

屏東縣第63屆國中小學科學展覽會 作品說明書

科 別：地球科學

組 別：國小組

作品名稱：大地的神秘力量-科氏力對板塊遷移的影響

關 鍵 詞：科氏力、板塊遷移、科里奧利力轉盤（最多三個）

編號：5007

製作說明：

1. 說明書封面僅寫科別、組別、作品名稱及關鍵詞。
2. 編號：由承辦學校統一編列。
3. 封面編排由參展作者自行設計。

目錄

摘要.....	02
壹、前言（含研究動機機、目的、文獻回顧）.....	03
貳、研究設備及器材.....	07
參、研究過程或方法.....	08
肆、研究結果.....	14
伍、討論.....	25
陸、結論.....	26
柒、參考資料及其他.....	27

摘要

台灣位在環太平洋火環帶上，由歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊相互碰撞、推壓及抬升所形成島嶼。因板塊漂浮在具有塑性、流性、液態岩漿上面，故研判地球自轉的科氏力，會對板塊和岩層造成遷移、推擠、抬升及隱沒作用。

本研究利用噴水罐裝上旋轉馬達來試驗，發現噴射水柱在旋轉系統中會產生偏移現象。進一步自製科里奧利力轉盤，利用不同材質的球體，測試在旋轉系統中因科氏力造成偏移距離。研究中透過測量球體重量、時間和偏移距離，來了解不同材質球體所形成的科氏力，推論不同密度板塊產生的偏移作用。

最後在轉盤上設計一個水槽，觀察在水中不同材質的浮板，在轉盤中的偏移現象，比對地殼板塊現狀，推論未來板塊可能的遷移、地質現象及因應對策。

壹、前言（含研究動機機、目的、文獻回顧）

一、研究動機

在國小五年級社會課本中的世界地圖(如圖 1-1)，介紹地球的五大洲的分佈狀況，以及台灣在世界上的地理位置，這引起了我們的好奇，為何地球上板塊是呈現這樣的分佈?後來在自然課本上得知，台灣位在環太平洋火山帶上，是由歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊相互碰撞擠壓抬升作用的「造山運動」所形成島嶼(如圖 1-2)，台灣東部的海岸山脈甚至每年以 0.9 到 1.4 公分的速度向上抬升(1)，板塊之後會隨時間隱沒到地下岩漿中，形成溫度可達攝氏一千度以上的「軟流圈」。地表岩層的質地硬且溫度低約 100 公里厚，覆蓋「軟流圈」上面，岩石圈的板塊會隨著地函的環流而不斷移動，因此，環太平洋火山帶上的國家常常地震頻繁。值得思考的地方是到底什麼力量，促使板塊間的移動和隱沒，造就現在世界地圖的各州地形，數十億年前的地球也是這樣嗎?

參訪科博館時，有關介紹颱風的形成、旋轉及移動中，發現都跟科氏力有關，由於地球自轉的關係，颱風在北半球會呈現向西北方向移動，南半球則恰好相反，會轉向西南方(如圖 1-3)。這引起我們對科氏力的好奇，是否科氏力會造成地殼板塊遷移，影響現在地球上各大州的分佈狀況，甚至擠壓造成山脈和島嶼，因此，我們希望藉這一系列有關科氏力的實驗來探究地殼板塊遷移問題。

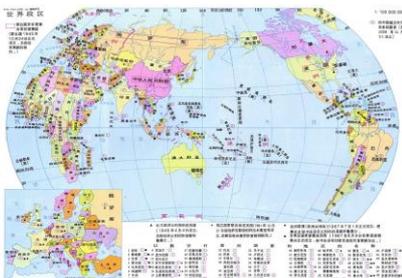


圖 1-1 世界地圖

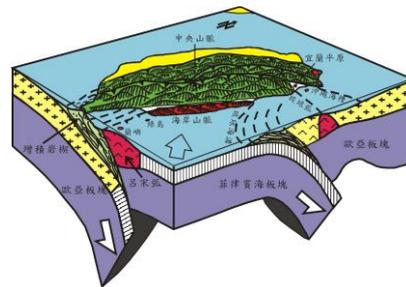


圖 1-2 台灣板塊立體框架圖 (1)

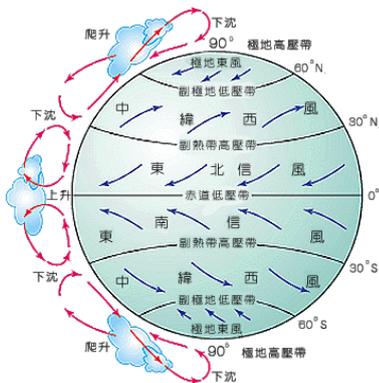


圖 1-3 地球風系圖 (3)



圖 1-4 三地門隘寮溪

二、研究目的

為了探討科氏力對地殼板塊遷移的作用，利用展示旋轉台自製科里奧利力轉盤，創造不同旋轉系統，模擬不同材質物體的科氏力所造成偏移作用，進而來解釋地殼板塊遷移現象，研究目的分述如下：

（一）噴水罐於旋轉馬達噴水試驗：

- 1.觀察在不同轉速的馬達下，噴水罐噴水時，水柱的變化及在旋轉系統中偏移作用。
- 2.探討不同壓力的噴水罐，在旋轉馬達下，噴水時水柱的變化及偏移作用。

（二）自製科里奧利力轉盤試驗：

1. 探討不同材質(密度)球體於旋轉系統中，隨著在圓盤轉動產生的科氏力，與質量(大小彈珠)的關係。
- 2.

（三）不同材質板片在旋轉系統水槽試驗

- 1.觀察在不同轉速的馬達下，噴水罐噴水時，水柱的變化及在旋轉系統中偏移作用。
- 2.探討不同壓力的噴水罐，在旋轉馬達下，噴水時水柱的變化及偏移作用。

（四）探討科氏力對地球不同區域的板塊造成遷移的影響及因應對策

三、文獻回顧

現今地球板塊的分布狀態(如圖 1-4)，1912 年阿爾弗雷德·韋格納(Alfred Wegener)提出了板塊遷移學說，指出數十億年前遠古時代的地球只有一塊「泛古陸」或稱盤古大陸，被稱為「泛大洋」的水域包圍，大約於 2 億年以前「泛大陸」開始破裂，到距今約二、三百萬年以前，漂移的大陸形成現在的七大洲和五大洋的基本地貌。後來，1960 年代羅伯特·迪茨 (Robert S. Dietz)、布魯斯·希曾(Bruce C. Heezen)和哈利·哈蒙德·赫斯得提出海底擴張學說地質研究報告(如圖 1-4)，解釋大陸漂移學說造成三大洲分裂。因為地球內部是玄武岩質，而地表則是花崗岩質，而大陸就像冰山浮在海面一樣，浮在融熔狀的玄武岩上，其中大陸因為潮汐的推動而移動分離。

大陸漂移學說中指出大陸是因潮汐推動而分離，這樣的說明太過模糊，還是無法無法正確地解釋，為何造成現在世界地圖中板塊的分布狀況?進一步觀察，每個版塊間的銜接處，正是常發生地震區域，而這些地震帶的分布(圖 1-4)，似乎有個規律，不經讓人聯想是否有一股力量促使板塊的移動進而造成現在的分布狀況。觀察大氣科學中的颱風(熱帶氣旋)和龍捲風，因為地球自轉的科氏力，所以在北半球高壓區以順時針方向旋轉、低壓區(如熱帶氣旋)逆時針旋轉，而南半球則剛好相反(如圖 1-5)。對液態的水流系統中，科氏力也會影響水流對岩壁的侵蝕作用，根據柏而定律指出由於科氏力的作用，對於北半球河流右岸會比較陡峭，南半球則左岸比較陡峭，實際針對三地門鄉的隘寮溪進行野外觀察(如圖 1-6)，也發現隘寮溪侵蝕的地貌中，河流的右岸會比較陡峭，河流左邊則呈現平緩的沖積礫石堆。在海洋系統中，表層海水常會大規模的沿一定方向進行流動。由於地球表面不同緯度的地區接受陽光照射的量不同，導致延經度方向形成了一系列壓力差，加上空氣會沿著經度方向發生移動，進而作用於海面上，這些風應力就會帶動海水流動形成洋流。世界洋流流動分佈中，在地球自轉的作用下，洋流沿經度方向的移動，同樣會受到科氏力的影響而發生向東或向西的偏轉，在北半球洋流向右偏轉，南半球洋流向左偏轉(如圖 1-7)。

地表岩石層約 100 公里厚為質地硬且溫度低的岩石板塊，覆蓋地函「軟流圈」的岩漿上面，岩石圈的板塊會隨著地函的環流而不斷移動。因此，研究中提出板塊應該也會受到科氏力作用的產生遷移的構想，漂浮在岩漿上面的地球板塊，應該也會受到地球自轉的科氏力影響，進而產生遷移和擠壓現象。由此，研究中設計一系列實驗來進行驗證並說明。

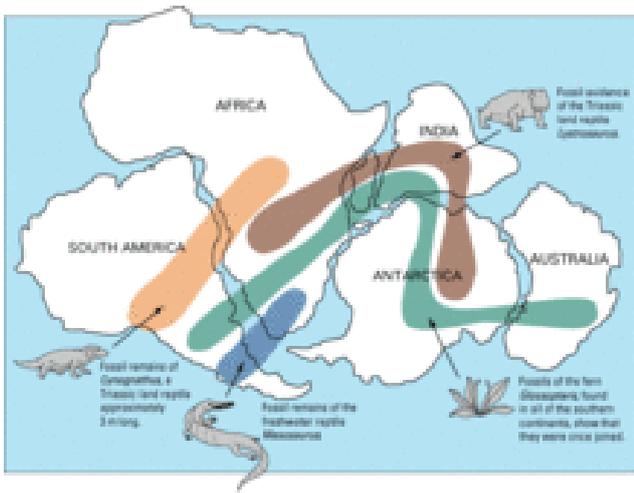


圖 1-4 板塊漂移學說：Wegener, 1912

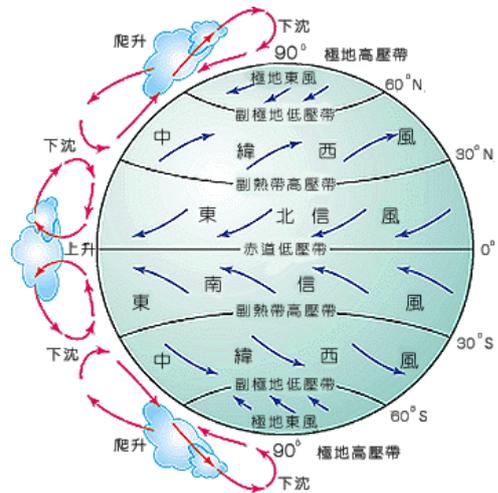


圖 1-5 氣象系統中科氏力作用

(<https://meteor.today/article/xx6TPG>)



