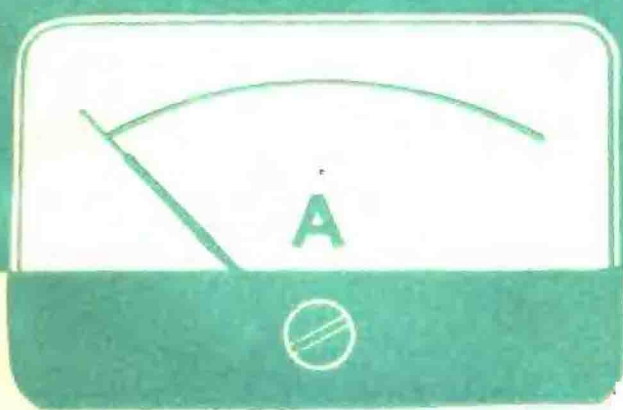


电工仪表修理

(增修本)



国防工业出版社

电 工 仪 表 修 理

(增 修 本)

《 电工仪表修理 》编写组编

國 防 工 業 出 版 社

内 容 简 介

《电工仪表修理》一书，自1966年1月出版以来，先后在1971年和1974年两次增订再版。这次增修本是在增订本的基础上作了较大修改的第四版。

本书重点介绍了电工仪表通用零件（如轴尖、轴承、游丝、动圈、指针、度盘和磁钢等）修理与配制方法；介绍了常用的磁电系仪表、磁电系检流计和张丝仪表、万用表、摇表、电磁系仪表以及电动系仪表的修理与调整方法。1971年增订版增编了电阻仪器的调修和电工仪表的改装以及检修中常用的数据、常用三用表等内容，并结合实际介绍附录的使用方法，另外对电工仪表检修的基础知识和修理用设备、工具作了简介。1974年增订版增加了附录十三，即霍尔效应高斯计和常用万用表原理线路。这次增修本在第三版基础上又作了较大增修，更换了部分图表，从而更加切合当前实际。

本书是工人同志在总结自己的实践经验的基础上编写成的。在写法上尽量采用了看图学艺等深入浅出的普及形式。

本书可供具有初中文化程度、从事电工仪表修理工作的技术人员使用，也可供本专业的工程技术人员和无线电电子学业余爱好者参考。

电 工 仪 表 修 理

（增 修 本）

《电工仪表修理》编写组编

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京第二新华印刷厂印刷

*

850×1168 $1/32$ 印张 $17\frac{5}{16}$ 441千字

1975年10月第四版 1975年10月第四次印刷 印数：244,201—301,200册

统一书号：15034·1067 定价：1.85元

出版者的话

随着我国科学技术的迅速发展，电工仪表的应用日益广泛，从事电工仪表修理的技术队伍也不断扩大。为了坚持为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务的出版方针，我社组织出版了《电工仪表修理》一书。本书自1966年1月出版以来，先后在1971年、1974年两次增订再版。这次增修本是第四版。我们还将组织出版《电工仪表修理（续编）》。本书其所以几次修订再版，受到广大读者，特别是工人读者的热烈欢迎，这是因为，它是以工人为主体的“三结合”的产物，是工人阶级占领出版阵地的结果。本书坚持了自力更生的方针，总结了工人自己的实践经验，运用了深入浅出的普及形式，在电工仪表修理的实践中发挥了较好的作用。

本书的几次修订再版是一个逐渐完善的过程，每再版一次，都要综合读者的意见，作一些修改和增添。1971年增订版，增编了电阻仪器的调修和电工仪表的改装以及检修中常用的数据、常用三用表等内容，并结合实际介绍了附录的使用方法。1974年增订版，增加了附录十三，即霍尔效应高斯计和常用万用表原理线路，同时还更换了不少照片图。这次第四版，是在第三版基础上又作了较大的增修，更换了部分图表，目的是想更加适合我国当前的情况更好地满足读者的要求。

