

耳溫槍性能與準確性之探討

林金生 ■ 台南分局斗六辦事處技士
林文貴 ■ 台南分局斗六辦事處技士

一、前言

體溫是人體的重要生理參數之一，發燒是重要之異常徵狀，尤其疫情發生時，對它的監測變成十分重要。傳統水銀式體溫計量測口溫、腋下溫、肛溫等較為不舒服且會造成環境汙染與誤食中毒，已漸漸淘汰，市場上流行的體溫計改為電子體溫計趨勢，特別是非接觸式紅外線體溫計。92年 SARS 造成大恐慌，人人於公共場所戴口罩記憶猶新，近年流行性感冒、禽流感及伊波拉病毒等疫情肆虐，體溫監控是一般人判斷身體是否發燒的重要依據，而目前大多數體溫檢測，最常用使用的便是「耳溫槍」。

家中備用之耳溫槍準確度會隨著使用情況、時間以及存放環境導致失真，耳溫槍準確度則有待精密儀器加以輔助確認，惟目前耳溫槍非屬於法定應施檢定之度量衡器，民眾對於家中這些器具是否準確多有疑慮？本局特別於 100 年度起至學校單位、行政機關及醫療院所辦理耳溫槍免費檢測服務，教育民眾測量時之正確讀值，減少量測誤差及錯誤判斷。

本文藉至雲林縣各學校及醫療院所免費檢測耳溫槍機會，攜帶檢測儀器黑體爐作檢測，記錄所檢測數據作為後續各品牌及綜合性能與準確性分析。

二、耳溫槍之架構及原理

(一)人體溫度(輻射源)

熱量轉換方式有傳導、對流及輻射，其中輻射是利用光子將能量帶走，亦為本文耳溫槍所利用之紅外線熱感測元件之原理依據。人體的體溫控制中樞-大腦的「下視丘」，是發燒時，體溫最早上升的地方。耳膜與腦部體溫調節中樞共同一條血管，因此耳膜後的溫度，與體溫中心點之溫度類似。耳溫槍利用探測耳膜及周圍組織所發出的紅外線輻射熱量來測量溫度，將耳朵向後拉使耳道變直，

讓耳溫槍可對準耳膜，就能正確測得溫度，發燒是指核心溫度超過攝氏 38 度，為身體一種防禦機制。

凡是熱的物體，只要它不是絕對零度(攝氏零下 273 度)，就都能輻射出看不見的紅外線，人體體溫各部位正常範圍及不同年齡耳溫範圍如下：

腋溫：34.7~37.3°C	0 ~ 2 歲：36.4~38.0°C
口溫：35.5~37.5°C	3 ~10 歲：36.1~37.8°C
肛溫：36.6~38.0°C	11~65 歲：35.9~37.6°C
耳溫：35.8~38.0°C	>65 歲：35.8~37.5°C

人體主要輻射波長約為 $9\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ (Wien 位移律： $\lambda_m T=2897.8 [\mu\text{m} \cdot \text{K}]$)的紅外線波段，紅外線射到物體上最明顯的效果是產生熱，對人體自身輻射紅外線能量的測量便能準確地測定人體表面溫度。

黑體輻射原理：依斯特凡-波茲曼定律 (Stefan-Boltzmann law)： $j^* = \varepsilon \sigma T^4$ [單位： W/cm^2]
(式中 j^* ：一個黑體表面單位面積在單位時間內輻射出的總能量。

ε ：放射率(輻射率)：如皮膚 $\varepsilon \doteq 1$ 。

σ ：Stefan-Boltzmann 常數= $5.6697 \times 10^{-12} [\text{W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}]$

T ：絕對溫度(K)。

(二) 紅外線之應用

光是電磁波的一種，依照使用的特性及波長短概分：無線電波、微波、紅外線、可見光、紫外線、X 射線與 γ 射線。其中紅外線為 1800 年時 William Herschel 測量太陽光線經稜鏡折射後各處所產生的熱發現，波長約從 $0.78\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ ，人體所輻射的遠紅外線光波長，在 $9\sim 10\mu\text{m}$ 範圍內有波峰，可依此特性及溫度範圍製作紅外線溫度計。

(三) 紅外線感測器之種類(圖 1)

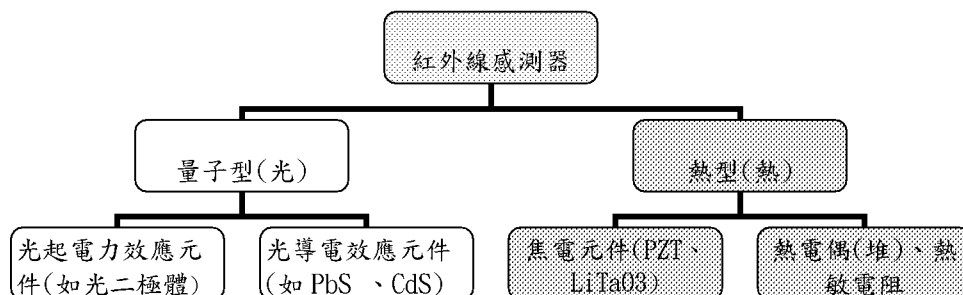


圖 1：紅外線感測器之種類

- 1、量子型感測器(光感測器)：特色是光產生電效應，反應快、高感度、感度對波長依存性大。主要可分為兩種：
 - ①光起電力效應的元件：如光二極體，其原理光電效應元件接受光子撞擊而產生光電流，如電荷耦合型(CCD charge-couple Device)。
 - ②光導電力效應的有硫化鉛電池(PbS cell)與硫化鎘電池(CdS cell)。
- 2、熱型感測器(熱感測器)：為本文研究耳溫槍所利用之感測元件；特色由熱產生電效應，反應較慢、低感度、感度對波長依存性小。熱型感測器主要又可分為二種：焦電元件、熱電堆元件。

