



美軍防護面具性能標準與發展趨勢之研析

作者簡介



作者白東惟教師，畢業於陸軍士校 90 年班、萬能科技大學材料科學與工程研究所，軍職曾任班長、副排長、士官督導長、化工士、防護課程組教官，現職為桃園市義勇警察大隊隊員、化訓中心防護課程組雇員教師。

提要

- 一、因應化學、生物、放射性與核子(CBRN)威脅日益嚴峻，現行配發使用之防護面具雖具基本防護功能，但在性能驗證、模組化設計與國際認證等面向仍與許多國家有差距。
- 二、各國軍隊與執法單位逐步採用具備多重認證與模組化設計的面具，如英、美、澳等國家使用相同系列防護面具，顯示全球對高標準個人防護裝備的趨勢與需求。
- 三、本文以美軍使用之防護面具為分析核心，探討其所通過的國際認證標準(如 NIOSH CBRN、STANAG 2891、EN 136 測試機制)與其模組整合設計，反映現代軍用面具設計的核心理念。
- 四、本研究亦藉由彙整國際標準與發展趨勢研析，提供國內相關單位作為未來防護裝備研發、採購與政策研擬之參考。

關鍵詞：防護面具、NIOSH 認證、STANAG2891、模組化設計

前言

面對近年全球戰場與城市反恐威脅的轉變，個人防護裝備已從傳統的化學防護功能，進一步朝向多功能、模組化與高整合性的設計發展。軍用防護面具作為一線使用人員在有毒環境下的首要防護工具，其性能表現與所符合的認證標準，直接關係到作戰與應變任務的成敗。

目前，美軍部隊所使用防護面具為 AVON Protection Systems 所開發的 FM50、FM53、FM54 系列面具，已廣泛配發於美軍、英軍、北約部隊及多國警政與特種單位，其通過多項國際認證(如 NIOSH CBRN、STANAG 2891、EN 136)，具備優異的濾毒效能、低呼吸阻力與通訊、飲水、濾罐快拆、頭盔配戴

的整合能力，堪稱現代軍用面貝的標竿。

美國自九一一事件後積極建立 CBRN 裝備認證體系，現役 M50/FM50 防護面貝即為通過 NIOSH、STANAG 2891 等國際標準系統，廣泛配備於美軍與多國北約部隊。其具備模組化設計、雙濾罐配置及高相容性，顯示先進軍用面貝已朝向「任務彈性」、「性能可驗證」與「系統整合」方向發展。

本研究即以 AVON 面貝為觀察標的，透過彙整其技術設計、國際認證要求與模組化應用趨勢，分析現今軍用防護面貝的發展方向與全球標準的落實方式。藉由此一視角，期能提供國內防護裝備研究、設計與政策單位更多制度性與技術層面的參考依據。

美軍防護面貝簡介

1990 年至 2000 年間，M40 防護面貝為美國陸軍及陸戰隊主力防護面貝(如圖 1)，M42 防護面貝(如圖 2)為車組員版本，可連接裝甲車核生化濾毒系統，其面貝製造為 MSA 公司(Mine Safety Appliances)，在波灣戰爭時，廣泛被使用；2000 年後，美軍新一代制式面貝由 Avon Protection 製造，M50 為一般部隊使用，M51 為車輛專用版本，可整合濾毒系統，從 2009 年起逐步取代原有 M40/M42，至今成為美軍主力防護面貝，另 2006 年研發 M53/M53A1，針對特種部隊、反恐部隊與特定警用單位使用，2010 年研製 FM54，為新世代多用途面貝，軍事與執法雙軌設計，已被部分北約軍隊與警用單位採用，美軍特種部隊亦有使用。

圖 1 M40 防護面貝



圖 2 M42 防護面貝



圖片來源：Carey, U.S. Chemical and Biological Defense Respirators: An Illustrated History, 2001



其防護面具在國際軍事和執法領域具有顯著影響力。例如，在 1980 年倫敦著名的伊朗大使館人質事件中被英國特種空勤隊(SAS，如圖 3)使用的 S6 防護面具，(如圖 4，罩體生產廠商為 Leyland & Birmingham Rubber Co.，LBR)¹，S6 生產廠商為 LBR 與 AVON，之後於 1986 年 AVON RUBBER 公司研發生產 S10，用於替代 1960 年沿用老式 S6 防護面具。目前，AVON 產品在全球超過 70 個國家使用，總部位於英國，也在美國有先進的製造工廠，為全球軍隊和第一線應變人員設計和保護生命關鍵之防護裝備製造商。²

圖 3 英國特種空勤隊(SAS)



圖 4 S6 防護面具



圖片來源：Google Images:<https://images.app.goo.gl/4BtVw8qiH8tJW5qJA>

一、FM54/FM53 空氣淨化式呼吸器 (APR)³

專為專業部隊、特種部隊設計，提供對 CBRN、防暴劑(OC、CS、CN)、有毒工業化學品 (TICs) 和有毒工業材料 (TIMs) 的最大程度防護，同時保持極高的使用者靈活性。它具備標準 40mm EN148-1 相容螺紋，並可選配揚聲系統和抗閃光、抗雷射、抗藍光阻隔等外層鏡片(如圖 5、圖 6)。

1..SAS personnel standing beside Margaret Thatcher while wearing S6 gas masks.”from Google Images:<https://images.app.goo.gl/4BtVw8qiH8tJW5qJA>

2. AVON Protection PLC Product Portfolio

3.同註 2，P.14-P15.

