

工業配線能力本位訓練教材 溫度控制器的認識

編號：PEW-EIW0315

編著者：彭錦銅

審稿者：陳繁興

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

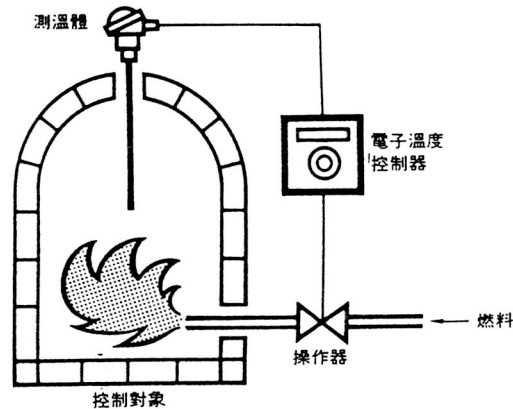
單元 PEW-EIW0315 學習指引

當你學習本單元之前，你應該先行熟悉電路符號、電學基本原理、基本電子學原理。假如你已完全熟悉上述工作，請翻到第 2 頁開始學習；假如自認不太熟悉上述工作，請按下述指示進行學習：

- (1)你對上述工作全部都不熟悉，請將本教材放回原位，並取出編號 PEW-EIW0101 教材開始學習或去請教你的老師。
- (2)你對電學基本原理不太熟悉，請參閱學科基本電學教材或去請教你的老師。
- (3)你對基本電子學原理不太熟悉，請參閱電子類教材或去請教你的老師。

引言

溫度控制在工業控制應用非常廣泛，舉凡窯業(陶磁、玻璃製造)、熱處理、大型工業乾燥設備、食品加工以及各種需要恆溫控制的設備均可發現它的使用蹤跡。溫度控制的構成如下圖，包含三部分：測溫體、操作器、電子溫度控制器。



(1)測溫體：

溫度感測的主要元件，它把溫度變換成電氣信號，用管子保護安置於想保持恆定溫度的部位。。

(2)操作器：

使爐、箱加熱或冷卻設備動作的電磁開關、電磁閥等元件。

(3)電子溫度控制器：

接受測溫體的電氣信號，並和目標值進行比較，然後向操作器輸出控制信號的元件。電子溫度控制器內若有大容量的電磁電驛，可兼具操作器的功能。

溫度控制器的種類有很多，從經濟型、超小型至高功能型、系統型，產品應有盡有，可依實際需求選用。新型的數位式溫度控制器，內含微處理器元件，可做各種不同的功能設定，應用範圍較廣，使用比較方便。

定義

(略)

學習目標

- 一、不使用參考資料，你能以自己的話正確地說明測溫體檢測元件的種類與工作原理。
- 二、不使用參考資料，你能以自己的話正確地說明溫度控制的工作方法。
- 三、給你測溫器、溫度控制器及應用測試迴路接線圖，你能在 20 分鐘內運用相關器材正確地做出功能測試。

學習活動

本教材的學習活動分兩部份：(1)相關知識 (2)實際應用測試。在應用測試之前，我們必須學習測溫體有關之檢測原理及溫度控制方法，你可以由兩個途徑中選擇一個途徑去學習。

一、閱讀本教材第 5 頁至第 18 頁。

二、閱讀 OMRON 公司溫度開關綜合型錄。P.22~P.28、P.198~P.217。

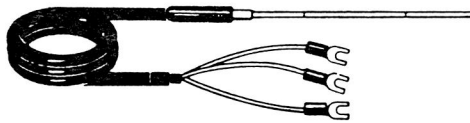
本教材的第一個學習目標是：

不使用參考資料，你能以自己的話正確地說明測溫體檢測元件的種類與工作原理。

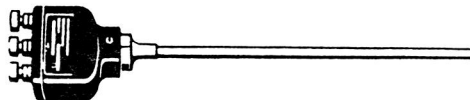
測溫體檢測元件的種類與工作原理：

測溫體常用的檢測元件有熱電偶、白金測溫電阻體、熱敏電阻，外部加有保護管，依引線方式不同通常分成導線直出型、端子露出型、端子內藏型三種包裝。

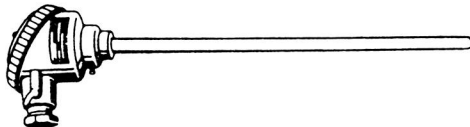
□導線直出型



□端子露出型



□端子內藏型



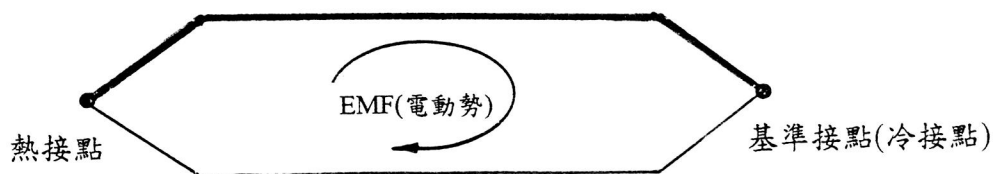
一、熱電偶

(一)構造：由二種不同的金屬尖端焊接製成如下圖。

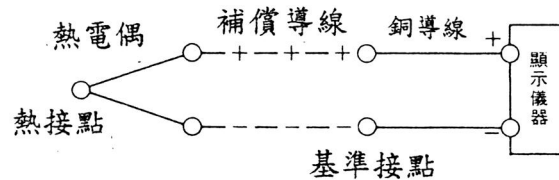


(二)工作原理：

- 1.利用相異兩種金屬回路上，兩處的接合部(分別稱熱接點、基準接點)溫度不同時，會產生對應熱電動勢，這種現象稱為席白克效應。熱電偶利用此熱電動勢產生的電流計測高溫。



2.在熱電偶回路中插入第三種金屬(如接上儀器)，只要它的兩端連接點溫度相同，不致影響原來測量數值。基準接點通常都裝在指示或控制儀器內，爲了避免接線電阻受溫度影響造成測量誤差，連接指示或控制儀器使用與熱電偶材值完全相同或熱電特性極類似的補償導線連接。

