

第四章 公共研發機構的角色與轉變

本章主要探討公共研發機構在台灣工具機產業發展過程中的角色與轉變。1970年代，工具機業界進入NC化領域，陸續推出NC/CNC工具機，但是工研院機械所於1982年才掌握NC技術。1990年以前，公共研發機構的研發活動，與中部工具機產業的技術學習與升級沒有明顯的因果關係。1992年以後，機械所因為研發策略的轉變，以及地理上的鄰近性，逐漸與業界建立緊密的互動。2001年以後，在工具機關鍵零組件的研發成功，促使機械所於2005年衍生高速主軸製造公司。此外，機械所亦開始扮演整合的角色，協調相互競爭的廠商組成研發聯盟。

第一節 公共研發機構與產業的關係疏離（1971~1981年）

1950年代初期政府開始實施經建計畫，隨著民生工業的快速成長，政府逐漸認知到發展金屬及機械產業以提供國內民生工業所需生產設備的重要性¹。1963年10月，政府獲聯合國基金及技術的援助，成立財團法人「金屬工業發展中心」，這是我國第一個設立的金屬及機械工業專業輔導機構²。在1963至1968年間，國際勞工局於中心內設立專家工作小組，參與「金屬工業發展執行計畫」。1968年，聯合國亦派遣工具機專家Mr. K. Aselmann駐金工中心服務，協助草擬設置工具機專業區計畫。唯因受能源危機影響，國際投資意願普遍低落，貸款未能成功；加上政府期望與工具機業者之間的落差，工具機專業區的構想未能實現。此後，金工中心則轉向對國內工具機工廠進行品質管制及製造技術的輔導。經過三年的輔導，使我國工具機成為機械工業最重要的外銷產品

¹ 這時期的金屬及機械工業從進口各種民生工業生產設備中，選擇構造不複雜的機械進行仿造，但是設備老舊，生產技術及管理方法都亟需改善（工研院機械所，1993）。

² 在1974~1981年間，金工中心對台灣機械製造能力的提升，包括：(1)技術引進；(2)機械設計與整廠設計；(3)推行機械工業品質管制，實施出口檢驗（工研院機械所，1993）。

(工研院機械所，1993)。

金屬工業發展執行計畫五年期滿後，經濟部鑑於工業界對金屬工業問題有更深入研究的需要，便於1969年3月成立完全由政府預算支助的「金屬工業研究所」。1973年，台灣歷經第一次能源危機的衝擊，政府開始體認到機械工業的能源耗量小、技術密集度高以及產業關連性大等優勢，決定積極投入國內機械工業的發展。工具機是製造各種機器及加工設備的機械，在整個機械工業的發展中佔有極關鍵地位。有鑑於此，政府才開始對工具機產業有更多的關注，積極支持有關工具機產業的發展計畫，包括：(一)1975年「精密工具機發展(四年)計畫」；(二)1977年「精密齒輪技術訓練發展(二年)計畫」；(三)1980年「自動化工具機研究、設計、試製(三年)計畫」。上述計畫的目標是引進國外先進製造技術以提昇國內工具機品質，並將技術擴散到產業。而政府的若干機械產業政策經由這兩個機構的執行，亦對整個機械工業的發展產生重大的影響。

然而，籌畫成立「精密工具機發展計畫」的過程卻不是那麼順遂。當時的經濟部長孫運璿先生為了強化台灣的基礎工業，在1972年的一場工具機會議上，決定由經濟部提撥經費五千萬，委託金工所執行「精密工具機發展計畫」，引進國外新的製造技術，建立精密工具機的實驗示範工廠。然而，參與會議的大多數機械業者都持反對意見³。在孫運璿先生的堅持下，經過三年的籌畫，1975年金工所開始執行「精密工具機發展計畫」(1975~1979)。1976年，工研院與美國Brown & Sharpe協談合作計畫，一方面向Brown & Sharpe購買設備，一方面則選派工程師赴Brown & Sharpe工廠學習工具機製造技術。

1967年，台灣工具機產品開始外銷，到了1974年，取代紡織機械成為機械工業外銷的主力產品。然而，工具機的進口價格卻比出口同類產品的價格高

³ 大多數的機械業者認為把錢交給金工所根本是浪費，更甚者，對於金工所具有碩博士學歷的研就人員更是嗤之以鼻(洪懿妍，2003：62)。

出 3~4 倍，其精度約只有 ISO 標準的三分之一，顯示出工具機黑手創業有其技術上無法克服的侷限性（工研院機械所，1993、1998），精密工具機中心（1977）便是在這樣的背景狀況下成立的。為了延續金工所的工具機製造技術，精工中心除了延續金工所的「精密工具機發展計畫」外，亦於 1977~1982 年間分別執行了兩項有關精密工具機的發展計畫。此外，亦積極從國外引進最先進的精密工具機及 NC 工具機等加工設備建立「實驗工廠」，一方面向國內業者展示現代化的製造設備及製程，以便改善台灣工具機產業的製造水準；另一方面則做為精工中心的製造工廠，提供國外技術具體內化的實做場所（chen，2007），逐步帶領我國工具機產業邁向精密工具機與數控工具機的領域發展⁴。

