

第八屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA8-064

作品名稱：自行車前輪防鎖死、安全煞車裝置

姓名：李日傑

關鍵字：卡勾塊、自行車前翻、防鎖死煞車

研究題目： 自行車前輪防鎖死、安全煞車裝置

目錄

壹、研究動機.....	2
貳、研究目的.....	3
參、研究設備器材.....	4
肆、研究過程.....	5
伍、結論.....	20
陸、討論及應用.....	21
柒、參考資料及其它.....	22

壹、研究動機：

本學期開學日發現本科老師，坐著輪椅來上課，我們問明原因，才知道他騎自行車因為錯誤的煞車方式發生摔車事故，造成髌骨、肩骨及手腕嚴重的骨折。不少同學很好奇的說：「騎自行車也能跌成那樣…」，一付不可置信的樣子。老師說三軍總醫院骨科王主任告訴他，最近一年來因騎自行車摔車以致骨折的患者不斷增加，是目前骨科門診造成骨折最多的事故原因。我們很難相信速度不快、結構簡單的代步工具，也能產生那麼大的身體傷害。為什麼已經那麼古老目前仍有廣大人口使用的交通、運動工具，他的安全設計仍然不被重視。

我們好奇的問老師：「什麼叫錯誤的煞車方式…」，老師說現在的腳踏車重量輕、重心高、且制動設計不錯加上優異的變速設計，很輕易的可以把速度騎到 30km/hr 以上，若遇到突發狀況必須緊急煞車，尤其是前後煞使用順序錯誤，很容易造成翻覆的狀況。因為正確的煞車方式是先煞後輪再煞前輪，幾乎每個車友都知道，但是緊急時哪記得那麼清楚，忘記正確的煞車順序，造成不少人的遺憾。

聽到老師的一席話，我們很納悶，台灣不是腳踏車王國嗎？為什麼那麼重要的安全設計，幾十年來仍沒有人用心改良。我們不能只把安全消極的寄託在養成良好的騎乘習慣、放慢速度、避免人為疏忽上，因為人不是機器不可能永遠專心。現在的自行車已不只是代步工具而已，很大比例的人把它視為運動競速的工具。高科技的車身設計重量越來越輕、外型越來越炫、不但跑得快煞車更靈敏，因此摔車事件更層出不窮。根據研究：緊急狀況出現→認知→判斷→操作→煞車，從認知到操作煞車僅有短短的 0.55 秒反應時間，哪還記得要先煞後輪再煞前輪。這項煞車順序的動作，難道不能由裝置控制改進嗎？

我們發現一項嚴重的問題，國內(也是國際)兩大自行車製造廠捷安特(G)與美利達(M)左、右把手上的前、後煞位置剛好相反，習慣(G)牌車的人換騎(M)牌車很容易按錯把手，導致先急煞到前輪而發生翻車的意外。若能設計一種前、後輪煞車延遲連動裝置，當突發狀況發生的第一時間，先煞前後輪將車速急降，然後利用卡勾塊限制讓前煞不至於鎖死，等速度降低之後前輪才能完全煞住，這樣就可避免因錯誤的煞車而引起的翻車事故。

經過跟老師討論後，整理出研究改良煞車裝置必需具備的相關知識有：
機械力學同平面力系的力矩、力系之平衡、重心之求法、摩擦角與靜止角，滾動摩擦、滑動摩擦，直線運動的速度與加速度等。

貳、研究目的：

- 一、探討先煞前輪易導致翻車的原理及相關力學分析。
- 二、設計幾種前輪急煞防鎖死煞車裝置，再選出操作容易、構造簡單及實用的設計。
- 三、依選用之裝置，利用電腦模擬其作動路徑並分析其構件間的作用及力學推導。
- 四、進行材料的摩擦試驗，選定適當材料製作不同角度之卡勾塊，測試組裝後之操作靈活度並研究測試與力學推導之關係。
- 五、調整連動鋼索定位器以測試各種延遲煞車裝置的煞車效能，並找出前、後輪胎與地面之滾動摩擦與滑動摩擦的煞車範圍。

參、研究設備器材

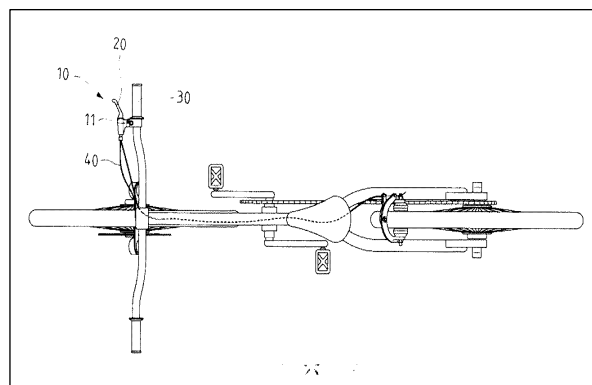
- 一、 舊有自行車之煞車裝置(鋁製煞車把手)
- 二、 Inventor 電腦應用軟體
- 三、 測試摩擦係數的材料(鋁、低碳鋼、壓克力、尼龍、橡膠)
- 四、 銼刀、精密虎鉗、鑽床、銑床、游標卡尺、精密角度儀等
- 五、 可用的舊型自行車(煞車系統正常的)
- 六、 新型自行車
- 七、 自行車測速器
- 八、 數位相機、攝影機
- 九、 電腦及視訊編輯軟體
- 十、 標竿、碼表、皮尺

肆、研究過程

一、蒐集資料

(一)過去類似的研究資料蒐集

在本國的智慧財產局網站上我們找到一項類似我們要研究的產品，它的專利名稱爲具同時連動煞車線之自行車煞車握把結構(附件一)，它的結構只有單一煞車把手，而該單一把手有兩條煞車線，當煞車時後煞的煞車線先作用，接著前煞車才產生作動，但後煞的煞車力永遠比前煞大。



另一項是 2008 第 48 屆全國中小學科學展覽高中組／生活與應用科學類得獎作品-自行車煞車改進裝置(附件二)，雖然它兩邊煞車把手之作用均能讓後煞的煞車線先作用，但缺點仍與上述專利案一樣，後煞的煞車力永遠比前煞大，以致第一時間制動力較差且左右煞無法獨立作用。

(二)前煞車把手應該裝在車把的那一邊？前輪煞車力大還是後輪？(網路參考資料 2.)

該用右手還是左手控制前煞車？這是目前頗具爭議的話題。有些騎士主張最好用比較強壯的右手(以右撇子而言)控制後煞車。然而機車騎士一直都是以右手控制前煞車，所以同時是機車騎士又是自行車騎士的人通常會採用相同的安排，以免造成困擾。

煞車把手裝在車把的那一邊並不是決定性的因素，重要的是你要懂得如何用前後煞車，並靈巧地操控。雙手都可經過訓練而變得靈巧，一旦習慣後就不要隨意改變，否則在緊急的時候還在思考那個把手控制那個輪子豈不很糟？

根據研究資料顯示煞車最好的煞車方式，並非是前後輪煞車力各 50%，而是"前 7 後 3" 前輪煞車力道 70% 後輪 30%，視情況增加後輪力道調整重心，不可只煞前輪或後輪，十分的危險。

1.汽車輪胎滑動摩擦係數參考值表(網路參考資料 6.)

		乾 燥		潮 濕	
		48km/h 以下	48km/h 以上	48km/h 以下	48km/h 以上
混凝土路面	新路	0.80—1.00	0.70—0.85	0.50—0.80	0.40—0.75
	交通量比較小的公路	0.60—0.80	0.60—0.75	0.45—0.70	0.45—0.65
	交通量比較大的公路	0.55—0.75	0.50—0.65	0.45—0.65	0.45—0.60
瀝青路面	新路	0.80—1.00	0.60—0.70	0.50—0.80	0.45—0.75
	交通量比較小的公路	0.60—0.80	0.55—0.70	0.45—0.70	0.40—0.65
	交通量比較大的公路	0.55—0.75	0.45—0.65	0.45—0.65	0.40—0.60
	焦油過多的公路	0.50—0.60	0.35—0.60	0.30—0.60	0.25—0.55
鋪砂子的公路		0.40—0.70	0.40—0.70	0.45—0.75	0.45—0.75
灰渣搗實的公路		0.50—0.70	0.50—0.70	0.65—0.75	0.65—0.75
平坦的冰路面		0.10—0.25	0.07—0.20	0.05—0.10	0.05—0.10
雪壓實的路面		0.30—0.55	0.35—0.55	0.30—0.60	0.30—0.60

二、探討問題發生的原因

探討先煞前輪易導致翻車的原理及相關配合因素。

由腳踏車動力學分析得知

公式推導

依據牛頓第二運動定律 $F = m \cdot a$

當煞車時車之推力 $F = ma$

車之重量 $W = mg$

$ma \times l = mg \times d \Rightarrow a \times l = g \times d$

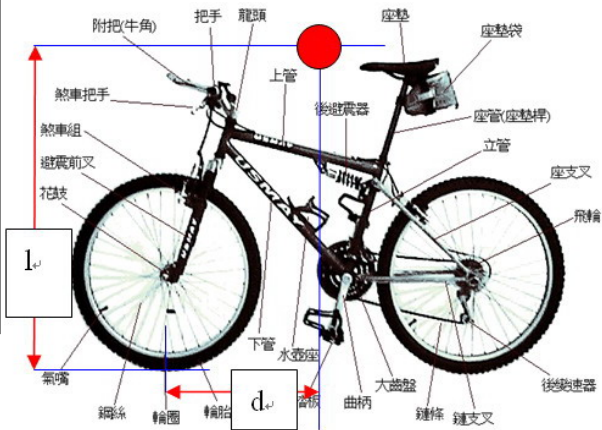
$\therefore a = \frac{v_0^2}{2S}$ 代入上式 $\Rightarrow \frac{v_0^2}{2S} \times l = g \times d$

v_0 : 車速

S : 煞車距離

d : 重心與煞車點的水平距離

l : 重心與煞車點的垂直距離



$$\frac{v_0^2}{S} = \frac{2gd}{l}$$

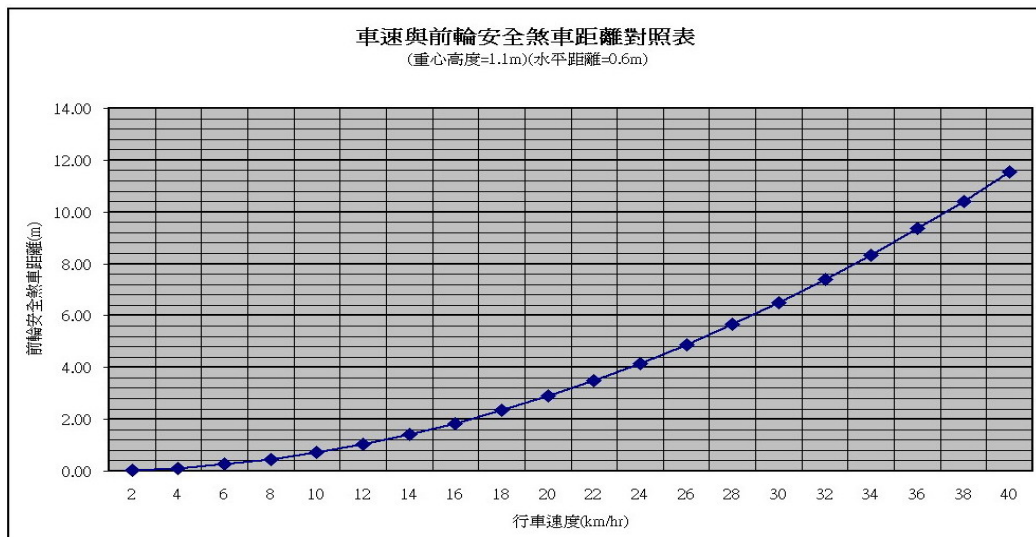
當 g 、 d 、 l 均為常數時，速度的平方與煞車距離成正比

根據資料，輪胎與瀝清地面的摩擦係數為 $0.6 \sim 0.8$ ，故摩擦力 $f = \mu \times mg = ma \Rightarrow \therefore a = \mu \times g$