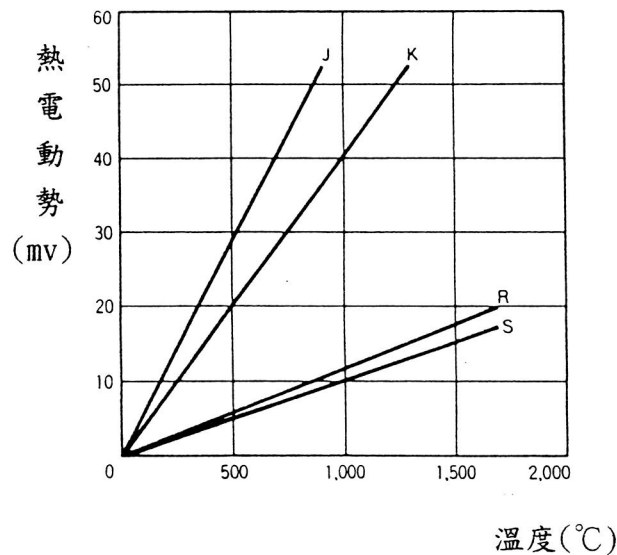


(三)規格種類：

依日本工業規格協會(JIS)規定，熱電偶主要規格有：

構成材料記號	舊記號	測定溫度	等級	允許誤差
R	PR	0°C~1,600°C	0.25 級	±1.5°C 或測定值的±0.25%
S				
K	CA	0°C~1,200°C	0.75 級	±2.5°C 或測定值的±0.75%
J	IC	0°C~750°C	0.75 級	±2.5°C 或測定值的±0.75%

熱電動勢表

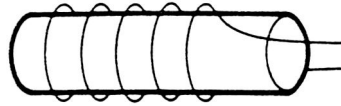


(四)優點：能測小地方的溫度、熱反應快、耐振動、能測高溫。

(五)缺點：變化率小、以溫差方式檢測故需修正冷接點溫度。

二、白金測溫電阻體

(一)構造：在雲母、陶瓷管上纏繞細長的白金導線。

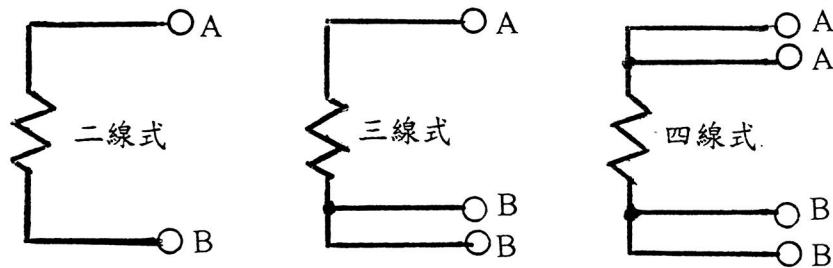


(二)工作原理

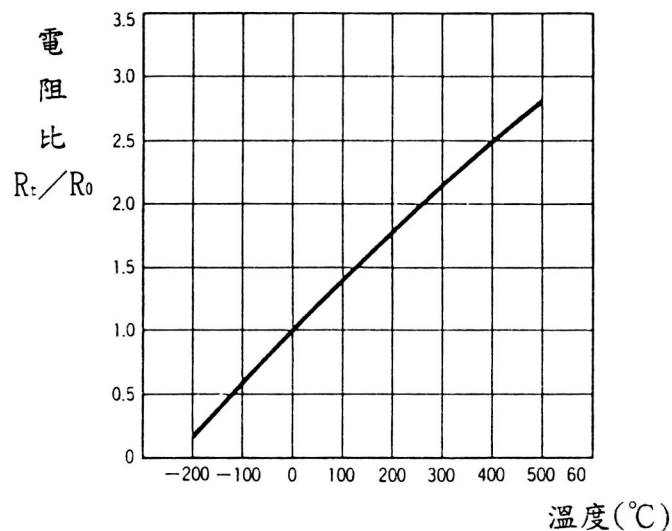
導線電阻值會受到週圍溫度變化影響，溫度升高時電阻變大，溫度降低時電阻變小。因此可以利用導線電阻值反向推算溫度數值，利用這種方法計測溫度的元件稱電阻式溫度偵測器(RTD)。有很多種金屬均可製造此類元件，其中以白金(Pt)穩定性高，最常使用。

(三)規格

Pt100 是指 0°C 時電阻值為 100Ω 的白金測溫電阻體，引線有二線式、三線式、四線式三種，一般為了減低連接線電阻的影響，通常使用三線式，最理想的防止誤差配線方式為四線式。



Pt100 的電阻溫度特性如下圖：

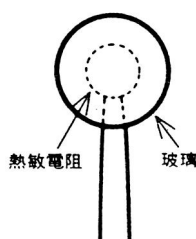


(四)優點：精度好、穩定。

(五)缺點：昂貴、熱反應慢、不耐振動、無法測量高溫(一般為 300°C 以下)。

三、熱敏電阻(THERMISTOR)

(一)構造：珠狀熱敏電阻以玻璃封裝。



(二)工作原理

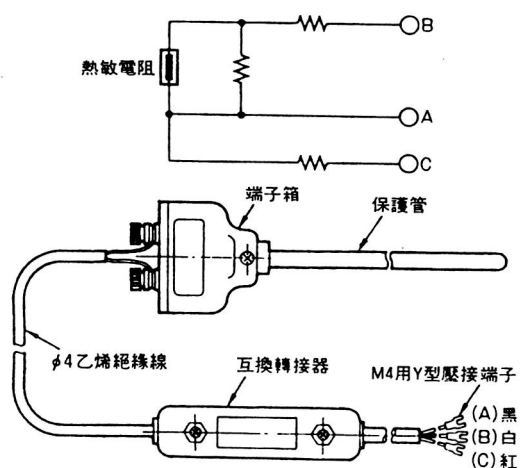
熱敏電阻是個具有很大負溫度系數的元件，也就是溫度上升時它的電阻值會下降，利用電阻值降低數量可以推算出溫度數值。

(三)規格種類

根據回路方式不同有比率式及元件互換式兩種：

1.比率式

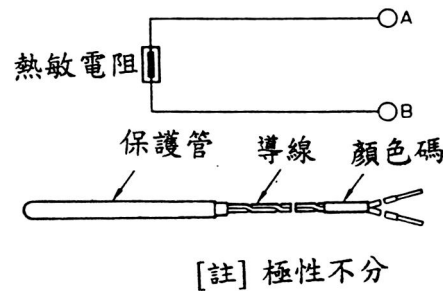
(1)由於檢測部使用珠狀熱敏電阻，溫度特性並非線性，適合量測溫度之範圍很窄，係屬於分散特性不具互換性，加上電阻回路(互換轉接器)來修正元件特性的偏差，使其具有互換性，加大量測溫度範圍。



(2)有多種測溫範圍可供選擇(如： $-50\sim+50^{\circ}\text{C}$ 、 $0\sim100^{\circ}\text{C}$ 、 $50\sim150^{\circ}\text{C}$ 、 $100\sim250^{\circ}\text{C}$ 、 $150\sim300^{\circ}\text{C}$ 等)。熱敏電阻測溫體的保護管和互換轉接器應以同一型號做為一組加以使用。

