

自動化叢書②

不等式傳動裝置

機械性的控制實例之一

鄭文賢譯

變速傳動裝置／控制式差動傳動裝置／皮帶傳動裝置／間歇機構／分度機構／星形輪機構／摩擦傳動裝置／3度空間連桿機構／運動行程擴大裝置／運動變換機構／行連桿機／Car-n齒輪機構＊＊

不等式傳動裝置

機械性的控制實例之一

鄭文賢譯

變速傳動裝置／控
制式差動傳動裝置
／皮帶傳動裝置／
間歇機構／分度機
構／星形輪機構／
摩擦傳動裝置／3
度空間連桿機構／
運動行程擴大裝置
／運動變換機構／
平行連桿機／Car-
dan 齒輪機構 * *

編著者序

Nicholas P. Chironis

本書是介紹具有多種運動和機能的古今機構。此種豐富資料主要是由生產技術雜誌（Product Engineering Magazine）引進的。

本書不僅有能產生像間歇運動那樣單能機能的裝置（此大部分都收在間歇運動機構中），還包含有倍力，差動，定扭矩，調速以及張力控制等的組合裝置。

再者，也收錄了特殊凸輪，變形齒輪，伸縮囊裝置，彈簧，擒縱器，星形輪，摩擦裝置，差動裝置，變速裝置等其他多種機械要素。

爲了產生必要的機能，將此些種種要素及裝置組合起來而用圖表示出來並加以簡單的說明。再者，幾乎沒有理論解析，主要是提供實用設計的觀念。

本書提供了在今日工業上新裝置的豐富資料——關於其他機構所不能得到的機構。

例如，用圖表示出包含有調和傳動，連桿傳動，搖動齒輪傳動等唯一的裝置，及超過50種的遊星齒輪裝置。此些全是重要的減速裝置，特別是技術人員所須知道的。

再者，表示出爲了變化輸出速度的超過100種的實用機構，但是此些大部分是採用新的動作原理。

本書可補足一般技術資料的不足，所以特爲機械設計人員，生產技術人員，及有關機械的所有人員和機械系學生所喜愛。

編著者簡歷

Nicholas P. Chironis

是生產技術雜誌的編輯者，也是機械要素和設計解析部門的發行負責人。於1954年就任現職。

前職：IBM, Mergenthaler 公司，Allied 製版社的機械設計技術人員。Grant 生產設計部主任。Cooper Union 工業學校講師。

Brooklyn Polytechnic Institute 的工學學士，工學碩士。

美國機械學會，潤滑學會，汽車學會會員。

著書：「機械裝置及其使用法」，「工程・技術管理者的經營法」，「齒輪設計及其應用」。

譯者序

設計人員應該廣泛地深知有機械構成元素的機構，並希望能適當選擇應用於設計上的機構。

爲了提高機械，裝置的性能，一定要有具備優良機械性能的機械元件。由於電算機和數值控制工作母機的普及，以前由於機構解析的困難而不能利用的機構也變得能夠使用了。

再者，由於加工，工作技術的進步以及新材料的發明，所以大多數的機構都達到實用化的目的了。

設計人員的一般傾向是採用以前使用的機構，而難於採用新的機構。深切理解豐富的設計資料後，才能將之直接應用於所需求的地方。

再者，利用各元件的組合，可產生具有無限優良機能的裝置。因此對於基本元件的認識程度和養成靈敏的看法是必要的。

此書是以在技術雜誌「生產技術雜誌」上所發表的機構爲主體而編成的。和一般的機構圖集不同。

依據一般的分類，本書的內容包含有機構（機械運動），控制及設計，亦即是關於機械元件和控制的東西，並介紹了古今的所有機構和最新的機構。用圖表示出實用的設計觀念，而且加以簡潔的說明，所以很容易理解。

本書的標題是「Mechanisms, Linkages and Mechanical Controls」。在此處，有螺桿，凸輪，齒輪等以及種種不同的機構。將此些機構組合起來而做成某種裝置時，構成此種裝置的各機構皆視成構成要素的機素（Machine element）。因而，將此種裝置多個組合起來時可產生很多不同的裝置。

