

● 裝備維保

火炮砲膛檢驗機具之研究——以拉越式測膛樣板為例

黃志瑋

提要

- 一、砲膛鑑定主在判斷砲管堪用程度與剩餘壽命，避免於射擊時產生膛炸、爆裂等情事，射擊前亦須由聯保廠或保修連實施鑑定作業，以確保射擊安全。
- 二、坊間測量機（儀）具使用技術已成熟，評估使用適合之量具才能使砲膛鑑定更精確，降低危安事件發生。
- 三、國軍目前使用檢驗儀具仍以美軍購置裝備時所配賦量具為主（已使用逾30年），其檢測方式及程序有精進之需，本文將以缸徑規為研究重點，俾利爾後任務之遂行。

關鍵詞：砲膛檢視鏡、拉越式測膛樣板、CPK、缸徑規、三點式內徑測微器

壹、前言

檢驗為執行生產（保修）管制業務內之檢驗工作，其主要業務，係根據圖樣、規範及標準之要求，依檢驗之程序，運用檢驗人員之智慧與經驗，再根據科學原理，利用目視或各種檢驗設備，以鑑定原料、半成品及成品之性能是否均能達到產製單位之要求，俾使在保修方面能預防及減少人為或機械使用之不良狀況，而達到降低成本並確保品質之目的¹。

國軍武器如槍、砲管在擊發狀態下，需能承受發射藥高溫燃燒及子彈於高速、高壓造成的磨蝕等，這些射擊過程中會對槍、砲管膛內表面形成一種磨蝕現象。然射擊過程中如產生材料上之問題，輕則影響射擊精準度，重則發生膛炸或砲管爆裂之意外（圖一）。因此藉坊間成熟之技術（如非破壞檢測），精進國軍現行槍、砲

管之檢測。

火炮裝備於射擊前應由聯保廠及保修連至射擊單位，依「射擊前、後鑑濾檢查表」分別對砲膛排煙器等實施檢查，以確保射擊安全。陸軍○○營於99年進行○○演習時，乙輛○○戰車於射擊時發生砲管前段（砲膛排氣室前方）爆裂現象。次年軍備局及兵整中心針對全軍○○公厘砲管實施檢查（使用砲膛檢視鏡），檢查結果計有膛線裂痕、銹蝕面



圖一 火炮膛炸²

1 王仰舒，《機械產品檢驗法》（徐氏基金會出版，民國69年9月），頁1。

2 〈2009年12月4日「南韓火炮測試發生爆炸」〉，新華網軍事新聞，<http://www.xinhuanet.com/>，民國100年4月12日引用。

〈2010年8月6日「南韓K-1戰車砲管爆炸事故」〉，雅虎新聞，<http://tw.news.yahoo.com/article/ckiz.html>，民國100年4月12日引用。

積過大、銹孔過深及排煙器卡死等4種現象。

貳、砲膛檢測

工業製造技術不斷改進更新，帶動工業產品日益精密耐用，隨之而起的便是工業安全的要求，特別是和公共安全相關的產品，像是飛航器材、交通工具、軍事裝備…等。從產品製造、使用、保養、維修等過程都必須有一定的監測檢驗程序，以確保各項裝備零件的正常運作。非破壞檢測和傳統破壞性檢測不同，非破壞性檢測著重於預防性檢測，以及缺陷檢測為主，傳統的破壞性檢測則偏重於材料性質檢測，常應用於破損分析或是設計資料的建立³。

為精準射擊及確保演習期間人員與裝備安全，應以目視檢查砲管外觀是否有銹蝕或

外力撞擊，然因射擊時膛線起始點常為射擊磨耗最劇而導致直徑超過標準值，故亦以非破壞方式進行鑑定砲管內部，現行砲膛檢測作業程序如后。

一、檢查時機

國軍主力裝備（戰、甲砲車）為能有效實施精準打擊及維持裝備妥善，單位操作人員應確實依據「技術書刊」及「潤滑令」之規定實施裝備保養；二級維保單位應依據裝備「預防保養卡」赴單位實施定期保養；聯保廠及保修連應於射擊前180天及針對特定任務裝備立即實施檢查，其檢驗時機如后。

（一）二級維保檢查

依據部頒裝備預防保養卡實施規定⁴，應由支援單位二級廠實施保養，保養周期如下：S（每半年）、A（每年）、及B（每兩年）保養，針對砲管保養檢驗如表一。

表一 國軍現行砲管保養程序表

M60A3戰車砲管保養程序表						
保養類別	項次	檢查內容	所需工具	定更件及耗材	工作程序	檢查標準
S A B	1	砲身運動	火砲紀錄書	無	檢查火砲記錄書2408-4A表之最近一次砲身運動及射擊之日期。	距上一次砲身運動或射擊超過180天，則請聯保廠保修人員，實施砲身運動。
	2	檢查105公厘主砲砲膛顯微鏡及拉越式樣板量測	火砲紀錄書	無	檢查火砲記錄書2408-4A表砲膛顯微鏡及砲管量測之值及日期。	1. 砲管壽命1000 EFC或耗損0.056英吋。 2. 自上次測量時間以來已超過射擊200 (EFC) 發等量全裝藥發數或超過180天，則通知聯保廠保修人員。

資料來源：本研究整理

3 陳永增、鄧惠源，《非破壞檢測》（高立圖書有限公司，民國98年11月），頁3-37~3-42。

4 陸軍司令部裝備保養卡100年修訂版（陸軍司令部），民國100年4月21日。

(二) 聯保廠檢驗程序

單位實施火炮射擊前，依部頒「火炮射擊前、後鑑濾檢查表」⁵針對戰、甲砲車實施檢查，俾利演習任務順利遂行；兵整中心、聯保廠及單位應於年度修製前25-27月前，依「裝備現況檢驗表」針對定期修製計畫裝備實施裝備檢查，俾利精準估工估料，針對砲管保養檢查之項目如表二。

