



人因工程於武器系統之應用

馮文陽

提要

- 一、人因工程學 (Ergonomics and Human Factors) 是一門應用人員能力特性，改善工作系統，使得人員能在安全、衛生和舒適的情況下，發揮其最大工作效率、及提高生活品質的科學。其目的在如何提高生產力(縮短人員訓練時間、增加使用者接受性與操作性)、安全性(減少人為失誤、意外事故、增加系統安全)、及舒適性(降低操作疲勞與過度負荷)。簡單的說：人因工程旨在確保環境及系統/裝備對操作、維修、控制或支援人員的感官、認知及物理特性間能夠達到相容的狀況。
- 二、本文探討人因工程在武器系統整合工作上的應用，並提出國內未來各式武器系統獲得時，如何將人因工程的理念與作法納入考量，如此三軍在使用各式武器系統或裝備時，能得心應手，制敵機先。

關鍵詞：人因工程、武器系統

壹、前言

人因工程起源於歐洲，早在1857年波蘭學者 Wojciech Jastrzebowski首先在波蘭的報紙上提出「人因工程」這一個概念，Ergonomics是從希臘字ergon (亦即工作work) 與nomos(亦即法則)，衍生出"Ergonomics"(人因工程/人體工學)這個字，意旨人因工程是一門研究工作的科學(The science of Work)¹。1945年在美陸軍/海軍成立工程心理實驗室，負責人因工程的相關研究。歐美各國在1950年代亦先後成立人因工程學會，英國(1949)、德國(1953)、美國(1957) 荷蘭(1962)、法國(1963)，推動人因工程之研究與應用。亞洲地區，日本(1964)、大陸(1989)、中華民國(1993)也相繼成立人因工程學會²。人因工程發展趨勢與科技之發展有密切關係，人因工程已應用在大型航空與太空系統、通訊產業、電腦系統、產品設計、工業與公共安全、核電廠自動化系統中之工作設計等，均為國際人因工程研究趨勢。

人因工程的同義字，在美國及加拿大地區以「Human Factors」、「Human Engineering」或「Human Factors Engineering」稱呼之。在歐洲地區則廣泛地使用具有「工作研究」含義的「Ergonomics」來稱呼它。在日本以「人間工學」稱之，中國則以「人類工效學」稱之，而我

國則常常以「人性因素」、「人體工學」、「人因工程」互相交換使用。

三國蜀，諸葛亮《心書》云：善將者，因天之時，就地之勢，依人之利，則所向者無敵，所擊者萬全矣。人因工程首重使用者導向的概念，在發展各式系統裝備或產品時，必須充份注意到使用者的特性，堅持Honor the Users的基本原則，而人因工程所追求的目標則是設計人-機系統之初，必須考慮人類在行為、能力等之限制，使能達到最佳化之配合，以提高生產力(Productivity)、安全性(Safety)、舒適性(comfort)及效率(efficiency)的目標。

貳、人因工程應用的發展史

回顧人因工程應用的發展史，在二次世界大戰期間，美國設計與使用的飛機日益精良，飛行的速度越來越快，但由於人的特性及操作反應的限制與飛機速度無法匹配，以致無法達到美軍軍機設計的預期效果，尤其意外事故不斷發生、操作不靈及命中率不高時有所聞，因此美國軍方提出發展軍事人因工程的重要性，並在1945年美國陸軍/海軍成立工程心理實驗室，從事武器系統研發的人因工程工作。在國外人因工程發展與應用年代可分為軍事人因工程時期(1950s)、工業/製

1 陳志勇，人因工程，勞工安全衛生簡訊，第41期，民國89年。

2 李再長、黃雪玲、李永輝、王明揚，人因工程，華泰文化事業，民國99年9月，p6-11。

造業人因工程時期(1960s)、消費性產品/太空科技大型複雜系統及安全考量發展的人因工程時期(1970s)、人-電腦互動與軟體人因工程/工業安全衛生的人因工程時期 (1980s)、認知(整體資訊處理溝通)人因工程與組織(成本利潤)人因工程時期(1990s)、全球通訊與生態的人因工程時期(2000s)、無國界的人因工程時期(2010s)等³。國外大學在人因工程軍事上之研究如麻省理工學院：雷達照明、電腦輸出裝置等軍事指管系統研究；約翰霍普金斯大學：軍用儀表及控制器之研究；俄亥俄州立大學：雷達、航空管制問題、人造衛星設計、人機系統安全風險、及模擬器之研究等；普渡大學：人機界面、人員適性、機場設施與飛機起飛狀態等。我國國防部近年亦體會人因工程的重要性⁴，於98.01.06 國備獲管字第0980000089號令頒相關教則包含：「國軍武器系統與裝備整體後勤支援教則」中述及…系統安全要檢討的危害範圍包括工作危害、環境危害、人因工程設計…；「國軍主要武器系統與裝備獲得專案管理教則」中述及…生產綱要計畫，含…人因工程規劃計畫…；「國軍主要武器系統與裝備獲得測試評估教則」

