

機 構 與 機 器 設 計

中華民國八十二年四月

行政院新聞局出版登記證
局版台誌字第 9132 號

4-82

發行人：周廣興
出版人：中華民國機構與機器原理學會
出版委員會
總編輯：何應勤
發行所：台北市國立台灣大學機械系 739 室
聯絡處：高雄市郵政第 59-80 號信箱
電 話：(07) 533-2953

中華民國機構與機器原理學會
高雄市郵政第 59-80 號信箱
TAIWAN 80424, R.O.C.

參加世界工業機器人研討會及參觀工廠 報告

蔡明俊

前言

第24屆世界工業機器人研討會(24th International Symposium on Industrial Robots)及第6屆世界高等機器人學術研討會(6th International Conference on Advanced Robotics)將於今年11月在日本東京連袂舉行。而本人曾於1989年10月赴日本東京地區參加第二十屆ISIR,並參加大會所辦的會前及會後的工廠參觀團,總共參觀了9家公司及研究機構。並順道參觀了在東京地區舉辦的國際機器人展覽與精密測量展覽。並造訪了東京電氣通訊大學機械控制系山縣和男教授的實驗室。在短短10天的參觀訪問中,對日本機器人及自動化工業有關的學術研究,工業結構與水準有初步的了解。雖事隔數年,但在與台灣目前發展狀況相比較下,有了顯著的差距,現就依參觀次序及研討會、展覽會等內容作簡單的介紹。

一、通產省機械工程實驗室

日本通產省機械工程實驗室(Mechanical Engineering Laboratory Ministry of International Trade and Industry)(相當於國內之經濟部工研院機器所)於1937年創始於東京,至1980年遷移至筑波(Tsukuba)工業科學城。該機構為國家支持之機構,但也接受民間委託研究,該年之研究經費約32億日幣,主要之研究方向為:

1. 能源工程技術,如薄膜熱交換現象、熱泵、風力發電等。
2. 新材料技術,如人工關節、陶瓷材料及多孔材料之研究等。
3. 高等機器人技術,如縫衣機器人、步行機器人、及控制、移動、感覺基本技術之發展等。

4. 基本工業導向技術，如生產技術、社會發展、工業標準、國際研究合作等。

其高等機器人技術發展已有多年歷史，參觀資料顯示的均是1987年以前之成品，如盲人用機器導引狗、縫衣機器人、6腳步行機器人、爬牆機器人、視覺遙控導引車等。在機器人之範圍內又分四個基本技術進行研究：

1. 操作技術 Manipulation
2. 移動技術 Locomotion
3. 感應器技術 Sensing
4. 人機關係 Human-Machine Interfacing

操作技術之研究包括機器人之應用如插件、裝配等，順應控制、選擇方式，及平行處理等硬軟體之發展。其平行處理器多達64個微處理器，目前在發展遠程遙控系統，能正確定位與快速反應，直接驅動而順應控制的機器人系統。移動技術則發展如自主導車，由2部TV Camera導引自動搬運車(AGV)、6腳步行機器人(off the road adaptive suspension legs)、爬牆機器人(重35公斤利用真空泵及8個吸盤，攜帶50cc微型引擎，爬速50cm/min)，現正研究四腳之步行機器人之動態平衡問題。感應器之研究則針對力量/扭矩感測、光觸(optical tactile sensor)感測、及影像辨認。人機關係之研究則以生物力學為基礎，有義肢、遙控主僕機械臂、及導盲機器犬等。

二. 電子技術研究室

電子技術研究室(Electrotechnical Laboratory, ETL)亦為日本通產省(MITI)所屬研究室之一，相當於我國工研院的電子所。創之於1891年，於1979年遷至筑波科學城現址。創設目的在於基本電子學、資訊處理、先端技術以及標準的建立與促進之研究發展，共約700人，其中560人為科學及工程人員，主要之研究計劃有：

1. 特異研究(光、磁、超聲波之量測技術、超光子電腦等20項)
2. 原子能和平用途(融合反應、反應器使用之機器人等8項)
3. 污染控制技術(監測、評估、技術等3項)
4. 基礎研究(固體內電子之動態等83項)
5. 未來工業之基礎技術(導電合成材料、3-DIC等6項)
6. 國家 R&D 計劃(超級電腦、高等機器人等6項)
7. 陽光計劃(新能源技術等5項)
8. 月能計劃(能量保存、轉換技術等6項)
9. 醫療福利設施技術(3-D影像診斷技術等2項)
10. 政府民間合作研究
11. 人類認知技術研究
12. 國際研發合作(超導體及超磁波頻率信號標準)

其中(6)國家大型R&D計劃中，有關高等機器人的研究室與MITL(機械工程研究所)合作，MITL負責傳感器(影像、辨認等)，遙控、及軟體技術之發展，旨在發展更具智慧及彈性的機器人，從1980開始的8年長程計劃，總經費200億日圓，其主要之目標用在核能電廠、海底探測、油田設備之檢驗與維護，此外也考慮到消防及急救用機器人。這些計劃並非一定要完成實際可用的系統。在感測器方面則針對發展超速辨認系統，由影像建立幾何模型，由視覺提供協調與規劃系統。在遙控臂方面建立人-機介面，由主僕機械臂或由電腦輔助來操作，在機器人軟體方面提供交談式的教導，多機器人操作系統，日景導向程式的搬運與拖運之法則等。

三．日立機械研究室及日立建築機械廠

日立機械研究室(Mechanical Engineering Research Laboratory, Hitachi Ltd.)是日立總公司轄下九個實驗室中的一個，位於筑波附近的小土浦(Tsuchiura)，人員約有680人，其中PH.D.佔16%，MS和BS佔56%，分

為7個部門及數個服務中心，年研究經費約26億日圓，其主要的研究範圍有：

1. 能源
2. 機電學 (Mechatronics)
3. 基礎工程科學

在能源的研究上有針對蒸汽渦輪機、空調系統，及汽車用具的流體、熱傳、振動、應力分析等，目的在提高效率或增加可靠性，機電學 (Mechatronics)涵蓋機械、電機、電子、電腦學門，其研究針對核能廠智慧型機器人，電腦資訊處理設施，如自動提款機等，及自動化系統，如積體電路版之製造流程等。在基礎工程科學上，研究範圍如單晶生產之技術、無塵室環境流之控制模擬、破壞分析、有限單元之網格自動分割、機器人之離線程式模擬等。在機器人的研究方面，有履帶式爬梯機器人、SMA 3指機器手、主臂機械臂，以及利用影像導引做機器人自動化焊接等有關機器人應用的研究。

日立建築機器廠 (Hitachi Construction Machinery Ltd.) 是日立公司專做挖土、推土機等較大型建築機械的生產工廠，廠址離機械研究所不遠。該工廠設立於1966年，雖然生產的是少量多樣的大型產品，但也相當的自動化，尤其在物料搬運、焊接上，均已自動化，並用NC工具機及線切割機器、CAD/CAM系統等，該廠在焊接、噴漆已完全使用機器人系統，此外機器人也用來配合CNC機器做上下料的工作。

四、大成建設

大成建設 (Taisei Corporation) 為日本最大的建設公司，位於東京新宿區，其總公司樓高54層，約240米高。該公司之前身創立於1873年，在1946年始改名為大成建設，有11825名僱員，分公司遍佈全

