

透氣式防護服發展歷程與未來展望

作者簡介



作者吳明儒中士，畢業於台灣師範大學化學系碩士班，化校士分班 108-7 期，曾任第三三化學兵群偵一連偵檢班偵檢士、偵檢班副班長，現任化生放核訓練中心防研中心化學戰劑偵檢士。

提要

- 一、防護服在應用發展分歧有氣密式及透氣式兩種，本文聚焦美軍透氣式防護服發展歷程，呈現防護服材質、防護機制與特點等三方面演進。
- 二、為保證防護服效能，美國、歐盟及我國等國家有一系列標準，規範各類防護服適用場景與須具備效能。比較各標準間異同，尋找可借鏡之處。
- 三、檢視我軍防護服可精進之處，提出建議，期能在未來防護服開發上提供助力。

關鍵詞：透氣式防護服、防護服規範、防護服發展

前言

化學戰紀錄可以追溯到西元前 429 年，發生在雅典與斯巴達間伯羅奔尼撒戰爭，斯巴達軍隊利用硫磺和松枝混合燃燒，來製造毒氣對雅典城內守軍進行攻擊。直到第一次世界大戰時，化學武器被人類首度大規模利用。為防止士兵受到化學武器威脅，化生放核防護服應運而生。防護服運作概念是防止化學、生物、放射性及核子物質等直接與人體接觸達到防護作用。為符合戰場環境需求，設計上除考量防護能力外，還要考量舒適性，以便在不影響戰鬥前提下長時間穿戴。在多方面戰場因素考量下，各種材質被陸續開發及淘汰，也為此誕生多項標準對防護服進行規範，包含國際標準 ISO、歐洲標準 EN、美國消防標準 NFPA 及美國職業安全衛生標準 OSHA 等。針對所須面對風險，提出需求並訂立防護服材料標準及應用場景。

我化學兵部隊發展遵循警、防、偵、消、救原則，個人防護裝備是防護中最重要環節。現行核生化防護服暨有國造七七碳纖式防護服及 NPS-108 核生化防護服。針對下一步發展，本文希望透過探討防護服技術發展歷程及現行國際標準，提供我軍防護服發展及採購相關資訊作為參考依據。

防護服發展歷程與方向

一、防護服發展歷程

隨著時代及戰場環境變遷，各國防護服應用技術與材質日新月異。防護服應用發展上有兩條分歧，氣密式防護服，追求高防護能力，為執行高風險區專業性任務為目的；透氣式防護服，追求防護能力與舒適性間平衡，為長時間穿戴執行戰術任務為目的。本文聚焦於美國陸軍透氣式防護服發展歷程，擷取部分裝備整理於表 1，呈現各時期防護服選用材質、原理及特點。

透氣式防護服歷經氯胺類消除藥劑浸漬、活性碳基材及選擇性薄膜等三次材質重大變革。藥劑浸漬防護服以中和反應達到防護效果，防護能力受限於使用藥劑是否與汙染物可進行反應，藥劑本身存在對人體致敏性隱憂，且後勤保存不易。¹活性碳基材防護服，以活性碳吸附避免汙染物傷害，但對有機物質吸附不存在選擇性，因此開封後僅能維持 14 至 45 天活性碳層吸附容積即達到飽和，且面臨高濕度環境，會減損其吸附能力，須要維持一定厚度保證吸附容積與時效。^{2 3}選擇性薄膜，在不影響汗水排出前提下阻隔汙染物，沒有反應性或吸附容積等限制，在保存條件及有效時間無明顯限制，同時，僅需一層薄膜即可達到防護效果，可以在防護服重量體積比方面有所突破。⁴

表 1 美國防護服發展歷程

時序	裝備	材質	特性
1940s	M3 毒劑防護服	丁基橡膠	原理: 阻隔 特點:具良好機械強度、彈性、氣密性、防水及抗化學腐蝕能力，但該材質防護服同時會影響汗水排出，造成人

1.Headquarters Department of the Army, “NBC (nuclear, Biological and Chemical) Defense”, 1977, B1-B3.
2.Wartell MA, Kleinman MT, Huey BM, et al., Strategies to Protect the Health of Deployed U.S. Forces: Force Protection and Decontamination (US:National Academies Press,1999), P.67 -P.81.
3.M A Rahman Bhuiyan¹ , Lijing Wang.etc, “Advances and applications of chemical protective clothing system”, journal of Industrial Textiles Vol. 49(1)(UNITED STATES : SAGE PUBLICATIONS INC ,2019), P.97 – P.138.
4.John Eldridge, Jane’s Nuclear, Biological and Chemical Defence 2002-2003(USA : Jane’s Information Group Inc, 2002), P.237.

