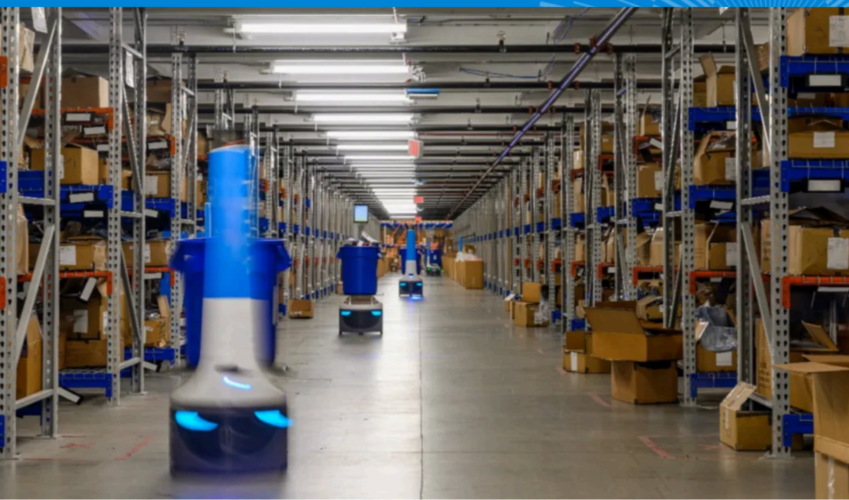
技術乾貨



簡介

機器人產業正處於一個明顯的轉捩點，以往的機器人多半是固定在生產線上的工業機械臂，或沿著磁軌、光軌行走的自動導引車（AGV）；如今隨著AI、感測器、嵌入式運算與連接技術成熟，機器人正快速走向自主移動、環境感知與人機協作。尤其自主移動機器人（AMR）與AGV，已成為整體機器人市場中成長最強勁的次領域，並逐步擴散到倉儲、物流、製造、醫療、農業、配送、餐飲與安防等場景。本文將為您介紹機器人應用的發展趨勢，以及由安森美（onsemi）所推出的相關解決方案。

AMR/AGV是市場高成長的主要引擎

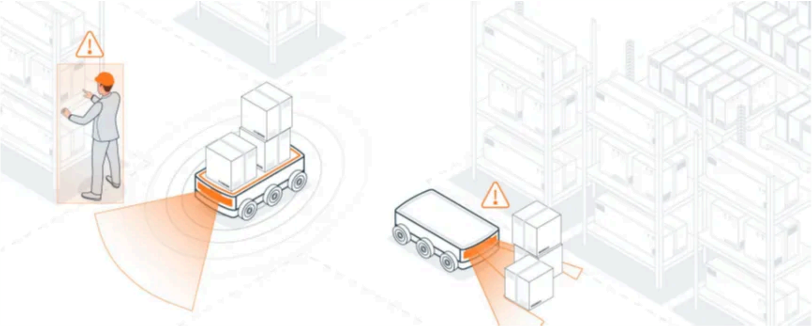
從市場資料來看，不同研究機構因統計範圍與年份不同，給出的CAGR有所差異，但方向相當一致。新版AMR解決方案資料指出，2026至2031年全球相關市場將以約15.3%的CAGR成長，市場規模從2026年的51.8億美元，成長到2031年的105.6億美元。若細分機型，AMR在2023至2030年約有19%的CAGR，協作機器人（Cobot）高達32%，自動配送機器人（ADR）約30.3%，傳統工業機器人則約13.4%。較早的資料也提到，倉儲機器人約19%、配送機器人約30.3%的成長率；AMR/AGV在2022至2028年約16.8%，並認為部分機構給出的7%過於保守。

機器人發展的背後驅動力包括：AI與機器學習、實體AI（Physical AI）、感測器與連接技術進步、嵌入式運算效能提升、自動化需求增加、勞動短缺與人力成本上升，以及對工作安全與品質的要求。換言之，機器人不再只是“取代人力”，而是朝向“與人協作、補足人力缺口、提升生產力與安全性”發展，這也呼應Industry 5.0所強調的人機協作與高價值工作。

