

軟性可撓貼覆式表面溫度感應偵測器 之研究與設計

Study and Design of Flexible Surface Temperature Sensors

呂志輝

臣緯實業有限公司
總經理

關鍵詞(Keywords)

- 設備異常溫度 Abnormal Temperature in Devices
- FSTS Flexible Surface Temperature Sensor (FSTS)
- 表面溫度偵測器 Surface Temperature Sensor

摘要(Abstract)

在現今工業環境中，各類工廠生產製程用的重要設備及建築物電力高低壓配電設備、中央空調、中央熱水/蒸氣、通信、農業、食品、醫療系統等有關之重要設備機房，常因施工不當、環境惡劣、疏於保養、超載使用導致設備異常溫度升高，很容易造成設備損壞、跳電或工安事件，進而造成公司、工廠財物及人員的重大損失。基於此，提供一套精確度高、反應速度快、低成本，

並具備有顯示、警報、傳輸之多功能設備異常溫度偵測系統，確實非常重要，可做到預先警報，防患未然。

本文主要研究利用專利產品軟性可撓貼覆式表面溫度偵測器 (flexible surface temperature sensor, FSTS)，設計製作針對各種機電系統設備異常溫度偵測之技術應用研究及解決方案。其研究結果可提供建築機電工程設計者、工廠製程機器設備及相關產業類別機電設備維護者，一個創新有效的系統實例及應用參考。

In today's industrial environment, various plant production processes use large-scale equipment, as well as high- and low-voltage power distribution devices for buildings. In addition, important devices or engine rooms with central air conditioning, central hot water/steam, communications, agriculture, food, and healthcare systems often suffer from abnormal temperature rises in the devices, as a

result of improper construction, poor environment, negligence in maintenance, usage overload, etc. These can cause damage to devices, power failures, and accidents, thereby causing numerous serious damages to the company, property, and personnel. Therefore, it is very important to have a temperature sensing system to measure abnormal heating, is of utmost importance should have very high accuracy, a fast response speed, and be of low cost. It should also include functions such as a display, an alarm, and transmission. This can then give an early warning, allowing for precautionary measures to be taken.

This study mainly focuses on a Flexible Surface Temperature Sensor (FSTS) and designs a device providing a solution to detect and measure abnormal temperatures in electromechanical system devices. The results of this study provide an innovative and effective reference for design for electromechanical engineers and for maintenance workers operating plant processing equipment and related industrial electromechanical devices by using practical case studies on the system.

1. 前言

一般設備異常溫度發生之原因，當二物體因材質種類之不同現象，是由於物質間溫度差異所造成之能量傳遞，此能量在熱力學中定義為「熱」(heat)。針對物體間之特性其發生原理[1]：1.金屬間之擦動面或表面接觸產生之熱。2.線圈在變動磁場下產生之熱，所謂的熱故障[2]。3.介質燃燒引

起之發熱。4.輻射熱所產生之熱。熱是可被傳遞的能量，在兩系統需有溫度差時方有熱傳遞發生，而傳輸熱量的方法有傳導(conduction)、對流(convection)及輻射(radiation)等三種。當能量以任何形式供給至一物理系統時，該系統會無可避免的發生變化狀態，溫度即是一項指標，它能即時表示該系統當前的狀態。

機電設備溫度異常發熱原因[2-9]，如：1.電動機軸承(bearing)變形、角度、潤滑不足、過載。2.變壓器過載、冷卻油溫度太高。3.電容器及電抗器過載、接觸不良、材質劣化。4.高壓斷路開關及電纜之接續導體端子接觸不良過載。5.互感器過載、接觸不良。6.發電機、熱水爐之過載、設備老化及溫度控制器故障。7.匯流排槽 (bus way)過載、接頭施工接觸不良、進水潮溼短路等發熱之主因。而對於欲診斷之機器設備異常溫度升高部位，應檢查其產生之熱，是屬於經常性或短暫性，並慎重分析採用的檢測器元件與測試方法，才是高效率的評估診斷關鍵。

對於設備異常溫度檢測方法如下[1]：1.檢測點應以最容易發熱的位置為優先考量。2.檢測元件最佳方式應採用永久固定式。3.檢測器應具備有現場端溫度顯示、警報功能，若能具備傳輸功能讓遠端可監視管制，畢竟現場機房平時無管理維護人員 24 小時看守。4.如圖 1 所示為電動機及變壓器實例所示為設備最容易發熱部位。5.其檢測元件設備約可分為：示溫帶、非接觸式(紅外線)、接觸式(熱電偶、熱敏電阻、電阻式感測器)、棒狀、植入式等種類。目前市面上檢測元件依外型、功能、特性皆有其優缺點，但都不適用於機電系統，尤其是電力系統設備。

故本文提出了以白金(platinum)電阻體 Pt 100

Ω 為主要核心元件的電阻式感測器(resistance temperature detector, RTD) [10]，之專利產品「軟

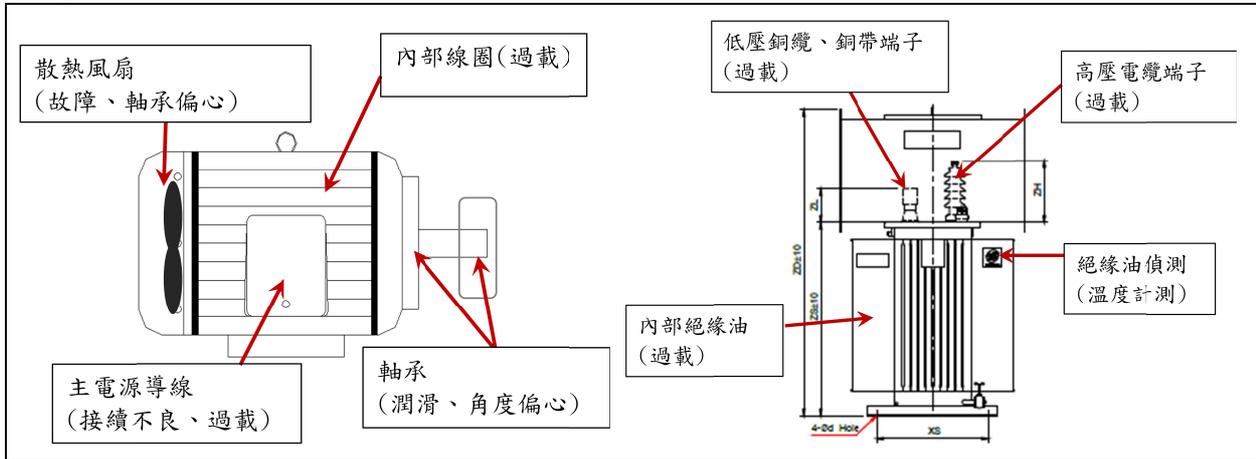


圖 1 電動機及變壓器設備異常發熱部位

可撓貼覆式表面溫度偵測器」[11, 12]，(中華民國專利證號：M331662、中華人民共和國專利證號：ZL2010202939219)。研究及實際設計應用於機電系統，作為設備異常溫度監測的最佳利器，除了結合現場端的監視警報電譯可操作外，並可利用有線通訊(wire communication)技術[13]與無線通訊(wireless communication)技術[14]之架構，達到遠端的集中監視功能。