本书是在北京建中机器厂和北京电子管厂党委的领导下，由陆正荣、段孝棫、袁德富等十多名同志执笔，充分发挥集体力量写成的。在编写、出版、发行过程中，受到了有关单位和广大读者的大力支持和帮助。在此，谨致以衷心的感谢。

由于作者水平和实践经验的局限性，本书难免还会存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

目 录

出版者的话	3
-------------	---

第一部分 修理电工仪表的基础知识

第一章 电工测量的基础知识	11
§ 1-1-1 测量的概念和测量仪器的分类	11
§ 1-1-2 衡量测量仪器技术特性的主要标准	11
第二章 修理工作中常用的电阻仪器及标准附件的 使用与维护	14
§ 1-2-1 标准电池	14
§ 1-2-2 标准电阻	18
§ 1-2-3 测量电阻箱及直流分压箱	22
§ 1-2-4 直流检流计	31
§ 1-2-5 直流电桥	38
§ 1-2-6 直流电位差计	56
§ 1-2-7 用补偿法检定仪表的简易线路装接方法	79
第三章 直读仪表的一般问题	87
§ 1-3-1 直读仪表的分类及主要技术特性	87
§ 1-3-2 直读仪表的组成	90
§ 1-3-3 电工仪表的误差	97
§ 1-3-4 温度补偿	100

第二部分 修理工作中常用的工具、材料、仪器、设备

第一章 工具及自制工具	115
§ 2-1-1 拔装轴尖用的专用工具	115
§ 2-1-2 更换游丝、张丝、吊丝时用的专用工具	124
§ 2-1-3 绕动圈用的专用工具	127
§ 2-1-4 其它自制工具	136

第二章 材料、仪器、设备	145
§ 2-2-1 检修用材料	145
§ 2-2-2 检修用仪器、设备	147
第三章 检定用电源及调节设备	150
§ 2-3-1 检定用电源的主要要求	150
§ 2-3-2 蓄电池的使用与维护	152
§ 2-3-3 用比较法检定仪表时所用的电源调节设备	157
第三部分 电工仪表通用零件的修配方法	
第一章 轴尖的磨修与制作	171
§ 3-1-1 主要技术要求	171
§ 3-1-2 常见故障的产生原因	174
§ 3-1-3 轴尖修磨方法	175
§ 3-1-4 个别轴尖的配制	180
§ 3-1-5 轴尖质量的检查方法	182
第二章 轴承与轴承螺丝	184
§ 3-2-1 主要技术要求	184
§ 3-2-2 轴承螺丝的配制及轴承的镶装	187
§ 3-2-3 轴承的故障及检查方法	188
§ 3-2-4 轴承的修理及更换	189
第三章 游丝	192
§ 3-3-1 主要技术要求	192
§ 3-3-2 常见故障及排除方法	195
第四章 动圈的绕制	202
§ 3-4-1 动圈结构和要求	202
§ 3-4-2 动圈的绕制	203
§ 3-4-3 无框架动圈的绕制	205
§ 3-4-4 轴尖座的粘合与线头焊接	209
第五章 仪表刻度盘的修理	211
§ 3-5-1 刻度盘的一般要求	211
§ 3-5-2 刻度的常见缺陷及其消除方法	215
§ 3-5-3 纸面刻度盘的绘制	215

§ 3-5-4 用照相法晒印表盘的方法	221
§ 3-5-5 0.5级 0.2级仪表刻度盘简易修理法	225
第六章 永久磁铁	230
§ 3-6-1 性能与结构	230
§ 3-6-2 充磁与退磁	233
§ 3-6-3 磁通的测量	236
第七章 其它零件的配制	238
§ 3-7-1 轴尖座与轴杆的配制	238
§ 3-7-2 指针的修配	239
§ 3-7-3 调零器的车制	244
§ 3-7-4 支架的修配	245
§ 3-7-5 表壳的修补	246
§ 3-7-6 表面玻璃的加工	247

