

2017 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100013
參展科別 工程學
作品名稱 主動式車門安全開啟裝置
得獎獎項 大會獎：三等獎

就讀學校 國立臺灣師範大學附屬高級中學
指導教師 黃裕修
作者姓名 崔立言

關鍵字 車門安全開啟、主動式、阻尼器

作者簡介



我的名字叫崔立言，就讀於師大附中。我是一個隨和、樂觀開朗的人，我的興趣是騎腳踏車、打球、聽音樂、和朋友聊天…等。我的優點是熱心助人，只要有人需要我都會不遺餘力幫助他解決問題；缺點是我有時有點散漫，但是通常別人提醒後我就會繃緊神經。我希望未來能夠成為工程師，發明有用的東西造福大眾。

摘要

根據我國警政署統計，現今由於汽車駕駛人或乘客因為開車門不慎而導致的車禍致傷或致死的悲慘案例幾乎天天都在發生，嚴重影響了道路行車安全，更造成寶貴人命的無謂損失以及社會成本的慘痛付出。本研究主要目的係針對防止此類車禍一再發生，利用超音波測距模組、Arduino 晶片模組做為處理系統，除現有閃燈、蜂鳴等被動裝置外，加上了主動式阻尼制動器，主動防止車門在機車騎士經過時被推開，以達到避免這種意外一再發生的效益。本研究發現採用傳統液壓式阻尼器成效良好，但是近一步改採磁性流體填充之阻尼器之成效仍有待改進。

Abstract

According to the statistics of National Police Agency, Ministry of the Interior, nowadays, injuries or deaths of motorists or passengers due to careless opening of a car door are occurring almost daily, seriously affecting the safety of road traffic while taking valuable human lives and paying social costs. The purpose of this study is to prevent the recurrence of such accidents with the use of ultrasonic ranging module and Arduino chip module as a processing system. In addition to the existing flashing lights, buzzer and other passive devices, active damping brakes are added for the purpose of preventing the door from being pushed open when a motorcycle rides by, and of avoiding the recurrence of such accidents. It is found that the traditional hydraulic dampers are effective in terms of automatic preventing the door from opening, but the effect of the magnetic fluid-filled dampers is still to be improved.

壹、 前言

一、 研究動機

從過去到近日，新聞一直報導了許多由於汽車駕駛人或乘客開車門不慎導致後方機車騎士閃避不及而受傷甚或致死的案例，每每造成無謂的寶貴人命損失與無形社會成本的支出。此類悲劇不斷上演，每當看到這類的新聞，都令人感到非常痛心。根據警政署統計，全國每年因為開車門不慎而造成輕、重傷人數，高達 3 千多人，這實在是一個非常駭人的數字。


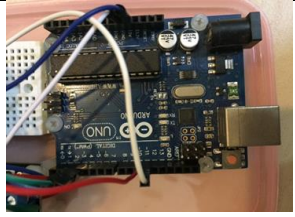





由於開車門不慎而肇事的意外事故頻傳，最近已有立委提案修法，要求增加罰鍰的金額，若致人受傷甚至要吊扣駕照。但處罰畢竟只是治標的手段，對於已經造成的傷亡是於事無補的，真正要避免開車門不慎肇事的治本方法，除了相關的警示裝置外，乃在於能主動阻止汽車駕駛或乘客在後方有機車騎士靠近時將車門推開。因此，本研究希望能發展一種主動式車門安全開啟裝置，以確保機車騎士不會再因為汽車駕駛人或乘客開啟車門不慎而引發撞擊的意外傷亡。

二、 研究目的及研究問題

綜觀相關報導文獻，目前相關的系統裝置不外乎是開車門時會亮燈或是發出聲音的警示系統；亦有學者研究建議可採用違反人體工學的方式，宣導用遠離車門的那隻手來開啟車門，這些方式或措施已經倡議多時，但此類交通意外仍時有可聞，不見有明顯減少之勢。設想，若駕駛人或乘客因為當下精神狀況不佳、注意力不集中抑或有些人不願配合用遠離車門的那一隻手開車門或是有人就是要恣意推開車門，前述的裝置或道德勸說依舊還是無法有效地阻止意外發生。因此我想設計一個系統，在必要的時候能夠直接阻止車門的開啟，就能確保後方的機車騎士不會撞上車門而受傷。

