

**LION**  
PRECISION

SEA主軸迴轉精度與熱變形分析儀  
**Spindle Error Analyzer**



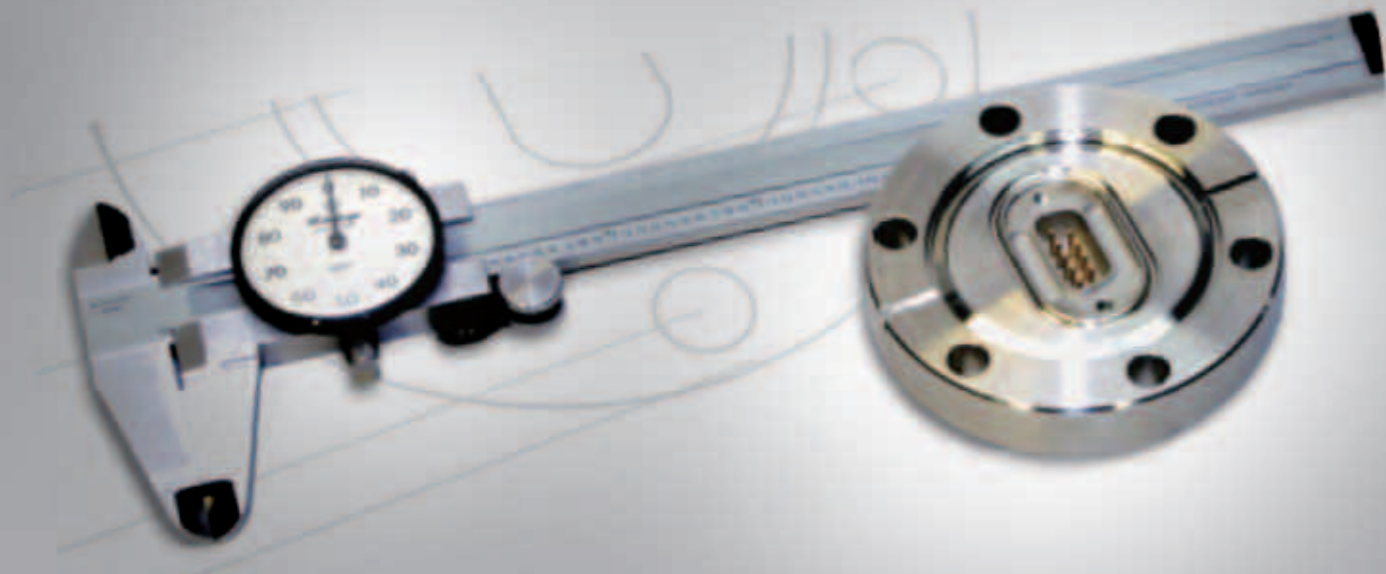
[www.g-tech-inst.com](http://www.g-tech-inst.com)

**G-TECH**  
G-TECH Instrument Incorporation

基太克國際股份有限公司  
G-TECH INSTRUMENT INCORPORATION  
<http://www.g-tech-inst.com>  
新竹總公司 886-3-6578000 FAX:886-3-6578070  
台中分公司 886-4-23504138 FAX:886-4-23504135  
台南分公司 886-6-3110188 FAX:886-6-3120292