2. 元件互換式

(1) 由於檢測部使用珠狀熱敏電阻，溫度特性並非線性，適合量測溫度之範圍很窄，係屬於分散特性不具互換性。選擇額定阻抗值及熱敏電阻常數 B 的熱敏電阻元件，使二個串聯或並聯組合使用，以彌補其特性分散的缺點，使其具有互換性，加大量測溫度範圍。



(2) 測溫範圍如下表，可由測溫體引線上顏色碼直接區分。

溫度範圍	顏色碼	額定電阻值	熱敏電阻常數
-50~+50°C	藍	6K Ω (0°C)	3390K
0~100°C	黑	6K Ω (0°C)	3390K
50~150°C	紅	0.55K Ω (2000°C)	3450K
100~200°C	黃	6K Ω (0°C)	4300K
150~300°C	綠	6K Ω (0°C)	5133K

(四)優點：能測小地方的溫度、變化率大、固有電阻大(即使延長導線誤差也小)。

(五)缺點：變化率不是線性、無法測量高溫(一般可達到 300°C)。

學習評量一：

請不要參考任何資料或書籍，以你自己的話寫出測溫體檢測元件的種類與其工作原理。

筆記欄

你的答案應該包括下列的要點：

一、測溫體常用的檢測元件有熱電偶、白金測溫電阻體、熱敏電阻。

二、工作原理：

(一)熱電偶：

利用相異兩種金屬回路上，兩處的接合部(分別稱熱接點、基準接點)溫度不同時，會產生對應熱電動勢，這種現象稱為席白克效應。熱電偶利用此熱電動勢產生的電流計測高溫。

(二)白金測溫電阻體：

導線電阻值會受到週圍溫度變化影響，溫度升高時電阻變大，溫度降低時電阻變小。因此可以利用導線電阻值反向推算溫度數值，利用這種方法計測溫度的元件稱電阻式溫度偵測器(RTD)。有很多種金屬均可製造此類元件，其中以白金(Pt)穩定性高，最常使用。

(三)熱敏電阻：

熱敏電阻是個具有很大負溫度系數的元件，也就是溫度上升時它的電阻值會下降，利用電阻值降低數量可以推算出溫度數值。

本教材的第二個學習目標是：

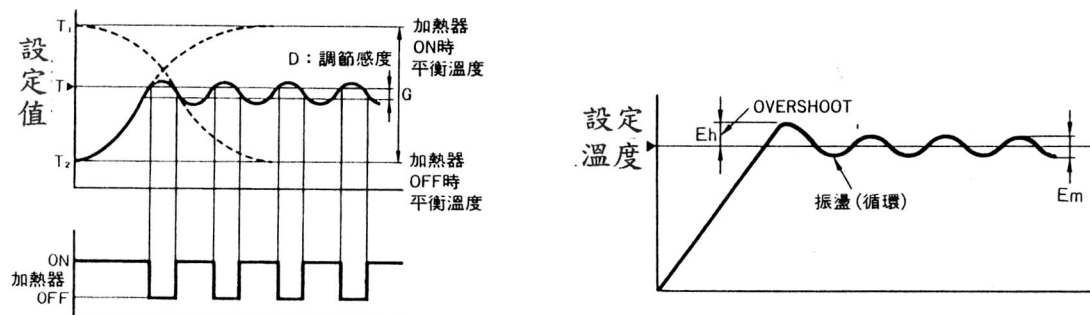
不使用參考資料，你能以自己的話正確地說明溫度控制的工作方法。

溫度控制的方法：

一、ON/OFF 動作型

(一)目前溫度比設定值小時，加熱器通電動作升高溫度；目前溫度比設定值大時，加熱器不通電。這種以加熱器電源供應的閉(ON)、開(OFF)來保持溫度一定的控制方法，稱之為 ON/OFF 控制。又因其操作量為 100% 及 0% 兩種，故也稱為二位置動作，如下左圖。

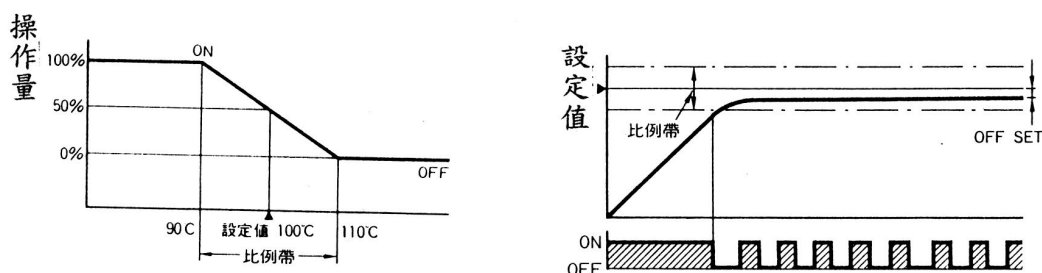
(二)ON/OFF 動作型控制簡單，但會產生振盪和 OVERSHOOT(超越)，如下圖。所謂 OVERSHOOT，係在電源投入後第一次對設定溫度的超量值，如下右圖。



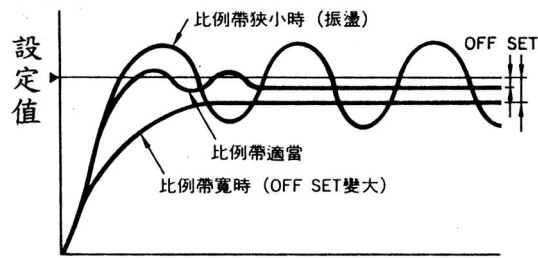
二、比例動作(P)型

(一)在設定值前後的指定範圍稱之為比例帶，在比例帶中，操作量(控制輸出量)對偏差值進行比例的動作。換句話說，目前溫度小於比例帶的溫度時，操作量為 100%，進入比例帶後，操作量逐次依比例減小，溫度與設定值相同一致時，操作量為 50% (即：工作週期 50%)，溫度大於比例帶時操作量為 0%，如下圖左。

(二)比例動作型係以逐漸接近設定值方式變成穩定狀態，雖然振盪、OVER-SHOOT 減小，但與設定值間會產生一定的平衡誤差，此誤差稱之為 OFFSET (偏移)。如下右圖。