圖 5 FM53



圖 6 FM54



圖片來源：AVON Protection PLC Product Portfolio

FM53 及 FM54 除了可作為傳統的過濾式防護面具(APR)，使用外，亦具備高度模組化設計特性使其能依作戰與任務需求，快速轉換為不同型態的呼吸防護系統，例如：

- (一)EZAIR 系統：透過輕量化的動力送風模組，提升配戴舒適度與呼吸效率，適合長時間任務或高熱環境(如圖 7)。
- (二)MP-PAPR(Multit-Position Powered Air-Purifying Respirator)：提供更強化的動力送風防護，能根據攜行方式與戰術裝備靈活調整(如圖 8)。
- (三)CS-PAPR(Combat Systems Powered Air-Purifying Respirator)：整合戰術背負系統，兼顧戰場機動性與高等級防護，特別適合特種部隊或須要攜行重裝備的作戰場景(如圖 9)。

圖 7 EZAIR



圖 8 MP-PAPR



圖 9 CS-PAPR



圖片來源：AVON Protection PLC Product Portfolio



二、FM50/M50 面具⁴

與美國國防部共同開發，主要應對現代戰場、反恐和行動中遇到的多種威脅。它提供對化學和生物戰劑、有毒工業材料 (TIC)、微粒物質和放射性粉塵的防護。其專利雙濾罐設計，可降低呼吸阻力並提高續航力，且其自密封閥系統允許在不中斷呼吸的情況下更換濾罐。

M50 為美軍聯合防護面具(Joint Service General Purpose Mask, JSGPM) 的正式軍方代號(如圖 10)，亦是美軍專用制式型號，另 FM50 面具為外銷他國、其他盟軍與警用標準配發之主力裝備。M50 與 FM50 基本結構相同，差異主要在供應體系與部分配件配置。

FM50(如圖 11)具備高適配性與模組整合能力，採用雙濾罐設計，可提升氣流均衡與長時間佩戴舒適性。面體使用先進矽膠材質製成，具高密合性與抗疲勞特性。鏡片採全景式設計，具抗衝擊、防霧與防刮處理，並可搭配夜視儀、通訊模組、戰術頭盔等裝備整合使用。

圖 10 M50



圖 11 FM50



圖片來源：AVON Protection PLC Product Portfolio

三、ST54 多任務戰術SCBA

被譽為「一罩適用所有操作」的多任務 SCBA，整合了傳統 APR、PAPR 及 SCBA 能力於單一系統。ST54 (如圖 12)的獨特之處在於它是目前唯一符合 NFPA 1986 戰術和技術操作呼吸防護裝備標準最新要求的 SCBA，同時也獲得 NIOSH CBRN 的聯合認證。它配備數位語音放大系統，可連接部門無線電，並

4. AVON Protection. (2023). FM50 Product Sheet & Technical Manual. Retrieved from: <https://www.avon-protection.com>

有多種緊急供氣機制。⁵

圖 12 ST54



圖片來源：AVON Protection PLC Product Portfolio

美軍防護面具發展趨勢概述

隨著近代戰場從正規部隊衝突逐步轉向城市游擊、反恐任務與非對稱威脅，國際間對軍用防護面具的需求已不再侷限於化學戰劑的防護，而涵蓋生物病原、放射性粒子、工業有害氣體甚至暴力鎮壓中常見的催淚劑（OC/CS）。防護面具設計的核心趨勢，亦因應任務多樣性，逐漸朝向多功能模組整合、標準化驗證機制與戰術配適性最佳化發展。

一、軍用面具由單一防毒向模組整合演進

傳統面具以濾毒功能為主，僅滿足最基本的氣體過濾與氣密要求。但面對現今戰場上高度機動與多樣化任務需求，國際先進軍隊已普遍採用具備多項任務支援功能的模組化面具。以美軍現行制式 FM50 為例，該面具不僅具備快速更換濾罐的雙濾罐設計，亦可整合通訊模組(如圖 13)、飲水裝置(如圖 14)、光學鏡片(如圖 15)、濕度指示器(如圖 16)、CBRN 護目系統與戰術頭盔，實現「一面具多用途」的實戰運用。⁶

5.同註 2，P.30.

6.同註 2，P.16-P.19.



圖 13 通訊系統



圖 14 飲水裝置



圖 15 光學鏡片



圖 16 濕度指示器



圖片來源：AVON Protection PLC Product Portfolio

二、性能驗證標準嚴格與多元

為確保面具於多種威脅情境下仍能維持防護效能，國際間逐漸建立嚴謹且多層次的性能驗證制度。主要包括：

- (一)STANAG 2891 (北約標準)：規定面具氣密性、濾毒效率、呼吸阻力、視野範圍等核心指標，是目前 NATO 成員共同採用的最低防護基準。
- (二)NIOSH CBRN 認證：由美國國家職業安全衛生研究所頒發，專門針對 CBRN 威脅下的濾毒效能與整體裝備系統進行測試與分級。
- (三)EN 136、EN 14387 (歐盟標準)：聚焦面具材料、呼吸阻力與濾毒罐性能，對 PPE 市場輸出者而言為重要門檻。
- (四)NFPA 1994 (美國消防裝備規範)：針對第一線應變人員在 CBRN 環境中的防護裝備規範，其標準涵蓋防火、滲透、防毒、強度等。

三、戰術需求提升設計優化

軍用面具設計日益重視實戰任務的戰術配適性，包括：

- (一)與夜視鏡(如圖 17)、瞄準鏡(如圖 18)、通訊裝備的兼容性。
- (二)高溫、高濕、長時間佩戴下的舒適性。
- (三)快速穿脫與轉換使用的操作性。
- (四)適用不同頭型與臉型的人體工學設計。

