



汽車的穩定性和操縱性

Г.А. 加斯潘梁茨著

李 旭 譯

人民交通出版社

汽車的穩定性和操縱性

Г.А. 加斯潘梁茨著

李 旭 譯

人民交通出版社

本書用最淺顯的力學原理來說明哪些原因會影響汽車的穩定性和操縱性，為什麼汽車會發生傾覆和側滑，以及怎樣才能保證或恢復汽車的穩定性。

全書說理淺明，並結合實際，適合於汽車駕駛員、技術員等學習和參考。

書號：15044·4137

汽車的穩定性和操縱性

Г. А. ГАСПАРЯНЦ

УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ

АВТОМОБИЛЯ

АВТОТРАНСИЗДАТ

МОСКВА 1955

本書根據蘇聯汽車運輸出版社1955年莫斯科俄文版本譯出

李 旭 譯

人 民 交 通 出 版 社 出 版

北 京 安 定 門 外 和 平 里

新 華 書 店 發 行

中 科 藝 文 聯 合 印 刷 廠 印 刷

1956年12月上海第一版 1956年12月上海第一次印刷

開本：787×1092 1/32 印張：1 1/2

全書：27000字 印數：1~11,100冊

定價(10)：0.17元

上海市書刊出版業營業許可證出〇〇六號

緒 言

差不多每個駕駛員都熟悉汽車在行駛中滑溜和甚至傾覆（翻車）的情形。

即使稍有汽車駕駛經驗的人，也知道有些汽車能很好地保持行駛方向，十分“聽從”它們的轉向盤，而另一些汽車則需要駕駛員耗費很大的體力和操心。

因此，在評定每一輛汽車的運行性能時，幾乎總要談到它的穩定性是否很高還是不足，並且又要考慮它的操縱性。

究竟什麼是汽車的穩定性與操縱性呢？

汽車的穩定性，就是它在行駛時不致發生傾覆和滑溜的能力。

操縱性是指汽車隨着轉向盤的轉動能很容易變換行駛方向的性能。

行車安全——人的生命和健康，貨物和汽車本身的完好——就是決定於汽車的這些重要的運行技術性能。汽車的平均行駛速度與駕駛員的疲勞程度也是和這些性能有關的。

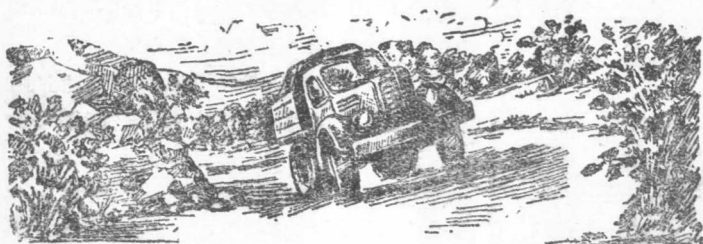
蘇聯的汽車，它們的特點是在各種運行條件下具有高度的穩定性及良好的操縱性。可是穩定性和操縱性不是僅僅取決於汽車的構造特性，它們也在很大程度上視駕駛員是否善於自覺地和熟練地利用現代汽車的優良性能而定，這種優良性能是科學家和設計師們頑強勞動的成果。為此，必須明瞭解，哪些原因能影響汽車的穩定性與操縱性，為什麼會發生傾覆的危險以及它是怎樣發生的，怎樣才能保證或恢復汽車的穩定性。

這本小冊子的目的就是要回答這些問題。

目 錄

緒 言

一 概論	1
1. 重力和重心	1
2. 附着係數	1
3. 力的合成和分解	3
4. 橫向力	4
5. 縱向力	7
二 汽車的橫向穩定性	8
1. 汽車的傾覆	8
2. 汽車的側滑	10
3. 制動會造成側滑	12
4. 怎樣消除剛開始的側滑	13
三 汽車的操縱性	15
1. 轉向操縱機構對於操縱性的影響	16
2. 轉向車輪的安定性	17
3. 汽車的側向偏移	19
4. 轉向車輪的擺動	23
5. 汽車的機動性	26
結束語	27



