

車輛行駛的水漂（Hydroplaning）現象

連仁宗¹

您曾經玩過打水漂嗎？這是人類最古老的遊戲之一，比賽的規則相當簡單：將石子往河裡或湖裡丟，再看誰的石子在水面跳躍的次數多！當你側身彎腰，像棒球投手下勾式投法，將手中的石子沿水面用力甩出去，你是否曾心中納悶是什麼原理使得石子能像蜻蜓點水般在水面跳躍，又怎樣投法才能讓石子多跳幾下？

打水漂的物理原理

法國里昂大學(Universite Claude Bernard Lyon)的利德里克·博凱(Lyderic Bocquet)博士是第一位對打水漂的物理原理感到興趣的科學家。一天他和 8 歲的兒子在一條河邊玩起了打水漂，兒子問他：怎樣打水漂可以打得更遠呢？根據自己小時候的經驗，博凱博士試著示範打水漂給兒子看。眼看石塊在水面上跳躍並留下漣漪，物理學家心想：何不運用物理知識把打水漂的過程搞清楚呢？於是開始了艱苦的研究。後來博凱博士推導出一組研究打水漂的方程式，並將其研究發表在 2002 年的《美國物理學》季刊上。根據他的研究發現，決定石頭在水面彈跳次數的主要原因有：石頭的質量、石頭的水平速度、石頭面觸水的角度與石頭的旋轉速度等，其主要結論如下：

- 1、在拋擲石頭時，其初速必須超過某個臨界值時才會發生彈跳。
- 2、彈跳次數多寡取決於石頭入射水面時的速度，此速度則取決於石塊拋擲的初速。
- 3、彈跳次數亦取決於石頭面的觸水角度。石頭面若能保持 20 度左右的「黃金角度」撞擊水面即可以得到最佳的打水漂效果，不僅能以最小的速率（2.5m/s）打出水漂，還可以使石頭與水面碰觸的時間降到最低，這代表因碰撞消耗的能量較小，因此有更多的能量保留做後續的彈跳。但實際上，彈跳次數受角度不穩定因素限制，角度不穩定因素與運動速度無關，因此彈跳次數取決於與繼續飛行至關重要的第一次彈跳。
- 4、旋轉的石塊能使飛行穩定，並且使其更容易受水面反彈、提高彈跳幾率。
- 5、石頭的質量愈大，愈不利於彈跳。

打水漂理論在太空物理的應用

打水漂的理論與實驗在太空物理上的應用具有十分重要的實際意義。當太空船的返回艙從空氣稀薄的太空重返地球，進入大氣層時，若與大氣層的接觸角度太小，它的運動方式就與打水漂有幾分類似，也有一個「彈跳」的過程，也就是會像水漂一樣被彈回太空。因此物理學家可透過打水漂實驗更準確地模擬航空器回收過程，再根據模擬的結果更精確地設定航空器進入大氣層的角度和速度，降

¹ 交通部公路總局南部訓練所主任講師

低系統風險，提高回收的成功率。看來小小的打水漂，蘊藏的學問還真不小。

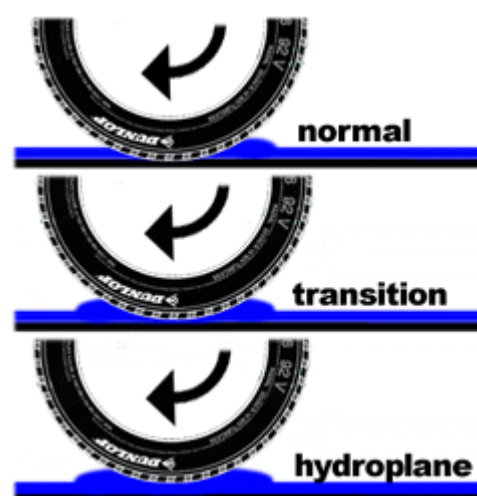
車輛行駛時的水漂現象

或許您對於太空船返回地球時如何被彈回太空的現象並不感到興趣，因為總覺得它離我們的生活太過遙遠，但有一個與打水漂的原理相近的車輛行駛現象您却不可不知。此現象最早是 1963 年美國太空總署 (NASA National Aeronautics and Space Administration) 的科學家在研究飛機降落積水跑道為何會發生失控打滑時所發現的²，並將之稱為水漂現象，又稱為輪胎浮昇或水浮現象，在日本則稱為水膜現象。也就是說，當車輛行經積水地區時，由於某些因素導致輪胎與地面之間形成水膜，使得輪胎無法完全接觸地面，車輛因而發生打滑、失控的現象。這種現象時常發生在雨天的高速路段，例如民國年月日中山高南下 127 公里頭屋路段發生 12 車連環撞的交通事故，即起因於小貨車通過積水地區時未適當減速，以致失控打滑彈撞護欄而造成後方未保持安全距離的 12 輛車連環追撞。



水漂的發生³

水漂是如何發生的？如右圖所示，當車速較低時，車輛輪胎與路面能保持完全接觸，駕駛人尚能有效控制車輛；而高速行駛的車輛，水會成楔狀侵入輪胎接觸地面的前端，速度愈高、侵入的量愈多，最後輪胎將完全離開路面而漂浮在水面上滑行，以致於方向盤與煞車完全失去作用而無法控制車輛，這種情況就叫做水漂現象。當您駕車行駛於濕滑路面，如果不能從後視鏡分辨輪胎駛過路面之軌跡，那表