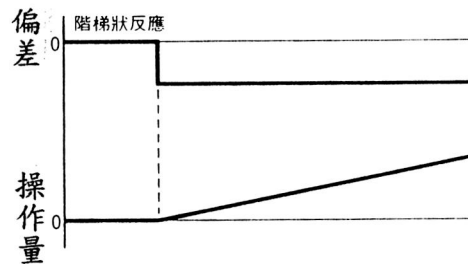
(三)比例帶太小易生振盪，比例帶愈大，OFFSE 偏移愈大。



三、PID 動作型

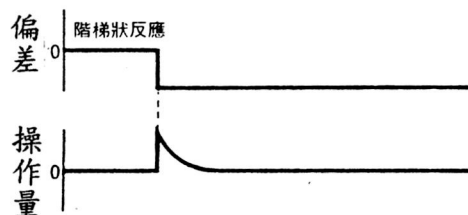
(一)積分動作(I)

比例動作型會產生 OFFSET(偏移)，積分動作則可以補償偏差量，隨時間經過，OFFSET 會消除，使控制溫度和設定值一致。



(二)微分動作(D)

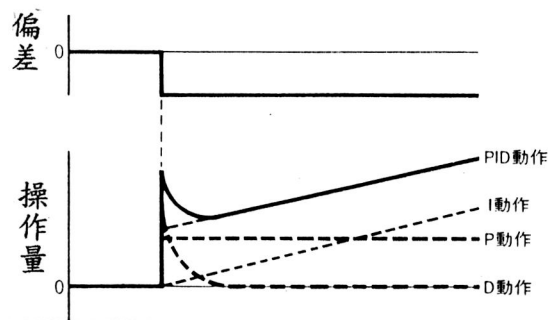
比例動作與積分動作可以修正控制結果，但反應較慢。微分動作可以利用偏差所產生的微分係數的操作量，補足該缺點。也就是說對於劇烈變化的偏差量，須給予很大的操作量，以便早一點恢復原來的控制狀態。



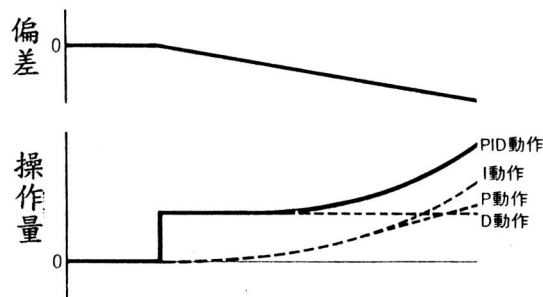
(三)PID 動作

PID 動作係組合比例動作、積分動作、微分動作而成。其中使用比例動作不易產生 OVERSHOOT 與振盪，使用積分動作可以自動修正 OFFSET，使用微分動作對抗偏差可以得到快速的反應。

對階梯狀偏差的 PID 動作造成的操作量，如下圖。



對斜面狀偏差的 PID 動作造成的操作量，如下圖。



□各種溫度控制比較

控制種類	優點	缺點
ON/OFF 動作	· 控制簡單 · 不會發生 OFFSET	· 產生 OVERSHOOT、振盪
比例動作	· OVERSHOOT 和振盪 很小	· OFFSET 會與設定值產生 誤差
積分動作	· 消除 OFFSET	· 反應慢
微分動作	· 反應速度快	· 不能單獨使用(要和比例動 作組合)
PID 動作	· 能獲得良好的控制特 性	· 要設 PID 參數

學習評量二：

請不要參考任何資料或書籍，以你自己的話寫出溫度控制的種類與其工作方法。

筆記欄

你的答案應該包括下列的要點：

溫度控制常用的方法 ON/OFF 動作、比例(P)動作、比例積分微分(PID)動作。

(一)ON/OFF 動作型：

目前溫度比設定值小時，加熱器通電動作升高溫度；目前溫度比設定值大時，加熱器不通電。這種以加熱器電源供應的閉(ON)、開(OFF)來保持溫度一定的控制方法，稱之為 ON/OFF 控制。又因其操作量為 100% 及 0% 兩種，故也稱為二位置動作。

(二)比例(P)動作型：

在設定值前後的指定範圍稱之為比例帶，在比例帶中，操作量(控制輸出量)對偏差值進行比例的動作。換句話說，目前溫度小於比例帶的溫度時，操作量為 100%，進入比例帶後，操作量逐次依比例減小，溫度與設定值相同一致時，操作量為 50%(即：工作週期 50%)，溫度大於比例帶時操作量為 0%。

(三)比例積分微分(PID)動作：

比例動作型會產生 OFFSET(偏移)，積分動作則可以補償偏差量，隨時間經過，OFFSET 會消除，使控制溫度和設定值一致。

比例動作與積分動作可以修正控制結果，但反應較慢。微分動作可以利用偏差所產生的微分係數的操作量，補足該缺點。也就是說對於劇烈變化的偏差量，須給予很大的操作量，以便早一點恢復原來的控制狀態。

PID 動作係組合比例動作、積分動作、微分動作而成。其中使用比例動作不易產生 OVERSHOOT 與振盪，使用積分動作可以自動修正 OFFSET，使用微分動作對抗偏差可以得到快速的反應。

本教材的第三個學習目標是：

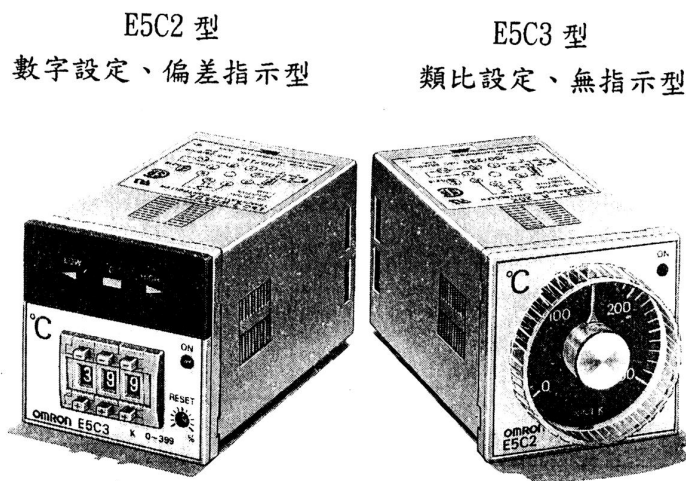
給你測溫器、溫度控制器及應用測試迴路接線圖，你能在 20 分鐘內運用相關器材正確地做出功能測試。