(四)耳溫槍結構

- 1、焦電型紅外線耳溫槍(早期設計)(圖 2、圖 3)：應用“焦電效應”特性的感測器。其架構如下：

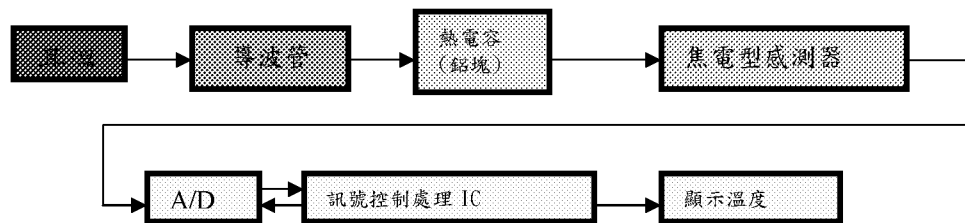


圖 2：焦電型紅外線耳溫槍方塊圖

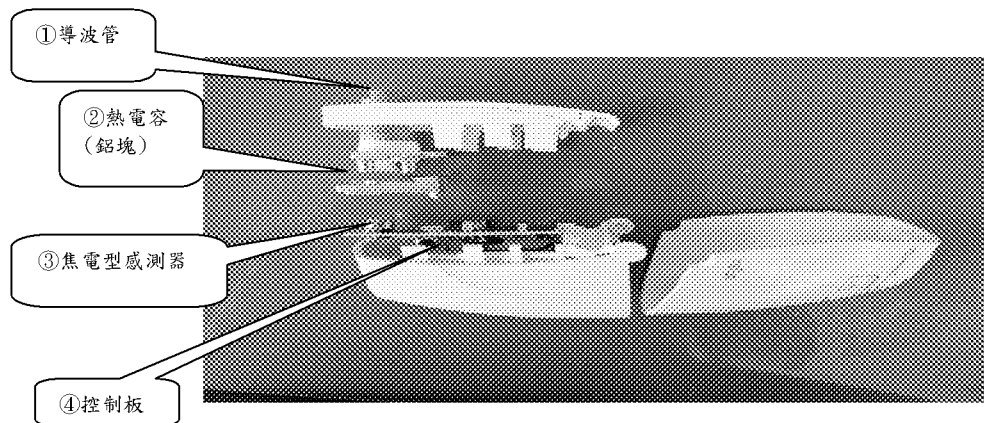


圖 3：焦電型紅外線耳溫槍實體圖

- ①導波管(圖 4)：

為定向溫度測量而設計，導波管內側一般以金屬為材料(如鋁材)，為排除其它光線干擾及不同使用目的，故會在導波管前選擇合適的窗材(光學濾波 filter)用以偵測主要熱源波長，舉例來說耳溫槍是使用7~15 μm

之帶通特性的光學濾波器(窗材)，使能更精確量測熱源溫度。

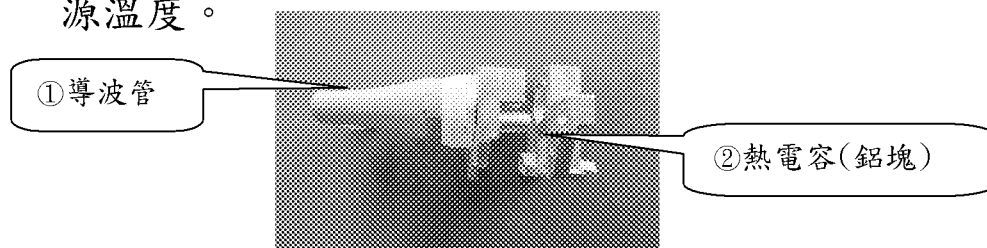


圖4：導波管及熱電容(鋁塊)

②熱電容(鋁塊) (圖4)：

將額定設定時間內之熱能，均勻後(熱平衡)準確測得正確數據，其功能猶如電路學中整流濾波(減少波幅)用之電容器，將設定時間內偵測能量予以平均，以減少因熱源高低非均勻所引起之輻射誤差。

