

第一章 緒論

1.1 量測之基本概念及目的

廣義而言，量測即是以試驗為手段，以客觀條件獲取得待測物定量訊息之過程，至於所謂客觀條件，通常係以試驗為手段，也就是藉由量測設備(或儀器)且依據檢測標準所檢出之數據，然而此過程一直存在諸多影響量測結果之因素，它有可能為量測儀器或設備、量測方法、環境因素抑或人員素質....等，因此就實驗室而言，如何排除上述影響因素來提高我們量測的準確度，則是量測的主要目的。

量測之起源於何時已不可考，然而人類為提升待測物之準確性，幾凡與測試有關之過程：如儀器設備改善、量測方法改進甚至應用統計分析等手段，仍一直持續進行著，基本上凡是研發、製造、品保或測試實驗室的相關人員，對於量測設備下之待測物本身所存在之穩定性以及量測儀器之精密程度所帶來之重覆性及再現性，莫不重視且亟想一探究竟，因為對我們所量測到的量測值它所代表意義何在？以及它真正的「值」應該為何？此乃量測之基本概念。此外，量測的目的主要係為了取得「真值」，然而即便是處於相同條件下重複進行量測，通常也無法獲得相同的結果。換言之，量測的結果並非一「定值」，其通常為一「範圍」，此結果僅為「真值」的「近似值」或「估計值」，是以，若要完整且正確地表達量測結果，理應表述量測之結果為一合理的可能範圍。

1.2 不確定度概述

不確定度與量測技術關係緊密，它可代表一個實驗室之量測水準，近年來實驗室所出具之報告不僅被要求給出確切的值，更被要求給出一個量測值的合理範圍，易言之，即是要給出該值的不確定度，也就是量測報告必須加以不確定度說明，因此實驗室必須控制量測不確定度要儘可能地小，以滿足測試或校正實驗室檢測的要求。

量測作業乃為工程規劃、設計、施工、監造以及各領域必須進行的手段與機制，因此，其重要性不可言喻。惟量測的結果限於人員經驗熟練度儀器精準度系統偏差樣品代表性以及非主、客觀條件所能掌控等因素錯綜複雜的獨立事件或連帶影響，導致量測所得之初始值幾乎不能代表真正的數值，採用不確定度來表示真值合理的範圍區間、分散模式與可接受的可靠度值，方始量測結果經過一些統計分析的模組後，變得可信、安全、經濟且具可行性，否則空有量測數據，將無法落實在執行面，同時量測亦失去意義。這是必要的認知。

量測的結果之所以未能精準地確定，主要係因量測過程中可能會隱含人為、量測設備、量測方法及環境等不可控制之因素的影響，而導致量測過程無法精準而形成「誤差」。「誤差」，意謂「量測結果」與「真值」的接近程度，但因「真值」永遠無法算出，所以亦無法算出真正的誤差值，因此使用「量測不確定度」嚴然成為近代量測結果較為合適的表示方法。

1.3 研究動機及方法

本研究計畫主要目的係為建立一個可適用於本分局電度表測試領域之量測不確定度評估方式，並提供分局各 TAF 實驗室測試及校正領域量測不確定度評估參考。

量測不確定度對於測試機構而言有其必要及重要性，而電度表測試之準確性更是涉及人民權益且攸關政府公權力，是以為使量測合乎精度要求，除待測物本質之測試條件外，對於量測系統的人為、量測設備、方法及環境等不可控制之因素的影響，必須加以評估，並藉由管理手段加以規範。

研究方法係藉由量測過程中探討可能之人為、量測設備、量測方法及環境等不可控制之因素的影響，瞭解誤差項目、範圍及其離散程度，並建立適用之量測方程式，進而確立本分局之量測不確定度執行模式。

1.4 量測數據分析與實驗室管理

量測數據處理主要是運用統計的方法加以歸納分析，讓我們從多次的測量數據中，估算出最接近真值的數據。也就是我們所想要的測量結果。並藉由誤差的分析，讓我們瞭解我們所做的估算，可信度有多高。

在量測時，如何讀取具有可信度高之數據以及對這些數據如何處理與分析是測試過程中最基本與最重要之工作。量測時會有不準度（inaccuracy）出現，為使量測值具有較高的可信度，我們有必要對系統誤差（systematic errors）與隨機誤差（chance or random errors）所產生不準確度之原因及程度加以探討。

上述於量測後針對所得數據進行統計分析，其主要目的係為達成實驗室管理之品質目標，於本分局品質手冊之總體目標亦明白揭櫫：本分局品質目標係依據CNS17025（ISO/IEC 17025），建立本分局所屬各單位執行檢（試）驗/校正（校驗）工作之能力與水準，使其提出之數據及報告在國內外均具公信力，進而達到與國際間著名實驗室相互承認及合

作之目的。是以，實驗室管理之主要目的，係建構組織之實驗室管理制度健全有效地持續運作，務求使之符合「實驗室品質管理標準(ISO/IEC 17025：1999)」與「實驗室能力試驗指引(ISO/IEC Guide 43：1997)」，是故，提升測試實驗室能力最有效方式即落實量測數據分析管理。

1.5 本報告研究的主要問題及展望

電度表專業實驗室之建立，是本分局現階段所須面對之議題，同時也是提升機關競爭力的關鍵因素，而為了有效達成專業實驗室之建立並落實測試實驗室量品質管理目的，除首長對本次計畫活動大力支持外，近年來本分局同仁於該(電度表)測試領域相繼投入之研發亦未嘗間歇，諸如提案、投稿及研究計畫等相關活動等，本次「量測不確定度於電度表檢測之應用與探討」之研究計畫即便如此，然攸關往後該專業實驗室之持續運作成功與否？強韌之人力資源管理是一關鍵因素。此外，政府機關推行任何或管理系統，除經費挹注外，來自於組織人力資源管理的充份支持，方能帶動優良的組織文化與結構，激勵同仁樂於分享、創造並應用於專業實驗室之實際運作上，也惟有機關所有同仁平時皆具備進取心及榮譽感，並在大家同心協力下，必可凝聚成一股向上的組織動能。

第二章 測試實驗室之要求

2.1 測試與校正實驗室能力的一般要求

經濟部於1990 年所推動的中華民國實驗室認證體系(Chinese National Laboratory Accreditation, 簡稱CNLA)。該基金會實驗室認證運作係依據ISO/IEC 17011:2004, 並採用ISO/IEC17025:2005 為國內實驗室的共通性規範, 希望藉由對校正與測試實驗室的評鑑認證, 達到實驗室符合國際標準與品質及技術提昇之目的。

截至目前ISO/IEC 17025 第2 版(2005 年版)為最新版次, 內容係有關於ISO 9001:2000 的必要部份略為修訂或增訂。另ISO/IEC 17025:2005 是測試與(或)校正(包括抽樣)的能力之一般要求, 包括使用標準方法、非標準方法與實驗室自行開發的方法所執行之測試與校正。適用於所有執行試驗與(或)校正之所有組織, 例如包括第一者、第二者及第三者實驗室, 以及為檢驗與產品驗證一部分之測試與(或)校正實驗室。

2005 年所發行的國際標準 ISO/IEC 17025 之「測試與校正實驗室能力的一般要求」中, 明確要求測試或校正實驗室必須分析與評估測試或校正結果的「量測不確定度」。因此欲符合 ISO/IEC 17025 標準之實驗室, 對於「量測不確定度」必須有相當的瞭解並須確實地執行。

2.2 ISO 量測不確定度表示指引

1995 年所出版的「ISO 量測不確定度表示指引 (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)」, 定義「量測不確定

度」為「量測不確定度隨同一個量測結果，說明可合理歸屬於受測量之量測值的分散程度的參數」，此意指「量測不確定度」是指量測結果的「分散程度」，通常會以多次重複的量測結果之「標準差」來表示。

目前，國際間最通用的「量測不確定度」評估方法為 1995 年所出版的「ISO 量測不確定度表示指引」中所建議的方法。為了評估「量測不確定度」，國際度量衡委員會 CIPM 於 1980 年決定「量測不確定度」的表示原則。「量測不確定度」通常內含許多成份，若以計算方式分類，通常可分為以下兩大類：A 類：執行多次的重複量測，以統計的方法計算而得。B 類：以其他方法計算而得。

根據 1995 年所出版的「ISO 量測不確定度表示指引」，評估「量測不確定度」：本研究之評估方法，即據此「指引」中所建議的方法。定義「量測不確定度」為「量測不確定度隨同一個量測結果，說明可合理歸屬於受測量之量測值的分散程度的參數」，此意指「量測不確定度」是指量測結果的「分散程度」，通常會以多次重複的量測結果之「標準差」來表示。

2005 年所發行的國際標準 ISO/IEC 17025 之「測試與校正實驗室能力的一般要求」中，明確要求測試或校正實驗室必須分析與評估測試或校正結果的「量測不確定度」。因此欲符合 ISO/IEC 17025 標準之實驗室，對於「量測不確定度」必須有相當的瞭解並須確實地執行。

每一項測試或校正的過程中都會進行許多的量測。在量測過程中，會影響量測結果的每一項因素無法完全被控制而成為常數，這是由於這些影響因素可包括人、量測設備、量測方法與環境等。因此，每一次重複量測所得到的結果，必然會有變異。

量測的目的為取得「待測量的真值」，然而如前言所述，即便是處於完全相同的條件下進行量測，也無法獲得完全相同的結果。換言之，量測的結果並非一「定值」，其通常為一「範圍」，此結果僅為「真值」的「近似值」或「估計值」，且真值是永遠不可知。所以，若要完整說明量測結果，應當是說明量測結果的可能範圍，與量測結果將發生在此範圍內的可能性。

量測的結果之所以無法百分之百的確定，係因量測過程中可能會因為人、量測設備、量測方法與環境等不可控制之因素的影響，而導致量測過程無法完美而形成「誤差」。「誤差」是「量測結果」與「真值」的差異值，但因「真值」永遠無法算出，所以亦無法算出真正的誤差值，因此使用「量測不確定度」即成為一種合宜的表示方法。

「量測不確定度」的評估並非一項例行的工作，也不是單純數學公式的套用與運算，執行者必須對「待測量的本質」、「量測方法」和所使用的「量測程序」等因素有深入的了解後，才能正確地評估「量測不確定度」。

2.3 標準檢驗局台中分局量測不確定度評估作業規範

本分局為估算所屬實驗室所執行檢（試）驗/校正之量測不確定度，特依據ISO/IEC 17025：2005「測試與校正實驗室能力要求」及本分局品質手冊（QM2-500）等制定「量測不確定度評估與審查作業程序」（編號：TDP-500-003）。藉以瞭解誤差項目及範圍，期能提供實驗室人員於實務中應用參考，並確保量測作業的品質，其範圍適用於本分局所有可定量性之測試及校正等項目之量測不確定度的評估規劃、評估方法、評估審查及紀錄管理等。

相關作業說明如下：

(一) 評估規劃

首先擬定評估計畫：規定檢（試）驗/校正單位主管於每年度管理審查會議時應提報量測不確定度的評估項目，作為次年度的品質目標。經決議需評估項目，由技術主管擬定量測不確定度評估計畫表，檢（試）驗/校正單位主管指派相關檢（試）驗/校正人員進行評估及撰寫量測不確定度評估報告。此外如有（1）儀器校正報告之不確定度變更者、（2）測試方法、人員及環境有所變動時及（3）顧客或實驗室負責人要求。等情形時，上述情形各試驗應重新評估：

(二) 評估方法

評估量測不確定度的步驟，依據ISO GUM 規定(量測不確定度之評估方法)予以確切執行。

(三) 評估結果及審查

檢（試）驗/校正人員依上述「量測不確定度評估方法」，完成量測不確定度評估後，應撰寫「量測不確定度評估報告書」。並責成各實驗室技術主管依下列原則，以「量測不確定度評估報告審查表」對檢（試）驗/校正人員提出之「量測不確定度評估報告書」予以審查核定其評估結果之正確性。

審查評估原則：

- (1) 量測不確定度評估報告由技術主管予以審查，審查重點為組合不確定度之推導及計算是否正確。
- (2) 對審查發現不合理或錯誤之處檢討修正之。
- (3) 量測不確定度評估結果視需要提供管理審查檢討。

(四) 量測不確定評估結果之有效位數表示方法

依「檢（試）驗/校正報告（證書）管理作業程序（DDP-500-003）」規定辦理。

(五) 紀錄管理

量測不確定度評估之相關紀錄資料，實驗室應依規定建檔管理，保存3年以上。

第三章 電度表測試實驗室之環境需求

3.1 電度表種類及饋電方式

電度表之種類依功能區分可分為：傳統式感應型電度表(機械式電度表)、電子式數位電度表、具通訊模組分時電價計費之先進電度表；若依饋電方式區分可分為單相二線式電度表、單相三線式電度表、三相三線式電度表以及經由比壓器(PT)、比流器(CT)匹配之高壓計量電度表。

現行台電公司係依申請者之需求，就其申請之電力及容量別予以適用之電度表執行計量計費，換言之，台電公司會依申請者不同的需求量，也就是按照每個住戶所用器具的容量、相別和電壓，來為每戶設計且裝置不同相別、不同容量的電度表。

由於電器產品之普及且使用之消耗功率亦有日趨增大現象，如電熱水器及冷氣機使用就相當普遍，此類大功率之電器通常係以 220V 為供電設計，是以 220 伏特之用戶需求者眾，因此一般家庭的計量電度表，外觀上大多是圓形，以指針方式顯示的單相三線制 30 安培（110/220V 30A），常見的廠牌有大同、中興、華儀、華城等四種（如圖 3.1 所示，以中興為例）。



圖 3.1 單相三線制中興電表（I-70S，等級為 2 級表）

3.1.1 單相三線式饋電方式介紹

單相三線式用戶為目前一般家庭最為普遍之需求，單相三線式具有兩條火線(L_1 , L_2)及一條中性線(N)，兩條火線相對於中性線電壓的相位為互為反相的 110V/60Hz，兩火線相對於中性線電壓為 110V，至於兩火線間電壓為 220V 的電線，其中 110V 供應一般電器使用，而 220V 則提供冷氣機及電熱水器等大消耗功率之電器產品使用，如圖 3.2 所示。

其中線電壓計算如下：

$$L_1 = 110 \angle 0^\circ$$

$$L_2 = 110 \angle -180^\circ$$

$$N = 0 \angle 0^\circ$$

$$|L_1 - N| = |110 \angle 0^\circ - 0 \angle 0^\circ|$$

$$= 110V$$

$$|L_2 - N| = |110 \angle -180^\circ - 0 \angle 0^\circ|$$

$$= 110V$$

$$|L_1 - L_2| = |110 \angle 0^\circ - 110 \angle -180^\circ|$$

$$= |110 \angle 0^\circ + 110 \angle 0^\circ|$$

$$= 220V$$

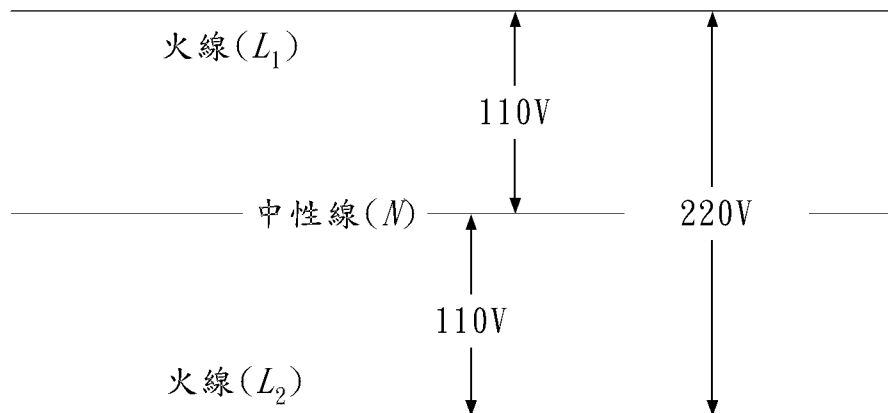


圖 3.2 單相三線式接線示意圖

3.2 電度表構造及工作原理

3.2.1 佛來明左手定則(電動機動做原理)

