



戰車偽裝及匿蹤技術發展介紹(上)

筆者/戴晨勳少校、陳少璋中校

提要

- 一、第一次世界大戰之後，軍隊於戰場上活動力求隱蔽，不會再穿著光鮮亮麗的制服，士兵及裝備要求利用天然資材與環境結合完成偽裝。
- 二、隱蔽為自然界弱勢動物求生之本能之一，避免遭掠食者獵食吞噬，昆蟲及部分爬蟲類會以色素細胞舒張與收縮，並依環境光線、溫度及濕度，變換顏色與天然環境背景吻合，此為與生俱來本能，無法為戰車所運用。
- 三、偽裝為戰場隱蔽之基礎，從早期以天然材料塗抹身體暴露部位，以植被披掛於人員及裝備上，當單色制服無法融入環境，各國採用不同顏色與不規則排列縫製迷彩服，高緯度國家冬天作戰服裝會披上白色外套，當然是要與融入雪地環境之中。
- 四、匿蹤技術為近年來軍艦與戰機在外觀構型設計上與塗裝材料，減少電子偵蒐裝備反射之截面積及吸收電磁波，以達在視距外，讓達敵人無法正確視別，如法製拉法葉級巡防艦，美製 F-117 戰機迄今 F22、35 戰鬥機，中共製殲-20 戰鬥機等，戰車僅波蘭推出匿蹤概念車 PL-01，然未聞量產，在俄烏戰爭後，捨棄前蘇聯戰車，轉而向美採購 M1 戰車成為北約成員國首位採用美製戰車國家，匿蹤對於地面裝備而言仍有待研發，步入實用階段仍有漫長的研發過程。

關鍵字：隱蔽、天然資材偽裝、偽裝塗料、匿蹤技術。

壹、前言

第一次世界大戰於 1914 年 8 月 4 日爆發，當時德國軍隊制服為鐵灰色，法國陸軍更穿著鮮豔紅色長褲上西線戰場作戰，因為雙方壕溝戰，陣地已接近到目視辨別距離，偽裝相對不為部隊所重視，第二世界大戰(以下簡稱,二戰)爆發，各國陸軍訓練將偽裝納入訓練課目，1940 年 4 月通過阿登森林進行「鐮割行動」的德國裝甲部隊，戰甲車上披上天然植被實施偽裝，以求隱蔽行動，戰後對於地面部隊偽裝由服制改良，不須披掛植被偽裝(因影響士兵戰鬥動作)即能融入本國環境作戰，裝備亦由單色草綠塗裝改為各式迷彩，美軍於 1991 年沙漠風暴作戰發現其叢林迷彩制服與車輛塗裝，與中東沙漠地形環境格格不入，緊急採購沙漠迷彩服裝，並以水性塗料為戰車塗上一層與環境結合的土黃色塗裝，近年來本軍於各項演訓也師法美軍，在灘岸作戰以海沙塗佈戰甲車，力求與作戰環境結合，隱蔽、偽裝亦為「戰力防護」手段之一，面對中共與日俱增威脅，本軍須於「灘岸殲敵」作戰階段時，確保戰力完整，方能達成摧迫敵建立登陸場企圖，迫其奪臺任務失敗。

貳、偵蒐感測器特、弱點

偽裝與匿蹤為防止敵方觀測與偵察，首先要知道敵人用甚麼來「看」，偵蒐與感測器發展歷程區分人工（依靠視、聽力）、傳統光學（望遠鏡、測距機、攝影機與照相機-底片式）、數位光學（感光耦合元件相機 Charge-Coupled Device, CCD 及互補式金屬氧化半導體主動像素感測器相機 Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS- Active Pixel Sensor-記憶體）、光電效應（星光夜視鏡與雷射測距儀）、電子偵測（電磁主、被雷達、合成孔徑雷達 Synthetic Aperture Radar System, SARS），人工與傳統光學逐漸為光電裝備所取代，但不可忽略的一點，在現今複雜電磁環境下，不可將之汰除，因為純機械與光學鏡片組成之相機，仍可透過高倍率望遠鏡頭進行遠距觀測與偵察，在電磁脈衝攻擊威脅下，可作為備援手段。

一、可見光：

要瞭解光電裝備發展要先知道光電頻譜，可見光所佔頻率非常少，位居於頻譜中央位置，波長約 380-740NM，頻率約 790-480THZ，（如表 1），讀者會發現波長與頻率數字排列式顛倒的，其實是按波短頻高紫色至紅色波長頻低排列，¹人類可見光主要由陽光照射所形成「白光-具不可穿透及直線波特性」，小學自然課程用三稜鏡折射可以看見七種色彩，如雨後空中霧化水分子在空中產生之彩虹一般，因此運用可見光線之人類眼睛與傳統光學鏡頭之照相（攝影）機其特、弱點即剋制方法如後。

表 1-可見光譜波長及頻率

名稱 \ 區分	波長(nm) (奈米- 10^{-10} 公尺)	頻率(hz-1/s) (兆赫茲,兆/秒)
紫色(Violet)	380-450	668-789
藍色(Blue)	450-495	606-668
綠色(Green)	495-570	526-606
黃色(Yellow)	570-590	508-526
橘色(Orange)	590-620	484-508
紅色(Red)	620-750	400-484

資料來源：同註 1，（檢索日期：2023 年 04 月 17 日）

（一）特點：

1. 直接觀看，無須額外輔助器材。
2. 造價低廉，使用與製造技術普及。

¹ 王尊信，〈可見光譜-Visible Spectrum〉，（台北市，教育部，高職自然科學資源平台，2009 年 08 月 29 日），<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2454>，（檢索日期：2023 年 04 月 17 日）。



3. 不受電磁波干擾(限使用機械式相機)。
4. 傳統光學必須使用底片(相機使用負片，攝影機使用正片)，拍攝完畢需以鹵化銀沖洗、顯像、定影於相紙，比例可由放大機予以收放，解析度受底片尺寸及鏡頭影響，²(如表 2)。

表 2-各種底片格式放大比率

底片尺寸 (公分)	相片放大倍率(公分)				
	10X13	13X18	20X25	28X36	51X71
2.4X3.6	3x	5x	6x	11x	16x
6X7	1.5x	2.5x	3.5x	5.5x	8.5x
6X9	1.3x	2x	2.5x	4.5x	6.5x
10X13	1x	1.5x	2x	3.3x	5x
13X18	0.6x	1x	1.5x	2x	3.3x
20X25	0.5x	0.7x	1x	1.5x	2.5x
備註	1. 一般個人使用為 2.4X3.6 公分捲裝底片，為數位相機發明前使用最為廣泛。 2. 6X7 至 6X9 為中型相機，常用於證件照，一般為單片盒裝 3. 10X13 以上為大型相機(附蛇腹)，通常為單片裝用於商業攝影，底片愈大所需放大倍率愈低，畫質越好，缺點為不易攜帶，操作程序繁瑣，如不使用法蘭尼正像亮片攝影者看到的影像為顛倒。 ³				

資料來源：同註 2，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)

(二)缺點

1. 受個人視力影響(0.1-1.5)，等級愈高代表可辨識物體距離較遠。
2. 當天然光源消失或與人工造成能見度降低則無法使用。
3. 觀測距離受地球表面曲度影響最遠約 38-40 公里。
4. 無法透視遮蔽物背面。
5. 軍用空照從申請至獲得約 6-8 小時，因底片必須於暗房內取出沖洗所需時間較長，若須立體影像，則需使用兩張同尺寸照片，以雙眼立體鏡觀察判讀照片，找尋所需情報資料，(如圖 1)。⁴

² Urs Tillmanns，徐聖裕譯，《Basic And Applications Creative Large Format -中譯本》，(台北市，祿來科技有限公司，1993 年 11 月)，頁 15。

³ 同註 2，頁 11。

⁴ 立體鏡區分為袖珍與反光型，利用雙眼觀看兩張相同照片，產生立體視覺。農林航空測量所，〈典藏儀器介紹-立體鏡〉，(台北市，林務局，2023 年 03 月 23 日)，<https://www.afasi.gov.tw/0000143>，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)。

