



# 數位轉型 工程先行

中國工程師學會創會110年紀念專刊



中國工程師學會  
CHINESE INSTITUTE OF ENGINEERS

# 施理事長率本學會理監事暨主任委員及 26個專門學會理事長入府晉見蔡英文總統



## 入府名單：

施義芳、王子安、王宇睿、王錫福、王雅玢、伍勝園、江秀丹、江維華、余信遠、宋裕祺、杜俊、李元唐、李正剛、李瑋聆、李偉賢、何長慶、邱琳濱、林泰安、林秀琴、林聰利、林榮賜、周中哲、俞克維、洪睿謙、高宗正、孫慶成、翁寶桂、張武訓、張家瑞、莫仁維、陳哲生、陳建宏、陳文德、陳仲賢、陳國隆、崔國強、莊東漢、梁愛倫、黃靖修、黃肇瑞、楊正宏、楊亦東、楊宗興、楊偉甫、廖學瑞、鄭文隆、鄭光遠、鄭桂忠、歐善惠、潘文炎、樓靜文、蔡清標、賴健文、薛文珍、顏家鈺、簡禎富





110年3月22日上午 蔡總統於總統府大禮堂接見中工會及各專門工程學會理事長，施義芳理事長除代表表達工程界對於協助促進國家建設及發展的決心、意志及熱忱，並希望政府能鼎力協助工程界，建立工程國家隊走向國際，以開創臺灣工程界的契機。包括總統府李大維秘書長及工程會林傑主任秘書亦出席是項活動。晉見結束後，總統陪同全體與會人員至一樓大

廳合影。

蔡總統致詞時表示很高興能夠和工程界代表們見面，除肯定工程界長期以來對於國家經建發展的貢獻，並說明目前國家發展政策除著手打造未來30年國家需要的基建，及超前部署推動六大核心戰略產業，讓臺灣在後疫情時代，掌握全球供應鏈重組的先機，因此期許工程界能團結齊心讓國家相關政策穩健的往前走。





施理事長代表致詞時表示中工會與各專門工程學會110年聯合年會於6月4日舉辦（註：受疫情影響延期），以「數位轉型、工程先行」為主題，期許工程界以前瞻性的思維，共同為未來的經濟建設及科技發展注入能量，並響應政府六大核心戰略，加速臺灣的轉型與升級，邁向「創新、包容、永續」的智慧國家。此外，也將出版110年紀念專刊，就各工程領域提出下一世代的願景工程，以加速落實數位國家、智慧島嶼的政策目標。

另配合政府人才培育，促進就業、雙語和數位人才政策，中工會學生分會定期舉辦各項活動

鼓勵優秀青年學子精進所學，青年工程師亦定期辦理海外研習及交流活動，吸取先進國家工程科技、技術及培養國際觀。國際合作方面，中工會也強化與國際間的對話，積極拓展與國際工程組織團體跨領域連結，除參與世界工程組織聯盟（WFEO）、亞洲及太平洋工程組織聯盟（FEIAP）、東協工程組織聯盟（AFEO）、國際工程聯盟（IEA）等相關活動，促進我國與國際間之工程專業交流，並與亞洲開發銀行（ADB）共同辦理知識分享研討會及交流活動，利用我國的優勢，扮演連結平台的角色，擴大我國在國際間之能見度及影響力。





施理事長最後感謝政府各部門對於本學會提供的建言均給予高度的重視，並希望政府能鼎力協助工程界，建立工程國家隊走向國際，讓臺灣工程實力揚威海外。

接下來，總統與晉見代表進行交流會談，中國土木水利工程學會宋裕祺理事長首先表達感謝政府團隊在防治COVID-19的成效上創造了舉世聞名的佳績，讓臺灣成為全世界最幸福的國度。另近年來政府積極推動綠能產業，經濟部去年著手推動訂定適用於臺灣工程環境的離岸風力機之調查、設計、施工與運轉等規範，有助於專業技術紮根臺灣，壯大工程國家隊承

攬國外工程實力，除感謝也將持續配合政府政策。宋理事長並報告該學會為亞洲土木工程聯盟創始會員國，積極參與國際工程聯盟，致力國際工程技術交流、提升亞洲基建、永續發展及培育亞洲青年工程人才，亦協助政府訂定工程政策或解決工程問題，是政府的民間有力幕僚機構。

台灣化學工程學會潘文炎理事長表示希望可擴大招收外籍生來華留學及發展國際醫療，因臺灣人口已開始負成長進入老年化社會，需延長退休年限並需增加外來移民。中技社頒發外籍學生獎學金已有7年，目前每年約有40位獲





獎，每位1年15萬元，已成功吸引其中65%得獎人留在臺灣工作，因此建議政府能夠訂定相關政策，以擴大吸引外來高素質的移民。另泰國、印度、新加坡每年的國際醫療收入分別高達90、60、40幾億美元，臺灣只有5億美元，臺灣的醫療制度非常健全、醫生素質優秀，且高階的檢驗設備非常充實，具有發展國際醫療的優越條件。

台灣海洋工程學會蔡清標理事長為海洋委員會的政務副主任委員，表示我國海洋工程技術及建設發展備受國際肯定，目前離岸風電工程的基礎就是海洋工程，其他的海洋產業開發

也需要海工，因此有健全的海洋基礎資料如水文、生態、地形底質等是相當重要的。因過去資料不足在開發時衍生環境競合問題，目前海委會刻正推動臺灣全海域的基礎調查計畫，以謀求海洋產業繁榮發展並兼顧海洋生態、海域安全以及海洋環境的永續。完整的計畫已向行政院提出，希望能夠獲得支持執行，以利未來離岸風電的廣續發展、海洋能的開發及其他海洋空間利用。

本學會女性工程師委員會薛文珍主任委員表示我國社會日趨開放、職場選擇多元化，男性學子意欲進入工程領域逐漸減少，而女性卻有





增加趨勢。並說明本學會於107年成立女委會調查了女性從業比例，在大學工程科系佔約30%的女性，進入職場為14%，因此應努力改變職場環境以吸引人才、留住人才。同時年底中工會將與光電學會、國際電機電子學會、女科技人學會共同主辦女工程師及女科技人大會，邀請總統出席給予支持與鼓勵，獲得總統的支持。

總統表示，政府會加速產業發展的創新和升級，並推動產業南移，包括高雄亞洲新灣區、臺南沙崙智慧綠能科學城和桃園亞洲矽谷，以協助廠商用地的需求。此外，在「5+2」基礎上，將繼續推動六大核心戰略產業，並深化

國際經貿合作。總統除感謝工程界為臺灣培育了許多優秀的人才，並表示政府積極推動各項政策支持大學延攬及留下優秀的教學或研究人才。蔡總統指出很多外籍生自高中來臺到博士畢業都是10幾年，若不能留在臺灣會造成教育資源浪費，因此將適度地鬆綁法規。

會談結束後，由楊偉甫常務理事代表接受總統贈禮，施理事長致贈紀念品予總統，接著總統陪同至一樓大廳合影。晉見結束後，各晉見代表在志工導覽下參觀總統府文物館分享歷史古蹟的總統府建築奧妙和歷史回顧，行程於中午11:30圓滿結束。

# 數位轉型 工程先行 目錄 Contents

## 10 理事長序

- 10 從COVID-19看見唯有團結才有未來

施義芳

## 12 來自各界的祝福

## 40 軌跡

- 42 工程軌跡——中國工程師學會創會110年歷史發展

- 52 歷任理事長

- 56 慶賀「中國工程師學會」成立百十週年感言及期許

沈景鵬

- 58 中工會——工程師的母港工程技術的靠山  
更期待它是統合防救災科技的最佳平台

張荻薇

## 64 承先啟後

- 66 土木水利 下一世代的願景工程

中國土木水利工程學會

- 70 下一世代的化工願景

台灣化學工程學會

- 74 船舶新旭日 下一世代的造船工程

中國造船暨輪機工程師學會

- 80 從機械的角度 看下一世代的願景工程

中國機械工程學會

- 84 以材料科技創新 來推動產業發展

中國材料科學學會

- 90 百年礦冶 成就輝煌

中國鑛冶工程學會

- 94 厚德載物 行勝於言：工業工程與臺灣產業維新

中國工業工程學會

- 98 下一世代的願景工程 環境工程

中華民國環境工程學會



# 中國工程師學會創會110年紀念專刊

## 102 臺灣建築學會的下世代願景工程

臺灣建築學會

## 104 繼往開來，生生不息 開創醫療科技新紀元

中華民國生物醫學工程學會

## 106 永續創新基礎建設 永續發展・前瞻科技・技術自主

中華鋪面工程學會

## 110 大地工程學會之近年發展與未來展望

中華民國大地工程學會

## 112 氣膠學會願景工程

台灣氣膠研究學會

## 116 推動環島高鐵國土再造雛議

中華價值管理學會

## 120 追求卓越

## 122 下一世代的電信工程願景

謝繼茂

## 128 最值得信賴的全球工程服務團隊 中鼎集團帶動世界各地永續向前

楊宗興

## 132 勇於創新、樂於分享

## 中興工程的數位轉型之路

陳仲賢

## 138 迎接下一世紀的挑戰

## 台灣世曦數位轉型紀事

李元唐・廖學瑞・林曜滄・王子安

## 146 國際永續潮流下

## 工程師黃金十年再現

簡又新

## 150 從市場與法規

## 看電信產業下世代發展

劉莉秋

## 154 下世代的工程願景 文明 2.0

## 工程與人文的平衡

陳哲生

## 158 下一世代的願景工程：

## 自動化技術領域

李世光

## 162 後疫情時代的契機

## 韌性農業工程初探

陳玠廷

## 166 智慧健康的挑戰與展望

楊正宏

## 174 國防工業 發展趨勢及人才培育

崔怡楓・劉益銘・鍾 賢

## 178 從創新與文化的導入

## 引領水利政策思維轉變與實踐

賴建信

## 186 我國能源轉型之展綠願景

游振偉

# 從COVID-19看見 唯有團結才有未來

## 工程師，是國家負重者

2020 COVID-19爆發，世界各國無一倖免，唯有臺灣，宛如平行世界，人們幾乎如常生活。能有這樣令各國欣羨的日子，除了政府決策正確明快外，第一時間機械工程師們不計成本、不眠不休的組裝機台，誕生了口罩國家隊，讓我國防疫物資能在最短時間內補足缺口。口罩分配慌亂時，數位工程師自主開發口罩地圖，讓藥師與民眾能夠快狠準的發送與領取到口罩，而當需要進行大規模疫調行程追蹤時，資訊工程師也及時發揮所長，追出正確行蹤並發送警訊提醒可能的接觸者注意健康。在這同時，生醫工程師們也沒閒著，加緊腳步研發快篩試劑，讓病毒無法逃出醫生法眼，將其阻絕於境外。全世界所稱羨的臺灣奇蹟，其實是各領域工程師們努力貢獻，創造高度的製造效率與強大的防禦能力所成就出來的結果。

工程師是國家各項建設的推手，也是經濟發展、社會安定的重要力量。從早年各項重大建設，到現在環境防災、減災與永續，工程師們像是螞蟻雄兵努力工作，讓工程建設能順利運轉，也默默守護我們的家園，協助國家社會渡過每次考驗。





有一句話是這樣說的，你的歲月靜好，是因為有人替你負重前行。在這場病毒戰役中，負重者就是各領域的工程師們。就如同工程師宣言中所述：「我將努力運用工程技術，追求環境永續發展，創造良好生活品質，造福全人類。」在關鍵時刻，無論哪個領域的工程師都深知，工程人的使命就是應用自身的科學知識與專業以促進人類社會福祉，當國家需要、國民需要，工程人定會放下小我，為大我而奮鬥。

這場戰役，也讓大家知道了一件事，唯有各領域的工程師團結合作，才能看見勝利的希望。創造出全世界譽為防疫模範生的生活環境。疫情來襲的這一年，我深深的以工程師身分為榮，更以其他領域的工程師的努力戰鬥為傲。在病毒肆虐、全球各國束手無策的年代中，我卻看到臺灣工程師們創造出讓世界驚奇的閃耀光芒。就算疫情再度來襲，我也相信，我們會在各自的領域上，繼續為人民的健康安全奮鬥。

雖然驕傲，但不滿足。因為這場病毒，讓各個領域的工程師不分你我的團結合作在防疫這場仗上交出漂亮的成績單。這樣團結合作的模式，是不是能一直延續下去？如何能讓大家平時也能夠相互合作，強上加強，讓各領域的工程師都能走出臺灣、立足於國際之上，成了我當理事長心中最想促成的任務。

今年年會以「數位轉型 工程先行」為主題，希望工程界以前瞻性的思維，共同為未來的經

濟建設及科技發展注入能量，並響應政府的六大核心戰略，加速臺灣的轉型與升級，邁向「創新、包容、永續」的智慧國家。

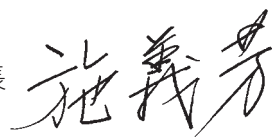
而在這次的年會專刊中，我打破前例，捨棄了歷任理事長的訪談，改成廣邀各領域工程師，甚至是下個世代工程的未來領導者，為專刊撰文。就各工程領域提出下一世代的願景工程，以加速落實數位國家、智慧島嶼的政策目標。

我希望，在我任內的中工會，不再是只是狹隘工程定義的中工會，而是可以廣納百川、匯聚成海，無論是哪個領域的工程師，只要想為社會奉獻的工程師，都是中工會的成員。

近年來國人的生活無論在質和量的方面都不斷的進步及提升，在這些豐碩的成果中，處處都可以看到工程師們智慧和技術的累積，血汗與力量的結合，在國家走向現代化的過程中，工程師們扮演著重要的角色。

為了讓我們生長的這個土地越來越好，也為我們的子子孫孫留下一個美好的環境。我也希望與工程界的每一位夥伴共同努力，發揮工程師的智慧與經驗，積極研發創新，不斷激發專業才能，追求卓越與突破，以提供更好更高的工程品質，讓國人享受更安全、精緻的優質生活，共同為打造美麗臺灣的新榮景來齊心努力。

中國工程師學會理事長



中國工程師學會成立一百一十週年紀念

# 濟國惠民

蔡英文



中華民國二〇年二月

英文用箋



中國工程師學會成立一百一十週年紀念

# 積功興業

賴清德



中華民國一一〇年二月

清德用箋

社團法人中國工程師學會創會二〇年專刊紀念

培育工程菁英  
提升公共安全

行政院長 蘇貞昌





社團法人中國工程師學會  
創會110年紀念專刊

# 術有專精

游錫堃



敬賀

中國工程師學會成立110年紀念

工程永續  
共展未來

考試院  
院長 黃榮村





社團法人中國工程師學會創會110年紀念專刊誌慶

鴻基永固

監察院院長

陳菊



敬賀

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



工程是帶動產業發展、繁榮國家的重要基礎，也是伴隨人類文明進步的關鍵，隨著數位科技的發展，新世代工程的類型與技術愈趨多樣與複雜，優良的工程已非傳統的硬體建設，而需導入數位科技、環境保護與智慧管理等思維。

目前公共工程強調永續的概念，從工程規劃設計到完工後的維護管理，除導入 5G、人工智慧、物聯網等技術外，亦檢視各階段應用永續生態工法、運用再生材料之情形，期在工程建設本身帶動經濟發展的同時，亦能達成環境永續，兼顧跨世代、族群的公平正義，使大眾擁有更優質的生活空間，產業界擁有更好的國際競爭環境。

中國工程師學會自民國元年創立，至今已 110 週年，貴學會長久以來辦理工程師資格認證、協助工程師跨國執業，以及與國外工程師組織建立連繫關係等各項事務，致力為臺灣工程界服務，本人深感敬佩，值此學會創立 110 週年之際，謹申致誠摯賀忱，並預祝貴學會會務順利，為臺灣工程共創永續美好未來。

國家發展委員會主任委員

敬賀



## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



中國工程師學會耕耘工程產業 110 年，於國家工程建設、學術研究、工程應用及海外工程市場開拓等領域貢獻卓著，奠定我國工程建設發展不可或缺的堅強基礎。

科技日新月異，工程建設正朝著全生命週期智慧化的方向發展，包括設計階段透過先進技術輔助，提高效率且減少過度設計、施工階段運用預鑄工法或智慧機器人減少人力需求，實現營建自動化目標，以及維運階段導入感測與資通訊技術，有效掌握設施狀況並及早預警等，工程產業創新轉型的前景值得期待。同時，面對地球資源有限的挑戰，下世代工程將更著重於循環經濟及生態永續，如加強資材的循環利用，透過回收體系的制度化及處理技術的提升，促使設計者改變思維，優先使用再生材料，並妥為考量未來工程拆除後之資材循環。另外，落實生態檢核，將生態保育作業內化為工程建設必要考量事項，以促進環境的永續發展，相關工作均待產官學研各界共同攜手努力，善盡地球公民的責任。

中國工程師學會身為國家工程智庫的領航者，亦是政府多年來推動工程建設及工程產業全球化的重要夥伴，本人在此特別代表工程會對學會致上最深的感謝，並期許學會未來能持續為我國工程產業創造新利基。

行政院公共工程委員會主任委員

吳澤成

敬賀

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



中國工程師學會創立 110 年，在臺復會也已有 70 餘年，一路走來，集結各領域菁英鑽研工程學術及實務，協助推動國家建設，對臺灣工程領域之技術研發、學術發展及人才培育付出良多。

工程技術為國家建設發展之重要樞紐，工程科學也隨著時代發展不斷向前邁進。除了在傳統領域、大型公共建設上持續卓越精進外，工程科學更朝向各維度（Dimension）的極限大幅邁進：從硬體到軟體，從材料到系統，從物質到非物質（光），從無生命到有生命，近年更從程式運算發展到人工智慧，從應用牛頓力學到開發量子技術。在科學家探究自然界奧秘的同時，工程師正在創造一個嶄新的世界。從過去數十年的數位革命，到目前大家已耳熟能詳的大數據、機器學習、物聯網等技術，無一不是改變世界創造未來的工程貢獻。

此外，在生物及醫學領域，工程科學除了在技術面帶動生醫領域快速進步外，在解決問題的思維及系統化分析上更全面影響了傳統生醫領域的發展，如系統生物學、多重體學、合成生物學、神經科學等，處處可見工程科學在生醫領域的巨大貢獻。

然而，工程界改變世界的同時，也必須解決過度開發所造成的問題，如環境破壞、氣候變遷等。特別在臺灣，由於地理因素，能源短缺及經濟型態、造成大量碳排放及環境污染。這些問題都亟需工程界同心協力找出解決方案。

為彰顯工程學研究對於科技及產業發展之重要性，並鼓勵科學家在工程領域研究上創新研發，中央研究院於 2014 年增設「工程科學組」院士，盼能彰顯我國工程科學之研究水準與國際地位。在跨領域整合的時代，工程科學將更能與基礎科學及人文社會科學領域相輔相成，在深化基礎研究的同時，開創實際應用以回應社會需求。

欣逢 貴會創會 110 週年，祝福 貴會繼往開來、會務昌隆，共同努力打造美好的社會、造福人群。

中央研究院院長

廖俊智

敬賀



社團法人中國工程師學會創會110年誌慶

卓越鼎新

交通部部長王國材



敬賀

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



中國工程師學會於民國元年創會，與中華民國齊步向前，光陰流轉，蒼萃文賢。中國工程師學會創會會長詹天佑先生，被譽為中國近代工程之父；前理事長李國鼎先生、孫運璿先生、趙耀東先生、方賢齊先生等無一不是對國家有巨大貢獻。

工程為國家發展之基石，而交通部肩負推動國家重大交通建設、提供優質便利民行服務的重任，為使交通施政貼近民意需求及提高民眾受益程度，近年來特別以促進交流溝通、深化為民服務的「人本交通」作為施政理念，從「與民同行」的角度擬定政策方向與內涵，透過「安全」、「效率」、「品質」及「綠色」等 4 個主軸，並結合當代科技，運用交通大數據、AIoT（人工智慧結合物聯網）的發展科技推動各項業務，戮力讓施政內容更貼近民眾的期許，落實「與民同行，連結共好」，實與中國工程師學會「以應用工程及科技於促進民眾與社會福祉為目標」成立宗旨相合一致。

今年欣逢中國工程師學會創會 110 年，衷心期盼學會團結工程界，繼續扮演著承先啟後、繼往開來的重要角色，為國家未來發展及民眾美好生活，共同盡一份心力。最後，慶「中國工程師學會」創會 110 年，願會務興隆。

前交通部部長

林佳龍



中國工程師學會創會二〇年紀念活動誌慶

# 厚植根基

內政部長 徐國勇 敬題



中國工程師學會創會一二〇年誌慶

工界柱石

國防部  
部長 邱國正



敬題



社團法人中國工程師學會一百一十週年誌慶

# 培德育才

教育部  
部長 潘文忠



敬題

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



2020 年爆發的 COVID-19 疫情改變了全球，後疫情時代不僅使全球供應鏈重組，遠距需求也加速了數位化與智慧化的進程，而這些都跟 5G、AI 等新技術應用的發展息息相關。為了掌握數位化及智慧化時代的龐大商機，經濟部正加快腳步，善用我國科技優勢與關鍵技術，結合公協會的力量，協助各產業導入 5G 與 AI，發展創新應用解決方案，以打造臺灣成為亞洲高階製造中心。

此外，政府近年積極推動「前瞻基礎建設計畫」，希望透過前瞻建設為下世代發展奠定優良發展基礎。其中經濟部推動的重要工作包括，透過「水環境建設」來擘劃優質的水環境，降低淹、缺水風險；推動「綠能建設」扶植綠能產業發展，落實能源轉型；運用「數位建設」和「人才培育促進就業建設」，擴大 5G 建設、研發前瞻技術、加速產業轉型、培育數位人才；辦理「城鄉建設」，開發在地型產業園區、整備公共服務據點、推動地方創生，均衡城鄉發展。

工程師是國家進步的重要推手，中國工程師學會是國內歷史最悠久、最具規模及代表性的工程師團體，今年是民國 110 年，也是學會成立 110 周年，代表學會一直陪伴國家成長，對此美花非常感佩，也祝福學會未來能持續蓬勃發展，並帶領眾多優秀的工程師為臺灣發展貢獻所長。

經濟部部長

王美花



社團法人中國工程師學會成立110周年紀念

# 前瞻精進

文化部部長李永得



敬賀

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



中國工程師學會為我國歷史悠久、甚具規模的工程學術團體，欣逢成立 110 年，特致文祝賀。中工會百餘年來秉持「聯絡工程人員」、「研究工程學術」、「協力發展國家工程建設」的使命，凝聚工程界力量，並致力於國際工程人才的交流合作，引進工程新技術，推動高科技發展，發揚優質工程師文化，以及提升國內工程教育環境，同時透過技術交流和經驗分享，創造技術專業人員的高附加價值與社會地位，以應用工程及科技於促進民眾與社會福祉，從而提升我國產業競爭力。

近年國際情勢瞬變，全球經貿衝突不斷，臺灣在世界浪潮中，益發顯現其不可取代及獨特性，為打造臺灣成為未來全球經濟的關鍵力量，政府積極以五加二產業創新計畫帶動產業創新升級，打造六大核心戰略產業，強調物聯網與人工智慧發展，結合 5G/B5G 時代打造世界信賴的資安系統及產業鏈，建構接軌全球生物及醫療科技產業、發展軍民整合的國防和戰略產業，並加速發展綠電及再生能源。去年底我們舉辦了第 11 屆全國科學技術會議，討論在未來 10 年（即 2030 年）的社會需求與科技發展，以達成「創新、包容、永續」的科技願景。為此，政府推動下一階段的「數位國家・創新經濟發展方案」（智慧國家方案）與第二階段「前瞻基礎建設—數位建設計畫」，持續智慧國家數位基盤建設，結合臺灣產業既有科研創新能量，打造「5+2 產業創新」、「六大核心戰略產業」創新的數位沃土，也透過 5G 及 AI 的發展，讓長期累積數位科技應用實力的臺灣產業，有機會展現優異的科技實力，加速臺灣轉型與升級，邁向「創新、包容、永續」的智慧國家。

期盼中工會持續培育各領域工程人才，串聯國內各產業生態系，提升我國工程研究水準，導入國際高科技與工程創新技術，藉以百年營運經驗，達成工程永續宗旨，歷久彌新。

科技部 部長



## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



欣聞工程界翹楚社團「中國工程師學會」創立 110 年，學會為我國工程界培育人才、創新立典，協助國家工程專業技術的創新與發展，本人深表佩服並為學會之成就同感榮耀！

工程品質的良窳，攸關國家建設的基石。面對國際經濟環境的快速演進，國內各項工程的設計與建造，允宜具有前瞻、整體的觀念與創意，兼顧品質、功能，並且與環境融合，才能與時俱進，符合現代化生活的需求。

新北市自升格以來，無論基礎設施、交通建設、市容環境，在各類工程師共同齊心努力之下，愈發完善，並以「簡政便民、行動治理、智能城市」三大核心主軸，落實於不同領域。同時人工智慧、物聯網、大數據及 5G 環境日趨便利，也讓智慧管理得以逐步實現，使新北的城市服務能更即時、便民。

藉由工程師學會源源不絕研析工程新知、拓展國際工程技術視野、建立人才智庫，使城市建設更完善舒適。面對國際競爭越來越激烈，臺灣惟有重整科技研發體制及強化產業合作，藉由工程師群體的力量，讓臺灣的軟、硬體實力在國際間發揚光大。

期許全國工程師們共同攜手努力，面對未來多變的環境，積極研發創新、激發專業才能及追求卓越突破，一起為打造臺灣新榮景而齊力奮進。

在此祝賀學會創立 110 年誌慶，並祝福會務順利、再繼百年盛會！

新北市市長

侯友宜

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



創始於民國元年的「中國工程師學會」，致力於推動工程技術發展及人才培育，110 年來深耕國家建設，利國利民，成果卓著。

優質的公共建設將帶動城市經濟、產業蓬勃發展，創造人民福祉。而城市競爭力的提升，有賴眾多工程先進及後起之秀的投入，讓重大建設得以實質成形，更透過結合數位科技，提供工程創新突破新利器，帶來城市轉型的契機。桃園自升格以來，積極推動「前瞻軌道建設」、「亞洲・矽谷計畫」及「桃園航空城計畫」，完善基礎建設，大幅提升居民生活品質與促進城市發展前景。面對快速發展的資通訊時代，桃園積極推動智慧城市旗艦計畫，更於 2019 年獲頒 ICF 智慧城市首獎，未來亦將持續結合數位科技與工程技術，發展智慧城市治理，提升管理效率。

公共工程發展迄今，愈加重視生態環保及人文關懷，期待新世紀的工程師以打造接地氣的城市美學為目標，結合在地自然環境與文化脈絡，建構多元而友善的地標建築與公共開放空間，同時為環境永續善盡一份心力。

中國工程師學會群英薈萃，與國人共創城市繁榮，前景可期。欣逢中工會 110 年生日，本人衷心敬致謝忱與祝賀，願學會作為國家百年建設奠基石，持續追求創新卓越，再創工程新願景。

桃園市市長 鄭文燦

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



城市的發展與基礎建設的完成息息相關，各項建設的完成則少不了各領域的工程師，中國工程師學會已創立 110 年，為臺灣培育眾多工程師，亦提供工程師們互相交流的平台，偉哲在此祝賀中國工程師學會 110 歲生日快樂。

城市經過縝密規劃、建設後，創造出良好的居住環境，從而保障市民享有舒適生活，並透過各種建設協助城市之經濟發展，也應在資源利用與環境保護兩方面多所規劃，以利永續；其中資源利用包含了城市交通、綠化以及土地等，而環境保護則貫穿於每一個建設環節中。臺南市的所有工務建設，會發現每一個建設無不在理想的境地中，而最終落實到帶給市民更便捷、更安全、更舒適的生活環境。無以計數的建設，涵蓋了生活、文化、體育以及產業經濟面，從根本開始到實際使用，都有團隊審慎的專業思維與體貼的便民思考，為本市打造為更優質的宜居城市。

公共工程不僅是解決冷冰冰的技術問題，更要即時回應民眾的感受，不論是提升公園的特色，或是道路到底平不平，工務單位必須每天站在民眾的立場思考，並且提出相應的工法或技術。這的確不容易，但沒有挑戰，就沒有進步，做為市長，偉哲會跟市府團隊一起努力，只有我們做得更好，市民才能過得更好。

臺南市市長





## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



1912 年，是中華民國建立的年份，也是中國工程師學會創會的年份。一百多年來，學會與國家一同前進，發揮所學，一如學會的精神領袖大禹，以三過家門而不入的精神，兢兢業業貢獻自己於社會與民眾之間。

很榮幸能夠以高雄市長的身份，為專刊撰文紀念。高雄正度過更名改制、開啟現代化的一百週年紀念。城市要如何現代化？答案正是各式各樣的工程。濱線鐵路、高雄港、填海造陸，乃至於十大建設、高鐵、捷運、輕軌、鐵路地下化等，可以說沒有工程，就沒有今日的高雄。

工程是朝向未來的道路，也是重現過去的技術。逍遙園、左營舊城護城河、六龜池田屋，這些高雄歷史的足跡，因為有當代的工程技術，才能讓當前的人們穿過時空的長廊，一睹它們最完美的姿態。

高雄還有許多無限可能，從橋頭科學園區、仁武產業園區、亞洲新灣區 5GAIoT 創新園區到半導體先進材料與零組件園區，以及捷運黃線、輕軌二階、鳳山中城、智慧城市、高雄車站等計畫。這些建設，正等待最適合它的工程專家，為高雄的歷史增添更耀眼的色彩。

誠摯地邀請您，與高雄一同打拼，讓這座城市成為臺灣、亞洲，最燦爛的存在。

高雄市市長

陳其邁

中國工程師學會創立110年誌慶

智慧臺灣  
世代願景

國立臺灣大學 校長

管中閔 

中國工程師學會  
成立四十年誌慶

願景可期  
智慧發先

國立中興大學

校長薛富盛



敬賀

二〇一一年二月



## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



時光荏苒，歲月如梭，中國工程師學會已創會 110 年頭！在這悠悠歷史中，中工會凝聚了海內外優秀工程師，一同滾動工程科技的時代巨輪，為臺灣工業發展奠下扎實基礎，更創造了令人稱羨的臺灣奇蹟，福國利民、厥功至偉！

「十年樹木、百年樹人」，中國工程師學會在臺灣各大專院校，設置 19 個學生分會，致力於工程科技教育的扎根與傳承，挹注莘莘學子孵育成長的養分，擔起傳承技術經驗及培養後進人才之重責大任。此外，中國工程師學會也提供了工程師們工程科技新知互動平台，成為彼此精進專業技能的重要交流溝通管道。

大學的科技創新與人才培育可以帶動經濟發展與產業升級，而臺灣的科技大學過去一直透過技職高等教育的課程設計與技術研發，提供企業最需要的人才與技術。在此中工會 110 週年之際，本人除了謹致祝賀之外，也將持續努力帶領科技大學結合產業研究發展、積極投入人才培育以及應用性研究，同時透過國際合作，推動國際創新與國際化。

國立雲林科技大學校長

楊泓靜

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



中國工程師學會創會至今 110 年，成就輝煌、歷史悠久。多年來成功建立跨領域之互動平臺，謂為國內外工程交流合作的重要推手，率先洞察產業動向，舉辦工程學術演講、研討會及論壇，並設置各工程獎項、評選表揚傑出人才與優秀研究成果，編纂發行各類工程專業刊物，引領創新工程技術之蓬勃發展。

隨近代工業迅速變遷，臺灣工程技術亦與時俱進。仰賴產官學研各界菁英凝聚之專業共識、無私奉獻，方造就高度科技化的工業榮景。未來的工程新貌，於科技、金融、醫療、製造及環保等各項範疇，皆將朝向智慧城市、智慧臺灣邁進。

由衷感念貴會過去為此奠定的深厚根柢，更盼為下一世代迎來希望願景！有我們做得更好，市民才能過得更好。

國立成功大學校長

蘇慧貞

## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



欣聞貴學會創會 110 年，謹申賀忱！貴學會成立於 1912 年，歷史悠久、規模恢宏居全國工程學術團體之冠。百年來對於凝聚工程界力量，益國利民不遺餘力。遷臺後更是深耕臺灣，接軌亞洲，面向全球。今日臺灣的經濟社會發展榮景，貴學會居功闕偉。本人前擔任中國電機工程學會理事長期間，亦渥蒙貴學會雅教助益良多，幸何如之。

因應數位創新浪潮，人工智慧無疑是下一波智慧革命的決勝關鍵，建設智慧臺灣工程將是維繫國家整體競爭力的樞紐，刻不容緩。如何運用日趨成熟的智慧科技，導入產業及社會各個層面，營造人民更為舒適、便捷且安全的生活環境，亟需仰賴工程師群體加乘的力量，貴學會實扮演舉足輕重的角色，任重道遠。

貴學會創會 110 年卓然有成，可喜可賀！在工程界前輩、歷任理事長的奉獻與領導下，已履創新猶。展望未來，必能永葆促進社會福祉的初心使命，在既有厚實底蘊下，承先啟後，再創輝煌，歷久彌堅！

國立中央大學校長

周 揚



## 中國工程師學會創會 110 年紀念專刊賀文



滿清末年，國勢積弱不振，迫乎民國肇造，百廢待舉。時工程業界之精英俊彥，凜於本身之職志，攸關國計民生至鉅，允當務之急。乃紛紛奮袂而起，為糾合群力，共赴事功，中國工程師學會旋即應運而生，迄今凡一百一十年，源遠流長，與國並壽，揆諸國內屬性雷同之社團，罕見其儔。期間組織成員，充分發揮智慧，積極付出心力，參與諸多重要工程建設，績效斐然，功在國家社會，殊屬難得，彌足致賀。

我校前身「中華工學院」，當年創辦之初衷，主要在於協助科學園區培育工程師，相關系所，泰半以培育工程領域專業人才為依歸，諸如現有之資電學院、建築與設計學院、管理學院等。為此莫不基於使命，力圖精進，通過中華工程教育學會（IEET）認證，營造良好之教學條件與環境；而畢業自該領域的學生，計達三萬餘人，渠等就業後的優異表現，亦咸著口碑，凡此都有獲貴學會多方面的鼎力協助，良深感謝。

此外，本校並與臺灣微軟攜手成立全臺首座 AI+ 體驗中心暨產業應用導向人工智慧創能學院，分別打造情境體驗、培養 AI 技術應用人才，全方位提升全校師生 AI 實力，進而協助鄰近園區企業進行數位轉型，以結合業界、學校與微軟技術，讓學生在學校即可獲致相當的智能與技術，畢業即就業。至於在落實社會責任上，由於 5G 和人工智慧的快速發展，本校雅願偕同貴學會扮演起與相關業界串聯橋梁的角色，當無可旁貸。

中華大學校長

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, connected strokes.

# 致 謝



總統府

蔡總統英文

賴副總統清德

行政院

蘇院長貞昌

立法院

游院長錫堃

考試院

黃院長榮村

監察院

陳院長菊

國家發展委員會

龔主委明鑫

行政院公共工程委員會

吳主委澤成

中央研究院

廖院長俊智

交通部

王部長國材

林前部長佳龍

內政部

徐部長國勇

國防部

邱部長國正

教育部

潘部長文忠

經濟部

王部長美花

文化部

李部長永得

科技部

吳部長政忠

新北市

侯市長友宜

桃園市

鄭市長文燦

台南市

黃市長偉哲

高雄市

陳市長其邁

國立臺灣大學

管校長中閔

國立中興大學

薛校長富盛

國立雲林科技大學

楊校長能舒

國立成功大學

蘇校長慧貞

國立中央大學

周校長景揚

中華大學

劉校長維琪



# 軌跡







---

中國工程師學會創會於民國元年，與中華民國齊步走了110年的歲月，  
光陰流轉，文賢薈萃。

創會會長詹天佑先生，被譽為中國近代工程之父；前理事長李國鼎先生、孫運璿先生、趙耀東先生、方賢齊先生等皆對國家有重大貢獻。  
我們誠心感謝中工會歷任理事長、理監事及會務同仁建立的基礎及志業。

# 工程軌跡

## 中國工程師學會創會110年歷史發展

### 1912 (民國1年)

◎事件：中華工程師會、中華工學會與路工同人共濟會成立。

中華工程師會為中國工程師學會的前身。係由詹天佑先生於廣州所創立，詹氏被推舉為第一任會長。



詹天佑先生。

### 1913 (民國2年)

◎事件：中華工程師會、中華工學會與路工同人共濟會決議合併為中華工程師會。

此三個工程師團體，雖命名和組織略有不同，但其願景則一。民國2年夏，詹氏與上海工程界聚會，決定將三會合併，會所設於漢口。

### 1914 (民國3年)

◎事件：發行月刊。

將報告改為會報，且定為月刊，每年12期定為一卷。

### 1915 (民國4年)

◎事件：改名中華工程師學會。

民國4年2月，北京分會成立，以中華工程師會名義較泛，遂加一學字，更名為中華工程師學會。

◎事件：編成華英工學字彙。

民國4年起，在詹會長的領導下，編成華英工學字彙，由會刊發行，此為工程名詞標準化之開始。

### 1916 (民國5年)

◎事件：總會事務所遷至當時首都北京。

民國5年7月，因本會為全國性之團體宜設於首都，遂將會所遷至北京。

◎事件：「詹氏徵文獎牌」此乃詹天佑論文獎之始。

### 1917 (民國6年)

◎事件：中國工程學會成立。

在美留學研究或工作之工程界20餘人，組織中國工程學會。成立之初僅在美推動會務。

### 1919 (民國8年)

◎事件：詹天佑先生逝世。

詹氏於民國8年在漢口逝世。臨終前口授遺言三事，其中一事為「中華工程師學會，關係中華實業前途至要且宏，興國阜民悉基於此，乃懇政府有以振發而發揚之。」

◎事件：中國工程學會首次出版物。

民國8年，由羅英主編中國工程學會會報一厚冊，為中國工程學會首次出版刊物。

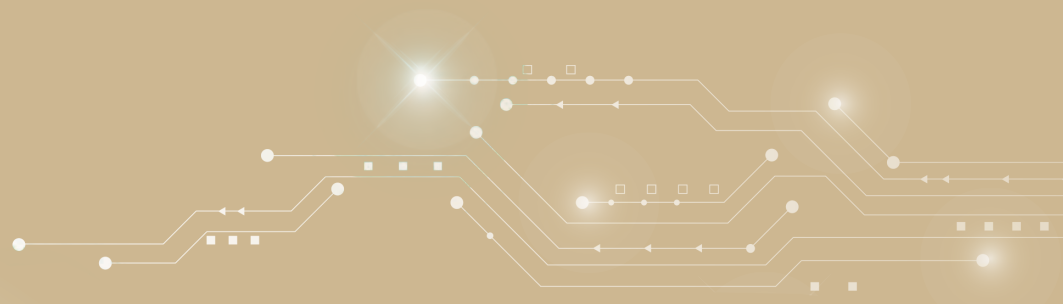
### 1921 (民國10年)

◎事件：中國工程學會總會遷設上海。

由於會員回國者漸多，因此會既為中國的工程團體，總會應設在國內。

### 1924 (民國13年)

◎事件：月刊於中國出版第一期。



由李熙謀主編之中國工程學會月刊於民國13年出版第一期。是年又設立工程雜誌編輯委員會。

◎事件：成立材料試驗委員會。

出版各種建築材料試驗報告。

◎事件：成立建築條例委員會。

屬於工業標準之學術工作，係從研究建築條例入手，由薛次莘任委員長。

### 1925 (民國14年)

◎事件：工程會刊問世。

民國14年3月創刊《工程》第一卷第一期問世。

### 1926 (民國15年)

◎事件：工程教育研究委員會成立。

促進工程教育事項，由凌鴻勛任委員長。

◎事件：職業介紹委員會成立。

先後由張貽志、黃炎、李鏗、朱有鸞相繼負責。

### 1928 (民國17年)

◎事件：工程研究委員會成立。

編訂工程規則，研究工程材料及出品，介紹各國工程研究概況，擬具及審查工程建設方案，備企業界的諮詢。

◎事件：機車叢書發刊。

所出刊物除會刊外，尚有屬於機車叢書之會員著作數種，與工程名詞委員會所刊印之各種專門名詞草案九種，均漢英對照。

### 1931 (民國20年)

◎事件：中華工程師學會與中國工程學會合併，更名為「中國工程師學會」。

民國20年8月，兩會在南京舉行聯合年會，並於27日正式通過合併案。當時總會設於首都南京，第一任會長為韋以釁，並推詹天佑先生為名譽會長。

### 1936 (民國25年)

◎事件：首次與5個專門工程學會共同舉辦聯合年會，並首次頒授工程獎章。

### 1937 (民國26年)

◎事件：抗戰爆發，會務活動停止。

期間會刊仍持續發行，但相當困難。

### 1940 (民國29年)

◎事件：訂定工程師節。

眾意大禹治水，奠高山大川，疏九河，排淮泗，挽救中華民族一大厄運，應認為是中國工程師之始祖。邀請歷史專家研究大禹誕生日，於民國29年成都年會，決定以每年6月6日大禹誕生日為工程師節。

### 1941 (民國30年)

◎事件：出版《30年來之中國工程》一書。

本學會成立30年，同時舉行30周年紀念會，並出版30年來之中國工程一書，文70篇，訂成一千餘頁一鉅冊。

◎事件：擬定中國工程師信條。

為工程師樹立了自勉互勉的準則，符合職業的規範，也成為學會推展會務的指導原則和精神力量。

### 1946 (民國35年)

◎事件：會務活動恢復。

民國34年，八年抗戰勝利，各方準備復員工作。民國35年重新選舉職員，恢復一切會務。





民36年《臺灣工程界》創刊

民國40年在愛國西路30號A購入在臺會所，裝修後，於民國41年正式開幕，並設有圖書室。

## 1947 (民國36年)

### ◎事件：《臺灣工程界》創刊。

臺灣分會於36年9月創刊《臺灣工程界》，原為不定期學術刊物，曾發行至12期即告停頓，38年因臺灣分會尚缺乏技術性刊物，於是11月起繼續主編發行，自後未嘗間斷。

## 1949 (民國38年)

### ◎事件：大陸撤守，會務再次停頓。

## 1951 (民國40年)

### ◎事件：在臺復會，同時臺灣分會暫行結束。

民國39年在臺分會即提出議案，建議總會在臺恢復。組織改選後，民國40年3月總會一切會務在臺恢復。

### ◎事件：成立臺中分會。

### ◎事件：發行《會務通訊》。

在臺復會後，除繼續發刊《臺灣工程界》作為本學會主要刊物外，另發行《會務通訊》。

## 1952 (民國41年)

### ◎事件：在臺會所落成。

民國40年在愛國西路30號A購入一兩層房屋，裝修後，於民國41年正式開幕，並設有圖書室。

### ◎事件：高雄分會成立。

## 1953 (民國42年)

### ◎事件：成立日本分會。

## 1954 (民國43年)

### ◎事件：成立「會務設計委員會」。

會務設計委員會主要的職責為發展會務，擴大發行工程月刊(即臺灣工程界)，並將會務通訊併入。

### ◎事件：編撰《臺灣工業復興史》。

有鑑於臺灣原有各項工業建設在二次世界大戰中遭破壞或年久失修，為使海外人士之認識，並期共勵將來對於克難奮鬥之經過與各項成果紀錄，即著手組織「臺灣工業復興史」編撰委員會，由當時臺灣鐵路局長莫衡主其事。

## 1955 (民國44年)

### ◎事件：發行《工程小叢書》。

因鑑於國內出版之工程書籍種類有限，內容復感陳舊，為適應當前需要，本學會決定發行工程小叢書。

## 1957 (民國46年)

### ◎事件：設立「論文獎金」。

為鼓勵會員撰著工程學術論文，經理事會決議自本年起設有「論文獎金」。

## 1958 (民國47年)

### ◎事件：成立花蓮分會。

## 1959 (民國48年)

### ◎事件：籌備慶祝創立50年紀念。

## 1961 (民國50年)

### ◎事件：擴大慶祝創立50年。

編印《近半世紀以來工程發展的概況》及《15年來臺灣各種工程事業進步實況》。

### ◎事件：詹氏誕生一百周年，本學會編製《詹天佑先生年譜》，並發行50年紀念會專書。

4月26日為詹氏誕生滿一百周年，本學會編撰《詹天佑先生年譜》並擴大慶祝，交通部亦發行兩種詹氏紀念郵票。



上圖左一，金開英先生為服務部首任主委。

### 1962 (民國51年)

◎事件：《臺灣工程界》月刊更名為《工程》。

◎事件：政府明定大禹誕生日為「工程師節」。

第27屆年會本學會及十個專門學會總幹事連署提出，請政府明定該節日。

◎事件：成立「國父實業計畫研究會」。

蔡秀峯先生擔任總幹事。

◎事件：設立「服務部」。

由金開英先生擔任第一任主任委員。

### 1963 (民國52年)

◎事件：設置「凌氏獎學金」。

為感謝凌鴻勛先生對會務發展不遺餘力，又對我國國防經濟建設貢獻許多，與交通大學校友會共同設立此獎。

### 1964 (民國53年)

◎事件：創設「近代工程技術討論會」。

由孫運璿先生與李國鼎先生創設，由本學會每兩年舉行一次，為使我國可以得知國外先進技術。

### 1965 (民國54年)

◎事件：頒贈「國父百年誕辰工程建設紀念獎狀」。

本學會為紀念國父百年誕辰，表彰工程學術界人員對於實施國父遺教有關工程建設及工程教育之重大成就者。

◎事件：成立「工程服務部」。

為接受各公私團體機關或會員委辦工程設計、鑑定、甄選技術人員、研擬工程規範及介紹工作等相關委託事件而特成立此服務部。

### 1966 (民國55年)

◎事件：首次舉辦「近代工程技術討論會」。

與紐約中國工程師學會共同舉辦。

### 1967 (民國56年)

◎事件：設立「紐約中國工程師學會獎學金」。

為鼓勵國內青年從事工程學術之研究，特設此獎。

### 1968 (民國57年)

◎事件：「世界工程組織聯盟(WFEO)」成立，本學會為創始國之一。

王國琦理事代表本學會參加成立大會。

### 1969 (民國58年)

◎事件：成立「財團法人中國工程師學會」。

為購置新會所，理事會通過成立財團，第一任董事長由孫運璿先生擔任，陶聲洋先生、林挺生先生、閻振興先生、李國鼎先生等四位任董事。

◎事件：成立「青年工程師勵進會」。

理事長孫運璿先生有鑑於青年工程師乃國家經建之主力，應善加輔導聯繫，發揮工程人才資源，在吳伯楨先生輔導下成立此勵進會。

◎事件：捐助「財團法人中華顧問工程司」、「財團法人中興工程顧問社」。

為擴展工程貢獻發揮服務精神，分別參加有關籌組土木交通及水利顧問工程財團。

### 1970 (民國59年)

◎事件：設立「優秀青年工程師獎」。

為表揚青年工程師會員對工程技術研究發展有重大成就者，對工程之執行，能克服困難、績效優異者。



### 1971 (民國60年)

◎事件：編印「中國工程師學會60年紀念會手冊」暨「工程建設十年」。

◎事件：在60週年年會上頒贈「名譽會員」獎狀。

獲頒者為本學會遷臺復會後曾任理事長之會員，受獎人包括陳立夫、凌鴻勛、沈怡、楊繼曾等共17位。

### 1973 (民國62年)

◎事件：成立「學術活動委員會」。

### 1974 (民國63年)

◎事件：先後在各大學工學院成立學生分會，以利學會與學生間的交流。

### 1975 (民國64年)

◎事件：設立「國際事務活動委員會」。

為加強聯繫參加國際工程學術活動，設置此委員會。第一任召集人為王國琦先生。

◎事件：成立新竹縣分會。

第一任理事長為顧光復先生。

### 1976 (民國65年)

◎事件：成立成功大學學生分會。

◎事件：發行英文簡訊(CIE NewsLetter)

英文版「臺灣建設成果」及技術性論文專輯合併為英文簡訊方式發行。

◎事件：委託淡江大學設計辦理會籍電腦化管理制度。

### 1978 (民國67年)

◎事件：成立交通大學與清華大學學生分會。

◎事件：《中國工程學刊》發行創刊號。

為提高並鼓勵國內工程學術研究風氣與水準籌編此刊物。

### 1979 (民國68年)

◎事件：成立淡江大學學生分會。

◎事件：設立「工程教育與建教合作委員會」。

第一任主委由張明哲先生擔任，委員有王士杰、夏漢民、毛高文、莫若楫、吳伯楨、虞兆中等。

◎事件：遷入仁愛路二段1號現會所。

### 1980 (民國69年)

◎事件：成立中原大學學生分會。

◎事件：創設「中日工程技術委員會」，並舉辦第一屆會議。

### 1981 (民國70年)

◎事件：出刊《70年紀念專輯》。

### 1982 (民國71年)

◎事件：成立中央大學學生分會。

◎事件：設置「科技資訊處」。

本學會與行政院國科會為推展工業建設，加強資訊服務功能，特與國科會科技資料中心在本學會三樓設置聯合科技資訊處。

◎事件：增設榮譽會員。

第47屆第4次理監事會推薦現居臺灣之21位歷屆理事長為榮譽會員。





### 1983 (民國72年)

◎事件：成立「協助加速推行工業標準化專案小組」。  
由夏漢民先生與王國琦先生共同擔任第一屆召集人。

◎事件：成立「國產品評鑑工作小組」。  
為提高國產品在國際上的地位，本學會特設立此小組。

◎事件：委託中興工程顧問社設計程式並將會員資料  
以電腦卡輸入電腦建檔。

### 1986 (民國75年)

◎事件：成立「工程與環境委員會」。  
為響應WFEO而成立。

### 1990 (民國79年)

◎事件：成立臺灣工業技術學院學生分會。

### 1991 (民國80年)

◎事件：成立「本會80週年紀念特刊編輯委員會」、「工程教授委員會」、「青年工程師委員會」、「獎勵委員會」、「國際關係委員會」及「中歐工程技術討論會籌備委員會」。

◎事件：出版《歐洲科技發展摘要報導》。  
與歐洲分會合辦。

◎事件：設置「優秀工程學生獎」、「傑出工程教授獎」、「十大傑出工程師獎」。

◎事件：成立中國文化大學、元智大學及中興大學學生分會。

### 1992 (民國81年)

◎事件：成立逢甲大學及海洋大學學生分會。

◎事件：與15個專門學會簽訂合作協議。

中國土木水利工程學會、中國造船暨輪機工程學會、中華民國紡織工程學會、中國電機工程學會、中國農業工程學會、中國機械工程學會、中國鑛冶工程學會、中國測量工程學會、中國工業工程學會、中華民國環境工程學會、中華民國核能學會、中華民國光電工程學會、中華民國運輸學會、中國化學工程學會、中華民國建築學會等。

### 1993 (民國82年)

◎事件：優秀工程學生獎更名為優秀工程學生獎學金。

◎事件：與「澳洲工程師學會」簽訂合作協議備忘錄。

### 1994 (民國83年)

◎事件：會員代表大會代表產生並召開第一次會員代表大會。

11月3日召開第1次會員代表大會並選舉第59屆理監事。

◎事件：成立「工程倫理委員會」。  
為研究工程職業倫理而設立。

◎事件：與中華民國防蝕工程學會簽定合作協議書。  
6月17日假本學會會議室簽訂。

### 1995 (民國84年)

◎事件：修訂「中國工程師信條」。

### 1996 (民國85年)

◎事件：學會加入網際網路。  
為廣為宣傳學會之功能及各項活動並藉以吸收新會員。

◎事件：成立「提升工程師形象專案小組」。  
為提升工程管理、加強宣導、確保公共工程順利進行，並舉辦公聽會配合媒體廣為宣導，以提升工程師形象。



民國88年，會所喬遷。

### 1997 (民國86年)

◎事件：新增「工程優良獎」。

本年度新增獎項，由倫理委員會及提升工程師形象小組共同主辦。

### 1998 (民國87年)

◎事件：與中華民國醫學工程學會簽訂合作協議書。

2月13日假本學會會議室簽訂。

### 1999 (民國88年)

◎事件：會所喬遷。

為擴大對會員服務，於10月27日由原址4樓遷至3樓。

◎事件：中國工程師學會會歌歌詞徵選完成。

### 2000 (民國89年)

◎事件：聯合年會與慶祝工程師節大會合併舉行。

◎事件：歌名及詞曲對外徵求，得獎者為：楊朝吉，歌名：築夢天地間。作詞：毛齊英，作曲：熊澤民。

### 2001 (民國90年)

◎事件：《工程》改為雙月刊。

為使會刊內容豐富化、編輯精緻化，改以雙月刊形式發行。

◎事件：增設頒發「沈怡獎學金」。

受財團法人沈怡文教基金會委託，自本年度起於年會上頒發中國工程師學會「沈怡獎學金」。

### 2003 (民國92年)

◎事件：學刊榮獲「92年行政院國家科學委員會獎助國內學術研究優良期刊」優等期刊獎。

◎事件：學會e化會員作業系統。

為使會員更便捷的更新自己的資料，學會將會員的資料全面e化，讓會員可以隨時登錄修改。

### 2004 (民國93年)

◎事件：學刊榮獲「93年行政院國家科學委員會獎助國內學術研究優良期刊」優等期刊獎。

◎事件：增設「中華臺北亞太工程師推動委員會」。

辦理推動亞太工程師相互認許制度及亞太工程師資格認證等事項。

◎事件：邀請WFEO理事長Lee Yee-cheong訪臺參加聯合年會。

### 2005 (民國94年)

◎事件：成為亞太工程師組織「亞太工程師協調委員會」正式會員經濟體。

組團參加2005年香港舉行之國際工程師聯盟會議(IEAM)及亞太工程師協調委員會會議，一致通過我國成為亞太工程師組織正式會員。

◎事件：改組「中華臺北亞太工程師推動委員會」為「中華臺北亞太工程師監督委員會」。

正式執行亞太工程師資格認證事務。

◎事件：與英國Salford大學簽訂合作備忘錄。



1. 2011 年創會百年 馬總統蒞臨聯合年會。
2. 2011 年創會百年 馬總統頒發工程獎章。
3. 左起，IEA Chair Dr. Winfred Phillips、蕭副總統萬長、IEET 楊理事長永斌及本學會林理事長俊華。
4. 2011 年 IEAM 大會在臺舉辦，IEA 會長 Dr. Winfred Phillips 親臨會場致詞。
5. 2011 年與韓國 KPEA 簽訂合作協議。



