

XL-80 鐳射干涉儀為線紋尺量測系統提供精準可靠的位置補償

**客戶:**

香港政府創新科技署標準及校正實驗所 (SCL)

行業:

科研實驗

挑戰:

線紋尺測量分辨率往往要求達到奈米級，微小的環境因素所造成的誤差都會影響測量結果的準確性，包括阿貝誤差。

解決方案:

透過鐳射干涉儀XL-80補償系統中出現的阿貝誤差。

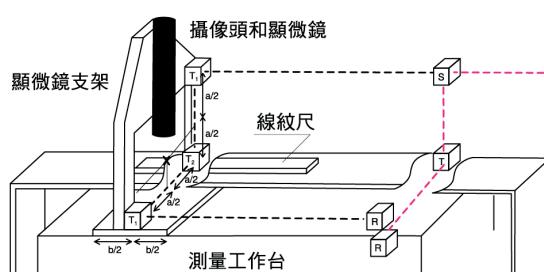
全自動線紋尺檢測設備

線紋尺（Line scale）一般是由玻璃基材製成並且在其表面準確地刻有等間距平行線，通常配置於比長儀、顯微鏡、測量儀器等長度測量設備上，作為測量距離和行程準確性的重要參考基準。測量線紋尺上的刻度距離意味著需要精度更高的儀器，測量解析度往往要求達到奈米級，微小的環境因素所造成的誤差都會影響測量結果的準確性。附屬於香港創新科技局的標準及校正實驗所（SCL）設計並建立了一台全新的線紋尺量測系統，採用 Renishaw XL-80 鐳射干涉儀，補償測量過程中因測量機台架設的位置偏移所導致的誤差。

工作原理和結構

測量線紋尺上的刻度精度簡單來說就是測量被測線與輔助線（一般是零位）之間的距離，結合影像分析和鐳射補償技術，系統可計算並調整讀取資料（條紋）的位置，從而減少阿貝誤差（Abbe error）。不過在實際操作中該系統往往需要把更多實際環境因素以及其他不確定性計算在內，因此在設計時必須有效地對各環境和人為因素所引起的誤差進行補償。SCL 所開發的線紋尺測量系統主要由光學桌，移動平台，攝像頭，顯微鏡，圖元計算程式，光學元件（包括分光鏡，反射鏡），和 Renishaw 鐳射干涉儀所組成，提供線紋尺長度測量範圍從 0.01 mm 到 750 mm，而系統的最佳測量不確定度僅 0.15 μm - 0.41 μm。

測量系統組態了一台 Renishaw 鐳射干涉儀對系統中出現的阿貝誤差進行補償。系統中的移動平台採用以壓電電機驅動的空氣軸承平臺，全長 800 mm 行程的直線度為 0.9 um，重複精度達 20 nm，最大扭擺，俯仰和滾擺角誤差分別為 +/- 0.5 arcsec，由於 SCL 位於高層建築物的 35 樓內，測量精確度會受到由風和道路交通引起的振動影響，故必須把系統置放在防震光學平台上。在環境補償方面，系統則配置了空氣壓力，空氣溫度，材料溫度和濕度感測器。被測線紋尺被置放在以光學平台為基礎的固定獨立的測量平台上，而攝像頭和顯微鏡則架設在可移動龍門式平台上，目的是協助系統準確定位條紋的位置，因為每條條紋有一定的寬度，以條紋的中心線作為其位置可提升整



線紋尺測量工作台

體測量結果的精度。換句話說，透過影像技術，系統可找出條紋的中心線並定義為條紋最終位置。測量進行時移動平台根據系統發出的訊號移動並停留在被測條紋的默認位置，停頓後鐳射干涉儀讀取位置資料，同時攝像頭擷取目標條紋的影像進行分析，得出當前位置（以圖元值顯示與零位元的距離）後與實際計算距離進行比對後，系統根據相差值指示移動平台進行位置微調，干涉儀再次讀取位置資料，整個程式需要多次重複直到相差值在一個圖元範圍內，從而得出最終的線紋位置。

