

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

052322

Amazing 溫度差！

——日常生活之熱電效應應用

學校名稱：國立中央大學附屬中壢高級中學

作者： 高二 陳昱碩 高二 張恆瑋 高二 蔡蕙澤	指導老師： 許志廷
---	------------------

關鍵詞：熱電效應、液態式迴路冷卻

摘要

本研究為熱電效應之日常生活應用，思考熱電效應與電腦冷卻系統結合的可能性。研究中設計了幾組電腦水冷散熱系統，將熱電晶片置入其中。電腦運作時，產生的熱能轉換成電能，檢視熱電晶片運作的情形，討論產出的電能是否有利用的價值，以及節省了多少能源，同時進一步思考是否能產出更多的電能。

壹、研究動機

不論學校各類主題課程中亦或是報章雜誌中，經常提及環境惡化與環保議題，使我們了解到全球面臨嚴重的環境與能源問題，台灣是無法置身事外。而根據台電的資料顯示，核能發電預計在民國 107~114 年間陸續停役[註 1]，因此再生能源的應用與新能源的開發是迫在眉睫且勢在必行。

而在物理課本中，經常提到電能會因為電流熱效應轉換成熱能，造成電力損耗，「這些熱能是否能轉換回電能呢？」這個問題引發我們的好奇，經由網路搜尋資料，了解熱電發電技術，且潛在的應用甚多，例如：可將汽車引擎廢熱轉換成電力[註 2]、將地熱轉成電力[註 3]，甚至將人體體溫轉成電力[註 4]。而身為學生的我們，時常利用電腦查資料、做報告，因此在本研究中嘗試將電腦的廢熱轉成電能，使電腦更為節電。

近年的科技設計潮流多以節能省電為依歸，例如：省電燈泡、太陽能電池、被動式節能屋[註 5]等。電腦的設計也不再只追求高效能，也致力於提升能源使用效率，許多半導體公司開始出現節省能源的想法，例如：AMD 的 polaris 和 ryzen[註 6]、Intel 的 KabyLake[註 7]、Nvidia 的 Pascal 架構及計畫[註 8]，廠商們努力在功耗、發熱與畫質間尋找最佳平衡，因為事實上，日常生活中當我們使用電器產品時，因為電流熱效應，會產生出熱能。為了維持設備的正常運作，我們甚至有時候要消耗更多能源去解決這些熱能。而家用電腦的 CPU 在運作時也會產生大量的廢熱，因此我們需要「再次耗費」電能使用風扇將廢熱排出，也因此我們企

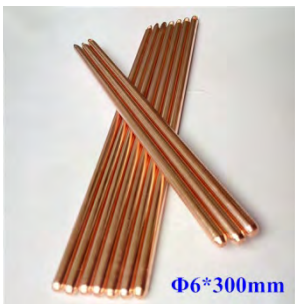
圖將這些看似無用的「廢」熱，利用熱電效應[註 9]，轉為電能，回饋給電腦，進而減少電能的使用，並以液態式迴路冷卻的概念，設計出一套兼具散熱與發電功能之裝置，讓 CPU 的廢熱再次被利用。

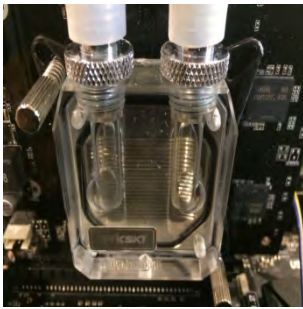
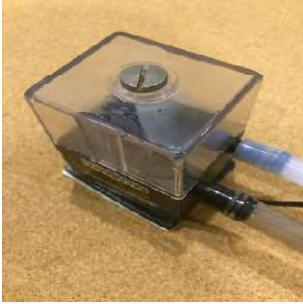
貳、研究目的

- 一、了解熱電效應的原理
- 二、了解熱電晶片的運用與測量
- 三、了解液態式冷卻工作方式及原理
- 四、了解混合式冷卻工作方式及原理
- 五、了解各系統之間的差異及優缺

參、研究設備及器材

一、器材總覽

			
熱電晶片 (SP1848-27145)	導熱管	導熱扣具	溫度感測探頭 (DS18B20)

			
CPU 水冷頭	GPU 水冷頭	熱電晶片平面水冷頭	主機板
			
風扇	冷排裝置	水泵	三分管
			
散熱膏	散熱膠	可記錄式三用電表	

表一：器材總覽

二、特殊器材介紹：

（一）熱電半導體溫差發電片(SP1848-27145)：

利用塞貝克效應，發電片兩端有溫差時會產生一個電壓，如表二。

溫差	開路電壓	發電電流
20	0.97V	225mA
40	1.8V	368mA
60	2.4V	469mA
80	3.6V	558mA
100	4.8V	669mA

表二：熱電半導體溫差與電壓對照表

(二) DS18B20 溫度感測探頭：

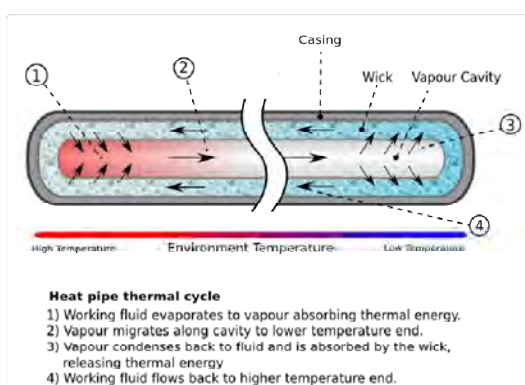
可以感測溫度並將資料數位化，溫度感測範圍： -55°C 到 $+125^{\circ}\text{C}$ 。

(三) 熱電晶片平面水冷頭：

尺寸： $40*200*12\text{mm}$ ；寶塔水嘴： 8mm （內徑 $7\text{-}8\text{mm}$ 水管通用型），兩面都是平面直角，跟熱電晶片可以完全貼合，可做散熱、冷傳遞等用途。

(四) 導熱管：

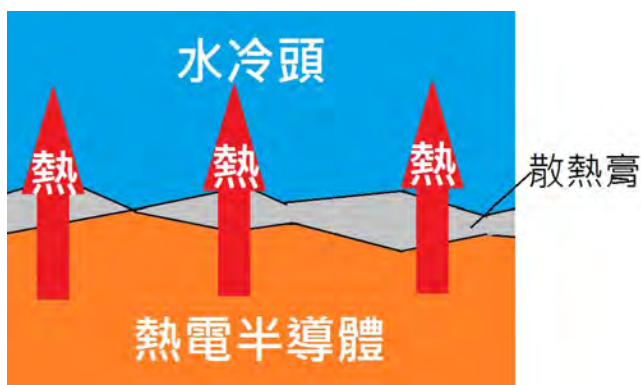
一種具有快速均溫特性的特殊材料，藉由金屬管體內作動流體持續循環的液氣二相變化，氣、液流體於吸熱端及放熱端間氣往液返的對流，使腔體表面呈現快速均溫的特性而達到傳熱的目的



圖一：導熱管功能示意圖

(五) 散熱膏：

去除介面部位的空氣或是間隙（空氣導熱性不佳），以讓熱傳導量可以增到最大。

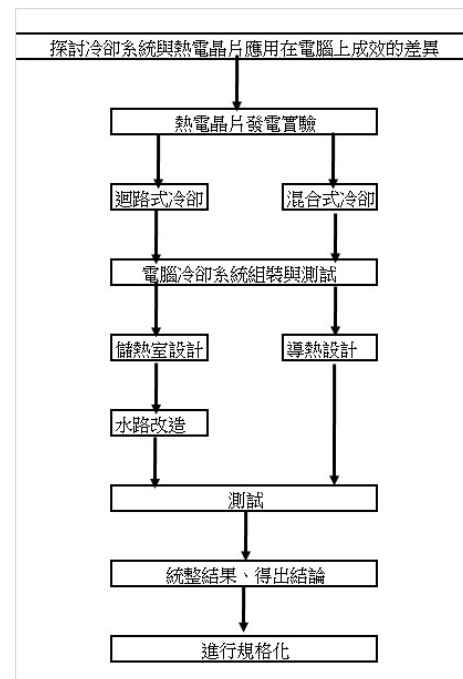


圖二：散熱膏功能示意圖

肆、研究過程或方法

一、研究架構圖

在研究的一開始，先測量熱電晶片的發電效力，藉以比較理論值和實際值是否相符。接著設計兩組散熱系統作為研究對象，迴路式冷卻和混合式冷卻，並在電腦上組裝與測試，確認系統的可用性。然後分別設計儲熱室和導熱設計，在一次次的實驗中不斷改進，完成後實際置入迴路系統中進行測試，收集資料結果，整理出結論。而為了商業實用化，進行規格化的處理，讓研究成果更貼近日常生活。



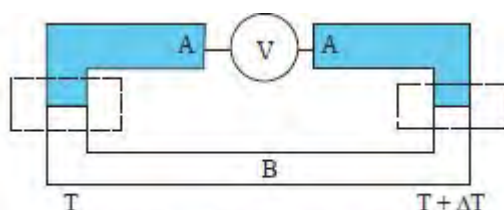
圖三：研究架構圖

二、熱電晶片發電原理：

根據工研院研究員朱旭山先生的研究[註 9]，熱電晶片是利用熱電效應進行發電。而熱電效應是早在 19 世紀就已經被發現了，效應主要有二：

(一)塞貝克效應（Seebeck effect）：

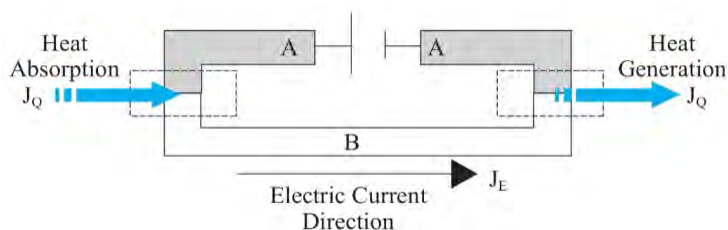
當材料兩端點給予一溫度差異時，其兩端即產生一電位差。如圖二，材料右端溫度較高，因此其電子平均能量較大，移動速率較高；而材料左端溫度較低，其電子平均移動速率較低，整體而言，對此材料產生一個由右向左之淨電子流。當電子由右向左流動一定時間後，材料左端將累積相當數量的電子，使該部位帶有較多負電，因此在材料兩端形成電位差，而此電位差將抑制淨電子流持續由右向左流動，最後達到平衡狀態。



圖四：賽貝克效應示意圖

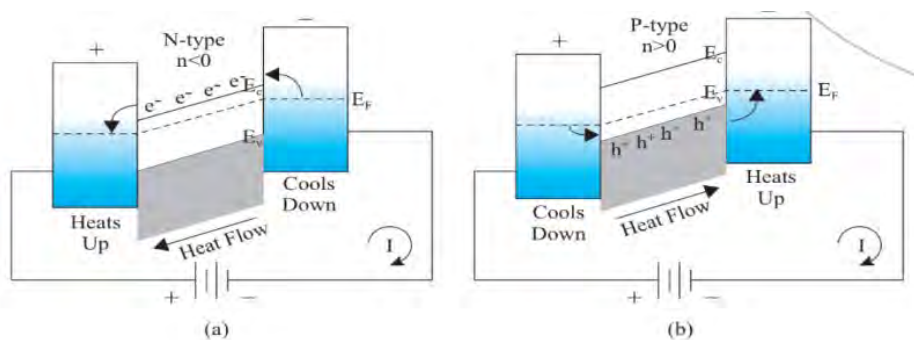
(二)帕爾帖效應 (Peltier effect)：

若將兩個不同種類的材料連接形成連續通路（如圖五），此時通入電流後，在兩材料的連接點將發生一個吸熱、另一個放熱的特別現象。



圖五：帕爾帖效應示意圖

當電子由右方金屬導體流入N型半導體時（圖六），只有較高能量之電子能夠克服能障($E_c - E_f$)而流入，而這些高能量電子從N型半導體流入左方之金屬導體時，並無任何的障礙，因此右方導體只剩下能量較低之電子，巨觀顯現之物理現象即是溫度降低（吸熱），而左方金屬導體則累積較多高能量電子，所顯現之物理現象則是溫度升高（放熱）。而由圖六亦可看出，在N型半導體中熱流方向與電子流方向相同，意即與電流方向相反。則為P型半導體與金屬導體相接之例子，此時導熱之載子 (Carrier) 為電洞。

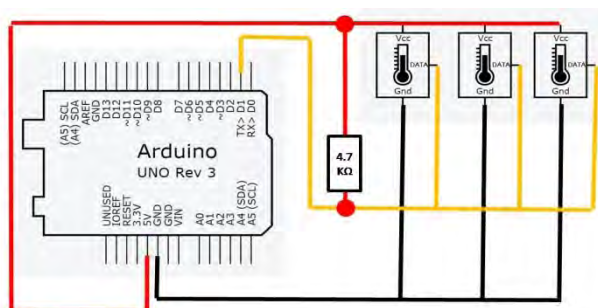


圖六：以電子與電洞解釋帕爾帖效應

而這兩個效應其實是相輔相成，若一材料兩端有溫度差，便會產生電位差；反之，若此材料兩端有電位差，則會造成溫度差。大部分的材料都具有此性質，然而若要成為良好的熱電材料，必須具有高的賽貝克係數($\Delta V / \Delta T$)和良好的導電性，以及低的導熱性。本研究中所使用的熱電晶片，生活中主要應用於飲水機或是其他恆溫裝置，而賽貝克效應的公式 $ES = S \cdot \Delta T$ 在本研究中，占有舉足輕重的地位。

三、熱電晶片發電實驗：

本次實驗中，使用三個溫度感測探頭，分別測量熱電晶片熱端、冷端及室溫，然後連接 Arduino Uno 板紀錄溫度變化，另外以三用電表紀錄電位差起伏，裝置如圖五所示；軟體程式如圖六所示。



圖七：溫度感測探頭與 Arduino 接法示意圖

```
// 匯入程式庫標頭檔
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

//宣告timer變數以便了解及記錄時間
int timer = 0;
//宣告time1和time2兩變數以便計算測溫loop的時間
unsigned long time1, time2;

// Arduino數位腳位2接到1-Wire裝置
#define ONE_WIRE_BUS 2

// 運用程式庫建立物件
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup(void)
{
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("溫度感測開始~T=1sec");

  sensors.begin();
}

void loop(void)
{
  // 紀錄Arduino開啟現在之時間1
  time1 = (micros()/1000);

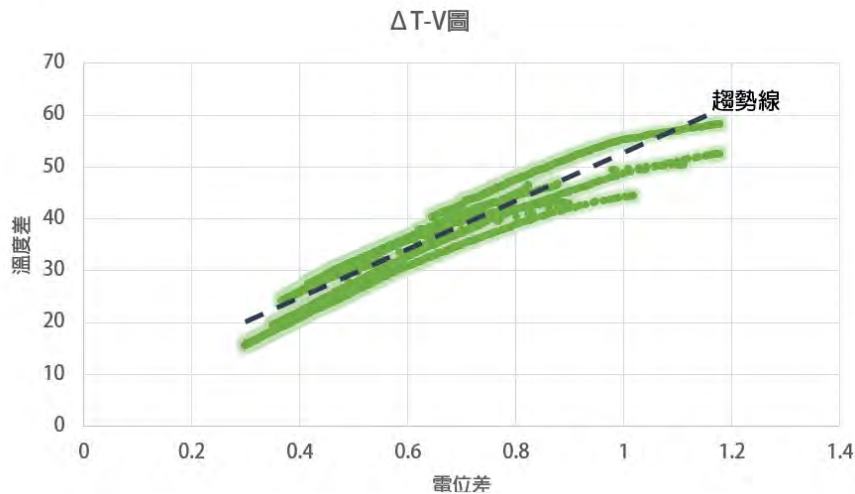
  // 要求匯流排上的所有感測器進行溫度轉換
  sensors.requestTemperatures();

  // 取得溫度讀數（攝氏）並輸出，
  // 參數0代表匯流排上第0個1-Wire裝置，以此類推
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(0));
  Serial.print(",");
  Serial.print(sensors.getTempCByIndex(1));
  Serial.print(",");
  Serial.print(timer);
  Serial.println(timer);
  timer++;

  // 紀錄Arduino開啟現在之時間2
  time2 = (micros()/1000);
  // 把延遲補足至一秒
  delay(1000 - (time2 - time1));
}
```