其減速度最大應為 $0.8 \times 9.8 = 7.84 \text{ m/sec}^2$ ，經公式算出的結果，在不同條件下(註二)最大的減速度為 7.1 m/sec^2 ，也就是說減速度都未超過 7.84 m/sec^2 ，在煞車過程中並不會產生滑動，此與本研究的公式推導完全吻合。

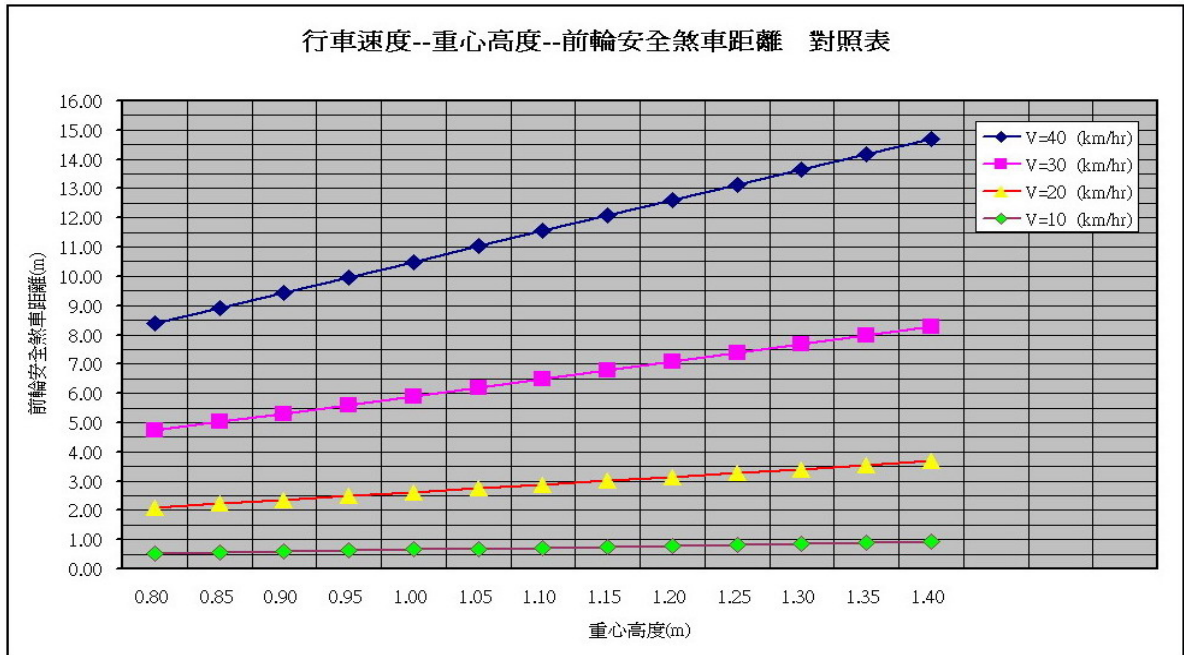
為求測量的精準度 我們利用推導出的公式做了一些速度與煞車距離的曲線圖表

(一) 車速與煞車距離之關係



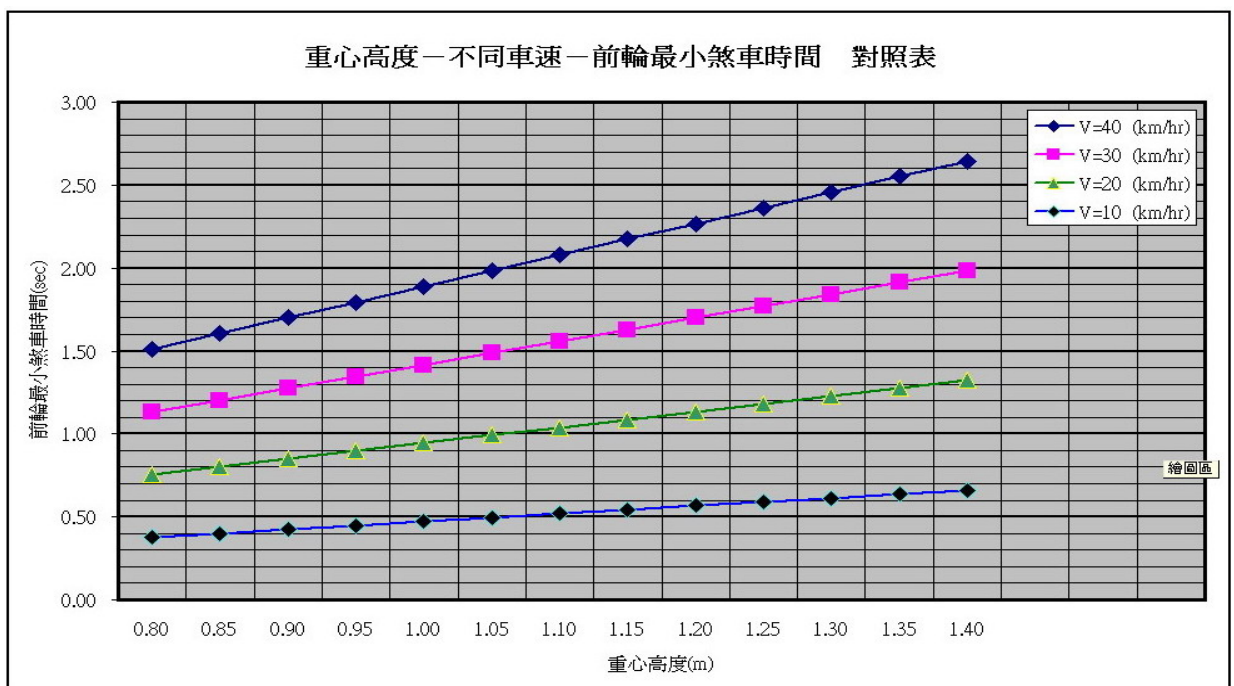
車速越快，相對的煞車滑行距離就要越長。例如：當行車速度在 24 km/hr ，重心高度為 1.1 m ，重心與煞車點的水平距離為 0.6 m 時，煞車距離必需在 4 m 以上才不會翻車，否則當煞車距離在 4 m 以下時，先煞前輪就會翻車。

(二) 重心高度與煞車距離之間的關係圖



重心與煞車距離成正比。重心愈高,相對的煞車距離就要越長,例如:當行車速度在 30km/hr 時,高度為 1.1m 必需煞車 6.5m 以上才不會翻車。當煞車距離在 6.5m 以內時,先煞前輪就一定會翻車。

(三) 重心高度與煞車時間之間的關係圖(重心高度與煞車時間成正比)



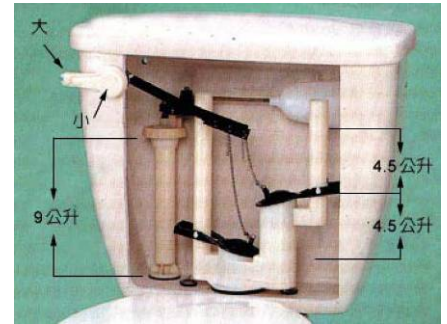
重心愈高,相對的煞車時間就要越長,例如:當行車速度在 30km/hr 時,高度為 1.1m 必需煞車 1.55sec 以上才不會翻車,當煞車時間在 1.55sec 以內時,就會翻車。

三、研究並解決問題

針對上述發現的問題，經由本小組討論並參考收集的資料提出幾種設計方案，再請我們的指導老師給予指導並提供不同的解決意見。在集思廣益下我們共構想出三種自行車前輪防鎖死、安全煞車裝置，並做進一步的製作、實驗與討論，最後研究出第四種更具實用性與安全性極佳的煞車連動裝置。

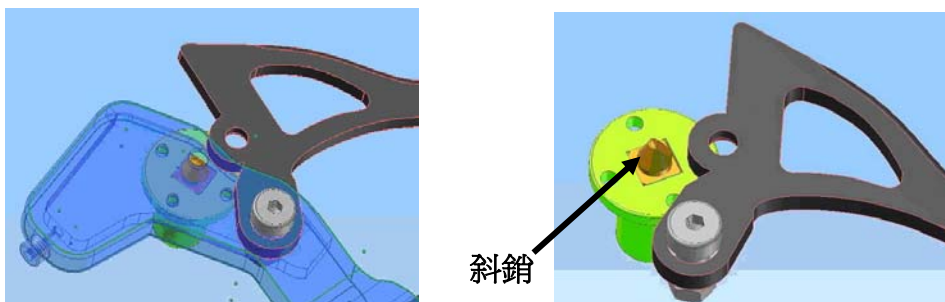
(一)、第一種構想 二段式煞車裝置的設計

把抽水馬桶中的二段式沖水裝置運用在腳踏車的兩段式煞車上，希望能達到先煞後輪再煞前輪的目的。但跟老師一起討論後認為；若腳踏車的前後煞車都集中在把手的一邊，而且先作動的後煞作用力遠大於前煞。我們一致認為要後煞車優先，但前煞車仍應有獨立的操控作用。因此老師提供我們往插銷連動的方向去思考。 [右圖取自(網路參考資料 4)]



