

國造 105 公厘 M30 發射藥之模具設計

洪兆宇¹ 趙嘉琦¹ 陳治安² 林世明³ 鄧永昇³

¹陸軍軍官學校機械系

²軍備局生產製造中心

³軍備局生產製造中心第二 0 三廠

摘要

對一特定之發射藥配方而言，即使最佳壁厚已解出，亦不見得可依照所述的尺寸製造出來。為解決此問題，藥壁的範圍必須建立。藥壁的下限為根據膛壓限制所訂定，而其上限則受裝藥量及不生口焰兩項因素約束。若須確定壁厚的範圍，每藉射擊多批壁厚尺寸接近極大與極小值之裝藥試誤。然因膛壓不規則增減之趨勢，試射之裝藥量或多或少會超過預判初速之裝藥量。故藥壁範圍的建立務求盡可能寬廣，以適應製造上的可行性。但在火砲彈藥組合上，希望初速達其可能之最大值。基於此些條件，能適合其要求的壁厚範圍就非常的窄，且製造程序亦須控制得非常嚴格。更有發射藥之製成品均具有可塑性，此種可塑性為利用揮發性溶劑將硝化纖維散佈至膠體內部其他成分中所產生的結果。成品在乾燥藥粒之過程中，蒸發溶劑將導致藥粒收縮，而這收縮量須符合藥粒設計的規範。藥模設計者，控制燃速的主要因素即為控制藥壁尺寸，在既定成分中一旦乾藥粒尺寸及收縮百分比確定，發射藥製造可準確到接近預期的精度。

關鍵詞：M30 發射藥，模具，針板，收縮率

一、前言

我陸軍最初以美援戰車為主力裝備，然而隨著中美斷交，美援瀕臨斷絕。在此狀況下，政府便展開多項培植自主國防工業的計畫。1984年，戰發中心與美國通用動力陸地系統(GDLS)展開合作，規劃我陸軍的下一代主力戰車。由於817公報限制，當時美國不願意公然輸出完整的M-60A3戰車，於是我多方迂迴兼採變通作法，以M-60A3戰車的底盤加上M-48戰車的砲塔，搭配105公厘主砲以及全新整合的射控系統，成為獨特的改造加強版戰車。國軍賦予這種新戰車CM-11的編號，外界則習稱之為M-48H，H意味著M-48與M-60的混和(Hybrid)。1990年4月14日，M-48H正式公開並開始服役，被命名為勇虎式戰車，我陸軍戰車自此邁入105公厘主砲的時代，裝備美製M-68A1式旋轉線膛砲。

M-68是英國設計的L-7型授權美國生產，然後經過美國的改良，其性能可靠，彈種選擇廣泛。雖然現代西方戰車砲的主流口徑已經提升至120公厘，但是現階段105公厘旋轉線膛砲經評估仍適合固安作戰，一來105公厘砲彈體積重量較小，較能匹配東方人的體型與體力；更重要的是線膛砲使用彈種遠比目前全球主流的滑膛砲廣泛，包括後者欠缺的高爆彈種(HE或HESH)；如果共軍發動兩棲登陸作戰，首先登陸的極有可能是輕裝的步兵，車輛方面也以輕型車輛最為可能，此外共軍必乘坐大批登陸艇而來，而以上這些都屬於輕裝甲目標，適合以高爆彈種對付，如果使用動能穿甲彈則難以大量而有效地加以殺傷。高爆戰防彈(High-Explosive Anti-Tank, HEAT)是反戰車的主要彈種之一，是一種利用錐孔效應穿透裝甲的彈藥。彈頭起爆時，炸藥爆轟將彈頭內的藥型罩熔化為

金屬射流。高速的金屬射流可以穿透裝藥直徑六至七倍的均質鋼裝甲，除具有穿甲效應外，更附帶爆震與破片殺傷。高爆戰防彈依靠金屬射流的噴流擊穿裝甲，因此它們不必像動能穿甲彈一樣以高初速發射，故發射時產生的後座力較小。更為解決動能穿甲彈過穿，對有生力量殺傷較小，及對軟性目標壞較低之弱點，可產生互補提昇。

續基於「買砲造彈」政策，要求發射藥完全自製，且其外彈道性能須與外購彈藥共用射表，終端彈道效應則相仿，彈道計算機等射控介面完全相容。故其內彈道性能須完全符合美軍規格，而採用美軍制式之M30發射藥，係內彈道設計中典型之藥型函數控制燃燒性能的擠型多孔柱藥。柱藥製程中，藥粒型狀決定膛內發射藥氣體產生速率，模具設計成為關鍵。

