

屏東縣第 66 屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：物理科

組 別：國中組

作品名稱：水的慣性—防浪隔板的探討和改良

關 鍵 詞：慣性、防浪隔板、水車

編號：B2014

摘要

運送液體貨物時，常因為慣性及液體的流動性而造成危險。本實驗討論水箱中加裝防浪隔板，對於行車安全的提升有多大的效果？並嘗試對防浪隔板進行改良。在本實驗中，我們比較同質量固體貨物和液體貨物在相同拉力下 a-t 圖的差異，並比較一～三片隔板的效果、同樣三片隔板，角度分別為 30 度、45 度及 60 度產生加速度的差異。實驗結果顯示，液態貨物比固態貨物，起動加速度大、滑行時負方向加速度也大，滑行距離較短。隔板數量從一片增加為三片時，起動加速度漸小，滑行距離逐漸增加，數值越接近固體貨物的情況。隔板角度由 30 度增加到 60 度時，起動加速度又增加，滑行距離逐漸減少，三片 45 度隔板的水箱會是一個加速度小，且滑行距離短的選擇。生活應用上，水車內安裝防浪隔板確實有必要性，可防止液體重心因慣性大範圍偏移，增加運輸時的危險。也希望未來能有更多的創意和想法來進一步改善運輸安全。

壹、研究動機

我們觀察到，當我們拿著水桶裝滿水前進又突然停下時，水桶內的水會灑出來，我們知道這是牛頓第一運動定律一慣性。但是，當我們進一步去思考，當慣性的對象為會流動液體時，和固體物質的慣性會有哪些不一樣的狀況？我們上網找尋資料，發現載水車、油罐車和載原油的輪船，內部不是空的，有一片片板子將內部液體隔開來。這樣設計的原因，是因為油罐車在運動的過程中，會有加速、減速或轉彎等運動，此時內部的油會隨著車輛而產生慣性，即會給車輛本身帶來不預期的施力^[1]。

所以，在載運液體的過程中，為了避免液體的慣性造成運動時的危險^{[2] [3]}，都會在載水的水箱中安裝一片片的防浪隔板^[4]。

我們對防浪板的作用感到很好奇，有沒有裝防浪板的差異有多大？是幾片的效果最好^[5]？是否還有改良的空間？

上網找尋這些問題的相關資料^[6]，並沒有找到滿意的答案，我們決定自己設計實驗，自己來改良防浪板。在實驗中，我們比較了相同質量的固體貨物和液體貨物；一片、兩片、三片防浪板；還有自己嘗試改良防浪板的角度，測量在加速和減速時慣性的不同，再分析結果。

在實驗中，我們參考了國中自然課本第五冊中的直線運動 a-t 圖、三大運動定律的相關原理^[7]，來進行實驗。

從實驗中，我們知道了載送液體有一份額外的風險，希望我們的實驗能為載水車或油罐車提供一點設計時的方向，以增加一些安全性。也希望能再不斷思考，提供更有效的想法和創意，可以實際運用於生活中。



圖 1-1 液體在車內產生晃動^[8]

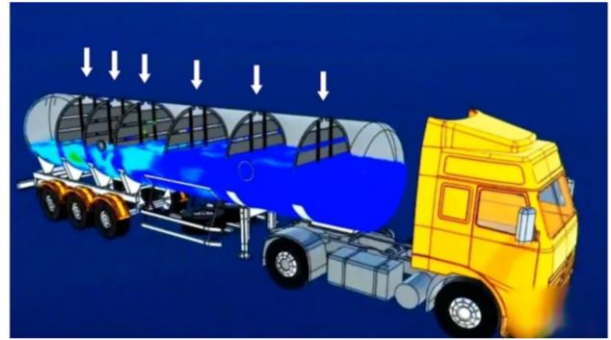


圖 1-2 加裝防浪隔板^[8]

貳、研究目的

一、實驗目的：

測量載水車運動時加速度的變化和水車滑行距離。

二、控制變因：

載水車質量、水箱大小形狀、水箱水深。

三、操縱變因：

(一) 實驗一 A 組 對照組

使用長 18cm、寬 8cm、高 5.5cm 的水箱兩個，分別裝上 500g 的積片 A-1、及裝入 500g 的水 A-2，分別以 100gw 及 150gw 重錘為拉力，自由落下後拉動載水車，再以手機三軸傳感器測得加速度和時間，並利用捲尺測得載水車滑行距離。如圖 2-1。

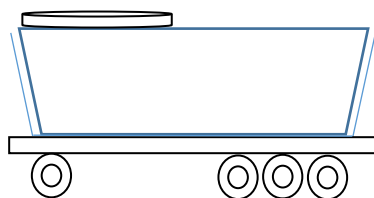
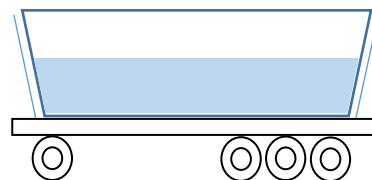


圖 2-1 A-1 裝 500g 的積片



A-2 裝入 500g 的水

(二) 實驗二 B 組

使用相同的水箱三個，分別加裝一片防浪板 B-1、兩片防浪板 B-2、三片防浪板 B-3，分別裝入 500g 的水，以 100gw 及 150gw 重錘為拉力，自由落下後拉動載水車，再以手機三軸傳感器測得加速度和時間，並利用捲尺測得載水車滑行距離。如圖 2-2。

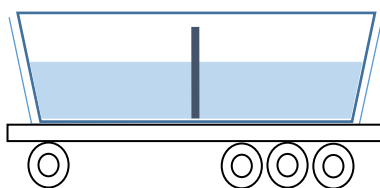
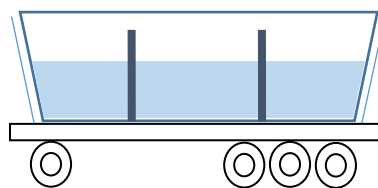
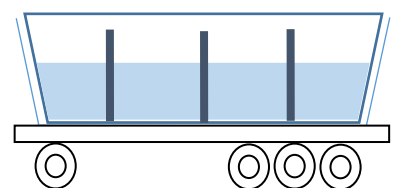


圖 2-2 B-1 一片防浪隔板



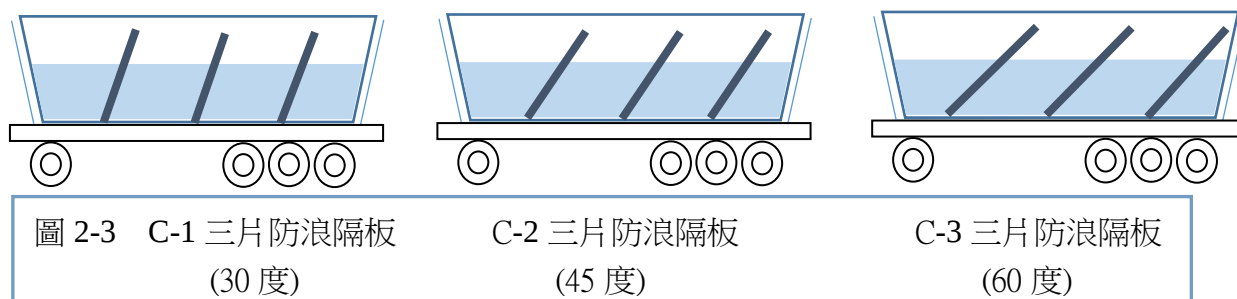
B-2 兩片防浪隔板



B-3 三片防浪隔板

(三) 實驗三 C 組

使用相同的水箱三個，分別加裝三片角度為 30 度的防浪板 C-1、三片角度為 45 度的防浪板 C-2、三片角度為 60 度的防浪板 C-3，分別裝入 500g 的水，以 100gw 及 150gw 重錘為拉力，自由落下後拉動載水車，再以手機三軸傳感器測得加速度和時間，並利用捲尺測得載水車滑行距離。如圖 2-3。



