

高等学校教学用书

电 工 量 计

咎 宝 澄 編



中国工业出版社

本书是按照前高等教育部頒布的电工量計教学大綱編写的。在簡單地介紹了测量和测量仪器的基本知識之后，即分別敘述各种电工仪表的原理、結構、特性和使用方法，最后对非电量的电測方法和遙远测量的概念作了極簡短的介紹。对仪表及其使用方法的敘述，不是分成两个独立部分，而是把两者結合起来，并着重介紹测量时会遇到的实际問題，使讀者便于联系理論和实际；內容的某些部分，如收斂性、屏蔽等問題，比一些同类外文书籍完全；以及尽量介紹国产仪器，这些都是本书的特色。

本书可作高等工业学校和中等技术学校电类专业电工量計課的教学参考书，并可供从事电測工作的技术人員参考。

电 工 量 計

管 宝 澄 編

(根据水利电力出版社紙型重印)

*

水利电力部办公厅图书編輯部編輯 (北京阜外月坛南营房)

中国工业出版社出版 (北京修麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{2}$ ·印張 $8 \frac{5}{16}$ ·字数233,000

1958年8月北京第一版

1961年5月北京新一版·1962年4月北京第二次印刷

印数7,031—16,130·定价(10)1.40元

*

統一书号: K15165·35(水电-16)

34.16
25.14

序

本書是按照前高等教育部 1955 年頒佈的高等工業學校電工量計教學大綱編寫的。材料的絕大部分是取自蘇聯 A. B. 福萊姆坎主編的電磁測量學普通教程(洪効訓譯)。

按照電工量計的教學任務，在本書中敘述了各種電工測量儀器的基本原理、結構、特性和用法；同時，也敘述了電磁數量的主要測量方法的原理和特點。通過這些材料，期望學生能夠根據實驗和工作的需要來正確地選擇測量儀器和測量方法。在書末并極簡單地介紹了一些有關非電數量的電測方法和遙遠測量的概念。

在內容的編排上，與教學大綱題材的系統有所不同：不是把測量儀表和測量方法分成兩個獨立的部分，而是在敘述過一些型式的儀表之後，即跟着研究使用這些表的測量方法。這樣編排的理由在於使實驗課能夠在學期中的早一些時候開始，同時也可以使某些類儀表的不同形式和在研究測量方法中必然要遇到的有關儀表原理的問題集中起來，便於聯繫。

在內容數量方面，雖然已經大量精減，但還是多於在課堂中所能講授的。建議按照不同專業的需要，再作選擇。

在本書的編寫過程中，得到陳景偉同志不少協助；最後并經楊山同志把原稿校閱一遍。編者對他們都表示謝意。

本書的編寫時間較短，錯誤在所難免。誠懇希望讀者提出意見與天津大學電力系編者聯繫。

編 者

目 录

序

第一章 关于测量和测量仪器的基本知識	6
1-1 测量的概念	6
1-2 测量誤差的概念	7
(一)偶然誤差的計算	7
1-3 测量设备的分类	11
1-4 电磁單位及其标准	12
1-5 标准度量器	14
(一)标准电池	15
(二)标准电阻	16
(三)标准电感	21
(四)标准电容	22
第二章 直讀仪表的一般問題	23
2-1 直讀仪表及其分类	24
2-2 机电类仪表中的静态平衡	26
2-3 机电类仪表的动态工作情况	28
2-4 对直讀仪表的要求	35
(一)直讀仪表的灵敏度	35
(二)直讀仪表的誤差	36
(三)直讀仪表的标尺	37
(四)直讀仪表的功率消耗	38
(五)直讀仪表的阻尼時間	38
第三章 磁电式仪表及其应用	41
3-1 磁电式檢流計	42
(一)結構和作用原理	42
(二)讀数裝置	44
(三)携帶式檢流計	47
(四)綫圈的运动特性	48

