

# 科學發展

Science Development

NO. 544

中華民國 107 年 4 月

## 工業 4.0 時代來臨

機械工業 4.0

工業 4.0 使製造業升級

工業 4.0 在醫療產業中的應用

龍貓森林裡的台灣石虎

建築的理性創意與感性創造





# 科學發展

中華民國 107 年 4 月



出版者：科技部  
發行人：蘇芳慶  
地址：106 台北市和平東路 2 段 106 號  
電話：02-2737-7539  
傳真：02-2737-7248  
網址：<http://ap0922.most.gov.tw/sd/>

## 編輯委員會

召集人：蘇芳慶  
編輯委員兼榮譽總編輯：馬哲儒  
編輯委員兼總編輯：張鑑祥  
編輯委員兼執行編輯：許梅娟  
編輯委員：方力行 / 王道還 / 李再長 / 李百祺 / 李秀珠 / 李國偉 / 洪茂峰 / 唐震寰 /  
徐善慧 / 陳炳宏 / 黃文璋 / 蔡少偉 / 蔡聖鴻 / 顏嗣鈞 / 蘇安仲  
助理編輯：張玉齡  
編輯助理：黃利鑾 / 何欣穎 / 鍾美容

稿件投寄：稿件 1 式 3 份及電子檔，請寄《科學發展》月刊編輯部  
地址：701 台南市大學路 1 號 成功大學化工系  
電話：06-2383072 傳真：06-2383085  
E-mail: [nscm@email.ncku.edu.tw](mailto:nscm@email.ncku.edu.tw)

美術編輯：種子發多元化廣告有限公司  
地址：11054 台北市信義區基隆路 2 段 189 號 9 樓之 9  
電話：02-23773689

印 刷 者：凌祥彩色印刷股份有限公司  
地 址：235 新北市中和區中山路 2 段 340 巷 26 號 1 樓  
電 話：02-22458163

定 價：每冊新台幣 120 元 1 年 1,200 元（2 年以上另有優惠價）  
美金 5 元 1 年 50 元  
運費另計

## 訂閱辦法：

1. 五南網路書店：<http://www.wunanbooks.com.tw/>
2. 郵政劃撥：  
帳號：22255688  
戶名：五楠圖書用品股份有限公司  
電話：04-24378010
3. 國外訂戶請以美金支票寄交本部（受款人：科技部）

## 展售門市

國家書店松江門市  
地址：台北市松江路 209 號 1 樓 電話：02-25180207  
三民書局  
地址：台北市重慶南路 1 段 61 號 電話：02-23617511  
五南文化廣場  
地址：台中市中山路 6 號 電話：04-22260330

免費線上訂閱電子報：<https://www.most.gov.tw/>  
中華郵政台北雜字第 2044 號執照登記為雜誌交寄

自工業革命後，大量生產的經濟模式為人們帶來富足的生活。然而在邁入 21 世紀後，隨著 3C 產品的盛行與日新月異，消費習慣也隨之改變，加上社會的結構性變化，傳統上以眾多人力依標準作業程序大量生產的運作方式，在現今瞬息萬變的競爭環境中日益顯得格格不入。工業 4.0，也就是「智慧製造」的概念應運而生。

在工業 4.0 描繪的智慧工廠中，捨棄固定的生產線概念，改為可以動態地重新構成的模組化生產方式，利用物聯網及網際網路服務使生產流程更具彈性。隨著工業 4.0 的推行，機械設備必須朝精密化、智慧化的方向發展，以具備故障預測、精度補償、自動排程等功能。

應用工業 4.0 的概念可發展半自動駕駛系統，甚至是無人駕駛車輛，透過路旁的偵測器隨時接收道路資料，進而調整行車速度及方向，並能即時反映車輛狀況到行控中心，以及即時處理突發狀況。

工業 4.0 的核心技術—物聯網能把現有的工業技術與產品整合在一起，建立一個具有資源效率的智慧工廠，再透過大數據分析，直接產出符合客戶需求的解決方案。為了方便監測整合的資訊，物聯網結合手機 APP 已是不可避免的趨勢。

全球化競爭日趨劇烈，我國產業升級的需求迫在眉睫。行政院於 2015 年 7 月提出的「行政院生產力 4.0 發展方案」顯得相當務實，從產業需求作整體考量，著眼跨領域實務人才的培育，對產業可發揮實質的助益。

細胞療法用來治療各種疾病或缺陷是未來的趨勢，科學家已成功地由異體生物產生器官，哪天或許可由豬體生產出客製化的心臟供病患移植用。

石虎棲息的環境大多位於淺山地帶，使得牠與人類的衝突無法避免。在日據時期曾經遍布全台的石虎，如今卻成為稀有神祕的動物，令人不勝唏噓。如何讓所剩不多的可愛石虎有個適合生存的環境，考驗著我們的決心和智慧。

隨著工業化的進展，以及資源的逐漸失衡，人造纖維在紡織應用上可多面向地替代傳統的天然纖維。具特殊功效的人造纖維產品滿足了人們生活所需，台灣的人造纖維科技其實功不可沒。

相變化儲能材料是運用材料的物理相變化來儲存能量，從生活中保冷保暖的應用，到工業上節能、能源效率提升等方面，都有其發揮的地方。

藉由譬喻可以幫助他人理解自己所欲溝通的事物，尤其是當溝通情境不適合明講時，為了避免聽者尷尬，善用譬喻委婉說明是個高明的做法，也是智慧的一種展現方式。





## 01 編者的話

### 目錄

### 專題報導

#### 04 工業 4.0 時代來臨

王泰裕

#### 06 機械工業 4.0

呂明山

主動性的智慧型機器人可以依照作業需求，自動調整路徑及方位執行工作。

#### 13 工業 4.0 在交通上的應用

鄭永祥

交通運輸業可運用靈活的訂價策略調節尖離峰票價。

#### 17 工業 4.0 使製造業升級

劉瑞隆

自 2011 年起，全球各國相繼制定了各式的製造業升級計畫。

#### 21 工業 4.0 在醫療產業中的應用

李彥良

為了方便監測整合的資訊，物聯網結合手機 APP 是不可避免的趨勢。

### 一般報導

#### 26 幹細胞的故事知多少

羅時成

生物沒辦法永生，老化、死亡是生物的宿命。

#### 32 龍貓森林裡的台灣石虎

余建勳

除了公部門外，也有許多民間力量加進來，一起關心這種瀕臨滅絕的可愛生物。

#### 38 最成功的仿生學—人造纖維

安大中

人造纖維紡絲是精密的塑膠加工，也是仿生學的最佳典範。

#### 45 相變化儲能材料的應用

陳長仁

相變材料的儲能應用可幫助我們更有效率地使用能源。

09



20



33



## 49 綠色船舶設計新思維

葉榮華

氮氧化物的形成與氣缸套溫度相關，降低燃燒溫度可有效減少氮氧化物的產生。

## 54 建築的理性創意與感性創造

簡聖芬

101 大樓的中國塔樓造型跟我們的主流文化有很強烈的關係。

## 60 你所習以為常的譬喻

蘇以文

經由使用譬喻，人類得以有意識或無意識地幫助他人理解自己所欲溝通的事物。

## 66 促進東西文化科技交流的唐獎

陳振川、宋承恩

「唐獎」是台灣設置的重要國際獎項，由民間擔綱舉辦，獎金優厚。

## 台灣新發現

### 72 老化對左右腦語言處理的改變與支援

林蔚文

### 74 藉管理與領導提升服務

張志玲

## 科技新知

### 76 取消化石燃料補貼 / 空氣汙染 / 冷氣機散發的異味 /

王道還

瓶裝水並不「純」 / 思覺失調症的病理 / 強化木材 /

網路上的真 vs. 假新聞

## 科學、技術與社會

### 80 人文學院應用人學系醫療組？淺談醫學人文的聽說讀寫

陳恒安

# 工業 4.0 時代來臨

王泰裕 | 專題報導特邀編輯  
成功大學工業與資訊管理學系



工業 4.0 是近來非常熱門的話題，它的核心意義是智慧製造，透過嵌入式的處理器、存儲器、感測器和通信模組，把設備、產品、原材料、軟體連在一起，使產品和不同的生產設備互聯互通。

現今的消費趨勢已逐漸演變成要求大量客製化、產品快速上市、物美價廉。更因網際網路與智慧型手機的普及，隨時隨地都可透過社群、網站消費，因此消費者的市場主導力越來越大。以往工廠只需以標準作業程序大量單調地生產以達到經濟規模，現在隨著消費習慣的改變，產品周期越來越短，導致工廠換線率非常高、交貨期短，製造的困難度與複雜度逐漸升高，競爭也加劇。企業若不思改變，將會面臨很大的危機。於是，工業 4.0，也就是所謂「智慧製造」的概念與行動由此展開，稱為第 4 次工業革命。



工業 4.0 的內涵包含四大部分：智慧設備與系統、巨量資料雲端運算系統、人機協同系統，再由物聯網把這些系統串聯在一起。有人認為工業 4.0 的關鍵架構就是一個系統，在這個關鍵架構上最特殊的是「虛擬網絡—實體物理系統」，是由實體設備（智慧工廠）整合虛擬模型而成，不斷靠著物聯網傳來的訊息即時更新，並且擴展到整個產品的生命周期，包含產品設計、生產規畫、生產工程、量產與售後服務。

例如，目前的汽車生產主要是按照事先設計好的工藝流程進行的生產線生產方式，儘管也有一些混流生產方式，但在生產過程中，一定要在由眾多機械組成的生產線上進行，因此無法實現產品設計的多樣化。同時，在不同生產線上操作的工人分布於各個車間，都不會掌握整個生產流程，因此也只能發揮出在某項固定工作上的作用。這樣一來，很難即時滿足客戶的不同需求。

在工業 4.0 描繪的智慧工廠中，固定生產線的概念消失了，採取可以動態、有機地重新構成的模組化生產方式。例如，生產模組可以視為一個虛擬網絡—實體物理系統，正在裝配的汽車能夠自律地在生產模組間穿梭，接受所需的裝配作業。其中，如果生產、零部件供給環節出現瓶頸，也能夠及時調度其他車型的生產資源或零部件繼續生產。也就是為每個車型自律性選擇適合的生產模組，進行動態的裝配作業，既保證了生產設備的運轉效率，又可以使生產種類多樣化。工業 4.0 對未來生活的影響非常大，本期邀請了 4 位作者分別介紹製造業、機械業、運輸業，以及醫療產業上的應用，希望增進讀者對工業 4.0 的認識。

# 機械工業 4.0

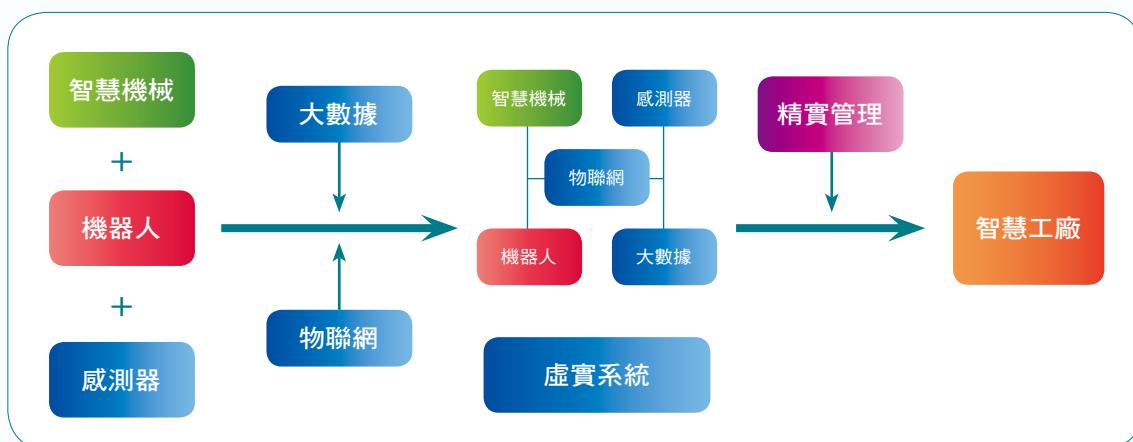
| 呂明山

工業 4.0 對機械產業的發展，應以智慧機械為基礎，結合感測器、機器人、物聯網、大數據、虛實系統、精實管理等技術，建構一個智慧製造系統（智慧工廠），以支援各項生產製造的活動及服務。

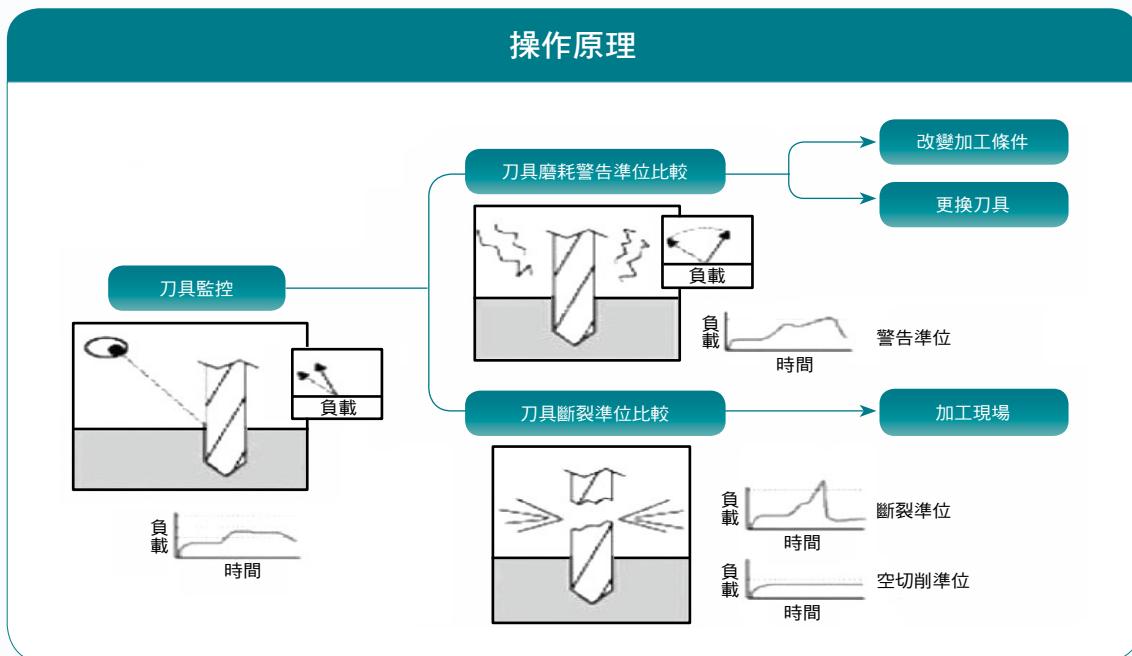
機械產業的內容可分為廣義與狹義兩種。前者包括一般機械、電氣機械、運輸工具、精密器械、金屬製品等；後者則指各產業用於生產的機械設備及輔助設備，包括金屬加工機械、產業機械、專用生產機械、電子生產設備、通用機械、輸送與自動化設備、金屬模具、其他機械與零組件等。根據工業技術研究院的統計，2015 年台灣機械產業的整體產值達新台幣 9,681 億元，是支撐台灣經濟的重要基石，也是台灣工業發展的重點，一直都占有舉足輕重的地位。

工業 4.0 一詞最早出現在 2011 年的漢諾瓦工業博覽會上，主張利用物聯網及網際網路服務，透過智慧整合感控系統發展成智慧工廠，期使每個機械單元都具備相互溝通的能力。除可經由即時環境的監控，找到問題予以排除外，並可改革生產流程，讓作業更靈活化及彈性化，以因應不同的市場需求。

機械設備是工廠生產的主要工具，隨著工業 4.0 的推行，機械設備需致力於精密化、智慧化的發展，不但要強化單機的產能，更要利用遠端控制、智慧控制、人機介面、模組化，



工業 4.0 在機械產業上的發展應用



日本某家公司的刀具監控與管理（圖片來源：陳政雄，機械月刊）

以及連線回饋等機制，研發更先進的機種，在結合大數據與物聯網的智慧浪潮下，推動智慧機械產業的發展。

工業 4.0 對機械產業的發展，應以智慧機械為基礎，結合感測器、機器人、物聯網、大數據、虛實系統、精實管理等技術，建構一個智慧製造系統（智慧工廠），以支援各項生產製造的活動及服務。以下就工業 4.0 在與機械產業相關的智慧機械、機器人、虛實系統、智慧工廠等應用實例做介紹。

## 智慧機械

大部分的機械設備原本都設計由人工操作，但隨著數位控制器、感測器、致動

器等技術的應用，逐漸發展成不需人工操作的自動化機械。

一般的自動化機械都是依照事先給定的指令執行，以機械產業中主要的自動化設備—電腦數值控制（computer numerical control, CNC）工具機為例，工程師先依照零件的幾何形狀編寫加工程式，或由電腦輔助製造軟體產生零件的加工程式，把它傳到 CNC 工具機，CNC 工具機再依據程式的程序加工。過程中如果發生故障，就必須停機排除後才能繼續作業，當然人力及時間的成本也因而增加。因此智慧機械的發展就應具備故障預測、精度補償、自動參數設定、自動排程等智慧化的功能，以改善前述的困擾。

| 機械產業是支撐台灣經濟的重要基石，也是台灣工業發展的重點。

再以智慧工具機為例，目前這項機器的設計以線上熱誤差的補償及切削監控為重點。因為機台在加工中各軸會因溫度的上升，造成機台變形而產生定位的誤差，因此須透過溫度的監控補償熱變位，以提高精度的穩定性。另在切削監控方面，可利用主軸馬達的電流監控，即時偵測刀具的破損及負載的異常，做為刀具的監控與管理。

以日本某公司的刀具監控與管理詳予說明：作業中，若主軸上的刀具在切削時斷裂或磨耗，刀具受力就會異常，主軸馬達的電流輸出也會不同。這時管理員只要比對電流輸出的準位，就可判別刀具的狀況，更換刀具或改變加工條件。另外，機台的過度振動也會減少主軸承的壽命，增加刀具的磨耗速度以及工件表面的粗糙度，這時可利用加速規監控切削的振動，調整最佳化切削參數，以避免過度振動影響了加工的品質。

除此之外，因工具機的切削參數包括主軸轉速、刀具進給率等，若分析不同環境下刀具使用狀況的紀錄，可預估刀具的壽命，並在最佳的時間點更換刀具，以避免斷刀或減少不良品的產生。

機械設備的智慧除了要能偵測環境的變異，自動調整程序或加工參數外，還需要與其他機械設備溝通的能力，一般稱為 machine to machine (M2M) 的能力；但目前工廠的機械設備都各自有自己的通訊協定，有如多個說著不同語言的人共處一室，彼此之間雞同鴨講無法溝通。因此規定一個共同的語言，即共同的通訊協定，就變得很重要。

目前，工業 PC (IPC) 或 PC-based 控制器由於具有可與外界溝通的連結介面，只要透過其 TCP / IP 的通訊協定，就能使機械設備之間溝通，甚為方便。



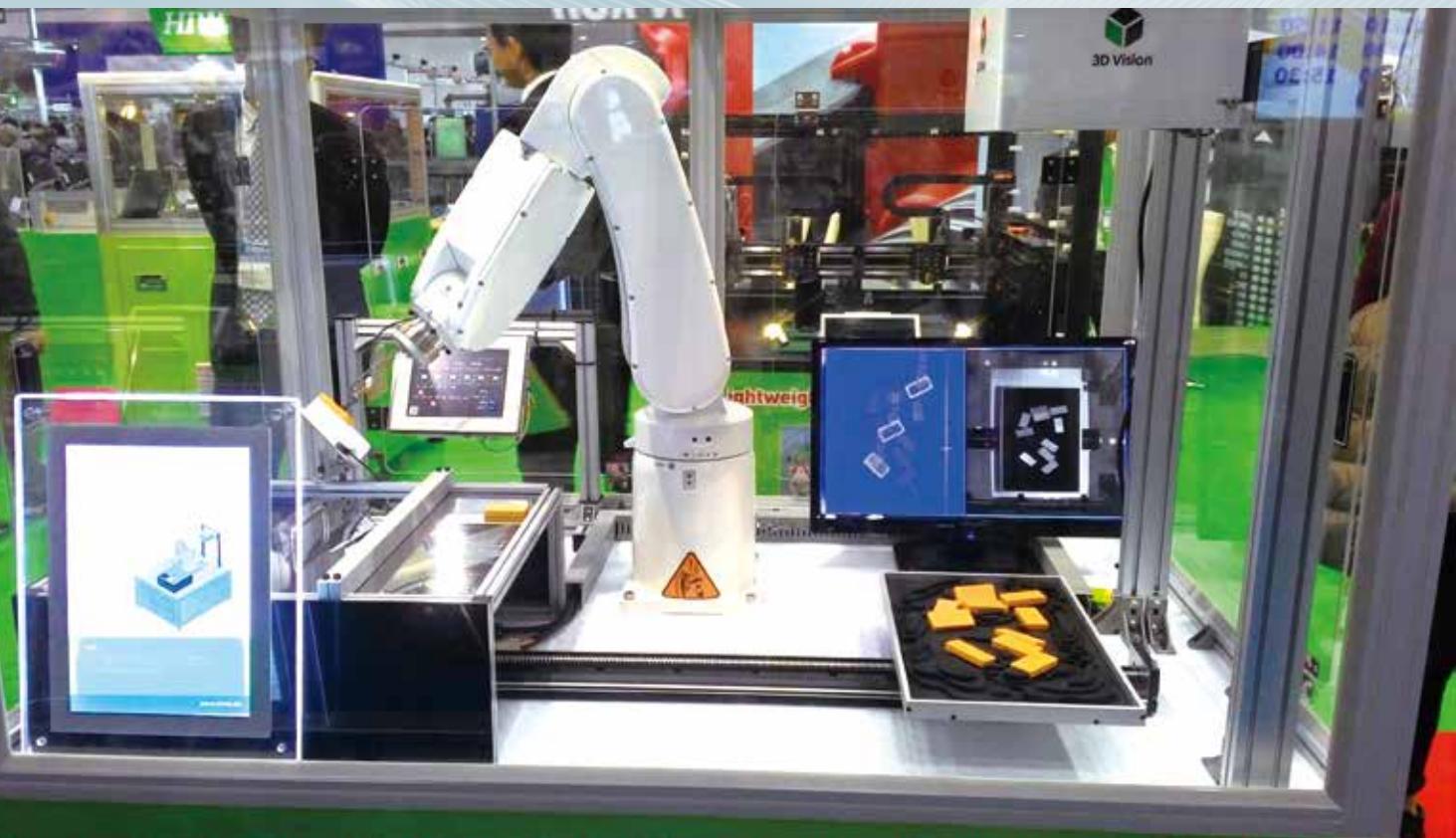
智慧工具機的發展應用

## 機器人

工業用的機器人主要是機械手臂，尤其是多關節型的機器人，可以替代人力從事較費力或繁雜的作業，例如搬運、組裝、加工等。現今工業用的機器人大都是被動式的，跟一般自動化的機械一樣，也是依據給定或教導的程式執行工作，能高度準確且不厭其煩地反覆執行特定的動作。

有些工廠雖已使用機器人提高自動化的程度，但並不能稱為已進入了工業 4.0，因為工業 4.0 強調的是能結合機器人的智慧化生產。舉例來說，一條由機器手臂取代人力的生產線，如果生產線上的生產規模因不同的需求而須擴張、縮減或更動作業流程時，不靈活且無法快速換線的機器手臂勢必影響成本及交貨的周期。若能把機器人系統的建置與產線結合，再連結多個製造單元而形成智慧化製造系統，將能提供更靈巧及彈性的生產。

另外，機器人也可結合感測器、物聯網、人工智慧等開發成具有主動性的智慧



3D 智慧視覺導引的機器人（圖片來源：工業技術研究院）

型機器人。主動性的智慧型機器人可以依照作業需求及環境的變異，自動調整路徑及方位執行工作。例如具有視覺（攝影機）動態導引功能的機器人，可以精確地判別物件的顏色、形狀及位置，這些資訊若再藉由手眼整合的功能，便能更精確地完成揀選或組裝的工作。這一功能可運用於 3C 產業、金屬加工業與食品業，從事組裝、上下料、包裝、檢測的工作。

人機互動安全的機器人也是智慧型機器發展的重點。安全型觸覺機器人整機包覆碰觸感測元件，讓人機操作時有更安全的保障，安全感測的工作包括碰觸即停、警戒區域機器人動作調控等。

## 虛實系統

虛實系統是工業 4.0 的關鍵技術，它藉由電腦、感測器，並運用網路技術連結各

種設備、機器及數位系統，使它們能相互溝通以整合虛擬及實體的世界。虛實系統的內涵就是人、機、物的融合計算，又稱為人機物融合系統。虛實系統能夠從實體、環境及活動中做大數據的採集，並與對象的設計、測試和運行性能表徵結合，使網絡空間與實體空間深度融合，進而透過自感知、自記憶、自認知、自決策、自重構和智能，達成生產製造的全面智慧化。

虛實系統的構架可區分為 5 個層級，包括：

連結層—選用感測器監視機械設備的狀態。

轉換層—把監視的資料轉換成對應的機械設備的有用資訊，做為故障診斷、健康評估管理等用途。

虛宇層—透過網路與數位電腦建立與機械設備對應的虛擬物件，進行機械設備



虛實系統 5 個層級設計的架構（圖片來源：李傑等人，2014）

的點到點的對應監督，以及各機械設備適應與效能的分析與比較。

認知層—主要功用是識別與決策，通過分析當前機械設備的任務目標和狀態，制定協同優化的決策。

配置層—把決策按照各機械設備的運行邏輯轉化成為它們聽得懂的語言，並把指令發送至機械設備端的執行機構實施。

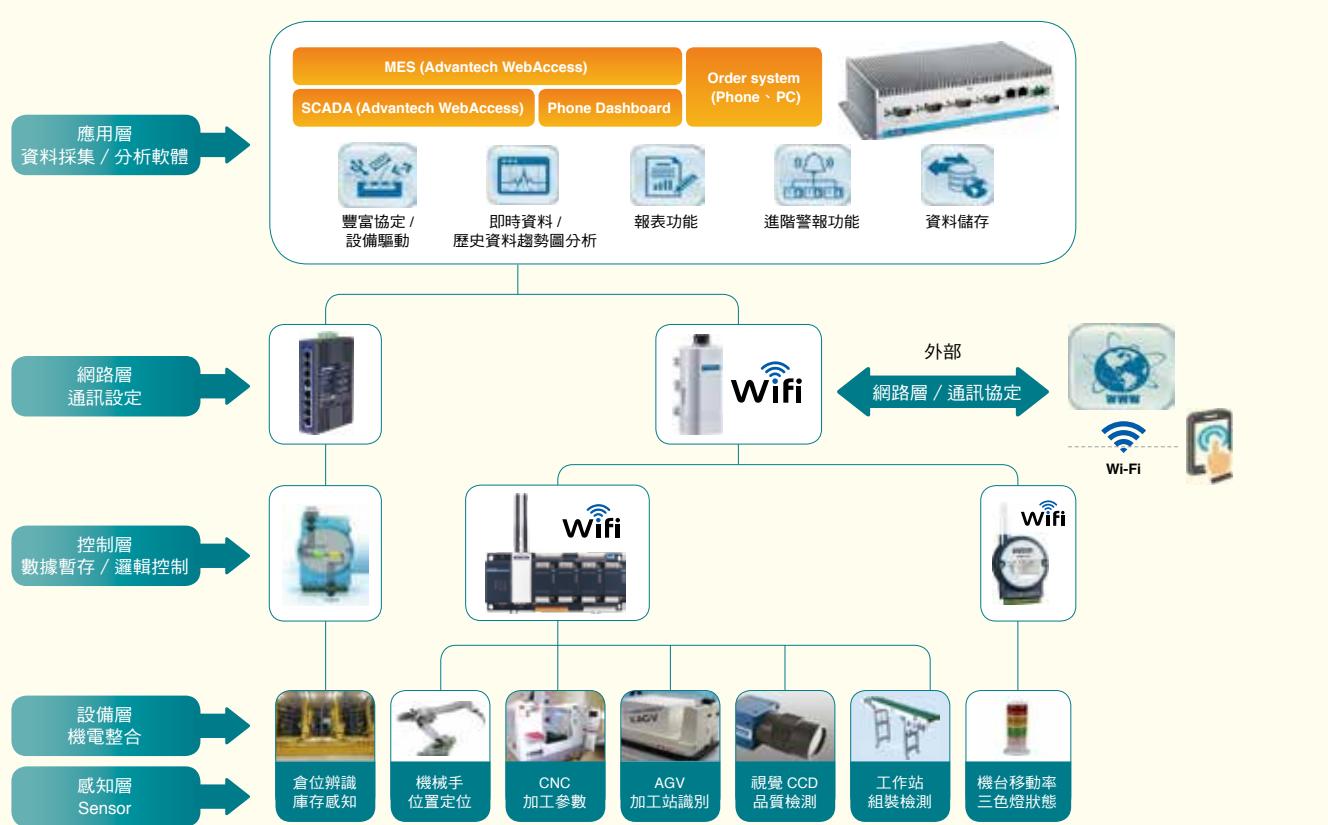
虛實系統打通了「自動化孤島」的經脈，可連結並整合自動化的實體設備，以及分析與決策的管理系統，是把製造系統打造成智慧工廠的關鍵技術。

