

DECEMBER 2024

12

no.51

AIR AI+IR

智慧自動化產業期刊
Journal of Automation Intelligence and Robotics

學術技術 與標準發展





台灣機器人與智慧自動化展

Taiwan Automation Intelligence and Robot Show



台北國際 自動化工業大展

Automation Taipei

2025.8.20 (三) - 23 (六) 台北南港展覽館1&2館
Taipei Nangang Exhibition Center, Hall 1&2

歡迎蒞臨參觀！

展覽項目



智慧製造相關
Smart Manufacturing



AI人工智慧
Artificial Intelligence



智慧服務
Smart Services



關鍵零組件
Key Components



製造設備
Industrial Supply



服務型機器人
Service Robot



聯絡窗口

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會

電話：04-2358-1866

陳怡樺 小姐 #14

信箱：service@tairoa.org.tw



掌握未來趨勢

「機器人工程師」「自動化工程師」證照

全台首創機器手臂術科考試

原理 + 實作 + 證照 = 贏得就業先機

機器人術科考試方式及合格場域資訊

請見官網考試資格及規定



學科考試日程

證照名稱	考試時間	報名時間
「機器人工程師」證照 「自動化工程師」證照	5月/11月	3-4月/9-10月



◆ 機器人工程師及自動化工程師書籍



更多購買資訊及證照考試內容請至協會官網查詢

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會 www.tairoa.org.tw



市場焦點 Market Focus

8

經濟與景氣指標

資料來源：台灣經濟研究院、國家發展委員會、中華經濟研究院
資料整理：社團法人台灣智慧自動化與機器人協會

22

結合人工智慧的機器人技術與產業發展

工業技術研究院 副院長 胡竹生

30

歐盟推動人工智慧標準化之發展路徑

中華經濟研究院 經濟法制中心 副主任 王煜翔

38

鋼鐵相關產業的歐盟碳關稅挑戰

財團法人中技社 資源暨環境中心 正研究員 郭博堯

46

美、歐、日AI法制最新動向

資訊工業策進會 科技法律研究所數位創新中心科研法制組 組長 周晨蕙

52

產業導入AI化所需的資安韌性：挑戰與策略

元智大學 資訊管理學系 專任助理教授 王仁甫（兼任台灣駭客協會理事）
元智大學 資訊管理學系 陳意璇

市場焦點 Market Focus

60

大模型賦予機器人具身智慧

工業技術研究院 產業科技國際策略發展所 黃仲宏

68

碳費開徵對台灣企業的機會與挑戰

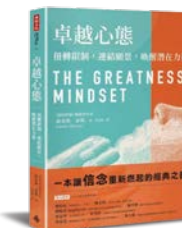
國立臺灣大學 風險社會與政策研究中心 助理研究員 黃偉任

好書推薦 Book Recom

73

卓越心態：扭轉限制，連結願景，喚醒潛在力量

路易斯·豪斯（Lewis Howes）



產業脈動 Industry Trend

74

自主移動機器人的選用訣竅及相關標準

自主移動機器人聯盟 秘書處 張嘉芳

84

SEMI E187 如何帶動半導體產業上下游供應鏈的資安意識

必維國際檢驗集團（Bureau Veritas）技術經理 林宗慶

產學研究&技術趨勢 Technology Research & Insight

88

新型雙舵機驅動自主移動機器人 之混合導航技術

國立中興大學 電機工程學系 特聘教授 蔡清池
國立中興大學 電機工程學系 研究生 陳伯璋
國立中興大學 電機工程學系 研究生 李啟祥

98

智慧製造與資訊安全

國立臺灣科技大學 機械工程系 教授 李維楨

106

移動式機器人社交導航系統於超商之應用

國立陽明交通大學 電控工程研究所 教授 楊谷洋

產學研究&技術趨勢 Technology Research & Insight

114

基於蟻群演算法的鍛造離型劑 自動化噴塗路徑優化研究

國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 助理教授 彭達仁
國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 助理教授 陳鵬仁
國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 蘇挺綸
國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 林忠潔

122

基於ROS的自主移動機器人動態障礙物 避障之速度估計與代價地圖建構

國立臺北科技大學 自動化科技研究所暨創新前瞻科技研究學院
特聘教授暨院長 陳金聖
國立臺北科技大學 自動化科技研究所 助理教授 林達傑
國立臺北科技大學 自動化科技研究所 林思宇
國立雲林科技大學 電機工程系 助理教授 林家仁*

活動焦點 Special Events

130

智慧AI應用人才特訓營 產學攜手培育未來智慧AI領航者

智慧AI應用人才特訓營心得分享

國立屏東科技大學 機械工程系 謝明恩

智慧AI應用人才特訓營心得分享

崑山科技大學 智慧機器人工程系 陳柏豐

勇敢突破界限：在特訓營的未來探索之旅

台灣發那科股份有限公司 ROBOT營業技術部工程師 李少鈞

踏入職場的必修課：找到自己的職涯信念

台灣庫卡股份有限公司 業務部副理 黃君穎

138

2024 第四屆機器人智動系統優質獎 智動化產業最高榮譽 激發創新、推動未來

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會

產業行事曆 Industrial Calendar

144

2025國際展覽資訊一覽表

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會 整理

145

TAIROA智動協會 114年度課程資訊

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會 整理

最低只需 78,960元 就可打造自動化工廠



從 78,960元的移液器到 515,160元的碼垛機，低成本自動化的使用成本非常低廉，因此我們向您保證，您絕對可以在RBTX平台上找到專屬於您的自動化應用。

 **RBTX**
low cost robotix
- marketplace powered by 

rbtx.com  German Technology     
台灣易格斯有限公司 40850台中市南屯區工業區24路35號5樓 電話:04-2358-1000 www.igus.com.tw

clean-room



SCARA電纜解決方案

用於SCARA機器人的持久供能系統



The logo for IREX 2025 International Robot Exhibition. The word "IREX" is in large, bold, sans-serif letters. The "i" is grey, "R" is blue, "E" is grey, and "X" is red with a grey outline. Below it, "INTERNATIONAL" is in grey, "ROBOT EXHIBITION" is in blue, and "2025" is in large blue numbers.

Dec. 3 Wed ... **Dec. 6** Sat
Tokyo Big Sight

貿易署從優補助！歡迎洽詢

Contact TAIROA Fion Chen
fion@tairoa.org, 04-2358-1866#14





經濟與景氣指標

景氣概況本次發布日期為 11 月 27 日；臺灣採購經理人指數本次發布日期為 12 月 02 日

資料來源：台灣經濟研究院、國家發展委員會、中華經濟研究院
資料整理：社團法人台灣智慧自動化與機器人協會

觀察近期國際經濟情勢，全球經濟緩步成長，製造業仍未全面復甦，主要國家陸續放寬貨幣政策有助於提振經貿動能。美國受到颶風襲擊與波音罷工影響零組件供應，使得 10 月 ISM 製造業採購經理人指數（PMI）較上月下滑，惟受惠於僱傭指數與供應商交貨指數成長帶動，非製造業 PMI 較上月走高。在歐元區，儘管服務業信心指數與消費者信心指數均有所改善，然工業信心指數因新訂單和新出口訂單皆呈下滑，使得 10 月綜合經濟觀察指標（ESI）較 9 月下滑。在中國，自 9 月下旬以來官方祭出的一系列經濟刺激政策，有助於市場需求和信心有所改善，10 月製造業 PMI 回升至榮枯線以上，非製造業活動續呈擴張態勢。全球經濟緩步成長，製造業仍未全面復甦，主要國家陸續放寬貨幣政策有助於提振經貿動能。此外，川普重返白宮執政引發景氣不確定性升溫，其政策將對全球政經局勢產生重

大影響。

國內製造業方面，儘管新興科技應用需求不墜，然傳產復甦腳步仍顯乏力，塑化產品外銷表現疲弱，令製造業廠商對當月景氣看法較上月調查相比略為轉差，預期川普上任後將引發新一波美中貿易戰，對中國製造業帶來負面影響，進而影響國內部分產業拉貨需求，令化學工業與化學製品業對未來半年景氣展望轉弱。服務業方面，儘管有颶風影響營業天數，不過隨著百貨周年慶檔期啟動，加上 10 月台股表現穩健，有助於零售業與證券業看好當月景氣表現。營建業方面，10 月測驗點轉為上揚，主要來自於營造業看好未來半年景氣表現，係因公共建設預算提升與高科技業者持續推進建廠計畫；但不動產業因央行信用管制擴大、房貸審核趨嚴與利率上升，致 10 月交易量下降，房市買氣低迷，需等待放款條件放寬

後，需求才可望回溫。根據台灣經濟研究院調查結果，經過模型試算後，10 月製造業營業氣候測驗點續呈下跌態勢，服務業與營建業測驗點則結束先前連續三個月下跌態勢轉為上揚。

國際情勢美國方面，美國商務部經濟分析局（BEA）公布 2024 年第三季美國經濟成長數值；第三季 GDP 成長年增率（yoy）為 2.7%。內需表現上，美國第三季的民間消費與民間投資成長年增率分別為 +0.3% 與 -2.4%；而外需市場表現上，美國的商品暨服務出口及進口成長年增率則分別為 4.5% 與 7.2%。

美國就業市場表現方面，根據美國勞動統計局公布資料，2024 年 10 月的失業率為 4.1%，較上月相比維持不變；此外 10 月美國非農新增就業人數大跌至 1.2 萬人。物價方面，美國 2024 年 10 月消費者物價指數（CPI）年增率為 2.6%，較前月增加 0.2 個百分點。此外美國商務部公布數據顯示，10 月美國零售銷售額年增率為 2.8%，較前值增加 0.8 個百分點。

美國經濟近期的景氣展望方面，參考美國供應管理研究所（Institute of Supply Management, ISM）公佈美國的 2024 年 10 月製造業採購經理人指數（PMI）為 46.5 點，較上月下滑 0.7 個百分點。另外 ISM 公佈的 2024 年 10 月非製造業 PMI 為 56.0 點，較前月指數增加 1.1 點，創下 2022 年 7 月以來新高。美國製造業與服務業的最新 PMI 數值，除了反映製造業景氣疲弱外，颶風襲擊美國東南部與波音罷工亦影響零組件供應，製造業 PMI 已連續七個月處於衰退區間。

歐洲方面，歐盟統計局（Eurostat）發佈

2024 年第三季歐元區（EA20）經濟成長年增率為 0.9%，高於第二季的 0.6% 增幅，創 2023 年第二季以來最高。在 2024 年全年度的歐元區 GDP 方面，EIU 與 S&P Global 於 2024 年 11 月發布預測值分別為 0.8% 與 0.7%，EIU 較前次預測值下修 0.1 個百分點，S&P Global 則維持前次預測值不變。

歐洲就業市場表現部分，歐元區於 2024 年 9 月失業率為 6.3%，較上月修正後數值相比維持不變。此外，2024 年 10 月歐元區 CPI 年增率為 2.0%，較上月數值增加 0.3 個百分點，而 10 月歐元區核心 CPI 年增率則為 2.7%，與上月數值維持不變。

至於歐洲經濟展望部分，參考歐盟委員會公佈的綜合經濟觀察指標（Economic Sentiment Indicator, ESI），歐元區 2024 年 10 月的 ESI 為 95.6 點，較上月下滑 0.6 點；ESI 數值以細項來看，儘管服務業信心與消費者信心指數均有所改善，然 10 月工業信心指數續呈下跌態勢，其中新訂單數量及新出口訂單皆呈下滑，且生產趨勢預期下跌，顯示需求仍持續表現疲弱，導致工業信心指數的下跌。

日本方面，日本內閣府公布 2024 年第三季國內生產總值（GDP）第一次速報值為 0.3%，較第二季增加 1.4 個百分點，其中民間消費增幅由第二季 -0.6% 增至第三季 0.7%，為 2023 年第二季以來新高，企業設備投資、政府消費支出年增率分別為 2.4%、0.8%，外需的進出口年增率分別為 4.9%、1.5%。財務省公布 2024 年 10 月進口金額為 9 兆 8,879 億日圓，較 2023 年同期增加 0.4%，為連續七個月增加；出口額為 9 兆 4,267 億日圓，年增 3.1%。S&P Global 引用 au Jibun Bank 日本製造業採購經理人指數（PMI），受到地

緣政治不確定性導致新出口訂單出現連續第八個月下滑，致 10 月 PMI 指數 49.2 點，較 9 月數值減少 0.5 點。

日本就業市場方面，依據日本總務省公布 2024 年 9 月經季節調整後失業率為 2.4%，較 8 月減少 0.1 個百分點。物價方面，10 月 CPI 年增率為 2.3%，較 9 月減少 0.2 個百分點。

日本經濟展望方面，依據 S&P Global 引用 au Jibun Bank 發布的日本 10 月製造業及服務業採購經理人指數（PMI）分別為 49.2 及 49.7，與 9 月數值相比較，分別減少 0.5 點及 3.4 點。從該數值顯示，製造業指數持續第四個月處於榮枯線之下，主要係因地緣政治不確定性導致新出口訂單出現連續第八個月下滑，產出減少及商業環境疲軟致企業削減員工數；服務業方面，主要係出口減少，產出為 6 月以來首次出現衰退，加上企業信心指標為 2022 年 3 月以來新低，使服務業擴張大幅放緩，PMI 跌至榮枯線之下。

中國方面，2024 年 10 月全國規模以上（主要業務收入在 2,000 萬元及以上的工業企業）工業增加值年增率為 5.3%，較 9 月數值減少 0.1 個百分點；社會消費品零售額年增率 4.8%，較 9 月數值增加 1.6 個百分點，其中商品零售、餐飲年增率分別為 3.2%；1-10 月全國（不含農戶）固定資產投資及民間投資年增率分別為 3.4%、-0.3%。另中國海關總署公布 2024 年 1-10 月貿易額達 50,676.5 億美元，年增 3.7%，其中進出口分別年增 1.7% 及 5.1%。

中國就業市場方面，2024 年 10 月全國城鎮調查失業率平均值為 5.0%，比 9 月數值減

少 0.1 個百分點。在全國居民消費價格（CPI）方面，10 月 CPI 年增率 0.3%，其中交通通信及居住類價格呈現下跌外，其餘類別價格年增率皆上揚；核心 CPI 年增率 0.2%，另 1-10 月 CPI 年增率為 0.3%，核心 CPI 年增率為 0.5%。

中國經濟展望方面，依據中國國家統計局發布 10 月製造業 PMI 為 50.1%，較前月數值增加 0.3 個百分點，指標皆較上月數值增加，以生產指數增加 0.8 個百分點最多，致製造業活動回升至榮枯線之上。非製造業活動指數為 50.2%，較前月數值增加 0.2 個百分點，主要係在需求增加，新訂單、投入品及銷售價格等指標皆較上月數值增加 2.0 個百分點以上，致非製造業活動續呈擴張態勢。由於 9 月底中國官方推出一系列經濟刺激政策，有助於消費及生產活動活絡，10 月份主要指標除房地產開發投資指標外，其餘指標增速略有回升跡象。

東南亞方面，目前越南、馬來西亞、菲律賓、印尼、新加坡及泰國公布的 2024 年第三季 GDP 年增率分別為 7.4%、5.3%、5.2%、5.0%、4.1% 及 3.0%。在 2024 年全年度的東南亞國家 GDP 方面，依 EIU 與 S&P Global 最新發布預測值，EIU 對越南及新加坡預測值較前次預測值增加，分別來到 6.4% 及 3.1%，另菲律賓、印尼、馬來西亞及泰國預測值皆與前次預測值持平，分別為 5.4%、5.1%、5.1% 及 2.5%；S&P Global 上修對越南、馬來西亞及新加坡等國預測值，分別來到 6.4%、4.9% 及 2.9%，另調降菲律賓、印尼及泰國預測值，分別為 5.6%、5.1% 及 2.6%。

東南亞就業市場表現方面，印尼 2024 年上半年失業率分別為 4.8%，越南前 3 季失業

率為 2.3%，其餘國家 9 月失業率依序為菲律賓 3.7%、馬來西亞 3.2%、新加坡 1.8% 及泰國 0.8%。消費者物價方面，10 月越南、菲律賓及泰國 CPI 年增率較 9 月數值增加，來到 2.9%、2.3% 及 0.8%，印尼 CPI 年增率較 9 月數值減少，達 1.7%；9 月新加坡及馬來西亞等國 CPI 年增率較 8 月數值減少，分別達為 2.0%、1.8%。

東南亞經濟展望方面，參考 S&P Global 東協製造業 PMI，10 月為 50.5 點，與前月數值持平，主要係需求雖為連續第 8 個月出現改善，然增幅明顯趨緩，致企業採購指標為今年以來首次衰退，就業亦陷入停滯，投入品價格漲幅為 15 個月以來新低，致 PMI 指標持平，仍維持榮枯線之上。若以國家別觀察，越南因風災後生產回復，PMI 較 9 月數值增加 3.9 個百分點，回升至榮枯線之上；而菲律賓、新加坡及泰國 PMI 皆較 9 月數值轉差，PMI 分別為 52.9、50.8 及 50.0；馬來西亞及印尼營運持平，PMI 分別為 49.5、49.2。

國內情勢方面，對外貿易部分，人工智慧商機持續熱絡，電子及資通產品出口續成長，惟油品及塑化產品外銷仍然疲弱，使得 10 月出口年增率由上月的 4.51% 擴增為 8.44%，進口年增率則由上月的 17.31% 縮減為 6.54%。受惠人工智慧及高效能運算等商機熱度延續，電子及資通產品年增率仍處高檔，傳產貨類市況仍顯疲軟，除基本金屬及其製品與機械產品外，其餘傳產貨類年增率仍呈衰退態勢；進口方面，AI 產業鏈需求帶動電子零組件進口成長，加上半導體設備採購增加，資本設備進口年增率維持高檔，然農工原料與消費品進口年增率明顯轉弱，導致整體進口年增率較上月縮減。累計 2024 年 1 至 10 月出口較去年同期

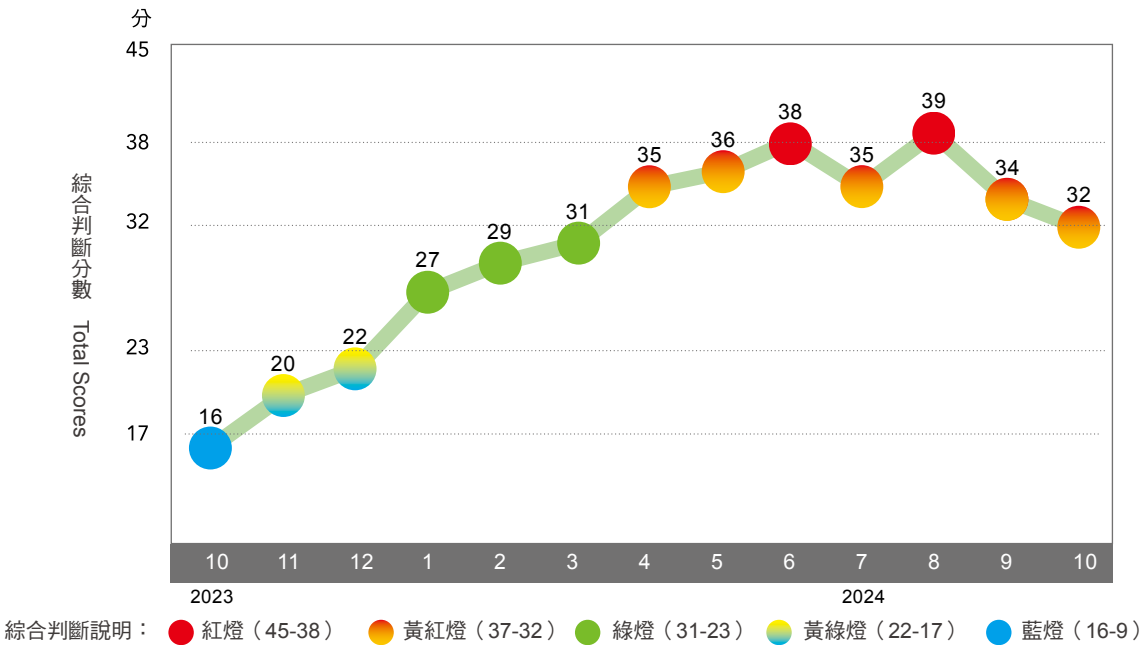
成長 9.96%，進口亦成長 9.75%，總計 2024 年 1 至 10 月出超金額為 664.48 億美元，成長 11.01%。

國內生產部分，10 月工業生產指數 100.60，較上月增加 1.16%，其中製造業增加 1.23%；經季節調整後，工業生產減少 1.32%，製造業減少 1.14%。受惠於新興科技技術需求暢旺，電子及資通訊產品續成長，出口及外銷訂單年增率皆較上月數值增加，推升需求面指標表現，惟油品、塑化及汽車等傳產出口疲弱，使得出口衍生的進口需求縮小，加上伺服器逢新舊轉換期及高基期，致整體生產指數增幅縮小至個位數，拖累原物料投入面表現。累計 1 至 10 月與上年同期比較工業生產增加 10.68%，其中製造業增加 11.11%。

物價方面，雞蛋價格持續滑落、水果漲幅亦較上月明顯減少；惟颱風造成農產損失，使蔬菜價格提升，抵銷部分降幅，食物類價格年增率由 9 月 3.00% 縮減至 10 月 2.70%，對總指數影響 0.74 個百分點，較上月減少 0.08 個百分點。整體來看，除 10 月雜項類價格指數年增率較 9 月明顯上揚外，食物類、居住類、醫療保健類與教養娛樂類價格年增率均較 9 月漲幅縮減，而衣著類年增率轉為衰退，交通及通訊類年減幅擴大。10 月整體 CPI 年增率由 9 月 1.82% 縮減至 1.69%，核心 CPI 年增率由 9 月 1.78% 縮減至 1.64%；PPI 方面，儘管 10 月電價再次調漲，然受到石油及煤製品、電子零組件、化學材料及其製品與藥品、食品及飼品等價格下跌，令 2024 年 10 月整體 PPI 年增率連兩個月下滑，衰退幅度從 9 月的 -0.45% 擴大至 10 月的 -0.69%。累計 2024 年 1-10 月 CPI 年增率 2.19%，PPI 年增率為 1.23%。

勞動市場及薪資方面，2024 年 10 月失業率 3.40%，較上月下降 0.03 個百分點，因工作業務緊縮或歇業而失業的人數較上年同月減少，令 10 月失業率較上年同月下降 0.03 個百分點。2024 年 9 月本國籍全時受僱員工總薪資為 59,739 元，較上年同月成長 3.85%；9 月經常性薪資為 49,335 元，較去年同月成長 3.52%，在扣除物價上漲因素後，2024 年 1 至 9 月實質經常性薪資為 45,527 元，較上年同期成長 0.53%，2024 年 1 至 9 月實質總薪資為 61,591 元，較上年同期成長 2.13%。國內金融市場方面，市場資金環境

穩定，2024 年 10 月金融業隔夜拆款利率最高為 0.827%，最低為 0.819%，加權平均利率為 0.823%，較上月上升 0.003 個百分點，較 2023 年同月增加 0.131 個百分點。匯率方面，聯準會官員釋出鷹派訊息，加上美國經濟數據優於預期，削弱金融市場對聯準會大幅降息的預期，加上中東戰火升溫進一步支撐美元，導致亞洲主要貨幣兌美元走弱，台幣 10 月表現偏貶，月底匯率收在 32.031 美元，貶值 1.19%。



資料來源：國家發展委員會

圖1. 近一年景氣對策信號走勢圖

一、景氣對策信號

113 年 10 月景氣對策信號綜合判斷分數為 32 分，較上月減少 2 分，燈號續呈黃紅燈。9 項構成項目中，工業生產指數由紅燈轉為黃紅燈，製造業銷售量指數由黃紅燈轉呈綠燈，分數各減少 1 分；其餘 7 項燈號維持不變。個別構成項目說明如下：

- 貨幣總計數 M1B 變動率：由上月 4.2% 增為 5.0%，燈號續呈黃藍燈。
- 股價指數變動率：由上月 32.1% 增至 40.1%，燈號續為紅燈。
- 工業生產指數變動率：由上月 12.0% 減至 7.5%，燈號由紅燈轉呈黃紅燈。
- 工業及服務業加班工時變動率：由上月下修值 7.8% 減至 7.5%，燈號續為紅燈。

- 海關出口值變動率：由上月 4.6% 增為 8.8%，燈號續呈綠燈。
- 機械及電機設備進口值變動率：由上月 20.4% 增為 20.8%，燈號續為紅燈。
- 製造業銷售量指數變動率：由上月下修值 7.1% 減至 3.1%，燈號由黃紅燈轉呈綠燈。
- 批發、零售及餐飲業營業額變動率：由上月下修值 4.5% 減為 3.2%，燈號續為綠燈。
- 製造業營業氣候測驗點：由上月上修值 94.87 點減至 93.12 點，燈號續呈黃藍燈。

舊版景氣對策訊號		2023年			新版景氣對策訊號		2024年											
		10月	11月	12月			1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月		10月	
		燈號	燈號	燈號			燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	燈號	%	燈號	%
綜合判斷	燈號	●	●	●	綜合判斷	燈號	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	
	分數	16	20	22		分數	27	29	31	35	36	38	35	39	34		32	
貨幣總計數M1B		●	●	●	貨幣總計數M1B		●	●	●	●	●	●	●	●	●	4.2	●	5.0
股價指數		●	●	●	股價指數		●	●	●	●	●	●	●	●	●	32.1	●	40.1
工業生產指數		●	●	●	工業生產指數		●	●	●	●	●	●	●	●	●	12.0	●	7.5
非農業部門就業人數		●	●	●	工業及服務業加班工時		●	●	●	●	●	●	●	●	●	7.8 _r	●	7.5
海關出口值		●	●	●	海關出口值		●	●	●	●	●	●	●	●	●	4.6	●	8.8
機械及電機設備進口值		●	●	●	機械及電機設備進口值		●	●	●	●	●	●	●	●	●	20.4	●	20.8
製造業銷售量指數		●	●	●	製造業銷售量指數		●	●	●	●	●	●	●	●	●	7.1 _r	●	3.1
批發、零售及餐飲業營業額		●	●	●	批發、零售及餐飲業營業額		●	●	●	●	●	●	●	●	●	4.5 _r	●	3.2
製造業營業氣候測驗點		●	●	●	製造業營業氣候測驗點		●	●	●	●	●	●	●	●	●	94.87 _r	●	93.12

註：1. 各構成項目除製造業營業氣候測驗點之單位為點（基期為 95 年）外，其餘均為年變動率；除股價指數外均經季節調整。
2. r 為修正值。

資料來源：國家發展委員會

圖2. 一年來景氣對策信號

二、景氣指標

領先指標 領先指標不含趨勢指數為 101.84，經回溯修正後，較上月下滑 0.47%（詳表 1、圖 3）。

7 個構成項目經去除長期趨勢後，4 項較上月下滑，分別為：建築物開工樓地板面積、製造業營業氣候測驗點、工業及服務業受僱員工淨進入率、實質貨幣總計數 M1B；其餘 3 項較上月上升，分別為：實質半導體設備進口值、外銷訂單動向指數、股價指數。

表1. 景氣領先指標

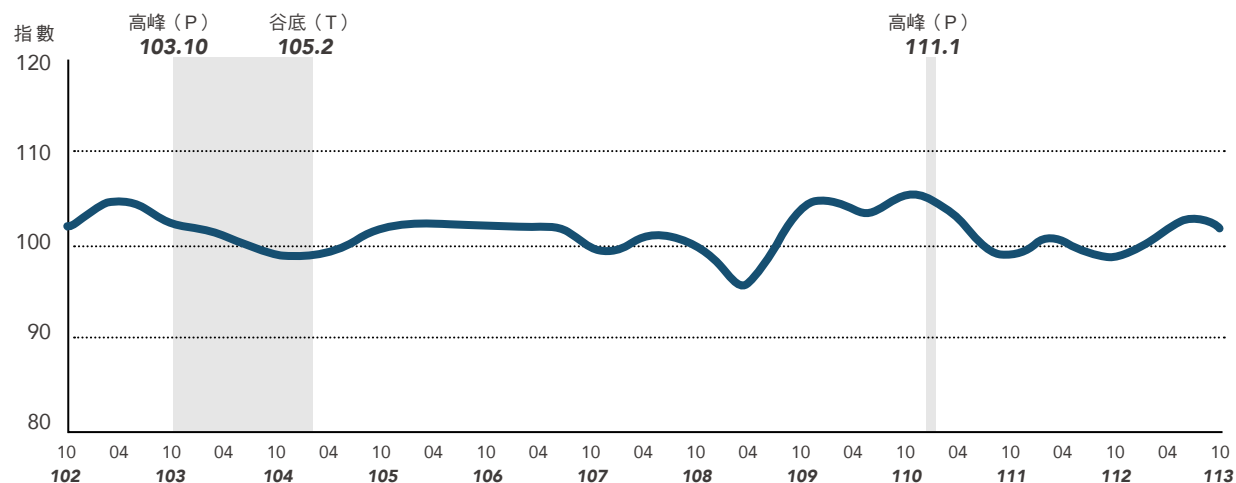
項 目	113年 (2024)						
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
不含趨勢指數	101.75	102.36	102.76	102.90	102.70	102.32	101.84
較上月變動 (%)	0.67	0.59	0.39	0.14	-0.19	-0.38	-0.47
構成項目 ¹							
外銷訂單動向指數 ²	100.56	100.69	100.753	100.746	100.73	100.74	100.79
實質貨幣總計數M1B	99.72	99.747	99.751	99.73	99.70	99.66	99.64
股價指數	100.37	100.58	100.73	100.82	100.84	100.846	100.851
工業及服務業受僱員工淨進入率 ³	100.36	100.35	100.28	100.19	100.08	99.97	99.86
建築物開工樓地板面積 ⁴	99.92	100.04	100.16	100.20	99.96	99.51	98.92
實質半導體設備進口值	98.93	99.45	99.96	100.38	100.71	100.98	101.22
製造業營業氣候測驗點	101.00	100.98	100.87	100.67	100.39	100.07	99.73

資料來源：國家發展委員會

2. 外銷訂單動向指數採用以家數計算之動向指數。

3. 淨進入率 = 進入率 - 退出率。

4. 建築物開工樓地板面積僅包含住宿類（住宅）、商業類、辦公服務類、工業倉儲類 4 項統計資料。



資料來源：國家發展委員會

圖3. 領先指標不含趨勢指數走勢圖

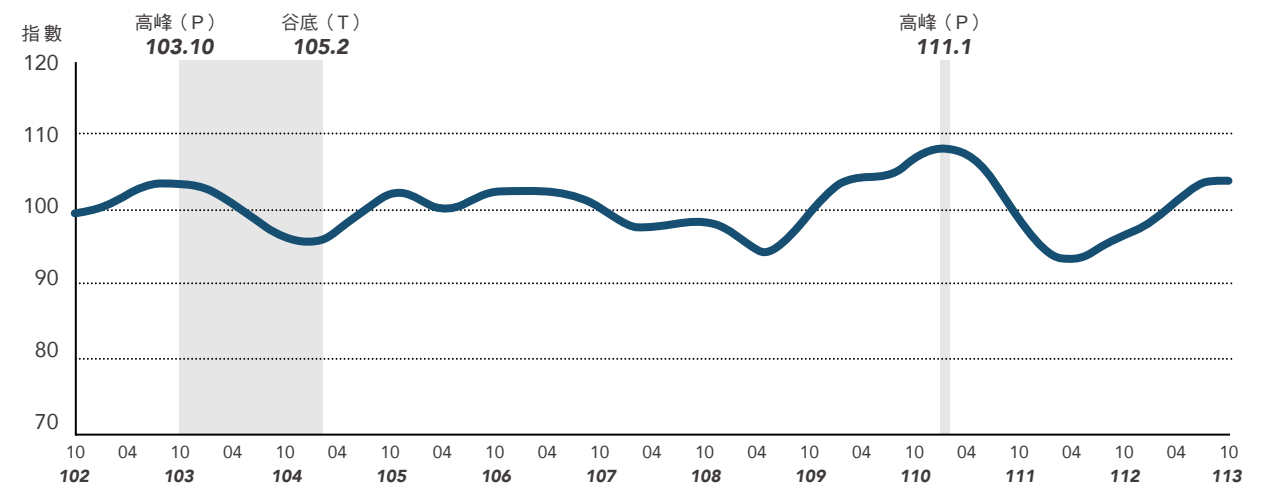
同時指標 同時指標不含趨勢指數為 104.10，較上月下滑 0.004%（詳表 2、圖 4）。

7 個構成項目經去除長期趨勢後，2 項較上月下滑，分別為：電力（企業）總用電量、批發、零售及餐飲業營業額；其餘 5 項較上月上升，分別為：實質海關出口值、工業生產指數、實質機械及電機設備進口值、工業及服務業加班工時、製造業銷售量指數。

表2. 景氣同時指標

項 目	113年 (2024)						
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
不含趨勢指數	101.12	102.14	103.00	103.61	103.98	104.11	104.10
較上月變動 (%)	1.06	1.01	0.85	0.59	0.36	0.12	-0.004
構成項目							
工業生產指數	100.43	100.83	101.16	101.43	101.68	101.90	102.08
電力(企業)總用電量	100.11	100.39	100.60	100.67	100.62	100.42	100.10
製造業銷售量指數	100.50	100.80	101.02	101.19	101.30	101.35	101.38
批發、零售及餐飲業營業額	100.39	100.56	100.63	100.58	100.42	100.18	99.90
非農業部門就業人數	99.89	100.13	100.37	100.56	100.70	100.78	100.83
實質海關出口值	100.00	100.14	100.40	100.70	100.99	101.21	101.41
實質機械及電機設備進口值	100.07	100.54	100.91	101.15	101.30	101.42	101.56

資料來源：國家發展委員會



資料來源：國家發展委員會

圖4. 同時指標不含趨勢指數走勢圖

落後指標 落後指標不含趨勢指數為 97.37，較上月下降 0.63%（詳表 3、圖 5）。

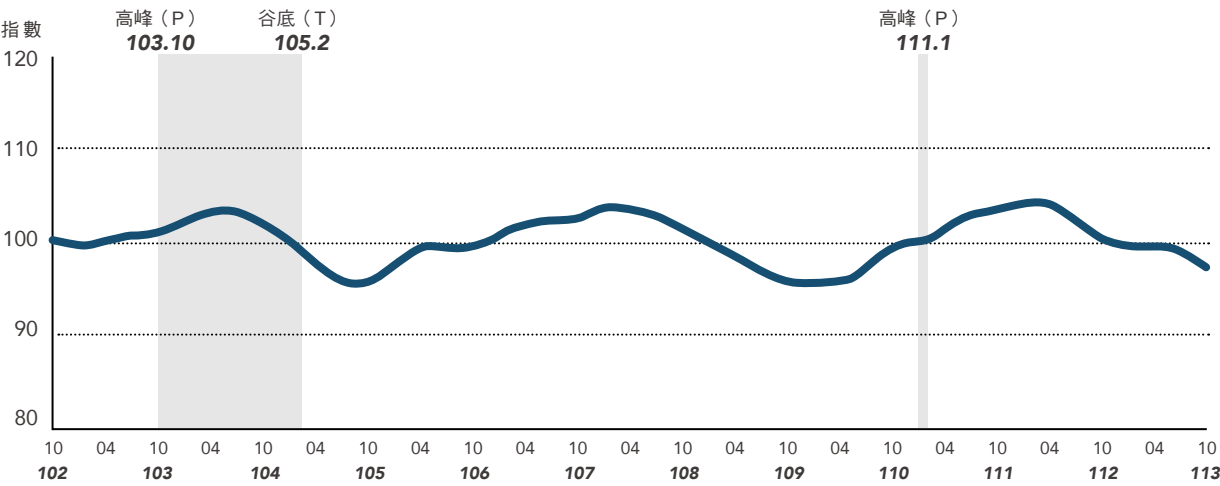
5 個構成項目經去除長期趨勢後，僅全體金融機構放款與投資 1 項較上月上升；其餘 4 項均較上月下滑，分別為：製造業單位產出勞動成本指數、五大銀行新承做放款平均利率、失業率（取倒數）、製造業存貨價值。

表3. 景氣落後指標

項 目	113年 (2024)						
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
不含趨勢指數	99.58	99.51	99.33	99.02	98.55	97.99	97.37
較上月變動 (%)	-0.01	-0.07	-0.17	-0.31	-0.47	-0.57	-0.63
構成項目							
失業率 ¹	100.10	100.06	100.01	99.93	99.84	99.73	99.62
製造業單位產出勞動成本指數	99.40	99.15	98.94	98.72	98.42	98.09	97.75
五大銀行新承做放款平均利率	100.28	100.23	100.13	99.99	99.83	99.66	99.48
全體金融機構放款與投資	100.39	100.52	100.61	100.70	100.80	100.90	101.01
製造業存貨價值	99.13	99.27	99.37	99.40	99.39	99.34	99.25

註：¹失業率取倒數計算。

資料來源：國家發展委員會



註：陰影區表景氣循環收縮期，以下圖同。

資料來源：國家發展委員會

圖5. 落後指標不含趨勢指數走勢圖

三、製造業採購經理人指數（PMI）

2024 年 11 月經季節調整後之台灣製造業 PMI 回升 1.4 個百分點至 51.4%，是自 9 月製造業 PMI 轉為緊縮後，首次呈現擴張。

• 五項組成指標中，經季調之新增訂單、生產與人力僱用呈現擴張，供應商交貨時間下降（低於 50.0%），存貨持續緊縮（低於 50.0%）。

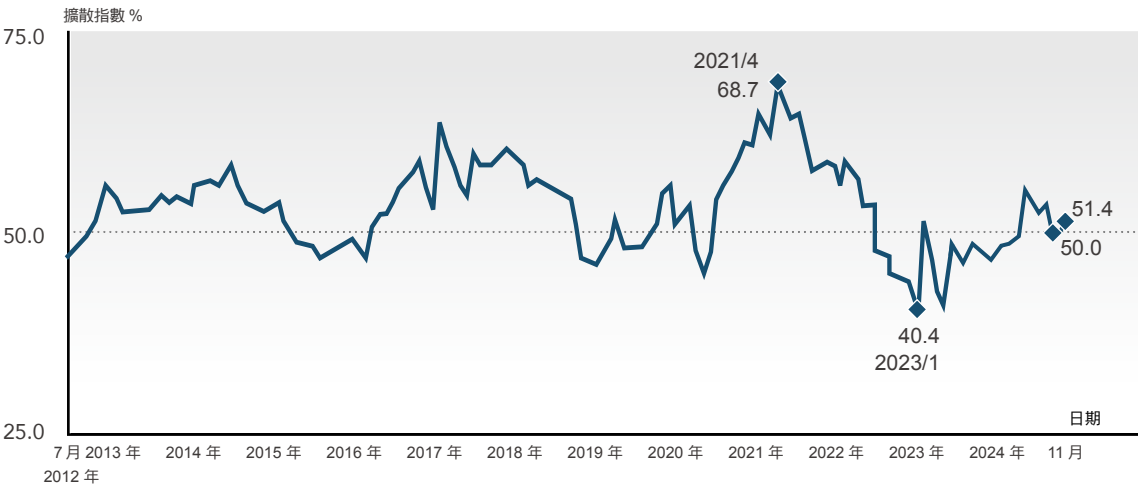
• 經季節調整後之新增訂單與生產指數皆呈現擴張加快走勢，二指數分別回升 3.6 與 4.0 個百分點至 55.5% 與 54.5%。

• 未來六個月展望指數已連續 3 個月緊縮，本月指數微幅回跌 0.4 個百分點至 47.9%。

• 2024 年 11 月六大產業中，三大產業回報 PMI 呈現擴張，各產業依擴張速度排序為化學暨生技醫療產業（54.9%）、基礎原物料產業

（54.0%）與電力暨機械設備產業（53.3%）。交通工具產業（42.4%）與電子暨光學產業（48.7%）仍持續回報 PMI 為緊縮。僅食品暨紡織產業回報 PMI 呈現持平（50.0%）。

• 六大產業中，五大產業回報未來六個月展望呈現緊縮，各產業依緊縮速度排序為交通工具產業（41.2%）、電子暨光學產業（46.0%）、食品暨紡織產業（46.0%）、電力暨機械設備產業（47.8%）與化學暨生技醫療產業（48.6%）。僅基礎原物料產業（54.8%）回報未來六個月展望呈現擴張。



資料來源：中華經濟研究院

圖 6. 臺灣製造業 PMI 時間序列走勢圖

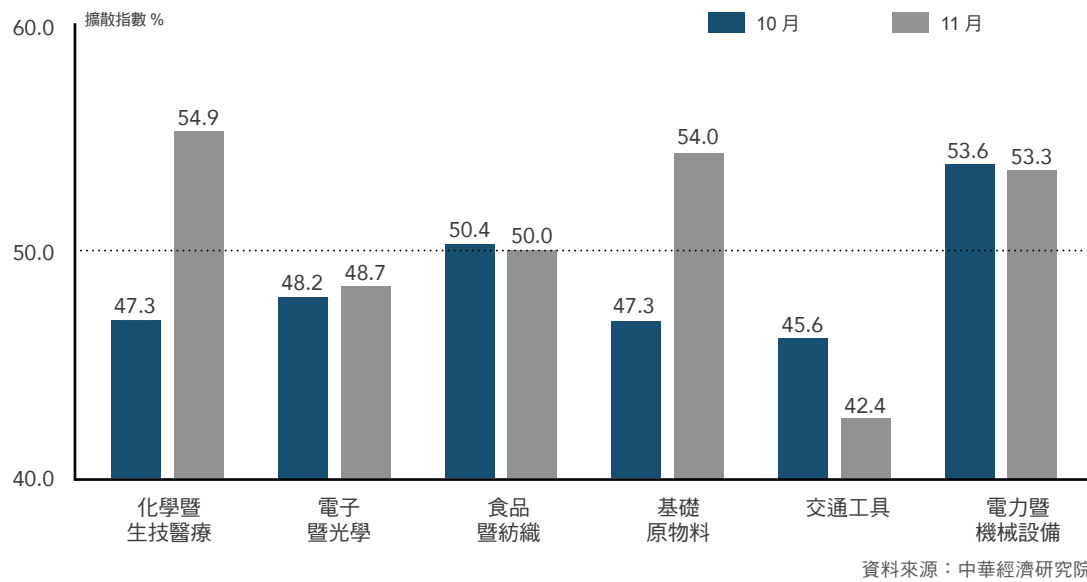


圖 7. 產業別 PMI 示意圖

表 4. 2024 年 11 月臺灣製造業採購經理人指數

單位：%

	產 業 別												
	2024 11 月	2024 10 月	百分點變化	方向	速度	趨勢連續月份	化學暨生技醫療	電子暨光學	食品暨紡織	基礎原物料	交通工具	電力暨機械設備	
臺灣製造業PMI	51.4	50	+1.4	擴張	前月為持平	1	54.9	48.7	50	54	42.4	53.3	
新增訂單數量	55.5	51.9	+3.6	擴張	加快	2	58.1	52.7	56	63.1	29.4	63.1	
生產數量	54.5	50.5	+4	擴張	加快	2	48.6	52.2	52	57.1	44.1	55.6	
人力僱用數量	50.3	51.7	-1.4	擴張	趨緩	7	52.7	47.8	44	51.2	47.1	51.1	
供應商交貨時間	48.3	48.4	-0.5	下降	加快	4	59.5	46	50	46.4	50	50	
存貨	48.6	47.2	+1.4	緊縮	趨緩	21	55.4	44.6	48	52.4	41.2	58.9	
客戶存貨	44.5	46.1	-1.6	過低	加快	25	41.9	43.8	52	42.9	44.1	50	
原物料價格	52.2	54	-1.8	上升	趨緩	2	52.7	48.7	62	53.6	64.7	54.4	
未完成訂單	49.3	44.3	+5	緊縮	趨緩	6	51.4	48.7	44	54.8	32.4	51.1	
新增出口訂單	48.9	46.8	+2.1	緊縮	趨緩	3	48.6	49.1	48	53.6	41.2	42.2	
進口原物料數量	48.4	48	+0.4	緊縮	趨緩	3	58.1	45.5	48	50	44.1	52.2	
未來六個月展望	47.9	48.3	-0.4	緊縮	加快	3	48.6	46	46	54.8	41.2	47.8	
生產用物資（平均天數）	39	39	-	-	-	-	34	43	49	44	17	32	
維修與作業耗材（平均天數）	38	37	-	-	-	-	32	39	44	41	21	28	
資本支出（平均天數）	63	66	-	-	-	-	62	70	80	51	66	49	

資料來源：中華經濟研究院

四、非製造業經理人指數 (NMI)

2024 年 11 月未經季節調整之台灣非製造業經理人指數（NMI）已連續 25 個月擴張，本月指數微幅攀升 0.8 個百分點至 54.6%。

• 四項組成指標中，商業活動、新增訂單與人力僱用皆呈現擴張，供應商交貨時間上升（高於 50.0%）。

• 多數內需產業進入第四季旺季，未經季調之商業活動指數續揚 1.4 個百分點至 55.2%，連續第 9 個月擴張。

• 未完成訂單（工作委託量）指數續跌 1.7 個百分點至 46.9%，為 2023 年 9 月以來最快

緊縮速度。

• 服務收費價格已連續 54 個月呈現上升（高於 50.0%），指數回跌 2.5 個百分點至 52.9%。

• 未來展望已連續 13 個月擴張，惟指數續跌 0.9 個百分點至 50.6%，為 2023 年 11 月以來最慢擴張速度。

• 2024 年 11 月七大產業 NMI 皆呈現擴張，各產業依擴張速度排序為住宿餐飲業（59.1%）、教育暨專業科學業（56.4%）、批發業（56.4%）、零售業（55.5%）、營造

暨不動產業（54.0%）、資訊暨通訊傳播業（53.9%）與運輸倉儲業（51.9%）。僅金融保險業（49.4%）NMI 呈現緊縮。

• 八大產業中，五大產業回報未來六個月展望呈現擴張，各產業依擴張速度排序為住宿餐飲業（63.6%）、運輸倉儲業（57.4%）、零售業（55.3%）、教育暨專業科學業（52.6%）與金融保險業（51.3%）。營造暨不動產業（42.9%）與批發業（48.0%）則回報未來六個月展望呈現緊縮。僅資訊暨通訊傳播業回報未來六個月展望為持平（50.0%）。

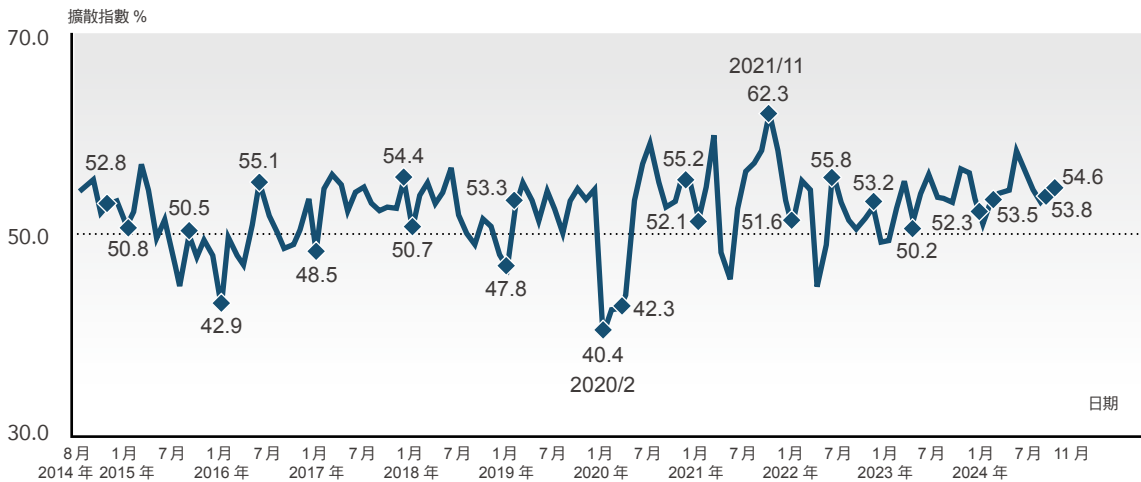


圖 8. 臺灣非製造業 NMI 時間序列走勢圖

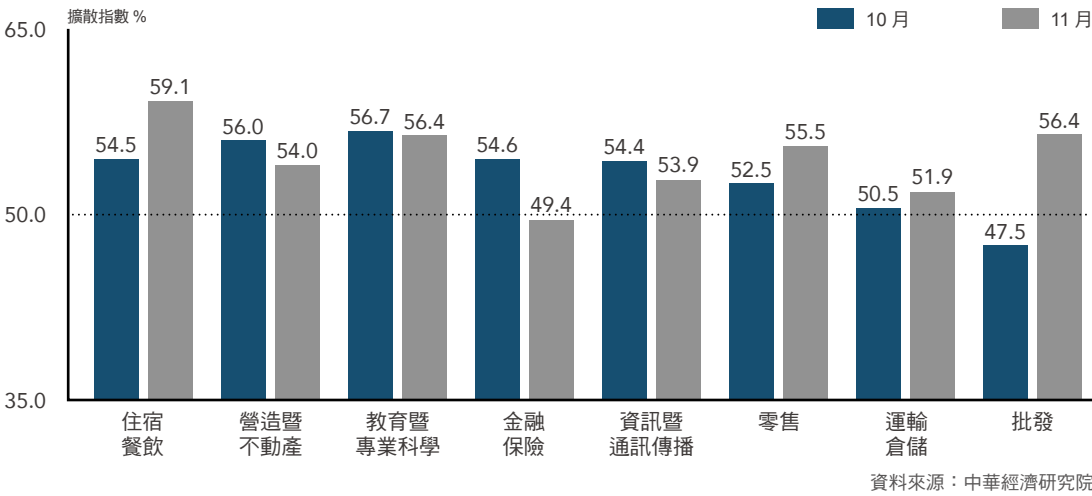


圖 9. 產業別 NMI 示意圖

表 5. 2024 年 11 月臺灣非製造業採購經理人指數

單位：％

	產業別												
	2024 2月	2024 1月	百分點 變化	方向	速度	趨勢 連續月份	住宿 餐飲	營造暨 不動產	教育暨 專業科學	金融 保險	資訊暨 通訊傳播	零售	運輸 倉儲
臺灣 NMI	54.6	53.8	+0.8	擴張	加快	25	59.1	54.0	56.4	49.4	53.9	55.5	51.9
商業活動	55.2	53.8	+1.4	擴張	加快	9	54.5	46.4	56.4	55.1	57.9	60.5	50.0
新增訂單	54.8	51.1	+3.7	擴張	加快	21	59.1	48.2	62.8	44.9	60.5	64.3	51.9
人力僱用	54.1	55.6	-1.5	擴張	趨緩	21	59.1	60.7	55.1	50.0	47.4	44.7	55.6
供應商交貨時間	54.4	54.6	-0.2	上升	趨緩	18	63.6	60.7	51.3	47.4	50.0	52.6	50.0
存貨	52.8	52.7	+0.1	擴張	加快	8	68.2	53.6	48.7	51.3	44.7	52.6	48.1
採購價格	61.2	61.0	+0.2	上升	加快	107	81.8	55.4	57.7	47.4	57.9	63.2	70.4
未完成訂單	46.9	48.6	-1.7	緊縮	加快	3	45.4	46.4	48.7	47.4	50.0	39.5	46.3
服務輸出 / 出口	44.2	43.5	+0.7	緊縮	趨緩	5	62.5	30.0	46.2	50.0	50.0	37.5	53.8
服務輸入 / 進口	48.0	57.9	-9.9	緊縮	前月為擴張	1	50.0	43.3	53.6	43.8	60.0	43.8	50.0
服務收費價格	52.9	55.4	-2.5	上升	趨緩	54	77.3	51.0	57.1	47.4	55.3	50.0	53.7
存貨觀感	50.2	51.5	-1.3	過高	趨緩	2	54.5	46.4	46.2	50.0	50.0	42.1	46.3
未來六個月展望	50.6	51.5	-0.9	擴張	趨緩	13	63.6	42.9	52.6	51.3	50.0	55.3	57.4

資料來源：中華經濟研究院

五、未來半年個別產業景氣預測（以 2024 年 10 月為預測基準月）



未來半年景氣看好
 未來半年景氣持平
 未來半年景氣看壞

TAICA

台灣智動化檢測驗證聯盟



加入聯盟

Join Us

Taiwan Automation Intelligence Certification Alliance

聯盟簡介 About Us

為建立一個智慧自動化安全管理機制宣傳之平台，本聯盟於 2022 年組成，整合並串聯自動化設備之製造、進口、系統整合、使用者、檢測驗證等產學研單位，加速擴大宣傳標準及檢測驗證之重要性，提升臺灣智慧自動化與機器人產業競爭力。

