

恐怖份子爆裂物運用之初探

孟憲輝

中央警察大學鑑識科學學系教授

摘要：本文就恐怖份子和一般犯罪人常用的爆炸物進行初步探討，根據爆速和敏感度之不同，分類列舉各種常見的恐怖用爆炸物，介紹其基本特性和被濫用之概況。此類爆炸物通常有容易取得或製造之特性，故與傳統軍事和實業用爆炸物略有不同。另就受到高度關切的「髒彈」做一初步描述與分析，期能使相關人員對「髒彈」有較正確的瞭解，以便正確有效預防「髒彈」爆炸案之發生，也避免以訛傳訛造成不必要的恐慌。期望本文能拋磚引玉，讓權責機關和更多的執法和鑑識人員正視恐怖爆炸攻擊之潛在威脅，投入心力研究各種防制之道，建立完善的防制策略、將強人員訓練訓練和建置有效的防制設備與方法。

關鍵詞：恐怖主義，恐怖活動，爆炸物，髒彈

綱要

壹、前言

貳、爆炸物破壞效應

參、常見爆炸物

肆、小結

壹、前言

從 20 世紀下半葉起，全球各地的恐怖攻擊日益增多，造成之實質危害也有加劇的趨勢，2001 年 9 月 11 日在美國發生的「911 事件」中，恐怖份子劫持民航機直接衝擊高樓和重要政府機關，是最震撼人心的恐怖活動。此後，世界各國莫不對恐怖活動全力採取各種預防與圍堵措施。我國雖然不曾發生過嚴重的恐怖攻擊事件，但近年來鄰近的東南亞國家也發生多起傷亡慘重、驚駭國際的大型爆炸攻擊事件，在幾乎沒有國境限制的世界村裡，我國顯然也已籠罩於恐怖爆炸攻擊的陰影下，使得吾人不得不正視各種類型恐怖攻擊或動的相關問題。

雖然核子武器、生物戰劑和化學武器攻擊都是最令人擔憂、也是各國極力研究防制之道的恐怖攻擊類型，但基於種種現實條件之限制，恐怖份子採取此類攻擊的實際案例並不多見。以各種「急造炸彈」(improvised explosive devices, IED)進行攻擊反而是最常見，且歷久不衰的恐怖攻擊類型。最早的大型急造炸彈攻擊事件發生在 1943-44 年間，白俄羅斯游擊隊對德國納粹政權展開的「鐵路戰爭」(Rail War)，其間連續不斷的各種急造炸彈攻擊癱瘓了數千列火車。而最近且仍繼續發生的連續性恐怖炸彈攻擊活動則起始於 2003 年 7 月，伊拉克叛亂份子對美軍和聯軍車輛所進行的「路邊炸彈」(roadside bomb)攻擊。「路邊炸彈客」通常將爆裂物置於路旁，於目標車輛經過時從車底或車旁引爆，

以增大損傷；美軍採取因應措施增強車輛裝甲之後，叛亂軍即改變策略將爆裂物設置於高處，如交通號誌或路樹上，以攻擊車輛較脆弱之部位，2005年1-10月即有302名美軍死於此類攻擊。我國近數年雖未發生過真正的恐怖爆炸攻擊事件，但也不斷傳出各類一般犯罪或工安意外爆炸案，包括俗稱「詐彈」的假爆裂物、改造自爆竹煙火的爆裂物、土製爆裂物、軍用炸彈和爆裂物、爆竹煙火工廠爆炸案和化學工廠爆炸案等。雖然犯罪性質之爆炸案多屬無損傷或損傷輕微之案件，但仍影響人民對治安的信心，威脅公共秩序，部份爆竹煙火工廠爆炸還造成嚴重損害與部分傷亡。因此，從國家安全的角度觀之，不論基於對恐怖活動的未雨綢繆，或對一般爆炸案的預防，都應對爆炸物做較深入瞭解與探討。