連桿機構是由連桿，軸，軸承等構成的，但是當將之裝在當做速返機構的工作母機上時，它就變成此機械中的一構成要素。

本書提供了很多機構的實用例，並提供了同類書籍所不能得到的設計資料。

本書是學生，設計者，研究者以及和機械有關的人們所難得的書籍。

譯文和原文稍微有出入，但是在專門用語上敝人已盡了最大的努力了。若有疏漏之處，尚請各位先進不吝指教。

執筆者

第1章

1. D. Z. DVORAK, analytical engineer, Pratt & Whitney Co,
West Hartford, Conn
3. CYRIL DONALDSON Rochester Athenoem & Mechanics
Institute
4. D. Z. DVORAK, analytical engineer, Pratt & Whitney Co,
West Hartford, Conn

第2章

- 1 (2) SIGMUND RAPPAPORT Ford Instrument Company
2. W. M. HALLIDAY Southport, England
3. PREBEN W. JENSEN
- 4 (1) NICHOLAS P. CHIRONIS, Associate Editor
- 4 (2) DR W MEYER ZUR CAPELLEN, professor of kinetics,
Aachen Institute of Technology, Germany
5. PREBEN W. JENSEN
6. RUSSELL C BALL, Jr, president, Philadelphia Gear Corp,
King of Prussia, Pa

第3章

1. PREBEN W. JENSEN
7. JOHN E. HYLER Peoria, Ill
- 8 (1) SIGMUND RAPPAPORT kinematician Ford Instrument
Co, Div of Sperry Rand Co.
9. 同 上
10. FEDERICO STRASSER
- 11 (1)(2) PREBEN W. JENSEN Associate Professor, Univer-
sity of Bridgeport
12. FRANK WILLIAM WOOD JR

目 錄

執筆者

第 1 章 變速傳動裝置

1-1 機械式傳動裝置.....	2
1-1-1 圓錐傳動裝置.....	6
1-1-2 圓板傳動裝置.....	9
1-1-3 環圈傳動裝置.....	11
1-1-4 球面傳動裝置.....	13
1-1-5 多板傳動裝置.....	17
1-1-6 衝擊傳動裝置.....	19
1-1-7 其他傳動裝置.....	21
1-2 控制式差動傳動裝置.....	28
1-2-1 馬力增大之差動裝置.....	28
1-2-2 速度範圍增大的差動裝置.....	29
1-3 棘輪及慣性變速傳動裝置 (重、輕荷重之變速傳動用棘輪和慣性機構)	30
1-4 皮帶及鏈條傳動裝置.....	35
1-4-1 皮帶傳動裝置.....	35
1-4-2 滑輪的設計.....	37
1-4-3 鏈條傳動裝置.....	40
1-5 皮帶及齒輪變速裝置 (用按鈕很快地選擇正確速度)	41
1-6 扭矩檢出皮帶傳動裝置 (無齒輪而能更平滑傳動的裝置)	42

1-7 控制凸輪的變速裝置

(利用特殊凸輪來平滑地減速的裝置)	44
---------------------------	----

第2章 間歇，停留及往復運動機構

2-1 間歇運動機構，星形輪機構以及分度機構	48
2-1-1 間歇運動機構	48
2-1-2 間歇運動傳動裝置的應用	52
2-1-3 利用電氣性同期的間歇驅動	55
2-1-4 應用間歇運動機構的分度裝置	56
2-1-5 分度機構	58
2-1-6 5 種星形輪機構	59
2-1-7 3 種間歇傳動	60
2-1-8 分度以及間歇機構雜例	62
2-2 間歇回轉運動用摩擦傳動裝置	68
2-3 停留機構	71
2-3-1 長期停留機構	71
2-3-2 短期停留機構	78
2-4 3 度空間連桿機構	80
2-4-1 空間機構	80
2-4-2 8 種一般形的 3 度空間傳動裝置	84
2-5 回轉—往復運動機構	92
2-6 回轉—直進運動機構	99
2-6-1 用Seasaw凸輪運動將回轉變換成直進運動	99
2-6-2 球螺桿及其應用	102