M68A1砲成功發射國造M456A1式HEAT彈為最具威力且落實技術自主者之一。該彈完全由國防自主研發，內裝國造M30式三基七孔柱狀發射藥，採丙酮溶劑系統擠型設計藥粒，配方中含有多量硝基胍(NQ)，可大量降低膛內絕熱火焰溫度，燒蝕因而降低，搭配DM63是脫殼穿甲彈間歇穿插射擊，砲管壽限及堪用幸均高，有利持久經濟作戰，係國軍自行研試成功，尤具代表意義，模具之設計為重要關鍵指標。

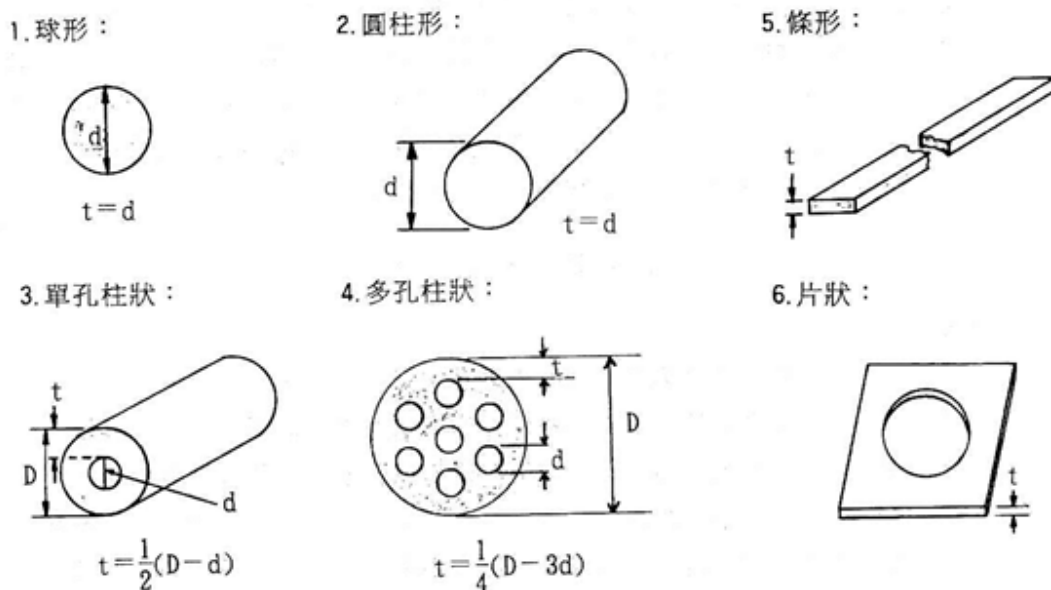
二、問題描述

一般傳統製造柱藥時面臨最大困擾為藥模之設計與藥胚之試造，其所持用的方法為試誤法與經驗的累積，然而面臨新型發射藥研製時，因成份改變及藥性參數無法掌握，需重新開始設計藥模與藥胚試造，但是現今研製軍品有時程及經費的限制，更受制肘者為部份發射藥原料係管制品，限制輸出及海運，不可能反覆試造，

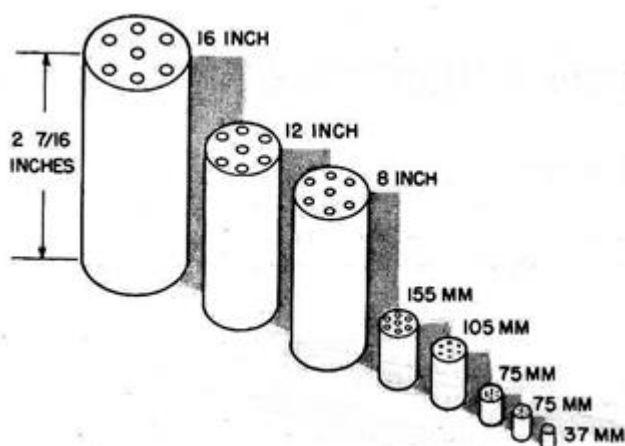
本文以採用在「確知成份後，主動控制藥壁厚法」來試造獲得合格之產品，說明計算結果與傳統試造之差異。

一般常見之發射藥粒之構型如圖一，柱藥尺寸概如圖二。藥型主宰燃速，也意味控制彈道性能，往往決定研製之成敗。本案如同其他擠型柱藥研製，最先採用逆向推算，量測美造 M456 彈 M30 發射藥之藥型製作藥模，但其為成品乾藥，雖估計收縮率，但效果欠佳。再參採同砲系另彈

種研製之尾翼穩定脫殼穿甲彈用 M26 發射藥之模具[1]，或因 M26 為雙基配方，收縮率不同，效果亦差。該案向 K 國 I 公司技引，央請技引人員協助，僅告知設計藥模需詳讀 AMCP706-247 手冊[2]。然該手冊之藥模設計，參數較多，計算繁雜，即使求得參數值，實際製作藥模時，原料及加工皆有窒礙。綜上述，本案尋求一較簡便之藥模計算與加工方法。



