

# 高荷重工業機器人研發與設計

## Design and Development of Heavy Load-Capacity Industrial Robots

宋家仲<sup>1\*</sup>、陳俊皓<sup>2</sup>、陳尚德<sup>3</sup>、朱証裕<sup>1</sup>、吳孟和<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 群聚產業創新部 副工程師

<sup>2</sup> 工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 群聚產業創新部 經理

<sup>3</sup> 工研院智慧機械科技中心 智慧機械技術組 群聚產業創新部 工程師

**摘要：**現近年自動化蓬勃發展，國內業者開始致力於開拓新市場，全球市場隨著 3K 產業、3C 產業、生產製造產業缺工需求擴大，生產線換線快速化、加工自動化、操作安全與節能等要求，在自動化產業市場急迫被需要。其中高荷重工業機器人在汽車、航太、物流上大量被應用，然而低荷重工業機器人隨著協同機器人的發展而部分被取代，使得高荷重工業機器人的市場定位更加穩固，近年來穩定成長；另外，銑削機器人也在金屬加工產業逐漸被重視，藉此來取代工具機的粗加工，進一步降低成本。本文主要探討高荷重高精度銑銷機器人及高荷重上下料機器人的研發與設計。根據市場需求，未來可以導入國內廠商自主生產，作為產業升級。

**Abstract :** In recent years, automation industries in Taiwan have seen dramatically grown because of marketing demands of automation. For the issues of labor shortage becoming increasing prevalent in manufacturing industries like 3K and 3C industries, the market for automation solutions is increasing in demand, particularly for rapid production line exchanges, automated machining, safety operations and energy savings. Heavy load-capacity industrial robots have been massively applied in industries such as automotive, aerospace, and logistics. On the other hand, light load-capacity industrial robots are being partially replaced by collaborative robots which tend to be designed to work safely alongside humans, This makes the market position of heavy load-capacity industrial robots more steady and its market growth more stable; In addition, milling robots in metal machining applications are gaining more prominence, capable of carrying out the rough machining work for machine centers to further reduce the cost. This research studies the development and design of heavy load-capacity high precision milling robots and heavy load-capacity and unloading robots. According market needs, the methodology can be introduced to domestic manufacturers for self-sustainable production and industry improvement.

**關鍵詞：**高荷重、工業機器人、加工

**Keywords :** Heavy load-capacity, Industrial robot, Machining

### 前言

FANUC、YASKAWA、KUKA、ABB 皆已推出銑削機器人，產業廣泛應用於保麗龍 / 樹脂加工、木材 / 石材雕刻與拋光 / 研磨等輕切削應用，並有效將生產效率提高 200%。歐盟於 2012 年已整合德國、英國、比利時、意大利、瑞典、法國、捷克及希臘成立 COMET 組織，主旨在開發靈活、可靠、可預測的加工系統，使機器人可提供具有

成本效益且靈活的加工基礎並應用於金屬切削等。以國內產業而言，目前國產機器人皆為中低荷重等級，缺乏精準的距離準確度，無法應用於金屬切削等高阻抗應用；舉例來說，水平展長 700 毫米的工業機器人而言距離準確度約落在 3 到 8 毫米，若要達到粗加工的程度，距離準確度須提升到 0.2 毫米以下。除此之外，當工業機器人應用於切削等力量較大的應用時，便會發生抖動 / 震動情況，因此銑削機器人本身需要由較高的結構剛性，

一方面可以抵抗切削過程的反作用力，另一方面可以減少抖動 / 震動的強度。

另外一種高荷重工業機器人常用在汽車、航太、物流上面，荷重多為 100 公斤以上，由於結構重量較重，展長也長達 2.5 到 3 公尺之間或以上，末端承受的負載與結構重量對第二軸造成的力矩會有 10,000 Nm 以上；第二軸關節設計的馬達與減速機配置，一般上限約能提供到 5,000 Nm，但仍不能使工業機器人第二軸轉動。有鑑於此，開發用於工業機器人的負載平衡裝置是必要的，用來補償第二軸關節馬達與減速機輸出扭力不足的部分。再者，在產業應用上高荷重工業機器人多出現在 3K 產業—日語中的髒亂（kitanai）、辛苦（kitsui）、及危險（kiken）來協助工廠或產線上的工作，例如：焊接、修毛邊、離子切割、模具鑄件搬運等相對高溫的工作廠域，這種環境會對馬達及電線造成極大的傷害，因此將馬達遠離法蘭面的設計顯得相當重要，設計一套傳動機構，可以將後三軸馬達置於大臂上，以達到相關極端環境的應用。