圖 17 夜視鏡及頭套



圖 18 面具與光學瞄具



圖片來源：AVON Protection

以 AVON 的 FM50 為例，為滿足裝甲部隊於不同任務下的快速轉換需求，透過濾毒罐轉接頭，可立即接上濾毒通風機，即 FM51(如圖 19)通過車輛濾毒裝置和通訊系統的集成而專門為作戰車輛操作人員設計，配有用於頭部和頸部可保護戰鬥車輛乘員的頭套與車輛的通風機和集體防護集成的通訊導線和軟管，在戴面罩的情況下為車輛操作員提供清晰的通訊；可直接連接至車輛的無線電系統。雙過濾器降低了呼吸阻力，軟管總成可通過快速釋放連接件與車輛的供氣直接接口，可快速退出，也可於戰鬥中快速進行呼吸裝置轉換，顯示軍用面具已逐步從「個人防護」進化為「任務整合平台」的一環，例如美軍 M1A2 戰車(如圖 20)上所配附面具為 FM51，即可提供乘員完整防護。⁷

7. 〈M1A2T 性能一次看！戰車全解析 揭開台灣陸軍新鋒的強大實力〉《中央社新聞》，2024.12.15.



圖 19 FM51 及頭套



圖片來源：AVON Protection

圖 20 美軍 M1A2 戰車



圖片來源：中央社新聞

四、全球採用趨勢與區域落差

目前，AVON 系列面具除美、英軍標配外，亦被北約多國、加拿大、荷蘭、澳洲、以色列等採用；另在警政與反恐單位中，如美國海關與移民執法局(ICE)、FBI HRT 等均已納入使用，顯示其產品線已成國際標準指標之一。

相較之下，部分區域或國家仍採用較舊型、低性能面具，其原因可能包括預算限制、標準更新延宕或軍備製程慣性。在現代化轉型浪潮下，這樣的落差也可能在未來軍事與災害應變任務中形成防護鴻溝。

國際軍用防護面具認證制度與測試標準簡介

隨著化生放核 (CBRN) 威脅型態趨於多樣，國際間對個人防護裝備性能驗證要求逐步標準化，形成具權威性的測試體系與認證制度。其中，包括北約 STANAG、歐盟 CE 認證、美國 NIOSH CBRN 認證、NFPA1994 標準與 MIL-SPEC 美軍標準。以下針對其架構與核心評估指標進行說明。

一、STANAG 2891(北約標準化協議)⁸

由 NATO(北約大西洋公約組織)頒布，規範其成員國軍用呼吸防護具於化生放核環境中的最低性能要求。該標準旨在確保面具間具備互相通聯性與聯合作戰能力，廣泛應用於英、德、法等國軍裝備採購制度中。其主要測試項目：

- (一) 面體密合度與漏氣率。
- (二) 戰劑(如 GB、VX、HD)穿透測試。

8.NATO Standardization Office. STANAG 2891: The NATO Standard for Respiratory Protection Against Chemical, Biological, Radiological Agents. (2014)



- (三)呼、吸氣阻力測試限值。
- (四)視野範圍與配戴舒適性。
- (五)濾毒時間與持久性能。

STANAG 為軍用導向標準，其測試劑量與模擬戰場戰劑濃度設計，較接近實戰條件，強調系統可靠性與持久戰力，另有 STANAG 4155 測試濾罐接頭 (NATO 40mm) 互通性，STANAG 4526 測試面具與通訊/光學裝備整合介面等都是北約針對軍用面具做的測試。

二、NIOSH CBRN 認證⁹

美國國家等級 CBRN 性能標準，該認證由美國職業安全衛生研究所(NIOSH)與國土安全部(DHS)共同設計，適用於第一線應變人員使用之空氣淨化式 (APR)¹⁰、動力濾淨呼吸器(PAPR)及自給式呼吸器(SCBA)。認證的化學、生物、放射性、核子防護性能，最具嚴謹測試項目，包含防滲、濾毒、滲透與通話能力。其主要測試重點：

- (一)通過 17 種 CBRN 氣體與液滴測試(包括氯、氨、芥子氣、沙林、VX 等)。
- (二)高溫、濕度與衝擊條件下的性能測試。
- (三)濾毒罐效能與氣密性檢測。
- (四)戰劑液體噴濺挑戰。
- (五)濾毒時間與持久性能。

NIOSH CBRN 認證為全球最嚴格標準之一，專注於實際應變情境中呼吸器的存活與耐用性，廣泛應用於美軍與執法部門。

三、CE 認證¹¹

歐盟市場安全合規標誌，CE 認證為歐盟對個人防護裝備(PPE)產品所要求的法定合規標誌，涵蓋呼吸器相關的多項標準，主要包括：

- (一)EN136:全面罩面具性能要求。¹²

9.Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection Handbook Revised May 2025., from: <https://www.cdc.gov/niosh>.

10.NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), (2005). Statement of Standard for CBRN Air-Purifying Respirators. Retrieved from: <https://www.cdc.gov/niosh>

11.European Union. (2016). Regulation (EU)2016/425 of the European Parliament and of the Council on personal protective equipment. Official Journal of the European Union

12.European Committee for Standardization (CEN). (2019). EN 136: Respiratory Protective



(二)EN14387:濾罐分類與效能。¹³

(三)EN12942/12941:PAPR 濾毒性能要求。

其主要測試項目：

(一)化學穿透與物理強度測試。

(二)面體材料之熱穩定性與阻燃性。

(三)頭帶固定力與視野遮蔽比例。

(四)與人體工學與舒適性相關測試。

CE 認證以產品安全性與使用者保護為核心，雖不特定軍用情境，但為歐洲各國軍警用面具採購基本門檻，亦常與 STANAG 並用。

四、NFPA 1994 CBRN應變整體防護標準¹⁴

由美國國家消防協會制定的 NFPA 1994，針對 CBRN 恐攻或重大事件中第一線應變人員設計，認證範圍涵蓋整體防護系統，包括防護面具、防護衣、手套、靴子等。認證分級與用途：