圖 1-立體鏡實施空照圖判讀



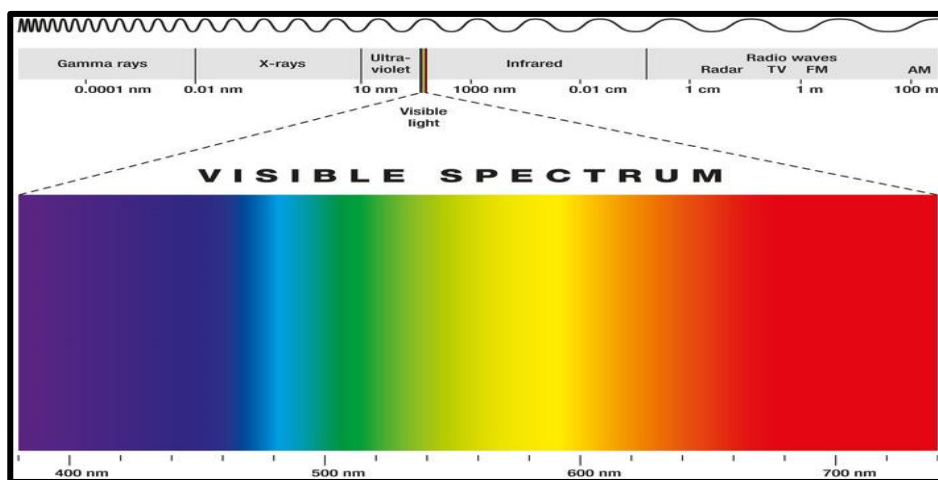
資料來源：同註 4，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)

(三)剋制方法：

偽裝對應人眼與傳統光學器材，最主要就是遮蔽光源或改變自己輪廓及融入環境之中，阻止反射光源進入眼睛與鏡頭，使敵無法觀測或辨識不易，即可達成偽裝效果。

- 1.阻隔光源，光線無法穿透，反射回波呈現黑暗使敵人偵察失效(看不見)，如夜間燈火管制，戰車夜間機動使用防空駕駛燈，晝間避免於空曠地、地形稜線運動，戰鬥時盡量地用地形、地物隱蔽躍進。
- 2.隱蔽自己，尤其是戰車於執行防禦時，通常會利用建物隱藏或於陣地內構築戰車掩體，並完成多條交通壕，透空頂部以偽裝網或天然資材加以批覆偽裝，讓敵人(察不到)。
- 3.戰車可利用引擎及煙幕彈發射器製造煙霧，遮蔽光線，除隱蔽外並可敵光學追蹤瞄準鏡，無法正確追蹤瞄準，降地被線控導引反裝甲飛彈擊中機率，可同時達成偽裝與隱蔽雙重效果，讓敵人(找不著)，可見光譜，(如圖 2)。

圖 2-可見光光譜表



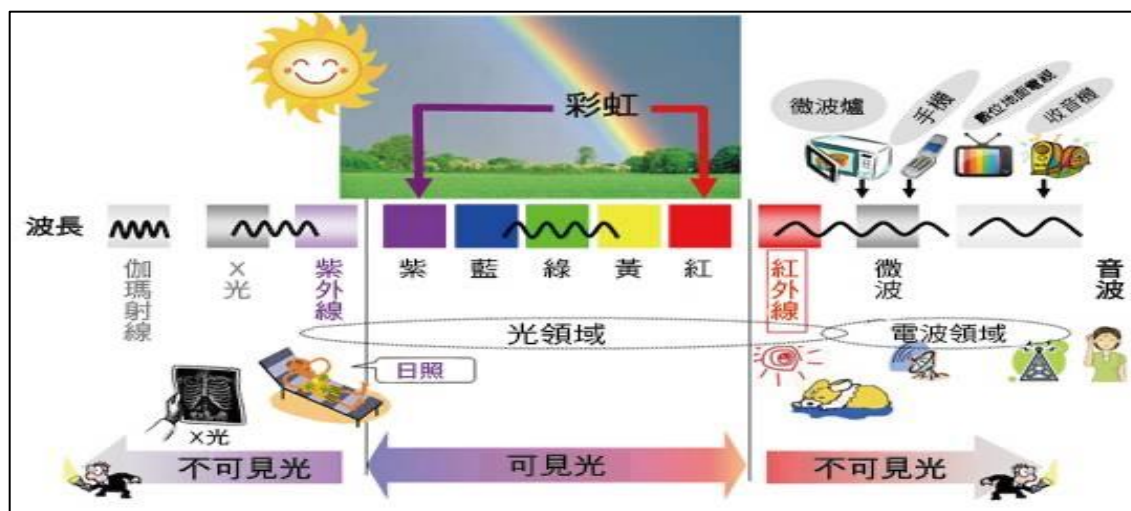
資料來源：同註 1，(檢索日期：2023 年 04 月 17 日)



二、不可見光：

區分紫外線與紅外線兩大部分，(如圖 2)，而中共為我地面部隊威脅運用為紅外線以上之近、中、遠紅外線(主要用於雷射測距、追熱導引與熱能成像)，其波長介於 780-1,000,000 奈米，頻率為 120Thz-300Ghz 之間，雖可運用範圍廣大，然適用其軍事用途只有 3 個波段，較不受雲霧及降雨影響各國均採用之，(如表 3)。⁵

圖 3-不可見光頻譜



資料來源：同註 1，(檢索日期：2023 年 04 月 17 日)

表 3-紅外線於軍事用途波段研析

名稱 \ 區分	波長(nm) (奈米-10 ⁻¹⁰ 公尺)	頻率(hz-1/s) (兆赫茲,兆/秒)	軍事用途
近紅外線	780-3,000	120-420	雷射測距 ⁶
軍用頻段	1,000-2,700	100-415	
中紅外線	3,000-5,000	30-50	追熱導引
軍用頻段			
遠紅外線	5,000-1,000,000	50-10,000	熱能成像儀
軍用頻段	8,000-14,000	80-140	

資料來源：同註 5，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)

⁵ 百科知識，〈紅外線波長與頻率〉，(台北市，中文知識百科，2011 年 05 月 21 日)，

<https://www.jendow.com.tw/wiki/%E9%9B%B7%E5%B0%84%E6%B3%A2%E9%95%B7>，(檢索時間：2023 年 04 月 18 日)。

⁶ M60A3 戰車使用紅寶石雷射波長為 695nm，在肉眼可見光範圍內，如直射眼球水晶體恐會致盲，而 CM-11 使用鉕-鉕鉕鉕雷射波長為 1,040nm 為不可見紅外光，照射眼睛不會產生傷害，又稱護眼雷射，一般用於簡報之可見光雷射，光束不可朝人發射。

超高頻偵察衛星(高分系列-中共高分辨率對地觀測系統)，計畫於 2025 年完成亞太地區高分偵察衛星發射進入運作軌道，據中共官媒對外宣稱每 30 分鐘可以更新一次圖資，偵測解析度可達連級部隊行動，戰場精確測繪及標定軍事部署，⁷中共歷年發射之高分偵察衛星及主要偵蒐酬載統計，(如表 4)。

表 4-中共歷年發射之高分系列偵察衛星列表

項次	高分編號	發射年分	運載火箭	運作軌道	偵察酬載
1	1	2013	長征 2	太陽同步	光學遙測
2	2	2014	長征 4		
3	8	2015			
4	9		長征 3		
5	4		2016	長征 4	太陽同步
6	3	發射失敗			
7	10				
8	1-02	2018	長征 4 一箭 3 星	太陽同步	光學遙測
9	1-03				
10	1-04				
11	5		長征 4		
12	6		長征 2		
13	11		長征 4		
14	10	2019	長征 4	太陽同步	光學遙測
15	7				兩部相位 陣列掃描 相機
16	12		長征 2		
17	9-02	2020		長征 4	發射失敗
18	9-03		長征 2		
19	多模衛星		長征 4	太陽同步	
20	9-04	長征 2			
21	9-05	長征 4			

