\,500$ 和 $5\,000 \text{ cm}^3$ 。

3.2 充气气体质量计算

根据气囊体积, 由气囊中二氧化碳气体平均密度约为 $0.001\,35 \text{ g/cm}^3$, 用下式计算得到二氧化碳的质量:

$$M = \rho v$$

式中, v 为气囊体积, cm^3 。

经计算得到成人和儿童救生泳衣分别约需要 10.13 、 6.75 g 二氧化碳。

3.3 原料

根据化学方程式计算生成 30.13 和 6.75 g 二氧化碳需要醋酸和小苏打的量, 得到成人泳衣满足浮力标准至少需 13.8 g 醋酸和 19.4 g 小苏打; 而儿童泳衣至少需 9.2 g 醋酸和 12.9 g 小苏打。

3.4 各部位气囊充气量及原料分配

头颈是防溺水最重要的部位, 必须合理分配充气量, 优化浮力分布, 上半身浮力大于下半身。各部位气囊充气量及原料分配如表 1~2 所示。

表 1 各部位气囊充气量占比及充气质量分配表

Tab.1 Proportion of airbag inflated volume in each part and distribution of inflated mass

部位	充气量占比/%	成人充气气体质量/g	儿童充气气体质量/g
上半身	67	6.79	4.52
下半身	33	3.34	2.23

表 2 各部位气囊所需原料分配表

Tab.2 Distribution of raw materials required for airbags in various parts

人群	原料	上半身原料质量/g	下半身原料质量/g
成人	醋酸	9.246	4.554
	小苏打	12.998	6.402
儿童	醋酸	6.164	3.036
	小苏打	8.643	4.257

4 漂浮自救泳衣的设计

4.1 结构设计

游泳是全身性运动, 为减少泳衣进水质量增加而阻碍游泳动作, 要充分考虑人体体型, 采用贴体紧

身的分割结构设计,实现泳衣紧身贴体的最佳效果,满足游泳者舒适无拘束的游泳。依据性别、年龄层的不同,将分别设计成人男、女和儿童泳衣。

4.1.1 成人女泳衣功能设计

成人女泳衣设计为大圆领、刀背分割、插肩袖的上下连体紧身贴体结构,可达到视觉显瘦的穿着美感。侧身片加荧光涂料,在泳衣本体的领圈、腰部、臂圈位置均采用魔术贴粘附充气装置,款式如图 3 所示。

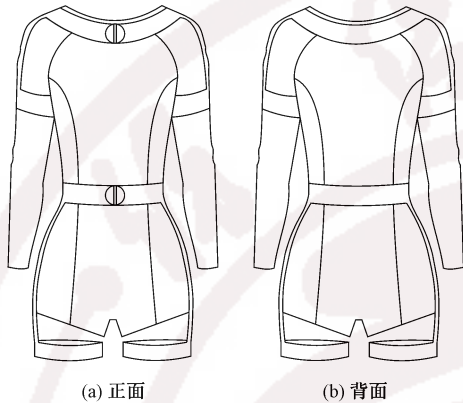


图 3 女泳衣款式图

Fig.3 Female swimsuit style drawing.(a) Front;(b) Back

4.1.2 成人男泳裤款式功能设计

成人男泳裤侧身纵向分割,侧片加荧光涂料,款式如图 4 所示。

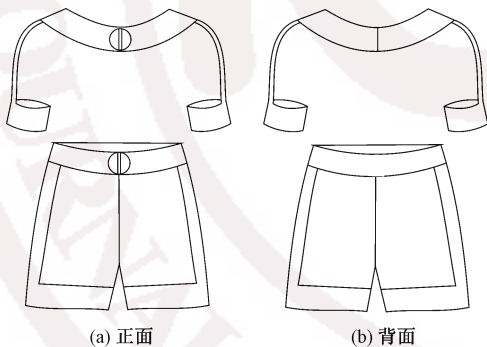


图 4 男泳裤款式图

Fig.4 Male swimming pants style drawing.(a) Front;(b) Back

4.1.3 儿童泳衣款式功能设计

儿童泳衣总体结构与成人男泳裤、女泳衣结构相同,但尺寸大小不同;由于儿童体型的曲线变化不大,不设分割结构,裤口边缘加装饰边以提高童趣美感和安全系数,款式如图 5 所示。

