



作者：徐業良 (1999-10-15)；核可：徐業良 (2000-04-21)。

附註：本文發表於汽車購買指南雜誌，1999 年十一月號，史丹福專欄。

## 淺談防滑控制系統

每天早上進辦公室，第一件事兒就是看看自己的電子郵箱是不是堆了一大堆學生的問題、同行的通訊、友人的問候、學校的公文、廣告垃圾等等等。有一天卻很有趣地發現有一份汽車購買指南讀者的讀者投書，語氣十分客氣、有禮貌：

徐教授你好，

晚輩是您在“汽車購買指南”史丹福專欄的忠實讀者，目前就讀於交通大學。晚輩日前在網路上討論群組中，與網友熱切討論汽車動態問題，而未有結論希望能請教您幾個問題，為晚輩解惑，打擾之處，請多包涵。

請問：是否後輪驅動車 (FR) = 轉向過度，前輪驅動車 (FF) = 轉向不足，過彎中的車輛如果前輪抓地力不足，結果應為轉向過度或轉向不足？

感謝徐教授於研究，教學繁忙之際撥空看信，若能簡單扼要為達，感激不盡。

祝 教安

蔡明憲

不知道汽購對讀者投書一般處理流程為何，可能要轉到編輯部變成 Q&A 之類的，不過我當下就回了封電子郵件給這位蔡同學，對於轉向不足、轉向過度略微解釋了一番。

轉向過度、轉向不足主要是和轉向時前後輪胎的側滑角(slip angle)不同有關。所謂側滑角是輪胎與地面接觸點受離心力向側邊扭曲，導致輪胎轉動時沒有直線向前而向外側偏移的角度。汽車轉向時，前輪和後輪同時都會有這個側滑角，不過在汽車轉向時，前後輪的側滑角作用正好完全相反，前輪的側滑角會讓車子有向外偏移衝出彎道的傾向，後輪的側滑角則反而縮小了轉向半徑，讓車子有向內衝進彎道的傾向。因此如果前輪側滑角大於後輪側滑角，則車子有衝出彎道的傾向，是所謂轉向不足，相反如果後輪側滑角大於前後輪側滑角，則車子有衝進彎道的傾向，是轉向過度。

前後輪側滑角之所以會不同，最主要的影響是車子重心的位置，所以 FF 車重心在前，特性是轉向不足，RR 車重心在後特性是轉向過度，應該沒什麼問題，但 FR 車特性是否一定是轉向過度，可能就不見得了。

影響側滑角大小另一個因素是輪胎的扭轉剛性，例如寬胎剛性大，受同樣大小離心力時側滑角比較小。不過“過彎中的車輛如果前輪抓地力不足，結果應為轉向過度或轉向不足？”這個問題前後好像比較沒有因果關係。

最後側滑角是因為轉向時的離心力產生的，側滑角的大小自然跟轉向的速度有關係。越高速過彎，車子轉向不足或轉向過度的傾向也就越明顯。

有點兒驚訝在網路上有網友在討論轉向不足、轉向過度這件事兒，Mmmm，資訊時代嘛！

不過這個月的史丹福專欄重點並不是要談轉向不足、轉向過度，去年史丹福專欄已經談過這個話題，冷飯熱炒，似乎太對不起總編和讀友們了。這個月咱們要更深入一些，談談防滑控制系統如何消除轉向不足、轉向過度，這裡只是先借題發揮，把轉向不足、轉向過度的現象再大略解釋一遍，咱們就可以正式進入主題，防滑控制系統。

防滑控制？和轉向不足、轉向過度有關連嗎？

防滑控制系統，英文叫做“Skid Control System”，skid 就是側滑的意思，中文不知道有沒有更好的翻譯名稱。您如果常讀車子的技術規格，您可能看到“DSC(Dynamic Stability Control)動態穩定性控制”，或者“ESP(Electronic Stability Program)電子穩定程式”之類的字眼，或者您會讀到所謂“Yaw Control System”，旋轉

