

M3A3 機械發煙器研改介紹及效益分析之研究

作者簡介



作者邱柏森士官長，畢業於陸軍士官學校常 62 期、陸軍化學兵學校士高班 94-1 期、陸軍專科學校士正班 46 期。歷任班長、副排長、士官督導長、助教、中隊長，現任本中心化學課程組專業教官。



作者賴成昌士官長，畢業於技勤預士 87-2 期、後校士正班 97-2 期，歷任修護士、連士官督導長，現任陸軍兵工整備發展中心武化翻修場化學所修護士。

提要

- 一、軍品研改為軍備研究發展維持的重要工作，藉此可強化裝備功能及提升運用性能，以解決實務面裝備操作及後勤支援等問題。
- 二、M3A3機械發煙器服役迄今已逾40餘年，裝備老舊、操作不便、且料件獲撥不易，嚴重影響裝備妥善狀況及裝備操作上風險危安問題。
- 三、藉本篇研究，針對現階段研改、性能測試等成果，提出研改效益分析及後續運用構想建議，期藉同仁寶貴意見，納入後續研改精進，以使裝備操作及攜行更加便利，效能更加提昇。

關鍵字：M3A3 機械發煙器、軍品研改、效益分析

前言

M3A3 機械發煙器於 1963 年由美軍生產製造¹，1972 (民 61)年國軍採購撥發化學兵煙幕部隊使用，為化學兵煙幕部隊主要裝備。用以發煙構成大地區煙幕，掩護友軍行動及軍事或重要設施；妨礙敵地面或空中觀測射擊或轟炸；然裝備使用迄今已逾 40 餘年，各部總成老舊並易回火肇生危安，導致人員操作風險高，且美軍均已停產，致料件獲撥不易，維修成本相對昂貴。

本研究主要目的說明如下：

- 一、本研改案初期主要針對引擎組、啟動組及泵浦組等重要組成進行研改，以提升裝備操作便利性、輕量化及作業安全。
- 二、後續藉由性能測試驗證結果，提出研改精進構想，持續實施構型後續研改，藉由效益分析評估，以符合作業效率及能量。
- 三、提出後續運用構想建議，供未來裝備汰舊換裝及多功運用發展參考。

1 陸軍總司令部譯印，《TM3-1040-202-12 「美陸軍部技術教範-M3A3 脈衝噴射式機械發煙器之操作手及部隊保養手冊」》。

小型軍品研改經過

一、計畫目標

藉由本研改案，提升裝備操作便利性、輕量化及作業之安全與效能，如圖 1。

圖 1 研改計畫目標

計畫目標	
裝備操作簡便	設計電動啟動方式，簡化啟動程序，以提升作業效率。
裝備輕量化	更換主要總成，降低裝備重量約 10%，減少作業人員負擔。
提升引擎效能	引擎效能(推動力)增強，未來可供多頻譜煙幕施放運用。
提高安全性	改善霧油泵浦卡死問題，避免回火危害，降低人員操作風險。
確保裝備妥善	提升裝備妥善，組件國內自產自製，後續維修便利。

