



第三章 車輛操作特性

壹、重點觀念

貳、公式精要

參、學習評量

第三章 車輛操作特性

壹、重點觀念

一、車輛特性包括靜態和動態特性：

- (一)靜態特性：包含車輛的種類、尺寸、重量等項目。
- (二)動態特性：包含車輛的牽引力、加減速率、與運動狀態等特性。
- (三)曲線、超高、縱向坡度、加減速車道長度、護欄高度、豎曲線等幾何設計皆以車輛特性為依據。

二、車輛的重量包括輪重、軸重和總重，為設計道路結構之首要因素。

- (一)總重、或軸重為設計橋樑之依據，公路橋樑最大設計載重分為H20和H20-S16二種型式，這和美國相同。H20載重乃指總重18公噸之單廂貨車，而H20-S16載重係指總重32.4公噸之半拖車而言。《89年警大二技》《93年警大二技》

- (二)影響路面設計厚度的因素為：輪重、輪胎壓力及其配置方式。而輪胎與路面的接觸面積也是影響路面應力的另一重要因素。

▲輪重對路面所產生的作用力與輪胎和地面的接觸面積有關，同樣輪重和輪胎壓力的車輛，若採用雙胎時，其對路面所產生的作用力較單胎者為小。《94年警大二技》

三、車輛的尺寸包括長度、寬度、高度、輪距、軸距、前後懸伸長度等。

- (一)高度：設計橋樑、隧道及地下道淨高的重要依據，一般以4.1公尺為

最大容許高度。《90年警大二技》

- (二)影響車道寬度的因素：設計行駛速率、交通量、車輛性質（寬度、車種）。《93年警大二技》
- (三)交通量較大且設計速率較高時，原則上以3.5公尺為車道寬度；惟交通量與設計速率均低時，車道寬度3.0公尺則已足夠。
- (四)長度：為軸距與前後懸伸長度之總和，係影響車輛轉彎性能的主要因素。
- (五)軸距：為前後兩軸間距，其影響最小轉彎半徑及轉彎時車輛佔用道路面積。另外，前後懸伸長度亦與轉彎時佔用道路面積有關。
- (六)標準設計車輛：假定一種車輛其尺度、重量、及操作特性都能適用在各種車輛身上，以作為建立道路設計控制標準。此車輛之尺寸應比實際行駛中的車輛為大，則所設計之道路方能符合實際需求。

▲在設計車型（Design Vehicle）的規格尺寸中，車長、車寬、軸距、前懸伸長度與道路的平曲線設計有關。《90年警大二技》

四車輛行進中之六項阻力：

滾動、空氣、坡度、慣性、引擎牽引力、煞車阻力。《89年警大二技》

- (一)慣性阻力：車輛內部各轉動零件間（如車輪、車軸、傳動桿、齒輪）在運動時所產生之慣性，為使這些轉動零件轉動的速率足以維持車輛直線運動所需耗費的阻力。慣性阻力約佔總牽引阻力的5%～8%。
- (二)引擎阻力：車輛正常運行下，若機件銜接適當，引擎將產生一種能量使行進中車輛自動減速。相同速率下，使用低速檔位所產生之引擎阻力將比高速檔位大。
- (三)煞車阻力：因應實際需要，駕駛人需使用制動器以煞停車輛。在低速情況下，此種制動力約與車輛行進時之慣性力相等。而煞停車輛所需力量（稱之為制動力）則依車重與煞車的減速率而定；車重愈大所需煞停車輛之制動力愈大。

(四)有關其他阻力之說明，請詳見本章的「貳、公式精要」。

五、超高 (superelevation)：《91年警大二技》《93年警大二技》《94年警大二技》

當車輛行駛於彎道時會產生離心力，使得車輛產生逸出路基外之趨勢，為防止車輛傾倒、逸出路外、及避免路面受磨損，藉由提高彎道外側高度，使「車輪與路面間之側向摩擦阻力」增加，與離心力對抗達成平衡，此設計稱為超高。

▲車輛在彎道行駛時，其所受離心力之大小，取決於鋪面之摩擦係數、彎道之半徑、彎道之超高、車輛之車速。《94年警大二技》

六、公路設置超高的優點：《89年警大二技》《92年警大二技》

- (一)維持車輛於彎道行駛車速均勻，並平衡離心力。
- (二)減輕離心力對乘客所施加之側向壓力，可提高乘客之舒適度。
- (三)增加公路線形美觀。
- (四)減緩小半徑曲線的缺點，免除彎道內側之加寬設計。
- (五)可改善行車之安全度。
- (六)可避免對彎道部分增寬路幅。

▲有關影響超高設計因素詳見本章的「貳、公式精要」。

七、最小轉彎半徑：

即當車輛以低速進行最激烈的可能轉向時，其「外前輪」所行經之半徑。車輛的最小轉彎半徑愈大，表示需提供更大的空間才能使車輛順利完成轉向。最小轉彎半徑與外前輪、軸距及前懸伸長度有關。《89年警大二技》

【註】後懸伸長度與最小轉彎半徑無關。

- (一)輪跡內移：在車輛以低速行經無超高設計之彎道時，前輪與後輪轉彎半徑之差。也就是當車輛在平坡路段以低於15KPH以下之車速轉

彎時，後輪無法依循前輪所完成之弧形軌跡轉彎，此現象稱為「輪跡內移」。《89年警大二技》《94年警大二技》

(二)輪跡內移與「車輛的軸距」和「轉彎半徑」有關。小型車作 90° 最急轉向運行的輪跡內移值約1.3公尺，半拖車作 90° 最急轉向運行的輪跡內移值約3.3公尺，而特大型半拖車作 90° 最急轉向運行的輪跡內移值約3.8公尺。《92年警大二技》