			員感受熱壓力持續上升，無法長時間穿著。丁基橡膠材質後續應用於防護手套、鞋套及頭套，針對特定部位進行重點防護。
1950s	XXCC3藥劑浸漬防護服 	XXCC3藥劑 (氯胺類消除劑)	原理: 中和反應 特性:該防護服將服裝封裝於XXCC3藥劑密封袋。含液體密封包裝，後勤運輸及保存不易。該防護服僅作一次性使用，穿著於內衣與迷彩服之間，具透氣性，可使人員感受較低熱壓力，但XXCC3藥劑對人體仍具致敏性，且提供防護時間及抗化學能力有限。
1970s	化學防護服(CPOG)  野戰防護服(BDO) 	三層結構，外層為防水處理的尼龍/棉織物，內層為經編織材質，以聚氨酯泡沫浸漬活性炭作為夾層	原理: 活性炭吸附 特性:該類防護服穿著於迷彩服外，對有機危害物質及化學戰劑具防護能力。但活性炭對於有機物質吸附無選擇性，故使用及保存時，應避免與有機物質接觸。聚氨酯材質在高濕度環境會產生劣化反應，儘管外層布料經防水及防油滴擴散處理，在雨天環境下應外搭雨衣，且不可進行水洗，避免活性炭顆粒流失降低防護效能。

1990s	聯合軍種整合系統防護服(JSLIST) Tex-Shield 防護服 	雙層結構，外層為經防水處理尼龍/棉材質，內層為Saratoga™專利層壓板	原理: 活性碳吸附 特性:該防護服穿著於迷彩服外，依軍用規格MIL-DTL-32102生產，採用Saratoga™專利活性碳球布料，吸附層中活性碳球結構表現比其他結構更佳機械強度，經表面處理後，在高濕度、汗水浸濕及水洗後仍可保持防護能力。惟使用保存時，仍須避免與有機物質接觸。
1990s	聯合軍種整合系統防護服(JSLIST) LANX 防護內衣 	LANX纖維	原理: 活性碳吸附 特性:該防護服作為內衣穿著，採用聚合物包覆活性碳技術，該技術可依使用者需求改變外層包覆材質。依軍用規格MIL-U-44435生產，具透氣、耐磨、可水洗、伸縮彈性佳等特點。惟使用及保存時，仍須避免與有機物質接觸。
2000s	服裝整合防護套裝(UIPE) 	聚四氯乙烯 選擇性薄膜	原理: 選擇性薄膜 特性:該防護服採用GORE® CHEPAK專利，相較活性碳材質防護服，具易保存、輕量化特點，外層布料可依使用者需求搭配，通過NFPA1994Class3標準。

2000s	極端反應小組防護套裝 (XRT) 	三層結構，外層為針織尼龍，內層為聚四氯乙烯選擇性薄膜	原理: 選擇性薄膜 特性: 採用GORE® CHEPAK專利布料，使用一體化設計，將手套、鞋套及頭套與防護服結合，利於快速穿著，同時避免防護服與配件間隙造成汙染滲透。通過NFPA 1994Class3標準，具易保存、輕量化、耐磨、高活動性及透氣性等特性。
-------	---	----------------------------	--

資料來源：作者自行整理表格，參考資料：1.官方文件第2及3項；2.書籍第2項；3.論文第3項；4.網路第1-15項。

二、防護服發展方向

防護服是軍人面對化生放核狀況最後一道防線，紡織製造技術是否能趕上日益變化戰場需求是個迫切議題。自1950年代起，美軍透氣式防護服持續發展，在降低人員與後勤負擔及提升防護服防護能力與通用性等方向不斷革新並提出發展指標(如表二)。⁵

表2 防護服發展指標

低人員負擔		
低熱壓力	低體積重量比	無毒性材質
低後勤負擔		
長保存期限	耐用	易洗滌
可重複使用	可被消除	
防護能力		
防汗水	防水性	防石化產品
長防護時效	防火/抗閃燃	偽裝能力
通用性		
可作為戰鬥服	服裝兼融性	兼容其他配件

5.同註2。

資料來源：Wartell MA, Kleinman MT, Huey BM, et al., Strategies to Protect the Health of Deployed U.S. Forces: Force Protection and Decontamination(US:National Academies Press,1999), P.74.

