

科學圖書大庫

儀 表 學

譯者 詹宏祺

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

儀 表 學

譯者 詹宏棋

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十六年五月二十日初版

儀 表 學

基本定價 2.00

譯者 詹宏祺 台灣電力公司電機工程師

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(63)局版臺業字第0116號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥帳戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，尤為社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能為蔚為大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鐸氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。為欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文科學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尙祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯 序

本書以大專電機、電子工程系之學生爲對象，講解儀表之基本理論與構造，及電磁測定之知識與技巧。內容極爲豐富，亦可作爲有志於此學問者之參考。

本書共分五章，依序講解測定上有關事項，電表之基本原理與構造，電磁測定之方法，電子儀表之構造與測定，及其他應用測定。

本書依據東京大學教授工學博士西野治所著「電氣計測」編譯而成。雖謹慎從事，然錯誤仍恐難免，尚望各先進與同好，惠予指教，實所銘感。

詹宏祺

中華民國六十五年十二月

原 序

測定是科學上最基本之學問，在科學技術之發展上，佔有重要之地位。尤其以「電」為測定對象之電磁測定，在現代科技上，所佔地位更為重要，被廣泛的運用於各種工商部門之計量中。

電磁測定之內容，與物理學、電工學、電子學等之內容，有密切之關係，可說為此等學問之應用技術之一環，實為其進步、發展之重要手段之一。因此，對有志研究此等學問者而言，電磁測定實為不可缺之基本技術。

基於上述理由，本書以電機、電子科系之大學、工專為對象，着重於電磁測定及儀表之基本知識與技術之學習，並考慮下列幾點而編著。

1. 深入淺出解釋突飛猛進中，近代電子技術之應用測定。
2. 考慮學習本書者，均同時學習電工原理、電路學、電子學等，因此，其重複部份，只簡略敘述。
3. 避免抽象的說明，各章中均列舉例題，以便學習者，能直接領會「量」之實體。
4. 列舉許多習題，以便做為大專教課書，與有志於此學問者之參考書。

目 錄

譯 序

原 序

第一章 測 定

1-1 測 定	1
1-1-1 測定	1
1-1-2 誤差	1
1-1-3 準確度與精確度	4
1-1-4 靈敏度	4
1-1-5 測定法之分類	4
1-1-6 測定值之處理	5
1-2 電量單位與標準儀器	8
1-2-1 電量單位之定義	8
1-2-2 電量單位之絕對 測定	10
1-2-3 標準儀表	11

第二章 電氣儀表

2-1 指示型電表之基本	14
2-1-1 指示型電表之分 類	14
2-1-2 指示型電表之一 般構成要件	16
2-1-3 指示型電表之一	

般特性	20
2-2 各種指示型電表	23
2-2-1 轉動線圈型電表	23
2-2-2 轉動鐵片型電表	27
2-2-3 電動力計型電表	28
2-2-4 整流型電表	31
2-2-5 熱電型電表	33
2-2-6 靜電型電表	33
2-2-7 感應型電表	34
2-2-8 振簧型電表	37
2-2-9 真空管電壓表	38
2-2-10 比率計型電表	40
2-3 檢流計	42
2-3-1 檢流計總論	42
2-3-2 直流用檢流計	43
2-3-3 衝擊檢流計	46
2-3-4 交流用檢流計	47
2-4 積算計	48
2-4-1 積算計總論	48
2-4-2 直流積算計	49

VI

2-4-3	交流瓦時計	49
2-4-4	無效伏安計	55
2-4-5	最大需量計	56
2-5	儀表用變壓器	57
2-5-1	儀表用變壓器總論	57
2-5-2	比壓器	58
2-5-3	比流器	60
2-6	記錄儀表	62
2-6-1	記錄儀表總論	62
2-6-2	直接傳動型儀表	62
2-6-3	自動平衡型記錄儀表	63

第三章 電磁測定

3-1	電流測定	66
3-1-1	直流電流測定	66
3-1-2	交流電流測定	66
3-1-3	導體電流測定	67
3-1-4	衝擊電流測定	68
3-2	電壓測定	69
3-2-1	直流電壓測定	69
3-2-2	交流電壓測定	70
3-2-3	高電壓測定	70
3-2-4	用電位差計之測定	72
3-3	功率與相角差測定	76
3-3-1	功率測定	76
3-3-2	無效功率測定	79
3-3-3	相角差與功因測定	79
3-3-4	同步檢定器	81
3-4	頻率測定	82