成立目的 Our Mission



協助臺灣廠商



推廣標準重要性



建立交流平台



促進智動產業發展

聯盟服務 Our Services

01 蒐集並推廣最新智動產業相關標準

- 推廣協會參與或制定之產業標準
- 國際標準參與並推廣

02 提供產業諮詢管道

- 作為新領域標準諮詢的第一步
- 蒐集並分享相關國際標準最新資訊

03 協助政府推進國內事業單位智慧自動化設備安全衛生提升

- 協助職安署討論工業用機器人源頭管理
- 協助規範場域安全、推動自主管理

04 推動國內外合作需求及檢測驗證媒合

- 協助進行檢測驗證諮詢
- 媒合優良測試實驗室及驗證機構

05 辦理實驗室能力一致性測試

- 提升數據影響報告及證書可信度
- 參考國際做法

06 教育訓練

- 依據業者需求辦理課程
- 專業課程接續顧問服務

Contact Us

+886-4-23581866#32, 33

dennis@tairoa.org, cathy@taiora.org

結合人工智慧的 機器人技術與產業發展

文 工業技術研究院 副院長 胡竹生

一、前言

在硬體算力的倍增以及演算法精進的推波助瀾下，近年來人工智慧（AI）又成為全球科技發展的鎂光燈焦點，尤其是生成式 AI。然而在各界積極投資布建算力的基礎建設下，這個科技對產業與社會將帶來什麼衝擊？也引發許多推測及論述。尤其是如此龐大的投資勢必需要產生具規模性的商業利益，或是對人類社會的進步有顯著的影響。對於目前生成式 AI 投資所產生的報酬率，近來已經有不少分析和評論。例如高盛（Goldman Sachs）在 2024 年 6 月份的全球總經研究報告^[註 1]就以「生成式 AI：太多投資，太少回收？」為標題，預估接下來對生成式 AI 的投資將超過一兆美元，然而文中訪談麻省理工學院的經濟學教授阿傑姆奧盧（Daron Acemoglu），就預測生成式 AI 在未來十年，對美國的生產力僅會提升 0.53%~0.66%，反映到美國 GDP 成長也僅是 0.99%。台灣在半導體以及電子產品製造的強大能力，無疑是這波設備投資

中的受惠者，然而我們必須對其投資報酬偏低的預估有所警覺，同時對其可能的應用先期布局。人工智慧專家簡立峰博士在先前的文章中^[註 2]，在避免生成式 AI 泡沫化的隱憂下，將雲端龐大的算力導引到邊緣運算（Edge Computing）應用，將可能是這個科技落地的方向，這其中一個重要的項目就是機器人。

為什麼機器人在這波 AI 的發展中這麼被重視，其原因可以追溯到 1980-90 年代的莫拉維克悖論（Moravec's paradox）觀念，當時很著名的人工智慧及機器人學者如美國卡內基美濃大學的莫拉維克（Hans Moravec）教授，麻省理工學院的布魯克斯教授（Rodney Brooks）及閔斯基教授（Marvin Minsky），一致感覺到電腦可以解決人類認為很困難的問題，如數學或物理的計算，但是卻無法解決人類認為很容易的能力，如感知環境到採取行動。其實倒也不是電腦無法執行感知行動的功能，而是要達到人類這些能力所需要花費的算力，記憶容量及耗能，以當時的科技是無法達

成的。時至今日，半導體的突飛猛進及生成式 AI 技術的突破，似乎可以解決莫拉維克悖論所揭示的困境。而這種高層次的難題被解決，將對人類社會造成重大影響，也引發各界對於其應用與商機的想像。

二、機器人自主化

這一道曙光已經引發了新一波的投資，例如在 2024 年 2 月完成 6.75 億美金 B 輪融資的新創公司 Figure AI，估值已經高達 26 億美金。包含特斯拉的 Optimus 以及波士頓動力，全世界至少有三十幾個新創團隊在開發結合大語言模型（LLM）與生成式 AI 技術的機器人產品。不論是哪一種形式的機器人，現今的重點都是強調自主化（Autonomy）。自主化與自動化（Automation）不同，自動化通常指的是機器人照著一套事先規劃好的行動方案（或稱劇本）去執行，而自主化則是機器人會根據目標去產生行動方案，而且在執行期間會去修改方案甚至修改目標去適應環境的變化。

舉個簡單的例子：「把保溫杯裝滿熱水」這個目標，牽涉一系列的動作如找到保溫杯，找到熱水來源，然後打開蓋子，倒水等等……，如果這其中所有的環節都已經安排好，包含各物件的位置，如何打開蓋子，與如何倒水的動作細節等，然後機器人照此執行，這就是自動化，即使這安排與實際狀況有差異，如杯子擺放姿態不同，只要在機器人的感測器（如視覺）可以偵測的範圍，都可以透過修正來執行。而所謂的自動化，就是機器人對這賦予的行動方案，可以一直重複執行而無需人為介入。從這個例子，讀者一定會感到疑惑，「把保溫杯裝滿熱水」付諸行動，對人類是再容易不過的，而且幾乎是不需要用腦思考，尤有甚

者，即使保溫杯的蓋子有不同的扣合方式，人類都可以很快的就觀察了解而適應，為什麼對計算能力超強的電腦而言是困難的？這就是莫拉維克悖論所持的觀點，也是長久以來困擾著機器人研究界的重大議題。想像我們每天的生活和工作（包含工廠產品製造），隨處都是這種從目標到行動的行為，如果每件事都要去替機器人規劃，其用途就非常侷限，無怪乎目前大部分的機器人，都還是在工廠執行事前規劃好且重複性的工作。

這個困擾在大語言模型的生成式 AI 技術突破後，似乎看到了解決的可能性。如果去 ChatGPT 問：「假設你是機器人，你怎麼把保溫杯裝滿熱水？」所得到的回答會讓人感到很神奇，它會很準確地列出所有的步驟：

- 1. 定位保溫杯：**使用視覺或定位系統確定保溫杯的位置，確保杯子是空的並且放在穩定的表面上。
- 2. 檢查水源：**確保有足夠的熱水供應，比如熱水壺或熱水機。
- 3. 啟動熱水供應系統：**如果需要加熱水，啟動熱水機或熱水壺，將水加熱到合適的溫度。
- 4. 取水容器：**抓取或操作熱水壺的手柄，確保穩固握住。
- 5. 傾倒熱水：**將熱水壺的嘴對準保溫杯的開口，緩慢傾倒，確保水流穩定且不溢出。
- 6. 監控水位：**使用傳感器或視覺系統監控保溫杯的水位，確保不超過杯子的容量。
- 7. 停止倒水：**當保溫杯裝滿時，停止傾倒熱水，將熱水壺恢復到原位。
- 8. 確保安全：**檢查是否有任何水溢出或滴落，

清理可能存在的水漬，確保環境乾燥且安全。

對機器人工程師而言，這些步驟距離機器人可執行的行動命令似乎相距不遠了。而且對於許許多多封閉式目標（closed-end target），也就是目標有清楚且可以被檢驗的產出，大語言模型都可以給出明確的執行步驟。可是仔細解析，這些文字描述的步驟到機器人的行動，仍然存在著許多問題需要解決，其中最關鍵的就是機器人的行為能力（behavior）。

「行為」所定義的範圍很廣，這裡的行為指的是機器人面對其所處的環境，要達到某個目的時所需要執行的行動。例如上述步驟 4，機器人如何確認熱水壺的種類並決定要怎麼穩固的抓取？怎麼確定是穩固的？又如步驟 5，機器人如何控制其手部動作，使熱水以穩定且適當的流速倒入杯中？輝達的黃仁勳執行長在 2024 年 Wired 雜誌專訪時，樂觀看待人型機器人發展時下的註解（原文翻譯）^[註 3]：

「如果你可以生成文本，如果你可以生成圖像，你也可以生成動作嗎？答案可能是肯定的。然後，如果你可以產生動作，你就可以理解意圖並產生通用版本的關節動作。因此，人形機器人技術應該指日可待。」

這裡的動作，就是上述機器人的行為。基於大語言模型的成功，人類是否可以用同樣的手法建構大行為模型（Large Behavior Model, LBM），就是生成式 AI 的下一個挑戰。

三、大行為模型

如同 LLM 一樣，LBM 需要大量且標記好的行為資料（包含與環境互動的紀錄），最直覺的方法就是示範學習（Learning by

Demonstration）。史丹佛大學的團隊在 GitHub 上就展示了這個方法^[註 4]，研究人員穿戴與機器人結構相同的教導器，遙控機器人執行各種動作，而機器人將此動作與攝影機影像同時錄製下來，就構成了可供訓練的資料，也就是訓練類神經網路，由影像資訊（環境感知）去產生運動命令，完成特定行為。乍看之下似乎沒什麼困難，但是訓練的目的不是要機器人複製動作，而是要認知這個一系列動作的意義，進而可以對類似的環境與工作生成相對應的動作。這種類似舉一反三的能力建構，就是示範學習要去研發的重點，電腦必須從錄製的感測與動作資訊，以及其結果進行認知的訓練。

認知的部分目前是借助快速發展的視覺語言模型（Vision Language Model, VLM）。

VLM 是從同步圖像和文字輸入中學習的多模態生成式模型，然後產生具各種意義的文字輸出。大型 VLM 的能力包括對影像內容的討論（看圖說故事）、透過文字指令進行影像辨識、視覺問答與文件理解等等。一些 VLM 還可以捕捉影像中的空間屬性，例如定位不同的物體，以及其相對或絕對位置的資訊。換句話說，VLM 可以提供機器人透過攝影機，對環境、物體以及空間關係的認知。回到上述示範學習錄製的資料，就可以透過 VLM 產生文字描述，然後再建構一個類神經網路模型去學習此文字描述與機器人的動作的關係。採取這個策略最積極的就是 Google RT-2 計畫，Google 稱此為視覺語言行動（Vision Language Action, VLA）。以這個技術策略去達到通用化是許多團隊競逐的目標，包含 VLM 本身的認知能力，產生的文字資訊是否足以對應行動的產生，如何泛用到不同的機器

人結構等等。更重要的是需要經過機器人實際操作的過程回授，來微調這個模型。因為機器人的動作是連續的，而且需要很高的精準度才能達到動作目標，所以 VLM 等模型要在回授過程中不斷計算產生即時反應，因此算力的需求很龐大。綜合上述，以目前晶片與電腦系統的速度和成本，短期內每台機器人擁有獨立運算的泛用化 LBM 幾乎不可能，這也產生怎麼結合雲端與邊緣運算的技術想像空間。

如果每個行為都要實體示範學習，所需要的時間成本及資源太過龐大，因此必須要找到方法使機器人可以基於既有的示範教導，自我學習去擴張其能力。這個自我學習的環境基本上會採用數位孿生（Digital Twin）的技術，也就是用電腦模擬真實環境（包含機器人），例如 Nvidia 的 Isaac Sim。因為是在虛擬空間，所以可以有不同的策略去建構行為模型，例如可以使用強化學習方法，在虛擬空間嘗試錯誤去收斂。這當然會省去大量示範學習所需的資源，但是要建構不同目的的擬真環境，仍然是很龐大的工作以及算力的需求。值得一提的是行為模型與機器人的硬體結構有密切關係，所以泛用化的模型還需要考慮適用的機器

人範圍，或是有方法去轉換到不同的機器人結構。這個方面也是目前研發的重點。

四、垂直及水平市場策略

目前去發展機器人行為能力於產業應用，分為垂直市場及水平市場兩個策略。垂直市場就是針對特定應用範圍或場域，建構一個小型的行為模型，這就是如 Figure AI 等機器人新創公司的訴求，以製造，物流，倉儲，以及零售的應用為主要標的。值得注意的是這些領域已經運用大量的機器人，且過去十幾年也導入人機協作來解決機器人自主性不足的問題。因此新型態機器人的價值主張如何吸引使用者採用，需要密切觀察。針對水平市場的策略則是如前述，主要在研發機器人的自我學習技術，能夠泛用到各種場域的行為能力建構。在機器人學術領域，這能力是以機器人是否能完成長時任務（Long Horizon Tasks, LHT）來定義：在具延續性與擴張性的行動及環境互動中，所需要維持的情境，關聯性與連貫性，以及目標導向的行為。

不少專家認為這與建構通用人工智慧



（Artificial General Intelligence）息息相關，因為需要機器人具備自我教導與自我學習的能力。簡單來說，這個基礎模型（Foundation Model）需要能持續的探索、萃取、記憶以及推論機器人感測器所獲得的資訊以及特徵。最明顯的例子就是人類對環境的熟悉能力，包含在該環境內做某些事該去哪些地方，拿那些物件等等。所以有人認為行為能力就是機器人具備空間智慧（Spatial Intelligence）。即使水平市場策略看來困難重重，仍然吸引了大量投資，例如前卡內基美隆大學教授 Deepak Pathak 和 Abhinav Gupta 在 2022 年成立的新創公司 Skild，目前估值已達 15 億美金，以及在 2024 年 4 月由史丹佛大學李飛飛教授成立的 World Labs，首輪獲得 1 億美金的注資，都在朝這個目標努力。

接續前文所述，機器人的行為能力與其結構及機電系統密切相關，這在生物界已經獲得很多印證，例如螞蟻在微小的體積與力量下，發展出的群體智慧行為來適應大自然的環境等。而人類智慧累積下建立的社會，與人的肢體結構與能力息息相關，包含建築、工具，以及各種人機介面等。因此這一波機器人的發展，許多均以擬人化的人型機器人為出發點。雖然也有不少對於發展人型機器人持有不同觀點，但是從極大化其應用範圍的商業產品設計策略，不得不承認人型就長遠發展來說是最佳的選擇。但是如果完全複製人類運動的自由度，所需要的成本非常高且設計難度很大，所以基本上要從其應用的目的來定義其規格與數量。目前研發上的發展大致上分兩個方向，第一個方向是技術能力展示，例如設計機器人可以做出一般人不易達到的動作或是極限運動，美國波士頓動力（Boston Dynamics）的機器人就是一例，除了軍事目

的或是要在惡劣環境下生存外，比較很難想像在一般用途下的成本效益。第二個方向就是從應用出發來設計，例如工廠或物流倉庫的揀貨及搬運等。

五、應用導向分析

前述的垂直市場方向是值得我們關注的，但是如果用人的能力來想像這類機器人，有些可能言之過早，例如從摺衣服或是洗碗等展示就想像家事服務的市場等。因為家庭環境及生活的變異很大，各種工作瑣碎複雜，目前尚且無法清楚定義其工程規格，遑論前述的人工智慧要發展到何種地步才能支持這個產品。如果限縮在製造等應用，其主要的訴求就是解決缺工問題，因為全球勞動力短缺已經是普遍現象。對於大型製造或是物流等企業，這是很有誘因的投資。所以即使特斯拉的 Optimus 機器人訴求家用，首先還是在 2024 年 6 月宣布有兩台機器人導入其電動車生產工廠。然而人型機器人導入在極度講求成本效率的製造業，必須能將全部或是部分流程完全無人化，否則也只是現有自動化設備以及服務供應商的邊際效益提升，影響有限。所以合理的推論是機器人能夠操作既有的生產設備以及使用各種工具去完成工作。例如工廠內的搬運自動化，使機器人可以駕駛普通的搬運車，相較於把搬運車改裝為自主駕駛，前者更具吸引力，因為機器人還可以做其他工作。同時也只有在限制範圍內先證明人型機器人可實際應用，才能進展到下一步的泛用化。

如果機器人執行的工作及環境是有範圍限制的，一個基本的問題是人型是否這麼重要？還是選擇性仿製部分人類的運動自由度與感測器？首先人體的運動自由度是冗餘設計，也就是說人體可以有多餘的自由度去完成大部

分的動作。除了機構的冗餘，控制人體運動的肌肉以及關節也是冗餘的，也就是某些關節的運動是可以由不同的肌肉收縮組合去產生。更令人驚嘆的是，控制肌肉的神經也是冗餘的。這種非常高冗餘度的系統，使得人類從大腦決策到實際動作，中間幾乎有無限多的路徑，人類得以在學習過程中去優化其控制路徑，產生平順，細膩甚至優雅的肢體動作，以目前機器人技術，這是無法去模仿的。回到本文的主題，該選擇那些自由度以及其規格，才能滿足應用需求同時兼顧成本效益。一般而言離不開移動（mobility）以及操控（manipulation）兩項技術。移動上大致是輪式以及足式兩種型態，雙足機器人是目前許多新創公司的訴求，相較於輪式，雙足的移動的敏捷性高（例如在狹窄且有障礙空間），尤其是可以適應人類的環境，如階梯等。但是其成本高且穩定性低，在平坦的硬地上，輪式在移動單位重量的能耗較低，承載能力較高且移動速度快。所以在有限範圍可控的場域，其實輪式機器人是比較有優勢的。然而不可諱言的，如果前述大行為模型可以囊括各種空間行動與工具操作的能力（例如操作堆高機等），雙足機器人的應用範圍是更廣的。

在操控上的技術追求的是有如人手一般的靈巧性（dexterity），若不含腕關節，人類的手掌加手指有 21 個自由度，再者，人手的靈巧性仰賴密布在手掌與手指的觸覺神經感知。從技術的角度而言，這是一個數量龐大且互相耦合的感測驅動控制迴路（sensory control feedback loop）。以往工業機器人的夾爪是以抓取為目的，因此頂多設計到三根指頭，大部分用兩根即可。再者這些手爪都是剛硬的，無法對物體產生包覆性夾持，也很難在手部改變物體的姿態。對於無法穩定夾持的工

件，可以設計週邊機構、吸盤，或是磁鐵來輔助。也就是說，如果人型機器人的手仍然是如以往的簡單設計，沒有靈巧性，其實人型設計沒有太多市場競爭力。過去學術界以及部分產業界已經有許多仿生的手爪機構與驅動設計，包含運用軟性材料，但是在觸覺感測方面仍然不足。人類皮膚觸覺包含壓力、溫度、震動，以及剪力（感知所抓取的物體有朝某方向移動的傾向）。目前在單點上整合這些感測器（如指尖）已經不是問題，但是要布滿整個手掌仍然不容易。因此在較低的關節自由度以及少量的觸覺感知器下，極大化其靈巧性方能夠擴大應用範圍。由前述 LBM 在建立過程需要與機器人的硬體結構配合，雖然大語言模型（LLM）已經證明了通用於各國語言的建構方法，但是仍需要不同語言的大量語料收集。因此人型機器人的智慧性在短期內一定是高度的軟硬整合。是否能夠發展出一個與硬體無關的基礎行為模型，目前看來仍是個未知數。

六、結語

人工智慧的浪潮席捲全球，各國政府及企業均積極又謹慎地面對其對社會與產業帶來的衝擊，賦予人工智慧的人型機器人是這波發展中相當被重視的焦點。大語言模型（LLM）賦予機器人自然語言的理解能力，從而對目標解析與工作規劃等有一定程度的自主性。然而到付諸行動，機器人的行為能力必須面對各種環境變異，這就產生了大行為模型（LBM）的技術追求。LBM 的建構相較於 LLM 在實務上困難許多，而且可能離不開高度的軟硬整合。因為完全複製人類複雜的關節，肌肉與感知等機制幾乎不可能，所有的人型機器人都是所謂的降階設計（Reduced Order Design），而且必須與應用結合，才能在未來幾年內有商業

化的機會。

台灣在半導體與資通訊產品的製造能力，已經在資料與 AI 伺服器上居於全球的關鍵地位，未來人型機器人顯然會增加這類伺服器的需求。然而人型機器人在驅動器、感測器、通訊介面，以及邊緣運算系統上，將可能有不小的產業規模。在零組件小型化（如驅動器的功率密度提升，感測器微小化等），節能、耐久性以及成本上，仍有不小的改進空間。這個新的機電產品市場，需要精密機械與資通訊技術的高度整合，台灣宜在既有的基礎上，積極投

資去建構在這個供應鏈中的影響力。尤其是在人型機器人的運動、平衡，以及手部靈巧性的控制上是關鍵技術，過往在學術與產業的研發上著墨甚少，應可積極規劃投入。

最後，我們不能忽視具備新一代人工智慧的人型機器人的問世，其高度自主性與學習能力將可能徹底改變在製造與服務業上的競爭與勞動力版圖。所幸這看來是一個漸進的過程，各界仍需要密切注意其發展與技術突破，制定因應對策。

作者介紹

◆ 胡竹生 工業技術研究院 副院長

學歷

- ◆ 美國加州大學柏克萊分校機械工程碩士、博士
- ◆ 國立台灣大學機械工程系學士

經歷

- ◆ 工研院執行副總
- ◆ 工研院淨零永續策略辦公室主任
- ◆ 工研院智慧綠能載具推動策略辦公室主任
- ◆ 中國機械工程學會理事
- ◆ 台灣智慧自動化與機器人協會常務理事
- ◆ 台灣智慧自動化與機器人協會標準委員會主任委員
- ◆ 中華民國自動控制學會理事
- ◆ 中華民國自動化科技學會理事
- ◆ 台灣機器人學會理事
- ◆ 國立陽明交通大學電機工程學系教授



參考文獻

註 1：Goldman Sachs Research, "Gen AI: Too much spend, too little benefit ?" Jun. 25, 2024.

註 2：簡立峰，「專注兩大關鍵！小心台灣 AI 泡沫化」，遠見雜誌，2024 年 7 月 4 日。

註 3："Nvidia Hardware Is Eating the World," interview with Jansen Huang, Wired, Feb. 3, 2024.

註 4：Mobile ALOHA, Learning Bimanual Mobile Manipulation with Low-Cost Whole-Body Teleoperation, <https://mobile-aloha.github.io/>



智動化 與 機器人線上展館 DIGITAL EXHIBITION

最可靠的自動化供應商一次掌握

60+ Companies 300+ Products



工業機器人
Industrial Robot

自動化設備
Automation Equipment

關鍵零組件
Key Components

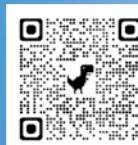
永續製造
Sustainable Manufacturing

5G 製造
5G Manufacturing

AI 製造
AI Manufacturing



主題展館



Thai



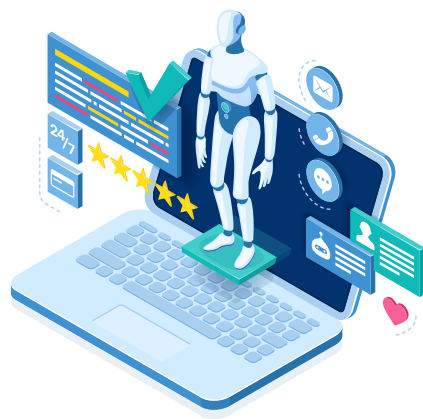
Vietnamese



Malay



歐盟推動 人工智慧標準化 之發展路徑



文 中華經濟研究院 經濟法制中心 副主任 王煜翔

前言

歐盟在今（2024）年7月通過了「人工智慧統一規則的立法草案」，又稱《人工智慧法》（Artificial Intelligence Act，以下簡稱AIA）^[1]（EU Artificial Intelligence Act），該法預定於2026年8月正式實施，所有被認定為高風險的AI系統必須符合法規所訂定的各項基本要求，包括風險管理、數據治理、透明度、準確性、可靠性和網絡安全等方面。其目的在於確保投入歐盟市場使用的人工智慧系統都是安全的，且符合歐盟的基本權利與價值。

為了確保這些要求的實施，歐盟正加速制定相關的調和標準。《歐盟人工智慧法》（AIA）賦予調和標準具備推定符合性之法律效力。依據AIA第40條之規定^[2]，符合調和標準的AI系統推定其符合法規訂定之上述基本要求。歐盟作為我國智慧製造和機器人產品的重要供應鏈市場，其近期積極發展AI標準化值得我國相關部門予以關注。

歐盟制定AI調和標準，如ISO/IEC 4200112，旨在為智慧製造、AI數據創新和機器人產品驗證提供指引，確保AI系統符合安全、可靠和可信賴的標準。這些標準涵蓋

風險管理、數據治理、透明度、人為監督等標準化面向，有助於我國業者設計和生產符合歐盟法規要求的AI系統，降低合規成本並提升產品競爭力。此外，歐盟的AI標準化經驗也為我國和其他國家發展AI監管架構提供了重要參考，共同應對AI發展帶來的挑戰。

歐盟預計在2025年1月31日前，完成AIA實施法規要求所需的標準化項目。截至今（2024）年7月為止，歐盟標準化機構完成6項AI調和標準之制定，仍有25項調和標準的制定工作尚在進行中^[3]。本文重點在於針對風險管理系統、數據治理、透明度與資訊提供、準確性、可靠性和網絡安全這四大領域，檢視歐盟已經公布的調和標準，並分析AI標準化發展的路徑。

AI 風險管理的標準化重點

依據AIA第9條之規定^[4]，高風險人工智慧系統應建立、實施、記錄和維護風險管理系統，並應涵蓋系統的整個生命週期且進行系統定期更新，以識別和分析風險，並採取適當的風險管理措施。該條款要求風險管理的範圍應涵蓋：對健康、安全、基本權利造成的可預見

風險的評估。

目前歐盟標準化委員會公布的AI標準中，共有9項涉及風險管理，分別涵蓋：AI風險管理的實施指引、符合性評鑑和風險管理系統之建立、技術性標準規定，以及偏見與決策輔助指標。

一、AI 風險管理的實施指引

資訊技術 - 人工智慧風險管理指南（EN ISO/IEC 23894:2024）^[5]，該標準提供了針對AI系統的風險管理指南，詳細說明如何辨識、評估和管理AI系統中的各類風險。目的是幫助設計和實施完整的風險管理架構，以確保AI系統在運作過程中的安全性和可靠性。

二、符合性評鑑和風險管理系統之建立

人工智慧符合性評鑑程序（prCEN/CLC/TR 17894（WI=JT021001）），該文件評估現有的符合性評鑑方法和實踐，涵蓋產品、服務、過程、管理系統等AI開發和使用情境。重點在於符合性評鑑的評估過程及分析，定義AI系統相關的符合性評鑑對象及其挑戰。

資訊技術 - 人工智慧管理系統（prEN ISO/IEC 42001（WI=JT021011）），該標準對應國際標準ISO/IEC 42001進行調和，涉及AI管理系統的建立，為實施符合性評鑑提供架構，以確保AI系統風險管理措施的有效性和可靠性。

三、技術性標準規定

歐盟制訂這類標準聚焦AI系統中不同風險的辨識、評估和管理，涵蓋從技術漏洞到應變計劃的制定等各環節的操作指引。

● AI 風險管理檢查清單（prCEN/CLC/TR XXX（WI=JT021009）），該標準之制定將為企業或機構實施AI風險管理的風險評估提供指示性清單，包含風險事件的評估準則及應急計畫，為實施風險評估提供完整的檢核架構。

● 人工智慧風險管理（prEN XXX（WI=JT021024）），該項標準明確規範AI系統的風險管理要求提供操作性指南，說明如何在AI系統生命週期中識別和降低風險。

● 針對AI特定漏洞的技術解決方案（（WI=JT021029）），針對AI特定漏洞的技術解決方案，旨在識別和管理系統風險，確保AI系統有效因應安全威脅。

數據治理與品質管理的標準化重點

依據AIA第10條的規定，高風險人工智慧系統使用的資料應符合資料治理與管理標準，同時，確保收集數據到使用數據的所有階段都符合標準要求^[6]：

● 數據品質：AI系統供應商必須確保高風險AI系統所使用的數據具備高品質。這些數據應該是全面且具代表性的，從而避免系統在應用過程中產生偏見或不準確性。

● 數據來源透明：AI系統供應商應確保高風險AI系統所使用的數據來源清晰且可追溯。供應商需記錄並能夠證明數據的合法性，確保數據管理的透明性。

● 完整數據治理：AI系統供應商須建立和維護一個涵蓋數據整個生命週期的治理系統。

這包括數據的收集、處理、存儲和刪除，並確保各階段符合規範要求，以降低潛在風險。

- 預防偏見與歧視：AI 系統供應商應採取措施，防止高風險 AI 系統在運行中出現偏見或歧視行為。這要求數據集的多樣性和處理過程中的嚴格檢查，確保公平性。
- 持續監控：AI 系統供應商需對高風險 AI 系統的數據管理系統進行持續監控，確保數據品質保持穩定並符合法規要求，並且不斷改進。

目前歐盟標準化委員會公布的 AI 調和標準中，共有 2 項涉及數據治理與品質管理，分別涵蓋：數據品質管理、數據來源透明性、數據治理架構、偏見預防與數據公平性、以及持續監控與數據品質提升。

一、資訊技術標準：

人工智慧數據生命週期架構

歐盟制定之資訊技術標準：人工智慧數據生命週期架構（EN ISO/IEC 8183:2024），該項調和標準乃是依據對應之國際標準 ISO/IEC 8183:2023 研訂，涵蓋了 AI 系統中的數據生命週期管理架構，從數據的收集、處理到存儲和刪除的整個過程。此標準強調數據治理的重要性，確保數據的完整性、適用性和法規符合性，特別是在高風險 AI 系統的應用中。該標準指導 AI 系統供應商在數據來源透明性、數據品質以及全面數據治理等方面，符合《歐盟人工智慧法案》（AIA）第 10 條所規定的數據基本要求，確保數據在整個生命週期內遵守規範，以降低風險並保持數據的高品質。

二、符合歐盟運用情境的

人工智慧數據治理

歐盟制定的「歐盟背景下的人工智慧數據治理與品質管理」（FprCEN/CLC/TR 18115）調和標準^[7]，為數據生命週期管理提供全面性指導方針。其目標受眾廣泛，涵蓋了參與數位轉型的各個利害關係人，包括組織、機構、企業、開發者、學術界、研究人員以及使用者等。該標準詳細描述了已發布或正在研訂的眾多國際標準和法規之間的聯繫，目的在於促進歐盟內部統一的數據治理語言，並提升數據治理和品質管理的文化層次，以確保符合歐盟嚴格的數據治理法規要求。

- 調和數據治理語言：該標準詳細闡述了現行及正在制定中的國際標準和法規之間的關聯性，旨在促進歐盟內部形成統一的數據治理語言，並提升整體數據治理和品質管理的文化層次。
- 涵蓋數據治理、品質與無偏差評估：該標準涵蓋的範圍相當廣泛，包括數據治理、數據品質，以及確保無偏差評估和測試所需的數據和數據集屬性。
- 強調數據所有權、取用權限和數據分享協議：為了滿足歐盟內部對數據隱私和保護的高標準要求，該標準特別強調數據所有權、取用權限和數據分享協議的明確定義。
- 推動一致性的數據品質管理和治理實踐：通過數據的標準化和協調，該標準推動更一致的品質管理和數據治理實踐，確保 AI 系統在設計和運行過程中都能夠符合歐盟對數據品質的高標準要求。

在基礎建設領域，AI 系統用於故障預測與

維護的情境中，必須依賴高品質的數據來確保預測的準確性和維護計劃的有效性。歐盟的數據治理標準（FprCEN/CLC/TR 18115）在此扮演了關鍵角色，因為它要求明確定義數據來源、收集方式和處理流程，確保數據的準確性、完整性和一致性。例如，在道路、橋樑或電力網等基礎設施的維護中，AI 系統需要分析感測器收集的運行數據（如結構振動、應力、溫度等）和環境數據（如天氣狀況、交通負荷等）來預測可能的故障。

透明度與資訊提供的標準化重點

根據 AIA 第 13 條的規定^[8]，高風險人工智慧系統需提供充足的資訊以強化高風險系統的透明度，並協助使用者能夠理解系統的運作、功能、使用情境和限制。本條款要求系統提供的資訊必須清晰、準確，透明度與資訊提供，並以使用者友善的方式呈現，以便使用者在使用 AI 系統時作出明智的決策。由此觀之，基本要求旨在確保高風險 AI 系統在運作過程中，具有較佳透明度和可解釋性，使得使用者和監管機構能夠充分理解並正確使用這些系統，以減少風險和強化信任度。

對應法規中透明度與資訊提供之基本要求，歐盟制定了 AI 相關概念與術語、AI 任務與功能描述標準，以及透明化分類等三種標準化項目，該等標準項目之推展，不僅有助於提升 AI 技術在具體運用中的可靠性和公信力，也在法規遵循方面具有重要意義，確保了 AI 技術在歐盟市場的使用符合相關的法律規範和道德標準。

一、AI 概念與術語

歐盟制定了 AI 概念與術語標準，如：《人工智慧概念與術語標準（EN ISO/IEC 22989:2023）》^[9]、《人工智慧概念與術語標準（EN ISO/IEC 22989:2023/prA1）》^[10]，提供透明且共通性的理解，幫助不同的利害關係人正確使用和溝通 AI 技術。這些標準的重要性在於它們為技術交流和合作奠定了基礎，確保在不同背景下，研發人員與市場參與者能夠準確地理解和運用 AI 技術。

二、AI 任務與功能

歐盟制定之《人工智慧系統任務與功能概述標準（prCEN/CLC/TR XXXX WI=JT021002）》調和標準^[11]，涵蓋了 AI 系統中的特定任務和功能，特別是與自然語言處理相關的應用，提供系統功能的概述和指導。這些標準為開發者提供了明確的指導，在實施 AI 技術階段，確保系統功能的正確性和有效性。

三、AI 系統透明化相關用語

（Transparency taxonomy of AI systems）

在 AI 系統中，透明性是指系統能夠清楚地展示其操作過程、決策邏輯和數據處理方式，讓使用者或相關方能夠理解並信任系統的運作。AI 系統透明性分類是對這些不同層次的透明性進行組織和分門別類。

歐盟制定《人工智慧系統透明性分類標準（prEN ISO/IEC 12792 WI=JT021022）》^[12]，標準化目的在於：確保各方能夠有效地管理和理解系統的透明性需求，如：使用者介面透明性、決策透明性、數據透明性等。

準確性、可靠性和網絡安全

根據《歐盟人工智慧法案》（AIA）第 15 條的規定^[13]，提供高風險人工智慧系統的 AI 系統供應商必須遵守以下基本要求：

- 準確性（Accuracy）：AI 系統供應商必須確保高風險 AI 系統的輸出結果具有高度的準確性。這要求系統在設計和運行過程中，通過嚴格的數據治理和模型訓練，確保系統輸出的準確性，並持續監測和改善準確性。
- 可靠性（Robustness）：AI 系統供應商需確保高風險 AI 系統在各種可能的操作環境中均能穩定運行，並對外界影響具有足夠的抵抗力。這意味著系統在面對預期外的情況或數據時，仍然能夠維持正常功能，避免不必要的故障或偏差。
- 網絡安全：AI 系統供應商必須採取適當的措施，確保高風險 AI 系統的網絡安全性，特是防範數據洩露、未經授權的系統訪問以及各種網路攻擊，從而保護系統和正常運作，使用者數據的安全。

在準確性、可靠性和網絡安全方面，歐盟標準化委員會公布了 12 項相關標準，聚焦規範 AI 系統品質和性能評估、處理偏見與公平性的技術標準、環境影響與資訊安全等，確保 AI 系統在不同應用場景中的表現要求，特別強調高風險 AI 系統的準確性、穩定性和安全性。

一、AI 系統品質和性能評估

AI 系統品質和性能評估標準，主要要求 AI 系統必須在各種應用場景中展示出高度的準確性與可靠性。無論在何種操作條件下，AI 系統都應該能夠提供一致且準確的結果。同

時，對於高風險 AI 系統，還必須具備強大的網絡安全措施，以防範潛在的網絡攻擊和未經授權的存取，確保整個系統的穩定運行。歐盟研訂之調和標準主要有：

- **EN ISO/IEC 23053：2023/prA1（WI=JT021032）- Framework for Artificial Intelligence（AI）Systems Using Machine Learning（ML）- Amendment 1**：提供使用機器學習的 AI 系統架構，重點在於提升系統的準確性和可靠性。
- **EN ISO/IEC 25059：2024（WI=JT021014）- Software engineering - Systems and software Quality Requirements and Evaluation（SQuARE）- Quality model for AI systems（ISO/IEC 25059:2023）**：提供 AI 系統的品質模型，描述品質特性和子特性，便於品質要求的比較和評估。
- **prEN ISO/IEC 23282（WI=JT021012）- Artificial Intelligence - Evaluation methods for accurate natural language processing systems**：規範自然語言處理系統的評估方法，衡量系統結果的品質以評估其功能適用性。
- **prEN ISO/IEC 24029-2（WI=JT021015）- Artificial intelligence（AI）- Assessment of the robustness of neural networks - Part 2：Methodology for the use of formal methods**：提供神經網絡可靠性的評估方法，選擇、應用和管理形式方法以證明可靠性。
- **prEN XXX（WI=JT021025）- AI tasks and evaluation methods of computer**

vision systems：建立電腦視覺領域 AI 任務的參考分類法，並辨識適當的評估方法。

二、偏見與公平性處理

歐盟制定《提供處理機器學習分類和回歸任務中不必要偏見的技術標準（FprCEN/CLC ISO/IEC/TS 12791）》^[14]，此類標準確保 AI 系統在做出決策時，能夠公平對待所有使用者，避免基於種族、性別或其他因素的不公平對待。透過這些措施，AI 系統在決策輔助中的公平性得到了保障，進一步提升了其社會接受度。

三、環境永續

部分歐盟制定的 AI 調和標準，則涉及環境永續發展的面向。首先，《建立量化 AI 環境影響和長期永續架構標準（prCEN/CLC/TR XXX）》^[15]，要求 AI 系統的開發和營運，都需要評估與考慮該項 AI 系統的導入對環境的影響，此外，該項標準要求這些系統在運行中應盡量減少碳排放和能源消耗，以實現永續發展的目標。其次，《AI 系統和服務環境影響的測量原則和架構標準（prCEN/TS JT021035）》^[16]，則透過有效的資源管理，AI 系統可以達到高效運作，減少對環境的不利影響，確保技術發展與環境保護同步進行。

四、資訊安全與信任度

資料保護與信任度是 AI 系統的核心標準之一。AI 系統需遵循嚴格的資料保護法規，確保使用者的個人資料不會被未經授權的的惡意第三方存取或洩露。歐盟積極在 AI 資訊安全領域研訂相關調和標準，透過信任架構、資安管理建立透明且可靠的 AI 系統，強化使用者對境內 AI 系統之信任度。

- 《人工智慧系統信任度架構標準（prEN

XXX JT021008）》^[17]：提供 AI 系統信任度的架構，涵蓋術語、概念、高層次橫向要求，以及特定領域的語境與文化判讀指引。

- 《人工智慧系統資安管理標準（WI=JT021030）》^[18]，涉及資訊安全管理，確保 AI 系統的準確性、可靠性和網絡安全。

- 《人工智慧標準：神經網絡可靠性評估 ISO/IEC 27090 標準（JT021030）》^[19]：涉及資訊安全管理，確保 AI 系統的準確性、可靠性和網絡安全。

結語

AI 安全性與法規環境的完善，乃是歐盟在新興科技領域的產業政策重點。歐盟陸續通過新機械安全法規、人工智慧法，反映了其對於科技應用安全性和法規環境的高度重視。歐盟近期積極推動 AI 標準化，對智慧製造和機器人等產業的影響尤為深遠，因為歐盟作為全球重要的供應鏈市場，其標準的制定不僅影響歐盟內部市場的合規性，也影響到與歐盟進行貿易的其他國家和地區。我國作為智慧製造和機器人產品的重要供應國，面臨著歐盟日益嚴格的 AI 法規遵循要求，必須關注其標準化發展並及早因應，以確保在市場上的競爭優勢。

從我國業者的角度來看，歐盟 AI 標準化經驗為我國和其他國家在發展 AI 監管架構時提供了寶貴的參考。歐盟的標準化進程展示了如何透過協調標準來應對 AI 發展帶來的挑戰，如風險管理、偏見測量和數據保護等問題。歐盟在 AI 標準化上的重點項目，包括 CEN 和 CENELEC 的協調標準發展，以及針對風險管理的 ISO/IEC 42001 等標準，強調 AI 系統的安全性、透明度和符合性評鑑程序要求。相關標準草案的發展路徑也有助於協助我國產業掌握國際標準的發展動態，特別是在智慧

製造、機器人和高風險 AI 應用場景上採取前瞻性的法規遵循策略，並考慮將歐盟的標準作

為強化法規制定和風險管理的參考，以提升產品在國際市場的競爭力和法規適應性。

參考文獻

- [1] Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU) 2020/1828 (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union, L 2024/1689.
- [2] EU Artificial Intelligence Act , Article 40 Harmonised standards and standardisation deliverables.
- [3] European Committee for Standardization (CEN) & European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC). (2024). General requirements for safety in electrotechnical installations (EN 1234:2024). CEN-CENELEC. https://standards.cenelec.eu/dyn/www/f?p=205:22:0:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:2916257,25&cs=1827B89DA69577BF3631EE2B6070F207D
- [4] EU Artificial Intelligence Act, Article 9 - Risk management system.
- [5] EN ISO/IEC 23894:2024 (WI=JT021016) - Information technology - Artificial intelligence - Guidance on risk management.
- [6] EU Artificial Intelligence Act, Article 10 - Data and data governance.
- [7] FprCEN/CLC/TR 18115 (WI=JT021007). (n.d.). Data governance and quality for AI within the European context.
- [8] EU Artificial Intelligence Act, Article 13 - Transparency and provision of information to users.
- [9] EN ISO/IEC 22989:2023 (WI=JT021004). (2023). Information technology - Artificial intelligence - Artificial intelligence concepts and terminology (ISO/IEC 22989:2022). Published.
- [10] EN ISO/IEC 22989:2023/prA1 (WI=JT021031). (2023). Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology — Amendment 1. Published.
- [11] prCEN/CLC/TR XXXX (WI=JT021002). (2023). Artificial Intelligence - Overview of AI tasks and functionalities related to natural language processing. Under Drafting.
- [12] prEN ISO/IEC 12792 (WI=JT021022). (2024). Information technology - Artificial intelligence - Transparency taxonomy of AI systems (ISO/IEC DIS 12792:2024). Under
- [13] EU Artificial Intelligence Act, Article 15 - Accuracy, robustness, and cybersecurity.
- [14] FprCEN/CLC ISO/IEC/TR 12791 (WI=JT021013). (2024). Information technology - Artificial intelligence - Treatment of unwanted bias in classification and regression machine learning tasks. Under Approval.
- [15] prCEN/CLC/TR XXX (WI=JT021010). (2023). Environmentally sustainable Artificial Intelligence. Under Drafting.
- [16] prCEN/TS (WI=JT021035). (n.d.). Sustainable Artificial Intelligence – Guidelines and metrics for the environmental impact of artificial intelligence systems and services. Preliminary.
- [17] prEN XXX (WI=JT021008). (2024). AI trustworthiness framework. Under Drafting.
- [18] (WI=JT021030) - Contributions towards ISO/IEC 27090.
- [19] CEN/CLC ISO/IEC/TR 24029-1:2023. (n.d.). Artificial Intelligence (AI) - Assessment of the robustness of neural networks - Part 1: Overview. Published.



成立宗旨

整合產業界、學界與政府力量，促進機器人產業跨域合作
因應工業4.0與智動化時代潮流並國際接軌，進而創造商機，
攜手力拼台灣機器人產業升級與繁榮

期盼聯盟透過下列七大項目

培育優秀人才、帶動機器人產業、促進台灣製造業轉型升級
為邁向智慧製造提供更大的貢獻，超過百間聯盟成員歡迎您的加入！



更多關於台灣機器人產學聯盟

歡迎加入



鋼鐵相關產業的歐盟碳關稅挑戰

文 財團法人中技社 資源暨環境中心 正研究員 郭博堯

鋼鐵業的重要性 與長期產能過剩趨勢

鋼鐵是現代工業化經濟的核心材料，因其產品獨特和多樣化的特性，被廣泛用於現代建築、汽車、船舶、工具、工業機械、家用電器、軍事設施和關鍵基礎建設等眾多產品上，成為大多數工業生態系統的重要組成。若以鋼鐵產品之用途區分，依據世界鋼鐵協會 2024 年報告統計，全球 2023 年鋼鐵產品用途中，建築與基礎設施使用之占比最高達 52%，其次占比較高的包括運輸工具（17%）、機械設備（16%）、金屬製品（10%）、電力設施（3%）、家用設備（2%）等^[1]。

然而鋼鐵業此一重要產業，過去幾十年都存在產能明顯超過需求的現象（參見圖 1）^[2]；此鋼鐵業產能長期過剩的原因，乃鋼鐵業需要昂貴資本投資（資本密集）且製程設備無法移

作他用的特性，造成難以維持營運的鋼鐵業者，無法用一般價格競爭與創新破壞的市場機制處理來退出市場，卻往往是被財務狀況較佳的其他廠商併購；另一方面，許多國家因鋼鐵業之重要性而以政策大力支持，進一步鼓勵鋼鐵業維持高產能，並努力避免鋼鐵產能在經濟衰退時受到壓縮；當多數鋼鐵業都依循上述邏輯時，鋼鐵業產能過剩問題就無法獲得解決；鋼鐵業產能過剩壓縮獲利空間、威脅鋼鐵業者償還債務能力、阻礙先進產品與清潔生產技術研發投資，而難以妥適維持勞工權益與就業機會^[3]；全球鋼鐵業產能過剩，也可能持續衝擊許多鋼鐵業者之市占率與產能利用率，如果損失市占率的產品碳排放強度較進口產品低，亦可能造成全球鋼鐵業碳排放不降反升^[4]，常被國際提及的案例就是歐盟的鋼鐵業。



資料來源：Hersh & Scott, 2021

圖 1. 全球鋼鐵產量、過剩產能和產能利用率（2000-2020 年）

歐盟鋼鐵業的發展挑戰

從歐盟鋼鐵需求面觀之，2008 — 2009 全球金融危機後，因南歐營建熱潮消退、油氣產業探勘減少，與缺乏大型運輸管線興建計畫等原因，歐盟鋼鐵產品需求量從 2004 — 2008 年平均 1.88 億公噸下跌到 2011 — 2019 年平均 1.53 億公噸水準，跌幅達 19%；又從進出口情況觀之，2016 年起歐盟鋼鐵產品從淨出口國轉變成淨進口國，2020 年淨進口數量達 3 百萬公噸；由於外國鋼品進口增加與結構性需求減少，造成歐盟鋼鐵業產能利用率降低，2010 年代歐盟鋼鐵業平均產能利用率約 75%，已形成結構性的產能過剩；2020 年因新冠疫情，產能利用率還一度跌到 63%；2024 年 7 月歐盟業界也指出，多數歐盟鋼鐵業產能利用率已經不到 70%^[5]；也因此，歐盟鋼鐵產量也自 2008 年崩跌再反彈後，從 2010 年至 2024 年 5 月的歐盟鋼鐵產量呈現整體波動下跌趨勢，至 2024 年仍未見起色^[6]。

雪上加霜的是，歐盟鋼鐵下游產業的需求似乎還有持續減少的可能。歐盟許多重要產業以鋼鐵產品為核心原材料。例如汽車、機械、

營建等關鍵產業，合計消費 1.05 兆公噸鋼鐵產品，已占歐盟 1.54 兆公噸鋼鐵產品消費量的 7 成^[7]；以身為德國支柱工業的汽車業為例，2024 年 7 月，身為歐洲第一大車廠與德國第一大製造業雇主的福斯汽車集團，考慮關閉旗下奧迪在比利時布魯塞爾的工廠，把該廠生產的車款移往墨西哥或中國大陸工廠生產，此也是福斯汽車集團自上一次 1988 年關閉位於美國阿拉巴馬州的工廠以來，近 40 年來關閉的第 1 家工廠^[8]；而 2024 年 9 月，福斯集團再度宣布將關閉位於德國的汽車製造廠與零件工廠，此也將是福斯集團 87 年歷史上首次關閉位在德國的工廠^[9]。

而在機械業方面，歐盟科技產業協會 Orgalim 涵蓋許多鋼鐵產品為重要原材料的機械工程、電機工程、電子及 ICT，和金屬技術等相關行業，其 2024 年 6 月份報告也指出，整體歐盟科技產業在 2023 年營業額與投資額分別下降 0.5% 與 0.8% 之後，預估 2024 年將再度衰退達 2.9% 與 1.2%；其中預估 2024 年機械工程業營業額衰退 4.0%，而電機工程、電子及 ICT 營業額衰退 1.6%，金屬技術業營業額也將衰退 3.1%^[10]。

上述相關挑戰，更凸顯歐盟鋼鐵業經營的壓力；而歷年來歐盟鋼鐵業面對需求持續減少與進口產品競爭的國際價格走低情勢，迫使歐盟需藉由推動產業重組、貿易手段、開發新產品與新商業模式等方式來因應，但歐盟鋼鐵業仍持續處於產能利用率低落的局面，並造成其獲利能力變差^[11]。

歐盟鋼鐵業的低碳轉型挑戰

鋼鐵業被估算是全球最大的工業部門二氧化碳直接排放源，約占全球工業部門二氧化碳

直接排放總量的 30%^[12]。煉鋼有幾種主要方式，包括高爐煉鋼、電弧爐煉鋼（又分為以廢鋼為進料之電弧爐製程與使用天然氣為還原劑產生直接還原鐵後接續之電弧爐製程），如圖 2 所示^[13]。

世界鋼鐵協會指出，全球平均每生產 1 公噸粗鋼，約排放 1.91 公噸 CO₂，然而如分別檢視個別鋼鐵製程的碳排放情形，則：

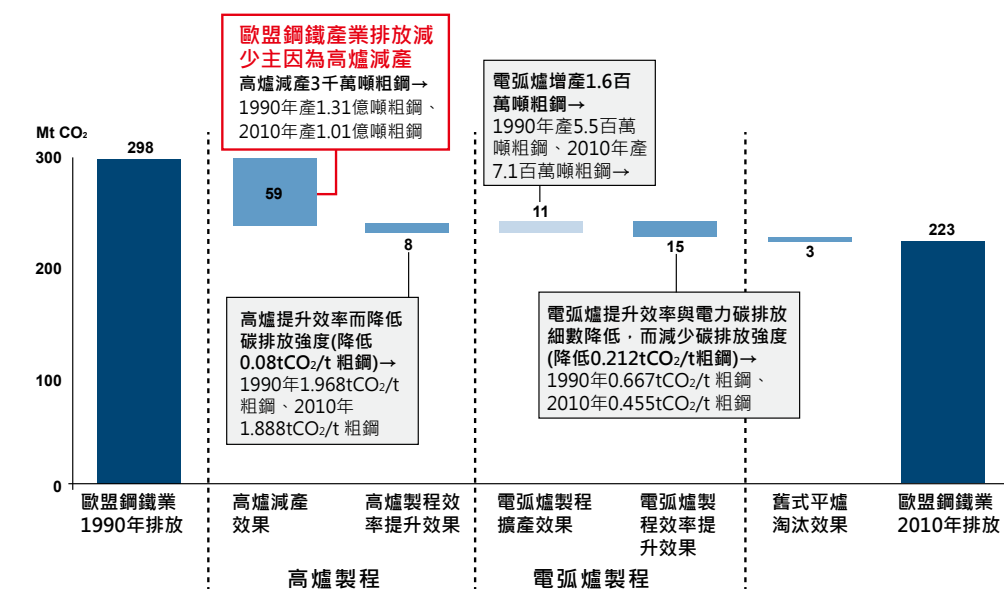
- (1) 高爐製程平均每生產 1 公噸粗鋼，約排放 2.33 公噸 CO₂；
- (2) 廢鋼投料的電弧爐製程，平均每生產 1 公噸粗鋼約排放 0.68 公噸 CO₂；
- (3) 直接還原鐵投料的電弧爐製程，平均每生產 1 公噸粗鋼約排放 1.37 公噸 CO₂。

可看出不同製程的碳排放差距很大，其中高爐製程的碳排放強度最高；世界鋼鐵協會統計也指出，高爐製程於全球鋼鐵產量占比達 71%；而相對上，低碳排的電弧爐製程之鋼鐵產量占比只約 29%^[14]。因此鋼鐵業減碳的

關注焦點，集中在高爐製程。

在歐盟鋼鐵業碳排放方面，依據歐盟鋼鐵協會 EUROFER 之分析，1990 年至 2010 年間歐盟鋼鐵業似乎有相當幅度的碳排放減量，但主因並非減碳投資之成果，而是由於歐盟鋼鐵業高爐製程生產規模的縮減（參見圖 3）^[15]。

歐盟執委會下轄智庫聯合研究中心（Joint Research Centre, JRC）報告也指出，現今高爐製程已是高度整合的一貫煉鋼廠型式，故進一步效能提升也只能最多再減少 10% 碳排放^[16]；但德國氣候智庫 Agora Energiewende 指出，至 2030 年德國就有過半的高爐產能需要汰舊換新，且由於新生產設備都會運作數十年，所以要能達成 2050 年的溫室氣體淨零排放目標，新設備投資都應使用氣候友善技術^[17]，此即代表歐盟將必須大量採用創新低碳生產技術，但相關技術成熟度與成本卻成為主要的挑戰。在鋼鐵業低碳生產技術進展方面，目前關注度最高的幾項技術，包括以再生能源產氫用於直接還原鐵生產的綠氫煉鋼製



