

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 工程學(一)科

052301

可程式控制轉向電磁砲

學校名稱：國立金門高級農業工業職業學校

作者： 職三 曾昭明 職三 林紀周 職三 許績根	指導老師： 鄭諭嶸 李漢強
---	-----------------------------

關鍵詞：電磁砲、可程式控制、鳥擊

摘要

飛機起降安全很重要，據統計，世界上每年大約有1萬多隻各種飛鳥撞在飛機上，現階段預防鳥擊的方法除了最初就需要評估生態環境外避免鳥類棲息或遷移地點，恐嚇是最簡單和最直接的驅趕雀鳥方式。

本實驗採用arduino執行砲口轉向與仰角等可程式控制處理，透過PCB電子電路模組對電容進行充電發射程序，進一步對發射進行彈道學分析。實驗環境於人煙稀少處做射擊模擬，藉由高速攝影與三位人工觀察判斷實驗數據。

最後模擬規劃金門尚義機場，藉由GOOGLE空照計算機場跑道長度，按比例推算放大實驗設備性能，參考研究歸納的合理射程範圍沿著跑道兩側最適當配置。因彈藥具磁性，發射後可立即出動強磁回收車清理跑道彈藥殘渣，於跑道安全優於其他彈藥驅散成果。

壹、研究動機

在世界各地發生的機毀人亡事故中，有 20%是飛鳥撞擊飛機而造成的。鳥擊就是飛鳥撞飛機的意思。更值得注意金門 2013 年上午 11 點 30 分，遠東編號 FE066 班機，搭載 150 名旅客金門飛台北，爬升後機外傳來巨響，飛機開始搖晃震動，立即折返金門機場，遠航事後調查，發現是因為鳥擊造成右邊引擎故障。

現階段預防鳥擊的方法，不外乎製造聲響例如煤氣炮、錄音驅鳥、驅鳥彈等方法。但是長期使鳥類會對其聲響逐漸適應，影響驅趕效果。於是我們想到了無聲且威力可方便控制的電磁砲。

相關應用非常廣泛，除了在航空母艦上使用彈射器讓飛機升空，各國已使用幾十年的蒸氣彈射器，近幾年來各國相繼研發新型電磁彈射器。

美國的電磁式彈射速度的範圍為每秒28到103公尺，是沒有檔段的，但蒸氣式只有幾個較大概的檔段，戰機設計的重量只能落在特定幾種重量，過輕或過重都不行。電磁式的最大彈射輸

出夠達到122兆焦，而蒸汽式只有95兆焦。相較之下，電磁式的輸出多了29%。

機場的飛行安全，具體來說就是鳥類闖入機場空域時會有飛安疑慮，這時就會啟動在機場部屬的電磁砲台對鳥類進行驅趕，比傳統火藥炸裂後會產生殘渣碎屑，電磁砲能被磁鐵吸引作為砲彈。驅趕完成將啟用電磁鐵回收車對跑道上的砲彈磁吸回收，這就是一套完整乾淨流程。

貳、研究目的

- 一、砲彈所採用的材質及質量對發射的影響。
- 二、九宮格垂直面之著彈點及範圍測量。
- 三、九宮格水平面之著彈點及範圍測量。
- 四、探究實驗結果推論應用至機場跑道安全設置。












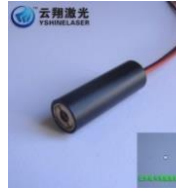

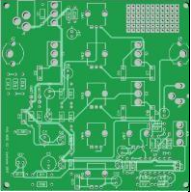



參、研究設備及器材

首先我們發射口使用較粗口徑的塑膠管來製作，會想使用塑膠管是因為使用金屬來製作會干擾到線圈的激磁。並用現成的漆包線線圈當作發射器，材料使用電壓電流表量測對電容充電時的狀況避免超過安全值，以我們使用的電容安全值大概是 90V，整個基座使用木頭與冰棒棍搭建起來，藉由兩顆可變電阻器分別控制兩顆伺服馬達，在基座的伺服馬達是設定 0 到 180 度廣角的伺服馬達，用來控制水平的方向移動；而在上方的伺服馬達是設定為 0 到 90 度的仰角的伺服馬達，用來控制垂直的方向移動。而發射模組部分以 PCB 板為基座，以開斷路按鈕控制三顆 4 號電池為 100V 680uF 規格的電容充電及停止充電，再以第二顆開斷路按鈕為控制電容對線圈的放電，砲管內的導磁子彈因線圈被電容放電而被激磁的線圈磁吸引被發射出去，人員操作使用可變電阻模擬旋轉加上充電與發射裝置完成本次作品。

一、研究材料

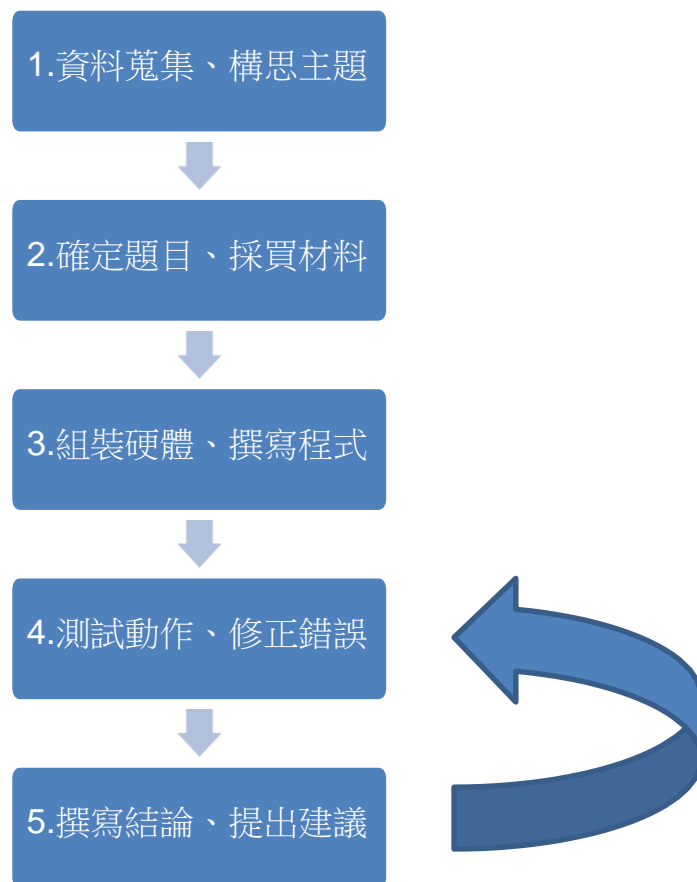
表格 1為我們所使用之材料。每樣材料都是必不可少的，要是缺了其中一項都有可能使我們此次的作品無法完成。

表格 1研究設備材料表

				
1.電壓電流表	2.塑膠吸管	3.漆包線	4.麵包板	5.伺服馬達
				
6.arduino主板	7.木板	8.冰棒棍	9.行動電源	10.電容
				
11.電阻	12.可變電阻	13.二極體	14.紅外線	15.瞬間膠
				
16.PCB板	17.自鎖開關	18.三極管	19.磁環	20.LED

肆、研究過程及方法

一、預備實驗-規劃研究流程



二、預備實驗-規劃設備模組

(一)原理說明

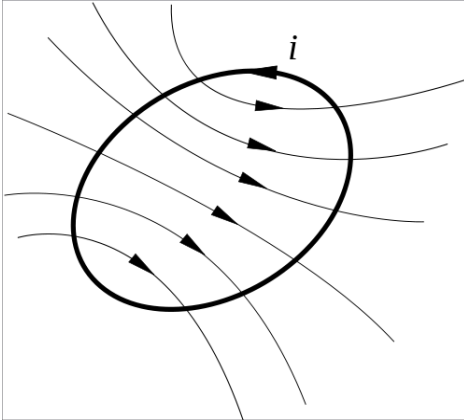


圖 1(維基百科作者, 2020)

如圖1所示，流動於閉合迴路的含時電流*i(t)*所產生的含時磁通量，根據法拉第電磁感應定律，會促使閉合迴路本身出現感應電動勢。

電磁砲會使用到的基本電學知識，在計算電磁砲的發射距離時，我們利用以上公式來算距離，繞多少匝會產生多的磁場，這是需要經過多次的計算以及嘗試的。

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt} = -N \frac{d\Phi}{di} \frac{di}{dt}$$

其中，*N*是閉合迴路的捲繞匝數。

$$\text{設定電感}L\text{為 } L = -N \frac{d\Phi}{di}$$

則感應電動勢與含時電流之間的關係為 $\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$

由此可知，一個典型的電感元件中，在其幾何與物理特性都固定的狀況下，產生的電壓為：

$$u = L \frac{di}{dt}。$$

電感的作用是抵抗電流的變化，但是這種作用與電阻阻礙電流的流動是有區別的。電阻阻礙電流的流動的特徵是消耗電能，而電感則純粹是抵抗電流的變化。當電流增加時電感抵抗電流的增加；當電流減小時電感抵抗電流的減小。電感抵抗電流變化的過程並不消耗電能，當電流增加時它會將能量以磁場的形式暫時儲存起來，等到電流減小時它又會將磁場的能量釋放出來，其效應就是抵抗電流的變化。（維基百科作者, 維基百科電感, 2020）

(二)設備預先規劃設計

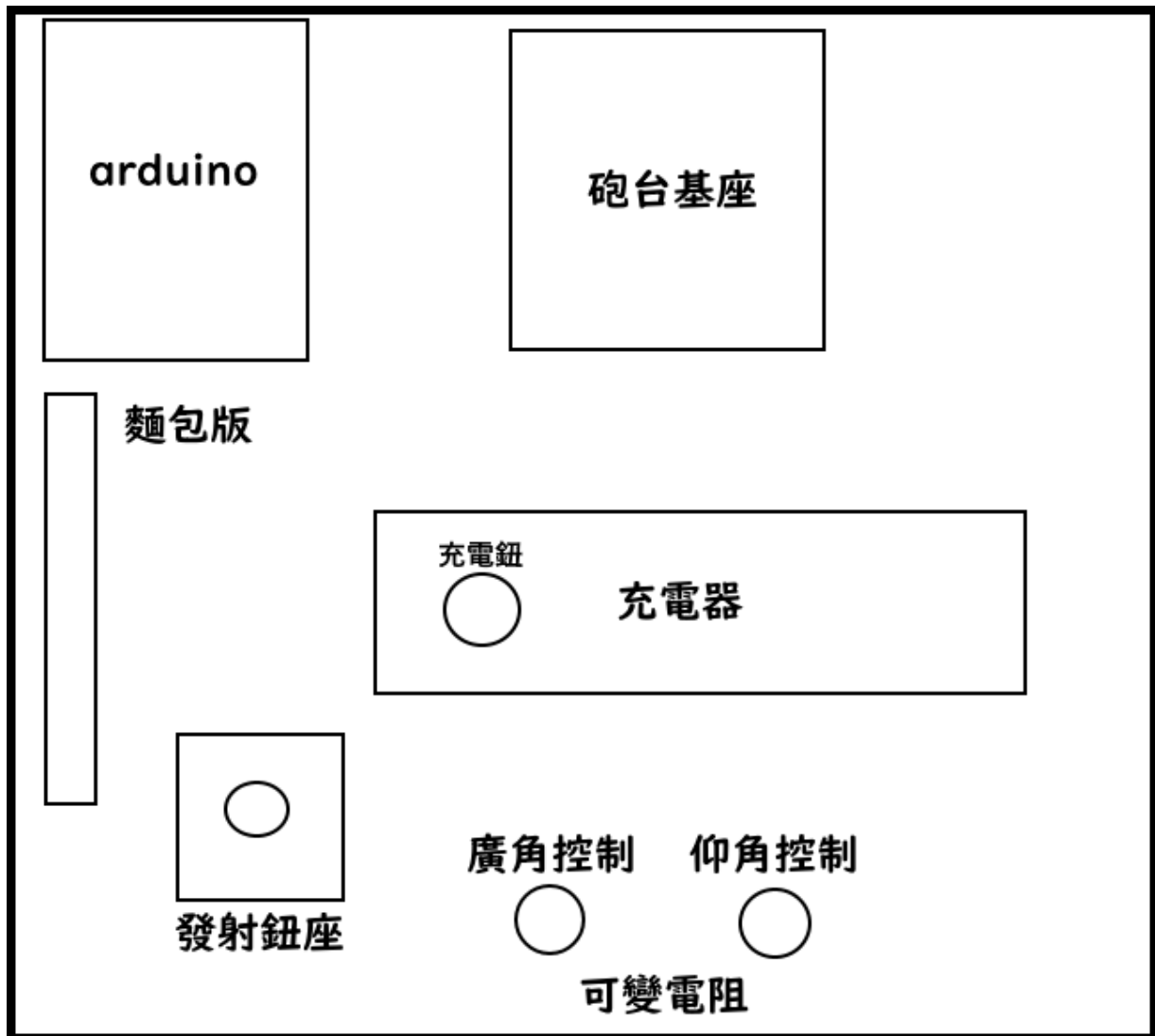


圖 2俯視設計圖

根據計畫中如圖 2 所示預期主題使用繪圖軟體製作出了，規劃各部位零件位置合乎現有場地容量。於俯視圖中規劃有左右轉的廣角控制器與上下移動的仰角控制器，利用操作可變電阻值的大小達成數值控制給控制板。板面規劃發射按鈕與充電按鈕之區域，讓我們充電器中的充電電容組當達到設定的發射電壓值時，關閉持續充電的狀況做安全的隔離措施，並啟動發射按鈕對我們發射基座上之線圈進行激磁，產生強大的感應磁場推動塑膠管砲管內置的導磁彈藥。針對實驗方便將麵包板設置在左側，使整體線路變化能非常便利。

(三)砲塔搭建設計規劃與組裝

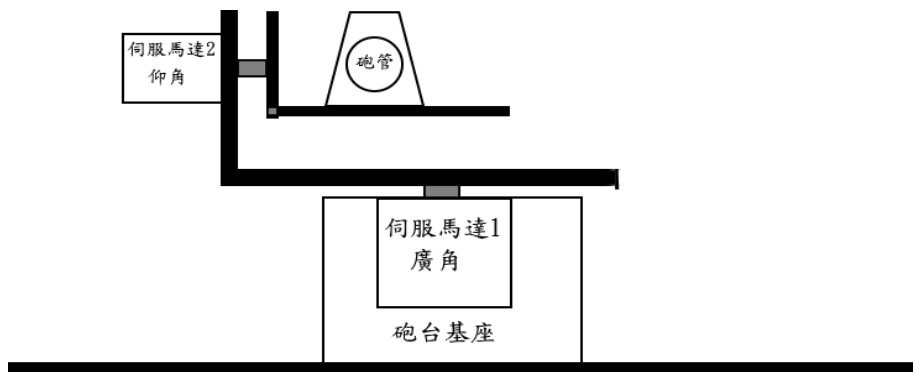


圖 3正視設計圖

由正視圖(圖 3)可以看到砲台基座上有兩組伺服馬達，分別接受從控制板處理過的左右轉的廣角控制器與上下移動的仰角控制器之訊號來控制砲管方向，整體外形手工由冰棒棍搭建而成，並使用瞬間膠穩定組裝。