(一)Class 1:極高風險(液態化學戰劑/毒劑)，須搭配 SCBA。

(二)Class 2:中高風險(氣態 CBRN)可搭配 PAPR 或面具結合濾罐。

(三)Class 3:中低風險(疏散/支援人員)，基本濾毒要求。

(四)Class 4:低風險後勤用途，不一定要全面防護。

測試內容：

(一)毒劑氣體與液體穿透性測試(HD、GB、VX)。

(二)高熱、火焰、機械損傷下之完整性。

(三)系統整合測試(與衣物連結部位密合度)。

(四)長時間動作模擬與穿戴者生理負擔評估。

NFPA 強調整體性系統的實戰表現與人員存活性，為美國特種部隊與消防 CBRN 部門主要依據。

五、MIL-SPEC美軍防護標準

devices-Full face masks-Requirements, testing, marking. Brussels:CEN.

13.European Committee for Standardization (CEN). (2020). EN14387:Gas filter(s) and combined filter(s)-Requirements, testing, marking. Brussels:CEN.

14.National Fire Protection Association(NFPA). (2018). NFPA 1994:Standard on Protective Ensembles for First Responders to CBRN Terrorism incidents. Quincy, MA: NFPA.

MIL-SPEC (Military Specification)為美國國防部針對軍品制定的性能與品質規範，其防護面具規格如 MIL-DTL-51559 明確規定了設計、製造、測試與驗收的標準，確保裝備能在戰場環境下維持穩定的防護效能。與國際民用標準不同，MIL-SPEC 更重視戰場化學、生物威脅與環境耐受性，並涵蓋配套模組化系統的相容性試驗。

在防護裝備安全性與跨國協作需求下，多數西方國家均採國際標準機構認證制度。NATO 採用 STANAG 2891，要求面具須通過毒劑穿透試驗、生物阻隔性與操作穩定性等驗證；美國則由 NIOSH 主管防護裝備的認證作業，並輔以 MIL-STD-282 測試濾罐規範技術細節。¹⁵

例如 AVON FM50 防護面具即同時具備 STANAG、NIOSH 及美軍內部認證，不僅在美軍內部通用，也具備與北約及其他盟邦聯合作戰之互通性與信賴基礎，以下綜整上述防護面具各國軍隊採用之標準供參考，如表 1。

表 1 防護面具國際認證標準比較表

認證標準	適用範圍	測試重點	主要適用對象
STANAG 2891(NATO)	軍用 CBRN 防護面具	戰劑滲透測試(GB、VX 等)、顆粒阻擋效率、視野範圍、呼吸阻力、耐熱耐寒	北約成員國軍隊
NIOSH CBRN	消防、急救、軍警等民用領域	19 種 CBRN 模擬劑(含工業毒化物)測試、呼吸阻力、視野、配戴適合度	美國消防員、HAZMAT、特警
CE EN136/EN143/EN148-1	歐盟市場呼吸防護具	全面式面罩結構、視野、呼吸阻力、耐撞擊、耐高溫低溫	歐盟軍警、工業防護
NFPA1981/1994	消防用 SCB A 即 CBRN 防護裝備	高溫暴露試驗(約 260°C/500°F)、火焰接觸測試、化學滲透試驗(CBRN 型)	消防員、緊急救護人員、HAZMAT
Mil-SPEC	美國軍用 CBRN 防護面具	與 STANAG 類似、增加軍用環境耐久性、衝擊、鹽霧、沙塵、耐海水腐蝕、長時間配戴舒適性	美軍全軍種

資料來源:作者整理。

15.U.S.Department of Defense. (2019) MIL-STD-282: Filter Units, Protective Clothing, Gas-Mask Components and Related Products: Performance Test Methods. Washington, DC: Department of Defence.



美軍防護面具測試與性能評估概況

一、模組化設計與戰術整合能力

AVON 面具系列特別強調模組化的設計，這是現代化軍用裝備不可或缺的趨勢。

- (一)雙濾罐配置：FM50 和 ST54 都採用雙濾罐設計，這不僅有效降低了呼吸阻力，也提供了更長的任務續航力。濾罐的快速更換機制（如 FM50 的自密封閥）讓操作員能在危險環境中迅速應變，無須屏住呼吸。
- (二)通用接口：FM54 採用標準的 40mm EN148-1 螺紋接口，這使得其濾毒罐具有跨品牌的互通性，即便在緊急情況下也能使用來自其他 NIOSH 核准的 CBRN APR 的濾毒罐，前提是符合適用的防護等級。
- (三)通訊與飲水整合：許多 AVON 面具支援選配的語音投射系統(VPU)，甚至可以連接到外部通訊系統或部門無線電，實現清晰的戰場通訊。同時，內置的飲水系統（如 FM50 的吸管與水壺連接）允許使用者在不摘下面具的情況下補充水分。
- (四)頭盔與眼部相容性：FM54 設計有低矮的眉部，以優化與頭盔的相容性。此外，面具可選配遮光或藍光阻隔外層鏡片，保護鏡片免受刮擦，並可根據任務須要進行調整。對於須要矯正視力的使用者，AVON 也提供帶有度數的矯正鏡片組件。

二、濾毒效能與呼吸阻力

防護面具的濾毒效能是其應對化學、生物與工業毒劑的重要指標，而呼吸阻力則直接影響長時間配戴者的作戰表現與疲勞程度。

- (一)CBRN 防護：AVON 面具和濾毒罐設計旨在提供全面的 CBRN 防護。例如 FM54 提供對芥子氣 (HD) 蒸氣和沙林 (GB) 長達 36 小時以上的抵抗能力。其對應之 CBRN CF50 濾毒罐獲得 NIOSH CBRN CAP1 認證(如表 2)，可防護所有顆粒物危害（包括灰塵、薄霧、煙霧、細菌和病毒），以及 NIOSH 指定的 CBRN 氣體和蒸氣（包括神經毒劑、血液毒劑、窒息劑和糜爛劑）和有毒工業材料。這涵蓋了 NIOSH 列出的至少 286 種 CBRN 危害，包括神經性毒劑(如 GB、GD、VX、GA)、糜爛劑(HD)、及多種工業毒化物(包含氨氣，如表 2)和放射性顆粒物。

