

新一代煙幕戰力需求之研究

作者簡介



作者趙子堯少校，畢業於中正理工學院化工科 92 年班、化訓中心正規班 98-2 期、國防大學陸軍指參學院 104 年班，歷任排長、連長、營參謀主任、化參官，現任陸軍第八軍團 39 化學兵群偵消營營長。

提要

- 一、在未來光電導引武器發展快速的作戰環境中，我國傳統煙幕的遮蔽能力早已不敷作戰所需，本篇專題報告期藉由了解中共未來對我的作戰威脅，並參考先進國家如美軍的煙幕遮障技術發展，作為我國新一代煙幕戰力發展之遠程目標，並提供未來國軍研發新型煙幕遮障材料及作業載具之參考。
- 二、以中共未來光電導引武器發展與對我之威脅為主，並由國內、外的煙幕作業能力現況，探討美軍的煙幕作業技術及我軍未來發展需求，期能發展出全頻譜複合式煙幕遮障技術，以提升我軍煙幕作業能力。
- 三、探討中共未來對我之威脅，並研究美軍現行煙幕遮障技術及作業方式，進而建議未來我國研發抗紅外線/毫米波之雙模組煙幕遮障技術，並藉多元化的煙幕作業方式，達到防衛作戰中戰力保存之最終目的。
- 四、我軍煙幕作業技術之開發，受限於國防預算不足、環保意識高漲及煙幕遮障作業普遍未受重視等相關因素，導致我國煙幕作業技術一直停步不前，希望藉由本篇報告及個人建議，使國人了解中共威脅及煙幕作業技術發展之重要性。

關鍵字：光電導引武器、全頻譜、複合式煙幕遮障、抗毫米波。

前言

我國傳統煙幕的遮蔽能力在未來光電導引武器發展快速的作戰環境中，早已無法實施有效的遮蔽效能。本篇研究期藉由了解中共未來光電武器發展及對我的作戰威脅，並參考美軍的煙幕遮障技術發展，提供國軍未來研發新型煙幕遮障材料及作業載具之參考。

本文以中共未來光電導引武器發展與對我之威脅為主，並分別藉由國軍及美軍的煙幕作業能力現況，探討美軍的煙幕作業技術未來發展趨勢，以及可提供我軍未來發展的遠程目標，期能發展出全頻譜複合式煙幕遮障技術，以提升我軍煙幕遮障效能。

我軍煙幕作業技術開發，受限於國防預算不足、環保意識高漲及煙幕遮障作業普遍未受重視等相關因素，導致我國煙幕作業技術一直停步不前，希望藉由本篇報告及個人建議，使國人了解中共威脅及煙幕作業技術發展之重要性。

未來作戰環境與中共威脅

一、未來作戰環境

近年來，中共從未真正放棄以武力犯台，除了積極從事各項演訓任務之外，更是不斷籌購各項新式武器裝備，以 2014 年為例，中共師旅級以規模演訓多達 200 多場次¹，其中較為重要的也有 32 場次(如表 1)，而 2016 年 6 月 15 日又赴夏威夷參加環太平洋-2016 軍演，此次參演國家共計 27 國，中共參演兵力僅次於美國及加拿大²，顯示其對於軍力與國力之擴張，是不曾停歇的，觀察其 2006 年至 2015 年國防預算編列，幾乎每年都是呈現正成長(如表 2)，而成長之百分比更是達到二位數字，由此可知中共對於武器購置及研發的積極程度，尤其以發展新式武器裝備如各式戰機、導彈及新型雷達為主，以提高偵察及中、遠程打擊能力。

表 1 中共 2014 年重要軍演代號

國際聯演方面	空降利刃-2014	和平使命-2014	超越-2014
	聯合-2014	環太平洋-2014	海上合作-2014
	海上聯合-2014	合作-2014	航空飛鏢-2014
	攜手-2014	雄鷹-3	坦克兩項-2014
	金色眼鏡蛇-2014		
總部、院校及大軍區方面	聯合行動-2014	火力-2014	北劍-1405
	跨越-2014	礪兵確山-2014	鐵流-146
	礪劍-2014	前衛-2014D	衛勤使命-2014
	金盾龍盤-2014	雲海-2014	
中共海軍方面	機動6號	海神-2014	
中共空軍方面	紅劍演習		
武警／公安方面	突擊演習	保安演習	雪山礪劍-2014
	鐵拳-2014	礪兵-2014	

資料來源：同註 1，頁 6。

1. 王偉賢，〈共軍 2014 年聯合軍演對我防衛作戰之啟示〉《陸軍學術雙月刊》，第五十一卷第 544 期(臺北：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2015 年 12 月)，頁 6。
2. 中評軍情網，〈中國艦隊啟程參加環太平洋軍演，兵力僅次於美加〉，<http://hk.crntt.com/doc/1042/6/8/0/104268025.html?coluid=7&kindid=0&docid=104268025&mdate=0615170554>，2016 年 6 月 15 日。

表 2 中共公布之 2006 至 2015 年國防預算統計表

年份	國防預算		佔財政總支出		佔國內生產總值		折合 億美元	預算與決算 差額	
	總額	增長 (%)	總額	比例 (%)	總額	比例 (%)			
2006	2,979.38	20.40	40,422.73	7.37	211,923.46	1.40	381.50	141.00	
2007	3,554.91	19.31	49,761.35	7.14	257,305.56	1.36	482.35	44.69	
2008	4,182.04	17.64	62,427.03	6.69	314,045.00	1.33	572.69	4.35	
2009	4,951.10	18.38	76,300.00	6.46	340,903.00	1.45	725.80	144.00	
2010	5,335.00	7.75	93,180.00	5.72	397,983.00	1.34	796.30	13.85	
2011	6,026.70	12.96	108,969.00	5.53	471,564.00	1.27	956.00	16.00	
2012	6,702.74	11.21	125,712.00	5.33	519,322.00	1.29	1064.00	0	
2013	7,406.00	10.49	136,477.00	5.30	566,845.00	1.30	1176.00	1.50	
2014	8,286.27	11.88	151,662.00	5.46	636,463.00	1.30	1337.00	—	
2015	9,114.90	10.00	171,500.0	5.31	680,520.00	1.33	1454.00	—	

