

# 本軍未來新型步槍復進功能之研究

作者／王呂平中校

陸軍官校正 88 年班、陸院 100 年班；曾任職連、營、科長，現任職陸軍步兵訓練指揮部兵器教官組主任教官。



## 提 要

- 一、本篇以步槍復進方式作為探討主題，針對現役槍械各種復進方式作一概述，將各種復進方式原理及細分種類，逐一條列現役步槍使用之方式，並藉歐、美、俄等先進國家現役步槍區分復進方式，以明瞭各種復進方式使用現況；現行以氣體傳動為主，另有導氣管式、手動式、延遲反衝式等設計。
- 二、步槍各種復進方式均有其優、缺點，筆者以作戰效能及後勤維保兩大部分，研究射擊精度、可靠性、體積重量、連續火力、材質成本、工藝要求、散熱壽限、故障保養等八項標準，驗證現役步槍復進方式，作戰效能以導氣式最為優良，後勤維保以長行程活塞奪冠，平均而言以短行程活塞較佳，亦為當前主流方式。
- 三、未來本軍步槍復進方式精進項目在於材質的改良，例如有效運用複合式金屬或合金鍍層的技術，將能大幅提升作戰可靠性及降低後勤維保需求；另外各種復進方式的交互運用、有效縮小體積、減輕重量，都可以達到減低人員體力消耗，加速戰鬥反應，提升射擊精度之目的。

關鍵詞：復進方式、氣體傳動、活塞連桿、反作用力、射擊精度。

## 壹、前言

本軍換裝T91步槍已13年，須預先針對下一代步槍性能需求預作規劃，然步槍性能優劣因素非常繁複，如材質、重量、工藝、甚至彈藥等，而步槍設計重點之一即為復進傳動方式，因為復進傳動方式會直接反映出步槍的射擊精度、可靠性、散熱、壽限、成本等問題，故本文僅就步槍復進方式作一研究探討，但步槍復進方式眾多未能逐一檢視，雖各有優缺點，本研究是以歐、美、俄等先進國家現役步槍實施分析，從射擊效果及後勤維保兩大部分作一比較，提供本軍步槍未來換裝性能提升之思考方向。

## 貳、步槍復進方式

所謂槍械的復進方式，是子彈擊發後所產生氣體、反作用力或其他方式，推動槍機向後，持續循環完成裝填、擊發與退殼機械作用程序，槍械的復進依其作用方式可區分為：<sup>1</sup>氣體傳動式(Gas action)、手動式(Manual operation rifle)、阻力反衝式(Delayed blowback)、槍管後退式(Recoil operation)、電動式(Electronic firing)等五種，步槍主要復進方式為氣體傳動式、阻力反衝式，而手動式僅適用於狙擊槍且無法半自動、全自動射擊故不列入研討範圍，相關原理及區分如下：

### 一、氣體傳動式

(一)原理：當子彈在藥室擊發後，拋射藥爆炸產生氣體，推彈頭向前與陽膛線吻合，並隨膛線而向右自旋，當彈頭通過氣孔時，部分氣體進入位於槍管上方或下方的瓦斯缸管內，並壓迫活塞，連動復進組向後，形成開鎖、退殼與拋殼，並壓縮復進簧，當復進組向後運動至機匣後端時，復進簧伸張，推復進組向前，完成裝填、閉鎖與擊發，持續循環，形成自動射擊，<sup>2</sup>主要用在步槍、輕機槍。

(二)區分：短行程活塞傳動式、長行程活塞傳動式、導氣管式等3種。

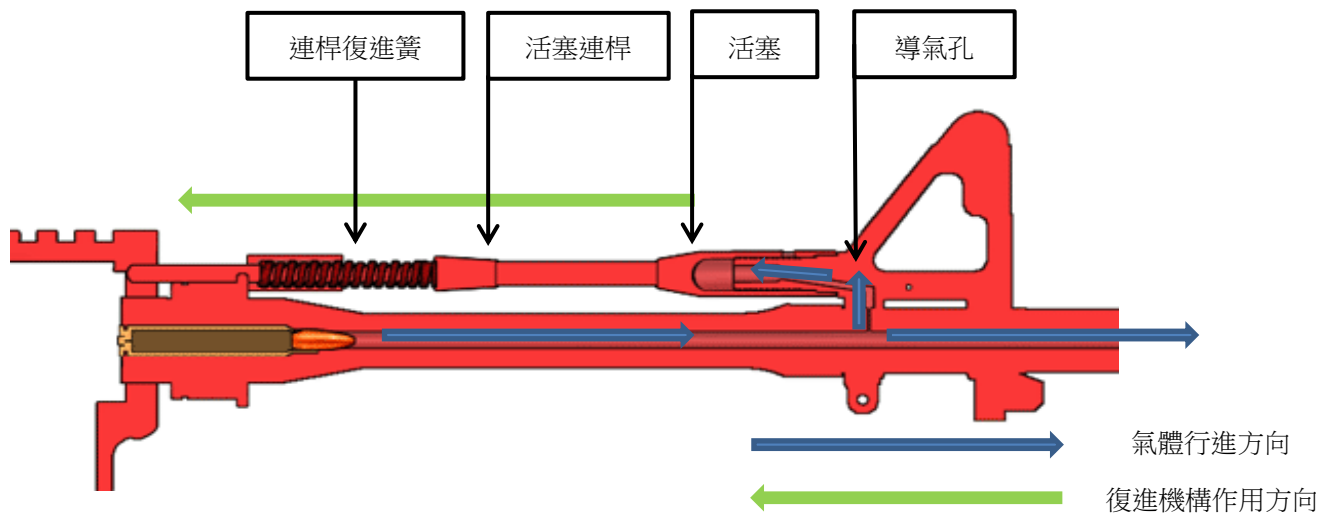
○短行程活塞傳動式：是由美國大衛·馬歇爾·威廉姆斯(David·Marshall·Williams)所發明，活塞後退的行程不會大於活塞本體的直徑，因此在結構上重量也比較輕；另外由於活塞的運動範圍不大，因此步槍重心的前後位移不會太嚴重，對於射擊時的穩定性有很大的幫助。<sup>3</sup>(如圖一)