控制系統，這些厲害的詞兒其實都代表同樣一件事兒，汽車上消除轉向不足、轉向過度的電子配備。

不是嗎？轉向不足、轉向過度都會使得車子動態穩定性不佳，高速過彎時如果轉向不足傾向過大，一失控車子就會側滑而出，相反的轉向過度傾向過大，車子可能原地打轉兒。防滑控制、動態穩定、旋轉控制，名稱上的混雜，也正代表這項技術正在興起期，不像 ABS 防鎖死煞車、TCL 循跡控制系統，已經一統江山，有大家公認的稱呼了。目前這一類的系統還只在高等級車款或賽車上看得到，但是可以預期的，這些電子技術成本快速降低，這些配備一定會逐漸出現在較便宜的車款上。就像是 ABS 煞車，現在已經幾乎是非常普遍的配備了，您的下一部車上可能就有一個叫做 SKS、DSC、ESP、或者 YCS 的配備呢！

OK。但是這些配備到底有什麼用呢？會使您開車開得更好、更快、或者更有駕駛樂趣？還是會在極限狀況下救您一命？Mmmm，實在很難這樣說，不過防滑控制配備就像是 ABS、TCL 一樣，一般駕駛狀況下您根本不會感受它們的存在，但是在緊急狀況下，急煞車有 ABS 幫忙、輪胎打滑 TCL 啟動、快速過彎有防滑控制穩定車子，行車安全、操駕的信心自然都提升不少。

那麼防滑控制系統究竟在做些什麼事兒呢？

猜想您不是賽車手，但相信您一定有在電視上看過賽車，不論是 Formula I 場地賽或者房車越野賽，如何能以最高速度過彎而不致失控撞上護欄或掉落山溝，可以說是賽車手技術上的關鍵技巧，這其中當然最重要的就是對車子轉向不足或者轉向過度的掌控與修正。

修正轉向過度比較單純，通常只要將方向盤往反方向修正，同時略收油門即可。轉向不足的修正則和車子是前輪驅動還是後輪驅動有關係，在前輪驅動車，放鬆油門使前輪略微停頓，會造成輕微甩尾，使車子又進到彎角裡來，所謂的「用油門操控方向」，漂亮。不想收油門也可以來個踵趾動作略點煞車，也有類似效果。後輪驅動車發生轉向不足時，當然也可以用收油門減速的方式來處理，但由於驅動軸在後輪，更犀利的賽車手反而會頓增後輪驅動扭力，造成輕微甩尾，使車子轉進彎來。

說得容易。老實告訴您，以上所述各項技巧純屬「書上讀過」，敝人在下我，一樣也不會。其實除了專業賽車手之外，我敢打賭大部分車主在突然高速進入尖彎的危急情況下，也不會如此從容鎮定，運用這些操駕技巧。相信您如果快速入彎發現轉向不足時，最通常的反應應該是快踩煞車同時加大方向盤的角度，但是這兩種方式通常都不會太有用，因為這時候您的前輪胎已經有喪失抓地力的傾向，不聽方向盤的使喚了。

防滑控制系統的作用，就是要用電子設備來幫助駕駛人感測並且修正車子轉向不足或者轉向過度的傾向。正因為在發生轉向不足或者轉向過度時，前輪胎已經有喪失抓地力的傾向，防滑控制系統並不以方向盤來修正車子行進的方向，而是模仿前面敘述賽車手的動作，選擇作用在前輪或後輪煞車上，來維持車身的穩定性。其最主要的想法是當四個輪子中一個輪子被煞住時，車身會以重心垂直軸為圓心做反向旋轉。例如當感測到轉向不足時，車子向外側滑，系統會煞住內側後輪使車身產生一個向內的旋轉，類似前面提到的小甩尾，來消除轉向不足；感測到轉向過度時，車子彎向內側，這時候系統會煞住外側前輪使車身產生一個向外的旋轉，來抵消轉向過度。此外大部分這類系統也會經由引擎管理系統的幫助，緊急狀況下可以切斷引擎動力。