⁷ 呂炯昌，〈中國太空科技偵察衛星威脅最大〉，(台北市，Yahoo 新聞網，2021 年 12 月 24 日)。
<https://tw.news.yahoo.com/news/%E4%B8%AD%E5%9C%8B%E5%A4%AA%E7%A9%BA%E7%A7%91%E6%8A%80-%E5%81%B5%E5%AF%9F%E8%A1%9B%E6%98%9F%E5%98%E5%A8%81%E8%84%85%E6%9C%80%E5%A4%A7-091025917.html>，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)。



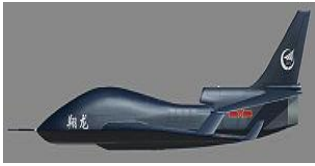
22	11-02		長征 3	地球靜止	通信系統
23	13				
24	14				
25	12	2021	長征 4	太陽同步	光學遙測
26	5-02				
27	11-03				
28	3-02				
29	3-03	2022			
30	12-03				
31	5-01A				
32	11-04				
33	13-02	2023	長征 3		
備註	1.太陽同步軌道運行高度 600-800 公里，過頂時間約 96-100 分鐘，扣除兩次發射失敗及 3 顆運作軌道與偵察裝備不同，現有 28 顆運轉中。 2.地球靜止軌道運行高度為 35,786 公里，與地球自轉同步衛星近乎固定於同一點，研判以通信用途可能性較高。 3.2019 年高分 7 號的相位陣列相機，研判以使用紅外線實施空中及水面機艦熱影像為主。 ⁸ 4.2016 年高分 3 號的合成孔徑雷達，研判為進行實驗性試裝，因此雷達需多次通過偵察地區進行掃描，將所得回波資料交由超級電腦進行資料庫比對，而後以模擬數位建模，呈現偵察地區景況，短期內要進入實用化仍有待關鍵技術突破。				

資料來源：同註 7，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)

如搭載合成孔徑雷達與 CMOS 先進數位相機之無人機或定翼電子偵察機(飛行高度較高且以電子參數偵蒐及攻擊為主)，對我戰車部隊實施立體化多維從地面、空中及衛照偵察，如以現今中共無人機快速發展，戰車部隊於防衛作戰中遭遇無人機機率較高，而(如表 5)。

⁸ 楊幼蘭，〈可偵測每 F-22 高分衛星升空織網用途多方〉，(台北市，中時新聞網，2020 年 10 月 13 日)，<https://www.chinatimes.com/realtimes/20201013004640-260417>，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)，比對表 4 項次 23 長征 3 號發射之高分 13 號衛星為進入地球靜止軌道衛星，就衛星運用研判應以通信系統為主，且高分 3 號衛星偵察酬載為合成孔徑雷達，應無法直接如光學遙測進行影像攝錄。

表 5-解放軍主要中大型無人機研判表

機型 區分	翔龍	BZK-005	哈比
圖片			
飛行速度	650 公里/小時	180 公里/小時	185 公里/小時
續航時間	>10 小時	6 小時	2 小時
航程	2,000-2,500 公里	1,100 公里	370 公里
主要功能	偵察/導引	偵察/導引	反輻射攻擊
酬載	大型 高空長航時偵察、空中加油、合成孔徑雷達、導引。	高空遠航程偵察、空中加油、合成孔徑雷達、導引。	反輻射源攻擊、32 公斤高爆炸藥。
機型	翼龍-1	翼龍-2	雲影
圖片			
飛行速度	280 公里/小時	370 公里/小時	560 公里/小時
續航時間	20 小時	32 小時	7 小時
航程	4,000 公里	7,000 公里	<4,000 公里
主要功能	偵察/攻擊	偵察/攻擊	偵察/攻擊
酬載	中低空長航時、對地雷達功能、對地飛彈。	中空長航時、對地雷達功能、對地飛彈。	高空長航時、對地雷達功能、對地飛彈
機型	彩虹-4	彩虹-5	攻擊-11 匿蹤 ⁹
圖片			
飛行速度	180 公里/小時	180-220 公里/小時	>650公里/小時
續航時間	40 小時	40 小時	<10小時
航程	7,200 公里	8,000 公里	4,000公里
主要功能	偵察/攻擊	偵察/攻擊	偵察/攻擊(艦載起降)

⁹ 楊幼蘭·〈不輸殲 20!陸首曝攻擊-11 隱形(匿蹤)無人機可取空優〉·(台北市·中時新聞網·2022 年 10 月 24 日)·
<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221024001256-260417>·(2022 年 11 月 10 日)。



酬載	中空長航時、對地雷達 功能、對地飛彈	中空長航時、對地雷達 功能、對地飛彈	待查
----	-----------------------	-----------------------	----

資料來源：高正熙，《以近期衝突為例，探討未來作戰戰車部隊如何反制無人機偵察與攻擊》，
(新竹縣，裝訓部，2022年戰術戰法研討會)，頁14-15，(檢索日期：2023年04月18日)

與固定之陸上及海、空基(陣)地相較，戰車為陸上戰鬥載台，具備機動性可隨時變換部署位置，臺灣複雜地形與毗連都會建築區及縱深地區濃密植被都為戰車提供良好隱蔽，高大建築物、高架橋、隧道等提供掩蔽功能。

(一)特點：

因此偽裝措施必須掌握敵偵察衛星過頂時間，即時變換陣地位置，抗紅外線車身塗料、駐止間不啟動引擎，降低熱源輻射，啟動低熱輻射輔助動力系統(EAPU)，及披覆抗紅外線偽裝網與接近高溫環境(如發電廠、鋼鐵廠、變電站及工業區設有鍋爐設備工廠)及製造高溫假熱源配合偽造戰車，使敵不可見光偵(感)測器難以有效辨識。

- 1.衛星光學遙測以遠紅外線熱能成像行全天候偵照，若以高分系列現有 28 顆高分光學偵察衛星列計，每 96-100 分鐘過頂 1 次，以繞行速度約 22,500 公里/小時，通過臺海周邊約 1 分鐘，每 85 分鐘(每天 17 次)會有 1 顆高分衛星，通過臺灣上空，時間約 1 分鐘，且數量逐漸增加中，其主要偵察即時影像與地理圖資，供修正飛彈發射參數修正。
- 2.合成孔徑雷達具備長時先期蒐集能力，與衛照相片及地面掃描回波進行正反比對可於計算機建模，將臺灣全部地形、地物、地貌與建物數位立體化，隨時間愈久，累積資料庫，將解析出精度更高數位地理圖資，屆時臺灣所有軍政固定設施將會被逐一標定，精確座標位置傳送給地對地彈道及巡弋飛彈，中共官媒宣稱導引相對圓周誤差率小於 1 公尺，若屬實中共先期預備火力打擊其準確度相對提高。
- 3.大量無人機群主要為「偵導、反輻射、偵攻」等三種，將來會以偵攻一體無人機為量產列裝標的，最新為攻擊-11 匿蹤無人機可於陸上或航艦及直升機登陸或兩棲攻擊艦上起飛，就目前發展中共以「大型、長滯空、長時及遠航程」為主，偵攻一體無人機以機上掛載對地飛彈，進行遠端遙控攻擊。

(二)弱點

- 1.中共若欲達成 2025 年於亞太地區完成衛星覆蓋率達每 30 分鐘過頂 1 次，最少須再發射 30 顆高分衛星(理論以赤道為準每 7.5 經度發射 1 顆，計 48 顆即可滿足覆蓋率，太陽同步軌道各國已發射數千顆衛星，加上廢棄漂流衛星，數量為保守估計。)2013-2023 年中共高分衛星，共發射 30 次，失敗兩次，成功率為 94%，若於剩下兩年時間能否完成，殊堪質疑，且 2015

年之前發射的 5 顆衛星已達壽限；傳統底片相機也曾上過偵照衛星，拍攝完畢後，以液態小火箭送回地球，通過卡門線下降至 15,000 呎開啟降落傘由地面人員接收，數位光學遙測具備即時傳送衛星影像功能，最佳時機為過頂接收站，若頻寬不足或計算機運算速度過低，將會產生會影像延遲或接收不全。