2. 軟性可撓貼覆式表面溫度偵測器之原理

2.1 基本原理

感測器(sensor)為把一種形式的物理量，轉換成另一種不同型式的物理量，並將其變化的情形轉換為電能的訊號，操作控制或啟動系統的裝置，統稱為感測器。如圖 2 所示為一般的感測器表示圖，在一個基本的量測系統中，感測器能夠對某些發熱物體的物理量產生響應，其輸出端之電子

量有可能是電流、電壓、電阻、頻率等。在使用感測器前，應先考量所要測量的物件及被轉換為何種物理量、原理、應使用何種感測元件和需測量的

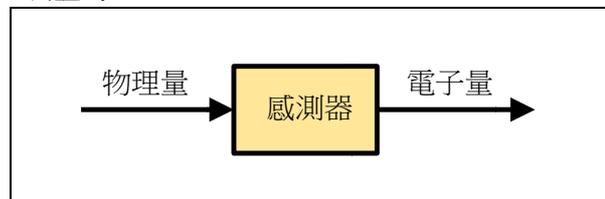


圖 2 感測器表示圖

範圍和測量的環境條件等機制。

溫度感測器依各種型式之不同，就特性而言，分為靜態特性及動態特性[15]，依技術面又可分為直接與被測物相互接觸的接觸式，及利用輻射熱推算溫度的非接觸式兩類。可依使用的場所、用途、目的、精確度、成本等因素而考慮選取。一般最常用的溫度感測器，以熱電轉換者較多；如：熱電偶(thermocouple)[16]、熱敏電阻或稱熱阻體(thermistor) [17]、RTD 等及以感測物體放射之紅外線轉換為溫度的紅外線感測器，這些類型的感

測器體積小、高度的精確性、構造簡單、使用上方便，因此很容易被直接安裝於被測物體上量測結果。

2.2 電阻式感測器之工作原理

RTD 主要利用金屬的自然特性，是一種電阻值會隨溫度的上升而增加變大的感測器。RTD 可以使用不同的金屬組成不同的成分，並進行嚴格品質控制，可以使其電阻值係數變得非常精確。RTD 這類的電阻性感測器，以白金為目前最安定之溫度感測器，且以 0°C 的阻值為 100 Ω 作標準規格，一般稱為『Pt 100』[17]。

RTD 在大範圍的溫度變化下，擁有卓越的精確度與穩定度。一般 RTD 當在 0°C 時的準確度高達 0.01 Ω (0.026°C)，一般工業級的 RTD 漂移量小於 0.1 °C/year，因為 RTD 的電阻值很小 100 Ω，而且變化量也不大(>0.4Ω/°C)為量測上帶來一些困難，故為了能精確量測電阻值的微小變化，必須建立特殊的電力架構，以降低系統各元件、導線的阻抗所帶出的誤差。RTD 的阻值與其他溫度感測器元件相比較，其輸出值對溫度的變化是線性的，其溫度係數一般稱為 α (alpha)，當然因材質的不同其 α 值也不同。RTD 雖然各製造廠家對 α 值的規格認定略有不一樣，但一般皆認定如下：

$$\alpha(\Omega/\Omega/^{\circ}\text{C})=(R_{100}-R_0)/(R_0-100^{\circ}\text{C}) \quad (1)$$

其中 R_0 表示 RTD 在 0°C 時的電阻值，而 R_{100} 表示 RTD 在 100°C 時的電阻值。例如：一個 $\alpha=0.003911$ 的 RTD 白金電阻值 100 Ω，當在 100°C 時所量測到的電阻值為 139.11 Ω。Pt 100 中有各

種不同的產品，以適合不同類別之溫度範圍量測，如表 1 所示。

3. 軟性可撓貼覆式表面溫度偵測器結構與規格

3.1 Pt 100 材質分析

RTD 以往被用為電阻體之素線材質有白金、鎳、銅等。由於白金之安定性，在線性化皆比其他類材質優越，目前業界也普遍採用白金作為電阻式感測器之電阻素線。其標準型式有下列三種 [18]：1.玻璃封裝型、2.金屬翼片夾型、3.瓷質封裝型。

本文下列所探討的 FSTS，皆是屬於瓷質封裝型中的 Pt 100 電阻體，將白金線繞製成螺旋狀後，置入結晶氧化鋁之精細本體密封而成。標準白金電阻體為提高耐震性、溫度再現性和長期使用之安定性而設計。電氣與機械特性優越，測溫範圍廣、體積小，任何用途均可依所需之場所選用適當類型。除了前述之優點與特性外，並符合 IEC751 Amd.2-1995，ASTM E1137-1995，JISC 1604-1997 等國際標準。白金材質 RTD 的特性曲線，遵循三種標準的卡倫德-凡杜森(Callendar-Van Dusen)方程式的係數值[17]，且必須具有下列溫度之電阻特性：

$$R(0^{\circ}\text{C})=100 \Omega \quad (2)$$

$$R(100^{\circ}\text{C})/R(0^{\circ}\text{C})=1.3851 \quad (3)$$

表 1 Pt 100 適用之溫度範圍及等級

記號	適用溫度範圍	等級	電阻-準確度(Ω)	溫度-準確度(°C)	額定電流(mA)
L	低溫 -200~+100°C	0.15	±0.06	±(0.15+0.0015t)	2
M	中溫 0~350°C	0.2	±0.06	±(0.15+0.002t)	2
H	高溫 0~650°C	0.5	±0.12	±(0.3+0.005t)	2.5

因此由式(1)及(2)可換算出 Pt 100 之電阻體溫度當每上升 1°C，其電阻值即增加 0.3851 Ω。若將 Pt 100 電阻體接上一定電流源，則由 Pt 100 電阻體的端電壓便可計算出各種被測設備相對的外殼溫度值；如將 Pt 100 電阻體接上一一定的電壓源，測由流過 Pt 100 電阻體的電流，即可計算出各種被測設備外殼溫度值。依此結論，電阻值的變化來設計電壓、溫度轉換、測溫元件之系統電路。

1. 感測器因應量測的環境、設備種類及體積、用途之不同、以及物理、化學量之不同，種類繁多。外型設計上選用應以施工簡便、更換容易、不怕惡劣的空間環境，更應以方便黏貼於被測物，並牢固耐用的產品。如圖 3 所示為『臣緯實業有限公司』新型專利之 FSTS 結構剖面圖之介紹及如表 2 所示為主要規格說明[11, 12]。

