



飛機修護

空軍服役飛機銹蝕現況 暨訓練防制作為探討

空軍中校 方玉龍、空軍上校 鍾玉萍

提

要

飛航整體安全攸關人民生命、財產及設備的挹注，然飛機上之各項航儀電(器)設備屬高度精密設備，造價非常高昂，一旦損壞，往往需付出高價維修費用與等待修復妥善時間，甚而影響飛機妥善率，故需落實維保作為、除按技術規範執行銹蝕防制外，更須瞭解肇因、銹蝕種類、精確判讀、銹蝕防制訓練作為等，在在顯示其重要性，以杜絕潛在危安因素發生，俾有效維持飛航整體安全，確保飛機結構可靠，遂行任務。

臺灣地處亞熱帶氣候，是個四面環海的海島型國家，終年氣溫高且雨量充沛，銹蝕受環境狀況影響而生成為自然現象。其空氣中之水分子含鹽及硫化物比例極高，飛機長期暴露於此環境中，極易遭受銹腐蝕，使結構損傷、航電設備元件及接點發生短路、發動機各模組及組件銹腐蝕故障等，如滴水穿石、日積月累，最終影響飛航整體安全甚為嚴重。

本研究即就空軍服役飛機銹蝕現況說明及銹蝕防制訓練作為、方式、要求重點等加以強化，藉由文獻資料探討整理，以針對空軍服役飛機使用單位(0)-停機線、場站階段(I)查察銹蝕現況肇生成因、單位銹蝕訓練作為等方式，而提出結論，就銹蝕需加強防制部位、程度、類型及後續建議方式等敘述，俾進行銹蝕防治週期與執行重點探討，提供業管單位作為銹蝕防治訓練作業之持續檢討運用參考。

關鍵字：銹蝕、飛航安全、臺灣氣候



壹、前言

銹蝕是金屬或物質與其週遭環境反應所產生的電化學氧化分解腐蝕現象。^{【註1】}，大多數是在有水份的環境下進行，因為水是一種很好的液體，能產生高導電性的電解液，^{【註2】}結合大氣中所含的腐蝕性氣體例如氯、硫、硝酸類氣體及其複合物等造成物質銹蝕現象，即使是空氣中所含的氧氣也會與物質接觸造成氧化生銹及腐蝕現象，金屬、木材、橡膠、塑膠、紙張、書籍等都會因為與空氣接觸而產生腐蝕、老化、氧化現象，金屬的腐蝕氧化現象尤其明顯。^{【註3】}

因此，飛機在高鹽份及高含硫量大氣中操作，其飛機蒙皮、電氣線路、接點、開關、航電組件電路板、組件內膜盒、彈簧、連桿、鋼繩、螺桿等金屬元件均有可能發生腐蝕或銹蝕現象，影響系統運作。^{【註4】}故有效防制銹蝕控制方法，即為在銹蝕發生前做好預防維護，如果銹蝕產生亦應立即處理，避免情況嚴重惡化(如圖1)。^{【註5】}

為確保銹蝕防制得宜，管控在可預防範圍內，各級幹部平日即建立所屬人員保養重於維護及修護重於購置的觀念，落實裝備保養，並以裝備維護零缺點為目標，不僅能瞭解掌握部隊戰備整備成效、部隊維護安全執行概況，更能從中發掘潛存問題，據以檢討改進，有效提高裝備妥善率。^{【註6】}

承上，臺灣屬於典型海島型國家，地處於亞熱帶區域，中央有中央山脈分隔，高溫、高溼與高鹽份附著於其中環境，加上臺灣工業蓬

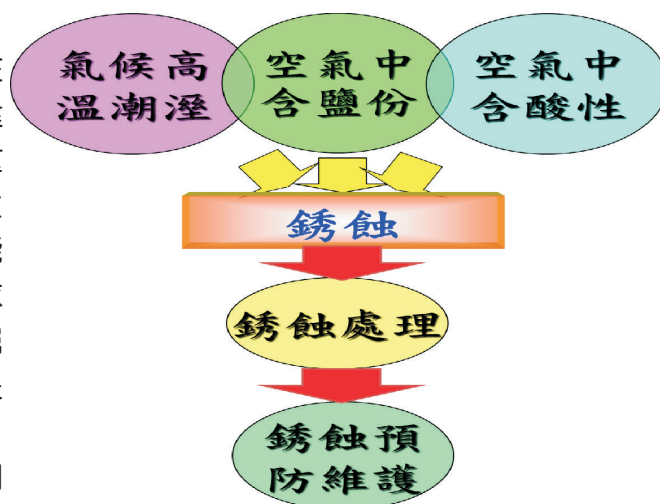


圖1 銹蝕成因圖

資料來源：本研究整理

註1 pep防銹膜常見問題<<http://www.super-pep.com.tw/pep-c/q&a.htm>>(索引日期：104年7月26日)。

註2 柯賢文，〈腐蝕及其防制〉，(台北：全華科技圖書有限公司)，頁227。

註3 同註1。

註4 劉鴻鈞，〈直升機之航儀電設備與環境及氣候之影響探討與因應方案〉，<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zgFImRP9rkMJ:http://chinese.nasc.gov.tw/ezfiles/0/1000/attach/76/pta_828_7167384_43808.doc%2B%E9%A3%9B%E6%A9%9F%E6%B8%85%E6%B4%97&rls=com.microsoft:zh-tw:IE-SearchBox&rlz=117ACEW_zh-TWTW392&hl=zh-TW&ct=clnk>(索引日期：104年7月26日)。

註5 賴修成，〈飛機清洗、除漆、銹蝕處理及噴漆〉《飛機廠級維修暨管理概論》，P134。

註6 軍事新聞社，〈陸軍52兵群裝備檢查 落實維保厚植戰力〉，2015年5月15日。<<http://history.n.yam.com/gpwb/life/20150515/20150515035846.html>>(檢索日期：104年7月26日)。