圖 1-6 三地門隘寮溪

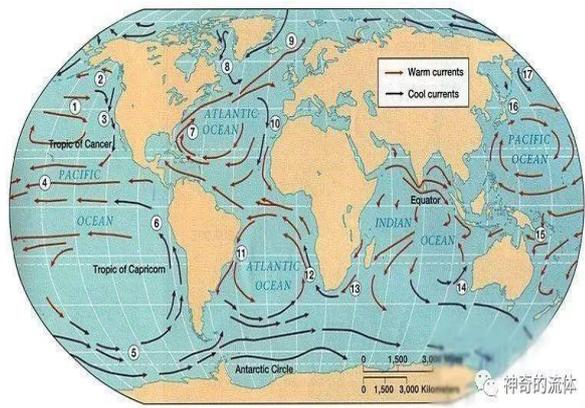


圖 1-7 地球上海洋的流動

(<https://bookzone.cwgv.com.tw/article/6274>)

貳、實驗設備與器材

一、實驗器材：

紙、筆、電腦、圓盆、膠帶、量杯、長尺（最小刻度為 1mm）、自製發射架、各式大小（4mm、6mm、8mm）及不同材質（不鏽鋼、玻璃、塑膠）圓球、塑膠 EPE 板片、塑膠 PE 板片、保麗龍、硬紙板、白板筆（紅、藍、黑）、強力磁鐵、酒精（95%）、塑膠圓盤（塑膠，D x H= 42 x 5 cm）、迴紋針（L x W=25x8mm）、強力磁鐵（D x H =10 x 2 mm）、固定架、捲尺、手機（Samsung Note20：拍照攝影）。

二、實驗設備：(如表 2-1)

(一)精密微量天平：型號 AS 220.R2，Radwag Co. Ltd.，波蘭，0-200g，精度 0.0001g。

(二)電動展示盤：TS-500 型號，RoHS Co. Ltd.，中國。

(三) 電子碼錶：CT-680 型號，Cain Li Ca Co. Ltd.，中國，0-60min，精度 0.01sec。

(四) 自製發射架：塑膠，L x W x H= 100x30x50 mm，可調整高度 20~50mm。

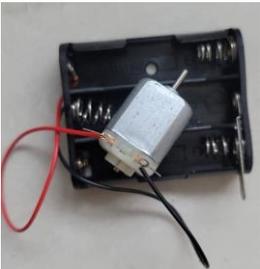
(五) 馬達組合：直流電 3V，台灣。

(六) 噴水器：塑膠，L x W x H= 160x160x265 mm，台灣，容量：1500 CC。

(七) 水平儀：塑膠，L x W x H= 200x30x10 mm，台灣。

(八) 胎壓錶：60P 型號，立新國際，台灣，壓力偵測範圍 0-11 Kg/cm²，精度 0.1Kg/cm²。

表 2-1 實驗設備一覽表

精密微量天平 	電動展示盤(註 1) 	電子碼錶 	自製發射架 
馬達組合 	噴水器 	水平儀 	胎壓錶(註 2) 

參、研究過程與方法

一、研究架構

本研究先利用噴水罐裝上旋轉馬達來試驗，驗證在旋轉系統中，科氏力對水柱產生的偏移現象。進一步利用電動旋轉展示盤改良自製自製科里奧利力轉盤，分析各式大小(4mm、6mm、8mm)及不同材質(不鏽鋼、玻璃、塑膠)圓球，在旋轉系統中因科氏力造成偏移狀況。最後在轉盤上設計一個水槽，觀察在水中不同材質的浮板，在轉盤中的偏移現象，比對地殼板塊現狀，推論未來板塊可能的遷移、地質現象，研究架構如圖 2。

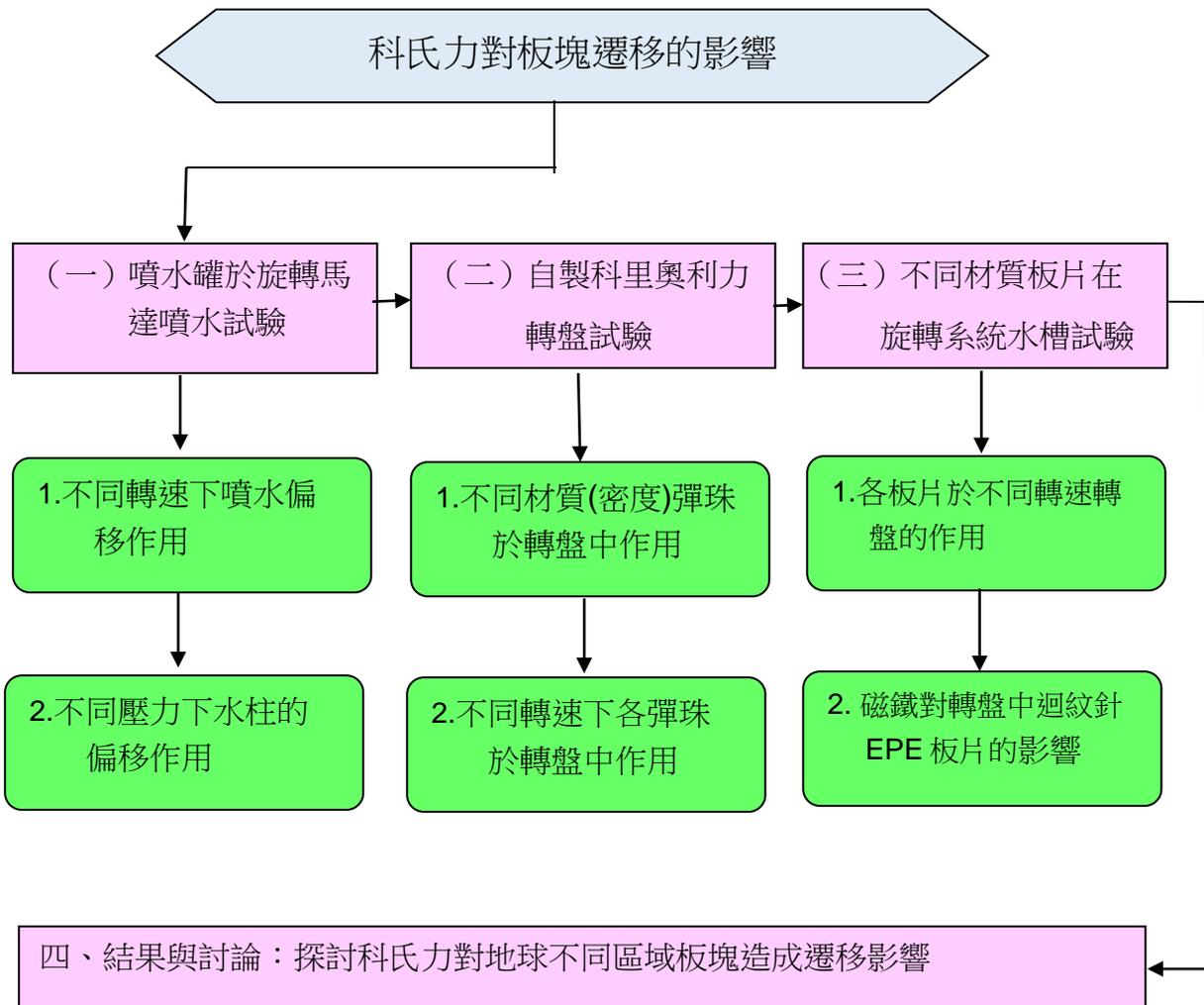


圖 3-1、科氏力對板塊遷移的影響研究架構圖

二、研究方法

(一) 噴水罐於旋轉馬達噴水試驗

1. 不同轉速下噴水偏移作用：

- (1) 設計一個可以承載放置噴水罐的機構，下面安裝一組旋轉馬達，地上每塊是 300mm 正方形磁磚，以此水柱噴出後偏移狀況。如圖 3-2 所示。
- (2) 可以根據馬達的齒輪組選擇兩種轉速，分別是 42 r.p.m.、61 r.p.m.。
- (3) 將噴水罐安裝到旋轉馬達上面，固定按壓噴水罐 10 次後，比較不同轉速下，水柱噴出狀況，記錄轉速和水柱偏移位置變化。

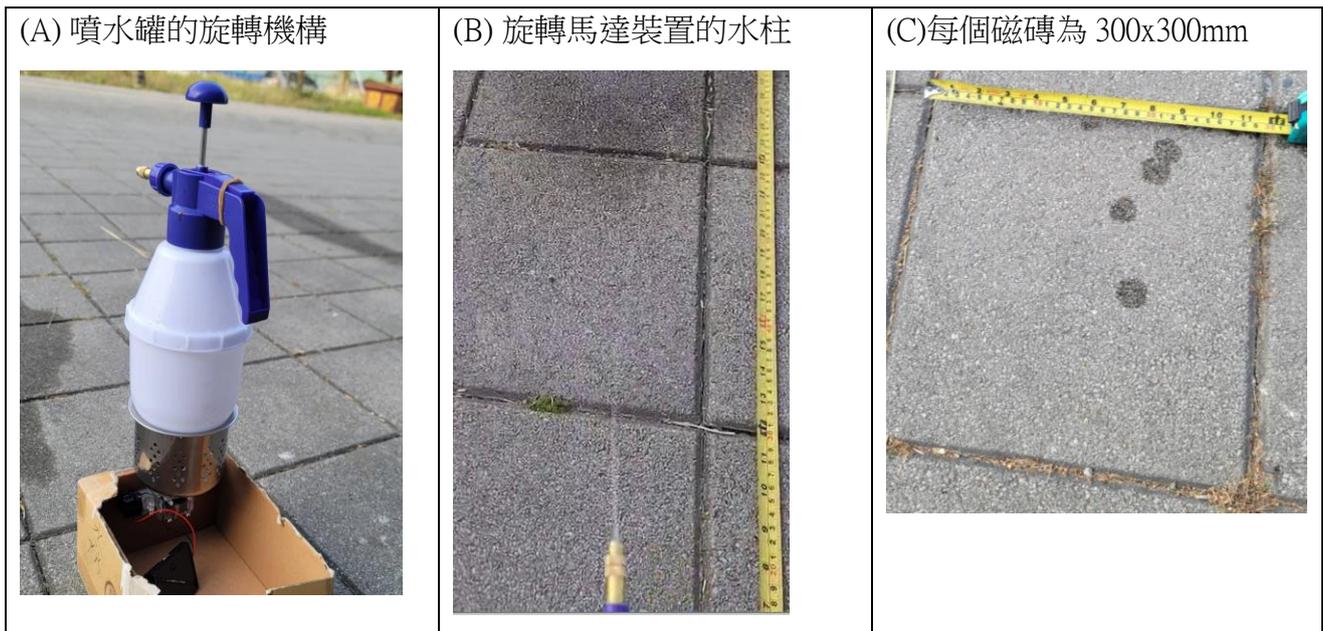


圖 3-2 噴水罐於旋轉馬達裝置

2. 不同壓力下噴水偏移作用

- (1) 將噴水罐分別按壓噴水罐從 10、20、30 下，分別計算不同壓力下，水柱噴出距離。
- (2) 安裝到旋轉馬達上面，比較不同壓力的噴水罐，水柱噴出狀況，記錄不同馬達轉速下和水柱偏移位置變化。

