

# 中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高中組 生活與應用科學科

**第二名**

**最佳創意獎**

040819

**任意門：隱藏式連動安全門擋**

學校名稱：國立新營高級工業職業學校

作者：  高二 周振豪  高二 王玟心  高二 陳有歲	指導老師：  王振裕  孫森本
---	-----------------------------

關鍵詞：任意門、槓桿原理、安全門擋

## 摘要

「門」是每天生活中必須接觸的屋內設施，一天之中總要開開關關好幾回，但每當遇到風大時候，不小心就會發生加速作用，『碰！』的一聲，如雷貫耳！基於此一日常生活體驗和自學校教室觀察到門擋損壞情形，發現門的使用實有其不便之處與特殊需求，於是構思具備構造簡單、耐用，又能將門打開固定於任意位置的裝置。

作品優點與特色為：

1. 簡易的結構設計、周全的功能考慮。
2. 能避免破壞性施工，不需於牆壁或地板上鑽孔。
3. 人性化設計，配合轉動門把帶動門擋裝置，即可將門打開固定於任意位置。
4. 安全性考量，可防止誤推拉的情形，並能適應不平整的接觸面。
5. 增加第三支點的防暴力設計，功能更完備。
6. 隱藏式設計，維持門板原有外觀，操作方便具實用性。

## 壹、研究動機

人每天一覺醒來想必會先打開房間的「門」走出去，接著穿越衛浴的「門」進行梳洗，經過一番整理後就是開啟家「門」上班或上學去了，「門」是每天生活中必須接觸到的屋內設施，一天之中總要開開關關好幾回。每當遇到風大時候，門在開關不小心時就會發生加速作用，『碰！』的一聲，可說是如雷貫耳！為改善此一缺失，附加產品便應運而生。

### 一、門弓器

是一種利用油壓可調緩衝讓門自動關上的機構裝置，如圖 1 所示。門弓器最常被安裝使用在一般的大門出入口、防火門、廚房及洗手間等地方，在門開啟後利用油壓緩衝自動將門帶上，確保人離開之後門還可置於關閉狀態，但是大部分的人進出公共大樓、建築物時，通常不會注意到門弓器就安裝在門的上方。日常生活中，門弓器可以避免忘記關上門時會導致冷氣或暖氣外流的情況，以控制保持室內溫度。



圖 1 門弓器(圖片來源：奇摩圖片搜尋 [vip.arch-world.com.tw](http://vip.arch-world.com.tw))

會自動地將門關上既是門弓器的優點，也是缺點所在，當門弓器門門的速度未調整適當，就會發生對老弱婦孺者夾傷的意外情形，為了防護使用時不被夾到，門門速度應該特別注意調整適中，以減少意外情形的發生。一般門弓器開門(可固定住)的最小角度為 80 度，門板只能於 80~180 度內固定，換句話說在 80 度範圍內並不能將門板固定住，且門拱與門板上需鑽孔將其固定，門弓器使用的大小與門板的重量有關，其價格約為千元左右，安裝需要專業且花費不算便宜。

### 二、磁吸式門擋

門擋的型式有多樣性可供選用，大多以磁鐵的磁力互相吸住，或以彈力將門吸附(夾止)於牆壁或地板上，如圖 2 所示，需有一磁石附著於門板上，另一磁石以鑽孔方式固定在牆壁

或地板上，如此將對牆壁或地板有所破壞，且只能在門板全開時才能固定，無法達到於任意位置固定的需求。

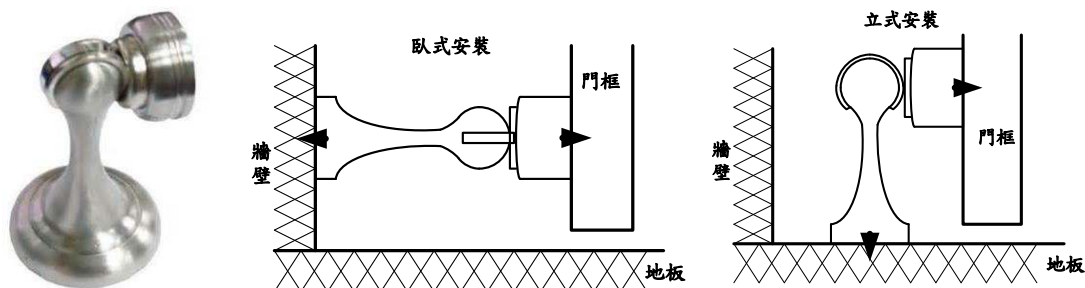


圖 2 磁吸式門擋(圖片來源：奇摩圖片搜尋www.lifong4586666.com.tw)

我們發現在學校教室裡就有門擋的裝設，但是效果呢？如圖 3 所示，裝設的門把從原來良好狀況一直轉變成不堪修補的樣子，還包含門框上鑽的大洞、脫落的門擋，以及門把撞擊牆壁所留下來的痕跡，損壞的情形可見一般，這不外乎是門擋沒能發揮正常效用所造成的。