▲雙節公車雖能增加載客數量，但因轉彎時輪跡內移情況嚴重，影響交叉路口容量，反而對市區交通造成不利之衝擊。

(三)車輛轉彎時，其前輪轉彎半徑大於後輪，因此，車輛轉彎時係以其「外前輪」作設計控制。《92年警大二技》

▲轉彎半徑、超高、漸曲線長度、路面加寬與轉彎路段的道路幾何設計項目有關。減速標線用於提醒駕駛人減速，與彎道幾何設計並無直接關連。《90年警大二技》

八、滑動角：

車輛行經彎道時所產生的離心力會使得輪胎向外偏離預定行徑，為保持期望行徑，輪胎必須向內轉動，所轉動之角度稱為滑動角。

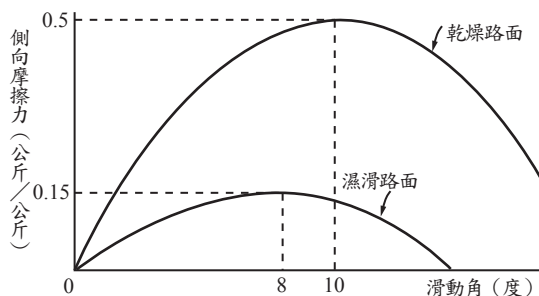
九、側向摩擦力：

輪胎和路面間之摩擦力，用以抵抗離心力稱之為側向摩擦力，其值大小與滑動角、載重和路面狀況有關。

▲乾燥路面的摩擦係數比潮濕路面的摩擦係數大。

十、滑動角與側向摩擦力之關係如《圖3-1》所示，並非成正比關係。在乾燥路面與濕滑路面的滑動角分別為 10° 和 8° 時，其側向摩擦力最大。

《圖3-1滑動角與側向摩擦力之關係》



（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁45）

▲胎面幾近磨平的車胎『A』與胎面正常的車胎『B』在道路上行駛時，若路面乾燥，路面相對於胎面的摩擦力 $A = B$ ；若路面潮濕，路面相對於胎面的摩擦力 $A < B$ 。《94年警大二技》

±制動力：

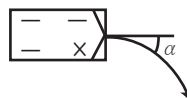
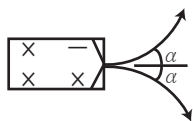
當所有車輪被確實鎖住時車輛才會發生最大煞車效果。《圖3-2(a)–(c)》表示不同車輪被鎖住之組合所呈現車輛偏向之情況。

“—”代表車輪未被完全鎖住，“×”代表車輪完全被鎖住，此現象對於警察人員在處理肇事及研判責任歸屬有很大的助益！

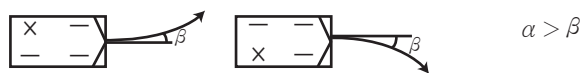
《圖3-2(a)四輪（或前二輪）皆被鎖住之車輛滑行偏向關係》



《圖3-2(b)單一前輪被鎖住之車輛滑行偏向關係》



《圖3-2(c)單一後輪被鎖住之車輛滑行偏向關係》



(見王文麟·交通工程學理論與實用(修正版)·民87·頁49)

貳、公式精要

一、滾動阻力：

為車輛行進時因衝擊、路面變形及機件摩擦而產生之阻力，主要隨車重及路面種類而異，與行駛速率亦有關連。即汽車輪胎旋轉而移動之際，輪胎觸地而發生路面阻礙輪胎行進的滾動阻力。

$$R_r = \mu \cdot W$$

R_r ：滾動阻力（公斤）

μ ：滾動係數（公斤 / 公噸）

W ：車重（公噸）

【重點】

- (一)滾動阻力三種主要構成要素：1.衝擊阻力、2.路面阻力、3.內部組件間之阻力。
- (二)衝擊阻力：因路面之不平整，需輪胎或（和）路面變形以適應之，如果無此調和之適應性，就會產生衝擊阻力。此阻力亦明顯受到「行駛速率」之影響。
- (三)路面阻力：因道路表面變形所發生之阻力。
- (四)輪胎觸地部變形及復原所發生的力與應變間，會因滯後（hysteresis）而損失能量，而成為內部阻力。《見賴耿陽·汽車行駛性能與測試法，民90，頁13-14》
- (五)滾動阻力與「車重」成正比，亦即車重愈重，其滾動阻力愈大。
- (六)滾動係數與「路面種類」有關，以爛泥路面之滾動阻力最大，水泥混凝土路面最小，詳見下表：《91年警大二技》

路面狀況	滾動阻力大小
水泥混凝土路面	
瀝青嵌縫磚頭路面	
瀝青碎石路面	
磚石路面	
爛泥路面	

二、空氣阻力：

車輛於行進時所產生之空氣阻力，與車速、車輛正面投影面積、空氣密度及車尾氣流排出情形有關。（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁34；賴耿陽·汽車行駛性能與測試法·民90·頁15-16）

$$R_a = K T V^2$$

R_a ：空氣阻力（公斤）

K ：空氣阻力係數，一般經驗值約為0.0032～0.0015

T ：正（前）面投影面積（平方公尺）

V ：車速（KPH）

【重點】

- (一)空氣阻力與「車速²」成正比，與「車輛正（前）面投影面積」成正比。
- (二)空氣阻力係數可藉由車輛特殊流線型設計降低減半至0.0015。
- (三)最有效降低空氣阻力的因子為「降低車速」。
- (四)車輛製造商為降低車輛空氣阻力之方法：
 - 1.減小車輛正（前）面投影面積。
 - 2.車輛特殊流線型設計（降低空氣阻力係數）：跑車特殊流線型設計可降低空氣阻力。
- (五)空氣阻力可分為車身表面因空氣黏性而發生的摩擦阻力、及車