四、應變變因：

測量載水車運動時的加速度、時間及滑行距離。

參、研究設備及器材

一、常用工具

實驗中會使用到的捲尺、天平……等工具（圖 3-1），用來實驗的水箱（圖 3-2）。



圖 3-1 實驗中使用到的天平和工具



圖 3-2 用保鮮盒來製做水箱

圖 3-3 為自己組合的滾輪及固定夾，可裝置於桌邊形成定滑輪，如圖 3-4。



圖 3-3 定滑輪和 U 形固定夾



圖 3-4 將定滑輪固定在桌子邊緣



圖 3-5 製做三個重錘



圖 3-6 每個重錘約 50g

我們自己製做的重錘(3-5)，在本實驗中用來拉動水車，提供載水車動力及加速度。可使用 13 個一元，做成一個非常接近 50g 的重錘，如圖 3-6。

二、水箱製作

水箱在實驗中是十分重要的角色，我們要製做不同數量隔板的水箱，又要保持控制變因相同，最後我們使用底部長 18cm、寬 8cm、高 5.5cm 的水箱，仔細測量內部的尺寸，再裁切塑膠板黏上，如圖 3-7。塑膠板重量輕，厚度也薄，對整體質量及水的深度影響較小。



圖 3-7 使用塑膠板來製做防浪隔板

接下來製做三組實驗所需要的水箱：

(一) 實驗一 A 組

實驗一為對照組，分別是使用 500g 的鐵製槓片 A-1，和裝有 500g 水，沒有防浪隔板的 A-2。可以比較出在相同拉力下，同質量的固體和液體物質產生的慣性差異，對運動中的車輛又會造成什麼不同的影響？（圖 3-8）

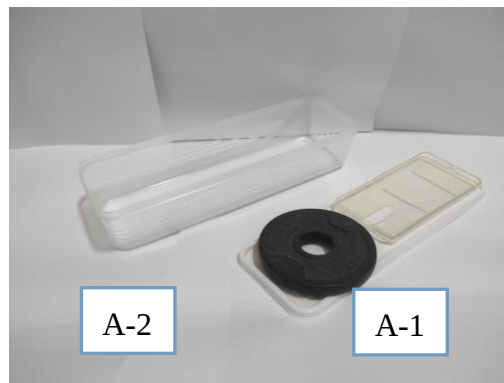


圖 3-8 左側為沒有隔板的 A-2 實驗，右側為 500g 槓片的 A-1 實驗

(二) 實驗二 B 組

實驗二在水箱中裝入隔板，分別是一片防浪隔板的 B-1、兩片的 B-2 及三片的 B-3，因為網路上的資料都是只說明防浪板的優點，但沒有說明數量的差異，所以我們設計實驗二是想知道一片～三片防浪板的差異有多大？（圖 3-9）

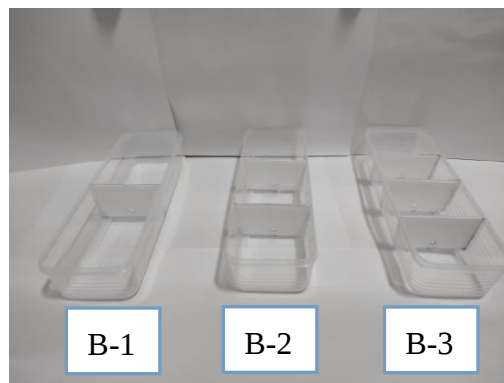


圖 3-9 B 組水箱，防浪板數量不同

(三) 實驗三 C 組

實驗三中，我們嘗試改良防浪板的角度的，看看能不能有更好的防波浪效果？

我們皆使用三片防浪板，但是 C-1 的防浪板和水箱底的垂直線夾角為 30 度，C-2 的夾角為 45 度，C-3 的夾角為則為 60 度。來測試防浪板角度的改變對實驗結果有什麼影響？（圖 3-10）

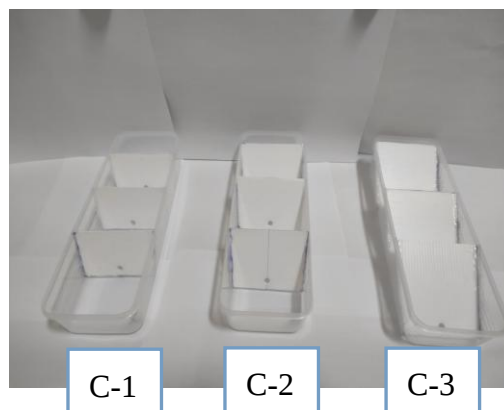


圖 3-10 C 組水箱，防浪板角度不同

我們在每個防浪隔板的底部 1cm 處，用打孔器打了一個小孔，目的是讓每個由防浪板隔開的空間水面高度相同。實際上，在油罐車中也有相同的設計。（圖 3-11）

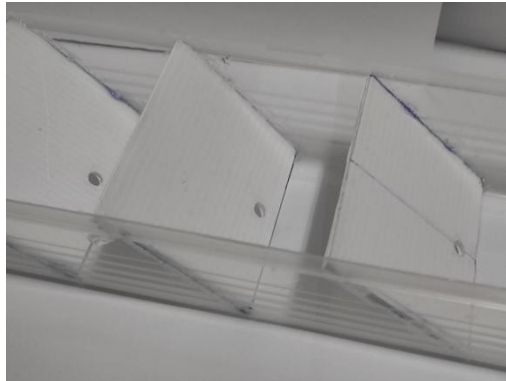


圖 3-11 在防浪板底部打上一個小圓孔

接下來把一個空的水箱固定在車子上（圖 3-12）。操做實驗時，只要將實驗的水箱套入此空水箱即可，在操做不同組別時可以很方便的換取不同組別的水箱。（圖 3-13）



圖 3-12 空水箱固定在滑車上



圖 3-13 將實驗用的水箱套入

將手機裝置於水箱蓋上，秤量全部重量為 441.65g（圖 3-14），別外還要用量杯量取，加入 500g 的水，加入 500g 的水後，水面高度大約為 2.4cm，約為水箱的一半高度。（圖 3-15）

再加上 150g 重錘質量，本實驗的整體質量共 1091.65g，為控制變因。
只裝一半的水是想讓水在水箱中晃動的空間更大，更能測量到數值的變化。



圖 3-14 滑車和手機的質量



圖 3-15 實驗時會在水箱內加入 500g 的水

實驗中，我們使用手機三軸傳感器^[9] APP 來記錄實驗時載水車的加速度，圖 3-16 為手機三軸的方向。在這個實驗中，我們著重於 y 軸向前或向後的加速度，對於左右晃動的 x 軸及上下跳動的 z 軸則較少討論。

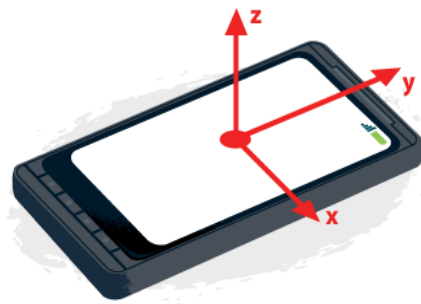


圖 3-16 手機三軸的方向^[10]

三、實驗整體裝置

選擇一平坦且足夠長的桌面，貼上捲尺，以測量載水車滑行距離，將車子擺放好（圖 3-17），並開啟手機中的水平器（圖 3-18），確認裝置是水平的，車子前端綁上繩子，繞過固定在桌子邊緣的定滑輪，再掛上自製的一元重錘，調整車子拉到桌子邊緣時（圖 3-19），重錘離地墊 16cm（圖 3-20），即完成實驗裝置。