4.2 色彩设计

泳衣色彩区别于环境色易被识别,也会提高获救率。为达到安全警示功能,泳衣色彩应避开泳池、海洋、湖泊、池塘等蓝绿色系的环境色;其次,对比强烈、色彩鲜艳的泳衣易招致水生物的侵扰和咬噬,应该避免红色、黄色系等高饱和度色彩^[13];再之,白色

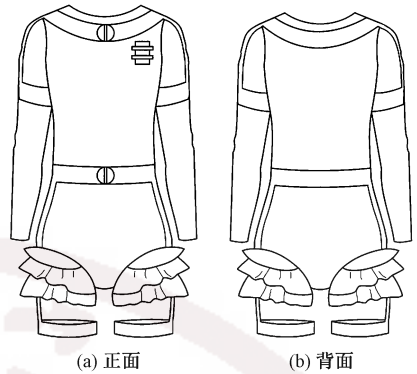


图 5 儿童泳衣款式图

Fig.5 Children's swimsuit style drawing.(a) Front;(b) Back

及浅色织物浸水后过于透明,视觉遮蔽效果差,不易为泳衣色彩之选^[14]。避开上述色彩,泳衣色彩以黑、深紫、深褐等深暗色为首选。

4.3 夜光部设计

在能见度低的夜间,夜光功能可更好地发挥服装的警示作用。夜光涂层可将白天所吸收的光能蓄存于织物中,在黑暗处持续发光 10 h 以上,且亮度高,光源无毒无害无辐射^[15]。为增加夜间安全性,加快救援速度,在泳衣侧身片添加夜光涂料;如遇意外,施救人员能及时根据发光定位施救,节省施救时间及人力、物力和财力。

4.4 面料设计

泳衣面料应具备防水、透气、轻薄等性能,以防止面料因吸收水分而质量增加。透气性为运动人体提供舒适环境;轻薄面料能更好地发挥运动机能^[16]。泳衣面料选择锦纶/氨纶(80/20)混纺纬平针织物,经密为 246 根/(10 cm),纬密为 214 根/(10 cm),织物面密度为 207 g/m²。氨纶弹性优越,具有舒适性和平挺性,既能紧贴皮肤又无压迫感,且耐酸碱、耐磨、耐老化性能也极佳;其吸湿性较差,避免了织物因吸湿质量增加而阻碍游泳运动^[17]。锦纶面料属于轻型织物,成本较氨纶低,其耐磨性、耐用性极佳,弹性及弹性恢复性极好^[18]。

4.5 其他

针对儿童泳衣设计,可在领口附近安装 GPS 追踪器,与监护人手机终端设备绑定,高精度定位便于游泳者遇险时获得施救;其次,由于 GPS 追踪器的信号、性能等易受水浸湿影响,要做好防浸水设计。

4.6 成本分析

本文漂浮自救成人女泳衣成本为 229.4 元/件,成人男泳裤成本为 206.6 元/件,儿童泳衣的成本为 297.4 元/件。功能服装产品因高额的生产成本导致价位过高而不易于市场化,本文泳衣控制成本,原料价格低廉,具有实现功能泳衣的量产和市场化发

展推广的潜力。

5 测试与分析

5.1 泳衣测试

本文以泳衣气囊充气效率及控制变量实验为主,以成人女泳衣为例,测试漂浮自救泳衣的浮力。

5.1.1 测试准备

1)测试器材:三针五线绷缝机、热熔胶机、阀门等设备。材料:TPU 潜水面料 150 cm,长 5 cm 的 SBR 圆软管 4 根,小苏打 153 g,30%醋酸溶液352 g,以及魔术贴、夜光涂料等。

2)受试者:5 名身高为(160~165)/84A,体重为 45~55 kg 的女大学生作为受试者,以夜间游泳池为实验环境。

3)泳衣及气囊制作:采用上述实验器材制作泳衣及气囊,在气囊厂和泳衣厂进行裁剪片,完成 TPU 气囊、内腔室与 SBR 圆软管等胶接制作。腔室分别盛装小苏打和醋酸后,紧套在阀门通孔口固定,旋开阀门钮,检测气囊的气密防漏性。

5.1.2 漂浮力测试

运用主观感受评价法,即利用等距标尺法将受试者的主观感受从“没有”到“强烈”在线段上等距标注,受试者在测试过程中,选择一个区域来表达自己的主观感受,评分标尺如表 3 所示。

