



高速高精度之小線段 命令運動軌跡插值介紹

Introduction of High-speed
and high-precision motion trajectory
in small segment commands of interpolation

李峰吉

工研院機械所
智慧機械技術組
機電控制整合部



關鍵詞

- 路徑規劃 Path Command
- 伺服迴路控制 Servo Control Loop
- 機械結構 Mechanical Structure
- 高速 High Speed
- 高精度 High Precision

摘要

由於近幾年加工形狀複雜化，工件需要更先進的幾何曲線來表示，就必須將加工曲線和曲面路徑以許多的直線的命令來逼近，因此會造成許多極短線段命令。

本文主要針對多階曲線加工軌跡，以小線段直線逼近加工路徑，造成加工進給速度與工件精度低之問題，改善運動控制路徑規劃、伺服迴路控制架

構及機械結構，以達到高速高精度之加工品質。

Over the past few years due to processing of shape has a complicated and require more advanced parts of the geometric curves future that must be processed on the curves and surfaces, it will cause a number of very short segment command.

In this paper, curve for the processing path, a small segment linear approximation processing path, resulting in slower feed rate and lower work piece machining precision. Improve the motion command, servo control loop and mechanical structure, in order to achieve the high speed and precision processing quality.

前言

在產業提升及高科技的發展下，在產品製造上講求的是『高速』與『高精度』加工，而工業控制



器必須要具有快速且精確的製造能力，已被視為工業的重要指標，近年來一直受到業界的重視。工業控制器技術發展一直隨著型態因而精進，使得『高速』『高精度』已成為各工業控制器努力的方向。

一般而言，運動控制的精度取決於三個要素：運動控制路徑規劃、伺服迴路控制架構及機械結構。為使工具機的加工精度與速度的提昇，控制系統的設計必須包含良好的運動控制器與路徑規劃插補器，必能大幅的提昇工業控制器的加工精度與縮短加工時間。

傳統工業控制器是用直線或圓弧的軌跡去加工工件，由於近幾年加工形狀複雜化，工件需要更先進的幾何曲線來表示，就必須將加工曲線和曲面路徑以許多的直線的命令來逼近，因此會造成許多極短線段命令，也容易造成工具機加工速度遲緩，或是因速度不平均，造成加工表面不平滑，精度下降。

在運動路徑的規劃上，一個突然產生的速度命令將會需要一極大之加速度，如此將會造成機台產生一過大的力矩輸出，一方面會造成機台的震動，也會減低了機台的使用壽命，因此如何去避免過大的力矩輸出，並使運動在加減速過程中能夠維持平順之速度，是加減速曲線設計規劃上所關切的設計要素。

本文主要針對多階曲線加工軌跡，以小線段直線逼近加工路徑，如何達到高速高精度之加工品質，做一概括介紹。

控制命令與迴路

在高速的過程中又要保持很高的精度就是一個有趣的研究方向[1]。一般而言，高速的進給命令會使系統有較大的追隨誤差，而使得系統有較差的軌跡精度，也因高速導致速度的不連續性加大，造成機台振動而影響了加工表面粗細度。另外，如果維

持一樣的插值週期(IPO Time, interpolation time)，為了達到高速插值，位置命令與原工件程式路徑的誤差也會變大，導致尚未進入位置控制迴路前，在運動軌跡規劃(Motion Planning)上就出了問題。所以，為了達到高速高精度控制，必須解決上述種種問題，可以分類為控制命令的問題與控制迴路的問題：

第一類是控制命令的問題

- 插值週期必須要快，命令誤差必須減至最小。
- 運動控制路徑加減速度曲線規劃。
- NURBS 技術。

第二類是控制迴路的問題

- 高速高精控制必須擁有較高的迴路增益。
- 必須設計前饋控制器以減少伺服落後。
- 必須解決非線性的控制問題，如摩擦力等。

如欲達到高速高精度之加工品質，則可由以上之問題著手解決。

運動控制路徑加減速度曲線規劃

在運動路徑的速度規劃中，突然產生的速度命令則需要極大的加速度能力，當給予物體一極大的加速度時，根據牛頓力學第二定律 $F = ma$ ，理論上會造成馬達過大的力矩輸出，此相當大的力通常由運動機構本身所吸收，而突然的加速度產生也會產生一無窮大的 Jerk。

Jerk 是指加速度的微分，若我們觀察其 Jerk 之變化情況，可以發現 Jerk 值如同一脈衝響應。對機構而言，突然極大的加速度改變，會產生衝擊而振動，因而造成機台損壞，像這樣的機械，震動與噪音是無法避免的，也會減低了機台的使用壽命，因此如何去避免過大的力矩輸出，並使運動在加減速過程中能夠維持平順之速度，是加減速曲線設計規劃上所關切的設計要素。

速度規劃演算法的作用，是將插補器命令給控



更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】325期・99年4月號

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：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011