

機械零件

下 冊

華申吉 張直明 等編譯
沈三多 莊禮庭 校 閱

大東書局出版

目 錄

第三編 傳動	169
§ 47. 概論	169
摩擦傳動	170
摩擦輪傳動	170
§ 48. 圓柱形摩擦輪傳動	170
§ 49. 摩擦輪傳動的其他形式	177
§ 50. 例題	180
皮帶傳動	184
§ 51. 概論	184
§ 52. 皮帶傳動的各種形式	185
§ 53. 皮帶在帶輪上的滑動	187
§ 54. 傳動皮帶的種類	190
§ 55. 皮帶各股中的力	192
§ 56. 皮帶中的工作應力	193
§ 57. 傳動的計算	193
§ 58. 按滑動曲線的傳動計算	197
§ 59. 具有拉力輪的傳動	201
§ 60. 帶輪	203
§ 61. 三角皮帶傳動	208
§ 62. 例題	212
啮接傳動	221
齒輪傳動	221
§ 63. 一般的概念	221
§ 64. 齒輪的要素	223
§ 65. 齒廓形構成的定律	224
§ 66. 共軛側形的構成	226
§ 67. 漸伸線啮接	227

§ 68. 啮接線和啮接弧	231
§ 69. 啮接線傾斜角的選擇	234
§ 70. 齒頂相對路線的曲線	235
§ 71. 傳動數	236
§ 72. 輪齒的彎曲計算	238
§ 73. 輪齒的加工法	243
§ 74. 斜齒輪和人字齒輪傳動	244
§ 75. 圓錐齒輪	249
§ 76. 根據接觸強度驗算輪齒工作面	253
§ 77. 齒輪的構造	256
§ 78. 例題	257
蝸輪傳動	269
§ 79. 蝸輪傳動的特性和計算	269
§ 80. 傳動中力的關係和驗算蝸桿的強度	274
§ 81. 高速度蝸輪傳動和發熱的驗算	277
§ 82. 例題	279
鏈傳動	285
§ 83. 一般概念, 鏈和鏈輪的結構	285
§ 84. 工作條件和傳動的計算	290
§ 85. 例題	293
第四編 起重機械	297
§ 86. 起重運輸機器的一般概念	297
§ 87. 簡單起重機	298
§ 88. 起重機械的一般概念	304
§ 89. 鍊條和鏈子	304
§ 90. 滑輪和鼓輪	310
§ 91. 鉤子	316
§ 92. 手柄和曳引輪	320
§ 93. 棘輪機構和摩擦停車器	321
§ 94. 剎車	325
§ 95. 絞車	333
§ 96. 千斤頂	336
§ 97. 吊車的概念	338

第三編

傳 動

§ 47. 概論

用來把動力從它的來源傳遞到需要處的設備，叫做傳動。現代動力設備中，最通行的動力傳遞方式是把旋轉運動從一根軸傳給另一根軸，傳送動力的軸叫做主動軸，接受動力的軸叫做從動軸。

動力從主動軸傳到從動軸時，由於有害阻力（運動機件間的摩擦，工作機件的變形等等）而遭受損失，如果用 N_1 表示主動軸上的動力， N_2 表示從動軸上的動力，則 $N_1 > N_2$ 而

$$\frac{N_2}{N_1} = \eta$$

上式中 η 是傳動的機械效率，他的變動範圍很大，約為 0.25 到 0.98。

主動軸和從動軸的角速度多半是不相等的。

設 n_1 和 ω_1 是主動軸的每分鐘轉數和角速度， n_2 和 ω_2 是從動軸的每分鐘轉數和角速度，主動軸角速度 ω_1 (n_1) 對從動軸角速度 ω_2 (n_2) 的比叫做傳動數：

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

任何兩軸間角速度的比，不論動力傳遞的方向如何，都叫做傳動比。這樣，

$$i_{1-2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad i_{2-1} = \frac{\omega_2}{\omega_1} = \frac{n_2}{n_1}$$

又，用 M_1 和 M_2 依次表示主動軸和從動軸的轉矩，得到

$$M_1 = 71,620 \frac{N_1}{n_1} \quad \text{和} \quad M_2 = 71,620 \frac{N_2}{n_2}$$

