

# 7. 全花崗岩精密氣靜壓線性載台之製作

陳建昌 副教授 大漢技術學院 機電科技系  
蘇武璋 總經理 比智聖工業股份有限公司

## 摘要

花崗岩材料具有耐酸鹼、抗腐蝕、抗磨耗與尺寸安定性高等絕佳之特性，適用於嚴苛之使用環境及幾何公差要求極高的場合。以此材料製成的精密構件在精密機械、精密檢測設備裡所占技術關鍵性極高，同時亦是高科技製程產業中極為需要的一類元件。

本計畫以花崗岩為素材製作全花崗岩精密氣靜壓線性載台（軸承），製作過程是利用游離研磨技術，將花崗岩研磨成各式精密構件，再加以鑽孔、刻槽，最後組裝成單軸精密氣靜壓軸承。組裝後經初步檢測發現，此軸承展現極佳之性能，其穩定性高、用氣量極少、幾乎無摩擦且運動時直線精度極佳，同時可承受極大之負載。

精密移動載台是精密工具機與檢測設備的一項關鍵元件。高性能的移動載台將可提高設備的精度並減低動力消耗。本計畫研製之全花崗岩精密氣靜壓線性軸承有機會成為新一世代精密機械與精密檢測設備之移動載台。

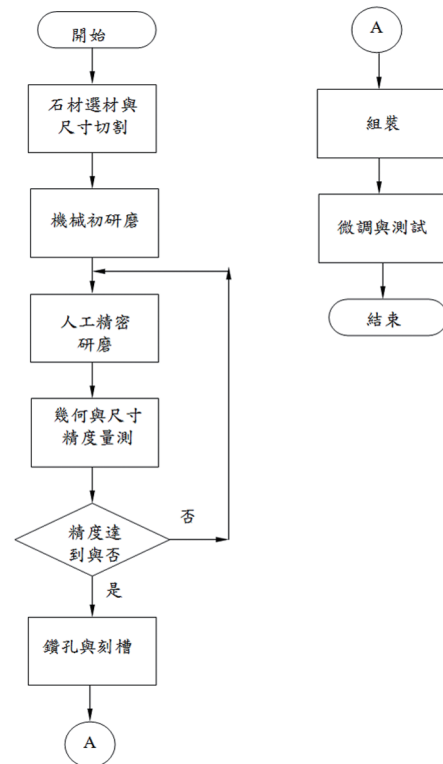
## 一、簡介

精密機械與檢測設備對其構件之幾何精度、剛性、防振能力與穩定性等性能要求極高。天然花崗岩在這方面展現出絕佳的特性，尤其是天然印度黑花崗岩、印度深黑花崗岩等，具有極佳之幾何尺寸穩定性不易變形、熱脹係數與吸水率低不易受環境溫濕度影響、耐磨性強不易產生刮痕、吸振能力佳、比重低結構輕、低磁性反應及無塑性變形，耐酸鹼及抗腐蝕等優良特性，使得這些天然花崗岩成為製造精密平台、規塊或精密加工機械與檢測儀器床台、構件之理想材料。其優越之材料特性為一般傳統鑄鐵或其他材料所無法比擬。基於以上原因，現今天然花崗岩已逐漸被應用在高速精密機械以及高精密儀器的運動構件與床台結構上。

本計畫係以花崗岩為素材，製作全花崗岩精密氣靜壓線性載台（軸承），製作過程是利用游離研磨技術，將花崗岩研磨成各式精密構件，再加以鑽孔、刻槽，最後組裝成單軸精密氣靜壓軸承。在組裝完成後並對此線性載台進行測試，以了解其各項性能。

## 二、研磨與製造程序

本計畫所製作的精密氣靜壓線性載台製作流程如圖一所示。



圖一 全花崗岩精密氣靜壓線性載台之製作流程

詳細製作步驟說明如下：

石材選材與尺寸切割—本計畫所選用的石材為印度黑花崗岩，主要因為印度黑花崗岩幾何尺寸穩定性佳、熱脹係數與吸水率低不易變形與耐磨性強。石材選定後即依據構件所需要的尺寸與數量進行裁切。

構件之機械初研磨—石材裁切後，必須先利用銑床與磨床以鑽石刀具將各構件的尺寸與幾何形狀研磨至較佳的狀態，以節省後續人工研磨所需的時間。通常經過磨床研磨後，花崗岩構件的真平度可達 $10\mu$ 左右，平行度可達 $20\mu$ 左右，而垂直度可達 $30\mu$ 左右。機械研磨情形如圖二所示。



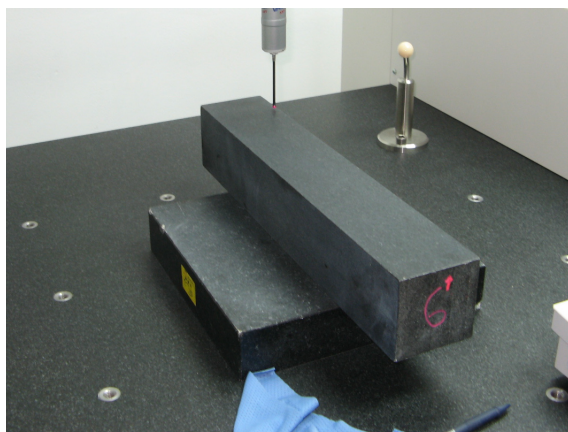
圖二 龍門銑床銑削花崗岩構件情形

構件之人工精密研磨—花崗岩構件的最終精度是人工研磨而成，此步驟為整體全花崗岩精密氣靜壓線性載台製作過程最為關鍵的步驟，同時也是時間花費最多的一個步驟。本計畫係採用游離研磨法，以鑽石游離磨料對花崗岩構件進行精密研磨。研磨的幾何公差範圍依據構件的尺寸大小與幾何公差型態而有所差異。整體而言，經研磨後這些構件的真平度、平行度與垂直均達DIN 00級公差範圍內，亦即所有構件的工作面都是標準的『規矩』。人工研磨情形如圖三所示。



