中華民國第 55 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生活與應用科學科

080805

3D 不 NG

學校名稱：臺北市文山區萬興國民小學

作者：	指導老師：
小六 周延俊	簡正一 鄧雅瑛

關鍵詞：3D 列印、Prusa i3、平台自動校正

摘要

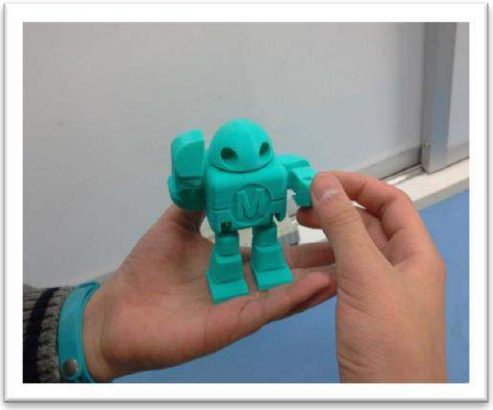
透過網路所公開的 Prusa i3 印表機設計圖和硬體設備說明資源，我們就以小學生的身分嘗試自製 3D 印表機。並希望自製 3D 印表機，已經完成多項日常需求中的物品，諸如：

1.個人文創商品：創意花盆、玩具魚、手機外殼、四肢可活動的機器人…等等。

2.用品修補：雨傘柄與機器人零件（例如損壞的關節與肢體）…等等。

3.機械零件修補等物品：轉軸與齒輪…等等。

在自製 3D 印表機以及校正的過程，我們改善冷卻系統使物品塑型更快，可減少變形並增加良率。



壹、研究動機

從小我就希望可以畫設計圖，列印出自己想要的模型或組件，在以前是高成本的事情，但是 3D 印表機的出現，讓想法到成品的流程變得簡單。

在我還是四年級的時候，有一天，我正在組裝我的一個機器人，裝到一半，一個零件不見了，我努力的絞盡腦汁，依然想不出解決的辦法，心理想著：「如果零件製造商在這就好了，唉～」仔細觀察，發現零件是射出成形的。後來從雜誌看到了 3D 印表機的介紹，在書桌上建造一個零件小公場，並非癡人說夢，所以我開始專注研究，因此開始了我的 3D 奇妙之旅。

透過網路所公開的 Prusa i3 印表機設計圖和硬體設備說明資源，我們就以小學生的身分嘗試自製 3D 印表機。並且改善冷卻系統使物品塑型更快，希望可減少變形並增加良率。在此以實驗過程的紀錄和經驗，提供有興趣自己組裝 Prusa 印表機的同好一起參考。可以節省很多製作成本與時間，而且可以提高產品的精緻度。

貳、研究目的

研究目的一、如何成功的組裝 Prusa 印表機

研究目的二、如何選擇 3D 列印材料

研究目的三、如何選擇正確的列印噴頭溫度

研究目的四、如何設定自動校正 3D 列印機平台

參、研究設備及器材

一、3D 印表機組裝元件:

組裝的 3D 印表機材料羅列如下表,一般而研都可以在網路買到配組好的成套零件再自行組裝，一般的價格約在 8000-12000 之間，以下羅列出組裝 Prusa i3 印表機所需零件表，無論是上網購買或是至實體店家購買組裝配件時，可以以此做為材料是否給齊全的參考。

(一)材料明細表：

類別	名稱	規格
機構件	光軸(全套)	鋼材
	牙條(全套)	不鏽鋼鋼材
	聯軸器	5*5mm
	螺絲(全套,含彈簧)	不鏽鋼螺絲
	軸承	LM8UU
	軸承	608ZZ
	軸承	625ZZ
	軸承	MF105ZZ
	擠出軸	M8 螺絲
	噴頭整組	J-HEAD 一體成型
	耐熱玻璃	205*205mm
	同步輪	5mm,齒數 20
	時規皮帶	GT2*2m
	拉緊彈簧	GT2
列印件	Prusa i3 改良版全套	
電子件	Mega2560(含 USB 線)	R3
	RAMPS1.4	1.4

續 P5

	A4988	含散熱片
	LCD 控制器+SD 讀卡插座	4*20 LCD 控制板
	步進馬達	42 型 L40
	限位開關組	微動開關+線+接頭
	加熱板組	R3
	步進馬達延長線(含杜邦接頭)	4pin
	散熱風扇延長線(含杜邦接頭)	2pin
	延長線用排針	40pin
	12V 電源線	5A
	J-Head 散熱風扇	4*4 cm
	電源供應器	12V 20A
	插頭	3 孔
韌體	Marlin 韌體	3 / 17 版本
列印切片軟體	Cura 與 Repetier	官方版本
其他	捲式束帶	6mm
	束線繩	10mm
	折耳夾	4 個
列印材料	ABS、PLA	捲

(二)材料採購經驗與心得說明：

1.機構件的部分通常的材料為不鏽鋼，可以減少耗損，可以詢問店家製作機構件的廠商，台灣廠商優於大陸廠商，價格大概是 1.5 倍價差。

2.列印件是將機構件組裝的關節部分元件，稱為列印件的原因是因為這部分可以由另一台 3D 列印機輸入模型後列印出來，這也是 3D 列印機有趣之處，只要有一台 3D 列印機，組裝的元件可以自行列印，列印件的強度取決於列印時的設定，有的廠商會將列印件用壓克力替代，壓克力的強度稍嫌不足。

3.電子元件的材料好壞決定 3D 列印機的使用時間，如同電腦主機板中的電容，電路板中的電容和電晶體使用日系製作，在電流的耐受度佳。

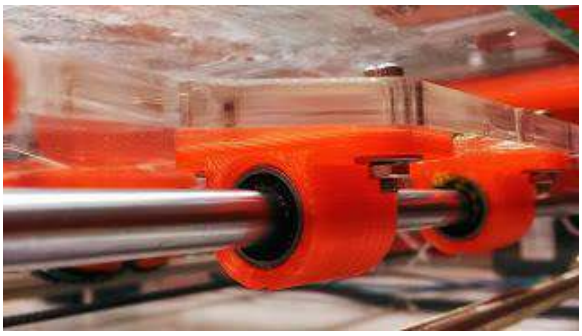
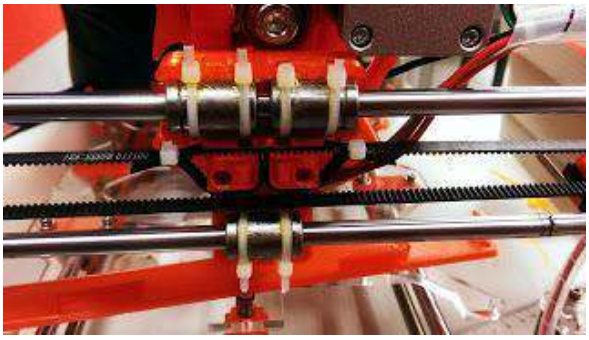
4.韌體部分使用 G Code 指令的 Marlin 韌體，所謂的 G code 就是讓列印機列印所有動作的指令，雖然同樣是 Prusa i3 的列印機版型，但是噴嘴與平台高度的不同，都需要將公版的 Marlin 韌體進行 G code 的修改。