原理還算簡單吧？！

防滑控制系統和 ABS 煞車、循跡控制系統在技術上可說是系出同門。BMW 該算是最早在量產車上推出這類系統的，BMW 在 90 年代中期推出的第一個動態穩定性控制系統，便是共用 ABS 感測器上車輪速度數據來決定車子目前過彎的狀況。後續朋馳、凱迪拉克、保時捷、Lexus 等車廠都陸續推出了防滑控制系統，進一步加入一些其他感測器，來幫助電腦闡釋駕駛人的意願和汽車的反應，以及駕駛人預期的行駛路線和車子實際行駛路線的差異，以判斷系統是否要進行干預、協助駕駛人。

這裡所謂駕駛人的“意願”，就是駕駛人到底要用多快的速度轉多尖的彎兒。要判斷駕駛人的意願，電腦需要知道幾件事兒，包括方向盤轉向角度，以判斷目前駕駛人希望的轉向角度為何；煞車壓力的訊號，以判斷目前駕駛人是否有施加任何煞車；油門大小的訊號，以判知目前駕駛人需求動力的大小。根據這些訊號，加上一些路況數據如摩擦力、傾斜度等，電腦就可以計算出在這組駕駛人輸入下，車子應該有什麼反應。另外則還有一票感測器感測車子目前的狀況，包括對車速、轉向力、以及旋轉

速率(yaw rate)的感測，以判知車子的反應和駕駛人的輸入是否有差異，也就是說是否有失去控制的情況。當電腦判斷駕駛人的意願和車子實際的反應有差距時，電腦便會計算出要將車身恢復穩定所需的旋轉力矩大小，選擇一個輪胎，施加適當的煞車力。

不同車廠的防滑控制系統，基本原理大同小異，最大的差別是這些系統校調的狀況。車廠大致上有兩派想法，如 Lexus 和 Mercedes 的觀點是安全第一，車子過彎時不容許有任何側滑發生，因此他們的防滑控制系統相當“強悍”，很早便強力介入，甚至在您還沒有察覺任何不穩定之前就已經啟動煞住車輪、切掉動力等等，快速過彎時駕駛人幾乎不必自己做任何事情。對於賽車手級的駕駛人來說，受到電子裝置嚴密控制可能有些令人沮喪。然而車廠的看法是，如果您真的要讓車子甩尾，或者練習那些快速過彎的修正動作，您大可以把防滑控制系統給關掉。

另外一派車廠的系統，如保時捷、凱迪拉克、BMW 則是在感測到駕駛人已經開始做細部修正後，系統才介入幫忙穩定車子，留給駕駛人一些操控方向盤和油門的餘裕。這樣的方式讓駕駛人一直保有操控感，直到車子真的失去控制為止。當然對於一般駕駛人來說，系統如何校調，您可能都不會太介意，因為除了在緊急狀況外，您根本從來不會超過車子的操控極限。

我想這也是汽車上這些越來越精細、複雜的電子配備共同的問題，車主們真的在意嗎？或者說他們願意多付些錢，買下這些他們不見得常有機會用到的電子配備嗎？

十幾年前 ABS 剛出現時，車廠、汽車專業媒體都花了不少工夫教育車主這項配備是什麼，有什麼用處，用一大堆測試數據告訴車主有 ABS 之後比較安全、煞車距離比較短等等。幾年前循跡控制系統出現的時候，也是一樣，這大概是所有新技術在消費者接受之前必經的過程吧！

其實就算對於一般中規中矩的駕駛人來說，防滑控制系統也絕對相當有幫助，當然它們無法改變任何物理定律，也不會讓您的駕駛技術變得更好，但是卻可以讓您成為一個更能享受駕駛、更有信心的駕駛人。大部分的車主也許更有勇氣探索汽車操控性能的極限，因為他們知道如果超過車子操控極限的話，這些電子設備會保護他們不致失去控制。

當然防滑控制系統也不是您開車的保命牌，不管防滑控制系統多麼有效，如果您是那種”Die Hard”型的駕駛人，過彎速度實在過快，還是會失去抓地力撞毀。

Well，這時候這些系統至少可以切掉動力，使撞毀的車速稍微慢一些些。