

ψ
桂冠心理學叢書

楊國樞 張春興 主編

心理學術系列 12

人類工程學

謝光進 編譯



楊國樞 張春興 主編

桂冠心理學叢書・心理學術系列㉔

人類工程學

謝光進編譯

楊國樞教授校閱

桂冠圖書公司出版

楊國樞 張春興 主編

桂冠心理學叢書·心理健康系列 ㉔

人類工程學

編 譯 謝光進
校 閱 楊國樞教授
出 版 桂冠圖書股份有限公司
地 址 臺北市新生南路三段94-4號
(國立臺灣大學正門右側)
電 話 (02) 341-6949 · 391-1407
郵 撥 104579
印 刷 海王印刷廠
地 址 臺市縣中和民有街35號
電 話 (02) 9521291-2
登 記 證 局版台業字第1166號
初 版 73年4月15日
再 版 75年12月15日

· 本書如有破損、裝訂錯誤請寄回調換 ·

定價 新臺幣125元

目錄

第一章 導論

第一節 人與機械的衝突	3
第二節 人類工程學	7
第三節 摘要	11

第二章 人在人一機械系統中的地位

第一節 何謂系統	15
第二節 人類因素與系統發展	18
第三節 摘要	29

第三章 訊息的視覺呈現

第一節 人類因素與訊息傳播系統的選擇	31
第二節 視覺儀表的一些適用原則	34
第三節 機械指示器 (Mechanical Indicators)	36
第四節 照明 (Illumination)	47
第五節 摘要	58

第四章 語言傳播系統

第一節 語言的基本向度 (Dimensions)	61
第二節 語文的人類工程	67
第三節 傳播系統組件的人類工程	72
第四節 整個傳播系統的人類工程	79
第五節 摘要	87

第五章 控制器的設計

第一節 有關控制器的常見困擾	91
第二節 選擇控制器的一些通用原則	95
第三節 控制器的設計因素	100
第四節 控制器與儀表的置列	111
第五節 摘要	116

第六章 人類工程的其他重要課題(一)

第一節 人體運動	119
第二節 人體測量與儀器設計	133
第三節 摘要	146

第七章 人類工程的其他重要課題(二)

第一節 氣候	153
第二節 噪音	175
第三節 摘要	189

第八章 總 結

第一節 人類工程學的基本哲理	201
第二節 工程心理學的其他課題	202
第三節 深層工程心理學 (Engineering psychology in depth)	208

第一章 導論

1956年6月30日早晨9點過一分，環球航空公司（Trans World Airline）二號定期客機從洛杉磯國際機場起飛，目的地是密蘇里州的堪薩斯城。三分鐘後，聯合航空公司（United Airline）718號定期客機也從洛杉磯起飛，飛往依利諾州的芝加哥。

這兩架飛機都是當時航空運輸上最進步的客機。環球航空公司的飛機是超星座式客機，已在洛杉磯接受過定期的保養檢查，機件情況良好。聯合航空公司的飛機是DC-7型客機，也在洛杉磯接受過檢查。兩架飛機的飛行工程師都作過預飛，在飛機起飛前也檢查過各種機件。兩機上的全體機員也都富於飛行經驗，精神飽滿，生理狀況優良，足以勝任其任務。超星座式客機的機長甘地（Gandy）是個老資格的飛行員，已有一萬五千小時的飛行記錄，他從洛杉磯飛往堪薩斯城的次數高達177次。DC-7客機的機長休萊（Shirley）也是個經驗豐富的老飛行員，他的飛行經驗甚至比甘地還多。

環球航空公司2號客機的預定飛行高度為19000呎，聯合航空公司718號客機的預定飛行高度則為21000呎。起飛後20分鐘，環球航空公司2號機要求將飛行高度由19000呎升高為21000呎。洛杉磯航空交通管制站拒絕了這個要求，因為聯合航空公司718號客機的飛行高度恰為21000呎。於是環球2號客機轉而要求飛行於最近的雲層上空1000呎。航空交通管制站獲知環球2號機已升高至雲層上1000呎後，曾警告該機謹慎飛行，因為聯合公司718號機就在該機附近。