貳、爆炸物破壞效應

一、傳統爆炸物破壞效應

爆裂物係利用火炸藥爆炸產生的巨大能量來造成殺傷和破壞，其殺傷破壞機制可分成四種【1,2】，簡述如下：(1)衝擊波危害：火炸藥爆炸時瞬間產生大量高溫氣體，此等氣體快速膨脹、向四周傳遞並壓縮，形成高壓衝擊波，快速以球形之形態向外傳遞，可在短時間內抵達甚遠之距離，直接對人體、交通工具、器材設施或建築物產生毀滅性破壞。衝擊波之壓力越高，造成之殺傷及破壞越大，其壓力隨傳遞距離之增加而減弱。(2)破片危害：以殺害生體為目的的爆裂物常使用易產生堅硬尖銳碎片之金屬容器，並加裝其他殺傷碎片，如鐵釘、鋼珠、玻璃片、金屬碎片等。爆炸時此等碎片獲得動能向周圍高速射出，可對人體造成殺傷作用，其殺傷機制與子彈類似但不具方向性，可涵蓋更大的殺傷範圍，但其可造成破壞的距離不如衝擊波危害。(3)火災危害：大部分火炸藥爆炸時同時釋放大量的反應熱，有時可造成火災，部分爆裂物混合縱火劑使用，引發大規模的火災，造成嚴重的殺傷和破壞。(4)間接危害：衝擊波撞擊並破壞週遭物體時，可使其產生破片、造成建築物倒塌或引起其他災害，進而造成人員的傷亡。例如：炸垮水庫之水壩可誘發大型水災；炸燬核能發電廠可造成嚴重輻射外洩輻射和大面積的電力中斷；在交通工具上引爆炸彈可導致墜機、船難、火車出軌和其他重大傷亡事件；其他類型的攻擊則分別可造成癱瘓通訊、中斷供水、破壞民生物資來源、癱瘓國家重要軍事政治經濟活動等嚴重後果。

二、髒彈破壞效應

除了前述之傳統爆炸破壞型態之外，近年來恐怖活動防制專家所最關切的另一類型爆炸危害則是「髒彈」(dirty bomb)所造成的輻射污染危害。「髒彈」是「輻射物質散佈裝置」(radiological dispersal device, RDD)的俗稱，此類爆炸裝置除了爆炸物外，另添加輻射性物質，利用爆炸的威力將輻射物質炸碎成極為細小的顆粒或懸浮微粒，依賴爆炸所賦予的動能、空氣的流動、和擴散作用，使輻射微粒散佈出去，造成大面積的輻射污染。由於並未涉及核能反應，「髒彈」並非核子武器，其製造並不比「急造炸彈」困難。「髒彈」可造成程度不一的實質損害以及嚴重的大眾恐慌效應，可達到小幅度攻擊、大幅度破壞的典型恐怖攻擊效果。「髒彈」若在人口密集地區爆炸，其破壞性的大小取決於下述因素：輻射物質種類和數量、爆裂物的特性、當時的風向和風速、其他氣象狀況、形

成微粒之大小、爆炸點附近建築物的位置和規模。

如果使用可供核子武器等級的輻射性銻元素或鈾元素，散佈後的輻射性物質可直接造成人員的嚴重傷亡；但因軍事用途的輻射材料取得極為困難，故這是最不可能發生的狀況。若使用核能發電用之燃料棒或高污染性之核廢料，亦可直接造成人員傷亡。但不論是武器或發電用核能材料，其處理及運送均須高度專業之技術與設備，才不至危害操作人員，且極易被偵測發現，故恐怖份子使用此類材料之可能性低。另有用於醫療、實驗室、食物殺菌、石油探勘用之輻射物質則因危險性較低且管制較不嚴格，易遭竊取濫用。例如銻-127、鈾-60 或銻，均屬較可能被用於「髒彈」之輻射物質；前二者可發射 γ -射線，短時間遭大量之 γ -射線照射可造成急性輻射中毒，引起傷亡，長時間暴露於低劑量 γ -射線環境下，則可致癌。銻可發射 α -輻射，若爆炸時形成顆粒夠小的懸浮微粒被吸入肺中，可被滯留於體內造成組織損傷和長期之致癌毒性。