第四部分 电工仪表的调修

第一章 磁电系仪表的调修	251
§ 4-1-1 磁电系仪表的结构原理	251
§ 4-1-2 修理前的故障检查	254
§ 4-1-3 不拆开测量机构的基本修理	256
§ 4-1-4 拆开测量机构的修理	262
§ 4-1-5 磁电系电流电压表误差调整	275
第二章 磁电系检流计及张丝仪表的修理	287
§ 4-2-1 检流计的修理	287
§ 4-2-2 张丝仪表的修理	297
第三章 万用表调修	302
§ 4-3-1 万用表主要组成元件	302
§ 4-3-2 万用表的原理线路	308
§ 4-3-3 故障的检查	317
§ 4-3-4 故障分析及调整	319
第四章 摇表的调修	329
§ 4-4-1 摇表的结构及原理	329
§ 4-4-2 测量线路和一般技术要求	336
§ 4-4-3 摇表的常见故障	340

§ 4-4-4	摇表拆卸	343
§ 4-4-5	故障检查及修理	346
§ 4-4-6	摇表组装	363
§ 4-4-7	摇表调整与校验方法	364
第五章 电磁系仪表的调修		367
§ 4-5-1	电磁系仪表的结构原理	367
§ 4-5-2	常见故障及其原因	369
§ 4-5-3	刻度特性的调整	370
第六章 电动系电压表电流表的调修		378
§ 4-6-1	电动系仪表的结构原理	378
§ 4-6-2	电动系仪表的故障及调修方法	385
§ 4-6-3	电动系仪表刻度特性的调整	389
§ 4-6-4	测量线路的调整	394
 第五部分 测量仪表的改装和电阻仪器的调修		
第一章 测量仪表的改装		405
§ 5-1-1	直流电压表的改装	405
§ 5-1-2	多量限电流表的改装	424
§ 5-1-3	整流系仪表的改装	436
§ 5-1-4	电磁系仪表的改装	462
第二章 电阻仪器的调修		473
§ 5-2-1	直流电阻箱的调修	473
§ 5-2-2	直流电桥的调修	485
§ 5-2-3	直流电位计的调修	492
结束语		519
附录一、锰铜合金线和镍铜合金线的电阻值		520
附录二、仪表检修常用漆包铜线参考数据表		522
附录三、对于各种电流密度而言的导线电流负载		529
附录四、每 1 厘米长度的电阻板上用密集绕法实际可绕 的圈数		534

附录五、每 1 厘米 ² 连续密绕线圈中实际具有的欧姆数·····	535
附录六、在 1 厘米 ² 的线圈截面积中用密集的交迭式绕 法实际可绕的圈数·····	536
附录七、在用密集连续交迭式绕法的线圈中每 1 厘米 ³ 体积实际具有的欧姆数·····	538
附录八、焊料配方及用途·····	540
附录九、焊剂配方及用途·····	541
附录十、粘合材料·····	541
附录十一、万用表维修常用数据·····	542
附录十二、常用微安表维修常用数据·····	542
附录十三、霍尔效应高斯计和常用万用表原理线路·····	545

第 一 部 分

修理电工仪表的基础知識

第一章 电工測量的基础知識

§ 1-1-1 測量的概念和測量儀器的分類

一、測量的概念

“測量”是人們在社會實踐中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，不僅僅局限於性質方面，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於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，用尺去量布的长度；用安培表去測量電流強度等。

為了能夠正常的進行測量，必須有：

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

二、測量儀器的分類

电工測量儀器按其使用情況可分為二類：

1. 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的均屬此類。如所有指示儀表及自動記錄儀表。
2. 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。

§ 1-1-2 衡量測量儀器技術特性的主要標準

儀表的修理及製造部門必須考慮到儀表所應符合的技术要

求。在仪表检修工作中,可以从以下几个方面来衡量仪器的质量。

一、误差

误差是具体判断测量结果准确性的标准,它决定着测量值和实际值的接近程度。

误差有如下几种表达形式:

1. 绝对误差——指示值 A_x 和实际值 A_0 之差,用符号 Δ 表示。

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

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

2. 相对误差——绝对误差 Δ 和实际值 A_0 之比的百分数,以 β 表示。

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

在工程测量技术中,实际值 A_0 计算起来很麻烦,故实际上常用名义相对误差 β_x 。

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

例如:有一名义值为 10 欧的标准电阻,检定后获得的结果为 10.002 欧 (实际值),该电阻的误差为:

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

相对误差的表示方法,在度量器以及较量仪器中应用较多。

3. 引用误差——绝对误差 Δ 与仪表测量上限 A_m 之比的百分数,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:在检定一只 1.5 级、0~250 伏的磁电系伏特表时,在被检表 200 伏那一点的标准表读数是 203 伏,则:

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

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

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

引用誤差的表示多用在直讀仪表中，而仪表的精度級別的数字就是相对于测量上限的百分数。

二、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。通常直讀仪表用變差來衡量，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。

1. 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。對於直讀仪表，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。

2. 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。

三、靈敏度

被測量變化 Δx 時，在仪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。在直讀仪表中，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”）。

$$C = \frac{1}{S} = \frac{\Delta x}{\Delta A} \quad (1-1-7)$$

在直讀仪表中，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。

第二章 修理工作中常用的电阻仪器及 标准附件的使用与维护

在电工仪表修理工作中，电阻箱、电桥和电位差计等电阻仪器用的很普遍。而标准电池、标准电阻、分压箱、检流计等等又是运用上述仪器进行测量工作不可缺少的“附件”[●]，因之，了解它们的一些主要技术性能，尤其是使用维护常识，是很重要的。

§ 1-2-1 标准电池

一、结构及特点

标准电池就是复制“伏特”量值的标准量具。它具有如下的特点：

1. 电动势恒定，使用中随时间的变化也很小。
2. 电动势因温度的影响而产生变化，可以用下面经验公式准确地加以更正[●]。

$$\begin{aligned} E_t &= E_{20} - [40.6(t - 20) + 0.95(t - 20)^2 \\ &\quad - 0.01(t - 20)^3] \times 10^{-6} (\text{伏}) \\ &\approx E_{20} - (t - 20)(t + 20) \times 10^{-6} (\text{伏}) \end{aligned} \quad (1-2-1)$$

式中 E_t ——当室温为 $t^\circ\text{C}$ 时，标准电池电动势的实际值，伏；
 E_{20} ——当室温为 20°C 时，标准电池电动势的实际值，伏。

