

# 第 9 章

## 行駛性能

- 9-1 行駛阻力
- 9-2 引擎馬力與扭力
- 9-3 驅動力與牽引力
- 9-4 煞車力與煞車距離

重點掃描  
學後評量



應用力學的最後一章主要是在討論應用力學在動力機械領域的應用，這是動力機械類群必修的學習範圍。

本章將介紹動力機械的行駛阻力、引擎馬力與扭力、驅動力與牽引力及煞車力與煞車距離等四大單元，每一單元均是動力機械中基礎且重要的應用力學之應用例子，同學們請多加努力學習本單元。

### 學習目標

1. 了解行駛阻力的種類及計算。
2. 了解引擎馬力與扭力的關係及計算。
3. 了解驅動力的定義與牽引力之重要性。
4. 了解煞車力與煞車距離之定義並學會計算。

## 行駛阻力

行駛阻力包括內部阻力及外部阻力兩大部分，均會造成汽車的動力損耗。

### 1 內部阻力



行駛阻力（Tractive Resistance）為汽車於行駛當中所受到的阻力，大致上分為內部阻力與外部阻力兩種。

內部阻力是指車輛在行駛時所要克服的阻力，如機件傳動的摩擦阻力。內部阻力是指動力由引擎經過離合器、變速箱或傳動軸等到達驅動輪，傳送時會因摩擦而損耗動力，又稱為摩擦阻力。其包括煞車阻力、前輪校正、變速箱預負荷、輪軸軸承預負荷以及各傳動零件的傳輸效率。

內部阻力產生的動力損失，大約為引擎動力的 10~20%，通常係由以動力傳動效率 ( $\eta_m$ ) 的高低來表示，其大小由車速決定，高速時約 90%，低速時約 80~85%。

若車輛輸出動力為  $P_d$ ，引擎行駛動力（阻抗馬力）為  $P_e$ ，動力傳送過程之動力損失為  $P_f$ ，則：

$$P_e = P_d + P_f$$

$$\eta_m = \frac{P_d}{P_e} \times 100\% = \frac{P_e - P_f}{P_e} \times 100\% = \left(1 - \frac{P_f}{P_e}\right) \times 100\%$$

公式

9-1

### 例題 9-1



有一四缸四行程引擎於轉速為 3500rpm 時，可傳達之馬力為 150PS，若傳動效率為 90%，試求車輪實際輸出之最大動力。

解

$$\eta_m = \frac{P_d}{P_e}$$

$$90\% = \frac{P_d}{150}$$

$$P_d = 135\text{PS}$$

## 2 外部阻力

### ① 滾動阻力



車輪胎產生的**滾動阻力**（Rolling Resistance），是由輪胎與地面接觸變形或產生摩擦造成的阻力。輪胎受到車子的重量後，當然會產生變形，且會產生一股阻力阻礙車子的前進。又或者馬路的硬度不一，受重後路面變形，都會阻礙車子的前進，各種路面的滾動摩擦阻力如表 9-1 所示。

表 9-1 各種路面滾動摩擦阻力

路面	$\mu_r$
良好的柏油路面	0.0068
劣質的柏油路	0.0127
磨損的水泥路	0.0131
沙地路面	0.250

如圖 9-1 所示，若  $m$  為汽車質量， $g$  為重力加速度， $\mu_r$  為輪胎和地面的滾動摩擦係數，則輪胎之滾動阻力  $R_r$  為：

$$R_r = \mu_r W = \mu_r mg$$

公式  
9-2

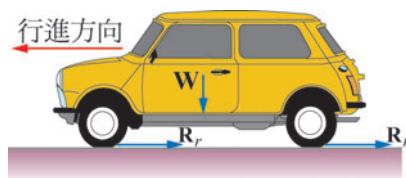


圖 9-1 滾動阻力

### 例題 9-2



有一車輛之重量為 35kN，以等速行駛於平坦的柏油路上時，試求該車之滾動阻力。（設  $\mu_r = 0.01$ ）

**解**  $R_r = \mu_r W = 0.01 \times 35 \times 1000 = 350\text{N}$

## ② 空氣阻力



**空氣阻力**（Air Resistance）是指車輛行駛時來自空氣的阻力，又稱為風阻。

一般空氣阻力有三種形式，如圖 9-2 所示。

**正面阻力：**氣流撞擊車輛正面所產生的阻力，就像拿一塊木板頂風而行所受到的阻力，其幾乎都是氣流撞擊所產生的阻力。

**摩擦阻力：**空氣劃過車身時，會產生摩擦力。然而以一般車輛能行駛的最快速度來說，其摩擦阻力小到幾乎可以忽略。

**外型阻力：**汽車後方所產生的渦流阻力，稱為外型阻力。



↑ 圖 9-2 空氣阻力

汽車行駛時與空氣摩擦，會形成阻力。車速愈高，空氣阻力愈大。所以現在生產的汽車都用有流線型的車身來減低  $C_d$  值（空氣抵抗係數，Coefficient of Drag），各種車輛之  $C_d$  值如表 9-2 所示。

↓ 表 9-2 各種車輛之  $C_d$  值

車身種類	$C_d$ 值
流線型跑車	0.2~0.25
一般轎車	0.3~0.5
輕型客貨商用車	0.6~0.7

若空氣密度（即每單位體積的空氣質量）為  $\rho$ ，其在 1atm、15°C 時之值為  $0.125\text{kg}\cdot\text{sec}^2/\text{m}^4$ 。設風阻係數為  $C_d$ ，車頭正投影面積為  $A$ ，汽車行駛時，與風的相對速度為  $V$ ，重力加速度為  $g$ ，則空氣阻力（風阻） $R_a$  為：

$$R_a = \frac{1}{2}\rho C_d A V^2 g$$

公式  
9-3

### 例題 9-3



車輛之質量為 1600kg，車身前方投影面積  $1.5\text{m}^2$ ，以車速 108km/hr 等速行駛於平坦的柏油路上時，試求該車之空氣阻力。（設  $g = 10\text{m}/\text{sec}^2$ 、 $C_d = 0.32$ 、 $\rho = 0.125\text{kg}\cdot\text{sec}^2/\text{m}^4$ ）

解

$$V = 108\text{km}/\text{hr} = 30\text{m}/\text{sec}$$

$$\begin{aligned} R_a &= \frac{1}{2}\rho C_d A V^2 g \\ &= \frac{1}{2} \times 0.125 \times 0.32 \times 1.5 \times 30^2 \times 10 \\ &= 270\text{N} \end{aligned}$$

### ③ 斜坡阻力



汽車爬斜坡必須克服重力而有阻力發生，而且愈斜阻力就愈大，此阻力稱為斜坡阻力（Climbing Resistance），又稱為爬坡阻力。因此汽車在爬坡時必須用低速檔行駛。相反的，若下坡時，斜坡阻力就會變成負值，斜坡阻力反而變成了驅動力，駕駛就輕鬆得多了。