3-2 冲击檢流計	51
3-3 檢流計的技术特性和通用分流器	54
3-4 冲击檢流計的应用	58
(一)用冲击檢流計測量电容	60
(二)用冲击檢流計測量絕緣电阻	61
3-5 振動檢流計	64
3-6 磁电式电流表和电压表	66
(一)技术特性	70
(二)仪表的校准	71
3-7 磁电式电流表和电压表的应用	73
(一)用电压降法測量电阻	73
(二)欧姆表	75
(三)兆欧表——偶衡表	76
第四章 整流式热电式和电子管式仪表	79
4-1 整流式仪表	80
4-2 热电式仪表	82
4-3 电子管式仪表	84
第五章 电动式仪表和功率測量	89
5-1 电动式仪表的結構和作用原理	90
5-2 电动式电流表电压表和电力表(功率表)	92
5-3 电动式电力表的技术特性和使用方法	94
5-4 三相电路中功率和無功功率的測量	99
5-5 电动式偶衡表——相位表和頻率表	106
第六章 电磁式仪表及其应用	110
6-1 电磁式仪表的結構和作用原理	110
6-2 电磁式电流表电压表和它們的技术特性	114
6-3 交流电路参数的測量	116
鉄心綫圈增值电感的測量	118
6-4 电磁式偶衡表——相位表和同步表	119
6-5 諧振式頻率表	121
第七章 感应式仪表——电度表	123
7-1 感应式电力表	123
感应式电力表的技术特性	129

7-2 感应式电度表	130
(一)感应式电度表的誤差	134
(二)三相电度表	135
(三)电度表的校准和調整	136
第八章 靜电式仪表	138
8-1 靜电計	139
8-2 靜电式电压表	140
第九章 仪用互感器	143
9-1 仪用互感器的用途和对它們的要求	143
(一)仪用互感器的極性	146
9-2 电流互感器	147
9-3 电压互感器	151
9-4 仪用互感器的檢驗	155
第十章 电桥和应用电桥的測量	159
10-1 直流电桥的工作原理和技术特性	159
10-2 为特殊用途的直流电桥綫路	163
(一)測量低电阻的双电桥	163
(二)測量絕緣电阻的电桥	165
(三)測量接地电阻的电桥	167
(四)測量电纜故障地点的电桥綫路	168
10-3 交流电桥的工作原理和技术特性	170
10-4 为特殊用途的交流电桥綫路	175
(一)測量电容和介質損耗角的电桥	175
(二)測量电感和互感的电桥	179
(三)測量頻率的电桥	182
10-5 交流电桥的指零仪表电源和变压器	183
第十一章 电位計和电位計的应用	189
11-1 直流电位計的工作原理	190
11-2 直流电位計的工業型式	192
11-3 交流电位計	196
11-4 校准电流互感器的电位計	199
第十二章 觀察和記錄变化数量的仪表	201
12-1 連續記錄的自录直讀仪表	202

12-2 断点记录的自录直讀 仪表	204
12-3 振动式示波器	205
12-4 电子示波器	208
(一)电子束管	208
(二)电子示波器的組成部分	212
(三)电子示波器的应用	215
12-5 自动记录电桥	217
12-6 自动记录电位計	218
第十三章 磁的測量	220
13-1 測量恒定磁通的方法	221
(一)磁通表	221
13-2 測量磁場强度和磁位差的方法	223
13-3 静态特性曲綫的測法	224
(一)磁導計	229
13-4 永久磁铁特性的測法	229
13-5 动态特性曲綫的測法	231
(一)用电流表电压表法測磁化曲綫	233
(二)用交流电位計法測磁化曲綫和鉄損	233
(三)用电桥法測磁化曲綫和鉄損	235
(四)用电子示波器測动态磁滯迴綫	236
(五)鉄磁計	237
13-6 用电力表法測量鉄損	239
第十四章 非电数量測量的概念	241
第十五章 遙远測量的概念	251
15-1 遙远測量系統的分类	252
15-2 近距离測量系統举例	253
15-3 远距离測量系統举例	255
15-4 遙測总和的方法	260
第十六章 电工仪表和电測技术的任务和發展方向	263