③焦電型感測器(熱起電力) (圖5)：

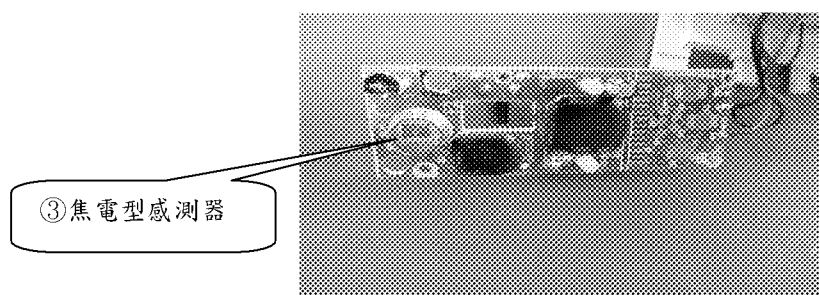


圖5：焦電型感測器

焦電特性的壓電材料，如鋁鈦酸鉛(PZT)、鉍酸鋰(LiTaO₃)等結晶構造會隨溫度變化，其表面電荷會跟著變化的一種基本特性。

當焦電元件表面照射紅外線時，元件表面吸收將此紅外線轉換成熱。溫度上升的結果使原中和狀態的電荷被移出，因而產生表面電荷，此電荷釋出造成電壓輸出，而成為紅外線感測器。其流程如下：

紅外線入射→熱→電荷→電壓輸出

圖6為沒有紅外線照射下之焦電元件表面電荷沒有移動情況；圖7為有紅外線照射下之焦電元件表面電荷有移動情況。

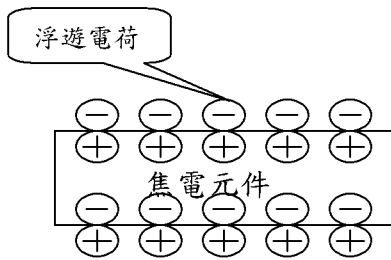


圖 6：電荷無移動狀態

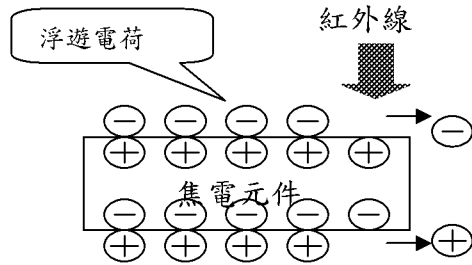


圖 7：照射紅外線電荷移動

④控制線路：

焦電型感測器接受所有熱體所輻射出來的紅外線熱源，源極輸出數mV至數十mV電壓，此類比信號經由A/D轉換，並由控制線路作數據分析及指令下達，如量測時間設定、溫度補償、耳(額)溫測量模式、各式警告訊號…等，檢測程序完成後檢測值顯示於面板上。