日本及世界各地區均有。主要從事建築及土木工程，如大樓、發電廠、水壩、隧道、橋樑、港灣等工程，並做環境、景觀、休閒育樂區之規劃興建。1989年的營業額為115億美元。為了支援該公司之營運，設有技術研究中心，從事有關結構、海洋、水利、環境、土壤、材料、生物等工程方面的基本研究，對建築物之聲、光、熱、舒適與安全方面做測試。提出電腦整合建築 (Computer Integrater Construction) 之概念，並利用電腦輔助工程之設計、估算、規劃與施工。由於工程之施工往往危險艱鉅，他們發展了大樓外牆換磚及接起磁磚用的機器人，鋪設用材料運搬機械臂等，並有其它灌漿、打平等23種大樓建築用或維護用機器人在開發中。這些建築機器人除了增加工程效率、減少危險工作、增進施工品質外，最重要的一點是可解決勞工短缺的問題。

五、Hosen 印刷廠

Hosen 印刷廠是一個由盟邦國際，佔有全部股份也，印紙張、油漆等人直接，存入自動倉儲，倉庫電腦程序指令最後即自動出料，然後由管線直接送至印刷機，而紙張則由無人搬運車送至印刷機，上料後自動印刷、切對、包裝、再由機器人搬疊又由卡車運出，全廠人員分三班24小時營運。這種全自動化的工廠投資以小型廠來說，可說是鉅大了，據廠長說約6-7年之營運才能回收成本。這在投機風氣比投資風氣盛的台灣簡直是天方夜譚，據筆者了解，資金回收超過二年即可賣出台灣恐怕很少人會去做。日本的老闆曾發6-7年回收成本，現他可腳踏實地地由內信他的企業體質，這是值得我們深思的。

六、日產汽車公司

日產汽車公司是全球第六大汽公司，1986年銷售270萬輛，佔全球6%市場。我們所說的Zama廠是專門生產SUNNY系列，即國產逍

利、尖兵等車型)，該廠設於1965年，至1986年已累積生產900萬輛SUNNY。佔地212畝，有5300員工，產能的每月35000輛，其中60%為外銷。開放參觀的是裝配3廠，有2800人分2班24小時工作，月產兩萬多輛，於1977年開始引進機器人，現在則有97%工作已自動化，機器人口共有260個，大部份用來銲接(點焊)、噴漆以及小部份做裝配用。物料零件之流程大部份用送貨帶，小部份用自動牽引車。裝配規則早已彈性生產化，各式不同之車輛在同一裝配線上，零件之供應則絲毫不亂，機器人也可按裝不同車種之零件(車頂、後窗、前後擋風玻璃等)，可見在生產程序規劃上，已符合JIT(Just in time)之要求。機器人工作單元之設計有廠裡自行解決，也有交由機器生產商設計者。

七. FANUC 公司

FANUC公司原為富士通公司(Fujitsu)之一部份，於1956年首先製造NC機器，1972年獨立，目前員工1675人，1988年之產值為日本額629億日圓，營業額1491億日圓，純益220億日圓，在世界許多地方均設有分公司及機構及國際合作公司，如FANUC Robotic公司(前身為GMF)，為美國現今最大機器人公司，GEF Automation Corp.為GE與FANUC合作之公司。主要之產品為NC機器、CNC機器、機器人、放電加工機，射出成型機，及交流伺服馬達，直接驅動馬達等。該公司有四個研究區，分為基礎技術、商品開發、營銷，及電子回路研究所。生產工場有電子工場、控制馬達工場、機械工場、座架(射出成型機)工場、機器人零件，及裝配場與FA中心等。我們陸續參觀了機器人工場、電子工場、座架工場、控制馬達工場與技術訓練中心等5個地方。各工場均已完全自動化，自動倉儲貫穿1、2樓，負責樓上樓下成品運輸之用，AGV可在各樓板上來回穿梭，將各工作單元的物料及時送到，工場自動化採MAP網路，24小時操作，夜間無人自動生產。

八、卡西歐電算公司

Casio 創立於 1969 年，是全球數一數二的計算機、電子錶製造商，與 Sharp 合佔全球的 80% 之小型計算機市場。Casio 共有四個生產工廠，我們參觀的是 Kofu 廠，本廠建立於 1984 年，為一完全自動化生產之工廠。有二條生產線，其中一條今年才完成重新規範，使用 VLSI 及 COF (Carbon on Film) 新技術，以符合更高的競爭市場需求。本廠每月可生產 350 萬個計算機，平均每秒 1.4 個。本廠共有五個工場，第一工場是生產 PCB，新的計算機生產線，及辦公室電腦；第二工場是生產個人電腦與收銀機；第三工場是包裝、倉儲區；第四工場生產 LCD，第五工場為計算機及薄膜印刷電路板生產線。我們參觀的就是這第三工場，已完全 FMS 化。

這個工場同時製造 16 種不同的計算機，約有 100 名員工，其中 30 名是女性，從事檢查、檢驗方面的工作。(整個 Kofu 廠員工約有 800 名)，從塑膠塗銅之薄膜開始印刷電路、鍍造等，一直到裝配、檢驗，均一貫作業，完全自動化。其中測試階段並使用影像處理方式，檢查計算機功能是否無誤。他們稱這種生產方式為 roll-to-roll 生產。生產人員分三班，一班輪空，機器從早上 1 點到 6 點停機，整個 FMS 之初步設計由 Casio 之設計部門為之，自動化機器及機器人由 Mitsubishi 公司負責，自動倉儲及 AGV 由 Marada 公司負責。然而軟體之開發則由三個公司一起撰寫。自動化的計劃要成功，一定要自己公司內部能對自動化有相當的認識與抗衡，並充分配合設計與施工，這樣才有成功之希望，而維護與改進也較不會有問題。

九、第 20 屆國際工業機器人研討會

國際工業機器人研討會每年舉辦一次。自 1970 年首次在美國芝加哥舉行第一屆以來，每年在全球輪流由各地區國際機器人聯合

會 (International Federation of Robotics, IFR) 會員國舉辦。我國也是會員國之一，以“中華民國”之名入會，此次在日本東京舉行，共有 132 篇論文發表，此外開幕當天有幾篇精彩的 Plenary Session，分別由各國人士講演機器人之現階段應用與將來發展、國際合作等。

研討會除了第一天的 Plenary Session 外，其餘壹佰多篇論文均分成四組平行發表，也就是說每人最多也只能選四分之一來聽，加上會場又有 Video Session 放映各機請計機器人研究之現況，因此讓人有應接不暇之概。本研討會既然以“工業機器人”為標的，故工業應用與技術性的論文較多，理論性探討的論文相對地較少，但是因為較實際，工業界的人參與的極多，也不限於學術界。最值得一提的是 Plenary Session 第一篇由早稻田大學 Kato 教授提出來的一些新的觀念與趨勢——21 世紀是個人機器人之世紀，就像電腦走入家庭而實個人電腦一樣。機器人經長期之發展，應由工業上取代人類之工作進而將人類植入機器人，使其有知覺與感覺，才能服侍人類，更何況 21 世紀由於生育之影響，人口普遍老化，年輕人需負擔很多老年人口而更忙碌，無暇照顧老年人。因此老年人將由機器人來服侍。欲使機器人走入家庭，必須有某些技術上之突破，如機器人之智慧、感測能力、安全性、價格、人機介面(生物層面、應用層面)因此工業機器人所需之技術為機電學 (Mechatronics)，而個人機器人所需之技術為生物機電學 (Bio-Mechatronics) 加入人工智能 (AI) 等。這個趨勢我們不可不察，也需加以研究注意，提早準備這個時代的來臨。