## 智慧工廠

目前機械產業面臨的挑戰，包括供應鏈的效率與透明度、產量、品質及交期、設備的管理與維修，以及流程與設備的自動化等幾個問題。工業 4.0 智慧工廠結合了物聯網、大數據、機器人、虛實系統、精實管理、感測器等技術，更串聯設備、流程與科技，提升自動化與運作的洞察能力，可解決上述的各項挑戰。

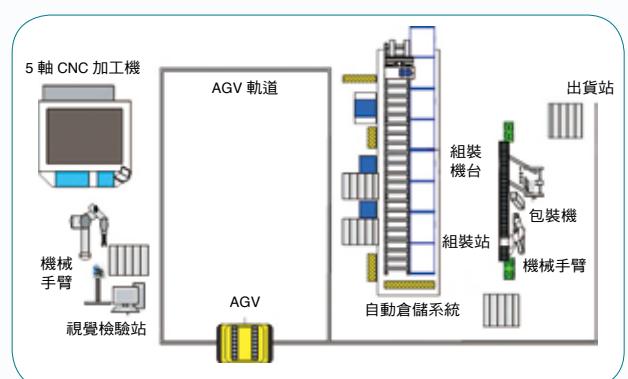
例如，在供應鏈的效率與透明度上，透過即時生產資料的蒐集及物聯網的連

**虛實系統是工業 4.0 的關鍵技術，  
它藉由電腦、感測器，並運用網路技術連結各種設備、機器及數位系統，  
使它們能相互溝通以整合虛擬及實體的世界。**



結，可提供更透明的生產資訊給供應鏈上的合作伙伴，精準地調度資源，也提高供應鏈的效率。在提升產量、品質及交期上，智慧工廠藉由蒐集即時和歷史的生產、品質及設備使用狀況的資料，以精實管理為核心，在最少原物料、製品與成品存貨，以及最高品質的要求下，優化了生產流程及產品品質。

在設備的管理與維修上，工業 4.0 運用設備感測資料及維修日誌，找出設備發生異常的模式，監控並預測未來可能發生的故障，預先維修保養。在流程與設備的自動化上，工業 4.0 智慧工廠利用物聯網及網際網路服務改革生產流程，讓每個生產環節及操作設備都具備獨立自主的能力，且



能相互溝通、即時監控周遭環境，以完成生產線的自動化操作，也使生產流程更靈活有彈性。

**工業 4.0 智慧示範工廠可以在現有的基礎架構下，進一步發展智慧雲，以蒐集生產流程中各階段的資料，再結合大數據的分析，回饋給各階段作調整。**

## 智慧工廠應用實例

雲林科技大學工業工程與管理系協同廠商已建置了一個工業 4.0 的智慧示範工廠，用於教學研究及產學合作。這個智慧工廠以機械加工業為主，其生產流程如下：顧客經由手機或網路下訂單，企業資源規劃系統接到訂單後，經由生產排程及物料需求規劃產生工單，工單再下到現場的製造執行系統（manufacturing execution system, MES），進行現場派工及監督。

首先，自動倉儲會依工單上的產品出料，無人搬運車（automatic guided vehicle, AGV）把原料從自動倉儲搬運到五軸 CNC 加工站的進料暫存區。接著機械手臂把原料上載到 CNC 機台加工，完成後機械手臂下載這半成品至視覺檢驗站檢驗其品質，然後機械手臂再把半成品下載到出料暫存區。接著，AGV 把半成品搬運到組裝站組裝成成品，最後 AGV 把成品送至出貨站出貨。

智慧工廠廠區自動化層級的架構設計，是遵循上述的虛實系統，即第一層是感知層，用於機械設備運作的感測。例如：工作站的識別感測用於告知 AGV 到達的工作站，視覺攝影機用於告知半成品檢測結果，機台稼動率三色燈用於告知 MES 機台停機、待料、生產等不同狀態。

第二層是設備層，接到工作的指派後，機械設備會自動地完成工作。例如接到機

械手臂上載的原料後，CNC 加工機讀取 CNC 程式後自動完成加工。

第三層是控制層，主要設備是資料擷取與控制系統，其工作是現場作業流程順序的邏輯控制，以及生產、機械設備狀態、品質等資料的蒐集及暫存。

第四層是網路層，透過乙太網路、WiFi、3G / 4G / GPRS 等，以及 TCP / IP 的通訊協定，連結各機械設備及上層的應用層，以溝通訊息及傳輸資料。另外，透過外部網路也可以與手機及其他雲端電腦連結，或執行遠端的監控及維護。

第五層是應用層，藉由蒐集即時及歷史的資料，執行機械設備狀態的監控、生產效能的分析、加工履歷、排程管理、異常診斷、製程優化等工作，並把生產、維護保養及製程相關的決策回饋給機械設備進行調整。

工業 4.0 智慧示範工廠也可以在現有的基礎架構下，更進一步發展智慧雲，以蒐集生產流程中各階段的資料，再結合大數據的分析，回饋給各階段作調整，這個進階版能更快速地回應客戶及市場的需求。

---

呂明山

雲林科技大學工業工程與管理系

---

# 工業 4.0 在交通上的應用

I 鄭永祥

工業 4.0 的概念目前已成功應用在國內外交通產業中，它結合了前端感應系統的數據採集，透過物聯網的資訊傳達至雲端平台，再藉由大數據演算法整合成有意義的決策資訊，進而快速回饋及反應。

工業 4.0 的概念統合了目前不斷開發的機器人系統、物聯網、雲端平台、大數據演算法等技術，把供應鏈、自動生產及顧客服務，從上游到下游整合成資訊流。整個過程或服務架構都在這平台（雲端平台、資料處理中心）流通及運用，從前端的感應系統（如機器人、感應設施等）回傳訊息到這個平台，平台資料庫則透過演算法把這些大數據資料整合成有意義的決策資訊。

這種以演算法由大數據資料找出有用資訊的過程稱為「資料探勘」，利用這種資訊調整機器的服務方式或產出的過程稱為「機器學習」，意思就是訓練機器蒐集更多資料，而能更精確掌握使用者或消費者的需求，進而快速回饋及反應。



## 國外交通產業上的應用

美國一家第三方物流公司發展出許多管理資訊系統，並與供應鏈的協力廠商及客戶端整合，希望提高管理效率及顧客服務。尤其是在散貨或小包裝的貨運部分，更需要強大管理資訊系統的垂直及水平整合，以更有效率地處理顧客需求和對供應商的服務進度。這公司目前發展工業 4.0 在前端應用的系統，以有效掌握客戶的需求並適時調整。整合的物流服務架構

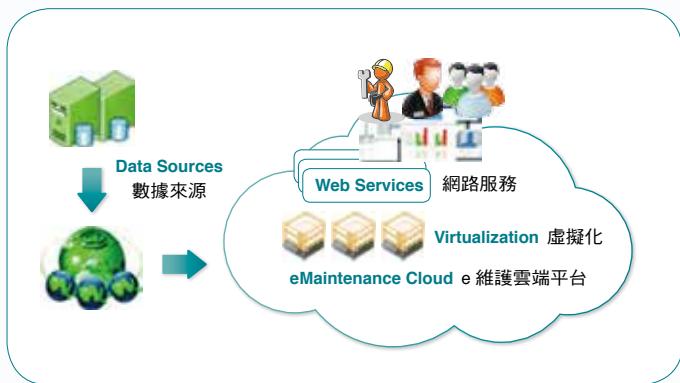
也會導入物聯網系統，應用在原有的交通管理系統中。

2012 年，某電子商務公司收購了一家公司並引進其自動化無人搬運系統至倉儲作業，大幅加快了訂單的處理速度並節省人力資源。在工業 4.0 體系中，因擁有前端先進的機器人技術與自動化機器設備，能更快速掌握客戶的需求與服務方向並即時反應。

有一家法國公司的主要業務是生產軌道系統各型列車，如法國高速列車和歐洲之星，在巴塞隆納應用大數據、3D 列印技術設計及製造列車。在製造列車時，應用平台上不斷回傳的資訊，分析並訓練 3D 列印機器了解需要的原物料是什麼，以滿足列車系統製造上的需求，也能加快列車系統製造的速度及降低成本。在後續的維修上，也更能掌握多樣的原物料組成與設施零件的可靠度，以協助鐵路營運業者有效維修，並降低維修成本。

Maintenance 4.0 是在工業 4.0 提出後，透過偵測器的數據採集與分析，即時維修軌道運輸的列車，進而把受損率降到最低的系統。其利用 RFID 技術開發 eMaintenance 雲端平台組織，以即時預測並回應鐵路運輸的營運問題。在網路服務的過程中，蒐集與記錄前端用戶（包括勞工及客戶）的資訊，透過網際網路儲存到資料庫中心，並監控以及對不同列車維修狀況做出適時的反應，對於備品的數量及庫存管理也能透過大數據的分析而更準確地推估。

工業 4.0 概念目前大部分都應用在供應鏈管理、電子商務及製造業，未來也能在交通運輸服務上有許多應用。



eMaintenance 系統的概念圖（圖片來源：Maintenance 4.0 in Railway Transportation Industry）

## 鐵路票務系統

交通運輸業面臨的挑戰一向是如何處理尖離峰時段的運輸服務。法國鐵路公司的解決方法是運用靈活的訂價及座位管制策略，建立能即時反映價格，並能調節尖離峰票價的營收管理系統。

交通運輸業雖然在尖峰時間會有一位難求的窘境，但若是離峰時座位沒有賣出，因運輸的服務無法儲存，也會造成營收的損失。如能應用工業 4.0 的概念，建立一個雲端平台，透過前端的票務及訂位系統，以及乘客與站務員的手機回傳資訊，快速反映票務處理並即時反饋訂價，應用大數據資料使價格能機動調整在合理範圍內。

最重要的是根據過去交通量與現在回饋的資料，針對交通量的尖離峰變化，做出座位調控及價格反映，使整體列車營收增加。此外，營運者可以透過不同類型乘客以往搭

| 交通運輸業面臨的挑戰一向是如何處理尖離峰時段的運輸服務。

YOU CAN ALSO MODIFY YOUR SEARCH HERE		Date	Passenger	Class	Modify
From	To	Depart	Arrive	Passenger	
07:41 AM	LILLE PLANCHES	08:00	2 hours	1 Adult	SEARCH
07:49 PM	AIXEN	08:00	2 hours	1 Adult	SEARCH
09:42 AM	LILLE PLANCHES	09:00	2 hours	1 Adult	SEARCH
02:22 PM	AIXEN	09:00	3 hours	1 Adult	SEARCH
10:20 AM	LILLE PLANCHES	10:00	2 hours	1 Adult	SEARCH
04:04 PM	AIXEN	10:00	4 hours	1 Adult	SEARCH
11:41 AM	LILLE PLANCHES	11:00	1 hour	1 Adult	SEARCH
05:04 PM	AIXEN	11:00	4 hours	1 Adult	SEARCH
01:13 PM	LILLE PLANCHES	01:30	2 hours	1 Adult	SEARCH
01:33 PM	AIXEN	01:30	2 hours	1 Adult	SEARCH

法國鐵路票價不同時段差異很大，藉此降低尖離峰的差異。（圖片來源：法國鐵路網站）

乘鐵路系統的資訊，如旅次起訖點、搭乘班次、票價、搭乘時間等大數據資料，進行對商務旅客或休閒旅客的差異化行銷策略。

## 路況即時回饋

我國的高速公路電子收費系統，除了能即時扣款外，也有車型與車牌辨識、測速等功能。藉由其所蒐集的大數據資料，也能協助分析與判斷目前高速公路的路況，即時回報高速公路局交控中心。

未來如果能持續發展在重要的市區道路布設路旁偵測設施，並建立雲端數據分析平台，就能達到以大數據資料觀測，甚至預測都市道路交通狀況，如車流量、車流速率、車流密度、停車供需、旅行時間，乃至事故風險熱區的提醒等。一旦發生交通事故，也能即時通知道路的車輛使用者，透過適當替代路線的建議來改道或修正路線。

未來如果能布設路旁偵測設施，建立雲端數據分析平台，就能以大數據資料觀測甚至預測交通狀況，乃至提醒事故風險熱區。



高速公路電子收費門架上的各項感應設備（圖片來源：高公局）

## 自動駕駛與高齡化社會

工業 4.0 的概念也能應用在無人駕駛方面，並擴大應用於大眾運輸上。目前國內公車幾乎都由人駕駛及反應，其實車輛到達各站的時間都能成為大數據的資料。目前，大台北公車動態資訊系統就是應用大數據的資料，整合公車上的 GPS 資訊及站牌的資料，預測公車的到達時間，提供給在站點等候及網站查詢的民眾，甚至能藉由 APP 手機軟體即時查詢。

此外，可應用工業 4.0 概念發展半自動駕駛系統，甚至未來可能發展的無人駕駛車輛，可以透過路旁的偵測器，隨時接收大量的道路數據，進而隨時調整車輛的行車速度及方向，即時反映車輛狀況到路況行控中心，也能即時處理問題。在第一時間除了把災害降到最低外，也能更加掌握各車輛目前位置及車輛的可靠度，並預測潛在風險，讓事故預防及因應處理更完善。

自 1993 年 2 月起，台灣 65 歲以上的老年人口已超過總人口的 7%，依照 WHO 的定義，已正式進入高齡化社會。行政院國發會指出：2018 年我國老年人口將達 14.36%，正式邁入國際慣稱的「高齡社會」；到了 2026 年，台灣更將走入「超高齡社會」，老年人口比率達 20.63%。在進入高齡化的社會後，如何替高齡者設計出適合的交通運輸服務是重要的挑戰。因此，如何整合利用路旁偵測器及車輛的自動駕駛科技，讓高齡者在使用私有運具時，因為其自動化程度的提高，能在風險發生前警示甚至調整其駕駛行為，以確保高齡者行的安全，是未來重要的交通政策。

## 飛航安全

確保飛航安全向來是各國努力的重點，目前飛航的失事率雖已控制在一定的水準之下，但各國仍戒慎恐懼地避免飛安事故。雖然航空運輸的失事率較陸路運輸低，但只要出現任何意外，造成的傷亡都很慘重，而過去的事故有許多是由於塔台航管人員與飛機駕駛員的溝通出現問題造成的。

未來如果能應用自動化的系統，協助航管人員在塔台目視飛機起降，即時回饋給平台，以更自動化和數位化的方式適時提醒塔台及警示航管人員，讓風險降到最低，並在第一時間回饋危險訊號予機長，就能再進一步避免起降時的潛在風險，也能排除天氣因素或其他外在因素而產生的疏失。

## 公共運具租賃系統

現有的公共運具租賃系統包括公共自行車租賃系統、公共電動機車租賃系統等，甚至未來可以推廣至公共小汽車租賃系統，以有效解決都市的部分運輸問題。公共自行車租賃在推動時已經有其雲端平台的基礎，租借及還車的站點部分也有 RFID 系統設施，因此未來發展工業 4.0 的概念較容易推動。

應用工業 4.0 的概念，可把前端的站點加入必要的偵測設施，假使有任何狀況，如車輛可能快爆胎、資訊或車輛系統異常，或站點的車輛不足，就能隨時回報資訊。而在回報到平台成為大數據後，可做為判斷反饋行動機制的基礎，即時回饋到前端並做出反應。如果夠自動化，整個服務提供過程就不需要過多營運人員的介入。

雖然目前工業 4.0 較少應用在交通運輸中，但透過物聯網、雲端平台與運算、大數據分析，以及機器人系統應用技術的不斷升級，在可見的未來，應能增加工業 4.0 應用在交通運輸服務的廣度與深度，並透過數位化、自動化，以及最佳化的策略，更貼近使用者的需求。

---

鄭永祥

成功大學交通管理學系

---

# 工業 4.0 使製造業升級

| 劉瑞隆

邁入 21 世紀後，人類的社會產生了結構性的改變，少子化和工資大幅提升的趨勢使得工廠自動化，以機器人取代工人投入生產，成為產業勢在必行的策略。

人類從早期的原生群居進展到農業社會，是史上的「第一波產業革命」。那什麼是第二波的產業革命呢？答案是：工業革命！1840 年，蒸氣機的發明帶來了全新的動力，讓過去認為不可能的事情變得可能，因而引爆了工業革命，工廠型態的大量生產變成了產業主流。

過去農村裡，在家織布，做帽子、衣服的人，如今都成為投入生產的工人，集中到工廠一起生產，相關的工廠管理理論與實務也應運而生，最著名的就是泰勒（Frederick Taylor, 1856-1915）。泰勒在伯利恆鋼鐵工廠擔任工頭時，因指揮工人改變鏟煤的方法，使生產力大幅提升，讓他發現工作方法與生產力是有關係的，便提出相關的理論，奠定了在管理學界的地位，並被尊稱為「科學管理之父」。這一歷史故事至今仍為人所津津樂道，並被引為經典教材。

之後，就是著名的第三波產業革命。Alvin Toffler 曾提到「未來不是過去的延續」，其意思是說過去習以為常，總認為是該這樣的事情，未來並不一定會如此，原因是事情發生的要素正在不斷地改變中。當生產要素改變了，結果當然就會不一樣。觀察 20 世紀發生的種種事件，在在印證了第三波的預言。另外，自工業革命後，因為有動力，且在工廠集中生產，大量生產使得產品的價格大幅下降，一般人都買得起，直接提升了人類生活的水平，讓人類的文明往前邁進了一大步。



## 自工業革命後，因為有動力，且在工廠集中生產， 大量生產使得產品的價格大幅下降，直接提升了人類生活的水平。

邁入 21 世紀後，人類的社會發生了結構性的變化。一方面是工人的工資大幅提升，另一方面是在文明的國家裡，人們對生育養育下一代變得更加保守，也就是少子化和工資大幅提升的趨勢，使得工廠自動化，用機器人取代工人投入生產成為產業勢在必行的策略。因此，德國這個老牌的工業國家就推行了本文要談的主題—工業 4.0。

工業 4.0，或稱為「第四次工業革命」（我國稱之為「生產力 4.0」），是德國於 2013 年在其《高技術戰略 2020》中擬定的十大未來專案之一，投資金額預計 2 億歐元，用以促進德國製造業的電腦化、數位化和智慧化，最終目標是德國製造業的再升級。德國製造業原本就已領先全球，惟其資訊網路的發展卻總不如美國，這一專案的執行使其產業實力更如虎添翼。

以世界經濟論壇 (World Economic Forum, WEF) 出版的《The Global Information Technology Report 2016》為例，WEF 每年都會依據種種指標，針對全球各國（經濟體）的網路整備度進行評比與排序。在 2016 年的報告中，德國居全球排名第 15，美國則是全球第 5 名，差距仍大。因此德國希望能夠透過工業 4.0 的完整措施，在製造業裡加入資訊科技的因子，期能超越美國，擠身全球前 5 強。

其實自 2011 年起，全球各國相繼制定了各式的製造業升級計畫，包括：美國於 2011 年提出的「先進製造伙伴計畫」

（Advanced Manufacturing Partnership, AMP 計畫），日本於 2013 年提出的「日本產業重振計畫」與 2015 年的「機器人新戰略」，以及中國大陸於 2015 年公布的「中國製造

2025」。台灣不遑多讓，也於 2015 年施行了「行政院生產力 4.0 發展方案」。諸多例子都彰顯了各國對製造業升級的重視，以及其對國家經濟的重要性。

美國於 2011 年提出包括「先進製造伙伴計畫（AMP 計畫）」等一系列相關政策，目的在促使製造業回流，振興美國的製造業，以及使海外投資能回流美國。藉由 AMP 計畫，政府結合產官學界，投資在能創造高素質製造業的職缺，並提升美國製造業國際競爭力的新興技術，投入的重點領域包括資訊、生技、奈米技術、醫療、航空等。這項計畫在美國總統川普當選後，益發堅定「美國製造業回流」的政策路線。

日本於 2013 年提出「日本產業重振計畫」，利用設備和研發的促進投資來重振製造業。2015 年又提出「機器人新戰略」，著重於人機共存的未來工廠，技術策略是發展感測器、控制與驅動系統、雲端運算、人工智慧等機器人，且讓機器人相互聯網，以因應日本高齡化社會的需求，期許重振日本經濟支柱的製造業，積極推動中小企業採用，最終目的在建立機器人普及的社會。

甚至，可能是日本永遠都不服輸的民族性使然，日本製造業組成 Virtual Engineering Community 與 NTT Communications 公司在 2015 年 3 月合作啟動一項工業 4.0 的研究，又稱為「日本版工業 4.IJ」計畫，研究成果將向民眾公開。

談到製造業，當然不能不提到「世界工廠」—中國大陸。對岸於察覺全球資訊產業的變革後，在 2015 年 5 月頒行了「中國製造 2025」方案，主管機關是工信

部，另由國務院相關部門組成「國家製造強國建設領導小組」，負責相關決策與統籌協調工作，其目標是到 2025 年，中國要擠身世界製造業強國。具體實施內容有：二化、創新並以人才為本、五大工程、十大重點領域等。

再看看台灣製造業的另一個競爭者—韓國。韓國於 2014 年 6 月發表「邁向實現創造經濟的製造業創新 3.0 策略」，提出三大策略、六大議題以促進產官學界的合作，強化製造業創新的腳步。

台灣的工業 4.0 政策相當務實，行政院於 2015 年 7 月正式提出「行政院生產力 4.0 發展方案」，鎖定台灣製造業十年產業轉型願景，等於是台灣版的「工業 4.0 政策」。這個方案以行政院推動的「智慧型自動化產業發展方案」為基礎，整合商業自動化、農業科技化發展進程，提出「生產力 4.0 發展規畫」。期能開發智慧機械、物聯網、巨量資料、雲端運算等技術來引領製造業、商業服務業、農業產品與服務的附加價值提升，同時發展人機協同工作的智慧工作環境，以因應高齡化社會工作人口遞減的勞動需求。

台灣的生產力 4.0 方案鎖定製造業的電子資訊、金屬運具、機械設備、食品、紡織，商業服務業的智慧零售、智慧物流及整合型服務，農業的生技農產業、精緻農產業與精準農產業等，共分 3 大領域推動生產力 4.0，利用智慧機器人鏈結物聯網及巨量資料技術推動產業轉型。這項計畫也包括人才的培育。值得一提的是，這是從產業需求作整體考量，著眼跨領域實務人才的培育，對產業應可發揮實質助益！

台灣的工業 4.0 政策相當務實，行政院於 2015 年 7 月提出「行政院生產力 4.0 發展方案」，鎖定台灣製造業十年產業轉型願景。

### 解決新世代工廠生產線多元性的做法

#### Technical Assistant 集中在控制室

1986



TODAY



日本某公司就有機器人  
工廠，僅有少數人力負  
責處理例外事件

Technical Assistant 都集中  
在控制室，配合相關管  
理制度

管理人員集中在控制室，提高生產效率及員工健康。（圖片來源：DFKI GmbH，凌群電腦整理，2017 年 1 月。）

### 解決新世代人機互動的做法

操作介面固定

由機台服務中心提供適用  
於不同習性使用者的 APP

BEFORE



TODAY



使用者導向，方便操作且提高生產流程的機動性。  
(圖片來源：DFKI GmbH，凌群電腦整理，2017 年 1 月。)

為什麼說工業 4.0 除了協助產業升級外，還可以對整體社會結構和人口轉變有所幫助？舉例來說，1986 年開始，日本一家公司就採用了「無人工廠」的生產方式，但是如果有多個例外事件，人員仍然需要進生

**若能成功地把「自動化」的概念從小學就內化到教材中，讓國家未來的棟梁從小就思考、面對並掌握這個概念，其製造業必會成為全球的翹楚。**

產線做現場處理。導入「智慧製造」概念的工廠後，所有作業員（或者應稱為「管理人員」）只需集中在服務中心或控制室監控，不用忍耐三急之苦，也不需吸入可能對人體有害的機台廢氣。

另一個例子是智慧製造採用了使用者導向的操作介面，由機台服務中心提供適用於不同習性使用者的 APP，管理人員或操作人員拿著行動載具，在一定距離內便可操控管理機台，不用再費時穿脫無塵衣便可管理、使用機台。從以往的「以人就機」，轉變成「以機就人」，方便性遠甚於從前。

無論是「工業 4.0」或「生產力 4.0」，因為全球人口少子化的趨勢是不會回頭的，全球化競爭的態勢也將更趨劇烈，我國產業升級的壓力和需求自然也迫在眉睫。面對未來如此高度自動化的社會，應抱持

何種態度與生活方式去迎接呢？筆者以為當務之急應是以教育為發展礎石！

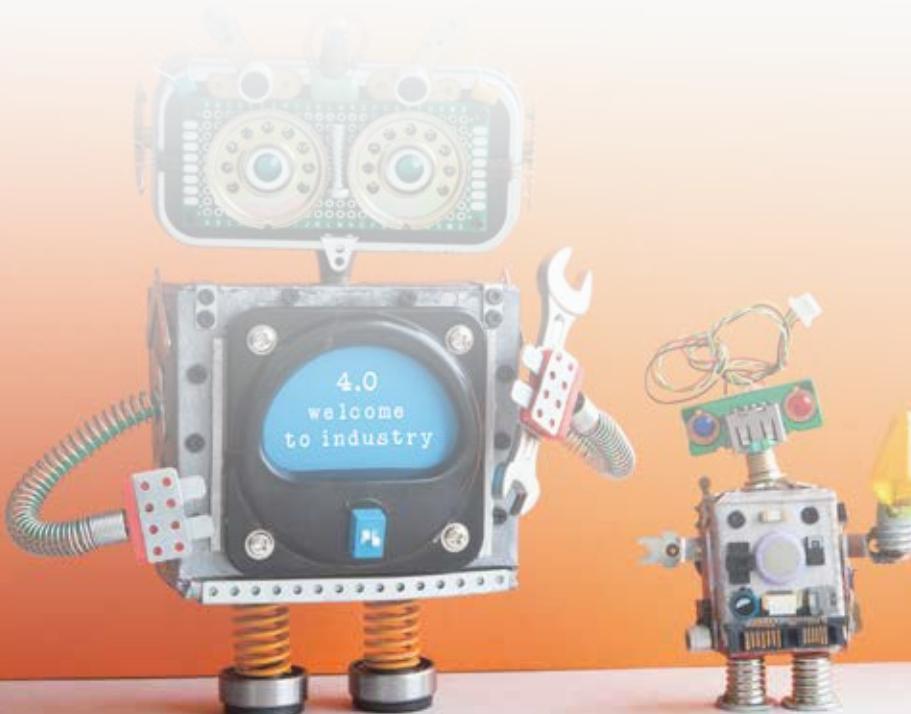
全世界若有哪一國的政府能成功地把「自動化」的概念從小學就內化到教材中，讓國家未來的棟梁從小就思考、面對並掌握這個概念，這個國家的製造業必會成為全球的翹楚。很高興看到我國政府能大力推動生產力 4.0（工業 4.0），也嘗試向下扎根，在基礎人才培訓之餘，也能著眼於跨領域的實務人才養成方案，相信將嘉惠產業甚多。讓我們一起攜手共同參與台灣製造業升級大計，迎接台灣經濟的下一波巔峰！

---

劉瑞隆

凌羣電腦股份有限公司

---



# 工業 4.0 在醫療產業中的應用

| 李彥良

過去發生了許多因為冰箱溫度控管不佳而導致的醫院事故，導入物聯網監控平台之後，便能遠端多點即時監控及管理冰箱的溫度，一旦發生問題就會立即啟動警報器，並以簡訊、Email 等型式的警示訊息通知人員維修。