勃發展造成空氣污染的結果，大氣對金屬腐蝕的影響極鉅，致金屬結構物服務壽命未及設計年限就已銹蝕損壞，【註7】在高溫潮溼的環境下有利於腐蝕發生。本質上，腐蝕是個無法避免的過程，只能以適當的處置來延緩發生或降低所帶來的損害，【註8】然銹蝕防制作為受限於大氣中所含的腐蝕性氣體例如氯等，其防制之道格外艱辛，為防止飛機金屬銹蝕，飛機蒙皮、結構經銹蝕處理及鋁合金轉化乾燥後，立即實施噴塗環氧底漆，確保銹蝕處理效果及掌握後續銹蝕情況控制，維護戰機機體安全，【註9】以強化服役武器裝備能妥善無虞執行演訓任務。因此，僅就空軍服役飛機使用單位(0)-停機線、場站階段(1)查察成因、種類、現況、銹蝕訓練作為等方式，藉以分析銹蝕防制訓練因應之道，落實銹蝕防治策略，確保飛機結構件的可靠無虞，提供權責單位參酌檢討運用。

貳、銹蝕成因理論及種類

影響金屬銹蝕及銹蝕速率若干因素成因：金屬類型、存在不同低銹蝕性金屬(電解銹蝕)、陽極及陰極表面區域(電解銹蝕內)、溫度、熱處理及晶粒方向、存在電解質(硬水，鹽水，電瓶液等)、氧氣有效性、相同電解質有不同濃度、存在生物有機體、銹蝕金屬上機械應力及曝露於銹蝕環境時間等11個因素如下：【註10】

- 一、金屬之類型：飛機結構使用之材質即決定飛機銹蝕形成之速率。一般活性金屬(易喪失電子趨向者)較易銹蝕，如鎂等；非活性金屬(不易喪失電子者)較不易銹蝕，如貴重金屬之金、銀等；另一種為具備高強度、高剛度且耐銹蝕之特性合金類金屬材料如鋁合金、鈦合金等，已逐漸使用於飛機整體結構上，具有良好的普及性。
- 二、不同金屬之結合：當兩種不同金屬接觸時因其電位之差異即會產生銹蝕。電位差異愈大，則產生銹蝕愈快，如鎂在濕空氣中與金結合時即快速銹蝕。
- 三、陽極及陰極表面區域：銹蝕產生之速率視金屬陰、陽極接觸面積大小而定，一般如銹蝕金屬(陽極)之表面面積小於低活性金屬(陰極)之表面面積，則銹蝕即快速且嚴重；反之，銹蝕金屬表面面積大於低活性金屬時，銹蝕則緩慢且膚淺。
- 四、溫度：一般而言，高溫之環境會加速化學反應，因此會加速金屬銹蝕之產生，另在夜間氣溫下降產生較大量之霧氣，亦導致銹蝕速率增快。

註7 羅俊雄，〈台灣地區大氣腐蝕環境分類〉，〈<http://www.tiscnet.org.tw/readtech.php?type=5&no=164&page=2>〉(索引日期：105年1月10日)。

註8 魏楞傑，〈老舊飛機的結構疲勞及腐蝕〉，空軍學術雙月刊640期，2014年6月，頁157-158。

註9 中央日報，〈海島型氣候 軍機防銹學問大〉，2012年9月22日。〈http://www.cdnews.com.tw/cdnews_site/doc-Detail.jsp?coluid=108&docid=102048616〉(檢索日期：105年1月10日)。

註10 同註5，P145。



五、熱處理及晶粒方向：當金屬受熱處理後，因其剖面無法均勻冷卻，造成金屬晶粒方向不平衡，則某一區域之電位大於另一區域時易產生電解銹蝕。

六、電解質：當水氣凝結、含鹽霧氣、雨或水積聚時，易於金屬表面上形成導電溶液。塵埃、鹽分、積聚之酸性氣體及發動機之排氣均可溶解於潮濕表面



圖3 氧化銹蝕

(資料來源：晚圖網<http://www.nipic.com/show/1917931.html>)
上，增高電解質之導電性，將增加銹蝕之速率。

七、氧氣有效性：金屬表面長期曝露於空氣中，與空氣中的氧氣產生氧化還原作用，加速銹蝕之產生。氧氣濃度愈高產生銹蝕速度愈快。

八、電解質濃度：當金屬曝露於電解質中因受電解質濃度不同之影響，金屬表面會有不同濃度之氧氣時，則易產生銹蝕。另金屬表面上電解質之濃度，自一部位改變至另一部位時，亦會產生銹蝕。

九、生物有機體：黏土、菌類植物或其他活性有機體(某些微生物)皆可在潮濕表面上滋長，一旦形成，則該區域有維持潮濕之趨向，而增大銹蝕之可能性。其出現可使其佔據之區域具有不同之氧氣及電解質濃度，易產生銹蝕。

十、時間：金屬會隨時間自然趨向於銹蝕；在某些狀況下，不論金屬曝露於所處環境之時間多長，銹蝕均會以相同速率進行。

十一、機械應力：飛機結構內所用之合金，幾乎均易產生一種稱之為應力銹蝕開裂之銹蝕，如機製、成形、焊接或熱處理過程均可使工件內產生應力。此殘留之應力在結構方面，使零件之重要區域內之銹蝕發展更為快速。

承上所述，由於物質材料和環境的相互作用，導致結構被破壞或性質劣化，稱為銹蝕，【註11】其種類有諸多類型，若要逐一探討，恐失真焦點，本文僅探究飛機合金結構暴露在潮濕的空氣中遭到腐蝕。腐蝕可能在某個局部集中出現，從而導致材料上出現孔洞甚至裂縫，【註12】統計在服役壽命期間最常發生銹蝕類型有表面銹蝕等6項，餘銹蝕種類不在此探討，使對銹蝕種類深入瞭解如后：

一、表面銹蝕(Surface Corrosion)：是一種表層與空氣氧化而形成之均勻銹蝕，會使成金屬表面之光澤變得暗淡或變色，很容易以目視檢查出來。表面銹蝕同時

註11 張裕祺，〈金屬腐蝕的科學〉，科學月刊531期，2014年3月3日。

註12 腐蝕，《維基百科》，〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%85%90%E8%9A%80>> (檢索日期：105年1月10日)

顯示金屬表面之保護層已經有破損，而使得空氣及溼氣滲入，造成氧化現象(如圖3)。為防止表面更嚴重之銹蝕，應儘速檢查與修補。【註13】

二、剝離銹蝕(Exfoliation Corrosion)：這屬於一種晶粒間銹蝕(Intergranular Corrosion)，詳如圖4。水氣侵入金屬結構尾端中，而造成其結構腫大且晶粒剝離現象，特別是鋁擠型零件。【註14】