2. 合成孔徑雷達技術，民間大地工程、測候、測量與探勘經常使用，軍用使用偵察與情蒐如果要做到「即時」所需附屬工程、數位戰術鏈路、超級計算機，後製資訊工程師相較做到「及時」增加許多，無人機或機載型合成孔徑雷達，亦無法由機載計算機運算與分析，因相關技術較複雜，合成孔徑雷達偵照原理與光學測距機一樣必須使用兩具雷達(光學鏡)，兩者像具愈遠其探測精準度愈高，以合成孔徑雷達而言要大逾 5 公尺精度，量測基線長達 4,718 公尺，以目前所有載具無法納裝，為解決此一問題，替代方法就是使用一具雷達線照射偵照目標區，在繞(飛)行平行距離後再照射同一點，以取代過長實體基線，機載及衛載工作原理(如圖 4、5)。

圖 4-機載合成孔徑雷達

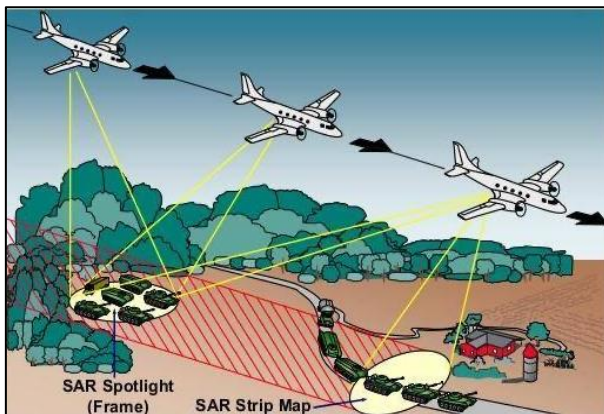
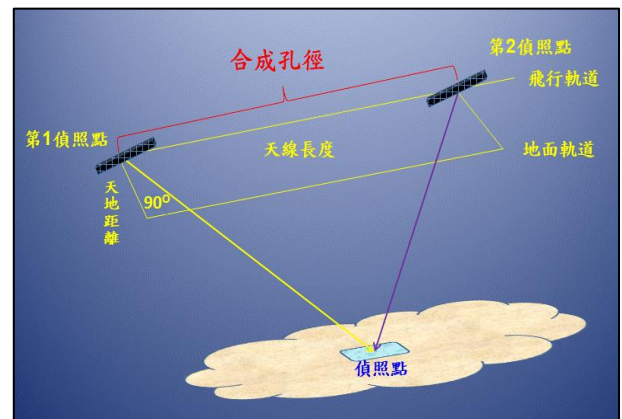


圖 5-衛載合成孔徑雷達



資料來源：同註 7 及筆者整理繪製，(檢索日期：2023 年 04 月 18 日)

3. 無人機的雖是無人駕駛，但必須由遠端採無線電遙控，暴露兩個弱點，若為作戰任務則遠端遙控操作人員必須隨時操控，影像分析官與偵蒐指導官亦須在場，無線電是最不安全線路，亦受干擾而中斷，雖近期加密與跳頻技術發達，無線電傳輸可較安全，但依舊是不可靠，近來俄烏戰爭帶來的啟示，大型無人機用於區域衝突或小型戰爭，功用不大，反而是小型偵攻一體自主攻擊智能無人機才是主流。

(三)剋制方法

面對中共太空衛星紅外線光學遙測與合成孔徑雷達偵蒐，數量龐大，功能日益增強的無人機群，戰車偽裝之道，在於破壞輪廓、加裝頂置防紅外線偽裝網，預選駐止掩蔽位置，機動間尋隱蔽，以防護戰車戰力完整。



參、戰車偽裝技術發展

偽裝源自古老遊戲捉迷藏，當搜尋者要找出每一個躲匿參加者，不想被發現，就要隱藏躲衣櫃、藏於棉被中等不一而足，遊戲發展至現在除了隱藏之外，人向自然學習而得偽裝技能，簡單的說就是讓搜尋者辨識不出，不再匿藏於建物中見或傢俱之內，甚至到了近距離搜尋者也辨識不出來，這個效果也因為遊戲者不可使用眼睛以外方式進行搜尋，如近期網路上於石堆中找出一支偽裝的青蛙，¹⁰但許多的兩棲及爬蟲類特善此道，但要注意不會偽裝者，身上通常有毒腺分泌致命毒素，(如圖 6)，是加入現代化光電效應偵蒐器材後，只有遮蔽眼睛可見光是不夠的，熱能顯示器(Thermal Sight)，可進行全天候偵測除了偵察熱源外，甚至高功率可穿透建物或遮蔽物形成「透視」效果，本文探討重點為戰車偽裝，以下分就「天然資材、人工材料、車身塗裝與改變外觀」等 4 個方面分述如後。

圖 6-偽裝於石堆中的青蛙及隱身位置圖



資料來源：同註 10，(檢索日期：2023 年 04 月 17 日)

一、天然資材：

戰車於第一次世界大戰(以下簡稱,一戰)爆發後第 3(1917)年首度由英國派上戰場，它的體積、行進時履帶及引擎與槍砲發射產生聲響過於顯著，尤其在西線戰場上，交戰雙方距離實在太近，偽裝似乎是多餘的，(如圖 7)，但進入二戰機動戰取代陣地戰，在西歐平原上實施機動時必須將戰車做適度之偽裝，最主要為防止盟軍空中偵察，在當時能最快就地取材即為利用草木藤蔓等披掛於戰車之上，只要不影響戰車機動與火力發揚，會運用極

¹⁰ 許智超，〈大家來找碴!這照片中「藏一隻蛙」，3 千人找到投降：眼睛快脫窗〉，(Yahoo 生活中心網，2023 年 03 月 13 日)。

<https://tw.yahoo.com/autos/%E5%A4%A7%E5%AE%B6%E4%BE%86%E6%89%BE%E7%A2%B4%E9%80%99%E7%85%A7%ED%89%87%E4%B8%AD-%E8%97%8F-%E9%9A%BB%E8%9B%99-3%E5%8D%83%E4%BA%E6%89%BE%E5%8B%B0%E6%8a%95%E9%99%BD-085011706.html>，(檢索日期：2023 年 04 月 17 日)。

大線度予以天然材料家以偽裝以求隱匿行動。

圖 7-英國馬克四型戰車



資料來源：上田信，《戰車機械結構圖鑑-1》，頁 41，(檢索日期：2023 年.04 月 17 日)

(一)草木植被：

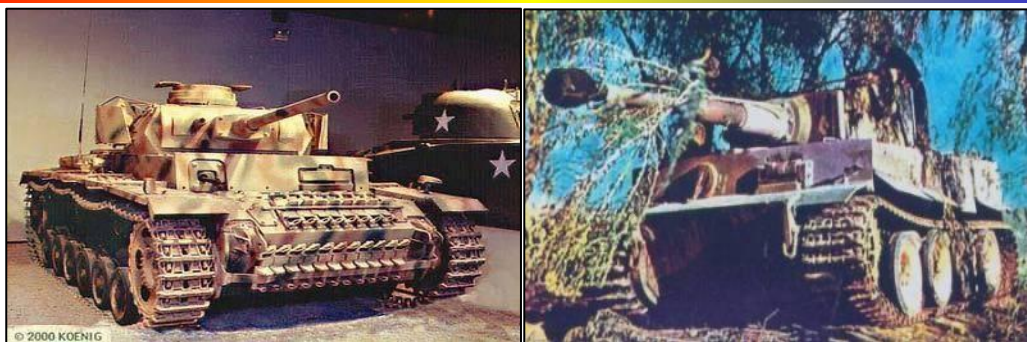
1940 年 4 月德國記取小毛奇未貫徹「希里芬計畫」導致於西線受阻，¹¹德軍於塹壕泥淖中苦戰 4 年，於 1918 年 11 月 11 日投降，二戰爆發前德軍當然也翻出當年此一征服西歐計畫，在曼斯坦元帥建議下改採「黃色計畫」由法、比邊境之阿登森林採突穿攻擊，直驅英吉利海峽，將進入比利時英、法聯軍一舉包圍，¹²當時計畫準備，作戰行動採取高度保密，每一輛通過森林地帶戰車使用天然草木加以偽裝，(如圖 8)。

