

新冠肺炎疫情加速醫療用
防護衣著之需求與創新

2021年6月

紡拓會 編譯

新冠肺炎疫情加速醫療用防護衣著之需求與創新

目錄	頁次
摘要.....	1
簡介.....	1
醫療用防護衣著之用途.....	2
醫療用防護衣著之類型.....	2
醫療用防護衣著之基本特性.....	5
用於製造醫療用防護衣著之材料.....	9
醫療用防護衣著與交叉感染之預防.....	11
醫療用防護衣著和個人防護裝備（PPE）之標準.....	13
醫療用防護衣著市場.....	16
醫療用防護衣著材料之創新發展.....	22
醫療用防護衣著抗病毒處理技術之創新發展.....	30
展望.....	32

表目錄

表1：血源性病原體透過基質之滲透.....	5
表2：醫療用防護衣著常用之接縫結構.....	6
表3：2020年使用可重複使用外科手術衣之成本與使用一次性外科手術衣之成本比較.....	10
表4：2020年按地區或國家別之醫療用防護衣著、個人防護裝備(PPE)和材料之優質認證標準.....	14
表5：2019年5月美國醫生、持照護士和呼吸系統治療師就業統計.....	16
表6：2020年5月醫療用產品應用不織布(包括醫療用防護衣著)之龍頭製造商.....	20
表7：2020年5月醫療用防護衣著和個人防護裝備(PPE)之優質供應商.....	21
表8：2020年5月用於可重複使用之醫療用防護衣著產品布料製造商.....	21
表9：Burlington：2020年優質醫療用布料.....	26
表10：2020年Milliken之Perimeter防水性布料.....	29

新冠肺炎疫情加速醫療用防護衣著之需求與創新

新冠肺炎（COVID-19）擴散全球，感染和死亡人數仍不斷攀升，儘管各國紛紛祭出防疫政策和疫苗施打，但疫情似無出現停歇之跡象，因此阻止疫情蔓延對各國似成一項艱鉅任務。在疫情尚未取得有效控制之前，醫療用防護衣著需求激增至前所未有之境，相對也為供應鏈帶來巨大的壓力。醫療用防護衣著和個人防護裝備（personal protective equipment, PPE）在現階段對於防護個人和防止新冠肺炎感染至關重要。

摘要

醫療用防護衣著在確保醫護人員、病患，以及一般民眾之日常安全方面扮演至關重要的角色。醫療用防護衣著作為醫護人員和患者之間的屏障，且將交叉感染之風險降至最低，也為醫護人員在處理細胞毒性藥物等有害物質時，提供即時的安全防護。由於醫療保健便捷性提升、人口不斷地增加且走向高齡化趨勢，最近醫療領域對醫療用防護衣著和其他個人防護裝備（PPE）需求強勁。

COVID-19¹是由新型冠狀病毒（novel coronavirus）所引起的一種高度傳染性疾病，經接觸感染者咳嗽、打噴嚏或說話時排出之體液而蔓延。因此，抗病毒處理技術和經過處理的織物發展迅速，已被許多產業主要業者視作首要開發項目。目前的開發進展皆用於製造防護性產品，例如口罩（face masks）和可重複使用的罩袍（gowns），並且希望這些產品將有助防止疾病擴散，同時對治療COVID-19病患的醫護人員提供更好的安全防護。

¹ COVID-19，也稱為2019冠狀病毒（coronavirus）疾病，是由嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒2（severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2）引起之傳染病。該病毒於2019年12月在中國大陸武漢首次發現。2020年1月30日世界衛生組織（World Health Organization, WHO）宣佈其為國際關注之公共衛生緊急事件（Public Health Emergency of International Concern），並於2020年3月11日宣佈其為大流行疫情（pandemic）。COVID-19的最常見症狀是發燒、疲倦、乾咳和味覺或嗅覺喪失。但是，有許多人，包括老人和有潛在健康問題之人，可能會出現更嚴重症狀，並引發重病之風險，更嚴重情況，可能致命。

此外，業者也致力於增加不織布之供應，以用於製造需求量特別大的一次性防護用品，例如口罩和罩袍。然而，儘管已證明這些產品在確保感染控制方面非常有效，但由於這類產品通常是以不可生物降解之合成纖維製成，因此大量使用會對環境造成一定程度的影響而受到人們普遍關注。

簡介

各地醫療保健機構皆面臨疾病預防和尋找新的治療方法之同時，將成本控制在有限預算內成為重大挑戰。當感染和慢性疾病發生率持續成長時，這些挑戰已成為當務之急。大部分疾病發生率攀升皆歸因於一些不可控因素，諸如老年人口的成長。

醫療用防護衣讓醫療保健專業人員安全完成工作，扮演至關重要的角色。經常穿著該種衣物的醫療保健專業人員，包括：牙醫、醫生、護士、護理人員、外科醫生。這些角色中，醫療用防護衣對於提供免受有害物質（包括體液）感染之防護、防止交叉感染和防止傳染病傳播，至關重要。

醫療用防護衣供應商正努力滿足醫院等購買者之高度需求，儘管這些需求在某些情況下是矛盾的，其最終目標是開發出可在防護和穿著舒適度之間提供最佳平衡的廉價穿著。

醫療用防護衣著之用途

醫護人員工作常態性接觸傳染性物質，並由於接觸患者血液和體液承受不少危及生命感染疾病的風險。此外，他們也必須經常接觸到諸如細胞毒性藥物（cytotoxic drugs）²有害物質。

² 細胞毒性藥物（cytotoxic drugs）是含有對細胞有毒性之化學物質的藥物。這些藥物廣泛用於醫療保健環境中，包括那些用於治療癌症之藥物。

實質上，醫療用防護衣在醫護人員和患者之間構建隔離屏障，將交叉感染風險降到最低，並讓潛在傳染性病原體在醫患之間轉移的機會達到最小化。當醫護人員處理細胞毒性藥物和其他有害物質時，防護衣亦提供相當的防護。

與任何類型之個人防護裝備（PPE）一樣，醫療用防護衣的選擇取決於使用環境，以及穿衣者在該環境中所面臨之風險等級。病菌（germs）³在手術室、重症監護病房（intensive care units, ICUs）和急診病房中的散佈，比醫院其他區域更容易擴散，並造成更大的破壞，因此，醫療用防護衣對於穿衣者的防護至關重要。

³ 病菌（germs）是一種微生物，尤其是引起疾病之微生物。微生物是一種微觀生物（microscopic organism），特別是細菌、病毒或真菌。

醫療用防護衣著之類型

幾種類型之醫療用防護衣可用於醫療保健環境，包括：罩袍（gowns）⁴、連身工作服（coveralls）、手術室工作服（scrubs）⁵、全包式套裝（full body suits）、以及實驗室外套。

⁴ 罩袍（gowns）有時被稱為外罩衣（cover gowns）、隔離衣（isolation gowns）、手術衣（procedure gowns）或外科手術衣（surgical gowns）。

⁵ 手術室工作服（scrub）或手術室套裝（scrub suit）是外科醫生和在手術室中協助他們的工作人員所穿著之寬鬆成衣。手術室工作服通常是兩件式成衣，而且通常以綠色或藍色聚酯/棉織物製成。

罩袍

罩袍（gowns）為外科醫生及其助手在進行外科手術時所穿著，主要目的是減少微生物污染和減少手術部位之感染（surgical site infection, SSI）機率。因此，它們是繼手套之後在典型的醫療保健設施中使用次數最多之個人防護裝備（PPE）。

傳統罩袍所提供的覆蓋範圍從頸部到大約對應於小腿中間之部位，它們還具有：在背面之繫扣帶、鬆緊袖口、脖子部位之黏扣帶，以及長袖。

在無菌臨床環境所穿的罩袍，有多種術語稱呼，包括：外罩衣 (cover gowns)、隔離衣 (isolation gowns)、手術衣 (procedure gowns)，以及外科手術衣 (surgical gowns)。由於產品名稱尚未標準化，因此特定罩袍的選擇取決於所需要之防護等級及條件。

在具有中級至高級交叉感染風險的區域，罩袍必須符合嚴格標準。最重要的是，必須提供抗流體滲透，所謂「透濕 (strike through)」過程的能力。它們應具備以下功能：穿衣舒適感、維持穿衣者所需之體溫、讓穿衣者進行大範圍的動作、具抗燃性，以及耐磨損、刺破和撕裂。

罩袍設計和構造基於流體接觸的預期程度和部位，尤其是，罩袍最有可能與流體接觸之部位，所謂「關鍵區域 (critical zones)」，必須提供最大的流體滲透抗阻力。在外科手術過程中，這種接觸最常發生在罩袍前幅和袖套下方。預期會與流體接觸，但無法預知接觸部位和程度情況下，整件衣服被視作單一關鍵區域 (single critical zones)。

根據所需之防護級別，將依照不同要求使用單層 (single layer)、加固雙層 (reinforced double layer)；以及多層 (multi-layer) 的織物應用於罩袍。在預期流體接觸最少的情況下則使用單層罩袍。相較之下，加固雙層罩袍和多層罩袍則適用於高度流體接觸的情況。

·連身工作服

連身工作服 (coveralls) 類似於罩袍，顧名思義，它們覆蓋整個身體，包括後背和小腿，有時候還包括頭部和腳部。

·手術室工作服

手術室工作服 (scrubs) 為常見的醫療用成衣之一，穿在諸如T恤之類的襯衣上面，涵括短袖V領上衣和褲腰附有鬆緊帶或緊束帶 (drawstring) 之寬鬆長褲。

·外科手術用工作服

外科手術用工作服 (surgical scrubs) 為醫務人員在諸如手術室等無菌臨床環境工作的穿著。通常，此類衣著不是穿衣者所擁有，而是醫院或負責將其洗滌並在使用前以無菌狀態送交之商業制服公司所擁有。

·非外科手術用工作服

非外科手術用工作服 (non-surgical scrubs) 也被稱為標準裝備手術室工作服 (standard issue scrubs)，被使用在感染風險不高之臨床環境，不受嚴格無菌外科手術穿著規定之約束。非外科手術用工作服的市場主要是透過第三方銷售管道銷售之廉價無品牌產品。

通常，非外科手術用工作服是男女通用款式，許多穿衣者認為其外觀單調且合身度不佳。穿著非外科手術用工作服之人員，選擇其工作服時，可自行選用布料材質和款式。因此，手術室工作服之供應商對工作服的需求作出回應，為女性醫護人員，推出各種色彩、款式設計、圖案和合身之手術室工作服成衣系列，讓工作服更具時尚感和美觀造型。在這些手術室工作服中，許多具有性別差異性，並加入具有修飾身體曲線之特色。

·全罩式連身衣

全罩式連身衣 (full body suits) 旨在為提供最高級的個人防護，並且在接觸特別致命的劇毒生物 (virulent organisms) 情況下穿著。

理論上，全罩式連身衣應使用無縫結構來製作其成衣主體。此外，還應具備以下特點：吸濕排汗基礎層、內置口罩和手套，以及靴子用膠帶密封於腿上。

·實驗衣 (實驗袍)

實驗衣 (laboratory <lab> coats) 是國際公認之醫療用制服。功能在於防護實驗衣底下的日常衣服免受病菌污染，同時可防止細菌傳播至衣服上。防護性最強的實驗衣，一般在袖口處附有針織或鬆緊袖口和前襟使用暗釦，以利衣服萬一被污染時易於脫除。

·醫護人員穿戴之配件

與防護衣一樣，醫護人員所穿戴之配件在減少或消除污染方面也扮演著至關重要之角色。醫護人員通常穿戴之配件包括：手套、鞋套、獨立袖套、安全眼鏡和面罩 (face shields)、外科手術用口罩、拋棄式塑料裙、手術帽、腿套和橡膠靴。