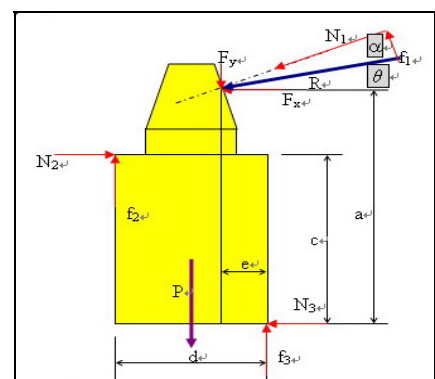
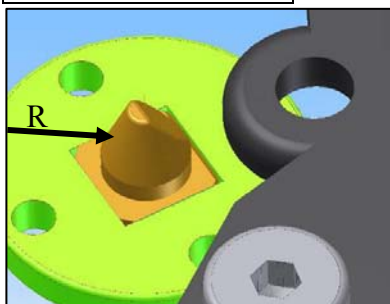
(二)、第二種構想 利用斜銷控制煞車連動裝置的設計

利用斜銷控制的連動裝置，如下圖所示，其中斜銷是由後煞車連一條煞車線所帶動，後煞車把手未按壓前，前煞車把手被彈簧作動的斜銷卡住無法按壓，一定要後煞動作到設定的位置後，斜銷被連動線帶動往下拉，前煞把手才能動作，產生前輪延遲的煞車作用。



斜銷的前斜角與後斜角必須是不同的，因為前斜角的摩擦力必須大於前煞車把手的作用力，並且前斜角的角度不能等於零，否則前煞車把手一出力，後煞車把手便需有很大的力量才能將斜銷拔出，因此前斜銷角度的設計便很重要，至於後斜銷角度應大一點，只要前煞車把手的回彈力量足以頂開斜銷即可所以我們請老師教我們相關的摩擦力學公式並由老師引導推導。

斜銷構造與力學分析



以下為本研究推導出來的公式(註一)

假設：

$$F_x = R \times \cos \theta$$

$$F_y = R \times \sin \theta$$

$$P = \frac{\mu}{c} [(2a - c - \mu d)F_x + (2e - \frac{c}{\mu} - d)F_y]$$

$$P = \frac{0.2}{15} \times [(2 \times 20 - 15 - 0.2 \times 10) \times R \times \cos \theta + (2 \times 3 - \frac{15}{0.2} - 10) \times R \times \sin \theta]$$

$$P = [\frac{1}{75} \times (40 - 15 - 2) \times \cos \theta + (6 - 75 - 10) \times \sin \theta] \times R$$

$$P = (\frac{23}{75} \times \cos \theta - \frac{79}{75} \times \sin \theta) \times R$$

$$a = 20$$

$$c = 15$$

$$d = 10$$

$$e = 3$$

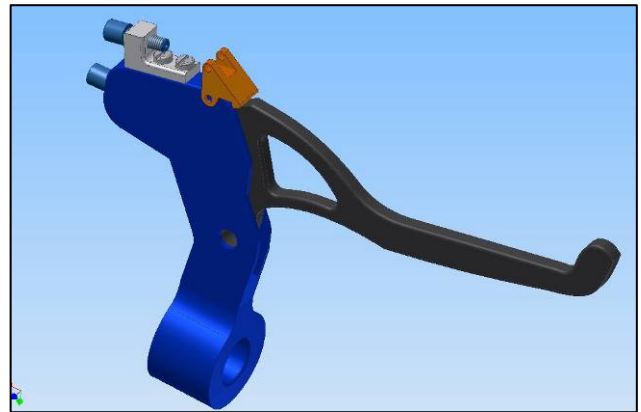
$$\mu = 0.2(\text{摩擦係數})$$

以上可以找到後煞車連線拉力 P 與前煞車把手作用力 R 之間的關係。

(三)、第三種構想 卡勾塊煞車連動裝置的設計

第二種構想理論上是可行的，但在實際製作上比較複雜，因此我們與老師討論之後，決定製作構造與改裝比較簡單的『卡勾塊扣件』前輪延遲煞車裝置，如(右下圖所示)：

本裝置也牽涉到斜角的連動力量問題，若卡勾塊的面剛好與作用力成垂直，則垂直力所產生的摩擦力最大，如此將會加大後煞車把手的施力。但是如果卡勾塊的傾斜面角度過大，則前煞車把手一施力卡勾便會滑開無法被扣住。因此如何在緊急狀況前、後煞車第一時間同時啟動時，能先卡住前煞車把手，然後以後煞車把手的連動線輕鬆的撥開卡勾塊，這就是本研究的重點。



1. 選擇較適當的卡勾塊材料(金屬材料的表面光度均以 18S 為基準)

在決定卡勾塊角度之前，我們必須先選擇卡勾塊的材料，並找出每一種材料的摩擦係數(μ)，也就是找出材料相互間的摩擦角(θ)。[其中 $\mu = \tan(\theta)$]

以下是找出材料間摩擦係數的實驗過程。

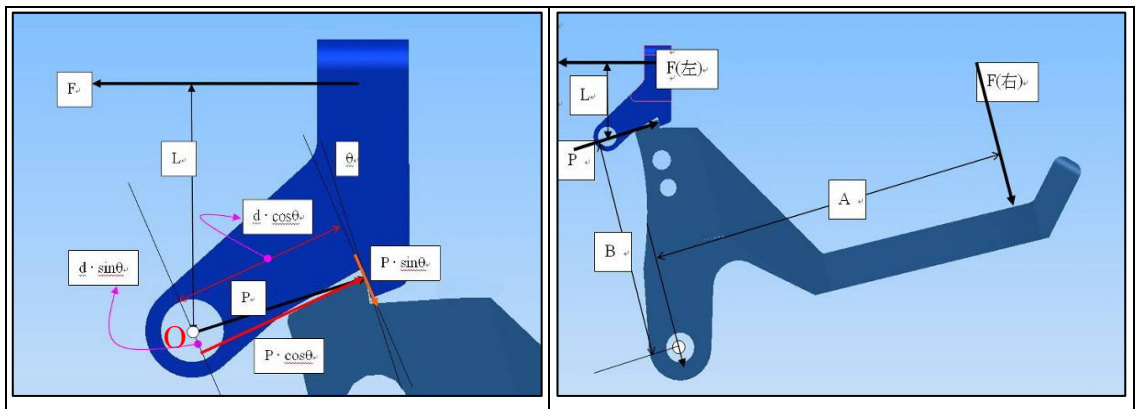
<p>利用精確的角度儀找出各材料間的摩擦角，連續做三次實驗並記錄每次實驗之角度值。</p>	<p>將實際量測到的各組材料的摩擦角登記於黑板上</p>

由實驗得知的各種物質間之摩擦角列表如下(以三次平均值做爲卡勾塊斜角設計之參考)

材料	橡膠	鋁	中碳鋼	壓克力
橡膠	48°	X	X	X
	49°			
	47°			
鋁	38°	19°	X	X
	38°	20°		
	38°	21°		
中碳鋼	29°	14°	16°	X
	30°	14°	18°	
	31°	15°	16°	
壓克力	50°	28°	23°	19°
	54°	27°	24°	19°
	50°	26°	23°	21°

2. 卡勾塊的力學分析

各材料間之摩擦角測出之後，其卡勾塊斜角之值必須再經由摩擦力學分析來決定，以下爲本研究之卡勾塊的力學分析



$$P \times \cos \theta \times d \times \sin \theta - \mu P \times \cos \theta \times d \times \cos \theta = 0$$

$$\cos \theta \sin \theta - \mu \cos \theta \cos \theta = 0$$

$$\mu = \tan \theta$$

$$\text{靜摩擦係數} = \mu = \tan \alpha$$

以O爲力矩中心

$$F \times L + P \times \cos \theta \times d \times \sin \theta - \mu P \times \cos \theta \times d \times \cos \theta = 0$$

當 $\theta = 0$

$$F \times L - \mu P \times d = 0$$

當 $\theta \neq 0 \Rightarrow \Rightarrow$ 且 $\theta = \alpha \Rightarrow \Rightarrow \mu = \tan \theta$

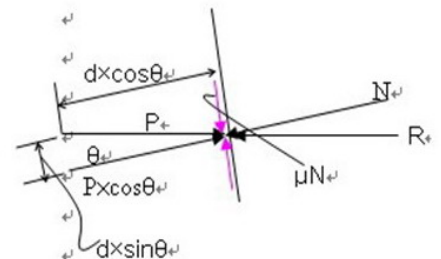
$$F \times L + P \times \cos \theta \times d \times \sin \theta - \tan \theta \times P \times \cos \theta \times d \times \cos \theta = 0$$

$$F \times L + P \times \cos \theta \times d \times \sin \theta - \sin \theta \times P \times d \times \cos \theta = 0$$

$$F \times L = 0$$

亦即 $F = 0$

所以只要 $\theta = \alpha$ 不必拉力就自動滑掉



依上述公式推導，可更進一步找出左把手(後煞)與右把手(前煞)之作用力公式

$$F(\text{左}) = -(P \times \cos\theta \times d \times \sin\theta - \mu P \times \cos\theta \times d \times \cos\theta) / L$$

$$F(\text{左}) = -(F(\text{右}) \times A / B) \times d \times (\cos\theta \times \sin\theta - \mu \times \cos\theta \times \cos\theta) / L$$

其中 A 為 F(右)到旋轉中心 O 的距離，B 為 P 到旋轉中心 O 的距離，將公式列為數據可更清楚得知左把手(後煞)與右把手(前煞)之作用力關係

左把手(後煞)與右把手(前煞)之作用力與勾銷傾斜角之關係

鋁-鋼						
F(N)(左)	θ	α	p(N)	d(mm)	L(mm)	F(N)(右)
33.5	0	14	156	11	13	100
31.2	1	14	156	11	13	100
28.8	2	14	156	11	13	100
26.4	3	14	156	11	13	100
24.0	4	14	156	11	13	100
21.6	5	14	156	11	13	100
19.2	6	14	156	11	13	100
16.8	7	14	156	11	13	100
14.4	8	14	156	11	13	100
11.9	9	14	156	11	13	100
9.5	10	14	156	11	13	100
7.1	11	14	156	11	13	100
4.7	12	14	156	11	13	100
2.4	13	14	156	11	13	100
0.0	14	14	156	11	13	100
-2.3	15	14	156	11	13	100

θ : 為勾銷的傾斜角度

α : 為材料間的摩擦角

鋁-鋁						
F(N)(左)	θ	α	p(N)	d(mm)	L(mm)	F(N)(右)
49.0	0	20	156	11	13	100
46.6	1	20	156	11	13	100
44.2	2	20	156	11	13	100
41.8	3	20	156	11	13	100
39.4	4	20	156	11	13	100
36.9	5	20	156	11	13	100
34.4	6	20	156	11	13	100
32.0	7	20	156	11	13	100
29.5	8	20	156	11	13	100
27.0	9	20	156	11	13	100
24.5	10	20	156	11	13	100
22.0	11	20	156	11	13	100
19.5	12	20	156	11	13	100
17.0	13	20	156	11	13	100
14.5	14	20	156	11	13	100
12.1	15	20	156	11	13	100
9.6	16	20	156	11	13	100
7.2	17	20	156	11	13	100
4.8	18	20	156	11	13	100
2.4	19	20	156	11	13	100
0.0	20	20	156	11	13	100
-2.3	21	20	156	11	13	100