---

<sup>1</sup>兵器組，《輕武器參考手冊-步機槍問題 120 解》，(鳳山)，陸軍步兵學校，民國 81 年 1 月，頁 13。

<sup>2</sup>同註 1，頁 14。

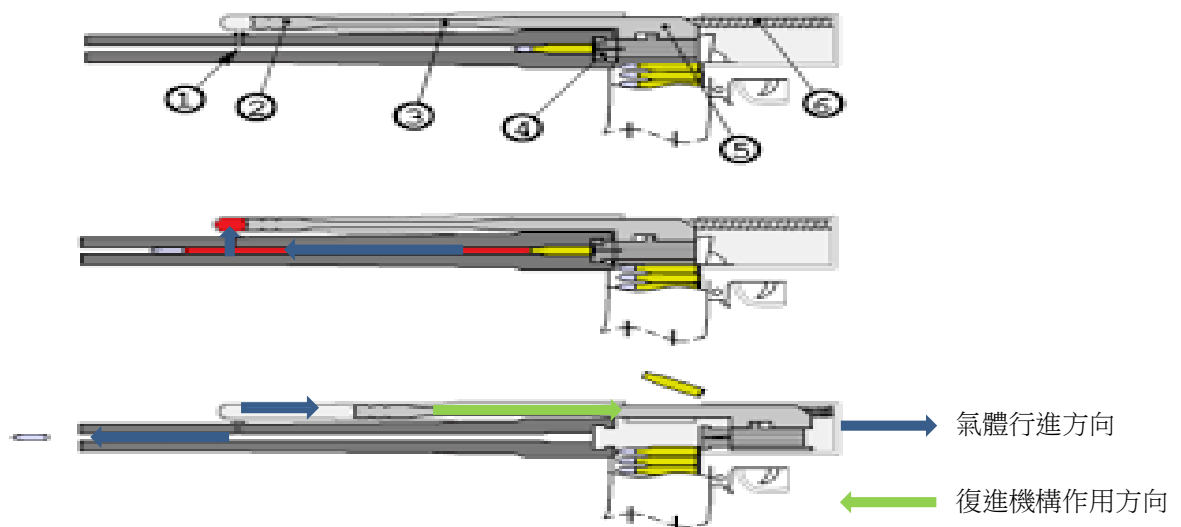
<sup>3</sup>UKnow01，〈氣吹、短活塞、長活塞，哪種步槍導氣式自動方式最好？〉，[https:// UKnow01.com/p20180227665126920/](https://UKnow01.com/p20180227665126920/)，(檢索日期民國 107 年 10 月 23 日)。



圖一：短行程活塞傳動式運作原理圖

資料來源：小屋創作，〈槍械運作原理簡介〉，<https://home.gamer.com.tw/creationDetail.php?sn=650206>(檢索時間：107年10月31日)

⊖長行程活塞傳動式：長行程活塞的行程，遠大於活塞的直徑，在這種設計中，高壓燃氣滯留的時間比短行程活塞氣體留滯時間長，導孔的位置必須接近槍口，如果導孔往槍機的方向靠近的話，會提前排出推動彈頭的氣體以致於降低彈頭的威力，因此長行程活塞結構的重量也比短行程活塞結構較重，不過優點是在結構上比較牢固。<sup>4</sup>(如圖二)



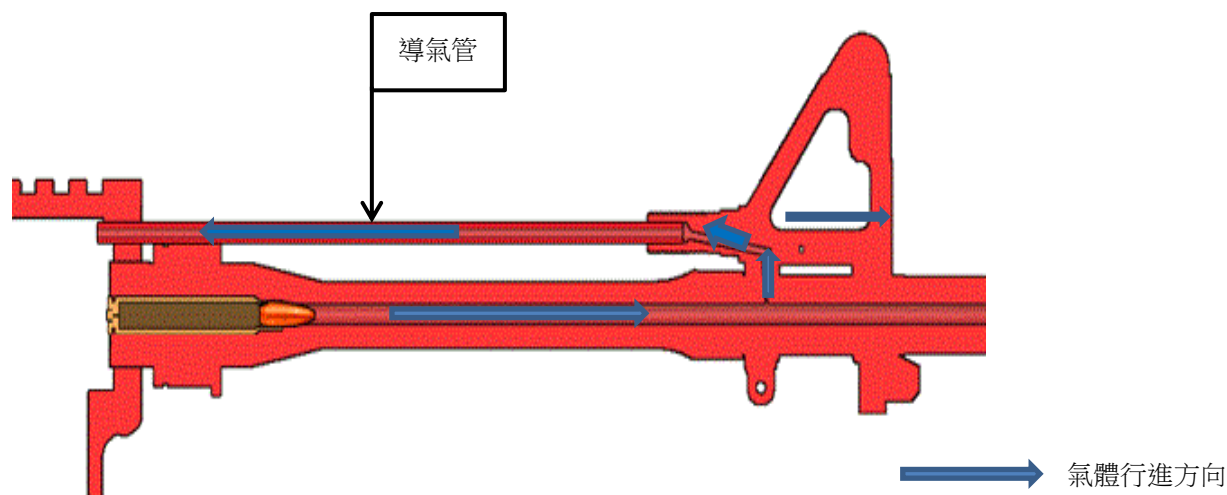
圖二：長行程活塞傳動運作原理圖

1.導氣孔、2.活塞、3.活塞連桿、4.槍機、5.槍機連桿總成、6.復進簧

資料來源：維基百科，〈瓦斯操作〉，[https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%A3%E5%8B%95%E5%BC%8F\\_\(%E6%A7%8D%E6%A2%B0\)](https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%B0%A3%E5%8B%95%E5%BC%8F_(%E6%A7%8D%E6%A2%B0))(檢索時間：107年10月31日)