事實上，在這一階段，和民間廠商相比，即便金工所或是精工中心的人才幾乎都是學校科班出身，但是兩者在台灣機械業的地位都相當低微。舉例來說，國內 NC 工具機的發展，首先是由民間業者楊鐵公司於 1974 年推出 CNC 車床⁵，於 1979 年又推出立式綜合加工機。隨後，其他廠商也跟進從事開發⁶。而金工所雖然自 1969 年成立開始，便從美國引進工具機製造技術，卻遲至 1976 年才製作完成⁷。此外，精工中心短短五年的研發之路也是極為坎坷，其招收的人才多是畢業不久的大學或高職（工）生，因此不具備金屬中心擁有多位經驗豐富技術專家的優勢條件。他所面對的是自認製造技術及經驗皆超過精工中心的工具機同業（工研院機械所，1993：112）。1979 年精工中心才完成 Lodge & Shipley PF-15 型 NC 車床的製造，這是他跨入 NC 工具機領域的第一步（工研院機械所，1998：4-37）。直到 1980 年代，國內 NC 工具機技術才漸趨成熟。

值得注意的是，精密工具機中心所執行的「精密工具機發展計畫」（1975），

⁴ 精密工具機中心研究發展部所致力的是 NC 的原理及應用，在當時是尚未完成定型的最新技術，希望由他把精密工具機中心及同業帶入到 NC 工具機的領域（工研院機械所，1993：113）。

⁵ 早在 1967 年，楊鐵就已經開發出台灣第一台高精度車床（黃楹進，2001：166）。

⁶ 1979 年永進推出 CNC 銑床；1980 年遠東推出 CNC 搪床，新德推出 CNC 平面磨床。

⁷ 1976 年，金工所參加芝加哥工具機展，展示自行製造的工具機，缺遭到極大的羞辱。金工所將機器標價訂為 24,000 美元（美國原廠為 40,000 美元），一位加拿大人看見後，竟然拿筆將最後一個零劃掉，並語帶諷刺的說：「made in Taiwan，只值 2,400」（洪懿妍，2003：66）。

主要目的是從工具機先進國家移轉製造技術，建立國內的工具機製造能力，其任務並不包括工具機設計⁸。換句話說，政府對於精工中心的期望是工具機製程能力的提升，而非設計能力的建立。直到 1980 年，經濟部技術處才委託精工中心執行「自動化工具機研究、設計、試製計畫」，目的是希望建立國內自主的工具機設計能力（工研院機械所，1998：4-35）。

在這一階段中，雖然國內工具機廠商所生產的產品都是屬於低附加價值的傳統工具機，但是在 NC 工具機的製造能力及速度上，卻不是金屬中心及精工中心所能及的。造成業界與公共研發機構在製造能力上的差距，一個很重要的原因是，機械工業是一種基礎工業，只能循序漸進，沒有捷徑，所有的技術都要從根本學起。它的技術小部分來自創新，但大部分還是必須來自經驗的累積。因此，機械工程師就算有了技術，還必須接受 5~10 年的工廠磨練。早期台灣工具機產業非常強調黑手學徒制，重視實務經驗與技藝的累積，而這些隱性知識（tacit）在書本上都是學不到的（洪懿妍，2003：66）。曾經擔任機械所副所長的陳正先生便指出：

「在學校裡，機械系的學生雖然念了一堆古老的力學與機械原理，但真正到工廠去時，這些都很難用得上。機械業有太多的現場經驗和肢體語言，你不親自下現場去體驗，念到博士也沒用。」（引自洪懿妍，2003：64）

第二節 CNC 技術的擴散（1982~1990 年）

1980 年代初期，隨著全世界 CNC 技術的成熟，以及國際市場對 CNC 工具機需求日益增加的趨勢，台灣許多工具機大廠為了維持在國際市場上的競爭力，亦積極投入 CNC 工具機的製造行列。此外，1982 年，精密工具機中心改

⁸ 精密工具機中心的任務目標有四：(1) 建立工具機及精密齒輪製造的實驗示範設施；(2) 引進國外新的製造技術；(3) 派遣研究及工程人員赴國外研習技術；(4) 對工業界提供精密加工、檢驗、數控設備維護及數控技術人員訓練等工業服務（工研院機械所，1993：113）。

