

機構與機器設計

中華民國機構與機器原理學會會刊第16期

中華民國八十一年一月一日

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9132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 張所鎔 蔡忠杓 吳隆庸 黃以文
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

大陸西南及北方交通大學簡介

蔡忠杓（交大教授）

今年八月底，筆者參加交通大學教聯會所舉辦的大陸交大參觀旅遊團，前往大陸的交通大學參觀訪問及旅遊。由於華東水患的關係，因此未訪問上海交大，僅前往西南交大、西安交大及北方交大等三個學校參觀訪問。在此僅簡單介紹西南交大及北方交大等兩所由鐵道部支援的學校，或可讓讀者對大陸之大學多一分的瞭解。

西南交大創建於一八九六年，最初稱為山海關北洋鐵路官學堂，後改為唐山交通大學、國立唐山工學院、唐山鐵道學院，遷至四川峨嵋山後始稱為西南交通大學；由於交通不便又遷至成都，因此該校有峨嵋及成都兩個校區。峨嵋校區為二年制專校而成都校區則為大學部及研究所；為一所以工科為主，結合工、理、管、文的多科性理工大學，為大陸所稱的重點高校之一。目前學校共設有十七個系，二十九個本科專業，二十三個研究生專業，七十五個實驗室，二個實習工廠，八個實驗中心，十三

有管理及成人教育等兩個學院、研究生部和十三個系。目前該校本科生共有二十二個「專業」，另設有三個國家級重點學科和八個鐵道部的部級重點學科。共有八個學科之專業，可以授予博士學位；二十五個學科之專業，可以授予碩士學位。北方交通大學的十三個系及其專業分別為：(1)通信與控制工程系，設有交通信號與控制、通信工程、天線通信、信息工程等四個專業，(2)計算機科學技術系，設有計算機及應用、計算機軟件等兩個專業，(3)電氣工程系，分設電力牽引與傳動控制、應用電子技術等兩個專業，(4)土木建築系，分設鐵道工程、工業與民用建築工程、建築學等三個專業，(5)機械工程系，設有鐵道車輛、熱能動力機械與裝置、檢測技術及儀器等三個專業，(6)物理系，僅有應用物理專業，(7)運輸管理工程系，設有鐵道運輸、交通運輸管理工程等兩個專業，(8)物資管理工程系，設物資管理工程專業，(9)工業與建築管理工程系，日

行政院國家科學委員會 「邀請講席」演講系列

主講人：蔡隆文教授 (Dr. Lung-Wen Tsai)
美國 Maryland 大學機械工程學系教授

SEMINAR

Tender-Driven Manipulators - Analysis, Synthesis, and Control

時 間: 81年1月6日 14:00-17:00

地 點: 國立台灣大學工學院綜合大樓B01室

主持人: 劉霆教授 電話: (02)363-0231 轉 2705

WORKSHOP

Gearing and Geared Systems - Synthesis, Analysis, and Control

時 間: 81年1月8日 14:00-17:00

地 點: 國立成功大學機械工程館 4104室

主持人: 顏鴻森教授 電話: (06)236-1111 轉 543

SEMINAR

Recent Studies on Variable - Valve-Timing and Engine Balancing Mechanisms

時 間: 81年1月10日 15:00-17:00

地 點: 國立中山大學機械工程研究所會議室

主持人: 蔡穎堅教授 電話: (07)531-6171 轉 4055

個研究所。其中橋樑、隧道及結構工程，鐵道牽引電氣化與自動化，機車車輛等三個學科為全國重點學科；牽引動力實驗室為國家級開放實驗室；力學學科的固體力學專業則為博士後科研流動站，提供全大陸獲得博士學位後之科研人員，進行有關固體力學專業研究的一個研究據點。此外，該校還有十一個學科為鐵道部重點學科。目前西南交通大學成都校區有學生七千多人，教師一千三百多人，其中正、副教授將近五百人。該校以土木橋樑、重載運輸及鐵道車輛的科研而聞名。

北方交通大學位於北京市西直門外。該校創建於一九〇九年，主要負責培養高級鐵路技術人才和管理人才，是一所結合工、理、管、文的多科性大學，亦屬大陸的六十一所重點大學之一。目前該校之在校學生約八千人，教師近一千二百人，其中正、副教授有四百三十人，講師有五百多人。北方交通大學以工科為主體，並以弱電（通信等）及管理為其特色，設

前亦僅設工業管理工程一個專業，(10)經濟管理系，設有運輸經濟、管理信息系統、會計學等三個專業，(11)數學系，(12)外語系及(13)社會科學系。此外，北方交通大學目前設有信息科學、管理科學、光波技術、應用系統分析，經濟管理、物資流通、鐵路宏觀管理決策、鐵道運輸安全、抗電磁干擾和工程力學等十個研究所。另外該校設有六個中心、二十四個教研室及六十五個實驗室。