2、熱電堆型紅外線耳溫槍(近期設計)：應用熱電偶“熱起電效應”特性的感測器，檢出物體放射出來的紅外線能量轉換成電壓訊號。其架構如圖 8、圖 9：

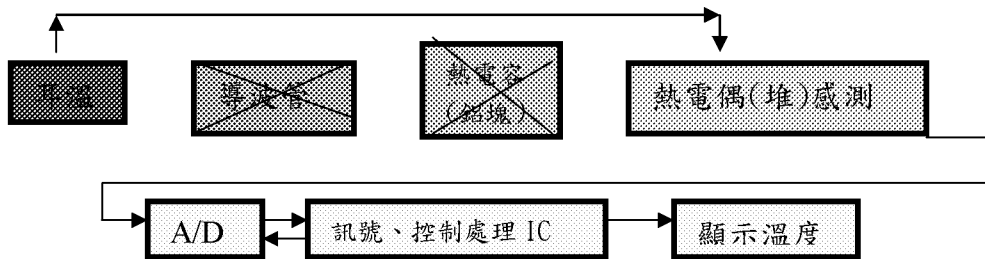


圖 8：熱電堆型紅外線耳溫槍架構方塊圖

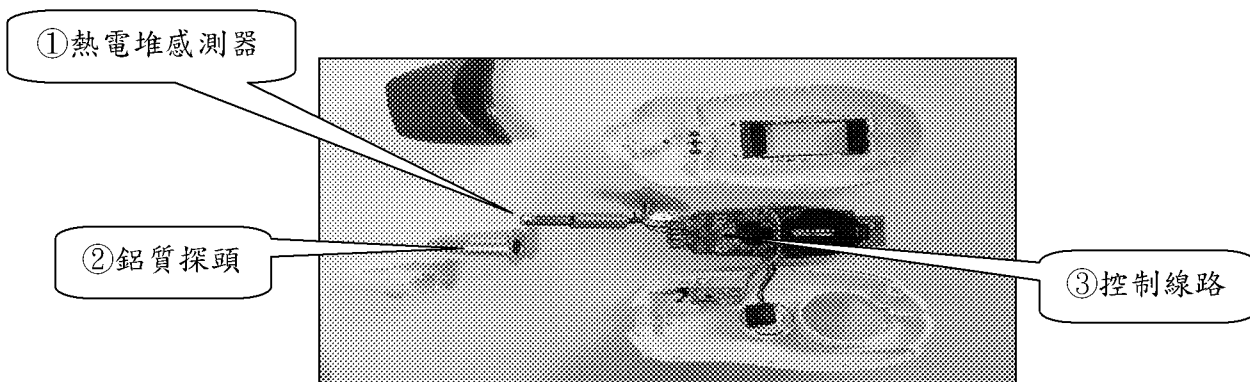


圖 9：熱電堆型紅外線耳溫槍實體圖

①熱電堆測溫感測器(以熱起電力)：熱電堆由數十個~數百個熱電偶串連而成，用以增加感測電壓。

熱電偶是由兩種不同金屬結合成對而成，所以稱為熱電偶或熱電對，此溫度測量不需要外接電源，因金屬二

接點溫度差，能產生毫電壓之轉換，其電壓與兩種不同金屬之溫度差成比例關係。其基本理論依據：

1. 西貝克效應(Seebeck effect) (圖10)：兩種不同金屬線(銅和鐵)，連接成兩個接合點。假如其中一端有熱量，將產生一個電動勢(電流)，其大小與溫度差($T_1 - T_2$)有成正比現象。

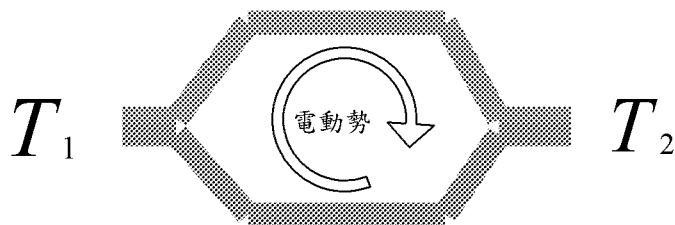


圖 10：西貝克效應(Seebeck effect)