<sup>4</sup>同註 3。

㊦導氣管式：就是去掉活塞傳動所需要的活塞、汽缸、連桿等部件，將高壓燃氣由氣導管直接向後推動槍機，完成開鎖/閉鎖，退殼與上彈等動作。<sup>5</sup> (如圖三)



圖三：導氣管式運作原理圖

資料來源：小屋創作，〈槍械運作原理簡介〉，<https://home.gamer.com.tw/creationDetail.php?sn=650206> (檢索時間：107年10月31日)

## 二、阻力反衝式

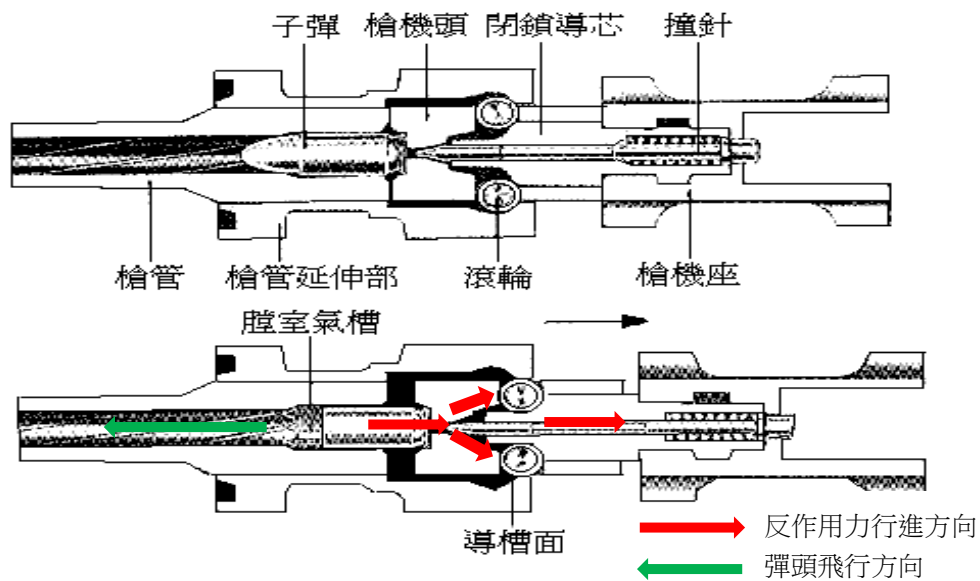
(一)原理：當射手扣引板機時，擊發阻鐵下降，復進簧伸張，復進組向前，推子彈進膛，彈體受藥室拘束而停止，在槍機中央的撞針，隨即撞擊底火，使子彈擊發，瓦斯推送彈頭向前，其反作用力向後推送彈殼及槍機，形成開鎖、退殼與拋殼，<sup>6</sup>主要用在手槍、衝鋒槍、步槍、輕機槍。

(二)區分：由於直接反衝、提前反衝除義大利C<sub>x</sub>4 Storm卡賓槍(口徑9公厘)外，其餘均以手槍、衝鋒槍為主，故僅就延遲反衝式敘述。

延遲反衝式：當彈藥擊發時，彈殼會因反作用力向槍機後退，槍機利用機械原理延遲後座的時間，讓膛壓下降以完成槍機復進，因此，槍機的重量可以減輕，復進簧的彈力也可以降低。(如圖四)

<sup>5</sup>同註 3。

<sup>6</sup>同註 1，頁 15。



圖四：延遲反衝式運作原理

資料來源：小屋創作，〈槍械運作原理簡介〉，<https://home.gamer.com.tw/creationDetail.php?sn=650206> (檢索時間：107年10月31日)

## 參、世界各國武器裝備與運用

步槍發明以來種類型號繁雜，無法一一比較，故僅針對美、俄、歐等先進國家，現役或具代表性步槍復進方式作說明，以明瞭各種復進方式使用現況，有關中國大陸部分將不在研究範圍。

一、氣體傳動式：包含短行程導氣活塞傳動、長行程導氣活塞傳動、導氣管(直導氣)式等，為當前主流復進方式。

(一)短行程導氣活塞傳動：由美國大衛.馬歇爾.威廉姆斯(David Marshall Williams)發明，阿瑪萊特公司1963年運用於AR-18突擊步槍上，AR-18雖未用，但它的復進方式卻影響深遠，成為現今主流之一，目前現役的有比造FN SACR、德製HK 36、HK 416、奧地利AUG、英製SA 80及國造T91等步槍，現役步槍以較新出廠德製HK 416為代表實施分析。

(二)長行程導氣活塞傳動：長行程導氣活塞復進方式當以俄製AK-74為代表，目前現役的有以色列TAR-21、加利爾(Galil)、瑞士SG 556、南韓的K-2等步槍，本方式分析當以代表作俄製AK-74最為適當。

(三)導氣管式：早在1901年法國即已應用此技術於ENT B5步槍，目前現役的有美製M16、M4突擊步槍、南韓的K-1卡賓槍及伊朗KH-2002突擊步槍等，上述各國步槍均以美製M4為樣本研製，故導氣管式以美製M4為分析代表。

二、延遲反衝式：二戰時德製毛瑟StG45突擊步槍首先使用延遲反衝式設計，至1950年大規模生產CETME步槍後才廣為各國採用，目前現役的有法製FAMAS、德製HK 33突擊步槍，HK 33雖採用國家較多，但80年代後未見