表 3 泳衣气囊浮力评分标尺

Tab.3 Swimsuit buoyancy rating scale

标尺	I	II	III	IV	V
主观感受	没有	轻微	适中	较强烈	强烈

在试穿测试前,告知受试者泳衣的基本情况与气囊的开启方法。受试者穿戴泳衣浸入泳池实验,感受气囊提供的浮力值,填写评分标尺。

5.2 测试评价分析

每位受试者进行 6 次实验,打开上半身的阀门旋钮实验 3 次,打开上、下身的阀门旋钮实验 3 次,分别感受气囊的浮力值,根据表 3 填写浮力感受标尺评分表,统计结果如表 4 所示。

表 4 受试者浮力感受标尺评分表

Tab.4 Experimenter buoyancy feeling score table

实验次数	上阀感受标尺	双阀感受标尺
1	III	
2	III~IV	
3	III~IV	
4		IV~V
5		V
6		V

第 1 次实验上半身腔室的小苏打与醋酸质量配比为 13:31,受试者的头部能浮于水面,感受浮力一般(Ⅲ级);第 2 次加大上半身小苏打与醋酸的量(按质量配比为 20:46),受试者头部始终浮于水面,浮力较第 1 次加强;第 3 次与第 2 次质量配比相同,受试者感受标尺相近,均为Ⅲ~Ⅳ级;第 4 次上半身的质量配比同第 2、3 次,下半身质量配比为 10:23,受试者上半身能浮于水面,浮力感受加强为Ⅳ~Ⅴ级;第 5 次稍加大下半身质量配比为 15:34,浮力感受更强烈,全身浮于水面;第 6 次与第 5 次配比相同,受试者感受标尺相同,浮力均为Ⅴ级。

综上所述可知,腔室内盛放小苏打与醋酸量及配比关系是气囊浮力值的关键,在基本配比上,可根据游泳者水性和需求加放小苏打与醋酸量,在气囊产生气体,满足游泳者的浮力需求。

6 结论

本文漂浮自救泳衣研发应用醋酸与小苏打接触快速生成二氧化碳气体的化学原理,从水域环境下的人体状态入手,合理分配气囊位置和充气量,使人体平衡上浮。设计了阀门、腔室组件所构成的气囊,旋钮阀操作简单;将充气系统与泳衣结合,解决了现有装置体积大不便携的问题;对泳衣的款式结构、面料、色彩、功能性、舒适性等方面进行表征分析,满足自救功用,实现人体对功能泳衣适穿性要求。采用气囊与泳衣通过魔术贴粘贴法,降低工艺难度和生产成本,且可装可卸,安全耐用;用热熔胶机胶接气囊、内腔室与圆软管,圆软管紧套阀门通孔固定,可保证气囊的气密性。充气装置的原料价格低廉,便于实现量产和市场化潜力,为功能泳衣的发展和市场推广提供借鉴作用。未来可进一步优化设计加入心电监测芯片,监测人体心跳、呼吸频率、血压等其他生命体征,另可以加入电路元件实现自动充气,使功能泳衣开发与应用更广泛。

FZXB

参考文献:

[1] 王斌,卜姝,罗时,等. 游泳运动策略:青少年溺水风险管理研究[J]. 体育成人教育学报, 2016, 32(2): 18-22.
WANG Bin, BU Shu, LUO Shi, et al. Swimming strategies: a study on adolescent drowning risk management [J]. Journal of Sports Adult Education, 2016, 32(2): 18-22.

[2] 闵芳. 夏季溺水事件高发,如何保安全[J]. 生命与灾害, 2017(6): 6-7.
MIN Fang. There is a high incidence of drowning in