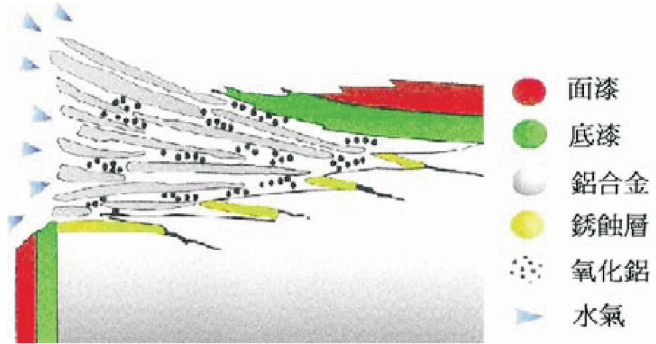


圖4 剝離銹蝕

(資料來源：航空器結構銹蝕維修計畫擬定程序研討)

三、電位銹蝕(Galvanic Corrosion)：兩種有電位差的材料相接，其交接處若有水分作為電解液，陽極較強之材料會因為表面材料元素的電離子被另種陰極材料所吸引過去，而在表面造成銹蝕，詳如圖5。【註15】

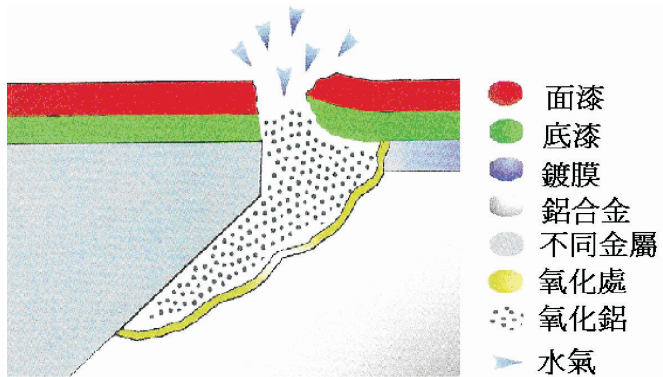


圖5 電位銹蝕

(資料來源：航空器結構銹蝕維修計畫擬定程序研討)

四、應力銹蝕(Stress Corrosion)：當拉應力與銹蝕環境同時存在時，才會產生應力銹蝕。合金材料會因為銹蝕而產生裂紋，如凹孔銹蝕，這些裂縫在使用過程中，受到往複式應力作用而逐漸擴大，詳如圖6。另外在銹蝕過程中，原本具有延展性之合金材料會變成脆化，材料會在應力未到降伏點(Yield Point)時，發生毀損現象。有時不需要外力，在製造過程中所殘留之內應力或熱應力就會造成結構毀損。【註16】

五、麻點銹蝕：鋁及鎂合金上最普通之銹蝕，首先可見者為白色或灰色粉狀的沉澱

註13 何志勤、沈坤耀，〈航空器結構銹蝕維修計畫擬定程序研討〉<http://www.google.com.tw/url?url=http://ir.lib.ctu.edu.tw/bitstream/310909700/6298/3/%25E8%2588%25AA%25E7%25A9%25BA%25E5%2599%25A8%25E7%25B5%2590%25E6%25A7%258B%25E9%258A%25B9%25E8%259D%2595%25E7%25B6%25AD%25E4%25BF%25AE%25E8%25A8%2588%25E7%2595%25AB%25E6%2593%25AC%25E5%25AE%259A%25E7%25A8%258B%25E5%25BA%258F%25E7%25A0%2594%25E8%25A8%258E.pdf&rct=j&frm=1&q=&esrc=s&sa=U&ved=0CEcQFjAMahUKewjxuJSkrPfGAhWKnZQKHfSpBZ8&usg=AFQjCNFqtUYiT6YCqoYLr3f686_S_E8K7Q> (檢索日期：104年7月26日)

註14 同註13，P5。

註15 同註13，P6。

註16 同註13，P6。



堆積物，類似灰塵，使表面佈滿斑點(如圖7)。當澱積物清除後，表面上可清楚見到微小凹坑或孔洞。【註17】

六、微生物腐蝕(MICROBIAL GROWTH)：霉菌繁殖所產生的分泌物對構件的腐蝕稱為微生物腐蝕(如圖8)。影響微生物繁殖的主要因素是：霉菌孢子、燃油、水和度。霉菌在燃油和水的交界面上繁殖，呈長絲型，相互交織在一起形成網狀物或球狀物，看上去很黏，呈褐色或黑色。這種霉菌分泌物能破壞和穿透鋁合金結構保護層和密封膠，從而腐蝕鋁合金結構。【註18】

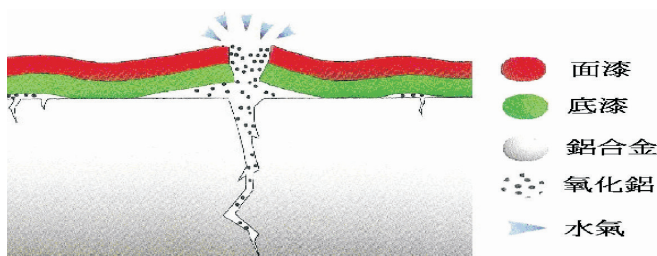


圖6 應力銹蝕

(資料來源：航空器結構銹蝕維修計畫擬定程序研討)



圖7 麻點銹蝕

(資料來源：飛機廠級維修暨管理概論)

參、訓練的意義

訓練簡單來說就是為了提升工作效率，而對任職前或已在職工作人員的技能、知識、思想、行為及態度等，所作之各種教育或輔導。如果是從組織成員的角度來看，訓練是一種學習的過程，也就是一種為增進個人工作知識及技能，改變態度、觀念，以提高工作績效的學習過程；因此組織在從事訓練時，



圖8 微生物銹蝕

(資料來源：中國腐蝕與防護網<http://www.ecorr.org/news/fu-shikepu/2014/1217/9763.html>)

必須遵循一些學習的原理、原則，才能發揮訓練的效果。【註19】因此，透過教育訓練可使各項專業知能不斷地提升，隨時保持擁有最新的能力、技術，以最好的專業

註17 同註5，P146。

註18 飛機結構的氧化腐蝕問題，《中國民用航空維修協會》，< http://www.camac.org.cn/news/show.php?news_id=542> (檢索日期:2015年8月23日)