「下班時，正思考著今天晚餐要煮什麼，忽然冰箱傳來訊息，告知所剩食材的清單及影像，還附帶了推薦的食譜資料。」這已不是科幻電影中的超現實情節，而是真正未來的趨勢—物聯網。物聯網的類似自動化操控系統可以利用感測器蒐集及控制機器、裝置及人員的資料，也可以遙控家庭裝置、汽車。蒐集這些資料後，可以彙整成大數據並進行分析，然後依分析結果改善及監控。

物聯網是工業 4.0，也就是所謂的第四次工業革命的核心技術，又稱為智慧整合感控系統。主要是把現有的工業技術與產品整合在一起，建立一個具有資源效率的智慧工廠，再透過大數據分析，直接產出一個符合客戶需求的解決方案。其高度自動化以及可自動排除生產障礙的概念，已經在許多國家的計畫中顯現。



## 物聯網與醫療產業

由於物聯網具方便性與即時性，在需要嚴格控管品質的醫療產業中，這樣的技術更形重要。廣義來說，醫療產業是指與身心健康和疾病的預防、檢查、治療、照顧等行業相關的機構，

物聯網是工業 4.0，也就是所謂的第四次工業革命的核心技術，又稱為智慧整合感控系統。

包含各醫療器材及藥品的製造與供應商，以及醫院、診所、檢驗所等醫療機構。以下便以醫療用冰箱監控為例，說明工業 4.0 在醫療產業中的應用。

在醫療產業中，最需要嚴格控管的是藥品與檢體。它們儲存在一定的溫度範圍內，若溫度控管不佳，將導致藥品變質，病患誤食後，後果不堪想像。至於檢體的變質，則會導致檢查結果錯誤，可能因此誤判而延誤就醫時間，可見冰箱的溫度控管在醫療產業中的重要性。

有時候冰箱運作雖然正常，但因開關次數頻繁，或因門未關好，或碰到電力中斷太久，都會使冰箱溫度升高。研究顯示，冰箱只要開啟 10 秒，箱內的溫度就會升高大約攝氏 2 到 3 度。另一種情況是，因散熱不良或製冷器壞掉導致冰箱無法製冷。但不論是哪種情況，都必須立即處理，以免冰箱內的物品變質。

幾年前美國哈佛大學麥克林醫院 (Harvard's McLean Hospital) 曾發生一起因冰箱故障而導致 150 顆冷凍腦袋壞掉的事件，這些腦袋樣本主要是用來作自閉症、阿茲海默氏症、躁鬱症等神經疾病的研究，若要再收集相同數量的樣本約需要 20 年的時間。

這樁悲慘的事件肇因於冰箱溫度的管控失效。原本醫院的控管程序是兩道警報系統及工作人員的定時檢查，惟當時冰箱的溫度雖然逐漸升高，但調溫器仍顯示正常，警報器當然沒有觸發。許久之後才發現這異常，但為時已晚，意外就此發生了。

另一起案例發生在 2015 年，也是因為冰箱溫度控管不佳。美國一家兒童健康中



透過標準溫度儀器校正裝在冰箱內部的感測器

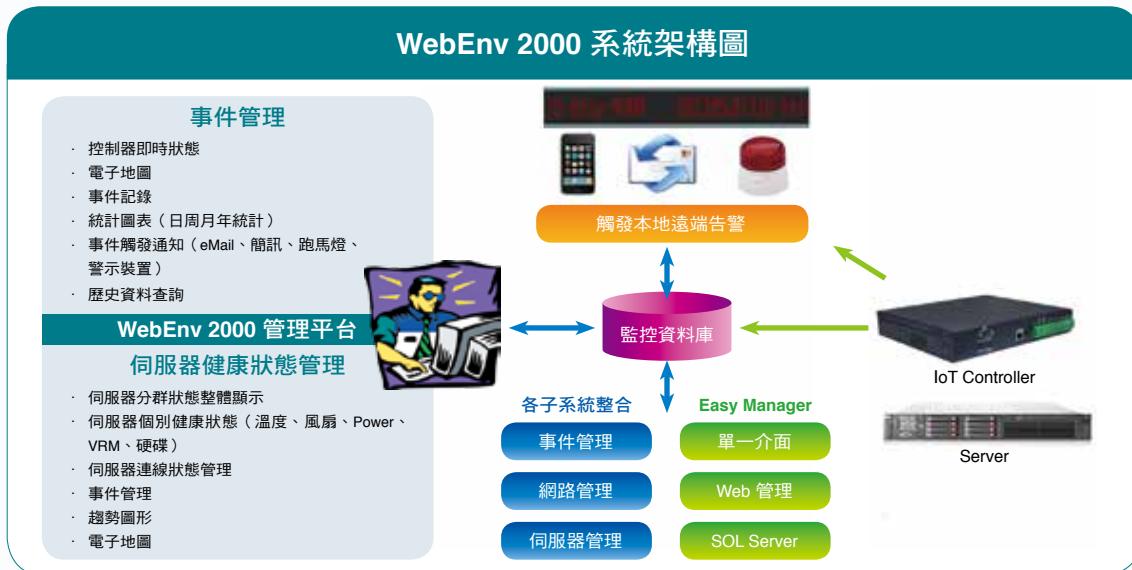
心因冰箱的溫度控制器無法正常運作，導致冰箱溫度升高，因而破壞了十幾種不同類型的疫苗，使得 1,500 名孩童接種了無效的疫苗，造成的損失達數百萬美元。

由以上的案例可以知道冰箱溫度控制器的重要性，因為冰箱內藥品及檢體的儲存都需要有良好的溫度監測能力，若失效不只造成金錢的損失，更讓相關人員的生命暴露在危險中。為了防止這些弊害發生，許多醫院已開始利用物聯網監控平台及冰箱溫度感應器控制溫度，讓醫院的人員能在問題發生之初就即時解決，避免更大的危害。

## 物聯網監控平台

WebEnv 2000 Manager 是一個物聯網監控平台，它整合了各類型環境感測器、不斷電系統、數位電表、冷氣、攝錄影機、門禁管理等設備，各種設備的警告訊號會透過 TCP / IP 分散式網路，傳送至警報中心，

**在醫療產業中，最需要嚴格控管的是藥品與檢體，  
透過物聯網監控平台可以減少因為溫度控管不佳而造成的風險與損失。**



WebEnv 2000 Manager 系統架構圖（圖片來源：<http://www.iotweb.net>）

並整合實體警報設備，例如 LED 跑馬燈、警告燈、閃光喇叭、電腦聲響等，以圖形化的介面顯示。發生突發事件時，管理平台也可透過傳送電子郵件、簡訊等通知管理人員，並啟動遠端電子地圖。

在醫院及藥庫的控管方面，WebEnv 2000 Manager 只利用到溫度感測器的部分。把感測器裝於冰箱內部，經由線路連接至主機，再把蒐集到的數據透過網路傳輸到電腦，並利用特定軟體開啟與監控。不斷電系統則是為了因應突發狀況，像是醫院突然跳電時，若沒有不斷電系統，感測系統就會停擺，而無法即時監控冰箱的溫度是否正常。

WebEnv 2000 Manager 的管理介面還內建了電子地圖，可以自動載入各種圖檔，像是 png、jpg 等，通常是樓層平面圖。在載入地圖後便可以加入各種物件，例如：溫度、溼度、攝影機，自動更新各種感應器的狀況，再透過瀏覽器監控各冰箱的即時狀態。



WebEnv 2000 Manager 可節能省電、偵測溫度。

WebEnv 2000 Manager 主要監測的數據以及通知、統計功能
藥庫溫、溼度偵測
(低溫) 冰箱溫度偵測
電子地圖即時監看
本地及遠端告警
簡訊及電子郵件通知
溫度紀錄表自動產生
日、周、月審查機制
報表匯出 Excel、PDF
節能電力、需量統計

## 電子地圖顯示



具溫度物件顯示的電子地圖，若發生異常，在電子地圖上會以紅色顯現。

透過物聯網監控平台可以減少因為溫度控管不佳而造成的風險與損失，因而必須提高溫度控管的效率及正確性。且透過自動化溫度讀數與電子地圖即時監看，減少醫院及藥庫人員的工作負擔，一旦數值出現偏差就須即時發出警報，提醒工作人員立即處理，以提升用藥的安全和減少風險。

舉例來說，當冰箱溫度異常時，便會發動警鈴，相關醫療人員於聽到警鈴後會立刻開啟數位監控系統，系統內就顯示溫度異常的冰箱所在，並以紅色數值顯示，以利立即通知人員處理。

除了即時通報異常之外，WebEnv 2000 Manager 還能做紀錄審查。這項功能非常重要，因為溫度對藥物及檢體的影響並非一天兩天的事，而是需要長期的監控。從系統內的紀錄審查可以知道每天冰箱內的平均溫度、最高及最低溫度。一般來說，藥品的保存溫度需介於攝氏 2 到 8 度之間，有些特殊藥品對溫度的要求更嚴苛，若保存超出溫度範圍恐怕會使藥品變質，病患使用後可能造成嚴重的後果。

## 手機程式 APP 監控

近年來，智慧型手機可說是最流行的智慧設備，幾乎人手一支，甚至因為它的方便性而取代了部分桌上型電腦的功能。在工業 4.0 之下，物聯網的概念越來越重要，為了方便監測整合的資訊，物聯網結合手機 APP 是不可避免的趨勢。

在工業 4.0 與物聯網所架構的環境中，應用在冰箱監測，透過感應器連接的嵌入式控制器須具備物聯網的 M2M 的通訊架構。嵌入式控制器可以與其他機器、物件、應用平台等互動和通訊，並產生龐大的數據，這些數據經過處理和分析後能使控制最佳化。手機 APP 可以與嵌入式控制器連線操作，就是 M2M 通訊架構的一種應用。

手機版的 WebEnv 2000 Manager 稱為 WebEnv2000 APP，是一個專業的管理平台。它用來整合物聯網和其他設備，把各種感測器偵測到的警報事件，透過網路傳輸到 WebEnv 2000 的雲端中心，同時傳送推播訊息至手機。



每日紀錄審查，有最高溫、最低溫、平均溫度，紅色標記處是超出溫度範圍。



M2M 手機 APP 應用

## 邁向更完善的控管系統

過去發生了許多因為冰箱溫度控管不佳而導致的醫院意外及事故。以往溫度控管主要依靠專人巡查，手動檢查冰箱的溫度，因此容易發生疏失。導入物聯網監控

平台之後，便能遠端多點即時監控及管理冰箱的溫度。一旦發生問題就會立即啟動警報器，並以簡訊、Email 等型式寄送警示訊息通知人員維修。這種方式比起過往會更有效率，也更有利於解決問題，並讓藥品及檢體能夠保持一定的品質而不變質，防患災害於未然。

在醫療產業中，除了溫度控制之外，溼度及空氣品質也需要監控。利用前述的整合系統能創造一個智慧化建築，讓醫院可以有安全的用藥及治療環境，以達成建築安全、健康照顧、節能永續、便利及舒適等目標，滿足人們的需求。

李彥良  
譽鴻科技股份有限公司

# 幹細胞的故事 知多少

| 羅時成

山中伸彌於 2006 年創造了「誘導性多功能幹細胞」技術後，各國幹細胞研究如火如荼展開，為醫學應用奠定了基礎。幹細胞研究的基石是胚胎學、發育生物學和分子生物學。

誘導性多功能幹細胞技術的理論基礎，簡單地說有三部曲：古典實驗胚胎學、從複製蛙到複製羊的突破、分子生物及基因導入細胞技術的成熟。

## 人才輩出的德國實驗胚胎學家

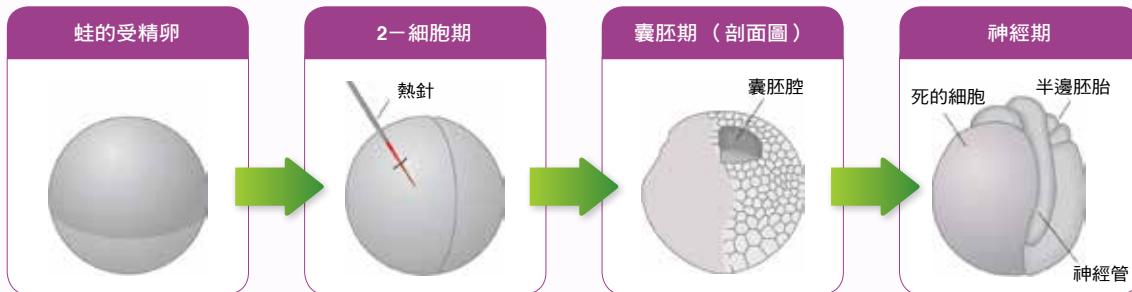
早期生物學家對多細胞動物如何由一個受精卵發育成成體，提出過許多假說。其一是「先成說」（preformation），認為精子內有一小人的雛形，精子與卵子結合後，小人逐漸發育。

19 世紀末期（1888 年）德國動物學家威爾漢 · 魯（Wilhelm Roux）以青蛙的受精卵做實驗，等受精卵分裂成兩個細胞時，以燒紅的解剖針刺死其中一個細胞，觀察胚胎是否繼續發育。結果他看到實驗胚胎發育成半邊的蝌蚪，是支持「先成說」的證據，認為蝌蚪形狀早在受精卵內就固定了，破壞一個細胞，另一個活細胞只能發展出半邊蝌蚪。

德國另一位生物學家漢斯 · 杜里舒（Hans Driesch）與魯是赫克爾（Ernst Haeckel）的同門學生，1892 年他利用海膽做為研究胚胎發育的材料。他的做法與魯不同，是在受精卵分裂成兩個細胞時，把兩個細胞分開。若「先成說」正確，分開的兩個細胞會各自發育成半邊胚胎，結果兩個細胞各自發育成完整的個體（雖然體形稍微小些），等於否定了「先成說」，同時開創探討「細胞的全能性」研究，即分析胚胎到什麼時期分離出的單一細胞仍保有發育成完整個體的能力。

「先成說」認為精子內有一小人的雛形，不分男女，一旦受精才決定是男嬰或女嬰，以今日生物學的知識了解這個描述是錯誤的。受精時精子提供細胞核與卵細胞核結合，精子的細胞核最重要的結構就是染色體，染色體才是決定男女及性狀的藍圖。





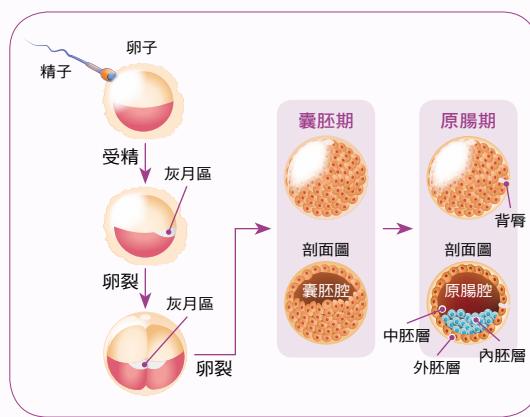
德國動物學家威爾漢 · 魯以青蛙的受精卵做的實驗。

之後，另一德國胚胎學家漢斯 · 司培曼（Hans Spemann）重複魯的實驗。他不是把細胞刺死，而是在青蛙受精卵分裂成兩個細胞時，小心地用嬰兒頭髮打結把兩個細胞分開，結果與杜里舒的實驗相同，兩個細胞各自發育成為蝌蚪。於是對魯的實驗結果的解釋是：死去的細胞附著在另一細胞上，會抑制它發育出另一半個體的機會，但兩個細胞完全分開後，因各自都有「全能性」，所以能發育成蝌蚪。

因此胚胎學家就想知道，受精卵分裂成 4 個細胞時，一個個分開是否仍能發育成完整的蝌蚪？胚胎發育到哪個階段，分離出來的單一細胞才失去「全能性」，無法發育成一個完整個體？而正常的胚胎細胞又如何分化成不同胚層？不同胚層又如何發育成不同組織、器官？

受精卵持續進行細胞分裂，稱為卵裂期（cleavage），由於胚胎大小不變，因此子細胞愈來愈小。到達四千多個細胞時，胚胎中間形成一個空腔，稱為囊胚腔（blastocoel），胚胎稱為囊胚（blastula）。囊胚期的特色是細胞數量增加但沒有運動移位。

然後在灰月區產生裂縫，稱作背脣，許多細胞開始移位，從背脣鑽入內部，也造成背脣向兩側裂開形成側脣和腹脣。細胞往內移動造成了新的空腔，這空腔是最



早期青蛙胚胎發育的階段與期別，精卵結合決定了灰月區的形成，然後經過卵裂期進入囊胚期，接著背脣出現，細胞運動，產生 3 個胚層，完成了原腸期。

原始的腸道，因此稱這期的胚胎為原腸期（gastrula）。這一期的重要特色還有 3 個胚層（外胚層、中胚層與內胚層）的形成。之後，胚胎由圓形慢慢拉長，頭尾成形，3 個胚層開始分化成不同組織與器官。

早期胚胎學分成描述胚胎學和實驗胚胎學：前者利用肉眼、放大鏡和顯微鏡觀察青蛙胚胎發育的變化，做詳實的紀錄，例如心臟何時開始形成？心臟又何時跳動？後者則是利用顯微手術破壞、切割、移植後，觀察胚胎發育有何異狀，或利用染劑染某一個細胞，追蹤該細胞成為後期胚胎的哪部分組織。在這段時期，胚胎學



家已經建立胚層（外胚層、中胚層與內胚層）形成的紀錄。

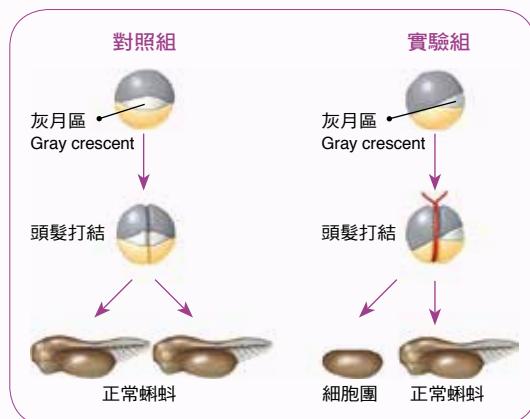
學者知道精卵結合後，受精卵細胞未分裂前就會形成所謂的灰月區，那是因為精子進入卵子時會誘導卵子膜下方黑色素顆粒朝向精子進入的點移動，部分未移動的黑色素顆粒便在原來位置形成灰月區。受精卵第一次卵裂是縱分裂，把灰月區一分為二。實驗發現遭受人工分離的胚胎細胞若不含灰月區，就無法發育成完整個體，顯示灰月區在青蛙發育中的重要性。

## 連體蝌蚪和複製蛙

1924 年，司培曼與學生希爾德 · 曼戈德（Hilde Mangold）一起進行了一個重要的實驗。他們把一個原腸期胚胎的背脣（在灰月區形成的構造）以顯微手術移植到另一個相同時期胚胎背脣的對面，結果這個胚胎發育成連體蝌蚪，證明背脣細胞具有完全能力誘發周邊細胞形成一個個體，於是背脣被定義為「初級的組織者」。

後來，司培曼做了另一個實驗，把胚胎一邊的眼杯移植到另一胚胎尾端，誘發形成眼睛。他稱眼杯為「二級組織者」，因它無法誘發整個胚胎形成，只能誘發上皮細胞分化為晶狀體與眼杯，形成完整眼睛。司培曼研究胚胎學的成就使他在 1935 年獲得諾貝爾生理醫學獎。

在探討「細胞的全能性」時，司培曼另外做了一個經典實驗。他以頭髮打結的技術，把剛受精的蛙卵分成只有細胞質的部分，和同時含有細胞質及細胞核的部分。後者可進行細胞分裂，當胚胎擁有 16 個細胞時，他把髮結鬆開，使細胞核進入無核的細胞質，再把髮結打死，於是分成一個細胞及 15 個細胞兩種不同的部分。結果兩者各自發育成兩隻蝌蚪，雖然一大一小，



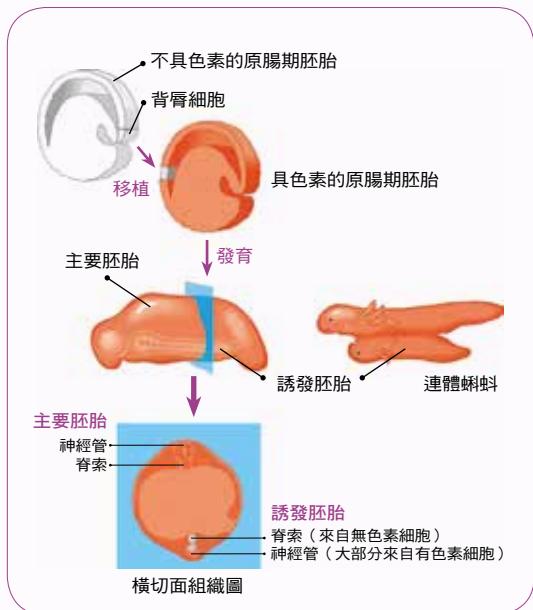
**實驗胚胎學：**探討細胞的全能性實驗。對照組是利用嬰兒頭髮在兩個細胞間打結分開，兩者都含有灰月區的細胞質；實驗組則是兩個細胞中，一個含灰月區，另一個不含。結果發現只有含灰月區的細胞可以發育成蝌蚪，不含灰月區的細胞則無法發育成蝌蚪。

但這個實驗建立起胚胎細胞核具有「全能性」的概念。

他的學生曼戈德為了證實「細胞核具有全能性」這個現象，嘗試發展「細胞核移植」的實驗，就是以毛細管針吸取細胞核再接種到去除細胞核的卵子裡，看它是否能發育成蝌蚪。可惜他因病去逝未能把這個技術發展成功。

1952 年，兩位美國生物學家羅勃 · 布瑞格（Robert Briggs）和湯瑪斯 · 金恩（Thomas King）報導利用「細胞核移植」技術的實驗，成功地把囊胚期細胞核移植到無核卵中使它發育成蝌蚪，證明了細胞核具有全能性。由於囊胚期的細胞尚未分化，這時細胞核具有全能性應屬合理。他們後期的研究發現，晚期的胚胎細胞核漸漸失去全能性，對於已分化的細胞是否仍保有全能性採取較負面的看法。

1962 年，英國動物學家約翰 · 戈登（John Gurdon）利用不同種的青蛙，取得蝌蚪腸細胞的細胞核接種到無核卵裡使它發育成蝌蚪，最後發育成第一隻複製青蛙。戈



司培曼與學生曼戈德的實驗，探討背脣細胞是胚胎發育的初級組織者。他們利用顯微技術把背脣細胞移植到另一同期胚胎，最後形成連體蝌蚪。

登證明體細胞仍具全能性，顯示細胞分化並未失去任何遺傳物質，只是基因受到不同的調控，細胞表現不同特性。比如肝細胞打開肝細胞所需的基因、關閉了分化成其他細胞所需的基因，而非把不需要的基因丟棄。

複製兩棲類動物成功的實驗激起了動物學家對複製哺乳類動物的興趣，可是三十多年沒有成功，科學家開始懷疑細胞核全能性只發生在低等脊椎動物中。直到1997年，蘇格蘭科學家伊安·魏爾邁（Ian Wilmut）成功地創造了複製羊桃莉，才打破了哺乳類細胞核沒有全能性的迷思。

複製羊的成功在於細胞核移植技術的改進。首先不用毛細管針把乳腺細胞核送入無核卵，而是採取電融合方法以減少對無核卵的傷害。其次是讓乳腺細胞處於營養饑餓狀態，使細胞核內的遺傳物質不進行複製。複製羊的成功帶領各類哺乳動物的複製成功，包括牛、貓、小鼠和猴，雖然

成功率不同。由於桃莉比一般羊的壽命短，也開啟了移植細胞核染色體端粒變短導致壽命較短的研究。

## 幹細胞研究的歷史

複製羊成功的另一背景是生殖生物學技術的成熟。人類第一個試管嬰兒於1978年誕生。在小鼠研究方面又有融合胚胎的實驗，也就是混合來源不同的胚胎，生產出自白毛與黑毛混雜的後代，進而有利用胚胎幹細胞進行基因轉殖鼠的研究。科學家對幹細胞的了解部分來自再生的研究，胚胎學有一分支是動物再生，最常用的實驗動物是扁形動物的渦蟲。

渦蟲成體約3~5公分，具有神經、肌肉及生殖系統；前端頭部呈三角形，具有兩個紅色眼點，可感覺光的刺激。若把渦蟲切成兩截，頭部可以長出尾部成為完整的渦蟲，尾部也可以長出頭部成為完整的渦蟲，再生能力甚強。若把渦蟲分成3截，每段都可再生成完整個體，中間那段可長出頭部與尾部。這現象讓科學家了解渦蟲細胞具有「多能幹細胞」性質。身體切下的組織，其中的細胞可依所在位置先分裂再分化成神經或肌肉細胞，甚至把頭部做縱切割而不分離，最後可以形成雙頭的渦蟲。

一般哺乳類幹細胞分成胚胎幹細胞與體幹細胞。幹細胞若來自胚胎，分化成各類細胞的潛力高，因此胚胎幹細胞又稱為「全能幹細胞」。幹細胞若來自骨髓，可以分化成各類血球細胞，包括紅血球、白血球和血小板，但無法分化成肌肉細胞和肝細胞，稱為「多能體幹細胞」。

在醫學上，以移植骨髓來治療遺傳性疾病就是一種再生醫學療法，始於1960年代左右。骨髓移植需要確認捐贈者與病患



細胞表面抗原可相容，而且手術對捐贈者難免有一些風險，因此儲存臍帶血幹細胞的新興行業於 21 世紀初如雨後春筍出現，有如買保險，必要時儲存者可用自己的幹細胞進行醫療，避免免疫排斥的問題。

複製蛙與複製羊的研究證明體細胞的基本程式是可以「重新編程的」，但是哪些基因可以重新啟動胚胎發育的基因？類似的問題是：胚胎幹細胞又如何維持它的全能性呢？

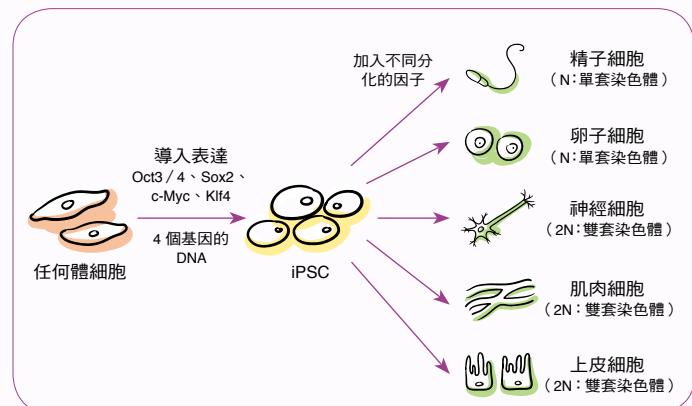
山中伸彌為了解開這些謎，先用小鼠胚胎幹細胞做研究，發現有 24 個基因是維持幹細胞特性的必要基因。接著他把幹細胞必要基因導入小鼠纖維母細胞，居然可以讓體細胞轉變成多功能幹細胞。然後他用消去法，分別送基因進入纖維母細胞，最後發現 4 個轉錄因子 Oct3 / 4、Sox2、c-Myc 和 Klf4 是讓體細胞變成幹細胞的關鍵。

2007 年他宣布把那 4 個基因植入人體皮膚體細胞也可以誘發成多功能幹細胞（induced pluripotent stem cell, iPSC），於是這個技術紛紛被各實驗室應用，開啟了 iPSC 研究領域。那 4 個基因後來被稱作「山中伸彌因子」，並使他與戈登共獲 2012 年諾貝爾生理醫學獎。

## iPSC 的應用

2016 年年底，《自然》（*Nature*）發表了日本東京農業大學的尾畠團隊利用 iPSC 技術培養出成熟卵子，並使它受精發育成小鼠的論文，震驚世界。誘導性多功能幹細胞可以分化成各類體細胞，如神經細胞、心肌細胞和血球細胞，再生醫學就是利用這一項技術進行醫療的方向。

日本一些實驗室研究如何使 iPSC 成為精子或卵子，這個比一般體細胞更加困難繁瑣。幹細胞的染色體都是雙套，如何使它們



誘導性多功能幹細胞技術的示意簡圖，以及其分化各類細胞的可能性。Oct3 / 4、Sox2、c-Myc 和 Klf4 是讓體細胞變成幹細胞的關鍵因子，又稱作「山中伸彌因子」。

進行減數分裂形成精子、卵子？先要在試管建構精巢或卵巢。日本兩個研究團隊突破困難，在試管培養出精子與卵子，進而使它們受精發育成小鼠，可說是生殖醫學的一大躍升。也許這個成就將來可以應用於人類，使一些無法產生成熟精子或卵子的人透過 iPSC 技術生出具有他們基因的下一代。

