

下世代聯合作戰之防護面具發展探討

作者：夏瑞康少校

提要

- 一、現代核生化戰場及有毒工業物質環境下，如何提昇個人防護能力，是各國努力研究重點項目，其中更以防護臉、眼及呼吸道之防護面具為重要指標工作。
- 二、本篇介紹中共及美軍未來防護面具發展趨勢，了解面具設計已朝向多功能、人性化等方向精進。
- 三、我化學兵為國軍在核生化防護作為之專業兵科，對個人防護裝具之研究與發展，更須掌握世界動向，方能在防護作戰與應變中，確保部隊戰力與人員安全。

壹、前言

防護面具的需求發展係依核生化戰劑性質不同而演變，如第一次世界大戰，為避免遭受氯氣傷害而使用了浸硫代硫酸鈉溶液的紗布口罩進行防護，使氯氣的殺傷威力大大削弱。其後光氣的使用，就有運用烏羅托品的口罩實施防護，這是化學戰初期的濕式防護口罩。但濕式口罩不能防護氯化苦毒劑，於是研製出裝填活性炭（木炭）的原始防護面具。但活性炭不能對煙狀或霧狀物質有效防護，如二苯氯砷及芥子氣，針對此類毒煙，隨之研製在濾毒罐中添加鵝卵石、棉花填塞的濾煙層，後來濾煙層逐步得到改進，採用了折疊濾紙製成的展開式濾煙層。而在二次世界大戰結束後，防毒的理論與技術日益發展，防毒材質不斷精進，器材的結構更切合實用，性能有顯著的改善，目前各國的防毒面具對已知毒劑均能有效防護，且在製造要求標準上，力求簡單、舒適、易戴、密合、經濟有效（註1）。

從2001年10月炭疽恐慌開始在美國蔓延，造成許多人搶購防毒面具，但大家可能誤解了這種裝備的功效。這種防護裝備的構造，可分為保護口鼻和眼睛的面具，以及包覆整個頭部的頭罩兩部分（圖1）。防毒面具的濾毒罐，用途是阻絕微粒（例如炭疽菌）、化學藥劑（例如神經毒氣）以及細菌（例如天花）。美國防毒面具的標準，是由「國家職業安全與健康研究所」（NIOSH）與軍方單位共同設定的。主要的評定標準有兩個：過濾器能阻擋的微粒大小（最好的是0.3微米），以及過濾器移除毒氣的效率（有95%、99%或99.97%三種等級）（註2）。



圖 1. 防護面具繪製圖

貳、各國發展現況

註 1 http://www.pladaily.com.cn/sitel/big5/jsslpdjs/2004-09/13/content_13051.htm

註 2 <http://www.sciam.com.tw/circus/circusshow.asp>

一、共軍的發展現況（註3）

共軍防化研究院現正設計發展一種新型防毒面罩，其結構如圖2所示，該面罩具有外形美觀、結構緊湊、佈局合理、尺寸精度要求高且符合中國人面型特徵等特點。其密合框為單反折邊結構，反折邊形狀呈弧形，類似氣墊管密合框的形狀，提高了面罩的氣密性能和佩帶舒適性。面罩外側邊緣設計有一圈高7mm、寬3mm的凸棱，解決了與防護服頭罩匹配問題。面罩採用氯化丁基膠模壓成型，取代了原先沿用了40年的天然橡膠，提高了面罩的耐毒劑液滴滲透性和耐洗消性。面具分3種規格，各規格的面具面長分別為97mm、108mm、118mm，面具面寬104mm。面罩設計指標為佩帶漏氣係數 $\leq 0.0001\%$ ，總視野保留率 $\geq 60\%$ ，雙目視野保留率 $\geq 15\%$ 。

從圖2可以看出，罩體在結構上左右完全對稱，共有5個介面，即2個眼窗介面、1個主通話器介面、1個濾毒罐介面和1個副通話器介面。除主通話器介面為蛋形的類橢圓形狀外，其他4個介面為圓形結構。這5個介面與面罩其他部件的連接形式是一樣的，均採用塑膠件凸凹槽卡緊結構，介面處上下兩面的凸棱保證結合部位的結合強度，使凸棱不致從結合部件中拉出，凸棱外邊緣的一圈平面保證與結合件的裝配氣密。從罩體的介面結構可以看出，這種新型罩體對尺寸精度有較高的要求。