資料來源：EUROFER, 2013

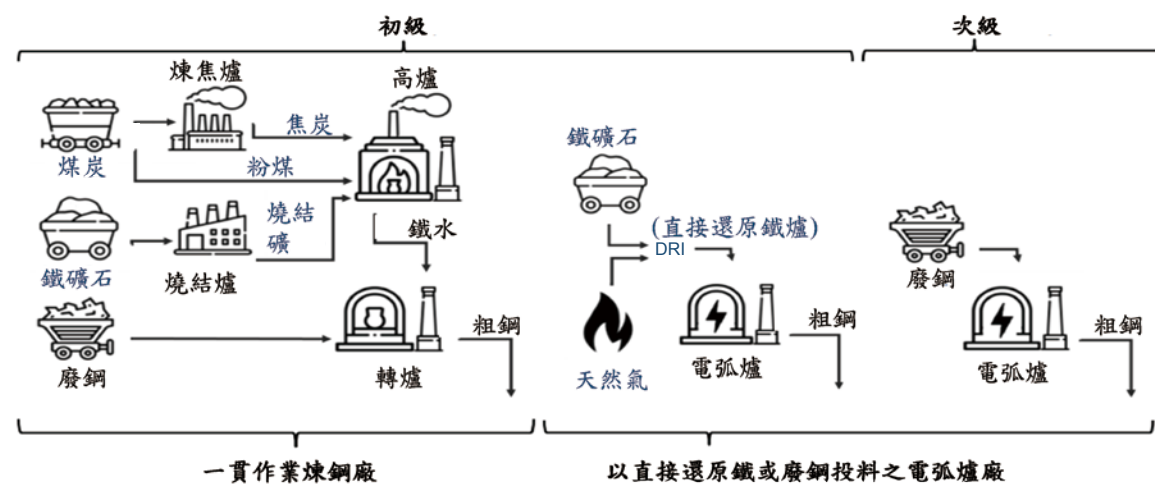
圖 3. 歐盟鋼鐵業溫室氣體排放變化及減量來源（1990 vs. 2010）

程、直接電解煉鋼製程，與碳補集再利用封存（CCUS），但後兩項技術還在早期發展階段或減碳效率不足，所以目前較受歐盟支持的技術是綠氫煉鋼製程，但此技術目前還不具成本競爭力^[18]，若依據德國 2022 年研究估計，其減碳成本達 500 ~ 750 美元 / 公噸 CO₂（16,200 ~ 24,300 新台幣 / 公噸 CO₂）^[19]，另 2024 年歐洲知名能源諮詢公司也估計，推動綠氫煉鋼需要 500 歐元 / 公噸 CO₂ 以上^[20]。

也由於鋼鐵業處於前述昂貴減碳成本與新類型減碳技術成熟度不足之現實情況，故摩根史坦利（Morgan Stanley）公司 2023 年報告《綠色鋼鐵行業：成本與機遇的故事》就指出，鋼鐵業要達到淨零目標，需積極尋求煉鋼製程脫碳，同時卻要面對鋼鐵業脫碳是一項必須大量投資、極其昂貴和耗時的任務^[21]，使原本營運已極為困難的鋼鐵業，在推動低碳轉型時，成為最艱困的「難以減碳」（hard-to-abate）產業。

歐盟從碳排放交易體系結合碳關稅機制所形塑之不公平競爭環境

始於 2005 年的歐盟碳排放交易體系（即 Emission Trading System, ETS），是歐盟尋求達成 1997 年聯合國《京都議定書》與後續 2015 年聯合國《巴黎協定》減量目標的重要政策工具之一。歐盟 ETS 納管包括鋼鐵業等重要能源密集產業與電力等能源供應業，第一階段（2005 – 2007 年）為試運行期，第二階段（2008 – 2012 年）對照京都議定書第一承諾期，而前兩階段主要採用歷史溯往原則（grandfathering），由歐盟各會員國政府依據廠商歷史排放量，提供相當接近實際排放量、各行業有別的高額免費核配額度，以供廠商抵扣實際排放；第三階段（2013 – 2020 年）配合京都議定書第二承諾期，由歐盟統一核配額度，製造業也改為依據 ETS 特別打造之免費核配規則（free allocation rule），對不同行業提供差異化的免費配額^[22]。



資料來源：Koolen & Vidovic, 2022

圖 2. 主要煉鋼技術

最新的歐盟 ETS 第四階段（2021 — 2030 年）又再對 ETS 規則進行調整，但大半遵循第三階段的規則，同時對歐盟進口產品導入類似碳關稅的「碳邊境調整機制（Carbon Border Adjustment Mechanism, CBAM）」^[23]；而歐盟對外宣稱，CBAM 要求進口產品購買／支付 CBAM 憑證（碳關稅）的設計上，是採取逐步提高支付額度的過程，且會連動同步逐漸降低歐盟廠商從 ETS 獲得的免費配額，使進口產品於 CBAM 之碳成本與歐盟廠商於 ETS 之碳成本維持相同水準，確保 CBAM 之規則不違反 WTO 規則^[24]。

在歐盟提出 CBAM 機制後，不少有產品出口到歐盟的國家，認為 CBAM 不符合 WTO 標準，是歐盟的新綠色貿易壁壘，而歐盟官員則持續予以反駁；而雙方的爭論過程，一般都只聚焦於 CBAM 規則，缺少檢視歐盟 ETS 實際運作情況與對 CBAM 之連動影響。然歐盟 ETS 與 CBAM 機制複合體，其實單就歐盟鋼鐵業而言，是打造成一個有利歐盟許多鋼鐵廠商的不公平競爭環境，其中幾個問題及其影響說明如下：

(1) 鋼鐵業超額免費配額的影響：2020 年歐盟審計院（European Court of Auditors）之報告即指出，ETS 第三階段鋼鐵業的免費配額明顯超過實際排放量，是所有行業中超額最高者，如圖 4 所示^[25]，且此情況延續到 ETS 第四階段；結果原本 ETS 建置目的，是要加諸產業碳成本負擔，卻於 ETS 體系中對鋼鐵業等行業大幅提供免費配額，不但卸除部分行業如鋼鐵業之碳成本負擔，甚至反向造成部分廠商還能出售免費配額獲利，更使鋼鐵等行業缺乏自身投資減碳之動能^[26]。

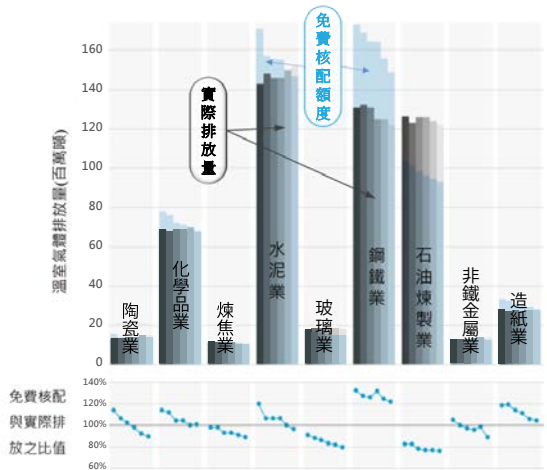
(2) 超額免費配額可以結存累計的影響：歐盟鋼鐵業歷年獲得的 ETS 超額免費配額，還可留存供後續使用，將造成 2026 年起進口歐盟產品開始支付 CBAM 憑證之際，歐盟內部許多廠商卻可持續多年都沒有碳成本負擔^[27]。

(3) 納管行業差異之影響：CBAM 納管進口螺絲、螺帽等扣件產品，但我國扣件業以中小型廠商為主，產品品項繁多，扣件製程碳盤查成本相對偏高，因此進口歐盟時需承擔不成比例的 CBAM 申報作業成本；相較之下，歐盟 ETS 並未納管歐盟扣件業，造成明顯的不公平競爭環境。

(4) 碳排放申報方法學差異之影響：見下一節說明。

歐盟 CBAM 機制所衍生之碳排放申報問題

碳排放申報是 CBAM 機制的另一大問題。歐盟 CBAM 要求歐盟進口商於 2023 年 10 月 1 日起至 2025 年底的過渡期，每季申報進



資料來源：European Court of Auditors, 2020

圖 4. 歐盟 ETS 第 3 階段製造業實際排放量及免費配額比較（2013 ～ 2018）

口產品生產過程碳排放（又稱隱含碳排放，embedded emissions）；2026 年 1 月 1 日起之正式執行期，進口商要開始購買／支付 CBAM 憑證，以抵免進口歐盟產品之隱含碳排放量^[28]。上述依據產品碳排放高低購買與支付 CBAM 憑證之需求，涉及廠商碳成本負擔之高低，如何估算產品隱含碳排放，就至關重要。

目前依據歐盟相關論述，其 CBAM 與 ETS 有相似的產品生產過程碳排放估算方法學，然而歐盟也承認，CBAM 之產品碳排放估算方法學，並非國際通用的 ISO14064-1、ISO14067 或 GHG Protocol 等標準之方法學，也與歐盟 ETS 的申報方法學有所出入，包括以下數個重點：

(1) 範疇差異：歐盟於 CBAM 文件中提供最基本的各碳排放估算方法學範疇差異比較，如下表 1 所示；可看出產品生產過程所輸入熱能、冷能、電力、受 CBAM 所規範之前驅物（例如 CBAM 規範高爐煉鋼製程所投入之燒結礦屬於前驅物）等的生產相關排放都要納入；但如果製程中投入項被 CBAM 歸類為原料（例如高爐煉鋼製程所投入之焦炭，即使煉焦工場位於高爐廠廠區內，也不被計入前驅物），則其生產相關排放不被納入；相對而言，在歐盟 ETS 體系中是否要納入相關排放，則視上述輸入項目是否於產品生產設施之系統邊界內生產而定^[29]。

(2) 單位產品排放估算原則差異：歐盟官方提供的 CBAM 排放估算方法與歐盟 ETS 方

表 1. 歐盟 CBAM、ETS、ISO 14064-1 與 GHG Protocol 申報差異

	ISO 14064-1	GHG protocol	EU ETS	CBAM
直接排放				
固定排放源 （產品於設施中生產過程之排放）	類別 1	範疇 1	依每個 EU ETS 設施之系統邊界而定	產品於設施中生產過程之排放，包括所輸入熱能／冷卻之生產排放（不管製熱／製冷過程是否為在設施之系統邊界內）
移動排放源（如堆高機排放）			不納入範疇中	不納入範疇中
間接排放				
輸入熱能／冷卻（生產過程排放）	類別 2	範疇 2	如在設施系統邊界中生產，納入範疇	被歸類屬於產品生產直接排放
輸入電力（其發電之排放）			如在設施系統邊界中生產，納入範疇	產品生產過程中所使用電力之發電過程排放（不管發電過程是否為在設施系統邊界內）
輸入燃料（生產過程排放）	類別 3	範疇 3	不納入範疇中	不納入範疇中
運輸排放			不納入範疇中	不納入範疇中
輸入前驅物（precursor） （生產過程排放）	類別 4		如在設施系統邊界中生產，納入範疇	前驅物（precursor）是否納入範疇中，依據 CBAM 施行細則之規定
下游 （產品使用、廢棄處理之排放）	類別 5		不納入範疇中	不納入範疇中

資料來源：（Taxation and Customs Union, 2023）

法並不一致。雖 ETS 標竿值和 CBAM 都是計算單位產品碳排放量，但 CBAM 方法學未完全參照 ETS 估算之原則。方法學之差異，會造成的問題在於：即使碳排放水準與歐盟產品類似之我國高爐製程鋼鐵產品，當運用 CBAM 方法學進行排放估算，所得數據很可能會明顯高於運用 ETS 方法學估算的結果；此不一致的碳排放估算結果，將使我國產品增加額外不必要的 CBAM 成本負擔。

結語

隨著歐盟更積極淨零碳排目標的設定，如果歐盟鋼鐵業真因政策要求而需投資減碳，龐大的減碳成本負擔，勢將造成歐盟鋼鐵生產成

本上漲，從而影響歐盟鋼鐵業與相關下游行業的國際競爭力與生存發展；因此，歐盟必然要尋求如何在低碳轉型進程與國際高度競爭環境中，讓自身鋼鐵業能在降低減碳成本負擔的同時，加重競爭對手的環境成本負擔，以打造有利於歐盟鋼鐵業發展與競爭之環境，此亦歐盟政府先推動歐盟碳交易體系 ETS 並於近年啟動 CBAM 的主因。

既然歐盟所提之 ETS 與 CBAM 相關機制，其實核心是包括鋼鐵等部分行業之補貼機制複合體，以保護其製造業；我們相對上就應調整角度、認清真實情況，妥為因應，才得以使我國鋼鐵相關行業仍能保有國際競爭力，後續的投資減碳才有意義。

參考文獻

[1] World Steel Association. (2024, May 27). 2024 World Steel in Figures.

[2] Hersh, A. S., Scott, R. E. (2021, March 24). Why Global Steel Surpluses Warrant U.S. Section 232 Import Measures. Economic Policy Institute.

[3] Hersh, A. S., Scott, R. E. (2021, March 24). Why Global Steel Surpluses Warrant U.S. Section 232 Import Measures. Economic Policy Institute.

[4] Global Forum on Steel Excess Capacity (GFSEC). (2024, March). Impacts of global excess capacity on the health of GFSEC steel industries.

[5] EUROMERAL. (2024, July 24). European HRC prices hold steady in slow market.

[6] Trading Economics. (2024, September 3). European Union Steel Production.

[7] Bekaert, F., Hagenbruch, T., Kastl, E., Mareels, S., Van Hoey, M., Vercammen, S., & Zeumer, B. (2021). The future of the european steel industry. A Road Map toward Economic and Environmental Sustainability.

[8] 陳麗珠 . (2024, July 12). 近 40 年來首次！福斯擬關比利時工廠 3 千人工作恐不保 . 自由時報 .

[9] 賴宇萍 . (2024, September 2). 87 年德國福斯撐不住！擬開「關廠」第一槍 恐爆勞資衝突 . 中時新聞網 .

[10] Orgalim. (2024, June 4). Negative economic outlook for Europe’s technology industries in 2024.

參考文獻

[11] Chalabyan, A., Mori, L., Vercammen, S. (2018, January). The current capacity shake-up in steel and how the industry is adapting.

[12] OECD Facilitator. (2022, Assessing steel decarbonisation progress in the context of excess capacity: A steel indicator decarbonisation dashboard. Global Forum on Steel Excess Capacity (GFSEC).

[13] Koolen, D., & Vidovic, D. (2022). Greenhouse gas intensities of the EU steel industry and its trading partners. Publications Office of the European Union.

[14] World Steel Association. (2024, May 27). 2024 World Steel in Figures.

[15] EUROFER. (2013). A Steel Roadmap for a Low Carbon Europe 2050.

[16] Joint Research Centre. (2020, January 1). Decarbonisation of industrial heat: The iron and steel sector.

[17] Agora Energiewende, & Wuppertal Institute. (2019, December). Climate-Neutral Industry (Executive Summary): Key Technologies and Policy Options for Steel, Chemicals and Cement.

[18] Joint Research Centre. (2020, January 1). Decarbonisation of industrial heat: The iron and steel sector.

[19] Sprenger, T., Moritz, M., Wild, P., Çam, E. (2022). Low-carbon steel - A global cost comparison. Institute of Energy Economics at the University of Cologne gGmbH (EWI).

[20] Rystad Energy. (2024, May 2). 'European steel mills waver on decarbonization despite promise of public funding.

[21] Morgan Stanley. (2023, May 18). Greening the Steel Industry: A Tale of Cost and Opportunity.

[22] 郭博堯 . (2022, June). 台灣主要出口國碳交易市場之發展 . 中技社通訊，第 142 期 .

[23] 郭博堯 . (2022, June). 台灣主要出口國碳交易市場之發展 . 中技社通訊，第 142 期 .

[24] 郭博堯 . (2024, March). 歐盟碳關稅 (CBAM) 與碳交易體系 (ETS) 的機制連動與影響 . 中技社通訊，第 142 期 .

[25] European Court of Auditors. (2020). Special Report 18/2020 - Emissions Trading System: targeting free allocation of allowances. Retrieved from

[26] 郭博堯等 . (2022, December). 全球碳交易市場發展之回顧與因應建議 . 財團法人中技社 .

[27] 郭博堯 . (2024, March). 歐盟碳關稅 (CBAM) 與碳交易體系 (ETS) 的機制連動與影響 . 中技社通訊，第 142 期 .

[28] European Commission. (2024, February 28). Carbon Border Aadjustment Mechanism (CBAM) Questions and Answers.

[29] Taxation and Customs Union. (2023, December 8). European Commission, Guidance document on CBAM implementation for installation operators outside the EU.



美、歐、日AI法制最新動向

文 資訊工業策進會 科技法律研究所數位創新中心科研法制組 組長 周晨蕙

前言

伴隨技術突破，近年AI成為輿論關注焦點，各國開始研議AI監管措施，期能因應AI發展帶來的挑戰與機會。各國AI監管路徑主要分為兩種模式，一種係以歐盟為代表，制定《人工智慧法》（Artificial Intelligence Act, AIA）建立AI監管框架；另一種則以美、日等為代表，透過制定指引等柔性規範，鼓勵業者採取自律性措施，以鼓勵AI創新發展^[1]。

歐盟AIA已於今（2024）年通過並自8月1日起生效，後續將分階段逐步施行^[2]；美國總統拜登於2023年10月30日簽署第14110號總統行政命令《安全可靠且值得信賴的人工智慧開發暨使用》（Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence）（下稱AI總統行政命令），責成各部會推動及制定AI相關指引、政策及報告等，以降低AI使用風險與影響

^[3]；日本於今（2024）年4月19日公布「AI業者指引」（AI事業者ガイドライン），針對AI開發者（AI Developer）、AI提供者（AI Provider）及AI使用者（AI Business User）提出注意事項^[4]。與此同時，我國於今（2024）年7月15日公布《人工智慧基本法》草案，提出AI基本原則，期引導我國各機關發展與促進人工智慧應用之原則^[5]。

因應各國AI法制之快速發展與變化，本文擬整理近一年間美國、歐盟及日本AI法制發展，以即時掌握最新動向，作為我國完善《人工智慧基本法》及各部會發展相關原則之參考。

歐盟AI法正式生效並分階段實施

自歐盟執委會於2021年4月提出AIA草案，歷經數年討論，歐洲議會與歐盟理事會終於在2023年底達成臨時政治協議，分別於2024年3月13日與5月21日通過AIA。

AIA通過後於同年8月1日起生效，惟將分階段逐步施行，重要時間軸整理如下^[6]：

- （1）AIA生效後6個月：第1章有關立法目的、適用範圍、AI定義及AI素養，以及第2章有關「被禁止使用之AI」之規定開始適用。
- （2）AIA生效後9個月：根據AIA規定，通用AI（General-Purpose Artificial Intelligence models, GPAI）模型^[7]提供者義務於生效後1年內實施。為協助業者落實相關規定，AIA第56條要求AI辦公室須在AIA生效後9個月內制定實踐守則（Code of Practice），內容包括向AI辦公室提供技術文件、向下游供應商提供資訊、訓練資料透明度等，以利業者遵法。AI辦公室已於2024年7月30日向GPAI模型提供者、供應商、學界等徵集有關實踐守則之意見，並預計於2025年4月發布實踐守則^[8]。
- （3）AIA生效後12個月：AIA第3章第4節有關驗證機構（Notified bodies）、第5章有關通用AI模型、第7章有關AI辦公室及AI委員會等治理架構、第77條有關保密措施規定，以及第99~100條罰則等開始適用。
- （4）AIA生效後24個月：除AIA第6條第1項有關高風險AI之規定外，其餘部份均開始適用。
- （5）AIA生效後36個月：AIA第6條第1項有關高風險AI之規定，以及相關義務開始適用。

由上述時程，可知高風險AI規定較為複雜，仍待完善相關配套。為協助業者落實有關高風險AI之規定，歐盟執委會於2023年5月22日要求歐洲標準委員會（CEN）和歐洲電子技術標準委員會（CENELEC）在2025年4月30日前，提出高風險AI設計和開發、AI供應商品質管理系統等標準之草案^[9]。上述標準將納入歐盟AI政策目標，並涵蓋AI系統生命週期之風險管理系統、資料治理和品質、記錄保存、透明度和向用戶提供資訊、人工監督、正確性、韌性、資訊安全、供應商之品質管理系統、符合性評估等內容，以確保進入歐盟市場之AI安全且符合歐盟價值，並可促進AI投資和創新，提高歐盟競爭力^[10]。

綜上所述，可知AIA尚有許多細節仍待討論。為讓利害關係人可以更好地認識AIA，準備好迎接AIA施行，歐盟執委會於2023年11月提出人工智慧公約（AI Pact）構想，並圍繞資訊分享及鼓勵業者自願承諾等兩大支柱，制定AI Pact之整體框架^[11]。截至2024年9月27日，包括Amazon、Google、Adobe、IBM、微軟和OpenAI等知名業者在內，已有超過100家公司簽署AI Pact，承諾會盡力遵守AIA、辨識高風險AI系統及提高員工AI素養^[12]。

美國AI總統行政命令重視安全、可信賴之AI

美國於2023年10月30日發布AI總統行政命令，其延續2022年「人工智慧權利法案藍圖（Blueprint for an AI Bill of Rights）」之立場，提出安全、可信賴的AI、鼓勵AI創新及確保公平競爭、確保勞工權益、平等原則與公民權利、保護消費者權益、保護公民隱私權等8大指導原則，要求聯邦政府以兼顧AI

治理與創新研發為前提，確保美國於 AI 之領先地位^[13]。

AI 總統行政命令強調 AI 安全，其中更針對軍民兩用基礎模型（Dual-use Foundation Model）^[14]採取多項措施，包括^[15]：

1. 制定指引、標準及最佳實踐：

根據 AI 總統行政命令第 4.1 款，美國商務部、國家標準技術研究所（National Institute of Standards and Technology, NIST）、能源部及國土安全部，應以 AI 風險管理框架（AI Risk Management Framework, NIST AI 100-1）為基礎訂定相關指引及評測標準，並為 AI 開發者和軍民兩用基礎模型開發者進行紅隊測試（red team test）制定指引，以確保 AI 安全開發。

NIST 於 2024 年 7 月 26 日公布「軍民兩用基礎模型濫用風險管理指引」草案（Managing Misuse Risk for Dual-Use Foundation Models, NIST AI 800-1），提出 7 個目標及最佳實踐（Best Practices），以協助開發人員確保 AI 系統不被濫用，以降低對個人、公共安全和國家安全之風險^[16]。

2. AI 業者通報義務：

AI 總統行政命令第 4.2 款要求商務部應針對使用大於 10^{26} 整數或浮點運算能力訓練之 AI 模型，或主要使用生物序列資料且使用大於 10^{23} 運算能力訓練之軍民兩用基礎模型業者，通報有關模型權重（Model Weight）、開發、生產及訓練活動，以及紅隊測試結果之資料；針對使用位於單一資料中心的運算叢集，若資料傳輸速率超過每秒 100 Gbit/s，且其訓練 AI 模型的運算能力超

過每秒 10^{20} 之大規模運算叢集業者，通報運算資源位置及數量；並針對基礎設施即服務（Infrastructure as a Service, IaaS）業者，通報與他國客戶的交易活動，以及外國經銷商的服務使用者、最終用途和基礎應用程式詳細資訊，以確保安全、可信賴之 AI。

為回應 AI 總統行政命令之要求，美國商務部產業及安全局（Bureau of Industry and Security, BIS）於 2024 年 1 月 29 日發布法規預告：「採取額外措施以應對重大惡意網路行為之國家緊急狀態」（Taking Additional Steps To Address the National Emergency With Respect to Significant Malicious Cyber-Enabled Activities），內容包括：

（1）要求美國 IaaS 業者及其外國經銷商執行客戶身分驗證（Customer Identification Program, CIP）；（2）商務部得禁止或限制 IaaS 產品涉及惡意網路行為之司法管轄區域的交易；（3）IaaS 業者使用雲端運算服務訓練大規模 AI 模型時，應向商務部提交報告^[17]。

3. 制定 AI 國家安全備忘錄：

AI 總統行政命令第 4.8 款要求制定備忘錄，確保美國政府使用 AI 時能避免對國家安全造成風險之行為。

拜登政府於 2024 年 10 月 24 日發布「推動美國在 AI 之領先地位備忘錄：利用 AI 實現國家安全目標及促進安全、可靠及可信賴之 AI」（Memorandum on Advancing the United States' Leadership in Artificial Intelligence; Harnessing Artificial Intelligence to Fulfill National Security Objectives; and Fostering the Safety, Security, and Trustworthiness

of Artificial Intelligence），並同步發表「推動國家安全下之 AI 治理及風險管理框架」（Framework to Advance AI Governance and Risk Management in National Security）文件^[18]。

上述備忘錄指出 AI 創新和各式應用推動典範轉移，使 AI 技術成為國家安全優先事項並具有戰略上重要性，故提出促使美國維持在先進 AI 系統開發之領先地位、加速美國國家安全機構採用先進 AI 系統、開發強大的 AI 治理框架以確保國家安全等 3 大目標^[19]。

綜上所述，可知雖然美國與歐盟對 AI 監管態度不同，但其並未輕忽 AI 風險，同樣針對一定運算能力以上的 AI 模型採取監管措施，以確保安全、可靠且可信賴之 AI。惟需注意的是，美國與歐盟 AIA 所設定之運算能力門檻及監管措施不同，歐盟認為浮點運算能力 10^{25} 以上模型具有系統性風險，需要遵守提供技術文件、向下游供應商提供資訊、訓練資料透明度等義務^[20]；美國則要求大於 10^{26} 整數或浮點運算能力訓練之 AI 模型，或主要使用生物序列資料且使用大於 10^{23} 運算能力訓練之業者須向商務部報告。

日本公布業者指引引導產業方向

因應 AI 快速發展帶來的新問題，如生成式 AI 與著作權、假消息、個人資料保護、對勞動權益的影響、人才培育、確保算力資源、模型開發等…，日本內閣府下之 AI 戰略會議於 2023 年 5 月 26 日提出「AI 相關暫定論點整理」（AI に関する暫定的な論点整理）文件，提出應統整既有指引及規範，以 AI 業者為對象制定新指引，以引導產業發展方向^[21]。

有鑑於此，日本經濟產業省和總務省彙整自 2017 年起陸續發布之各項 AI 指引，於

2024 年 4 月 19 日共同公布「AI 業者指引」，提出以人為本、安全性、公平性、隱私保護、透明性、問責性、公平競爭、創新等共通性原則，並針對 AI 開發者、AI 提供者及 AI 利用者提出具體注意事項，期能透過指引引導 AI 產業發展。重要內容如下^[22]：

- （1）AI 開發者：研發 AI 系統之業者。由於在開發階段設計或變更 AI 模型將影響後續使用，故指引認為開發者應事先採取可能對策，並在倫理和風險之間進行權衡，避免因重視正確性而侵害隱私或公平性，或因過度在意隱私保護而影響透明性。此外，開發者應盡量保留紀錄，以便於預期外事故發生時可以進行說明。
- （2）AI 提供者：向 AI 使用者或非業務上使用者提供 AI 系統、產品或服務之業者。提供者應以系統順利運作及正常使用為前提，提供 AI 系統和服務，並避免侵害利害關係人之利益。
- （3）AI 使用者：基於商業活動使用 AI 系統或服務之業者。使用者應於提供者所設定之範圍內使用 AI，以最大限度發揮 AI 效益，提高業務效率及生產力。

此外，日本內閣於 2024 年 6 月 4 日通過「整合創新戰略 2024」（統合イノベーション戦略 2024），提出重要技術相關之整合戰略、全球觀點下之合作強化，以及強化 AI 領域競爭力及確保安心、安全之 AI 等 3 大政策目標^[23]。

為落實上述政策目標，日本於 AI 戰略會議下設立「AI 制度研究會」，擬根據風險高低檢討 AI 開發者、提出者及利用者之應對措施，包括監管方式、強度、標準等^[24]。由此可知，

雖然日本一直強調欲以柔性規範引導業者，惟其亦認知到適當管制之必要性，並已開始討論可能之監管措施。

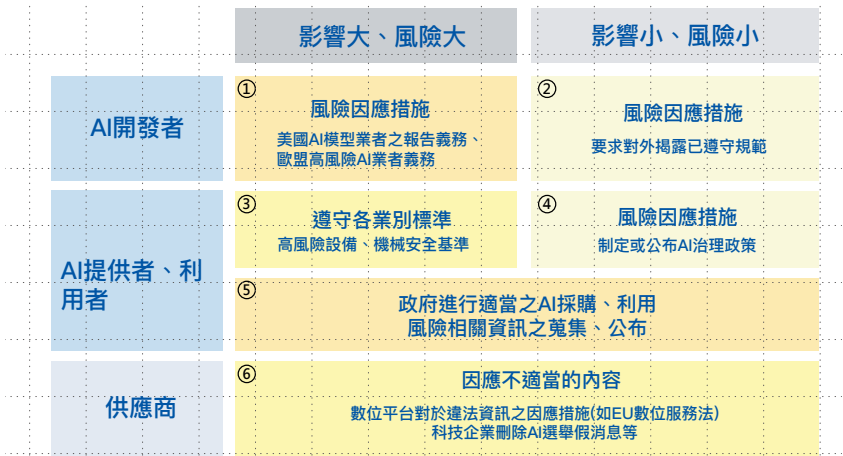
結論

從美國、歐盟、日本等國家或地區所採取之措施來看，可發現雖然各國對於 AI 監管態度不盡相同，但均意識到確保 AI 安全之重要性，並試圖採取各項措施來落實安全、可靠之 AI。

然而，各國目前擬採取之具體措施尚不明確，以歐盟 AIA 為例，其要求高風險 AI 及具有系統性風險之 GPAI 遵守相關義務，惟 AIA 內並未進一步規範細節，仍有待歐洲標準委員

會和歐洲電子技術標準委員會將法規要求轉為技術標準。

我國於今年提出《人工智慧基本法》草案，規範政府應推動 AI 研發及應用之優惠措施，並授權各部會進行 AI 法規調適、建立創新實驗環境、針對 AI 風險分級制訂標準與驗證等事宜。雖然《人工智慧基本法》草案僅係 AI 發展之基本方針，並未就監管措施加以規範，惟依草案規定，未來各部會可能須檢討 AI 研究發展與應用獎補助、AI 法規調適、推動 AI 國際合作與公私協力、建立 AI 應用責任制度等事項，故仍須持續關注國外法制發展，以利各部會完善相關制度。



資料來源：AI 政策の現状と制度課題

日本 AI 制度思考概念圖

參考文獻

[1] 周晨蕙，〈生成式 AI 監管方向初探 - 美、歐、日之路徑分析〉，《科技法律透析》，第 35 卷第 10 期，頁 63-70 (2023)。

[2] Implementation Timeline, EU Artificial Intelligence Act, <https://artificialintelligenceact.eu/implementation-timeline/> (last visited: 27 Oct. 2024).

[3] Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence, The White House, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2023/10/30/executive-order-on-the-safe-secure-and-trustworthy-development-and-use-of-artificial-intelligence/> (last visited: 27 Oct. 2024).

參考文獻

[4] 総務省、経済産業省，《AI 事業者ガイドライン第 1.0 版》，頁 5 (2024)，<https://www.meti.go.jp/press/2024/04/20240419004/20240419004-1.pdf> (最後瀏覽日：2024/10/20)。

[5] 〈人工智慧基本法草案預告 促進創新兼顧人權與風險〉，國家科學及技術委員會，2024/7/15，https://www.nstc.gov.tw/folksonomy/detail/87e76bcd-a19f-4aa3-9707-ca8927dcb663?l=CH&utm_source=rss (最後瀏覽日：2024/10/20)。

[6] supra note No.2

[7] 根據 AIA 第 3 條，GPAI 係指基於大量資料並實施大規模訓練的 AI 系統模型，具有通用性可執行廣泛的任務。另根據 AIA 第 56 條規定，浮點運算能力 10²⁵ 以上或由執委會依據附件十三認定具有高影響力之 GAPI 具有系統性風險，須遵守相關義務。

[8] AI Act: Participate in the drawing-up of the first General-Purpose AI Code of Practice, European Commission, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/ai-act-participate-drawing-first-general-purpose-ai-code-practice> (last visited: 27 Oct. 2024).

[9] C(2023)3215 – Standardisation request M/593, European Commission, https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/enorm/mandate/593_en (last visited: 27 Oct. 2024).

[10] Id.

[11] AI Act: Participate in the drawing-up of the first General-Purpose AI Code of Practice, European Commission, <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/ai-act-participate-drawing-first-general-purpose-ai-code-practice> (last visited: 27 Oct. 2024).

[12] Apple, Meta Reject EU AI Pact as OpenAI, Microsoft Lead Industry Cooperation, CCN, <https://www.ccn.com/news/technology/apple-meta-reject-eu-ai-pact/> (last visited Aug. 12, 2023).

[13] supra note No.3

[14] 根據 AI 總統行政命令第 3 款 (k)，軍民兩用基礎模型係指用廣泛資料和自我監督式學習方法 (Self-supervision) 訓練，包含至少數百億個參數，適用於任何場景，可被用於執行對公共安全構成嚴重風險之任務的模型。

[15] Id.

[16] Managing Misuse Risk for Dual-Use Foundation Models, U.S. AI Safety Institute，<https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/NIST.AI.800-1.ipd.pdf> (last visited Oct. 30, 2024).

[17] Taking Additional Steps To Address the National Emergency With Respect to Significant Malicious Cyber-Enabled Activities, Federal Register, <https://www.federalregister.gov/documents/2024/01/29/2024-01580/taking-additional-steps-to-address-the-national-emergency-with-respect-to-significant-malicious> (last visited Oct. 30, 2024).

[18] Memorandum on Advancing the United States’ Leadership in Artificial Intelligence; Harnessing Artificial Intelligence to Fulfill National Security Objectives; and Fostering the Safety, Security, and Trustworthiness of Artificial Intelligence, The White House, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2024/10/24/memorandum-on-advancing-the-united-states-leadership-in-artificial-intelligence-harnessing-artificial-intelligence-to-fulfill-national-security-objectives-and-fostering-the-safety-security/> (last visited Oct. 30, 2024).

[19] Id.

[20] 前揭註 7。

[21] AI 戦略チーム，《AI 制度に関する考え方》について (概要)，頁 8 (2024)。

[22] 〈AI 事業者ガイドライン (第 1.0 版) 〉を取りまとめました，経済産業省，2024 年 4 月 19 日，<https://www.meti.go.jp/press/2024/04/20240419004/20240419004.html> (最後瀏覽日：2024/10/20)。

[23] AI 戦略会議，《統合イノベーション戦略 2024 の基本的な考え方》，頁 2 (2024)。

[24] 前揭註 21，頁 10。

產業導入AI化 所需的資安韌性： 挑戰與策略

文 元智大學 資訊管理學系 專任助理教授 王仁甫（兼任台灣駭客協會理事）
元智大學 資訊管理學系 陳意璇



隨全球各國競逐人工智慧（AI）技術發展，各大產業紛紛將其應用於業務智慧化、資料分析與決策輔助；然而，這也對企業的資安防護提出了新的挑戰。根據世界經濟論壇（World Economic Forum, WEF）的報告^[1]指出，2023 年全球網路犯罪所造成的經濟損失，將高達 8 兆美元，且針對首席資訊安全長（CISO）的調查更發現，70% 的受訪者認為，AI 為攻擊者提供了比防禦者更大的優勢，顯見 AI 發展所引發的資安風險，將成為未來產業能否借助 AI 智慧化的重要關鍵。

在此背景下，如何在導入 AI 技術的同時確保足夠的資安韌性，已成為企業不容忽視的議題。因此，本文將從 AI 對資訊安全的影響、歐美 AI 相關法規及國際 AI 標準，來探討產業在導入 AI 化時，所需的資安韌性。

AI 對資訊安全的雙面刃

AI 的快速發展，使得網路犯罪者能使用各種 AI 工具（詳見右表 1），不僅將網路攻擊腳本自動化，更能執行精準攻擊，例如駭客所使用的魚叉式社交工程攻擊腳本，利用 AI 生成高仿真的釣魚郵件，識別網路中的薄弱環節，使攻擊更具針對性和難以偵測，例如 2023 年 7 月 Mithril Security 的研究人員^[2]使用 PoisonGPT，除能產生虛假的資料外，更成功地將中毒模型上傳回 HuggingFace（向公眾開放的最大模型中心），LLM 難以

分辨假資料之弱點，造成使用者可能因此下載受污染的模型，獲取或傳播受污染的資訊，導致許多負外部性及資安風險。

再者，國家支持的駭客組織亦可以利用 AI，建構智慧化攻擊腳本，針對關鍵基礎設施或產業執行進階持續性威脅（APT）攻擊，使資安縱深防禦弱化。

（一）AI 的資安風險

國家型駭客組織或黑帽型駭客組織將更為廣泛的使用 AI 技術，執行資安自動化攻擊，或者攻擊 AI 模型，造成嚴重的資安事件，甚至影響國家安全，故於學術研究面向亦受重視，例如 Sangwan et al.（2023）^[3]指出，與人工智慧相關的英文期刊文獻已有 1,366 篇，其中 415 篇研究網路攻擊對資安防禦的

表 1. 網路犯罪者能使用的各種 AI 工具

工具名稱	特點描述	應用範圍	運作模式	風險評估
WormGPT	強大的 AI 聊天機器人，專為協助駭客設計	聊天機器人，幫助駭客生成針對性訊息	線上運作	高風險：可用於釣魚攻擊、社交工程攻擊
AutoGPT	開源工具，無需人工監督即可學習語言模式	可自動化執行語言相關任務，如生成文本、完成目標	開源、自主運作	中風險：可能被用於生成惡意文檔或自動執行攻擊
帶有 DAN 提示符號的 ChatGPT	多功能工具，透過正確命令可處理廣泛任務	可繞過一般的 ChatGPT 限制，進行違規任務處理	線上運作	高風險：可繞過限制進行違法行為，如數據盜取、生成惡意腳本
FreedomGPT	開源模型，支持離線運作及微調	可離線運作，進行定制化的任務處理	離線運作	中風險：離線環境降低監控，可能被用於個人化攻擊或生成非法內容
詐欺 GPT	專為網路犯罪設計，僅限少數 Telegram 頁面存取	針對網路詐欺，如詐騙、身份冒用等	限制性存取	高風險：專用於犯罪用途，專精於詐騙與網路犯罪
Chaos GPT	可產生大量錯誤訊息的工具	擾亂訊息流，生成虛假數據或訊息	自主運作	高風險：可混淆訊息，擾亂網路環境或干擾系統
PoisonGPT	病毒與惡意軟體傳播工具	生成和傳播惡意軟體或病毒	線上運作	極高風險：可直接感染系統並傳播惡意軟件，造成嚴重系統損害

資料來源：本研究彙整

弱點及機制，強調 AI 導入階段的攻擊模式，區分為四種 AI 的資安風險，模型建構攻擊、訓練資料攻擊、推論或測試階段攻擊及 AI 資安攻擊與防禦方法^[4]。

（二）AI 應用於資安防禦

雖然 AI 增強了攻擊者的能力，但它同樣為防禦方帶來了新的工具。世界經濟論壇（World Economic Forum, WEF）^[5]的 CISO 調查顯示，35% 的受訪者已經在嘗試將 AI 應用於網路防禦中，這些應用範疇包括：

1. 惡意軟體分析：使用 AI 工具，利用深度學習技術，達成自動分析惡意軟體樣本，快速檢測資安威脅，並更新防護策略。

2. 資安處理流程自動化：使用 AI 工具，使資安處理流程能自動化，包括威脅調查、補丁管理等，提升了網路防禦的效率及準確性。

3. 風險評分及預測：使用 AI 工具，利用資料分析與預測網路中的潛在資安風險，幫助企業更快速地因應新型資安威脅。

歐美的 AI 與韌性相關法規

未來企業將 AI 科技導入產品或服務時，出國至歐盟時須遵守其法規，其中美國資安韌性政策的規劃，是以應變外部資安威脅為核心，而歐盟則希望降低數位產品的風險，兩者有異^[6]，說明如下。

歐盟 AI Act 的風險管理框架

2023 年歐盟執委會（European Commission）於發布 AI Act 前發布：支持《人工智慧法》的初步標準化分析報告^[7] 四大風險管理要素：

- 1. 風險評估：企業需要識別和分析 AI 應用中可能的風險，包括對個人和社會的潛在影響，並透過監測系統確保能夠應變不可預見的風險。
- 2. 風險處理：於風險難以完全解除的情況下，應採取有效的緩解及控制措施，以降低風險。
- 3. 測試與驗證：在 AI 產品投放市場之前，企業必須進行充分的測試，確保遵守相關的資安標準和風險管理要求。
- 4. 風險管理體系：企業應建立動態、持續的風險管理體系，並於整個 AI 生命週期中滾動式調整，確保資訊安全。

2023 年 12 月 14 日歐洲議會公告正式通過人工智慧規範法案（AI Act），AI 技術的風險評估分成不可接受風險、高風險及低風險，其中高風險的 AI 技術，須通過歐盟事前評估後，才能進入歐盟市場；而不可接受的 AI 科技風險，則原則禁止^[8]。

- 1. 針對工作場所、教育機構進行情緒識別。
- 2. 建構基於社會行為、個人特徵的社會評分制度。
- 3. 操縱人類行為、違反自由意志的 AI 系統。
- 4. 從網路攝像、監視器中，無目的抓取臉部影像以建立識別資料庫。

5. 採用具備敏感特徵的生物辨識分類系統，例如政治、宗教、哲學信仰，種族及性取向等。

6. 若違反上述相關規範，可能被裁罰 3,500 萬歐元（約 3,766 萬美元）或全球營業額的 7%，到 750 萬歐元或營業額的 1.5% 不等罰金，具體金額取決於違規情況及公司規模。

2024 年 10 月 10 日歐洲理事會（European Council）通過《網路韌性法》（Cyber Resilience Act, CRA）^[9]，確保數位產品銷售於市場前，符合資訊安全的相關規範，如家用攝影機、冰箱、電視及玩具等產品，須於整個數位產品之生命週期內，符合資安及漏洞處理流程之規定，此將由歐洲標準化組織（European Standard Organization, ESO）建立相關標準體系，重點說明如下。

- 1. 在開發過程中須控制資安風險（須記錄及識別資安漏洞）之外，OEM 廠商還需要測試及修復產品的任何漏洞，包含產品銷售後，客戶於使用過程中所發現的漏洞也必須通報及修復。
- 2. 原數位產品或設備製造商須於產品生命週期或五年內（以最短的時間為準），修復漏洞及確保資安防護。
- 3. 「具有數位元素的產品」（Products with digital elements, PDEs）需第三方機構執行獨立資安驗證：「重要」或「關鍵」之 PDEs，包括涵蓋資安軟體（例如防毒軟體和 VPN）以及連網裝置（例如「智慧家庭」裝置、連網玩具、穿戴式裝置）等相關數位軟、硬體，應接受特定且合規的資安評

估程序，並依照 CRA 法規附件三的規定，將資安風險分為一類（23 種）和二類（15 種）等級^[10]；其中二類的資安風險較大，應進行更為嚴謹的第三方資安驗證。

4. 若違反 CRA 相關規定，將處以罰款高達 1,500 萬歐元，或占公司全球年營業額的 2.5%。

台灣的數位產品或軟體開發產業，應遵循上述歐盟 CRA 相關規範，除能減免出口歐盟市場被裁罰的風險外，更能強化數位產品的資安風險管理，防止因產品漏洞引發的網路風險。

美國的 AI 資安與韌性標準

近期，美國國土安全部網際安全暨基礎設施安全局（Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, CISA）強化資安韌性的具體措施，包含四個評估、一個可視化平台，及復原計畫，其中四個評估包含多位資產集系統評估、顧問（漏洞）評估、工具評估、演練評估^[11]。

CISA 推動產業強化資安韌性面向為，鼓勵產業導入：「資安納入設計（Secure by Design）」、「零信任架構」及 AI 風險框架，因篇幅有限，本研究僅就前兩項進行討論。

(一) 資安納入設計架構

CISA 提倡資安納入設計（Secure by Design）概念，鼓勵數位軟硬體廠商，於產品或系統開發時，導入 Secure by Design 之原則：

- 1. 負責客戶的資安防護：將客戶的資安防護，作為開發的優先考慮，而不僅僅是將其視

為技術功能。

2. 採用徹底的資安透明度及責任制：在產品開發生命週期的設計階段，公司應實施「設計安全」原則，以顯著減少軟體或系統漏洞的數量，然後再將其引入市場廣泛使用或消費；數位產品應該具有額外的資安功能，例如無需額外費用即可使用多重身份驗證（MFA）、日誌記錄及單一登入（SSO）。

3. 自上而下的領導與執行：開發時應由公司的總經理或技術長宣示採安全納入設計的原則。

(二) AI 風險框架

2023 年 1 月美國國家標準和科技機構（National Institute of Standards and Technology, NIST）發布 AI 風險框架（Artificial Intelligence Risk Management Framework, NIST AI 100-1^[12]），評估三個受駭面向建構而成，包含人（People）、組織（Organization）及生態系統（Ecosystem）的侵駭（詳見下頁圖 1）^[13]，而採取可歸責性的資安三大管理體系，分別針對 AI 的開發、測試、認證及稽核需要有風險管理及治理機制。同年 10 月 30 日拜登總統發布：「關於安全、可靠且可信賴地開發和使用人工智慧的行政命令（Executive Order on the Safe, Secure, and Trustworthy Development and Use of Artificial Intelligence）」，達成保護美國人的隱私，促進 AI 使用公平及公民權利，維護消費者和勞動者的利益，促進創新和競爭，提升美國於世界的 AI 領導地位等等^[14]。

隔年（2024 年 7 月 26 日），NIST 發布四份出版物，生成式人工智慧（Generative

有效且可靠 (Valid and Reliable)	客觀的依照證據法則、依照ISO標準（例如ISO 9000：2015），驗證數據、訓模型、可信度（及精度）、可靠度及穩定性（Robustness；Source ISO/IEC TS 5723：2022），例如給予 AI 模型使用條件及時間性，能夠準確且穩定的計算或預測出成果，達成降低人為干預之可能，卻又能控制風險。
安全性（Safe）	AI 不應威脅人類生活狀態，包含健康、財產或環境等（ISO/IEC TS 5723：2022），故須要（1）負責任的安全設計、開發、部署及執行 AI；（2）部署人員能負責任地安全使用 AI 系統；（3）部署者和最終用戶能負責任的應用 AI 決策；及（4）針對 AI 風險進行（分析）說明，能記錄 AI 事件，獲取證據。
安全及韌性 (Secure & Resilient)	AI 系統必須有資安保護機制，並有朝性療變外部變化，以保持 CIA 特性，對抗中毒、未授權存取、訓練資料或智慧財產權洩漏等事件。
可責及透明 (Accountable & Transparent)	可責性是以透明為前提，使可責性涵蓋 AI 系統的生命周期，由訓練資料來源、模型開發者至使用者等，均須能透明及負責，以保護智慧財產權，針對 AI 的錯誤性，提出補救措施。
可解釋性 (Explainable & Interpretable)	AI 從輸入資料、計算、運行及產出數據，均須具解釋性，以分析系統功能的可性度，及 AI 的潛在風險和管理（治理）措施。
強化隱私權保護 (Privacy-Enhanced)	發展強化隱私精技術（Privacy-enhancing technologies, PETs），包含資料最小化方法、公平性（降低少數資料造成偏差）及反去識別化等。
公平性 (Fair-with Harmful Bias Managed)	AI 技術從生命周期須踐行公平性原則，不產生有害偏見或歧視的應用，包含不以系統性、計算性或統計性偏袒或歧視個人、團體、社區、組織或社會，而造成危害。

資料來源：王仁甫（2023），AI 產業發達，卻也造成網路攻擊強度升級：資安防禦模式大攻防，思想坦克，<https://reurl.cc/eLYVDL>

圖 1. NIST AI 風險框架（AI 100-1）

AI）、軟體安全（Secure Software）和人工智慧標準（AI Standards）的最終報告，以及管理兩用基礎模型誤用風險的初始公開草案（Initial Public Draft of Managing Misuse Risk for Dual-Use Foundation Models），以提高人工智慧（AI）系統的安全性和可信度。

其中，包括關於產生人工智慧、安全軟體和人工智慧標準的最終報告；其中，NIST-AI-600-1，人工智慧風險管理框架：生成式人工智慧概況（Artificial Intelligence Risk Management Framework：Generative Artificial Intelligence Profile），以識別未經授權存取敏感資訊相關的風險，包含實體環境、資訊安全、認知偏見、法律授權及價值鏈等影響，提出治理、涵攝、衡量及管理方法，使組織能夠制定強大的 GAI 風險管理策略（詳見右頁表 2）。

國際的主要 AI 資安標準

2018 年國際標準化組織（ISO）及國際電工委員會（IEC）在其資訊技術聯合技術委員會（ISO/IEC JTC 1）下成立了人工智慧小組委員會（SC 42）^[15]，依照 AI 發展制定標準體系（詳見 P.58 頁圖 2），涵蓋：(1)基礎標準；(3)信任性；(4)應用案例；(5)計算方法與 AI 系統計算特徵，以及 (6) 人工智慧治理影響等標準，以減緩 AI 發展的衝擊及資安風險，並提升 AI 應用的資安韌性。

其中，人工智慧（AI）相關重要國際標準，涵蓋了從基本概念與術語到風險管理的多個領域，為 AI 技術的開發與應用提供了全方位的指導和規範。

1. ISO/IEC 22989：定義 AI 的基本概念與術語，提供統一的術語標準，適用於技術開發者和研究人員。

表 2. NIST-AI- 600-1，人工智慧風險管理框架的風險及影響

風險類別	風險類型	投入 GAI 項目	可能影響
實體環境	化學、生物、放射性或核武器（CBRN）資訊或能力	GAI 可能被用於尋求 CBRN 技術和材料的知識和資源	恐怖活動和大規模傷害的風險增加
	環境影響	訓練、維護和運行 GAI 系統需要大量能源	碳排放增多，對環境產生負面影響
資訊安全	資料隱私	需要大量的訓練數據，包括個人信息	個人隱私受到侵犯，資料透明度與自主權降低
	資訊完整性	GAI 可能生成和傳播虛假或誤導性內容	破壞資訊的真實性和完整性，降低公眾信任
	資訊安全	GAI 技術可以自動化攻擊，降低攻擊技術門檻	網路攻擊更頻繁，擴大安全漏洞
認知偏見	危險、暴力或仇恨內容	GAI 可生成大規模煽動性和暴力性內容	可能引發暴力事件或激進情緒擴散
	淫穢、貶低或虐待性內容	可能升成成人私密影像或其他敏感內容	對受害者隱私、心理和身體安全造成傷害
	虛假內容	GAI 生成時常會呈現錯誤或不準確的內容	可能誤導公眾或造成信息混亂
	偏見或同質化	在特定場景生成內容時可能會加劇偏見	增加對特定群體的偏見或刻板印象，社會同質化
	人機互動	與 GAI 的互動可能出現系統和人類互動不佳的情況	過度依賴 GAI，或誤認其內容品質，影響決策和判斷
法律授權	智慧財產權	訓練資料可能包含受著作權保護的內容	智慧財產侵權風險增加，可能引發法律問題
價值鏈	價值鏈和組件整合	訓練模型和軟體庫的第三方來源可能未經審查	影響下游使用者的透明度，難以確保組件來源的可信度

資料來源：參考彙整 <https://www.nist.gov/itl/ai-risk-management-framework>
<https://stli.iii.org.tw/article-detail.aspx?no=64&tp=1&d=9263>

2. ISO/IEC 23053：針對機器學習系統，提供應用框架，適用於組織管理者和技術開發者。

在資料品質方面，ISO/IEC 5259 系列涵蓋了概述、測量、管理要求和框架的多個層面，為技術開發者和數據分析師提供詳細指導。

3. ISO/IEC 42001：規範 AI 的管理與治理，適用於組織管理者。

結論

4. ISO/IEC 23894：聚焦 AI 風險管理，提供風險管理流程標準，適用於風險評估人員和組織管理者。

AI 技術的應用雖然帶來新的創新機會，但也使得網路攻擊的威脅更加複雜及具隱蔽性，故國家及產業於導入 AI 技術的同時，必須強化資安韌性，以應對不斷演變的資安威脅。

本文引用歐盟的 AI 相關風險管理框架、美國的資安韌性機制及國際的 AI 發展相關標準，作為參考依據，提供政府、企業及組織導入 AI 技術時，必須考慮的資安韌性關鍵要素：

(一) 導入 AI 所須的資安標準：政府、企業及組織使用 AI 技術與應用時，應逐步導入 AI 所須資安標準，及零信任等資安架構，以強化資安韌性。

(二) 認識威脅來源：政府、企業及組織應充分分析及了解攻擊來源，尤其是來自 APT 等級的威脅，並採取對應的防禦措施。

(三) 資安防護知識的內化：鼓勵員工學習新的資安知識（吸收能力），能提高供應鏈中的資安可視性，能強化資安韌性，而供應鏈的資安管理權限則調節此關係；若提高資安的情

資共享，亦有此效果（Sadeghi eal., 2023）^[16]。

(四) 建構縱深防禦架構：美國強調關鍵基礎設施的資安防護，企業應建立層次分明的防禦體系，包含漏洞修復、網路配置優化、日誌監控及強化身份管理（IAM），以降低整體風險。

(五) 快速應變與復原：歐、美均強調建立完善的資安應變機制，確保當攻擊發生時，企業能快速應變和復原；包括建立備援系統，及定期進行資安演練，並持續改進應變計畫。

(六) 國際合作與情報共享：APT 攻擊通常具有跨國性，企業應積極參與國際合作，與政府和其他企業共享網路威脅情報，增強整體防禦能力。



資料來源：Winter, P. M., Eder, S., Weissenböck, J., Schwald, C., Doms, T., Vogt, T., Hochreiter, S., & Nessler, B. (2021). *Trusted Artificial Intelligence: Towards Certification of Machine Learning Applications*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2103.16910>

圖 2. AI 的國際相關標準體系

參考文獻

[1] 詳見：<https://www.weforum.org/agenda/2024/01/cybersecurity-ai-frontline-artificial-intelligence/>

[2] 詳見：<https://blog.mithrilsecurity.io/poisoningpt-how-we-hid-a-lobotomized-llm-on-hugging-face-to-spread-fake-news/>

[3] Raghvinder S. Sangwan, Youakim Badr, & Satish M. Srinivasan. (2023). Cybersecurity for AI Systems: A Survey. *Journal of Cybersecurity and Privacy*, 3(10), 166–190.

