

封面格式

行政院及所屬各機關出國報告

出國類別：考察

(裝  
釘  
線)

## 日本工具機最新發展趨勢

服務機關：中山科學研究院

出國人職稱：技正 技術員

姓名：邱立仁 林天祥

出國地區：日本

出國期間：891227~891101

報告日期：900423

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

頁數 21 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：891227~891101 出國地區：日本

報告日期：900423

分類號/目

關鍵詞：內藏式主軸，熱變形，線性馬達

內容摘要：本次 2000 年日本國際工具機展（簡稱 JIMTOF），展出內容以高速，高精度，高效率加工為其主題。對主軸而言，內藏式主軸則為高速主軸的設計出路。在進給系統上，線性馬達及大導程的滾珠螺桿的充分運用以滿足切削速度、快速進給（G00）的超高速化。降低環境負荷的設計也十足地被考量，乾式切削、油霧冷卻及潤滑系統的 Packing 化是發展趨勢。另外網路化，資訊科技（IT）的大量引用，也說明了透過網路科技（Web），而執行遠距監控，程式傳輸，而達到加工無人化、一人多機化或加工與生管結合，以增加效率的未來方向。

在牧野公司（Makino）及發那科（Fanuc）的參觀上，這兩家日本第一大工具機及控制器公司，舉凡在研發、製造、品管皆有令人欽佩的成就，特別是在公司的企業文化及願景上，更是讓人深刻感受，唯有明確共同願景及聳立企業文化才是永續經營的活路。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網（<http://report.gsn.gov.tw>）

## 行政院及所屬各機關出國報告審核表

綜管室：會政戰

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 出國報告名稱：日本次世代工具機發展趨勢探討                 |   |
| 出國計畫主辦機關名稱：國防部中山科學研究院                 |   |
| 出國人姓名/職稱/服務單位：邱立仁等 2 人/技正 技術員/二所 21 廠 |   |
| 出國計畫主辦機關審核意見                          | <input type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告<br><input type="checkbox"/> 2. 格式完整<br><input type="checkbox"/> 3. 內容充實完備<br><input type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值<br><input type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦<br><input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考<br><input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> ①不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> ②以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> ③內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> ④未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> ⑤未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔<br><input type="checkbox"/> 8. 其他處理意見： |
| 層轉機關審核意見                              | <input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____（填寫審核意見編號）<br><input type="checkbox"/> 退回補正，原因：_____（填寫審核意見編號）<br><input type="checkbox"/> 其他處理意見：  |

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於出國報告提出後二個月內完成。

## 國外公差人員返國報告主官(管)審查意見表

本篇報告，深入淺出，點出了日本最新工具機發展的趨勢，對於爾後本院工具機科專案發展方向有著明確的努力方向，另牧野公司及發那科公司的參訪心得，讓我們對這兩個公司的研發企業文化有著深層認識。本報告言簡意賅，值得嘉許，惟報告延遲多日方得提出，也應檢討改進。

依本院 85.11.25((85)蓮菁字 15378 號令，返國報告上呈時應附主管評審意見

## 壹、出國目的及緣由：

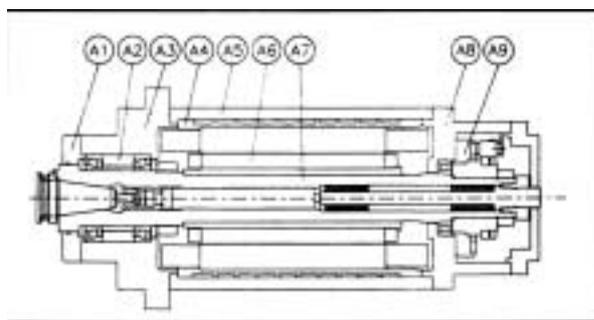
為執行八十九年度經濟部委託之「工具機先進系統技術」科專計畫，擬派員赴日本參觀公元二千年日本國際工作機械展覽會(20th JIMTOF)，及參觀日本工具機大廠東芝機械公司、牧野機械公司，控制器大廠 FANUC 公司蒐集次世代高速精密研磨工作機械最先發展應用實例、相關機具之組裝設計技術資料、以瞭解市場現況及未來發展趨勢，藉此觀摩國外在高速精密研磨工作機械先進系統的發展現況，學習產品的設計理念，並與參展廠商及國內業界研討工具機先進系統技術，例高速精密主軸，線性馬達，同步五軸設計，未正交主軸、PC-based 控制器運用等技術，並洽談合作的可能性。

