



逢甲大學學生報告 ePaper

報告主題：馬達震出的微觀世界 Microcosm of The Motor's Vibration Test

作者：林秉庠、李驊原、楊皓翔、施皓翔、莊定儒

系級：精密系統設計學士學位學程 二年級

學號：D0751010, D0785708, D0785712, D0751053, D0775276

授課老師：蔡鈺鼎 教授

課程名稱：精密測量

開課系所：精密系統設計學士學位學程

開課學年：108學年度 第一學期



摘要

在許多機器中都有馬達這個結構，而馬達長期運轉時可能會因為溫度、震動與結構等因素產生一定的損耗，溫度過高會引起潤滑油因熱裂化；震動過大容易造成內部設備磨損如螺絲鬆脫等危險；結構設計不良會造成馬達運轉不穩固，以上的問題都有可能引響馬達的運轉壽命，本次測量以振動為主題去做後續的探討。

關鍵字：分析、加速規、測量、程式碼、馬達、電池、運轉

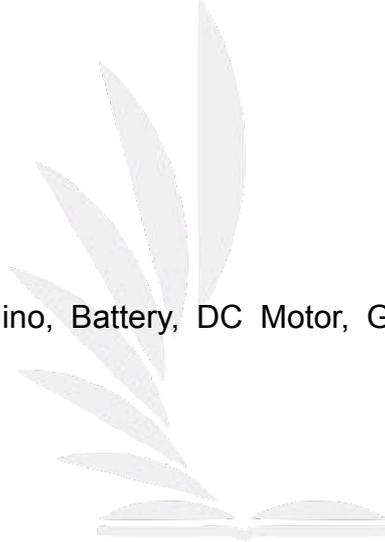


Abstract

Motor is a structure that is commonly seen in a variety of machines. However, it may cause certain losses due to factors such as temperature, vibration and structure when the motor is running for a long duration. The lubricant will be cracked possibly due to a certain increase in temperature, and if the vibration is destructive. It may cause internal equipment's wear out, such as screws. It will also bring out dangers such as looseness, which means poor structural design will cause the motor run unstably. The above issues may influence the life of motor's operation.

This measurement uses vibration as topic for subsequent discussions.

keyword : Analyze, Arduino, Battery, DC Motor, GY-521, Matlab, Measure, Motor, Plot, Vibration



目次：

構思與討論	4
探討	5
設備說明	5
測量項目	7
Arduino程式碼	7
Excel數據表格	9
Matlab程式	10
結果分析	13
最後總結	21
參考資料	22

想法構思與討論

想法構思		
日期：2019/12/21	時間：13:00~16:00	地點： 逢甲大學人言大樓
主持：無		紀錄：李驊原
出席人員	施皓翔、李驊原、莊定儒、楊皓翔、林秉庠	
列席人員	施皓翔、李驊原、莊定儒、楊皓翔、林秉庠	
議題	決議事項	
設定本次主題	方案1：石英錶與機械錶 方案2：馬達 方案3：電動牙刷 方案4：超音波眼鏡清洗機 方案5：遙控車 ◎最後決定為方案2，方案3、4為備用方案	
最後結論	經由討論後以方案2為本次的測量主題，控制變因為選用相同馬達、相同測試地點、相同測試溫度，超縱變因為使用的電壓，應變變因為震動加速度。	
臨時動議：無		

討論過程		
日期：2019/12/25	時間：15:00~18:00	地點： 逢甲大學人言大樓
主持：無		紀錄：李驊原
出席人員	施皓翔、李驊原、莊定儒、楊皓翔、林秉庠	
列席人員	施皓翔、李驊原、莊定儒、楊皓翔、林秉庠	
議題	決議事項	
測量準備紀錄	1. 馬達、arduino板與加速規GY-521已固定，並把線路連接完成 2. GY-521的arduino板程式已完成 3. 進行馬達運轉測試，並用加速規GY-521測得數據	
新增事項	1. 決定測量馬達運轉時的溫度變化，透過測得的結果來探討馬達的損耗程度，並探討溫度檢測提醒的功能 2. 討論溫度測量的方式	
臨時動議：無		

一、探討

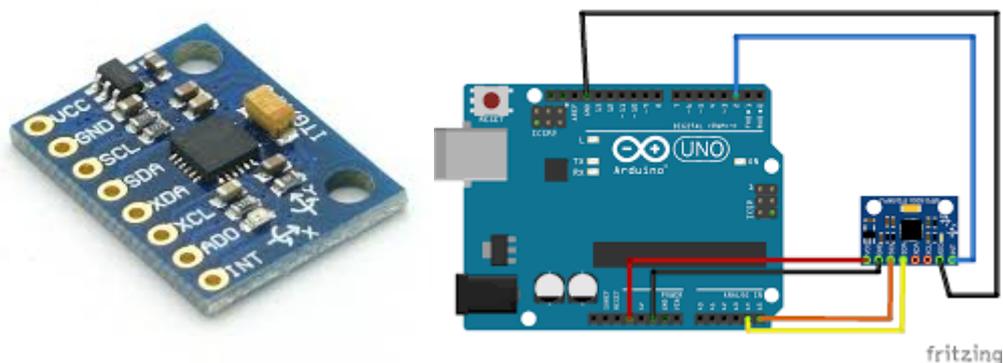
由於測量馬達使用的電壓越高則轉速會越快，所以決定做兩次測試，並分別使用不同電壓來測量各別的震動加速度，但也可能因為品牌不同或內部成分不同等原因而有所改變，所以也選了三種不同品牌的9V電池來做測試。最後我們決定以不同電壓同品牌與同電壓不同品牌為測量項目一與項目二，透過測得的結果來探討馬達的損耗程度與如何改善此狀況。

二、設備說明

(一)GY-521加速規的說明

GY-521透過MPU6050來讀取加速度跟陀螺儀的值，MPU6050傳感器模塊是集成的6軸運動跟踪設備，它具有3軸陀螺儀，3軸加速度計，數字運動處理器，所有這些都集成在一個IC中。MPU-6000的角速度全格感測範圍為 ± 250 、 ± 500 、 ± 1000 與 $\pm 2000^\circ/\text{sec}$ (dps)，可準確追縱快速與慢速動作。

可程式控制的加速器全格感測範圍為 $\pm 2g$ 、 $\pm 4g$ 、 $\pm 8g$ 與 $\pm 16g$ 。產品傳輸可透過最高至400kHz的I2C或最高達20MHz的SPI。而本次測量使用的範圍為 $\pm 2g$ 。