## 2006 (民國95年)

◎事件：與中華鋪面工程學會簽訂合作協議。

◎事件：會徽申請國內團體標章註冊。

## 2007 (民國96年)

◎事件：成立「推動經濟建設委員會」。  
為提振國內經濟建設、促進國家競爭力，成立此委員會。由陳文源先生擔任主任委員。

◎事件：與馬來西亞工程師學會(IEM)簽訂合作意向書。  
由陳振川理事代表本學會簽署。

## 2008 (民國97年)

◎事件：本學會「中華臺北亞太工程師監督委員會」加入「亞洲及太平洋工程組織聯盟」(FEIAP)為會員。

在莫若楫主任委員的帶領下，順利的加入FEIAP。

◎事件：舉辦「臺灣中小企業的願景研討會暨高峰論壇」。

## 2009 (民國98年)

◎事件：成為國際工程師流動論壇(EMF)會員。  
組團參加日本京都舉行之國際工程聯盟會議(IEAM)，一致通過我國成為國際工程師流動論壇(EMF)正式會員。

◎事件：成立「創會百年慶祝活動籌備委員會」、「中華臺北國際工程師(EMF)監督委員會」。

◎事件：與中華民國大地工程學會、國際電機電子工程師學會中華民國分會簽訂合作協議。

◎事件：與馬來西亞工程師學會簽訂合作協議。

## 2010 (民國99年)

◎事件：與中國材料科學學會簽訂合作協議。

## 2011 (民國100年)

◎事件：舉辦創會100年系列活動，並出版創會百年紀念專刊。

◎事件：建立Facebook粉絲專頁。

◎事件：與國際知名泰勒出版集團合作中國工程學刊出版事宜。

◎事件：編訂「中國工程師學會民國110年發展策略白皮書」。

◎事件：與印度工程師學會(IEI)簽訂合作協議。

◎事件：與韓國技術士會(KPEA)簽訂合作協議。

◎事件：與中華工程教育學會共同主辦IEAM 2011大會。

◎事件：莫若楫主任委員當選APEC Engineer協調委員會主席。







2017年出席美洲中工會成立百年慶祝活動



2017年首屆會士授證

### 2012 (民國101年)

◎事件：「大禹紀念歌」及會歌「築夢天地間」重新編曲。

國立臺灣藝術大學徐世賢教授協助重新編曲。

◎事件：舉辦「決策力。再造國家競爭力」論壇。

◎事件：舉辦「工程顧問與工程營造全球化」論壇。

◎事件：與巴勒斯坦工程師聯盟(GUPE)簽訂合作協議。

◎事件：與新加坡工程師學會(IES)簽訂MOU。

◎事件：與臺灣海洋工程學會簽訂合作協議。

◎事件：與臺灣混凝土學會簽訂合作協議。

### 2013 (民國102年)

◎事件：與臺灣氣膠研究學會簽訂合作協議。

◎事件：成立「電力及核能安全」專案小組。

◎事件：主辦第3屆「三地大地工程國際研討會」。

### 2014 (民國103年)

◎事件：與澳門工程師學會簽訂合作協議。

◎事件：舉辦「臺日港國際能源論壇」。

### 2015 (民國104年)

◎事件：主辦FEIAP第3屆國際研討會暨第23次大會。

◎事件：李建中理事長當選FEIAP會長。

◎事件：舉辦「亞太工程師資料庫設置可行性討論工作研討會」。

◎事件：與美國工程暨測量考試委員會(NCEES)簽訂合作備忘錄。

### 2016 (民國105年)

◎事件：編修「中國工程師學會民國115年發展策略白皮書」。

◎事件：與澳洲工程師學會(EA)簽訂MOU。

◎事件：與中華價值管理學會簽訂合作協議。

◎事件：主辦第6屆「三地大地工程國際研討會」。

### 2017 (民國106年)

◎事件：與菲律賓整合電子工程師協會(IIEE)簽訂合作協議。

◎事件：工程會刊改成季刊，並發行電子版。

◎事件：發行電子報。

◎事件：出席美洲中工會成立百年慶祝活動。

◎事件：成立會士遴選委員會，推選17位榮譽會員為首屆會士。



### 2018 (民國107年)

- ◎事件：成立女性工程師委員會。  
薛文珍理事為首位主任委員。
- ◎事件：成立青年工程師委員會。  
莫仁維先生為首位主任委員。
- ◎事件：舉辦「2018馬來西亞、香港、新加坡、汶萊與臺灣青年工程師交流活動」。

### 2019 (民國108年)

- ◎事件：與緬甸工程學會聯盟簽訂合作備忘錄。
- ◎事件：與日本工學會簽訂MOU。
- ◎事件：首次於臺北辦理NCEES PE考試。
- ◎事件：與亞洲開發銀行(ADB)簽訂MOU。
- ◎事件：主辦第9屆「三地大地工程國際研討會」。

### 2020 (民國109年)

- ◎事件：CIE Podcast創立。
- ◎事件：增訂並推動「我是工程師宣言」。
- ◎事件：與臺灣女科技人學會共同舉辦「2020亞太女科技人會議暨國際女科技人研討會」。
- ◎事件：配合World Engineering Day首年，辦理系列活動。
- ◎事件：完成「2019年工程師職涯發展與性別差異關係調查分析」。

### 2021 (民國110年 6月前)

- ◎事件：為強化我國工程實力，籌組「工程國家隊」，施義芳理事長率本學會理監事暨主任委員及26個專門學會理事長晉見蔡總統並提出建言。
- ◎事件：青年工程師委員會更名為青年工程師聯盟委員會，擴大青年工程師交流活動。
- ◎事件：出版110年紀念專刊。



## 歷任理事長



**韋以猷** | 第1屆  
民國20年



**顏德慶** | 第2、5屆  
民國21、24年



**薩福均** | 第3屆  
民國22年



**徐佩璜** | 第4屆  
民國23年



**曾養甫** | 第6-7、12-13屆  
民國25、28、33-36年



**陳立夫** | 第8屆  
民國29年



**凌鴻勛** | 第9、16屆  
民國30、40、41年



**翁文灝** | 第10-11屆  
民國31-32年



**茅以昇** | 第14屆  
民國37年



**沈怡** | 第15、26屆  
民國38、51年



**楊繼曾** | 第17屆  
民國42年



**侯家源** | 第18屆  
民國43年



**莫衡** | 第19屆  
民國44年



**金開英** | 第20屆  
民國45年



**楊家瑜** | 第21屆  
民國46年



**錢昌祚** | 第22屆  
民國47年





**梅貽琦** | 第23屆  
民國48年



**雷寶華** | 第24屆  
民國49年



**黃煒** | 第25屆  
民國50年



**袁夢鴻** | 第27屆  
民國52年



**李熙謀** | 第28屆  
民國53年



**李國鼎** | 第29屆  
民國54年



**閻振興** | 第30屆  
民國55年



**林挺生** | 第31屆  
民國56年



**陶聲洋** | 第32屆  
民國57年



**孫運璿** | 第33屆  
民國58年



**嚴慶齡** | 第34屆  
民國59年



**張繼正** | 第35屆  
民國60年



**陳蘭皋** | 第36屆  
民國61年



**羅雲平** | 第37屆  
民國62年



**費驊** | 第38屆  
民國63年



**方賢齊** | 第39屆  
民國64年

## 歷屆理事長



張光世 | 第40屆  
民國65年



王章清 | 第41屆  
民國66年



嚴孝章 | 第42屆  
民國67年



朱書麟 | 第43-44屆  
民國68-69年



張明哲 | 第45-46屆  
民國70-71年



趙耀東 | 第47屆  
民國72年



虞兆中 | 第48屆  
民國73年



李達海 | 第49屆  
民國74年



陳履安 | 第50屆  
民國75年



王國琦 | 第51屆  
民國76年



陳耀生 | 第52屆  
民國77年



夏漢民 | 第53屆  
民國78年



郭南宏 | 第54屆  
民國79年



簡又新 | 第55屆  
民國80年



陳豫 | 第56屆  
民國81年



張斯敏 | 第57屆  
民國82年





**曾元一** | 第58屆  
民國83年



**石中光** | 第59屆  
民國84-85年



**歐晉德** | 第60屆  
民國86-87年



**史欽泰** | 第61屆  
民國88-89年



**王鍾渝** | 第62屆  
民國90-91年



**沈景鵬** | 第63屆  
民國92-93年



**余俊彥** | 第64屆  
民國94-95年



**江耀宗** | 第65屆  
民國96-97年



**呂學錦** | 第66屆  
民國98-99年



**林俊華** | 第67屆  
民國100-101年



**陳振川** | 第68屆  
民國102-103年



**李建中** | 第69屆  
民國104-105年



**邱琳濱** | 第70屆  
民國106-107年



**廖慶榮** | 第71屆  
民國108-109年



**施義芳** | 第72屆  
民國110-111年



# 慶賀「中國工程師學會」 成立百十週年感言及期許

文——沈景鵬 中國工程師學會／第63屆理事長  
日勝生活科技股份有限公司／資深副執行長



## 沈景鵬

**現職** | 日勝生活科技股份有限公司資深副執行長  
鼎勝綠能科技股份有限公司董事長  
日鼎循環經濟投資控股股份有限公司董事長  
財團法人台灣營建研究院董事長

**學歷** | 臺灣省海洋學院河海工程系學士  
美國德州大學 (University of Texas at Austin)  
工程碩士  
美國哈佛大學高級企管班 (Advanced Management Program) 進修

**經歷** | 日勝生加賀屋國際溫泉飯店股份有限公司董事長  
榮民工程股份有限公司董事長  
中工會第63屆理事長

**榮譽** | 民國94年獲頒中國工程師學會工程獎章。  
民國86年獲頒土木水利工程學會工程獎章。

依中國工程師學會揭示之工程師信條有四項，包括：

- 工程師對社會的責任：守法奉獻、尊重自然。
- 工程師對專業的責任：敬業守分、創新精進。
- 工程師對業雇主的責任：真誠服務、互信互利。
- 工程師對同僚的責任：分工合作、承先啟後。

學會內設有多種專業委員會，以信條精神推廣會務並舉辦各種活動，頒發各式獎項並參加國際間工程組織有關的會議，發表論文交流工程技術，善盡學會對社會國家的責任有目共睹。唯，個人認為因應現代國家社會發展之需要，似有尚待加強之處，僅提供個人淺見二則供學會及工程界諸先進卓參。

## 倡導尊重自然

由於人類對大自然資源無限制利用，近年來遭致大自然的反撲，我們每個人都明顯感受到氣候變遷及病毒肆虐之苦。

2015年12月12日，由聯合國195個成員國，在聯合國氣候峰會中通過了巴黎協定取代了京都議定書，期能共同遏阻全球暖化趨勢，而把平均氣溫升幅控制在工業革命前水準以上低於攝氏2度以內，並將升幅控制在工業化前水準以上攝氏1.5度以內，以減少氣候變遷的風險與影響。在此決議之下，以碳中和議題為例，各國已紛紛提出實現時間的承諾，們臺灣更不能自外於地球村，亦應有所作為。此一議題涉及層面甚廣，政府已有對策及作法，但如何落實至社會各層面及專業領域，學會似可成立一專責委員會，邀請專家主持提出一些建議供政府部門參考，亦可作為與各階層交換意見之平台。

前土木水利學會理事長呂良正教授也是現在臺灣營建研究院的院長，以研究院為發起單位，於兩年前成立「台灣循環經濟學會」，就產品的零廢設計、加強減量使用、再使用與循環使用等熱心推動，他也特別針對消耗大量資源的營造業提出建議，如何促進循環營建加強資源之有效運用。

又，曾擔任我國外交部部長、交通部部長及首任環保署署長的我國無任所大使簡又新博士，現擔任台灣永續能源研究基金會董事長及台灣企業永續研訓中心理事長，不辭辛勞應邀赴各地宣導有關針對未來能源發展的政策，達到永續發展的目標。

我們學會為國家少數歷史悠久的工程學會，似應結合各有關專門工程學會，期能為國家的能源政策及永續經營提供建言，達成工程師信條中尊重自然的社會責任。

## 籌建工程師的「家」

本學會為社團法人，另尚有「財團法人中國工程師學會」以應用工程及科技於促進民眾與社會福祉為宗旨，其董事會之人選多年來與本會關係密切，每年均有固定之金額贊助本會活動。

目前兩會之會址位於台北市仁愛路厚生大樓，唯該大樓實已老舊，曾於民國100年連同本大樓住戶成立了「厚生大樓都市更新會」，向臺北市政府申請自辦都更，本人當時曾代表兩學會及土木水利學會擔任都更會理事，努力數年，最後因權利變換未能符合少數住戶的意見而作廢，殊為可惜。

我們的會址位於臺北市房地產高價地段，以中工會目前財力如尋找稍低價位地段之房舍購置符合現代耐震規範安全可靠的會所自非難事。但著眼臺灣工程界至今沒有一個屬於自己的「家」，如何會同「財團法人中國工程師學會」並聯合其他有志一同之工程學會或企業界，運用投資營運的機制，活用兩學會幾十年大家共同努力累積下來的資產，倡導籌建具有大型集會場所的「家」提供各學會租用或購置，以圓我工程師多年有「家」的夢。如能實現，想必是一件對全國工程界非常有意義且可載入工程史的大事，我中工會似可領頭先做可行性研究並提出建言。

現任中工會理事長施義芳先生係個人多年好友，其在數個技師公會理事長任期建樹良多，後轉任立法委員，我印象最深刻的是他在立法院服務時曾召開公聽會，就公共工程委員會的轉型聽取各方專業意見。當然，政府最後的決策自非吾等可左右，但其召開公聽會之作為，深為工程同道所贊同。而今施義芳先生身為國內數一的顧問公司董事長並獲選為我工程師學會理事長，在其就任之初我前往拜訪道賀時，亦曾提及籌建工程師「家」的想法。此一任務雖然艱鉅，但我們曾到國外拜訪人家的學會，相形之下，我們也該有一個較符合身分的「家」才對，如能有成，更可促進中工會及其他專業工程學會業務的國際化。

適逢中工會慶祝110週年慶，承施理事長之囑撰文紀念，不自冒昧提出淺見如上，尚請各位工程界先進不吝指教。◆

# 中工會－工程師的母港工程技術的靠山 更期待它是統合防救災科技的最佳平台

文——張荻薇 中華民國結構工程技師公會全國聯合會／理事長



## 張荻薇

**現職** | 中華民國結構工程技師公會全國聯合會理事長

**學歷** | 日本國立東北大學土木系碩士、博士課程

**經歷** | 中華顧問工程司經理、協理、副總經理  
台灣世曦工程顧問公司副總經理、總經理、  
副董事長、代理董事長

**榮譽** | 中工會103年度「工程獎章」

地震工程學會98年度「地震工程傑出貢獻獎」

土水學會95年度「工程獎章」

中工會74年度「優秀青年工程師獎」

我與中工會結緣始於民國57年，在張至禮教授（當時中工會總幹事）的介紹下，加入中工會成為初級會員，經仲會員、正會員到永久會員，迄今已有53年之久。當年，中工會剛出版「中國工程師手冊（土木類）」，內容豐富且實用，我們將它視為土木系學生的工程字典，是土木學門的百科全書。進入職場之後，在設計結構物時，計算地震力都引用了民國43年中國工程師學會台北分會發行的袖珍工程手冊， $V = K_h \cdot W$ ， $K_h = 0.1$ （弱震區）及0.15（強震區），這是臺灣尚未制定耐震設計規範前，最普遍採用的地震力計算公式，它讓臺灣的結構物，有了一定程度的耐震能力。當時土木系的學生或年輕的工程師，都會覺得中工會是工程師的母港（home port），是工程技術的靠山。

我於民國66年回國後，進入財團法人中華顧問工程司CECI服務，所接觸的工作幾乎都是公共工程，因此，較有機會積極參與中國工程師學會、中國土木水利學會等專門工程學會之會務活動。民國74年蒙胡美璜董事長的推薦，獲得中國工程師學會「優秀青年工程師獎」，當時就期勉自己，能夠終身為臺灣的工程界，貢獻微薄的心力。我在民國95年獲得中國土木水利工程學會的「工程獎章」，民國98年獲得中華民國地震工程學會「地震工程傑出貢獻獎」，民國103年蒙中華民國結構工程學會的推薦，很幸運的獲得代表工程師最高榮譽的中國工程師學會「工程獎章」，真是倍感光榮。

我在中工會曾經擔任三屆的監事，以及多屆的獎勵委員會、工程獎章評選作業小組、傑出工程師評選作業小組、傑出事業機構獎評選作業小組、中日工程技術委員會、亞





▲ 日本多多羅大橋

太監委會、會員委員會等多項委員會的委員、主任委員或召集人等職務。我在其他各專門學會也擔任多屆的理監事、委員會委員、主任委員或召集人等職務。同時，也獲選為中國土木工程學會會士及榮譽會員、中華民國結構工程學會會士及榮譽會員。

在參與學會之會務活動中，印象最深刻的是創辦「結構工程」期刊。「結構工程」由臺北市結構技師公會於民國75年創刊發行，並於民國78改由中華民國結構工程學會發行，我是創刊總編輯以及編輯委員會主任委員。本學刊發行迄今滿35年，它已成為提供實用技術交流的重要平台，也是國內結構工程領域中，最重要之學術刊物。

民國97年初，中國土木水利學會發行「台灣土木史—交通工程誌」，包括「道路工程篇」、「鐵路工程篇」、「港灣工程篇」、「機場工程篇」、「橋梁工程篇」等5本，我擔任編纂召集人。能有機會為臺灣土木歷史留下完整的紀錄，為臺灣土木文化資產的保存與技術的傳承，盡一點心力，真是與有榮焉。

### 建構「安全的基礎建設、安心的居家環境」是工程師的專業責任

我在工程界服務40多年，任職中華顧問工程公司/台灣世曦工程顧問公司，從基層工程師做

起，歷經組長、經理、副總經理、總經理、副董事長到代理董事長，始終堅守崗位、對工作充滿熱忱。我長期參與國家重大工程建設，並經歷多次天然災害的重建工作，承蒙諸多前輩長官的提攜，給予我們有展現所學的機會，更由於和同仁共同努力與合作，讓我們肩負起主導優質公共工程技術服務的先鋒角色，為基礎建設創造最大的效益價值。我們堅守著誠信正直、認真負責、服務熱誠的職場倫理，在專業上力求技術的領先，因此有傑出的工程作品呈現。以下僅就與我個人在專業上較為密切的橋梁工程、結構工程、防救災與災後重建等方面的工作心得，依記憶所及簡述如下：

**一、工作中啟發技術創新：**從橋梁震災、水害的勘災經驗，創新發明「橋梁換底工法」，獲得20年之發明專利。此工法可在維持正常交通下改建橋基，同時提升既有橋梁之耐震及耐洪能力。本工法已實際應用於省道台1線溪州大橋、西螺大橋、臺鐵縱貫線大甲溪鐵路橋等工程之橋基改建工程。本工法可以節省大量公帑，並有效解決國內橋梁基礎沖刷裸露之危橋問題。

**二、工程記錄屢創臺灣第一：**台灣世曦擁有技術領先、經驗豐富的優秀團隊，屢能克服工程難題創新紀錄。如首創高架橋與鐵路隧道或地下建築結構共構工程（臺北市市民大道高架橋）、國內最大跨徑斜張橋（國道3號高屏溪斜

張橋，主跨度330m）、國內最大跨徑之雙層鋼拱橋（臺北市麥帥一橋，單弦拱肋雙層鋼拱橋主跨度170m）、國內最大跨徑之預力混凝土拱橋（國道5號冬山河橋，主跨度187m）等。

最值得一提是，2013年完成的國道1號五楊高架橋，其中泰山與林口跨越橋的主跨度皆為216m，為國內目前最大跨度之梁式橋梁，也是世界梁橋跨度的前十名。五楊高架橋為避開地質敏感區，克服艱難的施工環境，運用多種新工法，得以如期如質完成，林口跨越橋以旋轉工法架設，更屬創新的技術。本工程在技術上的傑出成就，榮獲國際道路協會（IRF, International Road Federation）2015年全球道路成就獎（GRAA）設計類大獎。能夠有機會參與國家重大工程建設，提升我國的工程技術水準，且能為臺灣爭光，是我們一直努力的目標。

**三、積極參與勘災調查：**位處多震多颱風的臺灣，身為工程師應了解災害的原因及其防治對策。不論國內或國外發生重大天災，我與公司的同仁都熱心前往災區勘查，如1989年美國Loma Prieta地震、1990年菲律賓呂宋島地震、1994年美國Northridge地震、1995年日本阪神地震、2011年東日本大震災及2016年日本熊本地震等。同樣地，在國內發生地震、颱風洪水害、土石流等重大災害時，我們也一定會到災區作

詳實的災害調查。災後的現地調查與致災原因的分析，對於災害的預防以及防災技術之提升，是相當重要的工作。

此外，從國內外之地震勘災經驗中可以發現，多種自然災害若是接連發生，將會相互影響而產生「連鎖性、複合型」的重大災害。2016年日本熊本地震及2018年北海道膽振東部地震，都是在地震前後發生大豪雨，而使災情擴大。臺灣在1999年集集地震之後，陸續發生的2001年桃芝、2004年敏督利等颱風，使得餘震發生區—陳有蘭溪（台21線新中橫）和大甲溪（台8線中橫）沿線橋梁，因土石流災害而嚴重受創。臺灣已面臨著「地震＋氣候變遷（豪雨）」的交互影響的威脅，災害威力常常超出所有的防禦設施及防災對策的極限，嚴重影響基礎建設的安全。因此，增強工程的抗災韌性，是今後工程防災必須面對的重大課題。

**四、累積災後重建經驗：**由於橋梁肩負著交通運輸任務，若在地震中受災，將會阻礙救災、復原工作進行，而使災情擴大。因此，震害橋梁的復原是災後重建之首要工作。1999年集集大地震，我們負責主要震害橋梁：如台3線石圍橋、東豐大橋、烏溪橋、名竹大橋、桶頭橋等之復原或重建。2001年桃芝颱風，負責土石流災害橋梁（如台21線十八重溪橋、陳有蘭溪橋等）；2009年莫拉克颱風，負責水害橋梁（如雙園大橋）等之重建工作。

由於災後存在著各種不利施工的因素，如地形地貌的重大改變、災區之環境惡劣與道路運輸條件不良等。然因重建工作不能等待，必須克服萬難，儘速讓受災橋梁恢復暢通。我們經歷多次的災後重建工作，覺得能夠不負使命達成任務，讓災民早日恢復正常的生活，是最感欣慰的事。



▲ 日本瀨戶大橋





▲ 法國米勒大橋

## 土木產業的價值由安全性、便利性、舒適性與經濟性決定

我曾在臺大土木系、臺北科大防災所等兼任教職各有20多年，能有機會和許多傑出優秀的老師及學生互動學習，大家一起工程參訪或勘災調查，讓理論與實務更加結合。長期的教學生涯，也讓我能夠教學相長，與時俱進。由於我們是研習土木工程，體會了「土木」是意涵著大地（地球）與植生其上的生命體，是「民生與文明」的表徵。土木工程（Civil Engineering）其實就是民生基礎工程，都是供給人民生活所需，維護人民身家安全，提昇人民生活品質的公共建設。在這裡想以資深工程師的身份，提出一些經驗與看法，和大家共勉。

土建工程是建構安全、安心、永居環境的基礎建設，它是因地制宜的作品，並非店頭販賣的成品。土建產業的價值，是由它帶給使用者的安全性、便利性、舒適性與經濟性，是否達到預期的目標來認定；它的成敗，往往是要經過天災（如地震、颱風）的考驗。如2016、2018年兩次0206地震引起大樓倒塌，雖然都是

二三十年前所建，但是設計、監造、承造人仍需負法律責任，不會因為年代已久而免責，故有人認為，土建產業是高風險的行業。由於公共工程事關大眾的利益，容易受到大家的矚目與關注，不論是設計疏忽或考慮欠周，施工過程的輕忽或不慎，都有可能產生事故的風險，工程師也會有擔心觸犯司法的恐懼。從事公共事務容易動輒得咎，我們常有耳聞，優秀人才因而轉行，經驗傳承產生斷層，行業的士氣低落不振。

土建工程在施工過程中，人力、工項、時間、地點、機具等，每一工程的條件與需求皆不相同，亦即「人、事、時、地、物」之變異性很大，所以工程師除了要有專業知能之外，也必須熟稔工程相關規範與法律規定。不論是從事設計、監造或施工的工作，都要嚴謹控管品質與安全，切不可便宜行事或輕忽法規，導致災害或觸犯法令。一時的疏忽或不法，不但會危害公共安全、傷害自己，甚至損壞產業的形象。此外，工程師也應守護工程倫理，讓職業的尊嚴，受到應有的尊重。



## 「誠信、正直、清廉、專業、熱誠」 是工程師的核心價值

我服務工程界40年，在漫長的職業生涯，不是一直太平無事，施工有困難或工地有狀況，是經常會發生的事。無論時間、環境如何改變，都要始終如一，當一個敬業熱誠之工程師，奉獻所長。碰到工作的不順利，或環境的劇烈變動，不必焦慮不安，或是對自己的前途有著疑惑。縱使今日的期待與實際的情況有所落差，也勿需喪志而失去信心，此時正是我們反躬自省、歷練挫折與考驗成長之時刻。歷史洪流甚長，只要我們擁有專精的技術能力，秉持工程師「誠信、正直、清廉、專業、熱誠」優良傳統的核心價值，保持良好的品格及敬業的服務態度，必可穩住艱困的過渡時期，挫折與不快皆會過去，最後留下來的必是深厚的建設磐石及一流的工程人才，工程事業必定永續蓬勃發展。

## 「土木、結構、以橋樑為專業」 「天災、地震、視防災為志業」

標題是2016年我退休前，應邀在「第十三屆結構工程研討會暨第三屆地震工程研討會」中專題演講的題目。我的工程師職業生涯，或兼任大學教職的工作，大多是和結構工程、橋樑工程、地震工程、防災工程等專業有關。有感於工程建設常是集體的創作，非個人可以獨力完成，土木工程領域寬廣，我們無法將土木工程全部的專業，都精通了解。專業懂得寬，故可讓我們的職業通道更廣闊，且有助於工作的溝通整合；但也必需要有某一專業懂得精深，

才能夠有高超的專業能力解決工程的難題，提升工程技術水準，所以我用「土木、結構、以橋樑為專業」，為我的專業作註解。

此外，臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊邊界，地震活動相當頻繁。從1906年梅山地震（ $M=7.1$ ）起，經1935年新竹臺中烈震（ $M=7.1$ ）、1999年集集大地震（ $M=7.3$ ），以迄2016、2018年兩次0206 地震為止，百餘年之間，平均不到10年就有1次社會矚目的災害性地震發生。另因臺灣位居颱風正衝，每隔1~2年就有一次因颱風帶來豪大降雨，引發洪水或土石流災害，所以臺灣是個很容易致災的環境。依世界銀行World Bank（2005）「Natural Disaster Hotspots – A Global Risk Analysis」報告指出，臺灣有73.1%的面積與人口面臨颱風、洪水、地震及山崩等天然災害的威脅，是世界上天災風險最高的國家。臺灣工程建設所面臨「地震＋氣候變遷（豪雨）」的交互影響，承受極大的「連鎖性、複合型」災害風險。防災、勘災、救災或災後重建，是土木、結構工程師的專業職責，因此我以「天災、地震、視防災為志業」，作為努力的方向。

## 中工會可成為統合防救災科技的最佳平台

臺灣位處環太平洋地震帶，又居颱風正衝，有7成的人口與面積遭受天然災害的威脅，天災風險居世界之最。2011年東日本大震災，到今年剛好屆滿10年，這個規模9.0的大地震，造成了2萬多人死亡，迄今仍有4萬人過著避難生活，重建費用已超過30兆日元，預估要到2031年才能

完成。這種「國難級」的天災，再度喚醒了我們，必須居安思危。中工會與各專門工程學會幾乎涵蓋了防災領域的各專業，因此中工會最適合成為防救災技術與知能的平台，讓工程師能在防救災的工作上，作出更大的貢獻。我在中工會第27屆近代工程技術討論會「METS 2018（Session 2 科技交流）」的專題報告：「從勘災經驗談工程災害及防災策略」中指出：

**一、臺灣已邁入高齡化社會，使得天災的風險增高：**既有的維生線與基礎建設之耐災能力，已未能符合日趨惡化的天災環境之需求，攸關人民居家安全之建築物及維生系統（道路橋梁、水電）等基礎建設，應加強其耐震能力，增強工程的抗災韌性。

**二、記起災害教訓，面對日趨激烈頻繁的天災環境：**「地震＋氣候變遷（豪雨）」的交互影響，將可能引發連鎖性複合型的天然災害。當天然災害的威力，超出所有的防禦設施及防災對策的極限，災難是難予控制的。我們雖然可以應用科學與工學的方法來建設硬體的防災構造，但更重要的是要記住天災的威脅與教訓，從歷次的災害經驗中領悟學習，建立正確的防災思維與防災策略。

**三、防災意識的覺醒，是推動地震防災的動力：**俗話說「一盎司的預防藥，勝過一磅的治療藥」，也就是說「預防勝於治療」。在地震中要有存活的机会，就是要建構強韌的耐震結構物。天災需要靠全民的力量救援，「完全依賴政府」的時代已不存在。防災先要「自助」、再「互助」而後求「公助」，惟有加強全民的防災意識，才能建構安全、安心、永續的家園。

**四、加強地震預警系統的防災應用：**臺灣與日本是目前全球唯二對公眾發布地震速報的國家，目前在校園建置的地震預警系統已有初步成果。2011年東日本大震災發生時，日本東北新幹線因有足夠的預警時間減速，使高速行駛的列車全部安全。地震早期預警系統，對人員的逃生避難，生產線設備、自動化系統的停機或緊急處置，有很大的幫助。若能擴大它的應用範圍，對於地震災害的減免，將有極大的效益。

**五、「國土強韌化」是防災的戰略目標：**地震防災要以「保住人命、經濟損失最小化」的新思維，重視「避、離災」的防災教育與防災地圖之整備，來確保「小震不壞、中震可修、大震不倒」的基本目標。在災後，基礎建設可正常使用，產業供應鏈能夠確保，以及經濟建設持續發展，亦即國家有快速且強盛的復原能力－「國土強韌化」。

## 結語

欣逢中工會成立110年周年之際，我以資深工程師的身份，將40多年來參與公共工程建設的工作經驗與心得，以及勘災、重建的領悟與感想，作以上簡單的介紹。若能勾起先進同好往日的回憶，或是對年輕工程師有所啟發，那將是很榮幸的事。基礎建設是國家發展不可或缺的基石，而工程師乃是基礎建設默默的耕耘者。身處高風險天災環境的臺灣，「讓我們的社會，有安全的基礎建設；讓我們的人民，有安心的居家環境」，是我們工程師努力的目標。◆





# 承先 啟後





---

緬懷過往榮景，中工會歷經民初創會及整合期、四〇年代在臺復會後逐漸茁壯、六〇年代配合十大建設等重大國家政策擴大發展、八〇年代及九〇年代的產業轉型，乃至跨越世紀長河之後，迎來更多元、更開放、更永續及包容的跨域合作。

今年，本刊有幸邀請中國土木水利工程學會、台灣化學工程學會、中國造船暨輪機工程師學會、中國鑛冶工程學會、中華鋪面工程學會、台灣氣膠研究學會等14個專門工程學會，共襄盛舉，為臺灣的下一個世代提供願景擘劃。

# 土木水利 下一世代的願景工程

文——宋裕祺 社團法人中國土木水利工程學會／理事長  
國立臺北科技大學工程學院／院長

## 恭賀中國工程師學會創會110年！

中國工程師學會歷經百餘年，因應時代變遷，工程範疇已由傳統的土機電化逐漸擴展到各項多元新興專業領域。目前與中國工程師學會簽署合作協議之專業學會已達26個之多，顯示學會的廣度與深度能夠順應時代潮流而茁壯成長。各領域的工程師先進前輩們，過往在各自崗位上，為推動國家建設扮演舉足輕重的角色，帶動國家興盛與繁榮，功不可沒。鑑往知來，各領域工程師們如何在既有基礎上構思下一世代的願景工程，齊心達到承先啟後的目標，意義格外重大。

## 土木水利工程學會——全國最大專業組織

中國土木水利工程學會係於1973年合併土木工程及水利工程兩學會而成立，至今已有48年歷史。本學會設有推動會務及服務的20個委員會及17個專業技術委員會，以及中南東部各地區分會；現有186個團體會員，包括產、官、學、研各界；個人有效會員超過2,500位，均是土木水利工程領域的專業人士。本學會長期出版規範、專書、發行「土木水利」會刊、土木水利工程學刊；每年由本學會頒發土木水利相關榮譽獎項，表揚優良工程、工程師、學術論文獎、學生獎學金等；每年舉辦活動包括研討會、研習課程、工地觀摩及土木文化資產認證等。近年更舉辦各類競賽，有工程美化獎、工程數位創新獎，以及學生的BIM競賽、工程創意競賽、學生及年輕工程師的英語簡報比賽等。活動多元且活潑，深受會員及各界肯定及讚許。同時，本學會長期活絡於國際工程師組織，是成立20餘年的亞洲土木工程聯盟（ACECC）五個創始會員國之一。



## 宋裕祺

**現職** | 國立臺北科技大學土木工程系特聘教授  
中國土木水利工程學會理事長  
國立臺北科技大學工程學院院長  
行政院公共工程委員會委員

**學歷** | 國立臺灣大學土木工程學研究所博士

**榮譽** | 美國 ASCE 「T. Y. Lin Award, 2019 論文獎」

中國工程師學會107年度傑出工程教授獎

中國土木水利工程學會「107年度論文獎」

中華民國結構工程學會「105、106、107年度結構工程論著獎」

中華民國大地工程學會「2016年優良論文獎」

中國工程師學會「104、106 工程論文獎」

台北國際發明暨技術交易展「2015鉑金獎」

中國工程師學會「103 詹天佑論文獎」

中國工程師學會 86年度優秀青年工程師獎

（台、美、日、韓、菲），致力將臺灣優良土木水利工程推向亞洲，臺灣工程師與工程屢屢獲得大獎，名揚國際。本學會並與國際12個土木相關團體簽定MOU，與大陸地區茅以升基金會、山東、江蘇等省屬水利局、地震局等均有密切互動。

## 結合國內外最新科技 提升我國工程技術

國內土木、建築工程相關的設計與施工規範，長久以來均由本學會主導編撰，如鋼筋混凝土工程設計與施工規範自1963（民國54年）開始研擬，至今已超過半個世紀，每次修訂均參考國外新規範及技術，並同時納入我國本土性的研發成果。歷次修訂版本均獲內政部建築技術審議通過，訂定為國家規範。學會亦在全國各區舉辦新規範研討會或說明會，除向各界推廣，更有助於落實應用。

為協助政府推動相關產業政策，學會也戮力於新觀念、新技術的推展，諸如：開辦老舊建築耐震能力之初評與詳評講習系列，為業界講解政策、專業理論及電腦實作課程，並輔以雲端數據收集資料，以掌握全省老舊建築物之耐震補強狀況，提供政府施政參考。

## 接受政府委託或自發性研究 發表專業意見及提出政策建議

土木水利工程學會對於推動與社會民生福祉相關的議題，一向不遺餘力。2020年南方澳大橋落橋事件發生後，本學會承接公路總局緊急委託，協助分析落橋事件。針對事件始末，進行專業分析，內容客觀且具體，在第一時間內提供正確的資訊給政府作為決策參考。

為改善工程採購的諸多沉痾，營造更佳的工程環境，本學會自發性於2020年3月開始與業界共同研議「公共工程技術服務費用編列建議

案」，歷經11個月、15次會議後，於2021年1月29日提送行政院公共工程委員會完整建議書，共提出針對我國技術服務費率改善之七大建議，作為政府採購法未來修訂的建議。值得一提的是，2020年5月15日向公共工程委員會簡報後，前2項建議旋獲得同意並即於2020年6月12日頒布修訂相關法令。

綜上說明，本學會秉持專業責任，以客觀、公正、公開的立場，為產官學研搭建溝通平台，適時向政府提出專業建議，為增進社會民生福祉而努力。

## 土木水利 下一個世代的願景工程在哪裡？

土木水利為民生工程，有如火車頭工業，具有引領帶頭與穩定各產業所需基礎工程之功能，對於提升社會福祉攸關重要。無論是高速鐵路、捷運、跨海大橋等基礎建設，或是離岸風力機支撐結構的規劃設計、海上施工與運轉維護等先進課題，抑或2021年旱象造成工業缺水等困境，均需要土木水利工程的投入。面臨工程環境愈趨嚴厲、工程新知日益暴增、技術門檻逐漸提升等諸多挑戰，下一個世代的土木水利願景工程需涵蓋那些範疇，實值吾人深思。

## 願景一：高 以全生命週期的角度綜看全局

下一世代土木水利工程必須以全生命週期作整體考量，從規劃、設計、施工、營運、維修，乃至最後的循環再利用，均須納入考量，以符合人類永續發展的目標。

## 願景二：深 以技術為本向下紮根

技術是工程最根本的一環。各種專業知識不斷創新，尤其在新興領域，無論是硬性的材





▲ 土木水利工程學會理事們齊心建構優質工程環境，大家都說讚！

料、設備與技術，或是軟性的分析與管理，在基本概念或應用層面的革新，均是一日千里，且世代間隔時間愈來愈短，這些新技術如何成為可運用的工具，需要大家的集思廣益。土木工程師應勇於接受創新思維，活用新興科技，且不斷地鑽研精進。在人力物力均趨匱乏的現實下，以技術為本向下深根，才是最佳因應與提升效率之道。

### 願景三：廣 整合各種領域、多與外界溝通

下一世代土木水利工程亦是整合的新世代，除技術本位，工程師應瞭解牽涉工程的其他因素，包括政治、經濟、自然環境，甚至民意走向等。此外，財務操作、法律議題，甚至國際合約訂定等，稍有不慎，均是影響工程成敗的隱性殺手，不容忽視。工程師不但要在技術上精益求精，還要聯合其他領域，加強其他面向的整合與溝通，方能盡其功。

在三大願景的驅策下，土木水利學會近年

努力不懈，除促進產官學研合作，更積極搭建各界的溝通平台，藉整合及經驗交流，將新概念、新知識、新技術落實應用，將近兩年的實際行動列舉如下。

#### 實際行動一：深耕技術、結合眾業、永續循環

學界最新研究、產業成果發表，以出專書、學刊、辦講習會、研討會方式向各界推廣，如2020至2021年間舉辦的「斜張橋—結構分析、設計、施工與維護技術研討會」、巡迴北中南共四場的「混凝土結構設計規範研討會」等。利用研討會推廣新知技術，結合學者專家與各從業人員交流，才能落實工程永續發展。

#### 實際行動二：多元管道、擴大觸角、發揮影響

除了舉辦研討會、出版好書，土木水利學會還設有官方網站、專屬YouTube影音頻道（已拍攝臺灣公共建設影音檔案58部）、Line社群，FB粉絲專頁，並常結合電子媒體，做不同管道行銷。現在「土木水利」會刊、研討會精彩演講、講座錄影已逐步在各平台公開。多元化建



▲ 110年1月30日疫情下舉辦混凝土規範研討會現場盛況



歡迎訂閱土木水利工程學會YouTube頻道及加入Line好友。

立專業人士與社會大眾的溝通平台，讓土木水利的觸角及影響力能更多更廣。

### 實際行動三：引領國際舞台、勇於為台灣發聲

繼2019年代表臺灣於三年舉辦一次的「亞洲土木工程大會」CECAR8奪得大獎榮譽後，本學會於2021年3月在臺北舉辦亞洲土木工程聯盟的第40屆執行委員會，同時舉辦三場國際論壇，計有14個國家組織，將近50位代表參加。論壇中邀請國內外專家學者，針對亞洲各國基礎建設、工程局勢，以實體及視訊方式發表演講及討論。本學會代表臺灣發聲，聯合其他成員國交流，在亞洲土木聯盟中備受尊重，對於促進亞洲繁榮及國際合作上貢獻良多。

最後一提，本人率領研究團隊，有幸於2019年以「新型仿生積木式預鑄橋墩系統」為主題，獲得ASCE T.Y. Lin Award論文獎。該獎項自1969年設立半世紀以來，第一次由華人研究團隊獲獎，可算是我國在設計創新研發的國際大獎，能為臺灣爭光，吾等深感榮耀！



▲《土木水利》會刊



▲《中國土木水利工程學刊》

### 結語

感謝中國工程師學會及各專門學會長久以來的合作。工程師們能克盡其職，不同領域相結合絕不可少；工程環境健全發展，更要靠大家齊心努力。在今天盛大的日子，除了表達恭賀中工會外，也請各界繼續給予本學會批評與指教。讓我們攜手共進，為開創整個工程領域的新世代一起努力。💡



# 下一世代的化工願景

文——潘文炎 台灣化學工程學會／理事長、中技社／董事長  
 陳信文 國立清華大學 化學工程學系／講座教授兼副校長  
 黃炳照 國立臺灣科技大學 化學工程系／講座教授  
 胡育誠 國立清華大學 化學工程學系／講座教授  
 劉英麟 國立清華大學 化學工程學系／教授兼系主任  
 曹恆光 國立中央大學 化學工程與材料工程學系／講座教授  
 李奕霏 國立臺灣大學 化學工程學系／助理教授  
 鄭東文 淡江大學 化學工程與材料工程學系／教授、台灣化學工程學會／秘書長



## 潘文炎

**現職** | 財團法人中技社董事長  
 台灣化學工程學會理事長  
 上市公司中鼎、聯成、裕民、中石化董事

**學歷** | 美國懷俄明大學 化工碩士、博士  
 國立臺灣師範大學化學系畢業

**經歷** | 美國孟山都化學公司高級研究工程師  
 台灣中油公司組長、處長、副總經理  
 台灣中油公司總經理、董事長  
 國光電力公司董事長  
 昱晶能源公司董事長

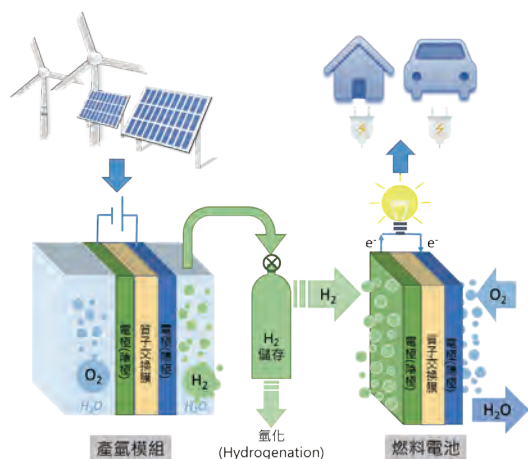
**榮譽** | 台灣化學工程學會化工獎章  
 台灣師範大學傑出校友傑出貢獻獎  
 亞洲管理學院傑出校友  
 中國石油學會石油事業貢獻獎  
 中華民國企業經理人協會卓越成就獎  
 2019亞洲化學聯盟傑出經濟貢獻獎

中國工程師學會創會110年，受邀撰寫下一世代的願景工程。「化工」一詞通常包含化學工業與化學工藝。化學工業是使用化學來生產的工業，化學工藝是化學生產的工程技術。化學工業是相當古老的工業。1913年合成氨化學肥料開始生產，是現代化學工業的開始。化學工程做為大學學習的專業，發展於19世紀末。麻省理工學院的路易士·諾頓於1888年開講授「化學工程」課程。美國化學工程學會於1908年成立。21世紀開始，化工也正式進入到了下一世代。下一世代的化工，在應用端的重點應是包含了能源與生技的應用，在材料端應是包含了有機材料與循環材料的發展，而人工智慧的發展則將同時對化學工業與化學工藝產生重大的影響。

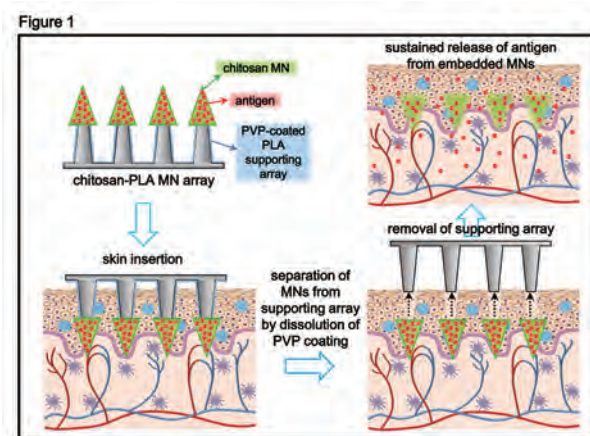
## 能源的化工願景

人類自1760年工業革命以來，生產與製造方式歷經幾次的轉變，出現了以機器取代人力、獸力，近代更以大規模的全自動化智慧生產取代手工或傳統機械生產，引發了現代的科技革命。在這產業革命的過程中，對能源的需求導致煤炭石油的使用日益增加，惟因化石燃料的大量使用，造成環境污染與氣候變遷，為了減緩對自然資源的消耗及其對環境的衝擊，以及改善能源使用的便利性及效率，人類經歷了幾次能源轉型，由燃煤到燃油，到近來的天然氣，更逐漸增加水力、太陽能、風能等再生能源的比重，綠色能源已是一項科技革命。另外，在運輸載具的能源，亦由煤到油，再到電，以電為主體的電動載具產業，雖尚





▲ 再生能源應用之研發(化工第65卷第3期)



▲ 生醫材料應用之研發(化工第62卷第1期)

在起始階段，其將是另一人類重大科技革命。

目前主要的能源供應還是來自化石燃料，能源的使用還是一定程度會對地球的環境與氣候造成衝擊，因此2015年聯合國全球永續高峰會及第21屆巴黎氣候峰會，分別訂定了永續發展目標與巴黎協定，其除對地球環境永續發展之意義非凡外，對全球企業經營策略與布局亦有重大深遠的影響。目前已有許多先進國家及國際大企業承諾在2050年達到淨零碳排放(NZE 2050)。另外，RE100是由氣候組織與碳揭露計畫共同成立的企業及非營利機構自願性協同組織，加入的成員必須公開承諾在全球達成100%使用再生能源的目標及時程，企業加入RE100後，除可以從使用者的觀點協助推動再生能源系統的發展，也可取得再生能源的管道。目前蘋果(Apple)、亞馬遜(Amazon)、微軟(Microsoft)、臉書(Facebook)等科技巨擘均已加入，臺灣在國際科技巨擘的供應鏈上，宜盡早進行佈局與準備。臺灣目前已加入RE100包含台積電、大江生醫、科毅研究開發、歐萊德、葡萄王等公司，目前購買綠電已成為新顯學。臺灣化工界應積極深入探討減碳與電動化之挑戰與機會，善用臺灣科技的強項，進行原料、製程、產品與服務等之研發與應用，提前佈局綠色及電動化經濟，以落實企業與地球的永續發展願景。

## 生技的化工願景

生物化學工程領域在化工的歷史可追溯到1950年代以微生物發酵技術生產味精。早年生化工程研究主要是以發酵槽製程開發與微生物菌種改良為主軸，並且側重酵素的開發與應用，目前仍是國內眾多學者的研究主軸。1980年代以後，生醫材料的研究日漸受到重視，可以應用在藥物或基因控制釋放、基因治療以及組織再生等新興醫學領域，例如以不同材料開發三維多孔性的支架，建構出適合細胞生存的環境空間，並種入基因改造後細胞，以在植入體內後刺激組織或器官的再生。由於生醫材料領域與化工材料研究具高度相關性，也因此成為國內化工學界在生醫領域的研究主流。

1990年開始為基因研究風起雲湧的年代，許多影響人類生理功能與疾病的基因陸續被發現，因此基因工程、細胞代謝工程成為新的研究顯學。細胞內有無數的生物化學反應構成複雜的代謝網路，並控制細胞及生物體的各項功能，這些生化反應與化工的反應工程本質上相近，也因此吸引許多國內外化工學者投入此方面研究。最具代表性人物便是現任中研院廖俊智院長，他大學與博士均是受化工訓練，在美國洛杉磯加大化工系任教時因為進行微生物代謝工程並應用於生質燃料與生質化學品生產的傑出研究獲選中研院院士。這些新興領域的快速

進展，不僅促使美國許多名校化工系改名為化學與生物工程系(或類似系名)，也讓生化與生醫工程在科技部化工學門內成為申請計畫案件最多的次領域。

## 有機材料的化工願景

有機材料不僅普見於日常生活之中，也一向為科技進展與應用進步的重要支柱之一。歷經近百年的發展，人造有機材料的重要性更日益趨重，不斷地發展與創新，應用範疇也不斷擴大。從有機材料來看化工的願景，大抵可以從兩方面來看，其一為綠色與永續，另一則為科技進展之所需。

**一、綠色與永續：**有機高分子材料難以自然分解的特性，使其有廢棄物處理的課題，因此，在綠色化學與永續環保的願景下，除了持續在回收再利用方面有所進展外，使用來自自然的永續循環原料和開發具有自然分解特性的材料，成為實現此一願景的重要途徑。另外，關於熱固性樹脂，除了利用分子設計賦予其可回收使用的特性外，在應用領域上使用熱塑性材料來替代熱固性材料(例如使用高性能工程塑膠取代熱固性樹脂製作碳纖維複合材料等)，也是此問題可能的解決之道。

**二、科技進展之所需：**因應產品的進步，需要所使用的原料具有更高的性質/性能以及特殊的功能，這些需求成為驅動有機材料向前進展的願景之一。舉例來說，用於製作機能衣物的人造纖維布料，就被賦予防水透氣特性；因應高頻高速通訊(5G通訊)生活的到來，應用於介電層的有機材料就需要更低的介電損失特性等。而智慧材料的進步，也是實現人類未來生活的重要關鍵之一。這些需求，將持續推動有機材料新的發明與進展。

## 循環材料的化工願景

由於化學工業與化學工程的發展，提供大眾使用實惠且便利的各類產品，但舒適安逸的物質環境卻需使用大量的自然資源。伴隨著化學工業的環境汙染日益嚴重，社會大眾的環境意識高漲，也逐漸感受到地球資源的有限。有鑑於此，近年來國際社會積極提倡「循環經濟(Circular Economy)」，其目標是建立一個資源可再使用，甚至可循環再生的經濟體系，目前已提出5R的原則(再設計、減量化、再利用、資源回收、與再修復)。在整個資源的循環過程中，不只是將廢棄材料回收再利用，也希望從源頭改善設計，朝向零廢棄的目標邁進。顯然地，化學工程在循環經濟與綠色製程扮演著不可或缺的角色。化工人應積極思考如何回收再利用廢棄資源、設計循環材料、和發展綠色製程，以減少有害物質的使用、提高資源的使用效率、和避免污染的產生。針對循環經濟的建立，下一世代的化學工程可發展的技術眾多，舉例如下：

一、塑膠產品已是人類生活中不可缺少的物品，但由於其多種類、便利性、與耐用性等優點，也造成許多環境問題如不易分類、大量充斥、和不易分解等。化工技術可透過不同的分選機制如密度、光學、和靜電等性質，使材質複雜的廢塑料可以有效地分類回收，進而提高其再利用的可能性。

二、印刷電路基板材料主要為環氧樹脂，為達耐燃標準，目前多加入鹵素耐燃劑。由於後續回收處理相當不易，所以企業也開始尋找可取代的有機耐燃劑(如磷系或氮系化合物)或無機耐燃劑(如氫氧化金屬或氧化金屬化合物等)。