一
九
五
三
年
十
一
月
十
七
日

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{N_2 n_1}{n_2 N_1} = \eta \cdot i$$

從上式

$$= \frac{M_2}{M_1 \eta}$$

於是，傳動數為

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{M_2}{M_1 \eta}$$

現代的傳動中，轉軸幾何軸線在空間配置的情況有下面幾種：

- (a) 軸線互相平行；
- (b) 軸線相交(多半成 90° 角)；
- (c) 軸線交錯。

依據傳動件的作用方式，傳動可分為：

- (a) 摩擦傳動(摩擦輪、皮帶)；
- (b) 嚙合傳動(齒輪、蝸輪、鏈)。

摩 擦 傳 動

摩 擦 輪 傳 動

§ 48. 圓柱形摩擦輪傳動

這種傳動用於軸線平行的轉軸。

圖 180 表示這種傳動的結構。在主動軸 A 和從動軸 B 上用鍵裝了兩個圓盤(滾輪)。軸 A 的軸承是固定的，而軸 B 的軸承做得使軸可以在傳動的中心線方向移動。理論上輪和輪沿一根線(公共的母線)接觸，實際上卻在一狹面上接觸。如果使主動軸 A 轉動，主動圓盤也就一起轉動；但是從動圓盤不會轉，因為要使它轉必須克服軸 B 上的有效阻力(轉矩 M_2)、以及軸承中的摩擦阻力，即必須加轉矩 $\frac{M_2}{\eta}$ 到從動圓盤上。

把不斷增長的力 Q 沿中心線 BA 的方向壓在可動的軸承上，圓盤間因此發生等於 Q 的壓力，而當和主動圓盤有相對運動時，盤間就發生不斷增長的摩擦力 $F=Qf$ ，其方向為沿兩個圓盤的公共切線，這摩擦力就是從動圓盤上的圓周力。

顯然，從動圓盤和轉軸 B 的轉動條件是

$$m(F) \geq \frac{M_2}{\eta}$$

即，摩擦力矩必須等於從動軸 B 上阻力的力矩或者比它大些。

為了確定從動軸作等速轉動所必需的壓力 Q ，要研究從動圓盤的平衡。

圖 181 單獨表示圓盤，並加上了各作用在圓盤上的力。

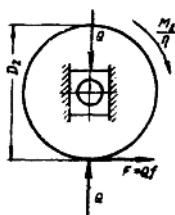


圖 181

取對於旋轉線的力矩和，得

$$Qf \frac{D_2}{2} - \frac{M_2}{\eta} = 0$$

從上式

$$Q = \frac{2 M_2}{f D_2 \eta} \quad (72)$$

這個公式表示壓力的最小值 Q_{min} ；為了保證工作時沒有滑動，引入一個修正係數，而取 Q 為

$$Q = \beta Q_{min}$$

上式中 β 是儲備係數，在動力傳輸中取

$$\beta = 1.2 \sim 1.8$$

如果假定沒有滑動，則主動和從動圓盤的周速度 v_1 和 v_2 相等，即 $v_1 = v_2$ 。但是

$$v_1 = \omega_1 \frac{D_1}{2} = \frac{\pi n_1}{30} \cdot \frac{D_1}{2} \quad v_2 = \omega_2 \frac{D_2}{2} = \frac{\pi n_2}{30} \cdot \frac{D_2}{2}$$

所以

$$\frac{\pi n_1}{30} \cdot \frac{D_1}{2} = \frac{\pi n_2}{30} \cdot \frac{D_2}{2}$$

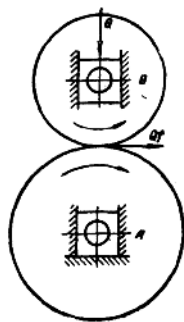


圖 180

得

$$n_1 D_1 = n_2 D_2$$

從上式

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad (73)$$

從公式(72)的右邊可以看到，爲了減少壓力 Q 必須增加 D_2 或 f 或者同時增加 D_2 和 f 。

至於圓盤的直徑，爲避免傳動的笨重起見，不應爲了減少 Q 而把它過分增大，通常取

$$D_{max} = (6 \sim 10)d$$

上式中 d 是轉軸的直徑。

爲了增加摩擦係數 f ，採用各種摩擦材料作爲圓盤的工作面：壓成紙板、皮革、木料、層壓織物、層壓纖維、橡皮、費羅陀。在使用這些材料做一對圓盤中一個的輪緣時，第二個通常用鋼或鑄鐵做成。

