

火炸藥物質檢測方法—氣相層析儀／電子捕捉偵測器法

中華民國 102 年 12 月 9 日環署檢字第 1020106512 號公告
自中華民國 103 年 3 月 15 日生效
NIEA M902.00B

一、方法概要

固態樣品以超音波萃取或水平震盪萃取，液態樣品以固相萃取法處理，萃液再以氣相層析儀/電子捕捉偵測器法分析樣品中火炸藥物質。本方法不建議濃縮萃液，以免發生爆炸。

二、適用範圍

本方法適用於土壤、底泥、廢棄物、飲用水、飲用水水源、地面水體、地下水、放流水或其他環境基質中火炸藥物質之檢測（詳見表一）。其他火炸藥物質及前處理程序如經驗證符合本方法之品質管制規範，亦適用之。

三、干擾

- (一) 部分火炸藥物質如硝基胺類，因其熱不穩定性，使用氣相層析儀分析需特別注意穩定性及品質管制之要求。注射埠與管柱需要保持乾淨，當汽化管或毛細管前端中有非揮發性有機物存在時，會造成硝基胺類尤其是環四亞甲基四硝基胺(HMX)拖尾或訊號降低，此時可以更換汽化管或是切管柱因應。
- (二) 除了硝基類化合物，電子捕捉偵測器對於鹵化物或氧化物等也有訊號，分析過程中需避免。塑膠容器中的鄰苯二甲酸酯亦會產生干擾，故在採樣、分析過程中，避免使用塑膠器皿。
- (三) 當分析高濃度樣品後接著分析低濃度樣品時，可能會產生交叉污染。因此於高濃度樣品分析完成後，必須注射一針或數針空白溶劑，確認無殘留污染的情況。

四、設備及材料

- (一) 採樣瓶(液態樣品)：1 L 窄口瓶，棕色玻璃材質，附螺旋瓶蓋，瓶蓋內襯為鐵氟龍墊片。若使用無色玻璃瓶，可以鋁箔紙包於瓶外，以避免照光。使用前需先以丙酮清洗並乾燥。
- (二) 採樣瓶(固態樣品)：250 mL 廣口瓶，棕色玻璃材質，附螺旋瓶蓋，瓶蓋內襯為鐵氟龍墊片。若使用無色玻璃瓶，可以鋁箔紙包於瓶外，以避免照光。使用前需先以丙酮清洗並乾燥。
- (三) 水樣固相萃取裝置與材料

- 1.固相萃取管柱(膜)：Porapak RDX 500 mg，6 mL、Empore SDB-RPS 47 mm disk(或 90 mm)或同級品。
- 2.固相萃取裝置：Waters，SPE 萃取裝置；或同級品。
- 3.蠕動馬達：Gilson Minipuls 3 型；或其他類似之蠕動馬達，可調整流速。
- 4.真空幫浦：可調整真空度，可維持真空壓力至 8-10 mmHg。
- 5.樣品瓶：1 L 或其他適當體積，玻璃材質，附螺旋瓶蓋。
6. KD 管或收集管：玻璃材質，容量至少 10 mL。

(四) 土壤、底泥與固體廢棄物之前處理與萃取裝置與材料

- 1.研鉢與研杵或機械式研磨器。
- 2.篩網：孔徑為 10 mesh。
- 3.超音波萃取設備或水平震盪器。
- 4.樣品瓶：40 mL。

(五) 分析天平：可精秤至 0.1 mg。

(六) 天平：可精秤至 0.01 g。

(七) 量筒：1 L (或 250 mL)。

(八) 量瓶：5 mL，或適當體積之玻璃材質，附磨砂瓶蓋，A 級。

(九) 玻璃吸管。

(十) 過濾膜：孔徑為 0.45 μm 之 PTFE 材質或同級品。

(十一) 可拋棄式塑膠注射針：容量至少 1 mL。

(十二) 氣相層析儀

- 1.包含溫控烘箱、電子捕捉偵測器、注射針、管柱、氣體、層析用積分儀、記錄器或電腦。
- 2.注射埠：On column 或分流-不分流注射埠，當使用分流-不分流注射埠時建議搭配直接注射汽化管以降低硝基胺類化合物之分解。汽化管：1mm Siltek-deactivated Uniliner，6.3 mm \times 78.5 mm，或同級品。
- 3.層析管柱：(含分析與確認管柱，兩者可相互對調使用)
 - (1)分析管柱：RTX-TNT，6 m (長) \times 0.53 mm (內徑) \times 1.5 μm