研改，而1994年FAMAS推出G2型號，故本方式以法製FAMAS步槍為代表。

## 肆、優缺點分析比較

### 一、效能分析

#### (一)德製HK 416(短行程導氣活塞傳動)

HK416步槍為5.56公厘口徑，主要作用方式為短行程導氣活塞傳動、回轉式閉鎖槍機，槍管以碳鋼鍛造而成可有效增加射擊壽限，安裝了皮卡汀尼導軌後，所有市面上的配件都可以安裝於其上，<sup>7</sup>槍管採用浮動式設計能有效提升射擊精準度，HK416設計上雖不同於M4，因為設計目的就是取代M4，所以外觀、操作方式均與M4類似，除可減少換裝訓練時間，也能降低M4使用者操作上的排斥感。(如表一)

表一：德造HK416步槍諸元性能

| 德造 HK416 步槍諸元性能    |                    |                  |            |                           |             |             |              |
|--------------------|--------------------|------------------|------------|---------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 重量<br>(公斤)         | 長度<br>(公分)         | 槍管<br>長度<br>(公分) | 口徑<br>(公厘) | 作用方式                      | 射擊方式        | 射速<br>(發/分) | 有效射程<br>(公尺) |
| 空槍 3.49<br>含彈 4.11 | 縮托 79.7<br>展開 89.3 | 36.8             | 5.56       | 短行程導氣活<br>塞傳動、回轉<br>式閉鎖槍機 | 半自動、<br>全自動 | 900 發/分     | 500          |

作者自行彙整

#### (二)俄製AK-74(長行程導氣活塞傳動)

AK-74突擊步槍為5.45公厘口徑，主要作用方式為長行程導氣活塞傳動、回轉式閉鎖槍機，槍管口徑由AKM的7.62縮減至5.45，為防止彈頭的威力降低，所以將膛線纏度縮短，並對槍膛進行鍍鉻，且重新設計槍機、退殼勾等零件，使初速提升到每秒900公尺，射擊方式分為半自動、全自動兩種，為減少換裝訓練時間與成本，AK-74沿用AKM53%的零件，這也成為俄製AK系列設計上無法突破的障礙。(如表二)

---

<sup>7</sup>Jean-Paul Ney 與 Philippe Poulet 著，翊嘉瑞文譯，《世界輕武器精粹步槍》，(北京)，人民郵電出版社，2011 年 12 月，頁 53。

表二：俄造AK-74突擊步槍諸元性能

| 俄造 AK-74 突擊步槍諸元性能 |            |                  |            |                           |             |             |              |
|-------------------|------------|------------------|------------|---------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 重量<br>(公斤)        | 長度<br>(公分) | 槍管<br>長度<br>(公分) | 口徑<br>(公厘) | 作用方式                      | 射擊方式        | 射速<br>(發/分) | 有效射程<br>(公尺) |
| 空槍 3.3<br>含彈 3.5  | 94.3       | 41.5             | 5.45       | 長行程導氣活<br>塞傳動、回轉<br>式閉鎖槍機 | 半自動、<br>全自動 | 650 發/分     | 500          |

作者自行彙整

## (三)美製M4(導氣管)

M4卡賓槍口徑為5.56公厘，主要作用方式為導氣管(直接導氣)式、回轉式閉鎖槍機，槍托展開可實施立射，槍托縮入可行衝鋒射擊或近距離腰射，射擊方式分為半自動、三連發兩種，M4構造與M16A2十分相似，甚至有高達85%的零件可以互換，故可減少換裝訓練的時間與成本。(如表三)

表三：美造M4卡賓槍諸元性能表

| 美造 M4 卡賓槍諸元性能     |                    |                  |            |                            |             |             |              |
|-------------------|--------------------|------------------|------------|----------------------------|-------------|-------------|--------------|
| 重量<br>(公斤)        | 長度<br>(公分)         | 槍管<br>長度<br>(公分) | 口徑<br>(公厘) | 作用方式                       | 射擊方式        | 射速<br>(發/分) | 有效射程<br>(公尺) |
| 空槍 2.88<br>含彈 3.4 | 縮托 75.7<br>展開 83.8 | 36.8             | 5.56       | 導氣管(直接<br>導氣)式、回<br>轉式閉鎖槍機 | 半自動、<br>三連發 | 950 發/分     | 500          |

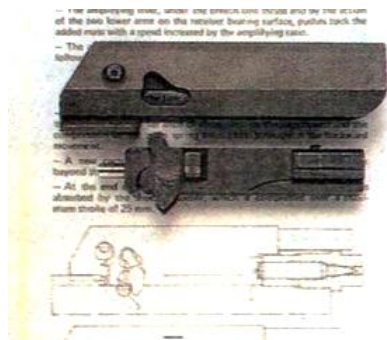
作者自行彙整

## (四)法製FAMAS(延遲反衝式)

FAMAS突擊步槍採用犢牛式設計，彈匣置於板機的後方，機匣以塑料覆蓋，<sup>8</sup>以槓桿延遲反衝方式復進，沒有復進桿、復進簧等機件，(如圖五)但瞄準基線較高，如果加裝瞄準鏡會更高，不利射手之隱匿。此外，其槍膛靠後，離射手頭部較近，射擊時音爆較大。<sup>9</sup>(如表四)

<sup>8</sup>維基百科，〈FAMAS 突擊步槍〉，<https://zh.wikipedia.org/zh-w/FAMAS%E7%A%tA%E8%93%8A%E6%AD%A5%E6%A7%8D>，(檢索時間：107 年 11 月 5 日)。

<sup>9</sup>鐵血圖文編著，《世界經典步槍 TOP10》，(北京)，人民郵電出版社，2015 年 6 月，頁 52。



圖五：FAMAS槍機

資料來源：槍砲世界，〈FAMAS簡介〉，<http://firearmsworld.net/france/famas/famas.htm>，(檢索時間：107年11月11日)