3-4-1	指針型頻率計	82
3-4-2	計數型頻率計	83
3-4-3	交流電橋	85
3-5	電阻測定	86
3-5-1	電阻測定法	86
3-5-2	惠斯登電橋	86
3-5-3	低電阻測定	88
3-5-4	高電阻測定	91
3-5-5	直讀電阻表	93
3-5-6	特種電阻測定	96
3-5-7	線路故障位置測定	98
3-6	電感與電容測定	100
3-6-1	電感測定	100
3-6-2	交流電橋	105
3-6-3	各種交流電橋之原理	108
3-6-4	阻抗直讀指示儀表	112
3-7	波形測定	113
3-7-1	電磁示波器	113
3-7-2	影像管示波器	115
3-8	磁性測定	118
3-8-1	磁性測定儀器	118
3-8-2	磁通密度測定	119
3-8-3	磁化曲線(BH曲線)測定	120
3-8-4	鐵損測定	123

第四章 電子儀表

4-1	振盪器及放大器	125
4-1-1	振盪器	125
4-1-2	放大器	126

4—2 數位式儀表	135
4—2—1 數位式儀表.....	135
4—2—2 數位式電壓表.....	136
4—3 高頻率測定	140
4—3—1 電流測定.....	140
4—3—2 電壓測定.....	141
4—3—3 功率測定.....	142
4—3—4 頻率測定.....	144
4—3—5 阻抗測定.....	145
4—3—6 增益與損失測定.....	149
4—3—7 真空管與電晶體 測定.....	151

第五章 電磁應用測定

5—1 工業測定	155
5—1—1 變換器.....	155
5—1—2 變位測定.....	156
5—1—3 溫度測定.....	159
5—1—4 流量測定.....	164
5—1—5 放射線測定.....	166
5—1—6 成份與濃度之測 定.....	169
5—2 遙測	174
5—2—1 遙測通論.....	174
5—2—2 電壓電流法.....	174
5—2—3 平衡法.....	174
5—2—4 電碼法.....	176
習題解答.....	178
索引.....	178

第一章 測 定

測定物質之量或大小時，通常均以單位量之倍數表示之。而其測定結果之準確度，則視測定儀器之靈敏度，或測定操作方法等所決定。

本章將細述有關測定之共同事項，即用語與測定值之使用方法等，及電磁測定是有關之電磁量表示法、單位體系等。此等均為電磁測定學上之重要基本事項。

1-1 測 定

1-1-1 測 定 某種量需以數量表示時，必須有一種與該量同類型之基準，以便比較該量對基準量之倍數為若干，此基準稱為單位(unit)。欲求某種量對單位之倍數為若干，其操作步驟稱為測定(measurement)。而操作時所使用之裝置，稱為儀表或測定器。

測定可分許多種類，其中以電磁量為其主要測定對象時，則稱為電磁測定。在電磁理論上所使用之電磁量，需以實驗方法確定其量與量之間的關係，為電磁測定之主要目的。利用電做為能源時，或做為傳送情報之媒體時，電磁測定又可做為其工具。

因此，電磁測定所包含之範圍，不只是測定電磁量之方法，與其所使用之儀表或測定器，更需包括對於物理測定或工業測定之應用、利用測定結果之計算與控制等。故電磁測定所含之範圍，非常廣大。

1-1-2 誤 差 測定時，仍發生各種誤差(error)。

假設測定值為 M ，真值為 T 時，其誤差 ϵ ，以下式表示。

$$M - T = \epsilon \quad (1-1)$$

且 ϵ 與 T 之比 $\frac{\epsilon}{T}$ ，稱為相對誤差。其以百分比表示時，稱為誤差百分率。

。又

$$T - M = \alpha \quad (1-2)$$

2 儀 表 學

其中 α ，稱為**校正**(correction)。校正與誤差，其大小相等，而符號相反。

如測定值加上校正，則可得真值。又 α 與 M 之比 $\frac{\alpha}{M}$ ，稱為**校正率**，以百分比表示時，稱為**校正百分率**。

再次，相對誤差與校正率之間，有下列關係。

$$\left(1 + \frac{\epsilon}{T}\right) \left(1 + \frac{\alpha}{M}\right) = 1 \quad (1-3)$$

由(1-3)式，可得

$$1 + \frac{\epsilon}{T} = 1 - \frac{\alpha}{M} + \left(\frac{\alpha}{M}\right)^2 - \dots \quad (1-4)$$