圖一：發射藥之形狀與壁厚定義



圖二：各式砲彈發射藥粒

三、概念設計

發射藥之所以比其他火炸藥難製造者，在於精度要求較高，無論成份或藥型稍有出入，便可影響彈道性能，使產品不能符合規格要求，其中藥型變化尤較難掌握；因為發射藥之燃燒係由表面向內逐層進行，燃燒程序可視為發射藥由無數薄膜層組成，外層燃燒引燃內層。若燃燒在定壓下進行，以直線速度燃燒之面積變化，係由發射藥物理形狀來控制，而控制發射藥量的燃燒中，才得以決定發射藥之彈道效應，並使之保持在一定限制之內，一個藥胚係指任何一個單獨粒子或一小塊的發射藥，而發射藥則指用於武器之火藥粒的總重量[3,4]。

目前已有許多不同形式之發射藥藥粒被使用，其中最主要者為圖一中所示數種，藥胚最重要之尺寸為壁厚或相鄰兩面之最小距離。柱狀無孔藥胚，藥柱之直徑即為壁厚，柱狀單孔藥僅有一種壁厚，而柱狀多孔藥中有內壁厚與外壁厚之分（圖二），此內壁厚與外壁厚有時相等，有時不相等，一般而言，內外壁的變化率絕對值不超過 15%。

就彈道觀點言，發射藥藥粒之最佳形式為用最少量之發射藥而能使砲彈(彈丸)獲得所預期規定之速度，且在燃燒時所產生之壓力不超過最大許可壓力，而另一方面，所得彈道效應均勻一致（即初速標準差要合於要求），此為考驗發射藥是否良好之因素。

無孔柱狀發射藥在被點燃後，燃燒面即陸續減少，直至燒完為止，此類藥型之燃燒稱為減面燃燒。單孔柱狀藥有相對的兩個燃燒面，即同時向相對方向燃燒，藥孔之最初直徑能先被控制，燃燒後燃燒面積僅有微小之變異，此類藥型之燃燒稱為等面燃燒，多孔柱狀藥之設計可使其在燃

燒完畢之前，燃燒面逐漸增加，此類藥型之燃燒稱為增面燃燒。

雙(三)基擠型柱藥生產的無孔柱狀藥有 60、81、120 點火藥，5.56 空包藥，班乃特傳火藥，雙基火箭基藥等。單孔柱狀藥有六六火箭藥，3.5 吋火箭藥。七孔柱狀藥有 106 無座力砲發射藥，三基 90 發射藥，三基 155 增程藥等。

無孔柱狀藥之生產取決於藥粒直徑與長度(厚度)，單孔柱狀藥長度(L)與平均藥粒直徑(D)之此約在 3 至 6 之間(火箭藥例外)，藥粒直徑(D)與平均藥粒孔徑(d)之比則在 3 左右，這兩種柱狀藥之藥模設計較為單純。七孔柱狀藥之七孔位置直接影響到內外壁，也因此影響到此類發射藥的彈道性能，因此本文題目就是針對七孔柱狀藥藥模的設計進行細部設計。

四、細部設計比較

因為胚藥(或稱青藥，green grain，含溶劑之藥粒半成品)成型後須再經烘乾，其大小通常亦隨之縮小，然其收縮率(shrinkage)與藥型，溶劑之多寡，壓藥之壓力，配方組成，氣溫變化，濕度大小等均有很大之關係，實際值必須於多次試驗後方可獲得，而此統計數值是藥模設計中最重要的一個因素。因此在初次試造時需假定其收縮率，以為設計藥模之根據。

