

2022 年【全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

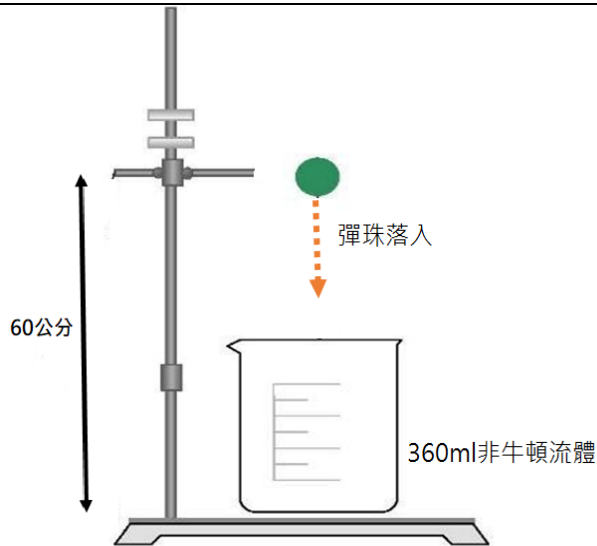
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|--------------------|--|----------|---------|----------------|--------------------|---|--|--|--|----------------|--|--|--|---|--|--|--|----------------------|--|--|--|
| 題目名稱：白色流體的玄機 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 一、摘要 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 我們透過探究實驗的設計，探討非牛頓流體的防撞能力，並改變調製非牛頓流體的各種變因，以確認調製非牛頓流體的最好條件。探究結果確認了非牛頓流體確實有防撞能力，且非牛頓流體的黏滯力與防撞能力具有正相關。探究結果也發現也發現在市售各種粉類中，玉米粉是調製非牛頓流體效果最好的粉類，且含玉米粉量愈高的混合物，黏滯力愈高；在低溫下，玉米粉調製成的非牛頓流體的黏滯力表現較佳， | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 二、探究題目與動機 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 我們從網路上的影片—「輕功水上漂」認識了「非牛頓流體」，了解到非牛頓流體是一種黏度會因為受到的壓力或速度而產生變化的特殊流體。當流體承受的壓力越大時，黏度越大，進而成為暫時性的固體。基於好奇心的驅使，我們想要試試看非牛頓流體是否能在日常生活中具有防撞功能，以進一步具有保護易碎物品的功能，我們也想試試如何用廚房中常見各種粉類，調製出效果最好的非牛頓流體。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 三、探究目的與假設 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (一)探究目的：探討非牛頓流體的配置與防撞效果。 (二)探究假設： 1. 非牛頓流體具有防撞擊能力。 2. 玉米粉的比例、水溫、環境溫度會影響非牛頓流體的黏滯力。 3. 黏滯力愈高的非牛頓流體，防撞能力愈強。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 四、探究方法與驗證步驟 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (一) 探究架構 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"><tr><td colspan="4">如何調製出最好的非牛頓流體？</td></tr><tr><td>不同比例的玉米粉</td><td>不同粉類的差異</td><td>不同水溫調製的非牛頓流體差異</td><td>不同環境溫度對非牛頓流體黏滯力的影響</td></tr><tr><td colspan="4" style="text-align: center;">↓</td></tr><tr><td colspan="4" style="text-align: center;">非牛頓流體具有防撞的功能嗎？</td></tr><tr><td colspan="4" style="text-align: center;">↓</td></tr><tr><td colspan="4" style="text-align: center;">非牛頓流體的黏滯力與防撞能力的關係為何？</td></tr></table> | 如何調製出最好的非牛頓流體？ | | | | 不同比例的玉米粉 | 不同粉類的差異 | 不同水溫調製的非牛頓流體差異 | 不同環境溫度對非牛頓流體黏滯力的影響 | ↓ | | | | 非牛頓流體具有防撞的功能嗎？ | | | | ↓ | | | | 非牛頓流體的黏滯力與防撞能力的關係為何？ | | | |
| 如何調製出最好的非牛頓流體？ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 不同比例的玉米粉 | 不同粉類的差異 | 不同水溫調製的非牛頓流體差異 | 不同環境溫度對非牛頓流體黏滯力的影響 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ↓ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非牛頓流體具有防撞的功能嗎？ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ↓ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非牛頓流體的黏滯力與防撞能力的關係為何？ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| (二) 探究工具 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| i. 實驗器具：量筒、燒杯、鋼杯、攪拌棒、塑膠杯、電子秤、鐵盤、湯匙、尺、彈珠、冰塊、溫度計、加熱器、砝碼、壓克力管、保麗龍盒、塑膠盒、保鮮膜、油黏土。 ii. 不同粉類：玉米粉、太白粉、樹薯粉、木薯粉、糯米粉、高筋麵粉、麵包粉。 iii. 數據紀錄與分析工具：GoPro、手機(拍攝)、威力導演程式(影片分析)、計算機。 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(三) 探究步驟與結果