一 概 論

1. 重力和重心

正像我們周圍所有的物體一樣，在汽車上也經常不息地有重力（重量）在作用着。這是所有作用在汽車上的外力中唯一的一種在任何行駛條件下其大小和方向不變的力。重力永遠是由上往下作用着，它的方向是垂直的。重力使車輪緊壓在路面上，產生輪胎和路面之間的附着作用。但是，這時前輪和後輪壓在道路上的力量是各不相同的。

例如，空的載重汽車本身的重量約有 40% 作用在前軸上，而載有貨物的載重汽車只有連車帶貨的全部重量的 30% 作用在前軸上，如圖 1 所示。輕便汽車的重量大概平均分配在前後軸上。

汽車重量在各軸上的分佈，跟重心的位置有關。汽車的重心是汽車全部重量所集中的一個假想點。

汽車的重心離軸愈近，這個軸上的載荷就愈大。

重心的位置對於汽車的穩定性和操縱性都有極大的影響。

2. 附着係數

車輪和道路之間的附着作用，是汽車行駛的必要條件，沒有附着作用，汽車就不能行駛。譬如說，每個人都知道驅動車輪打滑的情形，由

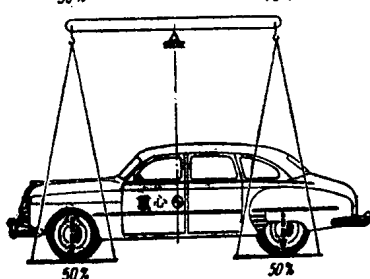
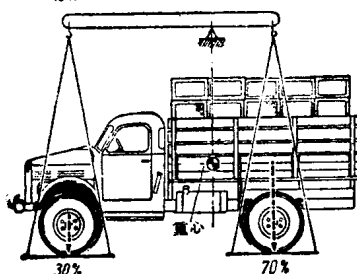
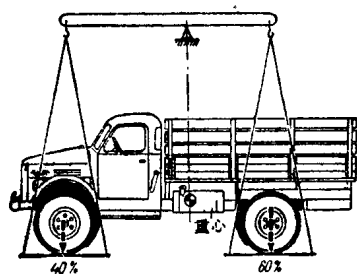


圖 1 汽車重心的位置

於附着力不足，車輪就在路上滑轉，不產生必要的運動力。

車輪和道路之間所發生的附着力，決定於加在這個車輪上的重量以及路面的情況。汽車愈重，車輪和路面之間的附着力也愈大。乾燥道路上的附着力要大於潮濕、泥濘或積雪的道路。

究竟怎樣來估計道路對於附着力的影響呢？怎樣的物理量可以作為附着力的度量標準呢？汽車所有車輪的附着力 P 對其重量 G 的比就被選來作為這樣的物理量，這個比值叫做附着係數，並用符號 φ 表示。於是可寫成下式：

$$\varphi = \frac{P}{G}$$

通常採用以下的實驗方法來測定附着力。用一輛曳引車牽引另一輛車輪完全被制動住的汽車，在曳引車和被曳引汽車之間安裝着測力計，見圖 2。這時有三種力作用在被牽引的汽車上，

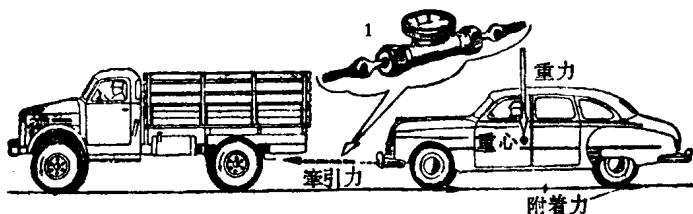


圖 2 附着力的測定 1-測力計

即重量、車輪和道路之間的附着力以及曳引車的牽引力。用測力計量測得到的曳引汽車的牽引力，等於被拖汽車的車輪和道路之間的附着力。

假如已知附着係數，就可以按照下列公式確定附着力的大小：

$$P = \varphi \times G$$

表 1 中列出幾種路面的附着係數。

表 1

路 面 種 類	附 着 係 數
瀝青路面·····	0.7~0.8
碎石路面·····	0.6~0.7
土路面·····	0.5~0.6
潮濕、泥濘或積雪、冰凍的路面·····	0.2~0.4

