

(檢查・裝配)
(調整・修理)

電工儀表 (上)

編著者 ■ 電機工程編輯委員會



新學誠出版社中心 編行
電機工程編輯委員會

電 工 儀 表 (上冊)

(檢 查 • 裝 配 • 調 整 • 修 理)

執筆者 ■ 電機工程編輯委員會

編輯者 ■ 新學城出版中心
工專用書編輯委員會

關於 新學識文教出版中心

● 組合性質

由大專校、教、所長
科系主任及專家學者
百餘人所聯組、具有
作者、讀者、出版者
綜合特質的文教單位

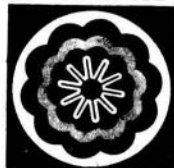
● 共同理想

開 發 心 智 能 源
創 造 出 版 成 果
分 享 讀 者 作 者

● 一致行動

全面推行科學中化
促進國家學術獨立
提高國民精神所得

版權所有



翻印必究

行政院新聞局出版事業登記證

■局版臺業字第0980號■

(檢查、裝配、調整、修理)

電工儀表

(上冊)

■執筆者：電機工程編輯委員會

■發行人：李 咁

■兼主編：新學識文教出版中心

■出版者：新學識文教出版中心

台北市新中街10巷7號
郵撥帳號：109262

電話：7656502 7656992

■特約：台北·力行書局(重慶南路I)

■經銷處：台中·大學書社(文華路73號)

台南·東華書局(博愛路72號)

高雄·超大書城(地下街一層)

■校勘者：李 咁

■印刷所：新學識文教出版中心

中華民國 69 年 3 月初版

基 價 4 元 角

●科技為現代學術中心。

●工業為國家圖存利器。

●工科大專為科技與工業的接點；

●教學同仁于此接點散發無限光、熱、

●教材則為發射光、熱的

「能源」。

願 工科大專教學同仁

更多、更廣泛的參與我們
合作編著、出版的行列：

「協力開發『能源』，

「光探學術遠景」

「照亮國家前途！」

新學識文教出版中心
工專用書編輯委員會 謹啓

編輯大意

■ 本書係參照教育部最新公布工專電機工程科課程標準及從事有關專業人員之實際技術需要編寫而成；既重教學程序，又富技能實用內容。

■ 本書由在各種不同崗位上，從事「電工儀表」之教學、製造、品管、使用、修護、配製等工作的大專教師與工程技師多人共同執筆，具有以下特點：

1. 涵蓋最完全——不僅詳盡介紹各類電工儀表，且有關零件（如動圈、游絲、軸承等等）及附件（如電池、工具等）亦和盤托出，一覽無遺。
2. 說明最具體——科技用書首重方法交代清楚，本書對各細節亦一一予以具體說明，翻閱目錄即可獲得概括印象，細讀內頁更可證實一切。
3. 應用最廣泛——本書以「檢查」「調整」「修理」「配製」為重點，精心編列各項資料；細心體察，不難掌握具體技術，故對應試與就業可作最佳貢獻。

■ 本書分上、下兩冊編印：上册包涵：「基礎知識」「檢修常用工具、材料、儀器及設備」及「電工儀表通用零件的檢修」等三篇；下冊則以「電工儀表的調修與改裝」為主，另有附錄十三種。

■ 本書雖經長年編、校，疏誤恐仍難免，懇盼同道惠予指正！

新華誠友出版中心

主 編 室

謹 誌

■ 上册 ■

第一篇 修理電工儀表的基礎知識

第1章 電工測量的基本認識 (1~4)

- 1-1 測量的概念和測量儀器的分類 (1)
- 1-2 衡量測量儀器的技術標準 (2)

第2章 電阻儀器及標準附件的使用與維護 (1~52)

- 2-1 標準電池 (1)
- 2-2 標準電阻 (4)
- 2-3 測量電阻箱及直流分壓箱 (6)
- 2-4 直流檢流計 (11)
- 2-5 直流電橋 (18)
- 2-6 直流電位差計 (30)
- 2-7 用補償法檢定儀表的簡易綫路裝接法 (46)

第3章 直讀儀表 (1~25)

- 3-1 直讀儀表的分類及主要技術特性 (1)
- 3-2 直讀儀表的組成 (4)
- 3-3 電工儀表的誤差 (9)
- 3-4 溫度補償 (12)

第二篇 檢修常用工具、材料、儀器及設備

第4章 工具及自製法 (1~26)

- 4-1 拔、裝軸尖用的專門工具 (1)
- 4-2 更換游絲、張絲、吊絲用的工具 (9)

4-3 繞動圈用的工具 (11)

4-4 其它自製工具 (20)

第5章 材料、儀器、設備 (1~5)

5-1 檢修用材料 (1)

5-2 檢修用儀器、設備 (3)

第6章 用于檢定的電源及調節設備 (1~18)