十、國際機器人大展

國際機器人大展 (International Industrial Robot Exhibition) 在東京晴海區貿易展覽會場舉行。同時在會場舉行的還有日本中小型自動化工廠展與國際精確測量展 (International Precision Measuring Equipment Exhibition '89) 本次大展雖然說是國際性，但參展之國外廠家甚少。機器人之熱

雖然1983年最近統計，美國已有一百多家公司進入市場，越南機器人之知能尚未突破，以其傳統之功能(偏重於重現性)，所做的動作少(如凹撈、噴漆、攻絲擲鑽等)，無法做環境改變的處理，因此機器人之數目沒有大增增加。到一九八七年，全美僅剩三、四家公司留在生產，這些公司已改為Unimation的Puma型，也轉售給日本Kawasaki而成為所謂的P-series。此次展覽會中，出席的乃在全球機器人大市場佔據地位，日本當然有眾多公司進行生產行現，例如FANUC, KAWASAKI, SEIKO, EPSON, SONY, CANNON, TOYODA, PENTEL, FUJI, SANYO, HITACHI, TOSHIBA, YAMAHA, 等許多家公司到了該處將公司進入市場。這些公司不但生產機器人，而且在自己的其他生產線上也實際用機器人來生產，如攝影機、打字機、印表機、印刷電路板等。我想這是由許多主觀與客觀因素促成。客觀因素是因為該處公司的主要產品產值已到經濟規模，自動化是必然趨勢，機器人之應用只是其中一環的而已。在主觀方面來說，機器人之製造技術與機械電整合，在二戰以後占過半的日本公司，是他們的特長的，自製機器人來自用或銷售，是一生來就發展的事了。

在展覽會場也能看到一些較高級的機器人。如力位/位置控制，已有二個展覽例子。兩機械臂合而協調的問題，也有二個展覽例子，而利用影像處理來定位、檢驗更是多得不勝枚舉，此外，遙控機械臂，主從機器臂，也都有成品展覽，而且還能夠手自動地操作。另有TOYODA公司做動三指機械手，這是目前最熱門的研究課題之一：抓力的分析與控制(Digitation)。可見日本工業界對機械吸收最尖端理論與研究成果相當的快，而他們技術與生產的成熟又高，故很容易做出這樣的成果來。

十一、結 論

日本人在經濟的侵略與技術之保密固居於世，由此次參觀，各廠均拒絕參觀人員攝影，且重要部份皆由不開故的安排，可見

証明。但他們在科技的水準上超出我們很多，甚至在社會行為上也都較台灣為有秩序，日本人排隊也很有耐性，而交通上亂按喇叭、路邊行駛、搶紅燈、闖斑馬道的事在日本根本就沒有看到，這種科技水準加上社會秩序帶給日本一種原動力，也到處嗅得到日本人的傲氣。他們不但許多工業產品不買外國貨，甚至連電腦都很少用，而發展自己的品牌。我們要發展自動化工業，日本的例子不可不舉為借鏡。今年11月的研討會、展覽會及參觀活動盛況遠大於往昔，希望有人能前往參觀，以資對證。

在參觀東京電氣通訊大學機械控制系山藤和男教授的實驗室後，發現他們的實驗室設備簡單，並無所謂一流的設備，學生從機械與控制之設計至製造、整合，加上理論之推導與軟體之撰寫，均需自己動手做，這些學生受完整的機電整合訓練加上實作之經驗，到工業界就能發揮其才能。因此，自動化之發展，必需從大學教育開始，培養科技人才要讓學生從實作中學習，在整個研究環境中，我們不應太注重大學教授的著作篇數，因為許多實作例子既花時間，又不易發表論文。我們應該做的是最欠缺的整合技術與經驗累積。因為一國的國力是生產技術及生產力的累積，而不是論文篇數的累積，有識之士，以為然否？

什麼是「設計」

顏鴻森*

國立成功大學機械工程學系暨研究所

摘 要

設計的意義為何？工程設計、機械（工程）設計、機器（系統）設計以及機構設計之間的關聯性為何？設計和合成、分析以及反分析之內涵有何不同？本文乃作者針對以上有關設計的問題提出個人的看法，並以設計樹的哲理加以闡經。

前言

設計這個名詞，在日常生活中常被提及，在各種專業領域內亦常被用到。因此，大家對設計皆有某種程度的了解，但是對它的解釋則不盡相同，如此在溝通上就產生了認知的差距而造成困難甚至誤解。

本文的目的在於提出作者對於「設計」的看法，解釋「設計」的意義，說明「工程設計」、「機械（工程）設計」、「機器（系統）設計」以及「機構設計」的關聯性，區別「設計」、「合成」、「分析」以及「反分析」之內涵，並以「爬樹採果」的哲理來申論設計之道理。希望藉此使大家對「設計」的認知有某種程度的共識，以增進有關設計的教學和研究活動在機械工程領域的發展。

設計的意義

人的一生是活在一個不斷變化的大環境中，變化的過程產生了問題，而這些問題絕大多數是未曾有過的。去了解並且想出解決問題方法的過程就叫做設計(Design)。

顏名思義，設是施辦，計是策畫，設計即是施辦策畫。有關設計的定義，在不同的領域中有不盡相同的說法。一個可以近用的定義是相當困難且不需要的，但為了方便說明起見，設計的意義可分為以下四種層次：

- 1、設計是一種行為選擇。

- 2、設計是一種產生結果的行為過程。
- 3、設計是一種產生所需求結果的行為過程。
- 4、設計是一種創造性的決策行為過程，用來產生有用且新的結果，以符合人類的需要。

人類的任何活動，都是廣義的設計行為。基本上，只要具有行為能力的人，即具備設計的能力，無論他是先知先覺，後知後覺，亦或是不知不覺。然而，有些是有結果的，有些是沒有結果的；有些結果是符合所需的，有些結果是不合需求的；有些符合需求的結果是全新的，有些是改進的，有些則是已有的。因此，一部人類文明史，就是一部設計史。

設計的類型

設計在不同領域中，因需求上以及行為過程的差異，而有不同的類型，例如工程設計、景觀設計、室內設計、服裝設計…等。以下說明與機械有關的設計，圖 1。

工程設計

工程(Engineering)是一種應用科學，它的主要目的乃是利用數學、科學以及技術等知識，將宇宙的自然資源創造成各種裝置或程序，以爲人類的需要。而工程設計(Engineering Design)乃是創造出符合特定功能之工程產品的設計行為。一部現代化汽車的設計，即是工程設計，它不但有機械工程設計的行為，也有電機及其它工程設計的行為。

機械(工程)設計

機械工程設計(Mechanical Engineering Design)，簡稱機械設計(Mechanical Design)，即是有關機械產品的工程設計。若所設計的機械產品爲某種系統，則屬機械系統設計(Mechanical System Design)。以汽車爲例，引擎燃燒效率的設計、車身結構強度的設計、懸吊動態特性的設計以及換檔自動控制的設計等，皆屬機械工程設計。