資料來源：國防部，104 年 10 月，《中華民國 104 年國防報告書》(臺北：國防部)，頁 54-55。

而在未來的作戰環境之中，要能在每一場戰爭中獲勝，主要關鍵因素在於打擊火力是否精準，尤其近年來中共致力於各項光電導引技術的開發，以及遠程導彈換裝，對我軍構成相當大的威脅，我國現行的煙幕遮障技術，已無法針對現代戰爭中的各式毫米波雷達導引構成遮障效果，而各式精準的導引武器亦在其制導模式上有了技術上的突破，而大幅提升其抗無源干擾能力，因此我軍煙幕作業技術、資材研發及裝備載具的研發，對於未來戰場上各式制導武器的反制，以及「指管通資情監偵」作戰系統與各重要目標之戰力保存，具有非常重要的意義。

在未來作戰環境中，攻擊方運用光電導引技術概可區分為四個階段³，第一階段先利用衛星定位系統以及紅外線熱影像技術，搜索防禦方的重要指管機構及各式雷達系統，接著就是靠 GPS 定位系統配合巡弋飛彈將其摧毀；第二階段為使用可攜帶大量彈藥之複合式導引洲際彈道飛彈，全面摧毀防禦方的所有大型重要設施；第三階段為派出各式戰機掃蕩防禦方剩餘的移動式防禦系統及各種機構；第四階段便利用偵打合一無人飛行載具，利用合成孔徑或複合式導引雷達，針對防禦方實施全面性搜索並實施殘敵掃蕩，此為未來戰場上之趨勢，朝向運用光電導引技術實施快速打擊，取得先機。

二、中共各式導引武器概述

近年來，中共投入龐大的國防預算，以支持各項新式武器裝備購置及研改，中共此次於 2016 年 6 月 13 日的歐洲國際防務展中，有大批的合成孔徑雷達技

3 黃承生，〈運用紅外線熱影像技術提升陸戰「指管通資情監偵目標」戰力〉《陸軍學術雙月刊》，第五十一卷第 542 期(臺北：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2015 年 8 月)，頁 50-52。

術及中、遠程防空導彈於巴黎參展中亮相⁴，均屬於自主研發裝備，且解放軍報亦於 105 年 6 月 29 日報導：「屬於東部戰區的第一集團軍的武器裝備近年更新換代，攻台主力軍已完成全面換裝」⁵；國防政策藍皮書第五號報告中亦指出，中共於 2010 年起開始發展航空母艦及中、遠程導彈，2020 年起將防禦範圍擴大至第一島鏈與第二島鏈間水域，2025 年以航空母艦為核心，與美國爭奪制海權⁶，現就未來作戰環境及中共對我國威脅較大各項武器裝備介紹如下：

(一)航太軍事能力

中共近年來航太軍事能力，較具代表性的就是對地觀測衛星之發展，此項技術之發展之重點，係以解析度來獲取或判讀各種軍事所需資訊，可大幅提升打擊精準度，最具代表性為「北斗衛星」及「高分專項」衛星，「北斗衛星」為中共主要衛星導航系統，對於洲際彈道導彈及巡弋飛彈的精準打擊能力，均有非常大的定位導引功效，預判於 2020 年將完成 5 顆靜止軌道衛星和 30 顆非靜止軌道衛星建置，屆時定位精度將可達到 10 公尺⁷；區分為高分一至七號等七種衛星(如表 3)，是一種多光譜與寬覆蓋相結合的光學遙感技術⁸，2015 年發射第 1 顆使用合成孔徑雷達衛星，預計 2017 年可發展 3D 立體測繪衛星，2020 年將與其他觀測手段結合而更加全方位⁹，由於地形匹配技術與數據庫是長程巡弋飛彈發展必要條件，因此預判 2020 年以後，中共將有長程巡弋飛彈攻擊能力¹⁰，探討此項技術，其中的多光譜技術與合成孔徑雷達的發展，能有效提升其抗干擾及抗煙幕遮障之能力，並能有效蒐整我國「指管通資情監偵」系統及各重要設施準確位置及地形等相關資訊，並全方位掌握我軍動態，對於我國將是一大威脅。

-
4. 中評軍情網，〈中國大批尖端武器亮相巴黎、神秘導彈受關注〉，<http://hk.crntt.com/doc/1042/6/6/7/104266710.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104266710&mdate=0614174140>，2016 年 6 月 14 日。
 5. 聯合新聞即時網，〈中國攻台主力軍、全面換武器裝備〉，<http://udn.com/news/story/7331/1797790>-中國攻台主力軍-全面換武器裝備，2016 年 6 月 30 日。
 6. 新境界文教基金會國防政策諮詢小組，〈二〇二五年中國對台軍事威脅評估〉《國防政策藍皮書第五號報告》(臺北：新境界文教基金會國防政策諮詢小組，2014 年 3 月)，頁 9。
 7. 梁瑞麟，〈中共衛星發展對我危害評估〉《陸軍通資電學校 102 年戰術戰法研討會論文集》(桃園：陸軍通資電訓練中心，2013 年)，頁 10。
 8. 文上賢，〈中共發展對地觀測衛星之研析〉《陸軍學術雙月刊》，第五十卷第 533 期(臺北：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2014 年 2 月)，頁 25。
 9. 同註 8，頁 30。
 10. 同註 8，頁 32。

表 3 中共高分專項衛星規劃時程及比較表

發射時間	衛 星 名 稱	感 測 器
2013.4.26	高分一號(GF-1)	2m全譜/8m多光譜/16m寬幅多光譜
2014	高分二號(GF-2)	1m全譜/4m多光譜
2015	高分三號(GF-3)	1mC-SAR(C-合成孔徑雷達)
2015	高分四號(GF-4)	50m地球同步軌道凝視相機
2015	高分五號(GF-5)	可見光／近紅外高光譜相機 全波段光譜成像儀 大氣氣溶膠多角度偏振探測儀 大氣痕量氣體差分吸收光譜儀 大氣主要溫室氣體監測儀 大氣環境紅外甚高解析度探測儀
2016	高分六號(GF-6)	2m全色/8m多光譜/16m寬幅多光譜
2017	高分七號(GF-7)	高空間立體測繪

資料來源：同註 8，頁 29。

(二)航母及核動力潛艦

中共於 2012 年 9 月，第一艘航空母艦「遼寧號」正式接裝後開始啟用¹¹，而近年來仍持續製造研發各式航母及核動力潛艦¹²，且致力於航母艦載機試飛及訓練，主要代表為殲 15 型航母艦載機，於 2016 年起部署於遼寧號航空母艦上，是中共仿照烏克蘭 Su-33 戰鬥機技術，由瀋陽飛機工業集團研發生產，可掛載各式中程導彈及反艦巡弋飛彈¹³，結合合成孔徑雷達及衛星定位，亦可對我重要設施準確實施中程距離投射，依據中共現有的國防預算成長趨勢來看，預判 2020 年，中共將自行研發約 60 艘配備潛射洲際彈道飛彈及反潛巡弋飛彈的先進潛艦¹⁴，且 2025 年後，中共將具備 2 至 3 個航空母艦戰鬥群及 6 艘以上核動力攻擊潛艦¹⁵，未來水面作戰能力將大為提升。