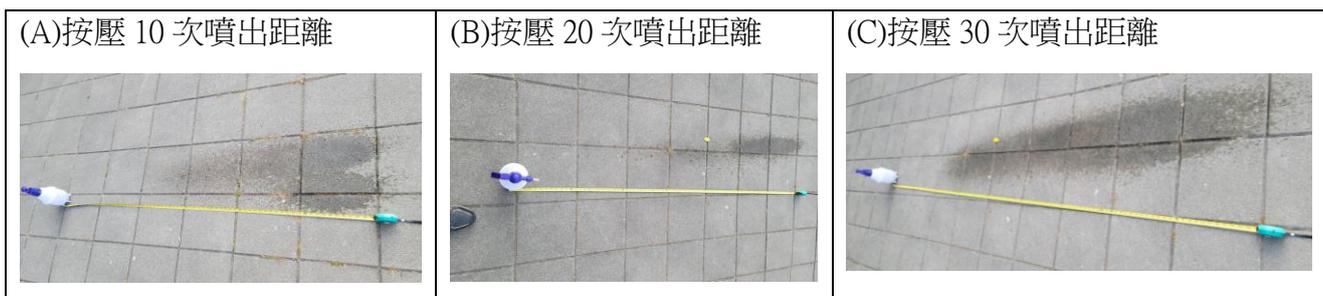


圖 3-3 不同壓力下水柱噴出距離

(二) 自製科里奧利力轉盤的科氏力試驗

1. 不同材質(密度)球體於轉盤中作用

- (1)前置作業：將圓盤用酒精擦拭乾淨後，用水平儀校正轉盤水平，用微量天平紀錄不同彈珠重量 M ，如圖 3-4(A)及圖 3-4(B)。
- (2)測量圓盤轉動速度(圓盤角速度)：每次換彈珠及改變轉速前，都要量測量轉盤轉動時間。用黑筆標記於圓盤邊緣，計算圓盤固定位置轉動 1 圈所花費時間 T_1 (重複試驗三次)。
- (3)彈珠落下校正試驗：調整發射器傾斜角度。用尺畫一條黑線為轉盤靜止時，彈珠的標準軌跡路徑。取 1 顆彈珠用紙片(或塑膠片)卡住彈珠於塑膠圓筒中。調整發射器角度，測試彈珠發射路徑使其能與標準軌跡路徑一致為止，如圖 3-4(C)。然後，把固定彈珠的塑膠片抽走後開始計時。計算彈珠碰撞圓盤邊緣所花費時間 T_{m1} 、彈珠移動距離 L_{m1} 。*每個彈珠重複試驗 3 次
- (4)測量彈珠落下時間(圓盤角速度)：啟動轉盤，等轉盤轉一圈後，把固定彈珠的塑膠片抽走後開始計時，計算彈珠碰撞圓盤邊緣所花費時間 T_{m2} 、彈珠移動距離 L_{m2} 及偏移距離 L_s ，每個彈珠重複試驗 3 次，如圖 3-5。

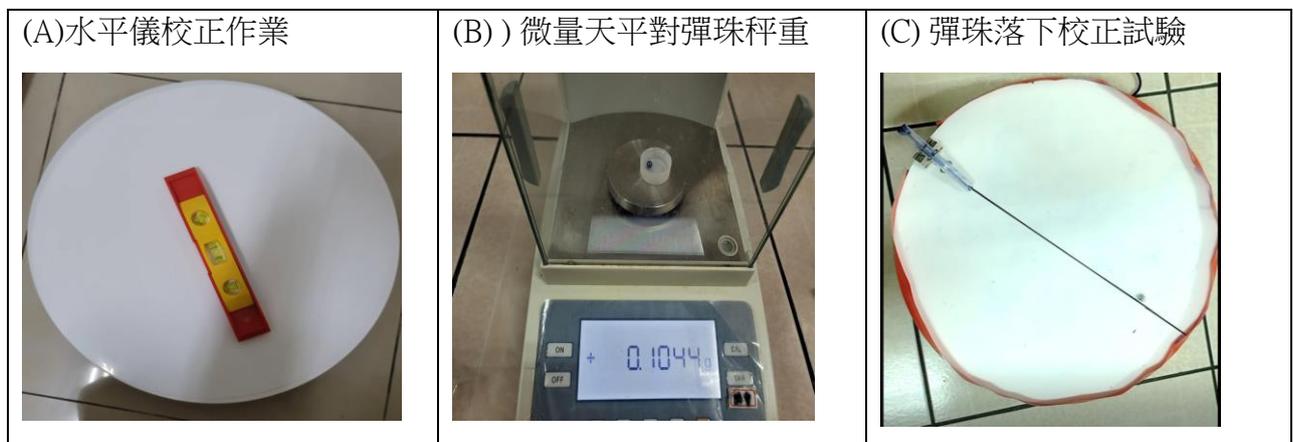


圖 3-4 轉盤的科氏力試驗前置作業

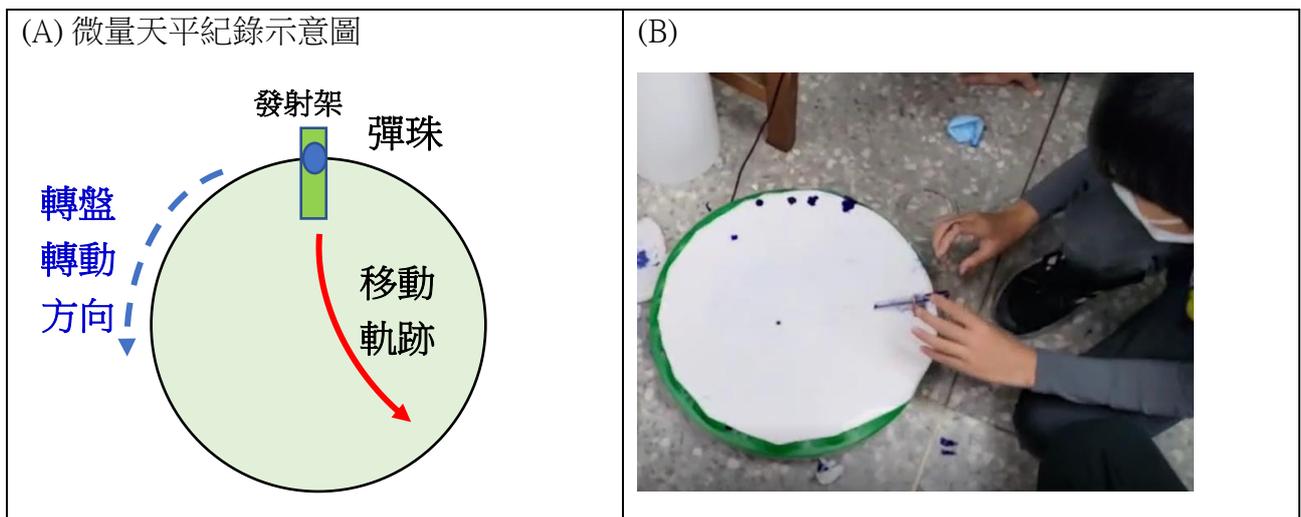


圖 3-5 不同材質(密度)球體於轉盤的裝置圖

2 不同轉速下各彈珠於轉盤中作用

- (1)前置作業：將圓盤用酒精擦拭乾淨後，用水平儀校正轉盤水平，取 1 顆彈珠(大、小彈珠) 沾上紅墨水後，調整外部支架傾斜角度使其呈現 30 度(底 40mm、高 30mm)。
- (2)測量圓盤轉動速度(圓盤角速度)：設定 3 種轉速，每次實驗都要量測圓盤旋轉角速度 W ，用黑筆標記於圓盤邊緣，計算圓盤固定位置轉動 1 圈所花費時間 T_1 。
- (3)測量彈珠落下時間(圓盤角速度)：設定 3 種轉速，把彈珠放入後，抽出卡片後，開始計時。計算彈珠碰撞圓盤邊緣所花費時間 T_1 。量測彈珠移動長度 L_{m2} 及偏移距離 L_s ，每個彈珠重複試驗 3 次。