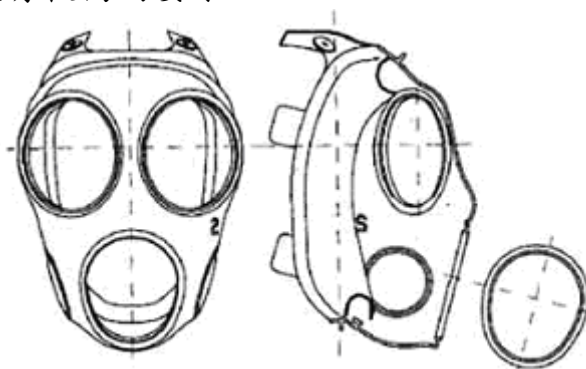


圖2. 共軍新式面具設計圖

二、美軍的發展現況

2005年美軍生化防護計畫明確指出，美軍核生化防護之主要任務為避免或降低個人與集體暴露，防止或減輕負面生理效應與保護關鍵性裝備，以防護部隊免於受化生放核(CBRN)危害物之損傷。其發展之核心技術與裝備包含：呼吸與眼睛防護、皮膚防護、集體防護、生物醫學預防、化學醫學預防等。在個人防護裝備著重於質輕減輕生理負擔，增進防毒功能；關於呼吸與眼睛防護部份的未來研發籌補裝備(如表1)在分述如后。

	美軍 2005 年現行使用裝備	未來研發籌補裝備
呼吸與眼睛防護	• M40/M40A1防護面具 • M42戰車防護面具	• 聯軍通用型防護面具 (JSGPM)

註 3 http://baike.machine365.com/arts/061108/24/154749_3.html

•MCU-2A/P防護面具 •飛行員眼睛/呼吸防護面具(AERP) •化生呼吸系統 •M45飛行員防護面具 •M48 Apache飛行員防護面具 •M41防護能力評估測試系統(PATS)	•聯軍飛行員防護面具(JSAM) •聯軍化學環境存活防護面具(JSCEM) •聯軍防護面具洩漏測試儀(JSMLT) •微型/質輕/精進型防護能力評估測試系統(PATS)
--	---

表 1.美軍呼吸與眼睛防護部份現行與未來研發項目統計表

(一).聯軍通用型防護面具(JSGPM) (註4)

聯軍通用型防護面具(圖3)是設計在生化戰劑、毒素、有毒工業物質和放射性粒子事件的戰場環境中提供面、眼睛和呼吸道的防護，對美軍全面取代現用M40/M42和MGU-2P系列防護面具，此型面具將具有提升防護、視覺、呼吸順暢、重量輕、體積小和舒適性等能力。