本研究即希望能夠製作一阻尼制動器，利用相關電子訊號，達到有效控制車門在不安全狀態下能被鎖定無法開啟，狀態解除後又能自由開啟，以收降低車禍人命死傷的效果。

貳、研究設備及器材

(一)車門模型	(二)萬用板	(三)繼電器	(四)Arduino UNO 晶片模組
			
(五)LED 燈條	(六)超音波感測器	(七)連接線	(八)蜂鳴器
			
(九)磁流體	(十)阻尼器暨磁場線圈	(十一)電磁閥(常開)	(十二)雙動液壓缸
			
(十三) 機車電瓶	(十四)攪拌器		
			

參、研究方法及過程

一、製作車門模型

真實車門含框架取得較為困難，不利實驗的進行，因此我以木頭為材質自行製作一車門模型作為實驗測試的平台。製作流程如圖 1 至圖 5，成品如圖 6:



圖 1 刻度劃記

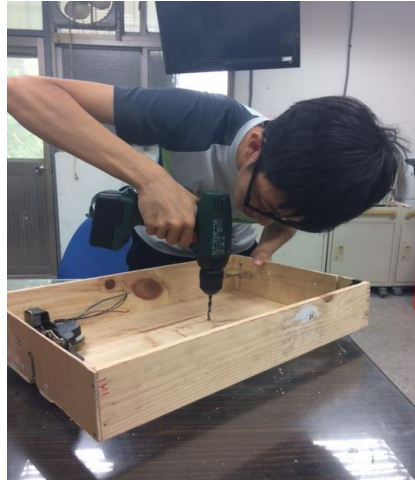


圖 2 鑽洞



圖 3 鋸切木頭



圖 4 砂磨

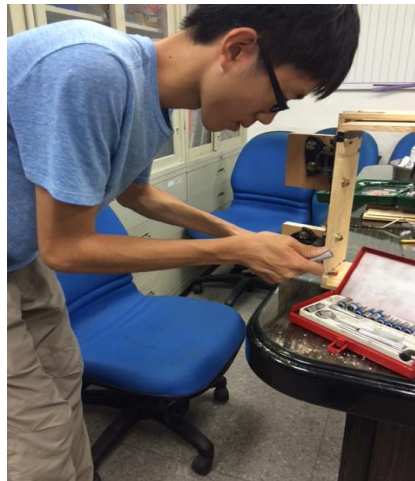


圖 5 車門絞鍊安裝



圖 6 模型車門成品

二、系統設計及編寫 Arduino 程式

本研究使用 Arduino 作為控制系統。本系統的設計分為二大部份，敘述如下：

第一部分是主動式示警後方人員車輛的高亮度 LED，其作用原理為當車門一被開啟，即自動亮起，因為採用高亮度 LED，即使在白天也能清楚的讓後方人員識別，用以警示後方人員該車的車門即將要開啟，可以提早進行減速或閃避的動作。

第二部分則是針對車內人員示警及鎖定的裝置，簡述如下：

- (一) 本系統在車門內部車門鎖下方裝有一微動開關，作為 Arduino 控制機板的電源開關。
- (二) 當車門內鎖鈕在鎖定位置時，開關狀態為 OFF，全系統呈現斷路狀態，不會造成額外電力消耗；然而當車內人員開啟車門內鎖鈕欲下車時，當鎖鈕一旦被撥動到開鎖位置時，門內的微動開關立即被觸發，系統成為通路，此時超音波感測器立即被啟動開始偵測後方有無物體接近。
- (三) 若有物體進入超音波感測器偵測範圍內，車內的蜂鳴器會開始鳴叫，並會隨著物體逐漸接近而升高鳴叫的頻率發出尖銳聲音以警告車內人員後方有物體正在接近中。
- (四) 若物體仍持續接近，車內蜂鳴器將發出持續的長音作為最後緊急提醒，同時系統會立即啟動阻尼器鎖定機制，將車門鎖定於當下位置，防止車門被持續推開以求避免撞擊。
- (五) 當後方物體消失於偵測範圍後，系統會切斷對阻尼器的鎖定控制，將阻尼器鎖定機制解除，如此一來，車門就可以恢復自由開啟。

三、使用雙動液壓缸作為車門阻尼器

- (一) 將液壓缸兩端以管子與電磁閥連接。
- (二) 打開液壓缸的開口並注入液壓油。
- (三) 反覆啟動關閉電磁閥以利停留於閥內的空氣迅速排出。
- (四) 當空氣完全排出後，再加入液壓油並加至全滿並小心蓋回液壓缸的蓋子。
- (五) 將液壓缸與電磁閥裝到車門模型上，並進行測試。