圖 3-17 A-1 組實驗使用積片

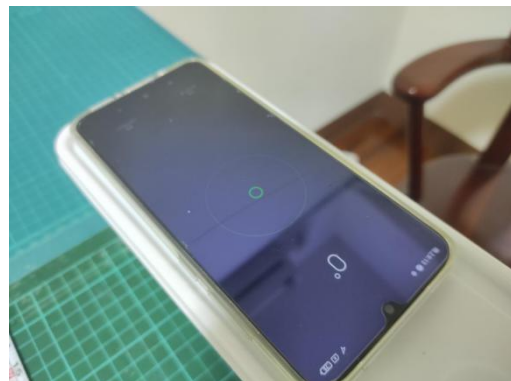


圖 3-18 水平儀讓滑車保持水平



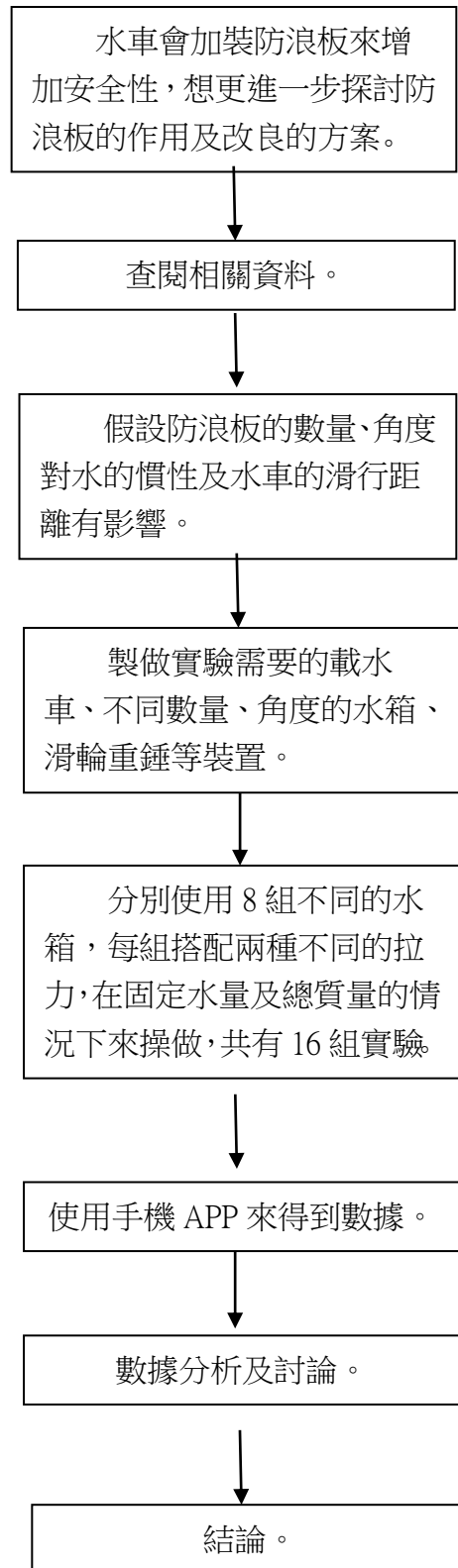
圖 3-19 設置滑車的跑道



圖 3-20 下置軟墊接住下落的重錘

肆、研究方法

一、實驗流程圖



二、實驗方法

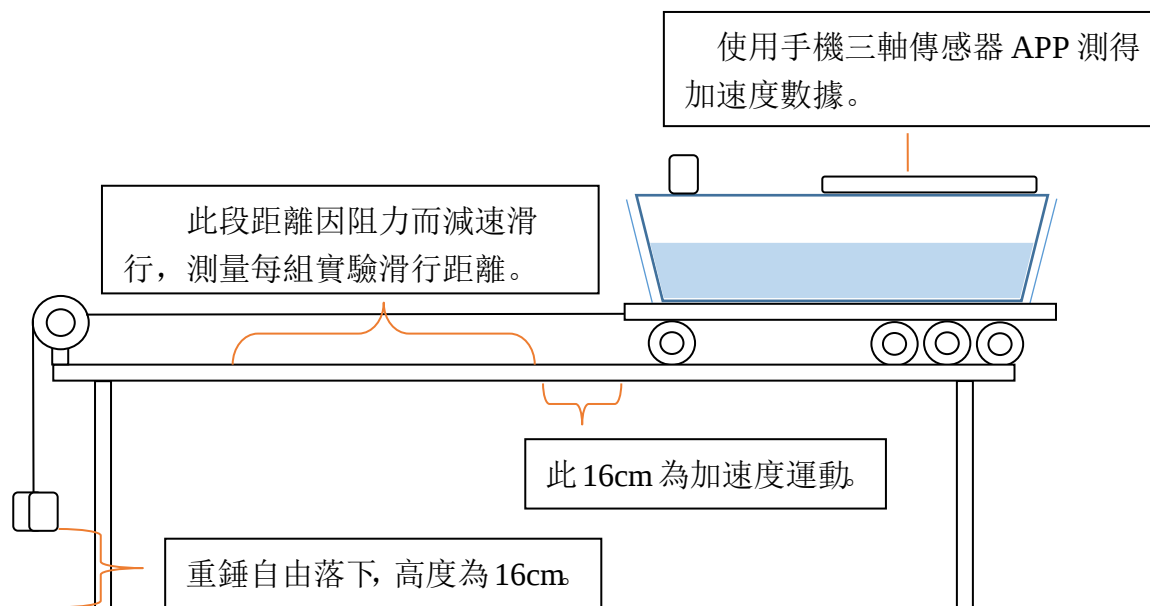


圖 4-1 實驗裝置圖

(1)將製做好的滑車、水箱、重錘及棉線依圖 4-1 裝設好。將滑車拉到出發位置，並調整重錘離地面上的軟墊高度為 16cm，此段距離為重錘拉動滑車加速的長度，若不考慮阻力，滑車此時應為等加速度運動。

(2)打開安裝在滑車水箱上的手機，先使用水平儀確認是否有傾斜，傾斜會造成實驗誤差。再打開三軸傳感器 APP 按下開始記錄，即可放開滑車，讓重錘拉動滑車前進。

(3)當重錘落到軟墊上時，滑車開始因摩擦力及空氣阻力而減速停下，此時水箱內水的慣性也會影響滑車滑行的距離。

(4)滑車停止後，按下 APP 停止記錄，並記得存檔。再利用貼在跑道旁的捲尺，記錄下滑車滑動的距離。

(5)將 APP 的存檔，傳到電腦中，以進行數據的分析和討論。

(6)實驗中會使用到 100gw 及 150gw 兩種拉力，使用 100gw 拉力操做實驗時，剩下的 50g 也要固定在水箱上，以確定實驗整體質量控制在 1091.65g。

伍、研究結果

實驗中，我們使用【手機物理實作 app】來收集加速度的數據，再把每個實驗的檔案回傳到電腦，利用 excel 來繪製成 a-t 圖。因為 app 每 0.005 秒會回傳一個數值，所以每個實驗都會有一千多個數據，無法在報告中全數呈現。所以，我們直接用 a-t 圖來表達。

圖中 x 軸代表時間點，為了方便比較每組的變化，我們選取開始有加速度變化的前 50 個點到往後 700 個點，每個圖形約有 750 個點，每兩點間的時間為 0.005 秒，所以每張圖的時間約為 3.75 秒。圖形中的 y 軸代表加速度，已扣除地球的重力加速度，單位為 m/s^2 。