表 2 濾毒罐認證與規格對照表

濾毒罐型號	CBRN CF50	CBRNCF 50CE	MILCF50	GPCF50	FM61	FM61EU
外部認證	NIOSH	CE/UKCA	NIOSH	Mil Spec	Mil Spec	Mil Spec
濾毒罐分類	CBRN Cap1	A1B2E1 K1P3	A2B2E2 K1P3/NB C/CBRN	Mil Spec	Mil Spec	Mil Spec/ A1B2E1 K1P3
主要防護能力	鎮暴劑、異味氣體、化生放核戰劑、歐規分類之化學戰劑(有機、無機、酸性、氨類)、工業毒化物、顆粒物					
氨氣	●	●	●	○	●	●
細菌	●	●	●	●	●	●
糜爛戰劑	●	●	●	●	●	●
硫芥子	●	●	●	●	●	●
路易士劑	●	●	●	●	●	●
血液戰劑	●	●	●	●	●	●
氫氰酸	●	●	●	●	●	●
氯化氫(CK)	●	●	●	●	●	●
鎮暴劑 (CN、CS)	●	●	●	●	●	●
芬太尼、鴉片類	●	●	●	●	●	●
備 註	●:完全符合該威脅的防護要求 ○:代表有限度的防護或僅部分測試數據支持 NIOSH:美國國家職業安全衛生研究所 CE/UKCA:歐盟 CE 認證/英國 UKCA 認證 Mil Spec:軍規規格 CBRN Cap1:符合 NIOSH CBRN Cap1(化生放核防護等級一) A1B2E1K1P3:歐規 EN 14387 濾毒罐代號 A:有機氣體與蒸氣、B:無機氣體與蒸氣、E:酸性氣體與蒸氣、K:氨氣與有機氨、P3:高效微粒過濾(HEPA 等級)					

資料來源：

1. AVON Protection。
2. 作者整理。



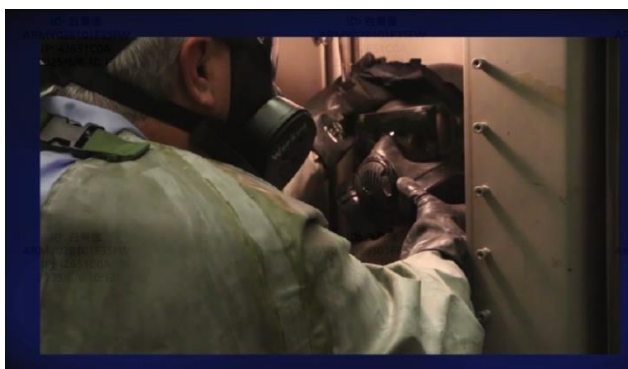
(二)實毒測試

各國針對軍用防護面具品質控管與安全性能，多採行國際標準化制度認證。例如北約(NATO)成員國普遍採用 STANAG 2891，作為防護裝備的基本測試規格，涵蓋毒劑穿透性、呼吸阻力、視野與機械強度等要素，而美國則由 NIOSH (National Institute for Occupational Safety & Health) 負責防護面具與濾毒罐的性能審驗，並以 MIL-STD-282 作為軍規驗測依據。AVON M50/FM50 面具同時具備 STANAG、NIOSH 及美軍內部實毒認證(例如 U.S. Army Dugway Proving Ground SMART- MAN 如圖 21)¹⁶，不僅在美軍內部通用，也具備與北約及其他盟邦聯合作戰之互通性與建立信賴基礎。

圖 21 SMARTMAN 實毒測試



16.U.S. Army Dugway Proving Ground.(2020,March 16). Simulant Agent Resistance Test Manikin (SMARTMAN)[Video]. Defense Visual Information Distribution Service (DVIDS)



圖片來源：Defense Visual Information Distribution Service (DVIDS)

(三)低呼吸阻力

AVON 的雙濾罐設計 (如 FM50) 和先進的空氣管理系統，有效降低吸氣和呼氣阻力，最大限度地減少了熱量積聚和重複吸入的二氧化碳量。例如，CBRN CF50 濾毒罐在 85 公升/分鐘流量下的呼吸阻力值為 45 毫米水柱(如表 3)，這有助於減輕長時間作業時的生理負擔。ST54 也強調其低吸氣阻力和最小的緊湊型需求閥，提供恆定的正壓。

表 3 濾毒罐認證與規格對照表

濾罐型號	CBRNCF 50	CBRNCF 50CE	MILCF 50	GPCF 50	FM61	FM61EU
重 量	365g	365g	338g	236g	156g	230g
呼吸阻抗	45 mmH ₂ O at 85 l/min	45 mmH ₂ O at 85 l/min	45 mmH ₂ O at 85 l/min	40 mmH ₂ O at 85 l/min	22 mmH ₂ O at 85 l/min	37 mmH ₂ O at 80 l/min
保存期限	5.5 年	5.5 年	10 年	5 年	5 年	10 年
濾罐外型	可轉換型	可轉換型	貼合型	貼合型	貼合型	貼合型
接罐接口	40 mm	40 mm	40 mm	40 mm	卡口型	卡口型
備 註	1.接口形式:如 40 mm，符合北約 NATO STANAG 4155 標準。 2.呼吸阻抗(Respiratory resistance)以吸氣流量 85L/min 測試，其結果以水柱毫米(mm H ₂ O)表示，代表氣流通過濾毒罐或面具時的降壓。數值越低，表示呼吸阻力越小。					

