

投稿類別：工程技術類

篇名：

別有洞天--利用小電容放電形成微細孔洞

作者：

黃仲璿。臺北市私立景文高中。資訊科三年 2 班。  
詹翔丞。臺北市私立景文高中。資訊科三年 2 班。  
凌鈺泓。臺北市私立景文高中。資訊科三年 2 班。

指導老師：  
吳永義老師  
楊榮仁老師

## 壹、前言

### 一、研究動機

有天，因為我剛洗完手去摸了電源開關，就“觸”電了，雖然麻麻的但卻讓我產生滿溢的好奇心，因此想去瞭解電有何功用以及如何運用在生活中，但我們並不想探討簡單的放電而已，想要更深入瞭解電學的理论。這些理论的應用，在我們的日常生活中息息相關，放電的作用以及放電的應用，放電加工機的重要性，都是我們所要加以探討的。

### 二、研究目的

日常生活中，偶爾有些時候會有關聯，像是冬天脫毛衣時因摩擦所產生的靜電，可以造成放電，所以微放電效應是發生在兩個金屬之間是絕緣介質裡的一種放電現象，放電現象的過程中，會產生火花放電，利用RC間歇性臨界高電壓產生電火花、放電生成的熱和連續上下垂直運動的細金屬銅管作電極，對金屬物質進行火花放電穿孔，利用這個原理，設計目的如下：

1. 了解RC間歇性臨界高電壓產生電火花、放電形成的熱移除作用。
2. 以程式設計控制放電間距，進行微細孔製造放電穿孔，設計出輕薄短小孔洞。

### 三、研究方法

利用電源供應器產生串接電壓，對介質釋放電壓讓兩者之間產生放電，使其產生火花進行放電加工，許坤明（2010）的微細孔鑽孔加工指出「介質會因電火花的放電，產生放電穿孔 0.05mm 微細孔鑽孔，隨著加工零件的微小化，鑽孔直徑縮小化屬於必須的現象。」

## 貳、正文

### 一、參考資料

#### （一）放電

放電，就是使帶電的物體不帶電，放電並不是消滅了電荷，而是引起了電荷的轉移，正負電荷抵消，使物體不顯電性。

台灣WORD-介電強度指出「電弧是由於電場過強，氣體發生電擊穿而持續形成電漿體，使得電流通過了通常狀態下的絕緣介質的現象」，或者說當通電的高電壓電路出現導體與導體的分開時，兩段就會出現電弧，而第一項發明就是電燈。

造成放電現象如下圖（一）所示，其原因主要為導體尖端周圍的空氣被導體產生的電場電離。黃錦華（2015）指出「當導體周圍電場產生電離，將會發生放電現象，其電場強度增加引起電壓崩潰對物體而造成放電電弧現象。」

## 別有洞天--利用小電容放電形成微細孔洞



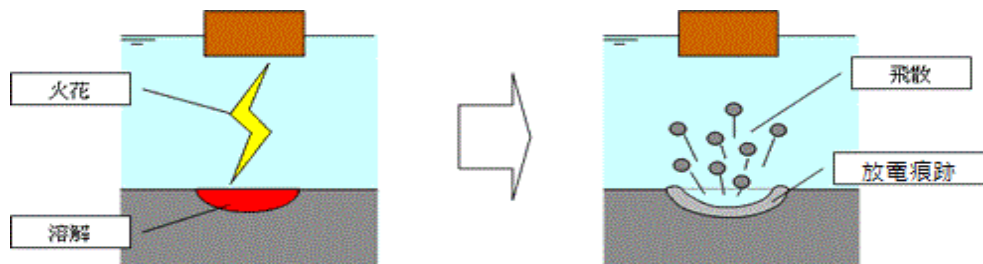
圖（一）放電現象

### （二）放電製造原理

放電是種藉由摩擦來產生火花，而火花會使接觸面燒損這種現象為放電加工的基本原理。維基百科指出「放電產生火花，使工件成為所需形狀的一種製造工藝，使工件物成為所需形狀的一種製造技術。」