1. 如何調製出最好的非牛頓流體？

我們從網路的資料得知對非牛頓流體施以較大壓力時，非牛頓流體會具有較大的黏性，導致落入的物體減速並緩慢落下。據此，我們設計以下的實驗裝置與實驗方法來測試彈珠落入非牛頓流體中的黏滯性

表 1：非牛頓流體中的黏滯性測試方法



- 先將彈珠(5g)從離地 60 公分處，使其落進裝於燒杯內 360ml 的水或非牛頓流體中。
- 以 GoPro 拍攝彈珠落下的影片，並以威力導演 18 計算彈珠完全沒入該流體的時間。
- 反覆測試 5 次，取得 5 次沒入時間的平均值。
- 以平均沒入時間表示流體黏滯性的大小。

實驗一：探討不同比例的玉米粉和水對非牛頓流體黏滯力的影響

(1) 實驗步驟：

- 將水與玉米粉分別依照 1 : 1、4 : 5(= 1 : 1.25)、5 : 7(= 1 : 1.4)、2 : 3(= 1 : 1.5)、7 : 11(= 1 : 1.57)、3 : 5(= 1 : 1.66)以及 1 : 1.43 (網路流傳的最佳比例) 等 7 種不同比例調配後在鐵盤上以湯匙攪拌均勻。
- 其中水與玉米粉比例為 3 : 5(= 1 : 1.66)的無法均勻混合，故只製成 6 種不同比例的混和物。
- 分別將 360ml 的混合物倒進 500ml 鋼杯，輕敲數下使混合物分布平均。
- 以表 1 的方法進行測試。

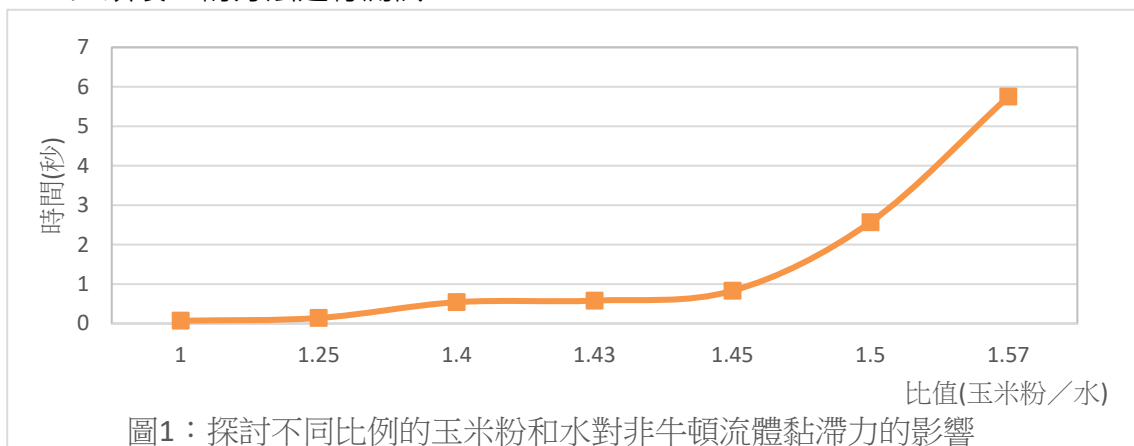


圖1：探討不同比例的玉米粉和水對非牛頓流體黏滯力的影響

- (2) 實驗結果：根據圖 1 的實驗結果，隨著玉米粉 / 水的比值越大，彈珠沒入時間也越長，且在水與玉米粉的比例為 1 : 1.5 時，彈珠的沒入時間突然大幅度的增加。顯示玉米粉 / 水的比值越大，所形成的混合物黏滯力愈好。