[4] 王仁甫 (2023)，AI 產業發達，卻也造成網路攻擊強度升級：資安防禦模式大攻防，思想坦克，<https://reurl.cc/eLYVDL>

[5] 詳見：<https://www.weforum.org/agenda/2024/01/cybersecurity-ai-frontline-artificial-intelligence/>

[6] 詳見：王仁甫 (2024)，從 Windows 大當機事件，反思資安韌性政策，思想坦克，<https://voicettank.org/20240812-2/>

[7] “Analysis of the Preliminary AI Standardisation Work Plan in Support of the AI Act” (May 2023). 詳見：<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC132833>

[8] 資料來源：<https://abmedia.io/ai-artificial-intelligence-act>

[9] 資料來源：<https://www.consilium.europa.eu/en/press/press-releases/2024/10/10/cyber-resilience-act-council-adopts-new-law-on-security-requirements-for-digital-products/>

[10] 細部資料請參酌：王仁甫 (2024)，從 Windows 大當機事件，反思資安韌性政策，思想坦克，<https://voicettank.org/20240812-2/>

[11] 王仁甫 (2024)，新政府應提高資安三韌性，思想坦克，<https://voicettank.org/20240520-2/>

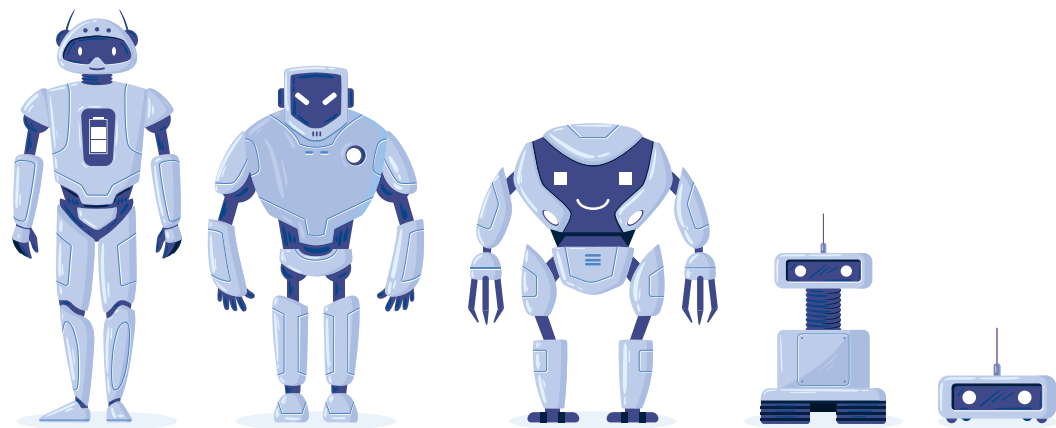
[12] <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/ai/NIST.AI.100-1.pdf>

[13] 資料來源：王仁甫 (2023)，AI 產業發達，卻也造成網路攻擊強度升級：資安防禦模式大攻防，思想坦克，<https://reurl.cc/eLYVDL>

[14] 詳見：<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/30/fact-sheet-president-biden-issues-executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/>

[15] 經濟部標準檢驗局 (2020)，標準使可信賴的人工智慧目標得以實現，經濟部標準檢驗局標準資料電子報，<https://fsms.bsmi.gov.tw/cat/epaper/0905.html>

[16] Sadeghi R., K., Azadegan, A., & Ojha, D. (2023). A path to build supply chain cyber-resilience through absorptive capacity and visibility: Two empirical studies. *Industrial Marketing Management*, 111, 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2023.04.001>



大模型賦予機器人具身智慧

文 工業技術研究院 產業科技國際策略發展所 黃仲宏

前言

在人工智慧的發展下，人型機器人在感知認知技術等方面不斷有所突破，許多企業已以人型機器人來複製人類的靈活性和聰敏度。大模型成為人型機器人發展的驅動力，技術方面的推動力主要得益於人工智慧的發展，大模型將提高了人型機器人的智慧化與自主性。

人型機器人是機器人產品從專用到通用的躍進

機器人是能進行運動、操縱或定位且具有一定程度自主能力的可程式設計執行機構。國際機器人聯盟把機器人的類型主要分為工業型機器人、服務型機器人以及特種機器人。工業型機器人的應用像是焊接、碼剝、噴塗、上下料等。服務型機器人的應用像是清潔、手術、導覽等。特種機器人則是用在國防、軍事、探勘等。

目前的工業機器人（機械手臂）或是服務型機器人一般應用於單一場景，透過特定程式資料庫進行動作，例如搬運、送餐、掃地等；而人型機器人是一種具備人類外形特徵和行動能力的機器人，以雙腿行走方式，透過手臂和身體的協調完成任務，它可以被用在執行汽車生產時的焊接工作、可以當飯店機場內的導覽人員、可以執行在危險區域的探勘工作。

人型機器人在機器人學的發展上是一項極為象徵性的產品，許多資通訊技術很可能透過人型機器人，開拓出手眼力軟硬體整合科學、設計科學的全新領域。在人工智慧的發展下，人型機器人在感知認知技術等方面不斷有所突破，許多企業以人型機器人來複製人類的靈活性和聰敏度。

人型機器人基於大模型技術，被寄望可在不限制固定應用的領域活動，運轉時可根據人

的指令無縫生成相關代碼讓機器人動作。因此人型機器人的應用場景更加通用，它的外觀和我們人類一樣，可以馬上融入完全為人類設計的社會環境，人型機器人被冀望能打破工廠、商用和家用的壁壘，成為一個真正通用的機器人產品來更直接的協助人類，或是應對全球人口老齡化缺工的問題，擴大生產力。更重要的是，它是人工智慧技術實現的最佳載體之一，就像 NVIDIA 執行長黃仁勳說的，今後很多人工智慧的價值，將從人型機器人身上得到反應。

科技進步與市場需求的驅動

機器人發展的一個原因是人力的短缺，另一個主因就是扮演機器人大腦的人工智慧技術，在生成式技術不斷有許多應用突破下，人工智慧被看好能讓機器人執行複雜的動作和辨識任務，加速人型機器人的普及。科技進步的驅動（下列 1～3 點）和市場需求的驅動（下列 4～6 點）都促使著人型機器人產品不斷發展。

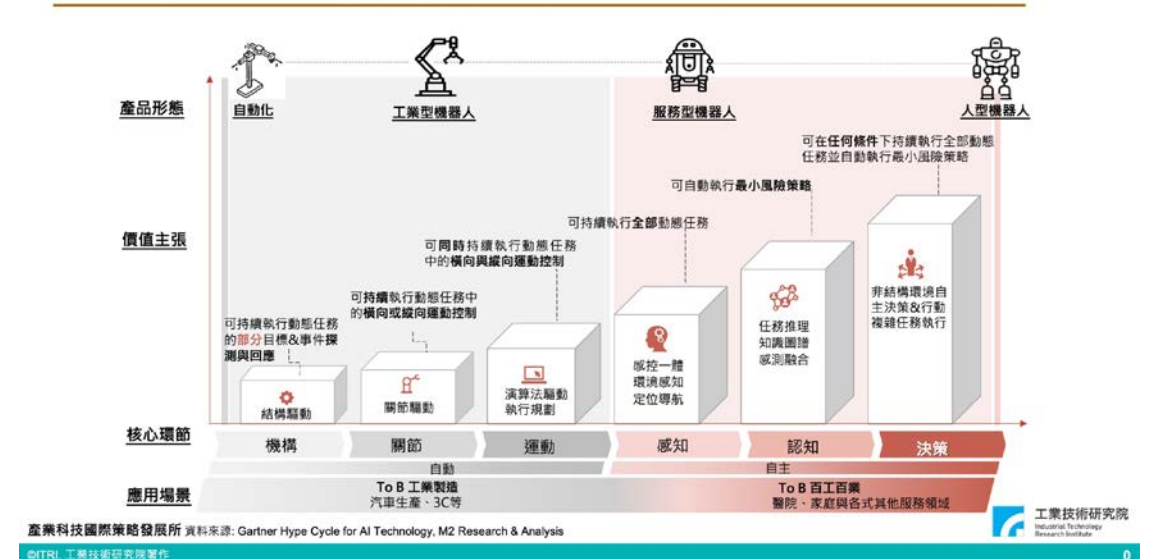
1. 人工智慧的發展：人工智慧技術的迅速發展極大地推動了人型機器人的進步。AI 演算法特別是深度學習和強化學習，使得機器人具備更高的智慧水準，能夠進行自主學習、決策、執行複雜任務。

2. 感測器技術的進步：高精度的感測器（例如攝影機、光達、觸覺感測器等）和資料處理能力的提升，使得人型機器人能夠更好地感知和理解環境，進而實現更精細和安全的操作。

3. 機械與控制系統的提升：先進的機械設計和控制系統（包括伺服馬達、液壓系統等）為人型機器人提供了更高的靈活性和運動能力，能夠實現複雜的動態平衡和精確操作。

4. 服務產業的需求：隨著社會服務需求的增加，例如家庭助理、醫療護理、教育和娛樂等領域，人型機器人因其人性化的互動方式和多功能性，成為滿足這些需求的重要工具。

機器人產品的發展演進



5. 勞動力短缺與老齡化社會：許多國家的勞動力短缺和人口老齡化問題日益嚴重，人型機器人被視為解決這些問題的關鍵手段，能夠在護理、陪伴、助理等方面發揮重要作用。

6. 工業自動化的演進：在製造業中，人型機器人能夠像人類一樣執行任務，具有可動性、適應性、靈活彈性、自動認知、協作性，以提高生產效率和安全。

｜ 機器人應用與技術的發展 ｜

現今有許多的質疑在於機器人技術的實現一定是要長得像人的機器人嗎？以輪式的物料運送搬運的自主移動式機器人來說，目前它的移動效率和靈活性遠遠高過雙足步行機器人，那為何今天有那麼多的企業投入人型機器人的產品呢？

我們觀察機器人的發展從工業用機器人到產業用機器人，從機械手臂、機械手臂搭載 AGV、到以履帶式、全向式輪軸驅動的 AMR 等，它們均只能在同一平面空間作動，若機器人要執行教育、娛樂、照護、陪伴、接待、導覽、探勘、救災等應用，人機協作不可避免，而工廠裡的機械手臂在這些應用上就有其侷限性，因此相較於機械手臂的人型機器人在工業應用外的智慧化功能展現，就更像人機協作，互動上比機械手臂更具親和性，且可快速的在不同任務間彈性切換功能；人型機器人因為與人類外型相似，有望更能適應人類社會環境，在不同任務間彈性切換，且因其理解世界、與世界互動的方式都跟人類相似，人型機器人已被全球機器人產業視為未來發展的最重要產品。

在技術發展的挑戰上，人型機器人相比於工業機器人，將擁有更高階複雜的感知交互系統，包括感測模組和相關軟體（導航技術、智慧決策等）。與服務型機器人相比更需要保持平衡，普通服務機器人有底盤，用輪式驅動，較不存在摔倒的問題，而講求靈活彈性的人型機器人靠雙足行走，需要適應不同的地面，每個關節受力更加複雜，對減速機和馬達響應的速度要更快。我們希望所見到的人型機器人，能夠具備語意理解、人機交互（能與我自然的互動）、自主決策等能力，來實現人類賦予它的任務，更希望它能回應人類對它下的指令，因此人型機器人需要強大的感知能力、認知能力、動作能力，所以人型機器人要具備大腦、小腦、機械臂、靈巧手、機器視覺等組件，實現對環境的感知交互、運動控制、任務執行等，它的執行關節也要不斷優化，使其負載能力、精度不斷提升。

｜ 全球主要人型機器人公司現況 ｜

1. Atlas 人型機器人 - Boston Dynamics 公司

Boston Dynamics 公司在 YouTube 官方頻道發佈「Atlas Gets a Grip」的影片，展示了 Atlas 人型機器人在建築工地與人類工人的協同工作。影片中我們看到人類工人因為疏忽而忘了拿遺落在地上的工具包，Atlas 見到此一情況後，並不是直接幫忙去拿取工具包，而是先思考要如何協助工人解決這個問題，我們看到 Atlas 先用雙手抓取一塊木板在鷹架上搭橋，把自己要走的路想好，然後再去拿地上的工具包，靈巧地躍上鷹架，旋轉一圈後，準確地將工具包扔給了工人，緊接著 Atlas 將一個木箱推開，進行了翻轉動作，穩穩地降落

到地面，Atlas 展現了它的智慧，巧妙地利用它的機械能力和卓越的自主性，將工具傳遞給了工人，展現了絕佳的人機協作。據 Boston Dynamics 公司的說法，影片中的這一連串動作展現了 Atlas 人型機器人技術進步，特別是在感知、操縱和自主行動方面。透過改進的運動控制技術和感測系統，Atlas 現在能夠更加準確地拿取和移動不同尺寸、材質和重量的物體，同時保持穩定的平衡狀態，Atlas 人型機器人在工地所展示的人機協作情境，引發了全球網迷極大的迴響，讓人很難不關注其後續的發展。

2. Figure AI：美國人型機器人獨角獸企業

2023 年美國一家名為 Figure AI 的新創公司，獲得了由 Parkway Venture Capital 領投的 7,000 萬美元的首輪外部融資，這筆錢將用來打造人型機器人。自 2021 年到 2023 年短短不到兩年的時間裡，這家公司已累計獲得 5 億美元的融資，成為全球人型機器人領域融資最高的商業公司。Figure AI 總部位於加州 Sunnyvale，公司團隊規模目前在 70 人左右，主要來自機器人和科技公司。團隊包括 AI、控制、嵌入式軟體、電氣、機械、執行器設計等領域工程師，來自 IHMC、波士頓動力、特斯拉、Waymo 和 Google 等。創始人兼 CEO Brett Adcock 畢業於美國佛羅裡達大學，是個連續創業者，2013 年創辦求職招聘應用 Vetterly、2018 年創立 eVTOL 公司 Archer Aviation，2022 年創立 Figure AI。聯合創始人兼 CTO Jerry Pratt 具有創業經驗和 20 年機器人研究與產業經驗。2000 年創建了機器人公司 Yobotics，後加入 IHMC，任高級研究科學家，工作經驗長達 20 年。

公司主推能夠在不同環境中工作並處理各種任務的通用型人型機器人，從倉儲到零售都可以應用。據 Figure AI 公司的說明，公司成立的目標是開發通用類人生物，對人類產生積極影響，為子孫後代創造更美好的生活，他們認為人型機器人可以消除對不安全和不受歡迎的工作的需求，最終讓人類過上更快樂更有目的的生活。目前僅在美國就有 10 多萬個被公認是不安全或不受歡迎的工作，人口老化只會使製造業愈來愈難以擴大勞動力規模。

值得注意的是這家公司在短短一年內就成功研發出高度技術含量的 Figure 01 人型機器人，並正式向公眾展示了該機器人雙足動態行走的能力。Figure01 在 2024 年 2 月已進入 BMW 美國工廠實訓，且與 OpenAI 合作 ChatGPT 導入 Figure01。機器人基於端到端運動控制演算法，結合 OpenAI 的 GPT，更是早於 TESLA 公開展示了人型機器人在無需預設程式的情況下的高度自主性和智慧化交互。

3. Optimus Gen2 人型機器人 - 美國 TESLA 公司

TESLA 人型機器人 Optimus 從 2021 年 8 月公開自今，不斷在產品技術的表現上推陳出新，特別是展現在它的行走能力和抓取物體的能力。2023 年 5 月我們從 TESLA 的官網中看到 Optimus 已經能夠流暢的行走和抓取物體。到了 9 月，它利用機器視覺技術對移動和非移動物體進行分類，並實現了由神經網路完全端到端的訓練，同時機器人已經能夠完成單腿瑜伽站立等動作。今年展現的 TESLA Optimus Gen2，看起來已可以模擬人體手指的觸感壓力，輕鬆拿起雞蛋等易碎物品。據 TESLA 的說法，Optimus Gen2 的手有 11

個自由度，步行速度較前一代機器人提升了 30%，整體重量也減輕了 10 公斤，其運動和操作能力更加接近人類的動作。

許多人預期 Optimus 機器人離量產的時間應不遠了，但是要達到其所說的 10 萬台目標，可能還是要先有實際績效的落地應用。隨著技術的不斷進步和產能的逐步提升，TESLA Optimus 人型機器人的升級和驗證進展仍會

表 1. 具身智慧機器人發展史

階段	年份	重要事件
概念形成期 (2000 年以前)	1927 年	第一個電驅人型機器人 “Televox” 誕生於美國西屋。
	1982 年	英國科學家霍普爾德發明了神經網路演算法，語音及圖像識別技術開始發展。
	1986 年	本田的人型機器人 ASIMO-E0 問世。
	1991 年	MIT 的 Cog 項目開始研究仿人型機器人的認知能力。
	1997 年	IBM 用 CPU 搭建深藍 Deep blue 電腦戰勝了象棋冠軍卡斯帕羅夫。深藍超級國際象棋電腦有 32 個微處理器，每秒計算 2 億步，可搜索及估計隨後的 12 步棋。
技術探索期 (2000 - 2010 年)	2004 年	Aldebaran 發佈了能夠識別情感的機器人 Nao。
	2005 年	隆肯特大學的 “KASPAR”。
	2006 年	Hanson Robotics 發佈了能夠模擬人類面部表情的機器人。
	2006 年	喬治·塞曼提出 “深度學習”（Deep Learning）的概念。
	2006 年	AWS 雲計算發佈；Hadoop 大資料存儲與計算平台發佈。
	2009 年	GPU 被使用進行大規模無監督式機器學習工作。
	2010 年	Willow Garage 發佈了開源機器人操做系統 ROS，促進了機器人領域的合作研究。
技術發展期 (2011 - 2020 年)	2013 年	波士頓動力發佈的機器人 Atlas。
	2015 年	日本軟銀 “Papper” 上市。
	2016 年	法國 Inria Flower 實驗室開發的 POPPY 上市。
	2016 年	2016 年和 2018 年 Google 開源推出 Tesorflow 深度學習平台和 Dopamine 強化學習平台。
	2017 年	GPU 漸普及下，2017 年 Google 推出 TPU 人工智慧計算專用晶片。4G 普及 5G 迅速發展、雲計算分散式運算、量子計算高速發展。
	2018 年	美國 - 波士頓動力 Atlas，運動控制 + 視覺識別：“雙眼”是兩個立體感測器、配備 RGB 相機和深度感測器。
	2018 年	中國優必選 Walker 系列機器人上市。
	2020 年	美國 -Agility 機器人公司 DIGIT 機器人，避障、上下樓梯。配合自動駕駛車輛送快遞交付包裹。
	2020 年	中國達闢機器人 Cloud Ginger XR-1。

階段	年份	重要事件
技術融合期 (2021 - 2030 年)	2021 年	優必選 Walker X，實現了中國雙足機器人行走能力的突破。
	2022 年	小米發佈 CyberOne, Mi-Sense 深度視覺模組及 AI 演算法構造三維空間感知。
	2022 年	元學習（Meta-Learning）和自監督學習等領域獲得更多關注，提升了模型的泛化能力。
	2022 年	美國 - 特斯拉 Optimus，搭載自動駕駛級 FSD 晶片，基於視覺神經網路預測能力的自動駕駛技術，與汽車共用 AI。
	2023 年	2023 學術論文重點方向：多模態大模型；文本圖像歸因；自監督學習；時間序列；腦機介面。
	2023 年	英國 Engineered Arts 為 Ameca 接入 GPT-3/4 增強了其語言的靈活性並增強了其面部表情。
	2023 年	中國傅利葉推出 GR-1 通用人型機器人，多模態大模型、高度仿生的軀幹構型、擬人的運動控制；宇樹科技 Unitree H1 發佈；智元機器人遠征 A1 發佈。
	2024 年	8 月 18 日，智元機器人發佈“遠征”與“靈犀”兩大系列共五款商用入型機器人新品——遠征 A2、遠征 A2-W、遠征 A2-Max、靈犀 X1 及靈犀 X1-W。

持續受到全球的關注，它是人型機器人在這波發展浪潮中是成是敗的指標。

4. Agility Robotics：
以性能第一的思維發展人型機器人

Agility 公司成立於 2015 年，總部在美國，是從俄勒岡州立大學拆分出來的機器人公司，現位於俄勒岡州賽勒姆開設機器人製造工廠 RoboFab，主要投入物流、巡檢等應用的雙足機器人，機器人產品名稱是 Digit，已有卸載貨車、搬運箱子、管理貨架等倉儲搬運等實績。

Agility Robotics 聯合創始人兼首席執行官 Damion Shelton 說「我們建立 Digit 是為解決當今勞動力中的難題，如受傷、倦怠、高流動率和無法填補的勞動力缺口，最終願景是讓人類變得更人性化。當你在開發新技術來使社會變得更好時，最重要的里程碑是當你能夠大規模生產該技術時，它可以產生真正的、廣泛的影響。」

Agility 公司目前一年有數百台 Digit 機器人的生產能力，號稱未來有能力擴展到每年 10,000 台機器人。為加速機器人更好的應用，公司對機器人非必要的結構和功能做了刪減，以功能第一的思維保留最精簡、最核心的結構部分，例如機器人末端執行器採用夾爪，而非五指手的形態，他們的說法是「高度仿人的機械手非常複雜」。Agility 公司已經和亞馬遜、福特等公司進行合作；Digit 已經在亞馬遜的工廠進行測試，用於物流的搬運，並在 GXO 全球物流公司進行物流任務應用。Agility 公司被評估很有可能成為全球首個實現商業化量產的人型機器人公司。

具身智慧實現的挑戰

現今的機器人依賴固有的程式設定執行任務，有些難以在各類場景通用，LLM（Large Language Model，大語言模型）等大模型的發展有機會賦予了機器人通用化能力，機器人可以適用於更多複雜場景，加速足式步行機器

人的商業化進程。人型機器人作為人工智慧的最佳載體之一，憑藉其類人型態和全身靈活自由度，被期望能夠適應未經特別改造的人類環境，進而可在各種生產和生活場景中發揮作用。我們歸納人型機器人的發展依靠兩大技術：運動控制與任務訓練。

機器人本體運動控制從傳統的液壓系統向更高效、更精確的電機驅動系統的轉變，使得機器人的物理動作更加細膩和人性化；其次是大模型的發展和應用，即結合先進的機器學習技術，尤其是在任務訓練上，大模型的利用極大提高了機器人的學習效率和執行複雜任務的能力。大模型是指在機器學習和深度學習領域中，採用大量的參數（至少在一億個以上）的神經網路模型，大模型在訓練過程中需要使用大量的算力和高品質的資料數據。

這兩種技術的融合不僅推動了人型機器人的技術革新，也為其拓展了廣泛應用的契機。人型機器人技術的核心，像是高級運動控制和在非結構化場景的複雜任務執行能力，透過與大模型的結合，可以實現更快的學習速度和更高的精確性。以大型行為模型（Large Behavior Model, LBM）建構各製造領域的知識（Domain Knowledge），未來人型機器人將會應用在各個領域。

也就是機器人將依靠大模型賦予具身智慧（Embodied Artificial Intelligence），所謂的具身智慧機器人，指的是這個機器人有智慧行為和適應性，它可以與環境交互獲取資訊、理解問題、做出決策、實施動作。具身智慧機器人將不再是機械式地完成單一任務，而是能夠基於感知到的任務和環境進行自主規劃、決策、執行。

具身智慧是整合環境理解、智慧交互、認知推理、規劃執行於一體的系統化方案。透過海量訓練的大模型，其內蘊的基本知識與思維邏輯，有可能讓機器人的應用場景拓展。不過雖然全球許多科技巨頭都在投入大模型技術，但目前距離實現真正的具身智慧還面臨著數據、即時性、軟硬體整合等問題。

1. 高品質訓練數據缺乏， 合成數據有望成為新方向

機器人演算法的訓練需要大量機器人真實數據，除了有資料正確度、資料搜集效率的因素外，還必須考量是否有可用於訓練機器人的高品質資料。合成資料有望能夠解決機器人高品質訓練資料不足、蒐集效率低的問題，目前是擴大機器人學習能力的途徑之一。

2. 即時性仍需提升，算力是關鍵也是瓶頸

大模型對機器人行動控制要能做到即時回應，當前演算法雖然能實現技術水準的提升，但許多機器人的回應速度仍慢。算力是足式步型機器人提升即時性的關鍵，特別是面對高複雜性環境、非結構化環境時的應對能力。

3. 軟硬體高度整合融合是最終目標

端到端大模型能夠把機器人各部位感測器的感知資料直接輸入，進行輸出至硬體層面的各個部件控制動作，有機會解決軟硬體整合問題。足式步形機器人的零組件眾多，做好軟硬體整合才能發揮其硬體水準，同時還需解決高品質資料的缺乏與如何提升即時性的問題。

人型機器人與大模型的 融合讓應用落實

從 GPT 的實例來看，大模型在自然語言處理領域的成功應用已經證明了其在處理複雜資料和學習複雜模式上的強大能力。將這些模型應用於人型機器人，很有機會提高機器人在現實世界中處理未知情況和自主決策的能力。

現階段的大模型多採用 Transformer 架構，以預訓練 + 微調的形式擺脫逐筆程式撰寫的依賴，這已有助提升機器人的環境感知、人機交互、上層規劃的能力，讓機器人在感知、決策、運動控制方面的智慧強化了許多。隨著大模型技術的不斷進化和優化，未來人型機器人將在智慧化和自主性上實現更大的進展。它們將能夠更加自如地在複雜環境中工作，執行更多需要高階認知和決策能力的任務，這會大大地擴展人型機器人的應用範圍，進而更深入地融入人類的日常生活和工作中，成為社會發展的重要推動力。

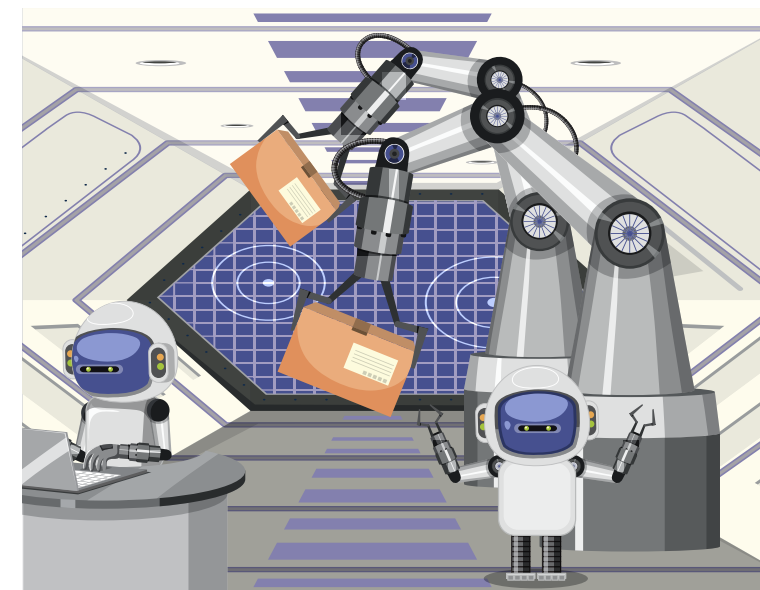
隨著技術的成熟，人型機器人會在生產製造、公共安全等多個領域找到其應用。例如在汽車製造業的底盤裝配，透過機械手臂和靈巧手，即時調整策略進行組裝；還有外觀檢測、物料搬運、螺絲緊固、齒輪模組點油等。在公共安全領域，可以執行危險的搜救任務，這些多屬於所謂的 3K 工作：骯髒きたない（Kitanai）、危險きけん（Kiken）、辛苦きつい（Kitsui）。

這些應用的實現，依賴於人型機器人與大模型的有效融合。人型機器人的部署將對勞動市場產生深遠影響，它不僅可以自動化執行高危險性的製程，降低職業災害，更能替代或協助人類工作，彌補產業就業人口不足的缺口。

未來也會導致勞動力結構的變化，要求重新考慮教育和培訓系統，以適應新的技術需求。同時還有倫理和法律問題，例如隱私保護和機器人權利的界定，這需要政策制定者、產業領導者和社會各界共同努力。

隨著人型機器人技術的重要性日益增加，全世界都在加大投入相關的研發，希望在這一領域佔據領先地位。這種趨勢不僅是技術競賽，也反映了各國對未來社會形態—人機協作的預見和準備，而這也會推動了國際間在標準制定、倫理考量和技術方面的合作。

人型機器人技術的快速發展和大模型的正開啟一個新時代，這不僅將改變機器人產業的面貌，也將影響我們的工作和生活方式，帶來前所未有的變革。新一代機器人（足式步行）已被許多國家視為科技競爭力的展現、未來經濟發展的新引擎。但仍有許多技術面臨突破的挑戰；業者在成本和應用方面也面臨挑戰。臺灣在智慧機器人產業的發展已擁有良好基礎，應投入更多的研發資源強化 AI 機器人的競爭力。





碳費開徵對台灣企業的機會與挑戰

文 國立臺灣大學 風險社會與政策研究中心 助理研究員 黃偉任

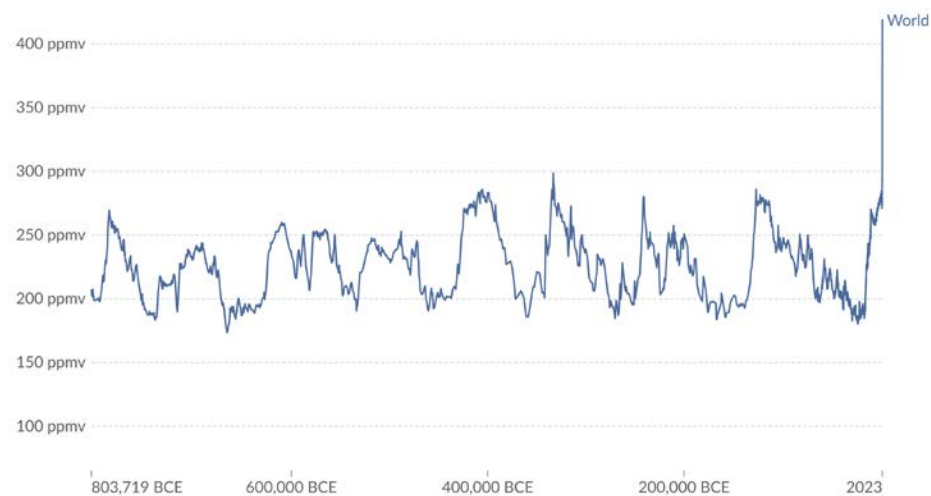
碳排放權未來將與發展權連結

根據美國全球監測實驗室（Global Monitoring Laboratory, GML）的資料顯示，大氣中的二氧化碳濃度已達到 80 萬年以來的新高，全球的二氧化碳濃度已突破歷史紀錄，

這一數值幾乎是過去數十萬年平均值的兩倍，並且仍在持續上升。我們正處於一個關鍵的十字路口，如同打開了潘朵拉的盒子。依據歷史紀錄，如此高的二氧化碳濃度將對地球生態及氣候系統與人類社會產生多麼深遠的影響，沒有人知道。

Carbon dioxide concentrations in the atmosphere

Atmospheric carbon dioxide (CO₂) concentration is measured in parts per million (ppm). Long-term trends in CO₂ concentrations can be measured at high-resolution using preserved air samples from ice cores.



Data source: NOAA Global Monitoring Laboratory - Trends in Atmospheric Carbon Dioxide (2024); EPA based on various sources (2022)
OurWorldinData.org/climate-change | CC BY

資料來源：美國國家海洋暨大氣總署（NOAA）

在這樣的背景下，我們已無法再以觀望的態度對待這一全球性問題，必須採取實質性行動來減少溫室氣體的排放。僅依賴技術創新和個人改變是不夠的，企業界需要清楚的認識到他們在全球氣候危機中所扮演的關鍵角色。企業不僅要看到減碳帶來的短期經濟壓力，更應認知這也是企業的社會責任。而碳定價政策正是政府和企業攜手應對氣候變遷的其中一個重要工具。通過設定碳的價格，將環境成本內部化，鼓勵企業和消費者減少碳排放並促進綠色創新。碳定價不僅是一個經濟激勵措施，它更是指引企業將減碳責任融入其營運戰略中的一個明確方向。這是邁向低碳經濟的必要步驟，也是應對全球氣候危機的關鍵一環。

然而，當前的金融市場運作模式卻常常與這些長期目標相抵觸，成為企業轉型過程中的一大障礙。傳統的金融市場通常更傾向於追求短期回報，投資者和企業高層往往關注於能夠在較短時間內產生利潤的項目。相較之下，許多綠色投資和環保技術的回報週期較長，需隨著時間推移才能逐漸顯現其經濟效益。

這種短期收益與長期效益的不匹配，讓許多企業在面臨資源分配決策時顯得猶豫不決。即便企業內部有強烈的意願實現低碳轉型，資金流動的壓力和投資者的回報期待仍可能讓企業選擇放棄某些綠色經營策略。這種矛盾不僅限制了企業進一步的環保投資，也可能拖慢全球向永續經濟過渡的步伐。

因此，碳定價這項政策工具就變成相當重要，因為國家不可能無限制補助企業進行轉型，透過碳定價機制將收來的費用進行分配，或許可將產業與環境保護連結起來，平衡經濟與環境效益。

歐盟與日本及韓國之碳定價機制用途

（一）歐盟的碳定價收入與用途

歐盟的碳定價制度主要依賴於歐盟排放交易體系（EU ETS），這些收入多將用於氣候和能源相關專案。

1. 創新基金

歐盟的創新基金（Innovation Fund）專注於資助高風險的綠色技術項目，如碳捕捉與儲存和再生能源技術。重點關注在能源和工業。主要目的在於向市場提供歐洲工業往低碳轉型中的解決方案，以支持其邁向淨零，並同時增強其競爭力。創新基金的總資金取決於歐盟碳交易市場的碳價，預估 2020 年至 2030 年可能達到約 400 億歐元。

2. 社會氣候基金

歐盟也提出將運用碳定價機制收入來促進減輕對弱勢族群的影響，特別是透過社會氣候基金（Social Climate Fund）。其將用於補助這些在低碳轉型過程中受影響的家庭和微型企業，以確保在轉型過程中，電力消耗較低、碳排放少的弱勢群體或微型企業不會因此承擔過高的能源成本。預估約有 25% 的 ETS 收入將會用於社會氣候基金。

3. 現代化基金

現代化基金（Modernisation Fund）目前用以支持低收入歐盟成員國為實現氣候中和而進行的投資。透過計畫撥款方式來協助該等國家能源系統現代化，減少能源、工業與交通的溫室氣體排放，提高能源效率。如克羅埃西

亞政府已獲得歐盟現代化基金撥款近 4300 萬歐元，用於支持製造業及區域供暖使用再生能源發電計畫。

總體來說，EU ETS 的碳定價收入有助於推動歐洲綠色經濟轉型，透過創新基金加速低碳技術的應用；社會基金用來保障弱勢群體與微型企業；現代化基金來興建相關最新現代化的能源基礎設施。這種資金再投資模式不僅提升了歐洲的能源自主性，還幫助企業應對碳定價政策帶來的挑戰。

(二) 日本的碳定價收入與用途

早在 2012 年開始，日本政府就推出了以應對氣候變遷為目標的特別稅，針對石化能源的業者徵收碳稅，作為減少碳排放的政策工具。這筆收入被專門用來推動多項環保與節能計畫。此外，為了加速高碳排產業轉型，日本政府於 2024 年發行約 2 兆 6,000 億日圓的「GX 經濟轉型債券」，未來十年預計達到 150 兆日圓的公私投資。這些債券的償還資金，未來預計透過兩種碳定價方式向企業徵收二氧化碳碳排放費用來支付。第一種為自 2028 年起，將對石化燃料進口商徵收碳排放稅；其次，自 2033 年起，電力公司將被要求在碳排放交易制度下購買排放配額。

上述資金之投資包括加速再生能源的發展，支持中小企業升級節能設備，並激勵企業進行高科技節能技術的研發與應用，其基本原則如下：

- (1) 對於民間企業投資短期難有獲利的項目（如創新技術），提供資金支持。
- (2) 優先扶持具有高競爭力、能促進經濟增長並有助於實現減碳目標的產業。

(3) 監管制度需兼顧企業的投資需求，確保產業具備永續發展的空間。

(4) 促進國內人才發展和擴大投資為目標，支持日本本土具有減碳潛力的產業。

日本碳定價機制的收入用途與歐盟碳定價類似，將這些資金大力投入綠色技術創新，同時減緩這些強制性的碳定價氣候政策對社會以及產業的負面影響。

(三) 韓國的碳定價收入與用途

韓國的碳排放交易系統（K-ETS）是亞洲首國家級碳市場，於 2015 年開始運行。該系統的主要目標是通過市場機制促進減碳，幫助韓國達成 2050 年碳中和目標。K-ETS 收入主要來自於企業購買和交易碳配額。

1. 協助高碳排產業轉型

依據韓國法規，當高碳排產業因為二氧化碳的排放而競爭力下降時，韓國碳交易的相關收入（包含罰款）之一部分可用於支持高碳排放產業的能源密集型企業，如鋼鐵、化學和汽車工業，目前都正面臨著碳定價政策帶來的巨大挑戰。

2. 技術創新與基礎設施投資

與歐盟和日本類似，韓國將部分碳市場收入投資於可再生能源和節能技術，推動技術創新和擴大低碳技術的應用。K-ETS 促進了韓國的太陽能、風能和氫能技術的發展。此外，韓國政府大力推進智慧電網建設，以提高能源利用效率，降低碳排放。

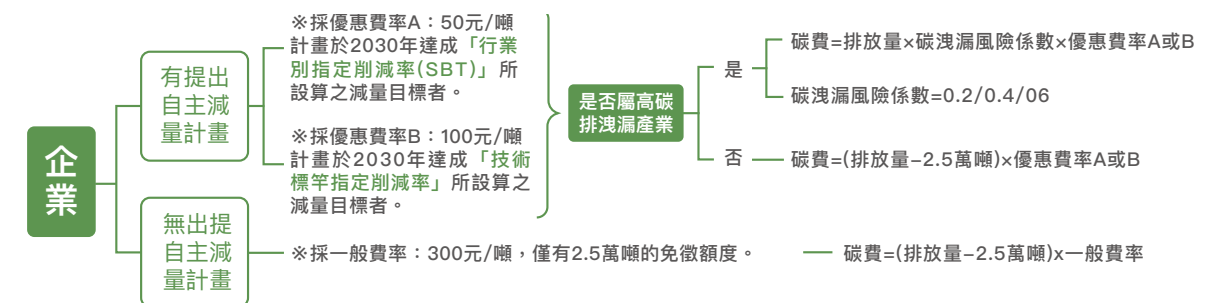
韓國目前碳交易制度實施至今，企業目前仍保有 90% 之免費配額，未來勢必也會像歐

盟一樣逐步降低企業免費額度，以達到約束企業排放的效果。

台灣碳費對製造業的挑戰與機會

自 1998 年以來，我國也曾多次討論如何通過碳定價機制內部化企業的高碳排放成本。分別在 2006 年、2008 年和 2015 年出現過三次推動碳定價的機會，但均未成功。如今，除了面臨國內企業競爭壓力，我國還須應對全球各國紛紛實施碳關稅以促使產業減碳的趨勢。如歐盟的「碳邊境調整機制」與美國的「清潔競爭法案」都將相關製造業列為首波管制對象。然而，我國製造業至今仍處於高碳排放的經濟結構，這將影響甚至損失這波全球淨零轉型帶來的產業、經濟多元化競爭及創新機會。

目前《碳費收費辦法》已於 2024 年 8 月 29 號正式公告，除了明定碳費徵收對象為溫室氣體年排放量合計值達二萬五千公噸二氧化碳當量以上之電力業及製造業外，並於同年 10 月 21 號依據碳費費率審議會決議的費率建議公告「碳費徵收費率」如下圖。受管制之企業要在 2026 年 5 月時，就要依 2025 年全年度的溫室氣體排放量計算並繳交碳費，正式宣告我國碳有價時代正式來臨，產業界必須開始正視以下挑戰並轉為發展的機會。



資料來源：作者自行整理

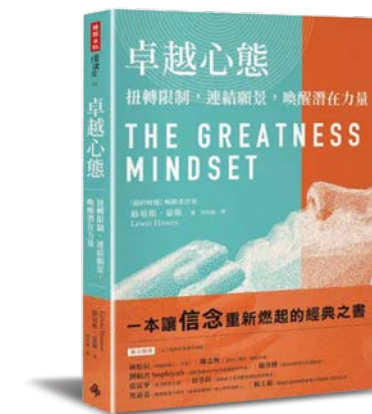
的帶動，要求供應鏈廠將節能減碳納入製造過程，讓產品更具有環保概念，提升市場的綠色競爭力。有別於碳定價的強制性，綠色供應鏈更加傾向於將減碳視為企業的責任與義務，這一理念若普及於產業間，將可大幅帶動產業轉型。如美國蘋果電腦公司要求供應商 2030 年要 100% 使用綠電，台灣水泥董事長張安平董事長也於 2024 年宣布由 19 家主要運輸、原料商夥伴組成綠色供應鏈聯盟，承諾 2025 年完成產品碳足跡外，並表示供應商若不能達到降碳，將會被從台泥供應鏈中剔除。

儘管目前我國徵收碳費先以製造業為主，但隨著淨零目標的明確及國際趨勢下，任何產業都應該主動思考該如何重組新的綠色供應鏈，這些企業可以透過政府提供相關教育訓練的協助或是綠色金融資金的投入，作為產業初期轉型邁向綠色供應鏈方式，並創造全新的綠色商品與商業模式，來開創市場商機。

結論

隨著碳費費率的公告，各種產業都應積極關注，並開始採取針對綠色能源追求的行動。不論是日前政府的補助申請，或是企業品牌價值與競爭力的提升，這些行動長遠來看是有助企業發展的，並且可以實現氣候目標的進展。

我國目前推行的碳費政策，雖然具有強制收費的特性，對高能耗和高污染排放企業形成一定的限制，但在推動製造業承擔環境責任方面發揮著積極作用。碳排有價的趨勢已勢不可擋。因此，企業管理者在制定未來轉型策略時，應避免短視近利和投機行為。此外，由於我國的碳定價制度尚處於初步發展階段，政府提供的指導與協助也可成為產業轉型的助力。因此，若業界能將外部限制和挑戰轉化為機會，將有助增強全國淨零意識，並建立一個國家與產業共贏的政策環境。



卓越心態： 扭轉限制，連結願景， 喚醒潛在力量

一本讓信念重新燃起的經典之書！

閱讀本書，會讓你發現獨特的天賦和才華，追求自己的意義使命，並對周遭的人產生最大的正面影響。其實，卓越一直在你心中，現在，該是喚醒它的時刻了！！

《紐約時報》暢銷書作者路易斯·豪斯藉由分享他的突破性發現，來闡述人們如何改寫過去，推動自己走向強大、豐盛的未來。你將透過這些發人深省的真實故事、來自業界領導者具科學依據的策略，以及循序漸進的指引，學會如何：

- 明確定義一個有意義的使命，來強化你在目前人生階段的目標
- 找出自我懷疑的根源，並克服阻礙你前進的恐懼
- 改變自己的思考方式，結束自我阻撓的想法，過著豐富的生活
- 展現你的卓越，盡可能對周遭的人產生正面影響
- 藉由應用《卓越心態》中的單元和策略，你將得以設計出夢想中的生活，並讓夢想成真。

如何追求卓越？

1. 勇敢地提出問題。使不可能變為可能。

2. 給自己許可。喚起每一天並走過障礙。
3. 接受挑戰。利用 30、60 或 90 天的挑戰實現這一目標。
4. 定義你的卓越目標。使你有能力但不會讓你感到不堪重負。
5. 徵求支持。透過習慣和常規獲得內部支持，幫助你堅持下去。
6. 完成任務。分享實際完成任務和進行有意義活動的關鍵。
7. 慶祝！你足夠了，成為你真實的自己，不論結果如何。

作者簡介

路易斯·豪斯（Lewis Howes）

《紐約時報》暢銷書作家、專題講者及業界領先的節目主持人，也曾是雙料全美最佳運動員、前職業橄欖球員及美國國家男子手球隊選手。他的節目《卓越學校》（The School of Greatness）是全球最受歡迎的 Podcast 節目之一，下載次數已超過五億次。曾受白宮和歐巴馬總統的認可，獲選為全美三十歲以下百大企業家之一，也曾獲《艾倫秀》、《今日秀》、《紐約時報》、《時代》、《富比士》、《Fast Company》、《ESPN》、《Entrepreneur》、《運動畫刊》及《Men's Health》等主要媒體的訪問或報導。

自主移動機器人的選用訣竅及相關標準

文 自主移動機器人聯盟 秘書處 張嘉芳

重點：AMR、使用者、產品、標準、應用場域

自主移動機器人概觀

自動化及無人載具（Uncrewed vehicle）有助於填補勞力缺口、改善生產效率、維持經濟活動，最早被導入工作場域（圖 1），自動導引車（AGV, Automated Guided Vehicle）是從 1954 年開始用於物流倉儲應用，自主

移動機器人（AMR, Autonomous Mobile Robot）是從 1992 年開始用於醫院場域。

AMR 是近年益發受矚目的解決方案，在歐、美及日本應用增長趨勢明確，相較於歷史悠久的自動化搬運設備 AGV 需要預先設置導引設

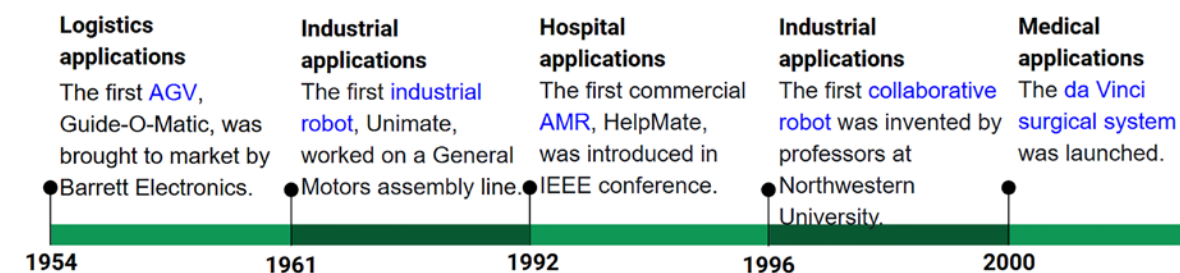


圖 1. 機器人在工作場域的應用歷史

施（如：QRCode、磁帶……等），AMR 能自主移動、無需導引設施、彈性調整任務及路徑，因此具備較高的部署靈活性及應用彈性，可執行的任務不侷限於搬運物品，除了在工廠中逐步取代 AGV，亦被越來越多不同產業採用來提升作業效率，有機會在未來成為公眾場域中不可或缺的設備。

晶圓代工廠內的移動式手臂機器人、倉庫內的自動堆高機、餐廳內的送餐機器人、醫院內的紫外線消毒機器人、機場內的清潔機器人、人行道上的外送機器人、隧道內的巡檢機器狗……等，這些應用場域多元、造型尺寸多樣、執行任務各異的自主移動載具都是 AMR。

AMR 單機主要由四個系統組成，各系統的功能對比人類：

- 控制及導航系統 → 腦
- 感知系統 → 五官
- 執行系統 → 手
- 移動系統 → 腳

在實際應用時，通常不只是部署單台 AMR，多台 AMR 組成的車隊會交由 AMR

管理系統（AMRMS，AMR Management System）安排任務。

相較於 AGV，AMR 的缺點是需整合的軟體較多（感測器較多、處理器要求較高、軟體功能較多）導致成本較高。隨著科技進步，AMR 的功能及價格逐漸符合更廣泛的市場需求，對於使用者及潛在使用者來說，可選擇的 AMR 產品變多，但是，在多樣產品中選出合用解決方案的難度卻未隨之降低。這類發展中的科技產品，對於各產業中想導入應用的先行者尤其困難，面對眼花撩亂的產品規格，在不易找到同業打聽產品口碑的情況下，由標準組織集結專家研擬而成的【標準】，會是一個有助於使用者及潛在使用者評估 AMR 產品的工具，本文將從相關標準切入，提供選用 AMR 的訣竅。

機器人標準組織及移動機器人標準概觀

產品的標準從適用範圍來看，大略分作國際標準、區域標準、國家標準與產業標準（如圖 2），標準本身是參考性質，製造商可各自依需要自願採用，只有在各國政府法規中要求採用特定標準時，產品才會被強制要求符合特

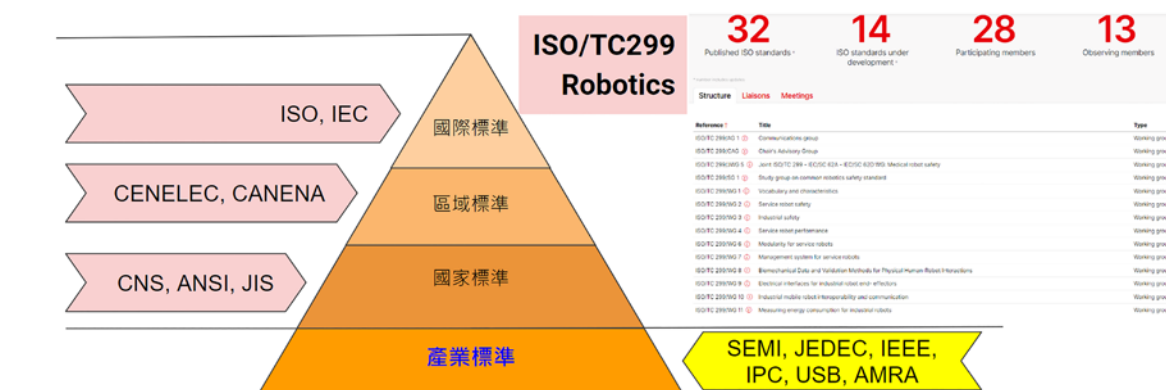


圖 2. 從適用範圍看標準類型及機器人相關 ISO 標準數量

定標準。被政府法規採用的標準，多半與安全或健康相關，而未被政府法規強制要求的情況下，能成為產業普遍採用且落實於產品的標準，常是來自於產業內形成共識的性能及溝通介面相關產業標準。

近年，因應日漸多樣的產品類型與應用，機器人相關標準透過改版或新增標準的方式，掀起一波更新潮，例如：國際標準組織 ISO 旗下第 299 號技術委員會（ISO/TC299 Robotics）正在研擬的機器人標準草案數量達 14 個（如圖 2）！已發行機器人相關標準的標準組織如下：

- 國際標準：ISO、IEC

- 國家標準：CNS、ANSI、JIS
- 產業標準：AMRA、A3、UL、ASTM

在機器人相關標準中，與 AMR 產品直接對應的是【移動機器人（Mobile Robot）標準】，當前 AMR 產業逐漸從導入期進入成長期，移動機器人標準和 AMR 產品在此階段的情況類似：

- 持續因應市場需求更新
- 尚未有組織主導全球市場規格

接下來將簡介值得關注的標準組織，並列出這些標準組織已發行的（如下表 1）及研擬中的（P.78 頁表 2）移動機器人相關標準。

表 1. 已發行的移動機器人相關標準（依標準編號排序，中文標準以粗體標示）

標準編號	標準名稱	工業型	服務型	類型	CNS
AMRA-201:2023 (en)	Mobile Robots - General Requirements and Test Methods	V	V	性能測試方法	X
AMRA-220:2022 (en)	Mobile Robots - Safety Requirements, Verifications and Validations	V	V	安全要求	X
AMRA-271:2022 (en)	Mobile Robots - Common Communication Protocols	V	V	通訊協定	X
ANSI/RIA R15.08-1-2020	Industrial Mobile Robots - Safety Requirement s - Part 1 : Requirements for the Industrial Mobile Robot	V		安全要求	X
ANSI/A3 R15.08-2-2023	Industrial Mobile Robots - Safety Requirements - Part 2 : Requirements for IMR system(s) and IMR application(s)	V		安全要求	X
IEC/TR 60601-4-1:2017	Medical electrical equipment-Part 4 - 1 : Guidance and interpretation - Medical electrical equipment and medical electrical systems employing a degree of autonomy		V (醫療場域)	標準應用指引	X
ISO 3691-4:2023	Industrial trucks - Safety requirements and verification - Part 4 : Driverless industrial trucks and their systems	V		安全要求	X

