

汽車和公路叢書之十三

# 汽車的制動

沈志煌編著

汽車和公路雜誌社出版

653  
35  
1

5-41  
09

「汽車和公路」叢書之十三

# 汽車的制動

汽車和公路雜誌社出版

上海市書刊出版業營業許可證出零零陸號

[汽車和公路]叢書之十三

# 汽車的制動

版權所有·請勿翻印

編著者 沈 志 煌

出版者 汽車和公路雜誌社

上海新樂路82號

電話 68232 70053

總經售 中國圖書發行公司

(全國各地)

印刷者 中國科學公司

108×930=100400字

1953/8/25 1—4100(1)

中  
國  
人  
民  
幣  
七  
千  
五  
百  
元

65  
32  
1

## 內 容 介 紹

汽車的制動是安全行駛的重要控制機件，本書自制動的原理談起，分析和解釋各式制動系、制動器和手拉停車制動機構等，兼及掛車的制動設備。對有關汽車制動方面的知識作較全面的介紹，並附插圖137幅，可供大專及汽車從業人員參攷及自學之用。

# 汽車的制動

## 目次

- 一 汽車制動的基本知識.....( 1 )
- 二 液壓式制動.....( 15 )
- 三 制動器.....( 33 )
- 四 真空加力制動.....( 50 )
- 五 空氣壓力式制動.....( 67 )
- 六 掛車的制動設備.....( 82 )
- 七 電力式制動.....( 97 )
- 八 手拉停車制動.....(100)

## 一 汽車制動的基本知識

汽車的制動是用來使汽車減低速度或停止前進的；但有時也用來制住停駛的汽車不因受外力衝碰而滑動。現代的汽車，一方面由於輪胎截面加大而使鋼圈尺寸減小，於是制動鼓的直徑也很小了；另一方面，由於行駛速度的提高，制動器常須用於減低或停止重載高速的車輛。

去減低一個一定速度的車輛所需的馬力，較車輛增高到那速度所需者為大，並且制動的時間常較加速的時間為短促。例如我們須費三十秒鐘將一輛90匹馬力的車輛增速到每小時60哩，而將此車刹住，也許祇有五秒鐘時間。因為制動時間僅為加速所需時間的六分之一，所以單位時間內制動器所作的功要比發動機大六倍。要將此車刹住，制動器須產生540匹馬力的功率。在許多大型貨車及客車中，制動器所產生的功率常較發動機所發生者大數倍，故汽車制動的重要，可想而知了。

現代的汽車上，設有兩套獨立的制動機構（圖 1.1）。行車用的制動器規定裝在車輪上，由腳踩制動蹬來操作，是稱腳踏制動。另外一套用來制住停駛車輛不受外力而滑動的制動器，可裝在車輪、變速箱或傳動軸上，由手拉制動桿來操作，是稱手拉（停車）制動。手拉制動在早年的汽車上，須負擔腳踏制動失效後緊急使用的任務，故也稱緊急制動。但目前小型車的手拉制動，都附裝在後輪腳踏制動上，這就減弱了兩套制動機構間的獨立性。更由於現代汽車制動機構的精密裝置，腳踏制動是不容易損壞的。故手拉制動的設計上，已不再考慮緊急制動的需用了。

### 摩 擦 和 制 動

制動作用的產生，必須是兩個物體間的摩擦。一個是不隨車輪轉動的定置部分，另一個是連接車輛的轉動部分。根據物理學上的研究，摩擦是因兩物有相對運動而產生，其力的方向必與運動相反，力的大小與兩物間的正壓力及摩擦係數成正比。即：

摩擦阻力 = 兩物間的正壓力 × 摩擦係數

上式摩擦係數的大小，要看兩物接觸地方的粗糙程度和兩物的質料而定。滾動時較移動時摩擦係數要小；靜止時的摩擦係數較已動時要大；相對運動的速度增快，摩擦係數則逐漸減低。各種路面對輪胎間的移動摩擦係數（已動時）見下表：

路面材料	摩擦係數	路面材料	摩擦係數
水泥(用過二年)	74%	泥土	52%
水泥(用過五年)	68%	泥土(濕)	29%
柏油	67%	煤屑(碾實)	60%
木塊	79%	雪地(平實)	15%
砂礫	61%		