第3章 行程擴大，直進運動以及平行連桿機構

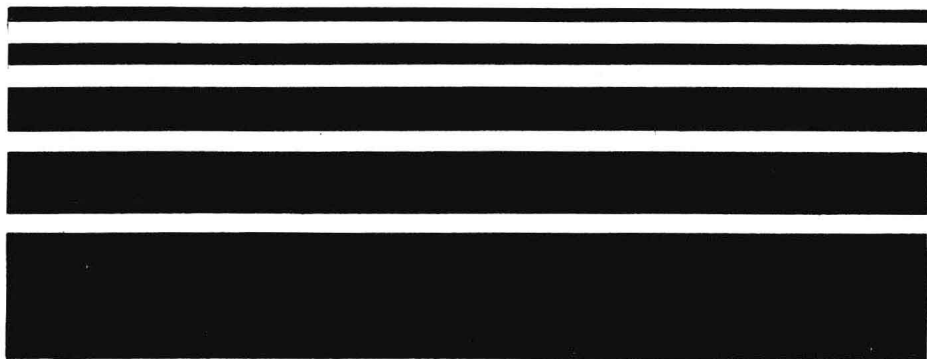
3-1 力及行程擴大機構	108
3-2 使用凸輪的行程擴大機構	111
3-3 活字鑄的傳動	114
3-4 改變星形機構之壓縮比的連桿機構	115
3-5 微小運動擴大機構	116

3-6 變換衝擊為機械運動的裝置	121
3-7 將直進行程增減速的連桿機構	125
3-8 直進運動連桿機構	129
3-8-1 做直進運動的 5 種連桿機構.....	129
3-8-2 為了形成直進機構的連桿比.....	132
3-8-3 直進運動連桿機構.....	135
3-9 5 種 Cardan 齒輪機構	138
3-10 直進運動方向的變化	140
3-11 平行連桿機構	145
3-11-1 平行連桿機構.....	145
3-11-2 行程擴大機構.....	146
3-11-3 保持桌台水平的連桿機構.....	149
3-11-4 在一定範圍內的回轉.....	150
3-11-5 利用可變連桿機構來調節文字的大小.....	151
3-12 推、拉連桿機構	152