圖 8-二戰德軍戰車的偽裝



¹¹ 普魯士帝國前參謀總長希里芬爵士，於生前擬定之對法作戰計畫，此計畫要旨為集中德軍主力(90%)從右翼借道比利時攻入法蘭德斯平原直取巴黎，但此一計畫備受德軍將領質疑，當 1914 年 8 月一戰爆發後，德軍將絕對優勢右翼兵力減少為 60%，並將 40%兵力調往齊格菲防線(面對德法邊境，法國亦修築馬其諾防線)，由一翼包圍轉為鉗形兩翼包圍，此一計畫改變導致一戰於馬恩河之役後，雙方於西線塹壕溝壑持近 4 年。林挺生，〈希里芬計畫〉，(風傳媒，新新聞，2020 年 04 月 05 日)，<https://www.strom.mg/category/k188713>，(檢索日期：2023 年 04 月 17 日)。

¹² 李德哈特著，鈕先鍾譯，《戰略論-間接路線》，(台北市，麥田出版社，2007 年 09 月 18 日)，頁 143。



資料來源：同註 12，(檢索日期：2023 年 04 月 17 日)

貫徹作戰計畫至戰術與戰鬥單位，偽裝當然也是保密的一環，二戰乃至於戰後各國在入伍訓練時都會訓練偽裝課程，並於作戰前要求完成並徹底檢查，其目的在於機動與接敵時能夠盡量不為敵人發現，但 1944 年 9 月盟軍於二戰中最富創意且大膽作戰行動「市場-花園作戰」，英國空降第 1 師傘兵完成草木偽裝，進入荷蘭安恆市區時，發現自己根本用錯了天然資材，(如圖 9)，各個都成為與市街環境突兀且易於識別目標，此役盟軍蒙受極大損失，也使從下萊茵河攻擊德國心臟地帶企圖破滅，使得戰線又恢復由德法邊境採正面攻勢，將二戰拖延至 1945 年 6 月，¹³天然草木植披偽裝要與環境、季節結合，不是隨手攀折就可以實施偽裝。

圖 9-市場花園作戰於安恆損失慘重的英國第 1 空降師



資料來源：同註 13，(檢索日期：2023 年 04 月 17 日)

¹³ 考里雷留斯.雷恩著，黃文範譯，《奪橋遺恨-A BRIGDE TOO FAR》，(新北市：燎原出版社，2020 年 11 月 18 日，二版)，頁 193。

(二)北非戰役沙漠偽裝術：

1940 年 6 月 10 日義大利趁英法聯軍戰敗之際於北非發動攻擊，目標直指東方的埃及與蘇彝士運河，在地中海南岸西起阿爾及利亞-敘利亞-埃及進行為期惡戰，雙方於戰役全期互有勝敗，在沙漠中極少植被，也少有惡劣天候侵襲，唯一變數為突發性沙塵暴，德軍因抵達攻勢極限被迫放棄既有戰果，實施戰略退卻，以縮短補給線，英軍也因蒙哥馬利謹慎與持重緩行，甚少有大膽行動一舉殲滅德軍，英國最後確保位置為埃及亞歷山大港(以下簡稱,亞港)，如同在伊比利半島作戰的威林頓公爵，若遭法軍優勢兵力攻擊，英軍會退入托里斯維德拉防線(Torres Vedras Line of Defense)作為庇護所，抵達該地英國皇家艦隊(Her or His Majesty's ship,HMS-陛下之艦)會提供掩護火力與提供補給，¹⁴軸心與同盟國於北非拉鋸戰，期間雙方均利用戰術偽裝，防止敵方追擊與保護重要設施。

1.托布魯克退卻行動：

1941 年軸心國新指揮官德軍隆美爾上將抵達，接替同盟國北非軍指揮官，立即以德軍擅長之「閃擊戰」從側翼突穿包圍與縱深迂迴，迫使大英國協軍隊一路敗退至托布魯克要塞(位於敘利亞境內，為一港口城市)，英軍進入後，比照威靈頓公爵英國皇家海軍立即於地中海附近海域巡弋，提供英軍海上掩護與補給，德軍先後於 240 天圍攻期間嘗試發動 8 次大規模攻擊，在英國駐防於地中海戰略要點馬爾他島的皇家海、空軍，切斷德軍補給線下，德軍已達攻勢極限，人員及裝備損失已難獲得補充，11 月初英軍發動「十字軍作戰」，在蒙哥馬利指揮下先突破南翼義大利軍防線，德軍立即第 21 輕快師佔領凱賽林諸隘道，建立收容陣地，並以百餘輛卡車於托布魯克連續 15 晝夜往返行駛，造成「人工沙塵暴」，掩護主力逐次脫離，謹慎的英軍指揮官蒙哥馬利不敢貿然追擊，德軍退卻返回原攻勢發起基地阿爾及利亞-阿蘭港。

2.魔術師的偽裝傑作：

1930 年代英國魔術師賈斯帕·馬斯基林(Jasper Maskelyne)，和其他魔術表演者一樣利用視覺落差，營造出「不可能」效果，1941 年賈帕斯加入英國陸軍，剛開始英軍將他編入「康樂隊」娛樂慰勞官兵，戰國時期孟嘗君養食客 3 千，其中不乏雞鳴狗盜之輩，養兵千日用在一時，兩次重要設施防護，讓賈帕斯贏得「戰爭魔術師」美譽。¹⁵

¹⁴ 百度百科，〈托里斯維德拉防線〉，(香港，百度百科知識網，2018 年 04 月 12 日)。

<https://baike.baidu.com/item/%E6%89%98%E9%87%8C%E4%BD%89%E4%BB%80%E9%98%B2%E7%B7%A/10726850>，(檢索日期：2023 年 04 月 12 日)。

¹⁵ 綜合外電報導，〈魔術師搬走亞力山大港〉，(高雄市，人間福報社，2006 年 09 月 29 日)。



(1)消失的亞歷山大港：

1941 年在賈帕斯加入英陸軍的 8 月，透過諜報組織得知德國空軍將於夜間空襲亞力山大港，港口是固定設施無法移動，夜間防空要靠戰鬥機、防空照明燈及高射砲掩護，不列顛之役英國戰鬥機部隊無暇東顧，僅靠防空照明燈及火砲不足以防護港口安全，此港位於地中海南岸靠近蘇彝士運河，為英國最重要海運末站，此時英國請來賈魔術師，詢問可否在夜間讓亞港消失，賈斯帕接獲任務即著手偵察，發現在距亞港西南方約 5 公里的馬約特灣，地形與亞港相似，英軍工兵立即以木材及浮箱建立一座偽造港口，在確認德軍空軍夜間空襲日期，將其燈火通明，港中還有橡皮製充氣船，亞港則實施宵禁，切斷電源實施燈火管制，讓這座素有地中海之珠美稱港口城市陷入死寂與黑暗，馬約特灣則承受 8 次夜間轟炸，亞港則未遭轟炸破壞。

(2)隱藏的蘇彝士運河：

本運河為印度與大西洋經紅海通往地中海重要海運航道與巴拿馬運河、直布羅陀、博斯普魯斯及麻六甲海峽，被稱之為控制全球海運的五把鎖鑰，英國因英吉利海峽及地中海德國潛艦肆虐，被迫將補給中東船隊從北方艾爾港(Port Ayr)起錠南下經好望角進入印度洋進入紅海，通過蘇彝士運河進入地中海亞港，運河南端為蘇彝士港，北方為賽德港，中途經過大苦湖，全程無設置船閘(船隻可直接航行不須閘門調整水位)，德國經夜間轟炸港遭欺騙後，決定以白晝轟炸南端蘇彝士港，賈魔術師又再度擔綱重任，這次沒有黑幕可以讓目標消失，白晝轟炸員最怕找不到目標通常雲高與雲幕影響最大，賈斯帕使用 48 座大型電扇，扇葉以鏡面製造，當德軍空襲接近時，啟動鏡面電扇旋轉，產生四射的強烈反光，讓德軍轟炸員目炫而錯失轟炸投彈時機，使英軍海運補給線得以確保。