有關電動機或任何因通電而運動之原理，皆適用佛來明左手定則(適用於電流流過導電體時,在有外加磁場時的運動方向)：

一、手勢

食指/中指/拇指伸直，各為 90 度（如圖 3.3 所示）

- (一)中指：導電體上供應電流的方向
- (二)食指：磁場方向(N 極到 S 極)
- (三)拇指：導電體的運動方向

二、數學表示方式：

以左手之食指表示磁場方向，中指表示電流方向，則大姆指表示此導線受力的方向，如圖 3.3 所示之電流方向，則環狀線圈受磁場之作用，將順正時鐘方向旋轉，產生之扭矩 T 可以下式表示：

$$T = KIB [N \cdot m]$$

其中 K 為比例常數， I 為流經線圈之電流， B 為永久磁鐵所造成之磁通密度。

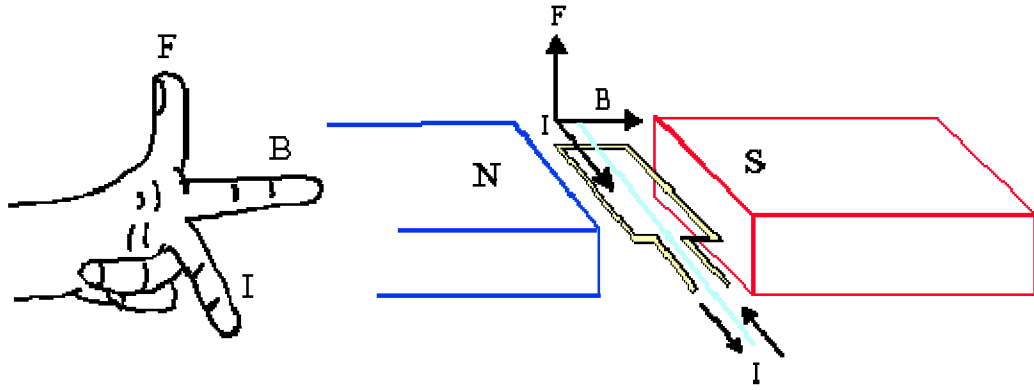


圖 3.3 佛來明左手定則

在圖 3.4 (a) 中， W_p 所產生之磁場 Ψ_p 貫通 D 及 W_c 所產生磁場 Ψ_c 貫通 D 之位置如圖 3.4 (b) 所示。 W_c 之匝數較少，而磁路之空氣隙較大，故 Ψ_c 略與負載電流 I 同相， W_p 之匝數較多，其磁路之空氣隙較小，感應甚大，故 Ψ_p 較電壓 V 之相位落後約 90° 。圓盤之瞬時轉矩為

$$T = K (\phi_p i_c - \phi_c i_p) \quad (3.1)$$

其中， i_c 、 i_p 分別為圓盤上受 ϕ_c 、 ϕ_p 變化所產生之渦流。而 $\phi_p i_p$ 及 $\phi_c i_c$ 係自己線圈之磁場和渦流，為兩直交相量之乘積，其轉矩為零。相量圖如圖 3.4 (c) 所示。

若電壓為 $e = \sqrt{2}V \sin \omega t$ 伏特及電流為 $i = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \theta)$ 安培， θ 為負載之功因角（落後）

$$\text{則 } \phi_p = -\sqrt{2}k_1 V \cos \omega t \text{ 及 } \phi_c = \sqrt{2}k_2 I \sin(\omega t - \theta)$$

$$i_c = -k_3 \frac{d\phi_c}{dt} = -\sqrt{2}k_2 k_3 I \omega \cos(\omega t - \theta)$$

$$i_p = -k_4 \frac{d\phi_p}{dt} = -\sqrt{2} k_1 k_4 V \omega \sin \omega t$$

代入 (3.1) 式

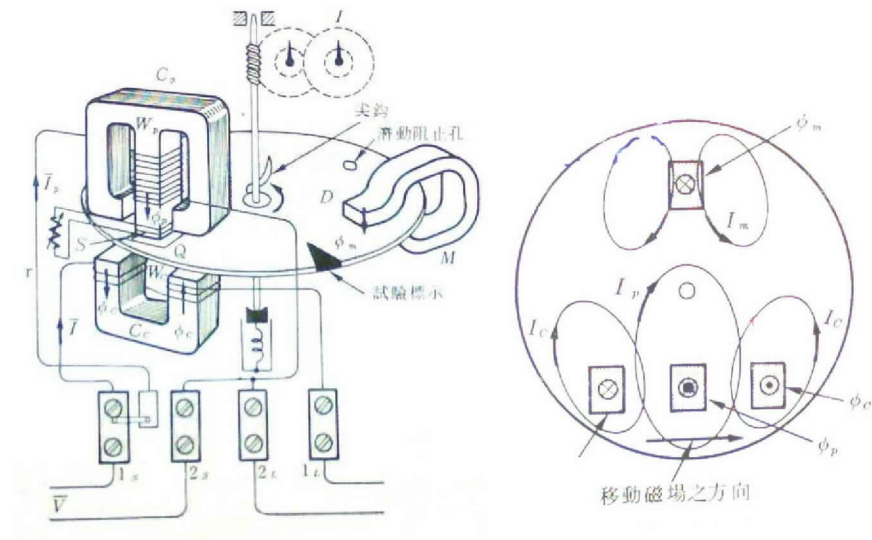
$$T = k[k_1 k_2 k_3 \omega 2V \cos \omega t \cos(\omega t - \theta) + k_1 k_2 k_4 \omega 2V \sin \omega t \sin(\omega t - \theta)]$$

取一週期之平均轉矩

$$\begin{aligned} T_{av} &= \frac{1}{T} \int_0^T T dt \\ &= k k_1 k_2 V I \left[\frac{k_3}{2\pi} \int_0^{2\pi} 2 \cos \omega t \cos(\omega t - \theta) d\omega t + \frac{k_4}{2\pi} \int_0^{2\pi} 2 \sin \omega t \sin(\omega t - \theta) d\omega t \right] \\ &= k k_1 k_2 V I [k_3 \cos \theta + k_4 \cos \theta] \\ &= k' V I \cos \theta \propto p_{av} \end{aligned}$$

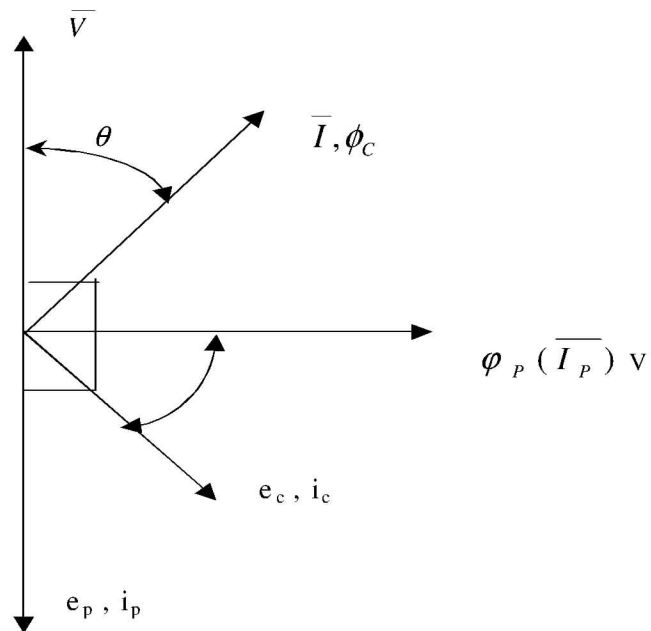
上式中 $k' = k k_1 k_2 (k_3 + k_4)$ 為一常數，故驅動轉矩與負載平均功率 p_{av} 成正比。

圓盤 D 用於制動磁鐵 M 產生與圓盤旋轉角度 ω 成正比之制動轉矩，故 D 係在驅動轉矩與制動轉矩之間保持平衡狀態下繼續旋轉。因此 ω （即圓盤單位時間之轉數 n ）與 p_{av} 成正比，亦 $p_{av} = Kn$ 。以計算齒輪 I 計算一定時間內之轉速 N 時，此期間內之積算電能為 $W = KN$ 。



(a) 瓦時表之構造

(b) 圓盤上之渦流



(c) 相量圖

圖 3.4 單相瓦時表原理圖示

茲再將電度表運轉原理綜合如下：

1.利用電壓線圈與電流線圈，在空間差半極（ 90^0 電工度），及時間差 90^0 之電流，以產生一移動磁場。

2.鋁圓盤裝設在移動磁場中，若以相對運動來看，則磁場不動而鋁圓盤（導體）作反方向移動。

3. 鋁圓盤因切割磁力線而感應電勢，因鋁圓盤可視為封閉導體，故有渦流產生，此渦流與原來磁場作用，使鋁圓盤受驅動轉矩而沿移動磁場之相同方向轉動，帶動記錄器銘板個位字輪（如圖 3.5），其轉速與負載消耗功率對應成正比。

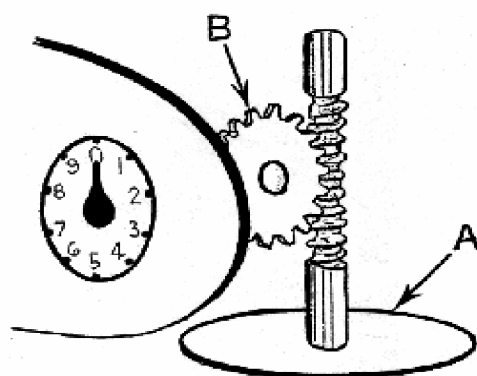


圖 3.5 鋁圓盤帶動個位字輪示意圖

3.3 電度表常數之代表意義：

3.3.1 電度表常數之應用-以時間觀點可視為「計量不足」抑或「過度計量」

一、電表常數之意涵：電表常數為 $7.2Wh$ ，表示轉盤轉一圈需要的能量

為 7.2 Wh 。

二、 $7.2 \text{ Wh} = 7.2 \text{ 瓦時} = 7.2 \text{ 瓦} \times 3600 \text{ 秒} = 25920 \text{ 瓦秒}$ 。

三、輕載時，轉盤轉一圈所需之時間：

電壓為 220V，電流為 3A，檢查的功率因數為 1，而功率（P）為電壓與電流及功率因數的乘積，故：

$$P = 220\text{V} \cdot 3\text{A} \cdot 1 = 660 \text{ 瓦}$$

所以，輕載時轉盤轉一圈時，所需時間為 $25920 \text{ 瓦秒} / 660 \text{ 瓦} = 39.27273 \text{ 秒}$ 。

四、全載時，轉盤轉一圈所需之時間：

電壓為 220V，電流為 30A，檢查的功率因數為 1，故功率為：

$$P = 220\text{V} \cdot 30\text{A} \cdot 1 = 6600 \text{ 瓦}$$

所以，全載時轉盤轉一圈所需時間為 $25920 \text{ 瓦秒} / 6600 \text{ 瓦} = 3.927273 \text{ 秒}$ 。

故，輕載時，若轉盤轉一圈之時間大於 39.27273 秒為計量不足，反之為過度計量；同理，全載時，若轉盤轉一圈之時間大於 3.927273 秒為計量不足，反之為過度計量。

3.3.2 電度表常數之應用-以脈衝值觀點視之為計量不足與過度計量現象：

一、電度表檢驗機台之額定電壓為 220V，額定電流為 30A。

二、標準器之電壓為 110V，電流為 5A。

三、電度表檢驗機台與標準器之間的變成比為 $(220/110) \cdot (30/5) = 12$ 。

四、故，換算到標準器之電度表常數為：

$$7.2 \text{ Wh}/12 = 0.6 \text{ Wh}$$

$$= 0.6 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s}$$

$$= 2160 \text{ Ws}$$

五、標準器設定為 00008（如下圖 3.6），表示為 0.08 Ws/pulse。

所以 2160 Ws 為 $2160/0.08 = 27000$ pulse。

其中，電度表檢驗機台之計數器為 16 位元(bit)，其計數屬範圍為 $2^{16}=65536$ ，故可計數 0~65535，約取中間整數值（27000）作為標準脈衝值。

因此，若電度表檢驗機台計數脈衝值大於 27000 為過度計量，反之為計量不足。



圖 3.6 瓦時標準器外觀

3.4 本局電度表檢驗設備介紹：

3.4.1 硬體：

標準器提供獨立的電流源與電壓源，分別串聯及並聯供給電度表。

電度表檢驗台偵測系統：

測試前，先經由電度表檢驗台偵測系統，確認電度表接腳之接觸電阻值正常與否。

本系統之示意圖如圖 3.7 所示，當電度表之接腳過髒時（接觸電阻

太大)，燈號不亮，反之，電度表接腳之接觸電阻為正常值時，燈號亮。
電度表接腳左側與右側接腳之偵測迴路電路圖如圖 3.8 與圖 3.9 所示，
係使用比較器來實現。

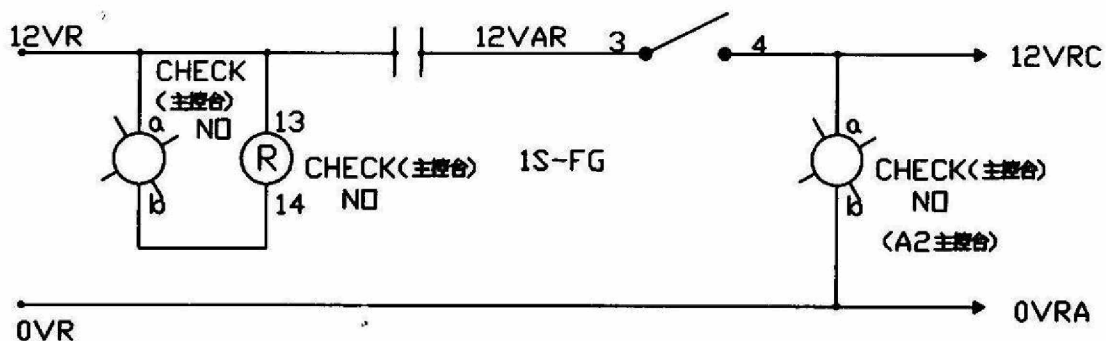


圖 3.7 電度表檢驗台偵測系統控制電路圖（一）

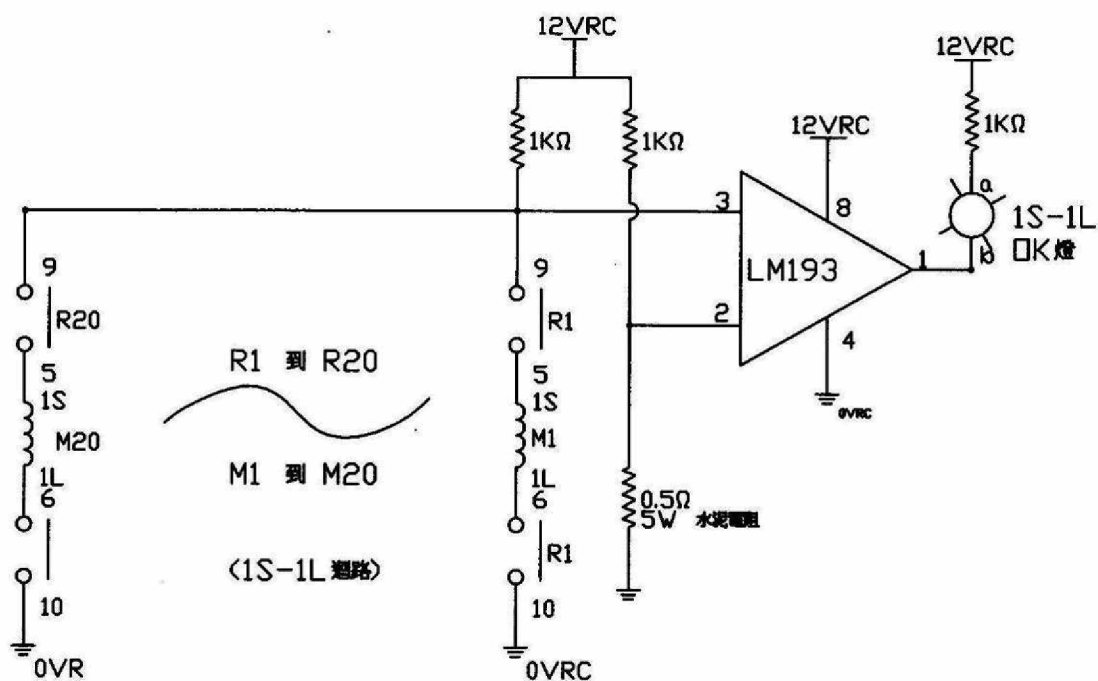
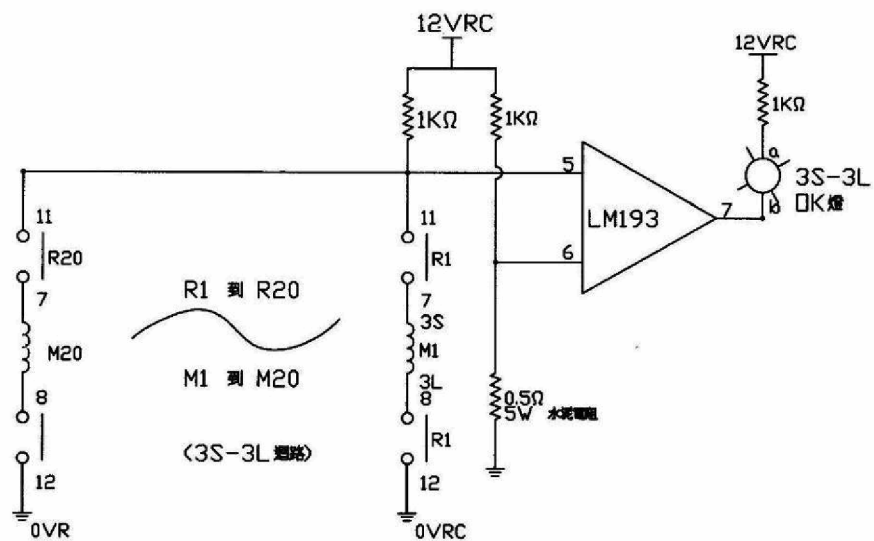