放電加工機中之電氣回路可以有各種不同之選擇，最基本的為 RC 回路及 LRC 回路，無電容器時採用機械性放電方式。此外尚有推斥式發電機回路、真空管或電晶體回路、高壓回路，以及低壓交流法回路等。於直流回路中，工作物為正極，加工電極為負極，放電次數可由每秒數十次至數十萬次加以調整。

電介質的液體分隔兩電極當施以電壓，產生快速變化的電流放電，以製造材料。中華百科全書的放電加工指出「凡所要製造之物體硬度太硬、太脆或對溫度過分敏感，而無法或很難以普通方法製造。」當兩個電極之間的電位差增大時，兩電極之間的電場亦會增大，直到電場強度高過於電介強度，此時會發生電質介的崩潰，電流流過兩電極，這個現象和和電容崩潰一樣，移除部分電極材料。如果電流停止時，新的電介質會流到電極間的電場，排除固體顆粒，而電介質的絕緣性恢復。在電流流過之後，兩電極間的電位差會回到介電質崩潰之前，如此可以重複進行新一次的介電質崩潰。



圖（二）火花放電

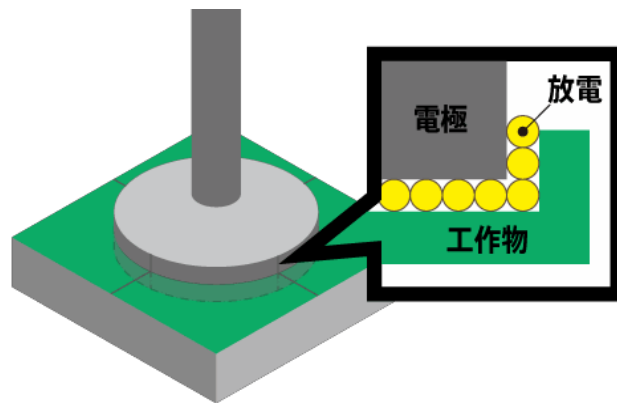
### （三）放電的優缺點

放電加工時，物體之表面受到熱脈衝的作用，但加工面之內部所受熱的影響非常小，故其變質層淺，而且外表為特殊之加工層所包覆，耐磨耗，耐酸鹼，不易生銹。可以製造傳統切削加工機所無法生產的奇形異面。加工堅硬的材料也可以有好的公差精度。所以放電加工也被用來對金屬材料做表面硬化之處理。市面上也有專用的放電加工裝置供應，此時電極採用 WC 為主成分之材料。只可是加工速度緩慢成本高。

## 別有洞天--利用小電容放電形成微細孔洞

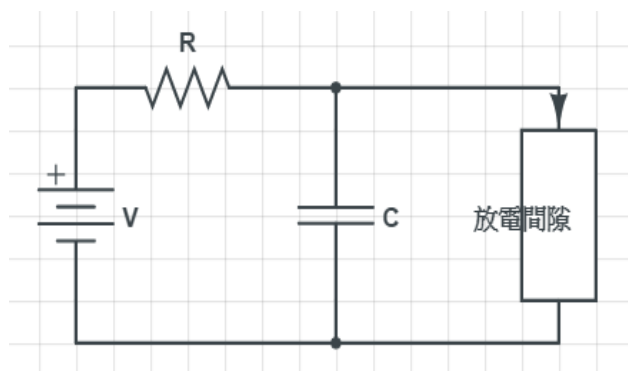
### (四) 放電加工的方法

放電加工機包括加工機本體、電氣裝置，以及加工液裝置三部分。將欲加工之物件浸沒於工作加工於液中，與加工電極對置，兩者相隔 0.01~0.05mm 之間隙。當外加 100 伏特程度之電壓時，電極與物體間開始放電，其溫度高達華氏一萬度，而使物體表面熔融蒸發，工作液也會蒸發起。物體熔融之大部分被此種蒸氣吹散，一部分附著於物體之底面與周圍。倘若每秒放電之次數很大，例如二萬次，則可除去相當數且之料，如下圖（三）所示。



