

美國次世代化學偵檢裝備計畫簡介及研析

作者簡介



作者黃鈺棠少校，畢業於國防大學理工學院應用化學系 95 年班，陸軍化學兵學校正規班 100 年第 1 期，歷任排長、化學兵官、防研中心輻射檢測組長、學員生中隊長，現任化生放核防護研究中心緊急防護組長。

提要

- 一、為了偵檢化學戰劑、非傳統化學戰劑、有毒工業化學物質、美國提出次世代化學偵檢裝備計畫，以因應化生放核環境作業實際需求。
- 二、次世代化學偵檢裝備計畫主要區分四大主軸，分別規劃購置氣溶膠蒸氣化學戰劑偵檢器、近身化學戰劑偵檢器、多元化學戰劑偵檢器及袖珍型化學戰劑偵檢器。
- 三、次世代化學偵檢裝備計畫核心朝向攜帶方便、多元運用及可搭配無人載具使用為原則，發展對應所需化學偵檢器，以符合任務需求。
- 四、我化學兵部隊可參考美國次世代化學偵檢裝備計畫發展進程，研析其計畫精神及需求，可提供我兵科未來戰備整備參考運用。

關鍵詞：次世代裝備、化學戰劑、偵檢器

前言

依「國軍化生放核防護教則」，我化學兵部隊任務於平時執行化生放核災害防救、協助有毒工業化學物質偵檢、輻射偵測、消除及環境消毒等工作；於戰時依作戰計畫遂行化生放核防護作戰，執行化學戰劑偵檢、輻射偵測、消除及部隊化生放核防護指導等工作。

核心工作「警、防、偵、消」中，各專業領域有其獨特性，而偵檢作業成效良窳端看操作人員經驗、技術及裝備性能；而偵檢結果常可影響部隊指揮官下達決心及判斷，如部隊要直接穿越或是繞越有毒區域。因此偵檢技術愈嫻熟，愈能提供部隊指揮官正確建言。

隨著科技日新月異，美國為國民警衛隊規劃「次世代化學偵檢器裝備計畫」，以提供國民警衛隊執行化學戰劑偵檢、化學物質檢驗、有毒工業化學物質及非

傳統化學戰劑辨識，以利提供部隊防護建議、支援及決策等。

隨著美國次世代化學偵檢器裝備計畫，正在美國國土如火如荼進行作戰測評及建置等作為，筆者藉由本篇對次世代化學偵檢器裝備計畫進行簡介，研析其內容及精神，提供我化學兵部隊未來偵檢裝備規劃需求參考。然因兩國國情及部隊編裝精神不同，文章所提及裝備仍待我軍實施測試及測評等作為，方能瞭解文章中所及提裝備，是否可符合我化學兵部隊運用精神，以利獲得符合部隊任務所需裝備，遂行平、戰時任務。

次世代化學偵檢器裝備計畫

一、計畫簡介

美國於 2013 年 6 月份發表陸軍物資系統分析活動技術報告(The Army Material Systems Analysis Activity Technical Report) 第 TR-2013032 號¹，決定為美國國民警衛隊提供次世代化學偵檢器裝備，將採取購置多種偵檢裝備，以獲得必要性技術能力，而次世代化學偵檢器裝備計畫概略區分採購 4 種種類裝備，以下概述：

(一)氣溶膠蒸氣化學戰劑偵檢器(Aerosol Vapor Chemical Agent Detector, AVCAD)

用於執行氣溶膠、蒸氣態樣偵檢化學裝備，在規格需求上要求為單人攜帶式、配賦有電池裝置、可偵檢氣溶膠、蒸氣態樣化學物質。

(二)近身化學戰劑偵檢器(Proximate Chemical Agent Detector, PCAD)

用於執行搜索檢測，在規格需求上要求為單人手持攜帶式、配賦有電池裝置、不用接觸液態或固態化學物質表面即可實施檢測。

(三)多元化學戰劑偵檢器(Multi-Phase Chemical Agent Detector, MPCAD)