如圖 9-3 所示，若車重為  $W$ ，斜坡角度為  $\theta$ ，則斜坡阻力  $R_c$  為：

$$R_c = W \sin \theta$$

公式  
9-4

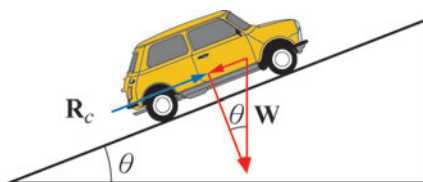


圖 9-3 斜坡阻力

例題

9-4



有一車輛之重量為 20kN，爬 30°之斜坡時，試求該車之斜坡阻力。

解

$$R_s = W \sin \theta = 20 \times \sin 30^\circ = 10 \text{ kN}$$

④ 慣性阻力



物體不受外力作用時，有保持其原來運動狀態的趨勢，這種現象稱為慣性（牛頓第一運動定律），所以在行車時想把車速提高，就要先克服慣性，此阻力稱為**慣性阻力**（Acceleration Resistance），又稱為加速阻力。當車子有加速力時，車速會有變化，才會有加速度產生，所以加速時，加速阻力為正值，減速時，加速阻力為負值。又現今汽車設計為降低慣性阻力至最小，所有車子之零件皆做最輕之設計，而汽車由靜止到運動，其速率的變化是很大的，因此慣性阻力特別大，所以要用低檔起步。

從引擎到驅動輪之間所有迴轉機件部分，都會增加其慣性阻力。若  $W$  為車身重量， $W_e$  為迴轉部分的慣性相當重量， $a$  為汽車之加速度， $\delta$  為重量增加率或相當質量係數（高速時約 0.08，低速時約 0.07），則慣性阻力  $R_{ac}$  為：

$$\delta = \frac{W_e}{W}$$

公式  
9-5

$$R_{ac} = \frac{W}{g} \times a + \frac{W_e}{g} \times a = (1 + \delta) \times \frac{W}{g} \times a = ma(1 + \delta)$$

例題

9-5



若一車輛之質量為 2000kg，以 2m/sec<sup>2</sup>加速行駛於平坦的柏油路上時，試求該車之慣性阻力。（設  $\delta = 0.07$ ）

解

$$R_{ac} = ma(1 + \delta) = 2000 \times 2 \times (1 + 0.07) = 4280 \text{ N}$$



### 3 行駛阻力

若輪胎與地面接觸而變形或產生摩擦造成的阻力為滾動阻力為  $R_r$ ，車輛直線行駛時受到的空氣阻力  $R_a$ ，當車輛上坡行駛時的斜坡，阻力為  $R_c$ ，車輛加速時需要克服的慣性阻力為  $R_{ac}$ 。

以上四種阻力都是車輛行駛時所會遇到的外部阻力，所以外部阻力  $R_{out}$  為其總和。

汽車爬坡加速時，其行駛阻力為：

$$\begin{aligned} R_{out} &= R_r + R_a + R_c + R_{ac} \\ &= \mu_r W \cos\theta + \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 g + W \sin\theta + \frac{W}{g} a (1 + \delta) \end{aligned}$$

公式  
9-6

探討外部阻力時，滾動阻力和空氣阻力是在任何行駛條件下均存在的；加速阻力僅在汽車加速時存在，等速行駛時不必列入計算；若平路上以等速行駛時，只計算滾動阻力和空氣阻力；若在爬坡又當車速不快時，只計算斜坡阻力和滾動阻力，空氣阻力可忽略不計。

另外，若內部阻力為  $R_m$ ，則車輛行駛時之行駛阻力  $R_T$  為：

$$R_T = R_m + R_{out}$$

公式  
9-7

在計算行駛阻力時，內部阻力通常由  $\eta_m$  來計算，所以行駛阻力只考慮外部阻力即可。所以，行駛阻力泛指外部阻力而言。

汽車於等速行駛時，行駛阻力可藉由行駛動力（引擎阻抗馬力）和車速求得，若行駛動力為  $P_e$ ，汽車之速率為  $V$ ，汽車之行駛阻力為  $R$ ，動力傳送效率為  $\eta_m$ 。

$$\begin{aligned} P_e \eta_m &= R V \\ P S &= \frac{P_e}{736} \end{aligned}$$

公式  
9-8

例題

9-6



有一車輛行進間，車速為 90km/hr 時，行駛阻力為 3000N 時，試求該車之行駛動力。

解

$$V = 90\text{km/hr} = 25\text{m/sec}$$

$$P_e = \mathbf{RV} = 3000 \times 25 = 75000\text{W}$$

$$PS = \frac{P_e}{736} = \frac{75000}{736} = 101.9\text{PS}$$

例題

9-7



有一汽車重量為 45kN，車身前方投影面積 2m<sup>2</sup> 以車速 90km/hr 等速行駛於平坦柏油路上時，試求該車所需之行駛動力。（設  $\eta_m = 75\%$ 、 $\mu_r = 0.012$ 、 $C_d = 0.48$ 、 $\rho = 0.125\text{kgf}\cdot\text{sec}^2/\text{m}^4$ 、 $\mathbf{g} = 10\text{m/sec}^2$ ）

解

$$V = 90\text{km/hr} = 25\text{m/sec}$$

$$\mathbf{R}_{out} = \mathbf{R}_r + \mathbf{R}_a$$

$$= \mu_r \mathbf{W} + \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 \mathbf{g}$$

$$= 0.012 \times 45 \times 1000 + \frac{1}{2} \times 0.125 \times 0.48 \times 2 \times 25^2 \times 10$$

$$= 915\text{N}$$

$$P_e \eta_m = \mathbf{RV}$$

$$P_e \times 0.75 = 915 \times 25$$

$$P_e = 30500\text{W}$$

$$PS = \frac{P_e}{736} = \frac{30500}{736} = 41.44\text{PS}$$

例題

9-8



有一汽車重量為 40kN，爬 30° 之斜坡，車速為 2m/sec 時，動力傳輸效率  $\eta_m = 80\%$ ，試求該車之行駛動力。（設  $\mu_r = 0.02$ ）



**解** 因車速不快，故：

$$\begin{aligned} R_{out} &= R_r + R_c \\ &= \mu_r W \cos \theta + W \sin \theta \\ &= 0.02 \times 40 \times 1000 \times \cos 30^\circ + 40 \times 1000 \times \sin 30^\circ \\ &= 20692.8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$P_e \eta_m = R V$$

$$P_e \times 0.8 = 20692.8 \times 2$$

$$P_e = 51732 \text{ W}$$

$$PS = \frac{P_e}{736} = \frac{51732}{736} = 70.28 \text{ PS}$$

### 練習1

有一汽車以 45km/hr 之速率行駛，汽車所受到的行駛阻力為 5000N，試求該車之行駛動力。

### 練習2

一汽車之重量為 20kN，車身前方投影面積 4m<sup>2</sup>，車速為 3m/sec，並以 1m/sec<sup>2</sup> 之加速度爬 30° 之斜坡，試求該車之行駛阻力。（設  $\mu_r = 0.01$ 、 $C_d = 0.4$ 、 $\rho = 0.125 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$ 、 $\delta = 0.07$ 、 $g = 10 \text{ m/sec}^2$ ）

### 練習3

有一汽車重量為 40kN，車身前方投影面積 2m<sup>2</sup>，以車速 90km/hr 等速行駛於平坦之柏油路上時，試求該車所需之行駛動力。（設  $\eta_m = 90\%$ 、 $\mu_r = 0.01$ 、 $C_d = 0.4$ 、 $\rho = 0.125 \text{ kg} \cdot \text{sec}^2 / \text{m}^4$ 、 $g = 10 \text{ m/sec}^2$ ）