表四：法製FAMAS突擊步槍諸元性能表

| 法製 FAMAS 突擊步槍諸元性能表 |            |                  |            |               |             |                 |                                            |
|--------------------|------------|------------------|------------|---------------|-------------|-----------------|--------------------------------------------|
| 重量<br>(公斤)         | 長度<br>(公分) | 槍管<br>長度<br>(公分) | 口徑<br>(公厘) | 作用方式          | 射擊方式        | 射速<br>(發/分)     | 有效射程<br>(公尺)                               |
| 空槍 3.61            | 75.7       | 48.8             | 5.56       | 槓桿延遲反衝式、閉鎖式槍機 | 半自動、三連發、全自動 | 900-1100<br>發/分 | 800(NATO)<br>1000(.338<br>Lapua<br>Magnum) |

作者自行彙整

## 二、優劣比較

步槍主要用於戰鬥，目的是殲敵，而戰鬥中最需要避免的是故障，所以比較分析以射擊效能及後勤維保兩大部分為項目探討復進方式優缺點，分析比較如後：

(一)德製HK 416(短行程導氣活塞傳動)優缺點如下

### ⊖優點

- 1.有效減震：短行程導氣活塞系統為復進機構與槍機分離式，可有效減低長行程導氣活塞式的後座力震動問題，提升射擊精準度。
- 2.可靠性佳：短行程導氣活塞傳動除可克服惡劣的環境達到降低故障，還能避免導氣式瓦斯缸管堵塞膛炸的危險，可靠性較佳。
- 3.散熱佳，耐用度高：導氣活塞系統瓦斯的溫度僅止於活塞，不容易傳導至槍機，可有效提高機件耐用壽命。

### ⊖缺點

- 1.重心偏前：由於短行程導氣活塞系統加上槍管重量使得全槍重心稍偏前，若於戰術導軌護木上加裝槍燈、雷射器等各項配件更讓槍前端重量加重，影響瞄準射擊亦不利持久操作。

- 2.成本較高：短行程導氣活塞系統的零件因功能相異，材質有所不同，製作程序也比其他復進方式繁複，成本自然較高。

## (二)俄製AK-74(長行程導氣活塞傳動)優缺點如下

### ⊖優點

- 1.結構簡單，耐用可靠：長行程導氣活塞系統的特性就是結構簡單、分解快速、維修簡便，且耐用可靠，即使在沙漠、叢林、雪地等惡劣的環境下連續射擊時若不慎有沙、水、雪等進入槍內，仍能不受影響保持正常運作。
- 2.近距離火制面積大：由於長行程導氣活塞傳動設計將活塞、復進導桿與槍機連成一體，使得槍機受力較大，須以其重量增加牢固耐用，於近距離射擊時產生較大的偏移量，如同輕機槍一般能形成彈群，殺傷較大面積。
- 3.設計簡略，易於大量生產：長行程導氣活塞傳動設計相當簡略，除可降低製造成本、時間外，技術層面並不高，於戰時資源短缺或工廠機具不足時可持續生產，由於上述原因，許多戰亂地區如中東、非洲等均有大量AK-74步槍使用紀錄。

### ⊖缺點

- 1.射擊精度差：受先天長行程導氣活塞傳動設計限制，射擊時後座力的震動較導氣管及短行程導氣活塞式大，會造成瞄準線及槍口偏移量過大，射擊精度不佳。
- 2.體積大、重量重：由於將活塞、復進導桿與槍機連成一體以致體積較大，又為抵銷射擊時後座力增加復進傳動機件重量，造成系統體積大、重量較重。

## (三)美製M4(導氣管)優缺點如下

### ⊖優點

- 1.射擊精度佳：導氣管式主要以瓦斯氣體推動槍機復進，射擊時無活塞傳動機件傳動震動，可有效提升射擊精度。
- 2.體積小、重量輕：以M4為例，含彈重量僅3.4公斤，槍托收縮也只有75.7公分，相當輕巧適合人員於甲（戰）車攜行、城鎮作戰、突擊任務。

### ⊖缺點

- 1.易積炭，難保養：導氣管式傳動易積留炭垢造成故障，且因瓦斯缸管細長清理不易、費時，須加強潤滑以降低故障率。
- 2.溫度高，壽命降低：由於瓦斯經過導氣缸管時帶高溫，細長的瓦斯缸管升溫快、散熱差，容易造成機件過熱耐用壽命降低。

- 3.可靠性差：導氣式瓦斯缸管若於水中或遭汙物堵塞，易有膛炸危險，可靠性較差。

#### (四)法製FAMAS(延遲反衝)優缺點如下

##### ⊖優點

- 1.體積小、重量輕：延遲反衝系統主靠反作用力運動沒有瓦斯傳動機件，所以不論是滾輪式或槓桿式都能縮小體積，減輕重量。
- 2.射擊精度佳：因為延遲了反作用力又無復進機件影響，當槍機受力開鎖時彈頭已出槍口，所以有助射擊精度提升。

##### ⊖缺點

- 1.工藝要求高：延遲反衝系統由數樣細小零件組成，若製作不良、公差間隙稍大，不僅影響復進循環，更會縮短機件耐用壽命，進而降低作戰效能。
- 2.成本較高：延遲反衝系統的核心就是槍機和延遲零件，材質要能承受巨大座力，又必須確實開鎖，故其製造成本也相對較高。

#### 三、綜合研析

從上述作戰效能及後勤維保兩大部分比較分析可以得知，在作戰效能部分導氣管式有較佳的表現，其次是短行程活塞式，在後勤維保部分則由長行程活塞式奪冠，其次是短行程活塞式；綜合而言，短行程活塞各方面均有標準以上表現屬較佳復進方式，延遲反衝式射擊效果與後勤維保項目並無特別突出。(如表五)