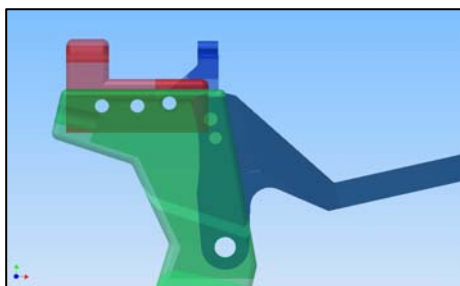
3. 實驗與力學推導結果分析

本組經過討論與力學分析後，發現鋁對鋁卡勾塊的傾斜角 $\theta = 0^\circ$ 時，則右把手施力為 100N，左把手必需要 49.0N 之力才可扳開卡勾塊，當緊急煞車時便會造成左把手煞車之額外的負擔，這樣並不符合本設計的要求。

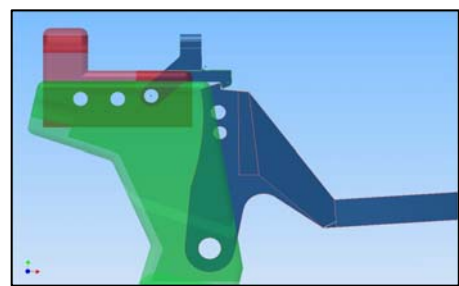
如果將鋁對鋁卡勾塊的傾斜角設為 20° 以上，也就是傾斜角等於或大於摩擦角時，右把手施力時便會直接從卡勾塊的斜面滑開，亦失去了本設計的功能。

所以，如能將卡勾塊的傾斜角製成接近但不等於摩擦角，便可以很小的力量拉開卡勾塊，例如上列數據中鋁對鋁的摩擦中，摩擦角為 20° ，卡勾塊傾斜角製成 19° ，則當右把手施力為 100N 時，左把手只要 2.4N 之力便可扳開卡勾塊，而達到先後煞再前煞的目的。

(四)、卡勾塊煞車連動裝置的改良---加長型卡勾塊



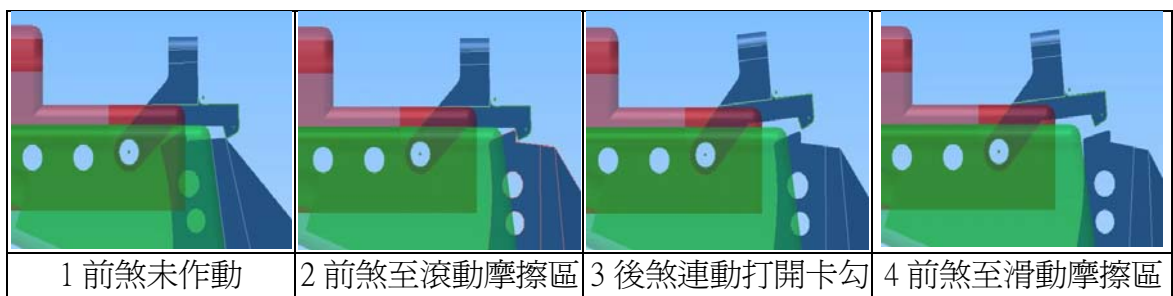
第三種設計卡勾塊未開啓，限制了前煞的作用



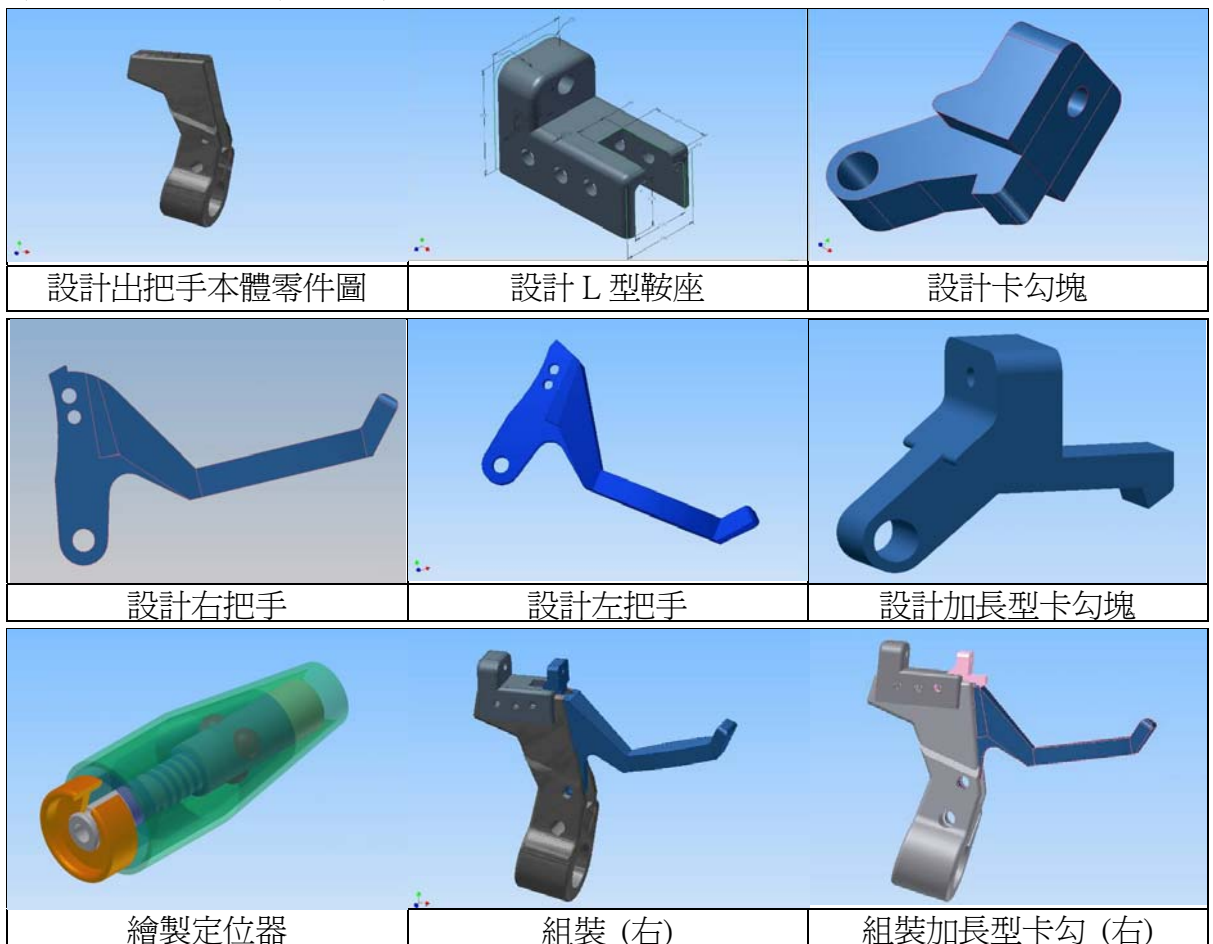
加長型卡勾塊尚未開啓，前輪也能煞車(滾動摩擦區)

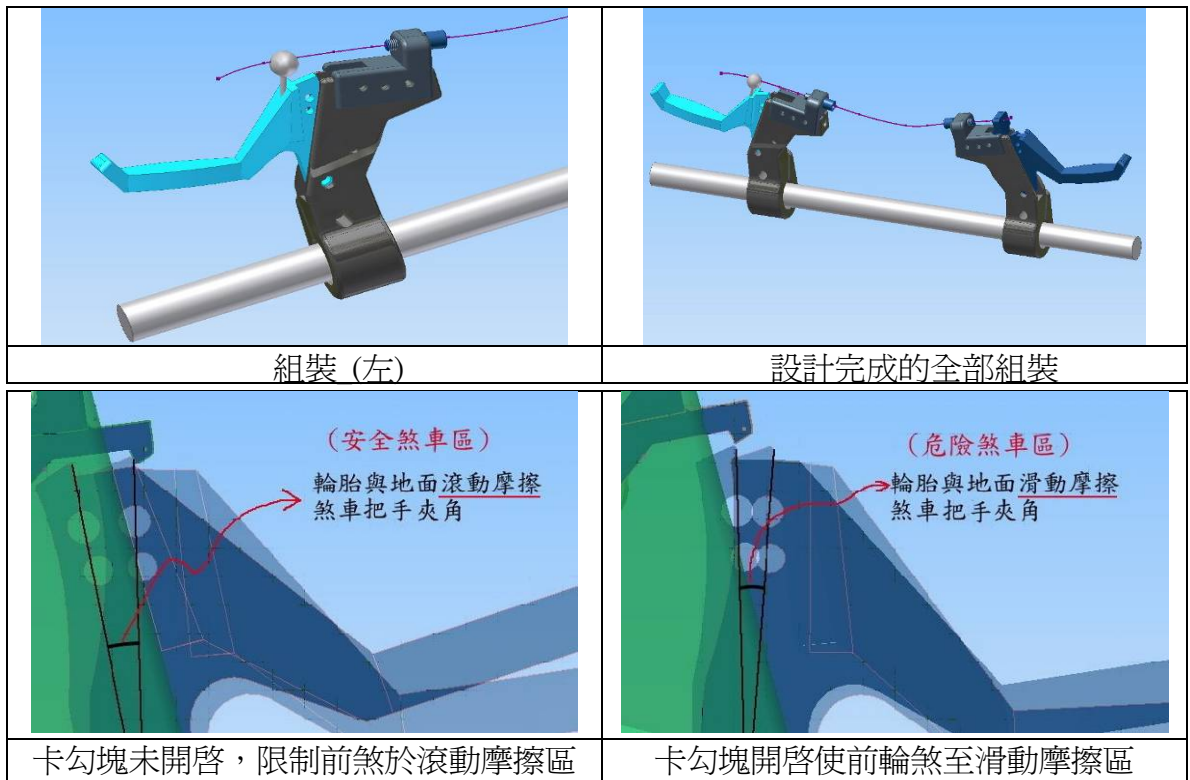
經由裝機實驗後，發現第三種設計的防鎖死煞車裝置的確可以避免前煞先作用導致鎖死的危險，但同時卻也限制了前煞獨立煞車的功能(後煞未作動前，前煞無法作動)。

爲了克服這個缺點，經過與老師的不斷討論，發現先煞前輪會產生翻車的原因是前輪與地面由滾動+滑動摩擦變成純滑動摩擦，此時輪胎與地面若無滑動，就會形成力學所謂的傾倒作用而讓自行車翻轉。所以，我們找出解決的方法，就是加長卡勾塊的長度讓前煞把手的卡部可以按壓一段距離後(輪胎與地面之滾動+滑動摩擦範圍)再接觸卡勾塊，也就是說前煞也有獨立操作的功能，但鎖死前輪的關鍵位置則由卡勾塊加以限制，如此就可以得到前、後煞都可以先獨立操作，直到後輪完全煞住後才會開啓前煞的鎖死位置。如下即是前煞由開始煞車至完全煞住前輪的過程圖。