(三)恫嚇式偽裝：

二戰時著名的恫嚇式偽裝均來自於中國戰區，1941 年 12 月「珍珠港事變」之後美軍宣布參戰，在 1937 年國民政府對日抗戰開始，美國因「門羅主義」孤立政策影響，不派遣現役人員赴海外參戰，不列顛之役美籍飛行員以退役自願參戰前往作戰，包含中國也有自願參戰飛行員。

1. 鯊魚嘴塗裝的 P-40 戰機：

1941 年國府聘請美空軍退役上尉陳納德(Claire Lee Chennault)為空軍顧問，並前往美國招募退役飛行員前往中國，以 P-40 戰機為主要裝備成立美國自願戰鬥隊(American Volunteer Group,AVG)，¹⁶飛機機鼻塗裝誇張

<https://www.merit-times.com/NewsPage.aspx?unid=26628>。(檢索日期 2023 年 04 月 28 日)。

¹⁶ 虎擊長空，〈飛虎隊傳奇 The Flying Tigers〉。(台北市：公共電視網，2014 年 12 月 24 日)。

張大血的虎鯊嘴，因此又被稱為「飛虎隊」至 1942 年底解散，美軍戰時任官晉升陳納得為陸軍少將指揮第 14 航空聯隊支援中國戰區作戰，此違反偽裝原則塗裝是為了彌補戰機性能不足，因當時日軍戰機性能最佳為零式戰機，空戰時為震懾與擾亂日軍飛行員因此塗裝虎鯊嘴(包含白色利齒尖牙與紅色大口)，(如圖 10)，在 1941 年 11 月至 1945 年 8 月 129 架 P-40 戰機，戰損 78 架，90 名美籍飛行員陣亡 24 員，擊落或摧毀日軍戰機 447 架，空戰戰績約為 5：1，使得戰時陪都重慶遭轟炸壓力舒緩。

2. 亞洲虎塗裝的 M4 戰車：

中國駐印遠征軍於 1944 年陸續接受美援 M4-薛爾曼戰車，經指揮官史迪威上將同意下，將部分 M4 戰車車首塗裝為虎斑條紋，(如圖 11)，¹⁷在印緬多叢林地帶作戰，當日軍遇上 M4 戰車以虎紋塗裝，機動衝力速度與槍砲齊鳴形成之震撼力，使二戰末期以城強弩之末的日軍，更加重其威懾與震撼性，然隨二戰結束這一批 M4 戰車 50 餘輛並未隨國軍返國。

圖 10-飛虎隊鯊魚嘴塗裝

圖 11-M4 戰車虎紋圖裝



資料來源：同註 16，17(檢索日期：2023 年 04 月 28 日)

(四)樹脂染料：

松柏等喬木於樹皮分泌樹脂，自古先民用以膠合弓箭與矛槍等武器，如有昆蟲不慎陷入加上地殼變動若樹木死亡坍塌，埋入地下的樹脂就會變成琥珀，若緊急無資材可用於偽裝，可蒐集此類樹脂以乙醇(食用酒精)即可稀釋，黏貼紙張或布料於戰車上可收緊急偽裝之效，在化學染料未發明前，人類採集可發色之植物莖葉與枝幹或表皮，經碎化以加熱方式，使染劑濃縮，再以浸泡方式為胚布染色，完成染整定色以食用醋加入染劑攪拌，臺灣先民使用之天然植物性染劑(礦物性通常製成書畫顏料)，(如表 6)。¹⁸

<https://www.pts.org.tw/theflyingtigers/ep2.htm>，(檢索日期：2023 年 04 月 28 日)。

¹⁷ Csz9696426，〈中國遠征軍“突擊”老虎繪 M4-薛爾曼戰車〉，(北京市，78 動漫網，2014 年 12 月 15 日)，<https://bbs.78dm.net/forum/post/353419.html>，(檢索日期：2023 年 04 月 28 日)。

¹⁸ 農業主題館，〈染料植物介紹〉，(台北市，市立植物園，農業知識入口網，2012 年 09 月 24 日)，<https://Kmwweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=17331>，(檢索日期：2023 年 04 月 28 日)。



表 6-臺灣常見染料植物

顏色	名稱	染料部位	圖片
藍色	山藍 (大菁)	枝葉	
黃色	福木	樹皮	
紅色	茜草 (可藥用)	根	
黑色	柿子樹	表皮	
茶褐色	芒果樹	枝葉	
紫色	榕樹	果實	
綠色	絲瓜	葉子	

資料來源：同註 16，17(檢索日期：2023 年 04 月 28 日)

天然染劑不適用於戰車金屬表面塗布，若緊急運用可加入碳粉或石末再混入天然樹脂攪拌均勻後即可替代油漆，為此類天然材質不易速乾且具有黏性，使用上須特別注意。

二、人工材料：

(一)自製偽裝網：

部隊早期無制式偽裝網可用時，一般以魚、鳥網作為偽裝網基材，在網狀經緯格線上以布條剪裁為條塊或不規則狀，綁附於網上，期偽裝效果端視作業時間與覆蓋疏密程度而定，自製偽裝網須注意下列事項：

- 1.批覆密度盡量加高，以有效遮蔽地空觀測。
- 2.注意防燃避免以乾草或稻稈實施偽裝。
- 3.避免將偽裝網直接披掛於戰車之上，要作到破壞輪廓。
- 4.偽裝材料務求與作戰環境結合。

(二)制式偽裝網：

主要區分為一般與防紅外線偽裝網，(如圖 12、13)以取代過去部隊自製效果不佳之產品，因現代化戰場遠紅外線偵(感)測部署由太空、空中、水面及陸上，一般偽裝網以無法隱匿戰車行蹤，防紅外線藉由披覆材質採多層鋪設，外層可防可見光吸收紅外線與雷達波，¹⁹內層則防止熱源輻射外散，消極隱蔽手段雖無法達到絕對效果，過去偽裝時用「隱真示假」作為指導，但至今日則不適用，假戰車現在也要與真戰車具備同樣偽裝效果，並附上熱源，真戰車可以藉機動變換陣地，增加戰力防護效果，假戰車則可吸引消耗敵軍精準彈藥，如此運用方式，才能收到偽裝相乘加效果，如果將假戰車不加隱避則吸引不了敵人火力。

圖 12-制式一般偽裝網

圖 13-制式抗紅外線偽裝網



資料來源：青年日報社軍武圖庫提供(檢索日期：2023 年 05 月 30 日)

(三)水性塗料：

一般國家會依國內環境與時節採用「主偽裝噴塗多色彩不規則迷彩」，但作戰地區環境與時節改變時，則必須採取臨機緊急噴塗其他色彩，如 1944 年 12 月突出部戰役，美軍戰車部隊緊急以水泥漆為戰車塗上白色，因為

¹⁹ 朱明，〈國軍偽裝網標案「完全 MIT」和友紡織報價 11.2 億搶單成功〉，(台北市，上報，2021 年 11 月 12 日)https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=129544，(檢索日期：2023 年 04 月 29 日)。



極地風暴帶來降雪，橄欖綠塗裝反而成為活靶，近年來本軍戰車部隊於灘岸地區進行操演，整備期間部隊會以土黃色泥沙為戰車實施偽裝，媒體見之稱之為「沙豹」來形容經過泥沙偽裝後的步兵戰鬥車，但此舉於操演結束後，必須以高壓洗車機沖洗，細沙會卡在戰車開關活動關節與潤滑點上，會造成艙門卡死與潤滑點滲沙，其實有更好的選擇水性塗料，²⁰只須加水稀釋，可使用園藝噴壺即可噴塗，任務結束後用刀片於去除部位畫出切口，整片如膠膜般撕除，緊急用水性塗料不僅只有一種，市面油漆塗料行或五金大賣場，只要經詢需求都會找到適用塗料作為應急塗裝之用，就地取材作法應急作法，本為部隊訓練課目，亦不可偏廢，(如圖 14)。