表五：復進方式優缺點分析比較表

| 現 役 步 槍 復 進 方 式 優 缺 點 分 析 比 較 表 |      |       |       |     |      |
|---------------------------------|------|-------|-------|-----|------|
| 項目 \ 方式                         |      | 短行程活塞 | 長行程活塞 | 導氣管 | 延遲反衝 |
| 作戰效能                            | 射擊精度 | 佳     | 差     | 優   | 佳    |
|                                 | 可靠性  | 佳     | 優     | 差   | 中    |
|                                 | 體積重量 | 佳     | 差     | 優   | 佳    |
|                                 | 連續火力 | 佳     | 佳     | 佳   | 佳    |
| 後勤維保                            | 材質成本 | 高     | 中     | 低   | 高    |
|                                 | 工藝要求 | 中     | 中     | 中   | 高    |
|                                 | 散熱壽限 | 優     | 優     | 差   | 佳    |
|                                 | 故障保養 | 優     | 優     | 差   | 中    |

作者自行彙整

## 伍、對本軍步槍未來性能提升之思考方向

前述比較分析的結果與現役步槍復進方式實際情況相同，短行程活塞仍將是未來主流，依作戰及後勤需求提出三點思考方向

### 一、增加氣體調節裝置

我國T91步槍復進雖屬短行程活塞主流方式，但卻無氣體調節功能，而特戰部隊所使用的REPR-20半自動狙擊槍具有氣體調節鈕，共有四種模式調整，其中(C)關閉狀態，阻擋氣體進入活塞傳動系統，形成手動復進模式，可發揮彈藥射擊時火藥推進能量，<sup>10</sup>以有效提升射擊精準度。(如圖六)



圖六：REPR-20氣體調節鈕

資料來源：陸軍 REPR-20 7.62 公厘狙擊槍手冊(第一版)，民國 103 年 6 月 6 日，頁 2-5。(檢索時間)：1067 年 12 月 22 日

一般而言，長行程活塞式精度較差，但瑞士SG 550採用長行程活塞復進(如圖七)，卻是高精度自動步槍的代表作之一，原因是它改進了活塞及



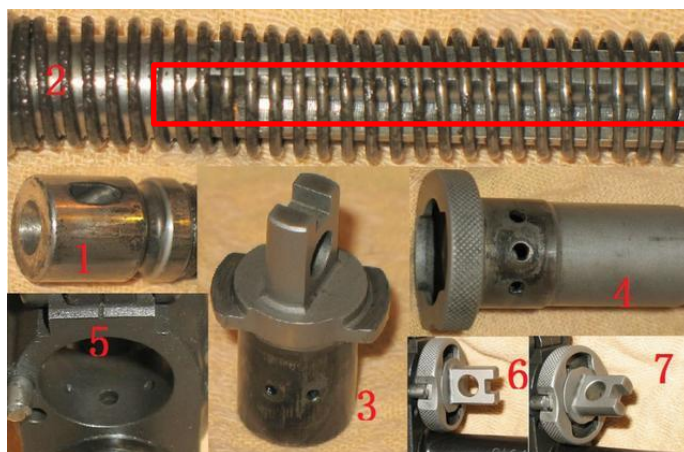
圖七：AK47槍機（上）與SG550槍機（下）的對比

資料來源：每日頭條，〈瑞士步槍也採用AK47原理，為何就能又可靠又射擊精度非常好？〉，<https://kknews.cc/military/k8rmzrv.html>，(檢索時間：107年11月5日)。

瓦斯調節閥並增加了排氣孔，避免過多瓦斯氣體推動活塞導致高溫震動(如

<sup>10</sup>陸軍航空特戰指揮部編著，《陸軍 REPR-207.62 公厘狙擊槍手冊》，(桃園)，國防部陸軍司令部印頒，民國 103 年 6 月，頁 2-6。

圖八)，1活塞氣孔；2活塞桿氣槽；3瓦斯調節閥；4活塞筒，外側的兩個孔用於及時排除多餘燃氣；5準星上的瓦斯孔，中間通往槍管，兩側通往槍外；6低流量瓦斯調節閥狀態，適用多數場合；7高流量瓦斯調節閥狀態，在惡劣環境下或者槍械內污物較多的情況下使用。；另外SG 550將復進簧裝設於活塞桿上，大幅降低復進往返震動，有效提升射擊精度。



圖八：SG550系列步槍瓦斯調節設計。

資料來源：每日頭條，〈瑞士步槍也採用AK47原理，為何就能又可靠又射擊精度非常好？〉，<https://kknews.cc/military/k8rmzrv.html>，(檢索時間：107年11月5日)。

數年前推出的HK 416A5其中一項新增功能，就是瓦斯調節器（如圖九），可以視狀況調高瓦斯進氣量以達到高射速，或降低進氣量提升精度，由以上例證可知未來步槍復進方式，將趨向多元及交互運用，除了改善機械往復作用外，配合進氣量的調節也是方向之一。



圖九：HK 416A5瓦斯調節器及復進機構

資料來源：槍砲世界，<http://firearmsworld.net/german/hk/hkm4/hk416a5.htm>，(檢索時間：107年10月31日)

## 二、結合長、短行程活塞設計優點

新加坡SAR 21突擊步槍改進AK長行程活塞設計(如圖十)，將活塞復進簧的前面一部分伸進活塞桿內配合空心活塞桿，結合7個閉鎖齒輪的M16式回

轉閉鎖槍機，進入藥室閉鎖延長後座行程，相當有效的降低了後座力，從而提升射擊時的精準度。



圖十：SAR 21 長行程活塞設計

資料來源：SOGO論壇軍武大觀，<http://oursogo.com/thread-1824014-1-1.html>，(檢索時間：107年10月31日)



圖十一：ARAK-21卡賓槍

資料來源：每日頭條，〈兩大槍王合體，魚和熊掌兼得的精品〉，<https://kknews.cc/military/krxjy38.html>，(檢索時間：107年11月5日)。