標準編號	標準名稱	工業型	服務型	類型	CNS
ISO 8373:2021	Robotics - Vocabulary	V	V	詞彙	(舊版) CNS 10955
ISO 13482:2014	Robots and robotic devices - Safety requirements for personal care robots		V	安全要求	CNS 15789
ISO 18646-1:2016	Robotics-Performance criteria and related test methods for service robots - Part 1 : Locomotion for wheeled robots		V	性能測試方法	CNS 18646-1
ISO 18646-2:2024	Robotics - Performance criteria and related test methods for service robot - Part 2 : Navigation		V	性能測試方法	CNS 18646-2
ISO 18646-3:2021	Robotics - Performance criteria and related test methods for service robots - Part 3 : Manipulation		V	性能測試方法	CNS 18646-3
ISO 19649:2017	Mobile robots-Vocabulary	V	V	詞彙	CNS 19649
ISO 22166-1:2021	Robotics-Modularity for service robots - Part 1 : General requirements		V	模組化	X
ISO 22166-201:2024	Robotics - Modularity for service robots-Part 201 : Common information model for modules		V	模組化	X
ISO/TR 23482-1:2020	Robotics - Application of ISO 13482 - Part 1 : Safety - related test methods		V	安全測試方法	CNS 23482-1
ISO/TR 23482-2:2019	Robotics - Application of ISO 13482 - Part 2 : Application guidelines		V	標準應用指引	CNS 23482-2
ISO 31101:2023	Robotics - Application services provided by service robots - Safety management systems requirements		V	安全要求	X
TARS/AMRA-201:2023(zh-TW)	移動機器人 - 一般要求及試驗方法	V	V	性能測試方法	X
TARS/AMRA-220:2022(zh-TW)	移動機器人 - 安全要求、驗證及確證	V	V	安全要求	X
UL 3100 Ed.1-2021	Automated Mobile Platforms (AMPs)	V		安全要求	X
UL 3300 Ed.3-2021	Outline of Investigation for Service, Communication, Information, Education and Entertainment Robots		V	安全要求	X

表 2. 研擬中的移動機器人標準（依標準編號排序）

標準編號	標準名稱	工業型	服務型	類型	Note
AMRA-271-WD	Mobile Robots - Common Communication Protocols	V	V	通訊協定	改版
IEC/AWI TR 60601-4-1	Medical electrical equipment - Part 4-1 : Guidance and interpretation - Medical electrical equipment and medical electrical systems employing a degree of autonomy		V (醫療場域)	標準應用指引	改版
ISO/WD 3691-4	Industrial trucks - Safety requirements and verification - Part 4 : Driverless industrial trucks and their systems	V		安全要求	改版
ISO/DIS 13482	Robotics - Safety requirements for service robots		V	安全要求	改版
ISO/CD 18646-5	Robotics - Performance criteria and related test methods for service robots - Part 5:Locomotion for legged robots		V	性能測試方法	新標準
ISO/AWI 18646-8	Robotics - Performance criteria and related test methods for service robots - Part 8 : Electric vehicle charging robots		V	性能測試方法	新標準
ISO/CD 21423	Robotics - Autonomous mobile robots for industrial environments - Communications and interoperability	V		通訊協定	新標準
ISO/FDIS 22166-202	Robotics - Modularity for service robots - Part 202 : Information model for software modules		V	模組化	新標準
ISO/AWI 22166-203	Robotics - Modularity for service robots - Part 203 : Information Model for Hardware		V	模組化	新標準

國際標準組織 ISO

機器人的國際標準集中在 ISO（International Standard Organization），依據應用場域將機器人分作工業型（Industrial）與服務型（Service）兩大類。在工業型場域使用的機器人，適用工業型標準；在非工業型場域使用的機器人，適用服務型標準。長久以來的內容偏重機器手臂，對移動機器人的著墨較少。

近年，除了製造業，越來越多不同產業及場域採用機器人，ISO 順應趨勢在 2016 年將機器人標準化任務從專注於工業自動化議題的 TC184 Automation systems and integration 移出，成立 TC299 Robotics 負責機器人設備及系統的標準化（排除玩具及軍事應用），目前已發行的 32 個標準中，有 12 個與移動機器人相關；研擬中的 14 個改版或新增的標準草案，有 7 個與移動機器人相關。在 TC299

之外，ISO 的 TC110 Industrial trucks 有 1 個標準與工業型移動機器人相關。

國際標準組織 IEC

國際標準組織 IEC（International Electrotechnical Commission），在機器人標準化的起步較慢，但是其發行的標準被家用型掃地機器人產品廣泛採用。IEC 的機器人標準化策略，是由特定應用的技術委員會（TC，Technical Committee）研擬對應的機器人標準，TC 轄下的工作小組專家具備特定應用的產業知識（Domain Knowledge），從應用需求觀點為導入的機器人產品增加、修改及刪除技術要求，形成機器人標準，例如：由 TC62 Medical equipment, software, and systems 研擬醫療用機器人標準。

因為預見智慧設備在不同應用場域中越來越普及，IEC 在 2015 年設立 ACART（Advisory Committee on Applications of Robot Technology），協調 IEC 與 ISO 合作研擬特定應用的機器人標準，改善技術共用性也避免標準重複，例如：IEC/TC62/SC 62A & 62D 與 ISO/TC299/JWG5 合作研擬數個醫療用機器人標準，其中 1 個標準與醫療用移動機器人相關。

國家標準 CNS

我國 CNS 的機器人相關標準內容，主要是以不變動技術要求的方式，把正式發行的國際標準（例如：ISO 或 IEC）翻譯成中文，由經濟部標準檢驗局設置之機械工程國家標準技術委員會審查，已發行的移動機器人相關 CNS 標準有 8 個，屬於自願採用。

產業標準組織 A3

總部在美國的 A3（Association for Advancing Automation）是北美最大自動化產業協會，由下列 3 個組織在 2021 年合併而成：

- RIA（Robotic Industries Association）
- AIA（Advancing Vision + Imaging）
- MCMA（Motion Control and Motors Association）

是美國 ANSI 認可的標準組織，亦是美國在 ISO/TC299 的代表，已發行 2 個工業型移動機器人安全標準。

產業標準組織 AMRA

總部在台灣 AMRA（Autonomous Mobile Robot Alliance）成立於 2020 年，專注研擬移動機器人的產業標準，基於「與國際接軌」及「不重新發明輪子（Reinventing the wheel）」的原則，AMRA 引用已存在的機械安全、機器人詞彙……等國際標準為基礎，透過增加、修改及刪除技術要求的方式，研擬專屬於移動機器人的技術標準，目前已發行 3 個標準（如下頁圖 3），與台灣智慧自動化與機器人協會（TAIROA）共同發行 2 個標準的中文版，正在研擬 1 個改版標準的草案。

產業標準組織 UL

總部在美國的 UL（Underwriters Laboratories）成立於 1893 年，是國際安全認證機構，在機器人產品安全驗證，除了採用 ISO 與 IEC 公布的國際標準，亦採用 2 個 UL 研擬的移動機器人安全標準。

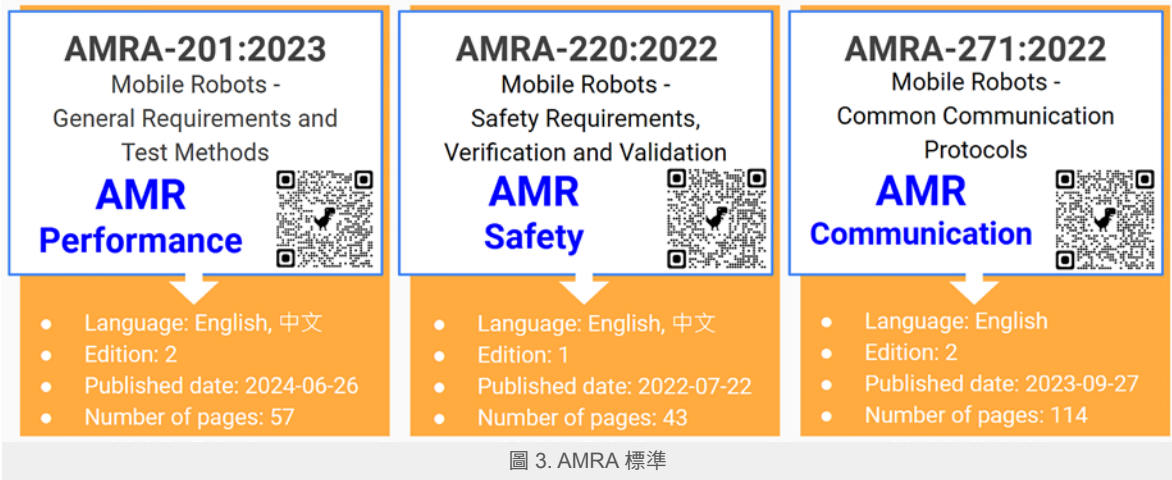


圖 3. AMRA 標準

把前述 A3/AMRA/CNS/ISO/UL 的安全要求、性能與測試方法、溝通介面相關標準重新整理如右頁表 3，可見到 ISO 的移動機器人相關標準尚未能完全涵蓋 AMR 產品的重要面相，目前，是由 AMRA 提供移動機器人的溝通介面標準及工業型的性能測試標準。

選用自主移動機器人的訣竅

使用者及潛在使用者在評估 AMR 解決方案時，主要關注的技術議題：安全、性能、溝通介面，皆有已發行的移動機器人相關標準可供參考如表 3，注意事項如下：

- **安全標準應參考應用場域所在地之政府法規要求**，以歐盟舊版機械指令為例，進入歐盟市場的 AMR 產品：
 - 在工業型場域應用：ISO 3691-4。
 - 在服務型場域應用：ISO 13482。
- **性能及溝通介面尚未發展出主導標準**，產品規格由買賣雙方制定。

- 搜尋相關標準之關鍵字：mobile robot、service robot、industrial trunk、移動機器人、移動型機器人、服務型機器人。
- 大部份標準組織依據**應用場域**，把移動機器人分為工業型與服務型並制定不同標準：
 - 此分類方式來自 ISO 的機器人標準系統，對於固定的機器手臂是合理方式，但是，對於應用場域多元，同產品可能在不同場域間穿梭的移動機器人來說，這種分類方式是個困擾，例如：同產品但跨場域的安全標準有兩個系列（ISO 3691-4、ISO 13482）要參考。
 - AMRA 順應 AMR 產品的特性（部署靈活性及應用彈性），不同 AMRA 標準對應的是不同技術議題，至於應用場域的差異則是在同一標準內處理，例如：AMRA-220 適用於同產品但跨場域的安全議題。

表 3. AMR 相關 A3/AMRA/CNS/ISO/UL 標準對應場域與要求類型（中文標準以粗體標示）

場域	安全要求	性能測試方法	溝通介面
工業型	1. A3 R15.08-2 已發行 2. AMRA-220 TARS/AMRA-220 已發行 3. ISO 3691-4 已發行 & 改版中 4. RIA R15.08-1 已發行 5. UL 3100 已發行	AMRA-201 TARS/AMRA-201 已發行	1. AMRA-271 已發行 & 改版中 2. ISO 21423 研擬中
服務型	1. AMRA-220 TARS/AMRA-220 已發行 2. ISO 13482 CNS 15789 已發行 & 改版中 3. ISO 23482-1 CNS 23482-1 已發行 4. ISO 31101 已發行 5. UL 3300 已發行	1. AMRA-201 TARS/AMRA-201 已發行 2. ISO 18646-1 CNS 18646-1 已發行 3. ISO 18646-2 CNS 18646-2 已發行 4. ISO 18646-3 CNS 18646-3 已發行 5. ISO 18646-5 研擬中 6. ISO 18646-8 研擬中	AMRA-271 已發行 & 改版中

安全要求

安全標準主要是處理產品對人員、資產及家畜的風險或損傷，透過產品之本質安全設計、保護措施及使用資訊，將可預見危害所屬風險消除或降低至可接受的程度。

移動機器人相關標準會列出可預見的顯著危害項目作為基本要求，例如：機械危害、電氣危害、人體工學危害等。另外，因為產品外型、預定用途及應用場域不同，可能會引入的額外危害，在評估 AMR 解決方案時亦須納入考量：

- 不同外型及預定用途的移動機器人：移動式手臂機器人（額外危害：機械手臂）、自動堆高機（額外危害：貨叉）、紫外線消毒機器人（額外危害：UV 消毒燈）。
- 不同應用場域：晶圓代工廠（額外危害：化學藥劑）、餐廳（額外危害：未經訓練

的人員）、人行道（額外危害：不平整的路面）。

性能與測試方法

對產品性能的要求，由買賣雙方制定，性能相關的移動機器人標準主要提供規格要項及試驗方法，協助凝聚使用者與製造商間之共識。使用相同測試條件及方法獲得的性能資料才有可比性，當使用者需要評估多款 AMR 產品時，可要求製造商提供的產品性能資料是依據特定標準測試，如此一來，使用者能基於相同條件評估不同款產品規格，減少不確定性。

AMRA 除了發行移動機器人性能與測試方法的產業標準 AMRA-201，亦建立 AMR 產品標章機制，目前獲得標章的產品如圖 4，官網上提供的產品資訊是使用 AMRA-201 標準化測試方法獲得的性能資料，使用者可掃下頁圖 4 的 QRCode 進入網頁了解細節。



圖 4. 取得 AMRA 標章的產品

溝通介面

AMR 產品具備的部署靈活性及應用彈性，可執行的任務不侷限於搬運物品，與應用場域中的其他設備整合（如右頁圖 5），有助於 AMR 充分發揮優勢，協助應用場域提升作業效率。目前 AMR 產品應用現場與其他設備整合時多採客製化溝通介面，不利於使用者未來在應用場域新增設備時的整合。

AMRA-271:2022 (en) 提供了 AMR 與 AMR 管理系統間的標準化通訊協定，今年啟動的標準改版活動，正在研擬 AMR 及 AMR 管理系統與場域中的其他設備（例如：電梯）間的標準化通訊協定，規劃於 2025 年第二季發行新版。

結論

AMR 的應用即將進入應用百花齊放階段，對產品基本要求的標準化有助於確保 AMR 在

應用中夠安全、夠合用，此事有賴於使用者及製造商持續凝聚共識。對台灣的 AMR 使用者及製造商來說，AMRA 標準具備下列特性，是評估及設計 AMR 產品時的好用工具：

1. 涵蓋主要技術議題：已發行的 3 個標準正好對應安全、性能與溝通介面。
2. 符合 AMR 特性：適用於工業型與服務型的移動機器人。
3. 與國際接軌：引用已存在的機械安全、機器人詞彙等國際標準為基礎。
4. 語言友善：發行英文版及中文版。

歡迎採用 AMRA 標準或是加入 AMRA，藉由產業標準，協力打造優質的 AMR 產品生態系。

一起形塑 AMR 的未來吧！

Let's shape the Future of AMR!

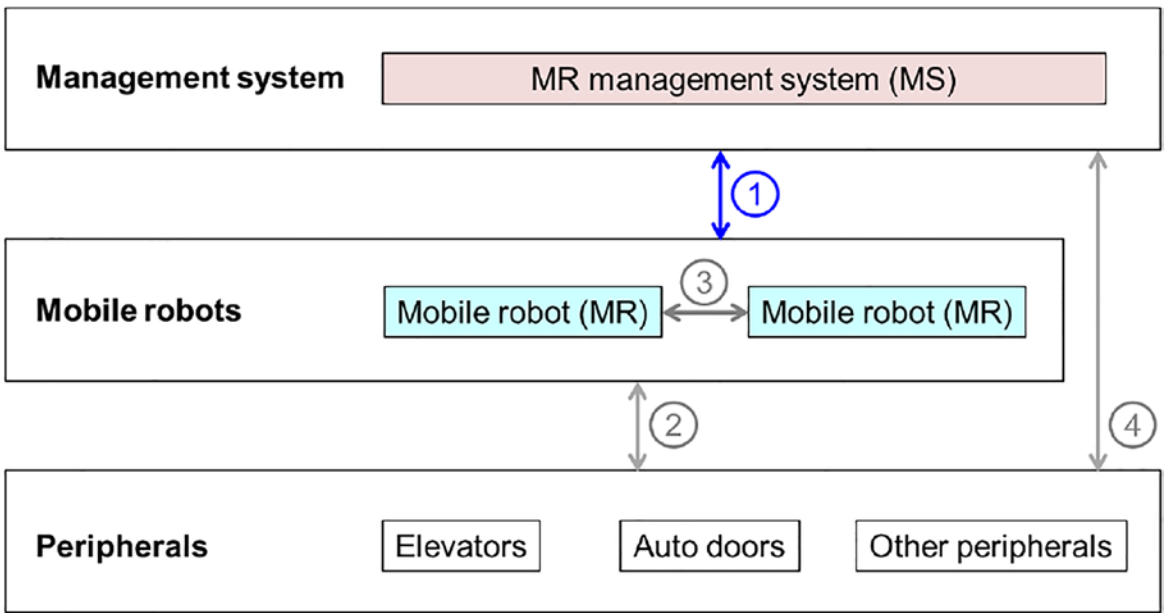


圖 5. AMR 管理系統、AMR 與場域其他設備間的溝通互動關係（引用 AMRA-271:2022(en)）

參考資料

- A3 : <https://www.automate.org/>
- AMRA : <https://www.amr-alliance.org/>
- CNS : https://www.cnsonline.com.tw/?locale=zh_TW
- IEC : <https://www.iec.ch/homepage>
- ISO : <https://www.iso.org/home.html>
- UL : <https://ulse.org/> ; <https://www.ul.com/>



SEMI E187如何帶動半導體產業上下游供應鏈的資安意識

文 必維國際檢驗集團（Bureau Veritas）技術經理 林宗慶

隨著半導體產業的快速成長，全球供應鏈的複雜性日益增加，資安風險已成為不可忽視的隱患。作為全球半導體產業的龍頭，台灣企業面臨的資安威脅更是迫在眉睫。從原料供應商、設備製造商到最終的晶片生產，任何一環的資安漏洞都可能對整個產業造成重大的影響。

想像一下，某個晶圓生產廠的製造系統遭到入侵，生產線被迫中斷，從原料供應到最終產品交付的流程陷入停擺。這樣的情境不僅是整個供應鏈的噩夢，更是對全球產業的一大隱患。

因此，為了強化供應鏈的資安防護，SEMI推出了 E187 標準，為半導體製造環境提供一道有力的資安防火牆。作為全球半導體產業的關鍵一環，台灣更是主導了這一國際標準的誕生，這無疑讓人感到自豪。今年已由 Bureau Veritas（BV）頒發全球首批兩張證書，這代表著全球半導體供應鏈對資安標準的重視正快速提升。這兩張證書的發放代表了 SEMI E187 在實際應用中的重要地位，不僅提供了標準化的資安保障，也為業界樹立了實際的合規典範。所以，SEMI E187 不僅僅是一項技術標準，更是一個推動上下游共同提升資安意識的重要契機。

SEMI E187 如何在供應鏈中發揮作用？以下先讓我們深入探討具體內容——

目前，僅發布了第一版，即 SEMI E187-0122，其要求的適用範圍包含以下幾點：

- 適用於為半導體製造廠提供設備或服務的供應商及系統整合商。
- 適用於安裝有 Microsoft Windows® 或 Linux® 作業系統的製造設備。
- PLC、SCADA、以及與感測器連接的設備則不在此版要求範圍中。

主要希望能透過資安領域中最重要的一個觀念 Secure by Design 來建立半導體設備在操作與維護的安全防護，標準內容從以下四大面向進行思考：

● 作業系統 Operating system (OS) support

由於半導體製造設備的生命週期通常超過 20 年，這些設備的作業系統經常面臨產品生命週期終止、無法取得最新安全修補程式的困難。因此，半導體廠能夠從設備供應商獲得全面的技術支援就顯得尤為重要。

● 網路安全 Network security

為了確保設備在半導體製造環境中的網路傳輸安全，設備供應商應提供詳細的安全說明，以加強系統與網路的防護，並減少惡意軟體的攻擊途徑。

● 端點保護 Endpoint protection

製造設備在運行前進行漏洞掃描和病毒掃

描是非常有益的，能夠有效防止惡意軟體入侵。同時，設備應具備安裝、管理端點保護機制的能力，並提供身份驗證與授權的存取控制機制，以防止未經授權的使用。

● 安全監控 Security monitoring

若設備出現錯誤配置或其他潛在威脅，完整的監控日誌記錄可以準確分析發生的情況和時間，有助於故障排除並快速確定網路安全問題的根本原因。因此，設備的持續監控對於了解安全狀態至關重要。

了解四大面向的涵義後，接下來我們來探討標準中列出的對於設備的 12 項要求以及可以如何確認的重點方向：

條文要求	確認重點
設備供應商不得交付無作業系統支援的終止壽命設備。	● 查看使用者或設計文件，以確定裝置所使用的作業系統類型和版本。 ● 檢查設備狀態，確保作業系統類型及版本都與使用者或設計文件一致，並確定該作業系統是否受到作業系統供應商的支援和維護。例如，可查看作業系統生命週期的聲明。 ● 如果作業系統支援的有效期限少於 12 個月，則需要檢查相關證據，以證明：(1) 支援結束日期；(2) 已制定的升級和修補計畫的清單。
設備供應商應提供修補與更新程序，涵蓋軟體相容性、依賴性、性能影響及潛在副作用的評估。	● 驗證是否有與應用最新安全性修補程式相關的修補程式過程記錄，並確保其中包含以下評估項目： 1. 軟體相容性 2. 軟體套件的依賴性 3. 性能影響 4. 套用修補程式或安全性更新的副作用 ● 如果已根據正在評估的記錄程式向使用者發布任何修正檔，請隨機選擇修正檔，並驗證是否已產生所需的文件。
設備提供的 Web 服務、文件傳輸及終端服務都應支援安全協議。	檢查使用者手冊或設備規格，並驗證設備是否具備網路服務、檔案傳輸或終端服務的能力。透過測試確認 HTTPS、SFTP、SSH 功能正常運作，並使用具有竊聽工具的軟體來查看在系統正常運作過程中通訊的抽樣。
設備供應商應提供網路配置的相關操作文件。	● 檢查安全指導方針或使用者文件，驗證是否描述了所有啟用的網路協定和連接埠，並解釋其用途。同時確認網路配置，包括網路協定／連接埠的使用情況，及變更網路配置的維護指導（如有支援）。 ● 通過測試，驗證使用者是否可透過設備介面檢視符合要求的安全指導方針或使用者手冊中描述的設定，並修改任何不符合建議的選項。同時查看並驗證透過該介面所做的任何變更。 ● 通過測試，驗證所有未使用的網路服務、協定和連接埠均已禁用，可以使用網路掃描工具進行檢查。

條文要求	確認重點
設備供應商應在出貨前進行漏洞掃描，依照通用工業漏洞評分標準，並提供相關報告。	● 驗證報告應顯示漏洞掃描及通過／失敗標準已執行，內容應包括：掃描工具的名稱和版本、掃描範圍、設定及日期。且漏洞資料庫及掃描結果應在最後一次漏洞資料庫更新或產品出貨後的一個月內完成更新。 ● 驗證所有問題的嚴重性都已被設定，並確保所有嚴重性高於臨界評分（例如 CVSS）的問題已被修復，或以其他方式處理。 ● 如果設備沒有網路介面進行掃描，則應根據設備的「軟體材料清單」（SBOM）進行漏洞掃描。
設備供應商應在出貨前進行惡意軟體掃描，並提供相關報告。	● 驗證報告應顯示該惡意軟體掃描及通過／失敗標準已執行，內容應包括：掃描工具的名稱和版本、掃描範圍、設定及日期。且惡意軟體掃描報告應在最後一次惡意軟體資料庫更新或產品出貨後的一個月完成更新。 ● 驗證設備供應商已分析掃描結果，並確保最終報告中未發現任何惡意軟體。
設備供應商應提供與晶圓廠設備相容的反惡意軟體解決方案文件。	● 檢查安全指導方針或使用者文件，並驗證其是否描述了兼容的防惡意軟體解決方案，包括默認和建議的設定。 ● 通過測試驗證所指定的相容防惡意軟體解決方案，能夠根據安全指導方針或使用者文件的操作要求正常運作。
設備供應商應提供資訊安全強化相關的文件。	驗證安全指導方針或使用者文件是否涵蓋以下項目： 1. 所有啟用的輸入／輸出介面的清單及其使用說明。 2. 所有啟用的系統工具和服務的清單及其使用說明。 3. 禁用未使用的輸入／輸出介面，例如通用串列匯流排（USB）或可重寫 DVD（DVD±RW）。 4. 禁用未使用的作業系統工具和服務。
作業系統和設備應具備身份驗證機制來控制存取。	● 如果設備有人工使用者，則需驗證設備能夠在所有可訪問介面（無論是作業系統還是設備本身）識別並驗證所有使用者。請注意，使用者識別和驗證可以是基於角色或群組（例如：某些設備介面，幾個使用者可能共用相同的身份）。管理用戶和一般用戶的帳戶應使用不同的登錄憑證進行區分。 ● 供應商應提供所有設備可訪問的軟體過程和設備的清單。需驗證有證據顯示設備能夠識別自己，並對每個列出的過程和設備進行身份驗證。 ● 如果設備有按鈕，則需驗證是否添加物理鎖蓋，或在僅有授權管理用戶根據外部物理安全措施具有物理訪問權限的情況下，提供不帶鎖或蓋的安全指導。
設備供應商應提供訪問權限和特權授權解決方案。	● 若設備提供識別和驗證任何類型使用者（人類、軟體過程或設備）的能力，無論是直接還是通過系統集成，則需驗證設備是否根據帳戶管理配置強制執行使用者的授權，以控制設備的使用。 ● 檢查使用者文件，確定是否支援軟體過程或設備作為使用者。若支援，需驗證設備是否強制執行授權，以控制這些過程和設備使用者的設備使用，並遵循帳戶管理的配置。 ● 驗證供應商是否對與設備相關的任務進行了分析並進行了文件記錄。確認該分析顯示所提供的權限，以及支持職責分離的映射能力，並允許將最小特權的任務分配給使用者。
設備應能記錄並導出系統及應用程式的安全事件日誌。	● 透過使用者文件，驗證設備是否具備生成安全相關的事件記錄的能力，且系統和安全事件日誌應至少保存一個月。 ● 在使用者或設計文件中，驗證設備是否提供程序化訪問審查記錄的功能，無論是使用手動機制、應用程式介面（API），還是將審查記錄發送至集中系統，都應該提供給正確身份驗證的使用者使用。

條文要求	確認重點
安全事件日誌需要有相關資訊的描述。	● 透過使用者文件驗證設備是否具備生成安全相關的事件記錄的能力，涵蓋以下類別：訪問控制、配置變更和系統錯誤。 ● 透過抽樣日誌驗證這些類別中是否生成了一些記錄。 ● 透過使用者文件驗證上述類別中的所有事件日誌是否包括事件類型、描述、使用者帳戶和時間戳記。

透過 SEMI E187 的四大面向及 12 條要求，可以看出其不僅僅是一項國際標準，更是一部全面且實用的指導手冊。這些要求提供了半導體製造供應商在資安防護方面的清晰藍圖，幫助他們迅速而有效地建立起防護機制，從而成為半導體製造過程中的第一道防火牆。

隨著半導體產業的快速發展，面對日益峻的資安挑戰，SEMI E187 的實施不僅為供應鏈帶來更強的安全性保障，還有助於提升產業的整體競爭力。透過這些嚴格的要求，供應商能夠有效地進行風險評估、漏洞掃描和系統監控等，確保設備及其運行環境都符合安全規範。SEMI E187 還促進了產業內部的協同合作和資訊共享，使各方能夠攜手應對資安威脅。隨著網路攻擊手法的快速演變，持續完善並更新這些標準將成為未來的重要課題。在 SEMI E187 的指引下，半導體產業將能夠在資安防護的基礎上不斷創新發展，進一步為全球科技的進步與應用提供強大支撐。

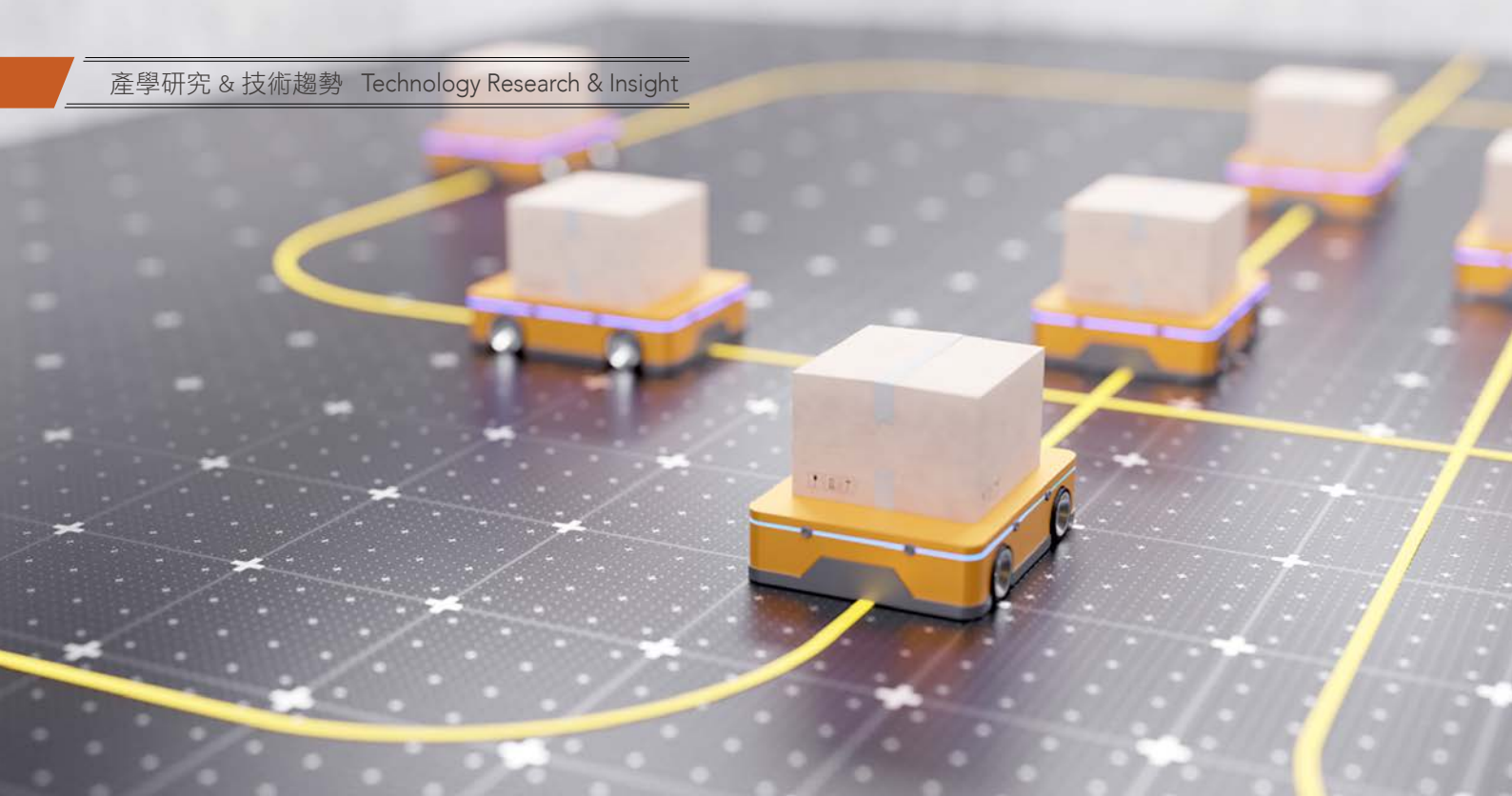
探討完 SEMI E187 標準的要求後，我們就更能理解其重要性。目前，半導體製造商都會要求供應商提供符合標準的檢驗報告，並須經由具備豐富經驗的實驗室審查。這不僅是確保設備和服務符合標準的必要步驟，更是保障整個供應鏈資安防護的核心要素，有助於有效降低潛在風險。透過專業實驗室的評估和檢測，供應商能全面掌握設備的資安現況，及早識別並改進潛在問題，從而持續提升資安防護能力。

另外，獲得符合 SEMI E187 標準的檢驗報告也有助於供應商在市場上樹立更具競爭力的形象。這樣的認證不僅是對供應商產品品質的肯定，也是對其資安能力的專業背書。當越來越多供應商重視並導入此標準，整個產業的資安成熟度便會隨之提升，使半導體供應鏈更加穩定、安全地向前發展。

最後，由於 SEMI E187 標準是參考 IEC 62443 制定的，建議供應商未來也可以考慮申請 IEC 62443 的認證，以進一步提升產品和服務的資安水準。IEC 62443 作為全球工業控制系統的資安標準，在防護策略上更加全面且精細，為威脅防護、檢測、應對提供了詳細指導。取得 IEC 62443 認證代表供應商具備了更高的資安防護能力，能夠應對更複雜的威脅場景，這對拓展國際市場、與全球客戶合作具有巨大助益，並能增強供應商在競爭激烈的半導體產業中的形象。最終，這不僅提升了供應商自身的資安水平，還將有助於整體半導體供應鏈的資安治理，推動產業邁向更加穩固的資安環境。

參考文獻

[1] SEMI E187 - Specification for Cybersecurity of Fab Equipment



新型雙舵機驅動 自主移動機器人之混合導航技術

文 國立中興大學 電機工程學系 特聘教授 蔡清池
國立中興大學 電機工程學系 研究生 陳伯璋
國立中興大學 電機工程學系 研究生 李啟祥

本篇論文提出一款雙舵機驅動自主移動機器人（AMR）的混合導航技術和方法。該機器人配備有兩個獨立轉向和獨立驅動（ISID）輪、一個光達（LiDAR）、一個慣性量測單元（IMU）和四個編碼器及其里程計。此類 AMR 機器人簡稱為 2ISIDW-AMR，是在基於其廣義的運動學模型執行給定的全向速度命令，從而使其能夠處理各種導航任務。在此 2ISIDW-AMR 的結構中，本文首先推導出其運動學和動力學模型，隨後詳細設計其運動學和動力學運動控制器。該混合導航包含兩種策略：有軌和無軌導航。有軌導航使 AMR 能夠透過 PID 控制器和磁帶感測器精確跟隨磁性路徑，而無軌導航則通過將所提出的動力學運動控制器與 Cartographer 同步定位與建圖法（Cartographer SLAM）進行地圖構建、自適應蒙特卡羅定位（AMCL）進行機器人定位、A* 演算法進行全域路徑規劃以及動態視窗避障法（DWA）進行障礙物避障相結合來實現。本文進行許多模擬和實驗結果，用以展示所提動力學控制器及混合導航的能效和可用性。



關鍵字：

自主移動機器人（AMR）、舵機、動力學控制、混合導航

緒論

近年來，半導體製造業廣泛使用配備獨立轉向和驅動（ISID）輪的自主移動機器人（AMR）來運送重型晶圓或材料。此設計允許 AMR 進行全向運動，例如 Vicommtech 系統^[1]。多項研究顯示，基於 ISID 輪的 AMR 在軌跡追蹤中表現出色^[2-4]。Sun 等人^[5]整合運動學與動力學模型以提升追蹤性能，其他研究^[6,7]結合動態與運動控制器進一步提升穩定性。針對動態自行車模型的橫向追蹤，反步控制法^[8]有效調節橫向與航向角誤差。為提升系統性能，許多研究將反步法與滑模控制（SMC）結合應用於軌跡追蹤^[9-12]，以減少誤差並加快收斂速度。此外，SMC 使用 PID 滑膜面減少顫振並提升暫態響應^[13]。動態控制方面，SMC^[14]增強了運動性能，而分數階控制器在軌跡追蹤中展現更快收斂和更少振盪^[15,16]。粒子群最佳化（PSO）則能找到最佳 PID 參數，提升系統性能^[17]。

許多研究人員多年來已提出各種導航策略與控制律^[18]，以執行移動機器人的導航任務。通常，導航策略分為三類：有軌、無軌和混合式。有軌導航依賴外部感測器進行路徑追蹤，並使用控制策略如 PID 控制器，常應用於自動引導車（AGV）。無軌導航則採用 SLAM 技術^[19]和路徑規劃演算法進行自主導航，並透過運動控制實現路徑追蹤。混合導航結合有軌與無軌導航的優點，根據機器人的操作需求進行靈活應用。無軌導航常用演算法包括 A*^[22]與 RRT^[23]進行全域路徑規劃，區域規劃則常採用動態視窗法（DWA）進行避障^[24]。

受到文獻^[14-17,19-20,22,24]的啟發，本文提出一種結合無軌與磁導導航的 2ISIDW-AMR 控制系統。在無軌導航中，使用 Google 的

Cartographer SLAM 技術建立環境地圖並定位 AMR，A* 演算法規劃全域路徑，並透過動態控制器進行軌跡追蹤，避障則交由 DWA 處理。有軌導航則使用磁性感測器測量偏差，並以 PID 控制器進行路徑追蹤。

本文的其餘各節組織如下：第二節介紹 2ISIDW-AMR 的系統結構；第三節詳細說明 AMR 的運動學與動力學模型；第四節描述無軌導航的運動學控制律和動態控制器的設計與穩定性，以及有軌導航的 PID 控制器；第五節展示三項實驗結果，用以驗證所提出的混合導航方法的有效性；最後，第六節給出本文結論。

2ISIDW-AMR 的 實驗系統結構

如下頁圖 1 所示，2ISIDW-AMR 是基於前後獨立驅動與轉向（ISID）輪的自主移動機器人，配備兩個馬達控制各輪的轉向和驅動。為實現全向運動，本文設計了一個整合系統模型，應對橫向、縱向移動及急轉彎等場景。機器人裝有兩個 ISID 舵機輪，由四個 Dynamixel XH540-W150-R 伺服馬達控制，兩個負責轉向，兩個驅動運動，並配有兩個輔助輪。定位與建圖依賴 LDS-01 2D LiDAR 和九軸 IMU，運動控制由 OpenCR 1.0 控制板實現。磁導航使用 MGS-16FP 磁感測器來測量偏差，運算處理由配備四核 Cortex-A72 處理器的 Raspberry Pi 4 完成，處理 LiDAR、IMU 和里程數據並執行導航命令。下頁圖 2 展示感測器、馬達與控制系統的架構。

該控制系統實現混合導航，靈活切換無軌和磁導導航，使機器人在複雜空間中自如運行。ROS 整合了地圖、定位、路徑規劃與運

動控制，高階控制器負責下達任務點與命令。

運動學與動力學模型

3.1 運動學模型

本小節介紹 2ISIDW-AMR 的新型運動學模型。輸入包括兩個輪子的線速度和轉向角，輸出則是機器人在全域座標系中的速度。右頁圖 3 說明所研究的 2ISIDW-AMR 的幾何結構，其相關參數請參考^[24]。

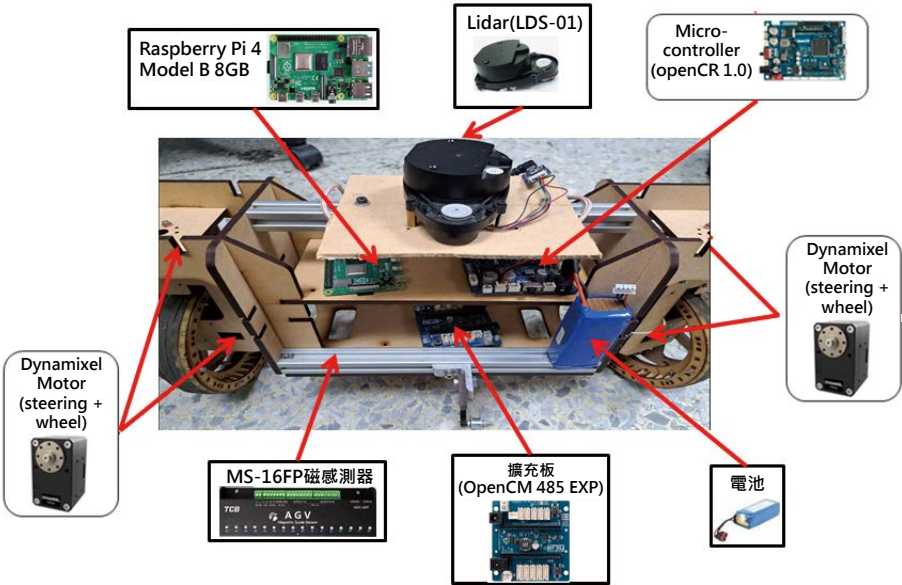


圖 1. 2ISIDW-AMR 實體雛形及硬體架構

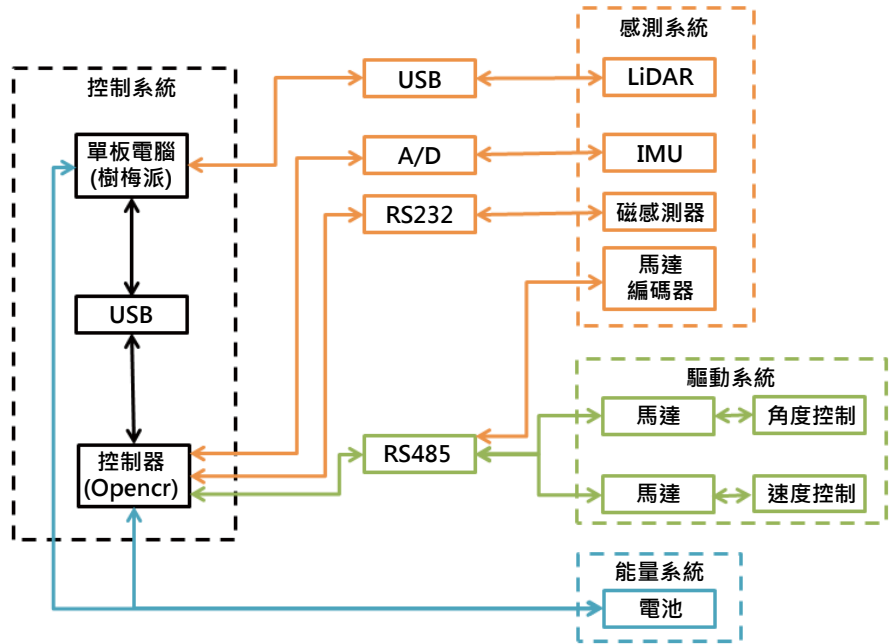


圖 2. 2ISIDW-AMR 控制系統配置

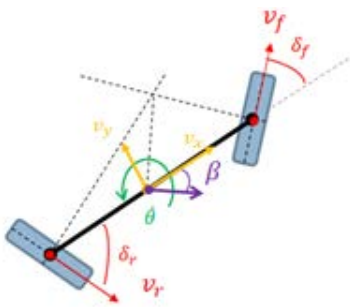


圖 3. 2ISIDW-AMR 運動驅動系統之幾何結構

該 AMR 在世界座標系中的速度，如（1）式所示。

(1)

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r \cos(\beta + \theta) \cdot \cos \delta_f}{2 \cos \beta} & \frac{r \cos(\beta + \theta) \cdot \cos \delta_r}{2 \cos \beta} \\ \frac{r \sin(\beta + \theta) \cdot \cos \delta_f}{2 \cos \beta} & \frac{r \sin(\beta + \theta) \cdot \cos \delta_r}{2 \cos \beta} \\ \frac{r \sin \delta_f}{2l} & -\frac{r \sin \delta_r}{2l} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_f \\ \omega_r \end{bmatrix}$$

3.2 動力學模型

本小節將使用歐拉 - 拉格朗日能量法來可得如下的 2ISIDW-AMR 動態模型：

(2) $\dot{V}(t) = AV(t) + B\tau + d(t)$

上式中相關參數與矩陣請參考^[24]。

運動學和動力學控制器設計

本節首先建立在低速下有效的運動控制律。然而，為實現 AMR 在高速運動中的精確控制，本節提出了一種基於倒步法（Backstepping）的動態控制器，使用新

開發的運動控制律作為輸入參考。通過整合 AMR 固有的動態特性，本節設計一個動態控制器，以適應實際的低速和高速操作。圖 4 展示所提出的動態控制器的軌跡追蹤系統架構的方塊圖，以解決軌跡追蹤問題。首先設計運動控制器，然後使用已知的倒步法結合分數階 PID 滑模控制器計算每個馬達的扭矩輸出。

4.1 運動學控制器設計

設計一個能確保追蹤誤差漸近趨近於零的運動控制律，該控制律首先選擇前輪和後輪的縱向速度和橫向速度，如（3）-（6）式所示。

(3) $u_{fx} = v_{dfx} \cdot \cos \theta_e - v_{dfy} \cdot \sin \theta_e + k_x x_e$

(4) $u_{rx} = v_{drx} \cdot \cos \theta_e - v_{dry} \cdot \sin \theta_e + k_x x_e$

(5) $u_{fy} = \frac{(v_{dfx} + v_{drx}) \cdot \sin \theta_e + (v_{dfy} + v_{dry}) \cdot \cos \theta_e + (v_{dfy} - v_{dry})}{2} + k_y y_e + k_\theta L \theta_e$

(6) $u_{ry} = \frac{(v_{dfx} + v_{drx}) \cdot \sin \theta_e + (v_{dfy} + v_{dry}) \cdot \cos \theta_e - (v_{dfy} - v_{dry})}{2} + k_y y_e - k_\theta L \theta_e$

通過結合（3）-（6）式，前輪和後輪的滾動線速度（7）式和轉向角（8）式可以確定運動學控制律如下：

(7) $u_{vi} = \sqrt{u_{ix}^2 + u_{iy}^2}, i = f, r$

(8) $\delta_i = \arctan(u_{iy}, u_{ix}), i = f, r$

其推導過程及穩定性分析，請參考^[24]。

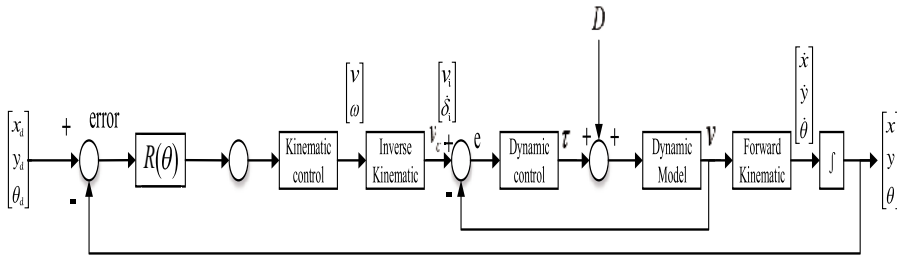


圖 4. 所提出的動態軌跡追蹤控制系統的方塊圖

4.2 動力學控制器設計

在本節中，使用分數階 PID 滑模控制器（SMC）結合倒步法（Backstepping）來追蹤上開新開發的運動控制律速度輸出當成參考，新型動態控制器的輸出轉扭矩如（9）所示 24。

(9)

$$\begin{aligned} \tau(t) &= \tau_{eq}(t) + \tau_{sw}(t) \\ &= B^{-1} \left(\dot{v}_c(t) - A v(t) + \lambda_1 D^{(\alpha+1)} e + \lambda_2 D^{(\beta-1)} e + K Sat(S, \varepsilon) \right) \end{aligned}$$

其推導過程及穩定性分析，請參考 [24]。

混合導航

本節旨在闡明無軌和有軌導航的方法和操作，以實現混合導航。以下兩個小節將詳細說明對於有軌和無軌導航所提出的新型控制策略。對於有軌導航，將首先提出使用磁性引導傳感器的 PID 控制策略。對於無軌導航，將使用先前提出的動態控制器來完成任何計劃的軌跡。特別關注的是如何切換這兩種導航策略。

5.1 磁軌導航

在本小節中，將實施 PID 路徑追蹤控制器來導航實驗 AMR 沿著磁性軌道行駛。控制策

略涉及設置 AMR 的線速度和角速度。線速度保持不變，如（10）式所示，或者可以由上層控制器設置。角速度則根據 AMR 與磁性軌道之間的距離誤差進行調整，該誤差由位於 AMR 前方 15 公分的磁性傳感器測量。這一誤差隨後被輸入到 PID 控制器中，控制器的輸出是角速度，如（10）式所示，其中 K_p ， K_i ，和 K_d 參數由 PSO 求得。

(10)

$$v_x = v_g, \omega_g = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

5.2 無軌導航

機器人結合 A* 算法、DWA 方案以及從自適應蒙特卡羅定位（AMCL）獲得的姿態資訊，計算姿態誤差，並使用新提出的運動控制律將這一誤差轉換為四個電機的行動速度。這些參考速度被輸入到動態控制器中，從而輸出四個馬達的扭矩指令，完成無軌導航任務。

混合導航控制器整合上述無軌導航和引導導航。兩種導航模式皆使用 AMCL 定位而之間的切換基於磁性導軌的起點和終點記錄的姿態。這一切換有兩個目的：第一，當機器人在無軌導航過程中到達目標點時，確定是否到達了磁性軌道的起始位置。如果是，控制器會

切換到引導導航。第二，當引導導航過程中磁性傳感器不再檢測到軌道時，驗證機器人是否到達磁性軌道的終點。如果機器人到達了終點，它會檢查新的無軌導航目標點並進行相應的控制調整，確保在複雜環境中的穩健和靈活運行。

實驗和討論

本節進行三項實驗，以展示所提出的無軌導航和基於磁導軌道的有軌導航的功效與實用性。三項實驗使用的系統與控制參數，如前頁表 1 所示。此外，本節亦詳細演示混合導航中兩種模式的切換過程。

6.1 無軌導航

無軌導航實驗，由圖 5 將實驗結果可視化展示 AMR 繞過靜態和動態障礙物的能力。動態控制器成功規劃和調整路徑，確保機器人準確到達目標點，實驗證明了其穩定性與精確性，實際情況如圖 6 所示。

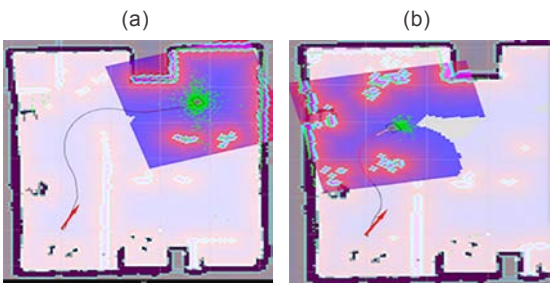


圖 5. 使用 RVIZ 展示無軌導航實驗過程 (a) 地圖的目標點和靜態障礙物 (b) 動態障礙

6.2 有軌導航

有軌導航實驗使用 PID 控制器進行路徑追蹤。圖 7 呈現機器人沿磁軌道導航，能夠快速適應轉彎，並在終點準確停止，表明 PSO 優化的 PID 參數的有效性。



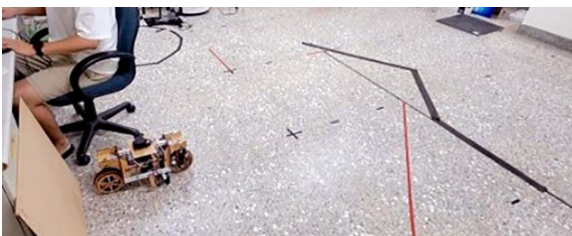
圖 7. PID 磁導有軌導航

表 1. 2ISIDW-AMR 相關系統與控制參數配置

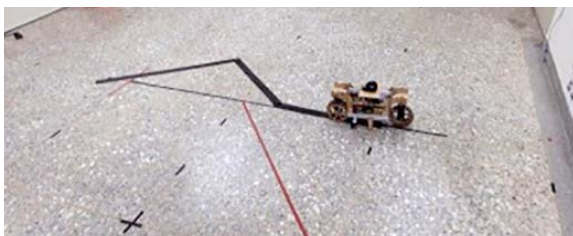
參數	實驗值	參數	實驗值
m [公斤]	2.9	I [公斤-公尺 ²]	0.06148
I_δ [公斤-公尺 ²]	0.005	I_φ [公斤-公尺 ²]	0.00224
L [公尺]	0.175	r [公尺]	0.08
k_x	8	K	diag{100,100,20,20}
k_θ	8	λ_I	diag{0.8,0.8,0.2,0.2}
k_y	8	λ_D	diag{2.5,2.5,0.25,0.25}



圖 6. 無軌導航的實驗結果



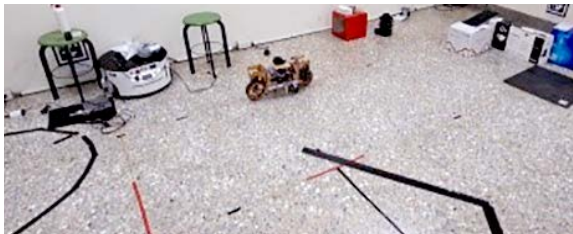
(a) 無軌導航起始點



(b) 有軌導航起始點



(c) 有軌導航終點



(d) 無軌導航終點

圖 8. 混合導航切換的實驗結果

6.3 混合導航切換

本小節將研究混合導航的切換實驗。圖 8 展示 AMR 在無軌與有軌導航間的平滑切換，機器人能根據目標點與磁軌起點或終點自動轉換導航模式，確保順利完成任務。實驗結果表明，由於機器人全程都能夠定位，所以能成功地在兩種導航方法之間切換。因此，當從有軌導航切換到無軌導航時，機器人能夠平滑地規劃從當前姿態到目標點的路徑。

結論

本篇論文已提出針對具有兩獨立轉向和驅動輪 (ISID) 之雙舵機 AMR 機器人，簡稱為 2ISIDW-AMR，提出新穎的混合導航的新技術和方法。為此目標，本文已經建造一台 2ISIDW-AMR 之實驗雛形，並簡易地說明其運動學和動力學模型，進而建立其新穎的運動學和動力學運動控制器，並進行實驗驗證。該創新的混合導航方法結合有軌和無軌導航策略。有軌導航利用 PID 控制器和磁帶傳感

器設計有軌導航系統，可精確地跟隨磁軌路徑，而無軌導航則通過整合所提出的動態運動控制器與 Cartographer 同步定位與建圖法 (Cartographer SLAM)、自適應蒙特卡羅定位 (AMCL)、A* 全域路徑規劃演算法和動態視窗避障法 (DWA) 來實現之。通過多項實驗結果，所提出的動態控制器和混合導航法在導航工作空間中已展示其優異的功效和可用性。未來的研究建議將是與廠商合作將所提的混合導航技術應用於實際 AMR 平台，並進行半導體場域驗證，以展示所提出混合導航系統的實際功效與用途。

致謝詞

本文作者誠摯感謝寶元數控公司贊助產學聯盟經費與研發處梁處長技術指導，以及國科會計畫編號 NSTC 112-2622-8-005-005-TE1 之經費贊助。

參考文獻

- [1] Vicomm, "Vicommtech News," Available: https://www.vicommtech.com/newsDe_50.html, 24 Jul, 2024.
- [2] Y. K. Yang, Motion Control and Collaborative Handling of a Two-Wheeled Deformable Robot Using Fractional Order Sliding Mode Control with Fuzzy Neural Long and Short-Term Memory Broad Learning System, M.S. thesis, Department of Electrical Engineering, National Chung Hsing University, pp. 43- 53, July 2022.
- [3] W. Purbowaskito and C. -H. Hsu, "Kinematics Model Based Motion Control of a 4WIS Mobile Robot with Lyapunov Stability," in Proc.2020 12th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Yogyakarta, Indonesia, 2020, pp. 68-73.
- [4] M. H. Lee and Tzuu-Hseng S. Li. "Kinematics, dynamics and control design of 4WIS4WID mobile robots," The Journal of Engineering, pp. 6-16, 2014.
- [5] H. Sun, C. Zhang, G. An, Q. Chen, and C. Liu, "Fuzzy-model-based H^∞ dynamic output feedback control with feedforward for autonomous vehicle path tracking," in Proc. 2017 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications (iFUZZY), Pingtung, Taiwan, 2017, pp. 1-6.
- [6] C. S. Shijin and K. Udayakumar, "Speed control of wheeled mobile robots using PID with dynamic and kinematic modelling," in Proc. 2017 International Conference on Innovations in Information, Embedded and Communication Systems (ICIIECS), Coimbatore, India, 2017, pp. 1-7.
- [7] M. Huichao, L. Shurong, and C. Haiyang, "Robust backstepping tracking control for mobile robots," in Proc. the 31st Chinese Control Conference, Hefei, China, 2012, pp. 4842-4846.
- [8] L. Khasawneh and M. Das, "Lateral trajectory tracking control using backstepping method for autonomous vehicles," in Proc. 2021 IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Lansing, MI, USA, 2021, pp. 1013-1016.
- [9] B. Sun, D. Zhu and W. Li, "An integrated backstepping and sliding mode tracking control algorithm for unmanned underwater vehicles," in Proc. 2012 UKACC International Conference on Control, Cardiff, UK, 2012, pp. 644-649.
- [10] J. Chen, Q. Zhang, Y. Qi, Z. Leng, D. Zhang, and J. Xie, "Trajectory Tracking Based on Backstepping Sliding Mode Control for Underactuated USV," in Proc.2021 36th Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC), Nanchang, China, 2021, pp. 294-299.
- [11] J. Chen, Q. Zhang, Y. Qi, Z. Leng, D. Zhang, and J. Xie, "Trajectory tracking based on backstepping sliding mode control for underactuated USV," in Proc.2021 36th Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC), Nanchang, China, 2021, pp. 294-299.
- [12] W. Hui, H. Yiqing, G. Yuan, and G. Wengen, "Trajectory tracking control for mobile robots based on second order fast terminal sliding mode," in Proc. 2018 33rd Youth Academic Annual Conference of Chinese Association of Automation (YAC), Nanjing, China, 2018, pp. 581-584.
- [13] A. Pati, S. Singh and R. Negi, "Sliding mode controller design using PID sliding surface for half car suspension system," in Proc.2014 Students Conference on Engineering and Systems, Allahabad, India, 2014, pp. 1-6.