(三) 各式火炮、戰車砲及自走砲檢查重點

依據部頒規定，裝備於射擊前需對砲管（含制退復進機）實施保養及檢查，檢查重點如表三。

二、檢驗儀具介紹

目前兵整中心、各聯保廠及保修連均使用M3砲膛檢視鏡與拉越式測膛樣板進行砲膛檢測作業，目的在以目視檢測砲膛內有無磨蝕、沖蝕、燒蝕及腐蝕等缺陷；而拉越式測膛樣板在測量陽膛線起點砲管之直徑，檢查

表二 M60A3戰車現況檢驗及火炮射擊前、後鑑濾檢查表

M60A3戰車現況檢驗及火炮射擊前、後鑑濾檢查表					
檢驗項目	項次	檢驗項目	檢驗標準	檢驗方式	檢驗結果
裝備現況檢驗	1	砲膛排氣室	操作砲膛排氣室固定良好且無缺件及變形。	操作檢查	
	2	均熱套管	檢視均熱套管固定良好、表面完整無裂痕。	目視檢查	
	3	砲管	砲管外部不得有刮傷超過0.375吋。砲管內部裂痕不可超過0.625吋無嚴重銹蝕、砲膛需清潔、膛線量徑位置在25.25吋處不可超過4.190吋磨損。	M3式砲膛檢視鏡 拉越式測膛樣板	
射擊前、後鑑濾檢查表	1	砲膛排氣室	固定良好、內部清潔。	目視 操作檢查	
	2	均熱套管	固定良好、表面完整無裂痕。	目視檢查	
	3	砲管	砲管外部無挖傷、砲膛清潔、膛線無磨損銹蝕。 在砲管面部前方25.25吋處之砲膛尺寸量規讀數：4.134-4.190直徑。 若砲管內、外部有明顯挖傷、銹蝕現象標準如下： (1) 銹孔：深度超過0.020英吋或外表面積超過包覆總面積50%以上時。 (2) 裂痕： A. 砲管根部1英吋內之裂痕長度超過0.250英吋。 B. 砲管內部任何一處發現裂痕表度超過0.625英吋。 C. 砲尾環與砲管接合螺紋、鍵槽及砲膛排煙器接合螺紋或砲管排氣接合處裂痕長度超過0.125英吋。 D. 砲管其他外部裂痕長度超過0.375英吋。	M3式砲膛檢視鏡 拉越式測膛樣板	

資料來源：本研究整理

5 地區級演訓鑑濾表(陸軍後勤指揮部)，民國100年3月3日。

表三 各式戰車及自走砲車砲管保養程序表

各式戰車及自走砲車砲管保養程序表		
檢查內容	工作重點	備註
砲膛檢視鏡	檢查砲管之狀況，是否有不潔、刮傷、裂痕、燒蝕及麻膛等程度，以作為報廢砲管之依據。	
拉越式樣板量測	檢查砲膛陽膛線起點之磨損程度，以作為砲管剩餘發數之依據。	
砲身運動	藉由移動制退復進機內活塞及桿，於滑動面重造一層油膜，避免加工面生鏽。	

資料來源：本研究整理

該位置是否有磨損過大現象。兩種檢測裝備簡介與操作方法分述如后。

(一) M3砲膛檢視鏡⁶

砲膛檢視鏡(圖二)主要由目鏡總成、照明透鏡管總成(可延伸)、照明鏡頭總成、支撐架及工具箱所組成；並運用望遠鏡作用原理，借照明鏡頭總成前加裝白熱燈泡供以照明砲膛內部，再借反射鏡將砲膛內影像傳至目鏡總成供保修人員觀察及判斷內部是否有

不潔、刮傷、裂痕、燒蝕、麻膛與損傷狀況，其操作步驟如后：

1. 取探照鏡總成在其後方連接6支接桿(接桿長度一節為3.5呎；1呎=12英吋)
2. 每4-6呎安裝1滑輪，作為支撐接桿。
3. 將M3砲膛檢視鏡置入砲管內，並於尾端接上鏡座及電源線。
4. 開啟電源後即可檢視砲管內部狀況。
5. 每6呎可拆下連接桿(可防止連接桿斷



圖二 M3砲膛檢視鏡(資料來源：作者提供)

6 《國軍準則-陸軍-〇〇〇九-七 火砲保修工具操作手冊》(桃園：陸軍司令部，民國83年9月15日)，頁3-37~3-42。

裂)直到砲口處。

6. M3砲膛檢視鏡優缺點如表四。

表四 M3砲膛檢視鏡優缺點

M3砲膛檢視鏡優缺點	
優點	1. 檢驗方式易於操作。 2. 電源供應能滿足戰場需求(可使用24V)。
缺點	1. 無法將目視狀況擷取以供判定。 2. 銹蝕長、寬度鑑定無尺規量測,無法精確判定損程度。 3. 無法判定磨損深度。 4. 銹蝕範圍僅能目視判斷。

資料來源:本研究整理

(二) 拉越式測膛樣板⁷—以M114A1式155公厘榴彈砲為例

拉越式測膛樣板(如圖三)其主要組成為:拉桿(可延伸,一次需使用兩組)、擋板(依火炮口徑選取)、可活動式膛徑表尺(依火炮口徑選取)、游標卡尺,由保修人員對照火炮工具操作手冊附件五-砲管之作廢限度,

