

# 儿童可穿戴全成形针织口罩数字化设计策略与工艺研究

戴竞宇<sup>1</sup>, 郑兴昱<sup>2</sup>, 施 慧<sup>3</sup>

(1. 上海杉达学院 时尚学院, 上海 201209)

(2. 上海国际时尚教育中心, 上海 200060)

(3. 苏州丽婴房婴童用品有限公司, 江苏 苏州 201101)

**摘 要:** 从款式结构和成形工艺等方面对儿童针织全成形口罩的设计过程进行了阐述。介绍了口罩罩体、耳带、口罩内部的编织工艺。结果表明, 利用针织全成形技术可以实现儿童口罩的一次成形。在功能层的设计上, 可更换滤芯结构以放置具有不同功能的滤片, 对于提高儿童口罩佩戴舒适性和减少资源浪费具有重要的意义。

**关键词:** 口罩; 数字化; 针织; 全成形

中图分类号: TS941.731.8

文献标志码: B

文章编号: 1001-2044(2022)10-0040-04

## Research on digital design strategy and technology of children's wearable fully formed knitted mask

DAI Jingyu<sup>1</sup>, ZHENG Xingyu<sup>2</sup>, SHI Hui<sup>3</sup>

(1. Fashion of College, Shanda University, Shanghai 201209, China)

(2. Shanghai International Fashion Education Center, Shanghai 201209, China)

(3. Les Enphants Retail Group Co., Ltd., Suzhou 201101, Jiangsu, China)

**Abstract:** The design process of children's knitted full shape mask is deeply studied and elaborated from the aspects of style structure and forming technology. The knitting process of mask body, ear band and mask interior is introduced. The results show that the one-time forming of children's masks could be realized by using the full forming technology of knitting, which is of great significance to the development of knitted product design. In the design of the functional layer, the replaceable filter element structure to place filters with different functions is of great significance to improve the wearing comfort of children's masks and reduce the waste of resources.

**Key words:** mask; digital; knitting; full forming

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2022.10.029

口罩主要用于过滤空气中的灰尘、病菌等异物以及有害气体和飞沫。7~12岁的小学生更需要对呼吸道进行保护, 因此需要可以反复使用并具有高度安全性的儿童口罩。为解决口罩编织过程复杂, 口罩贴合性、透气性差, 过滤层更换繁琐不便, 且长期佩戴容易产生疼痛感和憋闷感的缺陷, 本文设计出一种制作效率高并具有高度安全性的儿童针织口罩。该口罩的设计符合7~12岁儿童的面部特征, 具有滤片可更换、可多次重复使用的特点。

## 1 儿童口罩开发现状

儿童是极易受到病毒感染的群体, 尤其是7~12岁的学龄儿童, 其外出频率较高, 且呼吸道较为短窄, 呼吸道黏膜柔弱, 对环境污染较成年人更不耐受<sup>[1]</sup>。儿童身体尚处于发育期, 购置口罩时需要从安全性、舒适性及美观性等多角度进行考量<sup>[2]</sup>, 在口罩性能与结构方面要比成人口罩的要求更高。

常见的儿童口罩结构包括口罩本体和两侧的耳带, 大部分非针织口罩的制作需要经过后期缝制, 即先

将若干层纺织品进行裁剪后制成罩体, 使其呈现袋形, 再将耳带缝制在罩体上。这种制作方法步骤繁琐, 费时费力, 成本高, 生产效率低。现有可反复使用的口罩中, 过滤网的安装过程较为繁琐, 不方便进行更换。现有立体口罩多为无纺布或由3D打印制成。无纺布制成的口罩, 材质较硬, 与人体面部贴合度较低, 往往在版型上不符合儿童的面部弧线, 且滤片无法更换, 保护性低; 3D打印口罩采用塑料、橡胶、树脂等制成, 材料较硬且不透气, 长期佩戴容易产生疼痛感、闷热感, 以及过敏反应。