(膜厚)，或其他極性類似之毛細管柱。

(2) 確認管柱：RTX-TNT2，6 m (長) × 0.53 mm (內徑) × 1.5 μm (膜厚)，或其他極性類似之毛細管柱。

4. 注射器與樣品盤：可用手動或自動注射，但當使用自動注射器注射時，樣品盤需可保冷 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，以防止火炸藥物質於等待上機過程中分解。

五、試劑

- (一) 試劑水：不含有機物之去離子水，或同級品。
- (二) 乙腈：殘量級或同級品。
- (三) 丙酮：殘量級或同級品。
- (四) 甲醇：殘量級或同級品。
- (五) 異丙醇：殘量級或同級品。
- (六) 擬似標準品儲備標準溶液：擬似標準品為 3,4-dinitrotoluene(3,4-DNT)，以乙腈為溶劑，建議配製濃度約 1000 mg/L。
- (七) 儲備標準溶液：由於火炸藥物質的安全性問題，標準品溶液建議不要從原體開始配製，可選用市售經確認濃度之混合標準溶液，參考濃度如表二所示。
- (八) 中間儲備混合標準溶液(水樣前處理用)：以乙腈為溶劑，參考配製濃度如表三所示。
- (九) 中間儲備混合標準溶液(固態前處理用)：以乙腈為溶劑，配製濃度為 40 mg/L。
- (十) 查核樣品與添加樣品(水樣前處理用)：建議添加 400 μL 如表三的中間儲備混合標準溶液與擬似標準品 400 μL (濃度 1 mg/L) 到 500 mL 水樣中，添加化合物的濃度分別為 0.8 μg/L、4 μg/L 與 8.8 μg/L。
- (十一) 查核樣品與添加樣品(固態前處理用)：建議添加 100 μL 中間儲備混合標準溶液(濃度 40 mg/L) 與 100 μL 擬似標準品(濃度 40 mg/L) 到 10 g 固態樣品中，添加化合物的濃度為 400 μg/kg。

六、採樣及保存

- (一) 採樣：參考現行公告之各相關檢測方法。

- (二) 液態樣品以乾淨之棕色玻璃採樣瓶或以鋁箔紙包裹等避光方式處理之玻璃瓶盛裝樣品，須附鐵氟龍內墊之蓋子，收集 1 L 以上。固態樣品以乾淨之 250 mL 棕色玻璃採樣瓶或以鋁箔紙包裹等避光方式處理之玻璃瓶，附鐵氟龍內墊之蓋子收集。
- (三) 樣品與萃液需保存於暗處、須於 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 冷藏，樣品於 14 天內完成萃取，萃取後 40 天內完成分析。
- (四) 乾燥過後的土壤或底泥樣品，可以於室溫或低於室溫中存放。