現代在油浴中工作的高速度傳動中，輪的材料是鋼（往往是合金鋼）或層壓織物，較少用鑄鐵。

表 25 舉示摩擦係數 f 的平均值。

表 25 摩擦係數 f 的值

材 料	f
鋼對鋼或鑄鐵，鑄鐵對於鋼，(乾的)	0.15—0.20
鋼對層壓織物或層壓纖維，(乾的)	0.20—0.25
鋼對皮革，(乾的)	0.20—0.35
鋼對費羅陀，(乾的)	0.30—0.35
鋼對橡皮，(乾的)	0.35—0.40
鋼對木料，(乾的)	0.35—0.50

輪緣的寬度 b 可從習用的計算法按輪寬1公分的許用載荷值來確定。各種材料做成的滾輪的許用線載荷 q_{don} 可取下列平均值：

鑄鐵 100—135 公斤/公分

皮革 15—25 公斤/公分

木料..... 2.5~ 5 公斤/公分

層壓織物..... 20~ 30 公斤/公分

所以假定載荷沿輪的接觸線均勻分佈時，可以按下圖公式確定輪緣的寬度

$$b > \frac{Q}{q_{\text{con}}} \quad (74)$$

同時它的極限值為 $b \leq D_{\min}$ 。由於在很大的周速度下工作面的磨損很大，故對於沒有潤滑的傳動，容許的周速度限制為 $v \geq 7$ 公尺/秒。

實際上，傳動的效率可取為 $\eta \approx 0.75 \sim 0.8$ ①。

現在更常用另一種比較現代的以所謂接觸應力和變形理論為基礎的方法，來代替根據許用線載荷確定滾輪寬度的習用方法。

經過許多蘇聯科學家，如金尼克(Н.А.Динник)-別遼耶夫(Н.М.Беляев)等的研究，這種理論已經可以用來計算機器的構件。

下面簡略地討論這個問題和在圓柱形摩擦輪計算上的應用。

有些零件(例如滾珠和滾珠軸承的座圈、輪和軌道等等)，當未被載荷壓緊時，按照形狀的不同，互相在點上或線上接觸。在零件被沿着接觸面公法線的載荷壓緊後，點或線的接觸就變成了很小的面的接觸。在兩個平行圓柱和接觸的特殊場合中，接觸面的形狀是矩形的。

在接觸區域附近的零件材料中發生的應力，叫做接觸應力。這種應力是具有局部性的，它在接觸區域以外迅速地減弱。從一個零件經過接觸面傳給另一零件的壓力，不均勻地分佈在接觸面上。在平行圓柱形相接觸的場合，最大的壓力發生在接觸面中線的各點上，並可按以下的公式確定：

$$p_0 = 0.418 \sqrt{\frac{qE}{\rho}}$$

上式中， $q = \frac{Q}{b}$ 公斤/公分—接觸面單位長度上的載荷；

$E = \frac{2E_1E_2}{E_1+E_2}$ 公斤/平方公分—輪材料的彈性常數，與輪的彈性模數 E_1 和 E_2 有關；

$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 1/公分—所謂兩個圓柱的相當曲率。

① 現在在充分潤滑下工作的特殊類型傳動中，效率可達 $\eta = 0.97$ 。

這些點上的最大壓縮應力等於壓力 P_0 ，所以輪上工作面的強度計算（接觸強度計算）可以直接按 p_0 進行，即強度條件為 $p_0 \leq [p_0]$ ， $[p_0]$ 表示最大接觸壓力的許用值，對於硬化的鋼輪可以取 $[p_0] \leq 8,000$ 公斤/平方公分，對於鑄鐵輪 $[p_0] \leq 1.5\sigma_{su}$ 。

