

發煙裝備發展構型之研析

作者簡介



作者備役上校辛毓民，畢業於陸軍官校物理系 78 年班(正 58 期)、化校正規班 45 期、國防大學陸軍學院 91 年班、理工學院應化所 95 年班、戰爭學院 97 年班，歷任排長、連長、營長、群指揮官、課程組組長、教務處長、教育長、司令部組長。現職為中科院化學所化防組工程師。

提要

- 一、面對失衡的兩岸軍力，正面對決的優勢不再，如何在聯合國土防衛作戰中，運用「煙幕作為」，創造「不對稱的戰力」，提高戰場存活，降低戰損，開創有利機勢，從戰史例證中可證「煙幕」實為價廉值高的選項。
- 二、研析各國發煙裝備，發現均運用渦輪引擎單獨或同時製造多頻煙幕，反制光電導引武器系統，同時具備快速機動與越野能力，能依令在指定時間到達所望地點施放煙幕，達成偽裝或隱蔽部隊、重要目標或設施的煙幕掩護任務。
- 三、國軍現役M3A3機械發煙器屆齡已久，煙幕效能已不能滿足光電導引武器環伺的戰場，期盼透過本文研析各國發煙裝備與構型，提供兵科幹部細思，以籌建適合未來戰場的發煙裝備，以利軍事任務達成。

關鍵詞：發煙、煙幕、渦輪引擎、可見光、紅外光

前言

面對失衡的兩岸軍力，正面對決的優勢不再，如何在聯合國土防衛作戰中，運用「煙幕作為」，創造「不對稱的戰力¹」，提高戰場存活，降低戰損，開創有利機勢，從戰史例證中可證「煙幕」實為價廉值高的選項²。因此，如何運用發煙裝備在防衛作戰進程中，製造戰場迷霧，遮蔽敵眼，降低敵軍戰鬥效能，保存我軍戰力，待機奮力一擊，現有的發煙裝備已無法肆應未來戰場環境的考驗，亟待更新。本文藉蒐整研析美國、法國、俄羅斯、共軍等國家現役發煙裝備，探討構建快速、面廣、持久的多頻譜發煙裝備，提供部隊

¹ 為一種作戰概念，係以不對稱手段、不對等力量與非傳統方式所進行的作戰，旨在迴避敵人強點，並以適當的戰法、占據攻擊敵人弱點，從而改變戰爭結果，使戰爭朝向有利己方的方向發展。國防部，《國軍軍語辭典 92 年修訂本》，民 93 年 3 月 15 日。

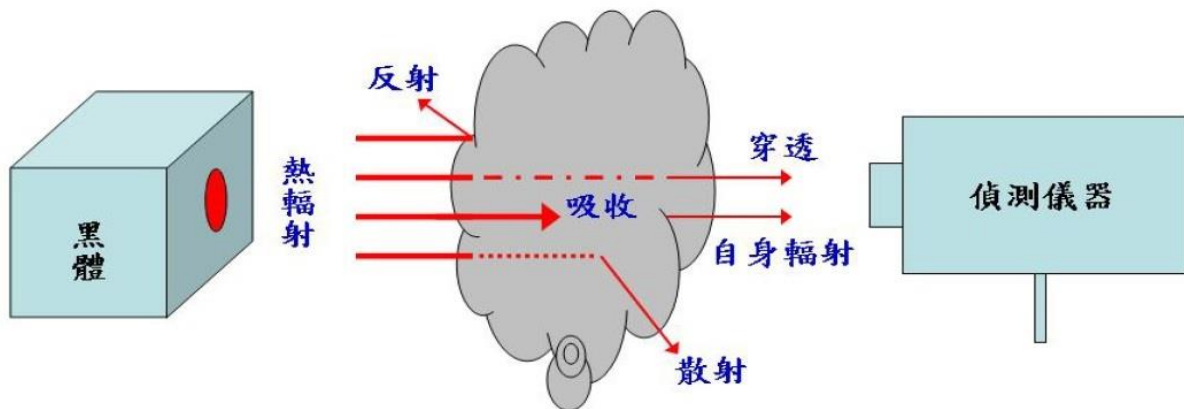
² 嚴明明，〈煙幕技術之發展〉《新新季刊》，第 35 卷第 4 期，2007 年 10 月，頁 86。據美國期刊 Military Critical Technology 報導，造價美金 120 元的煙霧彈就能掩護價值百萬美金的戰車。

強化戰力防護作為，確保戰力完整，以達成作戰目的。

煙幕遮蔽理論

煙幕是由許多固體或液體微粒分散懸浮於大氣中³，當目標物本身輻射出的紅外光波入射到煙幕中時，輻射能量會被散布的煙幕微粒吸收、反射或散射，而導致入射能量強度衰減，這種現象可稱為「煙幕遮蔽效應」⁴。而煙幕反制光電導引武器系統的原理(如圖 1)，就是利用煙幕本身發射的紅外線輻射，將目標及其附近的背景紅外線輻射覆蓋，遮蔽目標的熱輪廓，使紅外線導引武器尋標器的顯示器失效；或是利用煙幕中分散的微粒，透過吸收、反射和散射作用，使武器導引系統的紅外線能量偵測儀器無法偵測和鎖定目標⁵。

圖 1 遮蔽物(煙幕)對紅外線作用示意圖



圖片來源：吳國輝、洪偉哲、顏秉德、劉吉益，〈複合煙幕遮蔽材料製備與野戰運用測試研究研究成果報告〉，行政院國家科學委員會專題研究計畫，2010 年 12 月 31 日，頁 16。