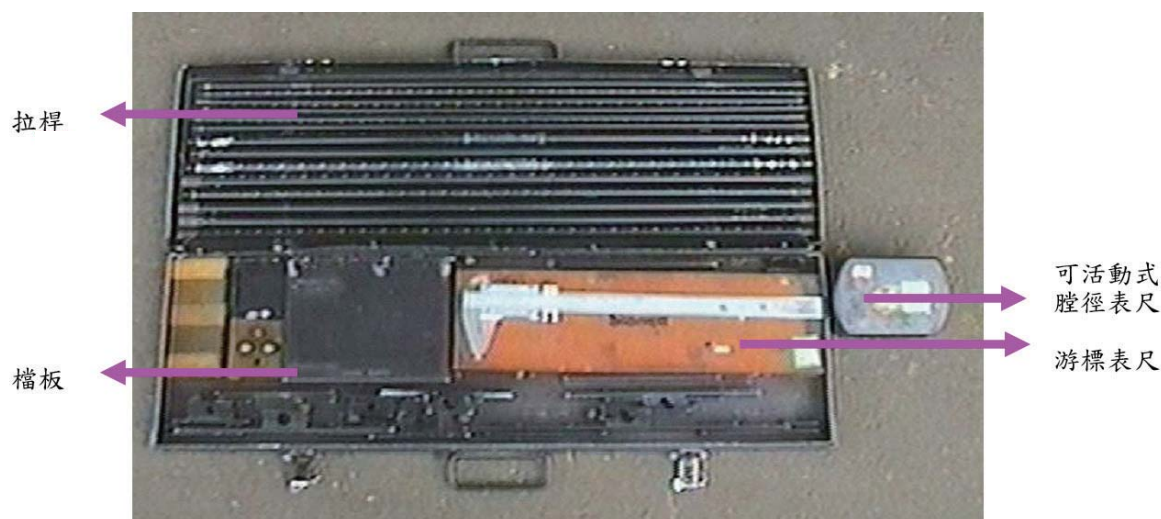
藉以鑑定內徑磨耗程度與是否堪用(如圖四),其操作步驟如后:

1. 使用接桿(30英吋)各乙支安裝至155mm膛徑表尺上。
2. 將9號擋板安裝至1~30英吋接桿上,固定於30.00英吋處。
3. 安裝後伸入砲管量測內徑,量測3次後取



圖四 拉越式測膛樣板檢測作業

(資料來源:作者提供)



圖三 拉越式樣板(資料來源:作者提供)

⁷ 同註6,頁3-45~3-55。

平均值，以求讀數精準。

4. 使用游標卡尺量測155mm膛徑表尺，求得砲管實際直徑，並將數據記載於火炮紀錄書中，其數值應於6.100~6.220英吋之間，若超過6.220英吋，該砲管不得實施射擊。
5. 拉越式測膛樣板優缺點如表五。

表五 拉越式測膛樣板優缺點

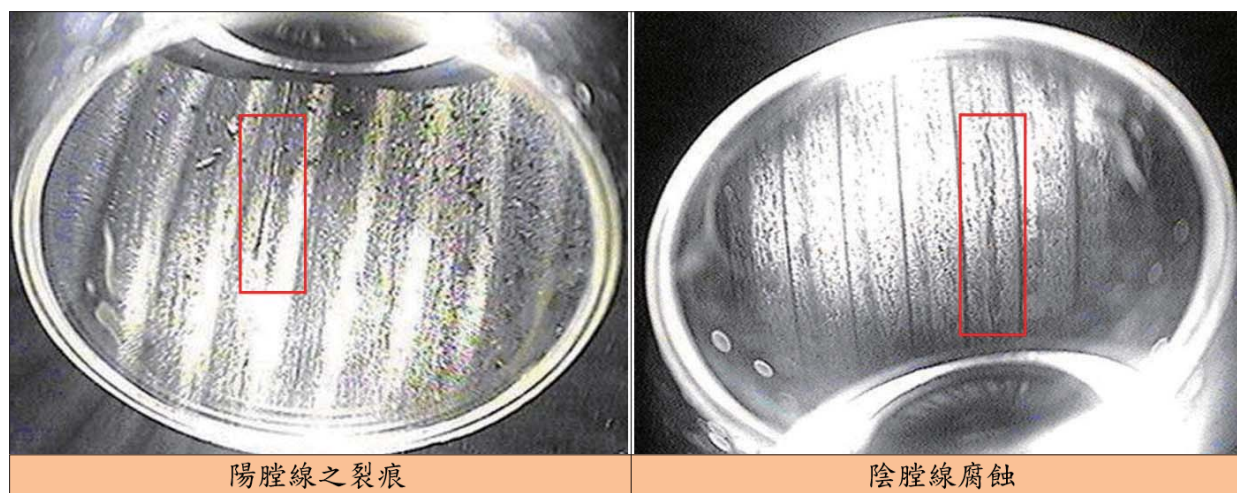
拉越式測膛樣板優缺點	
優點	1. 檢驗方式易於操作。 2. 不需使用電源。
缺點	1. 膛徑表尺調整時過鬆（過緊）或量測時操作不當（晃動或撞擊砲管內壁），造成數據錯誤。 2. 檢驗數據尚須經由人工判讀及記錄。 3. 精準度受限人工操作因素影響極大。 4. 配附膛徑表尺以刻畫線方式判讀，生手容易判讀錯誤。

資料來源：本研究整理

三、砲管壽限鑑定標準

火炮射擊時發射藥燃燒產生2,227~3,427°C之高溫，並形成約59,500psi(磅/平方吋)之膛壓，其間發射藥氣體激烈之化學反應、彈體與砲管間之應力、彈體噴流之衝刷作用，為此部分腐蝕之主要因素。其影響於膛線起始處最為嚴重，砲口部分則較為輕微，造成腐蝕

效應如熱變層（Thermally Altered Layer）、熱裂痕、白層（White Layer）等現象⁸，若腐蝕狀況已超出各式裝備的最大磨耗，於射擊時恐造成砲管斷裂、膛炸等現象，常見砲管磨耗現象如膛線裂痕（圖五左）及邊緣腐蝕（圖五右）。因此武器裝備除應落實預防保養