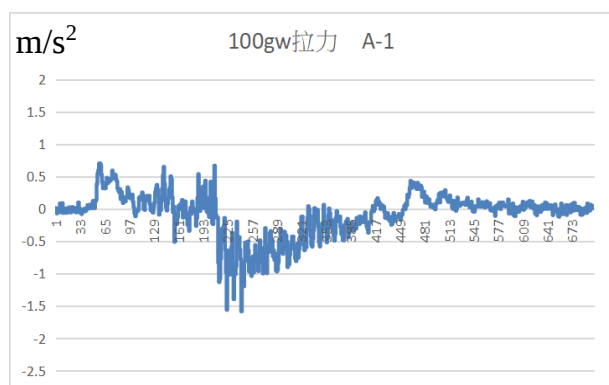


圖 5-1 100gw 拉力 A-1 組 a-t 圖

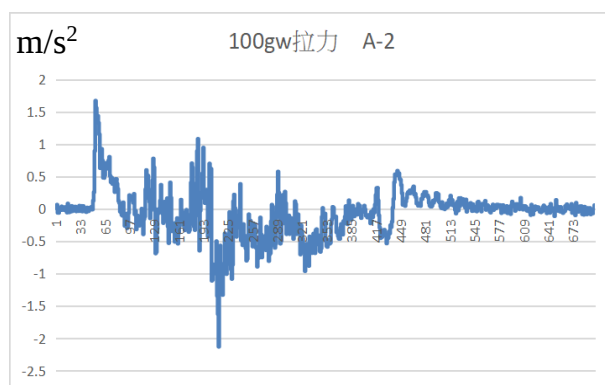


圖 5-2 100gw 拉力 A-2 組 a-t 圖

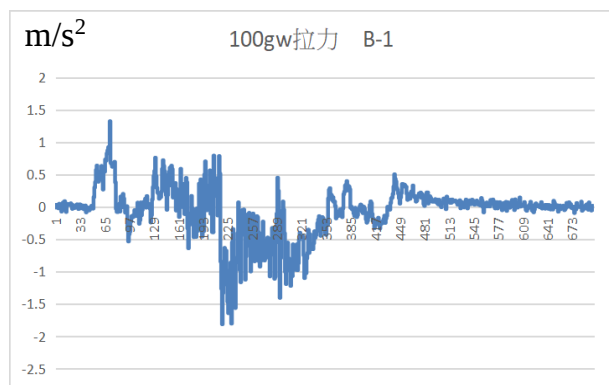


圖 5-3 100gw 拉力 B-1 組 a-t 圖

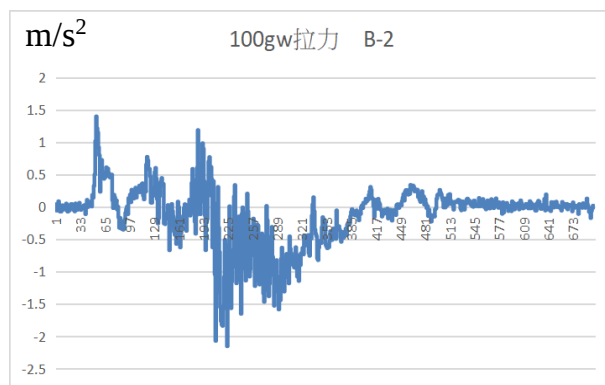


圖 5-4 100gw 拉力 B-2 組 a-t 圖

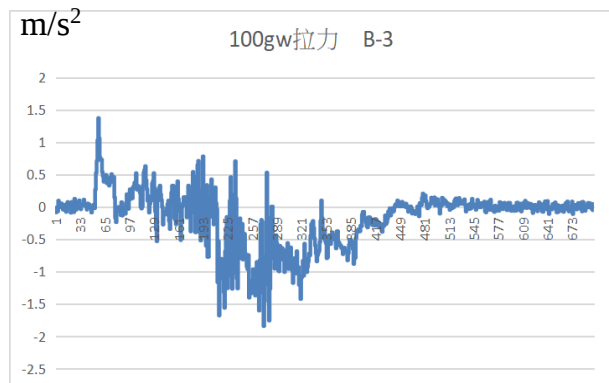


圖 5-5 100gw 拉力 B-3 組 a-t 圖

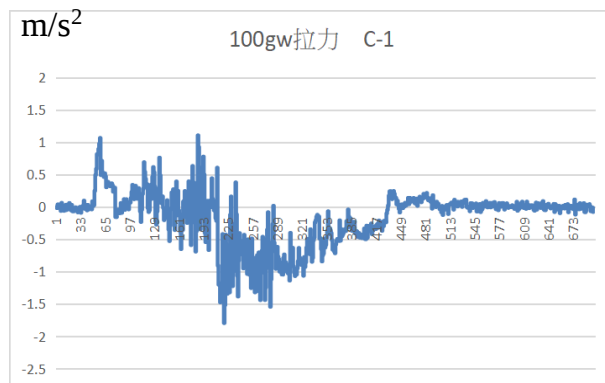


圖 5-6 100gw 拉力 C-1 組 a-t 圖

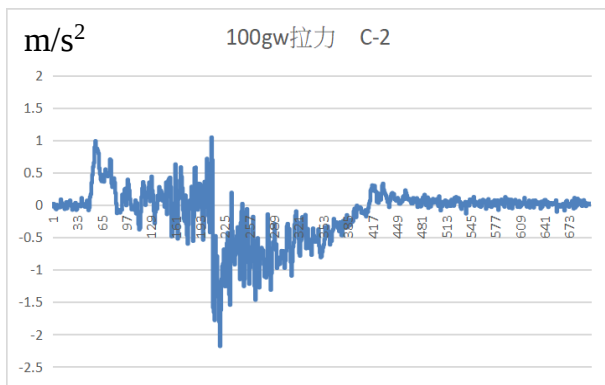


圖 5-7 100gw 拉力 C-2 組 a-t 圖

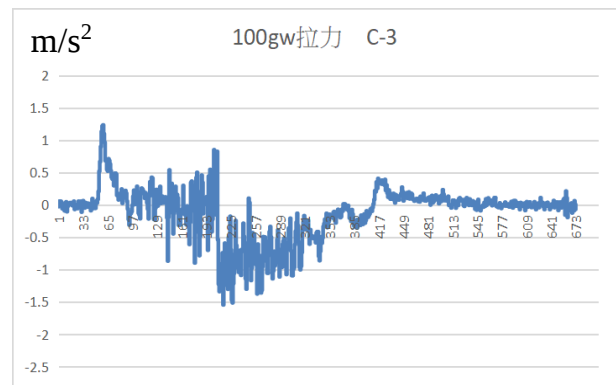


圖 5-8 100gw 拉力 C-3 組 a-t 圖

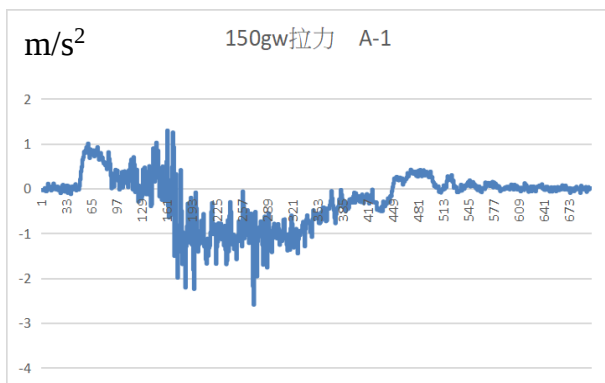


圖 5-9 150gw 拉力 A-1 組 a-t 圖

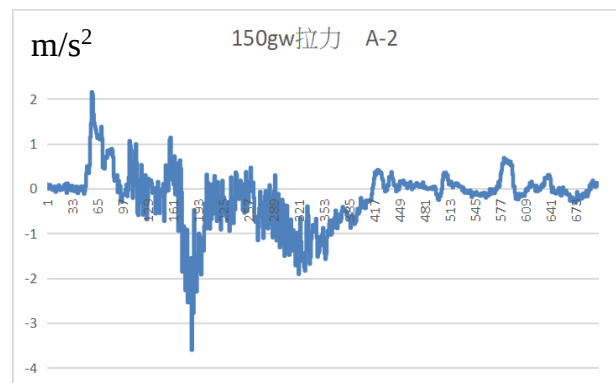


圖 5-10 150gw 拉力 A-2 組 a-t 圖