七、步驟

- (一) 水樣前處理—固相萃接管柱（以下是單一實驗室方法驗證時之操作條件，實驗室得適當調整之）
 1. 活化：固相萃接管柱 Porapak RDX 500 mg 加入 20 mL 乙腈以重力流洗，待管柱內乙腈快與填充物齊高時，再加入 20 mL 試劑水以重力流洗，待管柱內試劑水快與填充物齊高時，最後再加入 5 mL 試劑水，關閉閥門等待樣品載入(Loading)。
 2. 使用 1 L 量筒量取水樣 500 mL，倒入樣品瓶中，並建議添加 400 μL 濃度 1 mg/L (400 ng)之擬似標準品。
 3. 水樣以約 6 mL/min 的流速流經固相萃接管柱後，抽乾固相萃接管柱，若無真空幫浦可抽乾管柱，則需以氮氣吹乾，乾燥固相管柱此步驟非常重要，當管柱中含水時，下階段沖提會一併將水收集於沖提液，將會影響到部分火炸藥物質尤其是 HMX 的回收率。
 4. 固相萃接管柱內加入約 3.5 mL 乙腈沖提，收集此沖提液於 KD 管，定容至適當體積。不建議濃縮。
 5. 使用 0.45 μm 孔徑 PTFE 過濾膜過濾萃液，保持在 $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的棕色樣品瓶中待上機。
- (二) 水樣前處理—固相萃取膜（建議之操作條件，實驗室得適當調整之）
 1. 清洗與活化：取固相萃取膜 Empore SDB-RPS 置於萃取膜固定座，視需要於萃取膜上方放置適當孔徑（1 μm ~ 5 μm ）之玻璃纖維濾紙。依次加入 5 mL 丙酮、15 mL 異丙醇、15 mL 甲醇流洗後，加入 20 mL 乙腈浸泡 3 分鐘後流洗，再次加入 20 mL 乙腈流洗，待乙腈快與萃取膜齊高時，加入 20 mL 試劑水流洗，待試劑水快與萃取膜齊高時，再次加入 20 mL 試劑水流

洗，最後在膜上保持 2~3 mm 高的試劑水，等待樣品載入 (Loading)。

2. 使用 1 L 量筒量取水樣 500 mL，倒入樣品瓶中，並建議添加 400 μ L 濃度 1 mg/L (400 ng) 之擬似標準品。
3. 水樣以適當的流速流經固相萃取膜後，抽乾固相萃取膜。
4. 固相萃取膜內加入約 4 mL 乙腈，浸泡 3 分鐘後沖提，收集此沖提液於 KD 管，定容至適當體積。不建議濃縮。
5. 使用 0.45 μ m 孔徑 PTFE 過濾膜過濾萃液，保持在 $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 的棕色樣品瓶中待上機。

(三) 土壤、底泥與廢棄物前處理

1. 安全性：分析火炸藥物質時，實驗室與人員的安全需特別注意。固態樣品建議先初步了解樣品濃度，可參考現行公告「土壤中 RDX、HMX 類化合物比色篩檢方法 NIEA S902」及「土壤中 TNT 類化合物比色篩檢方法 NIEA S903」。當土壤樣品含有 2% 以上 2,4,6-TNT 時，不建議手動或機械研磨，可以人工剝散後過篩處理。其他安全注意事項請見註 2。

2. 樣品乾燥

在室溫下自然風乾樣品，也可以用更低的溫度進行乾燥(如冷凍乾燥)，直至樣品重量達恆重後室溫保存。風乾過程需偶爾將團粒(如粒徑 >15 mm)剝散，以免土壤因脫水而緊密膠結，並有利於乾燥速度。小心不要使樣品直接照射到陽光。

3. 樣品研磨與過篩

- (1) 使用研鉢與研杵或其他機械式研磨器將樣品研磨(實驗室須評估爆炸風險後再決定是否執行)。
- (2) 使用 10 mesh (2 mm) 的篩網過篩。

4. 樣品萃取

- (1) 取 10 g 的樣品到樣品瓶中，建議添加濃度 100 μ L 濃度 40 mg/L (4000 ng) 的擬似標準品，取 20 mL 乙腈加入瓶中，均勻搖晃後，放到水平震盪器以 200 rpm 震盪至少 18 小時以上或進行低溫($<30^\circ\text{C}$)超音波萃取至少 18 小時以上。

(2) 萃取後，靜置樣品，取萃液以 0.45 μm 的 PTFE 過濾膜過濾，保持在 $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 的棕色樣品瓶中等待上機。必要時，可離心。