圖（三）放電加工工作檯

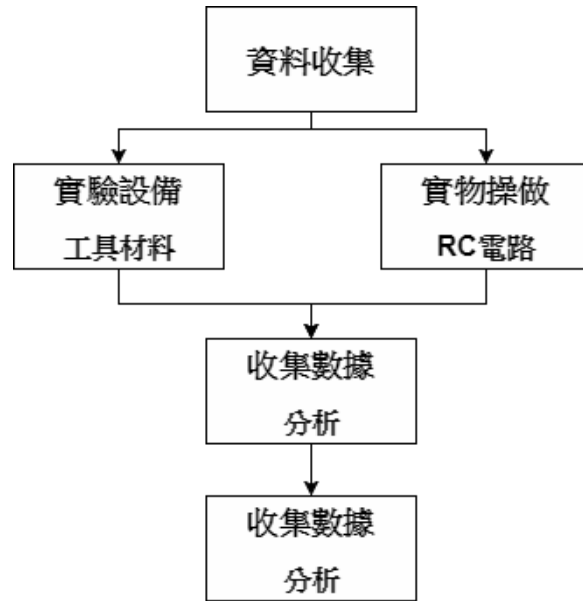
在放電加工機中之電路可以有各種不同種類選擇，我們使用最基本的有RC電路，如下圖（四）所示。於直流電路中，工作物為正極，加工電極為負極，RC放電次數可由每秒數百次至數千次對材料微小放電進行微量加工製造。黃琪騰（2015）指出「RC 放電電路時間常數 $t=RC$ ，充放電的時間長短決定等效電阻值(R)與電容值(C)的大小。」



圖（四）RC 放電電路

## 二、實驗流程

別有洞天--利用小電容放電形成微細孔洞



圖（五）流程圖

三、實驗設備、材料

（一）實驗設備

表（一）實驗設備

編號	名稱	規格	數量	圖片	說明/備註
1	工作機台	30cm*30cm	1		固定各種設備以及器材
2	電極馬達	5V 100rpm	1		轉動加工電極使工作物均勻
3	加工槽	10cm*15cm	1		放電加工工作槽
4	皮帶輪	10cm	1		固定電極以及選轉電極

## 別有洞天--利用小電容放電形成微細孔洞

### (二) 實驗材料

表(二) 實驗材料

編號	名稱	規格	數量	圖片	說明/備註
1	鎢針	150 $\mu$ m	1		作為加工電極
2	不鏽鋼薄板	0.3mm	若干		工作物品

### (三) 電路材料

表(三) 實驗材料

編號	品名	規格	數量	備註
1	電容	0.1 $\mu$ f、0.01 $\mu$ f、1 $\mu$ f、10 $\mu$ f	1	
2	電阻	5W500 $\Omega$ X2	1	
3	萬用電路板	X1	1	
4	端點座	X3	1	
5	開關	X1	1	
6	LEDX1		1	
7	煤油		若干	

## 四、控制程式、操作原理、操作步驟、操作記錄、操作結果

### (一)、控制程式

如圖(四)檢測到電阻R的放電電流轉換成電壓提供微控制器A/D信號，以C語言來控制步進馬達的操控位址，來進行Z方向的進給與退後控制進行放電加工。

## 別有洞天--利用小電容放電形成微細孔洞

```
#include <p30F4011.h>
#include <timer.h> // 將 Timer 函式的原型宣告檔案含入
#include <adc10.h> // 將 ADC 轉換函式的原型宣告檔案含入
#define FCY7372800 * 2 // 因使用頻率為將外部 7.3728 MHz * 8 的模式#define
Start PORTBbits.RB8 // 程式開始執行(輸入)
#define Buzzering LATBbits.LATB2 // 蜂鳴器啟動( #define
StopBuzzer PORTBbits.RB3 // 蜂鳴器停止 #define
CW LATBbits.LATB4 // 下降
#define CCW LATBbits.LATB5 // 上升#define
UP 1 // Z 軸上移
#define DOWN2 // Z 軸下移

void buzzer(void);
void time_counting(void);
void pic_setting(void);
void Init_ADC(void);
void motor_move(int dir, int pulse);
unsigned char Show_ADC(void);
signed int depth;
int drillmethod;

unsigned int Second = 0 ;
unsigned int miliSec = 0 ;

_FOSC(CSW_FSCM_OFF & XT_PLL8);
_FWDT(WDT_OFF);
_FBORPOR(PBOR_OFF & MCLR_EN);
_FGS(CODE_PROT_OFF);

intmain( void )
{
int j,i;
pic_setting();
Init_ADC();
Buzzering=0;
while(1)
{
while(!PORTBbits.RB8)
{
int i,j;

switch(dir)
{
case (1):
```

```
{
for (i=0;i<pulse;i++)
{
    CCW= 1;
    for(j=0;j<3000;j++);
    CCW = 0;
}
} break; case (2):
{
    for (i=0;i<pulse;i++)
    {
    CW= 1;
    for(j=0;j<3000;j++); CW = 0;
    }
}break;
}
}
}
```