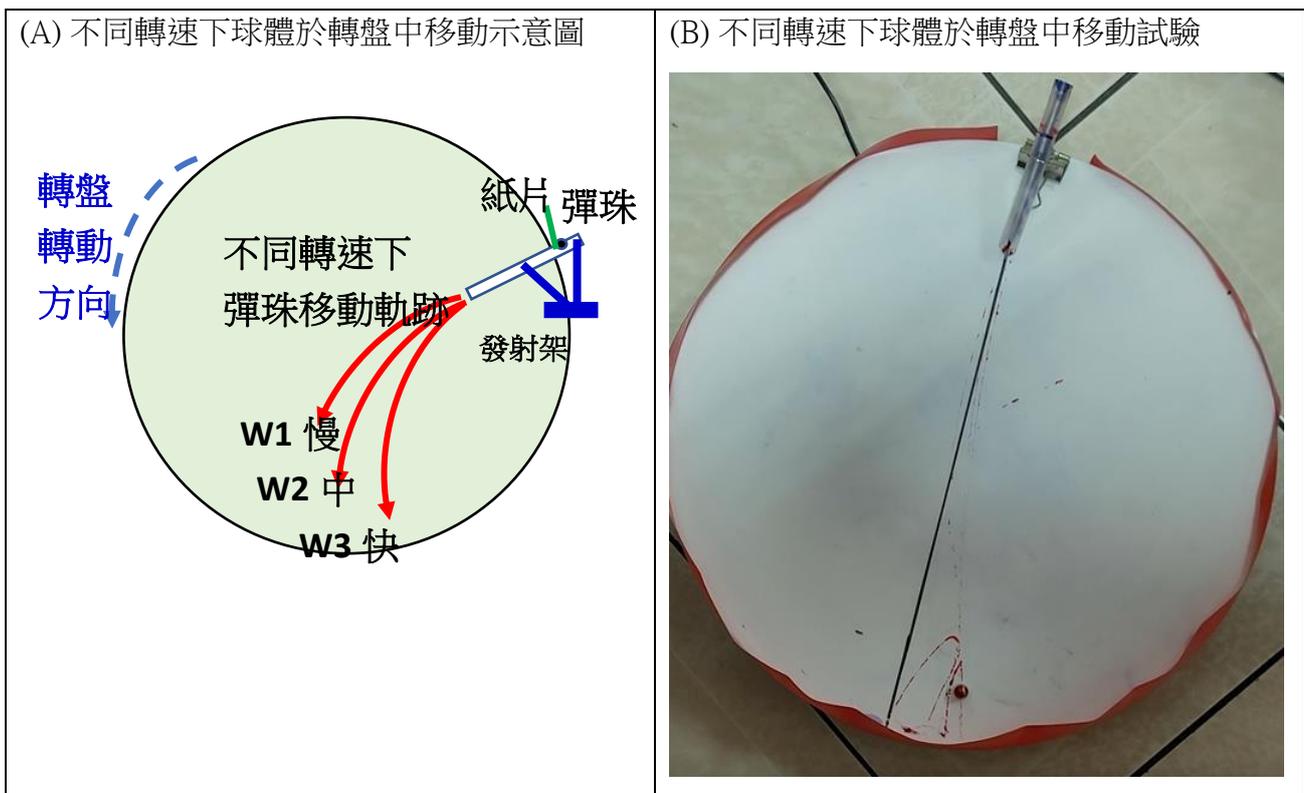


圖 3-6 不同材質(密度)球體於轉盤的裝置圖

(三) 不同材質板片在旋轉系統水槽試驗

1. 各板片於不同轉速的轉盤下的作用

- (1) 前置作業：將塑膠圓盤放置到旋轉展示盤上，用水平儀校正圓盤水平，轉盤上面放置塑膠圓盤，倒入水使其深度到 20mm，並確認可以塑膠板片讓浮起來，如圖 3-7 所示。
- (2) 測量圓盤轉動速度(圓盤角速度)：設定 3 種轉速，每次實驗都要量測圓盤旋轉角速度 W ，用黑筆標記於圓盤邊緣，計算圓盤固定位置轉動 1 圈所花費時間 T_1 。
- (3) 版片製備：剪裁長 200mm 寬 50mm 厚 2mm 版片(塑膠 EPE 板片、塑膠 PE 板片、紙板)，用微量天平秤將各版片量重。
- (4) 旋轉系統的水槽漂浮試驗：對角兩邊各將放置版片置於邊緣，設定 3 轉轉速，待圓盤轉動至少 2 圈以上待系統達穩定後，在圓盤邊緣標記版片位置，分別記錄轉動 5 圈、10 圈、15 圈後版片飄移狀況。

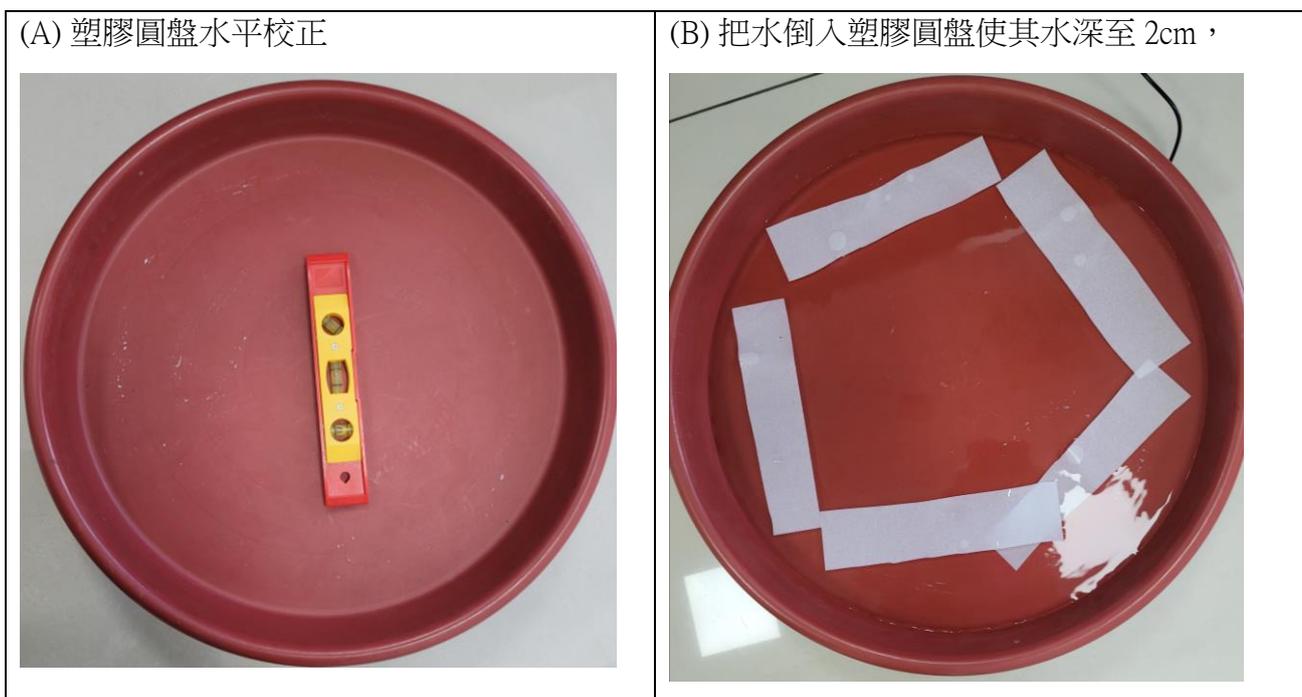


圖 3-7 旋轉系統水槽試驗

2 磁鐵對轉盤中迴紋針版片的影響

- (1)前置作業：將塑膠圓盤放置到旋轉展示盤上，用水平儀校正圓盤水平，轉盤上面放置塑膠圓盤，倒入水使其深度到 20mm，並確認可以塑膠板片讓浮起來。
- (2)磁鐵製作：安裝 6 個強力磁鐵(D x H =10 x 2 mm)於鐵片上製成強力磁鐵棒，安裝到固定架上，置於旋轉系統中，主要來模擬月球引力測試對轉盤系統中漂浮版塊的影響，如圖 3-8 所示。
- (3)版片製作：分別將 3 個、5 個、7 個、9 個迴紋針(LxW=25x8mm)分別夾在板片上，以板片會浮在水面上為原則，並記錄不同迴紋針時各板片重量。
- (4)磁鐵對轉盤中的板片吸引試驗：將磁鐵固定架放置轉盤上面，在圓盤對角兩邊各將放置版片置於邊緣，設定 3 轉轉速，待圓盤轉動至少 2 圈以上待系統達穩定後，調整高度至磁鐵對紙片迴紋針有影響高度約 30mm，然後在圓盤邊緣標記版片位置，分別記錄轉動 5 圈、10 圈、15 圈後版片飄移狀況。

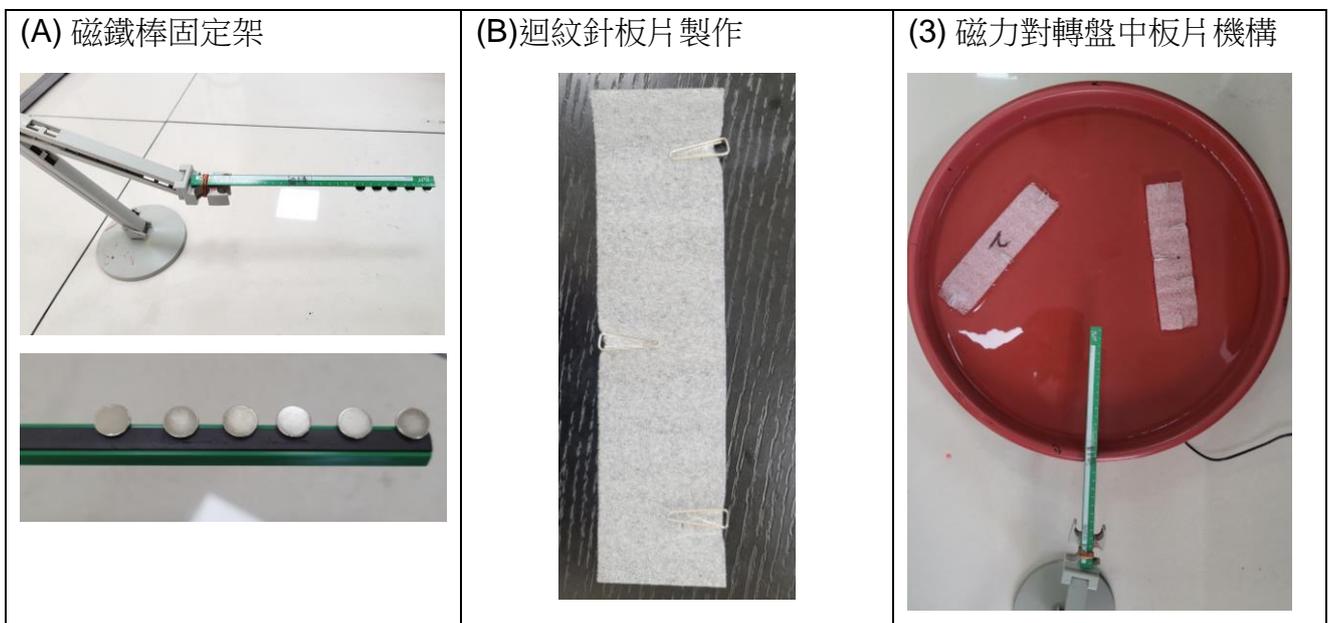


圖 3-8 旋轉系統水槽中磁鐵對轉盤中迴紋針版片試驗

肆、研究結果

一、實驗結果：

(一) 噴水罐於旋轉馬達噴水試驗

1. 不同轉速下水柱偏移作用：

(1) 噴水罐在不同按壓次數下壓力測量

噴水罐在不同按壓次數下，會導入空氣增加罐內會產生壓力，然後當壓下把柄時會將水噴出，因此研究中利用水管銜接胎壓錶和噴水罐，如圖 4-1 所示，由此可以測出在不同按壓次數下的噴水罐內實際的壓力變化，如表 4-1 所示。結果顯示噴水罐的按壓次數和壓力呈現正相關性的線性變化，按壓次數越多則罐內壓力就越大，如圖 4-2 所示。