### 練習4

有一汽車之質量為 5000kg，爬 30° 之斜坡，車速為 9km/hr 時，動力傳輸效率  $\eta_m = 80\%$ ，試求該車之行駛動力為若干？（設  $\mu_r = 0.015$ 、 $g = 10 \text{ m/sec}^2$ ）



### 引擎馬力與扭力

一部汽車的性能好與不好，就是看引擎馬力與扭力而定的。

#### 1 引擎馬力

馬力為功率單位之一種，以 1sec 的時間，將重 75kgf 之物體升高 1m，所需之動力即為 1 公制馬力(PS)。

$$1\text{PS} = 75\text{kg}\cdot\text{m}/\text{sec} = 4500\text{kg}\cdot\text{m}/\text{min} = 736\text{W}$$

引擎中能量之流動與損失，分成三種不同之功率來顯示，包括指示馬力、制動馬力及摩擦馬力。

#### ① 指示馬力 (I.H.P)

指示馬力是汽缸中燃料燃燒所產生的馬力，因不計其摩擦及任何阻力，故又稱為理論馬力。

設  $P_i$  為指示平均有效壓力， $A$  為活塞面積、 $S$  為行程數， $C$  為汽缸數， $N$  為每分鐘產生之動力次數（二行程 = rpm、四行程 =  $\frac{\text{rpm}}{2}$ ），則指示馬力  $I.H.P.$  為

$$I.H.P. = \frac{P_i A S C N}{450000}$$

公式  
9-9

上式中  $P_i$  的單位為  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ， $A$  的單位為  $\text{cm}^2$ ， $S$  的單位為  $\text{cm}$ 。  
平均有效壓力( $P_i$ )之單位若為 MPa，其單位換算如下：

$$1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$$

$$1\text{MPa} = 10^6\text{Pa} = 1\text{N}/\text{mm}^2$$

$$1\text{MPa} = 10.2\text{kg}/\text{cm}^2$$

另外， $A$ 、 $S$ 、 $C$  三者之乘積稱為引擎排氣量。

## 例題

9-9



有一具四缸四行程引擎其缸徑×行程為  $90 \times 80\text{mm}$ ，指示平均有效壓力  $10\text{kg/cm}^2$ ，轉速為  $2500\text{rpm}$  時，試引擎之指示馬力。

解

$$\begin{aligned} I.H.P. &= \frac{P_i ASCN}{450000} \\ &= \frac{10 \times \frac{\pi}{4} \times 9^2 \times 8 \times 4 \times \frac{2500}{2}}{450000} \\ &= 18\pi\text{PS} \end{aligned}$$

## ② 制動馬力 (B.H.P.)

制動馬力為一實際馬力，即由引擎飛輪向外輸出的馬力。制動馬力亦為指示馬力減去因摩擦或驅動水泵、風扇、發電機、機油泵、分電盤等所消耗的馬力而得。其值約為指示馬力的  $70\sim 85\%$  之間。該馬力可由引擎動力試驗機 (Engine Dynamometer) 直接測得。



### ▶ 由制動平均有效壓力求得

設  $P_b$  為制動平均有效壓力， $A$  為活塞面積， $S$  為行程數， $C$  為汽缸數， $N$  為每分鐘產生之動力次數，則制動馬力  $B.H.P.$  為：

$$B.H.P. = \frac{P_b ASCN}{450000}$$

公式  
9-10

### ▶ 電磁式測功計

利用引擎帶動一發電機，再將此發電機發出來的電壓、電流，利用電儀表測出其值，即可利用電功率與馬力間的換算而獲得引擎馬力數。

設  $P$  為發電機電功率(W)， $V$  為發電機輸出電壓(V)， $I$  為發電機輸出電流(A)， $\eta$  為發電機效率， $B.H.P.$  為指示馬力，則：

$$\begin{aligned} P &= VI \\ B.H.P. \times \eta &= \frac{P}{736} \end{aligned}$$

公式  
9-11

▶ 普羅尼制動測功計

令引擎在全負荷下穩定運轉時，操作制動機上的煞緊裝置，使引擎飛輪的動力經摩擦來令的壓力桿傳送到磅秤上，磅秤上獲得讀數  $W$ ，乘上壓力桿長度  $L$ ，即可獲得引擎飛輪的輸出扭力  $T$ ，此時將引擎的轉數  $N$ ，乘上輸出扭力  $T$ ，即可獲得制動馬力。

$$T = WL$$

$$B.H.P. = \frac{2\pi TN}{4500} = \frac{2\pi WLN}{4500}$$

公式  
9-12

上式中  $T$  的單位為  $\text{kg}\cdot\text{m}$ ， $N$  的單位為  $\text{rpm}$ 。

例題 9-10



有一四缸四行程引擎，其缸徑×行程為  $80 \times 100\text{mm}$ ，制動平均有效壓力  $20\text{kg}/\text{cm}^2$ ，轉速為  $3600\text{rpm}$  時，試求引擎之制動馬力。

解

$$B.H.P. = \frac{P_b A S C N}{450000}$$

$$= \frac{20 \times \frac{\pi}{4} \times 8^2 \times 10 \times 4 \times \frac{3600}{2}}{450000}$$

$$= 51.2\pi \text{PS}$$

例題 9-11



有一電磁式測功計，測得輸出電壓  $220\text{V}$ ，電流  $184\text{A}$ ，發電機效率  $80\%$ ，則引擎之制動馬力為若干  $\text{PS}$ ？

解

$$B.H.P. \times \eta = \frac{P}{736} = \frac{VI}{736}$$

$$B.H.P. \times 0.8 = \frac{200 \times 184}{736}$$

$$B.H.P. = 62.5\text{PS}$$

### ③ 摩擦馬力 (F.H.P.)

引擎在運轉中，各機件之摩擦力或驅動水泵、風扇、發電機、機油泵分電盤等所消耗的馬力，稱為摩擦馬力。

指示馬力為制動馬力與摩擦馬力之和

公式  
9-13

$$I.H.P. = B.H.P. + F.H.P.$$

引擎機械效率為制動馬力與指示馬力之比值

$$\eta = \frac{B.H.P.}{I.H.P.} \times 100\%$$

#### 例題

9-12



有一四缸四行程引擎之指示馬力 150PS，測得飛輪所輸出的馬力 120PS，試求 (1)引擎之摩擦馬力？ (2)引擎之機械效率。

解

$$(1) I.H.P. = B.H.P. + F.H.P.$$

$$150 = 120 + F.H.P.$$

$$F.H.P. = 30PS$$

$$(2) \eta = \frac{B.H.P.}{I.H.P.} = \frac{120}{150} \times 100\% = 80\%$$

#### 練習5

有一四缸四行程引擎，其缸徑為 10cm，行程為 12cm，當引擎轉數 1800rpm，其指示平均有效壓力 20kg/cm<sup>2</sup>，試求其指示馬力為多少 PS？