(三)各式戰鬥機

- 11.新華社，《中國武裝力量的多樣化運用》(北京：中華人民共和國國務院新聞辦公室，2013 年 4 月 16 日)，頁 5。
- 12.國防部，《中華民國 104 年國防報告書》(臺北：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，104 年 10 月)，頁 54-55。
- 13.維基百科，〈殲 15 戰鬥機〉，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%AD%BC-15%E6%88%98%E6%96%97%E6%9C%BA>，2016 年 6 月 30 日。
- 14.鄧忻傑譯，〈中共軍事現代化及網路作為〉《陸軍學術雙月刊》，第五十二卷第 545 期(臺北：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2016 年 2 月)，頁 131。
- 15.新境界文教基金會國防政策諮詢小組，〈二〇二五年中國對台軍事威脅評估〉《國防政策藍皮書第五號報告》(臺北：新境界文教基金會國防政策諮詢小組，2014 年 3 月)，頁 33-35。

主要代表為殲 20 型戰機，首批 2001 號於 2012 年 5 月 12 日試飛成功，而最新一批為 2101 號，亦於 2016 年 1 月 18 日首次試飛成功¹⁶，而目前此機型戰機雖然尚未正式服役，不過預判將於 2017 至 2018 年間正式服役；另外值得關注的還有 FC-31 戰鬥機(俗稱殲 31 戰鬥機)，於 2012 年 10 月 31 日完成首次試飛，並於 2015 年於杜拜國際航空展上展出¹⁷，目前此兩款戰機研發速度已分別可與美軍 F-22 及 F-35 型戰機匹敵，對美軍造成很大威脅¹⁸；另外中共於 2013 年完成第五代霹靂-10 型導彈研發，可掛載於殲 20 及殲 31 型戰機上(如圖 1)，此導彈上加裝了抗干擾型多元複合式導引彈頭¹⁹，故具備了精準制導能力，可有效增加精準打擊能力。

圖 1 殲 20 戰機掛載 PL-10 導彈示意圖



資料來源：<http://hk.crntt.com/doc/1039/4/0/1/103940183.html?coluid=196&kindid=8785&docid=103940183&mdate=0922164613>(檢索時間：105/6/30)

(四)火箭軍各式導彈

2016 年 1 月 1 日，中共第二砲兵部隊正式改編為火箭軍，成為了第四軍種，而自火箭軍成立以來，央視電台已先後報導了火箭軍各式導彈如東風 31 型洲際彈道導彈、東風 16 型戰術導彈及東風 21 型中程導彈等，其中較引人注目者，為東風 21 型中程導彈，據報導此型導彈配合完整衛星偵察、多模導航及末端主動導引，對固定目標的打擊精度很高，圓概率誤差半徑可達到 20 米內，甚至對地下設施具有徹底摧毀破壞之能力²⁰，其對我之威脅不可忽視(如圖 2)，研判 2025 年中共對台將有多達 1400 枚彈道飛彈(其中東風 15 型及東風 11D

16.中評軍情網，〈2101 殲 20 隆重試飛現場曝光〉，<http://hk.crntt.com/doc/1041/1/6/7/104116731.html?coluid=196&kindid=8785&docid=104116731&mdate=0209072111>，2016 年 2 月 9 日。

17.維基百科，〈FC-31 戰鬥機〉，<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/FC-31%E9%B9%98%E9%B9%B0%E6%88%98%E6%96%97%E6%9C%BA>，2016 年 6 月 30 日。

18.中評軍情網，〈專家：殲 20 研發速度超美俄，美忙造新機〉，http://hk.crntt.com/doc/1042/6/5/5/104265570_2.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104265570&mdate=0613212511，2016 年 6 月 13 日。

19.同註 18。

20中國評論新聞網，〈東風 21 最新導彈曝光、可打地下目標〉，<http://hk.crntt.com/doc/1041/3/7/7/104137700.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104137700&mdate=0226151600>，2016 年 2 月 6 日。

型具衛星導航定位系統)及 450 枚長劍系列巡弋飛彈²¹，可在短時間內迅速突破我方飛彈防禦系統並摧毀各重要目標。

圖 2 央視新聞台 105 年 2 月 26 日公開東風 21 型導彈圖



資料來源：<http://hk.crntt.com/doc/1041/3/7/7/104137700.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104137700&mdate=0226151600> (檢索時間：105/6/30)

(五)複合式導引遠程多管火箭

中共於 1993 年 4 月，由北方工業公司研發出 A100 型遠程多管火箭系統，此為中共第一款遠程之多管火箭系統²²，爾後陸續研發出 A 系列(A200 及 A300 型)、AR 系列(PHL03 及 AR3 型)及衛士系列(衛士-1、衛士-2 及衛士-3 型)等多種型式之遠程多管火箭(如表 4)，最遠的射程可達 290 公里，依據表四我們可以發現，10 種型式當中，具有複合式模組導引能力的遠程多管火箭就多達 5 種，除採用慣性導引方式之外，更結合衛星導航與寬頻被動雷達之複合式導引，並利用北斗衛星進行彈道修正，以及加裝導引裝置母彈頭²³，預判 2020 年後，將朝向智能化、全自動化及模組化發展，並結合自主式及多模組式導引彈頭，以全面提升攻擊命中率。²⁴

表 4 中共各式遠程多管火箭諸元表

區分(型式)	導引方式	射程(km)	發射管數
A100-111	簡易射控裝置	40-80	10
A100-311	簡易射控裝置	60-120	10
A200	慣性+衛星導引	50-200	8
A300	慣性+衛星導引	120-290	8
PHL03	GNSS 組合制導	60-130	12
AR3	慣性+衛星導航	140-280	10/8

21.新境界文教基金會國防政策諮詢小組，2014 年 3 月，〈二〇二五年中國對台軍事威脅評估〉《國防政策藍皮書第五號報告》(新境界文教基金會國防政策諮詢小組)，頁 25-27。

22.蔡和順，〈中共遠程多管火箭發展對我影響之研析〉《陸軍學術雙月刊》，第五十二卷第 546 期(臺北：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2016 年 4 月)，頁 5。