·手套

例行穿戴手套以防醫務人員手部受潛在體液感染，和可能會引起皮膚發炎之有害物質的傷害。此外，手套還可以防止穿戴者手上之微生物⁶轉移至到患者和無菌設備上。皮膚上發現的微生物通常無害，但當轉移至不易發現之身體部位時，例如外科手術中暴露之內部器官，則可能會引起感染。

⁶ 即使採取了嚴格的衛生和殺菌措施，包括使用抗菌清潔劑徹底清洗，皮膚上仍會發現微生物。

一般外科手術用手套是以天然橡膠乳膠 (natural rubber latex, NRL) 製成，這種細薄材料柔軟且不會損害穿戴者之靈活性。該手套通常一次性使用，以免其手套表面傳染物質散播。

對NRL敏感或過敏之醫護人員應戴上非NRL材料製成的手套，例如氯丁橡膠 (neoprene)、聚乙烯 (polyethylene) 或乙烯基塑料 (vinyl)⁷。

⁷ 乙烯基塑料 (vinyl) 手套以聚氯乙烯 (polyvinyl chloride, PVC) 和可軟化材料之塑化劑 (plasticiser) 製成。

·鞋套

鞋套是細薄且具彈性的「短靴 (booties)」，其可完全覆蓋手術室中所穿著之鞋子或靴子。通常以塑料或不織布材料製成，一次性使用。

·獨立袖套

獨立袖套 (independent sleeves) 利用袖子頂部和底部之鬆緊帶固定在手臂上。當不需要穿整件罩袍時，外科醫生會穿袖套防護。

·安全眼鏡和面罩

安全眼鏡 (safety glasses) 或安全護目鏡 (safety goggles) 用來防護醫生眼睛免遭體液飛濺。該設備可完全覆蓋眼睛部位，甚至有些可包覆至太陽穴周圍，提供更多防護。此外，它們被設

計成當在進行臨床手術(clinical procedures)時，讓佩戴者視覺清晰一覽無遺。面罩(face shields)比安全眼鏡更能防止噴濺，因它們可覆蓋整個臉部區域。

·外科手術用口罩

自1900年代初期以來，外科手術用口罩(surgical masks)，也稱為手術口罩(procedure masks)，已被廣為使用。被穿戴在口部和鼻子上，以防止液滴中存在之微生物在穿戴者和患者之間轉移。

·拋棄式塑料圍裙

拋棄式塑料裙(disposable plastic aprons)於醫療用制服有可能接觸血液、體液或液體藥物之風險時穿戴，為一次性使用物品，在經過臨床處理後須丟棄。

·手術帽

醫護人員戴上手術帽(scrub hats)，遮蓋其頭髮和頭皮，以防止患者免受頭髮和皮膚上脫落之毛屑所污染。手術帽也可用來管控穿戴者的頭髮，以免造成視覺阻礙。現代手術帽有多種色彩和款式造型可供選擇，並結合時尚和功能。

醫療用防護衣著之基本特性

醫療用防護衣應同時滿足醫護設施對無菌之要求，以及穿衣者對舒適防護性之期望。研究顯示，醫護人員希望他們的工作服，包括醫療用防護服可提供以下特性：提供防護以防止微生物移殖和感染；採用經業內評審醫學文獻證明有效之技術；以舒適之織物製成，其合身並具有美學訴求。

醫療保健組織、醫療用成衣供應商和其他人認為，醫療用防護衣的關鍵特性在於：屏蔽防護；抗菌作用；舒適度；實用設計；與其他個人防護裝備(PPE)之兼容性；尺寸合宜且合身；易於穿脫；具耐用性；對不良效應之抵抗力；以及美學訴求。

●屏蔽保護(barrier protection)

醫護人員的工作服必須提供有效屏蔽功能，以阻隔微生物，尤其是液體之傳染。重要的是，無論這些成衣是處於乾燥或是潮濕狀態，它們都必須能抗阻微生物之滲透。經科學證據顯示，微量的血液或體液中可能攜帶大量病原體(pathogens)，而它們可能是肉眼看不到的(表1)。

	透過基質 ^a 之血液滲透量(微升)			
	100	10	1	0.1
血源性病原體數量 ^b				
HBV ^c (B型肝炎病毒)	10,000,000	1,000,000	100,000	10,000
HCV ^d (C型肝炎病毒)	100-100,000	10-100,000	1-1,000	0.1-100
HIV ^e (愛滋病病毒)	6-700	0.6-70	0.06-7	0.006-0.7

^a 白色吸墨紙。^b 根據已記錄之感染患者的全血濃度(whole blood concentrations)。^c B型肝炎病毒(hepatitis B virus, HBV)。^d C型肝炎病毒(hepatitis C virus, HCV)。^e 愛滋病病毒(human immunodeficiency virus, HIV)。

資料來源：疾病管制與預防中心(Centers for Disease Control and Prevention, CDC)。

液體中微生物經衣物傳播，取決於以下因素：

- 織物之物理和化學特性，例如其厚度、結構、孔徑和抗液性（fluid repellency）；
- 微生物之形狀、大小和其他特徵；以及
- 液體之特性，例如表面張力、體積和黏滯性（viscosity）。

醫療用防護衣著購買者所面臨的挑戰是，要確定何種屏蔽保護等級適合該衣著預期的用途。

由於在產業中使用多個術語來描述屏蔽保護，包括抗液性（fluid repellent）、阻液性（fluid resistant）、防液性（fluid proof）、防滲透性（impermeable）和非滲透性（impervious），使得這一挑戰變得複雜。這些術語經常被交替使用。

倘若工作服是以緊密針織或梭織且具有小孔徑之抗液性布料製成，則它將為穿衣者提供更大的屏蔽防護。

相比之下，倘若該衣著是以具有大孔徑、透氣、寬鬆針織或梭織布料製成，其防護力較弱，微生物和液體很容易滲透到氣孔中，並因而穿透過織物結構，導致傳染原即時傳播的機率提高。

大多數織物是具滲透性的，並在足夠之時間或壓力下，液體皆會慢慢滲透。倘若液體長時間與織物接觸，可能會導致預濕（pre-wetting），而這可能降低織物的抗滲透性。

液體對織物的滲透過程，被稱為透濕（striethrough），可由外部壓力產生的力量來啟動，例如按壓或傾斜移動。透濕過程代表，透過醫療用防護衣—尤其是在胸部和袖子部位—是造成血液滲透的主因之一。

為了防止透濕，製造商經常在醫療用防護衣上使用非滲透性薄膜。接縫和封口處是屏蔽防護之關鍵組成。因此，製造商使用各種接縫結構來維持抗液性衣著的屏蔽性能，取決於所需要之防護等級（表2）。

接縫結構	定義	防護特性
鋸齒狀接縫	將兩塊材料用縫線互鎖接合的接縫	防護乾微粒滲透
縫合和疊合	將兩塊材料與相似材料覆蓋疊合，並以鏈狀針縫將所有材料縫合的接縫	防止液體和乾燥微粒滲透
熱封	透過在織物上加熱黏貼膠帶密封縫合接縫	接縫具抗液性
超聲波	透過超聲波振動將兩塊材料焊接一起而無需使用縫線接縫	接縫具抗液性

資料來源：Lakeland Industries

應該加強易受嚴重磨損部位，例如口袋接縫。束緊帶通常用於固定手術室工作褲，它應以耐磨材料製成，以防止磨損或破損。倘若諸如拉鍊之類的封口不能防止液體滲透的話，則應加蓋以屏蔽材料製成之袋蓋。

●抗菌特性

對於在手術室和重症監護病房（ICUs）等微生物傳播風險高之區域所穿著的醫療用防護衣，其抗菌性能被認為是必要。

自1990年代以來，抗菌劑（例如銀）已被應用在醫療保健衣著上，以減少或消除這種風險。然而，僅使用抗菌劑可能不足以減少微生物對醫療用防護衣著之污染。對於這種類型的衣著，使用抗菌劑的織物表面還必須是疏水性的（hydrophobic）。

倘若非如此，在血液和其他體液中，發現任何滲透到表面的有機物質，皆可能妨礙該藥劑消滅微生物或抑制其生長之有效性。

●舒適度

醫療用防護衣穿著一次的時間往往很長，在某些情況下可能長達24小時，因此它必須穿著起來感覺舒適。

有些人聲稱，工作服之舒適度對醫務人員的生產效率有重要的影響。有些人甚至聲稱，不舒適之衣著可能會分散穿衣者的注意力，並使整個臨床處理處於危險之中。

醫療用防護服與舒適度有關之主要特徵包括：透氣性、重量輕；以及柔軟度。對於提供屏蔽防護的衣著，例如外科手術衣，透氣性是特別重要的考量因素。穿著隔熱且不透水蒸氣之屏蔽防護成衣會引起熱應激（heat stress）⁸。

⁸ 當人體控制內部溫度機制開始失效並引起人體熱量積聚時，就會發生熱應激（heat stress）。熱應激之症狀包括抽筋、昏厥、噁心，以及在極端情況下還會死亡。

儘管如此，穿著以下兩種不同類型織物製成的罩袍，可降低熱應激風險：

- 罩袍前幅使用之織物具有拒流體性，但透氣性較差，可防止血液和體液滲透到織物中。
- 罩袍背面使用透氣性織物，可讓濕氣逸散。

許多專門從事醫療用防護服供應的企業聲稱，他們的產品在流滲透性方面的舒適度和防護性之間，已達到雙方面的最佳平衡。

●實用設計

醫療用防護衣著的物件在設計上應切實可行。首先，它們必須提供達到屏蔽保護所需要之覆蓋範圍。倘若存在多方向噴濺液體的危險，則該物件應覆蓋整個身體，包括後背和小腿，必要時還包括頭部和腳部。

此外，衣服後背部應有充分之交疊織物，有助穿衣者彎腰或下蹲動作，出現拉扯織物動作時，該罩袍仍可覆蓋住身體後背。

醫療用防護衣著產品的設計應盡量簡單，不應設計任何縮褶或褶層，以免微生物易於該處繁殖。而且，應具有實用的功能，讓穿衣者易於進行基本操作。例如，口袋應正確放置在胸部或臀部，以便拿取器械和其他物品。

●與其他個人防護裝備（PPE）之兼容

從獲得全面防護之角度出發，重要的是，醫療用防護衣著必須與醫護人員使用之其他個人防護裝備產品兼容。例如，外科手術衣的袖口應該很輕易地穿入手套之中。同樣的，連身工作服之頭罩或衣領部位，不應妨礙到面罩或眼罩之配戴。

●尺寸合適且合身

尺寸合適且合身，對於醫療用防護衣著產品至關重要。穿衣者所穿的衣服尺寸太大，可能會受物體鉤絆或阻礙，相反，緊身衣則可能會妨礙輕鬆移動。衣服尺寸合適且合身對醫護人員非常重要，因為醫護人員在執行工作時會進行各式各樣的動作。諸如袖孔之類的部位必須有充分空間，有助成衣易於穿脫（參閱下文），並利於輕鬆移動。

●易於穿脫

易於穿脫是醫療用防護衣著之關鍵特性。倘若成衣很難穿，穿得過程太繁複可能會造成臨床處理之延誤。倘若衣服不容易脫除，則成衣上的污染物皆可能在脫除過程中轉移到其下面穿著之衣服上。

●耐用性

耐用性對於醫療用防護衣著，是極具重要的特性。倘若衣服遭受嚴重磨損或撕裂，衣服的抗阻性能被污染流體滲透，身體就會受到損害。因此，醫療用防護衣必須極其耐用，足以承受穿著過程中所施加的典型壓力，例如彎腰屈膝、跪蹲或四肢伸移時。對於可重複使用之醫療用衣著，其耐用性尤其重要，以承受長時間的工業洗滌或延長使用壽命。

