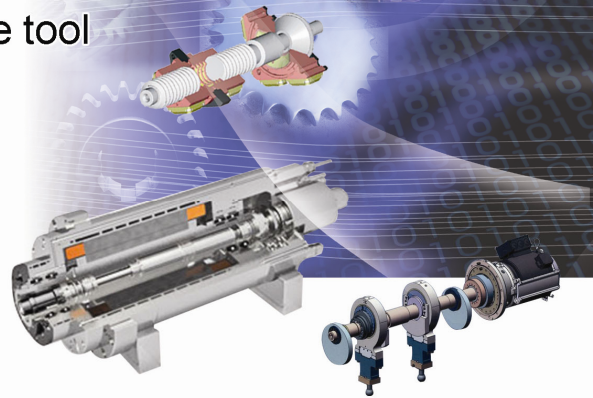




聲紋時頻轉換法於工具機械磨耗檢測

Vibration-Acoustic Analysis
on the wear monitoring for machine tool



羅佐良

工研院機械所
智慧機械技術組
工程師

張恩生

工研院機械所
智慧機械技術組
經理

洪瑞斌

國立勤益科技大學
機械系
副教授

關鍵詞

- 線性滑軌 Linear guide
- 聲紋震動分析 Vibration-acoustic analysis
- 黃鐔法 Hilbet-Hung transform(HHT)

摘要

振動分析法是藉由機器在正常運轉與異常狀態下引發振動的變化，找出故障的振動特性。因此，廣泛應用於故障、過度磨損或結構損壞等的預測上。但是，振動頻譜所呈現的是整體機台振動情況，當偵測點移動或改變時，所量得之振動訊號亦隨之改變。諸如工具機之定位機構包含甚多線性傳動元件，各組件具有獨自振動特性，但是結合後會產生偶合振動型態。因此，不容易由單一振動頻譜圖中判斷產生異常狀態之來源。

本研究期望藉由機台聲紋檢測所獲得時域頻譜中，具有顯著變化區域之特徵值作為檢驗機台狀態之依據。此種方式較諸於振動頻譜分析，更具創新性，在實務應用上則更具方便性。基於此概念，本研究將結合電腦輔助工程分析與聲紋量測實驗，探討線性滑軌異常狀態導致平台振動聲紋特性變化之力學意義。研究結果顯示，線性滑軌之預壓力等級之不同或不均勻以及珠槽內部鋼珠缺損情況下，確實會影響定位平台運動中的聲紋特性。鋼珠缺損時將降低線軌接觸剛性，導致機台振動聲紋頻率降低，此顯示藉由聲紋特徵分析可以檢測機台中線軌狀態變化。應用此種特性，即可藉由振動實驗檢測機台內部元件是否發生異常，並提供作為設計檢驗的依據。

The vibration analysis method has been widely used to detect the faults of the components of a machine. For a positioning stage, its vibration characteristic is close related to the liner guide preload. With the attempt to clarify the meanings of the



vibration signal coming out from an abnormal machine, this study was aimed at investigating the influence of a fault linear guide on the vibration and acoustic characteristics of a positioning stage through the use of acoustic characteristics analysis.

Experimental measurements indicate that a stage equipped abnormal linear guide indeed exhibits different acoustic characteristics when compared to the stage with well guides. Such a variation of acoustic characteristics can be used to find out the faults and cause of the stage. Generally, the vibration characteristics can be clearly related to the mechanical structural stiffness. While the variation of acoustic characteristics also can be ascribed to the change of the structure stiffness of linear guide due to the defect of rolling balls. But, the causes affecting the variation are still unknown. Hence, for practical application, the quantitatively relationship between the acoustic characteristics and structural stiffness should be established in future work.

序論

一、前言

機械系統經過長時間使用後會產生過度的振動，通常是與機械的異常及故障有關[1]。機械振動的改變可用於故障、過度磨損或結構損壞等的預測上[2,-4]。事實上，振動分析法即是藉由正常運轉與異常狀態下引發振動的變化，找出故障的振動特徵。以主軸為例，其檢測方式概分為兩種，第一種是診斷已經損壞的機構，判斷損壞的原因；第二種是在即將損壞之前，檢測出微小的損壞徵兆，可儘早維修，增加機械壽命。國內主軸工廠大多以震動量 RMS 值(均方根)當做出廠前檢測基準，但此項檢

測只能判斷軸承的品質是的良好與否，並無法判斷是何種問題造成其不良震動，不良的原因有可能是組裝的差異性、機械過熱、主軸的公差、油值過高(結晶度)...等等原因，皆無法單單靠 RMS 值判讀出來。就工具機而言，一般使用壽命可達 10 年以上，但部分組件會因長期運轉產生磨損，導致組裝結合與運動精度的喪失，影響整機加工性能。因此，機台在運轉期間，除了必須定期性進行精度檢測與校正外，亦得不定期進行監測，以及早發現問題，進行維護。而機台組裝精度與運動狀態之改變通常引發機台異常振動現象，也因此，透過振動頻譜檢測分析是問題診斷之重要方式。