人類疾病有些是先天的基因疾病，比如免疫不全的泡泡兒和鐮刀形貧血症者；另一大部分是因為老化，比如老人失智症和免疫力下降。基因疾病可透過 iPSC 技術和近年來發展的基因編輯技術得到矯正，一個例子是中國大陸浙江大學團隊以聽障人的 iPSC 分化成類似聽毛的細胞，將來或許可植入病人解決聽障問題。

細胞療法用來治療各種疾病或缺失是未來趨勢，包括癌症、牙齒再生、白髮禿頭，甚至可以客製化心臟。但目前最大的瓶頸在於如何在試管內生產足夠量的細胞，更別提生產出有功能性的心臟。科學家已成功地把小鼠 iPSC 接種到異體生物產生器官，哪天

**誘導性多功能幹細胞可以分化成各類體細胞，如神經細胞、心肌細胞和血球細胞，再生醫學就是利用這一技術進行醫療的方向。**

或許可把人類的 iPSC 種入豬體生產出客製化的心臟，然後移植到病患體內。未來人類養豬不單單是食用，豬可能變成培養人類心臟、肝臟和腎臟的載體，而人類臟器汰舊換新就成為司空見慣的事了！

生物無法永生，老化、死亡是生物的宿命。人類的體細胞也有一定的壽命，死亡的紅血球就由骨髓幹細胞增生分化成新的紅血球補充。幹細胞是否可以永生不死呢？如果是這樣，人老了就不會生白髮、變禿頭了。利用 iPSC 培養毛囊細胞再移植可以解決白髮、禿頭的問題，若科學家可以讓毛囊幹細胞永生不死，就可以省去試管培養幹細胞的過程。

50 年前科學家曾經做過把年輕鼠的血注入年老鼠的實驗，發現可以改善年老鼠老化的現象。後來，科學家進行年輕鼠和年老鼠連體的實驗，使兩者血液循環互通，結果年老鼠回春現象更加顯著，白毛由新長出的黑毛取代了！科學家希望能找到年輕鼠血液中的回春因子或細胞，如果這個謎能夠解開並應用到人類，未來人類平均壽命超過百歲應該不是問題。

---

羅時成

長庚大學生物醫學系

---



# 龍貓森林裡的台灣石虎



| 余建勳

台灣石虎是一種神祕而稀有的美麗生物，牠的棲息地不在深山密林，而是在低海拔的淺山地帶，這樣的環境正如宮崎峻知名動畫〈龍貓〉中所刻劃的場景。

## 雨中奇遇 石虎來相伴

日本動畫大師宮崎駿知名作品〈龍貓〉的劇情中，有幕場景令人印象深刻：大雨滂沱的公車站牌邊，姐妹倆撐著傘等待爸爸回家，忽然身旁出現了大龍貓的身影。在這一刻，相信每位螢幕前的觀眾都能感受到劇中人那種既驚又喜的心情。

畢竟龍貓不是現實生活中的生物，不過龍貓故事所表現的正是日本山村常見的樣貌，日本人把這樣的地方稱為「里山」（Satoyama）。在台灣，我們擁有類似里山的生態環境，而且我們的里山也有一種神祕的貓科動物，就像龍貓般地神出鬼沒。

話說 2014 年一個夏日的午後，一群來自新竹的大學生騎著機車出遊，行經苗栗西湖地區時，突來的午後雷陣雨讓他們不得不停車，躲進路旁的公車候車亭避雨。突然，外頭傳來一陣小貓般的喵喵聲，由遠至近逐漸朗聲，眾人往外一瞧，發現公車亭後方的排水溝裡竟然漂來 3 隻幼貓，大伙急忙把牠們救起，並商量帶回家飼養。

這時一位在地的老伯看見了，就跟他們說：「少年ㄟ，這不是貓哦！是石虎！不能隨便養！」聽到是石虎，學生們大吃一驚：「怎麼可能！石虎不是稀有動物嗎，怎麼隨便在路邊就可以撿到？」經過通報苗栗縣政府並送往獸醫處理後，終於確定這 3 隻小貓是貨真價實的台灣石虎。

最近幾年，石虎保育的議題炒得火熱，一般大眾多少對石虎的名字有些印象，也知道牠是瀕臨滅絕的保育類生物，但了解牠棲息環境的人恐怕不多。許多人以為這種稀有神祕的動物一定住在深山密林裡，其實不然，台灣石虎棲息的環境並不在深山，反而是在海拔 1,500 公尺以下的淺山地帶。這樣的低海拔環境自然也是人類開發利用頻繁的區域，因此台灣石虎

| 在台灣，我們擁有類似里山的生態環境，而且我們的里山也有一種神祕的貓科動物—石虎，就像龍貓般地神出鬼沒。



石虎是相當神祕的生物



透過紅外線自動相機拍攝到的野生石虎

其實是人類的鄰居，只是牠一直默默低調地生活著，知道並認識牠的人自是不多。

### 族群瀕危 全台僅存 500 隻

「台灣石虎」雖然名字裡有個「虎」，其實牠的身型嬌小像一般家貓，而非像老虎般巨大，因此山區的居民稱牠為「山貓」！山貓既然大小似家貓，難免會讓人難以分辨，其實只要看牠們身上的花紋便可分曉。石虎又名豹貓，意即牠的花紋就像豹一樣是斑點狀的，家貓的花紋則以條紋狀居多。此外，石虎的兩耳後側呈黑色底，上面有白色的斑塊，這是牠最重要的特徵。

根據日治時期留下的文獻記載，石虎曾是普遍存在於台灣低海拔的動物。然而自從國民政府來台以後，就少有人知道台灣石虎的存在，就連學術界對石虎的生態也所知甚少。一直到民國 83 年「特有生物研究保育中心」成立，啟動全台生物大普查之後，研究人員才驚覺與石虎相關的紀

錄非常稀少，完全不像日本人所說的普遍分布全台。

2005 年在林務局新竹林區管理處的支持下，屏東科技大學研究員陳美汀開始在新竹、苗栗地區進行深入的調查，結果發現苗栗地區可能是現有台灣石虎最主要的棲息地。然而擁有相似生態環境的新竹地區，卻怎麼也找不著石虎的蹤跡。

特有生物研究保育中心隨後也投入石虎的研究，他們發現：石虎在南投縣及台中市的部分地區仍有棲息的跡象，不過數量明顯不及苗栗地區。綜合這十幾年來的研究成果，學者們估計全台石虎恐怕只剩大約 500 隻，這是一個相當危急的族群數量！究竟石虎發生了什麼事？為什麼原本普遍分布的動物如今卻瀕臨滅絕？

### 不當開發 石虎生存艱辛

石虎棲息的環境大多位於海拔 1,500 公尺以下的淺山地帶，這註定了牠與人類的

石虎棲息的環境大多位於海拔 1,500 公尺以下的淺山地帶，這註定了牠與人類的衝突勢不可免。



苗栗地區保有非常豐富的淺山生態系

衝突勢不可免。放眼全台的淺山區域，尤其是西部地區，都不可避免地遭到大面積的開發破壞，對於原本生存於此的野生動物，每進行一件開發案，就減少一片棲地。以目前石虎數量最多的苗栗地區來說，近十年來大大小小的開發案不斷，讓石虎的處境逐漸惡化。

在棲地開發的項目中，道路的開闢尤其引人關注！道路會造成石虎與其他野生動物族群的阻隔，而冒險嘗試穿越馬路的個體，常常落得橫屍街頭的下場。光是近 5 年來，死於全台道路上的石虎亡魂就超過 50 隻。這還是有通報的案數，實際的石虎路死個體恐怕還在這數字的兩倍以上。對於一個族群只剩 500 隻的生物來說，道路真的是殺傷力強大的建置。

令人擔憂的還有近年來在淺山地區刮起的農舍風！近年來這樣的農舍案就像雨後春筍般不斷冒出，大塊大塊地吞噬掉所剩不多



淺山裡的豪華農舍占據了石虎的棲地

的石虎棲地。而除了農舍開發外，露營的熱潮也帶來同樣的效應。許多原本是森林的區域，為了滿足露營的需求，業者便把林木砍除，換上平坦的草地，令石虎的處境更是雪上加霜。

## 人為的獵捕

研究人員從訪談紀錄中另外發現：過去淺山地區獵捕石虎相當普遍！在那物資缺乏的早期年代，山區居民多有獵捕野生動物食用的習俗，而石虎也是獵物之一。除了獵捕食用的目的外，石虎常被捕捉或殺害的另一原因就是偷吃了居民的家禽！民眾家中只要有雞鴨鵝無故消失，都會認定是被石虎吃掉的，解決之道當然是要除掉石虎為快。這樣的人虎恩怨由來已久，至今仍是石虎保育工作上最令人頭痛的結。

隨著社會的進步與法令的制定，目前特意獵捕石虎食用的情形已經收斂，但卻有另一種捕獵目的方興未艾，那就是寵物市場的需求。石虎美麗的身影自然引起有些人豢養的欲望，雖然法律上禁止飼養保育類野生動物，但私底下偷抓偷養，甚至自行繁殖販賣的情況，可能遠遠超過我們的認知。

## 農業用藥與野生動物疾病

農業用藥對生態的影響一直是社會大眾關注的面向，農藥除了會造成生物體的急性中毒外，還可能因為食物鏈的毒性累積，間接影響到高階獵食者的生存，例如著名的老鷹與紅豆田的案例。農人施用農藥是要避免麻雀、野鼠來取食穀物，結果中毒虛弱的鳥及野鼠反而成了老鷹容易捕食的對象，進而連帶造成老鷹的大量死亡。這種「我不殺伯仁，伯仁卻因我而死」的生態悲歌，很可能也發生在高階獵食者石虎的身上！

從日治時期的全台普遍分布到現今只剩 500 隻，這段期間剛好是台灣農地開始大量使用農藥化肥的時期。特別是在民國



石虎可愛的模樣讓牠成為寵物市場覬覦的對象

50 ~ 60 年代廣泛使用的強效農藥 DDT，早已證實對環境生態有嚴重的影響，也許就是在這樣的用藥過程中，造成了石虎的大量死亡。行政院農業委員會在近年的研究中也逐漸留意到農業用藥的生態衝擊，並於 2015 年宣布停止已執行了長達半個世紀的全國滅鼠週政策，此外也逐漸限制或禁用對生態有嚴重影響的農藥種類。

除了農業用藥外，野生動物疾病的隱憂也逐年受到重視。在歷史上就曾發生因為外來疾病意外地進入生態系中，造成北美黑足雪貂的快速滅絕。

林務局針對這項議題也於 2011 年召開過「野生動物保育醫學國際研討會」，新竹林區管理處則委託屏東科技大學團隊針對苗栗地區進行石虎的保育醫學研究，研究成果顯示：石虎曾經感染犬瘟熱的比率高達 77.8%，而且越接近人口稠密區的感染率越高。這意謂著這種貓狗身上常見的疾病，可能因為人類的活動及流浪貓狗的問題，讓這些高風險的病原進入生態系中，

進而無意中造成野生動物的死亡，過去曾經繁盛的石虎是否因此而減少呢？

2013 年國內爆發鼬獾狂犬病疫情，原本認為已在台灣消失的狂犬病又重出江湖，震驚了整個社會。在接下來的研究調查中發現：這是一種存在於鼬獾族群中已久的狂犬病毒，目前發現狂犬病毒的疫區，鼬獾的族群數量都明顯較非疫區來得少，推測這個狂犬病毒對於鼬獾或其他哺乳動物的生存恐會造成影響。而石虎最多的苗栗地區很幸運地並非疫區，但是也有石虎分布的台中及南投地區則是在疫區內，研究人員尚無法確定狂犬病毒是否會對石虎造成影響，仍靜待進行中的監測工作給予解答。

## 保育工作的推展

因意識到石虎的生存危機，這幾年來林務局大量投入研究資源，同時積極對外宣導石虎的生態知識，讓社會大眾能更加了解這種神祕的動物。另一方面，自 2015 年起也逐步規劃設置適合石虎棲息的保護區，期能讓石虎有個可以安身立命的天然環境。

位於南投集集的特有生物研究保育中心在推動石虎保育上也不遺餘力，研究人員抽絲剝繭地讓石虎的生態祕密逐一地展現出來。除了研究外，特有生物研究保育中心也投入石虎的解說教育工作，還製作了一套名為「阿虎」的石虎人型偶裝。每當有宣導活動時，阿虎便會出場擔任石虎保育大使，每每成功地吸引了群眾的目光，達到良好的宣導效果。2013 年該中心拍攝的石虎紀錄片〈大地的孩子——小石虎返家之路〉，更獲得休士頓影展最高榮譽白金獎的肯定，讓國際都能見到台灣在石虎保育上的努力。



特有生物研究保育中心的阿虎人偶是石虎保育大使

除了公部門積極投入石虎的保育工作外，這幾年也有許多民間的力量加進來，一起關心這種瀕臨滅絕的可愛生物。像是 2014 年 4 月在環保署召開的台 13 線三義外環道路環境影響審查的大會上，許多公民團體到場關心並且表達不滿，在場外更聚集了來自全台各地關心石虎的民眾，高舉看板反對不當開發影響石虎的生存。

同一年，一個名為自然與生物創作分享討論區的臉書社團，發起並規劃了一個「石虎森林特展」。這個特展收集了許多愛好自然的藝術家創作，透過展覽的方式，讓大眾更容易認識淺山的生態環境，以及生活在其中的石虎等野生動物的處境。這個特展陸續移到北中南不同的地點舉辦，對石虎保育的宣導發揮了相當大的功效。

## 這塊土地上的龍貓

看過〈龍貓〉的人想必都會被龍貓那可愛的外型深深打動，也會對故事中的山村美景非常嚮往。筆者就有一個朋友非常迷戀龍貓的故事，一心想在台灣找尋像龍貓場景般的美麗淨土。近幾年他在苗栗地區活動，發現這裡的淺山環境就像是他朝思暮想的龍貓森林，於是他在買下了一塊山田，帶著老婆及兩個年幼的女兒開始逐步地實現他的龍貓夢。

有天他發現這塊田裡竟然有石虎出沒，為此他興奮不已。他告訴筆者說：雖然龍貓是虛構的生物，但這樣的淺山美景是真實的，而優遊在這片山林裡的石虎就是台灣人的龍貓！牠需要我們的關心、需要我們的愛護，讓我們齊心為石虎保育而努力吧！天祐石虎 永遠幸福！



由藝術創作者們發起的石虎森林特展

---

余建勳

林務局新竹林區管理處

---



# 最成功的仿生學— 人造纖維

| 安大中

棉花為什麼能保暖？羊毛為什麼會自然捲曲蓬鬆？

人們利用巧思設計，就是要讓人造纖維逼近天然纖維細緻的質感、舒適的親膚性，並且發掘更進一步的功能。

台灣的人造纖維科技舉世聞名，無論是運動大牌或戶外高檔，最愛採用的必定是 Made in Taiwan 的纖維和布料。製作出一件件兼具功能與時尚的精品，其中潛藏的纖維奧祕究竟是什麼？

## 仿生與仿真

人們對於衣著服飾的需求，隨著生活水平的提升而越來越精緻挑剔，早期講求基本的舒適與保暖，爾後開始重視外觀的美感、素材的手感，如今更趨向功能複合化、風格自然化、素材新穎化等實用性與感受性的多元訴求。長久以來，人造纖維領域致力於「仿生」製造與「仿真」效果，也就是模仿蠶寶寶吐絲成纖，模仿棉花、亞麻、蠶絲、羊毛等天然物種與生俱來的性質，創造可以不斷複製，同時賦予特殊功效的人造纖維產品，以滿足人們生活應用所需。

## 人造纖維追求的目標

在顯微鏡下觀察棉花，可見纖維的橫斷面是空腔的形狀，包藏的空氣正是它能夠保暖的原因。羊毛自然捲曲蓬鬆，是因為含有兩種蛋白質，稱為雙相結構；當溫度升高時，這兩種



人造纖維紡絲技術發想於蠶的吐絲（圖片來源：  
[http://www.sciencedebate.com/science-blog/  
aquamelts-how-silkworms-beat-polymer-scientists](http://www.sciencedebate.com/science-blog/aquamelts-how-silkworms-beat-polymer-scientists)）

| 最廣泛使用的人造纖維材料是聚酯和耐隆兩種高分子，開發已超過半個世紀。

**人造纖維最常為人詬病的缺點是它遠不及棉、毛的吸水性質，為了達到導引汗溼的效果，可以把纖維的橫截面設計成十字形。**

結構的收縮差異形成立體捲縮的型態，因此觸摸羊毛的時候，感覺格外舒適豐厚。

造物者的神奇加上人類的慧根，讓這些大自然的恩典可以變成衣服原料，長達千萬年之久。然而，隨著工業化的日新月異，以及地球資源的逐漸失衡，人造纖維在紡織應用上儼然多面向地替代了傳統天然纖維。時至今日，人造纖維的全球所占比率已經超越 7 成。

最廣泛使用的人造纖維材料是聚酯（polyester）和耐隆（nylon）兩種高分子，開發已超過半個世紀，至今人們仍然持續追求使它們逼近天然纖維細緻的質感、舒適的親膚性，並且發掘更進步的功能。

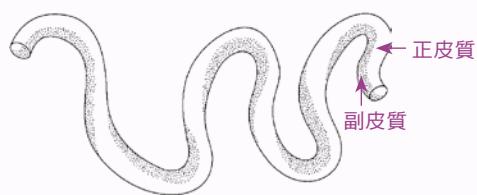
這些單純的目的背後其實隱藏著非常精密的高科技，例如：利用金屬製的噴絲孔取代蠶兒的口器，噴射出一絲絲比頭髮還細的纖維；在時速 200 公里的高張力作用下，引發材料結構的取向變化，操控它的拉張力與延展性；人造纖維的截面形狀可以是圓形、月形或中空；表觀可以是平直、捲曲或蓬鬆，就看使用上所企望的情境，但在製作上還是受限於紡絲工藝的進化程度。

這篇文章以科普方式訴說纖維的塑形與功用，因此不著墨於聚酯或耐隆材料複雜的分子結構、合成程序、結晶順向、紡絲動力學等理論闡述，純粹介紹當代進步的紡絲科藝能把塑膠原料變化成為各種異想的型態，而這些型態的巧思設計都有實際應用的目的。

### 棉花的顯微結構



(圖片來源：<http://nptel.ac.in/courses/116102026/5>)



羊毛內含兩種蛋白質結構，形成捲曲型態。（圖片來源：<https://textInfo.wordpress.com/2011/11/09/wool/>）

### 吸溼排汗—異型纖維

人造纖維最常為人詬病的缺點是它遠不及棉、毛的吸水性質。因此當我們穿著活動時，汗水在皮膚與衣服中間形成揮之不去的水膜，令人感覺黏膩不舒適。解決的方法是設法把汗水迅速導引到衣服的表層，利用外界流動空氣的風乾效應來消除溼黏感，盡可能保持在活動穿著時乾爽的感受。



這種十字斷面的纖維，是把加熱熔融的高分子（通常是聚酯）流體如同壓麵條似地從十字形狀的噴絲孔擠壓出來，經過冷卻與延伸得到長寬各 20 微米左右的十字形纖維。

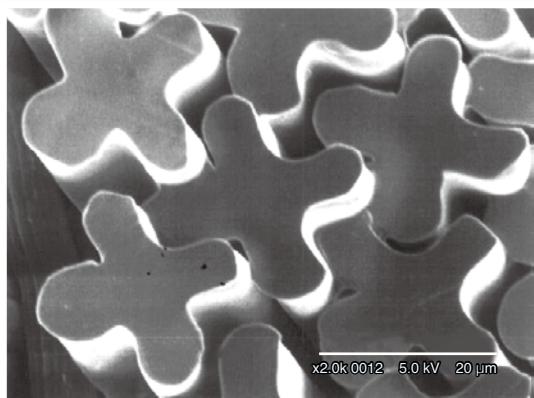
十字形纖維的作用在於眾多纖維集結成紗束的時候，降低了它們的充填密度，也就是在紗束之間讓出了更多的空隙，這些空隙沿著連續性纖維的表面，無異是一道道細小的毛細管。當這些纖維紗束織結成為衣服，穿在身上就有如安裝了許多細微的引水渠道。當人體發汗時，渠道發揮毛細虹吸作用，幫助汗溼往衣服外層奔竄，可以有效地保持微氣候（指皮膚與衣服間的空間溫溼度）舒適的程度。

由於人造纖維本身的疏水性，這種異型斷面纖維造就的吸溼排汗，嚴格來講是指物理性的「吸附」（adsorption），而非「吸收」（absorption）。若是穿著棉質衣服，水分會被棉花的纖維素分子抓牢，就不容易達到排汗快乾的目的了。

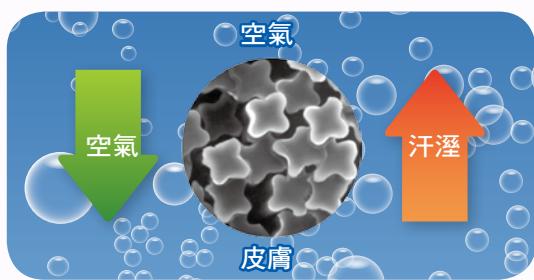
用於吸溼排汗的異型斷面纖維其實不限於十字形，也可以是三葉形（類似 Y 形）、雲形（類似 W 形）、月形（類似 C 形或 U 形）等。任何能夠形成紗束間眾多毛細空隙的幾何構造，都有導引汗溼的可行性，可以製成各式各樣的排汗衣，供應慢跑、球類、單車、登山等眾多穿著用途。

## 極致細化—海島纖維

纖維的細緻化一直是人造纖維發展的尖端課題，已經商品化的人造纖維究竟可以做到多細的程度呢？運用海島型複合紡絲工藝，就可以生產比頭髮還要細 30 倍的超細纖維。

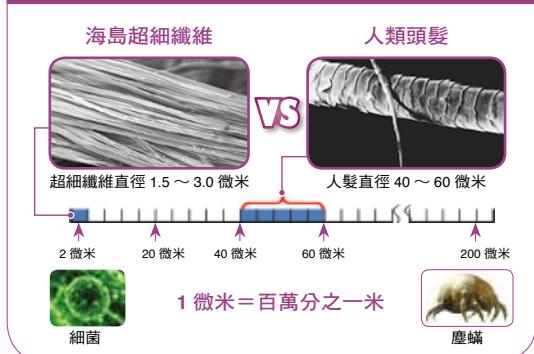


十字型斷面纖維橫截面（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



十字型斷面纖維布料，幫助把汗溼導引至衣服表層。  
(圖片來源：<http://blog.harrysarmysurplus.net/2013/10/do-moisture-wicking-fabrics-really-work/>)

## 海島超細纖維與頭髮的直徑比較



（圖片來源：紡織產業綜合研究所）

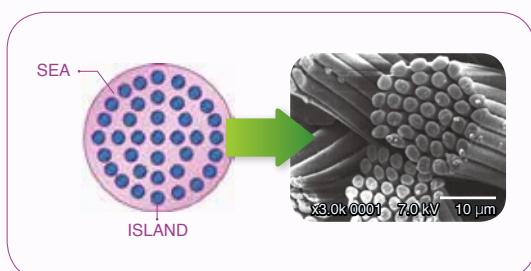
所謂海島型，指的是在纖維的製造過程中，橫截面呈現如「海」與「島」的配列。之所以發展這種獨特的雙成分紡絲方法，原因是現今的工藝技術難以一步到位地把高分子抽拉成小於 5 微米直徑的超細纖維，必須開發新的複合紡絲技術。

海島型複合紡絲技術是把眾多的「島」成分（通常是聚酯），先行包埋在另一種遇鹼易溶材料構成的「海」成分中，一起紡絲成為複合纖維。當這種複合纖維織成布料後，再使用微量的鹼配合染色過程把「海」成分溶除。於是，一根根微細的「島」便因為「海」的消失而獨立出來，成為比頭髮細上數十倍的超細纖維。這類運用海島型複合紡絲技術開發出來的超細纖維，慣稱為海島纖維，是當今人造纖維量化製程中，可以產製最細小纖維的製造工藝。

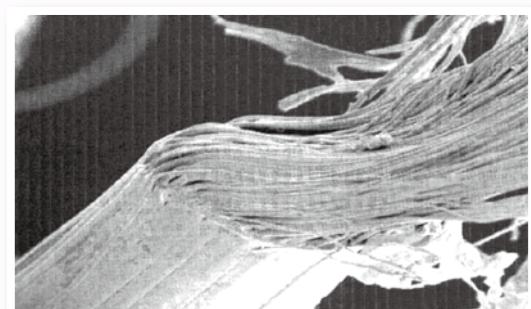
海島纖維的特點在於纖維細化所產生的柔軟手感、光澤變幻，以及織成布料的高覆蓋性和高比表面積所導致的豐盈效果與保水能力。它的主要應用是在仿麂皮布料系列的高價值服裝及家具用布，例如人造皮革、仿皮沙發等。



海島超細纖維仿麂皮大衣（圖片來源：<https://www.pinkoi.com/product/1jU2uRdG>）



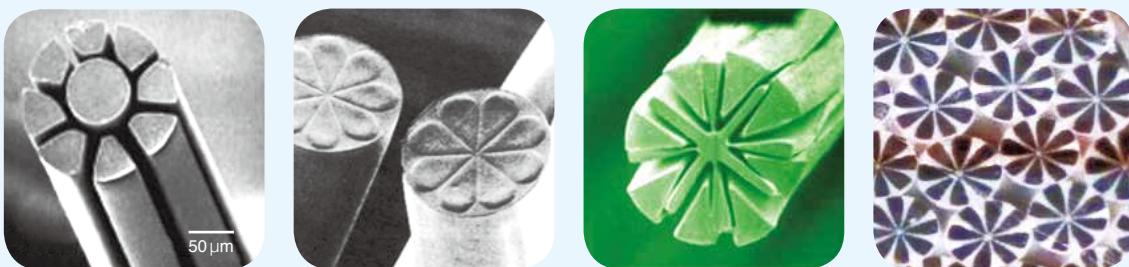
海島型噴絲板，用以生產圓形超細纖維。（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



海島複合纖維遇鹼裂織成為超細纖維（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



海島超細纖維仿麂皮沙發（圖片來源：<http://www.decomag.com.tw/magazine/show-6421.aspx>）



分割纖維的類型（圖片來源：紡織產業綜合研究所）

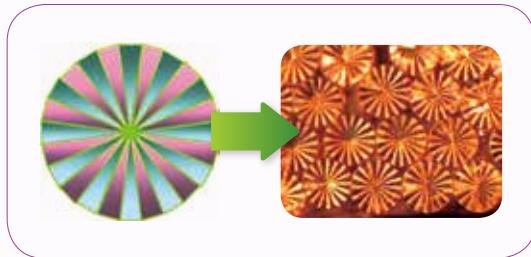
## 潔淨神器—分割纖維

與海島型異曲同工之妙的是分割型纖維，同樣是組配兩種高分子紡製複合纖維，差異在於經過微纖分裂後，留下的是「楔形」的超細纖維，而非海島纖維的「圓形」。分割纖維的變體型態較多，稱謂不盡相同，有以裂片、橘瓣等為名，歸納起來，其實都是描述「楔形」的複合超細纖維。

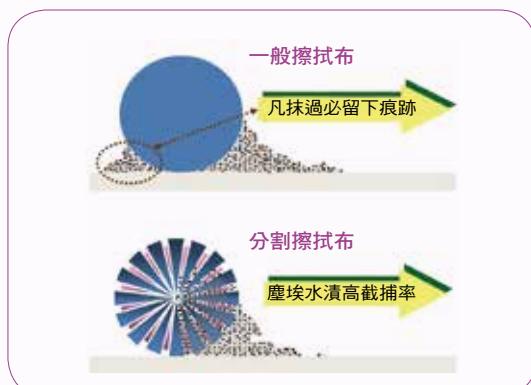
常見的材料組配是聚酯和耐隆，這兩種高分子具有互不相容的本質，經過複合而成絲之後，在橫截面上間次地以輻射狀緊挨排列著。然而在熱延伸的加工階段，這兩種材料對熱的應力作用差異，足以產生所謂的裂纖現象，也就是沿著纖維軸向剝離形成微小的楔形纖維。就好像把蛋糕或披薩切割成若干三角形狀，切的瓣數愈多，分量就愈細小。