機器（系統）設計

英文中有三個名詞：Mechanical、Machine 以及 Machinery，它們的中譯名稱皆可為「機械」，這造成某些有關設計認知上的困擾。例如「機械設計」是 "Mechanical Design" 還是 "Machine Design" 呢？基本上，"Mechanical Design" 乃是 "Mechanical Engineering Design" 的簡稱，而 "Machine Design" 則是其中的主要部分。再者，"Machinery" 為一般 "Machine" 的通稱，而不針對某一特定的 "Machine" 言之。為了正名和避免造成混淆起見，"Mechanical" 宜譯為「機械」，而 "Machine" 和 "Machinery" 則為「機器」。機器 (Machine) 乃是由一個或數個機構 (Mechanism) 組合而成，賦予輸入能量並加上控制裝置，來產生有效的機械功或轉換機械能，以為吾人所用者；它的主要功能是藉由機構的運動來傳力作功和轉換能量。機器設計 (Machine Design) 即是設計機器的一種行為過程。由於機器乃是一個系統，因此機器設計即是機器系統設計 (Machine System Design)。例如傳統的汽車自動變速箱之設計即是機器設計，它根據機器動力學和齒輪機構的運動原理，將由引擎機構曲柄軸所給予的扭矩和轉速，配合液壓（或其它方式）控制系統，轉換為帶動輪胎所需的扭矩和轉速。

機構設計

機構 (Mechanism) 是組成機器的主要單元，用以使機件產生確定的相對運動。因此，機構設計 (Mechanism Design) 的主要目的在於傳遞和轉換機器所需的運動，而不考慮質量和力量等因素。例如自動變速箱之機構設計的重點在於齒輪類型和齒數的決定以及輪系系統的安排，以便在要求檔位得到所需的轉速比，但不牽涉到力量的傳遞和功流問題。

有關機構設計的研究，是理論推導，可用電腦來模擬運動狀態以驗證設計結果；由於它是一種運動幾何學，不考慮機件的質量和受力情況，因此不需進行實驗工作。而有關機器設計、機械設計、乃至於工程設計之研究，由於設計理論之推導皆有些理想的假設條件，因此常需進行必要的量測和實驗，以驗證設計原理的正確程度。

設計的內涵

除了「設計」之外，「分析」這個名詞亦常常被提及；再者某些研究領域常用「反分析」或「合成」這個術語。到底這四者有何關係，有何不同呢？本節在工程設計的範圍內加以說明。

一個設計問題的解法，就是要研究出一套方法(Methodology)：系統(System)、裝置(Device)、程序(Process)等，據以利用科學法則（物理、化學、數學等）將既有的資源轉化，以得到所需要的結果。因此，設計的行爲包括四個基本要件：方法、輸入、輸出以及科學法則，它們之間的關係如圖 2 所示。以下根據這四個要件的關聯性，並以科學法則爲已知，說明設計的內涵，表 1。

合成

合成(Synthesis)乃是將不同的要件組合成一個整體，它是一個系統化程序，用以直接求出合乎設計要求和限制的答案，而不須經過疊代求解的步驟。若「輸入」和「輸出」爲已知，則「合成」就是要找出這三者間之關係的「方法」。圖 3 所示爲一個四連桿組，桿 2 爲輸入桿，桿 4 爲輸出桿。若問題是找出四桿的桿長，使桿 2 擺動 $\Delta\theta$ 角度時，桿 4 擺動 $\Delta\phi$ 角度，則是屬合成問題。這在機構設計領域中，乃屬尺寸合成(Dimensional Synthesis)問題；解決這個問題的「方法」有多種，例如相對極法(Relative Pole Method)和倒置法(Inversion Method)即是圖解法中常用的兩種。合成所得到的答案，往往不是唯一的。以圖 3 之機構爲例，若沒有任何限制條件，則理論上有無窮大的四次方個答案。

分析

分析(Analysis)是用來驗證一個已經存在的設計是否符合所求，它的答案是唯一的。若「輸入」和「方法」爲已知，則「分析」乃是根據這三者來找出「輸出」。以圖 3 所示之機構爲例，若問題是當四桿之桿長爲已知且桿 2 擺動 $\Delta\theta$ 角度時桿 4 是否擺動 $\Delta\phi$ 角度，則屬分析問題。解決這個問題可用的方法亦有多種，直接作圖求解即是一種，亦可利用解析法求得閉合解。但是無論用那種方法來分析問題，只要方法正確，所得到的答案只有一種。

反分析

反分析(Inverse Analysis)乃是將分析問題中的已知「輸入」變爲所求，而原來所求的「輸出」變爲已知。反分析所得到的答案，常常不是唯一的。以圖 3 所示之機構爲例，若四連桿之桿長爲已知，欲求桿 4 在 ϕ_1 位置時桿 2 位置 θ_1 之值，則爲反分析問題。這個問題亦可用圖解法來解，因爲組合位置的關係，它有两个答案： θ_1 和 θ_1' 。

設計

設計(Design)則是包括合成和分析，先利用「合成」來找出答案，再利用「分析」來驗證答案。因此，設計所得的答案，大都不是唯一的。

在工程領域中，絕大多數的問題都有相當多的設計變數與限制，而不存在直接合成的理論和方法。因此解決問題之道，大多是參考已存在的設計或者是依據經驗去歸納出一個初步答案，再利用分析方法來判斷這個答案是否可以接受；若不行，則修正答案再進行分析；一直反覆進行，直到找出可接受的答案為止。所以，分析方法配合最佳方法，亦可取代合成方法來進行設計。機構設計乃是極少數具有合成理論的學門之一，但亦僅限於桿數較少的連桿機構。

設計樹

以上所言有關設計的種種，可用以下作者所提之「設計樹」來加以闡釋，圖4。

這是一棵非常大的果樹，它枝幹複雜且葉片茂盛，因此無論是在地上或樹上人們皆難以窺其全貌。這棵樹是活的，在成長也在老化，有新的枝幹、樹葉、果實長出，也有舊的枝幹、樹葉、果實掉落。它的變化應是有某種因果系統關係，但人們並不完全了解。這棵樹果實的多寡、品質的優劣，取決於它先天的品種和後天的環境。

設計之道，就如爬樹採果。人的一生，就是在爬樹找尋果實。爬樹是一種行為過程，但有些人在樹上卻不知道他們為什麼在樹上為什麼要爬樹。有些人知道爬樹的目的在於採果，但卻終其一生採不到果實。有些人採到果實，但是酸的或者不喜歡吃的；他們的行為過程產生了結果，但不一定是所需要的結果。有些人採到了可接受的果實，然而跟隨前人的路徑找到了相同或類似的果實；這種行為過程產生了所需要的結果，但其行為過程不具創造性且所得的結果不具新穎性。最上乘的採果（設計）行為乃是每爬到一個岔路時，皆能做出最正確的決策，並在適當的時間內以及有限的人力和經費之限制下，採到所需要的果實（答案）。

正確的決策可使設計者很快的找到所需要的答案；不正確的決策將使設計者經歷挫折、失敗，但亦因而產生經驗；有些錯誤的決策，將令設計者走入一片沒有答案的黑洞，無論花多少時間、人力以及經費，還是一無所獲。工程設計如此，機械設計、機器設計以及機構設計亦是。

