

医用口罩非织造材料研究进展

叶小波¹, 唐林¹, 陈春亮², 董雄伟², 叶兆清^{1,*}

(1. 当阳市鸿阳新材料科技有限公司, 湖北 当阳 444100;

2. 武汉纺织大学技术研究院, 湖北 武汉 430200)

摘要:随着2019年底新冠肺炎疫情的爆发, 各类防疫物资尤其是防护用医用口罩出现供不应求的情况。从医用口罩的结构和防护机理出发, 对其非织造原料和生产技术的研究现状进行了概述和分析, 展望了医用口罩用纤维原料的未来发展趋势, 以期对防护用医用口罩非织造材料的进一步研究和提供部分思路。

关键词:医用口罩; 非织造材料; 熔喷布; 防护性能

中图分类号:TS176; TS174

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2020)10-0011-04

近期, 爆发于2019年底并持续蔓延的新型冠状病毒肺炎(COVID-19)疫情给中国和全球人民的健康和生活带来了严重影响, 引起了广泛关注。而无论是此次的新型冠状病毒肺炎, 还是此前的SARS、MERS和高致病性禽流感等疾病, 都主要通过呼吸道传染。因而, 在针对疫情的特效药和疫苗全面普及之前, 民众个体在公共场合活动时有必要佩戴口罩, 以防止病毒的侵入和传播^[1]。

中国在过去很长一段时间内所使用的都是普通棉纱口罩, 这种口罩织物结构疏松, 面部密合性差, 过滤效率低, 对病毒缺乏明显防护功能^[2]。随着医疗卫生水平的提升, 目前已经基本上使用由非织造材料制备的即用即弃式一次性医用口罩。与传统棉纱口罩相比, 它不仅能够有效过滤飞沫和气溶胶, 还具备吸气阻力小、抗菌性能强等特性^[3]。随着非织造领域的不断拓展, 医用非织造材料的相关内容也在不断进行研究和创新, 结合当前的形势, 对防护用医用口罩常用非织造原料和生产技术的研究现状进行了概述和分析, 以期对医用口罩用非织造材料的进一步发展提供部分思路。

1 口罩的结构与防护机理

1.1 口罩的类别与结构

常见口罩一般分为2类: 普通口罩和医用口罩。普通口罩(保健口罩、防尘口罩、布口罩等)对空气中的飞沫、尘埃等的过滤效果一般, 几乎不具备病毒防护功

能。医用口罩一般可分为4类: 一次性使用医用普通口罩、医用外科口罩、医用颗粒物防护口罩和医用防护口罩, 其防护等级依次递增。

医用口罩按照外形可分为平面结构和立体结构, 医用外科口罩和一次性医用口罩为平面型结构, 医用防护口罩为三维拱形立体结构^[4]。医用口罩采取多层非织造布复合的形式, 大多由外层防水层、中间过滤层及内层吸湿层等三大部分组成。外层的防水层一般由纺黏法或热轧非织造布组成, 材料的孔径尺度较大, 可以拦截尺寸较大的粒子, 经过防水处理可以有效防止外界的飞沫入内; 中层的过滤层由具有较强过滤作用的熔喷非织造布构成, 大多采用静电驻极工艺对其进行过改性处理, 可以过滤尺寸更加微小的粒子, 为核心部件; 内层由普通纺黏、针刺或水刺法非织造布构成, 在保证吸湿性的同时提高其亲肤性和舒适性。

1.2 口罩的防护机理

口罩的防护机理从空气过滤技术层面分析, 根据粒子的截留和相互作用方式, 一般是基于以下几种过滤机理^[5-7]:

(1) 拦截效应。当微粒随气流到达纤维表面附近时, 较大粒径的微粒会直接被纤维织物拦截并沉积在纤维表面。

(2) 惯性效应。当气流经过纤维排列紧密而又交错复杂的纤维层时, 质量较大的粒子在惯性作用下继续维持原有状态并迅速撞击到纤维表面而沉积下来。

(3) 扩散效应。气体分子在热运动过程中与小微粒产生碰撞, 粒子产生不规则布朗运动, 因而易碰撞到纤维表面并沉积下来。

(4) 静电效应。经过静电驻极处理让纤维带上静

收稿日期: 2020-07-31; 修回日期: 2020-08-04

作者简介: 叶小波(1975-), 男, 工程师, 硕士, 主要研究方向为纤维材料及纺丝工艺。

* 通信作者: 叶兆清, 高级工程师, 研究方向为纤维材料及生产工艺, E-mail: xwdong@wtu.edu.cn。

电,粒径较小、轻质的微粒在静电作用下被吸引粘附在纤维表面,达到滤除效果。

(5)重力效应。随气流运动过程中,粒子由于自身重力沉降在纤维表面而被直接捕获。

上述5种防护机理,在医用口罩材料里发挥主要作用的是拦截效应、惯性效应和静电效应^[4]。其中,对口罩的芯层滤材做静电驻极处理,使之带上电荷以增加静电效应进而增强吸附过滤作用,是医用口罩极为重要的工艺环节。

2 医用口罩的非织造原料

医用口罩的主要原料为热塑性聚合物制成的熔喷布和纺黏布,但这种口罩存在着不少短板,如吸湿性较差,舒适性不够,以及给环境保护造成诸多困扰等。在此次全球大范围传播的新冠肺炎疫情期间,医护人员由于长时间佩戴口罩会导致其鼻梁和面部受到不同程度的挤压和损伤,同时大量的一次性废弃口罩有时无法得到及时有效地处理,也给环境保护造成了压力。

2.1 常用基础原料

聚丙烯(PP)母粒为目前常用医用口罩的基础原料,具有成本低廉,耐热性良好和物理化学性质稳定等优点,一直作为优质原料广泛应用于医用非织造领域。为了提高PP非织造材料的性能,常常会采取各种方法对它作改性处理。浙江理工大学欧璐等^[8]使用SiO₂气凝胶与PP进行熔融共混,制备了SiO₂气凝胶/PP熔喷非织造材料,相较于纯PP熔喷材料,它的过滤效果增强了50%左右。张恒等^[9]采用聚乙二醇(PEG)共混改性PP,制得了纤维间孔隙更加蓬松的PP/PEG微纳米纤维材料,发现PEG对提高材料的过滤效果有积极作用。

为了进一步满足人们的生命健康需求,防护口罩用非织造材料除了要达到的过滤标准外,如何增强其抗菌性和抗病毒性常常也是研究者们关注的重点。东华大学朱孝明等^[10]利用抗菌性能强的光催化抗菌材料二氧化钛(TiO₂),首先对TiO₂进行改性,使之抗菌性能更加稳定;然后以在线复合的方式将改性后的TiO₂负载到PP熔喷非织造布中,以离线复合的方式将其负载到PE/PET纺黏非织造布上,最后将两种材料复合,制备出改性TiO₂/纺黏-熔喷(SM)抗菌复合滤材。Pongpol Ekabutr等^[11]用不同浓度的天然物质山竹果提取物(MG)对PP熔喷滤材进行喷涂改

性处理,并选取大肠埃希氏菌等3种代表菌对改性后的滤材进行攻击,结果均表现出良好的抗菌效果,有望应用于医用口罩的研究与生产。

2.2 可降解纤维原料

在此次大范围传播的新冠肺炎疫情中,医用口罩使用量极速且持续增加,并常伴有随意丢弃的情况,但常用的原料PP属于不可再生资源,存在着难以降解的缺点,不可避免地会对环境造成污染。因此,可降解非织造原料从绿色环保角度来说说是优选,具有深远的意义。近年来,绿色环保、可生物降解的天然纤维素纤维及其衍生物(如Lyocell、Viloft等)、合成高分子(如聚乳酸)和生物基聚合物(如生物基涤纶、生物基聚乙烯等)正逐渐应用于非织造材料的生产^[12]。