圖五 陰、陽膛線裂痕及腐蝕⁹

8 105公厘M68報廢砲管腐蝕肇因分析報告(軍備局生產製造中心第202廠)，民國100年3月30日。

9 同註8。

外，於射擊前應確實使用檢驗機（儀）具實施檢查，亦應針對射擊後相當全裝藥因素砲彈（EFC）實施檢查。

（一）相當全裝藥因素

火炮實施射擊時使用彈藥種類不相同，對砲管磨耗之程度亦有差異，故不能僅依射擊發數作為實施砲管報廢之依據，因此鑑廢時

應以EFC數累計至報廢發數時實施鑑廢，其各式裝備相關全裝藥因素彈藥對照如表六。

（二）砲管磨耗

射擊時彈頭及發射藥氣體會在砲管內造成具有燒蝕（因氯化等其他腐蝕作用，導致物體上有氧化物剝落現象）及腐蝕（因物件材質與周邊的物質產生化學反應，而導致氧

化現象，亦為金屬物質與氧化物等物質產生化學的氧化反應）現象，射擊時恐造成膛炸等現象，因此應針對不同型式裝備口徑實施鑑定磨耗程度，其對照如表七。

表六 各式裝備相關全裝藥因素彈藥（EFC）對照表¹⁰

各式裝備相關全裝藥因素彈藥（EFC）對照表				
項次	裝備型式	口徑	程式	報廢發數
1	M60A3戰車	105mm	M68A1	1,000
2	M109A2自走砲車	155mm	M185	6,375
3	M109A5自走砲車	155mm	M284	2,650
4	M110A2自走砲車	8吋	M201A1	10,000
5	M101式牽引榴砲	105mm	M2A2	7,500
6	M114式及M114A1式155公厘榴彈砲	155mm	M1A2	7,500
7	M115式8吋榴彈砲	8吋	M2	6,000

資料來源：本研究整理

表七 各式砲管量測位置及作廢程度

各式砲管量測位置及作廢程度（單位：英吋）							
裝備	口徑	程式	陽膛線基本砲膛直徑	作廢限度直徑	砲尾面部前方距離	定標長度（擋板）	磨損（量規讀數）
M60A3戰車	105公厘	M68A1	4.134	4.19	25.25至35.00	6	0.056
M109A2自走砲車	155公厘	M185	6.100	6.200	41.75	9	0.100
M109A5自走砲車	155公厘	M284	6.100	6.200	41.75	9	0.100
M110A2自走砲車	8吋	M201A1	8.000	8.135	46.00	10	0.135
M101式牽引榴砲	105mm	M2A1	4.134	4.204	15.50	6	0.070
M101A1式牽引榴砲	105mm	M2A2	4.134	4.204	16.00	6	0.070
M114式榴彈砲 M114A1式榴彈砲	155mm	M1A1 M1A2	6.100	6.220	30.00	9	0.120
M59式加農砲	155mm	M2	6.100	6.160	30.00	9	0.060
M115式榴彈砲	8吋	M2	8.000	8.150	38.00	15	0.150

資料來源：本研究整理

10 《TM9-1000-202-14 各式砲管之操作、單位保養、野戰保修鑑定技術手冊》（桃園：陸軍司令部保修署頒行，民國84年11月30日）。

參、個案實例及分析

各式火砲裝備實施射擊演訓任務時，保修人員需對該裝備實施鑑定檢查，判斷砲管堪用程度與砲管剩餘壽命，避免射擊時產生膛炸、爆裂等情勢，並保持射擊時準確性與降低操作人員危安。本研究為了解實際操作時之誤差，針對本中心M114A1式155公厘榴彈砲砲管實施量測後收集數據，進行探討分析，操作方式如下。

一、M114A1式155公厘榴彈砲砲管實測 -以拉越式測膛樣板為例

由42員儲備士官班受訓學生針對M114A1式155公厘榴彈砲砲管實施量測，依標準作業流程，使用155公厘膛徑表尺與接

桿連結並選用9號擋板結合於30英吋位置。並將拉越式測膛樣板放置砲管內，以擋板確實抵住砲尾位置，將膛徑表尺活動端之延伸桿緩緩向後拉至與固定端延伸桿至平行位置後，將拉越式測膛樣板取出以判讀測膛徑表尺所測得之砲膛起始點之膛線直徑。為減少人為及裝備操作誤差，已先行講解使用方式、操作程序及步驟並實作數次，熟捻操作方式後再量測並紀錄；為減少機（儀）具結合及不同砲管量測誤差，本實作操作時無須將量具重新組裝，僅針對不同人員量測同一門砲膛直徑之數據分析，量測結果如表八。

由表八得知量測結果最大值及最小值分別為6.239英吋及6.015英吋（相差0.224英吋），將結果經由統計軟體minitab產生，分析

表八 量測M114A1式155公厘榴彈砲砲管內徑尺寸

M114A1式155加農砲砲管內徑尺寸						單位：英吋	
項次	拉越式測膛樣板	項次	拉越式測膛樣板	項次	拉越式測膛樣板	項次	拉越式測膛樣板
1	6.145	12	6.175	23	6.162	34	6.221
2	6.113	13	6.162	24	6.162	35	6.130
3	6.015	14	6.155	25	6.148	36	6.163
4	6.155	15	6.150	26	6.134	37	6.167
5	6.080	16	6.140	27	6.156	38	6.157
6	6.067	17	6.130	28	6.163	39	6.145
7	6.165	18	6.157	29	6.239	40	6.155
8	6.105	19	6.127	30	6.160	41	6.147
9	6.160	20	6.137	31	6.155	42	6.162
10	6.214	21	6.215	32	6.238		
11	6.205	22	6.151	33	6.163		
筆者量測直徑為6.150英吋				以上量測數據為3次均值			

