



# 國產高階五軸控制器技術回顧與案例說明

## Technical Review and Case Study of Made-In-Taiwan High-End Five-Axis Controller

<sup>1</sup>李建毅、<sup>2</sup>梁世璋、<sup>2</sup>許哲璋、<sup>2</sup>吳柏勳、<sup>2</sup>曾郁升

<sup>1</sup>工研院智慧機械科技中心智慧機械技術組資訊與資源部經理

<sup>2</sup>工研院智慧機械科技中心智慧機械技術組資訊與資源部

**摘要：**本文針對國產高階五軸控制器近年開發功能進行相關技術介紹，由五軸加工控制技術、機台幾何誤差補償、雙系統同動控制技術到 3D 切削模擬驗證，以及常用於五軸同動之刀具中心點控制、傾斜平面命令等機能，並對應支援機台構型由五軸正交構型到五軸非正交構型。針對產業面應用，分別介紹於航太、汽車、生醫等加工應用案例，提供給國內五軸加工使用者，對於國產高階五軸控制器加工機能有更深入的了解。

**Abstract :** In this article, a series of functions for the domestic high-level five-axis controller are introduced, including five-axis machining tool control, geometric error compensation and 3D simulation and verification. Some of them are commonly used in five-axis machining and five-plane machining with tool center point control, tilted working plane machining and others. The supported five-axis machines range from five-axis vertical machining centers to gantry-type machining centers. The applications in aerospace, automotive, biomedical industries are listed in this article as well.

**關鍵詞：**電腦數值控制器、五軸工具機、刀具中心點控制、刀具姿態控制

**Keywords :** Computer numerical controller, Five-axis machine tool, Tool center point control, Tool posture control

### 背景介紹

五軸加工機由三個直線軸與兩個旋轉軸所組成，可用於對素材進行多面與複雜曲面進行銑削，對於航太、生醫、汽車產業零配件等複雜五軸加工應用，更是必要的生產設備。控制器為工具機的大腦，透過不同的控制方式、加工方法、座標

指定與機構補償，除可大幅提升機台的使用性外，更可大幅提升生產品質與效率。除了由 CAD/CAM 進行各軸向的控制外，控制器更可指定工件座標進行加工，並可透過控制器設定機構參數，進行不同的工法支援，如：定角度加工、同動加工與同動側刃加工 ... 等，對於五軸控制器相關功能，於下列各別介紹。

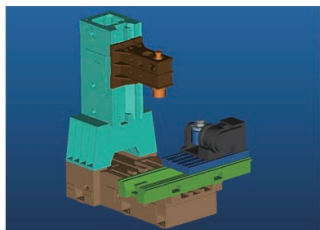


## 五軸機能介紹

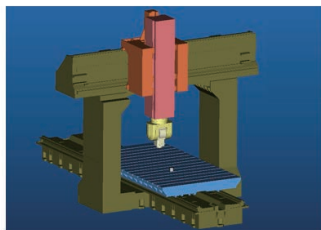
### 1. 五軸控制器支援構型

五軸工具機依機構不同，可分為三大類，分別為：雙轉台、混合型與雙轉頭構型，目前常見五軸控制器支援正交型三種構型與非正交混合構型，如圖 1 所示。若以加工範圍區分，一般而言，雙轉台型較小，混合型次之，雙轉頭型最大，面對不同產業與加工應用，可依需求選擇相對應構型之機台。

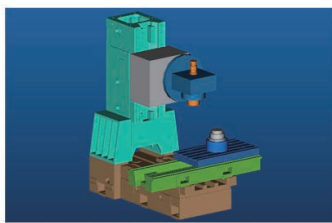
### 2. 定平面加工機能



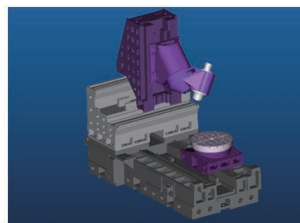
正交雙轉台型



正交雙轉頭型



正交混合型



非正交混合型

圖 1 五軸控制器支援構型示意圖

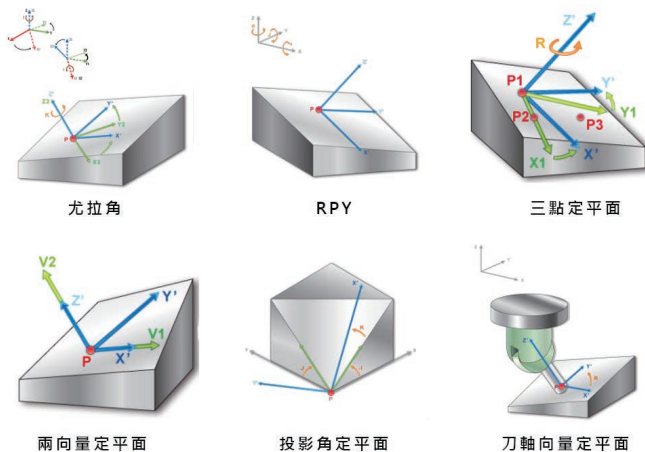


圖 2 定平面機能示意圖

五軸加工應用中，常需要透過兩個旋轉軸，對於某個特定平面進行三軸加工程序，以減少夾治具之間的轉換，透過控制器支援相關斜面設定，可大幅增加加工便利性。

對於傳統五軸加工來說，必需透過 CAD/CAM 來處理特定傾斜面的程式，非常不方便。為便於使用原三軸加工程式，透過控制器設定偏移量與角度值來定義某特定平面座標系，於此特定平面上的加工行為及程式設計就如同垂直於 Z 軸的 XY 平面上加工一樣容易，便可使用原始三軸加工程式，減少 CAD/CAM 重新產生路徑的時間，以提升加工效率。

目前支援的定平面加工機能，如圖 2 所示，區分為六種 (1) 由拉角定平面 (2) RPY (roll-pitch-yaw) 定平面 (3) 三點定平面 (4) 兩向量定平面 (5) 投影角定平面與 (6) 刀軸向量定平面。

### 3. 刀具中心點控制

高階五軸加工機常用之控制方式，加工程式係直接指定工件位置進行加工，而非各軸移動命令。當機構原點位置偏差，僅需校正原點，便可使用原本加工程式，具高度的便利性。

主要控制命令皆由加工件與加工刀具中心點位置來進行描述。輸入控制命令後透過逆向運動學 (inverse kinematic) 轉換成原本各控制軸命令，在由控制器對機台控制軸進行移動控制。此控制方式之命令主要著重於切削過程中工件與之刀具中心點相對位置，而非直接對機台各控制軸的移動位置與速度進行控制。若使用座標與向量格式指令，相同座標的五軸機台，能以相同程式在不同構型五軸機台加工，不需 CAM 重新產出。

目前高階五軸控制器支援刀具中心點控制，使刀尖點保持在工件輪

## 更完整的內容

詳見【機械工業雜誌】420期・107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

訂書專線：03-591-9339

傳真訂購：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)