第 1 章

變速傳動裝置

~~~~~



## 1 - 1 機械式傳動裝置

大部分的機械式變速裝置，其變速範圍都被限制，輸出速度不能是零或其接近值。可以是零者叫做無段變速裝置。

一般而言，回轉方向是固定的，但是如有必要時，必須能改變輸入軸的回轉方向。其所以如此是因為，驅動馬達直接連結於輸入軸，而且是不能將馬達從輸出調速單位上做機械式分離的分割裝置。

機械式傳動裝置，依其運動原理大致可分成九類。

- ①圓錐傳動裝置
- ②圓板傳動裝置
- ③環圈傳動裝置
- ④球面傳動裝置
- ⑤多板傳動裝置
- ⑥衝擊傳動裝置
- ⑦控制式差動傳動裝置
- ⑧皮帶傳動裝置
- ⑨鏈條傳動裝置

大多數的傳動裝置由製造者可知，但是有些是需要特別說明之。

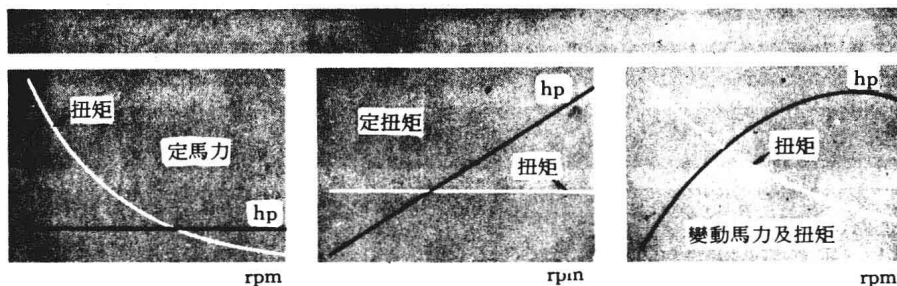
傳動裝置上必要的馬力由下述基礎式決定之。

$$hp = \frac{Tn}{63,000},$$

此處， $T$ ：扭矩 ( in-lb )

$n$ ：速度 ( rpm )

傳動裝置必須要有必要的扭矩。下圖表示變速傳動裝置之馬力—扭矩特性的 3 個基本形。



變速裝置之馬力—扭矩特性

### (1)使用定馬力

當速度增加時，扭矩依雙曲線狀減少。要求此種特性的是工作機械，特別是其主軸驅動。此時的臨界條件是，當機械零件的扭矩和應力最大時的速度最小。

### (2)使用定扭矩

要求的馬力和速度成比例地增加。例如，大部分的輸送機，往復壓縮機，印刷機以及工作機械的進給，或是有摩擦負荷時。傳動裝置上對於最大速度應選擇其所要求的力量。

### (3)使用變動馬力和速度

此是一般之推進器和螺旋幫浦所要求者。低速度時的馬力常常要比必要值為大。

在此，只對無段變速傳動裝置敘述之。大多數的傳動裝置是中度的容量，但是有的是限制在5馬力或在其之下者，除了衝擊傳動裝置外，所有裝置都超過1馬力。

除了PIV傳動裝置以外的所有裝置都是用摩擦原理來達成的。因此，可預想到，和扭矩的同時，滑動也有某種程度的增加。

滑動者可當作防止因過負荷而造成損傷的裝置。但是，滑動太大時，會減低正規的速度，效率以及裝置的壽命，所以不期望其過大。

除皮帶裝置以外的所有裝置皆可用於油浴或油霧中。

在下頁，表示商品化的代表性的變速裝置一覽表

## 變速傳動裝置商品

此表只包含由 1 至 100bp 範圍的傳動裝置

| 傳動裝置的形狀 | 製造業者                                                           | 商標           | 圖號 | 基本要素                        |
|---------|----------------------------------------------------------------|--------------|----|-----------------------------|
| 圓錐傳動裝置  | Graham Transmissions Inc. Menomonee Falls, Wis.                | Graham       | 3  | 錐形滾子<br>固定環圈<br>遊星齒輪<br>遊星臂 |
|         | シンボ工業 (株) (日本)                                                 | リングコーンRC     | 4  | 錐形滾子<br>預負荷環圈               |
|         |                                                                | リングコーンSC     | 5  | 遊星圓錐<br>軌道環圈                |
| 圓板傳動裝置  | Sentinel (Shrewsbury) Ltd Shrewsbury, England                  | F. U         | 7  | 圓板<br>傘狀滾子                  |
|         | Block and Vaupel Wuppertal, Germany                            | —            | 8  | 遊星摩擦圓板                      |
| 環圈傳動裝置  | Master Electric<br>Div of Reliance Electric Dayton 1, Ohio     | Speed ranger | 9  | 鋼製環圈<br>可變節圓滑輪              |
|         | H Stroeter Dusseldorf, Germany                                 | —            | 10 | 特殊形環圈<br>對偶滑車, 車輪           |