中述及…適應性測試評估…其主要評估要素為…人因工程…；「國軍主要武器系統與裝備獲得系統工程教則」中述及…系統工程與管理基本概念…人因工程…，此為人因工程在國防武器系統研製與獲得上提供了要求依據。

參、人因工程研究與應用領域

人因工程的研究與應用範圍非常廣泛，包括生理學、認知心理學、社會學、組織及環境等領域相，一般可概分三個領域⁵：

一、實體人因工程(Physical Ergonomics)

指與人體生理活動有關，如人體計測量學，解剖學、生理學、生物力學等。研究領域包括工作姿勢、作業材料、職業傷害，及在工作中有關於人類的肌肉骨骼、工作場所設計與佈置、安全和健康。

二、認知人因工程(Cognitive Ergonomics)

指人類訊息之接收與處理過程，包括對訊息之偵測、判斷、決策、知覺、記憶、注意

3 Magdalen Galley, 50 Years of Ergonomics – Where have we been and where are we going? <http://www.taylor.it/meg/papers/50%20Years%20of%20Ergonomics.pdf>, 民國102年3月10日。

4 國防部98 年1 月6 日國備獲管字第0980000089 號令頒「國軍武器系統與裝備整體後勤支援教則」、「國軍主要武器系統與裝備專案管理教則」、「國軍主要武器系統與裝備獲得測試評估教則」及「國軍主要武器系統與裝備獲得系統工程教則」。

5 國際人因工程學會聯合會 International Ergonomics Association (IEA) http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html, 民國102年03月08日, p2。

力、分時系統、心理負荷、反應時間、人為失誤等方面。研究領域包括心理負荷、決策、工作績效、人機互動、人為可靠度、工作壓力和訓練。

三、組織人因工程(Organizational Ergonomics)

指研究社會分析，包括組織架構、政策和程序。研究領域包括團隊溝通、人力資源管理、工時設計、團隊合作、參與設計、社群關係、協同合作和虛擬組織等。

以下就三大領域中人體計測與作業空間、控制器及顯示器、工作負荷等議題於國內外軍事系統應用作說明：

(一) 人體計測與作業空間

1. 周代古籍中已有明確記載：戈、矛、戟、殳、戰車、弓、矢有相當的等級，已有定制，對於使用者的能力及作戰效果考量。宋代《武經總要》記載各式裝備的設計，宋軍考量士卒的身材與體力，甚至建立明確的重量與長度的標準，以防止裝備超出人力的負荷，士兵的戰力無法充分發揮。「步人甲」則是宋代步兵的防護裝備，為避免重裝步兵的負荷過重，規定不得超過約30公斤。現代美軍戰鬥負荷的標準重量32公斤，與宋代重

步兵的盔甲相近⁶。

2. 國內人體計測資料庫，國科會及勞委會委託國內大學於民國91年完成建立本土化6至64歲人體計測資料庫，共約9754位樣本，265項靜態尺寸及42項動態活動角度的量測。可提供未來各機具、設備、武器系統等設計人員應運用此人體計測資料庫，來設計各式裝備或工作站，以提供客戶最大的舒適度與滿意度。
3. 國內某計畫機動雷達車，針對車內工作站之工作檯面、伸腳餘隙、及操作員手可及範圍來做評估。評估資料主要根據臺灣地區勞工人體計測資料庫(18-30歲之男性勞工)之值，建議適合目前各尺寸的百分位人群，再將這些百分位統整求出目前雷達站整體所適合之百分位人群，如圖一所示⁷。
4. 運用人因工程方法從目標使用者需求角度，結合人體計測技術，進行反裝甲火箭筒人因操作介面設計，建立操作者之肌肉活動度、肢體操作角度、穩定性等人因設計參數，以獲得適合國人使用之最佳操作介面設計⁸。
5. 艦艇操控臺之人因工程設計與研究，對

6 饒培倫，歷史上的人因工程，科學發展，民國92年8月，368期，p6-11。

7 馮文陽、林久翔、趙金榮，人因工程在雷達作業人機交互作用之探討，新新季刊，第30卷，第2期，民國91年4月，p148-157。

8 張鵬祥、郭承亮，火箭筒操作介面人因工程設計之研究，中正嶺學報，第41卷，第2期，民國101年11月，pp.169-182。



圖一 人體計測運用於機動雷達車內部設計 (作者繪製)