用於執行不同化學物質面相分析及採樣作業，在規格需求上要求為兩人攜帶式、可室電充電、配賦有電池裝置、對於化學物質分析及採樣具有很低偵測極限值。

(四)袖珍型化學戰劑偵檢器(Compact Vapor Chemical Agent Detector, CVCAD)

用於人員配戴、無人系統偵測，在規格需求上要求為個人配戴、配賦有電

1.美國陸軍司令部，Weapon Systems Handbook 2020-2021，P.298。

池裝置，可以結合人員地面裝置、無人地面裝置或無人機裝置，而此種袖珍型化學戰劑偵檢器需具備能檢測化學戰劑、非傳統化學戰劑及工業毒性化學物質等能力。

隨著活動技術報告發布後，於 2016 年起開始進行各種裝備評估及作戰測試，2016 年 10 月及 11 月分別於德州及維吉尼亞州海軍基地進行整體裝備計畫營運評估，2017 年於威斯康辛州埃奇伍德(Edgewood)美國陸軍化學及生物中心(DEVCOM CBC)進行氣溶膠蒸氣化學戰劑偵檢器及多元化化學戰劑偵檢器裝備測試。

二、計畫目前進度

從美國國防部 2025 年年度公開預算案內容中，可以查獲各項裝備甘特圖，在次世代化學偵檢器裝備計畫中 4 種偵檢器裝備均有不同進度²，以下概述：

(一)氣溶膠蒸氣化學戰劑偵檢器

目前進度已到達初步生產階段，預計於 2025 年開始進行全裝量產、2026 年開始配賦至單位，於 2027 年起對配賦單位，實施初步作戰效能評估，以利掌握裝備實用程度。

(二)近身化學戰劑偵檢器

目前進度正在進行裝備測試評估，預計於 2026 年第 4 季才開始進行初步生產，2029 年第 4 季開始進行全裝量產，目前就公開預算案內容得知，目前預算編列已至 2029 年，從甘特圖尚未說明配賦至單位期程，此項裝備期程可能會持續至 2029 年以後。

(三)多元化化學戰劑偵檢器

目前進度已到達裝備開發測試及評估階段，為 4 種裝備採購期程中進度最快，預算至 2023 年 11 月顯示已編列完畢。

(四)袖珍型化學戰劑偵檢器

目前進度已到裝備成效發展文件核准階段，後續陸續執行各項測試評估，預計於 2027 年第 2 季才會開始進行初步生產，2028 年第 2 季進行全裝量產，

2. Department of Defense Fiscal Year(FY)2025 Budget Estimate, https://comptroller.defense.gov/Portals/45/Documents/defbudget/FY2025/budget_justification/pdfs/03_RDT_and_E/RDTE_CBDP_PB_2025.pdf。

就甘特圖上尚無法得知配賦至單位期程，可能會持續至 2029 年以後。

三、媒體公開資訊

(一)攜帶式氣相層析質譜儀

從美國商業資訊(Business Wire)網站可知³，國防部執行化生放核防禦聯合計畫辦公室專案，發展多項化學戰劑偵檢器裝備案，專案預算高達 2,870 萬美元，執行期限至 2022 年中，比對美國國防部 2025 年預算專案，其多項化學戰劑偵檢器進度大致符合。

就公開新聞目前可得知，美國國防部遴選一款攜帶式氣相層析質譜儀(型號為 Griffin™ G510)，其公司為美國國防部量身打造及調整氣相層析質譜儀功能，以符合專案精神，使配賦單位可有效運用於大規模殺傷性武器偵檢，以下就摘錄 3 家公司攜帶式氣相層析質譜儀部分規格，可供後續我化學兵部隊規劃建置時需求規格參考：

圖 1 Griffin™ G510 氣相層析儀操作示意圖



資料來源：<https://www.businesswire.com/news/home/20181009005798/zh-HK/>, 2018 年 10 月。

表 1 各攜帶式氣相層析質譜儀資訊摘錄比較表

規格	產品	Griffin™ G510	T9	Hapsite ER

3 .Business Wire，<https://www.businesswire.com/news/home/20181009005798/zh-HK/>, 2018 年 10 月。