當天早上9點58分左右，加州尼德利斯（Needles）的美國內航空管制站收到了一個例行的飛行報告：“聯合718號機，0958

飛越尼德利斯，高度 21000 呎，預計 1031 到達多色沙漠 (Painted Desert) ”。一分鐘後，又收到另一個飛行報告：“環球 2 號機，0955 通過摩哈比湖 (Lake Mohave)，飛行於最近雲層上 1000 呎，標高 21000 呎，預計 1031 飛過多色沙漠”。

10 點 31 分的時候，鹽湖城和舊金山的航空無線電通訊員收到了一個很亂的無線電通訊。事後經貝爾電話公司的語言專家分析的結果，發現有兩個聲音。一個是男人的吶叫“……上升，……上升”。另一個則是最後一次的飛行報告：“鹽湖城，聯合 718 號機，……啊！……我們快撞上了！”。

飛機殘骸及機上 128 位乘客的屍體散落於大峽谷深處，散落面積幾達一英哩方圓。

第二天，國內航空委員會的調查人員搭乘軍方直昇機到達出事現場。調查過程困難而且危險，但調查資料卻巨細不遺。每一個凹痕、碎片、彎曲、污損等都予以研究。最後，推測出整個意外事件發生的過程。超星座客機機尾的凹陷部份與 DC - 7 客機的翼尖損壞部份完全符合。DC - 7 客機機翼上的紅漆與超星座式客機機身上的紅色漆污完全相同。DC - 7 客機左翼下沿有一部份散落於距飛機主要殘骸相當距離的地方，而該左翼碎片中雜有超星座式客機機艙頂端的材料。

顯然的，整個意外事件發生的過程是這樣的：DC - 7 客機從超星座式客機後上方 5 至 10 度的方向對著超星座式客機衝過來，它的左翼撞及超星座式客機左上方機身。然後，超星座式客機左尾襟翼與 DC - 7 客機左翼翼尖碰觸，同時 DC - 7 客機 1 號螺旋槳戳進超星座式客機行李艙，整個事件約在半秒鐘內結束。

調查報告的結論中指出：“……這次空中互撞的原因可能是兩機的飛行員無法及時查知對方來機所致，……”。圖 1 - 1 顯示這次空難中，兩架客機的可能位置 (1)。

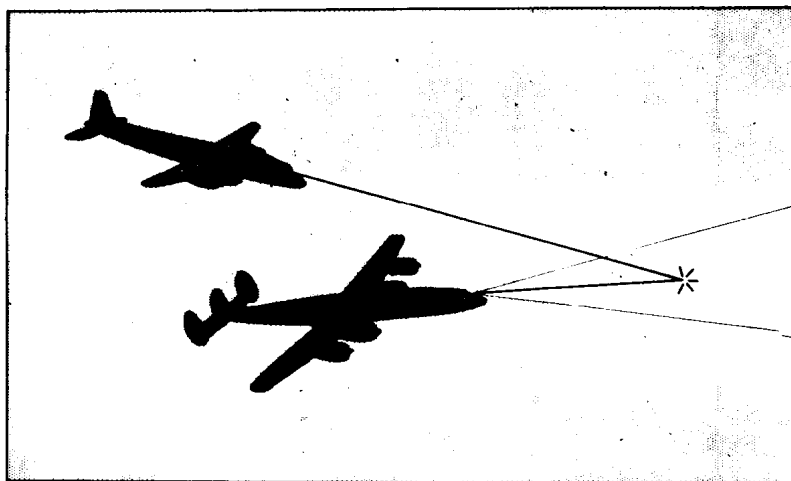


圖 1 - 1

後方及下方的不良見度可能是造成大峽谷互撞事件的主因。雖然兩機的真正位置無法確知，但本圖可以提示我們DC-7客機(後上方)及超星座式客機有限的視野交集可能阻礙了兩機飛行員及時查知對方與應變。圖中白色三角形部份為兩機飛行員的可能視野。