馬達震出的微觀世界

(二)測量所使用的馬達

本次測量使用一款小型的DC 3~6V塑膠直流減速馬達，產品規格為電壓DC 3~6V，減速比1:48，採用雙軸結構，最大扭矩 800gf cm/min。



(三)測量方式

將GY-521加速規與Arduino板的線路安裝好，馬達固定在桌子的邊緣，並把GY-521加速規固定在馬達正上方的平面上，最後將馬達電池座的線路連接後即可開始測量。將馬達啟動後，便把Arduino程式啟動，讓測量數據可以透過傳輸線直接把數據匯集。

由於本次測量使用的範圍設定為 $\pm 2g$ ，所以X、Y、Z軸的起始值各別為0、0、16384。



(上圖為測試馬達構造原圖)

三、測量項目

本次的測量主題，控制變因為選用相同馬達、相同測試地點、相同測試溫度，應變變因為震動加速度。

項目一 次數	使用電壓	測量時間
第一次	使用3V	約3分鐘
第二次	使用9V	約3分鐘

上圖表為電壓不同的測試(項目一)：

由於馬達使用的電壓越高則轉速會越快，所以我們決定做兩次的測試，並分別使用不同電壓來測量各別的震動加速度，透過測得的結果來探討馬達的損耗程度與如何改善此狀況。

項目二 次數	使用品牌	測量時間
第一次	Duracell	約1分鐘
第二次	Energizer	約1分鐘
第三次	Panasonic	約1分鐘

上圖表為品牌不同的測試(項目二)：

由於馬達使用的電池材質不同，所以我們決定做兩次的測試，並分別使用不同電池來測量各別的震動加速度，觀察是否會影響馬達的震動加速度。

四、Arduino程式碼

以下為測量時使用的Arduino程式碼

馬達震出的微觀世界

```
#include <MPU6050.h>

#include <OneWire.h>

#include <Wire.h>
#include MPU6050.h;

MPU6050 mpu;

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Initialize MPU6050");

  while(!mpu.begin(MPU6050_SCALE_2000DPS, MPU6050_RANGE_2G))
  {
    Serial.println("Could not find a valid MPU6050 sensor, check wiring!");
    delay(500);
  }
}

void checkSettings()
{
  // 列出各項設定
  Serial.println();
  Serial.print(" * Sleep Mode: ");
  Serial.println(mpu.getSleepEnabled()? "Enabled" : "Disabled");
  Serial.print(" * Clock Source: ");
  switch(mpu.getClockSource())
  {
    case MPU6050_CLOCK_KEEP_RESET: Serial.println("Stops the clock and keeps the timing generator in reset"); break;
    case MPU6050_CLOCK_EXTERNAL_19MHZ: Serial.println("PLL with external 19.2MHz reference"); break;
    case MPU6050_CLOCK_EXTERNAL_32KHZ: Serial.println("PLL with external 32.768kHz reference"); break;
    case MPU6050_CLOCK_PLL_ZGYRO: Serial.println("PLL with Z axis gyroscope reference"); break;
    case MPU6050_CLOCK_PLL_YGYRO: Serial.println("PLL with Y axis gyroscope reference"); break;
    case MPU6050_CLOCK_PLL_XGYRO: Serial.println("PLL with X axis gyroscope reference"); break;
    case MPU6050_CLOCK_INTERNAL_8MHZ: Serial.println("Internal 8MHz oscillator"); break;
  }

  Serial.print(" * Accelerometer: ");
  switch(mpu.getRange())
  {
    case MPU6050_RANGE_16G: Serial.println("+/- 16 g"); break;
    case MPU6050_RANGE_8G: Serial.println("+/- 8 g"); break;
    case MPU6050_RANGE_4G: Serial.println("+/- 4 g"); break;
    case MPU6050_RANGE_2G: Serial.println("+/- 2 g"); break;
  }

  // 加速度偏移量
  Serial.print(" * Accelerometer offsets: ");
  Serial.print(mpu.getAccelOffsetX());
  Serial.print(" / ");
  Serial.print(mpu.getAccelOffsetY());
  Serial.print(" / ");
  Serial.println(mpu.getAccelOffsetZ());

  Serial.println();
  Serial.println("          Accelerometer          Gyrometer          ");
  Serial.println("-----");
  Serial.println(" Xraw      Yraw      Zraw      Xnorm      Ynorm      Znorm  ");
}

void loop()
{
  // 讀取加速度計與陀螺儀的數值
  Vector rawAccel = mpu.readRawAccel();
  Vector normAccel = mpu.readNormalizeAccel();

  Serial.print(rawAccel.XAxis);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(rawAccel.YAxis);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(rawAccel.ZAxis);
  Serial.print(" ");

  Serial.print(normAccel.XAxis);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(normAccel.YAxis);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(normAccel.ZAxis);

  delay(50);
}
```

五、Excel數據表格

(一)項目一的數據表格

以下是電壓為3V測量時的數據

X軸加速度	Y軸加速度	Z軸加速度	X軸角速度	Y軸角速度	Z軸角速度	Z軸加速度調整後	調整差
-120	-216	18252	-0.36	0.22	10.92	=D2-12	16384
-648	-460	18260	0.43	-0.21	10.96	1876	16384
-316	-244	18192	-0.33	0.06	10.89	1808	16384
-484	-356	18196	0.36	-0.29	10.97	1812	16384
-1264	24	17816	0.34	-0.36	11.04	1432	16384
204	-792	18192	-0.22	0.21	10.81	1808	16384
256	-384	18504	-0.5	-0.15	10.82	2120	16384
-420	28	18084	0.07	-0.39	11.01	1700	16384
284	-8	18024	-0.08	0	10.67	1640	16384
-312	-128	18104	-0.19	-0.08	10.83	1720	16384
-884	-248	18232	0.36	-0.28	10.97	1848	16384
808	-892	18416	-0.69	0.47	10.68	2032	16384
-276	-196	18056	-0.44	0.1	10.95	1672	16384
-300	-316	18308	-0.01	-0.17	10.85	1924	16384
96	-336	18096	-0.27	-0.09	10.79	1712	16384
-508	-92	17932	-0.23	-0.22	10.88	1548	16384