以上簡要的介紹西南及北方交通大學的現況，供大家參考，或可增加對大陸高等學校有進一步的瞭解。但有一點值得注意的是在大學部各學系內，分設許多的「專業」，以訓練更具專業知識的人才。另外也在重點學校設有所謂的「博士後科研流動站」，以提供博士後科研人員進行各該專業之研究設備與環境；對於更進一步的科研工作及成果，將有積極的功效，值得我們思考。

機器設計入門(2)

蔣君宏（台大退休教授）

2. 機件製圖中尺寸之標註

談機器設計，先從製圖談起。如前所云，儘管現在有電算機可幫助我們製圖，但設計者必須要自己知道如何製圖，方才能使工廠生產出正確的機件來。故而製圖的基本概念是設計者必須具備的。一般學生大多數不喜歡製圖，但是又有不少學生很喜歡作設計。這似乎是一種矛盾的現象。因為製圖是設計的基礎，不喜歡製圖而卻說自己喜歡作設計的人，可能對設計的任務並不了解。這也可能是許多人，包括機械工程師們，把製造當成設計的一種原因。在我們這裡，有不少聰明的工廠師傅，可以照著進口來的機器仿造出另一台機器來；或者憑

著自己的想像力，憑空造出一台機器來。然而從整體設計過程來說，這是不足取法的。因為機器是活動的，設計者必須要能從圖板上或從電算機的螢光幕上了解機器運動的情形。這其中包括：運動是否可行，會不會發生碰撞，受力情形為何，變形是否太大，配合是否恰當，材料有無浪費，加工有無浪費，……等等許多問題，都不是憑藉徒手製造即能解決的。

問題既然是千頭萬緒，我們就先從製圖的尺寸標註談起。至於一些初步製圖技術，則在此從略。我們之依據，是以中國國家標準CNS 3—1工程製圖一尺度標註為準。所謂尺度者，是包含角度之標準在內。但是一般人的語言表

達，仍習慣稱為「尺寸」。在CNS 3—1中所規定的，多是以製圖的觀點為出發點，其所制定的規範，著重於製圖的整齊美觀與劃一；而本文所要談的，則多是以設計的觀點為出發點，顧及一些實務問題，當然，其中也不免會有與CNS 3—1所談相互重疊的地方。請讀者將本文與CNS 3—1參照比對。

也許有人認為，不管我怎麼標註，反正工廠總會把成品製造出來。這種錯誤觀念會造成一種惡性循環，製圖者把尺寸註得千奇百怪，工廠也不理會，甚至擅自更改尺寸，造出成品了事。這樣一來，遇到正確的圖也一樣的不予理會，胡亂製造。這就是我們要強調標註尺寸的重要性之原因。

在CNS 3—1中，最先提到「功能尺度」與「非功能尺度」。這兩個名詞對初學者常造成困惑。舉例來說，如果您是位男士，您要去買襯衫時，襯衫領口的大小就是「功能尺度」，因為它須與您的頸粗相配合。襯衫的下擺就是

(下轉第四版)

滾子輪式凸輪及運動曲線的選擇

蔡得民 (中山副教授) 林博正 (中山研究生)

間歇運動 (intermittent motion)，係指一個機構之運動，在每一操作週期具有暫停的功能；即當輸入端保持等角速的旋轉時，經間歇機構傳動，使輸出端能作起動加速、減速暫停 (DRD motion) 等反覆作動。此種相關機構，在自動化產業中的運用頗為廣泛。即輸送一元件至定位、暫停、進行加工或組裝工作後，再送到下一站。在傳統上或可採用如棘輪 (Ratchet)、日内瓦輪 (Geneva Stop Mechanism)，或油、氣壓等機構，達到輸出間歇運動的要求。但由於這些機構的運動傳送之不連續，且機構本身的驅動件與輸出件之間可能有背隙 (Backlash) 存在，若運用於高速自動化產業設備，會造成起動時及停止時慣性力過大，元件間衝撞引起振動及噪音，其性能將大受限制。

除了上述之間歇運動機構外，凸輪亦常被使用於間歇運動機構。目前運用於較高轉速之凸輪間歇機構有平行式 (Parallel Cam)、桶狀式 (Barrel Cam)、滾子輪式 (Roller Gear Cam) 如圖 1，等凸輪機構。其中平行式凸輪，缺點為製造安裝不易及分度數 (即每 360° 中分度之數目) 較低，而桶狀式凸輪雖分度數較高，但在消除背隙上則較為困難。故實際運用上，以滾子輪式的 3D 凸輪，具有較佳的特性。其所具有之優點如下：