(四) 氣相層析分析：

1. 當使用自動注射時，開啟樣品盤冷卻裝置，當到達平衡溫度 $4 \pm 2^\circ\text{C}$ 後再開始上機分析。
2. 因為部分火炸藥物質為熱不穩定性化合物，在建立檢量線前，建議注射埠與管柱需清理乾淨。
3. 當管柱有一段時間未使用時，低濃度標準品可能會吸附於管柱中，建議先注射比檢量線中點濃度高 20 倍的標準品後，再開始建檢量線或進行檢量線查核。

4. 建議儀器參數：

(1) 注射口溫度 220°C 。

(2) 管柱起始溫度 80°C ，保持 1 分鐘，以每分鐘 16°C 的升溫速度到 240°C 維持 3 分鐘，以每分鐘 30°C 的升溫速度到 280°C 維持 2 分鐘。

(3) 偵測器溫度 310°C 。

(4) 輔助氣體： N_2 ，60 mL/min。

(5) 載氣： He ，13 mL/min (RTX-TNT2 管柱) 與 18 mL/min (RTX-TNT 管柱)。

(6) 注射體積：1 μL 。

5. 檢量線製作

(1) 以乙腈配製至少五種不同濃度之檢量線標準溶液，最低一點宜與方法定量極限之濃度相當。參考表三化合物濃度之分類，建議配製檢量線濃度範圍為 5 ~ 500 $\mu\text{g/L}$ (I 類)、25 ~ 2,500 $\mu\text{g/L}$ (II 類) 與 55 ~ 5,500 $\mu\text{g/L}$ (III 類)，配製溶劑為乙腈。檢量線濃度範圍可依照儀器感度作調整。

(2) 至少 5 點不同標準品濃度，其線性相關係數應大於或等於 0.995，或是使用外標準法，校正因子 (Calibration factor, CF) 的相對標準偏差 (Relative Standard Deviation, RSD) 小於或等於 20%。

(3)以第二來源標準品配製接近檢量線中點濃度進行確認（若無第二來源標準品時，至少應使用另一獨立配製之標準品），其相對誤差值應在 $\pm 20\%$ 以內。

6. 樣品分析

(1)完成檢量線後，每批次或每 20 個樣品，以標準品查核初始檢量線的續用性，查核程序為分析檢量線中間濃度的標準品，將此標準品計算所得的濃度與配製濃度作比較，若其相對誤差值落在 $\pm 20\%$ 內，則初始檢量線仍然有效，否則應重新製作檢量線後再分析樣品。

$$\text{相對誤差值(\%)} = \frac{\text{計算所得濃度} - \text{配製濃度}}{\text{配製濃度}} \times 100\%$$

(2)注入 1.0 μL (建議值) 之萃液至氣相層析儀，比較其與標準品之滯留時間，以定性分析是否含有火炸藥物質。定性時使用滯留時窗，通常以標準品之尖峰平均滯留時間 $\pm 3 \times$ (標準偏差) 來界定滯留時間，管柱之滯留時間參考如表四。分析管柱以及確認管柱皆有待測物出現時，才認定其存在，若僅有一支管柱出現待測物，則不出具報告。

八、結果處理

由檢量線求得待測化合物之檢出濃度 C ，依下列公式計算樣品濃度：

$$\text{水體中待測物濃度}(\mu\text{g/L}) = \frac{C \times V \times D}{M}$$

$$\text{土壤中待測物濃度}(\text{mg/kg}) = \frac{C \times V \times D}{M \times 1000}$$

其中

C ：由檢量線求得之化合物檢出濃度 ($\mu\text{g/L}$)

V ：定量體積 (mL)