資料來源：

1. AVON Protection。
- 2.作者整理。



三、國際認證標準與其對防護面具的要求

AVON 面具的設計和測試嚴格遵循多項國際標準，整理如(表 4)，這使其面具在全球具有高度的信賴度和互通性。

(一)NIOSH CBRN 認證：AVON FM54 和 ST54 的升級版 FM54 面罩均獲得獨立的 NIOSH CBRN 批准。NIOSH 的 CBRN 認證要求進行「實毒滲透和穿透抵抗測試」(針對芥子氣 HD 和沙林 GB)，以及「實驗室呼吸器保護水平」(LRPL)測試，以確保面具在實際威脅下的防護能力和對不同臉型的密合度。NIOSH 認證還涵蓋了耐久性、環境條件、呼吸阻力、通訊能力和鏡片性能等全面性要求。

(二)STANAG 相容性：AVON M50 和 FM53 面具被證明符合 STANAG 4447 標準，而 STANAG 2891 則進一步規範了軍用呼吸防護裝備的毒理學性能要求，確保其能有效抵抗化學和生物戰劑。這種符合性對於 NATO 成員國之間的聯合作戰至關重要。

(三)EN 標準：AVON FM54 具備標準的 40mm EN148-1 螺紋接口，這是歐洲呼吸防護裝置的標準螺紋連接，確保了濾毒罐的互通性。FM53 也取得了 CE 和 EN 136 的認證，EN 136 是全面罩呼吸器的性能、測試和標記標準。這些歐洲標準進一步確保了產品的品質和安全性。

(四)NFPA 標準：ST54 SCBA 是目前唯一符合最新 NFPA 1986 戰術和技術操作呼吸防護裝備標準的產品。這項標準不僅適用於消防員，也廣泛適用於在 IDLH 環境中作業的任何緊急人員，強調在不可預測危險情況下的防護能力。

表 4 AVON 面具認證規格整理對照表

面具型號	通過認證	測試依據	特點說明
FM50	NIOSH CBRN、CE、STANAG	MIL-STD-282、EN 136 等	雙濾罐設計、具戰術模組
FM53	NIOSH CBRN、CE、STANAG	MIL-STD-282、EN 136 等	SCBA/雙濾罐模式、可搭配 PAPR
FM54	NIOSH CBRN、CE、EN 136	MIL-STD-282、EN 136 等	SCBA/雙濾罐模式、可搭配 PAPR、強化視野與通訊界面模組化

資料來源：作者彙整

四、定性與定量密合度測試與密合度係數

(一)定性密合度測試(QLFT)與定量密合度測試(QNFT)測試：

依據美國聯邦法規《29 CFR 1910.134(f)》¹⁷，要求採用美國職業安全衛生署(OSHA) 認可之定性密合度測試 QLFT 或定量密合度測試 QNFT 進行 Fit Testing，並於初次使用、型號變更或每年執行。美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH)認可定性和定量為氣密測試方法。定性密合度測試以苦味劑、甜味劑、刺激劑、香蕉油等標準噴瓶測試(如圖 22、23)；定量密合度測試透過儀器(TSI Portacount 氣密測試儀 8048¹⁸，如圖 24) 測量面部密封洩漏量(如圖 25)，提供客觀數據。我國勞動部職業安全衛生署在制定《呼吸防護具使用規範指引》《呼吸防護具密合度測試參考指引》等資料時¹⁹，係參考美國職業安全衛生署(OSHA)《29 CFR 1910.134》與美國國家職業安全衛生研究所(NIOSH)技術文件，並考量我國職場環境特性加以修訂，以確保呼吸防護具選用、配戴與測試作業具備科學與操作一致性。

圖 22 定性測試噴瓶



圖 22 定性氣密測試



圖片來源：職安署呼吸防護計畫技術參考手冊

17.U.S. Department of Labor , Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134(f). Available at: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standerdunder/1910/1910.134>.

18.TSI Inc. (2025). PortaCount™ Respirator Fit Tester 8048 – Quantitative fit testing for all respirator types. Retrieved from <https://tsi.com/products/respirator-fit-testers/porta-count-respirator-fit-testers8048/>

19.勞動部職業安全衛生署，《呼吸防護計畫技術參考手冊》(參考網址:<http://www.osha.gov.tw>，109 年 5 月)



圖 24 TSI Portacount 8048



圖 25 定量氣密測試



圖片來源: TSI 官方網站

在美國聯邦緊急事務署國內應變準備中心(Federal Emergency Management Agency- Center for Domestic Preparedness, FEMA CDP)(如圖 26) 、化學、生物、放射性及核防禦聯合項目執行聯合辦公室(JPEO for Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defense, 圖 27)及美軍的實毒訓練中,學員須通過使用TSI Portacount 氣密測試儀進行的定量氣密測試²⁰(如圖 28),才能進入熱區,另美軍也依據聯邦法規特別針對呼吸防護具訂定陸軍相關計畫供官兵遵循(如圖 29)。²¹

圖 26 FEMA 定量氣密測試



圖 27 JPEO-CBRND 定量氣密測試



資料來源: FEMA 官方網站

資料來源: JPEO for Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Defense

20. Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection Handbook Revised May 2025 from: <https://www.cdc.gov/niosh>

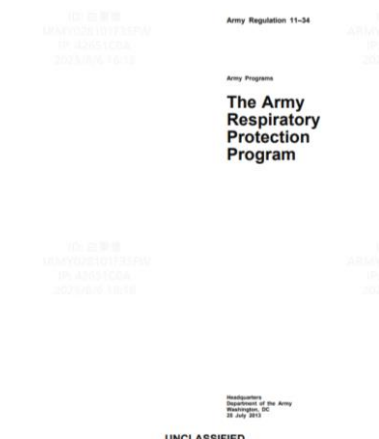
21. Army Regulation 11-34 – The Army Respiratory Protection Program. (2013, July 25). Headquarters, Department of the Army.

