



西安工程大学学报
Journal of Xi'an Polytechnic University
ISSN 1674-649X, CN 61-1471/N

《西安工程大学学报》网络首发论文

题目： 国内外医用口罩防护指标及标准对比
作者： 韩玲，马英博，胡梦缘，郝栋连
收稿日期： 2020-02-16
网络首发日期： 2020-02-23
引用格式： 韩玲, 马英博, 胡梦缘, 郝栋连. 国内外医用口罩防护指标及标准对比[J/OL]. 西安工程大学学报.
<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1471.n.20200221.1537.002.html>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。



开放科学(资源服务)
标识码(OSID)

国内外医用口罩防护指标及标准对比

韩玲, 马英博, 胡梦缘, 郝栋连

(西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048)

摘要:2019年12月至今,湖北省武汉市等多个地区发生新型冠状病毒(2019-nCoV)感染的肺炎疫情。新型冠状病毒主要通过近距离飞沫传播、气溶胶传播以及接触传播,选择合适的医用口罩可有效降低使用者的感染风险。为了解国内外医用口罩异同,为医护人员工作者及公众选择医用防护用品提供帮助,给出医用口罩的主要防护指标,通过对比国内外主流医用口罩标准,总结各类医用防护用品的防护性能及其最佳使用范围,以及国内外医用口罩在分类方式、测试方法方面的异同,以期为我国医用口罩标准体系的进一步完善提供参考。

关键词:新型冠状病毒;医用外科口罩;医用防护口罩;一次性使用医用口罩;医用纺织品

中图分类号:R 194.5; TS 176

文献标志码:A

Comparison of protection indexes and standards of medical masks at home and abroad

HAN Ling, MA Yingbo, HU Mengyuan, HAO Donglian

(School of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: In December 2019, there were confirmed cases of pneumonia caused by the novel coronavirus(2019-nCoV) in Wuhan, Hubei. The experts confirmed that the drop transmission, aerosol and contact transmission are major sources infection. In order to understand the similarities and differences of medical masks at home and abroad, and provide help for medical staff and the public to choose medical masks, the main protective indexes of medical masks are given, by comparing the domestic and international standards of medical masks, the protective performance of various the protective performance of various types of medical masks and their best range of use are summarized. Meanwhile, the similarities and differences of classification and testing methods between domestic and foreign medical masks are compared. It is expected to provide reference for the further improvement of the standard system of medical masks in China.

收稿日期:2020-02-16

基金项目:陕西省教育厅重点科研项目(18JS041)

通信作者:韩玲(1977—),女,西安工程大学讲师,研究方向为新型纺织材料与功能型非织造材料。

E-mail: han.ling@xpu.edu.cn

引文格式:韩玲,马英博,胡梦缘,等.国内外医用口罩防护指标及标准对比[J].西安工程大学学报,2020,34(2):1-6.

HAN Ling, MA Yingbo, HU Mengyuan, et al. Comparison of protection indexes and standards of medical masks at home and abroad[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2020, 34(2): 1-6.

Key words: 2019-nCoV; surgical mask; medical protective mask; disposable medical mask; medical textiles

0 引言

2019年12月,湖北省武汉市发现了多起新型冠状病毒(2019-nCoV)感染的肺炎,截至目前,疫情已经蔓延至全球近20个国家和地区^[1-2],新型冠状病毒也因此被发现^[3-4],2020年2月12日被世界卫生组织(World Health Organization, WHO)正式命名为SARS-CoV-2。由于各类人群均易感该病毒,加之工业企业复工人群众流动性大等诸多原因,新冠病毒引发的疫情已成为国际关注的突发公共卫生事件。其中呼吸道飞沫和接触传播是新型冠状病毒的主要传播途径,因此良好的呼吸防护措施不仅是一线医护工作者的保护伞^[5],也是公众预防新型冠状病毒的防火墙^[6]。医用口罩尤其是医用防护口罩对于气溶胶、飞沫等具有良好的过滤防护效果,且能够预防呼吸系统疾病^[7-9]。因此自2020年1月中旬起,我国医用口罩的需求急剧增加,全国各地都出现了医用口罩供不应求的情况。

