

出國研習報告

主題：平行機構工具機

撰寫人：陳冠文

目錄

1. 前言	3
2. IMASH RAS 介紹.....	3
3. Parallel Link 工具機介紹.....	4
3.1 並聯式機構與串聯式機構之比較	4
3.2 並聯式機構工具機之發展	7
4. 會談內容簡介.....	9
5. 感想與建議	14

1. 前言

近年來我國在經濟國際化、自由化政策下，為突破經濟發展的瓶頸，提升生產技術，促進我國經濟更快速發展，乃透過以往良好的合作基礎，繼續爭取先進國家對我國提供技術訓練培植優秀技術人才，提高國內工業水準。自蘇聯解體後，國協成員不論在政治或經濟體制上皆正趨於轉型階段，由於其科技先進，市場廣大，世界各國莫不全力推動與俄雙邊經濟暨技術機會，以求佔得先機。

2. IMASH RAS介紹

俄羅斯國家科學院機械工程研究所簡稱 IMASH，其主要的任務為執行俄羅斯政府所委託的研究計劃及國際合作的研究計劃。

其研究的可分為傳統機械領域與先進機械領域兩大方面的研究課題，在傳統領域上的主由研究題目有機構學、機械磨耗研究、機械元件力學分析、精密量測及振動科學等。在先進機械的研究方面則有前瞻性加工技術研究、新材料研究、冷脆材料研究、太空科學及核能科技等。

3. Parallel Link 工具機介紹

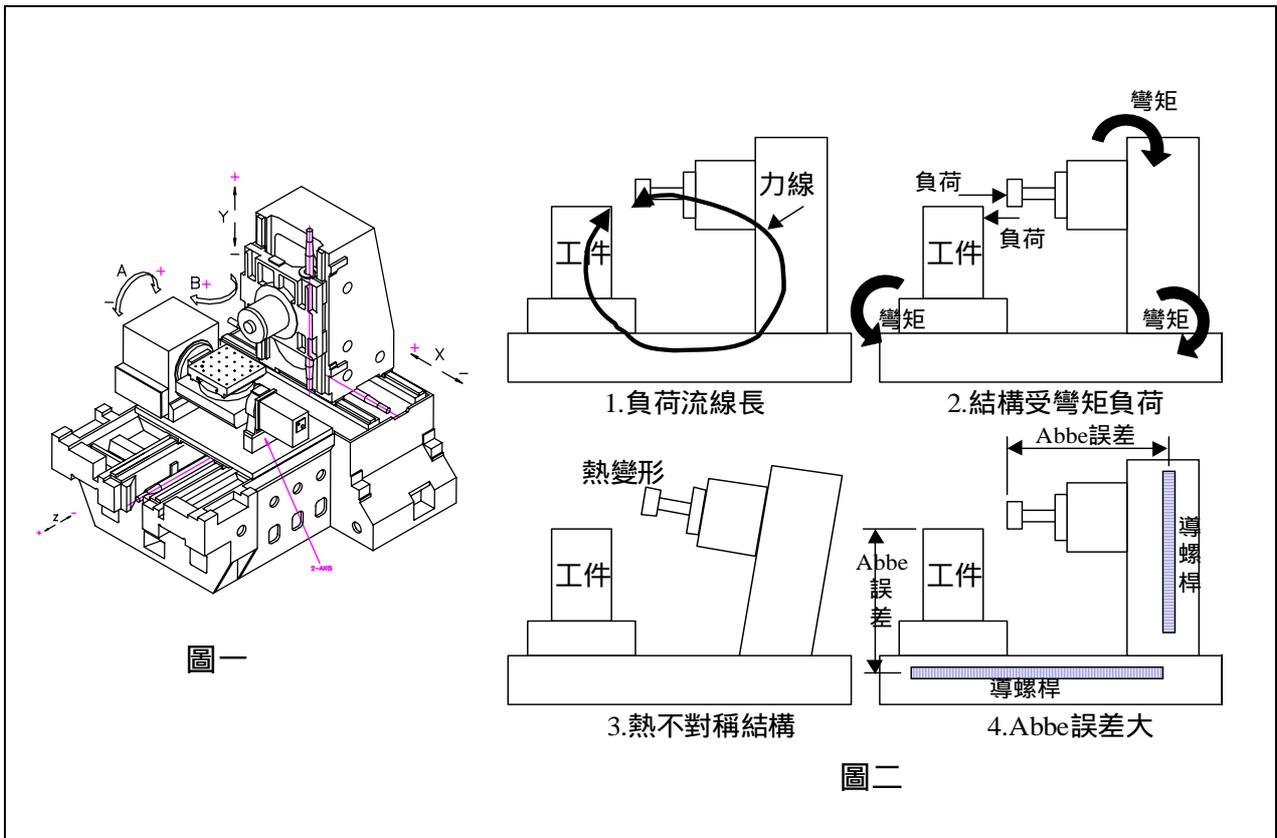
傳統生產、裝配及物流存取設備的進給機構，皆為串聯式連桿進給機構，即其機構之幾何構型皆為開迴路結構，包含目前絕大部分的工具機及機器臂即屬此類。串聯式連桿機構主要缺點即為懸臂過長，結構負荷流線長，造成剛性不足，以致系統可控制的動態頻寬受到限制，高速移動時容易產生大幅振動，不易控制以致常造成定位時間的延遲，不利於高速化；其解決之方法常以加大或加粗其結構來解決，造成材料、能源浪費；所以並聯式機構工具機也就成了高速化重要之研發方向。