戰史例證

「煙幕如果使用得當，可以替指揮官創造一個優勢的作戰環境」。例如 1943 年德軍空襲北非比賽大港(Bizerte Harbor)，美軍運用煙幕，成功保護港內的供應設施，不受入侵德軍破壞⁶；1973 年以阿戰爭，以色列戰車在開戰兩小時內遭蘇俄反戰車飛彈擊毀 130 輛，幾乎準備以戰敗收場，然運用煙幕反制

3 姚祿玖、高鈞麟、肖凱濤、冀有國編著，《煙幕理論與測試技術》，(北京市：國防工業出版社，2004 年 8 月)，頁 16。

4 劉順民，〈發煙劑材料粒徑影響紅外輻射規律及應用〉，南京理工大學碩士論文，2004 年 7 月，頁 5。

5 吳國輝、洪偉哲、顏秉德、劉吉益，〈複合煙幕遮蔽材料製備與野戰運用測試研究研究成果報告〉，行政院國家科學委員會專題研究計畫，2010 年 12 月 31 日，頁 6。

6 Headquarters Department of the ARMY, 《FM 3-50 Smoke Operations》，Washington, DC, December 1990, p.5。

反戰車飛彈，扭轉戰局獲得勝利⁷；1991 年第一次波灣戰爭伊拉克在聯軍展開地面攻擊前後，陸續引爆科威特油井與設施，同時超過 700 口油井燃燒產生火焰與濃煙，讓聯軍精準導引武器受到影響⁸；1999 年科索沃戰爭，由於科索沃地理環境特殊，一整年中 70% 以上的時間，國境有 50% 以上多是雲霧覆蓋⁹，北約盟軍在 78 天的空襲中，雖然有 90% 是使用精準導引武器，但受限天氣與地理環境影響，致空襲成果不佳¹⁰，加諸塞爾維亞人利用燃燒廢輪胎的「煙幕戰術」，「隱真」、「示假」對劣勢的一方獲得良好的戰力保存成效¹¹。

由前述的戰史例證瞭解，煙幕可以防禦敵人攻擊，也可以掩護部隊攻擊發起，文獻也指出「攻擊時，煙幕能使敵方武器效能降低 80%，防禦時則能降低 90%」¹²，但是煙幕是一把「兩面刃」¹³，運用得當事半功倍，運用不當也可能全軍覆沒。

各國發煙裝備現況

筆者蒐整美國、法國、俄羅斯與中國大陸等國家發煙裝備(如圖 2)，發現動力系統均已採用渦輪引擎，提供熱能與推力，可單獨或同時製造多頻煙幕，遮蔽可見光、雷射、紅外光或毫米波等光譜，系統搭載於各式戰術型輪車或甲車上，具快速機動與越野能力，在油料與煙幕物資充分供應下，長時間施放煙幕，達成偽裝或隱蔽部隊、重要目標或設施的戰力防護任務。

7 何文達，〈波灣戰爭煙幕武器系統分析〉《中東波灣戰爭國防科技特刊》，(桃園：中山科學研究院計畫處編印，1991 年 7 月)，頁 134。

8 國防部史政編譯局譯印，《波灣戰爭檢討報告書 2》，1994 年 6 月，頁 113。

9 軍事科學院外國軍事研究部譯，《科索沃戰爭(上)》，(北京市：軍事科學出版社，2000 年 6 月)，頁 140。

10 軍事科學院外國軍事研究部譯，《科索沃戰爭(中)》，(北京市：軍事科學出版社，2000 年 6 月)，頁 28-30。

11 辛毓民，〈國軍大地區煙幕產生器發展方向之研析〉《陸軍學術雙月刊》，第 42 卷 490 期，(桃園：軍備局生產製造中心 401 印製廠，2006 年 12 月)，頁 87-88。

12 余勇、劉慶軍、祝玉平，〈煙幕-信息戰的堅盾〉《現代防禦技術》，第 32 卷第 3 期，(北京：中國航天科工集團公司，2004 年 6 月)。

13 Headquarters Department of the ARMY, 《FM 3-101-1 Smoke Squad/Platoon Operations Tactics Techniques and Procedures》，Washington, DC, September 1994, p.1-0。

