中華民國第 57 屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組　工程學科(一)科

052311

智慧圖控爐

學校名稱：新北市立新北高級工業職業學校

作者：	指導老師：
高三 林書安 高一 林士軒 高一 程耀德	林健仁

關鍵詞：溫度感測、Arduino

摘要

本科展所探討及製作智慧圖控爐,為解決目前市面上的溫控器的限制，例如:溫度控制只能恆溫、溫度曲線固定等，而智慧圖控爐就是利用手機繪製溫度曲線來控制溫度的。若是以市面上的溫控器來講，生產者有新的東西要生產，但是新產品所需的溫度控制和舊產品不同，且溫度需要依時間變化，那生產者就必須訂製一套新的溫控系統，但對智能圖控爐而言只需畫新的溫度曲線圖，為此降低許多成本及提升方便性。

壹、研究動機

有一次我在電視上看到一位師傅在教做蛋糕，螢幕上那精美可口蛋糕真是令人食指大動吶。所以事後我準備材料要來試做，由於烤蛋糕的火候需要很精準的調控，要做到電視上所呈現的那樣，還有很大的進步空間。因此我想要做一個能夠執行自訂溫度曲線的加熱器。

貳、研究目的

一、以 APP 繪製溫度曲線圖，使加熱器能依照溫度曲線加熱

二、能控制加熱物溫度

參、研究設備與器材

熱電偶	加熱器(烤箱)	Arduino MAGA 2560	溫度感測器放大模組
杜邦線	藍芽模組	繼電器	伺服馬達

一、K 型熱電偶

K 型熱電偶是由鎳鉻合金或鎳鋁合金製成，是最常用的熱電偶，溫度測範圍可自−200℃到+1200℃，敏感度 41 μV/℃，其原理是利用熱勢差轉換為電壓差，進而得知目前的溫度。價格低廉且容易更換

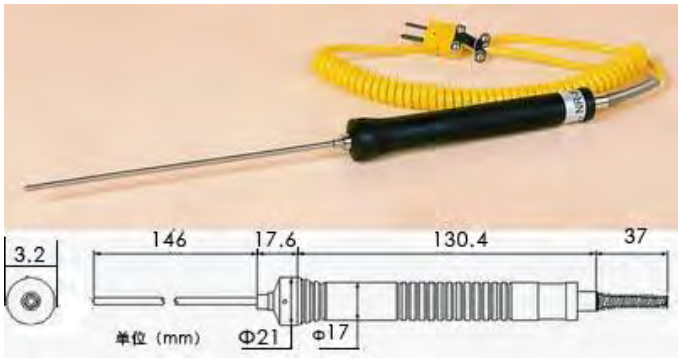


圖 1. K 型熱電偶外觀

熱電偶在溫度越高時，電壓值會升高；溫度下降時，電壓值就會隨之下降，主要原因為熱電偶內的感測金屬受熱後所產生的熱電位，當熱電偶的正負極材料都確定以後，熱電位的大小只與熱電偶的兩端溫度有關。如果一端溫度恆定（冷端），則熱電位就只與熱端溫度有關。

二、熱電偶放大器(MAX31850)

熱電偶放大器是將熱電偶量測到的電位差轉換成數位訊號的元件，其溫度辨識精度為 0.25˚C，具有冷端補償的功能(量測值會根據室溫進行補償)，支援 K、J、N、T、E 型熱電偶

圖 2.熱電偶放大器 MAX31850 外觀

三、Arduino Mega

(一)電源設計

Arduino Mega2560 的供電系統有兩種選擇，USB 直接供電或外部供電。電源供應的選擇將會自動切換。外部供電可選擇 AC-to-DC adapter或者電池，此控制板的極限電壓範圍為 6V~12V，但倘若提供的電壓小於 6V，I/O 口有可能無法提供到 5V 的電壓，因此會出現不穩定；倘若提供的電壓大於 12V，穩壓裝置則會有可能發生過熱保護，更有可能損壞Arduino MEGA2560。因此建議的操作供電為 6.5~12V，推薦電源為 7.5V 或 9V。

(二)系統規格

控制器核心：ATmega2560

控制電壓：5V

建議輸入電壓(recommended)：7-12 V

極限輸入電壓(limits)：6-20 V

數位I/O Pins：54 (of which 14 provide PWM output)

UART:4 組

類比輸入 Pins：16 組

DC Current per I/O Pin：40 mA

DC Current for 3.3V Pin：50 mA

Flash Memory：256 KB of which 8 KB used by bootloader

SRAM：8 KB

EEPROM：4 KB

Clock Speed：16 MHz

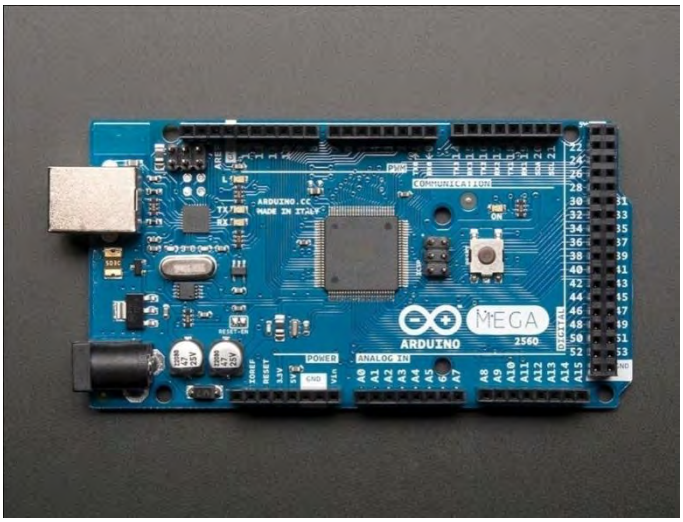


圖 3.Arduino Maga2560 外觀

肆、研究過程與方法

一、 研究步驟

(一) 蒐集資料及討論

(二) 機構改裝+測試

(三) 程式撰寫+測試

(四) 機構結合 Arduino 進行控制測試

(五) 作品包裝

(六) 智慧圖控爐完成

二、專題製作流程

圖 4.專題製作流程圖

(一) 構思題目與評估可行性

1. 想要製作一個實用作品，構想題目是不可或缺的步驟，作事沒有目標是不行的，而題目就是製作者們的目標、方向
2. 有了目標、方向外，存在這世上的法則仍是不可忽視的，為了增加製作的成功率，考慮作品的可行性也是在製作作品前非常重要的一環

(二) 設計及製作系統、購買材料

1. 事前準備做足後，就開始進行製作作品的第一步「設計」。通過第一次粗略的評估後，製作者的下一步就是設計，而這個設計的範圍是非常廣泛的，包含硬體、軟體、具體動作原理、安全性等
2. 設計妥當後，下一步就是把設計的作品製作出來