随着大量国外医用口罩进入我国市场,医用口罩短缺问题得到了一定程度的缓解。但由于国内外医用口罩执行标准不同等诸多原因,目前医用口罩的选购工作仍存在应用场景不明,防护效果不清等各种问题。本文对比分析了国内外常见医用口罩的防护性能及其使用范围标准,对比不同标准下,口罩的分类方式、测试方法,以期为医护人员及公众选择医用防护口罩提供帮助。

1 医用口罩主要防护指标

1.1 过滤效率

在规定的检测条件下,口罩滤除目标杂质的百分比,是决定口罩防护性能的根本性因素。目前衡量医用口罩过滤效率的主要指标为细菌过滤效率(BFE)和颗粒过滤效率(PFE)两类。

1.1.1 细菌过滤效率 细菌过滤效率BFE是医用防护口罩性能的关键技术指标,是口罩在受到含细菌的气溶胶攻击时滤除细菌的能力^[10]。BFE常使用含有金黄色葡萄球菌气溶胶进行测试,其平均颗粒直径(mean particle size, MPS)为 $(3.0 \pm 0.3) \mu\text{m}$ 。

1.1.2 颗粒过滤效率 PFE用来衡量口罩对亚微米颗粒的过滤效果,以模拟口罩对空气中的工业颗粒过滤效率、花粉、病毒等固态气溶胶的过滤效果,并细分为盐性气溶胶过滤效率及油性气溶胶过滤效率2种^[11]。一般采用氯化钠气溶胶作为盐性气溶胶

的测试过滤物,邻苯二甲酸二辛酯(dioctyl phthalate, DOP)作为油性和非油性气溶胶的测试指标过滤物,气溶胶具体尺寸大小因其标准不同而各异。

1.2 过滤阻力

在呼吸过滤中,过滤阻力是指过滤时过滤层对被过滤气体流动的阻力,一般由压力差或通气阻力2个指标进行衡量和测定^[4]。

1.2.1 压力差 测量医用口罩的空气流动阻力,是对透气性的客观度量。压力差为口罩两侧面在进行气体交换的压力差值,压力差以 $\text{mmH}_2\text{O}/\text{cm}^2$ 或 Pa/cm^2 为单位测量($1 \text{ Pa}/\text{cm}^2 = 9.8 \text{ mmH}_2\text{O}/\text{cm}^2$),该值越低,口罩透气性越好。

1.2.2 通气阻力 通气阻力为口罩在规定面积和规定流量下的阻力,用压差表示(Pa)。其值是用来衡量呼吸性和透气性。通常情况下,过滤效率越高,呼吸阻力越大。

1.3 流体阻隔能力

流体阻隔能力反映了医用口罩隔绝液体的能力。一般情况下该能力以合成血液穿透阻力及表面抗湿性来表征。

1.3.1 合成血液穿透阻力 合成血液穿透阻力是一种衡量口罩隔绝液体的指标^[9,12]。在测试过程中,合成血液分别以80,120或160 mmHg的压力喷向口罩外侧面后,以口罩内侧面不出现渗透为标准,并符合低、中或高流体阻力的要求。其中80,120,160 mmHg压力分别模拟静脉压力(1级)、动脉压力(2级)和动脉压力(3级)。

1.3.2 表面抗湿性 表面抗湿性是织物抵抗被水润湿或渗透的特性,一般通过沾湿等级衡量不同类型口罩的表面抗湿性^[13]。国内现行医用防护口罩标准中对于口罩表面抗湿性采用GB T4745—1997《纺织品防水性能的检测和评价沾水法》中的抗湿等级对表面抗湿性进行分类,具体如表1所示。

表1 沾湿等级及其具体评级标准

Tab.1 Water resistance classify and its specific criteria

沾湿等级	评级标准
1级	受淋表面完全润湿
2级	受淋表面一半润湿,这通常指小块不连接的润湿面积的总和
3级	受淋表面仅有不连接的小面积润湿
4级	受淋表面没有润湿,但表面沾有小水珠
5级	受淋表面没有润湿,且表面也未沾有小水珠