資料來源：作者自行整理。

二、研改經過

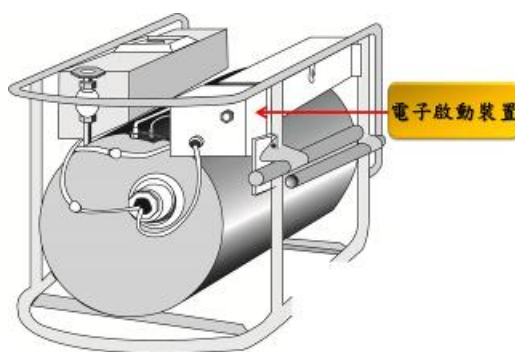
(一)設計構想階段

本研改案於 104 年提出需求項目及初步設計構想，內容如下：

1. 電子啟動裝置

以電子啟動裝置取代原啟動組的磁電機及空氣泵浦，提供電流及空氣作為啟動所需要素，如圖2。

圖2 電子啟動裝置

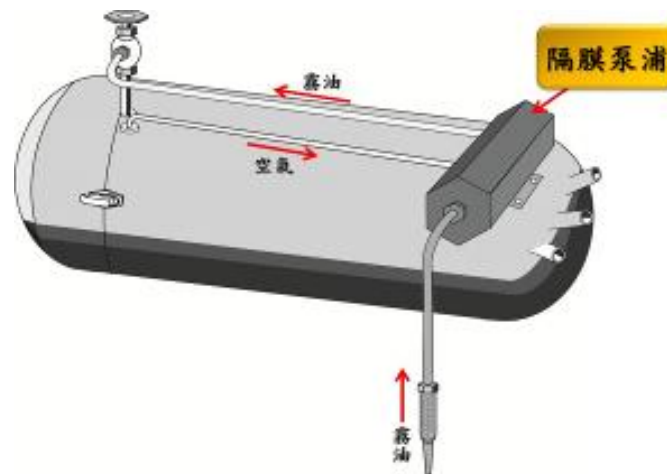


資料來源：作者自行繪製。

2. 隔膜泵浦

以氣動隔膜泵浦取代霧油泵浦作為霧油抽送動力來源，如圖3。

圖3 隔膜泵浦



資料來源：作者自行繪製。

3.快拆式管路

設計快拆式管路接頭及透明管路，便於操作手操作及可監控進、排油情形，如圖4。

圖4 快拆式管路



資料來源：作者自行繪製

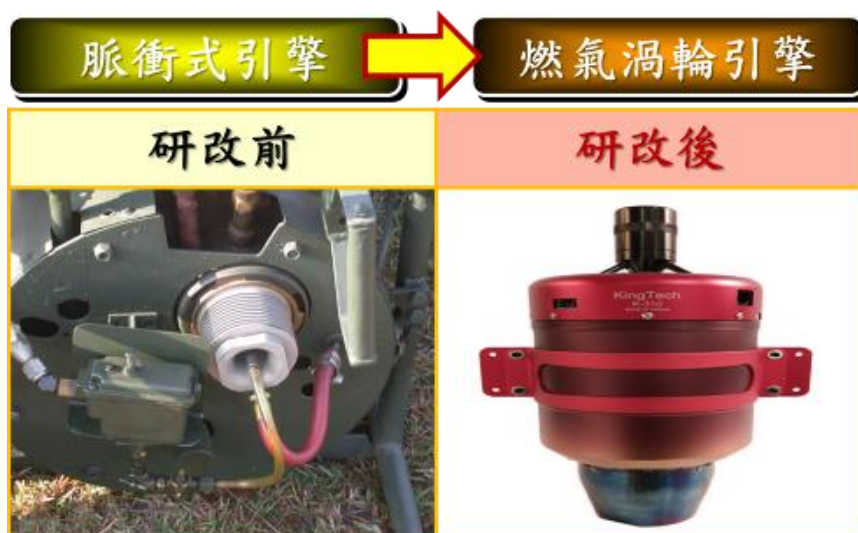
(二)執行階段

與陸軍兵工整備發展中心(以下簡稱兵整中心)武化翻修場化學所合作，共同著手進行研改工作。經初步訪商、設計及規劃研討後，考量後續操作、保修及研改效益變更原設計構想，針對引擎組、啟動組及泵浦組等重要組成進行研改，其內容如下：

1.引擎組

原裝備引擎型式為脈衝式引擎，爆炸效率慢，所產生之熱能及推送力低；經設計研改為新型燃氣渦輪引擎，其特性為重量輕、爆炸效率佳、推送力大、排氣溫度高及燃油選擇多元化，如圖5。