身周圍的壓力分布造成的壓力阻力。後者又可分四類：①形狀阻力（佔最大）、②干擾阻力、③內流阻力、④誘導阻力。

（見賴耿陽·汽車行駛性能與測試法·民90·頁15-16）

例題1

車輛行進時，若其空氣阻力係數為0.0015，正面投影面積為25000平方公分，其行車時速為70KPH，則此時車輛的空氣阻力約為何？

【解】 25000平方公分 = 2.5平方公尺

$$R_a = 0.0015 \times 2.5 \times 70^2 = 18.375 \text{ (公斤)}$$

例題2

車輛行進時，若其空氣阻力係數為0.0032，正面投影面積為2.3平方公尺，其行車時速為80KPH，則此時車輛的空氣阻力約為何？《89年警大二技》

【解】 $R_a = 0.0032 \times 2.3 \times 80^2 = 47.1 \text{ (公斤)}$

三、坡度阻力（爬坡阻力）：

車輛行進於坡度路面所產生阻力。（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁35；賴耿陽·汽車行駛性能與測試法·民90·頁19-20）

$$R_g = 1000W \sin \alpha \cong 1000W \tan \alpha = 10WG$$

R_g ：坡度阻力（公斤）

W ：車重（公噸）

α ：坡道坡度（度）

G ：坡度百分數

【重點】

- (一) 當斜面角度（ α ）較小時， $\sin \alpha$ 幾乎等於 $\tan \alpha$ 。
- (二) 平坡路段（ $\sin \alpha = G\% = 0$ ）無坡度阻力。
- (三) 所謂坡度百分數1%係指水平距離行走100公尺，其對應之垂直高度上升1公尺。

(四)下坡時，爬坡阻力反成推動汽車的驅動力。（見賴耿陽·汽車行駛性能與測試法·民90·頁19）

例題3

一輛車重5000公斤之貨車行駛於坡度2%之上坡路段，其坡度阻力為何？

【解】 5000公斤=5公噸

$$R_g = 10 \times 5 \times 2 = 100 \text{ (公斤)}$$

四加速阻力：

汽車需要比穩定行駛時更多的力才能進入加速狀態，這是由於加速時，引擎、離合器、變速器、傳動軸、輪胎等旋轉部分也加速，致使慣性阻力增大。此慣性阻力即稱為加速阻力。（見賴耿陽·汽車行駛性能與測試法·民90·頁20-21）

$$R_s = (W + W_f) \cdot a / g$$

R_s ：加速阻力（公斤）

W ：車重（公噸）

W_f ：旋轉部分相當重量

a ：加速度（ m / s^2 ）

g ：重力加速度（ $=9.8\text{m} / \text{s}^2$ ）

【重點】

(一)加速時，

$$W_f = 0.1 \cdot \text{車重 (普通貨車)}$$

$$W_f = 0.08 \cdot \text{車重 (小客車、小貨車)}$$

(二)制動及惰行時，引擎、離合器、變速器脫離旋轉部分，

$$W_f = 0.07 \cdot \text{車重 (普通貨車)}$$

$$W_f = 0.05 \cdot \text{車重 (小客車、小貨車)}$$

五總牽引阻力：

為滾動阻力、空氣阻力與坡度阻力之總和。（此處不考慮加速阻力）

$$\Sigma R = R_r + R_a + R_g$$

【重點】

當動力大於總牽引阻力時，車輛才有移動之可能。

六動力：

為達到車速、加速度和爬坡能力的基本要素。為克服總牽引阻力，使車速達到V所需之動力T（單位為公制馬力，1p.s.=75kg·m/sec），其計算方式如下：（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁36）

$$T = \Sigma R \cdot V \times \frac{0.278}{75} = \frac{(\mu W + KAV^2 + 10WG) \times V}{269.8}$$

T：動力（馬力數）

W：車重（公噸）

V：車速（KPH）

$$1\text{KPH} = 1000 / (60 \times 60) \text{ (m / sec)} = 0.278\text{m / sec}$$

例題4

一輛車重5公噸之貨車行駛於坡度2%之上坡路段，滾動係數為10公斤/公噸，車輛之正面投影面積為4平方公尺，空氣阻力係數為0.0032，欲使車速達50KPH，克服總牽引阻力所需馬力數為何？

【解】

$$\begin{aligned} T &= \frac{(\mu W + KAV^2 + 10WG) \times V}{269.8} \\ &= \frac{(10 \times 5 + 0.0032 \times 4 \times 2500 + 10 \times 5 \times 2) \times 50}{269.8} \\ &= 33.73 \text{ p.s.} \end{aligned}$$

七加速車道：

設置於高速公路匝道處或交叉路口快車道旁，提供轉彎進入主線車道車輛加速之用，以提升主線車道容量及行車安全。加速車道長度計算公式如下：（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁38）

$$S = \frac{(V_1^2 - V_0^2)}{2a} \times 0.278$$

S ：加速車道長度（公尺）

V_1 ：主線車道速率（KPH）

V_0 ：匝道（或進入加速車道前）之行駛速率（KPH）

a ：平均加速度（KPH / sec）

1KPH = 1000 / (60 × 60) (m / sec) = 0.278m / sec

例題5

高速公路匝道處行駛速率為40KPH，主線車道車流速率為100KPH，平均加速度為1.7KPH / sec，試問應設置多少長度之加速車道才屬合理？

【解】
$$S = \frac{(100^2 - 40^2)}{2 \times 1.7} \times 0.278 = 686.82 \text{ (m)}$$

例題6

若高速公路匝道處的行駛速率為40KPH，主線車道車流速率為90KPH，且已知車速在40、50、60、70、80和90KPH時，其加速度分別為2.3、2.0、1.8、1.6、1.5和1.4KPH / sec，若以平均加速度方法求算，試求加速車道所需之最小合理長度應為多少？