## 2 三维全成形口罩结构设计

### 2.1 面部模型建立

本文根据适用于6~14周岁儿童的GB/T 38880—2020《儿童口罩技术规范》, 采用外观、防护效果等19个方面的指标进行分析。根据标准要求, 儿童口罩分为大号(L)、中号(M)和小号(S)3种规格, 这与3个年龄层的儿童依次对应, 即3~6周岁、7~12周岁、13~14周岁。学龄儿童对于口罩的需求尤为旺盛, 所以, 本设计以7~12岁处在小学阶段的儿童为重点研究对象, 依据GB/T 26160—2010《中国未成年人头面部尺寸》<sup>[3]</sup>, 以7~12岁男生与女生面部尺寸平均值作为原

收稿日期: 2022-04-17

作者简介: 戴竞宇(1987—), 女, 福建福州人, 博士, 副教授, 主要从事数字时尚方面的研究。

始数据。由于儿童口罩的呼吸潮气量不同,其呼吸频率也不同,0~1、2~3、4~7、8~14 周岁儿童的呼吸频率分别为 30~45、25~30、20~25、18~20 次/min,因此儿童口罩的通气阻力也有区别,这是设计时需要重点考虑的因素。

## 2.2 儿童口罩设计理念

本设计为全成形儿童日常防护口罩,由口罩主体、系带、滤芯固定件 3 部分组成。选取耳带式、单层立体结构作为基本结构,使得佩戴方便稳定。设计的口罩包括前脸覆盖区和侧脸覆盖区,侧脸覆盖区包括第一侧脸覆盖区和第二侧脸覆盖区。第一侧脸覆盖区和第二侧脸覆盖区一侧与前脸覆盖区相连;侧脸覆盖区局部编织线圈数与前脸覆盖区局部编织线圈数不同;前脸覆盖区包括口鼻区和下颌区,两者一侧相连。耳带通过集圈与所述口罩罩体相连接;口罩罩体编织方法为紧密局部编织。口罩罩体还包括滤芯固定件,设置于口罩罩体与皮肤接触面。

## 2.3 儿童口罩色彩设计

屈雅琴等<sup>[4]</sup>在随弃式个人防护口罩的色彩审美需求上进行了实证研究,发现消费者对于口罩的色彩需求为温暖、柔软、轻薄、轻松。因此,综合市场上口罩产品的需求,同时也考虑到儿童口罩的耐脏性,本文中口罩采用的色彩搭配方案为蓝色和灰色。

## 2.4 儿童口罩版型设计

本文采用德国 Stoll 全成形电脑横机配套使用的 M1PLUS 设计系统进行操作。口罩立体结构示意图见图 1。编织方向从下至上,一体成形,制作效率高、贴合性好,更符合人体面部曲线。

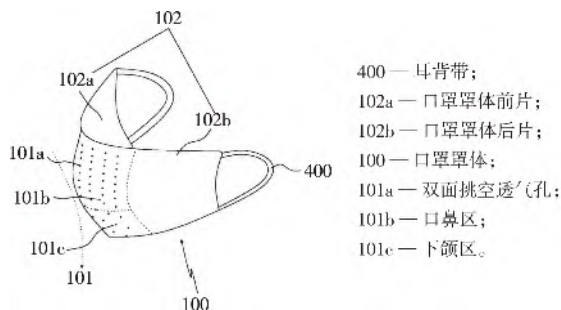


图 1 口罩立体结构示意图

## 3 工艺分析

### 3.1 成形原理

采用德国 STOLL 公司的 ADF-CMS-530-32 BW 型电脑横机进行编织。该横机配备前、后两个编织针床,可以完成成圈、集圈、浮线、翻针动作;每个自跑式