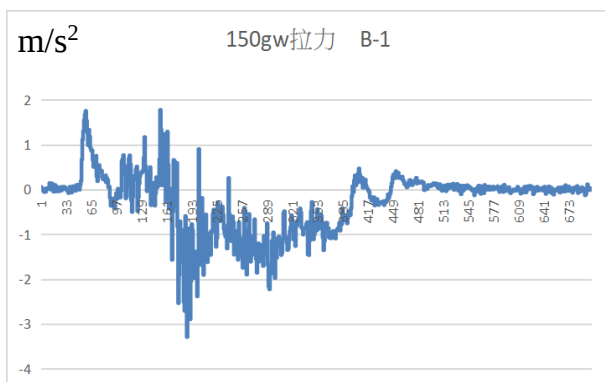


圖 5-11 150gw 拉力 B-1 組 a-t 圖

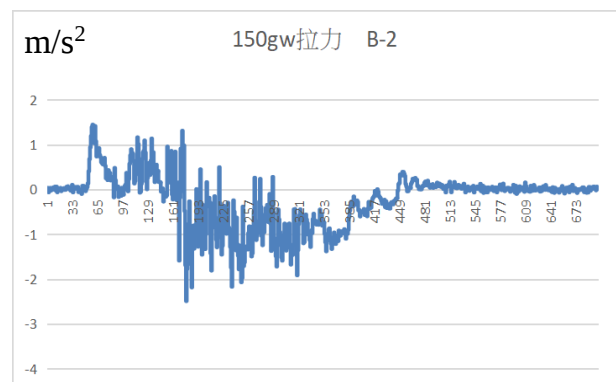


圖 5-12 150gw 拉力 B-2 組 a-t 圖

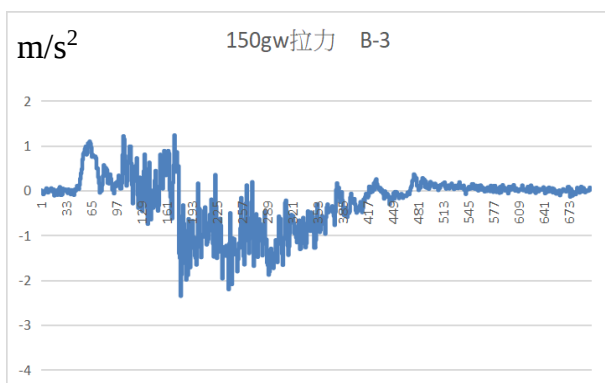


圖 5-13 150gw 拉力 B-3 組 a-t 圖

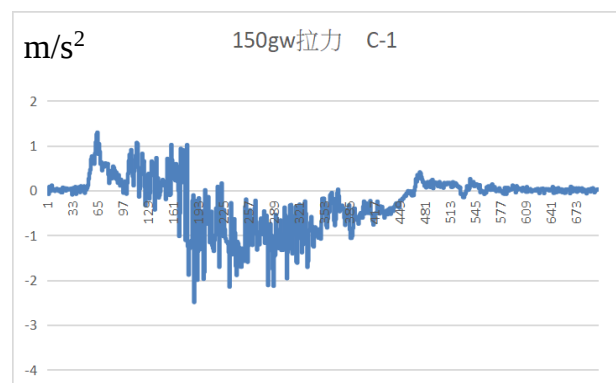


圖 5-14 150gw 拉力 C-1 組 a-t 圖

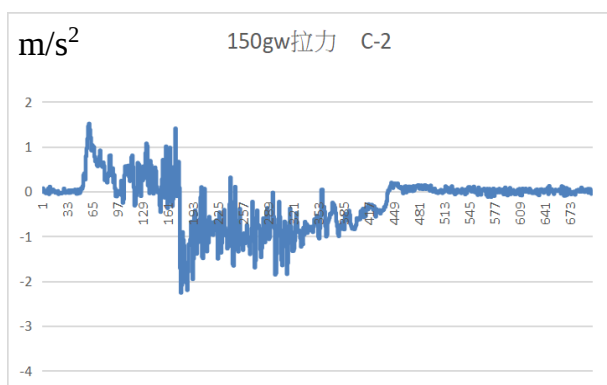


圖 5-15 150gw 拉力 C-2 組 a-t 圖

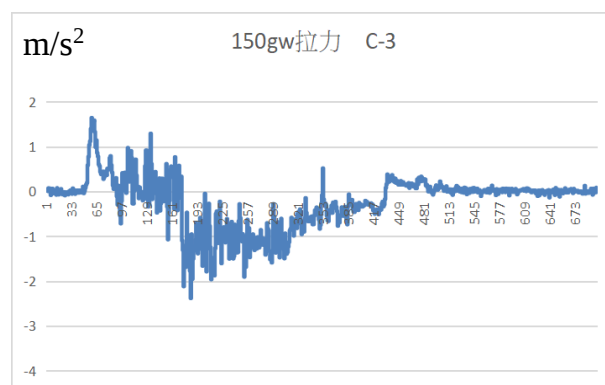


圖 5-16 150gw 拉力 C-3 組 a-t 圖

100gw 拉力	A-1	A-2	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
滑行距離 m	67.4	61.2	62.5	62.8	62.5	60.5	59.0	59.0

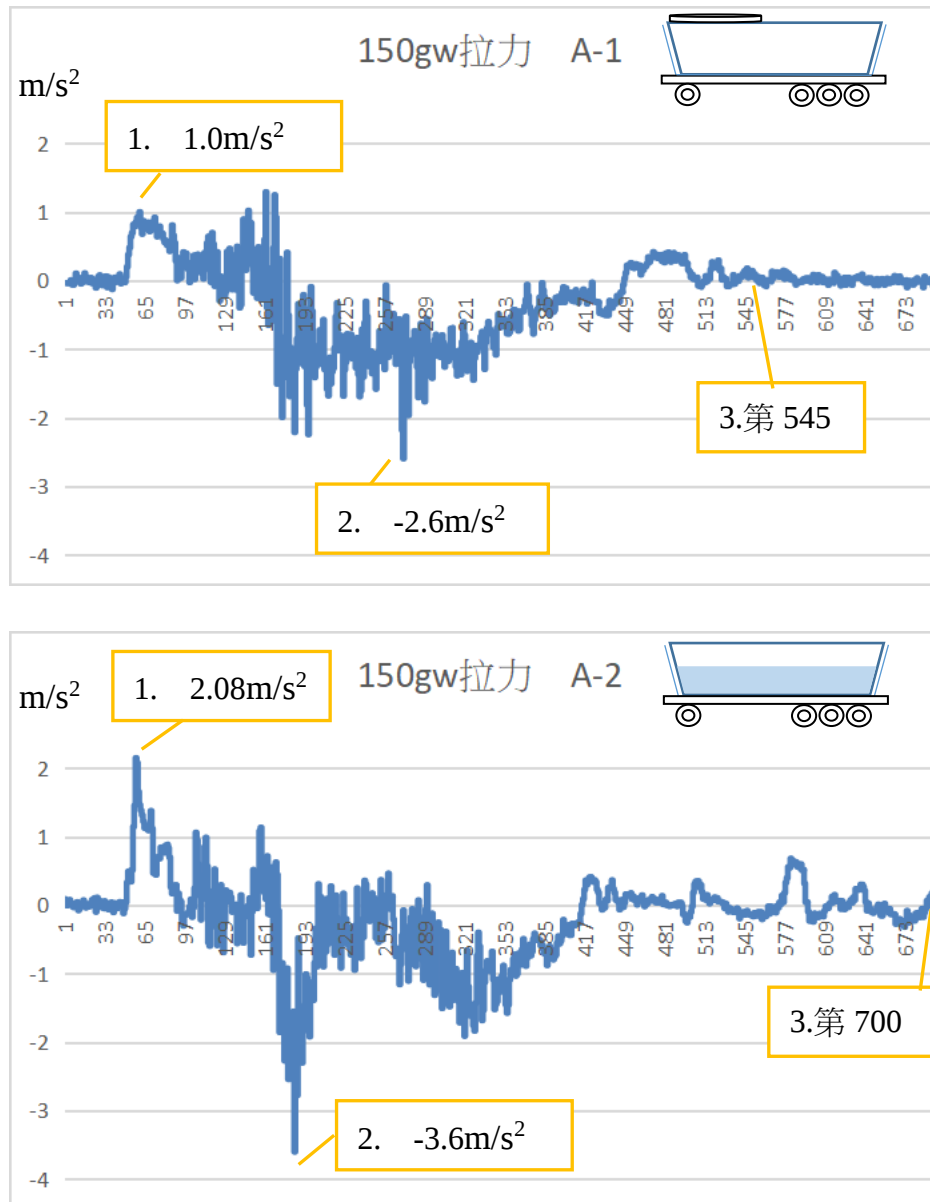
150gw 拉力	A-1	A-2	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
滑行距離 m	80.0	72.3	74.0	75.2	76.2	76.2	73.0	72.2