●抵抗不良效果

--防棉絨脫落

防棉絨脫落是醫療用防護衣著之基本特性，因為棉絨可能帶有傳染性藥物或可能妨礙傷口癒合過程的微粒。因此，避免使用會產生絨毛的材料，例如：磨損的織物。

--防鍍性

防鍍性是醫護人員衣著具備之重要特性，尤其是那些使用外科手術用雷射之類器材的醫護人員。

--抗靜電性

用於製造醫療用成衣的織物應具有抗靜電性能，以防止成衣聚集成團而可能會損害到防護性能。

--防污性

防污性織物被廣泛用於醫療用制服產業，因醫護人員經常暴露在噴灑物中。先進的防污處理可防止液態噴灑物附着，並在清洗過程去除殘留之污漬。

--抗皺性

抗皺加工整理劑通常施加於醫療用衣著，為讓衣著具有平展且潔淨的外觀，這對醫護人員很重要，因為必須表現出專業和極佳之形象。

●美學訴求

醫護人員要求既美觀又舒適的衣著，並且能減少或消除感染之風險。因此，具時尚感之款式設計在醫療用防護衣，尤其是非外科手術人員穿著的防護衣著，扮演日益重要之角色。

目前非外科手術用衣著可依據個人品味來選擇適合之款式、色彩和造型設計。因此，與過去相較，它具有更強的美學訴求，甚至在某種程度上，醫務人員於工作場所以外穿著時，也會感到舒適。

--用於醫療用防護衣著之色彩

直至1950年代，醫療用防護衣著最常見的顏色是白色，代表潔淨和衛生之象徵。但是，白色會在光線強烈的手術室中讓人眼花撩亂，當白色反射熱和光線時容易引起眼睛疲勞。

自1960年起，一直選用藍色和綠色當作醫療用防護衣著的顏色。據說，這些色彩有助醫護人員在手術室中優化視覺，並有助眼中舒緩之影像。此外，與白色不同，它們不會凸顯出諸如血跡污漬，患者所見污漬景象可能導致不安。醫療用衣著還使用其他色彩，用來識別穿衣者在醫院內之職業或地位。

--用於醫療用防護服之圖案

多種圖案可用於醫療用防護衣著，以幫助醫護人員反映出所期望的意象。例如，在兒童醫院工作之兒科醫生和工作人員，經常穿著帶有卡通人物或活潑印花的衣服，以營造出關愛兒童之意象。

用於製造醫療用防護衣著之材料

醫療用防護服可分為如下兩種類型：一次性使用，以及可重複使用。

●一次性醫療用防護衣著

一次性醫療用防護衣著通常以聚丙烯 (polypropylene) 或聚乙烯 (polyethylene) 不織布材料製成。這些材料通常具有水針 (spunlaced) 結構或紡黏/熔噴/紡黏 (spunbond/meltblown/spunbond, SMS) 結構。

水針不織布是透過利用高壓水注 (water jet) 將纖維混合製造而成。這種織物具柔軟手感、懸垂性佳且強度相對較高。SMS不織布包括三個層次，即兩層紡黏層 (spunbonded layers) 和一層中間的熔噴層 (meltblown layer)。

紡黏不織布的製成，透過加熱和加壓或透過針刺法 (needlepunching)，將纖維任意鋪放，再黏合而成一塊連續氈片 (continuous mat)。

熔噴不織布是透過使用高壓空氣噴嘴，抽吸熔融合成長纖維，可形成任意長度，且纖維極細，纖維將沉積在輸送帶上製作而成。

--一次性醫療用防護衣著對環境之影響

根據定義，一次性產品只能使用一次，因此它們只需要極少的管控處理。因此，一次性醫療用防護服之應用有助減少污染物擴散的風險。儘管如此，由於它會產生大量的臨床廢棄物，因此會對環境產生不利之影響。

●可重複使用之醫療用防護衣著

可重複使用之醫療用防護衣著產品，尤其是手術室工作服和罩袍，可使用多種纖維類型的織物製成。最常見之織物為棉織物、棉/聚酯混紡織物、聚酯織物、或是以其他纖維類型製成之專業織物。

用於某些製造成衣的織物涵蓋多個層次。例如，可採用薄膜（film）或半透膜（membrane）之形式的屏蔽層（barrier layer），為穿著者提供高水準之防護以避免其接觸到體液或其他有害物質。

—舒適度

可重複使用之醫療用衣著被認為比一次性使用之衣著來得更舒適，尤其是長時間的穿著時。而且，以棉織物製成之醫療用防護衣著比以棉/聚酯混紡織物製成的製品更柔軟、更透氣。然而，以棉/聚酯混紡織物製成之衣物在某種程度上，則更耐用且更易於護理。

為了改善以棉/聚酯混紡織物製成之服裝的舒適度，有些公司已聚焦於開發結合了專業類型之聚酯的手術室工作服。其中的類型之一是37.5 Technology⁹聚酯，它有助促進溫度調節（thermoregulation）¹⁰。

⁹ 37.5 Technology是美國公司Cocona開發之專利溫度控制技術，該技術結合了以火山砂和從椰子殼中獲得的活性炭所製成之專有混合微粒。在紡紗過程中，該微粒被嵌入聚酯纖維和尼龍纖維之中。

¹⁰ 溫度調節（thermoregulation）可被定義為將體溫維持在最大化舒適度和功能性水準之過程。

有些產品還包含其他纖維素纖維，例如竹纖維、Lyocell纖維或Modal纖維，據稱它們貼近肌膚，穿著時會更舒適。也就是說，含有竹纖維、Lyocell纖維或Modal纖維之織物是具有吸收性的，因此不被認為是抵抗病原體之有效屏蔽。

由於這些原因，通常會對此類織物進行後加工處理，包括防潑水處理和抗菌處理，賦予更高的功能特性。有些織物還以貼合方式提供，包含當作保護性屏障的薄膜(film或membrane)。整體而言，可重複使用之衣著被認為比一次性使用之成衣更舒適。

從長遠來看，它們也被認為在環境上更具永續性且更具成本效益（見表3）。

	可重複使用之項目 ^a	一次性使用之項目
原始購買價（美元）	60.00	4.50
每次使用成本（美元）	1.20	4.50
行政管理費用（美元）	0.15	0.15
洗滌（美元）	0.50	不適用
包裝製作和消毒（美元）	0.40	不適用
廢棄物處理（美元）	不適用	0.25
每次使用總費用（美元）	2.25	4.90

^a 使用壽命長達75次。

資料來源：Burlington，根據美國佛羅里達州Winter Haven Hospital之案例研究得出。

醫療用防護衣著與交叉感染之預防

鑑於以下因素，醫療用防護衣著在預防交叉感染扮演極其重要之角色：

- 感染嚴重威脅且可能致命之病毒，例如：B型肝炎（hepatitis B）、C型肝炎（hepatitis C）、愛滋病病毒（human immunodeficiency virus，HIV）。
- 在醫院和其他醫療環境中感染相關疾病之機率和死亡率。
- 治療此類感染之高昂費用。

為進一步降低交叉感染風險，至關重要的是正確地穿上（戴上）和脫下（脫除）醫療用防護衣著和其他個人防護裝備（PPE）產品。

● 新型感染之出現

自2002年以來，許多醫療保健機構一直致力解決一系列出現的新型病毒感染，包括：

- 嚴重急性呼吸道症候群（Severe acute respiratory syndrome，SARS）
- 中東呼吸症候群冠狀病毒感染症（Middle East respiratory syndrome，MERS）
- 伊波拉病毒感染（Ebola virus disease，EVD）
- 嚴重特殊傳染性肺炎（COVID-19），於2019年年底出現。

COVID-19是由一種名為「嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒2（Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2，SARS-CoV-2）」之新型冠狀病毒引起的傳染病，該病毒於2019年12月在中國大陸武漢首次發現。COVID-19最常見的呼吸道病症是發燒、倦怠、咳嗽和味覺或嗅覺喪失。但是，有些人，包括老人和有潛在健康問題的人，可能會出現嚴重的併發症，如肺炎或呼吸衰竭等，更嚴重者可能導致死亡。

COVID-19具高度傳染性，它可能透過吸入感染者身上排出之體液、飛沫而受感染。當被感染者咳嗽、打噴嚏或說話時，飛沫會自鼻子或口中排出。COVID-19也可能透過觸摸到已被體液飛沫著落其上之污染表面，然後觸摸了眼睛、鼻子或嘴巴而遭感染。值得注意的是，有些感染病毒者是無症狀的（asymptomatic），這意味著他們的體徵無顯現任何症狀。但是，無症狀的帶病者在很大程度上具感染力，但感染程度為何，尚不得而知。

世界衛生組織（World Health Organization，WHO）於2020年3月11日宣佈將此次有關COVID-19的疫情稱為「大流行」（pandemic）。至2020年8月下旬，尚無已知的COVID-19治療方法，也沒有足可防護人們免於感染之疫苗。因此，透過建議人們採取以下措施，可儘量減少COVID-19的傳染：

- 經常徹底洗手
- 避免觸摸眼睛及口鼻
- 全程戴上口罩，尤其是在公共場所¹¹
- 保持社交距離（social distancing）¹²
- 隔離（quarantine）¹³
- 自我隔離（self-isolate）¹⁴

¹¹ 值得注意的是，目前尚不知道戴口罩—尤其是非醫療級口罩（non-medical grade face masks）在防止COVID-19傳染方面之功效。但是，通常被公認的是，戴口罩有助於阻止人們觸摸口鼻，還有助於減少因咳嗽和打噴嚏而排出之飛沫所散佈的距離。但是，為達到最佳效果，重要的是口罩要潔淨，並正確配戴和處理。在許多國家/地區，於商店等公共場所和使用公共交通工具時，都必須戴上口罩。

¹² 世界衛生組織（WHO）建議人們應該保持至少1公尺距離的社交距離，有助防止人們接觸到咳嗽或打噴嚏排出的飛沫感染。

¹³ 世界衛生組織（WHO）將隔離（quarantining）定義為「限制活動或隔離本身未罹病但可能接觸過COVID-19之人士（restricting activities or separating people who are not ill themselves but may have been exposed to COVID-19）」。

¹⁴ 世界衛生組織（WHO）將隔離（isolation）定義為，「患有COVID-19症狀，且可能具傳染力之病人加以隔離，以預防疾病傳播及傳染（separating people who are ill with symptoms of COVID-19 and may be infectious [in order] to prevent the spread of the disease）」。

此外，許多政府實施國家封鎖防疫措施，以最大程度地減少COVID-19之傳染¹⁵；在某些情況下，由於放寬國家限制之後爆發了地方疫情，因而才實施選擇性的封鎖措施。

¹⁵ 在新冠疫情早期階段，全球幾個國家及時實施國家封鎖，以防止COVID-19迅速傳染並防止醫療系統不堪重負。各個國家實施的防疫管制措施有所不同，但大多數皆關閉「非必需品」（non-essential）銷售業務，且阻止民眾不得離開住家，除非重要工作、醫療原因或採購食物。重要工作被認為是醫院和護理之家的工作。

由於COVID-19具有高度傳染性，在防止交叉感染方面，使用醫療用防護衣著和個人防護裝備（PPE）至關重要，尤其在治療或護理受感染患者的過程格外重要。事實上，PPE在提供預防COVID-19的保護性如此之高，故口罩和其他醫療用PPE產品的需求，亦達到史上高峰。

●醫療保健相關感染（HCAIs）

醫療保健相關感染（Health care associated infections, HCAIs），意為在醫院和其他醫療保健設施中得到的感染，這在醫療保健環境中構成重大風險。

據世界衛生組織（WHO）估計，全世界每年有數億的醫院患者會受到醫療保健相關感染的影響。事實上，已開發國家之7%住院患者和開發中國家之10%住院患者將有極高的機率得到相關感染。