【解】
$$\bar{A} = \frac{2.3 + 2.0 + 1.8 + 1.6 + 1.5 + 1.4}{6} = 1.77 \text{ (KPH/sec)}$$

$$S = \frac{(90^2 - 40^2)}{2 \times 1.77} \times 0.278 = 510 \text{ (m)}$$

八減速車道：

因高速公路匝道處或交叉路口的減速車道彎道半徑較小，一般而言

其設計速率較低且有較低的速限管制。為了讓車輛在進入彎道時符合該處之設計行駛速率，因此，會設置適當長度之減速車道供車輛減速使用。減速車道長度計算公式如下：（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁38）

$$L = \frac{(V_1^2 - V_0^2)}{2d} \times 0.278$$

L ：減速車道長度（公尺）

V_1 ：進入減速車道前之行駛速率（KPH）

V_0 ：彎道設計行駛速率（KPH）

d ：平均減速度（KPH / sec）

1KPH = 1000 / (60 × 60) (m / sec) = 0.278m / sec

例題7

高速公路主線車道車流速率為100KPH，匝道處行駛速率為50KPH，假設平均減速度為0.5m / sec²，試問在車輛下匝道前應設置多少長度之減速車道才屬合理？

【解】 $d = 0.5 \text{ m / sec}^2 = 0.5 / 0.278 \text{ KPH / sec} = 1.8 \text{ KPH / sec}$

$$L = \frac{(100^2 - 50^2)}{2 \times 1.8} \times 0.278 = 579.17 (\text{m})$$

九、橫越時間：

下式可計算停止狀態車輛橫越道路所需時間，可應用於交叉路口安全停車視距之計算。關於視距觀念將於第十一章有詳盡之介紹。

$$t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$$

t ：橫越道路所需時間（秒）

s ：橫越道路距離（公尺）

a ：平均加速度（m / sec²）

例題8

車輛停於未號誌化之交叉路口停止線上，假設車輛平均加速度為 $4.5\text{KPH} / \text{sec}$ ，所欲橫越道路總寬為10公尺，試求車輛完成橫越該路口所需時間？

【解】 $a = 4.5\text{KPH} / \text{sec} = 4.5 \times 0.278\text{m} / \text{sec}^2 = 1.25\text{m} / \text{sec}^2$

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 10}{1.25}} = 4 \text{ (sec)}$$

例題9

車輛由停止狀態以 $4.5\text{KPH} / \text{sec}$ 加速度行駛4秒鐘，則其所行駛之總距離為何？

【解】讀者應可由例題8很快得到答案為10公尺。

十、煞停時間：

$$t = \frac{V_0 - V_1}{d}$$

t ：減速所需時間（秒）

V_0 ：煞車前的車速（KPH）

V_1 ：煞車後的車速（KPH）

d ：等減速率（KPH / sec）

$d = 9.8f$ ， f 為摩擦係數

例題10

當車輛由速率60公里 / 小時，以等減速率5.0公里 / 小時 / 秒減速至停止時之時間為何？《91年》（sec）

【解】 $t = \frac{60 - 0}{5} = 12(\text{sec})$

十一、煞停距離：

行駛中之車輛煞車後至完全靜止所需之距離。煞車距離雖不直接

應用於公路幾何設計中，但可應用於交控設施設計及肇事分析之參考。（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版），民87·頁41）

$$d = \frac{V^2}{254(f \pm G\%)}$$

【註：上坡時+ $G\%$ ，下坡時- $G\%$ 。】

d ：水平煞車距離（公尺）

V ：煞車前之車速（KPH）

f ：車輪與路面間之縱向摩擦係數

$G\%$ ：坡度百分比

【重點】《94年警大二技》

- (一)煞停距離與車速之平方成正比，亦即車速愈大其所需之煞停距離愈長。
- (二)煞停距離與坡度成反比關係。+ $G\%$ 表示上坡坡度，- $G\%$ 表示下坡坡度。由上式得知，上坡坡度愈大，車輛之煞停距離愈小；反之，下坡坡度愈大，車輛之煞停距離愈大。
- (三)煞停距離與摩擦係數成反比，亦即摩擦係數愈大，煞停距離愈小。
- (四)摩擦係數並非固定值，而是與速率成反比關係。亦即車速愈快，其摩擦係數愈小。
- (五)影響摩擦係數之其他因子：輪胎壓力、輪胎溫度、空氣溫度、輪胎與路面之接觸面積、路面之種類及狀況（有無水分、冰雪、爛泥）等。

例題11

小明以50KPH車速行駛於2%之下坡路段，前方道路突然有落石，小明見狀立即緊急煞車，假設平均縱向摩擦係數0.45，反應時間為2.5秒，請問小明從發現落石到車輛完全停止所行駛之總距離為何？

【解】 $D_t = 2.5 \times 50 \times 0.278$

$= 34.75$ 公尺（以50KPH行駛2.5秒之距離）

$$D_2 = 50^2 / 254 (0.45 - 0.02)$$

$$= 2500 / 109.22$$

$$= 22.89 \text{公尺 (煞停距離)}$$

$$\therefore \text{總行駛距離為：} D_1 + D_2 = 57.64 \text{公尺}$$

三、**超高率**：《91年警大二技》

為降低彎道離心力影響而增加路面外側高度（稱為超高度），因而形成路面傾斜之現象，此傾斜之比例（等於 $\tan\alpha$ ， α 為傾斜角）稱為超高率。市區最大超高率為0.08。（見營建署·市區道路工程規劃及設計規範之研究·第六章·6.3.4）

$$e = \frac{v^2}{127r} - f$$

e ：超高率（公尺 / 公尺）

v ：道路設計速率（KPH）

f ：車輪與路面間之側向摩擦係數

r ：曲線半徑（公尺）

【重點】

- (一) 超高率愈大表示外側路面所需增加之高度愈大，其傾斜狀況愈明顯。
- (二) 超高率與「車輪與路面間之側向摩擦係數」成反比，亦即摩擦係數愈大之路面，所需設置之超高度越小。
- (三) 超高率與道路設計速率的平方成正比，亦即設計速率愈大，所需之超高度愈大。
- (四) 曲線半徑愈大表示道路之彎曲程度愈小；反之，曲線半徑愈小表示道路之彎曲程度愈大。
- (五) 超高率與曲線半徑成反比，亦即曲線半徑愈小（表示道路愈彎曲），所需之超高度愈大。《92年警大二技》