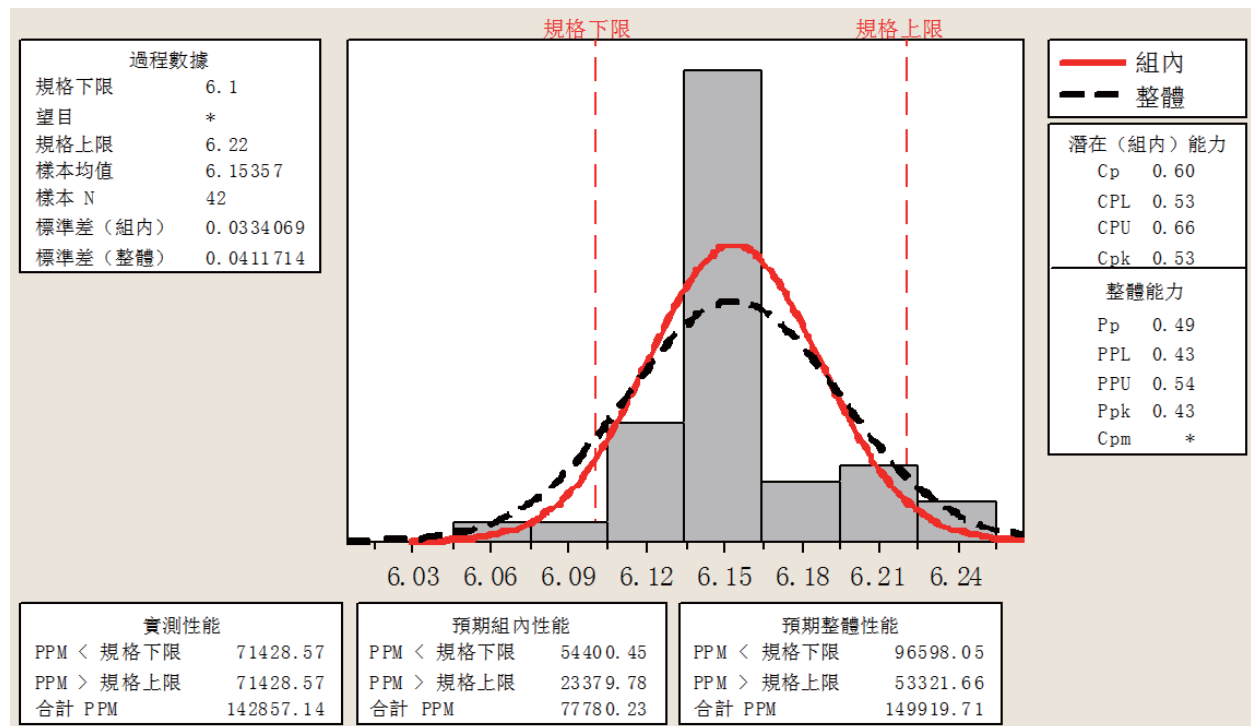
資料來源：本研究整理

結果如圖六。本分析圖趨勢屬常態分配，為有效之數據。並從圖判定 C_{pk}^{11} 為0.43（minitab由整體能力 P_{pk} 值判定），另由表九其值介於（ $C_{pk} < 0.67$ ）判斷結果為不合格，為使保修人員量測精確度提升，以降低作戰部隊戰演訓

之危安，藉由品管七手法之“4M”探討其可能原因。

二、分析

諸如上述結果，其量測確實有顯著之誤差，為能有效分析造成之原因進而改善，



圖六 量測分析圖 (資料來源：作者提供)

表九 C_{pk} 的評級標準¹²

各式砲管量測位置及作廢程度				單位：英吋
口徑	程式	基本砲膛直徑	作廢限度直徑	磨損 (量規讀數)
60公厘	M2	2.402	2.411	0.009
81公厘	M29A1	3.205	3.227	0.022
120公厘	M1A1	4.732	4.761	0.029

資料來源：本研究整理

11 C_{pk} 指過程能力指數也稱測量能力指數，是指測量者在一定時間裡，處於穩定狀態下的實際測量穩定性，若 C_{pk} 越高，則產品質量特性值的分散就會越小，反之則產品質量特性值的分散就會越大。

12 鍾朝嵩，《6 Sigma 實踐法 綠帶必備之基本手法》(和昌發行，西元2004年12月)，頁32。

俾利保修人員量測之精準，確保參演訓部隊人員及裝備之安全，筆者依據品管七手法之“4M「人員（Man）、機械（Machine）、物件（Material）及方法（Method）」”不同面向探討，分析如後。

（一）人員（Man）

執行砲膛檢測應由熟手操作，因此本實驗針對人員實施教育訓練後，並重複量測數次再記錄，以降低操作誤差，探究原因如下。

1. 操作人員手感拿捏不易：使用拉越式測膛樣板量測需將膛徑表尺深入砲膛內，檢查砲膛陽膛線起點之磨損程度，以作為砲管剩餘發數（壽命）之依據，因此需將膛徑表尺之活動尺朝上並向前傾斜至擋板抵住後，將拉桿向後拉出表尺與砲膛抵觸，此時速度過快或用力過大，均會造成測量誤差。
2. 擋板未確實抵住砲管（如圖七）：將膛



擋板未確實抵住砲管

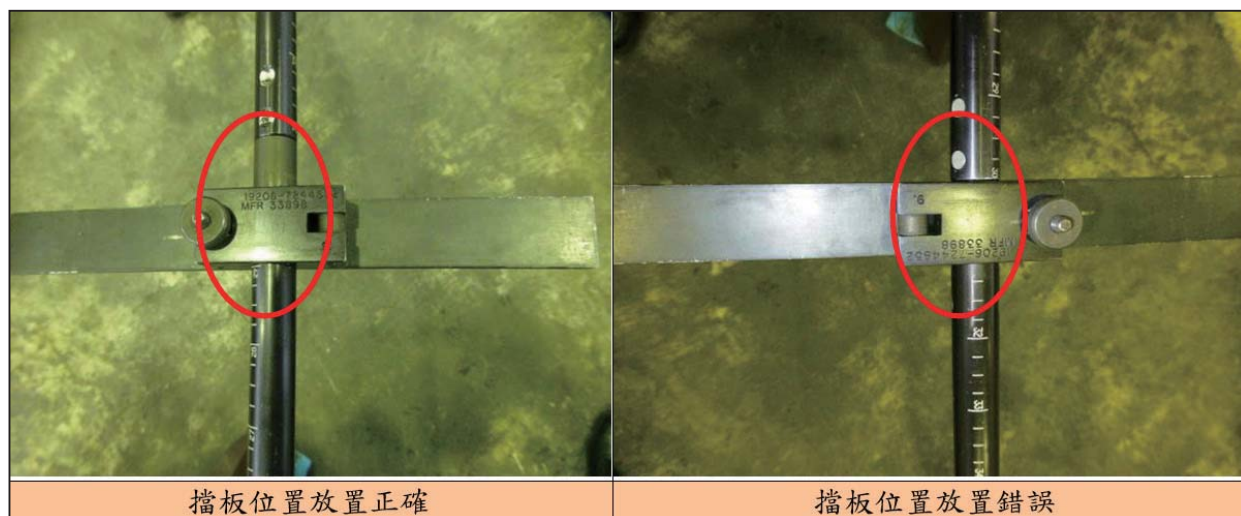
圖七 擋板未確實抵住砲管（資料來源：作者提供）

徑表尺向前延伸至砲管使擋板抵住砲尾後，右手將拉桿向外拉出時，若左手未確實抵住砲尾，將造成膛徑表尺未置於砲膛陽膛線起點，量測直徑並非砲管陽膛線起始點磨耗程度，恐造成判斷錯誤。