註19 吳復新，《人力資源管理》，(台北：空中大學，1996年)，頁162。



來提升工作品質與效率，並從中獲得個人工作的成就感。【註20】誠如臺積電董事長張忠謀說，訓練員工最好的方法就是給他事情，也給他責任，【註21】即是

表1 教育與訓練之比較

項目	教育	訓練
目的	獲得基本知識	獲得專業知識與技能
基礎	以個人為主	以工作為主
範圍	較廣	較狹
時間	較長	較短
功能	發展	培養專才

這個道理。空軍服役飛機擔負臺海領空捍衛重責，

資料來源：郭芳煜，《怎樣做好員工訓練》，（台北：管拓文化事業，1987年），頁15。

其維保訓練不容許有一絲疏忽。因此，為確保航空器之飛航安全，在其使用壽期期間，必須持恆保有原有之結構強度，所以在設計、製造時期及後續維修均須將環境造成之結構衰退因素考慮進去。在設計階段，結構設計人員必須考量飛機必須經歷之環境與氣候之變化，預測這些因素對飛機結構之影響，同時對飛機之結構實施防腐防銹處理。另外亦同時評估服役期間，各項營運與維修等工作對結構造成之損壞，可能引起銹蝕影響程度，而擬定定期檢查與維修計畫，【註22】藉由回溯軌輪至訓練作為評估上，教導人員訓練執行得當，並確保訓練方法得宜，可勝任飛機防制作為。故教育訓練的目的在於幫助個人奠定其日後發展自我的基礎，並充實其本身發展的潛能；訓練的目的是基於工作上或業務上的需要而培養個人技能或知識（如表1）。【註23】

承上所述，教育訓練最主要的目的即在於培育人才，並蔚為所用，透過教育訓練可使人員習得所需的知識技能，加以運用在工作上，增進績效的達成，及使人員有更高的工作產出，提升工作品質、士氣、較佳的滿意度並降低離職率。【註24】如同學者陳永甦所闡述：認為員工擔任某項業務與職責所必須要的知識、技能及態度等往往與原先被期望的目標、基準規則有所差異，為了彌補或者拉近這兩者之間的差異距離，【註25】必須施以教育訓練，故教育訓練可用學習的方式，以提升員工的知識技能，具備能力完成任務。

又如學者黃英忠、曹國雄、黃同圳、張火燦與王秉鈞認為教育訓練對於員工來說，可以達到下列目的：【註26】

註20 楊瑞華，《政府機構採購專業人員訓練與職務勝任感之研究—以台東縣為例》（國立臺東大學教育學系（所）碩士論文，2007年），頁5。

註21 張忠謀，〈張忠謀專題演講：論企業再造〉《批踢踢實業坊》，1998年10月7日，〈<http://www.ptt.cc/man/ch4th301/DD86/M.992799628.A.html>〉（檢索日期：2014年1月16日）。

註22 同註13，頁5。

註23 郭芳煜，《怎樣做好員工訓練》，（臺北：管拓文化事業，1987年），頁15。

註24 吳美連、林俊著，《人力資源管理》，（台北：智勝文化，1999年），頁167。

註25 陳永甦，〈教育訓練品質的探討〉，《品質管理月刊》，36卷8期，2000年：頁66-70。

註26 黃英忠、曹國雄、黃同圳、張火燦與王秉鈞，《人力資源管理》，（台北：華泰，1998年），頁92-93。



- 一、使員工勝任工作：訓練提供員工學習工作所需的知識、技術、能力和實務經驗，可以提升員工的工作表現。
- 二、訓練可以協助員工成長，並幫助員工面對新的工作挑戰與升遷。
- 三、訓練可以使員工因為工作表現的提升而獲得獎勵、加薪、提升員工的滿足感。
- 四、訓練可以提升員工的工作水平，減少錯誤、提升工作品質。

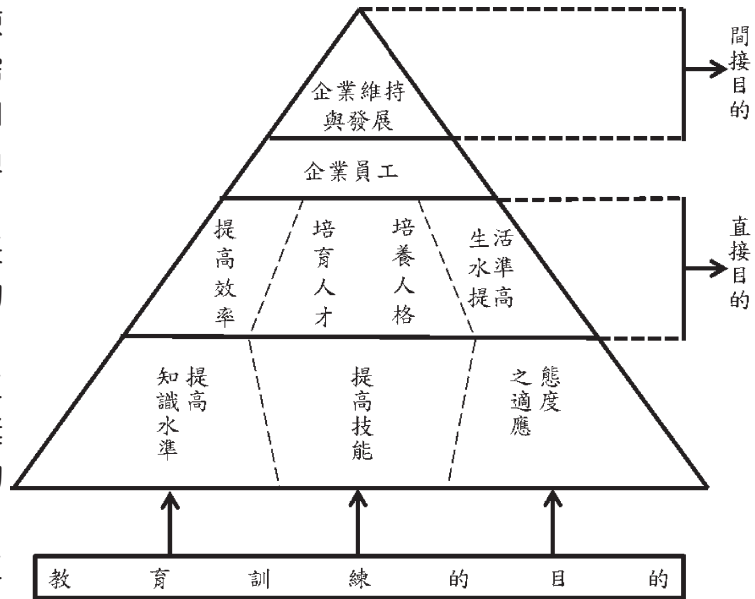


圖9 教育訓練的目的

- 五、訓練可以提升員工的工作適應程度、降低流動率。

資料來源：吳秉秀，《現代人事管理》（漢城：博英社，1983年），頁81。

故為提高員工之知識或技能，並賦予其積極自我發展之動機，進而提高企業組織的效率，謀求企業的發展，【註27】視為其最終目的。因此，如圖9所呈現教育訓練之直接目的可分為：提高員工知識、技能及態度之適應等三項。就員工方面是以提高員工生活水準，培養健全人格為目的；而企業方面，則以提高經營效率及培育人才為目標。也就是說，教育訓練一方面是要提高員工技能、技術以及改善工作的態度，進而提高業務的效率；另方面則以提高人才素質，達到確保所需人才為目的。同時，就間接目的而言，是要企業及員工達成其共同目標，而最終目的則是要維持企業之不斷發展，進而成為社會發展之基礎及原動力。【註28】空軍教育訓練即是依循著這個方向努力執行，進而發掘精進作為，謀求改善之道。