參考文獻

- [14] L. Tan, S. Yu, Y. Guo, and H. Chen, "Sliding-mode control of four wheel steering systems," in Proc.2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), Takamatsu, Japan, 2017, pp. 1250-1255.
- [15] J. Du, B. Song and L. Xu, "Design of fractional-order PID Controller for Path Tracking of Wheeled Mobile Robot," in Proc.2021 China Automation Congress (CAC), Beijing, China, 2021, pp. 8019-8023.
- [16] C. H. Chen, Collision-free fractional-order sliding-mode motion control using fuzzy neural LSTMRLS for an autonomous mobile robot with four independent steering and independent driving wheels, M.S. thesis, Department of Electrical Engineering, National Chung Hsing University, pp. 58- 62, Aug 2023.
- [17] A. Surana and B. Bhushan, "Designing of PSO tuned PID controller for ball balancer arrangement and comparative analysis with classical PID and fuzzy logic controller," in Proc. 2021 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT), Bangalore, India, 2021, pp. 1-5.
- [18] F. A. X. Da Mota, M. X. Rocha, J. J. P. C. Rodrigues, V. H. C. De Albuquerque, and A. R. De Alexandria, "Localization and navigation for autonomous mobile robots using Petri nets in indoor environments," IEEE Access, vol. 6, pp. 31665-31676, 2018.
- [19] S. Jain, U. Agrawal, A. Kumar, A. Agrawal, and G. S. Yadav, "Simultaneous localization and mapping for autonomous robot Navigation," in Proc. 2021 International Conference on Communication, Control and Information Sciences (ICCISc), 2021: IEEE, pp. 1-5.
- [20] P. C. Hsiao and C. C. Tsai, " Autonomous outdoor navigation and driving of a nonholonomic AMR using SVR-based RRT* and model predictive control," in Proc. of 2024 National Conference on Advanced Robotics (NCAR 2024), National Taiwan University, Taipei, Taiwan, August 22-24, 2024.
- [21] Y. L. Wang and C. C. sai, " Autonomous behavior-based navigation using fuzzy Kohonen clustering network for differential-drive AMR in partially unknown indoor environments," in Proc. of 2024 National Conference on Advanced Robotics (NCAR 2024), National Taiwan University, Taipei, Taiwan, August 22-24, 2024.
- [22] C. Ju, Q. Luo and X. Yan,, " Path planning using an improved A-star algorithm," in Proc. 2020 11th Int.Conf. on Prognostics and System Health Management (PHM-2020 Jinan), 2020: IEEE, pp. 23-26.
- [23] Q. Zhang, L. Li, L. Zheng, and B. Li, " An improved path planning algorithm based on RRT," in Proc. 2022 11th Int. Conf. of Information and Communication Technology (ICTech)), 2022: IEEE, pp. 149-152.
- [24] B. W. Chen, C. C. Tsai, C. H. Li, and P. C. Hsiao, "Hybrid navigation of autonomous mobile robots with two independent steering and independent driving wheels," In Proc. 2024 Int. Automatic Control Conference (CACS2024), Aspire Resort, Longtan, Taoyuan, Taiwan. 31 October 31-3 November, 2024.

行業菁英、 創新商模、 數位生態、 卓越薪傳、永續領航

讓世界看見
臺灣中小企業的
—— 驕傲 ——

中小企業加速投資行動方案
持續支持鼓勵企業升級轉型 永續發展

善用政策資源 借力外部專業 中小企業永續之路
從這裡開始

追求卓越的路上
經濟部中小及新創企業署始終與您相伴前行

計畫名稱：中小企業
加速投資行動方案
升級轉型發展計畫

方案名稱：中小企業
加速投資行動方案

經濟部中小及新創企業署
做你後盾成就未來隱形戰力

影片主題：
與標竿同行

堅韌 無畏 穩定前行
YT頻道QR CODE





智慧製造與資訊安全

文 國立臺灣科技大學 機械工程系 教授 李維楨

智慧製造簡介

什麼是智慧製造？廣義的說，從設計到製造的過程中，任何簡化流程、增加生產效率、減少製造時間或降低生產成本的方式，都可視為智慧製造的一部份。早期的生產自動化的做法可視為智慧製造的初階，但智慧製造不光是生產自動化，更要延伸到其他方面，如設計的自動化等。生產自動化早在幾十年前就出現了，主要是利用自動化機械以節省作業員人力，並未牽涉到智慧。

約十年前開始倡導的工業 4.0 或是智慧製造，則是利用數位化（digitalization）的方式及 ICT 科技（包括感測器、物聯網、及軟體技術等）來簡化從設計到製造的流程，由流程上游的設計端所生成的資料或圖檔，透過軟體系統的管理由網路（物聯網）流至下游，而由下游（製造、檢測、採購、排程）所運用，共通的資訊無需重覆生成，大幅減少產品設計開發時間及所需的工程師人力。而於製造過程中所有的資訊可被收集用來做為數據分析以優化產品製程。這樣的生產方式對於大量

生產的產品來說，節省的時間及人力很有限，故不太具有吸引力。但對於少量多樣的產品如模具零件或機械切削加工的產品來說，所能節省下來的時間、人力及成本就很可觀。國內廠商過去較習慣利用人力密集的方式生產大量的產品，因此較少關注智慧製造的議題。然而近年來少子化的情況嚴重，加上半導體產業的興盛造成人才的磁吸效應，導致非半導體相關產業人才短缺的情況更加嚴重，這使得能將所有生產流程的資訊數位化管控、減少對勞力的依賴、降低工程師負擔的智慧製造技術逐漸受到重視。

智慧製造案例

以國內從事智慧製造十多年的上博科技所發展的智慧模具加工技術為例：於模具設計完成後，即可使用電腦輔助製程規劃（computer aided process planning, CAPP）方式，選擇各模具零件所需的加工製程，然後使用特徵辨識方式自動生成加工模具零件所需電極的加工程式，再使用先進規劃排程系統（advanced planning and scheduling, APS）進行製程的

排配，訂定零件加工的先後順序。之後便由彈性製造系統（flexible manufacturing system, FMS）軟體接手製造任務，由機臺監控系統（equipment control system, ECS）來進行機台監控並即時顯示機臺訊息。自動化生產線硬體部份包括了各式加工機臺，如切削中心、放電加工機、線切割機、三次元量床及旋轉料倉等，旋轉料倉中儲存有未加工或已加工的工件及加工所需的刀具，這些工件及刀具上具有二維條碼（QR code）或 RFID Tag，於加工前可藉由掃描這些條碼來將各工件或刀具資訊由系統傳至機臺控制器，如此刀具及工件均無需以人工再進行量測或尋邊，再由系統將加工或量測程式傳至機臺控制器以進行切削或量測。而藉由在軌道上移動之機械手臂來搬運工件或刀具於各機臺與料倉之間，以實現 24 小時 7 天之自動化生產，前述的各項流程如圖 1 所示。

以智慧製造方式進行少量多樣的無人化連續生產的方式在機械加工業中是很少見的，主要原因是除了要有必要的軟體系統來控制整條生產線的資訊、邏輯及流程外，還需要有硬

體做配合，比如說要有自動化的倉儲系統存放工件及刀具，在機械手臂上要能置換夾爪以夾取不同的刀具或工件。此外，進行少量多樣加工通常會需要由工程師操作電腦輔助製造軟體（CAM）生成大量的加工程式，此部份也可透過撰寫 CAM 軟體的二次開發程式（add-in modules）來加速生成。然而，更重要的是要能進行系統整合（system integration），將所有生產線上的軟體及硬體連線，並將生產的資料與其公司的重要系統如企業資源管理系統（ERP）對接，使整個公司的資料得以整合，以完整取得生產線上的資訊來做為精準管理之用。

以著重在機械加工的智慧製造業來看，大部份的公司不是著重於軟體開發，就是硬體連網，較少公司能將兩者進行整合，因為整合軟體加上硬體的難度最高。另一方面，在連續生產的情況下，軟硬體系統中只要有一個元件、通訊或程式出現問題，就可能會導致整條生產線停擺，需要能立即找出問題並加以解決以恢復生產，其壓力及難度是非常高的。此外，整合的系統幾乎都需要客製化，以滿足不同工廠

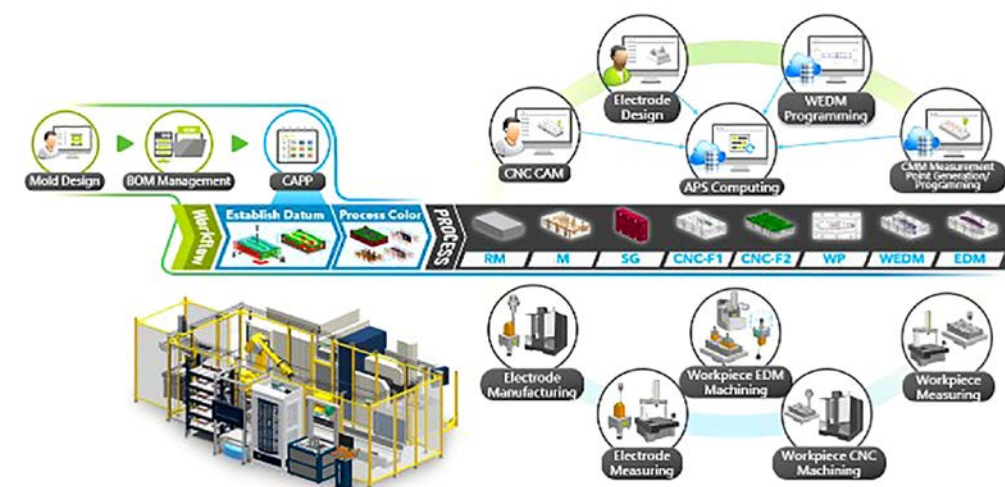


圖 1. 上博科技之智慧模具加工系統架構

的特性及管理的需求。考量到這些因素，就知道要實施智慧製造，需仰賴一個具有軟體、硬體、資料庫及電控等人才所組成的工程團隊才能達成。因此，與其說智慧製造是在整合許多不同的軟硬體系統，不如說智慧製造是在整合一個團隊，唯有靠著團隊通力合作，智慧製造才能成為可能。

從資訊安全的角度 看智慧製造場域

由前述的智慧製造的例子可知，智慧製造大量仰賴 ICT 科技，各種控制器、網路設備及工業電腦各自負責一部份的自動化流程，再藉由網路將彼此的資料串接。這樣的做法看似類似一般的資訊科技（information technology, IT）作業環境，實則不同，以下將做討論。

應用在智慧製造的設備架構及作業系統眾多，除了使用 IT 環境常見的 Windows 各式的作業系統外，也有使用 Linux 作業系統，或是專屬的系統（proprietary system）。而各設備間的通訊協議（communication protocol）更是眾多，如常見的工業控制器中使用的：Modbus、IO-LINK、MQTT、Ethernet/IP 及 EtherCAT 等之外，還有使用在 CNC 控制器上的通訊協定如 OPC UA、MTConnect 或 umati 等。此外，在智慧製造場域常要求生產線不能停機，控制系統通常也沒有備援。而當智慧製造系統完成後也很難按照真實使用情況進行測試，要等到實際生產時才能得到最真實的使用環境。由於擔心機臺對外連線導致資安事件，故電腦或網路設備通常不會即時安裝補丁（patch）或更新韌體。而場域內通訊協議的資安防護不足，以目前 PLC 最常用的通訊協定 Modbus 為例，此協定的資料傳輸是以明碼進行，沒有加密機制，在

client/server 傳輸無法設定帳號及密碼，也沒有認證（certificate）機制。而機臺鑑別（authenticate）使用者的機制也和一般 IT 環境不同，有些控制器是不能設定帳號和密碼，而是使用鑰匙來管制控制器的使用。但為了方便使用或防止鑰匙不見，常把鑰匙固定插在控制器面板上。此外，常見的問題還有在製造場域中有些機臺較為老舊，控制器所使用的作業系統早已無法更新。或是要設定密碼的機臺過多，又沒有管理帳號及密碼的機制，故所有機臺均使用相同的密碼，或是直接採用預設的帳號和密碼，這些都導致了智慧製造場域曝露在高風險的資安環境中。

此外，一般進行工業場域的資安防護，首先考量添加的硬體設備是防火牆（firewall）或是入侵保護系統（intrusion protection system, IPS），這些硬體在過濾封包時會造成延遲（latency），可能會達 500 μ s，這樣的延遲是否會影響到系統的通訊，還是要等系統實際上線才能得知。由此可了解，對於製造場域的資安防護設備的安裝，也必須要小心處理，不是裝的越多就越安全，在保護資安的同時也要考慮到系統的可用性（availability）。由於智慧製造場域通常是連續不間斷的生產，場域的可用性通常是第一優先，要保持場域的可用性，依賴網路的連續性的資料傳輸不可中斷亦不可遺失。否則可能會導致機臺無法連線，引發生產線停機。因此，保護智慧製造場域的資訊安全必須建構在不影響網路資料傳輸的情況下。

或許有些人會認為製造場域內的環境較為特殊，不是攻擊者的主要目標，以下的真實案例可供參考：大約在十年前，美國羅格斯（Rutgers）大學的一位大一資工系學生，因

為他想選修的課都選不到，對學校主機採取了阻斷服務攻擊（denial of service），讓全校學生都無法選課。他的做法是寫了一個程式去掃描網際網路，尋找製造場域中常見的物聯網裝置或監控用網路攝影機（IP cam），一旦找到之後，就用網路上常見的帳號和密碼組合去試著登入。這位學生使用了六十幾組帳號和密碼組合，為了怕被網路入侵偵測系統（intrusion detection system）發現，一部裝置最多只試十組，不成功便放棄，再去尋找下一部物聯網裝置繼續試。如登入成功的話，他就在物聯網裝置中植入一小段攻擊程式。就靠著這樣，第一天就有六萬多部物聯網裝置遭到感染。這些程式會接受這位學生經由命令及控制伺服器（command and control server）下達的指令，在特定的日期及時間對指定的 IP 發送請求指令，導致此特定 IP 的電腦或伺服器無法負擔瞬間湧入的大量指令而當機。由這個案例可知，有些攻擊者所用的手法就是簡單的試誤法（trial and error），只

要使用者修改預設的帳號或密碼，或是不需要使用常見的帳號和密碼，就可大幅降低遭到資安攻擊的風險。這點也可印證在美國國家弱點資料庫（National Vulnerability Database）弱點編號 CVE-2021-38759 上，這是針對在工業物聯網常見的單板電腦 Raspberry Pi 在 2021 年所發布的 critical 等級的弱點，原因在於此單板電腦有預設帳號 pi 及預設密碼 raspberry。不過此問題已於 2022 年修正，目前 Raspberry Pi 已無此預設帳號及密碼。

臺科大之智慧製造 資訊安全實測場域架構

三年多前，國科會開始推動「發展智慧製造及半導體先進製程資安實測場域專案計畫」，由學校來進行智慧製造相關的資安技術研發，並在智慧製造場域進行實測驗證。圖 2 所示為於國立臺灣科技大學工業 4.0 中心所建構之資安實測場域之參考模型（reference model）。

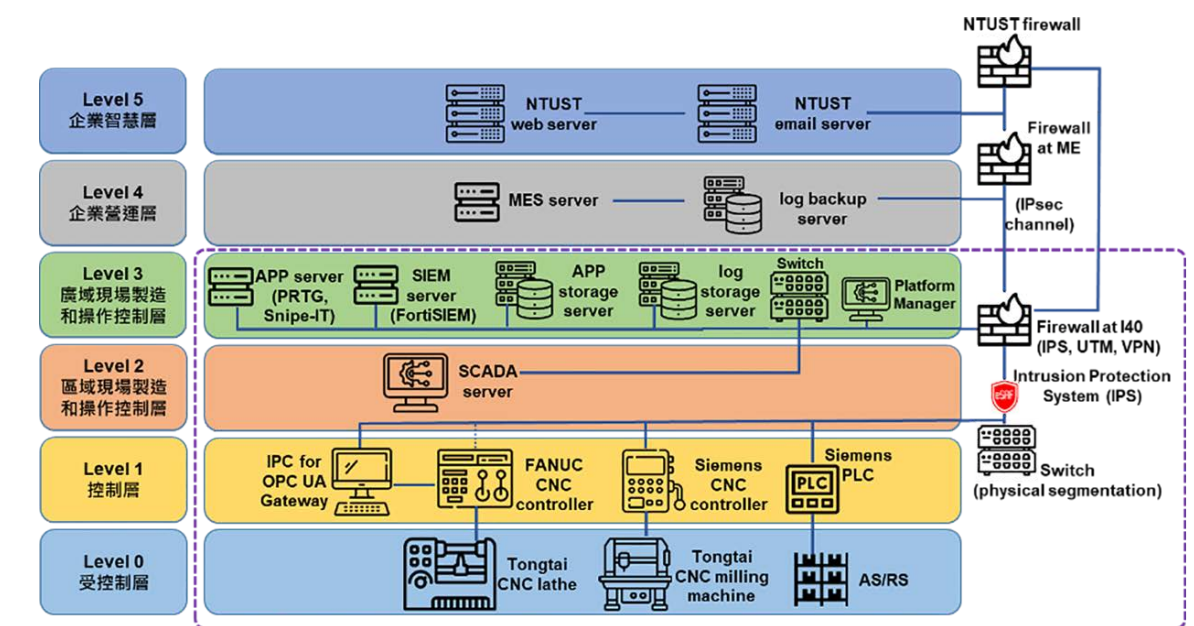


圖 2. 臺科大智慧製造資訊安全實測場域之參考模型

圖 2 中虛線圖框所圈選之設備位於工業 4.0 中心內，而在中心邊界經由 Fortinet 防火牆與架設於遠端機械系的備份伺服器及製造執行系統（manufacturing execution system, MES）伺服器透過網際網路安全協定（Internet Protocol Security, IPsec）進行資料傳遞，而後透過機械系防火牆與學校電算中心的網頁伺服器及 email 伺服器相連，再經由電算中心的防火牆連上網際網路。在工業 4.0 中心（虛線圖框）內的部份，下層主要是中心內的機臺及控制器，包括使用西門子控制器 840D 的東台 CNC 銑削加工中心，以西門子 PLC 控制的自動倉儲系統（automated storage/retrieval system, AS/RS），及採用 FANUC 控制器的東台 CNC 車床。西門子控制器及 PLC 均支援機台通訊協定 OPC UA，封包可加密。而 FANUC 使用其專屬通訊格式，我們也使用格式轉換軟體將其轉為 OPC UA 通訊協定，將整個場域的通訊協定一致化，以方便資料存取。場域中我們採用了研華科技的 WebAccess（SCADA）軟體進行機臺運行及電能消耗的監控。由於工業 4.0 中心包含運營科技（operational technology, OT）及資訊科技（IT）兩部

份，我們採用四零四科技的工業網管交換器 Moxa EDS-G4000 來進行 IT 及 OT 二部份的實體網路隔離（physical segmentation），並在 OT 邊界架設椰棗科技的入侵保護系統 eSAF Frontier 及 platform manager 來保護 OT 網段並收集工控通訊封包資訊以做為分析研究之用，而在這套系統上也可用機器學習（machine learning）的方式來進行異常封包檢測。我們也使用 Fortinet 的安全資訊和事件管理系統 FortiSIEM 將各機臺的日誌（log）集中管理並做網路流量監控。於此實驗場域中，我們也測試了由臺科大資管系黃政嘉老師團隊所開發的外掛式加解密系統，可針對工業網路中多機臺之間的通訊進行加解密，此外掛式加解密系統的基本使用架構如圖 3 所示。

運用 IEC 62443/CNS 62443
做為智慧製造場域中
資訊安全的準則

大約在二十年前開始，國際自動化學會（International Society of Automation, ISA）開始制定工控領域的資安標準，當時稱為 ISA 62443，在這個標準下預計要制定十幾項標準、規範及技術文件。每項標準

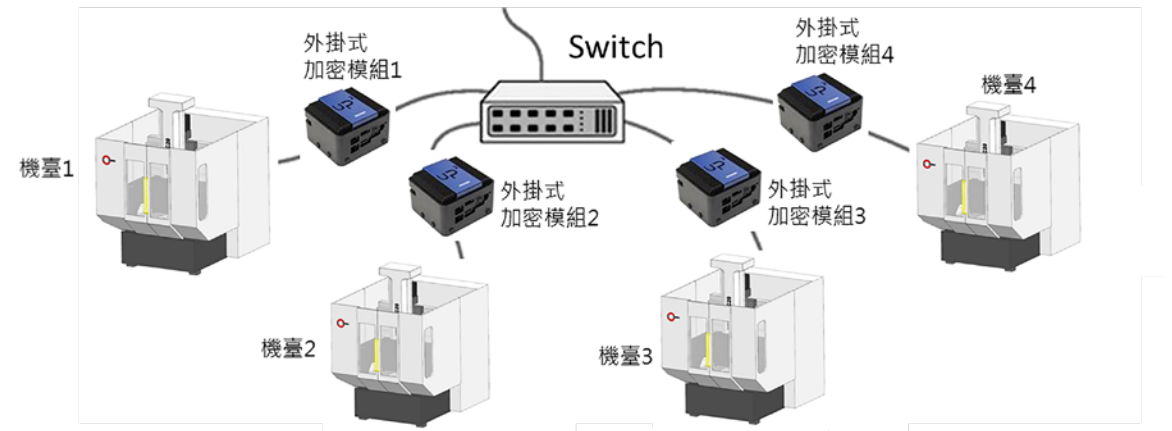


圖 3. 臺科大資管系黃政嘉老師團隊所開發之適用於工控場域之外掛式加解密模組

是經由來自各個公司及機構的代表投票通過才能成立，因此較單一組織制定的標準來的客觀。後來這個標準被納入到國際電工委員會（International Electrotechnical Commission, IEC）的標準內，成為 IEC 62443 標準。由於這個標準是目前世界上少數基於共識的自動化和控制系統資訊安全標準，因此目前中華民國國家標準（CNS）也已採用此標準，成為 CNS 62443（即 IEC 62443 的中文版）。已出版的 CNS 62443 包括了 1-1、2-4、3-1、3-3、4-1 及 4-2 共六份文件。根據 IEC 62443 的標準可以進行國際認證，以確保系統或產品的資訊安全性，並提升產品的價值。以臺科大為例，就已取得 IEC 62443-2-4 及 IEC 62443-3-3 的認證，為國內大學首例，這兩項認證的證書如圖 4 所示。

在這六份文件中，其中 IEC/CNS 62443-3-3 是針對系統資訊安全所訂定，和智慧製造最為相關，以下將探討如何將其應用於智慧製造場域當中。其中 SR 代表在 IEC/CNS 62443-3-3 標準中的系統要求（system requirement），RE 代表除滿足

系統要求外還額外的強化要求（requirement enhancement），SR 及 RE 後的數字代表條文的編號。

首先，為了要避免智慧製造場域中的控制系統遭受攻擊者的登入，控制系統時要能唯一識別（identify）和鑑別（authenticate）登入的使用者。許多控制器提供了用於遠端連線的 API（application programming interface），而這些由遠端透過 API 進行控制器數據擷取或控制的連線一樣也要能夠唯一識別與鑑別。除此之外，控制系統要能支持登入者的職責分離和最小特權（SR1.1, SR1.1RE1），並能新增、啟用、修改、停用、移除登入帳號（SR1.3）。除能要求使用者設置強密碼外，控制系統也在登入錯誤超過指定次數時，需能要求使用者要經過一段指定時間後才能登入。

此外，日誌的收集也是很重要的，當智慧製造產線發生問題，比如說機臺的控制器內的變數應該要改變但實際上並未改變時，我們就有需要查詢日誌的內容來找出原因。由於智慧



圖 4. 臺科大工業 4.0 中心所取得的 IEC 62443-2-4 證書（左）及 IEC 62443-3-3 證書（右）

製造場域內的工業電腦、控制器及網路設備眾多，要逐臺設備去收取日誌相當耗時，故可以透過一些日誌管理軟體，如 Fortinet 公司的 FortiSIEM 軟體，將所有日誌收到 FortiSIEM server 上集中管理及分析。在 IEC/CNS 62443-3-3 當中，也針對日誌的收集有所規範。例如在 SR6.1 中，規範了只能以唯讀方式讀取日誌。SR3.9 中，也要求要保護日誌資訊以避免未經授權的存取、修改和刪除。SR2.9 中明訂要有機制來避免日誌資料量太大超過系統儲存空間。SR2.9 要求每筆日誌要包括時間、來源、類別等，以及 SR2.8RE1 中規範日誌要能集中管理等。

其他在智慧製造相關可考慮執行的包括要能保護資訊穿越不可信任網路（SR4.1RE1），如使用虛擬私人網路（virtual private network, VPN），重要檔案要備份並要驗證備份（SR7.3, SR7.3RE1），要監控邊界通訊及預防未經授權網路流量（SR5.2, SR5.2RE1），重要設備要有緊急電源（SR7.5），智慧製造場域中的電腦禁止收 email 或 LINE 等私人訊息（SR5.3），電腦及網路設備要限制不必要的通訊埠及服務

（SR7.7），場域中的網路要進行適當的邏輯分割（即切割 VLAN）及實體分割（SR5.1, SR5.1RE1），以及系統發生故障後要能恢復到已知安全狀態（SR7.4）等，這些防護的機制如圖 5 所示。

總結

近二十年來，少子化及產業傾斜的問題對機械製造業帶來了極大的挑戰，但新的數位化及 ICT 技術所引發的智慧製造革命卻讓人在這個挑戰中看到了希望。智慧製造絕對不僅是人工智慧，而是多年深耕於機械設計製造領域的專家的智慧及經驗加上新的數位化科技的成果。智慧製造所帶來的工程師的工作簡化及少量多樣的 24 小時 7 天生產成為令人著迷的技術，然而在這技術的背後也伴隨著資訊安全的風險。當我們採用智慧製造技術時，網路安全是一個不可避免的議題。瞭解、導入並遵循相關資安技術及標準如 IEC/CNS 62443 標準，或是採用加密的通訊，或以機器學習或深度學習的方法進行異常封包檢測等，均可以有效地降低資安風險，成功地做為實現智慧製造背後的關鍵科技。



圖 5. 參考 IEC 62443-3-3 之工控場域資訊安全防護機制重點

AI EXPO TOKYO Spring

Japan's Largest B to B Show
for AI Technologies!

[春展]

日本 AI 人工智慧應用展

Date

4.15-17, 2025

Location

Tokyo Big Sight

東京國際展示場

展商類別 Exhibitor Profile

- 生成式 AI / Generative AI
- 深度學習 / Deep Learning
- 機器學習 / Machine Learning
- 自然語言處理 / NLP
- 邊緣 AI / Edge AI
- AI 應用 / AI Application

同期展會 Concurrent Exhibition



Blockchain Expo Tokyo
日本區塊鏈技術應用展



Quantum Computing Expo Tokyo
東京量子計算及通信技術展



DX Human Resource Development Expo
數位轉型人力資源發展博覽會

2024 春展
展後報告

- 9 國、400 家參展商參展
- 同期展會吸引共 28,779 位專業人士參觀

參展費用 Exhibition Fee

※價格皆為暫訂價，若因匯率變動，將另行通知攤位金額。

標準攤位 JPY¥ 975,975
(約8.1sqm) (含日本台灣稅金及登記費)

淨地攤位 JPY¥ 721,875
(約8.1sqm) (含日本台灣稅金及登記費)

*轉角攤位每格加收 ¥ 115,500 (含日/台稅金)

貿易署補助申請中，從優補助！

補助標準

Subsidy Guidelines

- 參展商須配合補助資料繳交，審查後於展後提供補助款給參展商
- 參展規模未達 5 家廠商、6 個攤位，本會將不組團、不補助

TAIROA 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association

Fion Chen

+886-4-2358-1866 ext. 14

fion@tairoa.org.tw





移動式機器人社交導航系統於超商之應用

文 國立陽明交通大學 電控工程研究所 教授 楊谷洋

亞洲的韓國、台灣、和日本是全世界超商密度最高的國家，而台灣高居第二位，平均每兩千人就擁有一間，但由於人力資源日漸短缺，以及長時工作的特性，超商的營運逐漸面臨考驗，邁向無人化與自動化已然成為時代的趨勢。但現今的超商已不再只是間全年無休的零售商店，它提供各式各樣、五花八門的服務，除了基本的櫃台結帳、貨架巡查與補貨、店面清潔之外，像是帳單、購票、影印等都得應對，再加上各種熟食的管理，這些都在增添超商自動化的難度。面對這些任務，現階段作為自動化要角的機器人是太可能全面性取代上述所有工作，以它的能力來看，機器人較適合應用於庫存檢查、補貨、與顧客基本的互動、或是清潔等工作^[1]，而本篇文章會著重在超商的自動補貨，一方面是它具有較高的可行性，另一方面，有效解決缺貨情形對於超商的營運相當重要，然而，補貨任務依然具有高挑戰性，因為貨架之間的走道通常十分狹窄，並且周圍偶而就會有顧客出現，如何能讓機器人成功地完成補貨工作，同時不致於影響到顧客的採購，甚至讓他們全然沒感覺到機器人的存在是研發的重點。

在之前的相關研究中，Zhang 等人提出使用卷積神經網絡（CNN）訓練超市購物機器人進行產品識別^[2]，Gross 等人提出設計可用於顧客引導之互動式購物機器人^[3]，而 Yedla 等人則提出一個學習型物件檢測系統^[4]；在實際的商業應用中，日本的 Family Mart 已經實地安裝補貨機器人系統，允許店員通過虛擬實境技術遠程控制補貨^[5]，舊金山的迪卡儂（Decathlon）也已經部署能夠實時追蹤庫存狀態的貨架掃描機器人系統^[6]。儘管已取得這些進展，超商自主補貨系統仍然具有強烈需求，特別是針對機器人路徑規劃、導航和控

制的有效策略及對顧客安全的細緻處理。到目前為止，直接針對類似超商環境的避障路徑規劃方面研究相對較少，Lewandowski 等人提出一個針對超市的社交感知機器人導航系統，採用 DWA（Dynamic Window Approach）演算法和個人空間規劃^[7]，他們所採取的策略相對保守，讓機器人在執行任務時與顧客維持較大的距離；為了實現智慧超市，Zhang 等人提出一個基於致動器網絡和物聯網的混合解決方案^[8]，由於他們旨在設計機器人作為購物助手，因此導航系統更關注於如何應對服務需求，而不是以避障為重點；為了應對超市中的

狹小工作空間和多樣的商品，Hu 等人提出一種基於六自由度機械手臂軌跡規劃方法以實現自動取貨^[9]，然而他們的主要考慮是確保機器人手臂不會與商品、而不是與人的碰撞。

基於移動式機械手臂（Mobile Robot Manipulator）結合了多軸機械手臂與移動平台，因此它不僅可以在工作場域中自由移動，又可運用靈巧的手臂取放物件，對於在超商中梭巡、完成商品上下架工作來說是極佳的選擇，因此，本研究選擇以工研院機械所打造的移動式機械手臂 MARS 作為系統平台，依據適用於商場環境及移動式機械手臂安全規範開發超商自動補貨系統，我們之前在參與陽明交大電機系蕭得聖教授帶領的團隊進行倉儲自動化機器人技術研發時，已經有使用 MARS 的經驗，此次將針對超商應用進行研發，由於超商是人與機器人共存的环境，安全性是關鍵所在，在相關策略的開發上著重於避免與人員與物品的碰撞，進一步為了提高員工與顧客的舒適度，特別引進社交導航的概念，以期系統在高效率達成任務的需求下，確保人

員在補貨過程中亦能安全與自在。

機器人社交導航系統

圖 1 顯示所開發的超商機器人自主補貨系統架構，其中包括作為特色之具社交意識機器人導航模組，此系統涵蓋補貨任務規劃、路徑規劃與導航、補貨與模型預測控制、以及感測器融合等模組，經啟動後，系統會按時派遣 MARS 進行巡邏，利用配備的深度相機（Depth Camera）檢查貨架是否缺貨，通過任務規劃模組確定適當的補貨順序後，接續經由導航功能移動 MARS 到指定的貨架，再運用控制策略執行補貨，在導航和補貨過程中都會考慮到顧客的存在，由於補貨工作涉及到移動平台和多軸機械手臂的共同運動，因此運用模型預測控制進行協調，在此同時，感測器融合模組融合機器人里程計（Odometer）、光學雷達（Lidar）、與慣性測量單元（IMU）的資訊來達到規劃路徑所需的精確度，接下來依序說明各主要模組的關鍵技術及其運作情形。

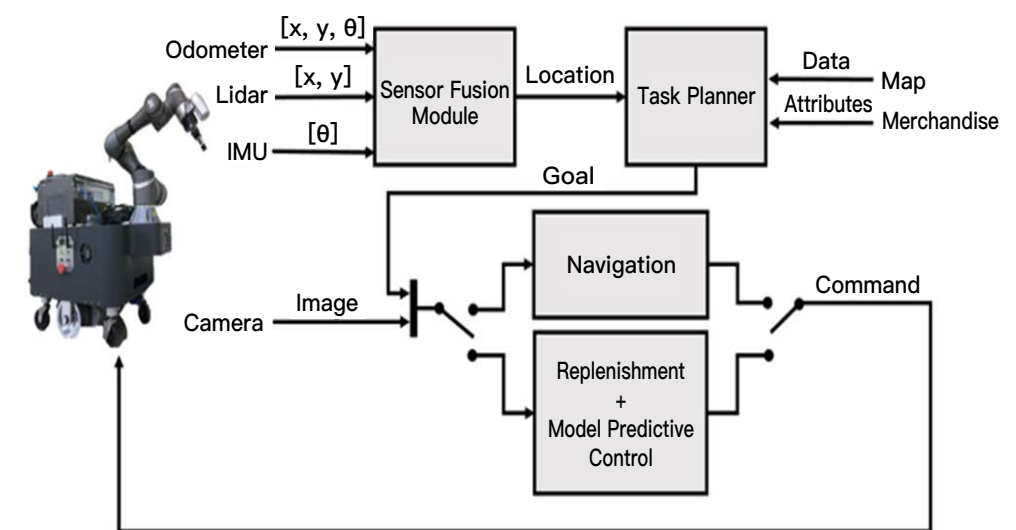


圖 1. 以工研院機械所 Mars 為平台之超商自主補貨系統架構圖

1.1 任務規劃

任務規劃模組的目標是找到一組依據商品缺貨情形之高效率補貨順序，乃利用 A* 演算法從所有可能補貨路徑中找出對應到最短路徑的順序。首先，機器人依設定巡視貨架，系統則記錄缺貨商品的種類、數量以及它們在貨架上的位置，假設有 N 件缺貨商品，而機器人一次可攜帶 m 件商品，因此 A* 演算法需要在 N 個商品的 m 個排列組合中尋找其中對應到最短路徑順序。由於搜索次數預期會非常龐大，所以我們提出兩個規則以避免不必要的搜索：（1）相同類型的商品和（2）同一貨架上的商品均必須相鄰，經過此二規則的篩選，組合數會大幅地減少，接下來再經由 A* 演算法從其中找出符合最短路徑的組合，接續送至路徑規劃模組。依據上述的說明，執行步驟條列如下：

第一步：派遣機器人進行貨架巡視，並將缺貨商品的資訊記錄到資料庫；

第二步：在所有 N 個商品的排列組合中，保留符合所設定兩種規則的組合；

第三步：從剩下的組合中，利用 A* 演算法找達到對應到最短路徑者；

第四步：將該組合輸出作為路徑規劃的對象。

1.2 路徑規劃、導航、與控制

在得到補貨順序後，系統接續規劃一條能夠按順序到達目標貨架的路徑，同時也會動態調整速度以避免在導航過程中與出現的顧客發生碰撞。首先，我們利用 A* 演算法來規劃一條能夠在靜態障礙物（例如走道上的貨架或牆壁）存在的情況下到達目標貨架的路徑，此時機器人移動平台先預設以最大允許速度依循該路徑行進；然而當顧客出現時，機器人需要調整速度以確保不僅能避免碰撞，還能兼顧到顧客的舒適度。為了滿足這兩個需求，我們提出一種基於 DWA 的新演算法，稱之為 DWA-PS，該方法考慮顧客個人空間（Personal Space, PS）的影響以提升其舒適度，稍後加以說明。圖 2 顯示如何將 A* 演算法和 DWA-PS 結合來推得一條同時考慮到動靜態障礙物的路徑，圖 2 中，紅色線表示由 A* 演算法所規劃的路徑 S^A ，當顧客出現後，系統利用 DWA-PS 先計算出適當的線性和角速度 V_B （ v_B, ω_B ）以避免碰撞到移動中的顧客，在考慮到他們的舒適度情形下，會再進一步減速或保持原來速度得到最終之 V_C ，所對應之新路徑為 S^B （綠色線）。

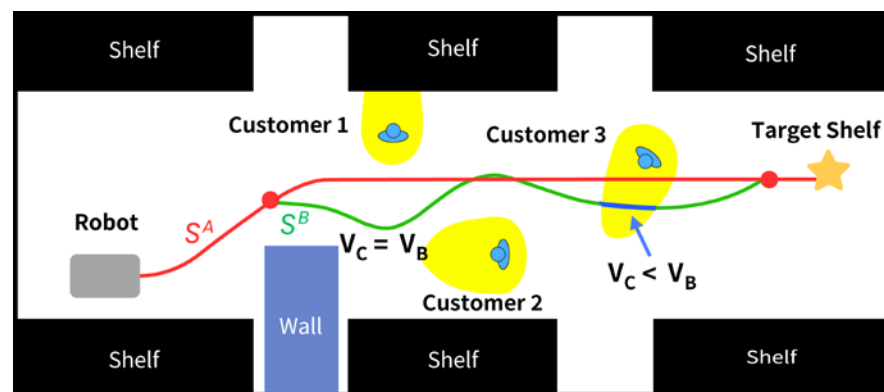


圖 2. 結合 A* 演算法和 DWA-PS 規劃出避障與具舒適度之路徑

由於 A* 演算法較為人所熟知，我們省略它的說明，DWA-PS 的運作如下，DWA 是知名的即時避障策略，它利用速度進行路徑規劃，為了確定沿著路徑的直線速度和角速度（ v, ω ），需要考慮三個主要因素： S^A 和 S^B 之間的角度（表示它們彼此接近的程度）、 S^B 和最近顧客之間的距離、以及移動的速度，DWA 的目標是找到在最小化兩路徑間角度與最大化與顧客距離的情形下所允許之最大（ v, ω ），由於顧客隨時會出現，DWA-PS 被設定為每隔 m 秒調整一次速度，期間系統會運算 n 次（在實驗中設定 $m = 2$ 和 $n = 20$ ），基於安全考量，與顧客的距離至少需為 0.8 米，而 v 和 ω 值都有所限制，以允許有足夠的減速時間來防止機器人與顧客發生碰撞。

經由上面的程序可推導出對應到 S^B 之 V_B ，在不改變 S^B 的情形下，為了提升顧客的舒適度，我們進一步將 V_B 調整為 V_C ，這就會運用到個人空間的概念，人們通常不喜歡其他人（包括機器人）靠得太近，因此就會在身體四周形成一個不願意被侵犯的範圍，它的大小在不同文化、性別、或個人都會有所不同，根據 [10]，當人與機器人之間的相對距離 D 在 0.46 米內時，人會感到不舒服，而在 3.7 米以上時則可以接受，此種感受會因個體而異，以 [10] 為參考，我們設定當 $D > 3.7$ 公尺時， $V_C = V_B$ ；而當 $D < 0.46$ 米時， $V_C = 0$ ，即完全停止；在兩者之間， V_C 會隨著人與機器人的接近程度逐漸降低。圖 3 為本文針對超商環境所選定之個人空間示意圖，它有一個較大（小）的前（後）方區域，各為橢圓（圓）的一半，因為人們更在意前方接近的物體，此個人空間對速度 V_C 的調整取決於顧客和機器人之間的相對距離 D 和方向 θ ，我們使用高斯分佈函數

$f(x, y)$ 來進行橢圓形部分的建模，其中（ x, y ）是機器人的位置，（ σ_x, σ_y ）是沿 x 軸和 y 軸的標準偏差，分別選擇為 2.8 和 0.24，以匹配 D 為 3.7 和 0.46 的數值，公式如下：

$$(1) f(x, y) = e^{-(f_x + f_y)}$$

其中

$$(2) f_x = \frac{(D \cos \theta)^2}{2 \sigma_x^2}, f_y = \frac{(D \sin \theta)^2}{2 \sigma_y^2}$$

從上面公式可知，當（ x, y ）=（0,0）時， $f(x, y)$ 達到最大值 1，隨著 D 和 θ 的增加而遞減， $ps(x, y)$ 為用於調整 V_C 大小的權重因子，如（3）和（4）式所示：

$$(3) V_C = ps(x, y) * V_B$$

$$(4) ps(x, y) = \begin{cases} 0, & D \leq 0.46 \\ 1 - f(x, y), & 0.46 < D \leq 3.7 \\ 1, & D > 3.7 \end{cases}$$

圖 3 所顯示的個人空間還有更多可能的應用方式，由於在超商的環境較為狹小，本文僅考慮到保持適當的距離，未來如果運用在像是超市或大賣場的環境，可以涵蓋更多的社交因素，例如在台灣行人習慣靠右走，日本、香港則是靠左，或是大家都會同意應該禮讓對方先行，因應各種不同的社交因素，我們可以讓個人空間在前、後、左、右方向各個部位的大小與形狀都能依據不同的規範來調整，比方說，

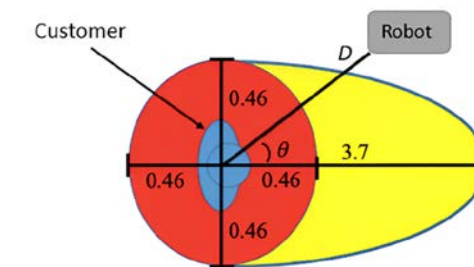


圖 3. 根據超商環境選定之個人空間示意圖

當機器人和人在交會時，如果我們希望它能靠右通過、並禮讓對方先行，可以選擇讓個人空間有較小的左、後方部位，演算法就能依此讓機器人產生上述的行為；另一方面，如果是應用到像是醫院的環境，機器人所面對的人流當中可能就包括乘坐輪椅、拄著拐杖、躺在病床上的患者，以及可能的陪診親屬，因此，除了不同形式的個人空間之外，也需要掌握群體所形成的空間關係^[11]。藉由社交導航概念的多方實踐，未來機器人也就更有機會為人類社會所接受。

有了上述的規畫路徑與執行速度，接下來就須進行因應的控制以確保機器人能夠依規劃行進，由於需同時面對移動平台與多軸機械手臂的移動，因此系統採用模型預測控制（Model Predictive Control）^[12]，原因在於它能即時處理多變數及多限制的規劃，並且在抗干擾能力方面也具有一定的強健性，其系統架構如圖 4 所示，目標為在滿足約束條件與成本函式要求下推演出能夠完成規畫路徑的最佳控制輸入，在圖 4 中， X_D 包括移動平台的導航與多軸機械手臂的補貨兩項規畫路徑，Optimizer 則根據約束條件（constraints）與成本函式（cost function）推算出最佳控制輸入 U ，再將其傳至移動式機器人加以執

行，所得到的機器人狀態 X 與輸入 U 則送入 Predictive model 推得預測之 X_p ，此程序會重複進行直到完成規畫路徑 X_D 為止。

實驗結果與討論

我們實地在超商進行一系列的測試來評估此行動式機器人社交導航系統的有效性，特別感謝陽明交大新竹校區附近大學路的萊爾富以及校內的 7-Eleven 兩家超商願意讓我們團隊進行實驗。在實地實驗之前，我們先行檢驗系統任務規劃模組的功能，可以發現即使只有少量物品，所對應到的補貨順序數量已經相當龐大，以四個貨架、六種缺貨物品為例，假設每個貨架上分別缺少 3、1、0、2 個物品，總共就會有 360 種組合，利用所提出的補貨策略可以有效地將組合減少到只剩 24 種，如此一來 A* 演算法就能以較短的時間找到對應最短路徑的補貨順序。

在第一組實驗中，我們觀察機器人在面對一位顧客時會有何種反應，右頁圖 5 顯示機器人的應對情形，它在前往目標貨架的途中遭遇一名顧客，為了避免發生碰撞、並考慮對方的個人空間的情形下，系統啟動 DWA-PS 演算法讓機器人離開原設定路徑、並減慢速度，等通過顧客後則恢復原來速度、並回歸

原路徑。圖 6 顯示機器人面對一位迎面而來顧客的情形，圖 6 (b) 顯示分別採用 DWA 和 DWA-PS 演算法的路徑，相較於 DWA，由於 DWA-PS 考慮到個人空間，因此在通過顧客時會保持較大的距離；此外，我們也測試顧客從後方接近的情形，DWA-PS 在對方移動緩慢時會讓機器人保持原來速度，當其快速行進時，則會減速、並輕微轉向，方便對方通過。



圖 5. 機器人遇到一位採購中顧客的應對情形

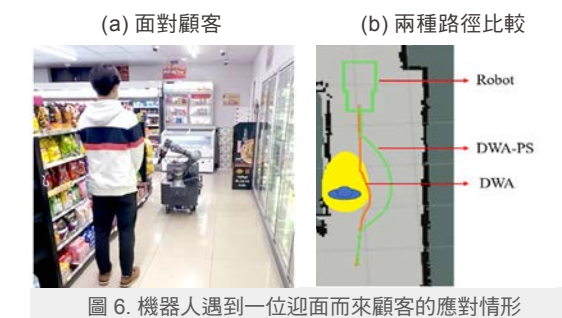


圖 6. 機器人遇到一位迎面而來顧客的應對情形

接續，在第二組實驗我們進行面對多位顧客的測試，圖 7 顯示機器人面對三位顧客的情形，如圖 7 (b) 所示，DWS-PS 成功地找到一條無碰撞且可慮到個人空間的路徑，然而當通道擁擠到讓 DWS-P S 無法找到可行路徑時，系統會考慮繞行到其他走道，如果仍然找不到，系統會命令機器人停下等待，再進行後續。通過這些測試驗證了在有顧客的情形下，此系統能夠在同時顧及安全效率和效率下執行補貨任務，而所提出之 DWS-PS 能達到提供顧客舒適度的目的。

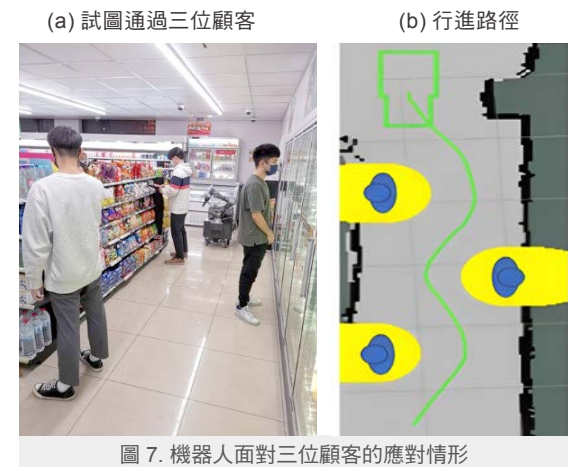


圖 7. 機器人面對三位顧客的應對情形

結論

本文提出一可應用於超商之移動式機器人社交導航系統，為了能在狹窄的通道中實現安全導航、並在顧客存在的情況下保持工作效率，我們提出能同時考慮顧客安全和舒適性的 DWA-PS 路徑規劃演算法，以及補貨和控制策略，充分利用到移動式機器人的靈活性與彈性，並透過一系列實地在超商環境的實驗印證所開發系統的有效性；在此同時，我們也觀察到不同顧客的各種反應，有些人一見到機器人就立刻閃開，也有人專注到無視於身邊的機器人，這些資訊都是團隊未來讓社交導航系統更加實用、更接地氣的參考。小小的超商帶來了大大的挑戰，以台灣超商的數量以及對我們生活便利性的影響，自動化是一條必然要走的路，但在可見的未來，機器人並無法全面接管超商，還是需要與人共同合作，在這過程中，為了讓機器人能迅速到位，超商的擺設、動線等必須有所調整，商品的包裝與設計也要盡可能適合機械手臂的夾取，我們也將致力於提升系統的功能使其足以處理更複雜的任務，並進一步應用到像是超市等更多不同的場域。

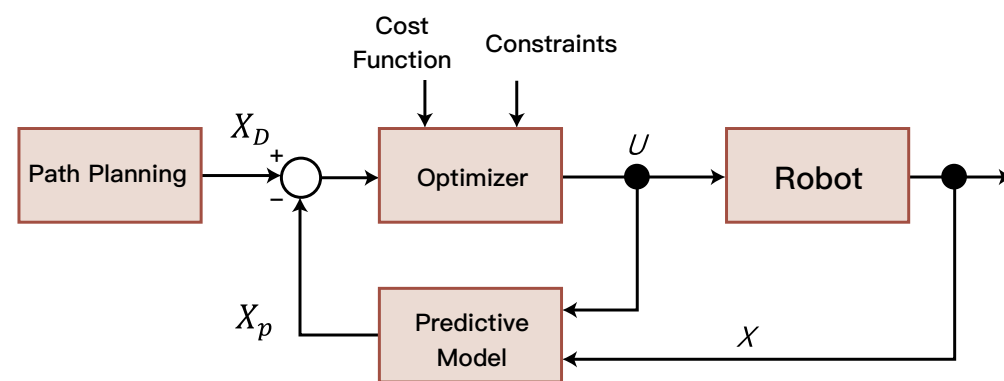


圖 4. 模型預測控制 (MPC) 之系統架構圖

2025.03.06 - 03.08

泰國電子智慧製造系列展

泰國曼谷國際貿易展覽中心

88 Debaratna Rd, Bang Na Tai, Bang Na, Bangkok 10260

Intelligent Asia 是台灣最大且具指標性的工業機械展覽會之一，每年吸引超過 20 萬名觀展人。2024 首次跨出台灣進軍泰國，由 Yorkers Trade & Marketing Service Co., Ltd 舉辦首屆泰國電子智慧製造系列展，匯集來自中國、德國、香港、印度、日本、馬來西亞、墨西哥、波蘭、新加坡、南韓、泰國、美國及越南等國家的參展商，共同為新東協電子產業注入新的供應鏈量能。

展會聚焦**工業自動化、智慧電子製造、電子及汽車製品、智慧光電、雷射與顯示應用、電池電源與儲能、印刷電路板**等領域，均為泰國投資促進委員會（BOI）所公佈的「新戰略」優先產業！

2024 展出成績

參展商	參展國家和地區	展出總面積	參展人數
203	14	6,600 m²	8,111

攤位費用

* 以下費用需另加 5% 發票稅。

標準攤位	淨地
400 USD / 平方米 (最少 9 平方米)	360 USD / 平方米 (最少 18 平方米)

- 展位分配是由主辦單位根據展位大小、申請日期、付款日期順序或連續參展等。
- 展位設計可能會因主辦單位的情況而改變。
- 平面圖可能會因主辦單位或其他公司的展位位置狀況而隨時改變。

主辦單位：
Yorkers Trade & Marketing Service Co., Ltd

協辦單位：
台灣智慧自動化與機器人協會、台灣電子設備協會、台灣區模具工業同業公會、台灣流體傳動工業同業公會、德國經濟辦事處、經濟日報
支持單位：台灣區電機電子工業同業公會、台灣電路板協會
執行單位：展昭國際企業股份有限公司



聯絡人 | Fion Chen fion@tairoa.org.tw ; 04-23581866#14

參考文獻

- [1] Wada, K., "New robot technology challenge for convenience store,"IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp. 1086-1091, 2017.
- [2] Zhang, X., Lu, H., Xu, Q., Peng, X., Li, Y., Liu, L., Dai, Z., and Zhang, W., "Image recognition of supermarket shopping robot based on CNN,"IEEE International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications, pp. 1363-1368, 2020.
- [3] Gross, H.-M., Boehme, H., Schroeter, C., Müller, S., König, A., Einhorn, E., Martin, C., Merten, M., and Bley, A., "TOOMAS: interactive shopping guide robots in everyday use-final implementation and experiences from long-term field trials,"IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2005-2012, 2009.
- [4] Yedla, S. K., Manikandan, V., and Panchami, V., "Real-time scene change detection with object detection for automated stock verification, "International Conference on Devices, Circuits and Systems, pp. 157-161, 2020.
- [5] Remote-controlled robot staff tested in Japanese convenience store. Available online: <https://interestingengineering.com/culture/remote-controlled-robot-staff-tested-in-japanese-convenience-store>. (accessed on 25 October 2024).
- [6] Simbe robotics brings Tally to streamline Decathlon's store experience. Available online: <https://www.decathlon.com/blogs/inside-decathlon/simbes-robotic-tally-decathlon>. (accessed on 25 October 2024).
- [7] Lewandowski, B., Wengefeld, T., Müller, S., Jenny, M., Glende, S., Schröter, C., Bley, A., and Gross, H.-M., "Socially compliant human-robot interaction for autonomous scanning tasks in supermarket environments,"IEEE International Conference on Robot and Human Interactive Communication, pp. 363-370, 2020.
- [8] Zhang, Y., Xiao, Z., Yang, J., Wraith, K., and Mosca, P., "A hybrid solution for smart supermarkets based on actuator networks,"International Conference on Information, Communication and Networks, pp. 82-86, 2019.
- [9] Hu, W., Qiu, J., Zhang, F., Yang, Q., Wang, P., and Geng, C., "Control and fetching strategy of goods-picking robot in the self-service supermarket, "International Conference on CYBER Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems, pp. 1285-1288, 2019.
- [10] Patompak, P., Jeong, S., Chong, N.Y., and Nilkhamhang, I., "Mobile robot navigation for human-robot social interaction, " International Conference on Control, Automation and Systems, pp. 1298-1303, 2016.
- [11] Batista, M. R., Macharet, D. G., and Romero, R. A. F., "Socially acceptable navigation of people with multi-robot teams,"Journal of Intelligent and Robotic Systems, vol. 98, no. 7, pp. 481-510, 2020.
- [12] Ide, S., Takubo, T., Ohara, K., Mae, Y., and Arai, T., "Real-time trajectory planning for mobile manipulator using model predictive control with constraints, "International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, pp. 244-249, 2011.