1.4 密封性能

在医用口罩的使用过程中,口罩与面部的有效密合是防护的关键。通常情况下,口罩的密封性能由密合性或适合因数 2 个指标进行衡量。

1.4.1 密合性 密合性是指口罩周边与具体使用者面部的密封性能。

1.4.2 适合因数 适合因数是指在人佩戴口罩模拟作业活动过程中,定量测量口罩外部检验剂浓度与漏入内部浓度的比值。

1.5 阻燃能力

由于医用环境中会有潜在的火患,为了更好地起到防护作用,需对医用口罩进行阻燃性测试。医用口罩的阻燃能力一般通过阻燃等级或燃烧时间进行描述。美国 16 CFR 1610 服用纺织品阻燃法规^[14]将阻燃等级分为 class 1, class 2, class 3 等 3 个等级,具体要求如表 2 所示。

表 2 阻燃等级及其具体评级标准

Tab.2 Flammability classify and its specific criteria

阻燃等级	评级标准
Class 1	一般易燃性,不多于 1 个底布燃烧
Class 2	中度易燃性,有 2 个或更多底布燃烧
Class 3	快速且剧烈燃烧,有 3 个或更多底布燃烧

2 国内外普通医用口罩标准

2.1 ASTM F2100—11(2018)《医用口罩材料性能标准规范》

该标准为美国及日本的现行医用口罩标准,ASTM F2100—11 标准所生产的医用口罩按照防护级别分低防护(Level 1)、中防护(Level 2)和高防护(Level 3)3 个等级^[15]。该标准主要在细菌过

表 4 BS EN 14683 标准中普通医用口罩防护性能

Tab.4 Protection ability for normal medical masks in BS EN 14683:2019 standard

级别	细菌过滤效率/ %	颗粒过滤效率/ %	合成血液穿透阻力/ mmHg	压力差/ (Pa·cm ⁻²)	微生物清洁度/ (cfu·g ⁻¹)
Level 1	≥95	无规定	无规定	<40	≤30
Level 2	≥98	无规定	无规定	<40	≤30

2.3 AS 4381:2015《用于医疗保健的一次性口罩标准》

澳洲医用口罩现执行标准为 AS 4381:2015,是 AS 4381:2002 的替代版本,与美标 ASTM F 2100:2018 相近,但没有阻燃性能和密封性能等有关指标要求^[17]。该标准中低防护(Level 1)、中防护(Level

滤效率、颗粒过滤效率、合成血液穿透阻力、阻燃性能和在 85 L/min 的气体流量下的压力差等 5 个方面对口罩的性能进行要求,对于口罩与面部的密封性无具体要求,见表 3。

表 3 表 3 ASTM F2100—11(2018) 标准中普通医用口罩防护性能

Tab.3 Protection ability for normal medical masks in ASTM F2100—11(2018) standard

级别	细菌过 滤效率/ %	颗粒过 滤效率/ %	合成血液 穿透阻力/ mmHg	压力差/ (Pa· cm ⁻²)	阻燃 能力
Level 1	≥95	≥95	80	<39.2	Class 1
Level 2	≥98	≥98	120	<49.0	Class 1

通常情况下 Level 1 和 Level 2 口罩被用于普通医学防护,是一种普通医用口罩。相较于其他医用口罩标准,该标准涉及检测项目最为广泛,且对颗粒过滤效率及合成血液渗透阻力要求较高。

2.2 BS EN 14683:2019《口罩需求测试方法》

EN 14683 系列标准是欧盟成员国所采用的共通医用口罩标准^[16],其中 BS EN 14683:2019 应用较为广泛,是 BS EN 14683:2014 的替代版本。相较于旧版本,2019 版标准对口罩的压力差有所提高。该标准对医用口罩的细菌过滤效率、微生物清洁度、合成血液穿透阻力及在 28.3L/min 的气体流量下的压力差进行了要求,见表 4。其中执行该标准的普通医用口罩根据防护性能的差异可以分为 Type I、Type II 2 个等级。Type I 口罩不可用于专业医护防护,仅可用于普通公众以减少飞沫传播的风险,Type II 型口罩则可用于医护人员在专业医疗环境中使用。