以下是電壓為9V測量時的數據

X軸加速度	Y軸加速度	Z軸加速度	X軸角速度	Y軸角速度	Z軸角速度	Z軸加速度調整後	調整差
-7064	1640.00	16972.00	-5.36	2.21	9.72	=D2-12	16384
-11132	2164.00	16276.00	-4.25	2.51	9.99	-108.00	16384
-12316	4772.00	16024.00	-4.59	1.20	10.06	-360.00	16384
-13900	6540.00	15316.00	-1.14	0.06	10.54	-1068.00	16384
-8208	3400.00	16572.00	2.57	-0.44	11.34	188.00	16384
1880	-1784.00	18780.00	8.02	-2.32	12.53	2396.00	16384
12972	-4136.00	21220.00	2.94	-1.87	11.23	4836.00	16384
9956	-3588.00	20008.00	-7.89	1.80	9.28	3624.00	16384
-8424	388.00	16952.00	-5.43	3.09	9.44	568.00	16384
-13224	5032.00	15504.00	-7.91	3.01	9.27	-880.00	16384
-12356	2680.00	15832.00	-3.26	2.03	10.13	-552.00	16384
120	-248.00	18428.00	0.07	-0.15	11.02	2044.00	16384
-1972	1460.00	17880.00	5.39	-2.18	11.85	1496.00	16384
3212	-1744.00	19064.00	7.18	-2.38	12.41	2680.00	16384
12820	-3308.00	20572.00	1.54	-2.30	11.23	4188.00	16384
8520	-4256.00	19584.00	-7.57	2.50	9.35	3200.00	16384

(二)項目二的數據表格

以下是品牌為Duracell的9V電池測量時的數據

X軸加速度	Y軸加速度	Z軸加速度	X軸角速度	Y軸角速度	Z軸角速度	Z軸加速度調整後	調整差
-1720	1812.00	18852.00	8.08	-3.97	12.22	=D3-13	16384
-15468	6704.00	14348.00	-4.68	1.34	10.3	-2036.00	16384
14124	-5464.00	20880.00	-8.36	2.84	8.7	4496.00	16384
5648	-1120.00	20344.00	10.21	-4.54	12.62	3960.00	16384
-15056	7740.00	14404.00	0.39	-0.73	11.48	-1980.00	16384
5784	-4736.00	19436.00	-12.07	5.09	8.06	3052.00	16384
6892	-1452.00	20168.00	8.03	-4.31	12.54	3784.00	16384
-17680	5628.00	14160.00	-2.61	2.22	10.71	-2224.00	16384
15768	-5224.00	21136.00	-3.51	-0.33	10.22	4752.00	16384
-16236	7920.00	14688.00	3.45	-2.32	11.9	-1696.00	16384
14672	-4980.00	21120.00	-8.59	2.18	8.83	4736.00	16384
-11828	4404.00	15924.00	7.56	-2.91	12.68	-460.00	16384
8496	-4196.00	19628.00	-10.19	3.88	8.42	3244.00	16384
-2700	1276.00	18508.00	9.66	-3.78	12.83	2124.00	16384
-9288	1736.00	16096.00	-6.80	3.54	9.33	-288.00	16384

以下是品牌為Energizer的9V電池測量時的數據

X軸加速度	Y軸加速度	Z軸加速度	X軸角速度	Y軸角速度	Z軸角速度	Z軸加速度調整後	調整差
3116.00	-3236	18704	7.26	-2.09	12.13	-D3-E	16384
-2704	3176.00	17776.00	2.63	-2.41	11.52	1392	16384
-11660	5508.00	15700.00	-1.05	1.04	11.05	-684	16384
-4520	104.00	17076.00	-6.38	2.74	9.72	692	16384
10700	-3692.00	20000.00	-5.71	0.99	9.85	3616	16384
9848	-3240.00	19984.00	4.11	-2.39	11.46	3600	16384
-2440	1896.00	17952.00	5.12	-2.20	11.8	1568	16384
-12344	5024.00	15624.00	-2.86	1.15	10.59	-760	16384
8696	-3376.00	19672.00	-5.13	1.74	9.84	3288	16384
4028	-1852.00	18712.00	6.08	-3.04	11.96	2328	16384
-5040	2412.00	17616.00	1.75	-0.44	11.08	1232	16384
-11064	3416.00	16120.00	-3.40	1.95	10.5	-264	16384
1940	-1460.00	18492.00	-7.30	2.37	9.26	2108	16384
10132	-3040.00	19652.00	-5.68	1.32	9.67	3268	16384
9324	-4524.00	19784.00	-0.01	-0.21	10.91	3400	16384

以下是品牌為Panasonic的9V電池測量時的數據

X軸加速度	Y軸加速度	Z軸加速度	X軸角速度	Y軸角速度	Z軸角速度	Z軸加速度調整後	調整差
4104.00	192	19216	1.94	-1.5	11.05	-D3-E	16384
3700.00	-1028	18884	1.53	-0.74	10.9	2500	16384
4592.00	-96	19224	1.34	-1.49	10.78	2840	16384
3564.00	-536	19432	-0.02	-1.08	10.34	3048	16384
4236.00	-484	18652	-1.37	-1.13	10.63	2268	16384
-808.00	-3280	17440	-3.48	1.37	10.23	1056	16384
-3800.00	-1924	16964	-3.69	2.14	9.82	580	16384
-7588.00	3736	16212	0.29	0.22	11.05	-172	16384
-1912.00	2444	17384	0.59	-0.83	11.31	1000	16384
1600.00	-696	19276	0.96	-0.42	11.53	2892	16384
-3352.00	1308	17572	2.85	-1.12	11.55	1188	16384
776.00	-1172	18768	2.26	-0.45	11.42	2384	16384
2432.00	-2384	19244	3.43	-0.01	11.29	2860	16384
5032.00	368	19900	1.17	-1.8	10.75	3516	16384
5728.00	880	19408	-1.23	-2	10.47	3024	16384

(三)調整數值

由於本次測量使用的範圍設定為±2g，所以X、Y、Z軸的起始值各別為0、0、16384，所以分析時把Z軸的差值先扣回以便觀察兩者加速度的比較。若要換算成加速度的實際數值，可以透過此公式轉換帶出結果。因為當前設定的加速度倍率為2g，讀數換算為加速度的公式為： $a = 2g * \text{顯示數值} / 16384$ ，g可取當地重力加速度，即可取得實際加速度。

六、Matlab程式

(一)項目一為不同電壓同品牌

以下是分析X軸時使用的Matlab程式碼

馬達震出的微觀世界

```
num3=xlsread("3vbatterynew.xlsx",'B2:B2001');
cdfplot(num3);
hold on;
ecdf(num3,'Bounds','on')

num4=xlsread("9vbatterynew.xlsx",'B2:B2001');
cdfplot(num4);

figure
plot(num4,'DisplayName','num4');
hold on;
plot(num3,'DisplayName','num3');
hold off;

figure
qqplot(num4,num3);

figure
boxplot([num3,num4],'notch','on',
        'labels',{'1st measurement','2nd measurement'});
```