23同註 22，頁 18-19。

24同註 22，頁 21-23。

衛士-1	無	40-100	4
衛士-1B	無	60-180	4
衛士-2	簡易射控裝置	80-200	6
衛士-3	慣性+衛星導引	70-200	6

資料來源：1.筆者整理製表。

2.同註 22，頁 10、12、14。

(六)偵察打擊一體-無人飛行載具

中共無人飛行載具，自 90 年代起進入自行研發的階段，早期的無人飛行載具，主要的功能僅為偵察，直到美軍於 2001 年研發出具有打擊能力之無人飛行機後，中共也於 2012 年航空展中，首度展示「翼龍-1」偵打一體化無人載具²⁵，而後更於 2015 年 9 月 3 日閱兵當中，展示了多款攻擊型無人飛行載具²⁶，而中共自行研發之偵打一體無人機主要的代表為「攻擊-1」、「翼龍-1」、「WJ-600」及「彩虹 4 號」等 4 型(如表 5)，其中主要之性能除配備紅外線及合成孔徑雷達提高偵察性能，並將獲取之相關資訊透過無線電或衛星傳輸，回傳地面基地台，以提供各式武器精準打擊之導引，其本身亦可搭載各式精準導引飛彈，以提升自身打擊精準度；另外最新型的「彩虹 5 號」無人機，亦於 2015 年 8 月 31 日首度試飛成功，據中評社 8 月 31 日報導指出，此機型空間更大，能安裝更精密的雷達系統，並可掛載更大量的精準導引飛彈，雖然此機型相關資料及服役時間仍待查證，但研判其偵打能力將大於「彩虹 4 號」，未來若正式服役，對我之威脅將大為提升。

表 5 中共各式偵打一體無人飛行載具性能表

區分(型式)	最大飛行速度	搭載設備	搭載武器
翼龍-1	280 公里/小時	複合式 (紅外線/合成孔徑雷達)	對地飛彈
攻擊-1	180 公里/小時	光學偵察	對地導引火箭及飛彈
WJ-600	850 公里/小時	合成孔徑雷達	對地攻擊導彈
彩虹 4 號	235 公里/小時	合成孔徑雷達	對地導引炸彈

資料來源：1.筆者整理製表。

2.同註 25，頁 56-59。

三、小結

綜合探討上述中共的各式武器，我們可以發現中共在未來的光電導引武器發展，均以合成孔徑雷達(毫米波)、衛星導引、雙模組(紅外線/毫米波)及多模組

25.鍾圳宸，〈中共偵察打擊一體化無人飛行載具之研究〉《陸軍學術雙月刊》，第五十二卷第 546 期(臺北：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2016 年 4 月)，頁 56。

26.中評軍情網，〈閱兵無人機為全天候無人偵察機，已列裝〉，<http://hk.crntt.com/doc/10391/1/9/4/103919424.html?coluid=91&kindid=2710&docid=103919424&mdate=0906114054>，2015 年 9 月 6 日。

複合式導引等技術為主(如表 6)，已非我國傳統的抗可見光(霧油)及抗紅外線(石墨)遮障技術能夠對抗，對國軍現行煙幕作業能力將是一大威脅。

表 6 中共各式武器導引技術及未來發展一覽表

區分	主要代表	搭配武器	導引技術	預判未來發展
衛星定位	北斗衛星	洲際彈道飛彈、中程巡弋飛彈	全頻譜定位導引(包含多光譜技術與合成孔徑雷達導引)	2020 年後，定位精度將可達到 10 公尺
	高分衛星			2020 年以後，中共將有長程巡弋飛彈攻擊能力
航母及核動力潛艦	艦載戰鬥機(殲 15 型)	中程導彈及巡弋飛彈	衛星定位及合成孔徑雷達	2020 年，中共將自行研發約 60 艘配備潛射洲際彈道飛彈及反潛巡弋飛彈的先進潛艦，且 2025 年後，中共將具備 2 至 3 個航空母艦戰鬥群及 6 艘以上核動力攻擊潛艦
各式戰鬥機	殲 20 型、FC-31 型	第五代霹靂-10 型導彈	抗干擾型多元複合式導引頭	FC-31 型戰鬥機預判於 2017-2018 年間正式服役，將可與美軍 F-35 型戰鬥機匹敵
火箭軍各式導彈	東風 31 型、東風 16 型及東風 21 型		衛星定位、多模組導航及末端主動導引	2025 年中共對台將有多達 1400 枚彈道飛彈(具衛星定位系統)及 450 枚長劍系列巡弋飛彈
遠程多管火箭	A、AR 及衛士系列等型式多管火箭彈		衛星導航與寬頻被動雷達複合式導引，並利用北斗衛星進行彈道修正	2020 年後將朝向智能化、全自動化及模組化發展，並結合自主式及多模組式導引彈頭
偵打一體無人飛行載具	攻擊-1 翼龍-1 WJ-600 彩虹 4 號	對地導彈及對地導引火箭	衛星導引及合成孔徑雷達	彩虹 5 號在未來服役後(時間待查證)，將安裝更精密的雷達系統，並可掛載大量的精準導引飛彈

資料來源：筆者整理製表。

國內現行煙幕效能發展現況及作業能力概述

一、煙幕效能發展現況

(一)化學兵煙幕部隊

目前國軍煙幕部隊編制煙幕裝備僅有 M56 渦輪發煙機以及 M3A3 機械發煙器，可快速形成長時間、大地區煙幕遮蔽地區，遮蔽材料則使用傳統霧油及石墨，可構成抗可見光及抗紅外線煙幕。

(二)部隊煙幕

除了煙幕部隊外，裝甲兵部隊能以裝甲車之車輛引擎煙幕施放系統，利用引擎空轉造成柴油燃燒不完全，以產生煙幕，以及其配賦之各式煙幕投

射器，投射 AN-M8 六氯乙烷、M34 黃磷及 M76 紅外線等 3 型煙幕手榴彈；另野戰砲兵部隊亦可利用 T85、M79 等型式榴彈發射器投射多種煙幕槍榴彈，以構成短時間及小區塊的煙幕遮障地區。