圖 2 美國、法國、俄羅斯與共軍發煙裝備

美軍 M56/A1 渦輪發煙車



俄羅斯 TDA-U 發煙車



俄羅斯 TDA-2M 發煙車



共軍 FFC-XX 發煙車¹⁴



美軍 M58A3 渦輪發煙車



俄羅斯 TDA-2K 發煙車



俄羅斯 TMC-65 燃氣射流發煙車



共軍 FRC-01 燃氣射流發煙車



法國 SG-18 渦輪發煙機



俄羅斯 TDA-3 發煙車



共軍 FFC-02 型發煙車



共軍火箭發煙車



圖片來源：

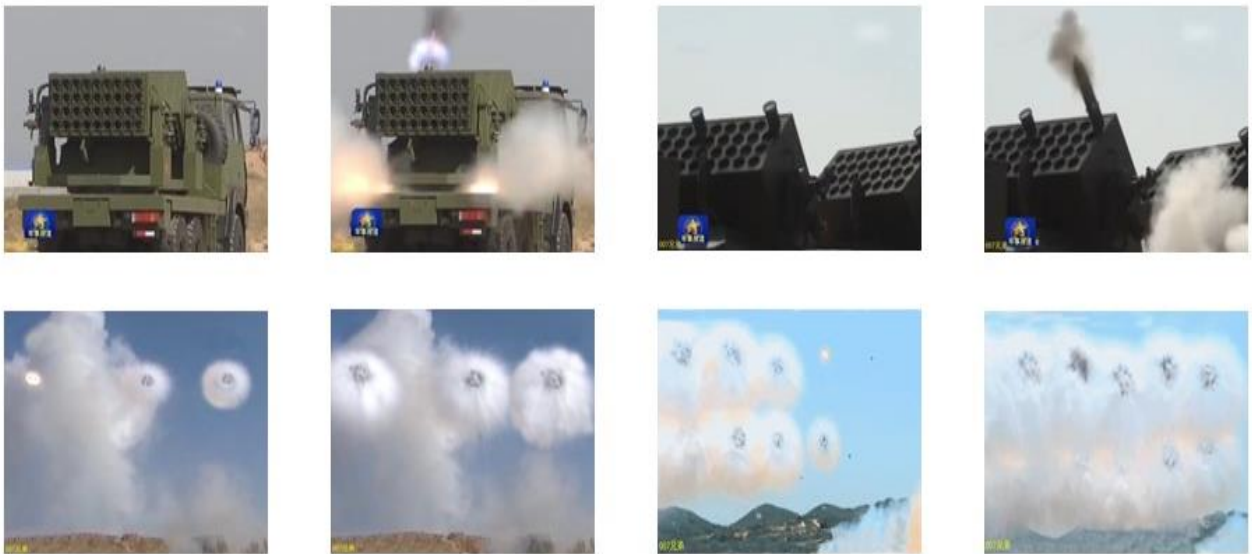
- 1.M56/A1，<http://sii.transparencytoolkit.org>
- 2.M58A3，<http://fas.org/man/dod-1/sys/land/m58.html>
- 3.SG-18，www.safran-power-unit.com
- 4.TDA-U，<http://militaryarms.ru>
- 5.TDA-2K，www.tambovpolymer.ru
- 6.TDA-3，<http://inprokom.ru>
- 7.TDA-2M，<http://vsr.milby/2013/08/29/podgotovka-zavershena/>

14國防部情次室，〈國軍敵情專題研究優良作品彙編〉，第 22 輯，頁 28-29，頁 46。共軍發煙裝備研判有 FFC02、FFC03、FYJ01、FYJ02 及 FYJ03 等型，區分方式 FC 屬發煙車與 YJ 屬車載發煙機，本文附圖研判屬 FFC 系列(XX 表示程式不詳)。

- 8.TMC-65，<http://www.vitalykuzmin.net>
9. FFC-02，<https://kknews.cc/zh-mo/military/ov49plm.html>
- 10.FFC-XX，www.people.com.cn
- 11.FRC-01，<https://kknews.cc/zh-hk/military/p89p42p.html>
- 12.火箭發煙車，<http://kknews.cc/military/96baplj.html>

其中俄羅斯 TDA-3 型渦輪發煙機，研判為該國近年發煙裝備，除可單獨使用抗可見光液劑或抗紅外光粉劑外，亦可裝填同時具有抗可見光與抗紅外光的混合劑¹⁵；共軍「火箭發煙車」¹⁶（如圖 3）為近年較新型的發煙裝備¹⁷，火箭彈體內研判裝填煙幕劑，發射至空中爆炸，釋放彈體內煙幕物質，裝藥成分可能有磷類、金屬粉與石墨粉等煙幕物質，藉磷類物質爆炸燃燒產生高溫煙幕，可有效反制紅外光或熱成像光電導引武器，爆炸可將金屬粉加熱與石墨粉噴散，除遮蔽可見光至紅外光波段外，甚至可能達到毫米波段的效果¹⁸，此款「火箭發煙車」的設計概念，極似我國早年研發的「工蜂」多管火箭系統（如圖 4）。

圖 3 共軍火箭發煙車



15TDA-3 渦輪發煙機可使用霧油或煙幕粉劑，也可使用具抗可見光與紅外光的混合劑，混合劑每小時消耗 158-475 加侖，添加時間需 1.8-6 小時；系統兼具消毒功能。

<http://inprokom.ru>。

16<http://kknews.cc/military/96baplj.html>。

17袁新波、李菁、宋靜、陳超，〈遙控布設干擾偽裝煙幕系統應用研究〉《兵器裝備工程學報》，第 39 卷第 1 期，（重慶市：兵器裝備工程學報雜誌社，2018 年 1 月），頁 114-115。

18火箭發煙車煙幕彈體研判成分可能為紅磷、石墨粉與黃銅粉，紅磷無自燃性，裝藥較黃磷穩定，產生高溫可反制遠紅外熱像系統；石墨與黃銅粉飛散噴灑可反制遠紅外熱像系統、雷射測距儀甚至毫米波光電系統。

圖片來源：<http://kknews.cc/military/96baplj.html>

圖 4 工蜂多管火箭系統

工蜂四型多管火箭¹⁹



工蜂六型多管火箭系統²⁰



圖片來源：

- 1.https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/47/Kung_Feng_IV_MLRS_Trailer_Display_at_Chengkungling_20131012a.jpg
- 2.https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%B7%A5%E8%9C%82%E5%85%AD%E5%9E%8B%E5%A4%9A%E7%AE%A1%E7%81%AB%E7%AE%AD#/media/File:Kung_Feng_VI_MLRS_Side_View_Oct2011a.jpg