設計中的合成，就如往上爬樹，也許採到不少果實，也許採到一兩個，也許採不到，它的結果不是唯一的。設計中的分析，就如由樹梢往下走，無論是由那一個樹梢為起點，皆可到達樹根，它的結果是唯一的。因此，如何好好的了解果樹的生長哲理，並找出一套有系統的方法，以求在必需的限制條件下，得到所需的果實，即是設計。

結語

設計和每個人都有極密切的關係，它不但發生在日常生活中，亦存在於專業領域中。每個人對設計都有些認知，但當我們嚐試好好去了解它時，卻又發現設計是那麼地艱深難以窺其全貌、那麼地複雜難以推理出頭緒。

在機械工程領域中，設計是一種創造性的決策行為過程，它必須在時間、人力、經費以及其它種種限制條件下，產出人們可以接受的新產品。分析是設計的一部份，基本上它是一種科學，答案是唯一的。合成是設計的主體，它是一種工程，必需做很多判斷，答案不是唯一的。機械設計乃機械工程設計之簡稱，而機器設計當然是機器系統設計。

設計就如爬樹採果，設計者若能找到自己喜歡的果樹，並領悟出爬樹的方法，必能成功的採到豐碩且甜美的果實。

科學所追求的是發現宇宙的真理，工程的目的在於利用這些真理來造就人類更美好的未來，而設計即是達成這個目的的起點和關鍵。機械乃工程之根工業之母，因此如何使大家對設計有正確的認知，以增進機械工程領域中有關設計的教學和研究活動，進而創造出更多新的且更好的機械產品，以改善生活品質，乃是一個值得再深入探討的問題。

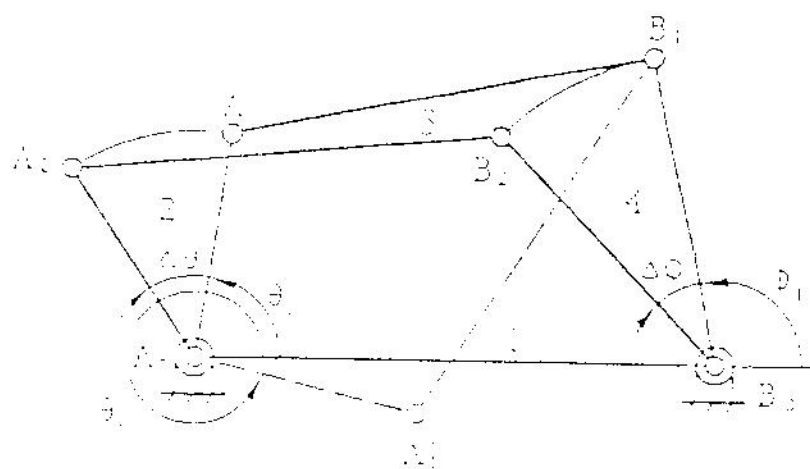
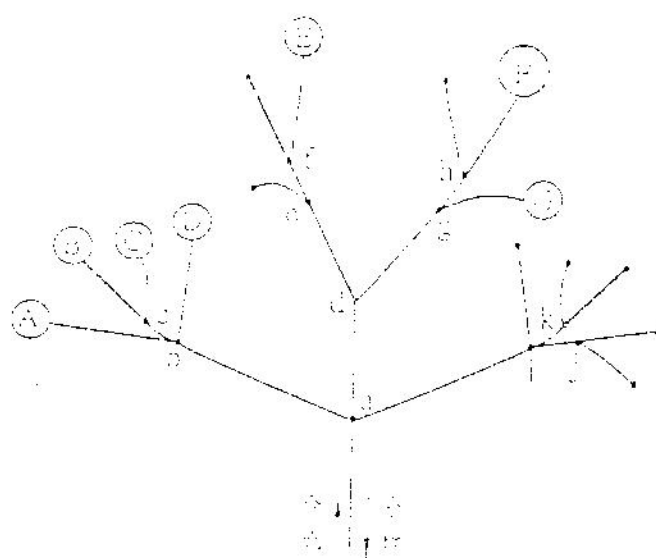


圖 3 三連組組

GAN Design Tree



Technical

11 + 12 + 13

曲柄軸上的配重

邱顯堂

國立成功大學機械系副教授

爲了提高產能及產品的品質，產業機器之運轉速度及精密度均應設法予以提升；然而隨著運轉速度的提高，機構運轉時作用於機架的搖撼力(Shaking force)及搖撼力矩(Shaking moment)亦將隨之而大幅增加(對高速機器而言，其搖撼力及搖撼力矩大約與運轉速度的平方成正比)。此搖撼力及搖撼力矩是引發機器振動的主要力源之一，其不僅會降低機器的精度，也導致了磨損、噪音及疲勞破壞等各種問題，而大大減低機器應發揮的效能。因此在高速機器中應加裝平衡裝置或巧妙的安排機件之質量及質心位置以減小其搖撼力及搖撼力矩，以降低其副作用。平衡的方法雖有數種可供選用，然而一般而言，採用平衡效果較佳的方法雖可較大幅度的降低搖撼力及搖撼力矩，但其副作用(諸如：成本增加、機構的運轉空間增大、部份機件的負荷增加等)也較大。基於以上的考慮，在曲柄軸上加配重是不錯的選擇，因其有相當的平衡效果，副作用又不大，因此廣爲採用。但是配重的質量及其質心位置如何決定呢？於下文中，將針對此問題以常用的曲柄滑塊機構爲例加以說明，以祈對業界有所助益。

在一般機動學的書中[1]，可找到兩種決定曲柄軸上之配重的大小及位置的方法。第一種方法可參照圖一說明之，對圖一所示的曲柄滑塊機構，根據動力等值(Dynamically equivalent)的觀念[2]，若連接桿(3桿)可以分別置於接頭A及B處的集中質量 m_3' 和 m_3'' 取代之，則可在曲柄軸上加上質量爲 M 的配重，以便曲柄軸上各機件(包括該配重)的總質心位於固定軸樞中心O上，則該機構未平衡之搖撼力將爲滑塊的質量(m_4)及 m_3'' 作往復直線運動所生之慣性力。此法相當簡便，但平衡的效果較差，事實上，配重的質量可再加大，而其質心亦不一定需置於曲柄之反向處。

第二種方法可使用試誤法(Cut and try)或最佳方法(Optimization techniques)以決定配重的大小及位置。基本上，在曲柄軸上加配重，其示意圖如圖二所示，其中OA桿爲曲柄， M 爲配重的質量， G 爲其質心位置，OG的距離爲 r ，OG與OA的相位角爲 ϕ ，若曲柄的轉速爲 ω ，則該配重所生的慣性力爲 $-Mr\omega^2$ ，此即

為配重施於機架的作用力。而使用者可選取適當的 M_r 乘積值及相位角 ϕ 以決定配重所生之慣性力的大小及方向，進而平衡掉機構原有的部份搖撼力；而 M_r 值及 ϕ 即為設計該配重的兩個獨立參數。