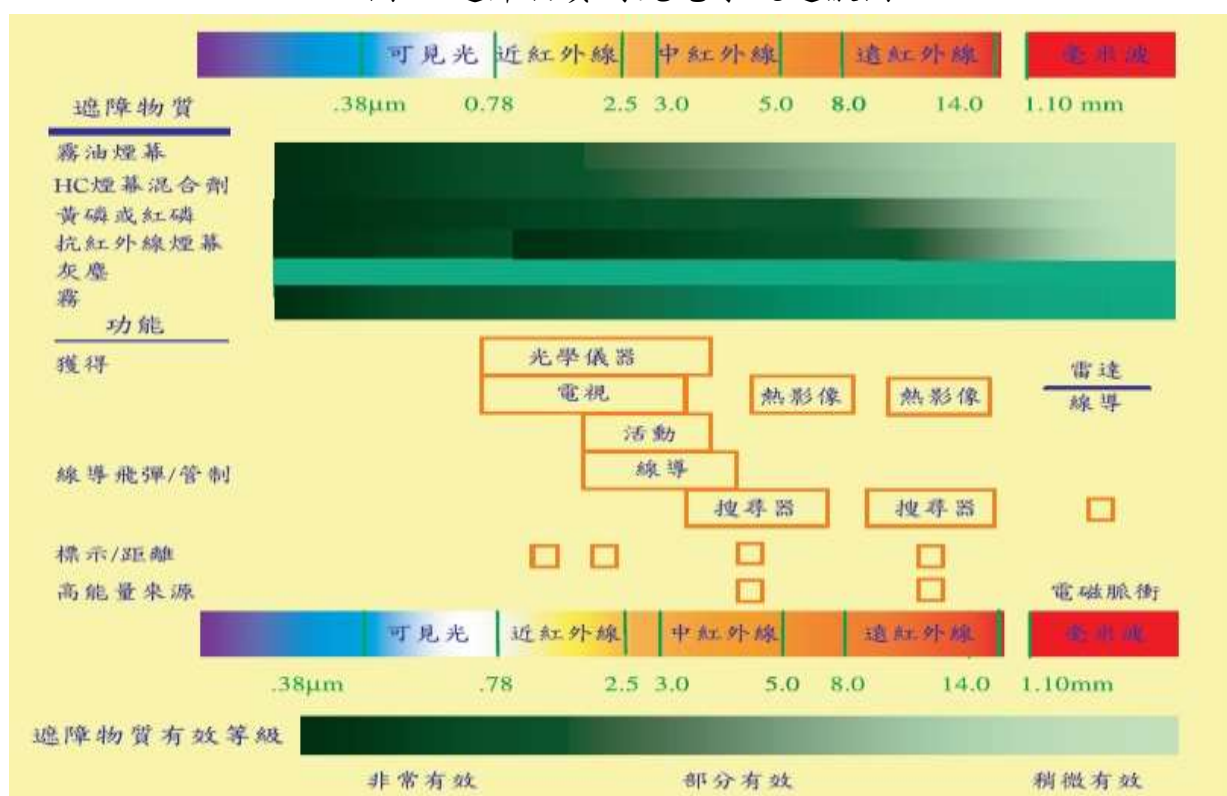
(三)煙幕罐運用

煙幕罐可運用於地面上煙幕作業間隙彌補及構成防護煙幕，掩護煙幕部隊作業安全，而水面遮障方面，可使用 M4-A2 及 AN-M7 等 2 種型式浮游煙幕罐，也可運用直升機實施 TC-89 白色煙幕塊投射，但上述方式均無法維持長時間及構成大地區煙幕，效果非常有限。

二、煙幕作業能力概述

針對上述煙幕種類探討，以煙幕部隊的抗紅外線石墨煙幕遮蔽效能最佳，可針對可見光及紅外線波段之導引武器產生有效之干擾效能；各式煙幕手榴彈及煙幕槍榴彈遮蔽效能次之，可有效干擾可見光及近紅外線波段，但對於中、遠紅外線波段僅能產生部分干擾效能；而可見光霧油煙幕及各式煙幕罐效果較差，只能針對可見光波段產生有效之干擾效能，但對於近、中紅外線波段僅能產生部分干擾效能，以及對於遠紅外線波段則是幾乎沒有影響(如圖 3)。

圖 3 遮障物質對光電系統遮蔽圖



資料來源：國防部陸軍司令部印頒，《化學兵煙幕部隊訓練較範(第二版)》(97 年 11 月 20 日)，頁 5-20。

綜合以上所述，不論是哪一種煙幕作業方式，對於毫米波(如合成孔徑雷達)及雙模組/多模組複合式導引等精準打擊武器，均無法有效實施干擾，在未來光電導引技術日益進步的作戰環境中，早已無法滿足防衛作戰所需。

美軍煙幕作業發展現況探討

一、遮障技術發展戰略考量

近年來，美軍的防禦概念由使用防禦性武器的被動防禦，逐漸轉變為使用煙幕遮障技術的主動防禦方式，以減少防禦飛彈系統使用，且考量戰略成本概念，研究發展煙幕遮障作業技術，其成本相較於購買各式昂貴的防禦性飛彈系統，耗費國防預算較低許多，且一旦遮障技術運用成功，除可迫使敵方耗費更多攻擊型導彈攻取目標，削弱其戰力外，對於己身來說，節省下來的預算，將可用於購置或研發各式新型武器²⁷，一旦於作戰中防禦成功之後，更可轉守為攻，故美軍近 10 年的時間裡，投入非常多的心力於致力發展全頻譜遮障材料及發煙器，以提高戰場存活率。

二、現行煙幕作業發展現況

現階段美軍已發展至 M56E1 渦輪發煙機，除了原本的抗可見光及抗紅外線模組外，又增加了抗毫米波雷達模組，並研發最新的抗毫米波煙幕遮障材料，運用 M56E1 渦輪發煙機實施碳纖維煙幕施放，此抗毫米波煙幕對全頻譜範圍內所有光電導引武器均可實施干擾²⁸，可形成長時間及大地區煙幕；另美軍 2011 年在美國陸軍化學兵季刊中的發表，也利用開始計劃使用船艦來施放煙幕²⁹，亦即是將此遮障技術運用於海上，以求發揮船艦戰力保存遮障技術之最大效益，而在近期更是得到了驗證，據報導美國海軍於 103 年 6 月底，由第七艦隊及海軍武器開發指揮部於關島南方海域實施碳纖維煙幕施放測試(如圖 4)，雖然美軍對於遮障材料成分實施保密，但艦隊指揮官表示，此配方考量環保概念，對人體無害，多名學者表明，船載煙幕作業系統是合理可行的，且海軍研究所就建議船艦配備類似陸軍悍馬車的野戰煙幕施放器，大約六具便可提供四至五艘軍艦遮障作為³⁰，可大幅降低航空母艦及各式船艦在海上遭敵導彈攻擊的傷損；此外美軍於同一篇發表中，也顯示其非常重視戰場存活率之重要性，故當時便開始著手計畫由無人飛行載具結合發煙系統來對各重要目標區實施遮障作業³¹，減

