

淺談國造T91步槍 彈頭、彈殼射擊後鑑識比 對之特徵分析

作者／陳貴奇、馮嘉齊、許育銘、劉郁興、洪立杰、邵子巖、呂冠頡

提

要

近年來國軍單位肇生槍擊案件頻繁，且多以自戕及射擊訓練失慎為主要肇因，其中肇案槍枝多為國造5.56公厘T91制式步槍。然步槍彈因設計則著重於長距離之人員殺傷用途，火藥量相對於手槍彈多，造成彈頭單位面積動能較大。子彈擊發後，火藥瞬間燃燒產生高溫高壓氣體，推送彈頭經過槍管，槍口初速高、飛行時間短，快速撞擊物體後破碎，不易於現場尋獲完整之步槍彈頭。

在改造風氣盛行下，制式步槍查扣數量比例逐漸攀升，有超過手槍的趨勢，理由是手槍武器火力及性能與步槍相比有明顯差距，且制式槍枝具備結構穩固的特性，可減少犯罪者因射擊造成膛炸受傷風險，制式步槍漸漸成為不肖份子犯罪工具的優先選擇。

本案例中因現場彈頭飛行距離較長，動能藉由空氣摩擦損耗，彈頭結構趨近完整，與扣案槍枝試射彈頭進行初步觀察及精密比對，如來復線之直徑、數目、長度、旋轉方向、纏度、火藥印痕等，比較其相符或不相符之痕跡態樣，另找尋影響彈頭、彈殼痕跡類化特徵及再現性相關原因，使其成為比對之依據。

本文是以國軍制式之5.56公厘T91步槍為研究主軸，除分析彈頭本身特性和影響來復線之機械結構外，並以較能吸收步槍彈動能及保留完整彈頭之棉花箱蒐集試射彈頭，探討5.56公厘現場及試射彈頭中來復線、彈底紋、撞針痕型態，分辨其異同之處，並且與同系列之T65K2步槍試射彈頭、彈殼比較。

研究結果為5.56公厘T91步槍試射彈頭有固定的來復線直徑、數目及旋轉方向等特徵，但現場彈頭可能因擊發前槍管中異物或擊發後跳彈摩擦造成特徵不明顯及毀損，導致無法進行後續比對；另同時與機構設計相近之T65K2步槍試射彈頭比較，發現T91步槍試射彈頭其中一條來復線尾端距離彈頭底部較近且帶有類化之火藥印痕，同時彈殼中彈底紋與撞針痕紋線之吻合也具各自異同的特徵，有這個差異是突破槍彈痕跡鑑定之難題，可做為未來鑑驗參考依據。

關鍵字：槍彈鑑識、槍彈痕跡、彈頭比對、彈殼比對、類化特徵、T91步槍

壹、前言

自從十三世紀人類發明火器後，經歷七百餘年的演變，於十九世紀出現具連續射擊之槍械，而奠定近代自動武器之基礎。為達到自行擊發的功能，自動武器每擊發一顆子彈必須完成八個動作：開栓(Unlocking)、退殼(Extraction)、拋殼(Ejection)、進彈(Feeding)、裝填(Chambering)、閉鎖(Locking)、備發(Cocking)及擊發(Firing)等¹。而自動武器的動作方式，則可區分為氣體傳動式(Gas Operated)、槍管後座式(Rear Operated)、反衝式(Blow Back)或三種中任兩種的聯合運用。

槍彈鑑識源自刑事鑑識中之工具痕跡(Tool Mark)，所謂工具痕跡即工具經使用後，遺留在物體上之痕跡，可分為兩大類，一為印痕(Impression marks)，一為刮痕(Scratch marks)。

彈頭比對主要依據就是與槍管來復線接觸旋轉離開槍口後所留下的來復線痕跡，這些痕跡具有再現性，在槍彈比對上可以用於個化槍枝，重要比對內容為來復線條數、旋轉方向、寬度、旋轉角度等。彈殼比對是利用彈殼在高壓下反撞後膛壁而留下槍枝製作過程的細紋痕跡，比對的項目區分彈底紋、抓子痕、撞針痕、彈匣痕等。