附表 1 美國、法國、俄羅斯與共軍發煙裝備性能分析表

裝備程式	製造國家	動力系統	載具型式	遮蔽能力	煙幕劑	一次裝載量	消耗量	作業人力
M56/A1	美國	渦輪引擎	M1113 悍馬車	可見光 紅外光 毫米波	霧油 石墨粉 碳纖維	霧油 192kg 石墨粉 163kg 8 盒	80 Ga/hr 27-270 kg/hr 8 盒/30 分	2 人
M58A3	美國	渦輪引擎	M113 裝甲車	可見光 紅外光	霧油	—	—	2 人
SG-18	法國	渦輪引擎	依需要	可見光 近紅外光	霧油	依需要	138Ga/hr	—

19工蜂四型多管火箭係中山科學研究院於 1960 年發展，原型為牽引式，原編制軍團化學兵群火箭連，由兩具 20 管發射器組成，配賦高爆與黃磷彈兩種，缺點是須人力裝填。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/>

20工蜂六型多管火箭係中山科學研究院於 1975 年開始研發，代號「嵩山計畫」，1982 年量產後迅速取代工蜂四型。工蜂六型口徑略小，發射管數略增，為彈徑 117 公厘的 45 管火箭發射器，可在 22.5 秒內發射完畢，造成 800x600 公尺的殺傷面積，配賦高爆與黃磷彈兩種。
<https://zh.wikipedia.org/wiki/>

TDA-U(Y)	俄羅斯	渦輪引擎	URAL-4 3206	可見光 近紅外光	霧油	1162 Ga	—	3 人
TDA-2K	俄羅斯	渦輪引擎	KAMAZ -43114	可見光 近紅外光	霧油	1162 Ga	105-200 Ga/hr	2 人
TDA-3	俄羅斯	渦輪引擎	KAMAZ -5350	可見光 紅外光	混合劑	—	159-475 Ga/hr	2 人
TDA-2M	俄羅斯	渦輪引擎	URAL-4 320	可見光 近紅外光	霧油	846 Ga	79-211 Ga/hr	2 人
TMC-65	俄羅斯	渦輪引擎	URAL-3 75E	可見光 近紅外光	霧油	—	—	2 人
FFC-02	中國	渦輪引擎	戰術輪車	可見光 近紅外光	霧油*	—	—	2 人*
共軍 02	中國	渦輪引擎	戰術輪車	可見光 紅外光	霧油* 石墨粉*	—	—	2 人*
FRC-01	中國	燃氣射流	戰術輪車	可見光 近紅外光	霧油*	—	—	2 人*
火箭發煙車	中國	火箭	戰術輪車	可見光 紅外光 毫米波*	含磷煙劑* 金屬粉* 石墨粉*	36 管煙幕彈	—	2 人*
附記	1.註有*號表示研判。 2.M56A1 渦輪發煙機抗毫米波所需碳纖維施放時間為 30 分鐘。 3.俄羅斯各式發煙車噴煙口均僅一處，研判僅具遮蔽可見光、雷射與近紅外光能力，惟 TDA-3 型可以使用混合劑，同時具有遮蔽可見光與紅外光全波段能力。 4.共軍各式渦輪發煙裝備研判均具可見光至近紅外光波段遮蔽能力。 5.FRC-01 燃氣射流發煙車研判仿製俄羅斯 TMC-65，亦具有消除能力，相關諸元性能應類似，惟煙幕作業時均有油補車隨行支援補給。							

資料來源：作者自行彙整。

另外，美國海軍作戰發展司令部(The Naval Warfare Development Command)於 2014 年 6 月 21-25 日運用第七艦隊將陸軍發煙裝備、海軍艦艇(USS Mustin DDG 89, USS Wayne E. Meyer DDG 108 和 USS Frank Cable AS 40 等三艘)與空軍裝備，於關島以南地區海上施放碳纖維雲吸收雷達波，評估對反艦飛彈防禦的效能(如圖 5)。這項計畫稱之為「Pandarra Fog」，它不僅只是煙幕或干擾絲的問題，而是透過聯合各軍種的裝備整合，有效解決反制艦艇攻擊的光電導引武器系統，這實驗未來可能是美海軍艦隊進攻的關鍵因素²¹。

²¹https://defense-update.com/20140628_pandarra-fog.html

而 2018 年 4 月美國通用動力公司在德國 Grafenwoehr 訓練區，舉行的包括美軍、英軍等多國聯合裝備訓練演習時，示範遠端人工智慧控制 M58 狼式渦輪發煙機施放煙幕(如圖 6，7)，完成遮蔽或掩護任務²²。

圖 5 美軍艦艇煙幕反制攻艦飛彈



圖片來源：https://defense-update.com/20140628_pandarra-fog.html

圖 6 通用動力公司在德國展示遠端遙控渦輪發煙機功能



圖 7 M58 狼式渦輪發煙機運用遠端控制實施煙幕作業



圖片來源：1.<https://www.alamy.com/stock-photo/hubert-wolf-where.html>

2.<https://defence-blog.com/news/general-dynamics-showcases-remote>

22M58 Wolf 係將 M56 Coyote 上的渦輪發煙機安裝在 M113 型裝甲人員運兵車的底盤上，配上通用動力陸地系統公司的特殊套件後可以遠端控制。

<https://defence-blog.com/news/general-dynamics-showcases-remotely-controlled-smoke-generator-capabilities-in-germany.html>

ly-controlled-smoke-generator-capabilities-in-germany.html

國軍發煙裝備現況

國軍現有發煙裝備共計兩款，主要是美造 M56 渦輪發煙機(含載具)與 M3A3 脈衝噴射式機械發煙器兩種型式：

一、M56 Coyote渦輪發煙機

M56 Coyote 式渦輪發煙機於 1997 年華美軍售獲得，主要是由控制、動力、抗可見光、抗紅外線等系統組成，安裝在 M1113 悍馬車上，具高機動性、快速成煙與操作容易等特點，可遮蔽干擾可見光至紅外光(0.4~14 微米 μm)範圍能力，可依令迅速到達指定地區實施煙幕作業，遮蔽目標區或施放偽煙，反制敵軍光電導引武器系統或改變地物、地貌，妨礙敵軍空(機)降作戰。