1. 砲台及控制可變電阻組裝

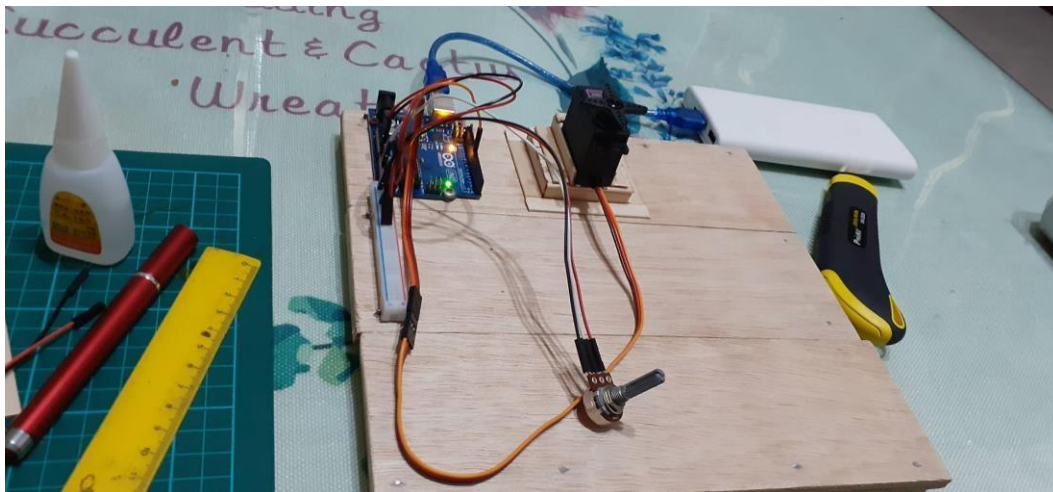


圖 4電磁砲組裝過程

由此張圖片(圖 4)能看到我們起初在測試第一個伺服馬達(180 度)的情況，此伺服馬達用來控制電磁砲的轉向，使用可變電阻來控制。

2.砲塔組裝

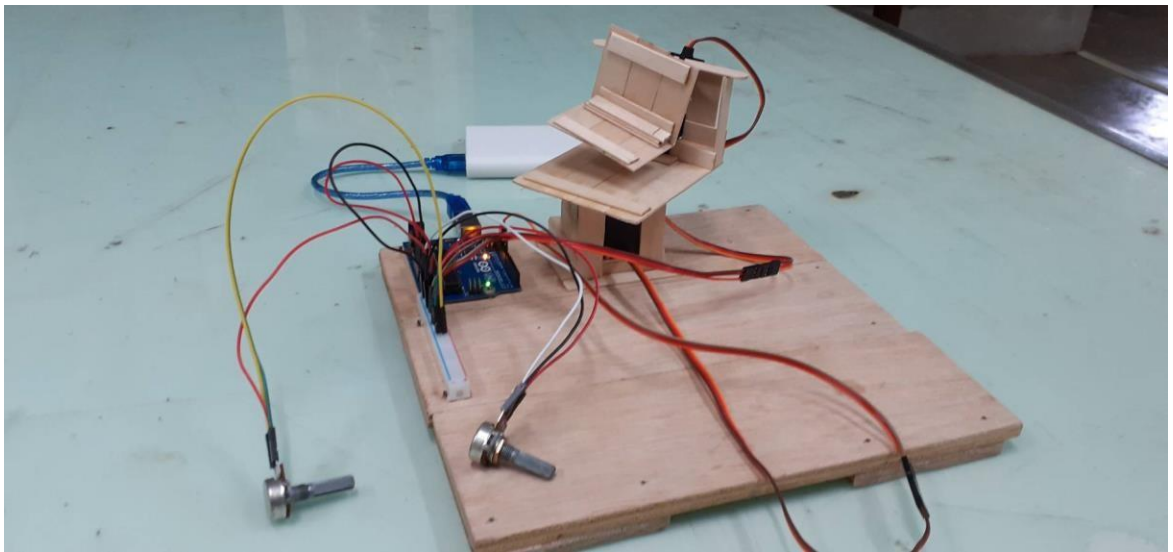


圖 5 電磁砲組裝測試過程

此張照片(圖 5)，我們已經將第二個伺服馬達(90 度)裝上，並進行測試廣角旋轉及仰角旋轉的動作，此次測試證明了我們當初的構想並沒有錯。

3.發射模組組裝

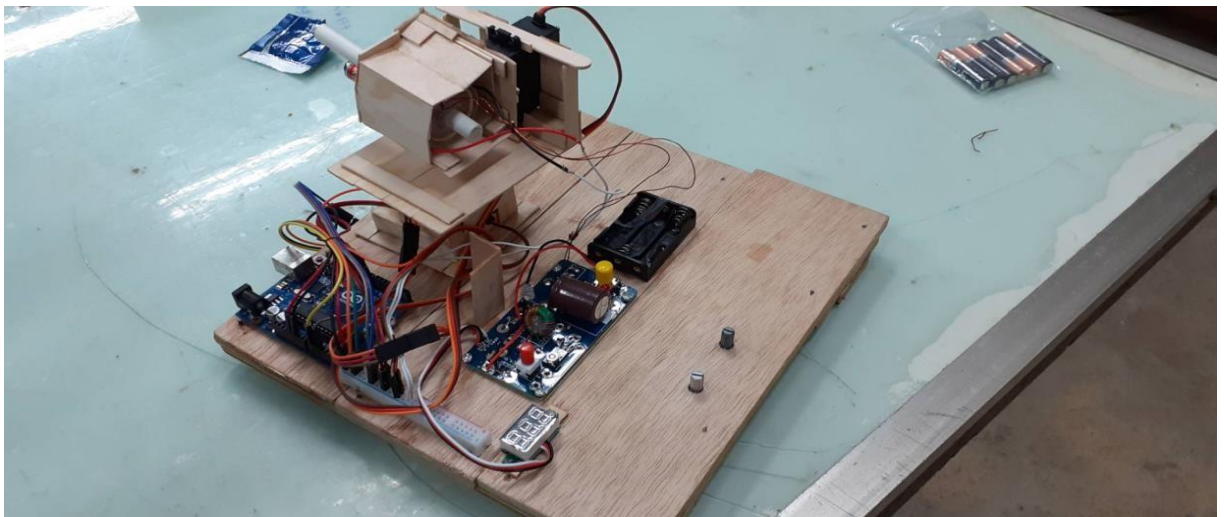


圖 6 電磁砲組裝測試過程

此張照片(圖 6)已經將所有的零件組裝上，進行測試，調整零件的位置及角度，還首次試射了電磁砲，為成功前進了一大步。

伍、研究結果

一、可程式設計控制碼

```
#include
<Servo.h> Servo
myservo1;//伺服馬達
Servo myservo2;//伺服馬達 2

int potpin1 = 0; //類比輸出口 1(輸出訊號給垂直90度的伺服馬達)
int potpin2 = 2; //類比輸出口 2(輸出訊號給水平180度的伺服馬達)

int val;

void setup()

{

myservo1.attach(11); //數位控制口 1(垂直90度的伺服馬達訊號輸入口)
myservo2.attach(9); //數位控制口 2(水平0度的伺服馬達訊號輸入口)

}

void loop()

{

val = analogRead(potpin1); //讀取電位器控制的模擬值
val = map(val, 0, 1023, 0, 90); //伺服馬達 1 號被輸入 0 至 90 度
myservo1.write(val); //指定轉向的角度

val = analogRead(potpin2); //讀取電位器控制的模擬值
val = map(val, 0, 1023, 0, 179); //伺服馬達 2 號被輸入 0 至 180 度
myservo2.write(val); //指定轉
向的角度delay(0); //延遲時 }
```

二、設備接腳圖

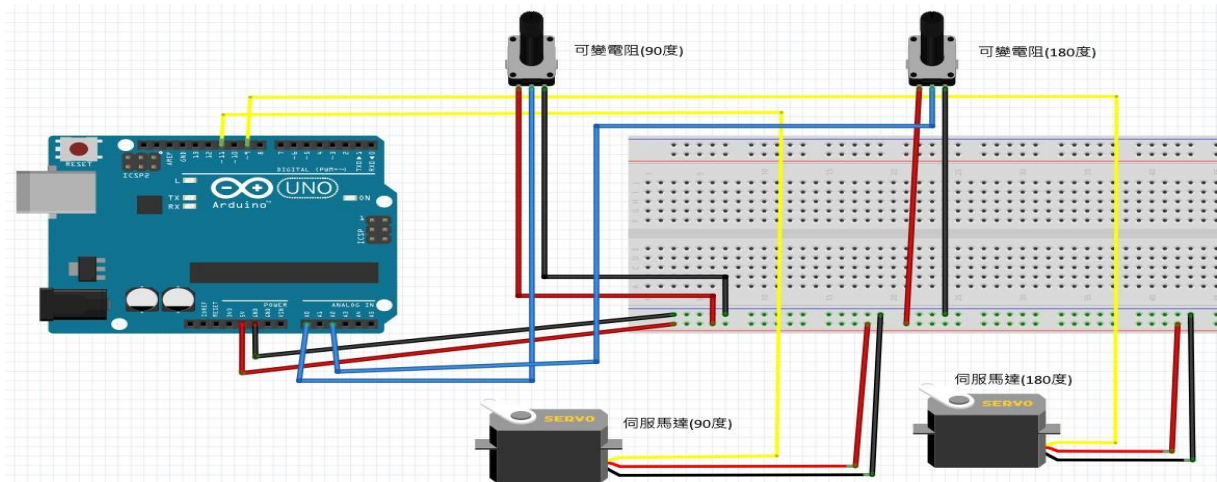


圖 7各式模組接腳圖

此張照片(圖 7)完整呈現了各項模組接到 arduino 的接角，線掉的時候只要依據這張圖也能馬上找到位置接腳失誤的位址。

三、發射設備電路圖

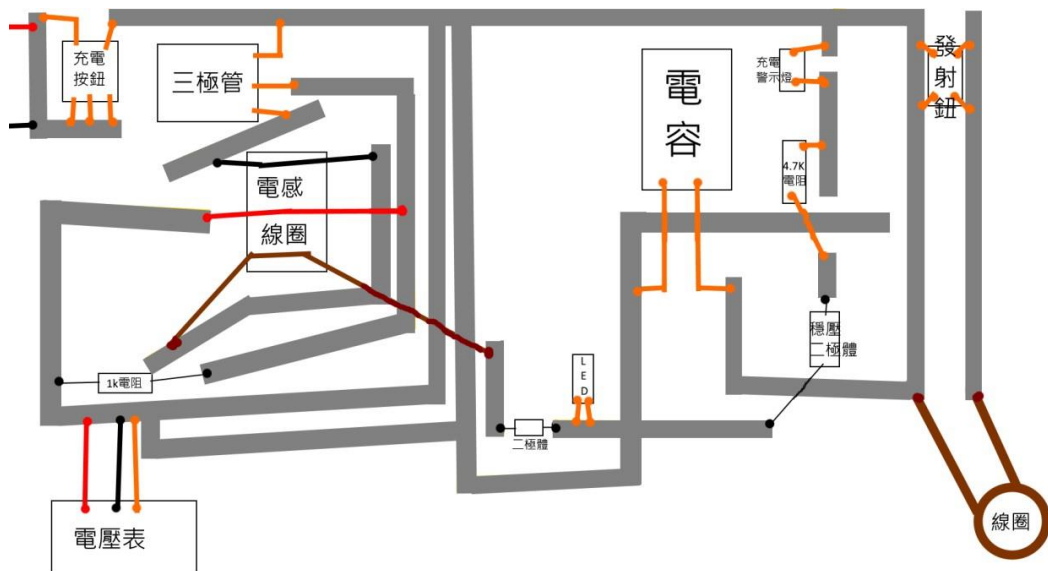





圖 8 PCB 板電磁砲發射模組

此模組(圖 8)是電磁砲發射的關鍵因素，若沒此精密的模組電磁砲是無法順利發射的。

陸、討論

一、砲彈所採用的材質及質量對發射的影響

表格 2 為各種子彈的彈道分析數據(單位為公分)

圖示	角度	0度	30度	45度	60度	90度
	類別					
	強力磁鐵 (強磁性)	90cm	270cm	280cm	225cm	151cm
	螺絲1 (較粗重)	103cm	333cm	374cm	275cm	145cm
	螺絲2 (較細輕)	148cm	480cm	600cm	503cm	220cm

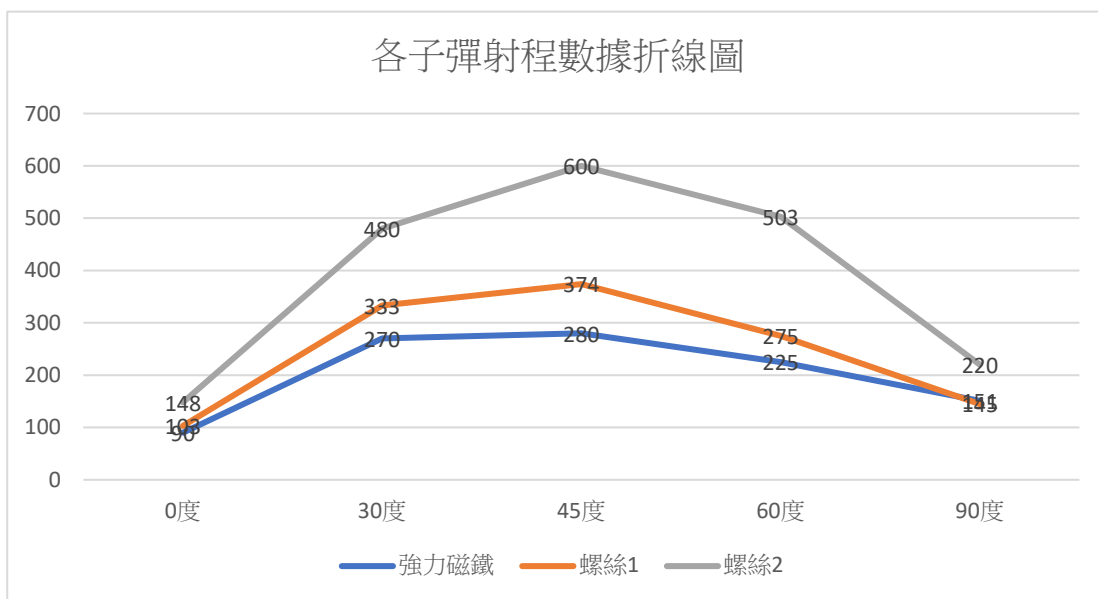


圖 9 各子彈的射程分析

(一) 實驗仰角30度、45度、60度、90度測量距離，真實的印證理論為45度是各子彈最遠的射程，仰角90度為最高的距離。

(二) 各子彈重量確實明顯影響到射程距離，質量越重的情況下射程比較近，反之亦然。

(三) 因子彈裝填區的空間設計，以及發射方式選擇之結果，材質必須要是具磁性材料成分才能使用，例如鐵、鈷和鎳的成分才可讓發射線圈吸起來，另子彈長度需足以達到發射電磁感應動力有效區間，才能有效擊發子彈。