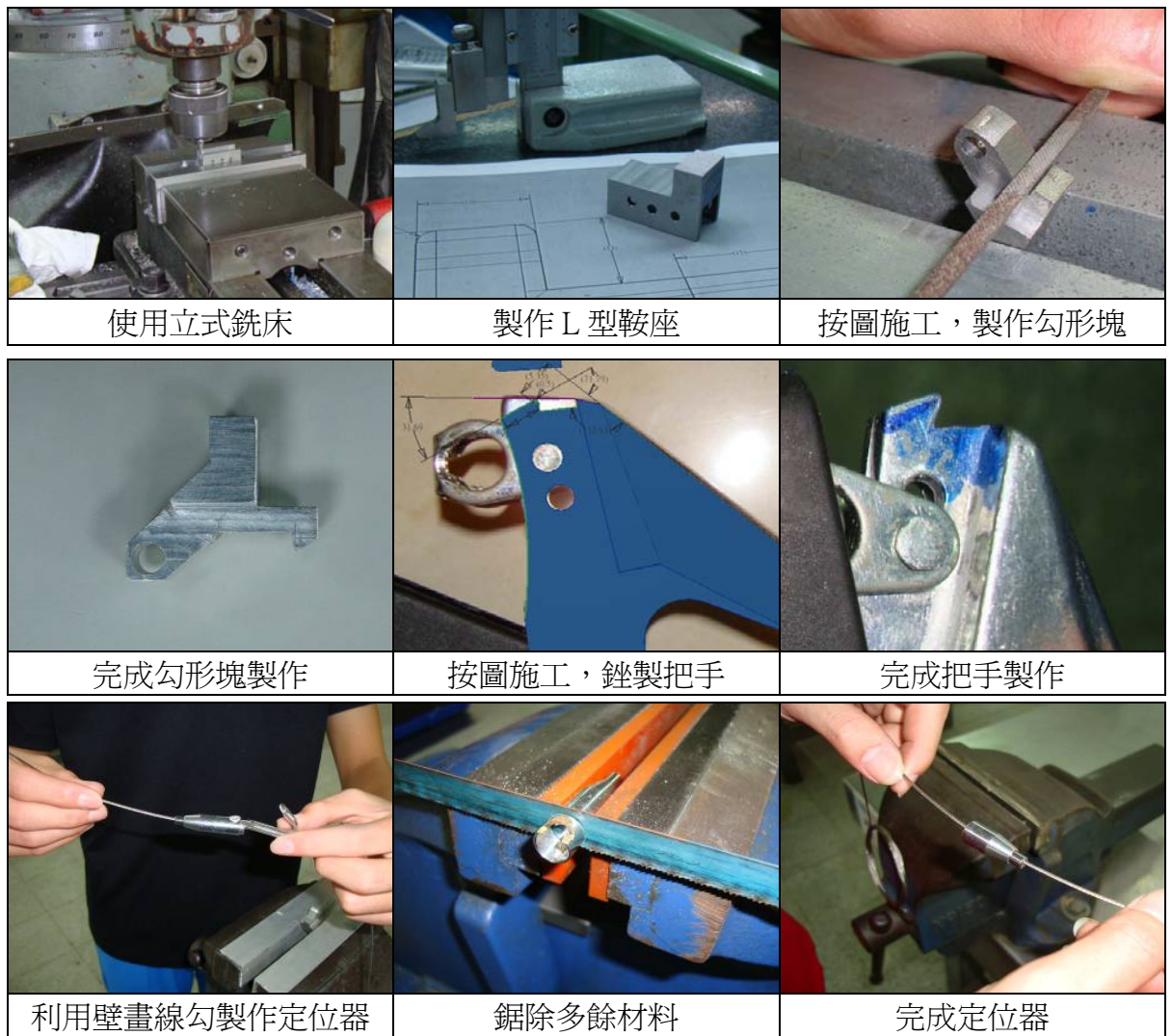


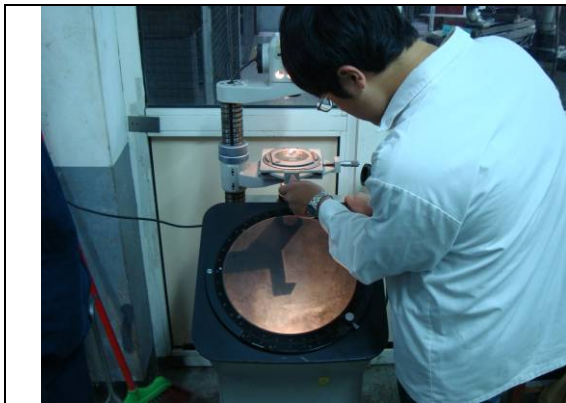
(五)、 利用繪圖軟體(Inventor)設計卡勾塊煞車連動裝置並以電腦動畫模擬裝置之動作



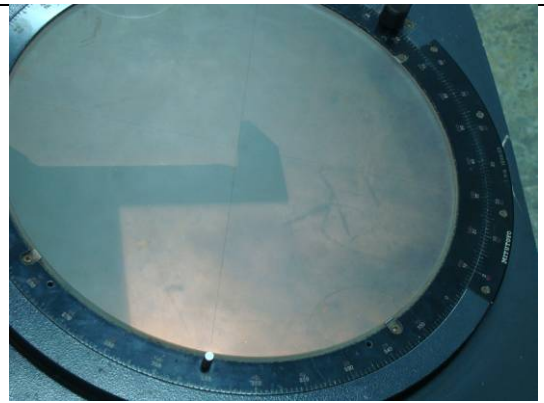


(六)、本裝置之零件製作與組裝





利用光學投影機量測卡勾塊角度



量測出卡勾塊傾斜角度為 10°



左把手構件組裝



右把手構件組裝



左右把手組裝全圖

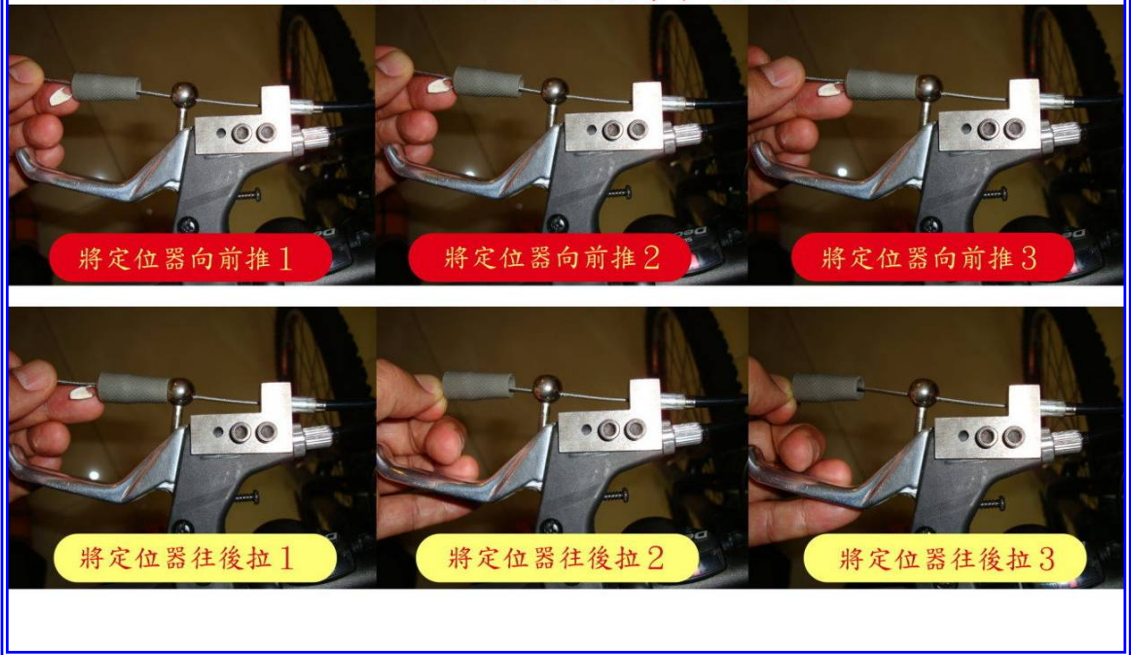


自行車組裝完成圖

本裝置各部位零件名稱



定位器前後移動簡單迅速



七、自行車前輪防鎖死、安全煞車裝置功能測試與實際騎乘實驗紀錄
 實驗基本條件：(人車重心高度：1.1m，水平距離：0.6m)

(一)、未安裝本裝置之前輪緊急煞車實驗(利用攝影機實地拍攝)



車速約為 6 km/hr 前輪急煞鎖死後輪已離地

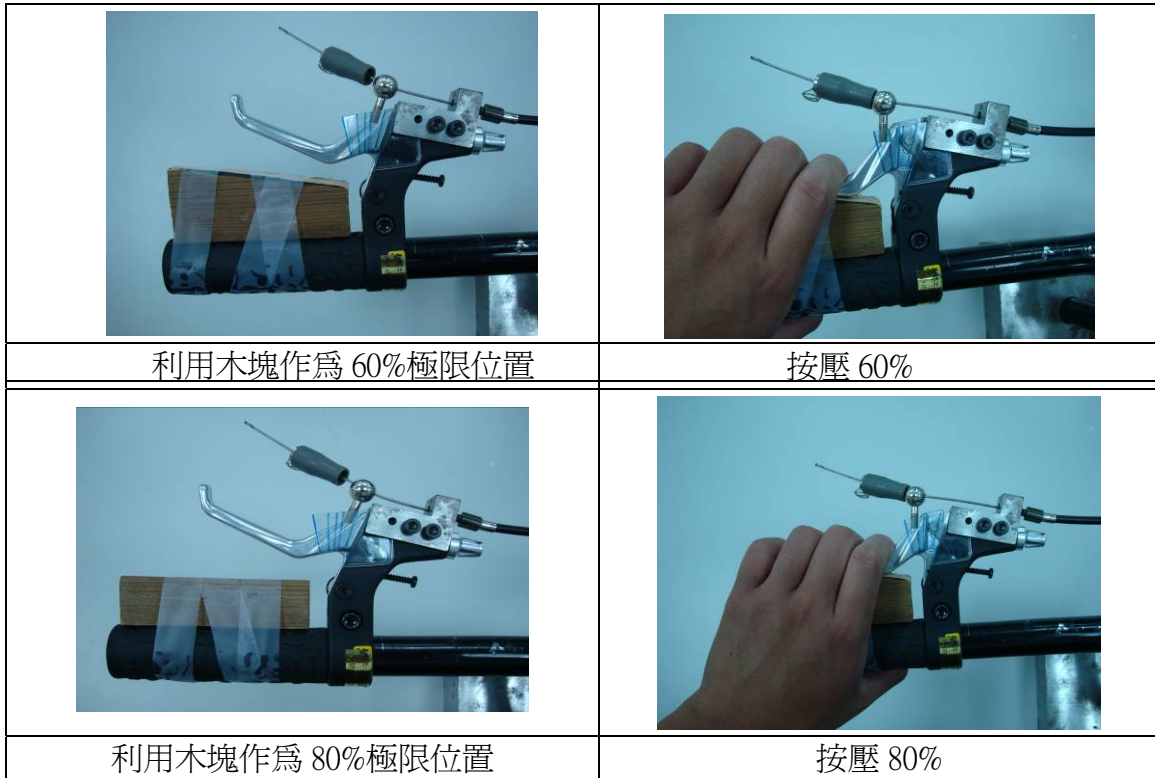
車速約為 7 km/hr 前輪急煞，接近前空翻

車速	第 1 次	第 2 次	第 3 次	煞車器廠牌
緊急前煞之前空翻極限時速(km/hr) (以後輪離地做為判別)	5.5	6	5	M 牌
	6	6.5	6	G 牌