組為「機械工業研究所」，繼續執行「自動化工具機研究、設計、試製計畫」。在此一階段，發展自動化工業是政府積極擘劃台灣工業轉型的第一步。因此，機械所特別選定普遍用於自動化工廠中的 CNC 臥式綜合加工機為發展目標 (chen, 2007)，藉此建立工具機獨立的設計能力。在這一階段，機械所除了自行研發製造 CNC 工具機外，亦定期舉辦技術研討會，向業界宣導 CNC 技術，對於機械所與廠商之間互動關係的改善具有一定的作用。1984 年，機械所一共舉行 6 場關於工具機技術的研討會 (如表 4-1)，而在執行契約服務計畫裡，與工具機相關者也高達 55% (如表 4-2)。

表 4-1 機械所執行 CNC 工具機技術研討會

時間	研討會名稱	主要內容
1983.9	工具機振動研討會	一般工具機的動態性能測試分析
1984.3	工具機零組件標準化研討會	提高工具機品質水準與降低成本
1984.4	CNC 控制器發展及應用研討會	CNC 電控系統簡介及 CNC 功能描述
1984.8	工具機結構分析電腦化研討會	工具機結構分析實例
1984.9	CNC 工具機檢測與測試研討會	提供業者 CNC 工具機檢測與測試技術與經驗
1984.10	工具機設計—綜合加工機設計、製造與實例研討會	整體規劃、結構分析、工業設計、進給及定位系統、主軸頭設計、旋轉工作台設計、油壓設計、電控設計、裝配檢驗
1984.12	CNC 控制器應用與維護技術研討會	CNC 控制器應用、CNC 工具機保養與維護
1988	CNC 技術研討會	CNC 控制器的整體功能介紹、CNC 控制器在線切割機、放電加工機等應用

資料來源：經濟日報，1983/09/06，09 版；1984/03/22，05 版；1984/04/14，02 版；1984/09/14，09 版；1984/09/25，09 版；1984/12/26，07 版；1988/10/21，22 版。

於 1982 年的工具機展中，機械所與楊鐵同時推出 CNC 工具機，從規格上來看，楊鐵的 HSMC-650 型機種在速度性能上，似乎勝過機械所的 MC15H 型機種 (高士欽，1999)。造成這樣的結果，主要有三個原因：(一) 技術時間的

落差：這時期機械所的 CNC 技術尚處於摸索階段，而從業者的市場角度來看，有能力的大廠於 1970 年代開始，便已經透過模仿的方式推出各式 NC (CNC) 工具機機種。因此，機械所開發完成後的技術在市場上已經過時，對業者的適用性非常低 (高士欽，1999：158)；(二) 商品化認知的差異：機械所將工具機的設計鎖定在高階 (high-end) 技術能力的培養，因此其所設計出的原型機 (prototype) 通常過於複雜，商品化的程度不高，其可靠度也非常低。而業者為了能在競爭激烈的市場上生存，其所採行的發展策略是透過模仿以達到商品化的目標。兩者在工具機產業發展的路線上是分歧的 (chen, 2007：243)；(三) 地理上的距離問題：台灣的工具機廠商有 90% 以上都集中在中部地區，形成一個非常完整的產業群聚網絡。然而機械所的總部卻設於新竹，距離的問題阻礙了雙方直接面對面溝通的機會，導致機械所長期忽略了業界的實際需求。曾經任職於新竹總部，後來調至機械所中區服務中心的林副組長便表示：

「那過去可能是因為在新竹，所以他想到要問你問題，想到這麼遠，他就算了。要業界八、九點就已經到新竹了其實很難。關係要多 close，畢竟是有困難的」(訪談記錄，MTO080326)。

在這一階段，另一個工具機產業機構也同時出現。為配合當時的大汽車廠計畫，1983 年 (3 月) 在經濟部長趙耀東先生的鼓勵下，成立「中華民國精密機械發展協會」(CMD)。CMD 的組織成員及任務有別於機械所的研發工作。第一，CMD 是由 15 家工具機業者合資成立，其性質屬於產業界結社的社團法人組織；第二，CMD 為了就近服務中台灣的工具機廠商，將總部設在台中市 (工業區)，主要任務為協助工具機廠商改善產品品質，並且以逐步漸進的三個階段，將工具機檢測技術移轉擴散到業界。第一階段為創立期 (1983~1986)，在工業局的協助下，與日本財團法人機械電子檢查檢定協會 (JMI) 合作，引進工具機成品檢測技術；第二階段為突破艱困期 (1986~1992)，與 JMI 繼續合作，進行第二階段的四年計畫；第三階段為成熟發展期 (1992~1998)，以其 10

年來累積的工具機檢測、測試技術成果為基礎，於 1993 年成立「精密機械研究發展中心」(CMD 網站)。

雖然 CMD 的組織任務與工具機研發沒有直接的關係，但是由於他能貼近工具機產業的實際需求，協助業者尋求品質改進的途徑，使它於 1985~1990 年間，逐漸與廠商建立起直接的互動關係。反觀機械所在 1980 年代的技術發展策略，主要是透過開發原型機，達到技術移轉業界的目的。然而，由於機械所與民間廠商在規模、資金、技術上存在著相當大的差距，導致技術移轉後在量產及商品化過程中，會產生可靠度及耐久度等問題。1983~1987 年，機械所執行與工具機有關的民間契約服務中逐漸減少（如表 4-2），亦顯示出 1984 年機械所舉辦的 6 場工具機技術研討會，對於 1980 年代後期，廠商與機械所之間互動關係的改善幫助不大。