2. 帕提 (Peltire)效應(圖11)：一熱電偶電路，接上電池使電流流過整個迴路，發現接合端有 T_1 、 T_2 不同溫度差。

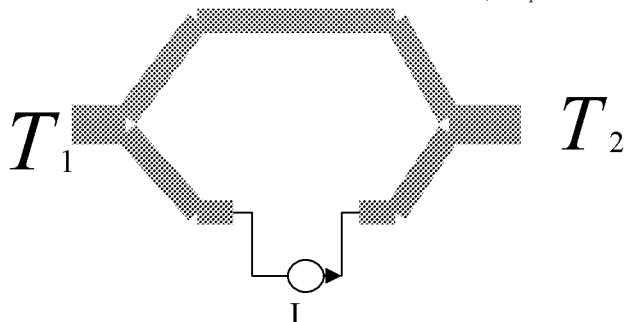


圖 11：帕提(Peltire)效應

3. 湯木生效應(Thomson effect)：假如一個電流流過一溫度梯度，當電流由熱端流到冷端時將會放熱，反之會吸熱。

② 鋁質(金屬為主)探頭：

為定向溫度測量而設計，除作為感測器保護外套，減少外界非輻射源對感測器干擾，使感測器針對耳溫輻射源準確偵測。

③ 控制線路

大致與前述類似。

三、執行方式

檢測主要設備(圖 12)：①黑體爐：何謂黑體？為 1860 年 Kirchhoff 發現熱良好吸收體即為良好放射體，為完全

的吸收體-亦即完全(理想)的放射體、黑體爐依此原理設計、②測試紀錄表、③清潔探頭工具、④標貼、⑤雜項。

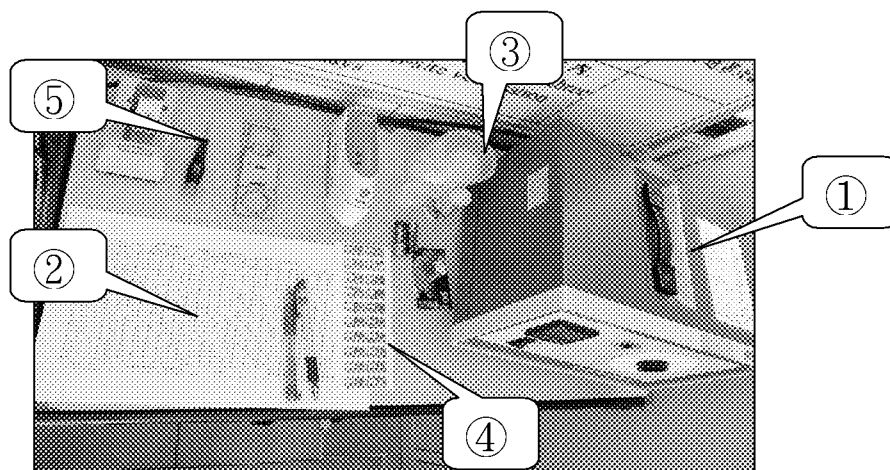


圖 12：檢測設備

主要檢測對象為雲林縣學校，黑體爐測量點設定發燒溫度(設定值 38.0°C)，其量測流程概述如下：

- a、流程一：清潔(棉花棒+酒精)耳溫槍探頭，連續測量三次記錄之。
- b、流程二：
 - 步驟一：清潔耳溫槍探頭前連續檢測三次記錄之。
 - 步驟二：清潔耳溫槍探頭後連續測量三次記錄之。
- c、流程三：調整黑體爐溫度由 35.5°C ~ 38.2°C (約人體溫度範圍)，檢測各品牌測量值，檢視其線性反應曲線。
- d、流程四：探頭以各種不同角度(偏上、下、左、右)置入黑體爐檢測孔，檢視結果是否受置入角度影響檢測值。
- f、流程五：探頭以各種不同深度置入黑體爐檢測孔，並記錄之，檢視探頭與黑體爐偵測孔距離的影響。
- g、流程六：部分品牌耳溫槍裝有耳套及耳套感測鈕設計，耳套目的基於防範測量時學生交叉感染，本流程檢視耳套對檢測值影響。
- h、流程七：相同耳溫槍、不同人員檢測記錄，比較測量值是否會因人而異。
- j、流程八：將耳溫槍置於黑體爐(38.0°C)檢測孔，時間分別為 0.5 分鐘、1 分鐘…2.0 分鐘後，檢視其量測值。

四、統計分析

以隨機誤差並依據常態分配，在同一條件下對某一設定值為 x_0 的量進行 n 次測量，測得值分別為 x_1 、 x_2 ... x_n ，則各測得值出現機率分佈函數為：

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-x_0}{\sigma}\right)^2\right\}}$$

誤差 $\delta = x - x_0$ 。（式中 x_0 = 設定值（本文為黑體爐設定溫度 38°C ））；上式機率分佈函數為

$$f(\delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\delta}{\sigma}\right)^2\right\}}$$

常態分佈的誤差曲線下的全部面積，相當於全部誤差出現總機率，亦即

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(\delta) d\delta = \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\delta}{\sigma}\right)^2\right\}} d\delta = 1$$

而隨機誤差機率在 $[-\delta, +\delta]$ 範圍內出現的機率為

$$P(\pm\delta) = \int_{-\delta}^{\delta} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{\delta}{\sigma}\right)^2\right\}} d\delta = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 2\varphi(t)$$

$$(\because t = \delta / \sigma \Rightarrow dt / d\delta = 1 / \sigma \Rightarrow d\delta = \sigma dt)$$

$$\text{即 } \varphi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$\text{(式中 } \sigma \text{ (標準差)} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2}$$

$$t = \delta / \sigma = (x - x_0) / \sigma : \text{置信係數}$$

在常態分佈的假設下

查 $t_{\alpha, \nu}$ 分佈表(式中 $(1-\alpha)$: 信賴區間、 ν : 自由度)

(一) 流程一檢測結果分析：清潔耳溫槍探頭，之後連續測量三次記錄平均值，依各廠牌分析如下：

A. 品牌 A：樣本數有 77 支

σ (標準差)=0.1634

(式中 $x_0=38.0^\circ\text{C}$)

(1) 當設定 $x=38.2^\circ\text{C}$ (即器差= $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以內) 時

$$\Rightarrow t = \frac{(x - x_0)}{\sigma} = (38.2 - 38.0) / 0.1634 = 1.224 \Rightarrow \text{查 } t \text{ 分佈表}$$

\Rightarrow 信賴區間(機率) $(1-\alpha)=0.715$ 、自由度 77

\Rightarrow 表示該耳溫槍測量(設定值= 38.0°C)結果準確度介於 $37.8^\circ\text{C} \sim 38.2^\circ\text{C}$ 之信賴區間(機率) 71.5%；

(2) 當設定 $x=38.3^\circ\text{C}$ (即器差= $\pm 0.3^\circ\text{C}$ 以內) 時

$$\Rightarrow t = \frac{(x - x_0)}{\sigma} = (38.3 - 38.0) / 0.1634 = 1.836 \Rightarrow \text{查 } t \text{ 分佈表}$$

\Rightarrow 信賴區間(機率)=0.92、自由度 77

\Rightarrow 表示該耳溫槍測量(設定值= 38.0°C)結果準確度介於 $37.7^\circ\text{C} \sim 38.3^\circ\text{C}$ 之信賴區間(機率) 92%；

(3) 當設定 $x=38.4^\circ\text{C}$ (即器差= $\pm 0.4^\circ\text{C}$ 以內) 時

$$\Rightarrow t = \frac{(x - x_0)}{\sigma} = (38.4 - 38.0) / 0.1634 = 2.447 \Rightarrow \text{查 } t \text{ 分佈表}$$

\Rightarrow 信賴區間(機率) $(1-\alpha)=0.974$ 、自由度 77

\Rightarrow 表示該耳溫槍測量(設定值= 37.9°C)結果準確度介於 $37.6^\circ\text{C} \sim 38.4^\circ\text{C}$ 之信賴區間(機率) 97.42%。

B. 品牌 B：樣本數有 313 支

σ (標準差)=0.36

(式中 $x_0=38.0^\circ\text{C}$)

(1) 當設定 $x=38.5^\circ\text{C}$ (即器差= $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 以內) 時

$$\Rightarrow t = \frac{(x - x_0)}{\sigma} = (38.5 - 38.0) / 0.36 = 1.387 \Rightarrow \text{查 } t \text{ 分佈表}$$