5.列印切片軟體是指在我們建模完成或是下載了別人設計好的模型後，必須透過列印切片軟體告訴 3D 印表機該如何列印，與平面列印中的「列印喜好」有點類似，但是因為是 3D 列印，所以列印切片軟體可以讓你預覽整個列印堆疊的過程，上面提到的兩款列印切片軟體現在都是免付費的，是商用 3D 印表機廠商提供的，到官方網站即可下載，臺灣與大陸的 Maker 社群也有人翻譯成中文，但是官方版的操作界面還是跟 Marlin 原版韌體的相容性較佳。

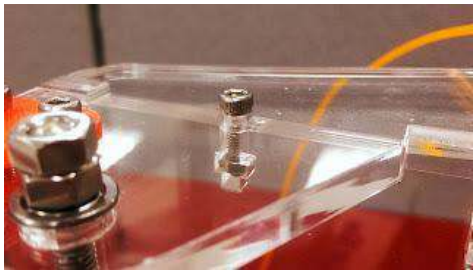
肆、研究過程或方法

一、如何成功的組裝 Prusa 印表機

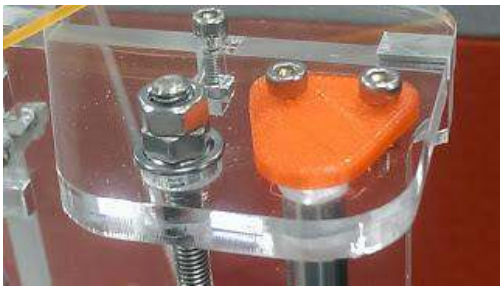
LM8UU 安裝：三個 Y Busing 內各塞入一個 LM8UU，LM8UU 內四排鋼珠，要成 X 型排列，不要"十"字形排列。排成 X 字形的原因是要讓兩排鋼珠受力，而不要只有一排鋼珠受力。LM8UU 有防塵套，塞入光軸之後，不易對內部做潤滑，所以要是先噴入些黃油。

壓克力支架：所有的壓克力組合螺絲都是這樣安裝：十字孔的部分，塞入一顆 M3 螺帽；垂直方向蓋上另一片壓克力後，用 M3 15mm 的螺絲鎖入。螺絲千萬不要一次鎖到緊。整個框架要能夠很穩得站在桌上，不能有翹腳的。有翹腳，就必須放鬆所有螺絲，壓好壓克力板到不翹腳，再分數次慢慢上緊螺絲。後面兩塊大三角板，只有兩個螺絲孔得要安裝在右側，兩個螺絲孔的位置剛好可以安裝電源供應器(NES-100-12)。另外一片，螺絲孔比較多的要安裝在左側，螺絲孔可以鎖上 RAMPS 1.4 控制板系統

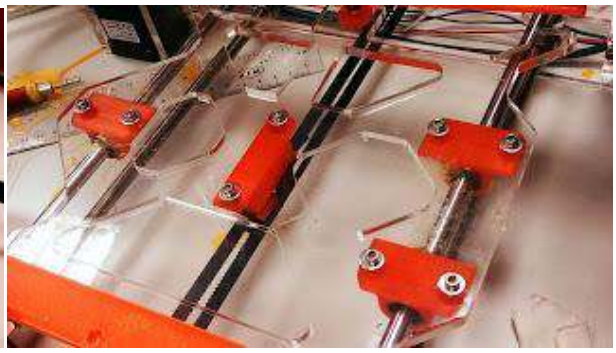


馬達座的樣子。注意上側板子，光軸孔的位置是靠外側，不要裝反了。

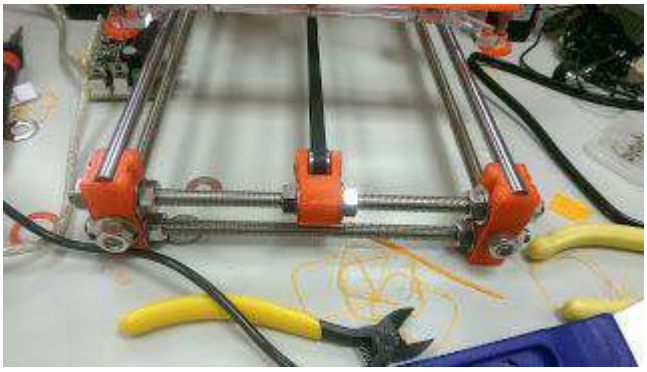


Z 軸馬達：最頂端的蓋板先不要裝，待 Z 光軸、Z 螺杆就定位，再安裝。左右兩邊個一個。上螺絲之前，記得要先把馬達線從後側開孔拉出，再用 M3 15mm 螺絲搭配 M3 墊片鎖

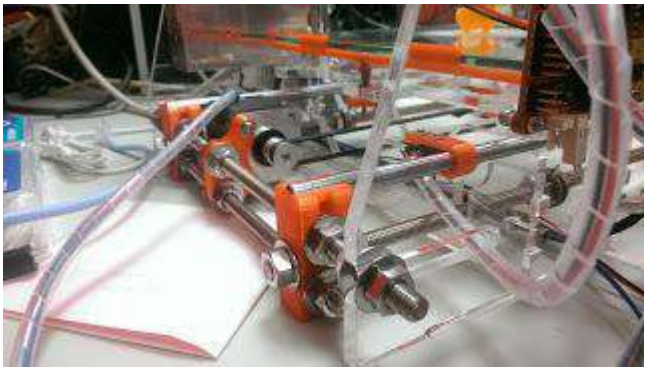
上。



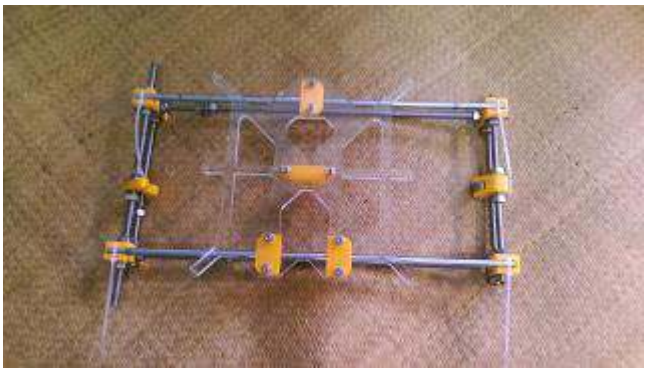
惰輪：Y 框 X 方向前側，上墮輪。兩顆 625zz 夾在 Y Idler 裡，用 M5 20mm 螺絲、M5 螺帽鎖住。Y Iidler 有一側有 M5 螺帽專用的六角形凹槽，螺帽要放在那邊。如果 625zz 不容易塞入，那會需要用雕刻機搭配鑽石磨稍微磨寬一點。前側螺桿安裝的方式如圖。兩支 M8 209mm 螺杆，左右兩邊安裝上 Y Corner。記得 M8 螺帽都要搭配墊片使用。