溫度控制器

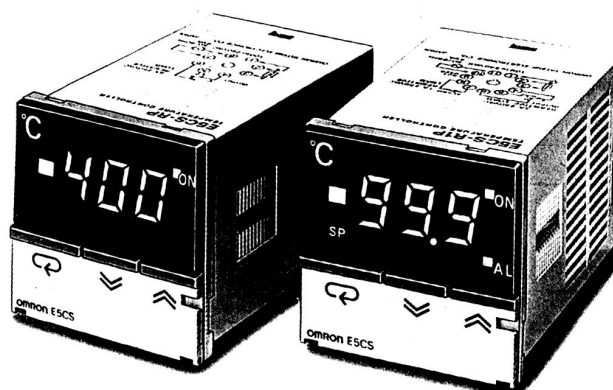
溫度控制器或稱溫度電驛，依控制方法有：ON/OFF 動作型、P(比例)動作型、PID(比例積分微分)動作型。依設定方式有：類比設定、數字設定兩類。依顯示方式也有：類比顯示、數位顯示及偏差指示。依輸出方式有：繼電器、SSR、電壓、電流等輸出。此外，輸入部分可配合熱電偶、白金測溫電阻器、熱敏電阻等測溫體連接使用。

溫度控制器種類甚多，各廠家製造產品在類型、接線上不盡相同，下面係以 OMRON 公司 E5C2/E5C3 及 E5CS 電子溫度控制器為主，其它相關產品請參考產品型錄或相關資料。

一、外觀



E5CS 型
按鍵設定、數字全指示及偏差指示型



二、規格種類

電子溫度控制器選用時需規定使用電壓、輸入、輸出、控制方式。

1.E5C2/E5C3 型

電壓：AC110V、AC220V 60Hz。

輸入有：互換式熱敏電阻型(限 E5C2 型)、熱電偶 K 型、熱電偶 J 型、白金測溫電阻體型。

輸出有：繼電器輸出型、電壓輸出型(限 E5C3 型)。

□電熱器負載的操作器，應接至繼電器型控制輸出的常開接點(N.O)上。

□冷卻器負載的操作器，應接至繼電器型控制輸出的常閉接點(N.C)上。

控制方式有：ON/OFF 動作型、P(比率)動作型。

2.E5CS 型電子溫度控制器：

電源：AC110V~240V 50/60Hz

輸入有：熱電偶 K 型、熱電偶 J 型、白金測溫電阻體型、互換式熱敏電阻型。

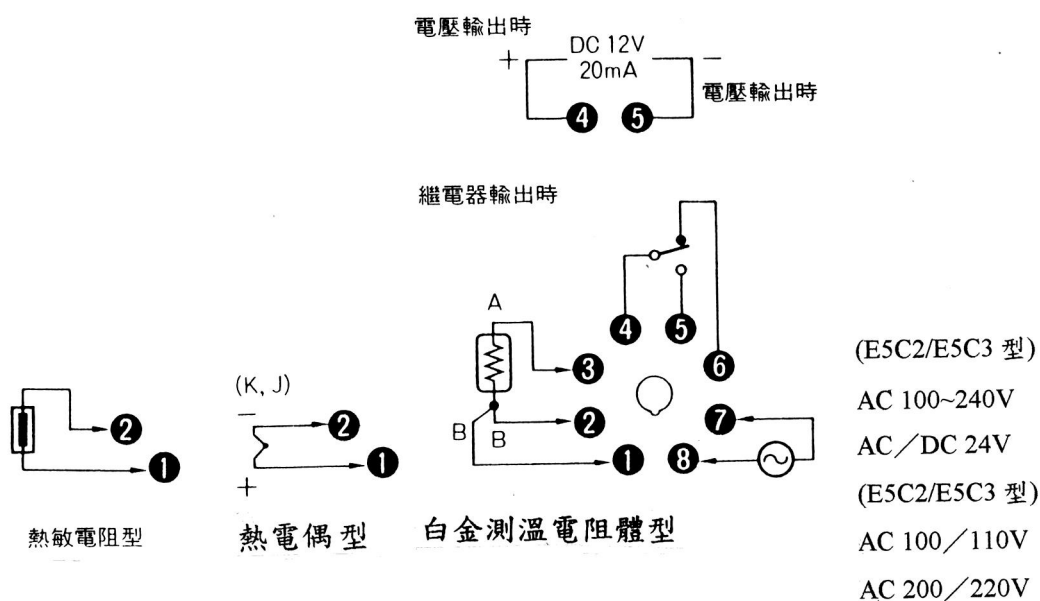
輸出有：繼電器輸出型、SSR 輸出型。

□電熱器或冷卻器均接至繼電器型控制輸出的常開接點(N.O)上，由控制模態開關設定。

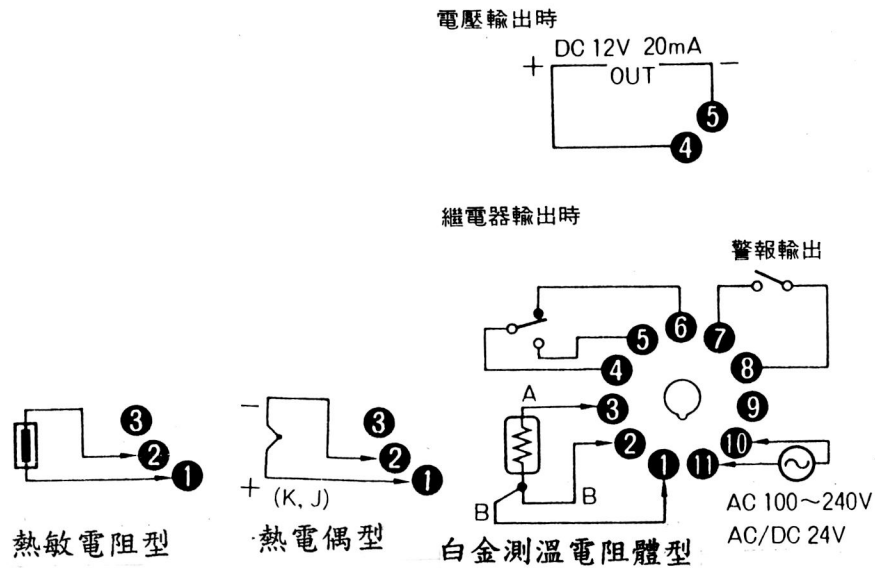
控制方式有：ON/OFF 動作型、P(比率)動作型。

三、外部接線圖：

(一)無警報型：(E5C2/E5C3/E5CS-R□/E5CS-Q□)