這種楔形微纖的幾何構型正適合擦拭潔淨用途，不論是器皿、家具、汽車等物品的清潔去汙，沐浴用的淨膚、拭乾與護髮，美妝保養的去角質潔淨，乃至鏡頭、珠寶的清潔保養，或在無塵室環境的精密擦拭，都能見到它應用的蹤跡。

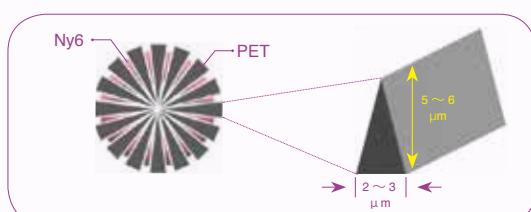
分割纖維雖不及海島型的細度，然而因為是楔形，表面的摩擦膚觸效應與海島纖維相較更為明顯。在講究皮潤手感的織物應用方面，能夠發揮仿青苔布、仿桃皮



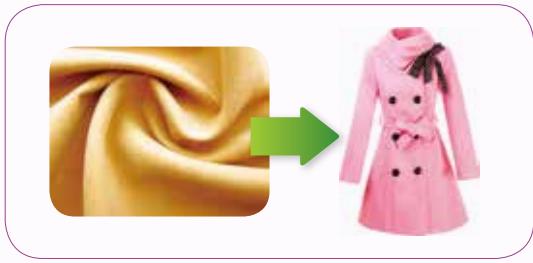
分割型噴絲板，用以生產楔形超細纖維。（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



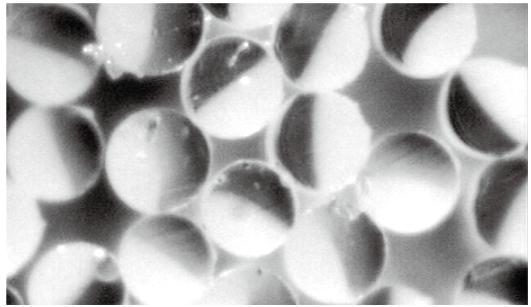
分割纖維擦拭效果比較（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



分割纖維的楔形斷面（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



仿桃皮布與外套（圖片來源：<http://www.quality-fabric.com/tag/microfiber-peach-skin-2/>；<https://www.pinterest.com/explore/pink-coats/>）



圓形並列捲縮纖維的橫截面（圖片來源：紡織產業綜合研究所）

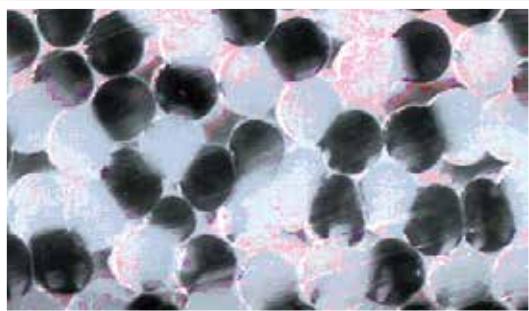
布等特殊視覺與手感效果，因此在高貴的外著服裝、家具有布料市場中，也常出現以分割纖維衍生的高價值商品。

### 伸縮彈性—捲縮纖維

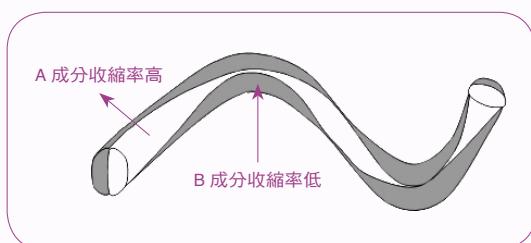
回顧複合纖維的發展歷史，它的緣起是要模擬羊毛的天然鬈曲型態。前面提到過這是因為羊毛含有兩種蛋白質結構，當溫溼度變化時，會產生程度不一的收縮，因而造成外觀的螺旋捲縮型態。

人造纖維的手段同樣是運用複合紡絲技術，模擬羊毛的雙相結構，把兩種熱收縮性質不等的高分子以圓形並列或啞鈴並列等複合型式，配置於纖維的橫截面。當遇熱時，這兩種高分子產生不同的收縮率，於是沿著纖維軸向呈現立體的迴旋捲縮。適當地控制纖維的粗細程度，以及織造的組織設計細節，就可以不用嵌入彈性纖維，開創布料的自然伸縮彈性。

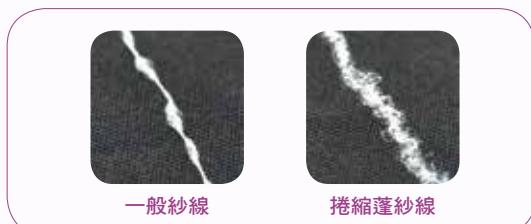
把纖維放入盛裝熱開水的杯中，瞬間取出就可從外觀辨別其捲縮效果。並列型複合纖維因捲縮而顯蓬鬆，且具有一定程度的伸縮回彈性，恰似羊毛一般予人豐厚的觸感。組配材質的收縮性差異決定了捲縮效果的優劣，收縮差異程度愈大，纖維的捲縮型態愈顯著。但這也意味著兩種高



啞鈴並列捲縮纖維的橫截面（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



捲縮纖維示意（圖片來源：紡織產業綜合研究所）



捲縮纖維的蓬鬆外觀（圖片來源：紡織產業綜合研究所）

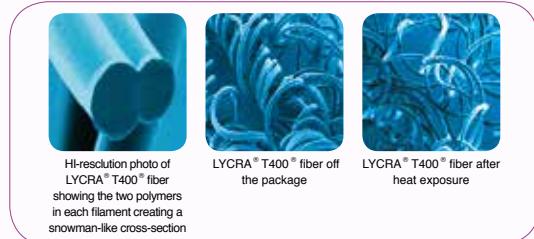


彈性牛仔褲（圖片來源：<http://www.invista.com/en/denim-sweaters/index.html>）

分子流變性質的差距，因而導致紡絲作業的難度。如何在高低收縮本質與紡絲作業效率上達到最適化，是這類型纖維產品成功的關鍵因素。

市面最負盛名的捲縮纖維商品是 Lycra T400，採用的是兩種不同碳鏈構造的聚酯材料，藉啞鈴型並列複合紗絲製得。把 Lycra T400 依特定比例配織於布料內，可發揮有別於聚氨酯系彈性纖維的類橡膠緊繩彈感，轉而訴求輕柔舒彈調性，廣泛用在休閒服、牛仔褲等休閒時裝中。

就工業技術而言，人造纖維紗絲是最精密的塑膠加工；以科普角度來看，人造纖維無疑是仿生學的最佳典範。噴射紗絲如蠶寶，精緻細膩似皮毛，仿生仿真超能力，渾身解數天工巧。人造纖維科藝無遠弗屆，發於人文需求，展於精密科技，繁於設計應用，揚於生活脈絡。在這資訊



Lycra T400® 的纖維橫截面與表面捲縮型態。（圖片來源：[http://www.textile-tech.com.tw/web\\_en/product-info.php?id=55](http://www.textile-tech.com.tw/web_en/product-info.php?id=55)）

產業競爭爆炸的時代，回眸探望所謂的傳統產業的紡織纖維，何嘗不具有高科技的基因與發展潛能？！

---

安大中  
紡織產業綜合研究所

---

# 相變化儲能材料的應用

陳長仁

潛熱能儲存由於能量儲存密度高，且可在特定溫度下儲存熱量，因此特別受到關注。具有這類儲熱型式的物質則稱為相變化儲熱材料，常見的有石蠟、脂肪酸、鹽類水合物等。

近年來為了減緩氣候的變遷，如何抑制溫室氣體的排放便成為迫切的議題。研究人員認為，提升能源的使用效率、發展再生能源與儲能、低碳的運輸工具或建構區域性智慧電網、使用節能建築材料等，都是可行的方案。其中尤以相變化材料在儲能隔熱的應用上已獲得不錯的成果，本文簡介這種相變化材料的特性與其應用。

## 能量儲存密度高

熱能儲存的型式大致可分為 3 種，分別是顯熱能儲存、潛熱能儲存與熱化學能儲存。其中潛熱能儲存由於能量儲存密度高，且可在特定溫度下儲存能量，因此特別受到關注，具有這類儲熱型式的物質則稱為相變化儲熱材料。

相變化材料基於相變化類別可以再細分成幾種型式，如固相—固相、固相—液相、液相—氣相、固相—氣相等，其中以固相—固相及固相—液相的變化較有應用的潛力。相變化材料常見的有石蠟、脂肪酸、鹽類水合物等，因適用溫度範圍不同且儲熱容量各有差異，應用時須根據溫度範圍選擇合適的材料。





太陽能等再生能源大都具有間歇不穩定的缺點，需藉由調控能量的儲存或釋放，才得以改善其穩定性並擴大其應用。

## 相變化材料特性

一般而言，相變化儲能材料是指運用材料的物理相變化時產生的能階差異，把能量儲存起來。最為人習知的是，材料的三態（固態、液態、氣態）間變化時會有能量（潛熱）產生或消耗，例如把水放入冰庫製成冰塊，取出後可用來冰敷降溫。冰塊融化的過程分為3階段：冰塊升溫（顯熱）、冰塊與水同時出現時（潛熱）至冰塊完全融化後、水溫上升（顯熱）。當冰塊相變化時會吸收大量能量且維持在攝氏0度，具有保存冷度的能力，一旦冰塊完全融化後，其升溫的速度就會很快，保冷能力也會失效。

## 壓能+熱能相變化的應用

蒸氣動力循環與冷凍循環也是相變化在工程上的運用。熱力學告訴我們：在一大氣壓下的熱循環效率是非常低的，必須搭配加壓的方式，讓相變化的沸點提升，使吸熱與放熱相變化的溫差加大，藉此有效增加能源效率，這時所需要的加壓設備就是泵（或可稱壓縮機），當然工作流體的選擇也非常重要。

一般蒸氣動力循環選擇的工作流體大多是水，利用其在高壓時會吸收大量熱能，成為高壓的蒸氣後再以之推動渦輪機做功。在冷凍循環時則使用冷媒，利用壓縮機加壓，這高壓的冷媒在常溫下會凝結為液體，然後在蒸發器經降壓膨脹後溫度降低，並吸收大量的熱能，達到冷房的效果。

## 應用廣泛發展潛力大

太陽能等再生能源大都具有間歇不穩定的缺點，需藉由調控能量的儲存或釋放，才得以改善其穩定性並擴大其應用。調控方式有：可利用熔融狀態的鹽類混合物來儲存太陽熱能，再用過熱的蒸氣推動渦輪發電機以產生電力。此外，太陽能熱水器與熱泵（heat pump）也可透過相變化材料儲能，增加單位體積的儲能量。

相變化材料的應用相當廣泛，除了前述例子外，儲熱材料也可與太陽能電池結合進行熱能的管控，以改善運轉時因溫度升高造成電池效率降低的困擾。另外綠建築設計也有運用相變化材料的實例，如建築師把材料用於建築物外牆、天花板或地板中。當白天日照較強時，可有效吸收熱量避免室內溫度的上升；到晚上氣溫下降，建材會釋出白天吸收的熱能以維持或提升室內溫度，如此可大幅降低冷暖氣機的使用，以達成節能的效果。

相變化材料也逐步應用於精密加工設備、恆溫與焊接設備的儲熱式水箱、冷藏運



儲能片式泡腳桶（左）和相變化材料密封於中空層的泡腳桶（右）。

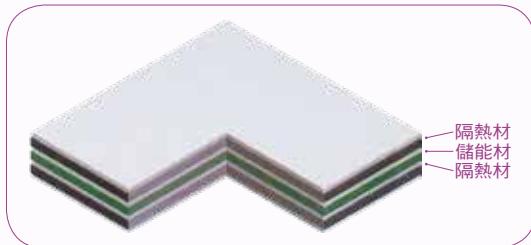
相變化材料的儲能應用可幫助我們更有效率地使用能源，從生活中保冷保暖的應用，到工業上節能與能源效率提升等方面都有其功能。



相變化材料應用於浪板夾層可有效阻隔熱能穿透鐵皮浪板

輸櫥櫃、保溫設備、衣物、航太等領域。值得一提的是，科學家也努力地開發突破性的新儲熱材料，如日本東京大學化學系大越慎一教授與筑波大學數理物質系所裕子准教授，就正在研究相變化的儲熱陶瓷材料。

他們發現一種特殊型態的氧化鈦，在室溫至 530 K 之間有  $\lambda$  相及  $\beta$  相的固態—固態相轉變，而其相變化潛熱值達 230 kJ / L，且  $\lambda$  相可藉由施加極小壓力就轉變為  $\beta$  相，同時把儲存的大量潛熱釋出。而轉換  $\beta$  相後，也可經由加熱、照光，甚至通電流的方式，再次回到  $\lambda$  相。很明顯的，這個材料除了一般的儲熱模式外，尚能吸收多餘的電力或太陽光等能量儲存起來，並於可控制的外加條件下釋出能量，達到能量儲存或釋放的目的。這項研究成果已刊登在 2015 年《自然通訊》(Nature Communications) 中，其後續發展值得期待。



相變化材料應用於節能磚夾層可有效阻隔熱能的穿透（圖片來源：崑昱能源科技公司）

## 生活上的應用

一般家庭中老年人或需長期站立的中年人，晚上常因血液循環不良造成頭痛，也影響睡眠品質。若能使用不需加熱水，也不需要插電的相變化材料泡腳桶，既安全且使用便利。

太陽的輻射熱會經由建築物的牆壁以及屋頂傳入室內，使得室內的溫度上升，需要使用空調以降低室內溫度。然而現今建築物的屋頂都大量使用質量輕的浪板，其很差的絕熱能力無法減輕空調能量的消耗。因此若要降低熱傳導率，必須提高屋頂系統的熱阻係數，解決之道就是使用熱阻係數較高的建材，因此若在浪板夾層中使用相變化材料，將可降低熱能穿透浪板。在屋頂則可使用內含儲能片的節能磚，利用材料特性把白天陽光輻射熱儲存在磚體中，晚上再經由磚體表面讓熱擴散到空氣中，維持室內恆溫。

同理，車廂或車頂夾層使用儲能片也可達到隔熱的效果；又保溫杯中間層若填充相變化材料，也可達到迅速降溫的目的。其他如暖暖包與冷敷墊也都有應用產品，在功能性的衣服方面，則有微膠囊技術可



相變化材料應用於車頂夾層可有效阻隔熱能穿透車頂裝飾層



相變化材料應用於保溫杯夾層可有效阻隔熱能散失

把相變化材料包覆其中，或嵌入紡織纖維內，製成功能性的保暖衣。

相變化材料的儲能應用可幫助我們更有效率地使用能源，從生活中保冷保暖的應用，到工業上節能與能源效率提升等方面都有其功能。今後該如何擴展使用溫度範圍、增進能量密度、降低成本、提升使用壽命及穩定性，仍需進一步研究。

陳長仁

崑山科技大學機械工程學系

#### 深度閱讀資料

崑山科技大學潔淨能源中心太陽能熱能研究室歷年研究成果。

經濟部能源局（2015），節能儲能的好搭檔—相變化儲熱材料，能源月刊，8-9。



# 綠色船舶 設計新思維

葉榮華

船舶設計技術的改善具有巨大的節油潛力，能為海運業節省約 30% 的油耗，並能減少氮氧化物、硫氧化物與二氧化碳的排放。

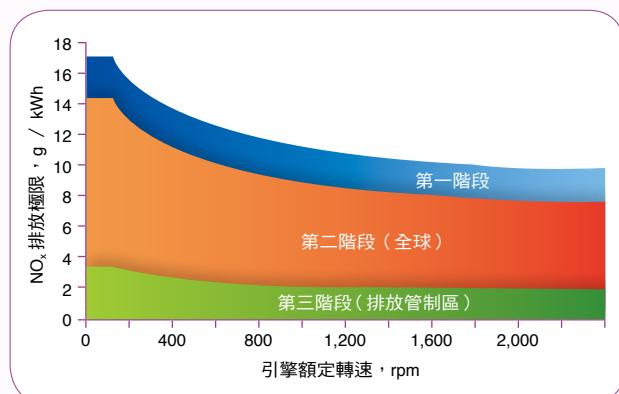
## 新船排氣的限制

大型船舶的低速柴油機排氣的主要成分中，氮氧化物、硫氧化物與二氧化碳是破壞環境的元凶。國際海事組織對於新船的設計，已有限制排放的規範。

氮氧化物是所有氮與氧原子化合物的統稱，主要包括一氧化氮及二氧化氮。當引擎燃燒溫度達攝氏 1,920 度以上時，燃燒反應生成物中便有一氧化氮，而在接下來的膨脹及排氣過程中，約有 5.0% 及 1.0% 的一氧化氮會轉變成二氧化氮及一氧化二氮。隨著溫度繼續升高，氮氧化物的量會以指數型式增加。

船舶燃燒用的重油含有硫，燃燒時會生成二氧化硫，與空氣中的水蒸氣結合後，形成亞硫酸與硫酸液體而嚴重汙染大氣，尤其形成的酸雨對植物的危害特別嚴重。因此，國際海事組織對於船舶的硫氧化物訂定了排放的標準。自 2020 年起，航行於國際海域的船舶其燃料油含硫量必須低於 0.5%，而行駛於排放管制區的商船，自 2015 年起更必須低於 0.1%。

二氧化碳是海運排放溫室氣體中的主要成分，約占整個海運排放量的 96%，而大部分的二氧化碳是由船舶柴油主機、發電機和鍋爐所排放。雖然全世界航運每年排放二氧化碳的總



國際海事組織限制引擎每千瓦的輸出功率每運轉 1 小時氮氧化物的排出克數。第一階段適用於 1990 年 1 月～2000 年 1 月間所製造的，第二階段則適用於 2011 年 1 月以後製造的船用柴油機。此外，針對操作於排放管制區（包括北美、北海與波羅地海等區域）的船用柴油機，也於第三階段更嚴格地規範所有於 2016 年 1 月以後製造的引擎。



## 為了能有效減少排放物， 燃用液態天然瓦斯的主機與發電機已開始取代使用傳統燃料的機器。

量約僅占全球總排放量的 3%，但國際海事組織規定，從 2013 年起，所有總噸位大於 400 噸的新船都必須符合「能源效率設計指數」，即每單位船舶載重噸位每節船速的二氧化碳排放率。這個規畫以 2008 年為參考基準，從 2015 年開始，所有符合規定的船舶須降低能源效率設計指數 10%，2020 ~ 2024 年間再降低 10%，2025 年以後則要達到減排二氧化碳 30% 的目標。

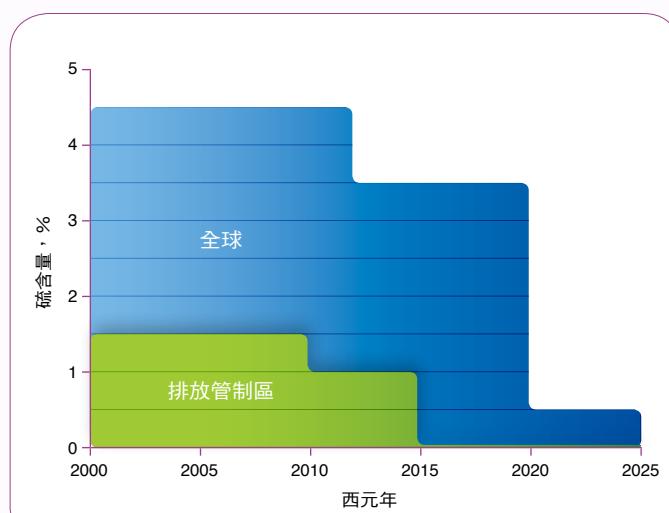
經濟合作暨發展組織表示，柴油機設計技術的改善具有巨大的節油潛力，能為海運業節省約 30% 的油耗。不過這種方法主要適用於新船，需要較長時間才能展現出綜合效應。其他一些能在短期內達到節能、省油的目的，並能減少氮氧化物、硫氧化物與二氧化碳排放的措施簡介如後。

### 廢氣洗滌器系統

為了合乎法規規定的硫排放限制，有些船公司在船舶上安裝了廢氣洗滌器系統。這系統可選用海水或淡水，如果使用海水則把硫酸轉換成硫酸鹽，再與從廢氣抽出的微小粒子一起沖刷到海裡。但在港口、海灣、河流或其他較敏感的區域，洗滌器操作時則使用再循環的淡水，並以氫氧化鈉中和硫酸，混合後產生的稀泥狀物質是無害的硫酸鈉，可與船上的汙泥一起送至岸上的廢棄物收受機構處理。目前，洗滌器系統可從排氣中去除約 98% 的硫氧化物與 80% 的微粒子。

### 液化天然氣燃料

為了能有效減少排放物，燃用液態天然瓦斯的主機與發電機已開始取代使用傳



自 2020 年起，航行於國際海域的船舶其燃料油含硫量必須低於 0.5%，而行駛於排放管制區的商船，自 2015 年起更必須低於 0.1%。

統燃料的機器。選用液化天然氣做為船舶動力燃料，除需考量燃料價格與取得方便性外，船舶還需要大幅的改裝。除了氣缸頭上閥件與管路的更換外，還需加裝電子控制燃料噴射系統、液化天然氣儲存櫃、氣體管路系統、惰性氣體系統、通風系統與安全裝備等。

由於在操作上有相當的風險，船上所有工作人員必須取得相關設備操作與處理的證照，特別是充分了解在充填液化天然氣燃料時，每位船員所需負的責任與注意事項。液化天然氣燃料最主要的優點是對環境影響較小，可以減少 10 ~ 20% 的二氧化氮排放量、90% 的氮氧化物排放量，以及 100% 的硫氧化物和微粒子排放量。

## 先進的船殼油漆

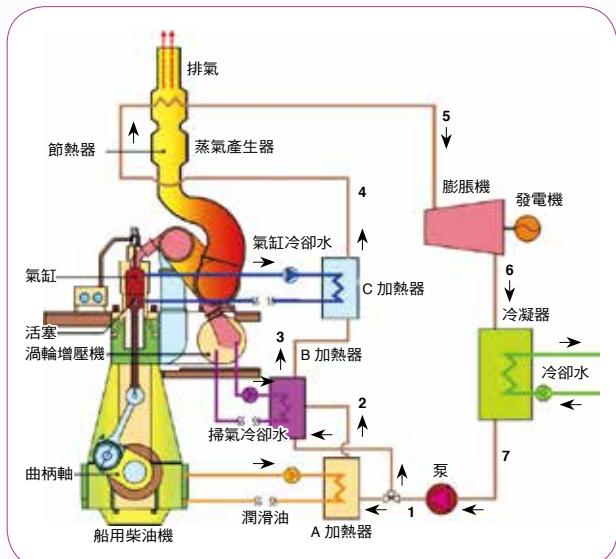
選擇適當的船殼油漆，可有效降低船舶在海上前進時所承受的摩擦阻力，達到省油的目的。然而，一般防止海生物附著在船舶上的油漆中含有生物殺滅劑，像銅與三丁酸錫的化合物會抑制海藻、甲殼動物，以及其他海洋生物的生長，但也會導致貝類、蝦與蟹的畸形。因此，國際海事組織已公告所屬會員國自 2008 年起全面禁用。

目前市面上有一種具有水凝膠塗層且不含生物殺滅劑的油漆，塗抹在船殼上可以降低船舶航行的興波阻力。這種油漆除了可減少海生物的附著外，也具有較小的興波阻力，可節省約 3 ~ 8% 的燃油。大部分的船型與各式各樣的外形都可使用這種塗料。

## 廢熱回收系統

廢熱回收系統是使用船舶主機排氣的廢熱來加熱水產生蒸氣，提供住艙與貨艙的暖氣，也可用來加熱重油。此外，更進一步使用「郎肯循環」（Rankine cycle），可把水加熱成蒸氣後再供給渦輪發電機發電。這種廢熱回收系統依構造的不同，可以節省約 7 ~ 14% 的燃油。

為了更進一步回收船舶的廢熱，減少更多的燃油消耗量，近年發展出「有機郎肯循環」，以有機冷媒取代水做為工作流體。船舶上的廢熱很多，以一部瓦錫蘭主機於 85% 負載輸出時為例，除了主機的排氣（約攝氏 300 度）外，尚有主機缸套冷卻水（約攝氏 90 度）、增壓進氣冷卻淡水（約攝氏 76 度），以及滑油冷卻淡水（約攝氏 60 度）。為了有效使用這些低溫的廢熱，



回收廢熱的郎肯循環

必須以沸點較低的有機冷媒做為工作流體。

為了符合環保的需求，這些工作流體都具有零臭氧破壞的特性。有機郎肯循環的發電成本低，平均 3 年左右便可回收，最重要的是可以有效降低二氧化碳等有害物質的排放。

## 燃油添加水系統

氮氧化物的形成與氣缸套的溫度息息相關，降低氣缸內燃燒的溫度可有效降低氮氧化物的產生。在燃油噴入氣缸燃燒之前，把水加入燃油內便可降低燃燒的溫度。

燃油摻水的方法有二種，其一是燃油摻水乳化法，但只能大約降低 20% 的氮氧化物排放量。主要是因為水與燃

氮氧化物的形成與氣缸套的溫度息息相關，降低氣缸內燃燒的溫度可有效降低氮氧化物的產生。



油的比值最高只能達到 0.3%，而採用這項技術還需要一套高容量的燃油處理系統才能維持引擎出力。對於蒸餾油而言，水在燃油中的乳化效果不穩定，因此在限制氮氧化物排放的區域，這種方法的效果非常有限。此外，燃油噴射器需依高流量做最佳化的調整或設計，當不需乳化而關掉水時，引擎的性能也會大打折扣。

另一種是直接噴水法，這是降低燃燒溫度較有效的方法，是直接把水噴入燃燒室中。若以燃燒循環來看，為了使燃油在點火前及預燃期間冷卻，需在油尚未噴入之前就先噴入水。因此，燃油噴射器便包含了兩個針型噴嘴，分別提供燃油及水。這種方法若再結合最佳的噴油正時與歷時，降低氮氧化物排放量會更具效果。直接噴水可以降低氮氧化物的排放量達 50 ~ 60%，且燃油可自由選擇，使用重燃油或蒸餾油都可獲得最佳功效。而且這種噴水系統的體積小，適於安裝在船舶上。

## 延遲噴油

在燃燒過程中若延遲噴油，則燃油滯留在氣缸內燃燒的時間縮短，燃燒溫度降低，因而減少氮氧化物的排放量。但由於延遲噴油會導致燃燒不完全、排氣溫度上升、排煙濃度增加及熱效率下降，使燃油消耗率增加。

若想單獨以這種方法降低 50% 的氮氧化物排放量，其耗油率將提高 20 ~ 30%。為重新建立低耗油率，必須靠提高壓縮比來彌補。如此一來，延遲的噴油時間與高壓縮比結合後，勢必要在噴油率上修正，複雜的噴油設計便成為這一概念是否實用

的關鍵。因此，有些廠牌的柴油引擎已發展出可在運轉中改變延遲噴油的方法，可以依照要求立即調整為延遲噴油模式，而一旦離開了規定較嚴格的海域，又可立即調回到最佳的耗油情況。

## 廢氣再循環系統

降低氮氧化物的形成，除了可採降低氣缸溫度的方法外，另一有效的方法是降低燃燒時空氣中氧氣的含量。排氣再循環系統可以減少進氣的含氧量，而排氣中高熱容量的水蒸氣及二氧化碳（共約 10%）都能降低燃燒溫度，氮氧化物的形成量便得以減少。

這一種方法是把船舶主機燃燒過的廢氣，經淨化處理後送入掃氣室與主機的進氣混合，使空氣中氧氣的成分由 21% 降至 18%，低濃度的氧氣於燃燒室內與燃油混合燃燒時，可降低燃燒與氣缸的溫度。實際操作時，從船舶主機排氣側所量測到的數據可知，使用廢氣再循環系統最多約可減少 80% 氮氧化物的量。

## 壓艙水管理系統

船舶在空船或載重不足航行時，為求降低重心，使其能處於安全且適航狀態，往往會在艙底注入適量的水，這就是船舶的壓艙水；反之，當船舶進入港域裝載貨物時，為減輕載重則需排放出壓艙水。

依據國際海事組織估計，全世界所有船舶每年排放的壓艙水多達 30 ~ 50 億噸。這些被排出流放至他處港域的海水，卻很可能會把原來港域的海生物及大量的病原體帶往異地的港埠，而對他國海域的生態

環境造成重大威脅。此外，壓艙水會增加船舶的載重量與行進時的阻力，導致耗油量增加，也增加不少汙染物的排放。有鑑於此，國際海事組織已於 2017 年 9 月 8 日要求全球實施「船舶壓艙水與沉積物管理國際公約」，即所有船舶必須於特檢時加裝壓艙水處理系統。