表 1.1 摩擦係數

運貨馬車的制動，是屬於最原始和最簡單的一種。見圖 1.2，在手拉制動桿後，經過槓桿的作用，使制動蹄緊壓到車輪上去，蹄和輪間即產生了摩擦。槓桿比可自由選擇，以增強制動蹄的壓力，因而加大蹄和輪間的摩擦。這種摩擦作用，可將車輪的動能吸收變為熱能，所產生的熱量則由空氣中散去，逐漸使車輪速度減低或竟停止前進。

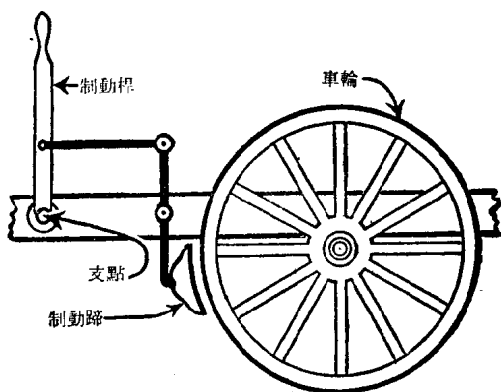


圖 1.2

汽車的制動力量，並非直接作用在車輪上，而是在車輪或傳動的其他部位上，附裝了制動鼓。制動鼓內有定置的制動蹄（圖 1.3），或制動鼓外有定置的制動圈（圖 1.4），當圖 1.3 中的凸輪轉動時，即可漲開蹄片使壓緊到制動鼓上；又圖 1.4 中的制動桿向左拉時，制動圈亦就縮緊箍住制動鼓。這都使蹄和鼓或圈和鼓間產生摩擦，而達到制動的作用。

制動以後，車速是比較平均的在逐漸降低。但在快到接近停止的時

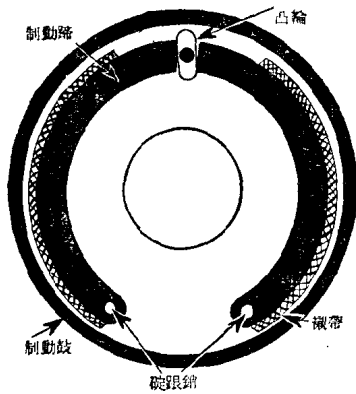


圖 1.3

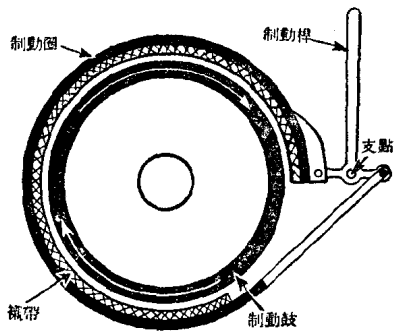
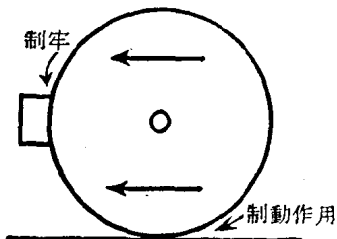


圖 1.4

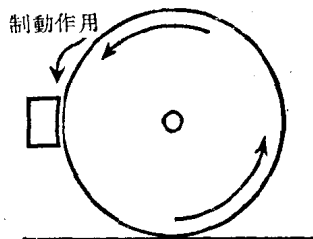
候，就有一下很快的減速，立刻將車刹住。這是因摩擦係數隨車速降低而逐漸增大，和靜止時的摩擦係數較已動時要大的緣故。因此，在制動後車輛快到接近停止時，應稍將制動蹬向上回鬆一些，以免車輪制牢而發生滑溜的危險。

良好的制動，並非驟然將車輪制牢，而是使車輪繼續旋轉逐漸減低速度至停止為止。圖 1.5 示制動後車輪被鎖緊不能旋轉，但仍可在路面上滑動前進。這是制動力量超過了車輪對路面摩擦阻力的緣故。制動的作用則僅靠車輪對路面間的移動摩擦（已動時的摩擦係數）。在此情況下，輪胎橡皮受摩擦發熱極易燒燬。如將制動力量降低至恰等或稍低於車輪對路面的摩擦阻力，車輪不再被制牢，而是接近制牢仍可繼續轉動逐漸減速。此