圖5 引擎組研改變更



資料來源：作者自行繪製。

2. 啟動組

配合新型燃氣渦輪引擎，提升為程式化觸碰面板啟動方式，大幅降低啟動時間及簡化程序，並可藉由液晶顯示面板，即時監控引擎運轉等相關資訊，如圖6。

圖6 啟動組研改變更

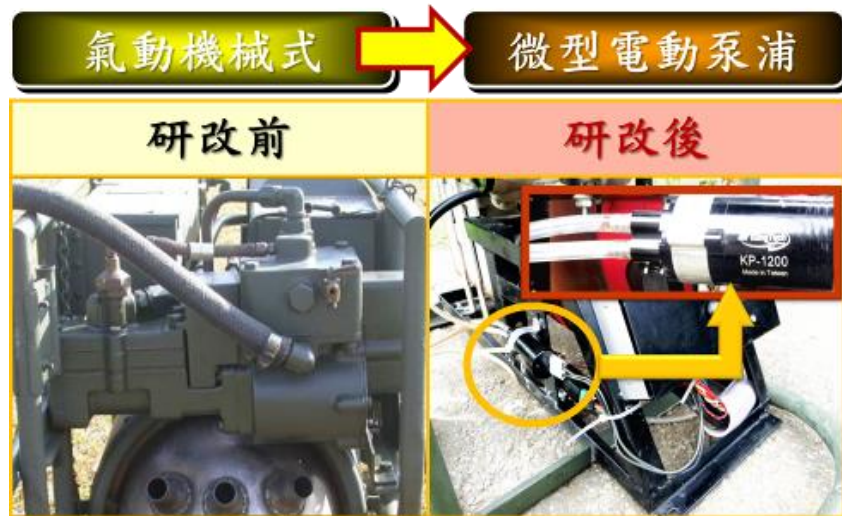


資料來源：作者自行繪製。

3. 泵浦組

原霧油泵浦為氣動機械式，重量較重，作動效率差；研改為微型電動泵浦，具體積小、重量輕、抽送霧油效率佳之特性，如圖7。

圖7 泵浦組研改變更



資料來源：作者自行繪製。

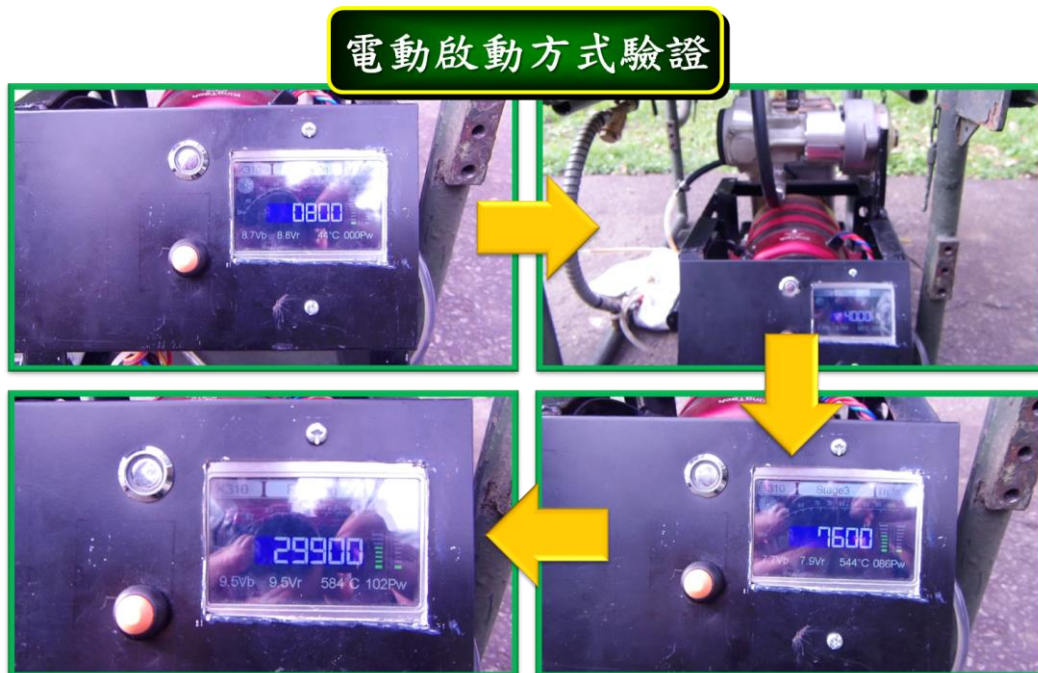
(三)性能測試驗證階段

依研改測試及驗證項目，共針對電動啟動等6個項目實施測試驗證，其驗證效能及結果如下：

1.電動啟動方式

經實驗操作驗證後，裝備可由控制面板觸碰，即依內部程式自動完成引擎開機運轉；運轉中，並可由液晶面板所顯示之資料，監控引擎運轉效能，如圖8。

圖8 電動啟動方式驗證

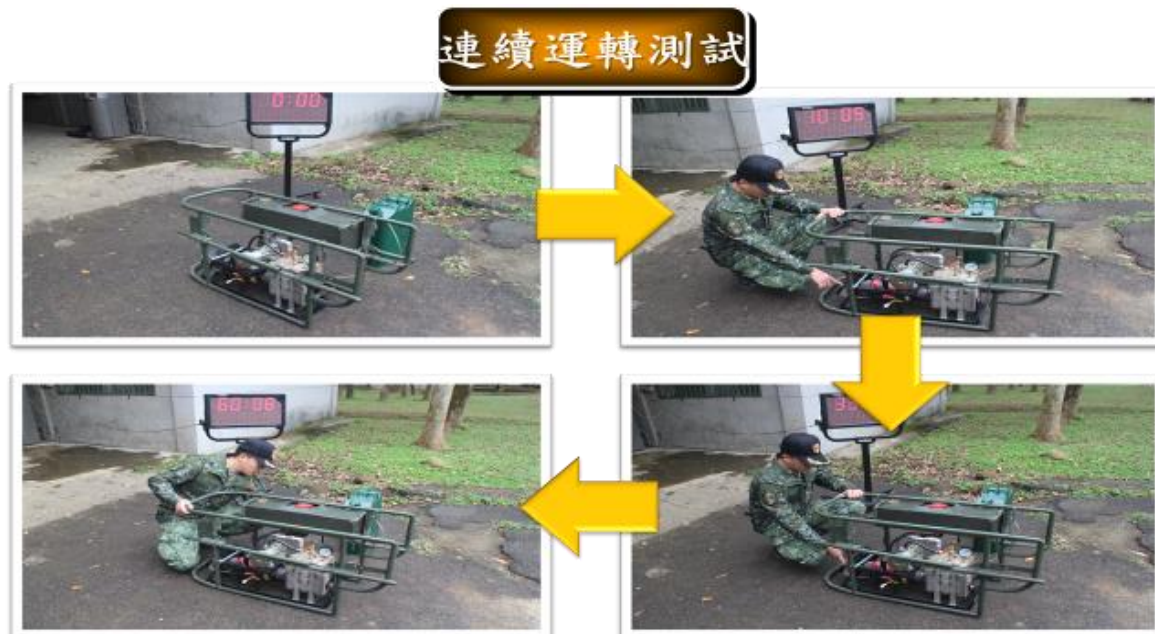


資料來源：作者自行繪製。

2.連續運轉測試

經多次實際運轉測試及記錄驗證後，裝備可連續運轉達1小時以上，如圖9。

圖9 連續運轉測試



資料來源：作者自行繪製。

3.發煙測試

經發煙實測，煙幕汽化及飄散涵蓋效果，均可達預期成效，惟因燃氣渦輪引擎推力過大，造成部分霧油不及汽化，至噴煙口處就滴落，如圖10。

圖10 發煙測試



資料來源：作者自行繪製。

4. 管路連接測試

經實際驗證後，煙幕油管路均可快速拆裝，且設計為透明管路便於人員觀察油料輸送情形，如圖11。

圖11 管路連接測試

管路連接測試



資料來源：作者自行繪製。

5. 全機運轉測試後檢查

經全機實際運轉測試後，檢查引擎、煙幕油油料及啟動組，均無滲漏、燒焦及溶化現象，如圖12。

圖12 運轉測試後檢查

運轉後檢查



資料來源：作者自行繪製。

6. 全機重量驗證

經實際秤量驗證，全機空機重量為40公斤，較原機減輕34公斤，如圖13。

圖13 全機重量驗證