例題12

某一郊區道路設計速率為40公里／小時，若路面與輪胎橫向摩擦係數等於0.12時，欲使車輛安全通過曲率半徑為80公尺之彎道，所需之超高率為何？《92年警大二技》

$$\text{【解】 } e = \frac{40^2}{127 \times 80} - 0.12 = 0.037$$

ㄣ穩定性：

車輛行經彎道的穩定性，可藉由對外輪求力矩而得。（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁46；林筱增·車輛運動力學·民91·頁303-304）

$$\left(\frac{a}{g} - e\right) = \frac{T}{2H}$$

T ：輪距（公尺）

H ：車輛重心高度（公尺）

e ：超高率（公尺／公尺）

a ：加速度（公尺／秒²）

g ：重力加速度（=9.8公尺／秒²）

【重點】

- (一) $\frac{T}{2H}$ 稱為穩定因素。當車輛穩定因素小於路面和輪胎間所產生的摩擦係數時，車輛即發生翻覆。
- (二) 摩擦係數的大小需視車輛的運動狀態、超高率和輪胎及路面特性而定。
- (三) 「降低車輛重心高度」遠比變更輪距對增加車輛之穩定性更具效益。

ㄤ加速度與穩定性之關係：（見王文麟·交通工程學理論與實用（修正版）·民87·頁46；林筱增·車輛運動力學·民91·頁302-318）

車輛在曲線路段的加速度 $a = u^2 / R$ ，故加速度與穩定因素之間存

有以下三種關係。

$$\left(\frac{u^2}{gR} - e\right) > \frac{T}{2H}, \text{ 車輛發生滑動}$$

$$\left(\frac{u^2}{gR} - e\right) = \frac{T}{2H}, \text{ 車輛穩定行駛}$$

$$\left(\frac{u^2}{gR} - e\right) < \frac{T}{2H}, \text{ 車輛發生翻覆}$$

u ：車速

R ：曲線半徑

【重點】

增加車輛穩定性之措施：

(一)降低車速 u ：3E政策。

(二)增加車輛輪距 T ：汽車工程範疇。

(三)降低車輛重心高度 H ：汽車工程範疇。

(四)增加轉彎半徑 R ：道路工程範疇。

(五)增加超高率 e ：道路工程範疇。

▲ H 表示車輛重心高度。由該公式可得知，降低車輛重心對於車輛穩定性具有2倍效果。在車輛工程的設計中，以重心高度最具改善效果。《90年警大二技》

▲ 依 $\left(\frac{u^2}{gR} - e\right) > \frac{T}{2H}$ 之穩定關係，減低車速、增加超高率、增加車輛輪距、降低車輛重心對提昇車輛之穩定性有幫助。《92年警大二技》

▲ 在良好的道路環境中，駕駛人可致力於貨物裝載牢固、降低貨物裝載重心、注意胎壓與胎紋、依規定速限行駛等，來維持車輛的穩定度避免翻車事故發生。《93年警大二技》

五、碰撞：

駕駛人在車輛對撞中所承受之減速力稱為 G 值，可用來衡量碰撞之

嚴重程度。(見王文麟·交通工程學理論與實用(修正版)·民87·頁48)

$$G = \frac{v_0^2 - v_1^2}{2gd_e}$$

v_0 ：碰撞前之車速(公尺/秒)

v_1 ：碰撞後之車速(公尺/秒)

d_e ：車輛碰撞後之總變形(公尺)

g ：重力加速度(=9.8公尺/秒²)

【重點】

(一) G 值若大於40，駕駛人或乘客及有受震死亡之可能。

(二)降低 G 值的方法：

- 1.降低 v_0 ：降低行車速限，或對駕駛人進行教育宣導，屬3E政策範圍。
- 2.增加 d_e ：如對於車輛大樑之前後端增設用來吸震之裝置(汽車工程範疇)，或是設計較能吸震之公路護欄等措施(道路工程範疇)。

例題13

某平坡路段的肇事現場，經肇事調查後發現遺留於道路上的煞車痕跡長度為50公尺，車輛因撞到路樹造成鋼板凹陷25公分，若車輪與路面間之摩擦係數為0.3，試問駕駛人身受重傷情況下(假設駕駛人承受之減速力為40)，推估車輛以多快速度碰撞路樹？若此路段速限70KPH，請問是否有構成超速？

【解】 碰撞路樹之車速 v_0 ：

$$\begin{aligned} v_0 &= \sqrt{2gd_e \times G} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 0.25 \times 40} \\ &= 14 \text{ (m/sec)} = 14/0.278 \text{ (KPH)} = 50.4 \text{ (KPH)} \end{aligned}$$

煞車前之車速 v ：

$$v_0^2 = v^2 - 2ds = v^2 - 2 \times (9.8f) \times s = v^2 - 2 \times 9.8 \times 0.3 \times 50 = 196$$

$$\begin{aligned}\therefore v &= 22.14 \text{ (m / sec) } = 2214 / 0.278 \text{ (KPH)} \\ &= 79.7 \text{ (KPH) } > 70\text{KPH}\end{aligned}$$