基於蟻群演算法的鍛造離型劑 自動化噴塗路徑優化研究

文 國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 助理教授 彭達仁
國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 助理教授 陳騰仁
國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 蘇挺綸
國立勤益科技大學 智慧自動化工程系 林忠潔

本研究針對鍛造產業中因人力短缺及作業環境惡劣所面臨的挑戰，開發了一套基於蟻群演算法（Ant Colony Optimization, ACO）的自動化噴塗系統，應用於鍛造過程中離型劑的噴塗作業。傳統人工噴塗不僅效率低，且易受人員疲勞影響導致品質不穩定，而本研究中的自動化系統能通過蟻群演算法動態生成最優噴塗路徑，確保離型劑的均勻覆蓋，並有效解決石墨堆積和卡模等問題。實驗結果顯示，該系統在實際鍛造生產線上的應用顯著提高了生產效率，使換線時間由原先的 3 小時縮短至 30 分鐘，生產效率提升至兩倍，鍛件不良率降低 91.3%。此外，工件表面品質大幅提升，石墨堆積現象得到抑制。

此系統的設計不僅使操作簡單化，讓無經驗的工人也能快速上手，還在高溫、高壓的鍛造環境下保持機械手臂的穩定運行，確保噴塗品質的一致性。本研究成果表明，通過自動化技術與優化演算法的結合，能有效提升鍛造過程的生產效率和產品品質，同時減少了对人力的依賴，降低了工人的職業傷害風險，為未來自動化鍛造技術的應用提供了有力支持。



關鍵字：

蟻群演算法、全自動路徑生成、
噴塗離型劑、鍛造自動化



在鍛造工業中，離型劑的噴灑是一個至關重要的環節，對於鍛件的品質和模具的壽命具有極大的影響^[1-2]。鍛造過程涉及高溫、高壓的環境，鍛件與模具之間的摩擦力巨大，

若潤滑不足，將導致嚴重的品質影響和卡模現象，甚至造成模具損壞或工件報廢。噴灑離型劑的目的在於降低摩擦、提高成形品質，並延長模具的使用壽命^[3]。然而，離型劑的均勻噴塗是實現這些目標的關鍵。一旦噴塗不均勻，將導致工件表面品質不穩定，甚至引發品質缺陷。此外，過量的離型劑積聚也會影響鍛件的表面品質，增加清理成本^[4-5]。傳統上，這一過程主要依賴人工作業，工人需要在高溫環境下手動控制噴槍進行噴塗作業。這不僅存在

操作不穩定的風險，還容易因長期作業引發操作人員的身體疲勞，增加職業傷害的風險。同時，人工噴塗難以精確控制每次的噴塗量與範圍，這使得工件表面品質難以保證一致性。隨著自動化技術的興起，將機械手臂應用於潤滑劑噴塗過程中成為解決這些問題的一種有效途徑。然而，自動化導入並非易事。首先，鍛造生產環境的高溫和惡劣條件對機械設備提出了嚴苛的要求，特別是機械手臂在長時間運行下如何保證穩定性和精度是一個挑戰。其次，不同模具和工件的形狀、尺寸各異，這要求自動化系統能夠靈活應對各種生產情況，快速生成最佳路徑，實現精準噴塗。傳統固定路徑的自動化系統無法有效適應這種多變的生產需求，導致噴塗品質和效率難以提升。為了解決這些困難，本研究提出了一種創新的自動化解決方案，聚焦於鍛造過程中離型劑噴塗的自動化。該解決方案主要聚焦在兩個方面：首先，透過機械手臂的自動化操作來替代人工噴塗，從而減少工人在高風險環境中的暴露時間；其次，開發一套全自動手臂路徑生成軟體，以縮短每次生產線切換所需的時間，並提升生產效率。

本研究採用蟻群演算法（Ant Colony Optimization, ACO）來優化噴塗路徑。蟻群演算法是一種模仿螞蟻在尋找食物過程中的行為特徵而設計的元啟發式算法，其核心思想是利用螞蟻釋放的費洛蒙來引導後續螞蟻選擇路徑。在噴塗過程中，該算法能夠動態計算最優路徑，確保離型劑均勻覆蓋模具和工件的表面，從而提升噴塗品質和生產效率。藉由這種自動化路徑規劃技術，本研究旨在克服傳統噴塗技術中存在的不足，並為自動化鍛造過程提供更高效率的解決方案。

研究方法與設備

3.1 研究設備

3.1.1 鍛造機

本實驗直接投入到真正工廠產線當中進行實驗並驗證成果轉移技術，使用的設備是精鍛 - 熱鍛造機 FP- 1000G 最大能力 1000 噸如圖 1。



圖 1. 熱鍛造機 FP-1000G



圖 2. 噴槍結構與控制系統

3.1.2 機械手臂

在實驗場地中，使用了 FANUC M20-iA 型號的機械手臂，並自主開發了新的噴槍結構、控制系統（如圖 2 所示）以及可移動式底座。

控制系統的設計採用了電磁閥技術，將其精確安裝在噴槍上，用於控制噴塗量的多寡。此外，因模具需要保持在高溫環境下，所以需要機器手臂穿著防火衣，防止因長時間運行及高溫環境導致手臂壽命降低（如圖 3 所示）。這些改進不僅提高了系統的穩定性和耐用性，也確保了在高負荷環境下的長期使用性能。

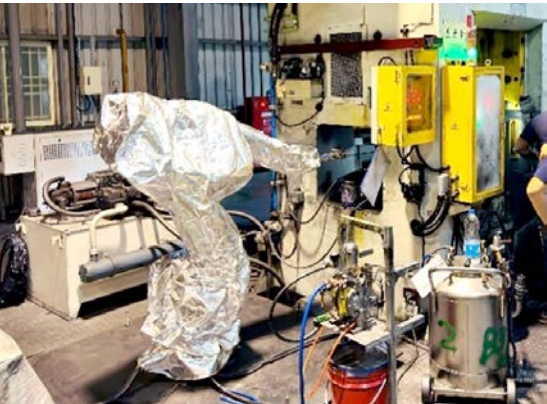


圖 3. FANUC 機器手臂 M20-iA

3.1.3 熱鍛模具

在本次研究及實驗中，我們使用的模具如圖 4 所示，採用兩種不同大小的汽車避震器的鍛造模進行實驗。為了確保實驗數據的一致性，實驗中鍛造機的熱模溫度均保持在約 140 度，而粗鍛鋁料的溫度會使用隧道式加熱爐保持在約 300 度如圖 5。這樣的溫控措施有助於評估不同條件下模具的鍛造效果。



圖 4. 汽車避震器上座鍛造模



圖 5. 粗鍛鋁料

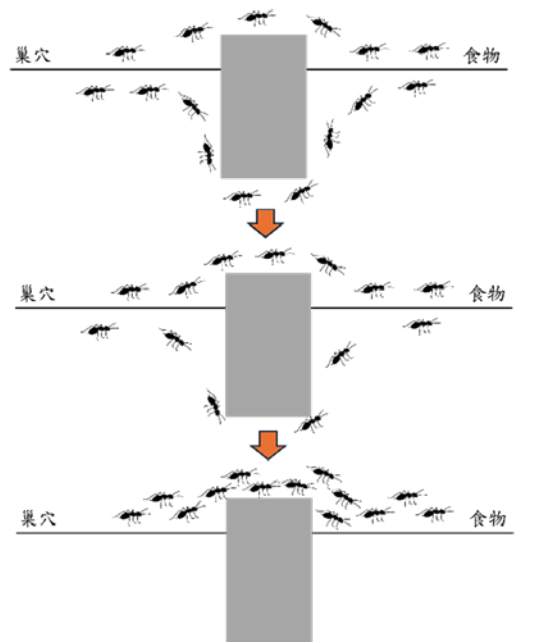


圖 6. 自然界螞蟻的覓食行為圖

3.2 蟻群演算法

3.2.1 蟻群演算法路徑規劃

為了因應時常換線換模的情況，本研究所開發出的軟體，必須有著能夠因應時常換線換模的特點，能夠讓零基礎的員工快速上手，並且不會因為軟體操作失誤導致機器損壞。

傳統的路徑規劃方法，往往難以處理複雜的環境或實現全局最優解，所以本研究運用

蟻群演算法（ACO）^[6]，靈感來自於螞蟻的行為生態，特別是在尋找食物源過程中的費洛蒙交流機制。通過模擬螞蟻在其探索路徑上釋放並感應費洛蒙的策略，此演算法能夠在複雜的搜索空間中有效地指引搜索群體逐步逼近全局最優解，如圖 6 所示。

3.2.2. 蟻群演算法之流程

在這項研究中，首先利用一張具有斜率特徵的模具圖作為基礎如圖 7，通過將此圖片轉換成灰階，提取出各個區域的斜率大小，將斜率大的區域設定為地形的低處，從而模擬出一個高度變化的矩陣如圖 8。這個矩陣代表了一個不均勻的地形表面，其中螞蟻更傾向於選擇省力的低處，這些低處對應於現實中能量消耗較少的路徑。

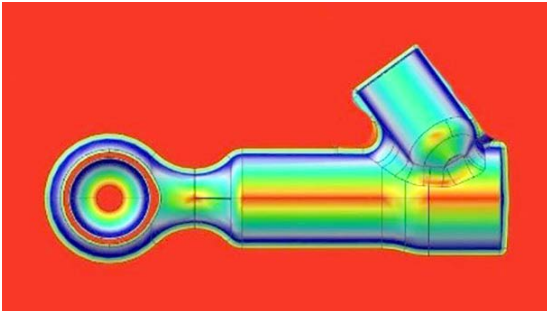


圖 7. 模具斜率圖

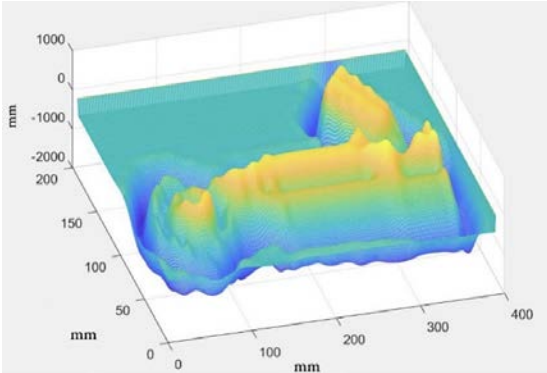


圖 8. 轉換後模具高度信息圖

接著將蟻群演算法（ACO）應用於這個模擬環境中，螞蟻在這個數據生成的地形上開始其搜索活動，每隻螞蟻會根據高度信息選擇其路徑。在探索過程中，螞蟻會在其所經過的路徑上留下費洛蒙，這些費洛蒙會隨時間衰減，模擬自然環境中的費洛蒙蒸發，同時保障了路徑探索的多樣性。

隨著算法迭代，螞蟻趨向於選擇費洛蒙濃度較高的路徑這通常代表著能量效率更高的路線。演算法持續進行直到達成終止條件，如達到最大迭代次數或解的穩定性。詳細流程如圖 9 所示。

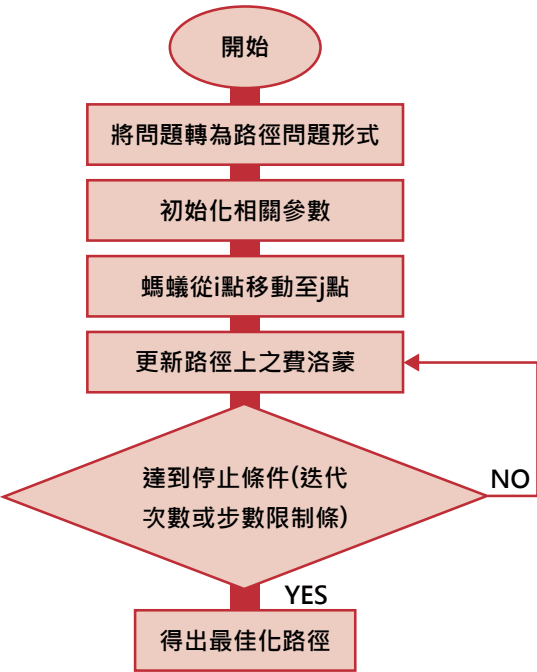


圖 9. 蟻群演算法之流程圖

蟻群演算法中如式 (1)，路徑選擇概率 $P_{ij}^k(t)$ 是基於每條路徑上的費洛蒙濃度 $\tau_{ij}(t)$ 與路徑的期望值資訊 η_{ij} 來決定的，這兩個因素透過調參數 α （費洛蒙濃度的影響力）和 β （期

望值資訊的重要性)的權重進行平衡。當螞蟻從節點*i*選擇下一個節點*j*時，將根據 $[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}(t)]^\beta$ 當每隻螞蟻選擇完所有的節點時，即建構出一個解，此時要以式(2)對路徑上的費洛蒙進行更新，每完成一次費洛蒙更新即完成一次迭代，當產生的最佳解不再變動或是迭代到固定的次數後，就結束蟻群最佳化演算法，得出最佳路徑。

(1)

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{j=1}^n [\tau_{ij}(t)]^\alpha \times [\eta_{ij}(t)]^\beta}$$

每條路徑的費洛蒙濃度 $\tau_{ij}(t)$ 是基於上一次迭代的費洛蒙濃度 $\tau_{ij}(t-1)$ 經過一定比例的揮發後加上該時間段內所有螞蟻對該路徑的費洛蒙增量 $\Delta\tau_{ij}^k$ 的總和。其中，揮發率 ρ 控制費洛蒙的消失速度，防止演算法過早收斂，而 $\Delta\tau_{ij}^k$ 取決於螞蟻在該路徑上的表現，路徑越優秀，留下的費洛蒙越多，從而引導後續的螞蟻選擇更佳的路徑。

(2)

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t)$$

圖 10 和圖 11 展示了蟻群演算法在兩種模具上的三維路徑規劃結果。從圖中可以看出，螞蟻成功地在複雜的三維空間中尋找到了能量消耗最小的路徑。這些路徑表現為從起點到終點逐步形成的連續軌跡，明顯地繞過了地形中的高處，優先通過低處區域。這證明了蟻群演算法在處理具有不同高度變化的地形中的適應性和有效性。

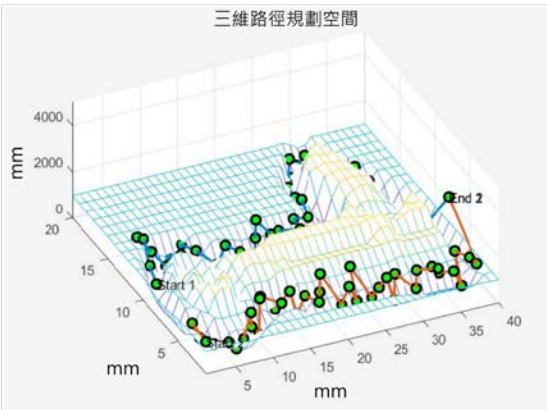


圖 10. 模具 1 三維路徑規劃空間

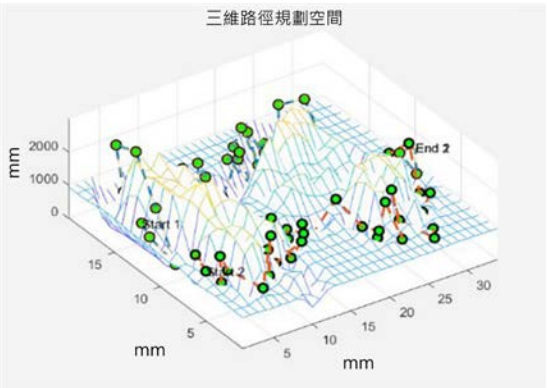


圖 11. 模具 2 三維路徑規劃空間

圖 12 呈現了隨著迭代次數增加，螞蟻找到的路徑的適應度會逐漸降低。在初期時，適應度迅速降低，顯示螞蟻快速逼近初始優質路徑。隨著迭代進行，適應度增幅減少，趨於穩定，這表示螞蟻逐漸達到一個近乎最優的路徑解。這個過程突顯了蟻群演算法的學習和優化能力，能夠隨著時間的推移不斷改善路徑的趨勢。

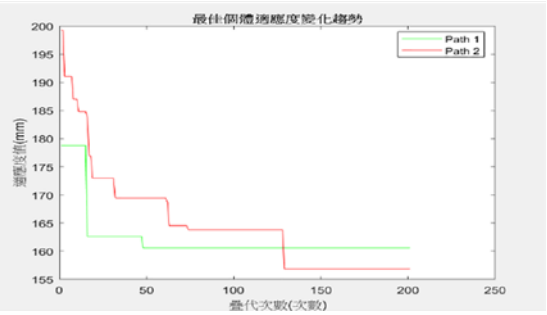


圖 12. 最佳個體適應度之趨勢

實驗結果與討論

鍛造過程中，若離型劑未能完整覆蓋鍛模，則可能導致鍛件在鍛模中卡住。此情況不僅需要進行破壞性處理以使鍛件脫離鍛模如圖 13，還會對鍛模造成一定程度的損傷，同時也導致鋁料的損失。此現象顯示，鍛造前的噴塗作業對於保證整個鍛造流程的順利進行至關重要，不完整的噴塗將直接影響產品品質和生產效率。



圖 13. 噴塗不均勻導致卡在鍛模的鍛件

本研究也發現到，如果是噴塗不均勻的區域，會產生流料不完整進而導致表面會有瑕疵缺陷，在噴塗過多離型劑時，也會因石墨堆積造成表面品質不好如圖 14。



圖 14. 石墨堆積鍛件表面品質不佳

不論是在鍛件表面或轉角，都顯示出不錯的表面品質（如圖 15）。由於機械手臂每次的移動路徑與噴塗面積都相同，經過 100,000 顆鍛造結果，生產良率提高至 99.992%。與人工噴塗相比，不僅表面品質顯著提升，

而且在長時間生產中，自動化噴塗能避免因人為因素導致的表面品質不均，保證相同品質（如圖 15）



圖 15. 實際人工與自動噴塗成品圖

實驗經過 100,000 顆鍛件的數據觀察，最後發現，噴塗自動化不只是單單減輕人力，還會使鍛件表面品質提升、均勻度也變為可控因素，能夠精準調控噴塗厚薄控制石墨堆積程度，以下是比較操作員使用現有與改善後的噴塗系統差異：

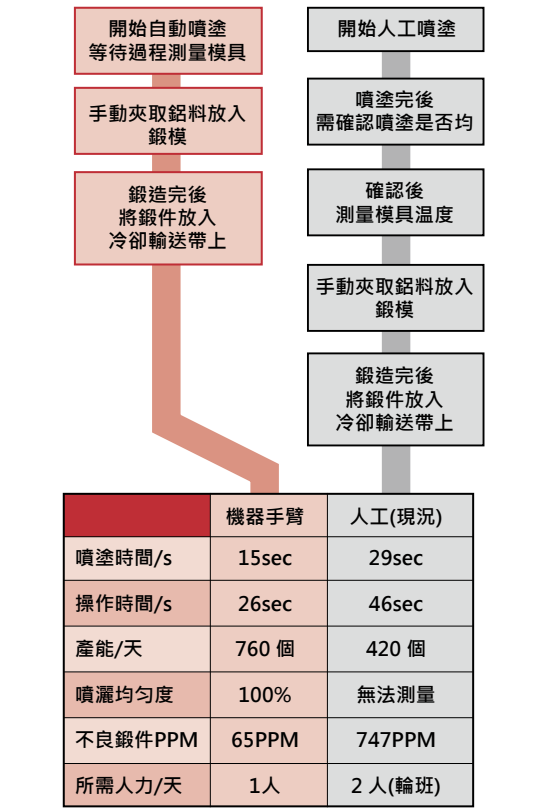


圖 16. 分析現有與改善噴塗功能差異

結論

總結來說，本研究成功解決了鍛造業中的多項挑戰，包括人力短缺、惡劣的作業環境以及品質控制不穩定等問題。通過引入基於機械手臂的自動化噴塗系統及蟻群演算法優化路徑，本研究顯著提高了生產效率和產品品質。實驗數據顯示，自動化系統大幅減少了換線時間，提升了噴塗的均勻度以及品質控制，為未來進一步技術優化提供了研究基礎。

主要成果如下：

1. 生產效率顯著提升

自動化系統將生產線換線時間從平均 3 小時縮短至 30 分鐘，展現了本系統能夠快速地應對產線更換。

2. 產品品質改善

機械手臂的自動化操作顯著改善了噴塗均勻度，達到穩定噴塗效果。此外，表面品質提升，不良率下降 91.3%。

3. 應用蟻群演算法進行路徑優化

演算法能夠自動依據模具的形狀來自動產生噴塗點位，對比人工自行設定點位，有效的優化了機械手臂的噴塗路徑，提升了噴塗精度，確保潤滑劑均勻覆蓋模具和鍛件表面，並大幅減少產線換線時間。

4. 減少人力依賴與職業風險

自動化系統減少了對人力的依賴，降低因長期作業引發操作人員的身體疲勞及職業傷害。

參考文獻

[1] Zhang, L., & Zhang, G. (2021). Optimization of spraying distance and coating thickness of spraying robot. 2021 4th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (ICoIAS). IEEE.

[2] Gronostajski, Z., et al. (2015). Solution examples of selected issues related to die forging. Archives of Metallurgy and Materials, 60, 1–10.

[3] Chen, W., Li, X., Ge, H., Wang, L., & Zhang, Y. (2020). Trajectory planning for spray painting robot based on point cloud slicing technique. Electronics, 9(6), 908.

[4] Yu, X., Yu, X., Cheng, Z., Zhang, Y., & Ou, L. (2021). Point cloud modeling and slicing algorithm for trajectory planning of spray painting robot. Robotica, 39(12), 2246–2267.

[5] Yu, X., Cheng, Z., Zhang, Y., & Ou, L. (2021). Point cloud modeling and slicing algorithm for trajectory planning of spray painting robot. Robotica, 39(12), 2246–2267.

[6] Goldberg, D. (1986). Engineering Optimization Genetic Algorithm. Ninth Conference on Electronic Computation, 471–482.



展昭國際企業股份有限公司
CHAN CHAO INTERNATIONAL CO., LTD.

Organizing Exhibitions in

台灣 Taiwan	越南 Vietnam	緬甸 Myanmar	孟加拉 Bangladesh	柬埔寨 Cambodia	泰國 Thailand
--------------	---------------	---------------	-------------------	-----------------	----------------

Our Exhibitions

飲食品系列展 Food & Beverages	休閒系列展 Pets & Leisure Activities	工業系列展 Industrial Technology & Machinery	健康系列展 Biotechnology & Healthcare	國外系列展 Overseas
----------------------------	------------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------

展覽檔期表

立刻下載展昭展覽APP，接獲第一手消息成為產業新趨者！

Chan Chao App is available now!
Download the App to receive industry trends firsthand!

相容版本:iOS 12.4 以上
應用程式大小:20+ MB

相容版本:android 9 以上
應用程式大小:28.2+ MB

最佳個人化觀展小幫手！
專屬參觀筆記、電子名片、廠商紀錄、最新產品收藏等功能！
Download the App to receive industry trends firsthand!
The latest event schedule, the best networking,
and your favorite collection are all in Chan Chao APP!



基於ROS的自主移動機器人動態障礙物避障之速度估計與代價地圖建構

文 國立臺北科技大學 自動化科技研究所暨創新前瞻科技研究學院 特聘教授暨院長 陳金聖
國立臺北科技大學 自動化科技研究所 助理教授 林達傑
國立臺北科技大學 自動化科技研究所 林思宇
國立雲林科技大學 電機工程系 助理教授 林家仁*

ROS 導航框架中，代價地圖主要用於機器人即時的路徑規劃並藉助感測器即時顯示障礙物的空間資訊。由於現階段代價地圖並無納入障礙物的速度資訊，也造成了機器人導航時面臨高速移動障礙物的碰撞可能性。因此，本研究結合了人工智能的視覺追蹤技術結合雷射測距儀與擴展卡爾曼濾波器（EKF），旨於提升移動機器人在高速動態障礙物避障行為的可行性。在此構想下，從本研究創立了以障礙物移動速度的障礙物層圖層，於路徑規劃引入並分析模擬與實際避障行為之間的表現差異。在創新的速度障礙圖層的設計構想下，當機器人面對高速移動的障礙物時，可施行並實現具安全的導航行為。

1. 研究概況與相關研究探討

1.1 ROS 導航框架

近年來，隨著 ROS 社群的持續開發與貢獻，機器人導航技術藉此取得了顯著的進展。在開放原始碼以及社群力量的支持下，ROS 系統與其導航技術不僅廣泛應應用於學術界並且在實際場域應用中廣泛推行。導航框架作為智慧移動機器人系統中的重要核心技術，以專用的通訊格式，透過消息、服務與功能節點結合，建立建圖、定位、導航以及控制等功能。如圖 1 所示，為 ROS 系統中之自主移動

機器人導航框架示意圖。SLAM 演算法可分成使用 2D 雷射測距感測器和 3D 視覺感測為主，2D 雷射感知演算法包括經典的 Gmapping SLAM、Hector SLAM、Cartographer SLAM 等，或是基於視覺的 SLAM 則有 ORB-SLAM。

1.2 代價地圖

代價地圖在 ROS 導航架構中扮演十分重要的角色，其將感測器取得的即時資訊轉換成路徑規劃器容易判讀的格式。機器人在導航行

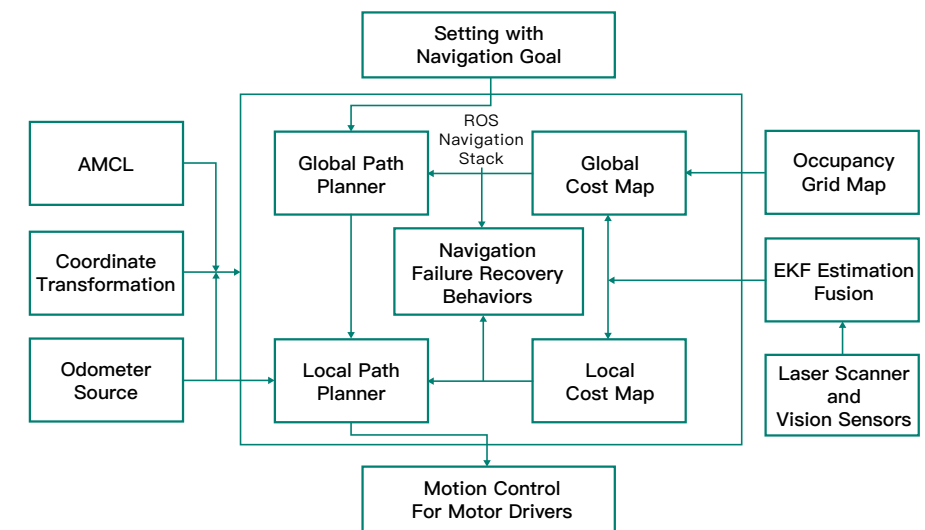


圖 1. ROS 機器人控制系統導航框架

為上，不同的代價地圖來表達各別感測器得到的感知資訊，讓其在導航或探索任務時可避開空間的障礙物，有如人類一般將眼耳鼻口得到的資訊後轉換成是否可以通行的依據。ROS 導航架構中的代價地圖如右圖 2 所示，有靜態層、障礙物層、膨脹層和主控層等。代價地圖除了 ROS 框架中的靜態層（Static Layer）、障礙物層（Obstacle Layer）、膨脹層（Inflation Layer）和主控層（Mater Layer）之外，或者也可以設定某些不允許進入區域的禁止層（Prohibition Layer），本研究以此構想延伸，提出具速度感測的創新應用代價圖層。

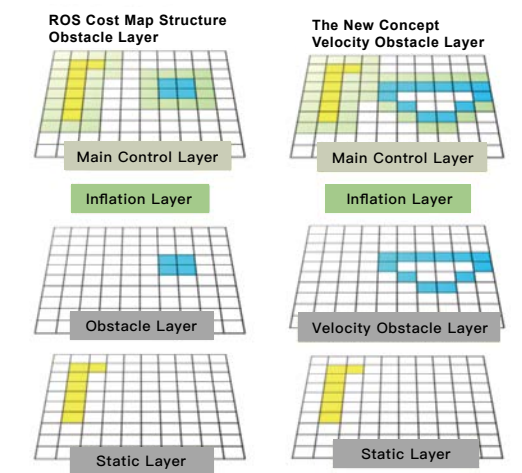


圖 2. 分層代價地圖與速度代價圖層

的運動軌跡。由於 DWA 進行速度取樣時只包含當前時刻的障礙物資訊，並沒有考慮遠方障礙物的移動速度以及可能行走方向，若是將模擬時間提升會不太靈活的長曲線使機器人無法進行最佳路徑導航，相反預估時間過低會導致性能受限，進而產生機器人避障抖動問題。也因此，本研究將碰撞區域概念引入於 ROS 導航框架中並且以 DWA 演算法，最終驗證所提出的速度障礙物圖層能夠有效地避開高速移動的障礙物。

1.3 路徑規劃與避障分析

在機器人的避障行為，以區域路徑演算法為主，其演算法是用動態窗口法（DWA，Dynamic Windows Approach）如下頁圖 3 所示，演算法結合了機器人的運動學特性，通過在速度空間（ v, ω ）中取樣多組線性速度以及角速度並對該速度空間進行條件限制，預期機器人在取樣速度下一小段時間間隔內

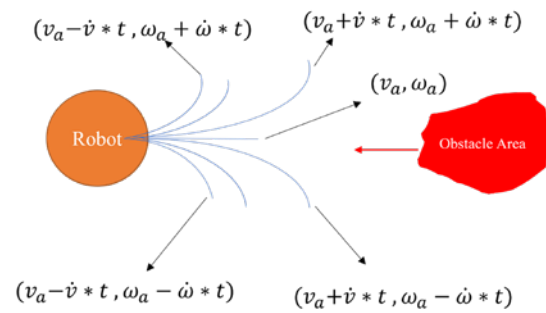


圖 3. DWA 演算法控制與避障概念

2. 移動障礙物之速度估測

2.1 系統架構

如圖 4 所示為本研究基於 ROS 系統所提出之系統框架，目的是開發基於 ROS 的機器人，能自動偵測高速移動的障礙物，並將其資訊投影至代價地圖中，以利於導航時進行動態避障。系統利用 2D 光達和深度攝影機來偵測高速移動的障礙物，透過二維平面上的影像處理能增強障礙物檢測的穩健性，並透過 DeepSORT 物體追蹤模演算法，可鎖定移動物體，並將來自雷射的資訊整合後傳遞至 EKF 速度觀測器，進而產生障礙物的估測速度。以創新的避障圖層產生演算法，可以在原始代價地圖中產生新的速度障礙圖層。結合速度障礙截斷器和 DWA 路徑規劃器，可提升機器人的避障行為並避免因代價地圖的資訊時間差而發生碰撞。

2.2 移動障礙物之速度估測

為了取得移動障礙物的速度資訊，本研究

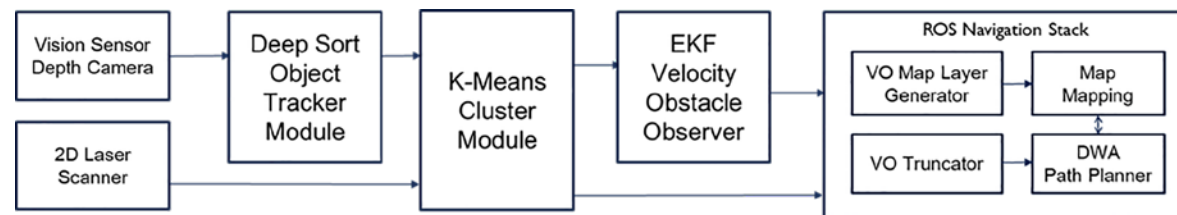


圖 4. 速度障礙物偵測與速度代價圖層之系統架構

改良原本微分的方法，利用卡爾曼濾波器估計障礙物的速度資訊，其能優點可濾除感測器存在的雜訊或受到干擾的量測值。

速度觀測模型

估測方法所需的模型分別為前一時間的系統預測狀態，如 (2) 式，與當前時間感測器測量值，如 (3) 式。 x_k 是當前系統狀態， A 為狀態轉移矩陣， x_{k-1} 為前一時間系統狀態， B 為輸入控制矩陣， u 為或控制向量， w_k 為計算當前狀態中的誤差值，在此稱之為估測雜訊。

$$(2) \quad x_k = Ax_{k-1} + Bu_{k-1} + w_k$$

估測雜訊 w_k 是獨立的常態機率分佈以 (2) 式表示。

$$(3) \quad p(w) \sim N(0, Q)$$

量測狀態方程式，如 (4) 式， Z_k 為量測狀態， H 是量測矩陣， v_k 量測過程中的雜訊。

$$(4) \quad Z_k = Hx_k + v_k$$

$$(5) \quad p(v) \sim N(0, R)$$

線性等加速模型

Linear isoacceleration model

假設障礙物為等加速運動，因此系統狀態向量表示為 (6) 式。

$$(6) \quad \begin{bmatrix} 1 & 0 & \Delta t & 0 & \frac{\Delta t^2}{2} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \Delta t & 0 & \frac{\Delta t^2}{2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \Delta t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \Delta t \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

系統估測過程中的雜訊共變異數矩陣定義為如 (7) 式。

$$(7) \quad Q = \begin{bmatrix} \sigma_{wx}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{wy}^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{wvx}^2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sigma_{wvy}^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{wax}^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_{way}^2 \end{bmatrix}$$

量測值來源為分群演算法後的光達點雲座標中心點位置，因此觀測矩陣如 (8) 式。

$$(8) \quad H = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

觀測過程中的雜訊共變異數矩陣定義為 (9)。

$$(9) \quad R = \begin{bmatrix} \sigma_v^2 & 0 \\ 0 & \sigma_v^2 \end{bmatrix}$$

卡爾曼濾波器演算法：

下式 (10) ~ (14) 將概述卡爾曼濾波器預測估計值：

$$(10) \quad \hat{x}_{(k|k-1)} = A\hat{x}_{(k-1|k-1)}$$

其中 $\hat{x}_{(k|k-1)}$ 代表狀態的先驗估計值， $\hat{x}_{(k-1|k-1)}$ 上一時刻的後驗估計值。

$$(11)$$

$$P_{(k|k-1)} = A_k P_{(k-1|k-1)} A_k^T + Q_k$$

其中 $P_{(k|k-1)}$ 表示真實值和估測值的先驗估計協方差， A^T 表示為 A 的轉置矩陣， Q 值越小代表對模型估計值信任越高。

卡爾曼濾波器修正誤差：

$$(12)$$

$$K_k = P_{(k|k-1)} H_k^T (H_k P_{(k|k-1)} H_k^T + R_k)^{-1}$$

在此步驟中要透過卡爾曼增益 K_k 來修正系統預測狀態和測量值的結果，其中 H 是觀測模型， H_k^T 表示為 H_k 的轉置矩陣， R_k 為量測雜訊。

$$(13)$$

$$\hat{x}_{k|k} = \hat{x}_{(k|k-1)} + K_k (z_k - H_k \hat{x}_{(k|k-1)})$$

(13) 式中 $\hat{x}_{k|k}$ 為後驗估計狀態，殘差值 $(z_k - H_k \hat{x}_{(k|k-1)})$ 反映了兩者間的誤差，殘差值為 0 表示表示兩者完全一致。

$$(14) \quad P_{k|k} = (I - K_k H_k) P_{k|k-1}$$

其中 $P_{k|k}$ 代表後驗估計協方差，其反覆更新並迭代產生可參考之速度結果。

3. 速度障礙物模擬實驗設計

為驗證本研究提出演算框架，對於障礙物的速度觀測以及動態避障之成果，以下將進行模擬與實際場域加入速度障礙物層的比較實驗。

3.1 無速度障礙物層 – 移動障礙物模擬

機器人於模擬環境中，比較使用傳統障礙物層以及使用速度障礙物圖層方法的避障行為並且分析其配合 DWA 演算之差異結果。在模擬環境中下方為碟型機器人而上方設計圓盤移動之障礙物。機器人速度指令為 0.1m/s，

而障礙物速度指令為 0.3m/s，彼此朝向對方前進。本實驗的特點將以高於機器人 3 倍的移動速度，比較障礙物圖層下的行為反應，如下圖 5 所示，為傳統障礙物圖層之避障行為之模擬結果。

圖 5.a 為碟型機器人與柱狀障礙物於模擬環境中，紅色箭頭為機器人的移動目標位置和方向，黑色實線為其路徑規劃，彼此朝向對方前進。圖 5.b，由於感測器判斷前方有障礙物會使得機器人無法順利通行，因此計算出新的黑色實線全域路徑，由於移動速度的差異，上方障礙物已經靠近下方的機器人。圖 5.c 中由於機器人的雷射感測器所偵測前方移動障礙物，判定為當前時間的靜態障礙物。在機器人無法判定障礙物的方向與兩者移動的速度的差異影響下，路徑演算法在有限的時間內，無法給規劃提早避開障礙物的路徑。圖 5.d 在無法得知障礙物的移動行為，路徑規劃避障失效。可發現在此模擬實驗中，全局路徑與區域路徑的

演算都發生了無法順利移動的失效結果。

3.2 速度障礙物層 – 移動障礙物模擬

圖 6.a 展示了模擬實驗結果，在與 3.1 同樣的實驗速度條件下，機器人與障礙物彼此朝向對方前進。當上方柱型障礙物往前移動時，機器人透過以視覺感知結合 EKF 的速度觀測方法，新增移動障礙物於 velocity obstacle layer，既為在圖 6.b 中浮現藍色梯形區塊。在圖 6.c 中，由於涵蓋了即時的空間環境障礙物，透過新產生速度障礙物圖層的設計，區域路徑規劃演算法中可在障礙物和機器人都保有一定安全距離之下規劃出一條安全的路徑。圖 6.d 可以發現，透過 EKF 觀測並產生速度障礙物的圖層設計下，機器人可以有有效的躲避為比它快三倍速度的障礙物，並且在兩者之間只有在 0.6 公尺的最短距離之下，可以透過 DWA 區域路徑演算法，達到有效的安全避障效果。

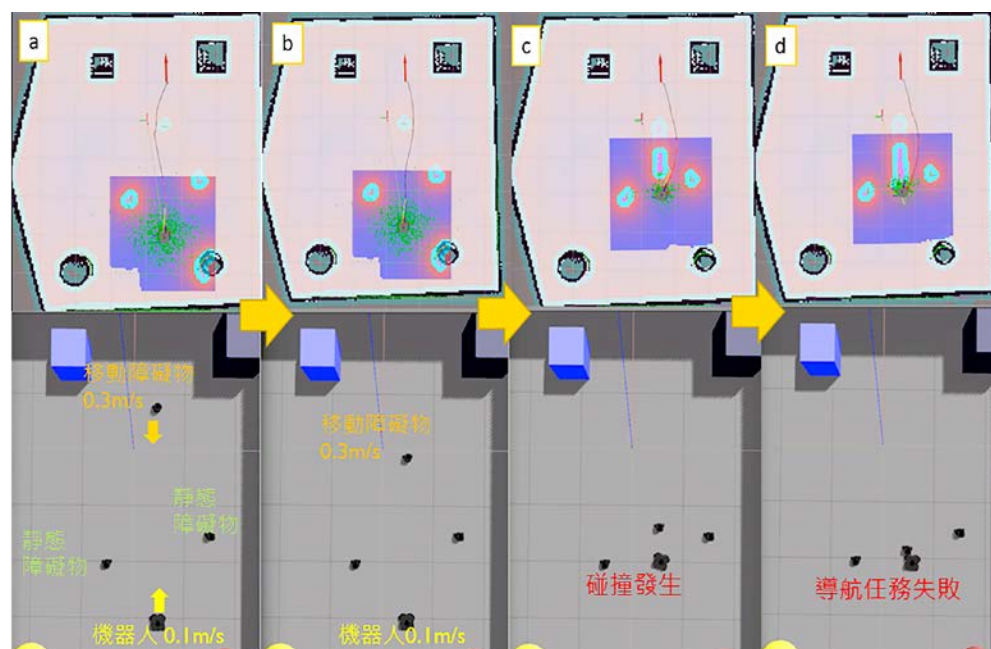


圖 5. 機器人未加入速度障礙物層方法的避障過程，上方為可視化工具畫面，下方為模擬環境畫面



圖 6. 機器人加入速度障礙物層方法的避障過程，上方為可視化工具畫面，下方為模擬環境畫面

4. 真實移動障礙物場景測試

上述為以模擬的環境，驗證 velocity obstacle layer 的實際避障效果，為求有效的實務運用，以下將以真實環境場景，透過實際的機器人平台與高速的移動行人進行本實驗框架的有效驗證。如右圖 7.a 所示，為以輪型移動平台設計之擬人型態之服務型機器人，結合感測距離約 20m 之光達感測器，機器人上方並搭載 RGBD 景深相機。實驗場域為寬為 2.7 公尺，長 6 公尺的一個狹長型開放式空間，並有環境障礙物讓機器人於有限的空間與高速行走的行人障礙物進行即時避障，如圖 7.b 所示。

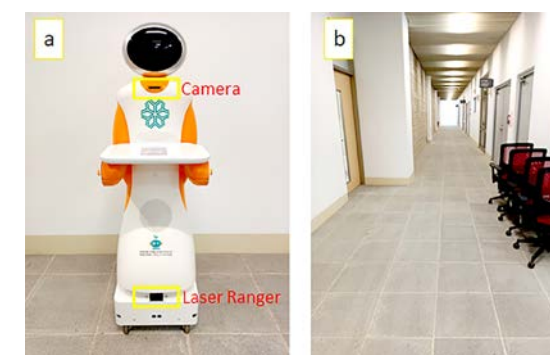


圖 7. 服務型機器人平台與狹長型實驗環境測試場域

測試條件，並以 ROS 之實體代價圖層顯示實際的場域測試路徑規劃以及機器人與障礙物運行結果。如圖 8.a，機器人給予一紅色箭頭作為機器人的導航目標位置，此時 local path planner 計算出一條紅色路徑，圖 8.b 可發現機器人與障礙物接近，並嘗試在代價圖層中重新產生新的避障路徑。圖 8.c 當行人障礙物的移動速度高於機器人，在 COSTMAP 機制產生環境障礙物後，雖然 local path planner 嘗試進行避障路徑規劃，但由於時效不足彼此仍發生擦撞。最終於 8.d，當機器人因避障失效

4.1 無速度障礙物層 – 移動障礙物實際場域測試結果

如下頁圖 8.a-d 所示，實驗設計為機器人與高速移動的人彼此朝著同樣的方向前進，在此測試條件中，以無速度障礙物圖層為主要施行

發生碰撞後，因環境地圖發生偏移，ROS 啟動旋轉恢復機制，系統被迫停止導航並清除原始代價地圖，並因定位偏差需重新再定位後進行路徑規劃。從實驗的結果可知，在無速度障礙物圖層的輔助下，當遇機器人到高速移動障礙物並發生碰撞後，機器人無法順利到達原規劃目標點，同時也因為旋轉恢復花費了額外的導航時間。

4.2 以速度障礙物層 – 移動障礙物實際場域測試結果

右頁圖 9.a-d 所示，為以速度障礙物圖層為機器人應用偵測障礙物圖層，進行實際的場域測試流程，實驗設計條件，同為機器人與高速移動的人彼此朝著同樣的方向前進。圖 9.a 中給予一紅色箭頭作為機器人的導航目標位置，路徑規劃演算法將計算出一條紅色可行走路徑，圖 9.b 顯示，當機器人觀測到移動的速度障礙物時，可即時性的新增障礙物於代價地圖，並透過區域路徑演算法產生對應的圓弧形的藍色避障軌跡。如圖 9.c 顯示，雖然行人持續依照高於機器人的速度前進，從綠色的光達點雲和機器人的座標位置，可發現當機器人和

行人彼此保持著足夠安全的距離行進。最終機器人已成功避開行人，並且順利到達目標點完成避障任務，如圖 9.d 所示。對比於傳統之代價圖層設計，同樣在結合 DWA 的演算機制下的機制下，當透過速度障礙物的圖層設計，可以順利提升機器人的導航行為以及達到高速移動障礙物的避障效果。

4.3 實驗數據比較

在真實環境的測試當中，本研究比較了未加入速度障礙物層以及加入速度障礙物層後的避障成功次數、導航運動時間、運動路徑長度以及最靠近障礙物距離。如下表 1 為機器人導航行為的運行時間，可發現當加入速度障礙物層，導航過程因為提早順利避開障礙物，相比較之下具有時間的效益，並可以避免因 DWA 在機器人與障礙物近距離接觸下所造成的時間耗損。

表 1. 導航過程花費時間比較

	平均花費時間 (秒)	最小花費時間 (秒)	最大花費時間 (秒)
速度障礙物層	31.6 (s)	26.8 (s)	40.6 (s)
障礙物層	41.2 (s)	31.1 (s)	58.6 (s)

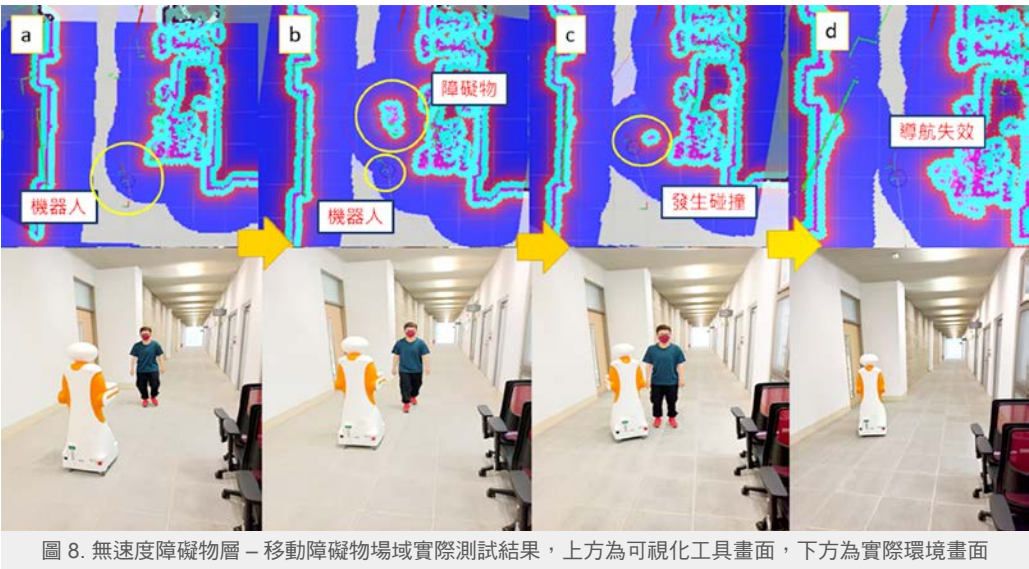


圖 8. 無速度障礙物層 – 移動障礙物場域實際測試結果，上方為可視化工具畫面，下方為實際環境畫面

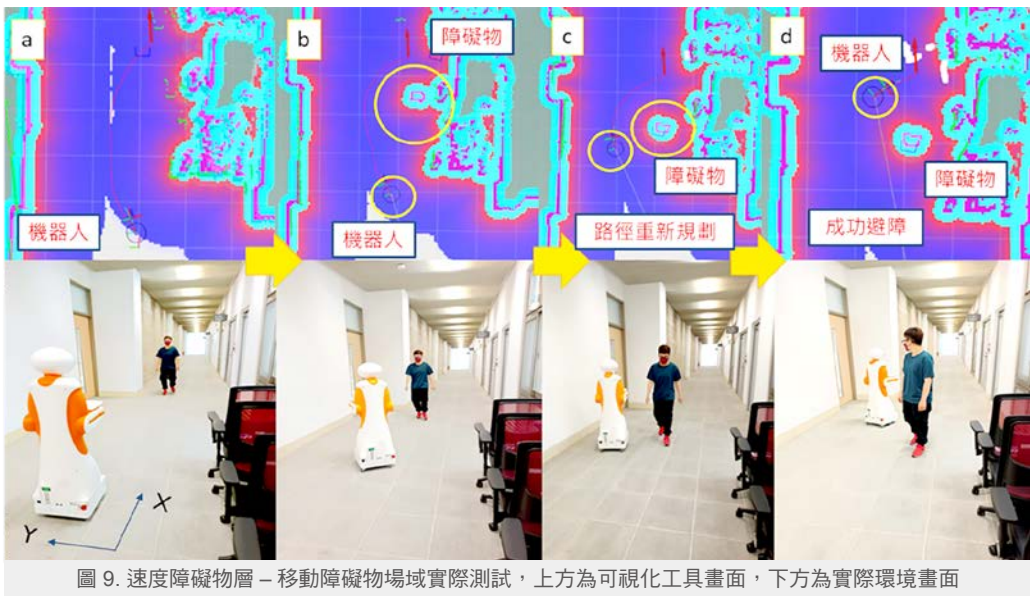


圖 9. 速度障礙物層 – 移動障礙物場域實際測試，上方為可視化工具畫面，下方為實際環境畫面

下表 2 為分析導航總距離長度之結果，可發現當加入速度障礙物層方法時，機器人導航路徑對比傳統演算法較長。乃因為速度障礙物層會在機器人和障礙物之間計算出較安全保守的速度障礙物區域，因此衍生了機器人額外的避障路徑。