1. 沒有背隙誤差，適於高速傳動。
2. 無滑動偏移累積公差，故定位精準。
3. 精度高，通常可作高速分度，且壽命較長

之自動換刀裝置的凸輪，有二個停止區段及三條助數，見圖 2。

此凸輪機構是多年前 C. N. Neklutin 所發展出來的，亦稱為 Ferguson Indexing。主要運用於工具機之自動換刀裝置 (如 CNC 工具機)，和各種產業機構之間歇傳動，如自動組立機、加工機、印刷機、自動送料機構設備等。

以上，我們已將滾子輪式凸輪間歇機構的優點、特徵及應用作了概要介紹，接著針對設計該機構時應注意的事項作一說明。

此機構設計的好壞取決於馬力數、慣性作用、接觸力、尺寸大小及所佔空間等要項。而影響這些要項的因素，可分兩部份來討論：

(I) 設計規範

- 操作週期及暫停時間。
- 分度角 (Indexing Angle)。
- 被驅動件之尺寸及重量。

考慮要獲致較低馬力數輸入、減少慣性作用、低接觸力及機構輕量化等，則在設計規範的考量上，必須取

1. 較大的凸輪轉動角度，即較短的暫停時間。
2. 較小的分度角度。
3. 較低的凸輪轉速。
4. 較輕、較小的被驅動件。
5. 較小的壓力角 (在運動曲線選定後，加大凸輪尺寸，縮小滾子輪的尺寸，可使壓力角縮小)。

1. V_{max} 較小者，其壓力角較小，所得的機構尺寸亦較小，接觸力亦較小。反之， V_{max} 較大者，欲取得較小的壓力角，則必須加大凸輪的尺寸。通常，儘可能使滾子輪有較小之尺寸。
2. $(VA)_{max}$ 值 (曲線的速度值與加速度值乘積之最大值) 愈小，則所需的馬力愈少。
3. A_{max} 較小者，可得較小的慣性力及接觸力。

所以，觀察上述三種曲線的特性值，我們了解，對於修正等速曲線，雖然其 V_{max} 甚小，但 A_{max} 甚大，且其急衝度 (加速度之微分值，Jerk) 為無窮大，故此曲線只適於低速情況使用。比較修正正弦曲線與修正梯型曲線，修正梯型曲線較適用於高速場合，而修正正弦曲線則可用於產業機械，不須要求很高轉速及高精密度 (即振動影響不大) 的場合。但是，若考慮要同時取得較小的 V_{max} 與 A_{max} 值，以上三種曲線可能並非是很好的曲線。以下介紹三種新運動曲線，針對曲線特徵作個比較：

1. Johnson 減力曲線 (Johnson's Reduced Force Curve)。此係利用多項式函數，配合最佳化方法獲得之曲線。它同時具有較低的速度值與加速度值，但其缺點在於起動與暫停時，急衝度為無窮大。
2. 混合曲線。即將修正梯型曲線與正弦曲線合併。此曲線可得最小的 V_{max} 及 $(AV)_{max}$ ，但其 A_{max} 略偏高。

4. 適當選用曲線，可得平滑分度；振動小，可以大幅降低噪音。
5. 機構簡單，無須控制迴路及動作感測器。

滾子輪式凸輪機構基本上是由一個內凹式3D凸輪與一個滾子輪(Follower-Roller Gear)組成，其特徵如下：

1. 是一種間歇傳動分度裝置。
2. 滾子(Roller)呈放射狀排列。所以，其中心軸線垂直於滾子輪軸(即輸出軸)。
3. 凸輪呈內凹狀，其內凹曲線的曲率半徑隨滾子輪的大小而改變，其曲率中心即約在滾子輪之中心處。
4. 凸輪的肋(見圖2中之1, 2, 3)之剖面為錐狀，而整個操作過程中(分度與暫停)，均由二個滾子來嚙合。由於可有預力，因此沒有背隙存在。
5. 滾子為圓筒狀，一般採用標準的低摩擦軸承(Antifriction Bearing)。當其軸向位置改變時，並不會影響操作。因此微量改變出力軸與入力軸(凸輪軸)間的軸向距離，可使滾子具有預力(可利用偏心圓筒來調節)。
6. 凸輪旋轉一圈，可含有多條助數，且可有一個以上的暫停時區。例如應用於工具機

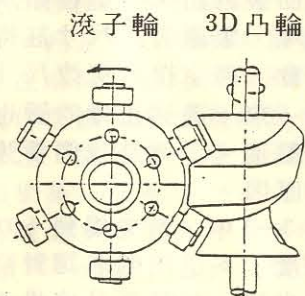


圖1. 滾子輪式凸輪

限於實際操作的要求，若設計規範無法變更，那麼亦可在選定滾子輪的運動曲線上來作改善。

(II)運動曲線的選擇：

至於如何選擇呢？針對運動曲線之特徵，可作如下之考慮：

取 V_{max} (極大速度值)小的場合有

- 對負荷重，即從動件質量大，或被動件重量大時。
- 用於衝擊負荷之場合，如機械的運動，有某種障礙時。
- 離心力大時。
- 考慮安全問題時。

取 A_{max} (極大加速度值)小的場合有

- 慣性大時。
- 高轉速時。
- 欲降低振動時。

而常見使用於滾子輪式凸輪之運動曲線有修正等速曲線(Modified Constant Velocity Curve)、修正正弦曲線(Modified Sine Curve)和修正梯型曲線(Modified Trapezoidal Curve)三種。目前，運用於產業機械作間歇傳動之運動曲線，採用修正正弦曲線與修正等速曲線者居多。至於運動曲線之特徵對於設計間歇機構之影響為：