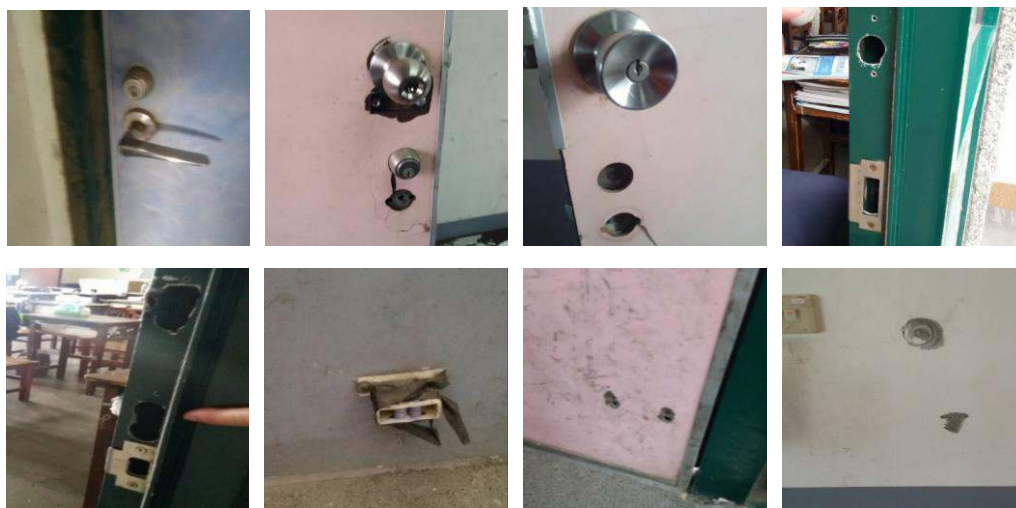


圖 3 學校教室門的使用損壞狀況

綜合上述，門的附加產品具有多樣性，各具特色，有構造簡單、價格便宜的，但相對容易損壞，舉如在門後及牆壁上裝設的磁吸式門擋，當使用一段時間後，會因拉扯頻繁導致鬆脫掉落；有構造複雜，但價格較昂貴，損壞後幾乎無法修理的，例如裝置於門上方的門弓器。此外，由於建築物方位關係，太陽光線斜射進入屋內時會造成刺眼的現象，再有時又因天氣變化導致風速太大，使得屋內透風太強，不注意時關門動作常會『碰！』的一聲，驚嚇指數瞬間飆高，若是關閉，反而怕造成通風不良之現象。基於上述的不便與使用需求，於是積極構思能否有構造簡單、耐用，且可以將門打開固定於任意位置的裝置。

## 貳、研究目的

不管是採用門弓器或是門擋裝置，在安裝時需於門框、牆壁或地板上鑽孔以固鎖零件，且大都只能以全開方式才能將門固定，不盡符合達到隱密性、遮陽或使空氣流通的使用需求，因此，研究目的所欲解決問題的重點可歸納如下：

- 一、如何設計安裝使用時可不用於門框、牆壁或地板上鑽孔以固鎖零件？
- 二、如何將門打開可固定於任意位置，以達到隱密性、遮陽或使空氣流通的使用需求？
- 三、如何設計具有防止誤推拉的安全功用，以避免造成門板損壞或人員受傷的情形？
- 四、其它功能考量之完整性？

### 參、研究設備及器材

項次	名稱	規格	單位	數量	備註
1	塑鋼門板	40×4×60 cm	扇	1	
2	木質門框	48×5×68 cm	座	1	含底座
3	水平門鎖	鎖長 60 mm	組	1	加安牌
4	木質夾板	40×40×1 cm	片	1	
5	磁磚	40×40×1 cm	片	1	
6	電子角度規	數位液晶顯示	具	1	安雅數位國際
7	掌上型風速計	LM—81AM	具	1	上偉通信
8	管型拉力計	0 ~ 10 N/1 kg	具	1	
9	工業電扇	18吋 立式	台	1	AC110V/260W
10	鐵塊	3×2×2.6 cm	只	1	碳鋼材質
11	圓形鐵片	φ 2.5 cm	片	1	碳鋼材質
12	彈簧	線徑：φ 1 mm 外徑：φ 16 mm	公分	若干	
13	鋼絲繩	#4 5×7 10 LBS	公分	若干	
14	橡膠墊	2.6×2×1 cm	片	1	

## 肆、研究過程或方法

### 一、研究步驟與流程、研究製作歷程

(一) 研究步驟與流程，如圖 4 所示。

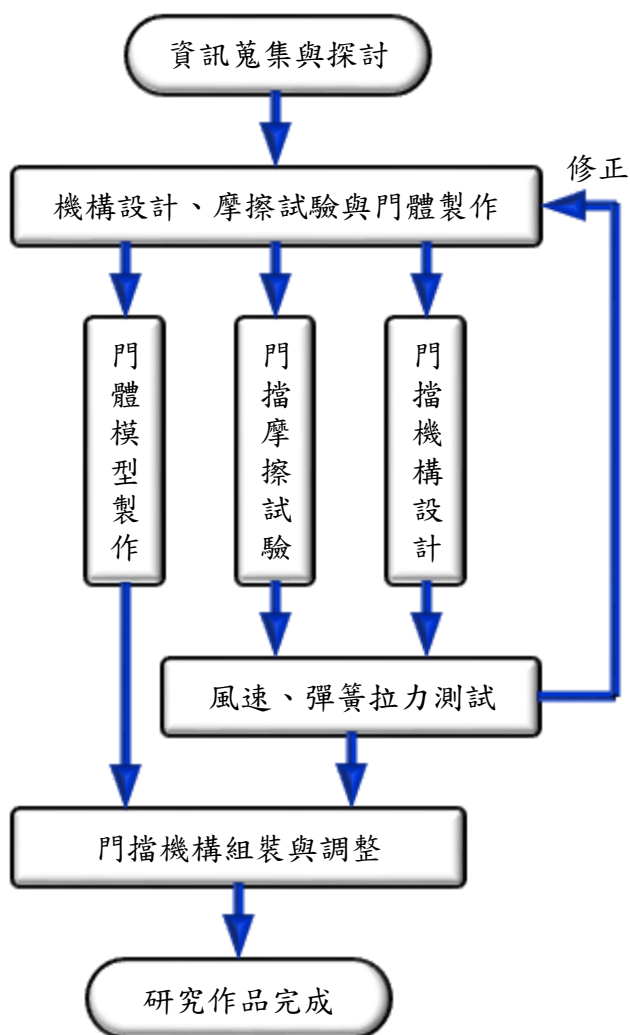


圖 4 研究步驟與流程

(二) 研究製作歷程，如下表 1 所示。

### 二、關鍵詞

(一) 任意門

所謂「任意門」並不是指卡通人物哆啦 A 夢的奇幻道具，而是指能將門板固定於任意位置之功用，此即本研究主要達成研究目的之一，為創新設計所在，改善以往門的使用只開啟在特定位置才能固定的情形。

