

裝備介紹-

攜帶式純銻能譜分析儀

作者簡介



作者謝紋凱上士，畢業於國立宜蘭大學土木工程系 99 年班，化訓中心士高班 109-2 期，曾任 36 化學兵群偵檢兵、陸軍兵工整備發展中心化學所偵檢修護士，現職為化生放核防護研究中心射線偵檢士。

提要

- 一、「攜帶式純銻能譜分析儀」是一項革命性的創新技術儀器，本裝置結合了高能量分辨率、優異檢測效率及方便攜帶的特點，能夠有效地分辨不同能量的輻射，從而提供更精確的測量結果。
- 二、攜帶式純銻能譜分析儀，在屏蔽和掩蔽的環境中也一樣不受限制，甚至被設計在極寒的氣候、高溫的地域及在水中，仍能維持正常運作，是一具跨時代的輻射鑑別儀器。
- 三、攜帶式純銻能譜分析儀，其攜帶式的設計可使輻射偵檢人員能夠迅速部署偵測位置，進行現場量測，並可獲得即時數據，進而實現輻射監測的即時性及高效性。
- 四、本文將探討介紹攜帶式純銻能譜分析儀，期讓國軍官兵對化學兵的輻射偵檢能力有更進一步的瞭解與認識，確保能在未知物質的威脅狀態下，提供輻射安全管制暨決策諮詢組於事故緊急應變任務進行評估和決策。

關鍵字：攜帶式、純銻、能譜、輻射、偵檢器

前言

陸軍化生放核防護研究中心(以下簡稱防研中心)於民國 101 年購買多頻道純銻伽馬能譜分析儀，由於純銻伽馬能譜分析儀在使用上有地域的侷限，也就是說須要化學兵部隊採樣後，將樣本送回至防研中心進行樣品的研磨、過篩及灰化等過程，方能進行伽馬能譜分析，整個過程到分析完成，所需時間較長，進而也影響了決策者的下決心的效率。

隨著科技的進步，防研中心經過多年的評估與審核，終於民國 110 年購買

攜帶式純鉀能譜分析儀，從此，移動式輻射偵測技術在不同領域有著重要的角色，且起到了關鍵的作用。對於樣品活度太高或是核種不方便取樣的放射性物質，以及年代久遠、標示不清或不可考的放射性廢棄物，配有攜帶式純鉀能譜分析儀可簡化分析鑑定工作及前處理作業，達到縮短作業時間效能。

目前化學兵部隊配賦的放射性核種分析儀，有以碘化鈉(NaI)為主的閃爍計數器，主要用於量測伽馬(γ)射線的強度或單一核種的分辨。但現今的放射性物質，較多都是比以往複雜許多的放射性化合物或多種放射性核種，如果要在短時間內獲得較高解析度伽馬能譜，攜帶式純鉀能譜分析儀相較會是較適合的選擇。因攜帶式純鉀能譜分析儀是屬於半導體偵檢器¹的一種，在實地應用中，能夠更便捷的進行輻射測量，大大的減少輻射偵檢人員危險性，為輻射安全及輻射防護等領域，提供更強大且更有效的結果。透過本文的介紹，期能讓國人更進一步了解國軍化學兵輻射偵檢能力。

偵檢原理

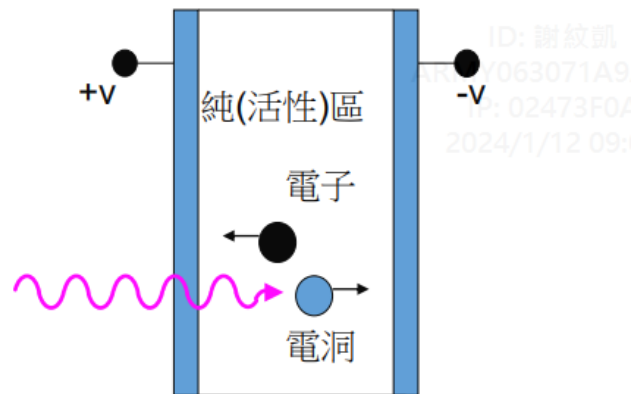
偵檢器的偵檢原理有非常多種，例如游離式、激發式或充氣式等等，每一種偵檢器都會歸屬於其中一種偵檢原理。然而，偵檢原理又因應不同的狀況、射線或核種，產製了相應的輻射偵檢器；沒有一台輻射偵檢器是可以達到所有要求的，只有在什麼狀況下，選擇最適當的輻射偵檢器，方能得到正確數據及輻射資訊。

攜帶式純鉀能譜分析儀是屬於半導體偵檢器的其中一種。半導體偵檢器與充氣式偵檢器的原理相似，都是利用游離作用來偵測輻射(如圖 1)，不同之處是以鉀 (Ge) 及矽 (Si) 等半導體材料代替充氣式偵檢器的氣體。游離輻射使半導體材料產生一個電子 - 電洞對所需消耗能量很小，故比起充氣式偵檢器，相