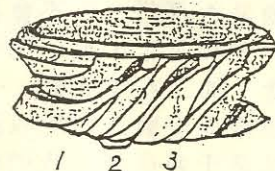


圖2. ATC用凸輪

3. 有理式仿線(Rational B-spline)方法合成之曲線。可同時滿足低 V_{max} 與 A_{max} 值的要求。

以上各曲線特性值之比較，請參閱表1及圖3至圖10。由表1中特性值比較得知：

1. 曲線(5)係利用有理式仿線方法合成，可同時取得較小的 V_{max} 與 A_{max} 值，可使其馬力數、慣性作用、接觸力均較傳統的修正等速曲線與修正正弦曲線來得低。
2. 由Johnson減力曲線與曲線(5)相比較甚為接近，亦可發現其特性值比修正正弦曲線與修正梯型曲線來得低，但其急衝度於起動及暫停二端為無窮大，為其缺點。
3. 混合曲線雖可得到最小的 V_{max} ，最低的馬力數及最小的壓力角，但其 A_{max} 值、慣性作用及接觸力等偏高。

比較所列的各曲線，可見曲線(5)具有最佳的運動學與動力學特性。

工業的升級，朝向高速自動化的境界。滾子輪式凸輪雖只是一種間歇機構，但卻是一個重要的關鍵。以CNC工具機為例，常利用自動刀具交換裝置進行多功能的加工如銑削、鑽孔、鉸孔、搪孔等。為了減少停車時間，儘可能縮減換刀時間(如在三秒鐘內或更短之時間內完成換刀)，可使整個操作高速化。且在高品質要求下，振動為其重要考慮因素，傳統機構已難以勝任。相對的，滾子輪式凸輪具有上述特性，容易滿足設計的要求。而在設計此凸輪時以運動曲線之選定為其關鍵，選得較佳曲線則可以再改善其設計條件。反之，設計條件必須作修正。本文針對滾子輪式凸輪及運動曲線之關係作簡要介紹，盼能供國內相關業者作參考。若有機會我們再詳談如何設計滾子輪式凸輪。

表1. 運動曲線特性值比較表

	速度 最大值 (無次元)	加速度 最大值 (無次元)	速度與加速 度乘積最大 值(無次元)	最大 壓力角 (度)	最大 接觸力 kgf	最大輸 出扭矩 kgf-m	最大輸 入扭矩 kgf-m	所需 馬力值 HP
修正正弦曲線	1.76	5.53	5.46	38.4	68.4	2.96	1.46	0.15
修正梯形曲線	2.0	4.89	8.09	41.8	73.9	2.62	2.17	0.22
Johnson 曲線	1.683	4.646	4.46	37.1	58.2	2.491	1.24	0.13
混合曲線	1.61	5.07	4.2	36.04	60.6	2.72	1.13	0.116
有理式仿線合成曲線	1.684	4.644	4.4	37.02	55.6	2.490	1.18	0.12