3. 力的合成和分解

我們將在下面接觸有關力的合成和分解的問題，因此先在這裏稍加討論，並舉一些簡單的例子，作為在研究兩力的相互作用時怎樣把它們相加，或者一力如何分解成為兩力。

圖 3 表示有互相垂直的兩力 A 和 B 作用在一個球體上。試問這個球將滾向哪個力的方向呢？原來，這個球將滾向某一中間方向，或如通常所說的，滾向合力 B 的方向。合力 B 的大小和方向是由 A 力和 B 力相加的結果來決定的。

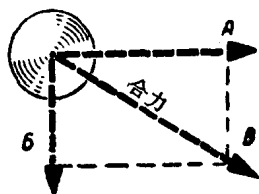


圖 3 兩力相加

互相垂直的兩力是這樣相加的：按圖解法用一定比例將這二個力用線段的形式表示出來，然後作二條和這二線段平行的直線，圍成一矩形。矩形的對角線 B 就是 A 和 B 的合力。用同樣的方法也可以解答相反的問題：把一力分解為兩分力。在斜面上物體（例如汽車）的重力的分解就是這種演算的典型例子。

如果汽車停在水平的道路上，如圖 4, a 所示，那麼重力（它的方向是垂直的）就和路面垂直，這時重力不能使汽車運動，而只是使車輪緊壓

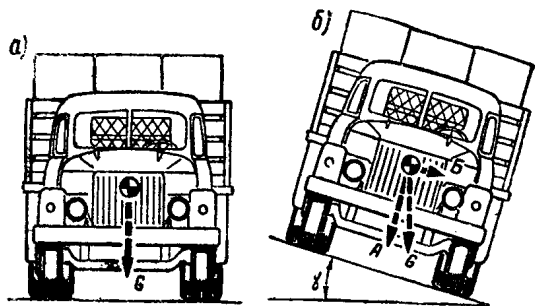


圖 4 汽車重力的分解

道路。假如像圖 4, b 那樣, 汽車停在斜面上, 那麼重力 (它的方向依然是垂直的) 就不和路面垂直。在這種情況下, 重力可以用矩形的對角線來表示, 矩形的一邊和路面平行, 另一邊則和路面垂直。換句話說, 這時重力可以分解成爲 A 、 B 兩個分力。 A 力使車輪緊壓道路, 產生車輪和道路之間的附着作用, 而 B 力則與路面平行, 力圖使汽車向坡下移動。 A 、 B 兩力就是重力的分力。傾斜角 γ 愈大, B 力也愈大, 而 A 力却愈小。

4. 橫 向 力

在一定的行駛條件下, 就有橫向力 B 作用在汽車上。如圖 4 所示, 由側方作用在汽車上的 B 力, 力圖推翻汽車或使其側滑, 也就是說橫向力要想破壞汽車的橫向穩定性。這種橫向力在什麼樣的行駛條件下以及是怎樣發生的呢?

橫向力主要是在下列兩種情況, 即沿山坡 (橫坡) 行駛和轉彎時發生的。在這兩種情況下, 橫向力是汽車重力作用的結果, 所以它也是作用在汽車的重心上。

假使汽車沿山坡行駛, 那末重力就分解爲 A 、 B 兩個分力。其中分力 B 和路面平行, 也就是橫向力。

轉彎時橫向力的產生, 是由於和汽車行駛的迴轉特性有關的比較複雜的現象所造成的。大家知道, 離心力是在迴轉運動中產生的。舉例說, 旋轉一端繫有重物的繩子, 繩子便力圖從手中掙脫出去。實驗證明, 如

果重物的重量增加和繩的迴轉半徑減小，以及如果提高旋轉速度，那麼繩子從手中掙脫的力也就增大起來。這時如果速度增加到兩倍，離心力就增加到四倍，速度增加到三倍，離心力就增加到九倍，依此類推。離心力總是沿着由物體重心至物體迴轉中心的連接線方向作用的。