以下是分析Y軸時使用的Matlab程式碼

```
num3=xlsread("3vbatterynew.xlsx",'C2:C2001');
cdfplot(num3);
hold on;
ecdf(num3,'Bounds','on')

num4=xlsread("9vbatterynew.xlsx",'C2:C2001');
cdfplot(num4);

figure
plot(num4,'DisplayName','num4');
hold on;
plot(num3,'DisplayName','num3');
hold off;

figure
qqplot(num4,num3);

figure
boxplot([num3,num4],'notch','on',
        'labels',{'1st measurement','2nd measurement'});
```

以下是分析Z軸時使用的Matlab程式碼

```
num3=xlsread("3vbatterynew.xlsx",'H2:H2001');
cdfplot(num3);
hold on;
ecdf(num3,'Bounds','on')

num4=xlsread("9vbatterynew.xlsx",'H2:H2001');
cdfplot(num4);

figure
plot(num4,'DisplayName','num4');
hold on;
plot(num3,'DisplayName','num3');
hold off;

figure
qqplot(num4,num3);

figure
boxplot([num3,num4],'notch','on',
        'labels',{'1st measurement','2nd measurement'});
```

(二)項目二為不同品牌同電壓

以下是Duracell、Energizer、Panasonic分析X、Y、Z軸時使用的Matlab程式碼

繪製duracell battery data 3維圖

```
dxa3=[dxa]';  
dya3=[dya]';  
dza3=[dza]';  
plot3(dxa3,dya3,dza3,'-o');
```

繪製energizer battery data 3維圖

```
exa3=[exa]';  
eya3=[eya]';  
eza3=[eza]';  
plot3(exa3,eya3,eza3,'-o');
```

繪製panasonic battery data 3維圖

```
pxa3=[pxa]';  
pya3=[pya]';  
pza3=[pza]';  
plot3(pxa3,pya3,pza3,'-o');
```

```
x=(dxa,exa,pxa)  
figure  
plot(x,'-o');  
corrcoef(dxa,exa)  
corrcoef(exa,pxa)  
corrcoef(dxa,pxa)  
grid on  
legend('dxa','exa','pxa')  
xlabel('組 時間')  
ylabel('加速度')  
title('x軸')
```

```
y=(dya,eya,pya)  
figure  
plot(y,'-o');  
corrcoef(dya,eya)  
corrcoef(eya,pya)  
corrcoef(dya,pya)  
grid on  
legend('dya','eya','pya')  
xlabel('組 時間')  
ylabel('加速度')  
title('y軸')
```

```
z=(dza,eza,pza)  
figure  
plot(z,'-o');  
corrcoef(dza,eza)  
corrcoef(eza,pza)  
corrcoef(dza,pza)  
grid on  
legend('dza','eza','pza')
```



```
figure
boxplot([dxa,exa,pxa], 'notch', 'on', ...
        'labels',{'dxa','exa','pxa'})
title('x軸')

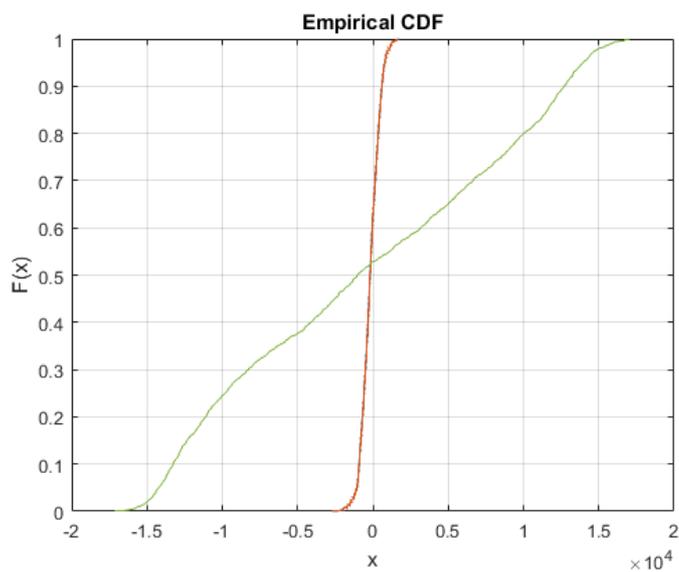
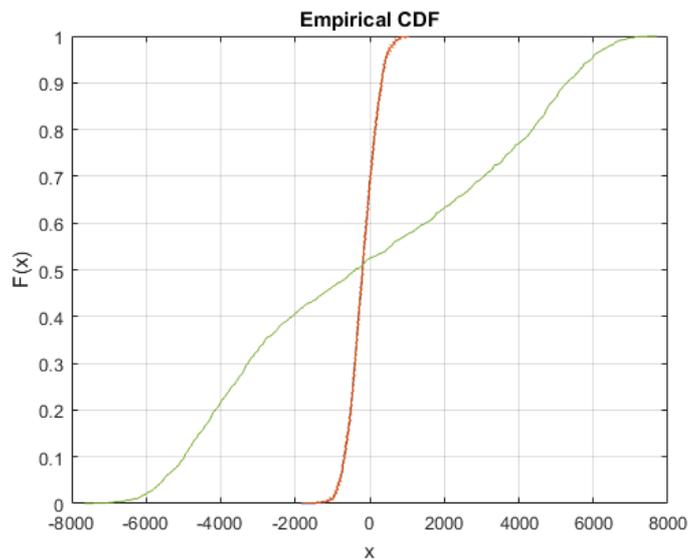
figure
boxplot([dya,eya,pya], 'notch', 'on', ...
        'labels',{'dya','eya','pya'})
title('y軸')

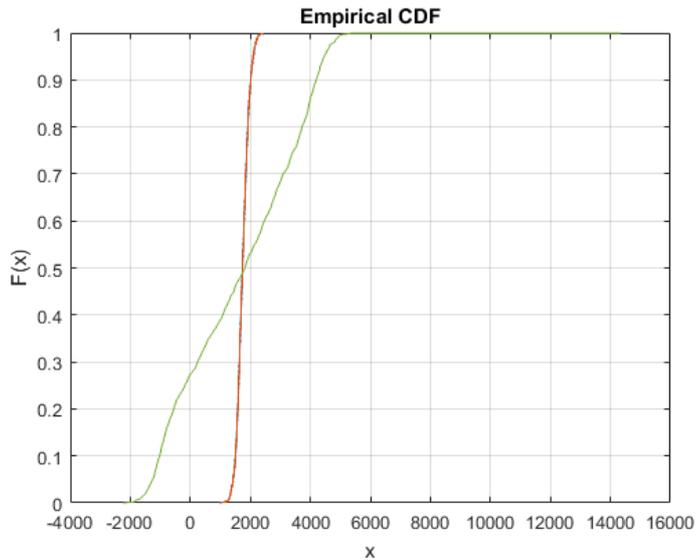
figure
boxplot([dza,eza,pza], 'notch', 'on', ...
        'labels',{'dza','eza','pza'})
title('z軸')
```