M：樣品取樣量，水體樣品單位為 (mL)，土壤樣品單位為 (g)。

D：稀釋因子，無單位。若未經稀釋， $D = 1$ 。

九、品質管制

- (一)檢量線：至少 5 點不同濃度，線性相關係數應大於或等於 0.995 或校正因子的相對標準偏差(RSD)小於或等於 20%。
- (二)檢量線查核：每批次或每 20 個樣品須查核檢量線之適用性，所測得濃度之相對誤差值不應超過 $\pm 20\%$ 。
- (三)空白樣品分析：每 20 個或每批次樣品至少執行一次空白樣品分析，空白樣品分析值應低於待測物方法偵測極限的 2 倍。
- (四)查核樣品分析：每 20 個或每批次樣品至少執行一次查核樣品分析，回收率需落在 60~140% 之間。
- (五)重複樣品分析：每 20 個或每批次樣品至少執行一次重複樣品分析。
- (六)添加樣品分析：每 20 個或每批次樣品至少執行一次添加樣品分析。
- (七)若樣品中檢出待測物時，須以與分析管柱不同靜相之「確認管柱」進行確認，或以質譜儀確認。

十、精密度與準確度：

單一實驗室之查核樣品精密度與準確度如表五~表六所示。層析圖如圖一、圖二所示。單一實驗室水體樣品之方法偵測極限如表七所示，土壤樣品之方法偵測極限如表八所示。

十一、參考資料

- (一) U.S. EPA, Nitroaromatic, Nitramine and Nitrate Ester by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Method 8330B, 2006
- (二) U.S. EPA, Explosives by Gas Chromatography. Method 8095, 2007
- (三) U.S. EPA, Solid-phase Extraction (SPE). Method 3535A, 2007
- (四) U.S. EPA, Colorimetric Screening Procedure for RDX and HMX in Soil. Method 8510, 2007
- (五) U.S. EPA, Colorimetric Screening Procedure for Trinitrotoluene (TNT) in Soil. Method 8515, 1996.

註：1 本檢驗相關樣品廢液，依不含鹵素有機溶劑廢液處理。

註：2 火炸藥物質可以區分為一級與二級火炸藥，一級火炸藥較不穩定，容易引爆，如史蒂芬酸鉛、疊氮化鉛、雷酸汞等。二級火炸藥雖穩定但爆炸威力強，如 TNT、RDX、HMX、Tetryl 等。其他火炸藥物質如 2,4-DNT、2,6-DNT、NG、以及 PETN，DNT 與 NG 可作為迫擊砲或火箭推進器的原料，而 PETN 可作為引爆線。在軍事場址發現一級火炸藥的機會非常低。在二級火炸藥中，TNT 與 RDX 的用量最大，因為它們為炸藥的最基本組成。TNT 中的不純物有 2,4-DNT 以及其他 DNT、TNT 異構物，而 RDX 的不純物有 HMX，其濃度可以高達 12%。若使用篩檢方法測得樣品之火炸藥物質濃度超過方法可量化濃度之上限值時，則土壤樣品建議先用空白土壤稀釋後再進行運送。火炸藥物質之樣品於運送過程中，應儘量減少碰撞或摩擦。

表一 火炸藥物質一覽表

化合物	CAS No.	縮寫	類別
Octahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocine (奧克托景, 環四亞甲基四硝基胺)	2691-41-0	HMX	硝基胺
Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (海掃更, 環三亞甲基三硝胺)	121-82-4	RDX	硝基胺
1,3,5-Trinitrobenzene (1,3,5-三硝基苯)	99-35-4	1,3,5-TNB	硝基芳香族
3,4-Dinitrotoluene (Surrogate) (3,4-二硝基甲 苯)	610-39-9	3,4-DNT	硝基芳香族
1,3-Dinitrobenzene (1,3-二硝基苯)	99-65-0	1,3-DNB	硝基芳香族
3,5-Dinitroaniline (3,5-二硝基苯胺)	618-87-1	3,5-DNA	硝基胺
Methyl-2,4,6-trinitrophenylnitramine (2,4,6-三硝基苯甲硝胺)	479-45-8	Tetryl	硝基胺
Nitrobenzene (硝基苯)	98-95-3	NB	硝基芳香族
Nitroglycerin (硝化甘油)	55-63-0	NG	硝基酯
2,4,6-Trinitrotoluene (2,4,6-三硝基甲苯)	118-96-7	2,4,6-TNT	硝基芳香族
4-Amino-2,6-dinitrotoluene (4-氨基-2,6-二硝基甲苯)	19406-51-0	4-Am-DNT	硝基胺
2-Amino-4,6-dinitrotoluene (2-氨基-4,6-二硝基甲苯)	35572-78-2	2-Am-DNT	硝基胺
2,6-Dinitrotoluene (2,6-二硝基甲苯)	606-20-2	2,6-DNT	硝基芳香族
2,4-Dinitrotoluene (2,4-二硝基甲苯)	121-14-2	2,4-DNT	硝基芳香族
2-Nitrotoluene (2-硝基甲苯)	88-72-2	2-NT	硝基芳香族
4-Nitrotoluene (4-硝基甲苯)	99-99-0	4-NT	硝基芳香族
Pentaerythritol tetranitrate (四硝化戊四醇)	78-11-5	PETN	硝基酯
3-Nitrotoluene (3-硝基甲苯)	99-08-1	3-NT	硝基芳香族