(三) 系統測試

1. 作品製作完成後，為了確保作品的性能、效果等，必須經過繁瑣的測試，途中可能會發現許多問題。
2. 當問題發生時，必須進行除錯，必須回到設計、製作系統階段

(四) 外觀美化

1. 通過繁瑣的測試後，作品終於完成了，為了增強一般人對於作品的接受度，外觀美化是不可或缺的

三、研究流程

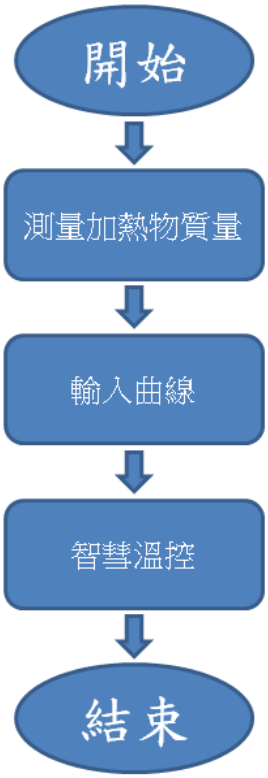


圖 5.操作流程圖

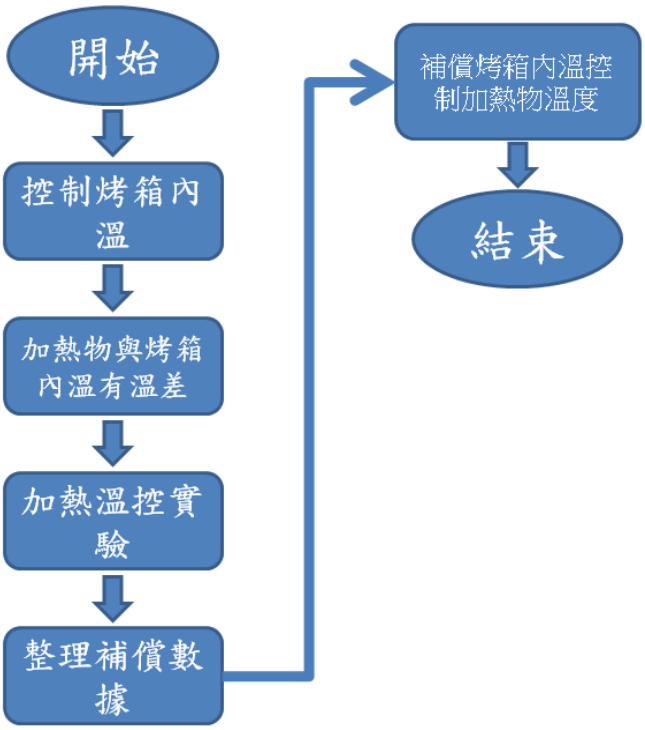


圖 6.實驗流程圖

(一)烤箱內溫溫控

目前我們已經可以透過通斷電等的方式控制烤箱內溫

(二)得知烤箱內溫與加熱物溫度之關係

為了能夠利用控制烤箱內溫來改變加熱物的溫度，我們必須得知烤箱內溫與加熱物的關係，為此我們做了一連串的加熱實驗

1.烤箱恆溫於不同溫度時，加熱 50g 水，進行熱交換實驗，並觀察水溫升速率，如圖 7、8。

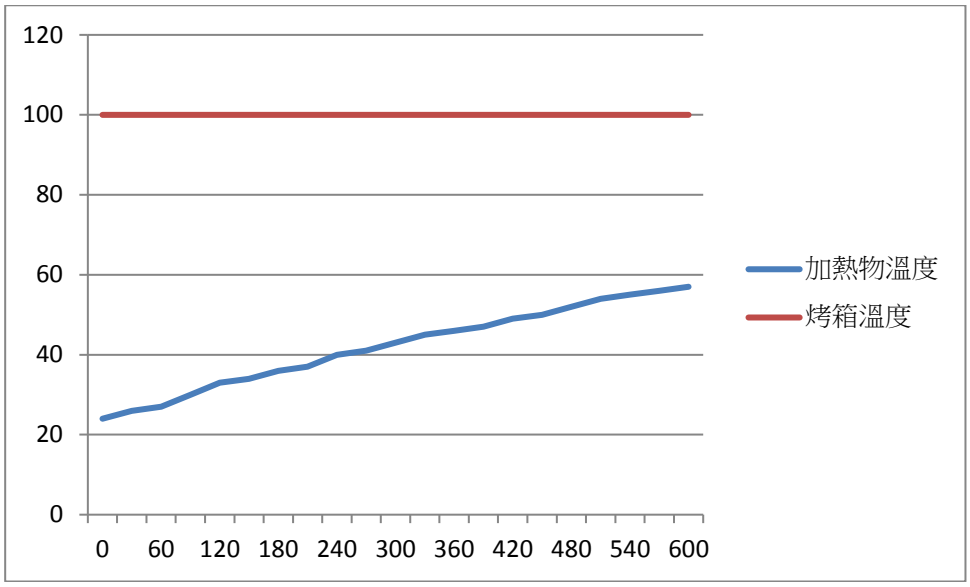


圖 7.烤箱恆溫 100 度時，加熱 50 克的水，起始溫度攝氏 24 度

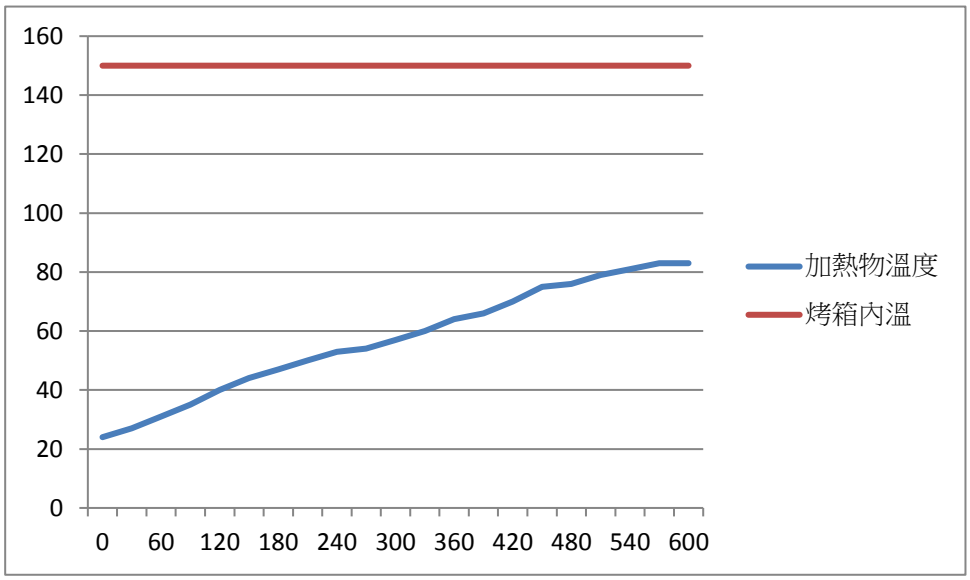


圖 8. 烤箱恆溫 150 度時，加熱 50 克的水，起始溫度攝氏 24 度

2.烤箱恆溫於不同溫度時，加熱 100g 水，進行熱交換實驗，並觀察水溫升速率，如圖 9、10。

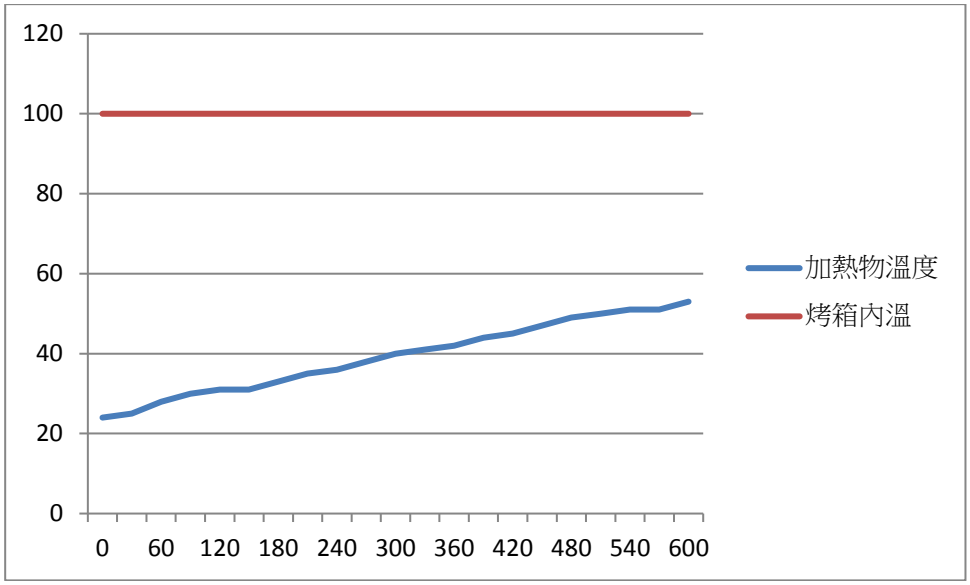


圖 9. 烤箱恆溫 100 度時，加熱 100 克的水，起始溫度攝氏 24 度

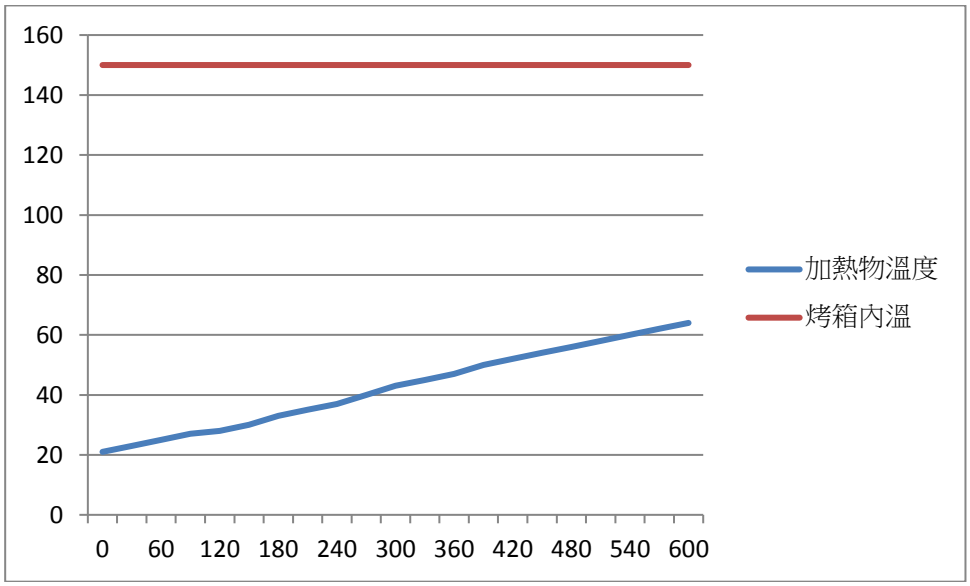


圖 10. 烤箱恆溫 150 度時，加熱 100 克的水，起始溫度攝氏 21 度

3.烤箱恆溫於不同溫度時，加熱 150g 水，進行熱交換實驗，並觀察水溫升速率，如圖 11、12。