导纱器配一个驱动器,极大提高了传统电脑横机机头携带导纱器的效率;机头配置 3 个编织系统,可以更加高效地完成编织动作,减少机头行程,节约时间;机头同时配置了压脚装置,能够更加稳定地编织衬纬织物;该横机配置高位罗拉(皮罗拉)的牵拉装置,能够稳定地编织局部编织组织。

### 3.2 编织工艺

#### 3.2.1 罩体工艺

采用两把纱嘴编织口罩罩体 100,无需成圈部分 300 的纵向高度与横向宽度可调节,见图 2。

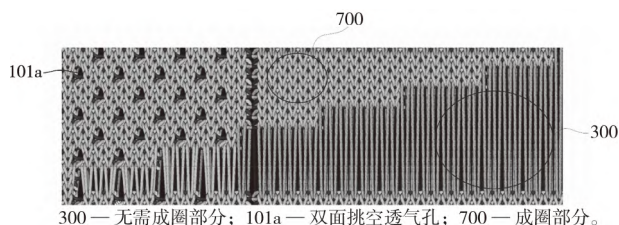


图 2 紧密局部编织方法细节示意图

通过拉布罗拉调节可产生针对不同区域的不同拉力,无需成圈部分 300 处的拉力减小,之后,无需成圈部分 300 将不同行的线圈紧密连接,可保证一体成形后的立体效果(图 3);口罩罩体 100 成圈部分和无需成圈部分呈高度宽度可调的梯形交错排列,同时前脸覆盖区 101 局部编织的线圈数多于侧脸覆盖区 102,从而使得两部位高度及宽度产生差异,保证了口罩一体成型后的立体效果。

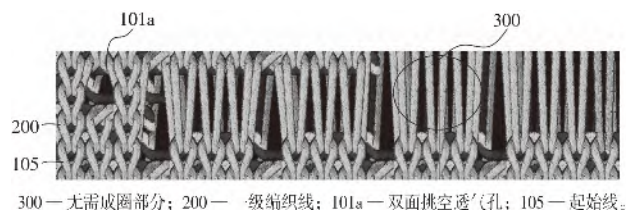


图 3 紧密局部编织方法示意图

前脸覆盖区 101 的编织方法为:从前针床左侧满针成圈编织到右侧,从而形成一个横列;随后,从右侧以相同的编织方式编织到左侧;编织长度依次减小,形成不同角度的编织;同时进行后针床的编织,编织长度由长变短,形成和前针床相反的角度。

调节前脸覆盖区 101 不同行成圈数的针数,保证前脸覆盖区 101 的中心线上端与水平方向呈现特定角度,即 55°~65°。罩体与下颚线接触的中心线下端与水平方向呈 40°~55°,中间部分与水平方向呈 90°,口鼻区长度在 40~50 mm,下颌区长度为 80~100 mm,形成符合儿童面部神经发展规律的 3D 立体结构,提升

一体成形后的立体效果与脸部贴合度。前脸覆盖区 101 上设置有双面挑孔 101a, 每行 3 个线圈共 2 行组成一个循环。双面挑孔透气孔 101a 编织工序包括: 第一行中间线圈通过摇床向左或右移针形成挑孔 101a; 在第二行挑孔 101a 所在织针做集圈起底, 形成挑孔的上边缘。双面挑孔透气孔 101a 与前脸覆盖区 101 呈等距多行排列, 目的是保证编织口罩的透气性, 见图 1。本设计采用紧密局部编织, 工序包括以下步骤: 选取一根纬线作为起始线 105, 运用若干根织针成圈编织; 选取另一根纬线作为一级编织线 200, 其一端固定于起始线 105 的一侧, 另一端由织针从一侧向另一侧顺序编织, 将一级编织线 200 先从起始线 105 的内侧穿入起始线的下部, 形成新的线圈, 此步骤为成圈, 无需成圈部分 300 织针不执行此步骤; 依次增加下一级编织线, 重复上述步骤, 循环往复, 使得口罩罩体 100 成圈部分 700 与无需成圈部分 300 呈角度交错排布, 前脸覆盖区 101 的成圈编织行多于侧脸覆盖区 102 的成圈编织行, 并形成最终口罩罩体 100, 见图 4。