二、九宮格垂直面之著彈點及範圍測量

實驗使用九宮格作為標靶且使用不同的角度測量九宮格範圍內的著彈點如圖10所示。制定原則由45度角所射出的最遠距離(6公尺)，其中五分之一作為九宮格的邊長，二分之一作為砲台與九宮格的測試距離。

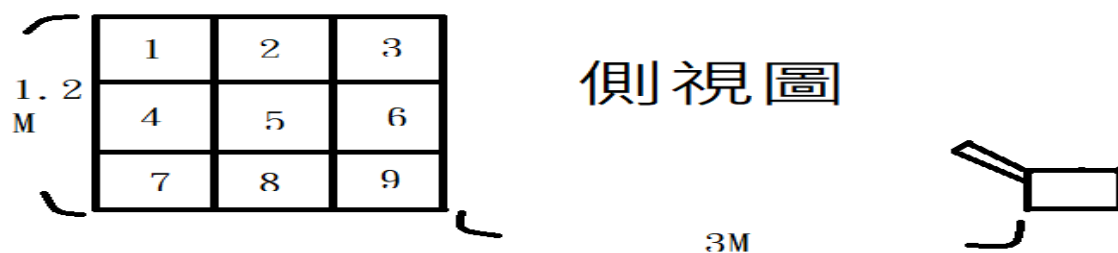


圖 10 垂直面之著彈點及範圍測量示意圖

表格 3 九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍測量

格碼	水平	垂直	電壓
1	80~85度	33~44度	88v
2	85~95度	30~40度	88v
3	95~100度	33~44度	88v
4	75~82.5度	22~33度	88v
5	82.5~97.5度	20~30度	88v
6	97.5~105度	22~33度	88v
7	70~80度	11~22度	88v
8	80~100度	10~20度	88v
9	100~110度	11~22度	88v



圖 11 圖形化九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍測量

表格 4 九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據

格碼	水平左1	2	3	4	5	格碼	水平右1	2	3	4	5
1	80	78	79	82	83	1	85	86.5	84	85	83.5
2	85	86	83.5	86	87.5	2	95	97	94.5	94	96
3	95	93.5	97	94	92.5	3	100	101	102.5	99	98.5
4	75	73	75	77	74.5	4	82.5	81	83	82	81.5
5	82.5	83	82	83.5	84	5	97.5	98	97	99.5	100
6	97.5	97	96	98	96.5	6	105	103	106.5	103.5	102
7	70	69	73	71.5	72	7	80	82.5	78	81	79.5
8	80	77.5	79.5	82	81.5	8	100	98.	101.5	102	99.5
9	100	102	98.5	101.5	99	9	110	107.5	107	112	113

表格 5 九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍上下測試數據

格碼	垂直上1	2	3	4	5	格碼	垂直下 1	2	3	4	5
1	33	34	33.5	35	32	1	44	45.5	42	42.5	43
2	30	31	28.5	32.5	29.5	2	40	39	42	40.5	37.5
3	33	33.5	31	34	34.5	3	44	46.5	41	42	41.5
4	22	20	23.5	21	25	4	33	31	33.5	33	34
5	20	17.5	20	19.5	22	5	30	32	28.5	31	27.5
6	22	23	20.5	22	22.5	6	33	34.5	32	30.5	31.5
7	11	9	12	11.5	10	7	22	20	22.5	21	24
8	10	12.5	7.5	9	11	8	20	20	19.5	22	19
9	11	9.5	8	12	13	9	22	23	25.5	20	22

(一) 如表格3所示九宮格垂直面之著彈點及砲口瞄準格碼之操作角度，使現場操作人員快速針對格碼定位後，用相對應的角度瞄準與紅外線輔助縮短操作時間，並圖形化相關數據如圖11所示。

(二) 如表格4所示九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據，另外如表格 5 是格碼上下測試數據，本實驗操作範圍邊界是藉由多次實驗擊發取得量化相關數據，排除差異過大的失敗數據，提供統計接近中位數的量測結果。

(三) 如圖12所示，方便操作員於控制盤面上也能顯示相對應的操作刻度，也把格碼位置經由人工量測增加在旋扭周圍，並也顯示旋轉角度。

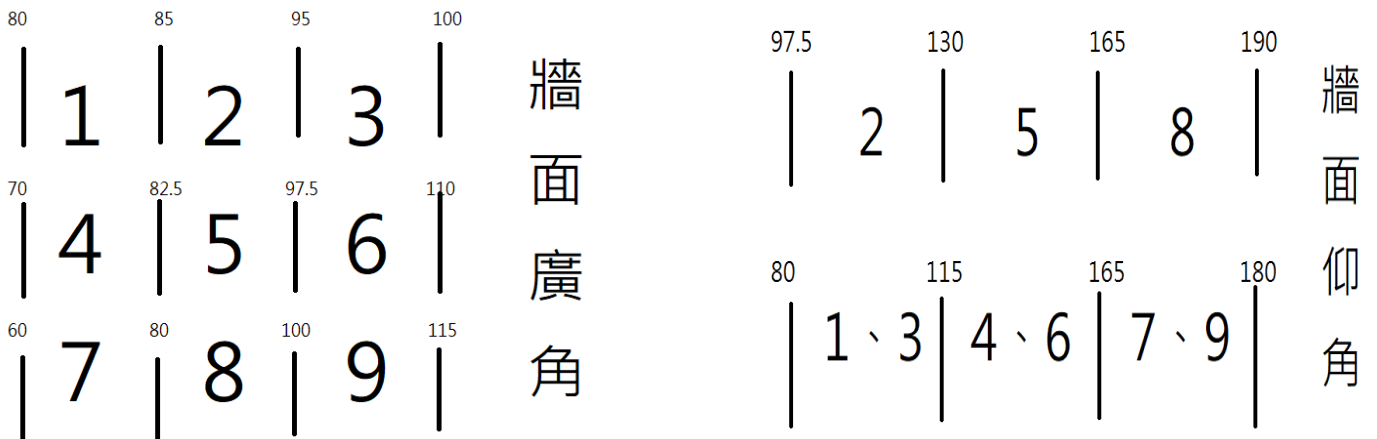


圖 12 垂直立面控制旋扭可變電阻角度：左圖為廣角操作角度，右圖為仰角操作角度

三、九宮格水平地面之著彈點及範圍測量。

實驗使用九宮格作為標靶且使用不同的角度測量九宮格範圍內的著彈點如圖13所示。制定原則由45度角所射出的最遠距離(6公尺)，其中五分之一作為九宮格的邊長，二分之一作為砲台與九宮格的測試距離。九宮格與砲台的距離為4.8公尺，加上九宮格1.2公尺為最遠射程6公尺。

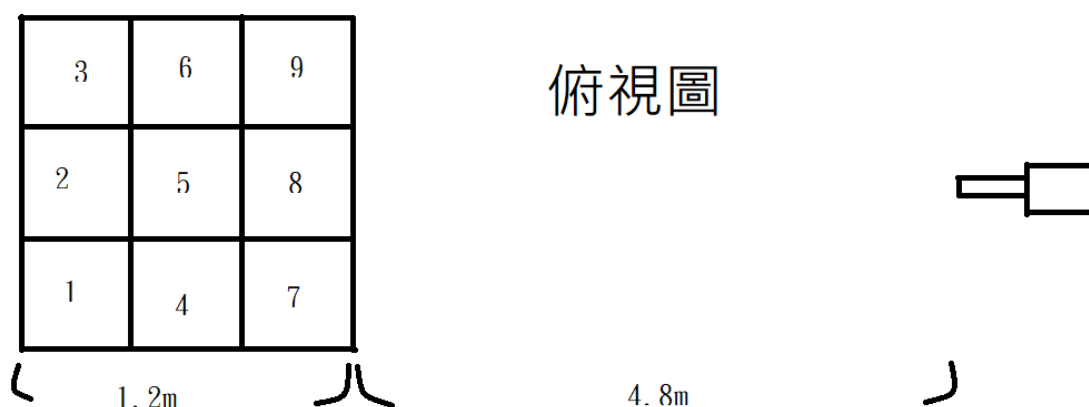


圖 13 水平地面之著彈點及範圍測量示意圖

表格 6 九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍測試

格碼	水平	垂直	電壓
1	85~89度	44~49度	88v
2	89~93度	40~45度	88v
3	93~97度	44~49度	88v
4	84.5~88.5度	38~44度	88v
5	88.5~91.5度	35~40度	88v
6	91.5~96.5度	38~44度	88v
7	84~88度	31~38度	88v
8	88~92度	30~35度	88v
9	92~96度	31~38度	88v

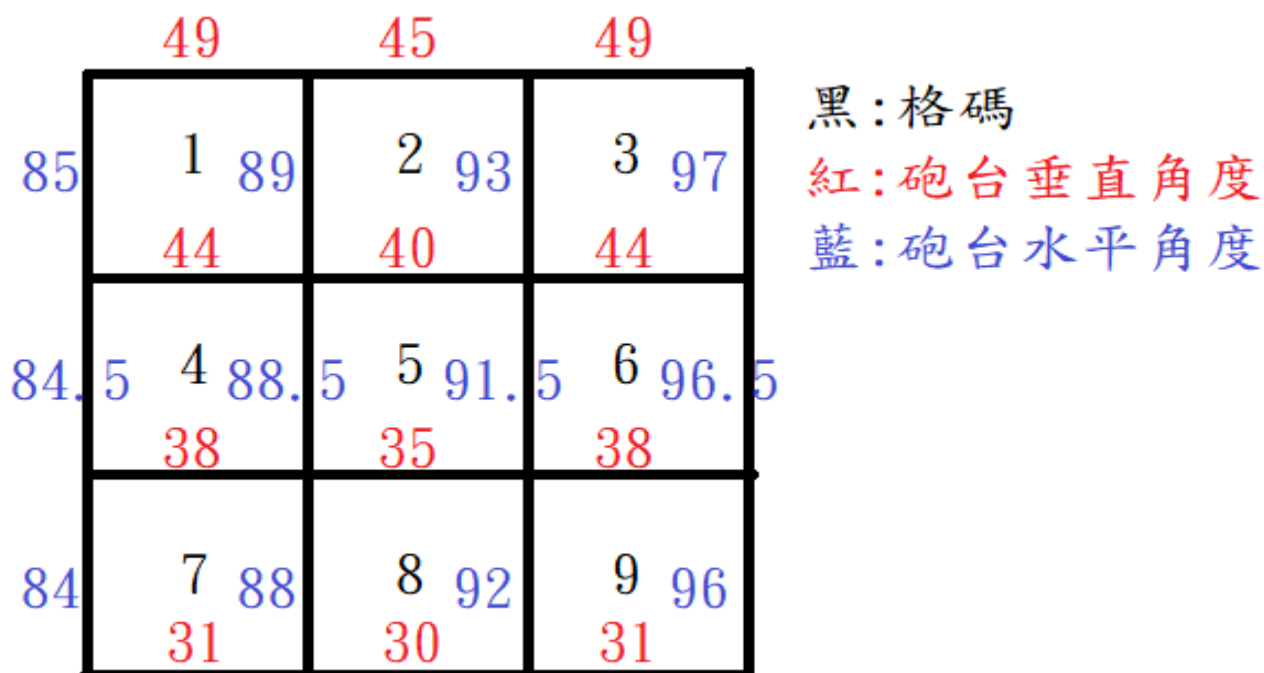


圖 15 圖形化九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍測試

表格 7 九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據

格碼	水平左1	2	3	4	5	格碼	水平右 1	2	3	4	5
1	85	86	85.5	88	83	1	89	90	91.5	88	88
2	89	86	90.5	91	87.5	2	93	89	92	91.5	95
3	93	94.5	95.5	94	93	3	97	96.5	99	100	95
4	84.5	85.5	86	83.5	84	4	88.5	88	91	88.5	86.5
5	88.5	87	89	89.5	88	5	91.5	93	88	87.5	91
6	91.5	91	93	91.5	93.5	6	96.5	98	97	101	95.5
7	84	81.5	86	86.5	82	7	88	93	88	86	87.5
8	88	90	89.5	87	91	8	92	94	89	88.5	93
9	92	96	93	95	92.5	9	96	97	96.5	93	94

表格 8 九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍上下測試數據

格碼	垂直上1	2	3	4	5	格碼	垂直下 1	2	3	4	5
1	44	44	46.5	43	42.5	1	49	45	51.5	53	48
2	40	44.5	39	37	37.5	2	45	47.5	43	46	43
3	44	41	46	47.5	42	3	49	52.5	48.5	47	51
4	38	37.5	40	38	41.5	4	44	42	44.5	47	43.5
5	35	34	32.5	36	36.5	5	40	40.5	43	39	38.5
6	38	40	41.5	40.5	39	6	44	42	41.5	45	44.5
7	31	34.5	32	28	29	7	38	43	40.5	37	38.5
8	30	33	31.5	28.5	30.5	8	35	34	35.5	36	38
9	31	27.5	35	33.5	29	9	38	36.5	38	42.5	39

(一) 如表格6所示九宮格水平地面之著彈點及砲口瞄準格碼之操作角度，使現場操作人員快速針對格碼定位後，用相對應的角度瞄準與紅外線輔助縮短操作時間，並圖形化相關數據如圖15所示。

(二) 如表格7所示九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據，另外如表格8是格碼上下測試數據，本實驗操作範圍邊界是藉由多次實驗擊發取得量化相關數據，排除差異過大的失敗數據，提供統計接近中位數的量測結果。

(三) 如圖16所示，方便操作員於控制盤面上也能顯示相對應的操作刻度，也把格碼位置經由人工量測增加在旋扭周圍，並也顯示旋轉角度。

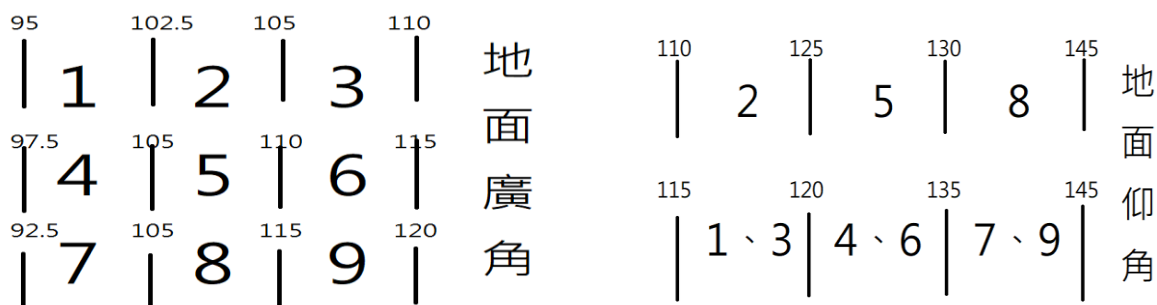


圖 16 水平地面控制旋扭可變電阻角度：左圖為廣角操作角度，右圖為仰角操作角度

四、探究實驗結果推論應用至機場跑道安全設置



圖 17四、探究實驗結果推論應用至機場跑道安全設置示意圖

- (一) 如圖17所示機場跑道3004公尺，電磁泡設備放大100倍後，九宮格邊長在120公尺情況下，需要25座砲塔沿著跑道等距配置入機場兩側。
- (二) 機場跑道寬45公尺情況下，一座九宮格即可涵蓋跑道的寬度。
- (三) 機場跑道高度的空域，在離地面120公尺內皆為有效射程範圍。

柒、結論

- 一、飛機起降安全很重要，本實驗因彈藥具磁性，發射後可立即出動強磁回收車清理跑道彈藥殘渣，於跑道安全優於其他彈藥驅散成果。
- 二、本實驗採用arduino執行砲口轉向與仰角等可程式控制處理，透過PCB電子電路模組對電容進行充電達發射程序，達到課程理論與實際的結合。
- 三、模擬規劃金門尚義機場，藉由GOOGLE空照計算機場跑道長度，按比例推算放大實驗設備性能，參考研究歸納的合理射程範圍沿著跑道兩側最適當配置。

捌、參考資料及其他

fritzing. (2002 年 3 月 24 日). fritzing. 擷取自 fritzing: <https://fritzing.org/home/>

Paint.net. (2002 年 3 月 24 日). Paint.net. 擷取自 Paint.net:

<https://www.getpaint.net/download.html> wikipedia. (2020 年 01 月 18 日). 鳥擊. 擷取自 wikipedia:

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%B8%9F%E5%87%BB>

佑來了.(2019 年 8 月 22 日). 【Fun 科學】超·電磁砲(噴飛的硬幣). 擷取自 【Fun 科學】超·電磁砲(噴飛的硬幣):

<https://www.youtube.com/watch?v=sKcblM1ayts&feature=youtu.be>

佑來認真教.(2017 年 6 月 14 日). YouTube. 擷取自 YouTube:

<https://youtu.be/cLs5xwUgGkc>

金門尚義. (104). 金門尚義機場野生動物防制作業程序. 金門: 金門航空站.

