

機構與機器

中華民國機構與機器原理學會會刊第八期

中華民國八十年五月一日

Newsletter of the Chinese Society of Mechanism and Machine Theory

行政院新聞局出版登記證局版台誌字第8318號

發行人：周廣周
出版人：中華民國機構與機器原理學會出版委員會
理事長：蔣君宏
總編輯：蔣君宏
編輯：陳明豐 顏鴻森 吳隆庸 劉興華
發行所：107台北市國立台灣大學機械系739室
台北市郵政信箱23-10號
電話：(02)3628320
郵政劃撥帳號：14128710
戶名：中華民國機構與機器原理學會
訂閱：全年新台幣180元
零售：新台幣15元
承印者：吉鴻彩色印刷股份有限公司

第一屆第二次會員大會會議紀錄

時間：中華民國八十年四月二十七日下午二時三十分

地點：台灣大學工學院綜合大樓534室

出席人數：28人

主席：蔣君宏

紀錄：蘇清洛

一．會議開始

二．主席報告

1. 秘書長劉霆先生辭職，自民國八十年三月一日起改聘蘇清洛先生繼任。
2. 一般學會所稱「秘書長」一職，本學會以後概稱為「執行秘書」，以利於網羅擔任此職之人選。
3. 本學會已裝設專用電話(02)362-8320，請大家多加利用聯繫。
4. 以後如用一般會務向本學會寫信，請在信

刻正由國立成功大學顏鴻森教授接洽連絡中。

- (b). 積極推動有關機械設計與機構有關之文獻或參考資料的「資料蒐集交換計劃」，以利國內相關專家學者及本會會員之資料蒐集與使用。
- (c). 今年8月26日至31日在捷克首都Prague舉行之世界機器與機構原理大會，我國將有劉霆，曾清秀，王志宏，左培倫，顏鴻森，蔡明俊，蔡穎堅共七位教授提出論文參加。預祝他們成功。

(2) 出版委員會

本年度主要工作仍為出刊每月一期之會刊。由於稿源不豐，致使本年度會刊之出刊恐將嚴重落後。亟盼會員或非會員多多惠賜佳作，充實會刊。希望能趕上進度。

招請會員

機構與機器設計在機械工程中屬於相當重要的一環，同時也是各種不同類型的工業所不可或缺的一項技術。因為任何構想或理念，若不經過實際的設計，是無法成為具體的產品的。因此機械工業先進的國家對機構與機器原理的研究、發展與應用，都是十分重視的。

國內學術界與工業界對此課題，因著我國工業的落後發展，與先進的國家，為交換

國工業的蓬勃發展、學術水準的提昇，為交換彼此研究心得，並推廣機構與機器原理在國內工業之發展與應用，已經成立了中華民國機構與機器原理學會。

我們歡迎對下列課題有興趣的人士加入我們的行列。

機構運動學	工程製圖
轉子動力學	技術移轉
生物機構學	實驗方法
機器動力學	設計方法
齒輪與傳動	教學方法
機器防護與可靠度	電腦輔助設計
氣、液、電機械系統	

我們的通訊地址——台北市10098
台北郵箱23-10號
電話——(02)363-0231轉2499

徵稿

本刊園地公開。除國內外消息外，其中「設計雜談」欄，提供讀者一些有關機構設計或機器設計的實用方法或範例，希望能藉此提高讀者閱讀的興趣也歡迎踴躍投稿。如有稿件請送或寄達本刊各位編輯委員，亦可直接寄來本會信箱。稿件一經採用，敬致薄酬。在此敬祝各位身心愉快，事業順利！

徵刊廣告

本會刊歡迎各界刊登廣告，收費低廉。凡求才求職，商品服務等類廣告，皆所歡迎。請直接與本刊聯絡。

封上寫107台灣大學機械系739室或「107台北市郵政信箱23-10號 機構與機器學會」即可，儘量勿寫收信人姓名，以便工作人員可即時拆閱辦理。

三. 七十九年度工作報告

1. 學術委員會工作報告

本委員會在79年度共舉辦兩次學術研討會：

- (1) 79年11月11日及12日兩天，在台南市成功大學光復校區國際會議廳舉辦「1990年中美近代機械設計研討會」共有美國學者專家10人及國內教授15人發表論文，與會人士超過100人，可謂相當成功且成效良好。
- (2) 80年3月12日至26日止，分別在新竹市國立交通大學光復校區工程二館117演講廳、台南市國立成功大學成功校區機械館4104室及高雄市國立中山大學圖資大樓十一樓共舉辦三場「1991年工程設計研討會」，邀請美國Stanford大學Bernard Roth教授及國立成功大學顏鴻森教授擔任主講，參與者十分踴躍，成效良好。