27.莊孝感譯，〈遮蔽劑的戰略蘊涵-歷史與未來〉《核生化防護半年刊》，第 99 期(桃園：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2015 年 5 月)，頁 173-175 頁。

28.同註 27，頁 169 頁。

29.張祐嘉譯，〈遮障作為與電子戰〉《核生化防護半年刊》，第 96 期(桃園：國防部軍備局生產製造中心 401 印製廠北部印製所，2013 年 10 月)，頁 174 頁。

30.自由時報網，〈美軍測試海上遮蔽煙幕〉，<http://m.ltn.com.tw/news/world/paper/794043>，2014 年 7 月 8 日。

31.同註 29，頁 169、171 頁。

低化學兵部隊於戰場中的傷損。

圖 4 自由新聞網公布美軍六月底在關島海域測試碳纖維煙幕作業圖



資料來源：<http://hk.crntt.com/doc/1041/3/7/7/104137700.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104137700&mdate=0226151600> (檢索時間：105/6/30)

三、未來遮障技術發展趨勢

現階段美軍對於新型的煙幕遮障材料仍不斷的進行實驗及技術開發，而美國專利「US6578492B1」公司也持續透過各項實驗，針對碳纖維粒子實施改良，並持續針對各種不同遮蔽材料實施測試，例如表面覆蓋磷或硫化物以增加空中浮力，或表面塗上合成漆以增加穩定度及防止氧化³²，而美軍也持續透過不同物質實驗測試，來尋找新一代的遮障材料，其中包含了金屬纖維、玻璃、金屬細絲、鐵等相關材料，可同時吸收紅外線及毫米波，達到全波段防護效能³³，而相關的實驗測試後的數據，都成為美軍研發新一代遮障材料的重要參據(如表 7)，都一再顯示出其對煙幕遮障技術的開發決心，以期能在未來以光電導引技術為主的作戰環境中，提高戰場存活率並掌握防禦主導權。

32.劉吉益，《抗紅外線/毫米波煙幕材料製備與應用研究》(桃園：國防大學理工學院國防科學研究所應用化學組博士學位論文，102 年 5 月 14 日)，頁 23。

33.歐亭均，《抗紅外線/毫米波煙幕彈製備與測試》(桃園：國防大學理工學院國防科學研究所應用化學組碩士學位論文，101 年 5 月 16 日)，頁 5-7。

表 7 美軍對煙幕遮蔽材料在軍事基本參數要求規範

技 術	對美軍不可缺少的最低軍事參數水準保證	不可缺少的材料	專用測試成果和裝備檢查	軟 體 參 數
中、遠紅外線散射吸收	紅外遮蔽係數要大於 1.5 材料填充密度要大於 50% 分散效果要大於 50%	導 電 性 薄 片 (銅、鋁、石墨) 細微直徑的導電纖維	浮質測試 煙道測試 穿透率範圍測試 懸浮測試	遮 蔽 模 型
毫米波散射	毫米波遮蔽係數要大於 2	細微金屬絲 金屬塗層纖維		
毫米波吸收	材料填充密度要大於 50% 分散效果要大於 50%	碳纖維 導電高分子		
資料來源： http://www.dtic.mil/mctl/MCTL/Sec15all.pdf				

資料來源：同註 33，頁 7。

研究發現與建議

一、研究發現

針對中共各類型光電導引武器發展，可以發現中共在此技術上是非常投入的，這一點首先由其逐年上升成長的國防預算便可以發現，其次由陸軍遠程多管火箭所使用的衛星導引系統，海軍航母的長期洲際導彈與艦載戰機的精準導彈，空軍各式戰機的複合式導引，火箭軍的雙模、多模組導引技術，可以發現紅外線/毫米波雙模式複合導引早已成為光電導引武器的主流，而最新「偵打一體」無人飛行載具也結合衛星導引及合成孔徑雷達等各方面技術，均已朝複合式(毫米波、雙模/多模組)導引技術來發展使用，可使我國傳統煙幕遮障技術失去效能；另外中共在衛星導引技術的開發，更是可以結合其他導引方式實施定位及彈道修正，對我遮障技術的抗干擾性及打擊精準度均可大幅提升，尤其是「北斗衛星」及「高分專項」系列衛星的持續發展，更是可以使其定位精準度達到 10 公尺，並可以實施彈道修正，屆時我國的「指管通資情監偵」系統及各重要目標等相關情資將更加無所遁形，因此國軍未來煙幕作業技術的發展需求及重點，區分為以下幾點：

(一)煙幕作業運用成本效益評估

我國是海島型國家，在防衛作戰當中，首先一定要確保各級「指管通資情監偵」系統不被敵中、遠程導彈破壞，避免在戰場上失去主導權，因此美軍的主動防禦概念是值得我們去學習的。這其中包含了國防預算成本考量在內，如果是購置新型煙幕作業載具，或是研發新型煙幕遮障材料，其所花費的金額，相較於購置各式防禦性飛彈如反潛艦飛彈、防空飛彈等預算支出，將

會大大降低我國防預算的花費，而未來若能全面將美軍的煙幕作業發展技術引進我國，一旦戰爭發生時，將可於防衛作戰中減低因敵導彈所造成之戰損，又或者中共為了突破我國的遮障技術，勢必將投入更多攻擊型導彈，削弱其戰力，而中共為了維持在亞太地區的地位及近期南海主權爭議的種種考量下，為了達到武力相互制衡的前提下，勢必無法耗費過多的成本在我國身上，而若我國的遮障技術能夠干擾中共所有的光電導引技術，使其失去精準打擊功能，那對方將會在花費更多時間在改良各種抗干擾的技術上，為我國爭取更多時間和空間，所以綜合比較起來，煙幕作業技術的發展對於我國來說，絕對是必要的。

(二)煙幕遮障技術發展趨勢

我國傳統的煙幕遮障材料，是以霧油及石墨為主，對於抗光電導引技術上，只能針對可見光及部分紅外線頻譜的導引系統實施干擾，而近年來中共光電導引的技術，早已朝向合成孔徑雷達及紅外線/毫米波複合式導引等相關技術發展，而世界大國如美國，一直都在持續針對新型遮障材料實施研發，比較起來，既然我國的遮障技術早已無法對抗中共的先進導引系統，那有關於遮障技術的研發便是十分重要的，加上近年來中共的導引武器已趨向雙模組甚至多模組的複合式導引，所以關於遮障材料的研發，也是要以複合式材料為主，以期能夠達到複合式干擾的效果；而近年來我國環保意識高漲，所以遮障材料的污染特性也要納入考量，故我國未來的發展目標便是以抗紅外線/毫米波複合式遮障材料為主，並同時具備高環保、低污染等特性，方能達到最大的效果。