一般而言，使用銻、鈾或銻的「髒彈」，爆炸物所造成的立即傷亡遠大於輻射物質，但輻射物質污染導致之民眾恐慌、居民撤離、除污工作、甚至整個地區的廢棄隔離，衍生之種種經濟損失和社會不安，以及長期的健康威脅才是主要的危害。截至目前止，世界各地尚無「髒彈」爆炸之實際案例，最接近真正使用「髒彈」的案例是，1995 年車臣反叛軍曾在莫斯科的 Izmailovo 公園放置一顆「髒彈」，內含代拿邁(dynamite)炸藥和取自癌症醫療設備的銻-137，但有記者事先接獲通知，轉知相關人員拆除。另 2002 年 5 月美國以企圖製造和使用「髒彈」之罪名逮捕一名蓋達(Qaeda)組織成員 Jose Padilla；聯合國報告指出伊拉克於 1987 年曾試爆「髒彈」，但因產生之輻射污染過低而放棄進一步製造使用。

綜上所述，「髒彈」是值得密切觀察的潛在恐怖威脅，應執行完善的預防措施、擬定並演練有效的事後處理方法，但因其立即之實質危害不大且尚無任何實際使用案例，不宜對大眾過度宣染其危害，以免造成不必要的社會恐慌。應採取之措施包括：嚴格管制及保護合法使用之輻射物質和產生之廢料；於重要建築物出入口和運輸系統之關鍵地點廣設輻射物檢測設備，如港口、機場、海關、車站和高速公路；建立並演練有效的緊急反應機制，如災害確認、損害評估、緊急救護、緊急撤離、輻射除污、區域管制廢棄、長期醫療與觀察等反應計畫。

參、常見爆炸物

爆炸物是一種固體或液體的化合物或混合物，於無外在氧化劑之情況下，經適當之刺激，可引起極快速之化學反應，瞬間產生大量之熱能和氣體，使周圍介質之溫度和壓力驟升，以產生巨大之能量。爆炸物爆炸時最常見的反應為氧化反應及裂解反應；除了純裂解反應之爆炸物外，爆炸物若為混合物，需含燃料(還原劑)和氧化劑兩種成分；若為化合物，則需同時含可供為燃料之官能基和可裂解提供氧化劑之官能基。由於可供為燃料或氧化劑的物質種類多得不勝枚舉，只要經過適當處理混合後，均可成為爆炸物，因此不可能將爆炸物巨細靡遺地列舉出來。美國菸酒武器管理局(ATF)依法公佈之爆炸物清單也只能列舉其中之 243 項，其中部份項目僅是某類爆炸物之概稱，其下涵蓋的爆炸物更難以計數，例如硝酸鹽爆炸物包含鉀、鈉、鈣、鋇、鎂的硝酸鹽和任何燃料(還

原劑)混合形成的爆炸物。因此，本文只能就較常使用之爆炸物作一簡介。

常見爆炸物根據爆速之高低區分為低爆藥(low explosives)和高爆藥(high explosives)。低爆藥之爆速在每秒一千公尺以下，又稱火藥，常用為發射火藥、火箭推進劑、或火工產品。高爆藥，又稱為炸藥，爆速多在每秒一千公尺到九千公尺之間。高爆藥依敏感度不同分為初級高爆藥與二級高爆藥。前者對靜電、摩擦、撞擊或點火十分敏感，後者則十分鈍感。常見高爆藥有三硝基甲苯、代拿邁(dynamite)、膨梯兒(PETN)、塑膠炸藥等。初級高爆藥常用於子彈底火、雷管、引信。二級高爆藥較為敏感者常用為導爆索、傳爆藥，較不敏感者常用為主爆藥。

依化學性質分類，可分成無機爆炸物和有機爆炸物，常見的無機爆炸物包括含硝酸根、氯酸根、過氯酸根、疊氮根、雷酸根的鹽類或過氧化合物等。有機爆炸物則可依官能基之不同分成芳香族硝基化合物(aromatic nitro compounds)、脂肪族硝基化合物(aliphatic nitro compounds)、硝酸酯(nitrate esters)、硝胺(nitramines)、和過氧化物(peroxides)等。各種常見爆炸物分類敘述如下，由於爆炸物種類繁多，本文述及者僅是較常被恐怖分子或一般歹徒使用的爆炸物；對於未述及爆炸物的詳細分類、化學結構和理化特性有興趣者可另參考其他文獻【3,4,5】。