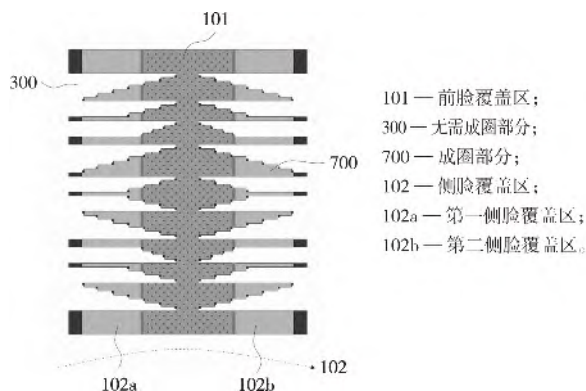


图4 口罩罩体整体编织结构示意图

### 3.2.2 耳带工艺

在进行编织时, 如图 1 所示, 从耳背部分开始, 先起头编织耳带 400, 随后编织空气层组织。此处需要前床编织一次、后床编织一次, 共 8 组循环, 后经平收针形成耳带。最后通过左收针、右加针的手法编织耳带 400 的后带, 再编织前带。其目的在于通过后带前带的设计到达使用时不勒耳的效果, 在口罩罩体和耳带的连接部位, 集圈前后连接形成防滑区域。随后开始罩体 100 的局部编织, 编织顺序为后片的下半部分、前片的下半部分、前片的上半部分、后片的上半部分。两侧少织、中间多织, 形成中间凹陷部位; 前片多织、后片少织, 形成后片向前片方向凹陷的效果, 整体呈现 3D 立体外观; 最后以同样的编织手法编织另一只耳

带, 达到一体成形的儿童口罩效果。

具体编织步骤为: 编织耳带 400 的后带再编织前带; 从耳带 400 一端采用紧密局部编织法编织口罩罩体 100; 编织另一只耳带的后带与前带。j 级编织线经过线圈打结后形成等距分布的 j 级线圈, 且各级的线圈结构相同;  $j=\{1, 2, \dots, n\}$ , n 级为最后一级。j 级编织线的两端均外伸有线头  $(T-j)$ ,  $j=\{1, 2, \dots, n\}$ , n 级为最后一级。编织完成前, 对起始线 105 的两端进行临时固定; 编织完成后, 撤除各级编织线固定端的约束, 见图 5。

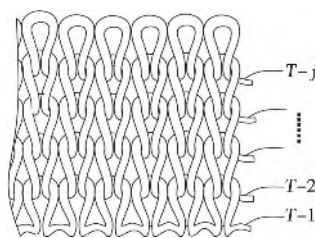


图5 成圈编织平面图

### 3.2.3 口罩内部工艺

口罩内部的口罩罩体 100 包括前脸覆盖区 101 和侧脸覆盖区 102, 侧脸覆盖区 102 包括第一侧脸覆盖区 102a、第二侧脸覆盖区 102b, 两者一侧与前脸覆盖区 101 相连; 侧脸覆盖区 102 局部编织线圈数与前脸覆盖区 101 局部编织线圈数不同; 耳带 400 通过集圈与口罩罩体 100 相连; 口罩罩体 100 编织方法为紧密局部编织。前脸覆盖区 101 包括口鼻区 101b 和下颌区 101c, 两者一侧相连。

口罩罩体 100 还包括滤芯固定件 500, 滤芯固定件 500 设置于口罩罩体 100 与皮肤接触面, 滤芯固定件 500 上下固定连接于口罩罩体 100。滤芯固定件 500 为中层, 对称分布于侧脸覆盖区 102, 滤芯固定件 500 对外一边设开口, 便于滤芯的塞入与更换, 面料为具有纳米多微孔结构的薄膜与一层或二层织物结合的复合面料, 分别形成二层复合或三层复合结构, 见图 6。