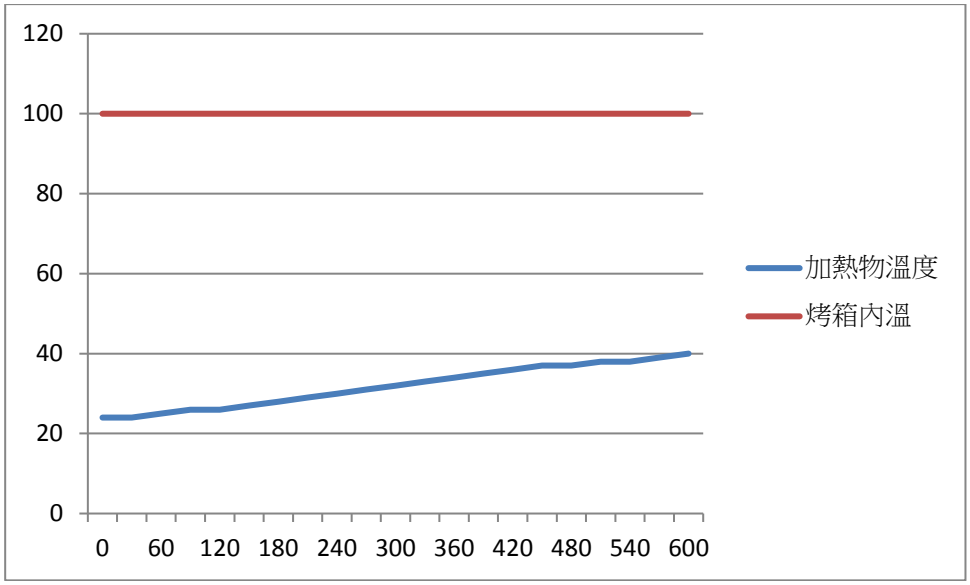


圖 11. 烤箱恆溫 100 度時，加熱 150 克的水，起始溫度攝氏 24 度

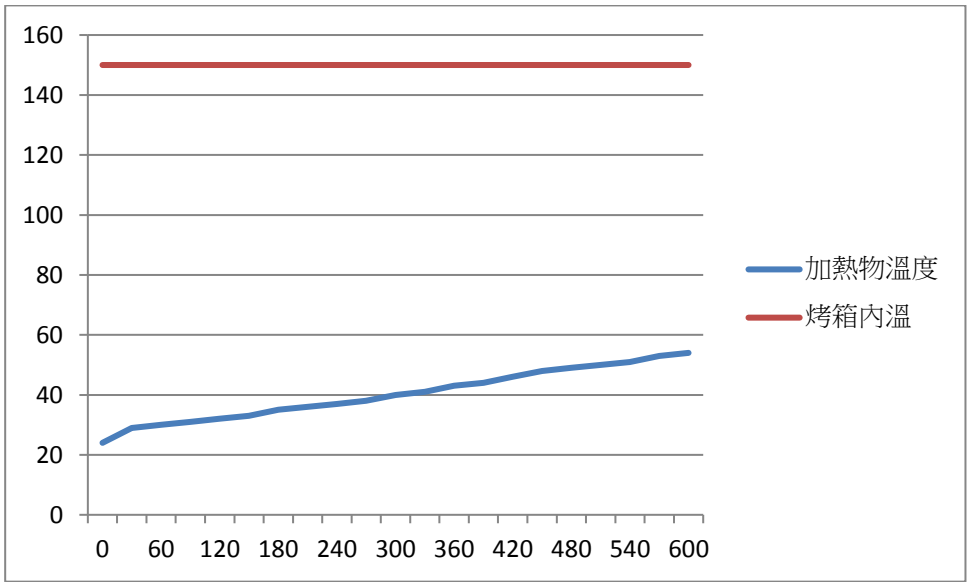


圖 12. 烤箱恆溫 150 度時，加熱 150 克的水，起始溫度攝氏 24 度

(三)透由溫差關係來補償烤箱內溫，進而控制加熱物溫度

我們最後會將實驗數據做成數據庫，arduino 會根據這些資料進行烤箱內溫的溫度補償，進而控制加熱物溫度。

四、系統架構及功用

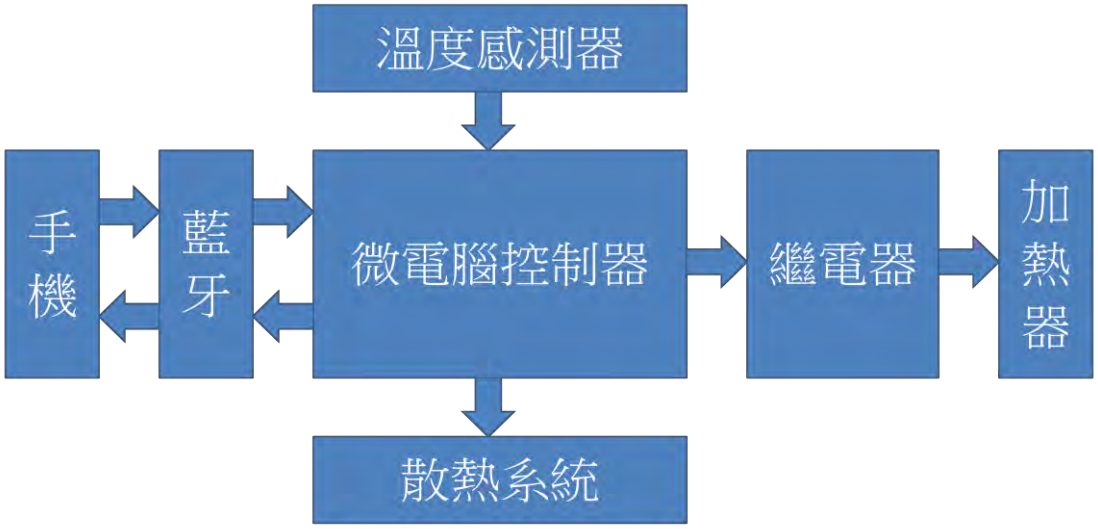


圖 13.系統架構圖

(一) 輸入

1. 藍牙模組

(1). 將手機 APP 傳輸之數據傳入微電腦進行控制

2. 溫度感測器

(1). 將持續感測的溫度傳入微電腦進行判斷

(二) 控制

1. Arduino MAGA2560

(1). 暫存手機 APP 傳送的數據

(2). 根據溫度感測器傳送的資料與 APP 傳送的數據進行比較

(3). 判斷系統的動作

(4). 將溫度感測器的數據傳送到手機

(三) 輸出

1. 藍芽模組

(1). 將微電腦輸出的溫度數據傳送到手機

2. 繼電器

(1). 控制加熱器是否動作

(2). 控制散熱風扇是否動作

五、程式流程

(一) 初始化

1. 清空控制器暫存的數據及重設設定值

(二) 藍牙輸入

1. 初始話完畢後，藍牙開始等待手機連線
2. 手機連線後執行下一個動作

(三) 資料輸入

1. 當藍牙連接後，等待資料輸入
2. 資料輸入完畢後執行下一個動作

(四) 將資料存入控制器

1. 將資料存入控制器的暫存器中準備執行溫控

(五) 加熱動作

1. 讀取暫存器的時間與溫度值
2. 根據溫度感測器之感測值進行判斷
3. 如果設定值高於量測值，啟動加熱器
4. 如果設定值低於量測值很多，啟動散熱風扇
5. 如果收到手機傳來的停止指令，立刻終止動作並進行初始化[參閱(一)初始化]