然為了達成教育訓練目的，其實施的方式，依組織之型態，可區分為公司內教育訓練及公司外教育訓練。公司外教育訓練是指一個企業限於組織之規模及業務量或訓練內容之特殊性，委託公司外之各種管理機構、訓練機構或以建教合作之方式來開發員工之能力；而公司內之教育訓練乃是公司依本身的需求訂定訓練的計畫，聘請講師在一定的場所自行辦理的訓練。【註29】

註27 黃英忠，《產業訓練論(再版)》（臺北：三民書局，1993年），頁16-19。

註28 同註25，頁16。

註29 William McGehee and Paul W. Thayer, "Training in Business and Industry," (McGraw-Hill Book



教育訓練大致說來有三種基本方式，O. J. T(on job training；工作中訓練)方式、Off J. T.(off job training；工作外訓練)方式及S. D.(self-development；自我啟發)方式，分別論述如后：【註30】

- 一、工作中訓練(O. J. T)：所謂工作中之訓練是指在具體的職務上，直屬上司直接對部屬實施個別業務指導的一種訓練方式；換言之，工作中之訓練是在工作中接受指導訓練之意，可說是一種實際上的機會教育及親身體會力行的訓練。因此，上級管理者對教育訓練，不僅施以單純職務上訓練，更應該設身在社會層次上，以前輩的身份教育所屬員工具備正確的工作態度及圓滿的人生觀，並激勵部屬奮發向上。【註31】
- 二、工作外訓練(Off J. T.)：所謂Off J. T.是指職務外或離開工作單位的訓練；換言之，即有專門人員負責之所有O J. T.以外的教育訓練。不論企業內本身所設立的訓練所或研修院等特定的設施所舉辦的訓練或定期乃至不定期的講習會、演講會等均屬Off J. T.，就其訓練內容而言，具有集合式教育的特性。【註32】
- 三、自我啟發(Self Development)：自我啟發係指正確掌握自己所擁有的知識或能力，並以自願方式學習自己所必需較高程度的知識或能力而言。亦有稱為自我開發、自我革新或自我學習者。企業為提升從業人員的能力，而實施了各種教育訓練，惟由經驗獲知，若個別從業人員的能力無法提升，教育訓練的真正效果便無法發揮。自我啟發(SD)近年來已與工作崗位上訓練(OJT)及工作崗位外訓練(OFF JT)鼎足而立，成為企業內訓練的重要環節。【註33】

故綜合上述訓練的實施方式，教育訓練作為最終主要目的即在於培育人才，期藉由教育訓練使各項專業知能不斷地累積提升，隨時保持擁有最新的能力、技術，以最好的專業來提升工作品質與效率，並從中獲得個人工作的成就感。故本研究引用Kirkpatrick提出的四層次評估模式為基礎，鎖定「反應(reaction)」、「學習(learning)」、「行為(behavior)」及「成果(result)」部分作為探究的主軸，其「反應(reaction)」、「學習(learning)」、「行為(behavior)」及「成果(result)」各層次做法(如圖10)闡述如后，並調查與分析，以歸結出相關可供之建議。【註34】

Co, 1961)，頁213-214。

註30 同註29，頁214。

註31 同註29，頁214。

註32 同註29，頁216。

註33 《商業人才教育訓練》，2014年1月17日，< http://203.68.0.44/stone/ea/unit_15/unit_15_1.htm > (檢索日期：2014年1月17日)。

註34 柯式四級培訓評估模式，《MBA智庫百科》，<<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E6%9F%AF%E6%B0%8F%E5%9B%9B%E7%BA%A7%E5%9F%B9%E8%AE%AD%E8%AF%84%E4%BC%B0%E6%A8%A1%E5%BC%8F>> (檢索日期：2015年8月22日)



一、反應層次：評估被培訓者的滿意程度，【註35】可修正訓練方案的實施，如訓練課程的安排、訓練流程規劃等實施評估。

二、學習層次：測定被培訓者的學習獲得程度，【

註36】以評估訓練學習的

成果，例如銹蝕訓練前

後人員知識技能增進的程度、銹蝕判斷程度。

三、行為層次：考察被培訓者的知識運用程度，【註37】在培訓結束後的一段時間裡，評估訓練後對於學員的影響，例如工作效率的提高、訓練後之工作態度、訓練預防判斷方式及飛航事故的減少等項。

四、成果層次：計算培訓創出的經濟效益，【註38】即評估完成訓練後一段時間，其工作實務上的「貢獻」，可降低因銹蝕防制訓練不足所致肇事原因。因此，依銹蝕防制理論、種類、統計探討成因或自行評估，亦恐會造成一些主觀的偏誤：諸如暈輪效果(halo effect)、刻板印象(stereotyping)等，故利用「評核來源多元化」方法來消除此缺失，不易因主觀判斷並參酌相關評估作為(如圖11)【註39】，以研擬適切解決方案，減少維護人力負擔，降低維護成本，發揮最大效益，從而訂定銹蝕防制計畫，紮實從嚴執行。

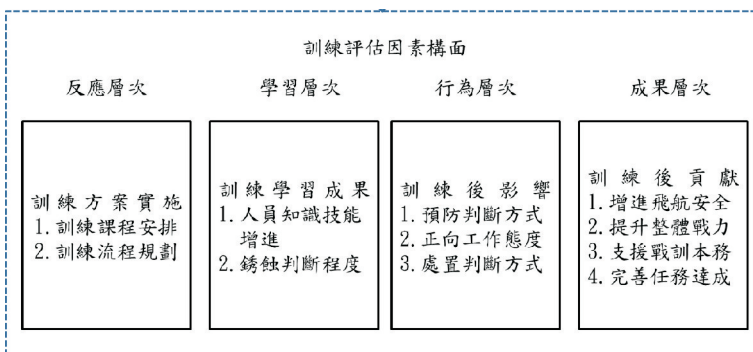


圖10 研究架構圖

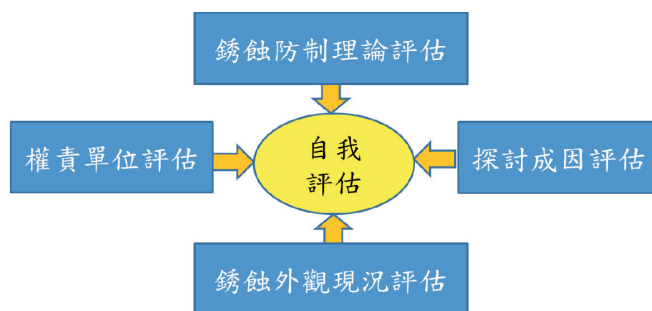


圖11 評核多元化

資料來源：本研究整理

肆、銹蝕現況及空軍訓練防制作法

有了上述教育訓練的基礎所在並運用於空軍教育訓練作為上，它不但賦予了從

註35 同註34。

註36 同註34。

註37 同註34。

註38 同註34。

註39 黃同圳、童小洋，〈公務訓 機構訓 業務人員所需職能及在職訓 課程之研究〉，「公務人 發展中心委託研究 結案報告」(桃園：國 中央大學人 資源管 研究所，2003年12月)，頁51。