二、M3A3脈衝噴射式機械發煙器

1973 年我向美方艾其伍德兵工廠(Edgewood Arsenal)採購，主要是由承架組、燃油組、泵浦組、引擎組、起動組、霧油組等組成，長 108 公分、寬 47 公分、高 58 公分、空重 74 公斤²³。發煙器無載具，機動性差，短距離移動須人工搬運，長途運輸或變換陣地時，須載具輸運至所望地點；僅具遮蔽可見光(波長 0.4~0.75 微米 μm)範圍，例如肉眼目視、望遠鏡觀測、照相機拍照、攝影機攝影等，目前使用達 45 年，機體屆壽已久，性能與妥善狀況不佳，零附件籌補困難，亟待換新。基此，研析各國發煙裝備與我國現役 M56 渦輪發煙機、M3A3 脈衝噴射式機械發煙器重要諸元與性能(如表 2)，並參酌煙幕部隊在煙幕戰術上的運用作為、作業人員操作與後續保養能力，研擬可能的作戰需求，俾作為 M3A3 脈衝噴射式機械發煙器建議換裝的構型參考。

表 2 國軍發煙裝備重要諸元分析表

區分		M56 渦輪發煙機	M3A3 機械發煙器
載具型式		M1113 悍馬車	人工搬運
動力系統	動力	渦輪引擎	脈衝噴射式引擎
	燃油種類	柴油	汽油
	油箱容量	25 加侖	3.5 加侖
	消耗量	12 加侖/小時	3 加侖/小時
	使用時間	約 125 分鐘	約 70 分鐘
抗可見光組	霧油油箱容量	124 加侖	須外接 53 加侖油桶
	消耗量	80 加侖/小時	25-40 加侖/小時

23美軍機械發煙器操作與保養手冊(譯本)，TM3-1040-202-12，頁 12。

	使 用 時 間	約 93 分鐘	依補給油量
抗紅外光組	石 墨 儲 槽 量	163 公斤	無
	消 耗 量	27-270 公斤/小時	無
	使 用 時 間	362-36 分鐘	無

資料來源：作者自行彙整。

發煙裝備戰術運用^{24, 25, 26}

依國防部 106 年國防白皮書「戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵」的用兵理念²⁷，與《陸戰戰術學》對煙幕部隊戰術運用：「範圍包括隱蔽部隊運動、陣地構築、逆襲或反擊，掩護警戒及勤務支援地區，或警戒部隊戰鬥、部隊轉進與脫離，障礙設置、指揮所、砲兵陣地、預備隊等；遮蔽渡河及障礙破壞，孤立敵防禦陣地；支援欺敵計畫；反制敵監偵及目標獲得系統，遮蔽敵軍砲兵觀測與射擊，減低敵火危害，或標示目標；支援地空整體作戰，遮蔽裝載區、著陸區及空投場，城鎮作戰；反制敵軍煙幕等」²⁸。

一、戰力防護階段

敵軍可能對我發起海、空襲(突)擊、猝然發起空中攻擊、奇(強)襲及特工突擊作為，發煙裝備可運用作為：

- (一)善用偽裝、欺敵、掩蔽等手段，以提高戰場存活，例如主戰裝備、重要設施、後勤區等實施煙幕掩護或施放偽煙欺敵。
- (二)確保交通暢通，維護戰力完整，例如煙幕掩護部隊機動，進入戰術位置或陣地。
- (三)重要目標防護，例如煙幕遮蔽海、空重要基地、要港及觀通雷達設施，反制敵軍可能的光電導引武器攻擊。
- (四)運用煙幕完成補保作業，例如掩護陸航部隊野戰保修、彈藥與油料屯補作業區安全。

二、濱海決勝階段

敵船團進入濱海區，實施泊地與舟波換乘，在敵海空優勢下，併用正規、非正規方式登陸，發煙裝備可運用作為：

- (一)運用發煙裝備施放煙幕，掩護各類型部隊進入戰術位置或陣地，同時搭

24陸軍司令部，〈化學兵煙幕部隊訓練教範第二版〉，民國 97 年 11 月，頁 6-25~50。

25青年日報，「煙幕部隊掩護友軍，精判風向誘、欺敵」，2018 年 5 月 19 日，<https://www.ydn.com.tw>

26軍聞社，「遮蔽重要目標區煙幕作業」，2018 年 6 月 6 日，<https://tw.news.yahoo.com>

27國防部，〈106 年國防白皮書〉，頁 57。

28陸戰戰術學編纂委員會，《陸戰戰術學第四冊》，陸軍總司令部印，民 93 年 3 月 1 日，頁 9-123。

配偽煙施放，併達欺敵效果。

- (二)確保交通暢通，維護部隊戰力完整，發煙裝備可依令於機動路線上，隨伴或躍進方式施放煙幕，掩護部隊機動安全，進入或變換戰術位置。
- (三)海、空軍現存兵力執行濱海決勝，運用煙幕遮蔽海、空重要基地、要港及觀通雷達設施，反制敵軍可能的光電導引武器攻擊，維護重要設施安全。