（二）機械（Machine）

執行火炮砲管膛徑檢查，目前所使用為拉越式測膛樣板，其結合方式不在此贅述，僅針對常見缺失敘述。

1. 擋板位置放置錯誤（如圖八右）：為量測砲膛陽膛線起點之磨損程度，因此不同型式之砲管其距砲尾面部前方之距離亦有所不同，因此需選擇正確之擋板及鎖定正確位置（如圖八左），但往往操作人員誤將擋板之前緣與該拉桿規定之刻劃鎖定，而造成超出陽膛線起點（1英吋），而該位置並非砲膛磨損最大之位置，其量測值恐比正確位置磨耗小，若該裝備實施射擊時恐造成嚴重危安情勢。
2. 膛徑表尺調節彈性差：使用膛徑表尺量測時應將活動尺調整至最大極限，其壓簧及調整螺分別能調節及控制壓簧之鬆緊度，因此如果調整過緊時，量測會無法操作或造成膛線（或膛徑表尺）磨損；過鬆於量測時會使表尺壓縮過多而錯誤，然其調整螺與壓環無明確調整規範，人為變數大，確有改善空間。



圖八 擋板位置放置錯誤 (資料來源：作者提供)

(三) 物件 (Material)

不同砲管其砲膛內徑會因使用保養狀況不同而有所差異，因此本實驗量測時，已限制單一檢測物件 (M114A1式155公厘榴彈砲)，減少影響量測之可變因子。

(四) 方法 (Method)

檢測方式可區分非破壞性檢測及破壞性檢測，然射擊前檢測砲管之目的為檢測是否有麻膛、鏽蝕等現象及陽膛線直徑磨損情形，避免射擊時肇生裝備損毀及人員傷亡等憾事，檢測方式如下：

1. 目視法：使用X光檢測、液滲檢測及磁粒檢測等，可檢測砲管表面及內部是否有裂痕等現象，目前使用為M3砲膛檢視鏡，其僅能以傳統光學檢視砲管內部是否有麻膛、斷膛等現象。
2. 量測法：使用超音波檢測器、雷射測距儀等，可檢測陽膛線直徑，另超音波可

檢測砲管內部是否有斷裂及長度，目前使用拉越式測膛樣板已能量測砲膛直徑，但其誤差如圖六，確有改善之空間。

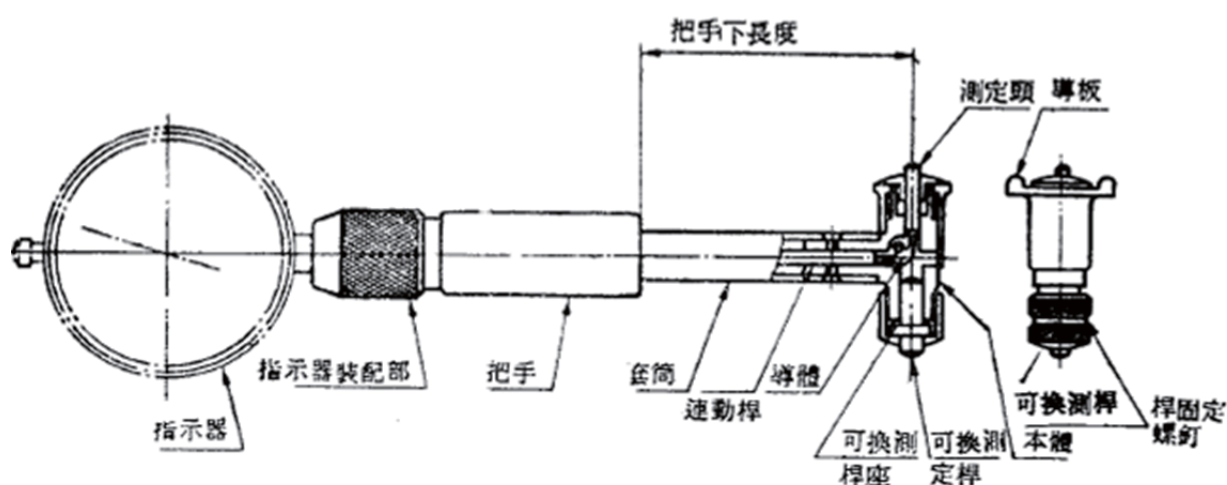
綜合上述拉越式測膛樣板確有待改善，然目前美軍仍使用相同量規，故參考目前仿間使用之測量儀器，評估是否有精進空間。

肆、各式檢測儀器應用評估

檢驗乃執行生產 (保修) 管制業務內之生產 (保修) 檢驗工作，根據規範要求，循生產 (保修) 檢驗之程序，運用檢驗人員之智慧與經驗，依據科學原理，利用目視或各種檢驗設備，以鑑定尺寸及性能是否達到其效能。

一、缸徑規

缸徑規 (如圖九) 主要是用來量測汽缸之內徑，其原理利用測頭壓縮被測物後，將其

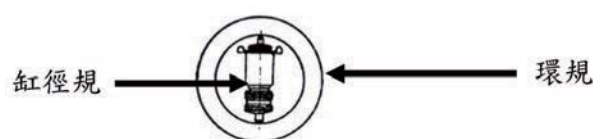


圖九 缸徑規構造圖¹³

產生之距離差，再藉由頂桿頂壓指示量錶之測頭，而測得其距離，因為有彈簧壓縮之控制，故不會有人為之誤差，如果液晶型或數字型的分厘卡，能達到0.001mm；針對被测物範圍之差異可添增延伸桿，實用性高，缸徑規各種型式及單價如表十。