接觸強度的計算，只適用於鋼、鑄鐵或者層壓織物製成的輪。在其餘的場合不得不採取習用的方法，這是因為用以製作輪工作面的其他材料，在變形時不符合虎

克定律，所以確定 p_0 的公式對於這些材料是不準確的。

圖 182 表示具有圓柱形摩擦輪傳動的較車結構的例子。鼓輪用圓柱形的摩擦輪來帶動。在有偏心軸頭的軸端裝有手柄；轉動手柄時可以使直徑較大的輪壓到直徑較小的輪上。

用斜鍵把摩擦輪裝在軸上，隨後再鑲削輪緣。正常工作中的摩擦傳動需要較大的壓力 Q ，所以平常的摩擦傳動只能用來傳遞不大的動力，通常

只到 5~7 馬力。但也有製造用硬化鋼輪在油中工作的特種傳動來傳遞相當大的動力（大至 300 馬力）。

這種傳動的基本缺點是所需的鉅大壓力使：

- (a) 壓力裝置結構複雜化；
- (b) 軸和軸頭的直徑增大；
- (c) 軸頭的摩擦功增大，因而使傳動的效率減低。

爲了要減低輪間壓力，可用楔形摩擦輪傳動的結構。圖 183 表示這種傳動，在主動軸 A 和從動軸 B 上用鍵裝兩個有楔形輪緣的圓盤，並且主動圓盤的楔

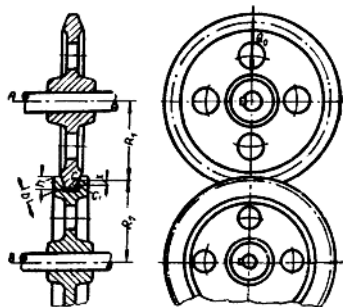


圖 183

形輪緣嵌入從動圓盤的楔形槽內。當主動輪的圓盤以 Q 力壓在從動輪的圓盤上時（或者相反），在槽的工作面上發生了摩擦力，這摩擦力對於從動圓盤是圓周力，它克服了從動軸上阻力的力矩 $\frac{M_2}{\eta}$ ，使從動圓盤轉動。

爲了確定壓力 Q_0 ，必須研究主動圓盤的平衡（圖 184）；壓力 Q_0 引起反力 N 、 N ，而 N 、 N 引起摩擦力 Nf 、 Nf ，這些摩擦力作用在圓的平面中並在 Q_0 力的方向上阻礙圓盤的移動。

把一切力投影在垂直線上，得

$$Q_0 - 2N \sin \alpha - 2Nf \cos \alpha = 0$$

從上式

$$Q_0 = 2N(\sin \alpha + f \cos \alpha)$$

主動圓盤轉動時，在盤間引起摩擦力 $2Nf$ 就是從動圓盤的圓周力，（這些力的作用線和圓面垂直，所以圖中沒有表示出）。顯然，傳動只在下面的條件下才能工作：

$$m(2Nf) > \frac{M_2}{\eta}$$

或

$$2NfR_2 \geq \frac{M_2}{\eta}$$

從上式

$$2N = \frac{M_2}{\eta f R_2} = \frac{2M_2}{\eta f D_2}$$

所以

$$Q_0 = \frac{2M_2(\sin \alpha + f \cos \alpha)}{\eta f D_2} \quad (75)$$

從公式(75)可見， α 角愈小， Q_0 也愈小；但爲了避免輪被楔住，通常取 $\alpha \approx 15^\circ$ 。如果取摩擦係數爲 $f = 0.15$ ，則

$$\sin \alpha + f \cos \alpha = \sin 15^\circ + 0.15 \cos 15^\circ \approx 0.4$$

把圓柱形傳動中的壓力〔公式(72)〕和楔形傳動中的壓力比較時，發現 $Q_0 \approx 0.4Q$ ，即在其他因素相同時， Q 是 Q_0 的 $2\frac{1}{2}$ 倍。當然，爲了可靠起見，所求得的必需的壓力 Q_0 還應該增大 β 倍。

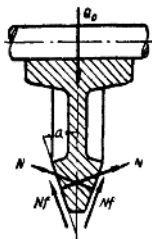


圖 184

可能有人會以為楔形傳動的效率高於平面圓柱形的效率；但實際上並不如此，楔形傳動的效率仍舊和平面圓柱形的大致相同。這是因為在楔形傳動中，除了軸頸的摩擦以外，又因槽工作面上各點間的相互滑動而產生了另一種摩擦損失。設（圖 185）兩個輪緣上 C 點的速度相同。如果 ω_1 和 ω_2 是旋轉角速度，則 $v_1 = v_2 = R_1 \omega_1 = R_2 \omega_2$ 。