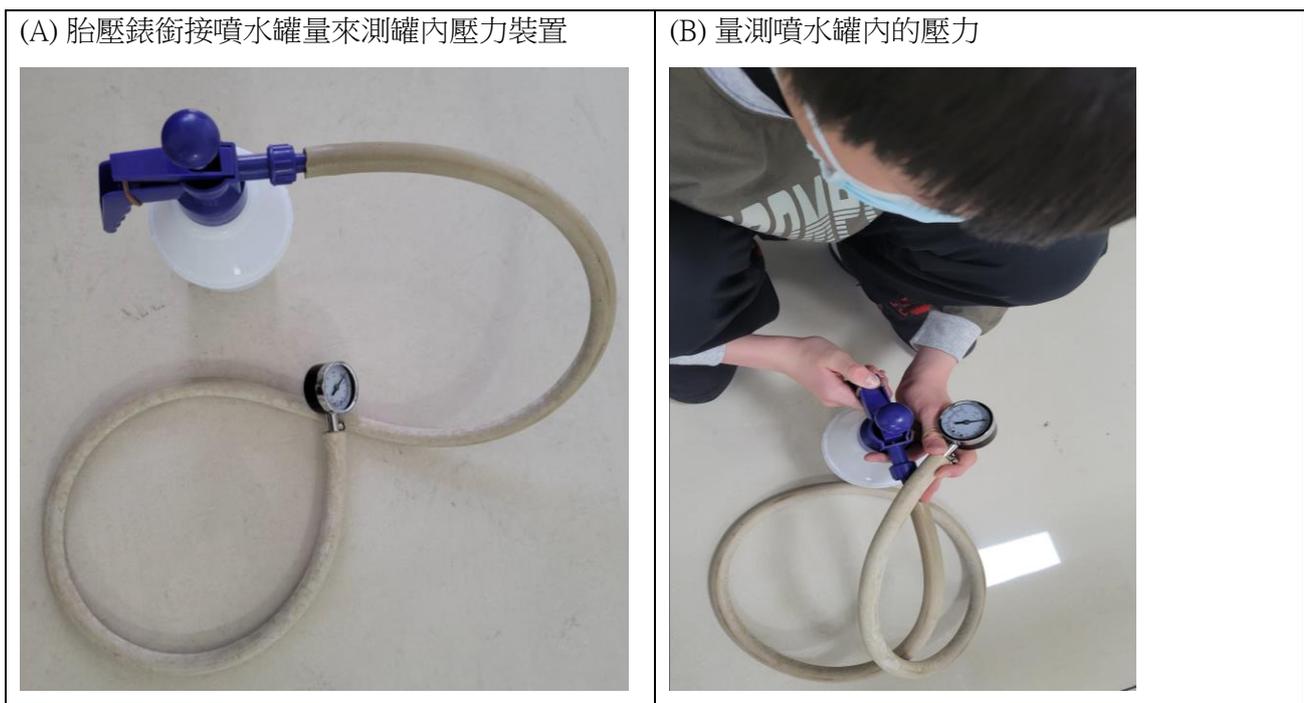


圖 4-1 利用胎壓錶測量噴水罐內的壓力裝置

表 4-1、噴水罐在不同按壓次數下的壓力值

按壓次數 (次數)	胎壓錶(Kgf/cm ²)			
	第一次 (Kgf/cm ²)	第二次 (Kgf/cm ²)	第三次 (Kgf/cm ²)	平均 (Kgf/cm ²)
10	0.2	0.2	0.2	0.2
15	0.4	0.4	0.4	0.4
20	0.6	0.6	0.6	0.6
25	0.8	0.8	0.8	0.8
30	1.0	1.0	1.1	1.0

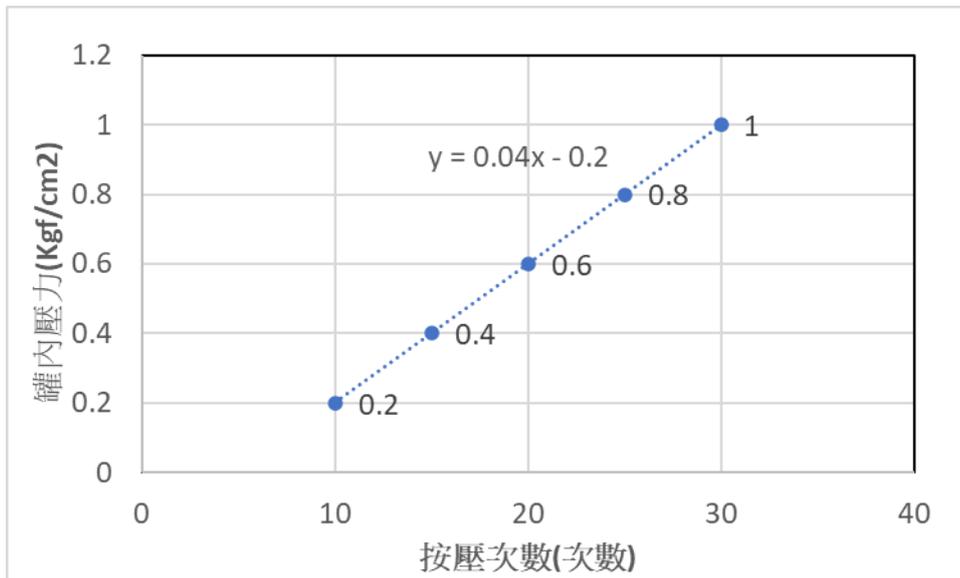


圖 4-2 噴水罐在不同按壓次數和壓力關係

(2) 不同轉速下水柱偏移現象

研究發現噴水罐安裝在旋轉馬達下，水柱會隨著馬達轉動而產生偏移現象，如圖 4-3 所示，研究中利用拍照和捲尺來量測在旋轉時水柱偏移距離，如表 4-2。研究發現當旋轉速度越大時，水柱會發生較大的偏移狀況，由圖 4-3 顯示水柱偏移跟轉速呈現正相關的線性關係。這表示當噴水罐在隨著馬達轉動過程中，因為馬達轉動的慣性作用，導致水柱產生偏移現象。

表 4-2 不同轉速下水柱偏移距離

馬達轉速 (r.p.m)	水柱偏移距離			
	第 1 次 (mm)	第 2 次 (mm)	第 3 次 (mm)	平均(mm)
42	48	52	43	47.67
61	86	92	93	90.33

(A) 旋轉馬達下噴灌水柱偏移現象



(B) 不同轉速下水柱偏移距離

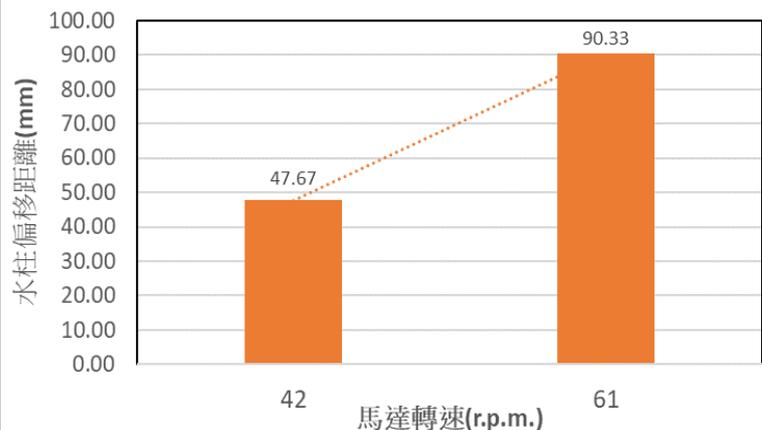


圖 4-3 不同轉速下水柱偏移距離

2.不同壓力下水柱的偏移作用

(1)不同罐內壓力下水柱的噴出距離

噴水罐分別按壓噴水罐從 10、20、30 下，由圖 4-2 可比對出不同按壓次數下，對罐內產生的壓力值，利用捲尺來量測出這些壓力下所噴出的水柱距離，如表 4-3 所示，結果顯示按壓次數越多，噴出的水柱距離越遠。進一步，進行不同罐內壓力下，水柱的在旋轉馬達帶動下所產生的偏移狀況，如表 4-4、圖 4-5 所示，在轉動馬達下水柱會隨著壓力增加，而造成較大的偏移現象。

表 4-3 不同壓力下水柱噴出距離

按壓頻率 (次數)	胎壓錶 (Kgf/cm ²)	水柱距離			
		第 1 次 (mm)	第 2 次 (mm)	第 3 次 (mm)	平均 (mm)
10	0.2	179	176	181	179
20	0.6	268	271	268	269
30	1	298	301	304	301

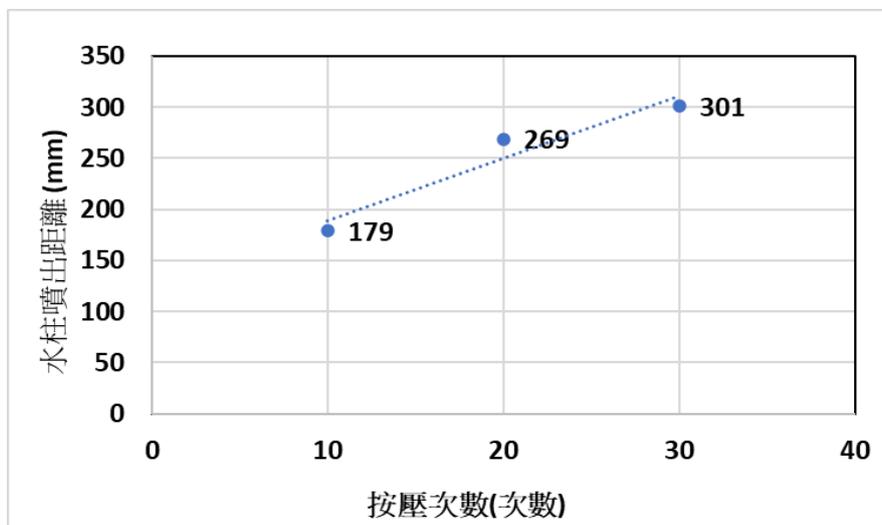


圖 4-4 噴水罐在不同按壓次數和水柱噴出的距離

表 4-4 不同按壓次數下噴水罐於馬達的轉動下水柱噴出偏移距離

按壓次數 (次數)	壓力 (Kgf/cm ²)	水柱偏移距離			
		第 1 次 (mm)	第 2 次 (mm)	第 3 次 (mm)	平均 (mm)
10	0.2	31	32	31	31.33
20	0.6	48	50	49	49.00
30	1	88	86	85	86.33