車輪滑動前進——路面  
和車輪間有相對運動

圖 1.5



車輪滾動前進——路面  
和車輪間無相對運動

圖 1.6



時，在車輪和路面的接觸點(圖 1.6)，兩者之間並無相對運動，是相當於或極近於靜止時的移動摩擦，制動的作用就要比前者來得大些。除了車輪和路面間的摩擦，還有車輪的滾動摩擦、蹄和輪間的移動摩擦與軸承的滾動摩擦等，都可吸收車輪的動能，加速制動的效果。

制動的效果又可從減速過程中行駛單位距離所耗去的動能來計算的。在圖 1.7 中，設  $D$  為輪胎的直徑， $d$  為制動鼓的直徑， $F$  及  $f$  分別表示靜止和已動時的移動摩擦阻力。當車輪被制牢輪胎剛將開始在路上滑動前進，它所遭遇的阻力應為  $\frac{D}{d} \times F$ 。欲避免輪胎在路面上拖滑，則制動力量應較  $\frac{D}{d} \times F$  略小，假設為  $\frac{D}{d}(F-a)$ ，其中  $a$  表示一極小的數值，幾

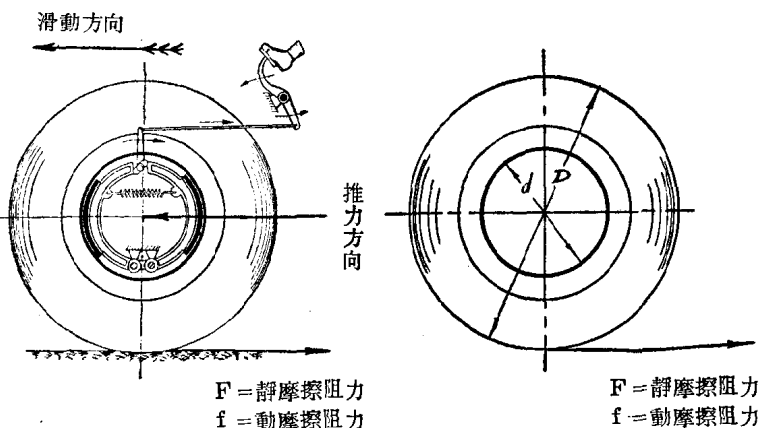


圖 1.7

等於零。輪胎在路面上滾動單位距離時，制動鼓轉動的距離為  $\frac{d}{D}$ ，制動力量所作的功(即消耗的動能)則為  $\frac{d}{D} \times \frac{D}{d} \times (F-a) = F-a$ 。除此之外，尚有輪胎的滾動摩擦和軸承的滾動摩擦等，也要消耗一部分動能。假定這些摩擦阻力的總和，相當於一個作用在輪胎邊緣且和靜止摩擦方向相同的力，並設其大小為  $B$ 。當輪胎在地面上滾動單位距離時，此阻力所消耗的動能為  $B \times l$ 。因此，制動時不將車輪制牢，而是接近制牢仍可維

持轉動時，在每單位距離內所消耗的總動能爲  $F - a + B$ 。

在另一情況下，車輪被制牢在地面拖滑前進時，唯一消耗動能的阻力是已動時的移動摩擦  $f$ ，它單位距離內所消耗的功能爲  $f \times 1$ 。

如前所述， $F$  要比  $f$  大些。 $a$  的值甚微，可略而不計； $B$  恒爲一正值，在良好路面上約等於  $F$  的 5%。因此  $F - a + B > f$  是成立的。 $a$  愈接近於零，則這兩種制動效果的差別也愈大。

由上可知，最大制動力應相等於車輪對路面的摩擦阻力（即附着力），如超過時，車輪即被鎖緊不能旋轉，便易引起車輛滑溜，對駕駛轉向也不能控制。車輛的裝用低壓輪胎，和天雨時用胎鏈，都是想增高車輪對路面的摩擦係數，因而提高制動效率。

在全輪制動的情況下，車輪對路面的摩擦力，應等於車輛總重量乘摩擦係數。而總重量是一定的，故最大制動力是和摩擦係數成正比的。 假設輪胎和路面間的摩擦係數爲 70%，最大制動力亦只能達到車輛總重量的 70%。

## 制 動 減 速 率

制動減速率是指制動後汽車減速的快慢來講的；它和下述各項有關：

- (1) 作用在制動蹄上的力量；
- (2) 車輪的負載；
- (3) 輪胎負荷半徑；
- (4) 制動鼓半徑；
- (5) 蹄和鼓間的摩擦係數；
- (6) 輪胎和路面間的摩擦係數；