## (二)、操作原理

如圖（四）RC 放電電路中帶入時間常數公式如下：

$$t=RC=2 \times 1000 \times 0.1 \mu = 2 \text{mS}$$

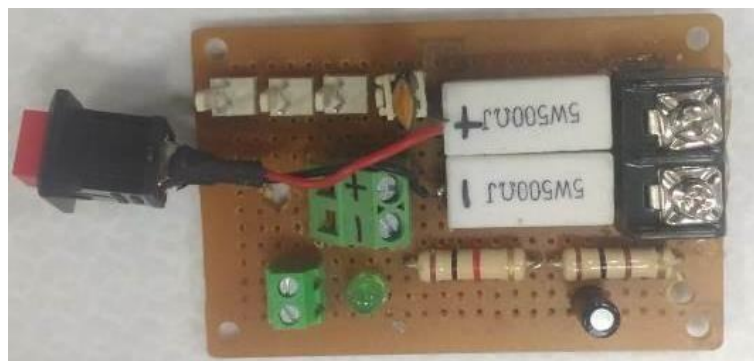
由上式得到每秒鐘將近 500 次放電電量公式如下：

$$Q=VC=80 \text{v} \times 0.1 \mu = 8 \mu \text{C}$$

由上式得到放電電量相等於是  $8 \mu$  庫倫；而電流密度是電量乘上每秒 500 次放電次數，獲得電流密度 4m 安培。

## (三)、操作步驟

利用 RC 電路如圖（六）所示改變電容大小  $0.1 \mu \text{f}$ 、 $0.01 \mu \text{f}$ 、 $1 \mu \text{f}$ 、 $10 \mu \text{f}$  進行放電，再以微控制器帶入機台控制電流大小的變化加以進行記錄。



圖（六）RC 放電電路



別有洞天--利用小電容放電形成微細孔洞



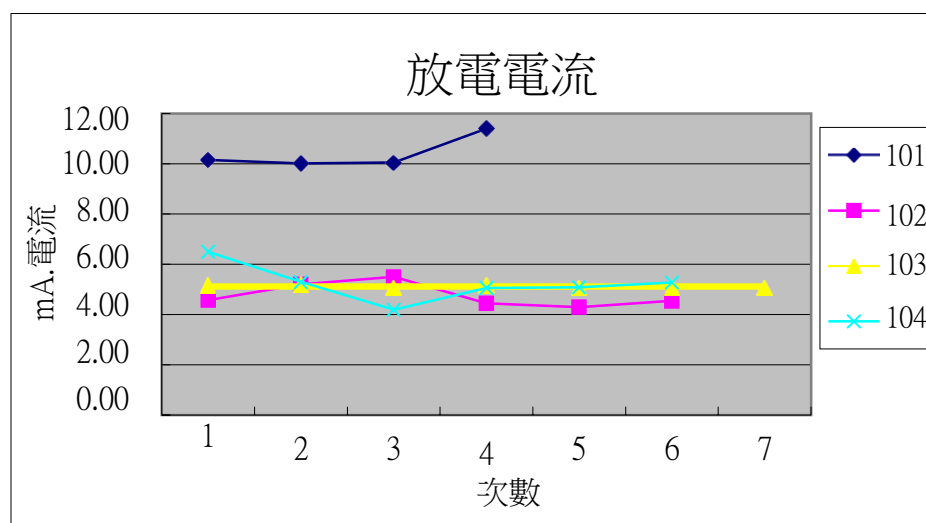
圖（七）操作工作圖

（四）、操作紀錄

因圖（七）的操作工作來獲得表（四）的放電電流紀錄表，可得知圖（八）的放電電流中可獲得，從幾次的操作結果中得知，電容越大獲得的放電電流越大而電容越小獲得的放電電流越小，因此電流會因電容而改變。