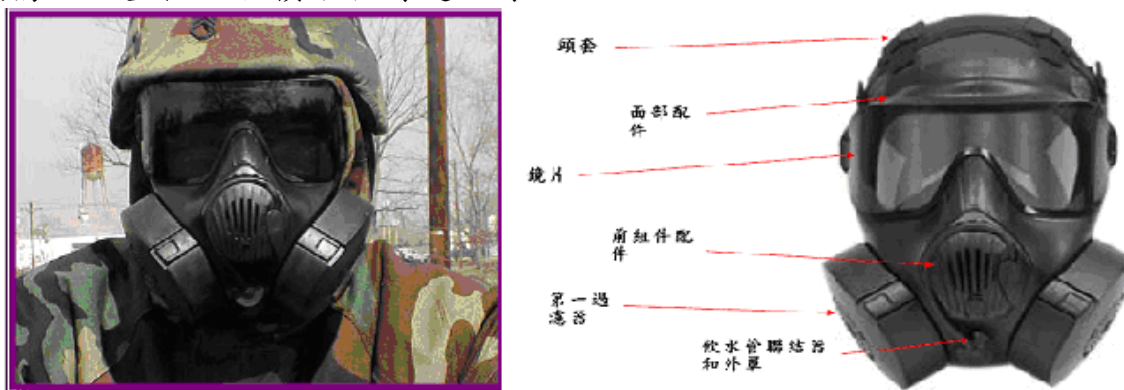


圖 3.聯軍通用型防護面具

其設計要求重點為

- 1.面具連續曝露在未受污染環境下一年之後，仍提供脖子以上如臉、眼睛和呼吸道在汽化、液體、浮質和微粒狀物體等威脅戰劑下24小時的防護。
- 2.濾毒罐提供臉、眼睛和呼吸道在汽化、液體、浮質和微粒狀物體等威脅戰劑下24小時的防護。
- 3.必須提供無障礙和無失真前視視覺。
- 4.必須具備耐用的飲水能力。
- 5.面具與攜行袋應能適合現行及共同發展的生化服裝。
- 6.舒適和減少生理負擔。
- 7.適合全軍個人衣服和裝備，船上武器和光學系統。
- 8.提高視覺。

註 4 Fritch, 「Joint Service General Purpose Mask and Joint Service Chemical Environment Survivability Mask」, 《2006 年美軍個人防護裝備研究會》, P2-P12。

共同特色：

- 1.在前額不須扣子。
- 2.容易維修和減少後勤支援。
- 3.面具內建麥克風。
- 4.談話組件及出氣活門低阻力。
- 5.成對過濾器。

革新技術：

- 1.面具攜行袋的設計是從波斯灣和伊拉克戰爭中實戰經驗得到可在灰塵和污穢不堪作戰環境下使用(圖4)。
- 2.高效能合成纖維微粒空氣過濾材料(圖5)。
- 3.在第二個過濾器的過濾乙烯氧化物、氨、甲醛媒介物(圖6)。
- 4.貼在過濾器上的過濾壽限標示(圖7)。
- 5.多功能面罩提供各式裝備整合介面(圖8)。
- 6.面罩是申丁基/矽樹脂(5%)混合材料(圖9)。



圖4.面具攜行袋的設計



圖5.高效能合成纖維微粒空氣過濾材料



圖6.第二個過濾器過濾乙烯氧化物、氨、甲醛媒介物



圖7.貼在過濾器上的過濾壽限標示



圖8.配合各式裝備運用介面



圖9.面罩由丁基/矽樹脂(5%)混合材料製成

(二).聯軍化學環境存活防護面具(JSCESM) (註5)

美軍於2004年正式提出化學環境存活防護面具(圖9)需求，此種面具具備重量輕、用完即丟及可防護臉部與濾毒達2至8小時的防護汽化與浮質生化戰劑面具，其預期目標能力為一種型式適合所有人使用，能分別防護2(第一代)、4和8小時(第二代)，包裝後整體大小為128立方英寸和50立方英寸(第二代)(圖10)，無飲水裝置(第二代)，重量少於2磅。



圖9. 聯軍化學環境存活防護面具



圖10. 裝袋後整體大小樣式

三、英國的發展現況

英國S6型面具是當今最先進面具之一，其特點為面具罩體採用了氣墊管密封框結構，這種密封框由一個中間充有一定量氣體且密封起來的橡膠管構成，管上裝有壓力調節閥，可使氣墊管變得鼓一些，使之與各種面型的人員都能緊密吻合，另最新研製之S10型面具是採用了整體模壓成型的類雙反折邊密封框設計，能在人的面部形成兩道密封圈，即使有少量毒劑進入第一道防線，第二道防線還可阻擋毒劑的侵入。

參、我國的發展現況 (註6)

註 5 Fritch, 「Joint Service General Purpose Mask and Joint Service Chemical Environment Survivability Mask」, 《2006 年美軍個人防護裝備研究會》, P13-P15。