圖 28 美軍定量氣密測試



資料來源：美軍官方網站

圖 29 陸軍呼吸防護計畫



資料來源: The Army Respiratory Protection Program

(二)密合係數要求²²：

依據美國聯邦法規《29 CFR 1910.134 Appendix A》，NIOSH 規定全面體呼吸器的密合係數(Fit Factor)至少需要 500 才算合格(如表 5)。但一些 CBRN PAPR 製造商可能會建議更高的最小密合係數 (最高達 2,500) 以應對化學戰劑的威脅。AVON 面具在設計上 (如舒適的反射式密封和可互換的矽膠鼻帽)旨在提供優異的密合度,以確保在實際使用中的保護性能。

表 5 Fit Factor 標準(節錄自 Appendix A)

面罩類型	最低通過 Fit Factor
半面罩	100
全面罩	500
PAPR(動力過濾呼吸器)	1000

資料來源：美國聯邦法規《29 CFR 1910.134 Appendix A》

未來戰場防護需求與發展趨勢

隨著戰場型態快速演進，未來個人防護裝備不僅須面對傳統化學、生物戰劑威脅，更須應對城市戰、無人機毒劑散布、輻射物質外洩與跨域作戰等複合

22.U.S.Department of Labor , Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134 Appendix A-Fit Testing Procedures (Mandatory). Retrieved from: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standerdunder/1910/1910.134AppA>



情境。防護面具作為個人第一線防護裝備，其性能與模組彈性將直接影響官兵存活與任務執行效率。

一、任務情境趨勢

現代戰爭強調「非對稱」、「高機動」與「跨單位聯合作戰」，防護面具須滿足下列情境需求：

- (一)長時間佩戴下的舒適性與視野維持：未來可能須長時間進行巡防、搜索或無人機操作，佩戴舒適性與全景視野將是基本門檻。
- (二)快速整合通訊與識別模組：具備通訊擴音器與身份識別（如 IR tag）之整合能力，將提升部隊協同效率。
- (三)與無人機、感測系統連結：未來任務須透過感測裝置進行威脅預警，面具也須具備可接收警示或環境資料介面設計。
- (四)抗環境突變性能：包含溫度劇變、鹽霧、燃燒產物與複合氣膠等，皆須經過專業認證與實驗驗證。

二、標準化與模組化的國際趨勢

國際防護面具逐步朝向「模組化系統平台」設計，將面具視為任務裝備的一部分而非單一隔離器材，包含：

- (一)標準化濾罐接口（如 STANAG、NATO 40mm）。
- (二)快拆式鏡片、頭盔與光學模組整合。
- (三)數據與通訊模組嵌入式連接。
- (四)整體作戰平台的接口一致性（與背心、頭盔、防護服整合）。

這樣的設計不僅提高作戰效率，更可降低後勤維護與訓練成本，是國際軍警與應變單位採用高性能裝備的關鍵因素，在個人化裝備朝向模組化與標準化發展趨勢下，防護眼鏡與呼吸防護系統之間的整合正日益受到重視，在 2025 年最新 MITR-M1 可不脫頭盔直接將面罩接合頭盔戰術滑軌上，可迅速完成佩戴，其 MITR-PG1 Powered Goggle 護目鏡具備主動氣流循環設計，可在極端環境下維持鏡片內部正壓防護能力，有效防止物化與污染氣體滲入。此一設計理念與現行正壓式呼吸防護具(PAPR)一致，展現眼面防護系統在標準化介面與氣密性能上技術相容，PG1 採用可更換式濾片模組，能針對 CS、CN、OC 等鎮暴劑與懸浮微粒提供防護，並支援與戰術頭盔、夜視裝備整合

使用。其符合 AZSI Z87+ 衝擊防護標準及 MIL-STD-810 衝擊振動測試，兼具戰術操作與防爆應變需求，該裝備提升軍警防護裝備由被動防護邁向主動氣流控制的新階段，也呼應近年歐美在 CBRN 個人防護具設計上對跨系統相容性與模組化為保的重視，如圖 30、圖 31。

圖 30 MITR—M1 與戰術頭盔



圖 31 MITR—PG1 護目鏡



圖片來源：AVON Protection

三、軍規測試的升級需求

未來面具測試標準將更趨近實戰情境，包括：

- (一) 多角度、多姿態下的氣密與呼吸阻力測試。
- (二) 戰劑液滴與氣膠同步挑戰測試。
- (三) 與夜視儀/通訊裝備共用狀態下的密合度與操作便利性。
- (四) 高濕度、高熱與高汗濕條件下的連續佩戴實測。

這些皆須透過完整認證體系（如 NIOSH、STANAG）與模擬試驗場域來驗證其有效性，進而確保裝備於未來戰場中真正可用、可信、可整合。

防護面具未來發展與建議

面對複合型態戰場威脅與裝備現代化需求，現行防護面具體系須進一步強化「國際接軌」、「性能驗證」與「模組整合」三大核心面向，以提升整體作戰防護效能，確保官兵在高風險任務中之存活率與行動力。以下提出具體建議：



一、建立對應國際的測試認證體系

建議可仿效美軍制度，導入 NIOSH CBRN、STANAG 2891 等標準化測項，透過國內具備認證測試單位與外部測試機構合作，建立符合實戰需求的毒劑模擬測驗與氣密性能驗證流程。可考慮分階段推動，如：