2)2 个级别的口罩可用于普通医疗场景。该版本增加了对合成血液穿透阻力的要求,去除了高防护等级口罩对颗粒过滤效率的要求,见表 5。其中 Level 1 口罩可用于没有血液或体液喷溅的一般医疗条件,Level 2 口罩可用于有少量体液喷溅的普通创伤处理或口腔手术等医疗场合。

表5 AS 4381:2015 标准中普通口罩防护性能

Tab.5 Protective ability for normal medical mask in AS 4381:2015 standard

级别	细菌过滤效率/%	颗粒过滤效率/%	合成血液穿透阻力/mmHg	压力差/(Pa·cm ⁻²)
Level 1	≥95	无规定	80	<39.2
Level 1	≥98	无需求	120	<49.0

2.4 YY/T0969—2013《一次性使用医用口罩标准》

该标准为我国一次性使用医用口罩的行业推荐标准,于2014年10月1日起作为现行标准实施。根据该标准生产的一次性医用口罩,适用于医护人员一般防护及日常隔离防护,不可在医用外科手术

室使用^[18]。该标准主要规定了口罩的细菌过滤效率,在 8 ± 0.2 L/min的气体流量下的压力差及微生物清洁度等指标,但对于表面抗湿性、合成血液穿透阻力、颗粒过滤效率、阻燃性能及通气阻力无明确要求,见表6。

表6 YY/T 0969—2013 标准中对一次性医用口罩性能要求

Tab.6 Performance requirements for disposable medical mask in YY/T0969—2013 standard

测试项目	具体数值
颗粒过滤效率	无明确要求
细菌过滤效率/%	≥95
合成血液穿透阻力/mmHg	无明确要求
压力差/(Pa·cm ⁻²)	49
细菌菌落数/(cfu·g ⁻¹)	≤100
真菌菌落数/(cfu·g ⁻¹)	不得检出
密封性能	口罩需能罩住佩戴者的口鼻至下额,误差≤5%

依据 ASTM F 2100:2018,BS EN14683:2019,AS 4381:2015,YY/T0969—2013 等4种不同标准生产的普通医用口罩,虽然在过滤效率、合成血液穿透阻力、压力差等指标上要求各异,但都已达到普通防护的要求。相较于其他国外标准,国内的YY/T 0669—2013标准对口罩的合成血液穿透阻力未有明确要求,这使得医护人员在日常护理使用中仍有一定的体液感染风险,因此在后续的标准制定工作中需进一步细化,提高该口罩的防护性能。

液穿透阻力的要求,因此可用于外科手术隔离。此外,与其他类型的外科口罩相比,该标准对口罩的微生物清洁度要求较高,须不大于30 cfu/g。

3 国内外医用外科口罩标准

3.3 AS 4381:2015《用于医疗保健的一次性口罩标准》

3.1 ASTM F2100—11(2018)《医用口罩材料性能标准规范》

在AS 4381:2015标准^[17]中,高防护(Level 3)医用口罩具有更好的防护效果,可用于外科手术操作。该型口罩除颗粒物阻隔效率及阻燃性能外,与依据ASTM F2100—11(2018)标准所生产的Level 3医用口罩要求基本相同。

依据ASTM F2100—11(2018)标准^[15]所生产的Level 3高防护口罩可在手术室内使用,相较于同标准的Level 1、Level 2口罩,Level 3口罩有更好的合成血液穿透阻力。不同于其他类型的医用外科口罩,该标准对口罩的颗粒物阻隔效率要求较高,且对口罩的阻燃性能有一定要求。