第一章 关于测量和测量仪器的基本知識

1-1 测量的概念

测量是認識事物和現象时不可缺少的过程；对客观存在的事物和現象的認識应该不仅局限于性質方面，更要推广到数量方面；这样才能使認識深刻化，才能更有助于認識它的本質和規律性，从而將認識过程更提高一步。测量技术在認識过程中所起的作用就在于它能够使我們定量地来認識客观世界。

为了达到使認識过程深刻化到定量这一目的，我們制定出各种量的單位。当对某些物理量进行测量时，其过程就是把它与作为测量單位的其它同类量相比較，在比較中确定出被测之量中含有这一單位的若干倍或若干分之一。比較的結果用兩部分来表示：一部分是單位名称，另一部分是数值。

客观存在的事物和現象是多种多样的。因此，为了作定量的研究而必須制定的测量單位也是多种多样，进行测量的方法也各不相同。但这些多种多样的事物和現象并不是各个孤立的，它們也并不是偶然的凑合，而是存在着相互联系、相互依賴和相互制約的关系。例如，在一定的电阻上作用着一定的电压，必然要产生一定的电流，就是說电流的大小有賴于电压和电阻，为电压和电阻所制約，只要测量出电压和电流的大小，根据它們之間的相依关系也就测量得了电阻的大小。又如，随着电路中电流的变化就会發生磁場的变化，而磁場的变化又將引起电路中电流的变化。由于电与磁之間存在着这种有規律的相依关系，就有可能用测量电量的方法来测量磁場强度和磁感应强度。在以上兩個例中，进行测量的数量并不就是最終所要获得的数量；后一数量須要根据測得的其它数量及它們之間的相互关系求出来。这种测量方法称为間接測量法。另一方面，被测数量有时可以通过测量而直接获得，这种测量方法就称为直接測量法。

1-2 測量誤差的概念

觀察和測量事物和現象只能反映客觀現實；在觀察或測量的過程中可能會發生誤差，甚至是錯誤，因而就產生了認識與客觀存在之間的不一致。這種不一致，只能說是由於觀察或測量得不完善，不能正確地反映出真實情況，絲毫不能影響客觀存在。在觀察或測量時所用的工具越精細，工作作得越細緻，這種誤差就可越小。

測量結果與真實數量之間的不一致，主要是由於以下三種原因所引起的：

(1) 經常誤差 經常誤差是在用同一工具同一方法重複測量同一個量時維持不變或按一定規律而產生的誤差。從其來源看，有下面四種：

工具誤差 (工具的基本誤差) 是工具或儀表所固有的，其產生的原因是儀表在結構上和製造上所存在着的缺點。例如，儀器的標尺分度不夠準確；當任何人用這一儀器在任何時測量同一量時，均將出現同樣的誤差。

裝置誤差 (工具的附加誤差) 是各種外界因素的變動對儀表讀數所引起的誤差，這是由於儀表裝置和使用不當所生的後果。例如，在某些電工儀表近旁有較強的磁場或電場，勢必在儀表的讀數中引入誤差；誤差的大小與場的強弱有關，並且可以從場強來計算出引入誤差的大小。

個人誤差 是由於實驗者的個性和習慣所引起的。

方法誤差 或 理論誤差 是由於引用理論或公式不恰當而造成的。例如，當用電壓表和電流表借電壓降落法來測量電阻時，如果沒有計及接入儀表的影響，則電阻值中必將含有誤差。

經常誤差發生的規律是可以掌握的；掌握規律之後就可以設法防止誤差的發生，或者在發生之後按照已知規律加以更正。也就是說，雖然存在這一類誤差，但我們仍然可以設法求得真實數值。

