



中國工程師學會會刊

工程

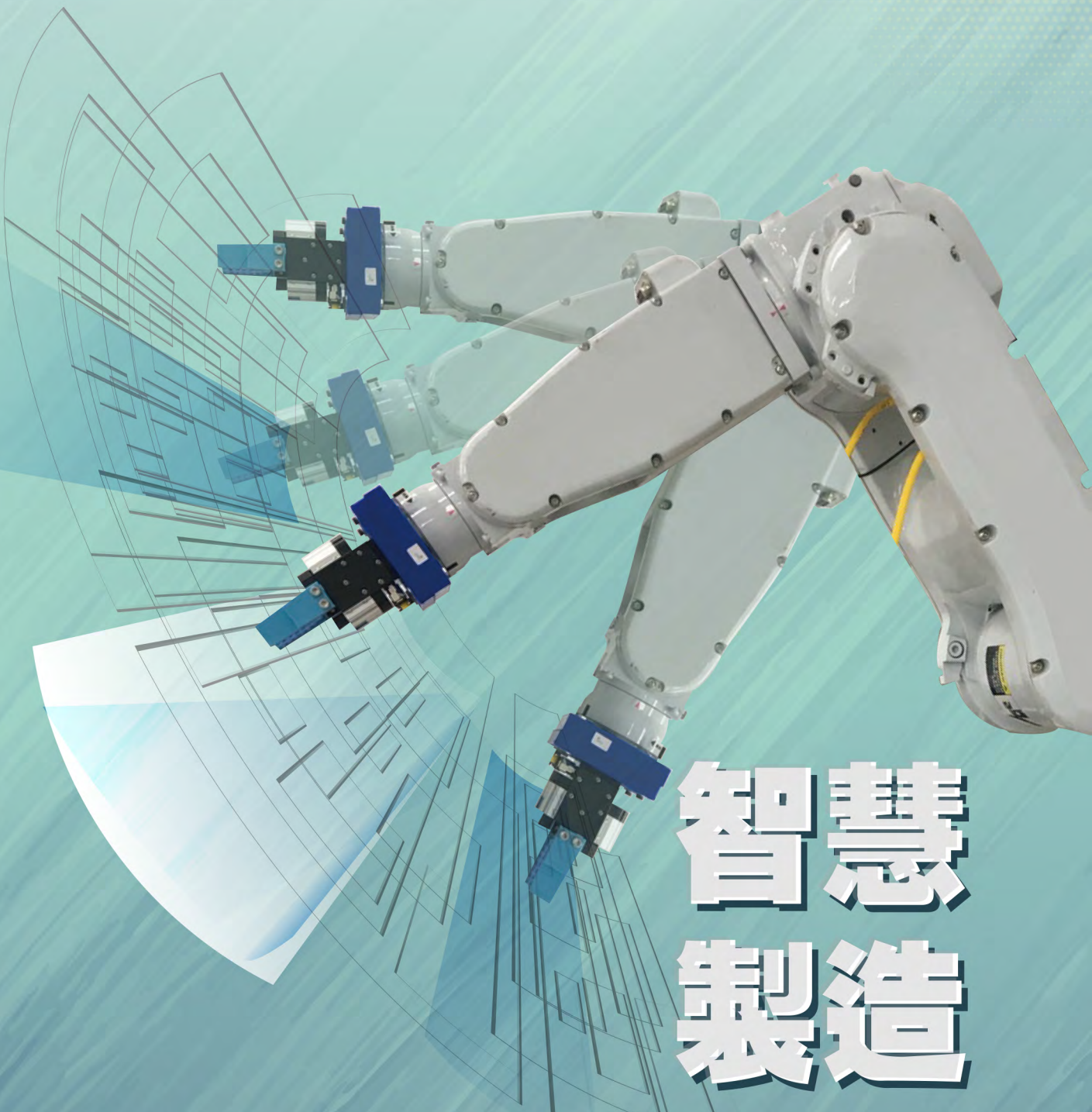
孫震
淑題



中華民國108年3月 Vol. 92 No. 1

<http://www.cie.org.tw> ISSN:1015-0773

- ▶ 中國工程師學會第70屆、71屆理事長交接
- ▶ 中國工程師學會成立NCEES小組，以推動考試業務並加強參與國際事務
- ▶ 專題報導：工業4.0人才培育



智慧 製造

直 達 美 好

我 用 「 行 動 」 支 付

THE
WAY
FORWARD
METRO TAOYUAN

張明珍

桃園官方APP: i搭桃捷



Android系統用戶下載



iOS系統用戶下載



桃捷行動支付教學影片



封面介紹— 智慧製造

工業4.0是現今製造業的重要議題，也是企業在未來高度資訊化的浪潮下，確保競爭力與獲利的重要關鍵。為增進全國技專校院教師具備產業實務經驗，並強化教師學習國際工業4.0新知及實務教學能力，教育部技職司遴選典範科技大學20名與工業4.0相關專業或技術科目之任教教師，與德國阿亨工業大學合作培訓參訓教師，期望接受培訓教師在結訓返國後可成為技專校院推動工業4.0人才培育之種子教師。

活動報導

- 02 本學會第 70 屆、71 屆理事長完成交接
- 05 舉辦淡海輕軌捷運系統團體試乘，平穩舒適，肯定新北市軌道新紀元
- 07 女性工程師委員會第 1 次委員會議
- 08 探索「臺北七星山凱達格蘭遺址」登山活動
- 09 理監事聯席會議暨聯誼餐會
- 10 「我國促參實務與法制研討會」，圓滿成功、迴響熱烈
- 11 得獎人聯誼委員會第 1 次委員會議
- 12 加強參與國際事務，對外關係委員會商討年度工作重點
- 13 108 年度聯合年會籌備工作啟動
- 14 為青年學子的工程養成之路共同效力教育委員會召開第 1 次會議

工業4.0人才培育

客座主編：郭重顯／國立臺灣科技大學電機工程系教授
兼系主任、工業4.0中心主任

楊朝龍／國立臺灣科技大學工業管理系副教授

- 18 以彈性混線金屬加工實現智慧製造新價值／王裕夫、陳哲堅、蕭仁忠
- 26 建構智慧機械的四大關鍵要素／張友友
- 35 金屬製品產業導入智慧製造應用／林崇田
- 50 智慧製造在臺灣機械產業的發展與應用／謝尚亨、魏振隆
- 66 智慧製造的基礎 - 智慧產品介紹／黃俊弘

理事長：廖慶榮

常務理事：李世光 高宗正 楊宗興 楊偉甫

理事：王錫欽 呂良正 宋裕祺 李偉賢

胡湘麟 孫以濬 涂元光 徐善慧

莫仁維 陳仲賢 陳彥伯 陳哲生

彭振聲 曾國正 黃金生 楊慶煜

廖學瑞 蒲鶴章 歐善惠 賴建信

薛文珍 薛富盛

常務監事：邱琳濱

監事：王昭烈 李建中 郭新進 陳振川

秘書長：張武訓

發行所：中國工程師學會出版委員會

主任委員：黃慶東

委員：李大行 林根勝 孫以濬 郭重顯

張武訓 廖學瑞

總編輯：陳沛清

客座主編：郭重顯 楊朝龍

編輯：石昱郁 李宥萱 林秀琴 張桂瑜

梁愛倫 蔣雪芬 蔡琦嫻

聯絡地址：10607臺北市大安區基隆路四段43號

電話：(02)2733-3141轉1177、3252、6938

傳真：(02)2730-1000

會址：10055臺北市仁愛路二段1號3樓

電話：(02)2392-5128

傳真：(02)2397-3003

網址：<http://www.cie.org.tw>

郵政劃撥：00059892

戶名：社團法人中國工程師學會

編印：承亞興圖文印刷有限公司

地址：11494臺北市內湖區瑞湖街103號3樓之4

電話：(02)2799-5911

行政院新聞處出版事業登記證局版臺誌0765號
中華郵政臺北誌字第721號執照登記為雜誌交寄
入會申請手續請上本會網站查詢

本學會第 70 屆、71 屆理事長 完成交接

中國工程師學會第 71 屆理監事選舉已於 107 年 11 月 9 日舉行，會中經各會員代表投票選出 27 位理事、5 位監事。學會續於 11 月 23 日召開第 71 屆第 1 次理監事聯席會議，在各理事的推舉下，由國立臺灣科技大學廖慶榮校長當選為本學會第 71 屆理事長。

第 70 屆、71 屆理事長交接典禮於 12 月 19 日舉辦完成，交接當天，在李建中常務監事的監交之下，邱琳濱前理事長將學會印信交付到新任的廖慶榮理事長手中，儀式簡單

隆重。現場計有前後任理監事暨各委員會主任委員近 50 人與會。

邱前理事長於致詞時特別感謝理監事以及各委員會主任委員們過往的支持、協助與督導，並表示在任兩年中，學會個人會員、團體會員、亞太工程師及國際工程師之人數均有大幅成長。出版文宣方面，除原有的工程會刊、學刊及發展策略白皮書，另編印學會中英文簡介摺頁、發行工程會刊電子書、新增與改版了第 70 屆中國工程師學會規章彙



▲第 70 屆邱琳濱理事長 (左) 將印信交接給第 71 屆廖慶榮理事長 (右)，由李建中常務監事監交

編與作業手冊。加強與會員間的聯繫方面，辦理多次跨領域的工程參訪活動、發行電子報、強化中國工程師學會臉書粉絲專頁，使會員及各界可從粉絲專頁和官網中充分知悉所有活動資訊。活動辦理部分，主、協辦研討會 68 場次、國際活動 30 場次，其他重要會務活動 142 件，包括中日工程技術研討會、

近代工程技術討論會、軌道產業技術、軌道核心機電產業研討會及晉見府院重要官員等。

在加強國際合作方面，與菲律賓整合電子工程師協會 (IIEE) 簽署合作協議書，兩次赴菲律賓亞洲開發銀行辦理「知識分享」研討會，安排我國專家介紹我國工程產業之強



▲第 70 屆邱琳濱理事長致詞感謝



▲第 71 屆廖慶榮理事長致詞並簡要說明任內會務重點方向



▲第 70 屆理監事暨主任委員及第 71 屆理監事於交接典禮後合影留念

項，為產業國際化鋪路。兩次赴馬來西亞出席亞洲國際鐵路研討會 (RSA)，成功行銷政府前瞻計畫及軌道經驗。

有關制度方面也有了更開放與合宜的修訂，提供非工程科系及高中以下學歷的工程人員有機會加入學會為會員，也通過了對於獎章等榮譽的申請資格，酌情增加或減少條件限制，以提升榮譽價值。這些成績都是我們全體理監事和各個委員會所共同努力的成果。邱理事長並對新任廖理事長表達祝賀之意，也期許中工會在廖理事長的帶領之下開創一番新局。

廖校長亦以新任理事長身分致詞表示，很高興有機會為中工會服務，期盼未來在各位理監事及主任委員的支持與指教之下，將學會的精神更加發揚光大。廖理事長並簡要說明在其任內的工作重點如下：

推動專業工程師國際資格認證與合作：加強推動亞太工程師 (APEC Engineer) 及國際工程師 (IntPE) 制度，以及美國「國家工程暨測量典試委員會 (NCEES)」之 FE 與 PE 考試。這些國際工程師的認證將讓我國工程產業人力資源受到國際肯定，能為臺灣新一代工程師創造全新的價值，對臺灣工程產業的國際化發展，有著十分重要的影響，本學會將在此基礎上繼續往前推進。

加強與學術界的合作：本屆特別邀請幾位大學校長擔任委員會的主委，包括由清華大學賀陳弘校長擔任論文委員會主委；高科大楊慶煜校長擔任年會籌備委員會主委；北科大王錫福校長擔任教育委員會主委，副主

委則由中華工程教育學會 (IEET) 秘書長呂良正教授擔任。我們也將甄選優秀的教授群擔任各大學學生分會的指導教授，協助各項學生活動的推動，以培養學會未來的生力軍。

聯繫國內各工程專業學會及推動各工程領域人員間的聯誼與參訪：現在是工程科技整合的時代，任何工程建設的進行，必定牽涉到跨領域的整合方能獲致成功。本學會已與國內 26 個工程專業學會簽署合作協議，未來需要促進更多的實質交流機會，才能讓各工程產業與技術領域相互結合，共同促進國家工程建設與經濟發展。

此外，在國際合作部分，除持續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) 及亞洲軌道營運協會 (AROA) 等相關活動，促進我國工程產業與國際間之專業交流，以擴大我國在國際間之能見度及影響力。同時，將擴大與亞洲開發銀行 (ADB) 之合作平臺，加強推廣我國工程優勢，並爭取與亞銀簽署合作協議，持續辦理知識分享研討會及相關交流活動，增進國際組織合作機會，以協助我工程產業開拓更多商機。

廖理事長接著代表學會頒贈邱前理事長榮譽會員證書及紀念品，感謝邱前理事長對學會的傑出貢獻。禮成後，新舊任理監事及主任委員齊聚一堂，相互交流並拍攝團體照留念。



舉辦淡海輕軌捷運系統團體試乘 平穩舒適，肯定新北市軌道新紀元

107年12月20日由本學會剛卸任的邱琳濱理事長帶隊，參加淡海輕軌捷運試乘活動，從淡海紅樹林站到淡水行政中心站往返，共有80多位學會相關人員參加。新北市捷運工程局趙紹廉局長全程陪同解說，捷運公司吳國濟總經理撥空到場歡迎。由邱前理事長代表學會頒贈紀念牌予兩位首

長敬表感謝之意。本次參加人員大都是捷運建設的耆老與先進，臺北市府捷運局賴世聲前局長最早抵達集合現場，先到周邊做一番視察，試乘時也不斷和趙局長交換意見，並肯定淡海輕軌建設品質優良。本學會感謝新北市捷運公司吳國濟總經理特地為本學會安排此次試乘活動。



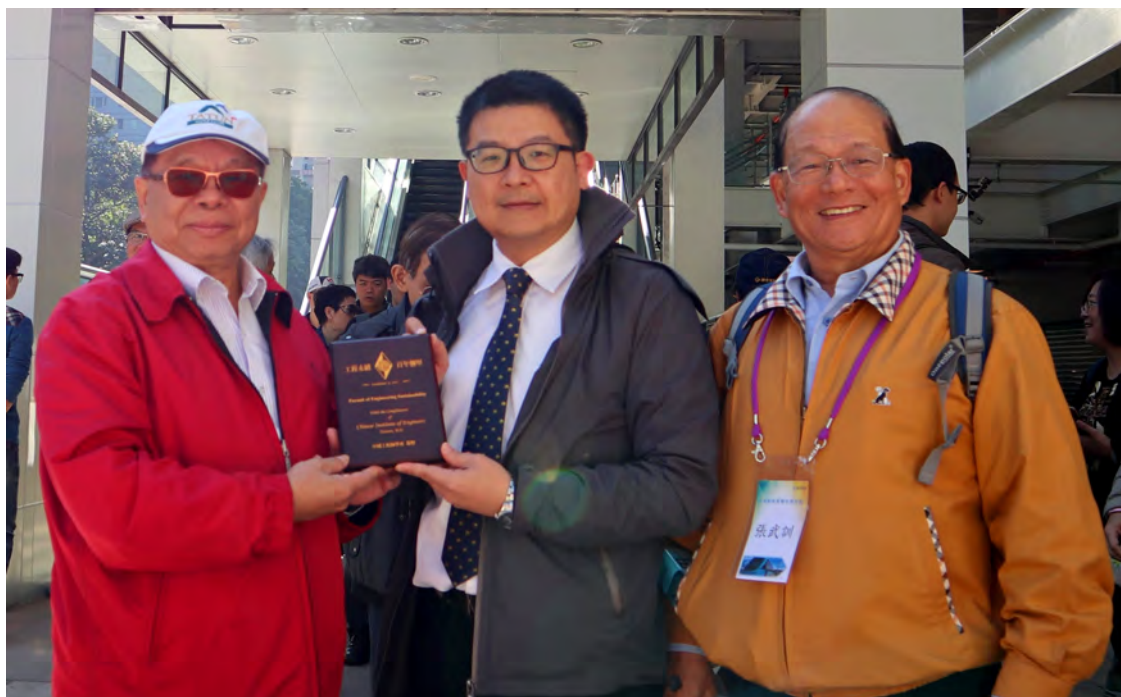
▲邱前理事長代表學會致贈紀念牌予新北市政府捷運工程局趙紹廉局長



▲淡海輕軌與知名畫家幾米合作之「閉上眼睛一下」系列作品



▲淡海輕軌列車



▲邱前理事長致贈紀念牌子捷運工程吳國濟總經理

女性工程師委員會第 1 次委員會議

學會本屆在薛文珍理事的推動下成立「女性工程師委員會」。希望在追求兩性平權的時代，能透過此委員會為女性工程師發聲外，也為她們開拓一條更寬廣的工程路。本委員會於 108 年 1 月 10 日召開第 1 次委員會議，由薛主任委員主持會議，計有 17 位委員出席，各個都是來自各種工程領域的佼佼者。會中大家先自我介紹，接著對年度計畫、專案調查作業等項目進行意見交流，在輕鬆詼諧的氛圍中，結束第 1 次委員會議。希望在薛主委、吳嘉麗顧問及每位委員共同努力下，能吸引更多女性工程師加入這個大家庭。

女性工程師委員會「WiE 工程師俱樂部」臉書粉絲專頁於 3 月 8 日開版。工程師碰到的問題已經隨著時代的變化而跨出性別的界限，認識自己與眾不同之處、善用周遭資源解決問題的經驗與智慧，不分性別都可以借鏡。歡迎來分享心得、提問、幫忙解答。歡迎加入：
<https://www.facebook.com/WiE.CIE.org>



▲ FB 粉絲頁



▲出席第 1 次女性工程師委員會之委員們合影

探索「臺北七星山凱達格蘭遺址」 登山活動

本學會得獎人聯誼委員會於 108 年 1 月 27 日舉辦「探索臺北七星山凱達格蘭遺址登山活動」。得獎人聯誼委員會為本屆新成立之委員會，由張武訓秘書長擔任此委

員會之主任委員。一行 17 人在林宗銘執行秘書的帶領下，翻山越嶺，成功登上傳說中的金字塔頂。回到小油坑服務中心，張主委與大夥進行座談，互相交流意見。 ◆



▲林執秘提醒登山注意事項



▲小油坑服務中心進行意見交流



▲登山入口合影

理監事聯席會議暨聯誼餐會

學會第3次理監事聯席會議於2月13日舉行，會中熱烈討論108年度各委員會工作計畫及預算，本年度規劃之活動內容豐富，期望會員朋友多加支持與參與，活動訊息將陸續公告於學會官網及臉書粉絲頁。

適逢新春，理事、監事與主任委員們於會後聯誼聚會，藉聯誼機會將北、中、南、東的學會骨幹聚集一堂，相互認識與溝通，並且藉著歌聲交流，傳遞出工程專業之外的另一種「美」。現場唱者陶醉，聽者如癡，氣氛融洽。◆



▲理、監事及主任委員引吭高歌



▲本屆第3次理監事聯席會議開會實況

「我國促參實務與法制研討會」 圓滿成功、迴響熱烈

本學會與臺灣工程法學會於 108 年 2 月 22 日共同主辦「我國促參實務與法制研討會」，研討會假中華民國仲裁協會舉行，由臺灣工程法學會謝定亞理事長致詞，說明研討會舉辦目的並介紹各講師，本學會張武訓秘書長代表廖慶榮理事長致詞，感謝謝理事長的籌辦及歡迎學員參加。

研討會上、下午場分別由王伯儉教授和謝定亞理事長主持，特別邀請多位學界、業界之專家共同與會，分別以「歷年促參實務案例推動之檢討」、「促參、PFI 與採購法第 99 條之比較與相關法制問題」、「實施促參法第 52 條介入權之法律及實務問題」及「促參案推動證券化之實務與法制問題」等議題，從法制面到實務面逐一探討，進行深

入且精采豐富的意見交流。本活動參與學員計約 120 位，全程專注聆聽，綜合座談時討論熱絡，迴響熱烈，並表達期望未來續辦進階之研討會。



▲研討會由台灣工程法學會謝定亞理事長致詞揭開序幕，學員出席踴躍

我國促參實務與法制研討會

時間	課程
08:30-09:10	報到及領取資料 (40 分鐘)
09:10-09:30	貴賓致詞 (應財政部促參司長官)
09:30-10:30	議題一： 歷年促參實務案例推動之檢討 主持人：王伯儉教授 主講人：馬惠美律師 (漢鼎法律事務所) 與談人：王貴玲律師 (理律法律事務所)
10:30-10:50	茶敘 (20 分鐘)
10:50-11:50	議題二： 促參、PFI 與採購法第 99 條之比較與相關法制問題 主持人：王伯儉教授 主講人：黃尚哲院長 (台灣金融研訓院) 與談人：李建寬處長 (台北市農工處)
11:50-13:30	中餐 (100 分鐘)
13:30-14:30	議題三： 實施促參法第 52 條介入權之法律及實務問題 主持人：謝定亞所長 主講人：范雪梅總經理 (廣宇國際財務顧問公司) 與談人：陳錦芳律師/律師 (長興法律事務所)
14:30-15:00	茶敘 (30 分鐘)
15:00-16:00	議題四： 促參案推動證券化之實務與法制問題 主持人：謝定亞所長 主講人：吳建榮協理 (太子建設(股)公司) 與談人：林貴貞協理 (台灣世暹工程顧問公司)
16:00-16:50	綜合座談 主持人：謝定亞所長 與談人：全體主講人及與談人

主辦單位：台灣工程法學會、中國工程師學會
 協辦單位：水利技師公會、臺灣區綜合營造業同業公會
 台北律師公會工程法委員會、中央大學營建管理研究所
 執行單位：台灣工程法學會、中國工程師學會法規委員會
 中華民國 108 年 2 月 22 日

▲「我國促參實務與法制研討會」講師陣容堅強

得獎人聯誼委員會第 1 次委員會議

本學會得獎人聯誼委員會於 108 年 2 月 23 日召開第 1 次委員會議，由張武訓主任委員主持會議，共有 9 位委員出席會議。委員們對今年的活動計畫交換意見及提出更符合實際情況的建議，最終定案每個月皆會辦理一場活動。◆



▲張武訓主任委員主持會議，討論本年度活動規畫



▲委員們與學會同仁合影

加強參與國際事務 對外關係委員會商討年度工作重點

本學會對外關係委員會於2月25日上午在臺科大召開第1次委員會議，由杜俊主任委員主持，廖理事長親自出席指導本次會議，委員出席踴躍。會中就本學會參與國際事務現況及年度工作計畫向各委員進行報告，並針對預定於10月在臺北辦理之NCEES考試推動作業，確定成立NCEES小組由臺科大江維華副校長擔任召集人，另外，本年度將延續過去兩年的成功合作模式，邀請專家學者組團赴亞洲開發銀行(ADB)舉辦知識分享研討會，並推動與該行簽訂合作協議，藉此行銷我工程實績，協助國內工程產業全球化。

陳義昌委員表示有關亞太工程師及國際工程師之認證工作由工程會編列預算、中工會執行，因此中工會參加FEIAP及IEAM等國際組織及其他與APEC及IPEA有關之活動，均由工程會年度補助經費勻支，同時亦會協助向外交部等單位爭取補助活動經費。陳委員亦表示工程會有拓點計畫，並鼓勵廠商可學習張文豪委員，赴澳洲及緬甸申請執業資格，以擴大爭取當地商機之可能。



▲杜俊主任委員(左)主持對外關係委員會會議

廖慶榮理事長表示目前臺科大的國際生均為該國當地人士，學成回國後均有很好的發展，也有很多擔任官方要職，學會應盡力協助這些國際生在臺灣通過NCEES考試，同時加強學會與國際生間之交流，有助未來拓展國際關係。

魏煒圻委員表示臺科大在以色列有駐點工作人員，可協助洽該國適當工程組織與本學會建立往來合作關係。

杜俊主任委員表示參與國際活動及與國外工程組織團體建立固定往來合作關係均需仰賴龐大經費支持，目前許多國家如新加坡、馬來西亞、澳洲及紐西蘭等學會參與國際事務人員之費用均由其個人服務之單位負擔，且都有擔任國際組織之核心職務。未來希望可推動以借調方式，由政府相關單位或工程公司推派優秀工程人員代表學會參與國際工程組織，同時可爭取擔任國際工程組織之秘書處，擴大與各國工程組織之往來之深度，以提昇我國在國際間之知名度及影響力。