表 5-1 每組水車滑行距離

陸、討論

每張 a-t 圖約有 750 個點，x 軸代表時間點，已調整成在第 50 個點開始有加速度變化，每兩點間的時間為 0.005 秒，每張圖的全部時間約為 3.75 秒。圖形中的 y 軸代表加速度，已扣除地球的重力加速度，單位為 m/s^2 。

討論一：150gw 拉力 A-1(槓片)和 A-2(無隔板)實驗比較



比較 A-1 和 A-2 實驗，可以知道卡車載固體貨物和液體貨物的區別。

1.在下列算式中，我們計算出無阻力時 150gw 拉力的理論值為 1.35m/s^2 ，在 A-1 實驗中加速度最大值為 1.0m/s^2 ，是合理的數值，但是在 A-2 實驗中加速度最大值為 2.08m/s^2 ，怎麼會比理論值高了這麼多？

推測原因為當載水車前進時，水因慣性留在原地，所以重錘拉動的實際質量遠小於 A-1 實驗的槓片。

這會讓車輛在起動時有較快的加速度，看起來好像是一項優點？

算式

我們可以利用牛頓第二定律來計算無阻力時，使用 100gw 及 150gw 兩種拉力，拉動質量為 1091.65g 載水車的理論值：

$$F=M \times a$$

F：外力（單位：牛頓） M：質量（單位：公斤） a：加速度（單位：公尺/秒平方）

$$(150/1000) \times 9.8 = 1.09165 \times a$$

即可算出無阻力時 150gw 拉力的理論值為： 1.35m/s^2

同樣可以算出無阻力時 100gw 拉力的理論值為： 0.90m/s^2

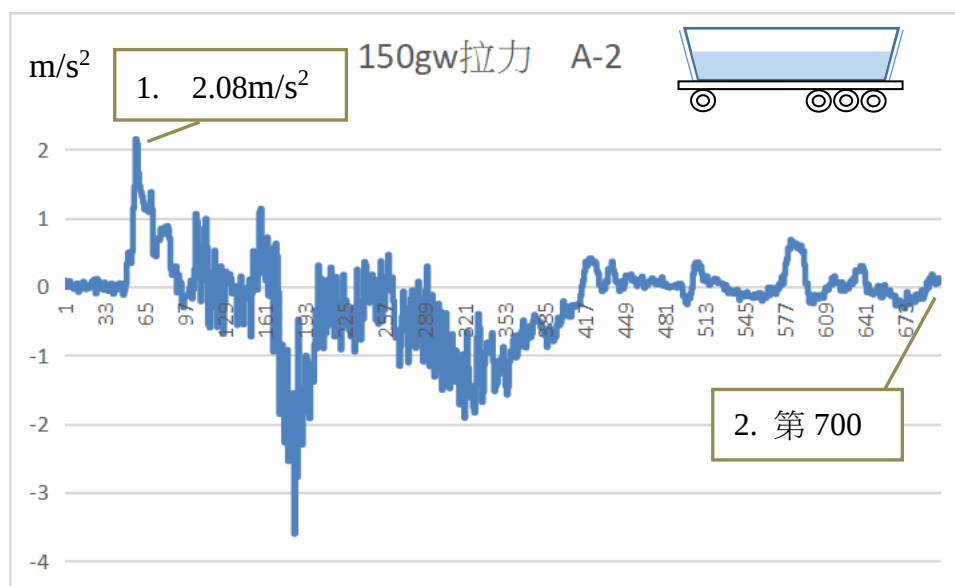
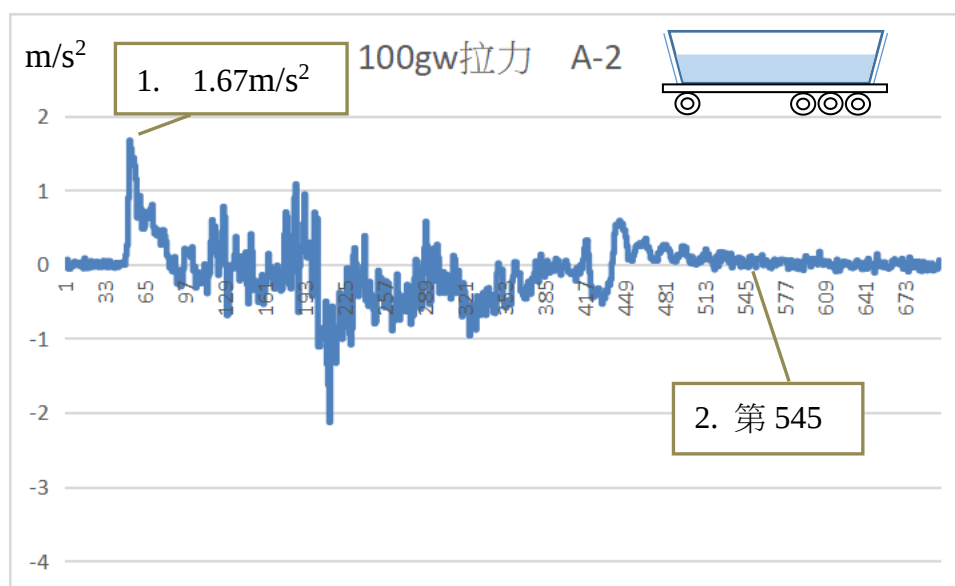
2.當重錘落地，載水車開始因摩擦力而減速，此時加速度轉為負值。在減速過程中，A-1 實驗中加速度最大值為 -2.6m/s^2 ，但是在 A-2 實驗中加速度值增為 -3.6m/s^2 。推測原因為重錘落下的距離為 16cm，但是水箱的長度為 18cm，也就是拉力停止後，水

箱內的水還集中在水箱後半，未被完全帶動，水的重心偏移到水箱後方，造成額外的負方向加速度。若此現象發生在實際生活中，即為水車雖然一開始加速時加速度大，但也要加速更長的時間才可以把水箱內的水完全加速完。

3.接下來討論完全靜止時間。在 A-1 實驗中加速度的變化大約在第 545 個點停止，但是在 A-2 實驗中要到大約第 700 個點才停止，這也是我們 8 個實驗中晃動最久的一個實驗，分別扣掉前 50 個點，再乘上每兩點間 0.005 秒的時間，A-1 從起動到靜止約為 2.50 秒，而 A-2 則要花 3.25 秒，比固體貨物的 A-1 多了不少時間。實際生活中，這會造成水車運動時車體搖晃嚴重，對駕駛人員的技術會是很大的挑戰，對行車安全也有巨大的隱憂。