業人員可供遵循的方向，亦提供反應層次至成果層次，各層面可供修正的裕度，以遂行支援戰演訓任務。對空軍一架造價不菲的飛機而言，探究銹腐蝕的結果多是肇生損傷飛機的主要成因之一，它影響著飛機的使用出勤率和使用壽命及飛機的使用維護成本，輕則影響任務的完成，重則危及飛行安全。【註40】由於飛機結構件大多是由鋁合金與鎂合金製成，所以在飛機製造過程中，採用的防氧化腐蝕工藝，主要是陽極化、塗漆、噴塗防腐蝕劑等。因此，就腐蝕本身防治而言，其成因與現象都比較複雜。飛機有些部位具腐蝕的隱蔽性，增加了飛機結構安全的隱患，然從空軍修護手冊律定之品管分析月報、飛機銹蝕缺點、定期維護計畫納入訓練計畫中執行，【註41】雖可達成效，仍有部分

主要銹蝕區域

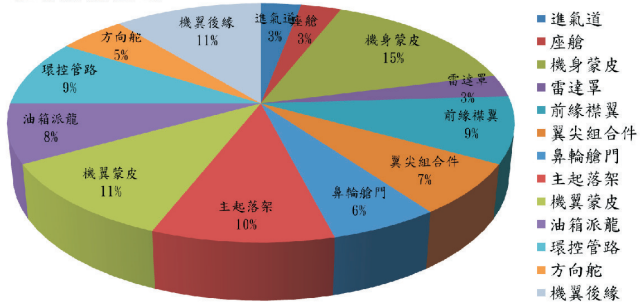


圖12 銹蝕區域

(資料來源：本研究整理)

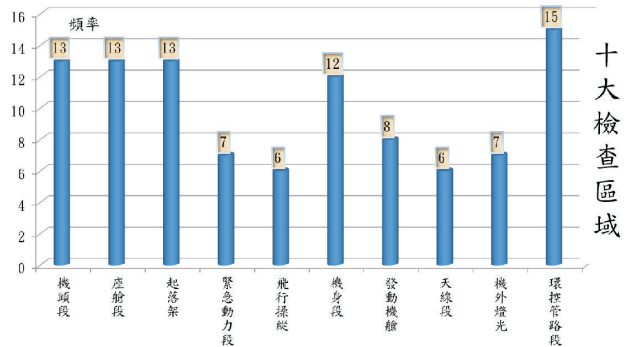


圖13 銹蝕檢查區域

(資料來源：本研究整理)

區域未盡功成。【註42】鑑此，空軍除依服役飛機銹蝕防護作業指導外，亦配合服役飛機使用國召開結構整合計畫國際年會，以廣續監控相關裂紋、結構疲勞情況並與世界服役各飛機會員國同步更新提升機隊管理技術，尋求合適解決方案，以減少維護人力負擔，降低維護成本，發揮最大效益。從而訂定銹蝕防制計畫，並運用空軍後勤資訊系統(100至105年)蒐集機隊銹蝕易發生區域(如圖12)，經查大部分銹蝕缺點為裸露艙區結構輕微銹蝕、進氣道內部隱蔽銹蝕等，其肇生原因多為環境中之高鹽分化學物導致漆料附著度不佳及脆化現象，一旦遇到殘留水氣作用銹蝕即生，經空軍專業人員依系統發生銹蝕部位分析，計10大檢查區域(如圖13)於停機線銹蝕防制、每日部位擦拭及易腐蝕區域查察等，運用反應至成果層次防制訓練手法，經參酌空軍後勤資訊系統銹蝕肇因統計後，已逐漸避免肇因擴大(分析對照如圖

註40 民用飛機腐蝕防護設計方法研究，(國信論文網)，< http://guoxinlunwen.com/Paper_View.asp?ID=324&SortID=31 >(檢索日期:2015年7月26日)。

註41 空軍司令部印頒，〈空軍修護手冊〉，(2009年7月8日)，頁4。

註42 同註18。



14)，其中因臺灣屬海島型氣候，銹蝕受空中水氣成分影響，為自然現象，維護人員應設想銹蝕生成為持續不斷的，如何針對銹蝕緩慢生長因素及維修檢查手法增列防範作為，並採行下列幾點建議作為，供權責單位納入參酌。

一、依空軍修護手冊規定編定年度銹蝕檢查及預防計畫並據以抽檢，【註43

1 另構建銹蝕誘發機制

及預防計畫 (Corrosion (資料來源：本研究整理)

Awareness and Prevention Program, CAPP)資料庫、銜接空軍銹蝕預防作為及參考美國國防部銹蝕防禦網站 (Department of Defense, DoD)、以審視結構維修計畫 (Fleet Structure Maintenance Plane, FSMP) 資料庫來逐級檢討補強強度、及FSMP/分析記錄卡工具 (FAST)，紀錄過往補強情事，及後續可能衍生銹蝕再次補強必要性。

二、銹蝕成因複雜，經過案例分析後，可多省思肇因生成、衍生結果，並藉由每月品管分析月報將銹蝕分析、缺點紀錄，檢討修訂銹蝕檢查及預防計畫，使飛機銹蝕檢查適用於本島氣候因素及飛機機齡使用情況，以擴大銹蝕控制與預防功能；另將飛機可視區域銹蝕防制，區分為停機線檢查及週期檢查2階段，於各階段進場維護律定專責人員定期執行，針對銹蝕情況多集中於部分系統，應輾轉於銹蝕訓練作為中，藉教學相長，建立完整資料庫，運用魚骨圖分析、防範，得以確保銹蝕成效，使各專業人員能掌握系統艙區情況，明瞭易銹蝕區域，持恆教育訓練關切生成要素，依各項防制要領執行，確保飛機結構防銹效果得宜；另督管幹部要發揮督管功能作為，採「預防為先」為目標，藉嚴密周詳查察，切陳時弊反映問題癥結，藉「不定期」及「隨時隨地」之作法，隨機查核銹蝕防制是否適序、適人、適質、適量，秉持著「找問題解決」，思維追根究抵，促使部隊進步，確保戰力不墜。