- (一)短期：現行測項比照 STANAG 與 EN136 做交叉評估。
- (二)中期：設置模擬毒劑試驗設施或委託國外機構執行認證。
- (三)長期：建構屬於國內的「軍規個人裝備驗證中心」。

二、推動面具模組化設計升級

未來防護面具應朝「模組平台化」設計，具備以下能力：

- (一)NATO 標準濾罐接口、快拆系統。
- (二)可整合通訊模組、頭盔與夜視裝備。
- (三)支援任務轉換快裝配件（如軟式及各光學鏡片、飲水系統）。

此設計不僅利於跨軍種裝備通用，更可降低後勤壓力、提升應變速度。

三、借鏡國際合作與技術交流經驗

建議國內軍需工業部門與國際防護面具製造商（如 AVON Protection、Dräger、SCOTT 等）建立研發與測試交流合作機制，透過參與美軍聯訓、北約觀摩、跨國演訓與裝備展示，取得技術脈動與標準資訊，作為國造面具研發與驗證之參考依據，技術交流部分可與國內警方、消防、環境事故處理小組等機關相互分享交流實戰使用經驗。

四、制度與需求對接強化

個人防護裝備研發應更貼近實兵單位實際任務需求，建議由戰術單位(特種部隊)參與設計需求審查流程，避免面具開發與使用端需求脫節。此外，應設立跨單位裝備導入評估機制，讓研發、測試、訓練與使用者形成封閉回饋迴路，加速性能優化與問題修正，以達到基層需求。

結語

國軍若能以現有面具為基礎，結合國際標準認證及模組設計趨勢，並導入系統思維，則有機會在未來十年內完成防護面具現代化升級，可達成與國際聯合任務接軌準備。此亦將大幅提升國軍在各類作戰情境中之任務韌性與戰力延



續能力。

參考文獻

一、書籍

勞動部職業安全衛生署，《呼吸防護計畫技術參考手冊》(參考網址:<http://www.osha.gov.tw>，109年5月)

二、官方文件及網路

- 1.AVON Protection PLC Product Portfolio·(檢索時間:2023年1月26日)。
- 2.AVON Protection. (2023). FM50 Product Sheet & Technical Manual. < <https://www.avon-protection.com> > ·(檢索時間:2024年2月26日)。
- 3.NATO Standardization Office (2014). STANAG 2891: The NATO Standard for Respiratory Protection Against Chemical, Biological, Radiological Agents. (檢索時間:2024年5月26日)。
- 4.Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection Handbook Revised May 2025 · < <https://www.cdc.gov/niosh> > · (檢索時間:2025年7月26日)。
- 5.NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health). (2005). Statement of Standard for CBRN Air-Purifying Respirators. < <https://www.cdc.gov/niosh> > · (檢索時間:2025年3月26日)。
- 6.European Union. (2016). Regulation (EU)2016/425 of the European Parliament and of the Council on personal protective equipment. Official Journal of the European Union · (檢索時間:2025年7月26日)。
- 7.European Committee for Standardization (CEN). (2019). EN 136: Respiratory Protective devices-Full face masks-Requirements, testing, marking. Brussels:CEN · (檢索時間:2025年6月8日)。
- 8.European Committee for Standardization (CEN). (2020). EN14387:Gas filter(s) and combined filter(s)-Requirements, testing, marking. Brussels:CEN · (檢索時間:2025年6月8日)。
- 9.National Fire Protection Association(NFPA). (2018). NFPA 1994:



- Standard on Protective Ensembles for First Responders to CBRN Terrorism incidents. Quincy, MA: NFPA.(檢索時間:2025 年 6 月 8 日)。
- 10.U.S. Department of Defense. (2019) MIL-STD-282: Filter Units, Protective Clothing, Gas-Mask Components and Related Products: Performance Test Methods. Washington, DC: Department of Defence. (檢索時間:2025 年 7 月 1 日)。
 - 11.U.S. Department of Labor , Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134(f). < <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/stander-dunmber/1910/1910.134> >) · (檢索時間:2023 年 8 月 26 日)。
 - 12.TSI Inc. (2025). Porta Count TM Respirator Fit Tester 8048 – Quantitative fit testing for all respirator types. Retrieved from < <https://tsi.com/products/respirator-fit-testers/portacount-respirator-fit-testers8048/> > · (檢索時間:2023 年 8 月 26 日)。
 - 13.Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear (CBRN) Respiratory Protection Handbook Revised May 2025 < <https://www.cdc.gov/niosh> > · (檢索時間:2023 年 8 月 26 日)。
 - 14.Army Regulation 11-34 – The Army Respiratory Protection Program. (2013, July 25). Headquarters, Department of the Army.
 - 15.U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Respiratory Protection Standard, 29 CFR 1910.134 Appendix A- Fit Testing Procedures (Mandatory). < [https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standerdunmber/1910/1910.134App A](https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standerdunmber/1910/1910.134AppA) > · (檢索時間:2024 年 12 月 26 日)。
 - 16." SAS personnel standing beside Margaret Thatcher while wearing S6 gas masks. " from Google Images:<https://images.app.goo.gl/4BtVw8qiH8tJW5qJA>.(檢索日期 2025 年 8 月 20 日)。
 - 17.U.S. Army Dugway Proving Ground.(2020,March 16). Simulant Agent Resistance Test Manikin (SMARTMAN)[Video]. Defense Visual Information Distribution Service (DVIDS) · (檢索時間：2023 年 5 月 20 日)。



18. 〈M1A2T 性能一次看！戰車全解析 揭開台灣陸軍新鋒的強大實力〉《中央社新聞》，2024.12.15，(檢索時間：2024 年 12 月 16 日)。