3.4 YY 0469—2011《医用外科口罩》

3.2 BS EN 14683:2019《口罩需求测试方法》

相较于BS EN 14683:2019标准^[16]生产的Type II型口罩,Type II R型口罩增加了对合成血

液穿透阻力以及8 L/min的气体流量下的压力差等防护指标,但对于表面抗湿性、阻燃性能及通气

阻力无明确要求。

表 7 不同标准医用外科口罩防护性能

Tab.7 Protective ability for surgical masks in different standards

测试项目	YY0469—2011 医用外科口罩	ASTM F2100—11 (2018)标准 Level 3 级别医用口罩	BS EN 14683:2019 标准 Type II R 型医用口罩	AS 4381:2015 标准 Level 3 级别 医用口罩
颗粒过滤效率/%	≥30	≥98	无规定	无规定
细菌过滤效率/%	≥95	≥98	≥98	≥98
合成血液穿透阻力/mmHg	120	160	120	160
压力差/(Pa·cm ⁻²)	≤49.0	<49.0	<60	<49.0
细菌菌落数/(cfu·g ⁻¹)	≤100	无规定	无规定	无规定
真菌菌落数/(cfu·g ⁻¹)	不得检出	无规定	无规定	无规定
微生物清洁度/(cfu·g ⁻¹)	无规定	无规定	≤30	无规定
阻燃能力	无规定	Class 1	无规定	无规定
密封性能	能罩住佩戴者的口鼻至下额	无具体要求	无具体要求	无具体要求

如表 7 所示,依据 ASTM F 2100:2018,BS EN14683:2019,AS 4381:2015,YY0469—2011 等 4 种不同标准生产的医用外科口罩在颗粒过滤效率,阻燃能力及密封性能上各有优势。客观来看,YY 0469—2011 标准对口罩的过滤效率及阻燃能力等指标的要求仍存在较大欠缺,需要在后续的标准指定工作中进一步完善。

4 国内外医用防护口罩标准对比

4.1 医用 NIOSH《呼吸保护装置标准》

美国国家职业安全与健康研究所(NIOSH)制定的 NIOSH 29 CFR 1910.134 呼吸保护装置标准

中规定,对于平均粒径为 0.3 μm 的氯化钠颗粒物过滤效率为 95% 的呼吸防护口罩称为 N95 口罩。当该种口罩同时满足美国食品药品监督管理局(FDA)对外科口罩指导意见中的要求时即可用于医疗防护^[20-21],称其为医用 N95 口罩。NIOSH 29 CFR 1910.134 标准主要规定了产品在 85 L/min 气体流量下的通气阻力及颗粒过滤效率等呼吸防护指标。而 FDA 的外科口罩指导意见主要对医用 N95 口罩的阻燃能力和合成血液穿透阻力进行了要求,并依据合成血液穿透阻力分为 3 级,但医用 N95 口罩未对细菌过滤效率提出明确要求,见表 8。

表 8 不同级别医用 N95 防护口罩对比

Tab.8 Comparison of medical N95 protection masks in different levels

级别	细菌过滤效率/%	颗粒过滤效率/%	合成血液穿透阻力/mmHg	通气阻力/Pa	阻燃能力
Level 1	无明确规定	≥95	80	吸气≤350 呼气≤250	Class 1/Class 2
Level 2	无明确规定	≥95	120	吸气≤350 呼气≤250	Class 1/Class 2
Level 3	无明确规定	≥95	160	吸气≤350 呼气≤250	Class 1/Class 2

4.2 GB 19083—2010 医用防护口罩技术要求

我国医用防护口罩标准 GB19083—2010^[22]是 GB19083—2003 医用防护口罩的更新版本。该标准生产的医用防护口罩适用于各类临床医疗工作环境,可以有效阻隔空气中的气溶胶、飞沫、血液、体液。该标准主要规定了口罩对于粒径为 0.075±0.2 μm 的盐性颗粒的颗粒过滤效率、合成血液穿透阻力、在 85±2 L/min 的气体流量下的通气阻力等防护指标,但对于细菌过滤效率、压力差无明确要求。依据口罩对颗粒物过滤效率的不同,该标准将口罩

分为 1 级(≥95%)、2 级(≥99%)、3 级(≥99.97%) 3 个级别。

我国现行的 GB19083—2010 医用防护口罩标准比 GB19083—2003 标准有了较大提升,但仍与医用 N95 防护口罩在阻燃性能要求、细菌过滤效率等指标上存在一定差距,如能引入细菌过滤效率、病毒过滤效率、阻燃等级等测试指标则能进一步完善我国 GB 19083 医用防护口罩标准。但我国 GB19083—2010 医用防护口罩标准引入了适合因子这一指标,量化了口罩与面部贴合的密封性能,实现

了口罩防护性能的细化衡量。

表9 GB 19083—2010 标准中不同级别医用防护口罩性能

Tab.9 Performances of protective medical mask in different levels in GB19083—2010 standard