圖八：溫度感測裝置軟體程式

實驗以攝氏 80 度熱水作為熱源，放置在熱電晶片上方，下方以鋁鰭散熱，暴露在介質中(大氣或水)，而當時室溫約攝氏 25 度。過程中，隨著熱水的熱能慢慢轉移至冷端和介質中，溫度差不斷降低，電位差也不停地下降。實驗結束後，利用電腦軟體繪製出圖七，由此可以看出，兩端的溫度差與產生電位差的大小呈正相關。根據賽貝克效應理論， $ES=S\cdot\Delta T$ (ES 為溫差電動勢； S 為塞貝克係數； ΔT 為接點之間的溫差)，溫度差上升時，會造成電位差上升，圖形接近於一斜直線，代表溫度差和產生電位差呈正比關係。因此能從這次實驗中得知，若溫度差持續增加，便能使熱電晶片發揮更大的發電效率。



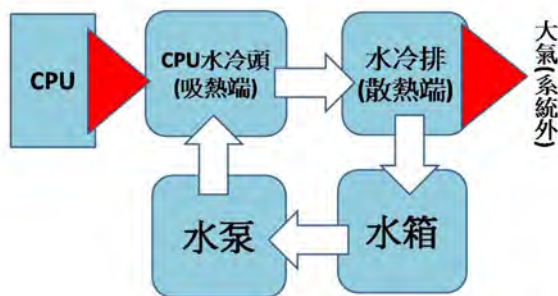
圖九：熱電晶片兩端溫度差與產生電位差繪製圖

四、液體式散熱(水冷)說明：

水冷系統基本概念在於：提高其冷卻效率，相較於風冷散熱系統，水冷散熱系統具有安靜、降溫穩定、環境依賴較小等優勢。由於水的化學穩定性佳，不易分解，水的熱容量較廣，在常溫範圍內不會產生明顯的膨脹或壓縮；水的沸點較高，在常用條件下，在熱交換器中不易汽化，流動性好，易於輸送和分配等，成為較佳的熱交換介質[註 10]。

利用水泵、CPU 水冷頭、水冷排、水管、水箱組裝出液態式迴路冷卻系統，圖十為系統示意圖，圖十一為實際測試的情形。位於圖十一中間位置的是水冷頭與 CPU，冷卻水通過水冷頭的微水路後，能將 CPU 的熱能傳導至水中。而圖九右側的是冷排裝置，其上裝有風扇，在冷卻水經過微水路時，能將熱能散逸致大氣中，達到降溫的效果。圖九左側者為水泵，提供冷卻水循環的動力。

經測試後，電腦可以順利運轉，並且能夠正常使用，CPU 的溫度大約維持在攝氏 35 度上下，是一可使用的散熱裝置。



圖十：液態式迴路冷卻系統示意圖



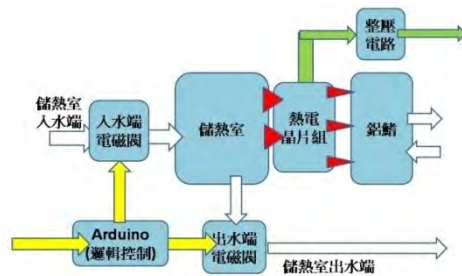
圖十一：液態式迴路冷卻系統實境照

五、歷代設計：

(一)儲熱室：由於電腦 CPU 的溫度瞬息萬變，熱水加熱儲熱室後，為了避免冷水接觸到儲熱室，降低其溫度，便將冷卻水分流到儲熱室中，以順利收集熱能。

1、第一代：

儲熱室的四面是由散熱用的鋁鰭構成，以 silicone(矽氧樹脂)黏合，外層再黏上發電用的熱電晶片，如圖十二、十三。優點是黏合的方便性和大小的適中性，能儲存適量的熱水，又能讓熱水有效的接觸各鰭片。然而，這樣的設計會造成熱能由熱電晶片熱端傳導至冷端，卻沒辦法有效排熱，導致兩端溫度差減低，使熱電晶片發電效能下降。至於前後端，發現黏合效果不佳，容易造成漏水，為一失敗品。



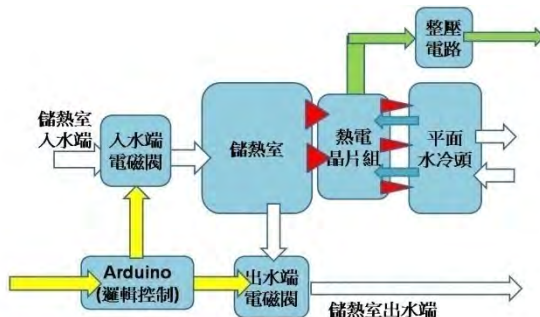
圖十二：第一代儲熱室示意圖



圖十三：第一代儲熱室雛型

2、第二代：

為預防漏水，第二代以瓦楞板和硬管作為補強，並新增溫度感測器之插孔，以利日後之實驗進行，如圖十四、十五所示。另外，在原有熱電晶片的冷端，黏上平面水冷頭，在不耗費更多之電能下，使冷端可以更迅速散熱，提升兩端溫度差，發電效能增加。但黏合過程中仍無法解決漏水問題，且實測時發現，無法確保儲熱室中的冷卻水完全排出，造成熱水和冷水混和的情形發生，導致水溫下降。



圖十四：第二代儲熱室示意圖



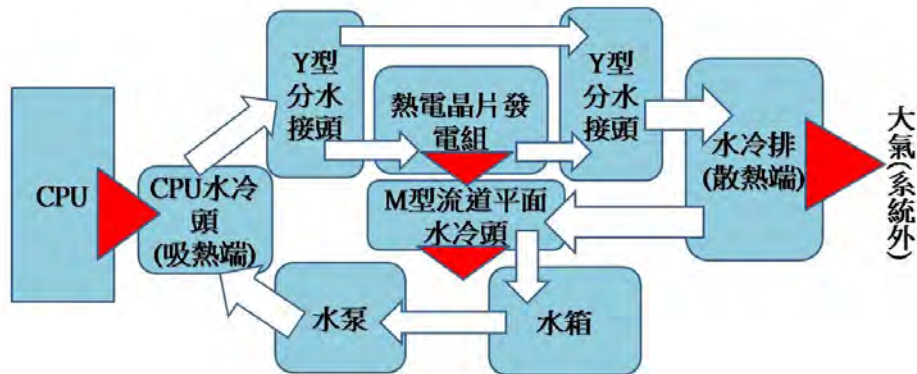
圖十五：第二代儲熱室

(二)水路改造：

在原先的水冷散熱系統中加入儲熱室構造，達到發電的效果，且為了增進發電效率，我們先後共提出 2 種水路控制方式和邏輯：

1、改造 1—電磁閥控制：

利用 Arduino Uno 板及 Y 型分水接頭進行冷卻系統改造，使熱電晶片發電相容原本電腦冷卻系統。圖十六為系統示意圖



圖十六：液態式迴路冷卻改造系統示意圖

在原始的水路中，以 Y 型分水接頭將水路分為兩股，一股不做任何處理，維持冷卻水的流動性，讓系統持續進行降溫工作。而另一股連接我們設計的儲熱室和電磁閥，並以 Arduino Uno 板做邏輯判斷，決定進水和出水時機。由於我們的設計為同時進出水，因此同時供電或斷電給兩個電磁閥，當儲熱室中充滿熱水時，儲熱室為熱端，而冷端為經過冷排裝置後的冷水，帶走冷端的熱能，使兩端溫度差提高。而熱電晶片發的電，則經由導線經由變壓整壓裝置回傳到主機板或利用，達到節能的效果。

為了讓系統達到最高效能的運轉，我們設計了一套水路邏輯系統，分為電壓偵測和水路控制。CPU 中內建有溫度感測器，會傳送訊號決定風扇運轉的電壓，而正好利用此電壓反推 CPU 當時的溫度。

2、電壓偵測：

(1)第一代：

設定電腦輸出的風扇電壓，CPU 高溫時設為 12V，低溫時設為 3V。不過電腦輸出的電壓並非剛好 12V 或 3V，其數值誤差值在 $\pm 5\%$ ，因此高溫時最低電壓約為 11.4V。設計一個分壓模組，利用三個 100 Ω 的電阻串聯，其中一個電阻的電壓為總電壓的三分之一，便可利用 Arduino Uno 板進行測量。若單一電阻的分壓大於或等於 3.8V 時，即可判斷 CPU 正處於高溫狀態，進行後續的動作。

(2)第二代：

第二代直接使用主機板 PWM 風扇控制，主機板在攝氏 75 度時的輸出是約為 2V，因此可以直接使用 Arduino Uno 板偵測，輸出高於 2V 時，及判斷為高溫，否則判斷為低溫。

3、水路控制：

(1)第一代：

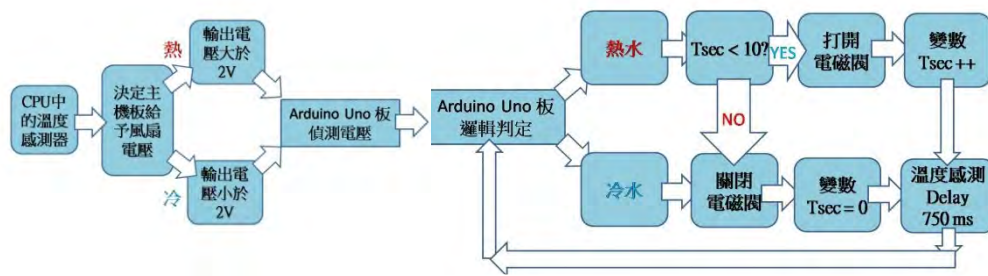
由於 Arduino Uno 板最多只能傳送 5V 的電壓，而我們使用的電磁閥需要 12V 的電壓才能運作，因此我們連接了升壓裝置到電磁閥，希望使之開啟。然而 Arduino Uno 板的功率難以負荷電磁閥的開閉，時好時壞，造成實驗的錯誤和失敗。

(2)第二代：

為解決第一代的電源供應問題，因此第二代直接使用電腦電源供應器中的 12V 腳位，並以場效電晶體(MOSFET)連接 Arduino Uno 板作為控制開關。場效電晶體有三個腳位，分別為源極(S)、汲極(D)、閘極(G)，將 12V 的電路通過其 D、S 兩極，再以 Arduino Uno 板控制 G 極，當 G 極通過電流時，D 和 S 兩極中的電路會瞬間接通，便可達到控制電磁閥開閉的功能。

Arduino Uno 板偵測為低溫時，則關閉電磁閥；偵測到高溫時，則開啟電磁閥。電磁閥打開後，為了進行後續判斷，宣告一個變數為 Tsec，打開電磁閥的同時 Tsec 加 1，回到溫度判斷。若判斷為低溫，則關閉電磁閥，防止儲熱室中的水溫降低，

並進行發電，直到下一次高溫才再次開啟；而若判斷為高溫，則繼續開啟電磁閥， T_{sec} 再加 1。若持續高溫狀態，當 $T_{sec}=4$ 時，代表從電磁閥開啟已經過了 3 秒，而這 3 秒間流過的都是熱水，為了節省電磁閥開啟消耗之電能，所以將閥門關閉，若過程持續為熱水， T_{sec} 維持等於 4，故持續關閉。直到下次偵測微冷訊號， T_{sec} 回到 0，接著 0.75 秒後再次進行溫度判斷，如此持續迴圈，希望能達到最佳發電效果。邏輯如圖十七所示，軟體程式如圖十八所示。



圖十七：水路邏輯示意圖

```

//設定控制電路變數
int analogPin = A0;
int pin = 13;
int val = 0;
int tsec = 0;
void setup(void)
{
    pinMode(pin, OUTPUT);
}

void loop(void)
{
    //電壓讀取
    val = analogRead(analogPin);
    //電磁閥開關判定
    if (val >= 650){
        if(tsec < 4){
            digitalWrite(pin, HIGH);
            tsec = tsec + 1;
        }
        else {
            digitalWrite(pin, LOW);
        }
    }
    else{
        tsec = 0;
        digitalWrite(pin, LOW);
    }
}

```

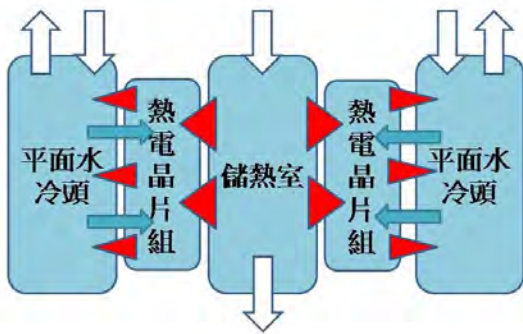
圖十八：水路邏輯軟體程式

六、目前設計：

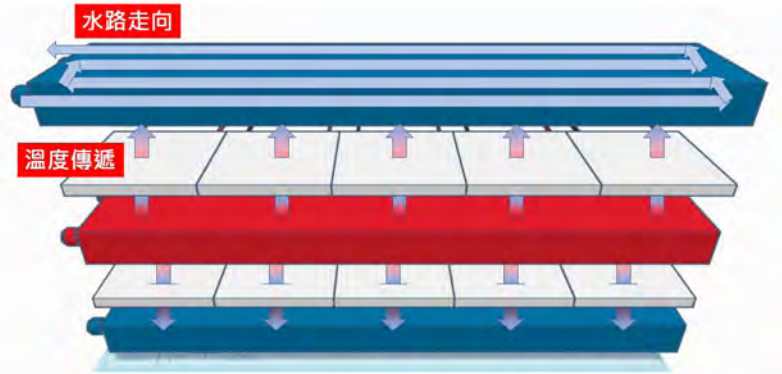
(一)雙迴路系統：

為了增加熱水與儲熱室的接觸面積，改為狹窄的水路，直接將熱電晶片平面水冷頭作為儲熱室，延續之前的做法，其兩面再各黏合一個平面水冷頭，作為冷端，使廢熱向上下兩端傳導，另外兩側以保麗龍包覆，減少熱能向大氣的散逸，讓廢熱集中於熱電晶片上，其成品如一三明治的結構，如圖十九、二十所示。平面水冷頭為一體成