並聯式機構為閉迴路(CLOSE-LOOP)機構，其結構負荷流線短，負荷是由連桿機構以拉伸或壓縮的方式承受，為一二力構件，所以具有高剛性、低慣性的特性，且機構簡單，成本比傳統機構少；另外可彈性化之構型組合的能力非常適合於生產線上的組合與拆裝，所以可以根據需求輕易的融入生產系統中，因此可預期此一機械結構構型將會對於未來的彈性製造技術造成革命性的影響。

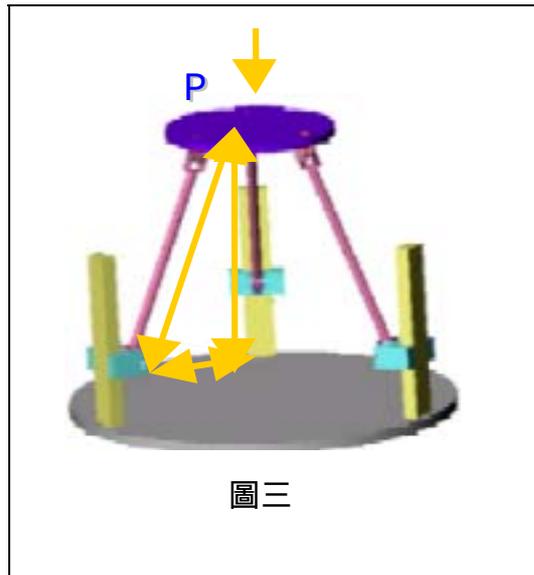
3.1 並聯式機構與串聯式機構之比較

目前之生產、裝配及物流存取設備的進給機構，皆為串聯式連桿進給機構（圖一），即其機構之幾何構型皆為開迴路(OPEN-LOOP)結構，串聯方式是將線性軸與旋轉軸相結合，包含目前絕大部分的工具機及機器臂即屬此類。串聯式連桿機構主要缺點即為懸臂過長（機器臂為典型代表），結構負荷流線長，造成剛性不足、結構受彎矩負荷及熱不對稱等問題（圖二），以致

系統可控制的動態頻寬受到限制，負載時工作空間小且高速移動時容易產生大幅振動，不易控制以致常造成定位時間的延遲，不利於高速化；其解決之方法常以加大或加粗其結構來解決（工具機為典型代表），但造成須以較大馬力之驅動源來推動進給機構，除了材料的大量浪費外，並造成電力的浪費；然而其優點為路徑規劃簡單及控制容易。