但是，振動頻譜所呈現的是整體機台振動情況，當偵測點移動或改變時，所量得之振動訊號亦隨之改變，因此不容易直接得知機械運轉中引發振動之主要來源，尤其是，工具機之定位機構包含甚多組件，如軸承、線性滑軌、滾珠螺桿、伺服馬達等，以及刀具心軸包含轉軸與軸承等，組件皆具有獨自結構振動特性，但是結合後會產生偶合振動型態。因此，其因不同零組件之缺損而產生之振動頻率或噪音，將不同於單一組件例如軸承、齒輪等所呈現有規則頻率之振動或噪音情況。工具機主軸之性能測試，除了基本的機械精度與溫昇外，還要有振動量測以確保主軸品質。當主軸於生產或使用過程中出現任何問題時，一般均使用頻譜分析儀來尋找問題的癥結所在，但是，產生異常振動之來源為何卻是不容易判讀。顯示，以振動噪音檢測機械運轉狀態變化仍存在一些難以釐清之問題。其次，量測振動之加速規感測器必須黏貼於待測物體上，機器必須在完全靜止的情況下才能以離線(offline)方式進行檢驗。然而，若要對旋轉機械的運轉有更完整的掌控，則需要能即時線上偵測(on-line detection)。

目前，聲音檢測在機械產業中，扮演著重要的角色。但是基於計算機運算速度的限制以及演算法



的解析度不佳，只能使用人耳判斷不正常聲音，無法利用 IT 工具輔助。不但需要長久經驗的累積，並且容易受到主觀意識的影響，所以聲音檢測一直無法有良好的突破。此外，工具機迴轉組件所產生的振動噪音，隱含各式各樣隨時間或轉速而變化的微細頻率，而傳統的頻譜分析無法提供頻率隨著時間變化的情形，因此，一般的頻譜分析無法有效地在特徵頻率的位置檢測出故障特徵頻率，必須透過其他的分析方式檢測，例如時頻分析之離散短時間傅立葉轉換(Short-Term Fourier Transform)所產生的時頻圖可以增進動態頻率的解析，進而顯現不同狀態下，機械運轉的微細差別，因此廣泛用於旋轉機械的故障診斷上[5,6]。另針對非線性的旋轉運動，黃鐸法(Hilbert-Huang Transform) [7]提供了不同的時頻解析，相較一般的時頻分析，在很多的情形下會有更好的頻率解析度。基本上，時頻分析與傳統的頻譜分析，多了時間軸的資訊，可以判斷其機械聲紋。若能透過聲音檢測實驗，將可以建立各種損壞狀況的特徵聲紋時頻圖，並建立起品質知識庫。但是如振動頻譜分析，如何解讀聲紋模式之時頻圖所呈現頻譜變化之意義依然是最重要的問題。聲紋特徵所呈現之力學意義與結構組件之關係必須適當建立，才能提供據以判斷聲紋變化所顯示機器狀態異常之來源。同時，若能建立結構組件特性與工具機聲紋模式之相關性，將可提升聲紋檢測之應用價值。未來工具機出廠前，只需要依照標準實驗流程，量測並分析聲紋，就可以像照 X 光片一樣，以非破壞方式診斷機械品質狀況，若是出現品質問題，也可以直接比對知識庫，診斷不良品的不良發生原因。

現今，針對工具機狀態檢測，大都以振動實驗為基礎。本研究則藉由機台聲紋時域頻譜中，具有顯著變化區域之特徵值作為驗證依據。若能獲得預期結果，將可建立創新型之分析驗證模式。較諸於振動頻譜分析，將音頻或聲紋檢測方式在應用在工

具機進給機構之檢測將更具方便性與優越性。基於此概念，本研究結合電腦輔助工程分析與振動噪音量測實驗，探討定位平台振動聲紋變化之力學意義，並建立定位平台振動聲紋與結構特性相關性以及定位平台振動聲紋模式與資料庫，包括：正常狀態與異常狀態、各種運轉條件與不同關鍵組件。

二、研究目的

基於上述觀點，本文所規劃之研究重點包括：(1) 建立滾珠線性滑軌之滾動介面接觸剛性分析模式，並探討線軌預力對結構剛性與振動阻尼性之影響。(2) 建立以線性滑軌為主，在各種狀態下其接觸剛性之分析模式，並探討其振動特性。此研究結果將可提供作為線性滑軌在定位機構實務應用上參考的依據。(3) 探討進給平台聲紋檢測所獲得時域頻譜中，具有顯著變化區域之特徵值作為檢驗機台狀態之依據，藉此可比較不同規格線軌與線性滑軌內部變化影響的程度。(4) 根據前項分析基礎，進行單軸定位平台整機結構之動態分析，包括有限元素分析、振動實驗量測與非破壞性聲紋檢測，其結果可提供廠商在定位平台幾何設計與量測時之參考依據。本項研究整合電腦輔助工程分析與聲紋量測實驗，建立線性定位平台整機分析之技術。此項論文之完成，將使線性傳動元件之應用設計更具效率與正確性，特別是在線性運動平台結構模組化方面能有更創新性之發展。

數據分析法

一般在求解動力方程式時，經常利用函點積分法來直接求解，即所謂時間域(Time Domain)分析法。在時間域分析法中，往往無法立即得知結構物的基本振態反應；因此便需將時間域之資料轉至頻率域來計算求得結構物之振態反應，此一將振動歷



更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】324 期・99 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