取距離 C 點 x 的任何點 C_1 ；在這點上，顯然

$$v_1' = (R_1 + x) \omega_1 \quad v_2' = (R_2 - x) \omega_2$$

取兩者之差為 $v_1' - v_2' = \Delta v$ 得

$$\Delta v = R_1 \omega_1 + x \omega_1 - R_2 \omega_2 + x \omega_2$$

$$\Delta v = x(\omega_1 + \omega_2)$$

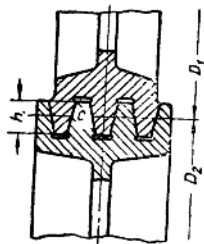


圖 185

即在 x 為任何不等於零的值得時，兩速度間必有一定的差別，這就是說：在兩方輪緣的接觸線上只可能有一個無相對滑動的公共點，這點確定了兩個作純滾動的圓（也確定了輪的計算半徑），在所有其餘的點上不但發生滾動，也發生滑動，這滑動造成了摩擦損失。

輪緣上的摩擦除了降低效率以外，也使輪緣發熱和造成不均勻的磨損。兩方輪緣上接觸母線 b 的長度或槽的高度 h （圖 185）愈大，則磨損愈大；所以不使高度 h 大於 10-12 公厘；而常用多槽的摩擦輪。然而，因為槽不易精確加工，所以如果要使所有的槽能或多或少平均地傳遞動力，也不宜採用多於 5 個槽的摩擦輪。

輪緣凸出部份的平均厚度和凹槽的平均寬度通常是一樣的（圖 185）。

楔形摩擦輪傳動用來傳遞大到 $N = 1.5$ 馬力的動力，同時圓周速度可以高到 $v_{\max} = 2 \sim 3.5$ 公尺/秒。大輪的直徑取為 $D \approx (6 \sim 7)d$ ，其中 d 是軸的直徑。

傳動的基本尺寸按下列程序確定：

(a) 確定低速軸的直徑，根據它確定大圓盤直徑 $D_{\max}$ ，然後根據已知的傳動數確定第二個圓盤的直徑；

(b) 驗算圓周速度；

(c) 確定壓力 $Q_1 = \beta Q_0$ ；

(d) 用下法確定槽數 z ：如果 h 是槽的高度，則母線 b 的長度（圖 185）為

$$b = \frac{h}{\cos \alpha}$$

容許 1 公分長的母線上受力 $q_{\text{容}}$ 時 (第 172 頁), 得一個槽的許用力為 (在兩方母線上)

$$N_1 = q_{\text{容}} \frac{2h}{\cos \alpha}$$

壓力 $Q_1 = \beta Q_0$ 引起反力 $2N$

$$2N = \frac{Q_1}{\sin \alpha + f \cos \alpha}$$

需要的槽數 z 為 ①

$$z = \frac{2N}{N_1} = \frac{Q_1 \cos \alpha}{(\sin \alpha + f \cos \alpha) q_{\text{容}} \cdot 2h} = \frac{Q_1}{(\tan \alpha + f) q_{\text{容}} \cdot 2h} \quad (76)$$

§ 49. 摩擦輪傳動的其他形式

1. 摩擦輪傳動不僅適用於轉軸幾何軸線平行配置的場合, 也適用於軸線相交的場合。適用於軸線相交場合的叫做圓錐形傳動。

在主動和從動軸上裝有兩個在公共母線上接觸的截頭圓錐形輪 (圖 186)。

當圓盤中的一個受軸向壓力時, 直線 AB 上發生摩擦力, 這摩擦力就帶動從動輪和從動軸。爲了使傳動能正確地工作, 必須要求兩輪在 AB 線上的各點都有同樣的速度, 即必須沒有相對滑動。