\Rightarrow 信賴區間(機率) $(1-\alpha)=0.78$ 、自由度 313

\Rightarrow 表示該耳溫槍測量(設定值= 38.0°C)結果準確度介於

37.5°C~38.5°C之信賴區間(機率) 78%，不甚理想。

⇒ 由於統計 313 支檢測平均值 38.27°C，因此建議將此牌耳溫槍測量值導入偏差值-0.3°C(因平均值 38.27°C-設定值 38.0°C=0.3°C)，重新分析如下：

σ (標準差)=0.179

(式中 x_i =檢測值-0.3°C； x_0 =38.0°C)

(2)當設定 $x=38.4$ °C(即器差=±0.4°C以內)時

⇒ $t = \frac{(x-x_0)}{\sigma} = (38.4-38.0)/0.179=2.232$ ⇒ 查 t 分佈表

⇒ 信賴區間(機率) ($1-\alpha$)=0.9614、自由度 313

⇒ 表示該耳溫槍測量(設定值=38.0°C)結果準確度介於 37.6°C~38.4°C之信賴區間(機率) 96.14%，更高可信度。

下列品牌由於數量少，且因樣品不合格率偏高，故僅簡易分析僅供參考：

C. 品牌 C：樣本數有 33 支，不合格數 16 支(器差超過 0.5°C)，就剩餘 17 支統計其標準差(σ)=0.21°C。

D. 品牌 D：樣本數 34 支，不合格數 15 支，剩餘 19 支統計其標準差(σ)=0.29°C。

E. 品牌 E：樣本數有 16 支，不合格數 7 支，剩餘 9 支統計其標準差(σ)=0.38°C。

(二)流程二檢測結果分析：比較耳溫槍清潔前後之器差，樣本數有 330 支，其中測量值清潔前後相差超過 0.5°C 數 15 支，整體清潔前後(清潔後-清潔前)標準差(σ)=0.296°C，表示保持探頭乾淨之影響程度。

(三)流程三檢測結果分析：調整黑體爐溫度由 35.5°C~38.2°C(約人體溫度範圍)，檢測各品牌(選取於 38°C 測量值器差小於 0.5°C 之正常耳溫槍 1~3 支)於不同溫度下紀錄量測值，檢視其線性反應曲線。依 EXCEL 趨勢圖分析線性方程是找出判定係數 $R^2=1-ssresid$ (殘差平方和)/ $sstotal$ (總平方和) [式中 $ssresid=\sum (y_i^2-x_i^2)$ ；

$sstotal = \sum (x_i^2 - \bar{x}^2)$ ， R^2 愈趨近 1 表示其線性性質更明顯，計有 6 種品牌概數值 R^2 值如下：

1. A (廠牌)/A (型號)/A-1 (器號)： $R^2=0.9291$
A (廠牌)/A (型號)/A-2 (器號)： $R^2=0.9115$
取其中平均值 $R^2=0.9203$
2. B (廠牌)/B (型號)/B-1(器號)： $R^2=0.8426$
B (廠牌)/B (型號)/B-2(器號)： $R^2=0.9426$
取其平均值 $R^2=0.8599$
3. C (廠牌)/C (型號)/C-1(器號)： $R^2=0.948$
C (廠牌)/C (型號)/C-2(器號)： $R^2=0.9644$
取其中平均值 $R^2=0.9503$
4. D (廠牌)/D (型號)/D-2(器號)： $R^2=0.9238$
D (廠牌)/D (型號)/D-3(器號)： $R^2=0.9593$
取其平均值 $R^2=0.9416$
5. F (廠牌)/F (型號)/F-1(器號)： $R^2=0.4412$
F (廠牌)/F (型號)/F-2(器號)： $R^2=0.7404$
取其平均值 $R^2=0.4375$
6. B (廠牌)/4 (型號)/--： $R^2=0.9908$

判定係數 R^2 依使用者準確度要求而定允收標準，上述項次 6 表示線性特性最佳，於量測 $35.5^{\circ}\text{C} \sim 38.2^{\circ}\text{C}$ 範圍內其準確度高，反之項次 5 線性特性不理想，於量測 $35.5^{\circ}\text{C} \sim 38.2^{\circ}\text{C}$ 範圍量測可能某些點準確，某些點誤差大，或整體準確度較低。

(四) 流程四檢測結果分析：探頭以各種不同角度(偏上、下、左、右)置入黑體爐檢測孔，並記錄器差，檢視結果是否受置入角度影響檢測值(表 1)。

表 1：各種不同置入角度檢測值

品牌/型號/器號	標準值 (°C)	正常 角度	偏左	偏右	偏上	偏下
S/T/2071	38.0	38.4	38.5	38.5	38.5	38.5
S/T/2230	38.0	38.5	38.4	38.4	38.5	38.4
S/T/2146	38.0	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5
B/I/--	38.0	38.2	38.3	38.2	38.2	38.2