張文豪委員表示支持杜主任委員之想法，近年以亞太工程師身份參加許多國際組織活動，瞭解許多國家都由固定人士長期參與工程組織，並加入其項下之委員會工作，或擔任工程組織之秘書處負責與各國聯繫，這些參與之費用均由其所屬國之服務單位負擔，才可實質落實該國參與工程組織之目的及效益。

108 年度聯合年會籌備工作啟動

會員朋友引頸企盼的年度重要活動「108 年聯合年會」已訂於本 108 年 5 月 31 日在高雄舉辦，由國立高雄科技大學負責籌辦。為儘早進行規劃以求最佳安排，籌備會於 2 月 26 日召開第 1 次工作小組會議，由高雄科技大學鄭宗杰教授及翁健二教授主持，針對年會會程、參觀活動等進行討論。歡迎會員們保留 5 月 31 日及 6 月 1 日，屆時踴躍報名參加年度大會及精彩的工程參訪活動。◆



▲聯合年會籌備之第一次工作小組會議開會實況



▲工作同仁會後於國立高雄科技大學楠梓海洋校區合影

為青年學子的工程養成之路共同效力 教育委員會召開第 1 次會議

本學會教育委員會於 108 年 3 月 7 日召開第 1 次委員會會議，由王錫福主任委員主持，會中除了報告本年度工作計畫，以及「產學合作績優單位」選拔工作的進度，並且熱烈討論如何健全學生分會運作、以及學術活動的最佳辦理方式等相關事宜，希望落實工程師培育應向下紮根的工作。

目前本學會在 17 所大學設有學生分會，包括：臺灣大學、交通大學、中興大學、逢甲大學、清華大學、中原大學、臺灣海洋大學、臺灣科技大學、元智大學、雲林科技大學、成功大學、中央大學、中山大學、中華大學、中國文化大學、暨南國際大學、彰化師範大學，惟近年學生會員參與活動情形並不熱絡。出席委員討論後決議，將主動連絡

各校工學院指派指導教授，積極協助學生分會會務之推動，並且善用本學會龐大的專業人才資源，協助青年學子在工程之路的學習歷程，吸引更多優秀的青年學子進入工程產業，加強工程經驗傳承工作。



▲教育委員會委員會後合影，為青年學子的工程養成之路共同效力



▲教育委員會王錫福主任委員主持會議



▲出席委員熱烈討論如何活絡學生分會活動

工業 4.0 人才培育—專輯序言

國立臺灣科技大學電機系教授兼系主任 / 郭重顯
國立臺灣科技大學工業管理系副教授 / 楊朝龍

工業 4.0 是現今製造業的重要議題，也是企業在未來高度資訊化的浪潮下，確保競爭力與獲利的重要關鍵。臺科大有鑑於未來工業 4.0 對於產業的重要影響力以及人才的需求，在廖慶榮校長規劃下，105 年 6 月 7 日成立工業 4.0 實作中心（如圖 1 所示），於校園內進行工業 4.0 人才培育。此一實作中心第一階段與上博科技公司合作設立，該公司提供相關場域修繕與高端設備做為教學用途，以整合本校師資、教學與研究相關資源與設備，建立本校在跨領域工業 4.0 人才培育、學術研究及產學合作之整合平台。

本校工業 4.0 人才培育之執行策略（如圖 2 所示），從產業需求出發，進行相關課程規劃。本校以連結高職端課程、技專院校課程到產業界人才的需求作為工業 4.0 人才的規劃重點，並徵詢產學研相關單位先進的建議，收集產業需求及技術缺口，從而歸納出工業 4.0 關鍵技術與人才對應。根據對應，規劃相關學程及課程，配合本校實作場域之規劃，進而對技專院校及產業界產生擴散效益。



圖 1 臺科大工業 4.0 實作中心場景

網宇實體系統（Cyber-physical System；CPS）是工業 4.0 的核心，其所涉及之知識相當廣泛；因此，本校將整個工業 4.0 的教學內容解構為：設備、感知、網路、應用及管理五個層級，再將工業 4.0 網宇實體系統所涉及相關課程依上述五個層級分為：預備課程及先備知識、精密工具機及設備、設備聯網及全面感知、工廠營運及生產管理、雲端應用及巨量資料分析進行課程對應，以方便在課程規劃上進行整合及協調，（如圖 3 所示）。

在教學場域的應用上，本校以「實作場域教學研習」及「任務導向專題製作」作為



圖 2 臺科大工業 4.0 教育整體執行策略

兩大支柱以貫穿五個層級之課程，以達到課程整合的成效。本校工業 4.0 人才培育計畫係以本校機械、工管、電機、自控、資工、資管、材料等七個領域之課程規劃為基礎，以工業 4.0 智慧示範工廠（即本校工業 4.0 實作中心）之建置，結合基礎研究、實作教學、系統整合等議題，進行整合。

在課程規劃上，除了本校規劃開設「工業 4.0 導論」及「實作專題」之基礎課程外，同時籌設兩個全校性之工業 4.0 跨領域學分學程：「工業 4.0 智慧製造學程」、「工業 4.0 智慧營運學程」，其相關課程亦依照不同領域

分為智慧製造模組及智慧營運模組，整合不同系所開設相關課程、研討會、工作坊及種子師資培訓，並提供相關資源做相互合作與學習。此一計畫也獲得教育部「技專校院推動跨領域專業技術人才培育方案」之經費補助實施。

為增進本校教師與專業人員具備產業實務經驗，並強化教師與專業人員學習國際新知及實務教學能力，以掌握國外學界與產業界在工業 4.0 趨勢下因應未來發展所需人才培育策略。本校特遴選三位教師與專業人員參加德國西門子為期兩週之機電整合認證課程（Siemens Mechatronic Systems Certification

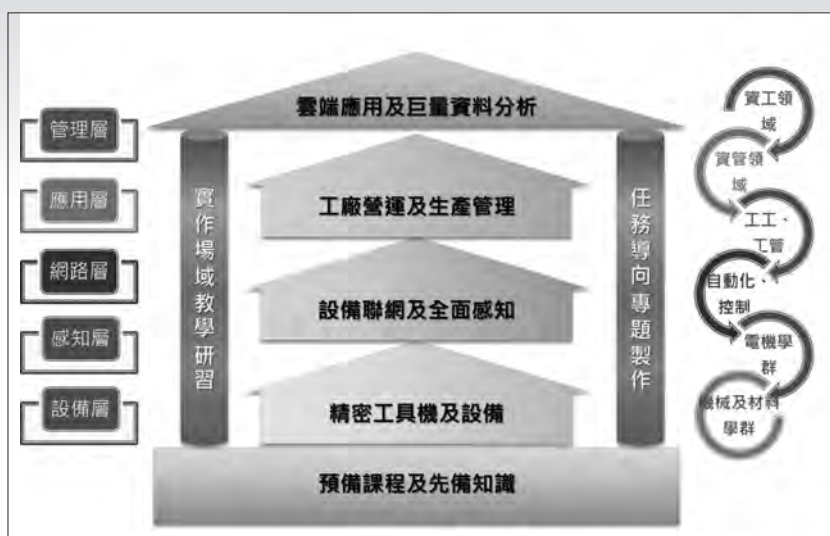


圖 3 臺科大工業 4.0 人才培育課程規劃

Program Instructor Certification；SMSCP），以導入本校德國西門子機電整合技術，並培育本校在工業 4.0 相關人才培育之課程與訓練種子師資，同時對未來本校開授相關認證課程進行準備與規劃。

此外，為增進全國技專校院教師具備產業實務經驗，並強化教師學習國際工業 4.0 新知及實務教學能力，本校接受教育部技職司委託，遴選典範科技大學之 20 名與工業 4.0 相關專業或技術科目之任教教師，並與德國阿亨工業大學合作培訓參訓教師。此一工業 4.0 種子師資培育課程為期三週，課程內容包

含工業 4.0 之發展與實務應用、產業實地參訪、實務案例研討及文化交流等，接受培訓教師在結訓返國後可成為技專校院推動工業 4.0 人才培育之種子教師。

臺科大以業界需求盤點與規劃工業 4.0 人才與技術方向，成立工業 4.0 實作中心與「工業 4.0 智慧製造學程」、「工業 4.0 智慧營運學程」兩學程，強化學生實作能力養。為培育工業 4.0 種子師資，與德國公司與大學取經工業 4.0 師資及人才培育教程。期望透過全方位的人才培育及產學介接，加速提供我國優質工業 4.0 人才。



以彈性混線金屬加工 實現智慧製造新價值

財團法人精密機械研究發展中心副理 / 王裕夫
財團法人精密機械研究發展中心副處長 / 陳哲堅
財團法人精密機械研究發展中心處長 / 蕭仁忠

關鍵字：IOT、智慧製造、混線生產、智慧聯網

摘要

傳統金屬模具加工作業中，工件上下料及刀具更換等工作極度仰賴人力，此舉使業者常面臨人力成本提高、生產效率無法提升困境。過去金屬模具業者可利用加工設備性能提升及製程技術精進等優勢來增加競爭力，但面對現階段少量多樣市場需求，如何應用智慧製造等相關技術來解決模具業者在未來彈性製造上所遭遇之難題為首要課題。有鑒於此，此開發案期望為業者提供一完整系統化、智慧化解決方案，協助金屬模具加工業者朝向差異化、高價值之產品與服務進行轉型，以滿足製造業客戶需求並共創雙贏。

一、前言

我國工具機產業發展在政府與業者的長期努力之下，與日本、德國、義大利等先進國家已逐漸縮小差距，但對如何透過服務加

值，提升產業附加價值上，仍急需業者與相關研發機構持續投入發展，尤其在工資高漲、大陸產品低價競爭、國內能源、原物料缺乏的壓力之下，如何提升我國工具機產品之附加價值，擴大與下游製造業者連結與應用，已成為未來發展的趨勢。

二、研究背景

在快速變動的消費市場下，工業價值鏈已被重新定義，包括製造者的生產力、對市場反應的速度、品質等都是關鍵。未來面對客戶不同的需求，製造業者必須透過產品跟整個價值鏈的自動化及數位化，佈建虛實整合系統，虛擬和實體世界將更緊密的整合。工廠在生產個別產品上亦需比今日更有彈性，並且達到更高的效率，才能產業競爭中存活，脫穎而出。而製造業是否能成功轉型，追本溯源還是要回歸到上游的設備製造業，是否能夠追趕上國際智慧化技術發展潮流，



圖 1 導入前後差異性

提供更好的智慧加值服務予製造業者，共同達成轉型升級目標。本案為輔導國內工具機業者，其主要產品為「加工中心機及數控銑床」，客戶遍及航空、風力、汽車、電子、金屬製品/模具加工、面板等相關產業。其中金屬模具是我國重要之製造業領域之一，年產值超過新台幣 400 億元。過去金屬模具業者可以靠精微化的加工技藝，來爭取訂單。但是在加工設備及製程技術精進之外，面對少量多樣的市場需求，產能、速度是未來制勝關鍵，因此業者希望除了既有加工設備提供之外，更能進一步提供系統化解決方案，協助克服金屬模具彈性製造上的難題。目前金屬模具製造業者面臨之問題如下：

(一) 市面上已有工具機自動上下料解決方案，但若單純導入自動化流程，在少量多樣產品特性下，頻繁的換線將使自動化生產效率打折，需有更智慧化的製程指派機能，透過機聯網的方式達混線生產目標，提升產值與生產效率。

(二) 由於金屬模具製造是相當典型的少量多樣化生產，一般工具機的刀庫存量無法滿足所有模具生產所需的刀具數量，面對產線上不同產品，需要更有效之刀庫管理機制，方能配合混線生產需求。

(三) 在一人多機之生產情境中，除機台資訊監視、NC 程式上下載、警報訊息等遠端聯網監控功能外，如何在設備失效前即進行預警維護，是系統能否順暢運作之關鍵課題。

因此，本案將協助業者導入跨平台聯網、混線生產製造與 CPS 系統技術提升服務能量，並搭配下游製造業者進行應用。期能以涵蓋範圍更加廣泛的「工業 4.0」元素，朝向高效率、高客製化及整線設備整合邁進，建立符合客戶需求的技術應用服務能量。同時透過本案展示模具製造業者生產力提升之效益，由上而下串連升級，強化國內整體產業競爭力，如圖 1 所示。

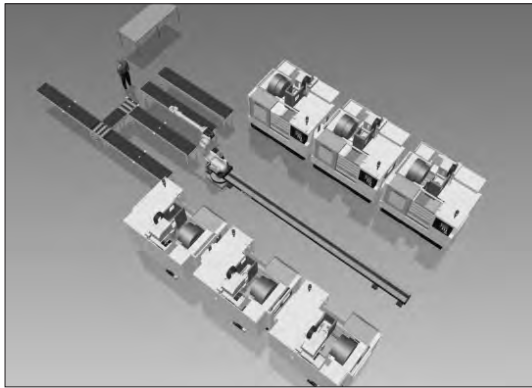


圖 2 彈性混線生產加工 4.0 產線模擬圖

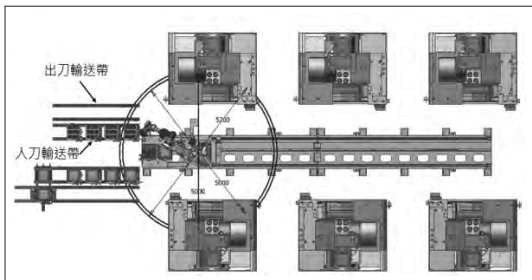


圖 3 彈性混線生產加工 4.0 產線配置示意圖

本開發案主要建置彈性混線金屬模具加工 4.0 產線，如圖 2、3 所示為產線配置示意圖，由一機一人生產模式轉換為一人多機混線自動化生產模式，主要由於傳統生產模式生產效能差，人工需要負責上下料與刀具更換作業，且容易因為人員疏失造成錯置問題，在混線生產過程中刀具與加工模具無法有效掌握與管理，因此本案將轉換為一人多機混線生產模式，主要建置項目包含六軸機器人、工具機、送料自動化等硬體設備產線整合，生產過程中全由生產管理系統依據工單資訊進行派工任務，未來亦可以針對產線生產稼動需求進行工具機與機器手臂走行軸進行延伸擴充。本案建置技術包含跨平台聯網技術、巨量資料庫、CPS 系統技術與混線

生產等，同時藉由虛實系統分析已取得系統健康狀況與手臂減速機壽命預測，以下將針對各項技術內容說明。

三、產品開發說明

(一) 平台機聯網

實現「智慧製造」的基礎在於「機聯網」，目前國外控制器大廠皆針對自有品牌提出對應的解決方案，如 FANUC、MAZAK、DMG 等，跨平台的機聯網解決方案需靠國內業者客製化開發，為此使用精機中心發展的 SkyMars，主要針對跨平台之間資訊聯網建置，聯網設備包含智慧機器人、工具機、備料送料系統，系統架構圖如圖 4 所示。各單機設備均建置基礎雲端系統聯網功能，設備間可以即時資訊傳遞。

本技術主要以精密機械研究發展中心所開發之多種類控制器相互溝通之連線軟體 SkyMars 為基礎，將生產線上的工具機、機械手臂等機台連線，整合為 .net remoting，可提供業者開發智慧化功能，建立跨廠區及異質（異種）加工設備聯網架構，將加工設備聯網後集中管理，讓所有設備的工作資訊透明化（多機連線、稼動監測），更有利於多台工具機彼此協同作業。產線上所有設備的工作資訊透明化、數據化，生產經驗的保存與再利用將變得更加容易，這有利於應對需要時常改變生產程序的場合，如此便能夠同時達到確保加工精度與品質、縮減製造時間、減少生產成本的要求。

在工具機聯網通信技術部分主要是利用控制器廠商提供對控制器操控的函式庫，透過 SkyMars 提供統一的格式於 PC 應用，提

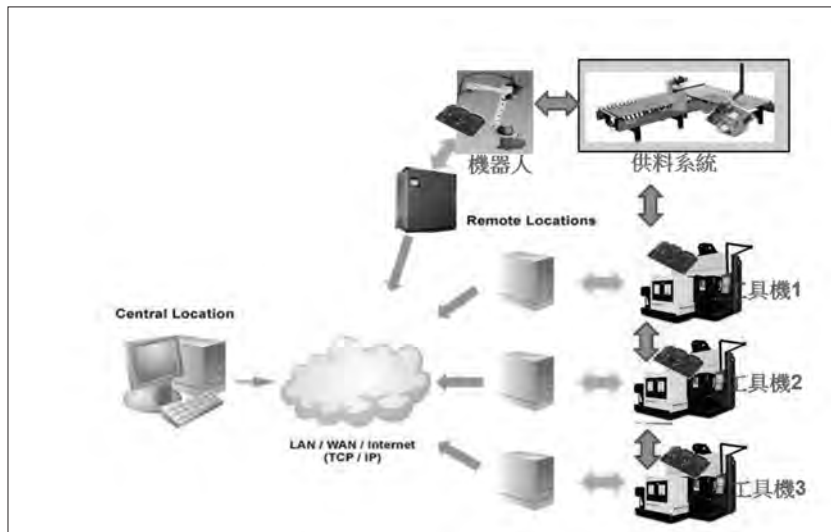


圖 4 跨平台聯網系統架構

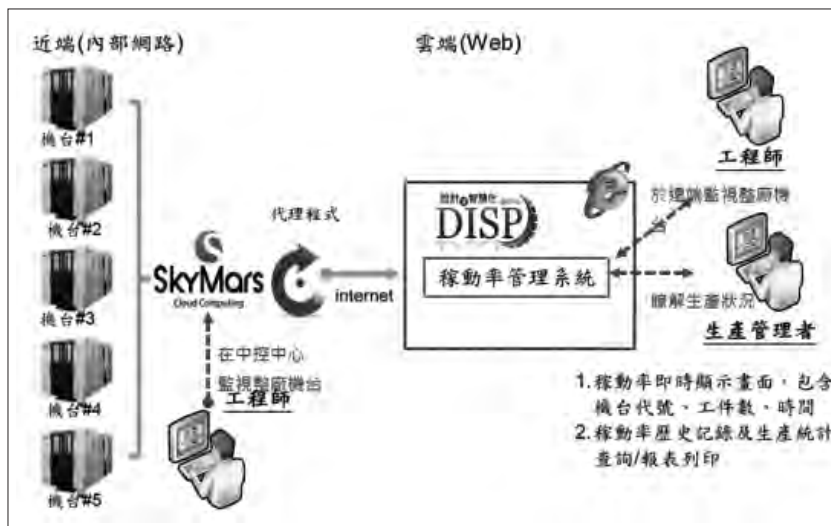


圖 5 稼動率資訊管理架構

升在智慧聯網的操作便利性。並發展出多樣的技術服務，如遠端監視相關 CNC 資訊、提供 NC 上、下載、警報簡訊通知及稼動率資訊等，稼動率資訊管理架構如圖 5 所示。

在機械手臂部分，透過控制器所提供的函示庫讀取機器人各軸角度、扭力、狀態等

資訊，透過聯網通信技術與機械手臂控制器進行訊號的傳遞。SkyMars 邊界運算的概念將其訊號彙整成有用且可分析之數據，在由遠端 PC 到虛實系統與大數據資料庫中進行決策分析。

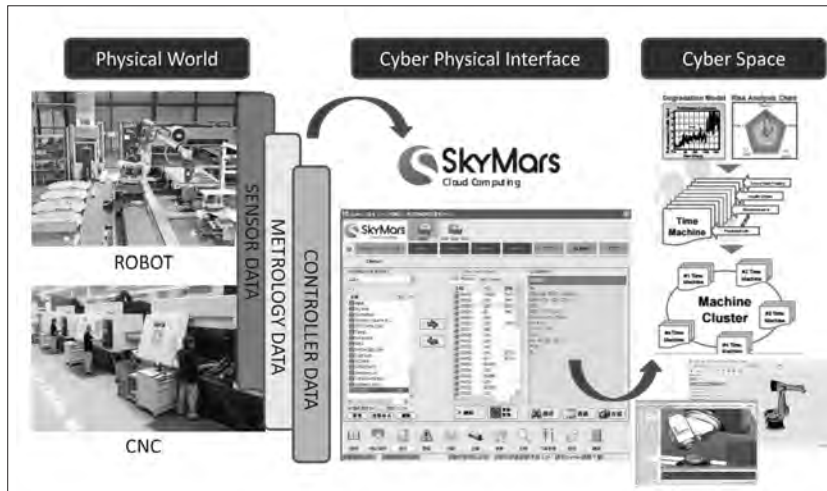


圖 6 CPS 系統架構

(二) CPS 系統

本案虛實整合部分主要是建立一雲端之設備壽命分析資料庫，藉由以 IOT 為基礎之聯網技術，將生產系統中設備（如機械手臂、工具機）之通訊進行標準化轉換，將各設備感測器訊號、設備運作資訊進行資料擷取，以此在雲端建立機台巨量資料庫，更可以由跨平台聯網技術將設備即時模擬狀態與現場實際運作參數進行比對，便於進行各設備狀態之健康預警分析，圖 6 為虛實系統架構圖。

此雲端設備分析資料庫可由此案所建置聯網技術，就生產系統之關鍵設備進行壽命分析。因此，將機械手臂運轉時各軸馬達電流、轉速資料即時擷取並透過馬達電流轉矩與減速機運轉時數演算法進行壽命可視化步驟，讓使用者可藉由即時模擬狀態對機械手臂進行錯誤預警並讓智慧排程系統進行生產調控。在工具機部分，藉由聯網技術將機台運行轉速、電流及溫度資料進行擷取，透過雲端整合模擬系統進行預警與生產統計資訊。

(三) 巨量資料庫分析

本案透過 SkyMars 跨平台聯網技術取得各設備端重要資訊，加工設備（CNC 機台）的負載電流、負載百分比、馬達溫度這三項資料特徵，於機台某些關鍵零組件損壞的狀況下，其上升或衰減的趨勢具有一致性；本案以軸承損壞為標的，當軸承損壞會造成轉動不順暢、阻力增加，馬達會需要利用更大的動力或功率來推動，相對來說就會造成負載電流與負載百分比的增加，馬達的溫度也會跟著升高，因此藉由該資訊以利分析機台健康狀態與進行後處理決策。雖然健康指標之數值並無物理意義，但健康指標之變化趨勢相對來說則具有參考價值，如圖 7 所示。

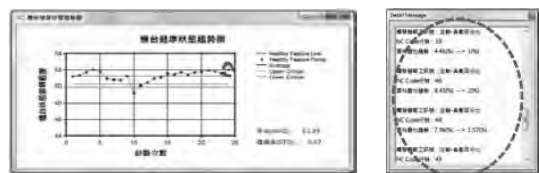


圖 7 巨量加工數據分析

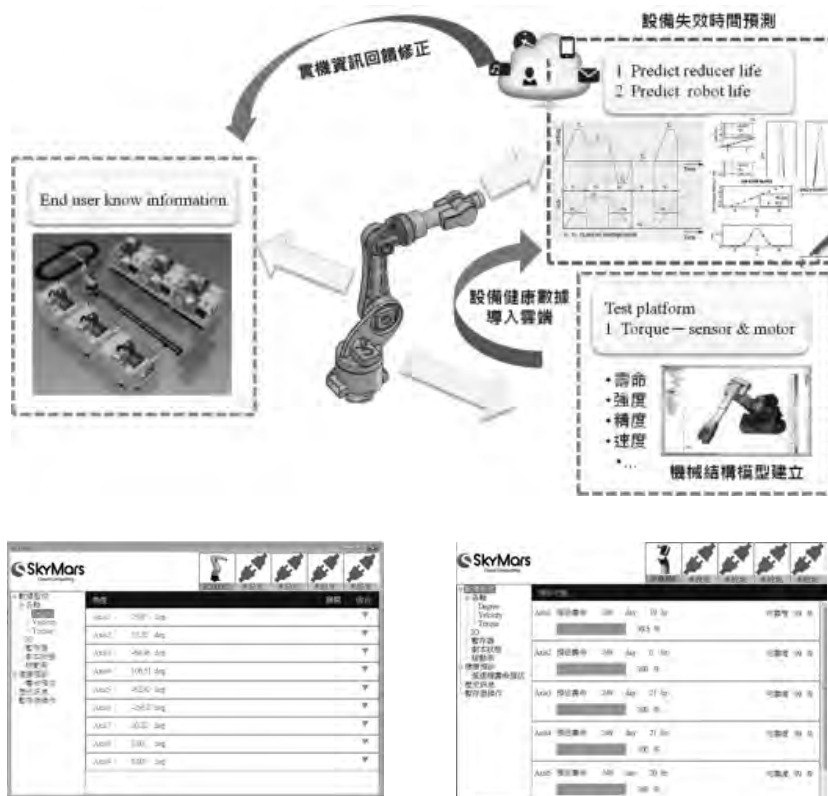


圖 8 機器人減速機壽命預測

加工設備健康指標趨勢變化某次所求得之健康指標數值，若是座落在所有健康指標分布之 1.5 個標準差之外，則觸發警報提醒。機器人其關鍵零組件包含馬達與減速機等，其中減速機又是關鍵耗材之一，當機器人減速機損壞時，將影響機器性能，甚至減速機嚴重損壞後亦造成系統停擺無法正常運行，將嚴重影響生產產能，因此本案在機器人端建立巨量資料庫包含各軸轉速與電流等資訊，作為機器人減速機壽命預診之依據，依照目前馬達轉速、電流、以及運轉時間，估算減速機壽命，並發展機械學習演算法 NN 依照時間進行減速機扭力分類，可隨著資料