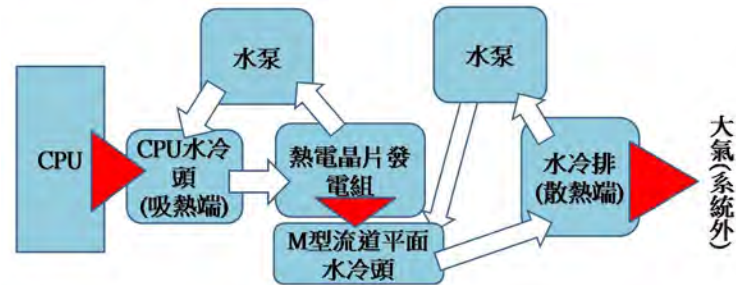
形，因此完全不需要水路的黏合，根本解決了黏合時的漏水問題。而其中的單向微水路可以防止冷熱水的混合，進水的同時可以將冷卻水排出，有效地解決了先前的問題。



圖十九：雙迴路系統儲熱室示意圖



圖二十：第三代儲熱室

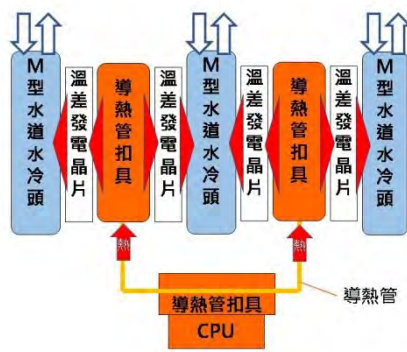


圖二十一：水路改造示意圖

(二)混合式設計：

混合式系統就是基於雙迴路系統進行改造，將原本的熱迴路改成為用導熱管傳輸熱能，如圖二十二。其與雙迴路比較之優點為：

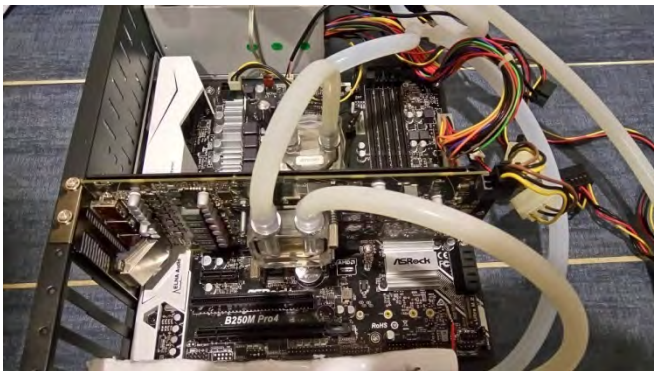
- 1、因為熱迴路常處於高溫狀態，對水管、水泵等之壽命有明顯之影響，而採用導熱管就不須這些水冷設備，也就沒有這項問題。
- 2、因雙迴路系統本身的設計，熱迴路皆會連接所有發熱設備，但每一設備的功率皆不同，造成低功率的設備會出現高溫狀態，而導熱管的設計因為是獨立分開的就不會有上述問題。但混合式設計較雙迴路系統，有個明顯的缺點就是混合式系統熱端因使用導熱管+扣具，安裝自由度、相容性以及擴充性較水冷迴路差，成本也無優勢甚至更高，但若量產後即可解決此問題。



圖二十二：混合式系統導熱示意圖

伍、研究結果

準備工作結束後，正式將系統開通，開機測試，電腦能照常開機使用，溫度差約為攝氏 60 度，理論能產生電壓 1.5V，功率約為 0.5W，10 片熱電晶片串聯功率約為 5 瓦，可提供 USB、手機、GPS 定位器等電子產品即時充電，點亮 LED 燈[註 11]。發電效率雖不高，但若考慮電腦負載忽高忽低，溫度有時高有時低，而我們的作品卻能「穩定的輸出電壓」，根據 $E=Pt$ ，長時間下來，也能成為節能的工具。



圖二十三、二十四：實際開機測試

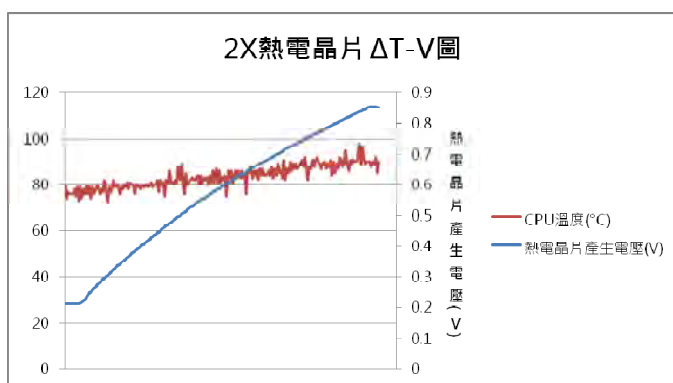
陸、討論

一、儲熱室安裝熱電晶片數是否愈多愈好？

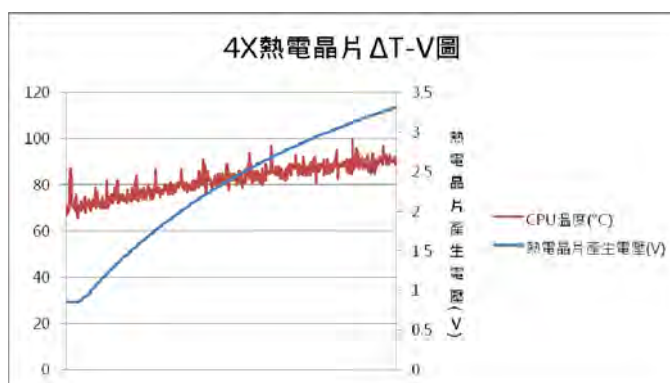
在實驗之初，我們曾思考熱電晶片的片數與發電效率的關係，是否真的片數愈多，效果愈好呢？答案是否定的，怎麼說呢？

散熱速率和片數成正比，當散熱速率過慢時，容易造成系統過熱。片數過多，則會使成本過高，且發電效率可能不如預期。如圖二十五、二十六，當熱電晶片只有兩片時，產生電壓最高約 0.85V，而增加至四片時，提升至 3.25V。然而，每次增加片數都能達到相同的效果嗎？而圖二十七、二十八，增加到六片時，電壓卻只提升至 4.25V，成長的幅度遠不及前一次的增加，增加到八片時，提升的幅度又再度減少，有時甚至會使電壓不增反減，而為甚麼會這樣呢？因為雙迴路系統冷熱水交會的部分只有熱電晶片，增加熱電晶片意味著增加散熱面積，提高散熱速率，使熱端溫度下降的更快，兩端溫度差減少，發電量減少。因此，找出一個平衡點，使其散熱速率和轉換效力互相平衡，便能讓發電系統達到最高效率。

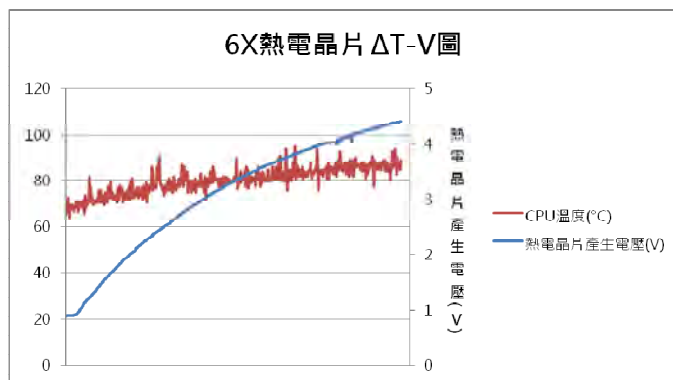
這次的實驗我們的系統是 180 瓦的熱源，發現十片為最有效率的數量，裝置超過十片時，不但效果不會變好，反而會造成反效果。又因熱電晶片數量又與導熱效率成正比，我們可以由此推導出， $[\text{系統功耗}/18]=\text{最佳片數}$ ，即達到平衡點。



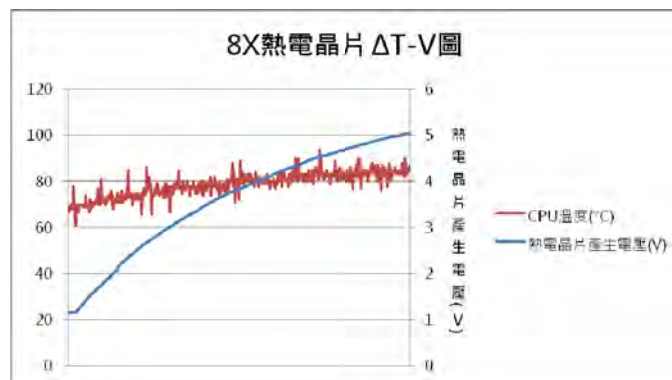
圖二十五：兩片熱電晶片測試圖



圖二十六：四片熱電晶片測試圖



圖二十七：六片熱電晶片測試圖



圖二十八：八片熱電晶片測試圖

柒、結論

隨著科技的發展，與環保的意識抬頭，如何有效節能並解決高發熱的問題，均將成為未來技術開發之重點。本實驗可說是一個初步性的試驗，在動手 DIY 過程中，了解熱電效應的理論與熱電晶片的原理，並實際將熱電材料帶入生活中。熱電材料屬一種新興的綠能材料，應用範疇相當廣泛，任何熱量密集的場所皆可應用，現階段已經應用在汽車引擎、煉鋼廠、人造衛星、甚至是腕錶。其雖目前無法瞬間產出高電量，但很適合用於長久穩定的用途。想必不久的將來就會在生活周遭隨處可見。

捌、參考資料及其他

[註 1] 行政院原子能委員會（2016 年 6 月 12 日）· 常見問題－我國核能電廠停止運轉年限 · [公告] · 取自

http://www.aec.gov.tw/%E8%BC%BB%E5%B0%84%E5%AE%89%E5%85%A8/FAQ/%E6%A0%B8%E8%83%BD%E9%9B%BB%E5%BB%A0%E9%99%A4%E5%BD%B9--4_37_347.html

[註 2] 陳俊村（2011 年 5 月 25 日）· 改善燃料使用效率－引擎廢熱發電不是夢 · 大紀元 · 取自 <http://www.epochtimes.com/b5/11/5/25/n3267125.htm>

[註 3] 陳玉鳳（2015 年 6 月 30 日）· 再生能源添新頁－工研院開發金山地熱 · 工業技術與資訊月刊，284 · 取自

<https://www.itri.org.tw/chi/Content/Publications/contents.aspx?SiteID=1&MmmID=2000&MSid=654256506036016162>

[註 4] 體溫也能發電－工研院獵能技術超環保 ·（2016 年 6 月 12 日）· 聯合新聞網 · 取自 <https://udn.com/news/story/6/1756374>

[註 5] 葉士傑（2015 年 6 月 24 日）· 何謂德國被動式房屋· 欣傳媒· 取自

<http://solomo.xinmedia.com/archi/22204-passivehouse>

[註 6]AMD · AMD 25x20 能源效率計畫 [公告] · 2017/2/26 取自

<http://www.amd.com/zh-tw/innovations/software-technologies/25x20>

[註 7]Nvidia · Doing More with Less of a Scarce Resource [公告] · 2017/2/26 取自

<http://www.nvidia.com/object/gcr-energy-efficiency.html>

[註 8]Ian Paul. (2016, Feb. 9). Future Intel chip tech will sacrifice speed gains for power efficiency, PCWorld News, from

<http://www.pcworld.com/article/3031222/tech-events-dupe/future-intel-chip-tech-will-sacrifice-speed-gains-for-power-efficiency.html>

[註 9]朱旭山（2004）· 熱電材料與元件之原理與應用· 電子與材料雜誌，22，78-89。

[註 10]楊遠志（2012）· 水冷散熱系統於工業自動化之設計與實做－以電腦水冷系統為例· 台南：南台科技大學電機工程系。

[註 11]黃振東、徐振庭（2013）· 熱電材料· 科學發展，486，48-53。

【評語】 052322

這個作品試圖將電腦 CPU 的熱利用熱電元件轉化成電回收使用，中間的熱傳媒介則是用水，高低溫判讀及裝置啟動則由單晶片控制。此外也做了熱電元件數量的初步最佳化，雖然效率不高，但想法很好，可以改良利用在許多場合。

作品海報

摘要：

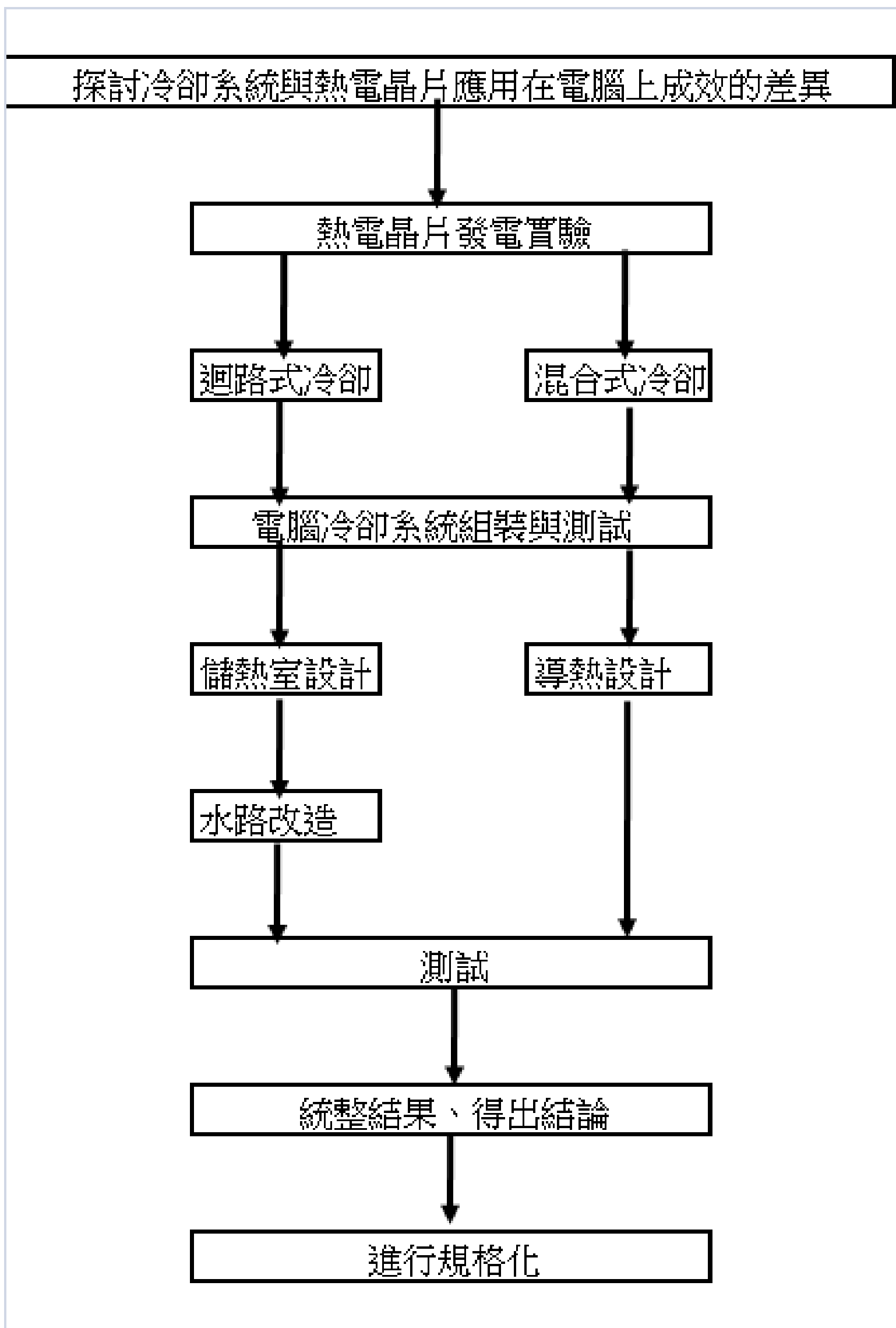
本研究為熱電效應之日常生活應用，思考熱電效應與電腦冷卻系統結合的可能性。研究中設計了幾組電腦水冷散熱系統，將熱電晶片置入其中。電腦運作時，產生的熱能轉換成電能，檢視熱電晶片運作的情形，討論產出的電能是否有利用的價值，以及節省了多少能源，同時進一步思考是否能產出更多的電能。