|         | Excelermatic Inc Rochester, N. Y.                              | —            | 11 | 環圈<br>傘狀圓板                  |
| 球面傳動裝置  | New Departure<br>Div of General Motors Bristol, Conn           | Transitorq   | 13 | 球面圓板<br>傾斜滾子                |
|         | Perbury Engineering Ltd England                                | —            | 14 | 雙重球面圓板<br>傾斜滾子              |
|         | Cleveland Worm & Gear<br>Div of Eaton Mfg Co. Cleveland        | Cleveland    | 15 | 球面傘狀圓板<br>環首球               |
|         | Excelecon Corp                                                 | Excelecon    | 16 | 輸入凹面圓板<br>傘狀滾子              |
|         | Friedr. Cavallo Berlin-Neukoelln Germany                       | Cavallo      | 17 | 軸向遊動球<br>圓錐板                |
| 多板傳動裝置  | Ligurtecnica Genoa, Italy                                      | —            | 18 | 多板<br>球                     |
|         | Reeves Pulley Div of Reliance Electric Co<br>Columbus, Ind     | Beier        | 19 | 輸入推拉圓板<br>輸出凸緣圓板            |
| 齒輪傳動裝置  | Morse Chain Co Ithaca, NY                                      | Morse        | 21 | 齒輪—連桿系<br>單向離合器             |
|         | Zero Max Co Minneapolis 8, Minn                                | Zero-Max     | 22 | 連桿系<br>單向離合器                |
| 差動傳動裝置  | Link-Belt Co                                                   | —            |    | 差動齒輪變速機                     |
|         | Stratos Div of Fairchild Engine & Airplane Corp<br>Babylon, NY | —            |    | 差動齒輪變速機                     |
|         | Lombard Governor Corp Ashland, Mass                            | —            |    | 差動齒輪變速機                     |

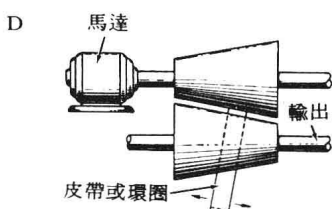
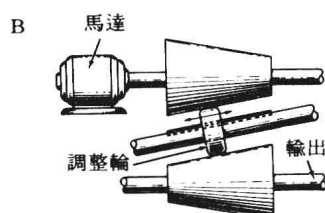
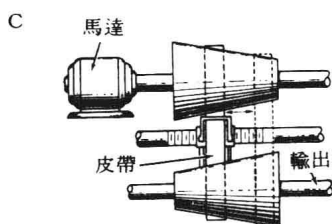
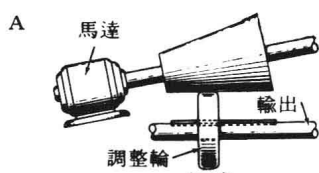
最大馬力圖是表示標準單位的最大馬力

| 最大馬力   | 最大速度變化                                                    | 馬力—扭矩特性             | 顯著效率              | 摘要                                  |
|--------|-----------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------------------|
| 5 hp   | 非可逆形：由輸入回轉數的 $\frac{1}{4}$ 到0<br>可逆形：於雙向輸入的 $\frac{1}{4}$ | 參照圖3<br>在高速時能利用的大扭矩 | 在最大負荷<br>85%<br>高 | 適用於低速以及速度零時                         |