反觀並聯式進給機構為閉迴路(CLOSE-LOOP)機構(圖三)，其結構為一二力構件，負荷流線短，負荷是由連桿機構以拉伸或壓縮的方式承受，所以具有高剛性、低慣量的特性，而且構成材料少，控制頻寬大，適合應用於高速化之進給機構



圖三

可大幅減少串聯式機構在高速化所具有的缺點；且其結構大都為熱對稱型態；由於其輕量化及組件簡單，一旦量產後成本絕對比傳統進給機構便宜許多，另外可彈性化之構型組合的能力，除了改型容易見圖，更適合於生產線上的組合與拆裝，所以可以根據需求輕易的融入生產系統中，因此可預期此一機械結構構型將會對於未來的彈性製造 / 組裝技術提供更大的彈性及效率。

並聯式機構與串聯式機構優、缺點之比較見表一。

並聯式機構 (力學結構為封閉迴路，二力構件，只承受軸向力 - 張力及壓力) 二力構件之高剛性說明： 一根細鋼絲可吊起幾百公斤之重物，一根直徑數公釐之懸臂樑結構卻往往折斷	優點	缺點
串聯式機構 (力學結構非封閉迴路，懸臂樑結構)	缺點	優點
	<ul style="list-style-type: none"> •高剛性、低慣性的特性，適合高速化 •熱對稱結構，熱變形較小 •構成材料少、製造成本低、組裝 / 維修容易及易模組化 •重量比串聯式機構降低甚多，省能源 •製作誤差不會累積 	<ul style="list-style-type: none"> •加工路徑規劃及控制法則複雜 •控制器之數學運算速度要求較高 •工作空間的定義及量測補償方法複雜 •工作空間較小
	<ul style="list-style-type: none"> •懸臂過長，負荷流線長，剛低，不易高速化 •高速時大幅振動，造成定位時間延遲，不利高速化 •高速化以加大其結構解決，造成能源浪費，且有瓶頸 •因為串聯式機構，受力變形大 •製作誤差會累積 	<ul style="list-style-type: none"> •構型簡單 •加工路徑規劃簡單及控制法則單純 •工作空間的定義及量測補償方法單純 •工作空間較大