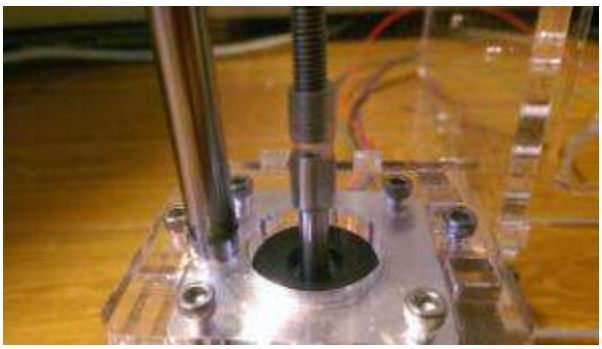
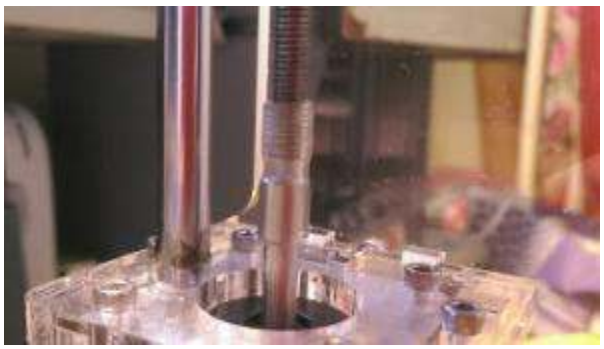
Y 框 X 方向後側一樣有兩根螺杆，但是長短不一樣。上面的是 275mm 的；下面是 209mm。Y motor mount 要是先裝在中間，凸出的部分朝上。



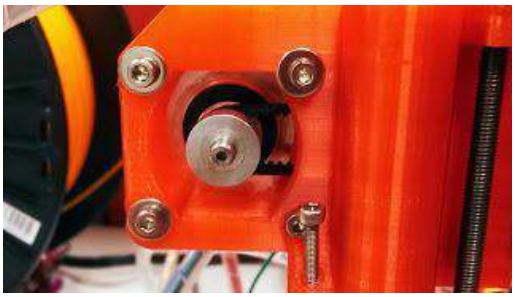
Y 框 Y 方向螺竿，記得在中間要多加上一對 M8 墊片螺帽，是之後 Y 框固定在壓克力口字型框架的下緣用。



Z 螺竿安裝到 Z 馬達： Z 螺杆的上端先安裝 MF105ZZ 有邊軸承，再鎖上第一顆螺帽，並調整螺帽的深度，讓螺杆能順利旋轉。之後再安裝第二顆螺帽，並讓兩顆螺帽互相擠壓，防止螺帽滑動，PVC 風管剪約 2.5cm 長，一端套進 5M 螺杆，一端套進 Z 軸馬達軸。**Z 螺竿跟 X 軸的重量，要調整 Z 螺桿上端螺帽，讓重量依靠上端軸承來支撐。這樣可以減少水波紋的問題。**

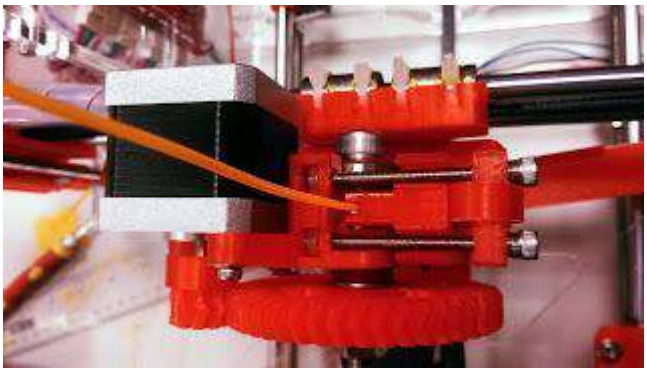
安裝 X 馬達：以 M3 20mm 螺絲，配合墊片安裝 X 軸馬達。右下角得螺絲，因為模型有凸起，無法使用 M3 墊片 ，改以"電子零件絕緣墊片"取代。



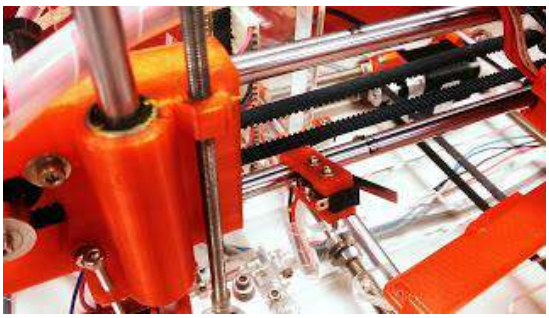
安裝擠出機大齒輪：擠出機大齒輪中間要塞入一顆 M8 螺帽。旋入擠出軸後，鬆緊要調整到可以順利轉動，卻不會讓擠出軸能前後滑動。另一方面還要讓小擠出齒輪跟大齒輪的人字齒中心對齊。可以利用 M8 墊片塞在打擠出齒輪跟擠出基座之間做調整。
待調整完後，在多鎖一顆 M8 螺帽，與大齒輪中心得螺帽互相擠壓，防止大齒輪脫落。