的累積，提生預測的準確度，讓使用端可以預先進行耗材備料等防範工作，如圖 8 所示為機器人減速機壽命預測架構圖。

(四) 混線生產製造

混線生產製造是由於模具生產並非大量生產模式，而是每張工單僅生產單一工件或是小批量數量，因此本案中硬體端規劃統一標準工件托盤與刀具托盤，軟體端整合上位派工系統進行供料備料管理與刀倉刀具管理等工作，全系統由派工系統派工後，由機器人負責進行托盤上下料與上下刀具，改善傳統一人一機人工上下料與人工交換刀具之生

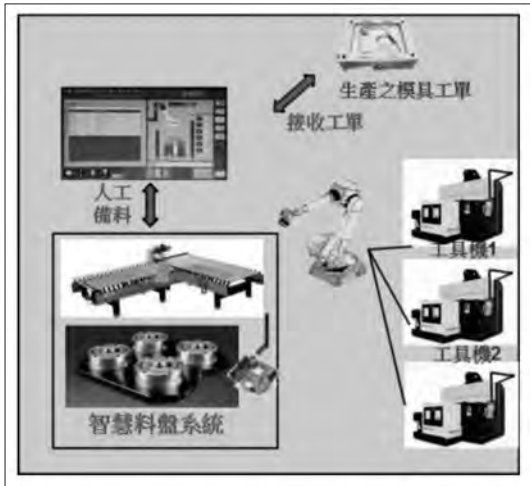


圖 9 備料供料管理系統架構圖

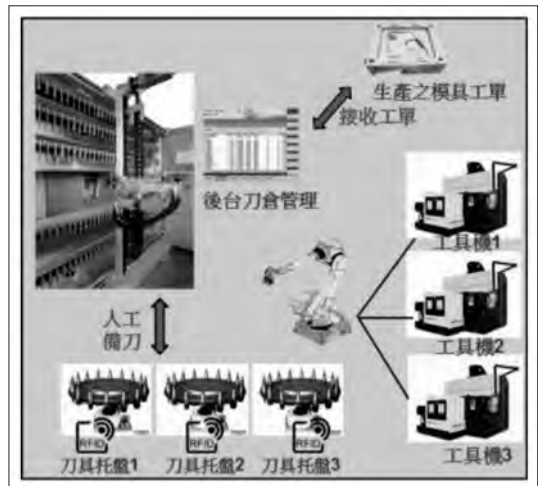


圖 10 刀倉刀具管理之系統架構圖

產模式，改由一人負責多機提升整體人均產值與達到少量多樣混線生產能力；並利用上位派工系統是透過 PMC 開發之跨平台聯網軟體（SkyMars），分別對工具機系統，送料系統，機械人系統做上位控制。多樣訂單可轉換成工單，人員只需手持條碼機將對應工單的刀盤及料盤條碼掃描至送料系統內，由上位系統進行排程管理。

1. 供料備料管理

本案在模具胚料備料部分主要是由人工將胚料加工件備好放置於托盤後，由於托盤設計具備感應辨識功能，因此藉由人機資料點選確認工單與托盤資訊，以便上位派工系統可以獲知托盤工件之對應，而機械手臂再依據派工系統排程與推盤資訊執行劇本檔指令來完成上料動作。當機械手臂將托盤移動入料至工具機端後，工具機端亦必須經感應辨識再次確認來料托盤資訊是否為該站加工物件，確認完成後工具機再經由聯網系統進行加工程式下載，並於加工完成後將資訊上傳，並同時針對供料系統傳遞完成訊號，以

便供料系統可經由聯網技術即時掌握與傳遞加工製成狀態，如圖 9 所示。

2. 刀倉刀具管理

主要針對工具機少量多樣混線生產需求，以模具加工製造為例，為相當典型的少量多樣化生產，一般工具機的刀庫存量無法滿足所有模具生產所需的刀具數量。若要滿足混線生產需求，在生產不同批量產品時需要智能化的管理系統，一併將工具機刀庫所有刀具進行確認及更換。本案刀倉管理系統，統一管理刀具與備刀工作，工作人員再依據工單資訊進行預先備刀任務。備刀部分使用統一刀具托盤，每個刀具托盤整合感應晶片來進行資訊傳遞與確認之工作，最後再藉由機械手臂進行刀具托盤上料工作，如圖 10 所示。

四、研究結果與未來發展

(一) 研究結果

本系統可協助下游金屬模具業者，縮短模具加工前製程所需時間 10% 同時減少人力



表 1 導入前後效益

項目	導入前	導入後
技術	專精於工具機單機設計、製造，與檢測分析，缺乏整線設計規劃能量。	1. 由單機設備供應提升為具整線設備供應能量的廠商，提高廠商產能。 2. 建立虛實整合之智能化預警診斷技術能量。
功能	缺乏設備預警診斷、智慧化派工管理。	1. 智能化派工系統。 2. 機械手臂失效預警。 3. 設備聯網及遠端監控。
成本 (下游製造業者)	1. 人力成本 6 人/線，1 人 1 機進行設備操作與工件上下料。 2. 人力成本每年約 420 萬。 3. 刀具人員更換，無法有效控管，且易造成錯置機會。	1. 1 人搭配 6 台加工中心機進行設備維運。 2. 人工由 6 人縮減為 1 人，人均生產力之提升可 5 倍。 3. 人力成本每年 100 萬。 4. 刀具自動化上下料，提升生產效能。 5. 設備預期 3 年內攤提。
生產力 (下游製造業)	平均每個模具生產時間約 2~3 小時。	1. 縮短模具加工前製程所需時間 20% 以上。 2. 降低人員上下料與換刀所需時間與人員出錯機會。 3. 可延長作業工時達 24hr 連續生產。 4. 避免機台無預警停機的損失。

成本，可促進下游金屬加工業者投資進行產線升級。製造業產線升級除系統購置成本外，尚需搭配廠房改善、新聘人員、以及自動週邊等投資，估計每一條彈性混線金屬加工產線可帶動 3,000 萬以上之新增投資，全案估計可創造 1 億 5 千萬元以上之新增投資，導入前後效益如表 1 所示。

(二) 未來發展

國內正值智慧製造轉型初期，機械設備業者的技術能量尚未完備，透過應用端 Know-How 的導入，結合法人之研發能量，可以逐步建立相關供應體系之研發能量，包括機器手臂、智能化軟體等等領域。期可牽連帶動關聯之金屬製品產業投入自動化設備升級與汰換，藉由導入機器人與產線整合之技術能量，以更具彈性的生產方式因應未來傳統產業型態的轉變。

參考文獻

1. 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會(資料整理)，「經濟與景氣指標」，智慧自動化產業期刊，第 27 期，P.6-P.15，2018 年 12 月。
2. 李宛玲，「迎接智慧製造時代/銜接智慧機械引領產業革新的橋樑-SkyMras」，機械資訊，第 716 期，P.25-P.30，2016 年 10 月。
3. 劉軒佑，「如何導入智慧機上盒打造智慧工廠」，機械資訊，第 737 期，P.8-P.13，2018 年 07 月。
4. Techane A., Wang Y.F., and Weldegiorgis B. 2018. "Rotating Machinery Prognostics and Application of Machine Learning Algorithms." Phmconf 10 (1) : 01-07.
5. Sergio F.O., Fortino G., Fatta G.D. 2017. "Cyber-Physical Systems, Internet of Things and Big Data" Future Generation Computer Systems 75 : 82-84.



建構智慧機械的四大關鍵要素

寶元數控股份有限公司工業 4.0 系統部產品經理 / 張友友

關鍵字：智慧機械、工業 4.0、智慧機上盒、感測器、工具機、機聯網

摘要

「工業 4.0 (Industry 4.0)」是世界各國爭相推動的重大革新，其延伸出的幾個關鍵技術議題包括：智慧機械、工業互聯網、大數據分析以及人工智能等等都是產業界競相研發與推出相關服務的新戰場。

一、前言

從 2011 年開始至今日，其間美國、德國、日本、韓國、中國等紛紛提出重大的工業 4.0 相關推動計畫，機械設備佔臺灣出口的金額與比例甚高（參考圖 1），行政院也於 2015 年提出了相近的生產力 4.0 發展方案，其願景主要希望能取得轉型發展所需要的關鍵技術自主能力，其次是考量臺灣大部分為中小企業的產業生態，希冀能參照自行車產業 A-Team 的形式，締造螞蟻雄兵型的競爭優勢並結合產學界培育相關人才。

台灣機械設備出口值		
年度	以美元計價出口值	年增減率 (%)
2010 年	167.259	52.2
2011 年	211.060	22.6
2012 年	200.939	-1.8
2013 年	197.591	-1.6
2014 年	208.870	5.7
2015 年	194.320	-6.9
2016 年	211.470	-1.7
2017 年	256.000	21.2

資料來源：台灣機械工業工會
單位：億美元 製表：沈美幸

圖 1 台灣機械設備出口年度表

2016 年 7 月 21 日，行政院通過「智慧機械產業推動方案」期許能推動產業導入機台智慧化並建立起智慧機械產業生態體系；2017 年 7 月機械公會在智慧機械執行委員會會議上首次提出 Smart Machine Box（智慧機上盒，以下簡稱 SMB）的裝置概念，希望能借鏡 TV Box 的設計理念，達到即插即用、快



速整合 IIoT 以及達到機台智能化等目的；同時經濟部工業局也推出了 SMB 的產業輔導計畫並由財團法人精密機械研究發展中心擔任執行單位，進行相關宣傳與推廣等活動並取得了 2018 年搭載機台總數破千台的輔導成績。

寶元數控股份有限公司（以下簡稱 LNC）為亞洲知名控制器製造廠商並以打造控制器精品百貨為宗旨；身為工具機台的大腦角色的控制器，相當於智慧機械最重要也是最初的一環，LNC 於 2015 年開始推動工業 4.0 相關技術研究開發，並陸續推出智慧機上盒、智慧感測器、LNC SCADA（Supervisory Control And Data Acquisition）等工業 4.0 相關研發產品，同時擁有超過 30 間的伙伴廠商，共同打造智慧機械的生產圈，對於相關技術有多樣化的實戰經驗。

如同其他產業一樣，「轉型」是一個重要但卻模糊且不明確的字眼，尤其智慧機械的智慧二字更是難以量化估計的抽象詞彙，工具機產業界中最常提出的問題即是「怎樣定義一個機台是智慧機械」，經濟部工業局提出的智慧機械產業推動方案裡面，對於智慧機械的定義為「具備故障預測、精度補償、自動參數設定與自動排程等智慧化功能之機台」，本文就幾個項目來探討打造智慧機械的四大關鍵要素。

首先以故障預測功能來看，要做到這個功能首先當然必須知道故障的項目為何，由於故障的種類繁雜，大多數會由控制器這邊統一以警報的形式發出，所以如何取得控制器警報資訊會是第一個問題癥結，其次是預測的部份，要預測如此眾多的故障，基本上

會需要應用到感測器（Sensor），想要釐清的故障種類越多，就會需要越多形式的感測器來協助監測機台資訊。

再來以精度補償和自動參數設定這兩個項目來分析，以現行業界慣用的操作動線來說，要達到機台精度補償必須要有實時掌握機台狀態的資料來源以及數據庫，才能針對各種不同原因造就的精度下滑進行補償；同時如要能自動參數設定，同樣也必須具備各種狀態下的參數資料庫來進行設定。

最後是自動排程的部份，建立生產排程的最大重點就是必須時時掌握生產現況，同時也必須整合前生產管理系統與現場生產機台，建立完善的機聯網路是不可避免的；如果要達到全自動的生產排程勢必也會需要其它自動化機構的輔助，例如自動上下料、自動搬運以及自動檢測良品等等其他機構、裝置和設備的整合，加強機台的生產流程管理。

由以上幾點可得知，打造智慧機械的關鍵要素可大致統整為感測器、機台控制器、裝置整合、機聯網等四個大項目，其中「機聯網」或許是較為陌生的名詞，這裡稍作解說，有別於一般所謂的物聯網，機聯網指的是工業機台的相互聯網，使得機台資訊能被統合收集並且能相互交握；下面我們就分別對四大關鍵要素的發展狀況與技術癥結來進行討論。

二、感測器在智慧機械的角色

早在許久之前，感測器即被大量應用在工具機上，尤其以射出成型機等塑膠相關機種應用數量最多，最為常見的感測器有壓力



計、位移計、溫度表、速度計、加速規以及荷重元等等種類相當繁雜，如此豐富的使用經驗理論上要打通感測器邁向智慧機械的環節應該是輕而易舉才對，但理論與實際總是有差距的。

感測器過去在使用上大致可分為兩個面向，一是機台出廠檢驗，另一則是作為必要的機台運行判斷依據來使用；前者屬於高精度/大體積/高單價的應用，通常機械廠會購買 1~2 台作為出機前的外部校正檢驗使用，沒有與機台控制器做連結，同時也不會隨著機台出到生產端；後者則通常是已包裝好的機構應用，與機台連線大多僅僅透過 I/O 點來進行，告知控制器是否可以繼續往下個流程作動的 Yes or No 訊號，缺乏詳細的感測數據資訊，間接降低了這些感測器的 CP 值。

要達成感測器在智慧機械的良好應用，需要有四項不可或缺的條件，分別是：適當的價格、工業環境的耐受性、良好的通訊介質以及與其對應的技術資源；適當的價格為整體產業帶來優勢，良好的通訊介質可保證資料能有效地傳遞給其他裝置，在工業環境下的耐受性決定了該感測器是否可以長期在機台上接收資料，而擁有充分的技術資源才能有效的活用感測器的資訊。

目前各界發展的感測器由於搭上了智慧手機的風潮，整體有體積越來越小以及單價越來越便宜的趨勢，唯二需要考量的是商用規範等級與工業規範等級的區別以及量測範圍等規格問題，如何將價格 Down 下來且精度和安全性提升到工業規格就是感測器硬體上的課題，理想上智慧機械上的感測器要達

到 IP67 等級以上才合用（IP67 為國際防護等級認證，第一個數字 6 代表完全防塵，第二個數字 7 代表可在 1m 深以內的水中運行 30 分鐘以上不會導致設備損壞）。

在通訊協議方面，傳統感測器多半以數位單點訊號（DIO）和類比訊號（AIO）來進行感測資料的傳輸，但由於這些通訊方式的更新頻率與穩定度較低，高取樣頻率的感測器通常會附上解析電路與螢幕來呈現感測器資料解析結果，這無疑是墊高成本的原因之一；為了解決這個問題，許多感測器業者皆陸續推出搭配工業現場總線通訊協議的感測器，使用良好的總線通訊協議可使機械製造廠商避開感測器通訊相容性的問題，大幅提升更換感測器廠牌時的便利性，同時總線通訊的傳輸速率相當高速，遠非傳統使用類比或數位訊號輸入可比擬，藉此可將感測器 Raw Data 導入控制器中，由控制器直接進行演算，達到完全整合進機台本身的目標；目前較常見的感測器總線協議為 IO-Link 和 EtherCAT，均是已發展並在業界運行多年的通訊協議。

最後則是目前普遍最缺乏的技術資源部份，許多已經添購或想要導入感測器的廠商最容易遇到的兩個問題就是「感測器要裝哪裡？」和「感測器的資料可以做什麼？」，雖然學界與法人單位對於感測器的應用技術在近幾年已有大幅度突破，各種應用如：機台溫昇熱補償、刀具壽命預測和影像定位辨識等都是在打造智慧機械過程中非常重要的進階功能，然而這些技術都受限於繁複的參數設定與冗長的測試流程而無法大量快速複製到所有機台上，這是由於智慧機械的本體



在於「機械」二字，而越是智慧化的功能越跟機構本體有著千絲萬縷的關聯性。

且不提不同產業的機型架構本身就不同（如車床、銑床、磨床等等），就算是同樣機型由於每家的結構設計、材質用料、刀具與工件不同等原因都有大幅度的差異，在更甚於就算是同家廠商生產的同機型的機台，也都會有組裝誤差等不同點，這些機台差異會導致這些智慧化功能需要重新設定參數以及測試，而這些工作若是都需要第三方來協助，會導致整體人力成本被拉高非常多，這就是為何目前技術感覺成熟但遲遲沒有立刻量化的最大理由，長期來看若要打造具備完整感測輔助功能的智慧機械需要機械廠與控制器廠商擁有足夠的技術能量來建置這些功能，只有控制器廠商才能將感測器資訊完整的統整與被使用，而只有機械廠才能最完整的了解機台結構等資訊。

圖 2 為 SVI 系列加速規，並提供其 EtherCAT 作為總線通訊介質，將相關應用盡可能的先整合，降低使用上的技術門檻且採用 Plug In 的隨插即用架構。

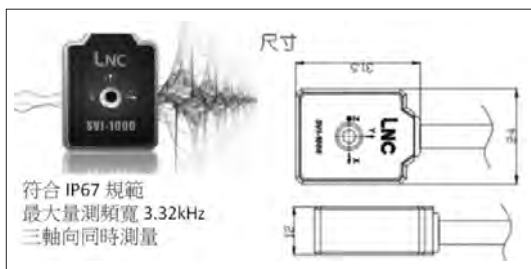


圖 2 LNC SVI 系列加速規感測器

三、機台控制器在智慧機械的角色

若是問「機台的大腦在哪裡？」這個問題，得到的均會是「機台控制器」這個答案；傳統機械上控制器主要分為三大類，分別是 PLC（可程式化邏輯控制器）、NC（數值控制器）以及 IPC（工業電腦），無論哪種都是負責處理整體機台運行的中樞核心，在智慧機械上也理所當然地扮演著不可或缺的角色，但在如何從傳統機械轉為智慧機械的方法上，控制器部份因應使用環境演化出了兩個不同方針。

最直接了當的方式就是選用本身具備智慧機械所需功能的控制器，需要有以下特徵：擁有良好的通訊架構、集成包含感測器與周邊裝置的整合能力及相關軟體功能，如此對於機械製造廠商而言可以在最短的時間內打造出具備智慧機械定義的機台設備；然而這個方法的缺陷也是顯而易見的：第一點是在生產端的機台無法個別更換控制器，導致舊機無法推展至智慧機械，而機台造價高昂且壽命最少也有 5 年以上，勢必會造成廠區更新緩慢，無法快速進化至工業 4.0 的領域。第二點是這種方法會失去各家機械製造廠的獨有特色，進而無法造就彼此的差異化，只是從傳統機械的價格戰轉變為智慧機械的價格戰而已。第三點則是控制器廠商同時也注重自己的品質穩定度，所以對於智慧機械需要擁有的大量功能無法一次性的快速導入，會需要長時間的驗證不會對原始已經良好的加工精度與流程造成影響，所以大部份控制器廠商都選擇緩慢的逐步導入各式新功能進去；為了排除以上三個問題點，大部份的機械製造商就拓展了第二條邁向智慧機械的道路。



為了不改變現有機台的加工精度，但又想取得智慧機械的好處，而且還要能隨裝隨用讓舊機也能快速導入，於是就誕生了在摘要中也有提到的智慧機上盒（SMB）計畫，SMB 的訴求即是在於透過將上述提到的智慧機械控制器應具備的功能移轉到 SMB 上面，使之成為一個可以外掛使用的配件，可以把它看成是一個機台的輔助控制器，藉由與主控制器連線，同時擴展其它智慧機械應有的能力，藉此快速達成所需的功能性。

SMB 目前主要發展是以 IPC 當基底為主，因應不同使用環境可能有不同作業系統（OS）與規格等級等差異，其著重的功能面也各有其不一樣的地方，各家機械製造廠或控制器製造廠商也都根據各自需求推出專用或泛用的 SMB，如東台、協鴻、永進等機械製造廠，就有自己使用 IPC 來建構屬於自己機台特色的智慧機械相關功能，工研院、PMC、寶元數控則是以泛用性導向為主希望讓缺乏技術能力的中小製造商提升機台智能化的程度，其多樣化可見一般。

以 SMB 所需具備的技術而言，最重要的是與主控制器通訊的能力，而最令人感到悲觀的是，世界主要品牌控制器提供廠商的缺乏一個統一的通訊介質，例如 FANUC 主要提供 FOCAS 作為其通訊手段、三菱提供 Custom API、西門子主要支援 OPC UA、MAZAK 採用的則是 MTConnect，各家都有各自不同的通訊介質，這無疑是提升了 SMB 在整合機台時的難度；同時太過舊型或較為低階的控制器則是原本就不具備能取得控制器資訊的通訊手段，在這種狀況下變得需要改以 I/O 等方式取得機台的基礎資料。

除去 SMB 對機台的通訊層面以外，SMB 本身所具備的對外通訊能力也是重中之重，一台符合智慧機械需求的 SMB 會需要能提供豐富且泛用的通訊介質讓周邊裝置或機聯網連結，這方面目前雖也是百家爭鳴，但以市場趨勢來分析，大致上周邊裝置的通訊協議主要使用 PROFINET、Ethernet IP、EtherCAT 三種，前兩者歐美使用較多，EtherCAT 則是在亞洲地區較為熱門，而機聯網方面需求以連結 SCADA、MES、ERP 導向的協議則主要使用 Modbus TCP、OPC UA、MTConnect 這三種，尤其以 OPC UA 的發展最為迅速，Modbus TCP 則是覆蓋率最高。

最後是軟體整合的部份，一般 SMB 會將常見的智慧化應用包裝進去，同時採用開放式架構讓用戶可自行用程式語言或人機開發工具撰寫獨特的客製化軟體，藉此讓整合度不同或有其獨特技術的機械製造商達到機台差異化；目前市售 SMB 大多強調其連結機聯網的功能性為主，一部分原因是這個環節的技術含量比較沒這麼高，另一個部份是機聯網在短期會比較快可看到成果，然而在感測器等周邊裝置的應用與連結在智慧機械的占比相當大，挑選 SMB 時同時也應注意其周邊擴充的延伸能力；寶元數控推出的 IFC 系列主要就是瞄準周邊裝置整合的應用所推出，支援多款主控制器並提供 EtherCAT、Modbus TCP、OPC UA 等通訊介質來整合其它設備，內建多數智慧化軟體的同時也提供 SCADA 軟體與資料庫通訊的部份，提供全面性的智慧機械方案（參考圖 3）。