圖 7 雙動液壓缸阻尼器

四、製作磁性流體填充至阻尼器並進行測試

磁性流體是一種新型的智能材料，主要由載液、磁性微粒及界面活性劑所組成。目前此領域的研究廣泛應用在汽車懸吊系統的避震器、建築的減震阻尼器、汽機車制動裝置、離合器等方面，但尚無於用於車門安全開啟裝置之應用。當磁性流體受到磁場作用時，其磁性微粒會沿磁力線方向排列成鏈狀，由原來的牛頓流體(Newton fluid)立即變成賓漢塑性體(Bingham plastic)，其黏滯度瞬間增大。而若磁場消失，又立即變回原來的牛頓流體，其反應時間只有幾毫秒。此種控制的變化是連續、可逆、迅速，且控制容易，耗能亦低。

本研究即希望能夠利用磁性流體的這種特性，製作一磁性流體阻尼制動器，由於整個裝置僅需將磁性流體注入阻尼器並配合一個電磁鐵，其體積較電磁閥要小，因此較方便實際安裝於車門上。而磁性流體注入阻尼器之後即可，不需使用額外的管路與其他器材連接，這樣可以減少阻尼器中的液體滲漏到機械零件間的機會。且若使用電磁鐵控制磁性流體，最大只需要 2 安培的電流，遠較電磁閥的 10 安培要來的小，這樣一來可以節省能源的消耗，二來由

於電流較小，產生的熱能亦較少，因此可以減緩系統溫度的上升，避免造成零件損壞。還有因為磁性流體的黏滯度會隨磁場強度的增加而上升，系統可以隨後方車輛接近而逐漸增加電流，使阻力呈線性逐漸加大。當後方車輛距離較遠時，可先對電磁鐵通入較小的電流，此時磁性流體的黏滯度稍微增加，推車門的阻力亦略為增大，也可以提醒車內人員後方有物體靠近；當後方車輛快要到達時，則將電流加大，使磁場強度可以讓磁性流體產生足夠阻力以阻止車門開啟，以防止意外發生。

而由於國內幾無製作磁性流體的廠商，經嘗試購買皆有相當程度的困難，因此本研究必須自行製備。方法有以下三種：

(一) 使用微米級四氧化三鐵粉末進行製備

由於這些磁性流體要應用於機械上，用水性或是含水的物質來製作磁性流體注入液壓缸後易造成缸內金屬生鏽，所以本研究以油酸當作界面活性劑，液壓油作為載體。製作方式如下：

1. 將 10g 四氧化三鐵粉末置入一容器中並加入 10mL 的油酸。
2. 持續攪拌約 20 分鐘期使油酸能夠包覆每個粒子。
3. 加入液壓油並攪拌使被包覆的四氧化三鐵微粒能夠均勻散佈於載體中。
4. 將步驟 3 之磁性流體取 5mL 注入針筒後，分別測試磁場建立前後所能產生之阻力。

裝置如圖 8 至圖 10。

5. 改變針筒間管路之管徑，並重複步驟 1~4。
6. 改變液壓油的量以製作出不同濃稠度的磁性流體，重複步驟 1~5。
7. 將效果最佳之磁性流體填入阻尼器後並裝到車門模型上進行實際實驗。