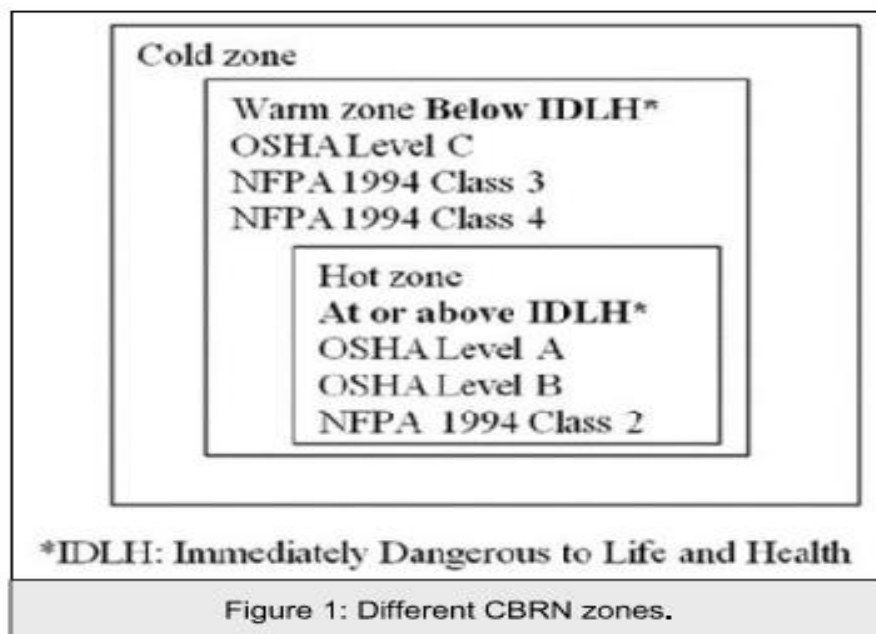
防護服規範與選用

對於即將進行危害區域作業人員，選用能夠提供足夠防護個人防護用具，是對自身安全最基本保障。為此了解防護裝備相關規範及應用範圍是重要課題。

面對此課題，首先得對即將面臨風險有初步認知。在毒化災應變管制區域劃分方法中，以環境中物質立即危害濃度(IDLH)進行熱、暖、冷三區的劃分是方法之一。因應不同程度風險，對於防護裝備防護有不同要求，如圖 1 所示。⁶

化學防護服相關標準，包含國際標準化組織(International Organization for Standardization, ISO)、歐洲標準化委員會(European Committee for Standardization, CEN)、美國職業安全衛生署(Occupational Safety and Health Administration, OSHA)、美國消防協會(National Fire Protection Association, NFPA)等。這些標準包含三大部分，測試方法、產品或性能規範、技術報告或指導文件。⁷

圖 1 危害區域與防護裝備等級對照圖



6.Md. Vaseem Chavhan," DESIGNING OF PERSONNEL PROTECTIVE CLOTHING FOR PROTECTION AGAINST CBRN AGENTS: A review" ,Filtration,18(2),2018,P.104-P.107.

7.洪柏宸、林瑜雯、張振平、朱偉銘、吳煜庭、蕭宇埕,《化學防護衣規範標準、檢測技術 及選用建議之探討》(新北市:勞動部勞動及職業安全衛生研究所,中華民國 111 年 6 月),頁 3-34。

資料來源：Md. Vaseem Chavhan," DESIGNING OF PERSONNEL PROTECTIVE CLOTHING FOR PROTECTION AGAINST CBRN AGENTS: A review" ,Filtration,18(2),2018,P.100.