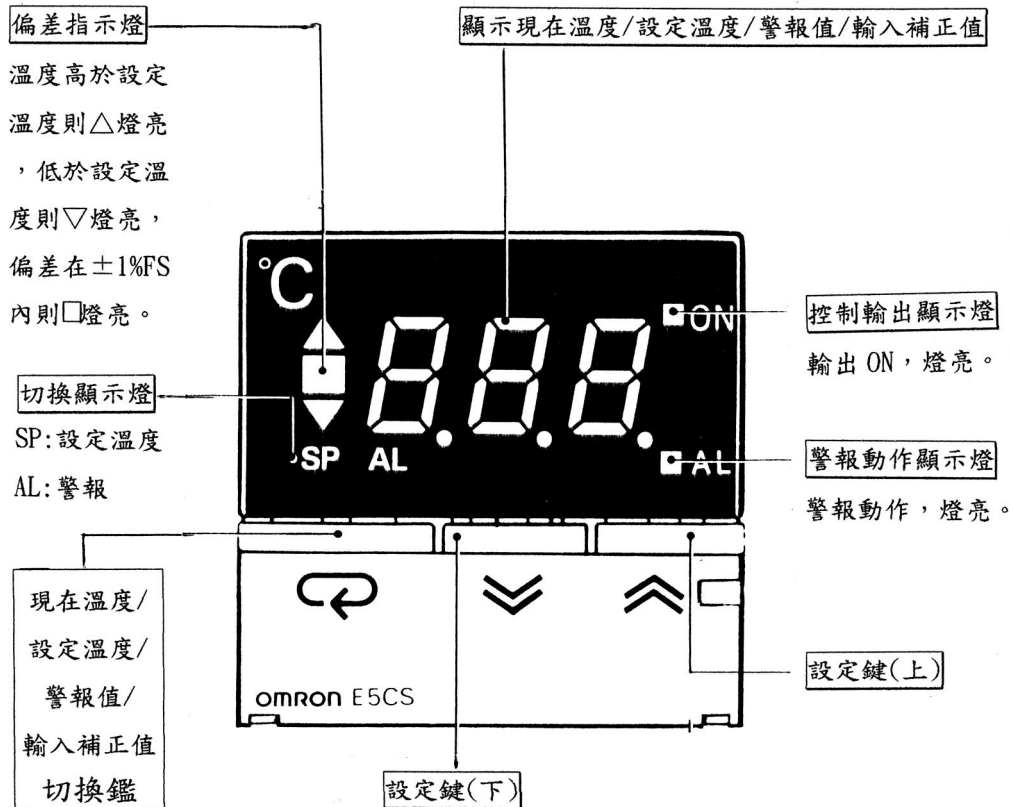


(二)有警報型(E5CS-R1□/E5CS-Q1□)



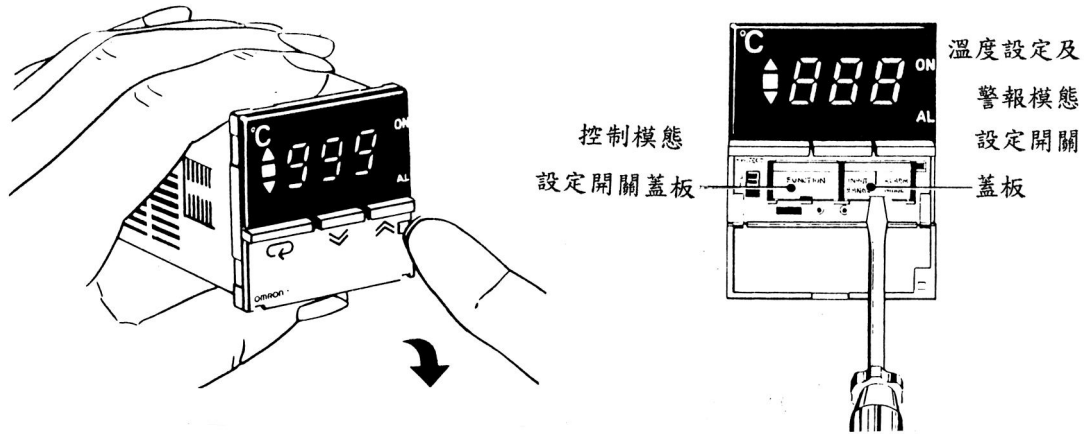
四、E2CS 型電子溫度控制器的操作與設定

(一)外觀各部名稱與功能

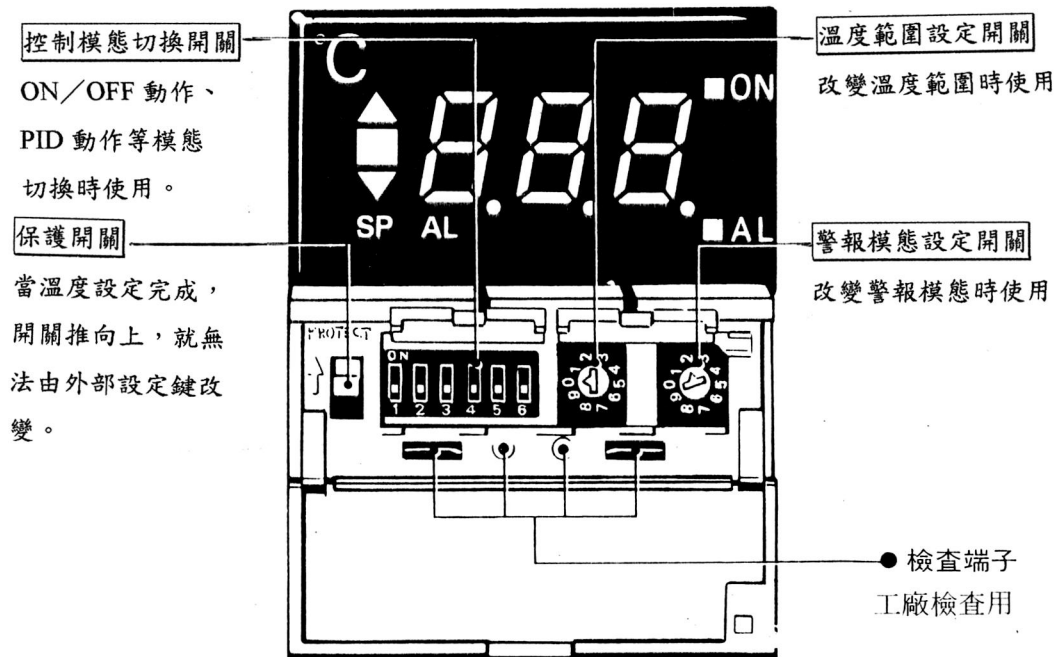


(二)變更功能設定方法

1.將蓋板掀開，方法如下圖左。再用一字起子伸入內部小蓋板下側切口處向上提起(如下圖右)，打開蓋板露出設定開關。



2.內部開關名稱與功能



3.改變溫度範圍時，溫度範圍設定開關編號選擇參考如下：

❖熱電偶型

輸入	K(CA) 鉻鎳·鋁鎳						J/L(IC) 鐵、康銅			
	1,000						999			
900										
800										
700										
600					600					
500			400	500				400	500	
400		300					300			
300										
200	200						200			
100										
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
設定編號	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