一、低爆藥

- 1.黑色火藥：其主成分為木炭（或煙煤）、硫磺及硝酸鉀（或硝酸鈉）依 15:10:75 比例混合而成。對靜電、摩擦、撞擊或火焰之刺激極為敏感，易燃燒或爆炸，屬低爆藥。為十九世紀以前之子彈發射火藥，現在常用為導火索或前膛槍之發射火藥。
- 2.煙火類火藥：通常由燃料與氧化劑混合而成，燃料一般是金屬粉(如鋁粉或鎂粉)、碳粉或硫，氧化劑則是硝酸鹽、氯酸鹽、過氯酸鹽或金屬氧化物。煙火類火藥用於製造爆竹、煙火或其他火工品(pyrotechnics)，國內犯罪人常直接拆解各種爆竹或煙火類製品，取得大量之煙火藥為急造炸彈(土製炸彈)之主爆藥或土製子彈之發射火藥。
- 3.無煙火藥：無煙火藥分為單基、雙基、和三基火藥，單基火藥之主成分為硝化纖維(NC)，雙基火藥之主成分為硝化纖維和硝化甘油(NG)，三基火藥則含硝化纖維、硝化甘油、和硝基胍；常見小型武器所用于彈之發射火藥皆為單基火藥或雙基火藥。無煙火藥中也常含有二硝基甲苯 (DNT)，在美國和加拿大地區無煙火藥是鋼管炸彈的主爆藥，著名的「大學炸彈客」即曾長期使用鋼管炸彈攻擊大學、科技單位和航空公司。我國亦有歹徒拆卸工業用釘槍使用之空包彈，取出其內之無煙火藥製成炸彈，於遭警方圍捕時引爆自殺之案例【6】。
- 4.急造火藥：具備初步化學和爆炸物知識的恐怖份子和犯罪人常將易取得之氧化劑和還原劑混合製成火藥，常見者如以氯酸鉀或氯酸鈉與糖之混合物。火柴頭內含氯酸鹽和硫之混合物，也曾被用為製造鋼管炸彈的主爆藥。其他如硝酸鉀和糖、過氯酸鉀和糖、硝酸鉀和鋁粉、氯酸鉀和鋁粉、過氯酸鉀和鋁粉等也都是極易製造的火藥。
- 5.化學反應混合物：有些化合物混合在一起，雖不能稱為真正的爆炸物，但可造成爆燃或產生大量氣體等類似爆炸之效果，此類混合物也常被用於攻擊行動，其殺傷破壞能力雖不如真正的爆炸物，但也可造成恐慌和局部損害。例如常用於游泳池消毒用之次氯酸鈣與煞車油或甘油混合，點火後可引起爆燃。又如硝酸和鋁粉、氫氧化鈉和鋁粉、

次氯酸鈣和汽水或冰糖、硫酸和糖等都可於接觸後直接反應，釋放出大量的熱能和氣體。

二、初級高爆藥

常見的初級高爆藥有：雷汞、疊氮化鉛、台塔新(tetracene)、史帝芬酸鉛(lead styphnate)、重氮二硝基酚(DDNP)。初級高爆藥極為敏感而不易處理，故僅見於少量之使用，通常用於雷管和底火。由於雷管有其合法之工程和礦業用途，取得容易，許多急造炸彈使用雷管為引爆裝置，由引爆方式分為電雷管和非電雷管，由外殼和結構則分為鉛雷管和紙雷管。我國海域非法炸魚者，常濫用雷管引爆炸藥。由於我國工業用釘槍使用之空包彈極易取得，且價格便宜，部分歹徒利用所含之底火藥和發射火藥作為土改造子彈之起爆裝置和動力來源【7】。