1. 傳統方法：依據美藥(合格之美軍發射藥，由拆卸全彈而得)量測結果逆向推算，以為藥模設計之根據，為一側重經驗仿製之作法。依據經驗，設定：

外徑收縮率 SD:12-15%

長度收縮率 SL:0-3%

孔徑收縮率 Sd: 10-20%

(a) 藥模套筒外徑(Di)之計算：

$$SD=1-D/Di \quad (1)$$

D：製成(乾)藥外徑

Di：(青)藥胚外徑

美藥（成藥）外徑據分析結果為 0.2953"，

$$0.2953" = Di(1 - SD)$$

則得 Di 約為 0.335"~0.347"，

取中值 Di = 0.340"。

(b) 藥模針徑(di)之計算：

$$Sd = 1 - d/di \quad (2)$$

d:成藥孔徑

di:藥模針徑

美藥（成藥）孔徑為 0.02809"，

$$0.02809" = di \times (1 - Sd)$$

則得 di 約為 0.031"~0.035"，

為了配合琴鋼絲的型號規格採用 0.032"之針徑。

(c) 針圈徑 (P.C) 之計算：

$$P.C = 2di + 2Wai \quad (3)$$

$$\text{得 } P.C = 0.064" + 0.123" = 0.187"$$

Wai 為平均青藥壁厚，此處以經驗與試誤而得出。

綜合(1)(2)(3)式訂藥模規格為

$$Di = 0.340"$$

$$di = 0.032"$$

$$P.C = 0.187"$$

以此製成之成藥，藥壁較美藥厚，彈道測試結果，裝藥量飽和後初速尚未能達到要求，後經十幾次藥模研改修工，此法之藥模規格為：

$$Di = 0.325"$$

$$di = 0.035"$$

$$P.C = 0.179"$$

其成品測試情形概為初速、膛壓都符合規格，但裝藥量始終在上限合格邊緣跳動。另試圖將藥模規格修改，藉以重新試造。

$$Di = 0.303"$$

$$di = 0.032"$$

$$P.C = 0.171"$$

成品測試結果裝藥量降到中線以下，初速、膛壓符合要求，惟初速標準差超過規格。以上藥模設計方法是以現有之成品藥（美成藥樣品）之尺寸為根據，再參以經驗數字逆向設計而成，所製成之成品，力求符合樣品尺寸為目標，其結果是經過無數次的設計研改修正，才能符合規格要求，擠型柱藥從雙基 106 公厘發射藥，三基 90 公厘發射藥，三基 155 公厘增程發射藥等都是以本法設計藥模。

2. AMCP 706-247 方法：本法將外壁收縮率、內壁收縮率、孔徑收縮率及外徑收縮率分別估算後，需再計算成藥之各針心位置，且成藥之外壁與內壁之厚度確定後，才能求出模具外徑 Di，P.C 則由藥模針徑與青藥內壁厚求出，期間青藥之內外壁厚亦須估算，為一精密算法。如此計算出之參數數據，用以製作模具，仍須先小量試造成品，並藉查表方式，檢查其成品之各部尺寸，但該手冊附表中未列出 M30 發射藥之資料。檢討本法計算過程較為繁雜，需運用之參數亦較多，模具製作時困難度高，最終成藥尺寸亦難確認，執行有窒礙。
3. 等效藥壁(單一收縮率)法：本法為一折衷作法，既未如傳統方法般完全依經驗試誤修正，亦未如 AMCP 方法般使用太多參數計算，而綜合二者。吸取 2304 專案經驗，理論計算部分主以藥壁厚度為準，加以少量試誤。根據 ROCKET DYNE 公司所提供之資料顯示藥粒中影響彈道性能之最重要因素除成份外即屬藥壁，因此首先要基於所需求之藥壁厚，做為藥模設計之基礎，為今 105 公厘 M30 發射藥即以此方法設計，說

明如下:

(d) 運用 AMCP 706-150 手冊, 計算一等效藥壁厚度, 作法為利用該手冊第 (2-104)、(2-105) 及 (2-106a) 式求得圖解法用之常數 ε 、 σ 值及裝藥量 $C[5]$, 再帶入手冊中 chart 2-1 圖表, 內插可得理論等效藥壁厚度。在七孔藥中有多個藥壁, 等效藥壁厚意義上可視為平均藥壁厚, 本案 105 公厘 M30 發射藥之等效壁厚 $W_a = 0.058''$ 。

(e) 依據規格要求 $D/d = 11.5 \sim 15$ (通常一般為 $5 \sim 15$)。

(f) 根據傳統製造三基 90 公厘發射藥藥模及成藥藥粒尺寸的統計資料獲得各式收縮率如下:

直徑之收縮率 $SD = 8\%$

外壁之收縮率 $SWO = 4\%$

內壁之收縮率 $SWI = 8\%$

小孔之收縮率 $S_d = 13\%$

平均藥壁之收縮率 $SW_a = 6\%$

根據 (d)、(e)、(f) 之資料設計 A-T-2 研試批藥模為下:

(g) 藥模針徑 (d_i) 之設計:

$$W_a = (D - 3d)/4 \quad (4)$$

$$\therefore W_a = 0.058''$$

設 $D = 13.25d$ (取規格值 $11.5 \sim 15$ 中值)

$$\text{則 } d = (4 \times 0.058)/10.25 = 0.0226''$$

$$d = d_i(1 - S_d)$$

$$\therefore d_i = 0.0226/0.87 = 0.02597$$

$$\approx 0.026''$$

(此為選用之琴鋼絲用以製作針心)