掌上蘭州.(2017 年 07 月 24 日). 每日頭條. 擷取自 每日頭條: <https://kknews.cc/zh-tw/news/yyekv6g.html>

電容的充放電時間實驗.(2002 年 2 月 11 日). 電容的充放電時間實驗. 擷取自

<http://ezphysics.nchu.edu.tw/physiweb/down/html/RC.htm>

維基百科作者. (2002 年 2 月 13 日). 擷取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E6%84%9F>

維基百科作者. (2020 年 3 月 23 日).

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E6%84%9F>. 擷取自 維基百科:

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E6%84%9F#/media/File:Sj%C3%A4lv-induktans.svg>

維基百科作者. (2020 年 3 月 24 日). 維基百科電感. 2020 年 3 月 24 日 擷取自 維基

百科電感: <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E6%84%9F>

【評語】 052301

1. 本實驗採用 Arduino 為控制核心，進行砲口轉向與仰角等之可程式控制處理，發展電磁砲，以實驗方法探討電磁炮射擊的特性，具備多樣實驗數據，值得鼓勵。
2. 建議加強研究實驗結果與學理的連結，如宜增加彈道學相關學理、進行飛行高度與距離預測、定量分析電磁砲射程效率、評估討論電磁能量與砲彈外形與質量之關係等。
3. 建議驗證系統之穩定性，同一發射條件下彈道和飛行軌跡是否具有重複性。
4. 尺度放大後整體系統特性之一致性和環境影響也需要評估（如空氣阻力、環境風力等），建議導入動力學模型以瞭解飛行趨勢。
5. 鳥為動態飛行，目前設計並未看到鳥飛行追蹤的設計。另外，鳥的飛行軌跡應該探究，發射和擊中間有時間差，若鳥類飛行方向變動大，並不易在感知有鳥類後推估擊落點。
6. 目前的實驗驗證建立了發射狀態（傾角等）和落下空間的關係。若要直接應用到鳥類擊落，則需要知道鳥類相對於發射器的三維空間相對關係，此方法並不直觀。一般射擊，會直接對準鳥類，藉由彈道分析，知道不同鳥和發射器間相對距離來微調上下傾角。

摘要

- 飛機起降安全很重要，據統計，世界上每年大約有1萬多隻各種飛鳥撞在飛機上，現階段預防鳥擊的方法除了最初就需要評估生態環境外避免鳥類棲息或遷移地點，恐嚇是最簡單和最直接的驅趕雀鳥方式。
- 本實驗採用arduino執行砲口轉向與仰角等可程式控制處理，透過PCB電子電路模組對電容進行充電達發射程序，進一步對發射進行彈道學分析。實驗環境於人煙稀少處做射擊模擬，藉由高速攝影與三位人工觀察判斷實驗數據。
- 最後模擬規劃金門尚義機場，藉由GOOGLE空照計算機場跑道長度，按比例推算放大實驗設備性能，參考研究歸納的合理射程範圍沿著跑道兩側最適當配置。因彈藥具磁性，發射後可立即出動強磁回收車清理跑道彈藥殘渣，於跑道安全優於其他彈藥驅散成果。

壹、研究動機


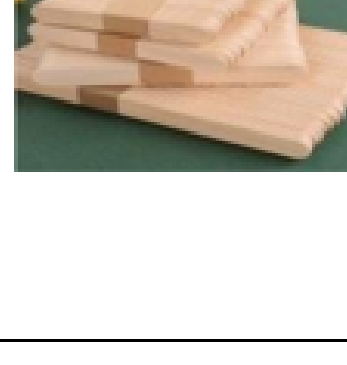
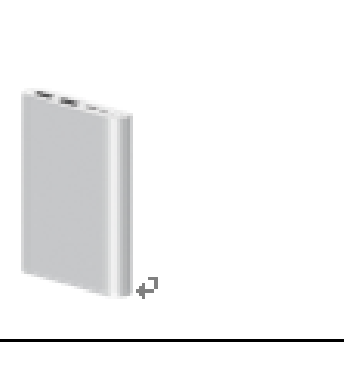




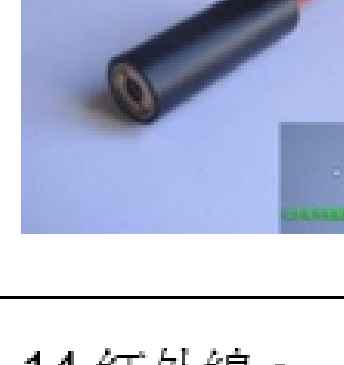
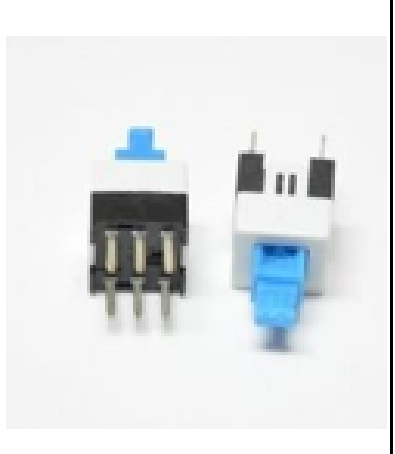
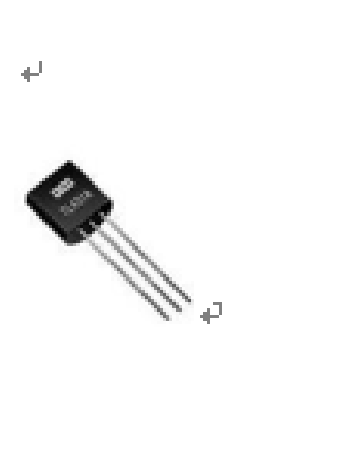

- 在世界各地發生的機毀人亡事故中，有 20%是飛鳥撞擊飛機而造成的。鳥擊就是飛鳥撞飛機的意思。更值得注意金門 2013 年上午 11 點 30 分，遠東編號 FE066 班機，搭載 150 名旅客金門飛台北，爬升後機外傳來巨響，飛機開始搖晃震動，立即折返金門機場，遠航事後調查，發現是因為鳥擊造成右邊引擎故障。
- 現階段預防鳥擊的方法，不外乎製造聲響例如煤氣炮、錄音驅鳥、驅鳥彈等方法。但是長期使鳥類會對其聲響逐漸適應，影響驅趕效果。於是我們想到了無聲且威力可方便控制的電磁砲。

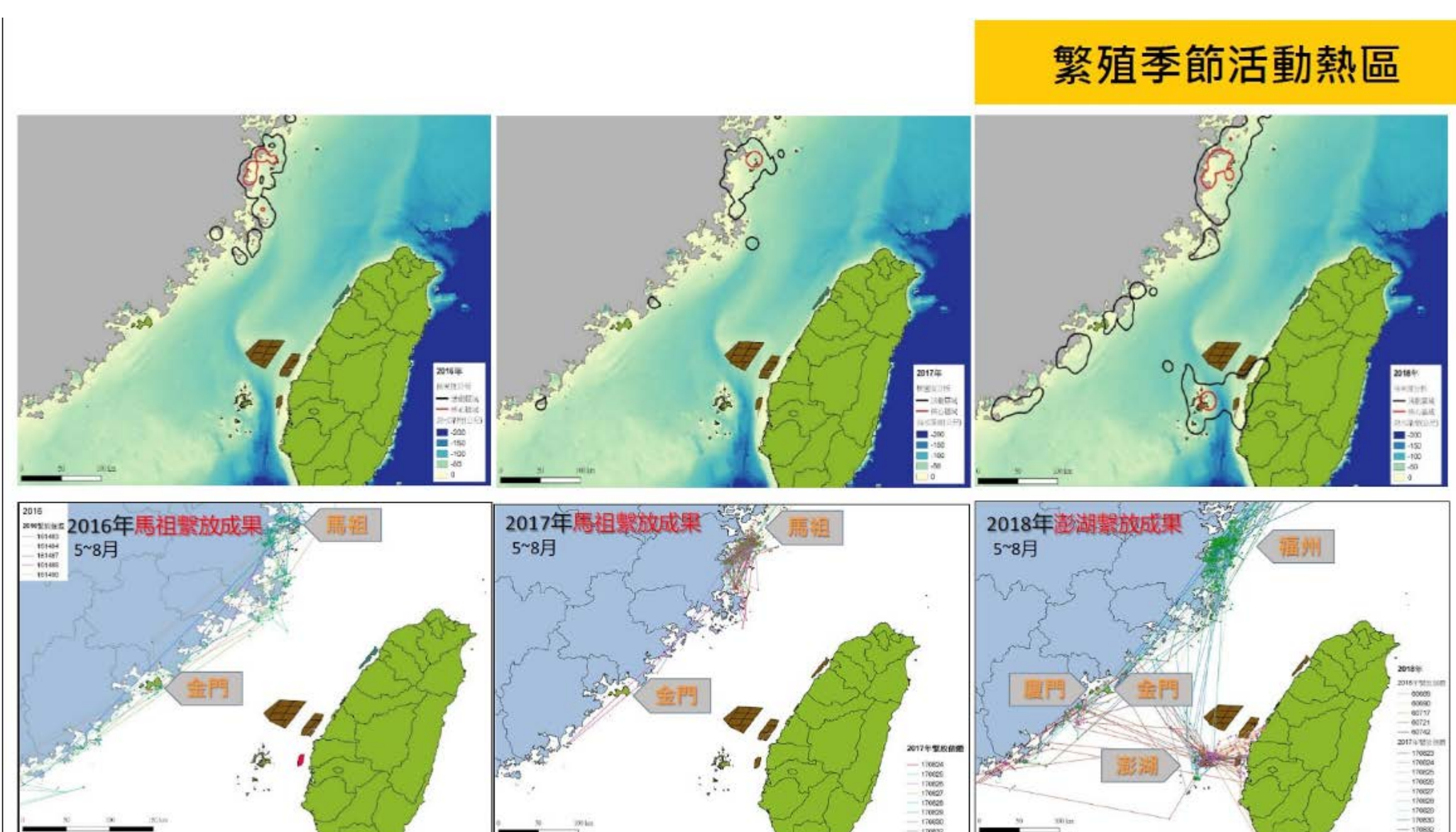
貳、研究目的

- 一、砲彈所採用的材質及質量對發射的影響。
- 二、九宮格垂直面之著彈點及範圍測量。
- 三、九宮格水平面之著彈點及範圍測量。
- 四、探究實驗結果推論應用至機場跑道安全設置。