從圖 5 中可以看出，在轉彎時汽車的行駛就是繞着迴轉中心 O 的迴轉運動。因此，在這時也發生離心力，這種離心力是沿着由迴轉中心至汽車重心的連接線方向作用的。讓我們把離心力分解為 A 、 B 兩個分力，前者以縱向（沿汽車前進的方向），後者則以橫向作用在汽車上，如圖 5 下方所示。

由此可見，汽車轉彎時總有橫向力 B 作用在它上面，這種橫向力當行駛速度加快和迴轉半徑縮短時便開始增大。

甚至行駛速度稍為加快時，橫向力也會顯著增大，有發生汽車傾覆或側滑的危險。彎度愈急，橫向力也愈大，因此，要通過這樣的路段，就應該採取較低的速度。

轉彎時行駛速度必須減低

我們已經知道，轉彎時汽車在進行着迴轉運動。那麼汽車究竟繞着哪一點迴轉的呢？汽車的迴轉中心又是在什麼地方呢？圖 5 表示怎樣確定汽車的迴轉中心 O 。為此，引二條垂直於前後軸運動方向的直線 AO 與 BO ，兩垂直線的交點 O 就是汽車的迴轉中心。如同箭頭所指那樣，後軸是沿着連接前後軸中點的縱軸線 AB 方向移動的。縱軸線的垂直線 BO 和汽車的後軸吻合，它好像就是後軸的延長線。因此可以說，汽車的迴轉中心是在其後軸的延長線上。圖 5 上前軸的運動方向也有箭頭表示。轉彎時汽車的右輪向右轉動，旋轉的角度要比左輪大些，就是說兩輪的運動方向並不是一致的。所以前軸的運動是沿着某一中間方向進行的。

可見，迴轉中心在後軸延長線上的位置視轉向車輪的旋轉角度而定。轉向車輪旋轉得愈急，迴轉中心離汽車愈近。反之，轉向車輪的旋轉角度愈小，迴轉中心離汽車也愈遠。因此，迴轉中心 O 的一定位置和迴轉半徑 R 的大小都是跟轉向盤的每一個位置相適應的。

每一個駕駛員都知道，轉彎時轉向盤幾乎沒有一刻是停止不動的。進入彎道時，轉向盤向轉彎的方向轉動，離開彎道時又朝相反的方向旋

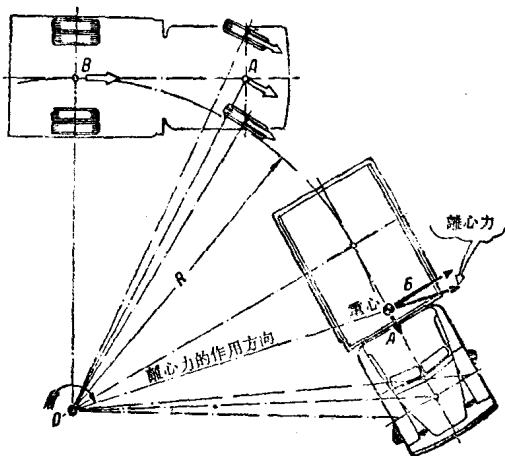


圖 5 當轉向車輪的旋轉角固定不變時，汽車轉彎行駛的情況。

轉。就是說，迴轉中心也經常改變着自己在空間的位置，彷彿在移動着似的。我們看了圖 6，就可以了解得更清楚。假設汽車由位置 1 繞着瞬時迴轉中心 O_1 轉到位置 2，駕駛員以較大的角度轉動轉向車輪，這時迴轉中心就佔據空間的新位置 O_2 。當汽車繞着中心 O_2 由位置 2 轉到位置 3 時，駕駛員又加大了轉向車輪的旋轉角度，於是迴轉中心又佔據空間的新位置 O_3 ，餘則類推。當轉向車輪不斷地轉動時，瞬時迴轉中心就不斷地改變自己在空間的位置，沿着圖上用虛線表示的曲線移動。所以，當不斷地轉動轉向盤時，汽車轉彎行駛的情況是很複雜的。這種轉彎行駛由以下兩種運動所組成：繞着瞬時中心的轉動和迴轉中心本身在空間的移動。因此，不斷轉動轉向盤的時候，不僅有繞着瞬時中心轉動時所產生的離心力作用在汽車上，而且還有另外的橫向力，這種力就是由於迴轉中心本身的移動所產生的。這種另外的橫向力的大小，決定於轉向盤迴轉的快慢、行駛的速度和汽車重心的位置，汽車的速度愈高和轉向盤的迴轉愈急，另外的橫向力也就愈大。汽車的重心離後軸愈近，另外的橫向力則愈小。當急轉彎和高速度行駛時，另外的橫向力甚至會大大地