3.2 結構與規格分析

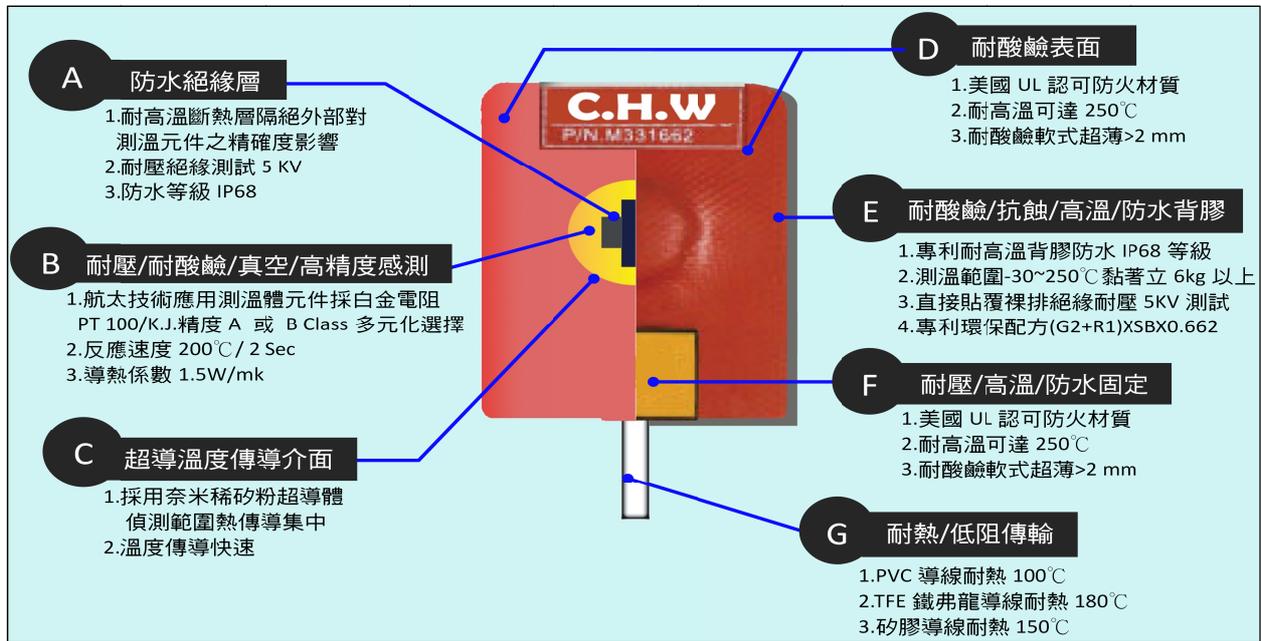


圖 3 FSTS 整體結構剖面圖

表 2 FSTS 主要之技術規格

項目	規格內容	備註
測溫體種類	Pt 100 Ω/ K.J Thermistor A or B class	
反應速度	200°C / 2 Sec	DINIEC751

導熱係數	1.5 W/mK	ASTM D547D
撕裂強度	150 lb/m ²	ASTM D264
測溫範圍	-30~250°C	
安規(PAD)	UL94HB/UL746C	E54153 / E65361
背膠黏著力	in ² 1000(100°C) / 500(150°C) / 400(200°C) / 300(250°C)(g)	
抗蝕性	汽油、丙酮、清潔液、中度酸鹼劑等	SPLASH TESTING
防水等級	IP 68(最高等級)	CNS14165
絕緣耐壓	5 kV	ASTM D-149-91
安裝方式	背膠(-30~200°C)/矽膠(>200°C)	
導線	PVC(100°C)/矽膠(150°C)/鐵氟龍(180°C)	

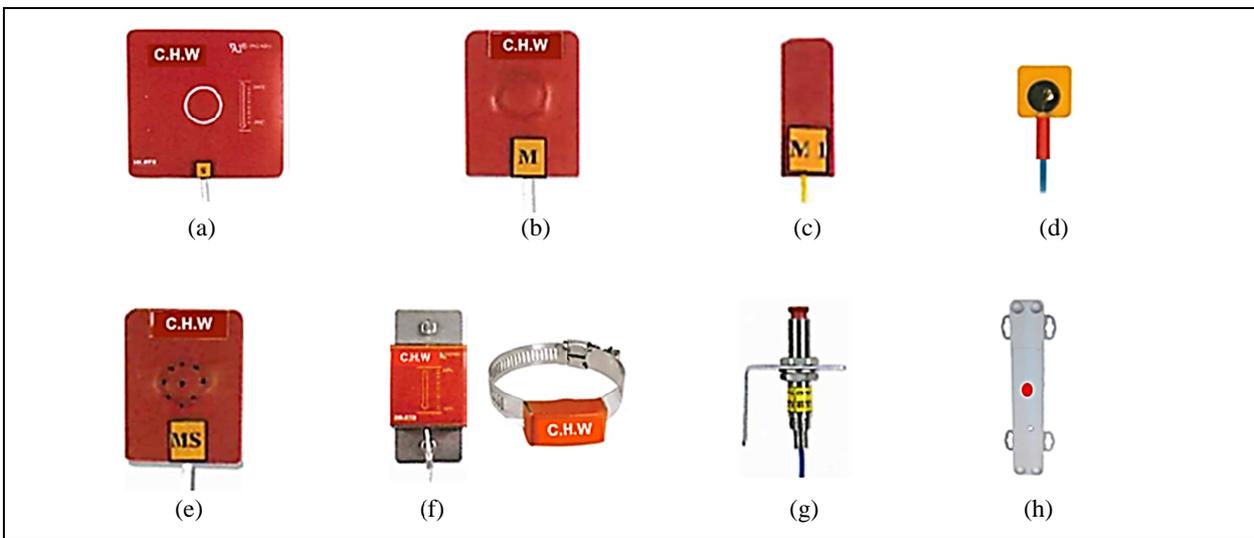


圖 4 新型的 FSTS 多款產品外觀(a)大面積型、(b)(c)(d)小面積型、(e)空氣型、(f)管狀體(束管或扣環型)、(g)接觸式型、(h)二線式溫度傳送器

2. 如圖 4 所示，為 FSTS 設計成多款產品外觀，主要應用於各種不同各類環境場所，方便黏貼於被測機器之設備表面上。

圖 4(a)適用環境場所：發電廠、汽電共生廠、化工廠、大管徑、大面積等設備溫度偵測。

圖 4(b)(c)(d)適用環境場所：電力輸配電、太陽能、電子通訊、動力、小面積等設備溫度偵測。

圖 4(e)適用環境場所：醫療、食品冷凍(藏)庫、通訊機房、防災監控中心、環控室、室內火警溫度偵測等空氣中溫度偵測。

圖 4(f)適用場所類別：化工廠、汽電共生廠、發電廠、蒸氣、冰水管、熱水管、各種管狀體等設備溫度偵測。

圖 4(g)適用環境場所：工廠滾輪、動力、輸送、軸承等設備溫度偵測。

圖 4(h)適用環境場所：電力輸送大電流之高低壓匯流排、大範圍、長距離之設備溫度收集偵測，採用二線式配線並具備 RS-485 傳輸功能。

4. 軟性可撓貼覆式表面溫度偵測器系統設計與製作

4.1 依使用環境場所溫度偵測器系統設計說明

現今工業環境中溫度監控之重要，如工廠製程設備、供電高低壓設備、中央空調、中央熱水/蒸氣設備、通信...等，常因施工不當、環境惡劣、疏於保養、超載使用，導致設備異常溫度升高，而造成嚴重的工安及人員意外災害，不勝枚舉。依本論文所介紹多款之專利型產品，針對各種設