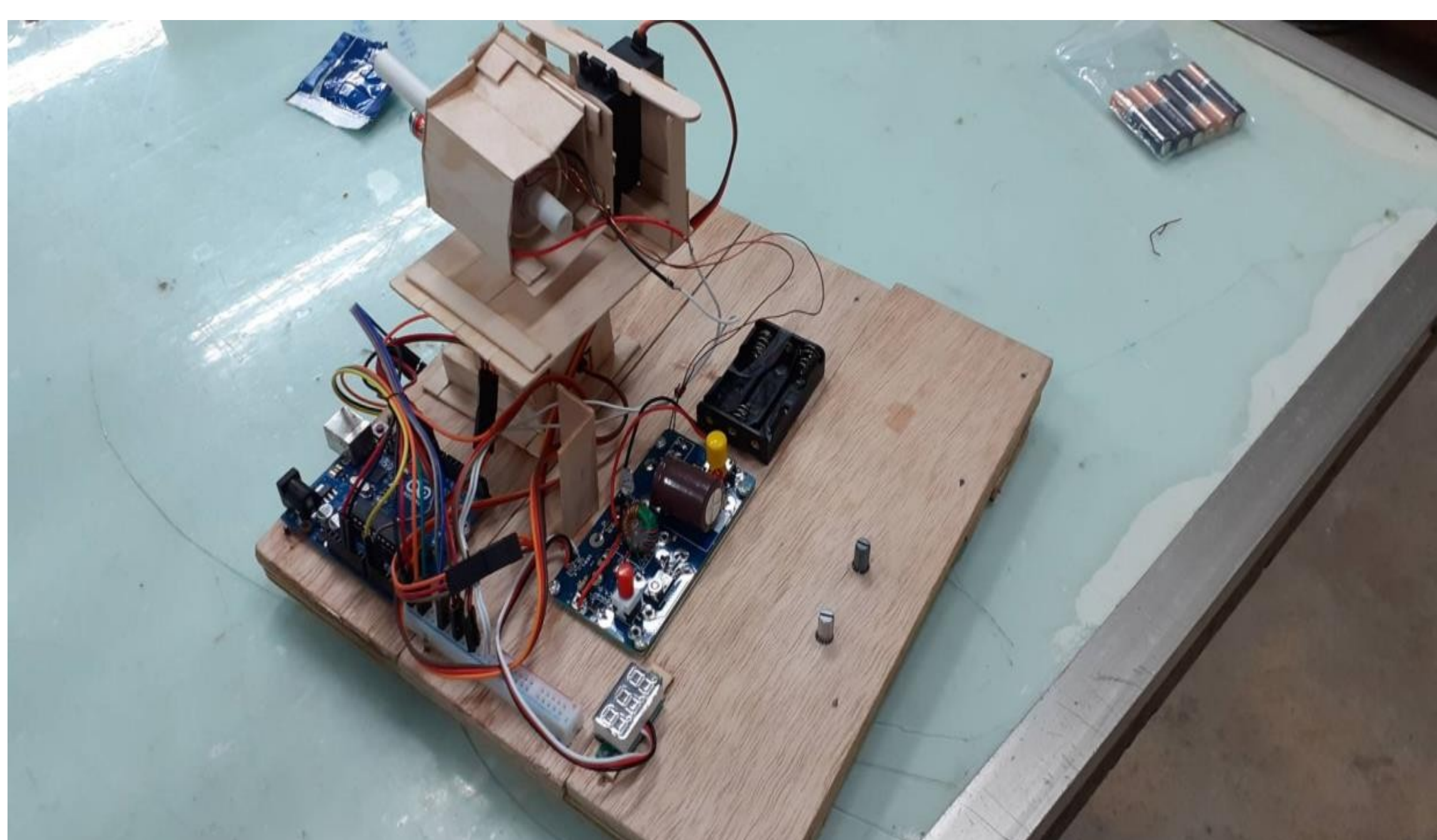
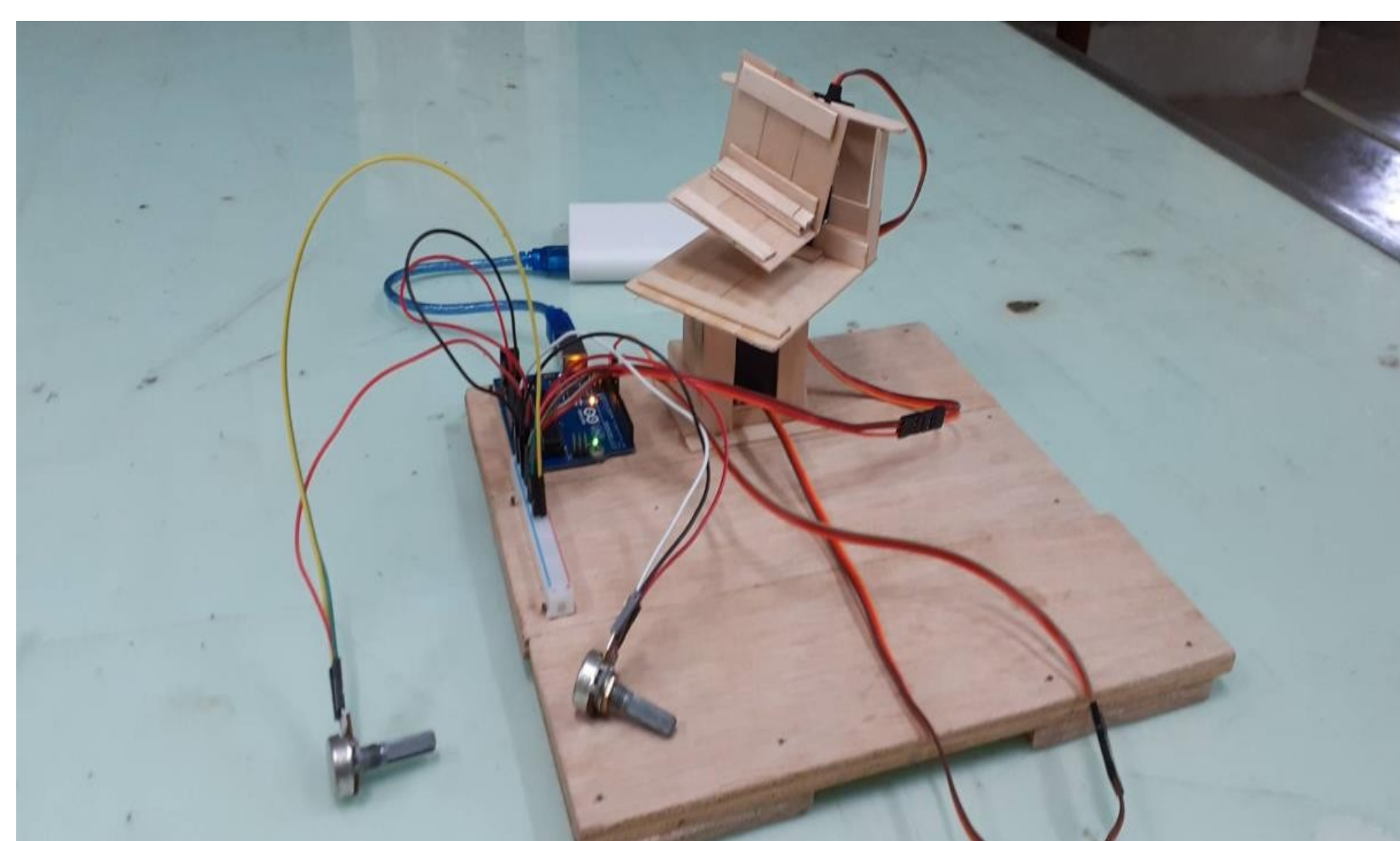
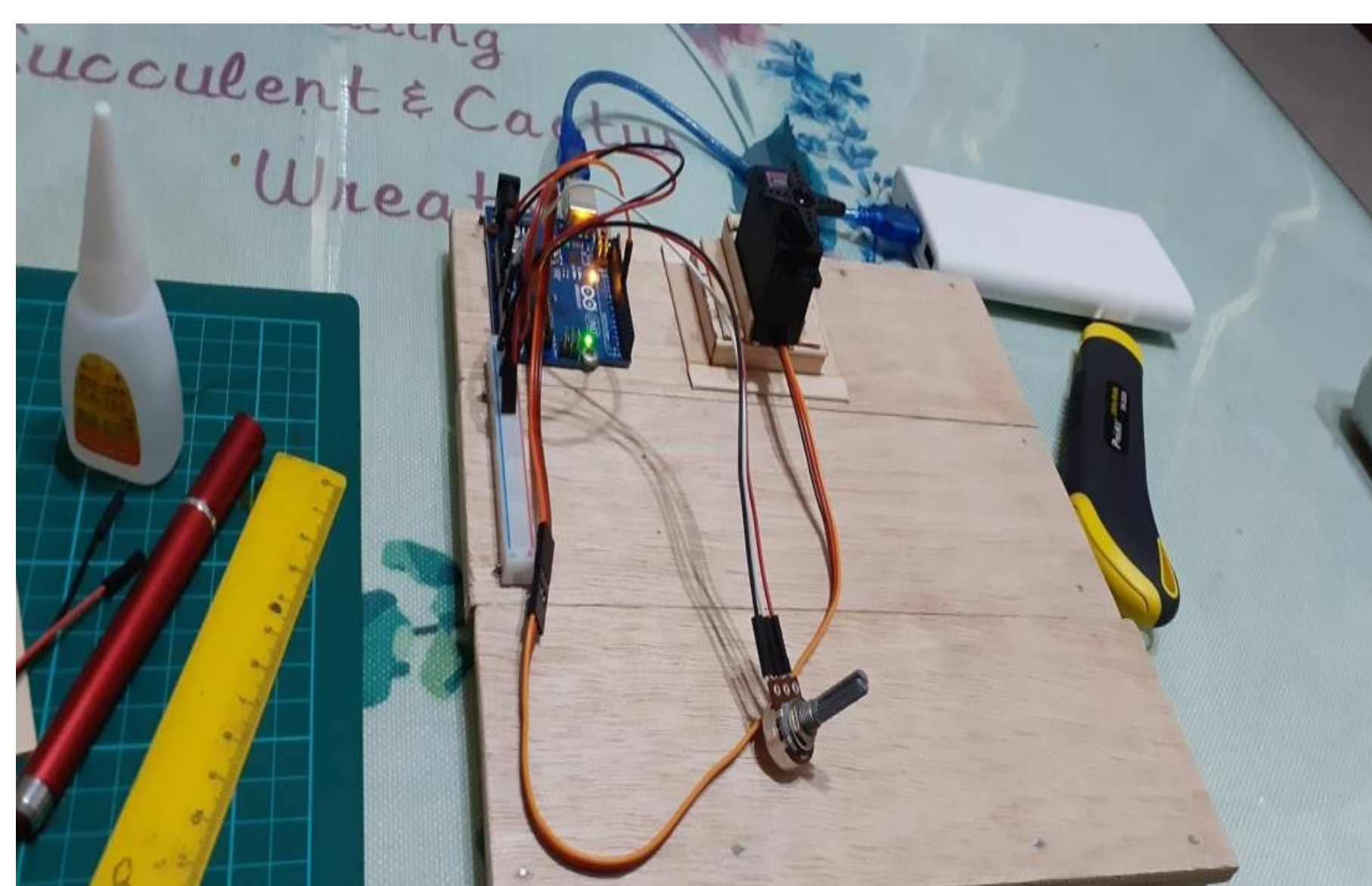
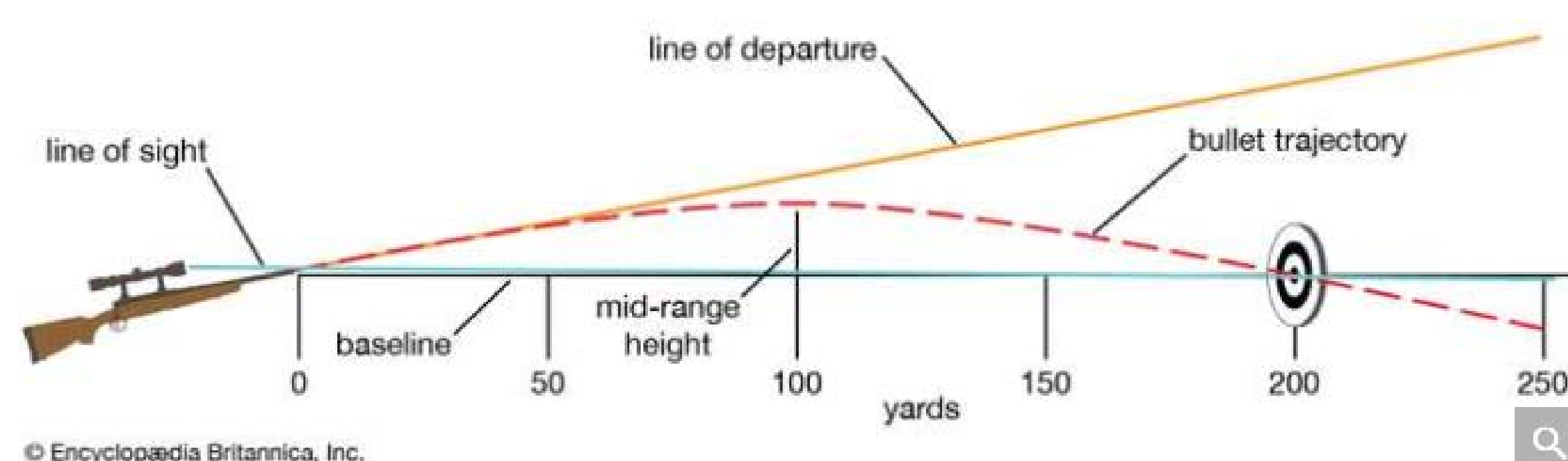
參、研究設備及器材

表格 1 研究設備材料表

				
1. 電壓電流表	2. 塑膠吸管	3. 漆包線	4. 麵包板	5. 伺服馬達
				
6. arduino 主板	7. 木板	8. 冰棒棍	9. 行動電源	10. 電容
				
11. 電阻	12. 可變電阻	13. 二極體	14. 紅外線	15. 瞬間膠
				
16. PCB板	17. 自鎖開關	18. 三極管	19. 磁環	20. LED



澎湖地區燕鷗主要於台灣彰化以南、金門、廈門等地區往返活動。



二、九宮格垂直面之著彈點及範圍測量

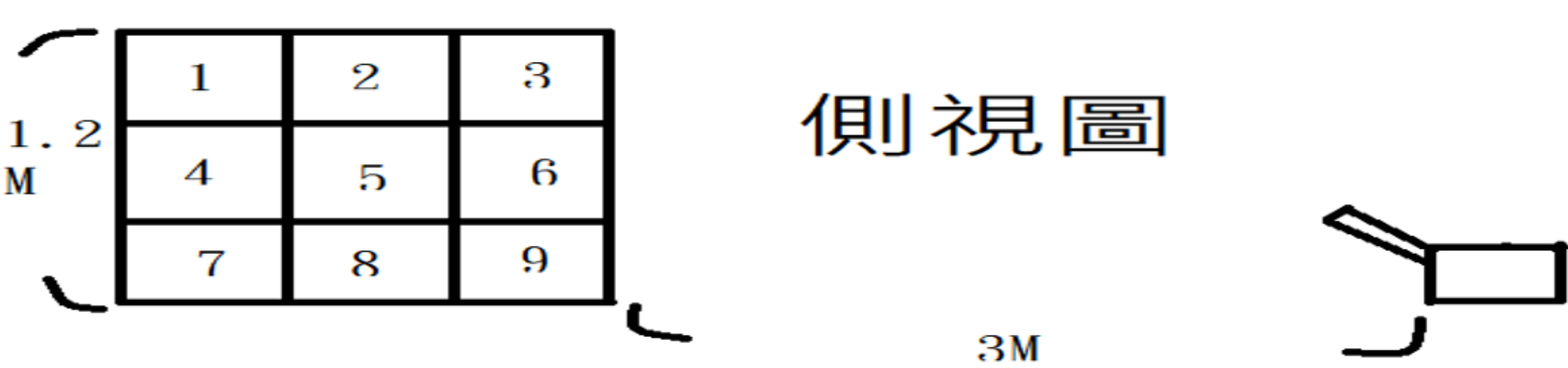


圖 10 垂直面之著彈點及範圍測量示意圖。

表格 3 九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍測量。

格碼	水平	垂直	電壓
1	80~85度	33~44度	88v
2	85~95度	30~40度	88v
3	95~100度	33~44度	88v
4	75~82.5度	22~33度	88v
5	82.5~97.5度	20~30度	88v
6	97.5~105度	22~33度	88v
7	70~80度	11~22度	88v
8	80~100度	10~20度	88v
9	100~110度	11~22度	88v



圖 11 圖形化九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍測量。

表格 4 九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據。

格碼	水平左1	2	3	4	5	格碼	水平右1	2	3	4	5
1	80	78	79	82	83	1	85	86.5	84	85	83.5
2	85	86	83.5	86	87.5	2	95	97	94.5	94	96
3	95	93.5	97	94	92.5	3	100	101	102.5	99	98.5
4	75	73	75	77	74.5	4	82.5	81	83	82	81.5
5	82.5	83	82	83.5	84	5	97.5	98	97	99.5	100
6	97.5	97	96	98	96.5	6	105	103	106.5	103.5	102
7	70	69	73	71.5	72	7	80	82.5	78	81	79.5
8	80	77.5	79.5	82	81.5	8	100	98	101.5	102	99.5
9	100	102	98.5	101.5	99	9	110	107.5	107	112	113