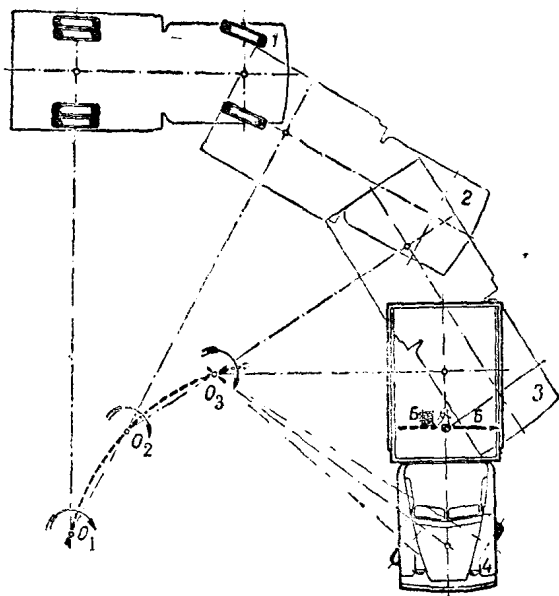


圖 6 在轉向車輪不同的旋轉角度下，汽車轉變行駛的情況。

超過離心力，而和離心力一起使汽車失去穩定性。

因此必須避免急劇地迴轉轉向盤，特別是在溜滑的道路上。

5. 縱 向 力

汽車在道路上行駛時，車輪和路面之間還發生沿着行駛方向作用的一種力。這種力叫做縱向力，是車輪對道路作用的結果。縱向力可以作用在汽車行駛的方向，也可以作用在相反的方向上。譬如說，汽車起動時，驅動輪上的縱向力企圖把道路“拋向”後面去，而制動時則又像要把道路和汽車一起向前帶動。起步時如果縱向力達到附着力一樣的大小，那麼車輪就開始打滑，而在制動時又會出現“滑溜”——車輪不轉而向前滑進。

二 汽車的橫向穩定性

1. 汽車的傾覆

我們已經知道，橫向力力圖破壞汽車的橫向穩定性，想把它傾覆。從圖7中可以看出，重力 G 在反抗着橫向力 B 的傾覆作用。這種情況可以利用圖7, 6來闡明。在簡圖中，假定以繞固定點 O 轉動的槓桿來代替汽車。點 O 代表汽車有傾覆趨勢一邊的車輪跟道路的接觸點。在槓桿的下部作用着汽車的重力 G 。它離槓桿轉動點的距離等於汽車輪距的一半。