$\therefore$ 有超速行為

參、學習評量

- (A 或 B) 1.下列何種車輛之重量為設計橋樑的基本根據？(A) 軸重 (B) 總重 (C) 輪重 (D) 載重 (E) 淨重。《89年警大二技》
- (B) 2.車輛行進時，若其空氣阻力係數為0.0032，正面投影面積為2.3平方公尺，其行車時速為80KPH，則此時車輛的空氣阻力約為：(A) 58公斤 (B) 47公斤 (C) 78公斤 (D) 82公斤 (E) 45公斤。《89年警大二技》
- 【註】 $0.0032 \times 2.3 \times 80^2 = 47$ 。
- (A) 3.當車輛在平坡以低於15KPH以下之車速轉彎時，後輪無法依前輪所完成的弧形軌跡轉彎，此一現象稱為：(A) 輪跡內移 (B) 輪跡外移 (C) 轉彎半徑 (D) 最小轉彎半徑 (E) 制動能力。《89年警大二技》
- (A B E) 4.一般車輛行進時會遭受下列哪些「阻力」影響？(複選) (A) 慣性 (B) 坡度 (C) 號誌 (D) 施工 (E) 滾動。《89年警大二技》
- 【註】車輛行進中之六項阻力：滾動、空氣、坡度、慣性、引擎牽引力、煞車阻力。
- (A B C D) 5.一般車輛最小轉彎半徑將在下列何種情況產生？(複選) (A) 車輛以低速行駛時 (B) 車輛進行最激烈的可能轉向 (C) 與其外前輪有關 (D) 與其前懸伸長度有關 (E) 與其後懸伸長度有關。《89年警大二技》
- 【註】(E) 「後懸伸長度」與最小轉彎半徑無關。
- (A B C D E) 6.使道路轉彎部分呈橫向傾斜狀，並提高其外側部分高度之優點有：(複選) (A) 可使離心力獲得平衡 (B) 可免除彎道之內側加寬設計 (C) 可增加公路線形設計的美觀 (D) 可提高乘客之舒適度 (E) 可改善行車之安全度。《89年警大二技》

- (B) 7.車輛在道路上行駛之穩定關係如以 $(\frac{u^2}{gR}-e)>\frac{T}{2H}$ 表示，在車輛工程的設計中，下列何者最具改善效果？(A) 輪距寬度 (B) 重心高度 (C) 車輛長度 (D) 軸距長度 (E) 前懸伸長度。《90年警大二技》

【註】(B) H表示車輛重心高度。由該公式可得知，降低車輛重心對於車輛穩定性具有2倍效果。

- (C) 8.在設計車型 (Design Vehicle) 的規格尺寸中，何者與道路的平曲線設計無關？(A) 車長 (B) 車寬 (C) 車高 (D) 軸距 (E) 前懸伸長度。《90年警大二技》

【註】(C) 車高與橋樑、隧道及地下道淨高設計有關。

- (A B D E) 9.下列何者與轉彎路段的道路幾何設計項目有關？(複選) (A) 轉彎半徑 (B) 超高 (C) 減速標線 (D) 漸曲線長度 (E) 路面加寬。《90年警大二技》

【註】(C) 減速標線用於提醒駕駛人減速，與彎道幾何設計並無直接關連。

- (B C D) 10.在道路断面設計中，影響車道寬度設計之因素有哪些？(複選) (A) 貨物裝載 (B) 行駛速率 (C) 行駛車種 (D) 交通流量 (E) 鄰近土地使用。《93年警大二技》

【註】(A) 貨物裝載與鋪面設計有關，與車道寬度無關。(E) 鄰近土地使用與車道寬度無直接關連。

- (A) 11.下列何種路面之滾動阻力係數最小？(A) 水泥混凝土路面 (B) 瀝青混凝土路面 (C) 瀝青碎石路面 (D) 磚石路面 (E) 碎石路面。《91年警大二技》

- (D) 12.在公路之彎道部分，為防止轉彎行駛之車輛因離心力而失控或翻覆，一般常使用之公路設計為何？(A) 加設分向安全島 (B) 加設路側紐澤西護欄 (C) 路面車道加寬 (D) 超高設計 (E) 限制行駛速度。《91年警大二技》

- (C) 13.下列哪一項計算或分析，會運用到路面之「橫向摩擦力」？

(A) 超車視距 (B) 最短停車視距 (C) 超高 (D) 最長爬坡長度 (E) 均有需要。《91年警大二技》

【註】(A)、(D) 與摩擦力無關。(B) 與縱向摩擦力有關。

- (B) 14. 依 $(\frac{u^2}{gR} - e) > \frac{T}{2H}$ 之穩定關係，下列何者對提昇車輛之穩定性沒有幫助？(A) 減低車速 (B) 減少轉彎半徑 (C) 增加超高率 (D) 增加車輛輪距 (E) 降低車輛重心。《92年警大二技》

【註】 $(\frac{u^2}{gR} - e) > \frac{T}{2H}$ ，車輛滑動，欲維持車輛穩定行駛，需使左右兩式相等。(B) 應增加轉彎半徑，使左式變小才有機會讓左右兩式相等。

- (D) 15. 若高速公路匝道處的行駛速率為40KPH，主線車道車流速率為90KPH，且已知車速在40、50、60、70、80和90KPH時，其加速度分別為2.3、2.0、1.8、1.6、1.5和1.4KPH / sec，若以平均加速度方法求算，試求加速車道所需之最小合理長度應為多少？(A) 300公尺 (B) 356公尺 (C) 416公尺 (D) 516公尺 (E) 616公尺。《92年警大二技》