圖 3.8 電度表檢驗台偵測系統控制電路圖（二）



Note: ① 1S-1L 電流線圈小於 0.5A 時
 ② 則 1S-1L OK LED 燈亮(內部)
 ③ 3S-3L 亦同
 ④ R1-R20 為 RH4B-UDC12

圖 3.9 電度表檢驗台偵測系統控制電路圖 (三)

比較器之原理如圖 3.10：

⊙若 $V_+ > V_-$ ，因為無限放大，則 $V_o = V_{cc}$ 。

⊙若 $V_- > V_+$ ，因為無限放大，則 $V_o = -V_{ss}$ 。

最常見的實用電路如溫度開關、聲音開關...等。

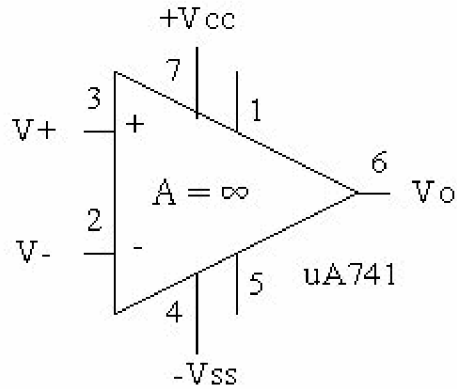


圖 3.10 比較器電路

本系統係比較器之應用，其原理以圖 3.8 為例：

當電度表之接腳過髒時，表示接觸電阻大，LM193 之 pin3 電壓接近 12V，輸出電壓為 12V，1S-1L OK 燈電壓差為 0V，OK 燈不亮；反之，電度表接腳之接觸電阻為正常值時，pin3 電壓接近 0V，故輸出電壓為 0V，1S-1L OK 燈亮。

「電度表檢驗台偵測系統」乃是在不破壞原有系統之架構下，外加接觸電阻測試區成為偵測控制迴路系統，可以獨立偵測不導通之電度表（如圖 3.12 圈起處）。



圖 3.11 「電度表檢驗台偵測系統」之位置

M1~**M20** (如圖 3.12 所示) 分別代表掛表 1~掛表 20，即 20 具電度表，**1S-1L** 與 **3S-3L** 代表電度表左側與右側接腳，當 **1S-1L** 或 **3S-3L** 燈號亮時，表示接觸電阻值正常，燈號不亮時則表示接觸電阻太大，電度表的接腳過髒。



圖 3.12 「電度表檢驗台偵測系統」外觀

圖 3.13 中，測試第 16 號電度表，按下偵測系統之按鈕 **M16**，結果 **1S-1L** 與 **3S-3L** 皆亮，表示位於第 16 號掛表之電度表的接腳接觸電阻值正常。



圖 3.13 「電度表檢驗台偵測系統」(一)

圖 3.14 中，測試第 10 號電度表，按下偵測系統之按鈕 **M10**，結果 **1S-1L** 燈不亮，表示位於第 10 號掛表之電度表的左側接腳接觸電阻太大，電度表左側接腳過髒。



圖 3.14 「電度表檢驗台偵測系統」(二)

圖 3.15 為「電度表檢驗台偵測系統」背面的實際接線圖。

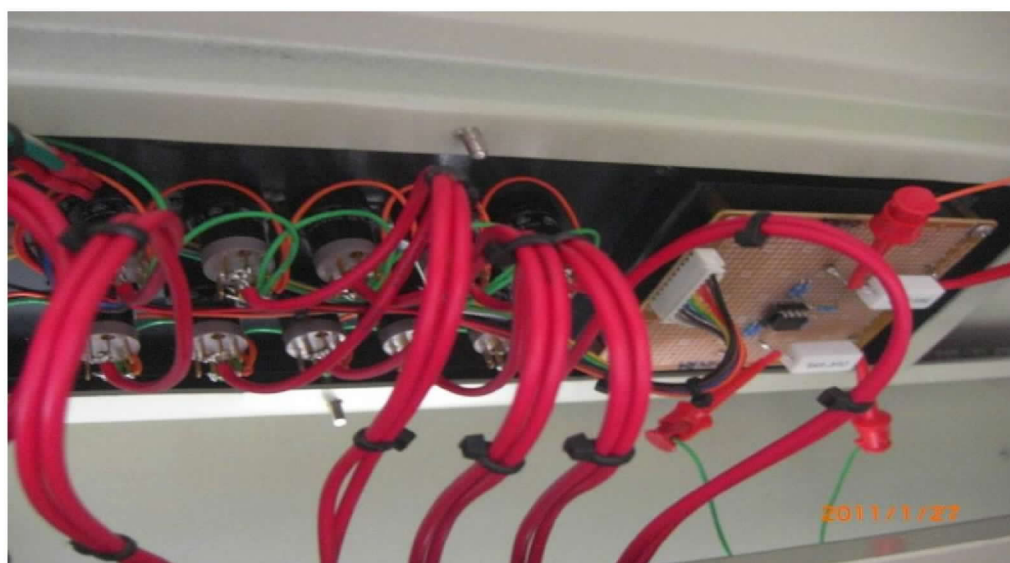


圖 3.15 「電度表檢驗台偵測系統」實際接線圖

3.4.2 軟體：

1.點選申請者（如圖 3.16 與圖 3.17）。



圖 3.16 新檢驗台應用軟體（一）



圖 3.17 新檢驗台應用軟體（二）

2.輸入檢查合格或停止使用單啟使號碼（字尾）：2 個欄位（如圖 3.18 與圖 3.19）。



圖 3.18 新檢驗台應用軟體（三）



圖 3.19 新檢驗台應用軟體（四）

3.輸入各別電度表之電表廠牌與電表器號（如圖 3.20）所示。

電表測試結果畫面											
電表掛位	電表廠牌	電表型式	電表器號	構造檢查	潛動試驗	始動試驗	100%電流	10%電流	器差(%)	合格單號碼 停用單號碼	是否合格
(01)	中興	I-70S	00000001	○	○	--	+0.25	+0.13	+0.23	A09800217	○
(02)	大同	D4S	00000002	○	○	--	-0.07	+0.36	+0.02	A09800218	○
(03)	華儀	J5S	00000003	○	○	--	+0.14	+0.08	+0.13	A09800219	○
(04)	華城	MX	00000004	○	○	--	-0.12	+0.43	-0.01	A09800220	○
(05)	中興	I-70S	00000005	○	○	--	+0.20	+0.15	+0.19	A09800221	○
(06)	大同	D4S	00000006	○	○	--	+0.22	+0.35	+0.25	A09800222	○
(07)	華儀	J5S	00000007	○	○	--	-0.25	+0.49	-0.10	A09800223	○
(08)	華城	MX	00000008	○	○	--	-0.06	-0.03	-0.05	A09800224	○
(09)	中興	I-70S	00000009	○	○	--	+0.22	+0.26	+0.23	A09800225	○
(10)	大同	D4S	00000010	○	○	--	+0.02	+0.09	+0.03	A09800226	○
(11)	華儀	J5S	00000011	○	○	--	+0.15	+0.16	+0.15	A09800227	○
(12)	華城	MX	00000012	○	○	--	-0.33	+0.12	-0.24	A09800228	○
(13)	中興	I-70S	00000013	○	○	--	-0.09	+0.32	-0.01	A09800229	○
(14)	大同	D4S	00000014	○	○	--	-0.02	+0.40	+0.06	A09800230	○
(15)	華儀	J5S	00000015	○	○	--	+0.08	+0.23	+0.11	A09800231	○
(16)	華城	MX	00000016	○	○	--	-0.13	+0.21	-0.06	A09800232	○
(17)	中興	I-70S	00000017	○	○	--	-0.13	+0.17	-0.07	A09800233	○
(18)	大同	D4S	00000018	○	○	--	-0.14	+0.25	-0.06	A09800234	○
(19)	華儀	J5S	00000019	○	○	--	-0.08	+0.33	+0.00	A09800235	○
(20)	華城	MX	00000020	○	○	--	+0.14	+0.34	+0.18	A09800236	○

[F1]:[中興/I-70] [F2]:[大同/D4S] [F3]:[華儀/J5S] [F5]:[華城/MX] [F6]或[Enter]:換下一列 更新並離開

圖 3.20 新檢驗台應用軟體（五）

3.5 電度表檢測標準與允收判定

3.5.1 電度表檢測標準

電度表檢測標準，可分為外觀構造與器差，外觀構造與器差之檢測標準，依電度表檢定檢查技術規範 CNMV 46 第 3 版節錄如下：

1.適用範圍：本規範適用於應受檢定、檢查之瓦時計、乏時計、需量瓦時計、電子式電度表（四者以下簡稱電度表）及匹配於電度表之比流器、比壓器（二者以下簡稱變比器）等。但不包括攜帶式電度表、標準電度表、電壓 600 V 以上之電度表及大於標稱系統電壓 69 kV 之變比器。

2.構造

電度表上之標示、標記及分度線應明顯不易磨滅，並無誤認之虞。

3.外觀標示

電度表應於明顯處標示下列事項：

- (1) 名稱。
- (2) 製造廠商之名稱或標記。
- (3) 型號及器號。
- (4) 使用電路之相數及線數。
- (5) 額定電壓及頻率。
- (6) 基準電流（或試驗電流）及額定電流（或電流等級、最大電流）。
- (7) 製造年份。
- (8) 電度表常數。
- (9) 準確度等級代號。但 2 級電度表得免標示。
- (10) 電子式電度表應有功能標示（瓦時、乏時或需量功能）、代號或標記。

4. 電度表之機械構造應堅固耐用，動作裝置須全部固定於表底，並以表蓋蓋妥，表底與表蓋間應加襯墊，以防止塵埃等外物侵入。

5. 電度表表蓋與表底間應有適當封印位置。

6. 電度表端子蓋與表底間，應有適當封印位置；除開啟封印外，應無法接觸內部組件。

7. 電度表之檢定合格有效期間，自附加檢定合格印證之日起至附加檢定合格印證月份之次月始日起算下列各規定年限止：

- (1) 寶石軸承電度表為 7 年。
- (2) 磁力軸承電度表：

a.防突波不附變比器或不附需量計量器者為 16 年，單相插座型者為 20 年。

b.防突波附變比器或附需量計量器者為 8 年。

(3) 電子式電度表為 8 年。

8. 檢定合格印證

- (1) 電度表之檢定合格印證位置在本體之外殼開啟處，以封印穿鎖檢定合格號碼牌（含檢定合格有效期間及編號）；並得將該檢定合格有效期間另標示於器具正面明顯處。
- (2) 變比器以封印穿鎖檢定合格號碼牌。

電度表器差之檢測標準為：

- (一) 在額定之電壓與頻率下，電度表之檢定檢查公差均為正負差，其器差之計算公式如下：

$$\text{器差} = (100\% \text{電流測試所得器差} \times 4 + 10\% \text{電流測試所得器差}) / 5$$

- (二) 電度表之誤差容許限度測試條件與檢定、檢查公差相關規定如下：（以下功率因數 0 係指 0（滯後）、功率因數 0.5 係指 0.5（滯後）、功率因數 0.866 係指 0.866（滯後））。

各等級瓦時計規定如下表(3.1)所列。

表 3.1 各等級瓦時計相關檢定檢查規定

準確 度等 級	功率 因數	基準（或試驗）電 流（%）	檢定公差 （%）	檢查公差 （%）
0.5 級	1.0	100	0.5	0.5
		10		
	0.5	100	0.5	
1 級	1.0	100	1.0	1.0
		10		
	0.5	100	1.0	
2 級	1.0	100	2.0	2.0
		10		
	0.5	100	2.5	

註：

- 1.三相三線式瓦時計功率因數 0.5 應測試正相序及逆相序。
- 2.單相三線式瓦時計功率因數 1.0、基準(或試驗)電流 100 % 應測試各元件電流電路之器差。

（三）電度表潛動之檢定、檢查在額定頻率及額定電壓之 110 % 下，如無電流通過電流線圈，20 分鐘內電度表轉盤不應轉動 1 週以上、電子式電度表不得有 1 個以上之脈波輸出。

目前檢驗之電度表為機械式二級表（功率因數為 1.0），其檢查器差為檢測 100%電流測試所得器差與 10%電流測試所得器差，

再透過器差= (100%電流測試所得器差×4+10%電流測試所得器差) /5 公式，對照表 1 可得知，檢查公差為±2.0%以內為合格。

3.5.2 電度表設備之允收標準

(一) 檢定、檢查設備，須提出驗證設備之系統具追溯性及不確定度驗證證明。

(二) 瓦時標準器之準確度：

單相電子式電度表檢定台之電壓、電流與頻率分別為：測試電壓 110 V / 220 V、測試電流 0 A~60 A、測試頻率 60 Hz。

(1) 於額定電壓、額定電流、額定頻率、功率因數 1.0 之條件下，準確度為 ±0.3 % 以內。

(2) 於額定電壓、額定電流、額定頻率、功率因數 0.5 滯後條件下，準確度為 ±0.4 % 以內。

第四章 量測不確定度之評估程序

本研究採取國際通用的「量測不確定度」評估方法，其評估方法為1995 年所出版的「ISO 量測不確定度表示指引」中所建議的方法。定義「量測不確定度」為「量測不確定度隨同一個量測結果，說明可合理歸屬於受測量之量測值的分散程度的參數」，此意指「量測不確定度」是指量測結果的「分散程度」，通常會以多次重複的量測結果之「標準差」來表示。

4.1 量測不確定度的評估

任何量測行為所得的結果，是真值的近似值而已，並非真值。因為不同實驗室、不同操作人員、不同的儀器、不同的規範等，即時是相同的操作人員作多次的重複量測作業，均無法百分之百保證獲得相同的量測值。

故藉由量測不確定度的評估，來作為量測結果品質數量化的指標，藉由量測不確定度來導引改善量測程序方向，協助實驗室間之量測結果比對，減少重覆量測。協助使用者解讀量測結果，確認了有效量測程序的建立。

量測不確定度是否有意義，決定於量測結果是否有意義。想要完整地表示量測結果，至少應包括：量測數據值、可能存在的範圍區間、標準偏差值、採用統計分析之方法之五項數據資料，使得量測結果合理而真實，其量測值才具有使用價值。

4.1.1 量測數據值

一般以量測儀器最小刻度單位作為較具可靠度的數據值依據，記錄到最小刻度單位為主。如果機率統計分析模式不是以觀測值為依據，則此項數據值仍必項採用具絕對可靠度之資料（例如：儀器規格書、解析度、環境條件、廠商說明書或原始數據等），以適當的機率分布函數係數，可作為數據值之基準。