表二 火炸藥物質儲備標準品濃度

市售儲備標準品 A		市售儲備標準品 B		市售 HMX 標準品	
分析物	濃度(mg/L)	分析物	濃度(mg/L)	分析物	濃度(mg/L)
1,3-DNB	100	NB	500	HMX	1000
2,6-DNT	100	3-NT	500		
2,4-DNT	100	2-NT	500		
1,3,5-TNB	100	4-NT	500		
2,4,6-TNT	100	NG	500		
RDX	100	PETN	500		
4-Am-DNT	100	3,5-DNA	100		
2-Am-DNT	100				
Tetryl	100				
HMX	100				

表三 火炸藥物質之中間儲備標準品 (水樣前處理用)

分析物	濃度(mg/L)	分類
1,3-DNB	1	I
2,6-DNT	1	I
2,4-DNT	1	I
1,3,5-TNB	1	I
2,4,6-TNT	1	I
RDX	1	I
4-Am-DNT	1	I
2-Am-DNT	1	I
Tetryl	1	I
3,5-DNA	1	I
NB	5	II
3-NT	5	II
2-NT	5	II
4-NT	5	II
NG	5	II
PETN	5	II
HMX	11	III

表四 火炸藥物質之滯留時間一覽表

化合物	滯留時間 (min)	
	RTX-TNT	RTX-TNT2
NB	1.12	1.69
2-NT	1.53	2.11
3-NT	1.75	2.42
4-NT	1.86	2.57
NG	2.83	4.57
1,3-DNB	3.43	4.82
2,6-DNT	3.55	4.64
2,4-DNT	4.09	5.45
3,4-DNT	4.47	6.23
1,3,5-TNB	5.15	7.13
2,4,6-TNT	5.32	6.98
PETN	5.97	8.19*
RDX	6.28	8.39
4-Am-DNT	6.83	7.91
3,5-DNA	6.89	8.19*
2-Am-DNT	7.15	8.49
Tetryl	7.78	9.47
HMX	10.49	14.57

註：PETN 與 3,5-DNA 於 RTX-TNT2 層析管柱中共同析出

表五 單一實驗室水中固相萃取法查核樣品分析之精密度與準確度(n=9)

化合物	添加濃度 ($\mu\text{g/L}$)	RTX-TNT 平 均回收率(%)	RTX-TNT 標 準偏差 (%)	RTX-TNT2 平 均回收率 (%)	RTX-TNT2 標準偏差 (%)
NB	4	77	10	89	11
2-NT	4	84	15	85	20
3-NT	4	86	11	85	10
4-NT	4	84	10	96	14
NG	4	87	15	81	16
1,3-DNB	0.8	80	11	87	13
2,6-DNT	0.8	80	10	85	14
2,4-DNT	0.8	82	10	83	12
3,4-DNT	0.8	77	10	84	13
1,3,5-TNB	0.8	88	16	87	14
2,4,6-TNT	0.8	75	11	98	19
PETN	4	96	16	--	--
RDX	0.8	78	12	77	13
4-Am-DNT	0.8	92	13	92	11
3,5-DNA	0.8	90	14	--	--
2-Am-DNT	0.8	91	14	92	11
Tetryl	0.8	93	17	94	11
HMX	8.8	92	24	78	14