鐳射干涉儀在系統中應用

阿貝誤差簡單來說就是測量軸與被測工件運動軸之間的偏移所產生的誤差，我們日常用的游標卡尺是典型例子之一，在測量時，夾住被測物的兩個端點與測量軸一定出現偏移的情況從而導致誤差。千分尺由於測量軸和被測工件軸在同一線上，阿貝誤差則可當作零。

Renishaw XL80 鐳射干涉儀在系統中所扮演的角色是補償測量系統中的誤差，無論是移動平台的直線度，線紋尺的置放位置，以及反射鏡位置等在架設時難免都會出現多少角度偏擺，導致在測量時出現所謂的阿貝誤差。系統在設計上將鐳射干涉儀以對稱形式在移動平台兩邊軸進行測量，任何因角度的偏移所導致的阿貝誤差值改變都會被另一邊軸的鐳射所補償。而干涉儀在架設方面採用了典型的線性測量配置，如下圖雷射光束透過分光鏡 S 分成兩路，一路形成參考光束經轉向鏡 T 及反射鏡 R 回到鐳射源探測器，另一路則透過 T1，T2，T3 轉向鏡及 R 反射鏡形成變化長度測量光束。另外 XL80 干涉儀在測量中也補償了因環境所造成的潛在誤差，包括內置的壓力和濕度感測器，精度分別達 1 mbar 和 6% RH，外置的材料和空氣感測器，精度分別達 0.1 和 0.2 度。資料顯示在干涉儀的使用下，系統整體減少約 95% 的阿貝誤差。

XL-80 鐳射干涉儀

就鐳射干涉儀而言，線性測量的精度不僅與鐳射頻率的穩定性有關，同時也取決於鐳射波長的已知精度，而在實際應用環境中，鐳射波長往往會受到雷射光束通過的空氣之折射率影響，由於折射率隨著空氣（非真真空環境）的溫度，氣壓和濕度而變化，因此必須通過對鐳射波長進行補償以降低最終的測量誤差。補償器通過感測器測量工作環境的各個參數，自動計算對空氣折射率的影響，並調整鐳射讀數以補償鐳射波長的變化，免除用戶干預和經常對補償進行更新。

Renishaw XL-80 鐳射干涉儀是目前市場上真正快速、精確和便攜的校準系統。精確穩定的鐳射源和準確的 XC-80 環境補償器，保證了± 0.5 ppm 的（在空氣環境中）的線性測量精度。系統以高達 50 KHZ 頻率讀取資料，最高線性測量速度可達 4 m/s，即使在最高速度下線性解析度仍可達 1 nm。所有測量選項（不只是線性）均採用干涉法測量，使您對記錄資料的精度有信心。配備先進易於使用和人性化操作的軟體，為使用者提供最全面的機器校準方案。



Renishaw XL-80 系列鐳射干涉儀

了解更多：www.renishaw.com.tw/scl

Renishaw Taiwan Inc
40852台中市南屯區
精科七路2號2樓

T +886 4 2460 3799
F +886 4 2460 3798
E taiwan@renishaw.com
www.renishaw.com.tw

有關全球聯繫之相關資訊，請上網站 www.renishaw.com.tw/contact

RENISHAW 嘗力確保在發佈日期時，此份文件內容之準確性及可靠性，但對文件內容之準確性及可靠性將不做任何擔保。RENISHAW 概不會就此文件內容之任何不正確或遺漏所引致之任何損失或損害承擔任何法律責任。

© 2019 Renishaw plc。保留所有權利。

Renishaw 保留更改產品規格的權利，恕不另行通知。

RENISHAW 及 RENISHAW 公司徽標中的測頭符號是 Renishaw 公司在英國及其他國家或地區的註冊商標。**apply innovation**，及其他 Renishaw 產品和技術的名稱與命名是 Renishaw plc 及旗下子公司的商標。

本文中使用的所有其他品牌名稱和產品名稱為各自所有者的商品名稱、服務標誌、商標或註冊商標。



H - 5 6 5 0 - 3 4 8 5 - 0 1

文件訂貨號:H-5650-3485-01-A

版本:01.2026