質譜範圍(AMU)	18 至 512	43 至 500	41 至 300
管柱溫度(°C)	40 至 300	50 至 300	45 至 200
載流氣體	H ₂	H ₂	H ₂
樣品注入方式	蒸氣管或進樣針	進樣針	蒸氣管或進樣針
樣品分析模式	掃描及全質譜	全質譜	掃描及全質譜
長寬高(cm)	33.65 x 33.5 x 40	40 x 40 x 23	45 x 18 x 18
電力(電池)	掃描：2 小時 全質譜：1 小時	2.5 小時	2 至 3 小時
重量	16.3 公斤	14.5 公斤	19 公斤

資料來源：Field Portable Gas Chromatograph Mass Spectrometers
Assessment Report, 2020 年 2 月。

(二)攜帶式拉曼分析儀

在次世代化學偵檢器裝備計畫中，遴選一款攜帶式拉曼分析儀(型號為 ResQ CQL 1064 nm)，該偵測裝備用途主要用於緊急救護、邊境安全管制、化學物質識別(如：爆炸物、化學戰劑、前驅化學物質及麻醉藥品等)，因其分析儀準確性、簡單操作性、耐用性及功能而被遴選，以下就該裝備列出部分資訊，作為參考依據：

圖 2 ResQ CQL 1064 nm 拉曼分析儀操作示意圖



資料來源：<https://rugaku.com/products/handhled-raman/cql-max-id>。

表 2 ResQ CQL 1064 nm 拉曼分析儀資訊表

規格	拉曼分析儀
長寬高(cm)	18.5 x 15 x 7.9
重量(Kg)	1.7
質譜範圍(cm^{-1})	200-2500
操作溫度($^{\circ}\text{C}$)	-20-50
雷射波長(nm)	1064

資料來源：<https://rugaku.com/products/handhled-raman/cql-max-id>。

隨著解讀美國年度預算案解密文件及偵檢器裝備公司新聞稿等資訊後，美國次世代化學偵檢器裝備計畫全貌也逐步明朗，但因其計畫測試評估期程長則數年，尚無法一次掌握到全部資料，然可從其公開資訊中，研析其計畫精神及未來方針，可作為未來我軍設備建置或研發參考方向。

研析計畫精神及建議

一、研析計畫精神

隨著次世代化學偵檢器裝備計畫啟動及進行，可大致研析美國對於因應未來戰爭型態改變，後續預建置及使用偵檢器裝備大致上有以下幾原則：

(一)攜帶方便

在計畫中提及到 4 種不同種類偵檢器裝備，會發現暫時無規劃車用型、定點型等型式偵檢器，換言之，以目前計畫精神是屏除大型、笨重型等裝備規格，而調整成人員攜帶便利為主，以利人員可依任務需求或作戰環境，順利攜帶偵檢器到達任務地點，避免受到地形或環境所影響(如車輛或行動載具無法順利抵達)，無法於任務地點發揮偵檢器功效。

(二)多元運用

自俄烏戰爭爆發至今，無人載具、無人機於戰場上運用及發揮，打破以往對戰爭戰術認知，為了降低人員傷亡，無人載具幾乎主導多數戰場進行，後續再搭配人員執行作戰任務。而無人載具發展及研究，在國際間主要大國無不一競相爭逐，無人載具可能將主導近年來戰場上運用、戰術發揮、偵查、

攻擊等手段，而在未來美國次世代化學偵檢器裝備，期望也能配合無人載具實施偵檢或採樣手段，除可降低人員風險外，亦可將地形所帶來困擾降至最低，並也符合近年來戰場變化需求。

(三)全面整備

從美國商業資訊(Business Wire)網站可知，美國國防部另一項合約，其規劃裝備包含化學戰劑偵檢器、生物採樣裝備、輻射偵測器及防護裝備等，提供陸軍、海軍、空軍、海軍陸戰隊及國民警衛隊等單位，其裝備專案為 Dismounted Reconnaissance Sets, Kits, and Outfits(DR SKO)，就其資訊內容規劃提供 A 級防護服(含 SCBA)、化生放核識別及人員消除等項目⁴。