三、現有塑膠製品多以石油為單體來源，但透過研發生物可分解的高分子，利用可再生生物原料或廢棄物(如澱粉基高分子、聚乳酸、或聚





▲ 循環經濟的5R原則

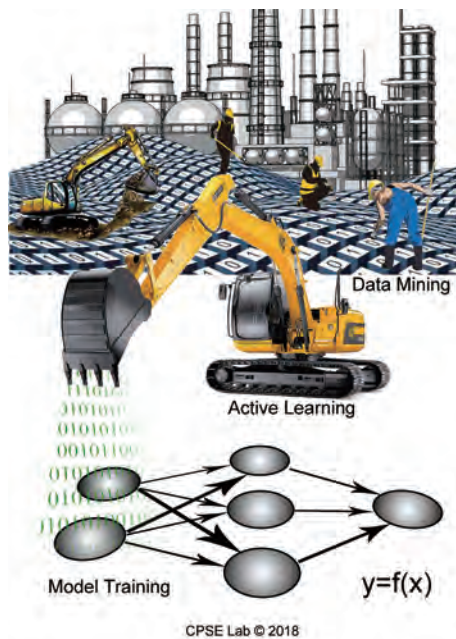
經基脂肪酸酯等）取代現有塑膠，除減緩石油耗盡的壓力，亦可加速塑膠在環境中自然分解的速率而減少污染。

四、臺灣缺乏天然金屬礦產，但可從大量的電子廢棄物中進行城市採礦，例如電路板業者進行廠內循環回收銅污泥。雖有多種回收方法且各有其優缺點，但仍需透過化學工程在製程中結合各種技術，使其發揮最大效益。

過去的經濟體系多呈現「開採、製造、消費、和廢棄」的線性流程，但未來可透過各種化學工程的技術和手段，發展一個永續回饋的體系，使得所有物質都可能被合理且持續的循環利用，對於環境的衝擊降低到最少，這是下個世代對於循環材料的化工願景。

## 人工智慧的化工願景局

早期人工智慧(AI)在化工上的應用可追溯到1980年代的專家系統，藉由蒐集大量的專業知識，以經驗法則使得電腦具備像專家一樣解決特定問題的能力。然而，開發可靠的專家系統通常需要大量的時間和成本，因此雖然在特定的領域取得成功，其高昂的開發成本使得專家系統難以被廣泛的應用。1990年代的神經網絡帶來了另一波AI的浪潮。由於神經網絡可以自動的從大量數據中獲取知識，因此簡化了模型的維護和開發成本，為AI的廣泛應用奠定了重要的基礎。



▲ 化工程序智慧化之研發 (化工第65卷第2期)

近年來由於電腦軟硬體的進步，深度學習、卷積神經網絡和強化學習等技術逐漸成熟，AI在語音辨識、影像辨識、自然語言處理和機器人等技術上取得了令人矚目的成功。而化工業近年來也不乏AI應用的案例，例如程序的操作和診斷。此外，材料設計也為AI提供了寬廣的舞台，例如在觸媒、奈米結構、藥物、合金和高分子材料等領域，AI模型可以預測材料的特性，進而幫助人們設計具有特定性質的材料。然而，化工並不是像語音、影像辨識這樣真正的「大數據」領域。在某些化工的應用上，產生龐大的數據非常困難，因此純粹仰賴數據驅動的AI模型未必可行。幸運的是，化工現象背後總是受到物理、化學及生物學的基本定律支配，因此如何結合數據與科學定律建立混合且可靠的AI系統，仍是許多人研究的重要課題。

## 結語

現代化工的發展迄今百餘年，與中工會年紀相仿。「周雖舊邦、其命維新」。21世紀的化工將繼續貢獻為民生的重大基礎，也將會是一個應用人工智慧，重視循環經濟，在能源、生技與有機材料領域為最重要的關鍵工業與關鍵知識。



# 船舶新旭日 下一世代的造船工程

文——陳建宏 中國造船暨輪機工程師學會／理事長



## 陳建宏

**現職** | 中國造船暨輪機工程師學會理事長

**學歷** | 美國賓州州立大學航空工程學系博士

**經歷** | 國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系教授

國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系副教授

國立臺灣海洋大學教務長

國立臺灣海洋大學工學院院長

國家海洋研究院副院長

**榮譽** | 中國造船暨輪機工程師學會108年度「工程獎章」

國立臺灣海洋大學96年度「傑出教學教師」

中國造船暨輪機工程師學會82年度「優秀青年工程師」

中國造船暨輪機工程師學會、國際研討會多次「優良論文獎」



▲ 船舶是人類進入廣袤海洋不可或缺的載具

造船工程是極其古老的學門，若從古埃及時代的蒲草帆船算起，造船工程已有6000年以上的歷史，要是再往前追溯至獨木舟的年代，那就更悠遠了，至少35,000年以上。船舶科技的發展可說與人類的文明常相左右，特別是工商業空前發達、海洋科技日新月異的今天，人類對船舶的倚賴更勝以往的任何時代，船舶產業在全球經濟發展中扮演關鍵性的角色，其載運量達商品運輸總噸位的90%。

數千年來，船舶科技的發展有極其輝煌的一頁，諸如風帆的使用、縱帆的發明、艏舵的發明、螺旋槳的發明、蒸汽機的運用、船舶線型的改良、船體結構的精進等，令人刮目相看。然而，隨著產業發展與文明需求的演繹，船舶的種類也日趨多元，像是二十世紀發展出來的貨櫃輪、油輪、散裝貨輪、駛上駛下船，都在因應商品種類的需求下所孕育出來的新概念。另外，為因應新世紀離岸風電產業的需求，更多新穎的船舶不斷產生，像是海床鑽探調查船、自升式平台船、拋石船、電纜佈纜船等，都說明古老產業的與時俱進，老幹新枝，推陳出新，生生不息。

造船產業在創新與各種新科技的支撐下，進一步帶動產業與船舶工程有更徹底的翻轉，成為下一世代的典範。

## 綠色能源與船舶

自十九世紀中葉以來，船舶推進的方式有劇烈的改變，從以再生能源風力為動力的帆船，轉換為以燃燒煤炭為動力的蒸汽船舶，再轉換成今日以重油和船用柴油為動力主流的現代船舶，每年所消耗的油量高達 $140 \times 10^6$ 噸，溫室氣體排放量佔人為總量的3%，導致航運成為港口與沿海地帶的主要空氣污染源。根據IMO的估計，若不採取減碳措施，航運所帶來的排放量將在2050年增加50~250%之間。

因此，減碳將是下一代船舶不可迴避的關鍵議題之一，IMO設下的目標是在2050年時排碳量為2008年的一半，若想竟其功，目前看來需要整合

乾淨能源選項與再生能源相關的替代選項，如把化石燃油轉換為生質柴油、氫燃料等；同時也必須升級陸上基礎建設，推進船舶推進電氣化，改善操船效能以降低燃料使用等。

目前各種替代能源選項都在伯仲之間，並無所謂的最佳方案，且價格尚不具競爭優勢，但隨著技術的改善、使用量的增加，中長期來看，競爭力將持續增強。未來船舶設計與港埠建設顯然會有一波調整，逐步適應新能源的使用系統。

至於綠色船舶，綠色能源只是其中一環，其他尚有諸多面向，像是無壓載船舶、先進螺槳與舵系統、船殼板塗料、脫硫系統、廢熱回收系統、廢氣再循環系統、複合夾心板等應用。整體而言，從零碳排放到無負面效應，綠色與永續將是下一代船舶的表徵。

▼船舶已是人類文化不可或缺的一環，將與時俱進，生生不息。





## 電動推進

延續上面的綠色船舶議題，電動推進船舶的興起也是減碳管理的綠色方案之一。電動船的概念早在十九世紀就已經出現，第一艘柴電船於1903年問世，而第一艘電動推進軍艦則於1912年開始服役，第一艘全電力推進油輪也已於2015年下水，成為電動推進系統的歷史性里程碑。

電動船之所以可行，乃是受惠於許多科技的發展。像是二次電子革命，進展神速的固態半導體科技開始應用於功率半導體元件。另外，電磁機械材料（像是永久磁鐵與高溫超導體等）的進展，讓功率密度與效率有大幅提升的機會；而電力直接轉換科技（像是燃料電池）的問世，帶來高效率、低排碳、低噪音電源的可能性。

不過電動船的電力系統須與推進器進行整合，對船舶設計而言，前頭仍有一些挑戰，像是推進系統架構與電力系統選擇的優化，仍有待進一步研發的關鍵性議題，以滿足日趨嚴格的永續發展需求和能源效率標準，同時創造出合理的成本結構等。

## 自主航行的智慧船舶

2018年，國際海事組織把自主船舶區分為四個等級：

**等級一：**配有自動化流程和決策輔助的船舶—船員在船上操作和控制船載系統和相關功能，其中有些操作可能是自動化的，但船上的船員隨時可接管控制權。

**等級二：**配有船員的遠端操作船舶—異地遠端操作船舶的作業與航行，但船上的船員可接管相關作業。

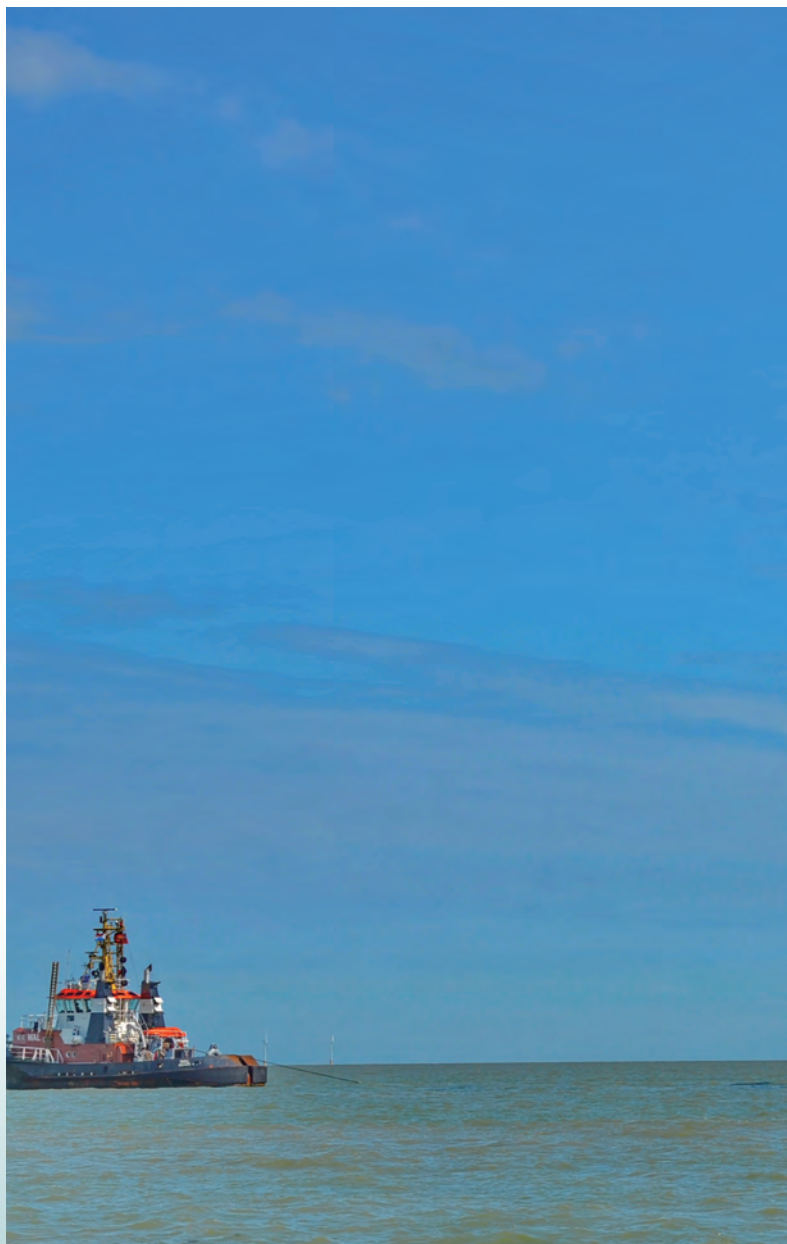
**等級三：**無船員配置的遠端操作船舶—異地遠端操作船舶的作業與航行，船上無船員。

**等級四：**全自主船舶—船舶作業系統能進行自

主決策，並決定所要採取的行動。

等級三與四是最終的理想目標，其中所涵蓋的面向極其龐雜，包括作業研究、安全議題（船舶避碰、資安等）、航行操控（單船與多船操控）、船舶設計、經濟分析、環境衝擊、法規、航運與後勤的船隊整合等。根據統計，人為疏失與錯誤是重大海事事故最常見的因素之一，自主船舶的發展是為因應這些人為因

▼ 造船產業隨時代造出合乎人類文明發展的各式船舶





素，以提升海上航行安全。如今AI技術不斷在突破，且自駕車技術的發展也帶來許多創新性的工程科技，相信自主船舶的航運理想將會逐步實現。

## 大數據、人工智慧、數位對映與機器學習在船舶領域的應用

大數據、人工智慧與機器學習是當今顯學，

被譽為最具戰略性的技術，可說是無孔不入，顛覆傳統思維，帶來新層面的突破，成為各行各業與各種技術的重要支撐。在此趨勢下，極為古老、傳統的造船產業也必須找出一條可行之路，以適應新時代的數位科技。

然而面對這波數位革命，船舶產業在嘗到甜美果實之前，仍有許多路要走，也有許多挑戰待克服。造船產業與一般的製造業有相當程度的不



同，船舶建造的流程複雜，客製化程度高，相對勞力密集，船舶生命週期長，船廠通常不善收集各種資料，同時也不一定都能跟上最新的科技發展，以致生產效率的提升可能比其他製造業來得緩慢，為變革帶來阻礙，也造成破壞性創新的思維比較不容易進入這個產業。

無論如何，這些新科技將為造船產業帶來船舶生產系統縱向的整合（如系統連通性、物聯網、機器人協作等）、價值網絡橫向的整合（如網路安全、多角化、船舶建造可追蹤性等）、以及生命週期的再造（無人載具後勤支

援、3D列印、虛擬實境與擴增實境、遙感探測網絡、機器人技術等）。

## 船舶結構與先進材料之應用

在人類歷史上，有一段非常長的時期，船舶主要是由木材建造而成，直到工業革命來臨之後，鋼鐵方取而代之，成為船舶建造的主流材料，但經過一、兩百年的極致使用後，可能很快就會被新的材料所取代，新材料將可以改善鋼鐵的性能，同時又可以降低燃料使用成本、維護成本以及環境衝擊。

▼從工業革命之後，鋼鐵成為船舶的主要材料，但下一世代的船舶將會改寫歷史，使用超輕、超強韌、超抗腐蝕的材料。





隨著材料科技的日新月異，許多超輕、超強韌、超抗腐蝕的材料不斷推陳出新，複合材料將成為新的標準材料，強度與功能兼具，更可以埋入電子元件、感測器、熱交換器、光伏模組等。另外，這些迥異於鋼鐵的材料將可增加船體構型的自由度，因此也將引發新船型設計的出現，一個現在可能難以想像的船舶新世界於焉出現。

遙望下一世代，造船工程的發展不僅將追隨著文明的腳步，更將結合周邊的新科技，船舶將朝安全、智慧、綠色的方向邁進，不僅繼

續服務人類文明發展之所需，同時也塑造永續的新文明發展。在造船工程師的養成上，除了原有的基礎工程科學涵養之外，更開闊的背景知識顯然是必要的。事實上，造船工程是一個整合性的產業，除自身的創新之外，擷取各領域最新的發展成果，融為最有創造性的船舶工程設計，乃是造船工程師一直以來的使命與驕傲。◆

▼造船工程是極其古老的學門





# 從機械的角度 看下一世代的願景工程

文——李偉賢 中國機械工程學會／理事長  
國立聯合大學／校長



## 李偉賢

現職 | 中國機械工程學會理事長  
國立聯合大學校長

學歷 | 法國國立南特大學高等機械工程學院博士

經歷 | 國立成功大學系主任主任秘書  
工學院院長

榮譽 | 中國機械工程學會「機械工程獎章」  
中國機械工程學會會士  
中國工程師學會「傑出工程教授」獎  
行政院國科會甲等研究獎



科技的發展與時俱進，然而「科技始終來自於人性」，科技的發展必定是從人的需求出發，工程師的任務就是依據這些需求找出問題的所在，並從眾多的不可能中創造可能。從過去的經驗中可看出，許多曾經的科幻或幻想，透過各種科技的進步而逐漸成為了現實。例如飛機、自駕車等功能的實現，不勝枚舉。因此，工程師的角色除了務實的思考需求與解決方案以外，更需要保留一些浪漫的幻想，替未來建立一個憧憬，縱然短期內會有不切實際的空中閣樓之感，但長遠來看卻能替研發工作樹立一個燈塔，或許在不可知的未來能看到這些憧憬的實現。

機械工程一向被視為工業之母，在於不論新興科技如何發展，都需要機械這個基礎工程的支持，才能有一個發揮的舞台，並得到具體功能的實現。近年來隨著電子與資訊技術的快速發展，對其他專業領域的工程也產生了強大的衝擊與本質上的變化。機械工程同樣的不能置身事外，在



面臨當前多變的全球局勢與多元的技術發展需求下，必須以更開放的角度對待跨領域技術的衝擊，探索傳統機械工程在導入新思維下所迸發出的各種可能，以謀求下一世代機械工程的出路。

美國的機械工程學會(ASME)在2008年時舉辦了一個全球性的高峰論壇，邀請了眾多產官學界機械領域的專家，針對當時機械工程的未來20年願景作了分析與預估。雖然此峰會已有一段歷史，但大方向的目標並不會輕易的改變，且經過十數年的歷程後，正好可以針對他們當時的結果進行回顧以及思考未來的調整方向。該峰會的主要結論指出，機械工程發展關鍵新技術的首要目標，是解決全球性持續存在的能源、環境保護、食物與居住環境、水資源、交通、安全以及民眾健康等嚴重議題。本質上來說，便是強調必須針對改善人類生活中的各項基本需求，尋求工程技術的創新。而在此資訊高速擴散與物流便捷的時代，這些工程創新更必須考慮在地化的區域連結，以及全球化的聯盟合作。對於參與其中的機械工程相關研發人

員或工程師，更必須培養能明確釐清各問題本質的能力，以及能享受在尋求解決方案過程中，由創新所產生的成就感。

總結來說，上述這一切可以視為身為機械工程人員對創建一個更乾淨、更健康、更安全、以及更能永續生存的世界所訂定的目標。這些目標或許永遠無法得到完美的解決，但朝著這些目標尋求改善就已經是正當且應進行的工作。經過13年來審視這些議題，可以發現這段時間以來，雖然各自的立場與角度不同，但世界各國的研究與產業發展重點，確實圍繞著這些主題進行並推動，在許多應用層面也的確看到了明顯的成果。例如全球性的替代能源開發，電動車的快速發展與推廣，目的就是透過新能源的使用規劃，來改善環境污染的問題。而人工智慧AI、大數據分析、5G通訊等，也大量用於自駕車、駕駛輔助系統等車輛交通安全議題的改善。另外，金融、企業與行政管理等，也同樣受到資訊與AI技術發展的影響而產生了大幅的變化。機械產業與製造業同樣的受惠於這些新技術，能達到更高程度的人機協





同，讓更多的傳統人力工作能由機器來進行，除了降低人員的工作負擔與職業傷害以外，更能協助產業提升品質與競爭力。這些可看到的成果都符合先前所訂定的願景，且看到了明顯的效益。近年來由於全球性的疫情蔓延，以及各種貿易競爭與限制，對於上述目標的改善更產生了前所未有的困難與挑戰。但如同愛因斯坦所說，在每一個危機中存在著大好的機會，這些重大的衝擊也正刺激著機械專業人員更積極的投入相關議題的探索，再次的從不可能中創造可能。

機械工程學會忝為國內最大的機械領域學術團體，在推動學術交流、產業與學術界之合作、以及整合多方資源上，一直都扮演著最有力的推手與關鍵的整合角色。針對上述願景與相關的工程變革，認為關鍵問題的





明確定義、與優秀的專業人才培養應是首要的任務。機械工程學會近年來積極推動學術界與產業界的串聯，透過會議、論壇、以及參訪等活動，讓學術界能更深入的看到並釐清產業界所面臨的問題，並協助推動產學合作來改善。在為產業謀才、降低學用落差的任務上，積極推動機械專業人才認證制度，除了得到經濟部iPAS證照制度的認證以外，也持續蒐集產業界的意見與支持，讓業界實際需要的基礎能力能在認證制度中有效的呈現，藉此導正學校的教育方針以及學生的求學目標。很明顯的，近年來無論是傳統大學或技職體系學校，除了傳統的課堂學理知識教育以外，都很重視統整性的專題實作，藉以驗證學生在校所學的基本機械知

識與觀念、以及動手實作的技能，這些都是為了讓學生能在畢業後就具備良好的基礎能力，讓產業界得到可用的即戰力。除此之外，機械工程學會亦積極尋求產業界支持以舉辦各種論文競賽，期望透過良性的競爭，讓眾多的研究生能更配合產業之需求來進行論文研究，並且讓創新的研究成果能有機會導入產業界的實務中，此工作多年來已得到良好的成果並將持續推動。綜合以上可知更強化的產學串聯，除了協助產業技術提升以外，亦更能在學校教育以及專業人才培育上得到具體的成效。謹以上述簡介說明機械工程學會對未來下一世代的工程願景之看法、以及學會對自身的期許與規劃。◆

# 以材料科技創新 來推動產業發展

文——黃肇瑞 中國材料科學學會／理事長  
汪建民 中國材料科學學會／監事



## 黃肇瑞

**現職** | 中國材料科學學會第三十七屆理事長

國立成功大學材料系講座教授

**學歷** | 美國猶他大學材料科學及工程博士

國立清華大學材料系學士

**經歷** | 國立高雄大學校長

科技部奈米國家型科技計畫辦公室運作計畫共同主持人

台灣國立成功大學微奈米科技研究中心教授兼主任

台灣鍍膜科技協會榮譽理事長

崑山科技大學教務處教授兼教務長兼教學卓越計畫辦公室執行長

**榮譽** | 中華民國科技部傑出領航獎

中國材料科學學會陸志鴻先生紀念獎

國家科學委員會傑出研究獎

中國工程師學會傑出工程教授獎

1978年行政院將「材料」、「資訊」、「能源」、「自動化」列為「重要科技」，是政府大力推動材料科技之始，也是國內著力發展材料產業之濫觴。1982年於工業技術研究院設立「工業材料研究所」（2006年再整合為材料與化工研究所），多年來和國家中山科學院「材料暨光電研究所」與「金屬工業研究發展中心」，全力推動材料科技之研發與技術擴散，成為國內金屬產業升級與轉型、新興電子元件（精密陶瓷/高分子材料）、光電半導體以及塑膠產業奠基的主要推手。

現代材料科學（Materials Science）是研究材料的結構、成分、製程、性能和能量之間交互關係的一門應用學科，而產品開發商業化過程尚涵括其企劃/設計、研究發展、測試與驗證、試量產、生產、銷售/服務及評估、停產等挑戰性步驟。探討材料性能則有物理特性（如強度/硬度、韌性/延展性、密度、熔點、導電性、導熱性、熱膨脹係數等）、化學特性（如抗腐蝕性、抗氧化性或防銹性、生化反應等）。新材料是一個相對的概念，是相對於那些已廣泛應用的傳統材料而言的。目前，世界上的材料有成千上萬種，基本上常將材料區分為結構材料及功能材料兩種，再根據物質內部微觀結構、化學組成和特性可將材料細分為金屬材料、陶瓷材料、有機高分子材料（或稱塑膠）、複合材料和電子材料五大類。

材料是工業之母，所有工業產品的製造與功能莫不依附在上游材料的本體上。材料科技創新包括素材創新、製程創新或整合應用創新，其影響可放大可持續，而落實創新的關鍵則在正確的政策、良好的策略規劃機制與主體素質的提昇。做為一個新型的發展中企業，科技創新已經是企業永續發展的動力和泉源，也是經濟發展、社會發展的大趨勢；進而可引領人類生活的改變，也代表著存在許多的產業發展機會。以



下謹就幾個材料科技創新的重要性與影響、以及未來展望，來詮釋其帶動國內產業發展之契機。

## 材料科技創新的重要性與影響

人類文明的演進，可以由材料的進步與創新窺出端倪。例如人類的歷史常區分成石器時代、陶器時代、青銅器時代、鐵器時代、單晶矽時代等，乃使用不同的材料代表人類生活與科技發展到了不同的階段。顯而易見，材料的進步帶給人類生活的便利和文明的進展。因此新材料是人類文明的里程碑，新材料的發現或發明，能為產品創新提供源源不絕的驅動力，是社會現代化的物質基礎與先導，也是引領產業發展的關鍵推手。

### 一、金屬材料科技創新

發明大王愛迪生（Thomas Alva Edison）在1879年的最大發現是使用鎢（熔點 $3422^{\circ}\text{C}$ ）代替碳作為燈絲；之後通用電器在1906年發明粉末冶金法製造了廉價耐用而細緻的鎢絲，使得白熾燈真正商品化，為全球照明系統揭開重要一頁，亦改寫了人類歷史。這是金屬素材創新與製程創新之經典例子。但是白熾燈的發光效率僅 $12\text{ lm/W}$ ，只有少量10%的能量會成為光；直到1985年左右日本諾貝爾獎得主赤崎勇、天野浩和中村修二發明了氮化鎵製作的藍色發光二極體（LED），實現了全彩化，全球遂於2010年起開始以高功率白光LED（ $h^3\ 100\text{ lm/W}$ ）燈來淘汰白熾燈泡。

英國科學家布雷利爾（Harry Brearley）在1913年將 $\geq 12\%$  鉻加入鋼鐵中發明了不鏽鋼，革命性地改變了冶金工業；他的不鏽鋼發明不僅應用在飛機的發動機製造上，如今也已成了隨處可見的生活必需品，從家家戶戶餐桌上的刀叉，再到醫院器材，組成了我們現代人的世界。如果將鋼質清淨度、線智能化、品質工程控制水準、高等級表面精度（Pinhole Free）、品性能五大基礎核心技术進一步提昇，就能製造出光學級精密模具、半導體/醫療用淨潔管材、厚度小於0.03毫米的軟質精密箔材等新穎不銹鋼產品，這些堪稱為鋼鐵

行業「皇冠上的明珠」。

高性能結構材料如特殊合金鋼、超合金、鈦合金、鋁基複合材料、介金屬化合物等，一直為精密機械、航太、國防等產業的基礎，必須掌握合金設計、製造設備、評價、應用等關鍵技術，突破高比強度、耐高溫、耐腐蝕、耐磨損等極致性能，以降低機械重量、提高性能，並延長其使用壽命。近年在傳統複合材料上又整合了其他功能，譬如：電性遮蔽/穿透、導熱隔熱、防磁及吸音透音等，形成多功能複合材料（Multi-functional Composites），預期會在各尖端領域有更多的應用，同時可帶來傳統複材產業高值化的轉型機會。

### 二、玻璃與陶瓷材料科技創新

日本京瓷（Kyocera）和美國康寧（Corning）兩家公司分別為全球首屈一指的精密陶瓷和玻璃陶瓷的創新領導廠家。前者提供200多種精密陶瓷，特別是高溫結構陶瓷，具有耐高溫、強度好、抗氧化、耐腐蝕和密度低等優點，包括氮化矽、碳化矽、增韌氧化鋁陶瓷和纖維增強無機複合陶瓷等，它們可以替代高溫合金用於火箭的製造、太空梭的外蒙皮、燃氣輪機及導彈的噴管等高精尖航天工業上；後者康寧的產品則從傳統的「LAS/MAS玻璃陶瓷」生活用品（如CorningWare），跨足到消費性電子、電信、運輸及生命科學等產業，諸如用於智慧型手機和平板電腦的抗磨損保護玻璃、用於先進顯示器/開發新藥和製藥用的精準玻璃、用於高速通訊網路/無線通訊的光纖，以及用於汽車、卡車和越野車輛的排放控制產品等。兩家公司持續投資於研發與「環境、社會和企業治理」（ESG）活動，以獨特方式結合材料科學和製程創新，並且密切與客戶合作，解決科技方面的棘手難題，驅動了無限應用可能。

高齡97歲於2019年才獲得諾貝爾化學獎的古迪納夫（John B. Goodenough）是美國固態物理學家，在1980年和1996年先後發現了正極新材



質鋰鈷氧化物 ( $\text{LiCoO}_2$ ) 和磷酸鋰鐵氧化物 ( $\text{LiFePO}_4$ )，使得鋰離子電池快速商品化並廣泛應用於各式行動裝置、筆記型電腦和電動車等領域，徹底改變了人類生活，為全球永續綠能社會帶來了莫大的利益。目前國際指標純電動車廠 Tesla 正結合其優化之智慧電池管理系統，戮力開發具有高容量、低成本和原料來源豐富等優點的高鎳三元鋰鎳鈷錳氧化物 ( $\text{LiNi}_{1-x-y}\text{Co}_x\text{Mn}_y\text{O}_2$ )，其能量密度目標  $300 \text{ Wh/kg}$ ，而預定產能目標至 2030 年高達  $3,000 \text{ GWh}$ ，以因應全球電動車時代的龐大電池需求，遵循萊特定律，成本的大幅下降是可預見的；也由此廉價鋰電池的革命，當會帶動風力發電等能源儲存之契機。惟在上游 EV 電池原物料供應鏈中，日本住友化學、東麗、昭和電工、三菱化學等公司仍擁有壓倒性的優勢，值得大家關注。

此外，1986 年發現了某些陶瓷材料在液態  $\text{N}_2$  溫度 ( $77\text{K}$ ) 以上即具有超導現象，這些材料稱為高溫超導體，以  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  為代表，臨界溫度  $87\text{K}$ ，臨界電流  $2 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$  at  $77\text{K}$ ；其他的高溫超導材料有  $\text{BiSrCaCuO}$  ( $110\text{K}$ )、 $\text{TlBaCaCuO}$  ( $125\text{K}$ )、 $\text{HgBaCaCuO}$  ( $133\text{K}$ ) 等。目前的研究目標是希望能找到常溫即有超導性質的材料，作為理想的輸電材料，對於磁流體發電機的製造，還有高能粒子加速器的研製以及受控熱核聚變反應裝置的建設等，是一種不可或缺的材料，而在未來量子科技上更廣泛的高效運算應用是被高度期待的。

### 三、高分子與碳纖複合材料科技創新

現今高分子科技之應用範圍涵蓋傳統的塑膠及合成樹脂產業至高科技之電子、光電、通訊、航太及分子生物科技產業等所需之原材料及元件，整體潮流往重視薄型化、耐溫輕量化以及環保可回收等方向發展。而近年來熱門的奈米科技與高溫工程材料亦可看到高分子扮演著關鍵角色，例如製備奈米元件所需之有機半導體/光阻劑、可大幅度提升產品機械性質之可熱塑循環材料（如

高端 PPS/PES/ PEEK）與碳纖複合材料、應用於高頻通訊 5G 之低介電損耗絕緣膠材與關鍵介面接著材料、可撓式混成電子、化學和生物感測器，以及可用於光開關用之微光學元件的奈米高分子材料等。因此高分子材料科技可說是新世代科技之領航者之一，在我國產業科技一直扮演著重要支柱角色。

通常一項創新材料的開發，從發現、配方調整，到應用產品、生產最佳化，平均需要耗費十八年的時間、約數千萬美元以上的成本與風險；但材料每一次的創新或更換，都會對原本的製造體系、設備與標準造成顛覆性的改變，帶動數十億美元的新市場商機。譬如 1985 年工研院材料所曾將前瞻的碳纖複材自行車技轉給巨大機械公司。巨大從開始投入研發、到率先量產捷安特碳纖自行車，歷經十五年（2000 年）才成為市場主流行銷全球，創下引以為傲的經濟產值。只是更高剛性的上游碳纖維（T800、T1100G）、SiC 纖維和智慧機能纖維在新世紀和未來發揮著越來越重要的角色，舉凡高端軍事、工業、汽車、飛機、生活等等都離不開它，其應用商機更是無可限量，可惜目前技術基本上被日本東麗、東邦、三菱麗陽所壟斷。

石油衍生物作為化學物質或高分子的原材料之用，占了全球能源消耗的 5%。藉材料創新以減少塑料廢棄物、淨零碳排實現永續成為高分子材料科學家責無旁貸的任務，如果能將原料換成生質材料就可降低對石油的依賴，同時也將減少碳排放。但直至今日有能力取代最主要化工原材料乙烯的生質材料並不多，而且以目前現有技術還看不到全面取代石化原料的方法，但至少是一個值得努力的方向。

### 四、半導體與新興材料科技創新

在量子力學的基礎上，科學家發展出了半導體科技，點起了電腦革命之火。半導體為所有電子材料中之重中之重，所謂第一代半導體材料矽、鍺等屬超高純度 11N 單晶，市占率約九成；第二

代半導體材料砷化鎵、磷化銦等；第三代半導體材料為氮化鎵、碳化矽等。但第二、三代不會取代第一代，而是依據不同的特性應用於其所專長之領域，市占率10%。一般半導體產業供應鏈可分為長晶/晶錠、晶圓加工、磊晶、電子封裝、IC設計、晶圓代工製造及周邊原物料供應等。其中晶圓製造即需要19種必須的高純度材料，缺一不可，且大多數材料具備極高的技術壁壘，日本材料行業如信越化學等在全球半導體市場就長期保持著絕對優勢。

半導體摩爾定律（Moore's Law）因物理極限逼近，晶圓製造面臨無法繼續微縮的窘境（小於3奈米），新型態的系統級電子封裝技術成為必要的解決之道。近年封裝產業積極投入扇外型封裝技術，藉由微細銅重佈線線路，把不同功能的晶片與被動元件串聯在一起，降低封裝的體積；或是像Intel透過新型垂直整合方式的3D IC，都是經由改變晶片在系統中組裝和互連的方式，同時兼顧成本以及性能，將異質晶片整合進化在單一封裝內。支撐這些先進封裝技術的，是更微細的線寬/線距製作、更穩定的材料形貌控制、精準的對位結合及快速正確的檢測方式。在降低成本的思維下，製作承載的基材也由晶圓擴充到面板。這些需求意味著現有的技術必須加入新元素，才能在現有封裝製程架構下有所突破，滿足先進封裝的需求。我們的護國神山台積電就擬用自身晶圓廠的優質製程來生產高階半導體封裝「SoIC」（System on Integrated Chips），以期擴大其全球領先優勢。

5G+/6G、人工智慧、電動自駕車和量子科技為未來前瞻科技研發的重要趨勢，新科技之加值演進融合將會令人目眩神搖，徹底改變人類未來的文明。其中5G基於「高寬頻、低延遲、廣連結」三大特性，衍生各種新應用與新產品諸如車聯網、物聯網、智慧醫療等，而第三代化合物半導體材料的重要特性即為寬能隙（Wide Band Gap），比傳統半導體材料矽要寬很多，因此有

耐高電壓、高電流的特性，可因應電動車、綠能、5G基站、雷達及快充等終端應用需求，其中毫米波高頻基板材料、GaN/SiC關鍵晶片、高頻通訊及功率元件、智慧感測器等成長潛力大。另外，AI、大數據與數位經濟的興起與技術進展，不單單帶動了物聯網、自駕車等新興議題，連新材料的開發、改良、整合選用及其驗證也可以尋求超級電腦的協助，諸如利用材料理論或結構模擬、資料庫建置比對以及大數據驅動實驗驗證等數位化材料基因平台技術（Materials Genome Initiative, MGI），可以加速分子生物科技、奈米粒子表面結構優化、無機固態電解質材料合成、二維材料/拓撲絕緣體材料開發、OLED、3D列印等材料科技創新和製程參數的優化。

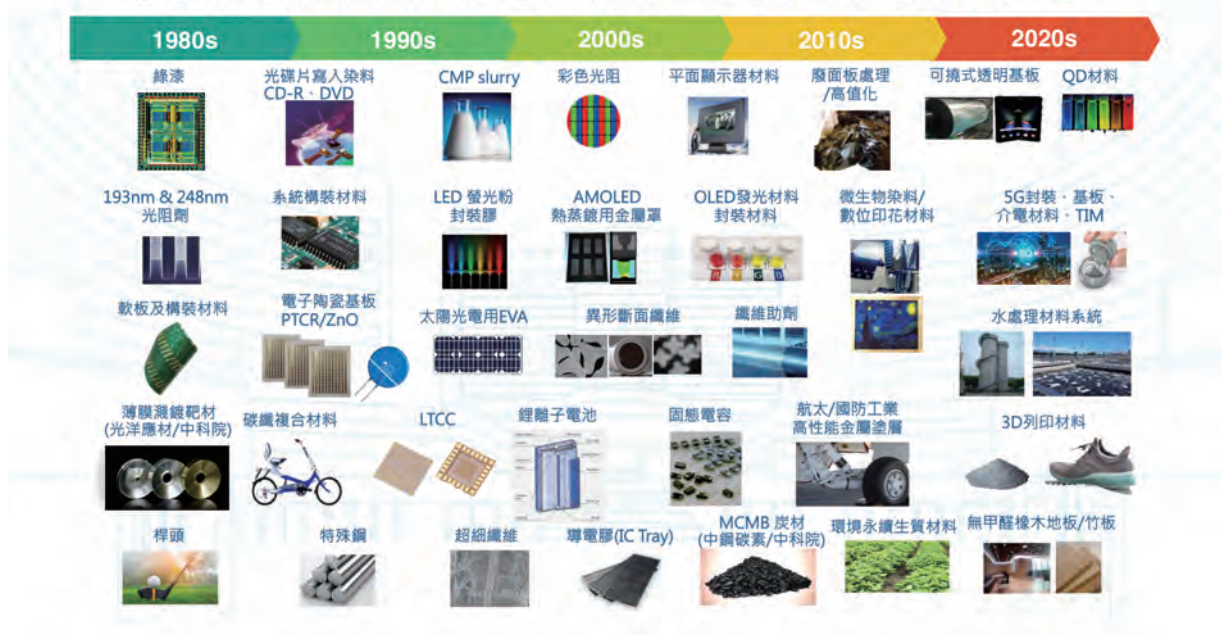
## 五、國內研發單位的材料科技創新

過去四十年（1980年-2020s年）國內法人研發機構的材料科技創新亮點及其產業貢獻，概括如圖1所示。可以看出材料科技創新脈絡與國內電子資訊暨綠能產業發展之路徑息息相關：由系統應用如電腦/網路/智慧手機/節能照明®元組件如面板/印刷電路板/二次電池/半導體/LED/被動元件®到原材料合成製作，是完全重疊融合的，並緊扣國內高科技產業的神速發展，彼此相輔相成，具有相當之成效。至於精密機械、汽車與航太產業方面的材料科技創新案例，除了碳纖維複合材料、特殊鋼、高機能性碳材和紅外線元件外，較不突顯，而相關的工業材料基礎技術如金屬冶煉、鑄造、粉末冶金、熱處理、表面改質、二次加工、化工材料合成配製、奈米材料混合分散等之長期紮根，對整體產業的實質國際競爭能力提昇，則貢獻良多。

吾人可預期二十一世紀將是材料的世紀。當前的材料科技已從早年扮演「為生產導向產業，發展上游進口替代」的支援角色，逐漸轉為「產品創新導向產業的策略性研發夥伴」。而材料科技的價值，則是取決於材料的高度創新及突破對其應用產業所帶來的衝擊及貢獻。國內材料產業此



## 國內法人研發機構的材料科技創新亮點與產業貢獻



刻正面臨紅色供應鏈競爭、歐美日材料廠商之關鍵性技術壟斷，同時因創新材料研發時程冗長、研發能量不足，始終不易切入高端產品的全球供應鏈市場，值得深思並力謀突圍。目前政府正在推動的5+N產業創新政策及循環經濟，更需以先端材料科技為其後盾。在國內長期科技發展的過程中，材料科技之人才培育、技術研發強度/深度與跨領域跨學科合作綜效，都必須持續不斷深耕強化，方能克盡其功。

### 未來展望

現代人類社會使用的材料種類越來越多，性能也越來越好。舉例而言，若無矽晶圓奈米材料和先進封裝製程的發明，不會有今日的電腦科技；若無耐高溫的超合金材料和輕量化的高分子複合材料，則無今日蓬勃的航空工業；又若無精密陶瓷材料之研發，則太空梭等太空航空器無法安然從外太空返回地球。所以一個優秀的產品設計若無適當的材料配合，則此設計只是一個無法實現的理想。

台灣材料科技起步較晚，早期（1982年前）較著重材料科學教育與學術研究，材料產業科技根

基較為薄弱，但由於政府堅定地從計畫經濟轉到市場經濟而找到活路；中期（1982 ~ 2000年）因受半導體、資通訊科技（ICT）產業需求薰陶及全球市場激烈競爭的影響，積極吸收外來技術並引進人才，重視產業科技研發、產品品質工程、智慧財產權和客戶導向行銷策略，面對國際市場競向藍海商品轉化，迅速崛起。近期則在科技與產業、市場結合上，走出了自己的道路，具有熟練地建置並經營資通訊產業鏈的能力和材料科技產業化的特長。本人有幸追隨前輩先賢與專家學者，長期浸淫於研、產、學界，作為工業材料科技的一粒種子，歷經所謂「孕核與成長期」，逐步為產業所用，也彰顯出一些成效來，令人欣慰！有鑒於個人曾參與台灣高科技產業化的經驗難得，也就野人獻曝，提出幾點材料科技產業化的心得和建議與大家共勉：

**一、系統性全球化思維：**材料科技產業發展必須緊扣最具國際競爭力之系統產品規格要求暨應用趨勢，並以全球化市場為訴求而快速演化。諸如：物聯網或電腦（PC→NB→量子電腦）中各類控制、偵測、識別及服務所需之奈米級半導體、先進電子封裝/記錄媒體、高頻通



訊感測器、高容量能量電池、石墨烯等；智慧手機（GSM→5G or 6G i-Phone）之帶動鋰離子電池、高頻電子陶瓷/輕金屬/FPC、LED、IPD等；CRT→平面顯示器之帶動超薄背光模組、光電高分子及元件、OLED等；智慧汽車或電動車（HEV→EV）之帶動電機電子關鍵模組、高質感感測器、動力電池等。

**二、提前掌握時勢及環境變遷：**材料科技研發必須提前掌握時勢、技術變異及環境需求，與時俱進、因勢而迅速變化，於第一時間切入市場。諸如：早期Y2K資訊保密之帶動CD-R/DVD-R；RoHS之帶動無鉛無汞無鹵化材料；節能減碳、環保與綠色能源會帶動輕盈薄型化/再生能源/環保材料、白熾鎢絲燈/螢光燈→白光LED、NiCd電池→NiMH電池→Li-ion電池→燃料電池/太陽能電池等；生物科技會帶動生醫/奈米材料與元件；數位匯流中直播衛星/數位多媒體/無線寬頻，以及工業4.0所整合包含產品設計、生產設備設計、自動化生產、及時服務在內，涵蓋整條價值鏈的完善數位資訊基礎的可能材料商機等。

**三、精緻高值化產品導向：**原素材產業在台灣資源匱乏之環境下發展有其極限，宜以精緻化材料技術與元組件為導向，追求國際合作與產業高值化成效為依歸。諸如：創新產業發展模式像材料科技基因服務業之可行性、塊材→厚膜→噴墨薄膜技術與元組件、有機/無機奈米太陽能電池材料與元組件、無線高頻材料與元組件、軟性電子/3D數位顯示材料與元組件、卷對卷之精密塗佈材料與整合元組件、極限/高質感功能材料與元組件等。

#### 參考資料

1. 李宗銘所長，「產業發展的推手—材料創新」，中國材料科學學會2020年會大會演講，2020年11月。
2. Dolf Gielen, Francisco Boshell, and Deger Saygin, "Climate and energy challenges for materials science", *Nature Materials* 15, no. 2 (2016): 117-120.
3. 汪建民主持／編著（汪建民、張克敏、陳中屏、吳覺宇、林唯貞、謝茂城、林益成、溫宏遠、李秉傑），我國工業材料產業科技發展中長程規劃，經濟部技術處／工業技術研究院出版，1995年，共561頁。
4. 汪建民，「電子關鍵性材料技術研發管理案例」，1995年研究發展研討會論文集（生產力中心），1995年，頁91-116。
5. 汪建民，「功能材料產業化關鍵」，2010海峽兩岸新材料產業論壇研討會，2010年6月23日。

**四、破壞性創新能力養成：**多重科技與多樣材料的相互滲透、整合，已成為未來產業發展的主要趨勢，材料科技工作者，必須用新思維、新科技、敏銳的感官，充分發揮創造力與創新能力，更應以全新視野及觀念，經濟性地掌握創新材料、新穎製程及精密生產機械間之緊密配合關係，始能畢其功於一役。另外，也須遵循全球產業發展軌跡，隨時掌握契機，適時發揮樞紐角色；基本上，精進本身科學知識與技術整合能力，從宏觀、微觀、靜態、動態等不同角度，考量問題本質、善用數位化工具而踏實去解決，這應是不變的法則。諸如：熟悉由系統裝置設計與組裝→模組製造→零組件→材料之典型逆向整合軌跡中，發展低成本或高質感高附加價值材料與元件、顛覆3D列印的連續液面生產/粉體電射燒結及其淨潔生產/節能減碳技術，而快速導入市場；於OEM→ODM→OBM演進中選用最適材料、製程、生產與行銷技術等破壞性創新機會。

上述乃本人之淺見。回首五十年來材料科技研發路，深切體悟產業更迭愈來愈神速，唯有技術領先、適時掌握市場商機才能躋身世界前茅。所謂「長江後浪推前浪」，冀我材料同儕共同扮演推手角色，在技術或營運模式不斷翻新的浪潮裡，分享造潮弄潮之趣，也同時把材料科技產業化推向世界巔峰！

**致謝：**感謝工業技術研究院材料與化工研究所李宗銘所長提供寶貴資訊。◆

# 百年礦冶 成就輝煌

文——黃肇瑞 中國鑛冶工程學會／理事長



▲中國鑛冶工程學會在前農商部地質調查所會議室成立

鑛冶學會有近百年的歷史，是鑛冶界規模最大及歷史悠久之學術團體。20世紀20年代後期，北伐戰爭發生，社會上有「科學救國」與「實業救國」之聲日亦強大，經濟的發展使科學的地位急速提升，也使社會對礦產的需求急劇增大。礦產勘查方面，採礦工程等一些行業出現良好的發展趨勢。

中國鑛冶學會前身為中國地質學會其於1922年2月在兵馬司9號地質調查所圖書館成立。民國15年（1926）夏，南開大學礦科停辦，從此再未恢復。當時，山西省省長公署礦務工程師嚴敬齋先生在天津商討組建學會。遂於民國16年（1927）2月9日，在北平西城兵馬司胡同9號—農商部地質調查所圖書館會議室成立「中國鑛冶工程學會」。（上圖）由主席提出修訂學會章程議案，確立「以聯絡同志，研究學術，發展中國鑛冶事業為宗旨」。爾後，因二次世界大戰與國共對戰政府遷臺，民國40年（1951）10月，由國內外賢達聯名發起請內政、教育兩部准本會在臺灣復會。民國16年（1927）8月，學會發行成立紀念號—《鑛冶》第1卷第1期，封面版圖上方置一輪金黃色會徽：中間是交叉的錘子，環繞的篆體識文為：「中國鑛冶工程學會，中華民國16年2月9日成立，THE CHINESE INSTITUTE OF MINING & METALLURGY,



ORGANIZED IN 1927」(右圖)。時光掠過近百年，這本紀念號在今天看來印記著無數的流金動盪的歲月，也見證鑛冶由種子到臺灣開花結果的歲月靜好，現世安穩。

中國鑛冶學會有近百年的歷史，在臺灣會員有數千人，涵蓋國內鑛、冶、油、電各大產業，會員遍佈國內產、官、學、研，這是學會極為珍貴的資產。過去多年來，會員分佈在各行各業，對於社會、國家的建設作出重大貢獻，很是值得讓臺灣驕傲，是以現在，要如何繼續把這個百年老店的招牌擦光擦亮，而且「與時並進」的發光發熱是非常重要的責任。

國際社會極力發展日新月異的高科技，似乎傳統採鑛和冶金產業相對沒落。以傳統鑛冶至今依然歷久而彌新的例子來作說明：過去採鑛產出的煤炭多是作為燃燒的能源，但現在最有潛力帶動另一波光電通訊或永續能源的卻也是碳：這包括二維的石墨烯和奈米碳管等另一種形式存在的碳。再舉另外一個例子：過去提到的冶金可能會立刻使人聯想到煉鋼煉鋁等傳統金屬，當然鋼鋁等這些金屬材料依然重要也依然需要，但是高值化的金屬、功能性的金屬像是高熵合金，在今日的科技發展，也更具有重要性。傳統的採鑛和冶金產業衍生出來的新一代陶瓷或金屬材料，無論是在電池、航太、通訊、電動汽車等產業已經扮演更重要的角色，如果將這些新的材料將它們的應用形態由塊材轉變為薄膜或者更小的形貌，它們的應用就更為寬廣了。

學會跟隨時代脈動，結合創新的科技，放眼和傳統鑛冶工程相關的高科技，放大視野和格局，在各類礦物利用與優質生活的高科技產



▲民國16年(1927)8月學會發行成立紀念號—《鑛冶》

品，創新鋼品與玻璃、寶石、水泥、石材、陶瓷瓦、石粉、輕質骨材、深層海水等資源高度加工利用、也強化金礦煤礦博物、探採冶煉技術及模型蒐集、鑛業機械、鑛山環境綠化等工作，開創鑛冶產業的新局面。近年來，與本會相關產業之產量、產值以及技術進展簡述如下：

鑛產品進出口：107年以後原油、煤炭與天然氣價格波動已經趨緩，能源礦物的進口減緩。在金屬礦物方面，進口量大宗為鐵礦砂之進口，其他金屬礦物與工業原料礦物之進口量與值大致於持平。在鑛產品出口方面，建材及工藝用石灰岩產量受國內採鑛受限，產量仍低。大宗為金屬礦物，包括各類金屬礦砂、金屬熔渣及灰等。

油氣鑛探勘：宜蘭仁澤3號、4號地熱探勘井完成，並完成產能測試。中油持續與加拿大哈斯基能源國際公司合作進行臺南盆地深水礦區之海域探勘研究，中國大陸中海油以及法國到達爾探勘公司進行油氣探勘之聯合研究計畫。中油持續投入國外探勘生產與併購活動，並配合政府新南向政策及國際能源趨勢調整探勘策略，積極讓入與併購東南亞天然氣田開發礦區，進行商業開採。其中，台灣中油於查德的第一桶油於2020年初正式生產，這是在海外投資探勘40年來的重要里程碑，亦展現台灣中油從測勘、鑽探、開發到生產的成熟技術，是臺灣立足國際、開創巔峰的歷史一刻。





▲參觀台灣水泥和平製造廠環保礦場創新礦山參訪活動

地質調查與研究：經濟部中央地質調查所近年將過去的礦產資源調查，轉向地下水、新興資源、以及海域礦產等調查，在針對東北海域礦產的資源潛能進行調查，顯示在南沖繩海槽具有金屬礦產資源的賦存潛能，取得卓越成果。

鋼鐵工業：107年起因美中貿易戰以及232條款因素，造成臺灣鋼材出口下滑，而108年以來全球需求大幅下降，各大鋼廠供給過剩，也導致低價進口鋼材入侵臺灣，政府為刺激內需與新產業應用，積極投入前瞻計畫、軌道經濟、風電、綠能等基礎建設項目，使國內鋼價持穩。過去幾年，中鋼持續在包括：電磁鋼片、國防用鋼、鍍鋅膜厚控制、燃料調度優化、煤堆抑塵、智慧天車等項目有技術上的成長，為製程智慧化、能源效率與環境品質提升作出貢獻。中鋼也為了延續臺灣手工具業的成長，結合手工具公會與金屬中心、中衛中心成立手工

具研發鑑測中心；在汽車結構件上，則積極導入熱衝壓材的技術開發，強化深耕車廠的供應鏈體系。

非鐵金屬工業：在鋅產品方面，由於中國鋅礦受新冠疫情影響，其供應鏈預期將連帶衝擊臺灣產品。在鋁產品方面，由於鋁錠原料全部由國外進口，因此業者獲利能力受制於鋁錠價格，我國必須建立回收系統，方有機會降低鋁錠進口與獲利能力。在鈦金屬方面，主要為鈦製品與鈦錠，目前臺灣具有軋延板材與棒材的廠商以及二次加工產業，應用於生醫、航太、石化、電力與晶圓等產業中。

粉末冶金工業：目前在各產品影響最小的為臺灣製造、全球行銷的半導體、汽車零組件等，汽車市場未來將集中於輕型多用途以及電動汽車，因此粉末冶金零件需求將維持。未來在金屬3D 列印、軟磁複合材料、鋁合金產品、