本文所探討之國造T65K2步槍與T91步槍，皆以氣體傳動方式進行連續射擊，(圖一所示)為一般步槍之氣體傳動系統簡圖²，圖中顯示在槍管前部有一導氣孔(Gas Port)，孔之上端有一與槍管並列之氣筒(Gas Cylinder)。

氣筒後部有洩氣孔，筒中有活塞(Operating Piston)後部接一連桿，連桿上有連桿簧用以復進連桿及活塞，連桿之後端接觸在槍機上，槍機前為槍栓並與槍管相接，槍機之後為緩衝簧。

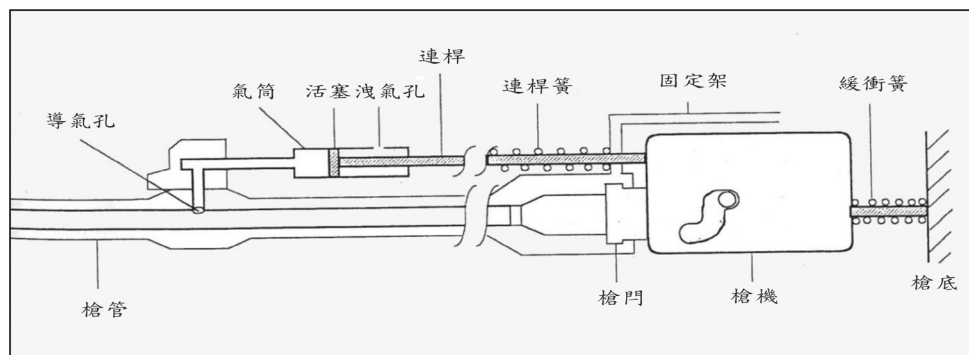
發射時，當彈頭經過導氣孔後，彈頭後之高壓氣體即刻由導氣孔進入氣筒。氣筒中之氣體壓力漸增至足以克服連桿簧及緩衝簧之最初簧力，活塞即開始向後加速移動，當活塞位移至氣筒底部時，後退速度達最大值。

在活塞後退過程中，氣體繼續進入氣筒，其進入之量視此期間膛壓之變化而定。在氣筒後部之洩氣孔，只有當活塞位移超過此孔後始發生洩氣作用。此孔之功能用於降低氣筒之末期壓力，以減緩活塞後退到位時可能之猛烈衝擊。

當活塞位移到達氣筒底部時，對系統之整體運動便無作用，相當於脫離系統而僅靠連桿簧簧力推動活塞復進，以待下一循環使用。由於連桿和槍機間僅是觸聯，所以當連桿復進時槍機部分仍繼續後退，因槍機後方

1 紀慶佳，「洩氣孔位置大小對自動武器之影響」，中正理工學院兵器系統工程研究所碩士學位論文，民國83年5月，頁1。

2 紀慶佳，「洩氣孔位置大小對自動武器之影響」，中正理工學院兵器系統工程研究所碩士學位論文，民國83年5月，頁4~5。



圖一 一般步槍之氣體傳動系統簡圖

緩衝簧張力作用，使後退速度減緩，終致後退停止，達到最大後退距離，這時已完成開栓、退殼、拋殼的動作。

其後槍機再靠緩衝簧的簧力復進，向前繼續完成進彈、裝填、閉鎖、備發與擊發等動作。此氣體傳動槍機程序^{3、4}，形成T65K2步槍與T91步槍連續射擊之機制。

槍擊案件的現場所尋獲的彈頭和彈殼，可以根據其上因射擊所遺留的各種特徵來推定槍種，同時也可以試射嫌疑槍枝，取其擊發之彈頭、彈殼與現場證物比對，在比對顯微鏡之比較下，如果結果相同則可證明嫌疑槍枝為槍擊現場使用之槍枝。