第一節 人與機械的衝突

大峽谷互撞事件除了較為悲慘外，它和每天發生於家庭中、街道上、學校裏、工廠內、海上、空中的千百意外事件並沒有二樣，隨著工業的進步，這一類意外事件的發生頻率正逐漸上昇。意外事件可以說是近代文明的產物——它是人類與其所設計、操作之機械相衝突下的產物。現在我們來談談這種問題。

1. 飛行員可見度——一個人的因素

五十幾年前，當英勇的飛行先驅翱翔於天空中的時候，他們的駕駛座完全開放，視野無限。他們可以自由俯視大地，欣賞左、右方甚至背後方的美景，仰頭則可直視雲霄。當然，那時也有一些阻

礙視野的障礙——例如機身、兩旁的機翼等等，但他們至少可以毫無困難的看到他們周圍十分之九的空間。

隨後，飛行器的速度大增，外觀呈流綫型，飛行員只好侷限於飛行室。在他前面的，是一大堆儀表、控制器、計速器、開關等等精巧的儀器。飛行員與他所飛行的空間已經相互隔離。超星座式客機的飛行員約只能見到周圍空間的八分之一，至於DC-7客機的飛行員則少於10%（圖1-2）。



圖 1 - 2

現代噴射機駕駛艙。注意駕駛(左)與副駕駛(右)有限的前方可見度。也請注意正、副駕駛所需操作及監聽的一大堆儀表、指示器、控制器等。飛行工程師(右前方)所使用的工具及儀表更多，不過圖中並未顯現出來。

多年以來，飛行員就不斷爲他們那逐漸縮小的可見度而抱怨。在飛行的時候，飛行員幾乎無法由駕駛艙中看見其他正在飛行的飛機。奇怪的是空中互撞事件並不很多——自1952年至1961年10年間美國國內有記錄的飛機互撞事件只有168件。但若將那些因運氣或飛行員緊急處置而逃過的危險事件也算進去，就可以顯示飛行員可見度的重要性了。1961年6月1日至1962年6月30日一年間，飛行安全基金會（Flight Safety Foundation, 3）根據飛行員的報告統計結果，美國本土內共有2577件倖免的空中互撞，平均每天達7次之多。

我們可以由上述資料得到什麼教訓？那就是：飛機這種機械，由於設計不良，因而妨礙了操作人員的有效運作。

2. 其他證據

如果你對人與機械之間的衝突有相當興趣而且留心它所產生的問題，那麼你可以從報章雜誌中收集這方面的資料。例如，大峽谷空難事件那年的12月24日，華盛頓郵報刊登了一則“杜邦大飯店（Dupont Plaza Hotel）與華盛頓區自來水局以12,569.67美元和解”的消息。該報導說，從1948年7月至1955年12月7年又5個月中間，抄水錶員一直將該飯店的用水量抄錯，結果，飯店僅需付它所應付水費的十分之一。這次的和解使自來水局損失了8000美元。

1962年3月紐約州賓安頓（Binghamton）地方的一家綜合醫院婦產科病房發生了一件震驚美國的意外事件。六個初生嬰兒因爲被誤餵以食鹽（應該餵食糖）而死亡。原來有一個未經正式訓練的無照護士無意中將兩個外觀完全相同的盛糖罐子中的一個盛以食鹽，並將這兩個罐子並排放在醫院廚房中一個陰暗的食物架上。其中一個罐子上貼了個小紙標籤“Sugar”，另一個罐子上的標籤已撕毀，但仍可隱約看出“S... It”幾個字母。正如該醫院一位董事所說的“那位護士可能將鹽誤爲糖，如果確是那樣，那麼醫院必須

負起責任，因為這個陷阱是醫院自己設計的”。

上述意外事件都有相當戲劇性，它們也都受到大眾的注意。其實人類與機械之衝突的最佳實例卻是我們每天可以見得到，摸得著的交通意外，但我們卻極少去注意它。全美國每年死於交通事故的人數約有四萬多人，至少有一百五十萬人受到或輕或重的傷害。金錢的損失約每年 73 億美金。上述驚人的統計數字告訴我們，人類與機械之衝突確實相當嚴重。