研究動機：

- 了解熱電效應的原理
- 了解熱電晶片的運用與測量
- 了解液態式冷卻工作方式及原理
- 得知熱電晶片與系統瓦數的最佳搭配

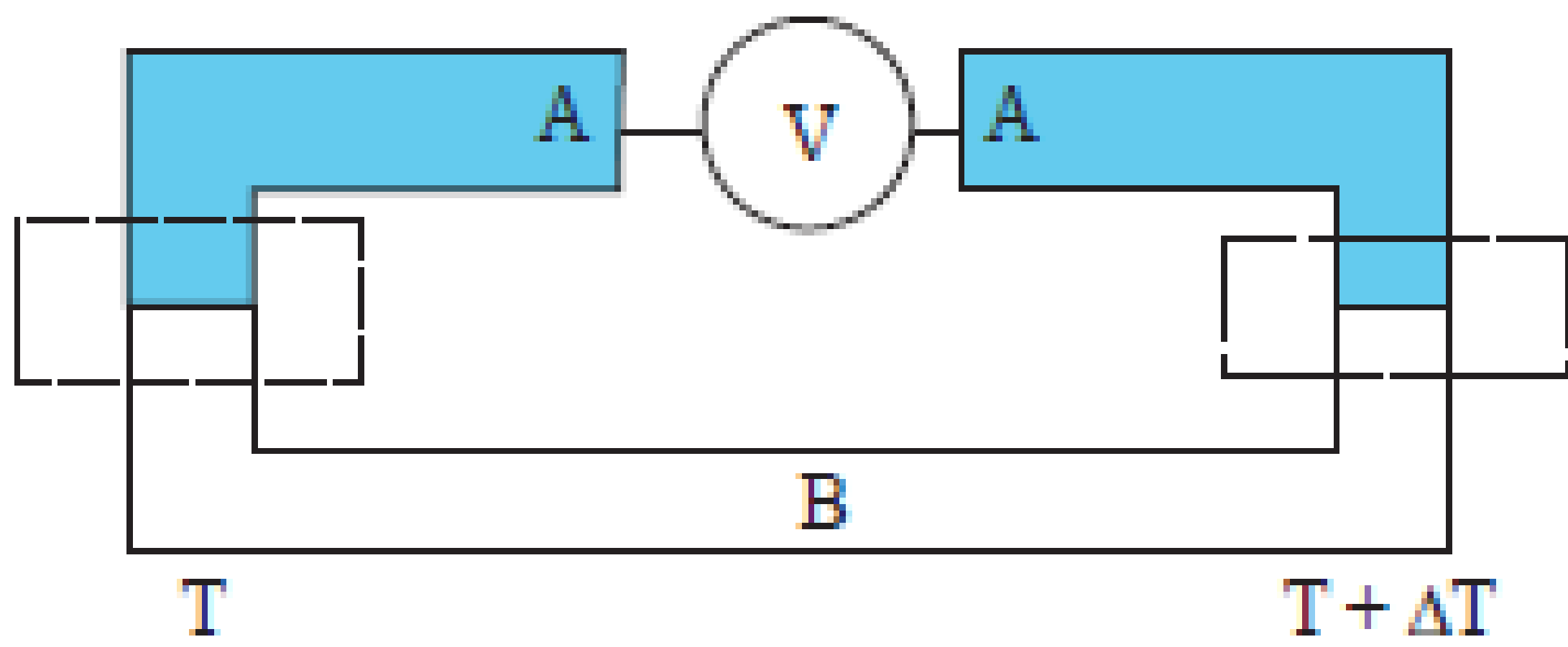
研究目的：

- 了解電熱效應的原理
- 了解熱電晶片的原理與測量
- 了解液態式冷卻工作方式及原理
- 了解水路裝置與電路的設計
- 了解電腦供電機的電能回饋設計



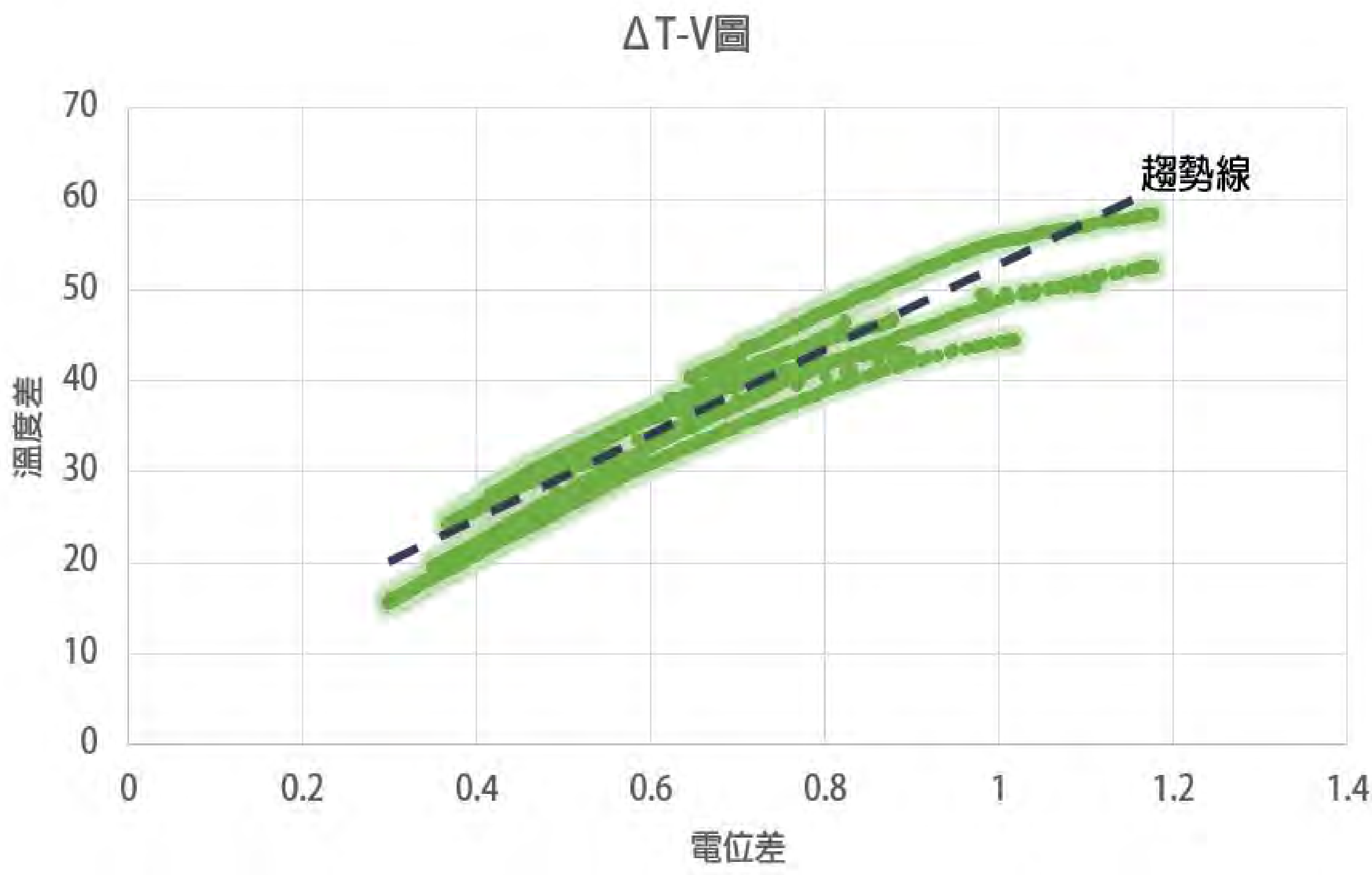
熱電晶片發電原理：塞貝克效應

- 材料兩端點給予溫度差時，其兩端即產生一電位差。
- 溫度較高，其電子平均能量較大，移動速率較高
- 溫度較低，其電子平均移動速率較低
- 在材料兩端形成電位差，抑制淨電子流持續由右向左流動，達到平衡狀態



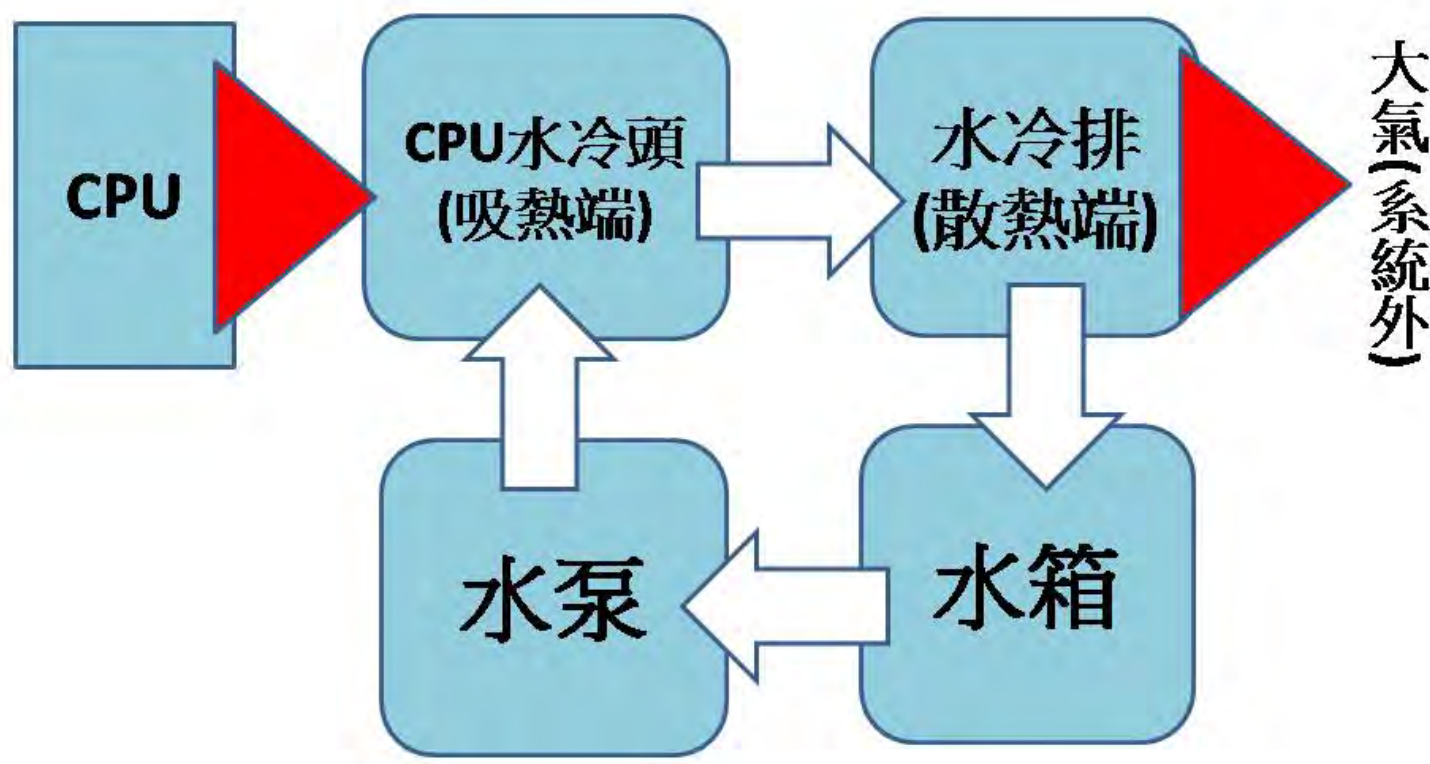
單一熱電晶片發電實驗：

- 使用三個溫度感測探頭，分別測量熱電晶片熱端、冷端及室溫，紀錄溫度變化
- 以攝氏80度熱水作為熱源，另一端以鋁鰭暴露在空氣中，當時室溫約攝氏25度
- 實驗中發現，溫度差以等差數列遞減，電位差則隨之下降。
- 實驗結束後，可看出兩端的溫度差與產生電位差幾乎呈正比關係，符合賽貝克效應提出的理論， $ES = S \cdot \Delta T$ (ES 溫差電動勢 S 塞貝克係數 ΔT 接點之間的溫差)。