❖測溫電阻體型

輸入	JPt100/Pt100 (白金測溫阻抗體Pt100Ω)									
	500							400	請勿設定	
400						300				
300										
200	50	50.0	80	99.9	200					
100		0.0		0.0	0	0				
0										
-100	-50		-20							
設定編號	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

❖熱敏電阻型

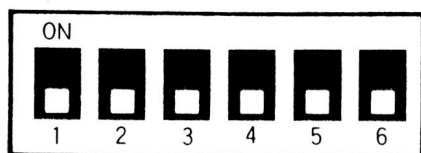
輸入	THE (元件互換式熱敏電阻)									
	500					300	請勿設定			
400										
300			150	200						
200	50	100		100	150					
100										
0		0	50							
-100	-50									
設定編號	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

4.改變控制模態時，控制模態切換開關狀態設定參考如下表：

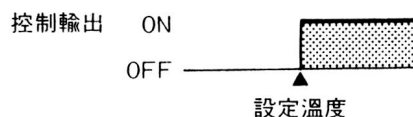
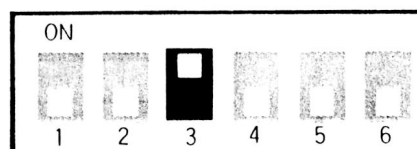
功能選擇		1	2	3	4	5	6
調節模態	PID動作	ON					
	ON/OFF動作	OFF					
比例周期	2秒		ON				
	20秒		OFF				
控制輸出	正動作(冷卻)			ON			
	逆動作(加熱)			OFF			
輸入補正顯示	有				ON		
	無				OFF		
測溫體規格	K, L/Pt100					ON	
	K, J/JPt100					OFF	
顯示單位	°F						ON
	°C						OFF

(1)ON/OFF 動作模態使用時：

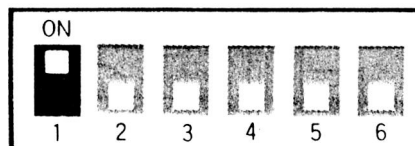
□ON/OFF 動作模態加熱器加熱狀況 □冷凍機冷卻控制時，低於設定溫度下，低於設定溫度控制輸出 ON，高 時，控制輸出 OFF，高於設定溫度時，於設定溫度時，控制輸出 OFF。 控制輸出 ON。



SW1 OFF：進行ON/OFF動作



(2) PID 動作模態使用時

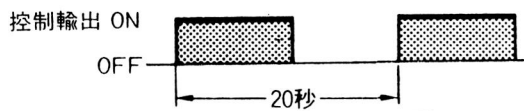
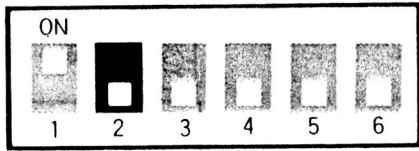


SW1 ON：進行PID動作

□決定比例周期：

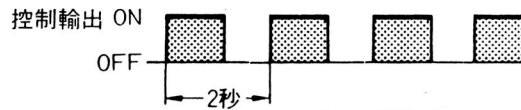
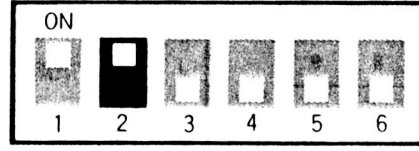
- 透過繼電器輸出、外部的繼電器或導體進行控制時

No.2：OFF，使比例周期為20秒。



- 使用 SSR 時，特別需要快速控制反應時

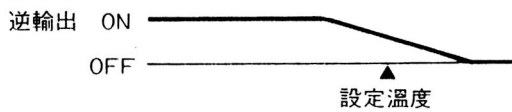
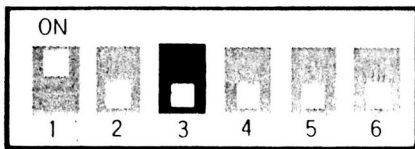
No.2：ON，使比例周期為2秒。



□決定輸出的正逆：

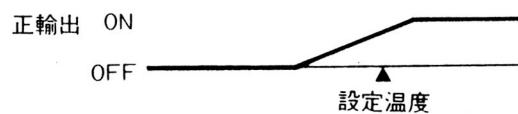
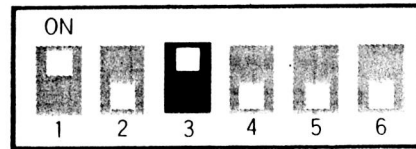
- 加熱器等進行加熱控制時

No.3：OFF



- 冷凍機等，進行冷卻控制時

No.3：ON

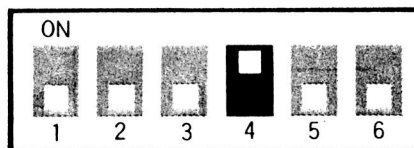


(3)輸入補正設定：

感應器測定溫度與實際溫度有誤差時，可與予補正。

- ①接通 No.4，通電後，按切換鍵至"輸入補正值"狀態--顯示"H0"(輸入補正值為0)。
- ②按上升、下降設定鍵，設定補正值。

不用更改設定溫度，就能微調控制溫度。



補正例

顯示輸入補正	感應器測定溫度	溫度顯示
H 0 (無補正)	100℃	100℃
H 9 (+9℃補正)	100℃	109℃
L 9 (-9℃補正)	100℃	91℃

5.改變警報方式，警報模式設定開關參考如下表：

設定	功能	警報輸出的動作
0,9	無警報功能	OFF
1	上下限警報	
2	上限警報	
3	下限警報	
4	上下限範圍警報	
5	有待機順序的上下限警報 *	
6	有待機順序的上限警報 *	
7	有待機順序的下限警報 *	
8	絕對值警報	