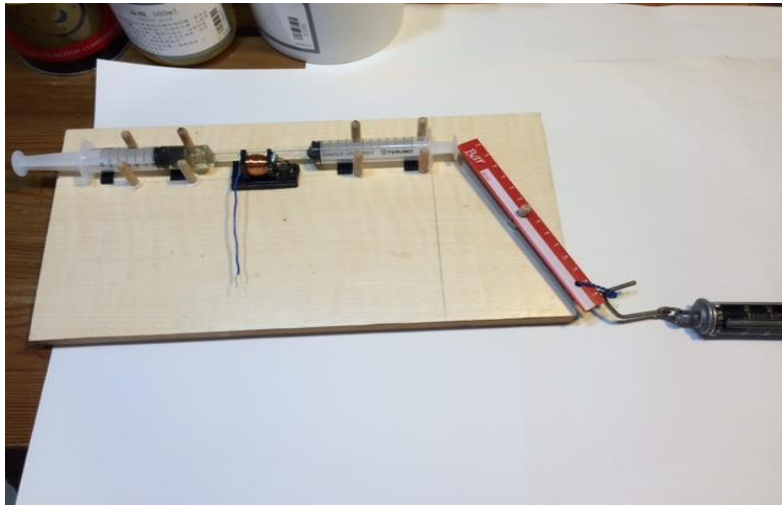


圖 8 測量阻力的裝置

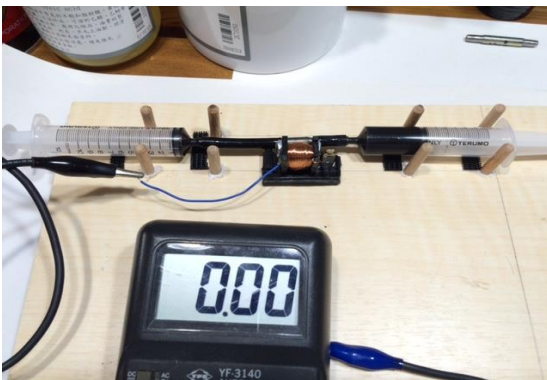


圖 9 通電流之前

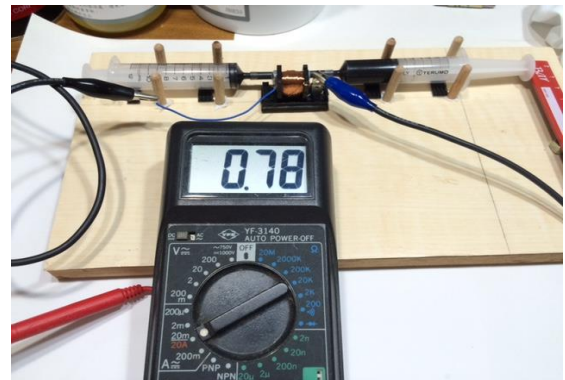


圖 10 通電流之後

(二) 奈米級磁性微粒製備

本研究使用硫酸亞鐵和氯化鐵分別作為二價鐵和三價鐵的來源，以氫氧化鈉作為鹼性物質的來源。以下為實驗進行步驟：

1. 將 4g 氫氧化鈉加入 100mL 水中配製 1M 氫氧化鈉水溶液。
2. 將 7.60g 硫酸亞鐵加入 100mL 水中並將 4.05g 氯化鐵加入 50mL 水中，待兩杯水溶液中的鹽類均完全溶解後將二者混和並稍微攪拌使其均勻。
3. 將混和的溶液以滴管吸取並滴入氫氧化鈉水溶液中，滴入過程中需持續快速攪拌，直到原本的氫氧化鈉水溶液呈深黑色為止，如圖 11。
4. 放置一枚強力磁鐵於該黑色水溶液杯底並靜置約 15 到 20 分鐘，讓磁鐵吸附懸浮於

水中的四氧化三鐵微粒。

- 待沉澱之後，倒掉上方的液體，以蒸餾水反覆沖洗二至三次以去除殘餘的鹼性物質。沖洗完後把水倒乾即完成四氧化三鐵微粒的製作。
- 將油酸加入之前製作好的四氧化三鐵微粒，攪拌約 20 分鐘使四氧化三鐵微粒被均勻包覆，最後加入液壓油，攪拌使混合均勻後即完成。