(h) 藥模套筒外徑 (D_i) 之設計:

$$W_a = W_{ai}(1 - SW_a) \quad (5)$$

$$\therefore W_{ai} = 0.058/0.94 = 0.0617''$$

則 D_i 應由下式計算

$$0.0617 = (D_i - 3 \times 0.026)/4$$

$$D_i = 4 \times 0.0617 + 3 \times 0.026$$

$$= 0.3248'' \approx 0.325''$$

(i) 針圈徑 (P.C) 之選定:

$$W_{ai} = W_a / (1 - SD) \quad (6)$$

$$W_{ai} = 0.058/0.92 = 0.063''$$

$$P.C = 2 \times W_{ai} + 2 \times d_i$$

$$= 2 \times 0.063 + 2 \times 0.026 = 0.178''$$

根據以上 (g) (h) (i) 所得的數據設定藥模為

$$D_i = 0.325''$$

$$d_i = 0.026''$$

$$P.C = 0.178''$$

4. 等效藥壁 (平均收縮率) 法: 除 105HEIT 發射藥外, 相似之 M30 配方所製之各型三基藥, 其藥模與成藥間之收縮數據統計如下表:

表一: 各式 M30 發射藥收縮率統計

	105mm M456	76mm M431	105mm M392A1	90mm M318A1
1 - SD =	88.03%	87.86%	90.51%	90.51%
1 - S _d =	89.28%	88.60%	90.83%	93.21%
1 - SWO =	91.29%	89.76%	88.80%	84.10%
1 - SWI =	90.57%	88.27%	86.03%	85.47%
1 - SW _a =	90.93%	89.00%	87.57%	89.63%

依以上統計資料平均假設

$$SD = 11\%$$

$$S_d = 10\%$$

$$SWO = 9\%$$

$$SWI = 13\%$$

$$SW_a = 11\%$$

依以上假設設計 A-T-3 研試批藥模為下:

(j) 藥模針徑 (d_i) 之設計:

$$0.058'' = (D - 3d)/4, \text{ 設 } D = 13.25d$$

$$d = (4 \times 0.058)/10.25 = 0.0226''$$

$$d_i = 0.0226/0.90 = 0.0251 \approx 0.026'' \text{ (選用最合於規格之琴鋼絲)}$$

(k) 藥模套筒外徑 (D_i) 之設計:

$$W_{ai} = 0.058/0.89 = 0.065$$

則 D_i 之獲得為下:

$$D_i = 4 \times W_{ai} + 3 \times d_i$$

$$D_i = 4 \times 0.065 + 3 \times 0.026 = 0.338''$$

(1) 針圈徑(P.C)之選定:

$$W_{ai} = 0.058/0.87 = 0.0666$$

$$P.C = 2 \times W_{ai} + 2 \times d_i \\ = 2 \times 0.0666 + 2 \times 0.026 = 0.185''$$

則設計之藥模為

$$D_i = 0.338''$$

$$d_i = 0.026''$$

$$P.C = 0.185''$$

五、藥胚試造

發射藥模具之完整設計如圖三，拌好的藥膠，經壓條機作用，通過規格藥模出條成型，蒐集成型之藥條送切藥道次，經切藥就可製成藥胚。藥胚的切長可預先設定，經計算調配切藥機之齒輪組合，刀盤刀數及滾輪等切長變更因素，即可切出設定的藥胚長度，切藥機所切藥胚長度之計算公式為下:

$$L_i = (\pi \phi D_1 D_2) / (n F_1 F_2)$$

π = 圓周率(3.14)

ϕ = 滾輪直徑

D_1 = 第一齒輪數(主 1)

F_1 = 第二齒輪數(從 1)

D_2 = 第三齒輪數(主 2)

F_2 = 第四齒輪數(從 2)

n = 刀盤之刀數

以國造生產的 90mmM30 發射藥切藥為例：

齒輪組合

$$D_1 = 48、D_2 = 160、F_1 = 180、F_2 = 89$$

滾輪直徑 $\phi = 11/8''$ ，刀數= 3

$$L_i = (3.14 \times 1.375 \times 48 \times 160) / (3 \times 180 \times 89) \\ = 0.689''$$