3. 家務及其他情境的混亂

當然，人與機械的衝突並不一定造成悲慘的結果。事實上，有許多衝突根本就不會造成意外事件。有些可能只會使你火冒三丈，有些只會令你有受挫不樂的感覺，有些甚至只會令你啼笑皆非。

現在，請看看你家的電錶、煤氣錶或水錶，它們是不是與圖 1-3 所示的儀表相當相似？你能毫不費力的讀出它的讀數嗎？圖 1-3 的儀表違反了兩個很重要的心理學原則：(a) 刻度盤內的讀數若依順時針方向增加，則其讀數最易讀出，(b) 若儀表是由幾個刻度盤組成，則每一個刻度盤內數字的增加方向應該完全一致。

二次大戰期間，由於缺乏抄錶員，因此有些公用事業（指煤氣、水、電等事業）要求家庭主婦自己抄錶，結果由於儀表設計不當，造成極端混亂，最後只好放棄這個計劃。於是有些公司改寄一些表格給家庭主婦，表格上印有空白的刻度盤以及使用需知，使用需知上指示家庭主婦將她們家中的儀表指針畫於空白刻度盤，寄還公司，公司人員再由家庭主婦的指針描繪推出儀表的讀數。可悲的是，這種落後的繪圖方式竟然還繼續使用於某些缺乏抄錶員的城市或公司。

日常生活中，我們常遭遇這一類的問題。我們時常抱怨“這是幹嗎？這麼愚蠢的設計方式！只要將這個儀器從那兒移到這兒，或者這個樣子改變一下，這個工具就可以用得稱心，”我們的抱怨對象幾乎包含了所有的事物——火爐、汽車、電視機、割草機……

等。只要你曾有過上述怨言，你可以說已經進入人體工程（ Human Engineering ）的領域了。

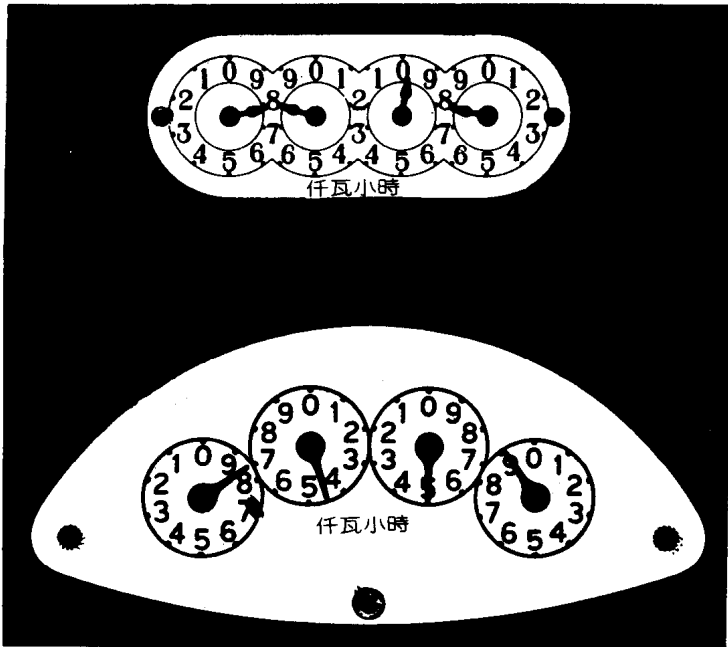


圖 1 - 3
兩種常用的仟瓦小時電錶，你能毫不費力的讀出它們的讀數嗎？

第二節 人類工程學

人類工程學又稱人類因素工程學（ Human Factors Engineering ），乃是研究機械裝備，機械運作，工作環境等之設計方法，以得到符合人之能力及人之缺陷的最佳設計。也就是說，本書有兩個討論重點，第一個是“討論機械的設計使人能對它作最有效的運