表 4-2 機械所與業者在工具機相關的契約服務

		1983	1984	1985	1986	1987
契約服務 計畫	總數	7	22	15	29	47
	工具機相關	2 (29%)	12 (55%)	1 (7%)	8 (3%)	6 (1%)

資料來源：工研院機械所，1993。

第三節 關鍵零組件的研發（1991~2000 年）

根據機械所 IT IS 調查，國內生產 NC 切削工具機的成本結構中，以材料成本所佔比重最高（71%），其次為製造費用（16%）與直接人工成本（13%）。而材料成本以國外採購之關鍵零組件比例最高，例如 CNC 控制器、伺服馬達、線性滑軌、滾珠螺桿及油壓零件等，比例約佔總材料成本的 35%。1989 年，我國進口工具機零組件為 921.9 百萬元，日本是我國最主要的來源國，佔總進口值的 65%（工研院機械所，1998：2-165）。自 1984~1995 年間，以美元為計算中心，日幣升值 61%，自然對我國工具機廠商的經營產生相當大的衝擊。有鑑於此，1992 年 8 月，行政院即核定「發展關鍵零組件及產品方案」，大規模結

合研究機構、廠商及公會的力量，突破我國關鍵零組件發展的困境。在這個方案之下，經濟部技術處進一步委託機械所執行「機械業關鍵零組件技術研究發展四年計畫」，選定與工具機相關的線性滑軌、油壓組件及內藏式主軸為主要發展項目。至此，機械所的技術移轉策略，逐漸從原型機種的技術移轉，轉變成關鍵零組件的技術提供。

此外，進口國外零組件的價格非常昂貴，國內工具機廠商普遍規模小，資金少，在與國外供應商議價的過程中通常處於弱勢。而關鍵零組件的研發無法單憑逆向工程就可以成功的，還必須結合電子、電腦、機械等領域的 know-how。為了解決這樣的問題，自 1992 年開始，部分國內主要工具機廠商紛紛參與機械所關鍵零組件的開發計畫，由廠商提供機械所部分的研發經費，再將技術成果移轉廠商。1990 年代初期以後，機械所在科技專案執行的方向上大幅調整，將研發重點放在關鍵零組件的技術開發。從歷年技術移轉的成果看來，包括 PC-based 控制器⁹、主軸軸承、旋轉工作台、主軸馬達及驅動器等，都是從合作計畫中衍生出的重要成果（如表 4-3）。台灣工具機零組件出口也由 1998 年的 1 億 2,377 萬美元，成長至 2007 年的 6 億 3,816 萬美元（如表 4-4）。廠商對於機械所的關鍵零組件技術越來越有信心，也逐漸改善了雙方的互動關係。

表 4-3 機械所執行工具機相關科技專業技術內容及成果(1993-1998)

年度	技術移轉	移轉廠商
1993	滾齒凸輪設計軟體	潭子精機、大岡、永進、亞崴、楊鐵、台灣麗偉、匠澤
	高速主軸	永進、楊鐵、台灣麗偉、潭子精機、大岡、亞崴、匠澤
	高速進給	潭子精機、大岡、永進、亞崴、楊鐵、台灣麗偉、匠澤
	CNC 車床自動刀塔	台中精機、東台、大岡、楊鐵、永進、台灣麗偉、潭子精機

⁹ 所謂 PC-Based 控制器，係指以 PC 為控制中心，附於製造系統或機械上，運用其數值運算能力，進行一般或特殊工業系統以及機械設備的監測及控制，以達成此工業系統的部分或完全機能（工研院產經中心，2007：5-43）。