表 1 研究製作歷程

日期 時段 研究工作	11/2 ~ 12/6	12/7 ~ 12/13	12/14 ~ 12/20	12/21 ~ 12/27	12/28 ~ 1/3	1/4 ~ 1/10	1/11 ~ 1/17	1/18 ~ 1/24	1/25 ~ 1/31	2/1 ~ 2/7	2/8 ~ 2/14	2/15 ~ 3/20
資訊蒐集 與探討	■	■	■	■	■	■	■					
門擋機構 設計分析		■	■	■	■	■	■					
門擋摩擦 試驗					■	■	■	■	■			
門體模型 製作					■	■	■	■	■	■	■	
風速彈簧 拉力測試								■	■	■		
門擋機構 組裝調整										■	■	■
撰寫作品 說明書										■	■	■

## (二) 槓桿原理

槓桿原理 (lever principle) 亦稱「槓桿平衡條件」，要使槓桿平衡，作用在槓桿上的兩個力 (施力和抗力) 的大小跟它們的力臂成反比。施力 $\times$ 施力臂=抗力 $\times$ 抗力臂，用代數式表示為  $F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2$ 。式中， $F_1$  表示施力， $L_1$  表示施力臂， $F_2$  表示抗力， $L_2$  表示抗力臂。從上式可看出，欲使槓桿達到平衡，施力臂是抗力臂的幾倍，施力就是抗力的幾分之一，是本研究所應用的原理依據。

## (三) 安全門擋

是本研究所創新設計，該裝置包括一連動旋轉片、一條鋼絲繩，以及一套筒內裝有彈簧及長形鐵塊所組成，該套筒內的長形鐵塊受彈簧力量的擠壓，常態是伸出的，以接觸地面造成摩擦止滑，將門板固定住。連動旋轉片係附加在門鎖的旋轉軸上，當以手轉動門鎖把手時，鋼絲繩經由連動旋轉片的轉動產生位移，向上提升，並且帶動套筒內的長形鐵塊，狀態變為縮回，使門板脫離固定而能順利開關；若把手放開後，則連動旋轉片、鋼絲繩皆歸回原位，套筒內的長形鐵塊又恢復為伸出的常態。



### 三、思考解決的對策 — 任意門之門擋機構設計

針對研究目的所欲解決問題的重點，思考解決的方法，提出如圖 5 所示門擋機構設計圖。

1. 依據槓桿原理的變形—輪軸，試著將門擋裝置附設在既有的門板中，於是在門鎖上加裝一連動旋轉片，再經由鋼絲繩連結帶動套筒內的長形鐵塊，可以伸出、縮回，如此一來就不用於門框、牆壁或地板上鑽孔以固鎖零件。
2. 利用門鎖把手的轉動來帶動門擋裝置，使套筒內的長形鐵塊能伸出或縮回，即可將門打開固定於任意位置，操作方便且立即發揮效用。
3. 將門擋裝置設計具有彈簧壓力調整的功用，藉以改變摩擦阻力，達到使用上的安全考量。