10.2010 / 1000 03-106CIS-Sumway-04-2322 7907

**G-TECH** 基太克國際股份有限公司  
G-TECH INSTRUMENT INCORPORATION



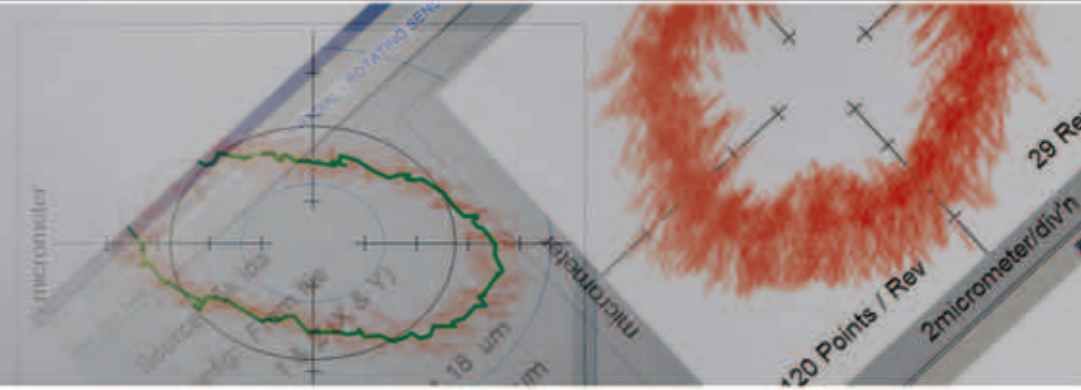
## 加工件損壞的原因

主軸的性能是加工品質的重要關鍵，當你瞭解主軸的性能就能預測與控制加工件的品質，加工件的形狀精度，真圓度，與表面粗糙度都與主軸性能有關。只有在主軸真實的加工轉速下量測主軸精度，對加工件品質的控管才具有意義。

量測與瞭解工具機的性能，找出最佳工作轉速，決定溫機時間，甚至在機台撞機後確認主軸撞機前與後的精度。

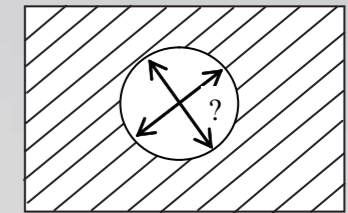
LION早於1993年就提供此SEA分析系統幫助主軸製造廠，工具機廠及加工廠減少工件不良率及提高產品品質。

Source:	4000-01.ltd
Config:	From file
Chans:	1 & 2 (X & Y)
Tlusty Method	
TIRX:	18.63 um
TIRY:	13.35 um
Synch:	2.03 um
Asynch:	2.48 um

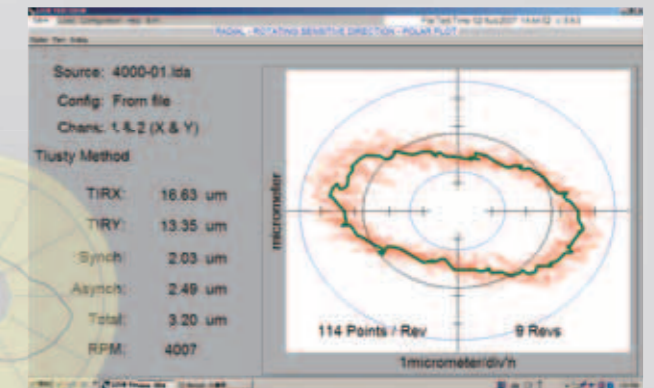


## 真圓度誤差

Synchronous Error Motion: 同步運動誤差是主軸旋轉平均運動軌跡，代表圓度，此參數為主軸加工圓孔的性能，左圖為工件加工後的真圓度，右方為主軸的迴轉精度。



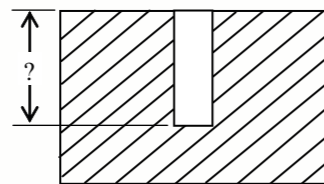
量測主軸的同步運動誤差，可以瞭解主軸的加工能力與精度，需要高精度的工件加工，則選擇小同步運動誤差的主軸。如果撞機後的主軸也可以同步運動誤差評估主軸的精度狀態。