- summer, how to ensure safety [J]. *Life and Disasters*, 2017(6): 6-7.
- [3] 张以涵, 罗磊, 王学忠. 防溺水游泳圈的设计[J]. *电脑知识*, 2018, 14(29): 254-256.
ZHANG Yihan, LUO Lei, WANG Xuezhong. Design of anti-drowning swimming ring [J]. *Computer Knowledge*, 2018, 14(29): 254-256.
- [4] 符式培, 李吉振, 李致凯, 等. 基于游泳安全考虑的智能自救泳衣设计与研究[J]. *科技风*, 2019(15): 1-3.
FU Shippei, LI Jizhen, LI Zhikai, et al. Design and research of smart self-rescue swimsuit based on swimming safety considerations [J]. *Technology Wind*, 2019(15): 1-3.
- [5] 别凯文. 可智能识别溺水并自动充气的便携式救生装置设计[J]. *中国新技术新产品*, 2018(2): 129-130.
BIE Kaiwen. Design of a portable life-saving device capable of intelligently identifying drowning and automatically inflating [J]. *China New Technology & Products*, 2018(2): 129-130.
- [6] 陈超. 应急自动充气装置在游泳服中的研发与应用[J]. *科技风*, 2019(30): 3.
CHEN Chao. Development and application of emergency automatic inflation device in swimming suit [J]. *Technology Wind*, 2019(30): 3.
- [7] TAPAN K S. Research on wearable smart clothing for life [J]. *Indian Journal of Public Health Research & Development*, 2019, 5(6): 1-5.
- [8] 王象民. 低分子量苯乙烯-丁二烯共聚物(L-SSBR)用作炭黑填充橡胶的加工助剂: 合成、官能化和应用[J]. *橡胶参考资料*, 2020, 50(2): 48-55.
WANG Xiangmin. Low molecular weight styrene-butadiene copolymer (L-SSBR) as a processing aid for silica-filled rubber: synthesis, functionalization and application [J]. *Rubber Reference*, 2020, 50(2): 48-55.
- [9] 曹宁宁, 郑玉婴, 刘阳龙, 等. 层叠状功能化石墨烯纳米带/TPU 复合材料薄膜的制备与性能[J]. *复合材料学报*, 2016, 33(7): 1371-1381.
CAO Ningning, ZHENG Yuying, LIU Yanglong, et al. Preparation and properties of laminated functionalized graphene nanoribbons/TPU composite film [J]. *Journal of Composite Materials*, 2016, 33(7): 1371-1381.
- [10] 陈安珍. 聚氯乙烯(PVC)及其混合物的结构与性能研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2014: 1-5.
CHEN Anzhen. Research on the structure and properties of polyvinyl chloride (PVC) and its mixtures [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology, 2014: 1-5.
- [11] 王新厚. 安全气囊织物的透气和力学性能[J]. *纺织学报*, 2005, 26(6): 17-18.
WANG Xinhou. Air permeability and mechanical properties of airbag fabric [J]. *Journal of Textile Research*, 2005, 26(6): 17-18.
- [12] 中国船舶工业集团公司, 中国船舶重工集团公司, 中国造船工程学会. 船舶设计实用手册: 舾装分册[M]. 第3版. 北京: 国防工业出版社, 2013: 263-264.
China State Shipbuilding Corporation, China Shipbuilding Industry Corporation, China Shipbuilding Engineering Society. Ship design practical manual: outfitting sub-volume [M]. 3rd ed. Beijing: National Defense Industry Press, 2013: 263-264.
- [13] 王左, 杨智, 李世亮. 浅谈对海上落水求生者有伤害的海洋生物和应急措施[J]. *世界海运*, 1999(5): 32-33.
WANG Zuo, YANG Zhi, LI Shiliang. Discussion on marine creatures and emergency measures that are harmful to those who have fallen into the water at sea [J]. *World Shipping*, 1999(5): 32-33.
- [14] 潘文燕. 纺织品可见光遮蔽性影响因素研究[D]. 上海: 东华大学, 2011: 12-17.
PAN Wenyan. Research on influencing factors of visible light occlusion of textiles [D]. Shanghai: Donghua University, 2011: 12-17.
- [15] 王建, 李永贵, 朱亚楠, 等. 柔软整理对夜光涂层织物性能的影响[J]. *纺织学报*, 2013, 34(9): 99-102.
WANG Jian, LI Yonggui, ZHU Ya'nan, et al. The effect of softening finishing on the properties of luminous coated fabrics [J]. *Journal of Textile Research*, 2013, 34(9): 99-102.
- [16] 陈东生, 甘应进, 王建刚, 等. 试论基于服装的面料风格设计[J]. *纺织学报*, 2006, 27(3): 111-116.
CHEN Dongsheng, GAN Yingjin, WANG Jiangan, et al. Discussion on fabric style design based on clothing [J]. *Journal of Textile Research*, 2006, 27(3): 111-116.
- [17] 裘愉发. 氨纶在纺织品上的应用[J]. *上海丝绸*, 2009(4): 2-5.
QIU Yufa. Application of spandex in textiles [J]. *Shanghai Silk*, 2009(4): 2-5.
- [18] 蒋志青, 马延涛, 郭亚, 等. 仿针织牛仔面料的开发及性能评价[J]. *纺织学报*, 2018, 39(3): 45-49.
JIANG Zhiqing, MA Yantao, GUO Ya, et al. Development and performance evaluation of imitation knitted denim fabric [J]. *Journal of Textile Research*, 2018, 39(3): 45-49.