	刀庫系統	匠澤、大岡、永進、楊鐵、台灣麗偉、亞歲、潭子精機
	CNC 自動換刀機構	楊鐵、永進、亞歲、台灣麗偉、匠澤、大岡、益全、潭子精機
1994	彈性製造單元控制系統	楊鐵、永進、友嘉、遠東、台中精機
	控制器軟硬體模組	沿興、長新、研華、華巨、台灣麗偉、仲成
	高速進給技術	楊鐵、台灣麗偉、大立
	工具機設計電腦化	台中精機、台灣麗偉、協能 (1995 年：PMC、大同、益全、凱誠)
	CNC 車床自動刀塔	台中精機、東台精機
	伺服馬達與驅動器	伺服馬達：野力、九德 伺服驅動器：野力、九德、微鋒、億曜、大同
1995	放電加工控制技術	健陞
	CNC 車床自動刀塔	台中精機、東台精機、永進、見合
	旋轉工作台	僑星齒輪、維昶機具廠
	伺服驅動器	野力、九德、微鋒、億曜
	綜合加工機自動刀庫	東台精機、高鋒、德大、吉輔、成合
	平面磨床結構設計	福裕
	彈性介面連結器	傑敏科技
1996	主軸頭模組	台灣麗偉、喬福、新衛、益全
	旋轉工作台	僑星齒輪、維昶機具廠
	臥式刀庫系統	吉輔企業
	工件交換模組	友嘉、新衛電腦機械
	滾珠螺桿雷射銲接	上銀科技
	伺服馬達	野力、九德
	齒輪（泵）製造技術	台中全懋
	線切割機放電電源	慶鴻、秀豐、美溪、健陞
	彈性製造系統	中華台亞
1997	臥式綜合加工機技術	友嘉、台中精機、大立
	托板交換模組	友嘉、台中精機
	PC-based 控制器	慶鴻、台中精機、友嘉、東台、健陞、台一、億曜、安利特、秀豐、奕陞、新烽、勝傑、益全、邁鑫、揚朋、有萊、恩德
	控制器測試與認證	沿興、耀誠、有萊
1998	線切割放電加工機控制技術	亞特、慶鴻、秀豐、健陞、美溪、奕慶
	操作型 CNC 銑床	益全、邁鑫、翊峰、秀豐

資料來源：工研院機械所，1998。

表 4-4 2004~2007 年台灣工具機零組件主要出口國

單位：百萬美元；%

排 名	2004			2005			2006			2007				
	國別	金額	比重	國別	金額	比重	國別	金額	比重	國別	金額	比重		
1	大陸	171.61	45	大陸	221.50	45.5	大陸	244.16	45.0	大陸	290.16	45.5		
2	美國	61.55	16.1	美國	63.25	13.0	美國	67.75	12.5	美國	68.14	10.7		
3	日本	30.45	8.0	日本	45.95	9.4	日本	53.80	9.9	日本	59.80	9.4		
前十大市場比			85	前十大市場比			85	前十大市場比			84.0	前十大市場比		82.3
合 計	381.47	100.0	合計	486.65	100.	合計	542.92	100.0	合計	638.16	100.0			

資料來源：台灣區機械工業同業公會網站，

http://www.tami.org.tw/news_week2.htm，取用日期：2008/7/23。

以 CMD 機器驗證技術為基礎，由政府與業界共同成立的「精密機械研究發展中心」(PMC)，其經費一部份來自政府（工業局委託、技術處科專），另一部分則來自業界，因此他的主要任務是提供國內工具機業者集體性的服務，協助業者解決實際的產品問題¹⁰，包括產品測試，加強機電整合能力，改善機器設計及製程，CE 與 ISO 認證等（高士欽，1999：159-160）。若從執行科專領域的劃分來看，機械所強調前沿技術（frontier technology）的研發，其任務偏向切削工具機、關鍵零組件的技術範疇；而 PMC 則以工具機檢測、輔導廠商 ISO 及 CE 認證為主，強調漸進的設計修正與問題改善。兩者從功能上來說都是財團法人；其服務的對象都是業者，但是 PMC 卻能在很短的時間裡對業者發揮其影響力，從 1993 成立到 2001 年 10 月底，服務業界的案件共 4,058 件（劉仁傑，2003），主要原因為貼近業界的實際需求及與台灣工具機產業群聚的鄰近性。

研發議題的重新定位，使機械所逐漸鑲嵌進入到台灣工具機產業的分工網絡。過去，機械所較大的經費來源為科技專案以及工業局委託的工作事項。為了減少政府補助經費，經濟部工業局要求工研院一半以上的研發經費必須自行

¹⁰ 台灣工具機產業所面臨的急迫性問題，更多是在品質的改善而非技術的發展。

籌措，其所屬研究單位的研發計畫，勢必要尋求民間企業投入部分的研發經費。然而，由於過去機械所設於新竹，因此，機械所要尋求以中台灣為工具機產業群聚的機械業者的合作便顯得更為困難。為了改善這樣的問題，1995年，機械所於台中世貿中心成立一級單位「中區技術服務中心」，至1996年5月底止，總計承接民間委託研發計畫達1.8億新台幣，委託案件大多來自台中地區的精密機械、工具機、自動控制、系統控制業者。其中工具機委託案就佔了7,000萬元¹¹，包括CNC工具機新機種開發、工具機關鍵零組件的提供以及工具機加工精準度的提升。換句話說，地理鄰近性對於促進機械所與工具機廠商間的合作具有實質上的重要性。中區服務中心林副組長便指出：

「我們當初從新竹下來的時候人不是很多，大概在一兩年的時間內，就已經擴充大概有三倍左右，我們剛來的時候只有十幾個人，但是現在這個 building 裡面已經有八十幾個同仁，我們跟業界也就更密切。業界常常早上八、九點就來工研院了。我們到這邊來，發現說很多事情你跟業界越接觸的時候，業界就越更需要你」（訪談記錄，MTO080326）。