如何才能沒有相對滑動, 將在下面說明。設 (圖 186) 在 A 和 B 兩點上兩輪的圓周速度相同, 可是

$$v_A = \omega_1 r_1 = \omega_2 r_2 \quad v_B = \omega_1 R_1 = \omega_2 R_2$$

用第二式除第一式, 得

$$\frac{r_1}{R_1} = \frac{r_2}{R_2} \quad (a)$$

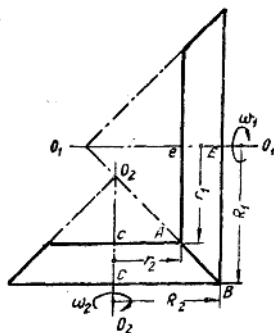


圖 186

① 有時使計算簡化一點, 把作用在輪面上的摩擦力略去不計, 則

$$2N = \frac{Q_1}{\sin \alpha}, \quad N_1 = \frac{q_{\text{容}} 2h}{\cos \alpha}$$

$$z = \frac{2N}{N_1} = \frac{Q_1 \cos \alpha}{2h \cdot q_{\text{容}} \cdot \sin \alpha} = \frac{Q_1}{2h \cdot q_{\text{容}} \cdot \tan \alpha}$$

從相似三角形 $O_1 e A$ 和 $O_1 E B$ 得

$$\frac{\tau_1}{R_1} = \frac{O_1 A}{O_1 B}$$

同樣從相似三角形 $O_2 A c$ 和 $O_2 B C$ 得

$$\frac{\tau_2}{R_2} = \frac{O_2 A}{O_2 B}$$

從以上兩式，並考慮到式(a)時，得

$$\frac{O_1 A}{O_1 B} = \frac{O_2 A}{O_2 B}$$

從這個比例式得

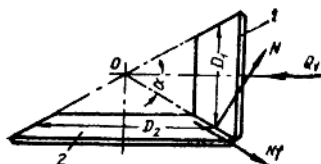


圖 187

$$\frac{O_1 B - O_1 A}{O_1 B} = \frac{O_2 B - O_2 A}{O_2 B}$$

因此

$$\frac{AB}{O_1 B} = \frac{AB}{O_2 B}$$

從上式可知 $O_1 B = O_2 B$ ，即兩圓錐的頂點

必須重合。

於是，要使傳動能正確地工作，必須使兩個圓錐的公共頂點位置在轉軸幾何軸線的交點上（圖 187）。

從輪 1 的平衡可確定必需的壓力 Q_1 ，作用在輪 1 上的力有：

- (a) 沿轉軸軸線的壓力 Q_1 ；
- (b) 從圓盤 2 來的反力 N ，方向和公共母線垂直；
- (c) 沿公共母線作用的摩擦力 Nf 。

把所有的力投影在水平線上時，得

$$Q_1 = N \sin \alpha + f \cos \alpha = N (\sin \alpha + f \cos \alpha)$$

除了在圖中的摩擦力以外，輪轉動時又發生同圖面垂直的摩擦力 Nf ，這個摩擦力保證了力矩的傳遞。如果 M_2 是從動軸上的轉矩， $\frac{M_2}{\eta}$ 是對於從動軸轉動的阻力矩（計入有害的阻力），則可見，為了使轉動可能工作起見，摩擦力矩必須

$$Nf \frac{D_2}{2} \geq \frac{M_2}{\eta}$$

成

$$\frac{Q_1}{\sin \alpha + f \cos \alpha} \cdot f \frac{D_2}{2} > \frac{M_2}{\eta}$$

從上式

$$Q_1 = \frac{2M_2(\sin \alpha + f \cos \alpha)}{f D_2 \eta} \quad (77)$$

應該注意角度 α 同傳動數 i 的關係。

從圖 187 可知

$$\tan \alpha = \frac{D_1}{2} : \frac{D_2}{2} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{i} \quad (78)$$

圖 188 提示圓錐形傳動結構的概念。小

輪的輪緣用皮革或層壓織物製成。圓柱形螺旋彈簧用來供給輪間的壓力。這傳動的計算和上述的完全相同。

2. 如果要使從動軸的轉向可以改變而主動軸轉向不變，則可用如下的方法（圖 189）。主動軸 O_1 以不變的方向轉動；在從動軸 O_2 上裝牢着兩個圓盤，盤間的距離略大於主動圓盤的直徑 D_1 。從動軸能沿軸向移動。從左面加壓力 Q 而使左邊的從動圓盤和主動圓盤接觸，則從動圓盤將在一定的方向上轉動。從右面