一般而言，一機構之搖撼力於每一瞬間，其大小、方向及作用點均不同，為了易於描述起見，常用一大小方向與其相同但作用於座標原點的力，外加一相對於原點的力矩之等值系統以取代之。若機構作週期性的運動，則可將每一瞬間該作用於原點之力向量的端點以圓滑曲線予以連接，可得其搖撼力向量端點軌跡圖 (Shaking force hodograph) 如圖三所示。設計者可根據欲得之平衡效果，以試誤法 [3] 或最佳方法決定曲柄軸上配重之 M_r 及 ϕ 值，而加上此配重後，其所得軌跡圖應比原有者小如圖三所示，一般而言應盡力使加配重後之搖撼力的最大值愈小且使其 X 方向及 Y 方向之分量的最大值愈接近愈好。運用此法時，需先針對欲平衡之機構建立一套運動 (Kinematic) 及運動靜力 (Kinetostatic) 分析的電腦軟體，以便求得每一瞬間機構的搖撼力，若能再配以最佳方法，應能決定配重之 M_r 及 ϕ 值；若不熟悉最佳方法，也可使用該分析軟體並配合試誤法以決定該二參數值。然而試誤法於使用時有其不便之處，最佳方法的使用又不普遍，本文於下節將介紹一解析法以決定配重的 M_r 及 ϕ 值，而其平衡效果與第二種方法者相近。

機構所生的搖撼力若用傅力葉轉換 (Fourier transform) 予以展開，則其可表為許多頻率項的和，而在曲柄軸上加配重僅會改變其第一頻率項的結果，與其他頻率項無關，同時若能求得其第一頻率項的分量，也能推導而得前述配重的設計參數值。在建立分析軟體後，若已求得機構之搖撼力 F ，則用傅力葉級數可將其 X 及 Y 分量 F_x , F_y 分別表為

$$F_x = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[a_n \cos \frac{2n\pi\theta}{T} + b_n \sin \frac{2n\pi\theta}{T} \right] \quad (1)$$

$$F_y = \frac{c_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[c_n \cos \frac{2n\pi\theta}{T} + d_n \sin \frac{2n\pi\theta}{T} \right] \quad (2)$$

其中各傅力葉係數 a_n , b_n , c_n 及 d_n 均可用 Euler 公式求得，例如 a_n 及 b_n 分別可由

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} F_{\Sigma}(\theta) \cos \frac{2n\pi\theta}{T} d\theta \quad (3)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} F_{\Sigma}(\theta) \sin \frac{2n\pi\theta}{T} d\theta \quad (4)$$

求得，其中 T 為週期（一般為 2π ）， θ 為曲柄角位移。

若 n 取 1，可求得 a_1 、 b_1 、 c_1 及 d_1 ，則配重的參數為 [4]。

$$Mr = \frac{1}{2} \sqrt{(a_1 - d_1)^2 + (c_1 - b_1)^2} / \omega^2 \quad (5)$$

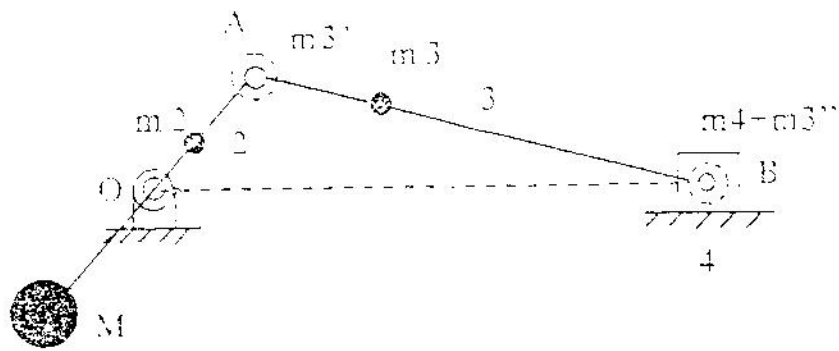
$$\phi = \pi + \tan^{-1} \left(\frac{c_1 - b_1}{a_1 - d_1} \right) \quad (6)$$

如此決定的參數值與前述第二種方法所得者可能有所差異，但其差異應不大。

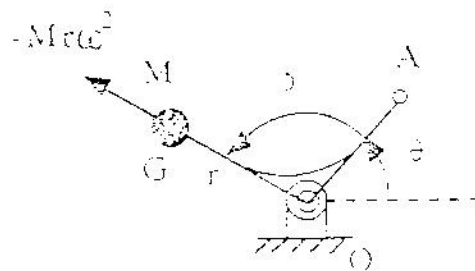
本文所介紹的三種決定曲柄軸上配重之設計參數值的方法各有其優缺點，設計者可憑喜好採用之。若於分析時，取曲柄軸心為座標系的 Z 軸，則在曲柄軸上加配重對原求得之搖擺力矩無影響，故本文未討論之。雖然本文以曲柄滑塊機構為例說明之，但上述三種方法可應用於其他機構，尤其第二及第三種方法更可廣泛地應用於單自由度的平面機構上。

參考文獻

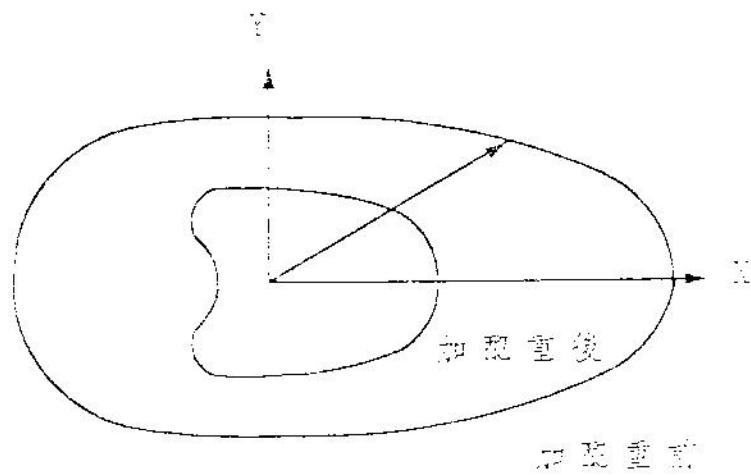
1. Martin, G. H., Kinematics and Dynamics of Machines, 2nd Ed., McGraw-Hill, 1982.
2. Martin, G. H., Kinematics and Dynamics of Machines, 2nd Ed., McGraw-Hill, 1982, pp. 378-379.
3. Martin, G. H., Kinematics and Dynamics of Machines, 2nd Ed., McGraw-Hill, 1982, pp. 413-415.
4. 蔡瑞中，空間機構之一般化蘭卻斯特平衡器，成大機研所碩士論文，1991, pp. 68-75.