資料來源：作者自行繪製。

後續研改介紹

由於第一代研改機尚有外觀構型、控制面板資訊顯示、噴煙口汽化效果、油料供應(含油液位顯示)、無線遙控等項目可精進，故後續實施第二、三代構型研改，介紹說明如后：

一、第二代構型機

(一)外觀構型，如圖 14

- 1.箱體化設計，利於裝載空間收納。
- 2.裝設收納式活動手柄，提供人員搬運使用。
- 3.裝設4顆轉向活動輪，供平面路面推運使用，以減輕人員搬運負荷。

圖14 第二代研改精進-外觀構型

裝備外觀構型



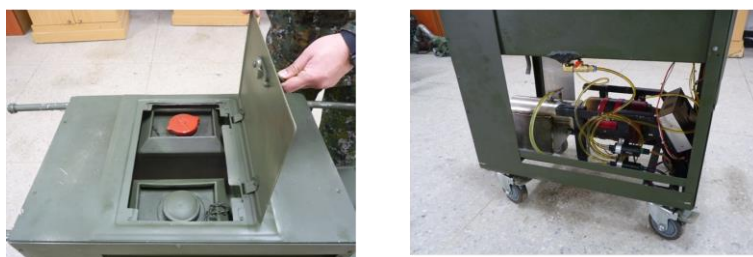
資料來源：作者自行繪製。

(二)油料供應，如圖 15

- 1.設置2組油箱，可提供引擎燃油及煙幕油儲油使用。
- 2.供油管路採透明管設計，便於人員操作觀察。
- 3.供油接頭採快速接頭，提供油箱或外接油料插拔換油使用。

圖15 第二代研改精進-油料供應設計

油料供應設計



資料來源：作者自行繪製。

(三)噴煙口改良，如圖 16

噴煙口設置多孔式擾流擋板，增加霧油汽化效果。

圖16 第二代研改精進-噴煙口改良設計

噴煙口設計



資料來源：作者自行繪製。

(四)控制面板，如圖 17

- 1.液晶監控面板，可提供觸碰操控及監控引擎運轉資訊。
- 2.另增設按鈕式開關提供啟動使用，可降低及避免面板損壞，及備用啟動功能。

圖17 第二代研改精進-控制面板設計

操控面板設計



資料來源：作者自行繪製。

(五)無線遙控啟動，如圖 18

與國立虎尾科技大學飛機工程學系航電組張鴻義教授技術合作，設計無線遙控啟動功能，以小型遙控器遠端遙控進行開機、關機、發煙操控等功能。

圖18 第二代研改精進-遙控啟動設計



資料來源：作者自行繪製。

二、第三代構型機

(一)監控資訊顯示操控面板，如圖 19

1. 第二代為4吋液晶顯示螢幕，精進研改為7吋面板，可即時顯示系統狀態、電池蓄電量、渦輪引擎轉速、燃油量(剩餘使用時間)、霧油量(剩餘使用時間)及引擎溫度等資訊，提供操作人員監控運轉資訊。
2. 增設為4鍵式按鈕開關，分別為主電源、引擎啟動、可見光煙幕及紅外線煙幕(預設)功能操作使用。