## 貳、公差心得：

### 一、日本工具機最新發展趨勢

#### 1.主軸高速化：

為了滿足模具加工業的需求，鏡面加工是工具機業者追求的目標，高速主軸(10000~30000 rpm)則為主要配備。而高速主軸則以內藏式主軸(圖一)為主要設計，所謂內藏式主軸，即主軸與主軸馬達的心軸結合為一，藉以消除傳統主軸利用間接機構(皮帶或齒輪)傳遞動力，在高速運轉時產生的振動及不平衡等問題。在內藏式主軸工具機的加工上，主軸的加工、熱處理等均不是問題，唯其組裝技術則為機具運轉穩定及達到精度與否的最重要關鍵，也是各工具機業界的最主要的 Know - How。在整個會場中唯有 Makino V55 機具(附件二)可以將中碳合金鋼加工到鏡面水準，難怪台中精機陳副總說目前他帶模具工會成員赴日參觀日本模具業，發現日本模具業使用機具就先有 Makino 和 Toshiba 兩種廠牌，由此可知，上述兩廠牌機具的製造水平了。



| 序號 | 零件名稱   |
|----|--------|
| A1 | 前置蓋    |
| A2 | 密封環    |
| A3 | 前軸承座   |
| A4 | 馬達定子水套 |
| A5 | 馬達座    |
| A6 | 馬達轉子   |
| A7 | C軸     |
| A8 | 後軸承座   |
| A9 | 輸出器座   |

圖一 高速主軸示意圖

## 2.網路化：

Citizen 公司展出的 CNC 自動車床「M32」機型，其特徵是由 12 個主軸 3 個刀塔所構成。透過全伺服系統，可以做到刀刃與刀塔的正面加工與背面加工，各自獨立的切削加工。此外、搭載網路連結 NC 控制與網際網路構成的環境相互連結下，可以做到 24 小時隨時上網下載最新加工軟體的服務（圖二）。



### 3.高效率化(線性馬達的運用)：

為了達到高速的進給(快速進給及切削進給)，一般滾珠螺桿的設計已無法滿足，故線性馬達的運用亦是此次 show 的一個重點。此次展覽會中，仍有不少廠家推出以線性馬達取代滾珠螺桿的設計，例如森精機(Mori-Seiki)公司的 HVM 630 臥式綜合加工機(圖三)三個軸向即採用線性馬達，其快速進給(G00)X、Y、Z 軸高達 80m/min，X、Y 軸加速度達 1G，Z 軸達 0.5G，切削進給(G01)達 40m/min。對於低承載的工件而言，特別是小型的模具加工，此類機器無疑地是提高效率的一大利器，也由此可知依線性馬達的運用已經愈形成熟和普及。線性馬達的運用業界均以快速進給 快速換刀為主，例如快速換刀，大阪機工所(Okk)展出的「PM300h」，換刀時間只有 0.8sec，快速進給 X、Y、Z 軸快速可高達 40m 每分鐘，如此設計實際是因應加工業快速交貨，快速回覆的需求，由此可看出在“快速經濟活動的要求下”工具機發展的趨勢了。

### 4.硬軌與線性滑軌的設計分野：

對於重切削 重承載的工具機而言，仍採硬軌設計，唯硬軌的水平精度仍是一個重點，線性滑軌方面(linear guider)較多用於一般較輕承載工件，重要的是每個線軌上面固定螺孔間距也涉及工具機移動、定位精度，故多採較短矩的線軌。



#### 5.雙螺桿設計：

對於重承載重切削而言，除採硬軌外，為了克服伺服馬達推力不足困擾，雙導螺桿的設計也被引用(圖四)(Yasda 機器)。由於控制器及伺服馬達的進步，雙導螺桿的同步行進，目前已不是問題(Fanuc 16M 分位可達0.001mm)，採雙螺桿設計以滿足高承載，高負荷加工的機具，在會場上也不鮮見。

#### 6.乾式切削及環保的設計考量：

鑒於廢棄切削液的回收及處理，不僅成本極高且嚴重影響環保，故乾式切削的訴求在此次展覽中也被引用。然而，加工中產生熱乃不可避免的自然界現象，熱的產生如果發生在工件上則容易造成工件尺碼變異，發生在機具上則將造成機具精度不良，所以諸多機械加工業及工具機業者，都視熱的排除為機器研發首要前提。此次參展業者展示的乾式切削則以切深淺，進給快，轉速高為主，其原理為切深淺，磨擦力低故產生的熱少。另外在工件熱傳導之前就將熱源移除，故進給快，轉速高的高速切削機器成為考量環保的設計重點。