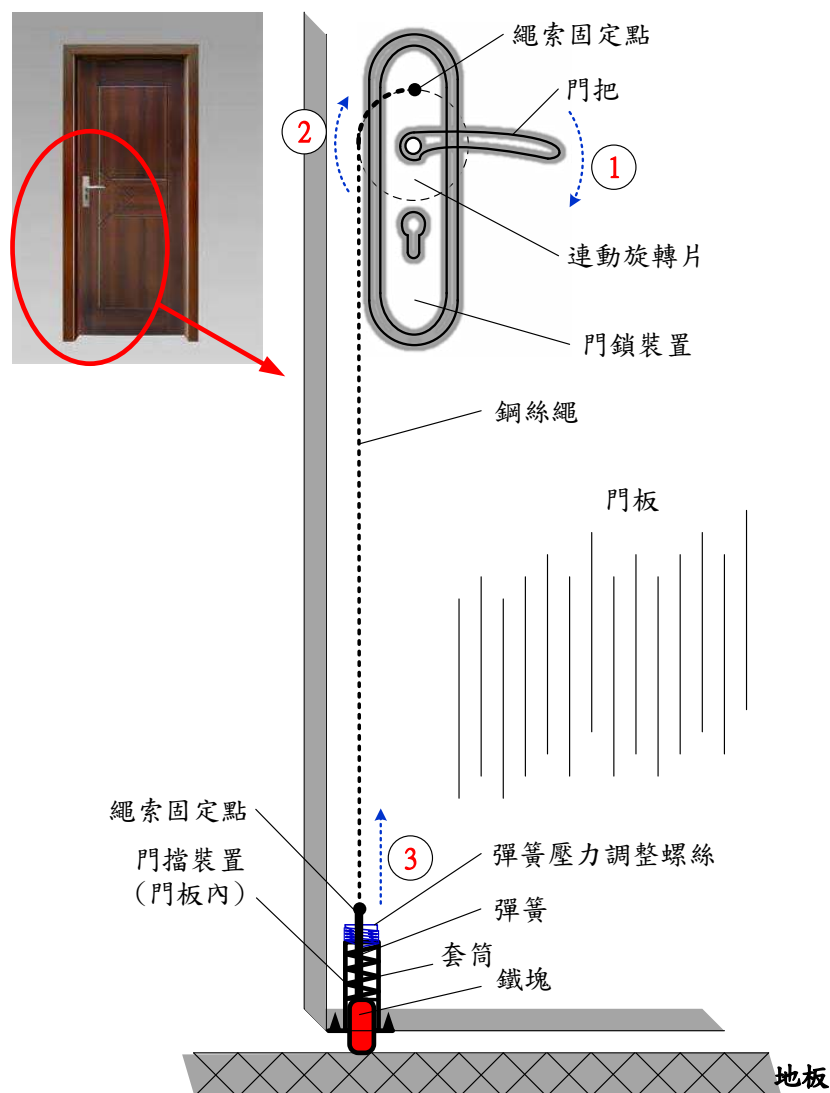


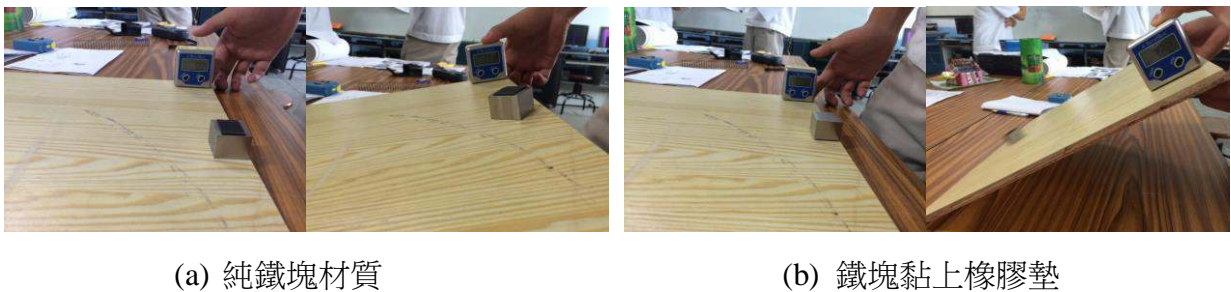
圖 5 門擋機構設計圖

#### 四、任意門之門擋裝置試驗、設計與製作

##### (一) 門擋裝置試驗

依照門擋機構之設計，套筒內的長形鐵塊係選擇使用碳鋼材質，因為材料取得容易，又易於加工製作，一開始著手進行靜止角的測量，瞭解其摩擦係數及相關性。量測之前，找出兩種常用的地板作為長形鐵塊接觸摩擦的試驗，利於比較後找出止滑功效較佳的方式。

圖 6 和圖 7 是以純鐵塊材質和鐵塊黏上橡膠墊兩種材質去做接觸摩擦，分別在木質地板與磁磚地板上所進行的靜止角試驗。將物體置於一摩擦係數為  $\mu$  之水平面上，當使平面逐漸傾斜至傾斜角為  $\theta$  時，恰使物體開始下滑，則此時之傾斜角  $\theta$  稱為靜止角，利用這種方法可用來求物體的摩擦係數及摩擦角。



(a) 純鐵塊材質

(b) 鐵塊黏上橡膠墊

圖 6 靜止角試驗 — 在木質地板之接觸摩擦



(a) 純鐵塊材質

(b) 鐵塊黏上橡膠墊

圖 7 靜止角試驗 — 在磁磚地板之接觸摩擦

如右圖 8 之靜止角試驗示意圖，

$$\because \sum F_x = 0 \quad \therefore F = W \sin \theta ,$$

$$\because \sum F_y = 0 \quad \therefore N = W \cos \theta ,$$

$$\therefore \frac{F}{N} = \frac{W \sin \theta}{W \cos \theta} = \tan \theta = \mu_s ,$$

$$\therefore \mu_s = \tan \theta = \tan \phi , \text{ 即 } \theta = \phi ,$$

亦即靜止角等於摩擦角，且其正切函數值

均等於摩擦係數  $\mu$ 。

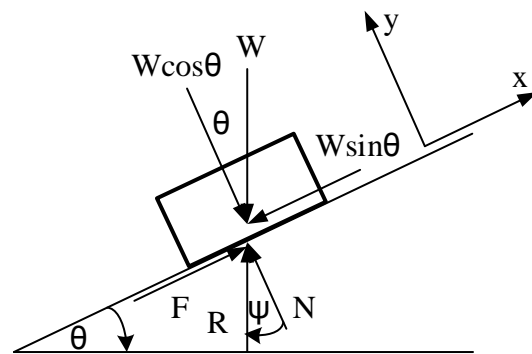


圖 8 靜止角試驗示意圖

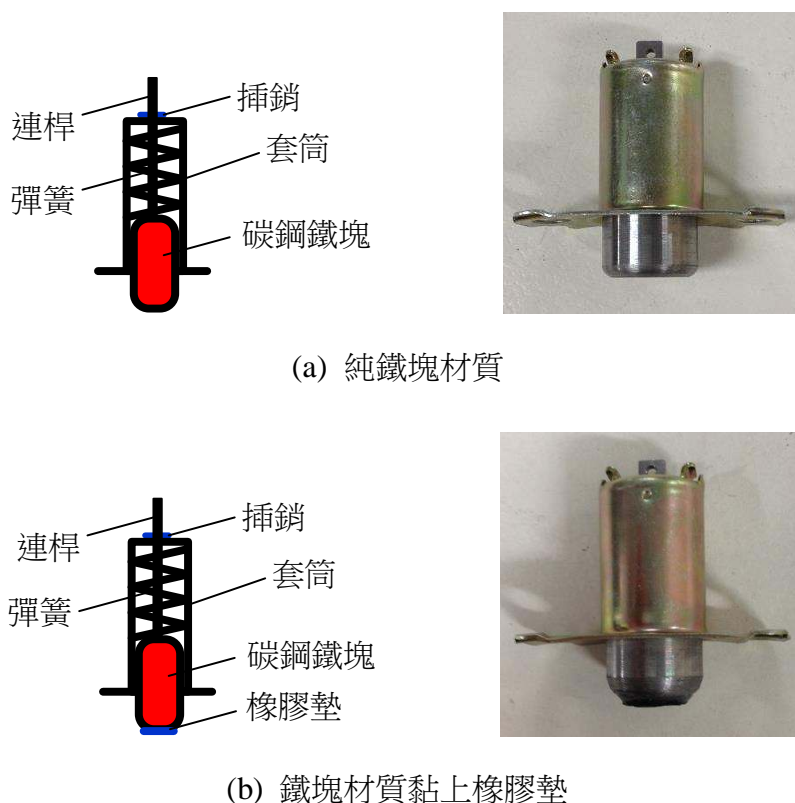
表 2 所示是測量所得的靜止角，依據正切函數值計算其摩擦係數。結果可以很明顯看出，接觸面未加上橡膠墊的純鐵塊材質，其靜止角較小、摩擦係數也較小，而接觸面在磁磚地板上也會比在木質地板上的靜止角來得小，摩擦係數也相對較小。據此試驗結果做比較，選擇以鐵塊黏上橡膠墊的材質來製作門擋裝置，應是較佳的方式。