本文發射藥切藥研究調整試誤：

齒輪組合

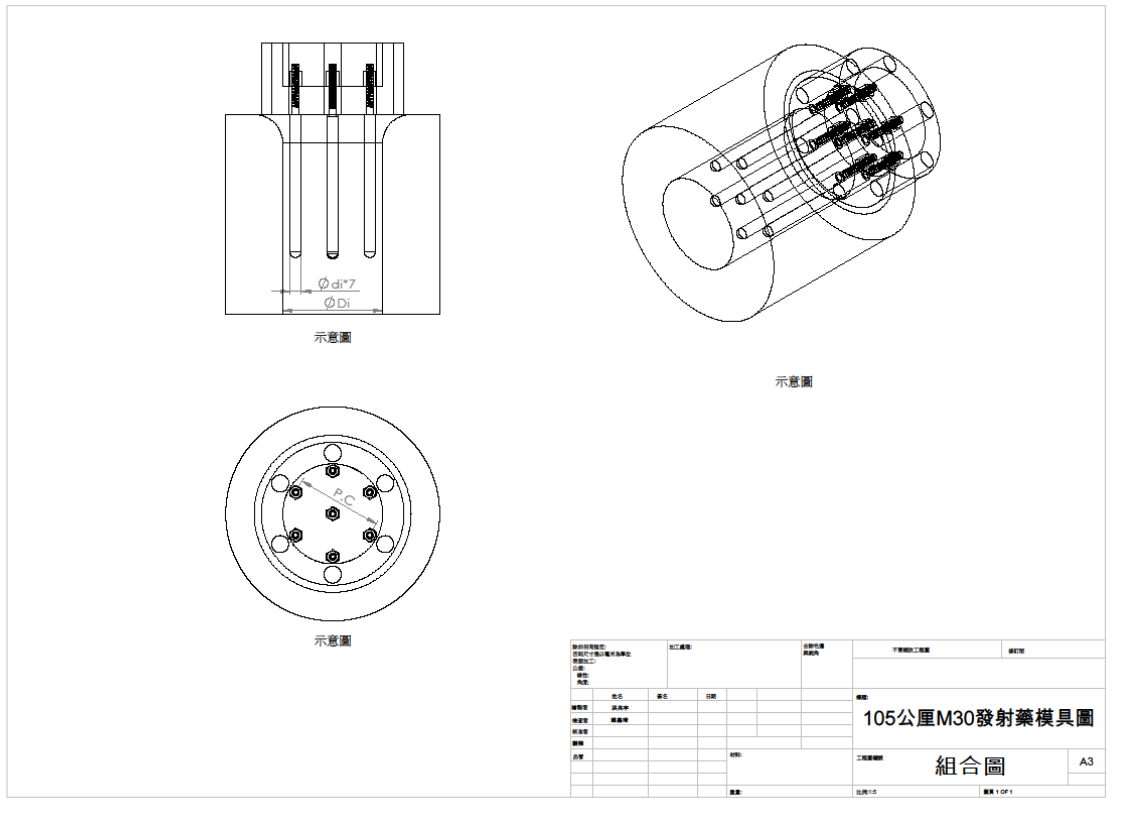
$$D_1 = 62、D_2 = 80、F_1 = 180、F_2 = 170$$