一、防護服規範差異

對防護服選用建議，美規與歐規呈現兩套截然不同分類標準(如表 3):

- (一)美規防護服分級基於美國職業安全衛生署(OSHA)個人防護具標準 29 CFR 1910.132，依據美國國民健康部(DHHS)環境對健康效應，定義 A、B、C 及 D 四個暴露危害等級。因應不同威脅，建議四個等級防護服穿戴建議。為達到防護效果目的，測試時以防護裝備組合作為判定標準。
- (二)歐規防護服以法規 EN ISO 13688 作為各式防護衣一般要求。依照所須防範化學品種類及型態，將防護服分為 1 至 6 型等 5 個等級，其中 2 型防護服已於 2016 年修訂的法規合併至 1 型防護服。1 級為氣密型防護服應對於化學品高壓蒸氣接觸、奈米級粉末接觸或完全未知狀況，採取最高等級的防護；3 級液密型、4 級潑濺液密型及 6 級霧型液密型防護服針對液體狀化學品接觸形式分級，5 型懸浮固體粉塵密閉型防護服則應對於非奈米級固體化學品粉塵環境。

我國對於防護服規範基於美規四等級防護未納入作業型態需求、作業方式及不同型式防護衣防護效能等因素，導致防護效果降低考量。以歐規標準作為主體進行制定。

表 3 防護服規範比較表

一般要求	美國			歐盟			台灣		
	-			EN ISO 13688:2013					
防護服分類	公告單位或標準	等級	內容	公告單位或標準	等級	內容	公告單位或標準	等級	內容
	美國國民健康部 (Department of Health and Human Services)	Level A	劇毒化學物質，其化學固體/液體/氣體立即傷害皮膚與呼吸道	EN943-1/2	Type1	Gas Tight	CNS16103	1 型	氣密型
			含氧量低於 19.5%					2 型	正壓型
		Level B	劇毒化學物質，其氣體不會立即傷害皮膚與呼吸道，但會傷害皮膚	EN14605	Type3	Liquid Tight		3 型	液密型
			含氧量低於 19.5%					4 型	潑濺液密型
		Level C	化學物質不會立即傷害皮膚與呼吸道	EN ISO13982-1	Type4	Spray Tight		5 型	懸浮固體粉塵密閉型
			Level D		無空氣污染、無飛濺、無浸泡、無吸入或接觸的危害環境	Type5		Particle Tight	6 型
						EN13034		Type6	Limited Spray Tight

資料來源：洪柏宸、林瑜雯、張振平、朱偉銘、吳煜庭、蕭宇堃，《化學防護衣規範標準、檢測技術 及選用建議之探討》(新北市:勞動部勞動及職業安全衛生研究所，中華民國 111 年 6 月)，頁 25。

二、防護服選用

化學兵部隊作為化學戰第一線處理人員承受化學戰劑威脅並面臨更複雜戰場環境。上述提到美國職業安全衛生署及歐盟標準對防護服分級與相關規範無法完整覆蓋人員需求。

面對此需求美國消防協會 NPFA 1994 標準被用於提供涉及化學與生物恐怖攻擊事件消防及應變人員防護套裝選用。除防護服抗撕裂、穿刺及磨損等物理性能要求外，還額外進行生理保護劑量因子、材質耐化學滲透、液密完整性、抗生物病原及散熱等測試。材質耐化學滲透測試採用 ASTM F 739 標準測試方法，滲透量不得超過每小時 4.0 g/cm²、梭曼滲透量不得超過每小時 1.25 g/cm²、丙烯腈、丙烯醛及硫酸二甲酯與氣態氨氣及氯氣在 32°C 條件下，平均標準化破出時間應大於 1 小時，抗生物病原測試採用 ASTM F 1671 標準測試方法，PhiX174 噬菌體不得在 1 小時滲透。⁸除美國消防協會 NPFA 1994 標準外，聯合軍種整合系統防護服(JSLIST)軍規標準 MIL-DTL-32102 提出芥氣最小檢出濃度 0.5μ/cm² 條件下，16 小時內不得檢出。⁹

在化學戰及化學災害救援行動中，緊急應變指南及緊急應變卡等作為重要指引，提供危害區域劃分、處置方法及建議防護裝備等參考資訊。對於各危害區域描述及對應防護裝備、規範、阻隔技術及材質，可參照表 4 所示。¹⁰透氣式防護服為提供長時間作戰，採用具透氣性吸附、半選擇滲透或選擇滲透材質，僅適用於環境中液體及氣體濃度低於立即危害濃度狀況。人員如須進入高污染區域活動，則應採用氣密式防護服搭配空氣呼吸器使用。

8.National Fire Protection Association, "NFPA 1994 Standard on Protective Ensembles for First Responders to CBRN Terrorism Incidents 2007 Edition", 17 August 2006, P.1 – P.95.