FastRelease(快拆)打磨後套成圖中的樣子，再拿 M4 50mm 螺絲，套入彈簧之後，再穿過快拆，鎖入擠出基座。

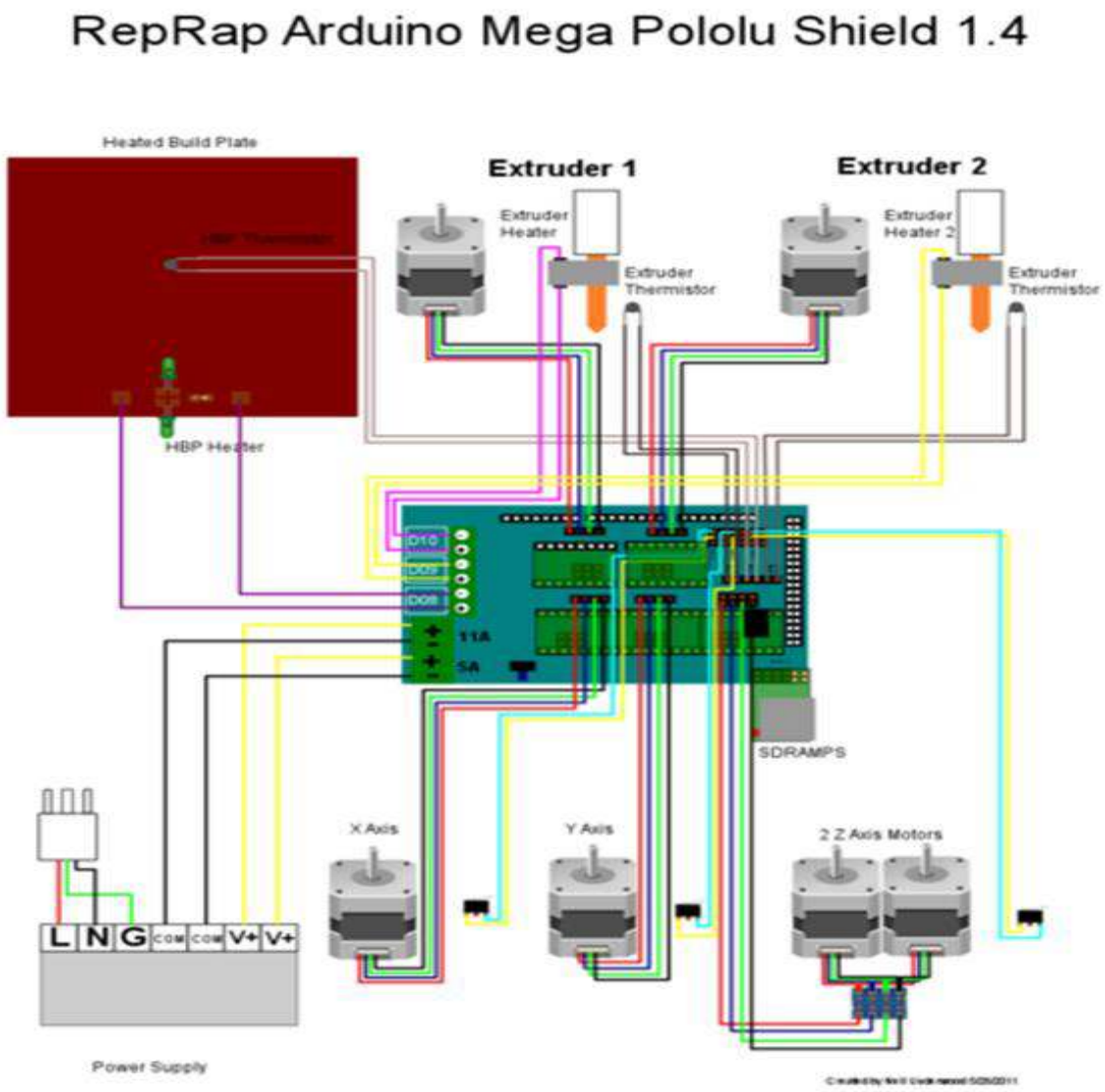
套入關鍵部位:Jhead



安裝 XYZ 軸 EndStop 微動開關



接線圖:


RepRap Arduino Mega Pololu Shield 1.4
Heated Build Plate
Extruder 1
Extruder 2
Extruder Heater
Extruder Thermistor
Extruder Heater 2
Extruder Thermistor
HBP Heater
D10
D09
D08
11A
5A
SDRAMPS
X Axis
Y Axis
2 Z Axis Motors
L
N
G
COM
COM
V+
V+
Power Supply

二、如何選擇 3D 列印材料

一般家用的 3D 印表機目前主要分為 2 種材料，「ABS」與「PLA」

列印材料	ABS（苯乙烯共聚物，製作原料為石化原料）	PLA(聚乳酸，製作原料是玉米澱粉)
所需噴頭與熱板溫度	噴頭溫度: 210～240℃ 熱板溫度:80℃以上	噴頭溫度: 180～200℃ 熱板溫度:60℃以上
材料優點	ABS 塑膠相當容易列印。無論用什麼樣的擠出機，不必擔心堵塞或凝固。ABS 彈性十足，具有柔軟性，適合做成手環等穿戴用品。	PLA 幾乎不會收縮，即使是開放式的印表機，也能列印巨大的物體，不必擔心成品從板子上懸空、歪斜或破損。這種材料正好適合實地在公共場所做 3D 列印。
材料缺點	ABS 塑膠具有遇冷收縮的特性，會從加熱板上局部脫落；列印時會產生強烈的氣味。	PLA 熔化後容易附著和延展，所以經常會堵塞加熱端 。
實際使用心得	實際操作上，噴頭的耐受溫度在列印 ABS 時容易受熱損壞，部推薦使用。	實際操作上 PLA 是較佳的家用 3D 列印材料，最佳加熱溫度為 190℃。

三、如何選擇正確的列印噴頭溫度

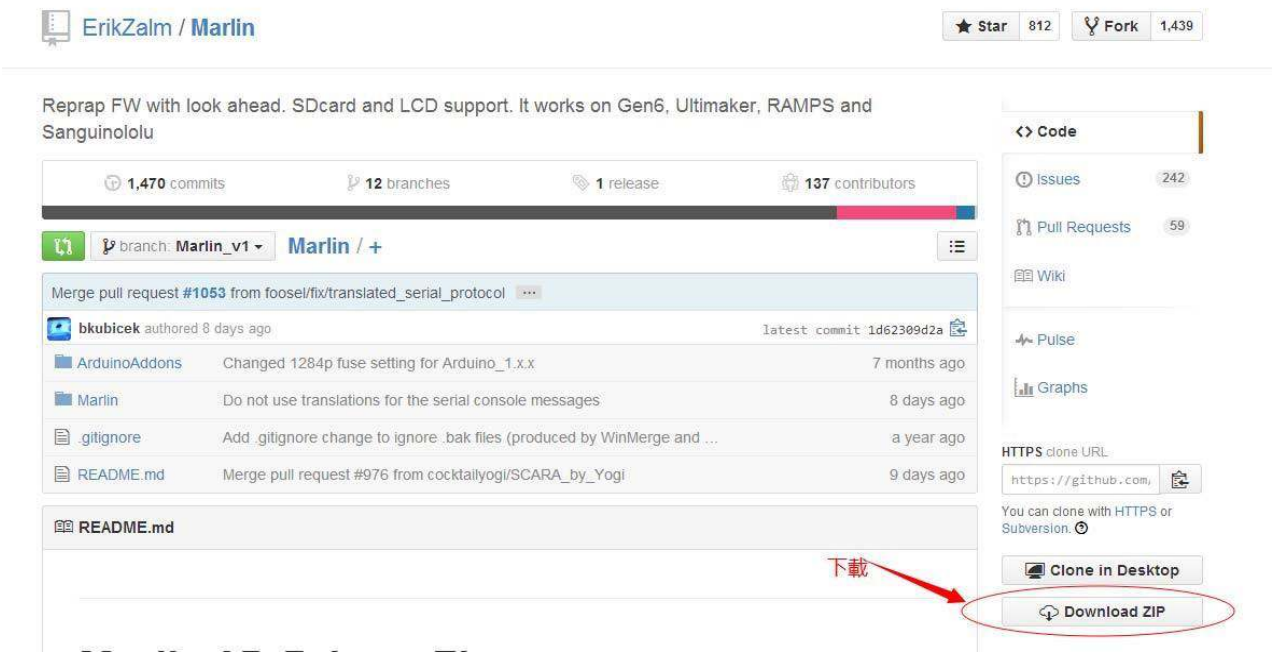
其實這個跟 3D 列印的噴頭有關係，一般而言噴頭的材質在市面上大概粗分成 2 類，鐵氟龍噴頭與黑剛玉噴頭，經過實際的實驗結果如下表：