註 6 曹開明, 青年日報, 94 年 1 月 8 日, 第 3 版。

國防部軍備局生產製造中心第二〇四廠，現已研製完成新型T3-92防護面具(圖10-1)，未來即有可能取代現有軍用T3-75防護面具。這款防護面具，改進現有T3-75防護面具之缺失，新型T3-92防護面具是採取「人因工程」設計概念，綜整國人臉形相關數據，開發出大、中、小3種尺寸的防護面具，並精進橡膠配方及工業水準，使這款新型防護面具與臉部有最高的密合度。同時採取輕量化設計，較T3-75防護面具（540克）減重約6.5%，加上新式彈性網狀頭帶，以減輕不適感。



圖10-1. T3-92防護面具

傳統的T3-75防護面具，濾毒罐是固定於面具正前方，容易影響作戰人員舉槍試瞄，新型T3-92防護面具是設計成「旋轉式濾毒罐座」，可以左、前、右方旋轉，成為除了澳洲、比利時研發的新式防護面具外，全球第三款擁有此種功能的防護面具。T3-92防護面具也經過3種溫度的「熱老化實驗」，驗證在可更換關鍵零組件情況下，除面具儲存壽限長達15年以上，也較T3-75防護面具的10年壽限要來的好。保修設計上則採取模組化設計，配合專用的「面具維修工具櫃」，使營級以下的一、二級保養更為便捷有效率。

同時，也研製出顆粒式 ASMZ 型浸染活性碳，即使是微小如碳疽病毒的化學戰劑，也能加以濾淨。加上面具材質為「溴化丁基橡膠」，具有高抗腐蝕性，防護效果佳，對於糜爛性毒劑，如芥子氣等，防止防透時間可達 168 小時，是 T3-75 防護面具防穿透 48 小時的 3.5 倍。另在設計上也因應國人近視族群多，具有內嵌式鏡架及可加裝外掛式鏡視力矯正器等貼心裝置，大為提升其多元性功能並符合人性，我們如把現役 T3-75、T3-92 與美軍 M40A1 型防護面具作一比較，比較分析表如表一所示。

別 品項	面 具	美軍 M40A1	T3-75 防護 面具	T3-92 式新 型面具	比較分析
1. 面具材質	外層：丁基橡 膠 / EPDM； 內層：矽橡	天 然 橡 膠 / 新平橡膠	溴化丁基橡膠	新型面具使用溴化丁基橡膠密合度高，較為柔軟舒適，具有更佳防護效果（防 HD 戰劑能力）且儲存壽限可達 15 年	

	膠			
2. 面具型式	大、中、小 3 種型式 (美國人臉形)	目前僅生產 2 號面具 (德國人臉形)	大、中、小 3 種型式 (符合國人臉形)	新型面具符合國人臉形，氣密效果更佳，本案以大型面具為研發目標
3. 濾毒罐位置	左、右兩處	僅 1 處 (中央)	具左、中、右 3 種選擇	新型面具開發旋轉式濾毒罐座，具左、中、右 3 種位置選擇，因應單兵日益繁重之動作要求，如臥倒、持槍瞄準、機器修復等
4. 飲水裝置	隱藏式飲水管座	外露式飲水管座	隱藏式飲水管座	新型面具隱藏式飲水管座，已將飲水管結合，置於旋轉式濾毒罐座後方，方便與水壺結合且氣密性良好
5. 頭帶	鬆緊帶式頭帶 (6 條)	橡膠材質 (5 條)	鬆緊帶式頭帶 (6 條)	新型面具改進舊式橡膠頭帶易被扯斷之缺點且鬆緊帶式頭帶較橡膠輕約 1 倍，達到重量輕目的
6. 揚聲效果	薄膜震動式 (65 分貝以上) 及外掛型麥克風	薄膜震動式 (65 分貝以上)	薄膜震動式及外掛型麥克風，功率 5 瓦 (含) 以上	新型面具為改進揚聲效果，並搭配外掛型麥克風，加強音量及音質有助戰場之指揮調度
7. 麥克風插座	無	無 (僅 72 式戰車人員面具有麥克風線)	有	新型面具考量戰 (甲) 車人因戰術需要，故研發整合上述面具為一體並降低購製成本
8. 視力矯正器	內嵌式 (金屬框)	具外掛式及內嵌式兩種選擇 (塑膠材質)	具外掛式及內嵌式兩種選擇 (塑膠材質)	提供兩種視力校正器選擇，有效解決役男日益嚴重之視力問題
9. 鼻帽	美國人尺寸	德國人尺寸	國人尺寸	新型面具考量開發新式鼻帽，符合國人臉形，氣密效果更佳
10. 鏡框	金屬材質	塑膠材質	塑膠一體成	新型面具開發新式鏡框