▲ 參與鑛冶國際學術研討會國內外重要演講者

多孔材、以及散熱材料等可望為粉末冶金產業開拓新局。

工業材料研究：配合政府發展產業創新之所需，針對綠能、智慧機械、國防、民生建築等產業所需之金屬材料自主開發上，在先進高強度鋼、沃斯回火球墨鑄鐵、工具機結構材料、不銹鋼表面硬化處理等均有斬獲。

綠能研究：工研院綠能所近年致力於陶瓷金屬複合材氫氣分離膜的開發，發展觸媒技術去除生質合成氣中的焦油，具循環經濟永續經營之概念；此外綠能所也發展利用多孔的金屬有機骨架，作為除濕乾燥的吸附材料，有效降低除濕乾燥所需之耗能。

近年來，鑛冶在礦產品進出口、油氣礦探勘、地質調查與研究、鋼鐵工業、鐵金屬工業、非鐵金屬工業、粉末冶金工業、綠能研究等領域均有亮眼表現與輝煌成果。

2019年11月在成功大學舉辦第一次的「鑛冶工程學會國際學術研討會暨年會及論文發表會」加強和國際的鏈結及提升本會名聲(上圖)。在學術與工業技術發展上，研究成果獲中工會詹氏論文獎等獎項肯定。在學會活動上，舉辦參觀台灣水泥和平製造廠礦山參訪活動，體驗落實環保礦場創新之礦場經營。在副理事長和各理監事委員的協助之下，礦業、冶金、石油、燃料電池等各委員會的運作非常良好，各項活動也都進行順利。同時也感謝中鋼、中油、台電、亞泥、台泥、保來得等許多業界、學術、各公私單位贊助經費。要感謝的人很多，無法一一列名，謹代表學會致上最誠摯的感謝。謝謝大家的支持，也讓我們共同努力，繼續為學會創造一個嶄新的局面。敬祝身體健康，萬事如意。💎



# 厚德載物 行勝於言： 工業工程與臺灣產業維新

文——簡禎富 中國工業工程學會／理事長  
國立清華大學／清華講座教授暨美光講座教授



## 簡禎富

**現職** | 中國工業工程學會理事長  
國立清華大學講座教授

**學歷** | 國立清華大學工業工程暨電機工程雙學位  
威斯康辛大學麥迪遜分校工業工程碩士  
決策科學與作業研究博士

**經歷** | 台積電工業工程處副處長  
國立清華大學主任秘書  
科技部工業工程與管理學門召集人  
人工智慧製造系統研究中心主任

**榮譽** | 國家品質獎、行政院傑出科技貢獻獎、科技部三次傑出研究獎、教育部產學合作研究獎、經濟部大學產業經濟貢獻獎、中國工程師學會傑出工程教授獎、中國工程師學會工程論文獎

工業工程（Industrial Engineering，簡稱IE）為整合工程科技與科學管理方法的分析技術與系統科學。工業工程在我國源遠流長，漢高祖劉邦形容張良「運籌帷幄之中，決勝千里之外。」；諸葛亮「功蓋三分國，名成八陣圖」的策略規劃與動態調度，以及因應戰爭需要而發明改良的天燈、連弩等；一直到清初用兵西北，設立「軍機處」以整合資源。台積電企業規劃組織工業工程處也被暱稱為「軍機處」，整合企業「兵」：人力（Headcount & Human Capital）、「馬」：產能與設備（Capacity & Equipment）、「錢」：資本支出和成本（Capital & Cost）、「糧」：訂單（Demand）等營運資源的規劃與運籌；中鋼則以「賺錢的IE」成為國營企業的標竿；台塑集團透過「總管理處」持續降低成本、改善流程以提升經營績效；郭台銘董事長認為：「模具是工業之母，IE 是工業之父」，特別在鴻海集團成立IE學院。因此可見工業工程的運籌決策和資源優化對開創朝代或經營企業集團的重要性，工業工程更是下一世代的願景工程和推動臺灣產業升級的關鍵力量之一。

1769年瓦特改良蒸汽機和一系列科技的發展，開創以機械動力代替人工獸力的第一次工業革命；工業3.0則是由1947年電晶體和1958年積體電路等技術的發明，以及電腦所驅動的數位革命。換言之，工業1.0和工業3.0都有明確的驅動技術（Enabling Technologies）。

工業2.0在第一次工業革命的基礎上，從1840年代至第一次世界大戰結束，近八十年的持續變革，以提升「生產力」（Productivity），包括煉鋼技術的改良、內燃機和發電機的發明，也包括泰勒（Frederick Taylor）1911年發表的《科學管理之原則》（The Principles of Scientific Management）；亨利·福特（Henry Ford）將裝配線成功應用在汽車廠的流水線，提高生產力實現

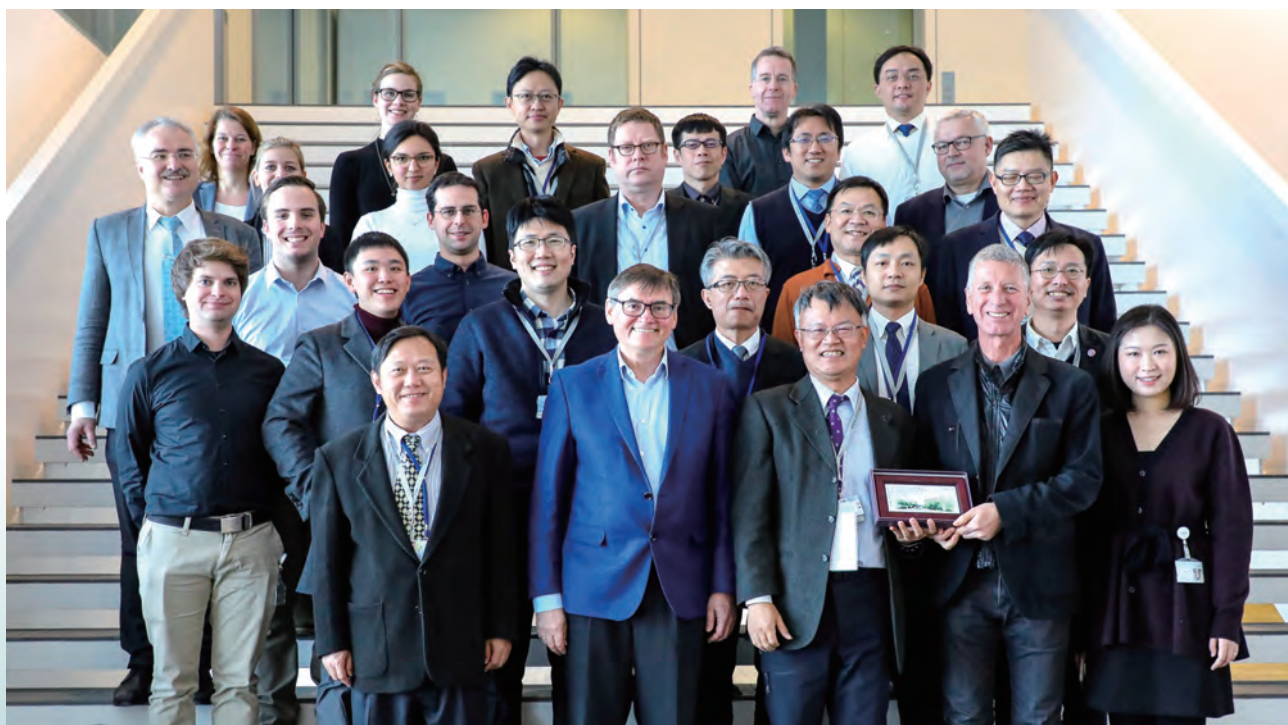


大規模量產，而讓汽車普及化；吉爾布雷斯夫婦（Frank Gilbreth & Lillian Gilbreth）對時間研究和動作研究等人因工程與工業工程的奠基。二戰期間，為了應付德軍的空襲，資源有限下，必須最佳化雷達的部署與作業（Research on Military Operations），而研發作業研究（Operational Research）的管理技術，以有效地配置各項資源，對於英美盟軍的勝利貢獻卓著。二戰結束，百廢待舉，於是將戰時協助軍事運籌與資源調度，所發展的科學管理科技與最佳化方法，轉移到和平用途，運用於各行各業的建設工作與系統管理，加速產業發展與經濟成長；之後，豐田汽車發展看板管理、快速換模、即時生產（Just in Time, JIT）等「豐田式生產管理」（Toyota Way）成為大量客製化和精實管理的典範。

中國工業工程學會（Chinese Institute of Industrial Engineers）成立於1962年，隨著臺灣產業蓬勃發展而成長，互為因果相得益彰，培養的人才

就業面廣，因此臺灣各大學普遍設有工業工程與管理相關系所。本會主要任務包括辦理工業工程主題之學術活動、專題競賽、人才培育，落實工業工程專業證照之制度，獎勵工業工程優秀人員及團體，並推動國際產學合作，舉辦國際工業工程學術會議等。科技部工程司工業工程與管理學門包括人因工程與設計、大數據分析與資訊系統、生產系統與智慧製造、作業研究與決策科學、服務系統與科技管理等子學門，以及循環經濟與永續生產等前瞻議題與新興科技。工業工程以人為本，將生產與服務系統進行最佳效率的規劃，創新設計與系統分析，以提升生產力、品質與卓越經營，創造價值與強化企業競爭力。

近年來，世界大國重回製造提出不同戰略，包括，美國「先進製造夥伴」（Advanced Manufacturing Partnership）、德國「工業4.0」，以及中國製造2025等，爭奪下一世代工業革命的主導權。隨著人工智慧、物聯網、大數據、



▲ 工業工程學會國際交流參訪德國工業4.0



▲工業工程學會是第一個加入「永續發展目標聯盟」(A-SDGs)的學會

5G等新科技的日新月異，產業生態與價值鏈加速重新解構。COVID-19疫情更加速全球產業鏈重整，不同貿易聯盟的競合賽局，因為製造平台化、短鏈革命和產業結構而快速變遷。

面對全球製造典範移轉，臺灣必須在先進國家的主宰和新興國家的替代上下夾擊之前，發展適合臺灣產業結構和核心能耐的製造戰略，臺灣以往專注供應鏈中段的水平分工，透過量產的規模報酬以降低分攤的單位生產成本，並加速成本學習曲線，人力彈性管理和供應商群聚以達到整合的商業模式，勢必會受到「去中間化」和產業生態系統變遷的挑戰。

臺灣當務之急，特別是中小企業面對升級轉型與接班等挑戰，應該發展「工業3.5」，作為目前的「工業3.0」和未來的「工業4.0」之間的混合策略，先發展能善用智慧製造系統的人才和能力，在工業3.0既有的製造系統環境下，把握目前產業結構轉換的空檔，達成或局部達到工業4.0三大願景：大數據分析、價值鏈整合和彈性決策能力。這些都是臺灣企業現在就應該在公司內部推動的產業維新，並可以在既有基礎上提升相對競爭優勢。

未來，主導世界的商業模式和經濟活動將是價值導向，聰明生產將始於需求以滿足每一位

消費者個人化的需求，進而驅動設計、研發、製造網絡、物流和服務系統，以達到大規模個人化。換言之，個人化的價值才是根本目標，需要更智能化的製造系統和更敏捷的供應鏈，才能做到最小批量只有一件仍能獲利的彈性。

臺灣地小人稠，導入更多無人化的系統，將會加速貧富差距和社會不安。工業3.5就像人和智慧機械合作並內建數位大腦的鋼鐵人，可以強化人的機能，以及決策管理能力。工業3.5更符合臺灣中小企業為主的產業結構，實現的速度也比工業4.0快，臺灣企業就可以提前「收割」產業結構升級轉換所創造的利益，持續擴大領先其他新興國家的差距，還可以把臺灣產業升級經驗，以及「臺灣工業3.5鋼鐵人」的解決方案，賣給新南向國家地區，擴大臺灣製造的影響力。

中國工業工程學會推動「操之在我」的臺灣企業維新與產業「新五四運動」：德先生是企業共治與決策；賽先生是科學管理與分析。企業德先生是建立決策型組織，使每個人都是決策參與者，讓產線與產品生命週期的所有資訊，都能在數位決策平台上共享並求解優化，提升公司治理效能和決策品質。企業賽先生包括核心技術的研發，以及科學方法





▲ 工業工程學會參訪友達智慧製造展



▲ 科技部陳良基部長(左)頒發「最具影響力研究專書」獎給簡禎富教授發表的《工業3.5》。

為基礎的人本管理，把員工內隱的智慧和經驗轉化為科學模式，成為企業數位大腦，以因應未來即時決策和動態調整的彈性管理效能。因此，推動數位轉型將大數據、人工智慧、資通訊技術等數位科技整合到各個營運功能的企業數位化，並以數位科技與管理，驅動企業轉型（Transformation Driven by Digital Technologies）。

中國工業工程學會將與中國工程師學會及其各專業學會協同合作，引領前瞻思維，深耕基礎研究理論，將工業工程的優化決策、創新思維、智慧製造、服務系統、系統整合、人因工程、科學管理、設計思考和人本理念等研發的技術和解決方案，結合各工程專業領域，發展整合的解決方案，進而建立「臺灣產業的健康醫療體系」，以維持產業生態系統的創新與活絡。一方面，跟緊先進國家的前瞻發展，並在新興國家的工業基礎上，發展工業3.5臺灣智慧製造解決方案，持續拉開與其他新興國家的差距；另一方面，在工業革命轉型之際，把臺灣產業升級經驗建立為新的管理典範，撰寫「台積電之道」（TSMC Way）等台灣製造標竿企業的哈佛商業個案，使台積電等「台灣所製」（Made by Taiwan）成為進行中的工業4.0革命演

進中，全球智慧製造的標竿。

新興國家的工業基礎仍須提昇，難以一步到位達到工業 4.0，必須發展更適合的製造戰略和解決方案。臺灣正可打造「工業 3.5」為品牌，以臺灣製造軟實力和管理技術為基礎，結合管理顧問、資訊服務業和各產業台商成為「工業 3.5國家隊」，發揮台廠台商的主場優勢，發展更符合新興國家需求的各種解決方案，促成專注不同產業應用的「分析服務業」（Analytics as a Service, AaaS）和「工廠醫生」（Dr. Fab），創造更多優質的國內外工作機會。未來，下一世代的願景工程和推動臺灣產業升級，臺灣除了生產基地外移借力新興國家之外，亦能藉由整合各領域研發工業 3.5 解決方案輸出新興國家市場，卡位全球產業價值鏈的利基，擴大臺灣製造平台在國際製造網絡和產業生態系統中的競爭力，站穩亞洲四小龍的製造龍頭，成為全球彈性製造中心；未來邁向工業5.0革命時，循環經濟與永續生產一定是關鍵之一，臺灣應超前部署，因此工業工程學會成為第一個加入「永續發展目標聯盟」（A・SDGs）的學會。



# 下一世代的願景工程 環境工程

文——林正芳 環境工程學會／理事長  
環境工程學會全體理事與監事



## 林正芳

現職 | 國立臺灣大學環境工程學研究所教授  
學歷 | 美國西雅圖華盛頓大學土木工程系博士  
經歷 | 國立臺灣大學環境工程學研究所所長  
榮譽 | 美國WEF環境工程博士論文獎  
中工會工程論文獎  
國科會傑出研究獎

環境工程是為了改善環境與生活品質管理或工程技術應用，所涵蓋的領域包括環境資訊與規劃管理、廢污水處理與水資源再生、空氣污染控制、廢棄物資源回收與減量處理、土壤與地下水整治、循環經濟及溫室氣體減量等，在下一世代有關環境工程之發展與願景除與環境保護息息相關外，其影響國家整體經濟發展及國際貿易甚為深遠，茲以說明如後：

### 結合永續發展，建立環境保護之循環經濟

聯合國的永續發展目標（The Sustainable Development Goals）— SDGs，總共17個永續發展目標訂為人類在2030年以前應該攜手努力的方向。而這17個目標中，有7項是與資源使用效率有關，環境工程在技術發展除考量永續發展目標外，亦應結合循環經濟發展政策，追求「資源利用效率極大化，環境衝擊影響極小化」之資源永續循環發展目標願景。

### 創新技術研發與應用，各領域專業技術持續發展

#### 一、廢污水處理技術

在廢污水處理方面，為改善水體污染及增加水資源回收再利用，其發展方向包括：

（一）**氮磷處理**：因應放流水標準對氮磷管制日趨嚴格，除傳統生物去氮除磷程序外，高效型處理技術目前積極開發與應用中，其中包括：厭氧氨氧化（ANOMMOX）、Moving Bed Biofilm Reactor（MBBR）、Integrated Fixed-Film Activated Sludge（IFAS）、Membrane Aerated Biofilm Reactor（MABR）等。

（二）**能資源回收與節能**：污水處理廠除傳統管末處理功能外，目前已逐漸轉換成將能資源回收之工廠，包括對氮、磷、生質能、再生水等，另國外也在發展以藻類處理污水，將處理



▲ 八里資源回收廠

後增生之藻類轉換為生質能（Biofuel）之方式。為降低電力等能源的使用，節能也是重要技術發展方向，除了曝氣採用薄膜高效率散氣設備外，節能處理程序、智慧電表、程序控制智慧化等，均為發展方向。

**（三）因極端氣候變遷使得水資源供需失衡：**考量多元化水資源開發，「再生水」是把工業廢水、生活污水等的放流水經處理後再利用，104年「再生水資源發展條例」及全國第一件都市污水回收再利用廠—鳳山溪水資源回收中心啟用，再生水技術發展日漸受到重視。目前再生水技術多以UF、RO等薄膜處理技術為主，依據處理水質需求不同，發展低能耗再生水技術也是國外積極發展之方向，採用單元包括：過濾、活性碳、UV/AOP等。

## 二、空氣污染控制

在廢氣處理方面，其中細懸浮微粒（PM<sub>2.5</sub>）污染是目前面臨的嚴肅課題。依行政院環境保護署資料，我國PM<sub>2.5</sub>年平均濃度中，約34~40%自境外傳輸，約60~66%來自境內污染源，包括固定污染源（如電力設施、鍋爐、鋼鐵業、石化業）、移動污染源（如交通工具）及其他污染源（如餐飲油煙、營建揚塵、露天

燃燒）。目前策略主要針對降低境內原生性PM<sub>2.5</sub>前驅物，例如：硫氧化物（SO<sub>x</sub>）、氮氧化物（NO<sub>x</sub>）及揮發性有機物（VOCs）等之排放抑制與削減。

在處理技術方面，因應日益嚴格的標準，採用最佳污染防治技術，例如：選擇性觸媒還原法（SCR）去除氮氧化物。硫氧化物的去除以鈣基濕式石灰石／石膏法最為通用，目前鈣基為最佳方法。

## 三、廢棄物處理

在廢棄物處理方面目前以朝向「循環經濟」及「廢棄物資源化」之策略為主軸，透過生產、消費、回收及循環等管理手段期能達到物質全循環零廢棄之目標。環保署目前辦理「資源回收再利用推動計畫」，從物質生產、消費、廢棄管理及二次料市場各階段做推動。推動重要工作包括：加強分類回收（例如：垃圾費隨袋徵收、機械分選生物處理MBT等）、有機物轉換生質能（例如：廚餘厭氧發酵產製沼氣等）、無機物資源化為再生粒料（例如：轉爐石、氧化還原渣及焚化爐底渣等推廣至公共工程使用）、電子廢棄物回收、創新模式（例如：推動塑膠循環利用以e化及生活化提升回收效率等）。



#### 四、土壤與地下水污染整治

土壤是孕育與生養萬物的根源，地下水是涵養與儲存水資源的重要場所，尤其在臺灣，土壤種類多，更是大自然賦予臺灣人民最珍貴又豐富的資源，土壤也涵養水源、淨化水質，提供十分豐沛與優良水質的地下水資源，

使得地下水一直是臺灣重要的水源之一。然而在污染物傳輸過程中，土壤常是污染物最終的場所。

尤其在1980年代臺灣經濟開始起飛，陸續出現因工業發展，帶來土壤及地下水污染案件，如美國無線電E公司（RCA）土壤地下水污染、中石化安順廠的戴奧辛污染、高銀化工的鎘米事件等案件。臺灣環保署於89年公布施行「土壤及地下水污染整治法」，已累積列管8845處污染場址，其中污染農地面積達1185公頃，成為良田的傷痕，雖然多年來已有整治，但常常造成農作物的食安問題。污染場址已有7039處完成整治解除列管，其餘1806處場址中，分別為1366處農地及440處事業污染場址。這20年來累積許多整治技術，針對這些事業污染場址如工廠、加油站等，未來將可以陸續處理整治完成。

展望未來，新的預防調查與整治技術在土壤與地下水整治復育需要持續研發，如開發新穎整治藥劑、運用新科技如奈米與生物科技的技術、研發新穎設備，以及就地調整土壤特性等工法等，以精進土壤與地下水整治技術、提升整治時效與成效。另外，土壤與地下水整治政



▲羅東水資源回收中心

策、風險管理與相關工業農業法令規範也需討論修訂，促進褐地再利用，使土地再利用等相關政策可以順利推動，讓土地活化。對於新興污染物可能的污染，期望於使用端源頭規劃管理或建議增加污染處理，避免後續環境污染的產生。然而，為了防範未然，新興污染物污染土壤與地下水之預防及整治技術也需要研發。隨著不同領域科技的發展，生物資訊科技如基因體、轉錄體、蛋白質體與微生物體學等也可將貢獻於新的土壤與地下水預防調查及生物整治技術上，甚至運用人工智慧於預警系統、調查分析與永續整治技術等，輔助並加速場址整治、綠色永續保護土壤與地下水資源。

#### AIoT、智慧化之跨域整合，開創環境工程新局面

傳統環境工程領域技術隨著資通訊科技日新月異，跨領域結合AIoT（人工智慧物聯網），亦是未來重要發展的趨勢。其可能應用的方向包括智慧化電表、水錶、智慧燈具、智慧化污水（自來水）處理場監控與管理、自來水、污水管網智慧化管理、地下水管理、水情防災智慧化等。





▲ 江翠磷間淨化工程

## 推廣企業社會責任，開創環境保護與經濟發展雙贏局面

企業社會責任（Corporate Social Responsibility, CSR）為企業要「取之社會、用之社會」，不只是獲利，還要對社會、環境的永續發展有所貢獻。隨著CSR的領域廣大，可以採ESG原則，E為環境（Environment）、S為社會（Social）、G為公司治理（Governance）。當企業都能落實CSR與ESG原則時，環境工程專業將發揮支持企業達成目標的基礎，也使環境工程專業人才在各企業發揮所長，做出最大貢獻。

## 向下扎根落實環境教育，培育下一代環境工程人才

環保署為推動環境教育，促進國民瞭解個人及社會與環境的相互依存關係，增進全民環境認知、環境倫理與責任，進而維護環境生態平衡、尊重生命、促進社會正義、培養環境公民與環境學習社群，以達永續發展，於106年11月29日頒布環境教育法，為推動環境工程基礎教育，培養與啟發源源不斷的優質人才加入環境工程領域，向下扎根至高中、國中及國小等，是應持續不斷推動之工作。

人類發展造成地球環境與生態劇烈變化，我們在二十世紀的一百年期間對地球做出的開挖採掘量遠遠超過自人類有歷史的程度。工業革命以來環境污染的歷程由人類與農業廢污單純的生物可降解有機物，轉變為化學工業迅速發展後的農藥殺蟲劑及環境荷爾蒙等生物無法降解之持久性化學污染，再而至現今懸繫人類與生態永續的地球氣候變遷，雖然聯合國及歐盟因地球暖化及生態與雨林消滅而發起宣言及制定國際規範，以減輕地球環境負荷，然而仍無法有效節制因圖謀經濟發展的開發行為，繼續造成全球環境傷痕。人類走到此關鍵時刻應痛定思改，積極以清潔技術、生態友善產品、綠色貿易及循環經濟守則邁行世代旅程，工程師最重要的方針是思考減輕採掘地球地底下資源回歸地面上的循環社會，給地球喘息讓人類永續。◆

環境工程學會謹以此文慶賀中工會創會110年，並祝賀所有中華民國工程師身體健康萬事如意。

# 臺灣建築學會的下世代願景工程

文——江維華 臺灣建築學會／理事長

永續發展和AI應用為當前世界最關注的兩大議題，綜合起來，關係到下世代的居住環境、經濟行為、社會公義、生活福祉等多種面向價值。建築的建造與使用之碳排，則為影響環境永續發展之關鍵因子，其節能也在各種產業中，具有最高的成本效益；建築設計和營運也需要積極的智能化轉型，以因應人口老化和勞力短缺，並解決都市老化造成之安全與節能問題，提升經濟效益；基於建築本質上的多元性，更要彰顯其人文價值。臺灣建築學會提出以下願景工程，期望能幫助地球降溫，讓臺灣更好。



## 江維華

**現職** | 臺灣建築學會理事長

兼臺灣建築科技中心執行長

台灣聲學學會常務理事

**學歷** | 美國佛羅里達大學建築博士

美國佛羅里達大學建築專業碩士

國立成功大學建築學士

**經歷** | 國立臺灣科技大學副校長

國立臺灣科技大學設計學院院長

國立臺灣科技大學建築系主任

新北市都市設計設計委員

總統文化獎複審委員

故宮博物院、文化部、教育部、地方

文化局處等重大文化建設審查與諮詢

**榮譽** | 2014教育部公民核心課程計畫之績優計畫獎

2003-2010國科會短期研究人才海外研究補助

2003美國國務院傅爾布萊特學者

## 推動都市建築之全面整建更新以兼顧防災和永續發展效益

建築產業是火車頭產業，具有帶動景氣的功能，我國自70年代經濟躍進時期起，建築業雖有數十年的突破性發展，但當前已如多數先進國家，達到發展成熟期，新建市場下滑，龐大舊屋與都市公共設施極待整建或更新。然國內對建築設施維運修繕及養護的重視有限，預算編列與相關支出普遍不足，若能正視此問題，反可成為產業轉型的契機與商機，更可藉此優化建築物節能減碳效益、結構安全性，並推動都市環境的重整。此工作之推動需先從公共政策與相應之法令規範及預算編列調整開始，以公共建築或公共住宅做為示範，導正社會重視新建、輕視維護管理之價值觀，引領使用者參與和監督，其後逐步帶動全面性的民間投資。

## 導入循環經濟理念以推動產業之經濟型態升級

循環經濟是當前政府的重要政見，以4R—重新設計（Redesign）、減少（Reduction）、重複使用（Reuse）和回收（Recycle）作為基礎。建築產業衍生全球約四分之一的固態廢棄物，循環經濟推動是綠色建築之後具有高度潛力的發展方向，並兼顧經濟與節能減碳效益。微觀方面，可依建築生命週期的四個階段導入：1.設計階段應針對材料來源、材料供應、設計及製造流程、空間使用，納入可替換、可回收之概念；2.構築階段採用預鑄、再生能源運輸、有效廢棄物回收等手段；3.運作階段以維護、維修、更換、再製造、再利用或再生等方式延續構件、設備和整體建築的生命；4.終止階段須能有效拆解建築物並分類處理，廢棄物設法再製、再利用。巨觀方面，須建



構社區、都市層級的二手構件、設備共享、循環機制，與材料、構件生產履歷平台；並從以建築物為構件的角度，檢討都市與社區更新。在技術開發與整合之外，更須強化國民與業界之維修更新理念意識。

## 強化設計及生產技術整合以落實建築產業之數位轉型

強化規劃設計、營造業和資訊業之對話，以同步推動產業之數位化革新。應用上須著重人機協同作業與實虛整合，由數位軟硬體設施負責高精準度、高重複型、高運算量、勞力替代工作；由人力負責決策、制定規則、制定流程、進行調整，形成彼此交替之協同作業；在設施的使用上，則從行為與心理面強化人機間之互動關係，以兼顧效能和客製化、個人化需求。結合循環經濟觀念的導入，設計和營造產業須推動有效的構築、更換、拆解技術，以智能化技術統整生產組裝流程，強化構件設計與現場組裝之橫向整合。我國長久以來過度發展鋼筋混凝土構造之應用，未來更應積極推動預鑄等工業化技術，強化鋼、木、竹等多元材料應用，推動乾式構築以及混構構造系統，大幅降低營建產業的密集勞力需求，落實產業之數位轉型。

## 優化學術與產業制度並深化整合以共同推升國際競爭力

國內綠建築、智慧建築等技術和制度經過長期積極推動，已能跟上國際潮流，更足以帶動亞太地區發展。然而建築設計與研發已形成全球化競爭，海外新進地區技術能力也逐漸趕上，我國則受限於發展初期的制度框架限制，以及建築市場先天上的地域化特質、學術機構與產業之間對話不足、產業機構也缺乏國際鏈結，都需要從制度面的根本調整並持續優化。學術界需要改善升等、產學合作、獎勵制度，鼓勵建築相關系所教師將研發能量投入政府與業界之專業實踐中；產業界需要優化建築師執



▲新竹縣立北平華福實驗學校之鋼木混構屋頂

業環境，提升建築師及協同專業者之社會地位；其次，需重整政府組織，以能有效掌握龐大的都市建築環境與產業，讓學界與業界皆能朝國際接軌逐步調整。疫情降溫後，臺灣建築學會將常態攜手海外機構，共同舉辦雙邊學術研討會、產業論壇、展覽競賽等活動。

## 創造生活福祉並推廣城鄉美學以彰顯建築之全人價值

在工程之外更須發揮設計創新，以創造生活福祉和推廣城鄉美學為目標，在兼顧都市建築之歷史脈絡的同時，提升文化活力。首先，需要因應社會之高齡化發展，提升高齡者的心理與生活品質，提供具有自主服務能力之智能化設施，改善居住與整體都市環境。因應COVID-19疫情，則可推動健康社區和建築，包括改善內部物理環境與空間組織、導入生態設計、建構新型態經濟行為等，並順應疫情後生活場域分散化和戶外化的趨勢，推動城鄉平衡發展、強化外部環境建構。在居住正義方面，臺灣房價居高不下，需要各級政府和民間共同積極面對，對於新世代，臺灣建築學會需要攜手民間團體、業界、政府，推動居住方式多元化、負擔合理化、居住環境確保的研發與實踐。此外，臺灣公寓大廈的排水設備長久以來採隔層設置，因隔音和漏水問題造成住戶間嚴重生活糾紛，宜積極偕同相關學、協會，共同推動位於同層之組裝式衛浴設備，除能排除生活糾紛，更能帶動給排水技術升級、促進營建業之工業化發展。◆



# 繼往開來，生生不息 開創醫療科技新紀元

文——賴健文 中華民國生物醫學工程學會／理事長



## 賴健文

現職 | 彰化基督教醫院副院長

中華民國生物醫學工程學會理事長

教育部審定助理教授

中國工程師學會名譽理事

台灣醫院協會「醫院」雜誌審稿顧問

學歷 | 大葉大學電機工程博士

國立臺灣大學EMBA110級

經歷 | 彰化基督教醫院院長室處長

私立醫療院所協會理事

私立醫療院所協會醫院工務暨醫工促委

會第三、四屆幹事及第五、六屆會長

中華民國生物醫學工程學會醫療設備技

師、臨床工程師

中原大學電機工程系兼任助理教授



▲ 中華民國生物醫學工程學會理監事會議

醫工學會自1980年創立已邁入41年（20屆），歷經前19屆共12位前理事長們團隊的努力，讓整體生物醫學工程在教育、研發、應用與管理上能幫助國家在醫療保健政策上發揮極大的功效，特別是在學術研討會主辦上，讓國際生物醫學工程相關學者更瞭解到臺灣醫學工程研究的能力，此外學會每年主辦多場臨床工程論壇，讓在醫院醫工室與醫療器材界的伙伴們有再繼續教育提升的機會。本屆除了傳承歷年來優良傳統外，配合世界潮流及國家發展，會再加強幾個主要目標方向：

- 醫療器材法相應之技術人才規範與培育
- 證照制度與應用場域推廣合作
- 提升會員工作價值與人數擴增目標
- 生物醫學工程期刊（JMBE）達到國際級期刊更高的目標





▲ 2020 GCBME國際生物醫學工程研討會



▲ 儀器警報管理研討會



▲ 醫療器材經驗分析平台研討會

本屆遵照聯合國國際人權公約規範與配合國家資通安全議題上，經過理監事會討論後新增如下兩個委員會，與國際接軌：

- 女性醫工委員會：專注女性醫工師的社會價值，創造、保障工作平等權利。
- 醫療器材資通訊委員會：資安已影響國家安全，因應資通安全管理法實施，在醫療器材設計過程、審查、採購規格及未來操作技術管理方面都需要各領域專家會員們更多的投入與監督。

本屆將秉持學會設立的宗旨、願景與目標，

以積極態度制定運行策略。特別是去年全球遇到COVID-19，讓我們再次體會醫療器材對醫療機構的重要性，更進一步是對人們生命醫治過程的幫助。生物醫學工程學會會員們共同走的路還很長，需要更多新生代的會員共同參與。我們將遵照參與學會運作的使命，服務會員與幫助社會。聖經上教導「這些事你們既做在我這弟兄中最小的一個身上，就是做在我身上了」（太25:40）。期望大家都能互相幫忙，讓更多失迷的羊回到主的身旁，同工、同心、同行團結在一起，共創未來。💡



# 永續創新基礎建設—— 永續發展・前瞻科技・技術自主

文——張家瑞 中華鋪面工程學會／理事長  
林宏偉 中華鋪面工程學會／秘書長  
李家春 中華鋪面工程學會／秘書



## 張家瑞

**現職** | 社團法人中華鋪面工程學會理事長

國立宜蘭大學建築與永續規劃研究所教授

**學歷** | 國立中央大學土木工程博士

**經歷** | 中國土木水利工程學會第24屆鋪面工程委員會主任委員、第15-23屆鋪面工程委員會委員  
行政院公共工程委員會民間參與公共建設、政府採購評選委員會專家學者  
財團法人全國認證基金會(TAF)實驗室認證土木領域技術委員會委員

國立宜蘭大學創新育成中心主任、研究發展處產學推廣組組長

台灣區瀝青工業同業公會學者顧問

中華民國仲裁協會、臺灣仲裁協會仲裁人

**榮譽** | 社團法人中華鋪面工程學會傑出工程教授

國立台灣海洋大學96年度「傑出教學教師」

行政院科技部「科技部工程技術研究發展司107

年度產學合作計畫成果發表暨績效考評會」榮獲

「產學成果簡報優良獎」



▲ 研討會開幕式合影

## 關於鋪面學會：組織強化與創新

本學會成立於民國89年，由蔡攀鰲教授擔任創會理事長，我國鋪面工程產官學研等菁英組成，歷經十一屆理監事的傳承改選，在歷任理事長用心經營下，已是國內鋪面領域的代表性專業學會。本學會主要以連繫「鋪面工程人士、前瞻鋪面工程學術、精進鋪面工程技術、共創鋪面工程產業」為成立宗旨，積極參與各項鋪面相關研究計畫及工程實務，配合政府推行政策、研擬法規及輔導相關產業，舉辦研討會議及訓練班以培訓專業人才，並提供專業諮詢服務等。

學會會員亦逐年成長，至110年2月底有團體會員79個，個人會員495人。為增進國內、外之產官學研界交流，每年度亦會舉辦數十場研討會與論壇，其內容主題包含工程實務交流、新科技應用、透水性鋪面、循環經濟及公共工程品質管理等多元化議題，讓鋪面工程領域能永續與創新。





▲ 第十一屆理事長與理監事大合照

## 鋪面年會：永續發展、前瞻科技、技術自主

學會為進一步凝聚產官學研共識與傳遞鋪面工程願景，每年在不同大專院校舉辦鋪面工程研討會，邀請各工程界先進及國內外專家學者進行專題演講，引進新技術與觀念，以提昇國內鋪面工程之水準。

第十一屆第一次會員大會（109年10月22-23日）後隨即由國立成功大學土木工程學系、台灣軌道工程學會及本學會聯合主辦「第十四屆鋪面材料再生及再利用學術研討會暨2020永續與創新基礎建設國際研討會」，結合鋪面工程、軌道領域兩大臺灣重要技術，邀集產官學研各界貴賓近300人，攜手展望未來20年國家基礎建設。本次研討會擴大連結聚焦探討「永續發展、前瞻科技、技術自主」三個面向，以永續創新為主軸，為傳統軌道及鋪面等土木相關領域換上嶄新的面貌。為期2天的研討會以論文簡報、海報發表以及廠商設備展覽的方式進行，專題演講由美國、香港、德國等國際學者分別就軌道與鋪面進行探討，論文領域涵蓋鋪面工程、軌道工程、永續材料、創新科技以及公共建設。透過舉辦研討會引進國際前瞻想法與技術，促進國內外從事鐵公路學者與工程師經驗交流，搭建產業及學術界最新研究與發展趨勢發表平台，向世界行銷臺灣基礎設施結合

科技與永續概念的成果，提升臺灣工程與學術界的國際視野及國際能見度。

## 二十週年：承先啟後、繼往開來

學會成立迄今已屆滿20週年，特於109年12月2日，於外貿協會臺北國際會議中心（TICC）舉辦本學會20週年慶祝活動，活動希望傳達「20週年只是階段性里程碑，是繼續挑戰成長與永續創新的起點，學會將繼續鏈結產官學研各界齊力展望鋪面工程嶄新發展。」

活動中邀請內政部營建署吳宏碩副署長、新北市政府朱惕之副秘書長、立法委員鄭運鵬委員、中華鋪面工程學會林志棟常務監事擔任開幕貴賓致詞，並安排三場專題演講，包括中華鋪面工程學會二十年回顧、內政部前瞻基礎建設計畫成果分享、交通部前瞻基礎建設計畫成果分享。學會亦收到立法委員陳歐珀委員、行政院公共工程委員會吳澤成主任委員、交通部陳彥伯政務次長、內政部營建署吳宏碩副署長、中國工程師學會廖慶榮理事長、中國土木工程學會宋裕祺理事長、台灣區瀝青工業同業公會顏寬恒理事長等各界的祝福話語。

相關活動除了回顧學會20年精采歷程與豐碩成果外，並希冀持續透過產官學研的攜手合作，期待未來能讓國際更加認識與肯定臺灣的鋪面工程技術與發展。



▲ 鋪面學會二十週年慶活動合影

### 發行EI索引 (SCI索引審查中) 國際期刊: International Journal of Pavement Research and Technology (IJPRT)

IJPRT (ISSN 1996-6814) 由本學會創刊於2008年, 自2009年起每年出版6期 (雙月刊), 初期每期出版4-6篇論文, 至2011年每期穩定出版8篇; 2012年因投稿數量持續增加, 每期出版8-9篇; 至2013年每期至少出版10篇, 同時IJPRT亦與國際研討會合作共出版100篇; 2014年每期穩定出版9-10篇, 全年57篇; 2015年每期穩定出版10-11篇, 全年67篇; 2016年每期出版8-9篇, 全年48篇; 2017年每期出版8-10篇, 全年56篇; 2018年每期出刊9-12篇; 2019年每期出版12-14篇, 全年80篇; 2020年每期出版11-15篇, 全年77篇, 出版成長幅度相當顯著與穩定, 證明IJPRT已在國際打開知名度, 其專業度及學術水準受到國際鋪面社群的肯定。

IJPRT目前已為EI索引之專業期刊, 亦是目前全球以「鋪面 (Pavement)」為名之四本專業期刊之一, 其餘三本期刊為: Road Materials and Pavement Design (RMPD)、International Journal of Pavement Engineering (IJPE)、Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements (ASCE) 皆為SCIE索引。

本期刊自2019年由Springer Nature出版, 全年收到329篇稿件, 年度接受率 (Acceptance Rate) 為29%、退稿率 (Rejection Rate) 高達60%。今

(2021) 年截至3月15日止投稿篇數已達88篇 (迄今確定接受1篇、已拒絕7篇), 預計全年將可能逼近450篇, 接續2020年持續成長, 若維持一年出版約80篇文章估計, 今年度的接受率很可能再降低、拒絕率持續增加, 顯見IJPRT論文品質不斷提升, 持續達到國際一流期刊的論文接受率水準。

依據Scopus及Scimago Journal & Country Rank (SJR) 網站資料, 本刊2019年在「Subject Area: Engineering; Subject category: Civil and Structural Engineering」領域共有299本期刊中排名74位進入Q1 (Quartiles), 並顯示臺灣國旗; 此外, 在「Subject Area: Engineering; Subject category: Mechanics of Materials」領域共有358本期刊中排名89位同樣進入Q1, 亦顯示臺灣國旗, 2019年相關數據表現如下:

- CiteScore (類似期刊影響係數Impact Factor) 數: 4.1 (02 March 2021)
- SJR 2019 (SCImago Journal Rank): 0.819 (Quartile: Q1)
- SNIP 2019 (Source Normalized Impact per Paper): 1.720

本刊持續與Clarivate保持聯絡, 持續追蹤已申請SCI索引之收錄進度, 109年7月29日詢問並獲得「仍在持續評估」的回覆, 展望不久的將來IJPRT能順利進入SCI索引, 增加全球鋪面工程專業人士與臺灣相關專業人士之交流, 並提升各國人士對臺灣鋪面專業之認識, 對提升國際知名度亦將有一定程度之貢獻。





▲各縣市授獎代表合影



▲臺北市政府彭振聲副市長專題演講分享

## 執行人行道考評：暢行無礙通四方，行人行車皆安康境界

本學會受內政部營建署委託辦理市區道路人行無障礙考評計畫迄今已13年，協助中央主管機關針對市區道路養護及人行環境無障礙現況進行考評，以積極督促各縣（市）政府落實執行清查及改善工作，從而推行道路及人行環境改善之正確觀念，杜絕錯誤設計觀念持續使用，以求逐年提升具平坦之道路及適宜性之人行道比例為目標，確實增進用路人及行人之用路權益，提供尊嚴、安全、舒適之道路養護及人行環境。

109年度「市區道路養護管理暨人行環境無障礙考評計畫」頒獎典禮暨研討會於109年12月18日假交通部運輸研究大樓國際會議廳舉行，頒獎典禮由內政部營建署吳宏碩副署長主持，中華鋪面工程學會籌辦，並恭請內政部陳茂春主任秘書親臨致詞及頒獎。頒獎典禮暨研討會主要係延續「以人為本、永續發展」之宗旨，表揚在改善道路養護及人行環境表現優良之行政區，各縣市授獎代表合影如上左圖所示，本次研討會邀集臺北市政府彭振聲副市長分享「現代化城市，心願景」之精闢專題演講，如上右圖所示。

## 辦理教育訓練：提升專業素質

本學會未來仍將勤於辦理各種教育訓練及研究計畫，扮演產官學研各界交流及合作之

角色。本學會為了服務道路維護品質及人員培訓，使管線單位加強管控施工品質，各道路管理機關加強申挖至路面修復的流程管控，使管線挖掘施工期間，追蹤督導路面回填及施工品質達到「路平」之目的，以維持道路服務水準。近年配合臺北市、新北市、桃園市、新竹縣政府推動管線挖掘施工管理之人員認證，與政府合力舉辦認證訓練班，以輔導各廠商認知政府推行政策及如何確保管線挖掘工程之品質要求。

## 結語

中華鋪面工程學會未來仍會以一貫積極態度參與各項鋪面相關研究計畫及工程實務，配合政府政策研擬法規及輔導產業，並舉辦研討會及訓練班以培訓專業人才，未來亦將更努力扮演產官學研界橋梁角色。本學會透過出版「鋪面工程」季刊以及「International Journal of Pavement Research & Technology (IJPRT)」學刊等學術期刊，發表相關研究議題，與各界進行專業知識分享與交流。學會長期耕耘於鋪面各項技術及規範，並提供多項工程評獎及獎學金，期望服務全體會員及學子。積極進行國際交流，期盼能引進新觀念新技術，進而提昇本學會專業及學術地位，並參與各項有關國際道路鋪面相關學術以及工程實務事務活動，致力展現臺灣在鋪面工程領域之研究成果與技術創新，持續為臺灣及本學會爭取榮譽。



# 大地工程學會之 近年發展與未來展望

文——田永銘 中華民國大地工程學會／理事長

中華民國大地工程學會於民國86年成立，以研究大地工程學術、提高大地工程水準為宗旨，會員遍布臺灣產、官、學、研領域，擁有眾多個人與團體會員，長期以來的主要任務在研究、發展及推廣大地工程學術及其有關之科學與技術，接受大地工程之委託研究，提供大地工程學術、法規、教育多方面之諮詢服務，積極推動臺灣大地工程之規範與標準的研究發展、制訂與研修工作。積極參與國際土壤力學與基礎工程學會之各項國際活動並爭取國際會議之主辦，以增加臺灣的國際能見度及提昇各項大地工程技術發展之國際合作機會，發揚地工技術、提昇大地工程師之地位，及促進地工發展為首要工作。中華民國大地工程學會近年積極參與國際並主辦相關重要會議，首先，歷經多年努力，2011年成為國際土壤力學與大地工程學會（International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE）會員，隨即展開擴大國際參與以及發揮影響力相關規劃，其中最具關鍵性的，即為成功爭取辦理ISSMGE所轄最具指標性、四年一度的2019年亞洲土壤力學及大地工程會議（16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 16ARC）。自1960年第一屆會議舉辦至今已近60年，臺灣首次取得該會議主辦權，會議期間並將舉行ISSMGE的2019 Mid-Session Council Meeting，除亞洲地區國家專業人士外，吸引約90餘國代表與會。



## 田永銘

現職 | 國立中央大學土木工程學系教授

學歷 | 國立成功大學土木工程學系博士

經歷 | 國立中央大學工學院院長

榮譽 | 國立中央大學研究傑出獎

國立成功大學土木工程系傑出系友

方面之諮詢服務，積極推動臺灣大地工程之規範與標準的研究發展、制訂與研修工作。積極參與國際土壤力學與基礎工程學會之各項國際活動並爭取國際會議之主辦，以增加臺灣的國際能見度及提昇各項大地工程技術發展之國際合作機會，發揚地工技術、提昇大地工程師之地位，及促進地工發展為首要工作。中華民國大地工程學會近年積極參與國際並主辦相關重要會議，首先，歷經多年努力，2011年成為國際土壤力學與大地工程學會（International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ISSMGE）會員，隨即展開擴大國際參與以及發揮影響力相關規劃，其中最具關鍵性的，即為成功爭取辦理ISSMGE所轄最具指標性、四年一度的2019年亞洲土壤力學及大地工程會議（16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 16ARC）。自1960年第一屆會議舉辦至今已近60年，臺灣首次取得該會議主辦權，會議期間並將舉行ISSMGE的2019 Mid-Session Council Meeting，除亞洲地區國家專業人士外，吸引約90餘國代表與會。

16ARC針對我國在土木大地行業具國際競爭力領域，包括檢測、測繪、灌注、改良以及新創等專業項目，突顯投稿主題、重點邀請參展、規劃短期訓練課程並免費提供各國學會優惠名額、安排參訪拜會等，除了成功吸引Engineer New Record (ENR) 2019年排名前40名之WSP、AECOM、ARUP、COWI、AURECON等廠商參與投稿、參展，並透過特別辦理分項座談、各單位青年大地工程師競賽、社交活動及參訪，深化了國內外產學研認同，並佈建新世代網絡。16ARC以「永續發展與新興市場」為會議主題，安排我國具競爭力的五個短期課程，由臺灣產業界與學術界以及國外專業優秀師資授課，內容涵蓋大地工程之監測實務、數值模擬、都會區地盤改良與深開挖、山崩事件監測技術，與深層災難性地滑的機制、前兆和風險評估，國內外青年工程師報名人數踴躍，大大提升我國產業的能見度與臺灣國際形象。

「大地工程學術研究討論會」自1985年開始，每兩年舉行一次，於



▲ 16ARC專題演講盛況空前

2020年已步入第18屆。大地工程學術研究討論會是目前國內土木大地專業研討會中最具規模且歷史最悠久之學術研討會之一，除了作為全國產官學各界土木大地工程同業同好之學術與經驗交流、提供同業同好交誼與合作之重要機會之外，同時邀請國內外著名學者專家親臨現場發表演說，提升國內土木大地專業技術以及與國際交流接軌的平台。

土木大地工程乃以提高國民之生活品質，促進國民之公共福祉為目的，進而改造國土、整治環境及防治災害的一種公共工程。而當前更應關注的是全球嚴重的極端氣候變遷，已嚴重影響人類生存環境之下，身為土木工程領域中的一員，如何提出精闢的見解及確實可行的因應之道，提供主政者施政參考是當前的要務。因此，2020年第十八屆大地工程研討會主題為「因應環境氣候急遽變遷之韌性、創新與永續經營之大地科技與實務」，將探討現今所面臨的艱難環境議題及未來可行的解決方案。會議內容包括大地工程講座、專題演講、論文發表、工程技術展覽及工程參觀，諸位大師級講者的演講，為現場大地工程師提供許多理論與實務的經驗；會議分18個大地工程相關議程，共184篇論文發表，亦充分展現我國目前大地工程理論與實務之發展與趨勢，透過大地工程研討會可提供大地工程相關領域專家、學者及同好們集思廣益的交流平台，凝聚力量來共同面對越來越嚴峻的環境挑戰。

本學會為獎勵國內規劃具前瞻性、設計具創新性、施工具突破性、管理具卓越性等興辦成

效優良之大地工程，每年評選傑出工程獎與技術創新獎，109年度獲獎單位包括利德工程股份有限公司（傑出工程獎：新烏山嶺引水隧道工程）、台灣世曦工程顧問股份有限公司（傑出工程獎：台9線蘇花公路谷風隧道新建工程-B3標）、臺北市政府捷運工程局第二區工程處（傑出工程獎：臺北都會區大眾捷運系統萬大-中和-樹林線（第一期工程）CQ840區段標工程）、中興工程顧問股份有限公司（技術創新獎：捷運大地工程設計自動化與BIM輔助設計之應用）、新北市政府新建工程處（技術創新獎：新北市「新店區安坑1號道路第二期」三連孔隧道工程），競爭激烈下獲選，實屬不易！此外，學會亦設有大地工程學會論文獎、大地工程博士論文獎、大地工程碩士論文獎、傑出大地工程師獎、優秀青年大地工程師等獎項，鼓勵青年學子從事大地工程領域的研究與實務工作，延續前人奠定在大地工程的基石工作。

中華民國大地工程學會不定期舉辦國內及國際研討會、工程參觀、專題演講和定期發行英文版之中華民國大地工程學會大地工程學刊（Journal of GeoEngineering），以宣導國內外之最新大地工程知識、研究成果和技術。同時，在本學會之宗旨下，積極推動各項學術活動、提倡學術研究和參與國際土壤力學與基礎工程學會之活動，使所有大地工程界的朋友能有一塊可以互相勉勵與交換學術研究成果和實務經驗的平台，以期能共同努力創造更適合人類及其他物種生存的大地，以不負社會的期望。💡



# 氣膠學會願景工程

文——張木彬 台灣氣膠研究學會／榮譽會長



## 王雅玢

現職 | 第15屆台灣氣膠研究學會理事長  
 中原大學永續環境研究與教育中心主任  
 學歷 | 成功大學環境工程學系博士  
 經歷 | 中原大學環境工程學系主任  
 中華民國環境工程學會秘書長  
 紐約大學環境醫學研究所訪問學者

台灣氣膠研究學會（Taiwan Association for Aerosol Research, TAAR）於1993年經內政部核可正式成立，是一個結合科學和工程，且非以營利為目的之專業學術團體，以提昇國內懸浮微粒之研究水準及促進環境保護和人類健康為宗旨。感謝歷任會長之卓越領導及會員先進之積極參與，歷經三十年的努力，本學會已成為鏈結產官學研各界、凝聚力極強的專業學術團體。本學會原名「中華民國氣膠研究學會」，於2007年更名為「台灣氣膠研究學會」，學會之任務如下：

- 促進懸浮微粒技術之基礎與應用研究
- 舉辦與懸浮微粒有關之研討會
- 訓練並培養懸浮微粒技術之人才
- 促進國際間懸浮微粒技術之交流及合作
- 出版有關懸浮微粒科學與技術之刊物
- 促進環境工程建設及人體健康
- 促進粉粒體材料之合成技術
- 促進其他與懸浮微粒相關技術之發展



▲ 圖1 第六屆國際氣膠研討會於台北召開(2002年)



▲ 圖2 AAQR期刊封面

面對新冠肺炎及全球氣候變遷給人類健康、生活環境與經濟活動帶來的巨大衝擊及挑戰，台灣氣膠研究學會必將全力以赴，積極培育氣膠科技與空氣污染控制技術相關人才，深化氣膠科技之基礎與應用研究，以期為空氣品質之持續改善及促進人類健康，做出更大的貢獻。展望未來，特整理本學會之世紀願景工程與長期發展重點如下：

### 積極爭取主辦與氣膠科技相關之國際研討會，提升本學會在國際學術界之能見度與影響力

台灣氣膠研究學會每年9-10月間舉辦一次年度學術研討會，以利會員進行最新的氣膠相關學術與技術的交流活動。本學會於2002年9月假臺北舉辦第六屆國際氣膠研討會（圖1），並於2007年假高雄舉辦第五屆亞洲氣膠研討會，由於籌劃用心、議程安排妥適，備受國際學界肯定，將學會推上國際舞台，因此本學會又順利獲得2022年第12屆亞洲氣膠研討會（AAC 2022）主辦權（將於2022年6月在台北舉行）。未來學會也將秉持促進懸浮微粒技術之基礎與應用研究之宗旨，持續爭取主辦與氣膠相關之國際學術研討會，提升本學會之國際能見度與影響力，也讓參與研討會的國外學者了解臺灣在氣膠科技發展與空氣品質改善所作的努力，