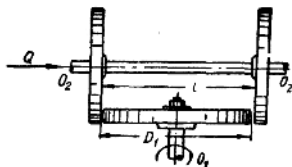


圖 189

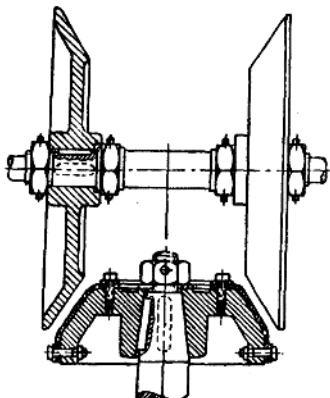


圖 190

加壓力 Q 並移動從動軸，從動圓盤和從動軸就將依相反方向轉動。

圖 190 表示用於螺旋壓床中的具有圓錐形輪的類似傳動結構，從動輪的工作面有用皮革、費羅陀或橡膠化織品製成的襯料。

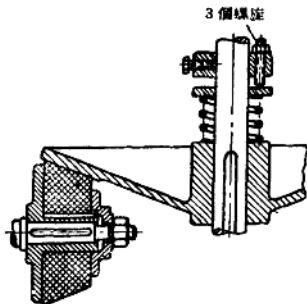


圖 188

3. 摩擦輪傳動可以做成傳動數可變的。圖 191 表示這種傳動的簡圖。轉速為 n_1 轉/分的主動軸上裝有水平的圓盤；從動軸 Q_2 上用滑鍵套有半徑為 r 的圓盤，這盤能沿軸線移動。在圓盤間適當的壓力下，從動圓盤獲得轉動，它的每分鐘轉數和它同主動軸軸線間的距離有關。按圖 191 中圓盤的位置，得

$$n_1 x = \pi n_2$$

從上式
$$n_2 = \frac{n_1}{r} \cdot x$$

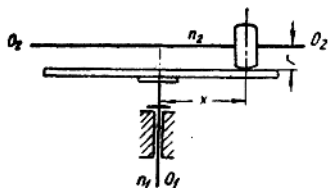


圖 191

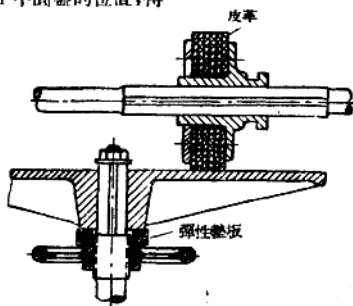


圖 192

增加 x 時 n_2 也增加，所以傳動數 $i = \frac{n_1}{n_2}$ 是可變的。圖 192 表示這種摩擦輪的結構。

在結束對於摩擦輪傳動的研究時，還要指出這種傳動的某些優點和缺點。

1. 摩擦輪傳動不能保證傳動數嚴格的不變。
2. 當從動軸過載時，圓盤間發生滑動而盤不致破裂，這說明摩擦輪傳動可以用於載荷極其不均勻的場合。
3. 這種傳動只能傳遞比較小的動力。
4. 這種傳動可用來在轉動中改變轉動方向和傳動數。

§ 50. 例題

例題 45. 確定圓柱形摩擦輪傳動的基本尺寸。主動軸上的動力為 $N_1 = 3$ 馬力，主動軸轉速為 $n_1 = 120$ 轉/分，從動軸轉速為 $n_2 = 300$ 轉/分，輪是鑄鐵的。

解 1. 取傳動的效率為 $\eta = 0.75$ ，求得從動軸上的動力 N_2 和轉矩 M_2 。

$$N_2 = N_1 \eta = 3 \times 0.75 = 2.25 \text{ 馬力}$$

$$M_2 = 71,620 \frac{N_2}{n_2} = 71,620 \times \frac{2.25}{300} = 537 \text{ 公斤公分}$$

2. 主動軸上的轉矩為

$$M_1 = 71,620 \frac{N_1}{n_1} = 71,620 \times \frac{3}{120} = 1,790 \text{ 公斤公分}$$