操控臺人因設計思考方面，建議應從三個方面去思考各個維度的設計，包括：設計原理與建議規格間的關係、設計原理與計測資料間的關係、建議規格與計測資料間的關係，同時對艦艇操控臺之臺面高度、座椅高度、水平作業區域、垂直作業區域、座椅深度、座椅扶手高度、座椅靠背、座椅擱腳架、伸腳餘隙、螢幕高度、螢幕角度等方面，利用人體計測資料庫數據，計算出適合之規格尺寸建議值⁹。

6. NASA針對飛行員進行過291項的人體計測尺寸量度，並利用這些資料來設計駕駛艙(內部空間、儀表配置、飛行裝)，以提升飛行安全及戰鬥力。
7. 法國國防部於1976-1986年間贊助推動軍中及民間之人體計測計畫，以作為國

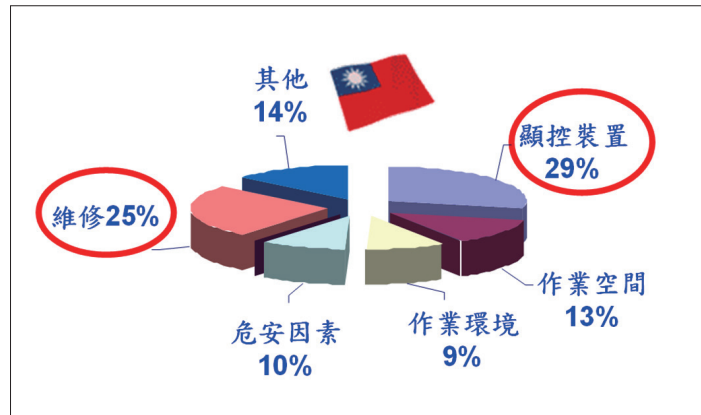
防裝備設計與採購之重要參考數據。

8. 瑞士SIG公司推出之SSG300型狙擊槍之人因工程設計，其考量瞄準鏡、槍托托板、疲勞問題、臉型、斜度等人機系統的問題，使長時間使用而不會疲勞。
9. 美國空軍飛行頭盔的重心設計成與飛行員頭部重心吻合，使飛行員在高G狀況或彈射時，頭盔不會下滑遮住飛行員的面孔。
10. McDonnell Douglas開發設計直昇機座艙乘員設計電腦模擬系統MACMAN，依乘員身材(手臂長、腿長、軀幹重量及長度…)、座椅傾角及位置、操縱桿長度及旋轉中心、眼睛參考位置、方向舵位置及窗戶尺寸與位置等52個參數，以確定所有設計事前可知座艙與乘員是否完全配合。

9 劉仁武，艦艇操控臺之人因工程設計與研究，中原大學碩士論文，民國93年7月。

(二) 控制器及顯示器

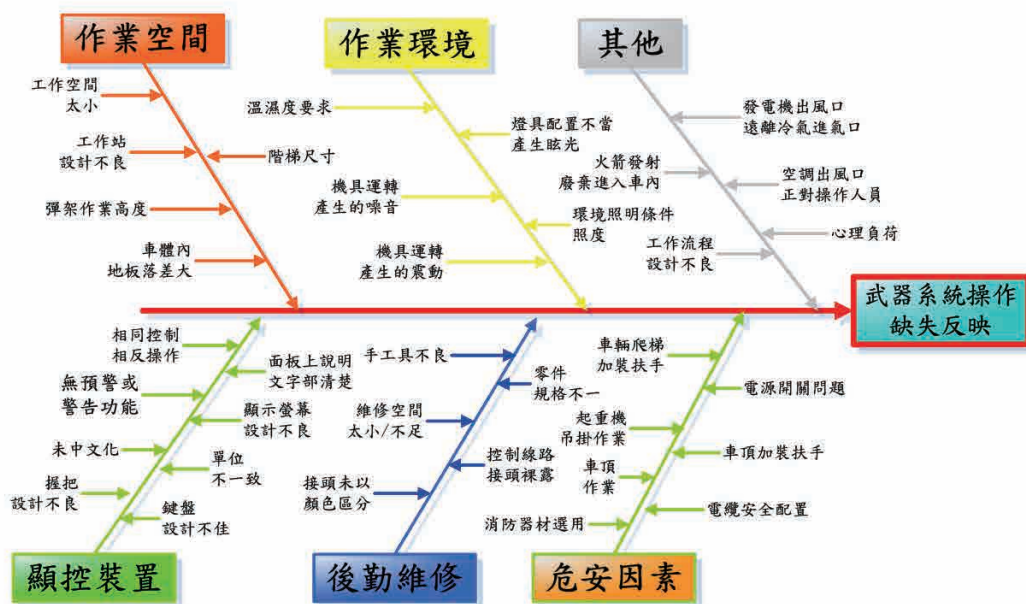
1940s及1950s在歐美先進國家中，在人因工程的研究多為控制器及顯示器方面，故常稱為“knobs & dials”紀元，過去顯示器與控制器的設計與現今比較起來進步非常快速且日趨複雜。故許多意外事故的發生都與顯示器或控制器有關聯。國軍的裝備來自各國或不同的執行計畫，所以武器系統的相容性或零件共用性的設計概念就顯得非常重要，此點與設計思維會有關係，我們曾對國內一些武器系統作過人因工程方面的調查，結果發現現存的缺失中以顯示器/控制器