第四節 協助推動整合性研發聯盟與衍生主軸公司（2001~迄今）

1995年以後，機械所與工具機廠商之間的互動情形有了很大改善¹²，機械所逐漸成為台灣工具機產業技術學習的重要組織。一方面，機械所透過與廠商間越來越頻繁的互動，學習到更多的工具機實做知識；另一方面，機械所在關鍵技術的研發實力，也增加了國內工具機廠商與機械所合作的信心，廠商遂利用機械所的技术能力，來彌補內部研發能力的不足。2000年以後，隨著全世界

¹¹ 其餘則為自行車和汽機車等關鍵零組件技術（1996-06-14/經濟日報/14版/產業1）。

¹² 一位工具機製造廠的研發部專案經理便表示，工研院在台中這組人很不一樣，其實在還沒有類似的計畫之前，他已經跟產業界有很嚴密的互動，我們過去這十年來，發包給他做的案子超過一億，持續有跟他做技術合作（訪談紀錄，MTF0804110）。

工具機技術發展越來越複雜，高速切削技術是 21 世紀工具機的發展方向¹³。在近幾年的國際工具機展覽當中，德、日等工具機大廠逐漸以工具機搭載線型馬達¹⁴，取代以滾珠螺桿配合伺服馬達驅動的進給方式，使得高速切削加工技術導入線型馬達的發展，成為工具機發展的主要架構（經濟部技術處，2005a）。

為突破線型馬達應用技術，經濟部技術處於 2000 年委託機械所執行「精密機械技術開發計畫」，並由德國 DARMSTADT 大學引進線型馬達驅動高速進給技術，投入高性能工具機的研發。於 2001 年台北工具機展中，展出台灣首台工具機搭載線型馬達原型機，進給速度達 120m/min，這是機械所在高速加工技術上的一大重要突破¹⁵（經濟部技術處，2005a）。1998 年，根據機械所的調查，國內工具機廠商有 41% 表示未來可能會採用線性馬達。然而，線型工具機的關鍵性技術繁多¹⁶，對於內部研發能力普遍不足的國內工具機廠商而言，技術來源是一大挑戰。此外，線型工具機研發經費龐大，非單一工具機廠商所能獨力完成。因此，國內主要工具機大廠逐漸認知到成立研發聯盟共享政府的研發資源，是一個重要且不可避免的合作趨勢。但是，這又面臨到另外一個問題：在市場上相互競爭的工具機廠商如何能夠合作？機械所一方面作為國家的財團法人公共研發機構，被賦予協助台灣機械產業發展的重責大任；另一方面，自 1995 年中區服務中心成立以來，與中部地區工具機廠的互動漸趨頻繁，機械所自然成為協調相互競爭廠商間彼此合作的最適合人選，分別於 2003 年及 2006 年，號召工具機同業組成整合性研發聯盟。

值得注意的是，在這一階段中，機械所除了扮演整合的角色，找尋適合的工具機廠商參與整合性科專計畫外，更重要的是以衍生公司或離職員工創業的

¹³ 高速切削的觀念，首見於 1996 年東京 JIMTOF 和 1997 年德國 EMO 展。

¹⁴ 線性工具機首見於 1988 年芝加哥國際工具機展中。2001 年德國 EMO 展中，Gildemeister 展出的 24 台工具機中，有 14 台是線性工具機；日本工具機自 1995 年開始導入線型馬達（2002/7/31，經濟日報，71 版，台南自動化展專刊）。

¹⁵ 以滾珠螺桿配合伺服馬達驅動的進給方式，在高速傳動時會產生溫度升高變位的問題，

¹⁶ 線型工具機有幾個重要關鍵技術，包括：1.高剛性輕量化結構設計技術；2.線型馬達進給設計技術；3.高速主軸技術；4.高速高動態響應控制技術；5.線型馬達同步控制技術；6.線型馬達溫升熱補償技術；7.高速氣壓配重技術（經濟部技術處，2005）。

方式成立專業模組廠，對於台灣工具機產業的升級與持續發展具有關鍵性的影響。在全球工具機朝高精度與高速化發展趨勢下，高速工具機是未來的主流。台灣工具機雖然在全球佔有重要地位，但綜合加工機多採皮帶式主軸¹⁷，速度無法提升。而國內高速主軸約有 50% 以上進口。有鑑於此，1997 年，機械所在經濟部技術處科專計畫支持下，開始積極規劃發展高速主軸設計與製造研發軟體技術（經濟日報，2005/11/23，E3 版）。到了 2001 年，機械所的高速主軸轉速已經可以達到 14,000~24,000rpm¹⁸。2005 年，機械所將 20 項國內外高速主軸專利及製造技術移轉，成立日紳精密¹⁹，主要生產高速主軸與旋轉工作台，從經營與技術團隊、產品的設計、製造、組裝及檢測技術，都是由工研院協助移轉²⁰。2007 年，日紳精密的高速主軸轉速已經可以達到 60,000rpm，逐漸達到與技術領先國的水準。