2. 出版委員會工作報告

經長時期籌劃，在79年10月1日開始出刊本會會刊創刊號。至80年4月30日止，共出刊7期。

四. 七十九年度結算報告

自民國79年1月24日至79年12月31日，共收入310,870元，支出129,681元，結存181,189元。（細目在大會上已逐項報告，此處從略）

五. 討論提案

1. 80年度工作計劃

(1) 學術委員會

- (a). 80年12月將邀請美國Maryland大學蔡隆文教授回國，舉辦機構設計方面之研討會，

決議：通過

2. 財務預算報告

八十年度財務，預計收入327,989元，支出177,440元，結餘150,549元。（細目已在大會上逐項報告，此處從略）

決議：通過

3. 建議本會名稱改為「中華民國機構與機器設計學會」案

決議：本學會成立為時尚短，現在似不宜改名，至於為欲加強與工業界之聯繫，可另斟酌研擬可行辦法。

4. 有無必要在本會內另成立「機構與機器原理委員會」案

說明：我方申請加入IFTToMM為會員時，係用Committee for the Theory of Machines and Mechanisms in Taipei, China名義。該委員會似仍應維持，請討論。

決議：仍維持原狀，暫不作任何更改。

六. 臨時動議

請在「普通會員」，「學生會員」之外，增設「初級會員」。其辦法為修定本學會組織章程第七條，增列下述條文：凡非為在學學生，亦未能符合下列三種條件之一者：

- (1) 大學以上學校畢業
- (2) 曾任助理工程師以上職務
- (3) 在機構與機器原理方面具有成就

經本會普通會員一人之介紹及本會理事會通過，按普通會員繳納會費，得為本會初級會員。

決議：一切仍按本會組織章程第七條辦理，暫不增設「初級會員」，惟籲請介紹友人入會，及理事會審核時，對申請人之條件多加詳察。

七. 散會

Coriolis加速度的教學法

劉興華

在機構學或動力學的教學中，會發現大部份學生對於Coriolis加速度是如何產生的以及在何種情形下要考慮到它常迷惑不解。因此，筆者將A.S. Hall在1947年所寫的"Teaching Coriolis' Law"一文 (Journal of Engineering Education 38, 1948, 757-65) 整理改寫，以供大家參考。

在機構中兩點P與Q的加速度間的關係，可寫成如下方程式

$$a_P = a_Q + a_{PQ} \quad (1)$$

式中 a_{PQ} 是"P對於Q的相對加速度"。(1)式可以適用於任何情形，不論P與Q是在同一連桿上或在不同的連桿上。然而，在導引 a_{PQ} 之表示式時，卻須對此二種情形分別予以考慮。

第一情形：P與Q為同一剛體連桿上的兩個點。

此時我們可以把 a_{PQ} 分為兩個互相垂直的分量，即

$$a_{PQ} = a_{PQ}^n + a_{PQ}^t \quad (2)$$

其中

$$a_{PQ}^n = PQ\omega^2 = v_{PQ}^2/PQ \quad (3)$$

$$a_{PQ}^t = \dot{v}_{PQ} = PQ\dot{\omega} \quad (4)$$

第二情形：P與Q是不同連桿上的兩個點。此時不可以直接應用(3),(4)兩式。尤其當P與Q重合時， $PQ=0$ ，將會由(3)式導得 a_{PQ}^n 為 ∞ ，而由(4)式導得 a_{PQ}^t 為0，顯然錯誤。

為此，我們先考慮圖1中連桿b上的P與C兩點。設 ω_b 與 α_b 各為連桿b的絕對角速度與角加速度。因為P與C是同一連桿b上的兩點，所以比照(2)式可以寫成

$$a_{PC} = a_{PC}^n + a_{PC}^t \quad (5)$$

此即是圖1右方的加速度三角形。

再考慮圖2中，b與a兩物體以銷連結於C。a與b的絕對角速度各為 ω_a ， ω_b ，絕對角加速度各為 α_a ， α_b 。我們可以寫成

$$a_{PQ} = a_{CQ} + a_{PC} \quad (6)$$

此時，(5)式仍適用。再者，因為C、Q同在a上，故亦可依(2)式將 a_{CQ} 寫成 a_{CQ}^n 與 a_{CQ}^t 之向量和。此即是圖2右方的加速度多邊形。圖2中CP與QC可以不必相等。但為便於導出以後關係式之故，設 $CP=QC$ 。