**表 2 靜止角(摩擦係數)試驗**

摩擦接觸面 門擋材質	木質地板	磁磚地板
純鐵塊	20°， $\tan 20^\circ \doteq 0.36$	13°， $\tan 13^\circ \doteq 0.23$
鐵塊黏上橡膠墊	30°， $\tan 30^\circ \doteq 0.58$	25°， $\tan 25^\circ \doteq 0.47$

(二) 門擋裝置設計與製作

根據門擋裝置的試驗，我們設計並製作上列兩種類型的門擋裝置，一是純鐵塊的材質，二則是以鐵塊再黏上橡膠墊，如下圖 9 所示。



**圖 9 門擋裝置設計與製作**

## 五、任意門之門體模型製作及門擋裝置測試

### (一) 門體模型製作

我們利用學校處室修繕後所留廢棄的門板，製作成縮小合適的門體模型，再將門擋機構隱藏其中，經初步組裝與調整後之雛型如下圖所示。



圖 10 門體模型製作雛型

### (二) 門擋裝置測試 — 彈簧拉力

在門體模型製作完成後，接著是要進行門擋裝置的拉力測試，以了解產生摩擦力的大小，如圖 11 所示是以管型拉力計進行的實驗，量測結果如表 3 所示。為驗證是否正確符合，再將門擋裝置模擬受彈簧壓力向下擠壓的力量，以吊重方式比照其伸縮長度，測得約為 1.4 kg，如圖 12 所示。我們依照表 2 及表 3 之數據資料來計算，選擇門擋材質為鐵塊黏上橡膠墊，當摩擦接觸面是木質地板時，數學式  $F = \mu \cdot F_N = 0.58 \times 1400 = 812g$ ，與彈簧拉力測試所得數值  $F = 800g$ ，結果很相近。若摩擦接觸面是磁磚地板時， $F = \mu \cdot F_N = 0.47 \times 1400 = 658g$ ，與彈簧拉力測試所得數值  $F = 620g$ ，結果也相近，這表示拉力測試的量測結果適能代表門擋裝置所產生摩擦力的大小。



(a) 木質地板

(b) 磁磚地板

圖 11 門擋裝置之彈簧拉力測試

表 3 彈簧拉力計測試

門擋材質 \ 摩擦接觸面	無摩擦接觸	木質地板	磁磚地板
純鐵塊	100g	500g	300g
鐵塊黏上橡膠墊	100g	800g	620g

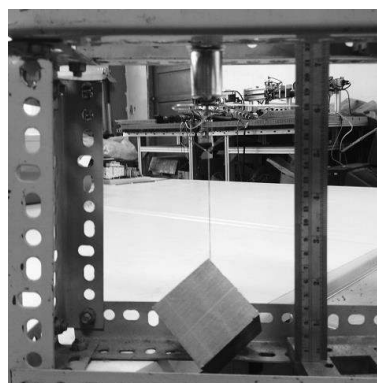
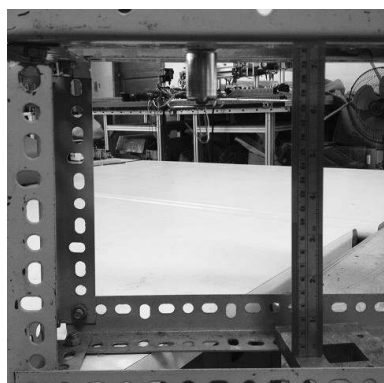


圖 12 門擋裝置之吊重測試

(三) 門擋裝置測試 — 風力吹襲

繼續在木質地板與磁磚地板的摩擦接觸面上，分別施予風力吹襲的測試，測試的方式分為兩個部分，一是調整風速的大小及距離的遠近，另一則以最大風速及最近距離但改變開門的固定角度，如表 4 和表 5 所得測試資料。結果顯現，不論在木質地板或磁磚地板的摩擦接觸面上，當測試風速達到每秒 6 公尺以上（相當於蒲福風級表 4 級），或者是任一開門的固定角度，門擋裝置依然不受影響而可發揮正常作用，這表示了門擋機構的功能性確實有效。



(a) 木質地板



(b) 磁磚地板

圖 13 門擋裝置之風力吹襲測試

表 4 風力吹襲測試(一) — 以磁磚地板為摩擦接觸面且開門角度約為 45°之風速量測

吹襲距離 風速大小	90 cm 處	60 cm 處	30 cm 處	門板呈現狀態
低速風力	4.2 m/s	5.2 m/s	5.6 m/s	無移動現象
中速風力	4.5 m/s	5.5 m/s	6.1 m/s	無移動現象
高速風力	5.3 m/s	6.0 m/s	6.3 m/s	無移動現象