另在美國化生放核聯合執行計畫辦公室(JPEO-CBRND)於 2024 年 1 月 5 日發布一篇新聞，此新聞報導計畫辦公室向美國官兵展示一款攜帶式用發電機，型號為 EX-Power2000，此發電機式為化生放核徒步偵查套裝配賦裝備之一，專為軍事用途設計及製造。

從以上兩則不同網站報導可研析，美軍從建置裝備開始，就從其作戰任務開始規劃，須要何種裝備，再進行裝備測評，直到裝備符合作戰任務需求後才開始配賦至單位，所考慮層面涉及偵檢、防護、消除，甚至到電力補充等，規劃非常全面，值得作為借鏡。

圖 3 Ex-Power 2000 發電機操作示意圖



資料來源：U.S. Department of Defense, CBRN DRS Fielding and Training, 2024 年 1 月。

4.Global EOD Symposium and Exhibition 2018, Army EOD Future Requirement P.7。

美國建置裝備作法，會經過相關審慎營運評估、效能測試、到符合採購單位需求後，再進行裝備量產，後續再配賦至單位或個人，對使用者來說，可取得最符合任務需求上裝備，方能在任務或戰場上發揮其最大效益。

二、建議

參考美國次世代化學偵測器裝備計畫發布、裝備採購內容及其精神研析，評估我化學兵部隊現有攜帶式偵檢器裝備，筆者提出後續攜帶式偵檢器裝備規劃方向建議，以更全面精進我化學兵部隊偵檢效能及廣度：

(一)現場人員作業安全方面

紅外線偵測器在執行作戰任務或支援化學災害救援時一大利器，可於作戰環境或災害現場中，先行以紅外線偵測器進行分析及掃瞄，瞭解當下環境狀況是否有立即危害物質，可就執行任務前有效完成初步分析及研判，以利後續任務隨行。

我化學兵部隊現今紅外線偵測器主要是配賦於核生化偵檢車上，就執行任務上，地點須多考量核生化偵檢車是否可順利抵達，如在作戰狀況下部分主要道路被摧毀後，或在地震後造成複合式災害，恐導致核生化偵檢車難以抵達現場。

參考行政院環境部所屬事故技術小組，其小組有配賦全反式紅外線偵測器，操作時以兩人為一組執行，其紅外線偵測器就較可以屏除事故現場地形或環境干擾，有效將紅外線偵測器架置於現場，實施樣品分析或環境監控，建議可將此裝備列為規劃方向之一，可強化確保人員於作業環境中安全。

(二)氣態未知物檢驗方面

我化學兵部隊以前所使用攜帶式氣相層析質譜儀隨著裝備年限已全數汰除，而目前用於氣態樣品偵檢，裝備計有 Chempro100i 化學戰劑偵檢器、五用氣體偵檢器、PHD6 多功用氣體偵檢器，可符合我化學兵部隊任務所需，其中 PHD6 氣體偵測器可執行多種化學物質分析，但前提是須掌握待分析物為何，於執行任務前替換偵檢感應器，方能發揮最大功效。

因氣相層析質譜儀通常具備完整化學物質資料庫，可以作分析檢驗後比對，並進行未知物定性及定量，在現場檢驗未知氣態化學物質為一大利器之一，

而氣相層析質譜儀在其分析領域中，有多間公司彼此之間競爭市場佔有率，每間公司各有其專業獨特技術，如在未來須規劃建置氣相層析質譜儀時，除了文中所提及裝備外，可多家訪商綜合比較後，遴選出最符合我化學兵部隊之氣相層析質譜儀。

(三)現場液樣樣品檢驗方面

我化學兵部隊目前攜帶式偵檢裝備，以檢測氣態樣品為主，對於液態樣品主要是以採樣樣品後，後送至檢驗實驗室分析為主，所花費時間較長，如在作戰環境分秒必爭狀況下，相當考驗採樣人員及檢驗人員分析速度及效率。

攜帶式拉曼光譜儀為現場可鑑定氣態及液態樣品有效裝備之一，除了本文所提及裝備外，亦可多加瞭解各家商品規格，綜合評比後，遴選出最符合我化學兵部隊任務所需之拉曼光譜儀。