此外，與日紳精密同樣都是自機械所移轉關鍵零組件技術，由離職員工於 1995 年成立的德大機械，其公司的主力產品則為各型綜合加工機刀庫模組及 ATC 換刀機構，其所生產的刀庫模組在國內約有 80% 的市佔率。因此，自 1990 年代中期以後，上述專業模組廠的成立，在很大程度上都要歸功於機械所自 1992 年起轉而投入關鍵零組件，研發出具體的工具機相關組件，包括 1993 年工具機科專計畫的高速主軸，1995 年綜合加工機之自動刀庫，以及 1996 年的刀庫系統等。

「工具機裡面最重要的就是整機的設計和零組件。這些零組件如果業界沒有的話，機械所就要自己設計。所以早期工研院在伸縮護罩、旋轉工作台、主軸、刀庫，都是自己開發，有些就量產。所以現在外

¹⁷ 國內主要主軸製造廠都以生產傳統皮帶式主軸為主，包括數格、羅翌及先鎰（2005/11/14，經濟日報，C7 版，中小企業）。

¹⁸ 業者在高速主軸轉速上為 15,000rpm 以下（工研院產經中心，2001）。

¹⁹ 「我們這家公司出來，給了工研院兩千萬的技術移轉金」（訪談記錄，MTF080529N），其中授權金 1,000 萬元，權利金 1,000 萬元。

²⁰ 日紳精密機械公司於 2005 年 11 月成立時，董事長陳正為前機械所副所長，總經理蔡坤龍曾任機械所設計部及資深產品經理，25 名員工中有 20 人來自機械所（2005/11/14，經濟日報，C7 版，中小企業）。

面很多零組件產業都是從工研院出去的，像做刀庫的德大，做主軸的羅翌、日紳」(訪談記錄，MTF080529N)。

1990 年代中期以後，機械所在工具機關鍵組件的研發技術開始具有實用性，而不只是實驗室的原型產品。自機械所衍生的日紳精密，在資金、人力及技術的獲得上有比較優勢的條件；而在競爭激烈的國際零組件市場上，也比較容易存活。因此，訪問業界工具機產業可以持續發展與升級的原因，許多研發部主管都會提到機械所在工具機關鍵零組件的衍生公司以及離職員工創立的公司。

「譬如說在綜合加工機這一塊，因為日紳剛出來就是針對這種綜合加工機的主軸來做，主軸做的相當不錯。對工具機廠商來說，有好的主軸可以買，就不用去國外買。日紳現在也在發展內藏式主軸，都很有經驗。對整個工具機來講，這是一個很樂意看到的東西啦，就不用自己花時間研究這一塊，日紳對整個工具機的影響是這一塊」(訪談記錄，MTF080612G)。

「有些機械所的人跳出來，像德大刀庫，就是機械所的人跳出來做刀庫。所以現在變成組立廠的一些周邊設備，像刀庫、主軸。主軸已經有兩家都是從機械所裡面跳出來做，所以台灣的主軸已經慢慢提升到有設計能力，還有生產能力，這個是一個很大的門檻。我也可以更快的把產品推出來」(訪談記錄，MTF080503Y)。

另一方面，在工具機的技術研發上，機械所於 1996 年的科專計畫中，便投入臥式綜合加工機的技術研發，並且技術移轉友嘉、台中精機、大立等工具機大廠。同樣做為法人研發組織的精密機械研究發展中心，亦於 2006 年接受經濟部工業局的委託，執行「高品級工具機發展計畫」，輔導廠商發展臥式綜合加工機及工具機關鍵零組件(經濟部工業局，2006)。在公共研發機構與廠商共同努