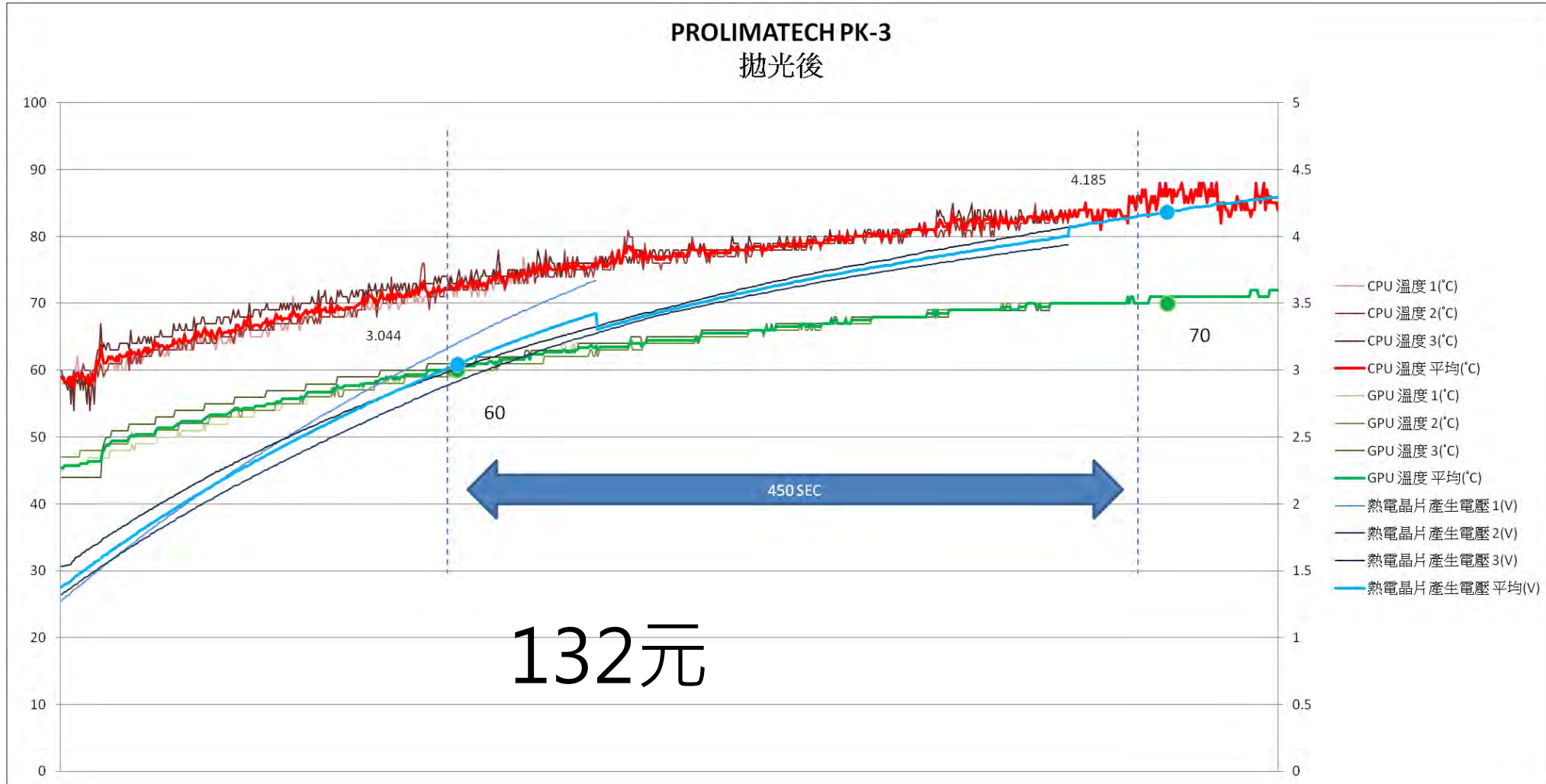
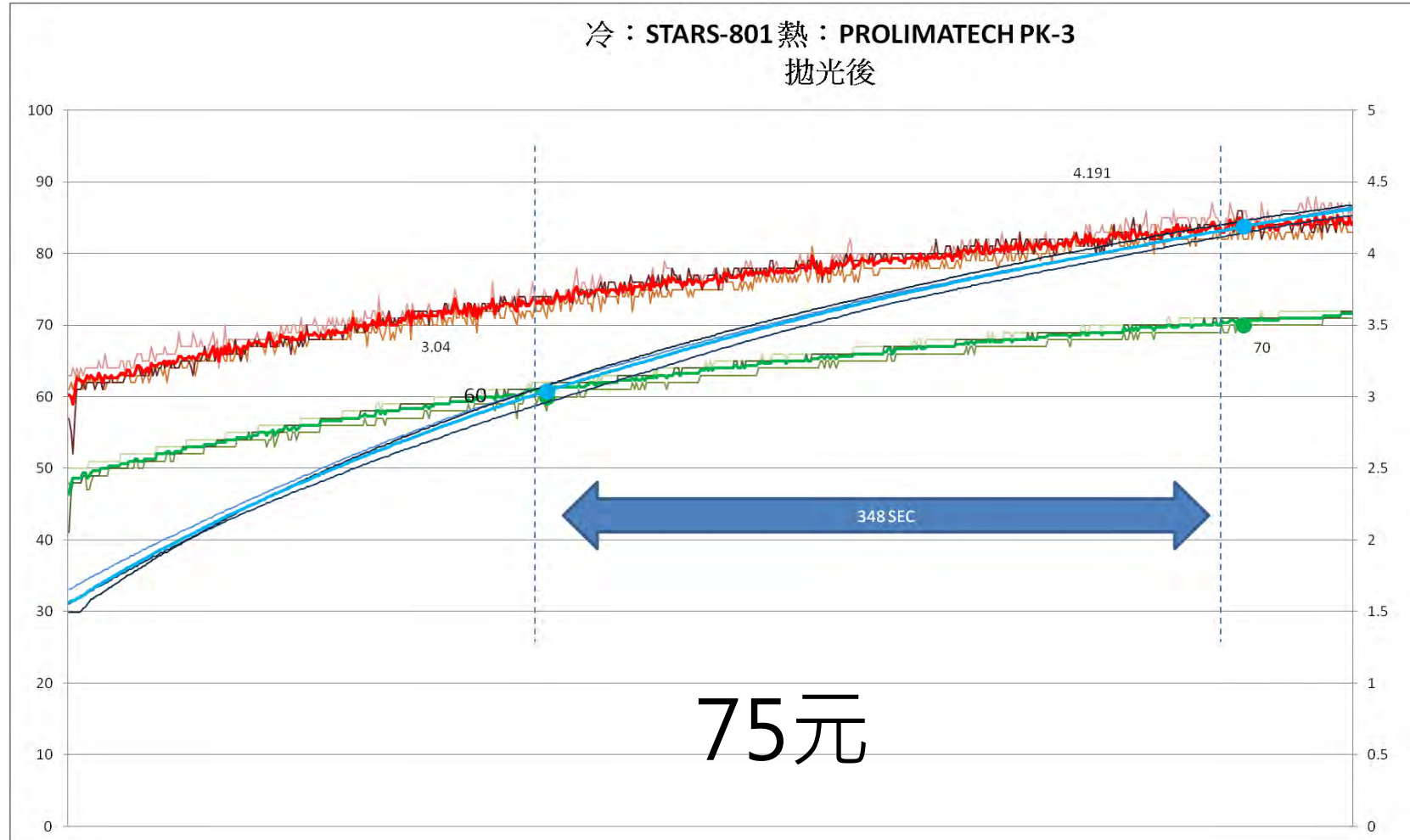
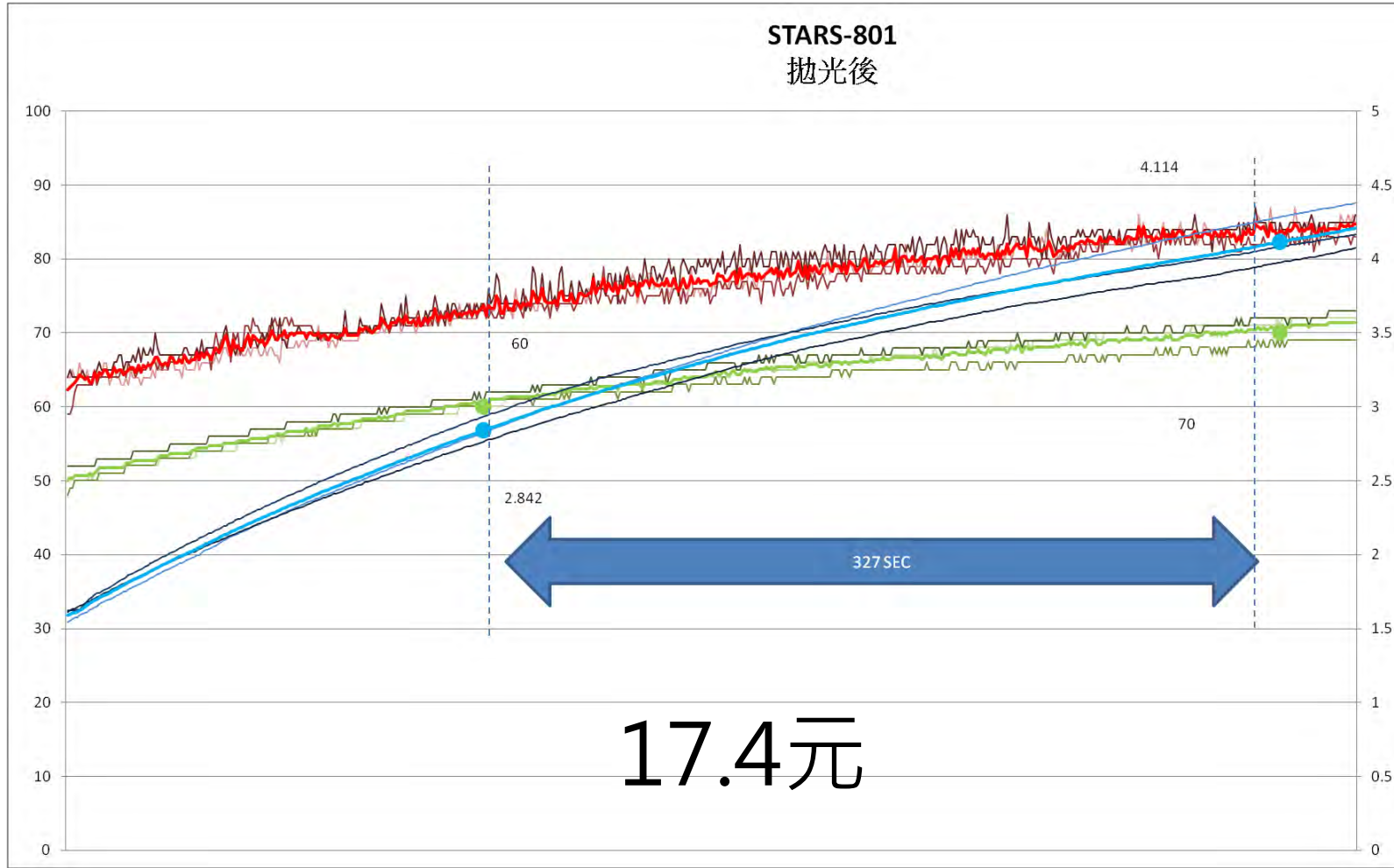
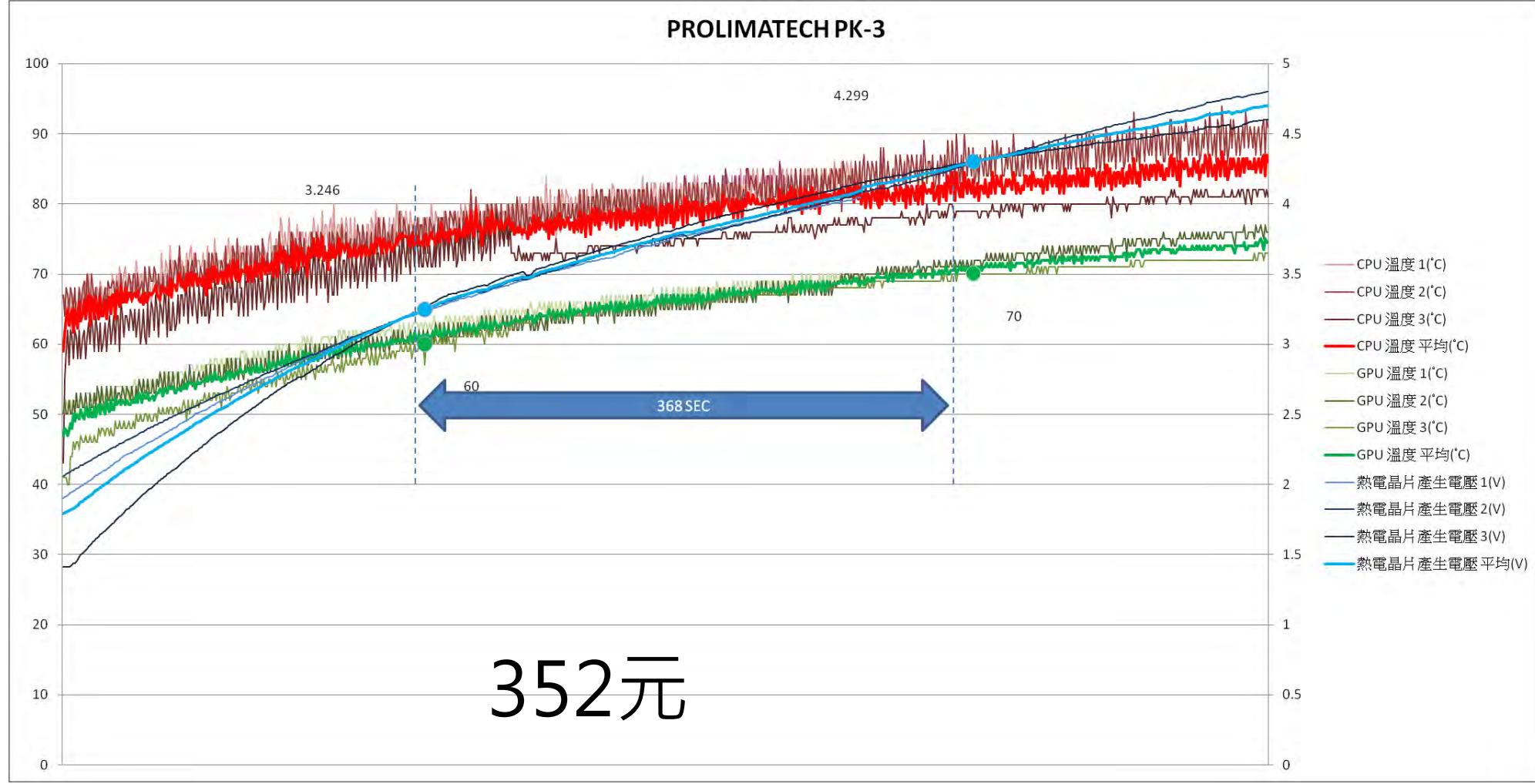
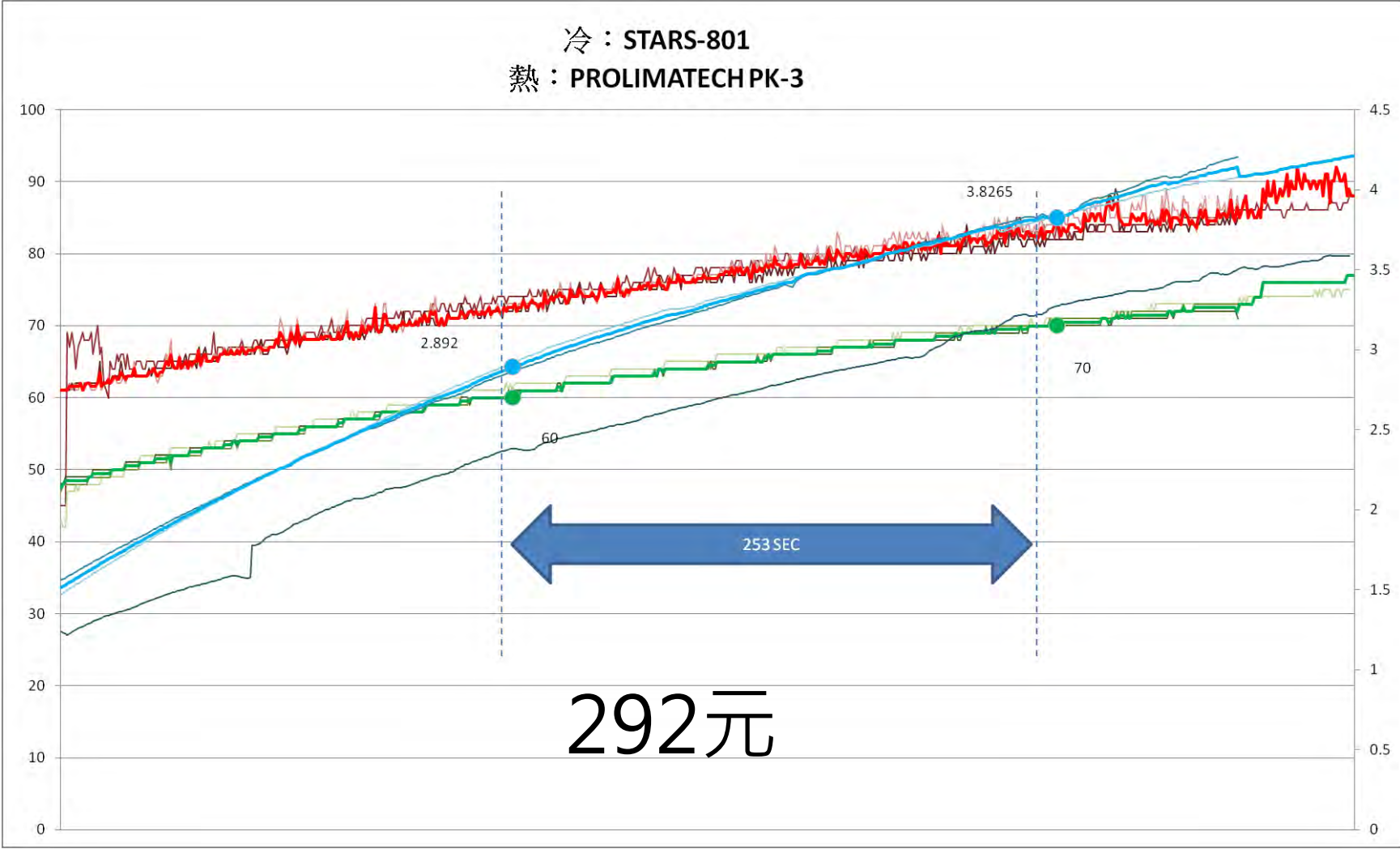
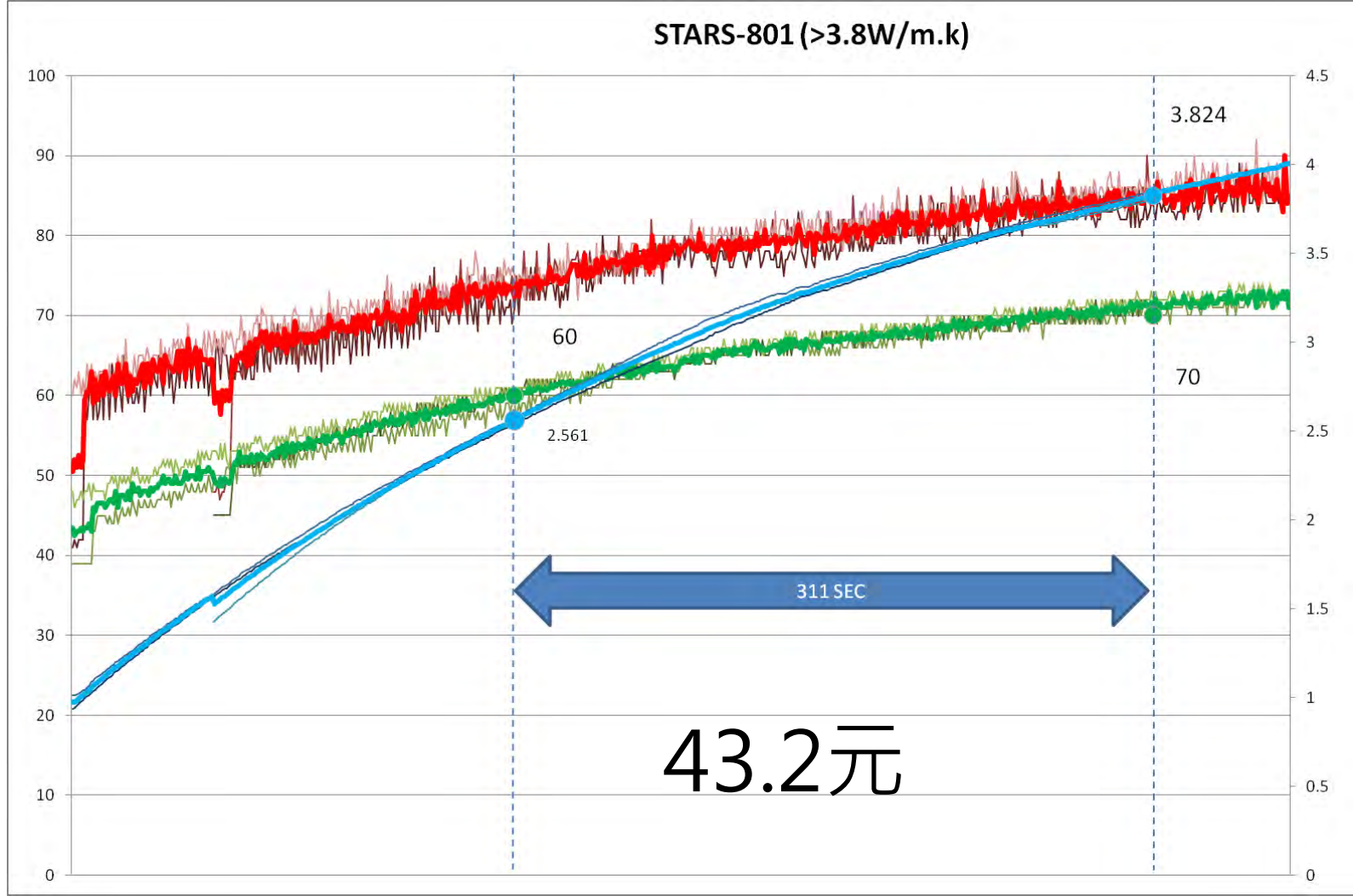
電腦冷卻系統組裝與測試：