備註：

範例之設計規範：

凸輪與滾子輪之中心距離 = 90 mm

滾子輪之半徑 = 45 mm

凸輪轉速 = 80 rpm

機械效率 = 80 %

滾齒數 = 6個

凸輪作用角 = 120°

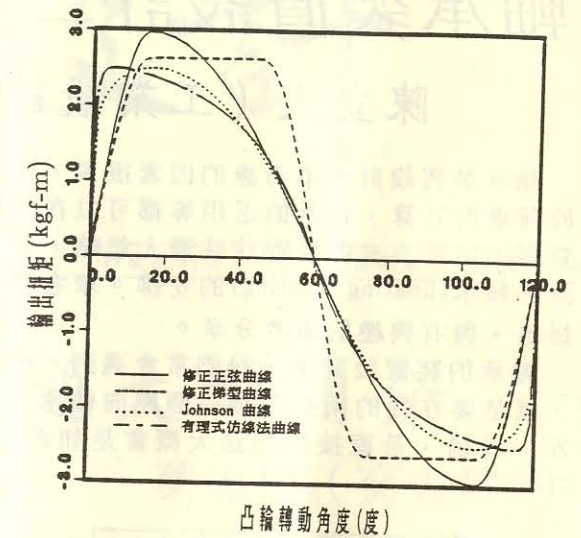
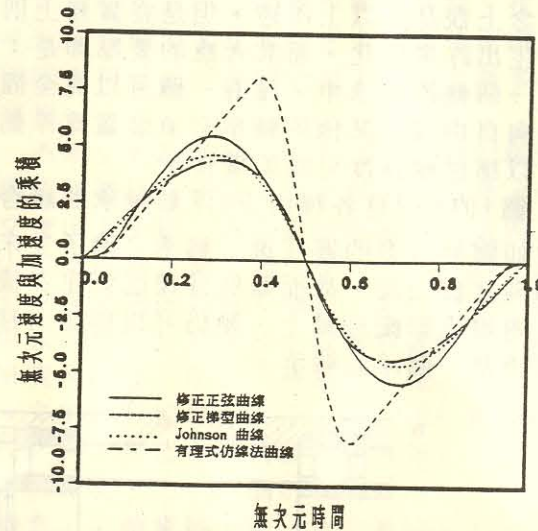
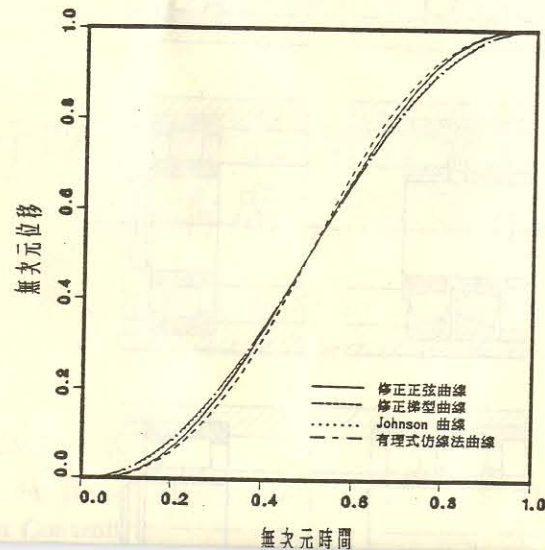