(2) 偶然誤差 偶然誤差的發生並不按照物理定律，而是依照多數規律，因此就須利用機率的算法來處理。

偶然誤差产生的原因很多，例如，温度、湿度、磁場或電場的驟然变化，以及實驗者本人的偶然疏失，都会引起偶然誤差。这种誤差很难避免；也就是說，在有限次数的实际測量中，我們只能測出被測量的近似值，而不能測得其真实的数值。

(3) 疏失的錯誤 这指的是由于實驗者的粗心大意所造成的錯誤。例如，讀錯了仪表标尺上的数字，記錄錯了讀数等等。如果發現这种錯誤，實驗的結果应当作廢。

(一) 偶然誤差的計算 当对某一个量进行測量时，由于有偶然誤差，在理論上，只有在同一条件下进行無限次的測量，取其平均值，才能得到这个量的真实数值。实际上，对同一量在同一条件下重复測量若干次，則其各次結果的算术平均值应当較任一次所得的更接近于真实数。不过这个平均值中仍然含有誤差。

各次所量得的数值与平均值之差称为偏差，用 P 来表示。設 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots$ 为各次所量得的数值， A 是它們的算术平均值，則

$$P_1 = \alpha_1 - A,$$

$$P_2 = \alpha_2 - A,$$

$$P_3 = \alpha_3 - A,$$

$$\dots\dots\dots,$$

$$\dots\dots\dots,$$

$$P_n = \alpha_n - A. \quad (1-1)$$

显然，偏差可能为正，也可能为負。对于無限多次測量，它們的代数和應該等于零。取各次測量中偏差絕對值之和用測量次数 n 来除，得平均偏差 d ：

$$d = \frac{|P_1| + |P_2| + |P_3| + \dots + |P_n|}{n} = \frac{\sum |P|}{n}. \quad (1-2)$$

平均值 A 中的誤差应比任何一次測量結果中的为小。从数学上可以証明， n 次同一測量的平均值的准确度为單独一次測量的 $\frac{1}{\sqrt{n}}$ 倍。因

此， n 次測量結果平均值中的誤差 D 为上述平均偏差 d 的 $\frac{1}{\sqrt{n}}$ 倍；即

$$D = \frac{d}{\sqrt{n}} = \frac{\sum |P|}{n\sqrt{n}}. \quad (1-3)$$

机率理論又曾指出，任一次測量的偏差大于平均偏差四倍的机率只有千分之一。根据这一結論可以判断各次測量的結果是否應該保留。判断的方法是：將可疑的結果除外，求其余各結果的平均值及平均偏差，然后求此可疑結果与平均值的差額。如果此差額大于平均偏差的四倍，則这一可疑結果就可以認為含有意外因素所引起的錯誤，應該拋棄。

例 1. 有一电阻，用同一仪器在同一条件下測量八次；其結果如下：

$$\begin{aligned} r_1 &= 117.7 \text{ 欧}, & r_5 &= 118.6 \text{ 欧}, \\ r_2 &= 118.3 \text{ 欧}, & r_6 &= 118.4 \text{ 欧}, \\ r_3 &= 118.5 \text{ 欧}, & r_7 &= 117.8 \text{ 欧}, \\ r_4 &= 116.6 \text{ 欧}, & r_8 &= 118.1 \text{ 欧}. \end{aligned}$$

由这些数据算得的平均值为 $r_0 = 118.0$ 欧。各結果中的偏差为：

$$\begin{aligned} P_1 &= r_1 - r_0 = -0.3 \text{ 欧}, & P_5 &= r_5 - r_0 = +0.6 \text{ 欧}, \\ P_2 &= r_2 - r_0 = +0.3 \text{ 欧}, & P_6 &= r_6 - r_0 = +0.4 \text{ 欧}, \\ P_3 &= r_3 - r_0 = +0.5 \text{ 欧}, & P_7 &= r_7 - r_0 = -0.2 \text{ 欧}, \\ P_4 &= r_4 - r_0 = -1.4 \text{ 欧}, & P_8 &= r_8 - r_0 = +0.1 \text{ 欧}. \end{aligned}$$