| 10 hp  | 4 : 1                                                     | 定馬力                 | 高                 | 類似於環面傳動裝置，對於10馬力裝置的最大輸出速度是2400rpm   |
| 20 hp  | 自 4 : 1 至 24 : 1                                          | 定扭矩和定馬力的組合體         | 85%               | 代替遊星齒輪而使用於可動軌道環首之遊星齒輪系上             |
| 20 hp  | 6 : 1<br>(16 : 1)                                         | 定馬力                 | 90%               |                                     |
| ——     | ——                                                        | ——                  | ——                | 摩擦輪當作遊星作用，軌道可調整                     |
| 3 hp   | 8 : 1<br>(16 : 1)                                         | 定扭矩                 | 90%               | 輸出速度可由2到4100rpm                     |
| ——     | 10 : 1                                                    | 定扭矩                 | ——                | 除採用特別形狀的環面外，原理上是和上述的Speed Ranger 相似 |
| 5 hp   | 12 : 1                                                    | ——                  | 96%               |                                     |
| 20 hp  | 6 : 1<br>(10 : 1)                                         | 定馬力或定扭矩             | ——                |                                     |
| ——     | ——                                                        | ——                  | ——                |                                     |
| 15 hp  | 9 : 1                                                     | 在低速範圍，可利用定馬力或定扭矩    | 90% 止             | 低速時具有高扭矩                            |
| 15 hp  | 9 : 1                                                     | 定馬力                 | 90%               | 低速時具有高扭矩                            |
| ——     | ——                                                        | ——                  | ——                | 簡單且堅固                               |
| 33 hp  | 5 : 1                                                     | ——                  | 95% 止             | 利用多板可得大馬力                           |
| 60 hp  | 4 : 1                                                     | 定扭矩和定馬力的組合。參照圖32    | 85%               |                                     |
| 1.5 hp | 由 $4\frac{1}{2}$ : 1 到 120 : 1<br>(最大180rpm)              | 定扭矩<br>175 ft-lb    | 95% 以上            | 輸出的任何脈動運動在進給器和混合機較有利                |