實驗結果：未安裝本裝置測試時只要車速超過約 6 km/hr，一旦緊急按前煞車即有前翻的可能(以一般緊急煞車為實驗條件)

(二)、裝上加長型卡勾塊煞車連動裝置之煞車實驗(採用 M 牌煞車器二款車種)

1. 本實驗係為找出後煞把手煞車百分比以做為扳開卡勾塊的最佳時機。



實驗項目		MTA520				MTA510			
		前輪		後輪		前輪		後輪	
行車速度 (km/hr)	煞車百分比	滾動	滑動	滾動	滑動	滾動	滑動	滾動	滑動
10	50%	○		○		○		○	
	60%	○		○		○		○	
	70%	○		○		○		○	
	80%		○		○		○		○
	90%		○		○		○		○
	100%		○		○		○		○
15	50%	○		○		○		○	
	60%	○		○		○		○	
	70%	○		○		○		○	
	80%		○		○		○		○
	90%		○		○		○		○
	100%		○		○		○		○
20	50%	○		○		○		○	
	60%	○		○		○		○	
	70%	○		○		○		○	
	80%	○		○		○		○	
	90%		○		○		○		○
	100%		○		○		○		○
25	50%	○		○		○		○	
	60%	○		○		○		○	
	70%	○		○		○		○	
	80%	○		○		○		○	
	90%		○		○		○		○
	100%		○		○		○		○

2. 後煞把手煞車百分比為自行車行進間，煞車把手開始作用至完全煞死為區分。
3. 實驗基本條件：(人車重心高度：1.1m，水平距離：0.6m)
4. 依不同的車速，急壓後煞把手的百分比以觀察煞車距離的變化(每項測試二次)
5. 由滾動摩擦區進入滑動摩擦區(前煞卡勾塊被打開)
6. 按壓左、右兩邊煞車 100%
7. 煞車順序為 前、後輪煞車 80% → 後輪煞車 100% → 前輪煞車 100%

不同煞車條件之實驗數據

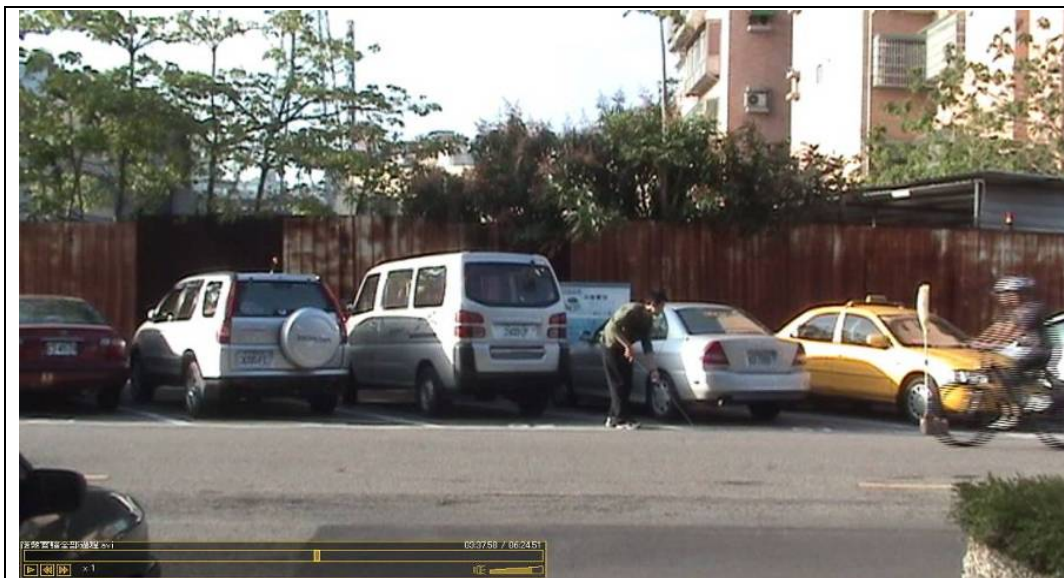
項目	V (km/hr)	V (m/sec)	MTA520(前、後煞均按) 有運動裝置					項目	MTA520(只按前煞) 無運動裝置					MTA520(只按後煞) 無運動裝置					MTA510(只按後煞) 無運動裝置					
			S(m)	t1	t2	t	a		S(m)	t1	t2	t	a	S(m)	t1	t2	t	a	S(m)	t1	t2	t	a	
滾動 摩擦 煞車 (卡勾 塊未 開啟)	50%	10	2.8	1.7	36.2	37.3	1.1	2.6	50%	2.0	22.1	23.5	1.4	2.0	2.4	12.5	14.2	1.7	1.6	2.3	25.2	26.7	1.5	1.9
		15	4.2	3.8	47.1	49.4	2.3	1.8	4.7	38.5	41.3	2.8	1.5	6.1	24.9	28.1	3.2	1.3	5.9	37.1	40.1	3.0	1.4	
		20	5.6	6.4	57.8	60.4	2.6	2.2	6.8	45.7	48.4	2.7	2.1	7.3	35.6	38.4	2.8	2.0	7.0	48.6	51.3	2.7	2.1	
		25	6.9	11.0	2.7	5.5	2.8	2.4	11.8	2.8	5.7	2.9	2.4	12.5	46.2	49.3	3.1	2.2	12.1	4.8	7.7	2.9	2.4	
		平均		5.7				2.2	6.3				2.0	7.1			1.8	6.8						1.9
滾動 摩擦 煞車 (卡勾 塊未 開啟)	80%	10	2.8	1.2	8.8	10.0	1.2	2.4	80%	2.0	14.4	15.8	1.4	2.0	2.3	7.5	9.0	1.5	1.9	1.7	11.6	12.8	1.3	2.2
		15	4.2	2.7	19.8	21.3	1.4	2.9	3.9	26.3	28.3	2.0	2.1	5.2	14.3	16.8	2.5	1.7	3.7	20.4	22.2	1.7	2.4	
		20	5.6	4.0	29.1	30.6	1.5	3.9	5.9	36.3	38.6	2.3	2.4	6.3	19.6	22.0	2.4	2.3	5.0	28.5	31.0	2.5	2.3	
		25	6.9	5.8	37.6	39.1	1.5	4.6	6.8	45.2	47.8	2.6	2.7	8.7	27.1	30.5	3.4	2.0	8.1	40.9	43.7	2.8	2.5	
		平均		3.4				3.4	4.7				2.3	5.6			2.0	4.6						2.3
滑動 摩擦 煞車 (卡勾 塊未 開啟)	前80% 後100%	10	2.8	0.9	1.8	2.9	1.1	2.5	100%	前空翻 煞車危險區	1.3	40.5	41.7	1.2	2.4	1.7	49.2	50.6	1.4	2.0				
		15	4.2	2.5	23.9	25.2	1.3	3.2			1.9	46.5	47.7	1.2	3.6	3.2	58.0	59.6	1.6	2.6				
		20	5.6	3.4	41.2	42.5	1.3	4.3			5.2	58.6	60.5	1.9	2.9	4.0	8.9	10.6	1.7	3.2				
		25	6.9	5.1	32.4	33.9	1.5	4.6			6.6	9.4	10.8	1.4	5.1	6.0	19.1	21.0	1.9	3.6				
		平均		3.0				3.7			3.8				3.5	3.7					2.9			
滑動 摩擦 煞車 (卡勾 塊已 開啟)	前80% 後100% 前100%	10	2.8	0.4	24.8	25.7	0.9	3.2	實驗 數據 意義	(1) 在滾動摩擦區煞車，前、後煞均按壓，其煞車距離明顯比只按前煞或後煞來得短。														
		15	4.2	1.3	53.4	54.3	0.9	4.6		(2) 前、後煞均按時，在滾動摩擦區，按壓50%與80%，其煞車距離相差2.3m。														
		20	5.6	2.9	3.1	4.3	1.2	4.8		(3) 在滾動摩擦區煞車只按前煞，其煞車距離比只按後煞來得短，可知前輪煞車效果較好。														
		25	6.9	4.8	11.4	12.9	1.5	4.5		(4) 前、後煞均按時，80%(卡勾塊未開)與100%(卡勾塊已開)之煞車距離相差1m，所以取後煞按壓約80%(滑動摩擦區界限)後開啟卡勾塊再繼續按壓前後、煞應屬合理的選擇。														
		平均		2.4				4.3		(5) 前80%、後100%(卡勾塊未開)與前、後均為100%(卡勾塊已開)之煞車距離相差0.6m，換言之，加上前煞之滑動摩擦煞車區便能提早0.6m將車煞住，足見本裝置除可避免前翻車之危險外，同時也可發揮良好的煞車力														

V (km/hr):初速度 V (m/sec):初速度 S(m):煞車距離 t1:煞車開始時間 t2:煞車結束時間 t:煞車總時間(sec) a:加速度(m/sec²)