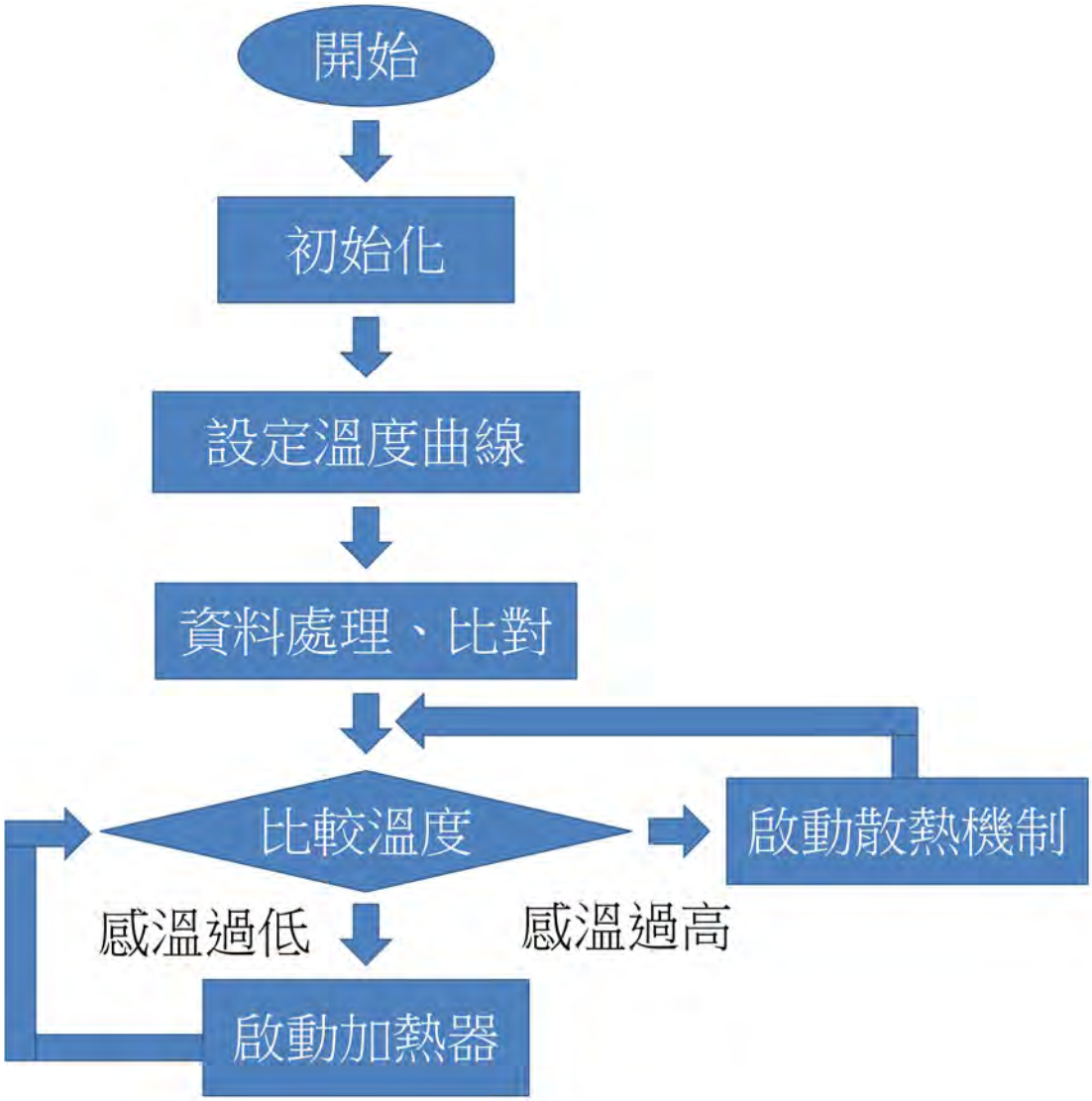


圖 14.arduino 程式流程圖

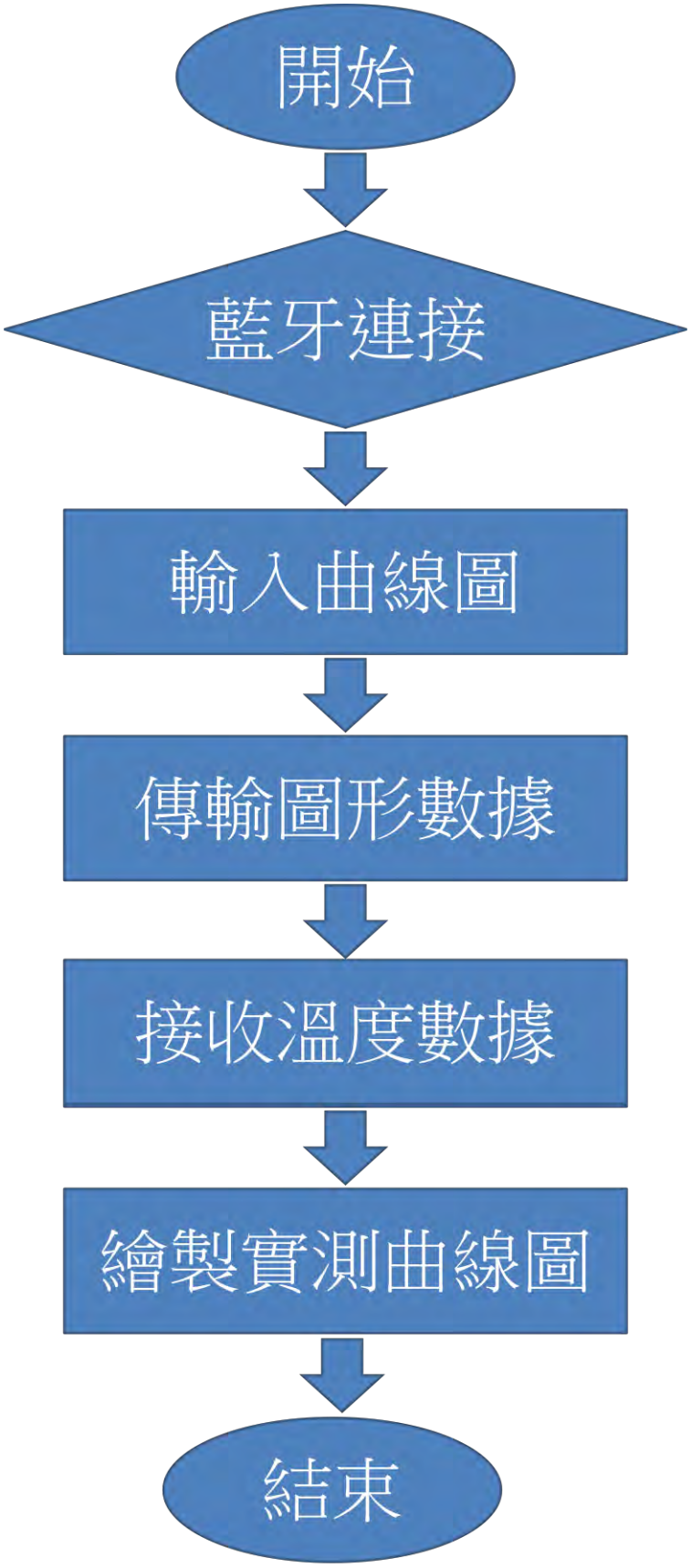


圖 15.APP 程式流程圖

伍、研究成果

一、智慧圖控爐溫控實測：

操作介面如圖 16，綠線為手繪曲線，黃線為溫度感測曲線，經實測結果測得，智慧圖控爐可根據手繪曲線來升降溫。

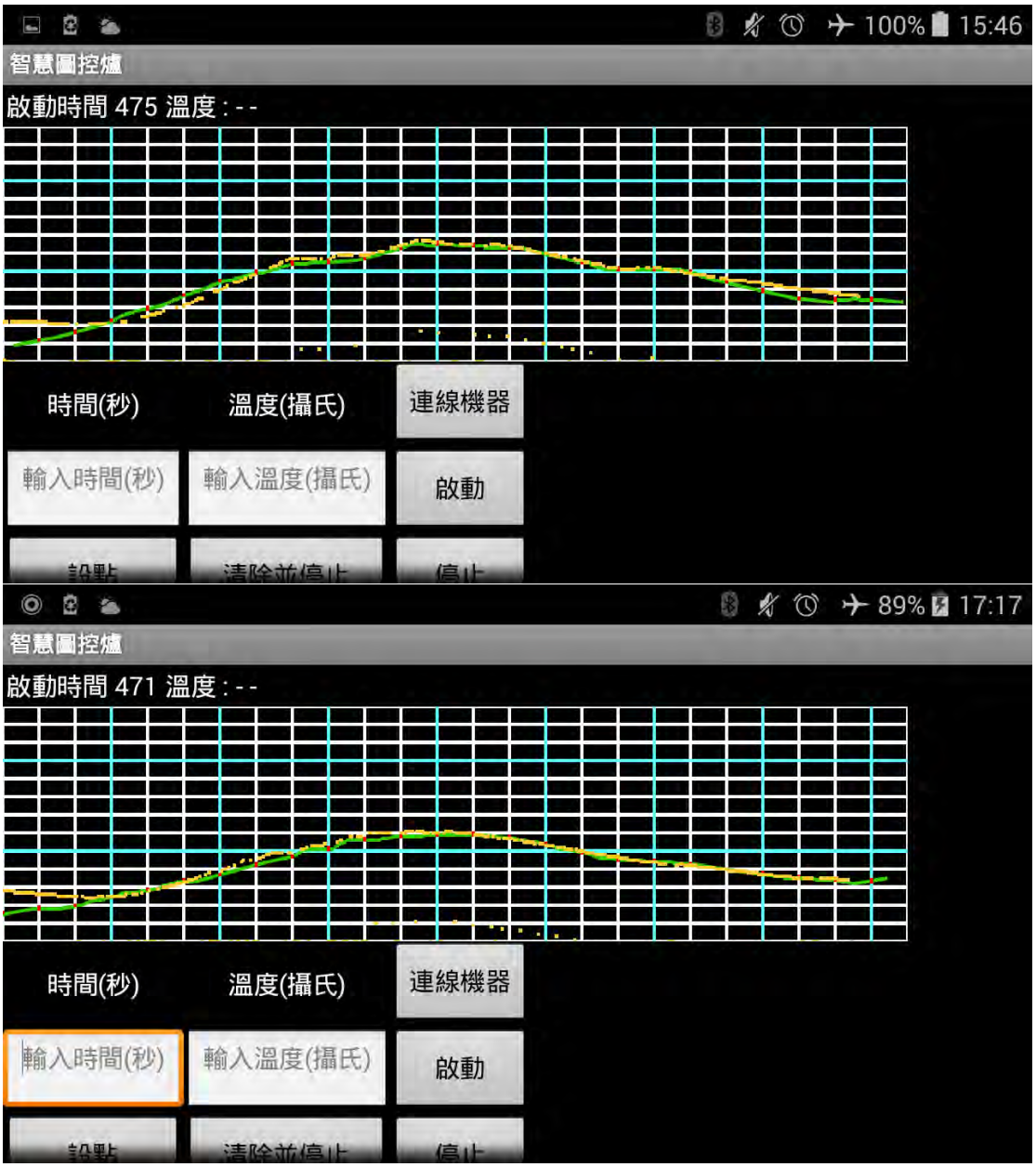


圖 16.智慧圖控爐操作介面

二、加熱物溫升實驗:

1.烤箱恆溫於不同溫度時，進行熱交換實驗，並觀察記錄烤箱加熱 0~5 分鐘時，水溫升之變化，如下表，當加熱物質量變大，會造成加熱物溫升速度明顯下降。

烤箱溫度 (攝氏) / 加熱物質量(克)	100℃	150℃
50g	水溫升 19℃	水溫升 33℃
100g	水溫升 16℃	水溫升 22℃
150g	水溫升 8℃	水溫升 16℃

2. 烤箱恆溫於不同溫度時，進行熱交換實驗，並觀察記錄烤箱加熱 5~10 分鐘時，水溫升之變化，如下表，加熱物溫升速率會隨著初始溫度上升而下降。

烤箱溫度 (攝氏) / 加熱物質量(克)	100℃	150℃
50g	水溫升 14℃	水溫升 26℃
100g	水溫升 13℃	水溫升 21℃
150g	水溫升 8℃	水溫升 14℃

三、溫控補償實驗：

由於大部分的食材皆包含大量的水，所以目前加熱物的溫升實驗皆以水來實測，並實測出不同質量有不同的水溫升速率，可根據此斜率調整烤箱溫度來做為補償，對於不同食材，亦可用相同方法來實測溫升速率並補償，來進行加熱物的智慧圖控。

陸、討論

一、加熱器無法完全照著溫度曲線圖進行加熱

(一) 加熱器降溫速度無法達成要求

1. 新增內部風扇促進加熱器(烤箱)內部熱對流
2. 新增對外風扇促進散熱

(二) 加熱器升溫速度無法達成要求

1. 改用較大功率的加熱器
2. 新增加熱管

(三) 加熱器靈敏度不夠

1. 換溫度感測器
2. 換處理效能較高的 Arduino 板
3. 提升馬達反應速率

二、溫度曲線精細度不夠

(一) 換記憶容量較大的 Arduino 板

柒、結論

本專題的賣點：因智慧圖控爐的溫控方式是以手機設定溫度曲線進行溫控，所以可以自由的設定所需要的溫度曲線圖，並且可以透過手機得之目前的加熱狀況。

本專題與其他專題的差別：一般市面上的溫控爐通常都以恆溫為主，對於需要自訂溫度曲線的使用者來說是一大困擾，智慧圖控爐可以根據使用者的需要，執行不同的溫度控制。

捌、未來展望

一、提升加熱、散熱性能

二、提升溫度感測之靈敏度與準確度

三、新增錄影監控

玖、參考資料與其他

[1].Arduino 官網

https://www.arduino.cc/

[2].Maxin-美信

https://www.maximintegrated.com/cn/products/analog/sensors-and-sensor-interface/MAX31850.html

[3]維基百科:

https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%83%AD%E7%94%B5%E5%81%B6

【評語】052311

本作品使用手機繪出之溫度曲線，作為加熱爐溫控的依據，整套系統應用 Arduino Mega 2560、熱電偶放大器、伺服馬達、藍芽模組等製作而成，在想法上具有創意，也具備實驗與實作之成果。未來可對整個系統再精進，使其更具實用性及節能。

作品海報

壹、研究動機

有一次我在電視上看到一位師傅在教做蛋糕，螢幕上那精美可口蛋糕真是令人食指大動吶。所以事後我準備材料要來試做，由於烤蛋糕的火侯需要很精準的調控，要做到電視上所呈現的那樣，還有很大的進步空間。因此我想要做一個能夠執行自訂溫度曲線的加熱器。

貳、研究目的

1、以App設定溫度曲線圖，使加熱器能依照溫度曲線精準加熱

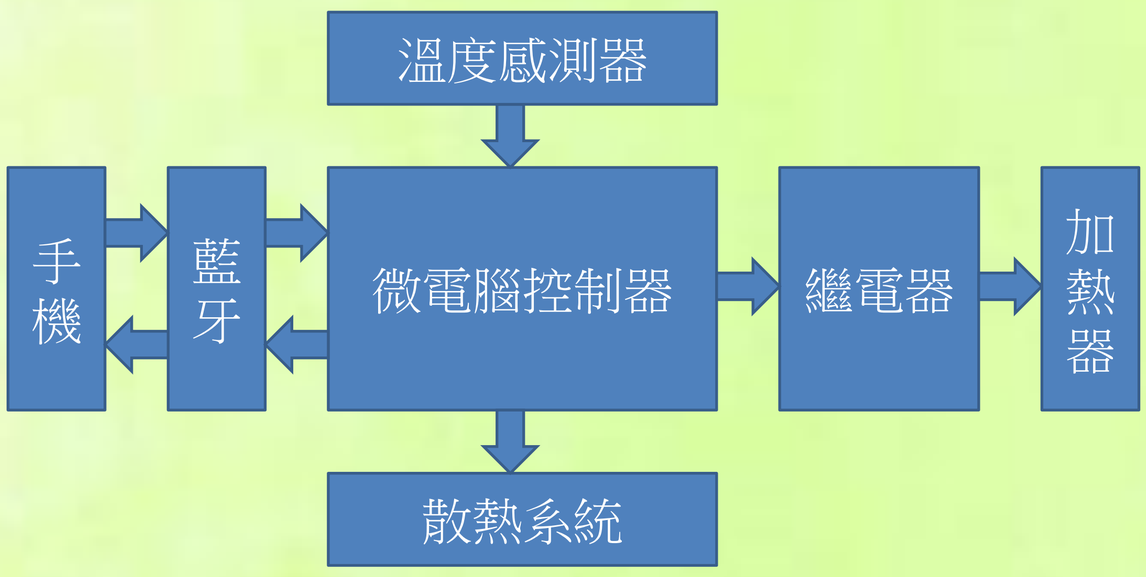
参、研究過程及方法

3-1 研究材料及設備

表一

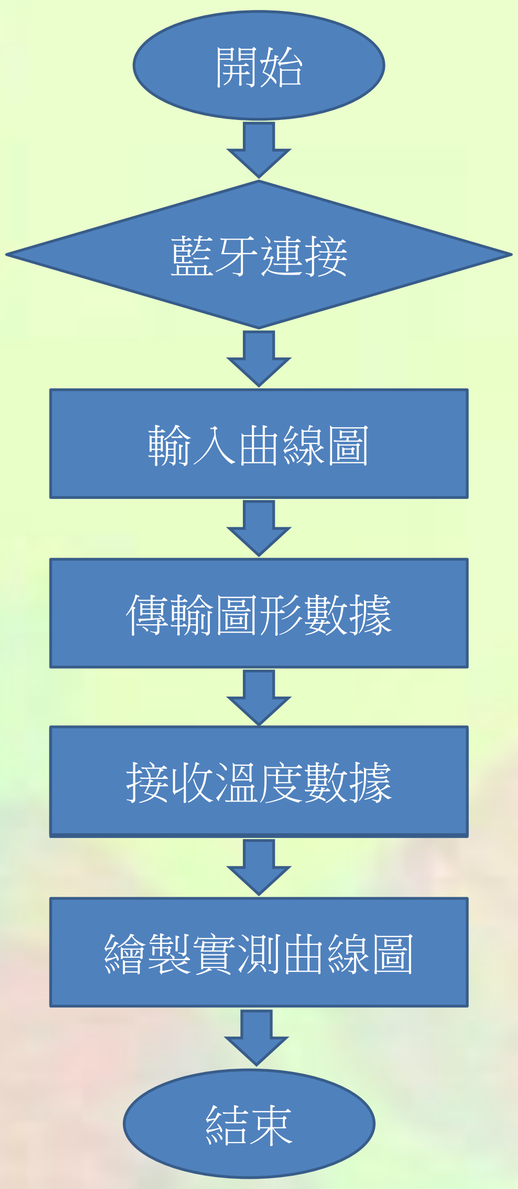
熱電偶	加熱器(烤箱)	Arduino	溫度感測器放大模組
杜邦線	藍芽模組	繼電器	伺服馬達

