

汽車如何依賴摩擦作加速或減速？

先思考以下問題：

一塊四方磚放在一水平的粗糙面上，它是靜止的，問它有沒有受摩擦作用？

答案是「可能有」或「可能沒有」。

情況 1:

若四方磚塊只是放在粗糙面，沒有人去碰它，摩擦當然是零。



情況 2:

若有人推這塊磚，企圖想把磚推向左方，但力不夠大，推不動它。

那時，摩擦存在，是指向右方。



情況 3:

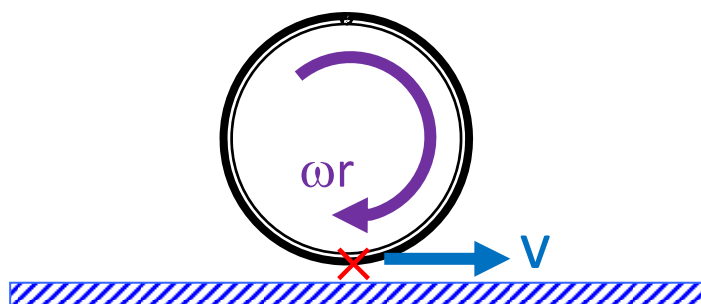
若有人推這塊磚，企圖想把它推向右方，但力不夠大，推不動它。
那時，摩擦存在，是指向左方。



以上例子說明一條道理：

物體雖然沒有滑行 (sliding)，但有 **趨勢** 想滑向某方向。那時摩擦都會出現，企圖去制止這趨勢。摩擦的方向是那趨勢滑行的反方向。

在一般情況，汽車行走時的車輪是保持沒有滑動的滾動 (rolling without sliding)。意思是車速 v ，車輪轉速 ω 和車輪半徑 r 滿足關係 $v = \omega r$



車輪與地面的接觸點（上圖紅色 \times ）受兩個速度影響：

- (1) 它如整個車輪般，是以 v 的速度向前行；
- (2) 轉動的车輪令最低部份有一向後的運動，速度是 ωr 。

在條件 $v = \omega r$ 之下，這兩個速度在車輪的最低點(上圖 \times)可互相抵消，即車輪與路面的接觸點是沒有速度，即沒有滑動 (sliding) 出現。

所謂“rolling without sliding”是不容易想像的。看看這樣說有否幫助理解：



把上圖這個有尖齒的輪在一張軟薄的紙上輾過。若輪子是“rolling without sliding”，那在紙上留下的只是和齒尖大小完全相同的小孔。即是每一個齒尖由上下降到與紙接觸，而接觸只限在一點位置上。之後齒尖就上升，離開了紙面。

若是有滑行 (sliding)，那在紙上留下的較長的痕跡，而不是小孔。

汽車勻速

在“rolling without sliding” 下，沒有滑動。如果汽車是勻速行走， v 不變也沒有企圖去變，即是沒有外在因素去企圖破壞條件 $v = \omega r$ ，那輪子就如 P1 的「情況 1」所描述般不受路面摩擦作用，繼續一路保持作沒有滑動的滾動。

汽車加速

司機 踩油門，令汽車加速。

- 汽車的內燃機令車輪轉快，即是令車輪的轉速 ω 增大。那時整輛車的車速 v 還未改變。
- ω (企圖) 增大， v 未改變，即是此時有企圖去破壞 $v = \omega r$ 的關係。
- 若真的 ω 大了少許，即 $\omega r > v$ ，輪子與路面的接觸點是向後滑。但這個滑行在最後不會出現，因為此時摩擦已出來制止了。
- 如 P2 的「情況 2」描述般（方塊企圖向後移，摩擦向前），輪子與路面的接觸點是企圖向後滑，有這趨勢，

摩擦已出現來阻止了。

- 想滑向後，摩擦向前。這個向前的外力會把整部車向前加速了 ($F = ma$) 。
- ω 增大，通過摩擦， v 也可作同步增大，達到了加速目的。
- 條件 $v = \omega r$ 可繼續維持。
- 若司機不再踩油門，滑行趨勢消失，摩擦也繼而消失。那汽車之後就變回勻速。

汽車減速

司機踩制動器 brake，令汽車減速。

- 車輪的轉軸受內部摩擦作用，令車輪轉慢，即是令車輪的轉速 ω 下降。那時整輛車的車速 v 還未改變。
- ω (企圖) 減少， v 未改變，即是此時有企圖去破壞 $v = \omega r$ 的關係。
- 若真的 ω 少了，即 $\omega r < v$ ，輪子與路面的接觸點是向前滑。但這個滑行在最後不會出現，因為此時摩擦已出來制止了。
- 如 P2 的「情況 3」描述般（方塊企圖向前移，摩擦向

後)，輪子與路面的接觸點是企圖向前滑，有這趨勢，
摩擦已出現來阻止了。

- 想滑向前，摩擦向後。這個向後的外力會把整部車減速了 ($F = ma$) 。
- ω 減少，通過摩擦， v 也可作同步減少，達到了減速目的。
- 條件 $v = \omega r$ 可繼續維持。
- 若司機不再踩制動器，滑行趨勢消失，摩擦也繼而消失。那汽車之後就變回勻速。

吳老師 (Chiu-king Ng)

<https://ngsir.netfirms.com>

電郵：feedbackWZ@phy.hk 其中 WZ 是 23 之後的質數



Online Physics Applets