- 利用水泵、CPU水冷頭、水冷排、水管、水箱組裝
- 冷卻水通過水冷頭的微水路後，能將CPU的熱能傳導至水中
- 冷排裝置能將熱能散逸致大氣中，達到降溫的效果
- 水泵提供冷卻水循環的動力。



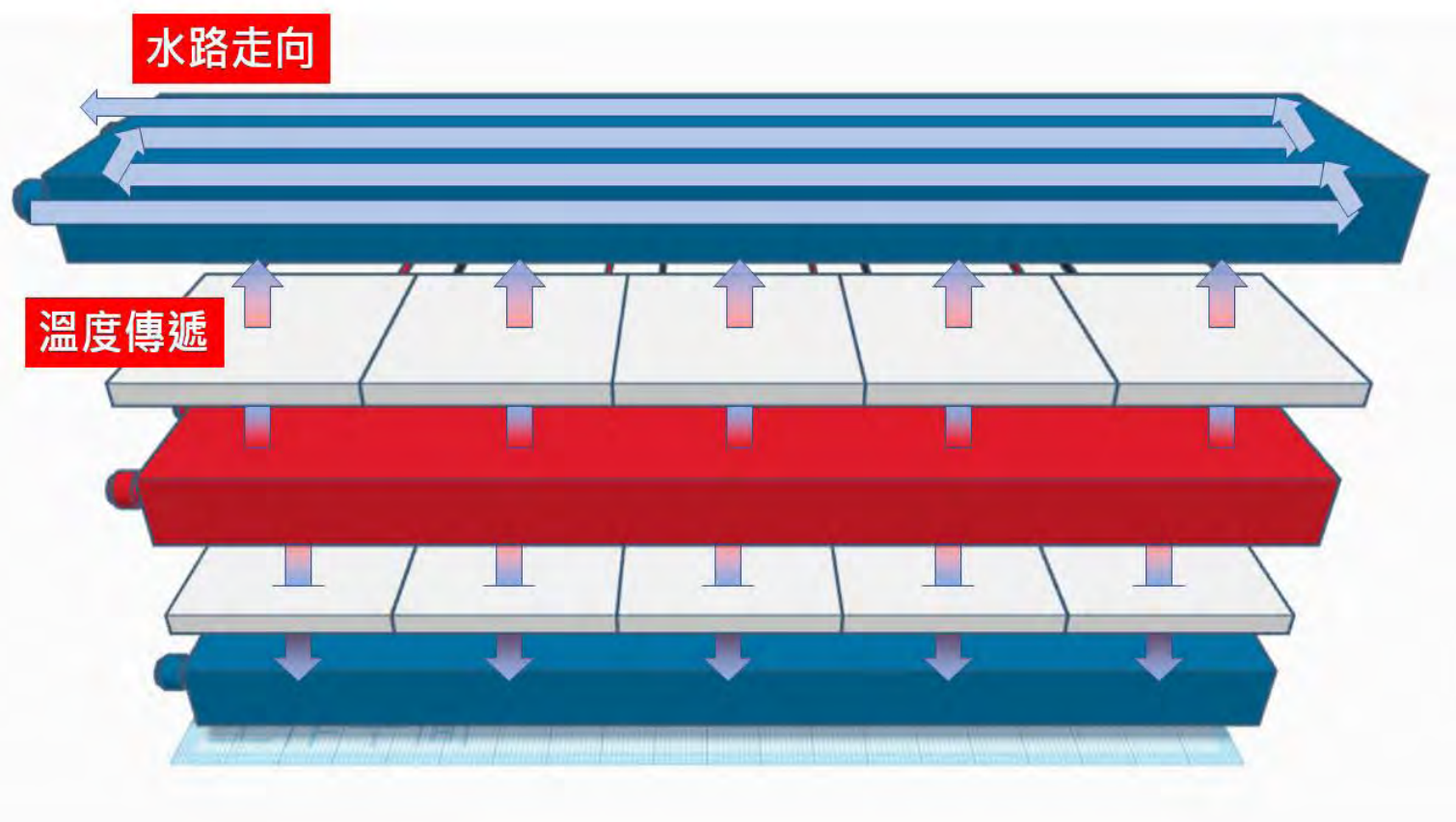
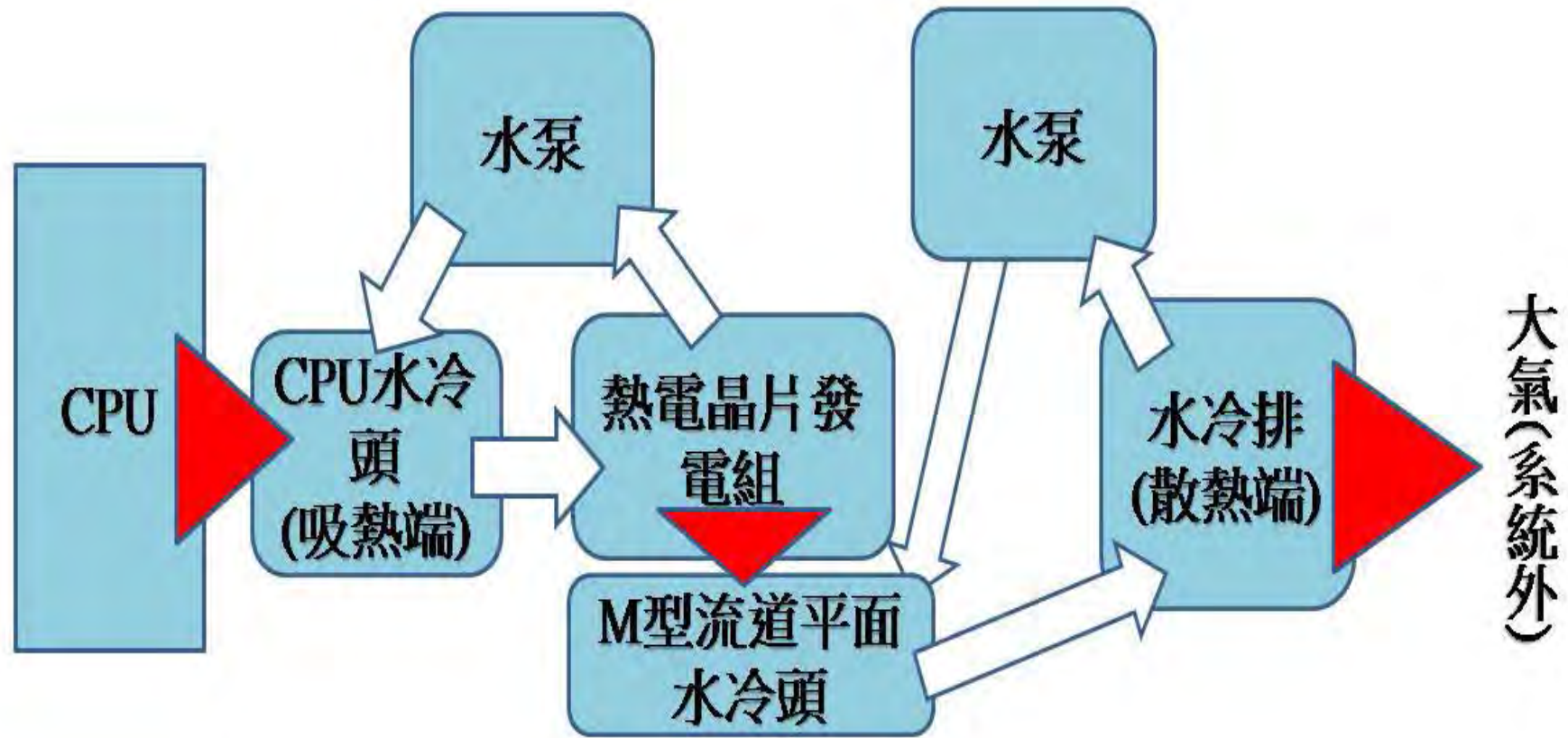
冷熱端散熱介質與拋光實驗：

- 熱電晶片與水冷頭之間，導熱需要散熱介質的協助
- 散熱介質的導熱效果與成本有密切的關係
- 而將水冷頭拋光，又會對散熱介質的使用量造成甚麼影響
- 我們討論使用不同的散熱介質的影響，以及拋光後的差異
- 以下改造成本皆以12片熱電晶片為例