滾輪直徑 $\phi = 11/8''$ ，刀數= 1

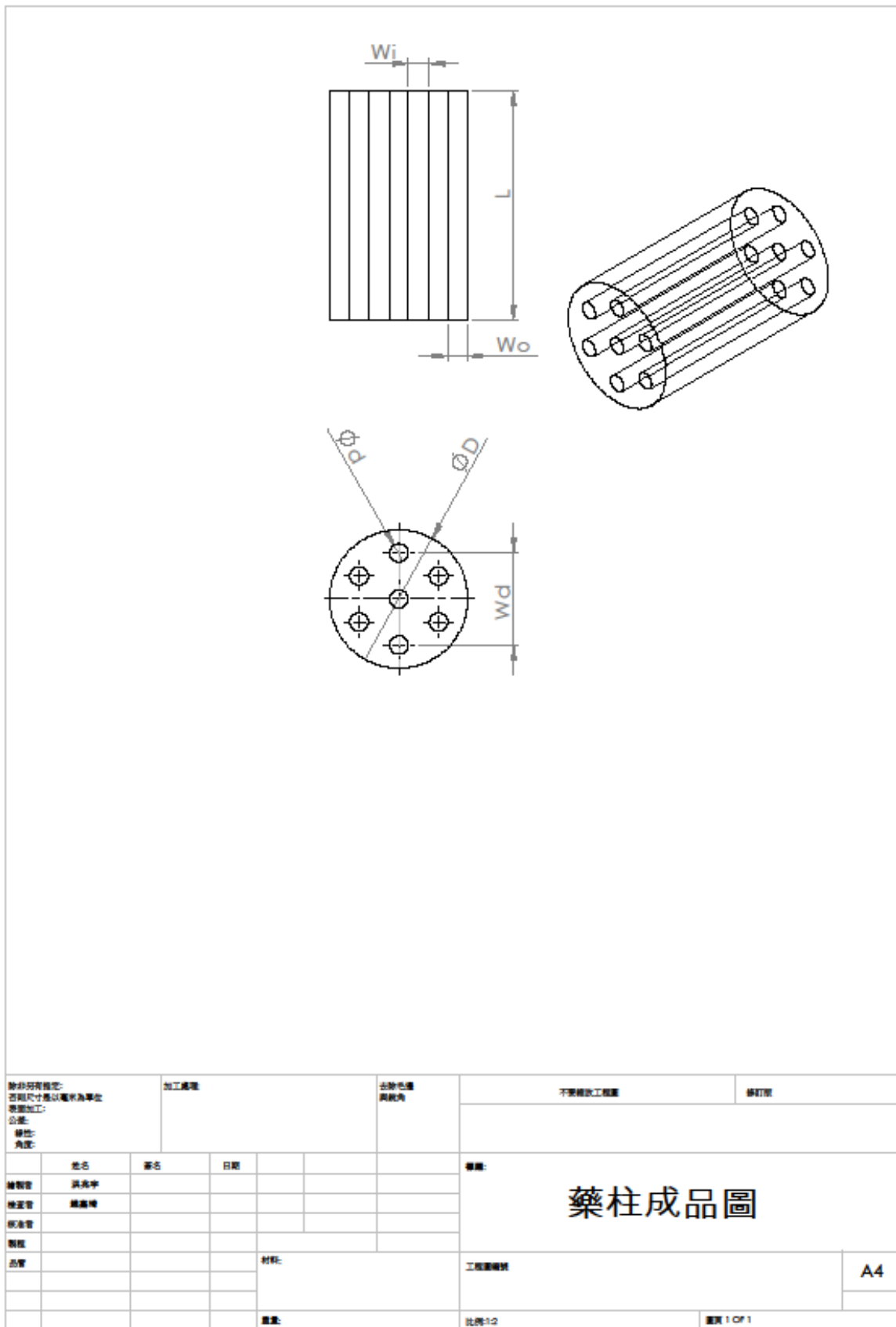
則藥胚切長

$$L_i = (3.14 \times 1.375 \times 62 \times 80) / (1 \times 180 \times 170) \\ = 0.699''$$

以上兩組合因素有所不同，但藥胚切長約相同，但以 3 刀切盤切藥，約有 1/3 的藥胚造成刀傷，經計算改用 1 刀後藥胚幾無刀傷，解決了藥胚短切及刀傷的問題 [6]，發射藥成品之外型尺寸如圖四。



圖三：國造 105 公厘 M30 發射藥模具體組合圖



圖四：國造 105 公厘 M30 發射藥成品尺寸要因特性圖

六、實驗

測試程序及要求均依美軍規格 MIL-P-46458F[7]與技術手冊[8,9]，試造批

靶場實驗數據如表二。A-T-1 批為試誤法過程之一，用以對照。

表二: 105mmM30 發射藥試造內彈道測試數據

批號		A-T-1	A-T-2	A-T-3	規格要求
藥 模	Di	0.366"	0.325"	0.338"	製造廠自訂
	di	0.043"	0.026"	0.026"	製造廠自訂
	P.C	0.2058"	0.178"	0.185"	製造廠自訂
成 品 尺 寸	L	0.750"	0.631"	0.637"	製造廠自訂
	D	0.329"	0.293"	0.306"	製造廠自訂
	d	0.035"	0.0206"	0.0207"	製造廠自訂
	WO	0.0565"	0.0596"	0.0580"	製造廠自訂
	WI	0.0556"	0.0561"	0.0630"	製造廠自訂
	Wa	0.0561"	0.0578"	0.0605"	A1 0.053" A2 0.058"
	(WO-WI)/Wa	1.60%	6.04%	- 8.26%	±15% 以下
	D/d	9.4	14.22	14.78	11.5 ~ 15
	L/D	2.27	2.15	2.08	2.0~2.2
彈 道 性 能	裝藥量	5200g	5420g	5520g	A1 5205g A2 5642g
	平均初速	3817 F/S	3833 F/S	3829 F/S	3850±44 F/S
	初速標準差	7.73 F/S	9.19 F/S	4.56 F/S	7.8F/S 以下
	平均膛壓	58810psi	59100psi	58350psi	A1 60800psi A2 58700psi

七、結果與討論

試造結果如表二，顯示 A-T-3 裝藥量最高，初速標準差及平均膛壓卻最低，初速居中，品質最佳。由結果所類示之意義得知 ROCKEY DYNE 所提供之方法確實有效並可行，其所持之理論依據為「擠型柱狀發射中影響彈道諸元之最重要因素除成份外即屬藥壁(web)，因此首先要基於所需求之藥壁厚(web thickness)做為藥模設計

之基礎」，ROCKET DYNE 方法除可免除不必要的試誤，對於有時程考量的研試軍品生產尤其有莫大的助益，藥模設計及藥胚製造的主要目的，就是為了研製合於規格要求的發射藥，因此如何利用最有利的工具，最可靠的數據，以最經濟有效的方法，而獲致成果，在現今出產講求成本不容以試誤修正方式來試造時，ROCKET DYNE 方法不失為一良好方式[10]。