圖二 國軍對武器系統操作缺失反映統計（作者繪製）

方面的問題最多佔29%(如圖二)，其相關之魚骨圖分析所示(如圖三)，顯見顯示器/控制器的問題是急需改進的方向。

1. 輸入控制裝置最佳化探討¹⁰，以動態模



圖三 國軍對武器系統操作缺失反映魚骨圖分析（作者繪製）

10 Yi-Jan Yau, Chin-Jung Chao, Wen-Yang Feng and Sheue-Ling Hwang, 'The effects of platform motion and target orientation on the performance of trackball manipulation, Ergonomics, Vol. 54, No. 8, August 2011, PP745-754.

擬艙(圖四)，模擬不同的運動模式(靜態、上下起伏、左右搖擺與前後俯仰運動)與不同游標移動方向對操作不同型式軌跡球進行點選作業績效的影響。結果發現運動模式、游標的移動角度與軌跡球的型式會影響點選作業的時間；運動模式與游標的移動角度、游標的移動角度與軌跡球型式有顯著的交互作用，可作為不同載具上，輸入裝置設計參考。

2. 2003年美伊戰爭¹¹，英國皇家空軍二架直昇機在空中發生相撞事件，主因是直昇機為了避開雷達追蹤搜索，採低空飛行，又夜間執行任務行動中應儘量避免

強光，因此飛行員必須配戴夜視鏡，而夜視鏡的視域僅四十度範圍內，飛行員必須不停擺動頭部以擴大觀察範圍，當飛機返航進入通道時往往關閉自己的雷達等電子系統以避免戰艦的電子系統受干擾，這時飛行員只能用自己的肉眼觀察，當太陽快升起時，這時的光線在夜視鏡下將非常耀眼，這種視覺條件嚴重不利於飛行員。

3. 美軍所採用的「MIL-STD-2525B」或國軍援用的新版「國軍聯合作戰符號」，為能達到C4ISR系統之橫向溝通與協調，須搭配電腦連線作業為主要考量，

並採用圖形化介面呈現戰場上的重要資訊，其中包含我軍、友軍、敵軍、不明與中立等部隊的圖像位置之資訊，各自採用不同的顏色呈現，以利於指揮及作戰人員進行迅速的戰場狀況之解讀及識別(如圖五所示)，然聯合作戰符號仍有人因工程設計上的問題，如顯現圖像資訊的螢幕底色，忽略了人員操作環境的常用照明燈光顏色及照度等影響因素¹²，將嚴重的影響



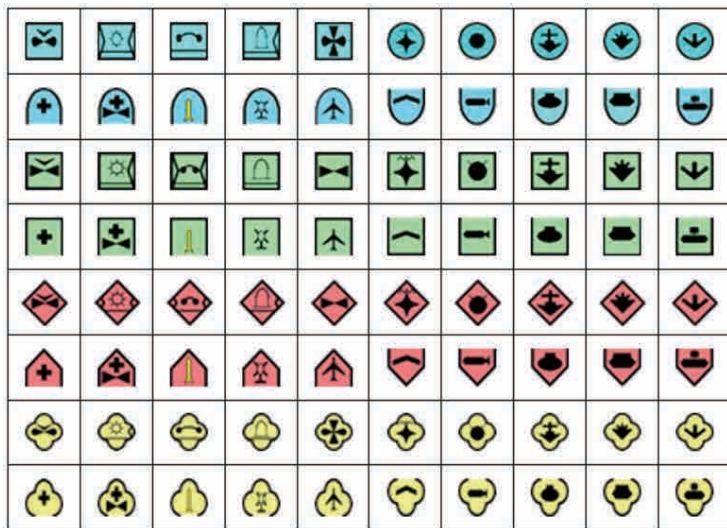
圖四 動態模擬艙(作者繪製)

11 綜合外電報導，飛機相撞戰時尤甚夜視鏡下視野受限，聯合報，民國92年3月24日。

12 曾楓億、黃雪玲、趙金榮、馮文陽，環境照明與螢幕底色對聯合作戰符號辨識績效之研究，Proceedings of the 15th Annual Conference of the Ergonomics Society of Taiwan March 15, 2008.