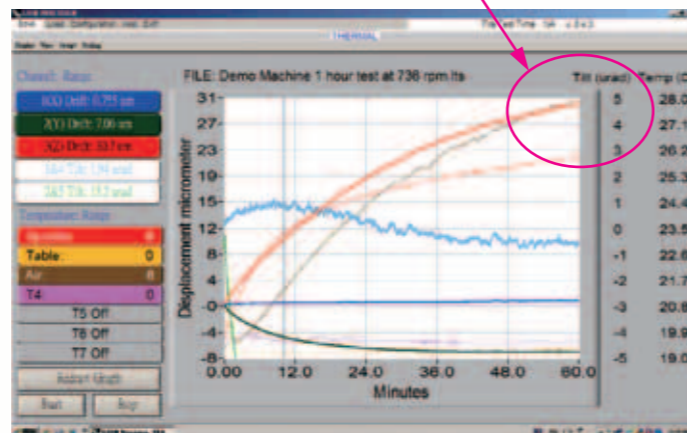
## 形狀精度誤差

Thermal growth: 熱變形是工具機最主要的誤差來源，當工具機運轉啟動後，結構因熱產生變形或彎曲，這直接改變了刀具端的位置，因此造成工件形狀精度與加工孔深誤差。

不均勻的熱源導致工具機結構扭曲變形，使主軸傾斜將產生孔偏，平坦度或表面粗糙度不良，量測工具機的熱變形讓你瞭解機台熱穩定的溫機時間，以做精確加工。



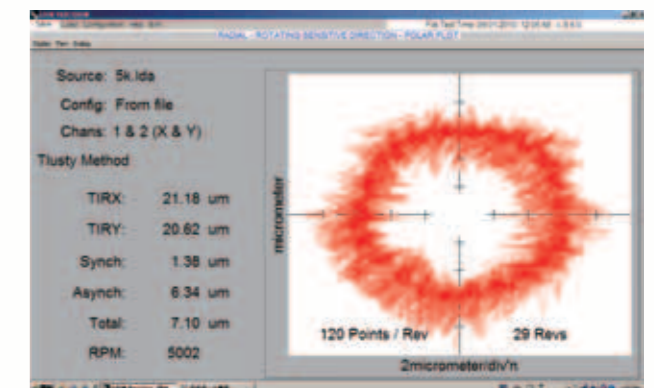
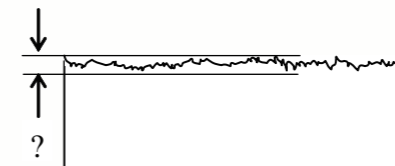
1小時內Z軸超過30 μm的變形量



## 表面粗糙度

Asynchronous Error Motion: 非同步運動誤差是主軸旋轉時隨機變動的運動軌跡，加工件的表面粗糙度與此參數直接相關，如圖軌跡中的毛邊。

量測主軸的非同步運動誤差可以瞭解主軸的加工能力與精度，如果撞機後的主軸也可以非同步運動誤差評估主軸的精度狀態。



## 主軸迴轉精度分析系統

### 硬體：

使用LION Elite系列高性能的電容式位移感測器，感測器模組可提供雙感度以達奈米級的量測應用，並可選配溫度模組做熱變形量測。只需一條USB線即可將量測系統連接至電腦做分析，並有TEDS的智慧型感測器功能。

具有納米級圓度的精密基準球裝在夾持器上，並安裝在銑床的主軸上或車床主軸夾頭上。電容式感測器測頭安裝在準確的感測器基座以確保可靠的結果。最多可以有七個溫度感測器來測量機台在多個位置溫度的變化：周圍環境、主軸、工作台等。



### 軟體：

主軸誤差分析儀軟體收集來自感測器模組的數據、計算運動誤差、顯示數字和圖形結果。最多可以同時觀看四個測試視窗，或者全屏觀看某一個測試視窗。測試數據可以存檔以利於日後的查看和與將來的測試進行比對。軟體包括系統設置、照片、測頭設置和系統診斷，也包括一個Help選單。



## 主軸迴轉精度分析系統符合以下的國際標準

ANSI/ASME Standard B5.54-2005: "Methods for Performance Evaluation of CNC Machining Centers"  
ISO230: Test Code for Machine Tools, 3: "Determination of Thermal Effects" 7: "Geometric Accuracy of Axes of Rotation"