表 5 風力吹襲測試(二) — 距離門體模型 30 cm 處以高速風力吹襲之目測

摩擦接觸面 開門角度	木質地板	磁磚地板
90°	門板固定無移動現象	門板固定無移動現象
60°	門板固定無移動現象	門板固定無移動現象
45°	門板固定無移動現象	門板固定無移動現象
30°	門板固定無移動現象	門板固定無移動現象
15°	門板固定無移動現象	門板固定無移動現象

## 六、任意門之門擋裝置實體裝設與操作

為進一步確切證明門擋裝置之實用性，將所設計之安全門擋裝置裝設在教室門板上，比照前述之風力吹襲測試方式，在教室地板的地磚摩擦接觸面上，以最大風速及最近距離施予風力吹襲的測試，當測試風速達到每秒 7.6 公尺以上（相當於蒲福風級表 4 級最大值），逐一改變開門的固定角度，結果顯現，門擋裝置仍然不受影響而能發揮正常作用。



圖 14 風速測試達到每秒 7.6 公尺、每秒 7.9 公尺



圖 15 門擋裝置實體裝設與操作

## 七、任意門之功能完整性的考量

至門擋裝置之製作及測試完成，並經過實體裝設與操作的驗證，可以確認門擋機構的功能性確實有效，但仍不滿足，想必還有設想不夠周全的地方，經過一番腦力激盪下，在門板的上方增加第三支點的防暴力設計，如圖 16 所示，期使功能更加完備。

同樣是利用門鎖把手的轉動來帶動門鎖裝置，使套筒內的長形鐵塊能伸出或縮回，即可將門固鎖牢靠於關閉的位置，以防範暴力而無法被輕易的破壞。

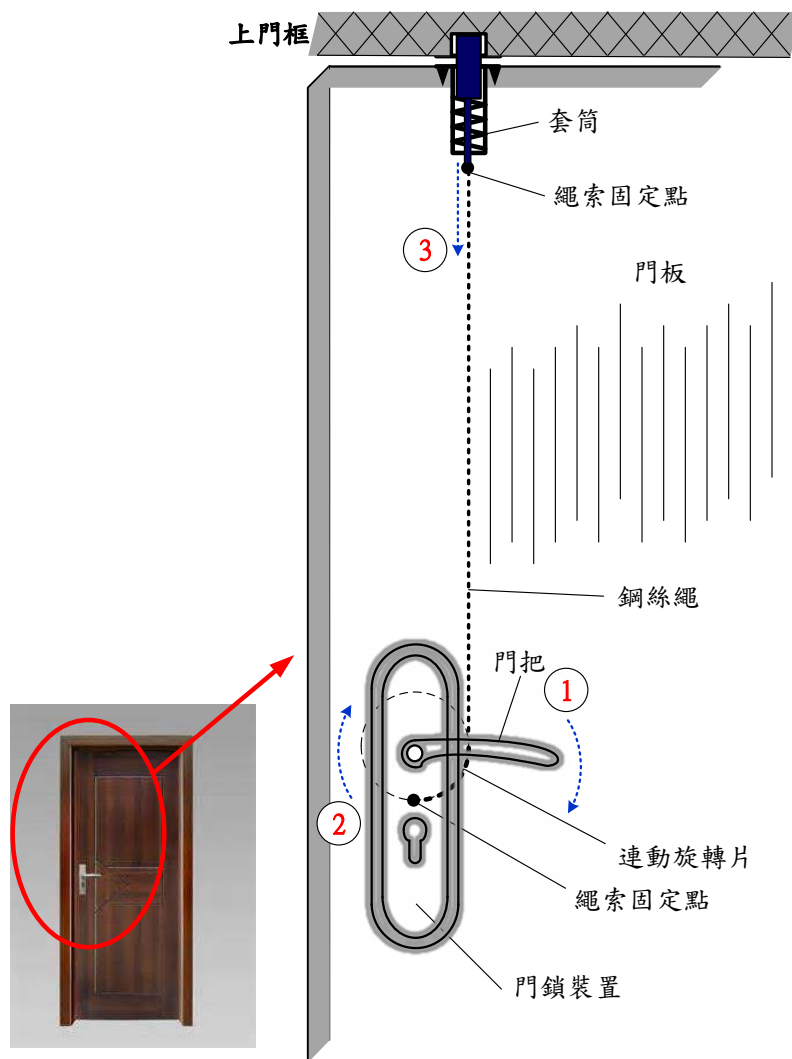


圖 16 門板第三支點的防暴力設計圖

#### 八、門體模型之門擋機構組裝與調整

到了研究的最後階段，經細心組裝及調整後之完成作品如下所示。

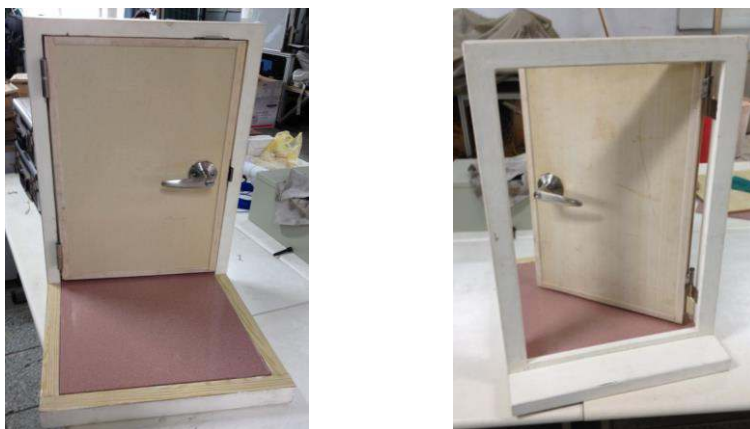


圖 17 隱藏式連動安全門擋作品



## 伍、研究結果

研究製作完成之作品已解決研究目的所述問題，在原有開門或關門的習慣上，只要轉動門把（下壓）即可帶動門擋裝置上提，使門板脫離固定狀態而能順利移動，於任意位置放開門把，便會讓門擋裝置受彈簧壓力向下擠壓，利用接觸面摩擦力將門板固定而不晃動。對於生活而言，具有方便性、美觀性及實用性，就產業方面來看，隱藏式的設計具有創新性且實現性高，如能廣泛使用，頗具經濟價值，亦符合申請專利的特性與條件。