人員對於液晶顯示螢幕 (Liquid Crystal Display) 圖像顏色辨識的績效，進而導致人員操作時產生辨識不易、混淆、無法及時察覺目標等議題(如圖六所示)。

4. 1994年美軍兩架F-15戰機於伊拉克上空擊落兩架美軍直昇機，2003年美伊



圖五 MIL-STD-2525B聯合作戰符號示意圖
(作者繪製)



圖六 作戰符號戰場狀態示意圖 (作者繪製)

戰爭愛國者飛彈擊落英國皇家空軍龍捲風戰機，調查原因發現都是敵我識別器功能作用不良。

5. 抬頭顯示器雖有其優勢，但是1980-85年間美空軍在好天氣下戴抬頭顯示器仍損失54架飛機，調查結果為眼睛調適問題。
6. 美軍F-15型戰機座艙的複雜度，迫使飛行員在操控時，要兼顧75種不同的資料與警告顯示，並適時反應在駕駛桿上，以及桿上11處按鈕(鍵)；此外，尚有將近300個遍佈座艙的各種電門、按鍵、斷電器、調整器…等，由於F-15設計時在視覺及手指操作上並不適當，駕駛員常弄得身心壓力俱大，因此極易發生事故或操作失誤之現象。
7. 荷蘭SIGNALL公司的MOC MK3指管系統的操作臺包括3D軌跡球，能在3D圖形介面下操作，操作人員可長時間持續工作。
8. 美軍航空母艦上甲板作業人員即由工作服顏色來區別任務種類，如黃色衣服表示控制飛機在甲板上移動；綠色表示操作蒸氣彈射裝置；紅色表示事故急救；藍色表示檢查機輪及鐵鍊固定飛機；紫色負責飛機燃油補充；金屬耐火衣則是消防人員等。

(三)工作負荷

美國陸軍於實際運動的作戰場景下探

討美軍在C2V、AAAV、MACS113與HMMWV指揮車內人員的作業績效¹³，包含震動、環境、作業及士兵壓力的影響，結果發現駕駛HMMWV在顛頗道路上，駕駛績效降低20-30%，錯誤率增加100-120%，有20%的人員更因暈車無法完成任務，同時動態環境也增加辨識與知覺的負荷和壓力；在運動的MACS113車上作業，作業的正確率績效降低7-46%，速度減慢7-40%；在兩棲攻擊車AAAV上，74%的陸戰隊員在操作電腦後有中到重度的暈車現象；在C2(Command and Control)車上，有55%的士兵有中度到重度暈車現象，更有37%的士兵無法正常操作裝備。

飛行員是一種處於高工作負荷的人員，為了瞭解及作為分配員工工作內容與份量的參考，必須分析員工的工作負荷，以便員工能在最好的心理狀態下從事戰備工作。在J-STAR聯星式空中監測機上有18座雷達幕，每位人員要操控多少座才是最佳組合，這就需要考慮人員的心理負荷問題。NATO採用不同的工作負荷分析技術來作為人員心理負荷設計的評估參考。國外正研發一種駕駛員與飛機介面之設施，以即時評估駕駛員目前與實際負

荷認知之差異，以作為調整飛行員作業方式，增加操作績效。

肆、人因工程組織發展

一個工作的推動是否會成功，往往與組織是否被重視有關，而先進國家的軍方或政府等重要研發機構早已設立人因工程專責單位，負責處理人因相關之研發與測評，以下舉出世界著名之人因工程相關之組織編裝情形，以作為國內發展人因工程組織設計時之參考。

一、美國NASA人因工程研究與技術部門¹⁴

以發展「以人為中心」的設計為首要任務，透過多樣化的基礎研究，分析、實驗和人員績效模式以及人員與自動化之交互影響研究，使人員在操作複雜的系統時，能增進安全、效率與任務的成功。NASA人因工程研究與技術部門細分為三個子部門，各部門內設研究組及實驗室其中包括：

(一)人員資訊處理研究部

1. 駕駛艙顯示器研究組

13 Hill, S.G. and Tauson, R.A., 2005. Soldier performance issues in C2 'On the Move', Proceedings of the 10th international command and control research & technology symposium (ICCRTS), 13-16 June 2005, McLean, Virginia. Available from: http://www.dodccrp.org/events/10th_ICCRTS/CD/papers/074.pdf, 民國102年3月15日, p2。