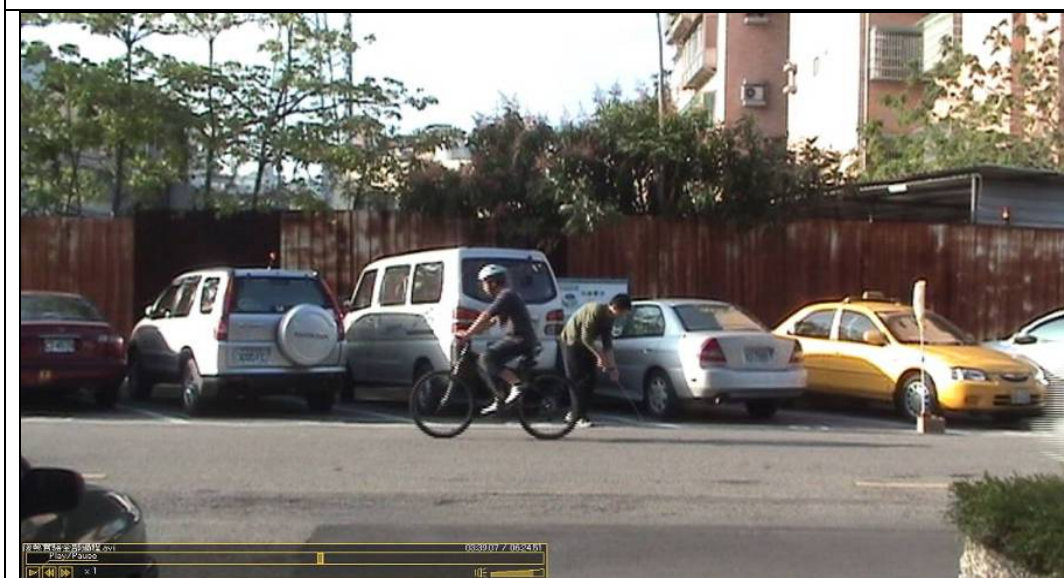
以下照片為 100%緊急前後煞車其中一實驗例：

(以 MTA520 車為例請參考上表測試實驗)

- 1.當車速為 $V=25(\text{km/hr})$
- 2.煞車滑行距離 $S=5.4\text{m}$
- 3.煞車開始時間 $t_1=11.4\text{sec}$
- 4.煞車結束時間 $t_2=12.9\text{sec}$
- 5.總煞車時間 $t = 1.5\text{sec}$
- 6.加速度 a 為 (-4.5m/sec^2) ，餘此類推。



緊急煞車，左、右把手全煞，前、後輪開始減速滑行


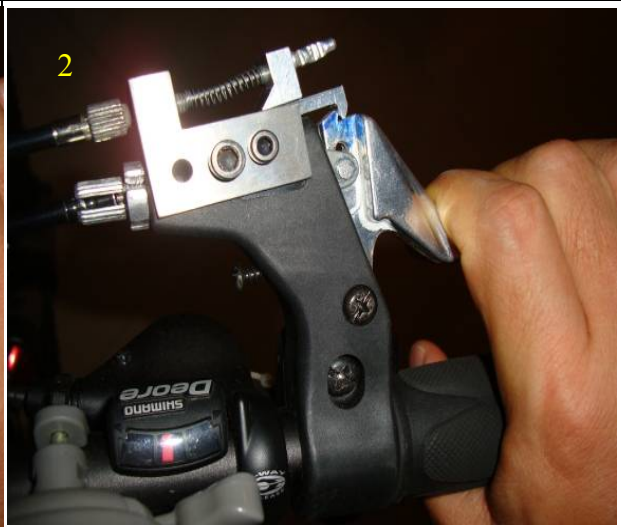

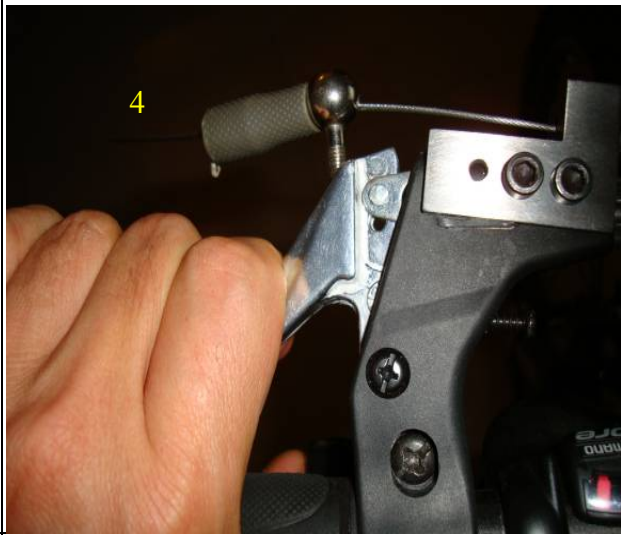



$V=25(\text{km/hr})$ 、煞車時間 1.5sec 、滑行 5.4m 後停止

依騎乘實驗的數據，我們發現在相同車速之下，按壓左右煞車 80%與 100%的煞車滑行距離很接近，換言之，連動鋼線應該在後煞壓下約 80%(此時前輪的滾動摩擦煞車已經作用)後才開啓卡勾塊，在車速急降之後再煞至前輪的滑動摩擦部即可讓自行車滑行而不會翻車(前輪絕對無法先煞至 100%)，此與本裝置的現場實驗之結果完全吻合。

本實驗給予我們調整延遲連動位置極為重要的參考，如此才不會因後煞先動作後，太早將卡勾塊打開，導致前煞作用時因速度仍很快而還會有前翻的危險。

(三)、 以下為本裝置前、後煞車的整個過程圖示：

	
<p>開始煞車(前、後煞均未作用)</p>	<p>按壓前煞至卡勾處前輪被限制在滾動摩擦區</p>
	
<p>按壓後煞使後輪與地面產生滾動摩擦減速</p>	<p>按壓後煞至滑動摩擦區同時打開卡勾</p>
	
<p>卡勾塊打開前煞可繼續壓至滑動摩擦區</p>	

伍、結論

歷經構想提出、研究方向規劃、器材準備與製作、實地實驗、數據分析與問題討論後得出以下幾項研究結果：

- 一、依據摩擦角原理，本裝置之卡勾塊與前煞車把手的卡部係靠摩擦力勾住，因此只要卡勾塊的接觸斜角小於摩擦角則前煞把手施再大的力均不會脫開，但後煞把手連動鋼線只要施小力即可拉開卡勾塊而讓前煞把手得以作動產生煞車作用。
- 二、前煞把手開始按壓至卡勾塊卡部間前輪已具有煞車作用，自行車輪胎在該階段是(滾動摩擦+滑動摩擦)的煞車效果，此時前輪未被鎖死，即前輪無固定支點，所以不會造成自行車的前翻。
- 三、前輪先煞車的最大缺點是緊急煞車讓前輪鎖死而造成翻車，本研究就是針對該缺點加以改進，使前輪在平時可以發揮煞車減速的功能，在緊急煞車時又可以防止前輪被鎖死以避免翻車。
- 四、本實驗根據高職課程中的力學牛頓運動定律推導出我們所需的公式，配合我們的實驗數據，實際比較後，結果確實可以達到我們預期規劃的目的，即測量出速度和煞車的距離，以利分析。
- 五、由公式推導與實驗得知車速與安全煞車距離係呈二次曲線的關係，所以自行車在高速行駛且使用傳統的煞車裝置就必需有相當長的煞車距離，否則很容易翻車。

陸、討論及應用

- 一、本裝置之前、後煞車第一時間均有獨立的煞車作用(調整車速)，緊急煞車時，如果先按壓前煞則前輪將被限制在(滾動+滑動)摩擦區且可以產生相當的減速作用，待後輪已煞住連動線拉開卡勾塊，前輪就能繼續煞至滑動摩擦區，完成前、後輪減速—後輪煞住—前輪煞住的煞車順序，避免前煞把手直接壓至滑動摩擦區而發生意外。
- 二、延遲煞車的最佳連動位置是依實驗求得，經本研究找到的車速在 25km/hr 以下，連動位置應該在後煞把手煞車約 80% 的時候(滾動+滑動摩擦區與滑動摩擦區的界限)啟動卡勾塊，讓前煞車把手開始動作。
- 三、材料間之摩擦角的應用，也是本研究之主要發現，因為卡勾塊的斜角若小於摩擦角，則無論前煞把手施力多大均無法打開，而後煞把手卻只要輕輕一撥即可連動打開前煞卡勾。
- 四、先前習知的煞車裝置(附件一、二)，均是先後煞再前煞，但在未進入滑動摩擦區內調整車速應讓前、後煞均能獨立操作，不應把前、後煞均綁在一起，只有在緊急煞車進入滑動摩擦區時才需先後煞再前煞，這也是本研究優於習知的地方。
- 五、下坡時速度快、重心往前，而煞車力量幾乎都落在前輪，此時本連動裝置便可發揮獨立煞車的功能，前、後煞的力道可調整為較適當的前大後小。
- 六、本煞車裝置的延遲時間可依個人習慣利用延遲定位器快速調整，甚至不用此裝置之連動時也只要將延遲定位器透過連動鋼線將卡勾塊拉起，如此的煞車條件就與一般的左右煞車完全相同，給與一般的使用者有多重的選擇空間。
- 七、可將定位器調至最佳延遲位置，配合個人需求以適應不同環境，如習慣高速行駛，可移動定位器至後煞把手約 85%~95% 才啟動卡勾塊，未來更可研究如何利用車速將定位器自動移至最適位置，使本裝置更臻完備。
- 八、本研究的結構非常簡單，組裝也非常容易，若大量生產可更進一步分別將左右煞車把手一體成型，與傳統的把手裝置比較，沒有複雜的裝置也不會增加多少成本，而安全性卻大大提昇，很值得推廣。

- 九、本研究所引用的推導公式 $\frac{v_0^2}{S} = \frac{2gd}{l}$ 值得一般自行車騎士參考。

捌、參考資料及其它

一、 書籍

書名	作者	出版社	出版年	教學單元	頁數
機械力學(I)	陳海青	全華圖書股份有限公司	95年	力矩	32~35
				同平面不共點力系的平衡	72~75
				面的形心之求法	95~102
				滑動摩擦、滾動摩擦	110~111
				摩擦係數、摩擦角、靜止角	117~118
				速度、加速度	113~140
工職數學◎ I	趙文龍	台科大圖書股份有限公司	96年	三角函數	29~79
機械製造(II)	林英明、林昂	全華圖書股份有限公司	95年	鑽床	43~44
				銑床	87~89
				工件量測	163~178

二、 網路參考資料

標題	網址
(1)新型單車暗藏翻車危機	http://www.mesotw.com/bbs/redirect.php?fid=11&tid=1854&goto=nextnewset
(2)該用前煞還是後煞？	http://tw.myblog.yahoo.com/jw!N0.58VqLEwM86GZi5QZM/article?mid=681
(3)自行車煞車原理	http://163.32.84.102/cyberfair/2004%E5%B9%B4/%E5%9C%8B%E5%B0%8F%E7%B5%84/Work/C0419970390/a1.htm
(4)省水馬筒	http://www.wcis.itri.org.tw/Upload/QUARTC/000252/18-5.pdf
(5)煞錯邊 單車釀死亡事故	http://www.howone.com.tw/bike/news.php?uid=19&id=4293
(6)動摩擦係數參考值表	http://www.gxjt122.com/down/jtsg.doc

(附件一)：

習用產品(同時連動煞車線之自行車煞車系統)設計之特點 (取自經濟部智財局專利公告)