三、灘岸殲敵階段

敵軍在海空優勢下，船團在泊地航行舟波換乘後，即快速向灘岸挺進，登陸水際灘頭，特工突擊開放港口，實施行政下卸，快速增長戰力，縱深地區併用空(機)降作戰，發煙裝備可運用作為：

- (一)煙幕部隊運用煙幕協助陸航整補作業，如煙幕掩護野戰保修、彈藥與油料屯補作業區安全。
- (二)各要港必須確保，依狀況實施封港，防制敵開放港口，行政下卸增長戰力時，煙幕部隊可依令施放煙幕，掩護工兵部隊執行固(封)港或緊急架橋作業。
- (三)協力守備部隊執行反空(機)降作戰，運用發煙裝備先行預置敵可能實施空(機)降地區，施放煙幕改變地形地貌，迫使敵無法執行空機(降)作戰或打散編組，俾利守備部隊殲滅犯敵。

基於上述概知聯合國土防衛作戰各階段，均可藉由煙幕部隊的作為，靈活運用「煙幕」戰術，支援各部隊達成任務。

發煙裝備發展作戰需求

依防衛作戰各階段煙幕運用，研析發煙裝備發展可能的作戰需求包括：

- 一、發煙系統操作簡單，安全性高，成煙快速，具抗可見光與抗紅外光模組，能依敵情威脅單獨或同時使用。
- 二、全系統必須能安裝於單一載具上，達到快速機動與大地區煙幕要求。
- 三、載具酬載量能滿足全系統安裝、作業所需各類物資與全裝人員重量，且不影響機動與所需越野性能。
- 四、煙幕作業指揮管制與通信聯絡數位化。

基此，發煙裝備發展朝構型需求、酬載需求、載具需求、通資電需求等面向研析，期達機動性高、成煙快速、操作容易與精準指管的煙幕防護戰力。

一、構型需求

為達成聯合國土防衛作戰目的，依「戰力防護、濱海決勝、灘岸殲敵」之用兵理念，與煙幕部隊戰術運用需求，同時參酌美軍 M56 渦輪發煙機、法國 SG-18 渦輪發煙系統等多國發煙裝備性能，研擬構型應具備控制、動力、

抗可見光、抗紅外光等功能系統(如圖 7)，以符作戰實需。

二、控制系統

安裝於駕駛艙由車長操作與控制²⁹，系統應包括控制面板與馬達控制器，作業人員透過控制面板讓馬達控制器作動，啟動、關閉動力系統，控制抗可見光與抗紅外光系統，設定空轉與使用不同模組的引擎排氣溫度、顯示操作指示與故障標示，並有過載保護設計，以避免各系統損壞等重要功能。

三、動力系統

為發煙裝備構型核心主件，使用渦輪引擎產生高溫高壓，汽化推送抗可見光與抗紅外光所需的霧油與石墨粉，反制光電導引武器。鑒於 M56 渦輪發煙機商源蒐尋不易，參酌其引擎重要諸元與部分性能，蒐整現貨市場可供評估的渦輪引擎，目前僅法國 Micro turbo SG-18 發煙機³⁰較接近 M56 渦輪發煙機性能。然為確保未來構型發展的可能性，應蒐整朝體積小、重量輕、推力足的渦輪引擎，提供未來動力系統發展評估的參考。

四、抗可見光系統

遮蔽敵眼就能防止敵目視觀測或直接轟炸，因此抗可見光煙幕在發煙裝備上常是作業期間最久，運用頻率最高的首選。系統通常須要有可供長時間作業的煙幕油料儲槽，並藉泵浦將煙幕油箱內的霧油抽出，經連接管至噴霧器將煙幕油噴出霧化，並與渦輪引擎排出的高溫接觸，形成大面積煙幕，達成遮蔽敵眼觀測的目的。