圖 14-M-JLTV 使用水性沙漠塗裝



資料來源：青年日報社軍武圖庫提供(檢索日期：2023 年 05 月 30 日)

(四)識別塗料：

軍用航空器裝置敵我識別器(Identification of friend or foe,IFF)，²¹地面戰車則不易裝置類似系統進行敵我識別，過去夜間識別採用白漆於車身、砲管塗上符號以茲識別，對空則以鮮豔紅、橘色布板鋪設於戰車上指示戰轟機攻擊方向，這些識別舉措已違反偽裝原則，現代化紅外線識別塗料，加上鑲嵌多維條碼，友機臨空啟動地面俯視雷達或友車啟動熱像鏡，識別嵌板會被動式應答回傳數位資訊，地空友軍可以立即知道「你是誰」，即將抵台 M1A2T 戰車即裝設此一系統，後續戰車研製與構改將以此範本，加裝識別嵌板，讓戰車揮別明顯塗裝與鮮豔識別布板，使陸空識別與聯合作

²⁰ Unihora，〈Hei-Mex 聚氨酯水性塗料〉，(Japan，Kobe H&K Limited 株式會社，2023 年 04 月 30 日)，<https://handk-heisengp.co.jp/index.html>，(檢索日期：2023 年 05 月 01 日)。

²¹ 李家同，〈科學專欄(87)談敵我識別器〉，(台北市，臺灣精密工程學會，2022 年 02 月 22 日)，<https://www.jendow.com.tw/wiki/%E9%A3%9B%E6%9F%E6%95%B5%E6%88%91%E8%AD%98%E5%88%A5%E5%99%A8>，(檢索日期：2023 年 05 月 01 日)。

戰執行上更加順手、簡單。

三、車身塗料：

戰車車身為全金屬製成在製造完成各分部件，必須先以防鏽底漆噴塗，再噴上主色漆軍用為綠色(國軍標準色漆為 10 號平光橄欖綠磁漆)，可視需求塗上數層若為單色塗裝基本已完成，若為迷彩塗裝再依各國作戰環境噴上不規則形色塊，因應偵(感)器材的發達防紅外線塗料因應而生，但塗裝程序仍為不變。

(一)一般塗料：

一般使用油漆(Paint or coating)，由成膜物質(清漆)、填料(染色劑)、溶劑(化學有機溶劑)及助劑(依用途有金剛沙等)四部分組成，早期清漆來源最大宗為桐油次為動、植物油脂，現在則為高分子聚合物，添加染色劑成為各種顏色塗料，但動、植物油脂或合成底漆具備黏稠性若以高壓空氣噴槍噴塗，常造成噴嘴阻塞，必須已有機溶劑降地黏稠性，才能進行噴塗。

1.單色塗裝：

二戰期間各國於沙漠或雪地作戰會改變原有戰車綠色單一塗裝，以融入作戰環境，但基本上單色戰車及軍服一直維持至越戰後，國軍也維持單色戰車塗裝至 1998 年，單色具備快速製造與便利性不需多道工序與繁瑣遮蔽，故為各國採用，但因偽裝效果不佳，各國紛將戰車改採融入環境之多色迷彩塗裝，(如圖 15)。

圖 15-M48A3 戰車單色塗裝



資料來源：青年日報社軍武圖庫提供(檢索日期：2023 年 05 月 30 日)

2.迷彩塗裝：

迷彩(Camouflage)為士兵於戰場上隱避自己作法，基本上從軍服上著手再推廣至戰車塗裝，迷彩塗裝隨著作戰環境轉變由叢林迷彩(最典型為東南亞



叢林迷彩由綠、棕、黑 3 種不規則色塊組成)，進入 21 世紀發現此一迷彩設計已不符作戰偽裝要求，各國紛改採以電腦輔助設計以融入更多不規則形排列，進入此一世代塗裝人類的巧手要收起來，改由機械手臂來代勞由計算機程式數位控制，也因城鄉建設發達，建築區擴大、建物增多在都會區中作戰機率增大，戰車部隊已不能繞越，必須進入城鎮街巷戰鬥，城鎮迷彩成為戰車數位迷彩選項之一(如圖 16、17)。

圖 16-CM-11 三色叢林迷彩

圖 17-CM-34 數位叢林迷彩



資料來源：青年日報社軍武圖庫提供(檢索日期：2023 年 05 月 30 日)

3. 低視度標示：

冷兵器及前膛槍時代，兩軍對陣交戰距離短，戰爭對於職業騎士是光榮君子之爭，亮麗盔甲與鮮豔制服幾乎不在乎偽裝，但二戰之後對於戰車的標示(包含代表國家的符號、單位代號、車號)全部採用低適度，以本軍戰車車首部分要噴上藍底白色光芒圓形國徽、車號用白漆，在戰場上無疑為敵人提供瞄準參考點，1942 年 6 月中途島海戰，日本航空母艦在飛行甲板上漆上鮮紅色圓點(日本國徽)，戰後美軍俯衝轟炸機飛行員回憶在投彈時，就像在練習投彈時畫好的靶心，把投彈瞄準具對正它，保證可以擊中，因此各國在戰車上都改採低視度識別，因為平時自己人可以看見就可以了，配合前述識別嵌板設定，使偽裝更上一層樓。

(二) 防紅外線塗料：(譯文如附件)

1. 耐化學劑塗料(CARC)：

本塗料於 1980 年起取代原油漆油脂基料($C_{17}H_{35}O_2$)改以耐用聚氨酯($C_{10}H_{19}N_2O$)，因為多了 5 個氮架使結構密度增加，比傳統漆料具備更多阻抗作用，美商 K&L 塗料公司，命名為耐化學劑塗料(以下簡稱，耐化劑, Chemical Agent Resistant Coating, CARC)，²²其具備防化學及生物戰劑與輻射線功能，並具備抗可見光及紅外線觀測迷彩塗裝等多重效果，廣為

²² K&L · 〈CARC-Approved suppliers〉 (U.S Huntingdon.PA. · K&L Plating. Inc. · 01.May.2023) · <https://klplating.com/processes/carc-paint/> · (Retrieval Date 03.May.2023)

美軍各式戰鬥車輛採用，但其塗裝程序工法與傳統油漆不同為，在完成噴沙或以褪漆劑完成金屬表面處理後以環氧樹脂底漆(Epoxy Primer)替代防鏽漆，耐化劑在未來本軍 M1A2T 戰車亦採用相同塗料，因此補保單位應及早籌獲，以應乎未來戰車塗裝需求。

2. 魔爪塗料(TALON)：

本塗料於 2019 年 3 月 20 日由美陸軍地面車輛系統中心所屬陸軍研究實驗室製造技術(Manufacturing Technology)計畫開發新式地面車輛塗裝系統(Ground Vehicle Coating System, GVCS)。塗料被命名為"TALON"，但縮寫字母未公布全名，暫以英文直譯為(魔爪-TALON)，戰車因數位化電子設備與動力驅動射砲控所需電力較傳統戰車高出許多，裝置電子輔助動力單元(Electronic Auxiliary Power Unit, EAPU)，在駐止間不啟動引擎狀況下，仍會發出熱源，魔爪塗層的工作原理，必須減少戰車輛內部熱輻射散發(例如發動機、輔助動力裝置和電子設備)及吸收的來自日照或紅外線產生之熱能，否則，敵人攜或車載紅外線或熱成像系統，能更快速度與更遠距離發現戰車位置，除了被偵測威脅源外，戰車產生熱源訊號，也會使敵人各式導引武器更易於瞄準，若能減少戰車輛的熱能，將會使紅外線偵測與導引武器，更難以追蹤瞄準，特別是搭載紅外線攝影機的小型偵攻一體無人機。美陸軍經測試後將魔爪塗料應用於 M1A2C。