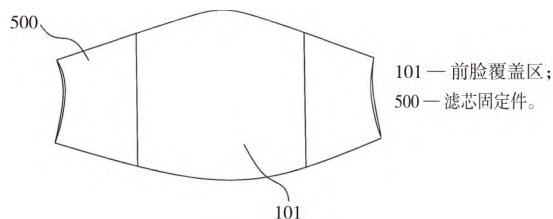


图6 口罩内面结构示意图

### 3.2.4 过滤垫片开口工艺

本设计主体部分的结构为双层, 设计成侧插口袋样式, 内部放置可替换的过滤垫片。该过滤垫片规格

与市场上常规垫片规格一致,可高效阻隔病毒等有害物质。该口罩具有可反复使用的优点,使用者可以定期更换过滤垫片。在筒状织物上双面组织的编织是通过翻针实现的。当编织到双层开口处时,继续保持外层前下针床织针的原组织编织,后下针床织针在局部段与前上针床织针编织形成 2+2 罗纹组织。编织完 1 个罗纹横列后,前上针床线圈翻针到后下针床,再由前下针床织针继续编织口罩外层。罗纹锁边的宽度约 1 cm,正反线圈交错可有效防止开口边缘卷边。下针床织针一隔一空针起头编织,起头横列连接内外层线圈<sup>[5]</sup>。

## 4 口罩织造

### 4.1 织造工艺

为了保持纱线张力的均匀与一致,利用 ADF-CMS-530-32 BW 型自跑式纱嘴与直接喂入功能实现送纱与喂入,并保持线圈大小的一致性。电脑横机采用分段牵拉装置对牵拉张力进行分段设计,尤其要注意口罩组织结构及编织部位的不同。开始编织时,纱嘴需要先编织一段布片,可以利用废纱完成。皮带罗拉拉住布片,以提供均匀的拉力;当编织口罩主体时,皮带罗拉在同一纬度上进行夹持。该操作的主要目的是通过提供稳定拉力来保证口罩布面的平整。

儿童口罩实物图见图 7。标志视图见图 8。



图 7 儿童口罩实物图

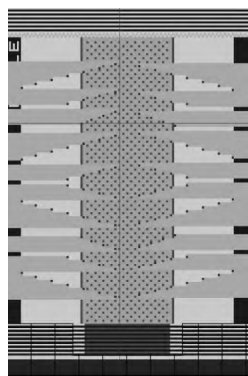


图 8 标志视图

上机操作时,首先选取一根纬线作为起始线,运用若干根织针成圈编织;然后选取另一根纬线作为一级

编织线,其一端固定于起始线的一侧,另一端由织针从一侧向另一侧顺序编织,将一级编织线先从起始线的内侧穿入起始线的下部形成新的线圈,此步骤为成圈,无需成圈部分织针不执行此步骤。

### 4.2 原料选择

使用 100% 聚酯 Hannami 纱线。口罩罩体 100 分为外、中、内 3 层面料,通过贴合工艺贴合而成,点状上胶,上胶量  $3 \sim 10 \text{ g/m}^2$ ,胶辊点直径  $500 \sim 780 \mu\text{m}$ ,胶辊目数为  $100 \sim 280$  目,覆盖率  $20\% \sim 35\%$ ,固化时间  $24 \sim 48 \text{ h}$ 。外层为针织面料,材料成分是涤纶 75%、棉 15%、弹性纤维 10%,面密度  $\leq 250 \text{ g/m}^2$ ,单层面料在  $30 \text{ L/min}$  气流流量下的压力差  $\leq 50 \text{ Pa}$ 。外针织面料层经过疏水抗菌整理,药剂成分为:  $50 \sim 80 \text{ g/L}$  的氧化杀菌剂 SanitizedLM10-90,  $20 \sim 50 \text{ g/L}$  的三防整理剂 RUCO-GUARD AFH6,余量为水。处理工艺为一浸一轧,涤纶面料带液率  $50\% \sim 60\%$ ,尼龙面料带液率  $60\% \sim 70\%$ ,烘干温度  $110 \text{ }^\circ\text{C} \sim 135 \text{ }^\circ\text{C}$ ,速度  $10 \sim 20 \text{ m/min}$ 。