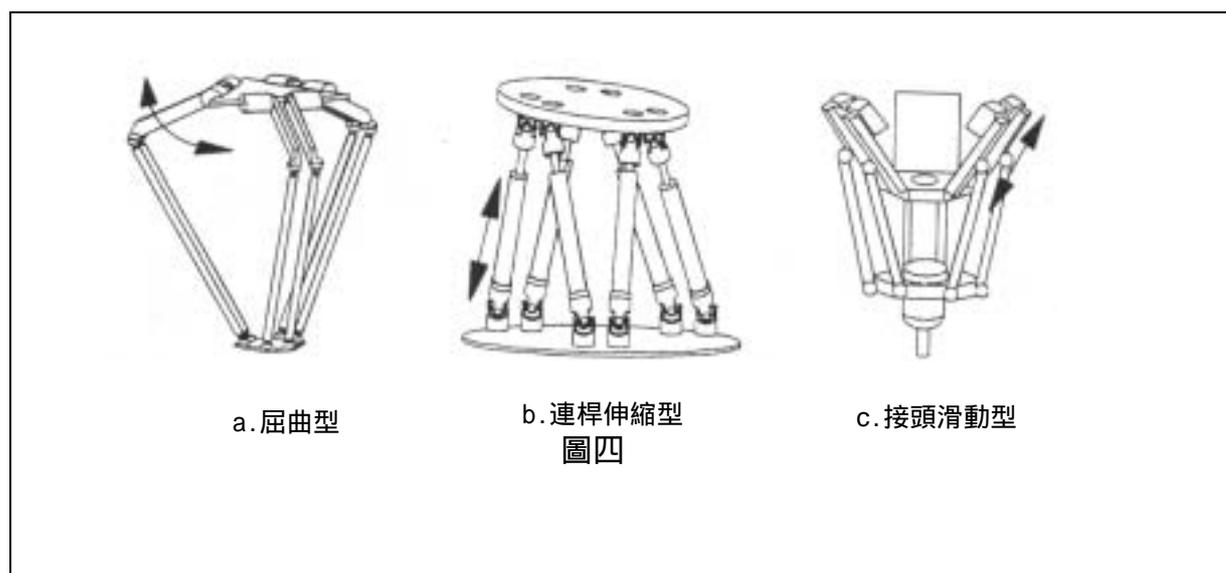
3.2 並聯式機構工具機之發展

目前並聯式機構在工具機的應用上主要可分三種基本構型(圖四)，分別為屈曲型、連桿伸縮型及接頭滑動型，以下為各型之優缺點比較表。

型 式	屈曲型	連桿伸縮型	接頭滑動型
出 力	小	大	大
速 度	非常快	快	快
剛 性	差	佳	佳
工作空間 / 佔地比	好	差	普通
結構大小及重量	簡單 / 輕	大 / 重	大 / 普通

表二、各型連桿機構之優缺點

並聯式機構最早於 1965 年由 Stewart 利用六支並聯的可伸縮連桿應用到飛行模擬器上，其後有不少的研究，分析 Stewart 平台的機構空間、運動與動力學等數學理論，由於其需求大量的數



學計算，再加上過去控制器計算能力弱，因此過去在產業上的應

用一直未受重視。近年來由於控制技術的快速發展，使得並聯式機構在工業界應用的可行性才逐漸增加。

並聯式機構技術可應用於如下之領域：

飛行模擬訓練平台

虛擬實境之電動玩具平台

工具機

噴漆、噴膠、焊接及裝配組立機械臂

4. 會談內容簡介

以下列表為這次研習的行程規劃與研討主題：

日期(12月)	主題	洽談人
11	Arrival to Airport Moscow. Transportation to Hotel of RAS	Prof. V.Lutsau
12	俄國假日休息一天	
13	The investigation of design of parallel link tools for different machines	Prof. V.Lutsau Prof. S.Saijectin
14	The application of parallel link tools for working machines and other	Prof. A.Sinev
15	Problems of parallel link tools application in robotics systems	Prof. Bessonov A.
16	周六休息一天	
17	周日休息一天	
18	Design and developments in field of parallel link tools for technology systems.	Dr. Afonin
19	New research and developments in field of parallel link systems	Prof. Glazunov
20	Special structure Bureau of Machine Design	Prof. Umnov V.
21	Special structure Bureau of Machine Design	Prof. Krainev
22	Visit to Russian Ministry of Science and Technology-Discussing of cooperation possibilities.	Dr. V.Kriukov
23	Departure form Hotel to Airport	

12月11日下午到達莫斯科機場，由經濟部駐莫斯科經濟文化代表處經濟組曹組長四洋、廖秘書浩志及 Prof. V.Lutsau 來機場接機，直接前往旅館 Check In.

12月12日為俄羅斯國定假日，並沒有安排討論研習。

12月13日上午由 Prof. V.Lutsau 介紹 IMASH 的組織架構，成立歷史、目前的研究成果及正在進行中的研究計劃，其中包含了 IMASH 目前關於理論方面的著作(可惜皆為俄文版)、材料科學、核能科技、量測技術、震噪控制技術、人因工程及世界各國的合作情形，相當的豐富。下午則是與 Prof. S.Saijectin 進行 meeting，討論的主題為平行連桿工具機的各種構型與設計，基本上，俄國在並聯式機構構型的研究上相當的豐富及具有水準，但可惜的是俄國並沒有將這些構型轉化為實用化的技術，僅止於學術理論上的研究，所以與其他先進國家比較起來，俄國在這方面似乎略遜一籌。

12月14日是與 Prof. A.Sinev 討論將平行連桿應用在工作機械(working machines)的問題上，討論的內容包括了數學模型的推導所會遇到的問題、振動的抑制方法、奇異點的推導及避免、工作空間最佳化等。