圖 11 此杯為剛將混和溶液加入氫氧化鈉之深黑色水溶液

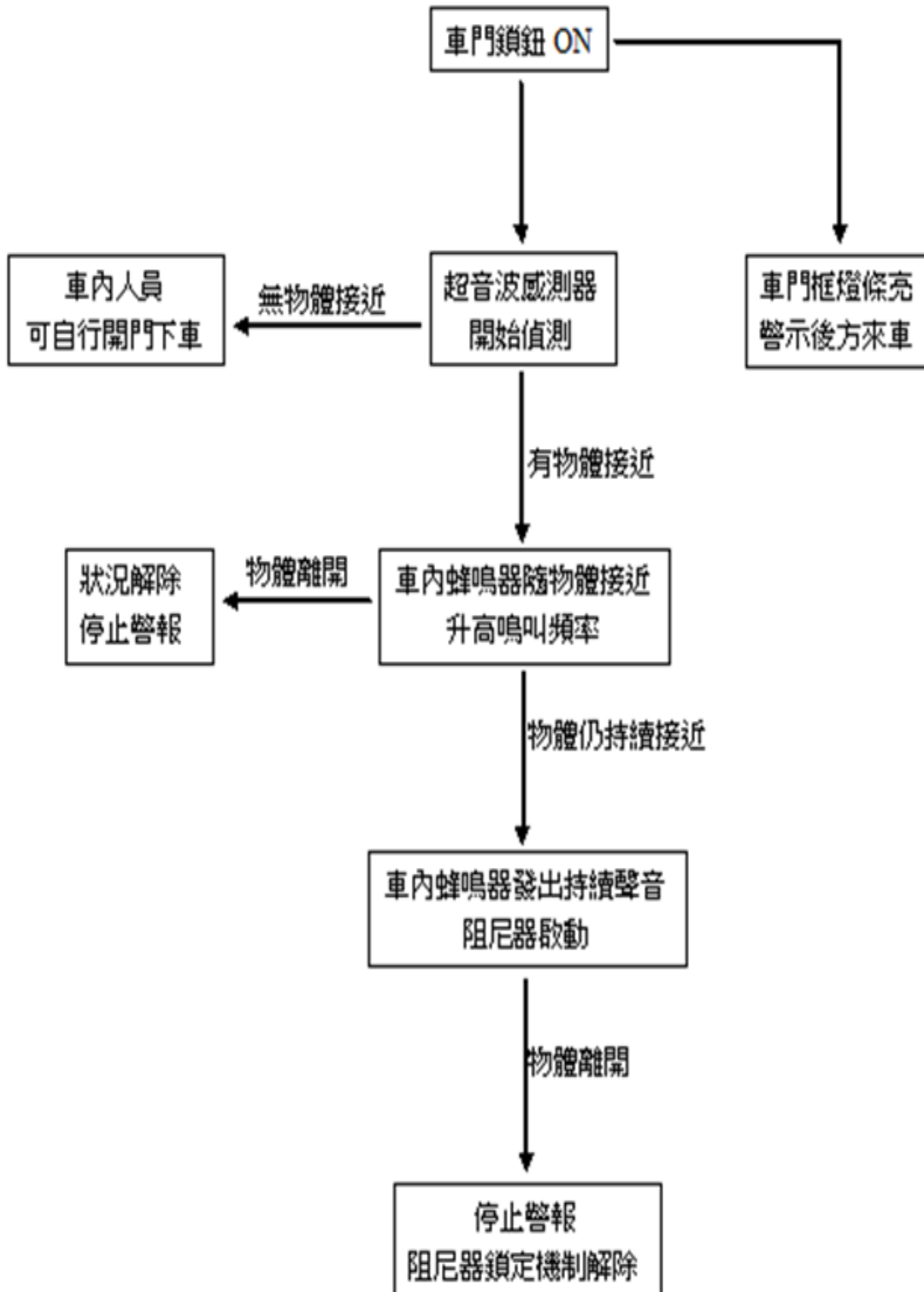
(三) 使用奈米級四氧化三鐵粉末製作磁性流體

直接使用購買的奈米級四氧化三鐵粉末作為原料，其餘原料與製作方式皆與前述微米級的磁性流體相同。

肆、研究結果與討論

一、研究結果

系統運作機制流程圖如下：



(一) Arduino 程式

以下是本控制系統程式的程式碼:

```
int _ABVAR_1_cm = 0 ;
int ardublockUltrasonicSensorCodeAutoGeneratedReturnCM(int trigPin, int echoPin)
{
    long duration;
    pinMode(trigPin, OUTPUT);
    pinMode(echoPin, INPUT);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(20);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    duration = duration / 59;
    if ((duration < 2) || (duration > 300)) return false;
    return duration;
}

void setup()
{
    digitalWrite( 3 , LOW );

    pinMode( 13 , OUTPUT);
    pinMode( 11 , OUTPUT);
}

void loop()
{
    _ABVAR_1_cm =
        ardublockUltrasonicSensorCodeAutoGeneratedReturnCM( 3 , 2 ) ;
    delay( 30 );
    if ( ( ( _ABVAR_1_cm ) < ( 100 ) ) )
    {
        if ( ( ( _ABVAR_1_cm ) > ( 50 ) ) )
        {
            digitalWrite( 13 , HIGH );
        }
    }
}
```

```

tone(10, 440, ( 1.5 * _ABVAR_1_cm ));
delay( ( 3 * _ABVAR_1_cm ));
digitalWrite( 13 , LOW );
noTone(10);
delay( ( 2 * _ABVAR_1_cm ));
digitalWrite( 11 , LOW );
}
else
{
digitalWrite( 11 , HIGH );
tone(10, 440);
}
}
}