4.1.2 可能存在的範圍區間

誤差可分為「系統誤差」(Systematic Error) 與「隨機誤差」(Random Error)兩大類。就直接測量的物理量的「系統誤差」可能來源為：1.測量工具本身所顯示的刻度，因為校正時疏忽，造成不正確。 2. 因為環境的因素（例如溫度、壓力等），使得刻度的數值產生變化。3. 人為不正確的操作或使用錯誤的觀測方法。非直接測量的物理量，可能的系統誤差來源為：有可能因為實驗設計錯誤，或實驗設計不滿足理論原理的要求。

實驗的基本方法，總是希望控制所有影響的變因，且一次只讓一種變因發生變化。為了實驗簡便，往往忽略對實驗影響較微小的因素，但實際操作時，不見得盡如人意。這些不易控制（有時候無法控制）的小變因，便會使測量值產生隨機分佈的誤差。

故前者係由一些已確知之因素所造成，是無法百分之百消除，但通常可藉量測之次數來降低其誤差值；後者係由隨機性和不可預知的因素所造成的，也是無法百分之百消除，但也可經由修正手段來降低其誤差值。由於沒有人知道「真值」的值，當然也就無法確認真正的誤差值，所以使用「不確定度」觀念中的「可能誤差值」或「可能存在的範圍區間值」，會比較恰當。

4.1.3 標準偏差值

標準偏差值乃為表示「可能誤差值」最常用的方法之一，通常當測量次數多時，測量數據的隨機分佈滿足「常態分佈 (normal distribution)」或稱「高斯分佈 (gaussian distribution)」。如下圖所示

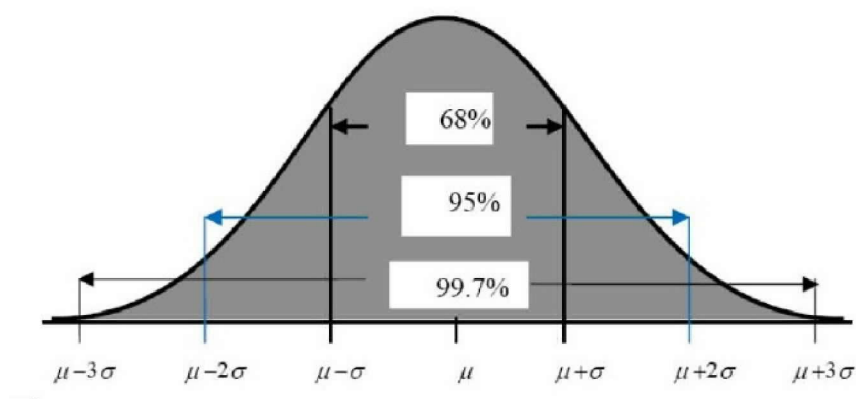


圖 4.1 常態分布圖

若一個隨機變數的機率分配方式屬於常態分配 $N(\mu, \sigma)$ (σ 為母體的變異數；若 σ 未知時，可用量測值的變異數 S 值取代之。) 測量值出現在

($\mu \pm \sigma$) 涵蓋範圍隨機變數值的機率為 68.3%。

($\mu \pm 2\sigma$) 涵蓋範圍隨機變數值的機率為 95.4%。

($\mu \pm 3\sigma$) 涵蓋範圍隨機變數值的機率為 99.7%。

4.1.4 採用統計分析之方法

不同的數據資料，必須選用適當的統計分析方法（機率分布函數）。例如：純粹的觀測值，可用常態分配予以分析。觀測值以外之其他數據值，可選用：矩形分配、三角形分配、U 形分配或其他較複雜之分配模式予以分析。

4.2 量測不確定度數學模式之建構

在受量測 Y 是無法直接量測獲得，而是透過受測量 Y 與 N 個輸入量， $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ 之間建立的函數關係，以數學式表示：

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N) \quad (4-1)$$

估計值則以小寫表示：

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) \quad (4-2)$$

估計值 x_1 可為經量測過程中直接確定的量，這些估計值和不確定度可根據單次觀察，重複觀察或根據經驗進行調整而得到，其中包括量測儀器讀值的修正值及諸如環境溫度、大氣壓和濕度等影響量的修正值。估計值 x_1 亦可為由其他方法所取得的量，例如量測標準的校正值，公認參考物質含其他手冊的參考數據等。

4.3 確定誤差源並計算其估計值

在不同時間、地點、操作者、儀器、方法或待測物本身的物性改變

等因素下；對同一事物重複進行量測，其結果都不會一致，這些因素造成誤差源，如圖 4-2 所示。待測物前處理不佳將會造成待測物定義實現的不理想，待測物的取樣不均勻會不能代表定義的待測物。環境條件不完善，未充分瞭解環境條件會對量測過程造成影響。量測人員於量測時讀取儀器產生的偏差。在量測方法與步驟之不當的近似與假設，於量測時間內，相同的條件下受測物重複觀察值的變異。

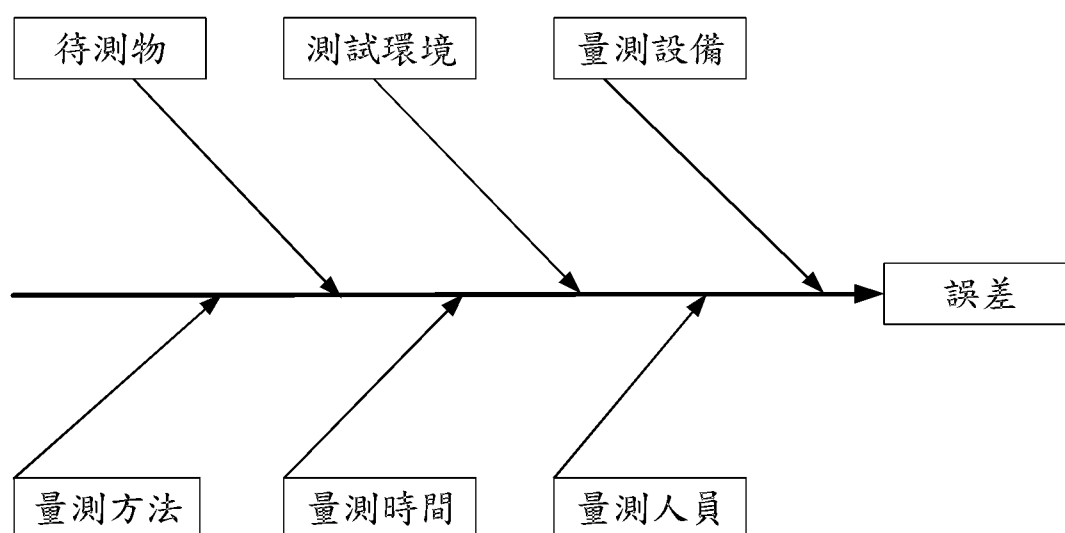


圖 4.2 誤差來源要因分析圖

4.4 不確定度分佈與定量化

針對每個獨立因素、量測值或修正值進行標準不確定度的分佈作評估，而評估方式一般採取定量化方式。評估方式的不同，可分類為 A 類評估方法及 B 類評估兩大類；A 類評估方法以次數分配為基礎，B 類方法則是以經驗上的機率分配為根據。A 類與 B 類只是兩種不同的評

估方法，而並非兩種不同的不確定度。這兩種方法都是根據機率分配，也都是以標準差或變異數來量化不確定度。

4.4.1 標準不確定度 A 類評估法

標準不確定度 A 類評估法是根據由觀察測試值所得之頻率分佈所推導出之機率密度函數而求得標準不確定度，其統計手法計有迴歸分析、ANOVA 分析；多變量分析等。對某些量測而言，不確定度的隨機要項相對於其他不確定度的貢獻也許不顯著。然而對任何的量測過程，均期望能確認隨機影響的相對重要性。當一組樣本量測結果有顯著離散時，就應計算結果的算術平均或平均值。

A類評估法包括計算一組觀測值之標準差，或計算迴歸曲線之標準差，或經由變異數分析計算標準差，實務中最常使用的就是計算一組觀測值之標準差。

單一數據重複量測

對重複量測 n 次之量測得 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 以 X 估計 $\bar{X}$ 可求得平均值

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4-3)$$

結果的離散給了量測過程重複性一個指標，這會取決於不同的因子，包括使用的設備、方法，有時也會與執行量測的人有關。用來描述此數值離散的好方法，就是由此 n 個數值組成的標準差 σ 來表示：

$$\sigma(X_i) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (4-4)$$

此表示法產生一組特定抽樣值的標準差 σ 。然而，這些不是抽樣的唯一值。如果再重複此程序一次，就會得到另一組值，進而產生不同的平均值 $\bar{X}$ 與標準差 σ 值。想要獲取所有可獲得的值是不切實際的，但必須去獲得 σ 值可能的估計值。同樣的，所獲得的平均值也不會與執行大數量量測所得之結果一樣，因此必須估計與「真」平均之間的可能誤差。

實務上 n 個重複量測只是全部量測或無限多次量測所構成之母體的一個樣本，所以我們要以樣本的平均值去估計母體的平均值。根據機率原理，變異數為 $\sigma^2(X)$ 最佳估計量為：

$$S^2(\bar{X}) = \frac{S^2(X_i)}{n} \quad (4-5)$$

若已知母體為常態，則不管 n 的大小為何，上述之常態逼近會非常良好，但若 $n \geq 30$ 則不管母體形狀為何，意謂著平均值會趨近所有可能值分布的中央極限，常態逼近會非常良好，此機率分布常可被假設為具有常態的型式，而我們則是以標準差來表示標準不確定度

$$\mu(X_i) = S(\bar{X}) = \frac{S(X_i)}{\sqrt{n}} \quad (4-6)$$

當以樣本的統計量來估計總體的參數時，樣本中獨立或能自由變化的數據的個數稱為該統計量的自由度。標準不確定度之 A 類評估方法，在估計總體的方差時，使用的是離差平方和。只要 $n-1$ 個數的離差平方

和確定了，方差也就確定了；因為在均值確定後，如果知道了其中 $n-1$ 個數的值，第 n 個數的值也就確定了。這裡，均值就相當於一個限制條件，由於加了這個限制條件，估計總體方差的自由度為：

$$\nu = n - 1 \quad (4-7)$$

組數據重複量測

假設分為 a 組，第 i 組重複量測 n_i 次，每組標準差以 S_i 表示，自由度以 V_i 表示，若系統在統計管制內，採用組合標準差 S_p 估算標準差：

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^a V_i S_i^2}{\sum_{i=1}^n V_i}}, \text{ 其中 } V_i = n_i - 1 \quad (4-8)$$

以平均值作為量測結果，則標準不確度 $u(x)$ 為：

$$u(x) = \frac{S_p}{\sqrt{n}} \quad (4-9)$$

自由度：

$$\nu = \sum (n_i - 1) \quad (4-10)$$

當每組重複次數皆同時，則組合標準差可化簡如下：

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^a S_i^2}{a}} \quad (4-11)$$

自由度：

$$V = a(n-1) \quad (4-12)$$

4.4.2 標準不確定度 B 類評估法

標準不確定度B類評估法則是根據假設之機率密度函數，也就是主觀機率計算標準不確定度。

B 類評估法通常會用來評估無法量測或不需要量測的可能變異，如以前的量測數據、對於有關材料和儀器性能的了解、經驗值或公認值、製造廠商給予之儀器規格、校正報告或其它證明提供之數據，以及從參考手冊內查得之參考數據等數值，我們可根據假設之機率密度函數，求出近似變異數 $u^2(xi)$ ，或標準差 $u(xi)$ 。標準不確定度B類評估方法與A類評估方法一樣可靠，B類評估方法需要具有經驗和一般認知上的洞察力方能正確使用有效資訊，尤其對A類評估之獨立觀察次數少時更是重要。

B 類評估法之計算步驟為(1) 查出可能的變異(2) 假設機率分佈(3) 根據假設之機率分佈計算標準差。

矩形分佈：

矩形分佈(如圖4.3 所示)是表示在上下界限每一個值的發生機率均

相等，因此當我們不確定會是那一種機率分配時，假設為矩形分佈是一個比較保守與常用的方法。

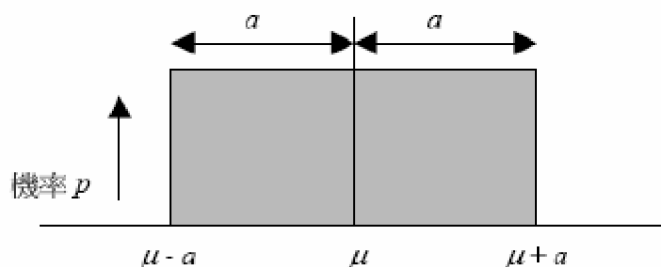


圖4.3 矩形機率分佈示意圖

例如我們從儀器規格、校正報告或參考手冊中查得可能變異之上下界限時，可將之假定為矩形分配處理。這時若假設 a 是單邊界限，則標準不確定度 $u(x_i)$ 為

$$\mu(X_i) = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (4-13)$$

三角形分佈：

假定量測值之機率分配為三角形分配(如圖4.4 所示)的時機為，知道可能變異的上下界限，同時也知道在量測值在上下界限中央出現的機率比較大，而且量測值出現的機率從上下界限中央到上下界限大致上為線性遞減。

設 a 是單邊界限，則標準不確定度 $u(x_i)$ 為

$$\mu(X_i) = \frac{a}{\sqrt{6}} \quad (4-14)$$

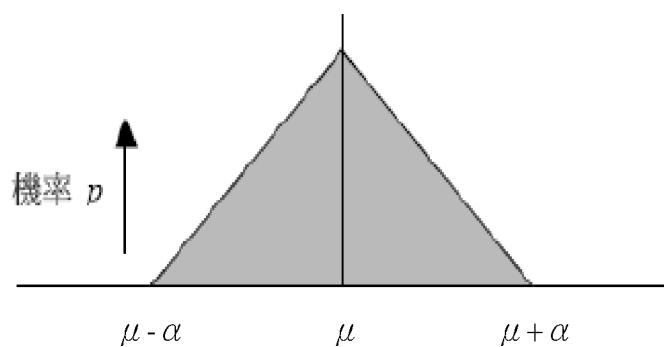


圖4.4 三角形分佈示意圖

U形分佈：

假定量測值之機率分配為U形分配(如圖4.5 所示)的時機為，知道可能變異的上下界限，同時也知道在量測值在上下界限兩旁出現的機率比較大。

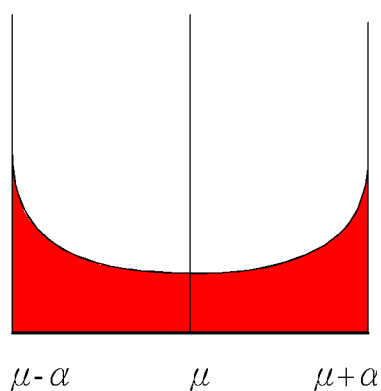


圖4.5 U角形分佈示意圖

設 a 是單邊界限，則標準不確定度 $u(x_i)$ 為

$$\mu(X_i) = \frac{a}{\sqrt{2}} \quad (4-15)$$

標準不確定度的 B 類評估方法之自由度，由相對不確定性而來，在 ISO GUM 中係使用下式計算：

$$v_i \approx \frac{1}{2} \frac{\mu^2}{\sigma[\mu(x_i)]} \approx \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta\mu(x_i)}{\mu(x_i)} \right]^{-2} \quad (4-16)$$

其中： v_i ：自由度

$u(x_i)$ ：不確定度來源 X_i 的 B 類標準不確定度。

$\frac{\Delta\mu(x_i)}{u(x_i)}$ ： $\mu(x_i)$ 的相對不確定度

(4-16) 可簡化為

$$v = \frac{1}{2} \left[\frac{100}{R} \right]^2 \quad (4-17)$$

其中： $R \% = \frac{\Delta\mu(x_i)}{u(x_i)} \times 100 \%$

R ：對 $u(x_i)$ 評估結果的質疑程度。

標準不確定度的 B 類評估方法之自由度 v_i 與相對不確定性關係如表 4.1 所示。

表 4.1 B 類自由度列表

相對不確定性($R\%$)	自由度 ($\nu = \frac{1}{2} \left[\frac{100}{R} \right]^2$)
0%	∞
10%	50
20%	12
25%	8
50%	2
100%	0.5