七、結果分析

(一)項目一的圖表分析

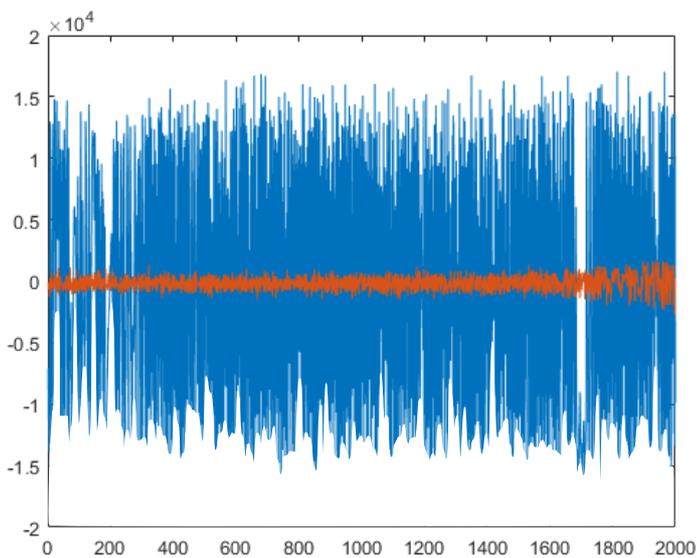
以下是3V與9V的X、Y、Z軸加速度比較

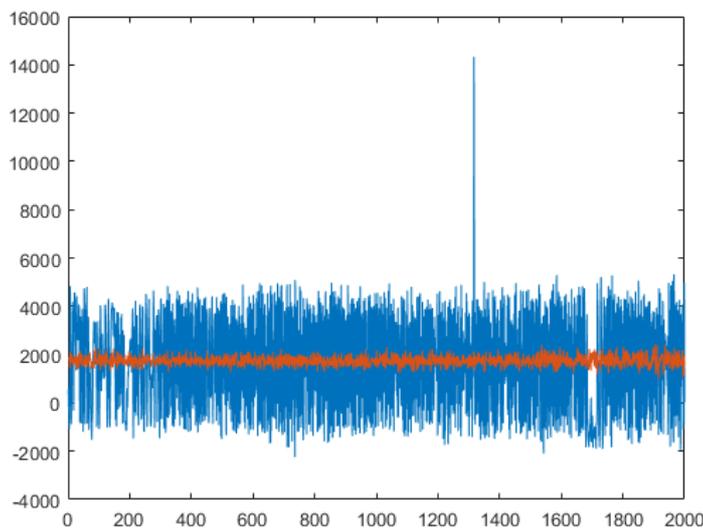
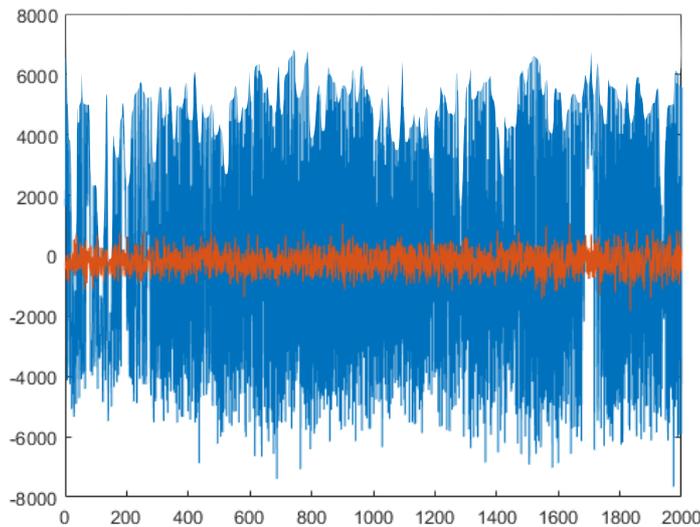