```

(二) 採用雙動液壓缸作為車門阻尼器

使用雙動液壓缸配合常開式電磁閥作為車門阻尼器之設計原理如下:

1. 將常開式電磁閥串在雙動液壓缸活塞二端，並將液壓油注滿。
2. 當超音波感測器未偵測到來車時，Arduino 不會送出鎖定車門的訊號，此時因電磁閥未通電，模式為開，液壓油可順利通過電磁閥，雙動缸活塞可自由往復運動，車門能自由啓閉。
3. 一旦超音波感知器偵測到後方有來車並逐漸靠進，Arduino 送出訊號，使電磁閥通電作動，油路的狀態從原本的通路變成斷路，阻止液壓油的流動。因液體的不可被壓縮特性，致使液壓缸活塞無法移動，進而達到車門被鎖定在當下位置，不能再被車內人員推開。
4. 當狀況解除後，電磁閥斷電恢復常開模式，液壓油即恢復自由流動，液壓缸活塞亦回復可以自由往復，車門就能夠自由啓閉。

在將液壓缸實際裝上車門測試後，發現其效果相當良好，能夠迅速且確實的達成鎖定車門的目標。

(三) 製作磁性流體並測試

1. 使用微米級四氧化三鐵粉末和油酸進行製備

改變微米級四氧化三鐵磁性流體之濃稠度，及針筒間管路之管徑，測試磁場建立前後產生的阻力，其結果如表 1 所示。

表 1、微米級四氧化三鐵磁性流體測試結果

針筒中填充物				針筒間 管路之 管徑	未加磁場阻 力	加上磁場阻 力	阻力增加 百分比
編號	四氧化 三鐵粉 末	油酸	液壓油				
-	0g	0mL	10mL	4mm	0.4kgw	0.4kgw	-
A1	10g	10mL	10mL	4mm	0.7kgw	0.85kgw	21.4%
A2	10g	10mL	10mL	1.8mm	1.2kgw	1.5kgw	25.0%
B1	10g	10mL	15mL	4mm	1.0kgw	1.2kgw	20.0%
B2	10g	10mL	15mL	1.8mm	1.2kgw	1.3kgw	8.3%
C1	10g	10mL	20mL	4mm	1.3kgw	1.4kgw	7.7%
C2	10g	10mL	20mL	1.8mm	1.5kgw	1.7kgw	13.3%

在經過針筒模型的初步測試後，比較不同濃稠度之各組磁性流體的阻力及其阻力增加百分比，發現各種不同濃稠度之磁性流體所能產生的阻力大小相差不多，但是最濃稠的那一組(A2)其阻力提升的百分比最大，故選擇它填入阻尼器後並裝到車門模型上實驗。

將磁性流體填入阻尼器後並裝到車門模型上進行實際實驗時，發現即使對磁性流體加上了磁場，推車門的阻力卻沒有明顯增加，仍可以輕易推開車門，因此本研究決定將微米級的磁性微粒改成奈米級，希望奈米級的磁性微粒可以大幅提升阻力。

2. 使用化學方法製備奈米級磁性微粒

由於微米級的磁性微粒效果不佳，我使用化學方法製作奈米級磁性微粒，利用二價鐵離子和三價鐵離子在鹼性環境中反應以產生奈米級四氧化三鐵粒子，其化學反應方程式如下：



雖然用化學方法可以得到奈米級的磁性微粒，但是在實驗過程中所需的水在實驗結束後卻成為很大的問題。本研究由於沒有離心機以分離水和磁性微粒，若將含水的磁性微粒加熱烘乾會造成磁性微粒氧化而不再具有原本之效果；但若未將它烘乾則會造成它與油酸無法混和(如圖 12)。因此本研究使用化學方法無法製作出可用的磁性流體。



圖 12 可見油酸與含水磁性微粒無法混和
(燒杯左半邊為油酸而右半邊為磁性微粒)