美國法克森火器公司（Faxon Firearms），將 AK、AR 系列步槍的優點集合推出 ARAK-21 卡賓槍(如圖十一)，ARAK-21 卡賓槍的活塞組件與 AK 步槍的活塞組件非常像，活塞、活塞桿和槍機體固定在一起，復進簧和復進簧導桿的位置也與 AK 步槍相同，而不是像 AR 步槍那樣復進簧組件設在槍托內，因此其槍托可以摺疊，槍機體呈長方形，槍機頭沒有採用 AK 步槍那樣的雙閉鎖齒輪設計，而是 AR 步槍的 8 個閉鎖齒輪，擊針採用 M4 卡賓槍類

型的活動擊針，沒有擊針簧，因此槍機組件是混合設計，精度測試 100 碼（91m）的距離上以 PNW 公司生產的比賽型子彈，可達 1MOA 的精度，這個精度表示保留了 AR 步槍的精度，連續發射 500 發槍彈，ARAK-21 卡賓槍也未發生卡彈問題，表現出 AK 步槍優良的可靠性。<sup>11</sup>

### 三、新式材質技術研發

槍枝復進機構須經常於高溫、撞擊狀態下運作，因而機件材質就變得相對關鍵了，彈藥爆燃後以瞬間大量之氣體推送彈頭出槍口，但同時也產生了大量的副產品，如高溫氣體以及碳等，並對槍枝內部所有接觸到的物件蒙上一層碳化物，也就是所謂的積碳，而當積碳又與溼氣結合後，則會在機件的活動上產生更大的阻力與侵蝕，這樣的現象除了可能造成精準度、可靠度與射速降低外，也可能導致武器卡彈或其他故障現象，在戰場上這將是攸關生死的重要因素。T91步槍經施鍍磷酸鹽塗層之槍機座在射擊100~200發子彈之後，鍍層即會開始磨損而露出底材之鋼料，因此需要時時上油保養，方能保持鋼材不生鏽。<sup>12</sup>(如圖十二)



圖十二：傳統施鍍磷酸鹽塗層磨損

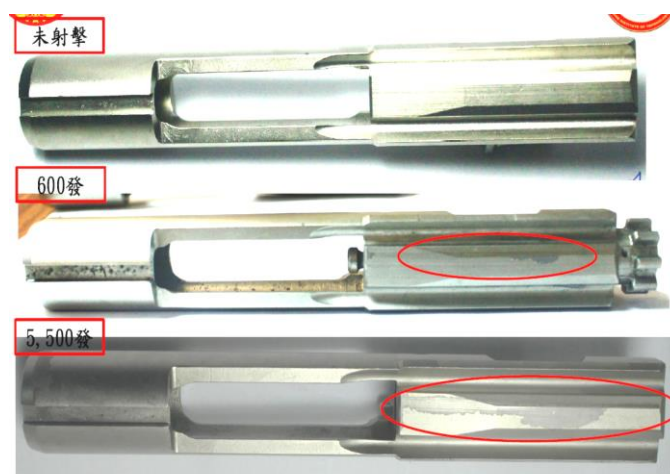
資料來源：國防大學理工學院化學及材料工程學系，〈國造槍械可靠度改善計畫槍機總成機械性能測試報告〉，(桃園)，頁9，（檢索時間：107年11月5日）。

「長效型固態潤滑劑」(DSL)的運作方式，是在零件在製造階段時，就由工廠替零件進行表面處理，使DSL附著在零件表面上，而當槍械擊發時，機件間的運作則會自動將潤滑層刮除，如此達到潤滑並避免積碳和髒汙附著，

<sup>11</sup>每日頭條，〈兩大槍王合體，魚和熊掌兼得的精品〉，<https://kknews.cc/military/krxjy38.html>，（檢索時間：107年11月5日）。

<sup>12</sup>國防大學理工學院化學及材料工程學系，〈國造槍械可靠度改善計畫槍機總成機械性能測試報告〉，(桃園)，頁8，（檢索時間：107年11月5日）。

從而避免不必要的阻力和與發射藥副產品產生反應的機會。<sup>13</sup>在各種耐磨耗金屬鍍膜中，**Ni-B**合金鍍層是一種極具有潛力可取代六價硬鉻鍍膜的功能性硬質合金薄膜，其具有良好的機械性能如:高硬度、高耐磨性、高耐腐蝕性和良好的可焊性，可應用於航太、汽車、化工、軍事武器…等工業。<sup>14</sup>國防大學理工學院於105年7月與軍備局第205廠進行「國造T91步槍零件表面處理技術研改」的產學合作計畫，期以先進電鍍合金鍍層施鍍於槍機基材試片上，並進行耐蝕性、硬度及耐磨性等特性研究。<sup>15</sup>106年9月以其所發展**Ni-B**自潤滑鍍膜層施鍍於槍支總成之槍支，連續射擊5,500發彈藥，期間無清潔上油潤滑而未有卡彈情形，測試過程中，槍機總成上雖有部分鍍層因磨擦或撞擊而剝落，顯示鍍層附著性仍有改善的空間，然其性能表現仍遠優於傳統磷酸鹽塗層處理者。<sup>16</sup>(如圖十三)



圖十三：以Ni-B鍍層於槍機射擊5500發部分脫落現象

資料來源：國防大學理工學院化學及材料工程學系，〈國造槍械可靠度改善計畫槍機總成機械性能測試報告〉，(桃園)，頁8，(檢索時間：107年11月5日)。

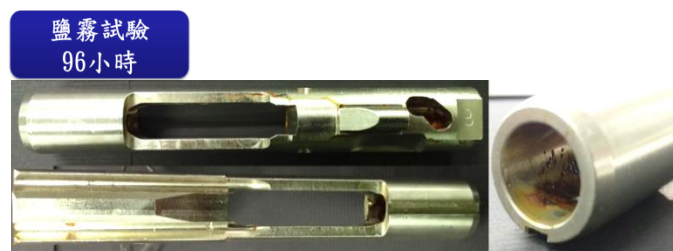
在耐蝕性測試方面依學術及工業上之通用標準，鹽霧試驗24小時約等效於我國一般空氣環境下半年的腐蝕，在鹽霧環境下擺放到96小時後才開始會產生鏽點，在一般環境下可保持兩年而不生鏽，具有相當優異之抗蝕特性。(如圖十四)