9.U.S. Department of Defense, "MIL-DTL-32130 DETAIL SPECIFICATION UNDERWEAR, CHEMICAL PROTECTIVE, TWO PIECE (UNDERSHIRT AND DRAWERS)", 12 August 2003, P.21.

10.同註 6，頁 100-101。

表 4 不同危害區域內個人防護材質、設計與規範

防護等級	等效標準	呼吸道防護	基材技術	可選商用套裝
第一級 1.對於呼吸道級皮膚最高等級防護。 2.氣體及液體濃度高於立即危害濃度(IDLH)。	1.美國標準: OSHA A 級 2.歐盟標準: Type1:(prEN: 943 part 1)	內置空氣呼吸器	1.阻隔層 2.optically clear Mylar® 薄膜(杜邦公司基於聚酯(PET)抗化學材質) 3.反射層	杜邦公司: Tychem®TK Tychem®BR Tychem®LV
第二級 1.未知化生放核狀況。 2.對呼吸道及皮膚最高等級防護。 3.氣體濃度高於立即危害濃度，液體濃度低於立即危害濃度	1.美國標準: (1)OSHA B 級 (2)NFPA1994 Class 2 2.歐盟標準: Type 2: (prEN: 943part 1)	外置空氣呼吸器	阻隔層	1.杜邦公司: Tychem®TK Tychem®BR Tychem®LV Tychem®PP 2.Kappler 公司 Zytron: ONESUITE® PRO
第三級 1.已知化生放核狀況。 2.對呼吸道及皮膚次等級防護。 3.氣體及液體	1.美國標準: (1)OSHA C 級 (2)NPFA 1994 Class 3 2.歐盟標準:Type 4: (prEN:1512)	1.呼吸器面罩(APR) 2.動力空氣濾淨式呼吸防護具(PAPR)	1.半滲透層 2.選擇性滲透層	1.LION 公司 快速反應套裝 2.NFPA1994 Class3 Ensemble 3.GORE® CHEMPAK®

濃度低於立即危害濃度。				選擇性薄膜材質
第四級 1.生物或放射性粒子危害。 2.非化學性有害粉塵污染。	1.美國標準: (1)OSHA D 級 (2)NFPA1994 Class 4。 2.歐盟標準:Type 4: (prEN:1513)	防塵過濾器(應對放射性粉塵)	1.半滲透層 2.選擇性滲透層 3.連身服	消防員防護服

資料來源：Md. Vaseem Chavhan," DESIGNING OF PERSONNEL PROTECTIVE CLOTHING FOR PROTECTION AGAINST CBRN AGENTS: A review" ,Filtration,18(2),2018,P.101.

透氣式防護服未來展望

透氣式防護服基於長時間作戰需求，考量防護能力與舒適度平衡，一般僅能提供 C 級或 TYPE 4 等級防護服表現。隨時代、技術演進，輕量化、低熱壓力、防護時長等對於防護服要求也不斷提高。我軍現行核生化防護服暨有國造七七式防護服與 NPS-108 核生化防護服。對於防護服設計、規範及未來材質，作者提出以下三點建議：

一、擴展防護服選擇

參照美軍防護服發展歷程，依陸海空三軍特性匹配相應防護服，同時開發防護服、防護制服及防護內衣等不同形式是未來趨勢。目前我軍防護服發展形式相較單一，僅提供外套式防護服作為選擇。陸海空三軍中戰鬥、後勤及處理核生化狀況人員面臨風險不同，須要不同等級防護。以化生放核威脅程度排序，分別是陸軍、海軍及空軍，核生化處理人員、戰鬥人員及後勤人員。

