

实用电工技术必读丛书

SHIYONGDIANGONG
JISHUBIDU
CONGSHU

常用**电工**仪表

修理与测量



人民出版社

实用电工技术必读丛书

常用电工仪表修理与测量

主 编	李 强		
副主编	啜宝龙		
编 委	于洪彪	王春林	王丽丽
	卢琳皓	张艳玲	唐春和
	高雅君	钱文艳	梁 立

延边人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

常用电工仪表修理与测量/李强主编, 啜宝龙副主编. —延吉: 延边人民出版社, 2003. 4

ISBN 7 - 80648 - 964 - 9

(实用电工技术必读丛书)

I. 常... II. ①李...②啜... III. ①电工仪表 - 维修②电气测量 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003) 第 025813 号

·实用电工技术必读丛书·
常用电工仪表修理与测量

主 编: 李 强

责任编辑: 金河范

出 版: 延边人民出版社

经 销: 各地新华书店

印 刷: 长春市东文印刷厂

开 本: 850 × 1168 毫米 1/32

字 数: 4200 千字

印 张: 200

版 次: 2003 年 6 月第 1 版

印 次: 2003 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1 - 2000 册

书 号: ISBN 7 - 80648 - 964 - 9/TM·2

总定价: 300.00 元(单册: 20.00 元 共 15 册)

内 容 提 要

随着我国社会主义建设的飞速发展,电工仪表修理与测量技术已广泛应用于工农业生产和科学研究各个部门。在电能的生产、传输、变配以及使用过程中,必须通过各种电工仪表对电能的质量及负载运行情况进行测量,并对测量结果进行分析,以保证供电及用电设备和线路可靠、安全、经济地运行。所以,电工仪表修理与测量,对电工来讲,具有十分重要的意义。

为了适应广大相关工作人员掌握电工测量技术的需要,我们组织人力,广泛征求了从事电工测量的工人和技术人员的意见,编写此书。

本书内容包括电工测量的基本知识、磁电式仪表的修理与测量、万用表的修理与测量、电动式仪表、电磁式仪表的调修、直流电位差计的调修、直流电桥的调修、交流电桥的调修、电工仪表通用配件的修配方法及安全用电常识等十大部分内容。

本书本着取材广泛、突出基础、加强实践和便于使用的原则,对不同层次的工程技术人员有着较为普遍的参考价值。

由于我们知识水平有限,加之时间仓促,又缺乏实际经验,书中仍难免有不少缺点或错误,诚恳地希望广大读者批评指正。

目 录

第一章 电工测量的基本知识	1
第一节 测量仪表的分类	1
一、直读式仪表	1
二、比较式仪表	1
第二节 误差	4
一、测量误差	4
二、误差的分类	5
三、系统误差的消除方法	6
四、机电式直读仪表的误差及准确度等级	7
五、系统误差的计算	9
第三节 衡量仪器技术特性的主要标准	12
一、误差	13
二、恒定性	14
三、灵敏度	14
第四节 电工测量指示仪表外观标记	15
一、仪表本身消耗功率要尽量小	19
二、注意仪表内阻的影响	19
三、按准确度估计误差正确选择量限	21
第二章 磁电式仪表的修理与测量	24
第一节 磁电式仪表的工作原理	24
一、磁电系仪表的结构	24
二、磁电系仪表的工作原理	26
三、磁电系电流表的分流器	27

四、磁电系电压表 附加电阻	31
五、磁电系直流检流计	34
六、磁电系仪表的技术特性	39
第二节 磁电系仪表的调修	40
一、修理前的故障检查	40
二、不拆开测量机构的基本修理	43
三、拆开测量机构的修理	49
四、磁电系电流电压表误差调整	63
五、检流计的修理	75
第三章 万用表的修理与测量	85
第一节 万用表的工作原理	85
一、万用表的结构	85
二、万用表的直流电流测量原理	89
三、万用表的直流电压测量原理	90
四、万用表的交流电压测量原理	92
五、万用表的电阻测量原理	98
六、电平的测量	102
七、万用表的技术特性	108
八、万用表的正确使用	109
第二节 万用表的调修	114
一、看线路图的方法	114
二、万用表线路分析	114
三、关于功率及电平的测量	121
四、故障的检查	123
五、外观检查	123
六、通电检查	124
七、故障分析及调整	125
第四章 电动式仪表	136