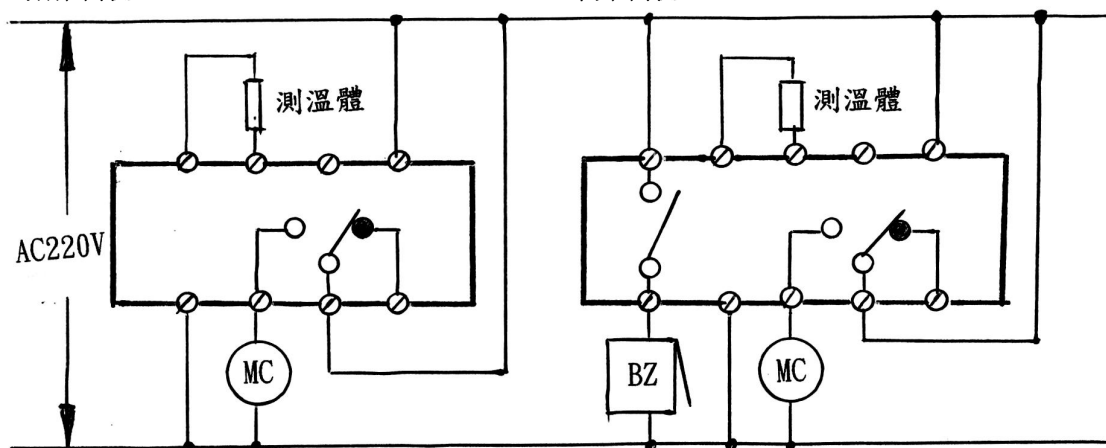
五、功能測試：(先向器材室借領器材)

溫度控制：功能測試接線如下圖所示。

- 1.測溫體(感測器)溫度低於 40°C 時，MC 通電動作。
- 2.測溫體(感測器)溫度高於 40°C 時，MC 斷電復歸。
- 3.測溫體(感測器)溫度高於 50°C 時，BZ 響。(有警報型須測試此項功能)

無警報型

有警報型

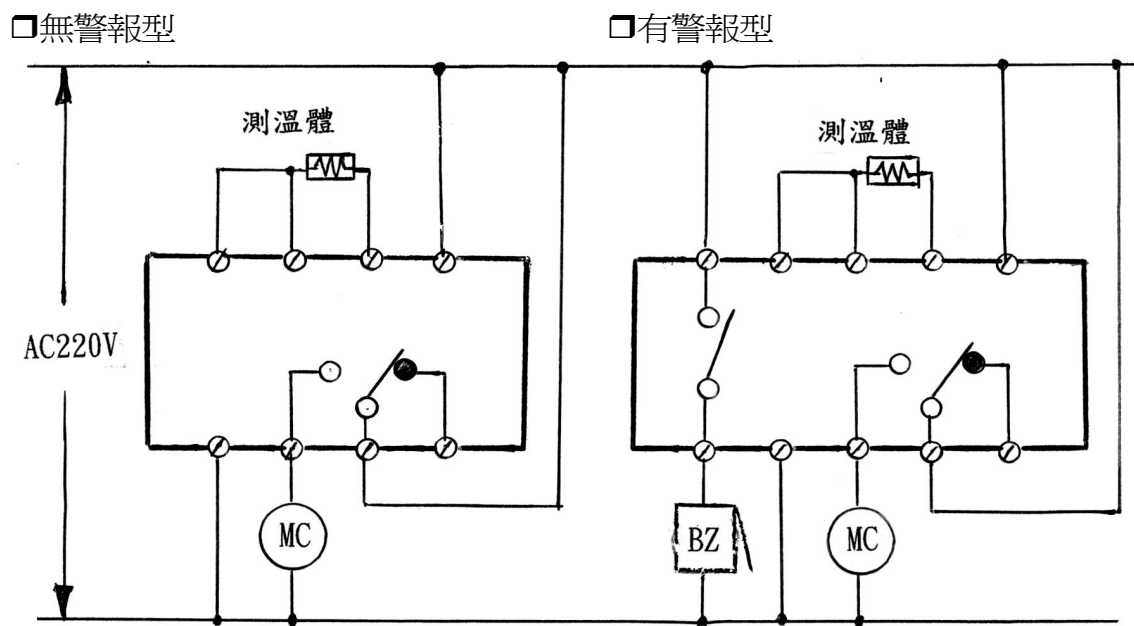


學習評量三：

一、參考下面所示功能測試迴路接線圖，在 20 分鐘內完成接線並能正確作出下列各項功能測試：

- 1.測溫體(感測器)溫度低於 45°C 時，MC 通電動作。
- 2.測溫體(感測器)溫度高於 45°C 時，MC 斷電復歸。
- 3.測溫體(感測器)溫度高於 50°C 時，BZ 響。(僅有警報型須測試此項功能)

❖(接線腳位請參考教材內容。圖面使用白金測溫電阻體，也可使用熱電偶或熱敏電阻測溫體。)



二、請你能在 20 分鐘內，更改上列功能測試迴路接線圖的部份接線，或是修改它的模態切換開關，使它能符合下面所述功能要求，並能做出正確功能測試：

- 1.測溫體(感測器)溫度低於 25°C 時，MC 斷電復歸。
- 2.測溫體(感測器)溫度高於 25°C 時，MC 通電動作。
- 3.測溫體(感測器)溫度低於 15°C 時，BZ 響。(僅有警報型須測試此項功能)

請你仔細核對下列各評分項目：

一、第一部份

是否在 20 分鐘內，完成所有接線及測試？

- 有控制模態設定開關的機型：將控制模態設定開關 No.3 設定於 OFF 位置。
- 有警報模態設定開關的機型：將警報模態設定開關 No.2 設定於 ON 位置。

(一)無警報型

溫度低於 45°C 時，MC 通電動作？

溫度高於 45°C 時，MC 斷電復歸？

(二)有警報型

溫度低於 45°C 時，MC 通電動作？

溫度高於 45°C 時，MC 斷電復歸？

溫度高於 50°C 時，BZ 響？

二、第二部份

是否在 20 分鐘內，完成所有接線及測試？

- 無模態設定開關的機型：將 MC 線圈改接至 N.C 接點(b 接點)。
- 有控制模態設定開關的機型：將控制模態設定開關 No.3 設定於 ON 位置。
- 有警報模態設定開關的機型：將警報模態設定開關 No.3 設定於 ON 位置。

(一)無警報型

溫度低於 25°C 時，MC 斷電復歸？

溫度高於 25°C 時，MC 通電動作？

(二)有警報型

溫度低於 25°C 時，MC 斷電復歸通電動作？

溫度高於 25°C 時，MC 通電動作？

溫度低於 15°C 時，BZ 響？

學後評量

一、常用的測溫體有那些？各有那些特性？

二、在那一種場合下需使用補償導線？

三、常用的溫度控制方法有那幾種？各有何特點？

四、完成下圖所示溫度控制器(無模態設定開關)之功能測試接線。