采用NMMO溶剂法生产的再生纤维素纤维Lyocell呼声较高,能够完全生物降解为CO₂和H₂O,且降解时长也很短,从工艺生产到降解完成全程无污染,完全遵循现代绿色理念,是深受人们喜爱的21世纪“绿色纤维”;同时其具有较高的强力(尤其是湿态强力)、良好的吸湿性和天然的透气性等优异特性,因而迅速成为优质新型纺织原料,并通过熔喷、针刺、水刺等工艺应用于非织造领域^[13]。利用针刺法可以将Lyocell纤维的高强度特性转移至制得的非织造材料中,且相较于粘胶纤维,针刺Lyocell非织造布的针刺结构蓬松性与材料吸湿能力都更好。利用Lyocell纤维在湿态下的原纤化,即纵向可以分离出亚微米级别细小原纤,采用湿法和水刺法制得的Lyocell非织造材料有较好的过滤性能,可用于过滤材料^[14]。在其原有技术工艺的基础上,可对Lyocell纤维进行抗菌改性处理,如Smiechowicz等^[15]利用AgNO₃溶液,在纤维素-NMMO-水体系中采用了不同的条件制备银纳米粒子,并制备了纳米银离子改性Lyocell纤维,在保持Lyocell力学和亲水性能几乎不变的情况下增加了其抗菌特性。在Lyocell的抗菌后整理方面,张荣波等^[16]采用丝素蛋白对Lyocell非织造布进行浸轧处理,增强了Lyocell非织造布的亲肤性能和生物相容性,增大了其应用于医用口罩的空间。

以乳酸为主要原料聚合得到的聚乳酸(PLA)是一种性能优良的新型生物降解合成高分子材料,有着较好的力学强度。PLA熔喷驻极体非织造材料已应用于空气过滤材料,与其他熔喷过滤材料一样,如何改善它们的驻极体性能,进而提高其过滤效率一直是重点

研究内容。Jianfeng Zhang 等^[17]采用电晕充电技术形成驻极体,制备出多种形态和晶体结构不同的 PLA 熔喷驻极体材料,其过滤效率均有所提高;但材料形态和晶体结构的差异会影响驻极体的电荷俘获性能进而影响其过滤性能,其纤维直径分布越窄,织物材料越致密,过滤性能越好。同时,PLA 的后续加工和应用因其本身脆而硬的缺点而大大受限,因此在很多研究或生产中往往会对 PLA 进行改性处理以改善其力学性能。清华大学黄海超等^[18]将纳米 SiO₂ 和驻极体改性剂 O-electret 引入至 PLA 基体中,并选用环氧大豆油(ESO)和 PEG 作为增塑剂对 PLA 进行复合改性,得到了驻极体—增塑剂/PLA 熔喷非织造复合材料,在使其过滤性能优良、生物可降解的同时获得了可后续加工的能力,在未来的规模化生产中具有重大应用潜力。

此外,已有部分国家或地区将生物基聚合物应用于可降解非织造领域,如巴西 Braskem 公司制成的 Fitesa EcoFabric 纤维,其芯层由生物基聚乙烯(PE)和 PLA 构成,其外层由 PE 构成,不仅结合了 PE 的柔软性和 PLA 的高强度,还具备了可降解的特点,有应用于医用口罩表层面料的潜力^[3]。

3 医用口罩材料的非织造技术

3.1 静电驻极熔喷技术

在医用口罩的生产中,最关键的是中间层过滤材料熔喷布,原料多为 PP,经熔融、纺丝、拉伸、定型等步骤制得。利用高速高压热气流将 PP 纤维从喷丝孔喷出,将其牵伸成直径为 0.3~7.0 μm 的超细纤维,均匀铺在收集装置上,并利用其自身的余热黏合成网,加固成布,最后经驻极处理提高过滤效率。其中,关键工序在于静电驻极处理,令滤材增强对空气中粒子的静电吸附作用,利用静电效应大大提高口罩的过滤效率,一般可采用电晕充电法、电晕放电法、高压极化法等。在过滤效率提高的同时,驻极体非织造布具有很好的稳定性,室温下存储 6 个月,过滤效率基本没有衰减^[19]。

但在熔喷布的制备过程中,纤维往往不会受到较长的牵伸,黏合成网后熔喷布的耐磨性和力学强度都不够^[20],难以单独承受较强的外力,因而制成的口罩也往往难以阻挡外力从而达不到较强的防护能力;且由于日常环境中周围的离子侵蚀,不可避免地使驻极体产生静电散逸,从而导致过滤效率显著降低,由其制成的口罩也因此会降低防

护能力^[21]。为了改善熔喷布力学性能不足的问题,姜丽娜等^[22]将针刺布与熔喷布通过在线复合工艺制得了亚高效过滤性能材料,在原纯熔喷布的基础上显著提升了力学性能,同时其使用寿命也明显增加。为了改善驻极体性能,Haifeng Zhang 等^[23]将硬脂酸镁(MgSt)作为电荷增强剂引入至 PP 熔喷材料中,制成的新型驻极体材料结构蓬松,驻极体性能有了明显的改善,拥有较高的孔隙率和优异的过滤性能,可能成为应用于防护用口罩的良好选择。