圖表一為經驗分布函數圖，該圖可以從中看出所有數據的分布的狀況，並比較兩次測量的分布範圍。

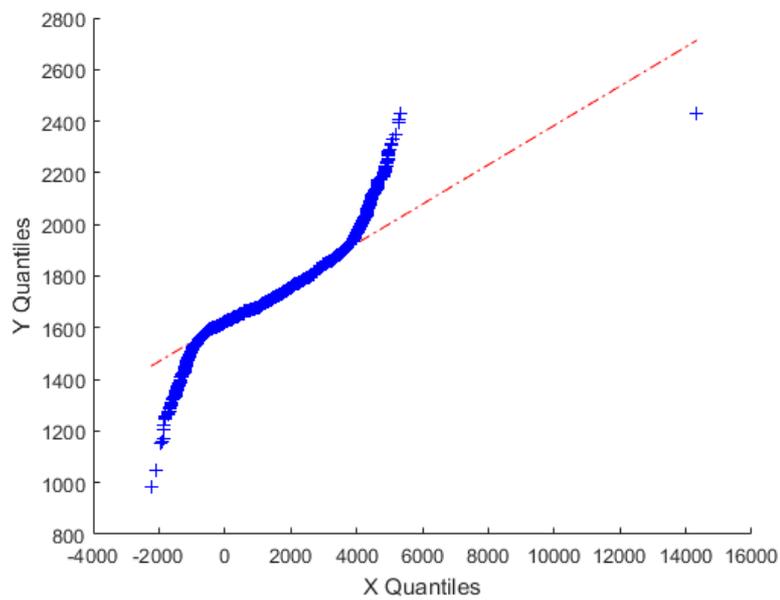
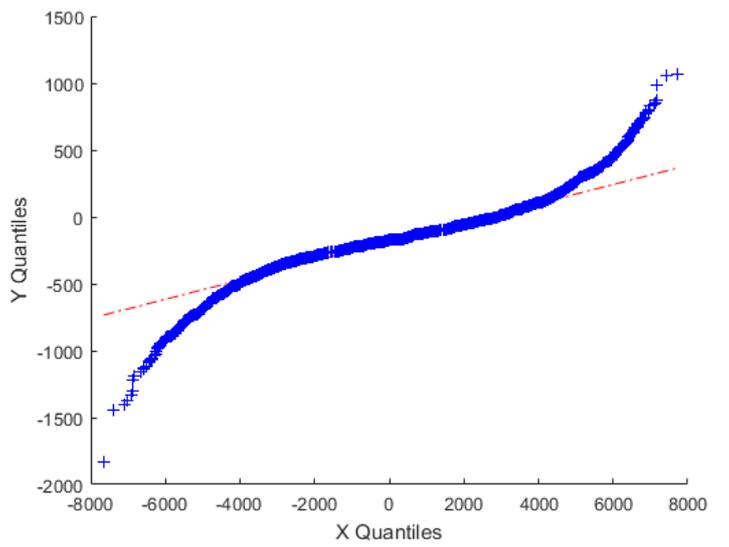
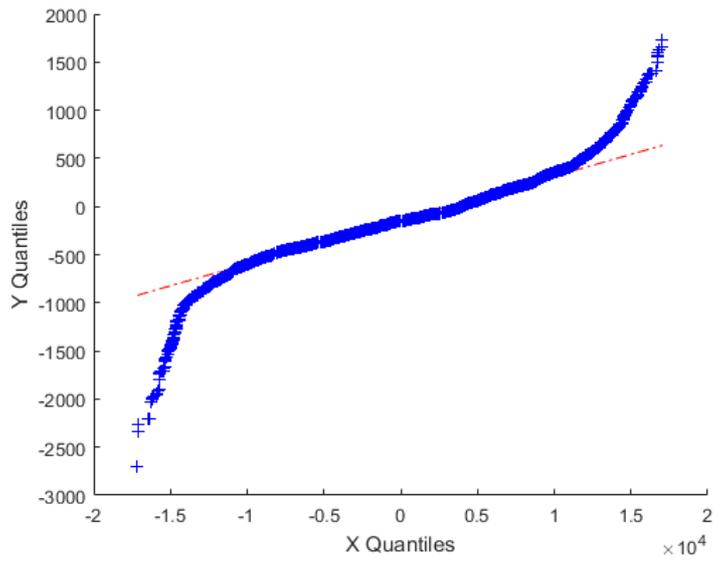
圖表中橘色為3V的數據曲線，綠色為9V的數據曲線，可以看出3V的數據曲線分布範圍較9V的分布範圍小，所以代表在馬達運轉時電壓用3V比用9V更穩定，震動加速度值較小，運作較為穩定。



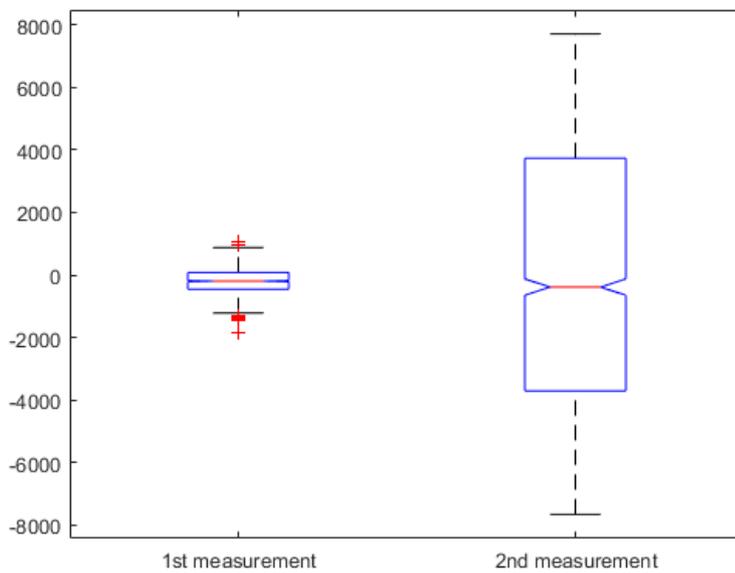
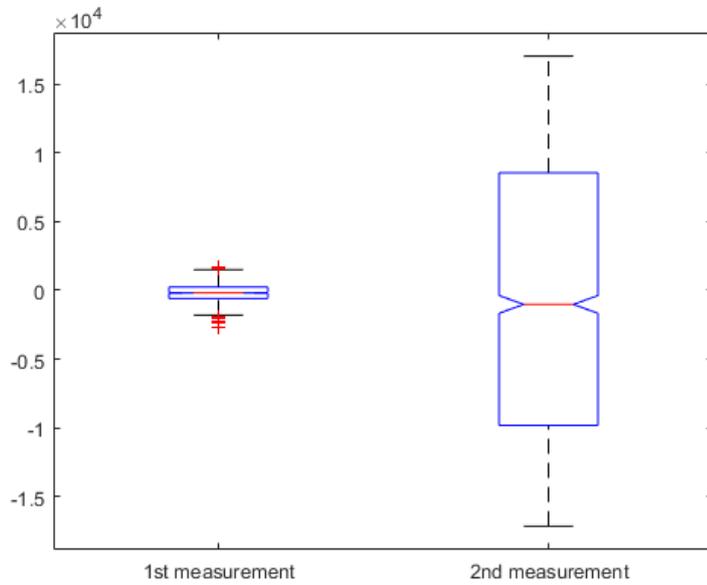


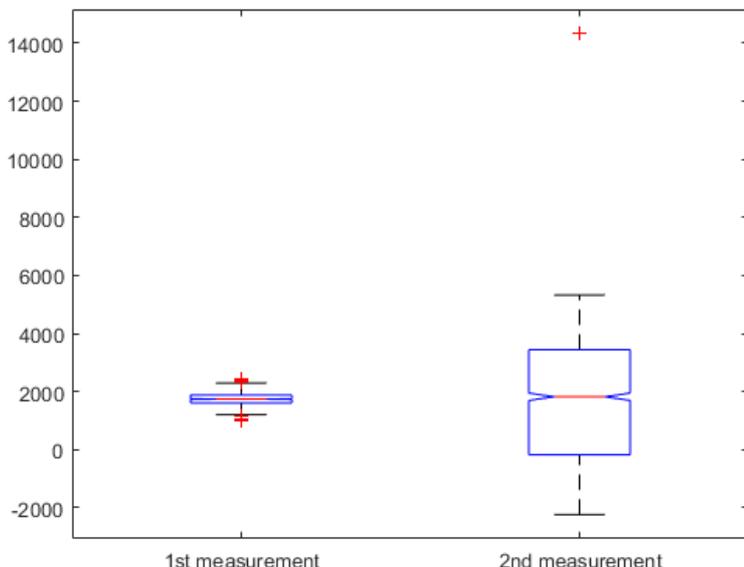
圖表二如同圖表一一樣可以看出所有數據的分布的狀況，但它可以更明顯的展示出數據中的漲幅程度。