在應用場景方面，機型正從AGV走向AMR、協作與人形擴散。早期AGV主要依賴磁軌、光軌或固定路徑，環境控制程度高、感知需求較低。AMR則不同，它必須在動態環境中重新規劃路徑、偵測障礙物、避開人員與其他機器人，因此高度依賴SLAM（同步定位與建圖）、深度感測、視覺與邊緣運算，這也是為什麼AMR的感測器用量與技術門檻明顯高於AGV。

目前機器人機型可大致分為AGV、AMR、混合型機器人、人形機器人、機械臂與Cobot。AMR的應用更從倉庫搬運，擴展到最後一里配送、農業、巡檢、醫療、旅宿、餐廳服務、安防、機場運輸，甚至與機械

臂結合成“AMR + 揀選／協作”系統，或與堆高機結合成“AMR + 堆高機”。人形機器人則被視為下一波高複雜度應用，結合移動底盤、雙臂、多自由度關節與深度視覺，對感測器、電源、馬達控制與即時運算提出更高要求。

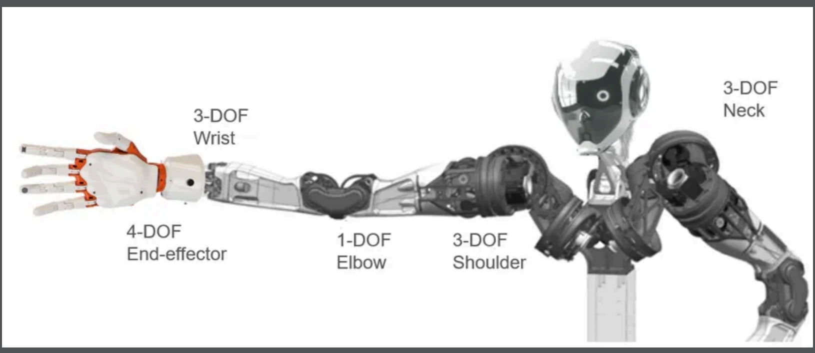


機器人應用仍面臨多項挑戰需要克服

儘管成長強勁，機器人應用仍面臨多項挑戰。首先是前期投資高，尤其AMR與人形機器人需要大量感測器與運算資源；其次是員工培訓與流程整合，企業必須學會與機器人協作；第三是功能安全與可靠性，例如ISO 10218-1等安全規範、避障冗餘與人機共存安全；第四是成本、功率消耗與電池續航，尤其戶外與多感測器系統；第五是感測器融合、標定與即時運算的複雜度。

展望未來，機器人應用將朝幾個方向演進：一是從固定路徑AGV走向自主AMR，再走向混合型、協作型與人形機器人；二是從倉庫室內走向戶外、醫療、農業、配送與公共服務；三是從單一感測器走向多模態融合與邊緣AI；四是從傳統匯流排走向單對乙太網路與無線連接；五是從矽基功率元件走向SiC、GaN與更高效率的電源與馬達驅動。

整體而言，機器人產業的競爭焦點已不再是單一零組件，而是系統級整合能力。誰能提供從深度感知、HDR視覺、低功率消耗運算、10BASE-T1S連接、BLDC/GaN驅動到智慧保護的完整方案，誰就更有機會在AMR/AGV、協作機器人與人形機器人的下一波成長中取得關鍵位置，這也正是目前半導體方案商積極佈局機器人市場的核心邏輯。



人形機器人的發展機遇與現實挑戰

人形機器人正處在一個微妙的節點上。一方面，2026年被業界視為量產“元年”，全球出貨量同比激增近三倍，不過，另一方面，機器人進工廠至今未能大規模推廣，核心原因是作業效率不及人工、泛化能力不足。出貨量暴漲與真實落地之間的落差，正是當前人形機器人產業最值得關注的核心命題。