所以，載送液體貨物是較危險的，我們需要防浪隔板來改善這樣的情況。

討論二：100gw 拉力 A-2(無隔板)和 150gw 拉力 A-2(無隔板)實驗比較

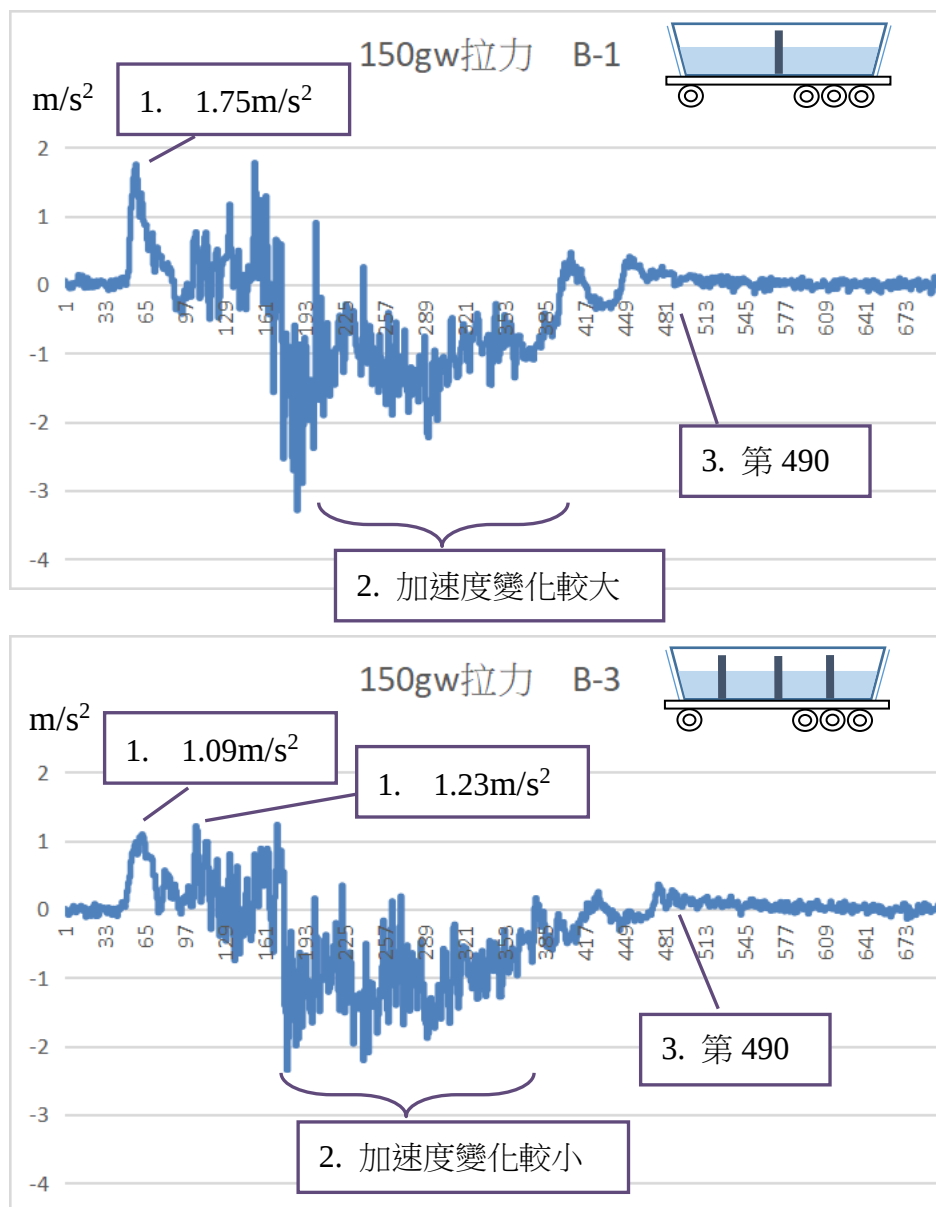


接下來我們比較同樣沒有隔板，但拉力大小不同的 A-2 實驗。

1.上面已經算出無阻力時 100gw 拉力的理論值為 0.90 m/s^2 ，實驗值為 1.67 m/s^2 ，因拉力較小，所以產生的加速度也小於 150gw 拉力的實驗。負的加速度最大值比 150gw 拉力實驗晚一點出現，應該是水車速度比較慢的關係。

2.速度較慢，水車晃動的情況也好很多，100gw 拉力實驗在第 545 個點即沒有加速度了，比 150gw 拉力時快了 0.78 秒。這告訴我們，慢慢開仍是最安全的好方法。

討論三：150gw 拉力 B-1(一隔板)和 150gw 拉力 B-3(三隔板)實驗比較



接下來我們加入隔板，且比較隔板數量不同的 B-1~B-3。

1. 隔板數量增加，讓初始加速度漸漸下降。

2. 三片隔板的 B-3 實驗在滑行減速階段，負方向的加速度數值較小，但上下變化次數較多，推測是因為水在防浪隔板間來回撞擊所導致。

3. 一片隔板的 B-1 在第 490 個點時靜止，相較於無隔板 A-2 的第 700 個點，提早了約 1 秒。但是三片隔板的 B-3 實驗，時間上沒有再更快停

由圖 6-1 可以看出，當隔板越多，水在隔板間能移動的空間越少，所以實驗結果會越接近固體的貨物，所以從實驗結果來看，當隔板數量增加時：1. 載水車的加速度會下降，接近載送同質量固體貨物的情況。2. 負方向加速度也會變小。3. 載水車晃動情況多但幅度小。

但是，防浪隔板也不是越多越好，越多隔板能載送的水就越少，不利運輸。防浪隔板的數量多少最有利？還要更精確的實驗來測得。

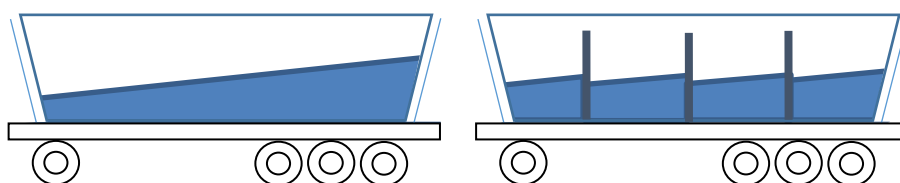
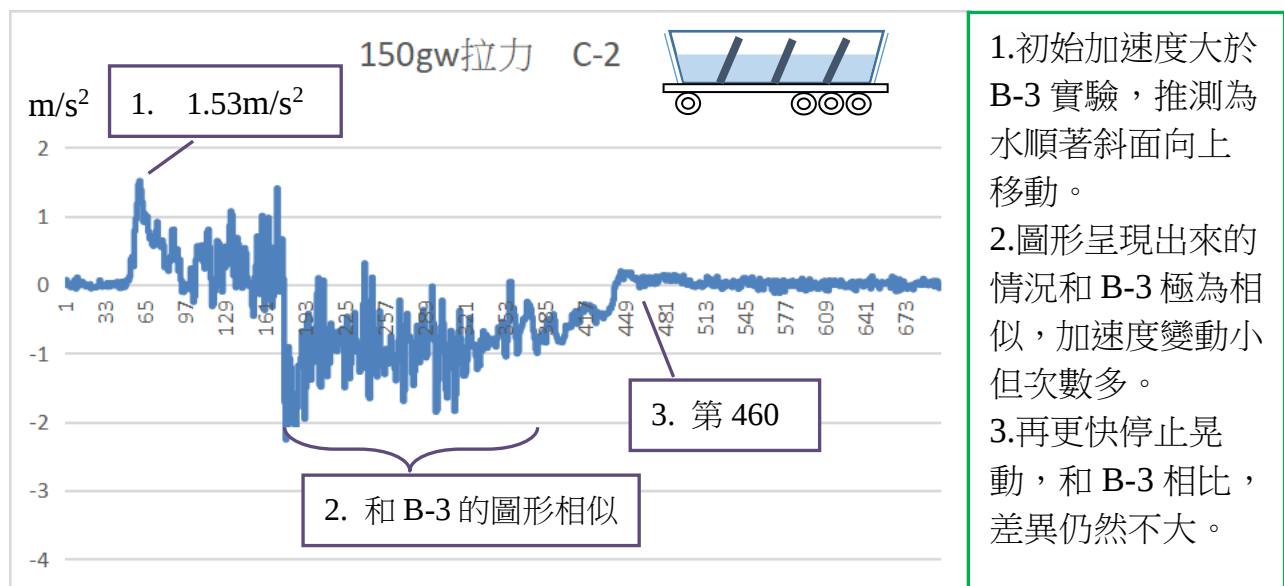