3-2 系統架構圖



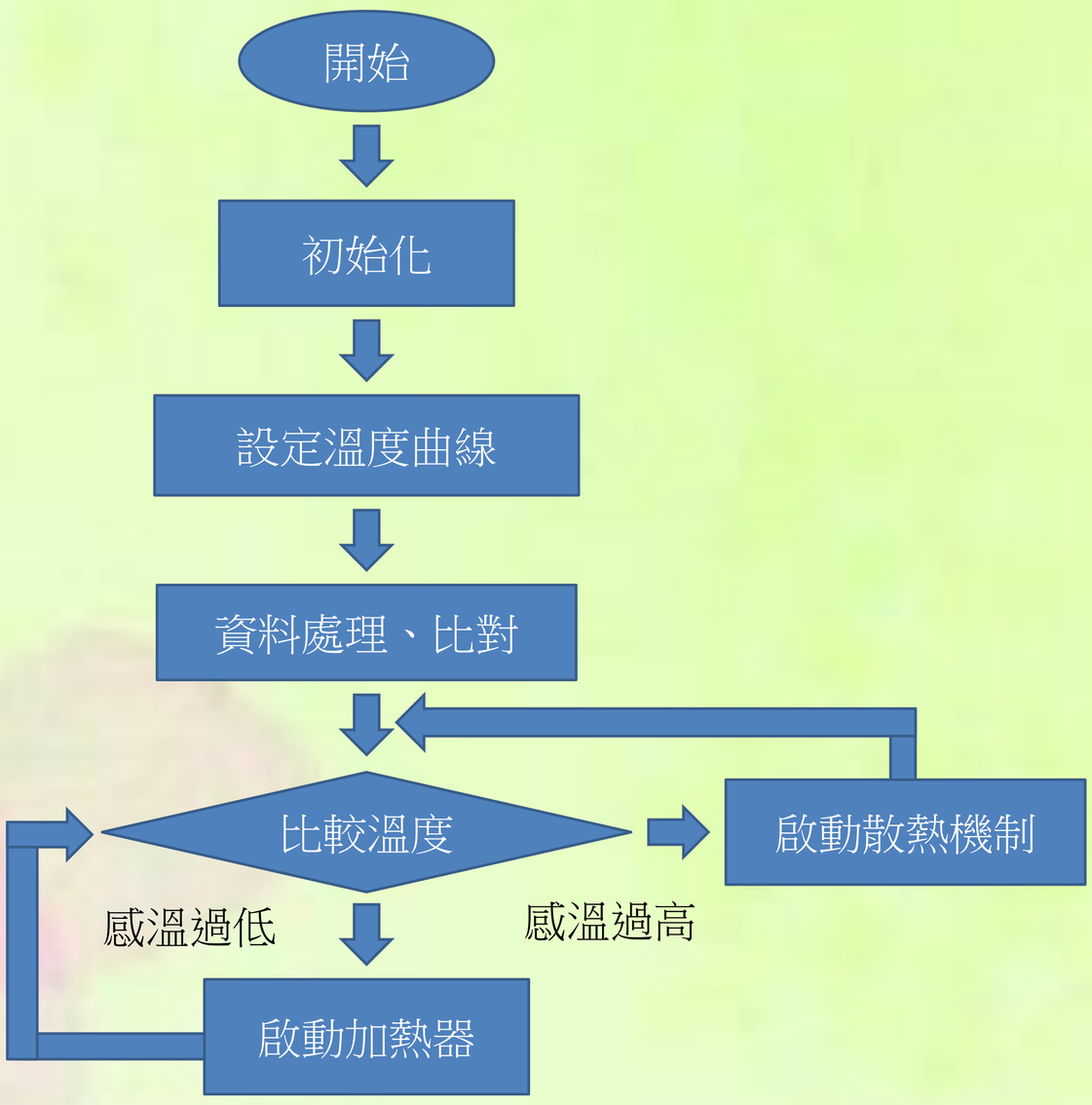
圖一

3-3 App程式流程圖



圖二

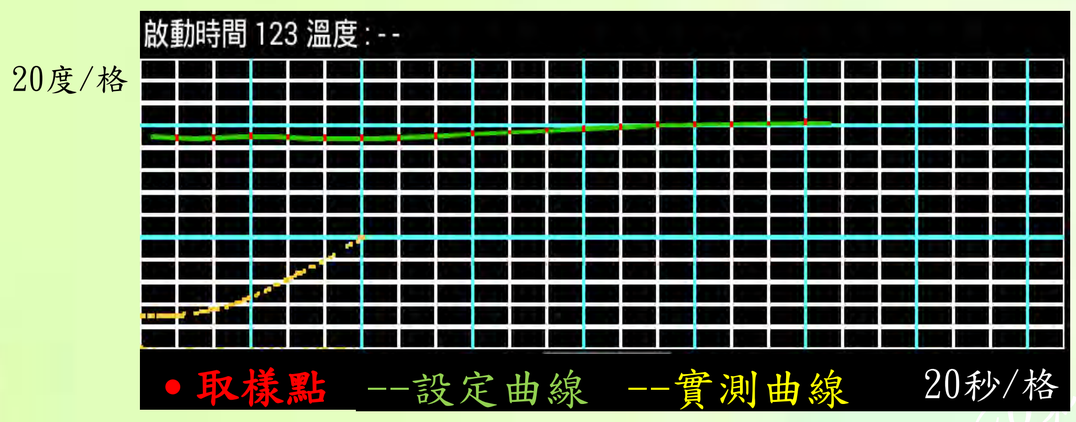
3-3-2 Arduino程式流程圖



圖三

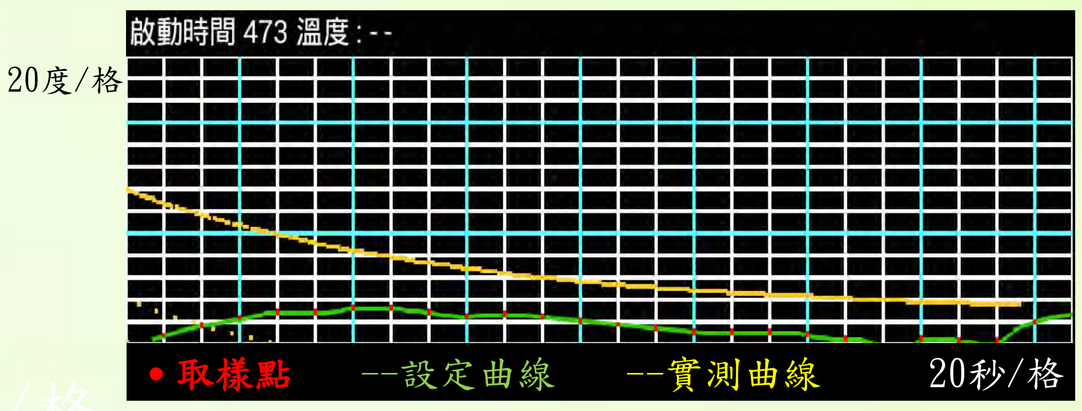
肆、研究成果

4-1-1加熱測試:測得溫升約1度/秒。



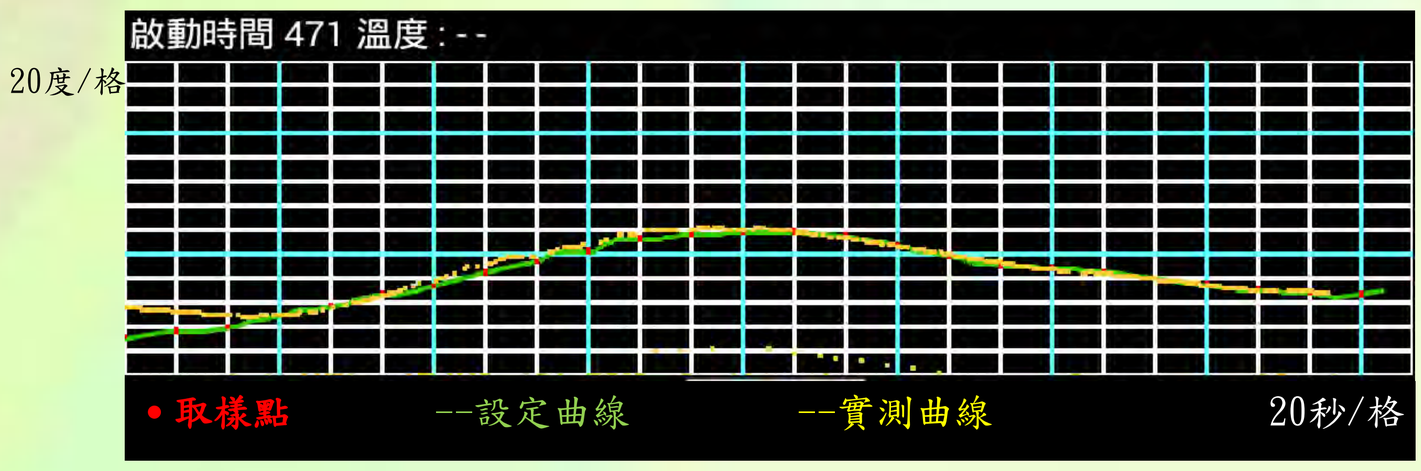
圖四

4-1-2降溫測試(加散熱系統): 降溫速度約0.5度/秒



圖五

4-1-3溫度圖控實測



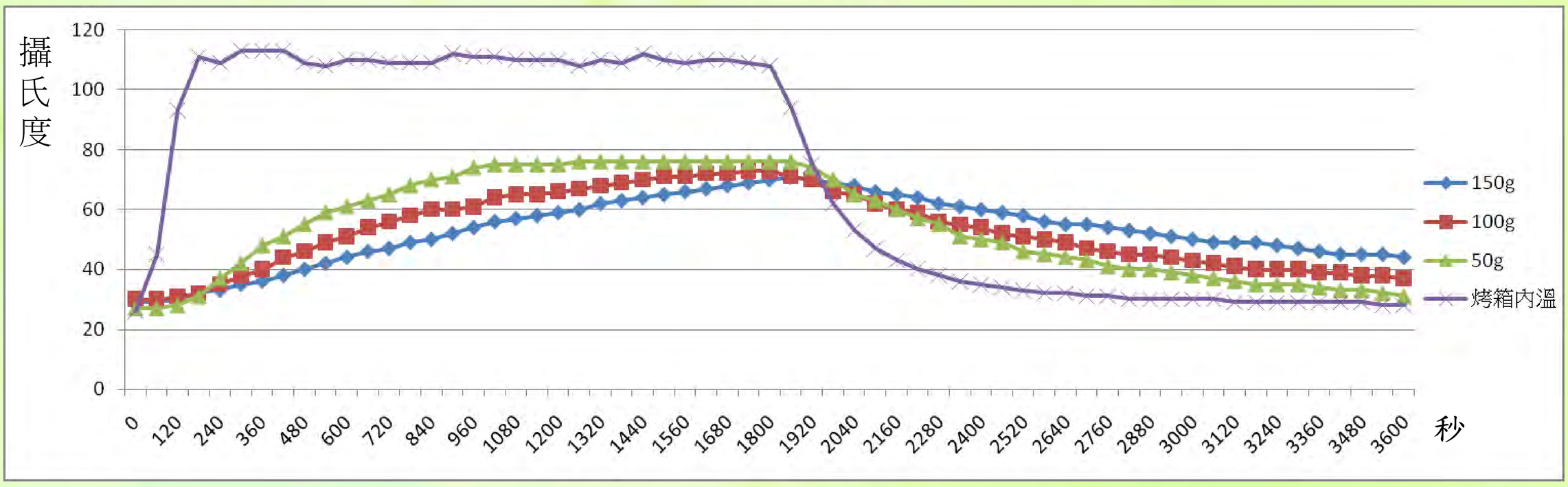
圖六

4-2 不同質量加熱物，相同烤箱溫度之加熱物實驗