從資料看，人形機器人正處於從實驗室走向商業化的加速期。根據市場研究機構SAG的報告，2026年上半年全球人形機器人出貨量約1.91萬台，較2025年

同期的5100台增長近三倍，預計全年出貨量接近6萬台。當前行業已進入“早期商業化”階段，重心正從技術展示轉向真實商業價值創造。

不過，出貨量的快速增長並不能掩蓋產業化的深層困境，機器人產業化之前必須跨越的“三座大山”——資料、模型和應用。

第一座山：資料稀缺與模型瓶頸。具身智慧大模型尚未迎來“ChatGPT時刻”。VLA（Vision-Language-Action）模型與世界模型之爭仍在繼續，遙操作、通用操作介面（Universal Manipulation Interface, UMI）、第一人稱資料與模型（Ego）、合成資料等多條資料獲取路線“內鬥”，誰也沒能說服誰。更關鍵的是，真實物理互動場景的合規資料極度稀缺，尤其缺少摔倒、打滑、物體破碎、人機干預等故障資料，導致模型無法學習異常處理；同時資料跨本體不通用，統一標注與對齊標準缺失。

第二座山：硬體與場景的錯配。當前可能有70%左右的產品在真正落地過程中都要進行一輪深度重構，才能滿足場景的真實需求。早期本體研發多遵循科研邏輯，機械臂的負載、末端執行器乃至是否需要靈巧手，往往並非由場景方真實作業需求反推而來。而機器人走進工廠後，各家靈巧手自由度、構型、感測器方式各不相同，資料無法互通，進一步放大了適配難度。

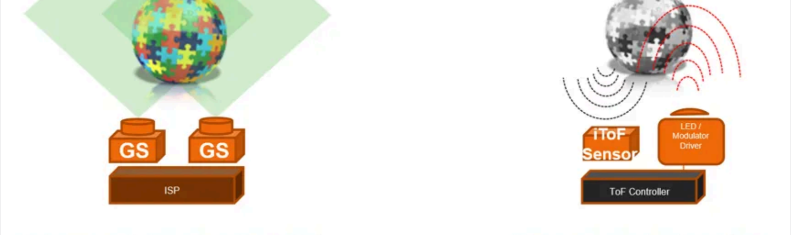
第三座山：量產供應鏈的四大門檻。當機器人從幾十台樣機邁向千台、萬台量級時，精度、一致性、良率、成本和產能同時浮出水面。核心關節的精密一致性、靈巧手的壽命與可靠性、力覺標定的標準化、以及批量複製能力，構成量產的四道關鍵門檻。以靈巧手為例，當前產品壽命普遍在十萬次級，但工業級連續作業場景要求達到百萬甚至千萬次級別，“差了一到兩個數量級”。

人形機器人的量產與成本問題仍需被攻克，人形機器人既要求接近消費性電子的成本，又要求接近車規級的可靠性，還需要遠高於傳統工業產品的運動精度，這幾乎是一套全新的製造標準。精密馬達零組件、力量與觸覺感知、運算與控制是人形機器人的“高風險”系統元件，執行器與感知系統面臨的技術挑戰尤為突出。

人形機器人的商業化正沿著“工業製造—倉儲物流—商用服務—家庭場景”的路徑梯次推進。當前的目標是讓模型在特定場景邊界內可靠工作，而非追求通用智慧的全面突破，具身模型的“GPT時刻”最樂觀也需3至5年才能到來；若定義為“陌生環境下自主閉環完成新任務”，則可能需10年左右。

人形機器人的成本正在逐步下探，結合出貨放量共同推動成長曲線，但真正的考驗在於——當機器人走出展廳、進入真實的工廠與倉庫，它能否像人類一樣理解異常、適應變化、穩定交付。這不僅是技術問題，更是一場關於製造能力、供應鏈協同和產業耐心的系統性戰役。

Imaging
(Stereoscopic Vision)
Indirect ToF



Dual camera monitoring overlapped image offset to measure distance of objects

Single sensor measuring phase difference of IR light to calculate distance

面向AMR的不同深度感知技術

感知與SLAM應用正從LiDAR走向視覺與ToF

SLAM是AMR自主導航的核心，需要完成動態環境建模、地圖建構、障礙物偵測與追蹤、路徑規劃、定位與里程計等功能。傳統上，LiDAR是SLAM的主流方案，但LiDAR成本高，因此近年出現明顯的技術轉向：從LiDAR轉向iToF（間接飛時測距）與全域快門雙目視覺。