圖3所示是圖2之特殊情形，即P與Q瞬時重合。我們可以將 a_{PQ} 分解為兩個向量 a_{PQ}^t 與 a_{PQ}^n 。而

a_{PQ}^t 垂直於CP，是 v_{PQ} 對於時間的變化率。若 v_{PQ} 變大則 a_{PQ}^t 與 v_{PQ} 同指向，若 v_{PQ} 變小則 a_{PQ}^t 為反向。 a_{PQ}^n 平行於CP，由P指向C或由C指向P視 ω_b 大於或小于 ω_a 而定。現在將(9)式中括弧部份改寫如下：

$$\begin{aligned} (\omega_b^2 - \omega_a^2) &= (\omega_b - \omega_a)^2 + 2\omega_a\omega_b - 2\omega_a^2 \\ &= (\omega_b - \omega_a)^2 + 2(\omega_b - \omega_a)\omega_a \end{aligned}$$

因

$$CP(\omega_b - \omega_a) = v_{PQ}$$

故(9)式成為

$$a_{PQ}^n = v_{PQ}^2/CP + 2v_{PQ}\omega_a \quad (10)$$

v_{PQ}^2/CP 永遠由P指向C。 $2v_{PQ}\omega_a$ 即是Coriolis加速度，它的指向由 v_{PQ} 及 ω_a 兩者來決定。設想把 v_{PQ} 依 ω_a 的方向旋轉時， v_{PQ} 箭頭所移動的方向就是Coriolis加速度的指向。

將(10)式代入(7)式，得

$$a_{PQ} = a_{PQ}^t + v_{PQ}^2/CP + 2v_{PQ}\omega_a \quad (11)$$

再將(11)式代入(1)式，得

$$a_P = a_Q + a_{PQ}^t + v_{PQ}^2/CP + 2v_{PQ}\omega_a \quad (12)$$

對初學者而言，常不知如何分辨P與Q兩點，亦不知如何應用(12)式。為此我們比照圖4，將(12)式改寫成如下形式：

$$a_P = a_m + a_r + 2u\omega_a \quad (13)$$

ω 為此剛體的角速度， α 為其角加速度， a_{PQ}^n 是 P 對於 Q 的法線加速度，由 P 指向 Q。 a_{PQ}^t 是 P 對於 Q 的切線加速度，其指向是當我們把 a_{PQ}^t 置於 P 點時，能對 Q 點產生 α 的轉向者為正確。上述關係式可用於分析銷接合的連桿組，大部份學生都可毫無困難的證明之並加以應用。

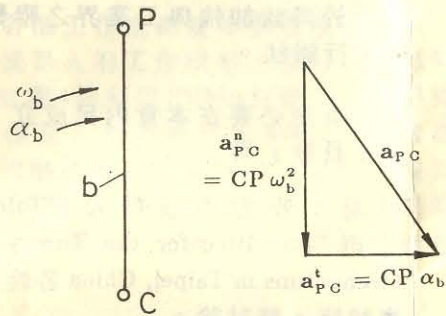


圖 1

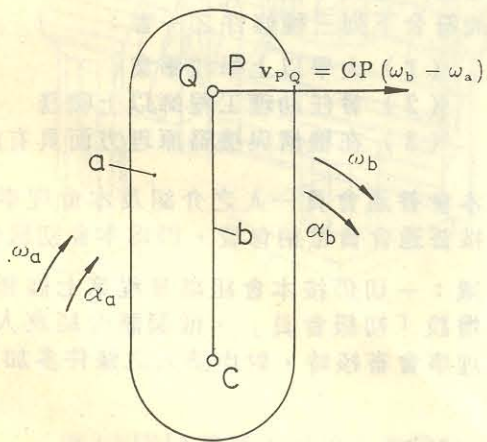
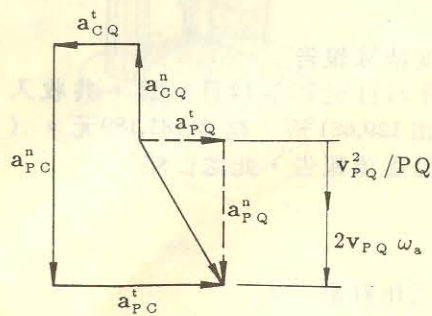