因此，相對誤差與校正率很小時，其絕對值相等而符號相反，則

$$\frac{\epsilon}{T} \approx -\frac{\alpha}{M} \quad (1-5)$$

【例題 1-1】測定真值 25.00 A 之電流時，結果為 24.85 A，試求其誤差、相對誤差、校正、校正率與校正百分率。

〔解〕誤差 -0.15 A 相對誤差 -0.006
校正 $+0.15$ A 校正率 $+0.006$
校正百分率 $+0.6\%$

【例題 1-2】誤差百分率為 $+12.0\%$ 時，校正百分率為若干？

〔解〕 $\left(1 + 0.12\right) \left(1 + \frac{\alpha}{M}\right) = 1, \frac{\alpha}{M} = -0.107 = -10.7\%$

測定時，所產生之誤差有很多種，主要的有錯誤、系統誤差與偶然誤差。

(1) **錯誤**(mistake) 為視讀錯誤、記錄錯誤，或其他不小心所發生之誤差。避免此種誤差，必需非常小心地進行測定工作，但只測定一次，不得因其結果不正常，而捨棄其資料，須保留做為參考之用。

(2) **系統誤差**(systematic error) 為固定之原因，例如指示不正確或外部磁場所生之誤差。要避免系統誤差，須充分的調整儀器，進行**校準**(calibration)工作。又測定工作場所，有外部磁場影響時，需施予適當地遮蔽設備，或每隔一次測定，回轉儀器 180° ，取其結果之平均值等，採取儘量減少其誤差之手段。

例如，以 20°C 下校正之電壓表，測定電壓時之室溫為 28°C ，如其電壓表之溫度係數為 $0.1\% / ^\circ\text{C}$ ，則產生 0.8% 之誤差。因此如了解測定時之室溫與電壓表溫度係數，則可進行校正工作。

(3) 偶然誤差 (accidental error) 除了錯誤、系統誤差之外，尚由於測定條件之細小變動，或測定者之注意力有些動搖等，而發生之誤差。

偶然誤差可由測定值，以統計方法求得。今假設由測定步驟所求得之 n 個測定值為 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ ，而其平均值為 $\bar{x}$ ，則

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad (1-6)$$

此 $\bar{x}$ 值，很可能是最準確的數值。

但如再進行幾次同樣之測定時，其每次測定所求得之平均值 $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots$ ，由於誤差之原因，不一定是相同。即其平均值每次都發生變動，而分佈在某數值之周圍。所以須以其分佈狀態，來推斷此 $\bar{x}$ 定為平均值是否適當。

所以通常採用以下式所示之 $\sigma_{\bar{x}}$ ，來表示其分佈狀態之數值。此 $\sigma_{\bar{x}}$ 稱為 $\bar{x}$ 之標準偏差 (standard deviation)。

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \quad (1-7)$$

如 $\sigma_{\bar{x}}$ 值非常小時，可想像為每次平均值之變動很小，而可推斷 $\bar{x}$ 定為平均值為適當。而 $\sigma_{\bar{x}}$ 值大時，則須再作一次測定之必要。由 (1-7) 可明顯地看出，在頭幾次測定，每增加一個測定值，則 $\sigma_{\bar{x}}$ 值急速減少，但其測定值達到 10 個以上時，則其效果越來越少。

由於上述原因，通常以 2 ~ 3 個測定值來求平均值，對減少偶然誤差有相當的效果。且最少須作 2 次以上之測定，才能發現測定結果，有否錯誤或誤差。

【例題 1-3】某電壓之幾次測定值如下。試求其平均值及標準偏差。

20.2 V, 20.3 V, 20.1 V, 20.2 V, 20.4 V

$$[\text{解}] \quad \bar{x} = \frac{20.2 + 20.3 + 20.1 + 20.2 + 20.4}{5}$$

$$= 20.24 \text{ V}$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{(20.2 - 20.24)^2 + (20.3 - 20.24)^2 + \dots + (20.4 - 20.24)^2}{5(5-1)}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.04^2 + 0.06^2 + 0.14^2 + 0.04^2 + 0.16^2}{20}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.0520}{20}} = \sqrt{0.0026} = 0.051 \text{ V}$$

1-1-3 準確度與精確度 錯誤、系統誤差、偶然誤差小之測定，稱為準確的測定法。因此**準確度**(accuracy)表示靠近真值之程度。例如用「此測定之準確度為 $1 \mu \text{V}$ 」之說法，是以誤差之絕對值表示準確度，或有時用「準確度 $\pm a \%$ 」，以對測定值之相對值表示準確度。

指示型儀表，是以對全刻度或額定值之相對值來表示準確度。例如 0.5 級之儀表，是保證該儀表之誤差，一定在額定值之 0.5 % 以內之意，故指示值很小時，並不能保證其相對誤差，在 0.5 % 範圍以內。