第一节 电动式仪表的工作原理	136
一、电动式测量机构的构造与动作原理	136
二、电动式电压表及其技术特性	140
三、电动式电流表及其技术特性	142
四、电动式功率表	143
五、电动式功率表的误差和补偿方法	147
六、使用功率表的注意事项	154
七、铁磁电动式仪表	156
八、电动式和铁磁电动式仪表指示的选择性	162
九、三相电路功率的测量	165
十、电动式相位表、频率表	172
第二节 电动式仪表的调修	178
一、拆卸装配及调修时注意的事项	178
二、常见故障原因及其排除方法	179
三、电动系仪表刻度特性的调整	182
四、测量线路的调整	189
第五章 电磁式仪表的调修	200
第一节 电磁式仪表的工作原理	200
一、电磁系电流表和电压表	207
二、电磁系仪表的技术特性	209
第二节 电磁式仪表的调修	211
一、常见故障及其原因	211
二、刻度特性的调整	212
第六章 直流电位差计的调修	220
第一节 直流电位差计的工作原理	220
一、调定电阻 R_N 的形式	223
二、测量盘线路及电位差计线路举例	224
三、直流电位差计的分类及主要技术特性	230

四、选用直流电位差计及配套检流计的原则	235
五、直流电位差计量限的变更及扩展	237
第二节 直流电位差计的调修	241
第七章 直流电桥的调修	248
第一节 单电桥	248
第二节 双电桥	254
第三节 电桥读数精度的提高	260
第四节 直流电桥的主要技术特性及使用注意事项	261
第八章 交流电桥的调修	266
第一节 交流电桥的基本原理	266
一、交流电桥的原理线路	266
二、交流电桥平衡条件的分析	267
第二节 交流指零仪和电源	269
一、交流指零仪	269
二、交流电桥的电源	270
第三节 电容电桥	271
一、被测电容的等效电路	271
二、测量损耗小的电容电桥（串联电阻式）	273
三、测量损耗大的电容电桥（并联电阻式）	274
四、高压电容电桥（西林电桥）	274
第四节 电感电桥	276
一、测量高 Q 值电感的电感电桥	276
二、测量低 Q 值电感的电感电桥	277
第五节 交流电桥可调参数的选择与交流电桥的正确使用	279
一、交流电桥可调参数的选择与调节	279
二、使用交流电桥的注意事项	280
第六节 成品电桥举例——WQ-5A 万用电桥	281

一、技术性能·····	281
二、电路结构简述·····	282
三、使用说明·····	284
第七节 变压器电桥简介·····	287
一、变压器电桥的基本原理·····	287
二、变压器电桥的特点·····	290
第八节 交流电桥的干扰、检查及维护·····	290
一、交流电桥的干扰·····	290
二、交流电桥干扰的检查·····	291
三、交流电桥干扰的消除·····	291
四、交流电桥的简单检查及维护·····	292
第九章 电工仪表通用配件的修配方法·····	294
第一节 轴尖的磨修与制作·····	294
一、主要技术要求·····	294
二、常见故障的产生原因·····	297
三、轴尖修磨方法·····	298
四、个别轴尖的配制·····	303
五、轴尖质量的检查方法·····	305
第二节 轴承与轴承螺丝·····	307
一、主要技术要求·····	307
二、轴承螺丝的配制及轴承的镶装·····	310
三、轴承的故障及检查方法·····	311
四、轴承的修理及更换·····	312
第三节 游 丝·····	315
一、主要技术要求·····	315
二、常见故障及排除方法·····	318
第四节 动圈的绕制·····	325
一、动圈结构和要求·····	325

二、动圈的绕制	326
三、无框架动圈的绕制	328
四、轴尖座的粘合与线头焊接	331
第五节 仪表刻度盘的修理	333
一、刻度盘的一般要求	333
二、刻度的常见缺陷及其消除方法	337
三、纸面刻度盘的绘制	338
四、用照相法晒印表盘的方法	343
五、0.5 级 0.2 级仪表刻度表简易修理法	347
第六节 永久磁铁	352
一、性能与结构	352
二、充磁与退磁	354
三、磁通的测量	358
第七节 其它零件的配制	367
一、轴尖座与轴杆的配制	367
二、指针的修配	369
三、调零器的车制	374
四、支架的修配	375
五、表壳的修补	376
六、表面玻璃的加工	377
第十章 安全用电	381
第一节 安全工器具的使用	381
一、围栏绳和标志牌	381
二、高空作业保护用具	382
三、电工安全用具	385
第二节 安全用电	389
一、触电	390
二、防止触电的保护措施	391