圖19 第三代研改精進-監控資訊顯示操控面板



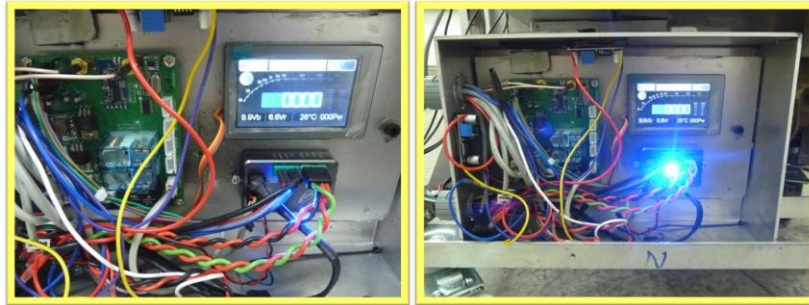
資料來源：作者自行繪製。

(二)電控整合模組設計，如圖 20

將原渦輪引擎觸碰控制面板(ECU)、監控資訊整合電路板及無線遙控接收組，整合收納模組化設計，便於人員操作及後續維保檢修。

圖20 第三代研改精進-電控整合模組設計

電控整合模組設計



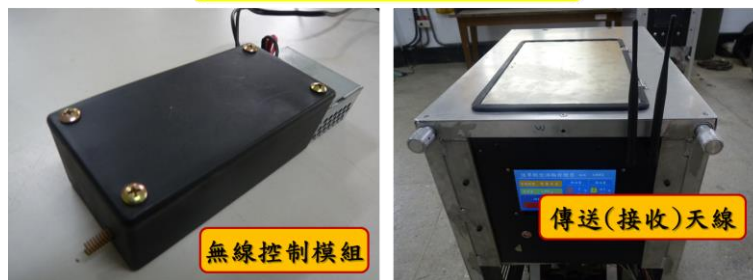
資料來源：作者自行繪製。

(三)無線遙控性能提升，如圖 21

增加接收(傳送)天線組，將遙控距離由500公尺提升至1~2公里(無遮蔽阻擋干擾)。

圖21 第三代研改精進-無線遙控性能提升

無線遙控性能提升



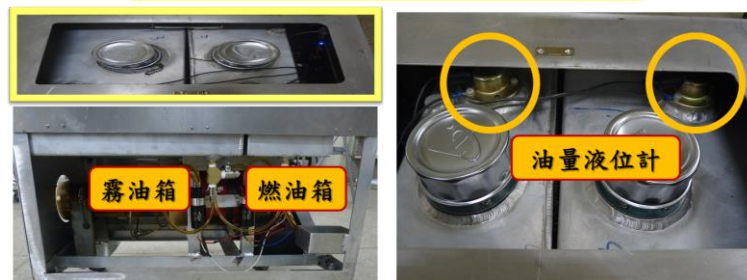
資料來源：作者自行繪製。

(四)油箱及液位感測設計，如圖 22

- 1.依據先前研改油耗測試數據，設計燃油(20公升)及霧油(50公升)油箱，可提供1小時發煙需求油量。
- 2.油箱上方加裝液位計，可感測油箱內油量，並將訊號傳送至監控資訊螢幕顯示。

圖22 第三代研改精進-油箱及液位感測設計

油箱容量及液位感測設計



資料來源：作者自行繪製。

(五)班(排、連)整合控制軟體，如圖 23

開發整合控制軟體，搭配無線控制模組，即可遠端操作控制發煙器，並於軟體介面上監控各裝備運轉資訊，提供班以上幹部操控使用。

圖23 第三代研改精進-班(排、連)整合控制軟體



資料來源：作者自行繪製。

(六)掀蓋式操作維修面，如圖 24

裝備左側蓋板採掀蓋式設計，便於人員操作油料開關及簡易維修檢查。

圖24 第三代研改精進-掀蓋式操作維修面



資料來源：作者自行繪製。

(七)油料外接模式設計，如圖 25

燃油及霧油油料開關採雙開關管路連接設計，可依作業需求，選擇使用油箱供油或外接管路連結供油。

圖25 第三代研改精進-油料外接模式設計



資料來源：作者自行繪製。

(八) 鋰電池模組，如圖 26

整合6顆鋰電池設計電池模組，增加其電容量，提供裝備長時間運轉所需電力。

圖26 第三代研改精進-鋰電池模組



資料來源：作者自行繪製。

三、後續研改性能測試

構型精進之性能測試，礙於時間、場地及天候環境條件等因素，目前僅先完成油量消耗、煙幕遮蔽效能測試項目。本研究將持續針對其他項目之性能實施測試，以確保裝備符合部隊實需。已完成驗證項目結果如下：