並了解國內學術界、政府和產業界在環境永續工作的貢獻。

### 持續打造AAQR成為學術界一流期刊

本學會發行之「氣膠與空氣品質研究」（Aerosol and Air Quality Research, AAQR; <https://aaqr.org/>）期刊（圖2），於2008年9月正式收錄於SCIE（Science Citation Index Expanded），亦收錄在Journal Citation Reports/Science Edition、Directory of Open Access Journals、Scopus、ProQuest等重要資料庫。在歷任主編的辛勤耕耘與國內外學術界的大力支持下，2018年AAQR之影響因子（Impact Factor）達2.735，在氣膠科技及空氣品質領域中，不僅為亞洲地區亦是全球居領先地位之優良國際期刊，對提昇臺灣之國際學術影響力及國際能見度具有卓越之貢獻。未來本學會也將持續投入資源，持續建設AAQR成為學術界一流期刊，提昇臺灣之國際學術影響力。

### 持續拓展與東南亞國家於氣膠科技與空氣品質改善方面的交流與合作

為進一步拓展臺灣與東南亞學術界在氣膠科技與污染源控制方面的多向交流與發展，協助相關國家解決日益嚴重的霧霾及空氣品質劣化問題，本學會於2013年11月與東南亞學術界合





▲ 圖3 拓展與東南亞國家在氣膠科技方面的交流與合作



▲ 圖4 氣膠青年之旅

作假泰國曼谷舉辦首屆國際氣膠理論與技術研討會（Theory and Technique, International Aerosol Conference, T&T IAC），爾後陸續於日本北九州、菲律賓馬尼拉、越南胡志明市，泰國合艾、柬埔寨暹粒及2019年在馬來西亞舉辦，迄今已有7屆，除增進本學會與東南亞國家的氣膠學術合作交流外，國內各大學相關氣膠領域碩博士生也積極參與T&T IAC會議，拓展國際視野，培育南向政策相關人才（圖3）。此外，本學會已分別於2019年在臺大、2020年在陽明大學及2021年在台科大舉辦「東南亞永續環境論壇暨就業博覽會」，提供在台之東南亞學生與臺灣永續環境相關企業工作媒合平台。

### 積極培育氣膠科技與空氣污染控制技術相關年輕人才

台灣氣膠研究學會每兩年舉辦「氣膠青年之旅」活動，迄今已舉辦8屆，其主要目的乃在透過參觀訪問如臺灣大學、成功大學、交通大

學、中央大學、中央研究院、環保署、環檢所及工業技術研究院等機關與學術單位實驗室及氣膠科技基礎課程講授，促進本學會青年學員對氣膠科技的應用領域、現況與前景、過去努力與成果以及未來展望有通盤的瞭解；在訪談過程中，也可就個人的興趣與專長作進一步的探詢與溝通，建立諮詢管道，以利於日後的職涯規劃。此外，也希望藉此活動讓氣膠青年在主辦單位精心規劃下能密集的學習、縱向與橫向均衡的互動學習與交流，藉此建立跨校的良好夥伴關係，期盼氣膠青年薪火相傳，將活力與熱情持續注入學會，為學會的長期發展提供永續的生命力！（圖4）

### 建立學術界與政府及社會各界之溝通平台

在政府及產業界共同努力下，國內之空氣品質日漸改善，部分地區之PM<sub>2.5</sub>年平均濃度已可達環保署訂定之每立方公尺15微克的標準，



▲圖5 2018年台灣氣膠研究學會邀集氣膠學者召開記者會，說明燃煤電廠之空污排放與控制技術。

成效有目共睹，但國內大氣臭氧濃度依然居高不下，政府及業界所面臨的空污減排壓力也持續加劇。國人對改善空氣污染，呼吸乾淨空氣之期待日益殷切，而造成空氣品質劣化的原因又相對複雜，期許本學會會員加強也加深國內空氣品質之研究，掌握空品劣化成因以提供政府制定正確有效之空氣污染管制策略，持續改善國內空氣品質，並以科學數據為基礎，協助政府與社會各界溝通、傳遞正確訊息、凝聚國人共識，一起為更好的空氣品質與生活環境努力。（圖5）

### 強化對社會與環境永續發展之貢獻，專業知識與資訊分享，符合社會民眾需求與期望

新冠肺炎疫情爆發初期，社會各界對病毒傳播與防護充滿疑問，甚而有所誤解，以致人心惶惶。有鑑於此，本學會「社會責任委員會」隨即發出「病毒如何透過飛沫與空氣傳

播？」中英文新聞稿與社群媒體文章，接受國內外媒體採訪，發表國際期刊論文「COVID-19: An Aerosol's Point of View from Expiration to Transmission to Viral-mechanism」，協助社會大眾對氣膠傳播與防護有正確之認識，冀減少民眾不必要之恐慌。同時，本學會會刊AAQR響應全世界國際學術期刊基於人道與學術研究服務回饋社會之價值觀，特立COVID-19專刊（已出版100篇來自世界各國之投稿），供免費投稿、加速審稿、免費全文下載，鼓勵相關成果發表，使科學研究成果得以迅速回饋社會需求，在防疫上扮演著集思廣益之角色。本學會將秉持著設立宗旨及應有之社會責任，寄望透過本學會之氣膠專業社團團結力與國際學術影響力，同時呼籲更多不同領域專業之交流與團結合作，共同增進人類福祉。◆



# 推動環島高鐵國土再造雛議

文——鍾維力 第9、10屆中華價值管理學會／顧問

陳椿亮 第8、9屆中華價值管理學會／理事長、第10屆中華價值管理學會／常務監事

何桂軒 第8、9、10屆中華價值管理學會／秘書長



## 鍾維力

現職 | 中華價值管理學會顧問

學歷 | 中國文化大學實業計畫研究所工學碩士  
台灣大學EMBA公共管理組畢業

經歷 | 交通部運輸研究所高級規劃師  
台北市政府捷運工程局土建設計處處長  
聯合開發處處長  
交通部高鐵局副總工程司  
交通部鐵道局總工程司

「交通是實業之母」交通建設配合國家經濟發展提供民眾便捷、安全、舒適的交通服務。隨著經濟發展、科技進步以及能源政策影響，鐵路運輸經過多年的改進，已成為現今最有效率、最舒適、最安全、最便捷及最環保的大眾運輸交通系統。臺灣的鐵路運輸事業始於清治時代，在日治時代達到全盛時期，四通八達的鐵路網總長度將近5,000公里。二戰結束後，公共鐵路網絡雖有擴張，但因政策朝向公路與汽車工業導向，公路建設興盛、以及林業與礦業的沒落，許多產業專用鐵路以及運量偏低的鐵路路線相繼廢止。

隨著臺灣經濟快速發展，為解決區域及都市交通問題，1973年，政府推動「十大建設」，其中鐵路建設佔兩項，分別為「鐵路電氣化」與「北迴鐵路」；1979年，縱貫鐵路完成電氣化，自強號開始投入營運，臺北至高雄乘車時間由8小時縮短為4小時，大大減少了臺灣南北的交通運輸時間；同年12月30日，連結臺東線與宜蘭線的北迴鐵路通車，東西部的鐵路完成連結。1979年，政府繼續推動「十二項建設」，鐵路建設包括修建南迴鐵路完成臺鐵環島鐵路網，以及繼續鐵路全面電氣化和統一軌距。1982年，臺東線將原本的762mm軌距改為與西部鐵路相同的1,067mm軌距，與北迴線完成直通。1991年，南迴線完工通車，臺灣的「環島鐵路網」正式完成。

自1990年代起陸續增建新的軌道系統，如在人口稠密的西部走廊興建南北高速鐵路、以及各都會區興建捷運系統，鐵路運輸成為大眾運輸極為重要的交通工具之一，而隨著東部的聯外交通需求日漸增加，鐵路更已成為臺灣東、西部間主要的交通方式。

中華價值管理學會陳椿亮前理事長於第八、九屆任期間，除了學會會務的改善與精進之外，也關心國家建設與發

展，價值管理學會以推廣價值管理為宗旨，善於應用價值方法進行研析，在短時間內提出滿足需求機能、又能節省經費、提昇價值建議方案的有效方法。學會許多成員為軌道工程專業人員，自然關心國內高速鐵路的發展，基於以下的四個理由：

- 中國高速鐵路的快速發展，其中「海南環島高速鐵路」於2015年12月30日全線通車，三小時可環島一圈為全球首條環島高鐵。回顧台灣高鐵於2007年1月5日通車，同年海南東環線於9月29日才開工。
- 日本新幹線營運路網向南北延伸至北海道及九州，帶動自由行觀光成為風潮，觀光人口六年來成長約三倍。
- 台鐵自從1991年南迴鐵路通車，完成環島鐵路網後，於2018年10月21日發生普悠瑪翻車事故重創台鐵形象與士氣，有感於台鐵除了提升營運速度與安全外，應有更好的定位與發展（企業化公司化）。
- 高速鐵路的延伸有助於臺灣全島納入一日生活圈，對於國力的提升有加乘效應。

於中華價值管理學會第9屆第3次理監事聯席會議通過了倡議「興建環島高速鐵路，創造樂活家園，提升臺灣價值」為2010年學會年會的主題。學會並於2021年2月26日新任陳理事長文德主持之理監事會議通過持續推動興建臺灣環島高速鐵路，列為本會重要工作。

## 高速鐵路時代

「高速鐵路」一詞，目前世界上並沒有統一的定義，不同的組織或國家均對「高速鐵路」有各異的標準。但近年各地的標準已趨於接近，國際鐵路聯盟的建議是指：透過改造原有線路使其設計速度達到200公里/小時，或新建路線的設計速度達到250公里/小時以上。由於許多國家的傳統鐵路也進行提速化，一旦速度提升達到200公里/小時的範圍，將使得高速鐵路的定義趨於模糊。「狹義」上的高速鐵路，是指傳

統的輪軌式高速鐵路，這也是最普遍的一種定義；而「廣義」上的高速鐵路則包含使用磁浮技術的高速軌道運輸系統。

高速鐵路時代是指一個國家或地區開始建設高速鐵路、運營高速列車，從而將高速鐵路交通系統作為其核心運輸方式的時代。1964年10月1日東京奧運會前夕，連結東京與新大阪之間的東海道新幹線開始通車營運，列車運行速度超過200km/h，是全世界第一條投入商業營運的高速鐵路系統，並服務於日本重要的城市帶。所以，東海道新幹線的建成通車是日本邁入高速鐵路時代的標誌。台灣高鐵於2007年1月5日通車後逐漸成為臺灣西部重要的長途運輸工具之一，亦為臺灣軌道工業指標。目前南北雙向每日共有130至162班次，平均日載客量達184,000人次，週末與連續假期則有每日300,000人次的水準。目前單日運量最高紀錄為318,000人，落在2019年9月15日。

隨著高速鐵路新時代來臨，傳統的運輸格局和GDP經濟版圖都面臨改變。不管是觀光旅遊、不動產、商業等還是相關產業鏈「高鐵經濟」之虹吸效應、輻射效應，將使得高鐵沿線逐漸發生變化。上至國土發展、下到都市風貌之轉變。另外，高鐵時代將對製造業的發展、產品的更新換代和產業結構的調整、國際地位的提高等均產生一定之影響。

## 前瞻基礎建設之省思

政府於前瞻計畫軌道建設提出「高鐵、臺鐵連結成網」、「臺鐵更新及改善東部服務」、「鐵路立體化或通勤提速」、「都會區推捷運」、「中南部有觀光鐵路」等五大主軸共38項軌道建設計畫，架構上仍屬都會區域軌道交通改善計畫。是否應以更宏觀之國土發展上位提出興建東部高速鐵路以形成環島高速鐵路，促成東西部均衡發展，全島一日生活圈？如何從價值管理專業提出周延規劃，以為決策參考，值得探討。



此外，輿論對於前瞻計畫軌道建設亦存在以下疑慮：

- 許多建設不符合民眾所需，恐產生更多低效能蚊子館。
- 決策與資源分配過程黑箱作業，各地方政府分配不均。
- 軌道建設偏重鐵路立體化，對經濟發展及國土利用未具成效。
- 忽視環保，濫徵土地，侵害土地正義。
- 以特別預算方式舉債，政府財政更加惡化。

綜上，應以更宏觀之國土發展上位提出興建東部高速鐵路以形成環島高速鐵路，促成東西部均衡發展，全島一日生活圈（前瞻軌道建設2.0）。重大公共建設對我國財政及經濟發展影響久遠，決策前應有審慎之可行性研究及綜合規劃，以免思慮不周或難以執行不利國家永續。

### 興建環島高速鐵路之必要性

高速鐵路以現代化快速密集之列車運行於全國，為人們提供了快速便捷的新型態交通，已成為國家發展最重要的基礎設施，對國家和地區的經濟、社會發展產生了深遠影響。隨著高速鐵路之快速運行，串起了各主要都市及偏遠地區，形成一日生活圈。擴展了人們活動範圍，也帶動了沿線旅遊、不動產、商業等經濟產業活動之蓬勃發展。毫無疑問的，由於高速鐵路時代的來臨，突破了過去地域之隔閡與空間發展之侷限。因此，目前國土利用及產業發展計畫實有重新檢視及變革之必要。

臺灣本島面積約35,873平方公里，東、西區域受中央山脈阻隔，西部沿海廊帶為丘陵、臺地、盆地或平原，為都市發展人口密集地區。東部地區主要為狹長之花東縱谷平原受限於地理環境及交通，經濟發展遲緩，人口嚴重外流。然而花東地區為臺灣特有的一塊環境淨土，在全球追求樂活與慢活發展趨勢下，其豐

富多元的民族組成與文化特質、優美的自然環境與景觀、乾淨的空氣與土地、豐富的海洋資源、儉樸的城鄉生活與原住民樂天特質，構成追求永續生活及發展得天獨厚的區域條件。

臺灣雖已構築環島鐵路網，惟其中南迴鐵路及花東鐵路大部分路段仍屬單軌行駛，因此運量及行車時間尚無法滿足觀光、產業及地方居民生活之交通需求。臺灣西部區域於高速鐵路興建完成後成為一日生活圈，維繫了臺灣經濟之持續發展，如能繼續建構環島高速鐵路網，突破東西區域發展之藩籬，使臺灣全島成為一日生活圈，勢將引領臺灣之發展邁向另一嶄新的境界。

### 興建環島高速鐵路願景與課題

環島高速鐵路將臺灣東、西部城鄉串連，全島成為一日生活圈。以往臺灣西部過度密集發展，而東部相對缺乏公共設施仍屬偏鄉，國土發展不均衡現象將因交通之便捷產生變化。所謂花、東地區為臺灣後花園之印象將走入歷史。

過去國土空間、產業經濟、交通建設、土地使用等「重都市、輕鄉村」的政策，造成鄉村地區諸多問題，如朝向蛙躍式、零星發展、都市化的趨勢，過度消耗土地，產生農地污染與生態破壞問題；鄉村平均所得過低，年齡結構老年化，使鄉村漸失活力。鄉村建設的相對落後，公共設施不足，生活環境益形惡化，工作條件與居住環境未能改善，導致鄉村人口更加外流，城鄉發展差距更形擴大。

有鑑於城鄉環境正面臨種種快速變遷與挑戰，諸如：極端氣候的發生、能資源匱乏、高齡少子化社會、無人車的發明、物聯網運用等，將使未來城鄉環境產生重大變化。環島高速鐵路興建形成全島一日生活圈後，未來國土空間城鄉發展不均衡問題可獲得解決，就城鄉發展擘劃之願景為「智慧、再生、幸福、永

續」，並可對應未來新世紀四種城鄉發展型態，分別為：智慧城市、綠色城市、友善城市，以及韌性城市。

興建環島高鐵亦須面對以下課題：

### 一、國土計畫之檢討

必須重新界定花東地區發展定位，包括：城市、風景區、產業、保護區等，以及因應花東地區之開發，全國人口及產業均衡分佈與發展之策略。

議題：

- 配合環島高速鐵路花東地區發展條例檢討。
- 配合環島高速鐵路花東地區國土計畫。
- 配合環島高速鐵路全國人口及產業均衡分佈與發展策略。
- 配合環島高速鐵路花東地區觀光景點及交通規劃。
- 配合環島高速鐵路屏東觀光景點及交通規劃。

### 二、花東地區交通規劃與建設

必須重新檢討花東地區之交通幹線網路規劃與建設，包括現有鐵路、公路及大眾運輸。

議題：

- 配合環島高速鐵路花東地區交通幹線網路規劃與建設。
- 配合環島高速鐵路花東區域大眾運輸規劃。

### 三、環島高速鐵路路線與場站規劃

議題：

- 環島高速鐵路與南港、左營站之銜接。
- 環島高速鐵路屏東、臺東、花蓮、宜蘭等站址選定。
- 環島高速鐵路維修調度場佈設。

### 四、站區開發及產業鏈之結合

議題：

- 環島高速鐵路屏東、臺東、花蓮、宜蘭站區開發計畫。
- 環島高速鐵路屏東、臺東、花蓮、宜蘭站區產業聚落。

### 五、財務計畫

自償率、經濟效益、財源籌措及融資可行性、風險分析與管理。

議題：

- 環島高速鐵路財務、經濟效益評估。
- 環島高速鐵路財源籌措及融資可行性探討。

### 六、興建、營運之規劃

政府興建或民間興建，公司型態及營運模式。

議題：

環島高速鐵路興建、營運模式之探討。

### 七、環境影響評估

議題：

環島高速鐵路對水資源區及花東、高屏地區環境影響分析。

### 八、核心機電系統型式，國產化、本土化政策

議題：

- 環島高速鐵路採用核心機電系統探討。
- 環島高速鐵路核心機電系統國產化、本土化之探討。

### 九、土建設施型式及施工方式

議題：

- 環島高速鐵路隧道工法之研究。
- 環島高速鐵路邊坡保護及監測。

### 十、發包方式

議題：

環島高速鐵路發包策略。

### 十一、行車模式

議題：無縫接軌，一車到底。

### 十二、與台鐵營運之競（整）合、費率、行銷

議題：

1. 台鐵營運功能之充分發揮，重生與轉型或與高鐵轉乘接駁。
2. 環島高速鐵路結合台鐵之觀光行銷計畫。◆





追求  
卓越



---

工程為國家發展之基石，南非前總統Nelson Mandela曾說：「生活的意義不是我們曾活著這樣一個簡單的事實，而在於我們是否為其他人的生活帶來了變化。」

工程師走在黑暗與荊棘中，但把光明與鮮花獻給人們，因為他們無私的奉獻，才能一直帶著國家不斷前行。

中工百拾，拾級而上。中工會淬鍊110年，繼續登高望遠，讓我們一起看向更高更遠的百年榮景，也期待看到我國工程界站上世界的高峰。



# 下一世代的電信工程願景

文——謝繼茂 中華電信／董事長  
中國電機工程學會／理事長



## 電信技術沿革與演進

寬頻上網及行動通信已是現代生活的必要元素，電信服務供應商（如中華電信等）依固網、行動通信及衛星通訊技術發展趨勢，建置綿密的電信網路基礎設施，以滿足客戶語音通信、上網、影視、電商、社群等各式各樣生活服務需求。以下將分別從固網寬頻、行動通信、衛星通訊等不同的通訊媒介管道技術加以說明。

### 一、固網寬頻技術

早期寬頻上網以非對稱數位用戶迴路（Asymmetric Digital Subscriber Line, ADSL）技術為主，利用既有的銅纜電話線搭配調變／解調變的數據傳輸技術，在打電話的同時還可以上網。近年來電信業者積極推動光纖到戶建設，光纖接取架構FTTx（Fiber To The x）已可提供客戶Gbps等級的上網服務。

## 謝繼茂

現職 | 中華電信董事長

中國電機工程學會理事長

台灣雲端物聯網產業協會副理事長

學歷 | 台灣大學商學研究所碩士

交通大學管理科學系學士

經歷 | 2017-2019中華電信 總經理

2012-2016中華電信執行副總經理(業務長)

2010-2012中華電信執行副總經理(行政長)

2007-2010中華電信南區分公司總經理

2006-2007中華電信中區分公司總經理

榮譽 | 2019年榮獲中國電機工程學會第一屆會士



▲ 2020/6/30臺灣正式進入5G行動通信新時代。總統蔡英文(左5)、前交通部部長林佳龍(左4)、中華電信董事長謝繼茂(右4)、通傳會主委陳耀祥(左3)、國發會主委龔明鑫(右3)、經濟部次長林全能(左2)、文化部次長李連權(右2)、中華電信總經理郭水義(左1)、中華電信行動通信分公司總經理陳明仕(右1)，共同宣布中華電信5G率先啟用，邁向資通訊新里程碑。

隨著固網寬頻演進至更高速度寬頻的光纖接取架構FTTx，有線電視業者也積極推動混合光纖同軸 HFC（Hybrid Fiber Coaxial）架構，透過有線電纜數據服務介面規範（Data Over Cable Service Interface Specification, DOCSIS）技術，藉由有線電視頻道承載數據訊號提供Gbps等級速率上網服務。無論是FTTH（Fiber To The Home）或HFC架構，甚至已可提供雙向10 Gbps等級的連網服務（實際連網速率仍須取決於同時間之連網人數，尤其是HFC）。

## 二、行動通信技術

自第一代類比式行動電話啟用後，隨時隨地皆可撥打電話，無須受到固定電話的地點限制。在歷經2G數位式與3G多媒體行動電話後，目前搭配智慧型手機的4G行動寬頻，已可透過LTE（Long Term Evolution）無線通訊技術，提供Mbps等級的寬頻連線上網需求。

2020年6月臺灣正式進入5G行動通信新時代，如上圖，可提供Gbps等級的高頻寬、低延遲和大

連結的高速行動寬頻服務，搭配物聯網（Internet of Things, IoT），將可成為萬物聯網、全民升級、百業升級的嶄新電信服務時代。

## 三、衛星通訊技術

衛星通訊是通過空中衛星上之轉頻器中繼設備來傳遞和放大無線電通訊訊號，它延伸了地面上發射站與接收站之間的通訊距離，可用於電視、電話、廣播、網路和軍事等領域。目前地球軌道上有約5,000多顆通訊衛星，可區分為高軌道衛星、中軌道衛星、低軌道衛星。過去臺灣電信業者（如中華電信）已攜手新加坡電信發射兩顆衛星ST-1、ST-2，就屬於高軌道衛星，其主要用途包含衛星通訊、廣播電視、船舶通訊等。而傳統的高軌道衛星，距離地面3.6萬公里，有訊號延遲大及容量小的缺點，近年來低軌道衛星正夯（如SpaceX的Starlink），由於更靠近地球表面（2,000公里內），頻寬容量更大（50Mbps-100Mbps）、訊號延遲較小（20-40ms），成為衛星通訊發展新趨勢。



## 下一世代電信工程技術

隨著超高速、NFV (Network Functions Virtualization) / SDN (Software Defined Network)、Cloud Native等新興電信技術持續演進，5G時代逐漸邁向開放網路架構 (如Open Radio Access Network, O-RAN)，同時，產業界也開始構思下一世代電信工程技術，包括：網路全光化、開放虛擬化、低軌道衛星、6G等新型通訊技術發展。以下將分別從固網、Wi-Fi、雲端虛擬化、行動通訊、衛星通訊等方面簡要說明。

### 一、高速固網寬頻技術

固網寬頻市場在客戶需求及競爭環境下，已陸續出現下載速率1Gbps以上服務，其主要是以光纖到家 (Fiber To The Home, FTTH) 架構，結合下一世代被動光纖網路 (Passive Optical Network, PON) 技術，如10Gbps對稱速率的ITU-T G.9807.1 XGS-PON、非對稱速率的ITU-T G.987 XG-PON或IEEE802.3av 10G-EPON。光纖到家迴路可同時收容多組不同波長系統，大幅提升光纜使用效率。此外，更高速率的IEEE802.3ca 100G-EPON、25GS-PON、ITU-T G.9804 HSP (50 Gbps) 等技術標準，及相關商用產品正陸續發展中。

### 二、Wi-Fi 6

網路影視服務的蓬勃發展及手持上網裝置的效能愈來愈好，使用智慧型手機與平板電腦等手持上網裝置進行娛樂甚至是商務工作已經相當普遍。新一代的Wi-Fi技術採用IEEE 802.11ax的標準規格，最大理論速率高達9.6Gbps，可充分滿足多人同時享受網路各式各樣的應用服務。Wi-Fi Alliance (WFA) 為了方便一般消費者識別，特將其命名為Wi-Fi 6，以有別於前一代技術IEEE 802.11ac的Wi-Fi 5。除此之外，6GHz頻段的逐步開放使用，使得Wi-Fi設備能有更多的無

線通道選擇，最高可使用的頻寬達1200MHz。WFA則將支援6GHz頻段的Wi-Fi 6設備稱之為Wi-Fi 6E (Extended)。

### 三、全光網路

光纖通訊是行動通訊與固網通訊的重要基石，全光網路 (All Photonics Network, APN) 在光域直接處理訊號的傳輸與交換等，從網路到終端全程以光訊號進行傳輸，可望實現超越5G通訊的超低耗電、超高速訊號處理等技術。全光網路將光訊號直接從網路傳輸到終端，並引入光電融合元件的新裝置，電力效率為100倍；減少訊號轉換壓縮，預計端對端延遲降低200倍；導入多核心光纖之類等新型光纖的大容量光傳輸系統、設備技術，使傳輸容量提升125倍。因此，單一光纖將可承載更大的傳輸量，有效降低單位頻寬成本，滿足未來B5G與6G的需求。同時藉由即時且全面的監測管理機制，將能靈活而可靠的規劃全光網路的各項網路功能與路徑，實現網路智慧化。

### 四、虛擬化／軟體定義技術

網路功能虛擬化 (NFV) 與軟體定義網路 (SDN) 亦為下一世代電信網路演進兩大關鍵技術。NFV把實體設備的網路功能，以軟體方式在標準x86伺服器上提供，NFV打破專屬硬體設備的藩籬，搭配彈性配置與加速部署，可降低成本。SDN透過軟體可程式化的概念，搭配開放介面，集中分析與管控網路之資料傳送路徑、流量等項目，滿足各類網路應用需求，提升網路資源使用效率。

### 五、下一世代雲端技術

隨著電信業務敏捷需求、邊緣運算與5G創新垂直應用發展，帶動相關技術演化，3GPP (3rd Generation Partnership Project) 組織制定行動通信技術規格；虛擬化／軟體定義技術

經由OpenStack平台，可管理雲化網元所需要的運算、網路、儲存等資源。下一世代雲端技術主要是由歐洲電信標準協會（European Telecommunications Standards Institute, ETSI）提出的雲維運管理框架（NFV Management and Orchestration, NFV MANO）及雲端原生運算基金會（Cloud Native Computing Foundation, CNCF）提出的原生雲（Cloud Native）等2項；其中原生雲技術可讓電信網路功能之實現方式由實體機、虛擬機演進至容器（Container），讓研發與維運人員基於NFV MANO與開源專案在微服務架構下，透過持續整合與交付方式，自動化佈署、管理與監控電信網路功能元件。

## 六、5G 行動通信技術

未來隨著網路開放及虛擬化的演進浪潮，5G新型基礎設施將朝O-RAN基站、行動邊緣運算（Mobile Edge Computing, MEC）等技術發展。

### （一）Open RAN

行動通信系統架構正由封閉型態逐漸朝向開放發展。過去行動網路高度依賴少數電信設備商提供的封閉型系統，使得電信營運商在設備升級與服務創新時缺乏彈性。2018年標竿電信營運商成立O-RAN聯盟（Open Radio Access Network Alliance），推動介面開放化、軟體開源化、硬體白牌化、網路智慧化等四個方向，能夠以通用的x86伺服器構建虛擬RAN，並具有嵌入式AI驅動的無線電控制，實現可互操作的供應鏈生態系統。

### （二）行動邊緣運算

隨著智慧型手機的普及和通訊軟體、直播服務、串流影音等服務持續成長，再加上企業逐漸將許多業務擴展到智慧型裝置上，及物聯網應用的興起等，導致行動網路頻寬逐年攀升，同時也

帶動即時性與高穩定度的網路品質需求。

邊緣運算（Edge Computing）技術相應而生，可將應用程式、資料運算和儲存空間推向網路邊緣，建置於靠近用戶裝置的地方，使得應用服務與內容可以實現本地化、近距離與分散式部署，電信業者可扮演服務供應商的角色，透過開放平台供第三方業者部署應用服務；用戶終端可就近接取服務、取得資料，達到較低的延遲，及舒緩核心網路的負荷；另一方面因資料在本地端處理，也可確保敏感資料的隱密性。

## 七、低軌衛星／high throughput 衛星

具有全球涵蓋特性的衛星通信除了擴展陸上通信涵蓋以及提供船舶與航空器的通信外，也可作為受災時之備援通信系統。軌道高度在2,000公里以下的低軌衛星，相對於軌道高度約在36,000公里的同步衛星，具有低延遲與高單位面積容量的優勢，格外受到關注。交通部在109年的頻率供應計畫中明定17.8-19.3 GHz以及27.5-27.9 GHz兩個頻段作為低軌衛星通信系統實驗網路之用。目前全球低軌衛星大廠包含OneWeb、Amazon與SpaceX。就發展來看，SpaceX的低軌衛星通信服務Starlink發射成功的衛星數最多，並已在美、加、歐洲與大洋洲開放Beta服務。

## 八、6G 網路願景

為拓展未來生活應用與商業需求，目前芬蘭、美國、日本、南韓、中國等已有政府、業者、學校陸續規劃投入6G網路技術研發。其中芬蘭Oulu大學於2018年啟動6G旗艦（Flagship）計畫，2019年發表首部6G白皮書「Key Drivers and Research Challenges for 6G Ubiquitous Wireless Intelligence」（無處不在的6G無線智慧之主要驅動因素及研究挑戰），認為6G將是2030年無線通訊的基礎，傳輸速率高達1 Tbps，並藉由更廣



泛的物聯網與人工智慧技術，創造出新的智慧服務與應用，例如延展實境（XR）眼鏡、機器人、自駕車等。

觀察各國發展6G的主要目標包括承擔社會發展責任、網路永續經營、滿足市場需求、注重安全與隱私。預期滿足上述目標將面臨許多挑戰，單靠一種傳輸技術是不夠的，未來可能需要利用地面與非地面網路通訊，實現多重路徑接取，以達到服務連續性。

## 未來創新應用

現階段5G是創新應用的重要驅動力，預期可強化運用AI、自駕車、延展實境XR（Extended Reality）等技術與絕佳創意，打造令人驚喜的各種智慧生活與產業應用，6G時代，這些服務將更臻成熟發展，全面改變人類生活方式與工商業運作型態，同時，這些創新服務預期將為市場帶來龐大的商機。

### 一、AI人工智慧

AI人工智慧廣泛應用在各種場域與情境，其附加價值也陸續顯現，特別是在「軟體」、「服務」、「製造」、「裝置」等四大領域智慧化的創新應用，包含：智慧城市、智慧交通、智慧車載、智慧物流、智慧醫療、智慧聯網、智慧客服等範疇。支撐AI核心關鍵技術包含AI機器學習、影像辨識、語音辨識與合成、自然語言處理、語意理解、大數據分析與預測等。目前AI聲控助理已逐漸進入日常生活服務中，包括：手機、智慧家電、智能音箱等，AI在防範犯罪與偵防扮演重要角色，例如藉由機器的深度學習，可進行車牌辨識與行車軌跡搜尋，更能進行各種車型、車色之檢索，大幅減少搜尋時間，提升員警辦案效能，成為嚇阻犯罪與刑案偵辦之利器。展望2025年，AI運用將更深更廣，尤其在電信、金融、製造等產業有極大的影響。

### 二、XR延展實境

近年市場關注擴增實境（Augmented Reality, AR）、虛擬實境（Virtual Reality, VR）及混合實境（Mixed Reality, MR）三者融合趨勢，致力於涵蓋三者的延展實境（eXtended Reality, XR）平台研發。XR較傳統沉浸式應用範圍更廣，包含不同企業和商業領域，會從現在主流的手持裝置載體，逐漸演變成以頭戴式裝置為主。另一方面，COVID-19疫情也促進XR服務與設備滲透率的提升。未來XR要成功發展仍需克服硬體限制及滿足更大傳輸頻寬需求，可結合後5G／6G世代、AI邊緣運算、高度逼真行動全息顯示（High-Fidelity Mobile Hologram）、數位複製（Digital Replica）等技術，提供消費者遠距導購、動態影音書、16K UHD超高清串流影音、720度3D立體影音內容，以及企業客戶內部教育訓練，遠距協作等用途，達成虛實難分的沉浸式服務目標。

### 三、自駕車

根據國際調研機構指出，自動駕駛、電動化、聯網化、車輛共享是未來汽車產業發展趨勢，Gartner預測2023年全球具備自動駕駛就緒的車輛（Autonomous-Ready Vehicle）淨增加數將達74萬輛以上，主要成長地區集中在北美、西歐與大中華區。在國內方面，政府以政策鼓勵無人載具科技創新應用研發，其中自駕車應用以公共運輸接駁、最後一哩接駁、園區接駁等運行試驗為主。電信運營商（如中華電信）已積極與自駕車廠商合作，發展自駕車於公共運輸接駁創新應用，例如實際落地於新北市自駕巴士系統測試運行計畫，首創全臺第一輛智駕電動巴士的公車營運路線上路，為民眾帶來科技創新的智慧交通體驗。

#### 四、智慧防救災

2020年臺灣進入 5G 行動通訊的新時代，由於 4G行動通訊有廣覆蓋、低功耗等傳輸特性加上5G高頻寬、低延遲和大規模連結的優點，具有強化網路通訊的能力，更有助於政府防救災效率的提升。透過收集分析城市或區域的各種資訊，導入智慧運籌管理中心（Intelligent Operation Center, IOC），並以智慧化、系統化及可視化的方式呈現，讓指揮調度工作更精確而有效。公部門也可藉由貼近民眾生活化的社群媒體，將政府的作為以及即時的災防資訊提供給民眾參考。

預防災害發生也可以借助新科技，像無人機可運用在道路、橋梁、軌道、邊坡與河川環境的巡檢作業，透過AI影像辨識與比對，事先掌握潛在災害風險並預先防範。此外，以5G大頻寬結合無人機機動性優勢，快速抵達現場，將即時的災情及物資需求等資訊傳遞出來，提供指揮中心快速掌握災害現場狀況，更有利於防救災的指揮與調度。

#### 五、Digital Twin數位雙生

世界正迅速朝向數位化轉型，數位雙生即在此轉型中扮演一切實體抽象化的重要角色。根據國際調研機構指出，數位雙生市場將由2020年的3.8億美元，在2025年前成長至35.8億美元。數位雙生是現實世界的虛擬展現，包括：實體物件、流程、關係和行為，透過虛實整合和簡化的工作，改善了傳統業務流程，降低風險與優化運營效率，並加強自動化決策與分析預測之能力，解決更艱鉅的業務挑戰。其中地理信息系統（GIS）技術是建立整個世界數位雙生的基礎，模擬現實環境所有實體，包括資訊互通、模擬系統行為表現、易於建立自然環境／資產／城市的整體數位表現；實現更好的即時視覺化，提供對於未來預測之深度分析和自

動化，允許資訊共享和協同合作。

目前中華電信更透過加入IOWN GF國際研究組織，規劃全光化網路提供超大頻寬、超低延遲及節能減碳的新一代基礎網路，以推展數位雙生運算（Digital Twins Computing）應用；蒐集研析人類與環境資訊並於網路虛擬平台進行交換、融合及複製等運算，並回饋至真實環境，創造虛實整合的多樣化生活創新應用，提供更真實視覺化及超越人類感測／感知的智慧應用服務。

#### 結語

電信工程的核心價值，在於滿足人類對於資訊傳遞的需求，隨著世代轉變，下一世代電信工程被高度期待的，將是虛實整合、人工智慧與萬物互連的需求。因應家庭、企業、公眾、工廠、運輸、城市、鄉村等各式不同情境與場域，新世代網路的技術趨勢，朝向網路全光化與虛擬化的高頻寬、低延遲、大連結三個目標發展。加上AI辨識與分析，滿足擴增實境／虛擬實境／混合／延展實境、自駕車、智慧防救災、Digital Twin數位雙生等應用需求，透過創造更多元智慧的應用，提升人們的生活品質與安全。

展望未來，掌握新世代網路衍生的新商機與節降建置成本，對於電信服務運營商尤其關鍵，透過有線、無線網路與電信雲的整合，以虛擬化、軟體化、雲原生、開放化及高速化等技術來支撐電信網路轉型、5G企業專網、MEC邊緣運算、O-RAN開放基站之建置，不僅可獲得高效能、高可用、高彈性的敏捷服務，更可降低建設與營維成本並改善資源使用率，為下一世代網路提供解決方案的穩固根基，滿足客戶的生活、娛樂、教育、工作等各方面需求與體驗。💡



# 最值得信賴的全球工程服務團隊 中鼎集團帶動世界各地永續向前

文—— 楊宗興 中鼎集團／副總裁



走過一世紀，今年是中國工程師學會創會110周年（簡稱中工會），與民國同歲，是國內歷史最悠久、最具規模的工程學術團體。百餘年來，中工會以推展工程技術、培育優秀人才、促進國際合作、提升國家競爭力為己任，任重道遠。CTCI中鼎集團於民國68年成立即加入中工會，秉持與中工會相同的理念和目標，中鼎從一家本土小規模的工程公司，成長為「臺灣第一、全球百大」國際級統包工程集團。40多年來，中鼎以工程專業帶動臺灣的經濟成長，並對世界各地的建設做出貢獻。今應中工會之邀，特撰此文分享中鼎如何持續創新工程技術、打造綠色工程、培植全方位人才，並致力實現「最值得信賴的全球工程服務團隊」願景，帶動世界往更進步、更永續的方向前進！

## 楊宗興

現職 | 中鼎集團副總裁

中鼎工程股份有限公司董事長

學歷 | 國立臺灣科技大學企業管理碩士

國立台灣大學機械工程碩士

經歷 | 中鼎工程股份有限公司副董事長

中鼎工程股份有限公司總經理

中鼎工程股份有限公司副總經理



▲中鼎研發的iEPC應用十分廣泛，從前期設計、採購，到工程的建造、執行，以及後續的維修保養等無處不在。



▲iEPC成果展

## 創新科技 創新服務

國內工程技術，經過數十年的發展，水平不斷地提升，然而，隨著全球專案投資規模愈來愈大，工程難度及複雜度也愈來愈高，執行的挑戰同步增加。中鼎總是從每次的挑戰中尋找成長的機會，使全球的專案執行更快、更好、更精準、更有競爭力；中鼎持續致力創新研發，導入先進技術，而研發多年的「iEPC智能化統包工程」以及「模組化工程」的突破，是近年的發展重點之一，其對工程產業所帶來的影響，既深且遠。

iEPC是中鼎所打造專屬的創新智能化工程平台，透過將AI人工智慧導入統包工程，使EPC變成iEPC。所謂的iEPC，簡單來說就是將EPC的作業流程及實體物件全部數位化、自動化及智能化，成為數字工廠（Digital Twin），並將這些資料整合，進行分析，做智能化的專案管理（Project Management）。現階段，我們已將設計、採購、建造、試車各階段獨立系統自動串連，並立即更新各階段的變動資訊，提升工作的效率、品質與安全性，有效降低成本並避免工期延宕，使全球的專案得以快速獲取更全面的資訊，工作串連更為優化；而過去一年，即完成近30件創新成果，包括：自創中鼎品牌「管內清潔機器人」及「自動焊接機器

人」、水利計算分析等多項RPA（Robotic Process Automation機器人流程自動化）新應用等，以及無人機巡視工地等作業。在iEPC 1.0的既有成果下，我們今年邁入 2.0版的研發，除了持續深化既有模式、延伸上下游的服務範疇，將更側重AI的輔助與自動化能力的提升，並加速建造作業朝無人化邁進，以精進專案管理，優化成本與時程的管控，逐步擴大創新成果。相信這些創新應用，不僅強化中鼎的國際競爭力，為客戶帶來更大的附加價值，更將為未來全球的工程執行帶來巨大變革。

再來談到模組化工程的突破。由於現場建造工作，需面對文化、環境、氣候等問題，可說是建廠統包工程中最艱難、最具挑戰的部分；而模組化工程的執行，是以積木組裝的概念，將工廠先行預製後再運到現場組裝完成而採用的建造手法，具有工期短、施工效率高、品質可控性好、施工安全性更高等優點，可有效克服工程建造過程中的人工短缺、氣候惡劣等問題，將成為未來現場建造的重要發展趨勢。以中鼎執行中由埃克森美孚（ExxonMobil）和沙烏地基礎工業公司（SABIC）合資的美國GCGV（Gulf Coast Growth Ventures）110萬噸乙二醇統包工程為例，此一世界最大模組化陸上專案，在台臺灣、美國、中國大陸、墨西哥、印度和





▲中鼎成功執行臺灣首座民生污水再生水廠 - 「鳳山溪再生水BTO案」，有效開發水資源循環使用。



▲中鼎於林口電廠更新擴建工程，導入新世代超超臨界（USC）鍋爐發電機組，大幅提升發電效率、減少碳排放，協助臺灣進入高效低碳火力發電時代。

馬來西亞等6地的密切分工合作下，已於今年2月將多座巨型模組順利運抵美國工地進行整廠組裝，不但有效克服工程執行過程中地域、天候及人力等不利現場施工的因素，更大幅降低工程執行的時間和成本、提升效率。本案的成功執行，也為臺灣在國際的專案執行創新紀錄，極具意義。

## 綠色工程 永續未來

近百年來，隨著經濟成長及科技進步，也為全球的生態環境帶來很大的破壞和污染，中鼎看到這個問題，冀望藉由綠色工程和循環再利用等技術的導入，兼顧經濟和環境發展的平衡。

因應全球迫切解決的水資源短缺問題，近年來廢水再生利用領域的應用發展快速；中鼎深耕水資源領域20餘年，為各類不同產業提供水與廢水處理，近年已成功從工業廢水、都市污水的再生利用，拓展至高科技電子產業的廢水再生回用，使珍貴的水資源發揮更大的使用效能。除了近年成功執行的高雄鳳山溪、臨海再生水BTO等案，未來，將持續擴大再生水處理的種類、產業及規模，降低降雨量變化對民生及產業的影響。

在發電方面，隨著全球經濟穩定發展，電力需

求持續升高，火力發電仍為主力發電技術，但大量排放的二氧化碳也加劇全球暖化和溫室效應，中鼎於林口及大林燃煤電廠更新擴建工程，導入的新世代超臨界、超超臨界鍋爐發電機組，及大潭、通宵天然氣電廠，採用的先進複循環發電技術，均可大幅提升發電效率、減少碳排放，協助臺灣進入高效低碳火力發電時代。

在全球綠能發展趨勢下，臺灣亦積極朝向能源轉型。中鼎配合政府能源多元化政策，將既有的焚化發電業務延伸至太陽光電及沼氣發電，並積極進軍離岸風電領域，近年成功執行雲林允能風場水下基礎轉接段、彰芳暨西島水下基樁等工作的生產製造工程，未來，我們希望能掌握核心關鍵技術，擴大服務範疇，協助政府達成離岸風電產業在地化目標。然而，全球再生能源的發展仍在起步階段，不論在技術、種類、產業等範疇，尚有很大的發展空間；我們面對的氣候挑戰依然嚴峻，而持續擴大綠色工程技術的應用，將是實踐永續未來的重要課題。

## 人才培育 值得信賴

除了有形的工程建造，中鼎更致力於打造人才培育的希望工程。多年來，中鼎於全球完成無數艱鉅的工程，就是因為我們是「最值得信



▲ 中鼎致力打造「最值得信賴的全球工程服務團隊」

賴的全球工程服務團隊」，而每一位團隊成員都是中鼎創新成長的重要關鍵。為了全面育才留才，我們結合中鼎原有知識庫系統和外部資源，在2020年成立「中鼎大學」數位平台。在這所大學裡，集團所有海內外同仁都是學員，都有必修學分。目前所規劃的6大學院，已完成錄製750多堂線上課程，讓全球同仁能隨著集團國際化拓展，無國界、零時差的學習成長，更快速、有效地往職涯規劃的方向前進。除了線上學習，我們亦規劃實體課程，邀請專業人士來校演講或授課，期藉由完善且專業的全方位教育訓練，為同仁打造縱向與橫向的學習發展機會，培育符合時代需求的國際人才，同時達成企業的經驗傳承和永續成長目標。



▲ 中鼎積極投入綠電領域，所承攬的雲林允能風場水下基礎轉接段於2020年成功交貨，開創首批國產離岸風機設備製造里程碑。

展望未來，中鼎將持續導入新技術、新思維，將最值得信賴的工程品質帶到全球需要建設的地方，發揮最大的工程影響力，成功打造下一世紀的願景工程。◆



# 勇於創新、樂於分享 中興工程的數位轉型之路

文——陳仲賢 中興工程顧問公司／董事長



工程顧問是一個知識密集的行業，在追求高品質和高效率的同時，還需要兼顧技術研發與經驗傳承，以期能夠永續發展。近年來，中興工程積極推動數位轉型，不僅成立專責的BIM及創新推動委員會、也在每個年度成立多項創新專案或研發計畫，藉著數位科技的應用來改善現有的工程規劃、分析、設計以及監造工作流程，提升工作效率和品質、加強技術創新與應用。

這兩年本公司創新研發的成果也獲得多個獎項的肯定，包括：「翡翠水庫智慧決策系統」獲得了2019年中國土木水利工程學會的《工程數位創新應用獎》；應用於捷運工程的「大地工程設計自動化與BIM輔助設計」獲得了2020年大地工程學會的《大地工程技術創新獎》。本文將介紹更多本公司在推動數位轉型上努力的成果，藉以和同業交流分享，並將我們的實務經驗提供給業界參考。

## 陳仲賢

現職 | 中興工程顧問公司董事長

學歷 | 國立臺灣科技大學營建工程博士

美國科羅拉多州立大學土木工程碩士

國立臺灣大學農業工程學系（水利組）學士

經歷 | 財團法人中興工程顧問社執行長

新北市政府副市長

新北市政府秘書長

經濟部水利署署長

榮譽 | 110年中國工程師學會會士

107年度中國土木水利工程學會程禹傑出工程師獎

99年度全國水利傑出貢獻大禹獎

## 內部服務創新

2020年對國際社會造成最大衝擊的非COVID-19莫屬，疫情不止影響了全世界人們的日常生活，同時也大幅影響了許多企業的工作執行方式，造成許多人必須居家上班、採取視訊會議或是網路協同等遠端工作模式。本公司在疫情高峰實施居家辦公時，便發現原本以紙本傳遞表單的處理方式成為遠距離上班必須克服的一大挑戰，因此開發了通用於所有表單的「電子表單線上簽核平台」。

在實施電子表單線上簽核之後，不僅無紙化作業節省了印製成本，簽核效率更是大幅提升，並跳脫了工作場所的地域和時間限制，只要網路所及，員工可隨時隨地處理電子表單收發、追蹤簽核流程、執行表單文件管理，徹底強化了行動辦公的能力。

成果名稱：電子表單線上簽核平台	
說明	效益
自行開發電子表單簽核平台，針對各式表單如各類申請書、借支單、登錄表等200多張表單，開發單一簽核平台，只要將電子檔交付平台，即可自動識別表單編號，排定簽核流程。	<ul style="list-style-type: none"> <li>電子表單處理與簽核，可以完全脫離工作場所與時間限制。</li> <li>目前已經推廣至全公司，全面達成行動辦公。</li> </ul>

電子表單 線上簽核

表單入口網

中國公司自2021年起全面採用電子表單線上簽核

以維工作過程電子化管理及提高公司行動辦公能力

資訊平台及操作問題：研資部 (T1056、T1016)

eLearning: <http://fms.sinotech.com.tw/media/355>

研資部 公司表單 計畫表單

線上簽核 待審表單 送審表單 逾期表單 通知 信件抽回 最新消息 電子表單 綜合查詢

計畫編號	表單編號	表單名稱	承辦人
D11	QF08411-11000005	研發專案申請書	
D39	0308003-11000030	智慧點數登錄申請單-文章/獎項類	
D32	0308003-11000028	智慧點數登錄申請單-文章/獎項類	
5372606	QF08411-11000004	研發專案申請書	
D24	QF08411-11000009	研發專案申請書	
5372606	QF08411-11000003	研發專案申請書	
1151P	3901001-11000019	施工品質查核表	

表單編號	表單名稱	表單分發	主辦部門	使用次數
#1 0205001 版本:1.2	主契約書分發紀錄表	承辦人->部門主管->行政部->業務部->計畫主辦部->業務部->行政部	主契約書	02 0129
#2 0205002 版本:1.1	協力單位契約書分發紀錄表	承辦人->部門主管->行政部->業務部->計畫主辦部->業務部->行政部	協力紀錄	02 0167
#3 0205003 版本:1.2	保單分發紀錄表	承辦人->部門主管->行政部->業務部->計畫主辦部->業務部->行政部	保險紀錄	02 0260
#4 0205004 版本:1.0	服務完成驗收證明書分發紀錄表	承辦人->部門主管->行政部->業務部->計畫主辦部->業務部->行政部	其他	02 0015
#5 0205005 版本:1.0	合作協議書分發紀錄表	承辦人->部門主管->行政部->業務部->計畫主辦部->業務部->行政部	主契約書	02

表單設定

表單編號: 0205001 表單版本: 1.2

表單名稱: 主契約書分發紀錄表

表單URL: /SinoForm/PDF/Create/0205001/

表單類型: ☐ 附件 ☐ 紙本表單 ☐ 附件表單 ☐ 專用表單 ☒ Web表單

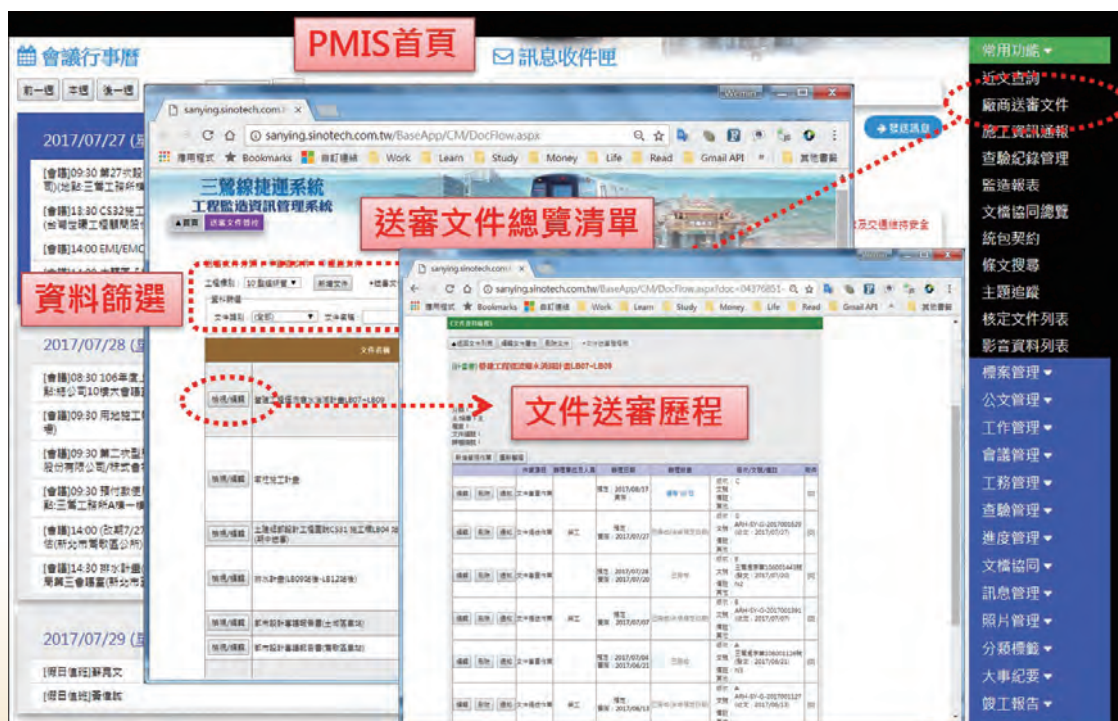
表單流程: 承辦人 部門主管 行政部 業務部 計畫主辦部 業務部 行政部



## 管理創新及應用

因應工作之需，我們導入了各式的技術工具與平台來處理繁複的工程業務，但是資料與流程的整合是經常遭遇的問題。以工程專案管理為例，各種工程待辦事項及追蹤事項不計其數，但往往資料分散在不同人的手中；倘若團隊成員均使用相同的專案管理平台，就可以將計畫資訊透明化、公開化，便於提醒及管理。以文件審查為例，文件清單、送審歷程、審查紀錄等，都可以登錄在平台中，有利於團隊分工及作業管理。有鑑於此，我們開發了「專案管理資訊系統（PMIS）」，為各專案計畫提供了整合的作業環境。