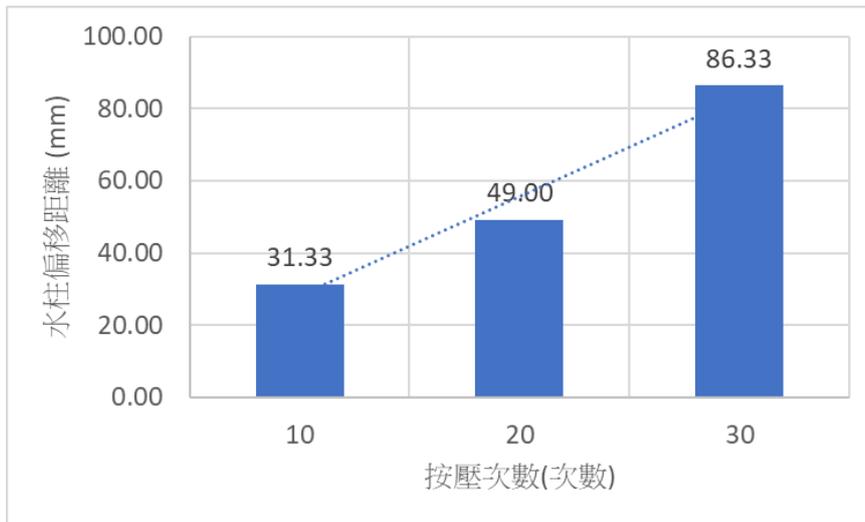


圖 4-5 噴水罐於馬達的轉動下水柱噴出偏移距離

3.結果討論

根據實驗結果來推論，地球自轉時候所會產生轉動的慣性力，會對地表上升或下沉的氣流，造成偏向的力量，這就是地球自轉產生的科氏力。由於地球的科氏力作用，會造成大氣中的氣旋現象，在北半球中會使上升氣流向右偏轉，高氣壓區會以順時針方向旋轉、低氣壓區則會以逆時針方向旋轉，南半球則相反，如圖 4-6 所示。由此推論，科氏力是否會對地表下的岩層和板塊產生作用和影響，進而造成板塊的移動。

根據科里奧利力的計算公式： $F = -2m(W \times V)$ ，(F 為科里奧利力；m 為質點的質量；V 旋轉系統下運動速度；W 為旋轉參考系的角速度(旋轉座標系下的科氏力 Coriolis Force, 2021)。在地球固定的自轉速度(1,666Km/hr)下，可以得知科氏力跟物體質量和運動速度有關，由於空氣密度和質量很小，所以空氣的科氏力跟氣體流動速度有關。同理可證，對於質量和密度相當大的板塊而言，因地球自轉所產生科氏力，應該相當大，可能因此而造成板塊的移動和推擠，研究中進一步針對不同質量(或密度)的球體，利用轉盤來做實驗，透過不同質量球體在旋轉系統中的偏移狀況，來探討科氏力對板塊可能造成的影響。

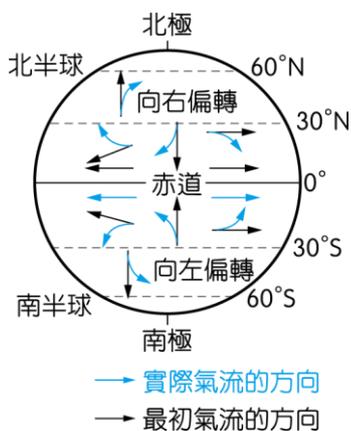


圖 4-6 氣象系統中科氏力作用

(旋轉座標系下的科氏力 Coriolis Force <https://ohiyooo2.pixnet.net/blog/post/405687107>)

(二) 自製科里奧利力轉盤的科氏力試驗

1.不同材質(密度)球體於轉盤中作用

(1) 電動展示盤在不同刻度下的選轉速度：

設定 3 種實驗進行的旋鈕刻度，根據轉盤旋轉一圈所花的時間來計算旋轉速度(單位：轉/分鐘, r.p.m)，結果如表 4-5 所示，刻度越大其轉速越快。

表 4-5、電動展示盤在不同刻度下的旋轉速度（單位：轉/分鐘, r.p.m）

旋鈕刻度	實際轉盤轉速				
	第一次 (sec/圈)	第二次 (sec/圈)	第三次 (sec/圈)	平均 (sec/圈)	轉速 (r.p.m)
刻度一	30.59	30.76	30.60	30.65	0.03263
刻度二	26.62	26.68	26.76	26.69	0.03747
刻度三	22.87	22.97	23.08	22.97	0.04354

(2) 不同材質(密度) 彈珠於轉盤中作用

實驗比較不同大小各種材質的彈珠在同一個轉速下，彈珠運動軌跡因轉盤的旋轉力而產生偏移作用，實驗數據如表 4-6 所示，彈珠在轉盤下的偏移作用跟彈珠的大小和重量呈現線性正相關趨勢，彈珠越大越重則偏移位置就越大，但是跟彈珠的質地(密度)有正相關性，但是影響並不大，如圖 4-7 所示，根據實驗結果，可以推測板塊越重或者越大片，越容易受到地球自轉科氏力而產生較大偏移距離或推擠作用。

表 4-6、不同材質(密度) 彈珠於固定轉速(T0=22.87，0.04354 r.p.m.)轉盤下的偏移作用

速度	彈珠種類	彈珠大小 直徑 (mm)	彈珠重量 (g)	圓盤轉動 時間 T0(sec)	彈珠落下 時間 T1(sec)	彈珠移動 長度 Lm(mm)	彈珠偏移 距離 Ls(mm)
第 1 次	Stainless	6	0.8945	23.08	0.66	411	51
第 2 次	Stainless	6	0.8946	22.97	0.46	403	45
第 3 次	Stainless	6	0.8944	22.87	0.57	405	38
第 1 次	Stainless	8	2.1265	23.08	1.36	399	64
第 2 次	Stainless	8	2.1268	22.97	0.7	409	49
第 3 次	Stainless	8	2.1266	22.87	0.64	410	50
第 1 次	Stainless	10	4.1481	22.65	0.69	410	77
第 2 次	Stainless	10	4.1483	22.65	0.66	412	79
第 3 次	Stainless	10	4.1485	22.64	0.5	413	72
第 1 次	Glass	6	0.2705	22.65	0.76	405	43
第 2 次	Glass	6	0.2706	22.66	0.7	408	38
第 3 次	Glass	6	0.2705	22.72	0.69	413	40

第 1 次	Glass	8	0.6708	22.65	0.66	401	53
第 2 次	Glass	8	0.6711	22.62	0.77	403	48
第 3 次	Glass	8	0.6709	22.64	0.71	398	43
第 1 次	Glass	10	1.3042	22.59	0.64	410	68
第 2 次	Glass	10	1.3041	22.62	0.69	412	69
第 3 次	Glass	10	1.3042	22.63	0.65	413	66
第 1 次	Plastic	6	0.1044	22.64	0.67	405	42
第 2 次	Plastic	6	0.1043	22.65	0.76	408	33
第 3 次	Plastic	6	0.1042	22.66	0.7	413	38
第 1 次	Plastic	8	0.2691	22.62	0.69	410	43
第 2 次	Plastic	8	0.2692	22.64	0.72	409	38
第 3 次	Plastic	8	0.2694	22.65	0.66	408	47
第 1 次	Plastic	10	0.5219	22.66	0.6	412	58
第 2 次	Plastic	10	0.5221	22.62	0.69	413	54
第 3 次	Plastic	10	0.5218	22.64	0.65	414	56

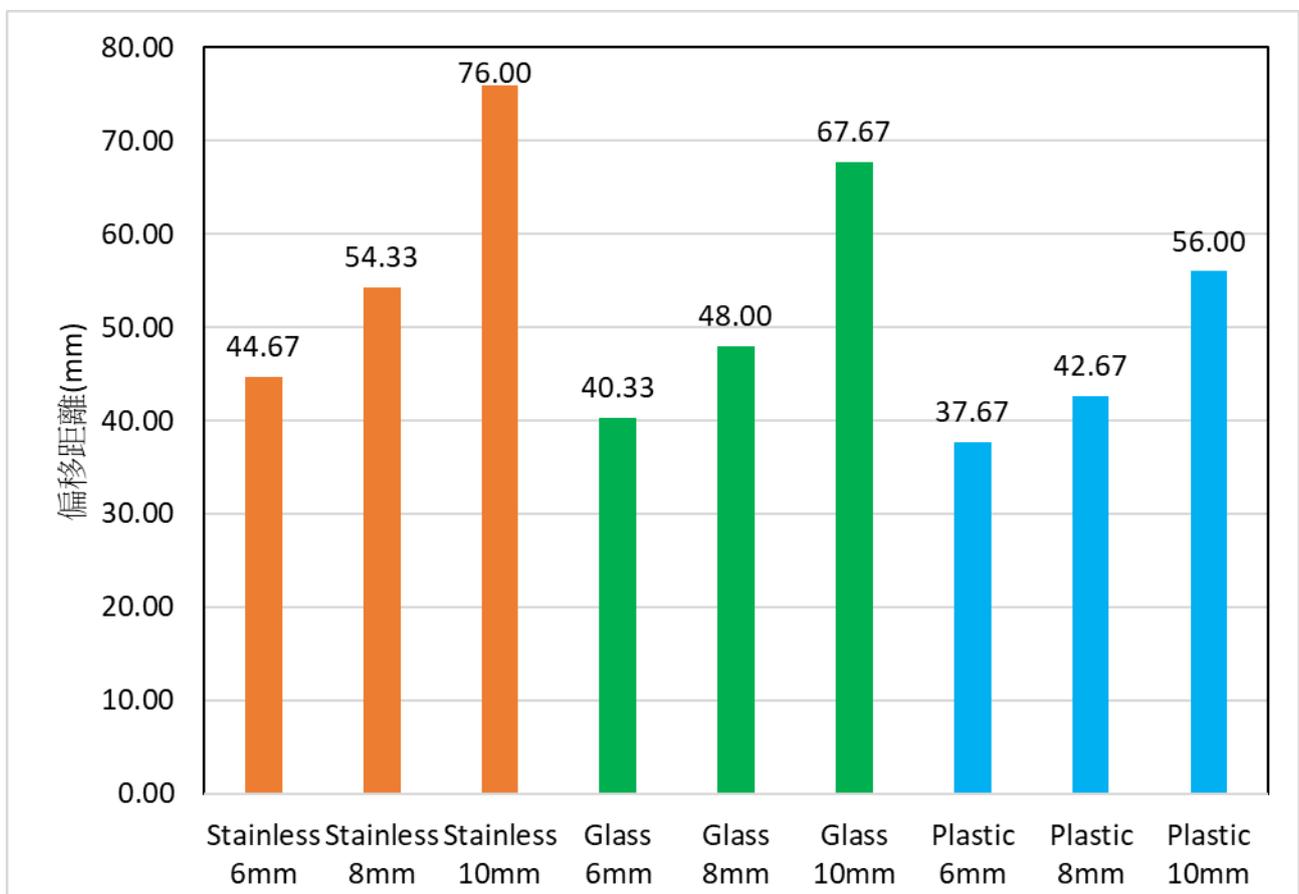


圖 4-7 不同材質(密度)球體於固定轉速($T_0=30.65$, 0.03263 r.p.m.)轉盤下的偏移作用

(A)各式彈珠於轉盤試驗



(B)彈珠在轉盤紙上軌跡圖



圖 4-8 不同材質(密度)球體於轉盤中試驗

2.不同轉速下各式彈珠於轉盤中作用

比較不同轉速下各種大小彈珠的偏移距離，實驗結果如表 4-7 所示，結果顯示轉盤的旋轉速度越快，造成彈珠偏移距離越大，越大及越重的彈珠偏移的現象越明顯，如圖 4-8。由此可推論越重越大的板塊自轉速度越快的區域，板塊的遷移和擠壓作用會越明顯。