用”，第二個是“人類工作方法的設計，使人能充分發揮工作效能”。

1. 人類工程學的基本觀念

我們如果好好想一想本章前段中所提到的意外事件，我們就能了解人類工程學的基本概念。自有飛機以來，飛行意外都被認為是由“飛行員錯誤”所造成的。“人孰無過”這句話成爲我們安慰他人犯錯的瀾調，這句話使得許多意外事件的根本原因隱而不顯。保險公司所作的家庭、街頭、鐵道、工業等意外的統計報告中充斥著“粗心”、“態度不良”、“警覺不夠”等似是而非的意外起因。事實上，上述意外起因並不能對意外防範有任何的幫助。每一個人總有警覺不夠的時候，人不可能無時無刻保持警覺狀態，因此“警覺不夠”等字眼可以說於事無補。

人類工程師認定“既然是人，一定會犯錯。”他們同時提出下列問題：是不是有些意外或錯誤可以歸咎於人所使用的機器？某種品牌的機械或交通工具是不是比另一種品牌的更容易發生意外？將機械重新設計後意外發生率是不是可以降低甚至完全消除？過去幾十年來的研究告訴我們，上述問題的答案都是肯定的。綜上所述，人類工程師們的基本觀念是這樣的：他了解也承認人是有缺陷的（例如，人的生理、心理能力都是有缺陷的），人免不了粗心大意、犯錯，但他知道將意外或錯誤歸諸於人是於事無補的，因此，他轉而探討機械或工作中易引起意外的因素，並予以修正，以減少意外事件的發生，並增進人的工作效能。

2. 人類工程的其他目標

到現在爲止，我們在討論人類工程的時候，所引用的例子不是意外就是錯誤，這可能會使讀者產生錯誤的印象，以爲人類工程與安全工程（Safety Engineering）是同義的。減少意外，增進安全當然是人類工程的一個主要目標。但是人類工程還有許多重要目標，例如增進機械的效能；增加工業運作的產量；減低操作機械所

需的費力程度；增進人一機械系統（Man-Machine System）中的舒適幸福感等。這些都是人類工程的主要目標。

3. 人類工程學的起源

當然，自從人類開始製作、運用工具以來，人類工程就已經存在的說法並沒有錯。然而，它之成爲一項特殊的工技，卻是近幾十年來的事。直到十九世紀末期才有人開始有系統的研究人的工作能力與其使用的工具或工作方法的關係。1898年，泰勒（F.W. Taylor）做了一個實徵的研究，發現了銼子的最佳設計以及每一次銼沙、煤、鐵等的最適重量。然而，泰勒的主要興趣還是在工作效率以及誘因（incentives）、工作動機等對工作效率的影響。

1911年，吉布瑞斯（F.B. Gilbreth）做了一個砌磚的研究，他發現了一種可以迅速上昇、下降的建築台架，使砌磚工人可以在他感到最舒適的狀態下作砌磚工作，而盛磚塊及灰泥的架子就放在砌磚工人附近，使工人可以舒適而最不費力的拿起磚塊、灰泥。經由這種方式，一個砌磚工人每小時的砌磚數目可以由120塊增加爲350塊。泰勒和吉布瑞斯的拓荒研究爲今日工業工程中，工作方法與工作效率之研究（Time and Motion Study）的先驅。

此後，研究工作方法與工作時間的工程師發展了許多有關方法經濟（Motion Economy）、工作設計（Work Design）等的原則。如今這些原則都已應用於工業界。由於他們所探討的乃是作業方法、機械裝備、工作環境的再設計，工作方法與工作時間工程可以說是人類工程的前輩。

然而，工作方法與工作研究工程卻將人視爲“勞動者”。也就是說，視人爲“機械力”的來源。但是，二次大戰後，出現了一種新的機械——一種不強調甚至根本用不上操作員之肌肉力量的機械。操作這種機械所需的是人的感覺、知覺、判斷以及決策能力，雷達操作員就是一例。雷達的操作幾乎用不着任何力量，卻嚴格要求感覺能力、警覺性及決策能力。這一類新的機械引發了許多複雜的問