三、安全用电常识	393
第三节 节约用电	393
一、节约用电的基本措施	393
二、节约用电的具体技术措施	395
三、节电量的计算	402

第一章 电工测量的基本知识

第一节 测量仪表的分类

电工测量仪表按测量方式的不同，可分为直读式仪表和比较式仪表两大类。

一、直读式仪表

应用直读式仪表测量时，测量结果可直接由仪表的指示机构读出，测量过程中不需要对仪表进行调节。因此直读式仪表测量迅速、使用方便，是电工测量中使用最多的仪表。如安培表、伏特表、瓦特表等均属于此类。直读式仪表又可分为机电式（也叫指针式或模拟式）仪表和数字式仪表。

二、比较式仪表

应用比较式仪表测量时，将被测量与某些标准量进行比较而测出其数值。如电桥、电位差计等即属此类。用比较式仪表进行测量比用直读式仪表复杂，仪表的价格也较高。但准确度高，因常用于精确的测量。

由于机电式直读仪表价格便宜，能指示被测量变化的方向，因此是目前最常用的仪表。为了便于选用，下面介绍机电式直读仪表的两种主要分类方法：

1. 按被测量的种类可分为：电流表、电压表、瓦特表等，见表 1-1。

表 1-1 按被测量种类分类

被测量的种类	仪 表 名 称	符 号
电 流	电流表 (安培表、毫安表、微安表)	A mA μ A
电 压	电压表 (伏特表、毫伏表)	V mV
电 功 率	功率表 (瓦特表)	W
电 能 量	电 度 表	kWh
相 位 差	相 位 表	ϕ
频 率	频 率 表	Hz
电 阻	欧 姆 表	Ω
绝 缘 电 阻	兆 欧 表	M Ω

2. 按作用原理可分为: 磁电式、电磁式、电动式、感应式等, 见表 1-2。

表 1-2 按作用原理分类

型 式	符 号	用 途
磁电式		直流电流、电压
整流式		工频及较高频的正弦交流电压、电流
热偶式		工频及高频电流
电磁式		直流及工频电压、电流
电动式		直流及交流电压、电流、功率、功率因数
铁磁电 动式		工频交流电流、电压、功率
感应式		交流电能
静电式		直流及交流高电压

在直读仪表的刻度盘上, 除了有上述的符号外, 还标有适用于直流还是交流、耐压能力、仪表准确度等级等符号。常见的符

号见表 1-3。

表 1-3 常见的仪表符号

符 号	所 代 表 的 意 义
—	直 流
~	交 流
≡ (或 3~)	三相交流
⌒	交直流两用
↑ (或 ⊥)	仪表重直放置
→ (或 ⊐)	仪表水平放置
↗ 30°	与水平成 30° 放置
0.5	准确度 0.5 级 (以量限百分数表示的准确度等级)
⚡ 2kV 或 ☆	本仪表绝缘经 2kV 耐压试验
⤿	调 零 器
I II III IV	仪表防外磁场等级
△ B △ C	工作环境等级
✕	多量限仪表的公共端钮
⊥	接地用的端钮 (螺钉或螺杆)
⏏	与外壳相连接的端钮
○	与屏蔽相连接的端钮

表 1-3 中的屏工作环境等级, 表明仪表应在何种环境中使用。分为 A、B、C 三组, 见表 1-4。通常属于 A 组使用条件的仪表, 表盘上不再标明使用条件。

表 1-4 仪表的使用环境

组别 使用条件	A	B	C
温度℃	0 ~ +40	-20 ~ +50	-40 ~ +60
相对湿度	85% 以下	85% 以下	95% 以下

第二节 误 差

一、测量误差

任何测量，不论是直接测量还是间接测量，都是为了得到某一物理量的真值，但由于受测量工具准确度的限制、测量方法的不完善、测量条件的不稳定以及经验不足等原因，任何物理量的真值是无法得到的，测量所能得到的只是其近似值，此近似值与真值之差称为误差。