(三)煙幕作業載具及施放手段

在防衛作戰當中，於應急作戰、聯合防空及聯合截擊等階段中，國軍各部隊除了要進入戰術位置及掩護動員編成之外，最重要的任務還是以戰力保存為主，如果在上述階段，無法有效確保各級「指管通資情監偵」機構及重要設施安全，那在聯合國土防衛階段開始之後，國軍將無法有效整合戰力，任由對手各個擊破，因此煙幕遮障作業便是非常重要的，而除了前述複合式抗毫米波遮障材料發展之外，亦需要有適合的作業載具配合施放才行，以我軍現行的 M56 渦輪發煙機及 M3A3 機械發煙器是無法施放抗毫米波煙幕的，而我國在現階段煙幕作業載具研發及改良技術尚未成熟，因此美軍新型的 M56E1 渦輪發煙機抗毫米波煙幕作業系統，正是我國現階段煙幕作業技術所需。

而在此不僅止於針對陸上的戰力保存，海上的戰力保存也是很重要，因此各級軍艦的掩護亦不能疏忽，相較於美軍第七艦隊於 103 年 6 月底在關島海域實施海上碳纖維煙幕作業測試，我國海上煙幕作業技術尚未成熟，目前僅以各式投射器於水面上實施煙幕彈投射，尚無法將發煙機結合船艦來施放海上煙幕；另外為了提高戰場存活率，美軍以無人飛行載具來施放煙幕的技術，

也是值得我國來學習的，因此將發煙機朝向多功能及輕量化的研發改良，對我國來說雖然仍有很長一段路要走，但是不可否認此項技術改良是必要的。

二、建議

綜合前段所述，我們可以發現，煙幕遮障技術的研發及精進，確實是有其必要性的，在此提出幾點個人淺見，作為未來新一代煙幕戰力發展之建議：

(一)提高預算編列，結合民間實施研究

近年來，我國經過了精實案、精進案及精粹案等歷次國軍人力精簡，也連帶影響到國防預算的刪減，對照中共逐年提高的國防預算，使得兩岸在軍力上的差距愈來愈懸殊，依照前段美軍的主動防禦及戰略成本概念，與其添購防禦性飛彈及武器，不如加強煙幕遮障技術的研發，故建議可以在國防預算中，提高遮障技術發展所需的預算編列，如此一來，便可向先進國家如美軍購置新型煙幕遮障材料及作業載具，或是國內自行研發，而目前國內針對遮障技術有在實施研究及測試的單位，以中科院及國防大學理工學院為主，但受限於國內環保意識高漲及面積狹小，對於實距離煙幕作業測試及參數蒐整上，有著非常高的難度，目前僅以實驗室的模擬實驗及測試為主。

而煙幕作業常因天候及地形影響，產生不同的遮蔽效果，故建議可比照中共，結合民間學術單位來擴大研究測試，並與環保局簽訂相關合約，在環保局的評估及監督下，結合各學術單位的化學相關科系，在不對環境造成影響之下，實施實距離作業測試，並針對不同頻譜光波的遮蔽效果實施參數蒐整，如此一來所得到的研究及測試成果，將會比室內模擬測試的數據來的精準，且天候及地形因素都能夠考量進去，而相關的參數也能夠放入煙幕部隊教範內實施修訂，對於日後國軍的煙幕遮障作業，有著非常大的依據及參考價值。

(二)引進美軍技術，精進我國技術研發

目前先進國家的光電導引技術，都逐漸以複合式導引為主，故美軍的煙幕遮障技術研發，是以抗紅外線/毫米波的複合式遮蔽材料為重點，以我國現行的遮蔽技術，僅能針對可見光及部分紅外線頻譜的導引武器實施干擾，尚有一大段的進步空間，建議能夠引進美軍技術，此方面可以派遣相關的研發人員至美國，學習相關的遮障材料研發技術，回到國內持續研發測試，例如美軍為了有效的吸收或散射各種複合式的頻譜光波，除了碳纖維之外，其他如金屬導電薄片、金屬纖維、玻璃、鐵、黃銅及石墨等材料，也在其研究範圍之內，都可以提供國內作為研究測試遮障效果的主要材料，並以發展低成本、低污染及複合式的全頻譜遮障材料為最終目標。

而在載具部分，目前國軍的煙幕部隊主戰裝備，僅能實施抗可見光及紅外線煙幕作業，而美軍早已於 M56E1 渦輪發煙機改良抗毫米波煙幕作業系統，因此向美軍採購該型式渦輪發煙機，並全面實施煙幕部隊裝備汰換，已是勢在必行的工作，故建議可向美軍購置新型的 M56E1 渦輪發煙機，使國軍的遮

障作業技術可朝向抗毫米波煙幕作業邁進，甚至於可施放對抗雙模組化導引武器的抗紅外線/毫米波煙幕，以提高我國煙幕作業效能。

(三)結合船艦及無人飛行載具施放煙幕

防衛作戰初期的戰力保存，並不侷限於陸地上，海軍各式船艦的戰力維持也是十分重要的，因此可將發煙機系統結合於各式船艦上，以利海上煙幕遮障作業實施，惟在海面上實施機動發煙時，其機動性相較於陸地上將大幅降低，因此成煙速度非常重要，將必須於短時間內，更加迅速的構成大地區煙幕，以確保船艦遭到各式導彈攻擊，而除了成煙速度要快，還必須要縮小作業載具的體積，以利其能夠裝載於船艦上實施煙幕作業，甚至一艘船艦可裝載兩組(含)以上發煙機，提高其作業效能及成煙速度，因此發煙機的改良技術，縮小體積已成為重要的考量因素。

另外發煙機也可與無人飛行載具結合，原本使用直升機來實施煙幕彈投射，僅能構成小地區及短時間的遮障效果，而煙幕部隊在實施作業期間，極易暴露自身位置且自我防護能力不足，若能改以結合無人飛行載具來施放，其機動性將大幅提升，且無人飛行載具兼具偵察功能，可於察覺敵情之狀況下快速隱匿行蹤，故利用無人飛行載具施放煙幕，將可有效減低人員及發煙機的各项戰損，但此項技術將比照船艦發煙，同樣需朝向發煙機體積小及成煙速度快的方向來實施改良，方可達到煙幕作業最佳效能。