表（四）放電電流紀錄表

次數	101	次數	102	次數	103	次數	104
1	10.15	1	4.58	1	5.16	1	6.50
2	10.01	2	5.20	2	5.20	2	5.30
3	10.05	3	5.50	3	5.05	3	4.20
4	11.40	4	4.45	4	5.15	4	5.06
5		5	4.30	5	5.06	5	5.09
6		6	4.55	6	5.07	6	5.28
7		7		7	5.05	7	



圖（八）放電電流

## 五、結果分析

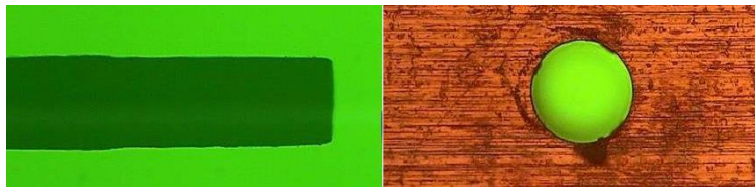
由放電操作如上方的表（四）、圖（八）紀錄所示，從微細加工實驗室微加工製造研究資料中如圖（九）、（十）驗證從操作記錄中得到電容越大獲得的放電電流越大，電容越小獲得的放電電流越小。分析獲得結論：若不考慮放電間隙大小，在放電電流、放電幅寬、溫度等放電參數中，控制微小電壓在微小間隙產生放電電弧可以做為去除微量元件材料，可以進行在機械微細製造及運用，以穿孔的深度來比較，穿孔深度淺，就無法穿透；穿孔的深度深，就可以穿透材料。

C: 101 深度選擇：1 (400/300um) 電極消耗(0.0085mm) 加工時間(8:39)



圖（九）加工結果圖（盲孔）

C: 101 深度選擇：2 (800/600um) 電極消耗(0.0157mm) 加工時間(11:50)



圖（十）加工結果圖（穿孔）

## 參、結論：

### 一、結論

經由上述的實驗，我們可以知道微細孔的應用，不僅僅只是簡單的放電鑽孔，而這些實驗的應用，不會侷限於我們所做的微細放電製造，在微細孔製造的原理中，讓我們更深入了解有關艱深的放電理論，目前在工業界微細孔製造和更精微的發展應用如下噴射孔、注射孔、噴霧孔、吸入孔、食品工業分配孔、分配孔、拉絲模具孔這些精微的細孔作用，不但能夠運用在各種不同的方向，希望未來能繼續深入實驗對這項理論更進一步了解，廣泛應用其他方向。

## 二、未來與展望

利用這些原理，更深入了解艱深的理論，在未來進行更深的學術研討，甚至在工業界方面會使用到微細孔更精微的發展，以及控制微小電壓在微小間隙產生放電電弧可以做為去除微量元件材料，可以進行在機械微細製造及運用，所以放電可以使用在機械微細製造，以較低的能量情況下，進行一種微小化的裝置完成機械製造。這些精微的細孔作用，會使鑽孔更方便，以及未來能夠運用在更多方面，不但使未來的實驗變得順利。

## 肆、引註資料：

許坤明（2010）。**非傳統加工**。臺北市：全華圖書股份有限公司

台灣WORD-介電強度。2018年02月25日，取自

<http://www.twword.com/wiki/%E4%BB%8B%E9%9B%BB%E5%BC%B7%E5%BA%A6>

黃錦華（2015）。**基本電學(上)**。臺北市：華興文化事業股份有限公司。

維基-放電加工。2017年02月26日，取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%94%B5%E7%81%AB%E8%8A%B1%E5%8A%A0%E5%B7%A5>

中華百科全書－放電加工。2017年02月27日，取自

<http://ap6.pccu.edu.tw/Encyclopedia/data.asp?id=8543>

黃琪騰（2017）。**基本電學(下)**。臺北市：科友圖書股份有限公司