在查扣槍枝的統計上，扣案手槍(Pistol)數量所佔比例較高，探究原因是手槍易於攜帶及藏匿，且在犯罪行為完成後，可迅速將射擊槍枝及彈殼帶離現場，造成鑑識人員在現場蒐證時無法採集完整彈頭作為證物，致

無法直接查扣肇案槍枝。

就因為其槍口初速小，於擊中物體後，仍有較高機率可保留完整彈頭，對作為槍彈鑑識之依據，較具穩定之常規。另外針對彈殼痕跡，探討裝填、閉鎖、擊發、開鎖、退殼、拋殼等機械動作與槍枝結構是否有直接或間接關係，進而影響或造成痕跡的形成。

相較於手槍為近距離個人自衛武器的設計概念，步槍(又稱來福槍，Rifle⁵)的設計則重於長距離之人員殺傷用途，因此不論在槍枝結構與子彈設計上皆與手槍有所不同，尤其步槍彈頭設計重點之一，在於終端彈道時彈頭變形或破碎，以達到人員殺傷之目的。

T65K2步槍為國防部軍備局205廠於民國75年參考美製M16A2步槍改良而成⁶，其彈道低伸，危險界大(600公尺彈道高90.5公

3 陸總部，國造T91步槍操作手冊(民國74年10月)。

4 陸總部，國造65K2步槍操作手冊(民國91年10月)。

5 林佐乙，國造槍械列傳—1867~2000(全球防衛雜誌社有限公司，民國89年1月)，頁48。

6 林佐乙，國造槍械列傳—1867~2000(全球防衛雜誌社有限公司，民國89年1月)，頁65~69。

分)射速高具奇襲效果，可結合星光夜視鏡及各型瞄準鏡，提高射擊命中率及增強夜間作戰能力，槍身護板內設有隔熱片，於連續射擊120發後，可控制槍管溫度於49.8度，且外表為凸紋設計便於持握，有利射手於戰鬥中持續射擊，可有效發揚火力。

為了取代漸趨老舊又略有瑕疵的M16/M16A1步槍，美軍自1983年開始換裝新型的M16A2，並由陸戰隊率先接收，不僅改進以往不可靠的缺點，還因為改用SS109彈藥及變更槍管的膛線纏度而大幅度延長有效射程，使小口徑步槍也能擁有近似傳統步槍的遠距打擊力。

考量自主兵工產業下，決定比照M16A2的模式，進一步改良已有的T65步槍，並在1986年完成原型槍，定名為T65K2，也就是T65步槍的第二種改良型。新槍基本上仍維持T65的活塞系統及槍機匹配，其他則有多處的改良，三發點放的射擊功能就是其中之一。這個部分雖然是比照M16A2的標準，但T65K2仍維持原有的全自動模式，以備不時之需。

以增加步槍使用上便利，T65K2步槍的機匣增加了一組提把，與M16步槍一樣，也具有裝置其他瞄準儀器的功用，但T65K2步槍的提把右側有一組固定旋鈕夾座，夾取儀器時更為方便。

T91步槍為軍備局205廠於民國91年依

據現代化戰爭趨勢，強調近距離接戰、槍枝輕量化、模組化設計等需求，以T65K2步槍為基礎，參考美製M4A1突擊步槍所研製而成，可依任務特性加裝各式附加配備，如T85榴彈發射器、強光手電筒、雷射指標器、內紅點反射瞄準器等，槍托採伸縮式設計，槍身短小，重量輕，攜帶方便，進出戰(甲)車容易；適合叢林戰與住民第戰鬥。