表格 5 九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍上下測試數據。

格碼	垂直上1	2	3	4	5	格碼	垂直下1	2	3	4	5
1	33	34	33.5	35	32	1	44	45.5	42	42.5	43
2	30	31	28.5	32.5	29.5	2	40	39	42	40.5	37.5
3	33	33.5	31	34	34.5	3	44	46.5	41	42	41.5
4	22	20	23.5	21	25	4	33	31	33.5	33	34
5	20	17.5	20	19.5	22	5	30	32	28.5	31	27.5
6	22	23	20.5	22	22.5	6	33	34.5	32	30.5	31.5
7	11	9	12	11.5	10	7	22	20	22.5	21	24
8	10	12.5	7.5	9	11	8	20	20	19.5	22	19
9	11	9.5	8	12	13	9	22	23	25.5	20	22

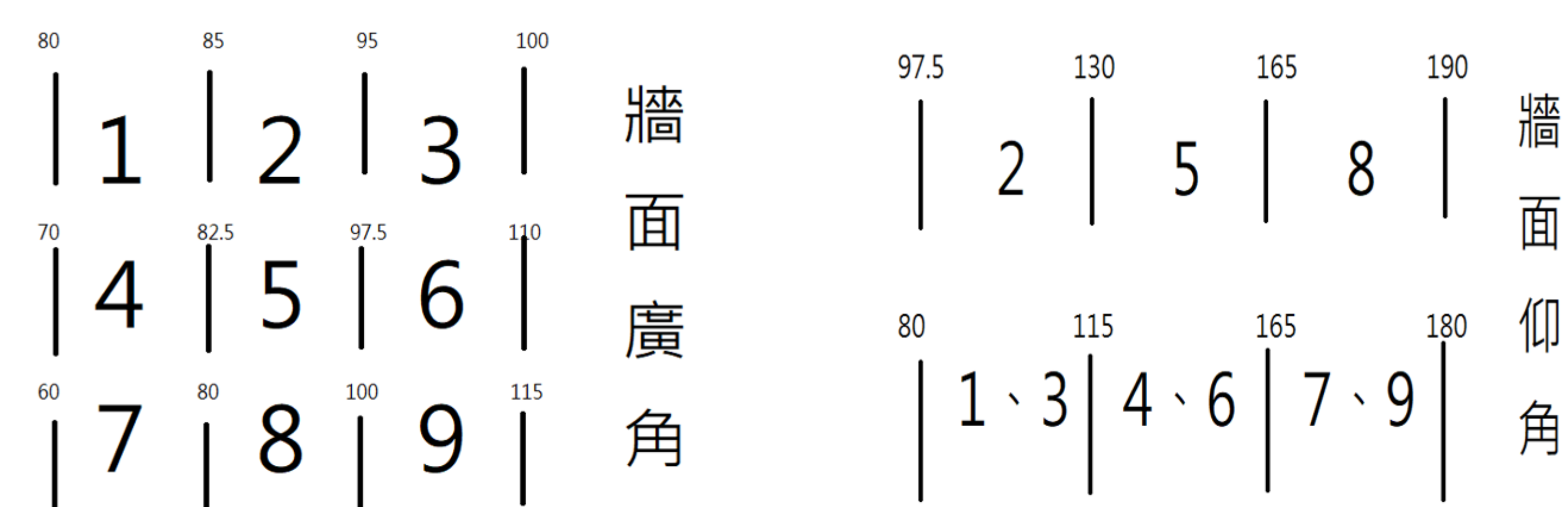


圖 12 垂直立面控制旋鈕可變電阻角度：左圖為廣角操作角度，右圖為仰角操作角度。

(一) 如表格3所示九宮格垂直面之著彈點及砲口瞄準格碼之操作角度，使現場操作人員快速針對格碼定位後，用相對應的角度瞄準與紅外線輔助縮短操作時間，並圖形化相關數據如圖11所示。

(二) 如表格4所示九宮格垂直面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據，另外如表格5是格碼上下測試數據，本實驗操作範圍邊界是藉由多次實驗擊發取得量化相關數據，排除差異過大的失敗數據，提供統計接近中位數的量測結果。

(三) 如圖12所示，方便操作員於控制盤面上也能顯示相對應的操作刻度，也把格碼位置經由人工量測增加在旋鈕周圍，並也顯示旋轉角度。

三、九宮格水平地面之著彈點及範圍測量

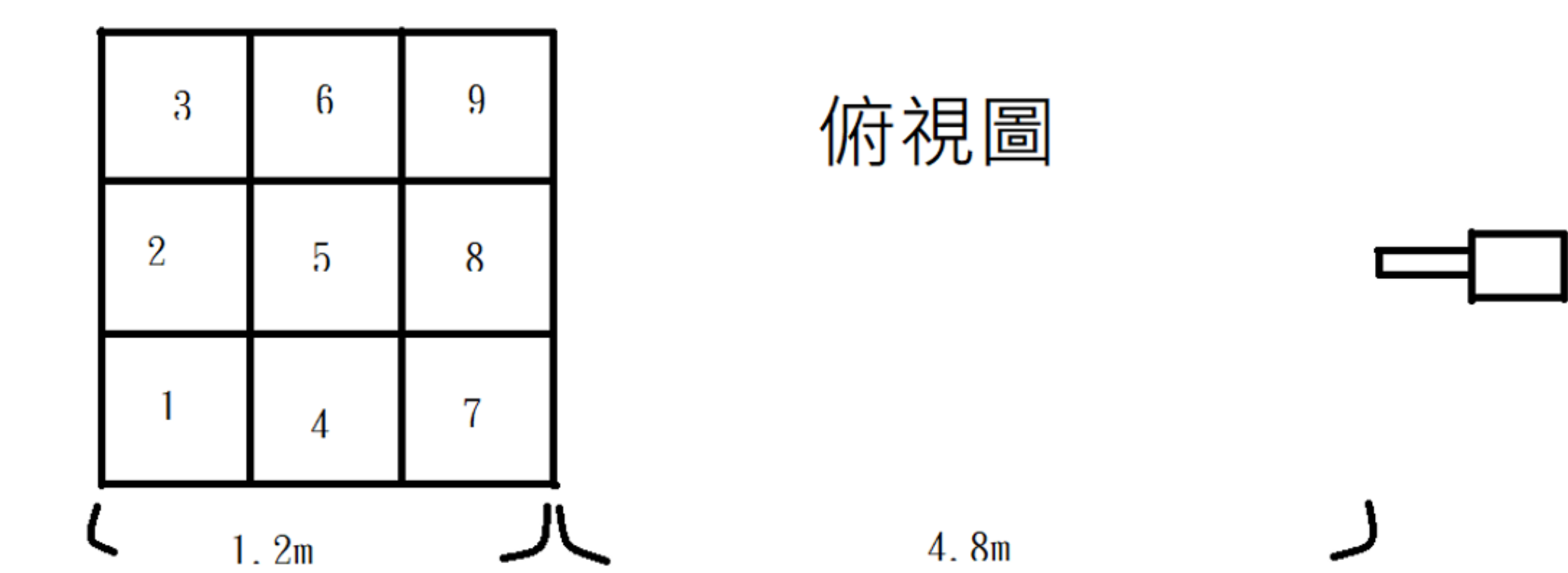


圖 13 水平地面之著彈點及範圍測量示意圖。

表格 6 九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍測試。

格碼	水平	垂直	電壓
1	85~89度	44~49度	88v
2	89~93度	40~45度	88v
3	93~97度	44~49度	88v
4	84.5~88.5度	38~44度	88v
5	88.5~91.5度	35~40度	88v
6	91.5~96.5度	38~44度	88v
7	84~88度	31~38度	88v
8	88~92度	30~35度	88v
9	92~96度	31~38度	88v

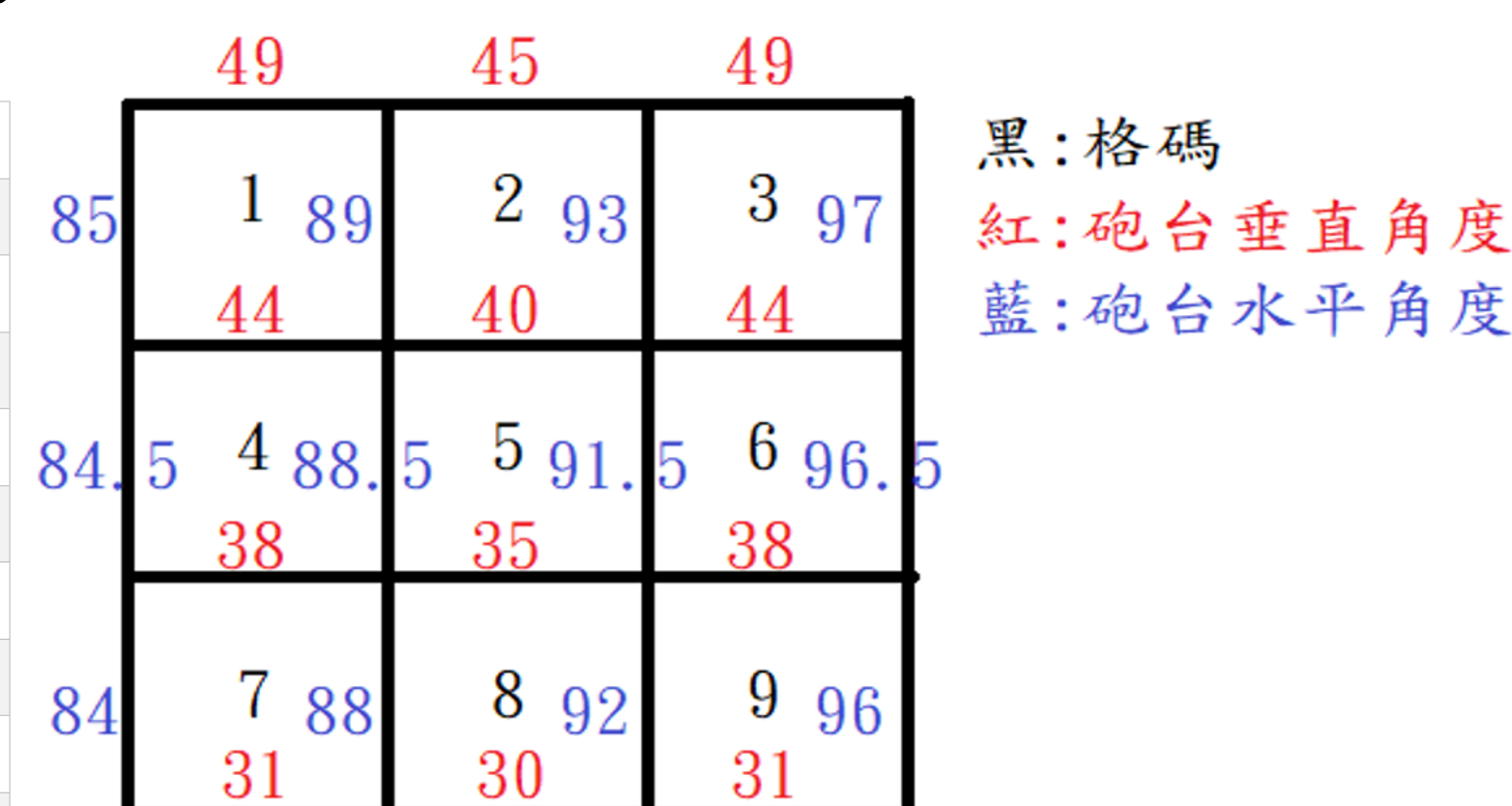


圖 15 圖形化九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍測試。

表格 7 九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據。

格碼	水平左1	2	3	4	5	格碼	水平右1	2	3	4	5
1	85	86	85.5	88	83	1	89	90	91.5	88	88
2	89	86	90.5	91	87.5	2	93	89	92	91.5	95
3	93	94.5	95.5	94	93	3	97	96.5	99	100	95
4	84.5	85.5	86	83.5	84	4	88.5	88	91	88.5	86.5
5	88.5	87	89	89.5	88	5	91.5	93	88	87.5	91
6	91.5	91	93	91.5	93.5	6	96.5	98	97	101	95.5
7	84	81.5	86	86.5	82	7	88	93	88	86	87.5
8	88	90	89.5	87	91	8	92	94	89	88.5	93
9	92	96	93	95	92.5	9	96	97	96.5	93	94

表格 8 九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍上下測試數據。

格碼	垂直上1	2	3	4	5	格碼	垂直下1	2	3	4	5
1	44	44	46.5	43	42.5	1	49	45	51.5	53	48
2	40	44.5	39	37	37.5	2	45	47.5	43	46	43
3	44	41	46	47.5	42	3	49	52.5	48.5	47	51
4	38	37.5	40	38	41.5	4	44	42	44.5	47	43.5
5	35	34	32.5	36	36.5	5	40	40.5	43	39	38.5
6	38	40	41.5	40.5	39	6	44	42	41.5	45	44.5
7	31	34.5	32	28	29	7	38	43	40.5	37	38.5
8	30	33	31.5	28.5	30.5	8	35	34	35.5	36	38
9	31	27.5	35	33.5	29	9	38	36.5	38	42.5	39

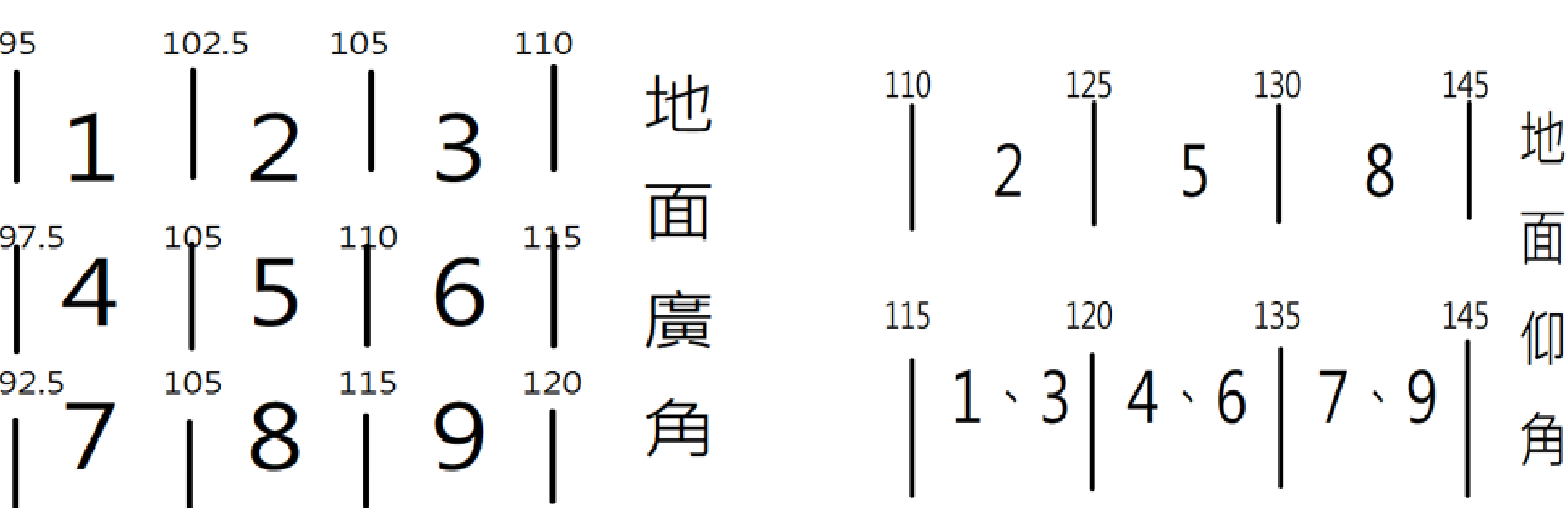


圖 16 水平地面控制旋鈕可變電阻角度：左圖為廣角操作角度，右圖為仰角操作角度。

(一) 如表格6所示九宮格水平地面之著彈點及砲口瞄準格碼之操作角度，使現場操作人員快速針對格碼定位後，用相對應的角度瞄準與紅外線輔助縮短操作時間，並圖形化相關數據如圖15所示。