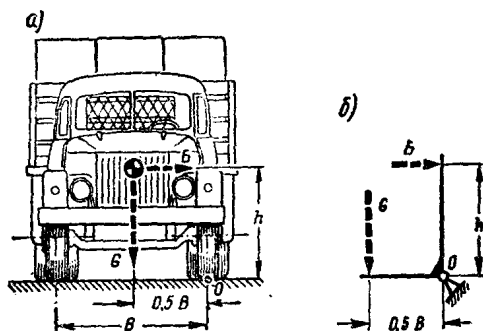


圖7 當橫向穩定性被破壞時，作用在汽車上的力的簡圖。

橫向力 B 作用在槓桿上離點 O 的距離等於汽車重心高度 h 的地方。橫向力使槓桿傾倒的作用，等於這力的大小與它離點 O 的距離，即與重心高度 h 的乘積：

$$B \times h$$

企圖把槓桿向相反方向轉動的重力 G 的作用，等於這力的大小與離點 O 的距離，即與汽車輪距之半的乘積：

$$G \times 0.5B$$

如果橫向力的傾覆作用等於重力的反抗作用，也就是

$$B \times h = G \times 0.5B$$

那末汽車便處於不穩定的平衡狀態中，只要稍微增加一點橫向力就足以使汽車傾覆。

汽車開始傾覆時，橫向力的大小由下面的公式來確定：

$$B = G \times \frac{0.5B}{h}$$

當汽車在傾斜的路面上行駛時，這個公式也是正確的。在這種情況下，重力的二個分力 A 與 B 分別起着傾覆和反抗傾覆的作用（如圖 4, 6）。

由上面的公式可以看出，汽車的穩定性決定於汽車輪距之半 $0.5B$ 與重心高度 h 的比值。這個比值表徵出汽車穩定性的大小，我們把它叫做橫向穩定係數。

爲了闡明這個係數的物理意義，我們利用圖 8, a 來研究一下。

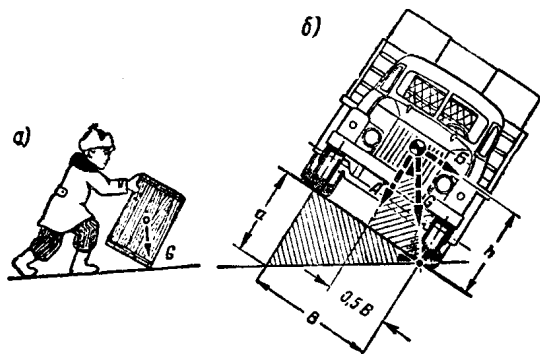


圖 8 汽車沿山坡行駛時，臨近不穩定平衡的條件。

要把在圖 8, a 中所畫的木箱推倒，必須將它轉到這樣的一個角度，就是使重力的方向，即通過重心的垂線，剛好通過木箱傾倒時繞它轉動的那個稜邊。木箱在這個位置時處於不穩定的平衡狀態中。重心位置越低，木箱的底越寬，那麼，使它到達不穩定的平衡狀態所必需傾斜的角度也就越大。

如圖 8, b 所示，在傾斜路面上行駛的汽車的平衡情況也正是這樣的，

當由於汽車的傾斜而使重力方向通過汽車的一側車輪跟路面的接觸線時，汽車的平衡狀態就轉變為不穩定的了。從圖中上面那個畫有斜線的三角形可以看出，汽車的傾斜角度可以用比值 $\frac{0.5B}{h}$ 來表示；而從下面的三角形又可以看出，道路的橫向傾斜角度可以用比值 $\frac{a}{B}$ 來表示。假如不考慮彈簧和輪胎的撓度的話，那就可以認為，汽車的傾斜角度等於道路橫向傾斜角度，即

$$\frac{0.5B}{h} = \frac{a}{B}$$

這個等式的左邊部份便是橫向穩定係數。

右邊那部份比值表示道路橫向傾斜的陡度，叫做橫向坡度。

由此可見，汽車橫向穩定係數被計算為等於最大的道路橫向坡度，在這坡度下，汽車達不到不穩定的平衡狀態，即使汽車發生傾覆的危險。

隨着汽車重心高度的變化，橫向穩定係數也發生顯著的變化。重心位置越高，穩定係數就越小。因此在汽車駕駛過程中應當隨時注意貨物裝載的高度。

在表 2 中列出蘇聯幾種主要型式的汽車（卸除載荷時）的橫向穩定係數的數值。

表 2

汽 車 型 式						
“莫斯科人”	M-20	吉姆	吉斯-110	格斯-51	吉斯-150	瑪斯-200
0.89	1.14	1.09	1.10	0.57	0.71	0.69

2. 汽車的側滑

橫向力不但有一種使汽車傾覆的趨勢，而且也在迫使它沿着路面移動。汽車向旁側滑動的這種現象叫做側滑。車胎與路面間的附着力阻止汽車發生側滑。因此，要使汽車在橫向力的作用下開始向旁側滑移，就必須使橫向力大於至少也得等於附着力。但是，如上所述，附着力等於