平均值中的誤差为：

$$D = \frac{\sum |P|}{n\sqrt{n}} = \frac{0.3+0.3+0.5+1.4+0.6+0.4+0.2+0.1}{8\sqrt{8}} = 0.17 \text{ 欧}.$$

在八次所得的电阻值中， r_4 的偏差最大。除去 r_4 ，計算其它七个結果的平均值，得 118.2 欧。根据这一平均值求得各結果的偏差为：

$P_1 = -0.5$, $P_2 = +0.1$, $P_3 = +0.3$, $P_5 = +0.4$, $P_6 = +0.2$, $P_7 = -0.4$, $P_8 = -0.1$ 。它們的平均值为 $\frac{2.0}{7} = 0.29$ 欧，用 4 乘得 1.2 欧，由此可見 r_4 中的誤差太大，这一測量結果應該拋棄。七次測量平均值中的誤差为：

$$D = \frac{0.5+0.1+0.3+0.4+0.2+0.4+0.1}{7\sqrt{7}} = 0.11 \text{ 欧}.$$

这一測量的結果應該記录为 118.2 ± 0.1 欧；表示所写出的最后一位数字中可能含有 ± 0.1 欧的誤差。

間接測量的誤差問題可分兩类來討論。

(1) 已知各个测量结果中的误差，求最后结果中的误差。

设 $A_a, A_b, A_c, \dots$ 为各个测量结果的平均值，其中分别含有误差 $D_a, D_b, D_c, \dots$ ，这些误差均能在最后结果 M 中造成误差。设由 $D_a, D_b, D_c, \dots$ 所造成的误差分别为 $\Delta_a, \Delta_b, \Delta_c, \dots$ 。倘若 M 与 $A_a, A_b, A_c, \dots$ 的关系式为：

$$M = f(A_a, A_b, A_c, \dots), \quad (1-4)$$

则任一量 A_k 中的误差 D_k 在 M 中所造成的误差 Δ_k 可证明为：

$$\Delta_k = \frac{\partial M}{\partial A_k} D_k. \quad (1-5)$$

用此式求出 $\Delta_a, \Delta_b, \Delta_c, \dots$ 后，则 M 中的误差 Δ 为：

$$\Delta = \sqrt{\Delta_a^2 + \Delta_b^2 + \Delta_c^2 + \dots}. \quad (1-6)$$

例 2. 有一电阻，其值为 10.00 ± 0.12 欧，通过电流 1.200 ± 0.010 安，求其所消耗的功率和所得功率值中的误差。

$$P = I^2 r = 1.200^2 \times 10.00 = 14.40 \text{ 瓦},$$

$$\Delta_I = \frac{\partial}{\partial I} (I^2 r) D_I = 2I_r D_I = 2 \times 1.2 \times 10 \times 0.010 = 0.24,$$

$$\Delta_r = \frac{\partial}{\partial r} (I^2 r) D_r = I^2 D_r = (1.2)^2 \times 0.12 = 0.17,$$

$$\therefore \Delta = \sqrt{(0.17)^2 + (0.24)^2} = 0.29,$$

故算得的功率应写为 14.40 ± 0.29 瓦。

(2) 根据最后结果中所容许存在的误差，求各个测量结果中可以容许的误差。

设最后结果中容许存在的误差为 Δ ，若只知道这一条件，并不能用(1-5)式求出 $\Delta_a, \Delta_b, \Delta_c, \dots$ 等值；所以需要根据实验的性质采用以下二法中的一个方法：

(甲) 用适当的比率将此总的误差分配到 $A_a, A_b, A_c, \dots$ 各量值中去，分配的基础是要用最少的时间与劳力而能得到预期准确的结果；也就是说，对于容易测量的量，分配的误差少一些；对于难于测量的，分配的误差多一些。