表 4-7 不同轉速下各式彈珠於轉盤中偏移作用

旋轉角轉速 W(r.p.m.)	彈珠偏移距離 Ls (mm)		
	0.03263	0.03747	0.04354
Stainless 6mm	33.33	36.67	44.67
Stainless 8mm	37.00	45.00	54.33
Stainless 10mm	65.33	73.33	76.00
Glass 6mm	28.50	34.52	40.33
Glass 8mm	35.00	45.32	48.00
Glass 10mm	45.42	52.34	67.67
Plastic 6mm	19.00	24.00	37.67
Plastic 8mm	21.33	39.33	42.67
Plastic 10mm	36.33	41.33	56.00

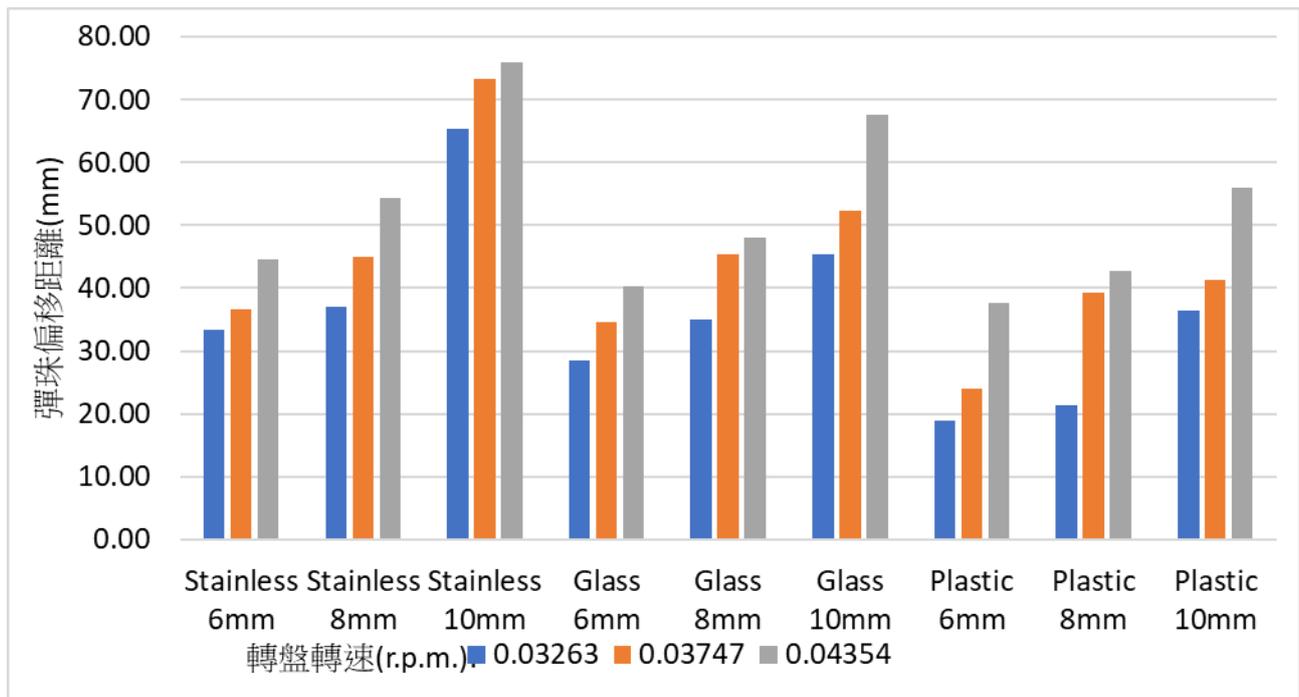


圖 4-9 不同轉速下各式彈珠於轉盤中偏移作用

(三) 不同材質板片在旋轉系統水槽試驗

1. 各板片於不同轉速轉盤的作用

將塑膠圓盤直接盛水，放入長 200mm 寬 50mm 厚 2mm 版片(塑膠 EPE 板片、塑膠 PE 板片、紙板)置於轉盤中來進行試驗，結果發現越重材質的板片飄移越遠，這跟前一個彈珠在轉盤中因旋轉慣性力產生偏移試驗結果相同，由此可推論越重的板塊會因地球自轉產生科氏力產生位移的作用越大。

表 4-8 不同材質板片在旋轉水槽中飄移距離

材質(200x50mm)		EPE 板片	PE 板片	紙片
重量(g)		0.4797	2.2752	8.2859
飄 移 距 離	轉 5 圈(mm)	65	75	85
	轉 10 圈(mm)	92	155	175
	轉 20 圈(mm)	115	170	195

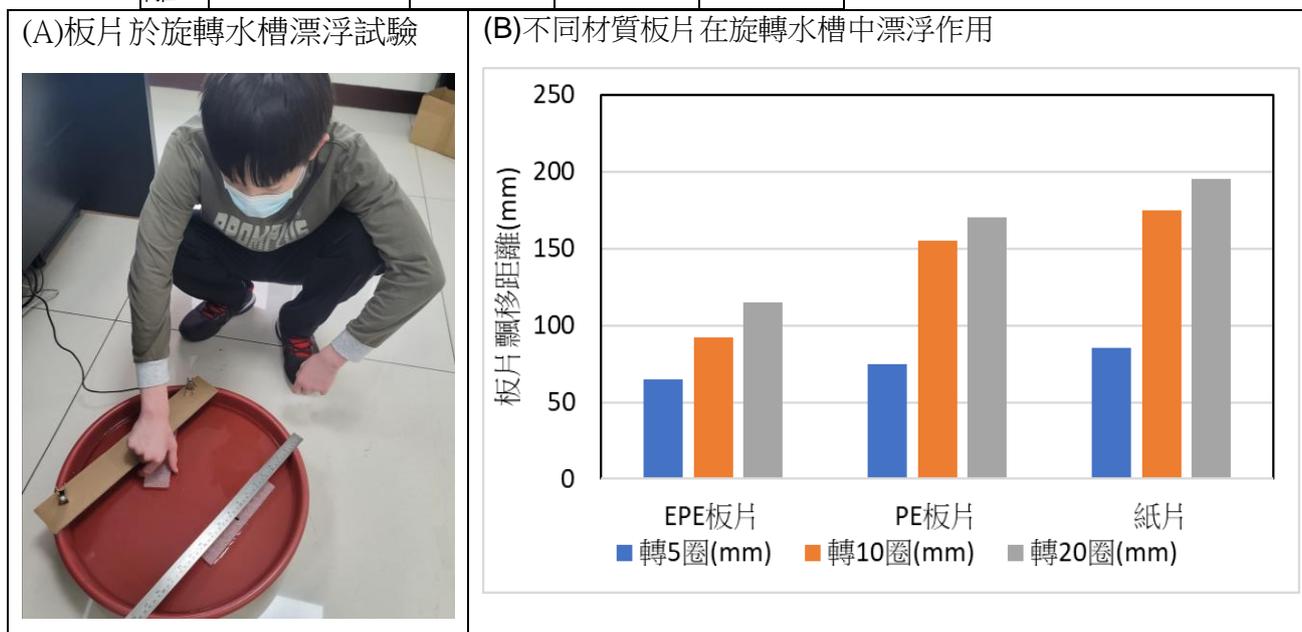


圖 4-10 不同材質板片在旋轉水槽中飄移距離

2 強力磁鐵對轉盤中迴紋針 EPE 板片的試驗

實驗中發現紙片容易在水中受潮而瓦解掉，而 PE 板片在水面上浮力不夠，因此，延續這個實驗結果，將選用 EPE 板片裝上迴紋針，配合強力磁鐵棒的作用，模擬月球引力來試驗對地球板塊遷移的影響，如圖 4-11 所示。結果顯示在強力磁鐵加成作用下，會加速板塊遷移作用，而且飄移距離會隨著轉旋轉次數，EPE 板塊飄移狀況會逐漸增加。這說明兩點，第一月球引力作用的確會對地球板塊造成遷移作用。第二地球板塊的遷移會隨的地球自轉次數增加而飄移至更遠的距離。

表 4-9 強力磁鐵對不同數量迴紋針的板塊試驗

迴紋針數	板片飄移距離(mm)				
	0	3	5	7	9
5 圈	55	65	70	75	90
10 圈	92	125	150	165	180
15 圈	115	180	200	260	270