此外，其機件少，結構簡單，並沿用部分T65K2步槍機件，及相同槍管製作方式，利於保養後勤補保維修作業。T65K2步槍與T91步槍相關諸元見(如表一)⁷。

貳、實驗材料與方法

一、儀器設備

(一)槍彈試射設備

為本部自力研發，包含遙控擊發機構(紅色圈選標示)與彈頭回收系統(藍色圈選標示)兩大部分(圖二)。

(二)棉花箱

原棉與紙箱(54×38×54公分)。

(三)彈頭比對設備

PROJECTINA萬能投影比對儀(圖三)。

二、材料

(一)案例之試射槍枝

合計國造65K2步槍9把與T91步槍95把(案例一為9把T65K2步槍與67把T91步槍，

7 國防部軍備局生產製造中心，五·五六公厘T91戰鬥步槍操作及單位保修手冊(民國93年8月)，頁1-2~1-3。

表一 T65K2步槍與T91步槍諸元表

諸元 種類	T65K2步槍	T91步槍
研發時間	民國75年	民國91年
運作方式	氣體傳動	氣體傳動
口徑	5.56×45公厘NATO	5.56×45公厘NATO
全長(含避火罩)	101公分	88公分
重量(含空彈匣)	3.5公斤	3.2公斤
槍管長	50.8公分	37.5公分
膛線	6條右旋	6條右旋
纏度	178公厘	178公厘
射擊方式	單發、三連發及全自動	單發、三連發及全自動
彈容量	30發	30發
子彈初速	920公尺／秒	840公尺／秒
有效射程	800公尺	600公尺
最大射程	3,600公尺	2,653公尺



圖二 槍彈試射設備之外觀



圖三 萬能投影比對儀之外觀

案例二為27把T91步槍，案例三為1把T91步槍)。

(二)子彈

國造5.56×45公厘步槍彈。

三、實驗方法

(一)棉花箱試射法⁸

經中央警察大學孟憲輝教授與刑事局鑑識科槍彈股指導與參考其它鑑識單位做法，利用棉花可有效緩衝步槍彈射擊之動能，並兼顧完整保存彈頭之特性，以棉花填滿5只紙箱，取代彈頭回收系統中的水，再

將槍枝固定於遙控擊發機構，調整射擊角度與棉花箱垂直，避免彈頭於擊中棉花箱後，偏離直線飛行軌跡，造成彈體變形。選取3發(含以上)與現場尋獲同規格子彈，將試射子彈單發裝入彈匣，再將彈匣裝上試射槍枝並上膛，試射後，依據紙箱上彈孔有無，明確彈頭所在位置，提昇彈頭回收之作業效率，再與現場所尋獲之彈頭及彈殼進行比對，進而確認是否為同一枝槍所擊發。

除以較能吸收步槍動能的槍彈試射設備及保留完整彈頭之棉花箱來蒐集試射彈頭

8 翁景惠，槍彈鑑識(白雲文化事業公司，民國78年8月)，頁77~78。

及彈殼外，分析彈頭、彈殼本身特性和影響來復線、彈底紋、撞針痕之機械結構，探討5.56公厘步槍彈現場與試射彈頭中來復線形態、彈殼中彈底紋及撞針痕紋線吻合程度，分辨其異同之處，並且與同系列之T65K2步槍比較。

(二)初步觀察法

將送鑑證物以低倍率放大，檢視證物是否完整，工具痕跡是否清晰可辨，並以拍照方式紀錄。

(三)特徵比對法⁹

先將試射所得之彈頭及彈殼，彼此進行相互比對，若其上之紋痕相同，則始可與現場彈頭及彈殼比對，若試射彈頭、彈殼與現場彈頭、彈殼之紋痕均能具有相同細微特徵，便可判定為同一把槍枝所擊發。

參、結果與討論

案例一

北部某靶場，分別實施9把T65K2步槍與67把T91步槍射擊訓練，其間位於靶場後方約2公里處民人，疑似遭射擊訓練之流彈誤擊，經緊急送醫治療後，取出外觀完整之彈頭乙枚，經觀察發現，彈頭口徑約為5.56