² NASA TN D-2056 技術報告

³ 資料來源：<http://www.engr.pitt.edu/ssc/hydroplaning.html>

示您已經發生水漂了。

造成水漂發生的因素

影響水漂現象發生與否的主要因素有：

1、積水深度：

只要其他條件達成，積水的厚度達 **0.25** 公分以上時水漂即可能發生，駕駛人不可不慎。

2、積水黏稠度。

路面的積水中若含有油污或灰塵，其黏稠度高時，車輛較容易發生水漂現象。

3、行駛車速

水漂之形成必須靠車輪與路面積水的相對速度，此相對速度愈快水漂發生機率愈高。小型車行車速度達時速 **91** 公里時，就可能會發生水漂，因此車輛行駛中發現路面積水時，最有效避免水漂的方法就是降低車速。

4、車輛總重

車子的重量可以將積水擠壓分散，因此車輛愈重，水漂較不容易發生。

5、輪胎胎壓

胎壓與水漂發生與否有著密切的關係，胎壓不足時車輛較容易發生水漂。因此必需依原廠指示維持標準胎壓，而行駛高、快速公路時，應比標準胎壓要多 **3%~5%**。以下為水漂臨界速度之公式及不同胎壓下水漂臨界速度值⁴：

$$\text{水漂臨界速度（公里/小時）} = 16.66 \times (\text{胎壓})^{1/2}$$

胎壓	水漂臨界速度	
	公里/小時	英哩/小時
30	90.7	57
40	105.6	66
50	118.5	73
60	129.6	80
70	138.8	87
80	150.0	93

6、輪胎寬度

輪胎寬度影響輪胎與積水接觸的面積，從而影響水面承受的壓力，因此胎寬較窄的輪胎較不易發生水漂，而胎寬較寬的輪胎較容易發生水漂。

7、胎紋深度

輪胎上胎紋的功用主要在於排水，使輪胎能切水前進，避免發生水漂、滑溜，因此胎紋深度不足的輪胎較容易發生滑溜。我國高速公路及快速

⁴ 資料來源：<http://www.mountainflying.com/hydroplane.htm>

公路交通管制規則即明文規定汽車胎紋深度不得低於 1.6 釐米；機車也不可低於 1 釐米。

8、胎紋設計

橫向胎紋的功用是將路面積水往輪胎二側排出，使輪胎能接觸真正的地面、獲得抓地力。縱向的胎紋，那則是用來增加輪胎前行的循跡性。因此，胎紋設計良好與否攸關行車安全，不可不慎。此外，胎紋助於熱交換的進行，使輪胎在高速行駛時，能充足的散熱，避免溫度過高而爆胎。

水漂的種類⁵

水漂的發生主要有下列三種：

1、動態水漂 (Dynamic)

如上所述，這是典型的水漂作用，是指輪胎完全被路面積水舉起的狀況。當路面積水達 0.25 公分以上，而車速達水漂臨界速度時此種水漂就可能發生。

2、黏稠水漂 (Viscous)

車輛行駛於含有油污或灰塵的平坦潮濕路面，即使未達水漂臨界速度，輪胎雖未被舉離路面，但兩者間隔著一層參雜著油污或灰塵的極薄水膜，也會發生滑溜的狀況。因此初雨時分，路面積水雖然極薄，但因沉積的油污或灰塵尚未被沖刷乾淨，顯得特別濕滑，行車更應小心減速慢行。

3、蒸氣水漂 (Reverted rubber)

如果駕駛人在潮濕路面緊急煞車而鎖死車輪，輪胎的胎紋會因高熱使得胎膠變得黏軟而包覆著水份，當水汽化成蒸氣，其壓力會將輪胎舉離路面，此即為蒸氣水漂。

如何避免發生水漂？

1、行駛前應確實檢查車輛

- (1)檢查燈光、雨刷及雨刷水，確保駕駛人能充分獲得的視線。
- (2)檢查輪胎，確定胎壓充足。
- (3)檢查剎車系統，確定其正常運作。

2、行駛中應注意事項

- (1)當視線不清楚時應打開頭燈以便清楚辨識路面狀況。
- (2)在濕滑路面應減速慢行，勿突然減速或急轉，並較正常天候保持 2 倍的安全跟車距離。
- (3)穿越積水區應特別注意減速並預期可能發生水漂，做好應變的措施。
- (5)盡量避讓他車，注意對向來車可能濺起水花，因此應與它保持較大空間。

⁵ 資料來源：[http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroplaning_\(tires\)#In_motor_vehicles](http://en.wikipedia.org/wiki/Hydroplaning_(tires)#In_motor_vehicles)

(6)注意側風，它可能在水漂發生時使車輛偏離車道或打轉。

(7)行駛於平坦路面更容易發生水漂現象。

水漂發生時的應變措施

行車中一旦發現有水漂現象時，駕駛人該如何處置呢？以下提供正確的車輛操控方法作為參考，俾能使您化險為夷。

- 1、首先應立即放開油門。
- 2、抓緊方向盤，保持車輛向正前方行駛，不得轉動方向盤。
- 3、切勿踩剎車減速，應讓車輛自然減速直至恢復控制。