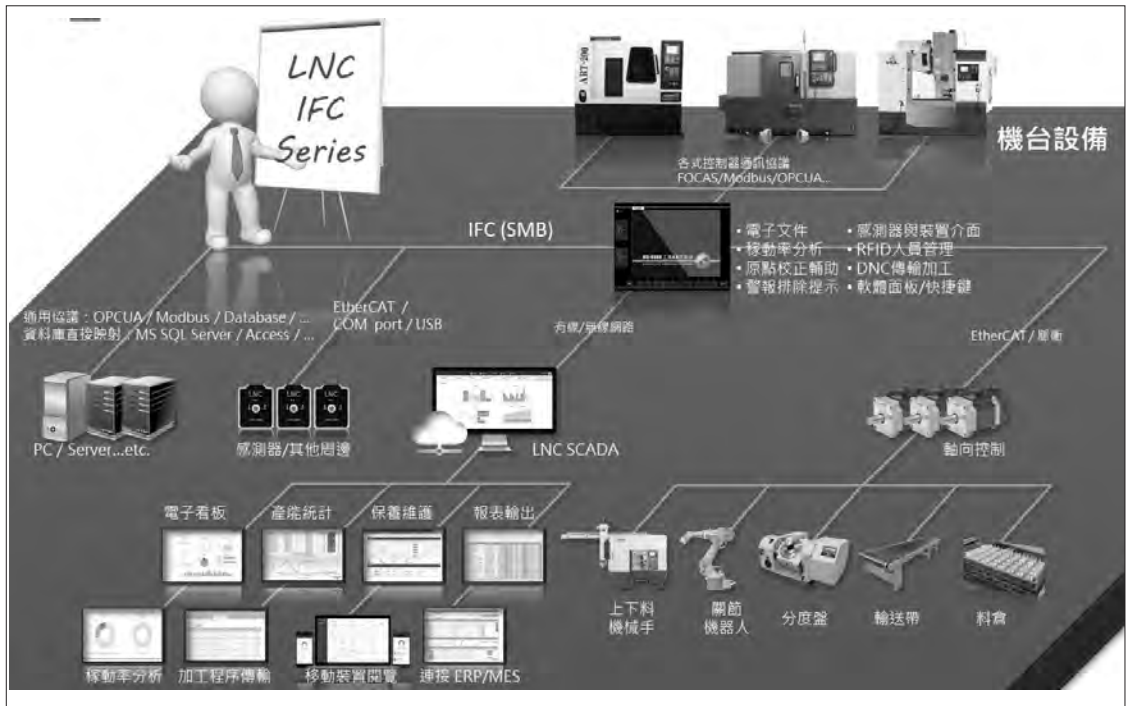


圖 3 LNC IFC 系列整體功能總覽

四、周邊裝置在智慧機械的角色

整合周邊裝置能力在打造智慧機械的過程中的必要性也是重中之重，周邊裝置這個詞能包含的種類型態又相當廣泛，從前端到後端常見的周邊裝置分別有感測器、運動控制設備、IPC、Server 等等，感測器在前面章節即已說明過，IPC 與 Server 通常是屬於機聯網的擴充連結先放到後面再探討，這裡主要針對運動控制設備的部份進行分析。

這個章節所陳述的運動控制設備並不是指機台本身的運動軸或主軸，而是指外部的輔助運動裝置，比如：上下料機械手、分度盤、料倉、刀塔...等等都是屬於此類；從傳統機台開始就這些裝置就已經被廣泛使用，

然而過去再整合這些輔助運動軸時經常是使用高成本的整合法，以上下料機械手為例，機械手由於有自己的工序，所以通常不會用機台主控制器透過擴充軸數來控制動作，多半會再安裝一個機械手控制器來撰寫其動作路徑與流程，同時機械手控制器與機台主控制器透過 I/O 的方式進行交握；這種方式主要是成本較高，且當 I/O 訊號有問題時有可能會導致誤動作而撞機並造成鉅額損失；這時就會需要看這些周邊運動裝置如何整合到上一章節提到的控制器或 SMB 端，透過完整的總線式通訊將裝置運動資訊與機台控制器整合。

在打造智慧機械的同時，運動裝置的使用頻繁度與種類也大幅提高，比如要做到成



圖 4 LNC SMB 與旭陽分度盤的整合

品自動抽檢功能時，會需要搭配輸送帶或機械手以及要控制空壓或油壓開關等等，這些裝置如果要逐一分開控制將會帶來巨大的技術難題及成本，如同上述所說，與控制器和 SMB 端的結合是有其必要的；正所謂資源太少而慾望無窮，硬碟空間、計算能力、軸數支援這些都是控制端永遠無法滿足使用者的難題，在有限的資源之下，要先確立所想打造之智慧機械的智能化標的為何，若是整體無人化工廠，那麼首要就是上下料、成品檢測等項目，但若是以單一機台來考量，則就是料倉、分度盤、刀塔、刀庫等較會有需求面向，一次考慮太多要素上去通常很容易發散，這也是目前機械製造廠在打造智慧機械時常見的問題之一，需要更清楚的擬定機台定位，進而設計導入相關合適設備。（參考圖 4）

五、機聯網在智慧機械的角色

機聯網在前言即有大致介紹過主要指的是機台的交互聯網，主要在於統整與分享各機台的資訊，依照不同使用範圍及其特徵可大致區分為 SCADA、MES、ERP 等不同環節（參考圖 5）；目前主要的機聯網架構應用

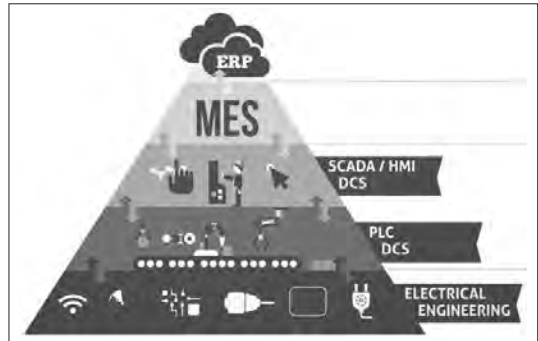


圖 5 SCADA、MES、ERP 的關係圖

集中在產能與稼動率統計、工單管理、機台警報提示等項目上面，是屬於生產管理的一環，其作用主要就是提升終端用戶（即機台的使用者）的管理效率，傳統上生產管理的資訊來源是派人員帶著紙張抄寫各機台的產量與良率等數據並輸入到電腦內做計算，耗費了大量的人力、時間以及紙張消耗等成本，同時也有人為疏失導致資料異常的問題發生；透過導入機聯網後可極大幅度的減少這些成本支出，同時避免掉錯誤率的發生。

生產資訊固然在管理上是相當重要的一環，但機聯網所能提供並涵蓋的功能範圍其實是遠遠不僅如此；從提升整體生產效率來說，理論上所有機台相關操作都可由機聯網的中控中心來完成，但除非是無人化規劃詳盡且資訊安全在完全控制下的特別廠房，不然是不建議將機台的啟動和停止等屬於直接操作的重大行為採用遠端控制，一是考量到現場人員的人身安全問題，二是網路遠端控制具有被入侵的風險在；不過除此之外的間接操作仍可對整體效率帶來極大的幫助，比如說加工程序或參數更新的傳遞，以往基本由人員在編輯後以隨身碟或 CF 卡等方式逐個機台進行操作，同時也缺乏在線的管理檢測



圖 6 寶元數控 LNC SCADA 的八大功能頁面

確保每台機台的加工程序和參數等被人非正規性的修改；經由導入機聯網後可快速在中控電腦統一發佈加工程序或參數的更新，整體效率獲得飛躍性的提升，同時可自動定期比對在機台上的資料是否與中控電腦相同，真正達到「控管」的目標。在另一方面，各機台加工過程遭遇到問題時，可將感測器資訊與參數狀態等資訊擷取下來，除了可大數據演算分析推論其問題原因或進行預測判斷，這些在線數據同時也可做為其他機台的參考標準，交叉比對分析更能掌握並預測機台警報時間點與原因。（參考圖 6）

機聯網整體應用上會隨著使用的範圍與中控電腦架設的高度（局域網路、網際網路、雲端等等）而有不同的變化，目前業界均在積極推動其覆蓋率與延展性，PaaS（Platform as a Service）、SaaS（Software as a Service）、IaaS（Infrastructure as a Service）等相關應用框架也在不斷的架構中，除機台本身、機械製造廠以及生產業者外，

最終目標還是要思考如何與消費者建立直接快速的資訊管道，達到最終工業 4.0 的整體目標。

六、結論

目前世界各先進國均已在大力推動智機產業化和產業智機化的議題，前者是將智慧機械的整體生產鏈尤其是前面提到的四大關鍵要素：感測器、機台控制器、裝置整合、機聯網，進行整合發揮，打造智慧機械一條龍服務的產業群落化，後者則是以產線導入使用智慧機械為目標，讓生產製造業者能確實的享受到智慧機械帶來的好處，同時增強整體生產效率並節約資源的浪費，提升國際市場競爭力。

臺灣擁有健全的關鍵零組件生產製造力，同時在機械製造的部份更是在國際佔有一席之地，但面對德國日本的品牌技術優勢和中國大陸的低價攻勢的雙向夾殺仍需保持



戒慎恐懼的心態穩扎穩打，重點針對技術研發與人材確保兩方向進行推動。工業 4.0 帶來的產業洗牌效應目前才剛要開始浮現檯面，在此良機更應該積極面對智慧機械議題，若是一味追隨別人的腳步採取模仿的策略，整體產業價值將會逐步降低，甚至最後消失在龐大的國際化市場之中；寶元數控從 2014 年即開始投入研發智慧機械的相關技術，至今已累積相當的案例與 Know-How，期盼與產業先進和夥伴們一同在這個嶄新的時代潮流中建立一席之地，打造下一個十年。 ◆

參考文獻

1. 行政院生產力 4.0 發展方案（核定本），2015 年 9 月。
2. 五大產業創新研發計畫 - 智慧機械產業推動方案，經濟部工業局，2016 年 7 月。



金屬製品產業導入智慧製造應用

金屬工業研究發展中心 精微成形研發處處長 / 林崇田

關鍵字：智慧製造、智慧機械、智慧機上盒、數位轉型、工業物聯網、大數據分析

摘要

智慧製造是指製造過程具有自感知、自決策、與自執行的功能技術、模式、模組與系統。對產業而言，智慧製造大致具有四個特徵：以智慧工廠為載體，以關鍵製造環節的智慧化為核心，以端到端數據流為基礎，和以網通互聯為支撐。在製造過程中各環節與資訊技術深度融合，結合如：物聯網、大數據、雲計算、人工智慧等，形塑朝向智慧產品、智慧生產、智慧工廠、智慧物流等未來趨勢。

一、前言

發展智慧製造技術已經是歐、美、日、韓被列為重視之發展項目（例如德國「工業4.0」、美國「AMP」、南韓「製造業創新3.0計畫」、日本「工業4.1J啟動實驗」等均列為主要發展項目之一），如圖1所示。轉型、升級、二代接班是目前臺灣產業界面臨的三

大問題，亦是所有產業的另一個契機，這樣的變革也會對下一個十年的產業競爭有所影響，尤其傳統金屬製品產業，近年來紛紛開始投入所謂工業4.0。探究其原因歸納出，第一，軟硬體工具變多，成本下降、取得容易，這是誘因。第二，產業需求整體性改變，過去都是以標準化製造為主，產品生命周期長，工廠裡存在不同種類的設備，會使得設備連網的困難度增加。現者，面對大陸的競爭，傳統產業生產模型也逐漸由量產型走向客製化型，產品生命周期變得很短，產線、材料、製程都要一直改變，對於設備的連網，以及要求品質一致，這些都翻轉長久以來傳產的生產模式。

我國政府看到這樣的產業問題，因此2016推動的5+2政策—其中「智慧機械」就是來解決產業問題。以精密機械導入智慧技術，透過智慧化產線進行智慧製造，並以國內產業為練兵對象，進而整廠整線輸出國外，建構智慧機械產業之生態體系，如圖2所示。



圖 1 全球智慧製造策略



圖 2 我國智慧機械 5+2 政策



許多人談智慧製造，多半都在講 ICT 技術、自動化、機器人，但不過是眾多的工具之一，重點在於觀念、文化、和組織架構，管理者一定要改變觀念，要換個不同思維去看待智慧製造對於公司整體生產效益及影響力，組織架構要重新改造，不然就算投入大量人力、物力、資金導入自動化設備、機器手臂，若沒有思考企業為何要導入智慧製造，衍生帶來的效益為何，以用整體規劃搭配分段實施，很難立即看見成效。針對中心長期服務的金屬製品產業而言，該思考的是如何利用自身優勢（長期以來的領域知識基礎），因應全球市場變局，改造思維及組織，才能一步一步看見智慧製造產業升級的成果。

根據 2015 年美銀美林報告指出，目前製造業約有 10% 工作由機器人完成，到 2025 年導入比例將上升到 45%。然而機器人取代的是勞動，而不是工作。很多工作是適合且需要人、機器協作的。工業 4.0 的核心是智慧整合感控系統（Cyber-Physical Systems，CPS），可以分別從三層概念來解釋。第一，機器跟機器要連網；第二，雲跟端要整合；第三，人跟機器要協作，如果這三層概念應用在生產線，最終展現出來的就是智慧工廠。過去，產業只將專注力放在把硬體做好就有生意，現在完成硬體只是一部份，提供系統性的服務才是賣點。

過去在談的「e化」和智慧製造有點類似，也是一個演化的過程，並不是 0 或 1 的概念，所以沒有所謂的完成終點，它是進行式，不斷進化，根據每一家公司、產業特性而有所不同來調整。透過知識管理可協助企業有效率的管理所謂領域知識，並傳承知識

與提供資源以進行創新，保有企業的國際市場競爭力。如何重複利用可用的專業技術知識，並利用知識管理系統以進行創新研發服務，為公司創造更大利益，就是傳統產業下一步該思考的問題。

由 Enterprise Strategy Group 與 Vanson Bourne 等兩家市場研究機構，2018 年 7 月發表的《2018 年 IT 轉型成熟度曲線報告》，以及《數位轉型指數：臺灣市場洞察》，前者調查對象針對全球四千位 IT 決策制定者，後者則針對臺灣 100 家中大型企業主管。IT 轉型成熟度調查結果顯示，高達 81% 的受訪者表示，若不結合 IT 轉型，公司將喪失競爭力，與 2017 年的調查相比，多出 10%；而認為企業正面臨加速產品與服務上市時程的壓力，比例竟高達 88%；對於各企業的數位轉型專案的推動，有 96% 的企業表示已開始著手進行。另外，在 10 月中公布的臺灣企業數位轉型指數裡面，認知到數位轉型面臨重大的障礙的比例高達 96%，而有 92% 的臺灣企業主管贊同數位轉型應落實在公司內全面推展。在數位化程度的部份，只有 10% 的臺灣企業自認為領導者，趨於成熟的採納者為 25%，逐漸進行規畫與投資的評估者是 32%，相關投資不多的追隨者為 24%，沒有這方面計畫的落後者是 9%。

若看臺灣企業的狀況，有五大障礙阻礙這些公司的數位轉型：首當其衝的是資安疑慮；再者，是缺乏智慧製造所需的技能與專業；第三是欠缺具連貫性策略及願景；第四是不成熟的轉型文化，以及企業內部缺乏協調與協作；最後則是缺乏預算與資源。

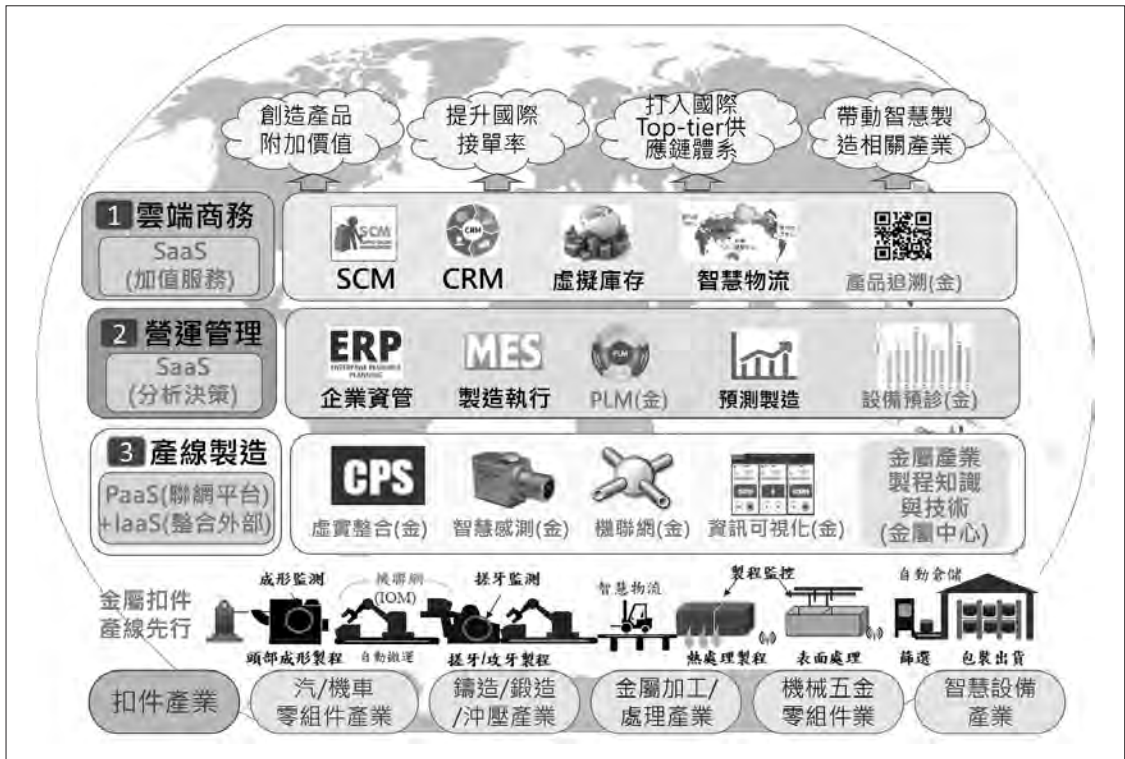


圖 3 金屬中心智慧製造推動架構

圖 3 說明金屬中心在智慧製造導入金屬製品相關產業，應具有三層架構：產線製造、營運管理，以及雲端商務，以扣件產業先行，進行擴及到汽/機車零組件產業、鑄鍛焊產業、沖壓產業、金屬加工/處理業、機械五金零組件產業等，主要訴求在創造產品附加價值（五金扣件、航太扣件、車用緊固扣件）、提升國際接單率（目前扣件全球占有率 4-5%）、打入國際 Top-tier 供應鏈體系、帶動相關智慧製造相關產業。

智慧機械為政府五大產業創新政策之一，主要目的是將臺灣從精密機械升級為智慧機械，以創造就業並擴大整廠整線輸出。對於企業而言，產業智機化的做法會是從市

場訂單盤點需求，依據實際狀況逐步實施推動，包括：單一設備智慧化、生產線智慧化、整廠智慧化，以及供應鏈整合。而我國政府 2017 年推動產業智機化、智機產業化，研擬智慧機械產業推動方案，強調：建立系統整合 (SI) 解決方案/產業應用試煉場域、建置北中南應用中心/培育智慧機械與製造跨域人才，並推動公協會跨域供需合作。

二、產業智機化

金屬製品製造業為各種消費性產品、建築工具和用材的上游，接續在金屬基本工業（包含鋼鐵、鋁、銅、鎂等金屬基本工業）之後，主要製造電子與半導體、運輸工具、



表 1 2009-2014 年金屬製品業產值

次產業	單位：新台幣億元						
	年	2009	2010	2011	2012(e)	2013(e)	2014(f)
手工具業		440	583	618	645	677	700
螺絲螺帽業		749	1,124	1,287	1,213	1,239	1,264
表面處理業		1,051	1,448	1,615	1,471	1,409	1,571
模具業		423	519	569	538	571	580
其他金屬製品業		2480	3070	3436	3537	3353	3244
金屬製品業合計		5,143	6,744	7,525	7,404	7,249	7,359

資料來源：工業生產統計；金屬中心 ITIS 計畫整理(2014/03)。

家電產品、事務機器、鐘錶儀器及他五金等相關產品之基本零組件。而根據行政院主計處於 100 年 3 月第九次修訂的中華民國行業標準分類中，金屬製品製造產業定義為：舉凡從事金屬鍛造、粉末冶金、手工具、結構及建築組件、容器、模具、表面處理、熱處理及其他金屬製品製造之行業均屬之。

金屬製品產業產值占製造業 6.2%；廠家數占製造業 20.4%，在製造業中排名第 1 位；就業人數占製造業 11.1%，於製造業中僅次於電子零組件業。貿易方面，金屬製品業出口比例達 61.2%，顯示金屬製品業在國際市場具高度競爭力；但其進口依存度也高達 59.2%，多半仰賴高品級半成品產品進口，產業面臨的問題包含高值產品受國際認證不易、高端的表面處理技術（符合環保法規）多半由國外技術引進，以及供應鏈體系需仰賴進口，如表 1 所示。

有鑑於傳統產業數位化能力不足，生產數據多以紙本記錄，仰賴人工操作，故需協助中小企業導入數位化，因此政府擬訂智慧

機上盒（Smart Machine Box, SMB）產業輔導計畫，透過智慧機上盒（Smart Machine Box, SMB）附加於機械設備，並具備資料處理、儲存、通訊協定轉譯及傳輸，以及提供應用服務模組功能之軟硬體整合系統，從自動取得機台資訊，到現場資訊串聯整合（MES，製造執行系統），到後台產線虛實整合，以協助國內機械與製造業導入設備聯網、生產管理可視化與智慧化應用之智慧工廠方案，進而提升國際競爭力，如圖 4 所示。

另外近年來，許多一線大廠推行的 MOM 系統（製造運營管理），用於管理產品和服務的創造、開發、生產和分銷。MOM 是一種監督製造過程各個方面的方法，並且特別側重於提高效率。從單個生產設施擴展到整個供應網路，監控製造過程的各個方面，包括生產能力分析、在製品庫存周轉和標準提前期。生產管理軟體提供有關作業和訂單、人力和物料、機器設備狀態以及產品出貨的即時資訊。性能分析軟體顯示機器、生產線、工廠和企業級別的性能指標，以用於情景分析或歷史分析。

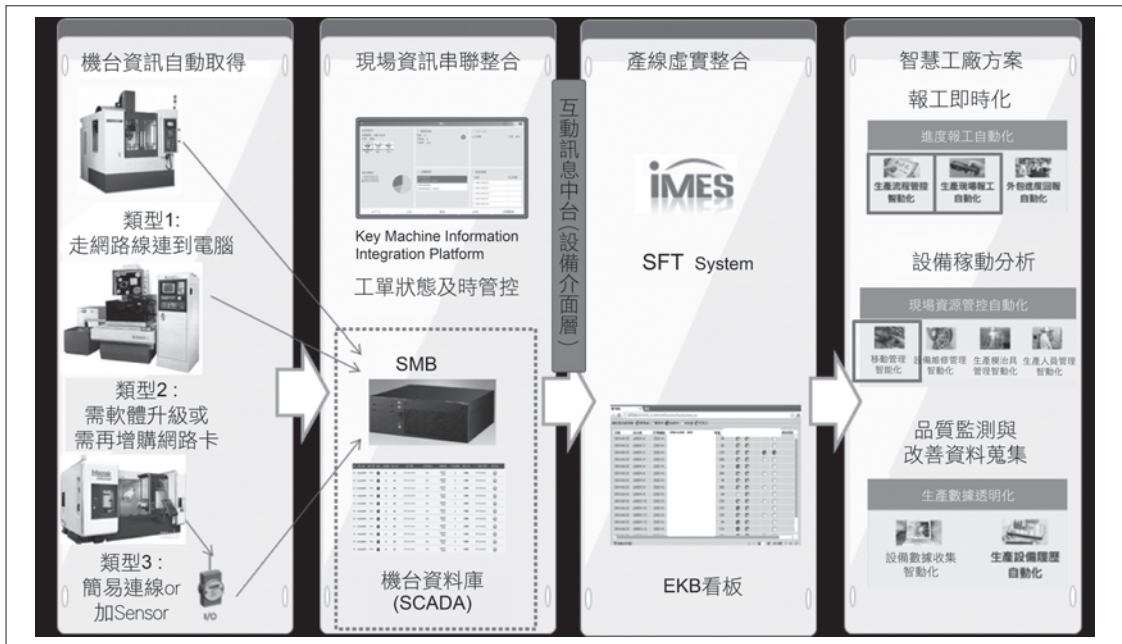


圖 4 智慧機上盒於機械設備架構

與 MOM 有關的一個主要標準是 ISA-95，即企業系統與控制系統集成國際標準。ISA-95 標準的官方名稱為「NSI/ISA-95 企業控制系統集成」，此標準可從整個公司角度審視系統集成，使您可以將上千個操作和資料點精煉歸納為一個可理解的框架。該標準專注於活動，並且要一方面在企業與 ERP 之間定義和集成活動，另一方面在企業與 MES、MOM 和運營管理之間定義和集成活動。標準甚至涉及詳細的感測器和物理過程。MOM 系統解決以下關鍵的製造方面：品質、安全性、可靠性、效率和監管合規，如圖 5 所示。