實驗二：探討以不同粉類製成的非牛頓流體的黏滯力差異

(1)實驗步驟：

- i. 我們在超市購買了玉米粉、太白粉、高筋麵粉、樹薯粉、木薯粉、糯米粉、麵包粉等各種常見的粉類，測試這些粉類形成與水混合物，並比較其黏滯力。
- ii. 除了各式粉類的混合物，我們也加做對照組—360ml 的水。
- iii. 在測試的過程發現，除了玉米粉和太白粉外，其他粉類在比例超過 1：1.3 時，便無法混合均勻，故比例調成 1：1.22。
- iv. 將水依序與各式粉類以 1：1.22 的比例調配後攪拌均勻，製成 6 種不同比例的混和物，並將 360ml 混合物倒進 500ml 鋼杯，輕輕攪拌數下使混合物分布平均
- v. 以表 1 的方法進行測試。

(2)實驗結果：

- i. 麵粉、麵包粉及糯米粉則因無法完全混和至流體狀，故無法進行實驗。
- ii. 太白粉、樹薯粉、木薯粉等可以調製成的混合物，都具有黏滯力，可以減緩彈珠沒入的速率，效果遠優於彈珠落入對照組的時間。
- iii. 雖然玉米粉的效果最好，但可看出樹薯粉與木薯粉的黏滯力也與玉米粉相近。