ANSI/ASME B5.57-1998: "Methods for Performance Evaluation of CNC Turning Centers"

ANSI/ASME B89.3.4: "Axes of Rotation, Methods for Specifying and Testing"

## 量測功能：

### 高精度位移感測器與測試基準球

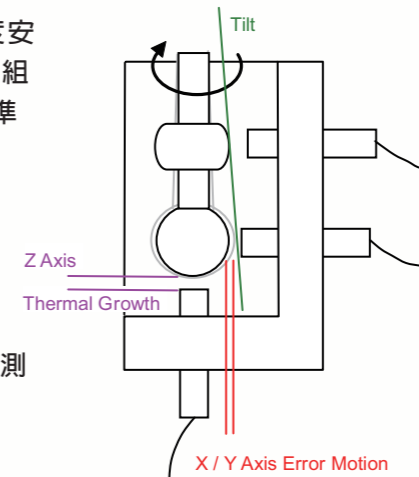
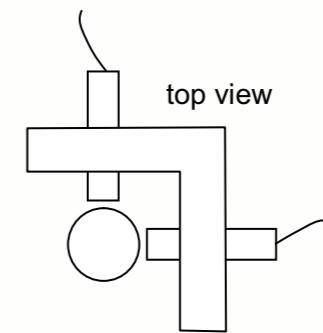
高性能的非接觸位移感測器，安裝在感測器基座，以量測主軸與工作台間的動態位移。

### 5通道位移量測

1組位移感測器安裝在Z方向，2組以90度安裝在X及Y方向，量測第一個基準球，另2組以90度安裝在X及Y方向，量測第二個基準球，此數據可以計算出主軸的傾斜角。

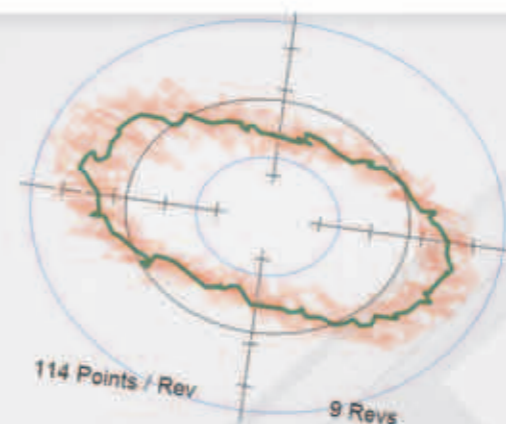
### 分析與顯示

當主軸旋轉時，專用的SEA軟體將位移感測器的信號做計算與分析，將結果以數字，極座標圖與波形圖顯示在電腦中。



## 量測項目與參數

- Rotating Sensitive Radial
- Fixed Sensitive Radial
- Radial Tilt
- Axial
- Thermal Growth
- FFT
- Automated Testing
- Synchronous error
- Asynchronous error
- X and Y Axis TIRs
- Thermal Growth
- Tilt
- Spindle Shift with RPM



## 專家意見

"Troubleshooting by simply looking at unsatisfactory and out-of tolerance parts is difficult at best. The use of proper measurement tools provides the quickest and most accurate path to identifying causes and solving problems."

Eric Marsh Ph.D.  
Machine Dynamics Research Lab  
Penn State

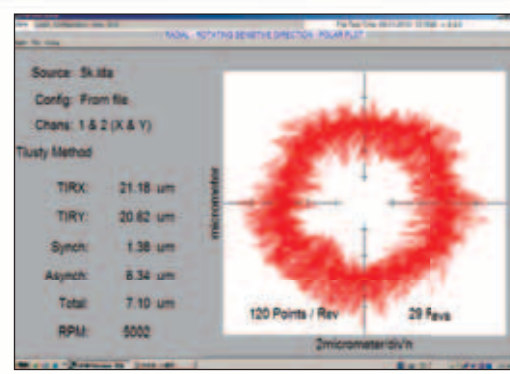
"Routinely measure machines in your shop to know their health and condition before they make bad parts, before they breakdown. That's the great advantage – to be in command of your destiny – to be able to direct the machines to do what you want them to do."