1.張益民，〈輻射劑量與輻射度量〉《台電放射實驗室》。半導體偵檢器內含晶體物質，其晶體物質(Crystalline Material)的晶格是由被限定能量(Forbidden Energy)的電子(即價電子)所構成；正常狀況下，這些價電子被限制在低能階的價帶(Valence Band)上，但若電子獲得足夠能量，這些價電子可躍至較高能階、能在晶體間自由移動的傳導帶(Conduction Band)上，而成為自由電子。傳導帶和價帶之間係由能量間隙(Energy Gap)或禁制帶(Forbidden Band)所區隔，而能量間隙之大小則是介質用來區分絕緣體、半導體或導體的依據。一般而言，能量間隙大於5eV者稱為絕緣體，能量間隙在1eV左右者稱為半導體，而良導體則是指價電子能由環境中得到足夠能量自行躍至傳導帶的介質能由環境中得到足夠能量自行躍至傳導帶的介質。

同的輻射能量會產生較多數目的電子 - 電洞對，且共價帶與傳導帶能階很小，平均一個游離事件只需要約 3.5eV (比游離腔小)，有較低的分解時間，較高的計數率，較好的能量解析度，因而可降低計數的統計誤差，進而提高鑑別輻射能量的解析能力。²

圖 1 半導體輻射偵檢器原理



半導體輻射偵檢器原理

圖片來源：清大核子工程系李志浩教授編著《輻射度量概論》。

中心現有核種鑑別儀器介紹

核種鑑別可以說是輻射偵測裡最重要的一環，目的在於確定物質中存在的特定放射性元素的種類和濃度。這一步驟對於保護人類和環境免受輻射風險非常重要，不同的放射性核種具有不同的放射性特性和生物效應，因此鑑別核種可以幫助我們評估潛在風險，制定相應的保護措施和應對措施。

例如，在核電廠事故或核武器爆炸發生時或發生後，可能釋放出多種不同的放射性核種，屆時可透過核種分析儀來分析，透過能譜提供了放射性同位素的特定能量和衰變模式的信息。通過比對實際檢測到的能譜與已知核種的能譜庫，來確定核種的身份。鑑別核種的結果，可以提供現場指揮官有關事故的信息，有助於下達重要決策的依據，包括危險區域的範圍、輻射劑量的評估、污染傳播的預測等。這些信息對於制定疏散計畫、各醫療救護及消除站的位置、輻射除汙及救災方式等，都至關任務的成功與否。因此核種鑑別在核電廠事故或核武器爆炸都是不可或缺的重要關鍵，提供的信息影響整體任務成敗關鍵，

2.張益民，〈輻射劑量與輻射度量〉《台電放射實驗室》。

來減少對人類與社會後續的發展及環境的傷害的潛在風險。

現階段防研中心具有放射性核種分析鑑別能力的儀器有三種，分別是碘化鈉型核種分析儀、多頻道純鉺伽馬能譜分析儀及攜帶式純鉺能譜分析儀等3種，分述如下。

一、碘化鈉型核種分析儀簡介

碘化鈉型核種分析儀是以碘化鈉為設計理念的輻射偵測器，可用於檢測和識別可能的輻射源，具有高靈敏度和準確性，可以偵測並量測各種不同類型的輻射，主要偵測運用於伽馬(γ)射線，若須執行中子偵測則須另行置換專用偵檢頭(如圖 2)。

(一)用途:

檢測各式物件，是否有超標之放射性物質及能量、或有無輻射外洩等危害之情事發生。

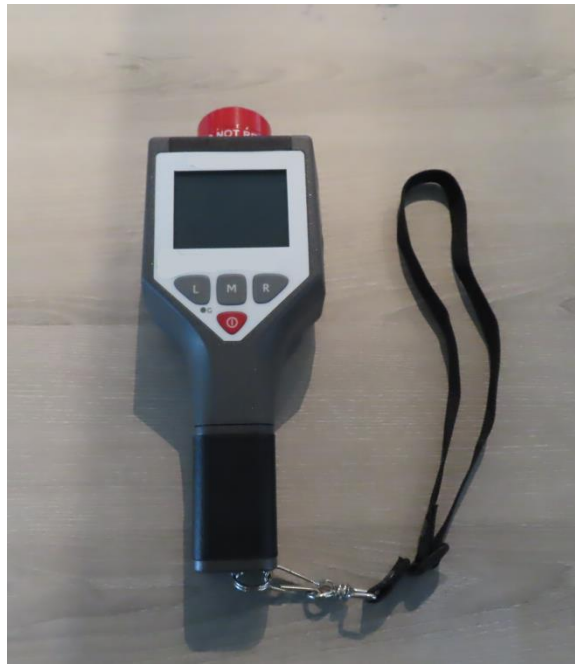
(二)伽馬(γ)劑量及劑量率量測範圍

- 1.能量範圍：20KeV~3MeV。
- 2.劑量率範圍：0.01 微西弗(μ Sv)~1 西弗(Sv)。
- 3.可以改變劑量率單位西弗/每小時(Sv/h)或侖目/每小時(rem/h)及設定警報臨界值。