4.5 評估各估計值之間的共變數

當輸入資料量沒有任何相關性時，輸入資料量獨立於其它資料量。但在某些狀況下，某些輸入資料量會受到另一變數的影響。於 ISO GUM 提及當使用具有顯著標準不確定度的同一量測儀器、量測標準或參考數據來決定兩個不確定度來源時，則此兩個不確定度來源間可能具有顯著的相關性。這時輸入資料量彼此無法獨立，則不確定度來源之間的相關性可使用其間的共變異數加以評估。

輸入量 X_i 和 X_j 的評估值為 x_i, x_j 有相關時，需評估其估計值之共變異數 $u(x_i, x_j)$ 。 x_i, x_j 相關程度用相關係數 (x_i, x_j) 表示

$$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i) - (x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}} \quad (4-18)$$

$$-1 \leq r(x_i, x_j) \leq +1 \quad (4-19)$$

當 $r(x_i, x_j) = 0$ ，則代表 X_i 和 X_j 之間沒有線性相關， $r(x_i, x_j)$ 為正，則代表當 X_i 增加， X_j 亦增加， $r(x_i, x_j)$ 為負，則代表當 X_i 增加， X_j 則減少。以數線表示如圖4.6

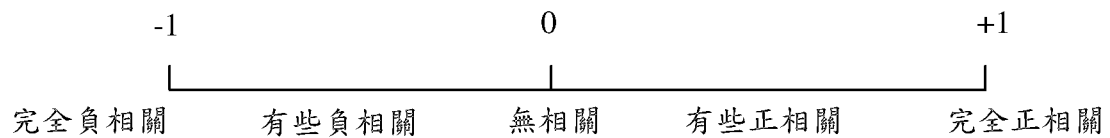


圖4.6 線性相關數線圖

法線性相關性以二維座標圖示如圖4.7

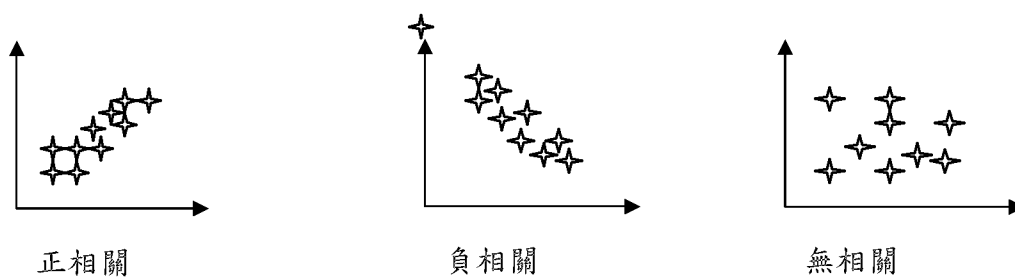


圖 4.7 線性相關性二維座標圖

4.6 計算待測值的估計值與靈敏係數

將不確定度來源 $X_1, X_2, \dots, X_N$ 的估計值 $x_1, x_2, \dots, x_N$ 代入量測方程式 $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_N)$ 後，得出受測量 Y 的估計值 $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ ；受測量 Y 的估計值 y 即為量測結果。

輸入量與被量測量單位間存在一個轉換因子，稱之為靈敏係數。例如，被量測量為微電壓（單位為 mv ），重量為一個輸入量，則我們可以將重量乘上一個係數（其單位為 mv/kg ）直接轉換成微電壓。於計算不確定度評估，靈敏係數是作為評估輸入量對於被量測值的改變情形。靈敏係數（ C_i ）數學模式如下式所示

$$C_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} \quad (4-20)$$

靈敏係數（ C_i ）函數 f 對輸入量（ x_i ）的偏微分，這個數學關係式表示輸入量（ x_i ）微小改變時，被量測值（ f ）的變化量。由偏微分獲得靈敏係數的計算過程可能很冗長，尤其是當有很多輸入量構成，且需評估一範圍值的不確定度的時候。如對特定量測系統的函數關係不知道，靈敏係數有時可採用將其中一個輸入量改變一已知量而其他量則維持不變的情況下，記下輸出量改變的實際獲取方法獲得。

假設輸出量 $y = f(x_1, x_2, \dots, x_N)$ 的一階泰勒級數近似值為根據，用來表示不確定度傳播定理，當 f 的非線性明顯時，則泰勒級數展開試中的高階項必須計入方程式中，如果每個的分布均與其平均值對稱，則最重要高階重要的項為：

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \left[\frac{1}{2} \left[\frac{\partial f}{\partial x_i \partial x_j} \right] + \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial^3 f}{\partial x_i \partial x_j^2} \right] u^2(x_i) u^2(x_j) \quad (4-21)$$

$\frac{\partial f}{\partial x_i}$ 為靈敏係數，用來描述當 $x_1, x_2, \dots, x_N$ 變化時 y 如何變化，如果該

變化是因估計值 x_i 的標準不確定度所致，則 y 的對應不確定度為：

$$u_i(y) = (\partial f / \partial x_i) u(x_i) \quad (4-22)$$

4.7 計算組合標準不確定度與有效自由度

4.7.1 不確定度來源 X_i 之間相關聯

測試結果 y 的組合標準不確定度是將輸入量的估計值 $x_1, x_2, \dots, x_N$ 之標準不確定度值 $u(x_1), u(x_2), \dots, u(x_N)$ 組合而得，估計值 y 之變異數 $u_c^2(y)$ 表示。

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j) \quad (4-23)$$

上式中 $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ 、 $\frac{\partial f}{\partial x_j}$ 這些導數經常被稱為靈敏係數，以 C_i 、 C_j 表示則

(4-21)式可寫為：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N C_i^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N C_i C_j u(x_i, x_j) \quad (4-24)$$

$u(x_i, x_j)$ ：為不確定度來源 X_i 和 X_j 之估計值 x_i 與 x_j 的共變異數

組合變異數 $u_c^2(y)$ 開根號後，稱之為組合標準不確定度記為 $u_c(y)$ 。如下式：

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N C_i^2 u^2(x_i) + \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N C_i C_j u(x_i, x_j)} \quad (4-25)$$

4.7.2 計算不確定度來源 X_i 之間皆獨立

若不確定度來源 X_i 之間皆獨立，代表不相關即無共變異數，(4-23)式可寫為：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N \left[\frac{\partial f}{\partial x_i} \right]^2 u^2(x_i) \quad (4-26)$$

式中 $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ 這些導數經常被稱為靈敏係數，以 C_i 表示則(4-24)式可寫成為：

$$u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N C_i^2 u^2(x_i) \quad (4-27)$$

組合變異數 $u_c^2(y)$ 開根號後，稱之為組合標準不確定度記為 $u_c(y)$ ，如下式：

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N C_i^2 u^2(x_i)} \quad (4-28)$$

4.7.3 計算組合有效自由度

依據 ISO GUM Annex G4.1 規範，當受測量 Y 為 t 分配時，使用 Welch-Satterthwaite 公式計算有效自由度 v_{eff} 如下：

$$v_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(y)}{v_i}} \leq \sum_{i=1}^N v_i \quad (4-29)$$

v_{eff} ：有效自由度

$u_c(y)$ ：組合標準不確定度

$u_i(y)$ ： $u_i(y) = (\partial f / \partial x_i) u(x_i)$ ，不確定度分量

$u(x_i)$ ：不確定度來源 X_i 的估計值 x_i 的標準不確定度

v_i ：各個 $u(x_i)$ 的有效自由度

有效自由度在計算過程中可保留小數以下位數，其最終值須整化，因為自由度屬於自然數，即正數。整化過程中為避免低估擴充不確定度所以自由度必須化整應以小數點後之數字無條件捨去，也就是去尾法。

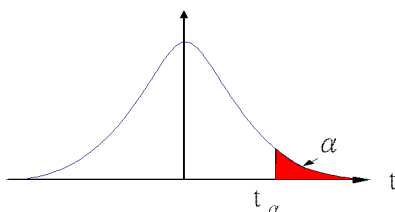
4.8 決定擴充係數與擴充不確定度

於商業、工業、以及健康和安安全領域中，通常期望對受測量之值有較高的涵蓋比例用，故會將量測不確定度，合理賦予量測結果的區間。為滿足該區間之要求，將使用組合標準不確定度 $u_c(y)$ 乘以擴充係數 k ，得到擴充不確定度 U ，數學式為 $U = k u_c(y)$ 。以 $Y = y \pm U$ 表示量測結果，

式子中的 y 為測量 Y 的最佳估計值， $\pm U$ 代表賦予受測值涵蓋比例。信賴區間可表示為 $y-U < Y < y+U$ ，或寫成 $[y-U, y+U]$ ，即擴充不確定度為量測結果區間。

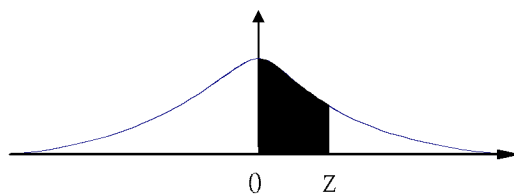
決定擴充係數 k 是根據所設定的信賴水準 $p\%$ 來做選擇，依據中央極限定理，當樣本數超過30個時，則可假設該資料服從常態分配，其機率分配假設為常態分配，若樣本數少於30個時，則假設該機率分配為 t 分配。使用常態分配與 t 分配來進行擴充係數的選取其差異在於是否會低估擴充不確定度。以在同一個信賴水準下，樣本數越少，其自由度越小，查詢資料機率之 t 分配表（如表4.2）與常態分配表（如表4.3），所查得的擴充係數 k 值隨著自由度越小，其差異值越大。反之，樣本數越大時，其自由度越大， t 分配與常態分配表，所查得的擴充係數 k 差異越小。

表4.2 t分配表



v	α	0.15865	0.05	0.025	0.02275	0.005	0.00135
	$100(1-2\alpha)$	68.27	90	95	95.45	99	99.73
1		1.837	6.314	12.706	13.968	63.656	235.774
2		1.321	2.920	4.303	4.527	9.925	19.206
3		1.197	2.353	3.182	3.307	5.841	9.219
4		1.142	2.132	2.776	2.869	4.604	6.620
5		1.111	2.015	2.571	2.649	4.032	5.507
6		1.091	1.943	2.447	2.517	3.707	4.904
7		1.077	1.895	2.365	2.429	3.499	4.530
8		1.067	1.860	2.306	2.366	3.355	4.277
9		1.059	1.833	2.262	2.320	3.250	4.094
10		1.053	1.812	2.228	2.284	3.169	3.957
11		1.048	1.796	2.201	2.225	3.106	3.850
12		1.043	1.782	2.179	2.231	3.055	3.764
13		1.040	1.771	2.160	2.212	3.012	3.694
14		1.037	1.761	2.154	2.195	2.977	3.636
15		1.034	1.753	2.131	2.181	2.947	3.586
16		1.032	1.746	2.120	2.169	2.921	3.544
17		1.030	1.740	2.110	2.158	2.898	3.507
18		1.029	1.734	2.101	2.149	2.878	3.475
19		1.027	1.729	2.093	2.140	2.861	3.447
20		1.026	1.725	2.086	2.133	2.845	3.422
21		1.024	1.721	2.080	2.126	2.831	3.400
22		1.023	1.717	2.074	2.120	2.819	3.380
23		1.022	1.714	2.069	2.115	2.807	3.361
24		1.021	1.711	2.064	2.110	2.797	3.345
25		1.020	1.708	2.060	2.105	2.787	3.330
26		1.020	1.706	2.056	2.101	2.779	3.316
27		1.019	1.703	2.052	2.097	2.771	3.303
28		1.018	1.701	2.048	2.093	2.763	3.291
29		1.018	1.699	2.045	2.090	2.756	3.280
30		1.017	1.697	2.042	2.087	2.750	3.270
35		1.015	1.690	2.030	2.074	2.724	3.229
40		1.013	1.684	2.021	2.064	2.704	3.199
45		1.011	1.679	2.014	2.057	2.690	3.176
50		1.010	1.676	2.009	2.051	2.678	3.157
100		1.005	1.660	1.984	2.025	2.626	3.077
∞		1.000	1.645	1.960	2.000	2.576	3.000

表4.3 常態分配表



z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.0000	0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199	0.0239	0.0279	0.0319	0.0359
0.1	0.0389	0.0438	0.0487	0.0517	0.0557	0.0596	0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2	0.0793	0.0832	0.0871	0.0910	0.0949	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3	0.1179	0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4	0.1554	0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5	0.1915	0.195	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6	0.2257	0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7	0.2580	0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8	0.2881	0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9	0.3159	0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319
1.5	0.4332	0.4345	0.4357	0.4370	0.4382	0.4394	0.4406	0.4418	0.4429	0.4441
1.6	0.4452	0.4463	0.4474	0.4484	0.4495	0.4505	0.4515	0.4525	0.4535	0.4545
1.7	0.4554	0.4564	0.4573	0.4582	0.4591	0.4599	0.4608	0.4616	0.4625	0.4633
1.8	0.4641	0.4649	0.4656	0.4664	0.4671	0.4678	0.4686	0.4693	0.4699	0.4706
1.9	0.4713	0.4719	0.4726	0.4732	0.4738	0.4744	0.4750	0.4756	0.4761	0.4767
2.0	0.4772	0.4778	0.4783	0.4788	0.4793	0.4798	0.4803	0.4808	0.4813	0.4817
2.1	0.4821	0.4826	0.4830	0.4834	0.4838	0.4842	0.4846	0.4850	0.4854	0.4857
2.2	0.4861	0.4864	0.4868	0.4871	0.4875	0.4878	0.4881	0.4884	0.4887	0.4890
2.3	0.4893	0.4896	0.4898	0.4901	0.4904	0.4906	0.4909	0.4911	0.4913	0.4916
2.4	0.4918	0.4920	0.4922	0.4925	0.4927	0.4929	0.4931	0.4932	0.4934	0.4936
2.5	0.4938	0.4940	0.4941	0.4943	0.4945	0.4946	0.4948	0.4949	0.4951	0.4952
2.6	0.4953	0.4955	0.4956	0.4957	0.4959	0.4960	0.4961	0.4962	0.4963	0.4964
2.7	0.4965	0.4966	0.4967	0.4968	0.4969	0.4970	0.4971	0.4972	0.4973	0.4974
2.8	0.4974	0.4975	0.4976	0.4977	0.4977	0.4978	0.4979	0.4979	0.4980	0.4981
2.9	0.4981	0.4982	0.4982	0.4983	0.4984	0.4984	0.4985	0.4985	0.4986	0.4986
3.0	0.4987	0.4987	0.4987	0.4988	0.4988	0.4989	0.4989	0.4989	0.4990	0.4990

ISO GUM 中提及擴充不確定度 K 值由量測值的信賴區間及該量測系統不確定度之有效自由度決定，通常 K 值在 2 至 3 之間。在實務習慣簡化為當信賴水準大約是 95% 時，取 K 值大約為 2；當信賴水準大約是 99.7% 時，則取 K 值大約為 3。

4.9 量測不確定度的表達

當量測結果表達時，會提供有實驗觀測值與輸入數據計算量測結果與其不確定度的方法、所有不確定度組成及評估程序、修正因子、常數與它們的來源等資訊，所需資訊的量視其用途而定，然提供多量的資訊勝於資訊不足。ISO GUM 建議校正報告中不確定的表示兩類：一類是直接以組合標準不確定度 $u_c(y)$ 表示量測結果，第二類是使用擴充不確定度表示。兩者各有其適用範圍，所提供的資訊詳述如下。

量測結果的不確定度為組合標準不確定度 $u_c(y)$ 時，提供資訊為：(1) 詳細描述受測量 Y 之定義 (2) 提供關係函數 $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots)$ (3) 提供每一輸入估計值 x_i 及其標準不確定度 $u(x_i)$ 及自由度與得到的方法 (4) 對所有輸入量提供共變數或相關係數及獲得方法 (5) 敘述受測量 Y 之估計值 y 及其組合標準不確定度 $u_c(y)$ 並提供其單位 (6) 必要時可提供相對標準不確定度 (7) 估計的有效自由度 ν_{eff} (8) A 類及 B 類之組合標準不確定度 $u_{cA}(y)$ 與 $u_{cB}(y)$ 及其估計的有效自由度 ν_{effA} 與 ν_{effB} 。