三、廣蒐服役飛機使用國結構銹蝕議題年度摘要、結構整合及相關資訊，並請美軍

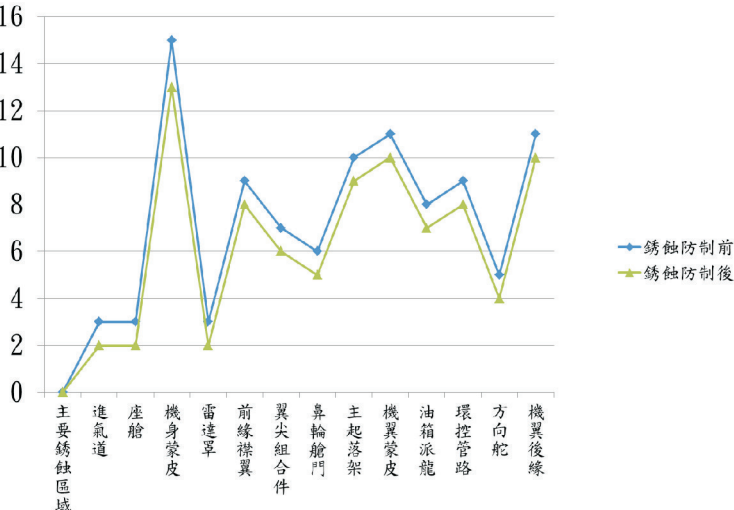


圖14 銹蝕防制前後對照

註43 同註41，頁2-3。



專案人員軋輸銹蝕訓練處理教學，汲取美國防制銹蝕處置經驗，反饋於空軍銹蝕資料庫運用，好的部分我們採納運用、不好的部分我們引以為鑑，以強化銹蝕控制與預防訓練作為，研議窒礙具體改進措施；另採購如測厚儀(孔徑量測)、鉸孔刀(孔徑修磨)及技令等，由專案人員教導空軍針對隱蔽處加以處理，以防範於未然，空軍相關、相同的專業單位，平日做好各項交流工作，在交流當中可以發現對方銹蝕防制的長處與優點，長處我們來擷取，短處我們來避免，秉不藏私、傾囊相授，以避免及防止，觀摩單位要虛心學習，不恥下問，學得寶貴經驗。

- 四、尋找替代材料，以杜絕銹蝕生成，對於隱蔽艙區，運用複合式材料噴塗，限縮於一隅，以隔絕水氣、鹽份、硫化物等，使銹蝕無法持續進行或減緩銹蝕速度，由專業人員協處，確維飛機構件可靠無虞。
- 五、運用反應至成果層次防制訓練手法並參酌後勤資訊系統每年統計銹蝕現況生成數，對於銹蝕增加明顯區域深入探討維修檢查手法是否不同、成因差異，及週期性防制是否增列頻率等，納入資訊系統統計分析，使呈現資料避免失真，易於判讀。
- 六、銹蝕防護作業所需設備、裝具及料件，因各型裝備、飛機等作業環境及受銹蝕危害程度等有所不同，檢討評估裝備維保所需裝具及料件辦理籌購備料，以利維保作業遂行。
- 七、各飛機於飛行後或地面待命時應規劃停置於棚廠或機庫內，以減緩長期曝曬於高溫環境下，改善停儲作業環境，不足部分再檢討機庫設置提早因應；另注意飛機漏水孔有無堵塞及積水，並加以清理，以預防餘水聚積於飛機不易查察死角，腐蝕飛機結構及造成各項組件、電氣設備及線路短路，避免增加系統故障率，影響戰機出勤任務遂行。

伍、結論

飛航整體安全性攸關人民生命、財產及設備的挹注，絕不能疏忽漠視，尤以飛機上之各項航儀電(器)設備係屬高度精密設備，造價不同一般設備，價值高昂不斐，一旦損壞或功能不彰，往往需付出高價維修費用與等待修復妥善時間，甚而影響飛機妥善率，就空軍而言，各項任務都具有時效性，務須於最短時間內出擊，以達成作戰任務。因此，落實維保各項作為更顯重要，除按現行技術規範執行銹蝕防制外，執行維保作業人員更須明白瞭解肇因、銹蝕種類、銹蝕成因，以精確判讀進而



軌輸於銹蝕防制訓練作為等，在在顯示其重要性，以杜絕潛在危安因素發生，俾有效維持飛航整體安全，確保飛機結構可靠，遂行任務。

從探究空軍服役飛機銹蝕易發生部位、區域分析肇因，藉由銹蝕統計分析環境與維保之差異性，即時調整修正，將攸關人員銹蝕防制訓練是否得當，然因部分銹蝕隱蔽性，極不易查察，更受限於海島型氣候與環境影響，使得飛機維保作業更顯艱辛，人員除按維保作為維護飛機外，更應就常發生銹蝕區域，採週期性防制檢查，避免長期停於機坪待命，改以停於機棚內，防止長期曝曬於高溫環境下，不致造成組件損壞，減低飛機各銹蝕肇生比率，以撙節高昂維修費用與維持飛航安全。因此，在銹蝕防制訓練上依過往肇因，妥適規劃防制訓練作為，以培養出技術能力嫻熟的人員，方能在未來支援作戰掌握決勝關鍵，以確保銹蝕處理效果及掌握後續銹蝕情況控制，維護戰機機體安全；本研究相關防制訓練作法，後續宜請相關單位重視，採防微杜漸精神，廣蒐專業知識，透過防制訓練將實務與理論經驗累積，建立知識資料庫，並經由有計畫、有系統的制度、培育高素質之人才。