測定結果，其偶然誤差小時，表示該測定之**精確度**(precision)高，其意為重覆幾次測定時，其測定值之分佈範圍小。但通常準確之測定，其分佈範圍亦小，因此通稱之「很精密之測定」，或「精確度高之測定」應包括該測定結果之分佈情況之程度，與高度之準確度。

1-1-4 靈敏度 欲以測定器檢查測定對象之量時，該量之大小，仍受該儀表之限度，不只是無法測出超過額定值之量，也無法測出太小之量。此種儀表所能測出之最小測量量，稱為**靈敏度**(sensitivity)。

通常很精密之測定，必須使用靈敏度高之儀表，但雖使用靈敏度高之儀表，並不一定可得高精確度之測定。

通常，儀表之靈敏度越高，對振動、感應等之外部條件越敏感，以致其測定範圍狹小，有使用不方便之趨勢，因此以使用目的，選擇靈敏度適當之儀表，為上策。又不要隨便使用靈敏度高之儀表，例如只要對電壓靈敏之測定時，而要求使用對電流靈敏度高之檢流計，則無濟於事。

1-1-5 測定法之分類 測定法有各種分類方法，其中一般所使用之分類法，列示如下。

(1) **直接測定與間接測定** 被測量與同類型之量直接比較時，稱為**直接測定**。例如以長尺直接測量物品之長度，屬於此類型。以電流表測電流大小時，雖然將電流之大小變成為指針之動程，但其刻度已對基準電流，施予校正，而視讀其指針所指之位置以代表電流大小，故仍屬於直接測定。

相反地，測量與被測量有一定關係，但互相無關之幾種獨立量，以其結

果，利用計算方法求得被測量之方法，稱為**間接測定**。例如測定電阻大小與流過該電阻之電流，來求得該電阻所消耗之功率，則屬於此類型。

(2) **偏位法與零位法** 將被測量改成為指針移動量，而視讀其刻度之方法，稱為**偏位法** (deflection method)。例如指示型電表，或以計量裝置視讀功率之積算瓦時計等，仍屬於此類型。

利用可任意調整其大小之已知標準量，以此與被測定量取得平衡，而由標準量之大小求得被測量之方法，稱為**零位法** (zero method)。例如電位差計或電橋等，則屬於此類型。

一般而講，零位法測定比偏位法測定較為精密，因偏位法，仍受刻度之精密影響，決定其精確度，但零位法，如視讀平衡之檢出器之靈敏度很高，只以標準量之準確度，即可決定該測定之精確度，但以測定步驟之繁雜方面而講，則偏位法較為簡便。

又在偏位法，為了產生轉矩，使指針等旋轉，其能源勢必由被測量供給，例如在回路上插入電流表時，該電流表勢必產生電壓降，影響被測電流值之精確度。但在零位法，旋轉轉盤之能源由測定者供給，因此平衡後，並不需要由被測量供給能源，故不影響被測量之測定值。

1 - 1 - 6 測定值之處理

(1) **誤差傳播定律** 在間接測定時，其測定值之誤差，對最後結果，有何樣之影響與處理，可根據下列之法則。因此須小心地於所規定之準確度範圍內，測定各種量。

a) 如所求之量 y ，是以 2 個以上之量之和或差表示時，例如

$$y = x_1 + x_2 - x_3 \quad (1-8)$$

而 x_1 ， x_2 ， x_3 相對地各有 Δx_1 ， Δx_2 ， Δx_3 之誤差時， y 之最大誤差值 Δy 為

$$|\Delta y| = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| \quad (1-9)$$

因此測定時，其每個誤差絕對值 $|\Delta x_1|$ ， $|\Delta x_2|$ ， $|\Delta x_3|$ ，必須相近，否則，如 $|\Delta x_1|$ 比 $|\Delta x_2|$ ， $|\Delta x_3|$ 大的非常多時，雖然已儘力減小 $|\Delta x_2|$ 與 $|\Delta x_3|$ 值，但對減小 Δy ，則無濟於事。要求 $|\Delta x_1|$ ， $|\Delta x_2|$ ， $|\Delta x_3|$ 等數值須相近，與 x_1 ， x_2 ， x_3 之各數值，為相同位數之意義相同。

如 y 以下式表示時

$$y = a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + \cdots \quad (1-10)$$

則 $|a_1 \Delta x_1|$ ， $|a_2 \Delta x_2|$ ， $|a_3 \Delta x_3|$ ，……等數值，必須相近，大致相同

爲宜。

b) 所求之量，以 2 個以上之量之積或商表示時，例如 y 以

$$y = x_1 x_2 \quad (1-11)$$

表示時，而假設 y 之誤差爲 Δy ，則

$$\begin{aligned} y + \Delta y &= (x_1 + \Delta x_1)(x_2 + \Delta x_2) \\ &= x_1 x_2 + x_2 \Delta x_1 + x_1 \Delta x_2 + \Delta x_1 \Delta x_2 \end{aligned}$$