註：試劑水 500 mL 添加中間儲備混合標準品(濃度如表三)與擬似標準品(濃度 1 mg/L)各 400 μL ，進行水體之固相萃取法，萃液最終定容至 4 mL。固相萃取使用固相萃取。管柱為 Porapak RDX 500 mg, 6 mL。

表六 單一實驗室土壤查核樣品分析之精密度與準確度(n=5)

化合物	添加濃度 ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	RTX-TNT 平 均回收率(%)	RTX-TNT 標 準偏差 (%)	RTX-TNT2 平 均回收率(%)	RTX-TNT2 標準偏差 (%)
NB	400	107	11	94	3
2-NT	400	92	16	110	4
3-NT	400	101	16	94	4
4-NT	400	84	11	89	11
NG	400	94	9	114	8
1,3-DNB	400	96	8	92	6
2,6-DNT	400	95	8	95	6
2,4-DNT	400	90	7	92	6
3,4-DNT	400	94	7	95	6
1,3,5-TNB	400	95	7	100	8
2,4,6-TNT	400	100	8	103	8
PETN	400	105	13	--	--
RDX	400	108	8	110	13
4-Am-DNT	400	98	9	92	9
3,5-DNA	400	88	6	--	--
2-Am-DNT	400	84	20	88	12
Tetryl	400	98	8	97	10
HMX	400	117	26	111	23

註：空白土壤 10 g 添加待測物標準品(濃度 40 mg/L)與擬似標準品(濃度 40 mg/L)各 100 μL ，再加入 20 mL 的乙腈，進行土壤前處理。

表七 單一實驗室火炸藥物質於水質之方法偵測極限

化合物	添加濃度(μg/L)	方法偵測極限(μg/L)	
		RTX-TNT	RTX-TNT2
NB	0.4	0.080	0.080
2-NT	0.4	0.116	0.119
3-NT	0.4	0.132	0.048
4-NT	0.4	0.166	0.162
NG	0.4	0.088	0.044
1,3-DNB	0.08	0.017	0.008
2,6-DNT	0.08	0.017	0.011
2,4-DNT	0.08	0.017	0.009
3,4-DNT	0.08	0.015	0.008
1,3,5-TNB	0.08	0.018	0.009
2,4,6-TNT	0.08	0.015	0.008
PETN	0.4	0.118	--
RDX	0.08	0.016	0.008
4-Am-DNT	0.08	0.016	0.010
3,5-DNA	0.08	0.012	--
2-Am-DNT	0.08	0.014	0.011
Tetryl	0.08	0.019	0.011
HMX	0.88	0.196	0.124

註 1：試劑水 500 mL 進行水體之固相萃取法，萃液定容至 4mL。固相萃取使用固相萃取管柱 Porapak RDX 500 mg，6 mL。

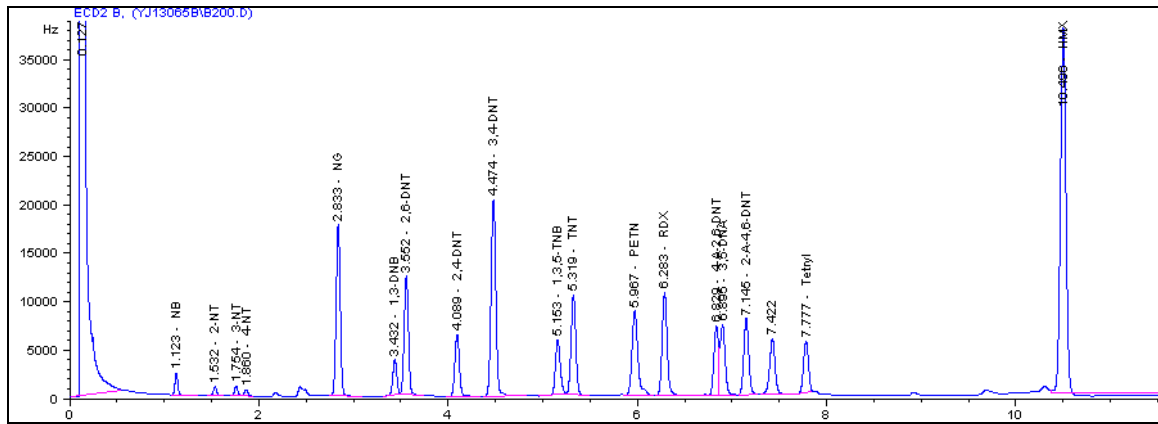
註 2：依據環境檢驗方法偵測極限測定指引(NIEA-PA107)製作方法偵測極限。