(乙) 同效果解法：将误差平均分配到各个量值中去，使其对最后结数产生相同的效果。此法虽不甚合理，但至少可视为一初步的估

定。用此法时，个别量值的误差对結数的效果为：

$$\Delta_k = \frac{\Delta}{\sqrt{N}}, \quad (1-7)$$

式中， N 为参数的数目。

例 3. 在一約 10 欧的电阻中通过电流約 1.2 安，若欲功率中的误差为 ± 0.50 瓦，則测量电阻和电流时应可容許含有多少误差？

用同效果解法，

$$\Delta_I = \Delta_r = \frac{0.50}{\sqrt{2}} = 0.35.$$

电流值和电阻值中能容許的误差分别为：

$$D_I = \Delta_I \div \frac{\partial}{\partial I}(I^2 r) = \frac{\Delta_I}{2Ir} = \frac{0.35}{2 \times 1.2 \times 10} = 0.015 \text{ 安},$$

$$D_r = \Delta_r \div \frac{\partial}{\partial r}(I^2 r) = \frac{\Delta_r}{I^2} = \frac{0.35}{1.2^2} = 0.24 \text{ 欧}.$$

因为电阻值比較容易測得很准，如果其误差对功率中的误差影响很小，就可以不計，而使 $\Delta_I = 0.50$ ，这时，

$$D_I = \frac{0.50}{24} = 0.021 \text{ 安}.$$

1-3 测量设备的分类

在进行测量时所使用的技术工具称为测量设备。测量设备包括两种基本形式：一种是度量器，例如，量重所用的天平砝碼，电工测量中所用的标准电阻等。它們本身就是测量單位的实物样品，测量时是用被测量与适应的度量器来比較。另一种测量设备是测量仪器，这是一类通过它来用某种方法进行测量的裝置。按照所用测量方法的不同，测量仪器又可分为二类：

(1) 直讀仪器(表)能够指出被测量的大小和單位，或是指出为了得知被测量而須测量的一些中間量的大小和單位(間接测量时用)。在制造直讀仪器(表)时，必須与度量器作比較而进行分度。量重所用的秤，测电压所用的电压表等都属于这一类。使用这一类仪器所进行的测量称为直讀测量法。

(2) 較量仪器是一种使被测量与度量器作比較而确定被测量大小

和單位的裝置。它必須與度量器合用才能進行測量，測量重量所用的天平，測電動勢所用的電位計等都屬於這一類；前者若沒有砝碼，后者若沒有標準電池，就不能用來達到測量的目的。使用這一類儀器所進行的測量稱為比較測量法。

1-4 電磁單位及其標準

在 1-1 節中已經提到，測量過程就是把被測量與作為測量單位的同類物理量作比較，而確定出被測量的大小。電磁學中所用的單位有許多種系統，而在電工中普遍應用的則是米、千克、秒系單位，這也稱為絕對實用單位系。只有在表示磁量時，才有時用一些厘米、克、秒系電磁單位。

在米、千克、秒單位系中，電流單位的定義是：當一恆定電流通過位於真空中的相距一米的兩根無限長及無限細平行圓導體時，若導體每米長度受有 2×10^{-7} 牛頓的力，則這個電流的大小就是一絕對安培，簡稱一安培或一安。電位差單位的定義是：當一安培的恆定電流通過綫形導體而在導體某兩點間產生一瓦特的功率時，則這兩點之間的電位差就稱為一伏特，簡稱一伏。電壓和電動勢的單位也是伏特。電阻單位的定義是：當在一綫形導體的某兩點間施以一伏特的恆定電壓，若能在導體中引起一安培的電流，則該導體這兩點之間的電阻就為一歐姆，簡稱一歐。

磁量單位是根據電磁感應定律而導出的；就是說，磁通 Φ 的單位是：使磁通穿過一個電阻為 1 歐姆的迴路，若當這磁通減到零時在感應電動勢的作用下迴路中流過 1 庫倫的電量，則這磁通即為單位磁通，單位的名稱是韋伯，簡稱韋。