備小面積表面溫度偵測技術應用，其溫度監控環境應用範圍如下：1.高低壓電力設備。2.冷凍、中央空調設備。3.中央熱水/蒸氣設備。4.通訊機房環境與設備。5.汽電共生廠、發電廠設備。6.各類工廠如：UPS 廠、鋼鐵廠、水泥廠、化學廠...等設備。7.農漁養殖業環境與設備。8.醫療、食品、衛生場所環境與設備。

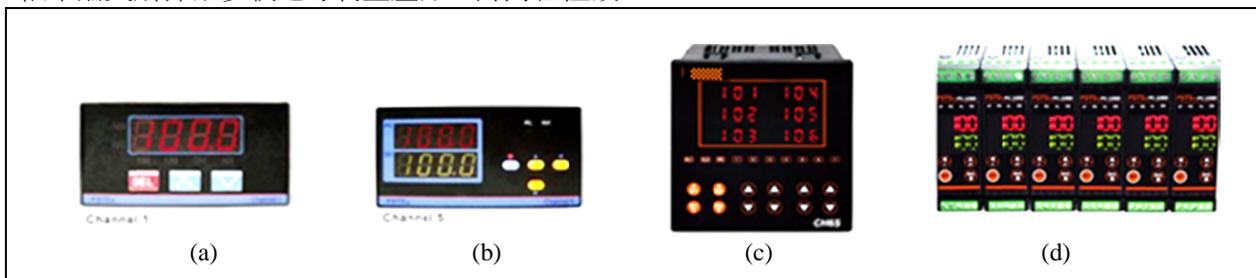


圖 5 溫度監視警報電譯產品外觀(a)盤面式單迴路型、(b)盤面式五迴路型、(c)盤面式六迴路型、(d)軌道式單迴路型

下面就實務應用來探討溫度監控在機電系統，如何建置在機電設備上的溫度監控規劃與設計。分為現場操作端溫度監控及遠端溫度監控。現場操作端之溫度監控組，須具備有偵測器元件、連接導線、數字型溫度警報監視電譯。其主要功能為透過自身的 LCD 顯示屏，顯示當前的溫度值，管理者可以很直接地觀測到檢測點的溫度值。

溫度監視電譯為專屬設備，具備有如下基本規格，其外觀形狀如圖 5 所示。

1. 可接收 1 至 6 點輸入(感測器元件 Pt 100 / K.J.T./ 4-20 mA)。
2. 二組警報、多模式時間延遲警報。
3. 遠端傳輸能力 4-20 mA，可搭載紀錄器至中央監控中心。
4. 具備 RS-485 通訊功能(MOBUS RTU 格式)。
5. 輸入電壓 90-240 VAC or DC 24 V (power)。
6. 防水等級 IP 65。

7. 精確度 T/C \pm 1 °C RTD \pm 0.2°C Linear \pm 3 uv。

8. 取樣時間 0.25 sec 內。

9. 環境溫/濕度範圍 0~50°C / 0~90%。

4.2 高低壓電力系統變電室應用方案

如前言探討分析了電力設備異常溫度診斷及檢測方法，說明了設備發熱及故障的位置及適用的檢測器，我們以圖 6 所示詳細標示了在一座高低壓變電站內，針對那些設備採用何種偵測器及黏貼的固定點加以說明。

高低壓變電設備有效偵測點選擇及選用規格如下：如圖 6 所示。

1. 隔離開關(DS)：偵測點電纜頭處理部或電纜接續端子處，以圖 4(c)採樣三點。
2. 比壓器(PT)：偵測點本體外殼部及銅排或電纜接續端子處，以圖 4(b)(c)採樣六點。
3. 真空斷路器(VCB)：偵測點 VCB 電纜接續端子

- 處，以圖 4 (c)採樣三點。
4. 比流器(CT)：偵測點本體外殼部及銅排或電纜接續端子處，以圖 4 (b)(c)採樣六點。
 5. 主匯流排(BUS BAR)：偵測點黏貼於熱縮套管表面，以圖 4 (b)採樣三點。
 6. 變壓器(TR)：偵測點本體外殼部，模柱式採樣三點、油浸式採樣一點，以圖 4 (a)。
 7. 空氣斷路器(ACB)：偵測點主匯流排或 ACB 接續端子處，以圖 4 (b)採樣三點。
 8. 電容器組(SC)：偵測點各迴路電容器外殼或電抗器外部，六迴路各以圖 4 (b)採樣共六點。
- 各配電盤溫度偵測器安裝佈置完成，必須由導線連接至溫度監視警報電譯。配合環境場所之不同，溫度監視警報電譯也可選擇盤內軌道式、盤面式或壁掛箱體式安裝、以利管理者能直接觀測偵測點的溫度值。