3. 使用奈米級四氧化三鐵粉末製作磁性流體

因為使用化學方法無法分離水份與磁性微粒，所以最後本研究直接使用購買來的奈米級四氧化三鐵粉末來製作磁性流體。製作方式與微米級的磁性流體相同，先將奈米級四氧化三鐵粉末與油酸均勻攪拌使每個粒子被包覆完全後加入液壓油，再攪拌使被包覆的微粒能夠散佈均勻。其結果如表 2 所示。

表 2、奈米級四氧化三鐵磁性流體測試結果

針筒中填充物				針筒間 管路之 管徑	未加磁場阻 力	加上磁場阻 力	阻力增加 百分比
組別	四氧化三 鐵粉末	油酸	液壓油				
-	0g	0mL	10mL	4mm	0.40kgw	0.40kgw	-
D1	10g	10mL	10mL	4mm	1.70kgw	2.17kgw	27.6%
D2	10g	10mL	10mL	1.8mm	2.37kgw	2.73kgw	15.2%
E1	10g	10mL	15mL	4mm	1.73kgw	2.23kgw	28.9%
E2	10g	10mL	15mL	1.8mm	2.40kgw	2.63kgw	9.6%
F1	10g	10mL	20mL	4mm	0.96kgw	1.36kgw	41.7%
F2	10g	10mL	20mL	1.8mm	1.20kgw	1.60kgw	33.3%

(1).比較表 1 及表 2，發現奈米級磁性流體所產生的阻力的確大於微米級的磁性流體。

(2). 對同樣濃稠度的磁性流體，針筒間的連接管管徑越小的時候，其阻力均越大。

(3).經過針筒模型的初步測試後，比較不同濃稠度之各組磁性流體的阻力及其阻力增加百分比，發現雖然(F1)這一組的磁性流體其阻力提升的百分比最大，但是(D2)那一組的所產生的阻力卻是(F1)的大約兩倍，故選擇(D2)那一組填入阻尼器後並裝到車門模型上實驗。

將磁性流體填入阻尼器後並裝到車門模型上進行實際實驗時，發現即使對磁性流體加上了磁場，推車門的阻力卻沒有明顯增加，還是可以輕易推開車門。

二、討論

(一) 一開始本研究使用微米級的四氧化三鐵粉末所製作磁性流體，但經測試後發現其效果並不好，經查閱許多資料，發現效果良好的磁性流體其磁性微粒之粒徑最大未超過 20 微米，且其中大部分資料甚至顯示要使用奈米級的。而在請教過化工行的老闆後，他表示他所販售的四氧化三鐵粉末平均粒徑大約為 300 微米，故推論是因為四氧化三鐵

微粒之顆粒太大，無法達到預期效果。

(二) 雖然使用化學方法可以得到奈米級的磁性微粒，但是經過數次實驗後，本研究發現了一個問題，就是為了使化學反應能夠進行，一開始必須將實驗所需的鹽類溶於水中，但反應完成後便不再需要這些水，要將這些水分完全瀝乾，若有水殘留於磁性微粒中，由於油水不互溶，加入油酸之後兩者無法混和，磁性微粒在沒有界面活性劑包覆的情況下會凝聚成一大團，因此根本無法使用。而若是要完全去除殘存的水，就要使那些水分蒸發或使用離心機分離水與磁性微粒。因為本研究沒有離心機這項設備，於是嘗試加熱和直接放置於乾燥通風處讓水蒸發，但是奈米級的磁性微粒與外界接觸的表面積極大，一旦加熱或是沒有東西讓它與氧隔絕便很快和空氣中的氧反應而氧化成三氧化二鐵，這樣它就不再具有原本的性質，也不能拿來製作磁性流體了。而由於本研究設備和器材不足，無法產生一個無氧的環境並讓反應在其中進行，故無法使用化學方法進行磁性流體的製備。

(三) 本研究最後直接使用奈米級四氧化三鐵粉末來製作磁性流體，而綜合微米級的數據和奈米級的數據後，發現當管徑越小時，其產生之阻力越大。但效果依然還是不能達到需求，經查詢資料後，推論原因有二：