【註】依王文麟先生所著「交通工程學」一書之內容，其計算平均加速度係加入權重概念，亦即對於最大與最小值，取較小之權重，其計算方式如下：

$$\bar{A} = \frac{2.3 + 2(2 + 1.8 + 1.6 + 1.5) + 1.4}{10} = 1.75 \text{ (KPH/sec)}$$

$$S = \frac{(90^2 - 40^2)}{2 \times 1.75} \times 0.278 = 516 \text{ (m)}。$$

若以一般算數平均數之概念，其平均加速度為：

$$\bar{A} = \frac{(2.3 + 2 + 1.8 + 1.6 + 1.5 + 1.4)}{6} = 1.77 \text{ (KPH/sec)}$$

$$S = 510 \text{ (m)}$$

故 (D) 亦為較接近之答案。

(B) 16.當車輛在平坡路段低速轉彎時，會有「輪跡內移」現象，因此，車輛的最小轉彎半徑除和前懸伸長度有關外，應以何者行跡的半徑來設計？(A) 內前輪 (B) 外前輪 (C) 外後輪 (D) 內後輪 (E) 後輪。《92年警大二技》

(A C D) 17.公路在轉彎部分進行超高設計，有何好處？(複選) (A) 維持車速均勻 (B) 可增加「輪跡內移」 (C) 平衡離心力 (D) 可避免對彎道部分增寬路幅 (E) 平曲線最小半徑隨著超高愈大，最小半徑也愈大。《92年警大二技》

【註】(B) 輪跡內移與「車輛的軸距」與「轉彎半徑」有關。
(E) 超高與最小半徑成反比關係。

(A 或 B) 18.車輛裝載超重行駛道路將影響橋樑結構安全，一般橋樑設計時主要考量因素為何？(A) 車輛總重 (B) 車輛軸重 (C) 車輛輪重 (D) 超載重量。《93年警大二技》

(A B C D) 19.在良好的道路環境中，駕駛人可致力於哪些行為，來維持車輛的穩定度避免翻車事故發生？(複選) (A) 貨物裝載牢固 (B) 降低貨物裝載重心 (C) 注意胎壓與胎紋 (D) 依規定速限行駛 (E) 靠外側車道行駛。《93年警大二技》

(C D) 20.車輛在彎道行駛會產生離心力，可透過哪些工程設計要項使其達到平衡？(複選) (A) 增加坡度 (B) 增加道路寬度 (C) 增加超高 (D) 增加側向摩擦 (E) 增加鋪面厚度。《93年警大二技》

【註】增加超高、增加側向摩擦、降低車速、增加轉彎半徑均可降低離心力。增加道路寬度並無助於平衡，僅是提供失去平衡時，不會使行駛軌跡一下子逸出路面。本題答案可由理論公式

$$(f+e)=\frac{U^2}{127R} \text{ 導出。}$$

(A B C E) 21.下列對於車輛靜態特性之敘述，何者正確？(複選) (A) 高度為設計橋樑、隧道及地下道淨高的重要依據 (B) 長度為軸距與前後懸伸長度之總和，係影響車輛轉彎性能的主要因素

(C) 軸距為前後兩軸間距，會影響最小轉彎半徑及轉彎時車輛佔用道路面積 (D) 車輛前後懸伸長度除了與轉彎時佔用道路面積有關，亦會影響轉彎半徑 (E) 為建立道路設計控制標準，標準設計車輛的尺度應較實際行駛的車輛為大。

【註】(D)「後懸伸長度」與轉彎半徑無關。

(ABCDE) 22. 車輛特性可應用於下列哪些道路幾何設計？(複選) (A) 超高 (B) 加減速車道長度 (C) 縱向坡度 (D) 護欄高度 (E) 豎曲線。

(ABCDE) 23. 下列有關車輛阻力的敘述，何者正確？(複選) (A) 車重愈大，滾動阻力亦愈大 (B) 跑車特殊流線型設計可降低空氣阻力 (C) 當車輛行駛於平坡路段即無坡度阻力 (D) 車輛機件若銜接適當，引擎亦會產生一種能量使行進中車輛自動減速 (E) 車重愈大所需煞停車輛之制動力愈大。

(B) 24. 引進雙節公車恐對市區交叉路口造成衝擊，其主要原因為何？ (A) 車速緩慢 (B) 輪跡內移情況嚴重 (C) 油耗量大 (D) 車重過重 (E) 車輛高度過高。

【註】雙節公車轉彎時輪跡內移情況嚴重，會影響到交叉路口容量。

(C) 25. 車輛行經彎道時所產生的離心力會使得輪胎向外偏離預定行徑，為保持期望行徑，輪胎必須向內轉動，所轉動之角度稱為：(A) 轉向角 (B) 偏向角 (C) 滑動角 (D) 轉動角 (E) 滑行角。

(A B E) 26. 有關摩擦力之敘述，何者正確？(複選) (A) 輪胎和路面間之摩擦力，用以抵抗離心力稱為側向摩擦力 (B) 乾燥路面的摩擦係數比潮濕路面的摩擦係數大 (C) 滑動角愈大側向摩擦力愈大 (D) 摩擦係數愈大之彎道路面，所需設置之超高愈大 (E) 摩擦係數與鋪面之狀況有關。

【註】(C) 滑動角與側向摩擦力之關係並非成正比關係。在乾燥路面與濕滑路面的滑動角分別為 10° 和 8° 時，其側向摩擦力最大。
(D) 摩擦係數愈大之彎道路面，所需設置之超高愈小。