表 1-1 示各常用电磁量的米、千克、秒系單位名稱和它們與厘米、克、秒系單位之間的關係。

實際上，根據以上的電流電壓和電阻單位的定義來校準測量儀器是非常困難的，因此，在 1908 年的國際會議上規定了國際實用單位系，這單位系是根據下列的標準：

一國際安培等於電解一標準硝酸銀溶液時每秒鐘在陰極上分離出

表 1-1

主要电磁量的符号和單位

量 名	量的 符号	米千克秒系 單位		單位的符号		等值厘米克秒系單位数	
		名称	簡称	俄文	拉丁文 或希腊文	电 磁 單 位	靜 电 單 位
电 流	I	安培	安	a	A	$\frac{1}{10}$ 电磁安	3×10^9 靜安
电位差, 电压 及电动势	U, E	伏特	伏	e	V	10^8 电磁伏	$\frac{1}{300}$ 靜伏
电 阻	R	欧姆	欧	OM	Ω	10^9 电磁欧	$\frac{1}{9} \times 10^{-11}$ 靜欧
电 量	Q	庫侖	庫	K	Coul	$\frac{1}{10}$ 电磁庫	3×10^9 靜庫
功 率	P	瓦特	瓦	em	W	10^7 尔格每秒	
能 量	W	焦耳	焦	$\partial \kappa, emc$	J WS	10^7 尔格	
电 容	C	法拉	法	Φ	F	10^{-9} 电磁法	9×10^{11} 靜法
电感及互感	L, M	亨利	亨	en	H	10^9 电磁亨	$\frac{1}{9} \times 10^{-11}$ 靜亨
磁 通	Φ	韋伯	韋	$B\phi$	Web	10^8 麦克斯威	$\frac{1}{300}$ 靜电單位
磁感应强度	B	韋伯 米 ²	韋 米 ²	$B\phi$ μ^2	Web m^2	10^4 高斯	$\frac{1}{3} \times 10^{-6}$ 靜电單位
磁場强度	H	安匝 米	安 米	a μ	A m	$4\pi \times 10^{-3}$ 奥斯特	$12\pi \times 10^7$ 靜电單位
(磁化力)		实用奥 斯特	实奥			10^{-3} 奥斯特	3×10^7 靜电單位
磁位差	F	安匝		a, as	A, aw	$\frac{4\pi}{10}$ 吉柏	$2\pi \times 10^9$ 靜电單位
磁动势		实用吉 柏	实吉			$\frac{1}{10}$ 吉柏	3×10^9 靜电單位

1.11800 $\times 10^{-3}$ 克銀的恆定电流。

一国际欧姆等于横截面积均匀并為 1 毫米², 長为 106.300 厘米的一根純水銀柱在 0°C 时的电阻。

一国际伏特等于能在一国际欧姆的导体中引起一国际安培电流的电位差。

在制定上述的实用标准时, 原意是使国际單位与絕對單位完全一致; 換句話說, 即为絕對單位制定出实物样品。但是由于当时測量技

术上的精确程度有限，后来發現出二者并非完全一致；二者間存在着有一定的差異，在相当長的年代中，存在有二种極為近似的單位系。后来又經国际會議決定自 1948 年起廢棄了国际实用單位，一律采用絕對实用單位。在 1948 年以前所制的度量器和測量儀器上标明的数字是国际实用單位的数目，而在 1948 年及其后所制的，則标明的数字是絕對实用單位的数目。在作精密測量时（例如，誤差不能超过 0.1% 的測量），應該注意到这项差異。但由于二者之間的差異并不大，用一般測量設備作一般測量时，由此引起的誤差完全可以忽略。表 1-2 示国际实用單位与絕對实用單位之間的关系。