作品優點與特色為：

1. 簡易的結構設計、周全的功能考慮。
2. 能避免破壞性施工，不需於牆壁或地板上鑽孔。
3. 人性化設計，配合轉動門把帶動門擋裝置，即可將門打開固定於任意位置。
4. 安全性考量，可防止誤推拉的情形，並能適應不平整的接觸面。
5. 增加第三支點的防暴力設計，功能更完備。
6. 隱藏式設計，維持門板原有外觀，操作方便具實用性。

## 陸、討論

### 一、門擋裝置測試過程中，地板接觸面不平整等問題的解決方法。

從門擋裝置製作完成所進行的功能測試過程中，我們發現衍生了一些意想之外的狀況，先是門擋裝置內長形鐵塊伸出長度的問題，長度伸出不足就無法使門打開發揮固定的效用，再來是碰到地板接觸面不平整的情況時，門擋裝置接觸所產生的摩擦力便不均勻，可能造成將門打開固定失效或容易脫離，如圖 18 所示。

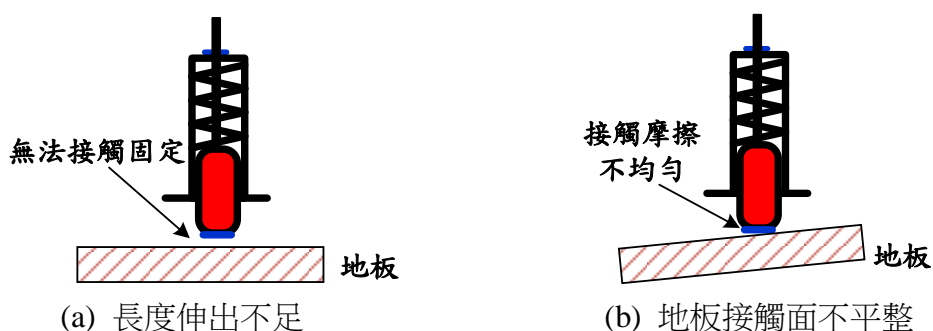


圖 18 門擋裝置測試遭遇問題之情況

為解決上述等問題，於是乎著手進行門擋裝置改良之設計與製作，如圖 19 所示。將長形鐵塊之伸出端切割出一個凹槽，再製作一可前後搖擺之方形鐵塊置於凹槽中，並黏上橡膠墊，如此一來，不但解決長度伸出不足的困擾，也克服地板接觸面不平整的問題，如圖 20 所示。



圖 19 改良門擋裝置之設計與製作

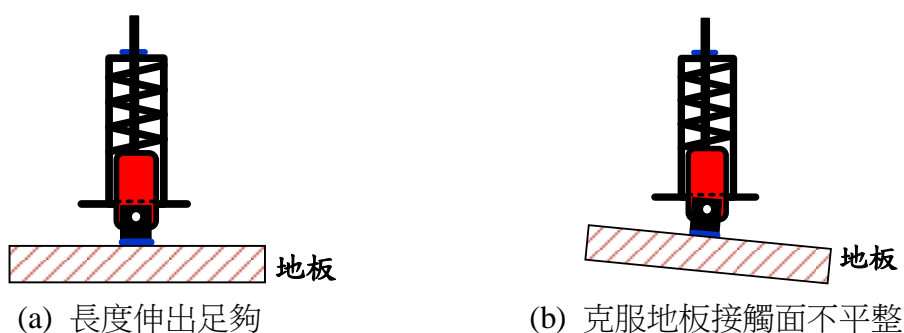


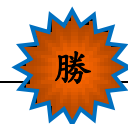
圖 20 解決門擋裝置測試遭遇之問題

## 二、油壓緩衝式門弓器、一般磁吸式門擋與本作品（隱藏式連動安全門擋）的優劣比較

茲將內文中所提之油壓緩衝式門弓器、一般磁吸或夾止式門擋與本研究作品—隱藏式連動安全門擋作一番比較，如下表所示，從中即可清楚彰顯出其優劣所在。

表 6 油壓緩衝式門弓器、一般磁吸或夾止式門擋與隱藏式連動安全門擋的優劣比較

物品類別 比較項目	油壓緩衝式門弓器	一般磁吸或夾止式門擋	隱藏式連動安全門擋
結構設計	具複雜度 ×	結構簡單 ★	結構簡易 ★
安裝使用方式	需於門框上鑽孔固鎖 不易維修 ×	需於地板或牆壁上 鑽孔固鎖 ×	不需於門框、地板或 牆壁上鑽孔固鎖 ★
開門固定角度	可於 80°~180°內固定 固定角度可以調整 ○	只能全開方式固定 固定角度不可調整 ×	可於任意位置固定 固定角度隨意調整 ★
成品價格	依承重 50 kg 來計算 網拍價格約 1200 元 ×	一般磁吸樣式門擋 網拍價格約 300 元 ★	推估價格約 300 元 (價格可能還會降低) ★
整體功能性	功能性單一，構造複雜、價格較昂貴，但優點會自動將門關上 ○	功能性單一，構造簡單、價格便宜，相對容易損壞、鬆脫掉落 ○	功能性周全，能避免破壞性施工，隱藏式設計可維持門板美觀 ★