### 4.3 织造参数设置

不同的组织与结构在编织动作上存在明显的差异,基于此,需要在电脑横机配套的 MIPLUS 设计系统中对度目、拉力、编织速度等参数进行调整。开始编织时,应保持较低车速,为  $0.25 \sim 0.30 \text{ m/s}$ ,以保证织针能成功钩取纱线。纱环长设置为  $6.7 \sim 7.0 \text{ mm}$ ,拉力大小设置为  $80 \sim 90 \text{ N}$ 。当编织口罩的主体部位时,车速可适当提高到  $0.50 \sim 0.80 \text{ m/s}$ ,纱环长可适当减小为  $5.3 \sim 5.5 \text{ mm}$ ,拉力值应增加到  $90 \sim 95 \text{ N}$ 。当编织口罩的开口部位时,车速应低于编织平针组织的速度,为  $0.30 \sim 0.50 \text{ m/s}$ ,罗纹组织线圈圈弧与平针组织线圈相比较长,故纱环长应适当增加,为  $7.5 \sim 8.0 \text{ mm}$ ,拉力设置为  $85 \sim 90 \text{ N}$ 。

### 4.4 舒适性能评价

为了进一步地验证口罩的舒适性,采用 YG461E-III 型全自动透气仪(宁波纺织仪器厂)对口罩进行透气性测试。结果显示,当压差  $100 \text{ Pa}$ 、测试面积  $20 \text{ cm}^2$  时,口罩的透气性为  $291 \text{ mm/s}$ ,符合 GB/T5453—1997《纺织品 织物透气性的测定》的规定( $\geq 250 \text{ mm/s}$ )。

## 5 结 语

本文研发了一款儿童全针织全成形 3D 口罩,采用可拆卸滤芯与口袋设计,便携时尚。挂耳带与口罩主体在结构上流畅结合,能兼顾挂耳带的舒适度与面

☞(下转第 52 页)



弹性、耐洗涤性等,使其更适用于日常生活。导电纱线作为智能可穿戴设备中各电子元件的连接网,也应在保持较好导电性的基础上具有更多功能性,因此在导电复合材料的制备技术上仍需进行更多的尝试与努力。改善静电纺丝法的制备工艺,通过调整纱线配比来最大化利用混纺导电纱的优势,减少混纺纱疵疵的产生,寻找性价比较高、绿色健康的涂层材料以及延长导电纱线的耐久性和灵敏性等都是未来的研究方向。



#### 参考文献:

- [1] 谢俊祥,张琳.智能可穿戴设备及其应用[J].中国医疗器械信息, 2015, 21(3): 18-23.
- [2] 张延辉.热电材料在柔性可穿戴智能纺织品中的应用[J].上海纺织科技, 2022, 50(4): 17-19.
- [3] MA L, ZHOU M, WU R, et al. Continuous and scalable manufacture of hybridized nano-micro triboelectric yarns for energy harvesting and signal sensing[J]. ACS Nano, 2020, 14(4): 4716-4726.
- [4] JOHN A, BENNY L, CHERIAN A R, et al. Electrochemical sensors using conducting polymer/noble metal nanoparticle nanocomposites for the detection of various analytes: A review[J]. Journal of Nanostructure in Chemistry, 2021, 11(1): 1-31.
- [5] PANAHI S, NOROOZI M, XIAO M, et al. Recent advances in graphene-based polymer nanocomposites and foams for electromagnetic interference shielding applications[J]. Industrial & Engineering Chemistry Research, 2022, 61(4): 1545-1568.
- [6] ZHANG M, WANG C, WANG Q, et al. Sheath-core graphite/silk fiber made by dry-Meyerrod-coating for wearable strain sensors[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2016(8): 20894-20899.
- [7] FAN X, NIE W, TSAI H, et al. PEDOT: PSS for flexible and stretchable electronics: modifications, strategies, and applications[J]. Advanced Science, 2019(6): 1900813.