	鐵氟龍	黑剛玉
耐受溫度	理論耐熱溫度 196℃~260℃，實際上溫度到了 230℃容易損壞噴頭	理論耐熱溫度可大於 300℃，實際上溫度到了可以到 300℃，但容易造成電路板過熱
噴頭阻塞	容易阻塞	不容易阻塞

四、如何設定自動校正 3D 列印機平台

校正是為了讓噴頭與列印平台的每一個角落保持一定的高度，是直接關係到列印的品質的關鍵。手動校正非常繁瑣，必須使用水平儀進行，至少需要 30 分鐘以上，設定平台的自動校正可以節省許多時間，自動校正要設定 Marlin 的韌體，以下是步驟：

支援自動 z 軸水平功能請去官方網站下載
https://github.com/ErikZalm/Marlin

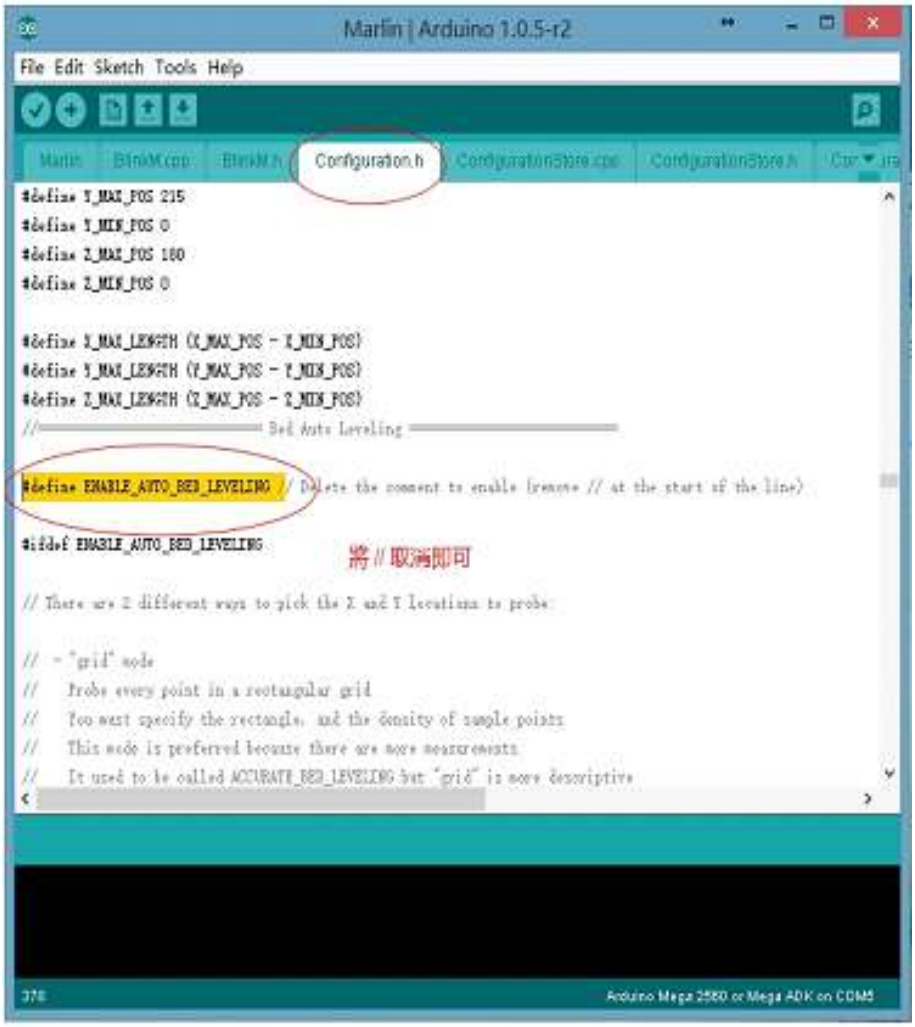


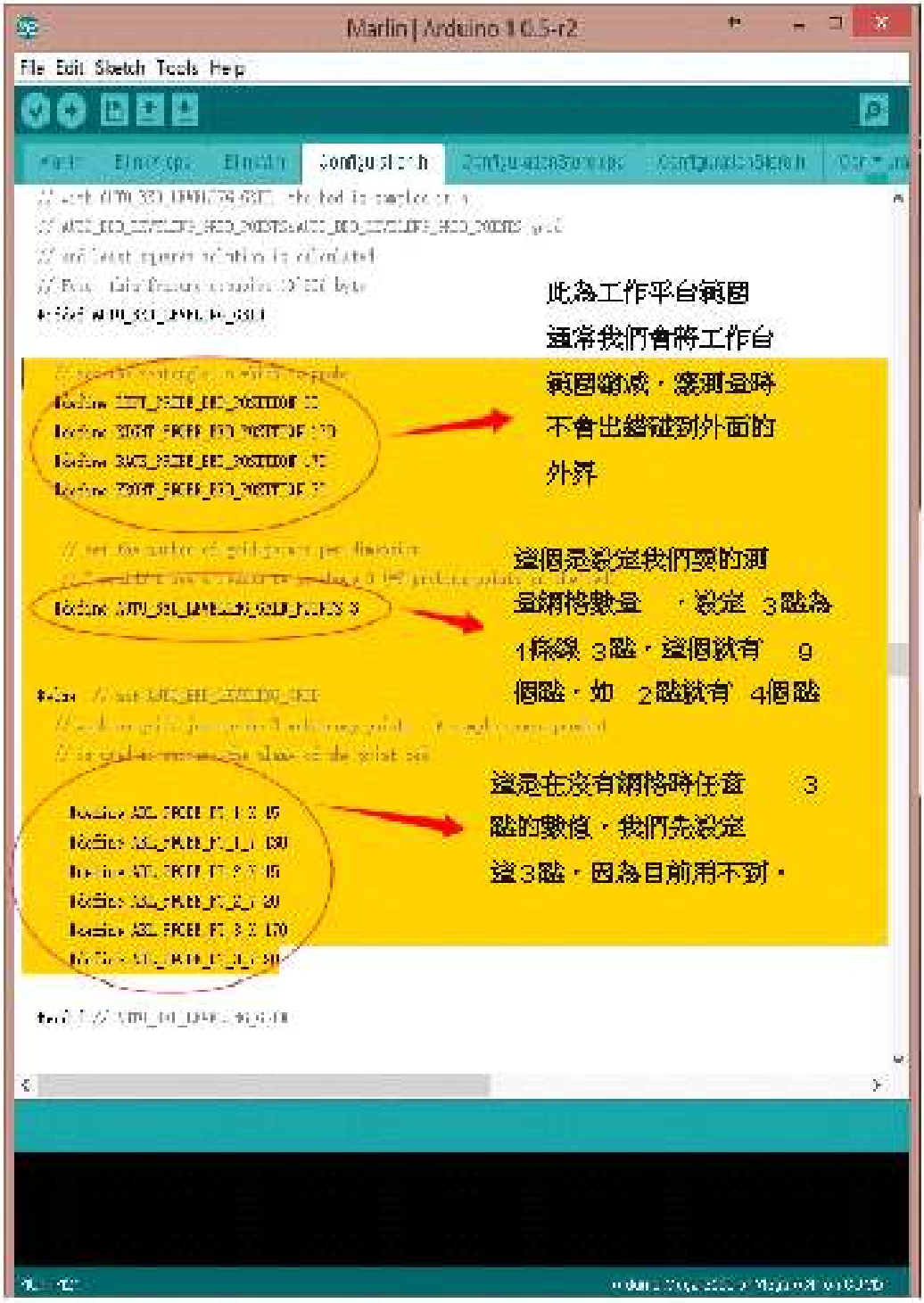
下載後可按你原本的設定值全部改回去新的韌體中。

改完設定值時請確認以下幾個設定值，要按此設定值。

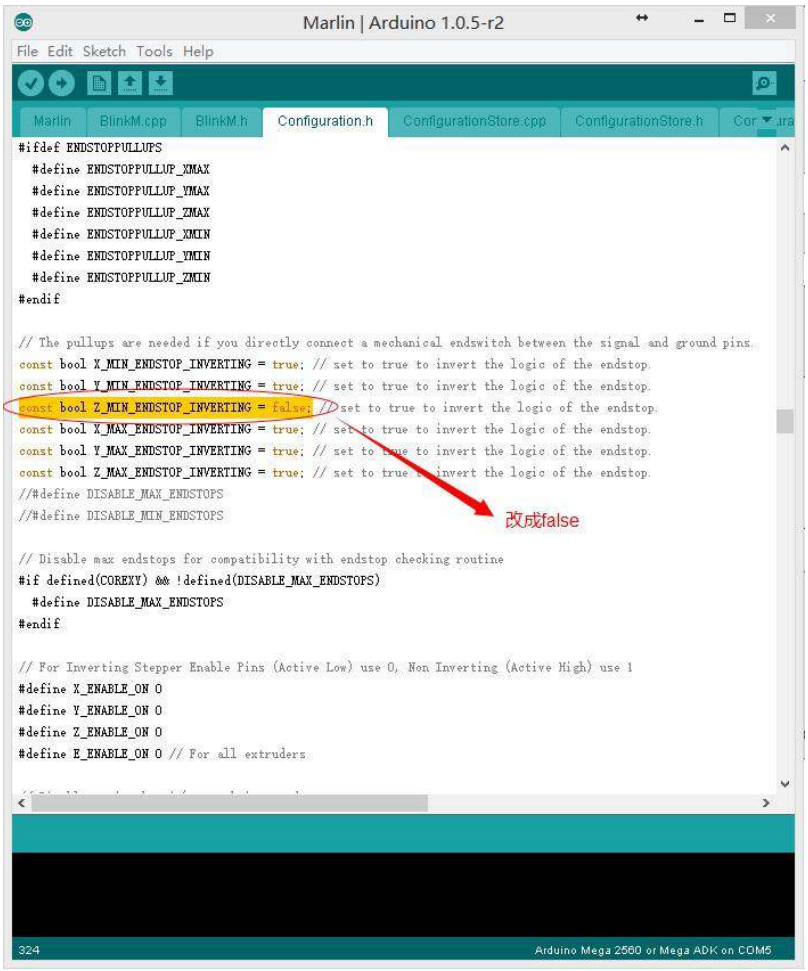
1.在此頁面按下 ctrl +F 打入//#define ENABLE_AUTO_BED_LEVELING 字串後將//取消如圖 1。