使用缸徑規量測前須先使用環規校正歸零（如圖十），以確維裝備之精準，其操作方法簡單，不需經由特定機構實施送校作業，減少單位送校空窗期及時間，並提高檢驗人

員之公信力。



圖十 缸徑規校正方式¹⁴

二、三點式內徑測微器

三點式內徑測微器（如圖十一）其原理為利用螺旋的導程方式將內徑測微尺向外延伸（三點成一面），測量內徑距離，其精度通

表十 缸徑規各種型式及單價

缸徑規各種型式及單價				（計價單位：新臺幣元）
項次	品名	規格	單價	量測口徑
1	缸徑規	100-160mm	\$8,500	105mm口徑火炮、155mm口徑火炮、120mm迫砲
2	缸徑規	160-250mm	\$11,000	8吋口徑火炮
3	延伸桿	250mm	\$7,500	所有口徑均適用
4	延伸桿	1,000mm	\$25,000	所有口徑均適用

資料來源：本研究整理

13 中華民國國家標準CNS，〈內徑規(缸徑規)〉，民國71年01月28日。

14 同註12。



圖十一 三點式內徑測微器（資料來源：準達企業有限公司）

常至少為0.005mm，如果液晶型的或數字型的分厘卡，能達到0.001mm；針對被測物範圍之差異，可添增延伸桿，實用性高，三點式內徑測微器各種型式及單價如表十一。

三、拉越式測膛樣板、缸徑規與三點式內徑測微器之比較

目前兵整中心、各聯保廠及保修連拉越式測膛樣板計有23套，雖尚無非妥善情形，但操作不順暢及檢查結果不準確等，實有取代之必要性，筆者針對3項裝備優缺點進行比較如表十二，藉其選定較適合之儀器。

伍、效益分析與精進作為

火炮檢查時檢驗人員須將膛徑表尺連接接桿後，於量測位置實施檢驗，操作人員易因膛徑表調整時過鬆（過緊）或量測時操作不當（晃動或撞擊砲管內壁），造成數據誤差過大，然目前坊間測量距離技術已屬成熟，故應選用較適切之測量工具，精準實施量測。

表十一 三點式內徑測微器各種型式及單價

三點式內徑測微器各種型式及單價				
				(計價單位：新臺幣元)
項次	品名	規格	單價	量測口徑
1	三點式內徑測微器	50-100mm	\$110,000	60mm迫砲、81mm迫砲
2	三點式內徑測微器	100-200mm	\$186,000	105mm口徑火炮、155mm口徑火炮、120mm迫砲

備考：量測M110A2自走砲車須使用203mm之測微器，經訪商目前無適用型號，需向原廠訂作。

資料來源：本研究整理

表十二 拉越式測膛樣板、缸徑規與三點式內徑測微器優缺點比較表

項次	裝備	優點	缺點
1	拉越式測膛樣板	組裝容易	1. 精準度低 2. 不同口徑需要不同的膛徑表尺量測
2	缸徑規	1. 價格低 2. 操作容易 3. 精準度高	延伸桿無深度標定，無法確定量測之位置
3	三點式內徑測微器	1. 操作容易 2. 精準度高	1. 價格高 2. 8吋口徑目前市場尚無現品，需與廠商洽談訂作 3. 延伸桿無深度標定，無法確定量測之位置

資料來源：本研究整理

一、效益分析構面

各型檢測儀器均有其檢測之特點，然野戰單位平時及戰時實施砲管內徑量測時需考量精確與快速，因此就以下幾點構面分析其優缺點。

（一）電源限制

砲管實施鑑定作業除於戰力整備階段實施外，應考量戰時狀況，因此應以隨手取得為導向，避免因礙於限制而造成擁有優良機具而無法發為其最大效能。

（二）精準度

依據本文表七損耗程度僅容許0.001英吋之差異，故若使用之儀具精準度無法符合，實施檢驗為無效作業。然選用越高精準度之儀具其費用相對較高，故應選用適合之儀具，俾利以最經濟方式達到最高效益。

（三）維護度

採購新式裝備應以整體後勤為考量，除須考慮採購之成本外，亦需針對損壞後維修方式、地點、相關材料等事宜，避免因消失性商源及國外商修等而造成使用壽限降低。

（四）便利性

檢測儀器不單在平時可以使用，更須配合戰時等各項特殊情況，便利與通用性更是在儀器的使用上佔有重要的地位。在評估何種檢測裝備對目前國軍戰力能有效提升的前提下，除了檢測效能外，便利性的程度也不可忽略。

（五）操縱性

實施火砲射擊時檢驗人員須針對操演火砲實施檢查，每門火砲需量測3次，為避免機具操縱性複雜而增加檢驗工時，因此應考量操作簡單之儀具，俾利檢驗人員能在有限時間內完成鑑定，遂行作戰演訓任務。

綜合上述之分析，可就檢測效能與便利性的討論結果，由陸軍後勤訓練中心、武化士官高級班、兵整中心及聯保廠等技術人員，利用上述構面進行評估，評估人員皆長期從事火砲修護與檢驗工作，以綜合評分法進行評價。綜合評分法是一種用於評價指標無法統一時的量綱進行定量分析，而用無量綱的分數進行綜合評價，先分別按照不同指標的評價標準對各評價指標進行評分，然後採用各構面數值相加後平均的方法。此方法對現有非破壞檢測儀具進行量化評分，可兼顧周全性與科學性分析之要求。評分標準均值在81~100分為優、61~80為佳、41~60分為中、21~40分為差、1~20分為劣。評價結果，以缸徑規為最佳，可考量取代拉越式測膛樣板，如表十三。

二、缸徑規之應用

（一）依據火砲保修工具操作手冊，各式迫擊砲於射擊前應實施砲膛量測，因60公厘、81公厘及120公厘迫擊砲屬光膛砲，量測砲膛前、中、後位置，經評估均適用，如表十四。