3.2 静电纺丝技术

静电纺丝的历史并不久,是近些年才兴起的纺丝工艺。利用电场力对位于高压电场中的纺丝溶液或熔体射流进行牵伸,得到的纤维呈无序状沉积在接收装置上,形成具有大量微孔的纳米纤维材料。该方法设备简单、操作便捷、成本较低,且得到的产品有着高孔隙率,被看作制备纳米纤维最高效的方法之一^[24],适合用于制备空气过滤材料。西安工程大学李琦娴等^[25]通过静电纺把聚氨酯(PU)纳米纤维喷射覆盖在 PP 熔喷材料表面,得到了 PP 熔喷/PU 静电纺复合材料,在单一 PP 熔喷非织造布的基础上增强了其吸附和过滤性能,并发现在纺丝液质量分数为 7% 的情况下,材料过滤效果最佳,尤其对尺寸处于 0.3 μm 以下的粒子具有出色的过滤性能,适宜用作空气过滤材料。Cağlar Sivri^[26]以聚乙烯醇(PVA)溶液为原料,采用静电纺丝将 PVA 纺成超细纳米纤维,并应用于一次性医用口罩,增强了口罩的舒适性和病毒防护性。江南大学 Chengbo Huang 等^[27]通过静电纺丝将 1-氯-2,2,5,5-四甲基-4-咪唑烷酮作为一种 N-卤代胺引入至聚丙烯腈纳米纤维中,形成了聚丙烯腈/1-氯-2,2,5,5-四甲基-4-咪唑烷酮—5% 纳米纤维,开发了基于聚丙烯腈纤维的抗菌材料,可应用于防护口罩,以切断病毒的传播。与静电驻极熔喷技术相比,采用静电纺丝技术制备的纳米纤维膜的纤维直径更小,空隙率更高,保持电荷不逸散的能力更好,过滤效果更佳,甚至可以代替静电驻极熔喷非织造过滤材料^[6]。但静电纺丝技术往往也伴随着纤维直径不均匀,材料力学强度不够等缺陷,还需要进行更加完备的技术改进。

4 结语

随着国家经济水平的快速增长,医疗卫生水平的不断提升,以及人们生命健康意识的不断增强,防护用医用口罩的性能也不断提高,从单一的过滤效率到口

罩的舒适性、生物可降解性和抗菌性等,日趋呈现多元化。高效的性能要求也推动着现代防护用口罩非织造材料在原料和技术方面的不断探索和改进,开发更加环保高效的纤维原料和更加成熟稳定的技术将是大势所趋。未来还需要加大医用防护性口罩材料领域尤其是核心部件中层滤芯的研发投入,不断创新和发展,以提高现代医用口罩的综合性能。

参考文献:

- [1] LEUNG N H L, CHU D K W, SHIU E Y C, *et al.* Respiratory virus shedding in exhaled breath and efficacy of face masks[J]. *Nature Medicine*, 2020,26(5):676-680.
- [2] 叶芳. 口罩分类及原理介绍[J]. *标准生活*, 2016,(2):18-23.
- [3] 焦宏璞,钱晓明,钱么,等. 医疗用非织造材料的加工技术及发展[J]. *化工新型材料*, 2019,47(12):27-31.
- [4] 刘超,靳向煜,陈孝兆. 医用自吸过滤式流感防护口罩的结构与性能[J]. *产业用纺织品*, 2009,27(12):28-33.
- [5] 靳向煜. 非织造工艺技术研究[M]. 上海:中国纺织大学出版社,1997.
- [6] 刘延波,陈志军,郝铭,等. 电纺膜替代荷电熔喷布解决口罩短缺问题的可能性分析[J]. *纺织导报*, 2020,(3):64-70.
- [7] 陈凤翔,翟丽莎,刘可帅,等. 防护口罩研究进展及其发展趋势[J]. *西安工程大学学报*, 2020,34(2):1-12.
- [8] 欧璐,韩建,朱斐超,等. 二氧化硅气凝胶/聚丙烯熔喷非织造材料的制备及性能研究[J]. *现代纺织技术*, 2018,26(3):8-12.
- [9] 张恒,甄琪,刘雍,等. 嵌入式聚丙烯/聚乙二醇微纳纤维材料的结构特征及其气固过滤性能[J]. *纺织学报*, 2019,40(9):28-34.
- [10] 朱孝明,代子荐,赵奕,等. 改性二氧化钛/纺黏-熔喷非织造抗菌复合滤材的制备及性能[J]. *东华大学学报(自然科学版)*, 2019,45(2):196-203.
- [11] EKABUTR P, CHUYSINUAN P, SUKSAMRARN S, *et al.* Development of antituberculosis melt-blown polypropylene filters coated with mangosteen extracts for medical face mask applications [J]. *Polymer Bulletin*, 2019,76(4):1985-2004.
- [12] 韩玲,胡梦缘,马英博,等. 医用非织造口罩材料及其新技术的研究现状[J]. *西安工程大学学报*, 2020,34(2):20-25.
- [13] ZHANG Y J, JIN X Y. The influence of pressure sum, fiber blend ratio, and basis weight on wet strength and dispersibility of wood pulp/Lyocell wetlaid/spunlace nonwovens[J]. *Journal of Wood Science*, 2018,64(3):256-263.
- [14] 李景盛,高建,李倩倩,等. Lyocell纤维及其功能化研究进展[J]. *人造纤维*, 2019,49(2):25-29,33.
- [15] SMIECHOWICZ E, KULPINSKI P, NIEKRASZEWICZ B, *et al.* Cellulose fibers modified with silver nanoparticles [J]. *Cellulose*, 2011,18(4):975-985.
- [16] 张荣波,王冰,邹汉涛,等. 莱赛尔非织造布丝素蛋白整理与性能研究[J]. *棉纺织技术*, 2016,44(9):8-12.
- [17] ZHANG J, CHEN G, BHAT G S, *et al.* Electret characteristics of melt-blown polylactic acid fabrics for air filtration application [J]. *Journal of Applied Polymer Science*, 2020,137(4):48309.
- [18] 黄海超,宋国林,唐国翌,等. 驻极体-增塑剂复合改性聚乳酸熔喷非织造材料的制备及性能[J]. *复合材料学报*, 2019,36(3):563-571.
- [19] 陈钢进,肖慧明,王良基. 驻极体空气过滤材料在呼吸防护用品中的应用[J]. *中国个体防护装备*, 2011,(4):5-8.
- [20] 刘亚,吴汉泽,程博闻,等. 非织造医用防护材料技术进展及发展趋势[J]. *纺织导报*, 2017(B10):78-82.
- [21] 李鹏程. 聚丙烯熔喷过滤材料的驻极工艺及性能研究[D]. 青岛:青岛大学,2015.
- [22] 姜丽娜,任元林,田甜,等. 亚高效针刺熔喷复合过滤材料的制备及性能研究[J]. *纺织科学与工程学报*, 2019,36(1):106-109.
- [23] ZHANG H, LIU J, ZHANG X, *et al.* Design of electret polypropylene melt blown air filtration material containing nucleating agent for effective PM2.5 capture [J]. *RSC Advances*, 2018,8(15):7932-7941.
- [24] FAN X, JIANG Q, SUN Z, *et al.* Preparation and characterization of electrospun antimicrobial fibrous membranes based on polyhydroxybutyrate (PHB) [J]. *Fibers and Polymers*, 2015,16(8):1751-1758.
- [25] 李琦娴,杨建忠. PP熔喷/PU静电纺复合材料的制备及其过滤性能[J]. *西安工程大学学报*, 2019,33(1):8-12.
- [26] SIVRI C. Improvement of protective and comfort properties of face masks using superabsorbent polymer containing nanofibers [J]. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 2018,30(5):668-686.
- [27] HUANG C, LIU Y, LI Z, *et al.* N-halamine antibacterial nanofibrous mats based on polyacrylonitrile and N-halamine for protective face masks [J]. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2019,14:1-8.