(三)搜尋伽馬(γ)輻射源或掃描伽馬(γ)核種之污染區域

- 1.可以藉由平均計數率的變化來引導走向射源位置，距離射源越近，蜂鳴器及震動越劇烈。
- 2.本身具有 GPS 功能，可以用搜尋射源模式來定義射源位置。
- 3.經由搜尋環境劑量率偵測或定位輻射源後，利用辨識模式來找出可能的放射性核種。
- 4.碘化鈉型核種分析儀可以顯示核種同位素是否具有威脅性。
- 5.內部核種資料庫可區分天然核種(Normal)、特殊類核種(OSI)、工業用(Industrial)、醫療用(medical)及核能用(Nuclear)。

圖 2 碘化鈉型核種分析儀



圖片來源: 筆者自行拍攝。

二、多頻道純鍺伽馬能譜分析儀簡介

多頻道純鍺伽馬能譜分析儀(如圖 3)主要用於分析阿法(α)射線、貝塔(β)射線及伽馬(γ)射線，具有高精確的能量解析度及計測效率性能，能有效的解析樣品中的複雜放射性核種能峰，是大部份鑑別核種分析的主要標準偵檢器。多頻道純鍺伽馬能譜分析儀在放射性核種鑑別領域，是極具代表性及重要性。

多頻道純鍺伽馬能譜分析儀必須在極低的溫度下操作，溫度須達到 -196°C 保存，且必須保持冷卻狀態，每 2 星期須定時加灌液態氮至固定量(由桶底磅秤標示)，才可以達到高分辨率。在室溫下，由於熱激發，部分電子可能被激發到傳導帶，進而引發較大的本底電流 (background current)，導致產生不必要的能峰，這會干擾測量輻射的信號，進而影響鑑別，故將鍺冷卻到低溫，可以減少電子和電洞的熱激發效應，有助於減少本底電流的產生，提高能量分辨率，更清晰地分辨不同能量的輻射，達到鑑別放射性核種的效果。³

3.陳皇龍，《伽馬能譜分析》。

圖 3 多頻道純鋅伽馬能譜分析儀及液態氮



圖片來源：筆者自行拍攝。

(一)用途

- 1.材料科學與工程:能分析材料的結構與組成，用於材料分析鑑定、合金分析、薄膜特性表徵等方面。
- 2.環境科學與監測:可用於環境樣品的污染物檢測、空氣品質監測、水質分析等應用。
- 3.生物醫學研究:可應用於藥物研發及分析等應用。
- 4.非破壞檢測與質量控制:可對工業產品進行非破壞檢測與質量控制，如金屬製品、電子元件等。
- 5.食品中放射性核種之檢驗:適用於碘-131、銫-134 及銫-137 放射性比活度之檢測。

(二)能量量測範圍:數 10KeV~數 MeV

(三)伽馬(γ)能譜的能量校正

- 1.利用標準射源(如圖 4)已知釋出的伽馬能量，多頻道純鋅伽馬能譜分析儀以此已知能量所產生訊號高脈衝與伽馬能量作圖，完成能譜的能量校正曲線。再以極精確度量伽馬射線能量，未知射源與校正射源必須小心擺放，使其所發射的伽馬射線均以相同方向射入偵檢器。
- 2.效率校正(如圖 5):利用已知活度的標準射源，其伽馬射線的釋出率皆已知，在固定的條件下，測量在此條件下的全能峰所占有的面積值，由