建議未來可依照面臨核生化威脅程度，發展應對高、中及低等三種等級防護服，並參考兵種特性納入保存時間、布料強度、活動性、防火、抗閃燃或短時間逃生等考量。

二、整合防護服規範

我國與歐盟及美國防護服材質測試方法比較表¹¹(如表 5)，從此表格中可發現我國對材料性能測試方法已發展成熟，但尚缺乏對防護服測試標準進行整合，在採購及研發時，難以用單一標準表達對防護服性能需求。戰場及災害救援環境相較一般狀況更加惡劣，須評估訂立合適數值標準以符合人員需求。同時，可將美規人機模擬測試(Man In Simulant Test, MIST)對於整體防護套裝測試納入考量，消彌多項裝備不兼容風險。最後，建立再評測機制有助於掌握庫存防護服是否堪用及未來發展可重複利用防護服評估。

表 5 我國、歐規及美規防護服材質測試方法

項目	我國標準	歐規標準	美規標準
耐化學品滲透性	CNS 16105	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM F 739)
耐液體穿透性	CNS 16104	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM F 1359)
抗拉強度	CNS 12915	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM D 4157)
撕裂強度	ISO9073-4 JIS L1913	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM D 2582)
穿刺強度	ISO13996 JIS T8051	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM D 2582)
破裂強度	CNS 13752	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM D 751)
耐磨損性	JIS L1096	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM D 3884)
耐撓曲性	CNS 16103 ISO 7854-B	EN 14325:2018	NFPA1994 (ASTM F 392)
防護因子			NFPA1994 (MIST)
散熱性能測試			NFPA1994 (ASTM F 1868)

資料來源：作者自行整理。

11 同註 8，頁 12。

三、持續引進先進材料技術

防護服技術至今已多次迭代發展，在防護能力、防護時長、人員負擔等多項指標上都有顯著進步。如今我軍已採納國際上被廣泛利用選擇性薄膜材質作為 NPS-108 防護服核心技術，在纖維結構及材料創新，提供更優秀布料性能。抗化學材料則有各項使危害物質自分解技術被提出。採用新穎材料技術可能帶來防護服性能突破性發展，但也要小心驗證技術中隱藏缺陷。

結語

從美軍防護服材料技術發展歷程中可以發現，一項裝備發展並非一蹴可幾。除了追求抗化學性材料技術突破外，還須在面料及設計上持續打磨，逐步改良現有技術。透氣式防護服須在提供足夠防護能力前提下，盡可能降低人員與後勤負擔。整合設計與性能需求，制定屬於我軍化生放核防護服標準，有助於防護服迭代發展。美國消防協會 NFPA 1994 標準是最值得參考指標之一，個人防護裝備整體評測機制可以避免在防護上存在缺口。我軍近年已完成 NPS-108 核生化防護服研改計畫，但仍存在改進空間，精益求精追求進步，才能從容迎接未來挑戰。

參考文獻

一、官方文件

- (一)U. S. Department of Defense, “Mil-DTL-32130 Detail Specification Underwear, Chemical Protective, Two Piece (Undershirt & Drawers)”, 12 August 2003.
- (二)Headquarters Department of the Army, “NBC (nuclear, Biological and Chemical) Defense” , 1977.
- (三)Headquarters Department of the Army US Marine Corps, “FM 3-4 NBC PROTECTION” , 29 May 1992.
- (四)National Fire Protection Association, “NFPA 1994 Standard on Protective Ensembles for First Responders to CBRN Terrorism Incidents 2007 Edition”, 17 August 2006.

二、書籍

- (一)洪柏宸、林瑜雯、張振平、朱偉銘、吳煜庭、蕭宇堃，《化學防護衣規範標

準、檢測技術 及選用建議之探討》(新北市:勞動部勞動及職業安全衛生研究所，中華民國 111 年 6 月)。

- (二) John Eldridge, Jane's Nuclear, Biological and Chemical Defence 2002-2003(USA : Jane's Information Group Inc, 2002).
- (三)Wartell MA, Kleinman MT, Huey BM, et al., Strategies to Protect the Health of Deployed U.S. Forces: Force Protection and Decontamination (US : National Academies Press,1999).