James Bryan Ph.D.  
Precision Engineering Specialist  
Formerly of Lawrence Livermore  
National Laboratories

"They wouldn't need a tenth of those inspection rooms at the other end and they'd make parts right the first time."

Robert Hocken Ph.D.  
Head of Precision Engineering  
UNC Charlotte

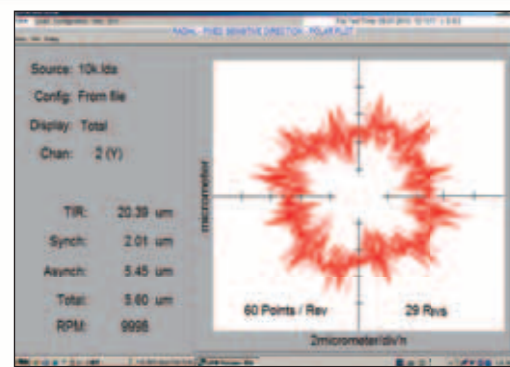
## 主軸誤差分析儀的主要功能



### Rotating Sensitive Radial

使用兩個間隔90度的測頭獲得位移數據。測頭測量回轉軸X和Y方向的位移，並產生圖形。同步運動誤差測試，適用於刀具在主軸上回轉的加工方式，如銑削和鑽孔等。

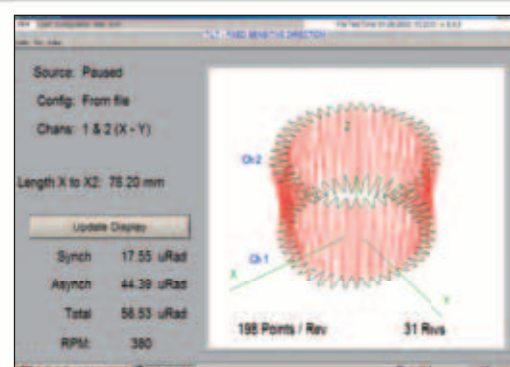
徑向性能參數	相關問題源
同步誤差影響 真圓度加工能力	軸承軌道不圓 軸承座不圓 軸承不對心



### Fixed Sensitive Radial

測試X方向相對於主軸角度位置的位移，並顯示測試的圖形。此測試適合於車削及工件在主軸上回轉的磨削，或者磨輪與工件的接觸位置固定的磨削。(如平面磨削)

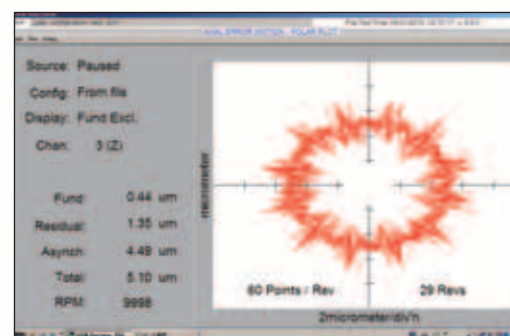
徑向性能參數	相關問題源
非同步誤差影響 表面粗糙度加工能力	軸承磨損 不適當的預壓 結構振動



### Tilt - Fixed Sensitive

在X或Y軸使用一對測頭測量主軸傾斜，結果可以顯示為角度位置，或用標準極坐標圖以及3D圖形顯示。測試對沿主軸的軸向任意位置進行預測。當工件或者刀具伸出主軸面更遠，傾斜測量意味著增大的誤差源。