#### 7.工件熱變形的防制補正：

一般加工時產生的熱，均以大量的切削液將熱排除，以減少工件變形或機體因熱變形而產生精度不良。在此次的展覽中，山崎(Mazak)推出了熱變形預測及補正系統，當工件在加工時藉由紅外線偵測其溫度，經過電腦運算自動補正(約0.003mm)以利加工表面的鏡面光度要求。除此，對於因為熱面影響到機具精度的防制上，該公司針對模具業推出的[Super mold maker 2500]及Makino-V55，將機具本體熱變形的防制做的更是徹底，



例如主軸上有循環式潤滑冷卻通道油孔外，還採用滾珠螺桿冷卻即是在螺桿中心鑽有潤滑冷卻油通孔，將機體的冷卻油也通過導螺桿加以冷卻，此外鞍座冷卻即在機身與工作床台界面處也佈滿冷卻油管藉以隔離床台的熱傳導至機身，也是隔離熱源防止變形的重要方法。

#### 8.五軸加工機：

對於航太業，模具業而言，五軸加工機的需求是從不間斷。在此次的展覽會中，許多業者推出的五軸加工機有幾個趨勢。以往臥式、立式五軸(A 軸、C 軸)的成熟推出五軸都是 B 軸 C 軸的設計，惟對於機具業、立式機具對於重切削、重負荷，具高精度定位加工，著實有其優點，故對於立式五軸加工機的要求，未曾減少。

此外對於 A 軸的設計，著重於高剛性、高強度以應對高承載，高負荷的切削，例如 Mazak 的 VARI Axis 200。塔載了高鋼性冷軋迴轉工作台；Makino V55-5XA，床台採蓋式設計強化其結構剛性，滿足模具加工的需求。

## 二、牧野公司(Makino)參訪：

牧野公司是日本市場佔有率屬一屬二的工具機大廠，在昭和 12 年(1937)研製出日本第一部工具機，歷經 60 多年，Makino 已成為國際知名的廠牌，就以本廠五部該廠機器的使用經驗，不僅故障少，而且使用 10 年以後，其精度仍然如昔，就可知機器的品質及耐用程度了。這次同業工會也同時安排參觀 Toshiba，惟團員仍爭相報名 Makino，魅力畢竟不同。牧野公司在參觀這段期間正值生產主力機種 V33 及 V55(V55-5XA)，這兩種機型屬於龍門型立式機器，是專門用於加工量少樣多模具加工，特別是電子產品例如大哥大，PDA 等，也是參訪團員最鍾情最想『見習』的機種。部份機座鑄鐵委台中精機生產，可知國內廠商製造能力也獲得國際大廠的認同。Makino 令人印象最深刻的是，該廠為了確保機器精度而對於熱的隔絕所做的設計及努力。例如在隔離機體運轉產生的熱源方面，主軸上有循環式潤滑冷卻通道油孔外，還採用滾珠螺桿冷卻即是在螺桿上留有潤滑冷卻油通孔，讓機體的冷卻油也通過導螺桿加以冷卻。此外為了防制加工時床台的熱傳導至機身方面，在鞍座即在機身與工作床台界面處也佈滿冷卻油管藉以阻隔熱的傳遞，也是主軸心軸內部有冷卻液的通道，當然，再加上主軸本身的潤滑系統，可以確實防制熱的傳遞以確保機器加工時的精度。

在機械硬品加工上面，Makino 充分利用彈性製造生產系統極致，只見到處都是由幾部工作母機(也是 Makino)配有多寡不一的拖板，加上無人搬運車所組成的彈性製造單元在生產，效率之高實值得學習。