（二）依據火砲保修工具操作手冊，各式戰車砲及自走砲於射擊前應實施砲膛量測，其量測位置為膛線起始點，因此應於缸徑規

表十三 各型檢測儀器效益分析表

各型檢測儀器效益分析表			
機具 效能	拉越式測膛樣板	缸徑規	三點式內徑測微器
電源限制	無 (100) 優	12V (70) 佳	12V (70) 佳
精準度	0.001inch (80) 佳	0.001mm以下 (90) 優	0.001mm以下 (90) 優
維護度	無 (60) 中	國內商修 (80) 佳 金額較低	國內商修 (30) 差 金額較高
便利性	不同口徑 不同膛徑表尺 (30) 差	2組 (80) 佳	2組 (80) 佳
操縱性	失誤大 (10) 劣	容易 (80) 佳	8吋口徑需訂做 (60) 中
綜合評鑑	中	佳	中

資料來源：本研究整理

表十四 各式砲管量測位置及作廢程度

上結合一適當尺規，確使裝備於中心點位置，其結合構想如圖十二（M114A1式155公厘榴砲砲管量測為例）：

各式砲管量測位置及作廢程度				
口徑	程式	基本砲膛直徑	作廢限度直徑	磨損（量規讀數）
60公厘	M2	2.402	2.411	0.009
81公厘	M29A1	3.205	3.227	0.022
120公厘	M1A1	4.732	4.761	0.029

資料來源：本研究整理

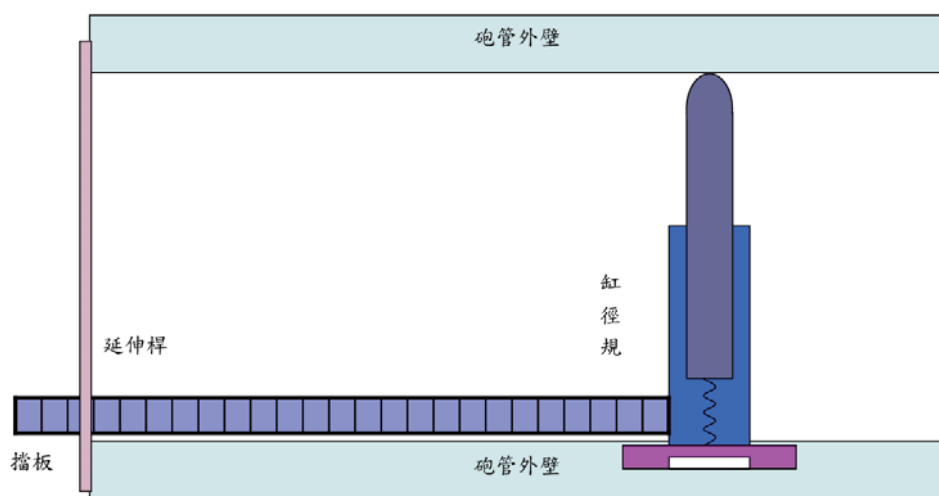
1. 使用延伸桿與缸徑規結合。
2. 使用擋板安裝至接桿上，固定於30英吋處，並將缸徑規上下移動量測其最大值，再將所顯示之數據記錄之。
3. 檢測數值應於6.100~6.220英吋之間，若超過6.220英吋，該砲管不得實施射擊。

演部隊作業安全實為保修人員之責任；然工欲善其事，必先利其器，諸如上述所分析，現有量測機（儀）器確實有改善之需，考量野戰段保修原則：有效、準確、輕便、快速等特性，建議如後。

一、選用適宜之機（儀）具：砲管膛線起始點為砲管磨耗程度最嚴重之處，現有拉越式測膛樣板，雖攜帶、組裝輕便及量測方式簡單，但量測結果亦因人員組裝操作情況下而造成誤差，實有改善之虞，故可使用缸徑規實施構改後，量測膛線磨耗是否磨耗過大，使保修人員能立即鑑定該裝備是否能確實密

陸、結論與建議

隨著國防組織兵力結構調整及募兵制的推動，保修部隊作業人員較以往精減許多，但部隊作（演）訓任務並無降低，因此確保參



圖十二 缸徑規於砲管之應用圖（資料來源：作者提供）

合，杜絕作（演）訓發生危安情勢。

二、培植專業鑑定人員：射擊前砲管鑑定檢查，除針對膛線磨耗程度實施檢查外，亦須以目視方法針對砲管內、外檢查是否有鏽蝕、麻膛等現象，若達到報廢標準應立即停止演訓任務；然坊間如橋墩建構時，其銲接處需檢驗是否合格、中鋼生產之成品或半成品亦需檢驗材質是否符合標準等，因此無論是使用破壞性檢驗或是非破壞性檢驗於仿間始廣泛使用，另為確保檢驗符合公信力，作業人員均須經由非破會檢測協會受訓及考試合格後授予相關合格證照方能實施檢驗。因此各聯保廠及保修連檢驗人員亦應實施專長鑑測及定期複訓等事宜；另可至相關機構（如中華民國非破壞檢測協會）實施相關檢驗師資格培訓，精進專業能力及知識。

三、落實保養及檢驗：作（演）訓部隊應落實裝備操作前、中、後實施預防保養勤務作業，二級保修單位亦應依部頒MR卡¹⁵之程序、步驟及要領實施作業；目前火砲砲管之檢查，除聯保廠及保修連依地區級演訓鑑濾表檢查外，二級保修人員亦應依MR卡-【戰車】B-001第7至8項確認是否超過射擊發數或其

週期（以CM11/12戰車為例），若超過則應主動通知聯保廠或保修連作業人員實施鑑定檢查，並將砲管鑑定後量測結果記錄於火砲紀錄書。另火砲紀錄書內資料應與現行各式火砲檢驗標準相符，但目前仍有部分單位未完全更換，故應請聯保廠及保修連於年度檢查時實施確認，避免因標準誤值而肇生後遺。

作者簡介

黃志璋上尉，中正理工學院92年班，後勤學校軍官正規班100-1期，曾任所長、履修官、研發官，現任陸軍後勤訓練中心保修教官組教官。

15 同註4。