- (D) 27.下列何種路面的滾動阻力最大？(A) 水泥混凝土路面 (B) 瀝青碎石路面 (C) 磚石路面 (D) 爛泥路面 (E) 瀝青篷磚頭路面。

- (C) 28.一輛車重5公噸之貨車行駛於坡度2%之上坡路段，滾動係數為10公斤 / 公噸，車輛之正面投影面積為4平方公尺，空氣阻力係數為0.0032，欲使車速達50KPH，需要最小之馬力數為何？
(A) 26 (B) 30 (C) 34 (D) 38 (E) 40 p.s.。

$$\begin{aligned} \text{【註】 } T &= \frac{(\mu W + K A V^2 + 10 W G) \times V}{269.8} \\ &= \frac{(10 \times 5 + 0.0032 \times 4 \times 50^2 + 10 \times 5 \times 2) \times 50}{269.8} \\ &= 33.73 \text{ p.s.} \end{aligned}$$

- (A) 29.高速公路主線車道車流速率為100KPH，匝道處行駛速率為50KPH，假設平均減速度為 $0.5 \text{ m} / \text{sec}^2$ ，試問在車輛下匝道前至少需設置多少長度之減速車道才屬合理？(A) 580 (B) 680 (C) 780 (D) 880 (E) 980公尺。

$$\begin{aligned} \text{【註】 } d &= 0.5 \text{ m} / \text{sec}^2 = 0.5 / 0.278 \text{ KPH} / \text{sec} = 1.8 \text{ KPH} / \text{sec} \\ L &= \frac{(100^2 - 50^2)}{2 \times 1.8} \times 0.278 = 579.17 (\text{m}) \end{aligned}$$

- (A) 30.林先生以50KPH車速駕車行駛於2%之上坡路段，前方道路突然有落石，林先生見狀立即緊急煞車，假設平均縱向摩擦係數0.45，反應時間為2.5秒，請問林先生從發現落石到車輛完全停止所行駛之總距離為何？(A) 58 (B) 65 (C) 70 (D) 76 (E) 82 公尺。

$$\begin{aligned} \text{【註】 } D_1 &= 2.5 \times 50 \times 0.278 = 34.75 \text{ 公尺 (以50KPH行駛2.5秒之距離)} \\ D_2 &= 50^2 / 254 (0.45 - 0.02) \\ &= 2500 / 109.22 = 22.89 \text{ 公尺 (煞停距離)} \\ \therefore \text{總行駛距離為：} D_1 + D_2 &= 57.64 \text{ 公尺。} \end{aligned}$$

- (A B C E) 31.下列有關影響超高設計之敘述，何者錯誤？(複選) (A) 超高

率愈大表示外側路面所需增加之高度愈大，其傾斜狀況愈明顯
 (B) 摩擦係數愈大之路面，所需設置之超高愈小 (C) 車輛行駛速率愈大之路段，所需設計之超高愈大 (D) 曲線半徑愈小之道路，所需設計之超高愈小 (E) 超高設計之主要目的在於為抵抗彎道離心力對車輛行駛之影響。

$$\text{【註】 } e = \frac{v^2}{127r} - f$$

e ：超高率（公尺／公尺）

v ：道路設計速率（KPH）

f ：車輪與路面間之側向摩擦係數

r ：曲線半徑（公尺）

故 (D) 曲線半徑愈小之道路，所需設計之超高應愈大。

- (C E) 32.胎面幾近磨平的車胎『A』與胎面正常的車胎『B』在道路上行駛時，下列何者正確？（複選）(A) 路面乾燥時，路面相對於胎面的摩擦力 $A > B$ (B) 路面乾燥時，路面相對於胎面的摩擦力 $A < B$ (C) 路面乾燥時，路面相對於胎面的摩擦力 $A = B$ (D) 路面潮濕時，路面相對於胎面的摩擦力 $A > B$ (E) 路面潮濕時，路面相對於胎面的摩擦力 $A < B$ 。《94年警大二技》

- (A D E) 33.車輛在直路行駛時，其煞停距離之長短，取決於：（複選）(A) 鋪面 (Pavement) 之摩擦係數 (B) 車輪胎面之寬度 (C) 車輛之重量 (D) 鋪面之坡度 (E) 車輛之車速。《94年警大二技》

$$\text{【註】 } d = \frac{V^2}{254(f \pm G\%)}$$

d ：水平煞車距離（公尺）

V ：煞車前之車速（KPH）

f ：車輪與路面間之縱向摩擦係數

$G\%$ ：坡度百分比。

- (A C D E) 34.車輛在彎道行駛時，其所受離心力之大小，取決於：(複選)
(A) 鋪面之摩擦係數 (B) 車輛之輪距 (C) 彎道之半徑
(D) 彎道之超高 (E) 車輛之車速。《94年警大二技》

【註】輪距與車輛行駛之穩定性有關、與離心力無關。離心力只作用在車輪與路面之間，穩定性則表現在車輛翻覆的難易與否。

- (A) 35.輪重對路面所產生的作用力與輪胎和地面的接觸面積有關，同樣輪重和輪胎壓力的車輛，若採用雙胎時，其對路面所產生的作用力較單胎者為：(A) 小 (B) 大 (C) 一樣 (D) 不一定。《94年警大二技》

【註】答案為 (A)，因雙胎可分散輪重對路面之作用力。

- (D) 36.車輛在無超高設置的路段慢速轉彎時，後輪無法依循前輪的弧形軌跡轉彎，此一現象稱為：(A) 輪跡前移 (B) 輪跡後移
(C) 輪跡外移 (D) 輪跡內移。《94年警大二技》

- (B) 37.在設計彎道時一般都會加上超高的設計，其目的為：(A) 增加正向摩擦力 (B) 增加側向摩擦力 (C) 減少正向摩擦力
(D) 減少側向摩擦力。《94年警大二技》

【註】超高設計係在增加側向摩擦力，以防止車輛滑出彎道路面。