圖一 與曲柄反向之配重



圖二 加於曲柄軸上的配重



圖三 搖撼力向量端點軌跡圖

簡介理論運動學上的一個新的研究方向— 有限螺旋的線性特徵

黃金泗

成功大學機械系副教授

理論運動學的研究一般不著重於特定的應用範圍，而僅探討物體在空間中的位置及其變化。一般而言，理論運動學中的基礎理論可於應用運動學中發揚光大，而廣泛地應用於機構的分析與合成，以及研究機器各部的運動。然而由於重要的運動學理論至十九世紀末多已發展完成，近代有關運動學的研究多偏重於應用運動學。本文旨在簡介一個筆者認為是一個理論運動學上的新的研究方向，是有關理論運動學中螺旋理論 (Screw theory) 的一個新的研究成果。

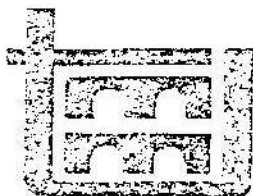
螺旋理論由 Ball 於 1900 年提出完整而深入的研究成果，主要應用於靜力學、動力學、以及運動學上。在二程力學一個週知的例子便是將作用於一物體上的外力表示成一等效的 wrench。在運動學上的應用又可概分為極小螺旋 (infinitesimal screw) 及有限螺旋 (finite screw)。淺而言之，在討論一個物體的瞬時運動時，吾人可視該物體為作一種螺旋運動，亦即該物體對一個螺旋軸 (screw axis) 作旋轉及平移的運動。在另一方面，一個物體在空間中由甲位置移至乙位置亦可經由對一個螺旋軸作適量的轉動及沿該軸作適量的平移而達成。將螺旋理論應用於運動學上大大地簡化了物體運動的數學模式，並有助於釐清複雜的物理觀念。自 1900 年 Ball 提出較完整的螺旋理論以來，較著名的研究學者有澳洲的 Hunt 和 Phillips，以及美國的 Roth 和 Duffy，當然還有他們的博士班學生。值得一提的是，自 1900 年以來大部分有關螺旋理論的研究大部分都著重於極小螺旋的研究，僅有 Roth 和他的學生在六〇、七〇年代有關於有限螺旋理論的研究。究其原因，乃是極小螺旋具有線性特徵 (linear property)，而有限螺旋則沒有。所謂的線性特徵是指吾人可將數個表示為六維向量 (6-vector) 的極小螺旋加以線性組合而得到一個具有物理意義的結果螺旋 (resultant screw)，然而兩個或多個有限螺旋的結果螺旋並無法由線性組合而得到。一般兩個有限螺旋的結果螺旋可見螺旋三角形 (screw triangle) 而得到，然而此一非線性的幾何關係與一般在極小螺旋的線性特徵反使用上均大異其趣。是故有限螺旋理論並未被廣為運用。

數個螺旋的線性組合構成一螺旋系統(screw system)。螺旋系統數十年來已被深入而廣泛地作過研究，然而其應用範圍僅止於極小螺旋。一直到1992年初澳洲的Parkin提出一個新的有限螺旋的定義，將螺旋系統理論應用於有限螺旋。有限螺旋系統的研究才有了一個新的契機。Parkin所提出的，主要是將有限螺旋的螺矩(pitch)重新定義。傳統上有限螺旋的螺矩定義為沿螺旋軸的線位移除以角位移，與一般機械元件的螺絲的螺矩定義相似。而Parkin的新定義為“線位移的一半除以角位移一半的正切函數”。Parkin認為採用新的定義，可以發現前所未有的有限螺旋的線性特徵，他並以幾何方法找到了一個有關圓柱形物體位移的有限螺旋系統(finite screw system)。

其後筆者以解析法(analytic approach)映證了Parkin提出的結果並推導出有限螺旋系統的解析式(analytic expression)。至目前為止，筆者在這方面的研究可概分為兩部分：其一，為對各種不完整位移(incompletely specified displacement)有關的有限螺旋系統作一系統化的研究。例如，吾人均知道一個物體的位移取決於六個獨立參數，而在空間中可找到一個唯一的有限螺旋來達成此一位移，但如果這個物體是一個球形的對稱物體，吾人可找到triple infinity (3 ∞)的有限螺旋來達成其位移。而這個新的研究結果就是把這些所有的有限螺旋以線性組合的方式表示出來。在另一方面，筆者亦發現以上的成果可以用來簡化剛體連續位移(successive displacements)的問題，舉例來說，一個物體對兩個軸作純轉動(pure rotation)之後的結果位移可構成一個有限螺旋系統。從另一個角度來看，若有一物體連接於一含有兩個旋轉接頭(revolute joints)的open chain上，吾人任意變化兩個旋轉接頭的轉動角度而可使該物體有各種不同的位移。雖然可能的位移有無限多個，但它們卻構成一個有限螺旋系統，而可以用線性組合的方式表示出來。

以上所提到的有限螺旋系統的理论，除了在理論運動學上是一個學理的突破外，皆可被運用於應用運動學，筆者可預見而從事的应用研究包括：機器人及空間機構的分析、機器人end-effector的路徑規劃(path planning)，以及空間連桿機構的合成。以上筆者對此一研究方向作了一個簡介，期能拋磚引玉，而能有更多相關的研究。對於有限螺旋系統有興趣的讀者，請參考以下的論文。

1. Parkin, L. A., 1992, "A Third Conformation with the Screw Systems: Finite Twist Displacements of a Directed Line and Point," *Mechanism and Machine Theory*, Vol. 21, No. 2, pp. 177-188.
2. Huang, C. and Roth, B., 1993 "Analytic Expressions for the Finite Screw Systems," accepted for publication in *Mechanism and Machine Theory*.
3. Huang, C., 1993, "On the Finite Screw System of the Third Order Associated with a Revolute-Revolute Chain," submitted to the ASME Design Automation Conference, to be held in September, 1993.
4. Huang, C., 1993, "Linear Representation of the Screw Triangle," to be submitted to *Mechanism and Machine Theory*.



Alma-Ata, 93

"Кинематик р-матты механизмдер және жоғары класс механизмдері. (Низария және колдану)" Халықаралық конференциясы

Международная конференция "Пространственные рычажные механизмы и механизмы высоких классов. (Теория и практика)"

International Conference "Spatial Mechanisms and High Class Mechanisms. (Theory and Practice)"

Dear Sir,

We invite you to take part in International Conference "Spatial Mechanisms and High Class Mechanisms.(Theory and Practice)".

The Organizing Committee have sent the first announcement about this Conference in May 1992. It may be you have not received it through a post-office's fault. We send you the second announcement and look for your demand for participation and a report typescript for publication in the Proceeding of the Conference. Typescript should be prepared according to the requirements presented in the enclosure.

The Program and the invitation card will be sent to you before August 31, 1993.

Sincerely yours

Prof. Zhumaöil Zh. Baigunchekov.

◆ Tentative Program

TUESDAY MORNING, JUNE 1, 1993

- 10:00-10:20
Opening Session
10:20-11:00
"Micro-mechanics: Future Representations and Design Methodologies"
A.A. Sengul, University of Florida
11:00-11:20 Break

Session 1 Mobile Micromachines (I)

- 11:20-11:40
"Development of Wireless Micro Substrates"
D. Hara, ELC Corporation
11:40-12:00
"Self-ventilated Micro-mechanical Fan"
O. Miyazawa, Sony Corp.
12:00-12:30
"Micro-Mechanical Pumping Circulator Type"
H. Ogawara and S. Kojima, Okayama Prefectural Laboratory Ltd.
12:30-14:00 Lunch
14:00-14:30
"Special Feature of Micromachines"
T. Hayashi, Tokyo Institute of Technology

Session 2 Mobile Micromachines (II)

- 14:30-15:00
"Piezoelectric Transducer for Micro-Mechanical Actuators"
H. Inagaki and A. Saito, Toyota Central Res. & Development Lab., Inc.
15:00-15:30
"Development of Rotating Piezoelectric Using Ultrasonic Micromotors"
M. Kawaga, M. Suzuki, J. Liao, and J.A. Jirassakuldech, NIST
15:30-15:50 Break
15:50-16:10
"Study for Micro-Machined Machines with Piezoelectric Fan-actuator"
H. Fujimura, H. Uemura, M. Uchida, J. Matsuda, M. Aoyagi, S. Matsuoka, and T. Matsuo, Motec Corp.
16:10-16:30
"Micro-Machined Mobile Machine Driven by Piezoelectric Transducer"
M. Mizumoto, K. Kobayashi, and T. Obara, NIT
16:30-16:50
"A Micro-Cyclic Manipulator of Vehicle with Act-driven Linkages"
H. Nakada, R. Sawada, and A. Watabe, NIT

16:30-17:10

- "Applications of Flexible Microactuators to Micromotors"
K. Sugimoto, F. Kuroki, and H. Tanaka
* Toshiba Corp. ** Kawasaki Nat. Univ.