#### 練習6

有一引擎使用普羅尼制動馬力試驗機測量其馬力，已知試驗機臂長為 0.5m，磅秤之讀數為 20kgf，在引擎轉數 3600rpm 時，試求其制動馬力為若干 PS？

## 2 引擎扭力



**扭力** (Torque) 又稱為**扭矩**，係指引擎在爆炸行程時，使活塞下行的力矩而言。馬力則是在以引擎回轉數表示的一定時間內，可將扭力如數發揮的力矩。故**扭力**是指汽車的原動力，而馬力則是汽車的工作效率。在我們看到汽車的性能資料時，除了會注意到馬力的大小之外，還有一個值得注意的性能就是**扭力**的大小。

**扭力**和馬力的關係是什麼呢？在引擎測試時，所能測到的馬力是由**扭力**與引擎轉速算出來的，所以**扭力**與馬力是在同一個測試中得到的。

若  $T$  為**扭矩**，且其單位為  $\text{kg}\cdot\text{m}$ ， $N$  為引擎轉速，則制動馬力  $B.H.P.$  為：

$$B.H.P. = \frac{2\pi TN}{4500}$$

公式  
9-14

當馬力一定時，引擎**扭力**與引擎轉數成反比；當引擎轉數一定時，則引擎馬力與**扭力**成正比。

### 例題

9-13



有一台八缸四行程引擎於引擎轉速 3000rpm 時，所測得的馬力有  $20\pi\text{PS}$ ，試求此時的**扭矩**。

解

$$B.H.P. = \frac{2\pi TN}{4500}$$

$$20\pi = \frac{2\pi \times T \times 3000}{4500}$$

$$T = 15\text{kg}\cdot\text{m}$$

### 練習 7

某引擎在 3600rpm 時，曲軸之**扭力**為  $15\text{kg}\cdot\text{m}$ ，試求該引擎此時之輸出功率。





### 驅動力與牽引力

驅動力是指推動引擎向前行駛之力；牽引力則是指輪胎之抓地力。

#### 1 驅動力



所有旋轉機件都有**驅動力**（Driving Force），驅動軸有其扭矩，驅動力即可由驅動輪之圓周傳遞出去。

引擎產生的動力為驅動力的來源，經由飛輪輸出並經由傳動系統傳遞下去，最後傳到車輪，藉由輪胎與地面的摩擦力，使車輪旋轉牽引車子前進。

汽車通常只計算驅動力的來源與最後輸出部分，亦即引擎驅動力與車輪驅動力。

#### ① 引擎驅動力

引擎產生動力推動車子前進之力，即為驅動力。欲維持車子前進須克服車子的行駛阻力，所以克服車子的行駛阻力，維持車子前進之力即稱為引擎驅動力（俗稱推進力）。

#### ② 車輪驅動力



引擎產生的扭力經由傳動系統傳至**驅動輪**（Driving Wheel）。此時作用於驅動輪上的扭力  $T_d$  產生一對地面的圓周力  $F_o$ ，地面對驅動輪的反作用力  $F_r$  即是驅動車輛的外力。引擎的轉速特性、傳動機構的減速比、傳動系統的機械效率及車輪的半徑都是影響車輪驅動力的重要因素。

一般驅動力大小可藉由下列二種方式求得：

- (1) 車子等速前進時，藉由行駛動力（引擎阻抗馬力）求得引擎驅動力。

若行駛動力為  $P_e$ ，汽車之速度為  $V$ ，汽車之驅動力為  $F_e$ ，則：

$$P_e = F_e V$$

公式

9-15

$$PS = \frac{P_e}{736}$$

由上式可知引擎輸出的馬力固定時，驅動力與車速成反比，車速由慢變快時所需驅動力由大變小。又車子於同一車速時，引擎輸出馬力與驅動力成正比，引擎輸出的馬力愈大時，驅動力也愈大。

引擎的驅動力，由傳動系統傳遞到車輪，車輪的驅動力會受到傳輸效率影響而降低，若車輪驅動力為  $F_d$ ，引擎驅動力為  $F_e$ ，動力傳送效率為  $\eta_m$ ，則

$$\eta_m = \frac{F_d}{F_e} \times 100\%$$

公式

9-16

- (2) 車子加速前進或變速箱換檔時，藉由引擎輸出扭矩求得驅動輪的驅動力。如圖 9-4 所示，若車輪驅動力為  $F_d$ 、驅動輪扭矩為  $T_d$ 、驅動輪半徑為  $r$ ，則

$$T_d = F_d r$$

公式

9-17

由以上可知，當驅動力固定時，驅動輪之扭矩與驅動輪之半徑成反比。

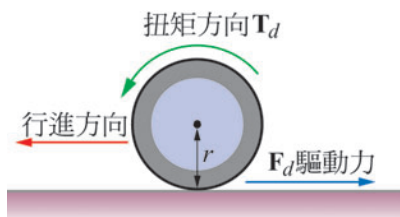


圖 9-4 驅動輪上的扭力與驅動力

又驅動輪的扭矩，亦是由引擎輸出之扭矩，經由減速比再乘上動力傳送效率，傳遞到車輪。若  $T_d$  為驅動輪的扭矩， $T_e$  為引擎輸出的扭矩， $i$  為總減速比， $\eta_m$  為動力傳送係數， $r$  為驅動輪半徑， $F_d$  為車輪之驅動力，則：

$$\begin{aligned} T_d &= T_e i \eta_m \\ F_d &= \frac{T_d}{r} = \frac{T_e i \eta_m}{r} \end{aligned}$$

公式  
9-18

由上式可知引擎於同一轉數時，輸出的扭矩固定，減速比愈大，車輪之驅動力也愈大。所以車子在起步時，變速箱都位於一檔位置，此時的減速比最大，驅動力也愈大。車子於超車或爬坡時，變速箱亦應降檔以獲得較大的減速比，增加驅動力。

汽車於行駛當中，等速前進時驅動力等於行駛阻力，但於加速時驅動力會大於行駛阻力，若於減速時驅動力則小於行駛阻力。

若汽車於等速行駛時，引擎驅動力等於行駛阻力，則車輪驅動力等於行駛阻力之外部阻力，即：

$$\begin{aligned} F_d &= R_{out} \\ \frac{T_e i \eta_m}{r} &= R_r + R_a + R_c + R_{ac} \end{aligned}$$

公式  
9-19

### 例題 9-14



有一部汽車以車速 18.4m/sec 等速直線前進，此時行駛動力為 50PS，試求該引擎所產生的推進力。

**解**

$$\begin{aligned} PS &= \frac{P_e}{736} = \frac{F_e V}{736} \\ 50 &= \frac{F_e \times 18.4}{736} \\ F_e &= 2000N \end{aligned}$$

**例題**

9-15



有一引擎於轉速為 3000rpm 時，其輸出扭力為 800N-m，總減速比為 5，傳動效率為 90%，驅動輪半徑 50cm，試求該引擎實際輸出到車輪的驅動力。

**解**

$$\begin{aligned} F_d &= \frac{T_e i \eta_m}{r} \\ &= \frac{800 \times 5 \times 0.9}{0.5} \\ &= 7200\text{N} \end{aligned}$$

**例題**

9-16



有一車輛車重 30000N，爬 30° 之斜坡，車速為 2m/sec 時，總減數比 5:1，動力傳輸效率  $\mu_m = 75\%$ ，驅動輪半徑為 0.3m，試求該車之引擎輸出之扭矩。（設  $\mu_r = 0.015$ ）