6-1 檢定用電源的主要條件 (1)

6-2 蓄電池的使用與維護 (3)

6-3 用比較法檢定儀表時所用的電源調節設備
(7)

第三篇 電工儀表通用零件的檢修

第7章 軸尖的磨修與製作 (1~11)

7-1 軸尖的重要 (1)

7-2 主要技術要求 (1)

7-3 一般故障的成因 (3)

7-4 修磨軸尖的方法 (4)

7-5 軸尖的配製法 (9)

7-6 軸尖的品质檢驗法 (10)

第8章 軸承及其附件的裝修 (1~7)

8-1 引介 (1)

8-2 技術標準 (1)

8-3 軸承螺絲的配製與軸承的鑲裝 (4)

8-4 軸承故障檢查法 (5)

8-5 軸承的修理與更換 (5)

第9章 游絲 (1~10)

- 9-1 游絲的功用 (1)
- 9-2 技術標準 (1)
- 9-3 故障的成因及矯正方法 (4)

第10章 動圈的繞製 (1~8)

- 10-1 動圈的結構和要求 (1)
- 10-2 動圈的繞製 (2)
- 10-3 無框架動圈的繞製 (4)
- 10-4 軸尖座的粘合與線頭焊接 (7)

第11章 儀表刻度盤的修配 (1~17)

- 11-1 刻度盤的一般要求 (1)
- 11-2 刻度的常見缺陷及其消除方法 (4)
- 11-3 紙面刻度盤的繪製 (5)
- 11-4 用照相技術晒印表盤的方法 (9)
- 11-5 0.5, 0.2級儀表刻度盤的修復工作 (13)

第12章 永久磁鐵 (1~8)

- 12-1 性能與結構 (1)
- 12-2 充磁與退磁 (2)
- 13-3 磁通的測量 (6)

第13章 附件的配製 (1~12)

- 13-1 軸尖座與軸杆的配製 (1)
- 13-2 指針的修配 (2)

13-3 調零器的車製 (7)

13-4 支架的修配 (8)

13-5 表壳的補修 (8)

13-6 表面玻璃的加工 (10)

1

電工測量的基本認識

1—1 測量的概念和測量儀器的分類

I 測量的概念

“測量”是人們在認識客觀事物和現象時不可缺少的過程，人們對於客觀存在的事物和現象的認識，不僅僅局限于性質方面，應推進到數量方面，這樣才能使認識更加深化，才能有助於認識它的本質和規律性，從而將認識過程更提高一步。測量技術在認識過程中所起的作用就在于它能使我們全面地來認識客觀世界。

“測量過程”就是把被測量同測量單位進行比較的過程。例如，用尺去量布的長度；用安培表去測量電流強度等。

爲了能夠正常的進行測量，必須有：

- i) 度量器（量具）——測量單位的實物復制件。
- ii) 測量儀器——用來實現被測量與度量器相互比較的技术工具。

II 測量儀器的分類

電工測量儀器按其使用情況可分爲二類：

i) 直讀儀表 凡是測量結果可直接由儀表指示機構的示值獲得者均屬此類。如所有指示儀表及自動記錄儀表等都是。

ii) 較量儀器 包括所有的需要度量器參與工作才能獲得最後結果的測量儀器，如電橋、電位差計等。

1—2 衡量測量儀器的技術標準

儀表的修理及製造部門必須考慮到儀表所應符合的技術要求。在儀表檢修工作中，可以從以下幾個方面來衡量儀器的質量。

I 誤差

誤差是具體判斷測量結果準確性的標準，它決定着測量值和實際值的接近程度。

誤差有如下幾種表達形式：

i) 絕對誤差 指示值 A_x 和實際值 A_0 之差，用符號 Δ 表示。

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1-1)$$

更正值 $C = -\Delta = A_0 - A_x \quad (1-1-2)$

ii) 相對誤差 絕對誤差 Δ 和實際值 A_0 之比的百分數，以 β 表示。

$$\beta = \frac{\Delta}{A_0} 100\% = \frac{A_x - A_0}{A_0} 100\% \quad (1-1-3)$$

在工程測量技術中，實際值 A_0 計算起來很麻煩，故實際上常用名義相對誤差 β_x 。

$$\beta_x = \frac{\Delta}{A_x} 100\% = \frac{A_x - A_0}{A_x} 100\% \quad (1-1-4)$$

例如：有一名義值為 10 歐的標準電阻，檢定後獲得的最後結果為 10.002 歐（實際值），該電阻的誤差為：

$$\beta_x = \frac{A_x - A_0}{A_x} 100\% = \frac{10 - 10.002}{10} 100\% = -0.02\%$$