圖三 人工精密研磨工作情形

構件幾何與尺寸精度量測—本計畫所使用的量測設備主要是ZEISS精密三次元量測儀、WYLER藍芽無線電子水平儀以及TRIMOS精密高度規等。量測情形如圖四所示。



圖四 精密花崗岩構件精度量測情形

鑽孔與刻槽—此精密氣靜壓線性載台各構件係以螺栓予以組合。此外氣壓源所提供的高壓氣體是經由構件鑽孔所形成的內部孔道，分別傳送到各氣靜壓軸承工作面上。各氣靜壓軸承工作面再以高速鑽石雕刻刀刻畫出輻射狀微小溝槽，以使氣靜壓軸承工作面形成較大區域的高壓區，而增加軸承的承載能力。鑽孔與刻槽的工作情形如圖五所示。



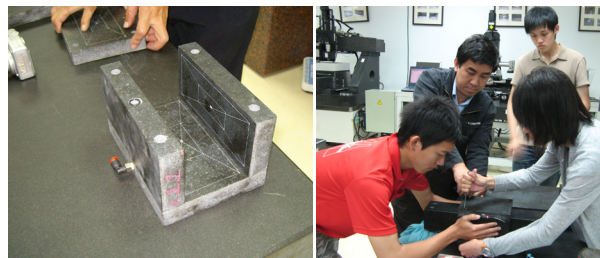
圖五 精密花崗岩構件鑽孔與刻槽之工作情形

精密氣靜壓線性載台組裝—組裝過程中必須先將相關金屬牙套與花崗岩構件間以AB膠進行膠合，使其達到氣密效果。此金屬牙套將用於安裝節流器及氣壓接頭等。另外構件間高壓氣體流道之界面也須以橡膠O環（O Ring）來防止高壓氣體之洩漏。金屬牙套膠合工作情形如圖六所示。

接著，進行軸承軌道與軸承滑動件的整體組裝，在此組裝、配合中，最重要的一件事是確定軸承滑動件內側高度略高於軸承軌道高度（可用不鏽鋼墊片墊高）。待螺栓鎖緊產生壓縮效果後，使得軸承滑動件內側高度依然比軸承軌道高度要高。此高度差必須審慎拿捏，一方面避免軸承滑動件鎖死，另一方面於高壓氣體提供後，能讓軸承在用氣量極少的情況下，依然能無摩擦的運動，且能維持極高的運動直線精度。整體組裝情形如圖七所示。



圖六 金屬牙套膠合工作情形



圖七 精密花崗岩氣靜壓載台整體組裝情形

微調與測試—在整體組裝完成後即進行花崗岩精密氣靜壓線性載台的性能測試，並依據測試的情況加以微調。圖八為單一氣浮墊（氣浮軸承）以及氣靜壓線性載台空載與負載情況下測試的工作情形。



圖八 氣浮軸承以及氣靜壓載台空載與負載情況下之測試情形

### 三、結果與討論

本計畫製作的全花崗岩精密氣靜壓線性載台，是運用教育部『97年啟動人力扎根計畫』之補助經費，在大漢技術學院所提出的『精密花崗岩構件製造、量測與應用』專業產業人才培育計畫的實習、實作學程中，由機電科技系陳建昌老師與比智聖公司蘇武璋總經理共同指導大四學生，在大漢技術學院「精密石材構件教學研發中心」所完成的作品（如圖九所示）。



圖九 全花崗岩精密氣靜壓線性載台

在作品製作完成並經初測試後，我們發現此氣靜壓線性載台具有下列優越的性能：

1. 穩定性高－無論在空載或負載情況下，在大範圍的供氣壓力區間中並無氣錐現象產生；
2. 用氣量極少－在空載情況下，用普通氣球之壓力就能使平面氣浮軸承產生氣浮現象，且單一個氣球之氣體量即可連續使用15分鐘以上，如圖八所示；
3. 運動時幾乎無摩擦－此全花崗岩精密氣靜壓線性載台在供氣之後，軌道兩端只要有些微的高低差，滑動載台即會因重力之作用而滑向低的一側；
4. 運動直線度極佳－此氣靜壓線性載台的行程約為200 mm，全行程的運動直線度在 $\pm 1\mu$ 以內；
5. 承載能力極強－平面氣浮軸承（面積150\*200mm）在供氣壓力為4大氣壓左右，其承載能力約為270kg；氣靜壓線性載台在供氣壓力為4大氣壓左右，其承載能力約為140kg，如圖八所示。

精密移動載台是精密工具機與檢測設備的一項關鍵元件。高性能的移動載台將可提高設備的精度並減低動力消耗。本計畫研製之全花崗岩精密氣靜壓線性軸承將有機會成為新一世代精密機械與精密檢測設備之移動載台。

本計畫的重點在於製作花崗岩氣靜壓線性載台，而上述的性能測試也僅是初步定性之結果，而非定量之詳細測試。由於圖九中所示的六組氣靜壓線性載台都刻意安排有不同的節流方式，同時我們也保留有各構件的詳細幾何與尺寸公差等數據，未來我們將進一步對花崗岩氣靜壓線性載台的性能作更深入的詳細探討。