### 三、發那科(Fanuc)公司的參訪：

Fanuc 一直是各國工具機普遍採用的控制器知名品牌，控制器基本上是屬於封閉的市場，因為是使用者的慣性使然，Fanuc 對於工具機就如同 Microsoft 對於電腦一樣。Fanuc 總公司位於靠近富士山的工業區，八九棟建築物分散地座落在大片衫木林中，環境甚是清雅。當參訪團到達時，進入大門，一幅「櫟」的壁畫迎目而來，上面提著「x x 巨人」，讓人有震撼的感覺。其創辦人稻葉清右衛門博士親自接待我們(主要原因應該是參訪團成員都是買主)，也提到「櫟」的意義 - 成為科技的巨人，也讓人感受其企業願景。我們參觀了 Fanuc 主要產品的工廠計有控制器工廠、馬達工廠、雷射振盪器工廠、射出成型機工廠及機械手工廠，讓人最嘆為觀止的是機械手的大量使用。工程人員撰寫程序控制程式，以操控機械手執行重覆性的製造生產(例焊接、設定上機等)及組裝工作，不僅將人力降低至最少，工作的品質則提昇許多。也因為大量引用機械手，故現場操作員非常少，據稱機械手與操作員的比例為 3 比 1，人力主要為生管工程師(負責機械手程式篆撰寫及故障排除)及研發人員了。

在機械硬品加工上面，Fanuc 可以說將彈性製造生產概念發揮到極致，只見到處都是由幾部工作母機配有五六個以上的拖板，加上無人搬運車所組成的彈性製造單元，配合自動倉儲的運用，效率之高實令人佩服。

Fanuc 的產品已經從單純的傳統控制器進展到網路連線，智慧型監控，逐步走向了整合製造系統，製造單元的趨勢而非昔日單機作業了。

### 參、效益分析：

日本東芝、牧野公司為國際有名工具機大廠，FANUC 則為控制器大廠，每兩年舉辦一次的日本國際工作機械大展為全世界三大之一的工具機大展，所有次世代高速精密研磨工作機械先進技術，均在此展覽表露無遺，藉由此次與國外專家、學者研討與參觀及資訊交流，可獲得次世代高速精密研磨工具機最新研發動態、應用的領域、市場狀況及最新技術資料，以充實相關技術知識，作為爾後科技專案建案之目標方向及執行計畫之有利工具。本次出國許多先進設計理念技術趨勢藉由與業界面對面交流深入獲得，許多高速精密研磨工具機先進系統趨勢及設計理念則可趨近與世界同步，獲得發展先機，增進計畫之執行效益。

肆、國外工作日程表：

|        |                                       |       |
|--------|---------------------------------------|-------|
| 891027 | 赴日途中—抵達東京                             | 桃園 東京 |
| 891028 | 參觀「二〇〇〇年日本國際工作機械展」，收集及研討各式先進工具機技術資料。  | 日本東京都 |
| 891029 | 參觀「二〇〇〇年日本國際工作機械展」，收集及研討各式先進工具機技術資料。  | 日本東京都 |
| 891030 | 參觀東芝機械，牧野機械工廠，收集及研討該廠最先進工具機技術資料。      | 日本山梨縣 |
| 891031 | 參觀 FANUC 工廠，收集及研討該廠最先進工具機控制器及機械手技術資料。 | 日本東京都 |
| 891101 | 返抵國門。                                 | 東京 桃園 |

## 伍、社交活動：

本次參訪為臺灣區機器工業同業工會主辦，參與者均為負責人或重要幹部。由於參展廠商很多，展覽會場面積廣闊，故行程安排非常緊湊。白天是忙碌的參觀行程，晚上也無多餘時間安排社交活動，惟在參觀發那科公司時，利用提早到旅館空檔到日本日蓮正宗佛寺及神社參觀，瞭解日本的宗教文化，本次領隊為台中精機總經理黃春明先生，其餘團員以台中工具機業者居多，雖然台中精機前些時候因為公司擴充太快致財務面臨困境，惟仍派出 20 餘人參訪，充分地展現了臺灣廠商在面對惡劣環境，不屈不饒的精神。本次參訪有幸認識他，另外永進公司陳總經理，元鈿木模公司江錦順，嵩富機具謝昭南、總經理謝東羸父子，臺灣發那科公司鄭嘉仁室長，陳寶成課長及三興機器林祝欽負責人等都是後續發展次世代工具機良好合作伙伴。

## 陸、建議事項：

此次國外公差，能夠參觀日本國際工具機大展，見習到最新工具機發展趨勢，實屬難得經驗。當然也感謝長官們的支持，在國家財政如此困難下，提供此一個資料收集、學習成長的機會，惟比較出民間單位動輒 3~5 員的派遣，建議爾後類似此參觀機會，本院仍須繼續且多派員，以確保研發技術能量的持續提昇。