3. 主動軸軸徑和軸上的輪徑各為

$$d_1 = \sqrt{\frac{M_1}{0.2 [\tau]_s}} = \sqrt{\frac{1,790}{0.2 \times 200}} = 3.57 \text{ 公分} \approx 4 \text{ 公分}$$

$$D_1 = 4 \times 10 = 40 \text{ 公分}$$

4. 從下式求從動輪的直徑

$$D_1 n_1 = D_2 n_2$$

$$D_2 = \frac{D_1 n_1}{n_2} = \frac{40 \times 120}{300} = 16 \text{ 公分}$$

5. 驗算圓周速度

$$v = \frac{\pi n_1}{30} \cdot \frac{D_1}{2} = \frac{3.14 \times 120 \times 0.40}{60} = 2.5 \text{ 公尺/秒}$$

即, $v < 7$ 公尺/秒, 這是許可的。

6. 按公式(72)求需要的壓力

$$Q_{\min} = \frac{2 M_2}{f \cdot D_2 n_1} = \frac{2 \times 537}{0.15 \times 16 \times 0.75} = 597 \text{ 公斤}$$

或者, 爲了可靠取 $\beta = 1.2$

$$Q = 597 \times 1.2 \approx 720 \text{ 公斤}$$

7. 取 $q_{\text{容}} = 100$ 公斤/公分時, 圓盤輪緣的寬度 b 為

$$b = \frac{Q}{q_{\text{容}}} = \frac{720}{100} = 7.2 \text{ 公分} < D_2$$

這是許可的。

驗算接觸面上的最大壓力

$$p_0 = 0.418 \sqrt{\gamma E \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)} = 0.418 \sqrt{100 \times 10^6 \times \left(\frac{1}{8} + \frac{1}{20} \right)}$$

$$= 1,750 \text{ 公斤/平方公分}$$

上式中對鑄鐵取 $E = 10^6$ 公斤/平方公分

對鑄鐵 CH 12-28, $\sigma_{\text{max}} = 2,800$ 公斤/平方公分, 因此, $[p_0] = 1.5 \times 2,800 = 4,200$ 公斤/平方公分, 所以驗算的結果令人滿意。

例題 46. 如果從動輪用皮革製成, 上例中輪的尺寸應如何改變?

解: 例 45 中題解的前面 5 條仍舊不變。

6. 鑄鐵對皮革的摩擦係數取為 $f = 0.2$ (表 25), 壓力為

$$Q_{\min} = \frac{2 M_2}{f \cdot D_2 \eta} = \frac{2 \times 537}{0.2 \times 16 \times 0.75} = 448 \text{ 公斤}$$

或者當 $\beta = 1.2$ 時

$$Q = Q_{\min} \beta = 448 \times 1.2 \approx 540 \text{ 公斤}$$

7. 取 $q_{\text{don}} = 25$ 公斤/公分時, 輪緣寬度為

$$b = \frac{540}{25} = 21.5 \text{ 公分} > D_2 = 16 \text{ 公分}$$

所以必須重算。

8. 取 $D_2 = 20$ 公分, 得

$$D_1 = \frac{n_2 D_2}{n_1} = \frac{300 \times 20}{120} = 50 \text{ 公分}$$

9. 圓周速度為

$$v = \frac{\pi n_1}{30} \cdot \frac{D_1}{2} = \frac{3.14 \times 120 \times 0.5}{60} = 3.14 \text{ 公尺/秒} < v = 7 \text{ 公尺/秒}$$

10. 需要的壓力為

$$Q_{\min} = \frac{2 M_2}{f \cdot D_2 \eta} = \frac{2 \times 537}{0.2 \times 20 \times 0.75} = 358 \text{ 公斤}$$

$$Q = 1.2 \times 358 \approx 430 \text{ 公斤}$$

11. 輪緣的寬度為

$$b = \frac{430}{25} = 17.2 \text{ 公分} < D_2$$

這是許可的。

例題 47. 在例 45 的條件下確定楔形鑄鐵輪摩擦傳動中的基本尺寸。

解: 1. 指定圓周速度為 $v = 2$ 公尺/秒, 確定輪的直徑:

$$D_1 = \frac{60 v}{\pi n_1} = \frac{60 \times 2}{3.14 \times 120} \approx 32 \text{ 公分}; \quad D_2 = \frac{60 v}{\pi n_2} = \frac{60 \times 2}{3.14 \times 800} = 12.7 \text{ 公分}$$