最為人所知的HCAIs包括由如下原因引起之：抗藥性金黃色葡萄球菌（methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA）細菌，以及艱難梭狀芽孢桿菌（*Clostridium difficile*, C. difficile）細菌。

抗藥性金黃色葡萄球菌（MRSA）可在大約30個人之中的一人皮膚上發現，並可透過人與人之間傳染，包括觸摸他人、共享毛巾、床單和衣物，或碰觸到MRSA污染的表面。但透過以上方式，或與帶有MRSA的皮膚接觸不太可能引起任何症狀。

然而，當MRSA進入人體後，則可能引起感染。在醫院環境中，它可能透過諸如餵食管、點滴或導尿管之類的醫療器材來進入人體。它也可能透過灼傷或傷口進入體內。MRSA感染之症狀包括：恐慌、頭暈、發燒、疼痛，以及腫脹。

由艱難梭狀芽孢桿菌細菌（Clostridium difficile）引起之感染具有高度傳染性，並且最常受到影響的是近來接受抗生素治療之患者。艱難梭狀芽孢桿菌細菌感染的症狀包括腹瀉、發燒、噁心和食慾不振。

其他類型之HCAIs包括：血液感染（如：敗血病 Septicaemia）、腎臟感染、下呼吸道感染（如：支氣管肺炎 Bronchopneumonia和肺炎 Pneumonia）、皮膚感染、手術傷口感染，以及泌尿道感染（如：膀胱炎 Cystitis）。

●醫療用防護衣著引起交叉感染之潛在可能

如果操作不當，醫療用防護衣著即有可能引起交叉感染。脫下（脫除）此類衣物時之正確處理程序尤為重要。

與許多其他類型的醫療用紡織品相較，醫療用衣著為傳染媒介之生長提供更好的條件。例如，與醫院的窗簾和布簾不同，醫療用衣著在醫療保健環境中快速「移動」，因此更易於患者獲得病原體。

此外，病原體可在衣服存活相對較長的時間。但是，存活時間大多取決於微生物之類型。有些細菌可在未經洗滌的織物上存活數天甚至數月，而有些細菌則會在幾分鐘內死亡。存活時間也會受到紡織品類型和空氣中相對濕度的影響。

經研究顯示，傳染病可透過醫護人員手部進行人與人之間的傳染，傳染原來自其身上受病原體污染的制服。醫護人員在執行任務，所穿著之醫療用防護衣著逐漸被微生物污染，尤其是袖口和圍裙等部位，似更容易與患者接觸而汙染。此外，乾淨的制服在穿上後數小時內即可能沾染病原體。

●洗滌對微生物存在之影響

大多微生物可在衣物上存活很長時間。但是，那些在醫療用防護衣著最常見之微生物數量可透過洗滌來減少。透過工業洗衣程序可達到最佳的除污效果，其中包括了使用高溫水、優質洗滌劑和消毒劑。儘管如此，即使在洗滌過程中可讓衣物幾乎達到無菌，但衣物仍可在洗滌之後的過程，例如分類和折疊，重新被微生物污染。

不同國家之間有關洗滌醫療用制服的規定有所不同。例如，在奧地利和德國，制服洗滌必須經由內部或與簽訂合約之專業醫療用品洗衣業者來進行。在某些國家/地區，例如英國，則可在家中洗滌制服。但是，值得注意的是，有關家庭洗滌服飾的規定存在不一致之處。

此外，透過家庭洗滌來淨化衣物是困難的，經研究證實了這一點，通常在家裡洗滌之諸如手術室套裝，和實驗室外套等制服上，洗程結束後仍存在令人擔憂由微生物引發的高度污染。

醫療用防護衣著和個人防護裝備（PPE）之標準

目前有許多標準用來確保醫療用防護衣著、個人防護裝備（PPE）及其製造材料為醫療保健專業人員和患者提供充分的防護等級。特別是在COVID-19疫情期間，更突顯醫療用防護衣著標準和認證之重要性。

在一個引人矚目的案例中，2020年4月出現英國醫護人員PPE嚴重短缺，英國政府向土耳其供應商下了一張PPE的大訂單，並派出英國皇家空軍（Royal Air Force，RAF）飛機前去載運。該訂單交付約40萬件用於醫護人員的防護罩袍，後來發現該批貨品不符合英國的PPE標準。相對地，該罩袍已被英國政府退還，且訂單也被迫取消。

同時，美國自COVID-19疫情開始以來，知名PPE供應商3M公司提出檢驗報告指出，與產品有關的銷售問題，尤其是面臨查扣大量仿冒醫療用防護口罩（respirators）。

表4：2020年按地區或國家別之醫療用防護衣著、個人防護裝備（PPE）和材料之優質認證標準
全球性
ISO^a
ISO 13688：2013，防護衣著—一般要求（Protective clothing—General requirements）
ISO 16604：2004，用於防護接觸血液和體液之衣著—測定防護衣著材料對血源性病原體滲透的抵抗力—使用Phi-X174噬菌體之測試方法（Clothing for protection against contact with blood and body fluids—Determination of resistance of protective clothing materials to penetration by blood-borne pathogens—Test method using Phi-X174 bacteriophage）
ISO 18184：2019 紡織品—測定紡織產品之抗病毒活性（Textiles—Determination of antiviral activity of textile products）
ISO 22609：2004，傳染病原防護衣著—醫療用口罩—人工血液之防滲透性測試方法（固定容積，水平注入）（Clothing for protection against infectious agents - Medical face masks - Test method for resistance against penetration by synthetic blood <fixed volume, horizontally projected>）
澳洲
澳洲標準
AS 3789.3-1994 醫療保健設施和機構之紡織品—手術室工作人員之衣著（Textiles for health care facilities and institutions - Apparel for operating theatre staff）
AS 3789.8-1997 醫療保健設施和機構之紡織品—可回收的屏蔽織物（Textiles for health care facilities and institutions - Recyclable barrier fabrics）
歐洲
CEN^b
EN 149：2001+A1：2009 呼吸防護器材—為阻微粒進入的過濾半面罩—要求、測試、標記（Respiratory protective devices - Filtering half masks to protect against particles - Requirements, testing, marking）
EN 14683：2019+AC：2019 醫療用口罩—要求和測試方法（Medical face masks - Requirements and test methods）
EN 14126：2003 防護衣著—防護衣著抗感染性因子之功能性要求和測試方法（Protective clothing - Performance requirements and tests methods for protective clothing against infective agents）
EN 14605：2009+A1：2009 防液體化學品之防護衣著—具有不滲透液體（類型3）或不滲透

噴霧劑(類型4)接頭之成衣的功能性要求,包括僅對身體部位提供防護之物品(類型PB [3]和PB [4]) (Protective clothing against liquid chemicals - performance requirements for clothing with liquid-tight (Type 3) or spray-tight (Type 4) connections, including items providing protection to parts of the body only<Types PB [3] and PB [4]>)
EN 13795-1 : 2019 外科手術服和布簾-要求和測試方法-第1部分:手術用布簾和罩袍 (Surgical clothing and drapes - Requirements and test methods - Part 1: Surgical drapes and gowns)
EN 13795-2:2019 外科手術服和布簾-要求和測試方法-第2部分:手術衣褲(Surgical clothing and drapes - Requirements and test methods - Part 2 : Clean air suits)
美國
AAMI^c
ANSI/AAMI PB70:2012 液體屏蔽功能性和醫療保健設施中防護衣著和布簾之分類(Liquid barrier performance and classification of protective apparel and drapes in health care facilities)
AAMI TIR11 : 2005 (R2015) 在醫療保健設施中,對於防護衣著和手術布簾選擇和使用 (Selection and use of protective apparel and surgical drapes in health care facilities)
ASTM International
ASTM F2299/F2299M-03 (2017) 測定用於醫療用口罩之材料對乳膠球微粒穿透的初始過濾效率之標準測試方法(Standard Test Method for Determining the Initial Efficiency of Materials Used in Medical Face Masks to Penetration by Particulates Using Latex Spheres)
ASTM F2101-19 使用金黃色葡萄球菌生物性噴霧劑,來評估醫療用口罩材料之細菌過濾效率(BFE)的標準測試方法(Standard Test Method for Evaluating the Bacterial Filtration Efficiency (BFE) of Medical Face Mask Materials, Using a Biological Aerosol of Staphylococcus aureus)
ASTM F2100-19e1 用於醫療用口罩之材料的功能性標準規範(Standard Specification for Performance of Materials Used in Medical Face Masks)
ASTM F1862/F1862M-17 醫療用口罩對人工血液之防滲透性的標準測試方法(在已知速度下之固定容積的水平注入)(Standard Test Method for Resistance of Medical Face Masks to Penetration by Synthetic Blood <Horizontal Projection of Fixed Volume at a Known Velocity>)
ASTM F2407-06 (2013) e1 適用於醫療保健設施中之外科手術衣的標準規範(Standard Specification for Surgical Gowns Intended for Use in Healthcare Facilities)
ASTM F1671/F1671M-13 利用Phi-X174噬菌體滲透作為測試系統,以測定防護衣著所用材料對血源性病原體之防滲透性的標準測試方法(Standard Test Method for Resistance of Materials Used in Protective Clothing to Penetration by Blood-Borne Pathogens Using Phi-X174 Bacteriophage Penetration as a Test System)
ASTM F1868-17 使用出汗熱板測定成衣材料之耐熱和抗蒸發的標準測試方法(Standard Test Method for Thermal and Evaporative Resistance of Clothing Materials Using a Sweating Hot Plate)
ASTM D751-19 塗覆織物之標準測試方法(Standard Test Methods for Coated Fabrics)

ASTM D1683/D1683M-17 梭織織物之縫合接縫斷裂失效的標準試驗方法 (Standard Test Method for Failure in Sewn Seams of Woven Fabrics)
ASTM D5034-09 (2017) 紡織織物斷裂強度和伸長率之標準測試方法 (織物抓樣強力測試) (Standard Test Method for Breaking Strength and Elongation of Textile Fabrics<Grab Test>)
ASTM D5587-15 (2019) 利用梯形工序測定織物撕裂強度之標準測試方法 (Standard Test Method for Tearing Strength of Fabrics by Trapezoid Procedure)
ASTM D6701-16 透過不織布和塑料屏蔽測定水蒸氣傳輸率之標準試驗方法 (Standard Test Method for Determining Water Vapor Transmission Rates Through Nonwoven and Plastic Barriers)
AATCC^d
TM42 防水性測試方法：經過衝擊滲透 (Test Method for Water Resistance: Impact Penetration)
TM127 抗水性測試方法：流體靜水壓 (Test Method for Water Resistance: Hydrostatic Pressure)

^a 國際標準組織 (International Organization for Standardization, ISO)。

^b 歐洲標準化委員會 (European Committee for Standardization, CEN)。

^c 醫療器材促進發展協會 (Association for the Advancement of Medical Instrumentation, AAMI)。

^d 美國紡織化學家和染色師協會 (American Association of Textile Chemists and Colorists, AATCC)。

醫療用防護衣著市場

以就業而言，醫療保健是已開發國家經濟發展最大的產業之一。例如，2019年第四季，估計歐盟地區計有1,470萬名，年齡超過15歲以上的醫療保健從業人員。

在細分該總數，醫生計190萬名，護士、助產士和助理450萬名，個人護理人員410萬名，以及其他醫療專業人員和同僚410萬名。歐盟地區大多數的醫療保健專業人員女性佔78%，男性22%。以年齡層區分，計有36%醫療保健專業從業人員年齡位在50歲以上，35%位在35~49歲之間，而29%位在34歲以下。