圖 3



$$a_{PQ} = a_{PQ}^t + a_{PQ}^n \quad (7)$$

$$a_{PQ}^t = CP(\alpha_b - \alpha_a) \quad (8)$$

$$a_{PQ}^n = CP(\omega_b^2 - \omega_a^2) \quad (9)$$

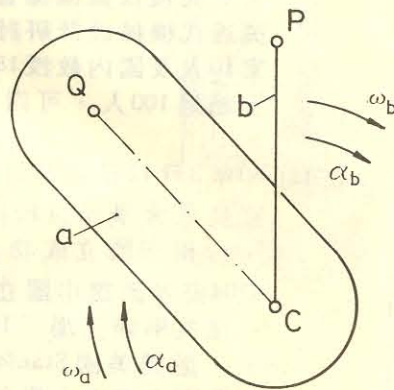


圖 2

式中 $a_m = a_Q$

a_m 即是當圖 4 中 b 對於 a 無相對運動，而隨 a 一起運動時 P 點的加速度；

$$a_r = a_{PQ}^t + v_{PQ}^2 / CP$$

$$= a_r^t + a_r^n$$

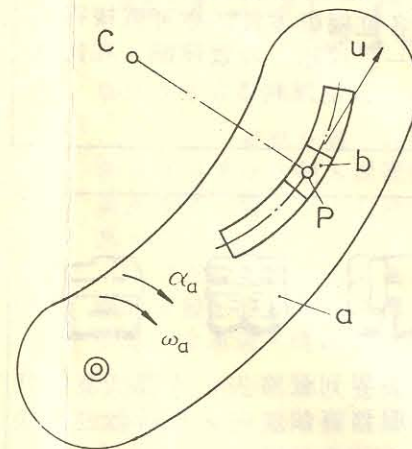
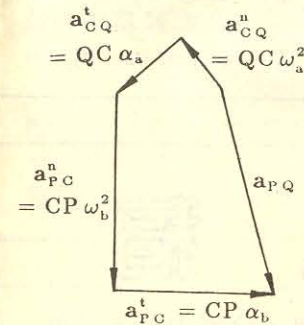


圖 4

a_r 即是當設想 a 不動， b 在 a 內作相對運動時， P 點的加速度。它又分為兩部份，即切線加速度 a_r^t 與法線加速度 a_r^n ，現將 v_{PQ} 寫成 u ，即是當作 a 為不動時， P 點在 a 內因 b 之運動所產生之速度，亦即

$$a_r^t = a_{PQ}^t$$

$$a_r^n = v_{PQ}^2 / CP = u^2 / CP$$

(13) 式較易記憶，即除了 a_m 與 a_r 之外，還得加上 Coriolis 加速度 $2u\omega_a$ 才能得到 P 點的全部加速度。

圖 5, 6, 7 是三個不同的例題，可供學生練習畫加速度多邊形之用。

在教科書中有許多不同的 Coriolis 加速度推導方法。它們大致可歸類如下：

- (1) 加速度的推導是由考慮速度發生變化而決定者。例如考慮在一小段時間 Δt 內相對速度向量之變化 Δv_{PQ} 。當 Δt 趨近於零時， $\Delta v_{PQ} / \Delta t$ 趨近於一極限值，即相對加速度 a_{PQ} 。此種推導方法即使由教師非常仔細講授，學生在推導時仍常會遺漏一兩項速度變化的分量而導致錯誤結果。
- (2) 加速度的推導是將動點位置用直角坐標表示之，再將此 X ， Y 的位置函數對時間微分二次得之。其優點是此法較嚴謹而不需太多想像，缺點則是手續較冗長，並且要將加速度的 X ， Y 分量轉換成法線與切線加速度，而且學生對 Coriolis 加速度的來源仍舊無從了解。
- (3) 加速度的推導是將點位置函數用向量 $Re^{i\theta}$ 表示法，再將它對時間微分二次得之。這是推導速度與加速度的一種頗為簡潔的方法。不過學生對 Coriolis 加速度的來源仍不