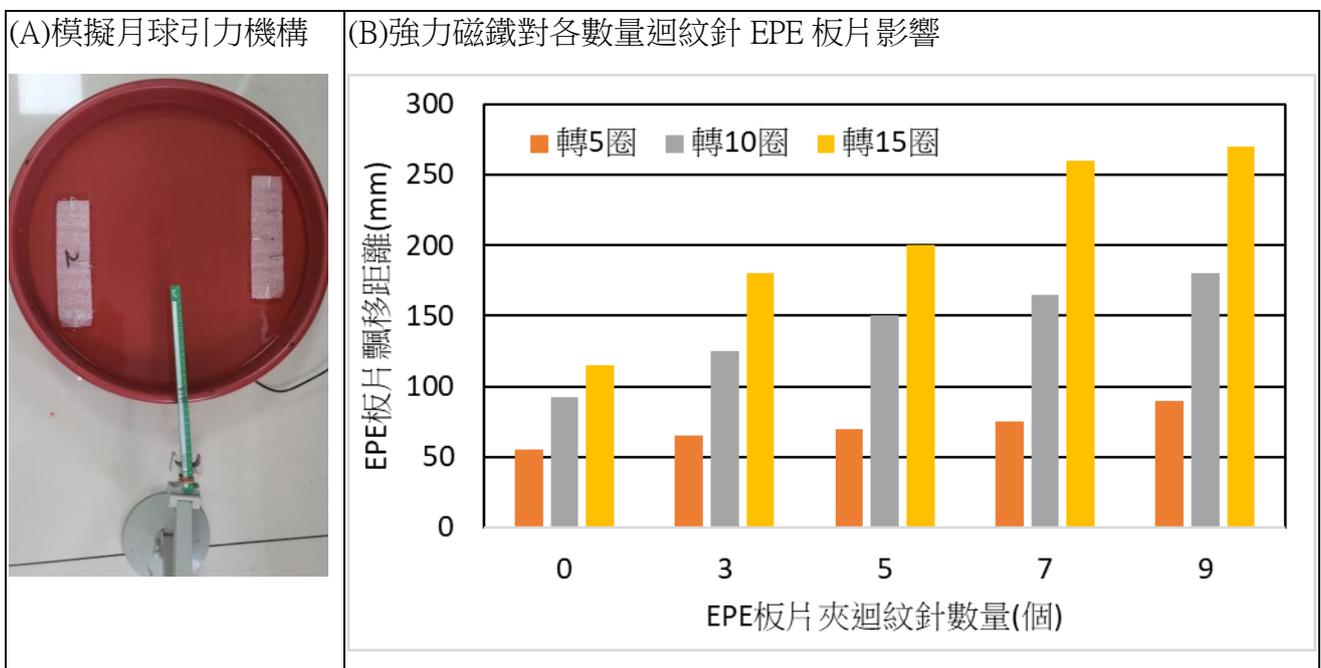


圖 4-11 利用強力磁鐵對轉盤中迴紋針 EPE 板片試驗

二、實驗分析與推論

由板片在旋轉系統水槽試驗可以推論地球自轉產生的科氏力，對地殼板塊遷移有明顯作用，而且越重材質的板片飄移越遠，換句話說漂浮在地函上越重的或者越大的板塊，其發生遷移和擠壓的作用越大，分析現今地球上比較大的板塊如圖 4-12 所示，主要有太平洋板塊、歐亞板塊、印度洋板塊、非洲板塊、美洲板塊，其中海面下的太平洋板塊相對而言是比較重而木密度較高的岩層，由實驗結果可以推論太平洋板塊應該會有較大科氏力，會比其他板塊更容易發生遷移和擠壓作用，進而造成與其相鄰的歐亞板塊交界處，會形成地震頻繁的環太平洋地震帶的區域。因此推論是赤道到北回歸線的區域的應該是科氏力比較大的地方，若加上月球引力的潮汐作用，會更容易造成地殼活動。



圖 4-12 地球板塊分布狀況(www.ditu.cn)



圖 4-13 地球地震帶分布狀況(白色曲線為趨勢線)

伍、討論

一、噴水罐於旋轉馬達噴水試驗，其目的在說明在旋轉系統中，對旋轉的方向會產生慣性力，這慣性力表現在地球上就是科氏力，以往，大都是在氣象中，應用科氏力來解釋在南北半球的氣旋方向，由於其表現在氣體中的科氏力是相當小的，因此很少人把他用在地質上來做探討，因此研究中設計了不同大小材質的彈珠，在不同旋轉速度下來試驗產生偏移狀況。

二、自製科里奧利力轉盤的科氏力試驗，在這個實驗中證明了較大和材質較重的物體，的確會產生較大的偏移距離，由此推論以高密度玄武岩為主太平洋板塊，會產生較大的推擠作用，進而造成日本、台灣、菲律賓地震頻繁的原因。

三、月球引力對科氏力的影響

在實驗中證實若轉盤中，增加外來磁力，將會增加板塊的移動，尤其發生在板片靠近以及離開強力磁鐵棒的時候，這也可以推導為何地震總發生在月圓之後前，當年的 921 地震就是發生在中秋節的前幾天，進一步模擬轉盤中板塊間的交互作用，如圖 5-1 所示。因為轉盤的慣性力就會造成兩個板塊的推擠作用，並使其抬升造成類似當年 921 地震斷層現象。

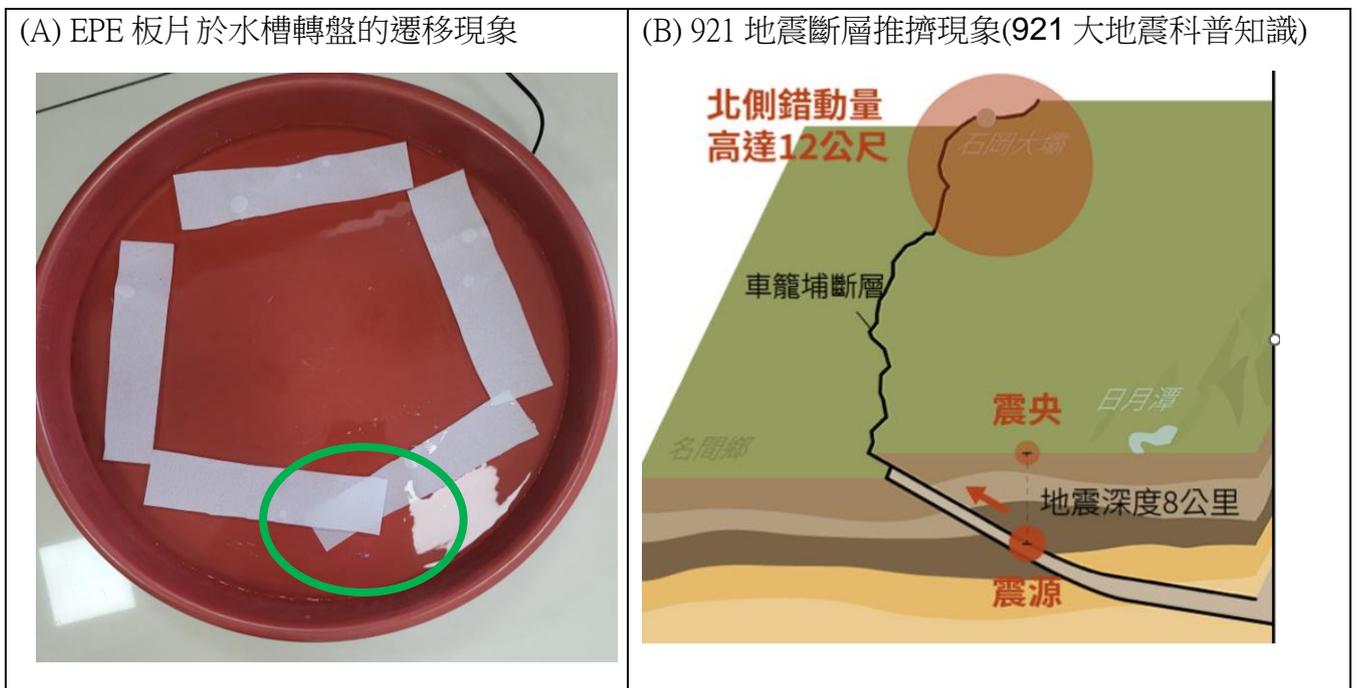


圖 5-1EPE 板片於水槽轉盤的遷移現象，會形成類似 921 地震板塊的推擠現象。

四、由實驗結果推演其他類似星球因科氏力造成的地質活動現象

在不同轉速下各彈珠於轉盤中的偏移現象中，發現當轉速越快則發生較大的偏移現象，由此可推論宇宙中自轉較快的星球，其內部板塊會有較大的遷移現象以及科氏力，容易造成板塊遷移和推擠現象。

陸、結論

- 一、地球岩石層約 100 公里厚為質地硬且溫度低的岩石板塊所構成，在地函「軟流圈」的岩漿上面，因此板塊會跟大海的冰山一樣會飄移，研究中自製科里奧利力轉盤並設計彈珠在轉盤試驗，來驗證說明漂浮在岩漿上面的地球板塊，應該也會受到地球自轉的科氏力影響，實驗結果得知科氏力跟物體質量和運動速度有關，對於質量和密度相當大的板塊而言，並進一步證明因地球自轉所產生科氏力，應該相當大，可能因此而造成板塊的移動和推擠。
- 二、在不同材質板片在旋轉系統水槽試驗中，發現越重材質的板片飄移越遠，這跟前一個彈珠在轉盤中因旋轉慣性力產生偏移試驗結果相同，由此可推論越重的板塊會因地球自轉產生科氏力產生位移的作用越大。
- 三、強力磁鐵對轉盤中迴紋針 EPE 板片試驗，顯示在強力磁鐵加成作用下，會加速板塊遷移作用，而且飄移距離會隨著轉旋轉次數，EPE 板塊飄移狀況會逐漸增加。這說明兩點，第一月球引力作用的确會對地球板塊造成遷移作用。第二地球板塊的遷移會隨的地球自轉次數增加而飄移至更遠的距離。
- 四、地殼板塊的移動除了和科氏力有關外，月球引力也會促使板塊的飄移和擠壓，而這擠壓過程常會造成大地震或海嘯，為了防治災情，在地震帶應建立監測站，事前進行的探測與預防，也許將可有助於防止因板塊遷移導致地震和海嘯的災情發生。

柒、參考資料

1. 中央地質調查所。 <http://www.geologycloud.tw>
2. 台北市立天文科學教育館網頁。 <https://www.tam.gov.taipei/>
3. 行星風系。
<http://biogeo.ntnugeog.org/static/website/html/social/lesson2/Keyword2/%E8%A1%8C%E6%98%9F%E9%A2%A8%E7%B3%BB.htm>
4. 你不知道的柯氏力(2017)。 <https://meteor.today/article/xx6TPG>。
5. 柯皓翔、蘇威銘、黃禹禎、楊惠君、林慧貞(2019)。921 大地震科普知識，
<https://www.twreporter.org/a/921-earthquake-20th-popular-science>
6. 特胡夫特、范都仁(2016)。全球洋流大循環的週期：1000 年，
<https://bookzone.cwgv.com.tw/article/6274>
7. 旋轉座標系下的科氏力 Coriolis Force (2021)。
<https://ohiyooo2.pixnet.net/blog/post/405687107>
8. 經濟部中央地質調查所 <http://twgeoref.moeacgs.gov.tw>
9. 鄧屬予(2002)。板塊間看台灣地震。科學發展，第 350 卷，第 12-19 頁。