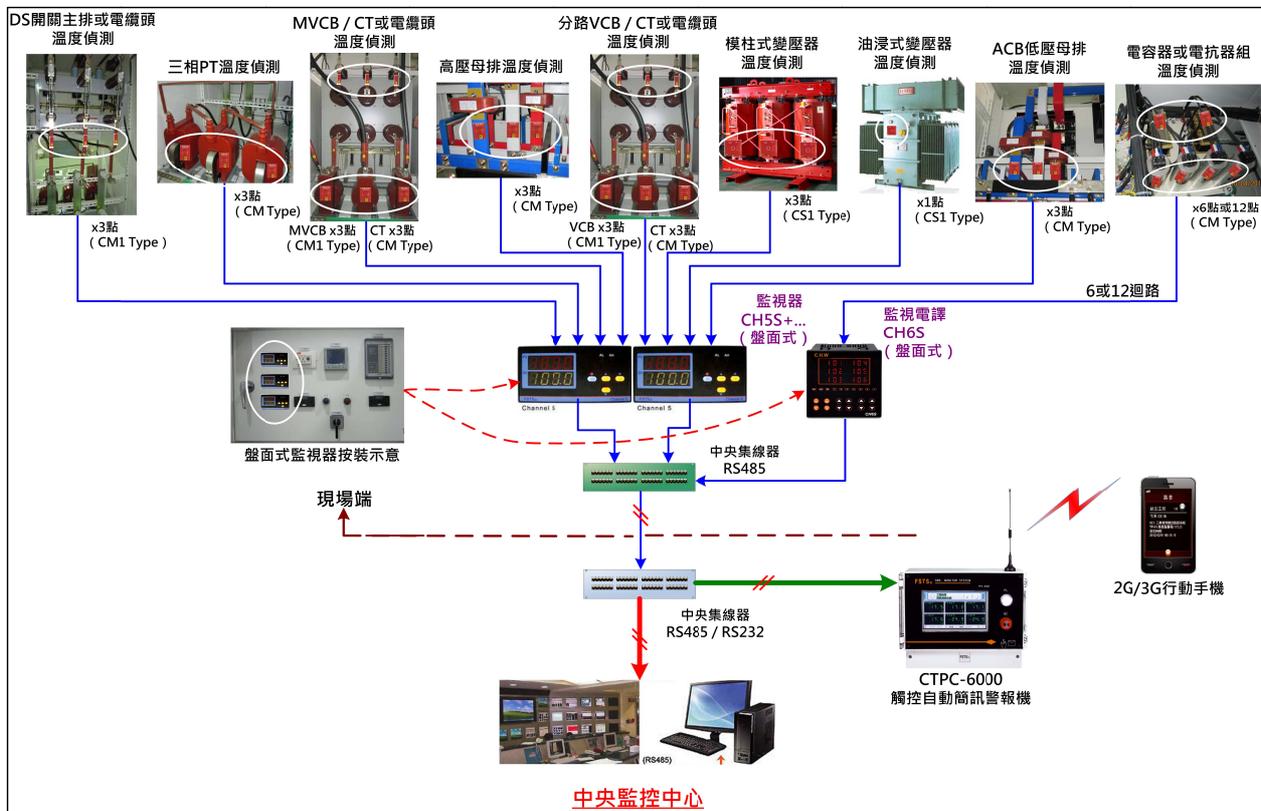


圖 6 電力高低壓變電室—設備溫度監測點參考圖



圖 7 發電機室—設備溫度偵測點參考圖

4.3 發電機室應用方案

發電機室設備有效偵測點選擇如下：如圖 7 所示。

1. 發電機組(D/G)：偵測點為電動機本體外殼、軸承部，以圖 4 (a)(b)採樣共三點。
2. 空氣斷路器(ACB)：偵測點為主匯流排或 ACB 接續端子處，以圖 4 (b)採樣三點。

4.4 電力主幹線匯流排槽系統(BUS WAY)應用方案

電力主幹線低壓匯流排槽系統有效偵測點選擇如下：如圖 8 所示。

低壓匯流排槽在電力系統中扮演著輸配電功能，常基於載電流大、空間配置小、負載分配容

易等特性。比大電流採用電線電纜來得實用，一般在實務中輸送 800 A 以上採用。通常線路長，從幾公尺到上百公尺長，輸送路徑上每三公尺須一直線接頭及轉彎處 90°接頭，數量甚多，由於長距離的輸送電力，在大電流、大負載下，所經過的場所背景不同、環境溫度也不同，再者，施工時接頭因是人為施工，接頭是否鎖緊密合、潮濕有水氣、長時間的使用負荷下，安全是唯一考量。在 2011 年就曾有一家科技光電廠及 2014 年，台南市一棟住宅大樓電力匯流排槽接頭燒毀、跳電之事故發生，損失慘重[4]，如圖 9。