壓艙水的處理方式大致可分成化學與物理兩類。化學類包括以紫外線輻射、超音波、放電、脫氧等方法，與臭氧、氯、有機酸、銅與銀等化學系統搭配使用。物理類則包括大洋海水交換、換水提高鹽度、加熱與過濾 / 水流漩渦。

壓艙水處理系統所使用的原料，不僅價格昂貴，且在船舶長期的使用下，不免會汙染港域，同時耗費大量能源。在過渡時期（2017 ~ 2021 年），船舶壓艙水於離岸至少 50 海里且水深 200 公尺以上的水域換水，是目前國際海事組織認可的方式之一。主要是因為深海區的強大海流擁有自然的淨化能力，外來的海生物會因為海流沖刷而漂散，不易聚生繁衍。

最近，日本的造船研究所、設計建造研究所及多家著名造船廠共同合作，設計開發無壓艙水船舶。這種無壓艙水超級油輪是把船身設計為呈明顯向下凸出的 V 字型，船體的下半部分更為細長，使船舶處於空載重量時也有足夠的吃水深度。除非是遇到狂風巨浪，這時視風浪等級再汲入壓艙水以保護船體免於傾覆，平常則不再汲入壓艙水。

全球暖化日益嚴重，只有讓節能減碳的綠色意識融入每位航運工作者的日常生活中，才能真正為保護地球盡一份力。

---

葉榮華

高雄科技大學輪機工程系

---



# 建築的理性創意與感性創造

| 簡聖勞

在建築設計的過程中，需要在創意階段的理性思考，以及在創造階段的感性思考，才能成就好的建築。

## 建築的創意與創造

建築，大家應當不陌生，因為我們都住在建築物裡。一般人大多認為建築就是在談「建築物」，實際上建築的核心是「人」。廣義的建築泛指所有人造的環境，以及關注人類居住環境的議題；它的範圍可能大到都市，小到室內空間的家具，甚至所有跟人相關的生物所處的環境，都在建築探討的範疇內。

建築是一個探討人造環境的學科。人造環境的產出需要經歷非常細膩的規畫，是一兼具創意和創造的過程，這就是「建築設計」。建築設計著重如何創造、改造環境，它的過程包含創意發想以及把發想實現，具感性與理性兩方面。建築師的創意發想其實不是純藝術性的，由於發想的成果最終是用来服務人，因此有許多感性的部分，需要為建築物的使用人設想。

舉例來說，因為有需求所以想蓋新房子，這個需求會讓建築師產生一些構想或創意，並進一步設想要如何把房子蓋出來。在這過程中，對於建築師的創意，大家比較容易聯想到感性的部分，而如果是講創造（比如說蓋出房子），往往就會是比較理性的部分。但是，在建築設計的過程中，更需要在創意階段的理性思考，以及在創造階段的感性思考，才能成就好的建築。



台北 101 大樓曾是世界第一高樓（圖片來源：種子發）

建築是一個探討人造環境的學科。人造環境的產出需要經歷非常細膩的規畫，是一兼具創意和創造的過程，這就是「建築設計」。

**建築師的創意發想其實不是純藝術的，由於發想的成果最終是用來服務人，因此有許多感性的部分，需要為建築物的使用人設想。**

## 理性的創意

創意對有些人來說是無厘頭的，沒有邏輯可言，如果要把這些想法轉變成設計的成果就需要理性的思考。

以台北 101 大樓為例，它的中國塔樓造型跟我們的主流文化有很強烈的關係，建築師的創意可能有著感性直覺的起始。可是當建築師決定要以這個造型為主來設計時，他必須理性地推展創意，以說服投資 101 的業者，才能進一步發展設計。然而，101 的投資者不只關注建築外觀，因此建築設計初期的創意發想可能包含建築內部空間特色，甚至涉及都市的發展。建築師對這些要有推論，而推論是需要有理性的方法或程序來進行的。

2000 年的奧運在北京舉辦，其中主場館暱稱「鳥巢」，而游泳場館暱稱「水立方」，這些暱稱顯示了建築師運用「類比」的方式進行創意發想。類比，就是取其他領域的知識運用在建築上，「鳥巢」就是以生物型態、生物功能或生物領域的知識等為創意發想的建築。

至於「水立方」的發想，則是取物理知識的類比，以「水」在泡沫狀態的微觀結構出發。建築師以泡泡的構造力學特性，構思整個建築物。為了這個構想，他們研究並做實驗，以了解泡泡之間的幾何關係。除了外觀看起來像泡泡外，內部的結構也透過模擬分析，運用水泡接觸界面的形狀去思考骨架，充分展露一個感性的發想需要理性地深入探究才能夠貫徹。

最常見的創意發想是用「聯想」或「關聯推論」。位於西班牙瓦倫西亞的「智慧

之眼」天文館的建築師以人的眼睛去聯想，結合他的結構專長，設計出一個像人的眼瞼一樣可以開闔的遮光罩，可隨著陽光的角度控制。

另一個創意發想的方法是直接「套用」或「置換」。台北 101 大樓如竹節（塔樓）的型式，以及方孔古幣、祥雲線條裝飾，可以看到運用「套用」或「置換」方式的發想，把中國文化脈絡融入建築。此外，建築師也常使用引發「突現」或「浮現」的方法，進行隨興塗鴉，或在考察基地時突然浮現的一些想法，或者利用電腦工具隨機產生集合型式來幫助發想。

創意發想方法是可以學習、鍛鍊的。建築創意的理性思考不只是「發想」，更重要的是發想的延續，從一個最初的想法到可以提出比較細部的設計方案，才是完整的創意。這個過程和科學研究相似，需要不斷地進行有系統的探索，且由於建築設計沒有標準答案，因此設計者必須具有批判能力去檢視自己在探索過程中的產出。由於在工作中不斷的理性創意需求，強化了他們觸類旁通的思考，因此當我們看到建築師似乎天外飛來一筆的想法，其實是有理性思考依據的。

## 感性的創造

建築設計在創意發想階段就必須考量許多狀況，例如：業主需要什麼？都市局部的規畫需要什麼？基地的特性（所在地的環境特性）是什麼？建築物最終呈現出來的成果為何？甚至於建築



物會帶給該地區的人的感受或影響，都需要一併考慮。

初期的構想須包含綜合性、全面性的考量，呈現出較具體的概念，以便於和業主溝通。後續的興建更需要加入理性邏輯式的推論創造，才能符合使用需求。例如：一個大講堂須能容納多少人，它的聲音控制、燈光控制要達到什麼標準，如何確保結構的安全以及它是否能與基地環境配合？另外，材料的選用、工程的造價等，這些「創造」都是理性的思考表現。不過，在創造的過程中更不能沒有感性的思考。

設計創造的成果是設計圖，一般泛稱為設計圖說，如平面圖、剖面圖、立面圖等。建築師運用剖面圖表達建築物設計中不同樓層、高度的關係，平面圖則說明各樓層建築空間的配置與設備所在；這些圖也表達結構體的部分，包括柱子與牆壁，以及門窗的開口。立面圖則說明建築物設計的外觀或標示使用的材料。設計圖說只有冷冷的線條與文字，跟完工後的建築空間如何對照連結？

以台北 101 大樓為例，其中的 101 購物中心給人一種現代化精品街的感受，這樣的感覺其實原本就應該標示在設計圖說裡的。雖然設計圖說沒辦法很完全、明確地表示出，像是材料與燈光組合的關係要如何呈現出現代化、溫暖的感覺，但在設計的時候，建築師的腦子裡都有一個三度空間的意象，他必須不斷地往復思考，才能做出好的考量，最後蓋出的成果才能接近設計的意圖。

建築物內部空間的規畫，通常最常考量的就是光源和色彩材料的呈現。空間的光線控制和不同材料的選用，會使整個空間呈現出不同的特性。而空間的尺寸也必須配合它的用途，在設計的時候一併考量。



設計圖說，包括建築物的剖面圖（上），及一、二、三樓的平面圖。

建築師必須綜合上述各種因素，評估各種組合的使用是否恰當，以及設計結果的整體感受為何。

由於設計的思考須為他人服務，為滿足使用者或業主的需求，有時建築師或設計者常處於兩難。因為業主可能不是這個建築物或人造空間最後的使用者，但是設計的過程必須兼顧業者及使用者，畢竟業



設計過程中利用電腦模擬表現空間尺度（左圖）；對照空間初成形的狀況（中圖），光源從上方進入，牆面以水泥處理，因此看起來色調較冷；以及完工的空間（右圖），色彩牆面使它變得柔軟，加上地板材料的處理，整個空間就變得較為溫潤。

主是提供經費讓設計實踐的人，使用者則是將來要使用的人。因此建築師設計時在感性運用的過程中，仍須滿足使用者及業主的需求與想像，並達成這兩者需求的平衡，這也是建築師的責任之一。

設計必須符合業主、使用者的需求和想像，但是「想像」要如何溝通？建築師可以使用電腦模擬，呈現幾乎接近真實的設計，包括材料是否會反光、材料表面的質感、燈光照明的型式等。運用現代的資訊科技，能讓完工的結果和電腦模擬幾近相同。此外，電腦模擬也可以讓建築師了解空間可能的使用狀況。

在這個過程中，需要運用許多感官經驗來想像構圖的結果。這些感覺的經驗並非與生俱來，而是透過體驗學習而來。雖然電腦模擬效果逼真，但電腦工具只是幫助建築師呈現想法的媒介，建築師必須先建立自身的經驗，增加對感覺的敏銳度，

才能善用工具。建築的感性創造過程是一種理性地運用感性、感覺的經驗，建築師的經驗愈豐富，就愈能協助業主創造出他們需要的或想像的空間。

## 人造物（設計）的科學

設計也是一門科學。人工智慧之父司馬賀（Herbert A. Simon, 1975年圖靈獎、1978年諾貝爾經濟學獎得主）在1960年代首先提出「人造物的科學」（sciences of the artificial），嘗試建構一個理論來討論各種人造物（包含建築、都市與社會組織）的設計（創造過程）。他從組織科學研究發展出「設計的科學」（sciences of design），提出設計的科學中最特別的地方在「設計」本身是開放性且非常複雜的問題。

他歸納設計的方法，可以運用拆解方式處理：把一個大問題變成幾個比較小的

**建築師設計時在感性運用的過程中，仍須滿足使用者及業主的需求與想像，並達成這兩者需求的平衡。**

問題，再各個擊破。相較於定義明確的數學問題，他整理歸納設計問題的定義不夠充分且結構不明，只能夠力求問題解答的滿意度，而無法獲得最佳的解答。

設計學者瑞特爾（Horst Rittel）進一步闡述設計問題是「淘氣的問題」，意即設計的問題難以捉摸，是一種無法定性且非常複雜的問題，因此設計無法找到絕對答案，需要權衡得失。這些想法提醒後人在設計規劃時必須不斷地考量設計問題，即使電腦能幫助我們獲得答案，但若有些事物無法明確界定，便無法評估獲得的答案是否符合需求。

建築學者亞歷山大（Christopher Alexander）的研究團隊調查整理歷史悠久的民居建築及聚落空間，歸納不同的文化特性適用不同的解決方式，這些東西之間並非各別獨立的，而是有一些組織關係。他們歸納觀察結果，整理成像是語言的文法書「模式語言」（A Pattern Language），讓人們可以利用這些「文法」造出「新的句子」（新的設計），在當時掀起很大的震撼。因為它能讓人運用資訊科學的方法進行設計，是早期電腦輔助設計的重要部分，對於現代的建築探討是相當重要的參考。

前述學者都是運用科學的方法分析設計的產出物，發現設計的特性與課題，同時提出他們認為能夠運用或解決的方法。1970年代末期出現了新一波設計研究，探討設計的行為，透過觀察的方式，分析做設計的人在做些什麼，或做設計的過程會做些什麼。研究探討的對象從設計問題轉移到做設計的人、設計的行為。

教育學者舍恩（Donald A. Schön）觀察歸納設計者在設計的過程中，會不斷跟自己做出來的結果對話；設計的結果產出會影響建築師的想法，建築師的想法會隨著產出而調整、修改。他的立論出發點和建構認知有很重要的關係，他的大部分著作被用來協助設計教育者，供設計教學參考。

建築設計學者艾金（Ömer Akın）則完全採用認知科學的方法探討建築設計行為，他運用心理學探討設計過程中的認知行為特性。一般來說，短期記憶的儲存容量小且保存的時間短，但是受過建築訓練的人可以很快地記住一張設計圖的內容，這是因為受過訓練的人在圖像思考過程中會把圖像做層級分析。他的研究影響了後來的電腦輔助設計工具的開發，幫助研發出能適切輔助設計者的產品。

## 理性與感性的探究

設計的科學研究挖掘了建築設計的理性思考特性，而設計問題結構不明或淘氣的特質，部分源自需求的感性因素、目標的感性要求（例如：神聖的空間、溫馨的小窩），以及對整體的美感表現。1980年代末期隨著腦造影科技發展，認知神經科學也應用於設計行為的研究，特別是有關「美感」與「審美」的腦神經反應。而從哲學基礎發展的「美學」理論，也隨著有了新的論述。設計專業者與非專業者的美感能認知差異，是探究設計的感性思考的主要對象。

美學始於探討人的感覺，人的感覺是需要開發訓練的，這也是設計專業養成的重要內涵。我們生活的環境越來越多樣、越來越值得大家去細細品味。我們的生活水準也慢慢地提高，大家有休閒的可能。既然有機會可以休閒，可以靜下來看或品味，也就是逐步在培養我們感官敏銳程度。

當大家都對環境有敏銳度時，我們就會有越來越美的建築與都市環境。

---

簡聖芬

成功大學建築學系 / 成功大學創意產業設計研究所

---

#### 深度閱讀資料

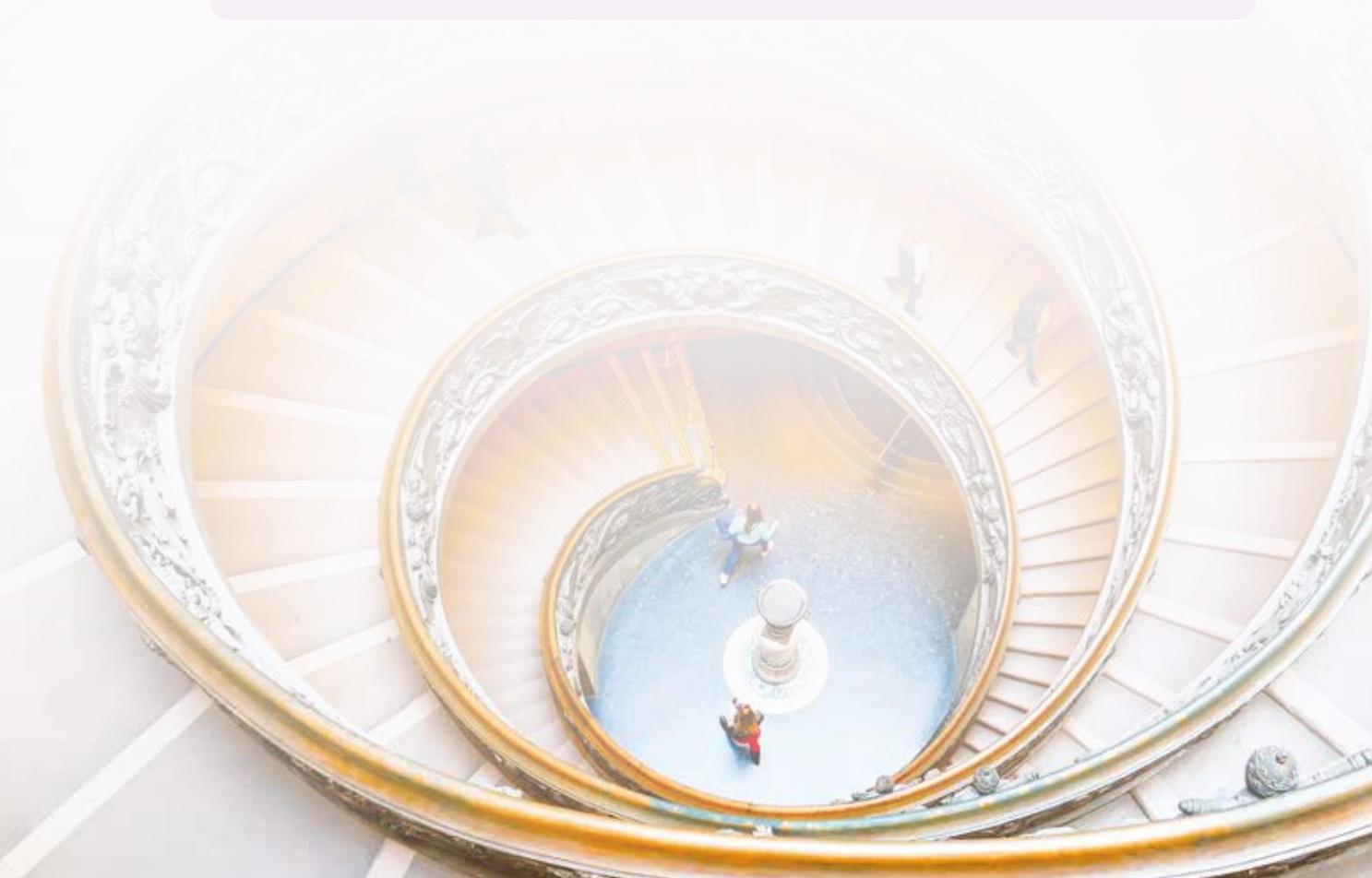
Lakoff, G. and M. Johnson (2003) *Metaphors We Live By*, University of Chicago Press, Chicago, IL

Simon, H. A. (1996) *The Sciences of the Artificial*, 3rd Ed., MIT Press, Cambridge, MA

Alexander, C. (1979) *The Timeless Way of Building*, Oxford University Press, Oxford, UK

Shön, D. A. (1984) *The Reflective Practitioner*, Basic Books, New York, NY

蔣勳 (2009)，感覺十書，聯經出版公司，台北。



# 你所習以為常的 譬喻

| 蘇以文

譬喻不僅是語言的一部分，  
也是人類思考、推理等認知活動不可或缺的。

電影〈阿甘正傳〉（Forrest Gump）中，阿甘問他臨死的母親：「我的命運是什麼，媽媽？」他母親明白一個正經八百的答案無法讓智能不足的阿甘理解這個連正常人都難以回答的問題，因此她以一個阿甘日常生活中可以接觸到的實例對阿甘說：「你得自己去發現。人生就像一盒巧克力，你無法得知你將得到什麼。」（Life is like a box of chocolates. You never know what you're gonna get.）

電影中阿甘緊接著以旁白的方式說：「媽媽總有辦法讓我懂得她說的話。」是的！阿甘的母親使用的是一個再平凡不過的，阿甘可以理解的實例，以譬喻的方式巧妙地讓阿甘明瞭她所要傳達的訊息。這譬喻建基於阿甘的生活經驗，因此阿甘可以不費力地用他所熟悉的生活經驗來理解難以明瞭的未知。

因為人類有理解譬喻的能力，才能聽得懂如《一千零一夜》般的故事。《聖經》與



電影〈阿甘正傳〉中，阿甘的母親以譬喻的方式對阿甘說：「你得自己去發現。人生就像一盒巧克力，你無法得知你將得到什麼。」（圖片來源：種子發）

| 譬喻經由人類經驗的類比，  
由聽者自行解讀說話者所要傳遞較為抽象概念的意象。

當溝通情境不適合明說，為了避免聽者尷尬，或講得太清楚，而產生說者無意，聽者有心的聯想時，譬喻就成了溝通時的首選。

佛經常以譬喻說教，西方的《伊索寓言》或東方的《莊子》更不乏以譬喻的方式闡明道理。人類透過語言認識所處的世界，憑藉的就是我們自己的經驗。當孩童可以說出「這是花」、「這是狗」、「下雨了」的語句時，他的語言與經驗就相互結合，學會以約定俗成的符號明瞭它們所代表的概念。語言學習的過程在在脫離不了譬喻。

## 譬喻

譬喻是取兩者之間的相似性，藉由人們類比的認知能力，把所要表達比較抽象的概念（如感情）或特質（如母性）等，以較為具象的方式表示。譬喻經由人類經驗的類比，由聽者自行解讀說話者所要傳遞較為抽象概念的意象。也就是說，因為有了譬喻，讀者或聽者能夠用他熟悉的事物去理解較抽象或陌生的概念，透過一個想像與再創造的過程，讓他自行感受並理解語言的內容。

這其中所要說明的事物主體叫作「喻體」，用來比方說明主體的事物叫「喻依」，連接喻依和喻體的詞語則是「喻詞」。以「問君能有幾多愁？恰似一江春水向東流。」為例，「愁」是作者想要說明的主體，是為喻體；而「春水」用以說明「愁」的源遠流長，是為喻依；喻詞則是明示喻體的「恰似」，這例子是明喻。明喻以外，本文所用的譬喻一詞也包括隱喻（我是天空裡的一片雲）及轉喻（如以部分代表全體，如一個人）。

這樣的創見始於語言學家雷可夫（George Lakoff）與哲學家詹森（Mark Johnson）在1980年《我們賴以生存的譬喻》（*Metaphors We Live By*）一書中所揭載的「譬喻」觀。這本書的問世徹底顛覆了「譬喻是文學上的一種修辭」的傳統，為現代語言學，尤其是認知語言學，開啟了新頁。譬喻成了語言中不可或缺的一環。

## 為何拐彎抹角地說話

約定俗成的語言所規範的字彙，有時候無法很精準地表現它所指稱的事物或想法，這說明了語言本身具模糊性與多義性。然而很多時候，人類卻是有意地選用譬喻，避免直接表達自己的意思，這又是為什麼呢？

當溝通情境不適合明說，為了避免聽者尷尬，或講得太清楚，而產生說者無意，聽者有心的聯想時，譬喻就成了溝通時的首選。古代許多諫臣想勸諫皇帝時，會利用譬喻，採「拐彎抹角」的互動模式，上者得使君王採納諫言，反躬自省而不動怒，下者則得以表達自己的心意。《論語》〈子罕篇〉中的「歲寒，然後知松柏之後凋。」就是以松柏自喻，視自己為在亂世中仍能忠貞自守的君子。

西漢劉向的《說苑》提及梁王與惠子的對話，淋漓盡致地道盡譬喻的用途。因惠子善用譬喻，所以梁王對惠子表示希望惠子談論事情時，直接了當地說就行。惠子於是以彈弓為例，告訴梁王，談事的時候，本來就是要拿已知的事物說明對方所



不知者，讓對方明白易解；「不使用譬喻」是萬萬不可行的。

直白的語言在傳達語意上多有限制，加上收發雙方不同的認知，在影響語意的判讀，也難怪梁王忍不住稱讚惠子說得好。只有生動的比喻才能使說話者快速而精闢地傳達訊息，聽者盡可能收到說者的本意，達到溝通的效果。

### 《說苑 · 善說》

客謂梁王曰：「惠子之言事也善譬，王使無譬，則不能言矣。」王曰：「諾。」明日見，謂惠子曰：「願先生言事則直言耳，無譬也。」惠子曰：「今有人於此而不知彈者，曰：『彈之狀何若？』應曰：『彈之狀如彈。』諭乎？」王曰：「未諭也。」「於是更應曰：『彈之狀如弓而以竹為弦。』則知乎？」王曰：「可知矣。」惠子曰：「夫說者固以其所知，諭其所不知，而使人知之。今王曰無譬則不可矣。」王曰：「善。」

抽象的感覺或概念描述常常無法以字詞完整傳達，因此只能借助於譬喻的使用。說話者故意以譬喻取代直白的語言，製造模糊空間，讓聽者自行理解其意。規避把話說清楚的責任，或產出字面以外的效果，有時反而是語言的常態。

例如對於時間的飛逝，可以直述「時間過得很快」，也可以使用「光陰似箭、日月如梭」的譬喻來表達。相較於前者，譬喻

的表達生動地傳達說話者的感知，透過對於「箭」與「梭」的理解與想像，讓聽話者可以更精確地揣摩說話者的意圖。徐志摩在〈我所知道的康橋〉中，把房子與樹林比喻成棋子（村舍與樹林是這地盤上的棋子），在棋盤上各自占據位置，生動的描述使讀者更能在腦中勾勒出清楚的畫面。

### 語言與思維

語言中的譬喻也能把空間方位的概念對應到情緒、社會地位、數量等的概念上，例如數多是「上」（上漲），權重是「上」（上司），正面積極是「上」（情緒上揚），就是這樣的呈現。這類棲於身（embodiment）的體現在中英文中都一樣。中文的正面情緒是上，英文中的 up 也有類似的用法，如 cheer up，它背後所依憑的概念譬喻就是 happiness is UP。這樣的例子很多，經常喝的飲料 Seven Up，中文不就叫做「七喜」嗎？

然而，許多我們腦中的概念卻找不到對應的語言，如果沒有語言可以表述的概念也可以存在，那麼「語言」能否與我們思考息息相關？

「有概念而沒有可表達的語言」的現象在翻譯時經常可見，很多時候，相同概念只能以不同說法在另一語言中呈現。我們習慣把外語中的字詞「翻譯」為母語中相近的詞彙，但要求兩個詞彙意義完全吻合，根本就是緣木求魚。

例如：英文在表達「兩個不相干事物的比較」時，常用「compare an apple with an

| 抽象的感覺或概念描述常常無法以字詞完整傳達，因此只能借助於譬喻的使用。



在英文諺語中，時間被譬喻成金錢「TIME IS MONEY」，以此表示時間珍貴。（圖片來源：種子發）

orange」，這個概念若直翻為中文，則無法達意。中文中並非沒有蘋果及橘子的概念，但是這種直譯的表示法在中文裡並不到位，若以「風馬牛不相及」則完全達意。這就是「有概念但沒有辦法表達」的例子，強行套用字典中對應的字詞只會顯得不倫不類。

疼痛的感覺則是另一個「有概念但沒有辦法表達」的例子。無論說話的人如何努力，聽者只能想像卻難以體會說話者的真實感受，充其量，只能依靠譬喻，例如用被箭射到的感覺比喻疼痛的感覺（痛得有如萬箭穿心）。因此使用譬喻為語言與思想之間提供了另一個呼應的平台。

代表顏色的詞彙也有異曲同工之處。儘管我們可分辨相近色彩的差異，有限的語彙卻沒有辦法用言語清楚描述出色彩間微妙的差異。天空的藍、大海的藍、LED的藍光，這些對我們肉眼來說都是不同的藍色，但我們的詞彙中卻沒有忠實地逐一對應我們所感知的不同藍色。

當一個語言缺乏可以敘述的語詞時，是否該語言使用者的思想也因此受限？布魯姆（Bloom）在 1981 年曾對中文使用者做了以下的假設：中文在語法上沒有對假設語態做型式上的規範，因此說中文的人無法做假設性的思考。他以實驗測試了香



港的中文使用者，居然得到支持這種說法的結論。

暫且不論這項研究的荒謬，布魯姆測試的其實是沃爾夫（Whorf）在 1956 年提出的「語言相對論」。這假說主張語言不只是思考的「工具」，更是思考的「型塑者」，因此不同的語言就有不同的思考模式。沃爾夫的假說大多源於他對美國印第安部落霍皮族（Hopi）的研究，說霍皮語的人因其語彙的限制，他們對「時間」的觀念與說英語者截然不同。

沃爾夫的假說至今無法以科學方法得到證實，這其實並不意外。語言確實在某種程度上提供了我們思想的途徑，這個說法卻又太過於強烈。學華語的英語人士對於「前天」的時間觀念確實很難接受。對他們而言，前面指的是未來，「前」天如何能描述過去的時間呢？然而，並不表示這些人就無法學會中文，或無法學會其背後的思考模式。

## 文化與分類

語言中譬喻離不開其背後的思維，而人類的思維也離不開其所依賴的分類系統。人類對事物分類則顯現了對事物在認知上的連結，不同的語言會導致不同的思想。霍皮族人以「綿延不斷」的概念來理解時間，因此他們對於把時間以時、分、秒的單位計量難以理解與接受。同樣的，古代中國定義音階為五聲：宮、商、角、徵、羽，若非西風東漸，我們接受了西方的音階，恐怕也很難接納以 Do-Re-Mi-Fa-So-Ra-Si 七聲為度的分類。隨著地球村的來臨，語言的傳播帶來的也是外來文化的影響。