圖9. 輸出扭矩曲線的比較

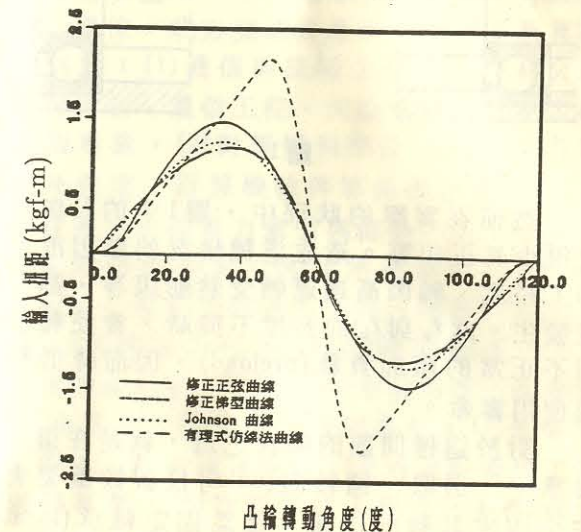


圖3. 運動位移曲線的比較

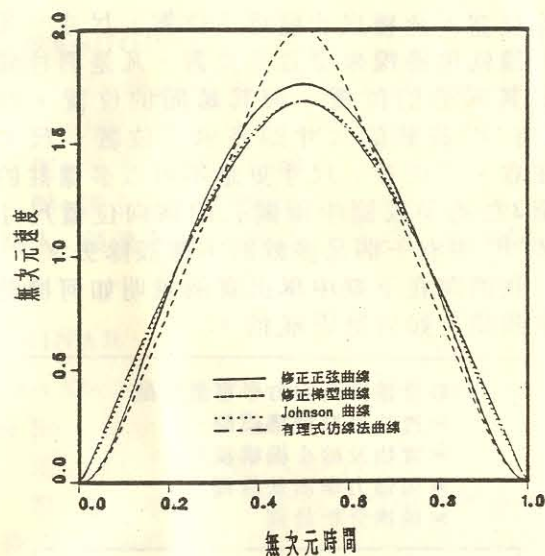


圖4. 運動速度曲線的比較

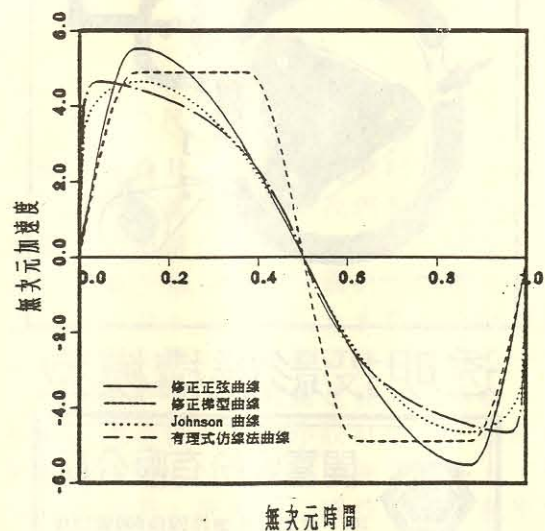


圖5. 運動加速度曲線的比較

圖6. 運動速度與加速度乘積值曲線的比較

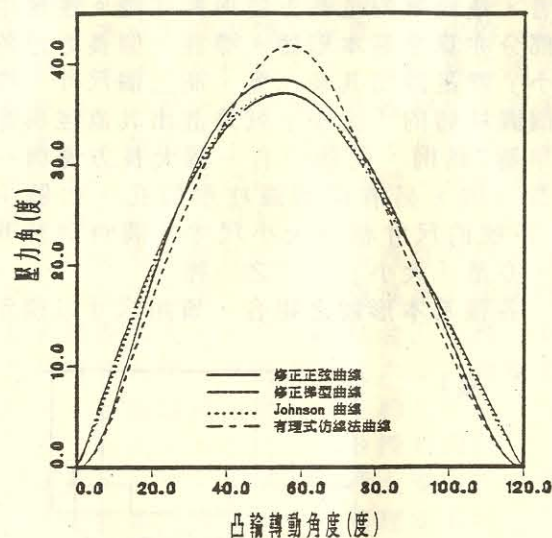


圖7. 壓力角曲線的比較

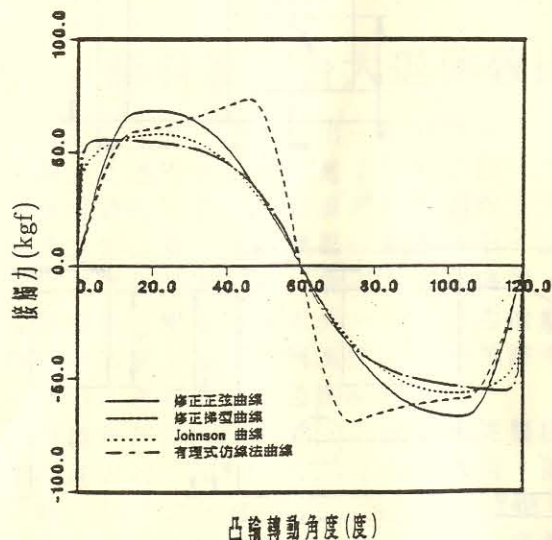


圖8. 接觸力曲線的比較

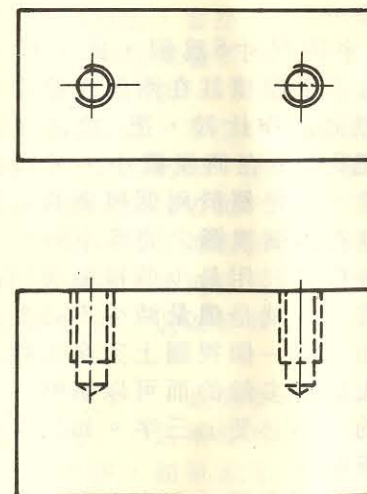
圖10. 輸入扭矩曲線的比較

設計小問題 13

編輯室

圖示一個機件，須以滲碳鋼表面滲碳後熱處理製成。因為上面有兩個小螺紋孔，若先經過熱處理，表面硬化，鑽頭就鑽不動了。若先攻螺紋孔，經過熱處理，螺紋孔會被氧化。問應如何作法？

有興趣提供意見的讀者請於81年2月10日以前將簡圖及說明寄來本會，本刊將視情形於第18期擇優刊登。此外，也歡迎工業界、教育界及其他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。



軸承裝置設計二三事

陳立人（工業設計協會專員）

軸承裝置設計所須考慮的因素很多，其中關於荷重的計算、軸承的選用等都可以在手冊上查到。但是有一個要點往往遭人忽略，那就是浮動軸承(floating bearing)的安排。筆者願在此提出，與有興趣的讀者分享。

軸承的裝置設計中，我們常會遇到一種情況，就是要在軸的兩端各裝一個徑向軸承。對於此一問題，最直接的想法大概會是如圖1的設計。

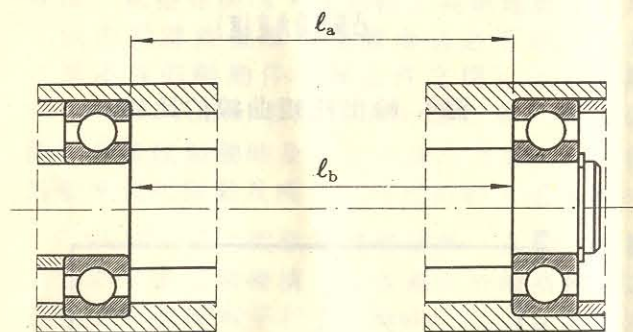


圖1

然而在實際的狀況中，圖1中的 l_a 與 l_b 長度很少真正相等。造成這種情況的原因很多：加工裕度、軸因高速運轉受熱膨脹等，都有可能發生。當 l_a 與 l_b 的長度不同時，會使軸承受到不正常的預加負載(preload)，因而降低軸承的使用壽命。