由上表得知只要耳溫槍探頭貼近黑體爐偵測孔，放置角度檢測結果誤差小於 0.1°C，影響不大。

(五)流程五檢測結果分析：探頭以各種不同深度置入黑體爐檢測孔，並記錄之(表 2)，檢視探頭與黑體爐偵測孔距離影響。

表 2：各種不同深度置入黑體爐檢測值

品牌/型號/器號	標準值 (°C)	正常位置 量測值	外移 0.5cm 量測值	外移 1.0cm 量測值	外移 1.5cm 量測值	外移 2.0cm 量測值	外移 2.5cm 量測值	探頭 長度
A/T/1211	38.0	38.8	38.6	38.5	37.4	36.3	35.9	2.2cm
B/m/0076	38.0	37.7	37.7	37.6	35.0	34.0	-	2.3cm
C/4/0066	38.0	38.1	37.8	37.6	35.1	-	34.1	2.5cm
C/4/0086	38.0	37.6	37.5	37.5	37.4	37.2	34.1	2.5cm
C/4/0311	38.0	37.9	37.9	37.8	37.8	36.2	34.3	2.5cm
D/--/0263	38.0	38.4	38.2	38.2	37.6	35.1	--	2.0cm

由上數據顯示少部分移出 0.5cm 時檢測值漸受影響(下降 0~0.2°C)，移出 1.0cm 時檢測值影響(下降 0.1~0.5°C)，移出 1.5cm 時檢測值部分劇減(下降 0.2~3.0°C)，移出 2.0cm 時檢測值均超過 0.5°C 以上。感測元件離黑體爐恆溫空間愈遠，檢測值呈現更大器差。

(六)流程六檢測結果分析：部分耳溫槍設計裝有耳套及耳套感測鈕，耳套設計目的基於防範測量時交叉感染(使用時請依原廠說明是否配備耳套)，本流程檢視原廠設計於有耳套之檢測值，另當去除耳套及雙層耳套對檢測值(表 3)影響大小。

表 3：正常配備單層耳套及於無耳套、雙層耳套檢測值

品牌/型號/器號	標準值(°C)	器示值(單層耳套)				器差	器示值(無耳套)				器差	雙層耳套				器差
		第1次	第2次	第3次	平均值		第1次	第2次	第3次	平均值		第1次	第2次	第3次	平均值	
B / 4/054	38.0	37.8	37.8	37.8	37.8	-0.2	38.9	38.9	38.9	38.9	0.9	37.0	37.0	37.0	37.0	-1
B/ 4/085	38.0	38.1	38.1	38.1	38.1	0.1	39.3	39.3	39.3	39.3	1.3	37.0	37.1	37	37.1	-0.9
B / 4/066	38.0	37.5	37.6	37.6	37.6	-0.4	38.8	38.9	38.8	38.8	0.8	36.7	36.7	36.7	36.7	-1.3
B / 4/311	38.0	37.9	37.9	37.9	37.9	-0.1	39.2	39.2	39.2	39.2	1.2	37.1	37.1	37.1	37.1	-0.9
B / 4/078	38.0	38.1	38.1	38.1	38.1	0.1	39.4	39.4	39.4	39.4	1.4	37.2	37.2	37.2	37.2	-0.8
B / 4/教-1	38.0	37.9	37.9	37.9	37.9	-0.1	39.1	39.2	39.1	39.1	1.1	-	-	-	-	-
B / 4/教-2	38.0	38.1	38.1	38.1	38.1	0.1	39.4	39.4	39.4	39.4	1.4	37.3	37.3	37.3	37.3	-0.7
B / 4/083	38.0	37.9	37.9	37.9	37.9	-0.1	39.3	39.3	39.3	39.3	1.3	36.9	36.9	36.9	36.9	-1.1
B / 4/088	38.0	37.9	37.9	37.9	37.9	-0.1	39.2	39.2	39.2	39.2	1.2	-	-	-	-	-

檢測結果若去除耳套平均檢測值比單層耳套高 1.25°C，雙層耳套平均檢測值比單層耳套低 0.9°C，可見耳套影響檢測重要因素，另應注意維持耳套清潔並避免與其他品牌之間(厚度及材質不同)互相使用。

(七)流程七檢測結果分析：相同耳溫槍、不同人員檢測紀錄，比較因人而異檢測差異值。計有 35 支不同廠牌之耳溫槍由 A、B 不同人員檢測每支重複三次，記錄平均值，與設定值(38.0°C)器差分別為 V_A 、 V_B 。分析如下：

$$\sigma(\text{標準差}) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2} = 0.103$$

(式中 $x_i = V_A - V_B$ 、 $x_0 = 0^\circ\text{C}$)

(1)當設定 $x = 0.2^\circ\text{C}$

$$\Rightarrow t = \frac{(x - x_0)}{\sigma} = (0.2 - 0.0) / 0.103 = 1.945 \Rightarrow \text{查 } t \text{ 分佈表}$$

\Rightarrow 信賴區間(機率) = 0.94、自由度 35

\Rightarrow 表示二人於差異 0.2°C 內檢測結果之信賴區間(機率)為 94%。亦即二不同人員檢測 38.0°C 之標準溫度，檢測值器差小於 0.2°C 之機率為 94%，接近 95% 之信賴區間，表示二不同人員檢測差異為「可接受程度」。

(八)流程八檢測結果分析：將耳溫槍置於黑體爐(設定值 38.0℃) 檢測孔時間分別為 0.5 分鐘後檢測、1 分鐘後檢測、…2.0 分鐘後檢測，檢視其檢測值(表 4)。