在相同的制動減速率下，作用在制動蹄上的力量是和車輪的負載及輪胎負荷半徑成正比；又是和制動鼓半徑及蹄和鼓間的摩擦係數成反比。

每輛汽車的總重量、輪胎負荷半徑和制動鼓半徑都是常數；蹄（附裝襯帶）和鼓間的摩擦係數一般約爲 0.3。故作用在制動蹄上的力量主要是和輪胎對路面的摩擦係數成正比。

在輪胎對路面的摩擦係數爲 100% 時，制動減速率應等於自由落體的加速率 ( $g$ )，即 32.2 呎/秒<sup>2</sup>（註 1）。假設輪胎對路面的摩擦係數爲 70%，則

制動減速率等於 0.70g。

## 停車時間和停車距離

### 停車時間

所謂停車時間，是指駕駛員的反應時間加上制動時間而言。當車前有障礙或行人擋道時，先是駕駛員腦子裏感覺有停車必要，然後將右腳移開加速踏（油門）來踩制動踏，而開始產生制動作用。從有停車意念起，至開始有制動作用的一刹那，這一段時間稱為反應時間。在開始有制動作用後，一直到汽車完全停止一段時間，即是制動時間。

反應時間是任何人都不会相同的。即一個人的反應時間，亦隨時隨地變化，普通人駕駛汽車時根本不能曉得他們的反應時間，因此過分估計自己運用制動踏的能力，開車過速直至闖下大禍。駕駛員的年齡、警覺、精神等都和反應時間有關係。但在一般駕駛員不疲倦的情況下，反應時間平均約為0.75秒鐘。如在車前景物看不清時，可能需要2秒鐘。

制動時間的長短要看當時汽車的速率和制動減速率而定。下面是一個簡化了的計算公式（註2）：

$$\text{制動時間(秒)} = \text{車速(哩/小時)} / 22\mu。$$

此外，更須注意制動機構的障礙，也有遲延制動作用的現象，致影響制動時間。

### 停車距離

停車距離是駕駛員反應時間內汽車前進距離和在制動開始至完全停止時間內汽車前進距離之和。

已知反應時間一般為0.75秒鐘，反應距離就只和車輛行駛的速度成比例。一輛汽車在每小時20哩的速度前進時，在反應時間內汽車已前進了22呎；在每小時60哩的高速前進時，則開始制動以前，汽車已前進了66呎。

制動時間和車速成正比，但制動距離却與車速的平方成比例。時速40哩的制動距離等於時速20哩的四倍；時速60哩的制動距離等於時速20哩的九倍。要計算制動距離，可用下述簡單公式（註3）：

$$\text{制動距離(呎)} = \text{車速}^2(\text{哩/小時}) / 30\mu$$

各種時速下的停車距離詳見表 1.2。

停車距離的測定，可用減速測驗器。將它按裝在車上，在每小時20哩

的車速下，急踩制動蹬即可在測驗器上讀得制動減速率，再計算出停車距離。

比較普通的方法，是用槍擊法。當踩制動蹬後，可關閉電門使電流通過礪磁線捲，扳動槍機，槍內即射出黃鉛子彈，使路面上印上黃色標記，待

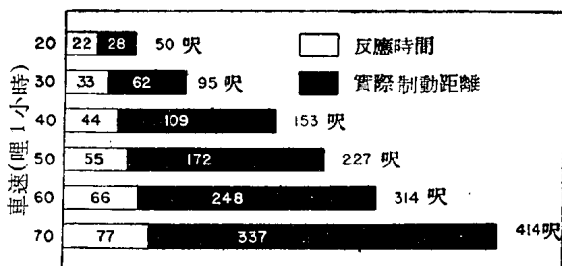


表 1.2 停車總距離

車完全停止時，制動距離就可量到。一般的標準，腳踏制動的效率，在時速 20 哩須在 30 呎內將車刹住。手拉制動在同樣時速下，則在 75 呎內始可將車刹住。

### 制動系的平衡

#### 前後輪負重的轉移

制動的力量雖然是施在制動鼓中，其效果是表現在輪胎和路面的接觸點(圖 1.8)。汽車的重心高出路面，在制動時，向前的動量和減速的制動力起了突然的變化作用，使汽車有後端向上，前端向下的傾向。這是後輪擔負的重量有一部份轉移到前輪，增加了前輪擔負的緣故。轉移的多少，是