**解**

$$\begin{aligned} F_d &= R_{out} = R_r + R_c \\ \frac{T_e i \eta_m}{r} &= \mu_r W \cos \theta + W \sin \theta \\ \frac{T_e \times 5 \times 0.75}{0.3} &= 0.015 \times 30000 \times \cos 30^\circ + 30000 \times \sin 30^\circ \\ T_e &= 1231.18\text{N-m} \end{aligned}$$

**練習 8**

若引擎輸出之扭矩為 20N-m，總減速比為 4:1，傳動效率為 80%，車輪之負荷半徑為 400mm，則其驅動輪之驅動力為多少？

**練習 9**

有一車輛之重量為 45000N，車身前方投影面積 3m<sup>2</sup>，以車速 90km/hr 等速行駛於平坦之柏油路上時，總減速比為 5:1，驅動輪半徑為 0.5m，傳動效率為 90%，試求該車引擎輸出之扭矩。（設  $\mu_r = 0.012$ 、 $C_d = 0.48$ 、 $\rho = 0.125\text{kg-sec}^2/\text{m}^4$ 、 $g = 10\text{m/sec}^2$ ）

## 2 牽引力

汽車運動的所有驅動力量，是靠著車輪與地面之間的摩擦力而產生，驅動時若車輪無打滑，此時驅動力就等於車輪與地面之摩擦力。

當驅動力大於車輪與地面之最大靜摩擦力時，驅動輪就會打滑，車輪就會失去牽引汽車前進的力量。



**牽引力** (Traction) 是指車輛在起步、加速、爬坡或較差的路況（如雨天、泥濘、雪地等）行駛時，輪胎與地面能夠維持平穩的力量，即俗稱之抓地力。牽引力對於汽車的行駛是非常重要的！換言之，牽引力較佳的車子也是較安全的車子，因為它也較不會有打滑的傾向。車子能夠安全地行駛是依據能否有持續平穩的牽引力而定，而牽引力的穩定性主要是由車子的驅動方法來決定的。將引擎動力的輸出，經由傳動系統分配到四個輪胎（4WD）與分配到兩個輪胎（FWD或RWD）的比較下，其結果4WD可以在2WD無法安全行駛的路況中輕易地行駛。簡單的說，4WD比2WD多了兩倍以上的牽引力。

4WD (4Wheel Drive System) 四輪驅動系統，是將引擎的驅動力從2WD系統的二輪傳動變為四輪傳動。主要是4WD系統有比2WD更優異的引擎驅動力，達到更好的輪胎牽引力。



**抓地力** (Road Holding) 乃是表示驅使汽車行駛所必須之輪胎如何以適切的狀態緊抓住路面。為了增進抓地力，對支撐輪胎的懸掛系統進行調校是極為重要的。因此，懸掛的幾何設計和輪胎校正，甚且彈簧與減震筒的強弱，與其衝程的長短等均有密切關係。所謂**懸掛幾何** (Suspension Geometry)，即是在幾何學上顯示出懸掛的位置關係。



**TCS 牽引力控制系統** (Traction Control System) 的目的是防止馬力強大的車子在起步或急遽加速時車輪發生空轉的情況。牽引力控制提供的工作原理是即時降低引擎輸出功率，幫助輪胎重新獲得必要的抓地力。它利用高科技感應器控制車輪的運轉，如果發生空轉，就按需要調整引擎輸出的動力，亦可配合ABS系統把空轉的車輪轉速減慢，令車子能夠暢順行駛。

在摩擦係數很小的光滑路面上，汽車的驅動力必須降的很低。如果為了獲得較大的驅動力，踏緊油門踏板，使驅動力超過了輪胎和地面之間的最大摩擦力，這樣不但不能獲得所期望的驅動力，反而影響了汽車的行駛穩定性。

4WD 驅動力平常前後輪以 50:50 的比例平均分配驅動力，當車輪產生打滑的現象時，可透過黏性耦合 LSD 將扭矩分配最適化。在煞車進行甩尾動作時，中央限滑差速器解除裝置則可以鎖住傳至後輪的驅動力（使後輪驅動力為零）。

### 例題

9-17



某後輪驅動車作用於每一後輪之扭矩為 280N-m，若後輪輪胎直徑為 700mm，在輪胎沒有打滑的情況下，試求輪胎與地面之摩擦力大小。

解

$$\begin{aligned} F_f &= \frac{T_d}{r} \\ &= \frac{280}{0.35} \\ &= 800\text{N} \end{aligned}$$

### 練習10

某驅動軸之扭矩為 300N-m，若驅動輪之輪胎直徑為 60cm，試求輪胎與地面之摩擦力之大小。





## 煞車力與煞車距離

本節將談到煞車力與煞車距離，加油！這是最後的衝刺了！

## 1 煞車力

### ① 煞車力

制動裝置（俗稱煞車）主要是讓行駛中的車子減速或停止，或使停止的車子不產生滑動，制動裝置通常是利用摩擦力將車子的動能變成熱能，消散於空氣之中。

現今車子多採用碟型煞車，即是利用碟式煞車片與碟盤的摩擦力，使行駛中之汽車動能消失，將車子制住停止。

煞車蹄片壓於鼓輪上，煞車來令與煞車鼓間產生之摩擦力即是煞車力。

設煞車力為  $F_b'$ ，摩擦係數為  $\mu$ ，正壓力為  $N$ ，則

$$F_b' = \mu N$$

公式  
9-20

設汽車之動能為  $E_k$ ，汽車之質量為  $m$ ，速度為  $V$ ，熱能之單位為 BTU，則

$$E_k = \frac{1}{2}mV^2$$
$$1\text{BTU} = 778\text{ft}\cdot\text{lb}$$

公式  
9-21

### 例題 9-18



有一車輛質量為 1556slug，並以 20ft/sec 之速度在路面上行駛，駕駛者發現前方路旁突然衝出一隻小狗而採取緊急煞車動作。試求該車之制動系統產生的熱能。

解

$$\begin{aligned}
 E_k &= \frac{1}{2}mV^2 \\
 &= \frac{1}{2} \times 1556 \times 20^2 \\
 &= 311200\text{ft}\cdot\text{lb} \\
 BTU &= \frac{E_k}{778} = \frac{311200}{778} = 400\text{BTU}
 \end{aligned}$$

## ② 煞車力產生的來源與傳遞

汽車煞車力的產生與傳遞大部分是使用液壓來煞車，其係利用巴斯噶原理將煞車踏板的踏力（作用力），經由液體傳遞到各車輪的煞車片上，並藉由煞車片的摩擦，以達到煞車之作用。其中煞車踏板的踏力，亦利用槓桿原理放大，傳遞作用到煞車總泵之柱塞上。



