



# 應用振動聲紋特徵 於切削穩定性之檢測分析

The Cutting Stability Analysis of the Machine tool  
In Application of the Voice print

洪瑞斌

勤益科技大學  
機械系  
教授

林清源

工業技術研究院  
機械所  
智慧機械技術組  
副組長

羅佐良

工業技術研究院  
機械所  
智慧機械技術組

## 關鍵詞

- 線性滑軌 Linear guide
- 接觸剛性 Contact stiffness
- 動剛性 Dynamic stiffness
- 切削穩定性 Cutting Stability

## 摘要

本研究旨在探討線性滑軌預壓對工具機進給系統的結構動態特性之影響。線性滑軌已廣泛應用在各式各樣工具機之進給導軌系統中，其內部滾動鋼珠與滑槽之間的接觸力與接觸點之變形量為非線性關係，將導致鋼珠接觸剛性隨其預壓之不同而改變，並因此影響主軸頭部系統結構之動

態特性與切削穩定性。由有限元素分析證實預壓等級較高的滑塊，因具有較大的接觸剛性，可提升進給機構結構的靜剛性以及自然振動頻率，並有效增強機柱主軸頭部之動態剛性及切削穩定性。機械切削加工時產生之震動與噪音量值大小與切削穩定性亦有極大的關連，本研究利用聲紋展開判斷是否有加工顫振的現象發生，藉此未來如果在加工過程未產生顫振則可適當的加快切削加工速度，若產生顫振則自動加(減)切削條件用以避開顫振點，如此可以致使切削條件保持再最佳的狀況，提昇切削效率，並避免因人而異的切削條件導致加工效率降低的現象。

Realization on the dynamic characteristics of the column spindle system is of importance for enhancing the structural performance of a vertical milling machine. Generally, the spindle head is fed



under linear guide mechanism through a ball-screw driver. To assess the dynamic characteristics of a vertical column spindle system under the influence of a linear guide, this study developed a finite element model integrated the modeling of linear components with the implementation of contact stiffness at the rolling interface. Both the finite element simulations and vibration tests reveal that the preload of a linear guide greatly affects the vibration behavior associated with a spindle head, and the dynamic stiffness of the spindle head could be enhanced by increasing the preload of the linear guide. Current results clearly indicate that the simulations agree well with the experimental measurements. This also confirms that the proposed model can be successfully applied to evaluate the dynamics characteristics of machine tool systems of various configurations.

---

## 1. 序論

---

現今因工業科技的快速發展，帶動工具機產業往精益求精方面發展，而且更加注重生產效能及產品的精度表現，如何提高切削速度及加工精度，以是工具機產業發展的重要目標。而影響加工精度的原因主要分為機台控制因素、機台結構本體因素、加工因素及環境因素。而機台控制因素有控制器參數調校、同動插補、檢測回授反應。機台結構本體因素有機台本體結構之靜態幾何誤差、動態誤差與動靜態剛性等。加工的因素為包

含刀具磨損、機台熱變形、殘留應力變形等。最後環境的因素是包含環境溫度、外來振動及地基剛性等因素。在這些因素中，機台結構剛性的強弱是影響加工表現的重要因素，也是製造業者必須建立的自主性基礎技術。以 CNC 立式主軸而言，必須考慮結構靜態剛性與動態特性，足夠的剛性將可有效避免結構體在可負荷範圍內產生變形，影響機台精度與加工精度。除了靜動態剛性分析外也可利用結構自然振動頻率分析來評估結構之剛性，剛性較弱之結構自然振動頻率亦較低，且工具機在進行切削加工時不但會有自身的靜態剛性及重量所影響，還會因斷續切削所產生切削力變化、主軸高速旋轉與工件高速進給所產生慣性力以及因動平衡不良所產生之不平衡力等。當這些動態作用力或切削負荷作用頻率趨近於結構振頻時，可能導致共振現象發生。而共振現象除了會導致加工精度之誤差問題之外，也會減少機台的壽命，因此，在結構設計時就必須掌握整體結構之動態特性，並進行式當規劃設計，以獲得較佳的機械性能。

由於現今對加工品質越來越重視，所以對工具機的高速加工也有所要求，而當工具機在進行高速切削時所激起的振動，會與工具機機柱與主軸箱間之線性滑軌接觸剛性相關之自然振動相呼應，而影響刀具與工件間的相對位移，刀具切削之動態特性將會影響到工件的加工精度及表面粗糙度。

本文主旨是在探討線軌預壓對立式 CNC 銑床結構動態特性以及切削穩定性之影響，並透過振動噪音與切削實驗進行驗證。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】336期・100年3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)