八、結語

發射藥生產製造中，配方無阻燃劑等化學成份調節燃速時，主要依賴藥型控制內彈道性能。合於規格之藥型在工程實踐上，取決於藥型模具之良窳。溶劑擠型柱狀藥之藥型設計，於無法獲得原廠藥模實品或設計藍圖時，本文研究提出一可行替代方案，理論基礎為「主動控制藥壁厚」。續求取藥壁厚度時，若無相同配方類似藥型類推，可求解等效藥壁厚度，此厚度原僅為一理論值，係簡化內彈道方程式求解過程中，假設內外壁厚相等之等效值，意義上接近平均壁厚，據之設計一均勻壁厚之藥模。續設定收縮率時，若有數種相同配方類似藥型參照，可取其平均收縮率。運用等效壁厚設計藥模時，將模具內外壁厚設為相等，僅需調整藥模套外徑、針心直徑及針心包絡圓直徑三參數，易於施作修改調整，經先導生產，量產測試，佈署服役，證有效可行。

誌謝

謹向郭興慶先生、曹孝書先生(均曾任雙基藥室主任)、靳貴根先生(曾任雙基柱藥室主任兼本計畫主持人)、侯俊芳先生、楊安發先生、鄧宇鴻先生、林易增先生(均曾任職柱藥所)、朱順友先生、麥海元先生、何雲瑞先生、莊金郎先生(均曾任職修配單位)等，對戰車砲發射藥之無私付出，表達最高敬意!測試彈射擊請戰車 711 營支援，納編人員展現主動、熱情、忠誠、負責之精神，傳為佳話!

參考文獻：

- [1] 鄧永昇、林世明、趙嘉琦、楊國開、章陽明，105 公厘 DM63 式尾翼穩定脫殼穿甲彈用發射藥研製結果報告，聯勒總部，pp7~10, 1993.
- [2] AMCP 706-247, Engineering Design

Handbook, Ammunition Series, Section 4, *Design for Projection*, Headquarters, U. S. Army Materiel Command, pp 4-13~15, July, 1964.

- [3] 楊清龍，火砲內彈道原理解法及應用，聯勤第二〇三廠，pp17~23, 1984.
- [4] 阮望聖、靳貴根、羅惠生、胡德成、楊清龍、曾卓凡、羅柏林，發射藥理論與應用，聯勤第二〇三廠，1987.
- [5] AMCP 706-150, Engineering Design Handbook, Ballistics Series, *Interior Ballistics of Guns*, Headquarters, U. S. Army Materiel Command, 1965.
- [6] 趙嘉琦、陳治安、林世明、鄧永昇，柱藥藥模設計與藥胚製造，未發表，1994.
- [7] MIL-P-46458F (AR), Amendment 1, Propellant M30 for use in cartridge 105mm HEAT-T M456A1 HEAT-T-MP M456A1E2 and TP-T M940, US Army Research Development & Engineering Command @ Armament Research Development & Engineering Center, 12 July 1982.
- [8] TM 9-1300-214, *Military Explosives*, Department of the Army, 1990, pp. 9-1~2.
- [9] TM 43-0001-28, *Army Ammunition Data Sheets, Artillery Ammunition, Guns, Howitzers, Mortars, Recoilless Rifles, Grenade Launchers, and Artillery Fuzes (FSC 1310, 1315, 1320, 1390)*, Department of the Army, 2000, pp. 2-81~85.
- [10] 洪兆宇、方淳民、趙嘉琦，國造 105 公厘 HEAT 發射藥之模具設計，陸軍軍官學校 99 周年校慶學術研討會，2023.

Design of Dies and Pin Plates for ROC 105 mm M30 Propellant

Chao-Yu Hung¹, Chia-Chi Chao¹, Zh-An Chen², Shi-Ming Lin³ and
Ueng-Sheng Deng³

¹Department of Mechanics, ROC Military Academy

²MPC, Armament Bureau

³The 203RD Arsenal, MPC, Armament Bureau

Abstract

Once the optimum web for a given composition has been determined, it may not be feasible to manufacture a grain with exactly the prescribed dimensions. To meet this difficulty, a web range of thickness must be established. The low limit of web thickness is set by pressure limitations, while the upper limit depends on such things as flashlessness and chamber capacity. To establish the web range, it is necessary to fire several propellant lots with web thickness approaching the maximum and minimum web limits in the particular gun for which the grain is intended. To indicate any tendency to produce erratic pressure, the charge weights of these firings should be somewhat in excess of those required to give service velocity. The web range established should be as wide as possible for manufacturing feasibility when the gun-ammunition combination is desired to deliver a velocity close to the maximum attainable. Under this condition, the web range that will satisfy the requirements is very narrow and requires tight control of manufacturing processes. Propellants are shaped into their final form in a plastic condition. This plasticity is result of the use of volatile solvents to disperse the nitrocellulose among the other ingredients of the colloid. Subsequent evaporation of the solvents during the drying process causes a shrinkage of the grain that must be allowed for in the grain design. A major factor in the control of the burning rate is the control of the web dimensions. Once the dry grain dimensions percentage shrinkage for a given composition have been established, the propellant can be made with reasonable assurance that its dry dimensions will be close to expectation.

Key words : M30 propellant, dies, pin plates, shrinkage