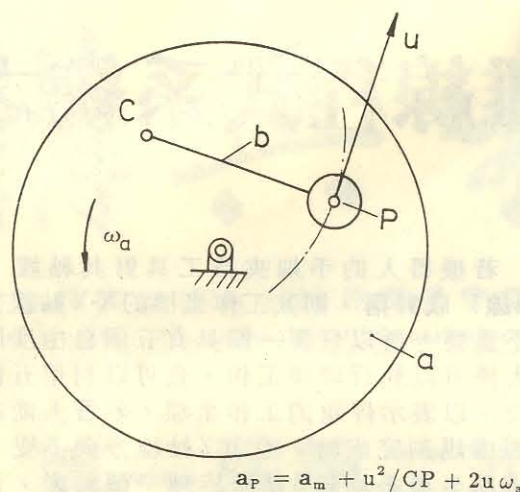


圖 5

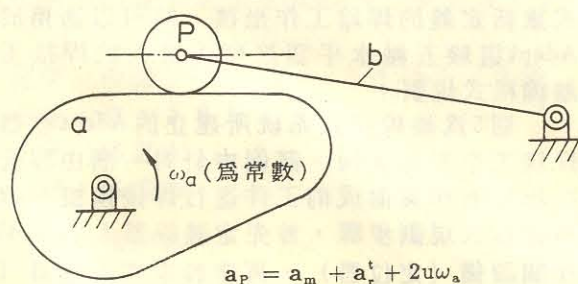
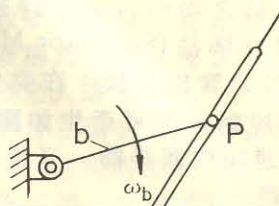


圖 6



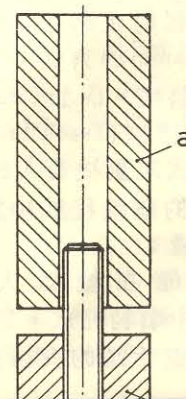
設計小問題 6

編輯室

圖示一個不銹鋼醫療器具。 a 是一個螺帽，可以在一個固定螺桿上旋轉。 b 是一空心件，用來帶動 a 旋轉。問應該如何將 a, b 聯結？應以易於裝拆，易於製造為主要考慮，且為容易清潔消毒計，傳統的螺紋，螺釘，鍵，銷子等元件皆不宜使用。又由 b 傳達至 a 之力，只有扭矩與推力，並無拉力。

有興趣提供答案的讀者請在 80 年 6 月 10 日以前將答案寄來本學會。本刊將於第 10 期刊出正確答案。

歡迎工業界，教育界及其它各界讀者提供各類機構設計或機器設計的小問題，最好是實際遇到的小問題。



易了解。

- (4) 這就是本文所介紹的方法，此法不但簡單明瞭，而且可以使學生分辨第一情形與第二情形之不同，並且知道 Coriolis 加速度可以由一個剛體連桿兩點間的相對加速度推導而得。此法雖非新穎，但一般教科書中頗少提到，故十分值得推介。

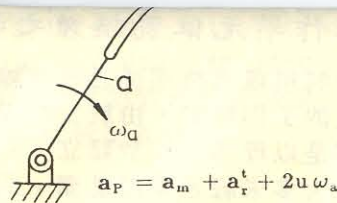
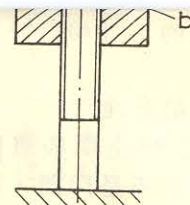


圖7



我終於有機會與Roth教授在一起 (上)

顏鴻森

楔子

美國 Stanford 大學機械系 Roth 教授夫婦於 3 月 8 日下午抵達台灣而於 4 月 1 日下午離開。

緣起

我於 1975 年決定出國唸書，當時僅申請了幾家有設計組並開授機構運動學 (Kinematics) 課程之美國大學機械工程研究所，Stanford 大學為少數幾個學校之一。

當我獲得 Stanford 大學入學許可時，上面寫著 Roth 教授是我的暫時指導教授，這是我第一次認識他。由於經濟上的因素，並未前往 Stanford 大學唸書。

1976 年秋在 Kentucky 大學攻讀碩士學位時，漸漸瞭解到 Roth 教授在機構運動學方面是一位相當出色的教授。1978 年於 Purdue 大學攻讀博士學位時，有機會與剛從 Stanford 大學機械工程學系轉到 Purdue 大學工業工程學系的劉中鴻教授（即現任工研院機械所所長）聊天時，他跟我提到如下有關 Roth 教授升等的故事：當時學校要 Roth 教授提供有關他專長方面全世界最好的五個人名單，然後校方分別寫信給這五個人，請每一個人提供一份他們認為在這個專長方面全世界最好的五個人名單。當這五封信回到 Stanford 大學後，所有的名單上都有 Roth 教授的名字。他也就因此而獲得升等。從此以後，我對 Roth 教授更是敬佩，並希望能有機會向他請教。隨後在 A.S. Hall 教授所開授的高等機構