(一) 油耗測試

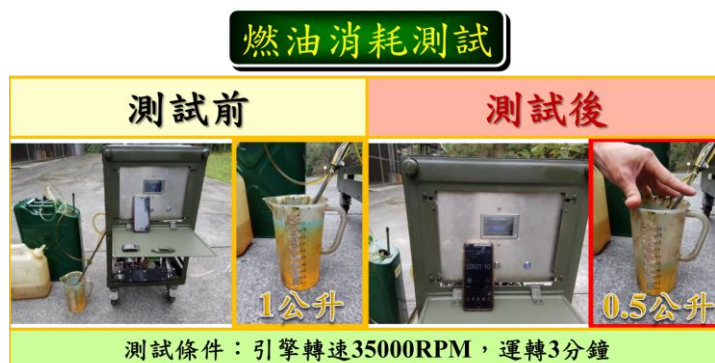
1. 研改前：

- (1) 燃油(汽油)：3加侖/小時²。
- (2) 霧油：25~40加侖/小時³。

2. 研改後：

- (1) 燃油(柴油)：2.6加侖/小時，如圖27及表1。

圖27 油耗測試



資料來源：作者自行繪製。

² 同註1，頁12。

³ 同註1，頁12。

表1 M3A3機械發煙器後續研改性能測試-燃油消耗測試統計表

測試 次數	測試 時間	測試前油量 (公升)	測試後油量 (公升)	消耗油量(公升)
1	3分鐘	1	0.48	0.52
2		1	0.47	0.53
3		1	0.51	0.49
4		1	0.49	0.51
5		1	0.52	0.48
3分鐘平均消耗油量				0.5
1小時推算消耗量				10【2.6加侖】

資料來源：作者自行整理。

(2)霧油：10.5加侖/小時，如圖28及表2。

圖28 第二代研改精進-油料外接模式設計



資料來源：作者自行繪製。

表2 M3A3機械發煙器後續研改性能測試-霧油消耗測試統計表

測試次數	測試時間	測試前油量 (公升)	測試後油量 (公升)	消耗油量(公升)
1	1分鐘	1	0.2	0.8
2		1	0.22	0.78
3		1	0.18	0.82
4		1	0.21	0.79
5		1	0.21	0.79
每分鐘平均消耗油量				0.796
1小時推算消耗量				47.8【10.5加侖】

資料來源：作者自行整理。

(二)煙幕遮蔽效能

目前所測遮蔽效能，因天候、氣象條件限制，僅針對裝備熱推送力所產生煙幕實施量測。

1.遮蔽縱深：約20~25公尺，如圖29。

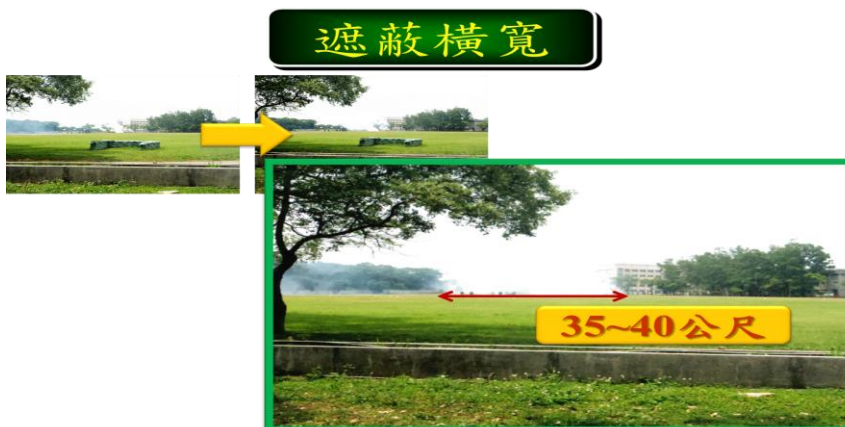
圖29 煙幕遮蔽縱深



資料來源：作者自行繪製。

2.遮蔽橫寬：約35~40公尺，如圖30。

圖30 煙幕遮蔽橫寬



資料來源：作者自行繪製。

研改效益分析及運用構想建議

一、研改效益分析

(一)裝備重量，如圖 31

- 1.研改前：全機重量為74公斤⁴。
- 2.第一代研改：拆除引擎組、啟動組、霧油組等總成；更換新式燃氣渦輪引擎及微型電動泵浦，全機重量降為40公斤。
- 3.第三代研改：改良汽化桶型式及選用輕量化材質，全機重量為38公斤。

4 同註1，頁12。

圖31 研改效益分析-裝備重量

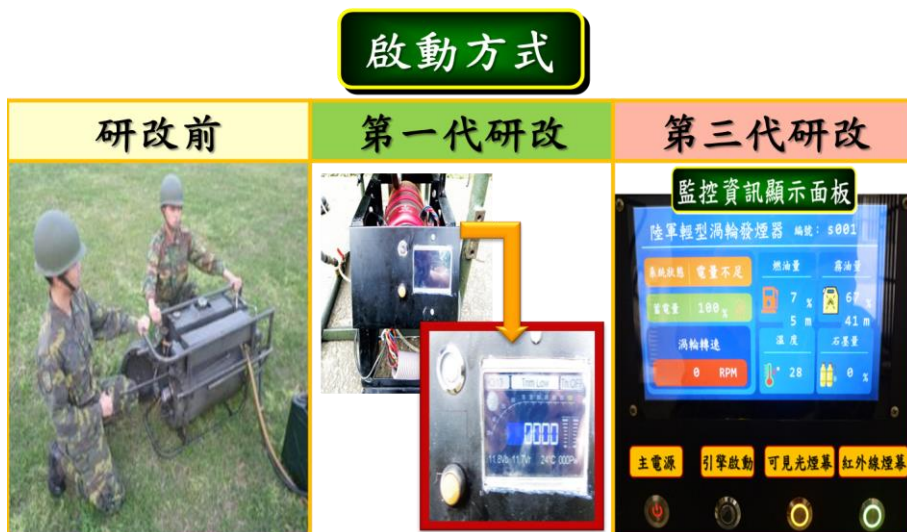


資料來源：作者自行繪製。

(二)啟動方式，如圖 32

- 1.研改前：為人工拉動拉柄啟動引擎。
- 2.第一代研改：觸碰控制面板後，即經內部程式自動完成引擎開機運轉。
- 3.第三代研改：精進研改為監控資訊顯示操控面板，結合按鈕開關及無線啟動進行操作，並提供操作人員監控運轉資訊。