徑向性能參數	相關問題源
某些轉速加工性能變差	結構剛度不足 結構共振 主軸不平衡



### Axial

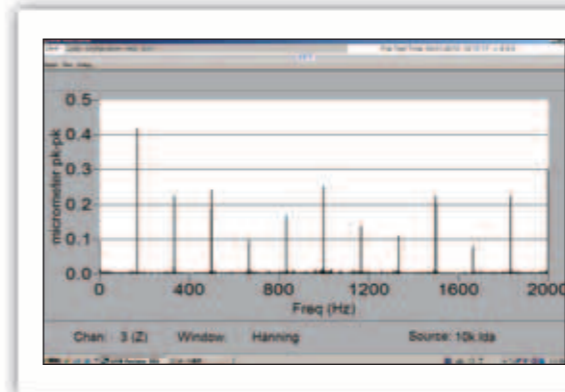
軸向運動誤差用在Z軸的傳感器測量位移獲得。測頭測量主軸的軸向位移。該測試中還需要主軸的角度位置。這可用另一個在X或Y的測頭測量偏心獲得，或從轉速信號獲得。除以極坐標圖外，軸向運動誤差也可顯示為線形展開圖。

軸向性能參數	相關問題源
非同步誤差影響 表面粗糙度加工能力	軸承磨損 不適當的預壓 結構振動
某些轉速加工性能變差	結構剛度不足 結構共振 主軸不平衡



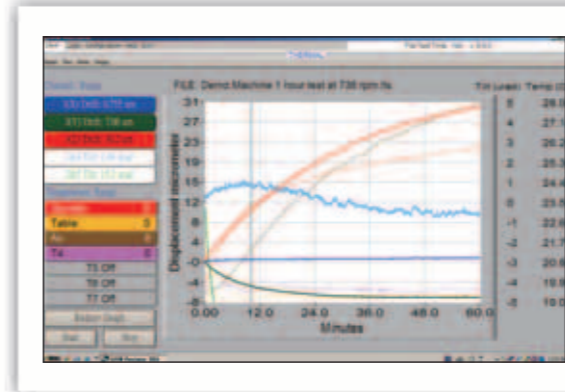
### FFT

頻譜分析單個測頭獲得的數據並且顯示不同頻率的幅值。產生幅值對頻率的圖形，該圖形每秒更新一次，使用最新的測試數據顯示頻譜。其結果被用來識別軸承頻率、共振頻率、諧波、RPM和結構振動。



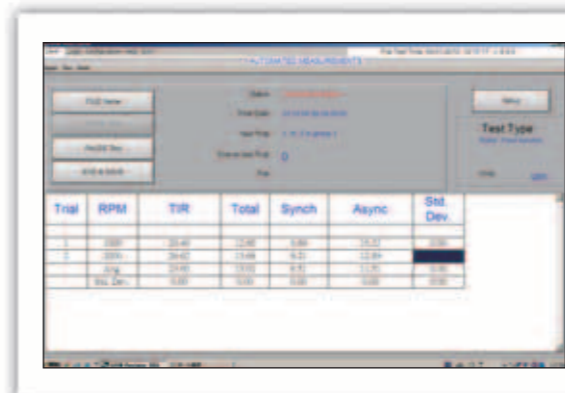
### Temperature Stability

穩定性測試測量由主軸自身溫度升高而產生的影響。在主軸回轉過程中進行。該測量可以改變相對位置進行，例如在距離主軸端面任意距離的工件位置，孔位置、孔深度、輪廓位置的等。該測試還可以從複雜的傾斜運動中分離簡單的X和Y軸運動。



### Automated Testing

可產生連續循環測試的結果數據表格。檢測隨時間或者轉速變化而引起的機台變化。資料可輸出至Excel表格。



### Temperature Variation Error (TVE)

TVE測試是指由於周圍環境溫度的變化，而引起的刀具相對於工件的位置改變。該測試進行時，主軸不回轉並關閉機床電源。由於環境溫度的變化是緩慢的，以及機台和環境溫度同溫需要長時間，該測試需要長時間，典型的是24小時。該測量進行時X、Y和Z軸都安裝有測頭。