三、二級高爆藥

- 1.三硝基甲苯 (2,4,6-trinitrotoluene, TNT)：是一種芳香族硝基化合物，熔點低，穩定，對震動、磨擦及熱均甚不敏感，製造時之安全性高，但具毒性。三硝基甲苯純品為白色，但一般呈黃色塊狀，俗稱黃色炸藥。三硝基甲苯為軍中最廣為使用之制式炸藥，常用為砲彈或炸彈之主爆藥，現常發現之戰時遺留未爆彈多含此種炸藥。國外半軍事組織或接受他國政府支持的恐怖組織常可取得三硝基甲苯作為製造炸彈之主爆藥，爆炸時可造成嚴重之傷亡。
- 2.海掃更(RDX)：是一種白色環狀結構的硝胺化合物，對撞擊和摩擦之敏感度較三硝基甲苯高，不單獨使用或儲存運送，製造後立即加入填加物以降低敏感度。海掃更具毒性，是多種軍用火藥之主原料，如塑膠炸藥 Semtex 係由 RDX 和 PETN 混合一種聚合物及油類所組成，塑膠炸藥 C-4 則由海掃更、聚合物、可塑劑、和燃油所組成，塑膠炸藥是半軍事化的恐怖組織所最常用的爆炸物。另有一種環狀結構硝胺爆炸物 HMX 和海掃更結構極相似，差異為 RDX 是具三個碳和三個硝胺基之六邊環狀結構化合物，HMX 則是具四個碳和四個硝胺基之八邊環狀結構化合物。
- 3.特出兒(tetryl)：是一種兼具硝胺基和芳香族硝基的化合物，呈淡黃色，在室溫下化性穩定。對撞擊較三硝基甲苯敏感，爆炸產生之威力及爆破性也較三硝基甲苯強，為最佳傳爆藥。
- 4.膨梯兒(PETN)：為硝酸酯爆炸物，呈白色結晶，具對稱性結構故化性穩定。膨梯兒之敏感度中等，對摩擦較不敏感，但對爆炸產生之震動或撞擊極為敏感，一般填加去敏感成份後使用。主要用為雷管之裝藥、導爆索之主爆藥、傳爆藥或與其他高爆藥混合，也常被用於恐怖攻擊或一般犯罪攻擊事件。
- 5.硝酸銨(ammonium nitrate, AN)：硝酸銨是白色無味固體，無毒，化性穩定，對撞擊和摩擦極不敏感，吸濕性高，常用為肥料。單一成分之硝酸銨爆炸威力不大，且難以引爆，故常用為混合爆炸物之氧化劑，如 Amatol(三硝基甲苯+硝酸銨)、DBX(三硝基甲苯+海掃更+硝酸銨+鋁粉)、Ammonal(三硝基甲苯+硝酸銨+鋁粉)等軍用炸藥均含硝酸銨，許多工業用二級高爆藥也含硝酸銨。硝酸銨－燃油炸藥(ammonium nitrate fuel oil, ANFO)：以多孔之硝酸銨(AN)浸吸少量燃油或柴油(含量約 6%)形成，有時會加入鋁粉以增加威力。硝酸銨－燃油炸藥為低成本、安全性高又極為穩定之爆炸物。但爆速較

低，爆炸威力較弱，且敏感度低，需其他二級高爆藥來引爆，也有將其歸類為三級高爆藥者，是恐怖份子極為常用的炸藥。此外，和硝酸鉍同為肥料的硝酸尿素也曾被恐怖份子用於攻擊行動，近年來在以色列及其佔領區即常發生使用硝酸尿素的爆炸攻擊事件。