(二) 如表格7所示九宮格水平地面之著彈點及砲口範圍兩側測試數據，另外如表格8是格碼上下測試數據，本實驗操作範圍邊界是藉由多次實驗擊發取得量化相關數據，排除差異過大的失敗數據，提供統計接近中位數的量測結果。

(三) 如圖16所示，方便操作員於控制盤面上也能顯示相對應的操作刻度，也把格碼位置經由人工量測增加在旋鈕周圍，並也顯示旋轉角度。

四、探究實驗結果推論應用至機場跑道安全設置

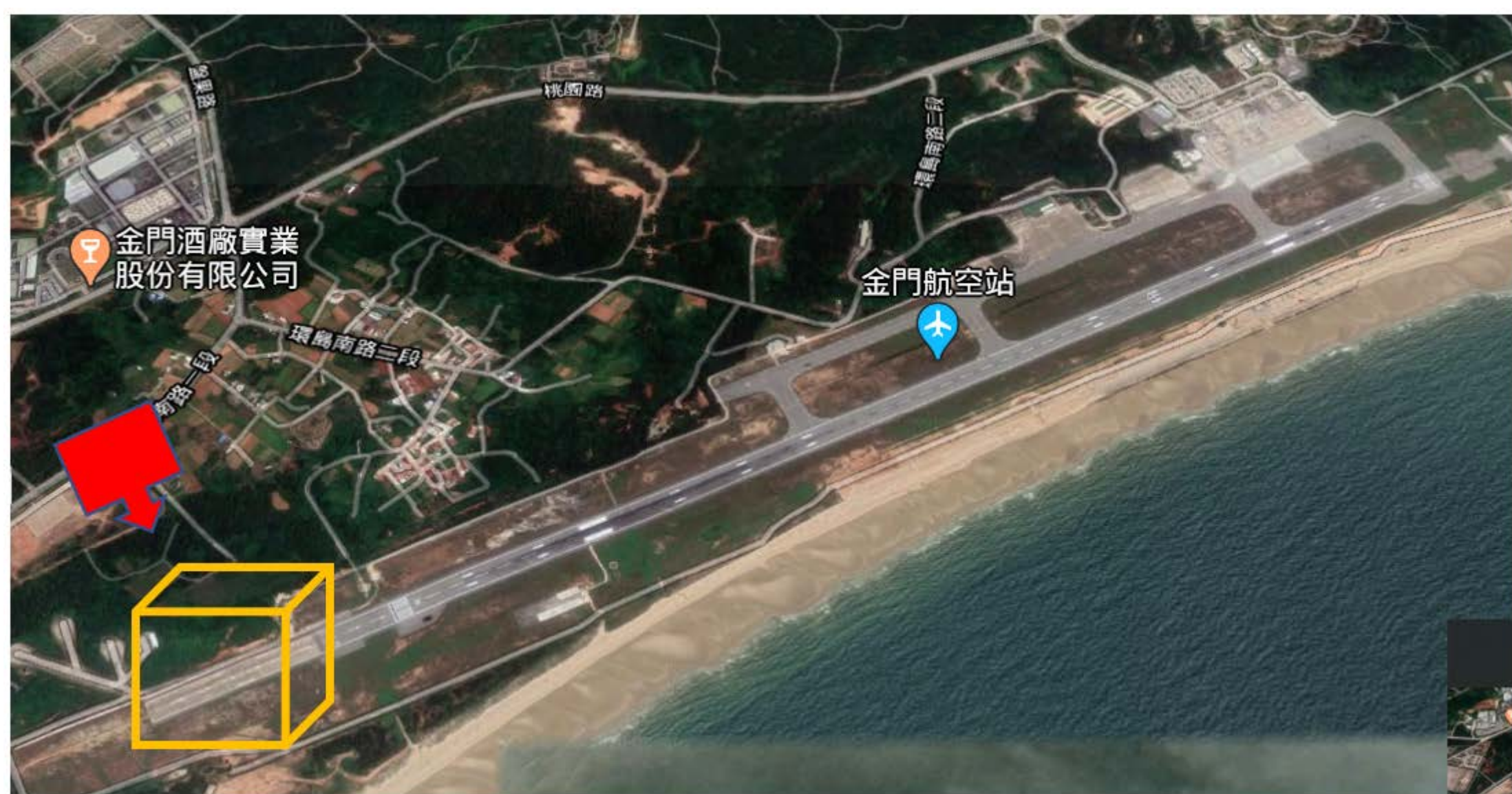


圖 17 探究實驗結果推論應用至機場跑道安全設置示意圖。

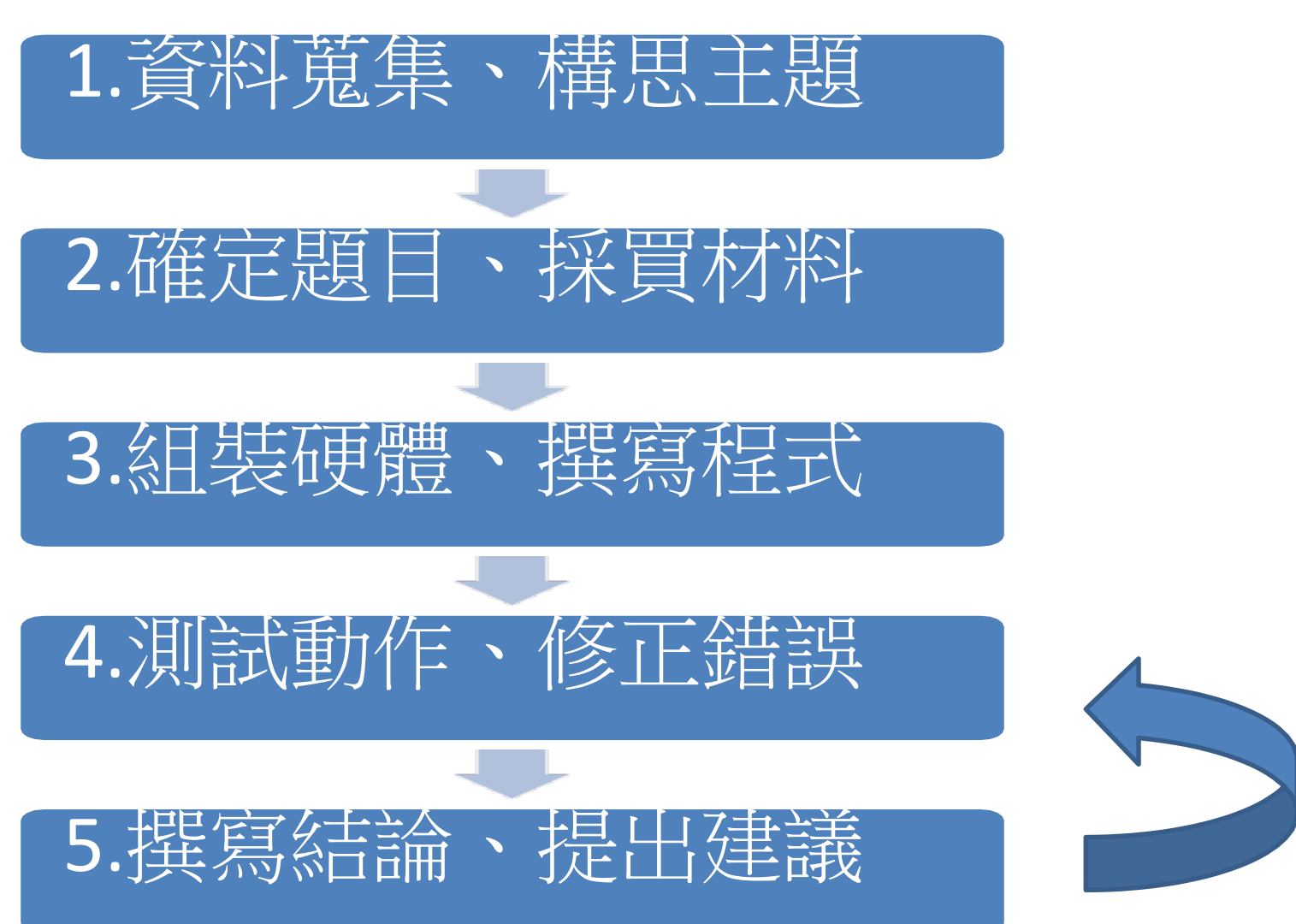
(一) 如圖17所示機場跑道3004公尺，電磁泡設備放大100倍後，九宮格邊長在120公尺情況下，需要25座砲塔沿著跑道等距配置入機場兩側。