14 NASA, Human Systems Integration Division, <http://human-factors.arc.nasa.gov/>, 民國102年03月10日, p2。

2. 視覺科技組
3. 心理物理學實驗室
4. 先進顯示與空間認知實驗室
5. 虛擬音響環境
6. 知覺與行為適應性研究組

(二)人員與自動化整合研究部

1. 陸空整合
2. 飛行訓練研究
3. 認知實驗室:人員績效與認知模式
4. 認知可用性工程與分析研究
5. 顏色設計使用研究實驗室
6. 人機介面
7. 飛航管制員-駕駛間資料鏈結溝通
8. 以人員為中心系統之實驗室
9. 智慧型太空船介面系統

(三)系統安全研究部

1. 飛行績效量測系統
2. 飛行安全報告系統
3. 飛行操作與訓練的認知績效
4. 人員疲勞對策組
5. 績效資料分析與報告系統
6. 資料開採組

二、荷蘭TNO人因工程部門^{15、16}

TNO是荷蘭最大研究機構，歐洲第四大

的研究及科技組織，在4000位員工中，人因工程部門人員佔160位，研究經費1300萬歐元/年，55%來自荷蘭軍方。TNO的人因工程研發著眼在人員行為與績效表現，如何透過創新的研究加以改善績效、安全與舒適性。TNO主要替荷蘭軍方、政府機關及私人企業工作，而人因工程任務焦點聚集在幾個特殊的市場需求，包含國防、交通與運輸、公共安全及資訊與通訊技術。人因工程部門下分六個單位分別負責知覺、資訊處理、技巧行為、工作環境、訓練與教導、及群體作業等。就國防工業的角度來看，TNO認為在防禦上，人因工程對於未來戰場中所扮演的角色越來越顯重要，因此一致認為人因工程在技術性之研究與發展上，需扮演重要的核心角色。

TNO在人員監視及先進任務管理作業的發展上認為，下一代船艦的操作人員在執行任務時，預期會有顯著的改變。因此，作業空間將會顯得更趨緊密，船艦上需要的人員將會更少，人員所需負責的任務將會更多，屆時電腦參與任務的份量必定增加。這些任務管理系統將不只是簡單的執行轉換或換算的任務，它會產生一個新的相互信賴系統，可以引導監視器及直接控制技術人員的行為。這些

15 TNO, TNO: Netherlands Organisation for Applied Scientific Research TNO, Innovation for Life, http://www.tno.nl/content.cfm?context=thema&content=prop_case&laag1=892&laag2=907&laag3=84&item_id=1704, 民國102年03月01日, p2。

16 荷蘭『經濟、農業及創新部』及『TNO 產業研究機構』簡介，荷蘭代表處經濟組撰，民國100年2月16日。

系統未來將如何有效的執行操作人員的功能是目前要考量的問題。

三、美國陸軍研究實驗室(U.S. Army Research Laboratory, ARL)¹⁷

成立於1992年，隸屬於陸軍軍備司令部，其使命是以創新的科學、技術和分析，增進全方位作戰能力。ARL's programs are focused on key underpinning science and technology underpinnings that will enable the transformation of the Army into a more versatile, agile, survivable, lethal, deployable, and sustainable force. ARL的研究計畫聚焦在關鍵性基礎科學和技術研究，使陸軍改造成一個更靈活，更敏捷，更具生存能力/殺傷力以及可持續作戰力。ARL組織包含：電腦與資訊科學局、人類研究與工程局、生存能力/殺傷分析局、載具技術局、武器與材料研究局及感應與電子裝備局等六個局和美國陸軍研究辦公室所組成。其中「人類研究與工程局」重點計畫在人體計測、模擬與訓練技術的提升，三項重點領域的科研與技術開發包括：

- (一) 加強士兵的績效和士兵人-機交互任務有效性。
- (二) 提供陸軍技術開發與系統設計中充分將人因工程考量整合於領導統御

中，以確保士兵的能力需求。

- (三) 透過先進的模擬技術能力，提高士兵在虛擬訓練環境中的體驗，以增進訓練系統的性能和成本效益。

四、美國海軍

早在1948年即完成人因工程於潛艦裝備配置之技術文件，1949年則有人因工程於潛艦操控室設計之技術文件；海軍研究署¹⁸(Office of Naval Research, ONR)第341部門(人員與生物工程系統部)目前進行的研究領域包括：

- (一) 生物識別技術和人類活動的識別
- (二) 認知科學
- (三) 電腦神經科學與生物機器人
- (四) 人因工程，組織設計和決策研究
- (五) 社會，文化和行為建模
- (六) 訓練，教育和人員績效