表 2. 導航過程花費距離比較

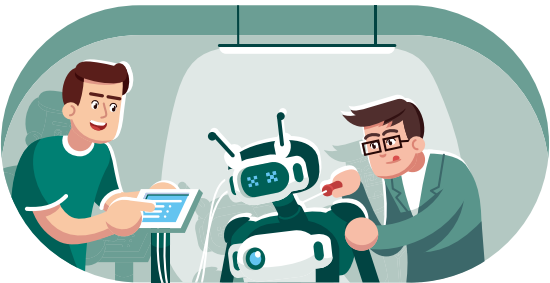
	平均路徑總長 (m)	最小路徑總長 (m)	最大路徑總長 (m)
速度障礙物層	5.90 (m)	4.84 (m)	7.53 (m)
障礙物層	5.51 (m)	4.73 (m)	6.03 (m)

5. 結論與討論

本研究以延伸式卡爾曼濾波器進行動態障礙物之移動速度的估測，並於 ROS 的代價圖層中加入速度障礙物圖層，在機器人與障礙物於模擬與實際場域的避障行為中，進行傳統與具速度資訊的代價圖層之比較。實驗結果發現，當未加入速度障礙物圖層時，機器人會因為導航終點被占據或因障礙物無法及時偵測，進而啟動代價地圖清理機制，造成機器人因原

地旋轉復原機制導致定位失效。同時因為產生障礙物於代價圖層的時間延遲，導致障礙物與機器人距離接近而引發碰撞可能性。

本研究的主要貢獻，透過速度障礙代價地圖，可提升機器人當機器人面對高速移動的障礙物時的安全導航表現，並於在 ROS 基礎下進行移動機器人之實際場域驗證，將創新成果應用於代價地圖和 DWA 路徑規劃器中，並將結果導入移動機器人進行實地運行。從實驗的數據中發現，改良後的速度障礙代價地圖，能使得機器人更快更安全地避開移動障礙物，能夠提升原本障礙物的判定，並能提升路徑規劃的平滑度與順暢性。本研究有效的提升機器人運動的安全性，達到對於動態障礙物的安全避障效果。



智慧AI應用人才特訓營

產學攜手培育未來智慧AI領航者

隨著尖端人工智慧技術的迅速發展，智慧製造產業對具備 AI 技術的人才需求持續攀升。企業迫切希望能夠找到優秀的專業人才，以推動創新與提升競爭力。為了滿足這一需求，智動協會特別規劃了「2024 智慧 AI 應用人才特訓營」，旨在連結學生與企業，為在校生及應屆畢業生提供寶貴的實習機會，並加速其專業養成。

智動協會每年暑假期間舉辦特訓營，至今已持續了6年。每年，我們邀請至少5家廠商參與，這些廠商提供專案實習機會，讓企業能夠及早邀請優秀學生進入公司。為在校生或應屆畢業生提供進入產業界的學習機會，不僅是為了培養 AI 技術人才，更是為了縮短學生進入職場所需的適應時間。通過與業界的深入合作，學員將能夠獲得第一手的行業經驗，並在實踐中學習，從而提升他們在未來求職時的競爭力。

以下為特訓營的亮點：

專業培訓：特訓營提供為期5天的系列培訓課程，深入探討機器學習應用、AGV 智慧搬運、雲端與數據分析、機器視覺等智慧化和數位化的實務主題。這些課程讓學生能夠學習業界專家的經驗和技術，幫助他們接軌自動化產業的實務應用。

企業專案實作：學生參與為期8周的企業實習專案或專業實作，從中獲得到企業業師的指導。實習實務經驗可幫助學生將所學應用於實際工作上，建立學生職場所需相關技能。

多元就業機會：參與特訓營之學生將擁有更多的就業選擇，有機會提前進入職場，縮短求職和培訓的時間，這是對未來職業多元性的重要投資。

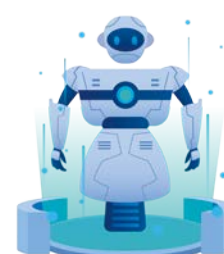
提高產業競爭力：本特訓計畫不僅有助於學生提升實務經驗，同時也能提高台灣企業獲得優質的新力軍，提升企業的競爭力。

「智慧 AI 應用人才特訓營」為學生提供了難得的機會，讓學生能夠及早立志向進入蓬勃發展的智慧自動化和機器人產業，同時建立實際技術技能，更可藉此媒合學生進入企業，滿足企業發展所需人才，同時達到提升自動化產業競爭力。

今年共有9家企業提供18個專題實習職缺，涵蓋 ROBOT、物流系統開發、智能微伺服器和機電伺服馬達控制等領域。來自12所學校的學生錄取，主要就讀於智慧機器人、機械與電腦輔助工程、電機及資工系，共有18名學生參加結訓，最終有15人獲得未來優先錄用的機會，另有1人直接就業。



特別感謝9家協作企業(依照筆畫): 台達電子工業(股)公司、台灣三菱電機自動化(股)公司、台灣發那科(股)公司、台灣庫卡(股)公司、所羅門(股)公司、佳研智聯(股)公司、泰科動力(股)公司、勤堃機械(股)公司、羅昇企業(股)公司
18位學生來自學校: 南加州大學、國立臺灣大學、國立中央大學、國立中興大學、國立雲林科技大學、國立虎尾科技大學、國立勤益科技大學、國立屏東科技大學、國立高雄科技大學、崑山科技大學、中原大學、臺北城市科技大學



智慧 AI 應用人才特訓營心得分享

文 國立屏東科技大學 機械工程系 謝明恩

在今年參加智慧 AI 應用人才特訓營並成功通過面試後，我加入了佳研智聯，開始進行螺絲鎖付機控制系統的開發工作。這個專案面臨多項技術挑戰和創新，我負責使用 C# 編寫控制器程式，根據客戶需求進行功能設計，包括判斷螺絲鎖付是否完成、資料記錄、可視化介面的建置，以及螺絲鎖付流程的靈活規劃。螺絲鎖付機的控制系統是一個多模組的集成過程，確保螺絲成功鎖付是項目中的核心挑戰之一。螺絲鎖付的成敗直接影響產品品質，因此必須與控制器建立穩定的連線，並實時監控鎖付進度。這部分依賴於 TCP/IP 協議進行數據通訊，確保數據即時傳輸和處理，因此連線的穩定性和數據的準確性是開發的重點之一。此外，客戶對螺絲鎖付過程中的彈性需求也給

專案帶來挑戰。不同客戶可能對鎖付的點位、角度和力量有不同要求，這要求系統具備靈活的流程規劃能力。為此，我們設計了一個使用 PictureBox 載入工件圖片的模組，用戶可以根據需求自定義螺絲鎖付的點位，使得整個過程更加靈活，能夠滿足不同場景的需求，實現彈性化應用。

在技術選擇上，我們主要使用 C# 作為開發語言，這是因為其強大的面向對象能力和豐富的應用程式界面開發工具。使用 Windows Forms 進行圖形化介面設計，使得可視化介面能夠快速構建和調整。與控制器的通訊主要依賴 TCP/IP 協議，這是整個系統中最關鍵的部分之一，因為必須確保數據能在連線中穩定



且即時地傳輸和處理。每次鎖付時，系統會向控制器發出請求，檢查螺絲鎖付的狀態，以判斷鎖付是否完成。然而，由於網絡環境的不穩定，可能會導致連線中斷。因此，在開發過程中，我們特別強調錯誤處理和連線恢復機制的設計，以確保系統運行的穩定性。

在螺絲鎖付過程完成後，系統需要立即保存相關數據。為了滿足不同客戶的需求，我們設計了多種資料儲存方式，主要包括 Excel 和 SQLite 資料庫。Excel 作為一個廣泛使用的工具，適合用來進行簡單的數據查看和編輯，而 SQLite 則是一個輕量級的資料庫，具備快速的儲存速度和支持複雜查詢的能力，特別適合中小型專案使用。這種資料管理模式不僅靈活，還能確保數據處理的高效性和穩定性。為了提升用戶操作體驗，我們還設計了可視化介面，使使用者能夠直觀地查看螺絲鎖付的進度和結果。可視化介面主要依賴於 Windows Forms 中的 PictureBox 控制項，用戶可以通過該介面輕鬆自訂螺絲鎖付的點位。這種設計不僅讓系統操作更加靈活，還幫助客戶更直觀地理解系統的運作方式。當螺絲鎖付完成後，系統會自動生成鎖付結果報告，並通過 Web API 將這些數據上傳至伺服器或雲端系統，方便管理者及時查看和監控數據。在開發過程中，我們還學習了如何在 C# 中設置和調試 Web API，確保數據可以穩定、安全地上傳。

這部分的實現不僅提高了系統的透明度，也使數據能被更多人查看，對於大型專案或多個參與者的團隊合作尤為重要。

在專案的開發過程中，我們遇到了許多技術挑戰，其中最主要的挑戰是如何與控制器進行穩定的通訊並確保即時數據的處理。TCP/IP 的連線在實際操作中經常受到網絡環境變動的影響，這有時會導致數據丟失或連線中斷。為了解決這個問題，我們設計了一套完善的錯誤處理和重連機制，確保系統能在連線中斷時自動恢復，並在數據處理上保持連貫性。除了技術挑戰，客戶需求的頻繁變更也是專案進行中的一大難題。客戶經常在項目進行到一半時提出新的需求，因此在系統設計之初，我們必須考慮到這一點，以保證系統具備良好的靈活性和可擴展性。為此，專案採用了模組化的設計思路，使各個功能模組能夠相對獨立地運行，這樣在需求變更時可以更快地進行調整和擴展。

最終，專案成功實現了多項功能，包括螺絲鎖付位置的靈活編輯、資料庫的儲存與記錄、TCP/IP 通訊與控制器的數據讀取、Web API 的數據上傳，以及可視化介面的建置。這些功能的實現不僅提高了系統的運行效率，還為未來的需求變更和功能擴展提供了良好的基礎。

參加智慧 AI 應用人才特訓營，讓我有機會深入學習前沿技術，並挑戰自我解決實際問題的能力。過程中，我不僅增強了對技術的掌握，還透過與專業人士的互動，拓展了視野。這次經歷讓我更加認識到，面對未知的挑戰時，持續學習和靈活應變是成功的關鍵。這次活動給了我成長的空間，也讓我對未來的發展更加充滿信心。



智慧 AI 應用 人才特訓營心得分享

文 崑山科技大學 智慧機器人工程系 陳柏豐

我非常榮幸能參加由台灣智慧自動化與機器人協會舉辦的智慧 AI 人才應用特訓營活動，並透過協會的媒合機制，獲得了在羅昇企業股份有限公司的寶貴實習機會。在這兩個月的實習期間，我不僅在技術層面獲得了極大的提升，還深入了解了業界的實際運作與挑戰。

這段時間的學習重點不僅限於專業技能的累積，更包括在實務操作中快速適應、靈活應對各種突發情況。這些經驗對我的未來職業發展具有深遠的意義。這兩個月來，我的主要工作內容是開發能源監控看板，同時作為現場應用工程師（FAE）的一員，和前輩們一起到客戶現場協助解決自動化產線的問題，並幫助客戶架設 PLC 系統。這些經歷讓我對產線自動化的實際運作有了更深的理解，並學會了如何在高壓環境下快速應對突發情況，做出正確的技術決策。

在能源監控看板的開發工作中，我深入學習了如何利用 Python 語言處理能源消耗數據，並將這些數據即時呈現在視覺化看板上。在設計這個看板系統的過程中，我不僅需要掌握前端 UI 設計，以便使用者能直觀、清晰地瀏覽各種能源消耗數據，還需學習如何從不同資料源中提取能源數據並進行即時更新與展示，這需要對資料處理和視覺化框架有深入的理解。

透過這次實習，我學會了如何運用 Python

的數據處理模塊，結合前端框架來實現流暢且直觀的使用者界面。這樣，管理者能夠一目了然地掌握能源使用狀況，並即時做出節能決策。由於該系統需要即時反應，我還學習了如何優化數據處理的效率，確保系統在大量數據輸入的情況下依然能夠高效運行。這段開發經歷讓我在數據處理、優化和前端開發上都有了大幅度的進步，並對整個能源監控系統有了更全面的理解。

除了軟體開發，我還有機會與前輩一起到客戶現場，協助解決自動化產線上的問題，這讓我能近距離接觸到自動化設備的實際應用。在這些現場工作中，我學會了如何面對各種不期而至的技術挑戰，並在緊急情況下冷靜應對。例如：當產線上的 PLC 系統出現故障時，我們需要迅速判斷故障原因，並在最短時間內排除問題，這不僅考驗了我的技術熟練度，還在高壓環境中迅速做出正確的判斷和反應。這些經驗顯著提升了我在故障排除方面的能力，並培養了我在壓力下快速應變的思維模式。在這些現場實習經歷中，除了處理 PLC 系統故障，我還有機會協助架設自動化設備，包括與客戶進行溝通、理解需求，並根據現場狀況進行系統配置與調試。這讓我深刻體會到，技術工程師在業界中不僅需要技術，還需具備良好的溝通與協調能力，才能在與客戶和團隊成員的合作中更好地完成任務。

特別值得一提的是，實習期間我接觸到了



許多在學校中無法學到的先進自動化設備，尤其是來自歐洲的高端設備。例如，Schneider 的 PLC 系統和 ABB 的機械手臂。這些設備的技術複雜性和設計細節在學校課程中很少能深入了解。這些歐規設備在操作和設定上與我過去學習的日規設備有所不同，透過實際操作，我得以探索它們之間的差異和各自的優缺點。日規設備的操作介面更為直觀和簡單，而歐規設備則往往擁有更大的彈性與可定制性，這讓我對自動化設備的多樣性有了更全面的理解。過程中，我還了解到，不同品牌和地區的設備通常根據各自市場的需求進行設計，這意味著它們在性能、操作方式和應用場景上可能存在差異。因此，作為一名未來的自動化工程師，我必須具備靈活應對不同設備的能力，才能在面對各種系統時迅速上手，並有效解決多樣化的技術挑戰。

總結這次實習的經歷，我不僅在技術層面上獲得了極大的成長，還在實務操作和職場適應方面獲得了寶貴的經驗。無論是數據處理、前端開發，還是 PLC 系統的維護與故障排除，我都感受到了自身技術能力的全面提升。同時，我學會了如何在高壓環境下保持冷靜，迅速做出正確的決策，這對未來的職業發展將具

有深遠的意義。此外，在觀摩主管與客戶的互動中，我深刻體會到良好的溝通與協作能力是成功解決問題的關鍵。通過觀察主管與客戶討論需求、解釋技術解決方案的過程，我逐漸掌握了如何用通俗易懂的方式向非技術背景的人士說明複雜的技術概念，這對未來在職場中的合作非常有幫助。總之，這次實習經驗讓我更加堅定了對自動化產業的濃厚興趣，並看到了這個領域所蘊藏的無限潛力。未來，我將繼續專注於技術的學習和實踐，提升自身能力，期待能在自動化產業中發揮更大的作用，並為推動智慧製造的發展貢獻自己的力量。

同時，我也希望未來能有更多類似的機會參加這樣的實習活動，持續拓展自己的視野，增強專業技能，為進入職場做好充分準備。



勇敢突破界限： 在特訓營的未來探索之旅

文 台灣發那科股份有限公司 ROBOT 營業技術部工程師 李少鈞

想當初接觸到第一屆的發那科實習生時，自己是個才進入職場剛滿一年的新鮮人。也因為自己剛出社會不久，覺得自己可以與實習生

們有共同的語言進行溝通，於是便自告奮勇的接下指導員的任務。

作為一位能夠將興趣、專業與工作結合的幸運兒，我的探索過程雖然少了許多，但在面對每個抉擇時，常常感到迷惘。即使我深知這條路需要不斷學習與適應，對未來的模糊不清仍然讓我感到不安。這種不安或許與那些初出茅廬的實習生們的感受並無二致，因為在每一次選擇中，我們都在探索獲得的收穫與付出的代價。

當今的升學管道與職涯探索方式越來越多元，但是選擇增加的背後是不是也意味著越多的煩惱呢？這便是我想成為指導員的初衷，雖然我無法成為明燈一般這麼偉大的存在，但自詡希望自己能成為學員們在人生關鍵岔路口的引路人，分享自身的故事及在業界的所見所聞，我的目標是幫助學員更有自信地選擇自己的道路，並在選擇的方向上勇敢前行。

與其為他們的問題提供答案，我更希望成為他們的指引者。每個人的道路都不同，我能做的，就是幫助他們看到更多的選擇，而不是替他們決定什麼是最好的選擇。轉眼間，這樣的角色已經陪伴我六年。

這六年之中，我不僅見證了許多實習生的成長，也看到了自己在這個角色中的轉變。起初，我常常擔心自己無法提供足夠的幫助，浪費了他們寶貴的時間。但隨著時間的推移，我漸漸明白，指導不僅僅是經驗的傳授，更是對態度與價值觀的引領。

在這六年中，最常被實習生問的問題是：「如果想加入你們的團隊，需要是什麼科系？我要進修什麼專業科目？具備什麼特殊能力？」我通常會回答：「你需要的只是對機器人的愛。」這句話雖然帶著一些玩笑的成分，但除了因為機器人與自動化本身即是一門橫

跨眾多學科，難以在求學階段取得所有關鍵能力的特殊產業外；也呼應了前面提到的觀點，現今有太多工具輔助同學們在求學階段，甚至在就業後進行能力的補強。相較之下，對這個產業的好奇與熱情是相對難以培養的特質，因為它們是特別珍貴的。畢竟在生活中能充滿熱情的工作，更是一件難能可貴的事！

對於每一屆實習生，我都會好奇的詢問他們：「為什麼你們願意犧牲對於每個學生都極其珍貴的暑假，參加這個特訓營呢？」這樣的提問讓我更深入地理解他們的心態與目標。無論他們給出的答案是什麼，我都衷心地肯定他們對自己職涯探索的規劃與行動，並為他們感到高興。

如果進入這個行業所需具備的關鍵能力，我會說：「培養自己的想法是至關重要的。」這不僅是為了在職涯上能夠做出獨立的選擇，更是為了面對未來的各種挑戰時，能有足夠的動力和信心去迎接未知。在這片充滿無限可能性的茫茫大海中，找到最適合自己的道路，擁有自己的想法作為堅強的後盾，必定能在航行路上迷惘或不安時，幫助自己克服迷惘和不安，持續向前。

一路走來，每次在迎接新的一輪學員前，我都會回想當初第一屆特訓營結束時，曾好奇的詢問經理，為什麼公司願意參加這樣的營隊計劃。從客觀的角度來看，透過特訓營作為徵才手法並不是一項穩定的投資。學員們可能有不同的生涯規劃，即使雙方達成未來合作的共識，也可能需要等待學員畢業，無法立即獲得即戰力。

後來我才明白，參加特訓營其實是一項長遠的投資。在品牌經營中，口碑和產品認同感

往往是最難培養的，無法通過短期投資回報。兩個月的實習期間，正是我們向這些未來可能在各領域發光發熱的新星們介紹我們的產品、建立穩固的知識基礎和正確觀念的良機，甚至可以向他們展示我們心中的藍圖，告訴他們我們希望這個行業如何變得更好。

知識的傳播與價值的傳承，正是我認為這個特訓營最重要的意義。即使我們無法立即看到回報，但我相信這些種子會在未來的某個時

刻發芽，為整個產業帶來更多的創新與突破。在兩個月後的結訓時刻，即使無法繼續成為一起工作的夥伴，他們也會帶著這些珍貴的收穫踏上新的旅程，並在各行各業中萌芽茁壯。

或許某一天，他們會再度與這些可靠的黃色機器人好夥伴相遇，繼續他們未完的自動化旅程；又或許，我們會在未來的某一天再次相遇繼續合作，誰知道呢？



踏入職場的必修課：找到自己的職涯信念

文 台灣庫卡股份有限公司 業務部副理 黃君穎

主動道早安，打招呼

最近人格測試變得非常流行，很多人會用「I型人」或「E型人」來解釋自己的行為。然而，不論性格傾向如何，作為職場的一員，主動與同事或主管打招呼，例如在早上說聲「早安」，都是非常重要的職場基本禮儀。這並不代表你一定要與同事發展私交成為朋友，而是因為打招呼是建立專業人際關係的第一步。

無論工作是否以團隊合作為主要型態，你總有機會需要向前輩請教問題、向同事索取資料，或者依賴行政和財務部門的支持。如果平時保持簡單的互動，如早晨問候，當你在工作中需要其他人幫助時，對方也會更願意伸出援手。即使只是簡單的打招呼，也能為職場營造友善的氛圍，並成為展開一天工作的重要儀式。

把事情「做完」還是「做好」

剛接觸社會的新鮮人，常常在完成主管交辦的任務後，僅僅是將工作「交付」出去，較少主動詢問主管如何進一步調整。似乎只是完成了工作，而不是追求是否做得足夠好。身為主要指導員，在這兩個月的實習中，我一方面檢討了自己應該再花更多心力時間引導和激勵，以協助實習學生提升工作品質。另一方面，我也期許這些同學在畢業後正式進入職場時，必定要主動詢問，調整工作交付出來的成果品質。否則，即使在公司工作了幾個月，他們仍可能局限於一些基礎性的任務，甚至連這些任務都可能沒有很好地完成。然而，如果新鮮人能對自己抱有更高的期待和野心，將自己視為潛力股，積極探索並提出問題，那麼他們將有機會被賦予更多責任，參與更具挑戰性和

價值的工作。

找到自己的「為什麼」

雖然實習學生即使在實習後，未來不一定會投身於生產製造或實體自動化的領域，但找到自己在工作中的信念仍然是非常重要的。信念不等同於興趣，因興趣大部分不一定能直接發展成職業，關鍵在於，在每一份工作中找到自己熱情所在並持續深耕，才是長久的發展之道。尤其在自動化這個行業，細分領域繁多，範圍廣泛，每個行業要導入自動化的 know-how 有所不同，而自動化的應用面也非常多元。例如，從瑕疵檢測、搬運移載、自走車、倉儲自動化、製程中的組裝與焊接，甚至到與民生工業相關的特殊自動化，每個領域都蘊藏著無限的知識和挑戰。找到自己的信念，無論身處何種領域，都能為職業生涯注入持久的動力與方向。

以我個人為例，在加入自動化行業工作的初期，有幸造訪了一間位於南台灣的工廠。在採訪拍片的過程中，跟一位在廠裡工作的老伯伯閒聊。他說：公司引進了拆櫃自動化設備，將裝滿上千包 50 公斤飼料袋的 40 呎貨櫃中的貨物，透過設備取出並堆棧存放，這項改變對他而言意義重大，因為他再也不必像以前那樣，每天扛 2,000 包，這樣的工作他已經持續了 30 年，結果也讓他的身體受到很大損害。

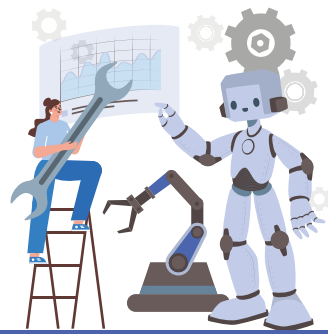
看著他前彎超過 60 度的脊椎，我眼眶瞬間濕潤。後來又看了很多環境本就惡劣的各種工廠，使我信念越來越堅定。每當成功導入一個工廠的自動化，即使只是單一工作站，也能讓從業人員擺脫那些可能造成長期身體傷害的工作，就是我這份工作的意義。那麼，正在閱讀這篇文章的你呢？對你而言，工作的意義是

什麼？你未來想要從事什麼樣的工作呢？

實習生或職場新鮮人如果能在工作中找到自己的熱情，專注於某一領域的深入研究，就能在這個廣闊的自動化行業中找到自己的立足之地。自動化行業的發展方向多元，即便是不同的產業，導入自動化的需求和技術也存在顯著差異。因此，無論是專注於某個特定的自動化領域，還是追求更廣泛的技術知識，最終都能助力我們的職涯走出一片天地。

作為實習生的其中主要指導主管，我希望能鼓勵大家不僅滿足於眼前的任務，而是積極尋求成長和學習的機會。雖然公司提供教育訓練，但這不表示新鮮人應該停在原地，等別人伸手拉一把，必須主動提出問題、尋求挑戰，並展現自身的潛力，才能真正實現自己的職涯價值和成長。這次實習期間，讓我深刻體會到，教育和引導實習生不僅是教授技能，更是激發他們內在的動力和野心，幫助他們在職場上取得更大的成就。希望未來能看到更多的實習生在這個過程中蛻變，成為自動化產業中不可或缺的新血。





2024第四屆機器人智動系統優質獎 智動化產業最高榮譽 激發創新、推動未來

文 社團法人台灣智慧自動化與機器人協會

由精密機械研究發展中心委託台灣智慧自動化與機器人協會合作辦理的「機器人智動系統優質獎」，今年已邁入第四屆，並於台灣機器人與智慧自動化展中隆重舉行頒獎典禮。本屆共計有 **24 件** 入圍創新應用研發類作品及 **12 位** 傑出人才入圍，顯示出參賽廠商的積極性和創新潛力。今年，首度參賽的新廠商佔入圍作品的 **50%**，反映出獎項的知名度在產業中不斷擴散，吸引更多優秀的參賽者。

在參賽作品中，自動化設備占 54%、系統整合業占 29%、零組件占 17%，展現了多元的應用範圍。評審委員們對這些作品進行嚴格的評選，最終選出 8 件具創新性的作品及 4 位卓越人才，充分展現產業的活力與創新。

經濟部產業發展署為刺激產業的創新應用與研發，致力於尋找學習典範並展現對機器人產業系統整合人才培育的重視與支持，特別辦理此獎項。歷屆得獎廠商在獲獎後，不僅獲得由產發署頒發的獎狀及獎座的技術肯定，還透過精機中心與智動協會的協助，進行國內外展會的得獎影片宣傳及案例示範，

進一步擴大其市場影響力。得獎人才在企業內部也普遍獲得升遷與加薪，並有機會擔任更高層的管理職位。

透過這些創新技術的推廣與應用，不僅帶動相關產業鏈的發展與升級，也提升臺灣在全球市場的競爭力，讓臺灣成為全球經濟的重要力量。隨著科技的迅速發展和產業需求的變化，機器人及智動化技術將持續引領未來的創新趨勢。我們期待在第五屆機器人智動系統優質獎能有更多富有創意和影響力的作品及人才，共同推動臺灣智動化產業的蓬勃發展，攜手迎接智能時代的挑戰與機遇。



圖 1. 2024 第四屆機器人智動系統優質獎經濟部產業發展署、委辦單位、執行單位與創新應用研發類參賽廠商合影

機器人智動系統優質獎 獎項介紹

(一)創新應用研發類

系統整合技術、機器人及其關鍵零組件等應用於生產製造，就產品與系統整合技術與服務，本身品質精進、技術研發、加值應用等創新，從舊有產品與系統改善且和指標廠商相比，趨近或超越同類產品。獎項分為 2 組，說明如下：

- 1. 機器人及關鍵零組件研發組：**限國產製品，包含機器人及其關鍵零組件，如控制器、減速機、馬達、驅動器、感測、通訊、軟體技術等自主研发產品。
- 2. 系統整合應用組：**提供機器人智動系統整合解決方案，解決方案內需具有智慧製造



圖 2. 2024 第四屆機器人智動系統優質獎經濟部產業發展署主秘、委辦單位、執行單位與得獎者合影



圖 3. 2024 第四屆機器人智動系統優質獎經濟部產業發展署主秘、委辦單位、執行單位、評委與人才類參賽者合影

元素與系統整合技術。系統整合技術包含智慧機械 / 機器人技術、物聯網技術、網宇實體技術、精實管理技術等。

(二)人才類

機器人智動系統整合人員包含智動化規劃、智動控制系統、機構、資訊等相關技術工程、設計與管理階層人才。獎項分為 2 組，說明如下：

- 1. 傑出工程師獎：**從事機器人智動化設備 / 單元、供應鏈、整線、整廠系統整合之規畫設計、技術之開發，具有特殊貢獻，允當楷模者。
- 2. 傑出團隊領導獎：**實際帶領團隊進行機器人智動化設備 / 單元、供應鏈、整線、整廠系統整合之規畫設計、技術之開發或專案之推動、管理與應用，具有特殊貢獻，足為產業楷模者。

第四屆機器人智動系統優質獎 得獎作品介紹

創新應用研發類： 機器人及關鍵零組件研發獎

★特優獎：HIWIN i4.0 GW 智慧型線性滑軌 / 上銀科技股份有限公司





產品介紹：HIWIN 智慧型線性滑軌 i4.0 GW 為半導體、光電產業中各類自動化設備，提供簡易安裝即可達成全廠多機連網、提升產業競爭力的最佳解決方案。此產品具有設備狀態可視化、智慧保養、事件記錄功能，且依循半導體產業資安要求設計，簡化智慧化系統導入生產場域的軟、硬體建置工程，幫助客戶減少智慧化升級過程之阻礙，並以綠色製造、設備狀態可視化、數據化、智慧保養 ESG、資訊安全最安心、智慧升級簡單行為亮點。

★特優獎：諧波減速機-HGGH25120DTRSOS/
盟英科技股份有限公司



產品介紹：諧波減速機能夠對應不同產業型態的機器人或自動化應用，利用關節模組減速機，可彈性化組成符合產業需求的機器人或自動化系統，並降低自動化導入成本。其高度整合性及中空型減速機設計的特性，能使整體產品體積大幅縮減、增加線路配置空間，並且透過高精度、輕量化的諧波減速機與無框馬達、驅動器及傳感器高度整合，可形成一體化的關節模組產品，以突破傳統機器手臂制式化規格限制。

★優良獎：RW8800 焊接機器人控制器/
寶元數控股份有限公司



產品介紹：RW8800 焊接機器人控制器能夠以多執行檔方式簡化各模組開發，並透過共用記憶體進行溝通整合，例如：人機模組、動作流程模組、通訊模組、PLC 模組等，其特色包含焊槍尖點位置的校正、機光掃描器安裝位置的校正、外部工件轉台擺放位置的標定，以實現取代人工焊接的工藝要求，並解決工件擺放位置偏差、焊接角度、段弧接續及加工時造成之熱變形的種種問題。

★優良獎：智能洗地機器人 MAX/
聯潤科技股份有限公司



產品介紹：智能洗地機器人的產品設計是為了應對各種複雜的工業環境和需求，並確保高效、安全和可靠的清潔解決方案，其堅固的機身結構能夠承受工業環境中的障礙物及不規則地形。智能洗地機器人配備了高效的清潔系統，包括吸塵系統、盤刷系統和吸水系統，能夠達到徹底清潔，具大容量水箱並可快速

充電，從 0% 到 100% 只需要 2.5 小時充電時間，減少停機時間並提高工作效率，此外，具備導航系統能夠靈活應對，確保運行的順利和安全。

創新應用研發類：系統整合應用獎

★特優獎：液壓異形管自動研磨機/
旭東機械工業股份有限公司



產品介紹：液壓異形管自動研磨機為臺灣首創的液壓異型管件拋光設備，可應用於自行車產業，能透過軟體編程設定研磨路徑，並模擬機械手臂對管件的研磨動作。在系統整合方面，整合一對二機械手臂，執行上下料、鋸切和拋光，並可根據需求擴展至多個工作站。在智慧化程度上，系統具備自動偵測警示功能，可即時通知備料和下料，與傳統人工拋光相比，拋光所需時間減少 50% 以上，有效節省時間和人力成本。

★特優獎：AI 咖啡生豆嚴選機/
圓展科技股份有限公司



產品介紹：著眼於精品咖啡市場的擴增需求，圓展科技股份有限公司推出業界第一台結合 AI 辨識功能的全自動挑豆機，AI 咖啡生豆嚴選機內建深度的分析及辨識功能，搭載了 4K 高解析高感光鏡頭，能夠清楚拍攝每顆咖啡豆，可有效辨識並剔除 SCA 認定之瑕疵豆，精準度高達 99% 以上。此外，使用者僅需在介面選擇生豆種類，無須額外人員在側，大幅提升了使用方便度，且相較於以往人工揀選瑕疵豆，AI 技術在此層面能夠更精準剔除瑕疵豆，以提升穩定烘培的品質。

★優良獎：iMEC 智能整合管理系統/
中光電智能物流股份有限公司



產品介紹：iMEC 智能整合管理系統能夠將場域複雜的資訊流與硬體設備串連整合，簡化操作流程，提供直覺式管理，實現最佳資源分配。用戶能夠在單一平台上管理全場域設備，有效協調多車協作並下達指令以處理任務。此外，系統具備：帳務整合、即時遠端監控、資訊視覺化、彈性客製化以及友善介面等多項亮點，能夠有效減少人力作業，提高空間儲利用率和帳務正確性，並提升物料搬運效率及即時生產調度的應變能力。



★優良獎：鋁輪圈自動化產線整合系統 /
發得科技工業股份有限公司



產品介紹：鋁輪圈自動化產線整合系統，利用即時監控方式掌握自動化產線之資訊流狀態，並針對資料進行處理，使設備資料轉換為有效資訊，讓使用者可即時追蹤設備狀態，並在中控室或行動裝置隨時根據現實的狀況做出正確的決策。鋁輪圈自動化產線整合系統已達到智慧化與可視化程度，使客戶端能夠即時掌握自動化產線狀況。

人才類：傑出工程師獎

★魏廷安副組長 /
上銀科技股份有限公司



魏廷安副組長在面對不同的自動化需求時，有多方思考的能力，不侷限既有的工作模式，主動提出新的建議或想法，並針對問題蒐集、整合不同來源資料，跨部門與團隊成員討論。此外也在團隊中扮演重要角色，能尊重每位成員意見，鼓勵同仁積極參與改善，而針對平行

單位則是善於整合多方條件與意見，同步溝通推進各專案順利完成。

★黃敏生技術副處長 /
均豪精密工業股份有限公司



黃敏生技術副處長迄今已累積 25 年自動化與機器人系統整合的實務經驗，經歷了製造、客服、專案、智慧物流等單位的歷練，並以客為尊，以公司專業技術為本。而針對團隊間的開發或問題會議討論，也會確切地了解各部門的需求支援，確實地分工與公司內各部門有效溝通應對，讓專案快速有效完善執行。

人才類：傑出團隊領導獎

★李佩君副理 /
台達電子工業股份有限公司



李佩君副理有效建立產品工程團隊，整合協調集團內跨單位研發能量，凝聚團隊向心力並帶領團隊完成設定目標。其針對物料、工廠生產及相關產品單位的協調能力佳，並導入

Smart Design 及持續優化自動化生產流程，縮短產品開發時程並產出品質佳、生產率高的產品，針對關鍵零組件找出適合的供應鏈，提升整體競爭力。

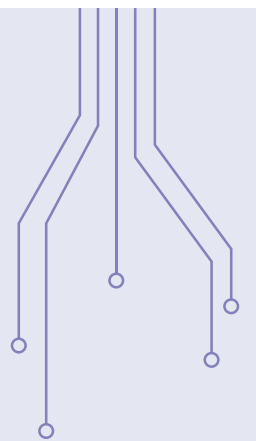
★劉凌偉執行長 /
立普思股份有限公司



在劉凌偉執行長的領導下，立普思成功開發了多款創新的 3D 立體相機，其中 LIPSedge™ 5 系列高分辨率 3D 立體相機更是在德國紐倫堡「嵌入式電子與工業電腦應用展」榮獲嵌入式視覺獎。此外，執行長對團隊成員的個人成長和專業發展給予了極大的重視，並提供必要的資源和支持，讓每位成員都能在其領域內發揮最大潛力。

透過這個獎項的設立，促進更多企業的參與，並激勵人才不斷追求卓越。同時，獎項也成為智能化領域學習與交流的重要平台，得獎者的經驗分享和作品展示為業界提供寶貴的學習與進步指引。我們期待「機器人智動系統優質獎」能持續推動產業的提升，鼓勵更多專業人才的參與，共同創造更加璀璨的機器人智動系統未來。

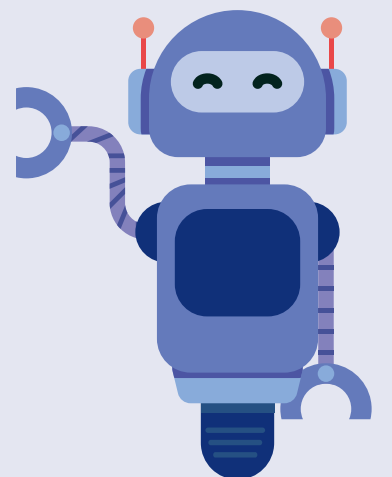
誠摯邀請各界菁英參加明年第五屆「機器人智動系統優質獎」。參與此獎項不僅是展現創新實力的良機，也是分享優秀成果、拓展業務網絡的絕佳平台。



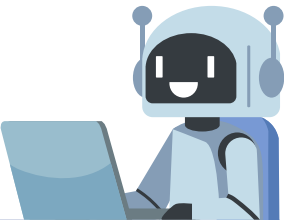
ARSI 機器人智動系統優質獎
Youtube 頻道



ARSI 機器人智動系統優質獎
TAIROA B2B 線上展館



2025 國際展覽資訊一覽表



2025 國際展覽行事曆		
01/22 – 01/24	日本國際機器人研發暨技術大展 RoboDEX 日本 東京國際展覽中心（Tokyo Big Sight）	參展優惠
03/06 – 03/08	泰國電子智慧製造系列展 2025 Intelligent Asia Thailand 泰國 曼谷國際貿易展覽中心（BITEC）	擬申請貿易署補助 擬組台灣國家館
03/31 – 04/04	德國漢諾威工業展 Hannover Messe 德國 漢諾威展覽中心	
04/09 – 04/11	日本名古屋工業製造週 Manufacturing World Nagoya 2024 日本 名古屋國際展示場（Port Messe Nagoya）	
04/15 – 04/17	日本 AI 人工智慧應用展 AI EXPO TOKYO〔春展〕 日本 東京國際展覽中心（Tokyo Big Sight）	組參展團 擬申請貿易署補助
04/16 – 04/18	韓國國際電子製造關連展 EMK 韓國 首爾 COEX 展覽中心	參展優惠
05/12 – 05/15	美國芝加哥自動化技術展 Automate Show 美國 底特律亨廷頓廣場（Huntington Place）	
05/14 – 05/17	馬來西亞工具機暨金屬加工設備展 Metaltech 馬來西亞 吉隆坡馬來西亞國際貿易展覽中心（MITEC）	
06/24 – 06/27	德國慕尼黑黑機器人及自動化技術展 Automatica 2025 德國 慕尼黑展覽中心（Messe München）	擬組參訪團
07/02 – 07/05	越南胡志明市工具機暨金屬加工設備 MTA Vietnam 2025 越南 西貢展覽會議中心（SECC）	
08/20 – 08/23	台灣機器人與智慧自動化展 TAIROS 台北國際自動化工業大展 Automation Taipei 台灣 臺北南港展覽館	協會主辦
09/23 – 09/27	上海工博會 中國 上海國家會展中心	
10/22 – 10/25	韓國機器人展覽會 ROBOTWORLD 2025 韓國 國際展覽中心（KINTEX）	參展優惠
10/29 – 10/31	日本國際機器人研發暨技術大展 RoboDEX Nagoya 日本 名古屋國際展示場（Port Messe Nagoya）	參展優惠
11 月	日本 AI 人工智慧應用展 AI EXPO TOKYO〔秋展〕 日本 千葉幕張展覽館	
11/25 – 11/27	歐洲工業自動化展 Smart Production Solutions, SPS 德國 紐倫堡展覽中心	
12/03 – 12/06	日本國際機器人展 IREX 日本 東京國際展覽中心（Tokyo Big Sight）	組參展團 擬申請貿易署補助

★ 備註：本表籌組參展為預訂行程，將依實際獲得貿易署補助後執行，歡迎洽詢業務組

★ 聯繫電話：04-2358-1866 #14（Fion）、#22（Iris）、#26（Eva）

社團法人台灣智慧 自動化與機器人協會

—114 年度課程資訊

開課時間	課程名稱	課程時數	開課地點
03/28 – 03/29	智慧機械手臂技術開發與實務應用培訓班	12	台中
04/11 – 04/12	PLC 與人機介面應用操作實務	12	新北
04/18	AIoT 與導入實例分析課程	6	台北
04/25 – 04/26	智慧自動化系統規劃及 AI 數位模擬分析	12	台中
05/03	溫室氣體盤查暨產品與碳足跡計算	6	台北
05/09 – 05/10	自動物流系統與 AGV 智慧搬運	12	台中
06/07	系統編制 ESG 報告書課程	6	台北
06/13 – 06/14	視覺感測技術與 AI 影像處理應用實務	12	台中
06/20 – 06/21	工業用機械手臂與工具機整合實作培訓班	12	台中
07/04 – 07/05	自動倉儲 AGV 的 SLAM 與導航	12	雲林
07/12	國際溫室氣體議與碳盤查數位工具課程	6	台北
07/18 – 07/19	PC-based 控制器應用及程式編輯課程	12	新北
08/15 – 08/16	ChatGPT 企業實戰 – 使用 Azure OpenAI Service	12	台中
08/22 – 08/23	AI 智慧聊天機器人建置 – 使用 Azure AI Language Service	12	台中
09/26 – 09/27	自動倉儲 AGV 的 SLAM 與導航	12	雲林

◎ 更多課程請上網查詢：<http://www.tairoa.org.tw/> ◎ 洽詢專線：04-23581866#51 凌小姐、#52 王小姐

- ★ 貴公司有培訓計畫及需求嗎？智動協會可提供您智慧自動化及機器人領域的「客製化」培訓課程規劃及辦理！歡迎您來電詢問企業包班詳情。
- ★ 智動協會提供海外人才培訓服務，歡迎企業及團體與我們連繫。
- ★ 智動協會保有課程更動權利，並設有最低開班人數 10 人；如未達開班標準，學員自付金額將全數退還。



課程詳情請掃 QR CODE

TAIROA 廣告宣傳服務

這是一本專屬服務智慧自動化及機器人領域的出版品，內容涵蓋產品技術發展、市場趨勢、展覽推廣、國際商情、創新拓銷、學術研究計畫推廣等內容。我們同時提供廣告版面給廠商，紙本印刷與協會公開性活動(媒合會、展覽等)傳遞到各領域對智動化與機器人有興趣的企業手上，智動產業期刊為您創造最寬廣的廣告效果。

AIR 期刊廣告價目表

項目	一期 (指定 8 月)		一期 (限 3、6、12 月擇一)		二期 (限 3、6、12 月擇二)		全年度(四期)	
	會員	非會員	會員	非會員	會員	非會員	會員	非會員
封面	100,000	125,000	80,000	105,000	150,000	175,000	280,000	305,000
	*加贈當期一篇主題稿件(需配合當季主題)							
	*搭配 Automation Taipei & TAIROS 展期 2000 本以上發放							
項目	一期				二期		全年度(四期)	
	會員		非會員		會員	非會員	會員	非會員
封底	70,000		95,000		130,000	155,000	240,000	265,000
封面裡	50,000		75,000		90,000	115,000	160,000	185,000
封底裡	50,000		75,000		90,000	115,000	160,000	185,000
內頁廣告	30,000		55,000		50,000	75,000	92,000	117,000
跨頁廣告	45,000		65,000		80,000	105,000	140,000	160,000

備註 1. 廣告刊登連續超過 2 期(含)，即享有原訂價 9 折 2. 價格優惠至 2025 年 12 月 31 日止 3. 會員以團體會員為主 幣值：TWD

TAIROA 網站 \ B2B 平台 廣告價目表

項目	會員	聯盟成員	非會員	期限 / 次數
協會官網活動公告	免費	X	X	1次/1季
LINE 社群	免費	X	X	次數不限
協會每月電子報	15,000	15,000	20,000	3次/1季
協會官網大型橫幅 Banner	25,000	25,000	30,000	90天
協會官網中央方形 Banner	25,000	25,000	30,000	90天
小型橫幅 Banner (前 4 版位)	30,000	30,000	35,000	1年
小型橫幅 banner (後 6 版位)	20,000	20,000	30,000	1年
TAIROA B2B 首頁大型 Banner (含每月電子報)	15,000	20,000	25,000	30天
	24,000	32,000	40,000	60天
	34,000	45,000	56,000	90天
TAIROA B2B 活動大型橫幅 Banner (含每月電子報)	10,000	15,000	20,000	30天
	16,000	24,000	32,000	60天
	22,000	34,000	45,000	90天
TAIROA B2B 產業地圖 - 精選產品 (含每月電子報)	8,000	13,000	18,000	30天
	12,800	20,800	28,800	60天
	18,000	29,000	40,000	90天
TAIROA B2B 虛擬展館 - 輪播 Banner (含每月電子報)	8,000	13,000	18,000	30天
	12,800	20,800	28,800	60天
	18,000	29,000	40,000	90天
TAIROA B2B 產業消息 - 大型橫幅 Banner (含每月電子報)	8,000	13,000	18,000	30天
	12,800	20,800	28,800	60天
	18,000	29,000	40,000	90天
TAIROA B2B 產業消息 - 新聞稿曝光 (含每月電子報 + 推薦文章置放)	免費	免費	8,000	1次/1季
	8,000	9,600	12,800	2篇
	10,000	15,000	18,000	3篇

項目	會員	聯盟成員	非會員	期限 / 次數
TAIROA B2B 活動上架 (含報名系統 + 講者預約系統 + 每月電子報)	30,000	35,000	50,000	1場
	48,000	56,000	80,000	2場
	68,000	78,000	112,000	3場
TAIROA B2B 活動快訊 (EDM 發送)	15,000	20,000	25,000	1次
	24,000	32,000	40,000	2次
	34,000	45,000	56,000	3次
TAIROA B2B 每月電子報大型橫幅 Banner	10,000	15,000	20,000	1次
	16,000	24,000	32,000	2次
	22,000	34,000	45,000	3次
TAIROA B2B 每月電子報中央方形 Banner	8,000	13,000	18,000	1次
	12,800	20,800	28,800	2次
	18,000	29,000	40,000	3次

幣值：TWD

廣告諮詢聯繫

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會 張小姐
Taiwan Automation Intelligence and Robotics Association (TAIROA)
EMAIL: iris@tairoa.org.tw
住址: 台中市南屯區精科路 26 號 4 樓
電話: +886-4-2358-1866 #22
傳真: +886-4-2358-1566
協會網址: www.tairoa.org.tw

TAIROA 歡迎入會

社團法人台灣智慧自動化與機器人協會致力於整合製造工程、自動化科技、精密機械、模具、通訊、半導體、影像顯示、材料、資訊、電子電機、醫療照護、教育、服務等，學界、產業界等公私機構及相關專業人員之專長與力量，旨在成為智慧自動化與機器人技術交流及異業聯盟之平臺，促進國際交流，加速機器人與智慧自動化相關產業發展！

協會服務

市場推廣

- 國際關係建立與合作
- 國際展覽／國際會議辦理
- 海外技術考察與市場拓展



人才培育

- 企業包班、專業人才培訓班
- 自動化、機器人工程師證照
- 推動產學合作、人才媒合



標準驗證

- 擬定機器人與智慧製造標準
- 建立機器人及智慧製造檢測驗證機制
- 核發 TARS 標章



產業推動

- 跨產業結盟合作
- 產業供需媒合與交流
- 產業發展政策擬定與訊息交流
- 爭取資源、推動產業發展



會員權益



企業交流



海外參訪
參展優惠



培訓優惠



廣宣服務



人才媒合

立即申請入會！

會務聯絡人

陳珮文 Peggy
04-2358-1866#13
member@tairoa.org



了解更多會員權益



下載入會申請表

為使產業交流更多元與不設限，
智慧自動化產業期刊自 105 年 3 月改由台灣智慧自動化與機器人協會發行，
這是一本專屬服務智慧自動化及機舉人領域的出版品，

內容涵蓋產品技術發展、市場趨勢、展覽推廣、國際商情、創新拓銷、學術研究計畫推廣…等內容。

- 刊 期** 全年 4 期
發行時段 3、6、8、12 月
發行區域 臺灣、大陸
印 刷 量 1,000-3,000(視活動與展會量而有所調整)
- 發行對象** 智慧自動化及機器人、各產業機械加工 與製造業等跨產業之經營者、高階主管、採購及行銷人員。
- 報導內容** 包含智動化及機器人產業最新訊息與技術發展、產學合作、市場策略與應用、焦點展會觀察與最新相關統計資料等。

訂閱聯繫

台灣智慧自動化與機器人協會 - 張小姐
電話：04-2358-1866 傳真：04-2358-1566
Email：iris@tairoa.org.tw

付款資訊

銀行：玉山銀行大墩分行
帳號：0288-940-027-199
戶名：台灣智慧自動化與機器人協會
備註：匯款後，敬請提供憑證供會計查核。

■ 廣告訂購提醒：期刊發行單位保有廣告刊登日期協調與是否受理刊登購買之權利。

訂閱戶基本資料表 (支票、電閱訂閱填寫)

訂閱【智慧自動化產業】電子期刊

□ 一本價格 NT\$ **500** 元

收件人： _____ □ 先生 □ 小姐

收書信箱 (Email)： _____

收據抬頭： _____ 統一編號： _____

收據地址： _____

連絡電話 (日)： _____ 手機： _____ 傳真： _____

您服務產業別是：

- | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---|
| ☐ 01. 半導體 | ☐ 05. 工具機類 | ☐ 09. 電子產業 | ☐ 13. 運輸物流 | ☐ 17. 其他 (請說明) _____ |
| ☐ 02. 零組件 | ☐ 06. 自行車 | ☐ 10. 手工具 | ☐ 14. 學校 | |
| ☐ 03. 產業機械 | ☐ 07. 食品加工 | ☐ 11. 機械加工 | ☐ 15. 公協會 | |
| ☐ 04. 模具類 | ☐ 08. 五金 | ☐ 12. 醫療產業 | ☐ 16. 研發單位 | |

■ 填寫後放大傳真 04-2358-1566 或 email 至 iris@tairoa.org.tw

客製化 企業包班

量身打造專屬培訓課程

30%ff

政府補助最低七折起
提升企業永續競爭力

針對單一企業、關係企業、上下游整合廠或有興趣之廠商，依據需求設計課程辦理員工培訓，協會提供講師、場地安排、行政事務等一切庶務，節省企業執行成本。



時間

總時數達6小時
(含)以上即符合
課程開立標準



地點

可於貴司內部場
地上課或是
指定之設施場地



講師

企業指定講師或
由協會尋找
適合的優秀講師



內容

依公司需求安排
教育訓練課程
內容及專屬教材

AI智慧製造
智慧資安策略

碳盤查
ESG永續經營

機械手臂
機器人技術

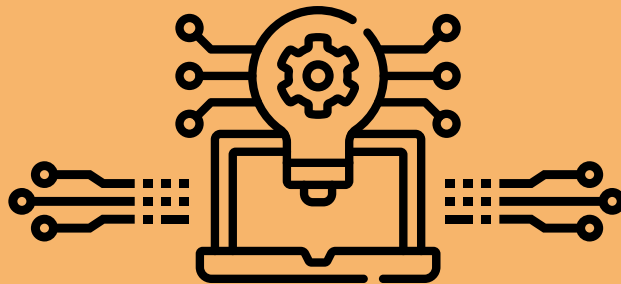
專案管理技巧
六大核心工具

企業包班請洽詢 ⊙

王小姐
凌小姐

04-23581866 #52
04-23581866 #51

candice@tairoa.org.tw
joy@tairoa.org.tw



學研技術與標準發展

www.tairoa.org.tw

TAIROA 台中

40852 台中市南屯區精科路 26 號 4 樓
4F., No. 26, Jingke Rd., Nantun Dist., Taichung City 40852, Taiwan
TEL : 886-4-2358-1866 FAX : 04-2358-1566
EMAIL : service@tairoa.org.tw

TAIROA 台北

10059 台北市新生南路一段 50 號 6 樓 603 室
Rm. 603, 6F., No 50, Sec. 1, Xincheng S. Rd., Zhongzheng Dist., Taipei City 100, Taiwan
TEL : 886-2-2393-1413 FAX : 02-2393-1405
EMAIL : service@tairoa.org.tw



印刷品 如無法投遞，請退回至：台中市南屯區精科路 26 號 4 樓

定價

NT\$500

9 772227 30500 8