當量測結果之不確定度以擴充不確定度 U 表示時，提供下列資訊：(1) 詳細描述受測量 Y 之定義 (2) 提供關係函數 $Y = f(X_1, X_2, X_3, \dots)$ (3) 提供每一輸入估計值 x_i 及其標準不確定度 $u(x_i)$ 及自由度與得到的方法 (4)

對所有輸入量提供共變數或相關係數及獲得方法(5) 敘述受測量以 $Y = y \pm U$ 表示，並提供其單位(6) 必要時可提供相對擴充不確定度(7) 提供用來得到 U 之 k 值，及信賴之水準。

量測結果之組合標準不確定度或擴充不確定度，不確定度之有效位數應能反應實際量測能力。其數值之位數不宜過多，一般評估不確定度過程中，於報告上極少超過兩位有效位數。正常情況下，不確定度應修整治適當的有效位數，且在不減少量測結果信心下，採無條件進位方式處理，亦即當第3位數字不是0時則無條件進位，若為0則第3位以下全部捨去。

第五章 電度表測試實驗室量測不確定度之探討

5.1 電度表計量量測方法

本分局現行檢測之電度表係屬單相三線式感應型電度表，其表頭結構為電壓線圈(220V) 一組及電流線圈(負載電流) 兩組，其原理係利用電壓線圈與電流線圈在空間因與電流之交互作用所產生之移動磁場進而驅動鋁圓盤於磁場中轉動。表頭之接線方式係電壓線圈跨接(並聯)於 220V 電源側，電流線圈計兩組，分別串接於 L_1 、 L_2 兩側，量測示意如(圖 5.1)所示。

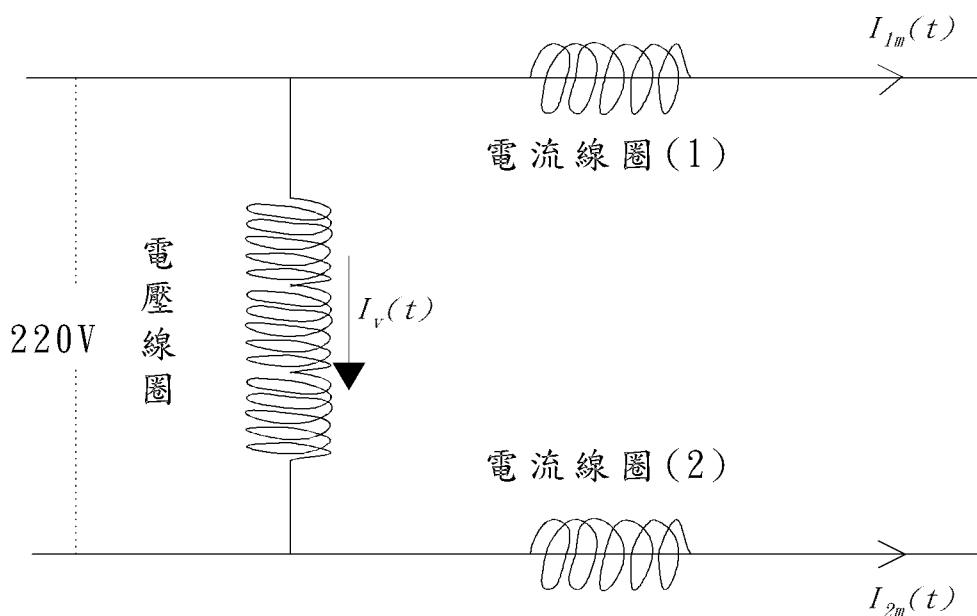


圖 5.1 單相三線式電度表量測示意圖

有關實際檢測係由系統設備提供各自獨立之電壓及電流源模擬，電壓源為一穩定之額定電壓值，電流源則可隨測試條件調整大小(如全載、半載或輕載)，量測方法將電壓線圈獨立激磁(測試接點斷路)，至於電流線圈則串接激磁接線方式如(圖 5.2)所示。

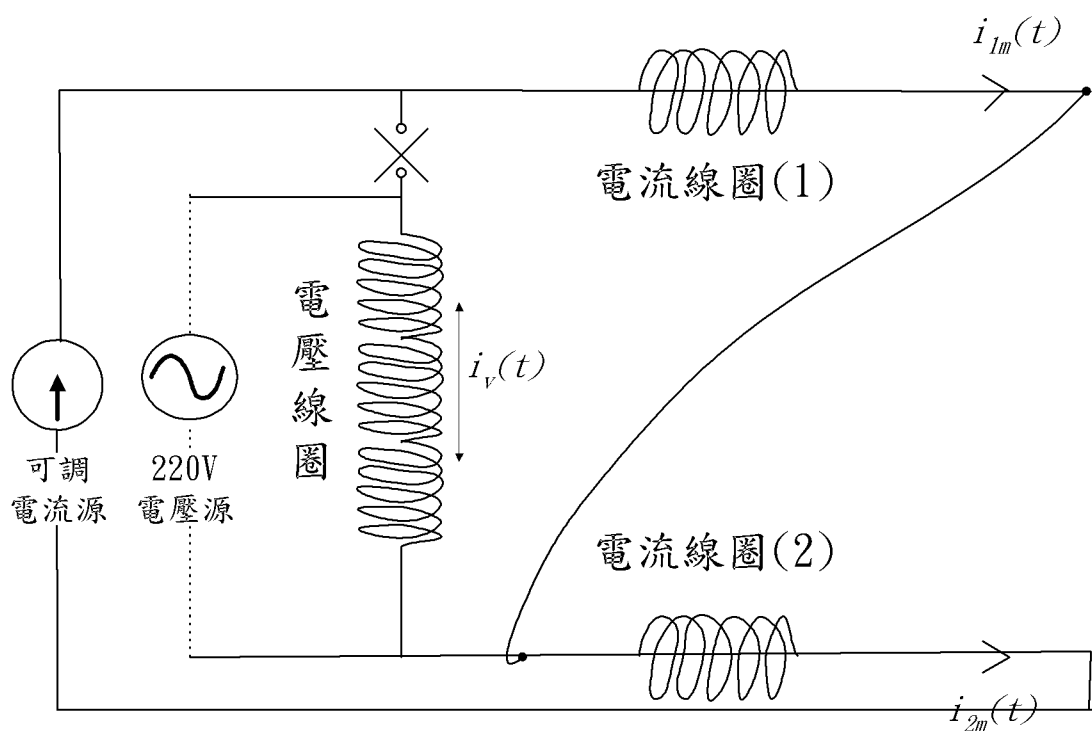


圖 5.2 單相三線式電度表量測接線圖

5.2 要因分析

經由第四章 4.3 節所述(圖 4.2)誤差來源要因分析圖，瞭解一般影響量測誤差之因素約略可分為 6 項：(1)待測物、(2)測試環境、(3)量測設備、(4)量測方法、(5)量測人員及(6). 量測時間等因素的影響，茲就上述 6 大原因探討是否會對本分局執行電度表計量檢測造成影響，分析如下：

1. 待測物

有關待測物之取樣過程(包含運送)及待測物(樣品)之穩定性等均會影響測試之結果及產生誤差上的差異，惟有關待測物之穩定性係屬本質之待測條件，自是不予規範，至於取樣過程亦是。

2. 測試環境

環境條件對測試實驗室而言始終是個影響量測結果的重大因子，諸如溫度、溼度…等皆是，尤其電性量測儀表更易受影響，此部份通常國家標準均於測試條件即予以規範，尤其本局職司全國之檢驗行政，自是遵循相關依據及標準執行所有檢測任務，是以有關測試環境影響可予以排除。

3. 量測設備

有關量測設備對測試結果的影響就電度表計量檢測而言係最大的，包含電壓電流等資訊的截取以及傳輸過程的誤差等均會產生重大影響。此部份將於下節(5.3)中探討並據以導出所需之量測方程式。

4. 量測方法

電度表計量係功之單位，意即功率(P)對時間(T)之積分，至於功率之量測儀器一般主要為電壓表(電壓截取)、電流表(電流截取)及歐姆計(電阻截取)等3種儀器，其表示式為： $(P = VI)$ 、 $(P = I^2R)$ 或 $(P = V^2/R)$ ，上述3種表式式中只要其中任2種即可算出功率值，惟其量測之準確性與其所使用之儀表有著相當的影響，易言之不同之量測方法其展現之誤差是有別的，但本分局電度表計量測試係由電壓及電流源所供給且二者之乘積表示之，同時整個系統經係由程式設計為自動截取，是以量測方法係屬固定的，不因人員不同而影響測試結果。

5. 量測人員

由於量測過程之操作業已設定於檢測設備之固定程序中，量測人員執行檢測時僅需操控電腦鍵盤，而檢測結果之讀取係以數字顯示於螢幕，因而不會因為不同量測人員產生量測操作或檢測結果讀取差異。

6. 量測時間

本電度表檢測設備經開機程序完成後，任何時間點進行檢測其電壓、電

流等均由設定為定值，且不會隨檢測時間長久而衰減或增強，故時間因素並不影響檢測結果。

針對上述 6 項影響計量誤差之因子於予以探討結果，就屬量測設備影響較大，至於其它 5 項因子就本電度表量測過可予以忽略，是以，本研究計畫將就有關「量測設備」項對測試結果的影響詳加探討，包含電壓、電流等資訊的截取以及傳輸過程的誤差等均會產生重大影響。此部份將於下節交待並據以導出所需之量測方程式。

5.3 量測系統量測參數之建立

由上(5.2)節要因分析：初步判定影響整個電度表量測誤差之主要因子為量測設備，考量本分局電度表設備操作現況，計畫過程係採外部(儀器)直接量測同時過程亦強化重複性分析之方式進行評定，就屬性而言即是 A 類評估，亦即藉由統計分析的方法進行不確定評估而暫不以(校正報告)估計機率或分佈假設方式進行 B 類評估。

本分局現行電度表量測架構業於第三章已具體而微地描述過，至於結構及磁路乃至繞組因素等參數，係屬待測電度表之本質待測條件，所以真正影響電表度量測準確性，可簡單歸納於電性行為之量測影響。

因此，本節將就電表量測設備之電性行為予以分析、討論，並據此建構量測方程式，是以完整之電度表計量表示式可表為如下：

$$w_m = \int_0^t p_m(t) \cdot dt = \int_0^t v_m(t) \times i_{1m}(t) \cdot dt + \int_0^t v_m(t) \times i_{2m}(t) \cdot dt \quad (5.1)$$

其中

w_m : 為電度表內部維持計量所需之功(能量)

$p_m(t)$: 為電度表內部瞬時功率

$v_m(t)$: 為電度表內部瞬時電壓

$i_{1m}(t)$: 為經由 L_1 流入電度表內部電流繞組 1 之瞬時電流

$i_{2m}(t)$: 為經由 L_2 流入電度表內部電流繞組 2 之瞬時電流

上(5.1)式表頭之內部瞬時功率、電壓及電流一般無法直接取得，而是須由外部饋電壓及饋電流量測換算而間接取得。表頭電壓係由外部饋電之端電壓減去經由接觸端子之壓降，是以此部分須扣除端子壓降才是真正的表頭激磁電壓，至於流經電流線圈之供給電流，主要係由系統電流源所供給，並且此部份為定值，另 i_{1m} 等於 i_{2m} ，是以(5.1)式可以(5.2)式表示之，其中 $i_t = i_{1m}(t) = i_{2m}(t)$

$$w_m = \int_0^t p_m(t) \cdot dt = \int_0^t [v_t(t) - i_v(t) \times r_c] \times 2i_t(t) \cdot dt \quad (5.2)$$

上(5.1)式中有關電表消耗功率 $P_m(t)$ ，一般係指時變的，一般家庭用戶於任一時間點所使用之電器產品通常並不為定值，是以整體用電(度)量之正確表達方式係以積分式表示之(如 5.2)，然而一般實驗室之測試均以定電流取代實際之負載電流，有關本分局實驗室之量測，同樣地係在一穩定電壓及定電流源模擬實際負載的操作條件下執行檢測，是故有關計量(功)之表達可以一平均功率乘以一段時間表示之如下(5.3)式所示。

$$\omega_m = P_m \times T = [V_t - i_v \times r_c] \times 2i_t \times T \quad (5.3)$$

其中

$v_t(t)$: 為電度表外部瞬時饋電壓(r. m. s)

$i_v(t)$: 為實際流經電壓線圈之測試電流(r. m. s)

$i_t(t)$: 為電度表外部瞬時饋電流(r. m. s)

r_c : 為電度表接觸電阻

式(5.3)中不確定因子分別為 $v_t(t)$, $i_v(t)$ 及 r_c 等 3 項變數，本項量測方程式係假設 i_t 為定電流源以及時間 T 不存在不確定性因子，另為找出上述不確定因子，本研究小組多次監測相關量測過程及結果如下：

(一) 饋電端電壓 $v(t)$ 監測

本分局測試設備所提供之電度表測試電壓係經由穩壓系統輸出，為掌握所供給之電壓動態，研究小組藉由電壓分析儀於 24 小時內執行持續監測，取樣週期為每分取樣 3 次監測期間為 24 小時(總取樣資料數為 4320 筆)所得電壓數據介於 219.96 至 220.18V 間變動，相關監測數據如表 5.1，5.2(囿於篇幅僅列出前 1400 筆數據供參考)，電壓時變監測圖如圖(5.3)所示：

表 5.1 饋電端電壓監測數據(第 1 至 704 筆量測資料)