**巴斯噶原理**（Pascal's Principle）是指液體於密閉容器內，受到壓力作用時，每一點的壓力不變。如圖 9-5 所示，若壓力為  $\rho$ ，其與兩邊活塞受力及面積之關係式為：

$$\rho = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

公式  
9-22

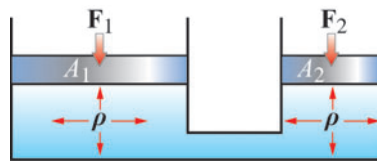


圖 9-5 巴斯噶原理

槓桿原理是指當槓桿保持靜止平衡狀態時，其所受順時鐘方向的力矩與逆時鐘方向的力矩大小相等，此關係即稱為槓桿原理。如圖 9-6 所示，踏板處依槓桿原理得：

$$F_b L_1 = FL_2$$

公式  
9-23

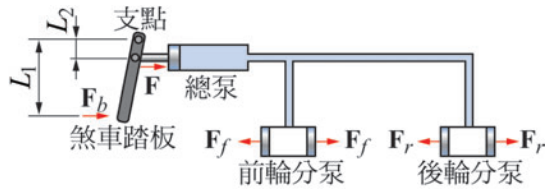


圖 9-6 液壓煞車原理

### 例題

9-19



如圖 9-6 所示，有一組煞車系統內，煞車總泵柱塞缸徑為 20mm，前輪分泵柱塞缸徑為 40mm，後輪分泵柱塞缸徑為 30mm，煞車踏板到支點  $L_1$  為 25cm，總泵推桿到支點  $L_2$  為 5cm，假設煞車踏板的踏力為 300N，試求前、後輪分泵之作用力。

**解** 由槓桿原理得：

$$F_b L_1 = F L_2$$

$$300 \times 25 = F \times 5$$

$$F = 1500\text{N}$$

由巴斯噶原理得：

$$\frac{F}{A} = \frac{F_f}{A_f} = \frac{F_r}{A_r}$$

$$\frac{1500}{\frac{\pi}{4} \times 20^2} = \frac{F_f}{\frac{\pi}{4} \times 40^2} = \frac{F_r}{\frac{\pi}{4} \times 30^2}$$

$$F_f = 6000\text{N} \text{ (前輪)}$$

$$F_r = 3375\text{N} \text{ (後輪)}$$

### 3 摩擦力與煞車力

車輛在行駛中，主要使車輛停止的力為地面的摩擦力。地面摩擦力越大，減速度越大，制動距離也較短。假設輪胎與地面的最大摩擦力為  $F_w$ ，制動器制動力為  $F_b$ ，則車輪煞車最有效的情況是  $F_b = F_w$ ，此時車輪還能繼續轉動，即輪胎與地面之最大摩擦力為  $F_w = \mu_s W$ 。若車輪的制動力過大，此時車輪被鎖死，在路面上停止轉動而打滑，則此

時輪胎與地面之最大摩擦力為  $F_w = \mu_k W$ ，因為  $\mu_k$ （動摩擦係數）一定小於  $\mu_s$ （靜摩擦係數），輪胎與地面之摩擦力變小，車輪滑行，煞車距離變長。

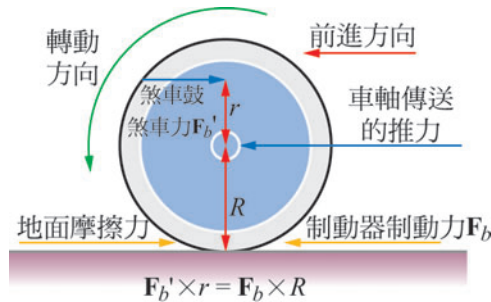


圖 9-7 制動器制動力與地面摩擦力之關係

如圖 9-7 所示，設  $P$  為車輪荷重， $\mu_s$  為輪胎與地面之靜摩擦係數，則輪胎與地面之最大摩擦力為  $F_w = \mu_s P$ 。

煞車時，愈得到最大的煞車效果，制動器則必須產生制動力  $F_b = F_w$ 。設  $W$  為全車荷重，則煞車力  $F_b = \mu_s W$ ，又設  $P_f$  為前輪軸荷重， $P_r$  為後輪軸荷重，則煞車力  $F_b = \mu_s (P_f + P_r)$ ，則：

$$\text{左右前輪，所需制動力為 } F_{bf} = \frac{1}{2} \mu_s P_f$$

$$\text{左右後輪，所需制動力為 } F_{br} = \frac{1}{2} \mu_s P_r$$

設  $D$  為輪胎之直徑， $d$  煞車鼓直徑，則對於煞車鼓所應產生之煞車力，即煞車蹄片與煞車鼓間的摩擦力  $F_b'$  為：

$$F_b' \times \frac{d}{2} = F_b \times \frac{D}{2} \quad F_b' = \frac{D}{d} F_b$$

$$F_{bf}' = \frac{D}{d} F_{bf} = \frac{D}{2d} \mu_s P_f$$

$$F_{br}' = \frac{D}{d} F_{br} = \frac{D}{2d} \mu_s P_r$$

公式  
9-24

在汽車的運動之中，所有的驅動力量與制動力量，都是靠著車輪與地面之間的摩擦力而產生的，因此若能夠將四個輪子的摩擦力發揮到極限，將能具有較佳的操控性能及運動性能，在駕駛表現與安全性上也會有較佳的表現。

## 例題

9-20



某汽車前軸荷重為 28kN，後軸荷重為 22kN，輪胎直徑 60cm，煞車鼓直徑 30cm，輪胎與地面之靜摩擦係數為 0.3，試求最大煞車效果時，每個煞車鼓應產生的煞車力。

**解**  $F_{br}' = \frac{D}{2d} \mu_s P_r = \frac{60}{2 \times 30} \times 0.3 \times 28 \times 1000 = 8400\text{N}$

$$F_{br}' = \frac{D}{2d} \mu_s P_r = \frac{60}{2 \times 30} \times 0.3 \times 22 \times 1000 = 6600\text{N}$$

## 練習 11

有一液壓是煞車系統，其踏板比上總泵的槓桿比為  $L_1 : L_2 = 7:1$ ，且加於踏板上的力量為 300N，總泵活塞面積為  $10\text{cm}^2$ ，前輪分泵面積為  $20\text{cm}^2$ ，後輪分泵面積為  $15\text{cm}^2$ ，試求煞車油壓力及前後分泵的作用力。

## 練習 12

某汽車前軸荷重為 30kN，後軸荷重為 25kN，輪胎直徑 45cm，煞車鼓直徑 25cm，輪胎與地面之靜摩擦係數為 0.2，試求最大煞車效果時，每個煞車鼓應產生的煞車力。

## 2 煞車距離

汽車於行駛當中，駕駛者發現前方出現危險狀況而採取煞車動作，直到車子停止，車子所移動的距離稱為煞車距離。一般煞車距離為空走距離與實制動距離二者之和，如圖 9-8 所示。



圖 9-8 煞車距離

### ① 空走距離

係指駕駛者發生危險狀況到踩下煞車踏板為止，車子所移動的距離，此段距離所花的時間稱為空走時間，包括反應時間(一般約 0.2~0.3 秒)換踏時間(一般約 0.15~0.25 秒)，踩下時間(一般約 0.05~0.15 秒)，所以空走時間大約 0.6~1.0 秒。

若汽車以等速行駛，則空走距離為汽車速率與空走時間之乘積，即： $S = Vt$ 。

### ② 實制動距離

駕駛者踩下煞車踏板，且使煞車碟盤產生制動作用開始，直到車子停止，車子所移動的距離，稱為實制動距離。設車輪煞車之最大效果為地面制動力  $F_b$  等於地面摩擦力  $F_w$ ，則  $F_b = F_w = \mu_s W$ 。