2019年第四季，歐盟地區的醫護人員在總就業人口當中，所佔比例最高是瑞典，達12%，其次是芬蘭和丹麥，各佔比例為10%。相較之下，保加利亞、塞浦路斯、匈牙利、拉脫維亞、盧森堡、波蘭、羅馬尼亞和斯洛維尼亞之醫護人員僅佔這些國家就業人口的4%。

同時，據估計，2019年5月間美國約有860萬人從事醫療保健工作或技術性工作。

職業	就業人數
麻醉科醫師	24,600
家庭醫學科醫師	102,410
普通內科醫師	31,880
產科醫師和婦科醫師	17,470
兒科醫師	23,290
所有其他醫師和眼科醫師 ^a	386,030

精神科醫師	23,910
持照護士	2,982,290
呼吸系統治療師	130,540
外科手術醫師 ^b	29,350

^a 兒科醫師除外。^b 眼科醫師除外。

資料來源：美國勞工統計局（US Bureau of Labor Statistics）。

醫療用個人防護裝備（PPE），包括醫療用防護衣著，在確保醫護人員、所治療的患者，以及一般民眾之安全中扮演著至關重要的角色。

根據美國市場研究和諮詢公司Grand View Research之統計顯示，2019年全球醫療用PPE的市場價值達47億美元。

多種因素導致市場的成長正經歷有別以往的發展，其中包括不健康的生活方式引發身體微恙，以及醫療保健服務取得之便捷性。此外，人口增加和人口高齡化問題，尤其是在已開發國家，將加劇慢性病發病率和獲得醫療保健服務之需求。

但是，在COVID-19爆發後，對醫療用PPE的需求更是倍數激增。展望未來，在2020年至2027年間，該市場規模將以每年8.5%之平均速度成長。

●COVID-19疫情對個人防護裝備（PPE）需求之影響

如上所述，2019年12月COVID-19爆發後，對個人防護裝備（PPE）產品需求激增，特別是口罩、手套、安全護目鏡和罩袍，因此，有些國家耗盡PPE的庫存，並試圖重塑PPE產業的發展。

美國市場研究公司Frost & Sullivan估計，隨著全球各國政府已設法避免在未來發生類似PPE短缺的問題，將PPE需求保持穩定，尤其是到2022年4月之兩年內。

2020年3月，COVID-19疫情擴散，全球對PPE需求超過供應，這在當時是一個令人擔憂的重大因素。為了滿足全球對PPE之需求，世界衛生組織（WHO）估計全球每月需生產約8,900萬個口罩、7,600萬雙手套和160萬副護目鏡。

為了達到這些數量，世界衛生組織建議，必須將全球個人防護裝備產能提高40%。2020年8月，疫情仍在持續，全球對個人防護裝備之需求依舊很高，相關的供應鏈繼續承受壓力。

據估計，在COVID-19爆發前，全球85%的口罩由中國大陸製造且供應。在疫情高峰時期，中國大陸還負責生產其他多數PPE必需品。中國大陸擁有全球最大的熔噴和紡黏不織布材料的製造產能，這些材料廣泛被使用在PPE的製造。中國大陸還受益於低廉的勞動成本，以及優先取得具競爭價格的原材料。

儘管如此，在COVID-19疫情期間，全世界皆依賴中國大陸來提供PPE，這形成了一個重大的問題。

在2020年1月至3月期間，中國大陸政府實施封鎖措施，有助遏止COVID-19對外擴散¹⁶，這意味著中國大陸有些製造業務不得不暫時關閉。此外，中國大陸政府對個人防護裝備之出口也實行管制措施，以確保滿足國內需求。

¹⁶ 值得注意的是，中國大陸於2020年6月也實施一些地方性封鎖，但是，它們只適用於小區域，因此所造成之供應鏈失調則低於2020年初施行的防疫封鎖。

同時，美國和許多歐洲國家皆試圖儲備個人防護裝備，而且只能取得非常有限之供應量。諸如此PPE短缺的嚴重情況，使得包括英國在內一些國家在2020年4月間採取相關手段，以減少PPE的使用和考量PPE的再利用潛力。

為了減少其他國家對PPE供應的依賴，許多不織布製造商已將重點放在「近岸生產（near-shoring）」，並投資新的生產設備，特別是熔噴生產線，以就近服務國內市場。熔噴不織布在口罩的製造扮演至關重要的角色，但在疫情期間，更是特別短缺。

為因應熔噴布短缺，各國購買熔噴生產線，並安置在北美和南美國家，以及法國、德國、義大利、瑞典、英國和土耳其等國。為進一步支持，生產不織布機器的之供應商也致力於減少機器供應的交貨時間。

2020年6月，EDANA¹⁷預測，至2020年11月，歐盟口罩生產量將成長20倍。尤其是，位在歐盟的製造商每月可生產相當於15億個三層口罩。

¹⁷ EDANA（歐洲不織布協會）總部位於比利時布魯塞爾，是一個服務於不織布及相關產業之國際協會。其前身為歐洲拋棄式用品和不織布協會（European Disposables and Nonwovens Association）。

正是由於2020年4月對PPE的需求，許多傳統成衣和其他紡織產品之供應商開始調整其供應鏈，以便他們能夠製造隔離衣、PPE和手術室工作服¹⁸。許多廠商聚焦於為其國內市場的用戶生產產品。

¹⁸ 值得注意的是，有些公司聚焦於生產不屬於個人防護裝備（PPE）之傳統單袍和手術室工作服。

美國公司Gerber Technology為許多公司之努力提供了支援。2020年3月，Gerber Technology成立了一個工作團隊，致力於協助這些企業提高其製造產能，並將其製造業務和供應鏈轉換成PPE之供應。在COVID-19疫情期間調整其供應鏈之公司和品牌包括：

- Burberry–英國奢侈品時尚公司；
- Chargeurs Group–法國襯布專業公司；
- Cone Denim–美國牛仔布專業公司；
- Fanatics–美國提供授權之運動服公司；
- HanesBrands–美國成衣公司；
- J Barbour and Sons–英國戶外成衣公司；
- John Lewis–英國百貨連鎖；
- Klopman–義大利防護性織物製造商；
- Kontoor Brands–美國成衣公司；
- Myant–加拿大可穿戴式技術專業公司；
- Nike–美國運動用品公司；
- O'Neills–愛爾蘭運動服公司；以及
- Prada–義大利奢侈品時尚公司。

為支援在COVID-19疫情流行期間製造PPE之公司，許多標準組織允許上述品牌免費使用與PPE有關的標準。執行此業務的組織包括：

- 總部位在美國的「美國紡織化學家和染色師協會」(American Association of Textile Chemists and Colorists, AATCC)
- 公司位在美國之ASTM International
- 總部位在瑞士的「國際標準組織」(International Organization for Standardization, ISO)。

許多組織已將自家的實驗室作為提供測試和認證PPE的場域。例如，總公司位於盧森堡的消費產品測試公司Eurofins，進行「紡織品和鞋類測試」(Textile and Footwear Testing)。

位於Alicante的西班牙實驗室，被歐盟委員會認可為PPE認證之指定機構。因此，該實驗室可用於認證計畫，並於歐洲銷售PPE產品是否符合個人防護裝備法規(EU) 2016/425。

COVID-19的爆發促使許多企業，轉而投入有助對抗疫情擴散之產品商業化研發及生產。尤其是專注在開發用來製造醫療用成衣的紡織品、抗病毒處理劑(antiviral treatments)，以及可用來製造口罩之不織布材料。

例如，美國化學品和紡織品供應商Milliken & Company擴展其醫療用紡織品，有助滿足COVID-19疫情期間對醫療用防護衣著之需求。該公司也在研究和開發用於製造N95級口罩¹⁹的新材料。

¹⁹ 在美國，一線醫護人員口罩(face masks)和醫療用防護口罩(respirators)必須符合美國華盛頓特區之「國家職業安全與健康研究所」(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)所定義的N95標準。在N95口罩中，"N"是表示"不含油脂(non-oil)"之醫療用防護口罩防護等級字母類別(Respirator Rating Letter Class)。這意味著只要不存在油性微粒，醫療用防護口罩即可在工作環境中使用。其他口罩等級包括，R代表可抗油8小時，P可防油(oil proof)。以95結尾的口罩型號具有95%之效能。這意味著，它們可過濾，並阻擋至少達95%的0.3微米(microns)及以上尺寸之微粒，包括在塵埃雲、薄霧和煙霧中的微粒，這些微粒可能帶有引發COVID-19之病毒。口罩中所使用的過濾材料是聚丙烯熔噴織物。有些拋棄式N95口罩附帶可選擇之呼氣活門(exhalation valve)，讓佩戴者更易於呼吸。醫療用防護口罩是一種呼吸防護器材，其設計之目的是為有效過濾空氣中的微粒並在鼻子和嘴巴周圍形成密封，以達到非常緊密之面部貼合。它不同於傳統的口罩或外科手術用口罩，它們是一種寬鬆之拋棄式器材，在佩戴者口鼻之間形成物理屏蔽，阻擋周圍環境中的潛在污染物。一微米(micron)是 10^{-6} 米，即一公尺的百萬分之一。

同樣地，在COVID-19疫情期間，專門從事紡織品整理劑生產之企業也擴大其產品範圍。例如，瑞士HeiQ公司開發和生產創新的紡織染化劑(textile effects)，於2020年3月推出名為「HeiQ Viroblock NPJ03」抗病毒處理劑，其已被證實可破壞嚴重急性呼吸道症候群冠狀病毒2(severe acute respiratory syndrome coronavirus 2, SARS-CoV-2)導致的新型冠狀病毒。該公司已將全部產能投入該處理劑的生產，並向有意自行生產該產品的競爭對手，免費授予生產許可。

美國市場研究和諮詢公司Global Market Insights估計，2019年全球抗菌紡織品之市場價值約達104.8億美元。此外，預計該價值在2020年至2026年之間每年平均成長9.8%。

儘管如此，可肯定地認為，COVID-19爆發對醫療用防護衣著之需求增加，促使該市場更進一步受益。除了抗菌整理劑，對DWR耐久防潑水處理（durable water repellent, DWR）的需求也激增，這種防潑水劑可用來賦予醫療用防護衣著產品（如口罩和罩袍）的防護性能。

●價格上漲和仿冒產品

疫情引發另一個問題是，個人防護裝備價格上漲。世界衛生組織（WHO）於2020年3月估計，自COVID-19爆發以來，外科口罩價格漲六倍，N95醫療級防護口罩價格漲三倍，罩袍價格漲了兩倍。

價格上漲和涉及個人防護裝備供應的「競價戰爭（bidding wars）」，對於無力與高收入國家競價的低收入國家而言，此問題特別嚴重。

在COVID-19疫情期間，PPE市場面臨其他挑戰還包括「價格哄抬（price gouging）」²⁰和仿冒（counterfeiting）。例如，美國3M公司已對公司和個人提出一系列法律訴訟，以遏止口罩以過高的價格出售，並防止仿冒。

²⁰ 價格哄抬（price gouging）是指賣方強行將商品、服務或原物料價格拉高，高出市場認為合理或公平的價格水平的交易行為。通常，價格哄抬發生在需求或供應衝擊之後。

同時，從事創新紡織品染化劑開發和生產的瑞士HeiQ公司公布，業內有許多企業使用偽造手段，標示其公司產品已經過「HeiQ Viroblock NPJ03」抗病毒處理劑之加工處理。

●醫療用防護衣著和用於製造醫療用防護衣著材料的主要供應商

製造醫療用防護衣著需要專業的織物，因此其供應鏈的構成極為碎化，由許多不同的供應商和生產商來提供服務，包括：針織和梭織布製造商、不織布製造商、不織布加工商、可重複使用之醫療用防護衣著製造商，以及零售商和批發商。就規模而言，該市場由大型企業和小型業者組成。