汽車重量和附着係數的乘積，因此，出現側滑的條件可以用下面的公式來表示：

$$B = G \times \varphi$$

由於橫向力作用的結果，汽車究竟是先發生傾覆還是先發生側滑呢？爲了回答這個問題，有必要來比較一下發生傾覆和側滑的條件。
傾覆的條件是：

$$B = G \times \frac{0.5B}{h}$$

側滑的條件是：

$$B = G \times \varphi$$

由這二個條件的比較當中可以得出結論：只有在使汽車傾覆所必需的橫向力小於使汽車側滑所必需的橫向力的情況下，即在 $G \times \frac{0.5B}{h}$ 小於 $G \times \varphi$ 的條件下，或者就是在

$$\frac{0.5B}{h} \text{ 小於 } \varphi$$

的條件下，才會發生傾覆。

由此看來，要回答在汽車喪失穩定性的時候究竟是發生傾覆還是發生側滑這個問題，那得看汽車橫向穩定係數和附着係數的對比關係而定。只有在這樣的路面狀況下，就是當它的附着係數大於汽車橫向穩定係數的時候，才有可能發生傾覆。

如果回頭看看表 1 和表 2，並對比一下表中所列的數據，那就可以確定，在路面沒有高低不平及任何障礙物的情況下，輕便汽車造成傾覆的可能性是很小的，因為這種汽車的橫向穩定係數大於附着係數的最大數值。

然而，行駛中也可能有這樣的情形，就是車輪的向側面移動，不是受到附着力的約制，而是碰到了某些障礙物（例如電車軌道，人行道邊，道路的極度不平坦等等）。在這樣的不利條件下，即使輕便汽車也可能造成傾覆事故。

載重汽車的橫向穩定係數比輕便汽車小，因此在相同的條件下，載

重汽車傾覆的可能性要大些。

在泥濘的、潮濕的、冰雪覆蓋着的道路上行駛時，附着係數顯著減低。在這樣的道路上汽車開始側滑遠早於傾覆。

3. 制動會造成側滑

汽車制動的時候，在被制動的車輪與道路之間出現了縱向力。當這力在數值上小於車輪與道路間的附着力時，汽車就隨着轉動的車輪繼續行駛。但是，只要縱向力在數值上一達到附着力的大小，車輪便立即停止轉動，並開始在路面上滑移起來，或者像平常所說的，開始“滑溜”起來。

每位駕駛員都知道，在“滑溜”的時候最容易發生側滑。這是什麼原因呢？

看起來，好像只有在橫向力超過車輪與道路間的附着力時，汽車才應該發生側滑。倘若作用在汽車上的僅僅是橫向力的話，這倒是正確的。可是，假如作用在汽車上的除橫向力外還有一個縱向力的話，那末，這時候附着力所抗拒的已經不是它們當中的那一個單獨的力，而是它們的合力了。在圖9中畫着一個車輪，有一個縱向力和一個橫向力同時作用在它上面。單獨地來看每一個分力，

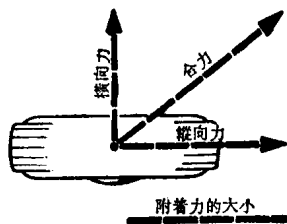


圖9 橫向力和縱向力對車輪的共同作用

雖然數值上都小於附着力（附着力的比例大小表示在圖9的下面部份），但是側滑還是可能發生的，這是因為這二個力的合力却是比附着力大的緣故。

這時候有二種可能情況：

1. 如果車軸得到的橫向力在數值上已接近於這軸上的車輪與道路間的附着力，那末，即使以不大的縱向力附加在橫向力上面，也就足以使它們的合力超過附着力，汽車便開始側滑。

因此，當汽車作轉彎行駛的時候，尤其是在潮濕或溜滑的道路上，應當避免制動和急劇加速。

2. 在汽車制動的過程中或者在急劇加速時，作用在車輪上的縱向力