| 3/4 hp | 由輸入回轉數的0到 $\frac{1}{4}$<br>(最大2000rpm)                    | 定扭矩                 | ——                |                                     |
| 25 hp  | 依其裝置，可得大的扭矩一回轉數特性的變化                                      |                     | 變動                | 高精度控制用                              |
| 75 hp  |                                                           |                     |                   |                                     |
| 15 hp  |                                                           |                     |                   |                                     |

## 1 - 1 - 1 圓錐傳動裝置

此種集團的簡單形狀是和車輪或皮帶併用的圓錐，或是有錐形滾子的東西。此些是由階段滑輪發展出來的。在某些速度範圍裡可以做更複雜的設計。但是一般而言，爲了減少滑動，必須用彈簧來承受負荷。

### 1 調整圓錐傳動

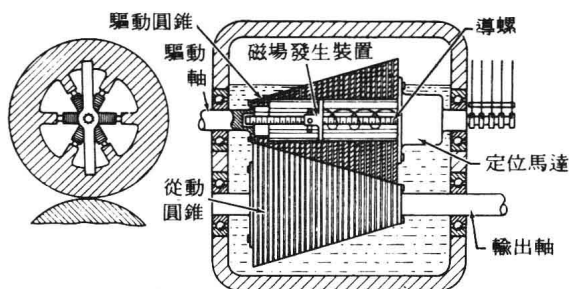


①調整圓錐傳動（圖 1 A）＝此大概是最古老的摩擦變速裝置，一般上皆是先預訂而製造的。從用馬達驅動的圓錐輪傳出的力經摩擦輪而傳到輸出軸，但是爲了回復輸出速度，此摩擦輪可以沿著圓錐側面而移動。速度是依照在接觸點的徑比而變化的。

②2 圓錐傳動（圖 1 B）＝調整輪是力的傳達要素，但是在此種裝置上，於輸入輸出軸上有彈簧負荷，所以其預荷重是很困難的。但是，第 2 圓錐的減速範圍變成 2 倍。

③圓錐—皮帶傳動（圖 1 C，D）＝在 C 圖上，皮帶掛在 2 個圓錐上，在 D 圖上，長無端皮帶通過兩圓錐之間。要成爲無段變速，可以沿著圓錐移動皮帶。爲了傳達力量，皮帶的橫斷面必須是很大，但是爲了避免在此面上的大速度差，皮帶幅必須在其最小限。

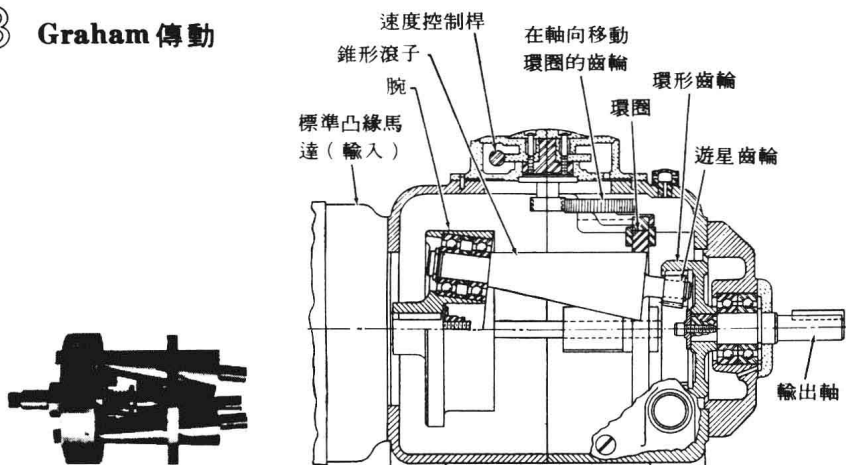
## 2 繼電圓錐



④繼電圓錐 (圖 2) = 此裝置可用常磁性體的薄板層做成。再者，此薄板可用集中誘導磁界之效果的半誘電材料來分離之。在驅動圓錐中有磁場發生裝置。再者，磁場發生裝置用的定位馬達是裝在圓錐輪上。

在驅動圓錐之部分產生的磁場在薄板上產生磁性效果，而使對面的薄板和此薄板和驅動軸相連結而回轉。依其磁場發生裝置的定位，用在預定位置上的圓錐徑比來決定速比。

## 3 Graham 傳動

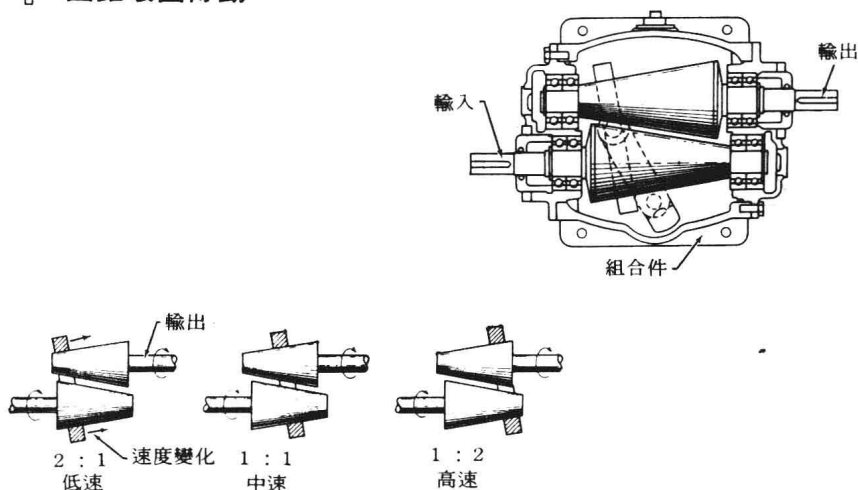


⑤Graham 傳動 (圖 3) = 此是用遊星齒輪和 3 個錐形滾子 (在圖只表示出 1 個) 做成的。用凸輪和齒輪在軸向將環圈定位之。用驅動軸的臂桿轉動錐形滾子，但是滾子只傾斜和錐拔相同的角度

，外緣和組合的中心線相平行。滾子和環圈之間的伸張壓力是由於滾子之離心力或彈簧負荷而產生的。在每個滾子的一端，小齒輪和環形齒輪相嚙合。環形齒輪是遊星齒輪系的一部分，而和輸出軸相連接。速度比是由固定環圈的直徑和在接觸點上滾子之有效徑的比率來決定的。再者，也可由環圈之軸方向位置來決定之。由於是差動形的緣故，輸出速度在最大時大約是輸入速度的 $\frac{1}{4}$ 。驅動馬達的角速度和在各滾子共同中心線回轉的滾子中心角速度相等時（此是固定在不回轉之摩擦環圈的軸向位置時），輸出速度是0。

3 馬力以下的裝置其效率可達85%。

## 4 圓錐環圈傳動



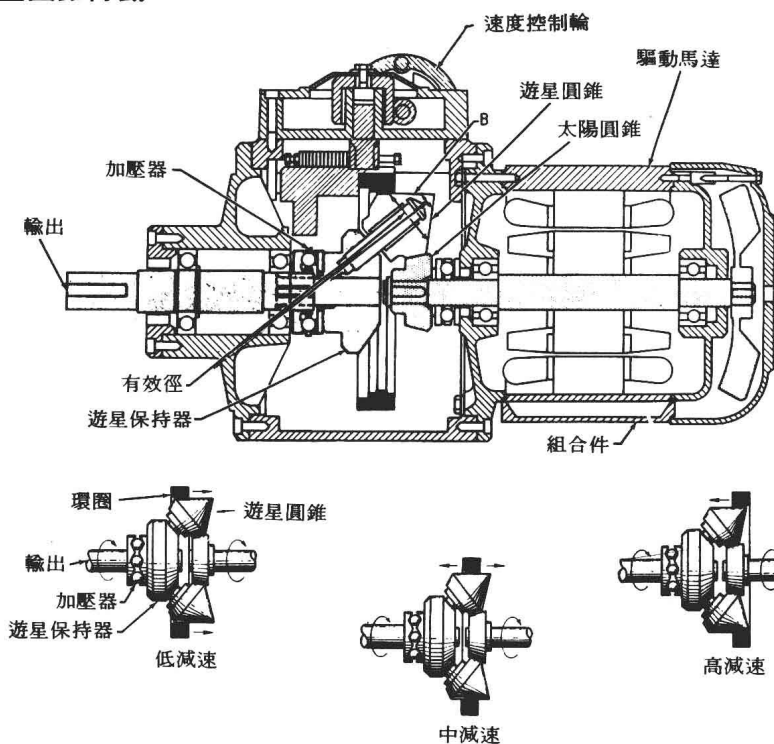
⑥圓錐環圈傳動裝置（圖4）＝在此裝置上，在2個圓錐上裝有預荷重的環圈。若在軸向移動環圈，可使速度發生變化。此原理和圓錐一皮帶裝置（圖1C）相似，但是在此裝置上，環圈和圓錐之間的接觸壓力在當荷重增大時，會增大到直到發生滑動時。

⑦遊星圓錐傳動（圖5）＝基本上此是遊星齒輪系，使用在齒輪周圍的圓錐體。

遊星圓錐在用馬達驅動的太陽圓錐上回轉。遊星圓錐裝在外側不回轉之環圈和遊星保持器之間。在軸方向調節環圈時，可改變圓錐的自轉角速度，而改變了遊星保持器和輸出軸的速度。

因此，此機構和Graham 傳動裝置（圖3）相似。圖示裝置的速度調節範圍是由4：1到24：1。

## 5 遊星圓錐傳動



### 1 - 1 - 2 圓板傳動裝置

## 6 調整圓板傳動