力下，台灣出口綜合加工機的平均單價從 2003 年的台幣 118 萬元，上升至 2007 年的 185 萬元（如表 4-5）。

表 4-5 2003~2007 年我國重要工具機機種平均出口單價

單位：百萬新台幣

機種別	2007			2006			2005			2004			2003		
	出口值	台數	平均單價	出口值	台數	平均單價	出口值	台數	平均單價	出口值	台數	平均單價	出口值	台數	平均單價
綜合加工機	37,232	20,023	1.859	29,572	16,591	1.782	24,415	14,617	1.670	20,091	14,396	1.395	14,360	12,092	1.187
N C 車床	14,323	8,435	1.698	11,802	8,166	1.445	9,882	7,555	1.308	8,025	6,938	1.156	5,249	4,542	1.155
銑床	8,089	20,393	0.396	5,913	17,639	0.335	6,262	19,196	0.326	5,880	27,656	0.212	5,755	22,386	0.257
非 NC 車床	8,473	121,658	0.069	7,281	18,854	0.386	6,207	19,495	0.318	5,321	25,837	0.205	4,348	25,000	0.173
鋸床	4,527	70,271	0.064	3,782	67,343	0.056	3,336	127,630	0.026	2,784	181,457	0.015	2,283	167,076	0.013
磨床	4,557	117,078	0.038	4,299	23,240	0.184	3,664	24,927	0.146	2,594	20,613	0.125	1,834	18,714	0.098
鑽床	3,225	22,321	0.144	3,266	20,379	0.160	2,048	23,833	0.085	2,533	33,245	0.076	1,585	43,392	0.036
放電加工機	2,607	3,329	0.783	3,187	5,260	0.605	2,812	12,087	0.232	2,529	7,153	0.353	2,057	5,448	0.377
沖剪機器	19,861	49,778	0.398	17,184	40,608	0.423	16,980	45,415	0.373	15,437	443,824	0.034	11,707	95,359	0.122
其他切削工具機	6,485	181,110	0.035	5,585	185,498	0.030	5,077	173,938	0.029	6,224	310,071	0.020	4,599	451,093	0.010
其他成型工具機	4,404	24,427	0.180	4,459	23,095	0.193	4,681	29,468	0.158	3,802	30,292	0.125	3,853	137,081	0.028

資料來源：台灣區機器工業同業公會網站，作者自行整理計算，平均單價為出口值除以台數。

第五節 小結

從以上公共研發機構的發展軌跡來看，1982年以前，公共研發機構的發展與台灣工具機產業的技術學習與升級並沒有太大的關係。對於NC工具機技術的掌握，業界於1974~1980年間，就已經陸續推出NC工具機或CNC工具機產品，機械所直到1982年才掌握NC工具機技術。1982年以後，機械所雖然透過技術合作，教育訓練，以及舉辦研討會等方式催化CNC工具機技術擴散。然而，與工具機相關的契約計畫服務比率卻逐年下降。高士欽(1999)指出，機械所以「原型(雛形)產品」的開發型式，達到技術移轉的目的，是機械所與業者合作失敗的主要原因(高士欽，1999)。此外，機械所位於新竹，未能與中部工具機業者緊密連結，導致機械所的主觀研發行動無法獲得工具機業者的共識。直到1990年以後，機械所重新透過關鍵零組件發展計畫，轉而專注於關鍵組件的技術研發，不再做整機移轉。機械所角色的改變具體表現在1990年代科技專案以工具機零組件研發為主，包括高速主軸、CNC車床自動刀塔、CNC工具機自動換刀機構，滾珠螺桿等，技術移轉對象多為國內前十大工具機廠商，成效良好。

1983年成立的CMD，為了能與業界更緊密的互動，除了將服務據點設於台中，其任務更有別於機械所的研發工作，而將服務重點放在工具機品質的改善與提升，積極引進日本工具機成品檢測技術。1993年成立的PMC，雖然部分承襲CMD的技術資源與傳統，但其所標定的技術方向更能貼近業者的需求(高士欽，1999:167)。即使PMC在工具機產業發展的輔導上，與機械所構成分工的效果，但是卻也對機械所帶來一定的壓力。工研院是國家的非營利性公共研發機構，其經費來源主要有三：政府專案委託研究(技術處科專、工業局委託)，政府捐贈以及民間委託研究與服務。從歷年科專經費比例來看，機械所的科專經費從1987年的20%，減少至1994年的10%，指陳機械所的經費很大一部份必須來自業界，大致可以瞭解機械所的經營方向逐漸朝向產業導向的技術研發。除此之外，為了

更進一步接近業者，1995 年機械所到台中世貿中心成立「中區技術服務中心」。

機械所自 1990 年代起，從過去技術或雛形機種移轉，改變到生產工具機關鍵零組件給業者。一旦掌握關鍵組件技術後，機械所便將已經在市場上成熟的技術自行衍生公司生產。2005 年，機械所衍生以生產高速主軸的日紳精密，顯示出機械所在關鍵零組件技術研發累積的豐碩成果，對於提升台灣工具機品質具有關鍵性的影響。

為了推動台灣成為全球前三大精密工具機製造國，自 2000 年起，經濟部技術處積極鼓勵以科專經費補助，結合法人研發機構與民間工具機業者，以結盟的方式發展次世代高階工具機²¹。在線性馬達工具機方面，2003 年水平整合 9 家工具機製造廠執行「先線線型工具機技術整合性計畫」；在車銑複合機方面，2006 年，結合 3 家工具機整機廠與 4 家組件廠執行「車銑複合工具機整合性計畫」。機械所透過參與上述兩項整合性業界開發產業技術計畫，逐漸從技術服務提供者，轉變成為一個整合工具機母廠、模組廠與公共研發資源的協調者。在下一個章節裡，我將更進一步探討在研發聯盟裡成員間的技術學習和互動，以及整合性業界科專的執行成效。

²¹ 包括臥式加工機、線性馬達高速工具機、車銑複合機。