	(卯合)	(金屬螺絲 固定)	型 (搭和固 定)	以塑膠射出一體成型， 增加氣密性並降低故障 率
11. 重量	面罩總成： 500 公克 C2A1 濾毒 罐：310 公克 總重：810 公 克	面罩總成： 540 公克 62A 式濾毒 罐：330 公 克 總重：870 公克	面罩總成： 505 公克 濾毒罐： 330 公克 總重：835 公克	面具含濾毒罐重量將朝 輕量化設計，預計減重 6~10%

表 1. T3—92、T3-75 與美軍 M40A1 防護面具比較表

資料來源：青年日報記者曹開明先生整理

肆、未來防護面具發展現況

另美國「職業安全與健康機構」正發展和整合感測器技術以決定濾毒罐使用壽限（註7），這計畫的目的是發展一個以感應器為基礎的系統，去提供使用者對濾毒罐之空氣過濾能力與使用壽限等資訊，即發展一個電極靈敏層指示器之智能濾毒罐藥包使用壽期(圖11)，目前即將達到近程階段，此階段是運用現成化學電阻感應器技術(圖12)，長程階段亦是運用不同類型高分子材料為感應器基礎系統發展成使用壽限之指示器(圖13)。未來研究為利用聚噻吩(聚含硫五員雜環化合物)化學性質是一個可行的發展，而原型系統將針對一系列有機水汽和溫度、濕度的干擾作測試。

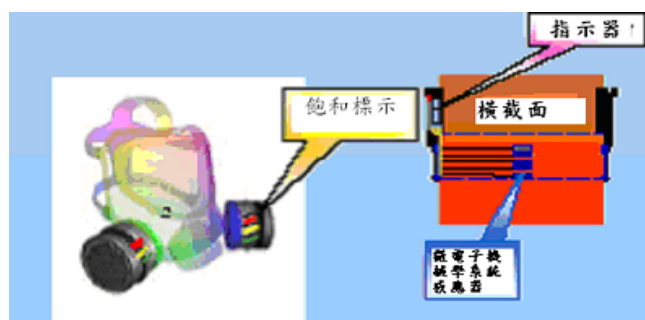


圖11. 電極靈敏層指示器之濾毒罐

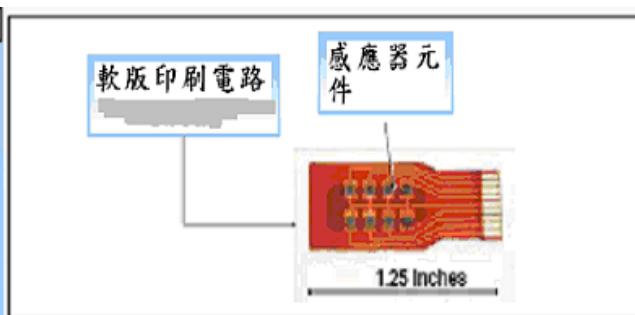


圖12. 長條形軟性感應器元件

註 7 Jay Snyder, 「Development and Integration of Sensor Technology for Determination of Respirator Service Life」, 《2006 NIOSH Conference of Poster》。