相對誤差的表示方法，在度量器以及較量儀器中應用較多。

iii) 引用誤差 絕對誤差 Δ 與儀表測量上限 A_m 之比的百分數，以 β_m 表示。

$$\beta_m = \frac{\Delta}{A_m} 100\% = \frac{A_x - A_0}{A_m} 100\% \quad (1-1-5)$$

例如：在檢定一只 1.5 級、0 ~ 250 伏的磁電系伏特表時，在被檢表 200 伏那一點的標準表讀數是 203 伏，則：

$$\Delta = A_x - A_0 = 200 - 203 = -3 \text{ 伏}$$

$$\text{更正值 } C = -\Delta = A_0 - A_x = 203 - 200 = 3 \text{ 伏}$$

$$\beta_m = \frac{\Delta}{A_m} 100\% = \frac{-3}{250} 100\% = -1.2\%$$

引用誤差的表示多用在直讀儀表中，而儀表的精度級別的數字就是相對於測量上限的百分數。

II 恒定性

所謂測量儀器的恒定性，是指測量儀器在外界條件不變的前提下，指示值隨時間能保持多大的不變性。通常直讀儀表用變差來衡量，度量器常用穩定性來衡量，而較量儀器則常常是兩者都要考核。

i) 變差——在不變的外界條件下，對應于同一個被測量的實際值，重複讀數可能出現的差值。對於直讀儀表，可認為是當被測量由零向滿量限方向平穩增加與由滿量限向零方向平穩減小時，對於同一個刻度點上兩次讀得的實際值之差，即為儀表的變差。

ii) 穩定性——度量器或測量儀器的參數或示值，當它們受不可逆的和穩定的外界變化因素作用後，保持自己的數值或示值的一種性能，穩定性也常用不穩定度來表示。

例如：二級標準電池的電動勢允許年變化 100 微伏，而一級標準電池則要求年變化小於 50 微伏，說明後者的穩定性高。

III 靈敏度

被測量變化 Δx 時，在儀表或儀器上引起的相應變化是 ΔA ，靈敏度用 S 表示：

$$S = \frac{\Delta A}{\Delta x} \quad (1-1-6)$$

在電位差計中，常用“格/微伏”表示，而在電橋中，則常用“格/歐”

表示；在直讀儀表中，則用，“格/微安”，“格/毫安”表示。

靈敏度的倒數稱不靈敏度 C （又稱“常數”）。

$$C = \frac{1}{S} = \frac{\Delta x}{\Delta A}$$

在直讀儀表中，通常表示為“安/格”，“伏/格”。

除上述外，尚有阻尼時間、消耗功率、絕緣電阻等方面的要求。

2

電阻儀器及標準附件 的使用與維護

在電工儀表修理工作中，電阻箱、電橋和電位差計等電阻儀器使用的機會很多，而標準電池、標準電阻、分壓箱、檢流計等等又是使用上列儀器時所不可缺少的組件。因而，我們必要對這些器物的技術性能、用法與維護要點有所認識。

2—1 標準電池

I 結構及特點

標準電池就是複製“伏特”量值的標準量具。它具有如下的特點：

- i) 電動勢恒定，使用中隨時間的變化也很小。
- ii) 電動勢因溫度的影響而產生變化，可以用下面經驗公式準確地加以更正。

$$E_t = E_{20} - 0.00004(t - 20) - 0.000001(t - 20)^2 \\ \approx E_{20} - (t - 20)(t + 20) \times 10^{-6}$$

式中 E_t —— 當室溫為 t °C 時，標準電池電動勢的實際值，伏；
 E_{20} —— 當室溫為 20 °C 時，標準電池電動勢的實際值，伏。



〔圖 2-1〕標準電池外貌

iii) 不存在化學副反應，極化作用小到可以忽略的程度。

iv) 電池的內阻隨時間保持相當大的恒定性。

目前在國際上統一選用鎘汞電池作為電動勢的標準量具，其外觀及結構如〔圖 2-1〕、〔圖 2-2〕所示。

II 分類及主要技術特性

i) 分類

A 按電解液的濃度可分為：

(a)飽和式標準電池 電解液（硫酸鎘溶液）在正常溫度下運用達到飽和狀態者。又稱國際標準電池。

(b)不飽和式標準電池 電解液（硫酸鎘溶液）在高于 $+4^{\circ}\text{C}$ 的溫度下未達到飽和狀態者。

B 按電動勢的穩定程度及允許偏差，標準電池可分為 I 級、II 級（飽和式）和 III 級（不飽和式）等三種。

ii) 主要技術性列于〔表 2

-1〕中。

III 使用與存放時應注意事項

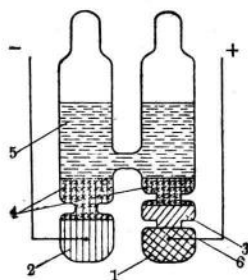
i) 使用與存放地點的溫度，應根據標準電池的級別，符合〔表 2-1〕所列的溫度範圍。當偏離此溫度範圍後，應用標準電池的溫度更正公式算得的結果，將會有較大的偏差。這是因為該公式是通過很多次實驗數據綜合求得的，而