「譬喻」的使用離不開使用者的背景環境與人生經歷。對於一個講究喝酒的文化，「酒」這個詞不足以囊括他們對於酒的種類及享用時間的考究。因此正餐時所飲用的紅酒或白酒及所搭配的主食，或飯後所飲用的飯後酒，在名稱上都必須有所區隔，這是他們文化中重要的一環。相對而言，國人也好飲酒，文人雅士更是喜歡，但一個「酒」字似乎已足以囊括國人對於杯中物的全部。

不同的文化、不同的成長背景、不同的生活經驗等都可能導致人們在譬喻使用上的差異。中國文人喜好感時悲秋，經常用以抒情的譬喻也自有它的地域性。〈楓橋夜泊〉：「月落烏啼霜滿天，江楓漁火對愁眠。姑蘇城外寒山寺，夜半鐘聲到客船。」描寫的是唐朝詩人張繼思念家鄉的哀愁，但詩中並未直接描寫到他對家鄉的思念，而是以景營造觸景傷情之思。

人種的分類系統往往是「自我意識」的投射，有系統地存在於我們的文化之中。語言上對於人種的分類就是最好的例證。英語世界以髮辨人，把人分成 blonde、brunette、red-hair 等，甚至約定俗成地把金髮（blonde）女人塑造出美麗但愚笨的刻板印象。在還沒有染髮文化時，亞洲族群沒有髮色不同的問題。以台灣而言，原住民把白種人稱為「藍眼珠」，與中國歷史上稱某一非漢族人為「色目人」遙相呼應。

不可諱言地，語言是經由認知後再表達出來的主觀表徵符號，我們以語言表達自我概念，而譬喻正好是其中的一種重要的認知方式。譬喻的本質是「透過另一件事來理解或經驗某件事」，經由使用譬喻，

人類得以有意識或無意識地幫助他人理解自己所欲溝通的事物。譬喻不僅是語言的一部分，也是人類思考、推理等認知活動時所不可或缺的。

李維斯托（Levi-Strauss）在 1966 年的《野性思維》（*The Savage Mind*）一書中明白指出，譬喻性思維與其表現的社會現實之間具類比關係，認為野蠻人為應付環境而「臨場發揮」或「拼湊」的神話結構，是為了在自然秩序和社會秩序之間建立類比關係。人類學家如沃爾夫在 1956 年的《語

言、思維與現實》（*Language, Thought and Reality*）中認為「隱喻反映現實」。說穿了，語言就是一種包裝，它是一種思考活動的過程，卻也是一種可培養的技巧。譬喻對人類語言有不可偏廢的重要性。

---

蘇以文

臺灣大學語言學研究所 / 語言訓練測驗中心

---

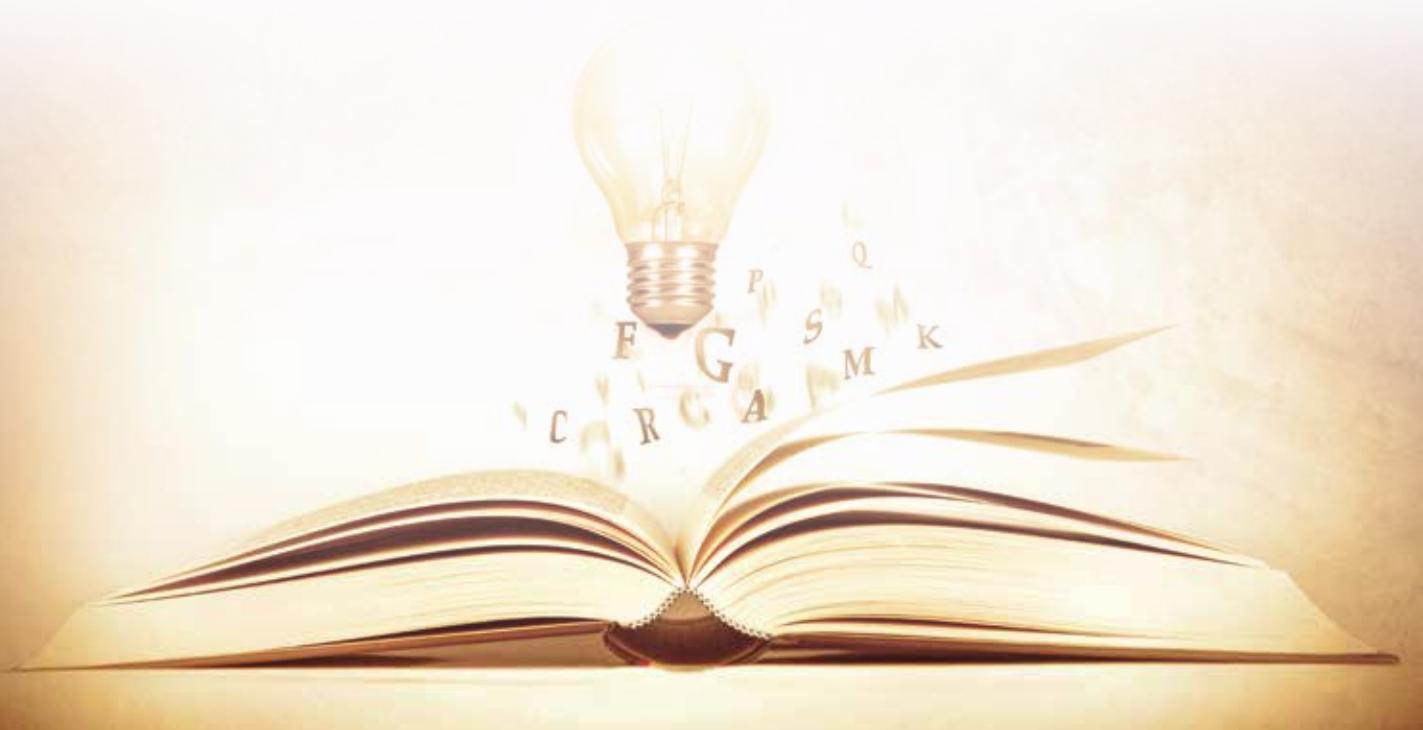
#### 深度閱讀資料

Bloom, A. H. ( 1981 ) *The Linguistic Shaping of Thought: A Study in the Impact of Language on Thinking in Chin and the West*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ.

Lakoff, G. and M. Johnson ( 2008 ) *Metaphors We Live By*, University of Chicago Press, Chicago, IL.

Lévi-Strauss, C. ( 1966 ) *The Savage Mind*, University of Chicago Press, Chicago, IL.

Whorf, B. ( 1956 ) The relation of habitual thought and behavior to language. *Language, Thought and Reality*, 134-159.



# 促進東西文化 科技交流的唐獎

| 陳振川、宋承恩

希望透過唐獎的頒發，  
能產生更多有利於地球、有利於人類的重要研發成就，  
發揚中華文化，讓世界變得更好。

諾貝爾獎的頒發始於 1901 年，迄今已逾 117 年，其對世界科技文化的發展造成了深遠的影響。該獎初期設的獎項以基礎科學為主，又因獲獎人如愛因斯坦、居禮夫人等都是科技界名人，因此建立了歷史聲譽。

近年來，因人口快速成長、能資源大量消耗、氣候變遷等因素交互影響下，各項大型災難的發生頻率及強度都大幅增加，也面臨了各式新型態疾病的產生、貧富差距擴大、資源能源短缺與競爭等各種困境。

這時，長久以來東方文化的價值及思維在思考世界及社會新秩序的建構時更形重要。人類該如何在環境保育、社會公義及經濟發展三面向充分考量現代及未來子孫的需求，尋求突破困境解答，追求永續發展已成為 21 世紀最大的挑戰。

本諸取之於社會、用之於社會的精神，尹衍樑博士以其經營企業所獲的資源，長期投注於教育及慈善事業，並希望能為社會帶來正面的影響，使世界更美好。尹先生表示：「設立唐獎是我人生中最大的夢想之一。希望透過唐獎的頒發，能產生更多有利於地球、有利於人類的重要研發成就，發揚中華文化，讓世界變得更好。」唐獎的成立企盼經由東西文化科技的交流融合，為 21 世紀發展尋找永續發展、引導新方向。



**唐獎除了著重研究發展的原創性外，更關注其貢獻能對全人類有實質的影響，激勵世界各地人才發揮所長，積極投入與分享，成為 21 世紀不斷進步的動力。**

## 創立源起與精神

以教育為本，是潤泰集團尹衍樸博士自祖父以來一脈傳承的信念與家訓，不以企業金錢數字計算人生價值，父親尹書田無時無刻提醒子女們，教育才是傳世大業，「如果你有能力幫助別人念書，那是一件很好的事」。

秉持著父親作育英才的理念，尹衍樸博士以興人興學為志業，1989 年出資成立光華教育基金會，於多所學校致贈獎助學金，長期資助超過 15 萬名的學子，並持續捐助海峽兩岸各大學的基金，發展管理、醫學、工程、法律、人文等領域的研究，培育各地英才。因為看到教育帶動了社會進步的力量，尹衍樸博士又投入籌劃唐獎的成立，期待能藉由時代的先驅者啟動對人類社會文明的新視野與新思考，使全世界走向更好的境界。

唐獎的設立，是華人以中華文化數千年的涵養，面對當前社會發展，以新視野與新思維所注入的實際行動。唐獎除了著重研究發展的原創性外，更關注其貢獻是否能對全人類有實質的影響，激勵世界各地人才發揮所長，積極投入與分享，成為 21 世紀不斷進步的動力。

## 推動辦理首屆活動

唐獎教育基金會（以下簡稱基金會）經審慎規劃後，於 2012 年 12 月經教育部核定成立，以國際 NGO 組織的高度從事唐獎評選及教育研究推廣工作。2013 年 1 月 28 日與國內最高學術機構—中央研究院簽訂契約，委託辦理唐獎的提名及評選業務，唐獎評選委員會自此展開評選作業。

2014 年 6 月 18 日起基金會逐日分項公布了首屆唐獎得獎人，分別是永續發展 Gro Harlem Brundtland（挪威）、生技醫藥 James P. Allison（美國）與 Tasuku Honjo（日本）、漢學余英時（華裔美籍）、法治 Albie Sachs（南非）等 5 位國際傑出獲獎人，他們都對世界文明發展有很大的貢獻。這是台灣回饋國際社會而發展出來具前瞻視野的一個國際高額獎項，頗受世界各國矚目。

為期一週的唐獎週活動在台灣北中南各地熱絡舉行，並選在具中華特殊代表性建築及各大學舉行，包括歡迎酒會、頒獎典禮、唐獎盛宴、音樂會、唐獎得獎人演講、大師座談、與高中生對談、唐獎榮耀展、唐獎故宮文物選萃特展，使唐獎活動和國人共享，並能見證得獎人的貢獻及風采。

## 唐獎獎項、獲獎人及評選

唐獎的獎勵對象，不分種族、性別與國籍，遴選出對世界具實質貢獻與影響力的傑出人士或機構。自 2014 年起，每兩年頒發乙次，為 4 項獎助領域的得獎人各提供新台幣 4,000 萬元獎金；並得依得獎人建議所屬獎助領域的研究計畫，提供不高於新台幣 1,000 萬元的獎勵研究補助費，由基金會直接獎助進行研究計畫的個人或機構。若未來運作順利，考慮改為每年辦理一次。每屆單一獎助領域最多由 3 人共同獲得，有 2 位以上得獎人時，由評選委員會建議該獎項的獎金分配比例，得獎人同時獲頒獎章及證書各一件。

唐獎設置的 4 個獎項都具有時代意義，以下是各獎項的內涵。

永續發展獎—唐獎所獎助的「永續發展」獎項，表彰對人類永續發展所做的特殊而重大的貢獻，尤指經由科學與技術的創新與發展所締建的貢獻。

生技醫藥獎—唐獎所獎助的「生技醫藥」領域，表彰具原創性的生物醫學及藥物研發的科學研究，對於重要疾病的預防、診斷及治療有明確的影響，以生技醫藥解決人類疾病的問題，有助於人類健康的增進。

漢學獎—唐獎所獎助的「漢學」，意指廣義的漢學，包括研究中國及其相關的學術，如思想、歷史、文字、語言、考古、哲學、宗教、經學、文學、藝術（不包含文學及藝術創作）等領域。這獎項旨在表彰漢學領域的成就，並彰顯中華文化對人類文明發展的貢獻。

法治獎—基於人生而平等的信念，任何人（包括個人、國家、國際組織等）都受法律的規範。唐獎提倡法律應兼顧正當程序與實體正義，為和平、人權、永續發展而奮鬥，以追求人類及自然的共同福祉為最高目標。唐獎所設置的法治獎，是獎助對法治理念或實踐有創新，進而對法治的實現貢獻卓著的個人或機構。

唐獎由基金會委託國內最高學術機構中央研究院負責第一、二屆的評選，中央研究院肩負人文及科學研究；指導、聯絡、獎勵學術研究，以及培養高級學術研究人才的任務。中央研究院並敦請諾貝爾化學獎得主李遠哲前院長擔任總召集人，邀聘國際著名專家學者（包括多位諾貝爾獎得主）組成 4 個獨立的評選小組進行邀請及評選工作，並採邀請推薦制，由評選委員

會邀請世界各國具尊譽的個人或學術機構推薦，因此受推薦人都是已具一定聲譽的個人或機構。

## 唐獎國際交流、教育宣傳及推廣

為增進世人了解唐獎，激勵年青學子朝 4 獎項領域努力；促使專業領域人士積極爭取獎項，加速領域發展；增進宣傳，讓更多專業人士能經由推薦而參加競爭，因此採下述方式積極推動國際交流、教育宣傳及推廣：搭配得獎人 1,000 萬新台幣專題計畫經費的執行，進行推廣宣傳，得辦理簽約儀式及專題演講或座談會；結合相關領域國際學術組織，辦理大會的得獎人專題演講或座談會；運用基金會出版品（包括網站、電子報等）宣傳、推廣並培育 4 大領域的基礎人才；建立對口組織窗口，加強和獎項領域的國際學術組織交流，促進組織間合作。

基金會加強和 4 大領域最重要國際組織的合作交流。

永續發展領域—和布倫特蘭夫人參加法國巴黎 COP21 大會，參加及支持日本 Science and Technology in Society、國際社會管理系統學會（SSMS）、國際科學理事會（ICSU）等組織及世界科學院（TWAS）唐獎講座等。

生技醫藥領域—面對生技醫藥科技及產業的快速發展，以及對應唐獎生技醫藥獎項的推展，基金會於 2015 年 3 月和國際生命科學最大規模的實驗生物學國際組織（EB）簽訂為期 10 年的合作協議書，每年於大會安排唐獎得主講座及酒會，以促進及激勵生醫科學的創新研究。



唐獎第二屆頒獎典禮

其他包括參加及支持美國臨床腫瘤醫學會及美洲華人生物科學學會（SCBA）的活動，簽署 MOA 支持國際生物化學及分子生物學會（IUBMB）的活動，安排歐洲生物化學聯盟（FEBS）唐獎演講等。

漢學領域一經由亞洲研究學會（AAS）、歐洲漢學學會（EACS）、澳洲國立大學中華全球研究中心等交流及宣傳。

法治領域一經由美國國際法學會（ASIL）、國際法學會（SIL）、國際律師協會等組織交流，另於中國大陸北京、清華等二十餘所頂尖大學、俄羅斯國際工程院 IAE 院士大會交流推廣唐獎。

## 帶動文化、藝術與創新

在唐獎推動過程中，特別把文化與藝術納入創新因素，成為重要的特色。唐獎獎章經由國際大師競爭評選，由日本設計大師深澤直人設計的螺旋曲線金質唐獎獎章，是 DNA、龍及宇宙黑洞意象，以極現代的手法呈現「昇龍」與「降龍」的東方文化哲學思考，成功詮釋唐獎追求卓越無限的生命力。唐獎證書以刺繡與國畫、竹盒及紙設計出 4 個獎項意涵及中華意味的證書，分別由黃維瀚及 Lin Cheung 設計。

國立故宮博物院以「永續發展」為主題的「唐獎故宮文化選萃特展」，則展示珍貴中華藝術中的自然觀。唐獎在國家音樂廳舉行「唐獎光輝世界共響音樂會」，結合交響樂團、京劇、歌仔戲、原住民歌曲等，東西相互交流，也唱出豐沛文化能量，向唐獎得獎人致敬。另邀請鍾耀光為唐獎創作「唐獎節慶序曲」，以分別代表東西方的哨吶與小號，巧妙呼應與融合，開頭特別以「編鐘」敲響序曲。在圓山飯店舉行的唐獎盛宴，則巧心設計把唐詩納入佳餚，並以在地食材呼應永續發展。

## 年輕學子互動交流

年輕人是世界的未來，基金會特別著重和年輕人的交流，在唐獎週頒獎典禮等各項活動都邀請各大學及部分高中職派代表參加。在北中南各大學舉辦大師座談，在北一女等高中舉行「得獎人與高中生對談」，舉辦「唐獎高中（職）青年學子創意提案活動」，另也進入 10 所大學辦理「唐獎新書前進校園活動」。以期藉由唐獎得獎人的貢獻與經歷來激勵人心，引發學生共鳴，達成教育推廣的目的，提升唐獎在校園的能見度。

唐獎是台灣所設置重要的國際獎項，這是累積了歷年來各界在科技、文化、經濟、政治、社會發展的成果，而由民間擔綱舉辦。唐獎的發展及期望，可經由下述兩位學者的表述而明瞭：

2001 年諾貝爾化學獎得主野依良治博士就表示，如何教育年輕人對社會貢獻是困難的，期盼唐獎能成為世界尊榮的獎，能引領未來研究方向及教育年輕人，如何透過東方圓融整合宏觀，加上西方分類專精，東西融合，為未來世界的永續發展找出解決方案，成為年輕學者企盼並想要努力爭取的獎項。



唐獎證書

1993 年諾貝爾生理學或醫學獎得主夏普（Phillip Sharp）博士也指出，舉辦唐獎是非常棒的事情，讓台灣「獲益良多」。除了在過程中讓世界了解舉辦國外，也讓寶島在世界舞台上更受重視。諾貝爾獎「把門檻設得很高」，夏普期望唐獎也可以達到相同的標準。他認為，接下來的 100 年，唐獎也將如諾貝爾獎一樣，累積貢獻社會、傑出表現人物的名單，除了評選傑出得獎人外，也將激發出更多的創意。因此，惟有一步一腳印，扎實嚴謹地往前發展，才可永續發展而達成創辦人尹衍樸博士所期望的影響世界，而成為受世人尊重的獎項。

---

陳振川、宋承恩  
唐獎教育基金會

---

# 第15屆 週日閱讀科學大師

國立科學工藝博物館南館國際演講廳

週日 10:00~12:00 (09:30開始現場報名及入場)

<http://science.nchc.org.tw/>

免 費 參 加

報名方式

個人報名：請由科工館首頁，點選【科教活動報名】，再選擇月份後，即可進行網路預約報名。

團體報名：聯絡人：鄭瑞洲 助理研究員

聯絡電話：07-380-0089轉5124

E-mail：adam@mail.nstm.gov.tw

現場報名：演講當天，早上09：30於演講廳服務台，受理報名。

線上收看：講座當天可透過Co-life收看線上直播。



1010100  
101010010101010010  
10100100101010100111  
001010100101001010110100  
010100100010100101010100  
101010010101001010100100  
11010010101001010010100101  
0100101001001010101011010  
1001001010101010101010100  
10100101010101010101101010  
10100101010101010101010101  
0010100101100100101010101  
0100101010011100101010101  
0010101101001010010001010  
1001010100101010101010101  
00101010010110100101010100  
10100101001010101010101001  
00101010101101010101010100  
10010101010110101010100100  
10010101010101010101010001  
0100101010010010101010101  
0010010101010101010101010  
010100101111011  
0101001010101001  
010100  
10101  
0



107/03/04 芝麻開門-語音技術的前世今生

主講人：國立臺灣大學 電資學院 李琳山 教授（中央研究院 院士）  
主持人：國立岡山高級中學 楊榮仁 校長

107/03/11 從台灣到西藏和峇里島：東南亞地質與亞洲造山研究

主講人：中央研究院 地球科學研究所 鍾孫霖 品士  
主持人：國立鳳山高級中學 陳龔聲 校長

107/03/18 量子電腦對人腦的挑戰

主講人：國立成功大學 工程科學系 黃吉川 講座教授  
主持人：高雄市立高雄女子高級中學 黃秀霞 校長

107/04/01 海上來的大水災－淺談海嘯

主講人：國立中央大學 水文與海洋科學研究所 吳祚任 副教授  
主持人：國立臺南女子高級中學 鄭文儀 校長

107/04/15 資訊安全威脅與防護

主講人：國立成功大學 電機工程學系 李忠憲 教授  
主持人：高雄市私立道明高級中學 林耀隆 校長

107/04/22 外來種的來，去？從各國福壽螺研究談起

主講人：國立中山大學 海洋科學系 劉莉蓮 教授  
主持人：高雄市立鼓山高級中學 莊福泰 校長

107/04/29 氣功的科學觀及保健原理

主講人：國立臺灣大學 電機工程學系 李嗣涔 特聘教授  
主持人：國立屏東高級中學 陳國祥 校長

107/05/20 生命的協奏曲－巨觀到微觀說共生

主講人：國立海洋生物博物館 陳啟祥 館長  
主持人：中鴻銅鐵股份有限公司 陳玉松 榮譽顧問

## 參加獎勵

- ①為鼓勵學生與民眾參與現場活動，將發放計次卡給聽眾，出席一場蓋戳一次！
- ※累計5場，將致贈【科工館展示廳招待卷乙張】
- ※累計10場，將致贈【科工館大銀幕電影票乙張】
- ②現場參加民眾可獲得由科技部贈閱的「科學發展」月刊。（數量有限，送完為止！）
- ③各級學校團體報名達20人以上，可享受團體報名優惠，當日上午參加講座，下午可免費進入科工館「北館展示廳」參觀。
- ④參加講座之教師或公務人員，每場核發2小時研習修進或終身學習時數。

## 全家出遊好去處

各場演講當日同時間，家長可參加科學大師專題演講；較小的學童可參加科普圖書館說故事活動。詳細請洽：<https://www.nstm.gov.tw/Resources/Library/Story.htm>

活動聯繫人：科工館 鄭瑞洲 助理研究員 07-380-0089轉5124  
國立成功大學 材料科學及工程學系 陳怡婷 助理  
06-275-7575轉62932

計畫主持人：國立成功大學 材料系暨奈微所 李旺龍 教授  
06-275-7575轉62951 E-mail: [wjli@mail.ncku.edu.tw](mailto:wjli@mail.ncku.edu.tw)

計畫編號：MOST 105-2515-S-006-007-MY3

## 加入週日粉絲團

可定期收到本講座活動資訊及最新仿生科普文章。

<https://www.facebook.com/MeetMaster>

## 網路直播與線上收看

官網點選【線上直播】或手機掃描QRcode即可收看。

## 網路轉播點

- 臺東公東高工
- 嘉義布袋國中
- 高雄市立圖書館左新分館
- 臺南市兒童科學館
- 岡山農工/台灣螺絲博物館



補助單位：科技部 科教國合司

承辦單位：國立科學工藝博物館，國立高雄應用科技大學，國立成功大學，財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

協辦單位：中國工程師學會高雄市分會，警察廣播電臺高雄臺，慶聯有線電視，港都有線電視，台灣仿生科技與五生產業發展協會，高雄市高師大附中校友會

廣告



# 老化對左右腦語言處理的改變與支援

| 林蔚文

臺灣大學大腦與語言處理實驗室以認知神經科學的方法，研究語言處理的生理及心理機制，探索右腦對語言處理可能的貢獻，希望對因老化或腦損傷而造成語言能力衰退的情形有所幫助。

## 語言是腦側化程度最深的認知能力

長久以來，語言被認為是腦側化程度最深的認知能力之一。但近來的研究顯示，語言的非優勢腦右腦也有不容忽視的語言能力。臺灣大學語言學研究所副教授李佳霖表示，「老化與語言處理網路結構的改變：老年人右腦語言功能的研究」這個計畫主要是以認知神經科學的方式，探索語言處理的生理及心理機制。「我們有一些認知功能在大腦中有側化的現象，也就是在運作上特別倚賴其中一個半腦。我們的計畫著重在語言的側化，希望能了解形成語言側化的關鍵因素，和腦部結構以及整體認知資源對語言側化程度的影響。」

## 老年人的雙側化現象

李佳霖說，這個研究主要以老化的框架來看。先前老化研究的文獻顯示，在年輕人原只由單側半腦主導的認知功能，在

健康老人中卻出現了雙側化的現象。同樣的，原本年輕人語言理解與產出多由左半腦主導，右腦參與程度一般都較低，這項研究卻發現老年人的左右大腦都參與語言的處理。

「但是本來在年輕人身上比較沒有參與語言處理的右腦，現在在老年人身上到底負責什麼功能還不是很清楚，是因為大腦整體效能退化使得需要多一點的腦區（右腦）來支援呢？還是因為原本優勢的左腦在語言處理時對右腦進行了抑制，而老化使得這種抑制的能力減退，造成右腦有較多活化的空間？目前的文獻還無法釐清是哪一種可能性。」

為了更加了解左右半腦在處理語言時的運動關係，這個研究包括了年輕人與老年人在處理中文時的腦波反應。另外，也探討年輕人在學習新語言且語言能力未臻精熟時，也就是連優勢腦都還沒掌握到優勢時，右腦所能提供的幫助。

語言是相當快速的認知歷程，一般人說話的速度大約是每分鐘 200 個字左右，閱讀的話可以接收的字數更多。因此語言處理是非常迅速、分秒必爭的。腦波測量在語言研究上有許多優勢：腦波資料可以反映腦部活動在毫秒間的變化，腦波分析也是一種相當



失語症最常見的病因是由中風所引起，患者因腦部病變而突然失去原有的語言能力。（圖片來源：種子發）

成熟的技術，文獻上對腦波成分有相當充分的了解，包括意義提取的腦波成分（N400）及文法結構相關的成分（P600）。因此這個團隊就利用腦波進行語言的研究，記錄受試者在語言處理時的腦波反應，並搭配受試者的大腦影像結構，或神經心理測驗的表現，以這些個人特質幫助解釋各個受試者腦波上的差異。

研究團隊利用視覺傳達路徑的特性，給受試者各看一些合文法及不合文法的短語，並結合腦波記錄及分視野呈現的方式，觀察左右腦處理句法錯誤時的反應。「結果發現，右腦的確有能力進行與左腦相同的句法處理，然而在大多數的情況下，右腦採取的處理方式卻與左腦不同。」

「以上的研究是以右利（右撇子）的年輕人為觀察對象，結果發現，整體而言，左腦在處理不合文法的短語時會引發與文法結構分析有關的腦波反應（P600）；而右腦雖然可區分合文法及不合文法的短語，

但處理方式與左腦不同，主要是以分析語意的方式（N400）來察覺文法上的錯誤。

若進一步深究受試者的家族背景，把家族中有左撇子的一小群受試者分離做分析，則會發現這些受試者的左右兩腦都有 P600 的反應，顯示右腦的確有與左腦相同的句法能力。這項研究認為右腦的 P600 反應在大多數的情況下應是受到了左腦的抑制，而檢驗這個假說的後續實驗正在進行中。」

李佳霖說，人類畢竟是擁有兩個半腦的，這項研究最終的目的是希望知道當左腦損傷或退化時，右腦能夠提供什麼樣的支援。研究成果希望能對老人或失語症的病人提供更多的幫助。

---

林蔚文  
本刊特約文字編輯

---



# 藉管理與領導 提升服務

| 張志玲

很多人可能有這樣的經驗：當我們進入商店時，若店員熱心積極前來服務，或許購買商品的意願會較強烈。這種現象顯示，店員的熱心積極會誘發顧客的購買動機，促成交易成功。從管理角度可以這麼說：在人力資源管理和領導的調教下，擁有足夠顧客知識又能展現揪心服務的店員，將可為店家帶來好的業績。

管理學中對於商店經營有兩個重要概念：人力資源、領導。前者從服務導向的「人力資源管理制度」著手，在招募員工時，選擇較具知識或服務水平的員工，訓練其與顧客相關的知識，並提供發揮的機會，期能快速應變和採取適當方式滿足顧客的需求，使顧客感覺良好，願意再回來消費，也間接提升了商店的業績。

另一個概念則從「服務領導」出發，這就與總公司的領導原則和單位主管的領導風格有關了。一般而言，員工會透過周遭環境了解公司的文化，如：工作做得好是否有獎勵？或公司是否強調服務？這些都會影響員工的服務態度與服務氛圍。就商店店長



二位以上員工服務一位顧客（圖片來源：種子發）

來說，如果對服務品質非常重視，甚至以身作則示範服務，或者時常旁觀菜鳥員工的表現，並在適當時機予以教導，這樣的輔導行為可提升店員的服務能力，並營造出良好的服務氛圍，進而引發顧客的購買行動。



共同服務一個客人時，店員情緒會相互渲染，感覺會彼此影響，如此形成的店面氣氛在管理學上稱為服務氛圍。（圖片來源：種子發）

為了解「人力資源管理制度」與「服務領導」的相互關係，以及其對於商店營業績效的影響，中興大學企業管理學系莊智薰教授及研究團隊以某一頗具規模的台商連鎖鞋店為樣本，研究各分店的店員與店長。結果發現，如果店員擁有較高的知識水平，而且商店服務氛圍比較好時，就能為分店帶來正向的助力與較好的業績。

傳統上對於人力資源管理與領導的研究大都偏向個別的探討，雖然兩者對於顧客知識和服務氛圍都有正向的幫助，可是中間仍缺乏一個橋接。莊教授的研究發現，兩者間有互相替代的效果，也就是，倘若公司已經建立較完整的人力資源管理制度，則在店長領導能力這一塊就可以少費點心；反之，若店長的領導能力相當好，就不需

要投入太多資源去建立完善的人力資源管理制度。

從另一個角度來說，當兩者中有一項比較缺乏時，另一項就非常重要。這項結論對於中小企業而言或許更重要，可提供做為經營管理與資源配置的參考。

總體而言，人力資源管理制度類似法治，比較剛性；領導強調的則是人與人的互動，比較軟性，兩者間有著互相替代的效果。若能依照現況適當調整兩者著力的分量，應有機會讓營業績效達到一定的水平。

---

張志玲  
本刊特約文字編輯

---

王道還

## 取消化石燃料補貼

2016年9月，二十國集團（G20）峰會再度重申取消化石燃料補貼的決心，讓售價反映生產成本，目的有二：一是以價制量，淘汰效率低的能源利用模式；一是為再生能源創造競爭空間。這個政策的後果，以國人熟悉的話語來說，必然是油電雙漲。但是最近一個國際團隊仔細分析有關的數據之後發現，即使全世界都取消了化石燃料補貼，效益也非常小：溫室氣體排放量只降低1~4%；再生能源的比重上升幅度不到2%。

原因之一是，全世界這種補貼在過去幾年已大幅降低，超過4成，從2013年的5,700億美元到2015年的3,300億。另一個原因是，目前煤—最骯髒的化石燃料—接受的補貼最少。

看來取消補貼並不夠，為了達到目標，必須考慮更為進取的政策；化石燃料的售價除了反映生產成本外，還應包括它們所造成的後果，如空氣汙染，以及空汙造成的公衛後果。因此徵收健康捐，如香菸故事，有何不可？

參考資料：Parry, I. (2018) Fossil-fuel subsidies assessed. *Nature*, **554**, 175-176.