表 1-2 国际实用單位与絕對实用單位換算表

1 国际安培 = 0.999835 絕對安培。	1 国际欧姆 = 1.000495 絕對欧姆
1 国际伏特 = 1.000330 絕對伏特	1 国际庫侖 = 0.999835 絕對庫侖
1 国际瓦特 = 1.000165 絕對瓦特	1 国际法拉 = 0.999505 絕對法拉
1 国际亨利 = 1.000495 絕對亨利	

1-5 标准度量器

用来复制和保持測量單位或是校准和分度其他度量器和測量儀器的度量器称为标准度量器。标准度量器分为标准器和有限准确度标准度量器两种。

在測量技术的現有水平上以最高成就的准确度来复制或保持測量單位的范型度量器称为标准器。在科学水平較高的国家中，均由政府的法定機構保存有各主要測量單位的标准器，作为国家处理測量事务的科学基础。苏联的标准器是保存在全苏度量衡研究院里。而在我国，由于过去的科学基础过于薄弱，这一工作正由国家計量局进行中。

有限准确度标准度量器的准确程度要比标准器的低些，但是它的大小是經严格确定了的，标明在标准度量器上或是标明在附帶的准确度保證書上。这种标准度量器的質量由它的准确度高低来判断。在科学研究機構、工厂實驗室以及学校中，都是靠这种标准度量器来作測量單位的标准。一般所謂的标准电阻、标准电感、标准电容等，都屬於这一种。下面是几种在电磁測量實驗室中常用的有限准确度标准度

量器。

(一)标准电池 标准电池是一种用来当作电动势标准的原电池，它的各个组成部分都是由化学成分非常确定以及用量十分准确的物质制成的；在结构方面也严格划一。

标准电池有以下两种主要形式：

(1)国际标准电池 这种电池的形式是一个H形的玻璃管，在它的两个下端封入白金电极。正电极浸在水银中，水银上面有硫酸汞(Hg_2SO_4)和硫酸镉晶体($\text{CdSO}_4 + \frac{8}{3} \text{H}_2\text{O}$)碎块混成的半流动体。再上面是饱和了的硫酸镉水溶液。负极是浸在镉汞合金中；镉汞合金的上面是硫酸镉晶体，再上面就是硫酸镉的水溶液，溶液的表面高过H形管的连通部分；管的两个上端是封闭的。

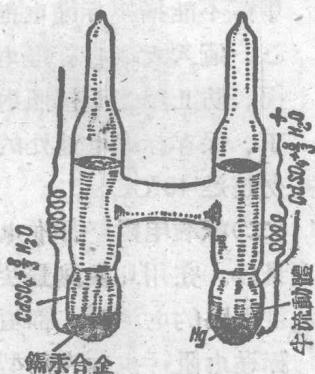


图 1-1 标准电池

由于在电池的內部有硫酸镉的晶体，所以在任何温度下溶液总是饱和的；故又称为饱和式标准电池。

饱和式标准电池在制成后，电动势比较稳定，可以按照较高级的标准来生产；但是当温度改变时，电动势的变化要较下述不饱和式电池的大得多，下面是计算在温度 t 时电动势 E_t 的一种经验公式：

$$E_t = E_{20} - 406 \times 10^{-7}(t-20) - 95 \times 10^{-8}(t-20)^2 + 1 \times 10^{-8}(t-20)^3, \quad (1-8)$$

式中 E_{20} 为在 20°C 时的电动势，在一些高级的标准电池的出品证明卡片上，都给有对那一种电池计算 E_t 的专用公式。

(2)不饱和式标准电池：这种电池的结构和电解液都与上述饱和式的相同，只是在电解液中没有多余的硫酸镉晶体；在 4°C 时，电解液是饱和的；高于 4°C 时即不饱和。这种电池电动势的稳定性要比饱和式的低得多，所以只能按照较低的标准来生产。它的优点是当温度变化在 $+10^\circ\text{C}$ 到 $+40^\circ\text{C}$ 之间时，每变化 1°C ，电动势的变化不超过 15 微伏。因而适于一般应用，不一定要进行温度更正。