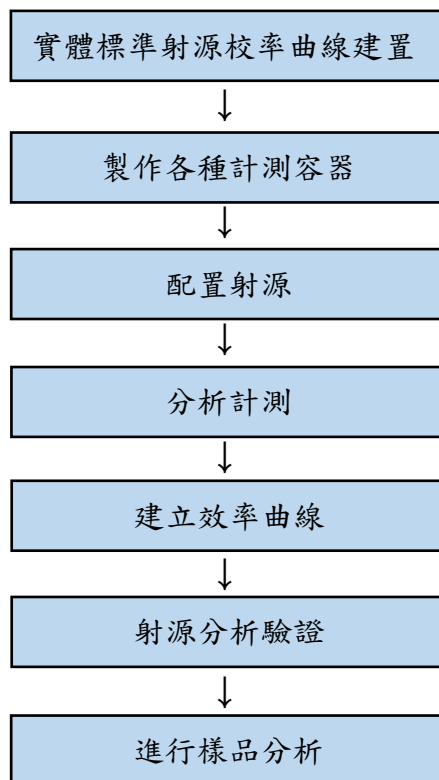
此面積值再計算偵檢器對此伽馬射源的偵測效率。⁴

圖 4 能量校正用的標準伽馬射源

射源	能量 (keV)	射源	能量 (keV)
²⁴¹ Am	59.536 ±0.001	¹⁹² Ir	468.060 ±0.010
¹⁰⁹ Cd	88.034 ±0.010	互毀	511.003 ±0.002
¹⁸² Ta	100.106 ±0.001	²⁰⁷ Bi	569.690 ±0.030
⁵⁷ Co	122.046 ±0.020	²⁰⁸ Tl	583.139 ±0.023
¹⁴⁴ Ce	133.503 ±0.020	¹⁹² Ir	604.378 ±0.020
⁵⁷ Co	136.465 ±0.020	¹⁹² Ir	612.430 ±0.020
¹⁴¹ Ce	145.442 ±0.010	¹³⁷ Cs	661.615 ±0.030
¹⁸² Ta	152.435 ±0.004	⁵⁴ Mn	834.840 ±0.050
¹³⁹ Ce	165.852 ±0.010	⁸⁸ Y	898.023 ±0.065
¹⁸² Ta	179.393 ±0.003	²⁰⁷ Bi	1063.655 ±0.040
¹⁸² Ta	222.110 ±0.003	⁶⁰ Co	1173.231 ±0.030
²¹² Pb	238.624 ±0.008	²² Na	1274.550 ±0.040
²⁰³ Hg	279.179 ±0.010	⁶⁰ Co	1332.508 ±0.015
¹⁹² Ir	295.938 ±0.010	¹⁴⁰ La	1596.200 ±0.040
¹⁹² Ir	308.440 ±0.010	¹²⁴ Sb	1691.022 ±0.040
¹⁹² Ir	316.490 ±0.010	⁸⁸ Y	1836.127 ±0.050
¹³¹ I	364.491 ±0.015	²⁰⁸ Tl	2614.708 ±0.050
¹⁹⁸ Au	411.792 ±0.008	²⁴ Na	2754.142 ±0.060

圖片來源:陳皇龍,《伽馬能譜分析》。

圖 5 實體標準射源校率曲線建置



4.同註 3。

資料來源:尤建偉、羅會義、方鈞屹合著，《特性化效率曲線應用於濾紙式樣之伽馬能譜分析技術》。

三、攜帶式純鉀能譜分析儀介紹

攜帶式純鉀能譜分析儀目前已運用在美國國土安全局、美國核燃料製造商及美國陸海空軍等重要機關，主要使用於海關貨櫃檢查及恐怖份子輻射髒彈調查等偵測。

(一)機儀介紹

1.攜帶式純鉀能譜分析儀

攜帶式純鉀能譜分析儀(如圖 6)使用一個大的同軸 P 型高純度鉀 (HPGe) 偵測儀晶體，晶體的直徑為 65 毫米，長為 50 毫米。此直徑較其他偵檢器晶體面積大的正面表面積，對於較低能量的伽馬(γ)射線會具有較出色的偵檢靈敏度，較大的晶體體積增加了伽馬(γ)射線被攜帶式純鉀能譜分析儀完全吸收的可能性，進而大幅增加了鑑別伽馬射(γ)線種類的可能性。攜帶式純鉀能譜分析儀既可用於放射性核種鑑別，也可用於確定低伽馬(γ)射線的暴露率，也可以利用鑑別輻射能譜來偵測貝塔(β)輻射。

攜帶式純鉀能譜分析儀使用三個偵測器來判定 0.05 毫倫琴 (mR/h) ~ 1 毫倫琴 (R/h) 這個範圍較寬的伽馬(γ)射線暴露率，其暴露率可量測範圍可達 10 的 6 次方，對於低暴露率，也就是低於 2 毫倫琴 (mR/h) 則由 HPGe 偵測器鑑別輻射能譜來鑑別核種，對於高於該值的暴露率，儀器則是使用蓋格幕勒管，來補償內部 HPGe 偵測儀能力不足的範圍，攜帶式純鉀能譜分析儀厲害的地方就是在這些不同偵測器之間，能自動切換來顯示劑量率，提供偵檢人員需要的相關資訊。

攜帶式純鉀能譜分析儀也能探測到中子射源，因為這套裝備的設計，能透過一般周圍物質的中子活動來偵測伽馬(γ)射線，能偵測到 8 MeV 能量範圍的伽馬(γ)射線。

圖 6 攜帶式純銻能譜分析儀



圖片來源: 筆者自行拍攝

2.分析儀參考點

在廣大射源裡，例如裝滿天然放射性物質（ Naturally Occurring Radioactive Material, NORM ）的容器輻射現場或遠場點射源（ 距儀器 $> 1\text{ m}$ ）偵測時，對攜帶式純銻能譜分析儀的判定劑量率軟體，參考點的精確位置並不是非常重要；只有當點射源靠近儀器時，來自不同偵測器的讀數可能會有些許不一樣，因為這些偵測器位於儀器殼內不同的位置，所以劑量率會隨位置的不同而有不一樣的讀值。如果需要使用點射源（ 尤其是在近距離範圍內 ）來測試劑量率測量能力，則必須要知道的是儀器偵測器的參考點，來獲得更精確的劑量率數值(如圖 7、8)。