3. 魔爪和耐化劑之比較：

魔爪與現有耐化劑塗料，同樣能夠抑制化學和生物製劑(尤其是液體)及輻射線吸收，遭化生放核攻擊戰車，可快速進行洗消作業，重返戰場執行任務。

(1) 塗裝成本：

魔爪與耐化劑相同功能，可使用原有圖裝設施和設備，但魔爪開發過程與民間廠商合作，引進新的原料與製程，魔爪每加侖新塗層的成本降低 75%。

(2) 塗料安全

魔爪與耐化劑安全性，就兩者均需使用有毒性且具危險性(易燃及對自然環境產生污染)之化學塗料及有機溶劑或，必須於專門的油漆室和耗時的工序，操作人員必須著防護服及循環封閉式面罩，以保護全身不接觸有毒塗料，工作後必須比照進入化學戰劑汙染環境，實施清消作業，並定期接受健檢，如同微放射性之乏鈾複核裝甲戰車與具毒性魔爪或耐化劑塗料裝，是否危害戰車乘員及塗裝人員健康，目前尚未有具體結論這些觸源人員日後病變與先前工作環境有關。



參考文獻

中文

一、專書

- (一) Urs Tillmanns。徐聖裕譯。《Basic And Applications Creative Large Format -中譯本》。(台北市，祿來科技有限公司，1993年11月)。
- (二)李德哈特著。鈕先鍾譯。《戰略論-間接路線》。(台北市，麥田出版社，2007年09月18日)。
- (三)考里雷留斯·雷恩著。黃文範譯。《奪橋遺恨-A BRIGDE TOO FAR》。(新北市，燎原出版社，2020年11月18日，二版)。
- (四)羅順德編。《孫子兵法-中英對照本》。(台北市，黎明文化事業股份有限公司，1991年05月初版)。

二、期刊

高正熙、林維洸。《摧毀敵多維登陸戰鬥載具及無人機戰法之研究-以 M1A2T 戰車為例》。(新竹縣，裝訓部，裝甲兵季刊第 266 期，2022 年 12 月 06 日)，頁 51。

三、研討會

高正熙，《以近期衝突為例，探討未來作戰戰車部隊如何反制無人機偵察與攻擊》，(新竹縣，裝訓部，2022 年戰術戰法研討會)。

四、網際網路：

- (一)王尊信。〈可見光譜-Visible Spectrum〉。(台北市，教育部，高職自然科學資源平台，2009 年 08 月 29 日)。
<https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=2454>。
- (二)農林航空測量所。〈典藏儀器介紹-立體鏡〉。(台北市，林務局，2023 年 03 月 23 日)。<https://www.afasi.gov.tw/0000143>。
- (三)百科知識。〈紅外線波長與頻率〉。(台北市，中文知識百科，2011 年 05 月 21 日)。
<https://www.jendow.com.tw/wiki/%E9%9B%B7%E5%B0%84%E6%B3%A2%E9%95%B7>。
- (四)呂炯昌。〈中國太空科技偵察衛星威脅最大〉。(台北市，Yahoo 新聞網，2021 年 12 月 24 日)。
<https://tw.news.yahoo.com/news/%E4%B8%AD%E5%9C%8B%E5%A4%AA%E7%A9%BA%E7%A7%91%E6%8A%80-%E5%81%B5%E5%AF%9F%E8%A1%9B%E6%98%9F%E5%98%E5%A8%81%E8%84%85%E6%9C%80%E5%A4%A7-091025917.html>。
- (五)楊幼蘭。〈可偵測每 F-22 高分衛星升空織網用途多方〉。(台北市，中時新聞

網，2020 年 10 月 13 日)。

<https://www.chinatimes.com/realtimes/20201013004640-260417>。

(六) 楊幼蘭。〈不輸殲 20!陸首曝攻擊-11 隱形(匿蹤)無人機可取空優〉。(台北市，中時新聞網，2022 年 10 月 24 日)。

<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20221024001256-260417>。

(七)林挺生。〈希里芬計畫〉。(風傳媒，新新聞，2020 年 04 月 05 日)。

<https://www.strom.mg/category/k188713>。

(八)百度百科。〈托里斯維德拉防線〉。(香港，百度百科知識網，2018 年 04 月 12 日)。

<https://baike.daidu.hk/item/%E6%89%98%E9%87%8C%E4%BD%89%E4%BB%80%E9%98%B2%E7%B7%9A/10726850>。

(九)綜合外電報導。〈魔術斯搬走亞力山大港〉。(高雄市，人間福報社，2006 年 09 月 29 日)。<https://www.merit-times.com/NewsPage.aspx?unid=26628>。

(十)虎擊長空。〈飛虎隊傳奇 The Flying Tigers〉。(台北市，公共電視網，2014 年 12 月 24 日)。<https://www.pts.org.tw/theflyingtigers/ep2.htm>。

(十一) Csz9696426。〈“中國遠征軍”突擊”老虎繪 M4-薛爾曼戰車”〉。(北京市，78 動漫網，2014 年 12 月 15 日)。

<https://bbs.78dm.net/forum/post/353419.html>。

(十二)農業主題館。〈染料植物介紹〉。(台北市，市立植物園，農業知識入口網，2012 年 09 月 24 日)。

<https://Kmweb.coa.gov.tw/subject/subject.php?id=17331>。

(十三)朱明。〈國軍偽裝網標案「完全 MIT」和友紡織報價 11.2 億搶單成功〉。(台北市，上報，2021 年 11 月 12 日)。

https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=129544。

(十四)Unihora。〈Hei-Mex 聚氨酯水性塗料〉。Japan，Kobe H&K Limited 株式會社，2023 年 04 月 30 日)。<https://handk-heisengp.co.jp/index.html>。

(十五)李家同。〈科學專欄(87)談敵我識別器〉。(台北市，臺灣精密工程學會，2022 年 02 月 22 日)。

<https://www.jendow.com.tw/wiki/%E9%A3%9B%E6%H9%9F%E6%95%B5%E6%88%91%E8%AD%98%E5%88%A5%E5%99%A8>。

(十六)強武堂。〈波蘭研製的 PL-01 戰車隱身性能好嗎?猶如空中閣樓一般?〉(台北市，每日頭條，2019 年 02 月 16 日)，

<https://kknews.cc/zh-tw/military/65kb9xn.html>。

(十七)即時新聞。〈抗俄!波蘭打造北約「最強陸軍」採購 250 輛美國 M1 戰車〉。



(台北市，自由時報電子網，2022 年 04 月 05 日)。

<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/3883320>。

(十八) 百度知識。〈軍用紅外線〉。(香港特區，百科百度，2019 年 03 月 21 日)。

<https://baike.baidu/item/%E8%BB%8D%E7%94%A8%E7%B4%85%E5%A4%96%E6%8A%80%E8%A1%93/5500462>。

(十九) 朱明。〈獨家-國軍偽裝網標案「完全 MIT」和友紡織報價 11.2 億搶單成功〉。

(台北市，上報，2021 年 11 月 12 日)。

https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&serialNo=129544。

(廿) Admin。〈成語故事-狡兔三窟〉。(新北市，BookMarks，2013 年 02 月 15 日)，<https://bookmarks.tw/idiom/archives/304>。

English-Internet

1. K&L。〈CARC-Approved suppliers〉。(U.S Huntingdon.PA.，K&L Plating. Inc.，01.May.2023)。<https://klplating.com/processes/carc-paint/>，(Retrieval Date 03.May.2023)。

2. Work the Problems: Tanker Thought。

https://www.benning.army.mil/armor/earmor/content/issues/2020/Winter/ARMOR_Winter_2020_edition.pdf。

筆者簡介



姓名：戴晨勳

級職：少校教官

學歷：中華大學工業管理研究所、陸軍官校 93 年班、裝甲正規班第 127 期

經歷：排長、副連長、連長、作戰官，現任職裝甲兵訓練指揮部指參組教官

電子信箱：軍網：army099001419@army.mil.tw

民網：Please690@yahoo.com.tw



姓名：陳少瑋

級職：中校研究教官

學歷：陸軍官校 94 年班、陸軍裝甲兵訓練指揮部正規班 122 期

經歷：排長、連長、裁判官，現任陸軍裝訓部作發室中校研究教官

電子信箱：軍網：chenshauwei@webmail.mil.tw

民網：shauwei629@gmail.com

民網：Please690@yahoo.com.tw