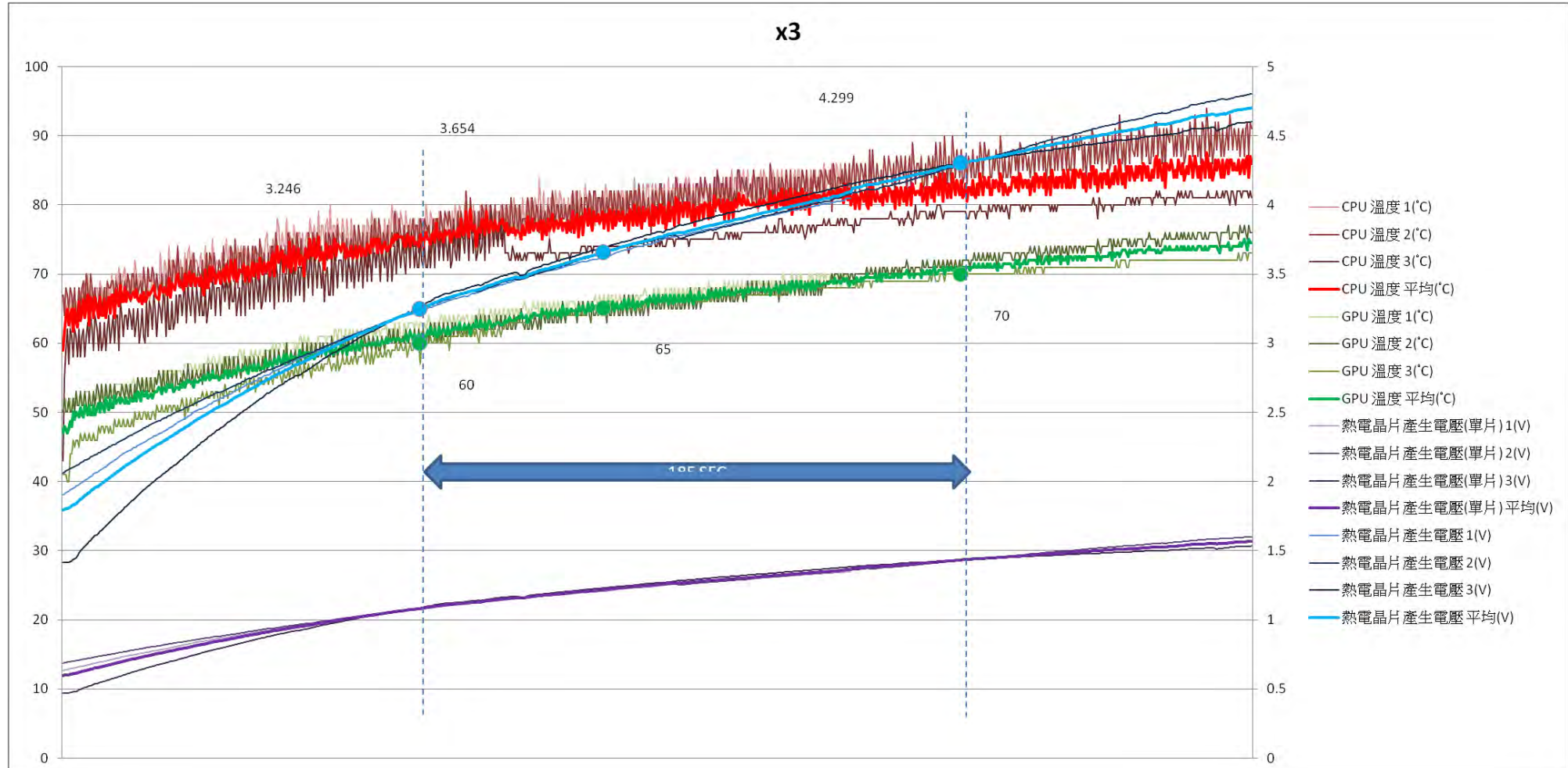
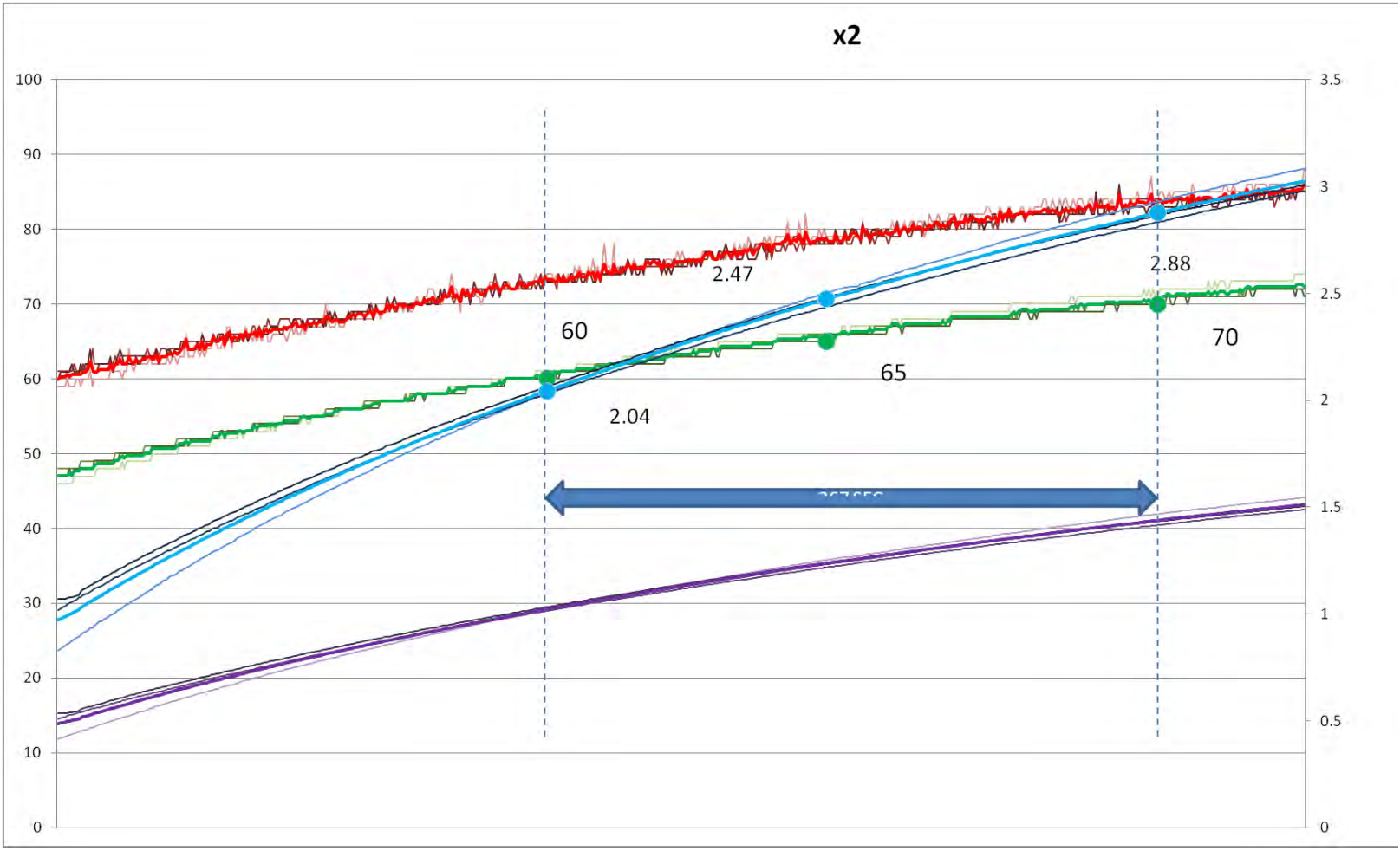
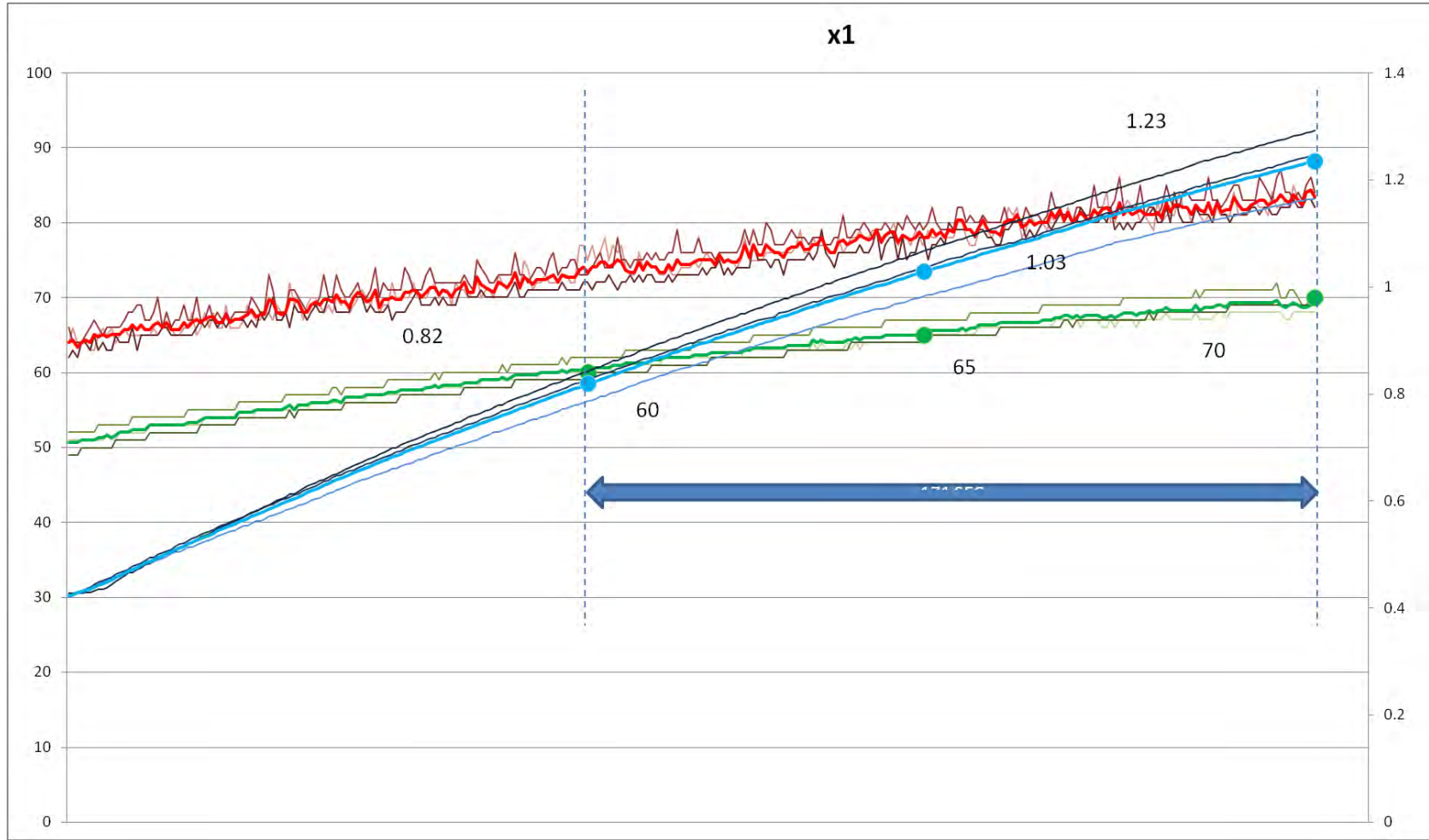
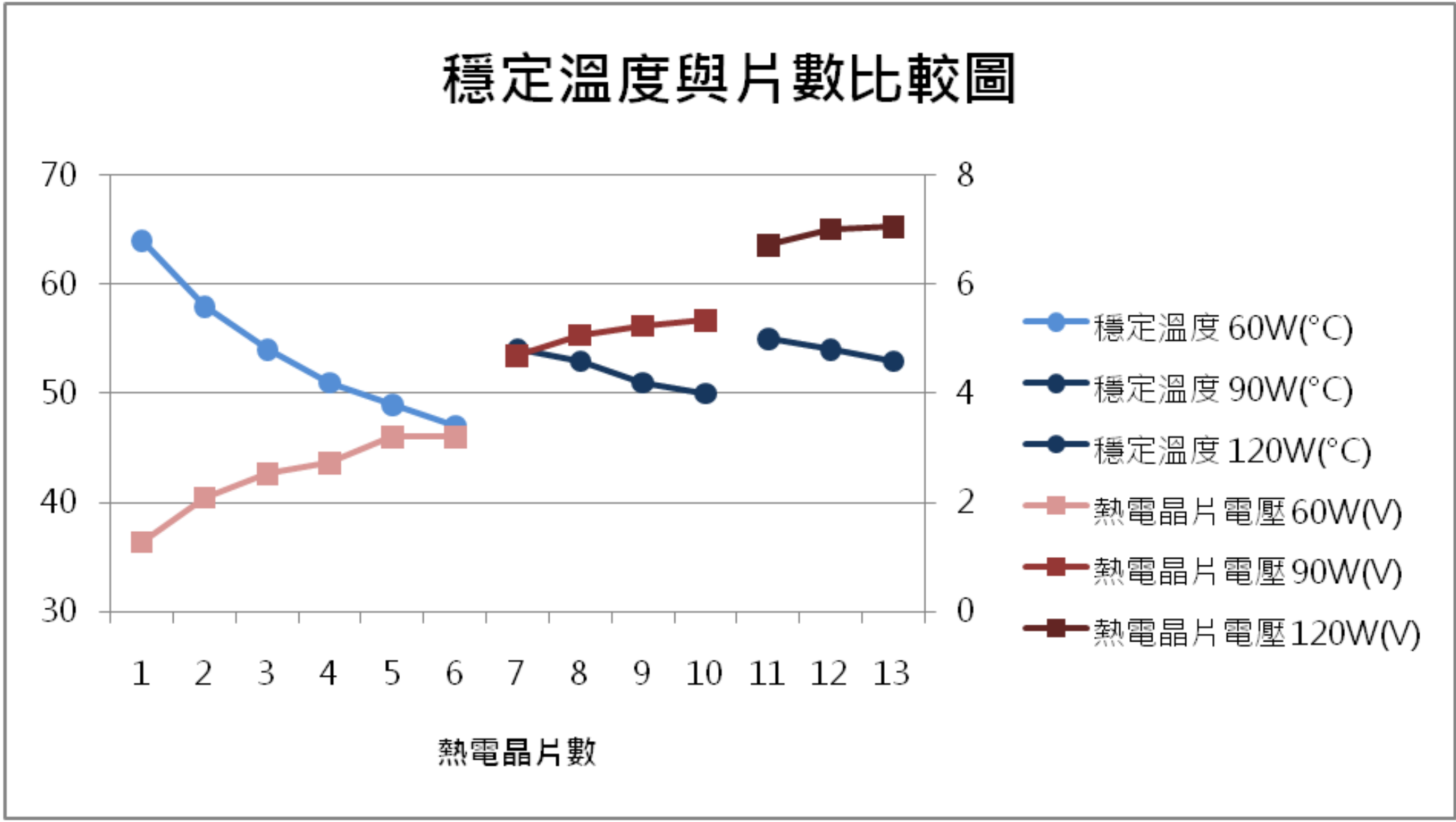
迴路設計：

- 為了增加熱水與儲熱室的接觸面積，改為狹窄的水路
- 整個系統以熱迴路和冷迴路組成
- 交會點在水冷頭之間，能讓廢熱集中於熱電晶片上，其成品如一三明治的結構
- 平面水冷頭為一體成形，因此完全不需要水路的黏合
- 其中的單向微水路可以防止冷熱水的混合，進水的同時可以將冷卻水排出，有效地解決了先前的問題。