(二) 機場跑道寬45公尺情況下，一座九宮格即可涵蓋跑道的寬度。

(三) 機場跑道高度的空域，在離地面120公尺內皆為有效射程範圍。

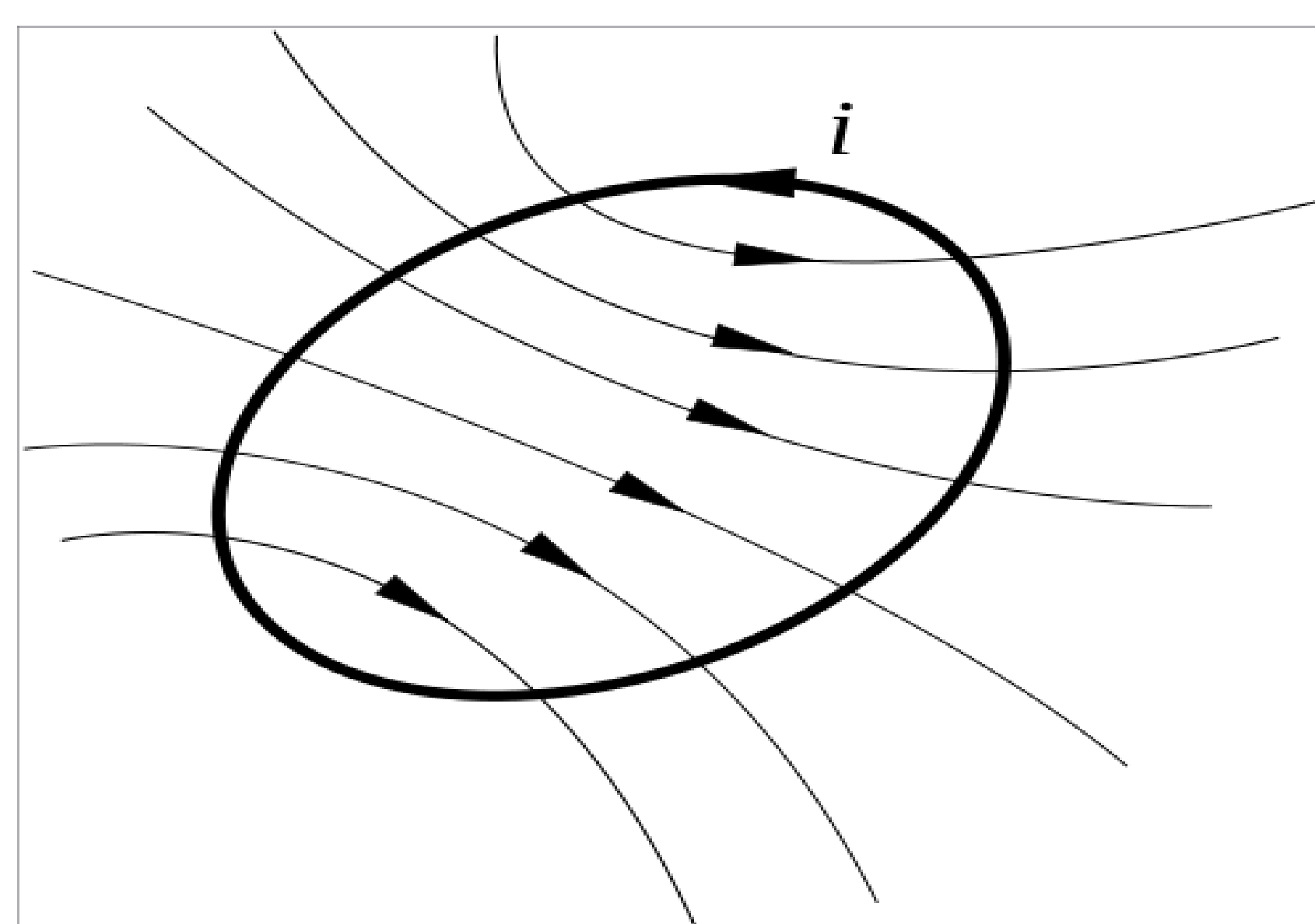
肆、研究過程及方法

一、預備實驗-規劃研究流程

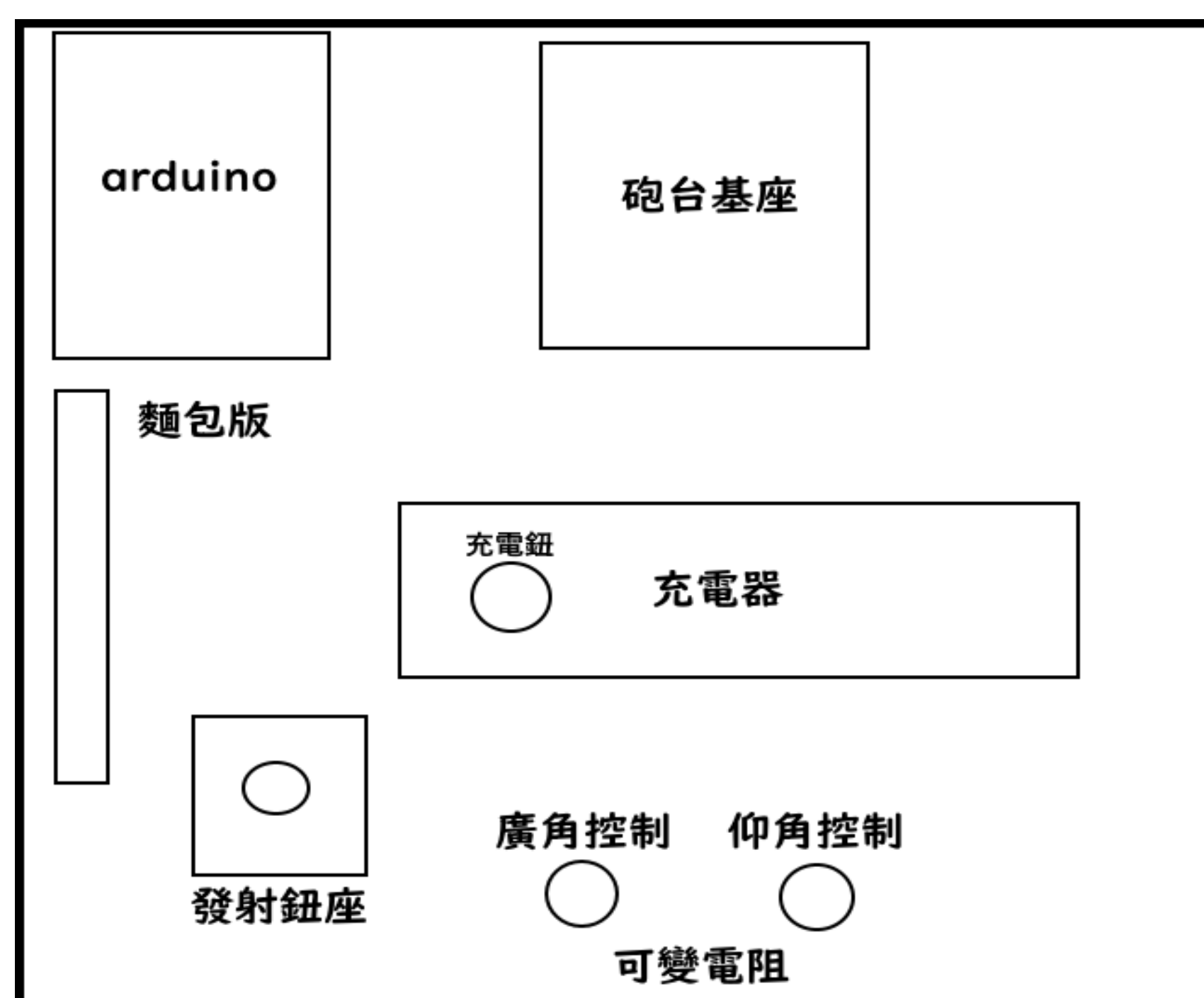


二、預備實驗-規劃設備模組

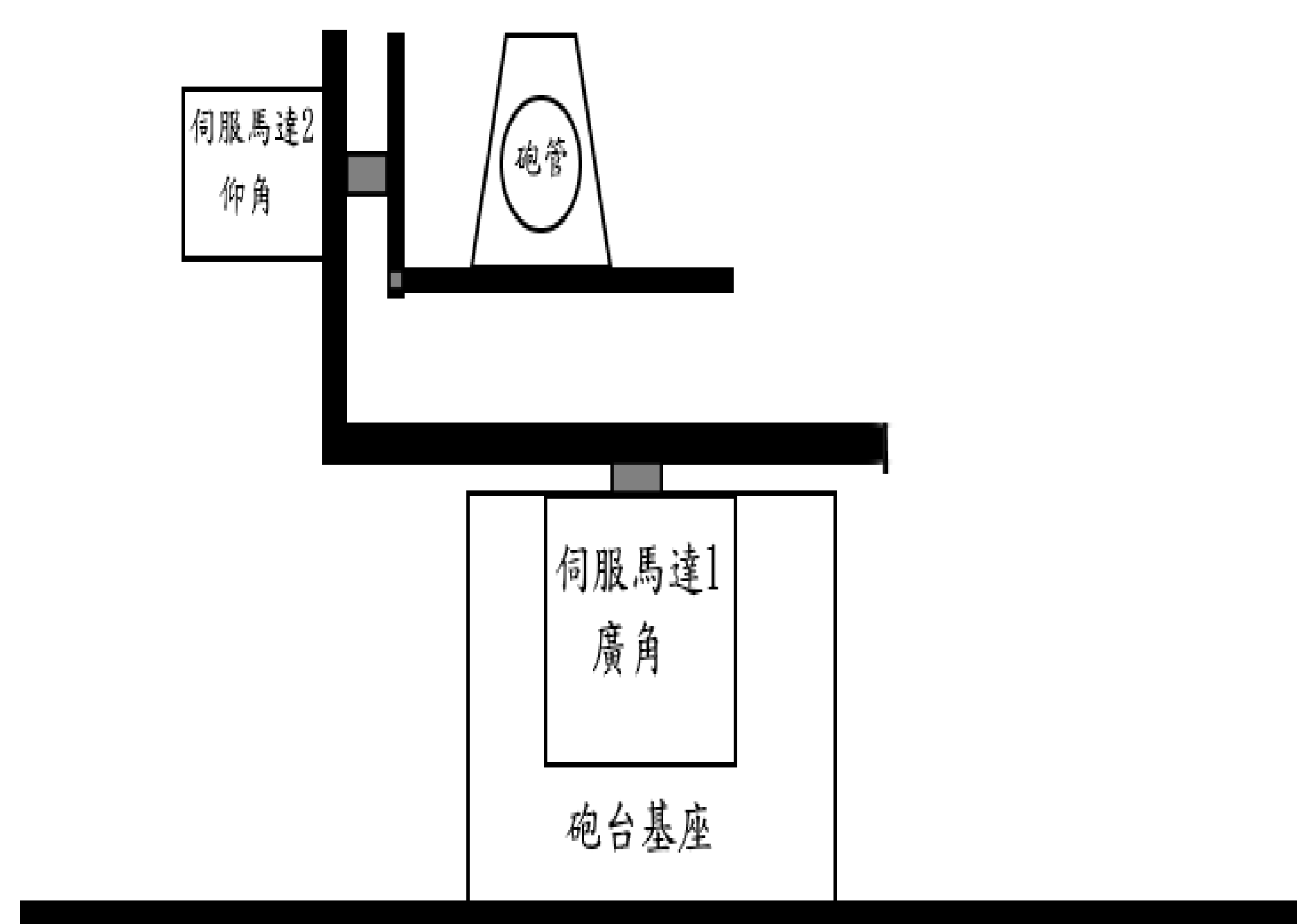
(一)原理說明



(二)設備預先規劃設計



(三)砲塔搭建設計規劃與組裝

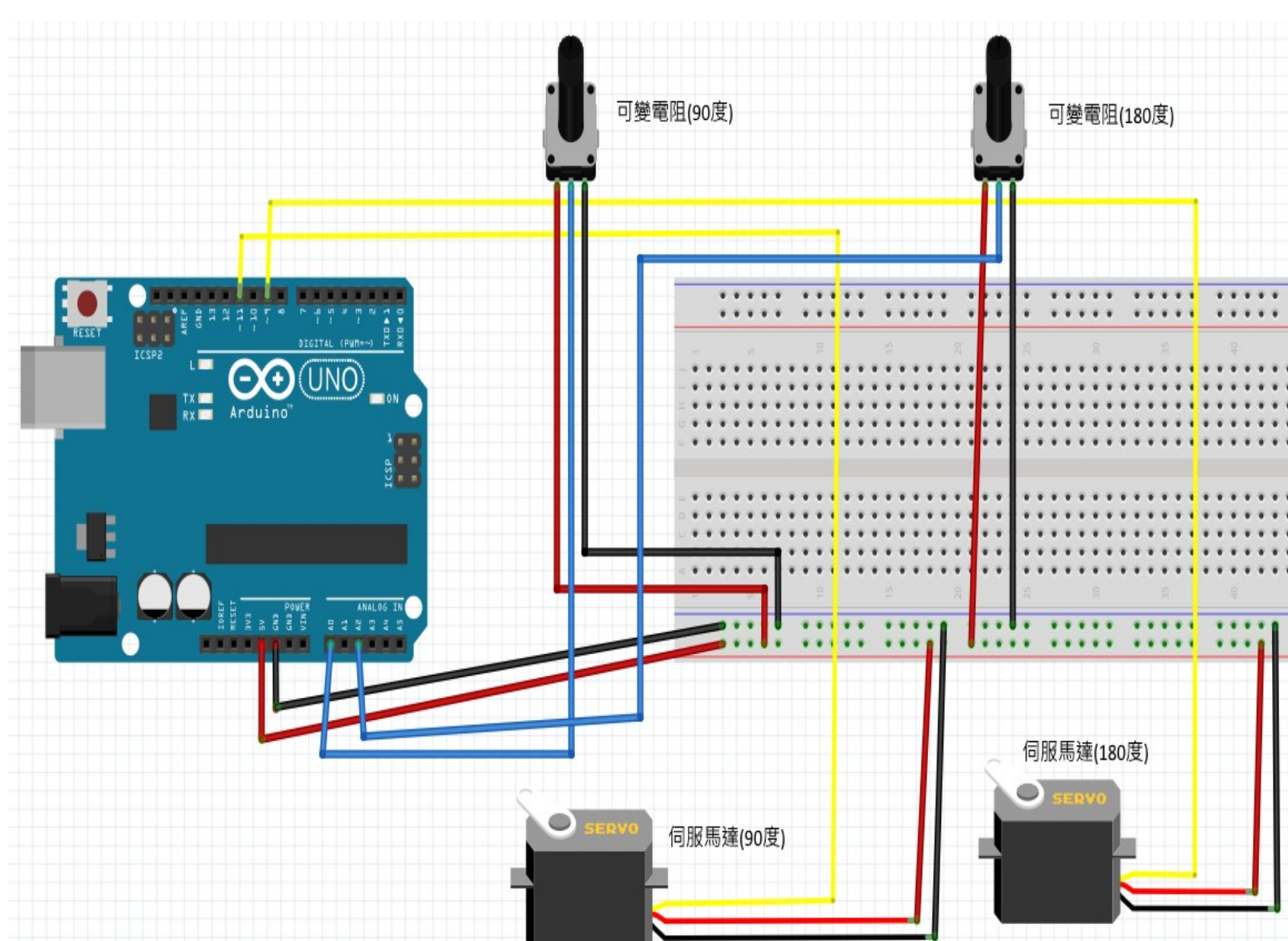


伍、研究結果

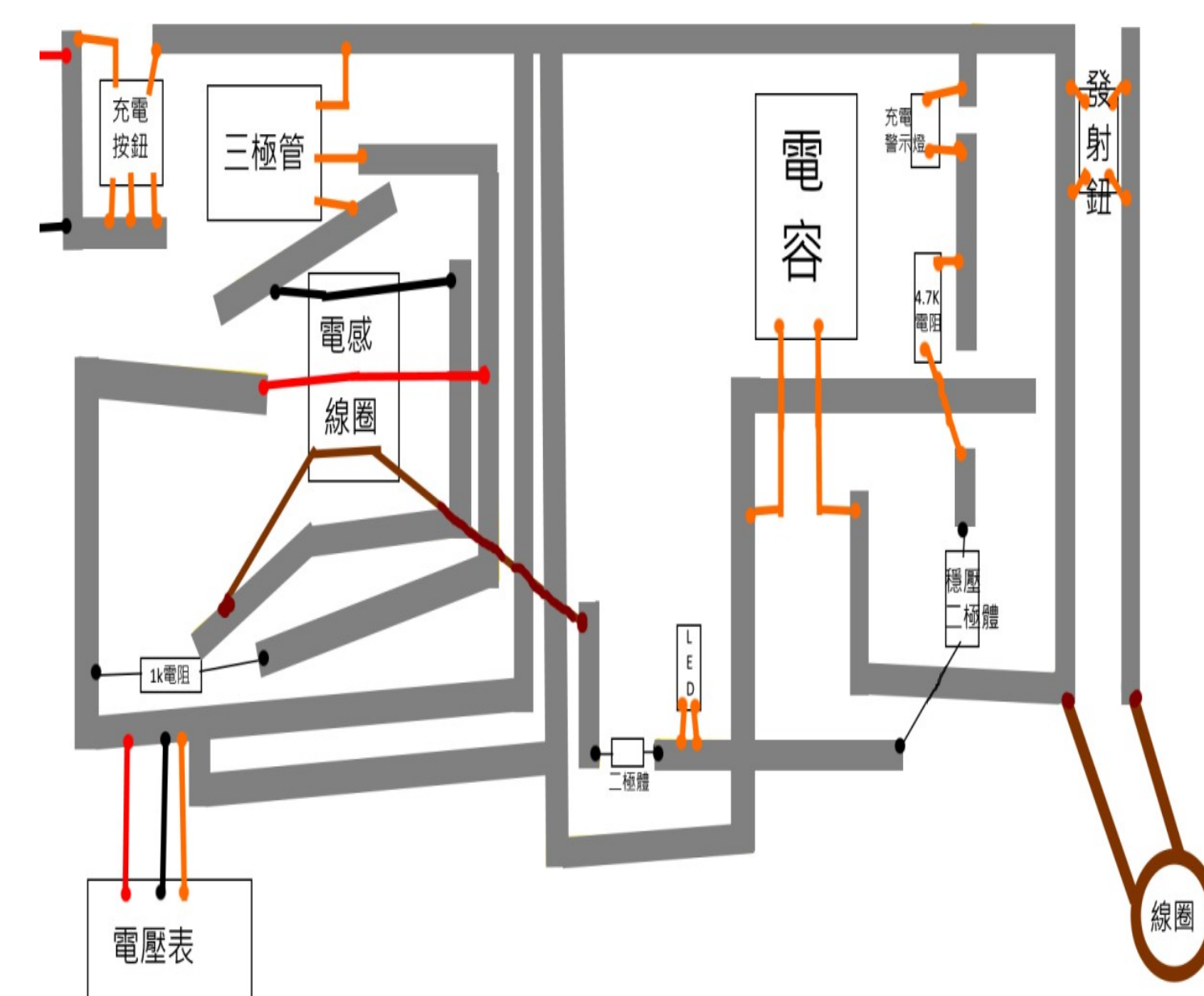
一、可程式設計控制碼

```
#include <Servo.h> Servo myservo1;//伺服馬達
Servo myservo2;//伺服馬達 2
int potpin1 = 0; //類比輸出口 1(輸出訊號給垂直90度的伺服馬達)
int potpin2 = 2; //類比輸出口 2(輸出訊號給水平180度的伺服馬達)
int val;
void setup()
{
  myservo1.attach(11); //數位控制口 1(垂直90度的伺服馬達訊號輸入口)
  myservo2.attach(9); //數位控制口 2(水平0度的伺服馬達訊號輸入口)
}
void loop()
{
  val = analogRead(potpin1); //讀取電位器控制的模擬值
  val = map(val, 0, 1023, 0, 90); //伺服馬達 1 號被輸入 0 至 90 度
  myservo1.write(val); //指定轉向的角度
  val = analogRead(potpin2); //讀取電位器控制的模擬值
  val = map(val, 0, 1023, 0, 179); //伺服馬達 2 號被輸入 0 至 180 度
  myservo2.write(val); //指定轉向的角度 delay(0); //延遲時 }
```

二、設備接腳圖



三、發射設備電路圖



陸、討論

一、砲彈所採用的材質及質量對發射的影響

圖示	類別	角度	0度	30度	45度	60度	90度
	強力磁鐵 (強磁性)		90cm	270cm	280cm	225cm	151cm
	螺絲1 (較粗重)		103cm	333cm	374cm	275cm	145cm
	螺絲2 (較細輕)		148cm	480cm	600cm	503cm	220cm