表6：2020年5月醫療用產品應用不織布（包括醫療用防護衣著）之龍頭製造商

製造商	公司總部	製造工廠之地點
Ahlstrom-Munksjö	芬蘭	中國大陸、印度、義大利、美國
Asahi Kasei	日本	日本、泰國
Berry Global	美國	中國大陸、拉丁美洲、北美
DuPont	美國	中國大陸、盧森堡、美國
Fibertex Nonwovens	丹麥	巴西、捷克、丹麥、法國、南非、土耳其、美國
Fitesa	巴西	巴西、德國、墨西哥、秘魯、瑞典、泰國、美國
Freudenberg Group	德國	德國、日本、北美
Glatfelter	美國	德國、美國
Hollingsworth & Vose	美國	中國大陸、德國、印度、墨西哥、英國、美國
Jacob Holm Industries	瑞士	法國、西班牙、美國

Nan Liu Enterprise (南六)	臺灣	中國大陸、臺灣
PFNonwovens	捷克	捷克、中國大陸、埃及、南非、美國
Sandler	德國	德國、美國
Suominen	芬蘭	巴西、芬蘭、義大利、西班牙、美國
Toray Advanced Materials	南韓	中國大陸、印尼、南韓、印度 ^a
Union Industries	義大利	義大利、波蘭
Zhejiang Kingsafe Nonwovens	中國大陸	中國大陸

^a 預定於2020年投入生產。

資料來源：Textiles Intelligence

表7：2020年5月醫療用防護衣著和個人防護裝備（PPE）之優質供應商

供應商	公司總部	提供之產品實例
3M USA	美國	包括醫療用防護口罩在內之各種PPE
Alpha Pro Tech	加拿大	一次性醫療用防護衣著和口罩
Cardinal Health	美國	一次性醫療用防護衣著和口罩
Dereckduck Industries	臺灣	一次性醫療用防護衣著
DuPont	美國	PPE
Halyard Health	美國	一次性醫療用防護衣著和口罩
Honeywell	美國	醫療用防護口罩
Hygiene Austria	奧地利	口罩
Medline	荷蘭	一次性醫療用防護衣著和口罩
Mölnlycke	瑞典	一次性醫療用防護衣著和口罩
Plasti Surge Industries	印度	一次性醫療用防護衣著和口罩
Standard Textile	美國	可重複使用與一次性醫療用防護衣著
Tronex International	USA	一次性醫療用防護衣著和口罩

表8：2020年5月用於可重複使用之醫療用防護衣著產品布料製造商

製造商	公司總部
Argar	義大利
Baltex	英國
Burlington (Elevate Textiles旗下所屬)	美國
Carrington Textiles (Carrington)	英國
Glen Raven	美國
Klopman	義大利
Milliken & Company (Milliken)	美國
Toray Textiles Europe	德國

●挑戰與機遇

影響醫療用防護衣著市場主要挑戰包括：

- 在疫情期間，影響醫療用防護衣著供應和需求問題。
- 高需求導致原材料成本高漲。
- 仿冒品銷售。
- 一般民眾對於個人防護裝備的使用，直接影響醫療保健專業人員對醫療防護品的取得。
- 大量一次性用品處置不當造成環境問題，尤其是聚丙烯塑料等材料製成的產品

儘管如此，疫情的爆發，為醫療用防護衣著和PPE供應商，創造許多產品回歸正常需求的可期待商機。此外，疫情結束後，需求可能會保持穩定，各國政府也將不願在未來仍冒著PPE短缺的風險。

從地域上來看，中國大陸境外之醫療用防護衣著和PPE製造商對於醫療用品商機的取得，可能會越來越多，因為在疫情過後，隨著世界各國尋求減少對中國大陸的依賴，這些商機將會開展。

其中問題之一是，用於製造各種PPE物品的不織布材料供應短缺，尤其是口罩，此問題已廣獲認知。因此，確保這些材料供應，仍將是最重要的。

奧地利Lenzing²¹和Palmer's Textil²²之合資企業Hygiene Austria已藉此商機來解決此一問題。這家合資公司專門生產口罩，並在奧地利和英國設有生產基地²³。

²¹ Lenzing是一家位於奧地利的特種纖維製造商。

²² Palmer's Textil是位於奧地利維也納女士內衣生產商和全球時尚品牌。

²³ Lenzing和Palmer's Textil成立名為Hygiene Austria之合資公司以產業規模生產口罩。

在醫療用防護衣著和個人防護裝備市場上的創新備受重視，並且對使用新型整理劑及材料於製造這些產品的需求也日益擴增。未來，提高安全性及增強穿戴者舒適度的產品價值也將被提高。

在疫情期間，長時間穿著PPE的許多醫護人員，皆承受相當大的不適感，且皮膚受到不斷地刺激，引發健康問題，是值得業者進行改善的方向，或許在不久的將來，那些具環保永續性的材料和產品將會有更大的發展機遇。

醫療用防護衣著材料之創新發展

Ahlstrom-Munksjö：Extia Protect、TrustShield和ViroSēl布料

Extia Protect、TrustShield和ViroSēl是使用於製造一次性醫療用防護產品的不織布材料，由芬蘭專研纖維基材的Ahlstrom-Munksjö公司所開發。

●Extia Protect

Extia Protect不織布包括三層SMS過濾材料，其可用於製造符合EN 14683：2019²⁴的I型和II型外科手術用口罩。

²⁴ 歐洲標準 (European Standard, EN) 14683:2019是歐洲標準化委員會 (European Committee for Standardization, CEN) 之醫療用口罩標準—要求和測試方法。根據該標準, I型口罩的細菌過濾效率 (bacterial filtration efficiency, BFE) 至少為95%, 而II型口罩之BFE至少為98%。

該過濾材料具細纖維結構, 其可透過使用較大纖維和亞微米 (sub-micron²⁵) 纖維的混紡物, 因而加強機械過濾 (mechanical filtration) 程序, 故此過濾材料具極佳的濾效和壓降 (pressure drop)²⁶值, 因而提供高度防護。

²⁵ 微米為10⁻⁶米, 即一米的百萬分之一。

²⁶ 壓降 (pressure drop) 是流體在各種流速下穿過過濾材料之阻力。

Extia Protect不織布還可應用於包含口罩掛帶, 以及用外科手術用口罩內外的覆蓋層材料。以Extia Protect材料製成的外科手術用口罩具透氣性、低過敏性 (hypoallergenic), 在長時間佩戴下仍可感覺舒適。

●TrustShield

TrustShield是防護性醫療用布料系列中, 適於製造諸如手術室工作服之一次性醫療用衣著。該系列的所有布料均可提供對病毒之防護。此外, 它們還具有

耐用性、易於穿換, 以及耐刺穿和抗撕裂等優異物性。

該系列包含以下四種布料: TrustShield Absorbent、TrustShield Biological、TrustShield Chemo、以及TrustShield Laser。

TrustShield Absorbent可提供對血液等體液之高度防護, 可使用於製造外科手術用工作服。該布料具有高吸收性, 並在潮濕狀況時可保持強度和均質性 (uniformity)。此外, 它還包含一個不織布層, 可增加柔軟性, 並確保該布料製成的衣著, 在穿戴之後仍可感覺舒適。

TrustShield Biological包含一個聚丙烯基材之不織布層, 其與聚乙烯薄膜貼合在一起。因此, 它可抵抗血液和其他有害體液的滲透, 因而被認定可有效阻止新冠肺炎疫情的擴散。該布料目前應用於製造防護性醫療用衣著, 例如罩袍和布簾。

TrustShield Chemo是一種雙層布料, 其設計是為了專用於在化療管理期間保護醫護人員, 因化學治療藥物具毒害, 將影響處理和管理藥物之個人安危。

該布料符合ASTM D6978²⁷, 並被證實可抵抗最強的化學治療藥物。它已與11種有效化學治療藥物一起進行測試, 發現可有效地確保在暴露240分鐘後, 沒有任何藥物滲透到該布料之中。並且, 該布料重量較輕、柔軟而透氣。

²⁷ ASTM D6978是評估醫療用手套對化學治療藥物滲透之抵抗力的標準操作程序 (Standard Practice for Assessment of Resistance of Medical Gloves to Permeation by Chemotherapy Drugs)。該規範為美國開發和提供國際無償共識標準之龍頭組織ASTM International (舊稱American Society for Testing and Materials<美國測試和材料學會>) 所發佈。

TrustShield Laser提供可抵抗外科手術雷射之防護，並可專用於製造外科手術衣和布簾。在越來越多外科手術過程使用雷射技術。但是，雷射與人體皮膚接觸可能引起熱灼傷，因而為醫務人員和患者帶來額外風險。此外，如果接觸到已燃燒之可燃物，也有可能因布料起火而引起火災。故TrustShield Laser於設計時，已依據ISO 11810：2015²⁸進行耐雷射測試，並證明在98%含氧下僅顯示初燃（primary ignition）的優異等級。

²⁸ ISO 11810：2015是雷射和雷射相關設備之國際標準化組織（International Organization for Standardization, ISO）標準-外科手術布簾和/或患者防護布罩之耐雷射性的測試方法和分類-初燃、穿透、火焰蔓延和二次燃燒。

據Ahlstrom-Munksjö公司表示，與市場上其他布料所提供之防護相較，其防護水準要高出許多。ViroSëlViroSçl是一款專用於製造外科手術衣之不織布。這種布料是該公司透氣性病毒屏蔽（Breathable Viral Barrier, BVB）外科手術用布料系列的一部分。

該布料於設計時設定了極高的防護水準，以及長時間穿著仍可感覺舒適之特性。另外，它重量輕，並且具高度的不透明性（opacity），包含以下三個貼合層次：

- 抗流體（fluid repellent）和高度耐用之外層
- 以單片式薄膜製成之中間屏蔽層
- 貼近肌膚穿著之舒適柔軟內層。

該單片式薄膜可防液體、病毒和細菌滲透。然而，它亦可讓濕氣穿透，因此而更得到了高度的透氣性。該布料符合ISO 16604：2004²⁹，並適用於製造符合標準ASTM F1671³⁰之Level 4標準（Level 4 criterion）的單袍。

²⁹ ISO 16604：2004是用於防護接觸血液和體液之成衣的國際標準化組織（ISO）標準-測定防護衣著材料，對血源性病原體（blood-borne pathogens）滲透的抵抗力-使用Phi-X174噬菌體（bacteriophage）之測試方法。

³⁰ ASTM F1671是使用Phi-X174噬菌體滲透之測試系統作為防護衣著材料對血源性病原體滲透的抵抗力之標準測試方法。它為美國開發和提供國際無償共識標準之龍頭組織ASTM International（舊稱American Society for Testing and Materials<美國測試和材料學會>）所發佈。

為了達到Level 4標準，單袍必須在四個"關鍵"區域為穿衣者提供防護，即：

前胸、袖子、袖子接縫處，以及前腰帶連接點。

使用此布料製成的單袍，適合醫療專業人員在心臟外科手術、剖腹產和胃外科手術等耗時的手術過程中穿著。據Ahlstrom-Munksjö公司表示，在此類外科手術過程中，醫療專業人員可能會接觸到患者大量體液，必須受到防護。

Argar：AVirTex布料

AVirTex是義大利專業生產針織防護布料之Argar公司開發的抗病毒布料系列。該布料主要使用於製造醫療用衣著、口罩和其他個人防護裝備（PPE）。但是，它們也可被應用於製造時尚成衣和運動服。

所有的AVirTex布料皆經過瑞士公司HeiQ開發的抗病毒，和抗菌處理劑HeiQ Viroblock NPJ03處理。業已證實，在處理後可有效降低嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒2（SARS-CoV-2）—可引起新冠肺炎的傳染性。