圖表中橘色為3V的數據曲線，藍色為9V的數據曲線，可以觀察到3V的X軸數值有小幅的增加。9V的Z軸數值曲線在第1200-1400筆數據區間內有異常的極高值，可能為當時人為因素所產生的誤差，例如碰撞到測量儀器等。9V的數值曲線在第1600-1800筆中有異常的空缺，若確定無任何外在因素影響的狀況下，表示當時可能有供電不穩定的情形發生。



圖表三為分位圖，是一種通過比較兩個機率分布的分位數對這兩個機率分布進行比較的機率圖方法，該圖可粗略檢視資料是否為常態分配，而紅色虛線為虛擬的常態線，當數據符合常態分配時，數據點大致會分佈在虛擬的常態線附近。



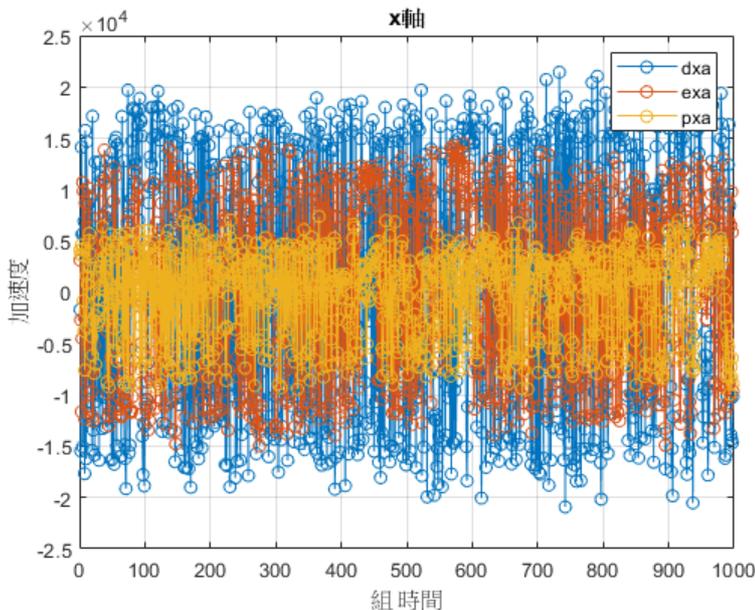


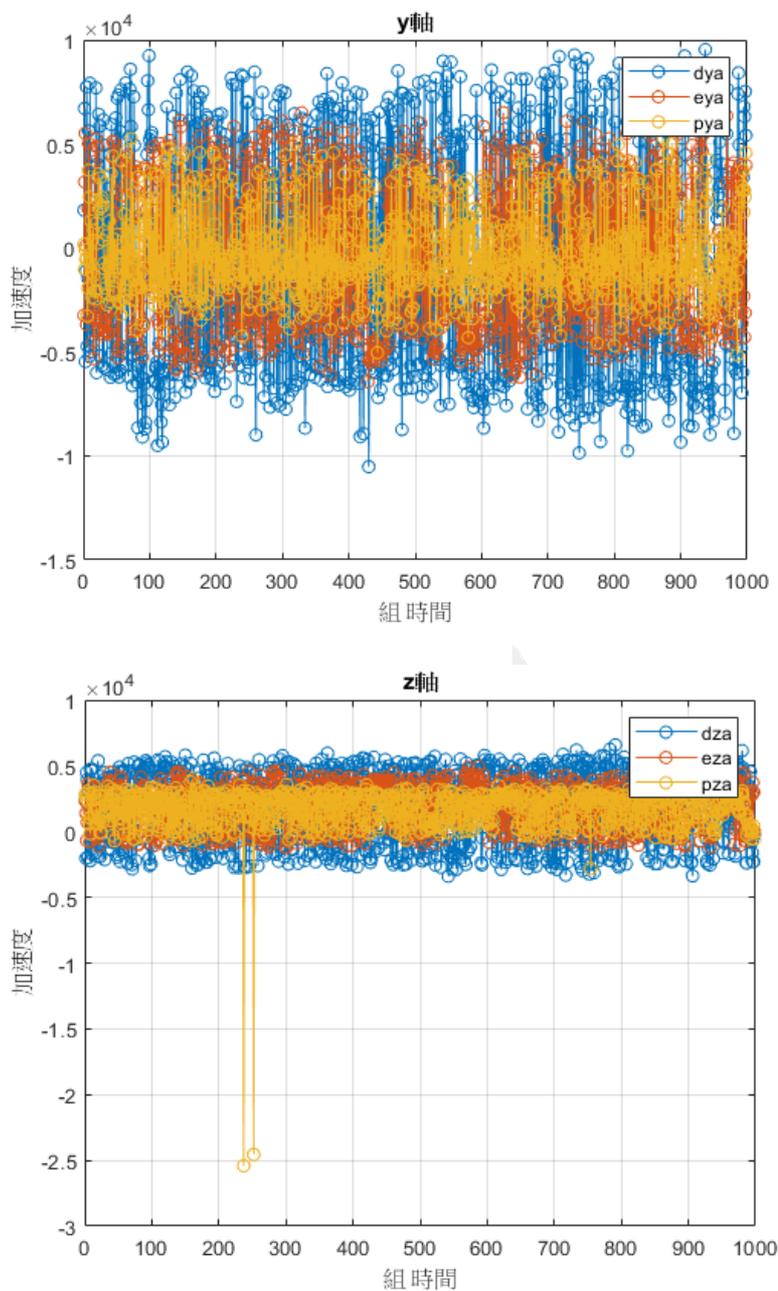
圖表四為箱形圖，是一種用作顯示一組數據分散情況資料的統計圖，它能顯示出數據的最大值、最小值、中位數、及上下四分位數。而圖表中有一些不在範圍內且超出極多的數值為極端值，超出但仍接近於最大值與最小值的數值為離群值。

離群點是與其他觀察值有顯著差異的數據點，圖中的紅點即為離群值，可能是由於測量的可變性，或者可能表示實驗錯誤，若是因實驗錯誤而產生時，會從數據集中排除以免影響統計結果。