测试项目	具体数据
颗粒过滤效率	1级 $\geq 95\%$; 2级 $\geq 99\%$; 3级 $\geq 99.97\%$
合成血液穿透阻力/mmHg	80
表面抗湿性	沾湿等级3级
阻燃能力	不应具有易燃性,续燃时间不超过5s
通气阻力/Pa	343.2
细菌菌落数/(cfu·g ⁻¹)	≤ 200
真菌菌落数/(cfu·g ⁻¹)	≤ 100
密封性能	密合性良好,有80%的受试者达到适合因子指标,符合要求

5 结论

现阶段我国医用口罩标准虽然已细分有一次性医用口罩、医用外科口罩、医用防护口罩3大类并制定了不同的生产标准,但3种标准之间仍存在相近指标测试方法不统一,各标准间关联性较差、分类系统性较差等问题,这严重阻碍了我国医用口罩标准体系的进一步细化完善。此外,国内现行的YY0469—2011及YY/T 0969—2013标准的医用外科口罩及一次性医用口罩在阻燃性、颗粒过滤效率及微生物清洁度等指标的要求上仍有一定差异,与ASTM F2100—11(2018)相比仍有一定差距。

参考文献(References):

- [1] 宋元林,白春学.新型冠状病毒(2019-nCoV)肺炎流行期间呼吸科门诊质控上海专家共识[J/OL].复旦学报(医学版):1-8[2020-02-19].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1885.r.20200212.1847.002.html>.
SONG Y L, BAI C X. Shanghai expert consensus for respiratory clinic quality control during epidemic 2019-nCoV time[J/OL]. Fudan University Journal Medical Sciences: 1-8[2020-02-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/31.1885.r.20200212.1847.002.html>. (in Chinese)
- [2] 武文韬,柏如海,李达宁,等.广东省新型冠状病毒肺炎疫情流行趋势的初步预测[J/OL].暨南大学学报(自然科学与医学版):1-6[2020-02-19].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1282.n.20200212.1132.004.html>.
WU W T, BAI R H, LI D N, et al. Preliminary prediction of the epidemic trend of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pneumonia in Guangdong province[J/OL]. Journal of Jinan University (Natural Science & Medicine Edition): 1-6[2020-02-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/44.1282.n.20200212.1132.004.html>. (in Chinese)
- [3] 陈亚丽,张淑利,张增梅,等.新型冠状病毒肺炎患者急

诊手术手术室管理策略与建议[J/OL].西安交通大学学报(医学版):1-8[2020-02-19].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1399.R.20200213.0853.006.html>.

CHEN Y L, ZHANG S L, ZHANG Z M, et al. Management strategies and suggestions for operating room for emergency operations on novel coronavirus pneumonia patients[J/OL]. Journal of Xi'an Jiaotong University (Medical Sciences): 1-8[2020-02-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1399.R.20200213.0853.006.html>. (in Chinese)

- [4] 左双燕,陈玉华,曾翠,等.各国口罩应用范围及相关标准介绍[J/OL].中国感染控制杂志:1-8[2020-02-19].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1390.r.20200206.1649.002.html>.

ZUO S Y, CHEN Y H, ZENG C, et al. Application scope and related standards of masks of various countries[J/OL]. China Journal of Infection Control: 1-8[2020-02-19]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/43.1390.r.20200206.1649.002.html>. (in Chinese)

- [5] 王天阳,李绘鹏,隋东明.院内高危科室工作人员医用口罩使用现状综述[C]//中国医学装备大会暨第27届学术与技术交流年会论文汇编.苏州:中国医学装备杂志社,20180707.