- [8] SHUAKAT M, LIN T. Highly-twisted, continuous nanofibre yarns prepared by a hybrid needle-needleless electrospinning[J]. RSC Advances, 2015(5): 33930-33937.
- [9] LEVITT A, SEYEDIN S J, ZHANG X, et al. Bath electrospinning of continuous and scalable multifunctional MXene-infiltrated nanoyarns[J]. Small, 2020, 16(26): 1-12.
- [10] JI H H E, KONG H Y, YANG R R, et al. Review on fiber morphology obtained by bubble electrospinning and blown bubble spinning[J]. Thermal Science, 2012, 16(5): 1263-1279.
- [11] TANG J, WU Y, MA S, et al. Flexible strain sensor based on CNT/TPU composite nanofiber yarn for smart sports bandage[J]. Composites Part B: Engineering, 2022, 232: 109605.
- [12] 梅自强. 纺织辞典[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2007.
- [13] WEI X, AOURAGHE M A, PANG S, et al. Highly stretchable electro-conductive yarn via wrapping carbon nanotube yarn on multifilament polyester yarn[J]. Journal of Industrial Textiles, 2022, 51(3): 4589-4602.
- [14] JIA K, CHEN W, WANG J, et al. Dyeable electroconductive cotton wrapped CNT yarn for multifunctional textiles[J]. Journal of Materials Science, 2022, 57(1): 731-738.
- [15] KIM T K, LIM J, CHOI S, et al. Weaving method-based capacitive yarn touch sensor fabricated of Cu/PET filament composite yarn[J]. The Journal of The Textile Institute, 2022(2): 1-10.
- [16] 钱坤. 纺织复合材料[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2018.
- [17] ZHOU Q, TANG G, CHEN X, et al. Flexible supercapacitors based on CNT/MnO<sub>2</sub>-BP composite yarn synthesized by in situ reduction[J]. Journal of The Electrochemical Society, 2021, 168(8): 080524.
- [18] YANG Y, CHEN Z, YE D, et al. Polypyrrole/CNT/cotton composite yarn supercapacitor for wearable electronics[J]. Fibers and Polymers, 2022, 23(2): 327-334.

(上接第 43 页)

部贴合度。本文设计的口罩兼具质地柔软亲肤、可循环使用、适用儿童面部尺寸等优点,可以满足不同年龄儿童的需求。



#### 参考文献:

- [1] RYLAND S, NIGHTINGALE R, NAUNJE A, et al. Lung health and exposure to air pollution in Malawian children (CAPS): A cross-sectional study[J]. Thorax, 2019, 74(11): 1070-1077.

- [2] 江德斌. 儿童口罩亟须制定国家标准[N]. 检察日报, 2020-04-15(6).
- [3] 王春茹, 钟安华. 多功能贴合型儿童防护口罩设计[J]. 服饰导刊, 2021(10): 87-90.
- [4] 屈雅琴, 张天海, 温颜华, 等. 用户对随弃式个人防护口罩的审美需求分析[J]. 现代纺织技术, 2021, 23(1): 34-40.
- [5] 宋艳辉, 李志民. 采用竹浆纤维开发口罩针织面料[J]. 针织工业, 2012(6): 6-7.

欢迎征订《纺织检测与标准》

E-mail: fzjcybz@163.com

联系电话: 021-55210011-376