已测得的被测量之值 A 与其实际值（即真值 A_0 ）之差值称为测量的绝对误差 ΔA ，即

$$\Delta A = A - A_0$$

但绝对误差 ΔA 不能说明测量结果的好坏。测量结果的好坏应看此绝对误差 ΔA 占实际值的比例大小。因此，一般用绝对误差 ΔA 与被测量的实际值 A_0 之比来表示，称为相对误差 ν ，即

$$\nu = \frac{\Delta A}{A_0}$$

相对误差的数值一般用百分数表示。由于实际值在事先是不知道的，而测量值与实际值往往相差不大，因此上式中 A_0 可直接用 A 代替，即，

$$\nu = \frac{\Delta A}{A_0} \approx \frac{\Delta A}{A}$$

二、误差的分类

根据误差的性质，测量误差可分为三大类：系统误差、偶然误差和疏失误差。

1. 系统误差

指在相同条件下多次测量同一量时，误差的大小和符号均保持不变，在条件改变时，按某一确定规律变化的误差。这种误差是由于测量工具误差、环境影响、测量方法不完善或测量人员生理上的特点等造成的。根据产生误差的原因，系统误差又可分为：

(1) 工具误差（基本误差）：由于测量工具本身不完善所致。

(2) 附加误差：是由于测量时的条件与校正时的条件不同所致。如在 20℃ 校准的仪表在其他温度下使用或应“平”放的仪表测量时“立”放了等。

(3) 方法误差：由于间接测量时所用公式是近似的，或测量方法的不完善而造成。如未考虑电表的内阻对测量的影响等。

(4) 个人误差：是由于实验者的习惯或生理缺陷所致。

系统误差越小，测量结果越准确，系统误差的大小可用准确度来反映。

2. 偶然误差：

亦称随机误差，是由于某些偶然因素造成的。例如电磁场微变、热起伏、空气扰动、大地微震、测量人员感觉器官的生理变化等，因这些互不相关的独立因素产生的原因和规律无法掌握，因此，即使在完全相同的条件下进行多次测量，实验结果不可能完全相同。否则，只能说明仪器的灵敏度不够，不能说明偶然误差不存在。

一次测量的偶然误差没有规律，但在多次测量中偶然误差是服从统计规律的。因此可以通过统计学的方法来估计其影响。欲使测量结果有更大的可靠性，应把同一种测量重复多次，取多次测量值的平均值作为测量结果。

偶然误差的大小用精密度反映。偶然误差越小，测量结果的精密度就越高。

3. 疏失误差：

是由于实验者的粗心大意造成的。此结果不可取用，应舍去。

为了更直观地了解上述三种误差，常以打靶为例来说明。三种误差对射击结果的影响如图 1-1 所示。

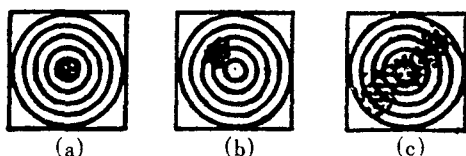


图 1-1 误差对射击结果的影响

图 1-1 (a) 中，弹着点都密集于靶心，说明只有偶然误差而不存在系统误差，在靶角上的点是由疏失误差造成的。图 1-1 (b) 中，弹着点密集之处偏于靶心的一边，这是系统误差存在的结果。图 1-1 (c) 中，弹着点中心不断有规律地变化，这是变化的系统误差造成的。

从图 1-1 还可看出，一个精密度高（相当于弹着点非常密集）的测量结果，有可能是不正确的（未消除系统误差）。只有消除了系统误差之后，精密测量才能获得正确的结果。

综上所述，要进行精确测量，必须消除系统误差；剔除含有疏失误差的坏值；采用多次重复测量取平均值来消除偶然误差的影响，从而得到测量结果的最可信赖值。

三、系统误差的消除方法

如前所述，系统误差有规律可循，在相同条件下进行测量时是不变的。因此可采用一些办法将此恒定因素的影响消除，保证测量结果的准确性。在工程上，当系统误差被减小到可以忽略时，通常可认为它已被消除。

消除系统误差的方法有以下几种：