成果名稱：專案管理資訊系統（PMIS）	
說明	效益
<p>本公司自行研發的專案管理資訊系統（簡稱PMIS）採模組式開發，為網路式協同作業平台。平台主要功能依計畫實務需求所創新研發，包括會議管理、送審文件管理、查驗紀錄管理、BIM模型審查等十大功能模組。不同工程個案可以視需要將不同模組做組合，產生客製化的專屬PMIS平台。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 本公司執行之工程專案計畫均配屬PMIS平台，透過平台可查找各專案之文件及執行進度等資訊。</li> <li>● PMIS之建立與運用，提高計畫執行的資訊透明度與處理效能。</li> </ul>



## 工程監造技術創新


土木與建築工程的工地中往往因為現場環境和作業習慣等因素，自動化或數位化程度相對較低。近年來，我們亟思如何在工程監造業務上進行轉型，在所負責監造的工地陸續導入新設備與新技術，冀以提升監造效率從而提高工程品質。例如以行動裝置APP執行工地現場的品質查驗：透過選單、拍照、輸入，完成檢驗工作，並將結果輸出成檢驗報表。另外，在工地職業安全衛生方面，本公司各工地陸續以數位方式拍照及錄影，將工地現場以擬真的方式建立VR模型，再製做成VR職安衛教材，藉由VR設備模擬場景為現場工程師進行教育訓練，以提升監造人員的現場作業能力。

成果名稱：工程監造行動裝置APP	
說明	效益
<p>參照監造計畫書及監造報表，將工地須進行查驗之項目開發成行動裝置APP應用程式，透過手機拍照、定位、表單選取等功能，將現場查驗工作以電子化方式完成。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 取代紙本作業、減少重複工作。</li> <li>• 提升查驗效率。</li> <li>• 自動產出查驗報表。</li> </ul>
	
成果名稱：VR虛擬實境技術工程實務應用	
說明	效益
<p>採用VR虛擬實境技術應用於工程實務，主要分為勾勒願景、重現實景及訓練技職三個面向。其中之訓練技職係採用BIM模型及虛擬實境技術，模擬工地實景，讓同仁在進入工地前可以透過互動式數位環境體驗工地實際工作情形。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 將工地現場查驗項目製成互動式教材，實際模擬查驗過程。</li> <li>• 將各種工地可能產生危害之項目製成職安衛教材，做為員工安全衛生訓練。</li> <li>• 紀錄施工過程成為技術傳承的視覺化資產。</li> </ul>
	



## 設計流程自動化

土木工程是一個相當需要經驗累積的行業，因此工程師的經驗就是公司重要的資產，如何將寶貴的工程經驗傳承給新進工程師，是提升公司總體競爭力相當重要的工作。我們極力推動工程規劃設計自動化與智慧化，透過系統化建立各類型電腦化作業平台，將工程經驗轉化為標準作業流程，協助工程師執行各項工程規劃與設計工作。

成果名稱：下水道智慧設計系統SinoSewer	
說明	效益
污水管線規劃設計包括一連串繁複的作業程序，一般市售軟體僅有水理分析模式，而無管線系統設計工具。本公司開發的SinoSewer設計自動化系統，可應用於污水管線與用戶接管之智慧設計。	<ul style="list-style-type: none"> <li>國內首創整合水理分析、CAD、GIS等三個專業領域之下水道智慧設計系統。</li> <li>進行污水管線3D空間建模及展示，結合BIM與其他管線進行空間抵觸分析。</li> </ul>
成果名稱：橋梁自動化設計SinoBridge	
說明	效益
將結構分析與BIM模型前、後端整合，同時彙整既有工程經驗與編纂分析自動化程式，計算載重、創建結構模型、鋼筋設計與結構檢核。回饋鋼筋資訊並利用增益程式建置鋼筋於原模型，同時生成結構數量計算書。	<ul style="list-style-type: none"> <li>本公司開發之橋梁自動化設計作業平台SinoBridge，建立了一個便於橋梁工程師使用的設計自動化輔助系統。透過此平台改變了橋梁結構設計的作業流程，使新進同仁能快速熟悉橋梁設計全貌。</li> </ul>
成果名稱：捷運車站深開挖設計作業流程自動化SinoExcavation	
說明	效益
針對捷運車站深開挖繁複的設計作業流程，本公司自行開發SinoExcavation作業平台，優化作業流程，自動化產出BIM模型、2D剖面圖、數量計算等。	<ul style="list-style-type: none"> <li>透過設計流程轉變，加速設計作業以減少耗費人時。</li> <li>建立網頁設計平台並將BIM技術納入創新設計流程中。</li> </ul>
	
成果名稱：捷運車站潛盾隧道工程設計自動化SinoTunnel	
說明	效益
針對連接捷運車站間之潛盾隧道設計，本公司自行開發作業平台SinoTunnel，以網頁設計平台流程方式，快速完成設計分析、建置3D BIM模型、產出2D工作底圖及數量計算書。	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計流程優化，節省設計作業所耗費之人時，並自動化產出設計成果。</li> </ul>



成果名稱：BIM輔助結構設計檢核工具開發	
說明	效益
將結構設計檢核及BIM模型做整合，工作流程由設計開始之資料即為共同使用，即結構設計與BIM檢核之資料來源相同，避免造成資料來回傳遞而產生之錯誤。	<ul style="list-style-type: none"> <li>藉由自動化作業將多項繁瑣的作業整合，減少錯誤發生，提高效率，節省時間。</li> <li>將檢核標準化及流程優化，建立統一之產出成果。</li> </ul>
成果名稱：離岸風機支撐結構設計流程與輔助程式	
說明	效益
完成離岸風機支撐結構設計流程與輔助程式，供細部設計之用，包括:撰寫自動化生成荷重之前處理程式、研擬有限元素模型之模擬方法、研擬反覆集中應力計算方法、撰寫商用分析軟體後處理程式、撰寫疲勞分析程式。	<ul style="list-style-type: none"> <li>檢討並優化作業流程。</li> <li>提升大量工程分析高速計算之計算效率。</li> <li>培養工程師熟悉離岸風電設計規定與細節。</li> </ul>

## 數位轉型之路

中興工程以提供工程規劃、設計、專案管理及監造服務為主要業務，我們的產品就是工程技術服務。公司數位轉型的目的是為了提升工作效率和品質，透過加強對數位工具的應用，我們鼓勵所有的員工隨時接觸、接收、並思考利用各項科技工具，將其融入日常的工作中，提升自身的技術；公司也致力於利用數位工具結合既有的技術與資源，將長期以來在不同工程計畫中累積的資料與經驗，做出跨領域的整合應用。

數位轉型是一條漫漫長路，回顧近年推動數位轉型的歷程，中興工程除了一步一腳印，在既有的數位資產基礎上持續推動數位轉型、優化作業流程、建立各種作業平台，並在自動化及智慧化的過程中，創造新的服務模式，為業主提供更新、更好、更有效率的工程技術服務。



# 迎接下一世紀的挑戰 台灣世曦數位轉型紀事

文——李元唐 台灣世曦工程顧問股份有限公司／土建事業群／副總經理  
廖學瑞 台灣世曦工程顧問股份有限公司／軌道及建築事業群／副總經理  
林曜滄 台灣世曦工程顧問股份有限公司／營管事業群／代理副總經理  
王子安 台灣世曦工程顧問股份有限公司／系統及機電事業群／副總經理

為迎接數位時代的來臨，我國工程顧問業界龍頭—台灣世曦工程顧問股份有限公司，也分別就公司內四個事業群，依照其不同需求與規劃進行數位轉型計畫，並由各事業群副總經理執筆與各位先進分享，希望拋磚引玉，共創下世代更美好的未來。



李元唐

台灣世曦工程顧問股份有限公司  
土建事業群副總經理

## 土建事業群

### 打造優質的智慧化環境及 管理系統

為完善數位經濟發展環境，政府自2017年起推動「數位國家・創新經濟發展方案（2017-2025）」（簡稱DIGI+），透過智慧科技研發與數位人材育成、智慧政府與法規調適等面向，打造臺灣成為「數位國家、智慧島嶼」。台灣世曦因應數位經濟浪潮所推動的產業創新政策，在智慧基礎建設、規劃決策輔助系統上都已有重大進展，分別說明如下。

#### 智慧基礎建設

##### 一、智慧園區

科學園區或產業園區開發隨著服務機能的調整，加上持續演進的科技運用，園區型態已漸由傳統型工業區轉變為資訊化科技園區，進而朝智慧化園區發展。

台灣世曦在智慧園區的規劃設計上，除兼顧環保、經濟之平衡發展外，著重效能與智能管理。已運用感應科技，透過ICT及IoT等資通訊與物聯網傳輸技術，延伸智慧城市概念，整合園區公共管線圖資、資源管理、污染物

管理與環評管制、防災與保安全管理等資訊，透過軟硬體之建置，以數位化、可視化的方式即時呈現及預警。透過雲端運算及大數據技術，園區管理單位得以掌握同步資訊，建立系統化及規格化維管系統，達到智慧化管理的目的。

智慧園區理念包括交通、環控、防洪、保安、智慧路燈及水電系統監控等多元實務，其中水資源管理因近期水情趨緊而漸形重要。以中科台中園區智慧用水平台為例，其在架構上首先劃分供水分區，建立各分區獨立供水點，以流量計及壓力計收集即時供水數據，透過傳訊設備回傳至監控系統及智慧用水分析平台，管理者即時掌握供水狀況，藉分析平台優化供水。系統提供圖資整合、定位、查詢、統計分析、洩漏分析、操作最佳化、停水方案規劃、緊急通報等功能，可藉此強化配水管網維護能力，提供用水調配決策判斷，減輕枯水期間對園區產業衝擊。

台灣世曦在智慧園區推動上一貫秉持著科技來自於人性的理念，除思考整體智慧化布局外，亦因應計畫個別屬性，規劃適宜推動的方式，協助機關於推動園區開發時，朝向新世代、智慧化的方向發展。

## 二、智慧港區

各國際商港均面臨市場快速變革之挑戰，在國際情勢不斷變動、疫情衝擊、亞太港口競爭與科技快速發展影響下，數位轉型已成為重要的發展趨勢。因此，海運及其關聯產業已逐步朝智慧化轉型，除可解決現行港埠經營問題，亦將提升其作業效率、安全、降低長期營運成本，並與利害關係人進行資訊銜接及分享，維持國際競爭力。

台灣世曦在國際商港的規劃設計上，致力朝智慧港口、設備自動化、資訊平台建置等方向發展，具體應用項目包括：

### （一）智慧港口

國際港口的定位及機能在2010年邁入智慧港階段，先進港口應用新興科技參與營運管理、港埠作業及相關決策工作，以解決現代營運管理型態的改變，故我國港口亦朝智慧化轉型發展，有利於與國際趨勢銜接並維持競爭力。

### （二）設備自動化

港口自動化設備的應用，包含陸上自駕車、無人搬運車、裝卸機具、海上載貨船、作業船、海事機器人，及空中無人機等，皆可利用自動化輔助機制應對人力短缺、減少海上事故發生等問題。

### （三）資訊平台建置

航運整體作業流程繁複，衍生關係人間資料拋接需求，如航商、貨物代理、港灣作業業者、棧埠作業業者、倉儲業者、物流商、海關、疾管單位等不同單位間資訊傳遞與進度動態顯示將日顯重要，近年各關係者間多採電子化、無紙化，以增加作業的效率。

## 規劃決策輔助系統

運輸工程的可行性評估與規劃設計是一個複雜的決策過程，所需考量因素甚多，因此實有必要開發有效的決策輔助系統，藉此提昇規劃設計的效率。

因此，台灣世曦近年來致力將大數據應用於運輸規劃設計應用，以下針對目前較具成效之應用說明如下：

### 一、交通大數據於運輸規劃之應用

#### （一）欲解決之議題

過去傳統程序性運輸需求模式的構建為取得足夠樣本數與代表性資料，需進行大規模家戶訪問調查、交通量調查，甚至在路邊攔車訪問，除了需要大批調查員，有時需有公權力之警政人員協助，惟近年來社會風氣與國人行為習慣改變，使家戶訪問調查拒訪率相當高，電



話訪問資料亦難以驗證真實性，使得真實旅運狀況難以掌握。

### （二）解決方案

隨著資通訊技術之快速發展、資料科學分析模式之成熟演進，以及雲端運算技術之日新月異，運用大數據資料建構整體運輸規劃模式或評估交通管理策略，早已受到各國與城市之高度重視，且已有相當多成功的案例。

台灣世曦於107年桃園捷運整體路網規劃之運輸需求模式，正式引入融合「行動信令（CVP）」、「車輛偵測設備VD與eTag資料」、「公共運輸票證、營運資料」，以及「旅次特性問卷」等之交通大數據，建立桃園捷運運輸需求模式。

近年來，因資訊科技之發展，手機、網際網路的普及化，交通相關單位之車輛偵測技術、電子票證、公車動態資訊等應用、建置亦逐漸成熟與普遍。其中電信業者為確保行動網路服務品質應用之行動信令資料（CVP）掌握手機活動位置，透過長期資料勾稽，可以進一步判斷旅次端點之屬性（家、學校、工作地），從而獲得旅次起迄資料，根據台灣世曦利用中華電信蒐集桃園地區1日之旅次資料可多達2百多萬筆，並且可獲較多天數之資料，而傳統都會區調查，往往需進行1至2萬戶家戶調查，每日獲得旅次數可能僅十多萬筆，相較使用行動信令資料（CVP）使調查資源投入發揮更大效益。

### （三）應用效益

大數據具有蒐集自動化、覆蓋面廣、資料量大、較細緻的空間辨識與時間辨識性等優點，而為建置運輸需求模型所需求之大數據，亦仍需透過相關定義、區隔與資料清洗等，仍有可進一步優化之空間，不過較傳統調查與資料蒐集方式，仍有相當之優勢。

## 二、應用地理資訊系統及輿情蒐集輔助軌道運輸工程決策

### （一）欲解決之議題

1. 搜集及分析土地與環境基礎資訊，需耗費大量人力與時間。

大眾運輸系統工程所需評估與分析的面向十分廣泛，以往規劃設計人員需自行歸納、整理、分析，在規劃設計或報告書撰寫時耗費大量時間成本。

目前各種應用中的GIS系統不同平台之圖層資料無法相互套疊整合，規劃設計人員依然難在單一平台上進行分析，實際應用仍然不便。

### 2. 運輸工程爭議

運輸工程規劃作業要求資訊公開與民眾參與，近年來民眾對於財產權保障及環境保護的民意高漲，而網路社群、媒體、論壇等蓬勃發展，輿論的變化速度比以往更加快速，若無法掌握意見領袖，及時處理醞釀中負面輿論，將造成推動阻礙或延宕工期。

### （二）解決方案

近年來Web GIS的技術發展快速，國內各GIS廠商也致力於開發web-based的GIS圖台，其應用範圍十分廣泛，例如歷史文化、防災、空氣污染、水文等，然而卻仍缺乏一個專為工程之可行性評估、規劃設計階段所研發的地理資訊系統平台。

運輸工程規劃設計階段的涵蓋範圍甚廣，以往規劃設計人員雖可從不同來源獲取資料，並自行整理、歸納、分析，但過程需耗費大量時間精力。故本公司嘗試從資料項目的選擇、資料視覺化的方式及介面設計著眼，發展專為運輸工程的規劃設計所打造的GIS平台。

此外，由於近年來網路社群、媒體、論壇等蓬勃發展，輿論的變化速度比以往更加快速，而輿論對工程的態度往往成為影響工程進行順暢與否的關鍵因素。輿情蒐集系統與GIS平台的資訊相互配合，可即時掌握輿情脈動。以運輸工程為起始，進而擴展為一套可被各種公共工

程廣泛使用的決策輔助系統。

### (三) 應用效益

1. 所開發輔助規劃作業之地理資訊系統平台，可以快速提供路權用地及環境基礎資料，作為路線規劃或場站區為選址決策資訊。

2. 建置之輿情蒐集系統與地理資訊系統平台相互搭配使用，可掌握過往及現今議題，提早發掘歧見，避開雷區。藉由與團體或意見領袖先行溝通，消弭潛在爭議。◆

## 軌道及建築事業群

### 捷運工程的創新與突破

國內歷經30年捷運建設所帶來交通的便利及都市文化的提升，名揚國際成為臺灣的驕傲。各級地方政府均積極推動捷運工程建設，規劃設計中的捷運路線穿越道路普遍較初期路網狹窄，用地取得與地下穿越的限制與困難度大增，重大管線與既有基礎的地下障礙物密布，新建的路線縱斷面必須下壓以穿越既有的捷運系統，且於車站段提供站內轉乘的便利服務。換言之，新建車站開挖深度必需加深及緊臨既有的車站，施工過程中又不能影響營運中的車站，捷運工程的設計與施工面臨前所未有的挑戰與困難，傳統的設計與界面整合模式已無法滿足目前捷運建設所面臨的挑戰。

台灣世曦於2010年起參與東南亞的軌道工程建設，透過與國際團隊的合作與競爭，臨場觀摩ENR百大國際顧問團隊在數位轉型所投入的龐大資源與獲得豐碩的成果，為了提昇國際市場競爭力及解決國內捷運建設的新挑戰，特別選擇專業眾多需要高度界面整合的捷運工程進行全面的數位轉型計畫，希望藉由資訊技術的導入，達成以下目標：

- 改善捷運系統營運的效能與可維護度
- 克服困難的環境、用地與地質條件
- 在確保安全的前提下，進一步優化施工性與經濟性。



廖學瑞

台灣世曦工程顧問股份有限公司  
軌道及建築事業群副總經理

捷運系統結構型式包括數公里以上的線狀結構（隧道或橋梁）及界面最為複雜的車站段，其規模遠超過一般商用3D設計軟體的負荷，專業需求（包括線形、車站配置、結構地工、機電系統等）也非單一軟體可以涵蓋，因此建構全生命周期的3D參數化設計平台，必須藉由客製化的開發，以完備整體的設計整合



流程。藉由參與國內外捷運工程30年的經驗累積，共規劃了基本參數、外部界面及車站主體等三大類36項界面整合查檢議題，透過物件階層（Object-based）的參數化資訊交換模式，進行及時（Real-Time）的多專業與跨平台設計整合，以大幅改善傳統2D設計倚賴檔案交換（File-based）模式經常發生的錯、漏與不一致的缺失。

以參數化設計平台為基礎，特別針對各專業的設計規範與界面整合的需求，開發智慧化的元件，包括安全逃生路徑檢算、停等空間校核、無障礙迴旋空間及機電設備安裝維修空間等自動檢核機制，以因應用地取得困難，車站量體縮減，空間整合精度提昇的要求。

為了因應複雜的施工環境與困難的地質條件的全新挑戰，自主開發複合材料的結構元件、

板牆系統與隧道環片的自動化配筋模組，擋土支撐參數化元件等，在設計階段即可進行特殊困難區段的施工模擬，提昇設計成果的施工性與經濟性。

台灣世曦歷經10年在捷運工程的數位轉型投資，無論在設計效能、技術創新與業務擴展均有豐碩的成果：

- 2020年透過參數化設計平台建置與增加20%的新血，成功執行200%擴增的工作量。
- 2010年至2020年於國內外共獲得7座有關捷運工程數位設計創新獎項的肯定，並以捷運環狀線計畫認證通過ISO19650 BIM Level II。
- 由100%國內捷運工程單一市場為主的模式，轉而擴展了東南亞捷運工程市場，成功地將臺灣的捷運工程技術輸出到國外。◆

## 營建事業群



## 工程顧問領航者

數位科技 促進經濟增長的重要驅動力，隨著數位技術的進步與普及，許多新興科技的成本已足以廣泛普及應用，數位技術應用已成為許多行業創新昇級或商機創造的利器，「數位轉型」是工程產業提升相對競爭力的趨勢與機會，導入產業的數位轉型需從根本的服務思維，好好融合利用這些已經出現的人工智慧（AI）、物聯網、大數據、雲端應用、5G等新興科技到各個垂直領域，進行全面化的佈局與因應，來幫助業者及產業鏈持續地改善及演進。

營建工程產業今面對國際能源與資材價格的大幅升漲與節能減碳的全球共識下，亦應著眼因應地球暖化及極端氣候變

### 林曜滄

台灣世曦工程顧問股份有限公司  
營建事業群代理副總經理

遷之重要課題，除考量工程構造物的經濟、安全、美觀，也應配合綠色、永續的新思維，採用精準的施工法，減少對環境、生態的影響，在兼顧國家建設與資源永續和諧發展的時代趨勢下，推動產業創新轉型，對節能減碳之努力跨出第一步，為我們的地球共盡心力。

台灣世曦身為國內首屈一指的工程顧問公司，因應數位化環境發展趨勢，已經超前部署，不斷地引入新科技發展結合專業應用，以強化體質及拓展服務創新的機會。目前在設計自動化技術研發、PMIS專案管理資訊平台、BIM設施管理平台、干涉合成孔徑雷達（InSAR）技術應用之國土安全監測平台、GIS智慧防災系統及AI人工智慧、IoT物聯網等新興科技技術的加值創新應用已有良好成效，並期能擴大與業界交流與合作，共同來推動工程產業數位轉型並蓬勃發展。

台灣世曦專注於智慧化設計的未來，通過ISO19650國際資訊管理標準認證，運用CDE（Common Data Environment）平台及資訊整合達成BIM協作的有效管理，發展工程設計自動化技術，透過對設計工具及流程進行整合優化，不同工具軟體彼此直接資料拋轉，結合數據資料庫及案例資料庫的建立，以幫助設計作業的進步與轉型升級，支援實境模擬技術應用。深化運用BIM技術於視覺化3D設計、環境模擬、綠能分析、節能分析、景觀融合、施工中檢核、維運模擬及竣工資料彙整，不但可以使設計協作過程變得更聰明，同時還能幫助工程師在資料取得、需求確認、方案溝通、設計檢核等方面快速做出決策。從而大幅推升生產力，也能產出最佳化的設計方案，並透過IoT、AI等新科技的加持應用，幫助發展更多元的價值服務及業務。

台灣世曦秉持著善用新科技來提升工程效率的初衷，自主發展PMIS專案管理資訊平台，

係為工程團隊進行專案執行、管控以及團隊溝通的重要平台，提供工地更便利的紀錄管理機制，讓現場訊息可更快速有效的回傳管理單位以利掌握實況。此外，進一步結合BIM、GIS、行動化裝置、UAV、Line即時通訊軟體等多種新資通訊技術整合創新應用，提升遠距工程管理效率，達成專案執行與管理的數位轉型。另外，配合行政院公共工程委員會推動工程管理資訊化及營建自動化的政策理念，台灣世曦將原本只對內開放的PMIS模組重新整理，推廣提供各工程機關及民間廠商以租用的方式普及使用，加速引導工程產業朝向電子化高效率運作發展。透過工程資訊相容交換的標準，促進系統互通與資料交換共享，提昇工程資訊價值鏈資訊整合之加乘綜效。

108年南方澳大橋的崩塌事件，喚醒國人要重視並強化維護管理的時代來臨，台灣世曦透過研發V3DM設施維運管理平台，導入數位孿生Digital Twin的創新思維，以BIM模型為數位分身，將BIM設計施工資訊延續至營運階段應用，提供維運單位運用行動裝置APP搭配NFC或QR-Code掃描即時查詢設備資訊，結合視覺化模型管理，讓營運單位工作更簡單、更確實。並輔以結合IoT物聯網、AI影像辨識及節能減碳等新科技應用，提供智慧化巡檢功能，發展結構健康診斷平台及智慧化的設施管理服務，透過有效的設備資訊管理，進而完善設施的營運維護，達到設施全生命週期的高效能管理。

臺灣地理環境特殊，天然災害頻繁，國土規劃須以防災為優先，基礎建設面對災害的預防管理更是首要課題。在環境監控領域中，必須透過完整而長期的監控，針對災害的趨勢分析進行研判，提升決策者預警操作與資源調度的應變能力，已成為極重要課題。台灣世曦積極導入新科技，以雷達衛星影像（InSAR）、高精度地形資料（LiDAR）、航空照片、配合現場調查，整合大數據資料方式，建立國土安全監



測平台，發展災害預警科技應用，以儘早獲知災害情勢，對潛勢地區發出預警，照護國家生命線設施，讓國家關鍵基礎設施平時可以「未雨綢繆」，災時得以「轉危為安」，並藉此提升政府災害管理與防災施政的品質，朝建立韌性永續的家園目標邁進。

由於IoT物聯網、5G、大數據和AI人工智慧等眾多創新技術正在改變世界各項產業，而工程產業當然也不能置身其外，可預見的未來，工程行業與資訊化的結合是必然，運用數位力驅動企業

競爭力演化昇級。提升你我更便捷美好的生活，是台灣世曦永遠追尋的目標，所以台灣世曦不斷期許自己，不斷伸展觸角接收新知，把新科技應用在各層面上，透過先進的科技持續驅動設計觀念與工作方法的轉型，持續配合國際化軟體的進展，精進發展達到全3D的自動化。以資料庫的蒐集、整理再應用為競爭力的基礎，運用大數據分析發展工程建設的最佳解決方案，為業主提供更優質的服務與價值貢獻。◆

## 系統及機電事業群

### 智慧領航 翻轉未來

身處於數位變革的年代，臺灣必將朝向全球化、數位化與智慧化的方向發展。國發會提出「數位國家 創新經濟發展方案」（DIGI+2025），以「數位國家、智慧島嶼」為總政策綱領，以「發展活躍網路社會、推進高值創新經濟、開拓富裕數位國土」為發展願景。檢視其整體內涵是融合了：堅固基磐（Stable Infrastructure）的發展（Development）、數位經濟（Digital Economy）的創新（Innovation）、智慧國家（Smart Nation）的治理（Governance）、及公民社會（Civil Society）的涵容（Inclusion）。不難看出政府推動的數位轉型任務在執行面中，基礎建設的發展是一切的根本。

在傳統公共工程領域中，台灣世曦公司一向都扮演著重要的專業技術服務提供者。因應這股數位科技浪潮的來襲，必須再透過智慧化的導入，進一步以優化我們的專業技術。台灣世曦藉由參與政府數位基盤建設，協助其發展創新應用的公共建設服務，達到實踐智慧城鄉之均衡發展與安康生活的目標，攜手共創數位經濟的時代，以智慧領航、翻轉未來。



王子安

台灣世曦工程顧問股份有限公司  
系統及機電事業群副總經理

系統及機電事業群在政策的領航下，建構數位創新的技術應用金字塔。該金字塔基本上分3個層次，中間層為傳統的工程顧問服務，上層為數位創新應用；下層為數位營運與管理。藉由AI、Big Data、Cloud、5G、IoT等數位技術串聯，促使傳統的工程顧問服務，向上突破產生創新應用，向下紮根優化營運管理。

首先以地理空間資訊服務為例，既存的航遙測與地測技術提供了傳統圖資建置與測量服務，又因導入數位科技，向上突破進行3D空間資訊的整合與應用、國土安全監測平台（InSAR+WebGIS）的開發與擴充應用、無人機（UAV）的技術安全及應用發展、以及新世代地圖（自駕車HD Map、ADAS Map等）及光達（LiDAR）點雲處理技術應用。憑藉數位科技，向下紮根得以在公共管線、3D管線、智慧國土、地理倉儲、都市計畫及智慧防災等優化GIS系統平台開發，並以3D GIS技術實現數位城市、數位雙生（Digital Twin）之概念，運用空間資訊為智慧城市做好打底之工作。

其次以電機工程服務為例，既存的系統與機電之規設、監造與專案管理，又因整合新數位科技，得以向上突破發展車聯網整合自動輔助駕駛車輛交通管理、機電系統智慧化營運管理、智慧鐵道運輸與監理等新應用服務。憑藉數位科技，向下紮根得以在公路交控中心、設施營運管理等系統平台持續優化，提昇系統可靠度與減少人力需求。

再以智慧系統服務為例，我們將持續推進傳統的都會區智慧交通系統優化，如雲端平台、交控軟硬體設備整合、電子票證、交通資訊整合平台、交通控制、交通安全、交通模擬等應用，又因導入數位科技，向上突破引入大數據分析預測（CVP、GVP）、車聯網應用（C-V2X通訊協定、情境應用、平台發展）、人工智慧應用（AI號誌動態控制發展）、及無人載具應用（UAV輔助交通分析、監視導入）。憑藉數位科技，向下紮根有利於交控中心營運管理、路況監控及訊息發布、設備設施維護管理、及防救災緊急應變處置等系統平台革新。

最後以機械工程服務為例，我們不僅在將持續提升傳統空調、管線及機械設備工程的規設、施工監造與專案管理能力，又因導入光達掃描、感知元件、預知維護等數位科技，並藉此向上突破開發能源管理系統應用。憑藉數位科技，向下紮根得以藉由3D建模、擷取設備運轉數據分析及模擬技術，建立可視化的營運管理維護平台系統。

數位科技的發展，不僅產生智慧農業、智慧醫療、智慧建築、智慧交通、智慧教育、智慧旅遊、智慧製造等不同層面的應用，更加速服務產出的汰舊換新。「智慧國家」引領著國家整體競爭力的發展，台灣世曦的系統及機電事業群致力於描繪並實踐「智慧國家」藍圖，在協助國家公共建設執行的推動過程，將「數位」的元素加入傳統的規設、監造、專管、營運管理，加速穩固基磐，與政府攜手打造「智慧領航 翻轉未來」，創造無限可能。◆



# 國際永續潮流下 工程師黃金十年再現

文——簡又新 無任所大使  
台灣永續能源研究基金會／董事長



21世紀是人類生存發展關鍵的世紀，地球氣候變遷、新冠疫情肆虐、社會不公、漠視人權、貧富差距拉大、國際經濟動能不足、全球水資源缺乏等問題日益嚴重，如去（2020）年因極端氣候所致的洪災、森林大火、熱帶風暴等十大災難損失即高達1,500億美元、超過1,350萬人流離失所，諸多基礎建設破壞殆盡。尤其全世界人類遭遇嚴酷險峻的疫情衝擊，COVID-19帶來的健康與經濟凶險席捲全球，影響全球永續發展甚鉅。本文將省思工程師在此國際局勢詭譎動盪之際所扮演的角色，以及所面臨的挑戰與機會。

## 簡又新

現職 | 中華民國無任所大使

台灣永續能源研究基金會董事長

中鼎教育基金會董事長

電訊暨智慧運輸科技發展基金會董事長

永續發展目標聯盟主席

台灣企業永續研訓中心理事長

學歷 | 英國威爾斯卡地夫大學榮譽院士

美國紐約大學航空太空工程學碩、博士

國立臺灣大學機械工程系學士

經歷 | 外交部長

交通部長

首任環保署長

立法委員

駐英國代表

國安會諮詢委員

淡江大學航空工程學系教授、系主任、工學院長

## 工程師之戒與永續發展

大多人都熟知，因醫生的工作攸關人類健康，故在就職前都會經過「宣示醫生誓言」的儀式，表明自己將以病患福祉為優先使命，而工程師的工作攸關人類賴以生存社會系統的安全與運作，因此自1922年起在加拿大境內，工程學類的學生畢業時會經過「工程師之使命契約儀式」（The Ritual of the Calling of an Engineer），並取得「工程師之戒」（Engineer's Ring），提醒自己對公眾的承諾與責任。然而，工程師之戒的由來，相傳起源於1907年的一件工程意外，當年魁北克一座興建中的橋樑因工程師的設計疏失而倒塌，造成75名工人喪生，故學校舉行工程師之戒的儀式，據以提醒工程師的職業操守，不要再犯致命的錯誤，而第一批工程師之戒，傳聞是由該座倒塌橋樑的鋼梁製成的，這真是一個發人深省的故事！

當今地球生態體系崩壞的威脅日益迫近，一如前述魁北克即將傾壞的橋樑，作為承擔人類生活福祉的工程師，其使命在氣候變遷（緊急狀態）的當下，更加顯得無比重要，而工程師們對於永續發展的覺察與洞見，更應如「工程師之戒」般念茲在茲，時時惕勵自己責任之所在。

## 巴黎協定與《行動十年》

2015年底在巴黎舉辦的聯合國氣候變化綱要公約第21屆締約方大會（COP21），舉世咸認對抗氣候變化的重要里程碑。會中各國再次集結努力達成減少溫室氣體排放的巴黎協定，展現挽救人

類免於氣候變化帶來毀滅的重要一步，同時宣告工業革命後仰賴化石燃料帶來成長的時代即將步向終結，正式宣告低碳與永續時代的來臨。面對勢在必行的能源轉型，將開啟工程師在工業、交通運輸、綠能或新能源、建築，以及許多基礎工程建設的無限機會。

自巴黎協定生效迄今，在全球各國都雖已有相當進展，但總體而言，實現目標的行動尚未以所需的速度或規模推進，一轉眼間，距離2030年的期限距今已剩十年不到。自2021年往前展望，更需要有迎向未來十年雄心勃勃的行動，以實現聯合國2030議程（UN Agenda 2030）的目標。聯合國透過《行動十年（Decade of Action）》的國際倡議，呼籲世界各國加快應對全球所有的永續議題，包括水資源工程、清潔能源、產業創新與基礎設施、永續城市建構工程，以及氣候變遷等多項，並研提有效的解決方案。

COVID-19疫情全球大流行及其對所有聯合國17個「全球永續發展目標」（Sustainable Development Goals, SDGs）的影響顯示，世界已從健康危機迅速演變為人類和社會經濟危機。儘管這些危機正在阻礙實現SDGs的進展，但也使實現SDGs變得更加緊迫和必要。更重要的是，人類應盡可能守住已取得的成果，並尋求從COVID-19完成經濟與社會體系的轉型以應對危機，減少未來潛在的風險，透過《行動十年》的全球性努力達成《2030年議程》和永續發展目標。



## 綠色新政為全球永續主軸，企業綠色轉型加大力度

2019年12月歐盟公布《歐洲綠色新政》（European Green Deal, EGD），冀使歐洲大陸蛻變成首個2050年氣候中和的大陸。EGD主要的目標是在2050年實現歐盟「淨碳中和」（Net Carbon Neutral），並使經濟成長與資源消耗兩者脫鉤（Decoupling），政綱涵蓋未來三年50項政策的行動路線圖，旨在促進歐盟經濟的永續發展，將氣候及環境挑戰轉化為所有政策領域的機會，實現整體轉型期間的正義與兼容性。

隨著國際間氣候變遷及溫室氣體減量議題的興起，國際間與化石燃料相關的產業，在市場上已明顯地受到衝擊，而事實上自2011年起國際投資者已逐漸撤離化石燃料產業，如洛克菲勒兄弟基金會、法國保險業者AXA、史丹福大學及雪城大學的捐贈基金等，均承諾陸續抽出其對於化石燃料產業的投資，尤其是煤礦產業。美國銀行（Bank of American）在2015年5月初宣布新修訂的煤礦業投資政策，表示未來將減少對煤礦開採行業的融資，以避免未來因更嚴格的法令規範及天然氣競爭衍生的投資風險。

此外，在低碳永續的投資方面，包括美、中、英、法、德等20國政府承諾對於低碳科技及清潔能源研究計畫（Mission Innovation Initiative）之投資未來五年將會加倍。由比爾蓋茲、傑夫貝索斯、馬克祖克柏及馬雲等國際企業負責人集結巨額資金所組成的「能源突破聯盟（Breakthrough Energy Coalition, BEC）」，表明支持重大再生能源佈局，承諾鉅額投資低碳經濟。國際著名的低碳投資登錄平台（Climate Bonds Initiative,

CB），亦早已在能源、建築、工業、廢棄物及污染控制與碳封存、運輸、資訊通訊科技、農業與林業、多重管道金融措施等領域布局，推動全球性的低碳投資倡議。而上述所有的議題，均少不了各領域工程師的投入，方能克竟全功。

## 永續發展目標引導新商機，工程科技研發為主要關鍵

自聯合國於2016年1月1日正式啟動「全球永續發展目標」（SDGs）後，各國政府與企業陸續把17項SDGs以及169項子目標，納入永續營運考量。為實現聯合國2030年議程，跨國企業領導人開始與各國政府、機構、政策制定者、非政府組織等機構合作，將永續發展目標納入長期業務戰略。

2016年1月成立的全球非營利組織「商業暨永續發展委員會」（Business and Sustainable Development Commission），旨在表彰企業成功實踐SDGs的永續成就。該委員會於2017年1月發布《更好的企業帶來更美好的世界（Better Business, Better World Business）》報告指出，利用永續發展目標釋放創新與經濟成長，初步估計每一年能達到12兆美元的市場產值，主要分佈於糧食與農業、城市建設、能源跟材料及健康福祉等四個領域，約佔實體經濟總量60%左右。此外，到2030年止將能夠為全球創造出3億8千個新的就業機會，故SDGs不僅是國際永續發展的共同語言，更是企業未來重要的商機，而欲達成前述重要的SDGs，除了工程科技的研發與應用外，與時俱進且兼具永續素養的工程師人才培育將是主要的關鍵所在。



透過跨領域合作，引領工業  
製程創新變革，提升經濟效  
益與促成環境友善循環，開  
創永續共榮新格局。

## 綠色科技影響擴大，大學工程教育永續新歷程

綠色科技著眼於人與自然的生態平衡關係，充分考慮到科技的環境效益，儘量減少對環境的破壞。綠色科技不僅是技術層面的考量，更重要的是觀念上的變革以及法規方面的規範，要求工程師放棄過分強調產品標新立異的設計，以更負責的方法將重點放在真正有意義的科技創新。近年來由於工業4.0思潮的興起，與此產業變革相關的3D列印、人工智慧、擴增實境、自主機器人、大數據分析、區塊鏈、雲端科技、協作機器人系統、無人機、全球定位系統、工業物聯網、納米技術及射頻識別等新興科技正被逐漸廣泛的應用中，如接受專業訓練的工程師們應用得當，這些新興科技將會對全球經濟、環境與社會的永續發展做出極大的貢獻。

近年來國內外各大學院校已逐漸重視永續工程教育的推動，在工程學院中加重綠色科技、永續環境等教育課程，大學本身之永續治理策略與永續資訊透明化的管理水平亦已有所提升，例如美國布朗大學（Brown University）制定出新的永續發展戰略，積極應對氣候緊急狀態，歸納出大學於在地、區域與全球可發揮最大影響力的五項環境領域，並訂定出對每項領域的承諾，其中一項承諾是2025年前達成校園

減碳75%且2040年前達成淨零排碳。瑞典斯德哥爾摩大學強調AI數據與綠色化學教育，作為培養學生因應氣候變遷的重要知能，因透過AI數據監控，可建立早期預警措施，優化減排與調適作為，並創造出潛在的創新方案。綠色化學則可減少石化產品對環境的衝擊。期待國內高等教育管理者，持續重視工程師養成過程中落實永續發展教育，使國內大學永續教育行動，在學生未來投入產業工作時得以開花結果。

## 結語

聯合國秘書長António Guterres在2020年啟動了「永續發展行動十年」，這也是國際永續潮流下工程師的黃金十年，全球舉凡能源、交通、工業、基礎設施等的轉型工程，在未來的2030年、2050年均要達成其階段目標，尤其我國未來即將推動國家前瞻基礎建設計畫所規劃之綠能建設、水環境建設、軌道建設、數位建設、食安建設及城鄉建設，以及產業能源效率提升、高效益之永續低碳科技，如碳捕捉、封存與再利用技術等，以及都市更新所需之智慧綠建築等重大工程發展，相關工作充滿挑戰且艱鉅，期許所有的工程師應積極掌握國際永續潮流關鍵議題與趨勢發展脈動，並隨時充實學養與所需的專業職能，俾利應對全球永續轉型時代的來臨。💡



# 從市場與法規 看電信產業下世代發展

文——劉莉秋 台灣電信產業發展協會／副秘書長



去（109）年2月政府釋出5G頻譜，取得新臺幣1,421.91億元標金收入，輿論進入5G時代來臨的熱潮。事實上，電信業者於2017年底方從政府手中取得4G頻譜，短短5年期間從4G到5G，電信業者付出了1兆7,708億元頻譜成本。故事還沒結束，今（110）年科技部已開始勾勒6G旗艦計畫，從5G大頻寬、低延遲與多連結的技術特性，開展到6G的高速傳輸、廣域覆蓋與智慧多工的技術藍圖。芬蘭Oulu大學也早早提出6G白皮書，列出6G關鍵績效指標要達到最高1Tbps的傳輸速率、10公分至1公尺範圍內的定位精準度等。通訊技術從10年一個世代更新，快轉2倍以上的速度，顛覆通訊市場、打破產業藩籬。

## 劉莉秋

現職 | 台灣電信產業發展協會副秘書長

學歷 | 國立中正大學電訊傳播研究所碩士

經歷 | 台灣電信產業發展協會副秘書長

台灣電信產業發展協會執行秘書

電信消費爭議處理中心主任委員

群信科技股份有限公司董事

國家通訊傳播委員會open data小組諮詢委員

台灣資通產業標準協會標準諮議委員

財團法人電信技術中心董事

今天筆者不談6G通訊技術是否利用低軌道衛星傳輸及其跨國界通訊的數位疆土議題；也不探討6G異質通訊系統可能帶來的資安挑戰與如何透過物理加密技術來保護資料的安全；更不觸及物聯網、無人載具與五感通訊應用所產生各式各樣的使用者資料，帶來隱私保護等法規與道德層次的討論，一則班門弄斧，二則即使立基於5G技術的6G技術發展，仍在快速構想應用場景之演進階段，這還需要一些時間，才能更全觀地想像6G世代。本文僅嘗試從市場及法規面觀察電信產業面，探討對下世代技術發展的趨勢與挑戰，提出一些個人實務觀察。

## 電信不再是特許行業

「電信法」制定於民國87年，距今已經超過20年，對於通訊技術變化日益快速的電信業者來說，勢必期待符合技術發展的法規問世，以順應產業快速變化的現況，就像是老麵饅頭一般，留些老麵糰，再加入新麵糰，才能有更Q彈耐嚼的饅頭。經過幾番討論，立法院於108年5月31日通過《電信管理法》，並於109年7月正式施行。

在電信法時代，電信業者要取得特許業務執照，除了競標頻譜外，還必須對應負擔義務，去（109）年《電信管理法》生效後，打破特許制度，改採登記制，人人均可透過登記方式參進電信服務市場。電信市場從高管制強度與高義務的特許制走向中低度法規管制，新舊業者間擔負的責任與義務，如何取得平衡，是進入電信管理法時代業者與主管機關必須磨合與調適的地方。

此外，《電信管理法》與《電信法》最大的差別，在於《電信管理法》新增頻譜共享、出租、改配、誘因式繳回等規定。隨著技術演進，頻寬需求更大但頻譜資源有限，如何更有效率的使用，以因應未來多元與創新的服務型態，的確需要新法更有彈性的頻譜管理機制，

當然這些都立基於維持取得頻譜成本公平性為前提。

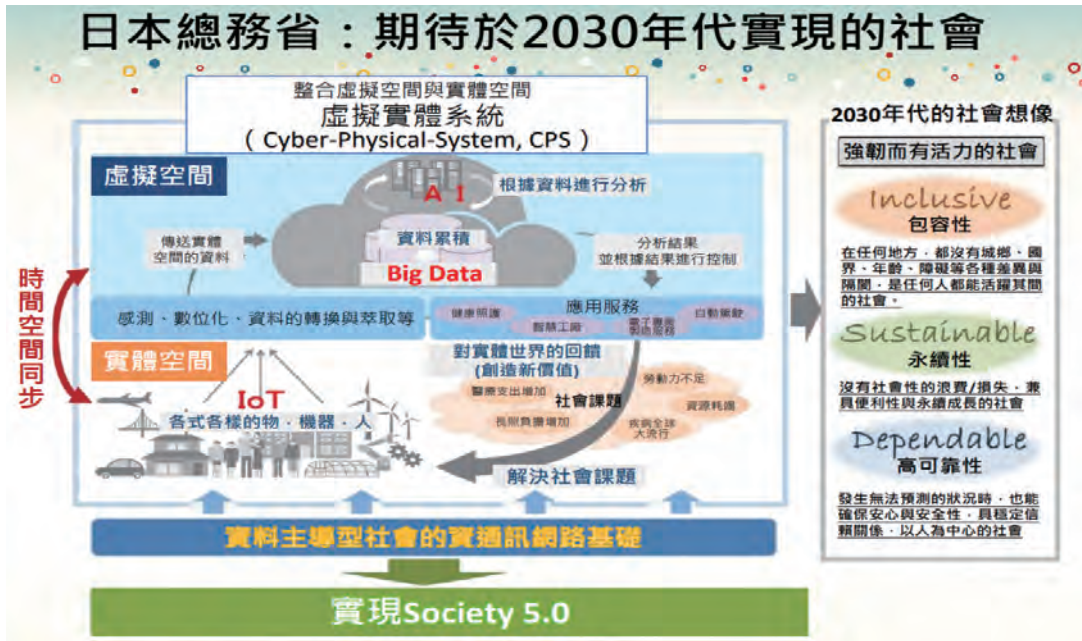
爰此，電信服務市場，不只技術改變市場生態，法規的變革也改變產業環境，現在，人人均可走向電信產業，而既有的電信業者也必須走向一個跨產業、跨平臺與跨介面的服務時代，傳統語音及簡訊等主要電信服務因OTT崛起略奪市場後漸漸淡出，過往2G、3G從建設到消費端一條鞭的電信服務態樣，從不需假手他人，到今日產業界線愈來愈模糊，電信服務從消費者走向各行各業，再從各行各業裡，找到垂直應用的合作定位，不只轉型，還要能成為各種應用拼圖不可或缺的一角。

## 被解構的電信服務市場

目前5G主流頻段在3.5GHz，而6G技術績效指標打算要提供1Tbps的傳輸速率，是5G技術的100倍。因此，要達成如此高的傳輸速率，應會使用THz（Tera Hz）頻段及更先進的調變技術，就頻譜特性而言，頻段愈高，阻隔與遮蔽性愈強，愈不利於移動式服務，所以下世代技術應用發展將趨向小區域、更高的速率及室內網路的使用，故目前各國的5G服務大多鎖定區域垂直應用服務，包括智慧製造、智慧醫療、智慧交通、智慧零售、智慧能源、智慧安全、智慧農業等應用生態服務系統與軟硬體研發。

如果說4G是串連人與人之間的網絡，5G及下世代技術是串起人與人、人與物、物與物之間網絡，在這一串複雜的網絡中，橫跨產業、市場、法令、國界。然而，想跨領域整合，並朝向全方面整合式服務的方向邁進，其標準將是產業規模化及完善生態圈重要的基礎，各行業間各自有領域專業及法規議題，加上各行業設備所支援的通信技術及介面各不相同，如何彼此理解進而合作，需要花時間磨合並整合標準化，形成生態圈，創造互利的模式。





▲ Beyond 5G推進戰略：邁向6G的藍圖（圖片來源：台經院研究四所）。

## 巨量資料是重要的應用

電信服務要能成為殺手級應用，必須找到無門檻限制、直覺式介面，讓一般民眾很快學會使用，才有機會廣為流傳，否則再創新、再有創意，消費者不知如何使用，也將終告失敗。所以應用要如何建立一套全面性的服務架構，運用人工智慧（AI）、物聯網（IoT）、邊緣運算、感測等技術，將應用服務的效益最佳化，是重要的挑戰，而這其中的關鍵是資料應用。

資料應用是王道，無論高解析度影像、感測技術、精準定位、穿戴式裝置、無人機等技術應用，都涉及巨量資料的蒐集與處理，所以掌握資料者將是贏家，這是一場資訊搶奪大賽，沒有國界的國際競賽，世界各國都聚焦發展軟體與創新應用服務，而資料市場大者恆大，能將自身及合作夥伴的服務或營運帶來資料轉換並善加運用者，將能取得競爭優勢。當然，隨

之而來的隱私保護和資料安全性，也將是下世代技術發展的藍海市場，例如：量子密鑰、無線電指紋等新的加密技術。

荷蘭政府是最積極發展資料治理的國家之一，其意識到驅動數位經濟的關鍵在巨量資料，建立資料中心，有系統、大量蒐集資料並創造人民有感知的應用服務，政府每年投入預算，負責監測主要的高速公路、水路及橋梁系統。資料實驗室在運河、道路及橋梁裝設感測器，即時蒐集大量資料，並使用邊緣運算進行即時的分析，提供政府決策參考。

日本總務省則在2020年6月提出「Beyond 5G推進戰略：邁向6G的藍圖」，期待2030年代實現、虛擬與實體空間一體化，具有包容性、永續性，以及可信賴性的「資料導向型社會」，是一個由巨量資料主導的社會資訊網路，藉此同時解決社會課題與經濟成長問題。

## 挑戰與結語

「世界數位競爭力」代表一個國家資通訊基礎建設的完整度及全球競爭力的影響力，不僅涵蓋資通訊產業對整體經濟的貢獻，也代表資通訊科技應用在政府、企業及個人，使社會得以數位轉型產生最大效益的能力。除了上述所提下世代技術發展促使市場解構，趨向跨產業垂直應用與巨量資料應用的挑戰外，電力也是下世代技術的重要挑戰。因頻段特性，要達到一定的服務涵蓋率，5G基地臺的數量必須是4G基地臺的3-4倍，若再加上5G要整合更多主動元件，5G網路所耗用總電力是4G網路的10倍以上。未來社會應用場域若結合大眾運輸與社會公共安全，要達到全網覆蓋，電力將是最大挑戰，所以未來要積極研發高效能低耗電資通訊設備，透過AI智慧調控，將電力使用效能提升50-100倍，方能在電力可負荷情況下，建立全新的數位轉型社會。

根據瑞士洛桑管理學院（IMD）2020年10月1日發布2020世界數位競爭力調查評比（IMD

World Digital Competitiveness Ranking 2020, DCR），我國在全球63個主要國家及經濟體中排名第11名，其中「行動寬頻用戶」排名全球第1名、「智慧型手機普及率」排名全球第2名、「網路頻寬速度」排名全球第5名。調查評比結果證明，我國電信業者長久以來戮力於資通訊網路建設與服務提供，不僅擁有縝密而完善之網路基礎，確保符合各種應用發展時所需要之高度資通安全需求，在接軌國際技術演進趨勢、豐富完善的系統維護營運能量，更有充沛且符合在地化需求之經驗。

目前甚至可預見的未來，世界各國發展都聚焦在軟體與應用服務，為達成我國資通訊大國的戰略目標，除了聚焦硬體產業鏈發展外，政府更應重視軟體新創與應用服務的發展，並倚重電信業者的資通訊服務經驗與能量，建立從服務端到硬體端完整的產業輔導政策，讓應用服務創造需求結合軟硬體開發，方能在下世代科技競爭新時代的國際賽局裡立於不敗之地。◆

## 參考資料

1. 「首部6G白皮書勾勒6G發展願景」，科技產業資訊室，<https://iknow.stpi.narl.org.tw/Post/Read.aspx?PostID=16166>
2. 「超前部署Beyond 5G日韓爭先插旗6G版圖」，2020年12月24日  
<https://www.2cm.com.tw/2cm/zh-tw/recommend/17BFCE809A734297ABF9F32097BD4EBD>
3. 「國際通傳產業動態觀測暨我國通傳市場調查報告」，2020年12月，台灣經濟研究院研究四所。
4. 「荷蘭與新加坡的資料治理，帶給臺灣政府服務新思維」，2018年4月，政府機關資訊通報第352期。
5. 「2020 IMD世界數位競爭力我國排名躍升第11歷年排名最佳」，2020年10月1日，國家發展委員會  
[https://www.ndc.gov.tw/nc\\_27\\_34446](https://www.ndc.gov.tw/nc_27_34446)
6. 「The Next G Will Be Unlike Any Other」,2020年12月，Chris Pearson，5G Americas  
<https://www.5gamericas.org/the-next-g-will-be-unlike-any-other/>



# 下世代的工程願景 文明2.0

## 工程與人文的平衡

文——陳哲生 柏林股份有限公司／總經理



### 陳哲生

現職 | 柏林股份有限公司總經理

柏林(惠州)科技化工有限公司董事長

樹德科技大學董事

中國鋼鐵結構股份有限公司董事

第一化成控股(開曼)股份有限公司獨立董事

全國工業總會理事

高雄市工業會理事長

中國工程師學會理事

中國工程師學會高雄分會常務監事

中華民國正字標記協會副理事長

中華民國鋼結構協會理事

高雄市生命線榮譽理事

學歷 | 東京大學材料科學博士

史丹佛大學 工業管理碩士

在文明破曉前，人類近乎一直在極端貧困與病死苦痛中漫長且迷茫的掙扎，據稱在中世紀人類的平均壽命也僅約25歲。直到14世紀的黑死病奪走歐洲近一半人口，人們才幡然醒悟命運是要自己掌握。文藝復興揭開文明的序幕，人類開始對所謂天定的命運產生質疑，嘗試改變從而開創自己的未來。在近代文明大躍進的思維中，科學是最少被爭議，也最廣被認同的。科技是影響生產力並進而影響國家核心競爭力的關鍵因素，技術本身非善亦非惡，它僅是個把應用者心態與目的擴大加速呈現出來的工具而已。西方在法國革命後產生的政府，在治理各種繁瑣的國家事務時，永遠不變的是對其國民的承諾，也就是落實一個富裕、健康、喜樂、及和平的社會。民主的力量是透過萬萬個百姓的共乘綜效來改善生活，感謝亞當史密斯（Adam Smith）在國富論裡用具體的方法與實例，啟發我們如何透過組織分工合作等來創造財富。