依牛頓定律  $F = ma$ ，可求得汽車緊急煞車時減速度  $a$ ：

$$F_b = ma$$

$$\mu_s W = \frac{W}{g} a$$

$$a = \mu_s g$$

設  $S$  為最短之實制動距離，且汽車緊急煞車停止時末速度  $V = 0$ ，則

$$V_2 = V_0^2 - 2aS$$

$$0 = V_0^2 - 2aS$$

$$S = \frac{V_0^2}{2a}$$

假設煞車時車子的初速度為  $V$ ，車重為  $W$ ，輪胎與地面的摩擦係數為  $\mu$ ，實際制動距離為  $S$ ，輪胎與地面之摩擦力為  $F$ ，汽車動能為  $E_k$ ，則：

$$E_k = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \frac{W}{g} V^2$$

$$F = \mu W$$

$$E_k = FS$$

$$\frac{1}{2} \frac{W}{g} V^2 = \mu WS$$

$$S = \frac{V^2}{2\mu g}$$



**例題 9-21**

有一車輛以 54km/hr 速度在路面上行駛，駕駛者發現狀況開始踩煞車，試求該車之空走距離。（假設駕駛者空走時間為 0.6sec）

**解**  $V = 54\text{km/hr} = 15\text{m/sec}$

$$\begin{aligned} S &= Vt \\ &= 15 \times 0.6 \\ &= 9\text{m} \end{aligned}$$

**例題 9-22**

有一車輛以 36km/hr 速度在路面上滑行 20m 後停止，試求該車之輪胎與地面的摩擦係數為  $\mu$ 。（設  $g = 10\text{m/sec}^2$ ）

**解**  $V = 36\text{km/hr} = 10\text{m/sec}$

$$\begin{aligned} S &= \frac{V^2}{2\mu g} \\ 20 &= \frac{10^2}{2\mu \times 10} \\ \mu &= 0.25 \end{aligned}$$

**練習 13**

汽車車速以 108km/hr 行駛，從開始煞車到車子完全停止，所經過的距離是 100m，假設已量出車子的滑行距離是 70m，試問駕駛者之空走時間。

**練習 14**

有一車輛以 20m/sec 速度在柏油路面上行駛，若路面之摩擦係數為 0.64，試求當踩下煞車後，此車輛之滑行距離。（設  $g = 10\text{m/sec}^2$ ）

## 第9章 重點掃描

- 9-1
1. 車輪輸出動力( $P_d$ ) 等於引擎行駛動力(阻抗馬力)( $P_e$ )與動力傳送係數( $\eta_m$ )之乘積。
  2. 外部阻力  $R_{out} = R_r + R_a + R_c + R_{ac}$ 。
  3. 行駛動力(引擎阻抗馬力)  $P_e$  為行駛阻力  $R$  與汽車速率  $V$  之乘積。

4. 內部阻力產生的動力損失，通常以動力傳輸效率來計算。

9-2

5. 指示馬力  $I.H.P = \frac{P_i ASCN}{450000}$

6. 制動馬力  $B.H.P = \frac{P_b ASCN}{450000}$

- 9-3
7. 車輪驅動力  $F_d$  等於引擎驅動力  $F_e$  與動力傳送係數  $\eta_m$  之乘積；亦等於驅動輪扭矩  $T_d$  除以驅動輪半徑  $r$  之商。

$$F_d = F_e \eta_m = \frac{T_d}{r}$$

8. 引擎機械效率  $\eta = \frac{B.H.P.}{I.H.P.} \times 100\%$

9. 汽車等速行駛時引擎驅動力等於行駛阻力，則車輪驅動力等於行駛阻力之外部阻力。

10. 牽引力是指車輛在起步、加速、爬坡或較差路況(雨天、泥濘、雪地等)行駛時，輪胎與地面能夠維持平穩的力量。

- 9-4
11. 煞車蹄片壓於煞車鼓上，煞車來令與煞車鼓間產生之摩擦力即是煞車力，即  $F_b' = \mu N$ 。

12. 制動裝置通常是利用摩擦力將車子的動能變成熱能，消散於空氣之中。

13. 最大煞車效果時各車輪所需之煞車力：

$$\text{左右前輪煞車鼓之煞車力為 } F_{bf'} = \frac{D}{2d} \mu_s P_f$$

$$\text{左右後輪煞車鼓之煞車力為 } F_{br'} = \frac{D}{2d} \mu_s P_r$$

14. 煞車距離 = 空走距離 + 實制動距離。

15. 汽車行駛時之最短實制動距離為  $S = \frac{V^2}{2a} = \frac{V^2}{2\mu g}$ 。

## 學後評量

### 選擇題

- 9-1 ( ) 1. 車輛行駛中之空氣阻力與下列何者無關？ (A)車速 (B)空氣阻力係數 (C)車前方之正投影面積 (D)車重。
- ( ) 2. 汽車重  $W$ ，爬上一斜度  $\theta$  之斜坡，則其斜坡阻力（下滑的力，不考慮摩擦）為 (A) $W\sin\theta$  (B) $W\cos\theta$  (C) $W\tan\theta$  (D) $W\cot\theta$ 。
- ( ) 3. 汽車於下坡減速行駛時，行駛阻力中何者為正值？ (A)空氣阻力和滾動阻力 (B)滾動阻力和慣性阻力 (C)空氣阻力和斜坡阻力 (D)慣性阻力和斜坡阻力。
- ( ) 4. 汽車於下坡減速行駛時，行駛阻力中何者為負值？ (A)空氣阻力和慣性阻力 (B)滾動阻力和慣性阻力 (C)慣性阻力和斜坡阻力 (D)空氣阻力和斜坡阻力。
- ( ) 5. 下列之敘述何者為真？ (A)滾動阻力與車重成反比 (B)斜坡阻力與車重有關 (C)高速檔較低速檔之動力傳動效率為低 (D)引擎到驅動輪間之傳動機件其旋轉部分所產生之阻力與慣性阻力無關。
- 9-2 ( ) 6. 汽車引擎馬力與下列何者無關？ (A)引擎排氣量 (B)引擎轉數 (C)變速箱減速比 (D)引擎行程與缸數。
- ( ) 7. 1PS 等於 (A)476 (B)376 (C)736 (D)746 W。
- ( ) 8. 引擎汽缸中燃料燃燒所產生的馬力為 (A)T.H.P (B)B.H.P (C)F.H.P (D)I.H.P。
- ( ) 9. 若引擎的制動馬力為 100PS，摩擦馬力為 20PS，則其指示馬力與引擎機械效率各為 (A)140PS、71% (B)120PS、83% (C)100PS、85% (D)80PS、80%。
- ( ) 10. 駕駛者感受到的車輛加速的力量很夠力，是因為感受到引擎強大的 (A)轉數 (B)馬力 (C)扭力 (D)牽引力 所產生的加速力。