圖 7 偵測器垂直參考點

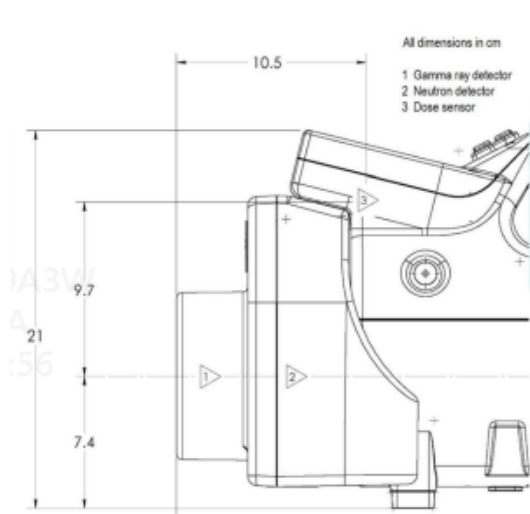
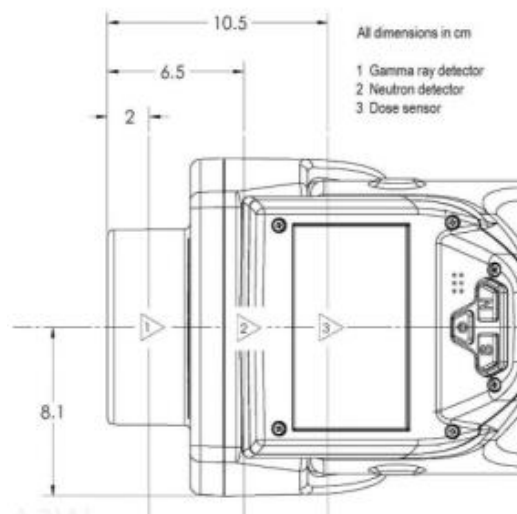


圖 8 偵測器水平參考點



圖片來源: Detective-X-MNL-M 中文操作手冊。

3.分析儀性能

攜帶式純銻能譜分析儀突破以往純銻分析只能採取固定式分析鑑定的瓶頸，既然採取了攜帶式的方式，就要有相當的性能配套，且平衡所有利弊，來讓整體的攜帶式純銻能譜分析儀，最可以完整地發揮攜帶式純銻能譜分析儀的強大能力。

(1)電源:攜帶式純銻能譜分析儀本身是使用兩個大容量鋰離子 (Li-ion) 電池，是以充電器連接外部電源或採取 12V 汽車電源轉接器的方式充電；充滿電的情況下，在室溫下最多可以運行 8 個小時，在極低的溫度下 (-20°C)，電池最多可以工作 5 個小時。電池末端有 5 格 LCD 顯示器，可以顯示電池電量狀態，可用於區分電池已用量和已充電的電池，當電池電量使用約剩 10% 電力時 (使用時間約剩 45 分鐘)，攜帶式純銻能譜分析儀會發出聲音和燈光警報。充電時，並不會給電池過度充電，且本身具有兩個電池槽，可以放入兩顆鋰電池，如果只放一顆鋰電池，一樣能正常使用攜帶式純銻能譜分析儀；如果在兩個電池槽分別放入不同電量的兩顆鋰電池，攜帶式純銻能譜分析儀會先使電量較充足的鋰電池，直到兩顆鋰電池電量相當時，電路再開始一同使用這兩顆鋰電池。

(2)輸入方式:攜帶式純銻能譜分析儀具有觸控式螢幕，可以用手指來操控介面；如果是在作業過程中必須全程戴上手套，也可以使用位於手柄上的按鈕來操作儀器，或是使用攜帶式純銻能譜分析儀配賦一支可伸縮式觸控筆(觸控筆採磁吸式嵌入於可拆式肩帶)，整體操作方式較多元，可供使用者靈活運用。

(3)作業環境:攜帶式純銻能譜分析儀的設計使用溫度範圍落在-20°C至 50°C，而外殼是由高抗衝擊聚碳酸酯製成，對於一般碰撞，並不會造成破裂或是永久變形；暴露於紫外線 (陽光直射) 下不會降解，並具有 UL 746C 的 F1 等級；對於防水及防塵，防護等級也達到 IP65，即使在大雨下，仍是可以運作的，在國外甚至直接將水倒在冷卻風扇口，一樣正常運作。

(4)警報方式及警報值:在偵測到核種或是操作人員暴露在劑量率較高的

環境下，是採取聲音及震動方式示警，音量可以調整大小，還可以模擬輻射場強度，以“滴答”響的速率來示意強度，震動可以調整開關；操作人員的危險警報預設值，伽馬(γ)劑量率警報值為 $10\mu\text{Sv/hr}$ 及中子通量率警報值為 25 nps/cm^2 時，可以依任務需求調整警報設定值。除了人員危險警報值設定外，還有一個警報值叫做超範圍警報值 (Over Range)，超範圍警報值的意思是輻射暴露率太高，導致儀器鑑別能力下降，伽馬(γ)超範圍警報值是以固定的 2 mR/h (約 $17\mu\text{Sv/hr}$ 劑量率) 加碼(γ)暴露率為觸發點，在這種暴露率下，半導體純鉀 (HPGe) 的無感時間(Dead Time)會加長，以至於無法較有效率的鑑別未知核種 ID。

(二)軟體介紹

1.Detective X模式:是這儀器的標準操作介面。在Detective X模式下有偵測模式(Detect Mode)及ID Mode模式，這兩種操作模式是攜帶式純鉀能譜分析儀的操作核心，在數據收集方面，可供操作者靈活的運用。