三、論文

- (一)M A Rahman Bhuiyan¹ , Lijing Wang. etc, "Advances and applications of chemical protective clothing system" , journal of Industrial Textiles Vol. 49(1)(United States : SAGE Publications INC ,2019).
- (二)Md. Vaseem Chavhan,"Designing of Personnel Protective Clothing for Protection Against CBRN Agents: A review",Filtration,18(2).
- (三)P. K. Sharma, V.V. Singh, N.K. Tripathi, M. Sathe.etc, "Chemical Protection Studies of Activated Carbon Spheres based Permeable Protective Clothing Against Sulfur Mustard, a Chemical Warfare Agent", Defence Science Journal,Vol. 69, No. 6,(INDIA : DEFENCE SCIENTIFIC INFORMATION DOCUMENTATION CENTRE, 2019).

四、網路

- (一)〈聚氨酯〉·維基百科·<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%81%9A%E6%B0%A8%E9%85%AF>(最後搜索時間2023.6.18)。
- (二)〈Blauer防護衣〉·永亮有限公司·https://www.brightfuture.com.tw/product_d.php?lang=tw&tb=1&cid=16&id=528(最後搜索時間2023.7.14)
- (三)Leboo·〈專業 | 一分鐘了解防護服的發展歷史〉·壹讀·<https://read01.com/zh-tw/D0xN5L.html>,(最後檢索日期2023.6.18)
- (四)CBRBE TECH INDEX, <https://www.cbrnetechindex.com/p/7491/WL-Gore-Associates-Inc/Uniform-Integrated-Protective-Ensemble-Increment-1-UIPE-I1> (最後搜索時間2023.6.19)
- (五)“CHEMPAK®PRODUVTS BY GORE-TEX LABBS – XRT SUIT”, GORE-TEX/GORE®, https://www.goretexprofessional.com/sites/default/files/2020-07/G7053_Chempak_XRT_8.5x11_sellsheet_FIMAL.pdf(最後搜索時間2023.7.13)。

- (六) Dan Kaszeta, "Lightweight CBRN Protection", European Security & Defence, <https://euro-sd.com/2023/04/articles/30745/lightweight-cbrn-protection/> (最後檢索日期2023.6.18)。
- (七) Md. Khalilur Rahman Khan, "CBRN Personal Protective Clothing", Kohan Textile Journal, <https://kohantextilejournal.com/cbrn-personal-protective-clothing/>, (最後檢索日期2023.6.18)。
- (八) "Joint Service Lightweight Integrated Suit Technology", GlobalSecurity.org, <https://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/jslist.htm> (最後搜索時間2023.6.19)。
- (九) "Soldiersystems", MDM-Gore CHEMPAK, <https://soldiersystems.net/2016/09/30/mdm-gore-chempak/> (最後搜索時間2023.6.26)。
- (十) "STAY PROTECTED Enhance Functionality in Chemical Biological Environments", GORE-TEX/GORE®, https://www.goretexprofessional.com/sites/default/files/Collaterals/TEOT1025L01-10_protect%20fab_EU_bro_8p_scr.pdf (最後搜索時間2023.6.19)。
- (十一) U.S. Army Natick Soldier Systems Center, "CEMEL, M3 TAP uniform", DigitalCommonwealth, <https://www.digitalcommonwealth.org/search/commonwealth:nz809t84z> (最後搜索時間2023.6.18)
- (十二) U.S. Army Natick Soldier Systems Center, "CEMEL. Chemical liner", Digital Commonwealth, <https://www.digitalcommonwealth.org/search/commonwealth:zk51z877w> (最後搜索時間2023.6.18)
- (十三) U.S. Army Natick Soldier Systems Center, "C.P. desert uniform", Digital Commonwealth, <https://www.digitalcommonwealth.org/search/commonwealth:x920h8905> (最後搜索時間2023.6.18)
- (十四) U.S. Army Natick Soldier Systems Center, "IPD, chemical protective uniform", Digital Commonwealth, <https://www.digitalcommonwealth.org/search/commonwealth:x920gp94k> (最後搜索時間2023.6.18)
- (十五) U.S. Army Natick Soldier Systems Center, "IPD, chemical protective undergarment", Digital Commonwealth, <https://www.digitalcommonwealth.org/search/commonwealth:4f16d0329> (最後搜索時間2023.6.18)