以智慧機械推動 3 步驟來看：

(一) 生產管理導入數位化，從工業 2.0 到工業 3.0，因為傳統產業數位化的基礎能力

不足，協助業者導入自動化、製造執行系統 (MES)、企業資源規劃 (ERP) 等。

(二) 建立公版聯網服務平台 (PaaS)，我國傳統產業結構以中小企業為主，結合業者與法人建構的公版聯網服務平台，不需各自發展物聯網與雲端服務數位平台，可有效加速各應用產業導入智慧製造。

(三) 發展各產業應用服務模組 (SaaS)，不同的產業之領域知識與應用需求不同，結合產學研能量，運用公版 PaaS 的工具，發展各產業所需之應用服務模組推廣應用。



圖 5 智慧製造系統推動架構

三、產業案例說明

下面將介紹金屬製品產業導入智慧製造的產業型態、需求、以及實務做法，分別就模具產業、射出產業、以及金屬扣件產業逐一說明。

(一) 模具產業之智慧製造

本國模具及成形製造產業，2016年產值統計逾新台幣850億元（含自產自用者，例如大立光、鴻海等公司自用模具之生產應用模式），其中估計沖壓及塑膠模具約占80%（680億元）。而運用模具所成形/型生產零件產值，保守估計約模具產值之15~20倍，估計約一兆元（其中尚不含關聯零組件及後續產品產值）。根據ITIS統計，2015年國內模具業產值達新台幣487億元，廠商家數3,324家，從業人員38,000人，國內模具出

口率為31.5%，國內模具自給率92.4%，中小企業比率高達99%。根據經濟部104年工業統計調查報告顯示，模具相關從業廠商數高達3,389家，佔金屬製品製造業總廠商數的19.7%，是金屬製品製造業類別裡廠商家數最多的一個行業，就業人口方向共計約42,006人，位居金屬製品製造業排名第一位，為我們金屬製品業中最大規模。

模具總產值雖然不高，但每副模具可以創造其售價10~50倍之產品產值，估算臺灣地區模具所衍生之產品產值超過2.8兆元。臺灣模具產業由於品質高、價格合理，因此臺灣模具產值與出口比例逐年增加，2000年以後大約維持在550億元新台幣。在就業人口變化上，由於模具加工自動化導入，加上高科技產業導致人才排擠效應，使得國內模具產業就業員工數從最高50,000人降低

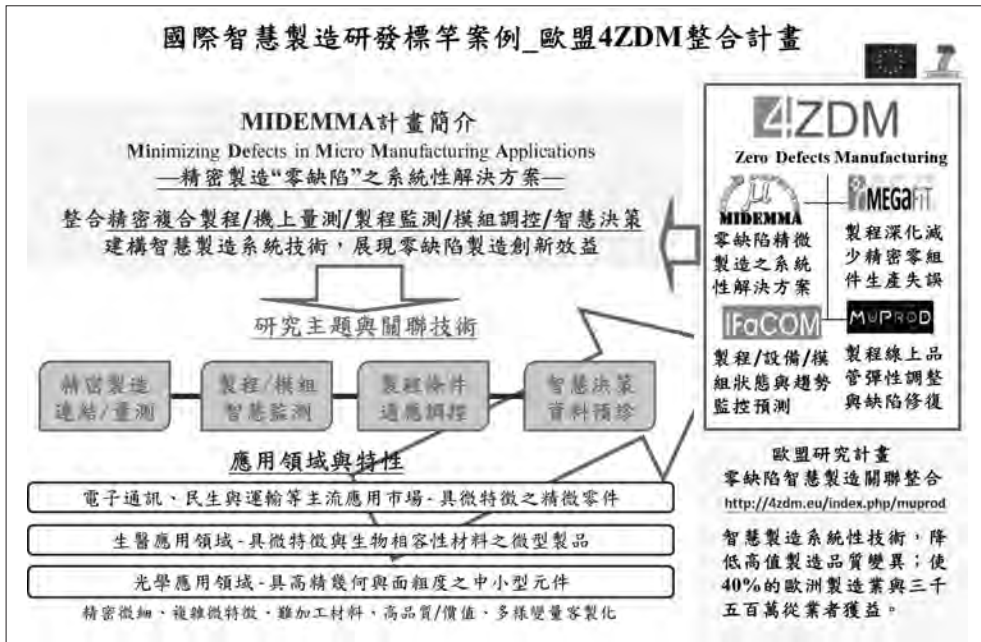


圖 6 模具智慧製造國際趨勢

至 38,000 左右，加上大環境景氣不佳影響，2015~2016 出口降至 200 億新台幣以下，產業環境面臨險峻考驗。

許多的精微產品為大量生產，採模具生產是最具經濟效益的方式。模具產業最大的問題在於勞動人力欠缺及客戶產品精度要求越來越高，目前的配置已無法滿足終端需求，故升級智慧製造急迫性殷切。精密模具產品由於尺寸微小、尺寸檢測困難，往往是組合完成再行測試，待檢出不良後已造成許多浪費。

參考全球先進製造與工業 4.0 風潮的歐盟策略，近年所強調推動產業智機化之重要性。由歐盟 EFFRA 未來工廠研究協會於 Horizon 2020 計畫推動的 FOCUS (Factory Of the future CLUsterS) 整合工作，指出如

何將歐盟持續於智慧製造議題下所推動 ZDM (Zero Defect Manufacturing) 零缺陷製造及 HPS (High Precision Manufacturing) 高精度製造，所發展之智慧監控模組、製程設備、及系統整合與服務技術實現產業化，將是國內產業未來與全球競爭之技術重點。

因此針對模具產業智慧製造升級，建議方向應為：升級模具產業以數位化開發與智慧製造能量，並提供模具應用客戶加速 60% 之客製模具開發服務。全球市場大量客製化需求持續擴大，目前臺灣模具產業雖朝「精密模具協同產品設計與開發」及「綠色模具設計與開發」方向，但尚缺自動化導入，無法達成模具之製造系統整合、虛擬製造分析、智慧排程、製造執行管控與協同作業高生產力模式，如圖 6~ 圖 8 所示。



圖 7 模具產業智慧製造升級

建立模具數位化生產設計與製造執行系統平台，從協同設計、CAE、CAD、整合生產管理、排程管理，優化模具試模和模具組立程序，以發展特色模具，可生產客製化創新產品，將是臺灣模具產業未來應該要走的方向。

上博的 CIMForce 智能化製造系統整合 ERP/PLM、電腦輔助工藝規劃 (CAPP)、夾治具設計 / 管理、電腦輔助製造 (CAM)、CNC 程式模擬、刀具管理、機台管理、報價系統、CMM 程式產生、生產排程管理、車間流量控制 (Shop Flow Control)、量測管理、機器人通訊交握、製造數據管理等次系統之下，平台將包括 DFM、模流分析、模具設計、加工模擬、加工程式、信息服務、生產管理交易平台、人力銀行、教育培訓、技術服務

等都全部納入。較當年的 in-house 系統功能更為強大，相容性更高，獲得控制器、放電機線切割機等全球知名大廠青睞。此系統將成為模具加工生產線的中樞神經，串連各種設備，「以軟帶硬」的全新思維。

(二) 射出產業之智慧製造

射出成型智慧工廠工業 4.0 躍升，除了整合射出機、中央供料系統、模溫機、冰水機、烘料機及熱澆道溫度控制系統等週邊設備，把週邊設備的生產參數資訊，通通上傳到雲端監控平台，從遠端將各設備製程參數自動寫入各設備控制器內，除了記錄機台生產參數及稼動狀況之外，更可搭配各式感測器進行製程能源監測、全自動鑑別成型品優劣及智能化參數自動微調，藉此穩定及縮短

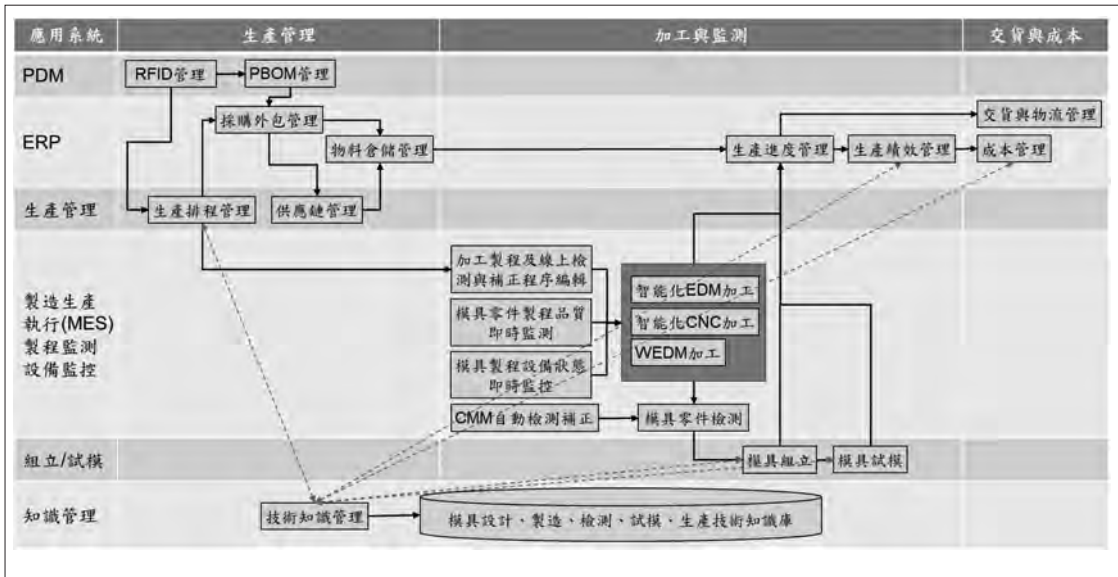
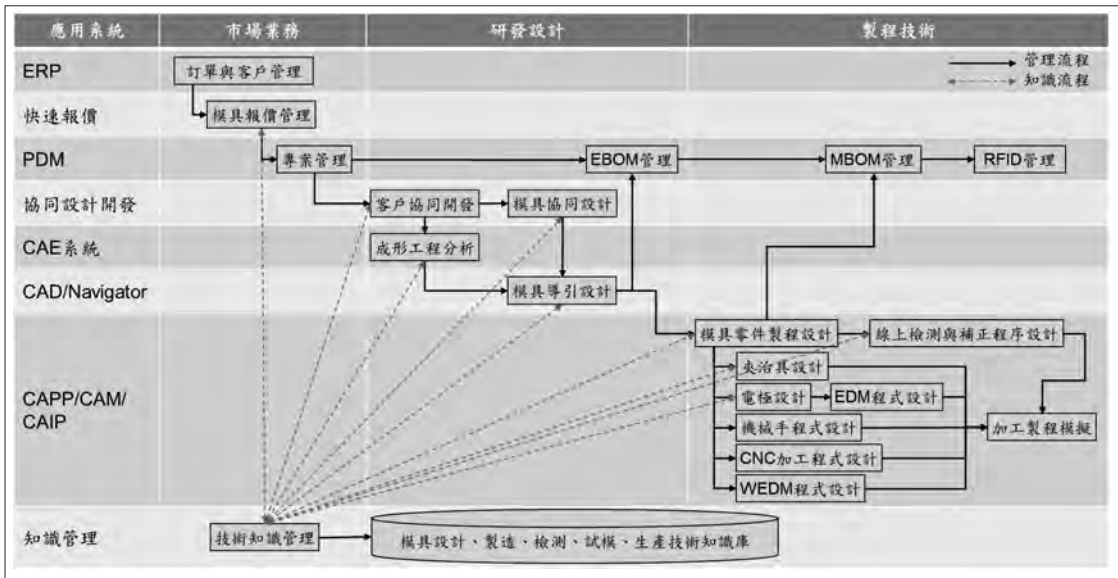


圖 8 模具數位化生產設計與製造執行系統整合

生產週期。另外，想要瞭解當前模具資訊，可以透過手機掃一掃模具名牌上的QR code，所有的資訊都將一目了然，也可以藉此進行保養、報修、維修、生產數等操作，馬上提供總共生產多少模具、模具位置、現在模具

狀態如何、保養情況和保養提醒，以落實模具壽命TPM管理。

近年來，在塑膠成型產業上，皆著墨在如何降低成型週期，如何提昇生產效率及如



圖 9 射出成型智慧製造與設備模具

何降低翹曲變形等，皆有很多的技術提昇與討論。例如『智慧化流動平衡模組開發』為主要為藉由模糊運算法則與熱澆道作結合，並開放熱澆道程式編碼進行串聯，讓一模 16 穴之瓶胚可達到智慧生產，讓產品能穩定持續的生產，且確保品質之一致性。國內外許多研究都針對一多模穴熱澆道模具為載具，建立一套溫度補償控制系統，以模糊控制作為演算法則，進行各模穴之熱澆道溫度補償，利用溫度改變熔膠的流動性，使各模穴在充填過程中能自動達到流動平衡的目標，以提高產品品質的一致性。智慧製造導入重點將擺在 (1) 塑料品質管制減少黏度變異；(2) 廠房電力管理優化；(3) 提升水質管理；(4) 模具預熱減少調機模數；(5) 快速換模減少無效工時；(6) 烘料時間極短化；(7) 縮

短加料時間；(8) 降低冷卻時間及保壓時間；(9) 鎖模力自動偵測及反應；(10) 自動調整保壓切換點穩定重量；(11) 遠端機器設備維修及保養；(12) 模具保養、維修、壽命自動管理系統。

射出成型智慧化以射出機廠如 Angel、KM、Arbug 等廠商為首，整合周邊硬體為主要發展方向；而感測器廠商（如 RJG、Kistler、Futaba 等）則結合本身感測器、軟體及雲端等方向進行整合應用。如圖 9 所示。ENGEL 提出射出 4.0 構想，主要涵蓋三個層面，智能機、智能服務、智能生產。所謂智能機代表射出機具有自動調整以適應生產條件的輕微波動，由於智能化的輔助系統，系統在操作期間能主動推薦或自動調整最佳生



產參數，使射出機能夠獲得最大的潛力運作。相同概念的廠商如住友、Wittmann Battenfeld 等，IQ 重量控制則是透過 VP 切換點與速度的調整對應黏度與射出量變化產生重量變異進行補償，而黏度與射出量變化則是來自機台內外環境干擾的，目前 IQ 重量控制版本適用範圍已從全電機擴大到油壓機的使用，IQ 鎖模控制則是將機器調整到模具呼吸的鎖模力時，而給予最適鎖模力的建議值與以減少廢品的產生。

(三) 金屬扣件產業之智慧製造

全球工業扣件市場預估 2022 年達到 1.65 億美元，2017 至 2022 年複合成長率 5.4%，此成長主要受汽車、航太和建築產業的大量需求。主要出口國前十大分別為中、德、美、台、日、義、法、瑞士、韓、英合計 288 億美元，其中兩岸占上述出口總值 34%。全球前五大扣件製造商為 ITW（美 / 工業零組件）、Precision Castparts（美 / 航空 / 工業零組件）、Alcoa（美 / 航空）、LISI（法 / 航空）和 NIFCO（日 / 工業零組件），占全球總營收 1 成，皆為高階扣件生產商，低階扣件製造商遍佈在開發中國家（中、台及南亞各國）。

臺灣 2017 年扣件出口金額高達四十三億美金，比工具機整體出口額更高，躋身全國第五大出口產業及政府扶植重點產業，預估 2018 年出口額將再成長一成。扣件應用的產業領域相當廣泛，包含車輛、機械、電子、航太與建築等，其中以車輛扣件的市場占比 28% 居冠，根據著名產業資料庫 Freedonia Group 預測，2018 年全球扣件市場整體需求將達九三八億美元，汽車扣件就占 261 億美

元，汽配扣件單價、市場成長率雙高，隨著汽車產業由先進駕駛輔助系統時代邁向 AD 自駕車時代，對於主動性安全、智慧化等需求益增，牽動汽車整體產業及供應鏈，螺絲擔當後盾，扣件市場龐大商機看好。2017 年扣件產業外銷約 43 億美元，較前年成長 13%，經臺灣螺絲工業同業公會統計，獲得 TS16949（全球汽車產業品質管理系統）認證的廠商超過一三〇家，儼然為汽車螺絲大國，加上產品朝向高值化發展，是全球重要的扣件生產國。

針對金屬扣件成形製程，如模具設計、成形模擬、頭部成形、搓牙等製程，建立設備與製程可視化技術，解決金屬扣件生產上傳統依賴人工、缺乏即時生產資訊應用的產業特性，改善製程設備之資訊連網可視化現況，建立金屬製品生產資訊化設備產線，提昇生產製程聯網監測能力，提高客戶信賴度。

同時建立製程設備感知監測技術，製程品質預診技術、扣件缺陷分析建模技術與製程模具預診技術，以解決目前扣件產業也大量依賴人力之產業現況，並透過機台感測聯網、模具感知與監測預警系統技術，提高鍛造製程品質監測率。建構金屬扣件智慧製造產線工廠，成功轉型升級進入高值扣件市場。

金屬扣件製品產業於模具壽期監測方式，以成形與搓牙製程而言，依賴人員巡檢方式，針對抽檢樣品以觀察方式，判斷模具壽期，需依賴經驗且缺乏數據驗證，往往發生異常時（如模具損傷），卻得付出無預期停機的生產損失，造成生產困擾。針對金屬扣件業智慧製造升級，我們提出 6 點建議：

(1) 建立製程設備感知監測技術，製程品質



預診技術、扣件缺陷分析建模技術與製程模具預診技術，以解決目前扣件產業也大量依賴人力之產業現況，並透過機台感測聯網、模具感知與監測預警系統技術，提高鍛造製程品質監測率。建構金屬扣件智慧製造產線工廠，建立製程可視化生產情境，爭取客戶信賴；（2）扣件製程生產監測系統：建構產線機台感測聯網機制，將設備生產及健康資訊及關聯品質感知資料進行資料擷取分析訓練，建立製程產線生產可視化技術；（3）扣件製程品質監測預警：將設備上關聯品質感知資料進行資料探勘分析訓練，找出成形關鍵特徵，建立扣件成形製程品質預測模型，分析品質變化趨勢，發現潛在不良特徵，提前預警排除不良；（4）扣件製程機台預診技術：建構製程機台感測聯網，主動擷取機台運行狀態資料，進行健康狀態指標分析，建立機台預診模型，作為機台健康指標觀測儀表板；（5）設備故障分析預警：針對設備感知資料，建立機台監測故障預警模型，主動分析趨勢變化，發現潛在故障特徵，提前預警提前更換維修，大幅減少不預期停機損失。最後是（6）扣件成形製程變異感知：建立專用模型導入產線端設備，透過時/頻域分析，建立品質異常特徵值萃取，與建立製程失效模型，針對設備故障預診及成品缺陷分類，完成製程品質預診決策，解決現有人工量測檢容易資訊錯誤的問題。

帶出的效益包含針對金屬成形製程模擬優化技術、模具系統性調校、關鍵組件模具壽命預診與製程品質預測等進行研究，投入製程與設備之 CPS 整合故障感知與品質預診技術開發。

進行金屬成形製程模擬優化技術開發，可在優化訓練後之類神經模型預測值要與訓練資料近似吻合，使該模型具有合理的預測能力達 70%。製程設備系統導引智慧調模，提高調校操作準確度同時提升模具調校效率 30% 以上（由 0% 提升至 30% 以上）。

扣件製程缺陷分析建模技術：建立成形製程模具品質異常特徵模型技術，針對成形製程中常見之沾黏、模裂與偏心等狀況，針對成形訊號開發製程瑕疵事件特徵演算法則，建立事件的故障感知技術，達成模型分辨正確率 90% 以上，提升製程故障排除效率 40%。

建立扣件成形製程品質預測模型，將設備上關聯品質感知資料進行資料探勘及分析訓練，主動分析趨勢變化，發現潛在不良特徵，提前預警排除不良。完成分析預測模型 2 類，混合應用演算法 3 種；以 2 種以上統計模型進行製程特徵比對，根據冷鍛扣件尺寸異常統計與線上分析決策，達到扣件尺寸幾何資訊可視化管理之目標，減少扣件抽樣尺寸誤判發生件數 ≤ 3 件/1000 件，減少人員巡檢失誤提高產線巡檢效率，巡檢時間可由約 3 小時抽檢延至 4 小時以上。

本節針對模具產業、傳統射出產業及金屬扣件產業之智慧製造推動與規劃，分享案例、專業領域知識及系統化架構之建立，並針對情境及效益進行說明，如圖 10、圖 11 所示。



圖 10 金屬扣件產業未來 CPS 整合智慧製造發展情境

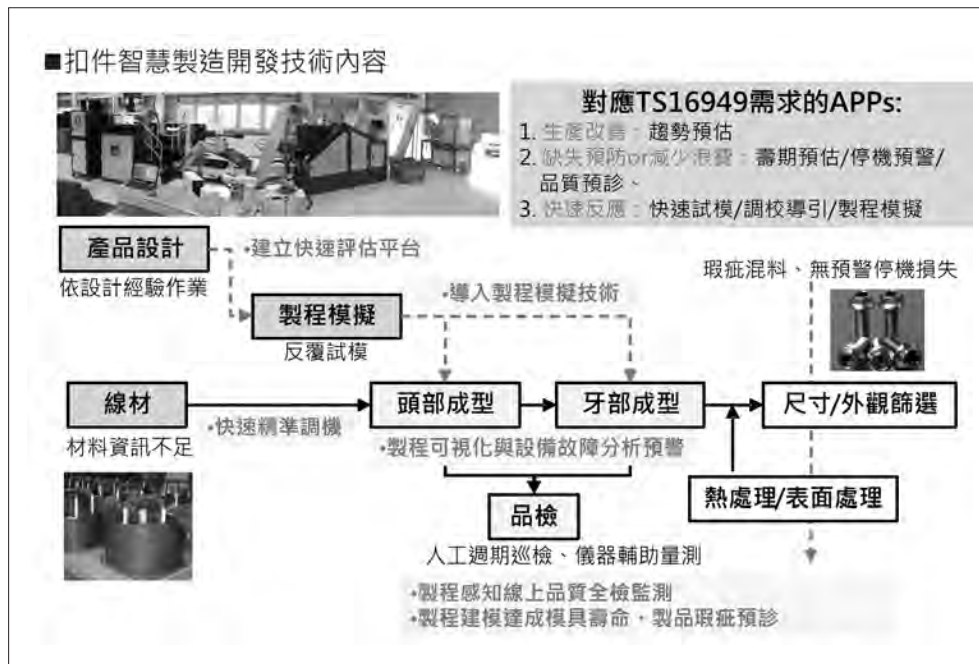


圖 11 金屬扣件智慧製造技術導入



四、結論

近年來，傳統金屬製品產業仍然是依賴大量人工作業的生產方式，受到工業 4.0 的推動下，這些產業開始覺醒，並希望朝向智慧化生產方式邁進。為了爭取高階扣件（如汽車安全緊固件、生醫、航空）應用，遭遇到來自全球客戶大廠的要求，智慧製造已是必然趨勢。銷售通路分成製造廠和配銷商（Distributor）兩種類型，過去全球 OEM 市場主要仍由歐、美、日當地廠商控制，因此臺灣廠商與國際扣件廠之合作模式仍以代工生產居多，多是間接銷售給使用者，也就是所謂二階供應商（Tier2 supplier）以下，此種營運模式已維持數十年。然而近年來國內廠商，包含政府都一直強調智慧製造重要性，因應國際大廠為全球競爭，有將非核心業務外包，縮減供應商之趨勢，因此造成供應鏈之重整，具備整合供應能力之大型供應商將主導通路，貿易商和進口商角色可能會逐漸消失，臺灣傳統金屬製品業者有機會擺脫間接銷售模式，走出自己的路。

