



# 考量切削扭矩 之銑削進給調變方法

Feedrate-Adjustment Method Considering  
the Cutting Torque in Milling Process

張京軒

國立臺北科技大學  
機電整合研究所  
研究生

葉賜旭

國立臺北科技大學  
機械工程系  
副教授

高永銘

工研院機械所  
智慧機械技術組  
資訊與資源部

## 關鍵詞

- 切削扭矩 Cutting Torque
- 銑削加工 Milling Process
- 進給調變 Feedrate-Adjustment

## 摘要

電腦數值控制(CNC)工具機的加工參數設定通常是由工具機操作人員直接設定或使用CAD/CAM軟體藉由諸多加工結果統計數據庫進行參數設定；其結果往往是以較為保守的加工設定參數進行切削，雖可防止切削時因參數設定不佳而影響刀具的完整性並避免刀具損傷，但是該參數設定應用於CNC工具機卻會造成較低效率切削

加工與較長的加工時間。近年來，由於自適應限制控制方法(ACC)可以在加工過程中界定加工變量的最大加工條件限度，所以在本研究中主要採用ACC方法進行加工參數設定，且操作加工參數的應用主要包含切削進給率和主軸轉速等。本研究發展具有單節預讀功能的在線自適應限制控制方法；儘管在實際加工過程中切削環境為多變，仍可在線調整原來的進給速率命令，以保持切削扭矩於先前所界定的範圍內。最後，應用於桌上型三軸電腦數值控制銑床工具機的實驗結果可證明本研究所發展的銑削進給調變方法在CNC銑床工具機應用的可行性。

The parameter settings of CNC machine tools are usually determined by an operator or the applied CAD/CAM software with a statistical machining database. The settings are usually conservative to



preserve cutting tools and could result in inefficient cutting processes with longer machining time. The adaptive control constraints (ACC) approach is mainly employed in this study because in recent decades, it has been known to possibly maximize some bounded machining variables in machining processes. The manipulating parameters mainly include the cutting feedrate and spindle speed of the applied machining tool. The original feedrate command is overridden online to maintain the cutting torque within certain ranges described previously, even though the actual cutting conditions are varied during the machining processes. Finally, the experimental results indicate the feasibility of the proposed approaches for the online feedrate adjustment of CNC machine tools.

---

## 緒論

---

電腦數值控制(CNC)工具機已被廣泛地應用於精密加工許多年，主要是因為它能顯著降低技術人員在加工過程中所需要的操作技術要求。然而，設定加工參數(如主軸轉速和切削進給率等)，通常是電腦數值控制工具機操作人員經由使用CAD/CAM軟體設定，或由諸多加工結果統計的數據庫得到參數設定規則。往往用比較保守的加工設定參數進行切削，可防止切削時因刀具參數設定不佳而影響刀具的完整性，所以該參數設定應用於CNC工具機可進行較低效率切削加工並獲得較長的加工時間，但可避免刀具損傷。儘管

加工參數的設定，可經由專家系統或人工智能的方法進行；但部分專家學者認為，該些方法不能在加工過程中根據實際切削條件在線調整參數，需要在離線時才能調整參數[1,2]。因此，在線的參數調整或自動調整加工參數的自適應方法近年來已被廣泛研究。一般建議的方法可分為：幾何自適應補償方法(GAC)、自適應優化控制方法(ACO)和自適應限制控制方法(ACC)。幾何自適應補償方法可以有效降低加工幾何誤差；即時補償實際機台運動時所造成的幾何精度誤差、刀具磨損所造成的加工件幾何誤差與實際加工因素所造成的幾何誤差(例如在切削過程中的溫升所造成的幾何誤差)等等[5]。然而，很少幾何自適應補償方法可被商業化或者建立在商業化的數控機台控制器；因為該些方法通常很難在線或即時測量實際加工因素所造成的幾何誤差並給予適當的補償[5]。相較於幾何自適應補償方法，自適應優化控制和自適應限制控制方法可經由在線或即時調整具有穩定性與自適應控制性的機械加工參數，適當改善機台加工性能[2]。自適應優化控制方法可以根據目前的切削條件，提供最有效的控制方式影響切削加工。然而，自適應優化控制方法仍然有在線或即時測量加工因素的要求；因此，自適應優化控制方法的實機應用仍然有限，只有少數自適應優化控制方法，可在實際加工過程中被使用[4,5]。相較於幾何自適應補償和自適應優化控制方法，自適應限制控制方法可以在加工過程中界定加工變量的最大加工條件限度，如切削力、切削扭矩、主軸電流、表面粗糙度、尺寸精度等[3,6]；並且，自動調整最佳加工參數(主要為切削進給率和主軸轉速)，使機台的實機切削結果限制

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】349期・101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

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