企業基業長青是富裕國家的基礎，但唯有選擇以技術立業的企業才能實際創造財富。要國富就必須仰賴這些以技術立業的實業，而企業想要以技術立業，就必須器重及疼惜工程師。因為工程師們願意不斷探索自然的極限，在科學允許的界限裡，透過精巧的設計與工程結合，完成他（她）們的作品，進而美化並提昇人類的生活。沒有了工程師，就沒有了這些鉅作，當然也不可能富裕，我們仍可能是一籌莫展，備受各式各樣身心的焦灼悲苦。所以，在中國工程師學會創會百年又十之際，首先讓我們為這群默默貢獻的工程師們喝采與敬禮！

在工業革命前，不同的古文明在世界不同角落留下各類土木、水利與建築工程的遺跡，如埃及金字塔、西班牙塞哥維亞水道橋等，中國歷史亦記載著遠在四千多年前大禹治水的傳奇。土建毫無疑問是工程的始祖，當時這些工程應全是以人力開墾建設，而工程技術一直在人類緩慢的摸索中踽踽前進。普遍的共識是，現代經濟開始於1760年代，瓦特革新了蒸氣機技術帶領出第一次工業革命，文明才首次因能控用更大的能量而有突飛猛進的躍昇。在科學的賽先生與經濟的伊先生相輔相成擴大其綜效下，一個比一個更具規模的工廠集中於煤炭、鋼鐵、紡織等產業，泰勒（F.W. Taylor）的工廠管理成為管理的顯學。

在平行的時空，鐵逐漸取代傳統木材

成為關鍵材料，鐵軌火車、蒸氣輪船便利了交通與生活。蒸氣能引爆首次工業革命後，以電燈為代表的電能則是第二次工業革命的加速器。因內燃機的工作效率遠大於蒸氣機，工業生產力再次跳躍式成長，也推動了交通運輸革命，如汽車、飛機等。

在這同時，鋼鐵取代了鐵，化學材料也迅速普及。產業結構從「分工合作」的輕工業轉成「合作分工」的重工業，更誕生了富以敵國的壟斷組織。企業內的研究單位開始普遍化，勞資的分工也於此時誕生。而以核能及圖靈電腦為基礎的第三次工業革命，引發了資訊、通訊及控制的爆炸性成長，工廠飛速地邁向自動化。而此顛覆型的改革也從工廠進入辦公室，帶動企業整條價值鏈的營運革命。在摩爾定律運算能力不停倍增之下，人類終於得以擺脫貧困，找到一條康莊大道。在製造業高度自動化、無人化後，工業革命的重點也走出工廠，跨領域的各種研發單位成為創造財富的主力。

現在各產業專業研究單位林立，各式育成中心如雨後春筍般怒放，跨領域的Deep Tech研發在所有的工程領域中全速全方位的推動創新。如Toffler在第三波浪潮裡所述，科技的極限不斷被突破，新的應用帶來新的需求，新興產業以超乎想像的速度呈現，人類終於創造出屬於人的盛世。



如果將這近2000年的演進，統稱為文明1.0，它的富裕是以效率的提昇來衡量，目標始終是鎖定在改善物質面的生活，而其最關鍵的標竿之一就是人類能產出控制的總能量。在這能量文明的漫長旅途裡，人類從一次次的跌倒中爬起，在灑落的汗血中，我們終於得勝。我們從平凡的萬物中脫穎而出，成為萬物之王，稱霸這世界，人類是不平凡且偉大的。然而文明1.0的主要思維，如自由的市場經濟，強調自我的民主政治及分割擊破的科技思維等，發展到現在也似乎走到了盡頭，各種負面副作用一一浮現。在人類自認為偉大之際，越演越烈的自然能源枯竭、極端氣候、新冠肺炎等威脅下，人類開始感受到大自然的怒吼並遭到它的反撲。

從曼哈頓、阿波羅等計畫裡，我們認知到下一世代的工程會是非決定性的（Non-deterministic）。今天，以綠能和人工智慧為主軸的工業4.0才剛起步，當我們不再滿足於大量平庸物質後，精緻化的設計是今後工程作品必備的特色，精緻設計仰賴的是高度密集計算（Computationally Intensive）。在複雜性科學的工程應用上，如以蒙地卡羅模擬

（Monte Carlo Simulation）求解，依賴的還是運算能力。更多產品，如手機的CDMA、自駕車、無人機、區塊鏈技術催生的新興產業等，全都具有遞迴性的複雜度（Recursive Complexity），更需要強大的運算能力去解決。

不只如此，人類娛樂需求的虛擬化，線上電玩、高解析影集、虛擬世界等，再再需要運算能力。同時，在物質需求獲得滿足後，人類轉向追求健康或生命議題，而生命科學的本質就是一種計算科學（Computational Science），而且是仰賴實時數據（Real-time Data Based）。Dyson在《Infinite in All Directions》裡提到，科學的聖杯是與腦相關的認知科學（Cognitive Science），腦袋的本質就是思考，就是深度運算。運算力不僅是今後科技的瓶頸，在市場經濟、普及的線上教育，影響民主政治的社交網路等全受惠也受限於運算力。

因此，文明2.0將會是以運算能力為主要的演化依歸。文明2.0的富裕會是以人類能操控的總演算能力衡量之，但在運算文明首次革命的破曉時刻，我們也洞識到有數不盡的問題是NP-Complete，這意味著就算有無窮盡的運算力，仍有

眾多的問題至天荒地老也不可能被解。我們能創造的富裕永遠極為微渺。以Alpha Zero為代表作的深度學習（Deep Learning）和量子運算（Quantum Computing）均是正確且必須要走的路。文明2.0已悄然來臨，人類仍在黑暗中繼續摸索，演進會比預期來得緩慢。在仍有數不盡的NP Hard問題的文明裡，巧思創新的演算法會是在運算力後，開創下世代願景工程的關鍵，它將決定人類富裕的境界和發展的極限。

在文明2.0的黎明，地球上的資源早已無法負荷這失控暴漲的人口。人類迅速發展物質文明的結果，導致我們忘記了謙卑與反思，不再珍惜宇宙萬物。今日眾多睿智的菁英們相繼嘗試提出各種持續人類發展的對策，但因“Me Over We”的心態，讓很多可行的方案難以落實。我們必須認清要突破眼前的浩劫，不是交付給4.0的智能科技就能迎刃而解。

至今，工程及工程師始終被侷限在科技的領域，今後，工程和工程師的定義必須更廣闊，除了土建、機電、材化、資通、環控及生醫之外，我們更需涵蓋太空、認知、心理、財務、經濟、

人文、政治、法律及倫理等各個面向。1962年科學史家Thomas Kuhn提出「科學革命的結構」理論，他提到科學典範移轉（Paradigm Shift）是人類認知的非理性、巨大變化，初始只是異常，最終會形成典範。在人類無窮的探索下，科學的革命會一再發生，我們需要敞開心胸，迎接各種可能，否則，我們無法克服現今的挑戰。在文明1.0裡，我們實現人定勝天，但文明2.0考驗我們的是，在掌握無窮盡的運算力與無限的能源時，深知我們將永遠的微渺，終究仍為平凡下，如何從人類成為真正的人！？

讓工程師們解放吧！讓他（她）們不再受困於過去物質導向的枷鎖，讓這群願意探索未知，身懷絕世武藝的巨匠們能盡情揮灑、盡興創作。在開拓下世紀願景工程時，唯有在知識上結合各種領域，在行動上擺脫現存框架，在思維上勇猛革新，以更高、更遠、更廣的心胸，勇敢克服眼前艱鉅的挑戰。先父常言：「奮鬥出來的生命最美麗。」工程師們！闖創出來的未來最燦爛！讓我們敞開胸襟、互勉合作，再次帶領人類昇華至能與天地及萬物共存，成為真正值得尊重的「人」。



# 下一世代的願景工程 自動化技術領域

文—— 李世光 工業技術研究院／董事長  
 胡竹生 工業技術研究院機械所／所長  
 蘇 再 工業技術研究院機械所／組長



工業自動化的演變就如同德國2011年提出的高科技計畫「工業4.0」(Industry 4.0)，由過去工業1.0的機械化、工業2.0的電氣化、工業3.0的自動化，一直到未來工業4.0的智慧化，「工業4.0」的具體意涵係將製造行為(包含設備運作狀態)數據化，並將這些數據進行交換、儲存與分析，最終目的是產生各種決策，使工廠持續保持在最佳狀態，快速反應市場需求，以及產出高品質的產品。2020年因為新冠病毒疫情，全球的生產製造遭逢前所未有的邊變，人類被迫停止接觸導致工廠停工、供應鏈中斷、全球交通停滯、改變生意往來模式等。這使得全球製造業的產銷模式發生變化，更凸顯智慧化的重要性，也驅動工業4.0的快速發展。

## 李世光

現職 | 國立臺灣大學特聘教授  
 工業技術研究院董事長  
 資訊工業策進會董事長

經歷 | 經濟部部長  
 資策會執行長  
 工研院副院長  
 行政院國家科學委員會工程技術發展處處長  
 美國IBM加州聖荷西Almaden研究中心研究員

榮譽 | 中國工程師學會109年度會士  
 中國工程師學會108年度工程獎章  
 行政院一等功績獎章  
 美國機械工程師學會會士、英國物理學會會士  
 美國IBM公司傑出科技成就獎

## 產業發展趨勢

製造業透過協作機器人單元、雲端服務平台與遠端監控系統來達到自動化生產，可降低人力依賴，具備快速調整和客製化需求生產的優勢；工廠內外可透過自駕車系統協助物流運輸，以利升級智慧製造。（如圖1）

### 邁向未來，製造業的發展趨勢包含以下重點：

#### 一、生產系統走向彈性化、高度客製化與個性化

(一)從國際大展來看，如漢諾威自動化工業展、歐洲工具機展（EMO展）等，許多關鍵零組件與設備製造廠商，開始跨領域深度整合，融入不同應用產業的領域知識技術能量與資通訊科技，共同驅動智慧機械與智慧製造雙引擎發展。

(二)傳統以「製造某類產品」為主，未來將由顧客角度，提供「協助客戶創造價值」的完整生產解決方案或商業模式方向發展，以符合彈性生產、高度客製化與個性化產品等趨勢。

#### 二、製造系統對遠端管理、高度智慧化及結合專家系統之加速應用

(一)少子化使得生產線需減少人力的依賴，而如新冠肺炎的疫情影響，製造業必須能快速因應人員驟然短缺的情境。因此，透過物聯網技術得以將廠區即時動態如生產進度、機台運作狀態等資訊，從戰情室、行動裝置等進行遠端控制與管理，是設備業結合智慧製造的發展方向。

(二)由於廠區高度自動化及對人工作業依存度降低，使得人員透過遠端管理不需頻繁進出廠區而可即時解決問題，遇到設備故障或維修時，能夠藉由AR遠端與原廠人員連線，透過可視化指示逐步進行線上排除，以取代實地勘查。



▲圖1 協作機器人與機械雲服務平台遠端監控智慧工廠（圖片來源：Pixabay）

## 建構在自動化上的智慧化

自動化的定義一般是以人類所制定的規則，使機器設備自動運轉，其中當然有根據過程中感測器的訊息來改變運轉方式或是控制參數。工業4.0則在這個基礎上，利用先進的資通訊技術，使得自動化系統具備智慧。以工具機的切削為例，切削動作的自動化並不能保證每一個工件的完工品質都一致，因為刀具會磨耗，機台溫度會變化等。目前許多都是工件的尺寸或是表面紋路發生問題後，才知道機台或環境已產生變異。因此，如果對於機台狀況可以精確掌握，就可以調整自動化流程或參數，而這個決策如果可以用數據與軟體演算來達到，就具備了智慧的功能。

雲端計算、物聯網（IoT）、大數據分析和人工智慧等就是支持上述目標的各項通訊科技。愈來愈多的感測器用於設備使其具備自我感知、自我調控和訊息交流的能力。製造設備的狀態數位化，加上生產數據後，透過物聯網集合成大數據，經過分析（例如雲端AI計算），即可能對製造產生革命性的影響。這個概念統稱為網宇實體系統（Cyber-Physical Systems, CPS），亦稱為數位雙生（Digital Twin），即為實體在數位空間有一個近似的模型。CPS中實體的互連和互操作性，加上在數位空間的分析和知識學習方法，提供了智慧決策的支持基礎。CPS技術涵蓋從產品設計到產品物流的廣泛應用。例如在設計階段導入虛擬實境（VR）和擴增實境（AR），除了讓產品設計更貼近現實，





▲ 圖2 2020年10月6日臺灣智慧製造大聯盟成立大會

同時各種設計修改也得以數位化儲存與解析，透過設計製造軟體如計算機輔助設計（CAD）和計算機輔助製造（CAM），可以很快地產生製造的條件，如果生產現場的CPS建構完整的話，甚至可以預測產品的生產週期以及品質水準等。CPS也延伸到其他領域如能源管理，由能源數據的擷取分析，提高能源監控系統的自主能力，並進行自我優化。

上述的說明描述了CPS數據流及數據內容，在製造領域的另一項重點是工件流，或是物流。以往單一規格大量生產的狀況，工件在製程上的流動都很固定，一般都以輸送帶（或是流水線）來移動工件，同時因為生產量大，製程有機會調到穩定。但是面對產品訂單的劇烈變化，或是產品規格多樣時，工件流就難以用固定的設備去因應，因此自主移動式機器人（Autonomous Mobile Robot, AMR）就成為很重要的設備。AMR可以根據不同的加工需求，在機台間自主穿梭運送工件。AMR等於是在工廠內移動的感測器，其所攜帶或是採集的數據，也成為CPS中重要的資料。AMR有別於以往的循環式自走車Automated Guided Vehicle（AGV），它可以如人類一般認知環境、自主導航，同時

愈來愈多的AMR配備了機械手臂，已經不限為搬運功能，還能從事更多高階的工作。

## 臺灣自動化技術發展方向

臺灣在高度自動化/無人化機台與產線整合能力已具基礎，發展具備高度自動化及智慧化的新一代生產系統，結合智慧機械、機器人、MES/ERP等智慧化生產單元，可解決製造人力缺乏及建立可靠的生產能量，並減少產線人員聚集及避免疾病傳染，對企業主將能創造更大價值與競爭力。臺灣製造業自動化技術發展，包含以下兩項重點：

### 一、建立國家隊機械雲智慧製造服務系統

(一)機械公會與電電公會、軟體協會、工研院等單位，因應製造業數位轉型，共同成立「臺灣智慧製造大聯盟」（如圖2），推動臺灣機械雲智慧製造服務系統發展，透過建構機械雲整合平台導入數位加值服務能量，帶動智慧機上盒升級，開發金屬切削、電子、紡織、塑橡膠、金屬成型等產業所需應用軟體，促使設備加值。

(二)以建立國際領先開放式智慧機械雲平台使用社群與生態聚落，協助設備業升級轉型為專業領域SI業者，提升產業附加價值，建立智慧製造

服務系統生態系，協助業者（設備製造商或加工廠）創造價值及數位轉型升級。

(三)工研院結合機械公會成立「OpenLab跨場域協同研發與驗證聯盟」。透過企業、研究法人在各自場域及實驗室的研發生產能量，以智慧製造系統串聯產品生產流程，完成製造程序與產品驗證，提供客戶快速研發與打樣服務等；進而建構臺灣產品製造的跨場域協同研發及驗證體系，以國家隊力量先行切入研發次世代產品，協助設備產業提早掌握商機。

(四)臺灣機械業未來將兼顧智慧機械、智慧製造發展，機械雲智慧製造服務系統係以中小企業為主，並依循短、中、長期發展規劃及執行，逐步使產業邁向數位轉型升級。

## 二、組織國家隊協同機器人智慧製造聯盟

(一)為促進具協作機器人之雲端智慧製造系統發展，臺灣與歐盟成長總署共同成立「臺歐盟機器人工作小組」，針對工業型機器人技術，結合市場趨勢與歐盟共同規劃研發方向，期許未來智慧機器人也有機會打團體戰，並串連臺灣5G、AI、雲端、自主移動等資通訊跨域技術，充分發揮臺灣機器人在智慧製造的研發能量。

(二)全球製造業面臨消費需求迅速變化、老師傅經驗傳承與能源缺乏等挑戰議題，為助產業邁向智慧製造，機器人領域已積極導入AI人工智慧、深度學習等技術，希望將原本功能單一且無法擴充新功能的機器手臂，藉由新科技與軟硬整合系統，協助機器人變得更聰明，幫助產業開拓新應用領域、傳承老師傅經驗與減輕人力負擔，朝向彈性生產發展。

(三)工研院以現有推動的「自主移動機器人聯盟」、「機器人水五金手工工具智動化聯盟」與臺灣智慧自動化與機器人協會（TAIROA）作為打團體戰的基礎，如發展CPS研磨拋光等高階智慧



▲ 圖3 CPS研磨拋光機器人技術導入業界水龍頭生產線

機器人技術，導入業界水龍頭生產線（如圖3），有助縮短調機時間、提高研磨品質，搶攻智慧製造商機。

(四)為迎向工業4.0的時代，工研院積極擘劃「2030技術發展策略與藍圖」，致力開發智慧機器人技術，協助製造業數位轉型，提高生產效率、降低能源物料浪費，共同努力邁向綠色製造與永續環境，在後疫情時代再創製造業高峰。

## 結語

手機和行動網路的問世，大幅的影響人類的生活、工作與消費方式，同時也使企業重新思考經營模式與公司定位。有別於實體空間，人類正在共同構築一個數位空間。製造業如何參與這個數位空間，以及在這個空間中如何開疆闢土，就是繼自動化後下一代的發展課題。這個數位空間的數據與技術，出現製造效率提升的各種工具，解決少子化、缺工以及工資上漲等需求。更重要的是，在這個空間裡新的製造服務，或是可能產生新的製造技術與方法。臺灣的製造業在品質以及彈性上具全球領先地位，在自動化與產線整合能力已具基礎，必須積極參與這個數位化的浪潮，將既有精良的製造工藝與數位空間結合，創造更大的商機與國家競爭力。💡



# 後疫情時代的契機 韌性農業工程初探

文——陳玠廷 農業科技研究院農業政策研究中心／副主任



## 陳玠廷

現職 | 農業科技研究院農業政策研究中心副主任

學歷 | 國立臺灣大學生物產業傳播暨發展學系博士

經歷 | 農業科技研究院農業政策研究中心研究員兼副主任

農業科技研究院農業政策研究中心研究員

台灣農業推廣學會常務理事

台灣農業經營管理學會理事

大享食育協會理事

臺中環境綠化基金會董事

豐年社監察人

榮譽 | 台灣農業推廣學會優秀農業推廣教育人員獎

## 福禍相倚的疫情啟示

農為國本，農業的發展除了經濟面向的貢獻外，也關乎國人飲食需求上的供給與滿足，而由農業生產所延伸的外部價值，還包括了農田生態系的保育，以及提供怡人景觀與富饒的農村文化，是為農業所蘊含生活、生產與生態的多元面向。然而，儘管我國農業在整體社會發展的進程中，具有不可抹滅之重要貢獻（如以農養工、農工部門之資本流動等），隨著農業產值在整體經濟占比逐漸降低，社會大眾也逐漸忽視農業對於國家發展的重要性。

2020年，在全球肆虐COVID-19疫情的衝擊下，給了人們重新省思農業重要性的契機。疫情不僅威脅了人類的健康，時至今日世界各國因疫情所導致之死亡與確診人數，仍未見明顯緩和；就產業面來說，疫情更是給了全球經濟重重的一擊。與人們日常生活所需密切相關的農業而言，也在疫情期間受到程度不一的影響。舉例言之，根據聯合國農糧組織（FAO）報告指出，疫情對農產業的衝擊可分別從生產、消費兩端進行討論。

## 一、生產端

因防疫所需之隔離機制的施行，許多農食產業鏈在疫情期間被迫中斷，在許多媒體的報導中除了生產下降及以生產之農產品無法運往市場，導致食物浪費的憾事外，隔離政策導致的勞力短缺，也對許多高勞力需求的作物生產與收穫造成影響。

## 二、消費端

疫情對經濟的衝擊，既造成消費力的下降，也因前述生產端的困境導致食物取得不易、價格上升的雙重打擊，對社會穩定形成嚴峻的挑戰。

以臺灣農業面對疫情的影響而言，在中央防疫得宜的應變下，臺灣是全世界少數未對常民生活帶來太大衝擊的國家之一。即使如此，為審慎應變疫情的緣故，去年（民國109年）農曆年後各級學校的寒假，除了大學普遍於3月2日開學外，高中（職）以下的學校為了防疫所需亦延後至2月25日才開學。值得一提的是，為兼顧國內優良農產品的消費及校園午餐食材品質的提升，農委會近年來致力於鼓勵各級學校的午餐食材選用國產標章農產品（三章一Q），並逐年提升前述標章食材使用的比例，部分預算較為寬裕的縣市，如雙北、桃園，每週更至少供應兩餐的有機餐，這些舉措著實為臺灣的標章農產品開拓了新的消費市場。

然而，在「延後開學」的防疫政策中，臺灣部分農民面對了突如其來的衝擊，如已排程生產，要供應作校園午餐的各式標章農產品，頓時少了兩週的銷售管道。這個變化，對不耐久藏的葉菜來說，無疑成了亟需解決的問題，

也凸顯了如FAO報告所示，疫情為農業所帶來的啟示或警醒之處：「農業做為鄉村社會最主要的產業，其易受產業鏈上中下游各環節影響之特質，在疫情期間也應多加關注對各地農村發展與相關從業人員的生活、生計帶來的影響。」

具體而言，過去一年多來COVID-19疫情打亂了全球的運作節奏，臺灣社會雖然在亮眼的防疫政策與社會大眾共同努力下，生活各面向仍能維持令世人稱羨的水準，但無可諱言，農業產銷的穩定與否確實是安定社會民心的重要角色。

## 氣候變遷的衝擊與調適

農業常被視為是一個看天吃飯的產業，意謂農業的生產有其不可置於外部環境因素的特殊性。因此，當談到農業的永續發展，氣候變遷就是一個無法迴避的課題，它也是另一個影響全球農業發展的重要因素。以臺灣近年來面對的情境為例，旱澇日益極端分明的狀態下對仰賴天時的農作生產來說，是莫大的挑戰。陽光、空氣、土壤、水是植物賴以生存的元素，臺灣雖說看似雨量豐沛，但受限於地形的緣故，其實是一個水資源相對匱乏的國家，近兩年來受到氣候變遷的影響，我國無論是梅雨季節或夏季颱風的降雨情形皆不如往年，形成對臺灣社會民生及各產業用水捉襟見肘的困境，對農業的衝擊尤為重大。

在農業耕作的現實面上，由於去年（民國109年）春雨、颱風都減少的狀況下，自去年10月



份起桃竹苗部分水稻產區停灌、今年度（民國110年）第一期在嘉南地區也有1.8萬公頃的水稻面臨停灌休耕以作為因應的措施；除了降雨的影響，氣候暖、寒無常對植物生理的影響，也造成國內農產種植區域移動的情事，也對國內農產的產銷造成影響，這些情況都說明了氣候變遷對臺灣農業未來發展帶來的挑戰。

一方面，農業本具有減緩氣候變遷的貢獻角色。舉例來說，在聯合國「氣候變遷綱要公約」（UNFCCC-COP）項下的「千分之四倡議聯盟（4 Per 1000 Initiative: Soils for Food Security and Climate）」即倡議藉由推動永續農業的行為調整，寄望加入倡議的國家可透過科研計畫的進行，加速研發有關土壤有機碳的碳匯（Carbon Sink）技術，農委會主委陳吉仲於去年年末也應該組織之邀請，宣示我國未來農業發展對減緩氣候變遷的使命，其中具體作法包括：鼓勵綠色肥料或合理化施肥、推動有機／友善環境耕作、發展生物炭循環經濟、草生栽培、平地造林等。

除了減緩的措施，調適氣候變遷對於農業的發展亦有其迫切與必要性，正如同近年來旱澇分明的影響，除了應該透過基礎調研提出科學數據，作為系統性規劃我國水資源配置的依據外，如何妥善留住並應用過往在豐水期間快速流失的水資源，以及透過智慧農業的研發，讓每一滴水資源都能夠得到精準的應用，是我國農業永續發展應努力之處。此外，透過種原保存或育種技術，找到得以適應氣候變遷之耐

旱、抗澇作物品種，亦得以協助生產者面對外部環境之威脅。

整體而言，無論是前文所述疫情或氣候變遷所帶來的衝擊，理性觀之終有恢復平靜的一天，但日益頻仍出現的風險課題，則呼應晚近媒體於評論未來世界局勢時所使用的關鍵字——「新常態（The New Normal）」這個概念來描述、呼籲各界對於後疫情時期（Post COVID-19 Era）運作制度的再思考般，當這些過去被人們視為百年一遇、千年一遇乃至萬年一遇的異常狀態變得頻繁時，回復正軌的生活運作也該隨之有所調整。

## 打造具韌性的農業發展

韌性（Resilience）一詞，最早是源自生態學研究指涉生態系統在受到外部衝擊的情況下，重新恢復原有穩定狀態的能力，因此亦有將之譯為「回復力」的說法。這個概念後來被延伸應用至諸如工程、規劃、社會科學等各個領域，其中在晚近廣受矚目之里山倡議的具體實踐中，相關倡議團體如聯合國大學永續性高等研究院（United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability, UNU-IAS）與國際生物多樣性組織（Biodiversity International）等機構，便曾發展出兼具「社會-生態-生產地景（Social-ecological Production Landscapes and Seascapes, SEPLS）」的評判指標，以之作為呼應經濟、社會與環境等面向永續發展的政策工具。

在承平時期的時候，我們久習全球化時代運作下的一切，也忽略了農業在穩定社會安定的重要角色，彷彿透過國際貿易，日食三餐的所需很容易就可以滿足。然而，在疫情與氣候變遷的衝擊下，給了這個社會重新看待「發展」的路徑，也讓過去長久以來備受討論糧食自給率、糧食安全、食物主權，甚至是農地使用的議題，變得立體。這些議題關乎農業之於國家發展角色的再省思。

### 結語：建置多元支持系統

農業發展的面向涵蓋極廣，包括了基礎科學、應用科學、社會人文與經濟管理等領域。因此，從發展韌性農業的角度觀之，實需要建立長時且多元跨域的支持系統。舉例來說，為提升我國糧食自給率，自2016年以降農委會以堆疊式補貼的方式，推行了諸如「大糧倉計畫」、「對地綠色環境給付計畫」等計畫，針對契作戰略作物（具進口替代或外銷潛力），希望能夠重新復振我國的雜糧產業。這些政策的推行雖然也有明顯的成果，但相較我國完整的稻米產業鏈與支持系統，雜糧作物無論是在生產、轉作上，對於品種改良、田間管理技術、病蟲害暨鳥害防制技術、加工輔導、銷售通路等環節，仍有待支持系統的成熟，這也成了前述計畫能否被持續落實的關鍵。

相關農產業支持系統的建立，也包括對於適當科技使用之科研投入的增加。以水資源管理為例，面對非澇即旱氣候條件對農業生產的衝

擊，除了積極透過育種技術培育具抵抗韌性之品系外，透過現代科技的協助，諸如智慧灌溉系統的創新技術等智慧農業的發展，也是未來農業支持系統的重點發展項目。近年來包括歐盟積極推動的智慧農村（Smart Village）或是日本農林水產省嘗試思考運用ICT（資訊通訊技術）、同時以人們的協同勞動來達成地域資源的維持管理或活用的智慧農村振興，皆是我國可供參考之經驗。

最後，農業既然是一個攸關國人全體的產業，如何讓全民參與成為農業發展的助力與動力，已是永續、韌性農業不可或缺的環節。以日本為例，在2005年公佈「食育基本法」後，在文部省、農林水產省、全國農協與各地公私部門的推動下，食育與食農教育一時成為日本各地的全民運動；在臺灣，近年來食農教育在各界的倡議下，在國內形成浪潮。整體來說，食農教育對整體農業發展的意義在於，一方面透過飲食素養的建立，讓消費者對於農產品消費安全與安心的考量都得到制度性的滿足；另一方面，建立消費者對於農產、食材選擇的先備知識（如標章的意義、不同農業生產對環境與社會的影響程度），讓消費力成為我國農業結構轉型的支持與後盾。◆

註1：在2015年於巴黎所舉辦的第21屆氣候高峰會（COP21）中，主辦國法國提出了「千分之四」倡議，該倡議認為若能每年增加千分之四碳蓄積量於土壤中，就能平衡每年因人類活動增加排放到大氣中的二氧化碳量。

# 智慧健康的挑戰與展望

文——楊正宏 國立高雄科技大學／講座教授



## 楊正宏

現職 | 國立高雄科技大學電子工程系講座教授

經歷 | 國立高雄應用科技大學校長

國立高雄應用科技大學電子工程系特聘教授

財團法人金屬工業發展中心董事

稻江科技暨管理學院院長

中央研究院資訊科學所訪問學者

財團法人台灣網路資訊中心董事

教育部電算中心主任

教育部科技顧問室顧問

國立高雄應用科技大學電算中心主任

國立高雄應用科技大學電子工程系主任

國立高雄應用科技大學電子工程系教授、副教授

中華電信管理局高級技術員

## 智慧健康的時代（eHealth）

新冠肺炎（COVID-19）重創全球經濟，對人類既有的生活方式也帶來了重大的改變，人工智慧（Artificial Intelligence, AI）應用於健康服務在世界的聚光燈下加速前進，尤其是遠距醫療與健康照護產業。世界衛生組織（World Health Organization, WHO）對智慧健康（eHealth）的定義為：「資通訊科技（Information and Communication Technology, ICT）在醫療及健康領域的應用，包括醫療照護、疾病管理、公共衛生監測、教育和研究」<sup>[12]</sup>。WHO早於2005年即開始敦促各國提出「國家健康數據發展策略」，並於2016年與蘇黎世大學健康倫理與政策研究室共同發表「不斷進化健康數據生態系統（Evolving health data ecosystem）」的概念，作為各國智慧健康發展藍圖，包含3個維度：數據來源、技術能力和權益相關者。智慧健康的發展為現有的健康照顧、健康研究與其相關議題之探索提供了新的契機。在「不斷進化健康數據生態系統」中，健康數據資訊來源不局限於健康服務、公共衛生調查和健康研究範疇，亦涵蓋環境、生活型態與社會經濟，以及行為與社交範疇<sup>[13]</sup>。智慧健康突破傳統醫療模式，對醫療照護產業之發展產生重大的變革，其中包含健康資訊的收集、紀錄與傳遞方式，創新的健康與醫學教學管理系統以及對新形式的健康與醫療設備發展與因應之法律規範等，皆為智慧健康的發展重點。使用者不限於患者，更包含一般民眾的日常健康管理，更為複雜與更具爭議，例如資料的收集內容與方式和個人隱私之利益衝突、新型態健康醫療產品之規範與管理等。因此，如何建置一個體制健全的智慧健康產業迫切需要政府及相關業界共同合作討論<sup>[1]</sup>。



## 智慧健康產業發展

根據2019年Frost Sullivan調查對影響醫療照護產業之重要科技報告中指出前5名的關鍵技術分別是：巨量資料分析（30.1%）、AI（24.5%）、行動健康（Mobile Health, mHealth）（14.8%）、穿戴裝置（10.2%）和雲端科技（6.1%）<sup>[14]</sup>。全球健康與照護服務創新企業包含健康照護服務和資料與平台，而健康照護協助者之需求維持穩定增加，例如推動醫療照護之產業。在醫療科技創新中，僅有52%的組織使用差異化等新興技術，其中又以善用AI、機器學習（Machine Learning, ML）和物聯網（Internet of Things, IoT）在2018和2019年募得最多資金，最受企業投資者青睞<sup>[2]</sup>。

AI的發展改變了人類的生活型態，從巨量資料（Big Data）的取得、儲存、認證、深度挖掘到AI訓練技術日益成熟，IoT也在市場需求下蓬勃發展。根據WHO在2015年進行的全球智慧健康調查，其成員國中已有超過8成的國家提出至少一項的行動健康服務<sup>[12]</sup>。行動健康解決許多傳統健康醫療服務在電子化或行動化轉型時所面臨的問題與瓶頸。智慧手機是個人化與普及度最高的一種行動裝置，不計其數的行動健康應用系統亦應孕而生，行動健康透過跨界整合已成為生技醫療產業的重要利器。在新冠肺炎疫情的衝擊下，遠距醫療需求被大幅提高，例如美國放寬遠距醫療服務範圍；日本政府鼓勵患者透過電話或線上進行診療；臺灣在疫情期間由醫聯網開發的新冠肺炎智能自評助手，在4個月內使用次數超過80萬次，同時使用線上醫師諮詢的比例大幅成長47.8%，突顯民眾的醫療照顧行為已逐漸網路化<sup>[3]</sup>。

臺灣企業對於健康醫療產業的投資逐年增加，投資方向也因著重的領域不同而有所差別，例如醫療照護企業的投資領域會以健康與照護服務為主軸；生命科學及資訊科技的相關企業，則以

數據及數位平台的視覺化為投資計畫。目前臺灣也致力於透過資訊科技與醫療等技術，為健康醫療產業帶來顛覆性的變革，提升健康醫療產業的品質與效率。智慧健康產業的發展趨勢在於利用多元感測裝置以獲取相關的生理數據，有效地透過物聯網與雲端技術的整合，以數位平台系統儲存、紀錄，結合巨量資料分析歷史資料的運算，並找出相關的應用，以AI進行模擬與決策，進而提供智慧化與個人化的智慧健康產業。

## 發展現況

由於少子化、人口老化以及醫療人力短缺等因素，世界各國早已積極投入智慧醫療領域，其中面對快速人口老化帶來的相關影響，將會牽動社會的所有層面，對世界各國健康醫療照護體系帶來前所未有的挑戰。聯合國針對2019年世界人口老化（World Population Ageing 2019）的統計報告中，指出大多數已開發與開發中國家呈現高齡人群大幅增加，65歲以上人口將從2019年的每11人就有1人增加至2050年的每6人就有1人<sup>[15]</sup>。根據臺灣國家發展委會推估，臺灣將在2025年進入超高齡社會，即65歲以上的人口將占總人口數的20%<sup>[4]</sup>。因應全球人口老化的趨勢，醫療產業迎來的衝擊將是老人健康照護的需求快速增加，世界各國因而紛紛積極布局於智慧健康照護產業之發展，目的在於藉由導入資通訊技術對健康照護相關產業之服務和資源進行整合，提升健康服務之成本效應、解決醫療人力及資源不足的服務缺口、增加醫療與健康服務的可近性和公平性。善用擴增智慧技術，造就巨量資料分析技術解析健保資料庫，以科技改變老年人生活，降低疾病發生的風險，減少可避免的醫療行為，提高老年健康照護品質，達到降低醫療照護的成本，並提供醫療單位給予健康促進措施<sup>[5]</sup>。

## 歐盟

根據WHO於2015年的 Global Survey on eHealth 報告，截至2015年有70%的歐盟成員國已提出國家智慧健康政策或策略；59%已具有國家數位健康紀錄（Electronic Health Records，EHR）系統，其中69% 對EHR之使用已立法規範；62%的歐盟成員國已制定遠距健康政策或策略；13%的國家有健康巨量資料的使用政策與策略；9%的歐盟成員國已對私人企業使用健康巨量資料制定相關法規；80%的歐盟成員國已實施數位健康相關數據隱私法規<sup>[16]</sup>。

歐盟於2015年推出「單一數位市場」（Digital Single Market，DSM）的策略，其考量主要依據 Directorate General Communication Networks, Content & Technology / CNECT.H.3 eHealth, Well-Being and Ageing主辦公共諮詢結果，於2018年擬定歐盟智慧健康發展的3大主題（EPSON，2019）：

一、公民取得和分享健康數據的安全性，《通用數據保護條例》賦予公民更高的權力取得其健康照護數據。同時，歐盟執行委員會預計致力於健康照護數據跨境交換，透過2018年實行的電子處方和病患摘要共享，執行委員會認為下一步應該是朝向電子醫療紀錄。

二、提供更優質（精確）的數據以促進研究、疾病預防以及個人化的健康和護理。執行委員會意識到「個性化醫學」的重要性，期待藉由增加國際合作共享醫學數據，特別是基因體學數據，以促進科學突破。透過連結生物銀行與類似機構，預計在2022年將可取得100萬筆個人基因序列，並於2025年至少增加至1000萬人。

三、數位工具之使用賦予民眾接受人本健康照護，解決歐洲人口老化，健康照護需求，從治療轉變成透過數位工具推行，以病人為中心的健康促進之健康照護模式，提高民眾的健康意

識、保護和照護的權益。

## 美國

美國智慧健康法規之發展建立於2016年底，由美國總統歐巴馬所發布的「21 世紀法案」（21st Century Cures Act）。美國食品藥物管理局（United States Food and Drug Administration，USFDA）分別於2017年和2020年提出「數位醫療創新行動方案」（Digital Health Innovation Action Plan），鼓勵藥品與數位健康科技之創新。USFDA對數位健康提出新的詮釋：「數位醫療技術致力於減少低效率的醫療、改善可近性、降低成本、提高品質和提高個人醫療之程度」；2020年3月之方案內容奠定數位健康技術，使病人和使用者可以獲取更好的管理和追蹤其健康與保健相關之活動。科技不僅改變民眾的通訊方式，也提供創新的管理方式，提升民眾的健康福祉，及資訊更容易取得。整體而言，這些進步將人、訊息與技術集成，改善醫療保健和提升健康成果，包含提供政策指南使其更符合現在的發展趨勢、USFDA增加數位醫療人員的人數與專業程度和開展「數位健康軟件「預先認證」（Pre-cert）先導計劃」。USFDA的設備與放射健康中心（Center for Devices and Radiological Health，CDRH）建置了數位健康計劃，目的在於透過促進合作，擴大與數位醫療客戶的聯繫，以及制定和實施數位健康技術的管理策略與政策保護民眾的健康。USFDA為提供使用者更清楚這項醫療器材實際使用的利弊，目前正針對下列醫療器材進行更深入研究探討，包括AI/ML技術之醫療器材軟體、資通安全、醫療器材軟體功能（包含行動醫療應用程式）、健康資訊科技、醫療器材數據系統、醫療器材相容性、軟體即醫療器材、遠距醫療及無線醫療裝置<sup>[17]</sup>。

## 臺灣

臺灣政府在智慧醫療產業積極布局，從基礎架設到科技創新，展現革新的企圖心與發展之重視。臺灣智慧醫療產業發展相應之國家政策與計畫如下<sup>[6]</sup>：

- 行政院：推動「數位國家・創新經濟發展方案（2017至2025年）」。
- 行政院：5+2創新產業打造「亞洲・矽谷計畫」策略（四）建置高品質網路環境，智慧化多元示範場域，優先發展智慧物流、智慧交通與智慧醫療等應用。
- 2018年國家施政5大指標之一「智慧國家」。
- 2018年行政院「5G 應用與產業創新策略（SRB）會議」中結論要點：導入5G及數位科技於醫療照護環境，提升國內醫療品質。
- 2017-2020年國家科學技術發展計畫，利用智慧科技，同時從國民身心健康以及國家社會環境著手，全方位地為全體國民打造智慧生活，並同時扶植智慧科技相關產業。
- 2019年全國生技產業策略諮議委員會（BTC）會議。
- 2021-2024年衛生福利部「導入5G及智慧科技提升醫療與健康照護計畫」。

新冠肺炎疫情全球大爆發，累積至今已達1.52億人確診、320萬人死亡，而臺灣僅約千人確診，臺灣是如何倖免於難？靠的不是僥倖，而是完備的健保制度、防疫意識、政策擬定以及最重要的人與人之間的支持與關懷。完備的健保資料庫結合即時的資訊系統與智慧運算技術，加上優化「健保醫療資訊雲端查詢系統」（NHI MediCloud System）是這次臺灣能倖免於疫情對社會經濟與健康帶來巨大衝擊的最大功臣。透過運用數位科技的方式，開發即時有效掌握就醫民眾旅遊史及接觸史，避免防疫破口；同時搭配健保卡資訊系統以實名制公平分配防疫口罩，避免

囤積保障民眾生命安全，穩定社會民心。另外，為快速辨識胸部X光片影像是否具新冠肺炎感染特徵，健保署與國內研究團隊合作開發AI輔助診斷模型，迅速提供醫師評估是否需進一步治療，嚴防疫情擴散，其中健保巨量資料的應用超越想像。防疫初期，政府和醫界透過社交距離行動應用程式（Application，APP）及邊界管制政策，使得國內疫情控制得宜。同時，投入新冠肺炎藥物的開發，透過AI技術結合舊藥新用，期望透過上萬份的研究和SARS的研究結果對藥物進行篩檢，以搜尋出最有效果的藥物作為治療新冠肺炎的選擇<sup>[8]</sup>。此外，隨著個人化健康概念的興起與遠端醫療的市場需求，進而推動生理資訊感測應用的市場需求。感測應用技術同時受益於巨量資料分析技術與物聯網的技術推進，不斷地優化以提供使用者更精準、更即時的健康監測數據為目標。面臨智慧醫療後疫情時代，數位的突破與轉型，改變了民眾的生活型態，也創新醫療服務樣貌，導致防疫科技需求的湧現，然而，5G、高效能運算等需求推進臺灣的防疫科技，透過雲端的科技整合，提供遠距使用者新興應用服務，協助醫療決策、增進醫病關係、提升營運效率與優化服務流程，直接帶動防疫產業之成長與競爭力。

## 智慧健康科技與應用

隨著IOT、雲端運算（Cloud Computing）、Big Data與AI的發展，加速傳統醫療系統的轉型，驅動數位化升級，打造未來智慧醫療儼然成為發展趨勢。然而，醫療與生命緊密扣合，法規、技術商品化、解決方案的安全性與有效性是否能符合產業需求，皆為智慧醫療產業發展的挑戰。例如美國CarePredict<sup>[9]</sup>，主要是運用傳感技術自動收集使用者日常相關的生理數據，通過可穿戴式設備，預測其健康狀況是否下降，以改善使用者的生活質量，也能觀察使用者的日常行為方式之變



化，達到預防治療的效果。法國Chronolife<sup>[10]</sup>致力於開發具有預測性的人工智慧遠距醫療的產品，如智慧T-shirt通過無線可穿戴技術幫助診斷，實現遠距醫療。日本Fujifilm<sup>[11]</sup>則是使用智慧機器人應用於長照護理領域，降低醫療單位與護理人員在勞務上的負擔。在防疫期間，臺灣微星科技<sup>[10]</sup>

開發了創新健康服務之應用，以自動消毒車協助醫護人員在疫情間的人力失衡，達到消毒與服務傳遞功能，也降低與病人接觸的次數，發揮零距離之效應。

▼表1 關鍵科技之應用、優點與可能限制與瓶頸。

技術	應用	優點	可能限制與瓶頸
IoT	1.老人醫療與居家照護場域的無線模組設備 2.FitBit 3.心律調整器 4.虛擬護士機器人 5.遠距醫療	協助醫療單位正確取得患者的即時狀態，迅速對重要的患者資料做出反應，對症下藥，創造個人化醫療。未來期望達到完全的自主性，可進行邏輯推理、制定決策、學習溝通，並且自由移動，完成諸如管理藥物、維護診療記錄、和醫生溝通及教育患者和疾病管理等任務。	由於數百億互相連結的醫療器材能產生巨量的資料，因此資料的儲存與保全將是未來IoT所面臨的一大挑戰。這些透過雲端資訊共享的互連醫療裝置，可能將患者的資料暴露於潛入醫療裝置所連接之無線網路的駭客，就患者個資保護的角度而言，這需要採取某種形式的監管法規來管理醫療保健IoT，尤其是與安全和隱私相關的法規。
5G	1.遠距醫療 2.AR手術導航系統 3.醫療物流機器人 4.手持行動超音波	5G高網速傳輸下，影像能很清晰地傳輸至醫院後端，協助專科醫師下指令給現場的非專科醫師，強化偏鄉醫療照護服務品質。新冠肺炎疫情的爆發讓產業聚焦於遠距醫療，期望透過零接觸的會診方式減少醫療人員感染風險。	5G擁有高速（speed）、低延遲（latency）、廣連結（connections）等3項特性，看似遠超4G的效能，但也有致命的缺陷，即是5G難穿透固體，訊號隨著距離的衰減度大、造價高且容易被干擾，因此需要提高基地台的覆蓋率，但臺灣人民對於基地台的恐懼亦造成設點不易，需要政府政策、電信商的共同努力。
可穿戴裝置	1.心臟監測器 2.生物感測器 3.肌電感測器	智慧感測器具有蒐集、處理、交換訊息的能力，而多個感測器集結在一起便能達到分散處理、提升效能、降低成本之目的，而且透過演算法的優化，智慧感測器更能達到高準確度的資訊蒐集，透過模組化、標準化就能進行量產，廣泛應用於各種行業。	在生命徵象訊號監測類設備，低功耗、診斷級性能、高整合/小體積、設計週期短是目前面臨的挑戰。智慧醫療設備是未來的趨勢，需要更多的資料分析運算提升智慧的體驗，就需要更高的技術處理能力，需要植入無線模組而讓醫療設備達到智慧互連的特點。同時，為了達到無線連接不中斷的即時性，低功耗的要求是技術上一個嚴峻的挑戰，影響到設備的壽命和節能指標。
Big Data	1.健康預警監測 2.疫情即時監控平台 3.行動智慧病房照護 4.分析X光片	Big Data分析提供一個真正具有潛在利益的礦藏，使用人工智慧配合機器學習去處理數據，從而提取「有價值」資料再加以運用。Big Data所帶來的優勢有許多，其中包括為決策者帶來更有效的決策、降低風險、降低人力成本、提高生產力、優化使用者體驗、提升收益、更好的創新等，這些優勢都會大幅提升效率。	Big Data雖然帶來了種種的優勢，但也存在一定的風險與問題，例如數據質量、設備成本與人才需求。Big Data的時代裡，許多產業的數據量將呈現爆炸性成長，在資訊網路安全方面，將是Big Data非常重要的一環。避免惡意人士的入侵竊取及破壞資料，影響使用者之安全與利益，在執行有效的資訊網路安全措施特別具挑戰性。
mHealth	1.行動式心血管功能監測 2.氣喘吸入感測 3.臨床的串連整合溝通 4.車用行動健康系統	資通訊科技的迅速發展以行動技術頻寬的增加以及行動終端的普及化，使行動遠距醫療照護應用及市場快速發展，為提升醫療照護品質以及強化醫療工具，結合科技的力量，以治療與預防醫學之達到最大效益，以提高即時性、強化決策功能、提高使用者的自主性和使用彈性、使用者介面更友善、擴增並強化預警功能之相關措施、建置行動式健康照護平台與結合生活服務。	mHealth服務之特點，在於運行服務的過程中會緊密、長期持續獲取使用者之生理健康數據，牽涉使用者之高度隱私，進而提高使用者個人資料遭受不當使用、竄改與洩漏之風險。

## 挑戰

近年來因高齡化與疫情伴隨而至的慢性病與重大疾病人口增加，帶來的是需求端的衝擊，增加許多困難與挑戰，例如醫療資源需求龐大、醫療照護人力不足而導致醫療費用持續高漲以及醫療服務缺乏個人化、偏鄉醫療嚴重缺口問題、相關法規限制、生醫數據價格高昂、隱私權益維護規範、醫療不良事件之整體風險、生物資料庫無

法串接異質資料庫，導致資料結構無一致標準、IoT設備缺乏可行的試驗場域及設備連結性與準確性認證標準。為了改善醫療環境供需的失衡，AI扮演的角色為供給端帶來質的轉變，以數位科技為基礎，透過產品與服務創新，打破市場平衡現狀的破壞式創新應用技術、醫療設備與服務，AI在智慧健康領域發展仍面臨數據取得困難與患者及從業人員信任度不足的挑戰，且對資料使

用沒有完整的定義與管制，尚無法快速展開。智慧健康的發展須要有市場需求、相應的技術能力以及相應之政策的支持，需要跨界跨部門共同合作，才能夠真正發揮AI的潛能，促進全人類的健康與福祉。

## 機會

智慧健康是醫療與資訊科技發展之跨領域新興應用，進而醫療單位的角色也將面臨轉變，將更多的心力與資源放在急重症的治療，至於輕度疾病診斷與治療則交給AI來執行，可望加速工作流程、協助醫護人員決策、提升醫療效率、增強個人健康管理能力，並提升整體健康照護服務品質。為了更準確進行維持健康與預防疾病，未來病患將透過物聯網與穿戴式裝置擁有更多個人健康數據。透過建置數位化應用平台且具備完整的跨系統解決技術成為轉型關鍵，例如AI、區塊鏈、Cloud Computing、Big Data、無線網路與5G等。同時，讓資料高度的互通，達到遠距與零接觸醫療，促進個人化、以使用者為導向的醫療照護，使醫病關係不再是疾病發生時的陌生關係，而是更加自主的互助關係，當臺灣智慧健康在法規上的發展有所突破時，將會加速臺灣智慧健康的發展進程，得以善加利用資料，並開發出相關技術增加智慧健康的可能性。



▲ 智慧健康之挑戰與機會

## 展望

長期以來，臺灣頂尖人才極大部分在養成階段選擇投入醫學與電資相關領域，再加上政府大力支持與輔導、民間企業的投入、學術單位的培訓，造就醫療與資訊產業傲人的成就。隨著政經環境的改變，全世界看到臺灣半導體產業的成就與重要性，如政府可以整合產官學研法人等5大力量，透過醫學與資通訊產業的相互結合，使臺灣在醫藥健康產業轉型中脫穎而出，成為智慧健康產業發展的領頭羊，讓臺灣以智慧健康國家的成就走向世界。透過智慧醫療的實現，醫療領域將迎來重大改變，包括更友善的醫療環境、個人化醫療照顧、精準醫療等，尤其是醫療、照護品質的提升、醫界人力成本的降低和醫病關係的緩解，達到醫生與患者的雙贏局面。智慧醫療的終極目標即是實現精準醫療，使任何疾病皆具有可治癒之機會，若政府與各級醫院能共同建構國家級人體生物資訊資料庫，提高資料蒐集的品質和完善，使臺灣成為世界智慧健康產業發展的模範。

## 建置友善環境

臺灣受到人口結構老化、健保制度等因素影響，病患數量越來越多，護理人力卻無法等比例成長，導致工時過長、工作量過重、加班頻繁等現象成為護理工作常態，加上大量的行政或人工作業，使護理人員無法付出更多時間來照護病患，間接影響到醫療服務的品質以及病患的感受。政策引導下，醫院、診所從傳統病歷紙本導入數位化醫療的1.0時代；持續整合醫材數據資訊，發展出醫療影像資訊系統的2.0時代；接著醫院流程系統逐漸整合，結合診斷資訊進入3.0時代；隨著Big Data、AI、區塊鏈、IoT等新技術興起，醫院將進入以病患為中心的醫療4.0時代。AI與IoT的引進將醫院內的資訊系統全面網路化，讓掛號、病歷、護理、病理資料與影片儲

存等系統，透過網路串連整合，護理人員只要使用隨身的行動裝置，就能查詢、登錄及修改，大幅提升作業效率，而設備電子化和自動化等措施亦減輕護理人員工作時間，更能專注於病人的照護，創造出最佳的醫病關係。

### 整合醫技科研

科技是驅動未來醫療產業的關鍵因子，然而，能否將差異化科技與合適的價值主張相結合，並藉此打造能夠持續發展的模式，才是醫療科技新創企業的致勝關鍵。健保資料在驅動AI醫療應用與未來醫療照護轉型的浪潮中扮演關鍵角色，不僅是醫療、資訊相關產業，保險、生醫、健康照護及健康促進等領域。民眾尋求醫療保健的方式發生重大變化，也為醫療領域帶來新的發展契機。數位醫療領域包含行動醫療、醫療健康資訊、穿戴式裝置、遠距醫療與照護，利用5G高速率、低延遲與大規模IoT的特性，擴大醫療場域，實現遠距醫療的可能，讓醫療資源分布不均之區域，能享有臺灣整體醫療資源，若再加上雲端服務與區塊鏈等技術的導入，將可提升並整合現有的醫療資訊，進而提升醫療單位作業效率、成本與營利模式。有效運用高度互通的資料，運用患者本人的健康存摺、病歷資料與穿戴式裝置數據，結合AI模型有效預測疾病發生風險，防範疾病於未然，使醫療照護資源獲得更妥善的利用。

### 提升醫療品質

隨著全球高齡人口比例急速攀升，民眾對於健康照護服務需求更加多元，為了能夠提升健康醫療照護品質、開拓醫療服務新價值、並克服健康醫療照護的困難與負荷，早期健康醫療照護模式已逐漸轉型為智慧健康醫療服務，藉由醫學與

資通訊科技不斷創新，為傳統的醫療服務品質帶來巨大的改變，透過AI、機器人與數位科技的崛起，加以即時分析、即時掌控異常數據、建置使用者友善介面、跨院區共享資料、自動收集與維持資訊安全。協助醫療決策，減少醫療疏失，改善各種流程與效能，掌握醫護人員工作狀況與工時，有效改善治理決策與掌握醫療成本、妥善分配醫療資源，並提升病人照護品質。延伸整合性科技模式，發展出創新服務型態，建立新世代智慧健康醫療服務，有助於醫療人員工作效率提升，增進醫療品質與改善病人臨床預後與安全。

### 發展精準醫療

隨著人類基因的解碼，傳統醫療將進入精準醫療時代，以基因檢測分析治療疾病，將個人資料透過人體基因資料庫進行比對，利用Big Data分析，進而找到對病患最佳的治療方式或藥物，以達更佳治療效果。關鍵核心就是資訊的充足性與整合性，在治療與預防疾病時，以考量個人基因在生理、年齡、藥物、生活方式和環境因素上的差異。精準醫療可更全面地分析個別癌症病患基因變異的相互關係，提供癌症病患除了臨床檢查外更多腫瘤生物行為的資訊，幫助醫療團隊全面掌握癌症的進展與預後。臺灣國家級人體生物資料庫正式啟動之後，將帶來直接且正面的影響，尤其醫療資源有限的情況下，人體生物資料、人工智慧與基因科技的跨界整合，預計將對臺灣的精準醫療產業發展挹注新能量。此外隨著癌症與慢性病人口增加，醫療財政負擔加重，使得精準醫療的發展不僅可提升醫療效率且降低成本，藉由臨床實務蒐集華人數據，並開發華人的基因型鑑定晶片，進而推動發展生醫創新產業，帶動就業機會發展，永續發展臺灣精準醫療。



## 結語

隨著臺灣邁向高齡化社會與疫情嚴峻考驗，帶給健康照護體系與整體社會前所未有的新挑戰，智慧健康被認為是突破傳統醫療模式。發展基礎為健康資訊的取得與分析，藉由創新的應用技術與新型態醫療設備發展、分析方法和政策等改變，將過往的介入疾病發展轉換成注重預防與健康的趨勢，未來的健康醫療將不再以疾病治療為主，而是透過智慧醫療科技運用，優化醫療管理、提升服務品質，使得智慧醫療的發展不僅止於醫療效率提升與成本下降，而是著重於改善目前照護體系的服務遞送與工作流程，導入精準醫

療模式，讓個別病患得到有效的治療處理。數位健康醫療的發展需要兼顧資料隱私及所有權的管理，及新型態醫療產品之監管等，回應民眾健康的需求為主體，創造全新的健康照護知識與體系。科技產業的競爭力就是國家的競爭力，期許臺灣在既有優質醫療照護服務，結合深獲國際肯定的資通訊科技產業，將產官學研法人等資源整合，積極發揮影響力，引領智慧科技融入醫療健康照護之創新服務與營運模式，致力增進全民健康與福祉，並鼓勵發展健康福祉產業，建構臺灣成為智慧健康國家的新典範。◆

## 參考文獻

1. 蕭寧馨、孫智麗等（2017），臺灣發展行動化與個人化醫療保健產業的機會、挑戰、與策略，科技部。
2. 勤業眾信（2021），2021醫療照護產業展望。  
Available from: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tw/Documents/life-sciences-health-care/rp201210-tw-2021healthcare-sector-outlook.pdf>.
3. 王澍清（2020），後疫情時代健康照護數位轉型 遠距醫療將成未來趨勢，NOW健康。Available from: [https://healthmedia.com.tw/main\\_detail.php?id=46281](https://healthmedia.com.tw/main_detail.php?id=46281).
4. 國家發展委員會（2021）人口推估:5.高齡化時程。Available from: [https://www.ndc.gov.tw/Content\\_List.aspx?n=695E69E28C6AC7F3](https://www.ndc.gov.tw/Content_List.aspx?n=695E69E28C6AC7F3).
5. 郭年真等（2017），智慧醫療關鍵議題與對策之研究，國家發展委員會。Available from: <https://ws.ndc.gov.tw/Download.ashx?u=LzAwMS9hZG1pbmlzdHJhdG9yLzEwL3JlbGZpbGUvNTY0NC8yNzE1OC8xZDIwZjcwYS00YzhllTQwZWQrYWY4ZC0xZmM1NWl0MDI0OWUucGRm&n=5pm65oWn6Yar55mCX%2Be1kOahiOWgseWRil8yMDE3MDQxMV9SMi5wZGY%3D&icon=..pdf>.
6. 衛生福利部（2021），導入5G及智慧科技提升醫療與健康照護計畫，政府科技發展中程個案計畫書。
7. 衛生福利部中央健康保險署（2021），「健保大數據跨域合作 數位科技防疫新典範」健保署榮獲第三屆政府服務獎。  
Available from: [https://www.nhi.gov.tw/News\\_Content.aspx?n=FC05EB85BD57C709&s=4719E7B09677A75F](https://www.nhi.gov.tw/News_Content.aspx?n=FC05EB85BD57C709&s=4719E7B09677A75F).
8. 李慧欣（2020），COVID-19有解，AI算給你看 - 台老藥新用模擬資料庫躍上國際，生命科學研究發展司。Available from: <https://www.most.gov.tw/folksonomy/detail/f37996df-fb05-47fa-8590-5f6a8203c954?l=ch>.
9. 吳碧娥（2020），從精準健康到精準醫療：2020健康智慧產品新應用，北美智權報。Available from: [http://www.naipo.com/Portals/1/web\\_tw/Knowledge\\_Center/Biotechnology/IPNC\\_200212\\_1101.htm](http://www.naipo.com/Portals/1/web_tw/Knowledge_Center/Biotechnology/IPNC_200212_1101.htm).
10. 蘇孟宗等（2020），眺望2021產業發展趨勢「後疫轉型·數位突破」，IEK產業情報。
11. 王璽豪（2019），日本醫療照護全面IoT自動化，環球生技月刊，69，12。
12. WHO（2016）. Global diffusion of eHealth: Making universal health coverage achievable. Available from: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/252529/9789241511780-eng.pdf;jsessionid=7C355CB34CD7133BE26A2CEE0F947C59?sequence=1>.
13. WHO & the Health Ethics and Policy Lab. (2016). The health data ecosystem and big data. Available from: <https://www.who.int/ehealth/resources/ecosystem/en/>.
14. Das R. (2019). Top Five Digital Health Technologies in 2019. News. Available from: <https://www.forbes.com/sites/reenitadas/2019/02/04/the-top-five-digital-health-technologies-in-2019/?sh=75f6ed056c0f>.
15. WHO (2019). World Population Ageing 2019: Highlights - the United Nations. Available from: <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WorldPopulationAgeing2019-Highlights.pdf>.
16. EPSON (2019). eHealth – Future Digital Health in the EU, target analysis.
17. United States Food and Drug Administration (2020). Digital Health Innovation Action Plan. Available from: <https://www.fda.gov/media/106331/download>.