成功的產業智慧製造轉型輔導案例可幫助企業及政府單位進行無形的教育訓練，並提升生產效率。因此，政府部門所研擬推行的策略，將會影響該企業推動智慧製造的成功與否。依據幾大市場分析報告顯示，利用同產業或異業整合的標竿分析，也能強化智慧製造對於製造業可能帶來的願景。

五、未來展望

以工業 4.0 之願景投入 SaaS 層之「製程 CPS 及巨資分析應用服務技術」及 PaaS 層

之「製程物聯網與異質網路整合應用平台技術」，透過領域產業聚焦（模具業、射出業、模具加工業、金屬成形業等）專業增值服務 SaaS 模組等關鍵技術，結合所建構之 PaaS 層公版聯網平台與異質網路整合應用至各產業領域 SaaS 模組，透過案場進行智慧製造產線技術驗證，將可以加速國內製造業導入智慧製造發展之共通性的平台與應用技術，掌握高性價比的核心自主關鍵技術，協助國內各式大中小型製造業升級轉型。建議未來在定期的進行盤點後，配合政府的各項政策推動及趨勢潮流，並積極發展適合臺灣中小企業為基礎智慧製造升級模式，透過既有「專業硬實力」結合「智慧製造軟實力」，讓企業願景逐漸落實。

參考文獻

1. <https://wiki.mbalib.com/zh-tw/> 智能制造
2. 2018 年 IT 轉型成熟度曲線報告，Enterprise Strategy Group (ESG)。
3. 數位轉型指數：臺灣市場洞察報告，Vanson Bourne Ltd。
4. <http://www.smartmachinery.tw/index.aspx>
5. 2018 金屬製品產業年鑑，ITIS。
6. 2017 專題報告摘要 智慧機械產業發展與關鍵策略，中技社。
7. 2018 智慧機械產業白皮書，臺灣機械公會。
8. 「從國際智慧製造趨勢看臺灣產業的機會與挑戰」，工研院產經中心 (IEK) 馬仁宏，2013 年 3 月。
9. 2015 「企業如何運用生產力 4.0 方案強化國際競爭力及進行產業加值升級」，張建一，產業雜誌 548 期。



智慧製造在臺灣機械產業的發展與應用

上博科技股份有限公司總經理 / 謝尚亨
精密機械研究發展中心 / 魏振隆博士

關鍵字：智慧製造、工業 4.0、工具機、虛實整合、智慧機械

摘要

台灣製造業接單型態常以代工製造（OEM）或設計與製造代工（ODM）為主，當新產品研發技術障礙降低再加上產品生命週期普遍縮短之後，企業必須以更快、更彈性的生產方式來滿足顧客的需求。特別是台灣機械業普遍面臨了製造成本不斷上升、人力資源匱乏、技術斷層等營運的挑戰。在工業 4.0 的潮流為製造業帶來了大量客製化的概念之後。如何透過軟、硬體的改善以及虛實整合的概念來應用有限的製造資源，轉型成更具彈性的生產模式，這就是機械業為什麼需要智慧製造系統的原因，也是產業未來競爭力之所在。

本文將介紹國內廠商如何應用資通訊技術整合機械加工專業知識，發展出一套智慧製造系統，協助機械業者將客戶需求到製造

現場，整個端到端所有流程，以工業互聯網串聯目前散落於工廠各處的資訊孤島，實現機械加工現場的機械聯網，作為產業進入智慧製造的基礎。

並以一家機械業者在模具製造流程導入此一智慧製造系統為例，結合工廠管理改善的合理化、標準化、數位化與整合化手法後，落實大量客製化的智慧製造轉型。使案例工廠在模具設計上降低了 80% 的模具設計時間以及縮短 72% 加工製造時間，整體運作效率達到提升 73% 的具體成效。

文末並探討未來在系統發展與優化改進需要注意的問題，諸如系統涵蓋規模、產業適用取捨、系統工具如何結合管理手法、資安與人才等議題。建議未來台灣應結合本身既有的製造經驗與資通訊技術優勢，布局雲端製造平台。把製造資料轉換成加值服務，



利用大數據技術發展創新應用，讓機械業與軟體系統業持續發展，形成能夠持續影響全球的新製造模式。

一、前言

台灣中部地區的中小型機械業者構成相當獨特的精密機械產業聚落，藉由群聚效應生產出許多物美價廉的各式機械設備與零組件。由於全球經濟景氣循環變動快速以及其他新興地區的產業漸漸成形，台灣的機械業者除了需要重視產品的「品質」、「價格」與「交期」等基本條件外，由於大多數的機械業者規模多屬中小型企業，在有限資源和生產能力的限制下，較難以快速回應大量的消費者需求。機械產業應該以朝向高附加價值或「大量客製化」的製造模式轉型，避開以大量生產壓低成本為競爭手法的紅海市場。

以機械加工中高附加價值的模具製造為例，由於消費性電子產品在市場不斷快速推陳出新的需求下，生產所需的精密模具，需要因應產品生命週期短、精度要求高及高度客製化的生產特性。模具製造相較於一般零件製造，又因所涉及的加工技術和程序較困難且複雜，經常造成工件報廢或無法掌握實際交期。

以模具製造常見的銑削加工為例：在設計階段，目前業者多已使用電腦輔助設計軟體（CAD），協助將產品開發構想進行具體化設計，產出製造所需要的工程資料與圖檔；接著採用電腦輔助工程軟體（CAE）來進行設計驗證與功能分析，將結果作為性能評估

或是不同設計方案的決策參考；接著將電子圖檔匯入電腦輔助製造軟體（CAM），產生供給 CNC 工具機加工用的加工程式；然後再根據不同的加工需求進行製程規劃與進行加工。

雖然所有作業都是靠電腦軟體與電腦數值控制設備來完成，早在 1973 年 Joseph Harrington Jr. 就提出「電腦整合製造」這樣一個名詞與觀念，但因軟硬體不相容以及系統整合難度太高，目前製造現場的生產設備、資訊、工件、流程和人的行為，在許多自動化設備的運作下，反而形成許多資訊孤島，數十年來工業界一直很難完整實現電腦整合製造。

二、文獻回顧

全球目前都在談「先進製造」、「智慧製造」，目的無非是希望藉由資通訊技術強化產業競爭力，因此各種產業都可能因為資訊技術的引入，引起新一波的產業革命，本節將對目前智慧製造相關議題進行分析、回顧，以了解智慧製造在機械產業目前的發展與應用。

（一）工業 4.0

「工業 4.0」是 2013 年德國政府提出以電腦化、數位化和智慧化來進行製造業革新的高科技計劃，號稱是自蒸汽動力導入產業以來第四次工業革命。而工業 4.0 的目標並不是單單創造新的工業技術，而是著重在將現有的相關技術、銷售方式與產品體驗統合起來，利用智慧型工廠，將商業流程及價值流程整合提供更有價值的產品或服務，其



表 1 工業 4.0 本質、五大要素、技術基礎和涵蓋範圍

工業 4.0 四個本質	基於網際網路、基於客製化服務、基於數據決策、基於高效節能
工業 4.0 五大要素	行動運算、社群網路、物聯網、大數據、分析與優化科技
技術基礎	虛實整合系統 (Cyber-Physical System, CPS)、物聯網 (Internet of Things, IoT)
涵蓋範圍	智慧機械、機器人、虛實整合、物聯網、大數據、精實管理

本質、要素、技術基礎和涵蓋範圍，如表 1 所示。

目前這樣的架構各界還在摸索，如果最終能建構出一個有感知意識的智慧型工業世界，營運端就可以透過分析各種巨量資料，利用電腦預測進行及時精準生產，調度現有資源直接生成一個充分滿足客戶的產品，降低多餘成本與浪費。

對於上述的第四次工業革命可以實現的時間，目前各方說法不一：德國電氣電子及資訊技術協會的會員中只有四分之一認為 2020 年前會有大規模的實施，且對於工業通訊標準、安全性和人員培訓等議題都面臨問題。德國最新的調查也認為，政府提出的工業 4.0 尚未實現，德國大多數國家平台以及解決方案已經停滯甚至終止，中小企業似乎也不太關心這個議題。研究還表明在一些互聯網應用領先的企業，他們的成功經驗或技術幾乎沒有應用在製造業，也沒有對實際生產系統提供價值創造的幫助，這些都是台灣產業在轉型時的借鏡與機會。

(二) 生產力 4.0 與智慧機械

當全世界都在探討影響未來製造業的工業 4.0 時，各國相繼推動了許多針對製造業提升的計畫，本節將整理台灣近年推動與智慧製造相關的政策，說明相關計畫的目的與做法。

「生產力 4.0 發展方案」主要是希望產業藉由導入網實融合與人機協同等關鍵自主技術，促進產業創新轉型並培育產業實務人才為核心目標。

與機械產業有關的項目，是將規劃與建構未來 10 年技術核心能耐，例如監控和遠程診斷服務、智慧控制器與關鍵元件技術、應用 IOT、Big Data 等技術研發智慧生產平臺、研發整線生產及整廠輸出；取得整線生產系統，智慧工廠、設計與製造一體化、遠端控管與排程、個人化服務設計、一指下單生產模式及協助產業結構轉型等創新技術。並藉此達成高值生產力、敏捷生產力與人性化生產力，創造網實通路整合商業服務來提升整體品質與效率。

「智慧機械產業」是 2016 年政府五大創新產業政策之一，目的是將精密機械升級為智慧機械。規劃以目前精密機械的推動成果及我國資通訊科技能量為基礎，導入智慧化相關技術，建構智慧機械產業新生態體系。使我國成為全球智慧機械研發製造基地及終端應用領域整體解決方案提供者，創造我國機械產業下一波成長新動能。

具體推動方向主要是以建立設備整機、零組件、機器人、物聯網、大數據、網宇實體系統 (CPS)、感測器等產業的「智慧機



械產業化」(智機產業化)。以及包含航太、半導體、電子資訊、金屬運具、機械設備業者的「產業智慧機械化」(產業智機化)兩大主軸，利用台灣既有電資通訊產業優勢加速產業供應鏈智能化與合理化。

至於何謂「智慧機械」?以CNC工具機為例，一部具有「智慧機械」特徵的工具機，其相關功能整理如下：

1. 智能化操作管理、模擬與調機：具有語音導航、稼動率管理、加工干涉模擬、自動化調機技術、CAD/CAM整合。
2. 智能化加工與切削：可進行削顫振控制、主軸變轉速控制、平滑化轉角控制、自動平衡、主動振動控制、熱變位控制、線上刀具磨耗監控等。
3. 智能化監控與安全防護：包含智慧螺桿預壓偵測、多軸防碰撞、主軸監控、線上檢測與刀具壽命管理、稼動率管理、生產履歷等。

上述對於智慧機械的定義，已經涵蓋了從「單機智能化」、生產履歷與CAD/CAM整合的智慧製造。但是回到智慧機械的原點應該是機械本身，特別是台灣機器普遍存在可靠度與機器穩定性的問題，一部機器有再多的智慧化功能，如果從早到晚機器的狀態不能穩定，這些智慧化功能可能都是多餘的。

(三) 智慧製造與製造業服務化

德國在工業4.0所提出的未來「智慧工廠」情境是：工廠可垂直與工廠及企業管理流程形成網絡，透過網路與外部供應鏈結合，完成從訂單到交貨整個價值創造流程的連結與即時控制，降低存貨並避免必要的浪費，

增加資源應用效益及縮短客製化產品交貨時間。

國外也早有將CAD/PDM/ERP整合的作法在論文中提出。利用PDM和CAD系統的即時數據交換，加上來自機器設備上所採集的資料，就構成了製造上的資訊流。由於CAD/PDM/ERP的整合議題讓智慧製造的定義和做法，有別於自動化或是e化。特別是如何結合機械與軟體的專業，發展系統軟體來提升產業附加價值與國際競爭力，將是未來機械業高值化的發展方向。

相關研究也對製造現場作出預測：透過機聯網與遠端網路的布建將會形成製造業服務化的營運模式，生產者將可透過機器的失效預測以及設備故障診斷功能，提供進行製造決策的輔助或參考，此舉將會改變製造商的價值和工業大數據的分析與應用方式。此外，透過產生或收集的資訊，以大數據技術處理與應用後，未來將可回饋於產品設計與製造，或將這些資料發展成顧問輔導等加值服務，這些創新應用將是製造業升級成製造服務業的關鍵。

三、智慧製造系統的發展與應用

智慧製造是新工業革命的核心，數位化、網絡化等資通訊技術的應用更是其中的重要手段，而系統與製造技術的深度整合更是發展時不可或缺的。本節將藉由製造現場所遇到的問題，分別由軟、硬體架構、機聯網技術應用等部分，介紹一套國人發展的模具智慧製造系統，並透過實際案例的導入，說明目前系統功能與應用現況。



表 2 模具製造現場問題整理

流程	問題
專案管理	1. 多系統平台的操作，與頻繁的圖檔設計變更，導致整個流程中使用的數據無法即時。 2. 繁複的簽核流程、以及大量的紙本作業。
模具設計	1. 一般無標準化，需手動建模，數據無法回饋與再運用。 2. 以人工進行出圖等繁瑣工作，製作容易出錯，造成設計產出低下。
製程管理	1. 工法、CAM 與刀具選用需要仰賴師傅經驗。 2. 沒有實施切削模擬的安全與防呆機制，無法確認品質的一致性。
現場加工	1. 刀具的取用、安裝與壽命缺乏系統化管理且容易出錯。 2. 機台的實際加工狀態無法掌握，造成稼動率低下。

(一) 以業者的痛點作為系統發展的起點

精密機械加工不易達成「大量客製化」生產型態的原因，在於精密機械加工的每一項程序與方法，都衍生出各種不同的專業以及相關的輔助技術。

以精密模具的製造為例：一套模具往往需要外部的協力廠一起協助某些工序的加工，這對於原本就複雜的製造程序變得更加難以管理，常見的問題整理如表 2。

進一步以銑削加工現場在刀具使用上的製程管理問題為例：刀具需要根據加工的規劃結果，編製每道工序的刀具需求明細，刀具的領用、分發和廢舊刀具的處理，對現場刀具的使用訊息。而目前多數的作法仍是依靠現場資深師傅的經驗來判斷，使用者需要一套能將工廠所有的刀具資料加以整合的軟體工具，使刀具採購、刀具庫存、CAM 程式編程與加工成本管理等皆能運用統一的資料來提高作業效率。避免因各部門獨立管理而成為個別的資訊孤島，形成大量表單作業與重複人工輸入的浪費和失誤。

(二) 智慧製造系統發展與架構

不論是從整個產品的製造流程或是現場刀具管理的細節，使用者需要的智慧製造系統，應該是可以透過對製造任務的訊息管理，利用網際網路將製程及生產 Know-How 等製造要素關聯起來。對於系統內的「虛」、「實」元素或功能分類，詳如圖 1 所示，系統應該朝向讓加工者更方便快速地達成任務，減少人為失誤的方向來發展。

目前許多機械業者也都陸續導入 ERP、MES、PLM、PDM、CAD/CAM 和刀具管理等系統，但普遍上是沒有將 Domain knowledge 或是製程 Know-How 整合，同時也造成許多資訊孤島，資料無法重複使用時就必須依靠人工作業收集資料或重複人工輸入的作業，於是效率低下、失誤率高、安全性不足便成為製造現場一直困擾的問題。

整個智慧製造系統採三層模組架構：Front-End 負責接收使用者的資料輸入和結果顯示；Middleware 主要是透過伺服器運行製造執行系統 (MES)、資料庫或 PDM、PLM 等軟體橋接的作業；Back-End 包含監控軟體任務的管理軟體和用來和機器設備形

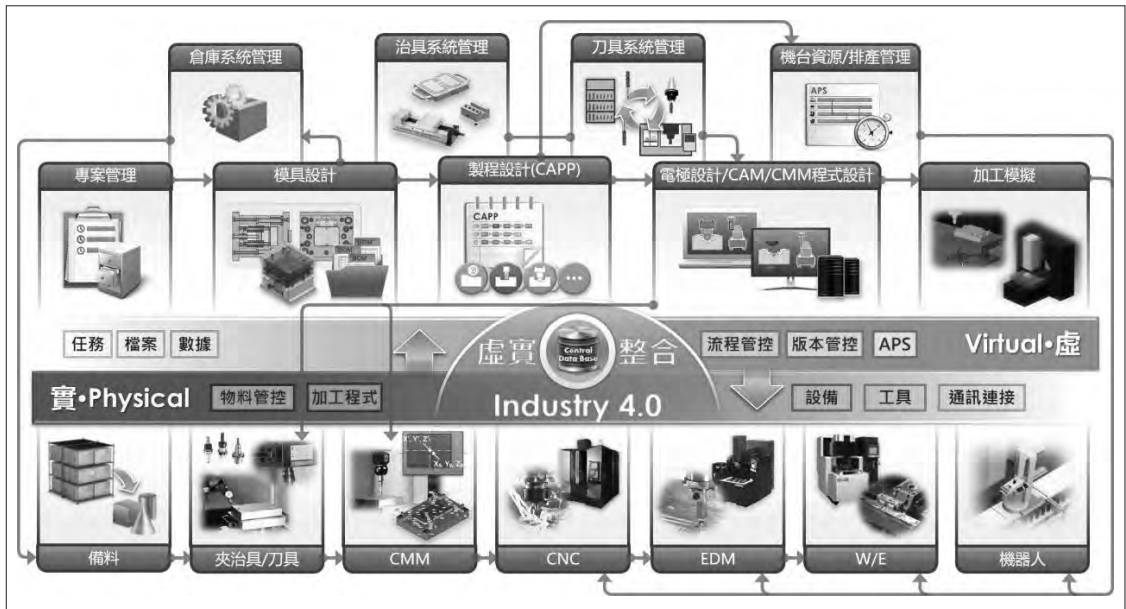


圖 1 機械加工的虛 - 實功能分類

成聯網的 ECS (Equipment Communications System)，如圖 2 所示。

由於機械加工現場不同種類設備和不同廠牌的機器之間需要形成機聯網，ECS 是利用不同廠商各自的通訊協定函式庫，例如 FANUC 的 FOCAS (FANUC Open CNC API Specifications) 或是 OPC UA 等函式庫進行功能開發，通過乙太網實現廠所有設備聯網的功能。

(三) 模具智慧製造解決方案

本節將依模具製造的流程，介紹上博科技所開發的模具智慧造系統幾個重要功能。整個系統所有模組說明，如圖 3 所示：

1. 專案管理

系統透過企業中央資料庫，對所有資訊、數據、檔案進行有序的版次管理；並由系統

流程引擎來觸發和管理模具開發任務。由任務搭載圖檔、資訊的方式來準確傳遞模具開發所需數據，從而確保資料的唯一性、正確性與及時性，如圖 4 所示。

2. 看板管理

一般在生產過程中的每一項工作狀況，都需要人工去追蹤、填寫生產報表，得到的數據不夠即時也不準確性。系統利用機台通訊技術與工作流的整合，提供各類即時的資料（運轉狀態、進度、負載、稼動率、品質、成本、開發歷程等），以階層式的架構經由看板管理功能來顯示工廠管理所需的各類訊息，提升管理效率。