題：一個人可以由雷達幕上吸收多少訊息？高速飛機作低空掃射時座艙膠板之光曲（Optical Distortion）最高不能超過多少？在高空中，若機艙破裂使得艙內壓力大減時，機上人員會產生什麼現象？人在地球重力12倍的地方捱得過15秒嗎？氧氣罩需有幾種尺寸才適合所有男性成人的使用？這些問題都不是常識或工作方法與工作時間原則可以解決的。因此，二次大戰期間，就有一組新的科學家開始研究人與這些新式複雜機械的統整問題。這些新的科學人員並非工程師，而是行為科學家——包括心理學家、生理學家、人類學家以及醫生。經由他們不斷的努力，人類工程成爲一種特殊的學科。

4. 人類工程的現況

二次大戰後，人類工程的進展迅速。人類工程師受僱於軍中各機構、民間研究中心、顧問公司以及各種航空、汽車、電子、傳播、家用器具工業。他們所處理的業務上至複雜的太空工具、電腦、自動教學機，下至一般的公路號誌、電話、打字機、各種工具、廚房用品等。正確的說，工業化社會中數目龐大而結構複雜的機械乃是人類工程興起及茁壯的主因。

5. 人類工程的領域

人類工程師處理問題時所需的知識來自所有社會及行為科學。至於所需知識的多寡則取決於特殊問題情境。例如，太空工具的設計就必需應用所有有關於“人”的知識：例如身體的外表結構；人在加速狀況或溫度、氣壓極端變化等環境下的生理反應；瞬間決策的能力；作正確控制的能力；學習新的行為方式或修正舊有行為方式的能力；飲食甚至排泄的特性；疲勞、情緒或隔離對心理的影響等。相反的，公路標誌或電子烤麩包機的設計只遷涉到人的感覺運動能力（Sensorimotor ability）的一小部分，問題就小多了。由於篇幅所限，本書僅能對人體工程作極爲簡略的介紹，欲深入研究的讀者可以閱讀參考資料中2，4，5等三本書。

6. 工程心理學 (Engineering Psychology)

人類工程師可能來自各種不同的行爲或社會科學部門。其中以心理學界最多 (佔美國人類工程學會會員 50 % 以上) —— 主要原因是操作現代機械所需的不是體力而是各種心理能力。心理學與人類工程是那麼密不可分，因此，心理學中有一個特殊部門——工程心理學——專門研究、處理人類工程問題。工程心理學雖然只是人類工程學的一部份，卻是最主要的部份。本書所談的主題是工程心理學以及心理學家對人類工程學的貢獻。

7. 命名問題

任何一件新的事物出現時，都會發生命名問題。人體工程學這種新的工技也不例外。在美國，這門新的工技最常用的名稱是人類工程學或人類因素工程學。這兩種名稱所談的都是人——機械的關係，它們是同義的。在英國及歐洲大陸則稱這種工技爲 ergonomics。除此之外，還有一些較爲少用的稱呼，例如生物工技 (Biotechnology)；生物機械 (Biomechanics)；生活工程 (Life-science Engineering) 等，它們與人類工程是相等的，不過名稱較少用而已。

人類工程中屬於工程心理學的部份也稱爲應用實驗心理學 (Applied Experimental Psychology)；應用心理物理學 (Applied Psychophysics) 或心理工技學 (Psychotechnology)，這四個名詞是一樣的，其中以工程心理學用得最多。

第三節 摘要

本章介紹了人類工程學及其主要枝幹——工程心理學。人類工程學所研討的是機械的設計、工作方法的設計等，以使人能安全、舒適、有效的運作機械。本章中強調心理學對解決現代人——機械系統所產生問題的貢獻。本文中提及人類工程的起源與發展，並說明它日形重要的原因。我們也界定了人類工程的領域以及從事人類

工程所需具備的專業知識。文章末了還談及命名問題。下一章中，我們將更深入的去探討人—機械系統的本質，以及人在這種系統中所扮演的角色。