220.11	220.08	220.07	220.06	220.07	220.07	220.04	220.11	220.12	220.09	220.09	220.01	220.08	220.01	220.09	220.1
220.15	220.08	220.06	220.06	220.07	220.07	220.04	220.11	220.12	220.09	220.09	220.01	220.08	220.01	220.08	220.1
220.18	220.08	220.07	220.06	220.1	220.07	220.04	220.13	220.14	220.09	220.08	220.02	220.07	220.01	220.08	220.1
220.2	220.07	220.07	220.05	220.09	220.06	220.04	220.14	220.16	220.08	220.08	220.02	220.07	220.02	220.09	220.09
220.2	220.05	220.08	220.05	220.09	220.08	220.04	220.14	220.16	220.08	220.09	220.02	220.07	220.02	220.09	220.08
220.2	220.05	220.07	220.04	220.07	220.08	220.03	220.13	220.15	220.09	220.09	220.02	220.08	220.03	220.09	220.09
220.16	220.05	220.09	220.04	220.07	220.08	220.07	220.12	220.15	220.08	220.08	220.05	220.09	220.03	220.09	220.09
220.17	220.04	220.09	220.04	220.1	220.08	220.07	220.12	220.15	220.09	220.08	220.04	220.08	220.04	220.08	220.09
220.17	220.04	220.08	220.04	220.09	220.08	220.07	220.12	220.15	220.12	220.07	220.04	220.08	220.04	220.08	220.08
220.16	220.04	220.05	220.04	220.09	220.09	220.07	220.12	220.14	220.11	220.07	220.03	220.08	220.04	220.08	220.08
220.15	220.04	220.06	220.03	220.1	220.08	220.06	220.14	220.14	220.09	220.08	220.05	220.08	220.04	220.08	220.08
220.14	220.05	220.06	220.04	220.1	220.09	220.06	220.14	220.11	220.08	220.08	220.04	220.08	220.03	220.07	220.08
220.14	220.05	220.06	220.04	220.1	220.08	220.05	220.14	220.12	220.08	220.08	220	220.08	220.04	220.09	220.07
220.13	220.05	220.06	220.04	220.1	220.07	220.06	220.14	220.12	220.08	220.09	220	220.07	220.04	220.08	220.07
220.12	220.08	220.06	220.04	220.1	220.07	220.11	220.13	220.1	220.08	220.08	220.01	220.07	220.04	220.08	220.05
220.1	220.07	220.06	220.05	220.09	220.06	220.09	220.13	220.1	220.09	220.07	220.01	220.07	220.04	220.1	220.05
220.1	220.07	220.07	220.07	220.08	220.06	220.05	220.12	220.11	220.1	220.07	220.01	220.06	220.05	220.09	220.05
220.09	220.06	220.07	220.06	220.08	220.06	220.05	220.12	220.11	220.11	220.07	220.01	220.06	220.04	220.09	220.05
220.09	220.06	220.07	220.06	220.09	220.07	220.05	220.15	220.11	220.11	220.07	220.02	220.05	220.04	220.08	220.05
220.08	220.05	220.08	220.06	220.09	220.07	220.06	220.13	220.1	220.1	220.07	219.98	220.05	220.02	220.08	220.04
220.08	220.06	220.08	220.08	220.09	220.08	220.06	220.13	220.12	220.1	220.08	220	220.04	220.01	220.08	220.04
220.07	220.08	220.08	220.08	220.08	220.07	220.07	220.12	220.12	220.1	220.08	220.01	220.04	220.01	220.07	220.04
220.06	220.09	220.08	220.09	220.07	220.09	220.08	220.12	220.12	220.1	220.08	220.01	220.03	220.02	220.09	220.04
220.05	220.08	220.08	220.08	220.07	220.08	220.08	220.12	220.15	220.09	220.08	220.02	220.04	220.02	220.08	220.06
220.03	220.08	220.1	220.07	220.09	220.07	220.06	220.13	220.14	220.09	220.08	220.01	220.04	220.05	220.08	220.07
220.03	220.09	220.1	220.07	220.08	220.06	220.12	220.13	220.15	220.08	220.08	220.01	220.05	220.04	220.08	220.07
220.03	220.05	220.08	220.07	220.08	220.06	220.11	220.14	220.15	220.07	220.08	220.01	220.05	220.04	220.07	220.06
220.04	220.06	220.07	220.08	220.08	220.06	220.11	220.14	220.16	220.06	220.11	220.01	220.05	220.05	220.07	220.06
220.04	220.06	220.06	220.07	220.07	220.06	220.1	220.14	220.14	220.07	220.1	220.03	220.06	220.06	220.07	220.06
220.03	220.08	220.07	220.07	220.06	220.06	220.1	220.14	220.15	220.07	220.1	220.03	220.06	220.06	220.08	220.06
220.03	220.07	220.08	220.08	220.07	220.06	220.09	220.16	220.14	220.08	220.09	220.03	220.05	220.06	220.07	220.07
220.03	220.07	220.07	220.07	220.06	220.04	220.09	220.15	220.14	220.08	220.09	220.03	220.05	220.08	220.06	220.09
220.02	220.06	220.08	220.06	220.06	220.05	220.09	220.16	220.14	220.07	220.09	220.06	220.07	220.07	220.06	220.08
220.03	220.07	220.07	220.06	220.07	220.05	220.07	220.16	220.15	220.09	220.09	220.06	220.05	220.07	220.06	220.07
220.03	220.07	220.09	220.07	220.07	220.05	220.08	220.15	220.14	220.09	220.09	220.09	220.04	220.06	220.06	220.06
220.02	220.06	220.09	220.07	220.07	220.05	220.07	220.17	220.14	220.1	220.08	220.08	220.04	220.05	220.06	220.05
220.02	220.05	220.09	220.07	220.06	220.06	220.1	220.15	220.14	220.09	220.09	220.03	220.05	220.04	220.04	220.05
220.02	220.05	220.09	220.06	220.07	220.06	220.09	220.15	220.15	220.09	220.07	220.03	220.05	220.04	220.05	220.06
220.02	220.05	220.09	220.07	220.08	220.08	220.08	220.14	220.15	220.09	220.07	220.03	220.06	220.04	220.05	220.05
220.03	220.05	220.09	220.08	220.08	220.07	220.09	220.13	220.17	220.1	220.07	220.03	220.07	220.05	220.06	220.05
220.04	220.04	220.09	220.08	220.08	220.07	220.09	220.13	220.16	220.1	220.06	220.02	220.08	220.06	220.06	220.05
220.04	220.05	220.08	220.06	220.06	220.07	220.1	220.13	220.15	220.1	220.06	220.02	220.08	220.06	220.06	220.06
220.05	220.05	220.08	220.06	220.06	220.07	220.1	220.12	220.14	220.12	220.07	220.02	220.11	220.06	220.07	220.06
220.05	220.06	220.09	220.06	220.06	220.07	220.1	220.14	220.14	220.11	220.13	220.05	220.1	220.05	220.06	220.06

表 5.2 饋電端電壓監測數據(第 705 至 1409 筆量測資料)

220.05	220.06	220.1	220.07	220.06	220.06	220.07	220.13	220.13	220.11	220.11	220.02	220.1	220.04	220.06	220.05
220.04	220.06	220.09	220.06	220.05	220.02	220.08	220.13	220.13	220.1	220.08	220.02	220.1	220.04	220.06	220.05
220.04	220.07	220.09	220.06	220.05	220.03	220.08	220.12	220.12	220.1	220.08	220.02	220.1	220.04	220.06	220.05
220.04	220.06	220.08	220.07	220.05	220.04	220.08	220.12	220.13	220.09	220.08	220.03	220.1	220	220.05	220.04
220.03	220.09	220.07	220.06	220.05	220.05	220.08	220.11	220.18	220.09	220.08	220.03	220.1	220.05	220.08	220.03
220.01	220.09	220.07	220.06	220.05	220.05	220.09	220.1	220.16	220.09	220.08	220.03	220.1	220.04	220.08	220.04
220.03	220.09	220.04	220.03	220	220.05	220.12	220.11	220.15	220.08	220.05	220.03	220.07	220.04	220.06	220.04
220.01	220.09	220.05	220.04	220.04	220.05	220.12	220.13	220.14	220.07	220.05	220.02	220.08	220.04	220.06	220.05
220.02	220.09	220.05	220.06	220.03	220.05	220.11	220.14	220.13	220.07	220.05	220.03	220.08	220.05	220.05	220.05
220.02	220.09	220.07	220.07	220.03	220.07	220.1	220.14	220.12	220.06	220.03	220.02	220.1	220.05	220.06	220.04
220.01	220.09	220.08	220.07	220.02	220.06	220.1	220.14	220.13	220.07	220.04	220.06	220.1	220.06	220.06	220.04
220.01	220.09	220.07	220.07	220.03	220.05	220.11	220.14	220.14	220.07	220.04	220.05	220.11	220.05	220.06	220.04
220	220.09	220.07	220.08	220.03	220.06	220.11	220.14	220.13	220.13	220.04	220.04	220.1	220.05	220.06	220.06
220.01	220.08	220.07	220.09	220.03	220.06	220.1	220.14	220.12	220.11	220.04	220.03	220.1	220.08	220.05	220.06
220.01	220.08	220.07	220.09	220.03	220.05	220.1	220.14	220.12	220.1	220.06	220.03	220.08	220.06	220.05	220.05
220.02	220.07	220.04	220.09	220.04	220.05	220.11	220.13	220.12	220.09	220.06	220.02	220.09	220.05	220.04	220.05
220.01	220.07	220.05	220.09	220.09	220.05	220.11	220.13	220.11	220.08	220.05	220.02	220.08	220.04	220.04	220.04
220.01	220.07	220.03	220.08	220.07	220.05	220.11	220.14	220.11	220.08	220.04	220.01	220.1	220.02	220.07	220.04
220.03	220.07	220.04	220.08	220.05	220.06	220.11	220.14	220.11	220.08	220.04	220.01	220.09	220.02	220.06	220.04
220.02	220.07	220.04	220.07	220.05	220.06	220.11	220.13	220.11	220.08	220.04	220.02	220.09	220.02	220.05	220.05
220.01	220.07	220.04	220.11	220.04	220.06	220.1	220.13	220.1	220.08	220.05	220.03	220.09	220.03	220.07	220.05
220.01	220.07	220.04	220.1	220.03	220.07	220.1	220.13	220.1	220.15	220.05	220.03	220.08	220.04	220.06	220.05
220	220.05	220.05	220.09	220.03	220.05	220.1	220.13	220.1	220.13	220.07	220.03	220.09	220.04	220.05	220.05
219.99	220.08	220.04	220.09	220.02	220.05	220.1	220.13	220.1	220.09	220.07	220.03	220.11	220.04	220.05	220.06
220	220.08	220.04	220.08	220.02	220.04	220.11	220.19	220.1	220.09	220.07	220.03	220.1	220.04	220.05	220.05
220	220.08	220.04	220.08	220.01	220.03	220.11	220.17	220.11	220.09	220.08	220.02	220.1	220.03	220.04	220.05
219.98	220.08	220.03	220.07	220.01	220.02	220.1	220.16	220.12	220.09	220.07	220.05	220.12	220.03	220.02	220.05
219.98	220.07	220.04	220.07	220.04	220.04	220.1	220.16	220.11	220.1	220.07	220.03	220.11	220.04	220.02	220.03
220.01	220.07	220.03	220.07	220.04	220.04	220.11	220.15	220.11	220.1	220.06	220.02	220.11	220.03	220.01	220.02
220.03	220.07	220.04	220.07	220.05	220.04	220.1	220.15	220.1	220.1	220.06	220.01	220.11	220.03	220.02	220.02
220.05	220.07	220.07	220.07	220.05	220.05	220.12	220.14	220.1	220.1	220.05	220.02	220.1	220.03	220.03	220.02
220.08	220.14	220.07	220.07	220.04	220.04	220.11	220.14	220.1	220.09	220.05	220.02	220.09	220.04	220.04	220.04
220.08	220.12	220.09	220.07	220.03	220.04	220.11	220.13	220.1	220.09	220.04	220.02	220.09	220.02	220.02	220.03
220.06	220.09	220.08	220.07	220.04	220.05	220.1	220.13	220.11	220.09	220.04	220.02	220.09	220.01	220.02	220.03
220.07	220.09	220.08	220.08	220.05	220.05	220.09	220.13	220.14	220.09	220.05	220.01	220.09	220	220.03	220.02
220.06	220.08	220.07	220.08	220.05	220.05	220.09	220.13	220.13	220.09	220.05	220.04	220.08	220	220.03	220.02
220.07	220.08	220.06	220.1	220.06	220.07	220.09	220.14	220.13	220.08	220.04	220.03	220.08	220.03	220.03	220.01
220.07	220.07	220.05	220.09	220.05	220.07	220.09	220.14	220.13	220.08	220.04	220.02	220.08	220.03	220.03	220.02
220.07	220.07	220.06	220.09	220.04	220.06	220.08	220.14	220.12	220.09	220.03	220.01	220.07	220.02	220.03	220.02
220.09	220.08	220.06	220.09	220.04	220.06	220.09	220.13	220.11	220.08	220.03	220.01	220.07	220.02	220.03	220.02
220.09	220.08	220.05	220.06	220.03	220.06	220.09	220.13	220.11	220.09	220.03	220	220.07	220.02	220.04	220.04
220.09	220.07	220.06	220.06	220.03	220.06	220.08	220.12	220.11	220.09	220.04	220	220.07	220.03	220.05	220.05
220.09	220.07	220.06	220.1	220	220.06	220.08	220.11	220.11	220.09	220.04	219.99	220.08	220.03	220.04	220.05
220.09	220.07	220.06	220.09	220.01	220.05	220.08	220.11	220.11	220.09	220.05	219.99	220.08	220.03	220.04	220.05

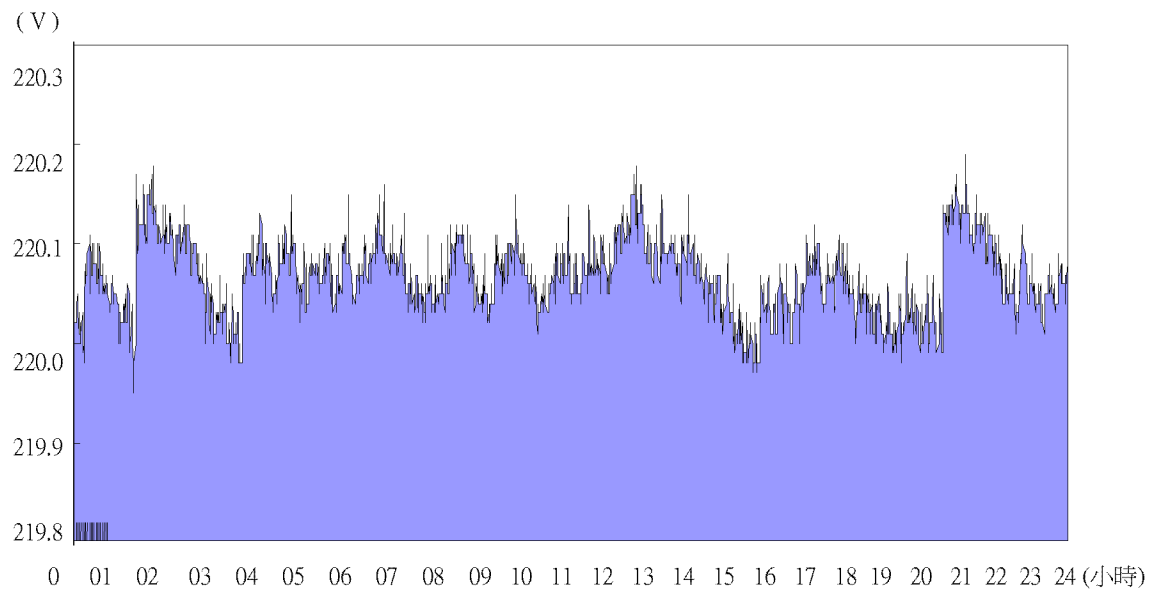


圖 5.3 電壓時變監測圖

(二) 實際流經電壓線圈之測試電流 $i_v(t)$ 量測

為瞭解本系統於測試過程中實際流經電壓線圈之測試電流之變化，本次測試係以中興電工產製之電度表為測試樣，量測次數為 20 次，結果介於 13.5 ~13.9 mA 間，經由彙整所得數據如表 5.3 所示：

表 5.3 流經電壓線圈之測試電流 $i_v(t)$

待測電表 (次數)	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
測試電流 $i_v(t)$ (mA)	13.6	13.8	13.8	13.5	13.6	13.9	13.5	13.9	13.8	13.8
備註										

待測電表 (次數)	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
測試電流 $i_v(t)$ (mA)	13.6	13.8	13.7	13.7	13.8	13.8	13.6	13.5	13.8	13.8
備註										

(三) 電度表接觸電阻(r_c)量測

為確切掌握電壓線圈接觸刀片之接觸電阻大小，研究小組經由微電阻計逐一量測現行設備各接觸端子之刀片，有關電表電壓端子(刀片)接觸電阻量測示意圖如圖 5.4 所示，所得數據介於 2.5 至 8.9 mΩ 間(如表 5.3 所列)。

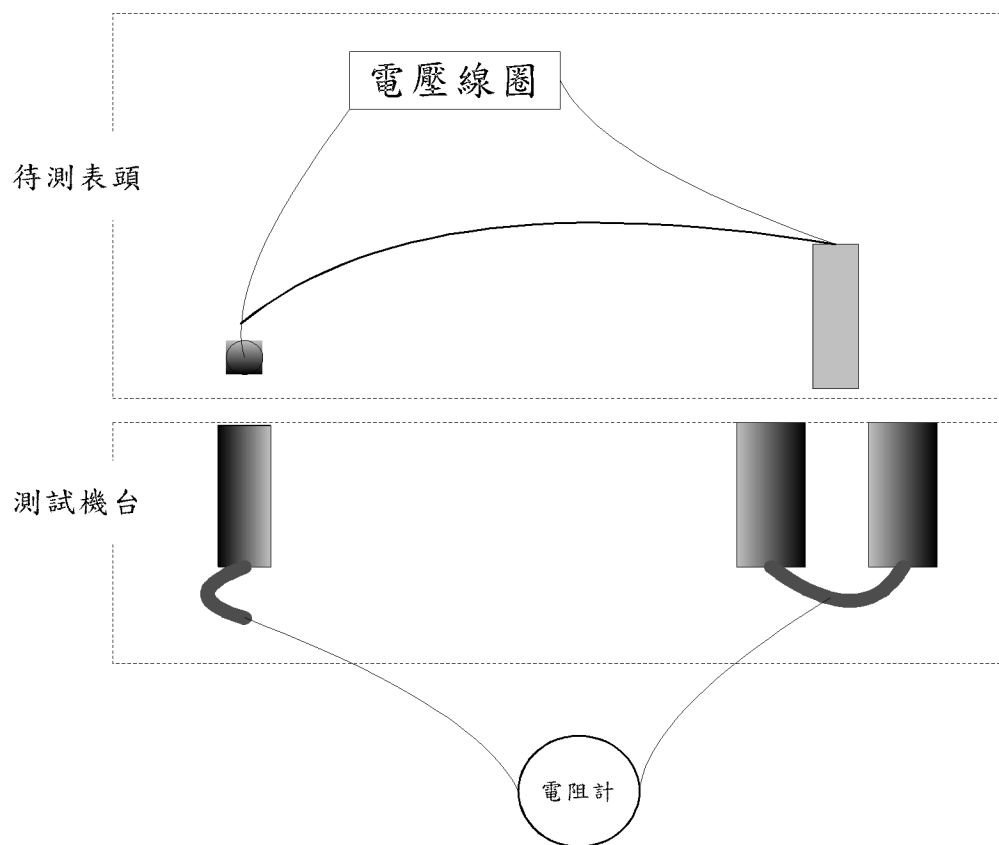


圖 5.4 電度表電壓端子(刀片)接觸電阻量測示意圖

(表 5.4) 接觸電阻量測數據

待測電表 編號	#01	#02	#03	#04	#05	#06	#07	#08	#09	#10
接觸電組 量測值 (mΩ)	2.5	4.3	4.6	2.9	5.2	5.8	8.1	3.6	3.8	8.6
備註										