3. 模具設計

傳統手動設計模具需要大量建模工作，遇到設計變更時操作複雜度更大，所以模具

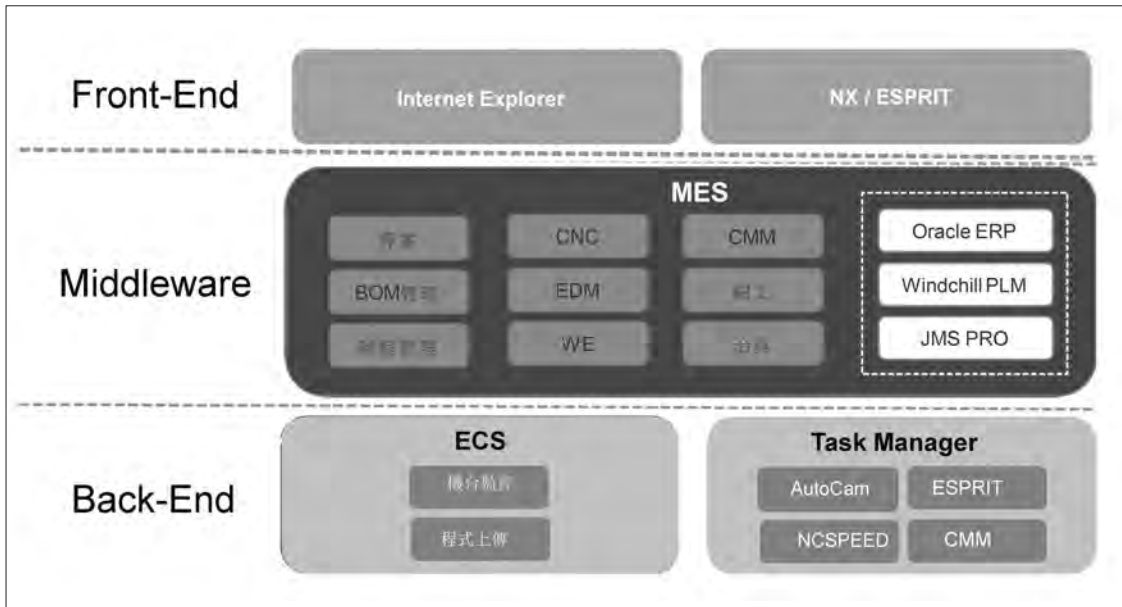


圖 2 智慧製造系統模組架構圖



圖 3 模具智慧製造解決方案

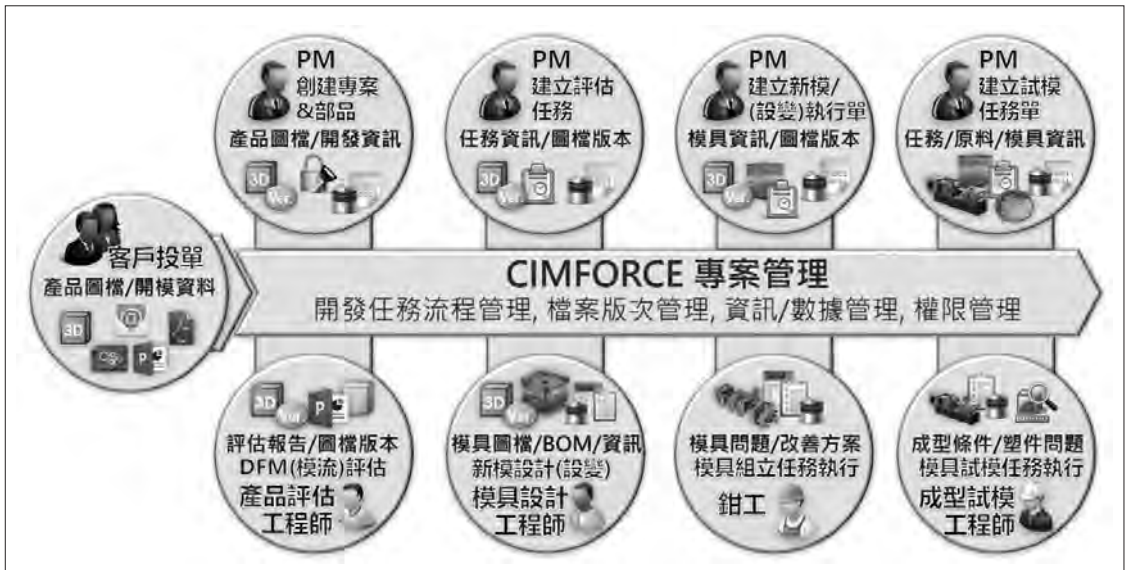


圖 4 專案管理系統概念

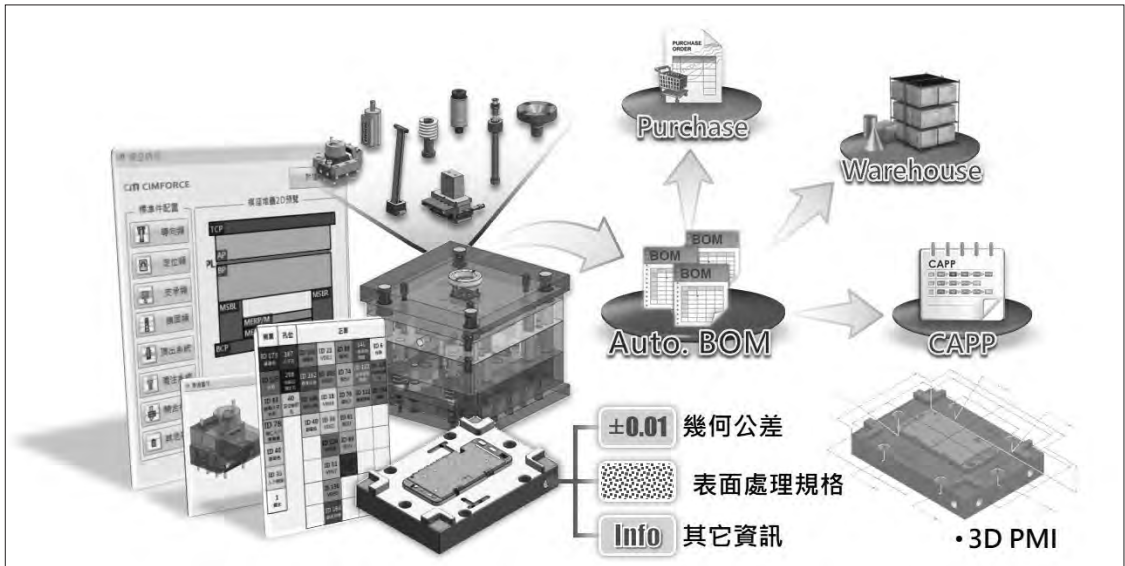


圖 5 模具設計解決方案

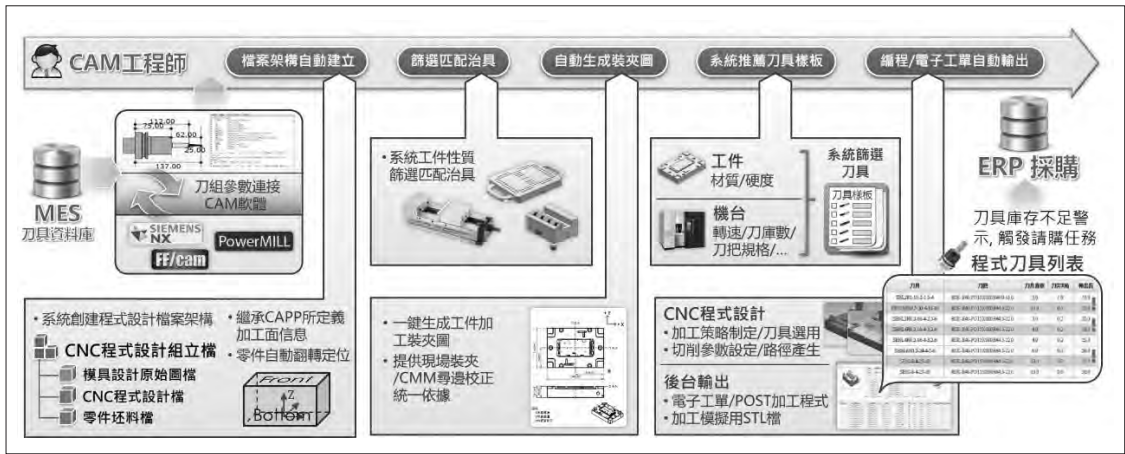


圖 6 CNC-CAM 解決方案

設計需花費大量的時間。系統結合 CAD 的二次開發功能，建立 3D 零件庫及模座庫，採用定義配置的方式進行設計作業，有效提升設計效率並減少人為失誤；系統使用 3D 模型來同時表達公差及表面要求，讓設計週期大幅縮短、加工資訊傳遞更加容易。在設計變更的作業上：透過系統即時凍結零件製程，避免因加工暫停不及時而造成損失，圖檔版次管理與變更說明，將詳盡的設變資訊及時、準確的傳遞給需要的作業人員，如圖 5 所示。

4. 電腦輔助製程規劃 (CAPP, Computer Aided Process Planning)

CAPP 透過零件特徵的資料自動將工件區分工段輸出 3D 輕量化圖檔、孔表圖等，讓不同工段的負責人員能清楚的瞭解所負責的區域與加工要求。同時透過對零件加工基準的統一設定，讓後製程都遵循同一基準值來進行加工和量測。

CAPP 系統的任務檔案管理會依照模具的設計版本、製程版本、工序、程式等數據進行管理，避免設變與複製模需要重複編寫 CNC 程式的問題。在零件製程發佈後系統自

動觸發後續相關的同步工程，從而大幅減少人工作業量並提升編程效率與準確性。

5. 先進排程與規劃 (APS, Advanced Planning and Scheduling)

CAPP 功能對製程細部安排後，利用 CAD/CAM 軟體對加工時間的預測與機器實際加工時間進行相互比對，來提高加工時間預估的準確性。系統可將廠內各工段的機台依機型、加工精度建立群組及保養計畫等功能，便於生產資源的調度管理。並依照工件優先度、交期、製程工站先後順序之資訊，結合生產資源與預估工時進行智能規劃，提供合理的生產計劃排程結果。

6. CNC 銑削加工

進行 CNC 銑削編程時，系統可提供夾治具、刀具與切削參數設定功能；完成編程後系統將根據機台控制器型號進行程式後處理並輸出電子工單，如圖 6 所示。並執行加工程式的切削模擬，避免發生過切、撞機、留料等問題的發生。

刀具管理功能可將刀具相關的尺寸及切



圖 7 EDM 加工管理解決方案

削壽命、加工參數、切削材質、公差等等訊息輸入到系統中，透過系統讓所有作業使用的刀具資料一致，避免發生數據錯誤。為了讓現場各機台刀庫上的刀具與系統內各機台刀庫訊息同步化與一致化，系統具備虛擬刀庫功能。現場人員只需按系統建議，將所需刀具掛入對應的刀倉、刀號，即可快速、安全的完成刀具設定。操作人員無論是否使用治具、機內或機外校正，只要選擇工件編號、設定好座標，掛好刀、上傳程式，系統即可開始加工。

7. 放電加工 (EDM)

EDM 解決方案主要分成電極設計、電極加工與放電作業三個部份。

電極設計透過 3D CAD 模型獲取投影面積、接觸面積、深度等等資訊，配合選擇放電面的類型 / 搖擺方式 / 電極材質 / 放電間隙 / 電極數量 / 面粗度 / 電極加工製程選擇等訊息後，上傳資料即可完成電極設計工作。

電極加工是透過系統自動通知備料與銑削加工任務，CNC 加工段接收材料後，現場即可進行相關電極加工，加工後的電極測量與偏差值直接上傳系統，同時產生量測報告，相關偏差可自動補正到放電程式中。

放電加工時現場人員只要依照系統步驟及提示執行，系統自動產生放電程式並上傳控制器進行放電加工，如圖 7 所示。

8. 線切割製程 (W/E, WEDM)

線切割解決方案是結合 CAD 軟體進行二次開發，自動進行 3D 曲面及線割加工的孔洞判別，系統依照幾何形狀產生穿線孔、起割點位置。並配合機型、精度要求、線徑，自動匹配加工條件與切割參數，輸出加工程式與電子工單。現場操作僅需將材料或工件在機內固定後進行機上尋邊，選擇加工對象與座標系即可進行加工，如圖 8 所示。

9. 三次元自動量測 (CMM)

系統提供了量測程式自動編程與自動量測兩大功能。

自動編程：系統依工件檔案自動偵測需量測的工位、形狀、尺寸、精度要求等，自動匹配測針、排布量測點等，進行模擬後自動生成量測程式。

自動量測：工件上機後自動載入坐標補正值和量測程式，系統依工件精度要求比對量測值，自動判斷工位尺寸允收或拒收並產出量測報告，如圖 9 所示。



圖 8 線切割編程與加工解決方案



圖 9 三次元自動量測方案



表 3 模組功能與內容說明

模組項目	內容
專案數據管理模組	單一化系統平台操作 集中化資料管理 系統化任務管理 專案資訊看板
模具設計標準化模組	PET瓶模設計標準化 模具設計參數化、自動化與無紙化
加工製程管理模組	BOM管理 3D製程設計(製程設計輔助工具應用) 工件製程數位化管理
製造執行系統管理模組	模組化刀具管理 模組化夾治具管理 CNC-CAM樣板管理 CNC銑床程式設計與模擬 CNC銑床加工任務管理

(四) 機械產業應用案例

由於案例公司（或稱 C 公司）的營運面對國際上的競爭開始朝向「製造業服務化」的策略做轉型，規劃提供給客戶「一站式購足」的 PET 瓶生產方案中除了吹瓶機，也需要包含配套的 PET 瓶模。

由於模具在製造上所涉及的加工技術和程序較多，加工的精度要求也較高。模具的製造成本與品質一直以來都依賴於師傅的經驗與技術，由於少子化的社會趨勢，目前模具專業人員招募困難，年輕人從業意願低落。C 公司希望能透過製造系統的導入，把資深員工的經驗與技術留在公司內部中。

C 公司初期導入的主要模組為：專案數據管理、模具設計標準化，加工製程管理與製造執行系統管理等四個模組，各模組相關功能說明請參考表 3。

四、機械業導入智慧製造系統之效益

C 公司透過導入模具智慧製造系統，在不增加設備與人力的前提下，實現了資源利

用最大化並降低對於人力與經驗的依靠，總結後有以下的改善成果與效益：

- (一) 透過模具設計參數化與標準化，圖面繪製的時間由原來需要 20 小時縮短到 4 小時。
- (二) 系統可將設計資料自動產生材料表及電子工單，減少人工作業與錯誤發生，全數位化的聯網作業環境，減少原本各單位對檔案、資料維護與備份的作業。
- (三) 模具設計完成後的 CAD 資料透過無紙化作業方式，免去先前以人工逐一進行圖紙資料轉檔與列印等重複性的作業，完成各部門所需圖面的發行作業僅需 30 分鐘。有效減少企業對空間與紙張的需求，亦省去後續圖面維護與版本管理的作業成本。
- (四) 整合 CAD/CAM 作業，讓模具在設計階段時即可同步評估製作此模具的可行性，節省修改及設計變更的作業時間。原先模具部門從設計端完成後到加工完成需 14 天，導入系統之後約需 4 天內可完成模具生產的作業。

系統利用權限管理的機制，不會發出未經驗證或核准的資料或任務，有效避免因為錯誤資料導致加工的錯誤。透過加工現場的機聯網，將整套模具從設計、備料、機加工到組裝全製程的生產資料可以被自動收集，操作者不需要停下工作進行資料輸入、查詢等作業。這些資料完整地串聯起來後，在後製程便能在及早取得正確資料時來提前因應，有效縮短等待和準備的時間。並可將這些生產履歷作為後續優化改善的依據。

系統的導入使整體效率提升 73% 以上，模具設計工時縮短 80% 以上，機械加工的工時縮短 72% 以上，前後比較如圖 10 所示。

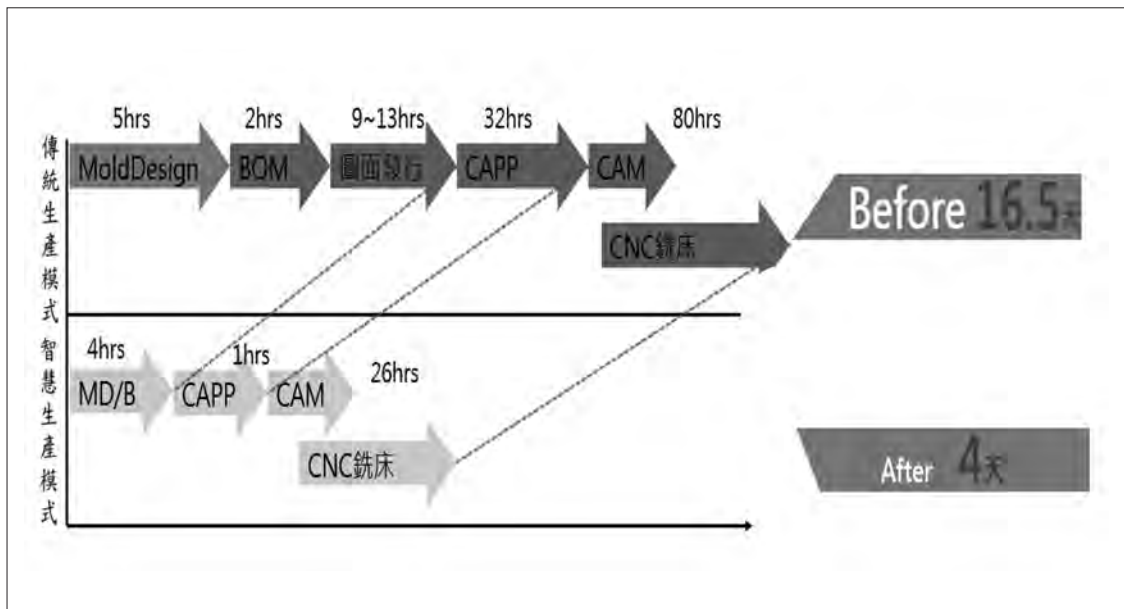


圖 10 系統導入後的量化改善效果

除上述具體的量化改善外，其他相關優點整理如下：

- (一) 提高工廠運作效率，縮短模具交期。
- (二) 利用系統降低錯誤發生，有效降低模具製造成本。
- (三) 最大化工廠設備資源的利用，創造更高的價值。
- (四) 提高生產能見度與交期準確度，滿足客戶需求。
- (五) 製造經驗與 Know-How 易於傳承、新進人員可以快速上線。

五、結論

智慧製造最重要的精神在於利用資通訊技術連結生產端與市場端的資訊，讓生產者在製造現場即可快速回應市場需求並創造價值。由於台灣機械業者多屬中小企業，因此受到資源與營業規模的限制，建議企業應

先根據本身的製造行為（流程或活動）、資源多寡、數位化資料的成熟度等，決定導入智慧製造系統的進程與規模。這樣企業才能以智慧製造對客戶提供有效的解決方案或服務，以持續保持製造網絡的優勢。

由於智慧製造是一個由人、機器與製程活動高度整合的系統化過程，而非僅是自動化或是 e 化的改善。從本案例導入的經驗可知：除硬體及軟體投資外，企業也需要搭配「合理化」、「標準化」、「數位化」和「整合化」等現場改善手法方能成功。製造業應把經驗與技術變成企業的 DNA，藉此提高競爭標準，以一個高度靈活的數位化與客製化製造系統，讓競爭對手無法輕易複製其產品和服務平台，這方面的經驗與足以提供機械業者做為參考。

另一方面也說明了台灣的製造業在歷經自動化、電子化、彈性製造、精實管理等數



十年來的發展，可以利用累積的經驗和資通訊技術的軟實力，結合物聯網的技術，發展出全球領先的智慧製造系統。讓機械業者實現把客戶需求到製造工廠的端到端流程各項要素及資訊，透過機聯網的應用，將存在於工廠各處的資訊孤島連接起來。

在智慧製造系統的發展上，我們應該了解：機械使用者對於系統能夠連線收集資料這不是重點，最重要是要能夠協助使用者避免錯誤發生、有效降低製造成本、保留技術與 Know-How。資料上雲端不是只用來被儲存，而是要把大量的資料用來發展輔助決策的工具，或是將資料發展出各種有價值的服務或應用。

六、未來展望

由於台灣在製造業發展已有相當的時間，目前最佳的全球代工廠都是以台灣經驗著稱，台灣除了有極具規模的資通訊產業外，更有完整的機械聚落與工具機產業，對於未來智慧製造在機械產業的發展與應用，提出以下五點參考：

(一) 如果企業不能馬上跨入工業 4.0，不妨先做「工業 3.5」

由於相關智慧製造系統仍在發展中，大多數公司只是導入號稱工業 4.0 軟硬體系統的使用者，業者應先盤點自身資源和決策情境，做為推動數位轉型的策略思考依據。也就是說企業可以先站在既有的基礎之上，盤點自身擁有的資源和長短處，建立自身專屬的數位轉型策略和智慧製造技術藍圖，強化自身的數位能力再進入智慧製造。

(二) 資訊安全需要逐漸重視

雖然製造系統不若金融系統對於犯罪分子有吸引力，但是製造系統停擺或資料流失，所造成的經濟損失仍然是非常嚴重的，因此如何在工廠數位化初期就透過資安技術與企業內控機制，完整建構整個資安生態系，將是未來企業在推動智慧製造必須面對的一個重要課題。

(三) 加強產學合作培育智慧製造人才

智慧製造的目的之一是要把有限的人力資源從勞力作業轉換為決策判斷的角色，因此人力在製造系統中的工作將會有所轉變。因此產業將會需要更多解決設備聯網、資訊擷取、數據分析與發展決策系統的跨領域人才。對此，學校與企業應盡早準備，目前國內也有多所學校與企業以產學合作之方式，設立智慧製造或工業 4.0 中心，作為人才培訓的基地，如圖 11 所示，希望能和業界以新設備和新製造觀念引入學校教學，讓師生及早與業界接軌，縮短學用落差。

(四) 發展模組化智慧製造系統以因應不同規模的需求

台灣機械業多屬於類似 C 公司規模的中小企業居多，案例分享了導入整個模具智慧製造系統內數個模組和若干功能，畢竟全系統的所有功能對中小企業而言，可能是過於複雜不易使用，而且台灣的產業鏈早已朝向專業分工發展，如能將大型智慧製造系統分成若干小模組，發展中小型企業所適用的智慧製造模組，這樣容易被更多的中小企業採用，未來愈多的使用者將愈容易形成製造生態的改變。



圖 11 產學合作成立的工業 4.0 實作中心及內部智慧工廠

(五) 系統發展上應盡早佈局製造平台與製造業服務化

台灣應該利用既有的資通訊技術與市場自由化特性，在製造整合的議題上取得主導權。思考如何以「製造平台」的運營模式成為全球製造業的「關鍵」和「少數」，以此來協助製造業突破目前的產業困境及國家的外交僵局，藉由平台經濟進一步掌握全球市場。「製造平台」如果能在台灣生根，將可同時帶動大數據分析、機械加工技術、設備製造業、電商交易平台、結算中心等行業在台灣發展。

希望能夠藉由智慧製造在台灣的應用與發展，能透過平台經濟的資源共享與全球協作，改變未來產業的生產與交易模式，形成新的產業鏈與營運模式，讓台灣成為全球的產業批發中心，為社會創造新商機與就業機會，讓下一代可以保有製造技術與競爭力。◆

參考文獻

1. 台灣機器工業同業公會「機器工業六十年史」，2005年10月，P.277，ISBN：986-81757-0-4
2. 行政院，行政院生產力4.0發展方案，2019年2月。
http://archives.ey.gov.tw/Upload/WebArchive/01ey/20160110/www.ey.gov.tw/News_Contentd725.html
3. 行政院，智慧機械產業推動方案規劃，2019年2月。
<http://www.ey.gov.tw/Page/448DE008087A1971/e6039c49-74ee-45a5-9858-bf01bb95dc76>
4. 蔡孟勳，「何謂智慧機械（工具機篇）」，機械資訊710期，臺灣機械工業同業公會，2019年2月。
http://www.tami.org.tw/print/710/710_01.html
5. 謝尚亨，「インダストリー4/0を实装した高度金型製造システムの構築」，機械と工具2018年7月号，P.56-P.68
6. 劉建偉、游志雲、梅筱珍、魏振隆「中小企業導入虛實整合智慧製造系統之成效探討」。The Institute of Industrial and Systems Engineers Asian 2018 Conference：42.
7. 簡禎富，「如何先打造出工業3.5的能力」，哈佛商業評論，2017年4月號（打造領導人數位利四部曲），P.46-P.55，ISBN：977168102400504
8. Wiki. 2017. "CIM, Computer-Integrated Manufacturing." Wiki. Accessed December 8. <https://en.wikipedia.org/wiki/CIM>.
9. Wiki. 2017. "Industry 4.0." Wiki. Accessed December 8. https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0.
10. Borgia E. 2014. "The Internet of Things Vision: Key Features, Applications and Open Issues." Computer Comm 54：1-31.
11. Henning K., Wahlster W., and Helbig J. 2013. "Final Report of the Industrie 4.0 Working Group." Securing the Future of German Manufacturing Industry, Recommendations for Implementing the strategic initiative Industrie 4.0, 39. USA: National Academy of Science and Engineering.



12. Mitsuyama H., and Nakazawa T. 2017. "The Collapse and Beyond: Fantasies of Industry 4.0." *Hitotsubashi Business Review*, 108-121 °
13. Hou J., Su C., Zhu L., and Wang W. 2008. "Integration of CAD/PDM/ERP System Based on Collaborative Design." 2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management 1 : 561-566.
14. Lee J., Bagheri B., and Kao H.A. 2015. "A Cyber-Physical Systems Architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems." *Manufacturing Letters* 3 : 18-23.
15. Lee J., Kao H.A., and Yang S. 2014. "Service Innovation And Smart Analytics for Industry 4.0 and Big Data Environment." *Procedia CIRP* 16 : 3-8.
16. Kao Y.C., Wei C.L., Liu Y.P., Hsieh S.H., and Yu C.Y. 2018. "Application of a Cyber-Physical System and Machine-to-Machine Communication for Metal Machining Processes." The 2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), Texas, USA, May 2018 : 14-17.
17. Sun J., and Wang Y. 2012. "Research and Application of PDM and CAD Integration Technology." 2nd International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology, Liaoning, China.
18. Fanuc C. 2017. "NC Guide FOCAS2 Function Operator's Manual." CNC Application Development Kit (A08B-9010-J555#ZZ12). MBR-01893-ENV3.0-07/2017.
19. Liu R.J. 2018. "The Frontier of Global Lean Smart Manufacturing : The Disturbance and Turning Points of Industry 4.0." The Institute of Industrial and Systems Engineers Asian 2018 Conference : 26-29.