圖32 研改效益分析-啟動方式



資料來源：作者自行繪製。

(三)引擎型式，如圖 33

- 1.研改前：脈衝噴射式引擎，每秒爆發60次⁵。
- 2.研改後：燃氣渦輪引擎，引擎轉速30,000~103,000RPM。

5 同註 1，頁 30。

圖33 研改效益分析-引擎型式

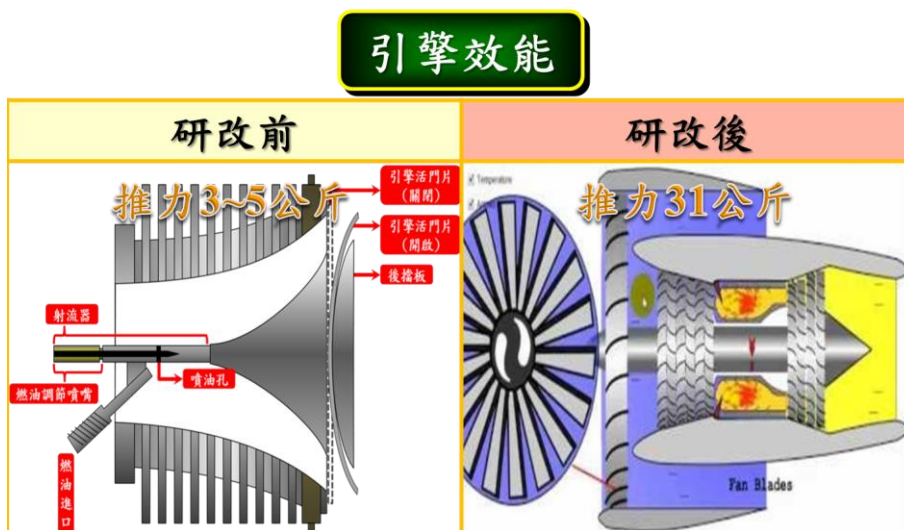


資料來源：作者自行繪製。

(四)引擎效能，如圖 34

- 1.研改前：輸出推力3~5公斤。
- 2.研改後：輸出推力31公斤(可供後續研發石墨材質發煙所需強大推力使用)。

圖34 研改效益分析-引擎效能



資料來源：作者自行繪製。

(五)引擎燃油

- 1.研改前：汽油。
- 2.研改後：柴油、煤油或JET-A1。

(六)煙幕油

- 1.研改前：煙幕油。
- 2.研改後：煙幕油、柴油、機油+柴油混合運用(研改後引擎排氣溫度可程式化設定，增加煙幕油多元選用)。

(七)排氣溫度，如圖 35

1. 研改前：300~500℃ (溫度隨爆炸效率不一，無法設定)。
2. 研改後：520~700℃ (可程式化設定控制溫度)。

圖35 研改效益分析-排氣溫度



資料來源：作者自行繪製。

(八)維修保養，如圖 36

1. 研改前：美軍已停產，料件獲得不易；後續開模製料維修，成本昂貴。
2. 研改後：引擎及各部零組件，均為國內生產製造。

圖36 研改效益分析-維修保養



資料來源：作者自行繪製。

(九)作業風險，如圖 37

1. 研改前：裝備老舊，引擎易回火，肇生危安。
2. 研改後：無。

圖37 研改效益分析-作業風險



資料來源：作者自行繪製。

(十)遙控啟動功能，如圖 38

- 1.研改前：無此功能。
- 2.第一代研改：配置遙控器，可以遠端遙控操作裝備。
- 3.第三代研改：開發整合控制軟體，搭配無線控制模組，即可遠端操作控制發煙器，並於軟體介面上監控各裝備運轉資訊。

圖38 研改效益分析-遙控啟動



資料來源：作者自行繪製。

(十一)裝備成本，如圖 39

- 1.研改前：新臺幣(以下幣制同)38萬元，但此金額為40年前幣值。
- 2.研改後：目前研製成本金額約40餘萬元，然因執行過程中，須不斷精進，致研製成本較高；後續若大量產製，製造成本應可大幅降低。