該布料尚須經過抗水整理劑處理，以防止體液飛沫穿透布料。這是很重要的，因為SARS-CoV-2病毒主要是透過體液飛沫來傳播的。

AVirTex系列包括如下四種布料：

- 50克/m²之100% Polypropylene piquet針織布
- 50克/m²之100% Polyester piquet針織布
- 50克/m²之100% Polypropylene jersey針織布
- 175克/m²之雙面針織布料，其正面以100%聚酯纖維製成，背面以100%棉製成。

所有布料均設計可在40°C溫度下承受十次洗滌週期。另投放於製造AVirTex系列的所有紡織基材均符合Standard 100 by Oeko-Tex產品類別II³¹。

³¹ Standard 100 by Oeko-Tex認證產品不含有害物質。該標準可用於測試在生產過程之任何階段的原材料、中間產品和最終用途產品。Standard 100 by Oeko-Tex指定了四種不同之產品類別成為其組成部分。產品類別I函括不超過3歲的嬰幼兒產品，產品類別I包括貼近肌膚穿著之產品，產品類別III包括遠離肌膚穿著的產品（例如夾克和外套），以及產品類別IV包括裝潢和裝飾材料。

施用於基材之兩種處理劑均符合歐盟的化學品註冊、評估、授權和限制(Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, REACH)法規³²。

³² 化學品註冊、評估、授權和限制(Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, REACH)法規於2007年6月1日生效，並要求所有在歐盟開展業務之公司每年都要註冊其1噸或更多數量的所有化學物質之生產、使用和進口。REACH的主要目標是：確保人類健康和環境免受化學品可能造成危害之高度防護；推廣替代性測試方法；促進物質在歐盟內部市場中之自由流通；以及增強競爭力和創新發展。

Ascend Performance Materials (Ascend) : Acteev Protect

Acteev Protect是總部位於美國德克薩斯州之化學品、纖維和塑料供應商Ascend Performance Materials (Ascend)所開發的即用型(ready-to-use)抗菌針織、梭織和不織布系列³³。此外，它也是Ascend生產之第一批即用型布料。

³³ Acteev Protect不織布系列包括熔噴不織布、奈米纖維不織布和紡黏不織布。

該布料抗黴菌、真菌和其他微生物，因此它是衛生且抗異味。此外，它們已被證實可讓導致新冠肺炎病毒的嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒2（SARS-CoV-2）失去作用（deactivate）。

該布料適用於多種產品應用，包括：運動服、空氣過濾器、消費成衣、拋棄式口罩、鞋類、家用紡織品、醫療用衣著，以及可重複使用之口罩。所有布料均是聚醯胺纖維(polyamide polymer)所製成，聚醯胺聚合物製成的纖維嵌入鋅離子(zinc ions)，鋅離子有助抑制細菌、真菌和病毒繁殖方面極為有效。

由於鋅離子嵌入聚醯胺聚合物，纖維即使經過50次洗滌仍可保持其功能及特性，因此相較使用抗微生物整理劑後處理之競爭產品更具高度優勢，不會因多次洗滌而失去其功能。

此外，某些抗菌整理劑，例如：銀基抗菌整理劑則存在環保議題，該整理劑的化學物質可能會在洗滌過程中釋放至水道中。相較使用諸如聚丙烯 (polypropylene) 等其他纖維製成之不織布，Acteev Protect不織布使用在拋棄式口罩等貼近肌膚的產品時，可提供較高的舒適度。

Acteev Protect針織和梭織布料具柔軟的手感和極佳的懸垂性。而且，還具有耐磨和抗起球性，可易於染成鮮豔之色彩。Acteev Protect系列於2020年6月推出，已投入開發多年。

繼新冠肺炎疫情爆發後，該公司發現對抵抗微生物生長的产品短缺，因此決定與眾多提供產品測試服務之獨立實驗室合作，以加快Acteev Protect系列產品之推出。此外，該公司也"重新分配資源 (reallocated resources)"，以擴大產品的製造規模。

展望未來，該公司計劃將進一步擴大包括醫療用產品應用和工程塑料之布料系列版本。

Burlington：Isolite、Maxima、MaxPro和XALT布料

Isolite、Maxima、MaxPro和XALT是許多應用於醫療用產品的布料名稱，它們是Burlington公司推出Burlington Barrier布料系列之一部分。

Burlington本身是一家從事醫療用布料(參見表9)和其他功能性布料生產的美國專業公司，是美國紡織品集團Elevate Textiles旗下所屬公司。

該公司所生產的Isolite布料適合製造專用於低風險環境中穿著之醫療用衣著；而Maxima和MaxPro布料抗流體，適用於製造各種醫療用防護衣著產品；XALT布料可提供最高度的防護，因此可製造專用於高風險外科手術的外科手術衣。

Burlington擁有許多製造設施，分別位於：美國北卡羅來納州Cordova之織造廠，以及美國北卡羅萊納州Raeford和Burlington，以及中國大陸嘉興之加工整理廠。

表9：Burlington：2020年優質醫療用布料

布料	產品說明	最終用途
XALT HC Level 4 Surgical Gown	為3層貼合材料，其表布以梭織聚酯纖維製成，中間層是防護薄膜，基底層是經編針織布	外科手術衣
XALT HC Level 3 Gown	為3層貼合材料，其表布以針織聚酯纖維製成，中間層是防護薄膜，基底層是經編針織料	外科手術衣和布簾
Maxima High Density	輕質而具透氣結構之密實梭織布	外科手術衣、洗衣袋、隔離衣、病患罩袍和圍裙
Maxima HD ESD	輕質且具透氣結構和抗靜電之密實梭織布	外科手術衣、實驗室外套、隔離衣、病患罩袍和圍裙

Maxima Ultra HD ESD	結構更密實之Maxima HD ESD版本，具更高效的防液體和細菌滲透性	外科手術衣
Maxpro IB Barrier	採用抗靜電紗線，並使用耐久抗流體整理劑，進行後加工處理之高性能布料	外科手術衣和手術室工作服
Maxpro IB MCS	採用抗靜電紗線，並使用水分控制系統（Moisture Control System, MCS）之吸濕排汗加工整理的高性能布料	外科手術衣、手術室工作服和病患用毛毯
Maxima AT	以空氣變形聚酯紗製成之布料，提供柔軟手感和高度的舒適感。該布料使用抗流體加工整理劑處理	實驗室外套、防護性手術室工作服、病患罩袍和護士成衣
Isolite	含99%聚酯纖維和1%碳纖維之布料，使用耐久抗流體整理劑作後加工處理。適用範圍為只需要低防護等級的產品應用	外科手術衣、隔離衣

資料來源：Burlington

為因應新冠肺炎疫情，該公司增加Maxima布料的產能，同樣也是Elevate Textiles旗下所屬公司，牛仔布專業製造Cone Denim公司，已將其墨西哥Yecapixtla廠的部分產能，轉換為Burlington的Maxima布料生產。Maxima布料目前在歐美地區銷售，並符合包括EN 13795-1：2019³⁴在內的各種標準。

³⁴ EN 13795-1：2019是歐洲標準化委員會（European Committee for Standardization, CEN）外科手術衣和布簾之標準-其規定和測試方法-第1部分：外科手術布簾和手術衣。

Carrington Textiles (Carrington)：醫療用衣著和工作服之抗病毒和抗菌布料

Carrington Textiles (Carrington)是英國功能性布料的主要製造商，為應對新冠肺炎疫情，採用一款新的抗病毒和抗菌處理劑，應用於醫療用衣著等的各種梭織布工作服。

該處理劑是瑞士抗菌產品專業供應商Sanitized所提供，可施用於該公司任何梭織布料上。在新冠肺炎疫情爆發後，為因應具抗病毒性能的工作服布料需求增加，而開發此款處理劑。

具抗病毒和抗菌性能的工作服布料還可製造許多防護產品，例如口罩、醫療用衣著（包括手術室工作服和各種產業用制服）。希望透過抗病毒和抗菌梭織布料的使用，有助減低對一次用防護性衣著產品的依賴。

相對地，減少防護性衣著產品使用量，應也可減少送往垃圾掩埋場一次用產品數量。該處理劑以Sanitized的技術為基礎，藉由銀元素的加入作為活性成分。

Carrington對該處理劑結合廣泛用於製造非外科手術用工作服的Alba 2布料（65%聚酯纖維和35%棉），進行有效性測試。經處理過的布料，已依ISO 18184：2019³⁵進行測試，並發現可於兩個小時內消除超過99%的病毒。

³⁵ ISO 18184：2019是紡織品之國際標準化組織（ISO）標準-測定紡織產品的抗病毒活性。

此外，該處理劑的功效似乎並未受到洗滌之不利影響。尤其是，在60°C之下經過50次洗滌週期後，仍發現該布料可消除98%以上的病毒。

DuPont：Tyvek 1222A布料

Tyvek 1222A布料是由美國杜邦（DuPont）公司為因應新冠肺炎所開發的不織布，杜邦針對許多產業，開發且提供特種化學品和材料，以因應市場需求。

該布料是杜邦公司研發出之Tyvek高密度聚乙烯（high density polyethylene，HDPE）布料系列的一部分。Tyvek不織布具有紡黏結構，具重量輕、耐用且透氣的性能。此外，還具有耐磨性、抗細菌滲透性和防水性。

Tyvek 1222A布料開發是杜邦公司#TyvekTogether新方案的一部分。在該新方案中，DuPont公司正在尋求與客戶合作，以在新冠肺炎疫情期間為一線醫護人員增加PPE之供應。

Tyvek 1222A布料專用於製造一次用隔離衣和連身工作服。該布料以捲筒形式提供給具裁剪與縫紉能力的客戶。為進一步支持客戶，杜邦公司還對生產該產品之客戶提供成衣圖案和「虛擬製造技術支援」（virtual manufacturing support）。

杜邦公司估計，其#TyvekTogether新方案每月可增加600萬件外科手術用隔離衣的供應。在2020年1月，該公司每月自家生產之Tyvek成衣，已增量並超過900萬件，是疫情前產量的兩倍多。

除開發Tyvek1222A布料外，杜邦公司還增加PPE產品的產量，有助滿足疫情期間對PPE的需求，其中包括：Tychem³⁶拋棄式連身工作服、Tychem手套，以及Tychem罩袍。

³⁶ Tychem是杜邦公司生產之布料，其可防護生物性和化學性危害。

Milliken & Company (Milliken)：Biosmart和Perimeter布料

Biosmart和Perimeter是由美國化學品和紡織品供應商Milliken & Company（Milliken）開發之功能性布料品牌。

Biosmart是一種具抗菌性能的梭織布，可應用於手術室工作服、實驗室外套和窗簾的製造。據Milliken表示，該種布料採用可賦予其抗菌性能之「漂白活化技術」（bleach activated technology）。

為使該技術產生作用，必須以含氯漂白劑（chlorine bleach）³⁷洗滌布料，而相對的，漂白劑本身也將結合到布料表面上。

³⁷ Milliken建議使用已在美國環境保護署（EPA）登錄之含氯漂白劑。

與布料表層黏合在一起的漂白劑，足以殺死99.9%與布料接觸的常見細菌和病毒。作為其因應新冠肺炎疫情的一部份，Milliken正在研發用於製造N95級口罩的材料。

此外，該公司還開發名為Perimeter之防護布料新系列，是使用於製造各醫療機構可重複使用的罩袍。以Perimeter布料製成之衣著足以承受至少25次的洗滌週期，因此相較一次性產品，具較長的使用壽命。自疫情以來，Perimeter布料已銷售超過1,000萬公尺，為該公司對新冠肺炎疫情造成全球PPE短缺情況之部份因應。

依據ANSI/AAMI PB70：2012標準³⁸，Milliken Perimeter布料分為Level 1、Level 2，或Level 3，以上三個等級皆取決於所提供之防護級別。所有的布料皆於美國製造。