註：我們後來發現樹薯粉就是木薯粉，只是廠商不同，包裝上的名稱有所差別。太白粉則是馬鈴薯澱粉製成。

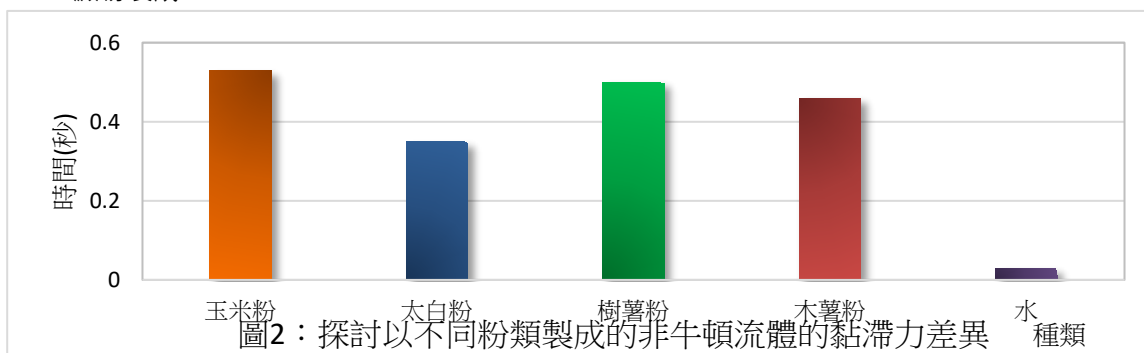


圖2：探討以不同粉類製成的非牛頓流體的黏滯力差異

實驗三：探討不同水溫調製的非牛頓流體的黏滯力差異

(1)實驗步驟：

- i. 分別控制水溫在 30°C、50°C 及 70°C，將熱水與玉米粉以 1：1.57 攪拌均勻，並放置至室溫。
- ii. 以表 1 的方法進行測試。

- (2)實驗結果：玉米粉加入越高溫的水混合，非牛頓流體的沒入時間越短，顯示高溫下配置的玉米粉混合物的黏滯性較差（圖 3）。

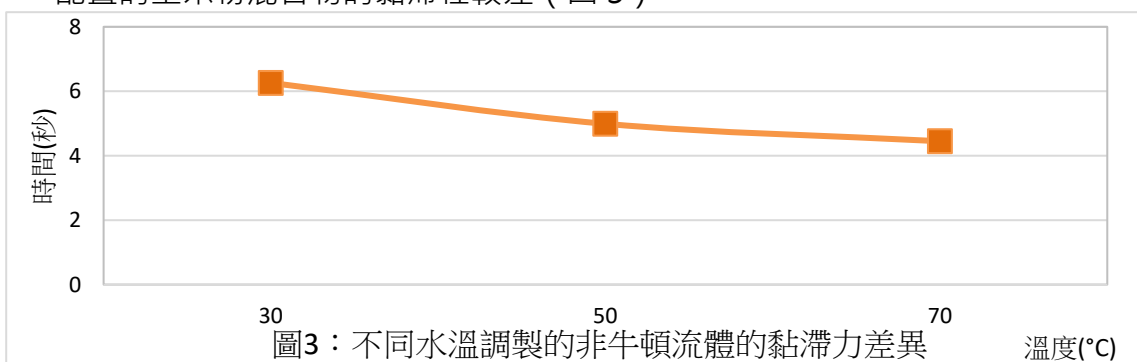


圖3：不同水溫調製的非牛頓流體的黏滯力差異

實驗四：不同環境溫度對非牛頓流體黏滯力的影響

(1)實驗步驟：

- i. 調整水溫至 10 度、15 度、20 度、25 度、30 度、35 度、40 度，以加熱板保溫備用。
- ii. 將調整好水溫的水與玉米粉以 1：1.57 的比例混合均勻，全程盡量維持恆溫。
- iii. 以表 1 的方法進行測試。

(2)實驗結果：非牛頓流體於 15°C 時的黏滯力最高，隨著溫度升高，黏滯力也下降。

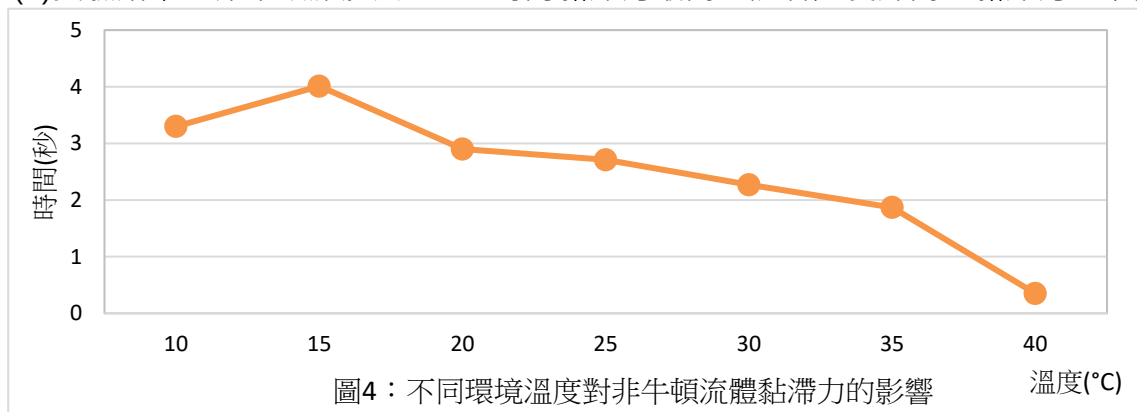


圖4：不同環境溫度對非牛頓流體黏滯力的影響

根據本實驗的結果顯示：

- (1) 在玉米粉能夠成功與水混合均勻的前提下，玉米粉的比例愈高，所形成的非牛頓流體黏滯力愈好。
- (2) 樹薯(木薯)粉和玉米粉的混合物具有相近的黏滯力，可以推測其成分應該有相近之處。
- (3) 調製非牛頓流體的水溫愈高，非牛頓流體的黏滯力愈差
- (4) 非牛頓流體在攝氏 15 度的環境下，黏滯力最高。