故一條低壓電力匯流排槽之偵測點，應對所有直線接頭及轉彎處 90 °接頭做的溫度監控，以

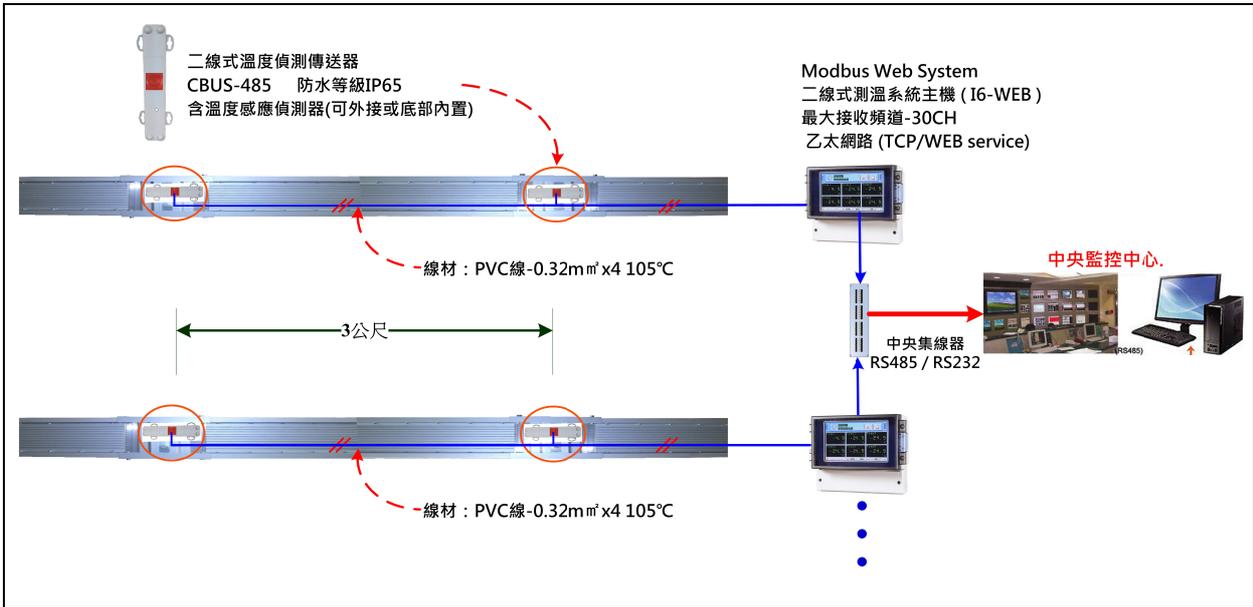


圖 8 電力主幹線匯流排槽-設備溫度偵測點參考圖



圖 9 匯流排槽接頭短路燒毀案例

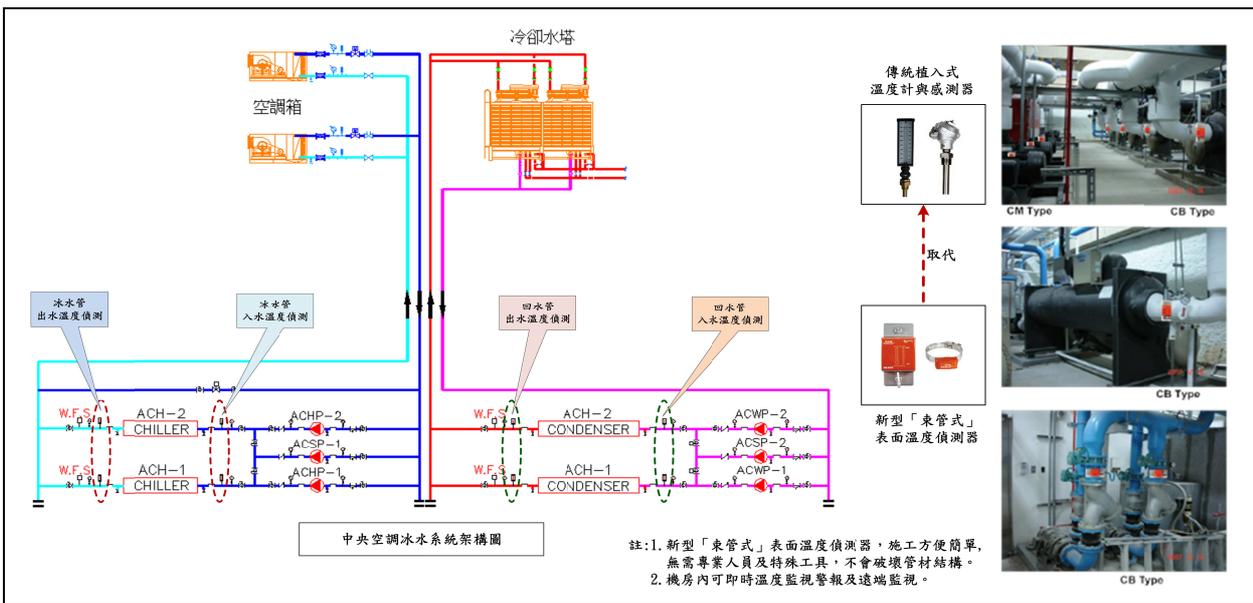


圖 10 中央空調機房—設備溫度偵測點參考圖

圖 4 (h)採樣，並即時的傳送溫度值至中央監控中心，極早發現系統溫度異常極早通報管理者處置，以利用電安全及生命財產的保障。

4.5 中央空調機房應用方案

中央空調機房設備有效偵測點如下：如圖 10 所示。

中央空調系統中，主要偵測點為水系統部分：冰水出水端、冰水回水端、冷卻水入口端、冷卻水出口端的溫度量測；另一量測為空氣調節箱的入/出風溫度。傳統的設計施工方式為，植入式溫度計，此種作法有二項缺點：一是要破壞鋼管之結構(挖孔再以重新燒焊接頭，再上漆等)。二是在現場並未裝設溫度監視警報電譯，管理者無法即時在現場監看，另外，管路也不適合採用貼覆式的產品，因為管壁會有結露現象，長久時黏貼無法牢靠，為解決以上的缺點，最有利的施工方式，就是採用『束管扣環式』(詳如圖 4 (f))的溫度偵測器。除現場端可即時顯示警報外，並可傳輸至中

央監控中心。

4.6 中央熱水機房應用方案

中央熱水機房設備有效偵測點選擇如下：如圖 11 所示。

中央熱水系統中，主要偵測點為熱水爐本體外殼部、儲熱水槽、出水管口、熱水循環管、迴水管等的熱水溫度量測。傳統的設計施工方式，大多採植入式溫度計之量測，管理者必須在機房現場目視紀錄，整體系統之溫度狀態及警報，常未建置於中央監控系統管制。少部分個案採用熱電偶探棒式偵測，但都以植入管內之施工方式，此種作法之缺點相同於中央空調系統之問題，有效的解決方案有二，一是爐體及儲水槽採用大面積體用的溫度偵測器(詳如圖 4 (a))。二是所有管路應採用『束管扣環式』(詳如圖 4 (f))的溫度偵測器，即時的溫度偵測除現場端可顯示及警報外，並可傳輸至中央監控中心。

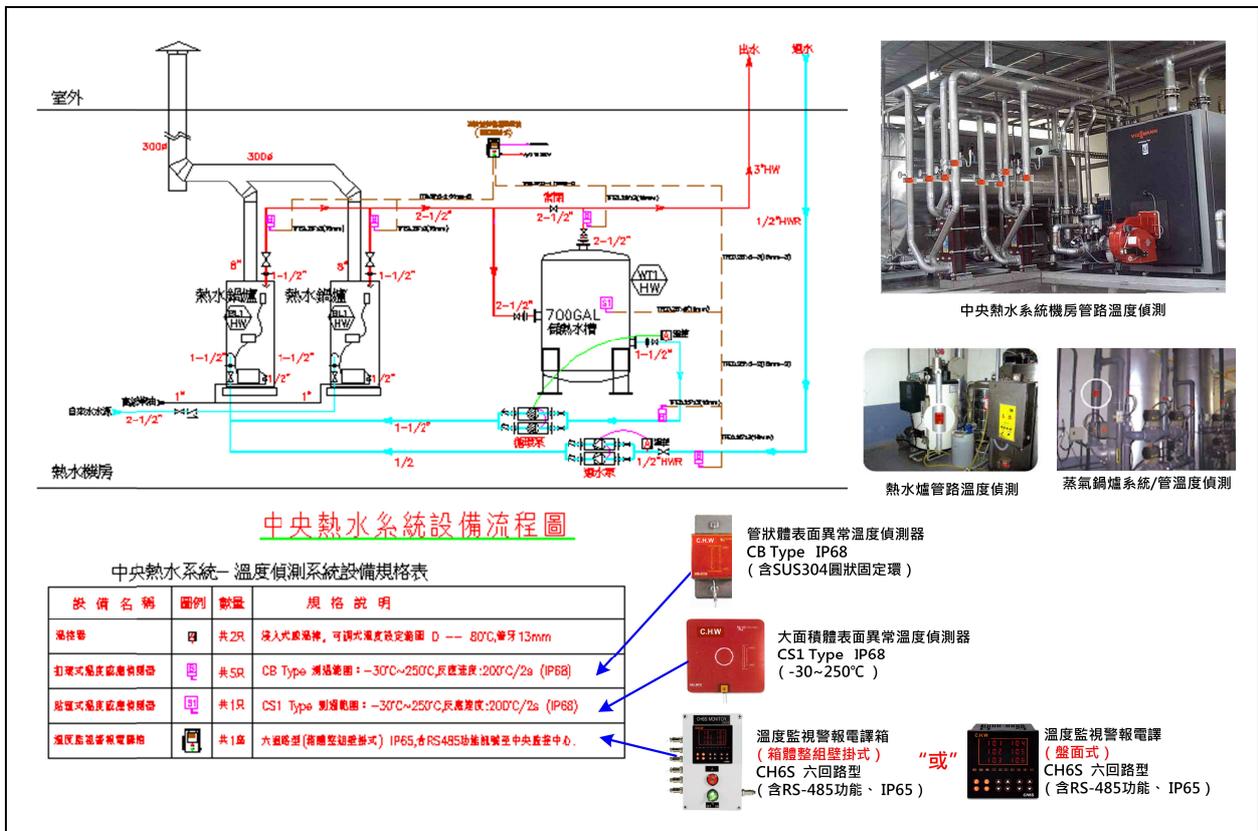


圖 10 中央熱水機房—設備溫度偵測點參考圖



圖 12 相關機電設備溫度偵測參考圖

4.7 其他機電設備應用方案

在各相關的產業類別領域中，機電系統設備在其應有的環境下執行及使用，應考慮其生命週期，有效的溫度控制與管理，維持設備發揮其應有的效能及維護品質，例行的檢查與系統正常運轉，為設備最關鍵的價值標準。如圖 12 所示，為其他產業類採用貼覆式表面溫度偵測器的案例。