(1)偵測模式(Detect Mode):用來偵測區域、固定或移動放射性物體，在這模式裡主要有兩種功能：

A.信號索引(Signal Index):信號指數反映在伽馬(γ)射線通量的水平，當攜帶式純鉀能譜分析儀接收到更多或更少的伽馬(γ)射線相互作用時，信號指數會增加或減少。信號指數是基於所有威脅和無害核種的總和，再扣除背景值後的伽馬(γ)射線計數率，以及可能未包含在軟體資料庫鑑別表中的放射性核種的伽馬(γ)射線。垂直標度是對數，並且峰值高度隨著攜帶式純鉀能譜分析儀和伽馬(γ)射源之間的距離減小而增加。右邊的索引值僅用於與背景值比較，水平刻度在時間上是線性的，總時間為 15 秒。發出核種 ID 警報時，視窗的部分背景顏色將由白色變為紅色 (威脅 ID)、綠色 (無威脅 ID) 或黃色 (可疑 ID)，只要偵測儀現場存在放射性核種，背景顏色就會持續存在。

B.SNM 索引(SNM Index):表示偵測到的伽馬(γ)射線是否含有特殊核種的特徵，再與鑑別表作可信度比對。SNM 指數指的是與鑑別表中的特殊核種特徵比對的最大可信度 Q 值的函數，包括鈾(U)，鈾 (Pu)，釷 (Np)，銩 (Am) 和中子。

C.專家模式 (LCX):在此模式下，會以低於標準分析模式低可信度來做鑑別(可以大幅增加偵測到核種的機率，但相對的也增加了的誤警的機率)，會顯示新的可疑核種並發出可疑警報，以提供較有豐富經驗的操作手，做能譜分析鑑定，由操作手判斷是否存在核種。例如，在偵測到 186 keV 波峰狀況下，不一定代表這狀況下，存在著 U-235；反之，如果在這狀況下，存在著 U-235，則是儀器偵測到某幾個會放射出接近 186 keV 的伽馬(γ)射線核種中的其中之一。

(2)鑑別模式(ID Mode):在此模式下，會用相較於偵測模式的偵測時間，以較長時間的靜止方式對待測核種或區域進行計數，可以鑑別出較高可信度的核種。

2.偵探模式 (Sleuth):偵探模式是讓操作者最為簡單的操作模式。啟用了偵探模式後，便會自動開啟冷卻系統，依照顯示幕所提示的訊息，配合量測距離或偵測時間，再利用儀器內部數據處理功能，評估輻射源所構成的危脅級別，供操作者完成簡易操作快速鑑別。5

表 1 國軍核種分析儀比較

儀器比較	碘化鈉型 核種分析儀	多頻道純鍺 伽馬能譜分析儀	攜帶式純鍺 能譜分析儀
解析力	低	高	高
效率	高	低	低
量測範圍	20KeV~3MeV 0.01 μ Sv~1Sv	數 10KeV~數 MeV	0.05 (mR/h)~ 1 (R/h) 數 eV~8MeV
射線偵測	γ	無	β 、 γ 、中子

鑑別能力	單一核種	多種放射性核種	多種放射性核種
冷卻	不需要	需要以液態氮冷卻(長時間供應主機降溫，液態氮須購買)	需要以液態氮冷卻 (本機可以自身降溫)
防水等級	IP65	無 (實驗室作業無防水需求)	IP65
使用方式	攜帶式	固定式	攜帶式

資料來源:筆者自行繪製

攜帶式純銻能譜分析儀運用

化學兵部隊戰時需對核子武器所造成的損害實施偵測，另平時如核電廠發生核子事故且有擴大情事之虞者，我們也需依令實施災害事故現場 8 到 16 公里處輻射監測。因應現代戰場上及核子事故等複雜情況下，均涉及多種放射性核種，此等放射性事故的複雜性和嚴重性較高，就歷史事件來看，車諾比核電廠事故、311 福島核電廠事故及廣島和長崎原子彈爆炸事件，皆有不可抹滅及難以復原的傷害，因為在不同核種具有不同的物理性質和化學性質，會導致多方面的連鎖影響。

一、核電廠輻射災害

(一)爐心熔毀：核反應堆因冷卻系統故障或操作失誤，導致爐心熔毀或控制棒失效導致反應堆失控，加速反應，釋放多種放射性核種如碘-131、銻-137、銻-90 等放射性物質。

(二)輻射冷卻液洩漏：冷卻液(如水或氣體)洩漏，攜帶多種放射性核種擴散到環境中。

(三)輻射廢棄物處理系統故障：輻射廢棄物處理系統發生故障，導致儲存放射性廢棄物的儲槽發生洩漏，釋放多種核種。

二、戰場上的輻射災害

(一)核子武器爆炸：核子武器爆炸產生大量放射性物質，伴隨者輻射落塵隨氣候飄散，導致汙染範圍急遽擴增，造成大範圍汙染，才是影響全球的主要原因。如銻-60、銻-90、銻-137 或碘-131 等放射性物質。