註：★ — 優勢、○ — 尚可、× — 劣勢

## 柒、結論

- 一、 依據槓桿原理及應用摩擦力所設計和製作之門擋裝置，經過實體裝設之操作試驗，證明確能發揮預期的功能，解決了研究目的所述問題，期待這個研究作品未來能夠發光發熱，帶給人們生活上真正的便利。
- 二、 研究製作之門擋裝置，係利用現有之套筒成品加以製作改裝，若能商品化，將可以大幅節省開發成本，有利於普遍推廣使用。
- 三、 研究作品具備門擋功用兼可防風，又增加第三支點的防暴力設計，增添了安全性，功能更趨完備，具有新穎性。
- 四、 經研究製作完成之隱藏式連動安全門擋作品，可以達到將門打開固定於任意位置之功用，也已考量使用安全性，不僅操作方便又具實用性。因具備獨創性且實現可能性高，已於 2015 年 4 月份提出發明專利申請（104113999），圖示之一如下所示。

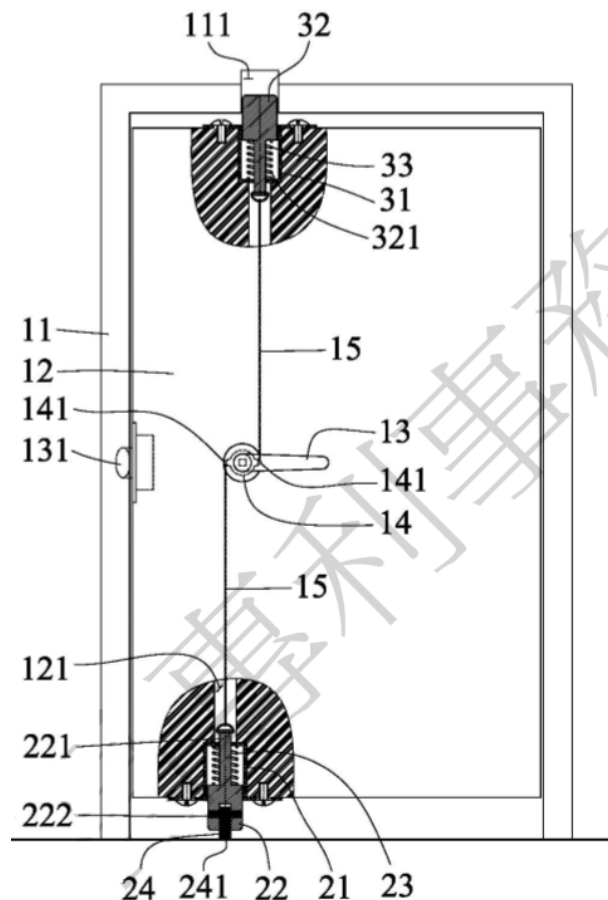


圖 21 發明專利申請圖示之一

## 捌、參考資料及其它

- 一、 葉倫祝（2012）。*機件原理 I*。新北市：全華圖書股份有限公司。
- 二、 張弘智、陳順同（2011）。*機械基礎實習*。新北市：全華圖書股份有限公司。
- 三、 黃達明（2011）。*機械力學 I*。新北市：台科大圖書股份有限公司。
- 四、 鄭仰哲（2010）。*高職基礎物理 C I*。新北市：科友圖書股份有限公司。
- 五、 張振龍、李宗乙、陳文中（2008）。*機械設計*。新北市：新文京開發出版股份有限公司。
- 六、 摩擦力（無日期）。*台灣 Wiki*。2014 年 12 月 11 日，取自：  
<http://content.edu.tw/wiki/index.php/%E6%91%A9%E6%93%A6%E5%8A%9B>
- 七、 摩擦力（無日期）。*維基百科*。2014 年 12 月 11 日，取自：  
<http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%91%A9%E6%93%A6%E5%8A%9B>
- 八、 16-2 力矩與槓桿原理（無日期）。*學習加油站*。2014 年 11 月 7 日，取自：  
[http://content.edu.tw/junior/phy\\_chem/ty\\_1k/std/content/force/cph16/cphg21.htm](http://content.edu.tw/junior/phy_chem/ty_1k/std/content/force/cph16/cphg21.htm)
- 九、 槓桿（無日期）。*維基百科*。2014 年 11 月 7 日，取自：  
<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%9D%A0%E6%9D%86>
- 十、 槓桿原理（無日期）。*台灣 Wiki*。2014 年 11 月 7 日，取自：  
<http://www.twwiki.com/wiki/%E6%A7%93%E6%A1%BF%E5%8E%9F%E7%90%86>
- 十一、 蒲福風級表（無日期）。*氣象科技研究*。2014 年 11 月 7 日，取自：  
<http://photino.cwb.gov.tw/rdcweb/lib/beaufort.htm>
- 十二、 第四章 摩擦（無日期）。2014 年 12 月 11 日，取自：  
[www.pmai.tnc.edu.tw/df\\_ufiles/df\\_pics/第四章摩擦.pdf](http://www.pmai.tnc.edu.tw/df_ufiles/df_pics/第四章摩擦.pdf)
- 十三、 課程名稱：摩擦力（無日期）。2014 年 12 月 11 日，取自：  
[w1.chjhs.tyc.edu.tw/jim5631/slides/force\\_friction/force\\_friction.pps](http://w1.chjhs.tyc.edu.tw/jim5631/slides/force_friction/force_friction.pps)
- 十四、 課程名稱：簡單機械（無日期）。2014 年 11 月 7 日，取自：  
[w1.chjhs.tyc.edu.tw/jim5631/slides/simple\\_machine/simple\\_machine.pps](http://w1.chjhs.tyc.edu.tw/jim5631/slides/simple_machine/simple_machine.pps)

## 【評語】 040819

有創意、實用性很高，具有推廣的價值，可以朝電子化控制的方向著手，省去鋼絲線的施工法，會更有商機。