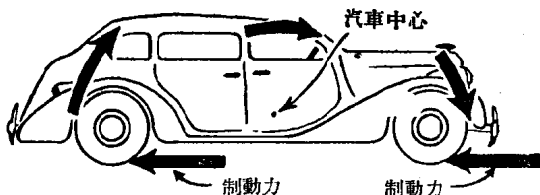


圖 1.8

和重心的地位及減速率有直接關係。但汽車重心是固定的，因此重量的轉移，是受減速率的影響。在緩和制動時是極輕微的；制動愈急劇，後輪轉移至前輪的重量也愈多，可達到汽車總重的 12%。假若汽車前輪負荷 45%，後輪負荷 55%；在突然制動時，前輪負荷增加為 57%，後輪負荷減為 43%。

#### 側面滑溜

平常所謂滑溜，是指制動力量超過附着力時，車輪被制牢向前滑行而言。

側面滑溜或稱[側溜]，起因於左右輪的制動力不平衡。設如右邊前輪的襯帶沾有油漬，以致減少摩擦力，使制動較弱；制動時汽車便滑向左邊。當前輪左右兩邊的制動力不同，制動時汽車便向制動力較大的一邊滑溜。當後輪左右兩邊的制動力不同，制動時汽車便向制動力較弱的一邊滑溜。圖1.9表示前後輪的左邊制動力均高出右邊，在制動時，前輪向左邊側溜，

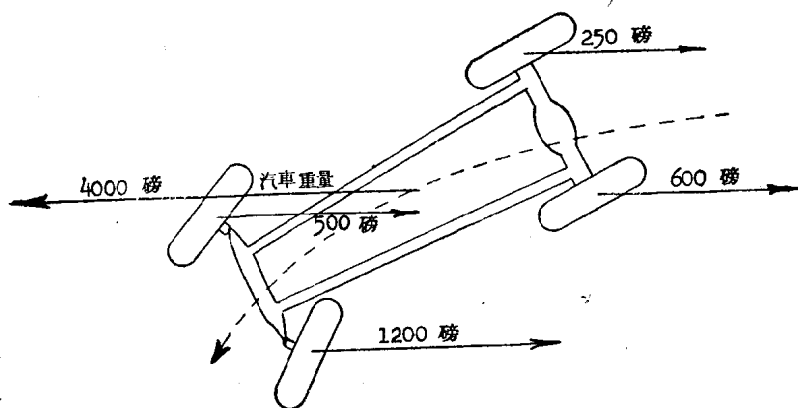


圖 1.9

後輪相反的向右邊側溜，結果滑溜的方向，是照虛線的大箭形所示。這種不易糾正的側溜，往往造成不可避免的危險。惟一的預防是不斷的校準不使左右有偏差的制動力。

## 制 動 器 和 制 動 系

汽車的制動機構是很複雜的，但其主要機件可分成下述三類：

(1) 操作機件 所有制動蹬、制動桿和其他一切用人力操作的控制閥，都是制動的操作機件。它是操作和控制制動作用的機件。

(2) 制動器 制動器是產生制動作用的機件。它的作用是推動制動蹄或制動圈，使附着在蹄或圈上的襯帶緊壓到制動鼓上，因而產生摩擦阻力和達到制動的作用。

制動器分鼓式和盤式二種。鼓式制動器就制動蹄和制動圈的不同，和推動蹄或圈的方式不同，又分成下面四種式樣：

- 一 制動蹄內漲式。
- 二 制動蹄外縮式。
- 三 制動圈內漲式。
- 四 制動圈外縮式。

其中制動蹄內漲式的應用最廣，差不多所有汽車的腳踏制動都採用它。手拉制動大多用制動圈外縮式。電力式制動和早年後輪手拉制動上有用制動圈內漲式的。制動蹄外縮式則很少應用，僅少數大型公共汽車的手拉制動上有用的。

外縮式制動器易受泥漿和雨水的浸入，不若內漲式有制動鼓和底板的蓋護，因而在雨天容易失却效用。一般手拉制動都是附裝在變速箱或傳動軸上，以地位較高，影響較少，故可用外縮式制動器。