陸、參考文獻

一、中文部分

專書：

1. 吳復新，《人力資源管理》，(台北：空中大學，1996年)。
2. 郭芳煜，《怎樣做好員工訓練》，(臺北：管拓文化事業，1987年)。
3. 吳美連、林俊著，《人力資源管理》，(台北：智勝文化，1999年)。
4. 黃英忠、曹國雄、黃同圳、張火燦與王秉鈞，《人力資源管理》，(台北：華泰，1998年)。
5. 黃英忠，《產業訓練論(再版)》(臺北：三民書局，1993年)。
6. 陳寬裕 王正華，《論文統計分析實務》(台北：五南圖書，2010年)。
7. 吳明隆，《論文寫作與量化研究》(台北：五南圖書，2012年)。
8. 賴修成，〈飛機清洗、除漆、銹蝕處理及噴漆〉《飛機廠級維修暨管理概論》。
9. 柯賢文，《腐蝕及其防制》，(台北：全華科技圖書有限公司)。
10. 空軍司令部印頒，《空軍修護手冊》，(台北：2009年7月8日)。

期刊論文：

1. 陳永甦，〈教育訓練品質的探討〉，《品質管理月刊》，36卷8期，2000年。
2. 魏楞傑，〈老舊飛機的結構疲勞及腐蝕〉，空軍學術雙月刊640期，2014年6月。
3. 張裕祺，〈金屬腐蝕的科學〉，科學月刊531期，2014年3月3日。

學位論文：

1. 楊瑤華，《政府機構採購專業人員訓練與職務勝任感之研究—以台東縣為例》(國立臺東大學教育學系(所)碩士論文，2007年)。
2. 簡福成，《台電公司在職人員訓練成效評估之研究》，(高雄：國立高雄第一科技大學行銷與流通管理系碩士論文，2005年)。

研討會論文：

- 童小洋，〈公務訓練機構訓練業務人員所需職能及在職訓練課程之研究〉，「公務人力發展中心委託研究結案報告」(桃園：國立中央大學人力資源管理研究所，2003年12月)。

網際網路：

1. pep防銹膜常見問題<<http://www.super-pep.com.tw/pep-c/q&a.htm>>(索引日期：104年7月26日)。
2. 劉鴻鈞，〈直升機之航儀電設備與環境及氣候之影響探討與因應方案〉，<<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zgFImRP9rkMJ:http://chinese.nasc.gov.tw/ezfiles/0/1000/attach/76/>>



pta_828_7167384_43808.doc%2B%E9%A3%9B%E6%A9%9F%E6%B8%85%E6%B4%97&rls=com.microsoft:zh-tw:IE-SearchBox&rlz=117ACEW_zh-TWTW392&hl=zh-TW&ct=clnk>(索引日期:104年7月26日)。

3. 軍事新聞社,〈陸軍52工兵群裝備檢查 落實維保厚植戰力〉,2015年5月15日。〈<http://history.n.yam.com/gpwb/life/20150515/20150515035846.html>〉(檢索日期:104年7月26日)。
4. 何志勤、沈坤耀,〈航空器結構銹蝕維修計畫擬定程序研討〉〈http://www.google.com.tw/url?url=http://ir.lib.ctu.edu.tw/bitstream/310909700/6298/3/%25E8%2588%25AA%25E7%25A9%25BA%25E5%2599%25A8%25E7%25B5%2590%25E6%25A7%258B%25E9%258A%25B9%25E8%259D%2595%25E7%25B6%25AD%25E4%25BF%25AE%25E8%25A8%2588%25E7%2595%25AB%25E6%2593%25AC%25E5%25AE%259A%25E7%25A8%258B%25E5%25BA%258F%25E7%25A0%2594%25E8%25A8%258E.pdf&rct=j&frm=1&q=&src=s&sa=U&ved=0CEcQFjAMahUKEwjxJSkrPfGahWKnZQKHfspBZ8&usg=AFQjCNFqtUYiT6YCqoYlR3f686_jE8K7Q〉(檢索日期:104年7月26日)。
5. 飛機結構的氧化腐蝕問題,《中國民用航空維修協會》,〈http://www.camac.org.cn/news/show.php?news_id=542〉(檢索日期:2015年8月23日)
張忠謀,〈張忠謀專題演講:論企業再造〉《批踢踢實業坊》,1998年10月7日,〈<http://www.ptt.cc/man/ch4th301/DD86/M.992799628.A.html>〉(檢索日期:2014年1月16日)。
6. 《商業人才教育訓練》,2014年1月17日,〈http://203.68.0.44/stone/ea/unit_15/unit_15_1.htm〉(檢索日期:2014年1月17日)
民用飛機腐蝕防護設計方法研究,〈國信論文網〉,〈http://guoxinlunwen.com/Paper_View.asp?ID=324&SortID=31〉(檢索日期:2015年7月26日)。
7. 柯式四級培訓評估模式,《MBA智庫百科》,〈<http://wiki.mbalib.com/zh-tw/%E6%9F%AF%E6%B0%8F%E5%9B%9B%E7%BA%A7%E5%9F%B9%E8%AE%AD%E8%AF%84%E4%BC%B0%E6%A8%A1%E5%BC%8F>〉(檢索日期:2015年8月22日)。
8. 羅俊雄,〈台灣地區大氣腐蝕環境分類〉,〈http://www.tiscnet.org.tw/readtech.php?pr_type=5&no=164&page=2〉(索引日期:2016年1月10日)。
9. 中央日報,〈海島型氣候 軍機防銹學問大〉,2012年9月22日。〈http://www.cdnews.com.tw/cdnews_site/docDetail.jsp?coluid=108&docid=102048616〉(檢索日期:2016年1月10日)。
10. 腐蝕,《維基百科》,〈<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%85%90%E8%9A%80>〉(檢索日期:2016年1月10日)。
11. 莊翊佳,《2014年F-16型飛機結構整合計畫(ASIP)國際年會》,2014年6月25日,〈http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:kn6aRI4ymDcJ:report.nat.gov.tw/ReportFront/report_download.jsp&xsId%3DC10303031%26fileNo%3D001&cd=1&hl=zh-TW&ct=clnk&gl=tw〉(檢索日期:2016年1月10日)。

二、外文部分

專書:

1. William McGehee and Paul W. Thayer, "Training in Business and Industry," (McGraw-Hill Book Co, 1961)。

作者簡介

空軍中校 方玉龍

學歷:空軍航空技術學院90年班、空軍指參學院103年班;經歷:人事官、後勤官、飛修官、採購官、分隊長;現職:國防部資源規劃司中校後參官。

空軍上校 鍾玉萍

學歷:空軍通信電子學校83年班、開南大學運輸觀光學院碩士、空軍指參學院98年班;經歷:通信官、分隊長、教官;現職:國防大學空軍學院上校研究教官。