圖39 研改效益分析-裝備成本



資料來源：作者自行繪製。

(十二) 維保成本效益

- 1.M3A3機械發煙器近5年(102~106年)執行基地翻修作業，共計完成189臺，料件需求籌購計有磁電機總成等67項，翻修保養總花費3,250萬元，平均每臺約花費17.2萬。
- 2.M56渦輪發煙機依據年度定期保養(修)維護計畫清單⁶，共計執行上、下半年保養，料件更換計內燃油濾等20項74件，保養單價為每臺6萬7,900元。
- 3.研改裝備依引擎原廠保養週期要求，每運轉25小時實施內部潤滑保養，保養金額為9,000元；參考M56渦輪發煙機保養週期概估計算，每年保養費用約3萬元。

二、運用構想建議

(一) 化學兵煙幕部隊換裝使用

建議後續納入初期作戰測評，測試評估裝備性能；待測評完成後，納入建軍規劃全面換裝使用；或委由兵整中心執行構改案，進行構型的性能提升，如圖40。

6 陸軍後勤指揮部訂購軍品契約-M56 渦輪發煙機維護(T107007P069PE)。

圖40 煙幕部隊換裝構想

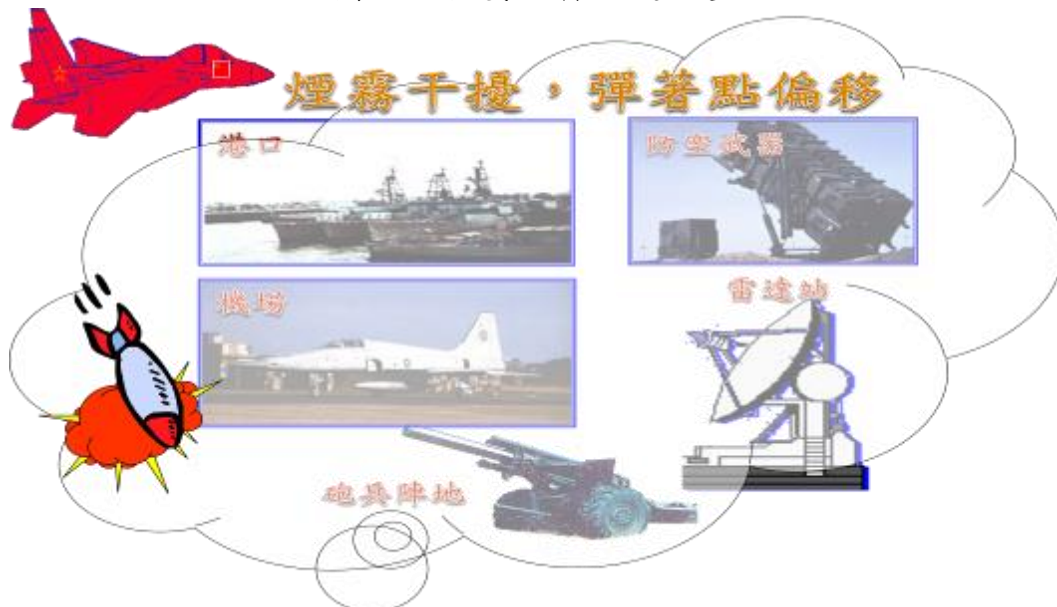


資料來源：作者自行繪製。

(二)納入重要目標固定設置，提升自我防衛能力

「煙幕」為反制敵精準武器攻擊的利器之一，惟因編裝限制，現階段煙幕部隊並未部署於軍事核心區；且煙幕作業準備時間長，在敵猝然攻擊時，若要立即機動至防護目標實施煙幕掩護作業，恐力有未殆。因此，建議將此研改案納入後續規劃，並設置於重要防護目標區，藉以達到快速布煙，以確保安全，如圖41。

圖41 重要目標固定設置



資料來源：作者自行繪製。

(三)結合燃氣射流特性，多功運用發展

運用渦輪燃氣引擎運轉所產生高溫高速燃氣流的特性，可研究測試結合相關藥劑，進行消除(毒)或人造氣象等多功能運用的發展，如圖42。

圖42 多功運用發展



資料來源：作者自行繪製。

結語

- 一、M3A3機械發煙器乃目前煙幕部隊主要裝備之一，在裝備老舊及後勤料件補給能量不足狀況下，在操作上常因無法長時間發煙，嚴重影響煙幕支援作業任務之遂行。
- 二、本研改案經初步設計構想、研究實驗、性能測試、後續研改構型精進及效益分析評估後，裝備均能符合煙幕遮蔽實需；後續將持續實施測試及精進改良，期經測試評估後，能予以推廣配發各級部隊使用，以符合煙幕部隊作業實需，並可提升煙幕作業效率及能量。
- 三、期許後續廣納各單位寶貴意見，納入研改精進提升運用，以使裝備更臻進步、完整，實際符合化學兵煙幕部隊作業實需。

參考文獻

- 一、TM3-1040-202-12 「美陸軍部技術教範-M3A3脈衝噴射式機械發煙器之操作手及部隊保養手冊」。
- 二、陸軍後勤指揮部訂購軍品契約-M56渦輪發煙機維護(T107007P069PE)。