表八 單一實驗室火炸藥物質於土壤之方法偵測極限

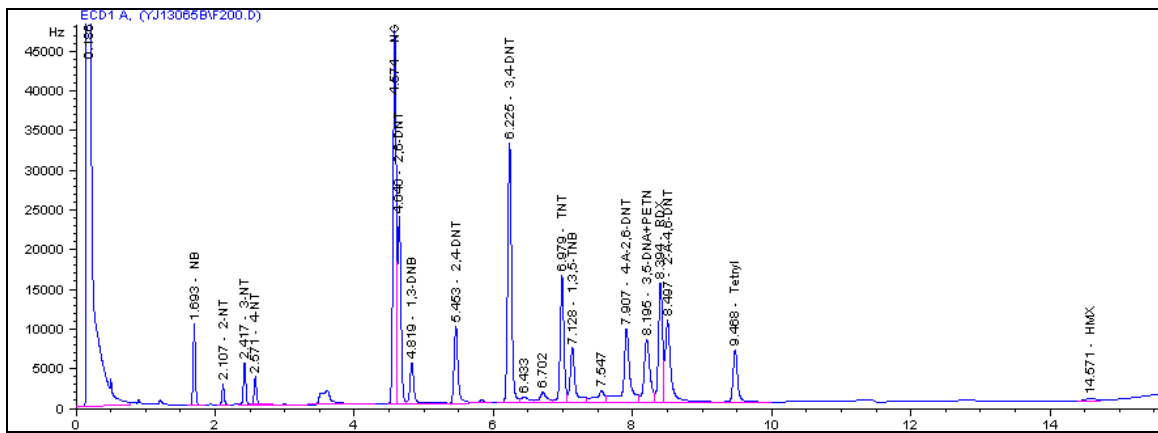
化合物	添加濃度(μg/kg)	方法偵測極限(μg/kg)	
		RTX-TNT	RTX-TNT2
NB	70	14.35	5.01
2-NT	70	10.81	6.63
3-NT	70	15.36	4.83
4-NT	70	9.01	14.7
NG	70	13.24	6.43
1,3-DNB	14	2.46	2.09
2,6-DNT	14	2.17	1.20
2,4-DNT	14	2.41	1.24
3,4-DNT	14	2.04	1.16
1,3,5-TNB	14	4.71	1.63
2,4,6-TNT	14	2.89	1.48
PETN	70	23.14	--
RDX	14	2.93	1.63
4-Am-DNT	14	3.78	1.80
3,5-DNA	14	6.27	--
2-Am-DNT	14	2.97	1.60
Tetryl	14	3.80	2.51
HMX	154	25.27	22.7

註 1：空白土壤 10 g，加入 20 mL 乙腈進行萃取。

註 2：依據環境檢驗方法偵測極限測定指引(NIEA-PA107)製作方法偵測極限。



圖一 火炸藥物質於 RTX-TNT 管柱之層析圖譜 (參考表三分類, 待測物濃度為 200、1000、2,200 $\mu\text{g/L}$)



圖二 火炸藥物質於 RTX-TNT2 管柱之層析圖譜 (參考表三分類, 待測物濃度為 200、1000、2,200 $\mu\text{g/L}$)