4.8 有線通訊遠端溫度監控系統技術應用

前面我們探討了，各種機電設備在現場操作端如何設置偵測點，以及如何將量測的溫度值，轉換為顯示幕數字顯示當前的溫度值。整體機電設備中央式溫度監控系統組成，必須分為現場端偵測器元件、配線、溫度監視電譯(或轉換器)、集線器及遠端中央監控中心的 RS-485 與 RS-232 的介面電路轉換器、軟體圖控程式、監控電腦等。

目前有線通訊技術以可編程邏輯控制器 (programmable logic device, PLA) 而言，就屬『中央監控系統』(central monitoring system, CMS)[13]，其架構主要隨著不同的環境應用與控制器，有三

種主要架構：一般以空調系統為主的，特別是需要多點控制溫濕度，大都採用數位直接控制(direct digital control, DDC)，其他機電設備則多採用 PLC，或因區域分散，為考慮通訊功能的穩定度，及有線替代無線通訊能力，而採用遠程終端控制器(remote terminal unit, RTU)，PLC 與 RTU 有互相替代性，隨著使用場所不同及應用考量，而有不同的運用。

目前工業控制一般習慣使用 RS-485 介面，本文中所介紹之相關產品，皆是使用 RS-485 通訊介面，並備有 MODBUS RTU 格式遠端傳輸功能。如圖 13 所示為各類溫度偵測器與中央監控電腦的連線示意圖。中央電腦不論系統是有線架構或者是無線架構下，位於中央監控中心電腦其軟體程式應包含有：1.應用層數據傳輸格式。2.圖形監控系統，如圖 11 所示(刪除)。3.警報系統。4.歷史記錄程式。5.圖形曲線程式，如圖 14 所示。

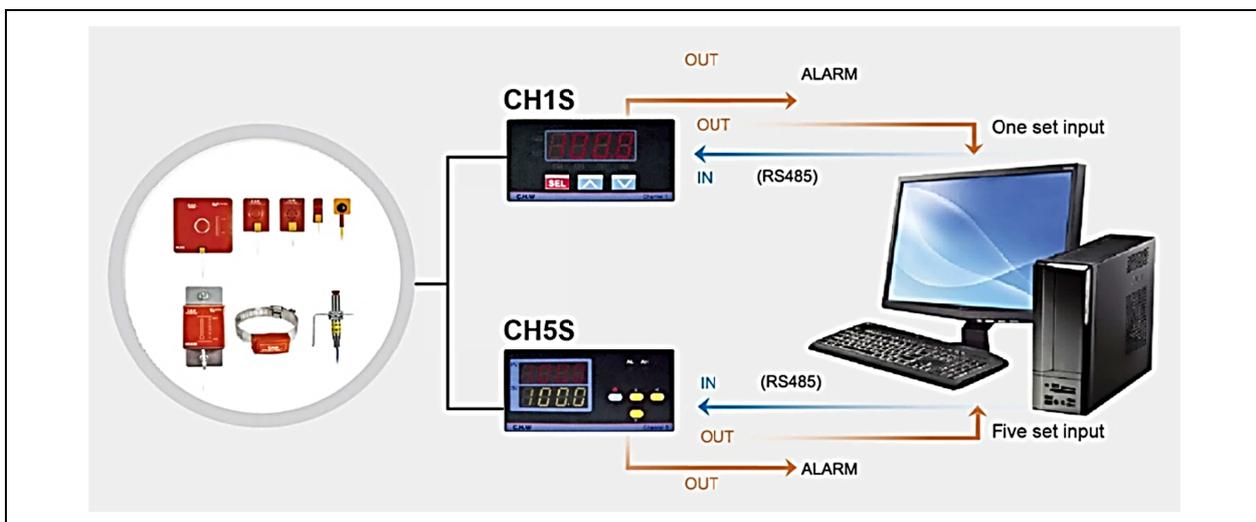


圖 12 各類溫度偵測器與中央監控電腦連線示意圖



圖 14 中央監控圖形監控及曲線系統參考圖

表 3 傳統不鏽鋼溫度感測棒與貼覆式溫度偵測器比較

名稱內容	傳統式溫度感測棒	新型的 FSTS
施工固定方式	必須開孔，植入鎖牙口 (需破壞管材結構、施工不易)	可隨意黏貼(施工容易)
反應速度	反應慢 (必須透過本體管材輻射傳導溫度)	反應快速，可達 200°C / 2 sec (物體表面傳導)
本體耐電壓	金屬外殼為導電體(無法使用)	本體耐電壓 5 kV(不導電)
帶電體量測	棒狀型，無法使用	可直接黏貼，耐電壓 5 kV(不導電)，當帶電體超過 5 kV 時黏貼於熱縮套管上
被測物型體	無法量測不規則之物體(如圓柱體)	軟性可撓，可測各種不規則之形體

5. 量測結果與討論

前文介紹了新型的 FSTS，包含原理、構造、規格、適用場所類別之系統設計。以下為實際以新型的 FSTS 與傳統式溫度感測棒、紅外線測溫槍，針對不同設備環境具體量測溫度之操作結果以及優缺點比較，如表 3 所示，我們可以發覺新型的貼覆式溫度偵測器在特性、材料、結構及規格確實較為優異。

另外，依金屬管實務技術面來做兩者施工之

比較，可由圖 15、圖 16 所示，清楚看出新型的 FSTS，於機電設備利用上為最佳的溫度偵測器。

6. 結語

溫度偵測應用在生活中無處不見，舉凡在居家設備的應用，以及工業、農業、食品、醫療衛生場所中的應用等。這也證明了溫度偵測對使用設備的重要性，由於各類場所不同需要溫度的監測需求，其選用的偵測器也不盡相同。