三、小結

我化學兵部隊隨著時代推進，目前主要裝備也逐步面臨改朝換代時刻，所使用攜帶式偵檢器，勢必也將面對是否須要軟硬體更新或著手規劃新式裝備，鑒於美國正在進行次世代化學偵檢器裝備計畫推動，雖然目前僅在多面相化學試劑偵檢器有較多資訊可參考，其他種類化學偵檢器裝備測試評估期程，可能會拉至 2029 年後，然而目前我們可以就其精神、計畫立案層面、未來戰場需求等方向納入探討，未來不失為我化學兵部隊規劃攜帶式偵檢器裝備需求參考，以獲得最符合作戰需求及部隊任務需求裝備，以利發揮我兵科專長。

結語

正所謂「工欲善其事，必先利其器」，我化學兵部隊於平時執行化生放核災害防救、協助毒性化學物質偵檢等工作；戰時遂行化學戰劑偵檢、部隊化生放核防護指導等作為，執行最正確偵檢作為，獲得最有效分析結果，指揮官方能下達最符合戰況指導，因此執行偵檢作業人員本身經驗及裝備性能，將影響部隊決策及防護走向，我軍在戰術作為、準則修訂、規劃裝備，通常會參考美國相關資料，來做為我軍在上述行為擬定走向，在美國正執行次世代化學偵檢器裝備計畫同時，不妨多蒐集相關裝備資料及訊息，作為後續裝備規劃參考方向，因文中提及裝備公司有依美軍任務需求進行裝備性能上調整，調整後裝備是否

符合我軍運用，須在國情及部隊編裝精神不同上，進行測試、測評等作為，方能有效規劃出屬於我化學兵部隊「次世代化學偵檢器裝備」，期未來進一步發揮兵科專業及專長特性。

參考文獻

一、官方文件

- (一)陸軍司令部頒，《國軍化生放核防護教則》，民國 110 年 9 月。
- (二)陸軍司令部頒，《陸軍 PHD6 氣體偵測器操作手冊(第一版)》，民國 103 年 9 月。
- (三)陸軍司令部頒，《陸軍核生化偵檢車操作手冊》，民國 106 年 11 月。
- (四)美國陸軍司令部，Weapon Systems Handbook，2020-2021。
- (五)FLIR Systems Inc.，Field Portable Gas Chromatograph Mass Spectrometers Assessment Report, 2020 年 2 月。

二、網路

- (一)FLIR Systems 獲得美國陸軍總計 2,870 萬美元的下一代化學探測器合約，FLIR Systems, INC., <https://www.businesswire.com/news/home/20181009005798/zh-HK>，(最後檢索日期：2024 年 7 月 1 日)。
- (二)Department of Defense Fiscal Year(FY)2025 Budget Estimate，https://comptroller.denforce.gov/Portals/45/Documents/defbudget/FY2025/budget_justfucation/pdfs/03_RDT_and_E/RDTE_CBDP_PB_2025.pdf，(最後檢索日期：民國 113 年 7 月 1 日)。
- (三)Business Wire, <https://www.businesswire.com/news/home/20181009005798/zh-HK/>, 2018 年 10 月，(最後檢索日期：2024 年 7 月 1 日)。
- (四)Rigaku Analytical Devices，<https://rugaku.com/products/handhled-raman/cql-max-id>，(最後檢索日期：民國 113 年 7 月 1 日)。
- (五)Global EOD Symposium and Exhibition 2018, Army EOD Future Requirement。(最後檢索日期：民國 113 年 7 月 4 日)。
- (六)U.S. Department of Defense, CBRM DRS Fielding and Training, 2024

年 1 月。(最後檢索日期：民國 113 年 6 月 29 日)。

(七)Field Portable Gas Chromatograph Mass Spectrometers Assess-

ment Report, 2020 年 2 月。(最後檢索日期：民國 113 年 7 月 1 日)。

(八)“ Rigaku ResQ CQL 1064 nm 拉曼分析儀資訊表” ，

<https://rugaku.com/products/handhled-raman/cql-max-id>。(最後檢
索日期：民國 113 年 7 月 1 日)。