1. 因為凡得瓦力使得四氧化三鐵微粒聚集而效果不佳。凡得瓦力是一種存在於分子間的作用力，通常分子的分子的分子量越大，或粒子的極性越大，凡得瓦力就越強。由於直接購自材料行的奈米級的四氧化三鐵粉末其單一顆粒大小平均為 40 至 60 奈米，大約是一個原子體積的數千萬倍，在微觀的角度下，它是一個相當龐大的物體，因此粒子之間的凡得瓦力極大；但在巨觀的角度下，它所受凡得瓦力的影響遠大於受其他力的影響，因此凡得瓦力很容易就會使這些微粒聚集，而微粒聚集後便難以將它們分開，所以無法得到奈米級的微粒。
2. 根據推論 1，本研究為使磁性微粒分散而不要聚集，將油酸加入鐵粉後的攪拌時間延長至約 40 分鐘，以確保油酸包覆的是個別的粒子而不是聚集成團的微粒。但是經過實驗後，延長攪拌時間並沒有改變實驗結果，數據和原本只攪拌 20 分鐘的幾無差別。於是

本研究再度搜尋資料，與他人成功的實驗比對來找出問題所在，最後在一家國外專門製作填充磁性流體活塞的廠商發現本實驗和他人實驗最大的差別:別人所製作的活塞上的流孔直徑只有大約 0.5mm 或更小，故推論本實驗效果不佳的原因是因為磁性流體所通過之管子的截面積太大所致。根據巴斯卡原理，當活塞的施力和面積固定時，若流孔的截面積越小，則施於流孔上用來抵抗活塞的力就越小，而用來抵抗活塞移動的力正是磁性流體在加入磁場後和周圍所產生的摩擦力。而本研究實驗使用的管子之內徑最小為 1.8mm，其截面積約為直徑 0.5mm 的 13 倍，因此在不改變活塞大小的情況下必須產生比 0.5mm 之流孔大 13 倍的力量才能抵擋活塞的推力，但經由實驗後證明本研究製作的磁性流體無法抵抗那麼大的推力。

(四) 在這次實驗的過程中，本研究同時也發現了一個問題，就是當磁性流體靜置超過30分鐘後便會發生沉澱(如圖13)。若要避免沉澱發生，必須使粒子的顆粒夠小，這樣粒子可藉由布朗運動而持續均勻散佈於載液中。這也是本研究可以再加深實驗的地方。



圖 13 發生沉澱之磁性流體

伍、結論與應用

一、結論

(一) 液壓缸可以確實有效的阻止車門開啟，且價格不會太高，是目前最適合的阻尼器。但本研究仍希望可以持續實驗，將磁性流體能夠運用於阻尼器。

- (二) 使用化學方法可以製得奈米級磁性微粒，但是實驗過程中的水卻會使奈米級微粒聚集而造成磁性流體阻尼效果不佳，因此脫水技術是實驗成敗的關鍵。
- (三) 位於活塞上的流孔應在磁性流體可通過的前提下越細越好，越小的孔能承受越大的力量，阻尼效果就越佳。但孔徑越小則需鑽越多的流孔以確保磁性流體在未加磁場的狀況下可以自由流動。

二、未來展望與應用

傳統液壓式阻尼器經實驗後發現效果良好，是目前較適合的阻尼器，但仍希望可以繼續研究磁性流體阻尼器，若未來可以達到預期成效，則希望未來可以廣泛推廣加裝於車門上，以提升機車騎士用路時的安全。

陸、參考資料

1. 陳立明等。中華民國第54屆中小學科學展覽會。加外掛！更安心！汽車安全開門裝置。
2. 蕭耀榮。國立台北科技大學專利暨技術網。MAGNETO-RHEOLOGICAL FLUID DAMPER。
<http://ntut.eipm.com.tw/prod1.asp?ser=6946>
3. 蕭耀榮。國立台北科技大學專利暨技術網。Magneto-rheological fluid brake。
<http://ntut.eipm.com.tw/prod1.asp?ser=6861>
4. 梅克2工作室。2014.07。台科大圖書。Arduino 微電腦控制實習 - 邁向AMA Fundamentals Level先進微控制器應用認證附範例光碟。
5. 施士文。2015.02。台科大圖書。Arduino 微電腦應用實習。
6. 郭文化等。2011年12月。流動式磁性流體阻尼器之研究。技術學刊26卷4期。
7. Magnetic Damper - Magnetorheological Damper
http://www.formula1-dictionary.net/damper_magnetorheological.html

【評語】 100013

該研究利用磁性流體應用於車門阻尼器降低交通車門事故發生機率，為研究報告說明過多 Fe_3O_4 合成，建議可直接切入磁性流體與車門阻尼之結合，另可思考偵測距離如何提高以期增加作品的實用性。