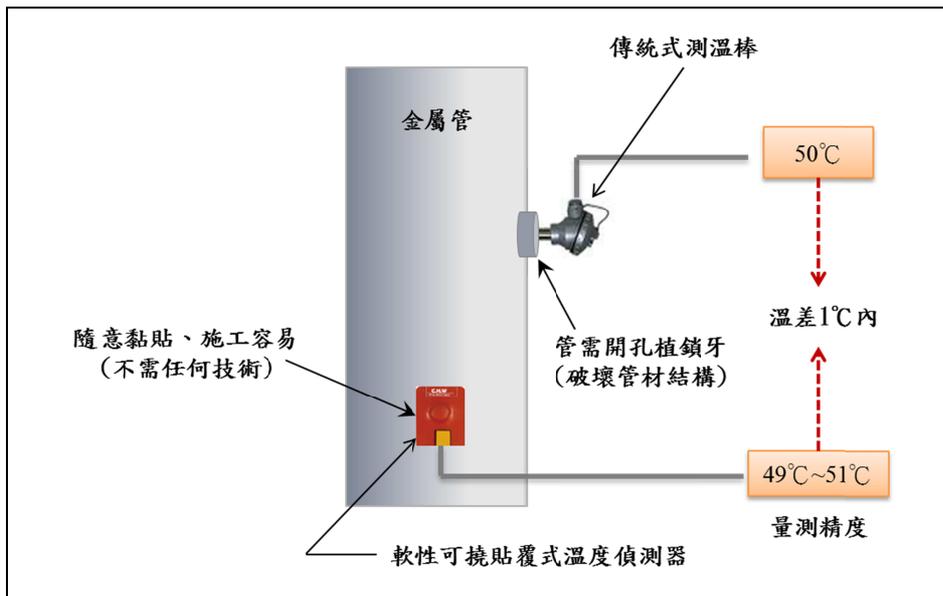


圖 15
傳統不鏽鋼溫度感測棒與
新型的 FSTS-施工方式比
較

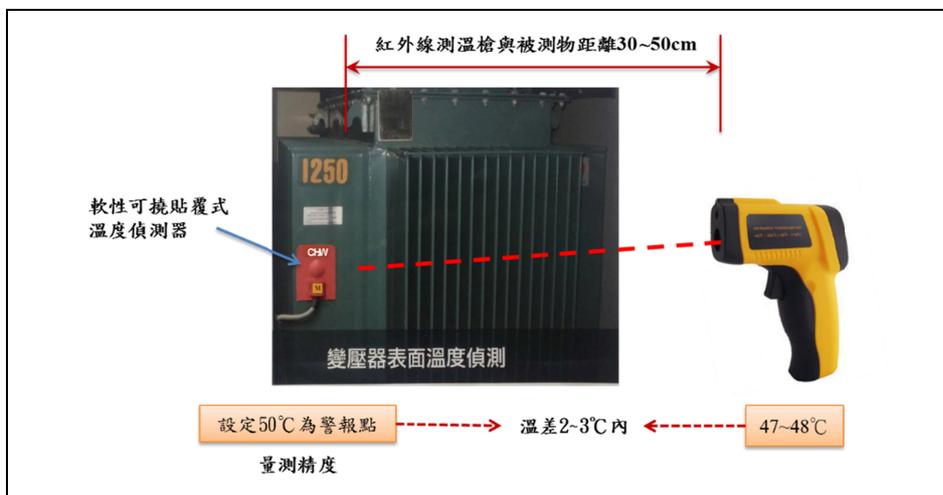


圖 16
傳統紅外線溫度測溫槍與
新型的 FSTS-實測溫度比
較

本文提出以創新的技術產品與實務應用，針對機電系統設備異常溫度偵測，運用軟性可撓貼覆式表面溫度感應偵測器之設計方案；包含產品性能分析、實務技術應用、現場操作設計應用與遠程監控系統設計應用，均提供相當值得深入分析研究實例。

現代科技日新月異技術也不斷再提升，長久以來針對機電系統設備異常溫度狀態，一般機電設計單位仍無提出最佳的解決對策。因此，作者利用多年工作實務上的經驗，在文中第IV章節剖析各項系統性說明，冀望對本文可以提供相當的參考價值與助益。

(註:本文之「軟性可撓貼覆式表面溫度偵測器」，產品獲中華民國經濟部智慧財產局專利，專利證號:新型第 M331662 號。中國人民共和國國家知識產權局專利，專利證號:ZL2010202939219。)

參考文獻

- [1] 張詩錦，“汽電共生廠設備故障型態與診斷實務”，電機月刊，第 11 卷，第 5 期，台北，5 月，2001，第 299-314 頁。
- [2] 林家宏，“電力系統適應性故障診斷及電力品質偵測之研究”，博士論文，國立中山大學電機工程系，第四章，民國 93 年 6 月。
- [3] 沈子勝，“火災危害分析技術研究計畫”，行政院原子能委員會委託研究計畫研究報告，編號：922001INER004，行政院原子能委員會民國，93 年 11 月。
- [4] 李智明、楊智能、蔡松麟、李順彥、周志偉，“低電壓裝甲型匯流排應用缺失探討”，台灣科學工業園區廠務技術研討會，競賽技術論文，2011 年 11 月。
- [5] 施嘉裕、郭南宏，“4.16KV 電容器事故問題探討與分析”，台灣科學工業園區廠務技術研討會，競賽技術論文，2011 年 11 月。
- [6] 顧志銘、王磊、潘志卿，“高壓電力電纜表面溫度監控實時系統探析”，電氣工程與自動化月刊，第 327 期，2012 年。
- [7] 李強、連焄杰，“變電站設備接頭溫度監控系統設計”，電網技術月刊，2013 年。
- [8] 陳潤先，“高壓開關櫃溫度監控的運用”，山西煤炭管理幹部學院學報，第 28 卷第 3 期，2015 年 8 月。
- [9] 蘇健忠，“大型科技廠電力設備事故案例分析及其風險評估與改善對策”，碩士論文，中原大學電機工程學系，台北，民國 95 年 1 月。
- [10] 盧明智、盧映宇編著，“感測器應用與線路分析”，第三版，全華圖書股份有限公司，台北，2014 年 12 月，第六章。
- [11] 臣緯實業有限公司，“CHW 表面測溫最佳解決方案”，產品型錄資料，2015 年版。
- [12] 臣緯實業有限公司，網站 <http://www.chw-roc.com.tw>
- [13] 行政院公共工程委員會，“中央監控系統及控制設備工程品質管理實務”，機電設備工程品質實務教材，第二章，102 年 01 月。
- [14] 謝國興，“遠端溫度監控系統”，碩士論文，聖約翰科技大學電機工程研究所，民國 104 年。
- [15] 劉利秋、盧艷軍、徐濤，“傳感器原理與應用”，第 2 章，北京清華大學出版社，2015 年 8 月。
- [16] 謝廣文，“農業自動化叢書第十二輯機電整合”，第二章感測器原理，第 11-27 頁，國立台灣大學生物產業機電工程學系，Dec，2003。
- [17] 黃繼震，“溫度控制系統的原理與應用”，行政院勞工委員會職業訓練局，訓練教材，民國 90 年 12 月。
- [18] 景德工業股份有限公司，產品型錄資料，台北，2006 年版。 ■