運動學課程中，引用了幾篇 Roth 教授的著作，令我而更瞭解他在機構運動學的造詣。爾後，每次一有機會參加會議時，皆把握機會聽他的專題演講及論文發表。

1983 年 12 月國際機構與機器原理聯盟 (International Federation for the Theory of Machines and Mechanisms, IFToMM) 第五屆世界大會在印度舉行時，我國及大陸皆申請為會員國，發生了政治問題。後來經由 Roth 教授出面與雙方面及大會協調，我國才順利入會。1987 年 9 月筆者出席在西班牙所舉行的第六屆大會時，會場外面懸掛出與會會員國的國旗，但獨缺我國的國旗。大會的解釋是找不到。經筆者向 Roth 教授說明這種情況可能阻礙爾後國內學者出席 IFToMM 的各項活動，後來由 Roth 教授出面與大會交涉，而拿下了所有的國旗。（Roth 教授為 IFToMM 的榮譽主席）

1990 年 8 月，我接到了 Roth 教授的來信，說明他將於今 (1991) 年春天前往日本講學，問我是否能安排他到台灣來一個月。我隨即回函請他來訪並在 1990 年 9 月中旬於 Chicago 所舉行的美國機械工程師學會第 21 屆機構學會議 (The 21th ASME Mechanism Conference) 中，當面向 Roth 教授說明台灣的概況及可能找到的經費，並決定以「工程設計」為講題。

返國後，隨即向「中華民國機構與機器原理學會」學術委員會負責人蔡穎堅博士和蔡忠杓博士說明此活動。他們皆答應全力促成此活

動。因此，便以國立成功大學機械工程研究所名義向教育部申請舉辦工程設計研討會，同時亦獲得國科會工程科技推展中心的支援，分別在國立交通大學、國立成功大學以及國立中山大學舉行研討會。

經費有著落之後，接下來便是費心協調與安排長達二十五天的行程及接待事宜。

(下期續)

有關齒廓移位的小掌故

蔣君宏

大家都知道瑞士 Maag 公司以其獨特的切齒機與齒輪磨床聞名於世。關於該公司創辦人 Maag 先生事蹟，可能知道的人並不多。1962 年筆者在瑞士理工學院工作時，講授機械設計的 Leyer 教授某日在課堂上放映一張舊幻燈片，是一張 Maag 先生的照片。他正在用一隻茶盤比劃著，講述齒廓移位 (Profile Shifting, 現改稱 Addendum Modification) 的原理。彼時 Maag 先生剛去世不久。據說，當他最初發明齒廓移位時，有許多人認為那是不可能的，嗤之以鼻。後來人們才發現他之所說不但正確，而且將之編入各國的國家標準中。又據說，Maag 先生在年輕時曾就讀於瑞士理工學院，讀了兩年，覺得讀書無用，不如自求發展，遂輟學。至他發明齒廓移位之後，瑞士理工學院贈送給他一個名譽博士學位。這大概也可算得是一種「學位無用論」的說明吧。

機器人離線程式系統之發展 (下)

工作件及機器人路徑之表示

一個好的CAD軟體必須具備良好的幾何模型建構能力，以應付複雜多變的繪圖需求；而一般軟體所提供的幾何元素仍侷限於立方體，圓柱體，圓錐體等等，對較複雜的工件模擬則難以迅速完成。況且一般CAD軟體即使有解曲面交線的能力，亦無法提供機器人工作方向規劃所需之資料。因此須針對常見之曲面形態，撰寫繪圖程式，來增加離線程式系統中之幾何模型的建構能力，以展示較複雜的工件曲面。然後解決曲面之方向問題，以便描述工作件及機器人之軌跡。

例如焊接路徑，除了須提供路徑上各點的位置資料外，也必須包含各點位置的方向資料，如此才可以模擬機器人正確的動作。一般離線程式系統都是利用在路徑上有關的每一點定義一個坐標框(Frame)的方式，將各坐標框串聯起來以表示一條路徑。例如CimStation軟體便以在螢幕上教導坐標框(Teach Frame)及教導路徑(Teach Path)的方式規劃機器人的動作。