# 國防工業 發展趨勢及人才培育

文—— 崔怡楓 國防大學理工學院／院長  
 劉益銘 國防科學研究所／所長  
 鍾 賢 兵器系統中心／主任



國防工業實力奠定國家安全穩固，「國防科技工業」目的在發展國防自主、落實科技管理及健全整體後勤；簡言之，配合國防政策，結合民間力量，深耕國防科技工業，應可達成國防獨立自主的目標。囿持續發展國防科技產業，培育國防科技人才，係屬國家重要施政方針，須結合「產、官、學、研」各界能量和資源，佐以相關配套措施支持，培育所需專業人力，進而推動國防科技工業發展。因此，優質人才實為有效提昇研發能量，建軍備戰不可或缺之基石。

## 崔怡楓

現職 | 國防大學理工學院院長

學歷 | 中正理工學院測繪系工學士

中正理工學院軍事工程碩士

國立臺灣師範大學地球科學博士

經歷 | 海軍大氣海洋局主任

海軍大氣海洋局科長

海軍大氣海洋局副局長

海軍大氣海洋局局長

國防大學理工學院教育長

## 國防工業發展趨勢

尖端科技演進趨勢逐漸朝向智慧系統研製，驅動新世代之工業革命，藉以提昇生產製造效率降低勞動成本，並改變人類生活型態，而人機系統整合儼然成為未來主流。軍事科技研發往往是引領國防工業甚至推動民主通用技術之先驅，而作戰系統裝備係依任務需求生產，為非持續性製造之產品；目前兵家必爭的無人機產業即是明顯世代交替軍民通用科技，渠等高精度裝備研製必須利用系統工程整合，使各模組之單元均能互相連結，發揮最佳化效能。其中導入人工智慧可遠端執行系統維修、功能新增、資訊分享、作戰任務變更、自動接戰以及提供使用者各式各樣戰場資訊等，高科技與智慧化武器系統具備無限可能，更能靈活運用於民生需求。

國防產業扮演近代工業發展的火車頭，舉凡太空、飛機、艦艇、飛彈、車輛及通訊等軍需裝備，不僅在設計、製造階段可帶動國內各承包商及上、中、下游零組件供應商發展，後續裝備的維護、保養及性能提升等，更可布建中長期供應鏈需求，成熟之技術亦可轉作民生工業技術應用，促進整體經濟發展。國防科技具備「高度專業化」和「跨領域合作」特點，任何武器系統都不是靠單一專業可以獨力完成，其動力推進、外型設計、材料結構、戰鬥系統、導航通訊裝置、操作介面整合及各系統間的相容性等，均不可或缺。過度強化單一專業勢必影響其它方面的性能，須導入系統工程思維，整合各專業模組，交叉考量子系統運作間之相互平衡與和諧，極致追求整體系統最佳化效能，以滿足任務需求。

現今武器系統複雜度大幅提昇，各模組技術整合的迫切性益顯重要，複雜度越高其產品在設計階段就必須更深入了解各方需求、風險和規範，以及考量產品在使用週期時所需技術支

援服務等，「系統工程」即為整合關鍵竅門。綜上所述，系統工程實務有其策略應用之角色，能因應多元環境變異因子所帶來的挑戰，克服各項難題尋找最佳路徑，確保產品邁向成功要件。因此，「系統工程研究」為先進武器系統發展之重要議題，即建立以系統工程角度出發，整合多方專業技術資訊，建立回饋機制於研發端與使用端，成就優質產物。

第15任總統蔡英文在就職演時說提及「六大核心戰略產業」，其中即包含「國防及戰略產業」，而軍民通用科技平時可用於物流、巡檢或是災防應變，戰時則為保家衛國之工具。綜觀全世界各國武器發展趨勢，國防科技發展有以下幾個方向：

一、無人載具：無人載具可運用在陸、海、空及水下等作戰環境，深入險惡地區以減少作戰時人員損失，近年世界各國積極發展無人載具，以發揮最大作戰功效及最小操作成本之效益。

二、人工智慧：配合無人載具的研發，同時發展人工智慧，並應用於無人載具上，開發自主化導航、控制及判斷等功能，甚至以無人機群作戰模式，以提升作戰能力。

三、系統整合：作戰策略講求「系統性」、「穩定性」。首先，作戰指揮官需要有充分的戰場資訊，得以下達適切的作戰指揮決策，而充分的戰場資訊來源即講求「系統性」三軍資訊整合。任務下達後，軍隊作戰需講求「穩定性」，作戰官兵須充分了解自己的本務，熟悉裝備操作，並確保武器妥善率，以達成作戰任務。

四、可靠度：武器裝備在既定的使用條件及壽命時間內，若具有高度「可靠度」特性，得以降低訓練及戰時使用出錯的機率，提高戰場效率。因此，除了講求「系統性」及「穩定性」等研發特性外，「可靠度」亦是國防科技發展的重要趨勢。

五、未來戰場經營除以上述科技發展為趨勢



國防大學理工學院每年藉由舉辦「國防科技研討會」，邀集國內專家學者發表相關研究成果，了解國際國防科技發展趨勢，並促進國防相關需求單位與學研機構交流，紮根未來國防科技應用基礎。

國軍裝備在戰場上須具備穩定可靠、易操作維護等特性，如何發揮裝備最大效益，其關鍵在於武器系統介面與操作者間相容合作模式。而武器裝備研發過程中，從設計、製造者到量產佈署，各項使用建議回饋機制，並以滾動式修正研改，使武器裝備日趨成熟，其重要性實不言而喻。因此，如何培養系統工程整合人才亦屬重要課題。

- 「初階需求」：側重裝備維修保養、物料管理、補給管理、操作訓練等實務操作。
- 「中階需求」：為研究發展、生產製造、督管測評、整體後勤等研究製造。
- 「高階需求」：則包括政策規劃、軍投決策、科技管理、武獲管理等政策管理。



▲國防科技研討會

國防大學理工學院創立使命與願景，以培育有素養、有能力之國防科技人才，建立國防科技學術研究機制與能量，並建構德、智、軍、體兼備之教育環境暨與國際接軌之國內最高國防科技專業學府。院內教育組成分為大學部（6學系）、碩士班（13所）及博士班（國防科學研究所）教育，分別提供大學部及碩、博士生優質教育環境。

學員生完成教育後，即投入國軍各單位服務，從事裝備維修保養、操作訓練、國防科技研製

▼表1 國軍各階教育科技能力培育重點

能力		軍事學資			民間學資		
學資 工作項目		基礎 教育	進階 教育	深造 教育	學士	碩士	博士
低 階	操作訓練	●			●		
	維修保養	●			●		
	物料管理	○	●		○	●	
	補給管理	○	●		○	●	
中 高 階	軍投決策		○	●		○	●
	營管測評		○	●		○	●
	整體後勤		○	●		○	●
	政策規劃		○	○		○	○
	武獲管理		○	●		○	●
	研究發展					○	●
	研發創新					○	●
	生產製造					○	●
科技管理					○	●	
●充分適任      ○有條件適任							



▲ 以培育有素養、有能力之國防科技人才為目標。

（發）、研改、銷售採購及政策制定等等事務，填補國軍「初、中、高」階人才需求。因應未來科技發展趨勢，不斷精進國防科技教育及研究資源，為滿足科研人力需求，在教育、研究及建設上規劃如下：

### 一、增進學員生素質，滿足部隊任務需求（教育）

近年各項新式武器裝備陸續佈署，對裝備維修及研究發展人員需求日益龐大。本院依國防科技發展「國機國造」、「國艦國造」及「資訊安全」政策為核心，透過系統化、專業化之課程規劃與學術合作研究，結合教學資源，並強化實習課程鼓勵凡事多動手做，以增進實際工作經驗。如此扎實精勤訓練，得以造就學生具有「軍人」及「工程師」兩者兼備之能力，為國軍挹注優質國防科技人力。

### 二、設立「先進系統工程研究中心」，整合國防科技能量（研究）

既為國內最高國防科技研究學府，院內教師除爭取科技部研究計畫外，更積極參與國防部軍備局國防科技學術合作計畫，依各軍種作戰需求及中科院研究規劃，共同研究設計各項國防科技基礎能量。為更進一步提昇能量發展，本院規劃設立「先進系統工程研究中心」，整

合國內大專院校各領域專業研究能量，以系統工程概念跨校、跨領域合作，將國防科研效能發揮極致。

### 三、充實教育設備，提昇教學環境（硬體建設）

為提供學員生優質教育環境，打造全國最高國防科技教育學府，本院積極透過軍事投資建案模式，每年投入各項教育及研究設備更新預算，從資訊網路、實驗器材、教室設備以及生活環境等多方面更新軟、硬體建設，使學員生能充分利用國家資源，專心於課業學習、體能訓練及軍事教育，藉以吸引各界有志青年加入國軍行列，達到培育優質國防科技人才之目標。

## 結論

國防大學理工學院創校迄今，均秉持「無科學即無國防，無國防即無國家；現代國防之基礎，需建立在科學教育之上。」之精神，以培育有素養、有能力之國防科技人才為目標，本院畢業生無論是在軍中服務或到民間企業發展，都能充分發揮所學，忠誠於所屬單位，並有效率地完成交付任務，不僅直接促進國防科技進步，亦成為國家工業建設發展所需之人才培育搖籃。◆



# 從創新與文化的導入 引領水利政策思維轉變與實踐

文——賴建信 經濟部水利署／署長

圖片資料來源——經濟部水利署



面對氣候變遷影響、都市人口集中、勞動人口減少及三大投資案，國內不論在水資源利用或防洪減災所面臨的問題皆不亞於其他國家。過去水利人有許多水資源開發及防洪減災的成功案例，但在面對新的挑戰、新的時代似乎需再精進，尤其是氣候變遷所伴隨的極端氣候事件，水利人除保有過去質樸與務實的底蘊外，面對新的挑戰必須改變思維，促使「跨域合作」、「公私協力」、「承洪韌性」、「環境永續」、「數位治理」、「淬鍊創新」等思維逐漸成為社會共識，型塑成臺灣特有的水文化風景，即「水文化：人人珍惜水資源，重視永續發展的水環境」，並藉此引領與實踐水利政策，以響應聯合國及達成國內永續發展目標。

## 賴建信

現職 | 經濟部水利署署長

學歷 | 美國哈佛大學甘迺迪政府學院高階管理領導力發展課程結業

美國加州大學柏克萊分校訪問學者

國立中興大學水土保持學系博士

經歷 | 貝蒙論壇(Belmont Forum)專家委員會(Panel of Experts)委員、國際稻田及水環境工程學會理事長、社團法人台灣農業工程學會理事長

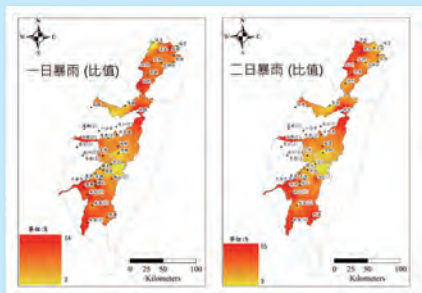
榮譽 | 2018行政院公共工程委員會公共工程三等專業獎章  
2007行政院模範公務人員



## 未來臺灣降雨趨勢—2021~2040

### 澇

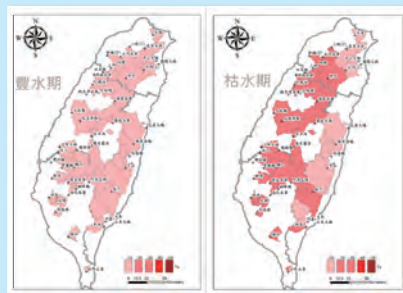
- 一日、二日暴雨均增加，  
最大分別達**14**、**15**%



★採用IPCC AR5模式推估

### 旱

- 豐水期：減少達**5~7**%；  
枯水期：減少**9~14**%



▲ 圖1 2021~2040年臺灣未來降雨趨勢

## 臺灣水環境面臨的挑戰

2020年臺灣面臨1964年以來首次無颱風侵臺的情況，各地水庫於豐水期蓄水量遠低於歷年平均值，造成桃竹苗地區於2020年實施有史以來二期作停灌措施，以及桃竹苗中嘉南地區於2021年實施年一期作停灌措施，並自桃園以南至高雄以北地區實施自來水減壓或減量供水等措施，使得供水及調度上面臨極大的考驗。另2018年0823熱帶低壓及西南氣流雙重影響下，嘉義縣市、臺南市、高雄市及屏東縣在短短的8天內所降下的雨量就占年平均雨量的28~39.7%，致臺灣中南部縣市發生共計1,543處淹水，其中又以嘉義掌潭村淹水長達7日最為嚴重。

水利署採用聯合國政府間氣候變化專門委員會（IPCC）第五次評估報告（AR5）模式，模擬2021-2040年臺灣降雨情境，顯示未來降雨總量將減少，而暴雨次數則呈現增加的趨勢（圖1）。此外，在都市化及產業群聚效應，六都人口已占全國人口約七成，造成都會區用水持續增加，也增加颱風或豪雨侵襲可能造成鉅額損失風險。

在面對氣候變遷、都市人口集中、勞動人口減少、重大投資方案用水需求增加等挑戰，如

何穩定供水及提升流域承洪韌性，以促進國家社會永續發展為當前最重要課題。

## 創新與文化導入引領水利政策思維轉變

面對臺灣水環境的挑戰，2016年水利署舉行「全國水論壇」，分別就「水與安全」、「水與發展」、「水與環境」及「水與契機」等四項大議題，凝聚15項共識，並據以推動「前瞻基礎設計畫-水環境建設計畫」，以提升水利基礎設施及環境永續建設，強化開源、節流、調度及備援能量，如桃園新竹聯絡管、再生水開發等，並於2018年6月完成水利法修正案，增訂「逕流分擔」與「出流管制」專章，經由2019年「全國治水會議」共識，順利協助地方政府將逕流分擔、出流管制、防災減災、水資源利用等列入縣市國土計畫，促使國土與水道共同承擔洪水，並使水資源有效分配利用。此外，近期行政院核定之中央管流域整體改善與調適計畫已將流域上、中、下游視為一個整體單元，並遵循全國治水會議、全國國土計畫等，整合河川、區域排水及一般性海堤，就不同土地利用型態，以風險管理之概念規劃推動適當之整體改善措施及調適作為，增加

承洪韌性。

文化是指一群人共同生活在相同自然環境及經濟生產方式所形成的一種約定成俗潛意識的外在表現，因此水文化為特定族群面對水之共同行為模式。水治理的思維非常關鍵，過去土木及水利工程師的養成過程，僅著重於工程治理、菁英主義、工程至上及使命必達的工程思維，而忽視環境倫理、公共參與、在地智慧、在地文化等面向。但面對新的挑戰、新的時代、社會的期盼，水治理的思維須朝「跨域合作」、「公私協力」、「承洪韌性」、「環境永續」、「數位治理」、「淬鍊創新」等六個面向轉變，並促使思維逐漸成為社會共識，型塑成臺灣特有的水文化——人人珍惜水資源，重視永續發展的水環境，並藉由水文化的力量引領與實踐水利政策。

#### 一、跨域合作

機關之間過去面對行政事務問題常流於本位心態，僅考量機關自身利益及損失，未放大格局從國家整體利益及整體工作成效去考量。如能有效整合資源，透過跨部門相互合作，各機關執行工作時能有效溝通，將可事半功倍。另外跨領域的合作也非常重要，面對極端氣候事件，單以水利專業因應恐無以為繼，透過與氣象及其他機關或專家合作，水利人將可做出更好的因應。

#### 二、公私協力

公共政策形成及推動，過去主要仰賴大有為的政府，但推行過程往往涉及許多利害關係人，為使新的公共政策取得最大公益性，在推動前需要廣徵各界建言，以瞭解利害關係人想法，透過說明、溝通，以獲得大部分群眾的支持。當然後續政策的執行，亦需社會、企業、公民的共同配合，才能發揮應有的功效。

#### 三、韌性承洪

水利工程師以往透過築堤方式，將洪水束縮

於水道，降低積、淹水發生，且大部分的群眾亦認為透過堤防防護，面對颱風豪雨侵襲就可以一勞永逸。惟氣候變遷所帶來的極端降雨事件卻屢屢打破過去的降雨紀錄及降雨強度。過去荷蘭面對洪水威脅及不斷下沉國土，透過提高堤防保護標準因應，發現仍無法與氣候變遷影響競賽，最後改變思維推動還地於河計畫，藉由國土與水道共同承擔洪水，建構與水共生的環境。

#### 四、環境永續

以往水利工程建設推動偏重於符合防洪功能之工程需求，以流域安全性為主要考量，缺乏對生態系統、環境永續、空間美學、人文、藝術及水岸縫合等考量。由於民眾對於居住環境、親水空間、河川棲地多樣性、水環境的保護及與在地文化結合度日益重視，除了打造河防安全外，在規劃、興辦或補助相關方案時，更需先從自然為本思考，落實生態檢核、生態補償，一併打造三生（生活、生態、生產）的永續環境。

#### 五、數位治理

國內將逐步邁向老年化社會，再加上人口逐漸減少，全國勞動人口將大幅下滑，預計2040年相較於2020年將減少355萬。面對勞動力人口短缺問題，為避免影響水利工作，水利署已著手推動數位治理工作，將過去由人工操作的事漸漸為數位化。

#### 六、淬鍊創新

水利設施除水庫設施兼具供水與防洪功能外，餘設施過去在規劃過程仍以單一功能為考量，但是隨著時代變遷、科技進步，擁有廣大空間及水力動能的水利設施，將有發揮其他功能的潛力。創新的應用除應用於水利設施功能，對於作法或管理上應有更積極或更有效率作為，就是透過創新把傳統的事做到純粹。

## 創新與文化導入引領水利政策思維轉變案例

思維的轉變也將使外在行為表現改變，也左右我們對待水的方式，我們正透過思維的轉變，藉由水文化的力量引領與實踐新一代水政策落實，以下分享幾個正執行的案例（圖2）。

### 一、調洪與調水兼具的多功滯洪池

國內約有66座大型滯洪池，合計面積約1,258公頃，設計容量約3,058萬立方公尺，相當於寶二水庫有效容量。滯洪池在颱風期間發揮滯洪功能所蓄存的水量，對於緊接而來的枯水期相當珍貴，因此我們要打破傳統賦予滯洪池的新功能-水資源利用。

滯洪池在水資源利用，根據各滯洪池所在位置、常有水量、水質、受水對象、相對高程、經濟效益性等評估後推動，大致上可輸送至鄰近淨水廠作為自來水水源；透過既有灌溉圳路提供農業灌溉使用；抑或供應工業次級用水使用。如彰化縣萬興滯洪池及第四放水路滯洪池合計約有149萬立方公尺，鄰近中科二林園區給水設施（圖3），透過豐水期滯洪池適當的操作，將可為二林園區儲存大量備援水源，以二林園區最大用水量每日2萬噸，足可供應二林園區2.5個月，提升二林園區用水安全。

### 二、精準灌溉的數位掌水工

嘉南平原灌溉水源的重要舵手-掌水工，平均年齡已逾70歲，隨著掌水工年齡逐漸增長，慢慢地恐無法再勝任，再加上新一代未繼續接

	跨域合作	公私協力	韌性承洪	環境永續	數位治理	淬鍊創新
調洪與調水兼具的多功滯洪池	◎	◎	◎			◎
精準灌溉的數位掌水工	◎	◎			◎	◎
迅捷與提前部署的抗旱應變	◎	◎	◎			◎
種水於田的地滯洪	◎	◎	◎	◎		◎
「虎尾潮」的北港溪水岸與虎尾糖廠都市創生規劃設計示範計畫	◎	◎		◎		◎
找回河川生命力的鰲溪復育	◎	◎		◎		◎

▲ 圖2 各案例與思維轉變關係

## 兼具防洪及水資源 創造雙贏



▲ 圖3 萬興及第四放水路滯洪池與中科二林園區區位圖

棒，故需要提前因應。水利署與嘉南農田水利會（現為農田水利署嘉南管理處）及臺灣積體電路有限公司合作，於110公頃灌溉試驗田發展智慧灌溉技術，透過建置自動田間水文觀測及灌溉系統，運用大數據、物聯網等科技，新一代的掌水工經由手機或平板，即可一手掌握農田狀況，並依智慧決策系統建議，調整閘門開度，實現智慧灌溉節水的目標（圖4），根據試驗結果，智慧灌溉可較人工掌水平均可再節水4.5%，未來可擴大推廣，讓農業用水更有效率。





▲ 圖4 智慧灌溉系統架構



▲ 圖5 民眾專業對談工作坊

### 三、迅捷與提前部屬的抗旱應變

為避免水情不佳影響穩定供水，水利署已有別以往於每年豐水期時即進行日日監看關注各地水情狀況，並提前啟動抗旱作為。如今年面臨近年來最嚴峻的旱象，去年因無颱風侵臺，主要水庫集水區降雨量僅752毫米較歷史平均值少了1000毫米，水利署立即於去年7月起提前部署展開應變，也是抗旱史上最早紀錄，並於同年10月14日成立中央災害應變中心，透過政府各部會齊心協力共同推動各項抗旱措施，盡可能降低旱象衝擊。

節水調度措施，實施水庫總量管制、農業部分灌區停灌、延長減壓供水時段、備援供水、產業節水，以及靈活區域調度如臺北自來水事業處支援板新地區達每日81萬噸、高雄支援臺南

達每日20萬噸以上，另2021年2月1日完工的桃園新竹聯絡管亦從桃園支援新竹每日達20萬噸。

緊急抗旱水源措施，已規劃245口抗旱水井，每日可供43.48萬噸水量；64處埤塘，可供取用近100萬噸；各3組RO級及沙濾級移動式淨水處理機組，每日可供0.9萬噸；協調地方政府65處水資源中心，每日可供取用放流水42.5噸；以及短短66天即完成第一階段的新竹緊急海淡水，每日可供0.3萬CMD等，以增加自來水源及提供民眾或產業取用。

人工增雨措施，在天氣條件符合前提下，截至2021年3月11日已實施33次人工增雨作業，以增加水庫集水區降雨，提升水庫蓄水量。相信在各部會及全民的共同努力下，我們仍夠安然度過這次旱象。



▲ 圖6 雲林縣褒忠鄉有才村在地滯洪布置圖



▲ 圖7 在地滯洪實施前後淹水模擬(採10年重現期距 24小時降雨)

#### 四、種水於田的在地滯洪

滯洪池興建需大筆經費，也同時使農民無法繼續耕作及尚失既有農保資格，因此部分滯洪池興建過程需費時與利害關係人進行溝通，為達到滯洪目的，提出「在地滯洪、防災補貼」策略。為順利推動在地滯洪策略，水利署與財團法人成大研究發展基金會及臺南社大臺江分校，共同舉辦在地滯洪推動三階段工作坊，並以臺南市安南區的總頭社區為案例，討論在地滯洪的設計方式、種水獎勵方式，廣納公部門、專家學者與民眾對於在地滯洪的意見（圖5）。

後續水利署根據工作坊各界意見及歷年淹水災情，擇取雲林縣褒忠鄉有才村落作為試辦案例，有才村周邊擁有大片農地，先規劃擇定西側及南側臺糖約2.5公頃（先實施2公頃）農地作

為淹水暫存區，並搭配860公尺的防水擋板，其佈置如圖6。在降雨前將農田排水口封閉，即能將降落於田間100~200毫米雨量蓄存，利用既有農路及田埂加高至50公分，則能蓄存500毫米雨量，滯洪體積將超過1萬立方公尺，透過10年重現期距24小時降雨淹水模擬顯示，實施在地滯洪後有才村已無淹水情形（圖7）。

在地滯洪相較傳統滯洪池興建具有經費少、期程短、維持既有耕作功能及確保農民既有農保資格等優點，因此「在地滯洪、防災補貼」策略將是解決鄉村地區淹水重要對策之一，惟後續需建立更完備的機制，解決長期穩定補貼財源、消除農民疑慮等，由中央及地方合作，透公私協力，提高國土耐淹能力。





▲圖8 北港溪虎尾糖廠河段環境營造及在地文化整合規劃圖

### 五、「虎尾潮」的北港溪水岸與虎尾糖廠都市創生規劃設計示範計畫

水泥化阻斷人們對水的情感，也使我們對於水岸的記憶、歷史脈絡日益疏遠。有鑑於此，水利署自2004年著手推動河川及海岸環境營造，將生態環境、地景設計、民眾生活品質納入考量，如宜蘭安農溪等。現在水利署再進一步突破，結合河岸周邊歷史文化、人文藝術、社區發展等，營造「水岸縫合」的友善環境，北港溪虎尾糖廠河段將是重要的典範。

日據時期雲林縣設有虎尾糖廠，為虎尾鎮歷史重要發展據點，因此糖廠周邊留有大量文物、遺址、歷史建築，如糖廠宿舍區、虎尾鐵橋等。另透過安慶圳及北港溪水岸環境營造，並串聯虎尾糖廠周邊遺址、歷史建築、景觀及藝文及結合現有觀光計畫，營造一個利於行走或自行車騎乘的水岸、文化、休憩空間（圖8），除提供旅客體驗糖廠文化及悠閒水岸環境，也使虎尾在地居民重拾對於水的回憶。

### 六、找回河川生命力的鰲溪復育

鰲溪位於花蓮縣富里鄉境內，早年屬生態相當豐富之區域，然而隨著人為破壞、溪流整治、外來物種侵入等因素，造成河道束縮及下刷，使得許多原生物種減少或消失。為改善此現象，推動花蓮縣富里鄉鰲溪生態環境復育工作。

鰲溪復育108年首創於「鰲溪流域管理平台」，以公私協力及地方共學的方式，讓復育的做法在此凝聚政府與地方的共識，採「還石、地、水、魚於河」作法，透過拋填塊石，增加河岸粗糙度，減緩河床掏刷，增加天然的深潭和淺灘（瀨）；收回河岸屯墾的土地，增廣腹地，維持既有河寬，保留及維持兩岸緩坡，還給河川該有的行水區；與當地居民、環保團體的逐漸形成共識，透過增設人工魚道（梯）（圖9），突破攔河堰、固床工阻礙，改善河川水量及提供游生物返家之路；於當地人所稱的「Timolan」田區，打造三座生態池成為原生物種菊池氏細鯽之家等，找回鰲溪的生命力。





▲圖9 還水於河—增設人工魚道（梯）

## 結語

世界經濟論壇（World Economic Forum，WEF）近期發表「2021全球風險報告」，全球風險已由過去經濟議題轉為環境議題，其中「極端氣候」已連續第五年為「最有可能發生的風險」排名第一，而「氣候變遷」則是連續三年佔據第二；另聯合國亦公布「水價值」為2021年世界水資源日主題，為跳脫世俗既有水價的想法，而是重視水於環境、社會與文化層面所創造的價值。面對現今及未來氣候變遷及極端氣候威脅，我們已轉變既有思維，透過跨域合作、公私協力、韌性承洪、環境永續、數位治理、淬鍊創新等積極因應，將促使這樣的思維成為社會共識，以逐漸型塑成臺灣特有的水文化風景，即「人人珍惜水資源，重視永續發展的水環境」，並藉此引領與實踐水利政策，以響應聯合國及達成國內永續發展目標。◆

## 參考文獻

1. 國家發展委員會，中華民國人口推估（2020至2070年），2020年。
2. 國家災害防救科技中心，國家災害防救科技中心災害防救電子報，第158期，2018年。
3. 林崇熙，「從工程治理到文化治理：水文化的風景」簡報，2020年。
4. 經濟部水利署，因應氣候變遷洪災韌性提升策略建構（2/2）期末簡報，2020年。
5. 經濟部水利署水利規劃試驗所，雲林縣有才村在地滯洪試辦計畫評估，2019年。
6. 科技部中部科學園區，中部科學工業園區第四期（二林園區）開發計畫環境影響評估報告書，2018年。
7. 經濟部水利署，水利署電子報，第0398期，2020年。
8. 經濟部水利署第九河川局，鰲溪河川復育方案，2020年。
9. WORLD ECONOMIC FORUM，The Global Risks Report 2021，2021。

# 我國能源轉型之展綠願景

文——游振偉 經濟部能源局／局長



全球氣候變遷為人類生存帶來諸多挑戰，如近期美國德州暴雪、印度冰川崩裂、澳洲野火肆虐，甚至我國正遭逢的水資源短缺，在在提醒各國應走向節能減碳、發展潔淨能源與打造循環經濟之路。身為地球村的一員，我國於2016年5月順應國際能源轉型趨勢，以「展綠、增氣、減煤、非核」作為轉型潔淨能源發電配比的方向，冀望在轉型的同時也能確保電力供應穩定、提升能源自主，兼顧降低空污及減碳，並進而促進綠能產業發展。

在能源結構轉型的四大方向中，「展綠」也就是擴大再生能源發展為政策首要，為了讓國人更加瞭解國內推動再生能源的規劃與願景，本文將先述明各類再生能源推動現況與規劃，其次說明如何透過綠能產業發展，讓臺灣成為國際綠色供應鏈不可或缺的要角，並進一步成為亞太綠能中心。最後，展望我國再生能源之未來發展及願景。

## 游振偉

現職 | 經濟部能源局 局長

學歷 | 國立成功大學都市計劃研究所碩士

中國文化大學環境設計學院建築及都市設計學系博士

經歷 | 經濟部工業局副局長

經濟部工業局主任秘書

經濟部工業局副組長

經濟部工業局簡任技正

經濟部工業局專門委員

經濟部工業局科長

經濟部工業局專員

經濟部工業局科員





▲ 工業屋頂案例，桃園市鋼鐵工廠（1.8 MW），迎上全球綠電趨勢，提供企業形象及社會責任。



▲ 漁電共生案例，農委會台西水試所（1.4 MW），優化養殖環境、增加收益並保障農漁民權益創多贏。

## 我國再生能源現況與推動方向

臺灣傳統化石能源稟賦匱乏，所使用的能源近98%都來自於進口，但上天也為我們開了另一扇窗，賦予臺灣豐富的日照與世界級的優良風場，成為臺灣能源轉型的重要契機。因此，我國再生能源發展的重要主軸，即是奠基在太陽光電及離岸風電上，以2025年發電占比提升至20%為目標。

### 一、太陽光電發展方向

太陽光電是臺灣現有再生能源種類中裝置量最大的，累積到2020年裝置量達5.8GW，已經是國內綠能裝置量第二大—水力發電的2倍以上。太陽光電的推動主要分為屋頂型與地面型兩種，由於臺灣土地面積小，因此在策略上優先推動屋頂型光電，透過在既有建物屋頂上設置太陽光電模組，以有效利用城市中已經開發的空間，截至2019年底屋頂型光電設置已經達3GW，為進一步擴大屋頂型設置量能，逐步擴大於公有、農業、工業和學校等場域推動屋頂型光電的增設。

另一方面，為避免光電設施與其他土地利用爭地，地面型光電以優於原有使用為策略進行推動，例如於非生態敏感地區或利用不利農業使用之土地，包含綠能營區、港口及停車場、汙染土地、漁電共生、掩埋場、風雨球場、埤

塘圳路等場域，來設置太陽光電，以達到複合式土地利用之效益，同時也能兼顧生態、景觀及環境的發展。

然而，由於土地的多元應用，使得水域空間設置太陽光電（如魚塢、水庫、滯洪池等）的案例逐漸增加，因此在系統工程的設計上，謹慎考量如何在不影響原有土地用途的前提下，兼顧原有設施使用的合理性則顯得更為重要。例如推動漁電共生時，可選擇將棚架型太陽光電系統設置在魚塢上、規劃大跨距棚架結構，避免因棚柱落在魚塢中而影響捕撈作業，不但可以達到優化養殖環境、增加收益，同時也能保障農漁民權益，創造多方共贏。

除此之外，光電設置的安全性也是重要考量之一，例如水面型太陽光電系統常利用浮台作為基礎，將其固定於水域空間，由於我國是多數颱風路徑的必經點，每當颱風來襲時，常帶來暴風、豪雨和暴潮等災害，因此在錨定結構設計上，需考慮風力、波浪力等載重組合以及進行錨定點結構強度的檢核，並在光電板表面以不同風向條件進行風壓量測、計算風壓係數，以強化水面型光電系統的結構安全。

### 二、離岸風電發展方向

臺灣風力發電發展甚早，但是因為地狹人稠，可架設風機的陸域面積已經逐漸飽和，加





▲ 漁電共生案例，立柱位置盡量設置於埕堤上，減少魚塭內的落柱量。

上我國海域具備優良風場條件，因此近年政策朝離岸風電方向發展；在推動策略上，離岸風電採「先示範、次潛力、後區塊」3階段推動，並設定2025年裝置量達5.7 GW目標。由於離岸風電為國際新興產業，政府在推動離岸風電設置的同時，也一面扶植國內相關產業，以建構屬於我國的離岸風電產業供應鏈。

2019年12月27日，我國首座離岸示範風場順利商轉，成為風電發展由陸域推向離岸的重要里程碑。為了延續示範獎勵成功經驗，政府更進一步於2018年公告「離岸風力發電規劃場址容量分配作業要點」，採用「先遴選、後競價」策略，共核配5.5 GW潛力場址，預計於2025年前完成設置。其中，有超過一半核配量的3.8 GW將納入產業關聯方案，明訂「事前承諾、事後具體執行」機制，藉此提升相關產業供應鏈技術的發展、逐步帶動國內製造業如水下基礎、塔架及電力設施等轉型，並吸引國際風力機系統商來臺興建機艙組裝廠。

此外，由於過去並無設置離岸風電之經驗，因此海事工程對我國來說也是一大挑戰，然而危機即是轉機，透過設定海事工程以國內能量優先使用的發展原則，促使國內海事工程業者逐步建立起諸如調查、探勘、人員運輸、海纜

鋪設等施工之服務能量，同時也促成國內海事工程業者與國際風電設備廠商之間的結盟，共同籌組合資公司承接開發商海纜鋪設、水下基礎安裝、風力機安裝及海事工程船舶製造等工程，形成新的產業供應鏈。

展望未來第3階段離岸風電區塊開發，預計在2026年至2035年間，將提供至少10 GW的市場需求。而透過市場內需帶動相關產業發展，不僅有助於提升國內離岸風電供應鏈業者之投資信心，以及產業價格競爭力，更能支持我國離岸風電本土供應鏈的穩定發展，以奠基切入亞太等國際市場的基礎。

### 三、其他再生能源

水力是我國發展最早的再生能源，一度曾是再生能源主力，然因臺灣水力資源有限，加上國內大型水力發電已臻純熟，因此近年來以發展對環境影響相對較低的小水力發電為主，藉由台電公司和水利署等場域空間，同時提供合理政策誘因，來吸引國內業者投入小水力發電設置。

生質能是我國再生能源中，占比僅次於光電、水力與風電者，在推動策略上以電能躉購為核心，輔以沼氣發電設備獎勵補助與示範運行，透過跨部會合作方式，共同推動生質電力



▲ 屏東大武丁滯洪池水面型太陽光電系統，利用水下錨定技術固定浮台。



▲ 沼氣發電系統設置（漢寶畜牧場）

系統設置。

在地熱能推動策略上，為提升地熱開發投資誘因及降低業者投資風險，策略上以淺層地熱區域為首要目標，前期投入地熱資源調查，圈繪七大潛能區，現階段則於技術面投入地熱電廠及儲集層工程研發，並積極媒合引進國際先進技術，藉以提升國內案場裝置容量。

氫能為國際中長期能源選項趨勢之一，其可提供多元化、潔淨分散式的電力來源，且有助於穩定再生能源高占比下的電力供給。我國氫能發展以定置型發電運用為目標，短、中期配合獎勵措施，以備援電力、在地料源等利基市場及導入工商業熱電共生市場，建構完整氫能基礎設施；長期則配合再生能源極大化發展，作為長時間儲能及零碳排之基礎電力來源。

海洋能相較其他再生能源技術發展稍晚，國際間僅潮汐能設有商業電廠，其餘如潮流發電或波浪發電等多屬示範性質，尚不具商業化運轉效益。我國為海島國家，海洋能源蘊藏豐富，波浪、海流及溫差發電均具開發潛力，但仍須先行發展抗颱風機組技術，提升發電機組可靠度，才能逐步邁向商業化。現階段我國已開發10kW底碇式抗颱風波浪發電機組，並進入實海域測試階段，以驗證機組的可靠度及實際效能。

## 打造亞太綠能中心

綠色能源不只是經濟成長的動力來源，更是驅動經濟發展的新引擎。為此，在我國5+2產業創新基礎「六大核心戰略產業」中，特別納入綠電及再生能源產業發展，期將臺灣打造成為亞太綠能中心。而為達成上述目標，政府依「能源設置、產業發展、人才培訓、融資制度、貿易輸出」等5大面向，投入「沙崙智慧綠能科學城」及「海洋科技產業創新專區」之建置，以打造綠能產業研發及人才培育聚落。

### 一、沙崙智慧綠能科學城

「沙崙智慧綠能科學城」係透過國家結合地方力量，配合智慧生態城市與大自然共生發展為目標，在創能、儲能、節能及系統整合四大主軸上，串聯研發、測試、驗證等項目，作為我國綠能生態系的樞紐，同時因具備交通便利、園區及學研單位等資源聚合優勢，加上周邊的南部工業區和科學園區，更有助於形成產業聚落及綠能產業商機的媒合。

此外，科學城也跨域導入智慧住宅、低碳運輸系統、智慧醫療、智慧設施及基礎網路等元素，以完善生活機能網，並足以作為我國向國際社會展現智慧綠能新技術的前瞻基地與城市典範。





▲ 海洋離岸示範風場

## 二、海洋科技產業創新專區

為有效加速我國海洋科技發展，並提升海洋工程實力，同時避免僅以既有的近岸港灣工程與船舶進行試驗，而忽略實海域環境的真實風險，政府規劃借重漁港之地利優勢，於高雄興達港設置「海洋科技產業創新專區」，並於2021年1月正式啟用。

專區內設有國內首座深水池，配合最新國際深水池建置標準，模擬海洋嚴苛環境與風波流等海域實際情況，提供離岸工程與海洋科技專業的水工模擬試驗場域，藉以強化國內整體離岸工程技術量能。此外，專區亦設有人才培訓、產業創新研發及材料研發等三大中心，可同時扮演培育及媒合角色，帶動海洋科技研發及其產業發展，未來專區亦將作為我國海洋科技產業研發及製造基地，扶植我國新興海洋產業及加值在地事業發展。

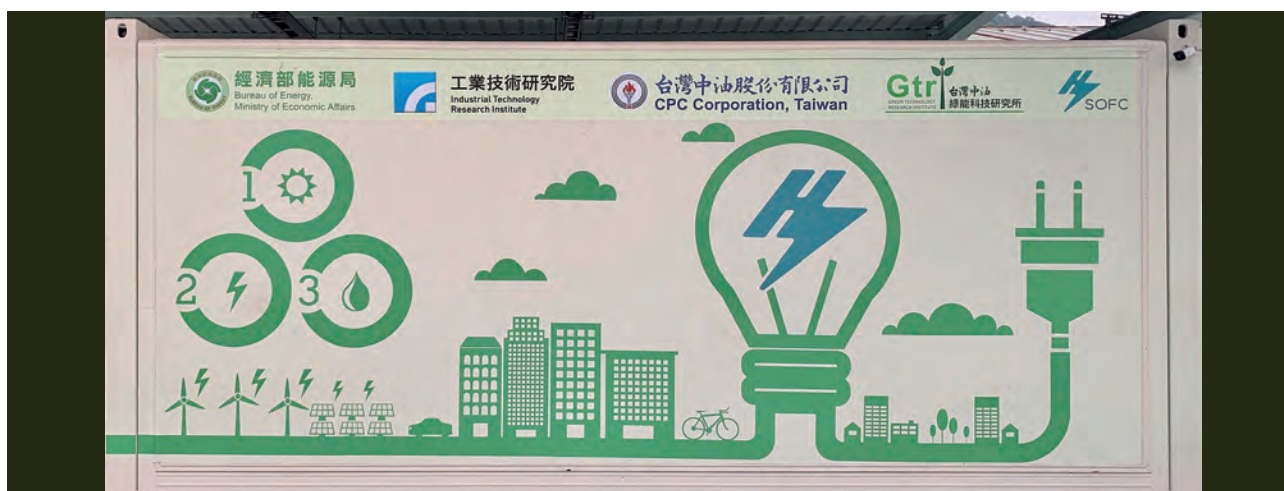
## 展望未來綠能發展趨勢

從京都議定書（Kyoto Protocol）的提出到巴黎氣候協議（Paris Agreement）的生效，面對日益嚴峻的全球氣候危機，永續發展已成為國家重要核心價值，淨零碳排也成為全球發展共識，各

國更陸續設定再生能源供給目標和提出積極減碳作為，諸如朝向電氣化發展、擴大再生能源占比、發展碳捕獲再利用與封存系統（CCUS）等負碳排放技術等，以涵蓋全面脫碳作為。

然而，若要達成零碳化電力系統，再生能源占比勢必得大幅提高，因此，我國須以新電力系統的調度思維做出因應，並務實面對以下幾種變革及發展趨勢：（1）在電力管理制度上，零碳式電力系統必會朝向多元化及分散式的發展；能源管理及調度也會走向數位化及智慧化，以自動監控能源流量，並依供需變化做相應調整。（2）在電力供給維護上，應整合發電、輸電、配電及用戶的先進電網系統，具備自我檢視、診斷及修復等功能；並搭配不同尺度的儲能系統，進行平滑化或電網調頻等輔助服務，如此才能朝穩定供電、提高電力品質的發展方向邁進。（3）對大量過剩的再生能源，應發展Power to X（Gas、Fuel）的技術，針對特定的能源使用削峰填谷。

隨著全球逐步形成淨零碳排放的倡議，以及各國民間企業自主響應使用100%再生能源電力的RE100倡議，發展綠能產業成為能源轉型過程中，新興產業發展的重要動力來源，帶領相關產業鏈的發展愈加多元化及持續成長。



▲ 國內首座25kW 高溫型燃料電池發電系統

## 結語

我國政府積極推動的再生能源，在技術面及普及面已越趨成熟，目前綠能發展已穩步向前，截至2020年底再生能源累計裝置容量已達9.5GW，其中尤以太陽光電成長最快，迄今已累積設置容量達5.8GW，較2016年成長逾6倍；在離岸風電方面，除苗栗外海已完成我國首座離岸風電示範風場商轉外，亦透過示範風場的建置、潛力場址的練兵、落實海事工程人才培訓與產業關聯，培植在地化量能，後續更規劃於2026年起的10年間，以每年1 GW的規模持續建立本土離岸風電市場，厚植技術經驗及實績，打造離岸風電國家隊。

針對其他再生能源類別之開發，則有賴產、

官、學、研界的共同合作與相互激勵。為提升研發能量，我國已推動多元獎勵措施、科研計畫、人才培訓與國際交流，並提供沙崙智慧綠能科學城作為技術研究之實證場域，以期相關技術可早日突破瓶頸，帶動綠能產業發展。

檢視我國再生能源發展規劃的結構與全球再生能源於目標、市場／法規、投資／產業、系統整合等趨勢，可發現我國目前的再生能源發展方向已與國際趨勢密切接軌。國內綠能產業不僅可透過各階段的發展策略，輔以多元應用和跨域整合的思維，創造能源發展與產業升級的雙贏合作模式，更能持續精進與推動產業人才培育，以徹底落實能源轉型，實現成為「亞太綠能中心」的終極目標。◆

## 參考文獻

1. 石門水庫及寶山第二水庫附屬設施小（微）水力發電潛能評估，水利署，2016。
2. Renewables 2020 Global Status Report, REN21, 2021
3. 行政院政策與計畫-重要政策-全力衝刺太陽光電，<https://www.ey.gov.tw/Page/5A8A0CB5B41DA11E/4413b416-5f1e-419b-9a39-5a02c8a3ba8c>，檢視日期：2021年3月22日。
4. 沙崙智慧綠能科學城官方網站，[http://www.ssgesc.tw/index.php?INDEX\\_ID=55](http://www.ssgesc.tw/index.php?INDEX_ID=55)，檢視日期：2021年3月22日。  
海洋科技產業創新專區官方網站，<https://www.mtic.org.tw/>，檢視日期：2021年3月22日。



國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

數位轉型工程先行：中國工程師學會創會 110 年紀念專刊 /  
林建華總編輯。--

臺北市：中國工程師學會，2021.05

面；21 公分 x 28 公分

ISBN 978-986-80682-6-1(精裝)

1. 中國工程師學會

440.5064

110007751

# 數位轉型 工程先行

中國工程師學會創會 110 年紀念專刊

出版者 | 中國工程師學會

發行人 | 施義芳

委員 | 李世光 · 胡湘麟 · 許鈺漳 · 楊偉甫 · 廖慶榮 · 翁寶桂

王泰典 · 王雅玢 · 田永銘 · 江維華 · 宋裕祺 · 李 敏 · 李偉賢

何長慶 · 周中哲 · 周景揚 · 林正芳 · 林良泰 · 林榮慶 · 孫慶成

陳文德 · 陳建宏 · 崔國強 · 莊東漢 · 張家瑞 · 黃肇瑞 · 潘文炎

樓靜文 · 蔡昇甫 · 蔡清標 · 鄭桂忠 · 賴健文 · 謝繼茂 · 簡禎富

總編輯 | 林建華

編輯小組 | 張鈺輝 · 李志宏 · 曾寧儀 · 李瑋聆 · 林秀琴 · 李宥萱 · 蔣雪芬

許舜雅 · 張譯文 · 劉晏寧 · 李綺馨 · 胡珮榆 · 袁雅玲

學會地址 | 100 臺北市仁愛路 2 段 1 號 3 樓

網址 | <http://www.cie.org.tw>

電話 | (02) 2392-5128

傳真 | (02) 2397-3003

印刷 | 磐古印刷科技股份有限公司

出版日期 | 西元 2021 年 5 月

ISBN 978-986-80682-6-1(精裝)

版權所有，非經同意不得轉載