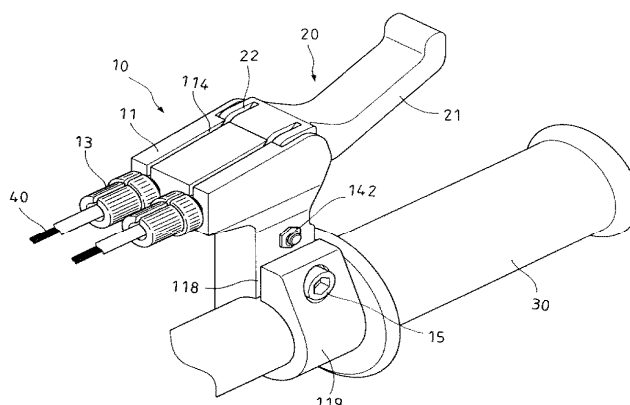
此煞車系統之握把係可與自行車之手車連結組設，且其具有一可同時裝置及穿設至少兩煞車線之壓柄及連結座，可供使用者騎乘時壓摳該煞車握把，達前後煞車系統之煞車制動功效，並藉此提高使用者騎乘之安全性，而具有極佳之經濟效益者。

此煞車系統之壓柄 兩側前後係分別設有複數個嵌摳孔，以供嵌設與煞車線連接之嵌柱，因該嵌柱可改變不同之嵌接位置，以調整其煞車線之鬆緊度，並藉以獲得不同之煞車時機及煞車制動力，並可調整適應不同路面之煞車使用，而使煞車制動效果倍增者。

此煞車系統之連結座及壓柄之結構本體係可直接一體成型製成，再予以組設相關之配件，故其整體之生產便捷快速，且加工組設容易，而具有極佳之生產成本效益者。

此煞車系統之單一煞車握把即可供前後煞車同時制動之功能，且其具有一套孔之設計，可供任何型式之握把套接連設，使其可同時應用於各種車體如滑板車、助行車等結構使用，而具有多種用途者。

綜上所述，此煞車系統具同時連動煞車線之自行車煞車握把結構，係提供一種不僅可同步連動前後煞車系統，以提高騎乘之安全性，且可調整前後煞車系統之煞車時機及制動力大小，加以整體結構簡單，組設容易，並可裝設應用於多種車體結構，使整體極具產業之實用性及成本效益



第一圖

(附件二)：

2008 年第 48 屆全國中小學科學展覽高中組／生活與應用科學科得獎作品-
自行車煞車改進裝置

圖 5-1 機構照片

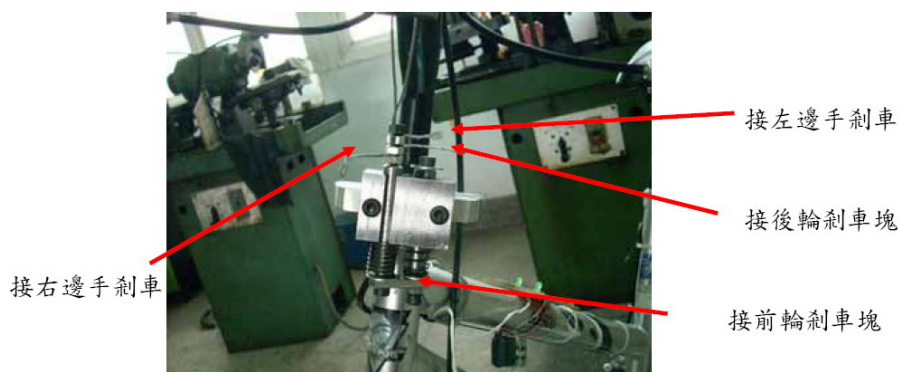
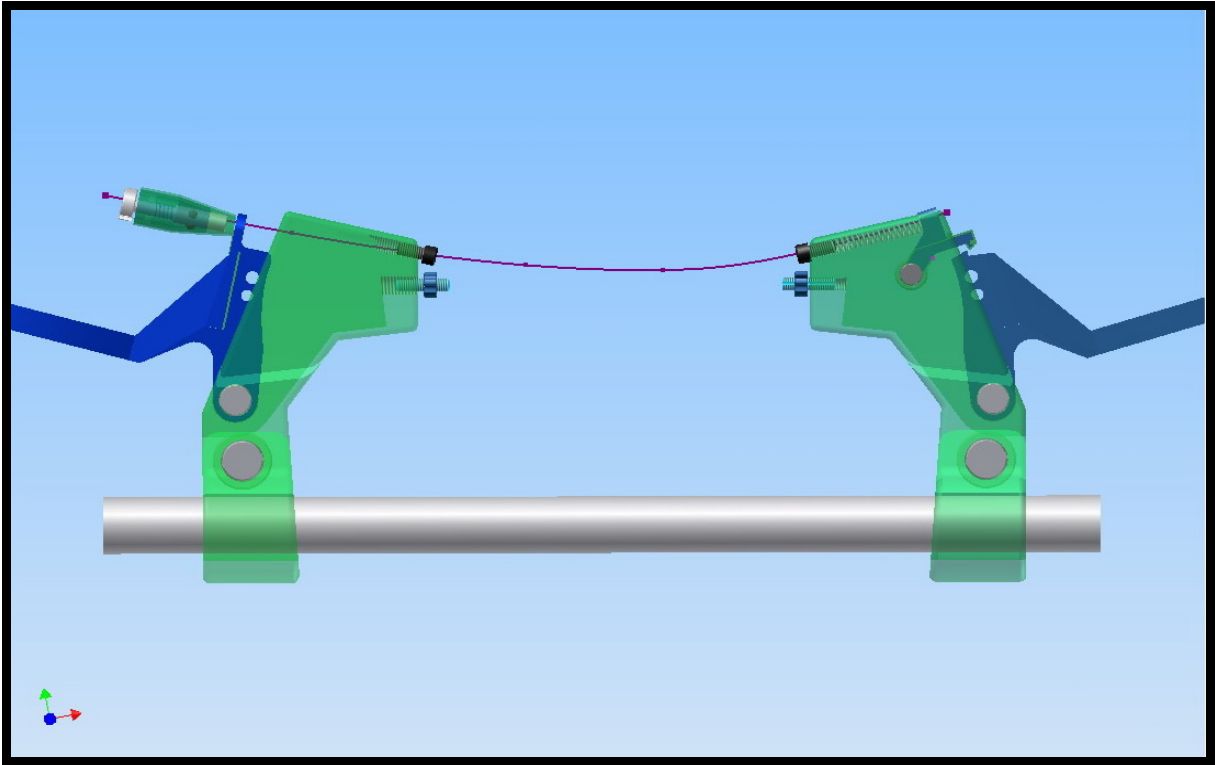


圖 5-2 組裝

(附件三) 未來可將左、右煞車把手分別設計一體成型



(註一)第二種構想斜銷之力學公式推導

$$\sum F_x = 0$$

$$-F_x + N_2 - N_3 = 0 \text{-----(1)}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-F_y + \mu N_2 + \mu N_3 - P = 0 \text{-----(2)}$$

$$\sum M_o = 0$$

$$-N_2 \times c - \mu N_2 \times d + P \times \frac{d}{2} + F_x \times a + F_y \times e = 0 \text{--(3)}$$

$$(1) \rightarrow N_3 = N_2 - F_x$$

$$(2) \rightarrow -F_y + \mu N_2 + \mu(N_2 - F_x) - P = 0$$

$$(2) \rightarrow -F_y + \mu N_2 + \mu N_2 - \mu F_x - P = 0$$

$$(2) \rightarrow 2\mu N_2 = \mu F_x + F_y + P \text{-----(4)}$$

$$(4) \rightarrow N_2 = \frac{1}{2\mu}(\mu F_x + F_y + P) = \frac{1}{2}F_x + \frac{1}{2\mu}F_y + \frac{1}{2\mu}P \text{--(5)}$$

$$(3) \rightarrow -\left(\frac{1}{2}F_x + \frac{1}{2\mu}F_y + \frac{1}{2\mu}P\right) \times c - \mu\left(\frac{1}{2}F_x + \frac{1}{2\mu}F_y + \frac{1}{2\mu}P\right) \times d + P \times \frac{d}{2} + F_x \times a + F_y \times e = 0$$

$$(3) \rightarrow -\frac{1}{2}cF_x - \frac{1}{2\mu}cF_y - \frac{1}{2\mu}cP - \frac{\mu}{2}dF_x - \frac{1}{2}dF_y - \frac{1}{2}dP + \frac{1}{2}dP + aF_x + eF_y = 0$$

$$(3) \rightarrow -\frac{1}{2}cF_x - \frac{1}{2\mu}cF_y - \frac{1}{2\mu}cP - \frac{\mu}{2}dF_x - \frac{1}{2}dF_y + aF_x + eF_y = 0$$

$$(3) \rightarrow cF_x + \frac{1}{\mu}cF_y + \frac{1}{\mu}cP + \mu dF_x + dF_y - 2aF_x - 2eF_y = 0$$

$$(3) \rightarrow (c + \mu d - 2a)F_x + \left(\frac{1}{\mu}c + d - 2e\right)F_y + \frac{1}{\mu}cP = 0$$

$$P = \frac{\mu}{c}[(2a - c - \mu d)F_x + (2e - \frac{1}{\mu}c - d)F_y]$$

(註二)

$$\frac{v_0^2}{S} = \frac{2gd}{l}$$

$$a = \frac{v_0^2}{2S}$$

推導之公式以數據表示

重力加速度	垂直距離	水平距離	行車秒速	行車時速	安全煞車距離 應大於	安全煞車時間 應大於	最大減速度
g(m/sec ²)	l(m)	d(m)	v(m/sec)	V(km/hr)	S(m)	t(sec)	a(m/sec ²)
9.8	1.1	0.6	8.3	30	6.5	1.56	5.3
			6.9	25	4.5	1.30	
			5.6	20	2.9	1.04	
			4.2	15	1.6	0.78	
			2.8	10	0.7	0.52	
		0.7	8.3	30	5.6	1.34	6.2
			6.9	25	3.9	1.11	
			5.6	20	2.5	0.89	
			4.2	15	1.4	0.67	
			2.8	10	0.6	0.45	
		0.8	8.3	30	4.9	1.17	7.1
			6.9	25	3.4	0.97	
			5.6	20	2.2	0.78	
			4.2	15	1.2	0.58	
			2.8	10	0.5	0.39	
	1.2	0.6	8.3	30	7.1	1.70	4.9
			6.9	25	4.9	1.42	
			5.6	20	3.1	1.13	
			4.2	15	1.8	0.85	
			2.8	10	0.8	0.57	
0.7		8.3	30	6.1	1.46	5.7	
		6.9	25	4.2	1.21		
		5.6	20	2.7	0.97		
		4.2	15	1.5	0.73		
		2.8	10	0.7	0.49		
0.8		8.3	30	5.3	1.28	6.5	
		6.9	25	3.7	1.06		
		5.6	20	2.4	0.85		
		4.2	15	1.3	0.64		
		2.8	10	0.6	0.43		