關於機器人的離線程式中路徑規劃，有下列四項主要的考慮：

- (1). 整個工作能在機器人的工作空間(Workspace)中順利達成。
- (2). 避免機器人或手端的夾持工具與其它物體發生碰撞。

若機器人的手端夾持工具對其軸線（即Z軸線）成對稱，則其工作坐標的X-Y軸線方向並不重要，所以只要一個具有五個自由度的機器人便可以執行焊接工作，也可以利用五個參數便足以表示焊鎗的工作坐標。若吾人能在工作坐標規劃完成時，令其Z軸線方向不變，而要求原坐標系均繞Z軸線旋轉一個角度，使工作坐標的X軸線均落在水平面上（即X軸線單位向量之Z方向分量為零），則此時五軸機器人便能夠正確的到達工作坐標了。經由此一方式重新定義的焊鎗工作坐標，將可以適用於像Adept這般五軸水平關節型機器人的焊接工作離線程式規劃。

圖5為離線程式系統所建立的Adept機器人焊接工作單元實例。該例中針對一個由圓管和拋物柱面相貫而成的工件進行焊接模擬。依照離線程式規劃步驟，首先定義機器人(Adept)及相關設備（定位器），再定義末端效應器（焊鎗）及有關的幾何元素模型（焊接工作件），然後對照實際環境建立工作單元（有關焊接機等設備及工件夾治具目前予以省略）。此例中考慮熱進給之均衡以減少焊接殘留應力的影響，採用對稱法(Symmetric Method)分(a),(b),(c),(d)，四段來實施焊接。在完成有關的工作程序及路徑規劃後，可產生如圖6的模擬操作過程之焊鎗連續位置詳圖，可發現焊鎗之位置角度頗為合理。

影響實際工作的進行。所以對於離線程式所可能產生誤差的校準工作，乃是實際應用前必須注意的重要項目。但因篇幅有限，本文不作深入之討論。

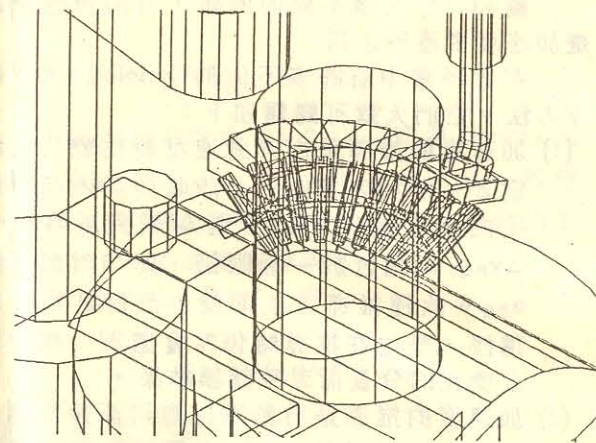


圖6 焊鎗焊接之位置詳圖

信義計劃區
重大工程空調系統
均由開立公司施工
提高工程品質，

(3). 機器人手端的工具相對於工作物之位置，角度須合理。

(4). 工作週期時間最佳化。

其中第(1),(2)項工作空間與避碰檢測在目前的離線程式系統中已不是問題，第(4)項工作週期時間則可以利用模擬的過程來評估，而關於工作位置角度的規劃問題，因隨工作性質而定，目前尚難作較完整的探討。

機器人實際工作模擬

在推求各個工作坐標並串聯產生路徑後，對一般六軸機器人的工作模擬，都可以毫無問題的達成，如圖4為利用PUMA機器人執行焊接工作模擬的情況。但對於利用Adept五軸機器人執行相同的離線程式規劃模擬，便發生機器人無法到達所規劃焊鎔工作坐標的問題。機器人雖然可以到達預定的位置，腕部卻無法旋轉至要求的方向。