公厘、彈長約為18.85公厘、重量約為3.45公克、輓花數量為36個、來復線為6條右旋等特徵，研判為國軍制式子彈之彈頭(圖四)。

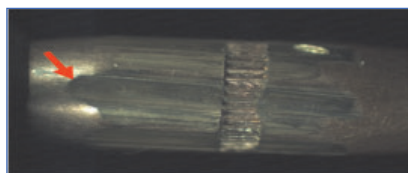
現場彈頭經放大檢視後發現，可能因擊發前槍管中異物，或擊發後跳彈摩擦造成彈頭上白色附著物殘留及來復線紋痕磨損，致細微特徵無法觀察無法進行個化特徵比對。但比較T65K2步槍與T91步槍所試射之彈頭差異，發現T91步槍試射彈頭其中一條來復線尾端呈圓弧形刮擦痕，且距離彈頭底部較近，另該來復線尾端之彈底有明顯火藥刺青之痕跡(圖五)，相對T65K2步槍彈頭上6條來復線尾端皆無圓弧形刮擦痕(圖六)，距離彈頭底部約為等距，

案例二

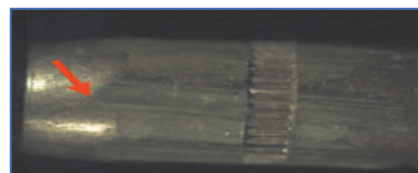
離島某靶場實施27把T91步槍射擊訓練，其間位於靶場後方約1.3公里處民人，疑似遭射擊訓練之流彈誤擊，經緊急送醫治療後，取出外觀完整之彈頭乙枚，經觀察後研判為國軍制式子彈之彈頭(圖七)。現場彈頭經放大檢視後發現，6條來復線中1條尾端呈圓弧形刮擦痕，且距離彈頭底部較近，並於彈底呈現火藥刺青之痕跡(圖八)，並經精密比對後，證實與其中一把T91步槍所試射



圖四 案例一現場彈頭外觀



圖五 T91步槍試射彈頭外觀



圖六 T65K2步槍試射彈頭

9 駱宜安，驗槍學(中央警官學校，民國77年6月)，頁50～56。



圖七 案例二現場彈頭外觀



圖八 案例二現場彈頭外觀

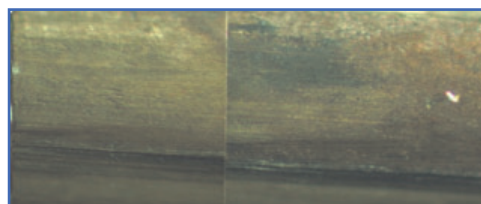
之槍膛痕跡相符(圖九、圖十)。

案例三

北部某單位某兵實施衛哨勤務，該員位於單位崗哨執勤期間，疑似自戕遭槍枝射擊之彈頭誤擊，經現場勘查採證後，發現外觀完整之彈殼三枚，經觀察後研判與試射彈殼皆為國軍制式子彈之彈殼(圖十一～圖十四)。現場彈殼經放大檢視及精密比對後，證實與提供之T91步槍所試射之彈底紋及撞針痕跡相符(圖十五、圖十六)。



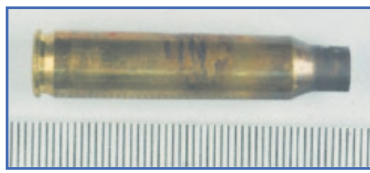
圖九 案例二分割比對(左-現場彈頭，右-T91相符彈頭)



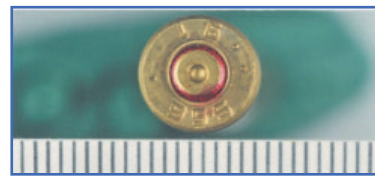
圖十 案例二分割比對(左-現場彈頭，右-T91相符彈頭)



圖十一 案例三現場彈殼外觀



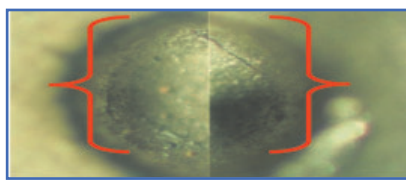
圖十二 案例三試射彈殼外觀



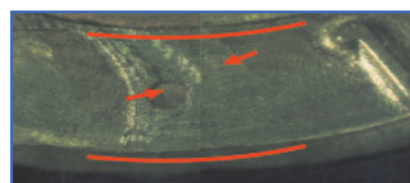
圖十三 案例三現場彈殼外觀



圖十四 案例三試射彈殼外觀



圖十五 案例三撞針痕分割比對(左-現場彈頭，右 T91相符彈頭)