為了實驗不同質量加熱物對於溫控的影響，我們做了這些加熱物的實驗，以下是我們實驗的結果。

4-2-1 加熱物升降溫實驗:

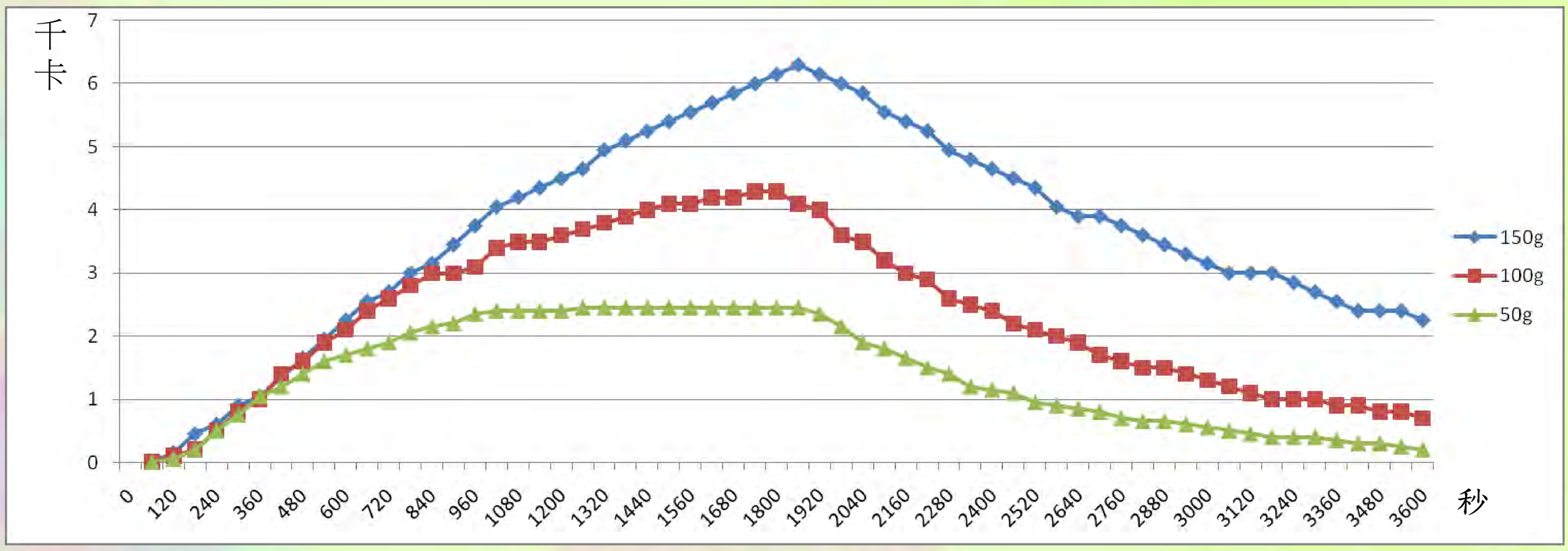
烤箱恆溫110度，加熱物分別為150、100、50g的水，可由實驗中觀察出質量越大，升降溫速率越慢。



圖七

4-2-2 加熱物總熱能變化:

由H=msT換算出不同質量加熱物之總熱能，並可觀察出相同物質有相同的熱傳導速率，但是質量愈大需要愈大的熱能，才能達到相同的溫度。



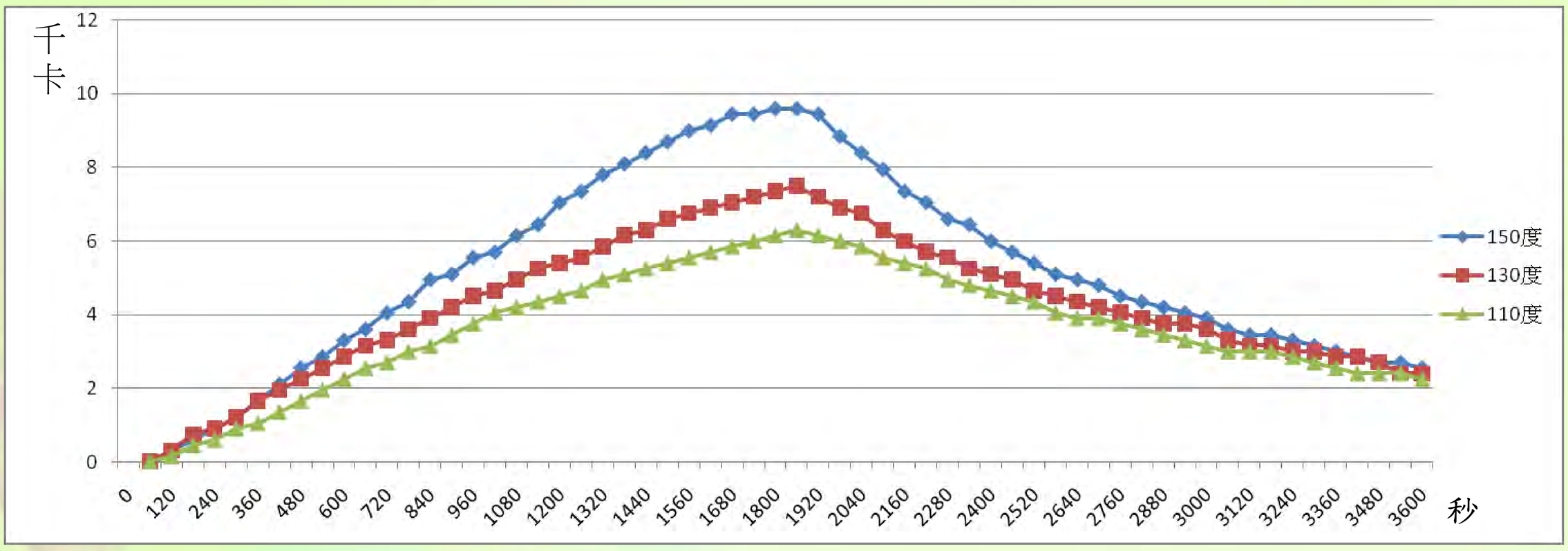
圖八

4-3 不同烤箱溫度，相同質量之加熱物實驗

為了實驗不同溫度對於加熱物的影響，我們做了這些加熱物的實驗，以下是我們實驗的結果。

4-3-1 150g加熱物熱能變化實驗:

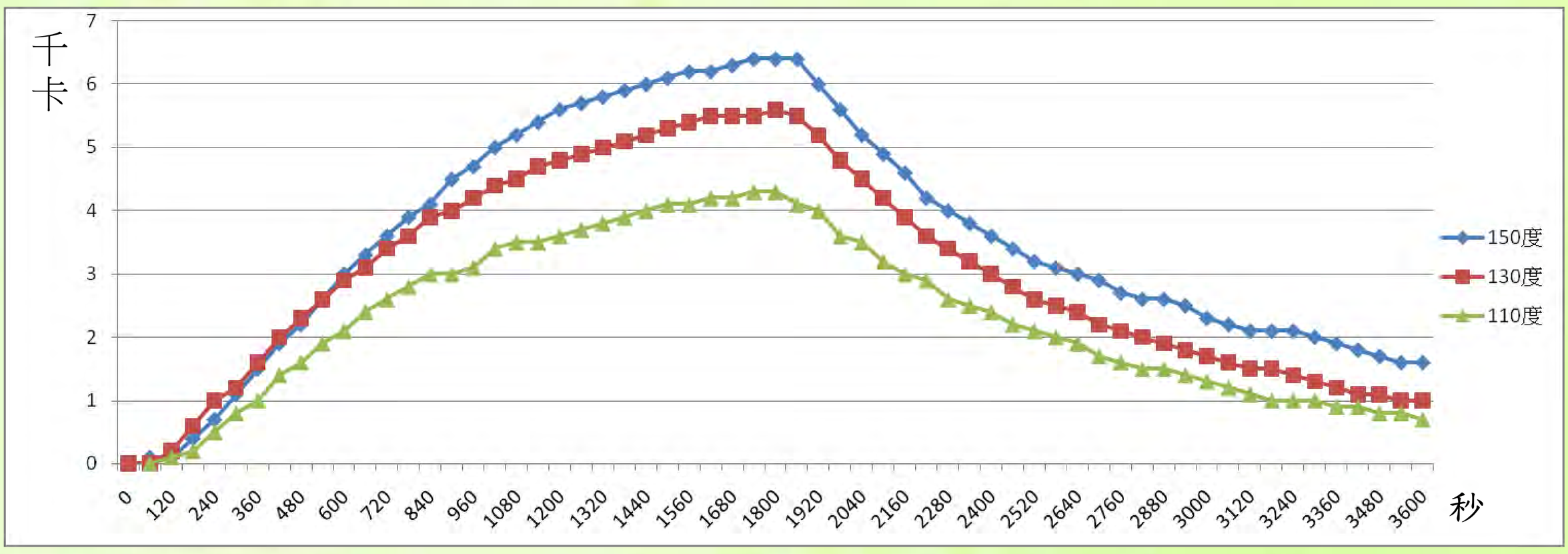
加熱物150g的水，烤箱分別恆溫150、130、110度，可由實驗中觀察出烤箱溫度愈高，加熱物吸收的熱能愈多，速度也愈快。



圖九

4-3-2 100g加熱物熱能變化實驗:

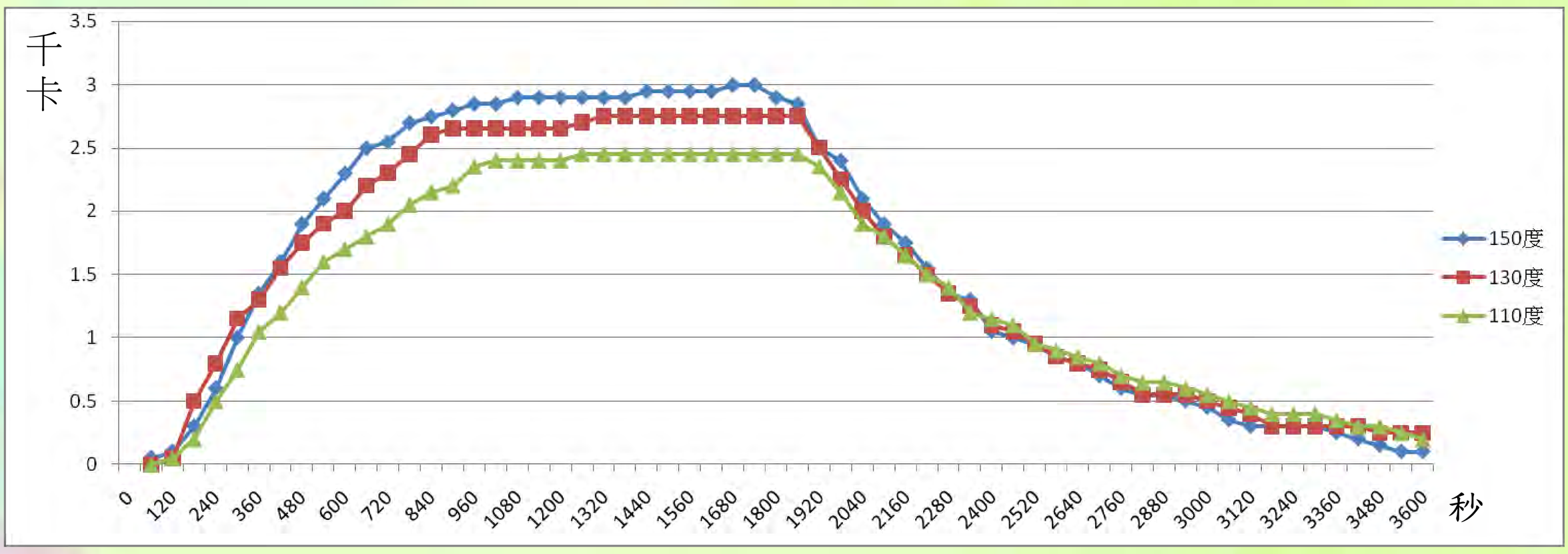
加熱物100g的水，烤箱分別恆溫150、130、110度，可由實驗中觀察出烤箱溫度愈高，加熱物吸收的熱能愈多，速度也愈快。



圖十

4-3-3 50g加熱物熱能變化實驗:

加熱物50g的水，烤箱分別恆溫150、130、110度，可由實驗中觀察出烤箱溫度愈高，加熱物吸收的熱能愈多，速度也愈快。



圖十一

伍、討論

Q_1:加熱器降溫速度無法達成要求

A_{1-1}:新增內部風扇促進加熱器(烤箱)內部熱對流。

A_{1-2}:新增對外風扇促進散熱。

Q_2:加熱器升溫速度無法達成要求

A_{2-1}:改用較大功率的加熱器。

A_{2-2}:新增內部風扇。

Q_3:不同質量的加熱物會造成升降溫速率不同

A_3:因為不同質量的加熱物要達到相同溫度，所需的總熱能皆不同，因此我們可以透過改變烤箱內溫來控制此變因。

Q_4: 不同物質的加熱物會造成升降溫速率不同

A_4:由於食物是由不同物質所組成，而每種物質皆有不同的熱傳導率，其公式如下所示，加熱物升降溫速率不一，進而無法達到精準溫控，因此將溫度感測器放入加熱物內，利用溫度感測器所提供的資料，來改變烤箱提供的熱。

$$\dot{Q} = kA\frac{\Delta T}{\Delta x} \qquad \frac{\dot{Q}}{A} = \dot{q} = k\frac{\Delta T}{\Delta x}$$

上兩式中各符號之義意

$\dot{Q}$:熱傳導速率,kW,W,BTU/hr

$\dot{q}$:熱傳導通量速率,簡稱熱通量,kW/m^2,W/m^2,BTU/hr·ft^2

k:熱傳導率或熱導率或熱導度(thermal conductivity),W/m·℃,BTU/hr·ft·℉

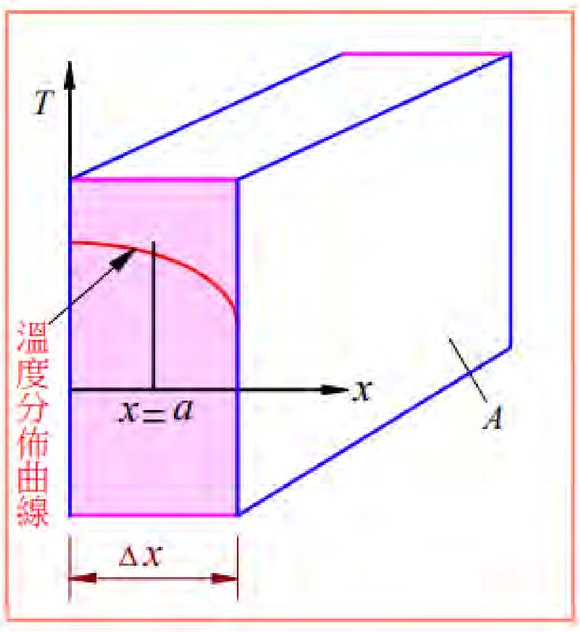
A:熱垂直通過的面積,m^2,ft^2

T:代表溫度分佈變數,℃,℉

x:代表位置變數,m,ft

d:代表微分符號

Δ:代表變化量,ΔT:兩壁面溫度差,Δx:兩壁面間厚度



Q_5: 圖控爐相較於其他溫控裝置之優點

A_{5-1} :設定溫度曲線來控制溫度。

A_{5-2} :特殊加熱需求之加工食品，例如:咖啡豆、烤雞等。

陸、結論

1. 使用手機設定溫度曲線來進行精準溫度控制。
2. 透過手機得知目前的加熱情況。