對於這種問題的解決之道，就是在這一對軸承中，選取一個軸向(axial)位置較重要者，完全固定其軸向位置，是為固定軸承(locating

圖2

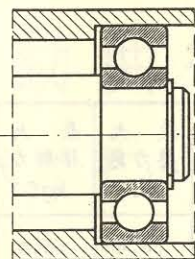
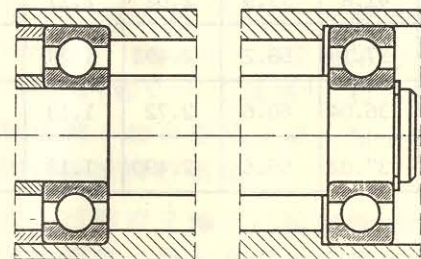


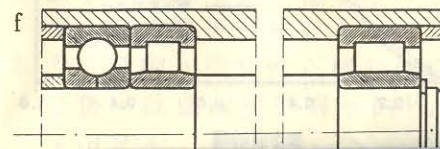
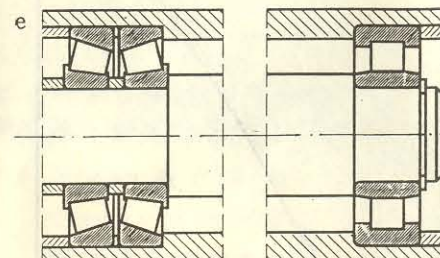
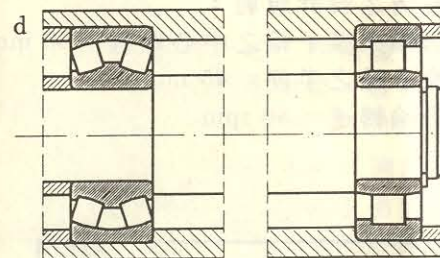
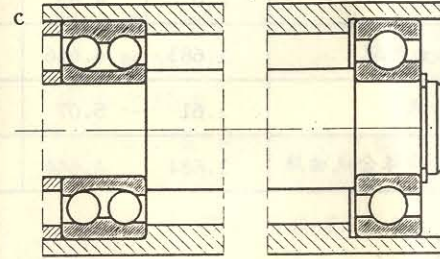
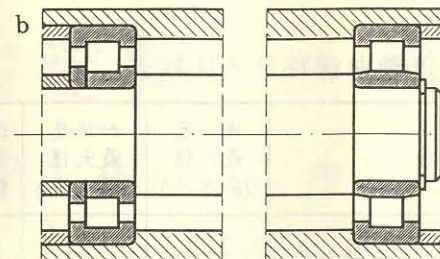
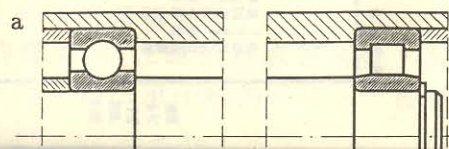
圖3



浮動軸承裝置的一個例子，一個深槽滾珠軸承的內環以扣環固定於軸上，所以滾珠的位置便隨內環而確定。外環與機殼之間採滑動配合，故仍可以隨滾珠之位置左右移動。圖3所示，左方是一個固定軸承，右方是一個浮動軸承。在觀念上說是如以上所述，但是在實務上則可以衍生出許多變化，而其考慮的要點即是：對支持一個軸的軸承中，僅有一個可以完全固定其軸向自由度，其他的軸承必須裝置為浮動軸承，以應付軸長度可能的變化。

圖4的a—f是各種固定/浮動軸承的組合。其中如圖4a右方的圓柱滾子軸承之滾子並未限制軸向之自由度，故而雖然外環已固定在機殼上，內環也緊配於軸上，軸仍可以作軸向移動，故仍是一個浮動軸承。

圖4



bearing)。而對另一軸承，則保留其在軸向的自由度，是為浮動軸承(floating bearing)。現在圖1中的兩個軸承都是固定軸承。圖2則是此類



(上接第一版)

「非功能尺度」，因為它是塞在褲子裡，不須什麼配合。所以凡是需要配合的尺度就是「功能尺度」，不需要配合的尺度就是「非功能尺度」。「功能尺度」常在圖上用公差限定其精密度，「非功能尺度」則常不需公差。當然，襯衫的下擺雖為「非功能尺度」，但它也不可以做得太長拖到地板，也不可以做得太短到腰以上。「非功能尺度」也有其一定公差界限，這點我們以後再談。