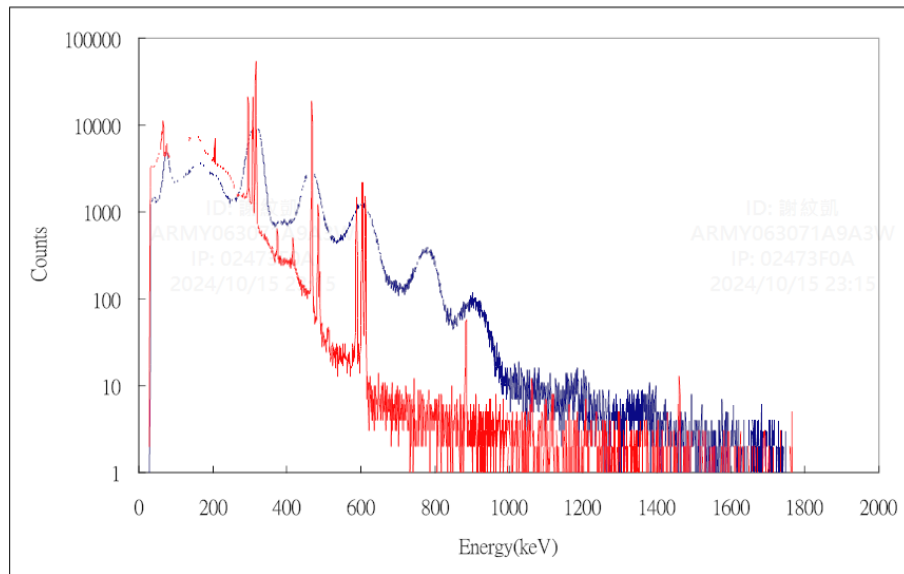
(二)輻射髒彈：敵人用放射性物質混合炸彈，在人群眾多的區域中，爆炸後釋放放射性物質，造成人員及環境輻射汙染，如 Am-241 混入塑膠炸彈 (C-4)。

面對這些歷史上曾發生的事件與災害，國軍在一般部隊配賦的裝備是 AN/VDR-2 野戰輻射偵測器，在劑量率的監測是相當足夠的；而化學兵部隊與一般部隊相較之下，因在裝備上配賦了碘化鈉型核種分析儀，在輻射的量測上，多了鑑別能力，在對輻射的量測或是人車裝的消除，有更進一步的參考價值。例如，遇到銻(Am-241)在沒有碘化鈉型核種分析儀的狀況下，並沒有辦法知道是什麼核種，也就沒辦法適時地下達適當的防護，在熱區應配戴呼吸防護面具或正壓自吸式呼吸器，即可能讓偵檢班免受到阿法(α)射線造成嚴重的輻射傷害；在暖區作業的消除班，應配戴 N95 等級口罩，防範放射性物質進入體內(如圖 9)。

面對不同的核種，會有不同的處置方式，絕不會是一套最高防護裝備撐全局。核種鑑別在偵檢人員上，可以對後續消除部隊的作業，有更好的除汙建議；在消除人員上，可以依偵檢人員所提供的寶貴建議，來做相對應的消除方式，減輕作業人員壓力及消除能量；在醫護人員上，依核種鑑別，來判定傷患可能的體內輻射傷害及體外輻射暴露，來做適時適切的體內及體外除汙，或是進行緊急輻射醫療作為或生命搶救。

因此在輻射鑑別上，攜帶式純銻能譜分析儀因儀器昂貴，僅在某些單位有特殊需求上建置。碘化鈉型核種分析儀較適合在一般巡檢任務狀況下使用，且大規模配備和日常使用，若需要在現場核種分析的特殊任務中，再使用攜帶式純銻能譜分析儀；綜合種種因素考量，需到什麼層級才應該建置攜帶式純銻能譜分析儀，避免過度裝備，造成資源浪費，是值得探討的。

圖 9 碘化鈉(藍)與純鋅(紅)解析度比較圖



圖片來源：張益民，〈輻射偵檢儀器及輻射度量儀具校正〉《台電放射實驗室》。

四、對我軍輻射偵檢作業之建議

由於近年烏俄戰爭的發生，互相指控對方不排除使用核武器及輻射髒彈的可能性，可見輻射威脅一直都存在，倘若輻射災害真的發生在台灣，國軍該如何應對各種狀況，有賴於平時的演練及年度的演習，才可以有效因應現在輻射災害應變作為。綜觀目前化學兵的輻射偵檢器，如遇輻射災害，我們應該如何運用，作業建議如下：

一、通報

經國防部或陸軍司令部通知，依令待命狀況下，防研中心立即將攜帶式純鋅能譜分析儀開機進行暖機(由於純鋅冷卻至可運作需耗時約 7~8 小時)，以利後續輻射源偵測或鑑別作業遂行。

(一)取得致災物資訊

1. 詢問現場人員或偵檢班，索取輻射相關資訊，依資訊判斷防護等級或撤離，以利後續輻射災害處理作業。
2. 若已知致災物質為何種放射源，可參考輻射災害第一線應變人員手冊一書內，附錄二-常見放射性物質防災處理方式處理。務必落實防護措施，不可在無防護狀況下近距離接觸，容器未受損狀況下，可將放射性物質移開現場。若無法移開，應以適當屏蔽防護。