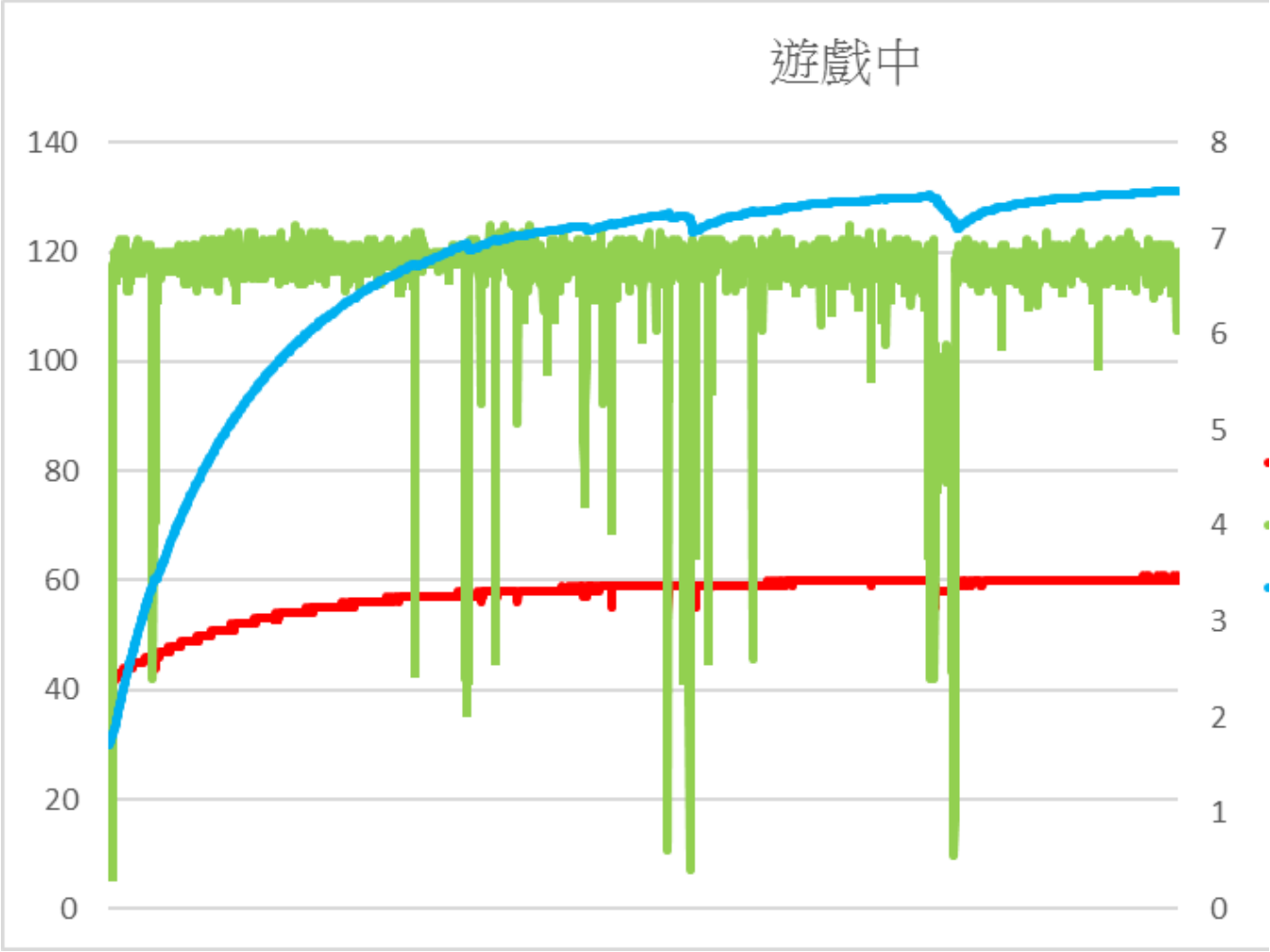
熱電晶片數量實驗：

- 我們討論是否熱電晶片增加，發電效率也會增加
- 以及散熱速率是否與數量相關
- 經過實驗後，推導出設備瓦數和熱電晶片數的關係式
 $\text{瓦數}/10 = \text{熱電晶片數}$ 我們這次選用的系統為120瓦
因此最佳搭配為12片熱電晶片

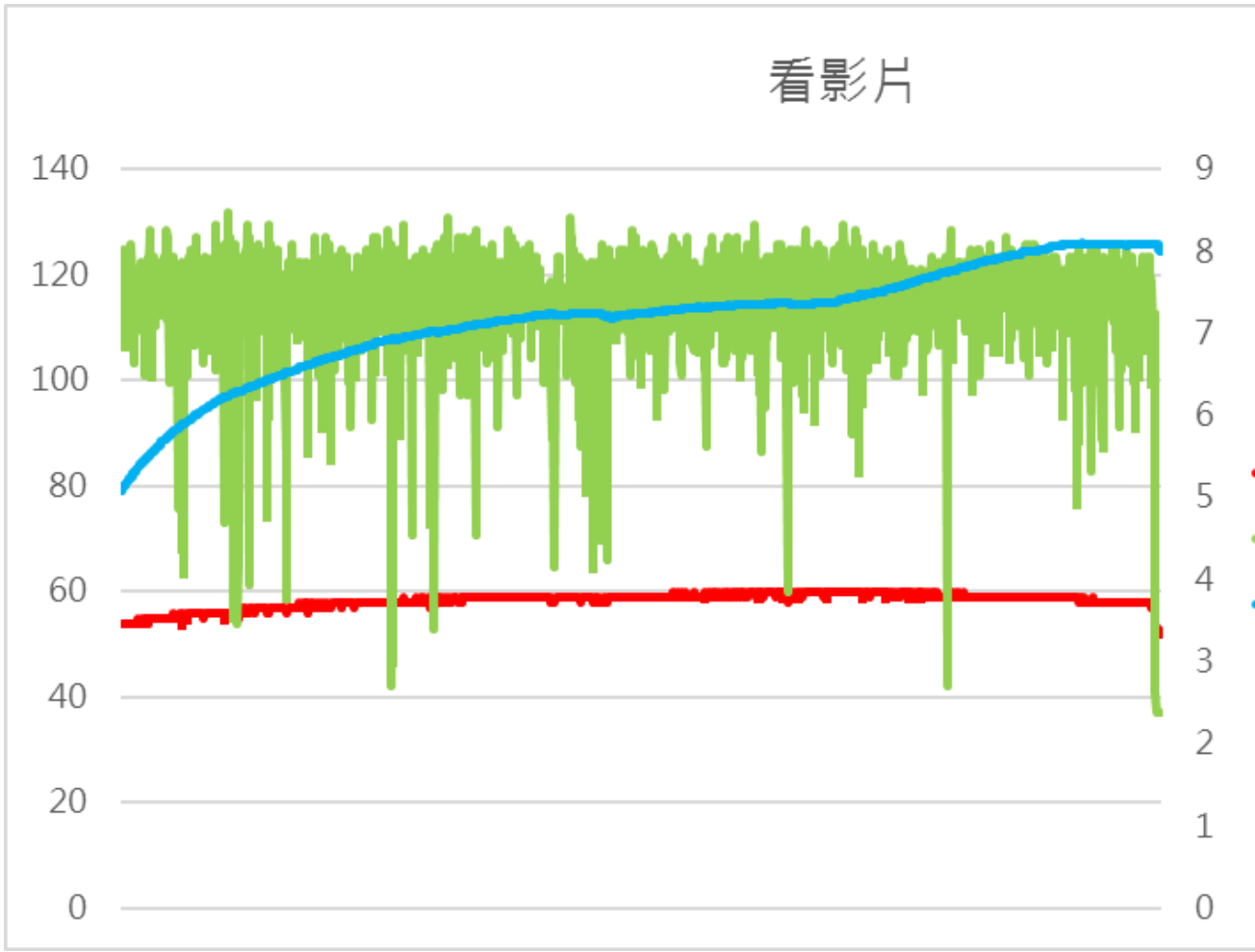


實際測試：

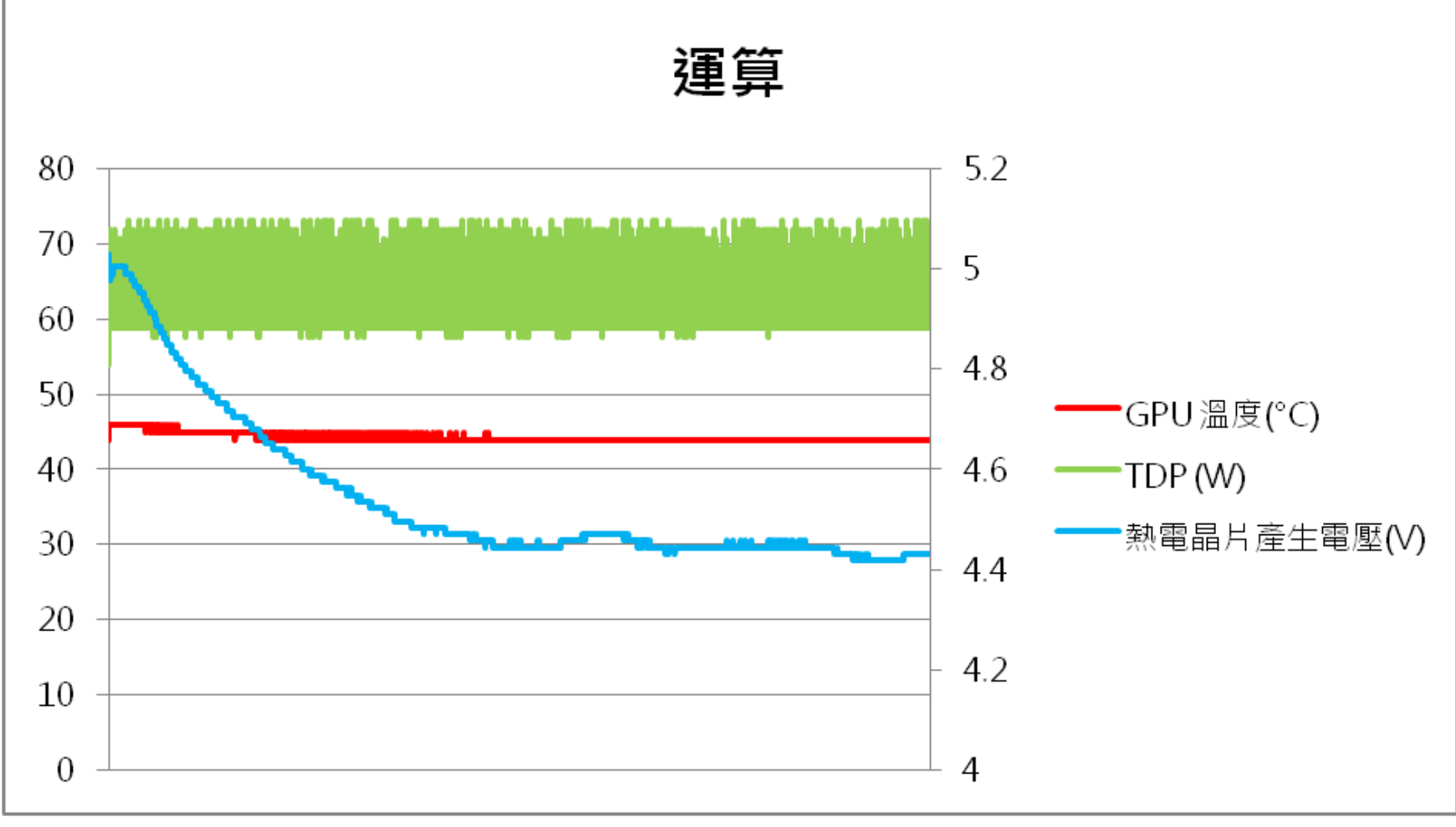
為了能讓我們的研究更貼近生活，我們使用120瓦的設備搭配12片熱電晶片進行實驗，設計了三種不同的工作情況，觀察其能量轉換率



能量轉換率約為12%



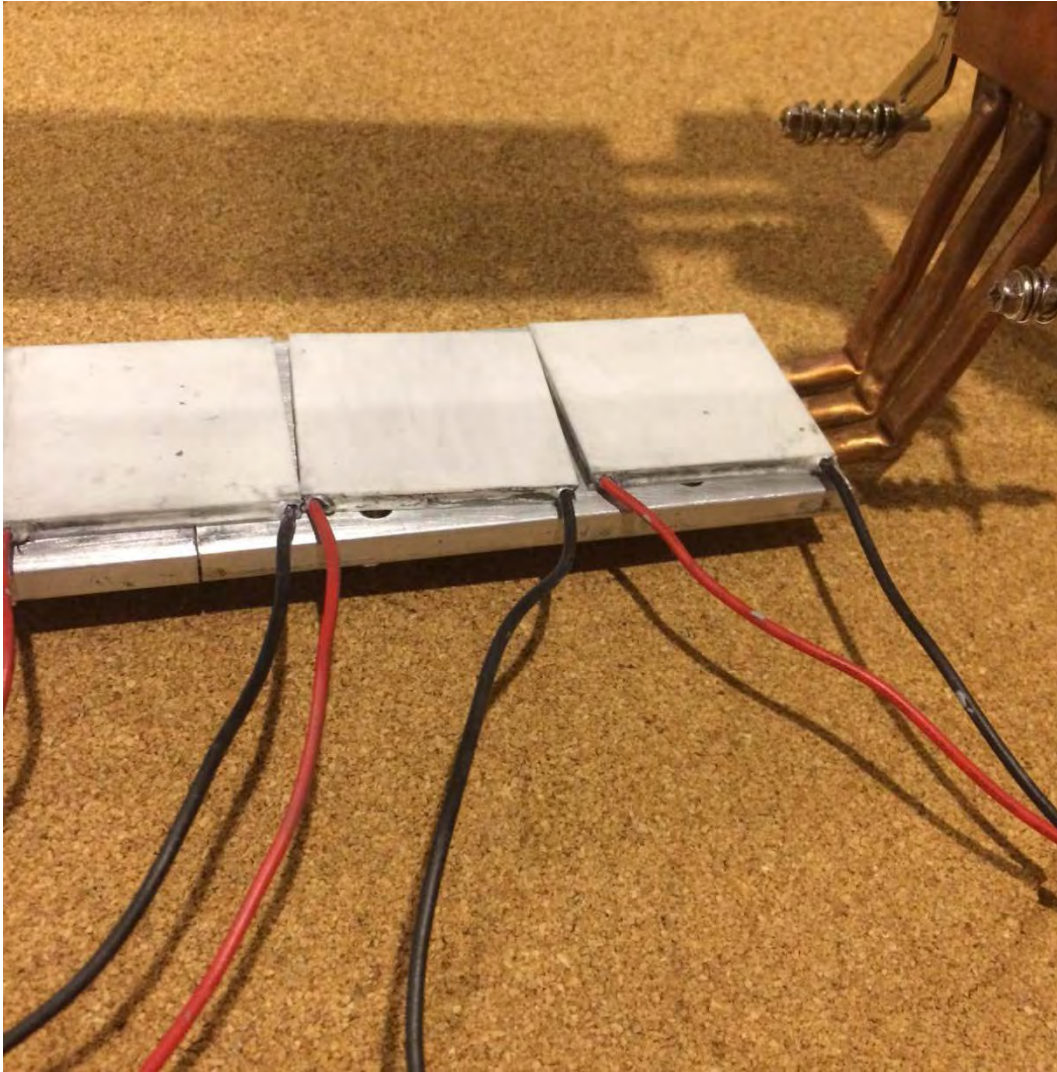
能量轉換率約為10%



能量轉換率約為8%

未來方向：

- 加入導熱管，製成一組混合散熱系統，並比較與水冷系統的差異，進而找出適合混合散熱系統的一套數據
- 將我們的作品規格化，能讓大眾自行組裝運用



混合式系統 優點

成本較低
維護方便
導熱快速，效果立即呈現

雙迴路式系統 優點

升級方便
靈活運用
較混合式組裝方便多元

討論：

在本次研究中，我們遇到了下列兩項問題：

- 熱電晶片導熱速度過快：良好的熱電材料的必要條件之一是其導熱性不佳，使熱能不易留至另一端，造成兩端溫度差降低，而除了更換熱電晶片外，無其他改變材質物理特性的方法，因此我們採取的作法是將熱電晶片的冷端再裝上熱電晶片平面水冷頭，以降低冷端的溫度，也能將多餘的熱更迅速的帶走。
- 環境的控制變因難以掌握：由於我們的系統對於溫度十分敏感，稍微的細節都會影響實驗的結果，即使是冷氣的開與關都會有所改變，因此以空調使房間維持室溫恆定

研究結果：

- 我們的實驗受到很多變因影響，因此我們固定實驗環境為攝氏26度、使用同樣的水量，在最小的變動範圍內收集數據樣本，並調整設備瓦數，得到瓦數與熱電晶片數的最佳搭配。使用120瓦的設備時，使用12片熱電晶片能達到最佳發電效率，產生電壓7V。
- 為了貼近現實生活，我們還加入了實際運用，觀察電腦進行不同工作時能量的轉換率。
- 未來預計加入導熱管的系統進行實驗，評估其優缺，並進行改進。