表 4：耳溫槍置入檢測孔不同時間後檢測值

耳溫槍置入檢測孔不同時間後檢測紀錄表						
品牌/型號 /器號	標準值 (°C)	正常 檢測值	置入檢測孔 0.5 分鐘 檢測值	置入檢測孔 1.0 分鐘 檢測值	置入檢測孔 1.5 分鐘 檢測值	置入檢測孔 2.0 分鐘 檢測值
S/T/0024	38.0	38.2	38.3	38.3	38.3	38.2
S/T/2309	38.0	38.4	38.5	38.5	38.5	38.5
S/T/0605	38.0	38.5	38.5	38.5	38.5	38.5
S/T/2146	38.0	38.3	38.2	38.2	38.3	38.3

分析其結果將探頭置於設定值為 38.0℃ 黑體爐分別約 0.5~2.0 分鐘，器差均為 0.1℃ 以內，可見耳溫槍良好溫度補償控制，該品牌(S)檢測時不用擔心耳溫槍放置檢測孔過久問題。

六、檢討與建議

- (一)依據統計學學理、常態分配、95%信賴區間、耳溫槍結構設計與實務研究分析，發現耳溫槍器差超過 0.5℃，即器示值 $\geq 38.5^\circ\text{C}$ 或 $\leq 37.5^\circ\text{C}$ 均表示此耳溫槍已異常，應予送修或更換，不建議繼續使用。
- (二)本次研究發現，「熱電堆型紅外線耳溫槍」(近期設計)為應用熱電偶“熱起電效應”特性的感測器，其準確性較「焦電型紅外線耳溫槍」(早期設計)佳，建議家中屬舊機型換新，以確保體溫量測之準確度。
- (三)本研究檢測樣本計 490 支耳溫槍，其結果顯示，器差 0.5℃ 以上設備計 53 支(佔約 11%)，顯示耳溫槍維護不當或老化，造成儀器無法量測或量測不準之比率高，極易造成防疫漏洞。
- (四)比較耳溫槍清潔前後 330 支樣本之誤差，其中測量值清潔前後相差超過 0.5℃ 數 15 支，達近 5%，顯示量測前若不清潔耳溫槍，約百分之五之設備器差可能嚴重誤判，故量測前耳溫槍之清潔非常重要。

- (五) 檢測探頭以各種不同深度置入黑體爐檢測孔溫度之影響，確認探頭移開 1 公分器差可能超過 -0.5°C ，因此檢測時應將探頭置入黑體爐中量測，以確保溫度之準確性。
- (六) 本文有些品牌並未表列設備黑體爐 38°C 時需導入偏差值，是否造成傳遞錯誤資料給使用者，有待釐清及確認。
- (七) 以油性細字筆將檢測數據寫於標貼上，由於易受各項原因使字跡模糊(圖 13)，失去檢測目的，建議以透明膠帶貼上以保護字跡清晰。

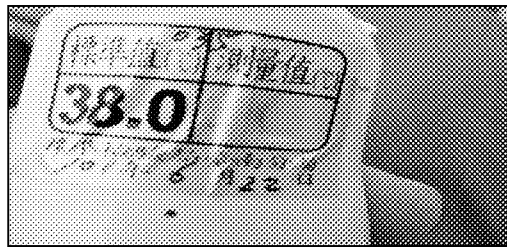


圖 13：標貼字跡模糊

- (八) 為節省開機時間，穿梭於各學校時使用 UPS(不斷電供應器)供黑體爐使用，因該設備未經振動測試，是否於車上使用應再評估，以防儀器故障。
- (九) 部分機型設計兼具額、耳溫兩用槍，使用同一感測元件，部分品牌檢測探頭靠近黑體爐時，額溫槍模式鈕會被誤觸，導致測量耳溫卻是額溫模式，將造成近 1°C 誤差，檢測耳溫時留意是否碰觸及額溫鈕。

七、結論

隨科技進步耳溫槍感測元件更趨成熟穩定，控制線路及晶片克服許多如環境溫度等誤差因素，準確度及穩定性已無庸置疑，加以全球地球村及航空業發達，縮短國與國之間距離，使得任何疾病都無可置身事外，民眾宜選擇可靠廠牌、正確量測方法，體溫是一般人判斷身體是否發燒的重要數據，非接觸型體溫計更顯重要，建議家裡配備一支不錯耳溫槍(2000~3000元)以備不時之需。

八、參考資料

- (一) 王中宇 溫坤禮 葛樂矣，2008，測量誤差分析與數據處理，五南圖書出版股份有限公司，台北。
- (二) 紅外線技術研究會編 賴耿陽編譯，2001，紅外線工學基礎應用，台灣復文興業股份有限公司，台南。
- (三) 陳福春，2013，感測器，全華圖書股份有限公司，新竹市。
- (四) 谷腰欣司原著 趙中興編譯，2006，感測器，全華圖書股份有限公司，台北。
- (五) 豪展使用說明書
- (六) SCAN 使用說明書
- (七) CLEVER 使用說明書
- (八) FORA 使用說明書
- (九) 百靈使用說明書