(二)項目二的圖表分析

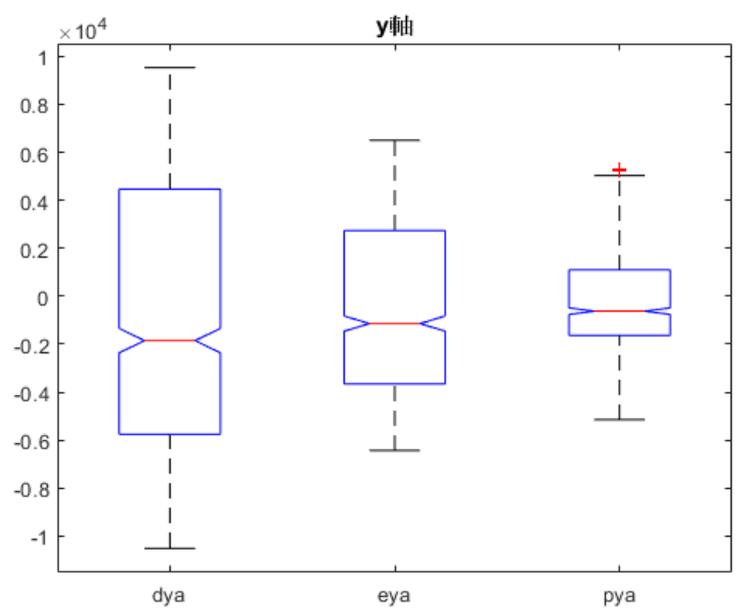
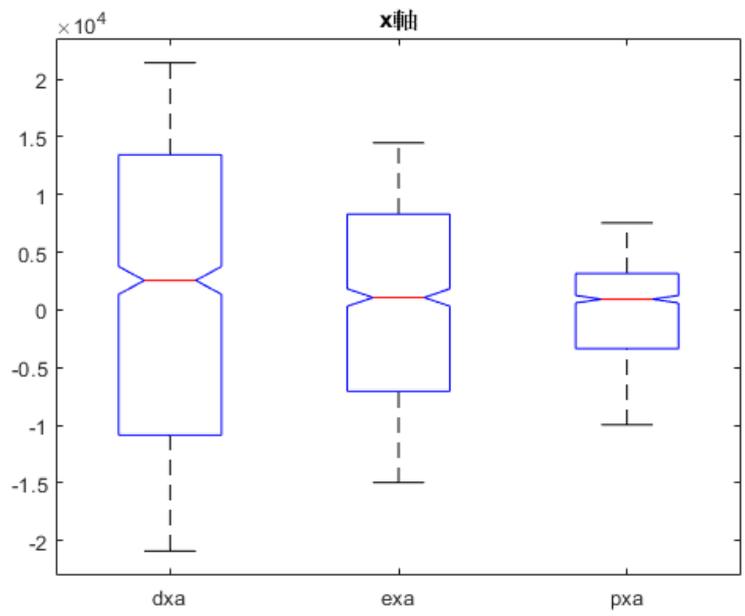
以下是Duracell、Energizer、Panasonic的X、Y、Z軸加速度比較

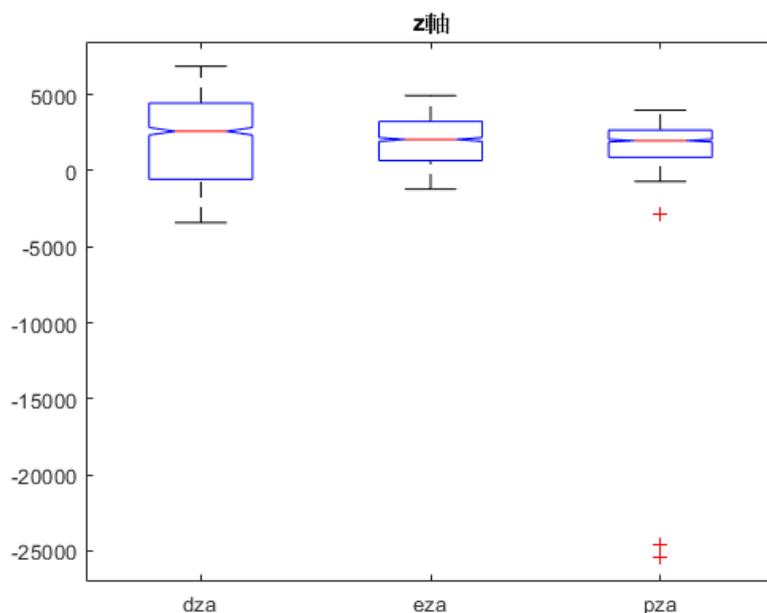




圖表一可以看出所有數據的分布的狀況，圖表中藍色為Duracell的數據曲線，橘色為Energizer的數據曲線，黃色為Panasonic的數據曲線，以看出Panasonic的數據曲線幅度最小，Duracell的數據曲線幅度最大，所以代表在馬達運轉時用Panasonic最穩定，而用Duracell最不穩定。

Panasonic的Z軸數值曲線在第200-300筆數據區間內有異常的極高值，可能為當時人為因素所產生的誤差，例如碰撞到測量儀器等。





圖表二為箱形圖，是一種用作顯示一組數據分散情況資料的統計圖，它能顯示出數據的最大值、最小值、中位數、及上下四分位數。而圖表中有一些不在範圍內且超出極多的數值為極端值，超出但仍接近於最大值與最小值的數值為離群值。

離群點是與其他觀察值有顯著差異的數據點，圖中的紅點即為離群值，可能是由於測量的可變性，或者可能表示實驗錯誤，若是因實驗錯誤而產生時，會從數據集中排除以免影響統計結果。

八、最後總結

(一)項目一的測量結果

經由以上的測量與分析結果，可以觀察到使用的電壓越高，所產生的振動加速度值也相對較高，代表項目一的測量結果為馬達使用的電壓越高則穩定性越低。

(二)項目二的測量結果

經由以上的測量與分析結果，若使用相同的電壓，可以觀察到使用Panasonic的振動加速度值相對其它品牌而言數值較低，若選用Panasonic的電池，其穩定性較另外兩種高，代表項目二的測量結果為馬達使用Panasonic的電池則穩定性較高。

(三)測量結論

從以上兩筆測量結果，在不考量其它因素的前題下，若要讓馬達的穩定性高壽命更長，便可使用負荷範圍內較低的電壓，穩定性較好的電池為啟動能源。

九、參考資料

Sizemore, Jim and Mueller, John. *Matlab For Dummies*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc, 2014

Nussey, John. *Arduino For Dummies*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons Inc, 2013