五、抗紅外線系統

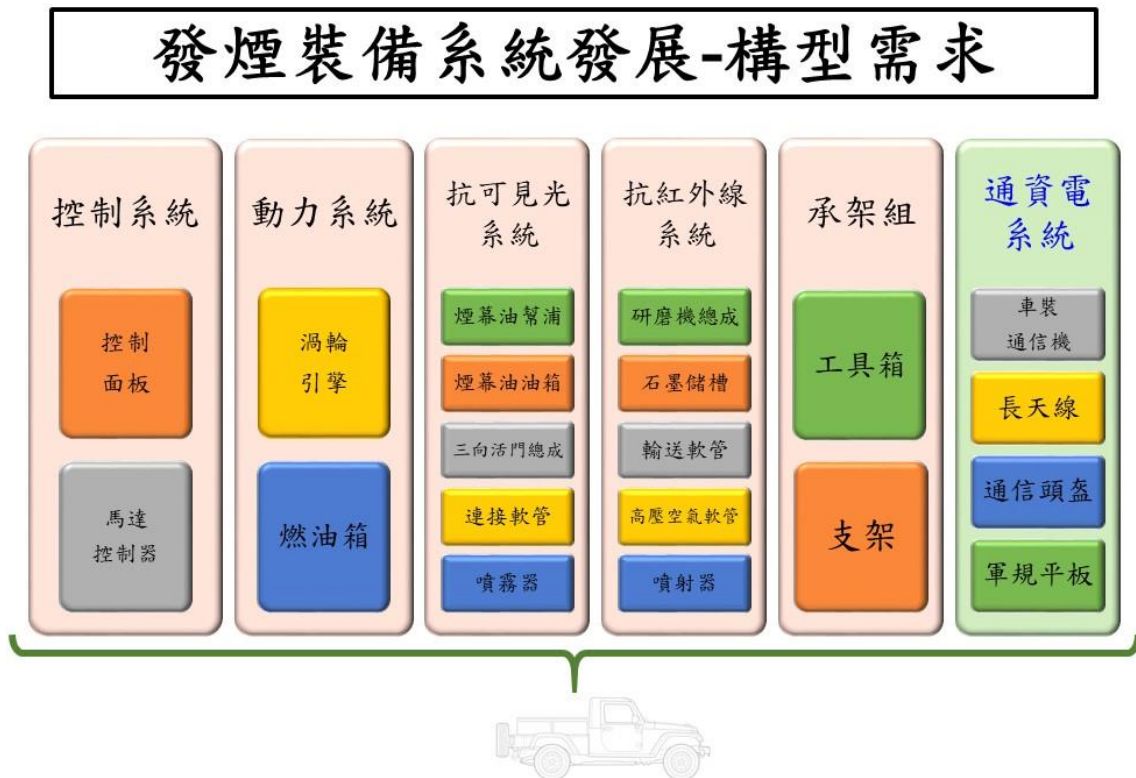
2016 年珠海航空展發現中共在 2000 年至 2004 年間，各理工大學或軍事院校全力發展的紅外尋標系統，目前已依軍種需求，成熟整合在展出的各式導引武器系統上³¹。發煙裝備抗紅外線系統，主要是透過渦輪引擎產生的高壓氣體，將石墨粉噴散至空氣層中，干擾或反制紅外導引武器系統偵測，提高戰場存活率。

29特殊狀況下，駕駛亦可操作。

30SG-18 GROUND SYSTEM，www.microturbo.com

31中科院企劃處科技資料組，2016 年珠海航展中共主要武器裝備，2017 年 6 月。

圖 7 發煙裝備構型示意圖



圖片來源：作者自繪(載具圖片 www.jgms.com)

六、酬載需求

M56 渦輪發煙機全系統係安裝於 M1113 悍馬車上，僅渦輪引擎總成、抗可見光、抗紅外光等系統部件(含滿載煙幕物資)，依準則論述概約 714 公斤³²，其中並不包含渦輪引擎控制系統、通信系統、承架組與全裝作業人員重量，研析未來系統發展酬載量，以我國現役 M56 渦輪發煙機全系統重量與一次煙幕作業量為參考，俾利構型規劃³³。

(一)控制系統：控制面板、控制器，推估 10 公斤。

(二)動力系統：渦輪引擎總成與作業 120 分鐘所需燃油儲量，推估約 250 公斤。

(三)抗可見光系統：霧油泵浦等組件與 90 分鐘煙幕作業霧油儲量，推估 230 公斤。

(四)抗紅外光系統：研磨機等組件與 30 分鐘煙幕作業石墨粉儲量，推估 185

32陸軍司令部，《陸軍渦輪發煙機操作手冊第一版》，2012 年 7 月 16 日，頁 2-10~12。

33渦輪引擎所需燃油、抗可見光組霧油、抗紅外線組石墨粉等所需儲量，均以 M56 渦輪發煙機作業消耗為參考值。

公斤。

(五)承架組：安裝各部件、儲存槽與工具箱組，使用高強度鋼質角材，推估 50 公斤。

(六)通資電系統：包括車裝通信機、通信頭盔、作業軍規平板，推估 20 公斤。

(七)乘員：駕駛與車長等兩人全副武裝(含戰術背包)，推估至少 150 公斤。

總和前述酬載分項需求約 895 公斤(如表 3)，寬估未來系統發展概以 1,000 公斤為酬載需求。

表 3 發煙裝備酬載可能需求分析表

系統名稱	系統可能需求主要部件	推估重量
控制系統	控制面板、控制器、馬達等	10 公斤
動力系統	渦輪引擎燃油箱(含燃油)、鼓風機馬達、SCU 管理控制組件、GCU 發電機控制組件、渦輪引擎、啟動器/發電機等	250 公斤
抗可見光系統	霧油油箱(含霧油)、三向活門總成、連接軟管、霧油泵浦、噴霧器等	230 公斤
抗紅外光組	石墨儲存槽(含石墨粉)、馬達、研磨機、輸送軟管、高壓空氣軟管、石墨噴射器等	185 公斤
承架組	承架、工具箱、滅火器等	50 公斤
通資電系統	車裝通信機、天線、通信頭盔、作業軍規平板等	20 公斤
乘員	全副武裝，兩員	150 公斤
合計：推估總酬載量 895 公斤，寬估值為 1000 公斤		

資料來源：作者彙整。

七、載具需求

M56 渦輪發煙機搭載於 M1113 悍馬車，載具性能毋庸置疑，然悍馬車使用已久且屬消失性商源，將逐年淘汰，更重要的關鍵考量係戰術型輪車價格昂貴，國外輸出難度高，後續維保體系建立與後勤負荷沉重，反觀民用型載具籌獲價格較戰術輪車低廉許多，較無輸出許可問題，現貨市場供應充足，採購難度與後維成本相對較低。

民用型載具動力系統目前引擎設計多朝小型渦輪增壓，排氣量降低，重量較輕，節能省油，馬力與扭力大幅提高，除符合國內環保法規外，亦具備

發展所需的高速機動，惟底盤可能須適當的調校或修改，以符合戰術上必要的越野與涉水等能力，滿足煙幕部隊作業實需。惟酬載量符合系統發展需求的各式載具，仍須以全系統大小、適裝程度與後維負荷，為評選重要考量依據。