圖 6-1 有隔板水能移動的空間也小

討論四：150gw 拉力 C -2(三隔板、45 度)實驗、滑行距離討論



我們試著改良 B-3 實驗，因從前面的結果得知，三片防浪隔板效果好，所以接下來的 C 組實驗，我們延用三片隔板，但是在隔板中加入 30 度(C-1)、45 度(C-2)、60 度(C-3)的角度。實驗結果 C-1~C-3 十分接近，所以只呈現 C-2 實驗的數值。

我們一開始的構想如圖 6-2，並對 C-2 的 45 度角度寄予厚望，希望有角度的隔板能將水向前或向後的慣性，分散一些形成向上或下的力，使得水車運動過程不要有太多意料之外的向前或向後的力量出現，影響行車安全。當然，使用有角度的隔板同時也可能造成水車上下晃動，造成另外的問題。

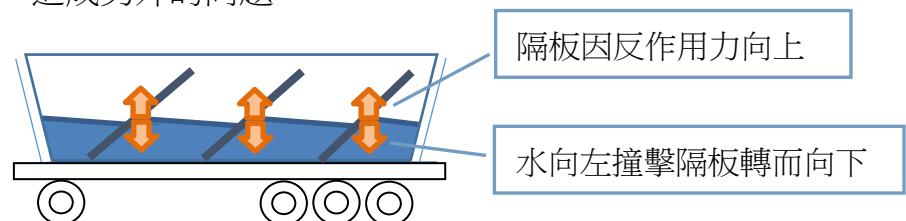


圖 6-1 有角度的隔板能提供向上或向下的作用力

結果在實驗數據上並沒有比 B-3 來得好很多。或許使用更重的重錘、更深的水、更長的水箱，會有不同的形況，值得更進一步研究。

不過，從各組水車滑行距離的數據，可以看到一些現象，如表 6-1 所示：

100gw 拉力	A-1	A-2	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
最大加速度	0.67	1.67	1.32	1.4	1.37	1.1	1.04	1.23
m/s^2	-1.58	-2.12	-1.8	-2.15	-1.8	-1.78	-2.18	-1.54
滑行距離 m	67.4	61.2	62.5	62.8	62.5	60.5	59.0	59.0

150gw 拉力	A-1	A-2	B-1	B-2	B-3	C-1	C-2	C-3
最大加速度	1.29	2.08	1.75	1.41	1.23	1.25	1.53	1.59
m/s^2	-2.6	-3.6	-3.29	-2.5	-2.35	-2.49	-2.25	-2.38
滑行距離 m	80.0	72.3	74.0	75.2	76.2	76.2	73.0	72.2

表 6-1 各組最大加速度和滑行距離

從水車滑行距離的表來看，A-1 是槓片，沒有水晃來晃去的影響，滑行最穩定，距離最遠。A-2 沒有隔板，水的晃動使得滑行距離最短。到了 B 組實驗，當隔板漸多，狀況越接近 A-1，所以滑行距離又漸漸增加。

較有趣的是 C 組實驗，同樣三片隔板，角度漸大，滑行距離縮短。推測是水在有角度的隔板上，多了更多上、下的移動，使水流動更混亂，消耗了水的運動能量所致。所以，有角度的隔板更會消耗水的能量，能減少水車的滑行距離，60 度的 C-3 比 B-3 實驗減少了約 5% 的滑行距離，而 45 度的 C-2 是同時讓加速度值較小且滑行距離短的方案。

討論五：應用討論

水車或油罐車的運動會受到液體慣性的影響，增加了運送的風險，我們的實驗已證實了這個情況，也證實防浪隔板的重要性，也希望我們的實驗對改良防浪板能有所建樹。另外，在這方面還有很多可以改良和討論的空間，例如：我們通常只討論水車前進或剎車，但是轉彎一樣會有水的慣性，那要如何設計水箱才能減少轉彎時的危險？都是很值得研究的課題。

希望我們的實驗，能為水箱的設計提供一些想法和數據，能為行車安全有所貢獻。

柒、結論

依我們實驗的數據來操做實驗，得到以下結論：

1. 相同質量的固體貨物 A-1 和液體貨物 A-2 比較：

最大加速度值：150gw 拉力的 A-1 實驗中起動加速度最大值為 $1.0m/s^2$ ，A-2 實驗中加速度最大值為 $2.08m/s$ 。

負方向最大加速度值：150gw 拉力 A-1 實驗中最大值為 $-2.6m/s^2$ ，A-2 實驗中加速度

值增為 -3.6m/s^2 。

滑行距離：150gw 拉力 A-1 實驗為 80.0cm，A-2 實驗為 72.3cm。

液態貨物比固態貨物，起動加速度大、滑行時負方向加速度也大，滑行距離較短。

2. 拉力 100gw 及 150gw 比較：

在拉力 100gw 的實驗中，皆顯示起動加速度變小、滑行時負方向加速度變小，滑行距離也較短，所以減速慢行最安全。

3. 防浪隔板一片 B-1~三片 B-3 的比較：

最大加速度值：150gw 拉力的 B-1 為 1.75m/s^2 ，B-2 為 1.41m/s^2 ，B-3 為 1.23m/s^2 。

滑行距離：150gw 拉力 B-1 為 74.0m，B-2 為 75.2m，B-3 為 76.2m。

隔板數量增加時，起動加速度漸小，滑行距離逐漸增加，數值越接近槓片的 A-1 實驗。

4. 防浪隔板三片，角度 30 度 C-1、45 度 C-2、60 度 C-3 的比較：

最大加速度值：150gw 拉力的 C-1 為 1.25m/s^2 ，C-2 為 1.53m/s^2 ，C-3 為 1.59m/s^2 。

滑行距離：150gw 拉力 C-1 為 76.2m，C-2 為 73.0m，C-3 為 72.2m。

隔板角度由 30 度增加到 60 度時，起動加速度又增加，滑行距離逐漸減少，45 度 C-2 會是一個加速度小，且滑行距離短的選擇。

5. 生活應用上，水車內安裝防浪隔板確實有必要性，可防止液體重心因慣性大範圍偏移。若能再將角度的變化或是防浪板的形狀等加以改良，或許能更進一步增加運送液體貨物的安全性，希望我們的研究能對此提供一些幫助。

捌、參考資料

1. 油罐車內部到底長什麼樣？3D 動畫展示，原來是這樣設計的！

<https://www.youtube.com/watch?v=OvRGmGVPNfI>

2. 油罐車運輸液體時，罐子裏面是什麼狀態？跟想像的根本不一樣

<https://www.youtube.com/watch?v=xSlrwN8R540>

3. 在路上遇到行駛的油罐車，為什麼一定要離遠一點？

<https://www.youtube.com/watch?v=qJcblE6mIz0>

4. 防浪板揭秘

<https://b2bwiki.baidu.com/article/d1hv5o9ftjspn89q6tng?fid=402980864>

5. 一種改進型液罐車防浪板結構及其運輸罐

<https://patents.google.com/patent/CN112875068A/zh>

6. 簡述油罐車防波板的作用是什麼？

<http://www.zjg-kt.com/news/224.html>

7.國中自然課本第第五冊

8.油罐車的內部構造長啥樣？裏面的防波板有什麼用？看完長見識了！

https://news.qq.com/rain/a/20240202A066RC00?uid%5B0%5D=100130518884&uid%5B1%5D=100130518884&suid=&media_id=

9.手機中的三軸陀螺儀

https://www.mems.me/mems/gyroscope_201202/169.html

10.Orientation 和 motion 數據解釋

[https://developer.mozilla.org/zh-CN/docs/Web/API/Device_orientation_events/Orientation and motion data explained](https://developer.mozilla.org/zh-CN/docs/Web/API/Device_orientation_events/Orientation_and_motion_data_explained)