- 9-3 ( ) 11. 車子能夠安全地行駛是依據能否有持續平穩的 (A)馬力 (B)扭力 (C)牽引力 (D)制動力。
- ( ) 12. 有一台前輪驅動的車子，若將其前輪的輪胎換成直徑較大的輪胎，假設引擎轉數、變速箱檔位都在相同位置時，當車子起步或加速時 (A)前輪輸出扭矩與驅動力均變大 (B)前輪輸出扭矩不變但驅動力變大 (C)前輪輸出扭矩不變但驅動力變小 (D)前輪輸出扭矩與驅動力均變小。
- ( ) 13. 有一車輛引擎輸出扭矩為 200N·m，其傳動總減速比為 2，若傳動效率為 1，則車輪扭矩為 (A)100 (B)200 (C)300 (D)400 N·m。
- ( ) 14. 大馬力之汽車，為使驅動力更大，應使用 (A)輪寬較寬 (B)輪寬較窄 (C)直徑較小 (D)直徑較大 之車輪。
- ( ) 15. 汽車於路上行駛時，當驅動力等於行駛阻力時，則汽車 (A)減速 (B)等速 (C)加速 (D)變速 行駛。
- 9-4 ( ) 16. 一個 BTU 的熱量相當於多少功？ (A)746 (B)450 (C)680 (D)778 ft·lb
- ( ) 17. 某汽車車速自 30km/hr 煞車降自零，與自 90km/hr 煞車降自零，則後者因煞車時摩擦所產生的熱能為前者的 (A)不變 (B)3 倍 (C)9 倍 (D)27 倍。
- ( ) 18. 設液壓煞車主缸活塞之斷面積  $A$ ，煞車分缸活塞之斷面積  $B$ ，如果煞車主缸活塞推力為  $F$ ，則分缸活塞所受推力  $P$  為 (A) $P = \frac{AB}{F}$  (B) $P = \frac{BF}{A}$  (C) $P = \frac{AF}{B}$  (D) $P = ABF$ 。
- ( ) 19. 輪胎與地面的最大摩擦力為  $F_w$ ，制動器制動力為  $F_b$ ，車輪煞車最有效的情況是 (A) $F_b > F_w$  (B) $F_b = F_w$  (C) $F_b < F_w$  (D) $F_b = 2 F_w$ 。
- ( ) 20. 駕駛者發生危險狀況而踩下煞車踏板為止，此段車子移動距離所花的時間稱為 (A)空走時間 (B)反應時間 (C)換踏時間 (D)踩下時間。

## 計算題

## Part1：基本題

1. 某一車輛以 36km/hr 之速率行駛時，汽車所受到的行駛阻力為 4500N 力，試求汽車之行駛動力。
2. 一車輛總車重為 30kN，車身前方投影面積  $4\text{m}^2$ ，車速為 36km/hr 時，以  $2\text{m/sec}^2$  加速爬  $30^\circ$  之斜坡時，試求該車之行駛阻力。（設  $\mu_r=0.01$ 、 $C_d=0.5$ 、 $\rho=0.125\text{kg-sec}^2/\text{m}^4$ 、 $\delta=0.07$ 、 $g=10\text{m/sec}^2$ ）
3. 有一單缸二行程引擎其指示平均有效壓力為  $10\text{kg/cm}^2$ ，缸徑  $\times$  行程為  $10 \times 9\text{cm}$ ，轉速為 1500rpm 時，試求引擎之指示馬力。
4. 有一四缸四行程引擎，其缸徑  $\times$  行程為  $10 \times 10\text{cm}$ ，制動平均有效壓力  $9\text{kg/cm}^2$ ，轉速為 2500rpm 時，試求引擎之制動馬力。
5. 有一圓軸承受  $15\text{kg-m}$  的扭矩，當其轉數為 3000rpm 時，試求此軸能傳送功率。
6. 有一普羅尼制動機，臂長 3m，在 2700rpm 時，若引擎制動馬力為 36PS，試求磅秤之讀數。
7. 有一引擎其行駛動力為 150PS，車速為 72km/hr，傳動效率為 90%，試求該引擎實際輸出到車輪的最大驅動力。
8. 設引擎輸出扭矩為  $150\text{N-m}$ ，總減速比為 3，傳動效率為 100%，試求車輪之扭矩。
9. 某汽車質量為 3890slug，以 40ft/sec 之速率行駛，當煞車停止時，試求煞車鼓產生的熱量。
10. 一車以車速 144km/hr 行駛，從開始煞車到車輛完全停止，所經的距離是 140m，若以量出車輛滑行的距離是 80m，試求該車駕駛者之煞車反應時間。

## Part2：進階題

11. 汽車以 36km/hr 之等速行駛，其引擎之功率為 20kW，試求汽車之行駛阻力。

12. 有一貨車之重量為  $50\text{kN}$ ，車身前方投影面積  $5\text{m}^2$ ，以車速  $72\text{km/hr}$  等速行駛於平坦之柏油路上時，試求該車所需之行駛動力。（設  $\eta_m = 80\%$ 、 $\mu_r = 0.01$ 、 $C_d = 0.6$ 、 $\rho = 0.125\text{kg}\cdot\text{sec}^2/\text{m}^4$ 、 $g = 10\text{m}/\text{sec}^2$ ）
13. 有一具六缸四行程引擎經測得於轉速為  $3600\text{rpm}$  時，其指示馬力為  $48\pi\text{PS}$ ，其機械效率為  $80\%$ ，試求該轉數時之扭矩。
14. 有一四缸四行程引擎，其缸徑  $\times$  行程為  $80 \times 80\text{mm}$ ，轉速為  $3500\text{rpm}$  時，指示平均有效壓力為  $15\text{kg}/\text{cm}^2$ ，若同時測出扭力為  $15\text{kg}\cdot\text{m}$ ，試求該引擎之機械效率。
15. 有一四缸四行程引擎，其指示平均有效壓力為  $10\text{kg}/\text{cm}^2$ ，缸徑  $\times$  行程為  $100 \times 90\text{mm}$ ，轉速為  $4000\text{rpm}$  時，試求其指示馬力為若干 PS？若機械效率為  $85\%$ ，試求引擎之制動馬力為若干 PS？
16. 引擎轉速為  $3800\text{rpm}$ ，變速箱為於二檔位置時，其減速比為  $2.5$ ，引擎扭矩為  $200\text{N}\cdot\text{m}$ ，輪胎半徑為  $0.5\text{m}$ ，最終減速比為  $5$ ，傳動效率為  $90\%$ ，試求其驅動力。
17. 有一車輛等速行駛於平坦柏油路上時，受到的行駛外部阻力  $2100\text{N}$ ，此時總減速比為  $5:1$ ，驅動輪半徑為  $0.6\text{m}$ ，傳動效率為  $90\%$ ，試求該車引擎輸出之扭矩。
18. 某一連通管（兩端分別為  $A$  及  $B$ ）， $A$  端的截面積為  $50\text{cm}^2$ ， $B$  端的截面積為  $150\text{cm}^2$ ，若  $A$  端施以  $100\text{N}$  的力，則  $B$  端需若干力才能使其端面不致移動？
19. 某汽車前軸荷重為  $20\text{kN}$ ，後軸荷重為  $16\text{kN}$ ，輪胎直徑  $46\text{cm}$ ，煞車鼓直徑  $23\text{cm}$ ，輪胎與地面之靜摩擦係數為  $0.25$ ，試求最大煞車效果時，每個煞車鼓應產生的煞車力。
20. 有一汽車質量為  $2000\text{kg}$ ，以  $54\text{km/hr}$  之車速行駛於柏油路面上，試求緊急煞車時其減速度及最短之實制動距離。（設  $\mu_s = 0.6$ 、 $g = 10\text{m}/\text{sec}^2$ ）