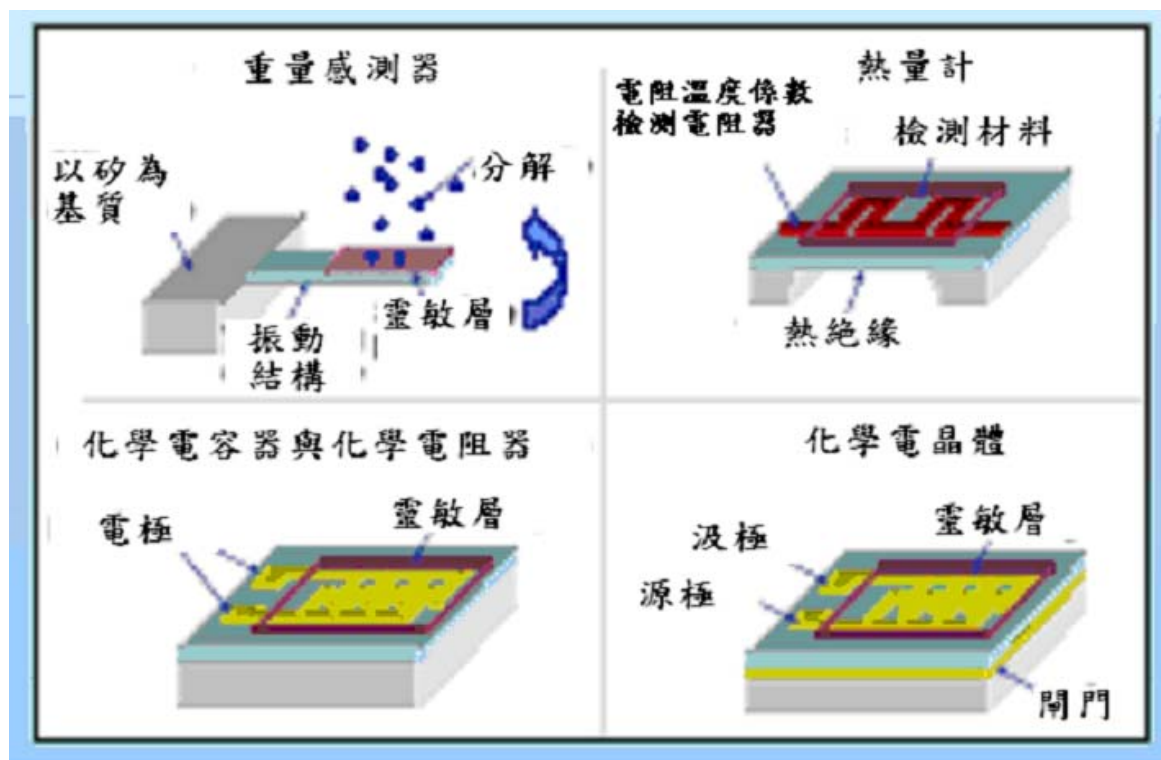


圖13. 多樣感應器的型式

而2006年美軍個人防護裝備研討會中，Edgewood 生化中心發表了美軍先進面具觀念文章（註8），文中提到美軍預估其防護面具各項應具能力目標值（圖14），圖中美軍評估將在2015年其防護、數量、任務執行和後勤支援能力等各達到整備值9的水準，其技術評估在中程階段(3至6年)是發展奈米複合介質（圖15）、奈米複合過濾介質（圖16）、增壓系統（圖17）、系統整合（圖18）；長程階段(7年以後)是發展如動力技術、奈米技術、微電子、微機械等提升型技術。而未來Edgewood 生化中心更計畫使面具能具備微氣候冷卻、通信、顯示幕及感應器等方向研究發展。