- 6.代拿邁 (dynamite)：諾貝爾之原始配方為 75%硝化甘油與 25%矽藻土之混合物，後來在硝化甘油中加有二硝基乙二醇(EGDN)以降低凝固點，另有多種成份被用來取代矽藻土，並添加氧化劑來增加爆炸產生之能量，常用來取代矽藻土者有硝化纖維、硝酸鉍、硝酸鈉、木漿、白堊、澱粉等。依硝化甘油含量之多寡可分為純代拿邁和膠代拿邁，純代拿邁之硝化甘油含量約 10%-20%，呈粉狀，故又稱粉狀代拿邁。膠代拿邁之硝化甘油含量在 30%以上，抗水性較佳，呈淺黃色到深棕色之糊狀物。代拿邁是工礦實業常用之炸藥，取得較容易，曾有被歹徒用為郵包炸彈和其他爆裂物之案例。
- 7.水膠炸藥(slurries and water gels)：是硝酸鉍之水溶液加硝酸鈉或硝酸鈣，再以樹膠或交鏈劑膠化之爆炸物，有時會加入芳香族硝基爆炸物或脂肪族胺之硝酸鹽當作敏感劑，或加入鋁粉、澱粉當燃料，為常用之實業用爆炸物。
- 8.乳膠炸藥(explosive emulsions)：乳膠炸藥和水膠炸藥之不同是前者之燃料成份散佈在膠化的硝酸鉍水溶液基質中，後者則是細滴狀的硝酸鉍水溶液散佈在油類基質中而呈乳化狀態。乳膠炸藥的主成份有硝酸鉍、硝酸鈉、燃油、膠化劑、小空心玻璃球、硝化甘油等，為工商業用炸藥，漁民常用來非法炸魚。
- 9.TATP：triacetone triperoxide 是一種有機過氧化合物，敏感易爆，性質較似初級高爆藥，但一般被非法份子當作二級高爆藥使用，爆炸時以裂解反應產生氣體為主。常溫下為固體但極易昇華，爆炸後的殘留物很快就消失。合成方法簡單，將過氧化氫、丙酮和強酸於低溫條件下攪拌混合即可合成。以色列佔領區恐怖份子常用於製造人體炸彈和汽車炸彈；2001 年 12 月 22 日美國航空 63 號班機上曾發生乘客 Richard Reid 企圖引爆藏於鞋中之炸彈，隨後被空服人員和其他乘客制服，飛機降落後 FBI 逮捕嫌犯並取出藏於鞋內之爆裂物，後經鑑識分析發現含 TATP 和 PETN 兩種爆炸物，此即為有名的「鞋子炸彈客」(Shoe Bomber)。此外，HMTD(hexamethylene triperoxide diamine)則是另一種比 TATP 稍敏感之有機過氧化合物爆炸物，也有遭用於製造炸彈之案例。由於以偵測硝基爆炸物為主的檢測器常無法檢測到有機過氧化合物和無機爆炸物，故恐怖份子特別喜愛使用此類非傳統性的爆炸物，值得執法人員特別注意。

肆、小結

由於製造爆裂物所需之知識、技術、設備、材料均不複雜，當主爆藥用之爆炸物又容易取得或自行製造，其施放或使用也不需艱深之技術，故在可見的未來爆裂物仍將是恐怖份子遂行其恐怖活動的主要攻擊模式，密切注意世界各地恐怖份子所常用之爆炸物種類和配方，對於恐怖活動的預防將有所幫助。由於本文屬初探性質之研究，並未觸及爆裂物之構造及使用方式，相關之知識對於恐怖活動之防制也具高度參考價值，值得另行深入研究探討。此外，加強相關情報之蒐集，於國境出入口、其他重要地點、郵件貨物進出管制單位廣設偵檢設備，擬定完善的反應計畫等，都是預防爆炸攻擊或將損害降

至最低的有效策略。

誌謝

本文部分研究蒙行政院國家科學委員會專案計畫經費補助，特此誌謝；計畫編號 NSC93-2414-H-015-007。

參考資料

- 【1】孟憲輝，吳耀宗，蔡佩潔，我國「槍砲彈藥刀械管制條例」中「殺傷力」相關問題之研究，2003年犯罪偵查與鑑識科學研討會論文集，B 偵查法制類，B7，第 61-64 頁。(2003 年 11 月 21 日，桃園，中央警察大學)
- 【2】Newhouser, C. R., "Introduction to explosives," The National Bomb Data Center, Department of Justice, USA.
- 【3】Cooper PW and Kurowski SR, "Introduction to the technology of explosives," Wiley-VCH, NY USA, 1996, pp.15-23 .
- 【4】Yinon J and Zitrin S," Modern methods and applications in analysis of explosives," John Wiley & Sons, NY USA, 1993, pp.3-32.
- 【5】Davis T L, " The Chemistry of Powder and Explosives," Angriff Press, Las Veegas, Nevada, USA, reprinted from 1943 edition.
- 【6】「工業用釘槍 治安大隱憂」，2003 年 04 月 17 日，中時晚報，焦點話題，03 版。
- 【7】孟憲輝，涉案子彈鑑識案例之研究，警學叢刊，2002，33 卷第 1 期，129-144。