上述訓練、教育和人員績效除探討如何提升訓練績效外，更為3D互動與遊戲為基礎的訓練系統建立人因工程設計指引(Human Factors Guidance for Designers of Interactive 3D and Games-Based Training Systems)，作為互動場景開發之技術依據。

五、美國空軍

建立人因工程的實驗室¹⁹，其主要工作內容包括3-D人體表面描繪、3-D視覺化分析及

17 美國陸軍研究實驗室，Human Research and Engineering Directorate (HRED) <http://www.arl.army.mil/www/default.cfm>，民國102年04月08日，p2。

18 海軍研究署，Code 341，<http://www.onr.navy.mil/>，民國100年3月7日，p5。

19 Air Force Research Laboratory，<http://www.wpafb.af.mil/shared/media/document/AFD-070418-035.pdf>，民國102年3月7日，p5。

處理軟體、座艙調適、應用方法、人體計測資料庫、及裝備與防護具等工作。圖七顯示工程師正以人體計測資料努力為機組人員最佳的頭盔安全帶設計。

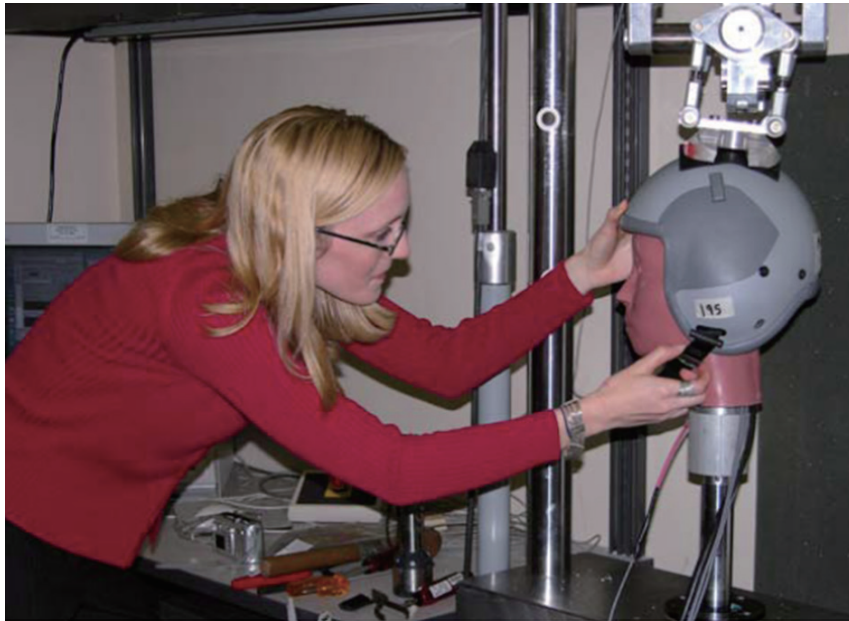


Photo by Chris Gulliford, AFRL/RH

圖七 最佳頭盔安全帶設計（作者摘自Air Force Research Laboratory）

六、美國國防部人因工程技術顧問群 (Department of Defense Human Factors Engineering Technical Advisory Group)²⁰

美國國防部也體認人因工程組織是推動武器研發工作重要一環，因此國防部人因工程技術顧問群在1976年11月成立，參加的單位有：陸軍、海軍、空軍、美國聯邦航空管理

局(FAA)、太空總署(NASA)以及國土安全部(DHS)等單位，會議主席輪流由陸海空軍擔任。第一屆會議於1977年8月9-10日在賓州舉行，每半年(春秋季)定期開會檢討一次全軍

武器系統中有關人因工程方面的問題與未來發展方向(第68屆會議2012年11月5-9日，由FAA與DHS聯合主辦)，主要目標包括：提供人因工程應用發展技術資訊之交換機制；加強政府部門間有關人因工程技術研究發展與應用之合作；指出人因工程技術問題；鼓勵及贊助人因工程深入技術介面之專題研究。美國國防部人因工程技術顧問群成員列出一份人因工程研究熱門問題，

並列出優先順序的清單，以作為武器系統中需加強人因工程改善的機會，並解決人機介面整合性的議題。這些熱門議題包括：

- (一) 控制器及顯示器/聲音間交互作用系統
- (二) 設計：工具與技術
- (三) 人因工程在人員篩選及績效預測/評估

20 美國國防部人因工程技術顧問群(Department of Defense Human Factors Engineering Technical Advisory Group)，<http://www.hfetag.com/>，民國101年3月30日，p2。

- (四) 測試與評估之人因工程應用
- (五) 人因工程/人員系統整合：管理與應用
- (六) 無人系統
- (七) 持續操作研究
- (八) 系統安全/健康危害/存活性研究
- (九) 技術學會/工業界交流
- (十) 工作負荷協調
- (十一) 人因工程標準增修
- (十二) 使用者-電腦交互作用