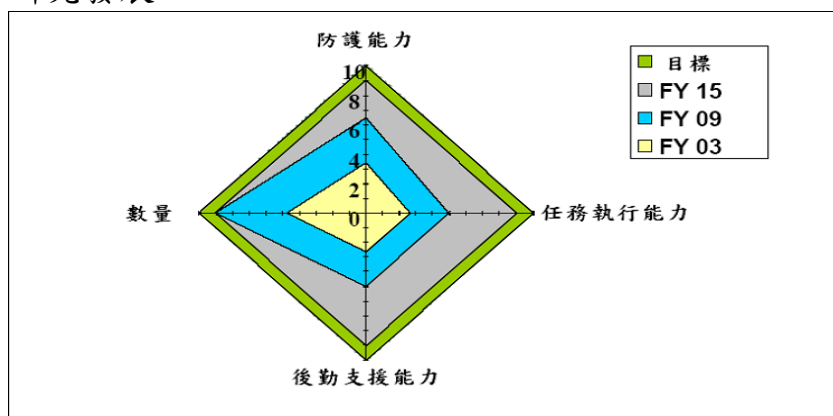


圖14. 美軍防護面具各項應具能力目標值

註 8 Corey M.Grove，「Advanced Mask Concepts」，《2006 年美軍個人防護裝備研討會》，（Respiratory Protection Technology Team Edgewood Chemical Biological Center）。

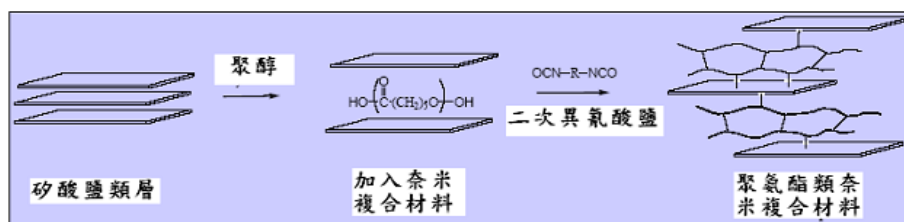


圖15.奈米複合材料聚氨基酯類處理過程

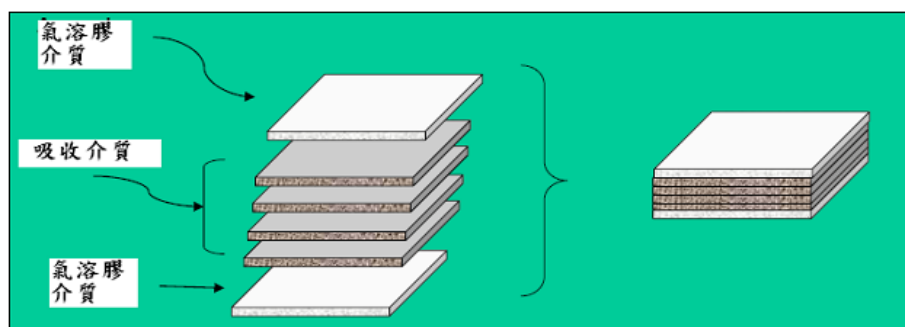


圖16.奈米複合過濾介質

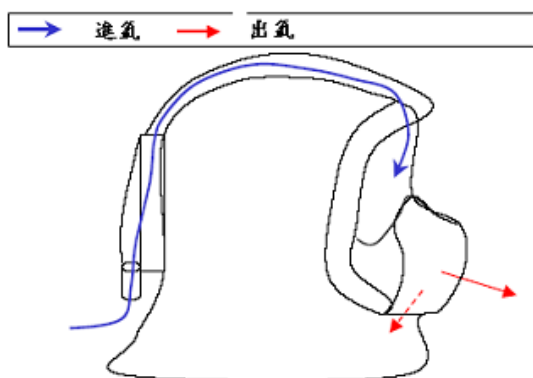


圖17.增壓系統

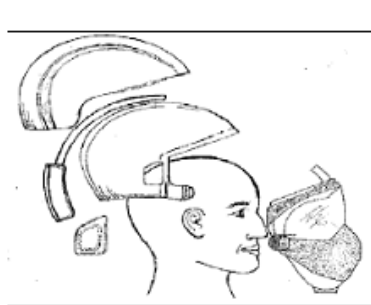


圖18.系統整合

伍、結論

面具的研發主要是因為實際需求和功能的加強，讓面具配戴更舒適、迅速與密合，能在未來核生化戰場上，保護個人生命安全，確保部隊戰力。平時應加強核生化防護基本常識及訓練，另對防護面具加強訓練，配合研發改良後之防護裝備，期確保在核生化戰況下，圓滿達成軍事任務。