盤式制動器依其制動盤的片數，有單片式和多片式兩種。它比鼓式制動器要省些地位。目前貨車上，有採用它作為手拉停車制動的。

此外，制動器又可就其按裝在車上的地位不同，亦能分別為(1)車輪制動器，(2)變速箱(或分動箱)制動器，和(3)傳動軸制動器等三種。腳踏制動都用車輪制動器，手拉制動則有車輪、變速箱和傳動軸制動器等不同的裝置。

(3) 聯動裝置 在操作機件和制動器之間，必須有聯動的裝置。聯動裝置的作用是輸送和增高制動的原動力。

制動的原動力，可以是駕駛員腳踩的力量，亦可利用其他的原動力，如真空動力、空氣壓力和電力等。如果靠腳力來制動，那末輸送和增高制動力的方法，是一聯串的槓桿或鋼索，或利用液體壓力，有時再加上真空動力的幫助。在利用其他動力來制動，聯動裝置的主要作用就只是在輸送動力。

根據聯動裝置的類別，就有各種不同的制動系：

- 一 機械式制動系
- 二 液壓式制動系
  - 二甲、液壓——真空加力式制動系
- 三 空氣壓力式制動系
  - 三甲、空氣壓力——液壓式制動系

#### 四 電力式制動系

除此以外，還有其他不同的組合，但都不實用。單純利用真空動力的制動機構，在汽車上亦是很少用的，但在掛車上則有採用的。近代汽車的制動，常用的是液壓式和空氣壓力式兩種，詳細的情形可見表 1.3。

車 別	腳 踏 制 動		手 拉 制 動	
	式 樣	地 位	式 樣	地 位
轎車	液壓式	全輪	機械式	變速箱或後輪
小型公共汽車	液壓式	全輪	機械式	後輪
大型公共汽車	空氣壓力式	全輪	機械式	變速箱或傳動軸
小型載重車	液壓式	全輪	機械式	變速箱或後輪
中型載重車	液壓—真空加力式	全輪	機械式	變速箱
大型載重車	空氣壓力式	全輪	機械式(盤式制動器)	變速箱或傳動軸

表 1.3

#### 機 械 式 制 動

早年汽車的腳踏或手拉制動，都是用機械式的。腳踏制動是僅裝在後輪上，是稱後輪制動。前輪因有轉向機構，使制動的聯動裝置發生了困難。隨着汽車工業的發展和車速的增快，後輪制動的效率漸感不足；又以液壓制動的採用，前輪制動的聯動裝置已可解決，故逐漸改用了前後輪制動。前後輪制動也稱四輪制動，亦稱全輪制動。

從表 1.3，可知近代汽車的手拉制動，是全部用機械式的。除手拉制動裝置，另有專章敘述外。本書以後各章所述不同式樣的制動機構，都是指腳踏制動而講的。

機械式制動的排列見圖 1.10。當制動踏往下踩時，拉着橫軸順時針方向旋轉；上端的拉桿就向後拉動，而下端的拉桿則向前拉動。如將前後車輪制動器的凸輪軸桿分別接到上下拉桿上，即可拉動凸輪使漲開制動蹄而產生制動作用。機械式制動的聯動裝置除採用拉桿外，還可用鋼索來聯動。

機械式制動的主要缺點有二：

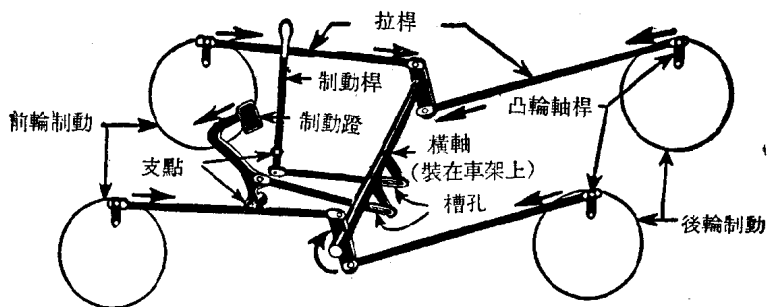


圖 1.10

(1) 制動機構經使用後，蹄與鼓間的間隙就並不一致。因此在制動時，空隙最小的蹄與鼓首先接觸，就最先產生制動作用，制動的力量亦是最大；這就造成制動系的不平衡。故均衡左右輪和分配前後輪的制動力量，在機械式制動系中是非常重要的。採用拉桿的