圖十六 案例三彈底紋分割比對(左-現場彈頭，右 T91相符彈頭)

由前述兩案例可知，T91步槍試射彈頭其上6條來復線中1條尾端呈圓弧形刮擦痕，且距離彈頭底部較近，並於彈底呈現明顯火藥刺青之痕跡，此一類化特徵可區別

65K2步槍與T91步槍所擊發之彈頭，如現場彈頭細微特徵保存完整，藉由棉花箱試射法所得之彈頭進行比對，則可達到個化特徵之鑑定。

由於T91步槍槍管製作方式與T65K2步槍相同，不同處在於其長度較短，且導氣孔以一傾斜角度開口於槍管下緣膛線處(65K2步槍導氣孔以垂直方向開口於槍管上緣膛線處)，因此推測當T91步槍射擊時，因槍管較短使得彈頭通過導氣孔時，彈頭溫度較高且

金屬膨脹程度較大，加以導氣孔成一斜面開口，使其單位面積較大，當彈頭經過導氣孔時，有多餘的膨脹空間，造成其上之陽膛線刮擦痕延伸至彈頭底部，且其後推動前進之火藥燃爆氣體，於彈頭通過導氣孔之瞬間，由導氣孔後端進入並附著於即將離開之彈頭底部，而形成明顯火藥刺青痕跡。

進行不同槍枝的彈頭比對前，必須先定義各別槍枝的彈頭特徵，由於T91步槍與65K2步槍所擊發之彈頭皆有火藥刺青，以此特徵為基準，在多達12條的膛線刮擦痕中(陽膛與陰膛各6條)，可迅速定義所比較的膛線位置，有效提升彈頭比對效率與精確程度。

肆、結論

實務上彈頭鑑識多以手槍彈為主，因其彈頭為圓弧形，且動能較小，因此在現場有較高機會取得完整手槍彈頭。步槍彈因主要用途作為人員殺傷之用，其彈頭成尖銳狀，且動能大，因此擊發後不論擊中物體為何，彈體成破碎狀或嚴重變形，並造成彈體翻轉，以造成最大程度之傷害，因此一般在實務上是不容易於現場尋獲完整之步槍彈頭。然而，本研究所示在適當條件下，還是有機會於現場獲得完整之步槍彈頭，藉由棉花箱試射法取得嫌疑槍枝之試射彈頭，並依據試射槍枝之槍管構造、膛線數量與類型、導氣

孔位置與形態、彈頭上火藥刺青等特性，可明確定義出個別槍枝所擊發之彈頭特徵，有利於後續現場彈頭與試射彈頭間的比較。另同時與機構設計相近之T65K2步槍試射彈頭比較，發現T91步槍試射彈頭其中一條來復線尾端距離彈頭底部較短且帶有類化之火藥印痕。

槍擊案現場並非可經常尋獲彈頭，遺留彈殼就成為重要跡證之一。槍枝射擊後在彈殼上所產生工具痕跡有彈匣痕、爪子痕、退子痕、彈室痕、拋殼痕¹⁰等都是將來個化特徵研究方向，彈底紋及撞針痕除有明確的個化特徵外，也發現機械設計與彈殼痕跡是有正向相關的連結關係，T91步槍與T65K2步槍彈頭及彈殼痕跡的差異是突破槍彈痕跡鑑定之關鍵。

作者簡介

陳貴奇
國防大學理工學院兵器系學士
馮嘉齊
國防大學理工學院應用化學研究所碩士
許育銘
大同大學化工研究所碩士
劉鄒興
靜宜大學應用化學研究所碩士
洪立杰
輔仁大學哲學系學士
邵子歲
慈濟大學醫學研究所碩士
呂冠頤
開南大學法律系學士

10 蔡必強，「9mm自動手槍射擊後彈殼上拋殼痕之研究」，中央警察大學鑑識科學研究所碩士論文，民國97年1月，頁1~4、