2.在此頁面按下 ctrl +F 打入#define LEFT_PROBE_BED_POSITION 字串將圖 2 的數值填入即可。

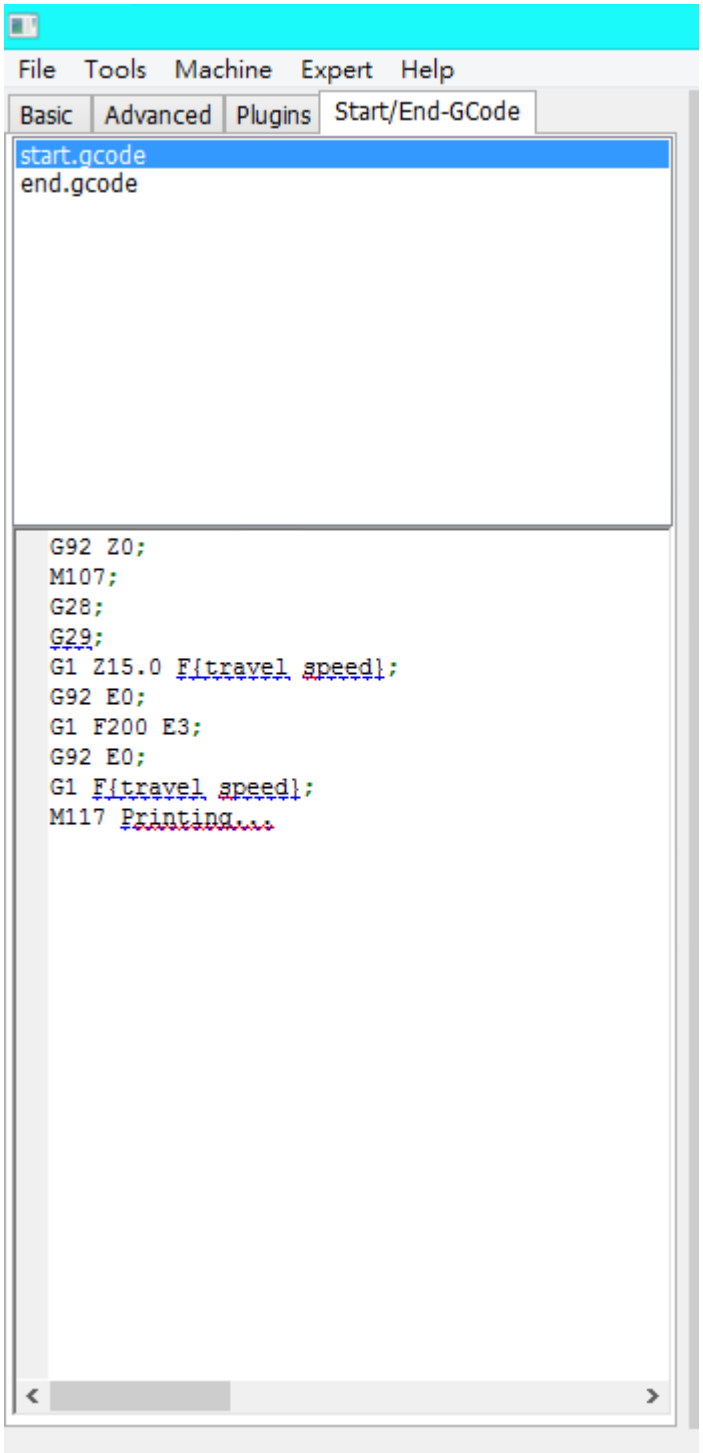

Marlin | Arduino 1.0.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
Configuration.h
#define Y_MAX_POS 215
#define Y_MIN_POS 0
#define Z_MAX_POS 180
#define Z_MIN_POS 0
#define X_MAX_LENGTH (X_MAX_POS - X_MIN_POS)
#define Y_MAX_LENGTH (Y_MAX_POS - Y_MIN_POS)
#define Z_MAX_LENGTH (Z_MAX_POS - Z_MIN_POS)
Bed Auto Leveling
#define ENABLE_AUTO_BED_LEVELING // Delete the comment to enable (remove // at the start of the line)
#ifdef ENABLE_AUTO_BED_LEVELING
将//取消即可
// There are 2 different ways to pick the X and Y locations to probe
// - "grid" mode
// Probe every point in a rectangular grid
// You must specify the rectangle, and the density of sample points
// This mode is preferred because there are more measurements
// It used to be called ACCURATE_BED_LEVELING but "grid" is more descriptive
Arduino Mega 2560 or Mega ADK on COM5


Marlin | Arduino 1.6.5-r2
File Edit Sketch Tools Help
Configuration.h
此為工作平台範圍
通常我們會將工作台
範圍縮減，探測量時
不會出錯碰到外面的
外緣
這個是設定我們要的測
量網格數量 ，設定 3點為
1條線 3點，這個就有 9
個點，如 2點就有 4個點
這是在沒有網格時任意 3
點的數值，我們先設定
這3點，因為目前用不到。

改完設定值時請確認以下幾個設定值，要按此設定值不要改按本店提供的值喔。 4.在此頁面按下 ctrl +f 打入 const bool Z_MIN_ENDSTOP_INVERTING =字串，將此= true 此改成= false



在切片軟體中設定這個值，因為要切片軟體知道有自動 z 軸水平的工能並啟動


File
Tools
Machine
Expert
Help
Basic
Advanced
Plugins
Start/End-GCode
start.gcode
end.gcode
G92 Z0;
M107;
G28;
G29;
G1 Z15.0 F{travel speed};
G92 E0;
G1 F200 E3;
G92 E0;
G1 F{travel speed};
M117 Printing...

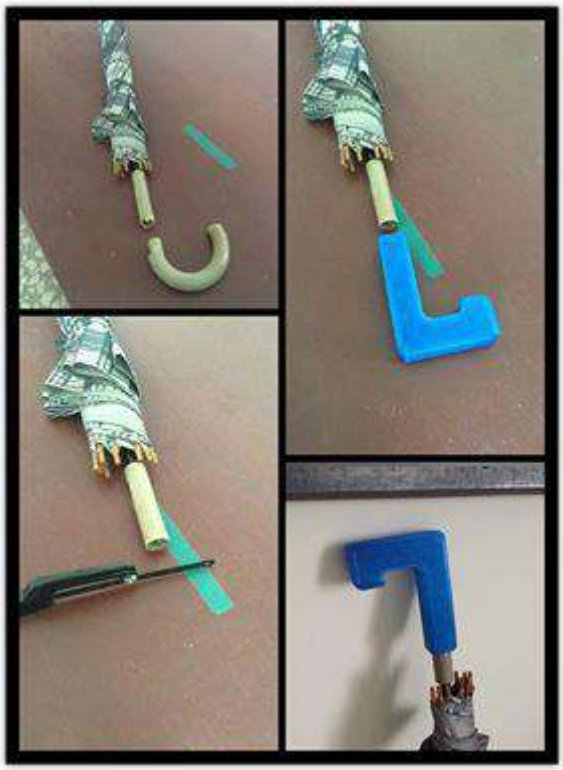
伍、研究結果

一、冷卻系統散熱時間與良率比較

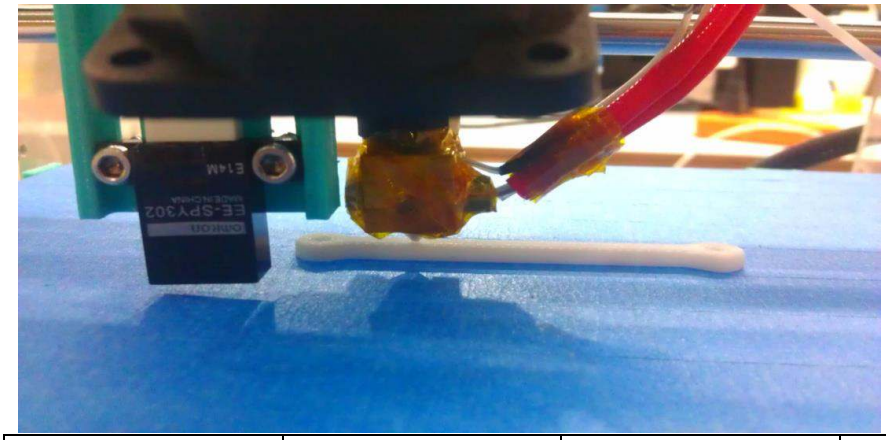
	未安裝冷卻系統	安裝冷卻系統
模型冷卻時間	8-10 分鐘	3-6 分鐘
列印良率	50%	75%
綜合比較	連續列印,噴頭未冷卻,列印過程原料容易產生拉絲現象。	可避免連續列印時噴頭造成原料拉絲,可列印較精密之關節部位。

二、應用 3D 列印機進行日常用品修復:

比較	時間	花費	實用性
新型 3D 列印	1 小時	70 元	好，斷掉再印即可
再買一把	不一定	250 元	普通 ，斷掉需再買一把新的



三、應用 3D 列印機進行機械零件修復:

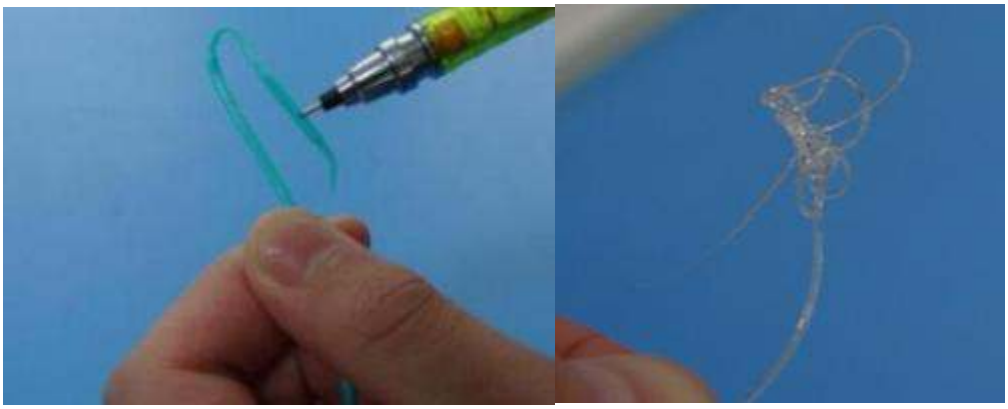


比較	時間	耗費	硬度
新型 3D 列印	10 分鐘	15 元	可自由選擇
傳統射出成形	一星期	幾十萬開模	強

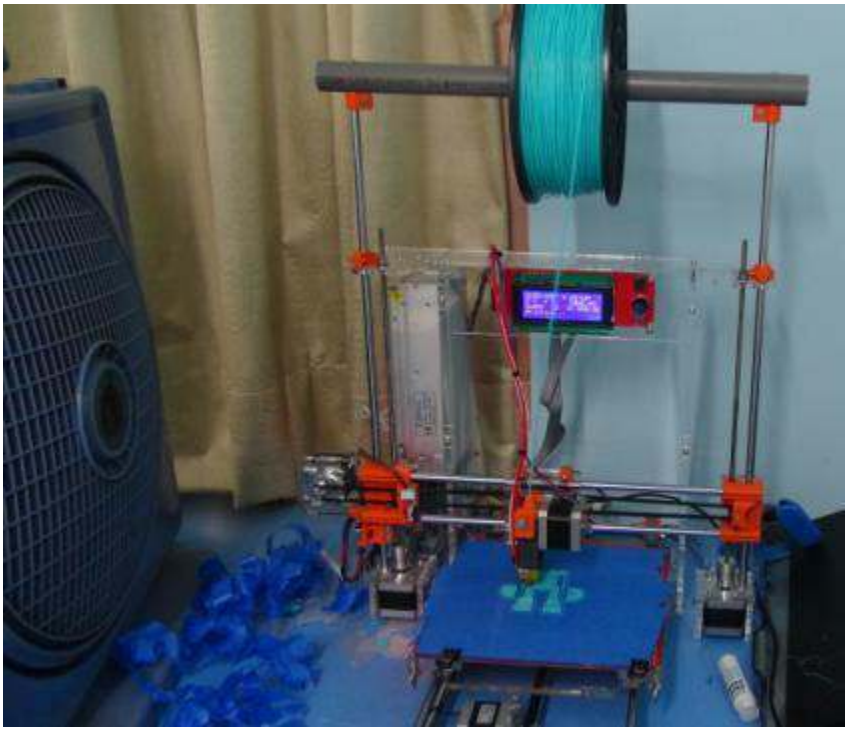
陸、討論

Prusa i3 3D 印表機在列印上遇到的問題就是太慢，如何能夠順利的送出檔案後不用戰戰兢兢等待成本完成，關鍵點有幾項:

一、**列印材料的選擇：**選擇良好 PLA 材質，好的材料評斷原則是誤差小，如此受熱與擠料才會均勻，不好的材料粗細不一，且加熱後會有碳化的情況。



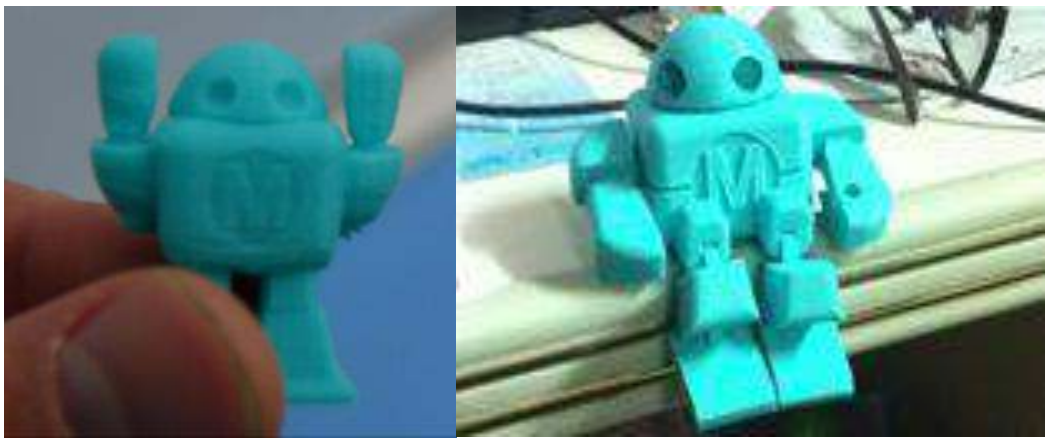
二、**溫度永遠是關鍵**：PLA 材料，並設定為 190℃噴嘴溫度，平台設定為 60℃，列印時注意周邊的散熱。



三、**列印第一層要平整：**因為 3D 列印是一層一層堆疊，所以第一層的基構非常重要，不平整的話就會成為「米粉」。

柒、結論

3D 列印被譽為第三次工業革命不是沒理由的，3D 列印可以在短時間內用低成本做出精細，複雜的物品，甚至可以用在修復物品上，甚至在國外與國內都有人配合 arduino 電路板加上 3D 列印自製可編程的玩具。



捌、參考資料及其他

Maker:Taiwan http://www.makezine.com.tw/

３d 印表機建構筆記 http://diy3dprint.blogspot.tw/

【評語】080805

該作品利用公開性的 Prusa i3 3D 印表機設計圖，以自行組裝方式自製設備，除可進行客製化或特製化零件組外，同時兼具改善設備冷卻系統以提升製造良率,建議可增加提升解析度相關改善研究，將可達到未來商品化之可能，另改善零件平整度實屬可貴。