七、ABCD 跨國性工作團隊²¹

ABCD是由美國(American)、英國(British)、加拿大(Canadian)及荷蘭(Dutch)四國所組成的跨國性人因工程組織，工作團隊成立於1990年，主要在探討商業與非商業人員在海上作業各種績效上的議題。美國團隊包括：美海軍海上系統司令部(Naval Sea Systems Command, NAVSEA)、國家生物動力學實驗室(National Biodynamics Laboratory, NBDL)及美國水面作戰中心卡德羅克分部(Naval Surface Warfare Center, Carderock Division, NSWCCD)；英國團隊包括：國防評估與研究局(Defence Evaluation and Research Agency, DERA)、國防武獲局(Defence Procurement Agency, DPA)、海軍醫學研究院(Institute of Naval Medicine, INM)；加拿大團隊包括：國防與國民環境醫學研究院

(Defence and Civil Institute of Environmental Medicine, DCIEM)、大西洋國防研究院(Defence Research Establishment Atlantic, DREA)；荷蘭團隊包括：TNO人因工程研究院(TNO Human Factors Research Institute, TNOHF)及荷蘭皇家海軍(Royal Netherlands Navy, RNLN)。儘管船舶裝有先進的設備以及船舶設計與製造工藝的進步，這個團隊仍以協同方式，為解決海事人因工程的問題進行研究與討論，他們甚至認為乘客或船員的健康和安全是一個重大的問題。ABCD每年由四個會員國輪流舉辦研討會，2013年HUMAN PERFORMANCE AT SEA研討會由加拿大主辦，研討會主題則包含：

- (一) 認知與體能表現
- (二) 動量/疲勞與生物力學
- (三) 實驗與試航
- (四) 嚴重的移動與反覆的振動
- (五) 船舶設計對操作人員的績效影響
- (六) 健康監測
- (七) 訓練：船上和模擬平臺上的熟悉和技能提升
- (八) 電子導航的人因工程
- (九) 人機互動
- (十) 人員績效的建模
- (十一) 船上作業與生活條件
- (十二) 艦橋資源管理與溝通

21 ABCD working group human performance at sea, <http://hpas2012.carleton.ca/abcd.html>, 民國102年3月15日, p2。

(十三) 人為可靠度與人員風險評估

伍、結語

荷蘭國防部主管裝備部門的次長Sir Jeremy Blackham KCB BA中將，曾提及『武器效能之發揮，不只是依賴系統本身的優劣，更有賴人-機整合，其中人因工程又是最困難的部分。當下我們所定訂之規格、所研發或採購之武器，都將供我們的子弟，在極端疲倦、飢餓、壓力、恐懼、驚慌等極惡劣之環境下使用，所以在武獲作業上應盡可能嚴謹，將戰場之可能狀況及人性之因素納入考量，方能確保操作人員之安全與武器效能之發揮。』，人因工程對研發或採購之重要性可見一斑，對於國內的武器發展過程中，要能順利的推動人因工程，建議從以下幾個方向著手：

- (一) 國防部建立正式人因工程組織，培養武器系統人因工程設計規劃人才。
- (二) 在武獲過程各階段的工作內容，加入人因工程的審查機制，以落實系統發展之周延性與完整性。
- (三) 參考美國國防部人因工程技術顧問群執行人因工程研發為例，每年定期召開全軍人因工程相關議題研討會議，廣納國軍各單位意見。

武器系統的研發與籌獲是一條漫長而艱辛的道路，好的系統讓人愛不釋手，而要能

達到此目的需要多方的配合與努力，人因工程的理論與技術正可扮演這樣一個角色。因此從武器系統裝備設計之初，人因工程必須被考量周詳，使裝備持續與安全之使用，讓操作人員可以更為便利、可靠及快速的維修，俾以維持國防戰力與用兵之最高效益。國防武器之研製將人因工程的因素納入考量，國外早已行之有年，且績效卓著。反之，國內國防武器之研發與籌獲，在執行階段仍有提升空間，期在未來國防部能成立「人因工程專責單位」指導自製及外購武器系統，自行將人因工程的設計納入考量，以使三軍在規格與性能滿意外，操作更能得心應手，使得武器的運用真能達到人機一體的境地，因為我們真正相信那將是『成功勝利的保證』。

謝誌

本文之完成感謝中原大學工業與系統工程系趙金榮副教授與軍備局中山科學研究院系統發展中心助理研究員曾楓億博士，相關研究的無私提供。

作者簡介

馮文陽 助理研究員，中原大學工業與系統工程所人因工程博士，現任職於軍備局中山科學研究院系統發展中心。