2.非牛頓流體具有防撞的功能嗎？

實驗五：探討非牛頓流體是否具備防撞擊能力

(1)實驗設置與步驟：

- i. 器材：110g 砝碼、長 1.2m 的長塑膠管、2 個保麗龍箱(25cm*20cm*15cm)。
- ii. 其中 1 個保麗龍箱內加入 480g 由水和玉米粉調製而成的非牛頓流體(比例為 1:1.4)，厚度 1cm；另一個保麗龍箱內不加入任何東西，作為對照組。
- iii. 分別將保麗龍箱置於一樓地面，於 2 樓(約距離 5 公尺高)，將砝碼經由長塑膠管丟下(如圖 5)。
- iv. 將保麗龍箱清洗乾淨，並將撞擊痕跡拍攝下來，進行分析比較。



圖 6：左側為對照組，右側為實驗組

(2)實驗結果：經過比對後，我們發現有鋪上一層非牛頓流體的保麗龍箱，其受損程度明顯較未鋪設者小，可見非牛頓流體具有一定的防撞能力(圖 6)。

3.非牛頓流體的黏滯力與防撞能力的關係為何？

實驗六：不同比例的玉米粉的防撞效果

(1)實驗設置與步驟：

- i. 將油土壓成厚度約 5 mm，用保鮮膜包裹，並放進與實驗五大小相等的保麗龍箱。
- ii. 分別調製水：玉米粉比例為 1:1、1: 1.25、1: 1.4、1: 1.57 的非牛頓流體，將調製好的非牛頓流體分別置入保麗龍箱子內的油土上方。
- iii. 將保麗龍箱子置於一樓地面，於 2 樓（約距離 5 公尺高），將砝碼經由長塑膠管丟下（如右圖 5），4 組皆測試 10 次。
- iv. 倒掉非牛頓流體後，將油土取出，觀察油土表面被撞擊的痕跡，並測量凹陷部分的深度。將 4 組結果進行比較分析。

(2)實驗結果：

- i. 觀察油土被撞擊的情形發現，玉米粉比例愈高的非牛頓流體，油土表面的凹凸程度愈均勻。玉米粉比例愈低的非牛頓流體，易在油土表面留下較深的凹陷（圖 7）。
- ii. 在每一個油土表面選取 5 個最深的凹陷部位，以載玻片測量凹陷的深度（圖 8）。求取 5 個凹陷部位深度的平均值，並以其倒數代表防撞能力，結果如圖 9 所示。

$$\text{防撞效果} = \frac{1}{\text{撞擊後陷入深度(mm)}}$$



圖 7：油土被砝碼撞擊後的情形



圖 8：測量油土的凹陷深度

- iii. 分析結果發現雖然水：玉米粉比例為 1: 1.25 的混合物防撞能力優於比例為 1: 1.4 的混合物，但整體而言，玉米粉比例愈高的混合物防撞能力愈好。

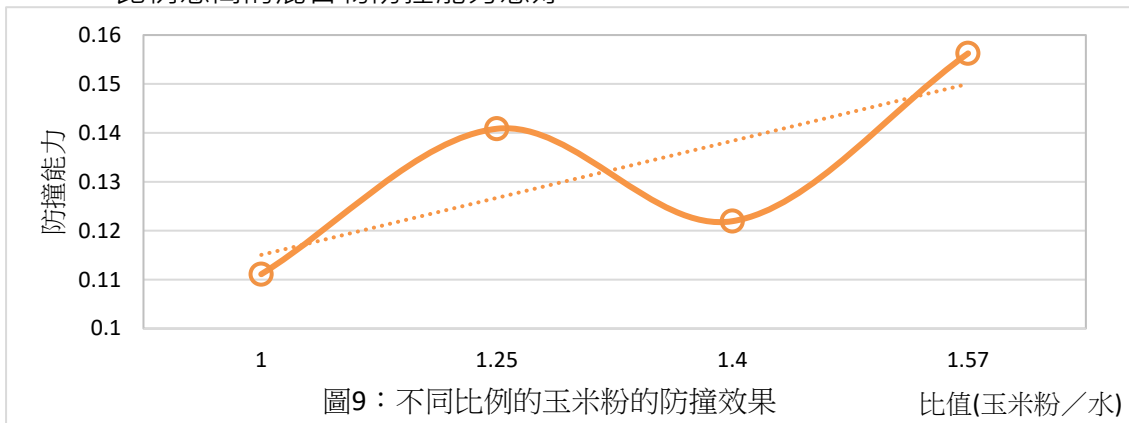


圖9：不同比例的玉米粉的防撞效果

比值(玉米粉/水)