WANG T Y, LI H P, SUI D M. A review of the use of medical masks in high-risk staff in hospital[C]// Proceedings of China Medical Equipment Conference and 27th Annual Conference of Academic and Technical Exchange. Suzhou: Journal of China Medical Equipment, 20180707. (in Chinese)

- [6] HUANG W, MORAWSKA L. Face masks could raise pollution risks[J]. Nature, 2019, 574(7776): 29-30.
- [7] 谭文君,朱皓阳,张娜娜,等.半肝切除术中不同组织产生手术烟雾PM2.5浓度及防护措施的研究[J].护理研究, 2019, 33(18): 3258-3260.
- TAN W J, ZHU H Y, ZHANG N N, et al. Study on concentration and protective measures of PM2.5 in sur-

- gery smoke generated by different tissues during hemihepatectomy[J]. Chinese Nursing Research, 2019, 33(18):3258-3260.(in Chinese)
- [8] GUHA S, MCCAFFREY B, HARIHARAN P, et al. Quantification of leakage of sub-micron aerosols through surgical masks and facemasks for pediatric use[J]. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 2017, 14(3):214-223.
- [9] 全琼瑛, 应伟伟, 祝成炎. 非织造医用口罩防护性能评价[J]. 上海纺织科技, 2015, 43(4):63-64.
QUAN Q Y, YING W W, ZHU C Y. Evaluation on the protective property of non-woven medical-use face masks[J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2015, 43(4):63-64.(in Chinese)
- [10] American Society for Testing and Materials. standard test method for evaluating the bacterial filtration efficiency (BFE) of medical face mask materials, using a biological aerosol of staphylococcus aureus: ASTM F2101-14[S]. West Conshohocken: ASTM, 2014.
- [11] American society for testing and materials. Standard test method for determining the initial efficiency of materials used in medical face masks to penetration by particulates using latex spheres: ASTM F2299-03[S]. West Conshohocken: ASTM, 2003.
- [12] American society for testing and materials. Test method for resistance of medical face masks to penetration by synthetic blood (horizontal projection of fixed volume at a known velocity): ASTM F1862/ F1862-17[S]. West Conshohocken: ASTM, 2017.
- [13] 中国纺织工业联合会. 纺织品防水性能的检测和评价沾水法: GB T4745-1997[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
China Textile Industry Federation. Textiles-testing and evaluation for water resistance-spray test method: GB T4745-1997[S]. Beijing: China Standards Press, 1997.(in Chinese)
- [14] 丁曰东, 魏伟. 16 CFR 1610 服用纺织品阻燃法规简介[J]. 中国纤检, 2010(22):48-50.
DING Y D, WEI W. Introduction for 16 CFR 1610 standard for the flammability of clothing textiles[J]. China Fiber Inspection, 2010(22):48-50.(in Chinese)
- [15] American society for testing and materials. Standard specification for performance of materials used in medical face masks: ASTM F2100-11(2018)[S]. West Conshohocken: ASTM, 2018.
- [16] British Standards Institution. Medical face masks: Requirements and test methods: BS EN 14683:2019[S]. Brussels: BSI Standards Publication, 2019.
- [17] Standards Australia. Single-use face masks for use in health care: AS 4381: 2015 [S]. Sydney: Standards Australia, 2015.
- [18] 国家食品药品监督管理总局. 一次性使用医用口罩: YY/T 0969-2013[S]. 北京: 国家食品药品监督管理总局, 2013.
China Food and Drug Administration. Single-use medical face mask: YY/T 0969-2013 [S]. Beijing: China Food and Drug Administration, 2013.(in Chinese)
- [19] 国家食品药品监督管理局. 医用外科口罩: YY 0469-2011 [S]. 北京: 国家食品药品监督管理局, 2011.
China Food and Drug Administration. Surgical mask: YY 0469-2011[S]. Beijing: China Food and Drug Administration, 2011.(in Chinese)
- [20] Office of Medical Products and Tobacco, Center for devices and radiological health. Surgical masks: Pre-market notification [510(k)] submissions [EB/OL]. (2004-07-14) [2020-02-15]. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/surgical-masks-premarket-notification-510k-submissions>.
- [21] National Institute for Occupational Safety and Health. Respiratory protective: NIOSH 29 CFR 1910.134[A]. Morgantown: U. S. Food & Drug Administration, 2011.
- [22] 国家食品药品监督管理局. 医用防护口罩技术要求: GB 19083-2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
China Food and Drug Administration. Technical requirements of protective face mask for medical use: GB 19083-2010 [S]. Beijing: China Standards Press, 2010.(in Chinese)

责任编辑: 武 晖