(下转第18页)

- [23] 王 莉,姚金波.羊毛纤维中关于正副皮质层的研究探讨[J].染整技术,2010,32(5):14-17.
- [24] 张一心,朱宝瑜.毛纤维皮质层结构观测方法的研究[J].纤维标准与检验,1995,(9):29-31.
- [25] 谢孟峡,刘 媛.红外光谱酰胺Ⅲ带用于蛋白质二级结构的测定研究[J].高等学校化学学报,2003,(2):226-231.
- [26] 侯秀良,王善元.采用激光显微拉曼光谱仪研究山羊绒、羊毛纤维的结构[J].毛纺科技,2004,(1):38-41.
- [27] 王 莉,姚金波.利用傅里叶变换光谱技术分析拉伸羊毛的二级结构[J].天津工业大学学报,2010,29(2):19-24,44.
- [28] 赵君红.驼绒纤维的结构与性能研究[D].乌鲁木齐:新疆大学,2015.
- [29] 姚金波,杨锁廷,刘建中,等.超拉伸细化羊毛聚集态结构的研究[J].毛纺科技,2003,(6):8-11.
- [30] 杨 波,李艳芳,沈兰萍,等.兔绒和羊绒纤维性能对比研究[J].西安工程大学学报,2012,26(4):437-441.
- [31] 沈建军,张金莲,易洪雷,等.骆马毛与羊绒、羊驼毛基本性能对比研究[J].毛纺科技,2018,46(6):1-5.
- [32] 张 猛.青绒纤维新型脱色工艺及结构性能研究[D].呼和浩特:内蒙古工业大学,2016.
- [33] 李 蔚,刘新金,徐伯俊,等.牦牛绒与骆驼绒及羊绒的物理性能对比[J].纺织学报,2015,36(8):1-5.
- [34] 高慧敏,杨建忠,杨振中,等.不同产区山羊绒摩擦性能测试与分析[J].纺织高校基础科学学报,2012,25(2):239-242.
- [35] 周玉庆.湿、热处理条件对山羊绒性能的影响[D].西安:西安工程大学,2016.
- [36] 程浩南,蒋丽萍,张鹏飞.高温汽蒸处理对山羊绒纤维性能和结构的影响[J].毛纺科技,2017,45(8):32-35.
- [37] 黄政帅,唐文杨,喻佳欣,等.牦牛绒联合分梳机的设计[J].上海纺织科技,2019,47(11):79-81,93.
- [38] 梁慧莲,张守明.关于提高分梳山羊绒出成率的探讨[J].中国纤检,2011,(7):78-79.
- [39] 赵领航,张晓辉,李 龙.山羊绒分梳技术浅谈[J].轻纺工业与技术,2011,40(3):29-30,28.
- [40] 刘庆利,白宏成,赵 芳,等.浅谈山羊绒的分梳加工[J].内蒙古科技与经济,2005,(16):70-71.
- [41] 陈香云.高档精纺山羊绒分梳工艺设计[J].纺织导报,2013,(2):51-52.
- [42] 毛萃萃,韩娅红,李 静.几种联合式羊绒分梳设备的性能比较[J].纺织科技进展,2011,(3):19-21,41.

Research Status of Cashmere Fiber Structure and Properties

ZHU Le-le, LI Bao-rong, WANG Jun-qing, MA Pei-pei

(College of Textiles Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: The current research status of cashmere fibers at home and abroad was explored. The structure and performance of protein fibers were introduced. The research on the structure and performance of cashmere fibers had been more fully understood, which helped to make full use of precious cashmere resources, and provided theoretical basis for processing higher-grade cashmere products.

Key words: cashmere; structure; property; carding

(上接第 14 页)

Research Progress of Nonwoven Materials for Medical Masks

YE Xiao-bo¹, TANG Lin¹, CHEN Chun-liang², DONG Xiong-wei², YE Zhao-qing^{1,*}

(1. Danyang Hongyang New Material Technology Co., Ltd., Danyang 444100, China;

2. Technology Research Institution of Wuhan Textile University, Wuhan 430200, China)

Abstract: With the outbreak of COVID-19 at the end of 2019, various types of epidemic prevention materials, especially protective medical masks, were in short supply. The research status of nonwoven materials and production technology was analyzed from the perspective of the structure and protective mechanism of medical masks. The development trend of fiber materials medical masks was prospected, to provide some ideas for further research and development of nonwoven materials for protective medical masks.

Key words: medical mask; nonwoven material; melt blown nonwoven fabric; protective property