煤是最骯髒的化石燃料。（圖片來源：種子發）

## 空氣汙染

全球而言，空氣汙染是第五大健康風險因子。大氣汙染物中，氣懸膠體是最容易察覺的健康、氣候因子，而揮發性有機化合物（VOCs）是形成氣懸膠體的原料。VOCs在出現氮氧化物（如一氧化氮、二氧化氮）的環境中氧化會形成臭氧，也是呼吸疾病因子。因此找出VOCs的主要來源，制定法規管制，是公衛政策的重要環節。

過去，都市空氣裡的VOCs主要來自汽車排放的廢氣。環保意識高漲後，法規越來越嚴格，汽車排放的汙染物大幅下降，於是其他汙染源的管理成為新的問題。一個美國團隊發現，現在美國大都市的空氣裡，來自石化消費品的VOCs，分量已經達到化石燃料的一半。那些石化消費品包括殺蟲劑、界面活性劑、印表機墨水、黏著劑、清潔劑、個人保養品等。

空氣中VOCs的來源發生變化之後，帶來了棘手的管理問題。第一、VOCs無法視為「一種」汙染物，不同的石化物產生VOCs的化學途徑、半衰期各不相同，光是蒐集基本資訊便不容易，汽車廢氣則不妨視為「一種」汙染物。第二、汽車廢氣主要在公共空間中排放，其他石化消費品則是在私人空間中釋出VOCs，公衛機構難以監控。

參考資料：Lewis, A. C. (2018) The changing face of urban air pollution. *Science*, **359**, 744-745.

## 冷氣機散發的異味

在使用冷氣機的房間裡，室內空氣品質由冷氣機決定，因此保養冷氣機是維護健康與工作效率的必要措施。但是有些冷氣機老是會發出異味，例如尿騷味、體臭，例行的清潔、除臭手段似乎只能治標。最近香港浸會大學生物系副教授賴嘉雯領導的團隊發現，那些異味的來源其實是人的皮膚鱗屑，就是從皮膚表面脫落的細胞。

原來人的皮膚鱗屑進入冷氣機之後，成為細菌的食物。在冷氣機中，細菌可以利用的碳源只有那些外來的有機物，其中的皮膚角質含有細菌能夠分解的角質蛋白，阿摩尼亞（尿液成分之一）是代謝產物之一。皮膚鱗屑中的其他物質如脂質以及長鏈脂肪酸（皮膚分泌物），細菌會分解成短鏈揮發性脂肪酸，本來就是構成人的體味的成分。

賴嘉雯教授認為，減少皮膚鱗屑進入空調系統才能有效改善異味問題，例如安裝濾網。皮膚鱗屑的大小通常超過 10 微米（0.001 厘米），因此濾網網眼必須小於 10 微米。

參考資料：Ng, T. W. et al. (2018) Skin squames contribute to ammonia and volatile fatty acid production from bacteria colonizing in air-cooling units with odor complaints. *Indoor Air*, **28**, 258-265.

## 瓶裝水並不「純」

一年前，《經濟學人》報導瓶裝水是個好生意，最近幾年成長率約 9%，市場規模 1,470 億美元。在美國，瓶裝水的銷量已經與含糖碳酸飲料（如可口可樂）發生交叉一一升一跌。（按，2017 年台積電全年營收約為新台幣 9,774.47 億元，近 1 兆，折合美元 340 億。）但是美國華府一個非營利新聞機構委託紐約州立大學的團隊所做的檢驗，顯示瓶裝水的衛生品質值得關注。

研究人員檢驗的 259 瓶水分屬 11 個品牌，購買地點分布於 9 個國家 19 個商場。結果，其中 93% 發現了微塑膠汙染。汙染物大致分為兩類，一類是直徑超過 100 微米（= 0.1 毫米）的微塑膠碎片，占 5%；平均每公升水含有 10.4 個。另一類較小，直徑介於 6.5 ~ 100 微米，數量多，占 95%，平均每公升 325 個。不過在那 259 瓶水中，汙染物的分布有很大的差異，即使來自同一品牌同一批號也沒有一致性。

對於那些數字的意義，只要舉出檢驗團隊先前的一個調查結論即可：自來水中，直徑大於 100 微米（= 0.1 毫米）的微塑膠碎片，平均數量只有瓶裝水的一半。

參考資料：Tyree, C. and D. Morrison (2018) Plus plastic: Microplastics found in global bottled water, <https://orbmedia.org/stories/plus-plastic>.



# 思覺失調症的病理

思覺失調症是一種精神病，過去叫做精神分裂症，大眾並不陌生，因為通俗小說、電影中常出現症狀類似的患者，例如《簡愛》（1847年）。但是對於這個疾病，醫學界自始就非常棘手，定義、診斷、治療都極為困難。它是大腦病變的結果，19世紀便有病理解剖的證據。而早在1848年，醫師就知道大腦的前額葉若受傷，人格會改變、社會行為也受影響，可是醫師面對的患者絕大多數沒有明顯的腦傷。

1960年代，著名的瑞士認知發展學者皮亞傑（J. Piaget, 1896-1980）推測，認知發展部分依賴大腦的生物機制，若是那些機制有缺陷，大腦的發育就不正常，結果成為必須找醫師治療的病人。但是當年理會這個想法的人不多，理由是缺乏證據。

十多年後第一批證據才問世。1979年，美國發育神經科學家哈頓拉克（Peter Huttenlocher, 1931-2013）宣布了一個令人意外的發現。他以電子顯微鏡觀察不同年齡人的大腦切片，計算突觸（synapse）的數量。突觸是神經元之間傳遞訊息的門戶，無論傳出還是接收。哈頓拉克發現，人出生後，腦子裡突觸數量就不斷增加；到了10～20歲之間，趨勢逆轉—突觸數量大幅消減，20歲以後才逐漸穩定下來。不久，研究睡眠的美國醫師芬伯格（Peter Feinberg）也發現了相關的現象：青春期前後的孩子，睡眠腦波會發生變化，而思覺失調症患者也在這段期間逐漸展露症狀。

學界仍然沒有反應，主要理由可能是哈頓拉克只有一個青少年腦子的數據。20年後，他累積了更多數據，支持先前的發現。於是才有其他的團隊仔細觀察思覺失調患者的大腦，證實他們的大腦皮層涉及高級認知功能的區域裡，突觸數量比常人少。這便是思覺失調症的芟刈假說（pruning hypothesis）：大腦在正常發育過程中，必須芟刈大量突觸；若這個過程出了紕漏，腦子功能必然會受影響。

兩千年之後，支持芟刈假說的證據越來越多。學者比較患者與常人的基因組，發現第六號染色體上幾百個與免疫功能相關的基因涉有重嫌；現在已鎖定與芟刈過程有關的特定基因。例如C4是微膠細胞（一種免疫細胞）用來標示芟刈目標的蛋白質；C4有幾個版本，產生的C4蛋白質數量不同，而C4蛋白質的數量與思覺失調症有正相關。

可是與思覺失調症有關的其他基因散布在基因組各處，表示它們涉及的是其他的蛋白質。可見突觸芟刈機制不只一個，也許分別涉及腦子裡不同的線路（傳訊通路）。

參考資料：Johnson, M. B. and B. Stevens (2018) Pruning hypothesis comes of age. *Nature*, **554**, 438-439.



神經元的構造

## 強化木材

木材是古老的建材，蓋房子、造橋、造船都用得上。但是木材的強度、韌性都不夠，逐漸由金屬材料取代。過去不少人設法改善木材的缺點，但是成果有限。現在美國馬里蘭大學幾位中國學者組成團隊，開發出新的技術，引起矚目。

這個技術的第一個步驟與造紙漿差不多，就是以氫氧化鈉、亞硫酸鈉除去木材中的木質素、半纖維素。然後再在攝氏 100 度下壓縮，消除其中的小孔，提高密度，從每立方厘米 0.43 克提升到 1.3 克。這樣的木材不能浮在水面上，但是強度、韌性大幅提高，是傳統木材的 11 倍，史無前例。這個技術的祕訣是，研究人員為了提升木材的密度，不只使用壓縮，還以化學、高溫助陣。這種強化木材的另一優點是：遇水後不會膨脹太多。

不過，樹木的木質素有許多功能，包括穩定細胞壁，以及阻卻寄生生物與細菌。因此這種強化木材是不是耐蟲蛀，還需要實驗證據。

參考資料：Fratzl, P. (2018) Wood made denser and stronger. *Nature*, **554**, 172-173.



## 網路上的真 vs. 假新聞

美國總統川普使 fake news（捏造的新聞）成為字典必須收錄的新詞。事實上 fake news 並不是新聞，不過是「謠言」罷了，新鮮的是網路。我們的印象是，利用網路媒體傳播訊息，迅速又無遠弗屆，尤其是散布謠言。而我們每天都會從網路媒體接收大量真假莫辨的訊息，主動搜尋也必須分辨真假。總之，網路媒體的強大傳播力量使人對於「謠言止於智者」失去了信心，令人覺悟我們必須對真假資訊的傳播有進一步的理解，才能籌劃對策。

最近美國麻省理工學院的團隊對於網路傳播，提出兩個基本問題，答案發人深省：真假新聞的傳播有何異同？哪些人類因素可以解釋那些異同？研究人員的發現有一些早就是常識，例如假新聞傳播得更遙遠、更快捷、更深入、更廣泛，真新聞瞠乎其後。不過假新聞之中，還有類別的差異：政治新聞有最能呈現假新聞的優勢，其他類別（如天災、都市傳奇、科學、股市等）比不上。

此外，假新聞還有一個特色，就是新奇，因此假新聞的傳播得力於人有分享新奇資訊的傾向。人對於這兩種新聞的反應也不同，假新聞激起的是恐懼、反感、驚訝，真新聞則是期盼、悲傷、喜悅、信任。出人意料的是，機器人對真假新聞的傳播助益無分軒輊，表示人類行為的特質才是賦予假新聞傳播優勢的因子。

參考資料：Vosoughi, S., et al. (2018) The spread of true and false news online. *Science*, **359**, 1146-1151.

王道還

生物人類學者（已退休）

# 人文學院應用人學系醫療組？ 淺談醫學人文的聽說讀寫

陳恒安

與一群朋友分享上課經驗，聽取各種臨場技術，收穫頗豐。談論的主題雖然是醫學人文，但擴大來看，或許也可以是廣義的科學人文議題。科學人文，說起來充滿理想與政治正確，因此無論領域背景，多數人都不反對。只不過這個懷抱人文精神，涉及跨領域的理念，一旦落實到課程現場，就不見得總能獲得掌聲。雖然，課程回饋總都有正負意見，但有些問題似乎經常出現。醫學人文課程究竟該如何規劃與執行，在此無法詳細探討。本文僅先彙整經驗，提供給對科學人文教學有興趣的朋友參考。

## 「沒用」的課程

在醫學院教書的朋友說，醫學院一、二年級同學常抱怨醫學人文課程，因為這些課程「沒用」。人文課程「沒用」的說法並不新鮮，筆者身為歷史系教師經常面對，網路上戰文理，戰科系的言論更是時有所聞。醫學院許多科系或許還有國家考試，在時間成本考量下，不列入考試科目的人文課程易起爭議。朋友提到的這個「沒用」回應，讓我想起多年前訪談的經驗。記得醫學院某高層主管曾說，醫學院的學生，甚至是家族，熱切期待了18年要「讀醫學」，

因此進到大學醫學院之後，都會排斥任何與醫學「無關」的課程。

這種急切心情，類似李小龍電影當紅時，部分影迷夢想快速成為武林高手的衝動。每個人都想儘快學滿炫酷絕技，以便能：啊砸～一招斃敵！雖然理論上大家都知道基本功重要，但畢竟身體技術太迷人，成為主角太令人陶醉。急於直接進入高階操作的結果，一般來說就是學者眾，成者希，大師鳳毛麟角。

基本功有助身體高階技術開發這個經驗，不知道是否可以用來類比醫學人文教育與醫學實踐的關係？成功大學醫學院創院院長黃崑巖教授的名言「成為醫師之前，先做成功的人」，或許就是洞悉人文與醫學實踐關係而提出的苦口婆心。

或許，也可以這麼說，醫學，首先應該是一種「人學」吧！為了方便討論，姑且藉思想實驗擴大想像張力，想像把醫學系併入文學院底下，變成「應用人學系醫療組」如何？如此，是否會有不同的感覺？其實，科學醫學的傳統一直都是以自然科學原理為基礎，配合臨床經驗，共同來處理人的身體、心理與社會方面的健康議題。醫學，原本就是以「人」為主體對象的系統知識與實踐，難道不是嗎？

## 關於「素養」

提到人文教育，經常會有培養人文素養的說法。素養一詞，原指聽說讀寫能力。其實，大可把醫學人文視為這些能力的進階版。譬如，醫療人員必須學會聽懂社會文化中的高情境對話。「你好討厭」、「你要死啦」這些語句，只要加上不同語調，都代表著不同意思，我們都很清楚。另外，有時候人們說出話，只是為了要引導他人去聽那些還沒或無法說出的事物。人們從小就已學會這種說話技巧，看著櫥窗裡的玩偶，再低著頭說，那好漂亮，好好喔，你覺得父母會如何解讀？

換到醫療現場，當病人說這裡痛那裡疼時，究竟是 disease，還是 dis-ease？這就得依賴鑑別診斷，抽絲剝繭。在醫學教育現場，在醫病關係現場，聽，的確不容易。最怕的是胸有定見成為胸有成見，自以為是地過濾了資訊擁有的多層意義。

說，其實也不是容易事。最近在許多校內校外的簡報場合，發現表現好的人真的不多。描述、說明、解釋、論證、說服、引誘、適時加壓、適時放手都需要不斷練習。醫學人文課程其實可以是個練習「說」的道場，案例討論、分組報告、口述田調都充滿各種說話的機會。

在課堂中，可能會碰到知識背景相仿，也有機會遇到年齡相近但背景迥異的同學。出校園進田野，走入真實生活世界，得學習跟許多世界觀、價值觀、知識觀、人生經驗差異極大的對象說話。再回到校園，即使在醫學人文的課堂上採用了習以為常的教師授課方式，只要教師不是一位知識囤積與清倉者，課堂大也可以是觀摩老師如何演與說的機會。這時，或許就得回想起剛剛提到的聽的能力了。課堂上究竟是



在醫療現場中，和諧的醫病關係需透過醫師與病人的互動來建立。（圖片來源：種子發）

教師說得太差，還是聽眾不想聽或聽不懂，可能都得仔細分辨。

讀，不用說了，只貼著文字、圖像或各種符號讀是不夠的，要能讀出各種符號之間的靈魂。讀，是一種時間與空間的藝術，可以不斷重複，不斷從各種角度與層次切入、連結與重組。教人如何讀書的書籍在坊間已經很多，有興趣的讀者應該不難找到。不過，或許可以想想，如果靜止的作品都讀不懂，可能去讀懂思緒隨時變動的人嗎？

寫，應該是腦神經系統發展出來，最高層次的資訊分析、統整與結構能力之一了。論文之所以強調結構格式，或許就是因為寫作太難，因此大家想出了起碼的立足點。

不過，在醫學人文課程中，就我理解，老師們的作業通常不見得是格式化的學術論文，而偏向心得、感想、專題或思想性短文。其實不管是哪種文體，資訊分析、統整與結構的「過程」才是書寫的重點，而非裝訂精美的成果。好作品固然影響深遠，但對大部分的作業來說，目的在於練習，如果沒能自己在腦中走過分析、統整、結構，

等於沒練習到。我想，許多教師很可能都樂於同學少交報告，畢竟改選擇題比較容易。

## 以「標籤」(tag)來建構意義的醫學人文

上述素養是基本配備，醫學人文課程中的聽說讀寫，應該追求更高層次的境界。醫學人文課程最重要目的之一，或許應該是協助同學在複雜資訊流動的世界中「建構意義」。我們得嘗試回答醫學教育與臨床現場各種層次的「為什麼」(why)，以及「那又怎樣」(so what)的問題。能怎麼做，有許多可能，底下僅提供大家交換的想法。

我覺得每位教師可以多少了解一下其他教師課程的內容，適時協助同學連結。譬如，如果有位老師在上醫學史，提到精神病議題或傅柯的理論，便可趁機指引同學把眼光放到社會學，告訴同學醫療社會學中諸如汙名化或過度醫療化的概念；上科學醫學相關課程時，當教師提到實驗室研究癌症細胞蔓延的證據時，也可以指向醫學史或科學史的實驗案例，或者科學哲學中對科學證據的各種主張。反過來，醫學人文課程的教師也應該學習把知識指向科學類課程。這個做法類似網路發文的「標籤」(tag)，網路世代應該很熟悉。

原本這樣的知識與經驗地圖應該由學生自己來繪製，但是教師若能親身示範如何編織動態的知識與經驗地圖，應該更能有效啟發同學。當然，並不是每位教師都得對各領域瞭若指掌，那幾乎是不可能的任務。指向鏈結的重點是，教師應展現出對其他學科領域知識起碼的興趣、認知與重視。我以為，只要每位教師都能把指明路標視為份內的事，學校內基本上就充滿各種隱性的溝通

了。校園中的師生若經常表露對多元領域知識的好奇、欣賞與尊重，自然能形成友善風氣，肯定有助跨領域合作。

## 代結論：考不考有沒有關係？

書架上有幾本德國醫師考試的「教科書」與「參考書」，考科是「醫學的歷史、理論與倫理」(Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin)。不確定是安排在哪個階段的考試，但是這似乎證明，在台灣被許多學生抱怨「不考、沒用」的科目，仍有人堅持它存在的意義。畢竟，醫療行動方案導自理論，施用於病人，因此醫療行為必然蘊含倫理判斷。甚至可以說，每次的醫療行為都是一次倫理行為。

此外，歷史雖無法提供規範性倫理(normative ethics)，但歷史敘事擅長把事件複雜化、脈絡化，的確能提供我們對某些事件的敘述性倫理(descriptive ethics)描述，避免人們輕率貼標籤下斷言。從聽說讀寫到意義建構，我想對所有科系的朋友來說，都該是重要的素養與能力。在理論與臨床之間辯證發展的當代科學醫學，或者是在科技潛力與綠色永續之間尋求發展之道的科技專業，是否需要這些基礎，我想大家應該都能取得某種共識。至於考不考與有沒有用的關係，或許根本是假議題。

---

陳恒安

成功大學歷史學系

---

2018  
展望

春季系列演講

- 4/13 漢語擴增/混合實境技術**  
一人與人工智慧合作的最佳介面  
翟志行 國立清華大學工業工程與工程管理學系教授
- 4/20 無人駕駛車時代來臨了嗎？**  
自動駕駛技術面面觀  
李綱 國立臺灣大學機械工程學系副教授
- 4/27 無人機的世界**  
未來人類的交通與物流  
賴維祥 國立成功大學航空太空工程學系教授兼主任
- 5/04 當傳統遇上現代**  
發展中醫AI應用  
藍崑展 國立成功大學資訊工程學系暨醫學資訊研究所副教授

5/25

特別演講  
6/01

6/08

6/15

**I Robots**—智能機器人的技術、研究與發展趨勢  
葉廷仁 國立清華大學動力機械工程學系特聘教授**百年追求**—兼談引力波向相對論歸隊後的展望  
李傑信 NASA太空任務科學家**量子電腦**—量子科技時代的來臨  
張為民 國立成功大學物理學系特聘教授**當薛丁格遇上圖靈**—量子時代的密碼學2.0  
鍾楷閔 中央研究院資訊科學研究所副研究员

# 全面啟動的未來世界

## 人類2.0社會的科幻成真

4/13—6/15 週五 晚間 7:00—9:00

國立臺灣大學應用力學研究所一樓國際會議廳

主持人

國立臺灣大學天文物理研究所 陳丕榮教授  
孫維新館長  
國立自然科學博物館**免費參加**

歡迎現場報名，因座位有限，團體請預先聯絡

**| 演講需知 |**

本系列講座準時開始，為保障大眾的權益，請提前到場。  
 講座於半小時前開放入場，欲知參加辦法，請上活動網站。  
 講座有提供現場直播，直播網址為：<https://goo.gl/42tPuR>  
 現場備有茶水，請自行攜帶杯具盛裝，場內嚴禁飲食。

**| 活動網站 |**

展望演講—<https://prospect.phys.ntu.edu.tw>  
 展望部落格—<http://prospect-speech.blog.ntu.edu.tw>  
 展望粉絲專頁—<https://www.facebook.com/ntuprospect>  
 展望線上影音收看—<http://knowledge.colife.org.tw/starphys>

**| 活動獎勵 |**

現場參加者可獲贈科技部《科學發展》月刊1本，  
 數量有限，送完為止。  
 全勤者可獲贈科普書籍1本(需集滿8場戳章)。  
 每場核發公務人員終身學習和教師研習時數2小時。

**| 聯絡資訊 |**

02-33669730 林先生  
[ntuprospect@phys.ntu.edu.tw](mailto:ntuprospect@phys.ntu.edu.tw)  
 歡迎團體來電預約

**歡迎掃描  
QRCode**  
瞭解演講資訊



**直播網址  
Scan me**

直播將視各講座情況不同而調整，主辦單位保有取消等權利，請依臉書公告為準。

補助  
單位MOST 科技部  
Ministry of Science and Technology主辦  
單位國立臺灣大學物理系  
暨天文物理研究所協辦  
單位NAR Labo 機器實驗研究室  
國家高速網路與計算中心  
National Center for High-performance Computing

科學發展

Science Development

SCIENTIFIC  
AMERICAN

PanSci

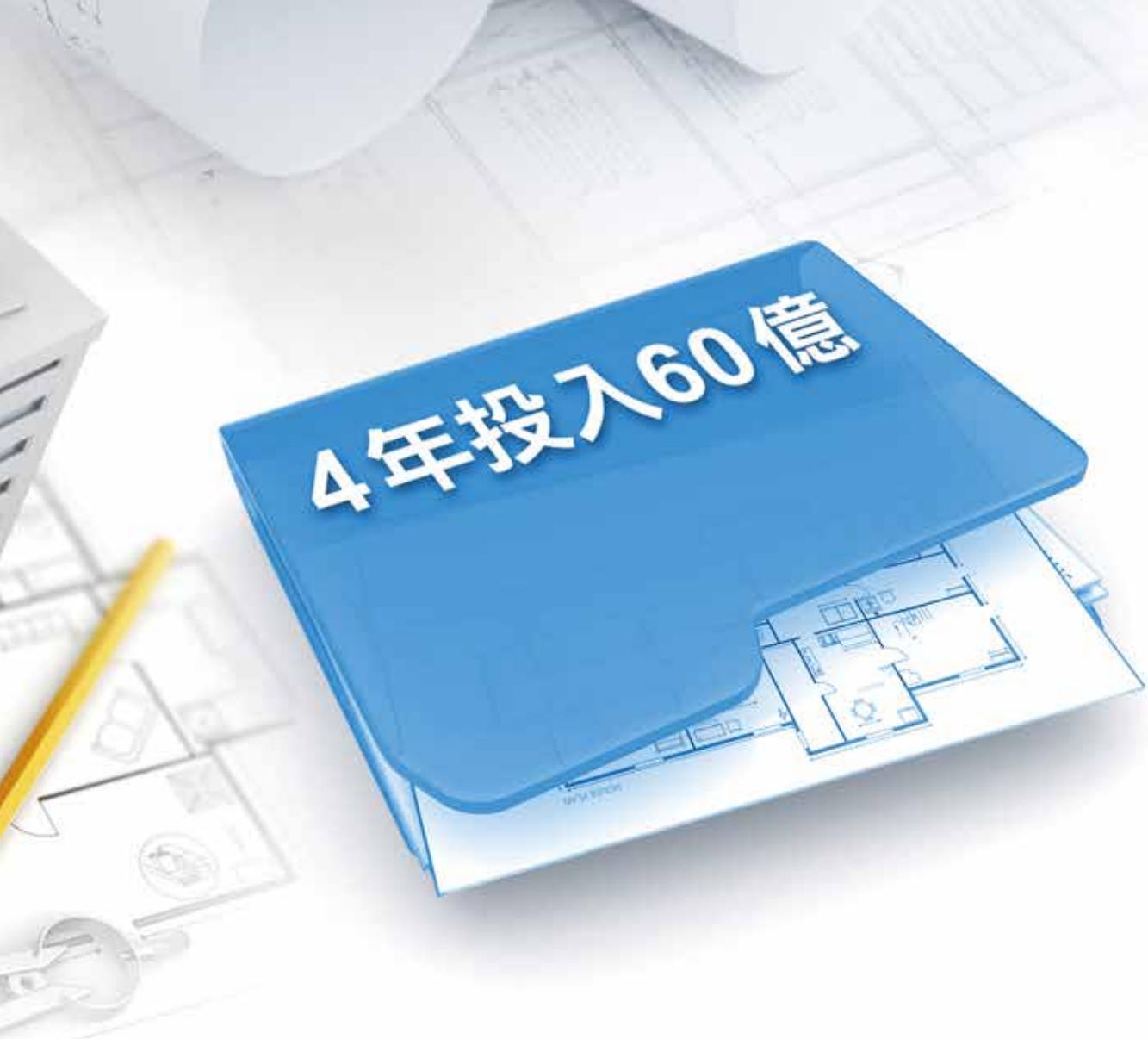
Discovery  
CHANNELDiscovery  
CHANNEL發明出頭天  
4月3日起 每週二 晚間9點50分科學新知企劃・知識傳授・文化探討・最新技術・最夯議題都由你做主！成為未來關鍵勇者

廣告



許一

建築物耐  
建物快篩 耐震



# 一個安心的家

震安檢、重建補強 5大策略

震評估 階段性補強 重建補強 金融協助