結論

身為國軍的一分子，我們必須體認到未來的作戰環境中，不再是以武力為主，而是以光電導引武器的科技發展為主，我國接收 M56 渦輪發煙機至今，已經長時間未針對作業載具或遮蔽材料實施研發及改良，也沒有由國外採購或引進新的技術，幾乎可說是停滯不前，而我國目前的遮障技術早已無法對抗中共的各種複合式導引武器，因此，認清中共目前對我的威脅，以及未來光電導引技術的發展，是每一位化學兵幹部的首要任務，而在了解威脅來源之後，對於煙幕遮蔽材料及作業載具的研發或購置，便成為我國未來軍事干擾技術的遠程目標。

因此在未來防衛作戰中，如果能將煙幕遮障技術持續改良及精進，並發展出抗毫米波煙幕的遮障材料及載具，將有利我國轉型為節省戰略成本及增加敵方攻擊難度的主動防禦模式，若中共在攻擊時的打擊精準度降低，以至於要耗費更多攻擊成本來打擊我國，進而耗損與其他強國的競爭力，這對中共來說，絕對會將其納入作戰前的考量，進而實施多方評估，甚至為了應付高科技的軍事遮障技術，不惜多花費幾年的時間來研發更高科技的抗干擾行導引武器，也等於為我國爭取更多軍事防禦佈署的時間，在此期盼藉由個人淺見，提醒我國人察覺中共未來光電導引武器之威脅，並重視軍事煙幕遮障技術發展，進而提升我國煙幕作業整體效能，使化學兵部隊戰鬥支援任務更加順遂。

參考文獻

一、書籍論文

- (一)國防部陸軍司令部印頒，《化學兵煙幕部隊訓練較範(第二版)》，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，97年11月20日)。
- (二)王偉賢，〈中共2014年聯合軍演對我防衛作戰之啟示〉《陸軍學術雙月刊》，第51卷第544期，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，104年12月)。
- (三)黃承生，〈運用紅外線熱影像技術提升陸戰「指管通資情監偵目標」戰力〉《陸軍學術雙月刊》第51卷第542期》，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，104年8月)。
- (四)新境界文教基金會國防政策諮詢小組，〈二〇二五年中國對台軍事威脅評估〉《國防政策藍皮書第五號報告》(臺北：新境界文教基金會國防政策諮詢小組，2014年3月)。
- (五)梁瑞麟，〈中共衛星發展對我危害評估〉《陸軍通資電學校102年戰法研究論文集》(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，102年)。
- (六)文上賢，〈中共發展對地觀測衛星之研析〉《陸軍學術雙月刊》，第50卷第533期，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，103年2月)。
- (七)新華社，《中國武裝力量的多樣化運用》(北京：中華人民共和國國務院新聞辦公室，2013年4月16日)。
- (八)國防部，《中華民國104年國防報告書》(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，104年10月)。
- (九)鄧忻傑譯，〈中中共事現代化及網路作為〉《陸軍學術雙月刊》，第52卷第545期，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，105年2月)。
- (十)蔡和順，〈中共遠程多管火箭發展對我影響之研析〉《陸軍學術雙月刊》，第52卷第546期，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，105年4月)。
- (十一)鍾圳宸，〈中共偵察打擊一體化無人飛行載具之研究〉《陸軍學術雙月刊》，第52卷第546期，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，105年4月)。
- (十二)莊孝感譯，〈遮蔽劑的戰略蘊涵-歷史與未來〉《核生化防護半年刊》，第99期，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，104年5月)。
- (十三)張祐嘉譯，〈遮障作為與電子戰〉《核生化防護半年刊》，第96期，(桃園：國防部軍備局生產製造中心第401印製廠，102年10月)。
- (十四)劉吉益，《抗紅外線/毫米波煙幕材料製備與應用研究》(桃園：國防大

學理工學院國防科學研究所應用化學組博士學位論文，102 年 5 月 14 日)。

(十五)歐亭均，《抗紅外線/毫米波煙幕彈製備與測試》(桃園：國防大學理工學院國防科學研究所應用化學組博士學位論文，101 年 5 月 16 日)。

二、網路資源：

- (一)中評軍情網，〈中國艦隊啟程參加環太平洋軍演，兵力僅次於美加〉，
<http://hk.crntt.com/doc/1042/6/8/0/104268025.html?coluid=7&kindid=0&docid=104268025&mdate=0615170554>，2016 年 6 月 15 日。
- (二)中評軍情網，〈中國大批尖端武器亮相巴黎 神秘導彈受關注〉，
<http://hk.crntt.com/doc/1042/6/6/7/104266710.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104266710&mdate=0614174140>，2016 年 6 月 14 日。
- (三)聯合新聞即時網，〈中國攻台主力軍，全面換武器裝備〉，
<http://udn.com/news/story/7331/1797790-中國攻台主力軍-全面換武器裝備>，2016 年 6 月 30 日。
- (四)維基百科，〈殲 15 戰鬥機〉，
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%AD%BC-15%E6%88%98%E6%96%97%E6%9C%BA>，2016 年 6 月 30 日。
- (五)中評軍情網，〈2101 殲 20 隆重試飛現場曝光〉，
<http://hk.crntt.com/doc/1041/1/6/7/104116731.html?coluid=196&kindid=8785&docid=104116731&mdate=0209072111>，2016 年 2 月 9 日。
- (六)維基百科，〈FC-31 戰鬥機〉，
<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/FC-31%E9%B9%98%E9%B9%B0%E6%88%98%E6%96%97%E6%9C%BA>，2016 年 6 月 30 日。
- (七)中評軍情網，〈專家：殲 20 研發速度超美俄，美忙造新機〉，
http://hk.crntt.com/doc/1042/6/5/5/104265570_2.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104265570&mdate=0613212511，2016 年 6 月 13 日。
- (八)中評軍情網，〈專家：殲 20 研發速度超美俄，美忙造新機〉，
http://hk.crntt.com/doc/1042/6/5/5/104265570_2.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104265570&mdate=0613212511，2016 年 6 月 13 日。
- (九)中國評論新聞網，〈東風 21 最新導彈曝光 可打地下目標〉，
<http://hk.crntt.com/doc/1041/3/7/7/104137700.html?coluid=91&kindid=2710&docid=104137700&mdate=0226151600>，2016 年 2 月 6 日。
- (十)中評軍情網，〈閱兵無人機為全天候無人偵察機，已列裝〉，
<http://hk.crntt.com/doc/1039/1/9/4/103919424.html?coluid=91&kindid=2710&docid=103919424&mdate=0906114054>，2015 年 9 月 6 日。
- (十一)自由時報網，〈美軍測試海上遮蔽煙幕〉，
<http://m.ltn.com.tw/news/world/paper/794043>，2014 年 7 月 8 日。