圖 5：實驗設置



討論：非牛頓流體的黏滯力與防撞能力的關係

將不同比例的玉米粉的非牛頓流體黏滯力與防撞能力進行比較，如下圖 10。結果發現兩者的相關係數達 0.79，顯示二者有關聯，玉米粉比例愈高的非牛頓流體，黏滯力愈高，防撞能力也愈好。

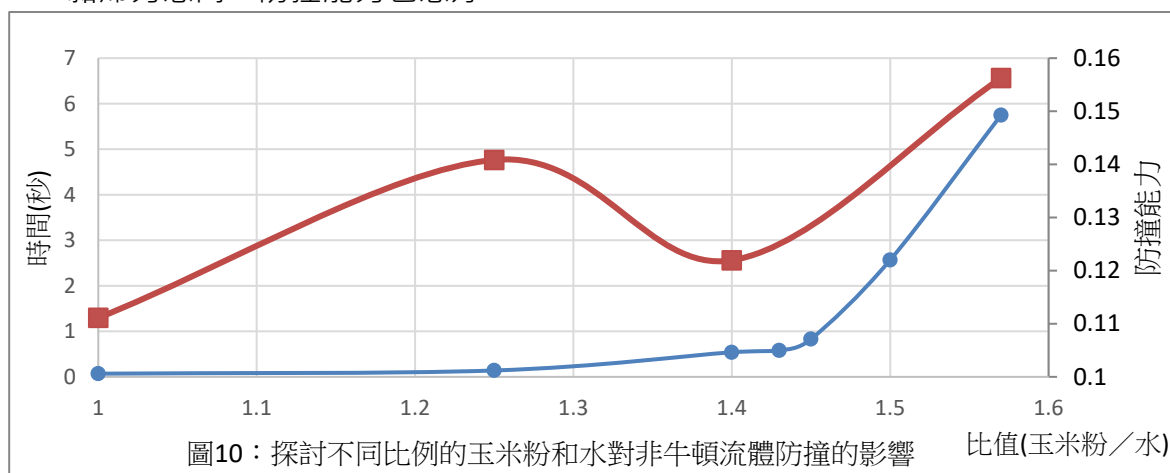


圖10：探討不同比例的玉米粉和水對非牛頓流體防撞的影響

五、結論與生活應用

(一)結論

根據我們進行探究實驗的結果，可以得到以下的結論：

1. 玉米粉的比例、水溫、環境溫度會影響非牛頓流體的黏滯力：玉米粉的比例愈高、水溫及環境溫度較低時，非牛頓流體的黏滯力較高。
2. 非牛頓流體具有防撞擊能力，且黏滯力愈高的非牛頓流體，防撞能力愈強。
3. 玉米粉所調製成的非牛頓流體在常溫下的黏滯力最佳，木薯粉次之，太白粉再次之。

(二)生活應用

根據報導，外國已有在生活中實際利用非牛頓流體的例子，如：公路減速帶，利用非牛頓流體「遇強則強，愈弱則弱」的特性，高速行駛的車子駛過會受損，速限內行駛則不會有任何影響，達到傳統減速帶的效果。

參考資料

1. 兵來漿擋 - 非牛頓流體防衝撞力之研究。2022年3月1日取自 <https://www.ntsec.edu.tw/ScienceContent.aspx?cat=13521&a=6821&fld=&key=&isd=1&icop=10&p=1&sid=13527>
2. 神奇非牛頓流體安全帽。2022年3月1日取自 https://jweb.kl.edu.tw/userfiles/1365/document/36302_150-%E7%94%9F%E7%A7%91%E4%BA%8C-%E6%B7%B1%E7%BE%8E%E5%B0%8F.pdf
3. 國外黑科技，非牛頓流體減速帶問世！遇到減速帶再也不用顛簸了！。2022年3月1日取自 <https://kknews.cc/zh-tw/car/e82ypxz.html>