



# 液靜壓線性導軌軸承系統 可靠度研究

The Study of System Reliability  
in Hydrostatic Linear Bearing

魏士傑

工研院工具機科技中心  
工作機械技術部

柯博修

工研院工具機科技中心  
工作機械技術部

## 關鍵詞(Keywords)

- 液靜壓      Hydrostatic
- 軸承          Bearing
- 系統可靠度   System Reliability

## 摘要(Abstract)

本文主要介紹如何運用可靠度工程手法與精度壽命概念，確保液靜壓導軌軸承系統產品能擁有優良的生產品質、精密度與可靠度。透過 DFMEA 確認過各部件潛在失效原因，導入機率可靠度工程設計手法，定量地設計挑選適用之元件在設計製造，了解設計時的缺點，並根據每一事件分析評估可能產生的問題，找出解決的方案。

文末簡單介紹筆者生產力 4.0 之應用，透過可靠度資料庫的整合、結合可靠度分析與解決對策之整合、感測器的安裝以及智能演繹法撰寫等手法，對液靜壓導軌軸承系統進行狀態監控與預警，以保障其高性能、高精度、高可靠度，減少維修成本以及提高維修的時效性，並大幅降低事故發生率。

This article introduces the concept of how to use the Reliability Engineering and Precision Health Engineering to ensure that hydrostatic bearing guide systems have excellent production quality, precision and reliability. Through the use of the “design failure mode and effect analysis (DFMEA)”, the potential failure causes were identified. “probability reliability engineering design techniques” were able to assist the selection of the components in design and



manufacturing phases and to understand the shortcomings in advance. At the end of the article, a monitoring and early warning system was introduced as an application of reliability engineering for the Productivity 4.0. The system combined various methods, such as reliability database and smart sensors, to ensure high performance, precision, reliability, low maintenance cost/time, and reduction of incident rate of the hydrostatic bearing guide system.

---

## 1. 前言

---

評估一台次微米超精密加工機技術性能的指標最終可歸結為加工精度可靠性和生產效率可靠性，加工精度包含被加工工件的尺寸精度、形狀精度、表面品質、位置精度與機台的環境保持可靠性等；生產效率包含切削加工時間、輔助時間、機台的自動化的程度以及加工製程的可靠性。這些指標一方面取決於機台本身的靜態特性，諸如靜態幾何定位、重複等精度和機台結構之靜剛性；而另一方面與機床的動態特性影響更大，諸如運動精度、動態剛性、熱變形和周圍環境雜訊可靠穩定性等關係。

傳統的工具機旋轉軸承或直線導軌軸承多採用滾珠或硬軌藉由強迫潤滑方式，僅提供機台支承滑軌與工作台滑軌間之潤滑，工作台之運動是在混和摩擦條件下進行，在此摩擦條件下，摩擦力變化顯著，油膜容易因剛性不足而破裂，產生膠著滑動(stick-slip)，而造成定位不精確。而使用

靜壓軸承系統(hydrostatic bearing)的全油膜潤滑特點，則可以改善此現象。液靜壓導軌軸承是利用外部供油設備及軸承內數個油腔結構設計，來保持油膜壓力的穩定性。因此，除了軸承本身外，還必須有節流器及專屬供油系統。由於液靜壓導軌軸承在零速時即可建立正常的流體潤滑油膜，軸承與主軸表面間不會產生直接接觸，使得軸承壽命增加，轉動精度提高。液靜壓導軌軸承具有高運動精度、油膜剛性大、高阻尼、低摩擦阻力以及超高承受負荷等優點，可以滿足次微米級等超高精密加工技術之需求，其在目前高精密、高負載、高可靠性的工具機產業應用甚廣。

本文將介紹筆者如何透過可靠度工程手法設計、製造並生產高可靠度之液靜壓導軌軸承系統。另外，由於如何有效確保液靜壓導軌軸承系統正常安全運行之維護與管理也是目前常見的大課題，故文末簡單介紹筆者生產力 4.0 之應用，透過可靠度資料庫的整合、結合可靠度故障分析與解決對策之整合、感測器的安裝以及智能演繹法撰寫等手法，對液靜壓導軌軸承系統進行狀態監控與預警，以保障其安全、穩定、長周期、全負載/全功率輸出、高性能、高精度、高可靠度等，一旦發現異常，維修人員即可依照診斷系統的判斷結果進行維修，減少維修成本以及提高維修的時效性，並大幅降低事故發生率。

---

## 2. 液靜壓導軌軸承與系統可靠度

---

本節主要簡單介紹液靜壓導軌軸承系統及其基本構成單元，並介紹如何透過設計失效模式與

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】396期・105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)

機械工業雜誌信箱：[jmi@itri.org.tw](mailto:jmi@itri.org.tw)