視覺與ToF方案各有優勢，全域快門影像感測器可避免機器人移動時產生運動偽影，適合高速導航與條碼讀取；高動態範圍（HDR）則能應付倉庫、工廠與戶外混合光照，避免過曝或暗部細節流失。深度感測方面，dToF適合長距離，iToF適合近中距離與高解析度3D深度。安森美所推出的Hyperlux ID系列AF0130/AF0131即整合iToF深度感測與部分深度處理能力，可降低系統功率消耗與外部元件需求。此外，SWIR（短波紅外線）可擴展到400–2100 nm波長，為農業、半導體檢測等特殊應用提供新可能。

感測器融合也成為必要設計。單一感測器難以在所有光照、天候與場景下穩定運作，因此系統會結合LiDAR、iToF、超音波、雷達、全域快門相機與IMU等，透過冗餘與互補提高可靠性與安全性。這不僅是SLAM的輸入基礎，也是功能安全與人機協作的前提。

從系統角度看，一台AMR可拆解為七大子系統：馬達驅動、配電、感測器融合、有線通訊、LED照明、鋰電池充電與處理器。通用方框圖則包含電池充電（PFC + LLC）、機器人電源管理（電池管理、DC-DC、電流保護）、資料擷取（影像、超音波、LiDAR、力量／扭矩感測）、處理器（CPU/FPGA、記憶體、電壓監控）、馬達控制（馬達驅動、SiC/GaN、MOSFET、位置感測）、照明與音訊，以及通訊（10BASE-T1S、藍牙）。

在電源與充電方面，PFC與LLC是AC/DC充電器的核心，可提高功率因數與轉換效率；電源樹則以Buck轉換器與LDO提供多路電壓。安森美所推出的FAN6500xx系列同步降壓控制器、NCP189/NCP59801等LDO、NIS3071四通道eFuse、NCP81428熱插拔智慧保險絲，構成從輸入保護到負載供電的完整方案。

馬達驅動是機器人最主要的耗能來源，因此BLDC控制、閘極驅動與功率元件至關重要。安森美提供NCD83591三相閘極驅動、T10系列MOSFET、GaN驅動NCP51820與iGaN家族NCP58920/21/22，以及SiC MOSFET，可對應40V到650V以上電壓，並降低導通損耗、切換損耗與EMI。位置感測則有NCS32100電感式位置感測器，具備6,000 RPM全精度與約±50角秒精度，可替代部分光學編碼器。

連接方面，10BASE-T1S正逐步取代CAN、LIN、RS-485等傳統匯流排。它只需單對非遮罩雙絞線，速率

可達10 Mbps，支援多節點與PLCA碰撞避免，能大幅降低線束成本與複雜度。安森美的NCN26010/26000與新款T30HMTTS2500即為代表。

視覺方面，安森美以Hyperlux家族為核心：LP系列主打超低功率消耗，LH系列主打低光與eHDR，Hyperlux主打最高動態範圍與LED閃爍抑制，SG系列主打小尺寸全域快門，ID系列則主打iToF深度感測。搭配PYTHON、XGS、AR0234CS、AR0822、ARX383、AR0544等感測器，可覆蓋從VGA到20MP的多元需求。PRISM參考相機模組生態則可加快原型開發與量產導入，並與NVIDIA、Qualcomm、NXP、AMD Xilinx等平臺合作。

結語

從AGV沿著磁軌搬運貨物，到AMR在動態環境中自主導航，再到人形機器人嘗試走進工廠與家庭，機器人應用的演進脈絡清晰可見：這是一條從“固定路徑”走向“自主感知”、再走向“通用協作”的路。支撐這條路徑的，是感知融合、SLAM、深度視覺、高效率電源與馬達控制、單對乙太網路連接，以及邊緣AI運算的持續突破。安森美所推出的一系列機器人相關解決方案，是一套覆蓋感知、運算、供電、驅動與連接的完整解決方案，正在縮短機器人從原型到量產的距離，將是您在Industry 5.0時代人機協作不可或缺的一環。

成為艾睿電子LINE好友

Five Years Out

艾睿電子致力於讓科技的價值惠及更多的人