³⁸ ANSI/AAMI PB70：2012是美國國家標準協會（American National Standards Institute，ANSI）/醫療器材進步發展協會（Association for the Advancement of Medical Instrumentation，AAMI）用於液體屏蔽功能，以及醫療保健設施中防護衣著和布簾分類之標準。

•Perimeter Level 1布料

該布料可提供少量流體之防護，提供最基本的防護水準。因此，可適用於製造在"最低限度的（minimal）"的風險環境，包括基本醫療環境和病房中穿著的罩袍。

•Perimeter Level 2布料

該布料適用於製造在低風險醫療手術，例如：縫合（suturing）³⁹，以及低風險環境，例如：病理實驗室中穿著的罩袍。相較於Perimeter Level 1布料，該布料提供更高的流體防護性。

³⁹ 縫合（suturing）是使用醫療器具將身體組織固定一起的過程。手術縫合（sutures）通常稱為傷口縫合（stitches）。

•Perimeter Level 3布料

該布料適用於製造在"中等風險（moderate risk）"環境中穿著之罩袍，包括急診室和創傷護理設施。相較Perimeter Level 2布料，該布料提供更高的流體防護性。

表10：2020年Milliken之Perimeter防水性布料

	Perimeter布料類型		
	Level 1	Level 2	Level 3
防水性：經過衝擊滲透力a（g）	<4.5	<1.0	<1.0
防水性：流體靜水壓力b（cm）	不適用	>20	>50

^a 根據AATCC TM42 防水性測試方法：經過衝擊滲透力（Test Method for Water Resistance: Impact Penetration）。

^b 根據AATCC TM127 防水性測試方法：流體靜水壓力（Test Method for Water Resistance: Hydrostatic Pressure）。

資料來源：Milliken & Company。

Suominen: Fibrella Shield

Fibrella Shield是由芬蘭不織布製造商Suominen最新研發的不織布材料。該材料適用於製造醫療用口罩，尤其是，它可用於利用超聲波黏合製程來生產口罩。初期，該材料僅供應給歐洲客戶。

Fibrella Shield是Suominen與芬蘭VTT技術研究中心（VTT Technical Research Centre of Finland, VTT）合作開發的，目前在Suominen位於芬蘭Nakkila工廠投產，工廠目前具足夠產能，可月供1,500萬個口罩材料。

該材料具極佳的過濾效率和壓降值 (pressure drop values)，因此可提供高度之防護性。事實上，它符合EN 14683：2019訂定之I型和II型口罩的功能性要求。該材料無味且柔軟，因此製成的口罩即使長時間佩戴，也感覺非常舒適。

許多醫護人員表示，在新冠肺炎疫情期間，由於他們必須長時間佩戴個人防護裝備 (PPE)，包括醫療用口罩，卻苦於皮膚過敏和配戴不適感。

醫療用防護衣著抗病毒處理技術之創新發展

HeiQ：HeiQ Viroblock NPJ03

HeiQ Viroblock NPJ03是一種能夠對抗病毒的紡織品加工處理技術，由總部位在瑞士的HeiQ公司開發而成，HeiQ是一家專精研發創新紡織品之染化劑公司。HeiQ Viroblock NPJ03適於多種終端產品之應用，包括：空氣過濾器、口罩，以及醫療用罩袍、醫療用窗簾和醫療用布簾。

HeiQ將這種處理技術描述為「囊泡技術 (vesicle technology) ⁴⁰和銀技術的獨特組合，該技術之目的是為了抑制細菌和病毒之生長和持久性」。

⁴⁰ HeiQ2的囊泡技術 (vesicle technology) 使用化妝品級脂質體 (liposome) 來大量減少病毒細胞膜。在細胞生物學中，囊泡是被液體或細胞質組成的脂質雙分子層 (lipid bilayer) 包膜之細胞的內部或外部結構。

囊泡技術被運用在治療標的物的「脂包膜病毒」⁴¹ (lipid-enveloped Viruses)，包括冠狀病毒，並透過讓病毒消耗其薄膜，失去活性。銀技術的運用則在抑制細菌和病毒的複製。

⁴¹ 在生物學和生物化學中，脂質 (lipid) 是可溶於非極性溶劑 (non-polar solvents) 之大生物分子 (macrobiomolecule)。非極性溶劑通常是碳氫化合物，可用於溶解其他不溶於水或不易溶於水之自然產生的碳氫化合物脂質分子，包括雙酸甘油酯 (diglycerides)、脂肪酸、諸如維生素A、D、E和K之脂溶性維生素、單酸甘油酯 (monoglycerides)、磷脂質 (hospholipids)、固醇類 (sterols)、三酸甘油酯 (triglycerides) 和蠟類 (waxes)。

該處理技術結合自回收資源的銀金屬，並含有72%生物基碳 (bio-based carbon)。因此，被認為具有環保永續性。

經HeiQ Viroblock NPJ03處理之產品，符合歐盟的《殺生物劑產品法規 (Biocidal Products Regulation, BPR)》。此外，它們還獲得了美國環境保護署 (EPA) 之核可。業經證實，該處理技術可在30分鐘內將嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒2 (SARS-CoV-2)，引發新冠肺炎病毒的傳染性降低99.99%。

這技術被醫界認為特別重要，因病毒可在正常室溫下未經處理的外科手術衣表面存活長達兩天，會讓醫護人員產生交叉感染的風險。

該處理劑可施加於任何纖維組成的布料，而且經過加工處理過的布料具耐洗滌特性。事實上，它在60°C水溫下至少可以承受30次溫和的洗滌週期。自從HeiQ Viroblock NPJ03於2020年3月推出以來，HeiQ已將其全球所有的產能投入至該處理劑之生產中，以確保在新冠肺炎疫情期間提供充足的供應量。

此外，該公司還提供免費授權協議，讓其他公司也可製造這種處理劑，並進一步擴增其供應量。

Polygiene : ViralOff

ViralOff抗病毒處理劑是由總部位在瑞典的Polygiene公司開發而成，業於2020年4月上市。Polygiene是一家專門從事異味處理技術的企業。

該處理劑適用於醫療用防護衣著產品之用布，包括口罩、手套和手術室工作服。該處理劑包含消滅生物活性成份，由二氧化鈦（titanium dioxide）和氯化銀（silver chloride）之"反應物質（reaction mass）"所構成。

經ViralOff處理過的布料已依ISO 18184：2019使用A型流感（Influenza A）⁴²病毒H3N2進行測試，整體而言，它們在兩小時內可有效消除99%的病毒。

⁴² A型流感（Influenza A）是流感病毒之子類型（sub-type）。A型流感和B型流感是導致季節性流感疫情的病毒。

業經證實，該處理劑可有效治療嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒2（SARS-CoV-2），引起新冠肺炎之病毒。該處理劑也與禽流感（bird flu）⁴³、諾羅病毒（norovirus）⁴⁴和引起嚴重急性呼吸系統綜合症（SARS）的新型冠狀病毒（novel coronavirus）一起進行了測試。

⁴³ 禽流感（bird flu，也稱為avian flu），是一種在禽類中傳播之傳染性流感。在極少數情況下，禽流感會感染給人類。

⁴⁴ 諾羅病毒（norovirus）通常被稱為"冬季嘔吐病毒（winter vomiting bug）"，會引起嘔吐和腹瀉等症狀。

Proneem : Viral Stop

Viral Stop抗病毒處理劑是由法國紡織品處理技術供應商Proneem所開發，業於2020年6月上市。該處理劑適用於針織布、梭織布和不織布之產品應用。經Viral Stop處理的不織布適用於製造口罩、醫療用制服和器材。

Viral Stop可破壞病毒薄膜，並阻止病毒繁殖。它結合多種活性成分，包括吡啶硫酸鋅（zinc pyrithione）和氧化鋅（zinc oxide），並已依ISO 18184：2019進行測試，而且已證實其可在30分鐘內降低嚴重急性呼吸系統綜合症冠狀病毒2（SARS-CoV-2），導致新冠肺炎病毒的傳染性降低99.9%。

Rudolf Group : RUCO-BAC AGP

RUCO-BAC AGP抗菌處理劑是由總部位在德國的Rudolf Group所開發，該公司專精研發紡織業特種化學品。該處理劑適用於醫院用罩袍和手術室工作服，以及其他工作服產品。此外，它也適用於貼近肌膚之產品應用。

最初，該處理劑於2005年推出，並作為抗菌產品進行銷售。但，為因應新冠肺炎疫情，該公司量化該處理劑的抗病毒特性，而將其作為具抗病毒和抗菌特性之產品進行銷售。

該處理劑以銀為基材，被廣泛使用的抗菌劑，並透過釋放微小、精確劑量之銀離子來發揮作用。這些銀離子破壞了細菌和病毒之間的內鍵（internal bonds），並相對的，阻止其繁殖。

該處理劑還可透過阻斷支援細菌和病毒生長之輸氧酶（oxygen-transporting enzymes）來發揮作用。該處理劑含有專屬的"微型結構（microstructures）"，其可提高銀之功能性。

而且，該微型結構為處理劑提供極佳的功效和耐久性。事實上，該處理劑在80°C溫度下足以承受100多次洗滌週期。該微型結構也為處理劑提供極高的表面積。事實上，估計1公克處理劑之表層面積（superficial area）⁴⁵約達60平方米，因此，在處理紡織品時只需要非常少量的RUCO-BAC AGP。

⁴⁵ 材料之表層面積（superficial area）即其表面積（surface area）。

該處理劑被認為是具有環保永續性的，並且符合Standard 100 by Oeko-Tex和藍色標誌系統（bluesign system）⁴⁶。

⁴⁶ 藍色標誌系統（bluesign system）是由瑞士機構藍色標誌科技公司（bluesign technologies）開發的，其為整個紡織供應鏈---從原材料供應到零售分銷---訂定了環境、健康和 safety（environmental、health and safety, EHS）之標準，並且它保證生產鏈中使用之所有元件和製程對人類和環境都是安全的。

展望

醫療用防護衣著在醫護人員、患者，以及一般民眾之日常防護方面扮演至關重要的角色。自新冠肺炎疫情初期，大眾開始關注個人防護裝備（PPE）之重要性，相關布料及產品更是扮演阻擋病毒的關鍵角色。

疫情爆發之後，對醫療用防護衣著和PPE的需求激增，儘管醫療用防護衣著市場已為穩健成長做好準備，而供應鏈必須適時因應。短期內對新生產技術進行許多投資，並且商業化新的防護產品和技術，尤其是抗病毒紡織品處理技術。

放眼未來，可以肯定地假設，在疫情期間，對醫療用防護衣著和PPE之需求仍將保持高水準。

最終，醫療用防護衣著的最重要特性是防護，並且針對新冠肺炎疫情，人們一直著重在具抗病毒和抗流體特性的產品。

但是，舒適度和耐用性也是重要之屬性，因為醫療用防護衣著和PPE產品是需要被醫護人員長時間穿戴。

醫療用防護衣著市場上的創新發展已備受重視，並且在以環保永續性材料製成的產品方面，仍存在進步之空間。這一點在新冠肺炎疫情期間尤為顯著，因為對以合成纖維而非可再生資源製成的一次用產品需求激增，但此類纖維是不可生物降解的。

整體而言，由於新冠肺炎疫情，民眾對醫療用防護衣著和PPE產品之認知已大大提高，而嚴格的洗手衛生，以及佩戴口罩和手套，已成為全球許多民眾日常生活的一部分。

由於提高了對衛生之認知，抗病毒處理不僅將應用於醫療用防護衣著的生產，例如手術室工作服，之後還將使用於一般醫療保健制服之產品中，並普遍於經常與一般民眾接觸之其他專業人員的制服。