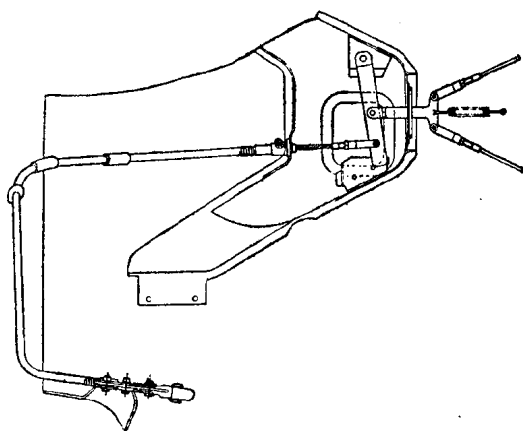


圖 1.11

機械式制動，可裝均衡桿來達到均衡和分配的任务。圖1.11即示均衡桿的一種裝置方法。用鋼索的機械式制動，鋼索的兩端分別接到左右車輪制動器上，而鋼索的中部則繞在圓弧形的槽板中(圖1.12)，制動時拉動槽板，鋼索本身就有自動均衡左右輪制動力的作用。

(2) 機械式制動的前輪聯動裝置是有困難的。早年雖會有過各種不同的方法，如採用萬向節和通過主銷孔的楔形運用桿來操作等，但機件的組成是較複雜的。後來有了一種簡便和有效的裝置，即用鋼絲軟管的方法(圖1.13)。鋼絲軟管的一端固定在車架上，另一端則裝在凸輪軸桿或制動



器底板上。制動鋼索就穿過鋼絲軟管而達制動器。由於用了較長而有彈性的鋼絲軟管，使轉向不發生任何困難。

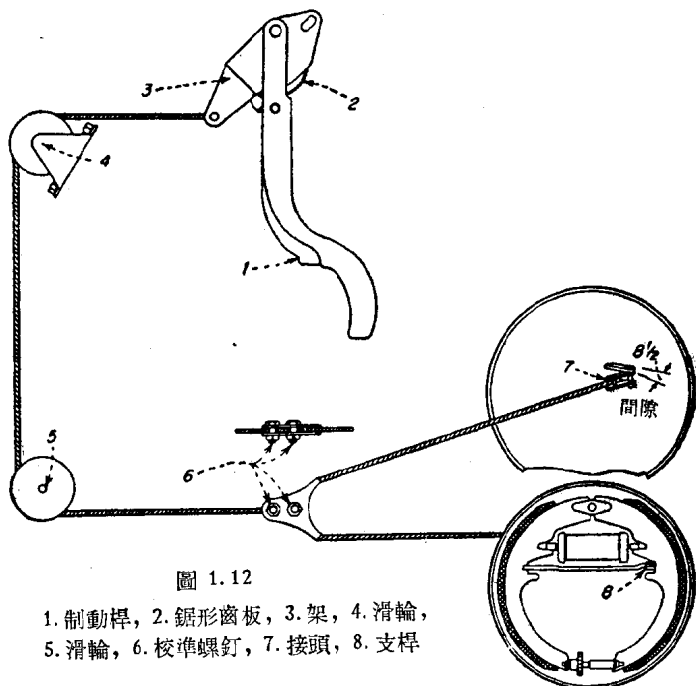


圖 1.12

1. 制動桿, 2. 鋸形齒板, 3. 架, 4. 滑輪,  
5. 滑輪, 6. 校準螺釘, 7. 接頭, 8. 支桿

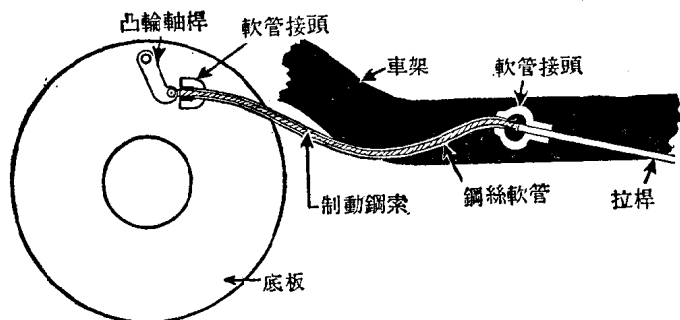


圖 1.13