● 实际上，所谓“附件”又是主要组成部件，只是用以说明互相配合使用的关系。

● 在 $0\sim 40^\circ\text{C}$ 时更精确的温度修正公式可按新部标中的四次方公式计算。

- 3. 不存在化学副反应，极化作用小到可以忽略的程度。
- 4. 电池的内阻随时间保持相当大的恒定性。

基于上述特点，目前在国际上统一选用镉汞电池作为电动势的标准量具，其外观及结构如图 1-2-1，1-2-2 所示。

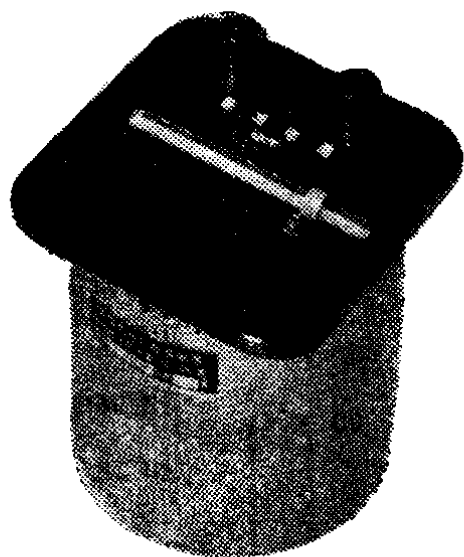


图1-2-1 标准电池外观图

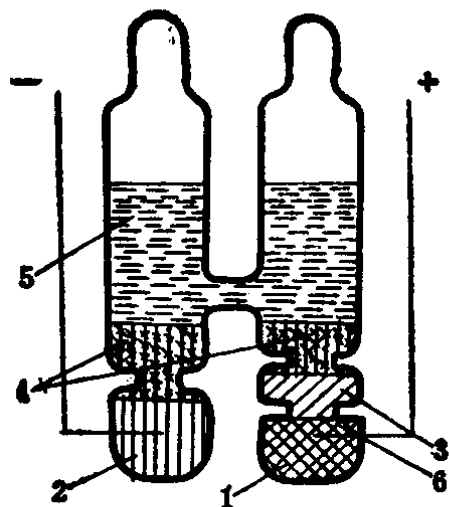


图1-2-2 饱和式标准电池结构

1—水银(电池正极)；2—镉汞合金(电池负极)与碎硫酸镉晶体($\text{CdSO}_4 \cdot \frac{8}{3} \text{H}_2\text{O}$)；3—反极化剂(由硫酸汞与碎硫酸镉晶体合制成的膏状物)；4—碎硫酸镉晶体；5—饱和硫酸镉溶液；6—铂丝制成的电极引出端。

二、分类及主要技术特性

1. 分类

1) 按电解液的浓度可分为：

(1) 饱和式标准电池——电解液(硫酸镉溶液)在正常温度下运用达到饱和状态者。又称国际标准电池。

(2) 不饱和式标准电池——电解液(硫酸镉溶液)在高于+4℃的温度下未达到饱和状态者。

2) 按电动势的稳定程度及允许偏差,标准电池可分为Ⅰ级、Ⅱ级(饱和式)和Ⅲ级(不饱和式)。

2. 主要技术特性列于表 1-2-1。

表 1-2-1

稳定度级别		在 + 20℃ 时电 动势的实际值 范围(伏)	一年之内电 动势允许 变化(微 伏)		在检定期 内的电 动势值允 许变化 (微伏)		内阻值(欧)		备 注 (型号, 生产厂, 其它)
							新生 产的	使用中的	
0.0005级		1.018590 ~1.018680	单个	≤5	≤1.5	≤700	≤1K	BC11、BC23(带恒温) 上海电工仪器厂, BC17、BC20 长城电工仪器厂 若经主管计量部门鉴 定后可定为一等, 二 等标准量具, 未定等 前, 应按0.0005、 0.001级使用	
			成组	≤3	≤1				
I 级	0.001级	1.018590 ~1.018680	≤10		≤3	≤800	≤1.5 K	BC3, BC8 (6只组装) BC9(电工) BC12, BC19, BC18(2只组装) (长城)	
	0.005级	1.01855 ~1.01868	≤50		≤15	≤800	≤2K		
II 级	0.01级 (饱和)	1.01855 ~1.01868	≤100		≤30	≤800	≤3K	BC2(长城电工仪 器厂) BC9/1(便携式)	
	0.01级 (不饱和)	1.01880 ~1.01930	≤100		≤30	≤500	≤3K	BC21(长城)	
III 级	0.02级	1.01860 ~1.01960	≤200		≤70	≤500	≤3K	BC5(上海电工)	
	(不饱和)							BC7(上海电工、 长城)	

3. 检定与使用标准电池应遵守的主要条件综合列于表1-2-2中。

三、使用与存放时的注意事项

1. 使用与存放地点的温度, 应根据标准电池的级别, 符合表1-2-2 所列的温度范围。当偏离此温度范围后, 应用标准电池的
温度更正公式算得的结果, 将会有较大的偏差。这是因为该公式
是通过很多次实验数据综合求得的, 而不同国家、不同厂家的产
品也不会绝对一致, 因此在运用时应特别注意。

2. 温度波动应尽量小。周围空气温度变化太剧烈, 会造成标