待測電表 編號	#11	#12	#13	#14	#15	#16	#17	#18	#19	#20
接觸電組 量測值 (mΩ)	7.5	4.6	4.2	5.3	6.0	4.6	7.5	8.9	3.4	3.6
備註										

5.4 電度表檢驗設備不確定度評估

1. 建立量測方程式：

依本研究 5.2 節歸納電度表檢驗設備磁路及繞組因數等參數為待測電表之本質條件並不影響電表量測之準確性，所以真正影響電錶表計量之準確性將就電性行為之幾個主要因素予以分析，因此電性行為之量測影響表示式如下(5.4)所示：

$$w_m = \int_0^t p_m(t) \cdot dt = \int_0^t v_m(t) \times i_{1m}(t) \cdot dt + \int_0^t v_m(t) \times i_{2m}(t) \cdot dt \quad (5.4)$$

經簡化後計量(功)之表達可以一平均功率乘以一段時間表示如下(5.5)所示：

$$\omega_m = P_m \times T = [v(t) - i_v \times r_c] \times 2i_t \times T \quad (5.5)$$

量測時將 i_t 固定為 30A， T 固定為 1h，因此不確定因子分為 $v(t)$ 、 $i_v(t)$ 及 r_c 再經整理後，不確定度量測方程式為

$$\omega_m = P_m \times T = [v(t) - i_v(t) \times r_c] \times 60 \quad (5.6)$$

$v(t)$ ：電度表外部瞬時饋電壓

$i_v(t)$ ：實際流經電壓線圈之測試電流

r_c ：電度表接觸電阻

2. 各變數之量測、估計及標準不確定度：

依 4.2 節實際量測所得各變數之估計值及標準不確定度如下

$$v(t) = \frac{1}{4320} \sum_{i=1}^{4320} v_i = 220.067 \text{ V}$$

$$s(v) = 0.036751 \text{ V}$$

$$\frac{s(v)}{\sqrt{4320}} = 0.00056 \text{ V} = u(v)$$

$$\nu(v) = 4319$$

$$i_v(t) = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} i_{vi} = 0.013715 \text{ A}$$

$$s(i_v) = 0.00131 \text{ A}$$

$$\frac{s(i_v)}{\sqrt{20}} = 0.00029 \text{ A} = u(i_v)$$

$$\nu(i_v) = 19$$

$$r_c = \frac{1}{20} \sum_{i=1}^{20} r_{ci} = 0.00525 \text{ } \Omega$$

$$s(r_c) = 0.001933 \text{ } \Omega$$

$$\frac{s(r_c)}{\sqrt{20}} = 0.00043 \text{ } \Omega = u(r_c)$$

$$\nu(r_c) = 19$$

3. 計算靈敏係數：

量測方程式之變數靈敏係數計算式為 $C_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$ ，將各變數代入計算如下：

$$\omega_m = 60v(t) - 60i_v(t) \times r_c \quad (5.7)$$

$$\frac{\partial W_m}{\partial V} = 60$$

$$\frac{\partial W_m}{\partial i_v} = -60r_c = -0.315$$

$$\frac{\partial W_m}{\partial r_c} = -60i_v = -0.8229$$

4. 組合標準不確定度：

依據計算式 $u_c^2(y) = \sum_{i=1}^N C_i^2 u^2(x_i)$ 得組合標準不確定度如下(5.8)所示：

$$u_c^2(W_m) = \left(\frac{\partial W_m}{\partial V}\right)^2 u^2(V) + \left(\frac{\partial W_m}{\partial i_v}\right)^2 u^2(i_v) + \left(\frac{\partial W_m}{\partial r_c}\right)^2 u^2(r_c) \quad (5.8)$$

$$= (60)^2 (0.00056)^2 + (-0.315)^2 (0.00029)^2 + (-0.8229)^2 (0.00043)^2$$

經計算後 $u_c(W_m) = 0.034 \text{ W-h}$

5. 有效自由度 ν_{eff} ：

依據 Welch-Satterthwaite 公式計算有效自由度 ν_{eff} 如下

$$\nu_{eff} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{[C_i u_i(y)]^4}{\nu_i}} = \frac{(0.034)^4}{\frac{(0.0336)^4}{4319} + \frac{(0.00009135)^4}{19} + \frac{(0.000356)^4}{19}} = 4644.06$$

採無條件捨去法得 $\nu_{eff} = 4644$

6. 計算擴充係數及擴充不確定度：

本研究之變數 r_c 及變數 i_v 取樣數量皆少於 30 個故假設該機率分配為 t 分配，其擴充係數經查表得 $k = 1.96$

擴充不確定度 $U = k \times u_c = 1.96 \times 0.034W = 0.06664 W-h$

取有效數字 2 未及無條件進位後得擴充不確定度 $U = 0.067 W-h$

7. 受測量之不確定度評估：

依式(5.5) 電度表計量(功)之量測方程式

$$\omega_m = P_m \times T = [v(t) - i_v(t) \times r_c] \times 2i_t \times T$$

量測計算值 $W_m = (220.067V - 0.013715A \times 0.00525 \Omega) \times 60$

$= 13204.016 W-h = 13.204016 kW-h$ (度)

擴充不確定度 $U = 0.067 W-h$

電度表計量(功)不確定度評估表示為 $\omega_m = (13204.016 \pm 0.067)$

$W-h = (13.204016 \pm 0.000067) kW-h$ (度)

$$\text{相對擴充不確定度} = \frac{U}{|W_n|} = 0.0005\%$$

表 5.5 不確定度分析表

不確定度源 x_i	變異量	機率 分布	標準不確定度 $u(x_i)$	靈敏係數 $\frac{\partial f}{\partial x_i}$	不確定度 分量 $\left \frac{\partial f}{\partial x_i} \right u(x_i)$	自由 $\nu(x_i)$
$v(t)$ 電度 表外部瞬時 饋電壓	0.03675V	常態	$\frac{0.036715V}{\sqrt{4320}}$	60	3.36×10^{-2}	4319
$i_v(t)$ 流經 電壓線圈之 電流	0.00131 A	t	$\frac{0.00131A}{\sqrt{20}}$	-0.315	9.135×10^{-5}	19
r_c 電度表接 觸電阻	0.001933 Ω	t	$\frac{0.001933\Omega}{\sqrt{20}}$	-0.8229	3.56×10^{-4}	19
組合標準不確定度 $u_c = 0.034 \text{ W-h}$ 有效自由度 $\nu_{eff} = 4644$ 擴充不確定度 $U = 0.067 \text{ W-h}$ (95%信賴水準, $k = 1.96$)						

5.5 電度表檢驗設備一致性統計假設檢定

經過前述章節之研究分析，業將本分局電度表檢驗設備之結構及電性原理詳細闡述，並就可能產生量測變異之主要因素建立量測方程式，導入不確定度評估，且有具體結果。除此之外，我們主要關心之重點在於當 20 個表位同時掛上電度表進行測試時，這 20 個表位的量測能力是否具有一致性？依據本研究分析結果，電流經過每一表位時其電壓、電流乃至於電阻存在少許變動，那麼這些因素會不會影響每個表位的檢測

一致性？於是，本研究再就此一議題進行檢驗設備(1 及 20 表位)一致性效度試驗之統計檢定：

本試驗隨機選擇一受測電度表，記錄其廠牌、型號及器號後，將此電度表置於第 1 表位（其他 2 至 20 表位掛上其他正常之電度表）以 30 安培電流(即額定滿載電流)、220 伏特電壓（大電流）重複測試 15 次取得 15 個數據後再將此受測電度表與第 20 表位電度表對調（其他電表不動）同樣測試 15 次再取得 15 個數據。另再以 3 安培(10%額定之輕載電流)、220 伏特電壓（小電流）重覆上述步驟再次測試分別再取得第 1 表位及第 20 表位各 15 個數據。以測試第 1 表位及第 20 表位是否有一致的結果，其分別取得之數據如下(表 5.6 及 5.7)所列：

表 5.6 以額定滿載電流(30A)進行比對測試

30A、 220V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第 01 表位	0.41	0.43	0.42	0.4	0.42	0.39	0.49	0.4	0.46	0.47
第 20 表位	0.42	0.44	0.49	0.48	0.46	0.44	0.47	0.44	0.49	0.49
備註										
30A、 220V	11	12	13	14	15	平均數	標準差			
第 1 表 位	0.43	0.46	0.5	0.44	0.42	0.436	0.033338			
第 20 表位	0.45	0.43	0.44	0.42	0.42	0.452	0.026241			
備註										

表 5.7 以輕載電流(3A)進行比對測試

3A、 220V	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
第 01 表位	0.97	0.78	0.66	0.65	0.9	0.97	0.93	0.93	0.7	0.67
第 20 表位	0.73	0.84	0.9	0.96	0.98	0.77	0.79	1	0.97	0.99
備註										
3A、 220V	11	12	13	14	15	平均數	標準差			
第 1 表 位	0.83	0.97	0.91	0.85	0.79	0.834	0.11897			
第 20 表位	0.85	0.83	0.78	0.95	1.01	0.89	0.09288			
備註										

建立檢定模式：因所取樣本數 $n_1=15$ 及 $n_2=15$ 故採用小樣本 $\mu_1 - \mu_2$ 之假設檢定，步驟如下

1. $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$

2. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

3. 取顯著水準 $\alpha = 0.05$

4. 檢定統計量為 $T = \frac{\bar{X}_{n1} - \bar{Y}_{n2}}{\sqrt{\frac{S_{1n1}^2}{n_1} + \frac{S_{2n2}^2}{n_2}}}$

5. 取自由度 $\nu = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1-1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2-1}}$

6. 危險域為 $C = \{T \mid T < -t_{\frac{\alpha}{2}}(\nu) \text{ 或 } T > t_{\frac{\alpha}{2}}(\nu)\}$

檢定 1 (30A、220V)

1. $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$

2. $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

3. 取顯著水準 $\alpha = 0.05$

4. 檢定統計量為 $T = \frac{\bar{X}_{n1} - \bar{Y}_{n2}}{\sqrt{\frac{S_{1n1}^2}{n_1} + \frac{S_{2n2}^2}{n_2}}}$ 帶入上述數據計算得

$$T = -1.46$$

$$5. \quad \text{自由度 } \nu = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}} \quad \text{帶入上述數據計算得}$$

$$\nu = 27.018$$

$$6. \quad \text{危險域為 } C = \{ T \mid T < -2.052 \text{ 或 } T > 2.052 \}$$

故 $T = -1.46$ 未落入危險域中，即不否定虛無假設 H_0 ：

$$\mu_1 - \mu_2 = 0$$

檢定 2 (3A、220V)

$$1. \quad H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$2. \quad H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

$$3. \quad \text{取顯著水準 } \alpha = 0.05$$

$$4. \quad \text{檢定統計量為 } T = \frac{\bar{X}_{n1} - \bar{Y}_{n2}}{\sqrt{\frac{s_{1n1}^2}{n_1} + \frac{s_{2n2}^2}{n_2}}} \quad \text{代入上述數據計算得：}$$

$$T = -0.1437$$

$$5. \quad \text{自由度 } \nu = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{\frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} \right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{s_2^2}{n_2} \right)^2}{n_2 - 1}} \quad \text{代入上述數據計算得 } \nu = 26.44$$

$$6. \quad \text{查表得危險域為 } C = \{ T \mid T < -2.056 \text{ 或 } T > 2.056 \}$$

故 $T = -0.1437$ 未落入危險域中，即不否定虛無假設

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

依上列檢定 1 及檢定 2 結果推論，有 95%信心水準相信，無論是以滿載大電流（30A、220V）或輕載小電流（3A、220V）測試比較第 1 檢驗台及第 20 檢驗台並無顯著差異，顯示電度表檢驗設備各檢驗表位之檢測能力具有穩定之一致性。

第六章 結論及未來之展望

6.1 結論

藉由本分局電度表檢驗設備之結構及量測之電性原理詳加解析，建構要因分析研討並就可能產生量測變異之主要因素予以適用本分局電度表測試實驗室之量測方程式，導入不確定度評估，經過本研究小組一年來努力已有初步且具體成果。茲將研究成果彙整如下，做為本研究計劃之結論：

- (一) 由要因分析了解，影響本分局電度表量測不確定度之變數，分別為：電度表饋電壓、電壓線圈激磁電流以及端子之接觸電阻等三項因子，並針對上述影響因子進行探討，其整體不確定度分析結果是可接受的，主要原因為供給測試用之電壓、電流係經由穩壓、穩流等前置控制處理後再行輸出，同時接觸電阻長期維持堪用之低電阻狀態，這歸因於本辦事處同仁近年來針對該測試設備不斷地投入研發及提改善案等精進措施而展現之成果所致。
- (二) 經本研究分析，就可能影響電度表檢驗準確度之因素建立不確定度評估量測方程式 $\omega_m = P_m \times T = [v_t - i_v \times r_c] \times 2i_t \times T$ ，並實際量測方程式中 $v(t)$ 、 $i_v(t)$ 及 r_c 各項變數之數據後，計算得量測計算值 $w_m = 13240.196$ W-h 及擴充不確定度 $U = 0.067$ W-h，因此電度表計量(功)不確定度評估表示為：

$$\omega_m = (13.204016 \pm 0.000067) \text{ kW-h(度)}$$

$$\text{相對擴充不確定度} = U/|w_n| = 0.0005\%$$

- (三) 於研究過程中另就電度表檢驗設備各檢驗表位之檢測能力一致性進行測試，將同一電度表分別以滿載電流（30 安培電流、220 伏特電壓）及以輕載電流（3 安培電流、220 伏特電壓）分別進行測試，並將所測得之數據以施以統計假設檢定，檢定結果第 1 表位及第 20 表位所測得之數據並無顯著差異，顯示電度表檢驗設備各檢驗表位之檢測能力具有穩定之一致性。

6.2 未來之展望

綜合前述分析及結論：得知本分局現行電度表測試能力除符合 2005 年所發行的國際標準 ISO/IEC 17025 之「測試與校正實驗室能力的一般要求」中：明確要求測試或校正實驗室必須分析與評估測試或校正結果的「量測不確定度」外。對於不確定度研究結果所展現之不確定度範圍亦屬理想狀態，此外，無論現行量測設備之精密度、使用(操作)方法以及人員素質...等各方面均展現出良好情況，這對本分即將導入之「電度表專業實驗室測試領域」將有莫大助益。未來本分局將持續推動提升電度表檢測效能等精進方案，並專注於如何提高電能技術及計量正確性的方法，此外亦將應用數位儀器來提高電能技術及計量的精確定，此意即本分局未來必須面對之重要課題，尤其隨著計算機及數位信號處理(DSP)技術的發展和成熟，電子式電能技術及計量儀表勢將逐步取代傳統的電能技數及計量儀表。此外，配合政府能源政策及臺電公司之用電負載管理之需求，智慧型電度表(智慧型電度表)勢將取代傳統之機械

式電度表，且該類型電度表業已公告列檢，此部份既計量多元且控制複雜，是以本局亦須及早因應，方能掌握產業脈動。