12月15日與 Prof. Bessonov A.討論平行連桿機構應用在機械人(手臂)的問題上，不過在機械人這方面並非是我的專長，所以整個討論過程大多為 Prof. Bessonov A.來講解居多，而我也由此得到一些平行連桿機構在工作機械領域以外的應用例子。

12月16、17日為周六及周日休假。

12月18日與 Dr. Afonin 討論平行連桿機構的研發法則及設計方法，發現俄羅斯國家科學院大約在 10 多年前便以當時的研究能力將所有可能的平行連桿機構構型進行系統性的研究，也就是利用拓樸學的方式把可行的機構分析出來，但可惜的也只是僅於學術理論上的研究而已，並沒有將機構實用化。

12月19日與 Prof. Glazunov 討論平行連桿機構的最新研究與發展。訪談過程中發現 Prof. Glazunov 可能是目前俄羅斯 IMASH 中對於平行連桿機構的研究投入最大心力的研究工作者，因為在俄羅斯這個較為封閉的國家中，Prof. Glazunov 對於目前世界各國平行連桿機構的研發情形具有一定程度的了解，他甚至知道台灣工研院機械所正在發展 Hybrid Parallel Linkage Machine Tool，這點倒是讓我相當的訝異。所以這一天的會談可以說是收穫最多的一天，因為相同領域的研究學者討論的最大收穫除了是得到自己沒有考慮到的細節之外，更可以經由會談來驗證彼此的理論根據與結果是否正確。

12月20、21日分別與從事特殊機構設計 Prof. Umnov V.及 Prof. Krainev 討論平行連桿機構設計上的要點，Prof. Umnov V.及 Prof. Krainev 都是具有相當豐富經驗的機構設計工程師，但由於這兩位並不是平行連桿機構方面的研究者，所以我就以我在設計平行連桿機構的過程中所遇到的問題與他們討論，他們也就針對我的問題提供一些可行性的建議。

12月22日是與 Dr. V.Kriukov 會面，由 Dr. V.Kriukov 介紹俄羅斯國家科學院與國外研究機構的合作歷史與成果，並且介紹合作的注意事項與條件，並且尋求與我國合作的機會。

12 月 23 日凌晨 6 時 30 分離開旅館前往莫斯科機場搭機返國，於 12 月 24 日返抵國門。

5. 感想與建議

首先，要感謝經濟部國際合作處給我這次前往俄羅斯國家科學院研習的機會，有機會與俄國的高等研究人材進行討論。

綜觀而論，由於俄國曾與美國進行軍備上的競賽，在工程科學的基礎研究上所下的功夫與所得到的成果足與歐美等國媲美，因此當俄國開放時，歐美各國的機構與公司看到俄國高素質的研究人才與相當便宜的人工成本，不是到俄國爭取優秀的研究人才到該國作研究便是直接在俄國開設研究實驗室，並且聘用當地的研究人才來進行研究工作，既有不輸給歐美等國的研究水準而且人事成本亦遠低於歐美等國。

因此，這次在俄羅斯所面談的幾位研究人員大多為年紀較大的研究者，所以在基礎理論研究上所用的功夫非常的深，所以從這幾學者身上，在學術理論方面得到了不少的助益；但是相對的，因為俄國國家科學院主要是在從事國防科技及基礎學理上的研究工作，而且俄國開放及貿易自由化的時間並不是很長，在將技術商品化的方面上似乎沒有什麼概念，特別是對於整個世界技術市場的趨勢及走向幾乎完全不了解，這是比較可惜的地方。

至於在建議方面，此行中唯一美中不足的地方是在於翻譯人員的安排，主要因為我的英文能力並不是相當的好，所以在溝通上常常有詞不達意的情形產生，再加上翻譯人員為俄方國家科學院的人，他們的英文具有相當濃厚的口音，往往要請他們一再重複才能聽的懂所言為何，因此建議若有相同的研習課程，希望盡可能安排懂中文的翻譯人員。