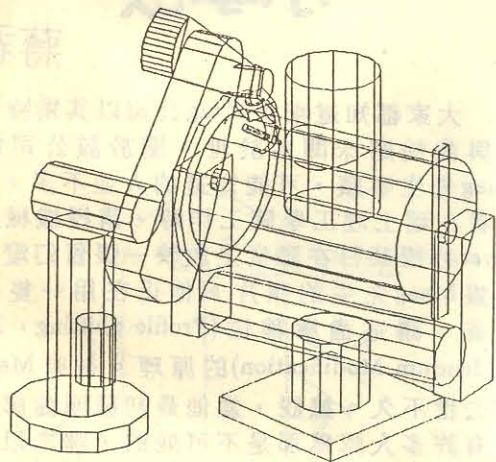
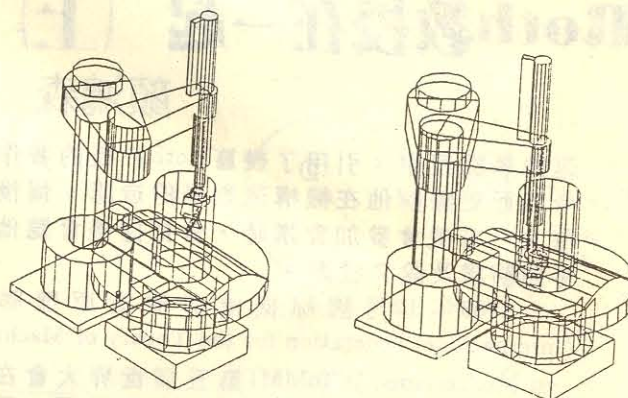


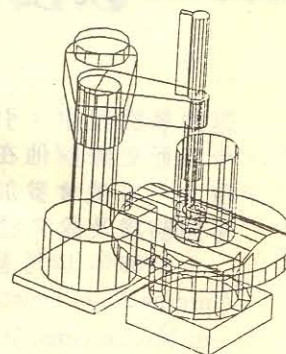
圖4 PUMA 機器人焊接工作模擬

工作單元位置誤差之校準

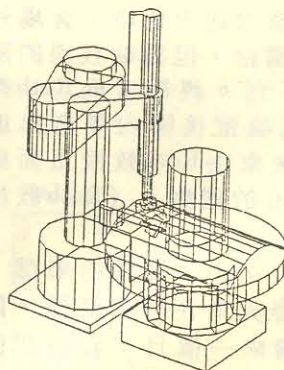
對於利用電腦終端機透過離線模擬方式規劃機器人的工作程式，由於整個工作單元中有關元素都是以理想的模型建立，且各元素間的位置關係大多未經過實際量測，此時若直接應用於實際的工作環境，便容易因真實物體與理想形狀的差異，以及物體間相對位置不正確而



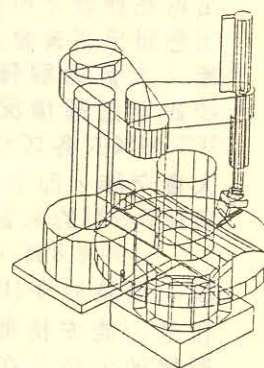
(a).



(b).



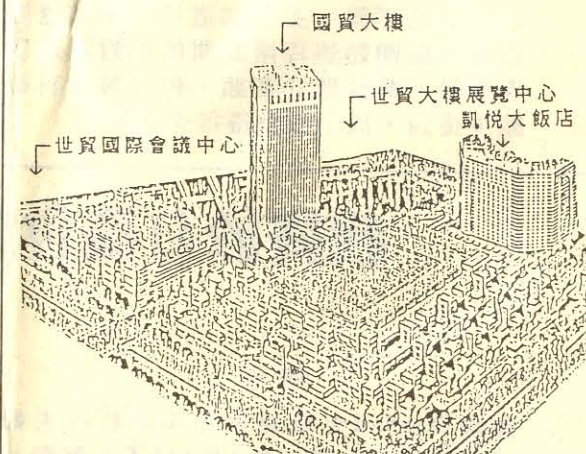
(c).



(d).

圖5 Adept 機器人焊接工作模擬

參與建設回饋社會，
開立願與工程界先進共勉



開立工程股份有限公司
台北市10661敦化南路695號17樓
電話：(02)706-7259(總機)

招請 團體 會員 贊助

依據本學會組織章程第二章第七條

(二) 贊助會員：凡贊同本會宗旨並對本會有實際贊助之個人或團體，由理事長或會員兩人連署，經會員大會通過，得為本會贊助會員。

(五) 團體會員：凡與機構與機器原理有關之團體，經本會普通會員兩人之介紹，及本會理事會通過，得為本會團體會員。

之規定，歡迎各界人士或團體參加本會為贊助或團體會員。意者請直接或經過普通會員與本會聯絡，索取推薦表格。