一張工作圖，常含有幾個視圖，如前視圖、俯視圖、側視圖……等。我們現在採取第三角法，即將前視圖放在俯視圖下方。尺寸在標註時固然不可以少，也不可以多。同一尺寸，不可以不同視圖上重覆標註。也就是說，每一種尺寸只許在圖上出現一次。理由很簡單，即是假如將來更改尺寸時，也只要改一處即可。若有多處，更改者可能會有遺漏，造成同一部位的尺寸有某處改了又有某處未改，造成製造工場的困惑。

以圖1中的尺寸S為例，此一尺寸，當然不可以如圖示重覆標註在兩個視圖中。但是，以這兩種標註法作比較，把S標註在前視圖中顯然不如把S標註在俯視圖中，可以凸顯出它的正確形態。凡是屬於兩個視圖共有的尺寸，以儘量標註在兩個視圖之間為原則。

一個機件應該用最少個視圖與剖面圖表現出來。換言之，就是儘量減少不必要的視圖或剖面圖。如果某一個視圖上完全未標註尺寸，則該視圖大概是多餘的而可以省略之。請注意此處所指的「不必要」三字。如果是必要的，仍舊不可省略。

「尺寸」可分為「大小」尺寸與「位置」尺寸兩種。一般機件，除有複雜曲面者外，常可以分解為若干基本形體的組合。所謂基本形

體者，最簡單的是長方體與圓柱體。注意中空的部分亦算是基本形體。標註一個長方體的「大小」就是註出其長、寬、高三個尺寸。標註一個圓柱體的「大小」就是註出其直徑與高。現舉圖2為例。此圖中有一個大長方塊與一個小長方塊，另有兩個圓柱形的孔。如圖中有「S」符號的尺寸都是大小尺寸。圓角則註其半徑，亦是「大小」尺寸之一種。

各種基本形體之組合，須用尺寸以標示其

圖1

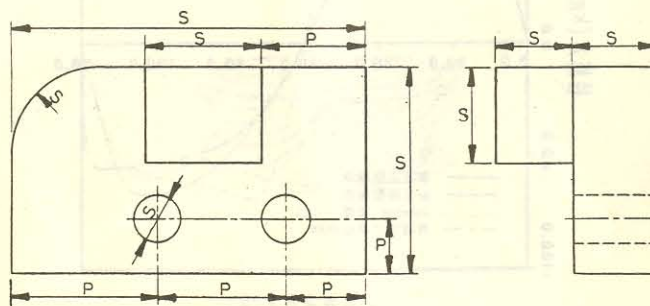
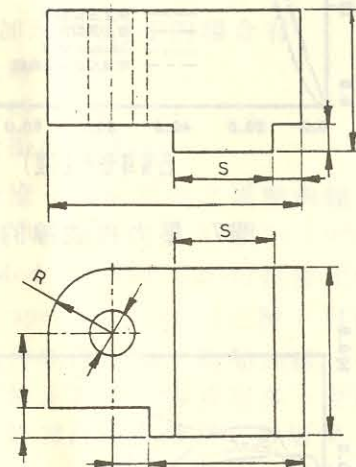


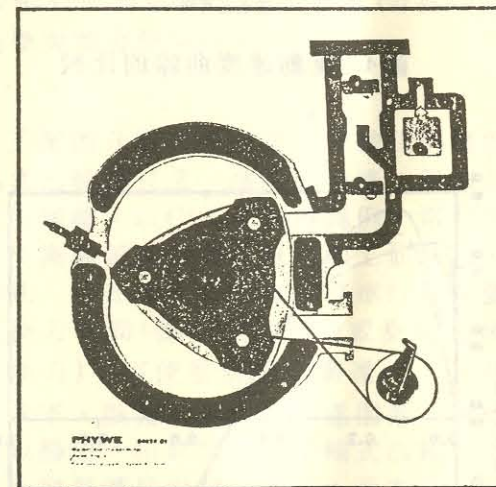
圖2

相關位置。此種尺寸稱為「位置」尺寸。凡是長方體就用邊線來標註其位置，凡是圓柱體就標註其圓心的位置，與其端面的位置，如圖2中有「P」符號的尺寸即表示「位置」尺寸。請注意，「位置」尺寸更是不可以多標註的。如圖2左的前視圖中兩圓孔的橫向位置尺寸，三個「P」中有一個是多餘的，應該除去。

我們將在下期中舉出實例說明如何標註尺寸是錯誤，如何是正確的。

專營機構及固力學專業模型

- ※透明投影機構模型
- ※實物及縮小機構模型
- ※固體力學測量設備
- ※機構分析設備



透明投影機構模型



開富股份有限公司

105 台北市八德路四段606號12樓
TEL: (02)7467627 FAX: (02)7663458