## 高荷重工業機器人研發

銑削機器人加工系統將工業機器人與 CAM 的專用控制器結合在一起。對於某些多軸銑削加工應用領域而言，採用傳統的工具機可能有點小題大做。這其中包括銑削材料，如新產品設計使用的粘土、石蠟、木材、和塑膠等材料的銑削，還有造型設計和快速的原型試驗項目以及尺寸公差較低的傳統材料。在這樣的情況下，使用一個工業機器人可能要比一台傳統工具機更具優勢，大大提高加工範圍、加工效率，節省工具機採購成本。前言提到要成為銑削機器人需要具有高剛性及高精度的特性，而且為了安全地控制高速轉軸，包括供電，冷卻和微潤滑的控制，所有電纜均從工業機器人內部走線，以至於能適應各種複雜環境，甚至是嚴苛的工作環境。在目前的市售工業機器人當中，史陶比爾（Staubli）最具有代表性，TX90、RX160 和 TX200 HSM 系列在歐美工業自

動化展經常被作為該應用展示。

這裡出現一個問題，銑削機器人真的適合作加工嗎？可以從幾個方面來探討，第一、準確性，工業機器人的精度在過去幾年中一直在改善，甚至在某些條件下，精度可以被校準到接近可重複性；以可重複性為 100 微米的 KUKA KR210 工業機器人為例，可以校準到最高 200 微米的精度。但是，重要的是要記住工業機器人的準確性取決於良好的校準，不同的校準方法會導致精度上的差異。第二、工作空間，許多工具機會因為本身既有的工作空間限制，無法無限容納更大型的工件進行加工；然而，工業機器人通常具有大的工作空間，一般中型工業機器人的工作空間為 7 至 8 立方米，可以增加外部軸擴展其工作空間。第三、多功能，工業機器人也可以做各種加工應用，例如銑削、車削、鑽孔等；除此之外，與大多數工具機相比，工業機器人還能夠沿著更複雜的路徑前進。工具機往往有 3 或 4 個自由度（DoF），甚至可以到 5 個自由度，這對於許多加工任務來說已經足夠了。但幾乎所有的工業機器人都有 6 個自由度，這意味著可以加工更複雜的形狀。第四、可負擔性，與工具機相比，工業機器人有兩個明顯的優勢：大工作空間，功能多樣。可以以更低的成本加工任何尺寸，形狀和複雜性的物體來為企業提供更多價值。

工研院在設計銑削機器人著重在精度與剛性的提升 [3]，目的是可以取代傳統工具機進行金屬的粗加工。與之前工研院為客戶開發的工業機器人，其中一個不同點是結構材質的選擇與分配；一般上下料工業機器人在第一軸與第二軸的材質為灰鑄鐵（JIS 編號 FC300），第三到第六軸的材質為鑄鋁（ASTM 編號 A356.2）。灰鑄鐵的密度約為鑄鋁 2.7 倍，楊式係數則為 1.5 倍，這樣的安排是因為當工業機器人的姿態向外延伸一直到水平狀態，負載與結構自重對前幾軸造成的力矩相當大，要減少過多的結構變形量，因此選擇剛性較強的材質。針對銑削機器人刻意安排為第一軸到第三軸的材質為球墨鑄鐵（JIS 編號 FCD600），

## 更完整的內容

詳見 ■ 機械工業雜誌 ■ · 432 期 · 108 年 3 月號

---

機械工業雜誌 · 每期 **220** 元 · 一年 12 期 **2200** 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

匯款帳號：兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)，帳號/ 203-07-02288-0

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌 · 官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)

機械工業雜誌 · 信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)