(二)輻射偵檢儀器開啟

- 1.偵檢班應於到達事故現場前，先完成開機作業，並量測與紀錄環境輻射背景值(一般背景值約落在 0.2 微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)以下)。
- 2.將個人劑量警報器設定累積劑量警報值為 10 毫西弗(mSv)。
- 3.如可能進入有輻射汙染區域，可先以保鮮膜或防水袋完整包覆輻射偵檢儀器探頭偵測部分，避免偵測過程儀器本身遭受汙染影響判讀。

(三)偵檢班偵檢作業

1.搜索射源

- (1)可以使用 AN/VDR-2 野戰輻射偵測器對環境四周實施搜索，注意劑量率變化，來找出輻射源大約位置。
 - (2)如有較明顯特徵顯示為輻射源，例如貼有輻射示警標籤，可以使用長桿型輻射偵測器，量測劑量率，如果量測劑量率數值超過 100 微西弗/小時($\mu\text{Sv/h}$)，則先以鉛板或現場既有之金屬板、水泥塊作為屏蔽，減少人員接受到的輻射劑量。
 - (3)可以利用碘化鈉型核種分析儀裡的搜尋射源模式，進行輻射源位置標定，並進行輻射源核種鑑別，再參考輻射災害第一線應變人員手冊一書內，附錄二-常見放射性物質防災處理方式處理，建議消除班後續處理作業之依據。
- 2.倘若事故現場，屬於較多種輻射源致碘化鈉型核種分析儀無法確切鑑別出輻射源核種，待防研中心攜帶式純鉅能譜分析儀至事故現場協助完成輻射源核種鑑別或採樣後送至防研中心或具有核種鑑別能力相關單位完成輻射源核種鑑別作業。
 - 3.化學兵群應參考輻射災害第一線應變人員手冊一書，以完備輻射相關知識及作業程序，達到自我保護及協助災後復原的參考。⁶

6. 行政院核能安全委員會，《輻射災害第一線應變人員手冊》，民國 110 年，第 2 版。

表 2 輻射災害應變人員個人防護裝備建議表

區域		有輻射汙染(之虞)	無輻射污染可能
管制區	熱區	全身防塵衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、呼吸防護面具(如有必要則加穿鉛衣)	無須穿戴特殊裝備
	暖區	全身防塵衣、鞋套、手套、頭套、護目鏡、N95 口罩	
非管制區		無須穿戴特殊裝備	

表格來源：行政院核能安全委員會，《輻射災害第一線應變人員手冊》
(110 年 2 版)

五、結語

假設對一個廢棄工廠進行輻射偵檢，要確定是否存在放射性物質洩漏或汙染，在檢測過程中，可能會存在輻射暴露風險、設備故障的風險、環境二次汙染風險、不良天氣條件風險及缺乏培訓和專業知識風險，綜合以上種種可能，都有可能造成偵檢班的危險。因此在執行任務之前，應該進行充分的風險評估，並採取必要的警急措施來最大程度的減少這些風險。

然而，在缺乏培訓和專業知識這風險上，其中輻射偵檢儀器這門專業領域是影響任務成敗的重要關鍵，輻射偵檢儀器很多種，沒有一台輻射偵檢儀器是可以解決所有檢測資訊。因此了解任務的重點，來選擇適當輻射偵檢儀器是至關重要的，可以從檢測對象、能量範圍、應用領域及技術特點等因素。只有根據具體需求做出明智選擇，才能確保選擇到最合適的輻射偵檢儀器。

了解攜帶式純銻能譜分析儀這款輻射偵檢儀器，對於許多行業也是一門重要的課題。對於核能行業來說，是一台能夠確保安全營運和監測放射性物質的重要輻射偵檢儀器。再來，對於醫學領域需要這台來進行放射性藥物的生產監控及鑑別。其次，在環境保護這塊，可以使用這台來監測放射性物質在環境中的存在和分布。最後，在國家安全領域需要來檢測和防範放射性物質的非法使用，也是我們化學兵的主要任務之一。因此，了解攜帶式純銻能譜分析儀的功

能和性能，能夠幫助化學兵更好的應對放射性物質帶來的各種挑戰，保護人類和環境的安全與健康。知己知彼，百戰百勝！

參考資料

一、期刊、講義：

1. 張益民，〈輻射劑量與輻射度量〉《台電放射實驗室》，化生放核訓練中心112年輻射防護員訓練班講義。
2. 張益民，〈輻射偵檢儀器及輻射度量儀具校正〉《台電放射實驗室》，化生放核訓練中心112年輻射防護員訓練班講義。
3. 李志浩，《輻射度量概論》，化生放核訓中心112年輻射防護員訓練班講義。
4. identiFINDER-2核種分析儀儀器操作手冊。
5. 陳皇龍，《伽馬能譜分析》，化生放核訓中心112年輻射防護員訓練班講義。
6. Detective-X-MNL-M 中文操作手冊。
7. 行政院核能安全委員會，《輻射災害第一線應變人員手冊 》(110年2版)。

二、網路資料：

1. 半導體探測器歷史-百度百科，最後檢索日期113年6月18日。
 2. 尤建偉、羅會義、方鈞屹合著，「特性化效率曲線應用於濾紙式樣之伽馬能譜分析技術」。最後檢索日期113年6月21日。
-