智慧製造的基礎 - 智慧產品介紹

工業技術研究院機械所工業物聯網組副組長 / 黃俊弘

關鍵字：智慧產品、智慧製造、溝通功能、以互聯網為基礎的服務、簡單化、主動接近用戶

摘要

智慧產品現在已經是常見名詞，它可以為智慧製造搭建有利條件，而智慧製造可以為智慧產品擴大應用市場機會。在沒有智慧製造的中小型工廠中仍然可以生產智慧產品，這點對中小型製造業尤其重要。什麼是智慧產品呢？它是個多重意義的名詞，並沒有一個統一的或權威的定義。不過概念上，智慧產品 = 傳統產品 + 電子裝置 + 智慧功能 + 溝通功能 + 以互聯網為基礎的服務。它由三個核心元素實體組件、智慧組件和連接組件所組成。基本上智慧產品在於滿足兩個關鍵性應用需求：簡單化及開放化。所謂簡單化就是要讓產品的使用者相對地減少智力負擔，要盡可能促使使用者與產品之間越來越少的交互動作，並大大提高可用性。

一、前言

智慧製造在現在製造業中是一個大家耳熟能詳的名詞，即使智慧製造有好多種詮釋

或提議，對於智慧製造的未來性則少有人質疑，顯見智慧製造是一個相當有共識的趨勢。但在這共識中卻存在一個尚未收斂的議題：都使用習知製造設備及習知硬體模組，製造工廠有辦法進行智慧化轉化嗎？這議題可能在短、中期內都還不會有結論，因為目前有些標榜智慧化的生產線典範案例，它所採用的設備及硬體模組仍然全部是習知的，只是在系統布局及軟體上進行智慧化而已。不過，若將這議題作局部的調整：使用智慧化製造設備及智慧化硬體模組，製造程序是否更容易進行智慧化轉化？這樣的調整它的正向回應就少有人質疑。也就是「智慧化製造設備」及「智慧化硬體模組」這類「智慧產品」，事實上可以成為智慧製造的理想基礎。這說法的再延伸就是智慧產品與智慧製造應該可以相輔相成的，智慧產品可以為智慧製造搭建有利條件，而智慧製造可以為智慧產品擴大應用市場機會。

智慧產品有利於智慧製造的發展，相對地，在沒有智慧製造的工廠中卻仍然可以生



產智慧產品，這點對中小型製造業尤其重要。因為很多中小型製造業的生產模式在經濟因素考量下不願導入智慧製造，於是在這波智慧化浪潮中可能就邊緣化了。殊不知中小型製造業非常適合開發智慧產品，他可以在沒有智慧化的生產線上生產「智慧化製造設備」或「智慧化硬體模組」等智慧產品，大可在這波智慧化浪潮中追逐浪頭，尋求發展機會。

智慧產品或稱「智能產品」，英文為 Smart Product 或 Intelligent Product，偶而可以看到仔細地在作差異分析的文章，不過通說仍然認為是相同的。智慧產品並不是一個新的概念，在論文上出現至少已有 30 年，它的出現比工業 4.0 論述早很多年。而研發智慧產品的國家或地區相當分散，曾發表智慧產品相關研發成果的其中不乏知名人士或單位，譬如：競爭力大師，美國哈佛大學的波特教授 2014 年就曾在哈佛商業評論上發表有關智慧產品的長文；英國劍橋大學 Institute for Manufacturing 的 Duncan Mcfarlane 教授 2002 年起也陸續發表若干篇有關智慧產品的論文；再譬如，製造學大師，比利時魯汶大學的 Van Brussel 教授也參與發表過相關論文，其多次探討到智慧產品除了 Intelligent Agents 元素外，還要包括 Intelligent Beings，這一舉將智慧產品研發拓展至認知科學或哲學層級。

二、智慧產品的概念

智慧產品的源起與 IT 絕對相關，它是 IT 驅動的三次技術浪潮所激盪出的產物。從 1960、1970 年代開始，第一波浪潮下 IT 逐步地滲透到製造領域中的個人活動，從訂單處

理、會計計算到計算機輔助設計 CAD、計算機輔助製造 CAM。接著，互聯網興起，它廉價且具有無處不在的連接性，在 1980、1990 年代引發了第二波 IT 驅動的轉型。現在，在第三次浪潮中，IT 正逐漸成為產品本身不可或缺的一部分，譬如汽車，一輛普通的福特汽車約使用 25~30 顆 MCU（微處理器），而寶馬 7 系列更是使用多達 60~65 顆。產品本身連接嵌入式感測器、微處理器、軟體和產品，甚至與雲端運算結合，產品數據在其中感測、處理、分析和存儲。再配合運行所需的一些應用程式，這趨勢正推動產品功能和性能的顯著改進，很多新產品透過使用數據實現了許多改進。

智慧產品是個多重意義的名詞，並沒有一個統一的或權威的定義。要掌握智慧產品的概念，可以從理解傳統產品演化至智慧產品的過程中分辨出差異。演化過程包括：傳統產品、機電產品（Mechatronic Products）、智慧機電產品（Intelligent Mechatronic Products）、虛實整合系統（Cyber-Physical Systems）到智慧產品。

機電產品是由傳統機械產品整合電子裝置而成，譬如機械加工廠常見的數字顯示游標卡尺。過去四十幾年來在持續導入嵌入式微電腦及軟體下，機電產品的功能及性能明顯增進，事實上目前製造業的技術主流產品仍以機電產品為主；在 MEMS 感測器、嵌入式微電腦以及軟體加持下，機電產品持續往自主化、自我最佳化、即時互動等方向進化，進而進化到智慧機電產品，譬如主軸監測系統（The Spindle Monitoring System）；智慧機電產品再加上溝通及網路功能，就再



一步進化為虛實整合系統，譬如薄壁切削系統；虛實整合系統再整合以互聯網為基礎的服務，透過互聯網讓數據、人、服務與物彼此溝通，就形成智慧產品，譬如閉迴路產品生命週期管理系統 Closed-Loop PLM。可以簡單地歸納如下：

機電產品 = 傳統產品 + 電子裝置

智慧機電產品 = 機電產品 + 智慧功能 (Intelligence)

虛實整合系統 = 智慧機電產品 + 溝通功能 (Communication)

智慧產品 = 虛實整合系統 + 以互聯網為基礎的服務 (Internet-based Services)

與智慧產品有關的 IT 從 1960、1970 年代開始就激起一波波浪潮，這麼長時間以來，智慧產品為什麼現在就會發達？仔細評估，整個技術領域最近的一系列創新融合在一起，使智慧產品在技術和價格上趨於可行。其中包括：感測器和電池在性能、小型化和能效等方面的突破，促成產品結構高度緊湊、低成本的計算機處理能力和數據存儲能力，這使得放置計算機在產品中變得可行。再加上：廉價的连接埠和無處不在的低成本無線連線；可實現快速軟件開發的工具；大數據分析；一個新的 IPv6 互聯網註冊系統，為個別裝置開放了 340 萬億億個潛在的新互聯網地址，其支持更高安全性的協議。這些創新的融合非常可能促成智慧產品在短中期內蓬勃發展。

三、智慧產品的定義與組成

智慧產品並沒有一個統一的或權威的定義。所以將一組滾珠導螺桿加兩個溫度感測器及一套訊號處理系統，然後就標榜它為智慧滾珠導螺桿。這樣的作法誰也無法否定它。不過可以多參閱各方專家對智慧產品的定義，譬如：德國 Darmstadt 工大的 Mühlhäuser 教授的定義為「智慧產品是一個實體（有形物件、軟體或服務）在其生命週期中有組織地嵌入到不同的（智慧）環境中，藉由情境感知、語義自我描述、主動行為、多模式自然界面、AI 規劃和機器學習等方法，來改善 p2u (product-to-user) 和 p2p (product-to-product) 互動，以提升簡單性和開放性」。

再譬如，英國 Open 大學 KMi 實驗室的 Marta Sabou 下的定義為智慧產品是一種自主物件，為了在生命週期中能自組織地嵌入不同環境而設計，其可實現產品與人之間的自然互動。智慧產品能夠通過對環境的感測、輸入和輸出功能，主動地接近使用者，以達到自我、狀態和情境感知。相關的知識和功能可以在多個智慧產品間共享和擴散。

大致而言，智慧產品都由三類核心元素組成：實體組件、智慧組件和連接組件：

1. 實體組件是產品的機械和電氣部件。
2. 智慧組件的組成包括感測器、微處理器、數據存儲、控制、軟體，和一個嵌入式操作系統和強化的用戶界面。例如，在汽車中，智慧組件包括發動機控制單元、防鎖死煞車系統、雨水感應擋風玻璃和觸控顯示器等。



3. 連接組件由連接埠、天線和通訊協議組成，可實現與產品的有線或無線連接。連通性具有雙重目的，首先，它允許在產品與其操作環境、製造商、用戶以及其他產品之間交換訊息。其次，連接性允許產品的某些功能存在於實體裝置之外，如所謂的雲端運算。

四、智慧產品的應用與分類

智慧產品為什麼可以稱得上「智慧」？基本上智慧產品在於滿足兩個關鍵性應用需求，簡單化及開放化：

(一) 簡單化

所謂簡單化就是要讓產品的使用者相對地減少智力負擔，要盡可能促使使用者與產品之間越來越少的交互動作，並大大提高可用性。譬如由手動排檔到自動排檔，駕駛者就可以簡化很多感知、判斷與動作。另一個面向，智慧產品也可能讓使用者在不增加智力負擔的感覺下，讓產品的功能與性能提升。

(二) 開放化

隨著製造技術的演進，無論軟體、介面及產品組件的數量、複雜性和多樣性均逐步增加，以致零件供應商和產品製造商之間越來越呈現相互陌生的局面，這對製造業的跨公司橫向整合是不利的，智慧產品可以在零件供應商和產品製造商間扮演橋樑角色，提高橫向整合的開放度。

智慧產品在應用上的功能和能力包括監測、控制、最佳化及自主性：

(一) 監測

對使用者而言，智慧產品可通過感測器全面監控產品的狀況、操作和外部環境。對智慧產品的製造廠而言，監測可以跟蹤產品的操作特性和歷史，更好地了解產品的實際使用方式，這些數據對設計具有重要意義，可藉此評估是否過度設計；通過客戶類型的使用模式分析，進行市場區隔規劃；經由所收集數據，可更精確地派遣合適的技術人員使用正確的部件，從而提高首次修復率；監測數據還可以用於判斷產品操作上是否符合保證條件，甚至可以用於判斷是否有新的銷售機會，例如經由利用率的統計。

(二) 控制

智慧產品可通過遠端命令或算法進行控制，其內置於裝置中或駐留在雲端運算中。算法是掌控產品的規則，其對狀態或環境的特定變化產生響應，例如，「主軸負載持續維持高檔時，冷卻迴路相對提高冷卻效能」或「主軸切削振動量達到一定水平時，開始抑制單刃切除率的增加或啟動抑制顫振模式」。

(三) 最佳化

藉由智慧產品的豐富監測數據，以及對產品的控制能力，就可以進一步優化產品性能，其中許多方式以前是不可能的。產品狀態的實時監測數據讓使用者能夠優化製程，在即將發生故障時進行預防性維護作業，甚至遠程完成維修，從而減少了產品停機時間和派遣維修人員的需要。即使需要現場維修，也可以提前了解什麼故障因素、需要哪些零件以及如何修復，這些都可降低作業成本並提高首次修復率。



(四) 自主性

監測、控制和優化功能相結合，使智慧產品有機會實現以前無法達到的自主水準。最簡單的是智慧化操作，如 AGV 無人搬運車物流系統，可以自主地執行派工優化、路徑優化與執行。更複雜的產品能夠了解他們的環境，自我診斷他們自己的服務需求，並適應用戶的喜好。智慧產品的自主能力不僅可以減少操作員作業的需求，也可以改善危險環境中的安全性。

智慧產品是個多重意義的名詞，因此堪稱智慧產品的種類就非常多，智慧產品在分類 (Classification) 上可以用三個維度來區隔，包括：「智慧的水準」、「智慧的位置」及「智慧的聚集水準」等三軸向，依不同面向進行分類：

(一) 智慧的水準：可分三階

1. 信息處理 (Information handling) 智慧產品能夠通過感測器、RFID 和其他技術來管理自己的信息。
2. 問題通知 (Problem notification) 更智慧的產品是可以在出現問題時通知其使用者的產品。這樣的問題可能是例如它摔到了、溫度太高等。產品雖然無法控制自己的狀態，但可以在出現問題時進行報告。
3. 決策 (Decision making) 最智慧的產品是能夠管理自己狀態，並能對相關自己的事進行決策，無需任何外部干預。

(二) 智慧的位置：可分兩類

1. 透過網路的智慧 (Intelligence through network) 產品的智慧完全在實體產品之

外。該產品帶有一種可作為智慧接口的裝置，可能是有線的或無線的。

2. 智慧在實體物 (Intelligence at object) 所有的智慧，無論只是訊息處理還是先進的決策，都是在實體產品本身上進行。該實體物具有必要的計算能力、存儲容量和網絡連接力。

(三) 智慧的聚集水準：可分兩階

1. 智慧項目 (Intelligent item) 該產品僅管理關於其自身的信息、通知和決策。
2. 智慧容器 (Intelligent container) 智慧容器不僅管理關於自身的信息、通知和決定，還知道它所構成的組件。如果智慧容器被拆解或零件被移除、更換，則零件自己仍可以繼續作為智慧項目或容器。例如，高速主軸可以從綜合加工機中移除，翻修後然後在另一綜合加工機中重新使用，可能相伴著新的或翻修過的部件 (如刀庫、換刀臂等)。從供應鏈管理領域的另一個例子是智慧貨架，當特定產品缺貨時，可以發出通知。

五、智慧產品的特色

智慧產品由實體組件、智慧組件和連接組件三類核心元素組成，相較於傳統產品，就可能展現出不同的特色，譬如：

(一) 自主性

智慧產品需要能夠獨立運作而不依賴於上層控制系統。例如，在 AGV 無人搬運車物流系統中，無人搬運車不僅需要主動地回報物流實況，例如，從料架上未能取到貨品；在路徑上遇到障礙亦能自主地繞道而行。



(二) 狀況和情境感知

智慧產品能夠感測物理信息（例如，智慧綜合加工機可通過溫度感測器感知床身溫度）、讀取虛擬信息（例如，在目前操作條件下，綜合加工機床身的模擬溫度狀態），並且從該原始數據中推斷出更高級別的事件（例如，由床身實際溫度狀態與模擬溫度狀態的比較，判斷出目前的加工精度不易理想）。這些「更高級別的事件」通常用「狀況」一詞來表示。因情境或背景訊息的變化智慧產品相應地調整與其他產品的交互動作（例如，因判斷出目前的加工精度可能不盡理想，智慧綜合加工機回報 MES 系統，啟動線上量測系統），以及推斷新知識（例如，累積多次多機台的床身溫度異常記錄，就可建立該床身的狀況原因模式）。

(三) 自組織地嵌入智慧產品環境中

智慧產品能夠無障礙地嵌入現有的智慧產品環境中，並自動融入智慧產品環境。例如，就如同隨身碟插入筆記型電腦般，智慧綜合加工機可以快速地嵌入智慧工作單元（Smart Manufacturing Cell）中。

(四) 主動接近用戶

智慧產品的智慧要能讓產品的使用者相對地減少智力負擔，因此號稱是智慧化的產品若其智慧元素都是處在被動狀態，需要使用者進行操作才能發揮效果，則其智慧化將大打折扣。智慧產品感知狀況或情境，用於決定智慧產品何時應主動通知使用者，例如，提供額外訊息或協助他執行任務。實際上，當智慧產品檢測到異常情況時（例如，加工機感測到開機後機台溫昇速度異常），智慧產品可以透過多模式反應（例如，音響警示、操作畫面顯示、手機簡訊通知等）主動與使

用者互動。更進一步，智慧產品的主動積極性還應該擴展至與其他產品的相互作用（例如，當機台溫昇速度異常，機台開始採取降載操作時，與產線上前後機台的互動通知就可顯現智慧高低）。

(五) 在整個生命週期內提供支持

目前智慧產品的智慧是建構在數據之上，數據不只是當下的，收集的數據需要跨越整個生命週期，而這跨越可能是向前跨越，也可能是向後跨越，關鍵在於哪一個特定生命週期階段的數據對其行為具重要影響。以用在綜合加工機的主軸為例，綜合加工機的使用者在某些時間點可能就會想向後讀取主軸出廠前的測試數據，相對地，主軸的裝配人員可能就會想向前抓取相同規格機台的切削數據，以作為參數設定參考。

(六) 多模式互動

智慧產品理論上應提供自然、人性化、容錯的互動模式，但大多數產品僅具有有限的輸入和輸出資源。出於這個原因，智慧產品需要能夠利用環境中的不同輸入和輸出裝置，應付各種互動（例如，語音、指示）。智慧產品要能在網路中發現多模式界面服務，並可以根據需要使用它們。譬如一組智慧主軸，它必須透過聯網顯示器、麥克風、揚聲器或手機等，與綜合加工機的裝配人員或使用者互動。

(七) 支援程序知識

許多與智慧產品的互動必須基於特定流程，（例如，將一組智慧主軸裝上綜合加工機上）。智慧產品需要支持程序性知識，包括使用者如何參與不同步驟以及如何將隱藏式動作（例如，確認智慧主軸的中心線與綜



合加工機的各軸垂直度或平行度的動作)整合到過程中,並確認使用者何時完成了該步驟。當然,需要支持程序知識的不限於單個智慧產品,也可以由若干智慧產品組成動態程序。例如,熱縮刀把、刀柄熱縮機、刀具動平衡機、刀長量測儀與綜合加工機的組合,這組合可確保切削刀具固定至綜合加工機的精度,刀具在這組合中的動態程序可因智慧化程式的導引,讓使用者感覺容易得多。

(八) 分佈式知識儲存

智慧產品若只運用自身有限的歷史數據,它所能展現的智慧威力勢必有限。智慧產品訴求的是三維度的整合:垂直方向(公司內跨管理階層的)、水平方向(跨公司、貫穿價值鏈的)與生命週期(產品自身的)三維度整合。它的智慧、知識與數據經由整合可分佈儲存於三維度上,智慧產品所依賴的數據就不侷限於自身的數據。這使得剛剛進入智慧產品環境的智慧產品能夠從迄今為止收集的相同產品數據中受益。需要分佈式儲存知識的另一種情境是產品更新調機流程。例如,一個產品壞了由另一個產品替換,分佈式存儲數據及知識使得新產品可以利用舊產品的知識進行初始化,因此無需從頭開始學習所有內容。

六、智慧產品的優點、好處

相較於傳統產品,智慧產品的整體好處是打破原有產業邊界。智慧產品的競爭力基礎從個別的產品功能轉變為更周延的產品系統性能,其中製造商只是一個參與者。製造商現在必須提供一套連接設備和相關服務,以優化整體結果。

從競爭力的角度,智慧產品的淨效應為:進入門檻上升,再加上早期積累實績和分析產品使用數據帶來的先發優勢,促成觀望者或後進者墊高風險。智慧產品的使用可以帶來重要的好處包括:

- (一) 建立以產品驅動的生產方式(這表示,產品掌握計劃執行的主動權)
- (二) 改善產品的整個生命週期,包括設計、生產、分配、操作和報廢階段。
- (三) 提高產品質量和性能,經由「自我某某」方法的應用,如自我學習、自我診斷、自我適應和自我優化。
- (四) 透過大量數據,改進下一代產品。

七、智慧產品的競爭力分析

智慧產品這概念出現已經很久,但事實上目前製造業的技術主流產品仍以機電產品為主,很多公司的智慧產品仍只是公司形象用規格,並非主打規格。這中間透露了產品是否真正具競爭力。競爭力大師波特教授就曾依「五力分析模型」,對智慧產品的競爭力進行分析:

(一) 買家的議價能力

智慧產品極大地擴展了產品差異化的機會,使競爭力從單獨的價格轉移到其他面向。透過智慧產品的聯網溝通功能,智慧產品能讓製造廠與客戶建立更緊密關係,製造廠可以了解客戶如何實際使用產品,可以在區隔客戶、定製產品、設定價格以更好地捕捉價值、及擴展增值服務...等方面提高製造廠競爭力。另一方面,產品使用者一旦習於從分佈式數據庫中讀取豐富的產品資訊,買



家轉換到新供應商的成本增加。此外，由於智慧產品能讓製造廠與客戶建立緊密關係，因此能讓製造廠減少對分銷或服務合作夥伴的依賴，甚至將其解散，從而獲得更多利潤。所有這些都有助於減輕或降低買家的議價能力。但是，「製造廠透過產品的聯網功能以了解客戶如何使用產品」的構想，有時候卻會成為智慧產品在拓展上的障礙，因為產品的使用者不見得願意讓製造廠知道實際狀況。

(二) 競爭對手之間的競爭

智慧產品有可能改變競爭，為差異化和增值服務開闢了許多新途徑。這些產品還使製造廠能夠定製產品以針對特定區隔的市場，甚至定製產品以滿足個別客戶，藉以進一步加強差異化和實現價值。例如：自行車的踏板是一個單純的機械零件，在機械性能上提昇可以在使用壽命、踩踏順暢度等方面提高競爭力。但將自行車的踏板轉換為智慧型踏板後，競爭的面向就改變了，智慧型踏板標榜的是不同的功能以及新增加的服務。

(三) 新進入者的威脅

由傳統產品踏入「智慧-互聯化」的新進入者面臨著重大的新障礙，必須同時面對複雜產品衍生的高固定成本、嵌入式技術和多階層 IT 架構。相對的，目前在銷售智慧產品的企業持續地在收集和積累產品數據，同時利用它來改進產品和售後服務。這在取得關鍵的先發優勢時，進入壁壘也會增加。亦即智慧產品可以提高買家忠誠度和轉換成本，進一步提高新進入者進入門檻。例如：自行車的智慧型踏板，智慧型踏板可提供數據上傳手機、歷史數據記錄、車隊內即時分

享等新增服務，這些新增服務就連結著買家忠誠度。

(四) 替代品的威脅

與傳統替代產品相比，智慧產品可提供卓越性能、定製服務和客戶價值，從而降低替代威脅，並改善行業增長和盈利能力。然而，在許多行業中，智慧產品會遭遇新類型的替代威脅。例如：自行車的智慧型踏板可提供相較於傳統踏板新增的服務，但這些新增的服務卻面臨新興的「曲柄型功率計」的競爭威脅。

(五) 供應商的議價能力

智慧產品正在改變實體組件、連接組件與智慧組件的價值版圖與議價條件。有些論點認為：由於智慧和連接組件相對於實體組件提供更多價值，因此實體組件的議價能力下滑，甚至可以隨時由軟件替換。但是這樣的預測可能過於簡化價值版圖的分析，由於智慧化的實質目的非常多元。智慧產品常常訴求的是新增服務，而非價格競爭，甚至逆向走向精品要求。例如：自行車的智慧型踏板，它的實體組件在結構、精密度、外觀品質上的要求可能都會高於傳統踏板的，因為消費者對於智慧產品的高品質會有所期待。

八、智慧產品的風險

智慧產品在市場面及技術面仍然存在若干挑戰或風險，一些較大的戰略風險包括：

(一) 添加客戶不想支付的功能

僅僅因為現在可以達成某項智慧功能並不意味著客戶就會接受。由於使用成本和



複雜性，添加額外智慧功能只會增加成本，降低收益。

(二) 低估資訊安全和隱私風險

智慧產品為企業系統和數據傳輸打開了新開道器（Gateway）。這需要加強網絡安全、傳感器安全以及信息加密。

(三) 高估內部能力

向智慧產品的轉變往往需要整個價值鏈中的新技術、技能和流程（例如，大數據分析、系統工程和軟件應用程序開發）。關於應該在內部開發哪些能力？以及哪些應該由新合作夥伴開發的評估是至關重要的。

九、結論

智慧產品這概念在論文上出現至少已有30年，到現在仍非主流產品。這代表中間一定有些細節存在。因此在規畫投入智慧產品之前，有些策略問題尚需評估，譬如：轉向智慧產品會如何影響所處行業結構或行業界限？智慧產品如何影響價值鏈的配置？智慧產品需要選擇哪些新策略才能獲得競爭優勢？

在執行上，針對智慧產品的技術性問題亦須檢討，譬如：如何使用和管理它們生成的大量新數據？如何重新界定與協調原有業務合作夥伴的關係？如何確保分佈式數據和保留系統間的互操作性？如何整合適當機制，將可用數據轉換為知識以支持決策。◆

參考文獻

1. Michael E.P., and Heppelmann J.E. 2014. "How Smart, Connected Products Are Transforming Competition." Harvard Business Review 92(11) : 64-88.

2. Duncan M., Sanjay S., Jin L.C., Wong C.Y., and Kevin A. 2002. "The Intelligent Product in Manufacturing Control and Management." 15th Triennial World Congress, Barcelona, Spain, IFAC Proceedings 35(1) : 49-54.

3. Paul V., Bart S.G., Paul V., Jan V.B., Hadel, and Hendrik V.B. 2009. "Intelligent products: Agere versus Essere." Computers in Industry 60(3) : 217-228.

4. Michael A. 2015. "Smart Products." CIRP Encyclopedia of Production Engineering.

5. Max M. 2007. "Smart Products: An Introduction" European Conference on Ambient Intelligence.

6. Marta S., Julia K., Andriy N., Andrew T., Xiaoming Z., and Enrico N. 2009. "Position Paper on Realizing Smart Products: Challenges for Semantic Web Technologies." Proceedings of Semantic Sensor Networks 522 : 135-147.

7. Paulo L., Nelson R., Jose B., Claudio T., and Arnaldo P., 2015. "Intelligent Products: the Grace Experience." Control Engineering Practice 42 : 95-105.



G3高天井燈



S3防爆燈



G3投光燈



全方位照明系統

解決方案

歡迎來電索取產品型錄



南亞光電
NAN YA PHOTONICS INC

(02)2712-2211 # 5917

文化豐富美麗人生

文化公益 教育分享 溫馨關懷



中鋼市民講座



環境教育巡迴車



公益音樂會



歡迎蒞臨

中鋼公司

member of CSC Group 中鋼集團



中鋼公司

<http://www.csc.com.tw>

公司廠址

81233 高雄市小港區中鋼路1號 TEL : (07) 802-1111 FAX : (07) 537-3570

中鋼集團總部大樓

80661 高雄市前鎮區成功二路88號 TEL : (07) 337-1111 FAX : (07) 537-3570