WEDNESDAY MORNING, JUNE 2, 1993

- 10:00-10:40
"Similarity Methods in Micromechanics"
T. Patai, Institute of Thermodynamics

Session 3 Sensors and Actuators

- 10:40-11:00
"Development of Piezo-Actuated Sensor System Micromechanics"
M. Hara, H. Furukawa, and T. Obara, Tokyo Institute of Technology
11:00-11:20 Break
11:20-11:40
"Linear Micro-machined Ultrasonic Imaging Wave"
T. Takagi, Sony Corp.
11:40-12:00
"High Absorptive Rectifying Polymer Gels Actuator"
T. Hayashi, K. Koshida, Y. Tanaka, and Y. Ueda
** Tokyo Institute of Technology ** Fujitsu Laboratories, Ltd.
** Roppongi Pressing Co., Ltd.
12:00-12:30
"Micro Mass Axis Vibration Detection Using a Piezoelectric Sensor"
Y. Aoyagi, J. N. Reddy, and T. Hayashi
12:30-14:00 Lunch
14:00-14:30
"Historical Observation on Micromachines"
K. Suzuki, National Science Museum

Session 4 Micro-Motion Mechanisms

- 14:30-15:00
"Mechanics of Micro Robots"
R. Barnevelts, Kansas University of Lawrence
15:00-15:30
"Micro Motion Mechanism Using Acoustical Energy by Rapid Oscillations of Piezoelectric Elements"
Y. Yamaguchi and T. Higuchi, Kanagawa University of Science and Technology, Lab.
15:30-15:50 Break
15:50-16:10
"Towards Reliable Micromechanical Motion Mechanisms"
B.V.A. Rao, and S.S.C. Rao
** Indian Institute of Technology **
16:10-16:30
"A Special Planetary Train of Frictional Gear for Alternative Mechanisms"
Z. Trnpljan and A. Dubrovacki, University of Zagreb

16:30-16:50

- "Ultra Miniature Piezomagnetic Motor"
M. Okamura and T. Ishii, Toshiba Corp.

THURSDAY MORNING, JUNE 3, 1993

- 10:00-10:40
"The JIGS technique and its Potential for Industrial Application"
W. Menz, Konforschungszentrum Karlsruhe GmbH

Session 5 Machining and Assembling

- 10:40-11:00
"Micro-machining with Spark Plasma"
M. Saboru, Hitachi University of Technology
11:00-11:20 Break
11:20-11:40
"Laser-assisted Etching of Ceramics and Single Crystal Substrates for Miniaturized Structures"
E. Koyama, NIT
11:40-12:00
"Micro Wire Electrical Discharge Machining (Wire Electrical Discharge Machining) Applied to Japan Fischer Wire Electric Co."
H. Kurosawa, K. Ueda, S. Morita, H. Kurosawa, and K. Hayashi, Toshiba Corp.
12:00-12:30
"Study on Micro Gear Cutting by Wire Electrical Discharge Machining"
S. Hori and Y. Maruta, Toshiba Corp.
12:30-14:00 Lunch
14:00-14:30
"Micro-machining and its Application"
T. Iguchi, Toyota Central Res. & Development Lab., Inc.
14:30-15:00 Break

Session 6 Surface Technology

- 15:00-15:20
"An Experimental Technique for Measuring Surface Friction in Micro-Half Bearings"
R. Gossens, A.A. Sengul, and D.D. Donohue, University of Wisconsin Madison
15:20-15:40
"Micro-conveying System: Conveying Surface"
Y. Sugimoto and B.Z. Sander, Benguet University of the Philippines
15:40-16:10
"Anisotropic Etching Simulation System as a Design Tool for Fabricating D-Micro Structures in Single Crystal Silicon"
K. Nara, A. Kondo, and S. Tanaka, Hitachi Ltd.
16:00-16:20
Closing Session

9TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN

Preliminary Programme and Registration Forms

17-19 August 1993
The Netherlands Congress Centre
The Hague, The Netherlands

Product Development in the Nineties:
Planning, Design, Engineering, Marketing

Organized by:

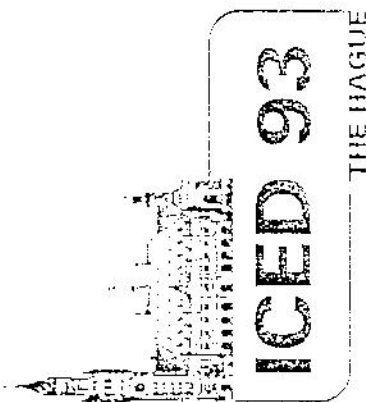
KIVI
Royal Institution of Engineers in the
Netherlands, Departments for
Mechanical Engineering Design and Industrial
Design Engineering

WDK
Workshop Design Constructive International
Society for the Science of Engineering Design

In association with:

NIRIA
Netherlands Association of Engineers

CIAD
Association for Computer Applications
in Engineering



ICED 93

GENERAL INFORMATION

LOCATION

ICED 93 will be held at the Netherlands Congress Centre, Churchplein 10, The Hague. The Congress Centre can easily be reached by car and public transport. For details, see page 28.

EMERGENCY

During this conference participants can be reached as follows:

by which	Mr/Ms.
by telephone (local)	ICED 93, Congress Centre, The Hague, The Netherlands (100) 3 51 28 51
by telex	(international) 1 31 20 3 51 28 51
by fax	(international) (079) 3 52 04 37
	(international) 1 31 70 3 52 04 37

REGISTRATION

The organization of ICED 93 is based on advance registration. Every effort will be made, however, to ensure participation during the conference.

If you plan to attend the conference please complete the registration forms via

Form A - Registration
Form B - Hotel Reservation
and return to the Congress Office
ICED 93 c/o KIVI
P.O. Box 30424
2500 GK THE HAGUE
THE NETHERLANDS

at your earliest convenience but not later than 15 April 1993.

Please use separate forms for each participant. If the number of registration forms is insufficient or cannot be obtained in time, photocopies may be used.

FEE

Advance registration and payment (before 15 April 1993)	Dfl. 1.175,- *
Late registration and payment (after 15 April 1993)	Dfl. 1.375,- *
Accompanying persons	Dfl. 140,- **

* This fee includes the entrance fee, luncheon and refreshments during the conference, the receipt on on board by 17 August and the conference document booklet by 18 August.

** This fee includes the registration on Tuesday 17 August and the conference dinner on Wednesday 18 August.