八、通資電需求

煙幕掩護成功與否，指揮管制與通信聯絡為重要關鍵要項之一，目前煙幕部隊執行煙幕作業時，僅靠手持式無線電機構連，高分貝的作業環境，鄰兵交談都顯得困難，遑論對上回報或上對下的指管作為，為優化指揮管制與解決通信聯絡問題，未來建案單位必須將通資電需求納入整體規劃，有效整合車載通信、車內通話、資訊接收(含作業命令、氣象情資等等)與衛星定位(例如部隊動態管制系統)，提供各級指揮官煙幕作業指揮管制，作業人員精準接收煙幕掩護地區座標，快速機動到達指定地點施放或停止煙幕，俾利支援軍事作戰任務達成。

結語

面對中共龐大的軍力威脅，我國不與其進行軍備競賽³⁴，期藉本篇研究探討發展價廉值高的發煙裝備，構建不對稱的戰力，也期盼本文能拋磚引玉提供兵科幹部，在聯合國土防衛作戰各階段，思考提出靈活運用煙幕作為的論述，消除各軍種幹部對煙幕效能的疑慮，更藉軍種戰術戰法研究、戰術性能測試時，運用科學儀器或主戰裝備上的尋標裝置驗證，讓煙幕降低敵軍攻擊效能，使其無法有效精準打擊的論點再次得到科學實證，加大各級對煙幕運用的信心，以利未來軍事任務達成。

參考文獻

一、書籍、準則、技術書刊

- (一)國防部，《106 年國防白皮書》。
- (二)國防部史政編譯局，《波灣戰爭檢討報告書 2》，1994 年 6 月。
- (三)國防部情次室，《國軍敵情專題研究優良作品彙編》，第 22 輯。
- (四)陸軍司令部，《化學兵煙幕部隊訓練教範第二版》，民 97 年 11 月。
- (五)陸軍總司令部，《陸戰戰術學第四冊》，民 93 年 3 月。
- (六)陸軍司令部，《陸軍渦輪發煙機操作手冊第一版》，2012 年 7 月。
- (七)美軍機械發煙器操作與保養手冊(譯本)，TM3-1040-202-12。
- (八)Headquarters Department of the ARMY,《FM 3-50 Smoke Operations》，

34國防部，〈106 年國防白皮書〉，頁 74。

Washington,DC,4 December 1990。

(九)Headquarters Department of the ARMY,《FM 3-101-1 SMOKE SQUAD/PLATOON OPERATIONS TACTICS TECHNIQUES and PROCEDURES》，Washington,DC,20 September 1994。

(十)姚祿玖、高鈞麟、肖凱濤、冀有國編著，《煙幕理論與測試技術》，(北京市：國防工業出版社，2004 年 8 月)。

(十一)軍事科學院外國軍事研究部譯，《科索沃戰爭(上)》，(北京市：軍事科學出版社，2000 年 6 月)。

(十二)軍事科學院外國軍事研究部譯，《科索沃戰爭(中)》，(北京市：軍事科學出版社，2000 年 6 月)。

二、報告

(一)吳國輝、洪偉哲、顏秉德、劉吉益，〈複合煙幕遮蔽材料製備與野戰運用測試研究研究成果報告〉，行政院國家科學委員會專題研究計畫，2010 年 12 月 31 日。

(二)中科院企劃處科技資料組，〈2016 年珠海航展中共主要武器裝備〉，2017 年 6 月。

三、期刊、論文

(一)何文達，〈波灣戰爭煙幕武器系統分析〉《中東波灣戰爭國防科技特刊》，(桃園：中山科學研究院計畫處編印，1991 年 7 月)。

(二)嚴明明，〈煙幕技術之發展〉《新新季刊》，第 35 卷第 4 期，2007 年 10 月。

(三)辛毓民，〈國軍大地區煙幕產生器發展方向之研析〉《陸軍學術雙月刊》，第 42 卷 490 期，(桃園：軍備局生產製造中心 401 印製廠，2006 年 12 月)。

(四)袁新波、李菁、宋靜、陳超，〈遙控布設干擾偽裝煙幕系統應用研究〉《兵器裝備工程學報》，第 39 卷第 1 期，(重慶市：兵器裝備工程學報雜誌社，2018 年 1 月)。

(五)劉順民，〈發煙劑材料粒徑影響紅外輻射規律及應用〉，南京理工大學碩士論文，2004 年 7 月。

(六)余勇、劉慶軍、祝玉平，〈煙幕-信息戰的堅盾〉《現代防禦技術》，第 32 卷第 3 期，(北京：中國航天科工集團公司，2004 年 6 月)。

四、網路資源

(一)<http://inprokom.ru>

(二)<http://kknews.cc/military/96baplj.html>

- (三)https://defense-update.com/20140628_pandarra-fog.html
- (四)<https://www.alamy.com/stock-photo/hubert-wolf-where.html>
- (五) <https://zh.wikipedia.org/wiki/>
- (六)SG-18 GROUND SYSTEM，www.microturbo.com
- (七)青年日報，「煙幕部隊掩護友軍，精判風向誘、欺敵」，2018 年 5 月 19 日，<https://www.ydn.com.tw>
- (八)軍聞社，「遮蔽重要目標區煙幕作業」，2018 年 6 月 6 日，<https://www.news.yahoo.com>