<sup>13</sup>李思平，〈美軍槍枝保養 DSL 新技術-造福士兵〉《青年日報》(臺北)，民國 106 年 2 月 18 日。

<sup>14</sup>同註 12，頁 4。

<sup>15</sup>同註 12，頁 1。

<sup>16</sup>同註 12，頁 13。



圖十四：Ni-B鍍層耐蝕性加速測試-鹽霧試驗

資料來源：國防大學理工學院化學及材料工程學系，〈國造槍械可靠度改善計畫槍機總成機械性能測試報告〉，(桃園)，頁7，(檢索時間：107年11月5日)。

國防大學理工學院研測中的「鎳硼合金鍍層」技術具有高硬度、耐磨損、防鏽蝕等優點，是適合發展運用的方式，若能運用於T91步槍復進機件如瓦斯筒以及瓦斯進氣孔，則可大幅改善積碳情形，有助減少故障發生，提升作戰可靠性，同時也能降低後勤維保的成本。(如圖十五)



圖十五：T91步槍瓦斯筒

資料來源：作者自行提供

綜合以上所述可知，未來步槍復進方式精進關鍵會是在於材質的研改，有效運用複合式金屬或合金鍍層的技術，將能大幅提升作戰可靠性及降低後勤維保需求，例如國防大學理工學院研測中的「鎳硼合金鍍層」技術；另外各種復進方式的多元技術交互運用、氣體調節，都可以達到減低人員體力消耗，加速戰鬥反應，提升射擊精度目的。

## 陸、結語

優良之步槍性能，必須滿足現在與未來之戰鬥需求，以遂行各種戰鬥任務，<sup>17</sup>當前先進國家步槍設計均以輕、短之突擊型式為主，效能部分除高精度外，也要合於少故障易於保養要求，國軍現役T91步槍使用短行程導氣活塞傳

<sup>17</sup>同註1，頁11。

動，長88公分、重3.19公斤，復進方式、長度、重量均屬於主流，雖能符合防衛作戰所需，仍有改進提升空間，若考量現實面的成本、技術等問題，以多元技術改良復進方式、運用複合式金屬或合金鍍層的技術都是現階段可行方法；各種武器隨著科技進步，製造成本也越來越高，而步槍屬於低投資高報酬，其中復進方式的研改精進，直接影響槍枝優劣，端賴造兵與用兵單位之合作了。

## 參考資料

- 一、景繼生，《圖說槍.輕武器-改變人類歷史的兵器》，(臺北)，文經出版社，2009年3月。
- 二、JU NO KAGAKU 著，趙鴻龍譯，《槍械圖解百科》，(新北市)，楓樹林出版社，2016年7月。
- 三、名劍、趙智立與楊溫利著，《現代單兵武器發展史》，(臺北)，知兵堂出版社，2011年4月。
- 四、Chant，C.著，楊鵬昆、張善濱與白丹譯，《輕武器 1-世界主要國家主戰輕武器》，(北京市)，中國市場出版社，2010年4月。
- 五、Richard Jones Andrew White 著，張劼譯，《簡式槍械見指南》，(北京市)，人民郵電出版社，2009年10月。
- 六、Ford，R. 著，劉業華、鄧永衛與李志譯，《步槍和突擊步槍》，(北京市)，中國市場出版社，2010年1月。
- 七、Jean-Paul Ney，Philippe Poulet 著，翊嘉瑞文譯，《世界輕武器精粹-突擊步槍》，(北京市)，人民郵電出版社，2011年12月。
- 八、軍情視點編，《突擊步槍圖鑑》，(北京市)，化學工業出版社，2016年6月。
- 九、李大光編著，《世界著名槍械-步槍》，(西安)，陝西人民出版社，2011年4月。
- 十、趙武靈，〈三軍通用SA80A2英國主力步槍〉，《全球防衛雜誌》，(臺北)，第401期，全球防衛雜誌社有限公司，2018年1月。
- 十一、KNOWPIA，〈反沖作用〉，<https://zh.knowpia.com/pages%E5%8F%8D%E6%B2%96%E4%BD%9C%E7%94%A8>，(檢索日期民國 107 年 10 月 22 日)。
- 十二、生存軍武，〈槍枝運作與後座力原理〉，<https://blog.xuite.net/bobchen7/wretch/94800311>(檢索時間：民國107年10月22日)。
- 十三、ITW01，〈扒一扒槍王AK47，我們不熟知的機械祕密！〉，<https://itw01.com/29A3MEZ.html>，(檢索日期民國107年10月22日)。
- 十四、實力優品，〈槍械結構圖解〉，<http://www.shiliyoupin.com/>，(檢索日期民國107年9月23日)。[ead01.com/MB20Od.html#.W8xIe3szbiU](http://ead01.com/MB20Od.html#.W8xIe3szbiU)，(檢索日期民國107年9月23日)。
- 十五、維基百科，〈M4卡賓槍〉，<https://zh.wikipedia.org/wiki/M4%E5%8D%A1%E8%B3%93%E6%A7%8D>，(檢索日期民國107年10月20日)。
- 十六、維基百科，〈FN\_SCAR突擊步槍〉，[https://zh.wikipedia.org/wiki/FN\\_SCAR%E7%AA%81%E6%93%8A%E6%AD%A5%E6%A7%8D](https://zh.wikipedia.org/wiki/FN_SCAR%E7%AA%81%E6%93%8A%E6%AD%A5%E6%A7%8D)，(檢索日期

民國107年10月20日)。