其中，因 $\Delta x_1 \Delta x_2$ 值很小，可以省略不計。再將左邊以 y 除之，而右邊以 $x_1 x_2$ 除之，可求得其相對誤差。

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta x_1}{x_1} + \frac{\Delta x_2}{x_2} \quad (1-12)$$

此時，其 $|\frac{\Delta x_1}{x_1}|$ ， $|\frac{\Delta x_2}{x_2}|$ 各值，即各相對誤差值，相差仍不得太大爲宜。

又，如 y 以

$$y = \frac{x_1}{x_2} \quad (1-13)$$

表示時，則

$$(y + \Delta y)(x_2 + \Delta x_2) = x_1 + \Delta x_1$$

其中 $\Delta y \Delta x_2$ 可以省略，故

$$\begin{aligned} \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta x_2}{x_2} &= \frac{\Delta x_1}{x_1} \\ \frac{\Delta y}{y} &= \frac{\Delta x_1}{x_1} - \frac{\Delta x_2}{x_2} \end{aligned} \quad (1-14)$$

同理，各相對誤差值 $|\frac{\Delta x_1}{x_1}|$ ， $|\frac{\Delta x_2}{x_2}|$ ，相差不應太大爲宜。

但，如 y 以

$$y = x_1 x_2^2 \quad (1-15)$$

表示時，上式演變爲

$$\frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta x_1}{x_1} + 2 \frac{\Delta x_2}{x_2} \quad (1-16)$$

此時， $|\frac{\Delta x_2}{x_2}|$ 值，應大約等於 $|\frac{\Delta x_1}{x_1}|$ 之 $\frac{1}{2}$ 。例如在以電阻 R 與電流 I 之測定值，計算功率 P 時，

$$P = RI^2$$

因此，測定時電流值之精確度，較電阻值之精確度應高兩倍為宜。

(2) **測定值之計算處理** 試求平均值，或由間接測定之測定值，求得需要之結果等時，大部份之測定結果，都需要加以計算處理。此時必須注意避免因計算步驟，而引起誤差之增加。另一方面，絕勿取不必要之有效位數，否則只增加計算之繁雜，並無濟於事。為了減少計算所引起之誤差，與簡化計算步驟，通常可利用下列方法。

有效數字 須明晰表示測定結果之有效位數。例如測定結果為 74.52，如只需 3 位數，則第 4 位數之 2 字，不必註寫。又如註明 836000，則無法辨別其有效位數，如有效數值為 8360，可以用 8360×10^2 或 8.360×10^5 表達之。0.000270 之數字，以 2.70×10^{-4} 註寫，較易於視讀。表明測定值之有效位數，在處理測定值工作上，佔很重要之地位。

四捨五入 74.52 之小數點以下四捨五入時，成為 75，同理 74.49 則成為 74。但 73.5 須進為 74，而 74.5 須捨成為 74。換句話說，四捨五入之位數剛好為 5 時，須捨棄或進位，使上一位數成偶數為上策，因處理許多數值時，如都用五入法，則有增加其代數和之慮。

四則運算 加減乘除計算時，須考慮誤差傳播定律之因素。例如以銅線之直徑測定值，求其斷面積時，得其直徑為 $2.23 \pm 0.01\%$ ，因直徑之相對誤差約為 0.5%，則 π 之相對誤差可取 1%，故可以 $\pi = 3.14$ 為計算數據，並且其計算結果之有效位數，取三位數即可。

省略計算 儘量活用適當之省略計算，以便減少數值計算時之不必要工作。

以下列說明之。

$$(1+x)^2 = 1 + 2x + x^2$$

$$(1+x)^2 = 1 - 2x + x^2$$

〔註〕 通常 $x \ll 1$ 時，成立下式

$$(1+x)^n = 1 + \frac{n}{1}x + \frac{n(n-1)}{1 \times 2}x^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{1 \times 2 \times 3}x^3 + \dots$$

如 $x \ll 1$ 時，可得如下關係 $1+x = 1 + \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8}$

如可忽視 x^2 項，

同理 $1+x \doteq 1 + \frac{x}{2} \quad 1-x \doteq 1 - \frac{x}{2} - \frac{x^2}{8} \doteq 1 - \frac{x}{2}$

$$\frac{1}{1+x} \doteq 1 - x + x^2 \doteq 1 - x \quad \frac{1}{1-x} \doteq 1 + x + x^2 \doteq 1 + x$$