不同國家、不同廠家的產品也不會絕對一致，因此在運用時應特別注意。

ii) 溫度波動應盡量小。周圍空氣溫度變化太劇烈，會造成標準電池內部的化學反應加劇，電勢不穩定，長期下去會造成損壞。溫度驟然的變化也常造成電勢變化滯後于溫度變化，使得在使用時的電勢更正不正確。

iii) 標準電池應遠離熱源和免受陽光直接照射。因為標準電池內正極支路的反極化劑在光線作用下易于變質，喪失反極化劑作用，最後導致標準電池極化作用加強而損壞。

iv) 通入或取自 I 級和 II 級標準電池的電流不應大于 10^{-6} 安（對 III 級不超過 10^{-5} 安）。



- ① 水銀（電池正極）
- ② 鎂汞合金（電池負極）與碎硫酸鎂晶體（ $\text{CdSO}_4 \cdot \frac{8}{3} \text{H}_2\text{O}$ ）
- ③ 反極化劑（由硫酸汞與碎硫酸鎂晶體合製成的膏狀物）
- ④ 碎硫酸鎂晶體
- ⑤ 飽和硫酸鎂溶液
- ⑥ 鉑絲製成的電極引出端

〔圖 2-2〕 飽和式標準電池的結構

〔表 2-1〕 標準電池的主要技術特性

等 級	電 解 液 濃 度	20°C時，電 動勢的允許值 （伏）		允許最大變 化 值 （微伏）		最 大 允 許 電 流 （安）	使用溫度範圍 及電動勢允許 偏差		附 注
		不小于	不大于	在 3~5 大內	在一 年內		溫度範圍 （°C）	按溫度更正 公式計算出 的電動勢允 許誤差 （微伏）	
I	飽和 式	1.01850	1.01870	10	50	10^{-6}	+18~+22	10	新裝標準電 池的內阻 I 級 及 II 級通常為 1500 歐，不 飽和式 III 級通 常為 600 歐。
II	飽和 式	1.01850	1.01870	50	100	10^{-6}	+10~+15 +15~+25 +25~+30 +30~+35	50 20 50 100	
III	不飽 和式	1.0185	1.0195	100	300	10^{-5}	+5~+55	100	

凡是誤用電壓表測量過電壓或消耗較大電流的標準電池，均不能再用。只有經過長時間的多次的考核，證明其電勢仍穩定，各項參數仍符合要求後，方可決定能否繼續使用，否則將會造成檢定錯誤。

v) 標準電池嚴禁搖晃和震動。經運輸之後必須靜止足夠的時間（一般是1～3天，隨精度和運途情況而定）以後再用，被顛倒過的電池，絕對不能再。如經長時間返復考核，確實證明它未損壞時，也應將它用在不十分重要的地方，以防萬一。

vi) 標準電池的極性不能接反。

vii) 標準電池出廠時的檢定證書及歷年的檢定數據，是衡量一只標準電池的質量好壞的依據，使用者必須注意保存。

2—2 標準電阻

標準電阻是爲了確保歐姆量值能正確統一傳遞的一種特制電阻元件。它通常固定在特製的鍍鎳黃銅外壳內（較低精度的也可用膠木外壳），并有四個端鈕

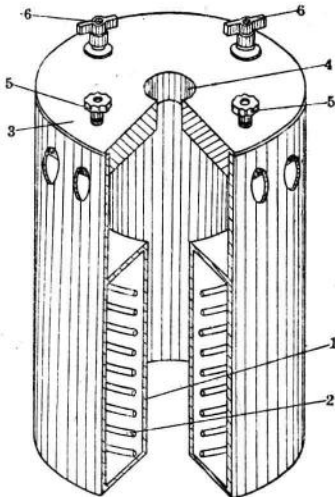
一對電流端鈕（通常做得較粗大）和一對電位端鈕（通常做得較小），以備很多地區分電流端與電位端，其結構如〔圖2—3〕所示。

I 標準電阻的主要技術特性綜合列于〔表2—2〕中。

II 使用維護須知

i) 使用與存放地點的溫度應恒定，不應該有光線直接照射，因爲在光線的照射下，標準電阻的上蓋的絕緣性會變壞，并將導致總電阻的變化。

ii) 移動標準電阻時宜輕拿輕放，因爲劇烈的震動或沖擊會導致阻值穩定性的變壞。



〔圖2—3〕 標準電阻結構

- ①繞綫骨架 ②繞于骨架上的錳銅綫
- ③固定電流與電位端的絕綫上蓋
- ④溫度計插口 ⑤電位端邊
- ⑥電流端邊